



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Γεωχημικό αποτύπωμα υπερβασικών περιβαλλόντων στην ποιότητα
υπογείων νερών, με έμφαση στο χρώμιο και το αρσενικό**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Παναγιώτης Γ. Παπαζώτος

M.Sc Γεωλόγος Ε.Κ.Π.Α

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ -ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Γεωχημικό αποτύπωμα υπερβασικών περιβαλλόντων στην ποιότητα
υπογείων νερών, με έμφαση στο χρώμιο και το αρσενικό**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Παναγιώτης Γ. Παπαζώτος

M.Sc Γεωλόγος ΕΚΠΑ

Συμβουλευτική Επιτροπή: Μ. Περράκη, Αναπλ. Καθ. ΕΜΠ

(Επιβλέπουσα)

Θ. Ροντογιάννη, Ομοτ. Καθ. ΕΜΠ

Α. Καλλιώρας, Επικ. Καθ. ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή στις 10/06/2020

Μ. Περράκη, Αναπλ. Καθ. ΕΜΠ,

Θ. Ροντογιάννη, Ομοτ. Καθ. ΕΜΠ,

Α. Καλλιώρας, Επικ. Καθ. ΕΜΠ,

Ν. Παπασιώπη, Καθ. ΕΜΠ,

Σ. Τριανταφυλλίδης, Επικ. Καθ. ΕΜΠ,

Α. Αργυράκη, Αναπλ. Καθ. ΕΚΠΑ,

Α. Παναγόπουλος, Ερευνητής Α΄ βαθμίδας ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ,

Copyright © Παναγιώτης Παπαζώτος, 2020
Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

Πρόλογος

Η παρούσα διδακτορική διατριβή με θέμα «Γεωχημικό αποτύπωμα υπερβασικών περιβαλλόντων στην ποιότητα υπογείων νερών, με έμφαση στο χρώμιο και το αρσενικό», ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2015, με την ανάθεση του θέματος από τη Γενική Συνέλευση (ΓΣ) της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών (MMM) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), με επιβλέπουσα τη Δρ. Μαρία Περράκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια. Η διατριβή εκπονήθηκε στο εργαστήριο «Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας» της Σχολής MMM ΕΜΠ και ανήκει στην ευρύτερη επιστημονική περιοχή της Περιβαλλοντικής Γεωχημείας.

Σκοπός της διδακτορικής διατριβής είναι η διερεύνηση των γεωγενών και ανθρωπογενών παραγόντων που (αλληλ-)επιδρούν στην κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων σε εδάφη και νερά σε υπερβασικά περιβάλλοντα. Η έρευνα επικεντρώθηκε σε τρεις περιοχές της Ελλάδας, οι οποίες παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά ως προς το γεωλογικό περιβάλλον και διαφορές ως προς τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, τις χρήσεις γης και -εν μέρει- το υδρογεωλογικό καθεστώς. Οι περιοχές μελέτης είναι: α) η περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, Βόρειας Πελοποννήσου, β) η λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και γ) η λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Το πρώτο μέρος της έρευνας περιλάμβανε βιβλιογραφική ανασκόπηση και εργασία πεδίου στις περιοχές μελέτης. Κατά τη διάρκεια της εργασίας πεδίου, του μέρους αυτού, πραγματοποιήθηκαν αναγνωριστικές επισκέψεις και συλλογή βιβλιογραφικών δεδομένων (γεωλογία, υδρογεωλογία, χρήσεις γης, κλπ.). Στο δεύτερο μέρος συλλέχθηκαν πρωτογενή δεδομένα μέσω εκτεταμένης δειγματοληψίας νερών, εδαφών και πετρωμάτων από τις τρεις περιοχές, τα οποία προσδιορίστηκαν αναλυτικά. Οι χημικές αναλύσεις όλων των δειγμάτων (νερών, εδαφών, πετρωμάτων) πραγματοποιήθηκαν στα διαπιστευμένα εργαστήρια α) AcmeLabs, Mineral Laboratories, Bureau Veritas Commodities Canada Ltd., στο Vancouver του Καναδά, β) «ACL ΑΝΔΡΕΟΥ Κ. Ι.Κ.Ε. ΧΗΜΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ», στην Αθήνα και γ) Εργαστήριο Μεταλλουργίας της Σχολής MMM του ΕΜΠ. Η ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας της Σχολής MMM του ΕΜΠ, με τη χρήση περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (τύπου Bruker D8 Focus), οπτικού μικροσκοπίου διερχόμενου και ανακλώμενου φωτός (τύπου Zeiss Axioskop 40) και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (τύπου JEOL6380LV). Στο τρίτο μέρος πραγματοποιήθηκε επεξεργασία, ανάλυση και σύνθεση των δεδομένων. Στο τέταρτο, και τελευταίο μέρος, πραγματοποιήθηκε η συγγραφή της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Με την περάτωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής και ταυτόχρονα ενός σημαντικού κύκλου στην εκπαίδευση μου, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που στάθηκαν αρωγοί στην προσπάθειά μου και χωρίς την πολύτιμη βοήθειά τους, θα ήταν ανέφικτη η ολοκλήρωσή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς:

- τη *Δρ. Μαρία Περράκη*, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ, επιβλέπουσα της διδακτορικής διατριβής, για την ανάθεση αυτού του εξαιρετικά ενδιαφέροντος θέματος. Οι συμβουλές και οι κατευθυντήριες γραμμές που μου έδωσε αποτέλεσαν πολύτιμο έρεισμα και εφόδιο στα πρώτα ερευνητικά μου βήματα. Οι συνεχείς υποδείξεις της, οι εποικοδομητικές συζητήσεις σε επιστημονικά θέματα, η βοήθειά της σε όλα τα στάδια της έρευνας μου και η επιστημονική και ηθική στήριξή της συνέβαλαν ουσιαστικά στην ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής.
- τη *Δρ. Θεοδώρα Ροντογιάννη*, Ομότιμη Καθηγήτρια ΕΜΠ και τον *Δρ. Ανδρέα Καλλιώρα*, Επίκουρο Καθηγητή ΕΜΠ, μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, για τις συζητήσεις, την παροχή στοιχείων και τις εποικοδομητικές επισημάνσεις και υποδείξεις τους επί του κειμένου της διδακτορικής διατριβής.
- τη *Δρ. Νυμφοδώρα Παπασιώπη*, Καθηγήτρια ΕΜΠ, το *Δρ. Σταύρο Τριανταφυλλίδη*, Επίκουρο Καθηγητή ΕΜΠ, τη *Δρ. Αριάδνη Αργυράκη* Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΚΠΑ και το *Δρ. Ανδρέα Παναγόπουλο*, Ερευνητή Α' βαθμίδας ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, μέλη της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, για τη συμμετοχή τους στην κρίση της διδακτορικής διατριβής, το χρόνο που διέθεσαν για τη μελέτη της καθώς και για τα εποικοδομητικά σχόλια και τις παρατηρήσεις τους.
- τη *Δρ. Ελένη Βασιλείου*, Μηχανικό Μεταλλείων-Μεταλλουργό, ΕΔΙΠ της Σχολής ΜΜΜ ΕΜΠ, για την ενεργό συνεισφορά της, τις επιστημονικές συμβουλές, τη βοήθεια στην εργασία πεδίου, και την άψογη συνεργασία της, αλλά και για τα μονοπάτια έρευνας που άνοιξε με τη δικιά της εργασία, για την παρουσία χρωμίου στα υπόγεια νερά.
- το *Δρ. Δημήτρη Δημητρακόπουλο*, τομεάρχη υδρογεωλογικών ερευνών της Διεύθυνσης Κεντρικής Υποστήριξης Ορυχείων (ΔΚΥΟΡ) της ΔΕΗ, του Νοτίου Πεδίου, για την πολύτιμη βοήθειά του στην εργασία πεδίου, τις πολύωρες συζητήσεις και την ανταλλαγή απόψεων για γεωλογικά/υδρογεωλογικά θέματα της λεκάνης Σαριγκιόλ βάσει της πολυετούς εμπειρίας του.

- τους Υποψ. Δρ. της Σχολής ΜΜΜ *Βασίλη Σκληρό και Γιώργο Γεωργόπουλο* για τη συνύπαρξη και την ουσιαστική συνεργασία σε ζητήματα που σχετίζονται με την καθημερινότητά μου τα τελευταία πέντε χρόνια στη Σχολή ΜΜΜ.
- τη Σταυρούλα Δραγουμάνη, ΕΤΕΠ της Σχολής ΜΜΜ ΕΜΠ, για την βοήθειά της στο εργαστήριο, όποτε αυτή της ζητήθηκε.
- τον Τομέα Γεωλογικών Επιστημών του ΕΜΠ και τα Εργαστήρια του για τη διάθεση του απαραίτητου υλικοτεχνικού εργαστηριακού εξοπλισμού.
- το ΕΜΠ, για την παροχή υποτροφίας για την εκπόνηση διδακτορικής διατριβής από τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων Έρευνας (ΕΛΚΕ), συνολικής διάρκειας 48 μηνών, (Φεβρουάριος 2016 – Ιανουάριος 2020), χωρίς την οποία η ολοκλήρωση της θα ήταν ανέφικτη.
- τη *Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) Λουτρακίου – Αγίων Θεοδώρων*, και συγκεκριμένα τον κ. *Αναστάσιο Μαστραντωνάκη*, διευθυντή τεχνικής υπηρεσίας και την κα *Νικολέττα Γέρου*, υπεύθυνη εργαστηρίου, για τη χορήγηση υδροχημικών δεδομένων για την περιοχή μελέτης και την πρόθυμη συνεργασία τους στη συλλογή δειγμάτων από τις υδρευτικές γεωτρήσεις του αλλουβιακού υδροφορέα της περιοχής του Λουτρακίου.
- το Δρ. *Ιωάννη Λάππα* για τα δεδομένα και τις πληροφορίες που μου παρείχε από την περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.
- Τις διευθύνσεις ΔΠΕΡ, ΔΚΥΟΡ, ΔΕΘ της ΔΕΗ για την παροχή στοιχείων για τη λεκάνη Σαριγκιόλ. Μέρος των δεδομένων για τη λεκάνη Σαριγκιόλ, αφορούν στο Έργο ΔΠΠ1511434/ΕΜΠ623147 “Ορυκτολογική-ορυκτοχημική, πετρολογική και γεωχημική συσχέτιση της παρουσίας βαρέων μετάλλων, με έμφαση στο χρώμιο, στους γεωλογικούς σχηματισμούς (υπερβασικά πετρώματα, λιγνίτης, ενδιάμεσα στείρα) και στα προϊόντα καύσης του λιγνίτη (ιπτάμενη τέφρα), με την ποιότητα των υπόγειων και επιφανειακών νερών στα λιγνιτικά πεδία της λεκάνης Σαριγκιόλ” (2014-2016), με Επιστημονική Υπεύθυνη τη Μ. Περράκη, Αν. Καθηγήτρια ΕΜΠ, και χρηματοδότη τη ΔΕΗ.
- Τους κατοίκους των περιοχών μελέτης που με μεγάλη προθυμία βοήθησαν στην διεξαγωγή της εργασίας πεδίου δίνοντας άδεια για την συλλογή νερού από τις ιδιωτικές γεωτρήσεις τους.
- την σύντροφό μου, Υποψ. Δρ. ΕΚΠΑ *Ηλιάνα Πολυχρόνη*, που είναι ο άνθρωπος που στάθηκε δίπλα μου σε κάθε πτυχή και δυσκολία της ζωής μου, στηρίζοντας τα όνειρά

μου και βοηθώντας με ψυχικά και ουσιαστικά από τα απλά ζητήματα της καθημερινότητας έως και τη συγγραφή της διδακτορικής διατριβής.

- Τέλος, τους *γονείς μου*, για όλα όσα μου προσέφεραν, στους οποίους οφείλω ο,τι είμαι σήμερα και θα ήθελα πολύ -αν βρίσκονταν μαζί μου- να είναι περήφανοι για μένα.

Περίληψη

Τα δυνητικά τοξικά στοιχεία είναι μια από τις σοβαρότερες απειλές στο περιβάλλον εξαιτίας της τοξικότητας και των επιπτώσεών τους στους ζώντες οργανισμούς. Το γεωχημικό αποτύπωμα, η κινητικότητα και οι αυξημένες συγκεντρώσεις των δυνητικά τοξικών στοιχείων σε νερά και εδάφη είναι αποτέλεσμα γεωγενών (αλληλεπίδραση νερών-πετρωμάτων) και ανθρωπογενών (χρήσεις γης) παραγόντων. Η Ελλάδα είναι μια από τις χώρες με τις μεγαλύτερες εμφανίσεις οφιολιθικών συμπλεγμάτων, το κατώτερο τμήμα των οποίων αποτελείται από τα υπερβασικά πετρώματα. Τα πετρώματα αυτά είναι εμπλουτισμένα σε δυνητικά τοξικά στοιχεία όπως χρώμιο (Cr), κοβάλτιο (Co), χαλκός (Cu), νικέλιο (Ni) και αρσενικό (As). Ειδικά το χρώμιο και το αρσενικό, έχουν προσελκύσει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας τα τελευταία 15 χρόνια εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεών τους σε υπόγεια νερά σε πολλές χώρες του κόσμου συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, της τοξικότητάς τους ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις και της δυνατότητας κινητοποίησής τους – υπό συγκεκριμένες συνθήκες - στο συνηθισμένο εύρος pH των υπογείων νερών.

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η διερεύνηση των γεωγενών και ανθρωπογενών παραγόντων που (αλληλ-)επιδρούν στην κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων σε εδάφη και νερά σε υπερβασικά περιβάλλοντα. Η δειγματοληψία περιλαμβάνει 175 δείγματα επιφανειακών και υπογείων νερών και 59 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών, από τρεις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας. Οι περιοχές που μελετήθηκαν είναι: α) η περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, β) η λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και γ) η λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν την ταυτοποίηση των ορυκτολογικών φάσεων των πετρωμάτων και εδαφών που συλλέχθηκαν και τον προσδιορισμό ενός μεγάλου συνόλου δεδομένων φυσικοχημικών και χημικών παραμέτρων για όλα τα δείγματα νερών (T, pH, Eh, EC, DO, TDS, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cr^{6+} , Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr), εδαφών και πετρωμάτων (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO, Ba, Ce, Cr, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zr, As, Bi, Hg, Sb, Se, Tl, Ag, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, P).

Η επεξεργασία των δεδομένων και η ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση στατιστικών αναλύσεων όπως συντελεστές συσχέτισης κατά

Pearson, πολυκριτηριακές στατιστικές αναλύσεις (παραγοντική ανάλυση και ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες), υδροχημικών διαγραμμάτων και χαρτών χωρικής κατανομής, σε συνδυασμό με την αξιοποίηση ορυκτολογικών, γεωχημικών, υδροχημικών και υδρογεωλογικών δεδομένων.

Οι χημικές αναλύσεις εδαφών και πετρωμάτων παρουσιάζουν υψηλές περιεκτικότητες σε MgO, FeO, As, Cr, Co και Ni, που και στις τρεις περιοχές υπερβαίνουν τη μέση περιεκτικότητα του φλοιού της Γης. Επιπλέον, ταυτοποιήθηκαν χρωμιούχες ορυκτολογικές φάσεις όπως σπινέλλιοι (χρωμίτης και χρωμιούχος μαγνητίτης), σερπεντίνης, πυρόξενος, αμφίβολος, χλωρίτης, κα.

Η επεξεργασία των υδροχημικών δεδομένων και η υδρογεωχημική ανάλυση έδειξε ότι στις περιοχές μελέτης επικρατούν από ελαφρώς αλκαλικές έως αλκαλικές και οξειδωτικές γεωχημικές συνθήκες, οι οποίες δεν ευνοούν την κινητικότητα της πλειονότητας των δυνητικά τοξικών στοιχείων. Σε όλες τις περιοχές μελέτης βρέθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις χρωμίου που υπερβαίνουν το θεσμοθετημένο όριο για ανθρώπινη κατανάλωση των 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ). Η κυρίαρχη μορφή χρωμίου στα υπόγεια νερά είναι το εξασθενές χρώμιο. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου στην περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων είναι 458,8 $\mu\text{g L}^{-1}$, στη λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών είναι 131,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στη λεκάνη Σαριγκιόλ είναι 115 $\mu\text{g L}^{-1}$. Η οξείδωση του τρισθενούς χρωμίου σε εξασθενές χρώμιο λαμβάνει χώρα από φυσικούς (ορυκτά οξείδια του μαγγανίου) και ανθρωπογενείς (οξειδοαναγωγικό ζεύγος $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$) οξειδωτικούς παράγοντες. Η στατιστική και χωρική ανάλυση (στατιστική επεξεργασία, συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson, παραγοντική ανάλυση, ιεραρχική ανάλυση, χάρτες χωρικής κατανομής), που πραγματοποιήθηκε και στις τρεις μελέτες περιπτώσεων, υποδεικνύει τη στατιστική και χωρική συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων Cr-Cr⁶⁺-NO₃⁻-P-Si αποτυπώνοντας το συνεργιστικό ρόλο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στη διαμόρφωση της ποιότητας των υπογείων νερών στα υπερβασικά περιβάλλοντα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε περιοχές που οι αγροτικές δραστηριότητες είναι έντονες, όπως στις λεκάνες Ψαχνών-Πολιτικών και Σαριγκιόλ, ο ρόλος των αγροχημικών προϊόντων (αζωτούχα και φωσφορικά λιπάσματα) είναι σημαντικός στις αυξημένες συγκεντρώσεις χρωμίου στα υπόγεια νερά και πρέπει να αγνοηθεί.

Οι συγκεντρώσεις αρσενικού, στα δείγματα που αναλύθηκαν, υπερβαίνουν το θεσμοθετημένο όριο των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ του ΠΟΥ για το πόσιμο νερό στην περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων και σε μια φυσική πηγή στον ορεινό όγκο του Βερμίου. Ωστόσο,

συστηματικά υψηλές συγκεντρώσεις αρσενικού εντοπίζονται μόνο στα υπόγεια νερά της περιοχής του Σχίνου. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις αρσενικού αποδίδονται πιθανώς στους μηχανισμούς κινητοποίησης λόγω της θαλάσσιας διείδυσης, στις αλκαλικές συνθήκες και στα αρχικά στάδια της απονιτροποίησης.

Abstract

Potentially toxic elements are one of the most severe threats in the environment due to their toxicity and impacts on living organisms. The geochemical fingerprint, the mobility, and the elevated concentrations of the potentially toxic elements in water and soils are the result of geogenic (water-rock interaction) and anthropogenic (land use) factors. Greece is characterized by significant occurrences of ophiolites, the lower part of which consists of ultramafic rocks. Ultramafic rocks present high content of potentially toxic elements such as chromium (Cr), cobalt (Co), copper (Cu), nickel (Ni), and arsenic (As). Especially, chromium and arsenic, have attracted the interest of the scientific community during last 15 years due to their high concentration in groundwater in many countries of the world including Greece, their toxicity even in low concentrations and their ability to mobilize – under specific conditions – at the typical pH values of groundwater.

This PhD thesis aims to investigate the geogenic and anthropogenic factors that affect the mobility of the potentially toxic elements in soils and water in ultramafic environments, with emphasis placed on chromium and arsenic. One hundred seventy-five samples of surface and groundwater and 59 samples of rocks and soils from three areas of Greece, i.e. a) the area of Loutraki-Sxinos-Gerania Mountains, c) the Psachna-Politika basin in Central Euboea, and c) the Sarigkiol Basin in Western Macedonia, were analyzed for a series of physicochemical and chemical parameters.

The results include the identification of the mineral phases of the rocks and soils collected and the determination of a large dataset of physicochemical and chemical parameters for all the water samples (T, pH, Eh, EC, DO, TDS, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cr^{6+} , Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr), soils, and rocks (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO, Ba, Ce, Cr, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zr, As, Bi, Hg, Sb, Se, Tl, Ag, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, P).

Statistical analyses such as Pearson correlation coefficients, multivariate statistical analyses (factor analysis and hierarchical cluster analysis), hydrochemical diagrams and spatial distribution maps were performed in order to process, analyze and evaluate the results. Mineralogical, geochemical and hydrogeological data were co-evaluated with the statistical data.

The mineralogical, and geochemical analyses indicate that ultramafic rocks dominate the three areas. The chemical analyses of soils and rocks indicate enrichment in MgO, FeO, As, Cr, Co, and Ni contents, which exceeds the respective mean content of Earth's crust. Furthermore, chromium-bearing mineralogical phases such as spinels (chromite and Cr-magnetite), serpentine, pyroxene, amphibole, chlorite were identified.

The results of the hydrochemical data and the hydrogeochemical analysis showed that slightly alkaline to alkaline, and oxidative geochemical conditions are predominant in the three areas. These conditions do not favor the mobility of the majority of the potentially toxic elements. Elevated chromium concentrations exceeding the 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ limit set by the World Health Organization (WHO) were recorded in all study areas. The predominant form of chromium in groundwater is hexavalent chromium. The maximum concentration of hexavalent chromium is 458,8 $\mu\text{g L}^{-1}$ in the area of the Loutraki-Schinos-Gerania Mountains, 131,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ in the Psachna Basin, and 115 $\mu\text{g L}^{-1}$ in the Sarigkiol Basin. The oxidation of the trivalent chromium to hexavalent chromium is caused by natural (manganese oxide minerals) and anthropogenic (redox couple of $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$) oxidative factors. The statistical and spatial analysis (descriptive statistics, Pearson correlation coefficient, factor analysis, hierarchical cluster analysis, and spatial distribution maps) indicate a statistical and spatial correlation between the parameters of Cr–Cr⁶⁺–NO₃⁻–P–Si. This correlation shows the synergistic role of anthropogenic activities in groundwater quality in ultramafic environments. In areas where agricultural activities are intense, such as in the Psachna Basin and in the Sarigkiol Basin, the role of agrochemical products (nitrogen and phosphate fertilizers) is significant in elevated chromium concentrations in groundwater.

The arsenic concentrations in the analyzed samples exceed the guideline WHO limit of 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ for drinking water in the area of the Loutraki-Schinos-Gerania Mountains and a natural spring in the Vermion Mountain. However, systematically high arsenic concentrations were recorded only in groundwater of the Schinos area. The elevated arsenic concentrations might be attributed to seawater intrusion, alkaline conditions, and to initial stages of denitrification.

Περιεχόμενα

| | |
|-------------------------|--------|
| Πρόλογος..... | v |
| Περίληψη..... | ix |
| Abstract | xii |
| Περιεχόμενα..... | xiv |
| Κατάλογος εικόνων | xx |
| Κατάλογος πινάκων..... | xlv |
| Συνομογραφίες | xlviii |

1. Σκοπός διδακτορικής διατριβής 1

2. Δυνητικά τοξικά στοιχεία, σε υπερβασικά περιβάλλοντα, με έμφαση στο χρώμιο και στο αρσενικό 6

| | |
|---|----|
| 2.1 Κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων..... | 6 |
| 2.2 Κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων σε υπερβασικά περιβάλλοντα..... | 9 |
| 2.3 Το χρώμιο στο περιβάλλον..... | 17 |
| 2.3.1 Γενικά..... | 17 |
| 2.3.2 Υδατική χημεία | 19 |
| 2.3.3 Οξειδοαναγωγή | 21 |
| 2.3.4 Πηγές/προέλευση | 23 |
| 2.3.5 Επιπτώσεις στην υγεία | 26 |
| 2.3.6 Νομοθεσία..... | 27 |
| 2.3.7 Εμφάνιση χρωμίου στα υπόγεια νερά..... | 29 |
| 2.3.7.1 Σε παγκόσμια κλίμακα | 29 |
| 2.3.7.2 Στην Ελλάδα | 31 |
| 2.4 Το αρσενικό στο περιβάλλον | 32 |
| 2.4.1 Γενικά..... | 32 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.2 Υδατική χημεία | 35 |
| 2.4.3 Πηγές/προελευση | 37 |
| 2.4.4 Επιπτώσεις στην υγεία | 42 |
| 2.4.5 Νομοθεσία | 43 |
| 2.4.6 Μηχανισμοί κινητοποίησης..... | 44 |
| 2.4.7 Εμφάνιση αρσενικού στα υπόγεια νερά | 45 |
| 2.4.7.1 Σε παγκόσμια κλίμακα | 45 |
| 2.4.7.2 Στην Ελλάδα | 46 |
| 2.4.8 Παράγοντες που οδηγούν στον προσδιορισμό αυξημένων συγκεντρώσεων αρσενικού στα υπόγεια νερά Στην Ελλάδα..... | 47 |
| 3. Περιοχές μελέτης | 50 |
| 3.1 Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 50 |
| 3.1.1 Γεωγραφία – Γεωμορφολογία | 50 |
| 3.1.2 Γεωλογία | 51 |
| 3.1.3 Τεκτονική | 57 |
| 3.1.4 Υδρογεωλογία..... | 59 |
| 3.1.5 Χρήσεις γης | 64 |
| 3.2 Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 64 |
| 3.2.1 Γεωγραφία – Γεωμορφολογία | 64 |
| 3.2.2 Γεωλογία | 66 |
| 3.2.3 Τεκτονική | 69 |
| 3.2.4 Υδρογεωλογία..... | 71 |
| 3.2.5 Χρήσεις γης | 76 |
| 3.3 Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 77 |
| 3.3.1 Γεωγραφία – Γεωμορφολογία | 77 |
| 3.3.2 Γεωλογία | 80 |
| 3.3.3 Τεκτονική | 86 |
| 3.3.4 Υδρογεωλογία..... | 88 |

| | |
|--|------------|
| 3.3.5 Χρήσεις γης | 95 |
| 3.4 Σύγκριση των περιοχών μελέτης | 98 |
| 4. Μεθοδολογία | 103 |
| 4.1 Συνοπτική παρουσίαση της μεθοδολογίας | 103 |
| 4.2 Δειγματοληψία | 105 |
| 4.2.1 Υπόγεια και επιφανειακά νερά | 106 |
| 4.2.2 Εδάφη και πετρώματα | 107 |
| 4.3 Προετοιμασία δειγμάτων και χημικές αναλύσεις | 108 |
| 4.3.1 Υπόγεια και επιφανειακά νερά | 108 |
| 4.3.2 Εδάφη και πετρώματα | 111 |
| 4.4 Επεξεργασία δεδομένων | 112 |
| 4.4.1 Σφάλμα ισοζυγίου φορτίου | 112 |
| 4.4.2 Περιγραφικά στατιστικά | 113 |
| 4.4.3 Συντελεστής συσχέτισης κατά Pearson | 115 |
| 4.4.4 Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση | 116 |
| 4.4.4.1 Παραγοντική ανάλυση | 116 |
| 4.4.4.2 Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες | 117 |
| 5. Αποτελέσματα αναλύσεων νερών και επεξεργασία δεδομένων | 119 |
| 5.1 Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 120 |
| 5.1.1 Φυσικοχημικές παράμετροι | 125 |
| 5.1.2 Κύρια ιόντα | 133 |
| 5.1.2.1 Κύρια κατιόντα | 133 |
| 5.1.2.2 Κύρια ανιόντα | 142 |
| 5.1.3 Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία | 151 |
| 5.1.4 Σπάνιες γαίες | 179 |
| 5.1.4.1 Ελαφριές σπάνιες γαίες | 179 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.4.2 Βαριές σπάνιες γαίες | 179 |
| 5.1.5 Υδροχημικά διαγράμματα | 180 |
| 5.1.5.1 Διάγραμμα Piper | 180 |
| 5.1.5.2 Διάγραμμα Durov | 181 |
| 5.1.6 Συντελεστές συσχέτισης | 183 |
| 5.1.7 Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση | 184 |
| 5.1.7.1 Παραγοντική ανάλυση | 184 |
| 5.1.7.2 Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες | 187 |
| 5.2 Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 192 |
| 5.2.1 Φυσικοχημικές παράμετροι | 196 |
| 5.2.2 Κύρια ιόντα | 204 |
| 5.2.2.1 Κύρια κατιόντα | 204 |
| 5.2.2.2 Κύρια ανιόντα | 213 |
| 5.2.3 Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία | 222 |
| 5.2.4 Σπάνιες γαίες | 249 |
| 5.2.4.1 Ελαφριές σπάνιες γαίες | 249 |
| 5.2.4.2 Βαριές σπάνιες γαίες | 249 |
| 5.2.5 Υδροχημικά διαγράμματα | 250 |
| 5.2.5.1 Διάγραμμα Piper | 250 |
| 5.2.5.2 Διάγραμμα Durov | 251 |
| 5.2.6 Συντελεστές συσχέτισης | 252 |
| 5.2.7 Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση | 253 |
| 5.2.7.1 Παραγοντική ανάλυση | 253 |
| 5.2.7.2 Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες | 255 |
| 5.3 Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 260 |
| 5.3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι | 264 |
| 5.3.2 Κύρια ιόντα | 272 |
| 5.3.2.1 Κύρια κατιόντα | 272 |
| 5.3.2.2 Κύρια ανιόντα | 281 |

| | |
|---|------------|
| 5.3.3 Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία | 290 |
| 5.3.4 Σπάνιες γαίες | 317 |
| 5.3.4.1 Ελαφριές σπάνιες γαίες | 317 |
| 5.3.4.2 Βαριές σπάνιες γαίες | 317 |
| 5.3.5 Υδροχημικά διαγράμματα | 318 |
| 5.3.5.1 Διάγραμμα Piper | 318 |
| 5.3.5.2 Διάγραμμα Durov | 320 |
| 5.3.6 Συντελεστές συσχέτισης | 321 |
| 5.3.7 Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση | 322 |
| 5.3.7.1 Παραγοντική ανάλυση | 322 |
| 5.3.7.2 Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες | 326 |
| 5.4 Σύνοψη των αποτελεσμάτων-επιμέρους συμπεράσματα για τις τρεις περιοχές..... | 332 |
| | |
| 6. Αποτελέσματα ορυκτολογικής και γεωχημικής μελέτης | 335 |
| 6.1 Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 336 |
| 6.1.1 Δειγματοληψία | 336 |
| 6.1.2 Ορυκτολογία – Ορυκτοχημεία..... | 338 |
| 6.1.3 Χημικές αναλύσεις..... | 356 |
| 6.2 Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 380 |
| 6.2.1 Δειγματοληψία | 380 |
| 6.2.2 Ορυκτολογία – Ορυκτοχημεία..... | 382 |
| 6.2.3 Χημικές αναλύσεις..... | 400 |
| 6.3 Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 418 |
| 6.3.1 Δειγματοληψία | 418 |
| 6.3.2 Ορυκτολογία – Ορυκτοχημεία..... | 420 |
| 6.3.3 Χημικές αναλύσεις..... | 453 |
| 6.4 Σύγκριση των διαφορετικών περιπτώσεων μελέτης | 476 |

| | |
|--|------------|
| 7. Αξιολόγηση δεδομένων – Ερμηνεία – Συζήτηση | 483 |
| 7.1 Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 483 |
| 7.2 Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 519 |
| 7.3 Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 536 |
| 7.4 Σύνοψη | 569 |
| | |
| 8. Συμπεράσματα – Προτάσεις | 583 |
| 8.1 Συμπεράσματα | 583 |
| 8.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα | 589 |
| | |
| Βιβλιογραφία | 592 |
| | |
| Δημοσιεύσεις σε περιοδικά και συνέδρια..... | 627 |
| | |
| Παράρτημα I: Μέθοδοι έρευνας | 630 |
| Παράρτημα II: Φωτογραφικό υλικό..... | 636 |
| Παράρτημα III: Χημικές αναλύσεις νερών και περιγραφικά στατιστικά | 657 |
| Παράρτημα IV: Συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson..... | 708 |
| Παράρτημα V: Χημικοί τύποι ορυκτολογικών φάσεων | 813 |
| Παράρτημα VI: Χημικές αναλύσεις στερεών δειγμάτων | 815 |
| Παράρτημα VII: Πιεζομετρικοί χάρτες..... | 825 |

Κατάλογος εικόνων

| | |
|---|----|
| Εικόνα 2.1 Κινητικότητα χημικών στοιχείων στο περιβάλλον συναρτήσει του ιοντικού δυναμικού (Rose et al., 1979)..... | 8 |
| Εικόνα 2.2 Τομή που δείχνει την επώθηση των οφιολίθων μετά από επεισόδιο ηπειρωτικής σύγκρουσης (Halдар and Tišljар, 2014)..... | 11 |
| Εικόνα 2.3 Χωρική κατανομή οφιολίθων και υπερβασικών πετρωμάτων στην Ελλάδα σύμφωνα με το ΙΓΜΕ (1983) (Karрara et al., 2015)..... | 13 |
| Εικόνα 2.4 Σχηματική απεικόνιση της λιθοστρωματογραφίας μιας οφιολιθικής ακολουθίας (Coleman, 1977)..... | 14 |
| Εικόνα 2.5 Τριγωνικό διάγραμμα ταξινόμησης υπερβασικών πετρωμάτων βάσει της περιεκτικότητάς τους σε ολιβίνη (Ol), ορθοπυρόξενο (Orx), κλινοπυρόξενο (Crx) (Hess, 1989). | 15 |
| Εικόνα 2.6 Χρώμιο (mindat.org)..... | 18 |
| Εικόνα 2.7 Ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων και η θέση του χρωμίου. | 18 |
| Εικόνα 2.8 Διάγραμμα Pourbaix (Eh-pH) για τα υδατικά είδη Cr στο σύστημα Cr-O ₂ -H ₂ O σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1 bar (Jacobs and Testa, 2004)..... | 21 |
| Εικόνα 2.9 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας Cr σε εδαφικά δείγματα στην Ευρώπη (Πηγή: Foregatlas) | 24 |
| Εικόνα 2.10 Χάρτης χωρικής κατανομής συγκεντρώσεων Cr σε επιφανειακά νερά στην Ευρώπη (Πηγή: Foregatlas)..... | 25 |
| Εικόνα 2.11 Αρσενικό (mindat.org)..... | 34 |
| Εικόνα 2.12 Ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων που φαίνεται η θέση του αρσενικού. | 34 |
| Εικόνα 2.13 Διάγραμμα Pourbaix (Eh-pH) για τα υδατικά είδη As στο σύστημα As-O ₂ -H ₂ O σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1 bar (Smedley and Kinniburgh, 2002)..... | 36 |
| Εικόνα 2.14 Ειδοταυτοποίηση αρσενικωδών αλάτων ως συνάρτηση του pH (ιοντική ισχύς 0,01M). Οι οξειδοαναγωγικές συνθήκες έχουν επιλεγεί έτσι ώστε η υποδεικνυόμενη κατάσταση οξείδωσης να κυριαρχεί στη συσσώρευση και στις δύο περιπτώσεις (Smedley and Kinniburgh, 2002)..... | 36 |
| Εικόνα 2.15 Ειδοταυτοποίηση αρσενικικών αλάτων ως συνάρτηση του pH (ιοντική ισχύς 0,01M). Οι οξειδοαναγωγικές συνθήκες έχουν επιλεγεί έτσι ώστε η υποδεικνυόμενη κατάσταση οξείδωσης να κυριαρχεί στη συσσώρευση και στις δύο περιπτώσεις (Smedley and Kinniburgh, 2002)..... | 37 |
| Εικόνα 2.16 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας As σε εδαφικά δείγματα στην Ευρώπη (Πηγή: Foregatlas) | 39 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 2.17 Χάρτης χωρικής κατανομής συγκεντρώσεων As σε επιφανειακά νερά στην Ευρώπη (Πηγή: Foregatlas)..... | 40 |
| Εικόνα 2.18 Ολιστική προσέγγιση των παραγόντων (περιβάλλον-διεργασίες-δείκτες) που οδηγούν σε αυξημένες συγκεντρώσεις As στα υπόγεια νερά (Smedley and Kinniburgh, 2002) | 49 |
| Εικόνα 3.1 Η θέση της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων στον χάρτη της Ελλάδας.. | 51 |
| Εικόνα 3.2 Οι γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας (www.orykta.gr/geologia-oryktologia/geologia-elladas). | 52 |
| Εικόνα 3.3 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων (Μπορνόβας και άλλοι., 1970-1980α, Μπορνόβας και άλλοι, 1970-1980b)..... | 56 |
| Εικόνα 3.4 Τα σημαντικότερα ενεργά ρήγματα στην ανατολική Κορινθία. S: Σχίνου, P: Πισσιών, L: Λουτρακίου, A.T: Αγίων Θεοδώρων, K: Κεχραιών, M: Μύλου, KA: Κατακαλίου (Ροντογιάννη κ.α., 2008) | 58 |
| Εικόνα 3.5 Υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 61 |
| Εικόνα 3.6 Η θέση της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας στον χάρτη της Ελλάδας | 65 |
| Εικόνα 3.7 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (Κατσικάτσος και άλλοι, 1981)..... | 69 |
| Εικόνα 3.8 Υδρολιθολογικός χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 73 |
| Εικόνα 3.9 Η θέση της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας στον χάρτη της Ελλάδας | 78 |
| Εικόνα 3.10 Τοπογραφική απεικόνιση της λεκάνης Σαριγκιόλ και υδρογραφικό δίκτυο του ρέματος Σουλού και των ρεμάτων του Βερμίου. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται ο υδροκρίτης της λεκάνης απορροής, με μπλε το υδρογραφικό δίκτυο, με πράσινο τα σημεία με υψομετρική πληροφορία, με σκούρο καφέ οι κύριες και με ανοιχτό καφέ οι δευτερεύουσες ισοϋψείς (σχήμα άνευ κλίμακας) (Σπυρίδης, 2009). | 80 |
| Εικόνα 3.11 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (ΙΓΜΕ, 1980)..... | 86 |
| Εικόνα 3.12 Τεκτονικός χάρτης της περιοχής Φλώρινας-Βεγορίτιδας-Πτολεμαΐδας (Pavlidis and Mountrakis, 1987) | 88 |
| Εικόνα 3.13 Υδρολιθολογικός χάρτης της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 90 |
| Εικόνα 3.14 Δορυφορική φωτογραφία που παρουσιάζει τις αγροτικές δραστηριότητες στους τρεις ΑΗΣ της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (Vasileiou et al., 2018) | 97 |
| Εικόνα 3.15 Δορυφορικές φωτογραφίες από τους ΑΗΣ που βρίσκονται στη λεκάνη Σαριγκιόλ (Vasileiou et al., 2018)..... | 98 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 3.16 Οι θέσεις των τριών περιοχών μελέτης στο χάρτη της Ελλάδας: Α) Λουτράκι – Σχίνος – Γεράνεια Όρη, Β) Ψαχνά - Πολιτικά, Κεντρικής Ευβοίας και Γ) λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.. | 99 |
| Εικόνα 3.17 Σχηματική απεικόνιση της σύγκρισης γεωλογικών, υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών και χρήσεων γης στις τρεις περιοχές μελέτης της παρούσας διδακτορικής διατριβής..... | 101 |
| Εικόνα 4.1 Μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας διδακτορικής διατριβής..... | 105 |
| Εικόνα 5.1 Χάρτης της περιοχής περιοχή Λουτρακίου -Σχίνου - πηγών Γερανείων Ορέων με τα 68 δείγματα υπογείων νερών | 122 |
| Εικόνα 5.2 Θηκόγραμμα για τις τιμές θερμοκρασίας για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου –Γερανείων Ορέων. | 125 |
| Εικόνα 5.3 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου –Γερανείων Ορέων. | 126 |
| Εικόνα 5.4 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 127 |
| Εικόνα 5.5 Θηκόγραμμα για τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου –Γερανείων Ορέων | 129 |
| Εικόνα 5.6 Χάρτης χωρικής για τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 130 |
| Εικόνα 5.7 Θηκόγραμμα για τις τιμές pH για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 131 |
| Εικόνα 5.8 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών ενεργούς οξύτητας (pH) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 132 |
| Εικόνα 5.9 Θηκόγραμμα για τις τιμές δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 133 |
| Εικόνα 5.10 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων ασβεστίου (Ca ²⁺) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 135 |
| Εικόνα 5.11 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων μαγνησίου (Mg ²⁺) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 137 |
| Εικόνα 5.12 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων νατρίου (Na ⁺) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 139 |
| Εικόνα 5.13 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων καλίου (K ⁺) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 141 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 5.14 Θηκογράμματα για τα κύρια κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ και K^+) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 142 |
| Εικόνα 5.15 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων χλωρίου (Cl^-) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 144 |
| Εικόνα 5.16 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων θειικών ιόντων (SO_4^{2-}) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 146 |
| Εικόνα 5.17 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 148 |
| Εικόνα 5.18 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων (NO_3^-) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 150 |
| Εικόνα 5.19 Θηκογράμματα για τα κύρια ανιόντα (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- και NO_3^-) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 151 |
| Εικόνα 5.20 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 153 |
| Εικόνα 5.21 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βορίου (B) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 155 |
| Εικόνα 5.22 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις ολικού χρωμίου (Cr) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 157 |
| Εικόνα 5.23 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 158 |
| Εικόνα 5.24 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 159 |
| Εικόνα 5.25 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 160 |
| Εικόνα 5.26 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χαλκού (Cu) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 162 |
| Εικόνα 5.27 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων μαγγανίου (Mn) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 164 |
| Εικόνα 5.28 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νικελίου (Ni) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 166 |
| Εικόνα 5.29 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 168 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 5.30 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων σεληνίου (Se) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 170 |
| Εικόνα 5.31 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 172 |
| Εικόνα 5.32 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων στροντίου (Sr) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 174 |
| Εικόνα 5.33 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βαναδίου (V) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 176 |
| Εικόνα 5.34 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ψευδαργύρου (Zn) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 178 |
| Εικόνα 5.35 Διάγραμμα Piper για τα 68 δείγματα στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 181 |
| Εικόνα 5.36 Διάγραμμα Durov για τα 68 δείγματα στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 182 |
| Εικόνα 5.37 Ανάλυση κύριων συνιστωσών από το κρημογράφημα των ιδιοτιμών συνιστωσών για τα 68 δείγματα υπογείων νερών στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 185 |
| Εικόνα 5.38 Δενδρόγραμμα της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (3 ομάδες) για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=68) στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 188 |
| Εικόνα 5.39 Χάρτης χωρικής κατανομής των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=68) στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 190 |
| Εικόνα 5.40 Χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας με τα 65 δείγματα υπογείων νερών..... | 193 |
| Εικόνα 5.41 Θηκόγραμμα για τις τιμές θερμοκρασίας για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 196 |
| Εικόνα 5.42 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις διαλελυμένου οξυγόνου για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 197 |
| Εικόνα 5.43 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 198 |
| Εικόνα 5.44 Θηκόγραμμα για τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 200 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 5.45 Χάρτης χωρικής κατανομής για τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015)..... | 201 |
| Εικόνα 5.46 Θηκόγραμμα για τις τιμές pH για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 202 |
| Εικόνα 5.47 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών ενεργούς οξύτητας (pH) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015) | 203 |
| Εικόνα 5.48 Θηκόγραμμα για τις τιμές δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 204 |
| Εικόνα 5.49 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015)..... | 206 |
| Εικόνα 5.50 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων μαγνησίου (Mg^{2+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015)..... | 208 |
| Εικόνα 5.51 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων νατρίου (Na^{+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015) | 210 |
| Εικόνα 5.52 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων καλίου (K^{+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015) | 212 |
| Εικόνα 5.53 Θηκογράμματα για τα κύρια κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} και K^{+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 213 |
| Εικόνα 5.54 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων χλωρίου (Cl^{-}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015) | 215 |
| Εικόνα 5.55 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων θειικών ιόντων (SO_4^{2-}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015) | 217 |
| Εικόνα 5.56 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^{-}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015)..... | 219 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 5.57 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων (NO_3^-) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015) | 221 |
| Εικόνα 5.58 Θηκογράμματα για τα κύρια ανιόντα (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- και NO_3^-) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 222 |
| Εικόνα 5.59 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 224 |
| Εικόνα 5.60 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βορίου (B) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 226 |
| Εικόνα 5.61 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις ολικού χρωμίου (Cr) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 228 |
| Εικόνα 5.62 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015) | 229 |
| Εικόνα 5.63 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 230 |
| Εικόνα 5.64 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015)..... | 231 |
| Εικόνα 5.65 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χαλκού (Cu) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 233 |
| Εικόνα 5.66 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων μαγγανίου (Mn) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 235 |
| Εικόνα 5.67 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νικελίου (Ni) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 237 |
| Εικόνα 5.68 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 238 |
| Εικόνα 5.69 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων σεληνίου (Se) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 240 |
| Εικόνα 5.70 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 242 |
| Εικόνα 5.71 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων στροντίου (Sr) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 244 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 5.72 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βαναδίου (V) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 246 |
| Εικόνα 5.73 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ψευδαργύρου (Zn) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 248 |
| Εικόνα 5.74 Διάγραμμα Piper για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015) | 251 |
| Εικόνα 5.75 Διάγραμμα Durov για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015) | 252 |
| Εικόνα 5.76 Ανάλυση κύριων συνιστωσών από το κρημονογράφημα των ιδιοτιμών συνιστωσών για τα 65 δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 254 |
| Εικόνα 5.77 Δενδρογράμμα της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (3 ομάδες) για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=65) στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 257 |
| Εικόνα 5.78 Χάρτης χωρικής κατανομής των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=65) στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 258 |
| Εικόνα 5.79 Χάρτης της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας με τα 73 δείγματα επιφανειακών και υπογείων νερών | 261 |
| Εικόνα 5.80 Θηκόγραμμα για τις τιμές θερμοκρασίας για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 264 |
| Εικόνα 5.81 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 265 |
| Εικόνα 5.82 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 266 |
| Εικόνα 5.83 Θηκόγραμμα για τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 267 |
| Εικόνα 5.84 Χάρτης χωρικής κατανομής για τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 269 |
| Εικόνα 5.85 Θηκόγραμμα για τις τιμές pH για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 270 |
| Εικόνα 5.86 Χάρτης χωρικής κατανομής για τις τιμές pH για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 271 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 5.87 Θηκόγραμμα για τις τιμές δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 272 |
| Εικόνα 5.88 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 274 |
| Εικόνα 5.89 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων μαγνησίου (Mg^{2+}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 276 |
| Εικόνα 5.90 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων νατρίου (Na^+) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 278 |
| Εικόνα 5.91 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων καλίου (K^+) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 280 |
| Εικόνα 5.92 Θηκογράμματα για τα κύρια κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ και K^+) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 281 |
| Εικόνα 5.93 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων χλωρίου (Cl^-) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 283 |
| Εικόνα 5.94 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων θειικών ιόντων (SO_4^{2-}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 285 |
| Εικόνα 5.95 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 287 |
| Εικόνα 5.96 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων (NO_3^-) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 289 |
| Εικόνα 5.97 Θηκογράμματα για τα κύρια ανιόντα (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- και NO_3^-) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 290 |
| Εικόνα 5.98 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 292 |
| Εικόνα 5.99 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βορίου (B) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 294 |
| Εικόνα 5.100 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις ολικού χρωμίου (Cr) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 296 |
| Εικόνα 5.101 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 297 |
| Εικόνα 5.102 Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 298 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 5.103 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr ⁶⁺) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 299 |
| Εικόνα 5.104 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χαλκού (Cu) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 301 |
| Εικόνα 5.105 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων μαγγανίου (Mn) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 303 |
| Εικόνα 5.106 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νικελίου (Ni) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 305 |
| Εικόνα 5.107 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. | 307 |
| Εικόνα 5.108 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 310 |
| Εικόνα 5.109 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων στροντίου (Sr) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 312 |
| Εικόνα 5.110 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βαναδίου (V) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 314 |
| Εικόνα 5.111 Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ψευδαργύρου (Zn) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 316 |
| Εικόνα 5.112 Διάγραμμα κατά Piper για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας... .. | 319 |
| Εικόνα 5.113 Διάγραμμα Durog για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας ... | 321 |
| Εικόνα 5.114 Ανάλυση κύριων συνιστωσών από το κρημογράφημα των ιδιοτιμών συνιστωσών για τα 73 δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 324 |
| Εικόνα 5.115 Δενδρόγραμμα της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (5 ομάδες) για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=73) στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονία | 328 |
| Εικόνα 5.116 Χάρτης χωρικής κατανομής των πέντε συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=73) στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 329 |
| Εικόνα 6.1 Χάρτης της περιοχής Σχίνου – Λουτρακίου - πηγών Γερανείων Ορέων με τις 12 θέσεις δειγματοληψίας πετρωμάτων και εδαφικών δειγμάτων | 337 |
| Εικόνα 6.2 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος G2..... | 341 |
| Εικόνα 6.3 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος G6..... | 341 |
| Εικόνα 6.4 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος G10..... | 342 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 6.5 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – X του δείγματος S3 | 342 |
| Εικόνα 6.6 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – X του δείγματος S5 | 343 |
| Εικόνα 6.7 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαροειδή a-b: του δείγματος G6, στο οποίο παρατηρείται σερπεντίνης με υπολειμματικούς κόκκους μεταλλικών ορυκτών (Srp: σερπεντίνης, Chr: χρωμίτης), c-f: του δείγματος G10, στο οποίο παρατηρούνται ολιβίνης, μεταλλικά ορυκτά και σερπεντίνης (Ol: ολιβίνης, Srp: σερπεντίνης, Chr: χρωμίτης) | 344 |
| Εικόνα 6.8 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαροειδή a-b: του δείγματος G10, στο οποίο παρατηρούνται πυρόξενος και σερπεντίνης (Orx: πυρόξενος, Srp: σερπεντίνης), c-f: του δείγματος S3, στο οποίο διακρίνονται ολιβίνης, μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης και πυρόξενος (Ol: ολιβίνης, Srp: σερπεντίνης, Chr: χρωμίτης, Orx: πυρόξενος) | 345 |
| Εικόνα 6.9 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαροειδή του δείγματος S5 στο οποίο διακρίνονται πυρόξενος, αμφίβολος, ολιβίνης και χρωμίτης. Κατά θέσεις σχηματίζεται αμφίβολος (τρεμολίτης/ακτινόλιθος) αντικαθιστώντας τον πυρόξενο. (Orx: πυρόξενος, Amp: αμφίβολος, Ol: ολιβίνης, Chr: χρωμίτης)... | 346 |
| Εικόνα 6.10 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαροειδή a-b: του δείγματος G6, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά και σερπεντίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης), c-d: του δείγματος G9, στο οποίο διακρίνονται μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης και ολιβίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης), e-f: του δείγματος S3, στο οποίο διακρίνονται μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης, πυρόξενος και ολιβίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης, Orx: πυρόξενος, Ol: ολιβίνης).. | 347 |
| Εικόνα 6.11 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων α: Cr-ούχος σπινέλιος και b: Cr-ούχος σερπεντίνης..... | 348 |
| Εικόνα 6.12 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων α: Cr-ούχος πυρόξενος και b: Cr-ούχος σπινέλιος | 348 |
| Εικόνα 6.13 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων α: πυροαυρίτης και b: σερπεντίνης..... | 349 |
| Εικόνα 6.14 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – X του δείγματος LSS4..... | 350 |
| Εικόνα 6.15 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – X του δείγματος LSS9..... | 351 |
| Εικόνα 6.16 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – X του δείγματος LSS19 | 351 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 6.17 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος LSS27 | 352 |
| Εικόνα 6.18 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος SSL2 | 352 |
| Εικόνα 6.19 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος SSL4 | 353 |
| Εικόνα 6.20 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος SSL6 | 353 |
| Εικόνα 6.21 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαροειδή a-b: του δείγματος LSS19, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά και σερπεντίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης), c-d: του δείγματος LSS27, στο οποίο διακρίνονται μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης και ολιβίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης), e-f: του δείγματος SSL4, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης και ολιβίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης) | 354 |
| Εικόνα 6.22 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαροειδή a-d: του δείγματος SSL6, στο οποίο διακρίνονται σερπεντίνης και ασβεστίτης (Srp: σερπεντίνης, Cal: ασβεστίτης), e-f: του δείγματος SSL2, στο οποίο παρατηρούνται σερπεντίνης και ασβεστίτης (Srp: σερπεντίνης, Cal: ασβεστίτης) | 355 |
| Εικόνα 6.23 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των εδαφικών δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων α: Cr-ούχος χλωρίτης, b: Cr-ούχος σερπεντίνης και c: ολιβίνης | 356 |
| Εικόνα 6.24 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας τριοξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων..... | 361 |
| Εικόνα 6.25 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του ασβεστίου (CaO) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων. 363 | 363 |
| Εικόνα 6.26 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγνησίου (MgO) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων. 365 | 365 |
| Εικόνα 6.27 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγγανίου (MnO) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων. 367 | 367 |
| Εικόνα 6.28 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας αρσενικού (As) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων | 369 |
| Εικόνα 6.29 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας του κοβαλτίου (Co) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων | 371 |
| Εικόνα 6.30 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας χρωμίου (Cr) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων | 373 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 6.31 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας νικελίου (Ni) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων | 376 |
| Εικόνα 6.32 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας φωσφόρου (P) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων | 378 |
| Εικόνα 6.33 Χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας με τις 16 θέσεις δειγματοληψίας εδαφικών δειγμάτων | 381 |
| Εικόνα 6.34 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) του δείγματος G13-1 | 384 |
| Εικόνα 6.35 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) του δείγματος G13-2 | 385 |
| Εικόνα 6.36 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) του δείγματος G13-4 | 385 |
| Εικόνα 6.37 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) του δείγματος G13-5 | 386 |
| Εικόνα 6.38 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός σερπεντινωμένων δουνιτών με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαιοειδή. Διακρίνονται υπολειμματικοί κρύσταλλοι ολιβίνη σε κύρια μάζα από σερπεντίνη, οξείδια Fe και κόκκοι χρωμίτη (Srρ: σερπεντίνης, OI: ολιβίνης, Chr: χρωμίτης, Fe-oxides: οξείδια σιδήρου) | 387 |
| Εικόνα 6.39 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός σερπεντινωμένων χαρτζβουργιτών με παράλληλα (a,c,e,g) και κάθετα (b,d,f,h) πολαιοειδή. Διακρίνονται υπολειμματικοί κρύσταλλοι ολιβίνη και ορθοπυροξένου σε κύρια μάζα από σερπεντίνη, οξείδια Fe και κόκκοι χρωμίτη. Επίσης, κλινοπυρόξενος αναπτύσσεται στο σχισμό του ορθοπυρόξενου (Srρ: σερπεντίνης, OI: ολιβίνης, Py: πυρόξενος, Chr: χρωμίτης, Fe-oxides: οξείδια σιδήρου) | 388 |
| Εικόνα 6.40 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός σερπεντινωμένων χαρτζβουργιτών με παράλληλα (l,k) και κάθετα (j,l) πολαιοειδή. Διακρίνονται υπολειμματικοί κρύσταλλοι ολιβίνη και ορθοπυροξένου σε κύρια μάζα από σερπεντίνη, οξείδια σιδήρου και κόκκοι χρωμίτη. Κατά θέσεις σχηματίζεται αμφίβολος (τρεμολίτης/ακτινόλιθος) (Srρ: σερπεντίνης, OI: ολιβίνης, Py: πυρόξενος, Amph: αμφίβολος, Chr: χρωμίτης) | 389 |
| Εικόνα 6.41 Αντιπροσωπευτικές εικόνες οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) Cr-ούχων ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων α: Cr-ούχος σερπεντίνης, b: Cr-ούχος ορθοπυρόξενος, c: Cr-ούχος κλινοπυρόξενος και d: Cr-ούχος σπινέλιος... | 390 |
| Εικόνα 6.42 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E1 | 392 |
| Εικόνα 6.43 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E2 | 392 |
| Εικόνα 6.44 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E3 | 393 |
| Εικόνα 6.45 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E4 | 393 |
| Εικόνα 6.46 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E5 | 394 |
| Εικόνα 6.47 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E6 | 394 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 6.48 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε7 | 395 |
| Εικόνα 6.49 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε8 | 395 |
| Εικόνα 6.50 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε9 | 396 |
| Εικόνα 6.51 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε10 | 396 |
| Εικόνα 6.52 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε11 | 397 |
| Εικόνα 6.53 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε12 | 397 |
| Εικόνα 6.54 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε13 | 398 |
| Εικόνα 6.55 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε14 | 398 |
| Εικόνα 6.56 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε15 | 399 |
| Εικόνα 6.57 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος Ε16 | 399 |
| Εικόνα 6.58 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός εδαφικών δειγμάτων με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαροειδή στα οποία παρατηρούνται υπολειμματικοί κόκκοι των μητρικών πετρωμάτων (Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης, Sp: σπινέλιος, Tcl: τάλκης, Goe: γκαϊτίτης, Fe-oxides: οξείδια σιδήρου, Fe-hydroxides: υδροξείδια σιδήρου) | 400 |
| Εικόνα 6.59 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας τριοξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 406 |
| Εικόνα 6.60 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του ασβεστίου (CaO) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 407 |
| Εικόνα 6.61 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγνησίου (MgO) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 408 |
| Εικόνα 6.62 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγγανίου (MnO) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 409 |
| Εικόνα 6.63 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας αρσενικού (As) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 411 |
| Εικόνα 6.64 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας κοβαλτίου (Co) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 413 |
| Εικόνα 6.65 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας χρωμίου (Cr) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 414 |
| Εικόνα 6.66 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας νικελίου (Ni) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 416 |
| Εικόνα 6.67 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας φωσφόρου (P) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 417 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 6.68 Χάρτης της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, με τις 31 θέσεις δειγματοληψίας δειγμάτων πετρωμάτων, εδαφικών και ιπτάμενης τέφρας..... | 420 |
| Εικόνα 6.69 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR1..... | 426 |
| Εικόνα 6.70 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR2..... | 426 |
| Εικόνα 6.71 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR5..... | 427 |
| Εικόνα 6.72 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR6..... | 427 |
| Εικόνα 6.73 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR8..... | 428 |
| Εικόνα 6.74 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR9..... | 428 |
| Εικόνα 6.75 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR12..... | 429 |
| Εικόνα 6.76 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR13..... | 429 |
| Εικόνα 6.77 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR14..... | 430 |
| Εικόνα 6.78 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR17..... | 430 |
| Εικόνα 6.79 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR18..... | 431 |
| Εικόνα 6.80 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR45..... | 431 |
| Εικόνα 6.81 Μικροφωτογραφία από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολαροειδή του δείγματος UMR1, στο οποίο διακρίνονται διάσπαρτα οξείδια, Mn/Fe, Mn/Ni, Fe, στη σερπεντινική μάζα..... | 432 |
| Εικόνα 6.82 Μικροφωτογραφία από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα πολαροειδή του δείγματος UMR5, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξείδια Fe) στη σερπεντινική μάζα | 432 |
| Εικόνα 6.83 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολαροειδή a-b: του δείγματος UMR1, στο οποίο παρατηρείται σερπεντίνης με υπολειμματικούς κόκκους χρωμίτη (Chr: χρωμίτης), c-d: του δείγματος UMR6, στο οποίο διακρίνεται ο χαρακτηριστικός κυψελώδης ιστός του σερπεντίνης (Ser: σερπεντίνης), e-f: του δείγματος UMR9, στο οποίο παρατηρείται τρεμολιτική αμφίβολος (Trm: τρεμολίτης) | 433 |
| Εικόνα 6.84 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολαροειδή a-b: του δείγματος UMR14, στο οποίο διακρίνεται χρωμίτης (Chr: χρωμίτης), c-d: του δείγματος UMR15, στο οποίο παρατηρούνται κόκκοι χρωμίτη και οξειδίων Fe, e-f: του δείγματος UMR17, στο οποίο διακρίνονται τρεμολιτική αμφίβολος και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (χρωμίτης και οξείδια Fe) (Chr: χρωμίτης) | 434 |
| Εικόνα 6.85 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολαροειδή a-b: του δείγματος UMR18, στο οποίο διακρίνεται ο χαρακτηριστικός κυψελώδης ιστός | |

| | |
|---|-----|
| και παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά. c-d: του δείγματος UMR45, στο οποίο παρατηρούνται κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (χρωμίτη, οξειδίων Fe). e-f: του δείγματος UMR2, στο οποίο διακρίνεται ασβεστίτης (Cc: ασβεστίτης) | 435 |
| Εικόνα 6.86 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας a-b: οξειδίων Mn και c: Cr-ουχου σερπεντίνη (Δείγμα UMR1) | 436 |
| Εικόνα 6.87 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας a: οξειδίων Mn (-Ni) (Δείγμα UMR1), b: οξειδίων Fe και Mn (Δείγμα UMR6) και c: οξειδίων Fe, Cr, Mn (Δείγμα UMR6)..... | 437 |
| Εικόνα 6.88 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας a: Cr-ούχου σερπεντίνη, b: αμφιβόλου και c: Cr-ούχου χλωρίτη | 438 |
| Εικόνα 6.89 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Διακρίνονται a: κόκκοι χρωμίτη (a) που περιβάλλονται από Cr-μαγνητίτη (b), σε μία μάζα που αποτελείται, κυρίως, από σερπεντίνη (c), χλωρίτη (d) και υπολειμματικούς κρυστάλλους πυροξένων (e). Όλες οι ορυκτές φάσεις που σημειώνονται περιέχουν Cr ₂ O ₃ | 439 |
| Εικόνα 6.90 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S-RYA-ARD1 | 440 |
| Εικόνα 6.91 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S-RYA-ARD-3A..... | 441 |
| Εικόνα 6.92 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S3 | 441 |
| Εικόνα 6.93 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S4 | 442 |
| Εικόνα 6.94 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S5 | 442 |
| Εικόνα 6.95 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S9 | 443 |
| Εικόνα 6.96 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S16 | 443 |
| Εικόνα 6.97 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολωροειδή a: του δείγματος S-RYA-ARD1, στο οποίο διακρίνεται ασβεστίτης, b: του δείγματος S3, στο οποίο παρατηρείται ασβεστίτης c-d: του δείγματος S-RYA-ARD-3A, στο οποίο διακρίνονται χλωρίτης, χαλαζίας και μεταλλικά ορυκτά e: του δείγματος S5, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά και αργιλικά ορυκτά και f: του δείγματος S9, στο οποίο διακρίνονται μεταλλικά ορυκτά μέσα στη μάζα του εδαφικού δείγματος..... | 444 |
| Εικόνα 6.98 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των εδαφικών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας a: περιοχής εδαφικού δείγματος (επικρατούν τα στοιχεία Si, Al, Mg, Ca) και b: ιλλίτη | 445 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 6.99 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος AHS-AD-FA | 446 |
| Εικόνα 6.100 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος AHS-AD-FA-L | 447 |
| Εικόνα 6.101 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος AHS-K-FA..... | 447 |
| Εικόνα 6.102 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος AHS-K-FA-L..... | 448 |
| Εικόνα 6.103 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος BA-AD | 448 |
| Εικόνα 6.104 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος BA-K..... | 449 |
| Εικόνα 6.105 Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S7 | 449 |
| Εικόνα 6.106 Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολωροειδή a-b: του δείγματος S7. c-d: του δείγματος ιπτάμενης τέφρας του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και e-f: του δείγματος ιπτάμενης τέφρας του ΑΗΣ Καρδιάς..... | 450 |
| Εικόνα 6.107 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ανόργανων φάσεων της ιπτάμενης τέφρας της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 451 |
| Εικόνα 6.108 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ανόργανων φάσεων της ιπτάμενης τέφρας της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 452 |
| Εικόνα 6.109 Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) περιοχών της ιπτάμενης τέφρας | 453 |
| Εικόνα 6.110 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας τριοξειδίου του σιδήρου (Fe ₂ O ₃) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 460 |
| Εικόνα 6.111 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του ασβεστίου (CaO) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 461 |
| Εικόνα 6.112 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγνησίου (MgO) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 463 |
| Εικόνα 6.113 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγγανίου (MnO) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 464 |
| Εικόνα 6.114 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας αρσενικού (As) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 466 |
| Εικόνα 6.115 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας κοβαλτίου (Co) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 468 |
| Εικόνα 6.116 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας χρωμίου (Cr) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 470 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 6.117 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας νικελίου (Ni) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 472 |
| Εικόνα 6.118 Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας φωσφόρου (P) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 474 |
| Εικόνα 6.119 Διάγραμμα περιεκτικότητας Cr και Ni στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας | 477 |
| Εικόνα 6.120 Διάγραμμα περιεκτικότητας Cr και Co στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας | 478 |
| Εικόνα 6.121 Διάγραμμα περιεκτικότητας Ni και Co στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας | 478 |
| Εικόνα 6.122 Διάγραμμα περιεκτικότητας Cr και Fe_2O_3 στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας..... | 479 |
| Εικόνα 6.123 Διάγραμμα περιεκτικότητας As και Fe_2O_3 στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας..... | 480 |
| Εικόνα 6.124 Διάγραμμα περιεκτικότητας As και MnO στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας..... | 480 |
| Εικόνα 6.125 Διάγραμμα περιεκτικότητας As και Al_2O_3 στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας..... | 481 |
| Εικόνα 6.126 Διάγραμμα περιεκτικότητας As και SiO_2 στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας..... | 481 |
| Εικόνα 6.127 Μέση περιεκτικότητα Cr και As στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας | 482 |
| Εικόνα 7.1 Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών pH στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, τα 33 δείγματα για την περιοχή του Σχίνου και τα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 483 |
| Εικόνα 7.2 Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 484 |
| Εικόνα 7.3 Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 485 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 7.4 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων κατιόντων στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 485 |
| Εικόνα 7.5 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων ανιόντων στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 486 |
| Εικόνα 7.6 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 488 |
| Εικόνα 7.7 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 489 |
| Εικόνα 7.8 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr ⁶⁺) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 490 |
| Εικόνα 7.9 Προβολή Eh vs. pH (Pourbaix, 1966) του συστήματος Mn-O-H στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 491 |
| Εικόνα 7.10 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 492 |
| Εικόνα 7.11 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 493 |
| Εικόνα 7.12 Προβολή συγκεντρώσεων As vs. Cl ⁻ για τις διαφορετικές περιόδους δειγματοληψίας στην περιοχή του Σχίνου | 494 |
| Εικόνα 7.13 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη | 496 |
| Εικόνα 7.14 Προβολή συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) και επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (As, V, Se, Mn) στην περιοχή του Σχίνου | 497 |
| Εικόνα 7.15 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 1ο παράγοντα (FA1) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 499 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 7.16 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 2ο παράγοντα (FA2) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 501 |
| Εικόνα 7.17 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 3ο παράγοντα (FA3) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 502 |
| Εικόνα 7.18 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 4ο παράγοντα (FA4) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 504 |
| Εικόνα 7.19 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 5ο παράγοντα (FA5) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 505 |
| Εικόνα 7.20 Μέσες τιμές και συγκεντρώσεις φυσικών και χημικών παραμέτρων των τριών συστάδων της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 507 |
| Εικόνα 7.21 Θηκόγραμμα συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) των 48 δειγμάτων από την περιοχή του Σχίνου και τα Γεράνεια Όρη..... | 508 |
| Εικόνα 7.22 Χάρτης χωρικής κατανομής των τριών ομάδων ($G1: Cr^{6+} < 6,96 \mu g L^{-1}$, $G2: 6,96 \mu g L^{-1} < Cr^{6+} < 61,29 \mu g L^{-1}$, $G3: Cr^{6+} > 61,29 \mu g L^{-1}$) και των δειγμάτων υπογείων νερών της περιοχής του Λουτρακίου | 509 |
| Εικόνα 7.23 Προβολή του λόγου Mg^{2+}/Ca^{2+} vs. Si στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 510 |
| Εικόνα 7.24 Προβολή συγκεντρώσεων $Mg^{2+} - Cl^{-}$, HCO_3^{-} και Si, εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης και συντελεστές συσχέτισης κάθε ομάδας | 512 |
| Εικόνα 7.25 Προβολή συγκεντρώσεων $Ca^{2+} - Cl^{-}$, HCO_3^{-} και Si, εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης και συντελεστές συσχέτισης κάθε ομάδας | 514 |
| Εικόνα 7.26 Προβολή συγκεντρώσεων Cr – Mg^{2+} , Ca^{2+} και Si, εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης και συντελεστές συσχέτισης κάθε ομάδας | 516 |
| Εικόνα 7.27 Προβολή συγκεντρώσεων P vs. NO_3^{-} στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 517 |
| Εικόνα 7.28 Προβολή συγκεντρώσεων Ca^{2+} vs. P στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 518 |
| Εικόνα 7.29 Προβολή Eh vs. pH (Pourbaix, 1966) του συστήματος Mn-O-H για τα δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 522 |
| Εικόνα 7.30 Προβολή συγκεντρώσεων Na^{+} vs. Cl^{-} στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 523 |
| Εικόνα 7.31 Προβολή του λόγου Na^{+}/Cl^{-} vs. EC στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 524 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 7.32 Προβολή συγκεντρώσεων ($\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$) vs. Na^+ στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 525 |
| Εικόνα 7.33 Προβολή CAI1 vs. CAI2 στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 526 |
| Εικόνα 7.34 Προβολή συγκεντρώσεων ($\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$) vs. HCO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 526 |
| Εικόνα 7.35 Προβολή συγκεντρώσεων ($\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$) vs. ($\text{HCO}_3^-+\text{SO}_4^{2-}$) στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 527 |
| Εικόνα 7.36 Προβολή συγκεντρώσεων Si vs. HCO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 528 |
| Εικόνα 7.37 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 1ο παράγοντα (FA1) για τα 65 δείγματα στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 529 |
| Εικόνα 7.38 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 2ο παράγοντα (FA2) για τα 65 δείγματα στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 530 |
| Εικόνα 7.39 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 3ο παράγοντα (FA3) για τα 65 δείγματα στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. | 531 |
| Εικόνα 7.40 Μέσες τιμές και συγκεντρώσεις φυσικών και χημικών παραμέτρων των τριών συστάδων στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 532 |
| Εικόνα 7.41 Προβολή συγκεντρώσεων SO_4^{2-} vs. NO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 533 |
| Εικόνα 7.42 Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. ($\text{Cl}^-+\text{NO}_3^-$)- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 534 |
| Εικόνα 7.43 Προβολή συγκεντρώσεων TDS vs. ($\text{NO}_3^-+\text{Cl}^-$)/ HCO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 534 |
| Εικόνα 7.44 Προβολή συγκεντρώσεων Cr^{6+} vs. NO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 535 |
| Εικόνα 7.45 Προβολή συγκεντρώσεων P vs. Cr στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 535 |
| Εικόνα 7.46 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 538 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 7.47 Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 539 |
| Εικόνα 7.48 Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών pH στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 539 |
| Εικόνα 7.49 Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 540 |
| Εικόνα 7.50 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων κατιόντων στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 540 |
| Εικόνα 7.51 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων ανιόντων στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 541 |
| Εικόνα 7.52 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 542 |
| Εικόνα 7.53 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 543 |
| Εικόνα 7.54 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr ⁶⁺) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 544 |
| Εικόνα 7.55 Προβολή των υδροχημικών λόγων Mg ²⁺ /Si vs. Mg ²⁺ /Ca ²⁺ για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 546 |
| Εικόνα 7.56 Προβολή των υδροχημικών λόγων Ca ²⁺ /Si vs. Mg ²⁺ /Ca ²⁺ για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 546 |
| Εικόνα 7.57 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 547 |
| Εικόνα 7.58 Προβολή συγκεντρώσεων Mg ²⁺ vs. Cr ⁶⁺ - στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 548 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 7.59 Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. Si στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 549 |
| Εικόνα 7.60 Προβολή συγκεντρώσεων Cr^{6+} vs. Si στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 549 |
| Εικόνα 7.61 Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. Ni στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 550 |
| Εικόνα 7.62 Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. Ca^{2+} στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 550 |
| Εικόνα 7.63 Προβολή συγκεντρώσεων Ca^{2+} vs. Si στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 551 |
| Εικόνα 7.64 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 552 |
| Εικόνα 7.65 Προβολή Eh vs. pH (Pourbaix, 1966) του συστήματος Mn-O-H για τα δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 553 |
| Εικόνα 7.66 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 1ο παράγοντα (FA1) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 554 |
| Εικόνα 7.67 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 2ο παράγοντα (FA2) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 555 |
| Εικόνα 7.68 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 3ο παράγοντα (FA3) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 556 |
| Εικόνα 7.69 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 4ο παράγοντα (FA4) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 557 |
| Εικόνα 7.70 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 5ο παράγοντα (FA5) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 558 |
| Εικόνα 7.71 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 6ο παράγοντα (FA6) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 559 |
| Εικόνα 7.72 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 7ο παράγοντα (FA7) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 560 |
| Εικόνα 7.73 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 8ο παράγοντα (FA8) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 562 |
| Εικόνα 7.74 Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 9ο παράγοντα (FA9) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 563 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 7.75 Μέσες τιμές και συγκεντρώσεις φυσικών και χημικών παραμέτρων των πέντε συστάδων στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 564 |
| Εικόνα 7.76 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 570 |
| Εικόνα 7.77 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων ολικών διαλελυμένων στερεών (TDS) και τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 570 |
| Εικόνα 7.78 Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών ενεργούς οξύτητας (pH) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 571 |
| Εικόνα 7.79 Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 572 |
| Εικόνα 7.80 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων κατιόντων (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} και K^{+}) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 573 |
| Εικόνα 7.81 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων ανιόντων (Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} και NO_3^{-}) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 574 |
| Εικόνα 7.82 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (As, B, Ba, Co, Cr, Cr^{6+}) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 575 |
| Εικόνα 7.83 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (Cu, Mn, Mo, Ni, P, Se) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 576 |

Εικόνα 7.84 Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (Si, Sr, U, V, Zn) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας 577

Εικόνα 7.85 Διάγραμμα ροής του προτεινόμενου μηχανισμού του ρόλου των φωσφορικών λιπασμάτων στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά (Vasileiou et al., 2019)..... 582

Κατάλογος πινάκων

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 2.1 Γενικά χαρακτηριστικά επιλεγμένων ιχνοστοιχείων στο υδατικό περιβάλλον (Smith and Huysck, 1999)..... | 9 |
| Πίνακας 2.2 Περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις Cr ⁶⁺ σε φυσικά νερά σε παγκόσμια κλίμακα | 30 |
| Πίνακας 2.3 Περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις Cr ⁶⁺ σε φυσικά νερά στην Ελλάδα | 31 |
| Πίνακας 2.4 Κύριες ορυκτολογικές φάσεις του As που υπάρχουν στη φύση (Smedley and Kinniburgh, 2002)..... | 41 |
| Πίνακας 2.5 Περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις As σε φυσικά νερά σε παγκόσμια κλίμακα | 45 |
| Πίνακας 2.6 Περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις As σε φυσικά νερά στην Ελλάδα | 46 |
| Πίνακας 3.1 Σύγκριση γεωλογικών, υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών και χρήσεων γης στις τρεις περιοχές μελέτης της παρούσας διδακτορικής διατριβής..... | 102 |
| Πίνακας 4.1 Αναλυτικές μέθοδοι και όρια ποσοτικοποίησης κύριων ιόντων | 109 |
| Πίνακας 4.2 Όρια ανιχνευσιμότητας του οργάνου ICP-MS για τα δυνητικά τοξικά στοιχεία και τα λοιπά ιχνοστοιχεία | 110 |
| Πίνακας 5.1 Ομαδοποίηση των 68 δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου –Σχίνου – Γερανείων Ορέων σε τρεις διαφορετικές ομάδες | 121 |
| Πίνακας 5.2 Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων στις περιοχές Σχίνου – Λουτρακίου - πηγών Γερανείων Ορέων..... | 123 |
| Πίνακας 5.3 Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων | 124 |
| Πίνακας 5.4 Ανάλυση κύριων συνιστωσών για τα 68 δείγματα υπογείων νερών στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 186 |
| Πίνακας 5.5 Ανάλυση κύριων συνιστωσών για τα 68 δείγματα υπογείων νερών στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων | 191 |
| Πίνακας 5.6 Ομαδοποίηση των 65 δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, σύμφωνα με την προέλευσή τους | 192 |
| Πίνακας 5.7 Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 194 |
| Πίνακας 5.8 Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 195 |

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 5.9 Ανάλυση κύριων συνιστωσών για τα 65 δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | 255 |
| Πίνακας 5.10 Μέση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=65) στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 259 |
| Πίνακας 5.11 Ομαδοποίηση των 73 δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με την προέλευσή τους | 260 |
| Πίνακας 5.12 Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονία | 262 |
| Πίνακας 5.13 Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονία | 263 |
| Πίνακας 5.14 Ανάλυση κύριων συνιστωσών για τα 73 δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 325 |
| Πίνακας 5.15 Μέση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή των πέντε συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=73) στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής | 330 |
| Πίνακας 6.1 Ομαδοποίηση των 12 δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων..... | 337 |
| Πίνακας 6.2 Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και στα εδάφη στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων | 358 |
| Πίνακας 6.3 Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων για τα δείγματα πετρωμάτων και εδαφών στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων | 359 |
| Πίνακας 6.4 Κωδικοποίηση των 16 εδαφικών δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 381 |
| Πίνακας 6.5 Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων στα δείγματα εδαφών στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 403 |
| Πίνακας 6.6 Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων για τα δείγματα εδαφών στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας..... | 404 |
| Πίνακας 6.7 Ομαδοποίηση των 31 δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 419 |
| Πίνακας 6.8 Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων στα πετρώματα που συλλέχθηκαν στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας | 455 |

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 6.9 Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων στα δείγματα εδαφών και ιπτάμενης τέφρας στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής | 456 |
| Πίνακας 6.10 Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και εδάφη στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 457 |
| Πίνακας 6.11 Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων σε δείγματα ιπτάμενης τέφρας στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας..... | 458 |
| Πίνακας 7.1 Συγκεντρώσεις As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb και Zn φωσφορικών λιπασμάτων (σε mg kg ⁻¹) που πωλούνται και χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελληνική αγορά συγκριτικά με άλλα λιπάσματα απ' όλο τον κόσμο (Parazotos et al., 2019) | 580 |
| Πίνακας 7.2 Μέση περιεκτικότητα As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb και Zn (σε mg kg ⁻¹) σε διαφορετικούς τύπους φωσφορικών λιπασμάτων που πωλούνται στη Γερμανία (Kratz et al., 2016) | 581 |

Συντομογραφίες

Συντομογραφίες ελληνικών χαρακτήρων

ΑΗΣ: Ατμοηλεκτρικός σταθμός

ΓΣ: Γενική συνέλευση

ΔΕΗ: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΚΠΑ: Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΕΜΠ: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΕΣΥΔ: Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης

ΕΣΥΕ: Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος

ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής

ΚΕΠΕ: Κέντρο Περιβάλλοντος Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας

Κλπ.: Και τα λοιπά

Κ.ο.κ.: Και ούτω καθεξής

ΜΜΜ: Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΟΠΕΚΕΠΕ: Οργανισμού Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων

ΠΟΥ: Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

π.χ.: Παραδείγματος χάριν

ΦΕΚ: Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως

Συντομογραφίες λατινικών χαρακτήρων

Amr: Αμφίβολος

As: Αρσενικό (ολικό)

As³⁺: Τρισθενές αρσενικό ή αρσενικόδες άλας

As⁵⁺: Πεντασθενές αρσενικό ή αρσενικό άλας

CCA: Chromated copper arsenate ή Χρωματοποιημένο αρσενικό χαλκού

Chr: Χρωμίτης

Cpx: Κλινοπυρόξενος

Cr: Χρώμιο (ολικό)

Cr³⁺: Τρισθενές χρώμιο

Cr⁶⁺: Εξασθενές χρώμιο

DO: Διαλελυμένο οξυγόνο

EC: Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Eh: Δυναμικό οξειδοαναγωγής

IARC: International Agency for Research on Cancer ή Διεθνής Οργανισμός για την Έρευνα του Καρκίνου

Ol: Ολιβίνης

Orx: Ορθοπυρόξενος

ORP: Oxidation-Reduction Potential

PHSA: Public Health Service Act ή Νόμος περί δημόσιας υγείας

SDWA: Safe Drinking Water Act ή Νόμος περί ασφαλούς πόσιμου νερού

Srp: Σερπεντίνης

TDS: Ολικά διαλελυμένα στερεά

TOC: Ολικός οργανικός άνθρακας

USEPA: United States Environmental Protection Agency ή Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής

USGS: United States Geological Survey ή Γεωλογική υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής

vs.: Versus

1. Σκοπός της διδακτορικής διατριβής

Σκοπός της διδακτορικής διατριβής είναι η διερεύνηση των γεωγενών και ανθρωπογενών παραγόντων που (αλληλ-)επιδρούν στην κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων σε εδάφη και νερά σε υπερβασικά περιβάλλοντα. Στόχος είναι να συμβάλλει στην προστασία του (γεω-) περιβάλλοντος και της υγείας των ανθρώπων μέσω της κατανόησης των παραγόντων στους οποίους οφείλονται οι αυξημένες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα υπόγεια νερά συναρτήσει του γεωλογικού περιβάλλοντος και των χρήσεων γης. Ως περιοχές μελέτης επιλέχθηκαν τρεις περιοχές της Ελλάδας, με κοινά χαρακτηριστικά ως προς το γεωλογικό περιβάλλον και διαφορές ως προς τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, τις χρήσεις γης και -εν μέρει- το υδρογεωλογικό καθεστώς. Συγκεκριμένα: α) η περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, Βόρειας Πελοποννήσου, β) η λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και γ) η λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Σε όλες τις περιπτώσεις αναζητήθηκε το αίτιο της παρουσίας δυνητικά τοξικών στοιχείων στα υπόγεια νερά. Πραγματοποιήθηκε εργασία πεδίου για λεπτομερή μελέτη των επιμέρους γεωλογικών συνθηκών και εκτεταμένη, δειγματοληψία υπογείων νερών, εδαφών και πετρωμάτων από τις περιοχές μελέτης σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, συνδυαστικές αναλύσεις (ορυκτολογικές, χημικές, αναλύσεις φυσικών παραμέτρων κλπ.), επεξεργασία/ανάλυση των δεδομένων με κλασικές και πολυκριτηριακές στατιστικές μεθόδους, ανάπτυξη θεματικών χαρτών με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Το νερό είναι απαραίτητο αγαθό για τη διατήρηση της ζωής και γι' αυτό το λόγο η διάθεσή του πρέπει να είναι επαρκής, ασφαλής, προσιτή και προσβάσιμη σε όλους. Η καταλληλότητα των νερών για διάφορες χρήσεις προσδιορίζεται μέσω της ποιότητάς τους βάσει υδροχημικής έρευνας, δεδομένου ότι η ποσοτική επάρκεια των υδατικών πόρων προϋποθέτει και καθορίζεται από την ποιοτική κατάστασή τους. Το δίλημμα των τελευταίων δεκαετιών «περισσότερο νερό χειρότερης ποιότητας ή λιγότερο νερό καλύτερης ποιότητας» αποτελεί απόδειξη ότι η ποιότητα είναι εξίσου σημαντικός παράγοντας με την ποσότητα του νερού. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) εξέδωσε την Οδηγία 2000/60/ΕΚ (Directive, 2000/60/EC), στην οποία χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι «το ύδωρ δεν είναι εμπορικό προϊόν, όπως όλα τα άλλα, αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης». Οι υδατικοί πόροι αντιμετωπίζονται με την περιβαλλοντική διάστασή τους και δίνεται έμφαση στην προστασία τους, στην πρόληψη της ρύπανσης και στην αποκατάσταση των ρυπασμένων επιφανειακών και υπόγειων νερών.

Μία από τις σοβαρότερες ανησυχίες και απειλές σε παγκόσμια κλίμακα είναι η ρύπανση των υδατικών συστημάτων (επιφανειακά και υπόγεια νερά) από μέταλλα/μεταλλοειδή και λοιπά ιχνοστοιχεία εξαιτίας της τοξικότητάς τους στο υδάτινο περιβάλλον και των επιπτώσεών τους στους ζώντες οργανισμούς. Στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία χρησιμοποιείται ευρέως ο όρος "βαρέα μέταλλα" για να περιγράψει το σύνολο αυτών των ανόργανων στοιχείων. Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια η επιστημονική καταλληλότητα του όρου αυτού αμφισβητείται (Pourret, 2018, Pourret and Bollinger, 2018). Από το 1980, οι Nieboer και Richardson (1980), είχαν ήδη προτείνει την αντικατάσταση του όρου "βαρέα μέταλλα" με κάποια βιολογική και χημική ταξινόμηση των ιόντων μετάλλων. Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές, ο όρος "βαρέα μέταλλα" είναι ασαφής, δεν ορίζεται αυστηρά από οποιαδήποτε επιστημονική αρχή ή κάποιο φορέα και χρησιμοποιείται χωρίς την απαραίτητη επιστημονική ακρίβεια για να αναφερθεί σε ένα χημικό στοιχείο και τις ενώσεις του (Hodson, 2004, Madrid, 2010, Charman, 2012). Βασίζεται στην κατηγοριοποίηση χημικών στοιχείων (συνήθως μετάλλων και μεταλλοειδών) που έχουν συσχετιστεί με ρύπανση και τοξικότητα με βάση την πυκνότητά τους, η οποία σπανίως είναι σημαντική ιδιότητα από βιολογικής άποψης (Pourret and Bollinger, 2018). Ωστόσο, η υπόθεση ότι όλα τα αποκαλούμενα "βαρέα μέταλλα" και οι ενώσεις τους έχουν τοξικές ιδιότητες δεν είναι απόλυτα ακριβής και δεν υποστηρίζεται από την υπάρχουσα επιστημονική βιβλιογραφία. Η Διεθνής Ένωση Βασικής και Εφαρμοσμένης Χημείας (International Union of Pure and Applied Chemistry) αποθαρρύνει τη χρήση του όρου "βαρέα μέταλλα", τον οποίον θεωρεί στην καλύτερη περίπτωση "ακατάλληλο", και στη χειρότερη περίπτωση "χωρίς νόημα" και "παραπλανητικό" (Duffus, 2002). Ως εκ τούτου, ο όρος "βαρέα μέταλλα", αν και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως από ένα μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας ακόμα και σήμερα, θα έπρεπε να αντικατασταθεί από τους άλλους – πιο ακριβείς και εύστοχους - όρους όπως "μέταλλο", "μεταλλοειδές" ή "ιχνοστοιχείο" (Pourret, 2018). Όπως άλλωστε προτάθηκε από τον Charman (2007), ο διεθνής όρος "Heavy metal" (δηλ. "Βαρύ μέταλλο") θα έπρεπε να χρησιμοποιείται μόνο για την κάλυψη των αναγκών της μουσικής ορολογίας. Για τους λόγους αυτούς, στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής χρησιμοποιείται ο όρος "δυσνητικά τοξικά στοιχεία" έναντι του όρου "βαρέα μέταλλα".

Τα δυσνητικά τοξικά στοιχεία βρίσκονται σε διάφορες συγκεντρώσεις στους υδατικούς πόρους (επιφανειακά και υπόγεια νερά) που κυμαίνονται από πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, της τάξης ολίγων $\mu\text{g L}^{-1}$, τις περισσότερες φορές είναι μικρότερες του ορίου ανιχνευσιμότητας του αναλυτικού οργάνου, έως συγκεντρώσεις της τάξης ορισμένων mg L^{-1} σε ορισμένες ακραίες περιπτώσεις. Παραδείγματα δυσνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων

τα οποία είναι δυνητικά τοξικά ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στα νερά είναι ο άργυρος (Ag), το αρσενικό (As), το κάδμιο (Cd), το κοβάλτιο (Co), το χρώμιο (Cr), ο χαλκός (Cu), ο υδράργυρος (Hg), το νικέλιο (Ni), ο μόλυβδος (Pb), το αντιμόνιο (Sb), το σελήνιο (Se) και ο ψευδάργυρος (Zn), καθώς η βιοσυσσωρεύσή τους μπορεί να είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία, αφού μέσω των εδαφών, φυτών και νερών μπορούν να μεταφερθούν στην τροφική αλυσίδα.

Η γεωχημεία των υπογείων νερών εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη γεωλογία μέσω της αλληλεπίδρασης νερών-πετρωμάτων και από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες βάσει και των χρήσεων γης. Σε υπερβασικά περιβάλλοντα, για παράδειγμα, έχουν καταγραφεί αυξημένες συγκεντρώσεις κύριων ιόντων και δυνητικά τοξικών στοιχείων όπως Mg^{2+} , HCO_3^- , As, Co, Cr, Cu και Ni (Marques et al., 2008, Ryan et al., 2011, Margiotta et al., 2012, Petrotou et al., 2012, Kelepertzis et al., 2013, Vithanage et al., 2014, Tashakor et al., 2018) και ελαφρώς αλκαλικό έως αλκαλικό pH (Barnes and O'Neil, 1969, Neal and Stanger, 1983) στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Οι γεωχημικές συνθήκες όπως pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh), διαλελυμένο οξυγόνο (DO), ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), η ορυκτολογία και οι υδρογεωλογικές συνθήκες, ελέγχουν την κινητικότητα των δυνητικά τοξικών στοιχείων και συνεπώς τις συγκεντρώσεις τους στα υπόγεια νερά.

Μεταξύ των δυνητικά τοξικών στοιχείων, το As και το Cr έχουν προσελκύσει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας λόγω της παρουσίας τους στα υπόγεια νερά και της τοξικότητάς τους ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Wilbur et al., 2000, Salnikow and Zhitkovich, 2008, Zhitkovich, 2011). Σύμφωνα με την υπηρεσία περιβαλλοντικής προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (USEPA), συγκαταλέγονται στη λίστα ρυπαντών προτεραιότητας μεταξύ ενός συνόλου 126 ουσιών (USEPA, 2014).

Το Cr είναι ένα μέταλλο που χαρακτηρίζεται από τη σταθερότητα και υψηλή κινητικότητα της εξαθενούς μορφής του (Cr^{6+}) σε αλκαλικές συνθήκες (Kotas and Stasicka, 2000), την πολυπλοκότητα των οξειδωτικών παραγόντων του τρισθενούς χρωμίου (Cr^{3+}) (Sharma et al., 2008), το αμφισβητούμενο κατώφλι του γεωλογικού υποβάθρου και την έλλειψη οποιασδήποτε ποσοτικής μεθόδου για τη διάκριση μεταξύ γεωγενούς και ανθρωπογενούς Cr. Επιπλέον, το Cr^{6+} εμφανίζει μεγάλη τοξικότητα (Calder, 1988, Zhitkovic, 2011) και είναι χαρακτηριστική η έλλειψη μιας κοινής και ενιαίας νομοθεσίας ή επιμέρους οδηγιών, που να καθορίζουν τα ανώτερα αποδεκτά όρια συγκέντρωσής του. Η αδυναμία έκδοσης κοινής οδηγίας μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ, καθιστά το πρόβλημα πολύπλοκο και δυσεπίλυτο, δημιουργώντας έντονα προβλήματα ως προς τη διαχείριση και αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών πιέσεων. Παράλληλα, το ίδιο πρόβλημα, αντιμετωπίζουν και χώρες εκτός

των συνόρων της Ευρώπης, όπου καλούνται να αντιμετωπίσουν τα περιβαλλοντικά αυτά ζητήματα, σε εδάφη και νερά, χωρίς κοινό μέτωπο, όσον αφορά στη νομοθεσία. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) και η USEPA, καλύπτουν εν μέρει το κενό αυτό, χωρίς ωστόσο να καθορίζουν συγκεκριμένα όρια. Το βασικότερο πρόβλημα, προσδιορίζεται στην αδυναμία καθορισμού ανώτερων αποδεκτών ορίων, σε σχέση με τις χρήσεις γης και τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε μια περιοχή. Για παράδειγμα, η σύγκριση εδαφών και νερών, μεταξύ βιομηχανικών ζωνών και αστικών περιοχών είναι από δύσκολη έως ανέφικτη. Εντούτοις, και το γεωλογικό περιβάλλον είναι μια σημαντική περιβαλλοντική συνιστώσα που καθορίζει τη σύσταση των εδαφών και των νερών κάθε περιοχής. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να συγκρίνονται αντίστοιχης προέλευσης εδάφη και νερά, με τη θέσπιση ανώτερων αποδεκτών ορίων τους, αναλόγως και με τη χρήση για την οποία προορίζονται. Ειδικότερα, όσον αφορά στο Cr, η Ελλάδα είναι μια από τις χώρες με τις μεγαλύτερες εμφανίσεις οφιολιθικών συμπλεγμάτων - πετρώματα που είναι πλούσια σε Cr - με αποτέλεσμα, να υπάρχουν πολυάριθμες καταγραφές, περιεκτικότητας/συγκεντρώσεων υψηλότερων από τις ανώτερες αποδεκτές τιμές της Ολλανδικής λίστας για τα εδάφη και του ορίου ποσιμότητας του ΠΟΥ για τα νερά. Η διαφοροποίηση των γεωλογικών συνθηκών ανά περιοχή, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, κατά τη θέσπιση αποφάσεων και οδηγιών, σχετικά με την περιβαλλοντική νομοθεσία. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η αξιολόγηση της «Καλής χημικής κατάστασης υπόγειων υδάτων» έγινε βάσει των ανωτάτων συγκεντρώσεων για το πόσιμο νερό που έχει θεσπίσει ο ΠΟΥ (2011) και όχι σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ που αποτελεί τη βασική κατευθυντήρια οδηγία στην ανάπτυξη των περιβαλλοντικών προτύπων (άρθρο 2, παράγραφος 25) που θεσπίζονται σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού και ειδικότερα σε κάθε αναγνωρισμένο υδατικό σύστημα. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στο ότι μεγάλο μέρος των γεωτρήσεων, από τις οποίες συλλέχθηκαν δείγματα για την παρούσα διδακτορική διατριβή, χρησιμοποιούνται ή έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για υδρευτικούς σκοπούς.

Το As επηρεάζει πολύ μεγάλο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού (>200 εκατομμύρια ανθρώπους), καθώς αυξημένες συγκεντρώσεις έχουν καταγραφεί στο πόσιμο νερό σε περισσότερες από 100 χώρες του κόσμου, μερικές από τις οποίες είναι από τις μεγαλύτερες πληθυσμιακά (Μπαγκλαντές, Ινδία, Κίνα, Πακιστάν, Ταϊβάν, Βιετνάμ, Αργεντινή, Χιλή, Μεξικό, ΗΠΑ, κ.α.) (Smedley et al., 2002, Ravenscroft et al., 2009, Mahanta et al., 2015). Η γεωχημική συμπεριφορά του As στο υδάτινο περιβάλλον απαιτεί μεγάλη προσοχή γιατί έχει την τάση να εμφανίζεται ακόμα και αν είναι μικρή η περιεκτικότητά του στα πετρώματα και στα εδάφη.

Τα ερευνητικά ερωτήματα στα οποία καλείται να δώσει απάντηση η παρούσα διδακτορική διατριβή είναι: i) Ποια στοιχεία αναμένεται να εμφανίσουν αυξημένες συγκεντρώσεις στα υπόγεια νερά σε υπερβασικά περιβάλλοντα; ii) Με ποιο τρόπο αποτυπώνονται στην ποιότητα των υπογείων νερών οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες; iii) Ποιες είναι οι “κρίσιμες” ανθρωπογενείς δραστηριότητες για την κινητοποίηση Cr και As σε υπερβασικά περιβάλλοντα; iv) Υπάρχουν ανθρωπογενείς οξειδωτικοί παράγοντες του Cr³⁺; v) Υπάρχει μεθοδολογικό πλαίσιο διάκρισης γεωγενούς-ανθρωπογενούς Cr;

Η διάρθρωση της διδακτορικής διατριβής περιλαμβάνει τα εξής οκτώ κεφάλαια:

- Στο κεφάλαιο 1, αναπτύσσονται ο σκοπός, ο στόχος και η διάρθρωση της διδακτορικής διατριβής.
- Στο κεφάλαιο 2, πραγματοποιείται εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων στο γεωπεριβάλλον και πιο συγκεκριμένα σε περιβάλλοντα υπερβασικών σχηματισμών με έμφαση στα Cr και As.
- Στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται συνοπτικά τα γεωγραφικά, γεωμορφολογικά, γεωλογικά, υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά και οι χρήσεις γης των τριών περιοχών μελέτης: α) Λουτράκι – Σχίνος – Γεράνεια όρη, Βόρειας Πελοποννήσου, β) λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και γ) λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.
- Στο κεφάλαιο 4, αναπτύσσεται το μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας, το οποίο περιλαμβάνει εργασία πεδίου, προετοιμασία δειγμάτων, αναλυτικές χημικές μεθόδους και επεξεργασία δεδομένων.
- Στο κεφάλαιο 5, δίνονται τα υδροχημικά αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων για ένα σύνολο 175 δειγμάτων επιφανειακών και υπόγειων νερών από τις περιοχές μελέτης, και ακολουθεί στατιστική επεξεργασία, γεωχωρική ανάλυση (θεματικοί χάρτες χωρικής κατανομής), κλασσική (κατά Pearson) και πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση (παραγοντική ανάλυση και ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες).
- Το κεφάλαιο 6, περιλαμβάνει τη γεωχημική και την ορυκτολογική μελέτη των δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών από τις τρεις περιοχές μελέτης.
- Το κεφάλαιο 7, περιλαμβάνει την ερμηνεία, αξιολόγηση και σύνθεση των δεδομένων.
- Στο κεφάλαιο 8, γίνεται μια ανακεφαλαίωση των κύριων συμπερασμάτων της διδακτορικής διατριβής και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Στο παράρτημα δίνονται πίνακες, φωτογραφίες και σχετικό βοηθητικό υλικό.

2. Δυνητικά τοξικά στοιχεία, σε υπερβασικά περιβάλλοντα, με έμφαση στο χρώμιο και στο αρσενικό

2.1 Κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων

Η περιβαλλοντική γεωχημεία είναι μια σημαντική επιστήμη και τα τελευταία χρόνια η επιστημονική κοινότητα δίνει όλο και μεγαλύτερη προσοχή σε θέματα που άπτονται αυτής γιατί εξετάζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των δυνητικά τοξικών στοιχείων στους ανθρώπους, στα ζώα και στα φυτά. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες ενδέχεται να διαταράξουν ή να μεταβάλουν τους φυσικούς κύκλους των χημικών στοιχείων στο περιβάλλον και αυτό είναι πιθανό να προκαλέσει τη συσσώρευση δυνητικά τοξικών στοιχείων στην τροφική αλυσίδα. Για να γίνει σωστή εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος απαιτείται η ολιστική προσέγγιση του ζητήματος τόσο από γεωλογική, γεωχημική όσο και από βιολογική, βιοχημική και τοξικολογική σκοπιά.

Η αναγνώριση των παραγόντων που επηρεάζουν τη βιοδιαθεσιμότητα, την εκχυλισιμότητα και την τοξικότητα των δυνητικά τοξικών στοιχείων στο περιβάλλον είναι μεγάλης σημασίας (Violante et al., 2010). Τα δυνητικά τοξικά στοιχεία είναι σημαντικά φυσικά συστατικά όλων των εδαφών, καθώς βρίσκονται δομημένα ή προσροφημένα σε ορυκτά (όπως, αργιλικά ορυκτά, οξείδια Fe και Mn) και επηρεάζουν την εδαφική και υδατική γεωχημεία (Gadd, 2007). Επιπλέον, είναι παρόντα στο οργανικό κλάσμα και είναι πιθανό να εμφανιστούν ως αποτέλεσμα της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης. Η υδατική φάση αποτελεί ένα μέσο για χημικές αντιδράσεις και μεταφορά δυνητικά τοξικών στοιχείων μέσω του εδάφους, στους ζώντες οργανισμούς και στο υδάτινο περιβάλλον. Τα δυνητικά τοξικά στοιχεία μπορούν να εμπλακούν σε μια σειρά σύνθετων χημικών και βιολογικών αλληλεπιδράσεων (Violante et al., 2010).

Η κινητικότητα, ως έννοια στην επιστήμη της γεωχημείας, αναφέρεται στις χημικές διεργασίες, οι οποίες περιλαμβάνουν χημικές αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον και πιο συγκεκριμένα, η κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων στα νερά είναι η ικανότητα κινητοποίησης των στοιχείων αυτών σε ένα διάλυμα (επιφανειακά ή υπόγεια νερά) μετά τη διάλυσή τους. Η έννοια της κινητικότητας ενσωματώνει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και την ειδοαυτοποίηση των στοιχείων στα υδατικά συστήματα (Smith and Huyck, 1999).

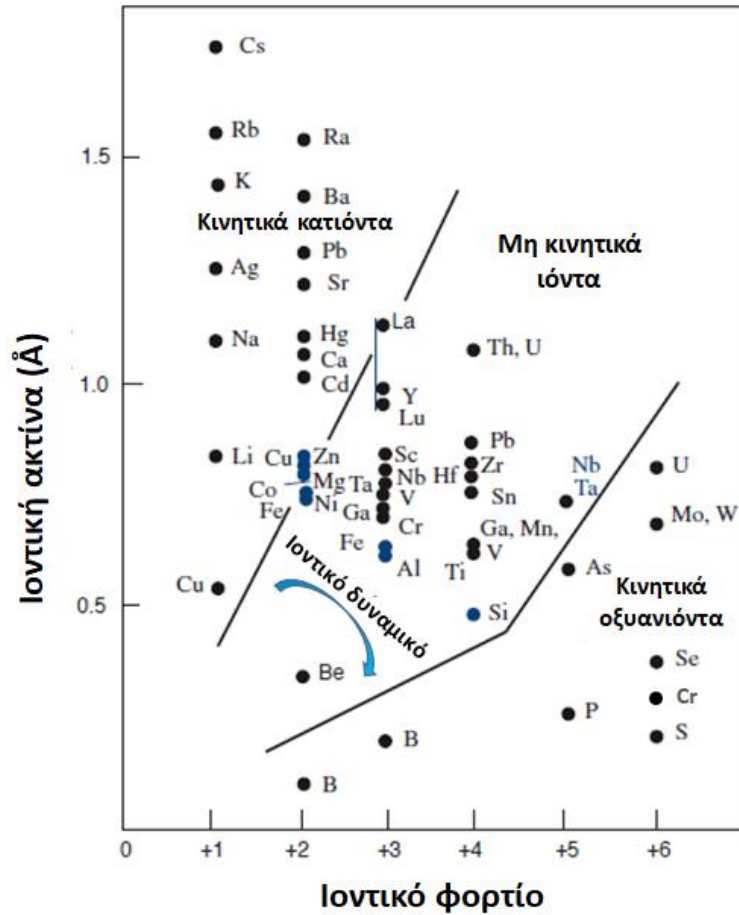
Η κινητικότητα και βιοδιαθεσιμότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων στο περιβάλλον εξαρτώνται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό από ένα πολύπλοκο δίκτυο αλληλεπιδράσεων, χημικών αντιδράσεων και από τα σύνθετα φαινόμενα που επηρεάζουν τη

στερεή φάση (ρόφηση/εκρόφηση, καταβύθιση/διάλυση, εδαφικό pH, ικανότητα ιοντοανταλλαγής, εδαφική αλατότητα) (Bourg, 1995, Tack and Verloo, 1995, Ahnstrom and Parker, 1999, Du Laing et al., 2002, Almås et al., 2006, Škrbić and Durišić-Mladenović, 2010) καθώς δυνητικά τοξικά στοιχεία δεσμεύονται σε αυτή (Ure and Davidson, 2001, Acosta et al., 2011). Επιπλέον, οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, τόσο οι βιοτικές, όσο και οι αβιοτικές, έχουν μεγάλη σημασία για τον έλεγχο της κατάστασης οξείδωσης επηρεάζοντας την κινητικότητα και την τοξικότητα των δυνητικά τοξικών στοιχείων (Violante et al., 2010). Κάποιες διεργασίες (όπως, υδρόλυση, συμπλοκοποίηση) έχουν την τάση αύξησης της διαλυτότητας δυνητικά τοξικών στοιχείων, άρα και της αύξησης της συγκέντρωσής τους στο υδατικό διάλυμα, ενώ άλλες (όπως, καταβύθιση, προσρόφηση) έχουν την τάση της μείωσης και της καθυστέρησης της διαθεσιμότητας και της μεταφοράς του ρύπου με αποτέλεσμα τη μείωσή τους στο υδατικό διάλυμα. Η κατανομή των δυνητικά τοξικών στοιχείων είναι αποτέλεσμα μιας σειράς πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων (Bourg, 1995).

Οι πιο σημαντικές παράμετροι που σχετίζονται με την κινητικότητα των δυνητικά τοξικών στοιχείων είναι το pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh) του διαλύματος. Το Eh επηρεάζει την κινητικότητα των δυνητικά τοξικών στοιχείων, τα οποία μπορούν να υπάρχουν σε περισσότερες της μίας καταστάσεις οξείδωσης (π.χ. τα Cr, Mo, Se, V και U). Βασικά στοιχεία της υδατικής χημείας περιγράφονται από τα διαγράμματα Pourbaix (Eh-pH) και απεικονίζουν τη σταθερότητα χημικών ειδών στις συνθήκες pH και Eh του διαλύματος (Pourbaix, 1966, Brookins, 1988). Επιπροσθέτως, μια σημαντική διεργασία που επηρεάζει την κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων στο περιβάλλον είναι η προσρόφηση η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το pH. Τα περισσότερα κατιόντα που ανήκουν στα στοιχεία μετάπτωσης (όπως τα Cu, Cr, Ni, Co, Zn, Fe, Mn) παρουσιάζουν συχνά ισχυρότερη προσρόφηση από τα κατιόντα αλκαλικών γαιών (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr, Ba) και η προσρόφηση αυξάνεται καθώς το pH παίρνει υψηλότερες τιμές. Αντίθετα, η προσρόφηση ανιόντων μειώνεται καθώς οι τιμές του pH αυξάνονται (Violante et al., 2010).

Η κινητικότητα των στοιχείων σχετίζεται άμεσα και με το ιοντικό δυναμικό (Rose et al., 1979, Misra, 2018). Το ιοντικό δυναμικό είναι ο λόγος του ιοντικού φορτίου προς την ιοντική ακτίνα των στοιχείων. Η εικόνα 2.1 παρουσιάζει την κινητικότητα διαφόρων στοιχείων συναρτήσει του ιοντικού δυναμικού. Στοιχεία με χαμηλό ιοντικό δυναμικό είναι γενικά κινητικά στο υδάτινο περιβάλλον ως απλά κατιόντα (π.χ. Ca^{2+} , Na^{+}) και στοιχεία με υψηλό ιοντικό δυναμικό είναι γενικά κινητικά ως οξυανιόντα (δηλαδή, στοιχεία που ενώνονται με το O_2 σχηματίζουν ανιονικά είδη στο υδατικό σύστημα π.χ. SO_4^{2-} , MoO_4^{2-}). Τα στοιχεία που έχουν υψηλό ιοντικό δυναμικό τείνουν να σχηματίσουν ομοιοπολικούς δεσμούς. Στοιχεία με

ενδιάμεσο ιοντικό δυναμικό έχουν την τάση να παρουσιάζουν ισχυρή προσρόφηση ή να υδρολύονται με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν χαμηλή διαλυτότητα, και ως εκ τούτου, μικρότερη κινητικότητα (Rose et al., 1979, Misra, 2018).



Εικόνα 2.1 - Κινητικότητα χημικών στοιχείων στο περιβάλλον συναρτήσει του ιοντικού δυναμικού (Rose et al., 1979).

Στον πίνακα 2.1 δίνονται κοινά κατιόντα και ανιόντα υδατικών συστημάτων. Σε όξινες συνθήκες ($\text{pH} < 5$) τα κατιόντα είναι γενικά πιο κινητικά συγκριτικά με τα ανιόντα. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να έχει επίδραση στη βιοδιαθεσιμότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της συμπεριφοράς αυτής είναι το Al, ένα κατιόν το οποίο μπορεί να είναι τοξικό για την υδρόβια ζωή, είναι αρκετά διαλυτό σε όξινο pH, αλλά είναι σχετικά αδιάλυτο σε συνθήκες ουδέτερου pH. Άλλα χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα στοιχεία που τείνουν να σχηματίζουν οξυανιόντα στο νερό (όπως, τα As, B, Cr, Mo, Se και V) τα οποία συχνά μεταφέρονται μέσω των ζωντανών κυτταρικών μεμβρανών (Wood, 1988). Στοιχεία που χαρακτηρίζονται από οξειδοαναγωγική ευαισθησία παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1 και η

κινητικότητα τους είναι πιθανό να μειωθεί ή να αυξηθεί αισθητά στο οξειδωτικό ή αναγωγικό τους σθένος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η γεωχημική συμπεριφορά του Cr που θα αναλυθεί εκτενώς σε επόμενο υποκεφάλαιο. Ομοίως, το U είναι μη κινητικό υπό αναγωγικές συνθήκες, αλλά κινητικό υπό οξειδωτικές συνθήκες. Αντίθετα, τα Fe και Mn μπορεί να είναι διαλυτά υπό αναγωγικές συνθήκες. Κατά συνέπεια, τα δυνητικά τοξικά στοιχεία που προσροφώνται στα οξείδια του Fe και του Mn μπορούν να απελευθερωθούν υπό αναγωγικές συνθήκες (Smith and Huyck, 1999).

Πίνακας 2.1 – Γενικά χαρακτηριστικά επιλεγμένων ιχνοστοιχείων στο υδατικό περιβάλλον (Smith and Huyck, 1999).

| Στοιχείο | Ανιονικό ¹ | Κατιονικό | Οξειδοαναγωγική ευαισθησία ² |
|------------------|-----------------------|----------------|---|
| Άργυρος (Ag) | | X | |
| Αργίλιο (Al) | | X | |
| Αρσενικό (As) | X | | X |
| Βάριο (Ba) | | X | |
| Βηρύλλιο (Be) | | X | |
| Βόριο (B) | X | | |
| Κάδμιο (Cd) | | X | |
| Κοβάλτιο (Co) | | X | |
| Χρώμιο (Cr) | X | X | X |
| Χαλκός (Cu) | | X | X |
| Σίδηρος (Fe) | | X | X |
| Υδράργυρος (Hg) | | X | X |
| Λίθιο (Li) | | X | |
| Μαγγάνιο (Mn) | | X | X |
| Μολυβδαίνιο (Mo) | X | X ³ | X |
| Νικέλιο (Ni) | | X | |
| Μόλυβδος (Pb) | | X | X ⁴ |
| Αντιμόνιο (Sb) | X | | X |
| Σελήνιο (Se) | X | | X |
| Θόριο (Th) | | X | X ⁴ |
| Ουράνιο (U) | X | X | X |
| Βανάδιο (V) | X | X | X |
| Ψευδάργυρος (Zn) | | X | |

¹Ανιονικά είδη που υπάρχουν σαν οξυανιόντα

²Στοιχεία που αλλάζουν οξειδωτική κατάσταση και παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά ανάλογα με το σθένος

³Στην περίπτωση του Mo υπάρχουν κατιονικά είδη, αλλά είναι σπάνια

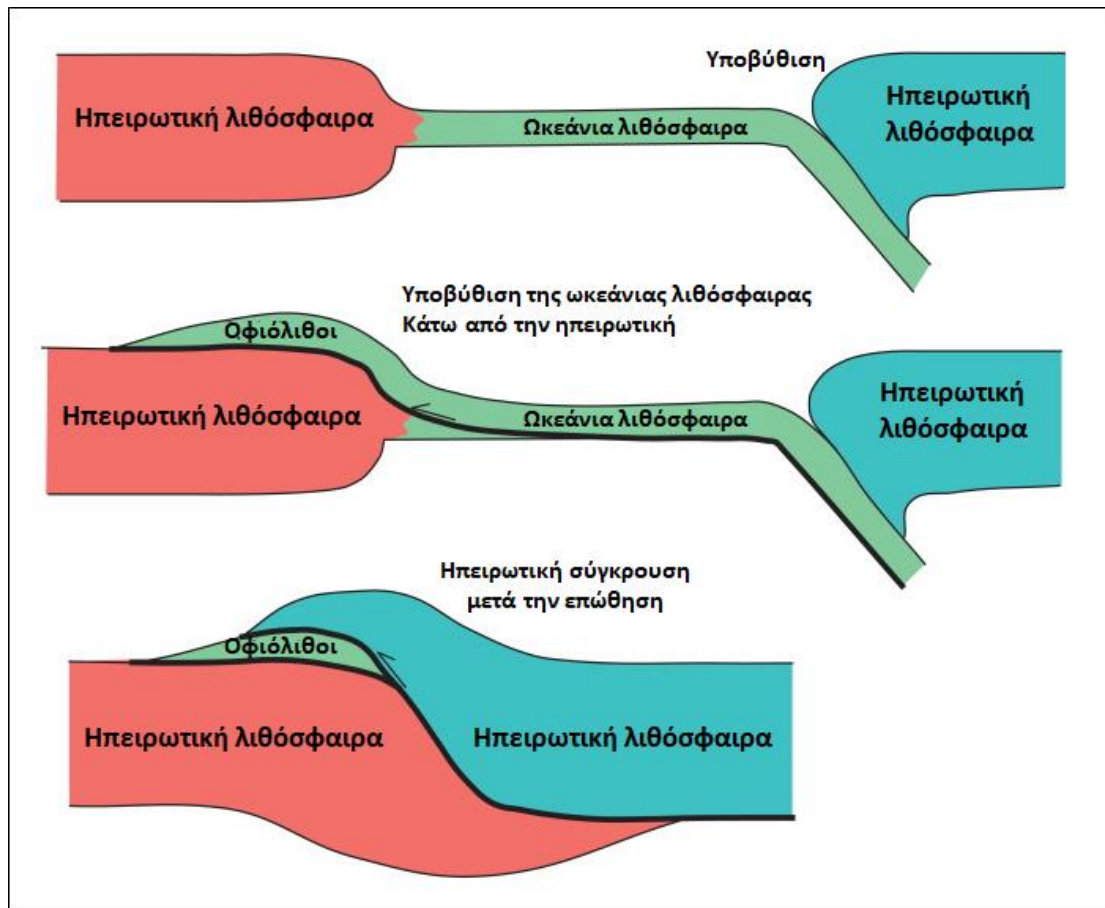
⁴Κάποια στοιχεία παρουσιάζουν οξειδοαναγωγική ευαισθησία μόνο κάτω από ακραίες συνθήκες

2.2 Κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων σε υπερβασικά περιβάλλοντα

Τα υπερβασικά περιβάλλοντα χαρακτηρίζονται από την παρουσία πυριγενών πετρωμάτων, στα οποία το ποσοστό του SiO₂ είναι μικρότερο από 45%. Τα πολύπλοκα σύνολα βασικών

(βασάλτες, γάββροι) και υπερβασικών (περιδοτίτες, δουνίτες) πετρωμάτων, μαζί με κάποια συνοδά ωκεάνια ιζήματα ονομάζονται «οφιολιθικά συμπλέγματα» ή πιο απλά «οφιολίθοι». Ο διεθνής όρος «οφιολίθος» χρονολογείται από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα και προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις «όφις» και «λίθος», με την έννοια ότι το χαρακτηριστικό υπερβασικό πέτρωμα περιδοτίτης έχει το χρώμα ενός μελανοπράσινου φιδιού (Παπανικολάου και Σίδερης, 2007). Απαραίτητη προϋπόθεση για το χαρακτηρισμό τέτοιων συνόλων ως οφιολίθων είναι η συνύπαρξη βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων. Τα οφιολιθικά συμπλέγματα έχουν τεράστια σημασία στη γεωλογική έρευνα γιατί αποτελούν το αποδεικτικό στοιχείο για την ύπαρξη παλαιωκεανών (Παπανικολάου και Σίδερης, 2007).

Κατά το στάδιο εξαφάνισης ενός ωκεανού και της επακόλουθης καταστροφής της ωκεάνιας λιθόσφαιρας που ενσωματώνεται στην ασθενόσφαιρα, υποβυθιζόμενης κάτω από το ελαφρύτερο ηπειρωτικό περιθώριο, ένα μέρος της παλιάς ωκεάνιας λιθόσφαιρας παραμένει στην επιφάνεια της Γης (Εικόνα 2.2). Με τη σύγκρουση των δυο ηπειρωτικών πλακών επέρχεται η συνολική εξαφάνιση του παλαιωκεανού. Ωστόσο, τα οφιολιθικά συμπλέγματα αποτελούν τα υπολείμματα που διέφυγαν της υποβύθισης και σήμερα διατηρούνται ενσφηνωμένα στη ζώνη της σύγκρουσης των ηπειρωτικών μονάδων (Παπανικολάου και Σίδερης, 2007).



Εικόνα 2.2 - Τομή που δείχνει την επώθηση των οφιολίθων μετά από επεισόδιο ηπειρωτικής σύγκρουσης (Halдар and Tíšljaj, 2014).

Η ύπαρξη οφιολίθων στο χώρο του ορογενετικού συστήματος της Τηθύος με μορφή τεκτονικών καλυμμάτων ανάμεσα στα πτυχωμένα ιζήματα δείχνει ότι η Τηθύς είχε σίγουρα ωκεάνιο φλοιό. Ορισμένες από τις εμφανίσεις οφιολίθων των Ελληνίδων είναι παγκόσμια γνωστές σαν τυπικές περιπτώσεις ωκεάνιου φλοιού ή σαν χαρακτηριστικά τεκτονικά καλύμματα (π.χ. Βούρινος, Όθρυς, Βόρεια Πίνδος) (Mooges, 1969, Smith, 1971, Zimmerman, 1972, Dercourt, 1972, Hynes et al., 1972). Οι γεωτεκτονικοί χάρτες του συστήματος της Τηθύος παρουσιάζουν δυο, τρεις ή περισσότερες γραμμικές εμφανίσεις οφιολίθων. Κάποιοι ερευνητές (Ricou et al., 1984) θεωρούν ότι οι εμφανίσεις αυτές προέρχονται από τον ίδιο ωκεανό, αποτελώντας απλώς τεκτονικές επαναλήψεις, ενώ άλλοι (Sengor, 1984) θεωρούν ότι κάθε γραμμική εμφάνιση οφιολίθων είναι διαφορετική οφιολιθική ουλή και δέχονται την ύπαρξη ενός ανεξάρτητου ωκεανού.

Στην Ελλάδα οι δύο κύριες οφιολιθικές ζώνες είναι του Αξιού και της Βόρειας Πίνδου – Όθρυος – Αργολίδας – Κρήτης, που αναπτύσσονται, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Σε γενικές γραμμές,

οι οφιολιθικοί σχηματισμοί της Ελλάδας χαρακτηρίζονται από Μεσοζωική ιστορία υποβύθισης, σύγκρουσης και επώθησης κατά το κλείσιμο του ωκεανού της Τηθύος και της παλαιοτηθύος. Η εικόνα 2.3 δείχνει τη χωρική κατανομή των οφιολιθικών σχηματισμών στην Ελλάδα.

Οι κύριες οφιολιθικές εμφανίσεις στην εξωτερική ζώνη εμφανίζονται στην Πίνδο (Jones and Robertson, 1991), στο Βούρινο (Konstantopoulou and Economou-Eliopoulos, 1991, Rassios and Smith, 2000), στο όρος Όθρυς (Rassios and Konstantopoulou, 1993), στην Εύβοια (Robertson, 1991a, Danelian and Robertson, 2001), ενώ μικρές οφιολιθικές εμφανίσεις υπάρχουν στην Καστοριά (Mountrakis, 1986), στον Κοζιάκα (Capendri et al., 1985, Pomonis et al., 2007), στην Ανατολική Θεσσαλία, στην Οίτη (Robertson et al., 1991b), στο Βέρμιο (Economou, 1983, Saccani et al., 2008), και στην Αργολίδα (Clift and Dixon, 1998, Bortolotti et al., 2002). Στην εσωτερική ζώνη, οι οφιόλιθοι βρίσκονται στη Θεσσαλονίκη (Τριάδι), στην κεντρική Χαλκιδική (Βάβδος, Γερακινή, κλπ.), στο Ωραιόκαστρο (Haenel-Rémy and Bébien, 1985, Mussallam, 1991) και στη Γευγελή (Bébien, 1982). Οφιόλιθοι βρίσκονται επίσης στον Έβρο (Σουφλί και Δαδιά), στη Ροδόπη (Μαγγανάς, 1988, Magganas et al., 1991), στη Σαμοθράκη (Tsikouras and Hatzipanagiotou, 1998), στη Λέσβο (Gartzos et al., 2009), στη Ρόδο, στην Κάρπαθο και στην Κρήτη (Hatzipanagiotou, 1983, 1988, 1991). Τα οφιολιθικά συμπλέγματα περιλαμβάνουν υπερβασικά και βασικά πετρώματα, όπως δουνίτες, περιδοτίτες, πυροξενίτες και διαβάσες, ενώ στα ανώτερα στρώματα των συμπλεγμάτων απαντούν γάββροι και μαξιλαροειδείς λάβες.



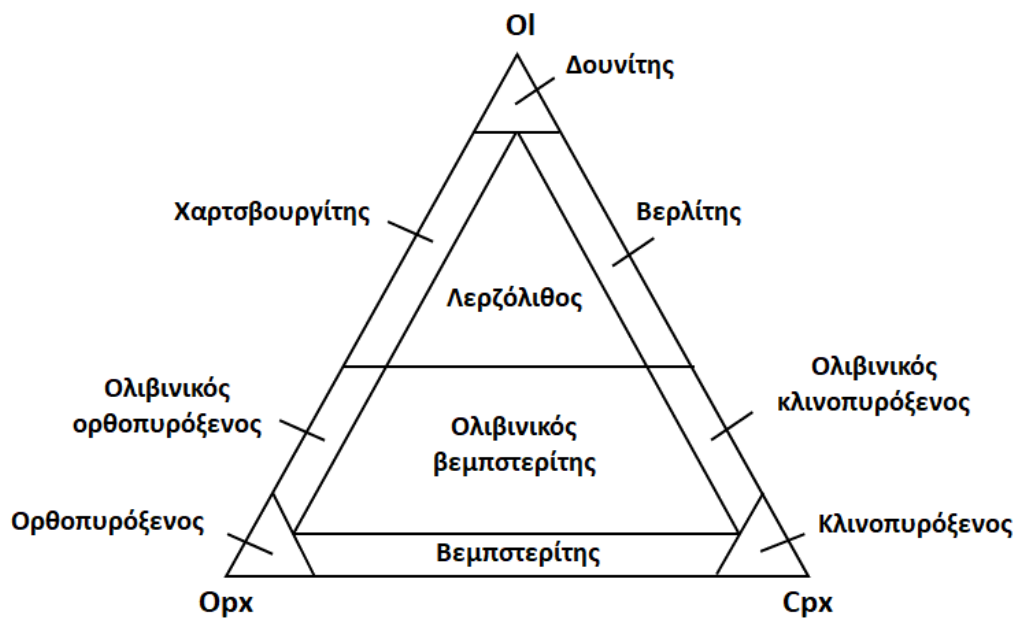
Εικόνα 2.3 - Χωρική κατανομή οφιολίθων και υπερβασικών πετρωμάτων στην Ελλάδα σύμφωνα με το ΙΓΜΕ (1983) (Kapra et al., 2015).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα υπερβασικά πετρώματα αποτελούν τμήμα των οφιολιθικών συμπλεγμάτων. Πιο συγκεκριμένα, βρίσκονται στα κατώτερα μέλη των οφιολιθικών συμπλεγμάτων (Εικόνα 2.4) που ονομάζονται “τεκτονίτες περιδοτίτες”, καθώς και στο κατώτερο τμήμα της σωρευτικής ακολουθίας. Πετρολογικά αποτελούνται από χαρτσβουργίτες, λερζόλιθους, δουνίτες, συνήθως με πλαστική παραμόρφωση και σερπεντινίωση. Τα κύρια ορυκτά των υπερβασικών πετρωμάτων είναι ο ολιβίνης, ο πυρόξενος, η κερροσίλβη και άλλα μαφικά ορυκτά όπως ο βιοτίτης, ο γρανάτης και ο σπινέλιος. Στην εικόνα 2.5 παρουσιάζεται το τριγωνικό διάγραμμα ταξινόμησης υπερβασικών πετρωμάτων. Κατά την εξαλλοίωση των υπερβασικών πετρωμάτων

σχηματίζεται σερπεντίνης εις βάρος πρωτογενών ορυκτών όπως ο ολιβίνης και ο πυροξένος. Οι διεργασίες αυτές δημιουργούν τους σερπεντινίτες, που είναι πετρώματα που αποτελούνται, κυρίως, από ορυκτά της ομάδας των σερπεντίνων (όπως ο αντιγορίτης, ο λιζαρδίτης και ο χρυσοσίλης), και άλλα ορυκτά των μητρικών υπερβασικών πετρωμάτων, που χαρακτηρίζονται από μεγάλη ανθεκτικότητα όπως ο χρωμίτης (Tashakor et al., 2018). Η διεργασία αυτή ονομάζεται σερπεντινίωση και αρχίζει από τις μεσωκεάνιες ράχες από την αντίδραση των υπερβασικών πετρωμάτων με το θερμό θαλασσινό νερό. Μετά την επώθηση των οφιολίθων, η σερπεντινίωση είναι δυνατό να συνεχίζεται, λόγω της δράσης υδροθερμικών διαλυμάτων (Lamadrid et al., 2017).



Εικόνα 2.4 - Σχηματική απεικόνιση της λιθοστρωματογραφίας μιας οφιολιθικής ακολουθίας (Coleman, 1977).



Εικόνα 2.5 - Τριγωνικό διάγραμμα ταξινόμησης υπερβασικών πετρωμάτων βάσει της περιεκτικότητάς τους σε ολιβίνη (Ol), ορθοπυρόξeno (Orx), κλινοπυρόξeno (Crx) (Hess, 1989).

Τα υπερβασικά πετρώματα και εδάφη παρουσιάζουν υψηλές περιεκτικότητες σε MgO και FeO και είναι εμπλουτισμένα σε As, Co, Cr, Cu και Ni (Gülaçar and Delaloye, 1976, Schwertmann and Latham 1986, Quantin et al., 2008, Ryan et al., 2011, Petrotou, 2012, Cheng et al., 2012, Kelepertzis et al., 2013, Vithanage et al., 2014, Tashakor et al., 2018, Vithanage et al., 2019). Η περιεκτικότητα του SiO₂ στα πετρώματα αυτά είναι χαμηλή (<45%) όταν συγκρίνεται με άλλα πυριγενή πετρώματα, αλλά είναι υψηλή όταν συγκρίνεται με άλλους τύπους πετρωμάτων όπως τα ανθρακικά πετρώματα (π.χ. ασβεστόλιθοι).

Από την αλληλεπίδραση μετεωρικού νερού και υπερβασικών πετρωμάτων παράγεται υδατικό διάλυμα χημικής σύστασης Mg-HCO₃ με ελαφρώς αλκαλικό έως αλκαλικό pH (pH > 7,5) (Barnes and O'Neil, 1969, Neal and Stanger, 1983, Marques et al., 2008, Margiotta et al., 2012). Σε αυτές τις συνθήκες pH (αλκαλικό περιβάλλον) αναμένεται τα ανιονικά στοιχεία να είναι πιο κινητικά από τα κατιονικά, διότι τα κατιόντα που ανήκουν στα στοιχεία μετάπτωσης (Al, Cu, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) παρουσιάζουν ισχυρότερη προσρόφηση σε αλκαλικό pH, αντίθετα με τα ανιόντα. Σε ουδέτερο pH, το οποίο χαρακτηρίζει συνήθως τα υπόγεια νερά, η διαλυτότητα των περισσοτέρων δυνητικά τοξικών στοιχείων περιορίζεται πολύ εξαιτίας της καταβύθισης ή της (συν-)καταβύθισης με τη μορφή οξειδίων, υδροξειδίων, ανθρακικών ή φωσφορικών ορυκτών ή από την ισχυρή προσρόφηση τους σε ένυδρα οξείδια μετάλλων,

αργιλικά ορυκτά ή οργανικό υλικό. Διάφορα δυνητικά τοξικά στοιχεία, όμως είναι πιθανό να παρουσιάσουν διαφορετική συμπεριφορά μεταξύ οξειδωμένης και ανηγμένης μορφής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα Cr, Mo, Se, V και U που είναι πιο ευδιάλυτα στο οξειδωμένο τους μορφή (όπως π.χ. U^{6+} , Cr^{6+}) και όχι στην πιο αναγωγική (π.χ. U^{4+} , Cr^{3+}) παρουσιάζοντας διαφορετική γεωχημική συμπεριφορά, κινητικότητα και τοξικότητα που εξαρτώνται από τις εκάστοτε φυσικοχημικές συνθήκες (Smith and Huyck, 1999). Το Se είναι κινητικό ως το σεληνικό οξυανιόν (SeO_4^{2-}) υπό οξειδωτικές συνθήκες, αλλά μη κινητικό υπό αναγωγικές συνθήκες, είτε λόγω της ισχυρότερης προσρόφησης της αναγωγικής μορφής του, δηλ. το σεληνιώδες οξυανιόν (SeO_3^{2-}), είτε λόγω της αναγωγής του Se^{6+} σε Se^{4+} (Smedley and Kinniburgh, 2002). Το Cr μπορεί επίσης να κινητοποιηθεί ως οξυανιόν εξασθενούς χρωμίου υπό οξειδωτικές συνθήκες, αλλά σχηματίζει κατιονικά είδη του τρισθενούς χρωμίου σε αναγωγικά περιβάλλοντα και συνεπώς συμπεριφέρεται όπως και άλλα κατιόντα δηλαδή είναι σχετικά μη κινητικό σε σχεδόν ουδέτερες τιμές pH (Smedley and Kinniburgh, 2002).

Συμπερασματικά, τα στοιχεία που αναμένεται να είναι κινητικά στο εύρος των συνηθισμένων τιμών pH των υπογείων νερών σε υπερβασικά περιβάλλοντα (δηλ. από ουδέτερο έως αλκαλικό pH), είτε σε οξειδωτικό είτε σε αναγωγικό περιβάλλον είναι τα κύρια ιόντα, τα κατιόντα των αλκαλικών γαιών (Ba, Sr) και τα As, B, Cr, Mo, Sb, Se, U και V, ενώ τα υπόλοιπα δυνητικά τοξικά στοιχεία δεν αναμένεται να είναι κινητικά σε αυτό το γεωχημικό περιβάλλον. Γενικά, στοιχεία που δημιουργούν οξυανιόντα όπως τα Cr, As, U και Se είναι μερικά από τα πιο κοινά δυνητικά τοξικά στοιχεία στα υπόγεια νερά (Smedley and Kinniburgh, 2002) και υπάρχουν αρκετές καταγεγραμμένες περιπτώσεις που οι συγκεντρώσεις τους υπερβαίνουν τα θεσμοθετημένα όρια.

Από τα προαναφερθέντα δυνητικά τοξικά στοιχεία, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα Cr και As στα περιβάλλοντα υπερβασικών σχηματισμών, καθώς τα πετρώματα αυτά παρουσιάζουν αυξημένες περιεκτικότητες και ειδικά το Cr. Από την άλλη, το As έχει την τάση να εμφανίζεται στα υπόγεια νερά κάτω από ευνοϊκές γεωχημικές συνθήκες ακόμα και αν είναι μικρή η περιεκτικότητά του στα πετρώματα και στα εδάφη. Το As αποτελεί, ίσως, το μοναδικό από τα στοιχεία των μεταλλοειδών και οξυανιόντων που κινητοποιείται στο συνηθισμένο εύρος pH των υπογείων νερών (6,5-8,5) τόσο σε οξειδωτικές, όσο και σε αναγωγικές συνθήκες (Smedley and Kinniburgh, 2002) καθιστώντας το ως ένα από τα πιο προβληματικά δυνητικά τοξικά στοιχεία στο περιβάλλον.

Στη συνέχεια, αναλύονται εκτενώς το Cr και το As, με έμφαση στην παρουσία τους στο περιβάλλον, στην υδρογεωχημική συμπεριφορά τους, στην προέλευσή τους, στις επιπτώσεις

τους στην ανθρώπινη υγεία, στην κείμενη νομοθεσία και σε περιπτώσεις από την Ελλάδα και τον κόσμο με καταγεγραμμένες αυξημένες συγκεντρώσεις στα υπόγεια νερά.

2.3 Το χρώμιο στο περιβάλλον

2.3.1 Γενικά

Το Cr έχει μια μακρά ιστορία η οποία ξεκινά περισσότερο από 250 χρόνια πριν. Η πρώτη αναφορά για ορυκτό του Cr είναι το 1752, σε μια περιοχή της Σιβηρίας, στις ανατολικές παρυφές των Ουραλίων Ορέων, στα ορυχεία Beresof, όπου γινόταν εξόρυξη χρυσού (Au), χαλκού (Cu), αργύρου (Ag) και μολύβδου (Pb). Το 1761, ο γεωλόγος Johann Gottlob Lehmann, ενώ βρισκόταν σε εκείνη την περιοχή ανακάλυψε δείγματα από ένα ασυνήθιστο κόκκινο-πορτοκαλί ορυκτό που το ονόμασε "κόκκινο μόλυβδο της Σιβηρίας". Λίγο αργότερα, το 1766, αποδείχτηκε ότι ήταν το ορυκτό κροκοϊτης ($PbCrO_4$). Σύμφωνα με χειρόγραφα της εποχής, ο Lehmann περιγράφει το συγκεκριμένο ορυκτό σε επιστολή του προς τον γνωστό φυσιολάτρη Georges-Louis Leclerc comte de Buffon. Ο Lehmann επίσης παρατήρησε ότι το ορυκτό παρήγαγε ένα σμαραγδοπράσινο διάλυμα κατά τη διαλυτοποίησή του με HCl. Το 1797, ο Γάλλος χημικός και φαρμακοποιός Louis Nicolas Vauquelin, πίστεψε ότι η αξία του κροκοϊτη ήταν ανάλογη με του Au (Jacobs and Testa, 2004). Σε πειράματα που πραγματοποίησε, παρατήρησε, ότι κατά τη θέρμανση ενός μέρους κονιοποιημένου $PbCrO_4$ με δυο μέρη θειικού καλίου (K_2SO_4) σχηματιζόταν ένα κίτρινο διάλυμα. Το διάλυμα αυτό σχημάτιζε ένα κόκκινο ίζημα με την προσθήκη άλατος Hg και κίτρινο ίζημα με την προσθήκη άλατος Pb. Επιπλέον, διαπίστωσε ότι προσθέτοντας HCl, το $PbCrO_4$, περιείχε ακόμα ένα μέταλλο, εκτός από τον Pb, άγνωστο μέχρι τότε. Ένα χρόνο αργότερα, το 1798, οι Γερμανοί χημικοί Louwitz και Klaroth προσδιόρισαν Cr σε πετρώματα βόρεια από τα ορυχεία Beresof, με κύριο συστατικό τους ένα μαύρο ορυκτό το οποίο αργότερα ονομάστηκε χρωμίτης ($FeCr_2O_4$). Το 1799, ένας άλλος Γερμανός χημικός ο Tassaert αναγνώρισε το ίδιο ορυκτό σε ένα μικρό κοίτασμα στην περιοχή Var της ΝΑ Γαλλίας. Αυτό το ορυκτό αναγνωρίστηκε ως Cr-Fe σπινέλιος, ενώ σήμερα είναι γνωστό ως χρωμίτης (Jacobs and Testa, 2014).

Το Cr είναι γκρι, λαμπερό, σκληρό μέταλλο (Εικόνα 2.6) που οφείλει την ονομασία του στην Ελληνική λέξη "χρώμα". Έχει ατομικό αριθμό $Z=24$, ατομική μάζα $A_r=51,9961$, πυκνότητα $d=7,19 \text{ gr cm}^{-3}$, σημείο τήξης τους $1907 \text{ }^\circ\text{C}$, σημείο βρασμού τους $2671 \text{ }^\circ\text{C}$ και παρουσιάζει πολύπλοκη χημεία. Το Cr παρουσιάζει, επίσης, ενδιαφέρουσες μαγνητικές ιδιότητες διότι είναι το μόνο στερεό στοιχείο το οποίο, όταν βρίσκεται στη φύση αυτοφυώς και όχι σε ενώσεις, δεν έλκεται από το μαγνήτη σε θερμοκρασία δωματίου (ή χαμηλότερη), ενώ σε

θερμοκρασία μεγαλύτερη από 38°C έρχεται σε παραμαγνητική κατάσταση (http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_cr6.htm). Το Cr είναι μέλος της πρώτης σειράς των στοιχείων μετάπτωσης, η οποία αποτελείται από τα Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu και Zn και ανήκει στην 6^η ομάδα του περιοδικού πίνακα μαζί με τα Mo, W και Sg (Εικόνα 2.7). Αποτελείται από 4 φυσικώς απαντώμενα ισότοπα (⁵⁰Cr, ⁵²Cr, ⁵³Cr και ⁵⁴Cr), εκ των οποίων το ⁵²Cr αντιπροσωπεύει το 84% της συνολικής μάζας (Albanese et al., 2015).



Εικόνα 2.6 - Χρώμιο (*mindat.org*).

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ

| Στοιχεία μετάπτωσης | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------|--|
| Κύριες ομάδες | | Στοιχεία μετάπτωσης | | | | | | | | | | | | | | | | Κύριες ομάδες | |
| 1A [*] | 2A | 3B | 4B | 5B | 6B | 7B | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 3A | 4A | 5A | 6A | 7A | 8A | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
| 1 H 1.00794 | 2 He 4.00260 | 3 Li 6.941 | 4 Be 9.01218 | 5 B 10.811 | 6 C 12.011 | 7 N 14.0067 | 8 O 15.9994 | 9 F 18.998403 | 10 Ne 20.1797 | 11 Na 22.98977 | 12 Mg 24.305 | 13 Al 26.98154 | 14 Si 28.0855 | 15 P 30.97376 | 16 S 32.066 | 17 Cl 35.4527 | 18 Ar 39.948 | | |
| 19 K 39.0983 | 20 Ca 40.078 | 21 Sc 44.9559 | 22 Ti 47.88 | 23 V 50.9415 | 24 Cr 51.9961 | 25 Mn 54.9380 | 26 Fe 55.847 | 27 Co 58.9332 | 28 Ni 58.6934 | 29 Cu 63.546 | 30 Zn 65.39 | 31 Ga 69.723 | 32 Ge 72.61 | 33 As 74.9216 | 34 Se 78.96 | 35 Br 79.904 | 36 Kr 83.80 | | |
| 37 Rb 85.4678 | 38 Sr 87.62 | 39 Y 88.9059 | 40 Zr 91.224 | 41 Nb 92.9064 | 42 Mo 95.94 | 43 Tc (98) | 44 Ru 101.07 | 45 Rh 102.9055 | 46 Pd 106.42 | 47 Ag 107.8662 | 48 Cd 112.411 | 49 In 114.82 | 50 Sn 118.710 | 51 Sb 121.757 | 52 Te 127.60 | 53 I 126.9045 | 54 Xe 131.29 | | |
| 55 Cs 132.9054 | 56 Ba 137.327 | 57 *La 138.9055 | 58 Ce 140.12 | 59 Pr 140.9077 | 60 Nd 144.24 | 61 Pm (145) | 62 Sm 150.36 | 63 Eu 151.965 | 64 Gd 157.25 | 65 Tb 158.9254 | 66 Dy 162.50 | 67 Ho 164.9303 | 68 Er 167.26 | 69 Tm 168.9342 | 70 Yb 173.04 | 71 Lu 174.967 | | | |
| 87 Fr (223) | 88 Ra 226.0254 | 89 *Ac 227.0278 | 90 Th 232.0381 | 91 Pa 231.0369 | 92 U 238.0289 | 93 Np 237.048 | 94 Pu 244 | 95 Am (243) | 96 Cm (247) | 97 Bk (247) | 98 Cf (251) | 99 Es (252) | 100 Fm (257) | 101 Md (258) | 102 No (259) | 103 Lr (260) | | | |

* Λανθάνους
† Ακτινίδες

* Οι μικροί αριθμοί είναι η αριθμηση κατά IUPAC.
Τα στοιχεία 110, 111 και 112 δεν έχουν ανακαταθεί ακόμα.

Εικόνα 2.7 - Ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων και η θέση του χρωμίου.

Επιπλέον, το Cr παρουσιάζει σθένη που κυμαίνονται από -2 έως +6, αλλά το πιο κοινό είναι το +3. Δεν συναντάται ελεύθερο στη φύση, είναι λιθόφιλο μεταλλικό στοιχείο που σχηματίζει ορισμένα ορυκτά με κυριότερο τον χρωμίτη (FeCr_2O_4). Το Cr^{3+} έχει ιοντική ακτίνα 62 pm και, όπως και άλλα στοιχεία μετάπτωσης με ενδιάμεσες ακτίνες, υποκαθιστά εύκολα τα Fe και Mg (Misra, 2018). Επίσης, κατανέμεται σε σπινέλιους και πυρόξενους κατά τα πρώιμα στάδια κλασματικής κρυστάλλωσης του μάγματος. Το Cr είναι το 21^ο πιο συνηθισμένο στοιχείο στην επιφάνεια της Γης. Περίπου το 95% των παγκόσμιων πόρων Cr συγκεντρώνεται στη Νότια Αφρική (Albanese et al., 2015) και σύμφωνα με τη γεωλογική υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS), οι παγκόσμιες πηγές Cr είναι αρκετές για να καλύψουν τη ζήτηση για αιώνες.

2.3.2 Υδατική χημεία

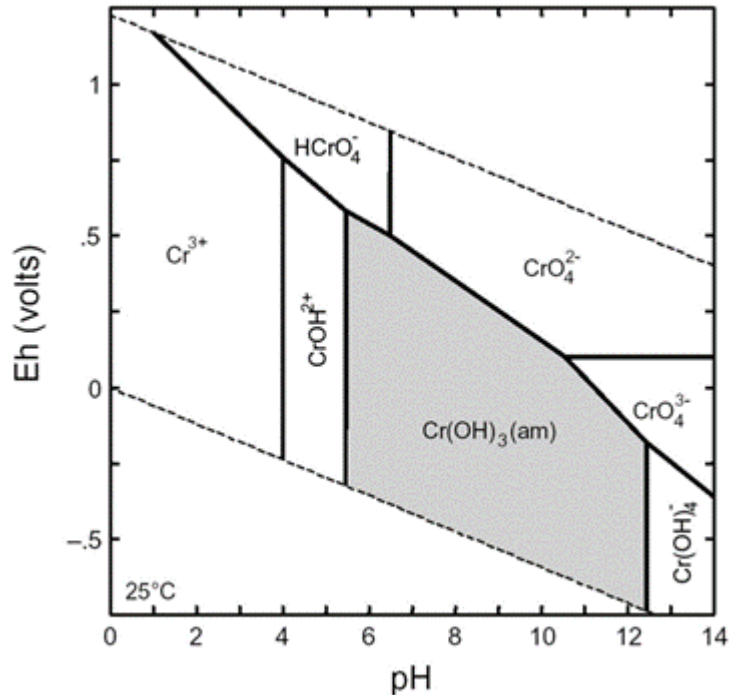
Υδροφόροι ορίζοντες που αποτελούνται από άμμο, χαλίκια και διαρρηγμένα πετρώματα παρουσιάζουν υψηλές τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας (K) έχοντας τη δυναμική για την ταχεία μετανάστευση του ρυπαντικού φορτίου του Cr, εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας του νερού. Αντιθέτως, σε υδροφόρους μικρότερης υδραυλικής αγωγιμότητας K που αποτελούνται σε μεγάλο ποσοστό από αργιλικό υλικό, η μετανάστευση του ρυπαντικού φορτίου του Cr παρουσιάζει μικρότερο δυναμικό (Robles-Camacho and Armienta, 2000).

Το Cr, όπως αναφέρθηκε, μπορεί να παρουσιάζει σθένη που κυμαίνονται από -2 έως +6, ωστόσο, οι δυο σταθερές οξειδωτικές καταστάσεις στις οποίες συναντάται στο υδάτινο περιβάλλον είναι το Cr^{3+} και το Cr^{6+} . Η κατανομή των ενώσεων που περιέχουν Cr^{3+} και Cr^{6+} εξαρτάται από το pH, το Eh, την παρουσία οξειδωτικών ή αναγωγικών ενώσεων, την κινητική των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων, το σχηματισμό συμπλόκων ή αδιάλυτων αλάτων Cr^{3+} και τη συγκέντρωση του Cr (Εικόνα 2.8, Sharma et al., 2008). Στο νερό, το Cr^{3+} εμφανίζεται ως κατιόν που σχηματίζει υδατικά σύμπλοκα και υδροξείδια που καταβυθίζονται (Sharma et al., 2008). Στα επιφανειακά νερά, ο λόγος Cr^{3+} προς Cr^{6+} ποικίλλει και σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις του τελευταίου μπορούν να βρεθούν τοπικά. Γενικά, τα άλατα Cr^{6+} είναι πιο ευδιάλυτα συγκριτικά με αυτά του Cr^{3+} , καθιστώντας το Cr^{6+} σχετικά πιο κινητικό (WHO, 2003). Αντίθετα από τα σύμπλοκα του Cr^{3+} , τα είδη του Cr^{6+} παρουσιάζουν ασθενή ρόφηση σε ανόργανες επιφάνειες γι' αυτό το λόγο η Cr^{6+} είναι η πιο κινητική μορφή Cr στο περιβάλλον (Kotás and Stasicka, 2000).

Τα κυρίαρχα είδη του Cr^{3+} που υπάρχουν στα φυσικά νερά εξαρτώνται από το pH και είναι τα $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$, $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ (aq) και $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$. Σε υψηλές συγκεντρώσεις αυτά τα ιόντα

προσδίδουν στο νερό ένα πράσινο χρώμα. Το $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ είναι το κυρίαρχο είδος στα φυσικά υπόγεια νερά με pH 6-8 (Calder, 1988). Υπό ελαφρώς όξινες έως αλκαλικές συνθήκες το Cr^{3+} μπορεί να καταβυθιστεί ως άμορφα Cr-υδροξείδια $[\text{Cr}(\text{OH})_3 (s)]$. Το Cr^{3+} , είναι ένα θετικά φορτισμένο ιόν και παρουσιάζει έντονη τάση να σχηματίζει πολύ σταθερά σύμπλοκα με αρνητικά φορτισμένους οργανικούς ή ανόργανους συνδέτες (Pichel et al., 1976). Η κινητικότητα του Cr^{3+} στο υδάτινο περιβάλλον αναμένεται να είναι χαμηλή εξαιτίας της μικρής διαλυτότητας του $\text{Cr}(\text{OH})_3 (s)$, την καταβύθιση του $(\text{Cr}, \text{Fe})(\text{OH})_3 (s)$ και της ισχυρής προσρόφησης τους στη στερεά φάση υπό ελαφρώς όξινες έως αλκαλικές συνθήκες. Το Cr^{3+} παρουσιάζει ελάχιστη διαλυτότητα σε εύρος pH από 6,5 έως 8,5 (Sharma et al., 2008).

Το Cr^{6+} υπάρχει στα διαλύματα ως μονομερή H_2CrO_4^0 , HCrO_4^- (χρωμικά υδρογόνου) και CrO_4^{2-} (χρωμικά) ή ως διμερές $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (διχρωμικά – υπάρχει μόνο σε πολύ όξινα διαλύματα). Σε εύρος pH 1-10 και σε χαμηλές συγκεντρώσεις, το Cr είναι παρόν στα υπόγεια νερά είτε ως μονοσθενές HCrO_4^- ή δισθενές χρωμικό CrO_4^{2-} (Palmer and Puls, 1994). Η μονοσθενής μορφή κυριαρχεί στο όξινο νερό, ενώ η δισθενής μορφή επικρατεί σε ουδέτερο ή αλκαλικό pH. Τα μονομερή είδη (χρωμικά και χρωμικά υδρογόνου) προσδίδουν ένα κίτρινο χρώμα στα νερά όταν οι συγκεντρώσεις Cr^{6+} είναι μεγαλύτερες από 1 mg L^{-1} . Σε αραιά διαλύματα ($< 1 \text{ mg L}^{-1}$), η κυρίαρχη μορφή είναι το CrO_4^{2-} , το οποίο είναι αρνητικά φορτισμένο και δεν σχηματίζει σύμπλοκα με αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες (Pichel et al., 1976). Όμως, τα ανιόντα Cr^{6+} προσροφώνται σε θετικά φορτισμένες επιφάνειες, όπως είναι τα οξείδια και τα υδροξείδια Fe, Mn και Al. Η προσρόφηση του Cr^{6+} είναι συνήθως περιορισμένη και μειώνεται με την αύξηση του pH. Συνεπώς, το Cr^{6+} είναι πιο κινητικό από το Cr^{3+} (Slooff et al., 1990, Faust and Aly 1998, Kotas and Stasicka, 2000).



Εικόνα 2.8 - Διάγραμμα Pourbaix (Eh-pH) για τα υδατικά είδη Cr στο σύστημα Cr-O₂-H₂O σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1 bar (Jacobs and Testa, 2004).

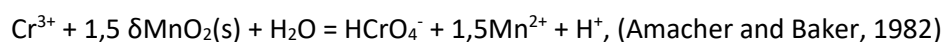
2.3.3 Οξειδοαναγωγή

Ο οξειδοαναγωγικός μετασχηματισμός του Cr³⁺ σε Cr⁶⁺ ή αντιστρόφως μπορεί να γίνει μόνο με την παρουσία ενός άλλου οξειδοαναγωγικού ζεύγους το οποίο δέχεται ή δίνει τα απαραίτητα τρία ηλεκτρόνια. Στα φυσικά υδάτινα περιβάλλοντα, τα πιο σημαντικά οξειδοαναγωγικά ζεύγη είναι τα H₂O/O₂(aq), Mn²⁺/Mn⁴⁺, NO₂⁻/NO₃⁻, Fe²⁺/Fe³⁺, S₂⁻/SO₄²⁻ και CH₄/CO₂ (Richard and Bourg, 1991). Σχετικά με την οξείδωση του Cr, το διαλελυμένο οξυγόνο (DO) έχει βρεθεί ότι οξειδώνει το Cr³⁺ σε Cr⁶⁺ (Schroeder and Lee, 1975, Nakayama et al., 1981, Rai et al., 1986, Eary and Rai, 1987). Όμως, η οξείδωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό και επιτρέπει στο Cr³⁺ να πάρει μέρος σε γρηγορότερες ταυτόχρονες αντιδράσεις όπως η ρόφηση ή η καταβύθιση. Συνεπώς, η οξείδωση του Cr³⁺ από το DO θεωρείται απίθανη (Richard and Bourg, 1991). Ορυκτά οξείδια του μαγγανίου στη μορφή του δ-MnO₂/μπιρνεσίτη (Fendorf and Zasoski, 1992, Fendorf et al, 1992, Oze et al., 2007, Rajapaksha et al., 2013), -MnO₂/πιρολουσίτη (Eary and Rai, 1987), (Ni,Co)_{1-x}(Mn⁴⁺O₂)_{2-γ}(OH)_{2-2x+2γ}·nH₂O/ασβολάνη και (Ni,Co)_{1-x}(Mn⁴⁺O₂)_{2-γ}(OH)_{2-2x+2γ}·nH₂O/λιθιοφορίτη (Fandeur et al., 2009), K(Mn⁴⁺₇Mn³⁺)O₁₆/κρυπτομέλανα (Feng et al., 2007) στα πετρώματα και τα εδάφη έχουν αναφερθεί ότι δρουν σαν φυσικοί οξειδωτικοί παράγοντες κάτω από ευνοϊκές συνθήκες pH και Eh (Eary and Rai, 1987, Fendorf et al, 1992, Kožuh et al., 2000, Fantoni et al., 2002, Oze et

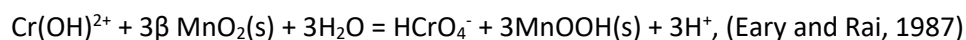
al., 2007, Kazakis et al., 2015). Η ποσότητα και η ειδική επιφάνεια των ορυκτών οξειδίων του μαγγανίου είναι καθοριστικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό οξείδωσης του Cr^{3+} . Ο ρυθμός αυτός αρχικά είναι πολύ γρήγορος, αλλά με το πέρασμα του χρόνου επιβραδύνεται σημαντικά. Επιπλέον, ο ρυθμός οξείδωσης εξαρτάται από το pH, καθώς με ελάττωση του pH παρατηρείται σχετική αύξηση του ρυθμού οξείδωσης (Amacher and Baker, 1982). Οι αντιδράσεις οξείδωσης του χρωμίου πραγματοποιούνται σε τρία στάδια (Schroeder and Lee, 1975, Bartlett and James, 1979, Amacher and Baker, 1982, Rai et al., 1986, Eary and Rai, 1987):

- (1) Προσρόφηση του Cr^{3+} στις επιφάνειες των ορυκτών οξειδίων του μαγγανίου,
- (2) Οξείδωση του Cr^{3+} σε Cr^{6+} , από τα ιόντα Mn^{4+} ,
- (3) Εκρόφιση των τελικών προϊόντων Cr^{6+} και Mn^{2+}

Για την περιγραφή της παραπάνω διαδικασίας έχουν προταθεί θεωρητικές στοιχειομετρίες:

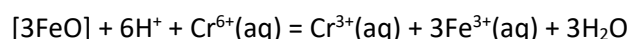


και



Στη συνέχεια, το στερεό $\text{MnOOH}(\text{s})$ δίνει στο υδάτινο περιβάλλον Mn^{2+} . Η οξείδωση του Cr^{3+} , η οποία σχετίζεται με την ποσότητα και την επιφάνεια των ορυκτών οξειδίων του μαγγανίου (Schroeder and Lee, 1975, Eary and Rai, 1987), είναι μια πολύ γρήγορη αντίδραση.

Σχετικά με τη διαδικασία αναγωγής, το Cr^{6+} εύκολα ανάγεται σε Cr^{3+} από τα Fe^{2+} , τα διαλελυμένα θειούχα ορυκτά και ορισμένες οργανικές ενώσεις (Stollenwerk and Grove, 1985). Σύμφωνα με τους Fendorf et al., (1992), τα Fe^{2+} και τα διαλελυμένα σουλφίδια είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες για τη διαδικασία της αναγωγής του Cr^{6+} . Η διάλυση ορυκτών που περιέχουν Fe^{2+} (όπως βιοτίτης, αιματίτης, αργιλικά ορυκτά κλπ.) και ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να δημιουργήσει Fe^{2+} , τα οποία παίρνουν μέρος στην αναγωγή του Cr^{6+} σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση (Rai et al., 1988, Deng et al., 2003, Lee and Hering, 2003):



Η αναγωγή του Cr^{6+} από Fe^{2+} σε εύρος pH 5-9 ολοκληρώνεται μέσα σε 2 λεπτά (Lee and Hering, 2003, Sharma et al., 2008). Τελικά προϊόντα αυτής της αντίδρασης είναι $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}^{3+}$ που καταβυθίζονται μαζί σε όξινα διαλύματα (Stollenwerk and Grove, 1985) και πιθανόν $\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{s})$ σε ουδέτερο έως αλκαλικό περιβάλλον εξαιτίας της πολύ μικρής διαλυτότητας του $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$ (Rai et al., 1988, Lee and Hering, 2003). Επιπροσθέτως, το Cr^{6+} μπορεί να αναχθεί και με βιολογικές διεργασίες, αλλά είναι 100 φορές πιο αργή διεργασία από την αναγωγή με

Fe²⁺. Βέβαια, η αναγωγή του Cr⁶⁺ από Fe²⁺ απαιτεί αναγωγικό περιβάλλον, ενώ η βιολογική αναγωγή από μικρόβια είναι δυνατό να συμβεί τόσο υπό αναγωγικές, όσο και υπό οξειδωτικές συνθήκες (James et al., 1997). Αρκετά πειράματα έχουν δείξει την αναγωγή του Cr⁶⁺ υπό την παρουσία Fe-οξειδίων (Palmer και Plus, 1994).

Τα σουλφίδια είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την αναγωγή του Cr⁶⁺, όπως αναφέρθηκε παραπάνω,. Εργαστηριακά πειράματα έχουν δείξει ότι οι αντιδράσεις αυτές στην αρχή είναι πολύ γρήγορες, μετά από κάποια λεπτά επιβραδύνονται και ολοκληρώνονται μετά το πέρας 24 ωρών (Schroeder and Lee, 1975, Stanin and Primie, 2004).

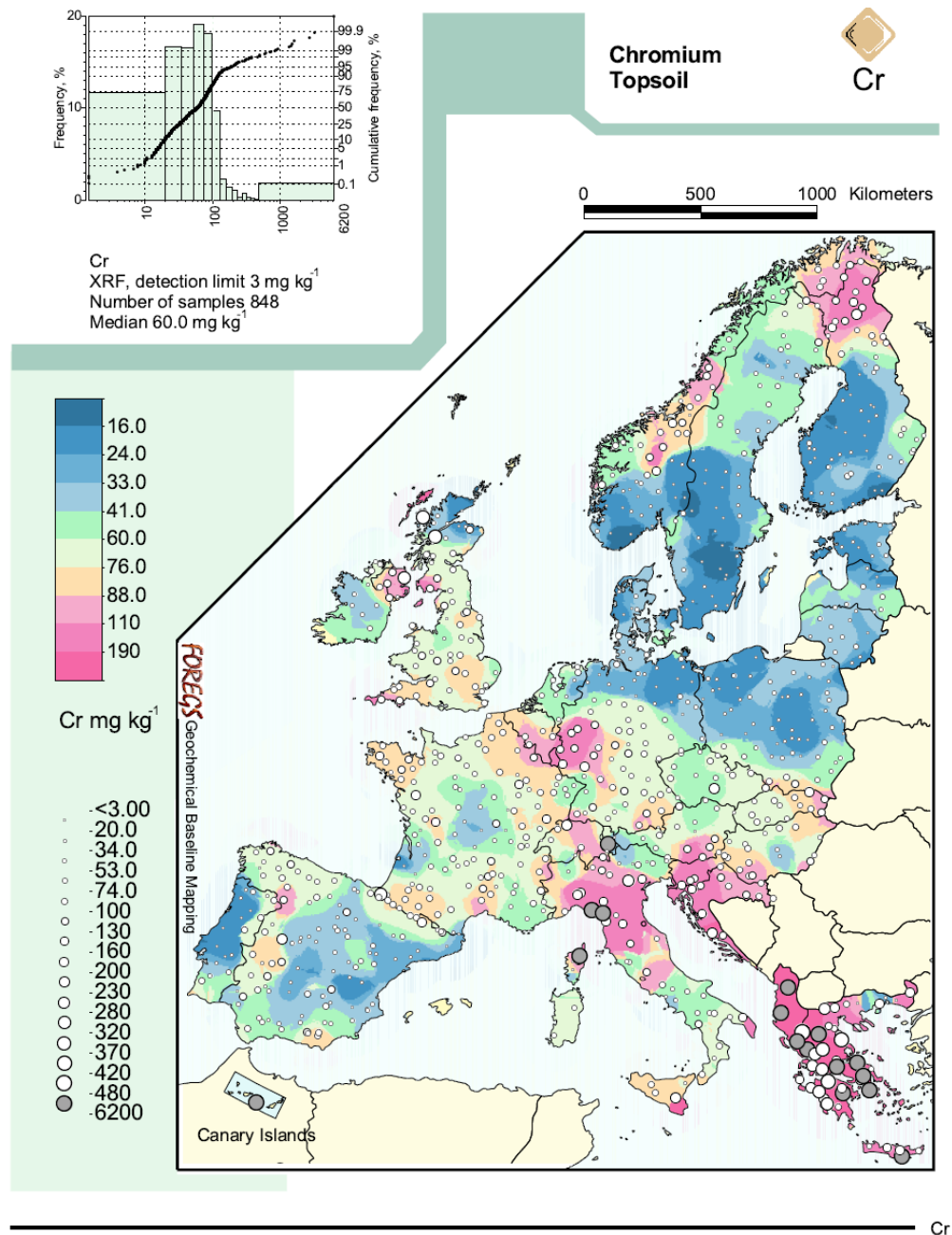
Το Cr⁶⁺ μπορεί επίσης να αναχθεί από οργανικό υλικό όπως είναι τα απλά αμινοξέα (Schroeder and Lee, 1975) ή τα χουμικά ή φουλβικά οξέα (Goodgame et al., 1984, Boyko and Goodgame, 1986). Ενδιάμεσα είδη Cr⁵⁺ παράγονται και ανάγονται σε Cr³⁺ μέσα σε μερικές μέρες. Οι όξινες συνθήκες ευνοούν αυτήν την αναγωγή (Cary et al., 1977, Bloomfield and Pruden, 1980, Grove and Ellis, 1980, Stollenwerk and Grove, 1985). Εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι σε πολύ όξινο pH, ο χρόνος ημίσειας ζωής για την αναγωγή του Cr⁶⁺ με χουμικά οξέα είναι περίπου 72 ώρες, ενώ όταν οι τιμές pH είναι μεταξύ 4 έως 7 τότε απαιτούνται αρκετές μέρες (Stanin and Pimie, 2004).

2.3.4 Πηγές/προέλευση

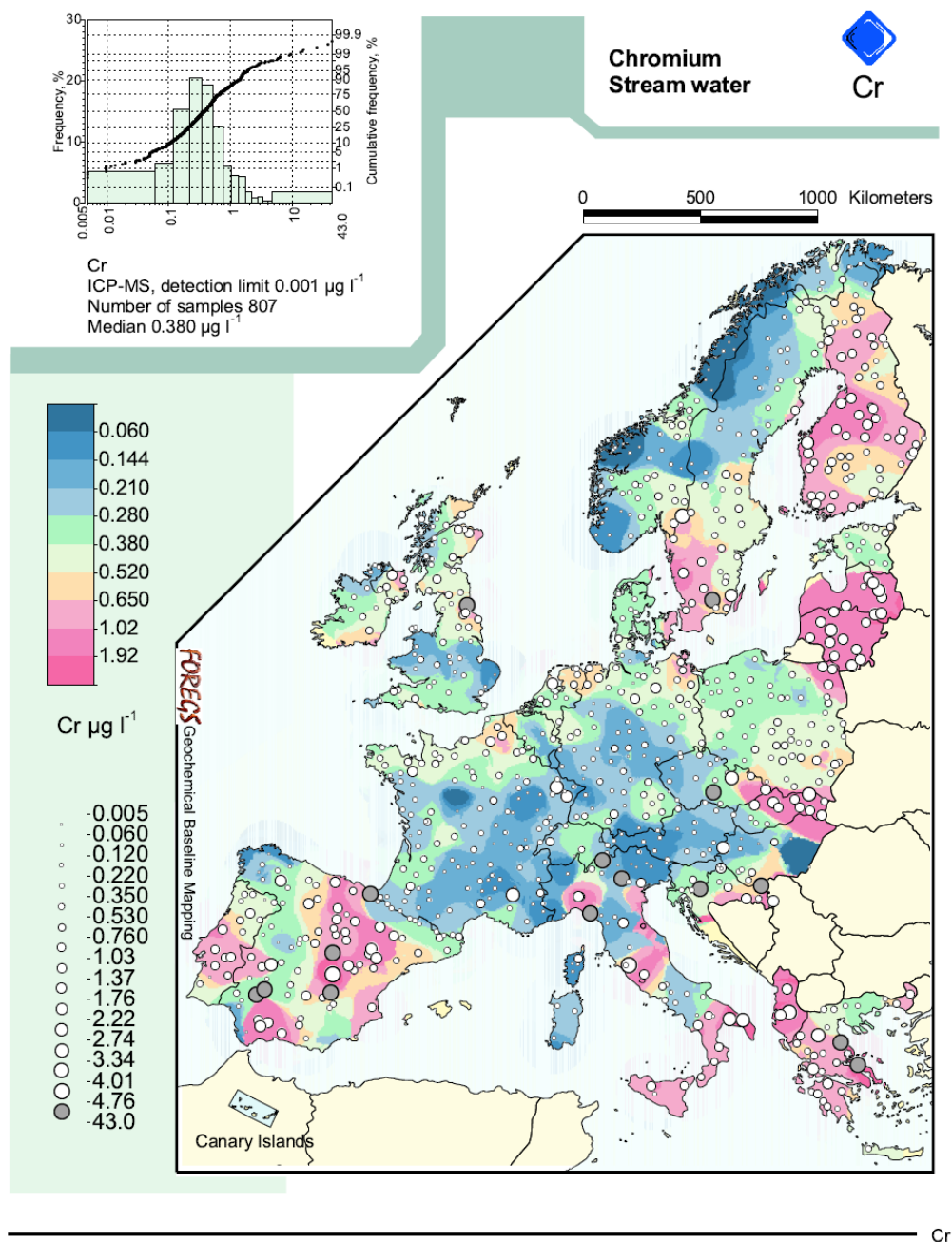
Γενικά, το Cr είναι ένα σχετικά κοινό στοιχείο, φυσικά απαντώμενο σε πετρώματα, εδάφη, φυτά, ηφαιστειακή σκόνη και αέρια (Dernbach, 2008). Η μέση περιεκτικότητα του στο φλοιό της Γης είναι 100 mg kg⁻¹ (Nriagu, 1988). Στα εδάφη το Cr παρουσιάζει περιεκτικότητες από 10 έως 200 mg kg⁻¹, ενώ στα σερπεντινικά (υπερβασικά/οφιολιθικά) εδάφη μπορεί να φτάσει έως 6% κ.β. (Oze et al., 2004). Η παγκόσμια μέση περιεκτικότητα Cr σε περιδοτίτες φτάνει τα 1800 mg Kg⁻¹ (Faure, 1992). Χαμηλότερες περιεκτικότητες Cr βρίσκονται σε ψαμμίτες (35 mg Kg⁻¹), γρανίτες (22 mg Kg⁻¹) και ασβεστολίθους (11 mg Kg⁻¹) (Faure, 1992, Fantoni et al., 2002).

Το Cr στα εδάφη και τους υδάτινους πόρους μπορεί να προέρχεται είτε από φυσικές διεργασίες (γεωγενής προέλευση), είτε από ανθρωπογενείς πηγές. Το γεωγενές Cr μπορεί να προέρχεται από φυσικές διεργασίες όπως η διάβρωση βασικών-υπερβασικών πετρωμάτων που φέρουν Cr. Σύμφωνα με τον γεωχημικό άτλαντα της Ευρώπης (foregsatlas), η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από αυξημένες περιεκτικότητες/συγκεντρώσεις Cr σε εδάφη (Εικόνα 2.9) και νερά (Εικόνα 2.10) συγκριτικά με άλλες χώρες, εξαιτίας των εκτεταμένων εμφανίσεων υπερβασικών πετρωμάτων. Η πιο κοινή ομάδα ορυκτών που φιλοξενούν το Cr είναι οι σπινέλιοι όπως ο χρωμίτης και ο μαγνητίτης, τα πρωτογενή πυριτικά ορυκτά όπως ο

πυρόξενος και ο ολιβίνης και τα δευτερογενή πυριτικά όπως οι αμφίβολοι, ο σερπεντίνης, ο χλωρίτης, ο τάλκης και τα αργιλικά ορυκτά (Oze et al., 2004, Morrison et al., 2009). Με εξαίρεση σπάνια ορυκτά (26 σε σύνολο) που φιλοξενούν το Cr⁶⁺ όπως ο κροκοϊτης (Liu et al., 2017), το Cr³⁺ είναι η κυρίαρχη μορφή του Cr στο κρυσταλλικό πλέγμα των Cr-ορυκτών. Η ομάδα ορυκτών του σερπεντίνη είναι πλούσια σε Cr (100 mg Kg⁻¹), ενώ αντίθετα, η ομάδα ορυκτών του ολιβίνη είναι πιο φτωχή (<70 mg Kg⁻¹) (Deer et al., 1975).



Εικόνα 2.9 – Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας Cr σε εδαφικά δείγματα στην Ευρώπη (Πηγή: Foregatlas).



Εικόνα 2.10 - Χάρτης χωρικής κατανομής συγκεντρώσεων Cr σε επιφανειακά νερά στην Ευρώπη (Πηγή: Foregatlas).

Επιπλέον, το Cr στο περιβάλλον είναι πιθανό να προέρχεται και από ανθρωπογενείς πηγές όπως απόβλητα από τη μεταλλουργία (παραγωγή σιδηροχρωμίου, χρωμιοχάλυβα, κραμάτων Fe-Ni/Cu-Cr), την πυρίμαχη και χημική βιομηχανία (χρωμιούχα άλατα, επιχρωμίσεις, χρωματοουργία, υφαντουργία, βυρσοδεψία, τιμμεντοβιομηχανία, παρασκευή αντισκωριακών μεταλλικών επιφανειών και πυρίμαχα τούβλα), τις άμμους χυτηρίων, την καύση του λιγνίτη, τη συντήρηση του ξύλου (Jacobs and Testa, 2004, Rakhunde

et al, 2012) και την εκτεταμένη χρήση φωσφορικών λιπασμάτων (Modaihsh et al., 2004, Nacke et al., 2013, Kratz et al., 2016).

Οι συγκεντρώσεις Cr στο νερό κατακρήμνισης είναι συνήθως μικρότερες από $1 \mu\text{g L}^{-1}$ (Kleber and Heiz, 1992, Wilbur et al., 2000), στο θαλασσινό νερό είναι μικρότερες από $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ (WHO, 1988) και στο πόσιμο νερό είναι συνήθως λιγότερο από $2 \mu\text{g L}^{-1}$ (WHO, 2017).

2.3.5 Επιπτώσεις στην υγεία

Το Cr^{3+} είναι απαραίτητο συστατικό για τον άνθρωπο, ενώ όλες οι περιεκτικότητες/συγκεντρώσεις από τις συνηθισμένες δυνητικές πηγές για τον οργανισμό (π.χ. αέρας, τροφή, νερό) θεωρούνται ότι είναι ασφαλείς για την ανθρώπινη υγεία (Wilbur et al., 2000). Το Cr^{3+} είναι ένα μη τοξικό, διατροφικά απαραίτητο, ιχνοστοιχείο, η ανεπάρκεια του οποίου μπορεί να προκαλέσει μεταβολικές διαταραχές. Η ημερήσια απαίτηση του ανθρώπινου οργανισμού σε προσροφήσιμο Cr^{3+} εκτιμάται ότι είναι $0,5-2 \mu\text{g}$. Υπερβολική ποσότητα Cr^{3+} θα μπορούσε να είναι τοξική για τους ανθρώπους. Η κατάποση $1-5 \text{ g Cr}^{3+}$ μπορεί να έχει πολύ σοβαρές επιδράσεις και επιπτώσεις που μπορεί να οδηγήσουν μέχρι το θάνατο εξαιτίας καρδιαγγειακών νοσημάτων (WHO 2003, 2006). Έχει παρατηρηθεί αυξημένη συχνότητα εμφάνισης του συνδρόμου Sjogren στις περιοχές που τα εδάφη παρουσιάζουν μεγάλες περιεκτικότητες Cr (Lee et al., 2019).

Οι ενώσεις του Cr^{6+} είναι υπεύθυνες για την πλειονότητα των επιπτώσεων του Cr, καθώς το Cr^{6+} είναι πολύ πιο τοξικό συγκριτικά με το Cr^{3+} (Calder, 1988, NTP, 2007). Οι περιορισμένες επιδημιολογικές μελέτες είναι ανεπαρκείς για να διαπιστωθούν αν υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας καρκίνου στον άνθρωπο μέσω της κατάποσης Cr^{6+} (Sharma et al., 2008, Zhitkovich, 2011). Το Cr^{6+} είναι τοξικό, προκαλώντας ηπατική και νεφρική βλάβη, εσωτερική αιμορραγία και αναπνευστικές διαταραχές (Sharma et al., 2008). Μια δόση μέσω πόσης $2-5 \text{ g}$ μίας διαλυτής ένωσης Cr^{6+} μπορεί να είναι θανατηφόρα για έναν ενήλικα άνθρωπο, ενώ η λήψη λιγότερων από 2 g ένωσης του Cr^{6+} μπορεί να προκαλέσει βλάβη στα νεφρά και στο ήπαρ μετά από $1-4$ ημέρες έκθεσης (Katz and Salem 1994). Η τακτική και μακροχρόνια έκθεση σε Cr^{6+} οδηγεί σε δερματίτιδα και έλκη του δέρματος. Επιπλέον, από τη δεκαετία του '40, το Cr^{6+} έχει συνδεθεί με τον καρκίνο του πνεύμονα (Shimkin and Leiter, 1940) αποτελώντας μια πιθανή συνέπεια της εισπνοής ενώσεων του Cr^{6+} (Sharma et al., 2008, Zhitkovich, 2011). Σε επιδημιολογικές μελέτες, διαπιστώθηκε συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης στο Cr^{6+} μέσω της εισπνοής και του καρκίνου του πνεύμονα. Ο διεθνής οργανισμός για την έρευνα του καρκίνου έχει ταξινομήσει το Cr^{6+} στην ομάδα 1 εντάσσοντάς το στα ανθρώπινα καρκινογόνα

και το Cr^{3+} στην ομάδα 3 δηλαδή δεν ταξινομείται ως προς την καρκινογένεσή του στους ανθρώπους. Οι ενώσεις του Cr^{6+} είναι δραστικές σε ένα ευρύ φάσμα *in vitro* και *in vivo* δοκιμών γονιδιοτοξικότητας, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τις ενώσεις του Cr^{3+} (WHO, 2017). Άλλες μελέτες σε πειραματόζωα δείχνουν ότι το Cr^{6+} μπορεί να προκαλέσει εμβρυικές δυσμορφίες και προβλήματα αναπαραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, σε ποντίκια και αρουραίους, το Cr^{6+} είχε ως αποτέλεσμα σαφείς καρκινογόνες επιδράσεις μέσω της αναπνευστικής οδού (Zhitkovich, 2011, WHO, 2017). Ωστόσο, σύμφωνα με ενδείξεις το Cr^{6+} ανάγεται στο Cr^{3+} στο στομάχι και στο γαστρεντερικό σωλήνα (WHO, 2017).

2.3.6 Νομοθεσία

Το 1912 καθιερώθηκε για πρώτη φορά ο ομοσπονδιακός νόμος περί δημόσιας υγείας (Public Health Service Act-PHSA) στις ΗΠΑ (Guertin, 2004). Σύμφωνα με αυτόν, η προμήθεια πόσιμου νερού πραγματοποιείται από διακρατικά μέσα μεταφοράς (όπως λεωφορεία, τρένα, αεροπλάνα, πλοία) και υπόκειται σε κατευθυντήριες γραμμές, οι οποίες σχετίζονται με την ποιότητα του νερού, έχοντας ως σκοπό την πρόληψη των μικροβιακών ασθενειών. Η πρώτη οδηγία αναπτύχθηκε το 1914, περιορίζοντας τα κολοβακτηρίδια σε 2 ανά 100 mL. Μέχρι το 1962, είχαν προστεθεί στον νόμο περί δημόσιας υγείας συνολικά 28 ουσίες συμπεριλαμβανομένων ραδιενεργών και δυνητικά τοξικών στοιχείων (National Research Council, 1999). Το Cr συμπεριλήφθηκε για πρώτη φορά στο νόμο για το πόσιμο νερό το 1942 (Guertin, 2004), καθώς ήταν γνωστό από τότε ότι είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες της εποχής που υποδείκνυαν ότι ήταν πιθανό να προκαλέσει δερματικά, ρινικά, αναπνευστικά προβλήματα καθώς και να επηρεάσει τα μάτια και τα νεφρά (Akatsuka and Fairhall, 1934, Bloomfield and Blum, 1929, Hunter and Roberts, 1932, Lieberman, 1941).

Το 1974, ο νόμος περί δημόσιας υγείας αναθεωρήθηκε για να γίνει ο νόμος περί ασφαλούς πόσιμου νερού (Safe Drinking Water Act –SDWA), ο οποίος ίσχυε για όλες τις δημόσιες πηγές ύδρευσης με σκοπό την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Πολλά κράτη δημιούργησαν υπηρεσίες περιβαλλοντικής προστασίας υιοθετώντας τις κατευθυντήριες γραμμές του νόμου περί δημόσιας υγείας, ο οποίος αναθεωρήθηκε τελευταία φορά το 1962 σχετικά με την ποιότητα του νερού (Guertin, 2004). Ο νόμος περί ασφαλούς πόσιμου νερού ανέπτυξε όρια ποσότητας για συνολικά 22 ρύπους, στους οποίους συμπεριλαμβάνονταν 1 μικροβιακό πρότυπο και 21 χημικά στοιχεία. Η οριακή συγκέντρωση για το Cr καθορίστηκε από το νόμο περί ασφαλούς πόσιμου νερού στα $50 \mu\text{g L}^{-1}$. Η USEPA επέλεξε να βάλει όριο στο Cr και όχι

το Cr^{6+} , επειδή το Cr^{3+} δύναται να οξειδωθεί σε Cr^{6+} , καθιστώντας τον αναλυτικό προσδιορισμό του Cr^{6+} προβληματικό και αυτό θα είχε ως πιθανό αποτέλεσμα να υποεκτιμηθούν οι πραγματικοί κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία (Guertin, 2004). Το 1974, ο νόμος περί ασφαλούς πόσιμου νερού εισήγαγε τους όρους «στόχος μέγιστου επιπέδου ρύπανσης» και «μέγιστο επίπεδο ρύπανσης», με σκοπό τη διευκρίνιση των ορίων για την ποιότητα των νερών. Ο «στόχος μέγιστου επιπέδου ρύπανσης» είναι η συγκέντρωση του ρύπου στην οποία δεν αναμένονται δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ο καθορισμός του βασίζεται στη σύνθεση των διαθέσιμων επιδημιολογικών και τοξικολογικών ερευνών. Στη συνέχεια, προσδιορίζεται το «μέγιστο επίπεδο ρύπανσης» για κάθε ρύπο αφού ληφθούν υπόψη οι πρακτικές εκτιμήσεις που σχετίζονται με την επεξεργασία του πόσιμου νερού. Η διαφορά ανάμεσα στους δυο προαναφερθέντες ορισμούς είναι ότι ο «στόχος μέγιστου επιπέδου ρύπανσης» αποτελεί ένα στόχο, ενώ το «μέγιστο επίπεδο ρύπανσης» αποτελεί ένα όριο βάσει κανονισμού. Το «μέγιστο επίπεδο ρύπανσης» μπορεί να είναι υψηλότερο από το «στόχο μέγιστου επιπέδου ρύπανσης» λόγω αδυναμίας ανίχνευσης των ενώσεων στα επίπεδα του «στόχου μέγιστου επιπέδου ρύπανσης», ή εξαιτίας τεχνικών ή/και οικονομικών περιορισμών στην ικανοποίηση του «στόχου μέγιστου επιπέδου ρύπανσης» βάσει της διαθέσιμης τεχνολογίας (Guertin, 2004). Δεκαεπτά χρόνια αργότερα, το 1991, η USEPA αντικατέστησε το προσωρινό «μέγιστο όριο επιπέδου ρύπανσης» / «στόχο μέγιστου επιπέδου ρύπανσης» του Cr^{6+} των $50 \mu\text{g L}^{-1}$ με τελικό όριο τα $100 \mu\text{g L}^{-1}$, βάσει του σκεπτικού ότι το Cr^{6+} δεν είναι καρκινογόνο μέσω της στοματικής κατάποσης (Guertin, 2004). Τα περισσότερα κρατικά τμήματα περιβαλλοντικής προστασίας δεν ακολούθησαν την αναθεώρηση του μέγιστου επιπέδου ρύπανσης του Cr, πιθανώς εξαιτίας των πολιτικών συνεπειών της αύξησης του περιβαλλοντικού ορίου στην ποιότητα των νερών (DHS, 2004).

Το 1996, ο ΠΟΥ ανέπτυξε όρια για το πόσιμο νερό, υιοθετώντας το όριο των $50 \mu\text{g L}^{-1}$ για το Cr (WHO, 1996). Σύμφωνα με την Ολλανδική λίστα που συντάχθηκε το 2000, καθορίστηκε ως τιμή-παρέμβασης (intervention value) για το Cr τα $30 \mu\text{g L}^{-1}$ (VROM, 2000) στα νερά. Κάποια κράτη έχουν εναρμονιστεί με την οδηγία της ΕΕ (98/83/EC) για το πόσιμο νερό θεσπίζοντας όριο για το Cr τα $50 \mu\text{g L}^{-1}$ (ASTDR, 2000). Στην Καλιφόρνια, στο χρονικό διάστημα από τον Ιούλιο του 2011 μέχρι τον Ιούλιο του 2014, ίσχυε το όριο των $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$ για το Cr^{6+} , το οποίο, στη συνέχεια, αντικαταστάθηκε από το όριο των $10 \mu\text{g L}^{-1}$. Εντούτοις, στις 31 Μαΐου 2017, το Ανώτατο Δικαστήριο του Σακραμέντο εξέδωσε απόφαση σύμφωνα με την οποία ακυρώνεται το μέγιστο όριο επιπέδου ρύπανσης του Cr^{6+} για πόσιμο νερό. Σήμερα, στην Καλιφόρνια, είναι σε εφαρμογή το όριο των $50 \mu\text{g L}^{-1}$ για το Cr στο πόσιμο νερό (https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/Chromium6.html).

Στην Ελλάδα ισχύει το ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3^{ης} Νοεμβρίου 1998 όπως τροποποιήθηκε με την οδηγία 2015/1787 (L260, 7.10.2015). Σύμφωνα με το ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή Cr στο πόσιμο νερό είναι 50 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στο Δήμο Μεσσαπίας, από τις 30-6-2010, έχει τεθεί το νομολογιακό όριο των 2 $\mu\text{g L}^{-1}$ για το Cr^{6+} στο πόσιμο νερό του Δήμου Μεσσαπίας με απόφαση του Πρωτοδικείου Χαλκίδας (Βασιλείου, 2013).

2.3.7 Εμφάνιση χρωμίου στα υπόγεια νερά

2.3.7.1 Σε παγκόσμια κλίμακα

Υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις ανά τον κόσμο που έχει μελετηθεί η παρουσία του Cr, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην παρουσία του Cr^{6+} στα υπόγεια νερά. Χαρακτηριστικές τέτοιες μελέτες περιπτώσεων έχουν αναφερθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ) (Robertson, 1975, Oze et al., 2004, Gonzalez et al., 2005, Morrison et al., 2009), στην Αυστραλία (Gray, 2003), στην Ιταλία (Fantoni et al., 2002), στη Νέα Καληδονία (Becquer et al., 2003), στη Βραζιλία (Bourotte et al., 2009, Bertolo et al., 2011), στη Βουλγαρία (Angelova et al., 2018), στην Κύπρο (Zissimos et al., 2020) και στην Κίνα (He and Wu, 2018) (Πίνακας 2.2). Στις προαναφερθείσες περιοχές, η συγκέντρωση Cr^{6+} στα υπόγεια νερά παρουσιάζει μεγάλο εύρος από < 2 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 700 $\mu\text{g L}^{-1}$. Σε περιπτώσεις που η παρουσία του Cr^{6+} έχει αποδοθεί σε γεωγενή αίτια, εξαιτίας της απουσίας ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, οι μέγιστες συγκεντρώσεις Cr^{6+} φτάνουν έως 130 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Bertolo et al., 2011). Εντούτοις, μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει σαφής μεθοδολογία διαχωρισμού της γεωγενούς προέλευσης του Cr^{6+} από την ανθρωπογενή. Οι παράμετροι που φαίνεται να καθορίζουν τη μέγιστη συγκέντρωση Cr^{6+} στα υπόγεια νερά είναι το υδροφόρο μέσο, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, τα πετρώματα, η σύσταση της ακόρεστης ζώνης, οι χρήσεις γης και το κλίμα ακόμη και σε παρεμφερή γεωλογικά περιβάλλοντα.

Η πιο γνωστή περίπτωση ρύπανσης Cr^{6+} των υπόγειων νερών σε παγκόσμια κλίμακα, είναι η περιοχή της Καλιφόρνια, αφενός λόγω της ταινίας "Erin Brockovich" (2000), βασισμένη σε πραγματικά γεγονότα, με την οποία το θέμα έγινε ευρέως γνωστό, και αφετέρου λόγω των πολλών δημοσιευμένων σχετικών ερευνών την τελευταία 15-ετία (Ball and Izbicki, 2004, Oze et al., 2004, Gonzalez et al., 2005, Dawson et al., 2008, Izbicki et al., 2008, Morrison et al., 2009, Mills et al., 2011, Izbicki et al., 2012, Izbicki et al., 2015, Manning et al., 2015, Hausladen et al., 2018). Οι έρευνες αυτές με έμφαση στη μελέτη των υπογείων νερών, τα εδάφη, τα

πετρώματα και τα ισότοπα ανέδειξαν το συνεργιστικό ρόλο γεωγενών και ανθρωπογενών παραγόντων στην αποδέσμευση Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά.

Πίνακας 2.2 - Περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ σε φυσικά νερά σε παγκόσμια κλίμακα.

| Περιοχή | Μέγιστη τιμή Cr ⁶⁺ (μg L ⁻¹) |
|--|---|
| <u>ΗΠΑ</u> | |
| Καλιφόρνια ¹ | 59,6 |
| Καλιφόρνια ² | 36 |
| Καλιφόρνια ³ | 69 |
| Αριζόνα ⁴ | 200 |
| Βόρεια Καρολίνα ⁵ | 22,9 |
| Καλιφόρνια ⁶ | 5760 |
| <u>Αυστραλία</u> | |
| Yilgarn Craton, Western Australia ⁷ | 430 |
| <u>Ιταλία</u> | |
| Λα Σπέτσια ⁸ | 73 |
| <u>Νέα Καληδονία</u> | |
| Νέα Καληδονία ⁹ | 700 |
| <u>Βραζιλία</u> | |
| Λεκάνη Μπαούρου ¹⁰ | 130 |
| Λεκάνη Μπαούρου ¹¹ | 110 |
| <u>Βουλγαρία</u> | |
| Πλέβεν ¹² | 120 |
| <u>Κίνα</u> | |
| Γιανάν ¹³ | 97 |
| <u>Τσεχία</u> | |
| Zlaté Hory ¹⁴ | 5610 |
| Loučna nad Desnou ¹⁴ | 15600 |
| Hrádek ¹⁴ | 1010 |
| <u>Κύπρος</u> | |
| Τρόοδος ¹⁵ | 26 |

¹Ball and Izbicki, 2004

²Gonzalez et al., 2005

³Izbicki et al., 2015

⁴Robertson, 1975

⁵Vengosh et al., 2016

⁶Izbicki et al., 2012

⁷Gray, 2003

⁸Fantoni et al., 2002

⁹Becquer et al., 2003

¹⁰Bertolo et al., 2011

¹¹Bourotte et al., 2009

¹²Angelova et al., 2018

¹³He and Wu, 2018

2.3.7.2 Στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά, που υπερβαίνουν το θεσμοθετημένο όριο ποσिमότητας ($50 \mu\text{g L}^{-1}$) του ΠΟΥ (WHO, 2011) και της Ελληνικής νομοθεσίας (ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017) έχουν καταγραφεί σε πολλές περιοχές (Πίνακας 2.3). Συγκεκριμένα, υψηλές συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} έχουν καταγραφεί σε υπόγεια νερά που βρίσκονται σε αλλουβιακούς και νεογενείς υδροφόρους σχηματισμούς και τροφοδοτούνται από την υδροφορία των υπερβασικών διερρηγμένων σχηματισμών ή/και είναι σε επαφή με ιζημάτα που δημιουργούνται από διεργασίες διάβρωσης και αποσάθρωσης υπερβασικών πετρωμάτων που συνήθως γεινιάζουν με αυτούς. Αντιθέτως, φυσικές πηγές που εκφορτίζονται από διερρηγμένους υπερβασικούς σχηματισμούς εμφανίζουν υδροχημικό τύπο Mg-HCO_3 και παρουσιάζουν μέτριες συγκεντρώσεις Cr^{6+} γύρω στα $10\text{-}15 \mu\text{g L}^{-1}$ εξαιτίας του δευτερογενούς πορώδους και συνεπώς της μικρότερης ειδικής επιφάνειας και του σχετικά μικρού χρόνου επαφής των υπογείων νερών με το πέτρωμα (Margiotta et al., 2012, Karara et al., 2015). Ως εκ τούτου, στους προσχωματικούς υδροφόρους αναμένονται υψηλότερες τιμές Cr^{6+} (Karara et al., 2015).

Στον πίνακα 2.3, δίνονται οι μέγιστες συγκεντρώσεις Cr^{6+} που έχουν καταγραφεί στα υπόγεια νερά διαφόρων περιοχών της Ελλάδας. Σύμφωνα με τους Karara et al. (2015) στις περισσότερες περιπτώσεις, συγκεντρώσεις Cr^{6+} έως $100 \mu\text{g L}^{-1}$ οφείλονται κυρίως στην επίδραση οφιολιθικών πετρωμάτων στην ποιότητα των υπόγειων νερών σε αβαθείς ιζηματογενείς αλλουβιακούς και νεογενείς υδροφόρους οφιολιθικής σύστασης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν περιπτώσεις που συνυπάρχουν γεωγενείς και ανθρωπογενείς παράγοντες εμπλουτισμού Cr στα υπόγεια νερά μιας περιοχής, καθώς μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει σαφής μεθοδολογία διαχωρισμού της γεωγενούς προέλευσης του Cr από την ανθρωπογενή. Η ανίχνευση του κατωφλίου υποβάθρου για το γεωγενές Cr και ο διαχωρισμός του από το ανθρωπογενές Cr αποτελούν μια πολύ ενδιαφέρουσα πρόκληση στον τομέα της έρευνας.

Πίνακας 2.3 - Περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} σε φυσικά νερά στην Ελλάδα.

| Περιοχή | Μέγιστη τιμή Cr^{6+} ($\mu\text{g L}^{-1}$) |
|------------------------|--|
| Λέσβος ¹ | 28 |
| Χαλκιδική ¹ | 105 |
| Θεσσαλία ¹ | 74 |
| Κρήτη ¹ | 7,8 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| Ρόδος ¹ | 36 |
| Αλεποχώρι ¹ | 33 |
| Θηβα ² | 212 |
| Αυλώνα ³ | 85 |
| Ωρωπός ³ | 121 |
| Εύβοια ³ | 360 |
| Κορωπί - Μαρκοπουλο ⁴ | 142 |
| Λουτράκι ⁵ | 74 |
| Σχίνος ⁶ | 460 |
| Βεργίνα ⁷ | 64 |
| Ανθεμούντας ⁸ | 70 |
| Σαριγκιόλ ⁹ | 120 |
| Αυλίδα ¹⁰ | 110 |

¹Kaprara et al., 2015

²Tziritis et al., 2012

³Megremi et al., 2013

⁴Kaitatzian et al., 2013

⁵Pyrigaki et al., 2016

⁶Papadopoulos and Lappas, 2014

⁷Dermatas et al., 2015

⁸Kazakis et al., 2015

⁹Kazakis et al., 2017

¹⁰Moraki, 2010

2.4 Το αρσενικό στο περιβάλλον

2.4.1 Γενικά

Το As και οι ενώσεις του As έχουν μια μακρά ιστορία αλληλεπίδρασης με την ανθρώπινη ύπαρξη. Αφενός έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα σε πολλές εφαρμογές σχετικές με τη βιομηχανία και την τέχνη, αφετέρου οι δηλητηριώδεις ιδιότητές του έχουν προκαλέσει πολλά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Τα ορυκτά που περιέχουν As ήταν γνωστά από πολύ παλιά, καθώς η ερυθρά σανδαράχη ($\alpha\text{-As}_4\text{S}_4$) είχε περιγραφεί ήδη από τον 4ο αιώνα π.Χ. από τον αρχαίο φιλόσοφο και επιστήμονα Αριστοτέλη, όμως το στοιχειακό As δεν είχε εντοπιστεί μέχρι το 1649 (Bentley and Chasteen, 2002). Το όνομα του As προέρχεται από μια αραβική λέξη που σημαίνει «σκόνη της σπηλιάς». Ομοίως η κίτρινη σανδαράχη (As_2S_3), έχει μια επίσης μακρά ιστορία, καθώς το αγγλικό όνομά της, «orpiment», αποτελεί μια προσαρμογή του λατινικού, «auripigmentum», που σημαίνει χρυσή χρωστική ουσία. Η άκρως δηλητηριώδης φύση των ενώσεων του As είναι γνωστή εδώ και αιώνες. Ιστορικά, η πρώτη περίπτωση δηλητηρίασης από As καταγράφεται το 55 μ.Χ. όταν ο Νέρων διέταξε τη δηλητηρίαση του Τιβέριου Κλαύδιου Καίσαρα Βρετανικού για να μην απειλήσει το θρόνο του στη Ρωμαϊκή αυτοκρατορία, αφού ο τελευταίος ήταν γνήσιο τέκνο του Κλαύδιου. Η πρώτη καταγεγραμμένη αναφορά που σχετίζεται με το As, σύμφωνα με το αγγλικό λεξικό της Οξφόρδης, είναι σε μια δημοσίευση του 1310 που αναφέρεται η κίτρινη σανδαράχη (Bentley

and Chasteen, 2002). Επιπλέον, θεωρίες αναφέρουν πως σημαντικές ιστορικές προσωπικότητες όπως ο Ναπολέων Βοναπάρτης είναι πιθανό να πέθαναν από έκθεση σε As και επακόλουθη δηλητηρίαση (Jones and Ledingham, 1982, Weider and Hargood, 1982).

Η ετυμολογία του As είναι σύνθετη. Κατά την επικρατέστερη εκδοχή οφείλει το όνομά του στην Ελληνική λέξη “αρσενικόν” λόγω των ισχυρών ιδιοτήτων του (mindat.org), καθώς παραπέμπει σε ρωμαλέο άνδρα. Το As είναι λέξη συνώνυμη με το δηλητήριο, χρησιμοποιείται ευρέως στη λογοτεχνία, στη βιομηχανία, στις επιστήμες, στην ιατρική και στην καθημερινή ζωή. Η άχρωμη και άγευστη ένωση, το οξείδιο του As^{3+} , χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως δηλητήριο ποντικών επειδή ήταν εύκολα διαθέσιμο, ενώ στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε για εγκληματικούς σκοπούς, τόσο στην πραγματική ζωή όσο και στη μυθοπλασία. Με τα χρόνια, ενώσεις του As έχουν χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή καλλυντικών, τροφίμων, γυαλιού, εντομοκτόνων, φαρμάκων, χρωστικών ουσιών, πυροτεχνικών, τρωκτικοκτόνων, συντηρητικών ξύλου, καθώς και στη μεταλλουργία. Κατά συνέπεια, υπήρξαν πολλές περιπτώσεις ακούσιας δηλητηρίασης λόγω των βιομηχανικών χρήσεων του. Παρόλο που στην εξέλιξη του χρόνου τα περιστατικά αυτά μειώνονται, το 1998, το Σύστημα Παρακολούθησης Τοξικής Έκθεσης των ΗΠΑ ανέφερε ότι υπήρχαν 956 περιστατικά εκθέσεων As που δεν σχετίζονται με φυτοφάρμακα και 339 περιστατικά εκθέσεων που σχετίζονται με φυτοφάρμακα που περιέχουν As (Graziano and Hamilton, 2018).

Το As είναι γκρι, μεταλλικό, εύθραυστο στοιχείο που ανήκει στα μεταλλοειδή (Εικόνα 2.11) (mindat.org). Έχει ατομικό αριθμό $Z=33$, ατομική μάζα $A_r=74,9216$, πυκνότητα $d=5,727 \text{ gr cm}^{-3}$, σημείο τήξης στους $817 \text{ }^\circ\text{C}$, σημείο βρασμού στους $613 \text{ }^\circ\text{C}$ και ανήκει στην ομάδα 15 του περιοδικού πίνακα (εικόνα 2.12). Παρουσιάζει σθένη που κυμαίνονται από -3 έως -1 και από $+1$ έως $+5$ αλλά τα πιο κοινά στη φύση είναι τα $+3$ και $+5$ (Klünig et al., 1989). Είναι χαλκόφιλο μεταλλικό στοιχείο και σχηματίζει ορισμένα ορυκτά με το κυριότερο εξ αυτών τον αρσеноπυρίτη ($FeAsS$). Το As είναι το 53° πιο συνηθισμένο στοιχείο στην επιφάνεια της Γης. Αποτελείται από 1 φυσικώς απαντώμενο σταθερό ισότοπο (^{75}As) και γι’ αυτό θεωρείται από τα μονοισοτοπικά στοιχεία.



Εικόνα 2.11 - Αρσενικό (mindat.org).

Από τις διάφορες πηγές του As στο περιβάλλον, το πόσιμο νερό αποτελεί πιθανώς τη μεγαλύτερη απειλή για την ανθρώπινη υγεία. Οι πηγές προέλευσης του πόσιμου νερού είναι ποικίλες όπως επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνες, δεξαμενές και λίμνες), υπόγεια νερά (υδροφόροι ορίζοντες) και νερό κατακρήμνισης (Smedley and Kinniburgh, 2002). Η τρωτότητα των πηγών αυτών είναι μεγάλη, όσον αφορά τον κίνδυνο ρύπανσης από As, καθώς αυξημένες συγκεντρώσεις As, και ιδιαιτέρως στα υπόγεια νερά, δεν είναι καθόλου ασυνήθιστες (Nordstrom, 2002).

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ

| Κύριες ομάδες | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1A [*] | 2A | | Στοιχεία μεταπτώσεως | | | | | | | | | | Κύριες ομάδες | | | | |
| 1 | 2 | 3B | 4B | 5B | 6B | 7B | 8A | 9 | 10 | 11B | 12B | 3A | 4A | 5A | 6A | 7A | 8A |
| 1 H 1.00794 | 2 He 4.00260 | 3 Li 6.941 | 4 Be 9.01218 | 5 B 10.811 | 6 C 12.011 | 7 N 14.0067 | 8 O 15.9994 | 9 F 18.998403 | 10 Ne 20.1797 | 11 Na 22.98977 | 12 Mg 24.305 | 13 Al 26.98154 | 14 Si 28.0855 | 15 P 30.97376 | 16 S 32.066 | 17 Cl 35.4527 | 18 Ar 39.948 |
| 19 K 39.0983 | 20 Ca 40.078 | 21 Sc 44.9559 | 22 Ti 47.88 | 23 V 50.9415 | 24 Cr 51.9961 | 25 Mn 54.9380 | 26 Fe 55.847 | 27 Co 58.9332 | 28 Ni 58.6934 | 29 Cu 63.546 | 30 Zn 65.39 | 31 Ga 69.723 | 32 Ge 72.61 | 33 As 74.9216 | 34 Se 78.96 | 35 Br 79.904 | 36 Kr 83.80 |
| 37 Rb 85.4678 | 38 Sr 87.62 | 39 Y 88.9058 | 40 Zr 91.224 | 41 Nb 92.9064 | 42 Mo 95.94 | 43 Tc (98) | 44 Ru 101.07 | 45 Rh 102.9055 | 46 Pd 106.42 | 47 Ag 107.8682 | 48 Cd 112.411 | 49 In 114.82 | 50 Sn 118.710 | 51 Sb 121.757 | 52 Te 127.60 | 53 I 126.9045 | 54 Xe 131.29 |
| 55 Cs 132.9054 | 56 Ba 137.327 | 57 *La 138.9055 | 72 Hf 178.49 | 73 Ta 180.9479 | 74 W 183.85 | 75 Re 186.207 | 76 Os 190.2 | 77 Ir 192.22 | 78 Pt 195.08 | 79 Au 196.9665 | 80 Hg 200.59 | 81 Tl 204.3833 | 82 Pb 207.2 | 83 Bi 208.9804 | 84 Po (209) | 85 At (210) | 86 Rn (222) |
| 87 Fr (223) | 88 Ra 226.0254 | 89 *Ac 227.0278 | 104 Rf (261) | 105 Db (262) | 106 Sg (263) | 107 Bh (262) | 108 Mt (266) | 109 Hs (268) | 110 Ds (269) | 111 Rg (272) | 112 Uub (277) | 113 Uut (278) | 114 Uuq (279) | 115 Uup (280) | 116 Uuh (281) | | |
| * Λανθάνειες | | 58 Ce 140.115 | 59 Pr 140.9077 | 60 Nd 144.24 | 61 Pm (145) | 62 Sm 150.36 | 63 Eu 151.965 | 64 Gd 157.25 | 65 Tb 158.9254 | 66 Dy 162.50 | 67 Ho 164.9303 | 68 Er 167.26 | 69 Tm 168.9342 | 70 Yb 173.04 | 71 Lu 174.967 | | |
| † Ακτινίδες | | 90 Th 232.0381 | 91 Pa 231.0369 | 92 U 238.0289 | 93 Np 237.048 | 94 Pu (244) | 95 Am (243) | 96 Cm (247) | 97 Bk (247) | 98 Cf (251) | 99 Es (252) | 100 Fm (257) | 101 Md (258) | 102 No (259) | 103 Lr (260) | | |

* Οι μικροί αριθμοί είναι η ορθήση κατά IUPAC.
† Τα στοιχεία 110, 111 και 112 δεν έχουν ονομασθεί ακόμα.

Εικόνα 2.12 – Ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων που φαίνεται η θέση του αρσενικού.

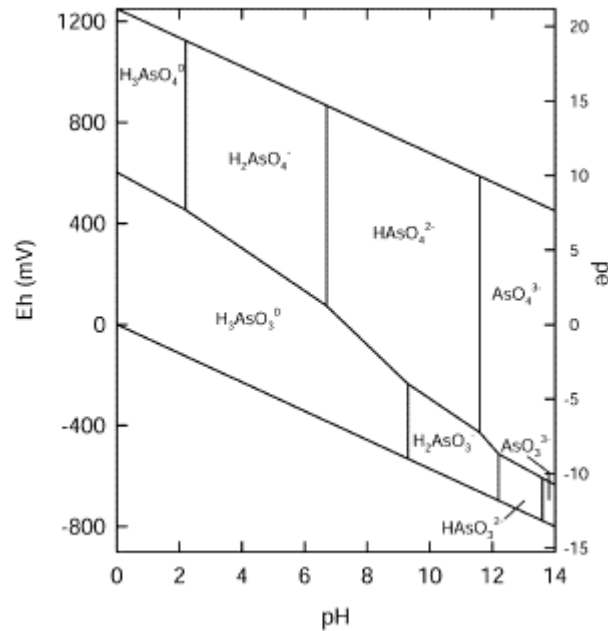
2.4.2 Υδατική χημεία

Το As είναι ίσως το μοναδικό από τα στοιχεία των μεταλλοειδών και οξυανιόντων (As, Se, Sb, Mo, V, Cr, U, Re) που κινητοποιείται στο συνηθισμένο εύρος pH των υπογείων νερών (6,5-8,5) και υπό οξειδωτικές και υπό αναγωγικές συνθήκες (Smedley and Kinniburgh, 2002). Το As στα υπόγεια νερά βρίσκεται ως οξυανιόν παρουσιάζοντας δύο διαφορετικά σθένη οξείδωσης: το τρισθενές αρσενικό (As^{3+}) και το πεντασθενές αρσενικό (As^{5+}) (Ferguson and Gavis, 1972, Bhowmick et al., 2013). Τα As^{3+} και As^{5+} συνυπάρχουν σε εύρος pH 6-9. Η κυρίαρχη ένωση του As^{3+} είναι H_3AsO_3 , ενώ του As^{5+} είναι $H_2AsO_4^-$ και $HAsO_4^{2-}$. Το As^{5+} ευνοείται θερμοδυναμικά σε οξειδωτικό περιβάλλον, ενώ το As^{3+} σε ανοξικό περιβάλλον, αν και έχουν καταγραφεί αυξημένες συγκεντρώσεις τόσο As^{5+} , όσο και As^{3+} σε φυσικά νερά (Mok and Wai, 1990, Andersen and Brunland, 1991). Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει την ειδοταυτοποίηση (speciation) του As και τη γεωχημική συμπεριφορά του (διαλυτότητα, κινητικότητα κλπ.) στο περιβάλλον (Kim et al., 2003, Haque and Johannesson, 2006a, Haque and Johannesson, 2006b, Haque et al., 2008). Η τοξικότητα του As διαφέρει μεταξύ του As^{3+} και του As^{5+} . Το As^{3+} είναι πιο τοξικό (Morrison et al., 1989), πιο κινητικό (Gulens et al., 1979) και πιο δύσκολο να απομακρυνθεί από το υδατικό διάλυμα σε σχέση με το As^{5+} (USEPA, 2001).

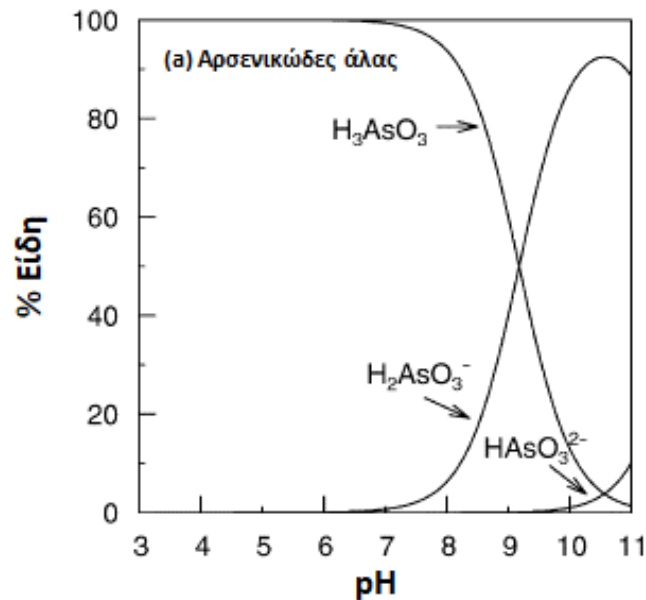
Το As εμφανίζει τελείως διαφορετική γεωχημική συμπεριφορά από τα περισσότερα τοξικά ιχνοστοιχεία που δυνητικά μπορούν να υπάρχουν στο υδατικό διάλυμα με τη μορφή κατιόντων (π.χ. Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+}) καθώς μειώνεται η διαλυτότητά τους με την αύξηση του pH (Smedley and Kinniburgh, 2002). Το As^{5+} , όπως και τα περισσότερα οξυανιόντα, τείνουν να είναι λιγότερο προσροφημένα καθώς αυξάνεται το pH (Dzombak and Morel, 1990). Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, αυτά τα ανιόντα μπορούν να παραμείνουν σε διάλυμα σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις (δεκάδες $\mu g L^{-1}$) ακόμα και σε σχεδόν ουδέτερες τιμές pH (Smedley and Kinniburgh, 2002).

Οι φυσικοχημικές παράμετροι του δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) και του pH είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που ελέγχουν τις μορφές As (Εικόνα 2.13). Σε οξειδωτικές συνθήκες, κυριαρχεί το $H_2AsO_4^-$ σε χαμηλό pH (< 6,9), ενώ σε υψηλότερο pH, κυριαρχεί το $HAsO_4^{2-}$ ($H_3AsO_4^0$ και AsO_4^{3-} μπορεί να υπάρχουν σε εξαιρετικά όξινες και αλκαλικές συνθήκες, αντίστοιχα).

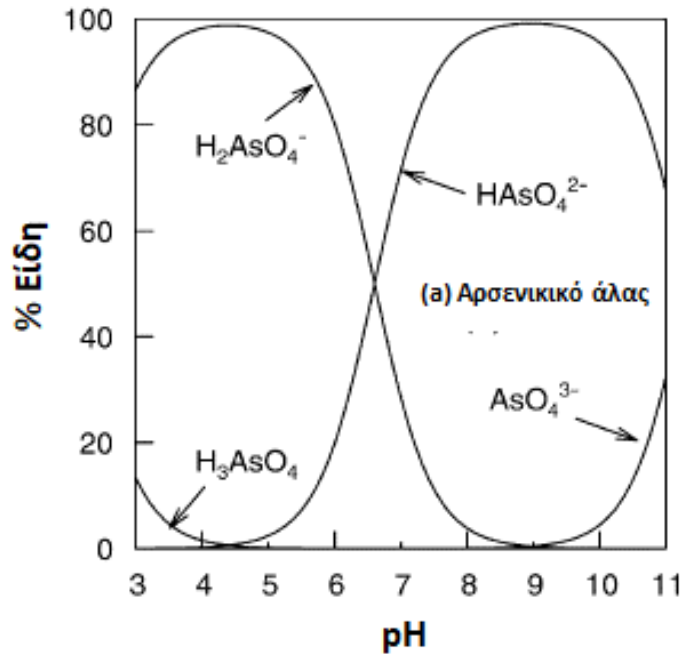
Σε αναγωγικές συνθήκες και σε pH μικρότερο από 9,2 κυριαρχεί το είδος του αρσενικού άλατος $H_3AsO_3^0$ (Brookins, 1988, Yan et al., 2000). Στις εικόνες 2.14-2.15 δίνονται οι κατανομές των ειδών As (αρσενικόδες και αρσενικό άλας) συναρτήσει του pH.



Εικόνα 2.13 – Διάγραμμα Pourbaix (Eh-pH) για τα υδατικά είδη As στο σύστημα As-O₂-H₂O σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1 bar (Smedley and Kinniburgh, 2002).



Εικόνα 2.14 – Ειδοταυτοποίηση αρσενικών αλάτων ως συνάρτηση του pH (ιοντική ισχύς 0,01M). Οι οξειδαναγωγικές συνθήκες έχουν επιλεγεί έτσι ώστε η υποδεικνυόμενη κατάσταση οξείδωσης να κυριαρχεί στη συσσώρευση και στις δύο περιπτώσεις (Smedley and Kinniburgh, 2002).



Εικόνα 2.15 - Ειδοταυτοποίηση αρσενικών αλάτων ως συνάρτηση του pH (ιοντική ισχύς 0,01M). Οι οξειδοαναγωγικές συνθήκες έχουν επιλεγεί έτσι ώστε η υποδεικνυόμενη κατάσταση οξείδωσης να κυριαρχεί στη συσσώρευση και στις δύο περιπτώσεις (Smedley and Kinniburgh, 2002).

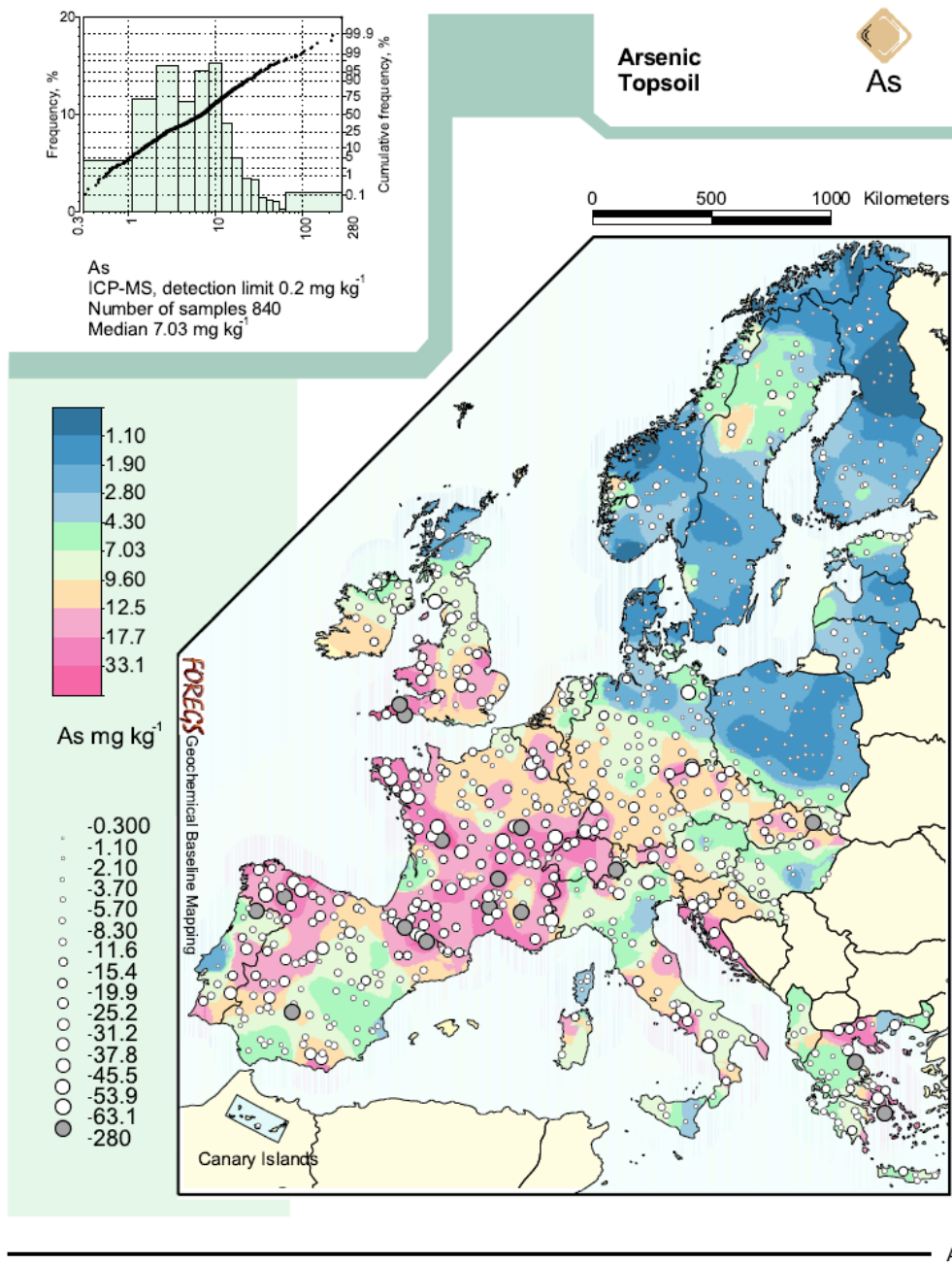
2.4.3 Πηγές/προέλευση

Διάφορες φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές θεωρούνται υπεύθυνες για τις αυξημένες συγκεντρώσεις As στα φυσικά νερά. Η παρουσία του As συνήθως συνδέεται με ιζηματογενή πετρώματα θαλάσσιας προέλευσης (Goolsby et al., 1989), εξαλλοιωμένα ηφαιστειακά πετρώματα (Welch et al., 1988), ορυκτά καύσιμα (Weiss et al., 1983), ανάμειξη με εμπλουτισμένο σε As γεωθερμικό νερό (Thompson, 1979, Smedley and Kinniburgh, 2002), ορυκτές ύλες (Fuller et al., 1987), μεταλλευτικά απόβλητα (Mok and Wai, 1990, Sprackman et al., 1990), αγροχημικά προϊόντα (Artiola et al., 1990, Molina et al., 2009) ή επιστροφή αρδευτικού νερού (Sonderegger and Ohguchi, 1988). Η κύρια φυσική πηγή As στο περιβάλλον φαίνεται να είναι τα ηφαιστεια (Walsh et al., 1976) με συνολικές ατμοσφαιρικές εκπομπές που υπολογίζονται στα $31 \times 10^9 \text{ g year}^{-1}$ (Korte and Fernando, 1991). Η περιεκτικότητα As στα πυριγενή πετρώματα είναι γενικά χαμηλή, συνήθως κάτω από 5 mg kg^{-1} (Smedley and Kinniburgh, 2002). Εντούτοις, σε υπερβασικά πετρώματα ($\text{SiO}_2 < 45\%$) έχει αναφερθεί έως 1105 mg kg^{-1} (Ryan et al., 2011), σε βασικά πετρώματα ($\text{SiO}_2 = 45-52\%$) έως 113 mg kg^{-1} , σε ενδιάμεσα ($\text{SiO}_2 = 52-63\%$) μέχρι $13,4 \text{ mg kg}^{-1}$ και σε όξινα ($\text{SiO}_2 > 63\%$) μέχρι 15 mg kg^{-1} (Korte and Fernando, 1991). Στα ιζηματογενή πετρώματα η περιεκτικότητα As συνήθως κυμαίνεται

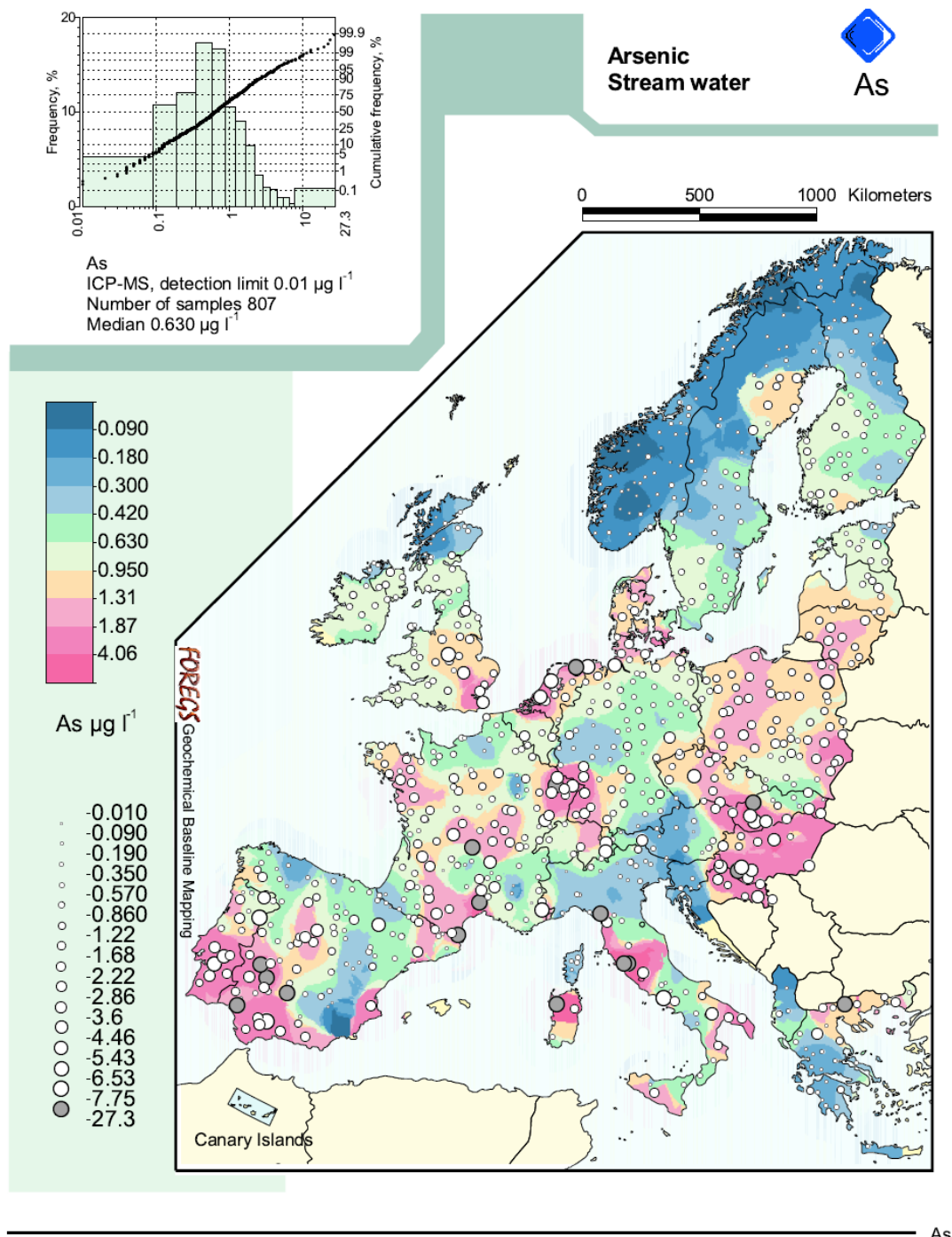
από 5-10 mg kg⁻¹. Ωστόσο, έχουν καταγραφεί σε αργιλόλιθους περιεκτικότητες που φτάνουν έως 490 mg kg⁻¹ (Korte and Fernando, 1991). Τέλος, στα μεταμορφωμένα πετρώματα, οι περιεκτικότητες As είναι συνήθως μικρότερες των 5 mg kg⁻¹ (Smedley and Kinniburgh, 2002). Εντούτοις, έχουν αναφερθεί περιεκτικότητες As που φτάνουν τα 143 mg kg⁻¹ σε φυλλίτες (Boyle and Jonasson, 1973). Μερικές από τις υψηλότερες περιεκτικότητες παρατηρούνται σε πετρώματα πλούσια σε Fe. Οι περιοχές που έχουν υψηλές συγκεντρώσεις οξειδίων Fe, ένυδρων οξειδίων μετάλλων ή σιδηροπυριτών περιέχουν πολύ υψηλές περιεκτικότητες As στα ιζήματα (Smedley and Kinniburgh, 2002, Shankar et al., 2014). Έχουν αναφερθεί περιεκτικότητες As που φτάνουν μέχρι τα 800 mg kg⁻¹ σε ωλιθικό χαμοσίτη-λειμωνίτη ((Fe²⁺, Mg)₅Al(AlSi₃O₁₀)(OH)₈ - FeO(OH)·nH₂O)) από την πρώην Σοβιετική Ένωση (James, 1966). Στα υπερβασικά πετρώματα η υψηλή συγκέντρωση As έχει συνδεθεί με την παρουσία σερπεντινιτών, τάλκη-μαγνησίτη και δευτερογενών Fe-οξειδίων/υδροξειδίων (Smedley and Kinniburgh, 2002, Ryan et al., 2011).

Το As βρίσκεται ως κύριο στοιχείο σε περισσότερα από 200 ορυκτά (Bissen and Frimmel, 2003). Διεργασίες όπως η εκρόφηση και η διάλυση των ορυκτών που περιέχουν As και των αλλουβιακών ιζημάτων έχουν ως αποτέλεσμα υψηλές συγκεντρώσεις As στα υπόγεια νερά των δελταϊκών και των αλλουβιακών πεδιάδων ακόμα και στις περιπτώσεις που οι περιεκτικότητες As στη στερεή φάση δεν είναι υψηλές (Matschullat, 2000, Polizzoto et al., 2006). Μια λίστα με μερικές από τις πιο κοινές ορυκτολογικές φάσεις δίνεται στον πίνακα 2.4. Όμως, αυτά τα ορυκτά απαντώνται σχετικά σπάνια στο περιβάλλον. Τα μεγαλύτερα ποσοστά αυτών των ορυκτών υπάρχουν σε κοιτάσματα/εμφανίσεις μετάλλων και βρίσκονται σε στενή σχέση με τα μέταλλα μετάπτωσης καθώς επίσης με στοιχεία όπως Cd, Pb, Ag, Au, Sb, P, W και Mo (Smedley and Kinniburgh, 2002). Η παρουσία του As σε περίσσεια συγκέντρωσης στα υπόγεια νερά μπορεί να συνδεθεί με κοιτάσματα θειούχων ορυκτών στα οποία το As υπάρχει κυρίως σε ορυκτά όπως ο αρσеноπυρίτης (FeAsS) και σιδηροπυρίτης (FeS₂) (Borba et al., 2003). Επίσης, το As παρουσιάζεται ως υποκατάστατο του S στο κρυσταλλικό πλέγμα διαφόρων θειούχων ορυκτών. Η ερυθρά (α-As₄S₄) και η κίτρινη σανδαράχη (As₂S₃) αντιπροσωπεύουν τις δύο κοινές αναγωγικές ορυκτές μορφές του As, ενώ ο αρσενολίτης (As₂O₃), είναι η οξειδωμένη μορφή του (Nriagu et al., 2007).

Σύμφωνα με τον γεωχημικό άτλαντα της Ευρώπης (foregsatlas), στην Ελλάδα υπάρχουν περιοχές όπου χαρακτηρίζονται από αυξημένες περιεκτικότητες As στα εδάφη (Εικόνα 2.16) και συγκεντρώσεις As σε επιφανειακά υδάτινα σώματα (Εικόνα 2.17) συγκριτικά με αρκετές χώρες από την υπόλοιπη Ευρώπη.



Εικόνα 2.16 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας As σε εδαφικά δείγματα στην Ευρώπη (Πηγή: ForegAtlas).



Εικόνα 2.17 - Χάρτης χωρικής κατανομής συγκεντρώσεων As σε επιφανειακά νερά στην Ευρώπη (Πηγή: Foregatlas).

Επιπλέον, η περιεκτικότητα του As αυξάνει με την αύξηση του βάθους των ιζημάτων (Charlet et al., 2007). Τα οξείδια Fe και Al που υπάρχουν στα ιζήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις αυξημένες συγκεντρώσεις As στα υπόγεια νερά. Οι κύριες ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών με As είναι η εξόρυξη-μεταλλευτική δραστηριότητα θειούχων

μεταλλοφοριών μέσω της οξειδωσης αρσеноπυρίτη που είναι συνηθισμένη ορυκτολογική φάση των μεταλλευτικών αποβλήτων, η καύση ορυκτών καυσίμων, η χρήση αγροχημικών προϊόντων που είναι εμπλουτισμένα σε As (όπως φυτοφάρμακα και λιπάσματα) και τα συντηρητικά ξύλου τα οποία περιέχουν χρωματοποιημένο αρσενικό χαλκού (Chromated copper arsenate-CCA) και άλλες χημικές ουσίες πλούσιες σε As (Smedley and Kinniburgh, 2002, Nriagu et al., 2007, Shankar et al., 2014). Ο βαθμός ρύπανσης των υπόγειων νερών από τις ανθρωπογενείς πηγές, που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι πολύ μικρότερος συγκριτικά με τις φυσικές πηγές, αλλά η συμβολή τους δεν είναι αμελητέα (Shankar et al., 2014).

Πίνακας 2.4 –Κύριες ορυκτολογικές φάσεις του As που υπάρχουν στη φύση (Smedley and Kinniburgh, 2002).

| Ορυκτή φάση | Χημικός τύπος | Εμφάνιση |
|-------------------------------------|---|---|
| Αυτοφυές As | As | Υδροθερμικές φλέβες |
| Νικελίνης (Niccolite) | NiAs | Φλεβικά κοιτάσματα και νορίτες |
| Ερυθρά σανδαράχη (Realgar) | As ₂ S ₃ | Φλεβικά κοιτάσματα συχνά συνδέονται με κίτρινη σανδαράχη, αργίλους και ασβεστόλιθους |
| Κίτρινη σανδαράχη (Orpiment) | As ₂ S ₃ | Υδροθερμικές φλέβες, θερμές πηγές, προϊόντα ηφαιστειακής δράσης |
| Κοβαλίτης (Cobaltite) | CoAsS | Υψηλής θερμοκρασίας κοιτάσματα, μεταμορφωμένα πετρώματα |
| Αρσеноπυρίτης (Arsenopyrite) | FeAsS | Το πιο κοινό ορυκτό του As, κυριαρχεί σε φλέβες |
| Τεναντίτης (Tennantite) | (Cu,Fe) ₁₂ As ₄ S ₁₃ | Υδροθερμικές φλέβες |
| Εναργίτης (Enargite) | Cu ₃ AsS ₄ | Υδροθερμικές φλέβες |
| Αρσενολίτης (Arsenolite) | As ₂ O ₃ | Δευτερογενές ορυκτό που σχηματίζεται με οξείδωση αρσеноπυρίτη, αυτοφυές As ₂ O ₃ και άλλα ορυκτά του As |
| Κλαουδετίτης (Claudetite) | As ₂ O ₃ | Δευτερογενές ορυκτό που σχηματίζεται από την οξείδωση της ερυθράς σανδαράχης, του αρσеноπυρίτη και άλλων ορυκτών του As |
| Σκοροδίτης (Scorodite) | FeAsO ₄ ·2H ₂ O | Δευτερογενές ορυκτό |
| Ανναβεργίτης (Annabergite) | (Ni,Co) ₃ (AsO ₄) ₂ ·8H ₂ O | Δευτερογενές ορυκτό |
| Χορνεσίτης (Hoernesite) | Mg ₃ (AsO ₄) ₂ ·8H ₂ O | Δευτερογενές ορυκτό, απόβλητα χυτηρίων |
| Κονιχαλκίτης (Conichalcite) | CaCu(AsO ₄)(OH) | Δευτερογενές ορυκτό |
| Φαρμακοσιδερίτης (Pharmacosiderite) | Fe ₃ (AsO ₄) ₂ (OH) ₃ ·5H ₂ O | Προϊόν οξείδωσης του αρσеноπυρίτη και άλλων ορυκτών του As |

Η συγκέντρωση As στο νερό κατακρήμνισης που προέρχεται από μη ρυπασμένες ωκεάνιες μάζες αέρα είναι κατά μέσο όρο 0,019 μg L⁻¹, ενώ από επιφανειακές χερσαίες μάζες αέρα

είναι $0,46 \mu\text{g L}^{-1}$ (Andreae, 1980). Η συγκέντρωση του As στο θαλασσινό νερό κυμαίνεται από $0,5$ έως $3 \mu\text{g L}^{-1}$, με μέση συγκέντρωση $1,7 \mu\text{g L}^{-1}$ (Andreae, 1979, Andreae and Andreae, 1989, Yuan-Hui, 1991).

2.4.4 Επιπτώσεις στην υγεία

Η γενική έκθεση του πληθυσμού στο As οφείλεται κυρίως στην πρόσληψη τροφής και πόσιμου νερού. Τα ρυπασμένα εδάφη, όπως αυτά μεταλλευτικών περιοχών, αποτελούν επίσης πιθανή πηγή έκθεσης σε As (WHO, 2001). Έχει αναφερθεί ότι οι άνθρωποι που καταναλώνουν νερό υψηλής συγκέντρωσης σε As για μεγάλα χρονικά διαστήματα υποφέρουν από σοβαρά προβλήματα υγείας (Shankar et al., 2014).

Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι οι ενώσεις του As μπορεί να προκαλέσουν τερατογενέσεις (Ferm et al., 1971, Hood, 1972). Σύμφωνα με τους Grantham and Jones (1978), νερό που χρησιμοποιείται για υδρευτικούς σκοπούς και έχει συγκέντρωση As $> 100 \mu\text{g L}^{-1}$ μπορεί να προκαλέσει νευρολογική βλάβη. Σε κλινική μελέτη, 8 από τους 42 ανθρώπους που χρησιμοποιούσαν νερό με συγκέντρωση As μεταξύ 50 και $100 \mu\text{g L}^{-1}$ είχαν ήπια κλινικά συμπτώματα και σημάδια που σχετίζονται με δηλητηρίαση από As (Korte and Fernando, 1991).

Πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις As στο πόσιμο νερό που φτάνουν μέχρι τα 10mg L^{-1} είχαν ως αποτέλεσμα σοβαρές γαστρεντερικές διαταραχές, δυσλειτουργία του μυελού των οστών και νευρολογικές ανωμαλίες (Franzblau and Lilis, 1989). Επιπλέον, η κατάποση του As μπορεί να προκαλέσει περιφερική αγγειακή νόσο, η οποία στην ακραία μορφή της οδηγεί σε γάγγραινα (ή αλλιώς ασθένεια μαύρου ποδιού, που έχει αναφερθεί σε μεγάλο βαθμό στην Ταϊβάν) (Järup, 2003), καθώς και δερματολογικά προβλήματα όπως είναι η μελάνωση (χρωματισμός) και η κεράτωση (τραχύς, ξηρός, παλιός δερματικός τραυματισμός) που και οι δύο μπορεί να εμφανιστούν με τη μορφή κηλίδων ή διάχυτες (Mukherjee et al., 2006).

Αν και οι οξείες, τοξικές επιδράσεις σχετικά μεγάλων δόσεων As είναι γνωστές, δεν έχει αποδειχτεί ότι το As είναι καρκινογόνο. Υπάρχουν, ωστόσο, στοιχεία και ενδείξεις ότι το αυξημένο As στα πόσιμα νερά σχετίζεται με αλλοιώσεις του δέρματος, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου (EPA, 1984, Korte and Fernando, 1991). Επιπλέον, έχει συνδεθεί με τον κίνδυνο θνησιμότητας από καρκίνο του πνεύμονα, του προστάτη και του νεφρού (Matschullat, 2000, Järup, 2003).

2.4.5 Νομοθεσία

Το As είναι μεταξύ των 126 ουσιών στη λίστα της USEPA, οι οποίες σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους και θεωρούνται άμεσης προτεραιότητας. Η συσσώρευση στοιχείων σχετικά με επιδημιολογικές μελέτες χρόνιων τοξικολογικών επιπτώσεων της πόσης νερών με υψηλές συγκεντρώσεις As οδήγησε στη μείωση των θεσμοθετημένων ορίων πολλών αρμόδιων φορέων και νομοθεσιών (Smedley and Kinniburgh, 2002).

Το 1953, ο ΠΟΥ δημοσίευσε την πρώτη έκδοση των διεθνών κανονισμών για το πόσιμο νερό, η οποία περιελάμβανε το As στην κατηγορία των τοξικών ουσιών και προτάθηκε ως μέγιστη επιτρεπόμενη η συγκέντρωση των 200 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Ahmad and Bhattacharya, 2019). Το 1963 δημοσιεύθηκε η 2η έκδοση των διεθνών κανονισμών για το πόσιμο νερό, η οποία περιλάμβανε το As στην ίδια κατηγορία τοξικών ουσιών, με αναθεωρημένο το ανώτερο επιτρεπτό όριο το οποίο μειώθηκε στα 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Ahmad and Bhattacharya, 2019), και παρέμεινε το ίδιο στην 3η έκδοση των διεθνών κανονισμών το 1971. Το 1984 δημοσιεύθηκε η 1η έκδοση των κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ για την ποιότητα του πόσιμου νερού, στην οποία προτάθηκαν τα 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, ως κατευθυντήρια τιμή για το As στο πόσιμο νερό (WHO, 1984). Η θεσμοθετημένη τιμή του ΠΟΥ για τις συγκεντρώσεις As στο πόσιμο νερό μειώθηκε το 1993 από 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ σε 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ (WHO, 1993, Smedley and Kinniburgh, 2002). Η νέα συνιστάμενη τιμή βασίστηκε στην αυξανόμενη ανησυχία για την τοξικότητα του As, ιδιαίτερα λόγω της καρκινογένεσης του, αλλά και στις αναλυτικές δυνατότητες για τον ακριβή ποσοτικό προσδιορισμό του (WHO, 1993). Η προσωρινή κατευθυντήρια τιμή υποστηρίχθηκε από το Διεθνή Οργανισμό για την Έρευνα του Καρκίνου (IARC), ο οποίος συγκέντρωσε επαρκή στοιχεία για την καρκινογένεση του As στον άνθρωπο και ταξινομήθηκε όπως στις ουσίες της ομάδας 1 (WHO, 1993). Η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, καθώς επίσης και το ιαπωνικό όριο για τη συγκέντρωση As για το πόσιμο νερό είναι στα 10 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση για τον Καναδά είναι 25 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Smedley and Kinniburgh, 2002). Το θεσμοθετημένο όριο της συγκέντρωσης As σύμφωνα με την USEPA μειώθηκε επίσης από 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ σε 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ τον Ιανουάριο του 2001. Στο Νιου Τζέρσεϋ των ΗΠΑ και στη Δανία, το όριο συγκέντρωσης του As για το πόσιμο νερό είναι 5 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ στην Ολλανδία οι εταιρείες ύδρευσης καταβάλλουν προσπάθειες να μειώσουν το όριο για τη συγκέντρωση As κάτω από 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Ahmad and Bhattacharya, 2019). Στην Ελλάδα ισχύει το ΦΕΚ 3282 Β 19/9/2017 (Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης) σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 98/83/ΕΚ του συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3^{ης} Νοεμβρίου 1998 όπως τροποποιήθηκε με την οδηγία 2015/1787 (L260, 7.10.2015) σύμφωνα με το οποίο η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή As στο πόσιμο νερό είναι 10 $\mu\text{g L}^{-1}$. Πολλές χώρες

επιδιώκουν να μειώσουν τα θεσμοθετημένα όρια ποσिमότητάς τους σύμφωνα με την κατευθυντήρια τιμή του ΠΟΥ, όμως όλες οι επηρεαζόμενες αναπτυσσόμενες χώρες χρησιμοποιούν ως όριο τα 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, εξαιτίας της έλλειψης κατάλληλων υποδομών και της δυσκολίας προσδιορισμού χαμηλότερων συγκεντρώσεων As. Εντούτοις, ερευνητές εκφράζουν ανησυχίες για το αν το όριο των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ για το As στο πόσιμο νερό είναι ασφαλές για την ανθρώπινη υγεία (Ahmad and Bhattacharya, 2019).

2.4.6 Μηχανισμοί κινητοποίησης

Η κινητοποίηση του As λαμβάνει χώρα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες όπως: α) οξειδωτικές συνθήκες που οδηγούν σε διαλυτοποίηση σουλφιδίων ή αρσеноπυρίτη (Welch et al., 1988, Welch et al., 2000, Smedley and Kinniburgh, 2002), β) εκρόφηση As που είναι προσροφημένο σε υδροξείδια/οξειδία Fe σε συνθήκες υψηλού pH (Sø et al., 2008, Guo et al., 2014a, Guo et al., 2014b) γ) αναγωγικές συνθήκες με τη μεσολάβηση μικροβίων για τη διάλυση των οξειδίων Fe από οξείδωση της οργανικής ύλης που αποτελεί τον πλέον αποδεκτό μηχανισμό απελευθέρωσης As (Welch et al., 1988, Welch et al., 2000, Nickson et al., 2000, Dowling et al., 2002, Harvey et al., 2002, Zheng et al., 2004, McArthur et al., 2004, Nath et al., 2008, Guo et al., 2013), δ) υδροθερμική δραστηριότητα και ε) εμπλουτισμός μέσω της διεργασίας της εξάτμισης ή της επιστροφής αρδευτικού νερού (Nicolli et al., 1989, Welch et al., 2000, Rasool et al., 2016). Επιπλέον, οι Rasool et al. (2016) αναφέρουν ότι τα πλούσια σε As αγροχημικά προϊόντα (όπως λιπάσματα και φυτοφάρμακα) είναι μια πιθανή πηγή As σε εδάφη και νερά.

Το As παρουσιάζει ανταγωνιστικότητα με κάποια ιόντα όπως HCO_3^- , PO_4^{3-} (Appelo et al., 2002, Dixit and Hering, 2003) τα οποία σε συνδυασμό με τον διαλελυμένο οργανικό άνθρακα (DOC) και τα Fe, Mn, SO_4^{2-} , Eh αποτελούν τις σημαντικότερες παραμέτρους που συσχετίζονται και ελέγχουν τη συγκέντρωσή του As στα υπόγεια νερά (Halim et al., 2009, Guo et al., 2014b). Η μέτρηση του DOC είναι σημαντική για τον προσδιορισμό αναγωγικών συνθηκών. Τα υπόγεια νερά με $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg L}^{-1}$ έχουν γενικά χαμηλή συγκέντρωση As και αυτό υποδεικνύει ότι το As είναι πιθανό να σχετίζεται με οξειδία Fe στα ιζήματα σε περιβάλλον σταθερό στα NO_3^- (Guo et al., 2014b). Σύμφωνα με τους Stüben et al. (2003) στις περιπτώσεις υψηλών συγκεντρώσεων As αναμένονται σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις Mn λόγω της αναγωγής του Mn^{4+} σε Mn^{2+} . Αλκαλικό περιβάλλον και υψηλές συγκεντρώσεις HCO_3^- και CO_3^{2-} είναι επίσης δυνατόν να συμβάλλουν στην κινητοποίηση του As και τον εμπλουτισμό του στα υπόγεια νερά (Halim et al., 2009, Guo et al., 2014b, Rasool et al., 2016, Wang et al., 2018).

2.4.7 Εμφάνιση αρσενικού στα υπόγεια νερά

2.4.7.1 Σε παγκόσμια κλίμακα

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, σε περισσότερες από 70 χώρες έχουν καταγραφεί αυξημένες συγκεντρώσεις As στα υπόγεια νερά με εύρος από < 0,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 5000 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Nordstrom, 2002, Smedley and Kinniburgh, 2002, Ravenscroft et al., 2009). Αυξημένες συγκεντρώσεις As σε επιφανειακά και υπόγεια νερά που υπερβαίνουν το θεσμοθετημένο όριο των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ δεν είναι ασυνήθιστες (Nordstrom, 2002). Υψηλές συγκεντρώσεις As εμφανίζονται στα υπόγεια νερά κάτω από τις κατάλληλες γεωχημικές συνθήκες ακόμα και αν είναι μικρή η περιεκτικότητά του As στα πετρώματα και στα εδάφη και συνδέονται με τις γεωχημικές συνθήκες που επικρατούν. Στον πίνακα 2.5 παρουσιάζονται κάποιες από τις σημαντικότερες περιπτώσεις μαζί με τις μέγιστες συγκεντρώσεις As που έχουν αναφερθεί.

Πίνακας 2.5 – Περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις As σε φυσικά νερά σε παγκόσμια κλίμακα.

| Περιοχή | Μέγιστη τιμή As ($\mu\text{g L}^{-1}$) |
|--|--|
| Ghazni, Αφγανιστάν ¹ | 500 |
| Victoria, Αυστραλία ^{1,2,3} | 220 |
| Noakhali, Μπαγκλαντές ^{1,4,5} | 4730 |
| Minas Gerais, Βραζιλία ^{2,3,6} | 350 |
| Prey Veng, Καμποτζη ^{1,7} | 900 |
| Kendal, Καμποτζη ^{1,7} | 1610 |
| Halifax county, Καναδάς ^{1,2} | 738,8 |
| Κίνα ⁸ | 4440 |
| Φιλανδία ^{2,3,6} | 980 |
| West Bengal Uttar Pradesh, Ινδία ^{1,3,9,10} | 3200 |
| Fusuoka Prefecture, Ιαπωνία ^{2,3} | 293 |
| Lagunera, Μεξικό ^{1,3,9} | 620 |
| Rupandehi, Νεπάλ ^{1,8} | 2620 |
| Muzaffargarh, Πακιστάν ^{2,3,11} | 906 |
| Punjab, Πακισταν ¹² | 206 |
| Ταϊβάν ^{1,3,9} | 1820 |
| Ron Phibun, Ταϊλάνδη ^{1,3,9} | 5000 |
| Tulare Lake, ΗΠΑ ^{1,13,14} | 2600 |
| Mekong Delta, Βιετνάμ ^{8,9} | 3050 |

¹Nriagu et al., 2007

²Mukherjee et al., 2006

³Nordstrom, 2002

⁴Chakraborti et al., 2010

- ⁵Gunduz et al., 2010
⁶Bundschuh et al., 2012
⁷Sthiannopkao et al., 2008
⁸Rahman et al., 2009
⁹Smedley and Kinniburgh, 2002
¹⁰Srivastava and Sharma, 2013
¹¹Khan and Ho, 2011
¹²Shakoor et al., 2018
¹³Cutler et al., 2013
¹⁴Twarakavi and Kaluarachchi, 2006
-

2.4.7.2 Στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, αυξημένες συγκεντρώσεις As στα υπόγεια νερά που υπερβαίνουν το θεσμοθετημένο όριο ποσιμότητας ($10 \mu\text{g L}^{-1}$) του ΠΟΥ (WHO, 2011) και της Ελληνικής νομοθεσίας (ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017) έχουν καταγραφεί σε πολλές περιοχές (Πίνακας 2.6). Υψηλές συγκεντρώσεις As έχουν εντοπιστεί στα υπόγεια νερά στη βιομηχανική περιοχή και τα περίχωρα της Θεσσαλονίκης (Fytianos and Christophoridis 2004, Katsogiannis and Katsogiannis 2006, Katsogiannis et al., 2007), καθώς επίσης και σε άλλες περιοχές των νομών Θεσσαλονίκης (Fytianos and Christophoridis 2004, Kazakis et al., 2016), Χαλκιδικής (Tyronola et al., 2006, Katsogiannis et al., 2007, Kelepertzis et al., 2011), Θεσσαλίας (Kelepertzis et al., 2006, Voudouris et al., 2014), Λέσβου (Aloupi et al., 2009, Zkeri et al., 2015, Zkeri et al., 2018), καθώς και της Αττικής (Alexakis, 2008, Stamatis et al., 2011, Kampouroglou and Economou-Eliopoulos., 2017) (Πίνακας 2.6). Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις, που αναφέρθηκαν παραπάνω, η προέλευση του As σχετίζεται με γεωγενείς παράγοντες καθώς συνδέεται με τις τοπικές γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες όπως είναι η επικράτηση αναγωγικών ή/και αλκαλικών συνθηκών στα υδατικά διαλύματα, το είδος των πετρωμάτων, ο μεγάλος χρόνος παραμονής των νερών στο πέτρωμα, η σχετικά μικρή κίνηση ροής του νερού, η διάλυση πυριτικών ορυκτών και η επίδραση της υδροθερμικής δραστηριότητας.

Πίνακας 2.6 – Περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις As σε φυσικά νερά στην Ελλάδα.

| Περιοχή | Μέγιστη τιμή As ($\mu\text{g L}^{-1}$) |
|---|--|
| Λέσβος ^{1,2,3} | 90,7 |
| Νομός Θεσσαλονίκης ⁴ | 23,7 |
| Βιομηχανική περιοχή Θεσσαλονίκης ⁵ | 130 |
| Περιοχή Αξιού ⁶ | 68,8 |
| Καλλικράτεια, Χαλκιδική ⁶ | 74,6 |
| Χαλκιδική ⁷ | 1795 |
| Αρδευτικό νερό Τρίγλιας, Χαλκιδική ⁸ | 700 |

| | |
|---|-------|
| Υδρευτικό νερό Τρίγλιας, Χαλκιδική ⁸ | 30 |
| ρέμα Ασπρόλακκα ^{9,10} | 141 |
| Ανατολική Θεσσαλία ¹¹ | 125 |
| Βελεστίνο, Θεσσαλία ¹² | 11 |
| Ανθεμούντας, Βόρεια Ελλάδα ¹³ | 235 |
| Ορωπός-Κάλαμος ^{14,15} | 246,5 |
| Αρτεμίδα Αττικής ¹⁴ | 9,2 |
| Ανατολική Αττική ¹⁶ | 272 |

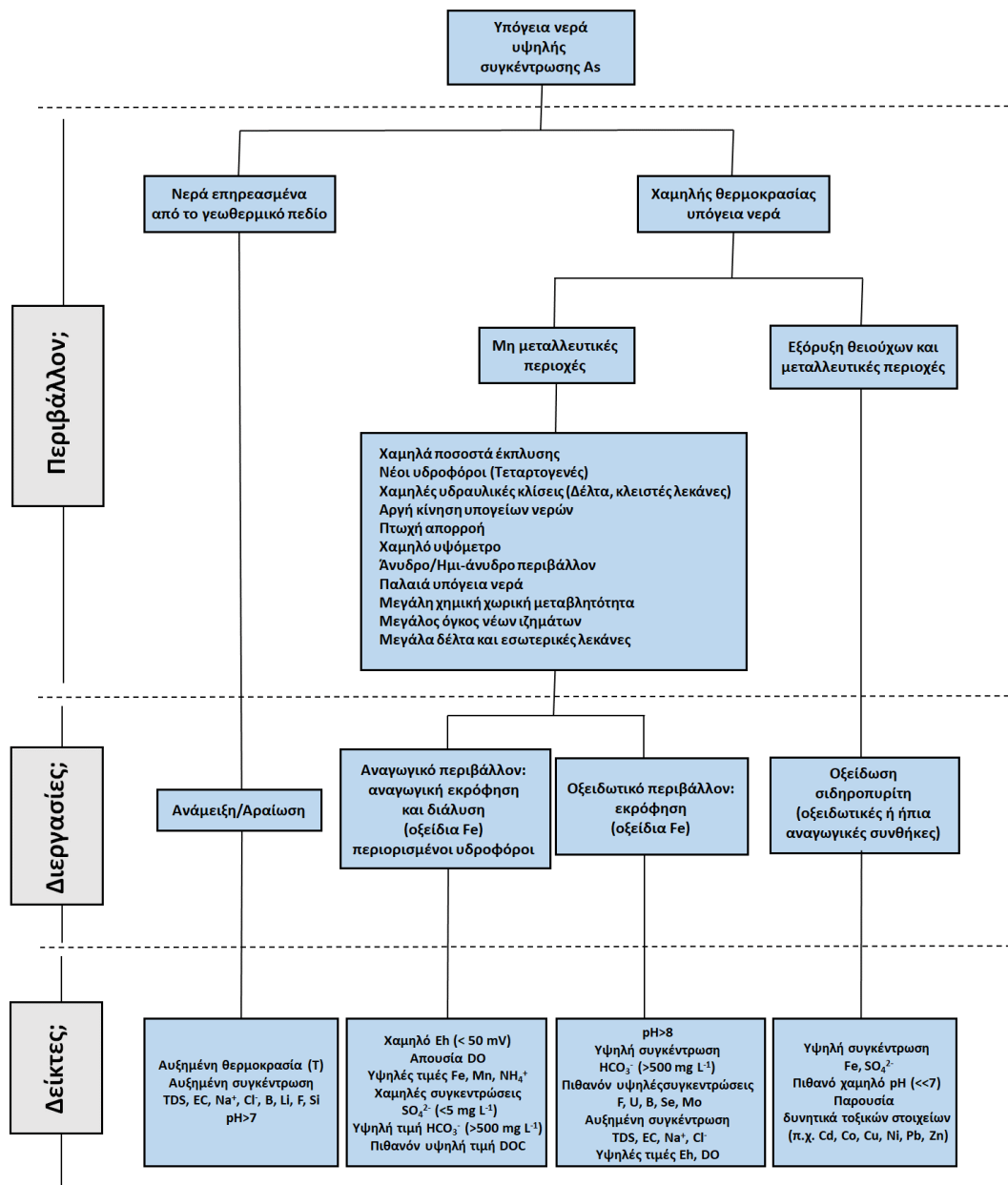
¹Aloupi et al., 2009
²Zkeri et al., 2015
³Zkeri et al., 2018
⁴Fytianos and Christoforidis, 2004
⁵Katsoyiannis and Katsoyiannis, 2006
⁶Katsoyiannis et al., 2007
⁷Kouras et al., 2007
⁸Tyrovola et al., 2006
⁹Kelepertzis et al., 2011
¹⁰Kelepertzis et al., 2012
¹¹Kelepertsis et al., 2006
¹²Voudouris et al., 2014
¹³Kazakis et al., 2016
¹⁴kampouroglou and Economou-Eliopoulos, 2017
¹⁵Stamatis et al., 2011
¹⁶Alexakis, 2008

2.4.8 Παράγοντες που οδηγούν στον προσδιορισμό αυξημένων συγκεντρώσεων αρσενικού στα υπόγεια νερά

Μια ολιστική προσέγγιση των παραγόντων που οδηγούν στον προσδιορισμό αυξημένων συγκεντρώσεων As στα υπόγεια νερά έχει προταθεί από τους Smedley and Kinniburgh (2002) (Εικόνα 2.18). Η προσέγγιση αυτή δίνει τη δυνατότητα ομαδοποίησης της υπάρχουσας γνώσης. Οι βασικοί παράγοντες είναι α) το περιβάλλον, το οποίο σχετίζεται με την πηγή του As και την υδρογεωλογία του υδροφορέα, β) οι πιθανές γεωχημικές διεργασίες που μπορούν να οδηγήσουν στην κινητοποίηση του As και γ) οι δυνητικοί δείκτες (φυσικοχημικές και χημικές παράμετροι) στα υπόγεια νερά. Αναλυτικότερα, τα υπόγεια νερά που παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις As εμφανίζονται σε διαφορετικά ευνοϊκά περιβάλλοντα (π.χ. νερά επηρεασμένα από το γεωθερμικό πεδίο, μεταλλευτικές περιοχές και μη μεταλλευτικές περιοχές), στα οποία λαμβάνουν χώρα διαφορετικές γεωχημικές διεργασίες (π.χ. ανάμειξη, διάλυση, εκρόφηση, οξειδωση). Ως εκ τούτου, εκτός από το As, έχουν παρατηρηθεί υψηλές ή χαμηλές τιμές σε άλλες παραμέτρους (όπως φυσικοχημικοί παράμετροι, κύρια ιόντα,

δυναμικά τοξικά στοιχεία) σε κάθε περιβάλλον και για κάθε διεργασία, οι οποίες αποτελούν δυναμικούς δείκτες (π.χ. DO, Eh, Cl⁻, Na⁺, HCO₃⁻, δυναμικά τοξικά στοιχεία, κ.α.) για τον προσδιορισμό της προέλευσης του As στα υπόγεια νερά.

Τα υπόγεια νερά παρέχουν πόσιμο νερό σε περισσότερο από 1,5 δισεκατομμύρια ανθρώπους καθημερινά και σε πολλούς ακόμα σε περιόδους λειψυδρίας παρέχοντας συχνά μια ασφαλή και αξιόπιστη πηγή πόσιμου νερού. Ως εκ τούτου, η πρόκληση είναι να εντοπιστούν όσο το δυνατόν ταχύτερα περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις σε As και να παρασχεθεί μια εναλλακτική πηγή ασφαλούς πόσιμου νερού. Ο προσδιορισμός του As στα υπόγεια νερά δεν είναι πάντα άμεσα εφικτός. Υπάρχουν αμέτρητες περιπτώσεις γεωτρήσεων και πηγαδιών σε παγκόσμια κλίμακα, στα υπόγεια νερά των οποίων δεν έχουν πραγματοποιηθεί χημικές αναλύσεις. Σήμερα, η ανίχνευση δυναμικά τοξικών στοιχείων, μεταξύ των οποίων και το As, στα νερά αποτελεί σημαντική πρόκληση για τις εταιρείες ύδρευσης, αφενός για επιδημιολογικούς λόγους, ώστε να απαγορευτεί η χρήση τους για κάθε σκοπό, και αφετέρου για επιστημονικούς λόγους με σκοπό να πραγματοποιηθεί έρευνα. Έτσι, η φύση του περιβάλλοντος σε συνδυασμό με άλλα ποιοτικά δεδομένα των νερών θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημαντικές ενδείξεις για την πιθανότητα αυξημένων συγκεντρώσεων As στα νερά. Εντούτοις, κανένας μεμονωμένος παράγοντας, από αυτούς που παρουσιάστηκαν παραπάνω, δεν αρκεί για να εντοπιστεί μια προβληματική περιοχή, αλλά μόνο αν συνολικά πολλά από τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και οι δείκτες ποιότητας των νερών δείχνουν προς την κατεύθυνση αυτή. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν χημικές αναλύσεις που θα επιβεβαιώσουν ή όχι την υπόθεση της αυξημένης συγκέντρωσης As στα υπόγεια νερά.



Εικόνα 2.18 –Ολιστική προσέγγιση των παραγόντων (περιβάλλον-διεργασίες-δείκτες) που οδηγούν σε αυξημένες συγκεντρώσεις As στα υπόγεια νερά (Smedley and Kinniburgh, 2002).

3. Περιοχές μελέτης

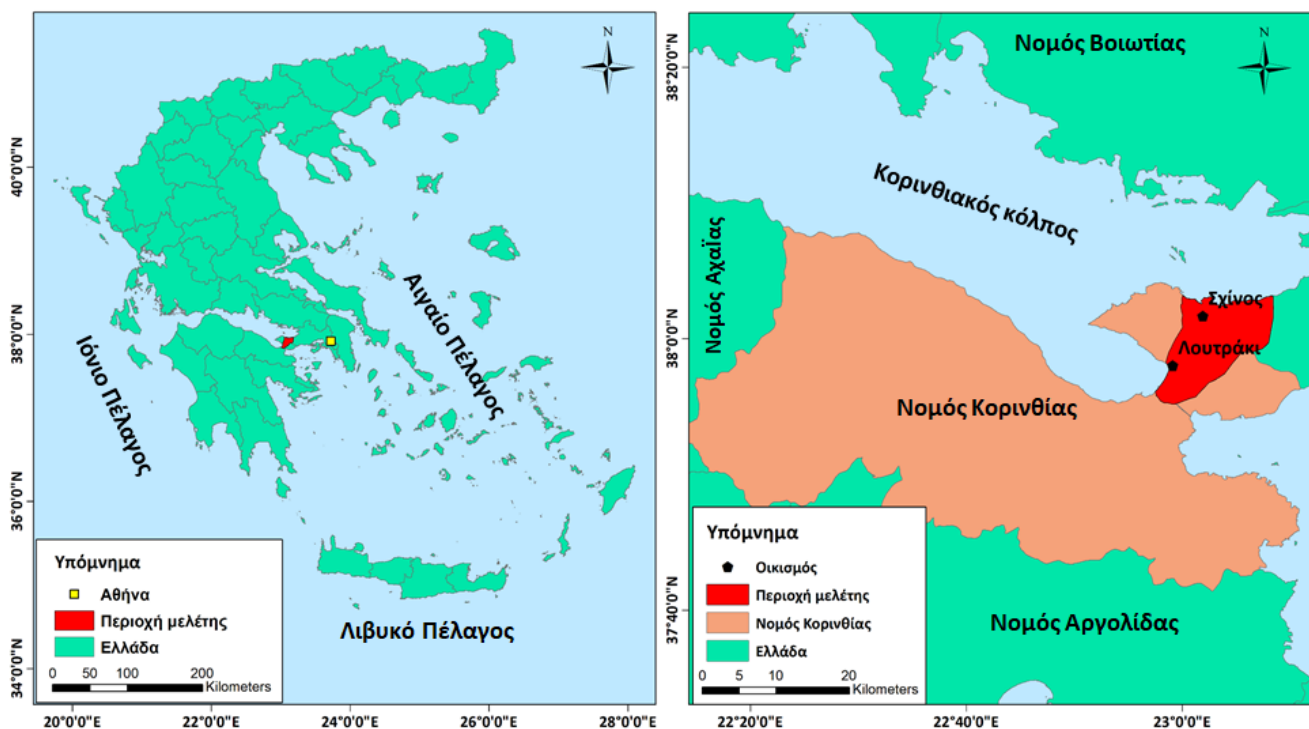
3.1 Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων

3.1.1 Γεωγραφία – Γεωμορφολογία

Η περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων ανήκει στο νομό Κορινθίας, ο οποίος αποτελείται από έξι δήμους. Η πόλη του Λουτρακίου βρίσκεται στο ανατολικό άκρο του Κορινθιακού Κόλπου, καταλαμβάνει τμήμα και του Ισθμού της Κορίνθου, βρέχεται από το Σαρωνικό Κόλπο από τα ανατολικά-νοτιοανατολικά και απέχει περίπου 80 km από την Αθήνα. Ο παραθαλάσσιος οικισμός του Σχίνου βρίσκεται βόρεια των Γερανείων Ορέων, στη ΒΑ ακτή του Κορινθιακού κόλπου, στον κόλπο των Αλκυονίδων και απέχει περίπου 90 km από την Αθήνα. Τα Γεράνεια Όρη είναι οροσειρά που καταλαμβάνει το ανατολικό τμήμα του νομού Κορινθίας και βρίσκεται ανάμεσα στην πόλη του Λουτρακίου και τον οικισμό του Σχίνου.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη $37^{\circ} 56'00''$ και $38^{\circ} 04'00''$ Β και τα γεωγραφικά μήκη $22^{\circ} 57'00''$ και $23^{\circ} 08'00''$ Α, σύμφωνα με το παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του 1984 (WGS'84). Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται η θέση της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων στον χάρτη της Ελλάδας. Διοικητικά, η περιοχή ανήκει στην τοπική κοινότητα Πισίων, στη Δημοτική ενότητα Λουτρακίου – Περαχώρας, στον δήμο Λουτρακίου – Αγίων Θεοδώρων της περιφερειακής ενότητας Κορινθίας που βρίσκεται στην Περιφέρεια Πελοποννήσου όπως διαμορφώθηκε η διοικητική διαίρεση της Ελλάδας σύμφωνα με τον «Καλλικράτη». Η έκταση του νέου δήμου είναι 293,2 km² και ο πληθυσμός του 16587 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος (ΕΣΥΕ) του 2011 (<http://www.statistics.gr/>).

Την περιοχή χαρακτηρίζουν έντονες τεκτονικές διεργασίες, που αποτυπώνονται στο έντονο και ποικιλόμορφο ανάγλυφο, στις μεγάλες μορφολογικές κλίσεις και τα ενεργά ρήγματα που καθόρισαν σε σημαντικό βαθμό την εξέλιξη της περιοχής και συνεχίζουν μέχρι σήμερα να τη διαμορφώνουν. Χαρακτηριστική είναι η απότομη μετάβαση από το ορεινό ανάγλυφο των Γερανείων προς το πεδινό των οικισμών Λουτρακίου και Σχίνου. Στην περιοχή του Σχίνου, υπάρχουν χαρακτηριστικές παράκτιες γεωμορφές που οφείλονται σε θαλάσσια διάβρωση και απόθεση. Επιπλέον, υπάρχουν ανθρωπογενείς παρεμβάσεις υπό τη μορφή κατασκευών κατά μήκος τις ακτογραμμής για την προστασία από τη θαλάσσια διάβρωση (Καρύμπαλης και Βερυκίου-Παπασπυριδάκου, 2007).

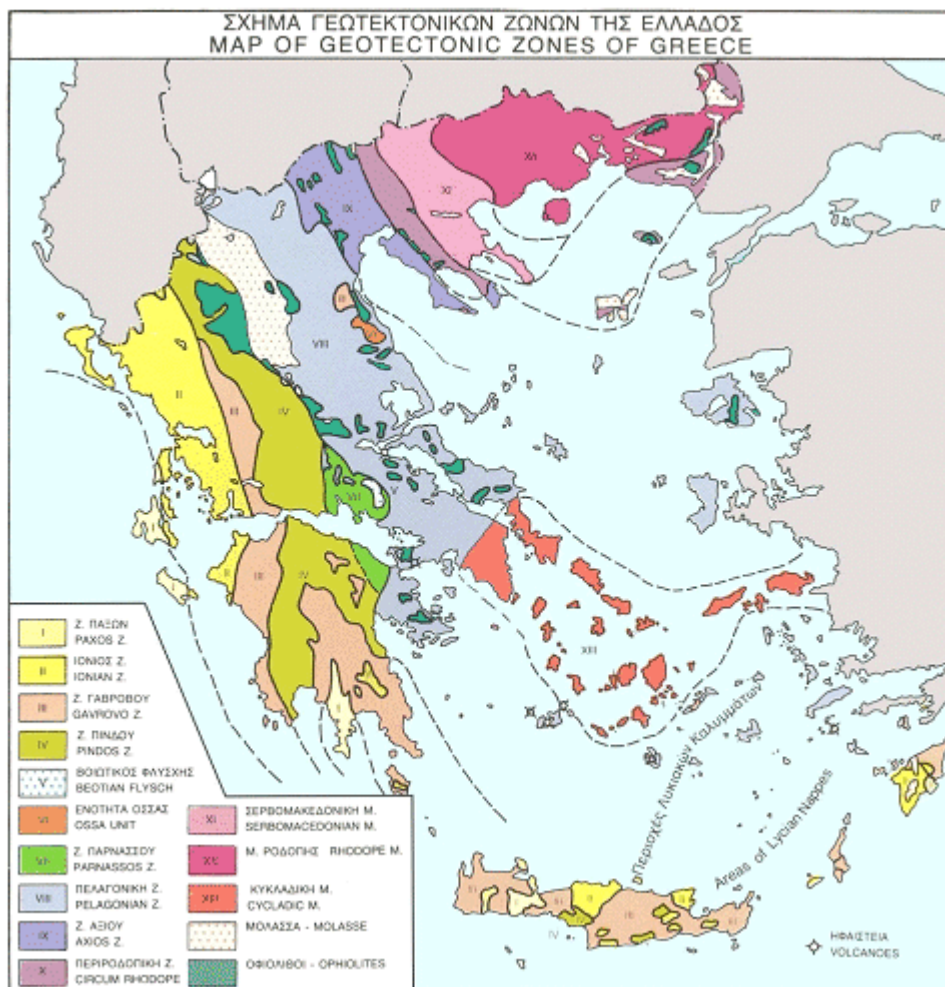


Εικόνα 3.1 – Η θέση της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων στον χάρτη της Ελλάδας.

3.1.2 Γεωλογία

Η ανάγκη για ομαδοποίηση των ομοειδών στρωματογραφικών ακολουθιών οδήγησε στην προσπάθεια διάκρισης ενοτήτων με κοινά χαρακτηριστικά και σημαντική γεωγραφική εξάπλωση. Η προσπάθεια, αυτή, στηρίχτηκε σε στρωματογραφικά κριτήρια, όπως ο γενικός χαρακτήρας μιας στρωματογραφικής στήλης (π.χ. νηριτική, πελαγική, μεταβατική, κλπ.), που αντιπροσώπευε και μια συγκεκριμένη διαδοχή παλαιογεωγραφικών περιβαλλόντων. Η διάκριση των σχηματισμών με βάση τη λιθολογία – στρωματογραφία – παλαιογεωγραφία έδωσε τις λεγόμενες ισοπικές ζώνες (Aubouin, 1959), οι οποίες εκφράζουν το παλαιοπεριβάλλον των Ελληνίδων (Παπανικολάου, 2015). Οι ισοπικές ζώνες χαρακτηρίζουν μια συγκεκριμένη στρωματογραφική στήλη, ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα γεωδυναμικά χαρακτηριστικά τους – πρόκειται δηλαδή για μια διαίρεση με βάση την παλαιογεωγραφική προ-ορογενετική οργάνωση του χώρου, η οποία στη συνέχεια συμμετέχει στην ορογένεση. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση ενοτήτων με βάση τεκτονικά κριτήρια, δηλαδή την ύπαρξη τεκτονικών καλυμμάτων με διάκριση τεκτονικών επιφανειών επωθήσεων και μορφές τεκτονικών παραθύρων ή ρακών κτλ. Στην περίπτωση αυτή πρόκειται για μια διαίρεση στις λεγόμενες γεωτεκτονικές ζώνες, οι οποίες αφορούν καθαρά το ορογενετικό στάδιο της εξέλιξης των Ελληνίδων (Aubouin, 1959, Παπανικολάου, 2015).

Η περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων ανήκει στην Πελαγονική γεωτεκτονική ζώνη (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 – Οι γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας (www.orykta.gr/geologia-oryktologia/geologia-elladas).

Η λιθοστρωματογραφία της περιοχής μελέτης διακρίνεται για την έντονη πολυπλοκότητά της, καθώς οι ορεινές και λοφώδεις περιοχές δομούνται από πετρώματα του αλπικού κύκλου, ενώ οι πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές των λεκανών Λουτρακίου και Σχίνου καλύπτονται από μεταλλικά ιζήματα (Μπορνόβας κ.α., 1970-1980α, Μπορνόβας κ.α., 1970-1980b, Δημητρόπουλος, 1989, Καραμπίνης κ.α., 1997, Λέκκας, 2000). Συνοπτικά, οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης από τον παλαιότερο προς τον νεότερο είναι οι εξής:

- **Ανθρακικοί Σχηματισμοί:** Πρόκειται για νηριτικούς ανθρακικούς σχηματισμούς ηλικίας Τριαδικού – Ανώτερου Ιουραϊκού, οι οποίοι συνίστανται κυρίως από λευκούς – λευκότεφρους ή τεφρούς ασβεστόλιθους. Στα κατώτερα μέλη τους, οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζονται άστρωτοι ή παχυστρωματώδεις, οι οποίοι μεταβαίνουν σε πλακώδεις ασβεστόλιθους στα ανώτερα μέλη. Η ακολουθία αυτή στο σύνολό της είναι έντονα

τεκτονισμένη, κατά θέσεις έντονα κατακερματισμένη και μετρίως έως εντόνως καρστικοποιημένη. Επίσης, ο βαθμός αποσάθρωσης είναι μεγάλος με αποτέλεσμα τη δημιουργία μικρού πάχους εδαφικού μανδύα αποσάθρωσης. Στην περιοχή του Λουτρακίου, οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται υποκείμενοι των πλευρικών κορημάτων και είναι έντονα κερματισμένοι, λόγω της δράσης της ρηξιγενούς ζώνης του Λουτρακίου.

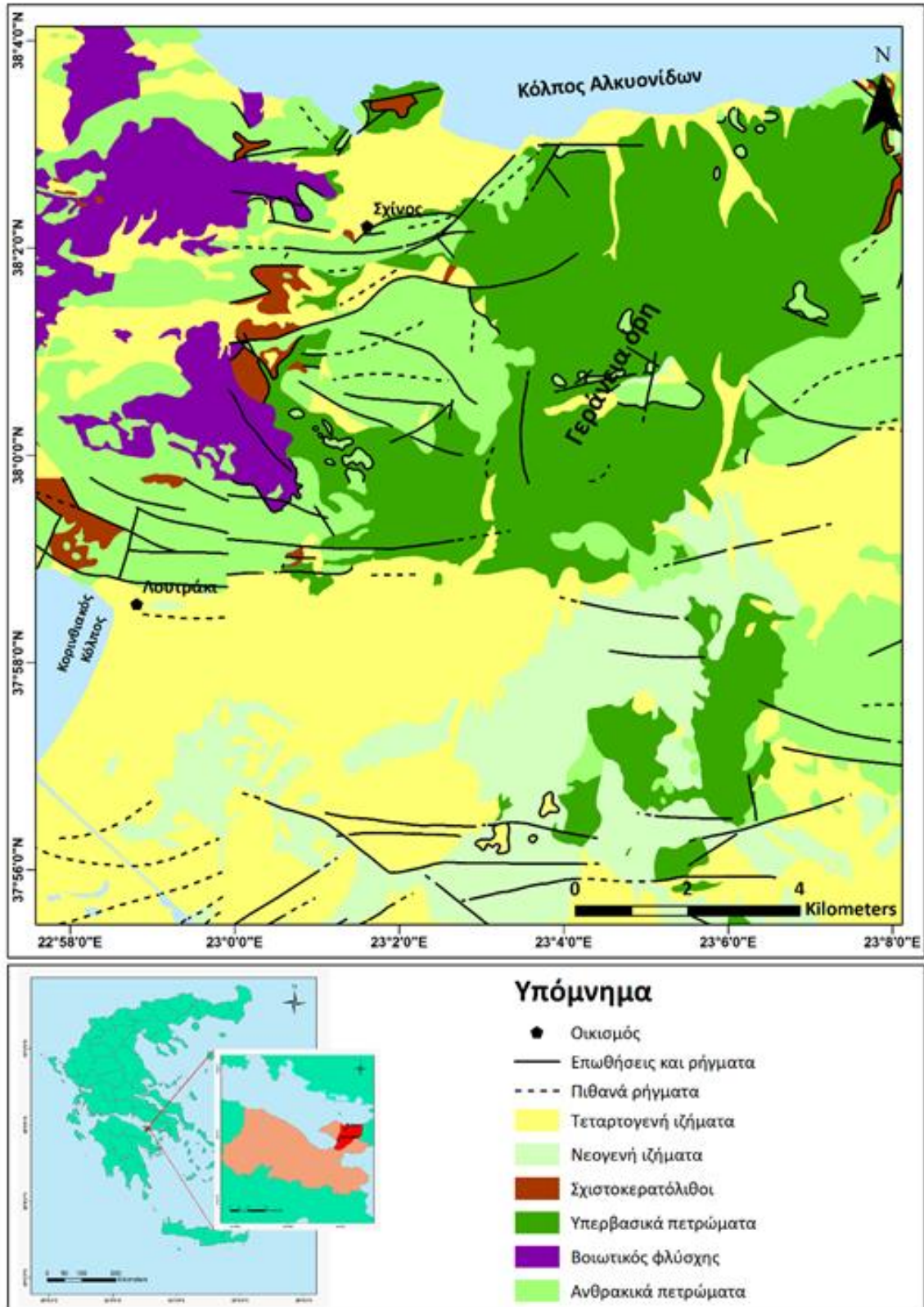
- **Σχιστοκερατόλιθοι:** Ο σχηματισμός απαντάται στη βάση του οφιολιθικού συμπλέγματος, έχει ηλικία Ανώτερο Κρητιδικό και καταλαμβάνει μικρή έκταση στο ΒΔ τμήμα της λεκάνης του Λουτρακίου. Αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους σε εναλλαγές με πλακώδεις ραδιολαρίτες και ασβεστολίθους. Η επωθημένη σειρά του οφιολιθικού συμπλέγματος και των σχιστοκερατόλιθων έχει πάχος που υπερβαίνει τα 300 m. Το μεγαλύτερο τμήμα της σειράς αυτής καλύπτεται από μεταλλικούς σχηματισμούς (Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις) (Μπορνόβας κ.α., 1971, Γαϊτανάκης κ.α., 1985).
- **Οφίολιθοι:** Πρόκειται για αλληλουχία υπερβασικών και βασικών πετρωμάτων, που σε αρκετές περιπτώσεις εμφανίζονται εξαλλοιωμένα. Τα πετρώματα αυτά είναι κυρίως περιδοτίτες και σερπεντινίτες με περιορισμένης έκτασης και σημασίας μεταταλλοφορία λευκόλιθου, τα οποία καλύπτονται σε ένα μεγάλο τμήμα από Νεογενείς και Τεταρτογενείς γεωλογικούς σχηματισμούς. Στη βάση του οφιολιθικού συμπλέγματος απαντούν σχιστοκερατόλιθοι, που συνίστανται από αργιλικούς σχιστόλιθους σε εναλλαγές με ραδιολαρίτες και ασβεστολίθους. Το πάχος του καλύμματος στην περιοχή του Λουτρακίου είναι περίπου 100 m και είναι επωθημένο στους σχηματισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω.
- **Βοιωτικός φλύσχος:** Πρόκειται για έναν έντονα τεκτονισμένο κλαστικό σχηματισμό, ηλικίας Ανώτερου Ιουρασικού-Κατώτερου Κρητιδικού, που είναι τεκτονικά υπερκείμενος των ανθρακικών σχηματισμών που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το ανώτερο μέλος του σχηματισμού αυτού αποτελείται από ρυθμικές εναλλαγές ψαμμιτών, κλαστικών ασβεστολίθων, πηλιτών και ραδιολαριτών που περιέχουν θραύσματα οφιολίθων και το κατώτερο μέλος, αντιπροσωπεύεται από ένα ηφαιστειοϊζηματογενές σύμπλεγμα, το οποίο αποτελείται από εναλλαγές αργιλικών σχιστολίθων, ραδιολαριτών και ψαμμιτών με μερικές εμφανίσεις λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων με πυριτιόλιθους. Ο Βοιωτικός φλύσχος συνδέεται τεκτονικά με τα υπερβασικά πετρώματα τα οποία βρίσκονται είτε παρεμβαλλόμενα, είτε υπερκείμενα των προαναφερθέντων ιζηματογενών ακολουθιών.
- **Μεταλλικοί Σχηματισμοί:** Η φύση και η κατανομή των μεταλλικών ιζημάτων χαρακτηρίζει τη νεοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής μελέτης, παρουσιάζοντας μια μεγάλη

ποικιλομορφία, γεγονός που αποδίδεται στην έντονη νεοτεκτονική δραστηριότητα, η οποία συνεχίζεται έως και σήμερα. Οι μεταλλικοί σχηματισμοί ανήκουν ηλικιακά στις περιόδους του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς:

- **Νεογενή ιζήματα:** Τα ιζήματα Νεογενούς ηλικίας στην ευρύτερη περιοχή είναι: α) οι *μάργες του Κάτω Πλειοκαίνου* και β) ο *σχηματισμός των μαργών Ασπροχωμάτων ηλικίας Μέσου – Ανώτερου Πλειοκαίνου*. Οι δυο αυτοί μαργαϊκοί σχηματισμοί απαντούν στο ΝΑ τμήμα της λεκάνης του Λουτρακίου. Ο γεωλογικός σχηματισμός των μαργών του Κάτω Πλειοκαίνου έχει συνολικό πάχος 150 m, αποτελείται από εναλλαγές υπόλευκων, μαλακών μαργών και σκληρότερων αμμούχων μαργαϊκών στρωμάτων και σε πολλές περιπτώσεις μεταβαίνει σε πλακώδεις μάργες, οι οποίες εναλλάσσονται με μαργαϊκούς ασβεστολίθους. Ο γεωλογικός σχηματισμός των μαργών Ασπροχωμάτων ηλικίας Μέσου – Ανώτερου Πλειοκαίνου έχει πάχος που ξεπερνά τα 250 m, εμφανίζεται σχεδόν αδιατάρακτος και αποτελείται από συνεκτικές απολιθωματοφόρες λευκές ή κιτρινωπές μάργες, αμμούχες μάργες και ψαμμίτες.
- **Τεταρτογενή ιζήματα:** Τα Τεταρτογενή ιζήματα καλύπτουν μεγάλο τμήμα των λεκανών Λουτρακίου και Σχίνου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι σχηματισμοί: α) *Τυρρήνιες Αποθέσεις (Πλειστόκαινο):* Συνίστανται από συνεκτικούς ψαμμίτες, ασβεστιτικούς ψαμμίτες, άμμους και κροκαλοπαγή και δεν υπερβαίνουν τα 10 m. Ο σχηματισμός αυτός δεν εμφανίζεται ιδιαίτερος αποσαθρωμένος και διερρηγμένος, κατά θέσεις (εκεί όπου επικρατούν συνεκτικά κροκαλοπαγή) είναι πολύ συνεκτικός, ενώ σε άλλες θέσεις (εκεί όπου επικρατούν οι ασβεστιτικοί ψαμμίτες) καθίσταται λιγότερο συνεκτικός. β) *Κροκαλοπαγή Σκούρτζας (Πλειστόκαινο):* Πρόκειται για σχηματισμό ποταμοχειμάριας φάσης. Το συνολικό πάχος του πιθανόν να υπερβαίνει τα 200 m. Αποτελείται από σκουρόχρωμα κροκαλοπαγή οφιολιθικής προέλευσης. Η τροφοδοσία του σχηματισμού αυτού είναι από τα Γεράνεια Όρη, κυρίως Α-ΒΑ της λεκάνης του Λουτρακίου, όπου και επικρατούν υπερβασικά πετρώματα. γ) *Παλαιά συνεκτικά κορήματα (Πλειστόκαινο):* Πρόκειται για συνεκτικούς σχηματισμούς που οφείλουν το σχηματισμό τους στη ρηξιγενή ζώνη του Λουτρακίου. Αποτελούνται από γωνιώδη θραύσματα ανθρακικών πετρωμάτων και ερυθρό συνδετικό υλικό και υπέρκεινται των Πλειοκαινικών μαργών Ασπροχωμάτων καθώς επίσης και των κατακερματισμένων Τριαδικών και Ιουραικών ανθρακικών σχηματισμών. Το πάχος τους φτάνει έως μερικές δεκάδες μέτρα. δ) *Σύγχρονα κορήματα και κώνοι κορημάτων (Ολόκαινο):* Αποτελούν προϊόντα

σύγχρονης διαβρωτικής δραστηριότητας, οφειλόμενης, κατά κύριο λόγο, σε τεκτονικά αίτια. Είναι γενικά χαλαρά υλικά, αποτελούμενα από γωνιώδη θραύσματα πετρωμάτων (ασβεστολιθικές και οφιολιθικές λατύπες, που μερικές φορές είναι συγκολλημένες με αργιλομαργαϊκό υλικό), τα οποία μεταφέρονται είτε μέσω υδατορεμάτων, είτε μέσω βαρύτητας. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτουν σχεδόν εξ' ολοκλήρου τις μάργες και τους υπόλοιπους Νεογενείς σχηματισμούς της βόρειας και ΒΑ πλευράς της λεκάνης του Λουτρακίου, ενώ τα πλευρικά κορήματα καλύπτουν μικρή έκταση στην ίδια πλευρά της λεκάνης. ε) *Αλλουβιακές προσχώσεις (Ολόκαινο)*: Πρόκειται για χαλαρά υλικά, κυρίως αργίλους, άμμους, κροκάλες και λατύπες ασβεστολιθικής ή/και οφιολιθικής προέλευσης. Καλύπτουν χαμηλές τοπογραφικά περιοχές και μεγάλο τμήμα της πόλης του Λουτρακίου. Μεγάλο πάχος αλλουβιακών αποθέσεων έχει εντοπιστεί από γεωτρήσεις και γεωφυσικές διασκοπήσεις στον άξονα της λεκάνης του Λουτρακίου, όπου ανατολικά του εν λόγω οικισμού μπορεί και να φτάνουν τα 100 m. ζ) *Σύγχρονες παράκτιες αποθέσεις (Ολόκαινο)*: Πρόκειται για ιζήματα παράκτιας φάσης, κυρίως άμμους και κροκάλες. Είναι χαλαρά υλικά και εντοπίζονται κατά μήκος των ακτών, νότια του Λουτρακίου. Στις παράκτιες αποθέσεις συμπεριλαμβάνονται αποθέσεις ακτόλιθων (beachrocks), που εντοπίζονται στη ζώνη κυματισμού, κατά μήκος της σύγχρονης παραλίας. η) *Ανθρωπογενείς αποθέσεις (Ιστορικοί Χρόνοι)*: Αποθέσεις αυτού του είδους παρατηρούνται διάσπαρτες σε όλη την έκταση της λεκάνης του Λουτρακίου, οι σημαντικότερες εκ των οποίων προέρχονται από τα υλικά εκσκαφής της διώρυγας στα νότια του Λουτρακίου. Πρόκειται για υλικό γενικά χαλαρό, το οποίο λόγω παρέλευσης περίπου 100 ετών, τείνει να σταθεροποιηθεί. Επίσης, κατά μήκος της κοίτης των ρευμάτων, εντοπίζονται ανθρωπογενείς αποθέσεις μικρής έκτασης, προερχόμενες από εκσκαφές οικοδομών.

Στην εικόνα 3.3 παρουσιάζεται ο απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, που περιλαμβάνει τους γεωλογικούς σχηματισμούς που περιγράφηκαν παραπάνω αναλυτικά.



Εικόνα 3.3 – Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων (Μπορνόβας κ.α., 1970-1980α, Μπορνόβας κ.α., 1970-1980β).

3.1.3 Τεκτονική

Η περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων εντάσσεται γεωδυναμικά στη σύνθετη νεοτεκτονική δομή του Κορινθιακού Κόλπου. Πρόκειται για μια πολύ τεκτονικά ενεργή περιοχή με έντονη σεισμική δραστηριότητα. Η δομή της κεντρικής ηπειρωτικής Ελλάδας, όπου ανήκει και ο Κορινθιακός Κόλπος, ελέγχεται από μια σειρά κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης A – Δ ή ΒΔ – ΝΑ, τα οποία διαμορφώνουν την τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής. Το νότιο περιθώριο του Κορινθιακού Κόλπου χαρακτηρίζεται από πλήθος κανονικών ρηγμάτων που έχουν μήκη 15 – 25 km, διεύθυνση Β100 και κλίση 50^ο προς Βορρά. Το ΝΑ πεδινό τμήμα του Λουτρακίου ανήκει στο βύθισμα της ανατολικής Κορινθίας, ενώ το ορεινό τμήμα αντιστοιχεί στο τεκτονικό κέρασ των Γερανείων (Παπανικολάου κ.α., 1998). Οι δύο αυτές μορφοτεκτονικές δομές χωρίζονται από μια μεγάλη ρηξιγενή ζώνη διεύθυνσης περίπου A – Δ έως ΑΝΑ – ΔΒΔ, τμήμα της οποίας ταυτίζεται με το νότιο περιθώριο των Γερανείων Ορέων και πρόκειται για τη ρηξιγενή ζώνη Λουτρακίου – Αγίας Κυριακής. Το κέρασ των Γερανείων οριοθετείται, στα βόρεια, από ένα σύστημα ρηγμάτων, κλιμακωτής διάταξης.

Στον οικισμό του Σχίνου, οι άξονες των πτυχών, τα μέτωπα εφίππευσεων και τα ρήγματα που συναντώνται έχουν διεύθυνση Α-Δ. Ολόκληρη η περιοχή κατατέμενεται από ταφροειδείς καταβυθίσεις Τριτογενούς ηλικίας με διεύθυνση Α-Δ. Τα ρήγματα παρέμειναν ενεργά και επαναδραστηριοποιήθηκαν κατά το Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο με αποτέλεσμα τη δημιουργία του χαμηλού μέχρι λοφώδους αναγλύφου. Μια νεότερη τεκτονική φάση, μετά το Τυρρηνίο, δημιούργησε ρήγματα στην περιοχή με διεύθυνση Βορρά-Νότο και ΒΔ-ΝΑ. Στην περίοδο Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου αλληπάλληλες τεκτονικές φάσεις προκάλεσαν διαδοχικές ανυψώσεις και βυθίσεις που είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νεότερων αποθέσεων (ποτάμιες αναβαθμίδες) (Βαλαδάκη-Πλέσσα και Αλεξούλη-Λειβαδίτη, 1993). Επιπλέον, σημαντικές ενεργές τεκτονικές δομές της ανατολικής Κορινθίας αποτελούν τα ρήγματα των Κεχραιών, Μύλου και Κατακαλίου (Ροντογιάννη κ.α., 2008). Τα πιο σημαντικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, που βρίσκονται εντός της οριοθετημένης περιοχής μελέτης είναι (Εικόνα 3.4, Ροντογιάννη κ.α., 2008):

α) Η ρηξιγενής ζώνη Λουτρακίου – Αγίας Κυριακής, που αποτελεί την κυρίαρχη τεκτονική δομή στην εν λόγω περιοχή και εκτείνεται από την Κακιά Σκάλα, στα ανατολικά, έως τον πόδα των Γερανείων, ακριβώς βόρεια του Λουτρακίου. Η συγκεκριμένη ρηξιγενής ζώνη συνεχίζεται υποθαλάσσια και εντός του Λέχαιου κόλπου έως περίπου το ακρωτήριο Ηραίο (Moretti et al., 2003) με συνολικό μήκος περίπου 50 km. Η ρηξιγενής αυτή ζώνη οριοθετεί τους ορεινούς όγκους βόρεια του Λουτρακίου από τις τοπογραφικά χαμηλές περιοχές. Το συνολικό

διαχρονικό άλμα της ζώνης αυτής είναι μεγάλο και υπερβαίνει τα 150 m (Παπανικολάου κ.α., 1998).

β) Το ρήγμα του Οσίου Παταπίου, με διεύθυνση ΔΒΔ – ΑΝΑ, στα ΝΔ πρηνή των Γερανείων Ορέων, διερχόμενο πλησίον από το ομώνυμο μοναστήρι, αποτελεί μια εντυπωσιακή ρηξιγενή επιφάνεια της ζώνης Λουτρακίου. Το μήκος του είναι γύρω στα 7 – 8 km, ενώ το συνολικό διαχρονικό άλμα του ανέρχεται στα 150 m (Λέκκας, 2000).

γ) Τα ρήγματα των Αγίων Θεοδώρων (της Λεκάνης Λουτρακίου), τα οποία σε ορισμένες θέσεις καλύπτονται εξαιτίας του μεγάλου πάχους των αλλουβιακών αποθέσεων που απαντούν στην περιοχή. Μπορεί να θεωρηθεί μια ρηξιγενής ζώνη που αποτελείται από πολλά μικρότερα κανονικά ρήγματα.

δ) Τα ρήγματα Πισσίων – Σχίνου είναι δυο παράλληλα κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και βόρεια κλίση. Έχουν μήκος περίπου 15 km και σχηματίζουν πολύ απότομα πρηνή. Είναι πολύ σημαντικά ρήγματα γιατί σχετίζονται με τους σεισμούς του Κορινθιακού Κόλπου το 1981 (Ροντογιάννη κ.α., 2008).

ε) Το ρήγμα Λιβαδόστρας που ανήκει στη ρηξιγενή ζώνη του Καπαρελίου, η οποία αποτελείται από τρεις κύριους κλάδους. Βρίσκεται στα ΒΑ των ρηγμάτων Πισσίων – Αλεποχωρίου και έχει μήκος 15 km, ενώ οι άλλοι δύο κλάδοι έχουν μήκος 10 km. Προς τα δυτικά, οι τρεις κλάδοι βυθίζονται στη θάλασσα.



Εικόνα 3.4 - Τα σημαντικότερα ενεργά ρήγματα στην ανατολική Κορινθία. S: Σχίνου, P: Πισσίων, L: Λουτρακίου, Α.Τ.: Αγίων Θεοδώρων, Κ: Κεχραιών, Μ: Μύλου, ΚΑ: Κατακαλίου (Ροντογιάννη κ.α., 2008).

3.1.4 Υδρογεωλογία

Με βάση την υδρογεωλογική συμπεριφορά τους, οι σχηματισμοί της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, διακρίνονται σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και υδατοστεγανούς σχηματισμούς. Στην εικόνα 3.5 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή τους στην περιοχή μελέτης:

- Στους **υδροπερατούς σχηματισμούς** ανήκουν τα Τεταρτογενή ιζήματα (παράκτιες και ποταμοχειμμάριες αποθέσεις, κώνοι κορημάτων, αλλουβιακές προσχώσεις) και οι ανθρακικοί Μεσοζωικοί σχηματισμοί. Οι παράκτιες και ποταμοχειμμάριες αποθέσεις καταλαμβάνουν μικρή έκταση και επιπλέον το πάχος τους είναι πολύ μικρό, γι' αυτό δε φιλοξενούν σημαντικές ποσότητες ύδατος. Ωστόσο, επιτρέπουν στο νερό να διεισδύσει και να κινηθεί προς τις υποκείμενες αλλουβιακές προσχώσεις.

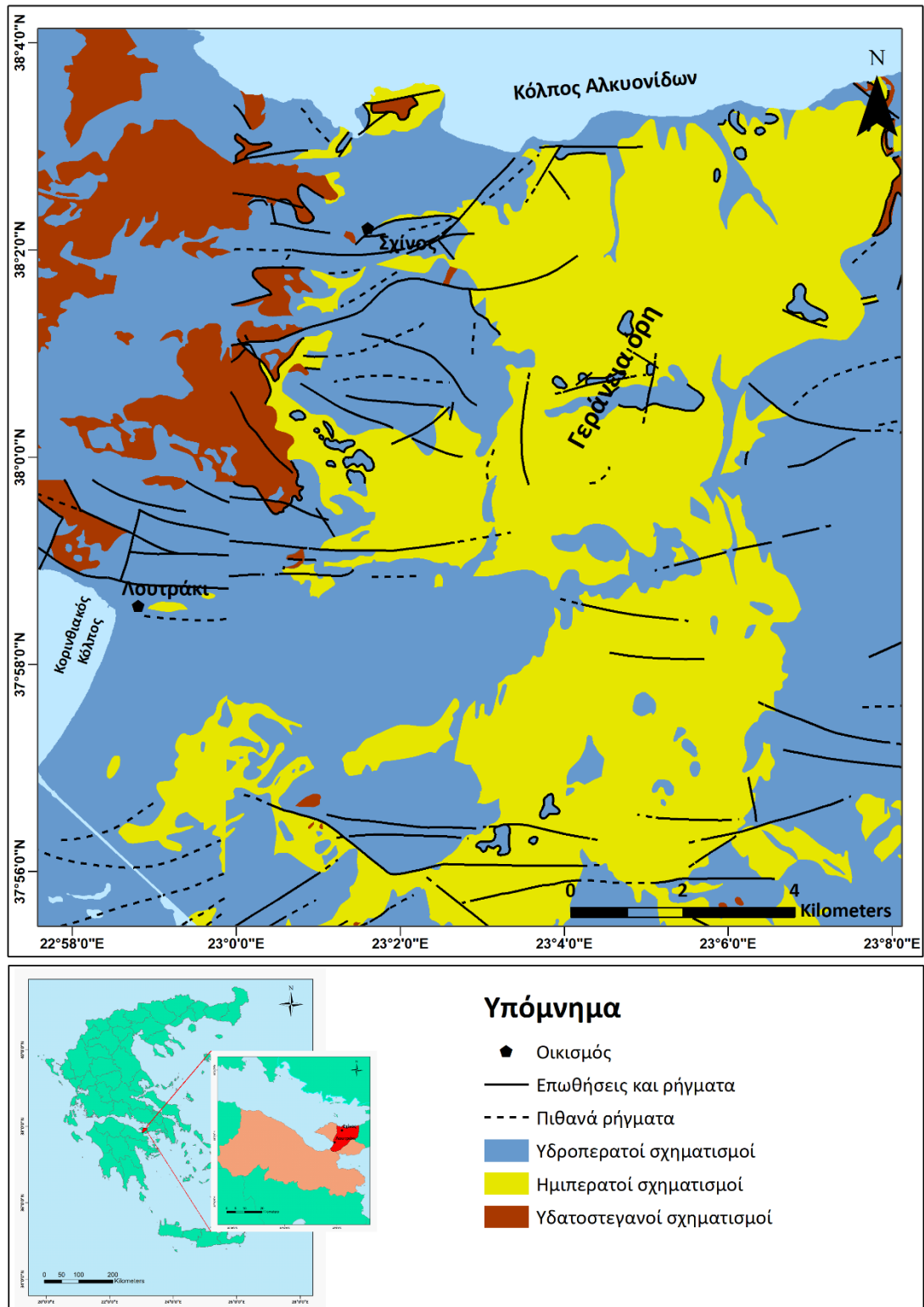
Οι κώνοι κορημάτων, τα παλαιά συνεκτικά κορήματα και οι Τυρρήνιες αποθέσεις έχουν σημαντικές διαστάσεις και αποτελούν υδροπερατούς σχηματισμούς. Οι μεν Τυρρήνιες αποθέσεις υπόκεινται των αλλουβιακών προσχώσεων, είναι ετερογενείς σχηματισμοί και από υδρογεωλογική άποψη αρκετά υδροπερατοί. Οι κώνοι κορημάτων και τα παλαιά συνεκτικά κορήματα εντοπίζονται στους πρόποδες των Γερανείων Ορέων, είναι αδρόκοκκοι, περατοί σχηματισμοί και λόγω της επαφής τους με τους καρστικούς ανθρακικούς σχηματισμούς απορροφούν μέρος του υπόγειου νερού, που κινείται στο εσωτερικό τους.

Οι αλλουβιακές προσχώσεις καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης, αποτελούν τον πλέον υδροπερατό σχηματισμό και αυτόν τον οποίο εκμεταλλεύεται ο δήμος Λουτρακίου – Περαχώρας για να καλύψει τις υδρευτικές ανάγκες των δημοτών. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ετερογένεια, συνίσταται από ποικίλο λεπτόκοκκο (άργιλοι – ιλύες) έως αδρόκοκκο (ασβεστολιθικά – οφιολιθικά κροκαλοπαγή) υλικό. Στο σχηματισμό αυτό η κατείσδυση είναι άμεση και μεγάλη, λόγω του μεγάλου ενεργού πορώδους που παρουσιάζουν (Δημητρόπουλος, 1989). Η ύπαρξη, κατά τόπους, ημιπερατών πλουσιο-αργιλοφάσεων είναι περιορισμένη και δεν επηρεάζει τη συνολική υδροπερατότητα του σχηματισμού. Το πάχος του σχηματισμού αυτού είναι μεγάλο, αφού κατά θέσεις, ξεπερνά τα 70 m.

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί, οι οποίοι δομούν τα Γεράνεια Όρη, είναι περατοί, παρουσιάζουν σημαντικό βαθμό καρστικοποίησης που ελέγχεται άμεσα από την τεκτονική και έχουν μεγάλο συντελεστή κατείσδυσης (~60%) με αποτέλεσμα την υψηλή ταχύτητα τροφοδοσίας του καρστικού υδροφορέα με σημαντικούς όγκους νερού (Δημητρόπουλος, 1989). Η διεύθυνση της κίνησης του υπόγειου νερού στους

καρστικούς σχηματισμούς είναι αυτή της τεκτονικής, δηλαδή Α – Δ έως ΝΑ – ΒΔ. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη και εκδήλωση θερμομεταλλικών – ιαματικών πηγών κατά μήκος της κύριας ρηξιγενούς ζώνης των Γερανείων Ορέων (ρηξιγενής ζώνη Λουτρακίου – Αγίας Κυριακής). Μεγάλο τμήμα της καρστικής υδροφορίας εκφορτίζεται στη θάλασσα.

- Στους **ημιπερατούς σχηματισμούς** ανήκουν οι Νεογενείς μαργαϊκοί σχηματισμοί και οι οφιόλιθοι. Οι μάργες έχουν μικρή επιφανειακή εξάπλωση και περιορίζονται στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Λουτρακίου αποτελώντας έναν ημιπερατό έως σχεδόν στεγανό σχηματισμό. Οι οφιόλιθοι, κυρίως περιδοτίτες και σερπεντινίτες, οι οποίοι αναπτύσσονται στο ΒΑ τμήμα της λεκάνης του Λουτρακίου, δεν είναι υδροπερατοί. Ωστόσο, ο έντονος τεκτονισμός έχει άμεση επίδραση στη δημιουργία δευτερογενούς πορώδους και στην ανάπτυξη ζωνών με διαβρωμένο εξαλλοιωμένο υλικό μέσα στις ρηξιγενείς ζώνες, γεγονός που επιτρέπει την κατείσδυση του νερού και την ανάπτυξη, μικρού σε έκταση, υδροφόρου ορίζοντα και εξαιτίας αυτού θα μπορούσαν να καταταχτούν υδρολιθολογικά στους ημιπερατούς σχηματισμούς.
- Στους **υδατοστεγανούς σχηματισμούς** ανήκουν τα νεογενή αργιλικά ιζήματα, ο βοιωτικός φλύσχος και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση.



Εικόνα 3.5 - Υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Στην περιοχή του Λουτρακίου και εντός των τεταρτογενών σχηματισμών, όπως και εντός των κοκκώδων αλλουβιακών αποθέσεων διαμορφώνεται ο υδροφόρος ορίζοντας του νερού

Λουτρακίου, ο οποίος χαρακτηρίζεται από νερά πλούσια σε Mg^{2+} και η γεωγραφική ανάπτυξή του οποίου είναι στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης μέχρι την περιοχή Σκάρπα. Η φυσική τροφοδοσία του Τεταρτογενούς (αλλουβιακού) υδροφορέα είναι από τα Γεράνεια Όρη, κυρίως Α-ΒΑ της λεκάνης του Λουτρακίου, όπου και επικρατούν υπερβασικά πετρώματα και από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και διηθήσεις των επιφανειακών εκροών και υδατορεμάτων (Σταμάτης κ.α., 1998) (βλπ. πιεζομετρικό χάρτη παράρτημα VII). Από τα νότια και ανατολικά, ο φρεάτιος αλλουβιακός υδροφορέας οριοθετείται από τις μάργες Νεογενούς ηλικίας και εξαιτίας των διαδοχικών επάλληλων αργιλικών ενστρώσεων εμφανίζεται στα δυτικά μερικώς υπό πίεση (Δημητρόπουλος, 1988, 1989). Το κλαστικό υλικό του υδροφορέα, αποτελείται από άμμο, χάλικες, αργιλικές ενστρώσεις και κροκάλες οφιολιθικής και ανθρακικής προέλευσης. Στην περιοχή της Σκάρπας Λουτρακίου, ο Τεταρτογενής υδροφόρος ορίζοντας παρουσιάζει μεγαλύτερη ανάπτυξη στο βόρειο και δυτικό τμήμα της λεκάνης απ' ότι στο νότιο και ΝΑ. Από το κεντρικό τμήμα του οικισμού της Σκάρπας, ο υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται μέσα σε ψαμμιτικούς ορίζοντες, ενώ στα δυτικά, που το πάχος των Τεταρτογενών χαλαρών ποταμοχερσαίων αποθέσεων αυξάνει, παρατηρείται υδροφορία μέσα στους Τεταρτογενείς σχηματισμούς. Ο υδροφόρος αυτός ορίζοντας είναι ανοικτός προς τη θάλασσα σε μήκος περίπου 2 km και αποστραγγίζεται υπογείως μέσω των υδροπερατών παράκτιων σχηματισμών. Οι Τεταρτογενείς ποταμοχερσαίες αποθέσεις (κροκαλοπαγή Σκούρτζας, Τυρρήνιες αποθέσεις κ.ά.), που καταλαμβάνουν ένα μεγάλο τμήμα της λεκάνης Λουτρακίου στο ανατολικό της τμήμα, αποτελούνται από εναλλαγές κροκαλολατυποπαγών, ψαμμιτών, αργίλων και αμμούχων αργίλων. Η εναλλαγή υδροπερατών και υδατοστεγανών σχηματισμών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία επάλληλων υδροφόρων οριζόντων μικρής δυναμικότητας.

Εντός των ασβεστολίθων αναπτύσσεται ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας από τον οποίο τροφοδοτούνται οι ιαματικές πηγές του Λουτρακίου. Οι ασβεστόλιθοι είναι ανοικτοί προς τη θάλασσα του Κορινθιακού Κόλπου όπου και εκφορτίζεται η καρστική υδροφορία. Σύμφωνα με τους Σταμάτη και Βουδούρη (2000), δεν υπάρχει υδραυλική επικοινωνία μεταξύ Τεταρτογενούς (αλλουβιακού) και καρστικού υδροφορέα. Οι υδατοστεγανοί γεωλογικοί σχηματισμοί των μαργών και μαργαϊκών ψαμμιτών, που αναπτύσσονται κάτω από τα πλευρικά κορήματα και κατά μήκος των νοτίων υπορειών των Γερανείων Ορέων, όπου εμφανίζουν επιφανειακή εξάπλωση οι ανθρακικοί σχηματισμοί, οριοθετούν τον υδροφόρο ορίζοντα προς τα βόρεια και αποτελούν τη ζώνη διαχωρισμού των δύο υδροφόρων οριζόντων (αλλουβιακού και καρστικού). Οι διαμορφωμένες υδραυλικές κλίσεις επιβεβαιώνουν ότι δεν υπάρχει υδραυλική επικοινωνία και συνεπώς δεν πραγματοποιείται

τροφοδοσία ή εκφόρτιση των υπόγειων νερών του καρστικού υδροφορέα προς τον αλλουβιακό υδροφορέα της λεκάνης του Λουτρακίου (Καραμπίνης κ.α., 1997). Στο ΒΑ τμήμα της λεκάνης του Λουτρακίου και στο ΝΑ τμήμα του παραθαλάσσιου οικισμού του Σχίνου εντοπίζονται οφιολιθικά πετρώματα, τα οποία θεωρούνται ημιπερατοί σχηματισμοί, ενώ κατά θέσεις αναπτύσσεται σημαντικός μανδύας αποσάθρωσης με μικρής έκτασης υδροφορία. Τέτοιου είδους είναι και το ρέμα της Αγίας Τριάδας, ένα μέρος του οποίου εκφορτίζεται στην ομώνυμη πηγή. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ρέει επιφανειακά, εμπλουτίζεται σε μαγνήσιο (Mg^{2+}) και μέσω των υδατορεμάτων καταλήγει στην πεδινή περιοχή, όπου και εισέρχεται εντός του υδροφόρου ορίζοντα (αυτό αποτελεί και έναν από τους λόγους για τη μεγάλη περιεκτικότητα του νερού του Λουτρακίου σε Mg^{2+}). Η παρουσία ορισμένων μικροπηγών στους οφιόλιθους της λεκάνης Λουτρακίου φανερώνει τη σχετική υδροφορία των πετρωμάτων αυτών (Σταμάτης κ.α., 1998).

Οι δύο σημαντικότεροι παράγοντες για την ποιοτική προστασία των υπογείων νερών του υδροφορέα είναι το μεγάλο πάχος και η ανομοιογενής δομή της ακόρεστης ζώνης. Το πάχος της στην περιοχή του Λουτρακίου ποικίλλει σημαντικά σε διάφορες θέσεις της λεκάνης. Αυξάνει σταδιακά από την παράκτια δυτική περιοχή, όπου είναι πολύ μικρό (από 3 έως 7,5 m), προς το ανατολικό τμήμα της λεκάνης. Στα ανατολικά, το πάχος φτάνει στα 110 m και στα δυτικά, στην περιοχή του Δημοτικού Πάρκου Λουτρακίου, φτάνει περίπου τα 40 m. Το πάχος της ακόρεστης ζώνης στον οικισμό Σκάρπας Λουτρακίου κυμαίνεται μεταξύ 80-90 m με αύξηση από τα δυτικά προς τα ανατολικά, ενώ στο νοτιότερο τμήμα της περιοχής του οικισμού το πάχος της ακόρεστης ζώνης είναι 35 m (Σταμάτης κ.α., 1998, Σταμάτης και Βουδούρης, 2000). Από μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί η μέση τιμή ολικού πορώδους (P_t) είναι 30% ενώ η μέση τιμή του ενεργού πορώδους (P_{ef}) είναι 8% (Σταμάτης κ.α., 1998, Σταμάτης και Βουδούρης, 2000, Βουδούρης και Σταμάτης, 2002). Επιπροσθέτως, η υδραυλική αγωγιμότητα (K) κυμαίνεται μεταξύ 2×10^{-4} και $5,2 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ φανερώνοντας συνθήκες καλής μέχρι μέτρια καλής υδροπερατότητας του υδροφόρου ορίζοντα (Σταμάτης και Βουδούρης, 2000).

Το μεγαλύτερο ποσοστό της περιοχής μελέτης καταλαμβάνεται από μεταλπικούς σχηματισμούς όπως αλλουβιακές αποθέσεις, παράκτιες και ποταμοχειμμάρειες αποθέσεις, κώνους κορημάτων, παλαιά συνεκτικά κορήματα, Τυρρήνιες αποθέσεις και μάργες. Επιπλέον, στη λεκάνη υπάρχουν και πετρώματα του αλπικού κύκλου (ανθρακικά πετρώματα, υπερβασικά πετρώματα) που εμφανίζουν υδροφορία. Τα υδατορέματα που πηγάζουν από τα Γεράνεια Όρη και κινούνται προς το πεδινό κομμάτι της λεκάνης Λουτρακίου δεν προλαβαίνουν να εκβάλλουν στη θάλασσα καθώς τροφοδοτούν τον υδροφόρο ορίζοντα.

3.1.5 Χρήσεις γης

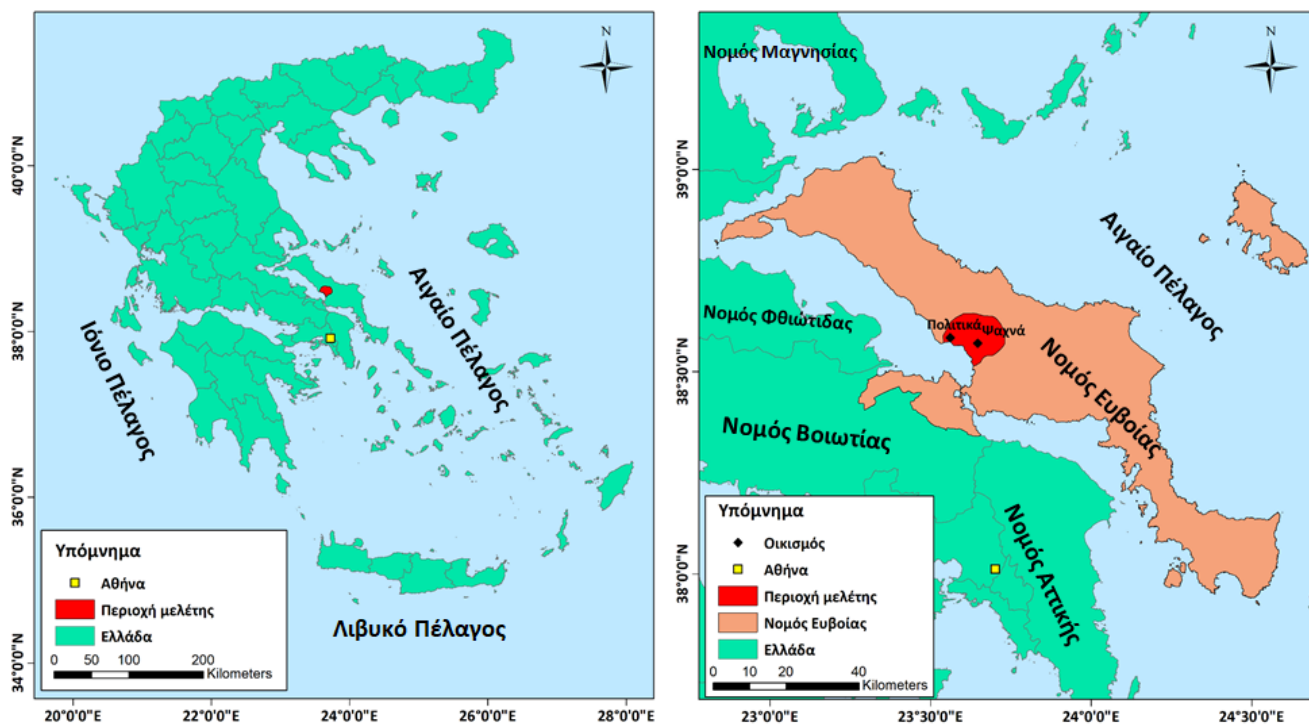
Οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την κατανομή και την ένταση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται σε μια περιοχή. Στην περιοχή του Λουτρακίου οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις είναι πάρα πολύ περιορισμένες και το νερό του Τεταρτογενούς (αλλουβιακού) υδροφορέα χρησιμοποιείται για υδρευτικούς σκοπούς. Το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης γης καταλαμβάνεται από δασικές εκτάσεις, ένα μικρό ποσοστό από αγροκαλλιέργειες και ένα ακόμη μικρότερο ποσοστό από οικοδομημένες περιοχές, γεγονός που υποδεικνύει τη μικρή σχετικά κατανάλωση ποσοτήτων νερού για άρδευση καλλιεργειών. Σύμφωνα με το Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ)-630-Δ/7-11-85 (αρ. Φύλλου 630, τεύχος Δ', 7/11/1985) καθορίζεται ολόκληρη η περιοχή της λεκάνης Λουτρακίου ως "Ζώνη Α" προστασίας των θερμομεταλλικών-ιαματικών πηγών Λουτρακίου. Εντός των ορίων της "Ζώνης Α" απαγορεύεται κάθε μορφής οικιστική δραστηριότητα, με εξαίρεση την ανέγερση αθλητικών εγκαταστάσεων, Ιερών Ναών και κτιρίων κοινής ωφελείας, καθώς επίσης και οποιαδήποτε εγκατάσταση υδροληπτικού έργου. Εντός των ορίων της λεκάνης, η οποία σε μεγάλο ποσοστό έχει οικοπεδοποιηθεί, ευρίσκονται οικισμοί, νόμιμα ή αυθαίρετα δομημένοι και οποιασδήποτε μορφής ανθρώπινη παρέμβαση είναι απαγορευμένη (Σταμάτης και Βουδούρης, 2000). Επιπλέον, η περιοχή αποτελεί δημοφιλές θερινό τουριστικό θέρετρο και γι' αυτό το λόγο η κατανάλωση του νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες αυξάνεται αρκετά. Για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης χρησιμοποιούνται περισσότερες υδρευτικές γεωτρήσεις συγκριτικά με τους χειμερινούς μήνες.

Αντιθέτως, τα υπόγεια νερά στην περιοχή του Σχίνου δεν έχουν την ίδια ποιότητα με τον υδροφόρο ορίζοντα της λεκάνης του Λουτρακίου λόγω της υφιστάμενης θαλάσσιας διείσδυσης από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (Paradopoulos and Lappas, 2014). Γι' αυτό το λόγο, τα υπόγεια νερά της λεκάνης του Σχίνου χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για αρδευτικούς σκοπούς για τις μικρής έκτασης και τοπικού χαρακτήρα – καλλιέργειες που υπάρχουν.

3.2 Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας

3.2.1 Γεωγραφία - Γεωμορφολογία

Η λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας ανήκει στο νομό Ευβοίας, οποίος αποτελείται από 8 δήμους. Η περιοχή μελέτης ανήκει στο δήμο Διρφύων – Μεσσαπίων, όπου συγκεντρώνεται και το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού του νομού. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη $38^{\circ} 32'20''$ και $38^{\circ} 36'28''$ Β και τα γεωγραφικά μήκη $23^{\circ} 32'06''$ και $23^{\circ} 40'35''$ Α, σύμφωνα με το παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του 1984 (WGS'84). Στην εικόνα 3.6 παρουσιάζεται η θέση της λεκάνης Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας στον χάρτη της Ελλάδας. Η έκταση του νέου Δήμου είναι $779,9 \text{ km}^2$ και ο πληθυσμός του 18800 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ του 2011 (<http://www.statistics.gr/>). Ο Δήμος Μεσσαπίων βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της Ευβοίας, αποτελεί το μεγαλύτερο σε έκταση δήμο της, καταλαμβάνοντας το 12,2% της συνολικής έκτασής της και έδρα του δήμου είναι η πόλη των Ψαχνών που απέχει 90 km από την Αθήνα. Το ανάγλυφο της περιοχής, χαρακτηρίζεται από έντονη ποικιλομορφία, από πεδινό (<200 m) έως πολύ ορεινό (>800 m). Το μέσο υψόμετρο στην Κεντρική Ευβοία είναι 335 m και η μέση κλίση του τοπογραφικού ανάγλυφου είναι 28° . Ήπιες μορφολογικές κλίσεις παρατηρούνται στο πεδινό τμήμα, στο νότιο τμήμα της περιοχής, στις περιοχές των Πολιτικών, Καστέλλας, Ψαχνών και Αγ.Τριάδας. Διοικητικά, η περιοχή μελέτης ανήκει στον δήμο Διρφύων – Μεσσαπίων της Περιφερειακής Ενότητας Ευβοίας που βρίσκεται στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδος όπως διαμορφώθηκε η διοικητική διαίρεση της Ελλάδας σύμφωνα με τον «Καλλικράτη».



Εικόνα 3.6 - Η θέση της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας στον χάρτη της Ελλάδας.

3.2.2 Γεωλογία

Η Υποπελαγονική ενότητα αποτελεί το δυτικό περιθώριο του Πελαγονικού υβώματος και εμφανίζεται στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα, Βόρεια Αττική, Αργολίδα, Κεντρική και Βόρεια Εύβοια, Όθρυ, στον ορεινό όγκο της Πίνδου και σε μερικά νησιά των Κυκλάδων (Μουντράκης, 1985, Παπανικολάου, 1986, Κατσικάτσος, 1992). Ο Aubouin (1959) εισήγαγε τον όρο «Υποπελαγονική» για να υποδηλώσει τη στενή σχέση με την Πελαγονική ζώνη. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Παπανικολάου (1986), η Υποπελαγονική ενότητα δεν αντιστοιχούσε στον παλαιογεωγραφικό χώρο που αρχικά καθόρισε ο Aubouin (1959). Ο παλαιογεωγραφικός, αυτός, χώρος αντιστοιχούσε στην κλιτύ από τη λεκάνη της Πίνδου προς το Πελαγονικό ύβωμα, κατά μήκος της οποίας λάμβανε χώρα η έκχυση των οφιολίθων. Όμως, μετά τη διαπίστωση ότι οι οφιολίθοι αποτελούν τεκτονικό κάλυμμα που υπέρκειται των Τριαδικών-Ιουρασικών πετρωμάτων ο όρος «Υποπελαγονική» αποδείχτηκε άστοχος και έχασε την αρχική του σημασία (Παπανικολάου, 1986).

Η Κεντρική Εύβοια ανήκει σε ένα χώρο, που διακρίνεται για το πλήθος των παλαιοτεκτονισμένων ενοτήτων, οι οποίες έχουν ομογενοποιηθεί από την Ανωκρητιδική επίκλυση (Παπανικολάου, 1986). Πιο συγκεκριμένα, στην Κεντρική Εύβοια απαντούν η Υποπελαγονική ενότητα, η ύπαρξη της οποίας περιορίζεται στο Τριαδικό-Ανω Ιουρασικό, ενώ μετά την Κενομάνια επίκλυση εντάσσεται στην ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας.

Η Υποπελαγονική ενότητα στον Ελλαδικό χώρο έχει ένα Παλαιοζωϊκό κρυσταλλικό υπόβαθρο (Μουντράκης, 1985), το οποίο εμφανίζεται στις περιοχές της Βόρειας Εύβοιας και Στροπώνων-Μετοχίου της Κεντρικής Εύβοιας. Η ηλικία των σχηματισμών του υποβάθρου είναι προμεσολιθιανθρακοφόρα και αυτό πιστοποιείται από τα απολιθώματα που βρέθηκαν στους υπερκείμενους Νεοπαλαιοζωϊκούς στην Κεντρική Εύβοια. Στη Βόρεια Εύβοια το πάχος του υποβάθρου φθάνει τα 800 m. Είναι κυρίως βιοτιτικοί και διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι και γνευσιοσχιστόλιθοι, που κατά θέσεις μεταπίπτουν σε μιγματίτες. Στην Κεντρική Εύβοια απαντούν ενστρώσεις λευκών μαρμάρων, σε αντίθεση με τη Βόρεια Εύβοια, όπου απουσιάζουν παντελώς τα ανθρακικά πετρώματα (Κατσικάτσος, 1992).

Η λιθοστρωματογραφία της υποπελαγονικής ενότητας στην Κεντρική και Βόρεια Εύβοια, από τα παλαιότερα προς τα νεότερα στρώματα αποτελείται από (Κατσικάτσος κ.α., 1981, Κατσικάτσος, 1992):

- **Κλαστικά πετρώματα με ενστρώσεις ασβεστολίθων:** Πρόκειται κυρίως για Νεοπαλαιοζωϊκούς κλαστικούς σχηματισμούς, λίγο ή καθόλου μεταμορφωμένους που

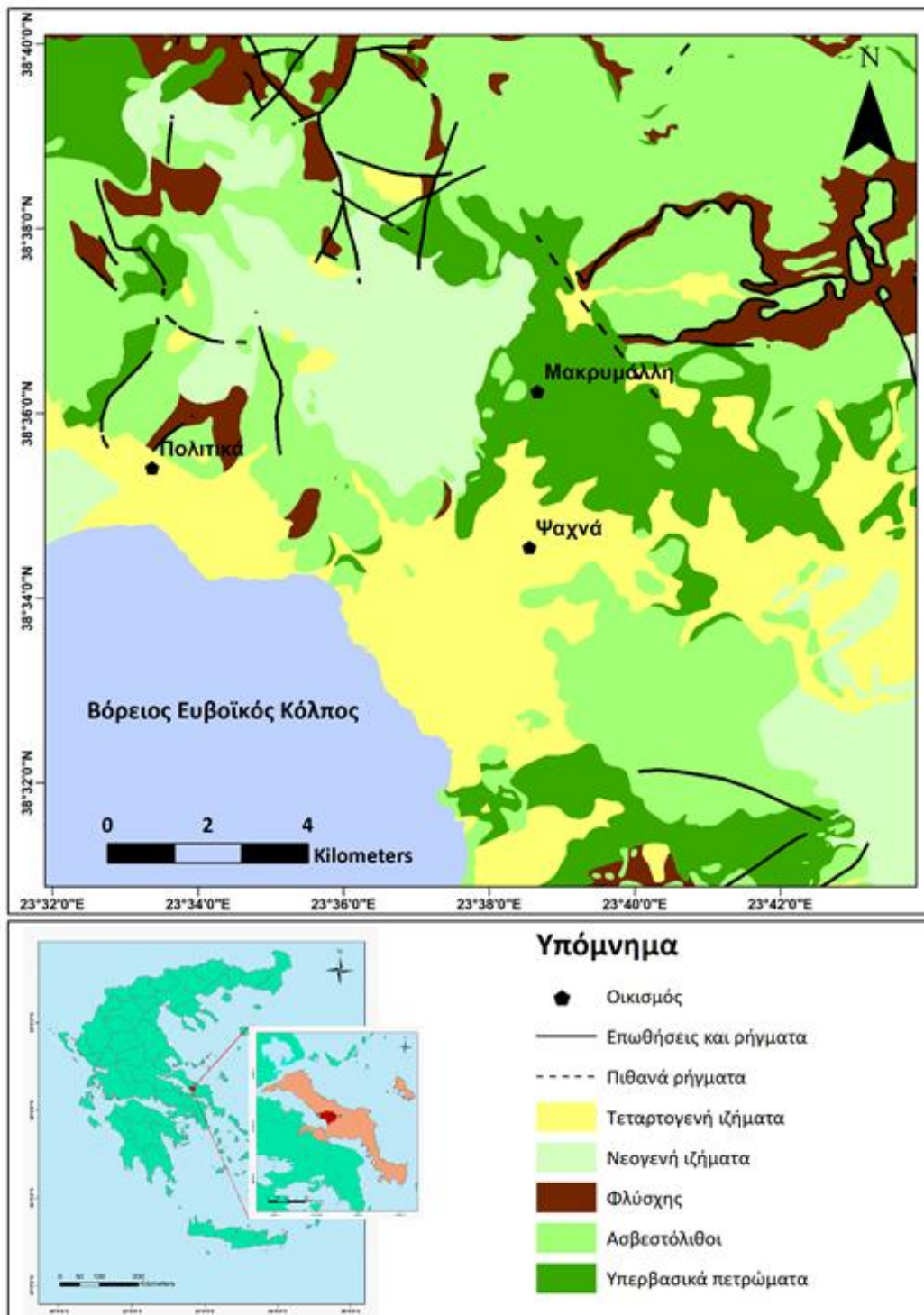
βρίσκονται με ασυμφωνία επίκλυσης πάνω στο κρυσταλλικό υπόβαθρο. Το πάχος τους φτάνει σε μερικές περιοχές, πολλές εκατοντάδες μέτρα. Η επίκλυση αυτή γίνεται άλλοτε στο Λιθανθρακοφόρο (Κεντρική Εύβοια) και άλλοτε στο Πέρμιο (Βόρεια Εύβοια). Στην Κεντρική Εύβοια απαντούν μέσο-ανωλιθανθρακοφόροι σχηματισμοί με σχιστοψαμμίτες και σερικιτικούς σχιστόλιθους, μεγάλου πάχους (700 m) και κλαστικά πετρώματα με πολλές ανθρακικές ενστρώσεις του Περμίου. Στη Βόρεια Εύβοια εμφανίζονται ψαμμίτες, αρκόζες, αργιλικό σχιστόλιθοι, με ανθρακικές ενστρώσεις του Περμίου, που το πάχος τους κυμαίνεται από 0 έως 400 m, λόγω της ανισόπαχης απόθεσης και διάβρωσής τους που έλαβε χώρα κατά το Κατώτερο Τριαδικό.

- **Κλαστικοί σχηματισμοί, πυριγενή πετρώματα και ασβεστόλιθοι:** Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από : α) αργιλοψαμμιτικά πετρώματα, β) βασικά πυριγενή πετρώματα με τόφφους, που είναι κατά κανόνα υποθαλάσσιες εκχύσεις βασαλτικού μάγματος και γ) νηριτικούς ασβεστόλιθους. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν ηλικία Κατώτερου–Μέσου Τριαδικού, με πάχος που –κατά περιπτώσεις- ξεπερνά τα 500 m και βρίσκονται σε ασυμφωνία επίκλυσης πάνω στους παλαιότερους σχηματισμούς.
- **Ασβεστόλιθοι και δολομίτες:** Πρόκειται για ανθρακικά ιζήματα μεγάλου πάχους, πολλές φορές μεγαλύτερου από 1000 m, που έχουν αποθεθεί σε αβαθή θάλασσα, η οποία αποτελούσε μια εκτεταμένη υποθαλάσσια πλατφόρμα, ηλικίας Μέσου Τριαδικού–Ανώτερου Ιουρασικού.
- **Οφιόλιθοι:** Βρίσκονται επωθημένοι πάνω στους προηγούμενους σχηματισμούς, που συνοδεύονται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας, συμπεριλαμβανομένων και των σχηματισμών της Μαλιακής ενότητας και γενικότερα του Ηωκαινικού τεκτονικού καλύμματος. Το τεκτονικό κάλυμμα που έχει ονομαστεί και Ηωελληνικό τεκτονικό (Jacobshagen et al., 1976) περιλαμβάνει σχηματισμούς ωκεάνιας προέλευσης, από οφιολιθικά πετρώματα και ιζήματα βαθιάς θάλασσας, που στο σύνολο τους αποτελούν ένα πρώιμο τεκτονικό κάλυμμα επωθημένο πάνω στην ανθρακική πλατφόρμα της Πελαγονικής ζώνης. Εκτεταμένες είναι οι εμφανίσεις του Ηωελληνικού τεκτονικού καλύμματος στην Κεντρική και Βόρεια Εύβοια. Οι οφιολιθικές μάζες με τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας που δημιουργήθηκαν με το κλείσιμο του ωκεανού της Αλμωπίας, σχεδόν στο σύνολό τους έχουν διαβρωθεί. Οι επωθημένοι σχηματισμοί διακρίνονται στους εξής επί μέρους: α) ηφαιστειοϊζηματογενείς β) μάζες υπερβασικών γ) διάφορες σειρές Τριαδικών-Ιουρασικών σχηματισμών βαθιάς θάλασσας. Όσον αφορά το οφιολιθικό κάλυμμα, παρά την προανωκρητιδική διάβρωσή του εμφανίζεται ιδιαίτερα

εκτεταμένο στην Εύβοια. Οι οφιολιθικές αυτές μάζες συνίστανται κυρίως από σερπεντινωμένους περιδοτίτες, οι οποίοι εγκλείουν κοιτάσματα λευκόλιθου.

- **Ασβεστόλιθοι:** Η έναρξη της απόθεσής τους χρονολογείται στο Κενομάνιο και συνεχίστηκε μέχρι και το Μαιστρίχτιο (ολόκληρο το Ανώτερο Κρητιδικό). Το πάχος τους κυμαίνεται από 150 έως 600 m. Στην Κεντρική Εύβοια, στη βάση των επικλυσιγενών ασβεστολίθων, απαντούν μεγάλα κοιτάσματα και εμφανίσεις Fe-Ni-ούχου μεταλλεύματος.
- **Φλύσχη:** Οι μαιστρίχτιοι ασβεστόλιθοι μεταβαίνουν βαθμιαία προς τα πάνω σε ιζήματα του φλύσχη, τα οποία συνίστανται κυρίως από συμπαγείς μάργες, που μεταπίπτουν σε μαργαϊκούς ψαμμίτες και ψαμμίτες.
- **Νεογενή ιζήματα:** Πρόκειται για λιμναία ιζήματα που εγκλείουν λιγνιτικά κοιτάσματα. Συνίστανται κυρίως από μάργες, οι οποίες εναλλάσσονται με αργίλους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή.
- **Τεταρτογενή ιζήματα:** Πρόκειται για αλλουβιακές αποθέσεις και πλευρικά κορήματα περιορισμένης έκτασης και με μικρό πάχος. Αποτελούνται από συνεκτικά κροκαλοπαγή, αργιλικά υλικά, ασύνδετες κροκάλες και χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά ασβεστολιθικής και οφιολιθική προέλευσης, αναπτύσσονται στις κοιλάδες και στις πεδινές περιοχές (Κατσικάτσος κ.α., 1981).

Στην εικόνα 3.7 παρουσιάζεται ο απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, που περιλαμβάνει τους γεωλογικούς σχηματισμούς που περιγράφηκαν παραπάνω αναλυτικά. Στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών απαντούν κυρίως ανθρακικοί σχηματισμοί, υπερβασικά μέλη οφιολιθικών συμπλεγμάτων, φλύσχη και μεταλικοί σχηματισμοί. Πάνω στα ανθρακικά πετρώματα της περιοχής βρίσκονται τεκτονικά επωθημένες έντονα διαμελισμένες μάζες υπερβασικών πετρωμάτων. Πρόκειται για χαρτζβουργίτες, οι οποίοι στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι σερπεντινωμένοι καθώς και μικρές εμφανίσεις λερζόλιθων. Μέσα σε αυτά τα πετρώματα περιέχονται και εξαλλοιωμένοι δουνίτες. Οι σημαντικότεροι υπερβασικοί σχηματισμοί απαντούν στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της νήσου Εύβοιας (Γκάρτζος κ.α., 1994). Υπερκείμενοι των υπερβασικών πετρωμάτων απαντούν οι Ανωκρητιδικοί επικλυσιγενείς ασβεστόλιθοι.



Εικόνα 3.7 - Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (Κατσικάτσος κ.α., 1981).

3.2.3 Τεκτονική

Με βάση τη γεωτεκτονική εξέλιξη της περιοχής, μετά την απόθεση των Ανωτριάδικών – Μεσοϊουρασικών ασβεστολίθων έλαβε χώρα μεγάλη ορογενετική κίνηση, η οποία είχε ως

αποτέλεσμα την πτύχωση των στρωμάτων και την εφίπλευση του Νεοπαλαιοζωϊκού – Κατωτριάδικου σχιστοψαμμιτικού συστήματος στα ανθρακικά πετρώματα. Κατά το Κιμμερίδιο – Τιθώνιο έχουμε επίκλυση της θάλασσας και απόθεση ασβεστολιθικών πετρωμάτων, τα οποία σε μερικές περιοχές καλύπτουν κοιτάσματα βωξίτη, ο οποίος σχηματίζεται σε έγκοιλα υποκείμενων ασβεστολίθων.

Η βαθιά θάλασσα δέχεται υλικά τα οποία διαμορφώνουν ένα σύμπλεγμα σχιστοκερατολιθικό στο οποίο παρεμβάλλονται ενστρώσεις ψαμμιτών και ασβεστολίθων. Στο κατώτερο Κρητιδικό σημειώνεται έκχυση λαβών (οφιολίθων) οι οποίες μαζί με τις αποθέσεις της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης αποτελούν το «ηωελληνικό κάλυμμα». Στην περιοχή ενδιαφέροντος τα καλύμματα αυτά επωθούνται στους Τριαδικούς – Μέσο Ιουρασικούς ασβεστόλιθους (Αλμπαντάκης, 1974).

Έπειτα από νέα ορογένεση της περιοχής κατά την περίοδο του Κρητιδικού λαμβάνει χώρα νέα επίκλυση της θάλασσας και απόθεση ασβεστολίθων οι οποίοι καλύπτουν κατά περιοχές Fe-Ni-ούχα κοιτάσματα. Το διάστημα μεταξύ Μαιστριχτίου – Ηωκαίνου αποτίθεται φλύσχης και ακολουθεί νέα ορογενετική κίνηση, η περιοχή χερσεύει και δημιουργούνται πτυχώσεις οι οποίες σε ορισμένες περιοχές (π.χ. Μακρυμάλλη) εξελίσσονται σε επωθήσεις μαζών Ανωκρητιδικών ασβεστολίθων πάνω σε φλύσχη με μορφή τεκτονικών καλυμμάτων (Βραχάτης και Γρηγόρης, 1994). Μετά το τέλος του κύκλου της αλπικής ορογένεσης ακολουθεί περίοδος χαλάρωσης των τεκτονικών πιέσεων, γεγονός που οδηγεί σε πολλαπλή διάρρηξη της περιοχής και δημιουργία τεκτονικών κεράτων και τεκτονικών τάφρων (Αλμπαντάκης, 1974, Αλμπαντάκης, 1984).

Οι τεκτονικές τάφροι μετατράπηκαν σε λίμνες, στις οποίες συγκεντρώθηκαν προϊόντα διάβρωσης, τα οποία συνιστούν σήμερα τα ιζήματα των λιγνιτοφόρων λεκανών του Νεογενούς που απαντούν στην περιοχή. Με τη έναρξη του Τεταρτογενούς, αποτέθηκαν οι Πλειστοκαινικές αποθέσεις και στη συνέχεια κατά το Ολόκαινο, συγκεντρώθηκαν οι αλλουβιακές προσχωματικές αποθέσεις των πεδιάδων, των κοιλάδων και των κλειστών λεκανών της περιοχής.

Όπως προαναφέρθηκε κατά τις διάφορες περιόδους της γεωλογικής της εξέλιξης, η περιοχή έχει υποστεί έντονο τεκτονισμό, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη εφίπλευσεων, επωθήσεων και ρηγμάτων.

Η αλπική τεκτονική δομή είναι πολύπλοκη και εκτός από τη μεγάλη τεκτονική γραμμή της επώθησης των οφιολίθων εντοπίζονται και ζώνες μεγάλης κλίμακας στους αλπικούς σχηματισμούς, δημιουργώντας λεπιώσεις και τοπικά φαινόμενα επωθήσεων. Οι επιφάνειες

αυτές διακόπτονται και τεμαχίζονται από ένα μεγάλο πλήθος ρηγμάτων μικρής αλλά και μεγάλης κλίμακας.

Η τεκτονική διαμόρφωση της περιοχής καθορίζεται από ρήγματα που αναπτύσσονται κυρίως με διευθύνσεις Β/ΒΔ-Ν/ΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ (Αλμπαντάκης, 1974, Βραχάτης και Γρηγόρης, 1994). Τα ρήγματα με διεύθυνση Β/ΒΔ-Ν/ΝΑ έχουν παρατηρηθεί και σε πλειστοκαινικούς σχηματισμούς, γεγονός που δείχνει ότι αυτά πιθανόν να είναι και τα νεώτερα. Στην περιοχή απαντούν και παλαιότερες τεκτονικές δομές (Αλμπαντάκης, 1984).

Κατά το μεταλπικό στάδιο, οι τεκτονικές κινήσεις είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία κατακόρυφων ρηγμάτων ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσεως. Οι Μειοκαινικές διαρρήξεις συνέβαλαν στο σχηματισμό λεκανών, εντός των οποίων αποτέθηκαν κυρίως κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες και άργιλοι με τοπικά κοιτάσματα λιγνιτών. Τα τεταρτογενή ρήγματα προκάλεσαν ανύψωση μερικών περιοχών και την καταβύθιση άλλων, με αποτέλεσμα σε κάποιες περιοχές τα Νεογενή ιζήματα να παρατηρούνται σε υψόμετρο 600 έως 700 m (Αλμπαντάκης, 1974).

Ο ρηματογόμος τεκτονισμός ελέγχει την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου και καθορίζει σε πολύ σημαντικό βαθμό τις συνθήκες ανάπτυξης της υπόγειας καρστικής υδροφορίας. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των καρστικών αγωγών και η διαμόρφωση του επιπέδου βάσης του κάρστ, ελέγχονται από τον τεκτονισμό της περιοχής.

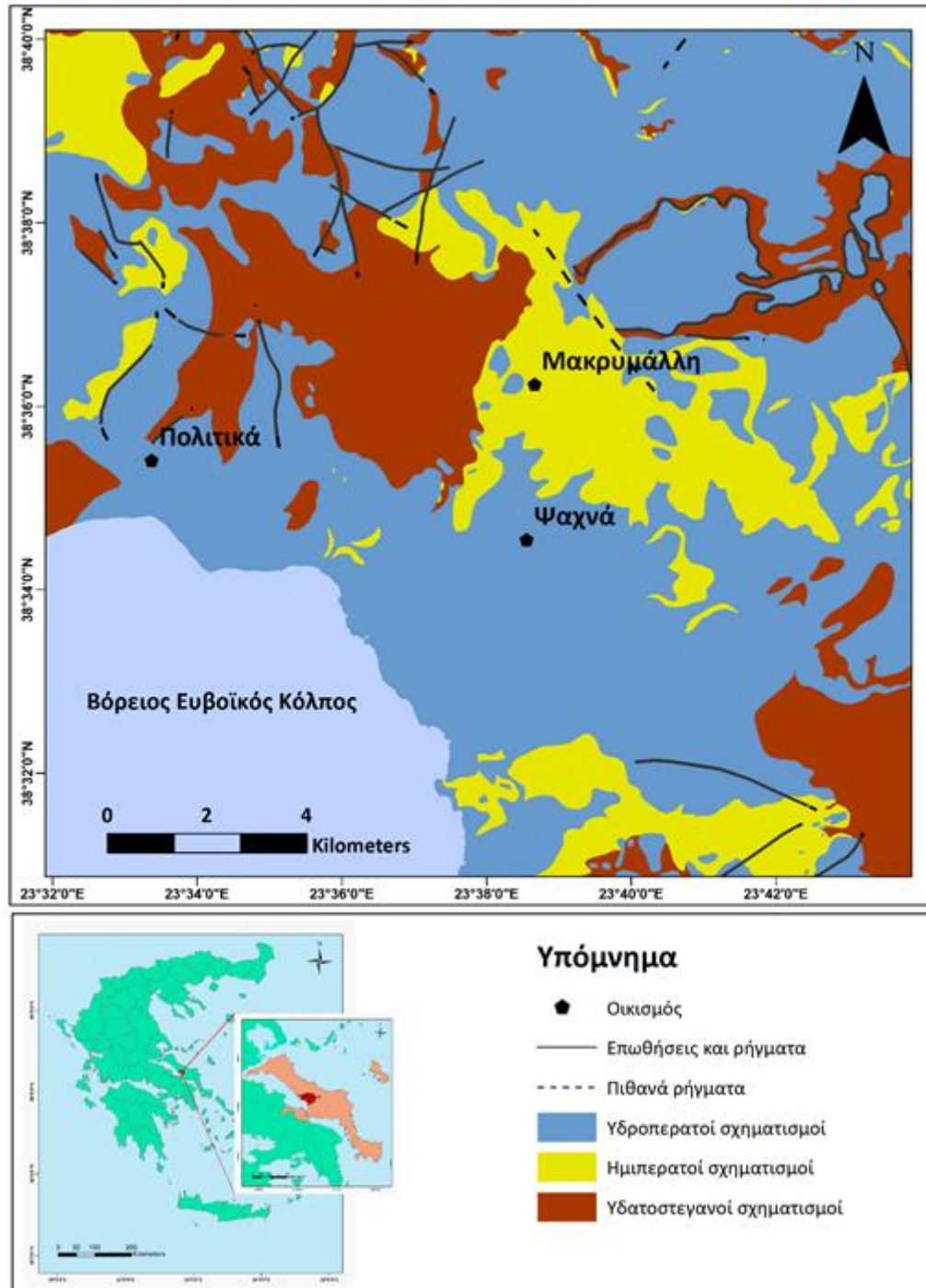
3.2.4 Υδρογεωλογία

Με βάση την υδρογεωλογική συμπεριφορά τους, οι σχηματισμοί της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, διακρίνονται σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και υδατοστεγανούς σχηματισμούς (Τσιούμας και Ζόραπας, 2004, Δάνδολος και Ζόραπας, 2010). Στην εικόνα 3.8 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή τους:

- Στους **υδροπερατούς σχηματισμούς** ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις του Τεταρτογενούς, οι ψαμμίτες του Νεογενούς, τα κροκαλοπαγή, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και οι μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι. Στις τεταρτογενείς αποθέσεις, που συναντώνται σε μεγάλα υψόμετρα και έχουν ως υπόβαθρο υδατοστεγανούς σχηματισμούς διαμορφώνονται υδροφόροι ορίζοντες μικρής δυναμικότητας, λόγω των μικρών διαστάσεων και της σύστασής τους. Οι υδροφόροι ορίζοντες που αναπτύσσονται στις τεταρτογενείς αποθέσεις είναι ελεύθεροι και ορισμένες φορές μεταπίπτουν σε υπό πίεση, λόγω της παρουσίας αργλικών υλικών. Οι ανθρακικοί

σχηματισμοί της λεκάνης είναι πετρώματα υψηλής υδροπερατότητας, έντονα καρστικοποιημένα. Οι Τριαδικοί-Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι λόγω της μεγάλης επιφανειακής έκτασής τους και της υψηλής υδροπερατότητάς τους, αποτελούν υπόγειους υδροφορείς μεγάλης δυναμικότητας. Σημαντικό ρόλο στη δυναμικότητα των υδροφόρων αυτών έχει η τεκτονική, η οποία έχει επηρεάσει την ανάπτυξη της καρστικοποίησης.

- Στους **ημιπερατούς σχηματισμούς** ανήκουν τα νεογενή ιζήματα, στα οποία παρατηρείται εναλλαγή αδρομερών και λεπτομερών στοιχείων και ο μανδύας αποσάθρωσης του σχηματισμού του φλύσχη και των οφιολίθων. Στα αδρομερή μέλη του Νεογενούς, που αποτελούνται από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και τα οποία εναλλάσσονται με υδατοστεγανά πετρώματα, όπως μάργες, αργίλους και αποσαθρωμένα τεμάχη φλύσχη και οφιολιθικών πετρωμάτων, αναπτύσσονται επάλληλοι, υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, μικρής έως μέτριας δυναμικότητας. Η απόδοση των υδροληπτικών έργων στους υδροφόρους αυτούς δεν είναι αρκετά ικανοποιητική, άλλα η ποιότητα των νερών είναι καλή.
- Στους **υδατοστεγανούς σχηματισμούς** ανήκουν τα νεογενή αργιλικά ιζήματα, ο φλύσχη και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Στις περιοχές, όπου ο φλύσχη και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιολίθους παρουσιάζουν έντονη διάρρηξη, χαρακτηρίζονται ημιπερατοί έως υδατοστεγανοί σχηματισμοί. Στο σύμπλεγμα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου κυριαρχούν οφιολίθοι, μπορεί να αναπτυχθεί υδροφόρος μικρής έως μέτριας δυναμικότητας, όταν ο σχηματισμός παρουσιάζει έντονη διάρρηξη λόγω δευτερογενούς πορώδους. Το βάθος του υδροφόρου ποικίλει κατά θέσεις, ανάλογα με το πάχος του μανδύα αποσάθρωσης του πετρώματος και του βαθμού διάρρηξης. Γενικά το βάθος της υδροφορίας, δεν είναι μεγάλο και σπάνια υπερβαίνει τα 50 m. Πολλά πηγάδια και γεωτρήσεις στη λεκάνη Ψαχνών εκμεταλλεύονται υδροφόρους που βρίσκονται είτε σε οφιολίθους, είτε σε τεταρτογενείς γεωλογικούς σχηματισμούς οφιολιθικής προέλευσης.



Εικόνα 3.8 - Υδρολιθολογικός χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Στην Κεντρική Εύβοια, αναπτύσσονται τρία μεγάλα υδροφόρα συστήματα:

- Το **καρστικό σύστημα Μαντουδίου**: Καταλαμβάνει τμήμα της ΒΑ Εύβοιας και έχει έκταση περίπου 115 km². Κατά τόπους, αναπτύσσονται πολύ αβαθείς υδροφόροι στις Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας έως χαμηλής δυναμικότητας.

Υποκείμενοι αυτών στην περιοχή Μαντουδίου βρίσκονται οι ανθρακικοί σχηματισμοί (ασβεστόλιθοι, δολομίτες) του Τριαδικού, οι οποίοι παρουσιάζουν έντονη υδροφορία. Τα πυριγενή πετρώματα και πιο συγκεκριμένα οι περιδοτίτες είναι πρακτικά μη υδατοστεγείς σχηματισμοί (μη κατακερματισμένο – μη διαβρωμένο υγιές πέτρωμα), αλλά λόγω του έντονου τεκτονισμού, παρουσιάζουν έντονο κατακερματισμό και ως εκ τούτου αναπτύσσουν δευτερογενές πορώδες. Συνεπώς, τοπικά εμφανίζουν ικανοποιητική υδροφορία, τροφοδοτούνται μέσω διηθήσεων από τους ποταμούς Νηλέα και Κηρέα, ενώ σε υψηλότερες τοπογραφικά περιοχές εκδηλώνονται εκφορτίσεις μέσω πηγών επαφής. Η διεύθυνση, της υπόγειας ροής των καρστικών υδροφόρων είναι από την ανατολή προς τη δύση και ΝΔ, οι υδροφόροι αυτοί μεταβαίνουν σε συνθήκες υπό πίεση. Η εποχική μεταβολή της πιεζομετρίας στους ανθρακικούς σχηματισμούς είναι πολύ μικρή, της τάξεως των μερικών μέτρων (Δάνδολος κ.α., 2010). Η κίνηση του υπογείου νερού υποδηλώνει τροφοδοσία, προς το κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης από τους καρστικούς σχηματισμούς προς τους ρωγμώδεις, όπου αναπτύσσεται υδροφορία μέσα στους οφιολίθους.

- Το **καρστικό σύστημα Δίρφους**: Καταλαμβάνει την κεντρική και βόρεια περιοχή της Εύβοιας και έχει έκταση περίπου 273 km². Κατά τόπους, αναπτύσσονται πολύ αβαθείς υδροφόροι στις Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις. Σε μεγαλύτερα βάθη, συναντώνται επάλληλοι καρστικοί υδροφόροι με ή χωρίς υδραυλική επικοινωνία. Οι ανάγκες των Δήμων Δίρφους, Μεσσαπίων, Χαλκίδας καλύπτονται από γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στη βάση του ορεινού όγκου. Το σύστημα υδροφόρων οριζόντων τροφοδοτείται κυρίως από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Οι απολήψεις είναι περί τα 10 hm³/γ. Οι γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί είναι υδρευτικές και περιορισμένος αριθμός αρδευτικών, με συνέπεια το σύστημα να μην δέχεται έντονη εκμετάλλευση. Το ισοζύγιο είναι πλεονασματικό και για το λόγο αυτό εμφανίζονται απορροές σε υδατορέματα και πλευρική τροφοδότηση υδροφόρων σε μικρότερα υψόμετρα (Δάνδολος κ.α., 2010). Η κίνηση του νερού πραγματοποιείται από τα κεντρικά προς τα ΒΑ της περιοχής μελέτης. Στα βόρεια της λεκάνης, η κίνηση έχει διεύθυνση από δυτικά προς ΒΑ.
- Το **κοκκώδες σύστημα των Ψαχνών**: Καταλαμβάνει την πεδινή έκταση των Ψαχνών και τη λοφώδη περιοχή στο βόρειο τμήμα της, με εμβαδόν περίπου 39 km². Στις αποθέσεις του Νεογενούς αναπτύσσεται υδροφορία, κυρίως στα κροκαλοπαγή, η οποία εκδηλώνεται με την εμφάνιση πηγών. Το υδατικό σύστημα τροφοδοτείται από

τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, από τις περιβάλλουσες ανθρακικές μάζες μέσω πλευρικής τροφοδοσίας και από διηθήσεις υδατορεμάτων, που διασχίζουν την περιοχή. Οι απολήψεις έχουν εκτιμηθεί περίπου σε $18 \text{ hm}^3 \text{ γ}^{-1}$ (Δάνδολος κ.α., 2010). Ο μεγάλος αριθμός αρδευτικών γεωτρήσεων και φρεάτων σε συνδυασμό με την έντονη γεωργική δραστηριότητα που αναπτύσσεται στην πεδινή περιοχή, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την πρόκληση θαλάσσιας διείσδυσης.

Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή μελέτης, ο προσχωματικός υδροφόρος αναπτύσσεται στην παράκτια ζώνη της υδρολογικής λεκάνης του Μεσάπιου ποταμού και η έκτασή του είναι περίπου $23,98 \text{ km}^2$. Ως προς τη μορφολογία, η περιοχή μπορεί να διαχωριστεί σε δύο τμήματα: α) στο χαμηλό πεδινό έως ημιορεινό τμήμα με ήπιο ανάγλυφο, το οποίο αναπτύσσεται από την παραλιακή ζώνη μέχρι βάθους και πέρα από 10 km στο εσωτερικό του νησιού και β) στο υψηλό ορεινό και με ισχυρό ανάγλυφο, το οποίο κατέχει τα απότομα πρηνή των ορεινών όγκων Κανδηλίου, Δίρφους και Ολύμπου και των μεταξύ αυτών λόφων. Στις τεταρτογενείς αποθέσεις, όπου αυτές παρουσιάζουν σημαντική ανάπτυξη, πάχος και αποτελούνται από αδρομερές υλικό, διαμορφώνονται προσχωματικοί υδροφόροι ορίζοντες, ικανοποιητικής απόδοσης.

Ο υδροφορέας, στην περιοχή μελέτης, είναι κυρίως ελεύθερος, αλλά τοπικά παρουσιάζεται σε συνθήκες υπο πίεση εξαιτίας της παρουσίας μαργών και αργίλων (Voutsis et al., 2015). Η φυσική τροφοδοσία των υπογείων νερών στη λεκάνη των Ψαχνών επιτυγχάνεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τις διηθήσεις από τις απορροές επιφανειακών χειμάρων και υδατορεμάτων, την υπόγεια πλευρική τροφοδοσία από τα παρακείμενα ανθρακικά συστήματα (από τμήμα του καρστικού συστήματος Δίρφους), και από τα ρωγματωμένα υπερβασικά πετρώματα (Τσιούμας και Ζόραπας, 2004, Δάνδολος και Ζόραπας, 2010). Η υδραυλική αγωγιμότητα του προσχωματικού υδροφορέα εκτιμήθηκε στα $1,1 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$ και ο συντελεστής υδαταγωγιμότητας στα $7 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (Gyftoulas et al., 2017). Το βάθος στάθμης του υδροφόρου, στην παράκτια ζώνη είναι μικρότερο των 10 m και το απόλυτο υψόμετρο στάθμης κυμαίνεται από $-0,8 \text{ m}$ έως $6,8 \text{ m}$ (Gyftoulas et al., 2017, βλπ. πιεζομετρικό χάρτη παράρτημα VII). Ειδικότερα, τα αβαθή τμήματα του υδροφόρου, εμφανίζουν αυξημένη τρωτότητα σε οποιοδήποτε ρυπαντικό φορτίο. Το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, σχετίζεται και με τις ιδιαίτερες οξειδωτικές συνθήκες που επικρατούν, ανάλογα με την επίδραση που λαμβάνει από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες αλλά και τις εδαφικές. Στον κάμπο των Ψαχνών, η κίνηση των νερών πραγματοποιείται από το κεντρικό τμήμα προς το ΝΔ της περιοχής.

Στα νότια του κάμπου των Ψαχνών, στο τμήμα που γειτνιάζει με τη θάλασσα, παρατηρείται θαλάσσια διείσδυση με υπόγειες στάθμες χαμηλότερες από το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας (Βασιλείου, 2013, Gyftoulas et al., 2017, βλπ. πιεζομετρικό χάρτη παράρτημα VII) που έχουν ως αποτέλεσμα την υφαλμύριση του παράκτιου υδροφορέα, όπως προκύπτει από τις υδροχημικές αναλύσεις των δειγμάτων, που συλλέχθηκαν, στο πλαίσιο άλλων ερευνών (Βασιλείου, 2013, Βασιλείου κ.α., 2014, Vasileiou et al., 2014, Voutsis et al., 2015, Remoundaki et al., 2016, Megremi et al., 2019, Parazotos et al., 2019a). Παράλληλα, τα υπόγεια νερά στον προσχωματικό υδροφόρο της Κεντρικής Εύβοιας παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- , Cr, και Cr^{6+} που στις περιπτώσεις των δύο πρώτων στοιχείων υπερβαίνουν τα όρια ποσιμότητας του ΠΟΥ (WHO, 2011) (Voutsis et al., 2015, Economou-Eliopoulos et al., 2013, Megremi et al., 2013, Remoundaki et al., 2016, Economou-Eliopoulos et al., 2017, Megremi et al., 2019, Parazotos et al., 2019a). Γενικά, ο προσχωματικός υδροφόρος βρίσκεται σε καθεστώς εντατικής εκμετάλλευσης, από την ύπαρξη του μεγάλου αριθμού αρδευτικών γεωτρήσεων και πηγαδιών (Δάνδολος κ.α., 2010).

3.2.5 Χρήσεις γης

Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης καλύπτεται από μεταβατικές δασώδεις εκτάσεις, δάση κωνοφόρων και αγροτικές καλλιέργειες (Corine, 2012). Τα κυριότερα προϊόντα που παράγονται από τις εκτεταμένες αγροτικές δραστηριότητες στον κάμπο των Ψαχνών Ευβοίας, σύμφωνα με στοιχεία του Οργανισμού Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΟΠΕΚΕΠΕ) (<https://www.opেকেpe.gr/el/>) είναι τα σιτηρά και τα κηπευτικά, ενώ τα δευτερεύοντα προϊόντα είναι ελιές-λάδι και όσπρια. Από επιτόπια έρευνα στην περιοχή μελέτης κατά τις περιόδους δειγματοληψίας, παρατηρήθηκαν σημαντικές καλλιέργειες από καρότα, πατάτες, μπρόκολα, κρεμμύδια και λάχανα (Parazotos et al., 2019a). Πιο συγκεκριμένα, στην ευρύτερη περιοχή επικρατούν οι καλλιέργειες κηπευτικών, περιμετρικά του κάμπου στα υψηλότερα σημεία, ΒΒΔ του κάμπου κυριαρχεί η ελαιοκαλλιέργεια, ενώ στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Τριάδα, Πισσώνας) συναντώνται κατά κύριο λόγο καλλιέργειες σιτηρών και κηπευτικών (Βασιλείου, 2013).

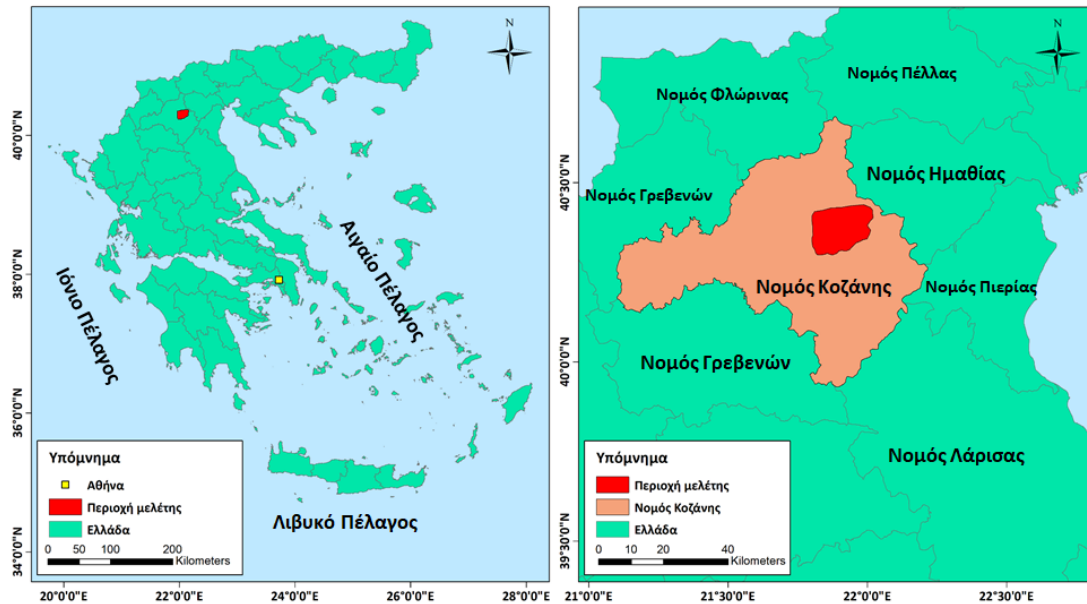
Στην περιοχή αυτή, λόγω των έντονων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, είναι ιδιαίτερα σημαντική η συγκριτική διερεύνηση της ποιότητας των υπόγειων νερών σε σχέση με αυτήν υπόγειων υδατικών συστημάτων που αναπτύσσονται σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν ανθρωπογενείς δραστηριότητες, προκειμένου να προσδιοριστεί ο βαθμός επίδρασης των

δραστηριοτήτων αυτών. Επιπλέον, στην περιοχή αυτή, υπάρχει σημαντική μεταλλευτική δραστηριότητα και εκμετάλλευση των Fe-Ni-ούχων κοιτασμάτων, η οποία έχει διαμορφώσει ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες (Μεγρεμή, 2010, Βασιλείου, 2013). Τέλος, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης υπάρχουν μεταλλευτικές λίμνες (Βασιλείου, 2013, Βασιλείου κ.α., 2014, Remoundaki et al., 2016), οι οποίες έχουν δημιουργηθεί μετά το πέρας της εκμετάλλευσης, από τις αποθέσεις των στείρων υλικών της εκσκαφής και του μεταλλεύματος χαμηλής περιεκτικότητας.

3.3 Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας

3.3.1 Γεωγραφία - Γεωμορφολογία

Η περιοχή της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας ανήκει στο νομό Κοζάνης, ο οποίος αποτελείται από 16 δήμους και απέχει από την Αθήνα περίπου 470 km. Η περιοχή μελέτης αποτελεί το νότιο τμήμα της λεκάνης Πτολεμαΐδας που είναι τμήμα μια μεγαλύτερης επιμήκους τεκτονικής τάφρου με ΒΔ-ΝΑ άξονα, μήκος μεγαλύτερο από 150 km και μέσο πλάτος περίπου 15 km, η οποία εκτείνεται από το Μοναστήρι (Βίτολα) της Βόρειας Μακεδονίας και φτάνει μέχρι την Κοζάνη στο νότο περιλαμβάνοντας σημαντικές πόλεις της Β. Ελλάδας (Αμύνταιο, Φλώρινα, Κοζάνη και Πτολεμαΐδα). Η λεκάνη Σαριγκιόλ αναπτύσσεται ανάμεσα σε μεγάλα ορεινά συγκροτήματα, όπως το Όρος Βέρμιο στα ανατολικά, το Όρος Άσκιο στα δυτικά και το Όρος Σκοπός στα νότια και βρίσκεται μεταξύ των γεωγραφικών γεωγραφικών πλατών 40 20'00 και 40 28'00'Β και των γεωγραφικών μηκών 21 46'00 και 22 40'00'Α, σύμφωνα με το παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του 1984 (WGS'84). Στην εικόνα 3.9 παρουσιάζεται η θέση της περιοχής της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας στον χάρτη της Ελλάδας.



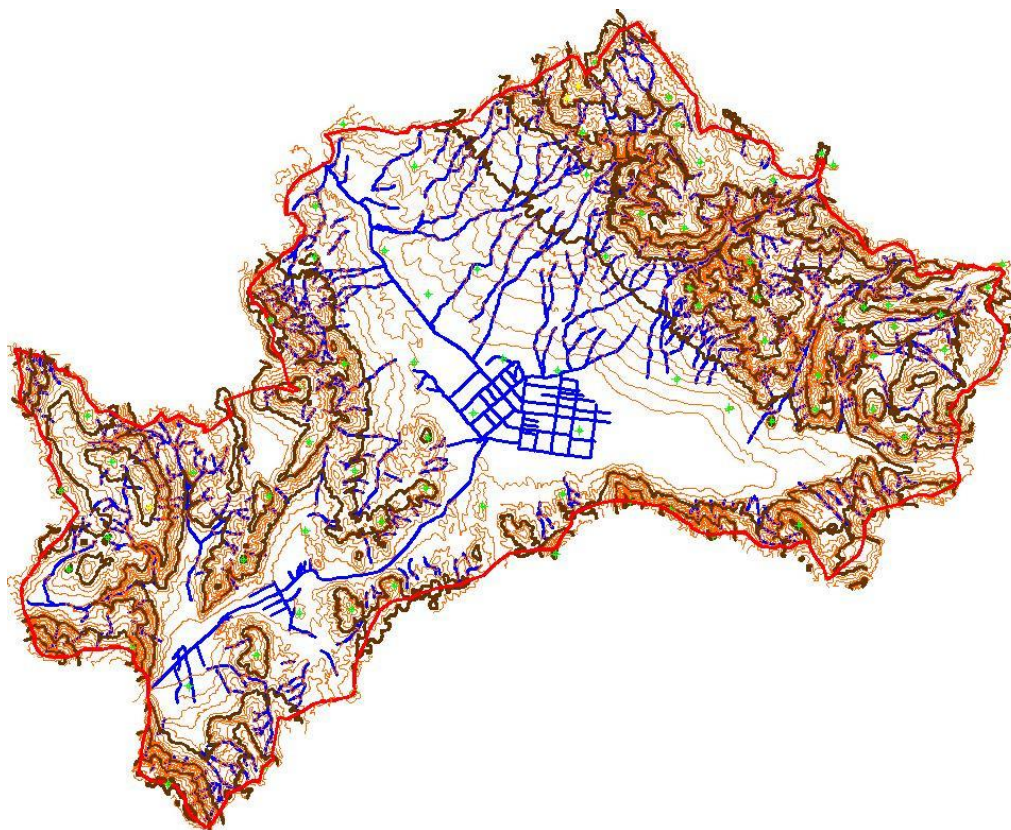
Εικόνα 3.9- Η θέση της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας στον χάρτη της Ελλάδας.

Η μορφολογία της Σαριγκιόλ είναι πολύ ομαλή, με υψόμετρα από 650 m έως 800 m, ενώ το κεντρικό τμήμα της είναι σχεδόν επίπεδο. Αντίθετα στις δύο παρειές της τάφρου, στα Όρη Βέρμιο και Άσκιο, τα υψόμετρα αυξάνουν απότομα. Το μέγιστο υψόμετρο της περιοχής βρίσκεται στο Όρος Βέρμιο σε υψόμετρο 1873 m. Στην κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, όπου σημειώνονται τα μικρότερα υψόμετρα, συσσωρεύονται οι περιορισμένες επιφανειακές απορροές, οι οποίες εξαιτίας των γεωλογικών συνθηκών είναι επαρκείς ώστε να σχηματίσουν ένα έλος, σημαντικής έκτασης. Για την εκμετάλλευση της έκτασης αυτής, έγιναν αποστραγγιστικά και αποξηραντικά έργα το 1954, δημιουργήθηκε ένα σύστημα αποστραγγιστικών τάφρων και η κεντρική αποχετευτική τάφρος (ρέμα) Σουλού, ώστε η κλειστή λεκάνη (πρώην έλος) Σαριγκιόλ να αποστραγγίζεται και τα νερά της να οδηγούνται δια μέσου της πεδιάδας της Πτολεμαΐδας, στη λίμνη Βεγορίτιδα. Το ρέμα Σουλού (στο τμήμα του στη λεκάνη Σαριγκιόλ) είναι ένα τεχνητό αποστραγγιστικό κανάλι και δεν προϋπήρχε ως ένα φυσικό ρέμα επιφανειακής απορροής. Οι απορροές του ρέματος Σουλού αντιπροσωπεύουν (Δημητρακόπουλος κ.α., 2001, Δημητρακόπουλος και Γρηγοράκου, 2010, Δημητρακόπουλος κ.α., 2014):

- τις επιφανειακές απορροές του χαμηλού τμήματος της λεκάνης, το οποίο αποστραγγίζεται με το δίκτυο των δευτερευουσών στραγγιστικών τάφρων, που καταλήγουν στην κεντρική αποστραγγιστική τάφρο – ρέμα Σουλού,
- τις αντλήσεις των αποστραγγιστικών γεωτρήσεων, που γίνονται για την προστασία του ορυχείου από την εισροή υπόγειων νερών,

- τις αντλήσεις των νερών που συγκεντρώνονται στα καλούμενα «επιφανειακά αντλιοστάσια» των ορυχείων. Πρόκειται για νερά που συγκεντρώνονται σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους στα βαθύτερα σημεία των ορυχείων, και τα οποία προέρχονται κυρίως από τα όμβρια νερά που απορρέουν από τις επιφάνειες των εκσκαφών και αποθέσεων και δευτερευόντως από υπόγεια νερά, που εισέρχονται στο χώρο εκσκαφής,
- τις απορρίψεις των ατμοηλεκτρικών σταθμών (ΑΗΣ), που αποτελούνται κυρίως από τα νερά ψύξης. Τα νερά που χρησιμοποιούνται στο κύκλωμα ψύξης των μονάδων, προέρχονται από το φράγμα Πολυφύτου και μετά τη χρήση τους απορρίπτονται σε ένα ποσοστό περίπου 30-35% στην τάφρο απαγωγής και καταλήγουν στο ρέμα Σουλού, ενώ το υπόλοιπό εξατμίζεται.

Το ρέμα Σουλού δεν δέχεται νερά απορροής από τα υψηλότερα – ορεινά τμήματα της λεκάνης και ως εκ τούτου δεν περιλαμβάνει τα νερά εκφόρτισης των φυσικών πηγών του ορεινού όγκου του Βερμίου. Τα νερά των χειμάρρων που κατεβαίνουν από το Βέρμιο διηθούνται είτε στους καρστικούς σχηματισμούς, είτε στα κορήματα της κοίτης τους και τα πλευρικά κορήματα της λεκάνης. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από τη μη εμφάνιση επιφανειακής απορροής του Βυζαντινού ρέματος και του Μεγάλου ρέματος που κατεβαίνουν στις περιοχές Ακρινής, Αγ. Δημητρίου και Τετραλόφου, ακόμη και μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Στο ρέμα Χαραυγής, στο Βέρμιο, έχουν κατασκευαστεί ένα μικρό φράγμα και μια τάφρος απορροής ανάντη της εξωτερικής απόθεσης του Νοτίου Πεδίου. Αυτά δεν έχουν συγκεντρώσει ποτέ νερά, ούτε έχουν εμφανιστεί σημάδια απορροής νερών. Τα νερά που κατεβαίνουν από τα ρέματα του Βερμίου διηθούνται στους γεωλογικούς σχηματισμούς και δεν φτάνουν στις περιοχές Αγ. Δημητρίου και Ακρινής (Εικόνα 3.10, Σπυρίδης, 2009).



Εικόνα 3.10 – Τοπογραφική απεικόνιση της λεκάνης Σαριγκιόλ και υδρογραφικό δίκτυο του ρέματος Σουλού και των ρεμάτων του Βερμίου. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται ο υδροκρίτης της λεκάνης απορροής, με μπλε το υδρογραφικό δίκτυο, με πράσινο τα σημεία με υψομετρική πληροφορία, με σκούρο καφέ οι κύριες και με ανοιχτό καφέ οι δευτερεύουσες ισούψεις (σχήμα άνευ κλίμακας) (Σπυρίδης, 2009).

3.3.2 Γεωλογία

Η περιοχή μελέτης ανήκει στον ευρύτερο χώρο της Πελαγονικής ζώνης. Μία λεπτομερής βιβλιογραφική αναδρομή, αποκαλύπτει μεγάλες αποκλίσεις, τόσο στην ορολογία όσο και στα γεωγραφικά όρια της “Πελαγονικής Ζώνης”. Ο Aubouin (1959) με τον όρο “Πελαγονική Ζώνη” αναφέρεται στο σύνολο των μεταμορφωμένων πετρωμάτων στο χώρο της Δυτικής Μακεδονίας, της Ανατολικής Θεσσαλίας, της Εύβοιας, της Αττικής και των Κυκλάδων, καθώς, επίσης, και στο υπερκείμενο ιζηματογενές κάλυμμα σχηματισμών, Νεοπαλαιοζωικής-Μεσοζωικής ηλικίας, των οποίων η ιζηματογένεση έλαβε χώρα σε ένα εκτεταμένο υποθαλάσσιο ύβωμα, το πελαγονικό ύβωμα, που παρεμβαλλόταν μεταξύ των υποθαλάσσιων αυλάκων του Αξιού, στα ανατολικά και της Πίνδου, στα δυτικά. Η Πελαγονική Ζώνη, στην περιοχή μελέτης, συνίσταται από το Παλαιοζωικό μεταμορφωμένο υπόβαθρο και το μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα, επάνω στα οποία βρίσκονται επωθημένοι οφιόλιθοι.

Στην περιοχή μελέτης, συναντώνται Μεσοζωικά πετρώματα, που αποτελούν τις ορεινές μάζες και το υπόβαθρο των χαμηλότερων εκτάσεων στις οποίες έχουν αποθεθεί μεγάλοι πάχους νεογενείς αποθέσεις, καθώς και τεταρτογενή υλικά αποσάθρωσης, σημαντικού ενίοτε πάχους, κυρίως στις παρυφές της λεκάνης Σαριγκιόλ στη Δυτική Μακεδονία. Στη συνέχεια, παρατίθεται η λιθοστρωματογραφία της περιοχής μελέτης από τους παλαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς (Αναστόπουλος και Κούκουζας, 1972, ΙΓΜΕ, 1980, Παυλίδης και Μουντράκης, 1986, Μουντράκης, 2010):

- **Ασβεστόλιθοι:** Πρόκειται για τεφρούς, κρυσταλλικούς ασβεστολίθους ηλικίας Τριαδικού – Κατώτερου Ιουρασικού, με καλή στρώση και παρεμβολές δολομιτών και δολομιτικών ασβεστόλιθων. Ο βαθμός ανακρυστάλλωσής τους ποικίλει από θέση σε θέση. Στα ανώτερα μέλη τους παρεμβάλλεται μία σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση μικρού πάχους που περιλαμβάνει σώματα οφιολίθων, η οποία στη συνέχεια μεταβαίνει πάλι σε τεφρούς – μελανότεφρους ασβεστόλιθους. Ο σχηματισμός αναπτύσσεται στην περιοχή του Όρους Ασκίου.

Επιπλέον, ίδιας ηλικίας σκοτεινοκύανοι ή τεφροί ασβεστόλιθοι με καλή στρώση και ποικίλο, βαθμό ανακρυστάλλωσης εμφανίζονται στο κεντρικό και ΝΑ Βέρμιο και στο Όρος Σκοπός. Εμφανίζονται είτε με καλή στρώση, είτε χωρίς στρώση λόγω τεκτονισμού και το πάχος του σχηματισμού είναι περίπου 1000 m. Περιλαμβάνουν πολυάριθμους οριζόντες λατυποποιημένων ασβεστόλιθων ερυθρωπού χρώματος, όπως επίσης και οριζόντες συμπαγών μαύρων δολομιτικών ασβεστόλιθων. Στους ανώτερους οριζόντες, αναπτύσσονται έντονα ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι με στρώση συχνά λιγότερο σαφή και γενικά πιο ανοικτόχρωμοι. Οριζόντες αδρόκοκκων και λατυποποιημένων ασβεστόλιθων, με ερυθρωπή συνδετική ύλη ξαναβρίσκονται και μέσα σε αυτή την ανώτερη σειρά.

- **Οφιόλιθοι:** Αποτελούνται από ένα σύστημα, χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης, σχιστολίθων, ιλυολίθων και μικροκροκαλοπαγών, που είναι σε επαφή με τους σερπεντινίτες. Στο σύστημα, αυτό, απαντούν ενστρώσεις όξινων σχιστωδών πετρωμάτων με μεταμορφικά ορυκτά, μεταξύ των σερπεντινιτών, καθώς και ημιμεταμορφωμένοι σχιστόλιθοι, επάλληλα εναλλασσόμενες τράπεζες σχιστολίθων και μαρμάρων και κερατολιθικοί όγκοι με διάφορες αποχρώσεις μέσα στους σχιστόλιθους. Οι οφιοίλιθοι είναι Ιουρασικής ηλικίας και συνίστανται από μερικούς όγκους περιδοτιτών, ενώ οι λοιπές εμφανίσεις συνίστανται από σερπεντινίτες. Το σύστημα συναντάται, τόσο στην περιοχή της Κοζάνης (Δρέπανο), όσο και στο Όρος Βέρμιο. Η εμφάνιση των υπερβασικών πετρωμάτων στην περιοχή του Αγίου

Δημητρίου, χαρακτηρίζεται από έντονο βαθμό σερπεντινίωσης. Το πάχος του συστήματος σχιστοκερατολίθων–οφιολίθων ποικίλει από θέση σε θέση, τόσο λόγω του τρόπου γένεσης του, όσο και του γεγονότος ότι μετά το πέρας του σχηματισμού του μέσα σε θαλάσσιο περιβάλλον, ανυψώθηκε, αποτέλεσε επιφάνεια ξηράς και υπέστη τις αποσαθρωτικές και διαβρωτικές διεργασίες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για τους λόγους αυτούς, το σύστημα δεν αποτελεί συνεχόμενο στρωματογραφικό ορίζοντα.

- **Κροκαλοπαγή και ασβεστόλιθοι βασικής σειράς επικλύσεως:** Πολυγενετικά κροκαλοπαγή με βιολετί ή ερυθρωπό συνδετικό υλικό, που συνίστανται από οφιολιθικές και ασβεστολιθικές κροκάλες, συνήθως μεγάλου μεγέθους ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού (Κενομάνιο-Τουρώνιο). Αναπτύσσονται στο Όρος Βέρμιο με το πάχος τους όμως να μειώνεται στα ανατολικά και τα δυτικά. Οι ασβεστόλιθοι διακρίνονται σε κλαστικούς, λεπτοπλακώδεις με τεφροπράσινο χρώμα, σε κονδυλώδεις σκουρόχρωμους με ίχνη γαστεροπόδων και σε μαργαϊκούς κιτρινόχρωμους. Τόσο τα κροκαλοπαγή όσο και οι ασβεστόλιθοι είναι κατά θέσεις ανακρυσταλλωμένοι.
- **Ασβεστόλιθοι:** Νηριτικοί ανθρακικοί σχηματισμοί με ποικιλία χρώσεων ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού (Τουρώνιο-Μαιστρίχτιο). Οι παραλλαγές της ιζηματογένεσης είναι σημαντικές από θέση σε θέση. Στο Όρος Βέρμιο συναντώνται προς τη βάση, σκοτεινότεφροι πλακώδεις ασβεστόλιθοι που μεταβαίνουν προς τα πάνω σε συμπαγείς ασβεστόλιθους με θραύσματα ρουδιστών. Ακολουθούν ασβεστόλιθοι με πολλά ίχνη γαστεροπόδων και η σειρά κλείνει με λεπτοκλαστικούς πλακώδεις, τεφρού χρώματος, ασβεστόλιθους, με φακοειδείς ενστρώσεις ψαμμιτών και αργιλικών σχιστόλιθων. Κύριες εμφανίσεις απαντούν στο Όρος Βέρμιο και στην περιοχή της Κοζάνης.
- **Φλύσσης:** Χονδροκλαστικός σχηματισμός, ηλικίας Ανώτερου Μαιστρίχτιου, στη βάση του οποίου απαντούν μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι μετάβασης προς την υποκείμενη ανθρακική σειρά. Προς τα πάνω, συναντώνται στρώματα ψαμμιτών και κροκαλοπαγών με σπάνιους φακούς ασβεστόλιθων. Τα κροκαλοπαγή συνίστανται από κροκάλες διάφορων πετρωμάτων, αλλά επικρατούν εκείνες από μεταμορφωμένα πετρώματα. Τυπικές εμφανίσεις φλύσση συναντώνται στο Βέρμιο και στην περιοχή της Κοζάνης.
- **Κροκαλοπαγή και λατυποπαγή:** Κλαστικός σχηματισμός, που αποτελείται από ασβεστολιθικά λατυποπαγή με πολύ μεγάλη συνεκτικότητα και από κροκαλοπαγή με

μεγάλες κροκάλες από κρυσταλλικά πετρώματα, ηλικίας Κατώτερου Μειοκαινού. Τα κροκαλοπαγή αντιστοιχούν σε παλιές προσχώσεις χειμάρρων, με πιθανή κατεύθυνση ροής από Νότο προς Βορρά. Οι εμφανίσεις τους είναι μεμονωμένες, ΒΑ του Όρους Σκοπού και ΝΔ του Όρους Βερμίου. Σύμφωνα με τους Κούκουζα κ.α. (1979) και Metaxas et al. (2007), τα ιζήματα της λεκάνης Σαριγκιόλ έχουν ποταμοχειμάρρια προέλευση. Επομένως, κατά καιρούς ανάλογα με τη ροή των νερών και τις μεταβολές της κοίτης των χειμάρρων αποτίθενται διαφορετικά υλικά που προέρχονται από τη διάβρωση διαφορετικών σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό υλικών, σε διάφορες (κοντινές) θέσεις. Στη συνέχεια, οι χείμαρροι τη μία χρονική περίοδο τροφοδοτούσαν τα ιζήματα με νερά πλούσια σε Ca^{2+} (στην περίπτωση που είχαν αλληλεπιδράσει με ανθρακικά πετρώματα) και την άλλη περίοδο με νερά πλούσια σε Mg^{2+} (στην περίπτωση που είχαν περάσει από υπερβασικά πετρώματα).

- **Νεογενή ιζήματα:** Η ηλικία των Νεογενών ιζημάτων είναι Ανώτερο Μειόκαινο-Ανώτερο Πλειόκαινο. Αυτά είναι: α) Μάργες, άργιλοι, άμμοι, λιγνίτες που εμφανίζονται επιφανειακά μόνο σε λίγες θέσεις στο ΒΔ τμήμα της νότιας λεκάνης της Πτολεμαΐδας, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης καλύπτονται από τεταρτογενείς σχηματισμούς, β) η ανώτερη σειρά η οποία περιλαμβάνει: i) την ανώτερη στιβάδα των κιτρινόφαιων λεπτομερών κλαστικών ιζημάτων και μερικών αδρομερών, που αποτελείται κυρίως από εναλλασσόμενες στρώσεις ασβεστούχων άμμων, αργίλων, αμμούχων μαργών, αλλά και πολλών λεπτών φακοειδών διαστρώσεων ψαμμιτών, ψηφιδοπαγών και μαργαϊκών ασβεστολίθων ii) τη στιβάδα των πρασινότεφρων αργιλομαργαϊκών ιζημάτων, που αποτελείται από αμμούχες αργίλους και ιλυομιγείς αργιλούχες μάργες (Αναστόπουλος και Κούκουζας, 1972), iii) τη λιγνιτοφόρο σειρά, η οποία δημιουργήθηκε κατά το Αν. Μειόκαινο - Πλειόκαινο. Τη σειρά αυτή συνθέτουν τρεις στιβάδες: η ανώτερη και η κατώτερη περιλαμβάνουν τα λιγνιτοφόρα στρώματα και η ενδιάμεση, πάχους περί τα 15 m, αποτελείται από αμμούχες μάργες με σπάνιες ενστρώσεις αργίλων και συχνές ενστρώσεις από λιμναίες κρητίδες. Η ανώτερη λιγνιτοφόρος στιβάδα αποτελείται από 9-10 στρώματα λιγνίτη, πάχους λίγων εκατοστών έως 2 m, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται ενστρώσεις αργίλων, μαργών και κρητίδας. Το μέγιστο συνολικό πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων ανέρχεται σε 10 m και της στιβάδας σε 40 m. Η κατώτερη λιγνιτοφόρος στιβάδα αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα λιγνίτη, αργίλων και μαργών, ποικίλου πάχους. Εντός αυτών, εντοπίζονται δύο χαρακτηριστικές ενδιαστρώσεις από άμμο και λιμναία κρητίδα, με το χαρακτηριστικό απολίθωμα

Neritina, οι οποίες αποτελούν καθοδηγητικούς ορίζοντες για τον εντοπισμό ρηγμάτων στο κοίτασμα. Το μέγιστο συνολικό πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων στη στιβάδα αυτή ανέρχεται σε 55 m και ολόκληρης της στιβάδας σε 80 m. Ο τρόπος σχηματισμού του λιγνίτη είναι ο ίδιος σε όλη τη λεκάνη Σαριγκιόλ (Αναστόπουλος και Κούκουζας, 1972), και iv) την κατώτερη υποκείμενη των λιγνιτών σειρά, ηλικίας Αν. Μειοκαίνου, που αποτελείται στους ανώτερους ορίζοντες από αργιλούχες μάργες κατά τύπους αμμούχες, με φακοειδείς διαστρώσεις μαργαϊκού ασβεστολίθου, συνολικού πάχους 90 m. Βαθύτερα μέχρι και 110 m, έχουν διαπιστωθεί αμμώδεις άργιλοι, με μαργαϊκές ενστρώσεις (Αναστόπουλος και Κούκουζας, 1972).

- **Τεταρτογενή ιζήματα:** Καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης και χωρίζονται στους σχηματισμούς Πλειστοκαινικής και Ολοκαινικής ηλικίας.

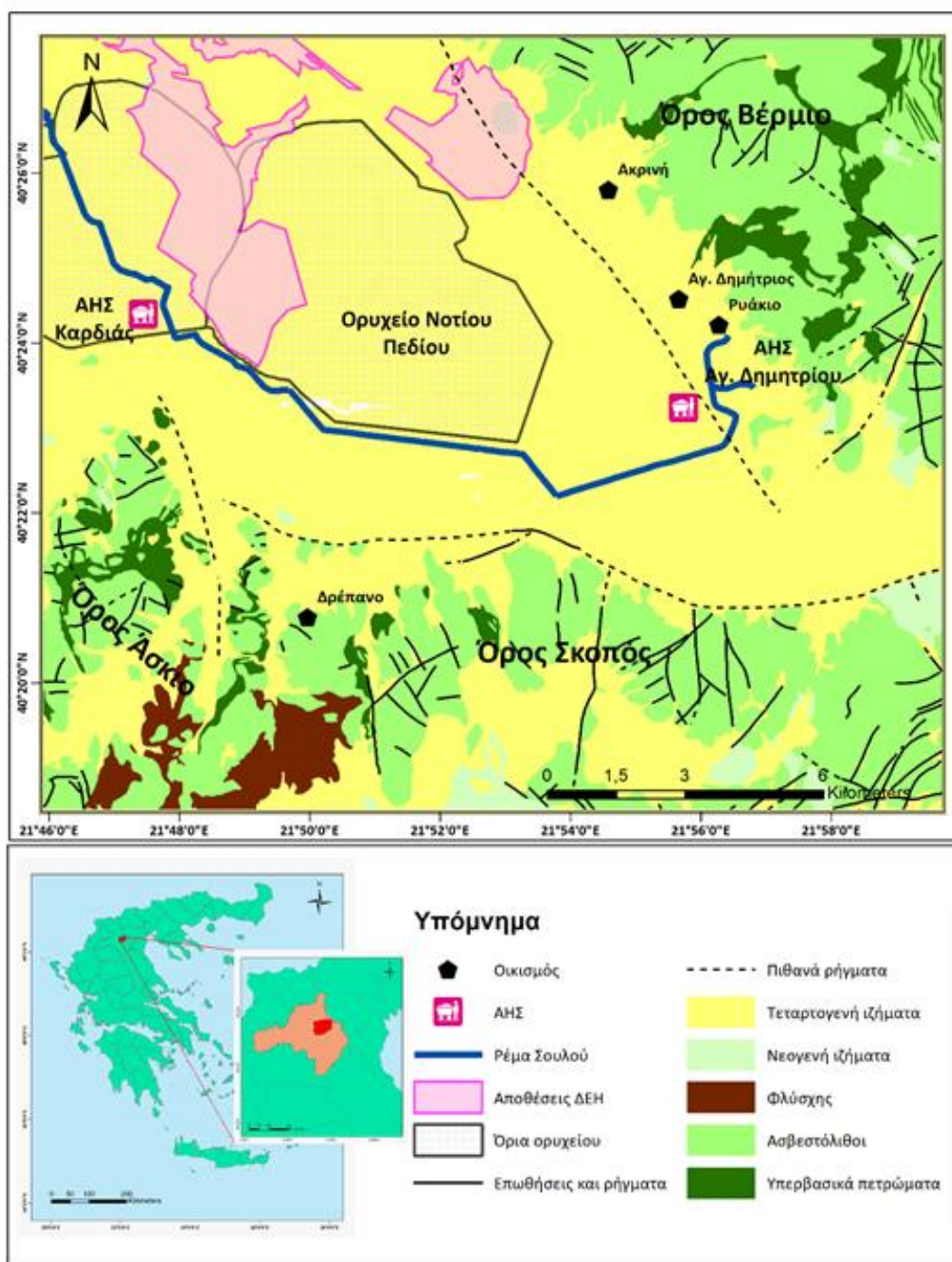
Οι Πλειστοκαινικής ηλικίας σχηματισμοί είναι:

- *Ερυθρές άργιλοι και λατυποπαγή:* Βρίσκονται γύρω από το Όρος Σκοπός και όλος ο σχηματισμός αποτελείται από λατυποπαγή με λατύπες μαρμάρου, ερυθρούς αργίλους και διάσπαρτες ασβεστολιθικές λατύπες με συγκεντρώσεις ασβεστολιθικού υλικού σε μορφή συγκριμάτων.
- *Ερυθρές άργιλοι με χαλίκια.*
- *Κροκαλοπαγή “Προαστίου”:* Πρόκειται για ποτάμιες αποθέσεις με κροκάλες από διαβάση, γάββρο, πηγματίτες, ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους, ραδιολαρίτες, αρκετά αποστρογγυλωμένες. Εμφανίζονται ανατολικά του Όρους Άσκιου και οι εμφανίσεις τους είναι μεμονωμένες επιφανειακά, αλλά με μεγαλύτερη εξάπλωση υπογείως. Αντιπροσωπεύεται από παλαιούς λατυποπαγείς κώνους, με χαρακτηριστικό γνώρισμα τη συνύπαρξη ερυθρών αργίλων και θραυσμάτων ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Η ισχυρή συνεκτικότητά τους περιορίζεται στα ανώτερα τμήματα των κώνων και αυξάνει γενικά από κάτω προς τα πάνω. Στο βόρειο τμήμα από την πλευρά του Βερμίου, όπου συναντάται και η μεγαλύτερη ανάπτυξη του σχηματισμού, οι κώνοι απολεπταίνονται και τέμνονται από πολυάριθμα ρυάκια. Η κυρίως μάζα αποτελείται από ερυθρές αργίλους μέσα στις οποίες παρεμβάλλονται φακοειδείς ενστρώσεις αδρομερών κροκαλοπαγών. Τα ασβεστολιθικά στοιχεία αυξάνουν προς τα πάνω, ενώ στο νότιο τμήμα της λεκάνης το πάχος της συσσωρεύσεως ελαττώνεται προοδευτικά και το υλικό γίνεται περισσότερο αργιλοαμμώδες. Οι λατυποπαγείς κώνοι εμφανίζονται σε μικρή έκταση ΒΑ του Όρους Άσκιου, στο δυτικό τμήμα του χάρτη και σε ακόμη μικρότερη έκταση βόρεια του Όρους Σκοπού.

Οι Ολοκαινικής ηλικίας σχηματισμοί είναι:

- *Χονδρόκοκκα ιζήματα*: Καλύπτουν τις ασβεστολιθικές πλαγιές των βουνών Βερμίου, Ασκίου και Σκοπού. Πρόκειται για επικάλυμμα από πλευρικά κορήματα, τα οποία αποτελούνται από γωνιώδη θραύσματα κυρίως ασβεστολίθων, εγκλεισμένα μέσα σε κλαστική καστανοκίτρινη θεμελιώδη μάζα. Αναπτύσσονται στο ΒΔ τμήμα της περιοχής, στους πρόποδες του Όρους Άσκίου και στο κεντρικό τμήμα στη λεκάνη Σαριγκιόλ βόρεια του Όρους Σκοπού.
- *Σύγχρονες λιμναίες αποθέσεις*: Αποτελούνται από αργίλους αμμούχες, ασβεστούχες, κατά θέσεις λίγο χουμώδεις, με φυτικά λείψανα και θραύσματα από αρτίγονα μαλάκια. Περιορίζονται στο χώρο που καταλάμβανε το αποξηραμένο έλος Σαριγκιόλ.
- *Σύγχρονοι κώνοι κορημάτων*: Αναπτύσσονται κυρίως ανάμεσα στα χωριά Άγιος Δημήτριος και Τετράλοφο, που βρίσκονται ανατολικά της λεκάνης Σαριγκιόλ στις δυτικές παρυφές του Όρους Βερμίου. Το πάχος τους ξεπερνά κατά θέσεις τα 100 m.
- *Σύγχρονες προσχώσεις και ελουβιακός μανδύας*: Άμμοι, χαλίκια, άργιλοι και κορήματα.

Στην εικόνα 3.11 παρουσιάζεται ο απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας που περιλαμβάνει (ομαδοποιημένους) τους γεωλογικούς σχηματισμούς που περιγράφηκαν παραπάνω αναλυτικά.

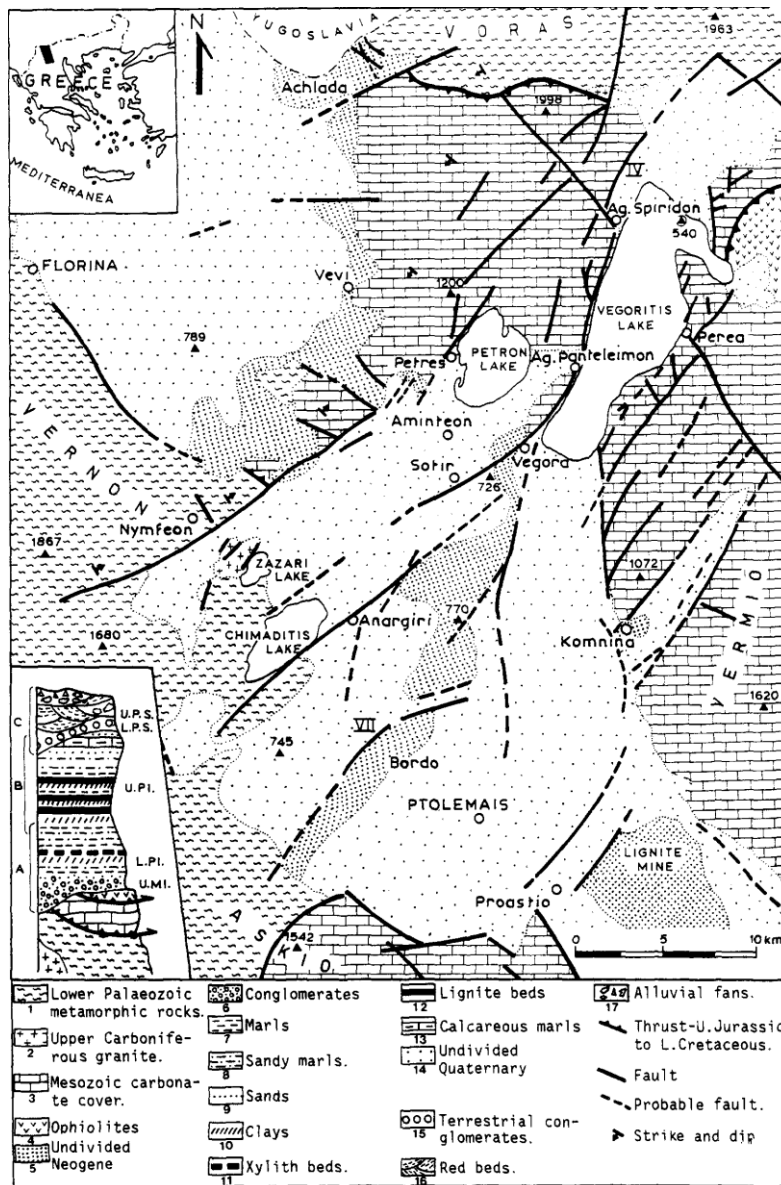


Εικόνα 3.11 - Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (ΙΓΜΕ, 1980).

3.3.3 Τεκτονική

Από την τεκτονική μελέτη και στατιστική ανάλυση των ρηγμάτων της ευρείας τάφρου Φλώρινας-Βεγορίτιδας-Πτολεμαΐδας (Παυλίδης, 1985), διαπιστώθηκε ότι κυριαρχούν δύο οικογένειες ρηγμάτων. Η πρώτη έχει διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ και η δεύτερη ΒΒΔ-ΝΝΑ (Εικόνα 3.12). Οι δύο ομάδες ρηγμάτων, έχουν δημιουργηθεί κατά τη διάρκεια δύο εφελκυστικών

τεκτονικών φάσεων. Η πρώτη, συνέβη κατά τη διάρκεια του Ανωτέρου Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου και ήταν υπεύθυνη για την αρχική δημιουργία του μεγάλου βυθίσματος Φλώρινας-Πτολεμαΐδας-Κοζάνης, το οποίο αναπτύχθηκε με κανονικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Η δεύτερη φάση, με μια ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση των κύριων εφελκυστικών αξόνων τάσης, συνέβη κατά το Τεταρτογενές και ήταν υπεύθυνη για τη δημιουργία των μικρότερων υπολεκανών και εξαρμάτων, τα οποία διασχίζουν σχεδόν κάθετα το αρχικό βύθισμα και οριοθετούνται από ΒΑ-ΝΔ κανονικά ρήγματα (Pavlides and Mountrakis, 1987). Πρόκειται για τα εξάρματα (από νότο προς Βορρά) του Κομάνου, του Μπορντό και του Κλειδιού, που οριοθετούν τις υπολεκάνες: Νοτίου Πεδίου (Σαριγκιόλ)-Πτολεμαΐδας το έξαρμα Κομάνου, Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου το έξαρμα Μπορντό και Αμυνταίου-Φλώρινας το έξαρμα Κλειδιού. Τα μεγάλα κρασπεδικά ρήγματα έχουν διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ, όμως η θέση τους στην περιοχή της λεκάνης Σαριγκιόλ είναι υποθετική, γιατί καλύπτονται από πλευρικά κορήματα και κώνους των χειμάρρων. Τα Νεογενή ιζήματα και η συνέχεια των λιγνιτοφόρων στρωμάτων του κοιτάσματος, διακόπτεται από μικρού και μεγάλου άλματος μεταπλειοκαινικά ρήγματα. Τα ρήγματα αυτά δημιουργούν κλιμακωτή διάταξη στο κοίτασμα, με βύθιση του προς τα νότια και ΝΔ. Εντός των χαλαρών σχηματισμών, τα ρήγματα ΒΒΑ-ΝΝΔ διεύθυνσης είναι μεγαλύτερα σε μήκος και άλμα, διακόπτοντας στρώματα ολόκληρης της Νεογενούς σειράς επεκτεινόμενα και στα Τεταρτογενή στρώματα.



Εικόνα 3.12 – Τεκτονικός χάρτης της περιοχής Φλώρινας-Βεγορίτιδας- Πτολεμαΐδας (Pavlidis and Mountrakis, 1987).

3.3.4 Υδρογεωλογία

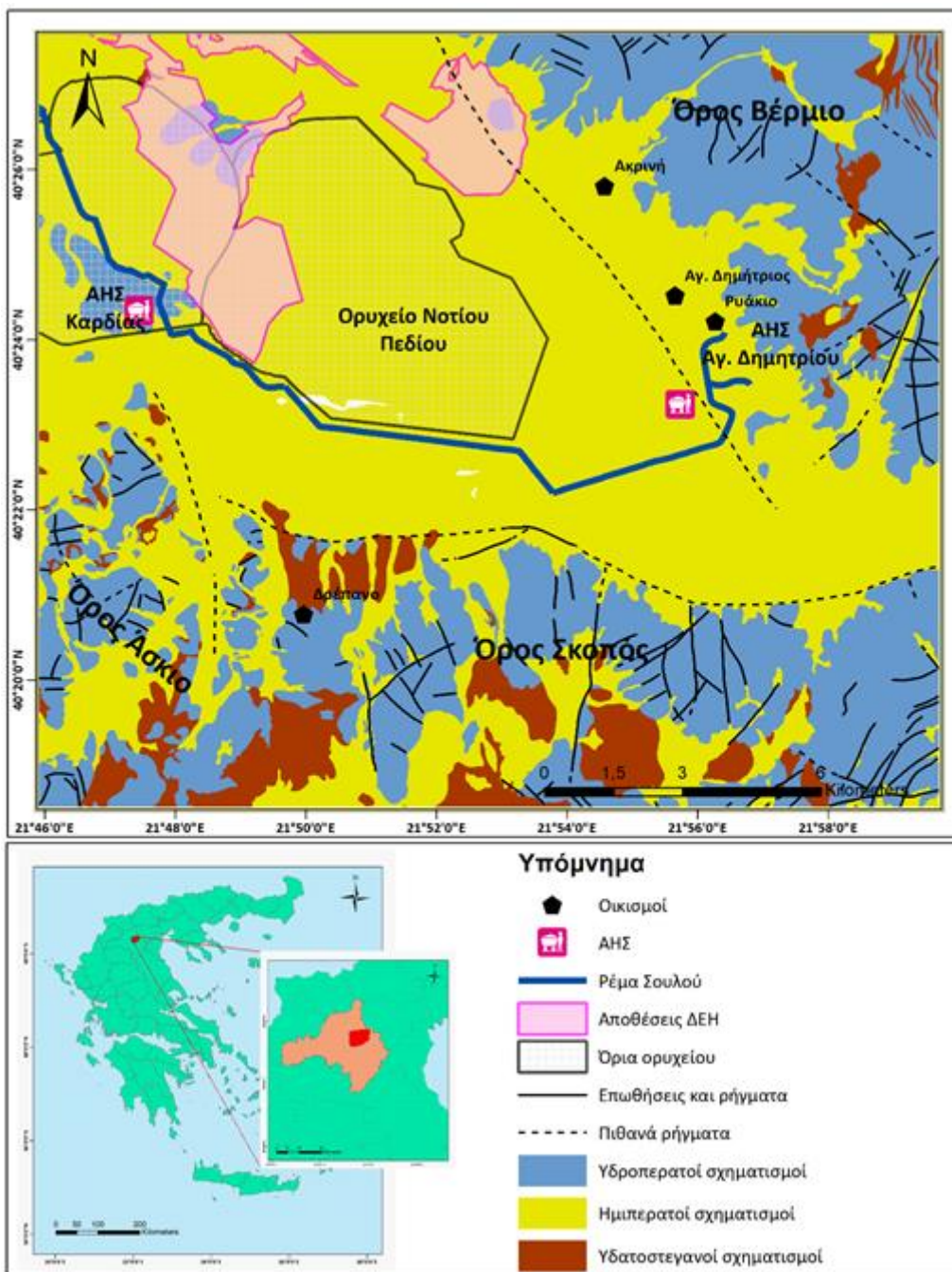
Με βάση την υδρογεωλογική συμπεριφορά τους, οι σχηματισμοί της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, διακρίνονται σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και υδατοστεγανούς σχηματισμούς (Λουλούδης, 1991, Δημητρακόπουλος κ.α., 2001, Δημητρακόπουλος και Γρηγοράκου, 2010). Στην εικόνα 3.13 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή τους.

- Στους **υδροπερατούς σχηματισμούς** ανήκουν οι ανθρακικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή μελέτης. Οι Τριαδικοί-Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι εμφανίζουν διαφοροποιήσεις ως προς την υδροπερατότητά τους, λόγω της παλαιογεωγραφικής

και τεκτονικής εξέλιξής τους. Αντίθετα, οι Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι εμφανίζουν ομοιογένεια, ως προς τις τιμές υδροπερατότητά τους. Στο Βέρμιο αναπτύσσονται δυο καρστικές ενότητες μέσα στους Τριαδικούς και Ιουρασικούς ασβεστολίθους, ανεξάρτητες μεταξύ τους, η βόρεια και η νότια. Η νότια καρστική ενότητα εκφορτίζεται μέσω των πηγών Νεράϊδας, στα χαμηλά τμήματα της λεκάνης Σερβίων-Κοζάνης, ενώ η βόρεια καρστική ενότητα εκφορτίζεται στις πηγές Νάουσας και Τριποτάμου. Γενικότερα, αναπτύσσονται σειρές από καρστικούς επικρεμάμενους υδροφόρους, που γειτνιάζουν με τους κύριους υδροφόρους. Η υδροφορία αυτή είναι αποτέλεσμα της ενδιάστρωσης των οφιολίθων, μέσα στα συνεκτικά ανθρακικά πετρώματα. Ο υδροφόρος του Μαυροδενδρίου που βρίσκεται ΝΔ της Σαριγκιόλ, είναι ο πιο αντιπροσωπευτικός αυτής της κατηγορίας. Στην περιοχή έχουμε την εκδήλωση αρκετών πηγών επαφής, όπως τις πηγές Ερμακιάς στην επαφή φλύσχη με τους υπερκείμενους Κρητιδικούς ασβεστολίθους. Άλλες πηγές εμφανίζονται στις περιοχές εμφάνισης των οφιολίθων με χαμηλές παροχές. Η πιο σημαντική είναι της Σπηλιάς, που εκδηλώνεται στην επαφή σερπεντινιτών και Ανωκρητιδικών ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών στο Βέρμιο. Άλλες πηγές που εκδηλώνονται στην επαφή των οφιολίθων με τους ασβεστολίθους είναι η πηγή Αγ. Γεωργίου και Αγ. Κωνσταντίνου στο Βέρμιο, ενώ στη Μαυροπηγή εκδηλώνεται στην επαφή σχιστολίθων και Τριαδικών-Ιουρασικών ασβεστολίθων. Επιπλέον, στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι αμμώδεις-αμμούχοι σχηματισμοί.

- Στους **ημιπερατούς σχηματισμούς** ανήκουν οι αργιλοϊλυώδεις αποθέσεις στον πυθμένα του παλιού έλους Σαριγκιόλ και οι καστανέρυθρες άργιλοι, παρουσία κροκαλοπαγών και ασύνδετων χαλικιών, που τροφοδοτούν τους υποκείμενους αμμώδεις σχηματισμούς. Επιπλέον, στην κατηγορία αυτή ανήκουν και τα οφιολιθικά πετρώματα. Οι περιδοτίτες και οι σερπεντινίτες, αναπτύσσονται τοπικά ως στρωματοειδείς ή φακοειδείς ενστρώσεις με αποτέλεσμα να λειτουργούν ως γεωλογικοί φραγμοί στην κίνηση του νερού, λόγω πολύ χαμηλής υδροπερατότητας, ενώ σε άλλες θέσεις χαρακτηρίζονται ως διαπερατοί λόγω ασυνεχειών, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν μικρής δυναμικότητας υδροφορία.
- Στους **υδατοστεγανούς σχηματισμούς** ανήκουν τα συνεκτικά πετρώματα, οι γνευσιοσχιστόλιθοι και ο φλύσχος. Ο φλύσχος εμφανίζεται κατακερματισμένος, με συνέπεια να έχει δευτερογενές πορώδες λόγω τεκτονισμού. Το αργιλομαργαϊκό λιγνιτοφόρο σύστημα, αποτελεί τον κυριότερο υδατοστεγανό σχηματισμό. Το σύστημα θεωρείται υδατοστεγανό, γιατί οι συνεχείς μεταπτώσεις και η οριζόντια

διάσθρωση των στρωμάτων, δεν επιτρέπουν την υδραυλική επικοινωνία, μεταξύ των μικρών υδροφόρων στρωμάτων, που αναπτύσσονται στις ενστρώσεις του κροκαλοαμμώδους υλικού. Το αδιαπέρατο αυτό υπόβαθρο που σχηματίζει η λιγνιτική σειρά, εμποδίζει τις διηθήσεις από τον υπερκείμενο υδροφόρο, προς τον υδροφορέα των υποκειμένων και το βαθύ καρστικό σύστημα.



Εικόνα 3.13 - Υδρολιθολογικός χάρτης της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Τα κύρια υδροφόρα συστήματα στην περιοχή μελέτης είναι (ΕΛΙΜΕΙΑ, 1998):

- Ένα υδροφόρο σύστημα, που χωρίζεται σε μικρότερα επάλληλα υδροφόρα στρώματα, λόγω της παρεμβολής των αργιλικών υλικών, που αναπτύσσονται εντός των μεταλπικών (Νεογενών και Τεταρτογενών) στρωμάτων. Το ενιαίο αυτό υδροφόρο σύστημα, υπέρκειται της λιγνιτοφόρου στοιβάδας της πεδινής ζώνης (εναλλαγές λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων υλικών), το οποίο βρίσκεται σε υπόγεια πλευρική υδραυλική επικοινωνία με τις υπόγειες υδροφορίες, που αναπτύσσονται στα πλευρικά κορήματα των παρυφών της και καλύπτει σε έκταση σχεδόν όλη τη λεκάνη Σαριγκιόλ. Το υδροφόρο αυτό σύστημα επηρεάζει το λιγνιτωρυχείο, με αποτέλεσμα να έχουν διανοιχθεί στην περιβάλλουσα ζώνη, πολλές αποστραγγιστικές γεωτρήσεις για την προστασία του ορυχείου. Οι ποσότητες άντλησης του υδροφόρου ορίζοντα, χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αρδευτικών, βιομηχανικών και υδρευτικών αναγκών της περιοχής.
- Ένα υδροφόρο σύστημα, που αναπτύσσεται στα Νεογενή κοκκώδη ιζήματα που υπόκεινται των λιγνιτών. Στην περιοχή του Κομάνου έχουν ανορυχθεί από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) δύο γεωτρήσεις, για την ύδρευση της κοινότητας, που επιβεβαιώνουν την ύπαρξη της υδροφορίας αυτής. Ο υδροφόρος αυτός ορίζοντας εμπλουτίζεται υπογείως πλευρικά από νερά, που προέρχονται από βαθιά καρστικά υδροφόρα συστήματα (Μελαδιώτης, 2001). Η ύπαρξη αυτού του υδροφορέα νότια του εξάρματος του Κομάνου, στο χαμηλό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, δεν έχει επιβεβαιωθεί, γιατί δεν υπάρχουν βαθιές γεωτρήσεις, που να έχουν διαπεράσει το υδατοστεγανό αργιλικό-μαργαϊκό υπόβαθρο της λιγνιτοφόρου σειράς, η οποία βυθίζεται προς τα νότια (η ύπαρξη του υδροφορέα υποκειμένων, επιβεβαιώθηκε και με γεωτρήσεις στο χώρο του ορυχείου Μαυροπηγής) (Louloudis et al., 2017).
- Το βαθύ καρστικό υδροφόρο σύστημα των Τριαδικών και Ιουρασικών ασβεστολίθων, στα ανατολικά και δυτικά όρια της λεκάνης. Ο καρστικός υδροφορέας που αναπτύσσεται στους Τριαδικούς ασβεστολίθους του Νότιου Βερμίου, του Σκοπού και του Νοτίου Ασκίου, εκφορτίζεται προς τις πηγές της Νεράιδας, σε απόλυτο υψόμετρο περίπου 250 m, στον Αλιάκμονα και σε άλλα σημεία. Η καρστική υδροφορία αναπτύσσεται σε ένα μέσο απόλυτο υψόμετρο 300 m (ανάλογα με την απόσταση από τη ζώνη εκφόρτισης) και δεν έχει υδραυλική επικοινωνία με το υδροφόρο σύστημα που αναπτύσσεται στα υπερκείμενα ιζήματα της λιγνιτοφόρου στοιβάδας,

η πιεζομετρία του οποίου κυμαίνεται στα απόλυτα υψόμετρα μεταξύ 730 m και 585 m.

- Στα ΝΔ της λεκάνης Σαριγκιόλ στην ευρύτερη περιοχή Ποντοκώμης–Μαυροδενδρίου–Δρεπάνου-Κοίλων, αναπτύσσονται επικρεμάμενοι καρστικοί υδροφόροι, περιορισμένης έκτασης και δυναμικού, μέσα στους ανωκρητιδικούς ασβεστολίθους, η εξάπλωση των οποίων είναι μη συνεχής και περιορισμένη. Από τους υδροφόρους αυτούς, της περιοχής Μαυροδενδρίου-Ποντοκώμης, δεν αναμένεται να υπάρχει πλευρική τροφοδοσία προς τη λεκάνη Σαριγκιόλ. Μερικές από τις υπάρχουσες παλαιότερες γεωτρήσεις σ' αυτούς τους υδροφόρους της περιοχής Μαυροδενδρίου είναι σήμερα χωρίς νερό, λόγω εξάντλησης κάποιων επικρεμάμενων υδροφορέων που είχαν περιορισμένη τροφοδοσία (ΙΓΜΕ, 2010).

Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των υδροφόρων οριζόντων και οι υδροπερατότητες των γεωλογικών σχηματισμών, έχουν προσδιοριστεί με δοκιμές διαπερατότητας σε διάφορα σημεία της λεκάνης Σαριγκιόλ με πολυάριθμες δοκιμαστικές αντλήσεις (Λουλούδης, 1991, Grigorakou et al., 2002, Δημητρακόπουλος κ.α., 2014, Louloundis et al., 2017). Στις γεωτρήσεις που εκτελέστηκαν στις αποθέσεις τέφρας του Ορυχείου Νοτίου Πεδίου προσδιορίστηκαν τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας της τάξης του 10^{-7} m s^{-1} έως 10^{-9} m s^{-1} (Καββαδάς, 2010, Vasileiou et al., 2018). Οι συγκεκριμένες τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας δείχνουν μικρή έως πολύ μικρή υδροπερατότητα γεωλογικών σχηματισμών. Παρόμοιες τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας καταγράφηκαν και στις αποθέσεις τέφρας του ορυχείου της Μαυροπηγής με την υδραυλική αγωγιμότητα να κυμαίνεται από 10^{-6} m s^{-1} έως 10^{-8} m s^{-1} . Η μέση τιμή υδραυλικής αγωγιμότητας των αργιλικών σειρών των υπερκειμένων είναι από 10^{-5} έως 10^{-6} m s^{-1} . Η υδραυλική αγωγιμότητα του συνολικού πακέτου των επάλληλων αμμούχων και αμμοχαλικωδών υδροφόρων σχηματισμών της περιοχής, κυμαίνεται από $1,7 \times 10^{-3}$ έως $7,1 \times 10^{-7} \text{ m s}^{-1}$. Σύμφωνα με δοκιμαστικές αντλήσεις, ο συντελεστής υδαταγωγιμότητας του συνολικού πακέτου των επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων κυμαίνεται από $1,6 \times 10^{-3}$ έως $2,4 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (Δημητρακόπουλος κ.α., 2014) με τις τιμές να αυξάνουν προς το κεντρικό και δυτικό τμήμα της λεκάνης (Λουλούδης, 1991, Δημητρακόπουλος και Γρηγοράκου, 2010). Δοκιμές Maag στους επιφανειακούς σχηματισμούς έδειξαν ότι στο νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης (περιοχή Αγ. Δημητρίου – Τετραλόφου) οι τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας κυμαίνονται από 10^{-7} έως 10^{-9} m s^{-1} υποδεικνύοντας ιζήματα πολύ χαμηλής υδροπερατότητας (εκτός υδροφόρου, μη υδροπερατά ιζήματα) (Στάμου, 2001). Στο μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης της λεκάνης οι τιμές υδροπερατότητας είναι μεταξύ 10^{-5} έως 10^{-7} m s^{-1} , φανερώνοντας χαμηλή ή πολύ χαμηλή υδροπερατότητα. Εντούτοις, υπάρχουν περιοχές

μέσης ή υψηλής υδροπερατότητας στην κοίτη του Σουλού στα ΝΔ και Δυτικά στην περιοχή στα Δυτικά των υδροληπτικών Κοζάνης και μεταξύ ΑΗΣ Καρδιάς και ορυχείου (Στάμου, 2001). Το ενεργό πορώδες των κυρίως υδροφόρων αμμοχαλικών σχηματισμών της λεκάνης Σαριγκιόλ φτάνει έως 25% (Λουλούδης, 1991). Ωστόσο, στο συνολικό πακέτο των υδροφόρων αμμούχων, αργιλοαμμούχων και αμμοχαλικωδών σχηματισμών αντιστοιχεί ένα μέσο ενεργό πορώδες της τάξης του 15% (Λουλούδης, 1991). Η κίνηση του νερού από την επιφάνεια προς μεγαλύτερα βάθη δυσχεραίνει και αυτό οφείλεται στην έντονη παρουσία των αργιλικών σειρών, στα υπερκείμενα στρώματα του λιγνίτη, στη λεκάνη Σαριγκιόλ και επιβεβαιώνεται και από την παρουσία μικρότερων επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων, των οποίων η υδραυλική επικοινωνία διακόπτεται μεταξύ τους, λόγω των παρεμβολών των αργιλικών σειρών.

Σε γενικές γραμμές το πάχος της ακόρεστη ζώνης κυμαίνεται διαχρονικά από λίγα μέτρα (0-5 m) έως 100 m. Στο κεντρικό τμήμα κατά μήκος του Σουλού και νότια του Σουλού ο υδροφορέας εμπλουτίζεται από το Σουλού και η στάθμη είναι σχετικά ψηλά (5-20 m) (Κουμαντάκης και Λιονή, 2012, Δημητρακόπουλος κ.α., 2014). Στο υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ είναι από 10 έως 60 m ανάλογα με την περιοχή, την τροφοδοσία και τις αντλήσεις. Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης γύρω από τον Αγ. Δημήτριο και στο δυτικό τμήμα (Ποντοκώμη-Μαυροδένδρι), σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο, το πάχος της ακόρεστης ζώνης φθάνει τα 80-110 m. Στην περιοχή του Αγ. Δημητρίου το βάθος του υπογείου νερού είναι από 50 έως 102 m (Vasileίου et al., 2018). Το μέσο συνολικό πάχος υδροφορέα είναι περίπου τα 110 m και το μέσο πάχος κυρίων υδροφόρων στρωμάτων είναι περίπου τα 60 m (Στάμου, 2001).

Σύμφωνα με παλαιότερες έρευνες (Λουλούδης, 1991, ΕΛΙΜΕΙΑ, 1998, Δημητράκοπουλος και Γρηγοράκου, 2010), η πιεζομετρία της περιοχής και ειδικότερα για το υδροφόρο σύστημα, που αναπτύσσεται στα υπερκείμενα ιζήματα της λιγνιτοφόρου στοιβάδας στο Νότιο Πεδίο, στη λεκάνη Σαριγκιόλ έχει γενική κατεύθυνση ροής των υπόγειων νερών από τα ΒΑ προς τα ΝΔ. Τοπικά στην περιοχή Μαυροδενδρίου-Ποντοκώμης υπάρχει ροή από τα δυτικά προς τα ανατολικά και σε περιορισμένη έκταση στην περιοχή Δρεπάνου, από Νότο προς Βορρά, δηλαδή από τα περιθώρια προς το κέντρο της λεκάνης. Στη ΝΑ ζώνη, φαίνεται να μην υπάρχει τροφοδοσία από την ορεινή περιοχή των ανθρακικών πετρωμάτων. Στο ΝΑ όριο της λεκάνης Σαριγκιόλ, η κύρια περιοχή τροφοδοσίας, είναι η ζώνη των κροκαλοπαγών και αμμοχάλικων των κώνων κορημάτων, κατά μήκος των ΝΔ παρυφών του Όρους Βερμίου. Η τροφοδοσία αυτής της ζώνης κροκαλοπαγών προέρχεται από την άμεση κατείδυση, από τη διήθηση των απορροών των χειμάρρων, από τους επικρεμάμενους καρστικούς υδροφόρους, οι οποίοι

βρίσκονται σε επαφή με τις ενδιάμεσες ενστρώσεις των υπερβασικών πετρωμάτων και από μικρή τροφοδοσία από τους Τριαδικούς και Ιουρασικούς ασβεστολίθους. Ζώνη τροφοδοσίας υπάρχει στα δυτικά στη ζώνη Ποντοκώμης-Μαυροδεντρίου. Η διάταξη των πιεζομετρικών καμπύλων σ' αυτήν είναι παράλληλη προς τον ορεινό όγκο του Ασκίου, με αυξανόμενα υδραυλικά φορτία προς τις παρυφές του, γεγονός που υποδηλώνει κίνηση του υπόγειου νερού από τα πλευρικά κορήματα των περιθωρίων αυτών της λεκάνης προς το κεντρικό τμήμα, δηλαδή την περιοχή του λιγνιτωρυχείου και των υδροληπτικών έργων της Κοζάνης. Σύμφωνα με τους Κουμαντάκη και Λιονή (2012), δεν υπάρχει πλευρική τροφοδοσία υπογείως από τον καρστικό υδροφόρο των τριαδικών ασβεστολίθων του Ασκίου. Στην εγγύς περιοχή του λιγνιτωρυχείου του Νοτίου Πεδίου παρατηρείται σύγκλιση των πιεζομετρικών καμπύλων (Δημητρακόπουλος κ.α., 2001, Δημητρακόπουλος και Γρηγοράκου, 2010, Κουμαντάκης και Λιονή, 2012). Οι κατευθύνσεις ροής διαμορφώνονται ακτινωτά προς το ορυχείο, λόγω των αντλήσεων προστασίας από τις περιμετρικές γεωτρήσεις και της προκαλούμενης υπόγειας ροής προς την ανοικτή εκσκαφή. Στο ΒΑ τμήμα του ανατολικού ορίου του ορυχείου, οι πιεζομετρικές καμπύλες διαμορφώνονται σχεδόν κάθετα σ' αυτό και οι εισροές από την πλευρά της Χαραυγής είναι πολύ μικρές. Οι πιεζομετρικές γραμμές διαμορφώνονται σε γενικές γραμμές παράλληλα προς τα ΒΑ και τα δυτικά όρια του πεδινού τμήματος της λεκάνης Σαριγκιόλ. Το πιεζομετρικό φορτίο εμφανίζει υψηλότερες τιμές (650-750 m) προς τα ΒΑ, στις περιοχές δηλαδή Χαραυγής, Κλείτου, Ακρινής, Αγίου Δημητρίου, καθώς και δυτικά στις περιοχές Μαυροδενδρίου-Ποντοκώμης. Υψηλό πιεζομετρικό φορτίο εμφανίζεται επίσης τοπικά στην περιοχή βόρεια του Δρεπάνου (630-660 m). Οι χαμηλότερες τιμές πιεζομετρίας (590-600 m) εμφανίζονται στα ΝΔ, στην περιοχή των γεωτρήσεων ύδρευσης Κοζάνης και στα ΝΑ στην περιοχή βόρεια της Κουιάδας. Στην περιοχή ΒΔ της Κουιάδας εμφανίζεται μια ύφεση των πιεζομετρικών καμπύλων, με γενική κατεύθυνση ροής προς τα ΝΑ, κατεύθυνση προς την οποία λαμβάνει χώρα εκτόνωση της υπόγειας υδροφορίας. Η διαμόρφωση των πιεζομετρικών καμπυλών βόρεια της περιοχής αυτής πιθανόν επηρεάζεται από "τεχνητό" εμπλουτισμό που πραγματοποιείται συνεχώς μέσα από την κοίτη της τάφρου, που απάγει τα απόνερα του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου προς το ρέμα Σουλού, καθώς και από τη μικρή υδραυλική αγωγιμότητα των υδροφόρων στρωμάτων της.

Στις ευρύτερες περιοχές των οικισμών Αγ. Δημητρίου και Ακρινής, που έχουν εντοπιστεί οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr, η τροφοδοσία του υδροφόρου συστήματος προέρχεται από πλευρική τροφοδοσία από τον ορεινό όγκο του Βερμίου, όπως φανερώνουν διαχρονικά οι μετρήσεις πιεζομετρίας (1999-2000-2003) (Δημητρακόπουλος κ.α., 2001, Δημητρακόπουλος και Γρηγοράκου, 2010, Κουμαντάκης και Λιονή, 2012) (βλπ. πιεζομετρικούς χάρτες

παράρτημα VII). Πιο συγκεκριμένα, η τροφοδοσία πραγματοποιείται μέσω: α) διήθησης των απορροών των χειμάρρων, που διασχίζουν τα υπερβασικά πετρώματα και τα πλευρικά κορήματα, β) κατείσδυσης των επιφανειακών νερών στον αποσαθρωμένο μανδύα των υπερβασικών πετρωμάτων, γ) επικρεμάμενων υδροφόρων των ανθρακικών σχηματισμών, στους οποίους εμφανίζονται διάσπαρτες ενστρώσεις υπερβασικών πετρωμάτων. Τα υδρογεωλογικά και γεωλογικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι τα υπόγεια νερά της περιοχής έχουν άμεση επαφή και αλληλεπίδραση με τα υπερβασικά πετρώματα.

Μετρήσεις στάθμεων 36 σημείων υδροληψίας κατά τον Νοέμβριο 2015, έδειξαν ότι η κίνηση του νερού έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, στο ανατολικό περιθώριο της λεκάνης, όπου υπάρχει τροφοδοσία από τη ζώνη των κροκαλοπαγών και των κώνων κορημάτων (Περράκη, 2016). Τα υπερβασικά πετρώματα είναι έντονα αποσαθρωμένα και ρωγματωμένα, μεταξύ των περιοχών Αγίου Δημητρίου και Εξοχής, ΒΑ της Ακρινής, όπου υπάρχει εκτεταμένη επιφανειακή εμφάνισή τους. Η κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, στους ημιπερατούς σχηματισμούς των υπερβασικών σχηματισμών, δημιουργεί μικρή υπόγεια υδροφορία, αλλά και διηθήσεις λόγω δευτερογενούς πορώδους από τους χειμάρρους, που επικοινωνούν υδραυλικά με τα πλευρικά κορήματα στις παρυφές του Βερμίου. Αυτά με τη σειρά τους τροφοδοτούν το υπερκείμενο υδροφόρο σύστημα του Νοτίου πεδίου και των γύρω περιοχών (Ακρινής-Ρυακίου-Αγίου Δημητρίου), που αναπτύσσεται στα Τριτογενή και Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης. Τα ιζήματα αυτά βρίσκονται σε επαφή με τους οφιολίθους που τροφοδοτήθηκαν με υλικό από την αποσάθρωση και διάβρωσή τους και είναι πλούσια σε Cr. Στο νότιο τμήμα έχουμε εκτόνωση της υπόγειας υδροφορίας προς τον κάμπο του Νοτίου πεδίου, ενώ στα δυτικά έχουμε μια τροφοδοσία με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Η υδροχημεία της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- , NO_2^- και NH_4^+ και αυξημένες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων όπως Cr, Cr^{6+} , As, Ba, Mn, Fe, Pb και Ni (ΕΛΙΜΕΙΑ, 1998, ΜΠΕ, 2009, ΙΓΜΕ, 2010, ΔΕΗ, 2012, Kazakis, 2017, Vasileiou et al., 2018, Vasileiou et al., 2019) που έχουν αποδοθεί σε γεωγενείς και ανθρωπογενείς παράγοντες. Η παρουσία του Cr στη λεκάνη Σαριγκιόλ έχει καταγραφεί από το 1996 σε αρδευτικές γεωτρήσεις (ΕΛΙΜΕΙΑ, 1998, Κουμαντάκης, 2000, ΙΓΜΕ, 2010).

3.3.5 Χρήσεις γης

Η περιοχή μελέτης καλύπτει συνολικά μια έκταση περίπου 470 km². Η εκμετάλλευση του λιγνίτη στην περιοχή ξεκίνησε από το 1959 (ΔΕΗ, 2010). Η παραγωγή λιγνίτη είναι περίπου 40 x 10⁶ τόνοι/έτος. Περίπου 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

παράγεται στην περιοχή αυτή, σε δυο ΑΗΣ, έναν στον Άγιο Δημήτριο (1500 MW) στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ και έναν στην Καρδιά (1200 MW) στο ΝΔ κομμάτι της λεκάνης (Vasileiou et al., 2018, Vasileiou et al., 2019) (Εικόνα 3.14).

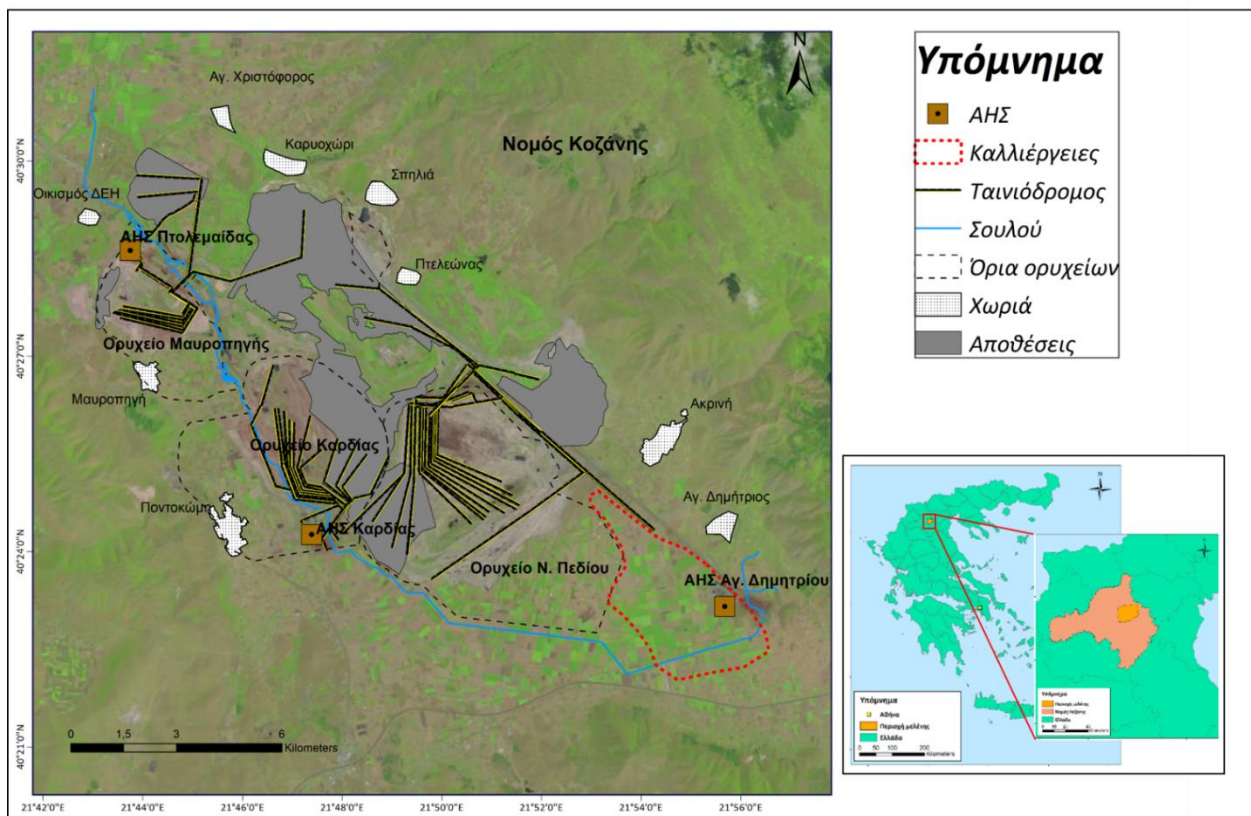
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζεται στο λιγνίτη στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας (ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου και Καρδίας) παράγει ιπτάμενη τέφρα. Η ποσότητα της ιπτάμενης τέφρας που παράγεται στον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου είναι περίπου 3×10^6 τόνοι/έτος, το 20% της οποίας χρησιμοποιείται στην τσιμεντοβιομηχανία και σε άλλες βιομηχανίες. Το υπόλοιπο 80% της συνολικής ποσότητας της ιπτάμενης τέφρας συναποτίθεται με τα στείρα υλικά των εκσκαφών στα ορυχεία (περίπου 3% ιπτάμενη τέφρα και >95% στείρα υλικά) (Vasileiou et al., 2019). Στη δεκαετία του '90, μια ποσότητα περίπου 7×10^6 m³ της παραγόμενης ιπτάμενης τέφρας αποτέθηκε και αποκαταστάθηκε στην περιοχή απόθεσης της Ακρινής κατά την περίοδο 1991-2012 (ΜΠΕ, 2009).

Η ιπτάμενη τέφρα που παράγεται στον ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, σε σχέση με τα κύρια στοιχεία, είναι τύπου C, έντονα αλκαλική με υψηλή περιεκτικότητα σε ασβεστίτη (Fytianos et al., 1998, Georgakopoulos et al., 2002, Kantiranis et al., 2004). Η σύσταση της παρουσιάζει μεταβολές ανάλογα με τα αρχικά χαρακτηριστικά του λιγνίτη και την τεχνολογία καύσης. Η ιπτάμενη τέφρα του Αγίου Δημητρίου παρουσιάζει εμπλουτισμό σε Ag ($0,26 \text{ mg kg}^{-1}$), As ($38,8 \text{ mg kg}^{-1}$), B ($0,34 \text{ mg kg}^{-1}$), Cd ($0,65 \text{ mg kg}^{-1}$), Cr ($201,1 \text{ mg kg}^{-1}$), Ge ($1,47 \text{ mg kg}^{-1}$), Li ($3,94 \text{ mg kg}^{-1}$), Mo ($6,6 \text{ mg kg}^{-1}$), Ni ($265,5 \text{ mg kg}^{-1}$), Sb ($1,33 \text{ mg kg}^{-1}$), Se ($25,7 \text{ mg kg}^{-1}$), Ta ($0,50 \text{ mg kg}^{-1}$), U ($39,8 \text{ mg kg}^{-1}$), Zn ($65,6 \text{ mg kg}^{-1}$) συγκριτικά με τη μέση περιεκτικότητα του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), αποτυπώνοντας το γεωχημικό περιβάλλον (Georgakopoulos et al., 2003).

Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης Σαριγκιόλ καλύπτεται από: μη αρδεύσιμες και αρόσιμες εκτάσεις, αρδευόμενες εκτάσεις και αμπελώνες, φυσικούς βοσκότοπους, έκταση καλυμμένη από θάμνους, σκληροφυλλική βλάστηση, βιομηχανική ζώνη και μεταλλευτική δραστηριότητα – εκσκαφές (Corine, 2012, Vasileiou, 2018). Οι πιο σημαντικές δραστηριότητες στη λεκάνη είναι: α) λιγνιτική εξόρυξη (εκμετάλλευση λιγνίτη, εκσκαφές, μεταφορά και απόθεση) β) λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (καύση λιγνίτη, μεταφορά ιπτάμενης τέφρας και συναπόθεση με άγονα υλικά εκσκαφής στους χώρους απόθεσης), γ) γεωργία και δ) αγροτικές (γεωργία, κτηνοτροφία) δραστηριότητες (Vasileiou et al., 2019).

Οι κύριες αγροτικές δραστηριότητες έχουν καταγραφεί στο ανατολικό και κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, σε πολύ κοντινή απόσταση από τον ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου (Εικόνα

3.14), καθώς επίσης και στην περιφέρεια των ορυχείων (Aschonitis et al., 2012, Voudouris, 2009, Petrotou et al., 2012, Vasileiou et al., 2018, Vasileiou et al., 2019) καλύπτοντας μια έκταση 100 km². Η κατανομή των καλλιεργειών είναι η εξής: 61,45% σκληρό σιτάρι, 6,56% μαλακό σιτάρι, 6,28% κριθάρι, 9,89% ζαχαρότευτλα, 8,96% αραβόσιτο, 1,25% πατάτες, 0,38% βρώμη και 5,25% βοσκότοποι (Aschonitis et al., 2012). Στην περιβάλλουσα έκταση των άλλων ΑΗΣ της λεκάνης (Καρδιάς και Πτολεμαΐδας) οι αγροτικές δραστηριότητες είναι εμφανώς λιγότερο έντονες συγκριτικά με την περιοχή γύρω από τον Άγιο Δημήτριο όπως φαίνεται από δορυφορικές φωτογραφίες (Vasileiou et al., 2018) (Εικόνα 3.15).



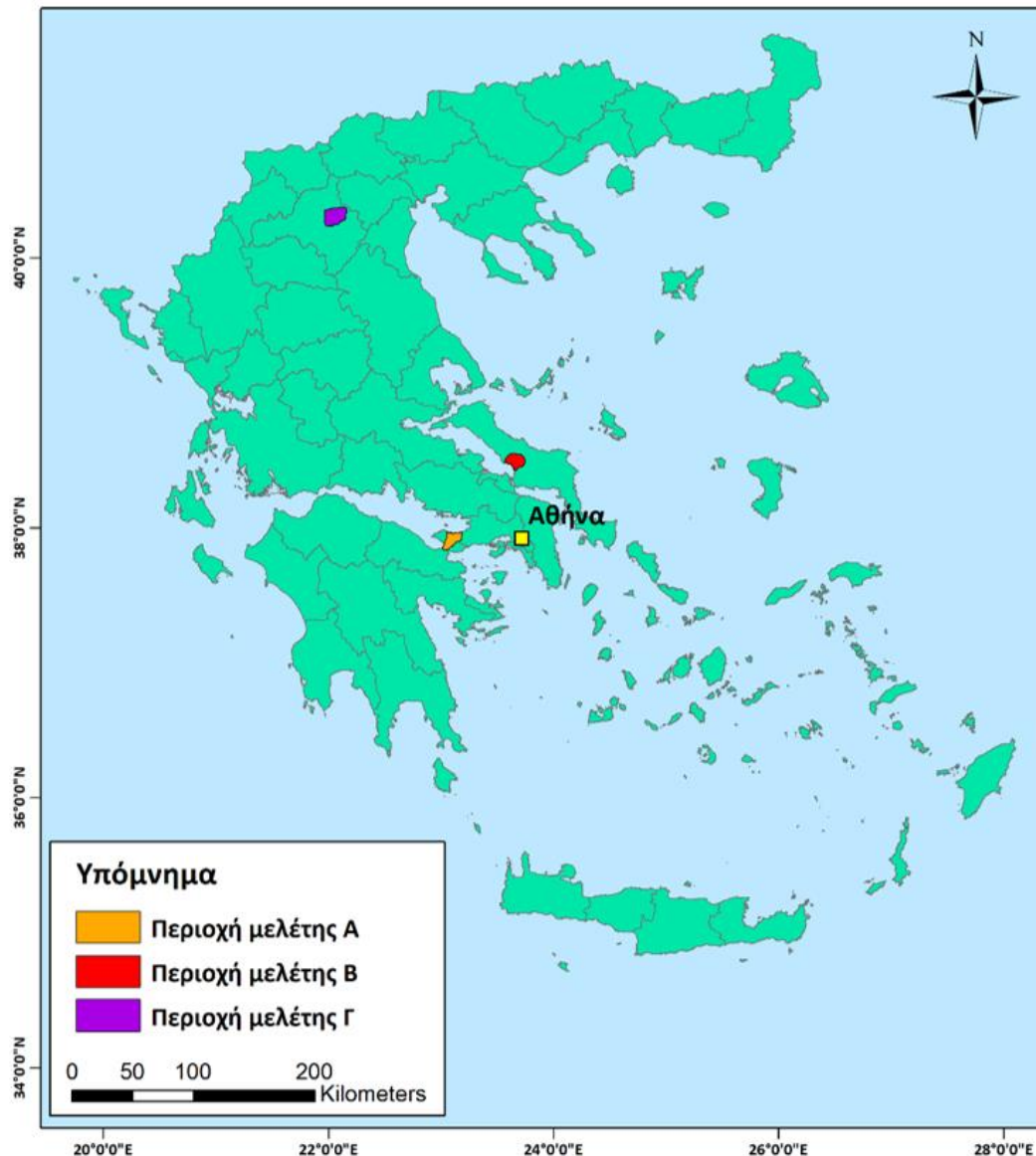
Εικόνα 3.14 – Δορυφορική φωτογραφία που παρουσιάζει τις αγροτικές δραστηριότητες στους τρεις ΑΗΣ της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (Vasileiou et al., 2018).



Εικόνα 3.15 – Δορυφορικές φωτογραφίες από τους ΑΗΣ που βρίσκονται στη λεκάνη Σαριγκιόλ (Vasileiou et al., 2018).

3.4 Σύγκριση των περιοχών μελέτης

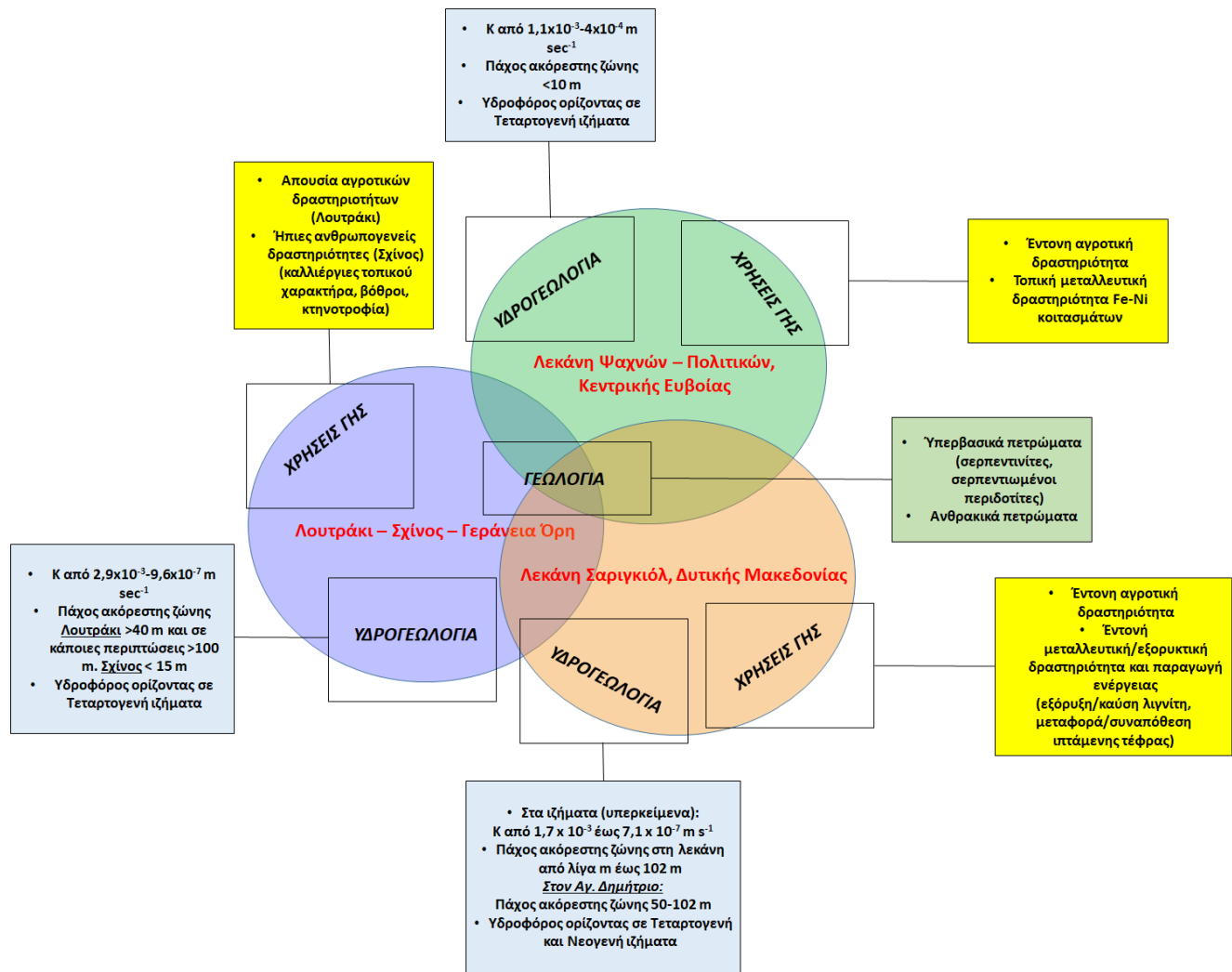
Οι θέσεις των περιοχών Α) Λουτράκι – Σχίνος – Γεράνεια Όρη, Β) Ψαχνά - Πολιτικά, Κεντρικής Ευβοίας και Γ) λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας παρουσιάζονται στον χάρτη της Ελλάδας στην εικόνα 3.16 ως περιπτώσεις μελέτης Α, Β και Γ, αντίστοιχα. Στη συνέχεια επισημαίνονται οι διαφορές και οι ομοιότητες τους.



Εικόνα 3.16 – Οι θέσεις των τριών περιοχών μελέτης στο χάρτη της Ελλάδας: Α) Λουτράκι – Σχίνος – Γεράνεια Όρη, Β) Ψαχνά - Πολιτικά, Κεντρικής Ευβοίας και Γ) Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Οι περιοχές εξετάστηκαν ως προς τα γεωγραφικά, γεωλογικά, υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά τους, αλλά και τις υφιστάμενες χρήσεις γης. Εν συντομία, καθώς στα προηγούμενα κεφάλαια όλα τα παρακάτω περιγράφηκαν αναλυτικά, δίνονται τα κύρια σημεία που ομοιάζουν/διαφέρουν οι περιοχές μελέτης. Οι περιοχές ομοιάζουν ως προς τη γεωμορφολογία και τη γεωλογία δεδομένου ότι σε όλες τις περιπτώσεις παρουσιάζεται έντονο ανάγλυφο εξαιτίας ενεργού τεκτονισμού με μεγάλες μορφολογικές κλίσεις (βουνά, οροσειρές, υδρογραφικό δίκτυο). Περιμετρικά των ορεινών όγκων εκτείνονται ομαλές, πεδινές περιοχές με μικρές μορφολογικές κλίσεις. Σε αυτές κυριαρχούν τα τεταρτογενή

ιζήματα που είναι αποτέλεσμα της αποσάθρωσης και διάβρωσης του εντονότερου αναγλύφου (βουνά, οροσειρές, υδρογραφικό δίκτυο). Σε όλες τις περιπτώσεις, που μελετήθηκαν, υπάρχουν σημαντικές εμφανίσεις υπερβασικών πετρωμάτων, από γεωλογική άποψη, τα οποία είναι πλούσια σε Cr και σε άλλα δυνητικά τοξικά στοιχεία (βλπ. κεφ. 2) και αυτός είναι ένα σημαντικός παράγοντας που θα μπορούσε να εξηγήσει τις αυξημένες συγκεντρώσεις τους στα εδάφη και στα νερά. Σημαντικές διαφορές παρουσιάζουν ως προς τα υδροφόρα συστήματα και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά (υδραυλική αγωγιμότητα, συντελεστής υδαταγωγιμότητας, ομοιογένεια του υδροφόρου ορίζοντα, καθεστώσ τροφοδοσίας, πάχος και υδραυλικά χαρακτηριστικά ακόρεστης ζώνης, πιεζομετρία) και τις χρήσεις γης. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι πιθανό να αποτυπώνονται στα υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπογείων νερών ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης νερού-δραστηριοτήτων. Στην περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι από απύσες έως πολύ ήπιες (απουσία αγροτικών δραστηριοτήτων στην περιοχή του Λουτρακίου, ύπαρξη απορροφητικών βόθρων και τοπικής κλίμακας καλλιεργειών στην περιοχή του Σχίνου), στη λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, εμφανίζονται πολύ έντονες αγροτικές δραστηριότητες και μεταλλευτική δραστηριότητα για την εκμετάλλευση των Fe-Ni-ούχων κοιτασμάτων, ενώ τέλος, στην περιοχή της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, υπάρχουν έντονες αγροτικές και μεταλλευτικές/εξορυκτικές δραστηριότητες (εκμετάλλευση, εξόρυξη και καύση λιγνίτη). Στον Πίνακα 3.1 και την εικόνα 3.17 δίνονται συγκριτικά τα γεωλογικά, υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά και οι χρήσεις γης των περιοχών μελέτης.



Εικόνα 3.17 – Σχηματική απεικόνιση της σύγκρισης γεωλογικών, υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών και χρήσεων της στις τρεις περιοχές μελέτης της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Πίνακας 3.1 – Σύγκριση γεωλογικών, υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών και χρήσεων γης στις τρεις περιοχές μελέτης της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

| Χαρακτηριστικά/Περιοχές-Λεκάνες | | Λουτράκι – Σχίνος – Γεράνεια Όρη | Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας | Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας |
|---------------------------------|--------------------------------------|--|---|--|
| ΓΕΩΛΟΓΙΑ | Κύριος υδροφόρος σχηματισμός | Τεταρτογενή ιζήματα (χαλαρά υλικά, κυρίως άργιλοι, άμμοι, κροκάλες και λατύπες ασβεστολιθικής ή/και οφιολιθικής προέλευσης. Επίσης, ψαμμίτες, ασβεστιτικοί ψαμμίτες, άμμοι, κροκαλοπαγή, κώνοι κορημάτων). | Τεταρτογενή ιζήματα (συνεκτικά κροκαλοπαγή, αργιλικά υλικά, ασύνδετες κροκάλες και χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά ασβεστολιθικής και οφιολιθικής προέλευσης). | Τεταρτογενή και Νεογενή ιζήματα (άμμοι, χαλίκια, κώνοι κορημάτων σε εναλλαγές με ερυθρές αργίλους). |
| | Υπερβασικά πετρώματα | Ναι | Ναι | Ναι |
| ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ | Τροφοδοσία | Από τα Γεράνεια Όρη, κυρίως Α-ΒΑ της λεκάνης του Λουτρακίου, όπου και επικρατούν υπερβασικά πετρώματα και μέσω ατμοσφαιρικών κατακρημισμάτων και διηθήσεων επιφανειακών εκροών και υδατορεμάτων. | Μέσω ατμοσφαιρικών κατακρημισμάτων, πλευρικής τροφοδοσίας από τις περιβάλλουσες ανθρακικές μάζες και διηθήσεων επιφανειακών εκροών και υδατορεμάτων. | Μέσω ατμοσφαιρικών κατακρημισμάτων, διήθησης των απορροών των χειμάρρων που διασχίζουν τον αποσαθρωμένο μανδύα των υπερβασικών πετρωμάτων και από τους επικρεμάμενους υδροφόρους των ανθρακικών σχηματισμών. |
| | Πάχος ακόρεστης ζώνης | Διαφέρει κατά θέσεις. Στην περιοχή Λουτρακίου (>40 m και σε κάποιες περιπτώσεις >100) είναι πολύ μεγαλύτερο από την περιοχή του Σχίνου (< 15 m). | < 10 m | Διαφέρει κατά θέσεις. Στη λεκάνη κυμαίνεται από λίγα m (0-5 m) έως 100 m. Στο κεντρικό τμήμα (κατά μήκος του Σουλού και νότια του Σουλού) 5-20 m. Στο υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ είναι από 10 έως 60 m ανάλογα με την περιοχή, την τροφοδοσία και τις αντλήσεις. Στον Αγ. Δημήτριο κυμαίνεται μεταξύ 50-102 m. |
| | Υδραυλική αγωγιμότητα $K (m s^{-1})$ | Κυμαίνεται μεταξύ $2,9 \times 10^{-3}$ - $9,6 \times 10^{-7} m s^{-1}$. | Κυμαίνεται μεταξύ $1,1 \times 10^{-3}$ – $4 \times 10^{-4} m s^{-1}$. | Στο πακέτο επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων κυμαίνεται μεταξύ από $1,7 \times 10^{-3}$ έως $7,1 \times 10^{-7} m s^{-1}$. Η μέση τιμή των αργιλικών σειρών των υπερκειμένων είναι από 10^{-5} έως $10^{-6} m s^{-1}$. |
| ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ | Κύριες ανθρώπινες δραστηριότητες | Απουσία έντονων αγροτικών δραστηριοτήτων (Λουτράκι), μόνο ήπιες ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως καλλιέργειες τοπικού χαρακτήρα, βόθροι, κτηνοτροφία (Σχίνος). | Πολύ έντονη αγροτική δραστηριότητα. Σημαντικές καλλιέργειες (καλλιέργειες κηπευτικών, σίτηρα, ελαιοκαλλιέργειες, όσπρια). Εξόρυξη Fe-Ni κοιτασμάτων τοπικής κλίμακας. | Έντονη αγροτική δραστηριότητα κυρίως στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης περιμετρικά του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου. Επιπλέον, έντονη μεταλλευτική/εξορυκτική δραστηριότητα και παραγωγή ενέργειας (εξόρυξη/μεταφορά/καύση λιγνίτη, μεταφορά ιπτάμενης τέφρας και συναπόθεση). |

4. Μεθοδολογία

4.1 Συνοπτική παρουσίαση της μεθοδολογίας

Στην εικόνα 4.1 παρουσιάζεται σχηματικά η μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας διδακτορικής διατριβής, που περιλαμβάνει τα εξής επιμέρους στάδια:

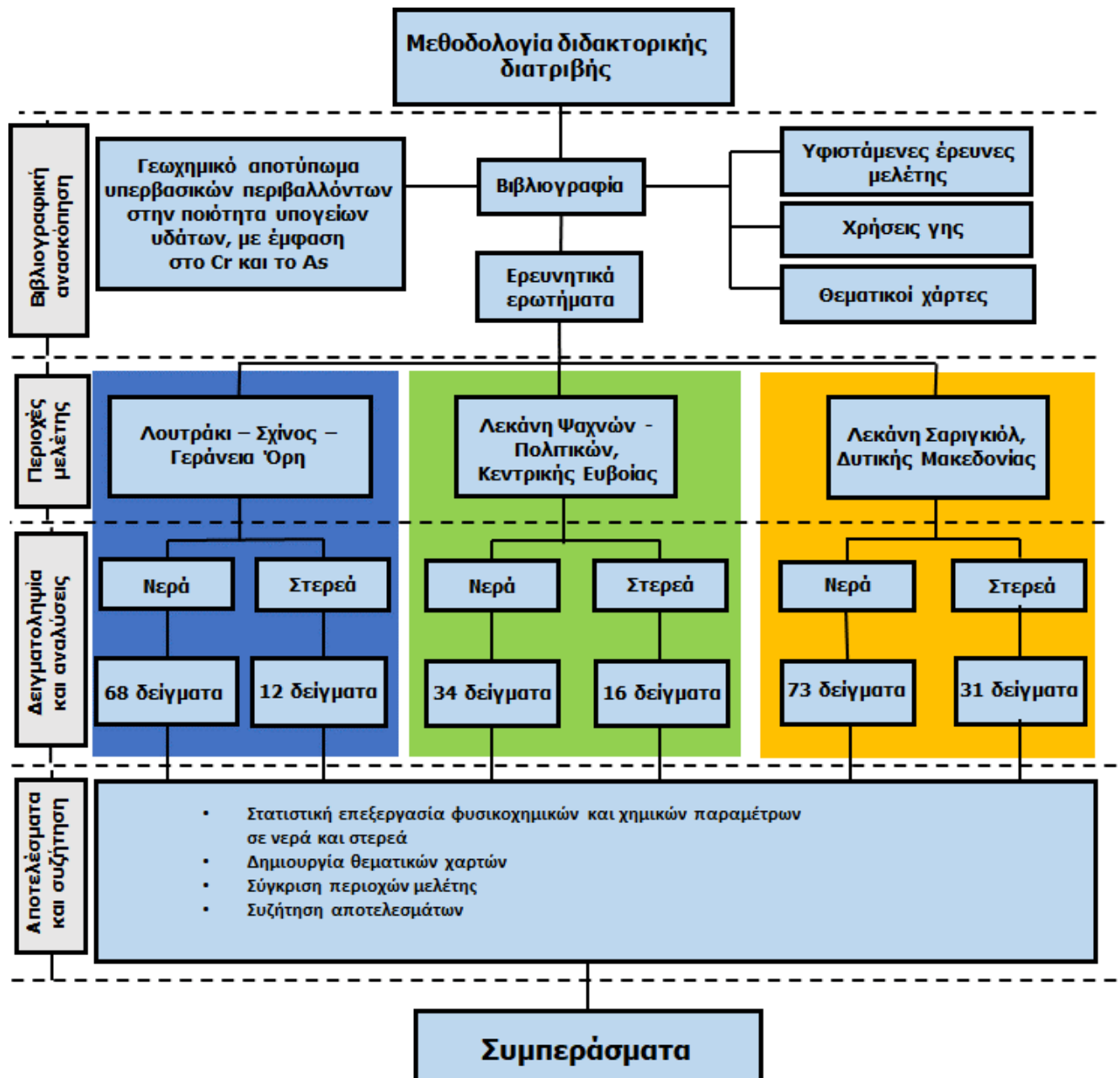
- Συλλογή, επεξεργασία και αξιολόγηση βιβλιογραφικών δεδομένων σχετικά με τη γεωλογία – υδρογεωλογία – υδροχημεία των τριών περιοχών μελέτης: α) Λουτράκι – Σχίνος – Γεράνεια Όρη, β) λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και γ) λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.
- Δειγματοληψία νερών, πετρωμάτων και εδαφών από διαφορετικές θέσεις σε κάθε περιοχή. Επιπροσθέτως, για την πραγματοποίηση ολοκληρωμένης δειγματοληψίας σε κάθε περιοχή, συλλέχθηκαν δείγματα νερού σε τουλάχιστον δύο περιόδους (υγρή και σε ξηρή), με σκοπό να εξεταστεί εκτός από τη χωρική, και η χρονική μεταβολή της ποιότητας των υπογείων νερών.
- Αναλυτική ορυκτολογική-ορυκτοχημική μελέτη δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών για τον προσδιορισμό των ορυκτολογικών φάσεων και κυρίως αυτών, που φιλοξενούν Cr και δυνητικά τοξικά στοιχεία στο κρυσταλλικό πλέγμα τους (π.χ. χρωμίτες, σερπεντίνες, αργιλικά ορυκτά), καθώς και ορυκτολογικών φάσεων, που αποτελούν δυνητικούς φυσικούς παράγοντες οξείδωσης του Cr³⁺ σε Cr⁶⁺ (π.χ. οξείδια μαγγανίου).
- Γεωχημική μελέτη δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών που περιλαμβάνει την ανάλυση SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, MnO, Ba, Ce, Cr, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zr, As, Bi, Hg, Sb, Se, Tl, Ag, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, P.
- Επιτόπιο προσδιορισμό των φυσικών παραμέτρων των δειγμάτων νερού κατά τη δειγματοληψία. Περιλαμβάνει μέτρηση θερμοκρασίας (T), pH, δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh), ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και διαλελυμένου οξυγόνου (DO).
- Επιτόπια διήθηση και οξίνιση των δειγμάτων νερού, για τη συντήρησή τους, προκειμένου να μετρηθούν οι συγκεντρώσεις των δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων.
- Επιτόπιο διαχωρισμό και απομόνωση του Cr⁶⁺ από το Cr³⁺ στα δείγματα νερού, με τη μέθοδο δειγματοληψίας με φιλτράρισμα του δείγματος σε φυσίγγια κατιοντο-ανταλλαγής (Ball et al., 2003, Βασιλείου, 2013).

- Πλήρη ανάλυση όλων των φυσικοχημικών παραμέτρων των δειγμάτων νερού και προσδιορισμό των δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων και ειδικότερα του Cr^{6+} με φασματομετρία μάζας επαγωγικώς συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS), κατά περίπτωση και περιλαμβάνουν: Κύρια ανιόντα και κατιόντα: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- / Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cr^{6+} , Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr.

- Επεξεργασία, ανάλυση και αξιολόγηση ορυκτολογικών-ορυκτοχημικών-πετρολογικών-γεωχημικών-υδροχημικών δεδομένων. Δημιουργία υδροχημικών διαγραμμάτων (προβολή υδροχημικών δεδομένων σε διαγράμματα Durov, Piper, pH-Eh). Εφαρμογή κλασικών (περιγραφικά στατιστικά, συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson) και πολυκριτηριακών στατιστικών μεθόδων (παραγοντική ανάλυση με τη χρήση της μεθόδου των κυρίων συνιστωσών και ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες).

- Δημιουργία θεματικών χαρτών και χαρτών χωρικής κατανομής διαφόρων χημικών παραμέτρων, με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS).

Στο παράρτημα I δίνονται πληροφορίες σχετικά με τις μεθόδους έρευνας της παρούσας διδακτορικής διατριβής.



Εικόνα 4.1 – Μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

4.2 Δειγματοληψία

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματοποιήθηκε συλλογή δειγμάτων υπογείων νερών, εδαφών και πετρωμάτων από τρεις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας. Οι τρεις περιοχές, όπως προαναφέρθηκε, είναι α) Λουτράκι – Σχίνος – Γεράνεια Όρη, β) Ψαχνά - Πολιτικά, Κεντρικής Ευβοίας και γ) λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Τα δείγματα υπογείων και επιφανειακών νερών συλλέχθηκαν κατά την ξηρή και κατά την υγρή περίοδο, διαφορετικών υδρολογικών ετών. Σε ορισμένες θέσεις συλλέχθηκε δείγμα και κατά την ξηρή

και κατά την υγρή περίοδο. Φωτογραφικό υλικό από τις τρεις περιοχές μελέτης δίνεται στο παράρτημα II.

4.2.1 Υπόγεια και επιφανειακά νερά

Από την περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, κατά τις περιόδους Νοεμβρίου – Δεκεμβρίου 2016 και Ιουνίου 2017, συλλέχθηκαν 68 δείγματα νερού:

- ✓ Είκοσι δείγματα υπογείου νερού από γεωτρήσεις που βρίσκονται στον Τεταρτογενή (αλλουβιακό) υδροφόρο ορίζοντα του Λουτρακίου Κορινθίας.
- ✓ Δεκαπέντε δείγματα από φυσικές πηγές που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή των Γερανείων Ορέων.
- ✓ Τριάντα τρία δείγματα υπογείων νερών από γεωτρήσεις και πηγάδια που βρίσκονται στον Τεταρτογενή (αλλουβιακό) υδροφόρο ορίζοντα του Σχίνου Κορινθίας.

Από τη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, κατά τις περιόδους Δεκεμβρίου 2016, Ιουνίου 2017 και Νοεμβρίου 2017, συλλέχθηκαν 34 δείγματα νερού:

- ✓ Τρία δείγματα από φυσικές πηγές που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή.
- ✓ Τριάντα ένα δείγματα υπογείων νερών από πηγάδια και γεωτρήσεις στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Από τη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, κατά τις περιόδους Μαρτίου 2014, Ιουλίου 2014, Νοεμβρίου 2014, Ιανουαρίου 2015, Δεκεμβρίου 2015, Ιουνίου 2017, Αυγούστου 2017 και Οκτωβρίου 2017, συλλέχθηκαν 73 δείγματα νερού:

- ✓ Πενήντα δείγματα υπογείων νερών από αρδευτικές γεωτρήσεις.
- ✓ Είκοσι δείγματα από φυσικές πηγές που βρίσκονται στη λεκάνη Σαριγκιόλ.
- ✓ Τρία δείγματα επιφανειών νερών από το ρέμα Σουλού.

Οι θέσεις δειγματοληψίας καταγράφηκαν σε GPS χειρός σε συντεταγμένες του παγκόσμιου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς του 1984 (WGS'84) και ο *in situ* προσδιορισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων (T, DO, EC, pH, Eh) των δειγμάτων νερού, που συλλέχθηκαν, κατά τη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με το πολυπαραμετρικό φορητό όργανο YSI Professional Digital Sampling System (ProDSS). Επιπλέον, η παράμετρος των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) υπολογίστηκε από το άθροισμα των κύριων ιόντων.

Σε κάθε θέση δειγματοληψίας, λαμβάνονταν τρία δείγματα, που συντηρήθηκαν με διαφορετικό τρόπο, προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι αντίστοιχες αναλύσεις. Σε όλες

τις περιπτώσεις, τα μπουκάλια πολυαιθυλενίου, στα οποία αποθηκευόταν το δείγμα, ξεπλένονταν αρχικά με το νερό του δείγματος. Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε φορητό ψυγείο που περιείχε παγοκύστες και στη συνέχεια, μετά το πέρας της δειγματοληψίας, αποθηκεύτηκαν σε ψυγείο σε θερμοκρασία 4°C, μέχρι την ανάλυση τους. Χρησιμοποιήθηκαν, μπουκάλια των 500 mL, 100 mL και 25 mL. Για τη συλλογή των δειγμάτων, χρησιμοποιήθηκε δειγματολήπτης 1L πολυαιθυλενίου Bailer διαμέτρου 1,5'' (3,8 cm) και μήκους 83'' του Οίκου BEN MEADOWS Αμερικής. Σε κάποιες περιπτώσεις, για τη δειγματοληψία κατά βάθος χρησιμοποιήθηκε καρούλι με συρματόσχοινο 100 m (ανέμη), που προσαρμόστηκε στον δειγματολήπτη.

4.2.2 Εδάφη και πετρώματα

Οι θέσεις δειγματοληψίας εδαφικών δειγμάτων και πετρωμάτων καταγράφηκαν σε GPS χειρός σε συντεταγμένες του παγκόσμιου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς του 1984 (WGS'84). Για τη λήψη των εδαφικών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε πλαστικό σκαπτικό εργαλείο χειρός και τα δείγματα λήφθηκαν σε βάθος 0-20 cm. Για λόγους ετερογένειας και μείωσης συστηματικών σφαλμάτων, σε κάθε θέση δειγματοληψίας συλλέχθηκε ένα σύνθετο δείγμα αποτελούμενο από υλικό πέντε διαφορετικών σημείων. Η ακριβής θέση του σημείου δειγματοληψίας είναι το σημείο τομής των δυο διαγωνίων ενός νοητού τετραγώνου εμβαδού 25 m². Το σύνθετο δείγμα αποτελείται από υλικό από το σημείο αυτό και τις τέσσερις γωνίες του τετραγώνου. Ποσότητα περίπου 300 g συλλέχθηκε από κάθε σημείο και συγκεντρώθηκε τελική ποσότητα περίπου 1,5 kg – 2 kg δείγματος σε κάθε θέση. Τα εδαφικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες, οι οποίες σφραγίστηκαν ώστε να μεταφερθούν αναλλοίωτα τα στοιχεία στο εργαστήριο Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών (MMM) του ΕΜΠ.

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας από την περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων συλλέχθηκαν τα εξής 12 δείγματα:

- ✓ Τέσσερα εδαφικά δείγματα από τον Τεταρτογενή (αλλουβιακό) υδροφόρο ορίζοντα του Λουτρακίου.
- ✓ Τρία εδαφικά δείγματα από τον Τεταρτογενή (αλλουβιακό) υδροφόρο ορίζοντα του Σχίνου Κορινθίας.
- ✓ Πέντε δείγματα πετρωμάτων από τον ορεινό όγκο των Γερανείων Ορέων.

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας από τη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας συλλέχθηκαν τα εξής 16 δείγματα:

- ✓ Δεκαέξι εδαφικά δείγματα από τη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας από τη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, συλλέχθηκαν τα εξής 31 δείγματα:

- ✓ Δεκαεπτά δείγματα αντιπροσωπευτικών υπερβασικών πετρωμάτων και σχιστολίθων της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης με οφιολίθους.
- ✓ Επτά εδαφικά δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ.
- ✓ Επτά δείγματα ιπτάμενης τέφρας και τέφρας πυθμένα από τις αποθέσεις και από τους ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς.

4.3 Προετοιμασία δειγμάτων και χημικές αναλύσεις

4.3.1 Υπόγεια και επιφανειακά νερά

Το πρώτο δείγμα αποθηκεύτηκε σε μπουκάλι των 500 mL για τη μέτρηση των κυρίων ιόντων (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- και PO_4^{3-}). Τα μπουκάλια των 500 mL μεταφέρθηκαν, άμεσα, με ψυγείο, στα αναλυτικά εργαστήρια «ACL ΑΝΔΡΕΟΥ Κ. Ι.Κ.Ε. ΧΗΜΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ» τα οποία είναι διαπιστευμένα σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO / IEC 17025: 2005 από το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης (ΕΣΥΔ) με αρ. πιστοποιητικού διαπίστευσης Νο 377-3 περιλαμβάνοντας τα απαραίτητα πρωτόκολλα διασφάλισης της ποιότητας όσο και του ποιοτικού ελέγχου. Όλα τα δείγματα διηθήθηκαν μέσω ειδικού φίλτρου 0,45 μm πριν την ανάλυση τους. Η επεξεργασία, που ακολουθήθηκε, διαφέρει ανάλογα με την παράμετρο που προσδιορίζεται. Για τα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ έγινε οξίνιση σε $\text{pH} < 2$ με πυκνό 1M HNO_3 , και η ανάλυση πραγματοποιήθηκε εντός 10 ημερών. Τα SO_4^{2-} , Cl^- , αναλύθηκαν εντός 10 ημερών, ενώ τα NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , HCO_3^- προσδιορίστηκαν εντός 24 ωρών και τα PO_4^{3-} εντός 48 ωρών. Τα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ μετρήθηκαν με τη μέθοδο της φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης, οι συγκεντρώσεις NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} προσδιορίστηκαν με φασματοφωτομετρία, οι συγκεντρώσεις Cl^- και HCO_3^- με τιτλοδότηση και τα SO_4^{2-} με θολομετρική μέθοδο. Στον πίνακα 4.1 δίνονται οι αναλυτικές μέθοδοι που ακολουθήθηκαν για τον προσδιορισμό των κύριων ιόντων, τα όρια ποσοτικοποίησης (ΟΠ), καθώς και τα όρια ανιχνευσιμότητας (ΟΑ) τους. Το ΟΑ αναφέρεται στη μικρότερη συγκέντρωση μιας ουσίας, που μπορεί να διακριθεί από την απουσία της ουσίας αυτής (σε διάστημα εμπιστοσύνης 99%) με ορισμένη πιστότητα και ακρίβεια από την αναλυτική

μέθοδο. Το ΟΠ αναφέρεται στη μικρότερη συγκέντρωση του μετρούμενου συστατικού, που μπορεί να προσδιορισθεί ποσοτικά με ορισμένη πιστότητα και ακρίβεια από την αναλυτική μέθοδο. Το ΟΠ έχει την τριπλάσια συγκέντρωση του ΟΑ.

Πίνακας 4.1 - Αναλυτικές μέθοδοι και όρια ποσοτικοποίησης κύριων ιόντων.

| Παράμετρος | Μονάδες | Αναλυτική Μέθοδος | ΟΠ |
|-------------------------------|--------------------|--|------|
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | ASTM D 511-09 | 0,2 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | ASTM D 511-09 | 1 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | ASTM D 4191-08 & ASTM D 3561-11 | 1 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | ISO 9964-3:1993 (E) | 0,1 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | MERCK 1.09713 | 1 |
| NO ₂ ⁻ | mg L ⁻¹ | MERCK 1.14776 | 0,05 |
| NH ₄ ⁺ | mg L ⁻¹ | MERCK 1.14752 | 0,05 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | AWWA – 4500 – Cl ⁻ /B | 1 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | AWWA – 4500 – SO ₄ ²⁻ /E | 5 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | AOAC Off. M. 920.194 | 10 |
| PO ₄ ³⁻ | mg L ⁻¹ | MERCK 1.14848 | 0,2 |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

Το δεύτερο δείγμα, αποθηκεύτηκε σε μπουκάλι των 100 mL. Το δείγμα διηθήθηκε μέσω ειδικού φίλτρου 0,45 μm, το οποίο προσαρμόστηκε σε σύριγγα των 20 mL και στη συνέχεια οξινίστηκε με πυκνό 1M HNO₃, ώστε το pH να γίνει < 2, για τη συντήρησή του, με σκοπό τη μέτρηση των δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων. Τα δείγματα αυτά στάλθηκαν στο εξειδικευμένο εργαστήριο AcmeLabs, Mineral Laboratories, Bureau Veritas Commodities Canada Ltd., στο Vancouver του Καναδά το οποίο είναι διαπιστευμένο στο πρότυπο ISO / IEC 17025: 2005 και περιλαμβάνει τόσο πρωτόκολλα διασφάλισης ποιότητας όσο και ποιοτικού ελέγχου. Οι αναλύσεις περιλαμβάνουν τα εξής δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr, και πραγματοποιήθηκαν με ICP-MS σε υδατικά διαλύματα με < 0,1% TDS. Το όργανο ICP-MS έχει τη δυνατότητα να μετρήσει συγκεντρώσεις Cr και άλλων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων της τάξης των 0,5 μg L⁻¹ και είναι η μέθοδος με την πιο ικανοποιητική ακρίβεια, επαναληψιμότητα, μεγάλη γραμμική περιοχή, ευαισθησία, χαμηλά ΟΑ που επιτρέπουν τον προσδιορισμό χαμηλών συγκεντρώσεων σε υδατικά διαλύματα. Για το λόγο αυτό αποτελεί την

καταλληλότερη μέθοδο προσδιορισμού ιχνοστοιχείων. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα ΟΑ του οργάνου.

Πίνακας 4.2 - Όρια ανιχνευσιμότητας του οργάνου ICP-MS για τα δυνητικά τοξικά στοιχεία και τα λοιπά ιχνοστοιχεία.

| Παράμετρος | Μονάδες | ΟΑ | Παράμετρος | Μονάδες | ΟΑ | Παράμετρος | Μονάδες | ΟΑ | Παράμετρος | Μονάδες | ΟΑ |
|------------|--------------------|------|------------|--------------------|------|------------|--------------------|------|------------|--------------------|------|
| Ag | μg L ⁻¹ | 0,05 | Eu | μg L ⁻¹ | 0,01 | P | μg L ⁻¹ | 10 | Ta | μg L ⁻¹ | 0,02 |
| Al | μg L ⁻¹ | 1 | Fe | μg L ⁻¹ | 10 | Pb | μg L ⁻¹ | 0,2 | Tb | μg L ⁻¹ | 0,01 |
| As | μg L ⁻¹ | 0,5 | Ga | μg L ⁻¹ | 0,05 | Pd | μg L ⁻¹ | 0,01 | Te | μg L ⁻¹ | 0,05 |
| Au | μg L ⁻¹ | 0,05 | Gd | μg L ⁻¹ | 0,01 | Pr | μg L ⁻¹ | 0,01 | Th | μg L ⁻¹ | 0,05 |
| B | μg L ⁻¹ | 5 | Ge | μg L ⁻¹ | 0,05 | Pt | μg L ⁻¹ | 0,01 | Ti | μg L ⁻¹ | 10 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 0,05 | Hf | μg L ⁻¹ | 0,02 | Rb | μg L ⁻¹ | 0,01 | Tl | μg L ⁻¹ | 0,01 |
| Be | μg L ⁻¹ | 0,05 | Hg | μg L ⁻¹ | 0,1 | Re | μg L ⁻¹ | 0,01 | Tm | μg L ⁻¹ | 0,01 |
| Bi | μg L ⁻¹ | 0,05 | Ho | μg L ⁻¹ | 0,01 | Rh | μg L ⁻¹ | 0,01 | U | μg L ⁻¹ | 0,02 |
| Br | μg L ⁻¹ | 5 | In | μg L ⁻¹ | 0,01 | Ru | μg L ⁻¹ | 0,05 | V | μg L ⁻¹ | 0,2 |
| Cd | μg L ⁻¹ | 0,05 | La | μg L ⁻¹ | 0,01 | S | mg L ⁻¹ | 1 | W | μg L ⁻¹ | 0,02 |
| Ce | μg L ⁻¹ | 0,01 | Li | μg L ⁻¹ | 0,1 | Sb | μg L ⁻¹ | 0,05 | Y | μg L ⁻¹ | 0,01 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,02 | Lu | μg L ⁻¹ | 0,01 | Sc | μg L ⁻¹ | 1 | Yb | μg L ⁻¹ | 0,01 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 0,5 | Mn | μg L ⁻¹ | 0,05 | Se | μg L ⁻¹ | 0,5 | Zn | μg L ⁻¹ | 0,5 |
| Cs | μg L ⁻¹ | 0,01 | Mo | μg L ⁻¹ | 0,1 | Si | μg L ⁻¹ | 40 | Zr | μg L ⁻¹ | 0,02 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 0,1 | Nb | μg L ⁻¹ | 0,01 | Sm | μg L ⁻¹ | 0,02 | | | |
| Dy | μg L ⁻¹ | 0,01 | Nd | μg L ⁻¹ | 0,01 | Sn | μg L ⁻¹ | 0,05 | | | |
| Er | μg L ⁻¹ | 0,01 | Ni | μg L ⁻¹ | 0,2 | Sr | μg L ⁻¹ | 0,01 | | | |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

Το τρίτο δείγμα, αποθηκεύτηκε στο μπουκάλι των 25 mL. Για τη δειγματοληψία και συντήρηση του δείγματος αυτού, εφαρμόστηκε η μέθοδος της Αμερικάνικης Γεωλογικής Εταιρείας (USGS), σε συνεργασία με την «California Environmental Protection Agency, Department of Toxic Substances Control» την «United States Marine Corps MCAGCC at Twentynine Palms, CA» και την «Edwards Air Force Base». Οι εταιρείες αυτές, ανέπτυξαν μια νέα μέθοδο κατιοντοανταλλαγής, που επιτυγχάνει τον *in situ* διαχωρισμό Cr⁶⁺ και την αποθήκευσή/διατήρησή του. Η νέα μέθοδος είναι σχετικά απλή, έχει υψηλή «ευαισθησία», είναι ακριβής και δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα σε χαμηλά όρια συγκεντρώσεων, ενώ ο εξοπλισμός που είναι απαραίτητος, είναι εύκολα διαθέσιμος. Η ανάλυση του δείγματος επιτυγχάνεται με όριο ανιχνευσιμότητας τα 0,05 μg L⁻¹ (Ball and McCleskey, 2003). Η διήθηση του δείγματος έγινε προσαρμόζοντας στη σύριγγα των 10 mL, ένα φίλτρο 0,2 μm, με υλικό μεμβράνης Anopore. Στη συνέχεια, προσαρμόστηκε στο τέλος του διηθητικού φίλτρου, ειδικών προδιαγραφών φυσίγγιο κατιοντοανταλλαγής IC-H (cation-EX-SPE-IC-H 0,5 mL cartridge), του οίκου Grace Davison Discovery Sciences. Η πρωτοτυπία στην εφαρμογή της συγκεκριμένης δειγματοληψίας, προσδιορίζεται και στην προσαρμογή δεύτερου φίλτρου σε

σειρά, ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα κατακράτησης του Cr^{3+} , λόγω παρουσίας υψηλής περιεκτικότητας σε οργανικό άνθρακα ο οποίος δημιουργεί σύμπλοκα με το Cr^{3+} , και έτσι, κατακρατούνται από τη ρητίνη κατιονταλλαγής. Στη συνέχεια, με ρυθμό όχι μεγαλύτερο από δυο σταγόνες το δευτερόλεπτο, έγινε η διήθηση και το φιλτράρισμα των 10 mL δείγματος. Τέλος, το δείγμα οξινίστηκε μέχρι να γίνει ισχυρώς όξινο (τιμή pH < 2), χρησιμοποιώντας 1M HNO_3 . Τα δείγματα αυτά, αναλύθηκαν στο εργαστήριο Μεταλλουργίας της Σχολής MMM του ΕΜΠ με το αναλυτικό όργανο ICP-MS Agilent Technologies 7700 series.

4.3.2 Εδάφη και πετρώματα

Πραγματοποιήθηκε ορυκτολογική-πετρογραφική μελέτη λεπτών στιλπνών τομών με τη χρήση οπτικού μικροσκοπίου διερχόμενου και ανακλώμενου φωτός (τύπου Zeiss Axioskop 40). Η φωτογράφιση των δειγμάτων έγινε με έγχρωμη video-camera (τύπου Jenoptik Gryphax), προσαρτημένη στο παραπάνω μικροσκόπιο, και η επεξεργασία των φωτογραφιών με το ειδικό λογισμικό Progres Gryphax.

Στη συνέχεια, ακολούθησε επιμετάλλωση των λεπτών στιλπνών τομών και μελέτη τους στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (τύπου JEOL6380LV) και μικροανάλυση.

Τα εδαφικά δείγματα και πετρώματα, που συλλέχθηκαν, αφού κονιοποιήθηκαν, εξετάστηκαν με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ (XRD), χρησιμοποιώντας περιθλασίμετρο τύπου Bruker D8 Focus, με ακτινοβολία $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1,5405 \text{ \AA}$), φίλτρο Ni σε ένταση 30 mA και τάση 40 kV. Οι παράμετροι “βήμα σάρωσης” (scanning step) και “χρονικό διάστημα βήματος” (step time) καθορίστηκαν $2\theta = 0,02^\circ$ και 1 s, και εύρος $2-72^\circ$, αντίστοιχα.

Η ταυτοποίηση των διαφόρων ορυκτολογικών φάσεων πραγματοποιήθηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις hkl των ακτινοδιαγραμμάτων που προέκυψαν, ενώ για τη επεξεργασία των ακτινοδιαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα EVA (Version 12, Copyright @ SOCABIM 1996 - 2006).

Για τη γεωχημική ανάλυση, τα δείγματα κονιοποιήθηκαν και στη συνέχεια η τελική παραλαβή του δείγματος προς ανάλυση, έγινε με τεταρτομερισμό σύμφωνα με το ISO 3954:2007. Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών, που αναφέρονται στην παρούσα διδακτορική διατριβή, πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Acme Labs, Mineral Laboratories, Bureau Veritas Commodities Canada Ltd., στο Vancouver του Καναδά. Οι αναλύσεις περιλαμβάνουν: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , Ba , Ce , Cr , Cs , Dy , Er , Eu , Ga , Gd , Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Sn , Sr , Ta , Tb , Th , Tm , U , V , W , Y , Yb ,

Zr, As, Bi, Hg, Sb, Se, Tl, Ag, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, P. Τα κύρια οξείδια αναλύθηκαν με φθορισμομετρία ακτίνων-X (XRF) και τα δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία αναλύθηκαν με ICP-MS.

4.4 Επεξεργασία δεδομένων

Η επεξεργασία δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS version 22 και η δημιουργία των διαγραμμάτων με το λογισμικό Microsoft excel 13. Οι θεματικοί χάρτες χωρικής κατανομής σχεδιάστηκαν με το λογισμικό Arc GIS version 10.3. Στους χάρτες χωρικής κατανομής, η ταξινόμηση των ομάδων που παρουσιάζονται έγινε βάσει του μετρημένου εύρους συγκεντρώσεων. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις παρουσιάζονται σημειακά με πράσινους, μπλε, πορτοκαλί και κόκκινους κύκλους διαβαθμισμένου μεγέθους από τις χαμηλότερες προς τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Αριθμητικά, η ομαδοποίηση ακολουθεί παντού κλειστό διάστημα α , ανοιχτό διάστημα β δηλ. $[\alpha, \beta)$. Η σημειακή χωρική απεικόνιση προτιμήθηκε από την επιλογή κάποιας μεθόδου χωρικής παρεμβολής (π.χ. Kriging, Inverse Distance Weighting, Radial Basis Function κ.α.), γιατί παρουσιάζει μεγαλύτερη ακρίβεια, αποτυπώνει καλύτερα την πραγματικότητα και γιατί είναι σημαντικό να αποκλειστούν οι αβεβαιότητες που δημιουργούν οι γεωστατιστικές και ντετερμινιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής (Parazotos et al., 2019b) εξαιτίας της ανομοιογένειας των υδροφόρων στρωμάτων.

4.4.1 Σφάλμα ισοζυγίου φορτίου

Ένας θεμελιώδης νόμος της φύσης είναι ότι τα υδατικά διαλύματα πρέπει να είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, και επομένως το συνολικό άθροισμα των κατιόντων πρέπει να ισούται με το συνολικό άθροισμα των ανιόντων. Ωστόσο, τα αναλυτικά σφάλματα προκαλούν ηλεκτρικές ανισορροπίες. Οι πιθανότερες αιτίες για ηλεκτρική ανισορροπία είναι (α) τα εργαστηριακά σφάλματα (σοβαρά ή συστηματικά σφάλματα κατά την ανάλυση) (β) ορισμένα διαλελυμένα είδη (κύρια ιόντα) των οποίων δε μετρήθηκε η συγκέντρωσή τους και (γ) η ανάλυση μη φιλτραρισμένων δειγμάτων που περιέχουν σωματίδια. Μέτρο της ανισορροπίας είναι το σφάλμα ισοζυγίου φορτίου (charge balance error - CBE) το οποίο εφαρμόζεται για τον έλεγχο της εγκυρότητας των χημικών αναλύσεων, υπολογίζεται ποσοστιαία και ορίζεται ως εξής (Freeze and Cherry, 1979):

$$\text{CBE (\%)} = \frac{\sum z \cdot m_c - \sum z \cdot m_a}{\sum z \cdot m_c + \sum z \cdot m_a} \times 100$$

όπου: z=απόλυτη τιμή του σθένους, m_c = γραμμομοριακότητα (molality) κατιόντων, m_a =γραμμομοριακότητα ανιόντων

Το CBE μπορεί να είναι θετικό ή αρνητικό υποδεικνύοντας αν το δείγμα νερού έχει υψηλότερη συγκέντρωση κατιόντων ή ανιόντων, αντίστοιχα. Οι αποδεκτές αναλύσεις νερού έχουν CBE μικρότερο από $\pm 10\%$ (Yaouti et al., 2009, Voutsis et al., 2015).

4.4.2 Περιγραφικά στατιστικά

Για την αριθμητική κατανόηση των μεγεθών του συνόλου των δειγμάτων και των τιμών των φυσικοχημικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά μεγέθη όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, η μέγιστη τιμή, η ελάχιστη τιμή, το εύρος, η διάμεσος, τα τεταρτημόρια, η ασυμμετρία και η κυρτότητα, τα οποία πρέπει να οριστούν:

- **Μέση τιμή ή μέσος όρος (Mean value):** Αποτελεί το σπουδαιότερο και χρησιμότερο μέτρο της στατιστικής και είναι ένα μέτρο θέσης, δηλαδή δείχνει σχετικά τις θέσεις των αριθμών στους οποίους αναφέρεται. Ορίζεται ως το άθροισμα των παρατηρήσεων δια του πλήθους αυτών. Συμβολίζεται με \bar{x} και ο μαθηματικός της τύπος είναι:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

- **Τυπική απόκλιση (Standard deviation):** Αποτελεί το μέτρο της διασποράς των τιμών σε σχέση με την τιμή του μέσου όρου. Συμβολίζεται με το S και ο μαθηματικός της τύπος είναι:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}$$

- **Μέγιστη τιμή (Max):** Πρόκειται για τη μεγαλύτερη τιμή του δειγματικού χώρου, αποτελώντας το ανώτατο όριο των δειγματικών τιμών.
- **Ελάχιστη τιμή (Min):** Πρόκειται για τη μικρότερη τιμή του δειγματικού χώρου, αποτελώντας το κατώτατο όριο των δειγματικών τιμών.

- **Εύρος (range):** Αποτελεί τη διαφορά της ελάχιστης από τη μέγιστη τιμή και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Εύρος} = \text{Max} - \text{Min}$$

- **Διάμεσος (Median value):** Αποτελεί το αντιπροσωπευτικότερο μέτρο της στατιστικής καθώς δεν επηρεάζεται από ακραίες τιμές. Πρόκειται για τη μεσαία παρατήρηση σε ένα δειγματικό χώρο n παρατηρήσεων οι οποίες έχουν διαταχθεί σε αύξουσα σειρά, όταν το n είναι περιττός αριθμός, ή ο μέσος όρος (ημι-άθροισμα) των δυο μεσαίων παρατηρήσεων όταν το n είναι άρτιος αριθμός.
- **Τεταρτημόρια (Quartiles):** Αποτελούν τις τιμές της παραμέτρου που χωρίζουν το σύνολο των τιμών της σε 4 ισοπληθείς ομάδες. Το πρώτο τεταρτημόριο (Q1) αντιστοιχεί στο 25% των τιμών, το δεύτερο τεταρτημόριο (Q2) αντιστοιχεί στο 50% των τιμών και συμπίπτει με τη διάμεσο, το τρίτο τεταρτημόριο (Q3) αντιστοιχεί στο 75% των τιμών. Το τέταρτο τεταρτημόριο (Q4) συμπίπτει με τη μέγιστη τιμή.
- **Ασυμμετρία (Skewness):** Πρόκειται για ένα μέτρο που χαρακτηρίζει μια κατανομή γύρω από τη μέση τιμή και τη διάμεσό της. Όταν η ασυμμετρία είναι 0, τότε η κατανομή είναι συμμετρική. Στην περίπτωση που η ασυμμετρία είναι θετική ($\gamma > 0$), οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή βρίσκονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων, ενώ στην περίπτωση που η ασυμμετρία είναι αρνητική ($\gamma < 0$), βρίσκονται αριστερά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Ο μαθηματικός τύπος της ασυμμετρίας είναι:

$$\gamma = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right]^3}$$

- **Κυρτότητα (Kurtosis):** Πρόκειται για ένα μέτρο που αφορά το βαθμό συγκέντρωσης των δεδομένων γύρω από το μέσο και τα άκρα της κατανομής. Μια κατανομή η οποία έχει σχετικά μεγάλη συχνότητα παρατηρήσεων και μεγάλη συγκέντρωση τιμών γύρω από τη μέση τιμή λέγεται λεπτόκυρτη ($\alpha > 3$), ενώ αν η μέγιστη συχνότητα της είναι σχετικά μικρή λέγεται πλατύκυρτη ($\alpha < 3$). Κατανομές που προσεγγίζονται από την κανονική κατανομή λέγονται μεσόκυρτες ($\alpha = 3$). Ο μαθηματικός τύπος της κυρτότητας είναι:

$$\alpha = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left[\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right]^4}$$

Οι συγκεντρώσεις κάποιων παραμέτρων ήταν χαμηλότερες από το όριο ανιχνευσιμότητας/ποσοτικοποίησης της αναλυτικής μεθόδου και γι' αυτό το λόγο αντικαταστάθηκαν από τη συγκέντρωση του αντίστοιχου ορίου ώστε να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός των περιγραφικών στατιστικών μεγεθών. Ωστόσο, στην περίπτωση που > 50% των δειγμάτων παρουσίαζαν συγκεντρώσεις μικρότερες του ορίου ανιχνευσιμότητας/ποσοτικοποίησης δεν υπολογίστηκαν τα μεγέθη της ασυμμετρίας και της κυρτότητας. Επιπλέον, στην περίπτωση που >75% των δειγμάτων παρουσίαζαν συγκεντρώσεις μικρότερες του ορίου ανιχνευσιμότητας/ποσοτικοποίησης δεν υπολογίστηκαν τα μεγέθη της μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης.

4.4.3 Συντελεστής συσχέτισης κατά Pearson

Ο συντελεστής συσχέτισης κατά Pearson (Pearson correlation coefficient), είναι ένας μέγεθος που μετρά τη συσχέτιση μεταξύ δύο παραμέτρων. Οι τιμές που παίρνει είναι μεταξύ του -1 και +1. Οι αρνητικές τιμές δηλώνουν αντίστροφη συσχέτιση. Η συσχέτιση χαρακτηρίζεται ως πολύ ισχυρή, ισχυρή, μέτρια, ασθενής και πολύ ασθενής, όταν οι τιμές του συντελεστή είναι |0,8 – 1|, |0,6 – 0,79|, |0,4 – 0,59|, |0,2 – 0,39| και |0 – 0,19| αντίστοιχα (Evans, 1996). Ο μαθηματικός τύπος του συντελεστή συσχέτισης κατά Pearson είναι:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Όπου r_{xy} = συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των παραμέτρων x και y, n = πλήθος δειγμάτων, x_i = μεμονωμένη τιμή της παραμέτρου x, \bar{x} = μέση τιμή της παραμέτρου x, y_i = μεμονωμένη τιμή της παραμέτρου y, και \bar{y} = μέση τιμή της παραμέτρου y.

4.4.4 Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση

4.4.4.1 Παραγοντική ανάλυση

Η παραγοντική ανάλυση (Factor Analysis) αποσκοπεί στην εύρεση της ύπαρξης κοινών παραγόντων ανάμεσα σε μία ομάδα παραμέτρων. Η παραγοντική ανάλυση μέσω της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (Principal Component analysis-PCA) είναι η πιο διαδομένη μέθοδος πολυκριτηριακής στατιστικής ανάλυσης (multivariate statistical analysis) για την εκτίμηση των παραγόντων και ειδικά στην περίπτωση των υδροχημικών ερευνών (Dunteman, 1989). Πιο συγκεκριμένα είναι μία στατιστική διαδικασία η οποία μετατρέπει μία ομάδα παρατηρήσεων δυνητικά συσχετιζόμενων παραμέτρων σε μία ομάδα νέων τιμών μη γραμμικά συσχετιζόμενων παραμέτρων, οι οποίες καλούνται κύριες συνιστώσες. Ο αριθμός των νέων παραμέτρων που προκύπτει είναι ίσος ή/και συχνότερα πολύ μικρότερος από τον αριθμό των αρχικών παραμέτρων. Η μετάβαση αυτή πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε, η πρώτη συνιστώσα να εξηγεί τη μέγιστη δυνατή διακύμανση που αναπτύσσεται μεταξύ των αρχικών παραμέτρων, η δεύτερη, μη συσχετιζόμενη με την πρώτη, να εξηγεί ένα σημαντικό μέρος αυτής αλλά πάντα μικρότερο της πρώτης κοκ. Σκοπός της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών είναι να μειωθεί η διάσταση του προβλήματος και να βρεθεί η ύπαρξη κοινών παραγόντων ανάμεσα σε μια ομάδα ασυσχέτιστων παραμέτρων. Αυτή η στατιστική μέθοδος απαιτεί οι παράμετροι να ακολουθούν την κανονική κατανομή. Ως εκ τούτου, οι τιμές των παραμέτρων μετατράπηκαν σε τυπικές τιμές (z-scores), ώστε να χρησιμοποιηθούν ως τιμές εισόδου (input values) στην ανάλυση κυρίων συνιστωσών.

Η συμβολή των λιγότερο σημαντικών παραμέτρων επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης. Ο άξονας που ορίζεται από την ανάλυση κυρίων συνιστωσών περιστρέφεται και παράγεται μια νέα ομάδα παραμέτρων. Η περιστροφή χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της ποιότητας και ερμηνείας των εξαγόμενων παραγόντων, ώστε τα αποτελέσματα να γίνουν πιο ερμηνεύσιμα. Η πιο διαδεδομένη τεχνική περιστροφής στις υδροχημικές-υδρογεωλογικές μελέτες είναι η ορθογώνια περιστροφή μεγιστοποίησης της διακύμανσης (Varimax) η οποία ελαχιστοποιεί τον αριθμό παραμέτρων που έχουν μεγάλες επιβαρύνσεις για κάθε παράγοντα (Voutsis et al., 2015, Tziritis et al., 2016, Ayed et al., 2017, Parazotos et al., 2019a, Vasileiou et al., 2019). Η ορθογώνια περιστροφή μεγιστοποίησης της διακύμανσης (Varimax) χρησιμοποιεί τη διαδικασία κανονικοποίησης του Kaiser (Kaiser, 1958), σύμφωνα με την οποία, ο αριθμός των παραγόντων πρέπει είναι ίσος με τον αριθμό των ιδιοτιμών (eigenvalues) του πίνακα συσχέτισης που είναι μεγαλύτερες από τη μονάδα. Παράγοντες που παρουσιάζουν ιδιοτιμές μικρότερες της μονάδας αποκλείονται από την ανάλυση. Η μέθοδος Scree plot (Cattell, 1966) χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστεί ο

αριθμός των παραγόντων από το γράφημα των ιδιοτιμών σε φθίνουσα σειρά. Οι φορτίσεις των παραγόντων ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες προκειμένου να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ των παραμέτρων: α) απόλυτες τιμές από 0,75 έως 1 χαρακτηρίζονται ως ισχυρές, β) απόλυτες τιμές από 0,5 έως 0,75 χαρακτηρίζονται ως μέτριες και γ) απόλυτες τιμές από 0,3 έως 0,5 χαρακτηρίζονται ως ασθενείς (Liu et al., 2003). Τα βασικά κριτήρια τα οποία πρέπει να ικανοποιούνται, ώστε η επεξεργασία να είναι στατιστικά σημαντική και ικανοποιητική, είναι ο έλεγχος της υπόθεσης της σφαιρικότητας (Bartlett's test of sphericity) που πρέπει να είναι $<0,05$ και ο στατιστικός έλεγχος των Kaiser Meyer Olkin (KMO), που παίρνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$, που πρέπει η τιμή να είναι $> 0,5$. Αυτά τα δύο κριτήρια υποδεικνύουν ότι τα δεδομένα είναι κατάλληλα για παραγοντική ανάλυση (Bartlett, 1950, Armstrong and Soelberg, 1968, Kaiser, 1970).

4.4.4.2 Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες

Η ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες (Hierarchical Cluster Analysis - HCA) χρησιμοποιείται σε πολλές επιστήμες για να ομαδοποιήσει δεδομένα και ανήκει στην κατηγορία των πολυκριτηριακών στατιστικών αναλύσεων. Αποσκοπεί στο διαχωρισμό μιας συλλογής από στοιχεία σε υποσύνολα έτσι ώστε να υπάρχει ομοιογένεια μέσα σε ένα υποσύνολο και ανομοιογένεια μεταξύ των στοιχείων που ανήκουν σε διαφορετικά υποσύνολα. Επιπρόσθετα, μπορεί να αποσκοπεί στην ιεραρχική οργάνωση των συστάδων με τη διαδοχική ομαδοποίηση αυτών, έτσι ώστε σε κάθε στάδιο της ιεραρχίας, οι συστάδες που ανήκουν στην ίδια ομάδα να είναι πιο όμοιες μεταξύ τους από αυτές που ανήκουν σε άλλη ομάδα. Μια επιτυχημένη ανάλυση θα πρέπει να καταλήξει σε ομάδες για τις οποίες οι παρατηρήσεις μέσα σε κάθε ομάδα να είναι όσο γίνεται πιο ομοιογενείς, αλλά παρατηρήσεις διαφορετικών ομάδων να διαφέρουν όσο γίνεται περισσότερο. Οι τιμές εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν στη μέθοδο αυτή ήταν οι τυπικές τιμές των παραμέτρων. Οι πιο σημαντικές επιλογές στην ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες είναι η επιλογή της διασύνδεσης (linkage) και της απόστασης ομοιότητας (similarity). Για τη διασύνδεση υπάρχουν διάφορες επιλογές και η πιο ευρέως χρησιμοποιημένη στη διεθνή βιβλιογραφία για τις γεωεπιστήμες είναι η μέθοδος του Ward (1963), η οποία βασίζεται στην εφαρμογή της ανάλυσης της διακύμανσης στις παρατηρήσεις των ομάδων με σκοπό την εκτίμηση των αποστάσεων μεταξύ των ομάδων. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιείται η μεταβλητότητα μεταξύ δύο εξεταζόμενων ομάδων που σχηματίζονται σε κάθε διαδοχικό στάδιο της ιεραρχικής ταξινόμησης των ομάδων. Επιπλέον, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, στις υδροχημικές – υδρογεωλογικές μελέτες η πιο διαδεδομένη επιλογή απόστασης ομοιότητας

είναι το τετράγωνο της Ευκλείδειας απόστασης (Squared Euclidean distance) και η επιλογή αυτή σχετίζεται με την παρουσίαση των παρατηρήσεων στη χωροδιάσταση των παραμέτρων.

5. Αποτελέσματα αναλύσεων νερών και επεξεργασία δεδομένων

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων νερών, που συλλέχθηκαν, από γεωτρήσεις, πηγάδια, επιφανειακά ρέματα και φυσικές εκφορτίσεις πηγών από τις περιοχές: α) Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, β) λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και γ) λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Όλες οι παράμετροι, που προσδιορίστηκαν, συγκρίθηκαν με τις οριακές τιμές που θεσπίζονται με βάση την Οδηγία 98/83/ΕΚ, η οποία εναρμονίστηκε στην Ελληνική Νομοθεσία, με τις ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης) και ΚΥΑ 1811/2011 (Ορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα σε εφαρμογή της παραγράφου 2 του Άρθρου 3 της υπ' αριθμ.: 39626/2208/Ε130/2009 Κοινής Υπουργικής Απόφασης - ΦΕΚ 3282 'Β 19/9/2017). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε σύγκριση με τις μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις για το πόσιμο νερό σύμφωνα με τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Οι πλήρεις αναλύσεις κάθε δείγματος και τα περιγραφικά στατιστικά για όλες τις φυσικοχημικές παραμέτρους, τα κύρια ιόντα, τα δυνητικά τοξικά στοιχεία και τα λοιπά ιχνοστοιχεία (T, DO, TDS, EC, pH, Eh, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cr^{6+} , Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) και για τις τρεις περιοχές παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος III (Πίνακες Π1-Π50). Η ομαδοποίηση των συγκεντρώσεων των χαρτών κατανομής που παρουσιάζονται έγινε λαμβάνοντας υπόψη τις οριακές τιμές που ορίζονται από τον ΠΟΥ (WHO, 2011), στο ΦΕΚ 3282 'Β 19/9/2017 (στις περιπτώσεις που υπάρχουν) και το εύρος της κύμανσης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων κάθε στοιχείου, ώστε να γίνει σαφές – χωρικά - που εντοπίζονται οι υψηλότερες και που οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις τους.

Για τον ποιοτικό έλεγχο των χημικών αναλύσεων, που πραγματοποιήθηκαν, υπολογίστηκαν τα σφάλματα ισοζυγίου φορτίου (CBE) (Παράρτημα III). Η πλειονότητά των αναλύσεων κυμαίνεται εντός των αποδεκτών τιμών του $\pm 10\%$ (El Yaouti et al., 2009, Voutsis et al., 2015). Ένα μικρό ποσοστό αναλύσεων ($\approx 20\%$) έχει CBE μεγαλύτερο του $|10\%|$. Τα CBE, που υπολογίστηκαν, έχουν κυρίως θετικό πρόσημο υποδεικνύοντας ότι ένα συστηματικό σφάλμα θα μπορούσε να είναι υπεύθυνο για την επικράτηση των κατιόντων και την παρατηρούμενη απόκλιση στην ηλεκτροαρνητικότητα. Τα θετικά CBE συνδέονται συνήθως με τις μετρήσεις

αλκαλικότητας (Fritz, 1994). Εάν η αλκαλικότητα δεν μετρηθεί *in situ* είναι πιθανό να πραγματοποιηθεί καταβύθιση ανθρακικών ορυκτών εντός του δοχείου δειγματοληψίας και η συγκέντρωση της αλκαλικότητας να μεταβληθεί. Συνεπώς, η αλκαλικότητα (που αποτελείται εξ ολοκλήρου από HCO_3^- στις συνηθισμένες τιμές pH των υπογείων νερών) αναμένεται να υποεκτιμηθεί.

Οι αποκλίσεις στις συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων αποκτούν ιδιαίτερη σημασία στην πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση. Σημαντικές διαφορές και λανθασμένες εκτιμήσεις ως προς τις χημικές αναλύσεις θα μπορούσαν ενδεχομένως να έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφορετικών παραγόντων στην παραγοντική ανάλυση (FA) ή διαφορετικών συστάδων στην ιεραρχική ανάλυση (HCA). Ωστόσο, για το σύνολο των δεδομένων που αναλύθηκαν, η αφαίρεση των δειγμάτων νερού με CBE μεγαλύτερο από 10% δεν φάνηκε να επηρέασε τα αποτελέσματα και την ομαδοποίηση των δειγμάτων στις πολυκριτηριακές στατιστικές αναλύσεις. Κατόπιν δοκιμαστικής εφαρμογής των μεθόδων αυτών σε σύνολο δεδομένων που δεν συμπεριλάμβανε δείγματα νερού με $> |10\%|$, οι χημικές παράμετροι και η ομαδοποίηση των δειγμάτων παρέμεινε η ίδια. Ως εκ τούτου, θεωρήθηκε σκόπιμο να ενσωματωθούν όλα τα δείγματα νερού που συλλέχθηκαν παρέχοντας ένα πιο αντιπροσωπευτικό σύνολο δεδομένων.

5.1 Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων

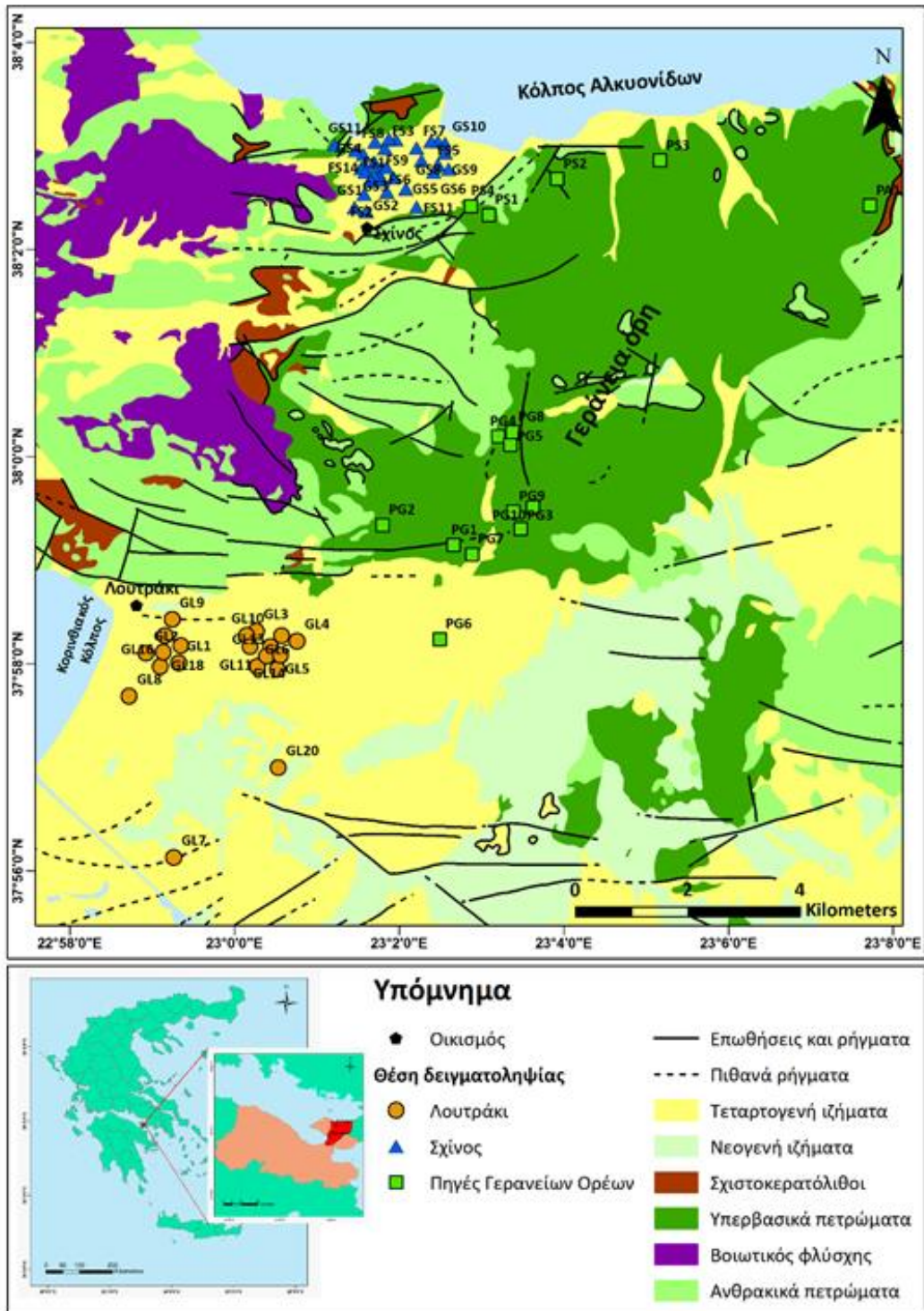
Στην πρώτη περιοχή μελέτης, που εξετάστηκε στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής (περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων), πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη δειγματοληψία κατά τις περιόδους Νοεμβρίου – Δεκεμβρίου 2016 και Ιουνίου 2017, ώστε να συλλεχθούν δείγματα κατά τη διάρκεια της ξηρής και της υγρής περιόδου. Συλλέχθηκαν συνολικά 68 δείγματα νερού. Πιο συγκεκριμένα, η δειγματοληψία περιελάμβανε 20 δείγματα υπογείων νερών από γεωτρήσεις που βρίσκονται εντός του Τεταρτογενούς υδροφόρου ορίζοντα του Λουτρακίου Κορινθίας, 15 δείγματα νερού από φυσικές πηγές που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή των Γερανείων Ορέων και 33 δείγματα υπογείων νερών από γεωτρήσεις και πηγάδια που βρίσκονται στον Τεταρτογενή υδροφόρο ορίζοντα του Σχίνου Κορινθίας. Στην εικόνα 5.1 παρουσιάζεται ο χάρτης της περιοχής μελέτης με τα 68 δείγματα υπογείων νερών ομαδοποιημένα με γεωγραφικά (ανά περιοχή δειγματοληψίας) κριτήρια και κριτήρια χρήσης νερού (άρδευση-ύδρευση-πηγές). Οι ομάδες που διαχωρίστηκαν είναι οι εξής: α) δείγματα που βρίσκονται στην υδρογεωλογική λεκάνη του Λουτρακίου και η κύρια χρήση του νερού είναι υδρευτική και δευτερευόντως αρδευτική

(GL7, GL8 και GL20), β) δείγματα από τις φυσικές εκφορτίσεις – πηγές των Γερανείων Ορέων και γ) δείγματα από τις αρδευτικές γεωτρήσεις του υδροφόρου ορίζοντα του οικισμού του Σχίνου. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε διότι η περιοχή του Λουτρακίου και η περιοχή του Σχίνου ανήκουν σε διαφορετικές υδρογεωλογικές λεκάνες και η ποιότητα του νερού είναι τελείως διαφορετική. Επιπλέον, η χρήση του νερού είναι διαφορετική, καθώς στην περίπτωση του Λουτρακίου χρησιμοποιείται για υδρευτικούς σκοπούς, ενώ στην περίπτωση του Σχίνου για αρδευτικούς. Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζεται η προαναφερθείσα ομαδοποίηση και οι κωδικοί των δειγμάτων που ανήκουν σε αυτές.

Πίνακας 5.1 – Ομαδοποίηση των 68 δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου –Σχίνου – Γερανείων Ορέων σε τρεις διαφορετικές ομάδες.

| Ομαδοποίηση | Κωδικός δείγματος |
|-----------------------|--|
| Λουτράκι | GL1, GL2, GL3, GL4, GL5, GL6, GL7, GL8, GL9, GL10, GL11, GL12, GL13, GL14, GL15, GL16, GL17, GL18, GL19, GL20 |
| Σχίνος | FS1, FS2, GS1, GS2, GS3, GS4, GS5, GS6, GS7, GS8, GS9, GS10, FS3, FS4, GS11, GS12, FS5, FS6, FS7, FS8, FS9, FS10, FS11, FS12, FS13, FS14, FS15, GS13, GS14, GS15, FS16, GS16, FS17 |
| Πηγές Γερανείων Ορέων | PS1, PS2, PS3, PS4, PA1, PG1, PG2, PG3, PG4, PG5, PG6, PG7, PG8, PG9, PG10 |

Στους πίνακες 5.2-5.3 παρουσιάζονται οι μέσες, οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές για τις συγκεντρώσεις φυσικοχημικών παραμέτρων, κύριων ιόντων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (T, DO, TDS, EC, pH, Eh, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, As, B, Ba, Br, Co, Cr, Cr⁶⁺, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sr, U, V και Zn) των τριών διαφορετικών αυτών ομαδοποιήσεων στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 5.1 - Χάρτης της περιοχής περιοχή Λουτρακίου -Σχίνου - πηγών Γερανείων Ορέων με τα 68 δείγματα υπογείων νερών.

Πίνακας 5.2 - Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων στις περιοχές Σχίνου – Λουτρακίου - πηγών Γερανείων Ορέων.

| Παράμετρος | Μονάδες | Λουτράκι (N=20) | | | Σχίνος (N=33) | | | Πηγές Γερανείων Ορέων (N=15) | | | Συνολικά (N=68) | | | ΠΟΥ (WHO, 2011) | ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 |
|-------------------------------|---------------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|------------------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | | |
| T | °C | 17,68 | 13,9 | 22,6 | 20,43 | 15,3 | 30 | 17,61 | 14 | 23,3 | 19 | 13,9 | 30 | | 15 - 25 |
| DO | mg L ⁻¹ | 10,43 | 6,28 | 13,49 | 7,19 | 3,62 | 9,91 | 9,51 | 7,35 | 13,26 | 8,66 | 3,62 | 13,49 | | 6 - 10 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 486,98 | 386,15 | 773,57 | 1219,75 | 666,8 | 2532,32 | 614,64 | 378,79 | 857,67 | 870,75 | 378,79 | 2532,32 | | |
| EC | μS cm ⁻¹ | 652,67 | 316,3 | 1206 | 1872,79 | 724 | 3943 | 918,67 | 590 | 1227 | 1303,46 | 316,3 | 3943 | 2500 | 2500 |
| pH | - | 8,16 | 7,83 | 8,57 | 7,95 | 7,45 | 8,86 | 8,89 | 7,88 | 9,64 | 8,22 | 7,45 | 9,64 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 9,5 |
| Eh | mV | 316,33 | 285 | 370,6 | 295,13 | 231 | 365,7 | 294,35 | 254 | 328,9 | 301,19 | 231 | 370,6 | | |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 8,48 | 1,53 | 36,4 | 31,27 | 1,91 | 101 | 3,33 | 0,9 | 11,3 | 18,4 | 0,9 | 101 | | |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 81,02 | 51 | 97,7 | 166,18 | 75 | 363 | 129,97 | 73,6 | 179 | 133,14 | 51 | 363 | | |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 17,19 | 12,1 | 57,2 | 127,6 | 28,3 | 405 | 17,99 | 10,9 | 22,6 | 70,95 | 10,9 | 405 | 200 | 200 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,25 | 0,73 | 5,37 | 1,85 | 0,13 | 21,1 | 0,93 | 0,29 | 2,94 | 1,47 | 0,13 | 21,1 | 12 | 12 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 5,05 | <ΟΠ | 16,4 | 36,57 | 3,5 | 100 | 3,50 | <ΟΠ | 15,6 | 20 | <ΟΠ | 100 | 50 | 50 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 39,2 | 24 | 176 | 298,27 | 71 | 815 | 37,27 | 22 | 73 | 164,5 | 22 | 815 | 250 | 250 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 7,2 | <ΟΠ | 33 | 57,88 | 6 | 381 | ΔΥ | <ΟΠ | 5 | 31,31 | <ΟΠ | 381 | 250 | 250 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 330,25 | 227 | 399 | 500,12 | 267 | 672 | 421 | 202 | 623 | 432,71 | 202 | 672 | | |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας 5.3 - Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων.

| Παράμετρος | Μονάδες | Λουτράκι (N=20) | | | Σχίνος (N=33) | | | Πηγές Γερανείων Ορέων (N=15) | | | Συνολικά (N=68) | | | ΠΟΥ (WHO, 2011) | ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 |
|------------------|--------------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|------------------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | | |
| As | μg L ⁻¹ | 1,93 | <OA | 20,9 | 4,65 | 0,9 | 15 | 0,79 | <OA | 1,3 | 3,00 | <OA | 20,9 | 10 | 10 |
| B | μg L ⁻¹ | 20,35 | <OA | 150 | 59,3 | <OA | 266 | 7,67 | <OA | 16 | 36,46 | <OA | 266 | 2400 | 1000 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 17,2 | 3,13 | 219,12 | 18,28 | 1,38 | 149,44 | 0,98 | 0,11 | 2,46 | 14,15 | 0,11 | 219,12 | 700 | 700 |
| Br | μg L ⁻¹ | 126,5 | 85 | 594 | 859,76 | 219 | 2207 | 128,07 | 68 | 287 | 482,69 | 68 | 2207 | | |
| Co | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <OA | 0,12 | 0,07 | <OA | 0,56 | 0,04 | <OA | 0,1 | 0,05 | <OA | 0,56 | | |
| Cr | μg L ⁻¹ | 21,24 | 2,2 | 54,7 | 102,08 | 3,3 | 506,9 | 7,36 | 1,3 | 18,3 | 57,41 | 1,3 | 506,9 | 50 | 50 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 20,2 | 2,2 | 48,73 | 91,58 | 3,3 | 458,8 | 6,88 | 1,3 | 17,2 | 51,9 | 1,3 | 458,8 | | |
| Cu | μg L ⁻¹ | 2,87 | 0,6 | 24,1 | 6,19 | 0,5 | 52,3 | 1,41 | <OA | 7,6 | 4,16 | <OA | 52,3 | 2000 | 2000 |
| Li | μg L ⁻¹ | 3,5 | 1,1 | 26,9 | 3,87 | 1,3 | 9,2 | 0,73 | <OA | 1 | 3,07 | <OA | 26,9 | | |
| Mn | μg L ⁻¹ | 0,34 | 0,07 | 1,66 | 3,47 | 0,14 | 57,05 | 0,16 | <OA | 0,56 | 1,82 | <OA | 57,05 | 400 | 50 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,94 | <OA | 12,8 | 0,5 | <OA | 2,1 | ΔΥ | <OA | 1 | 0,56 | <OA | 12,8 | | 70 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 0,82 | <OA | 4,5 | 2,49 | 0,4 | 9 | 1,29 | <OA | 5,5 | 1,74 | <OA | 9 | 70 | 20 |
| P | μg L ⁻¹ | 19,55 | <OA | 33 | 44,79 | 11 | 123 | 13 | <OA | 38 | 30,35 | <OA | 123 | | |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,22 | <OA | 0,3 | 0,32 | <OA | 3,1 | ΔΥ | <OA | <OA | 0,26 | <OA | 3,1 | 10 | 10 |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,68 | 0,42 | 2,69 | 0,66 | 0,2 | 2,49 | 0,69 | 0,13 | 2,21 | 0,67 | 0,13 | 2,69 | | |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,08 | <OA | 0,3 | 0,08 | <OA | 0,51 | 0,06 | <OA | 0,11 | 0,08 | <OA | 0,51 | 20 | 5 |
| Se | μg L ⁻¹ | 0,74 | <OA | 3,3 | 5,05 | 1,5 | 11,2 | 0,71 | <OA | 1,3 | 2,82 | <OA | 11,2 | 40 | 10 |
| Si | μg L ⁻¹ | 11913,15 | 7980 | 30165 | 22404,36 | 1694 | 37292 | 4599,53 | <OA | 19217 | 15391,18 | <OA | 37292 | | |
| Sr | μg L ⁻¹ | 605,77 | 43,51 | 10423,4 | 161,5 | 47,16 | 625,41 | 10,69 | 0,67 | 28,56 | 258,9 | 0,67 | 10423,4 | | |
| U | μg L ⁻¹ | 0,07 | <OA | 0,63 | 0,16 | <OA | 2,22 | ΔΥ | <OA | <OA | 0,1 | <OA | 2,22 | 30 | 30 |
| V | μg L ⁻¹ | 1,28 | 0,5 | 6,1 | 6,97 | 1,6 | 18,4 | 0,81 | 0,2 | 1,9 | 3,94 | 0,2 | 18,4 | | |
| Zn | μg L ⁻¹ | 9,79 | 3,4 | 36,4 | 44,12 | 5,7 | 284,1 | 4,3 | 1 | 10,5 | 25,24 | 1 | 284,1 | | 5000 |

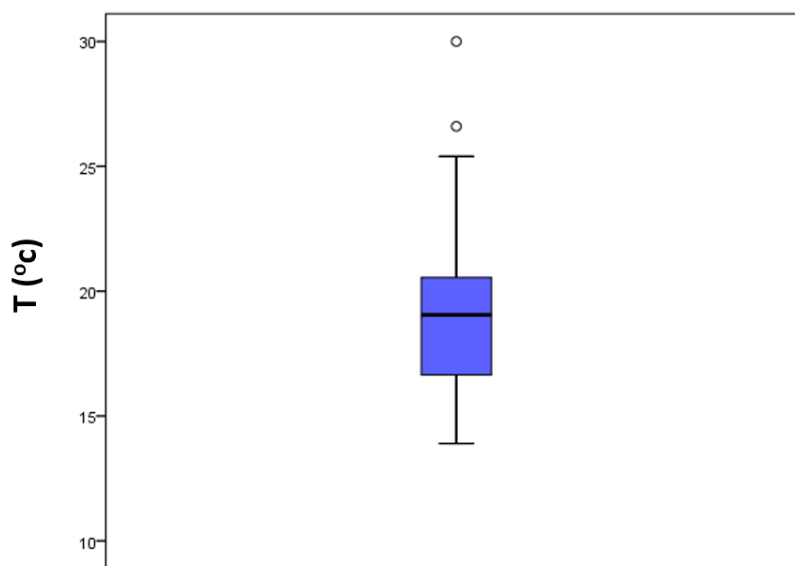
OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

5.1.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

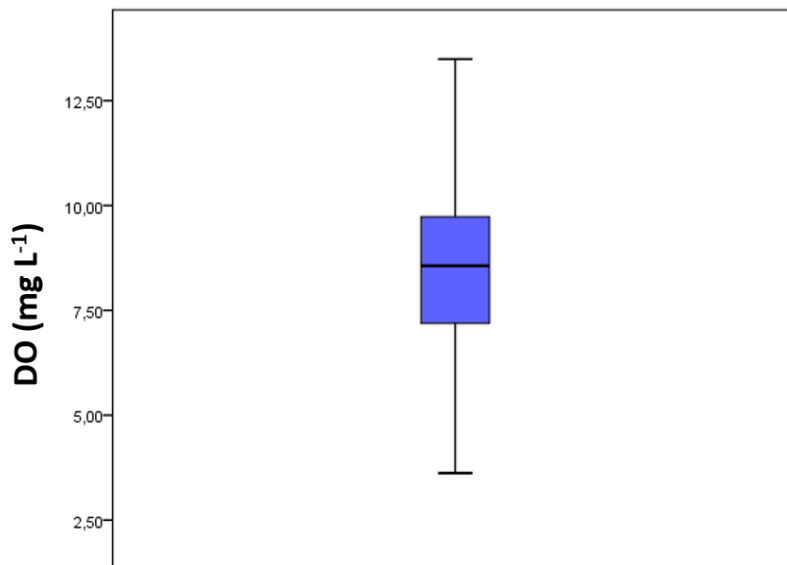
Οι φυσικοχημικές παράμετροι που μετρήθηκαν *in situ* στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων και αναλύονται τα περιγραφικά τους στατιστικά στη συνέχεια είναι οι εξής: θερμοκρασία (T), διαλελυμένο οξυγόνο (DO), ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), pH και δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh).

- **Θερμοκρασία (T):** Η μέση τιμή θερμοκρασίας (T) είναι 19 °C. Οι τιμές της κυμαίνονται από 13,90 °C έως 30 °C, με εύρος 16,1 °C και τυπική απόκλιση 3,06. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.2), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 16,73 °C, η διάμεσος 19,05 °C και το 3^ο τεταρτημόριο 20,53 °C. Η διάμεσος είναι μεγαλύτερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή T κυμαίνεται μεταξύ 15-25 °C, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Το 86,77% των δειγμάτων βρίσκεται μέσα στο εύρος αυτό, το 4,41% υπερβαίνει τους 25 °C και το 8,82% είναι μικρότερο των 15 °C. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 17,68 °C, στα δείγματα του Σχίνου είναι 20,43 °C και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 17,61 °C.



Εικόνα 5.2 - Θηκόγραμμα για τις τιμές θερμοκρασίας για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

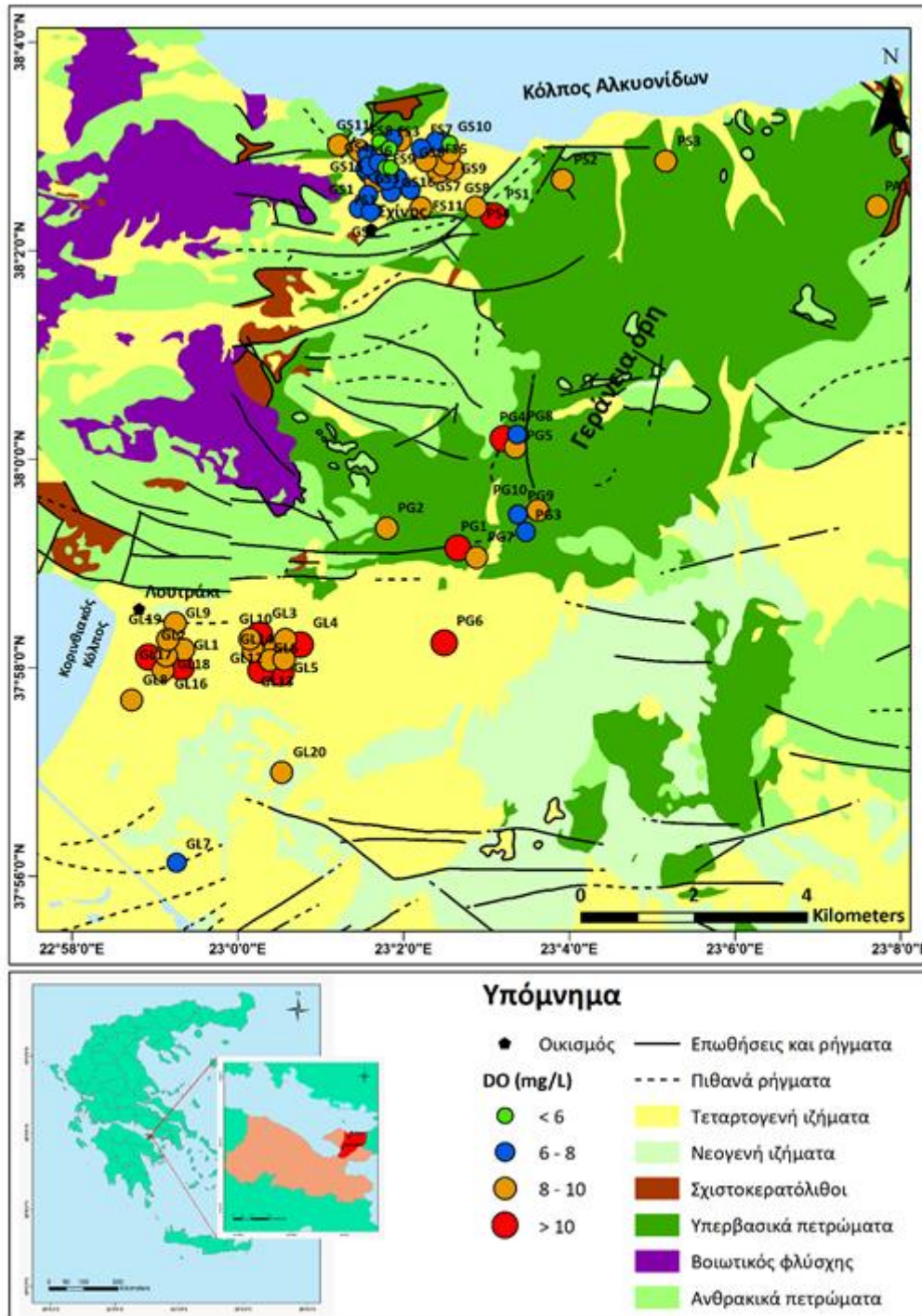
- Διαλελυμένο οξυγόνο (DO):** Η μέση συγκέντρωση του διαλελυμένου οξυγόνου (DO) είναι $8,66 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από $3,62 \text{ mg L}^{-1}$ έως $13,49 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος $9,87 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $2,15$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.3), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $7,2 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $8,57 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $9,7 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή DO κυμαίνεται μεταξύ $6-10 \text{ mg L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Το 77,94% των δειγμάτων βρίσκεται μέσα στο εύρος αυτό, το 14,71% υπερβαίνει τη συγκέντρωση των 10 mg L^{-1} και το 7,35% είναι μικρότερο των 6 mg L^{-1} . Η μέση συγκέντρωση του DO στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $10,43 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $7,19 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $9,51 \text{ mg L}^{-1}$.



Εικόνα 5.3 - Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου -Γερανείων Ορέων.

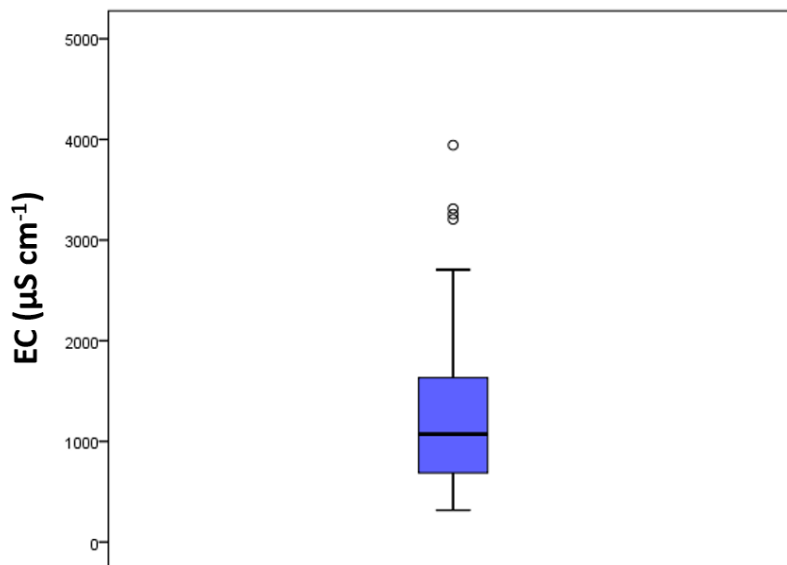
Στην εικόνα 5.4 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων DO στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 6 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται χαμηλότερα του ορίου ($6 - 10 \text{ mg L}^{-1}$) του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 6 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 8 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται

συγκεντρώσεις $\geq 8 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 10 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται υψηλότερα του ορίου ($6 - 10 \text{ mg L}^{-1}$) του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του DO είναι στην περιοχή του Σχίνου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στις περιοχές του Λουτρακίου και των Γερανείων Ορέων.



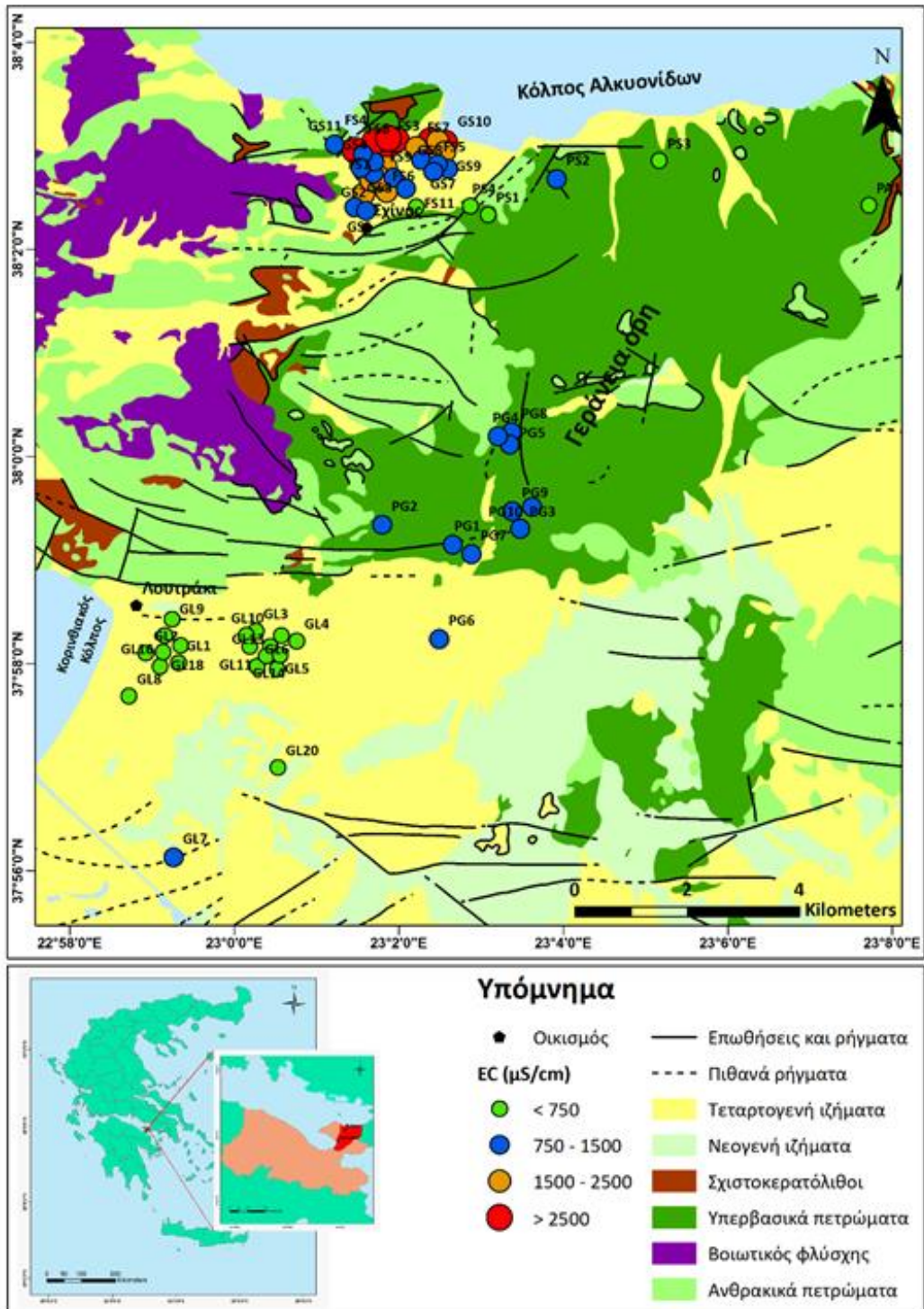
Εικόνα 5.4 – Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS):** Η μέση συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) είναι $870,75 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $378,79 \text{ mg L}^{-1}$ έως $2532,32 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος $2153,53 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $461,2$. Σύμφωνα με τα περιγραφικά στατιστικά (Πίνακας 5.2) το 1^ο τεταρτημόριο είναι $489,2 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $786,1 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $1103,9 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των TDS στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 487 mg L^{-1} , στα δείγματα του Σχίνου είναι $1219,8 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $614,6 \text{ mg L}^{-1}$.
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC):** Η μέση τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) είναι $1303,46 \mu\text{S cm}^{-1}$. Οι τιμές της κυμαίνονται από $316,3 \mu\text{S cm}^{-1}$ έως $3943 \mu\text{S cm}^{-1}$, με εύρος $3626,7 \mu\text{S cm}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $789,19$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.5), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $691 \mu\text{S cm}^{-1}$, η διάμεσος $1073 \mu\text{S cm}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $1631,5 \mu\text{S cm}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ενδεικτικό όριο EC είναι τα $2500 \mu\text{S cm}^{-1}$. Το 89,71% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 10,29% το υπερβαίνει. Η μέση τιμή της EC στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $652,67 \mu\text{S cm}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $1872,79 \mu\text{S cm}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $918,67 \mu\text{S cm}^{-1}$. Λουτρακίου



Εικόνα 5.5 - Θηκόγραμμα για τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου –Γερανείων Ορέων.

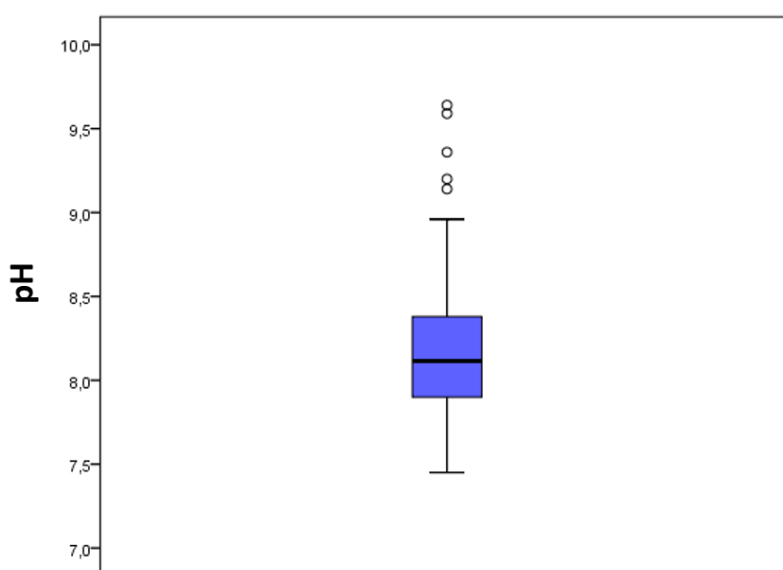
Στην εικόνα 5.6 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών EC στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται τιμές $< 750 \mu\text{S cm}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 750 \mu\text{S cm}^{-1}$ και $< 1500 \mu\text{S cm}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1500 \mu\text{S cm}^{-1}$ και $< 2500 \mu\text{S cm}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 2500 \mu\text{S cm}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται υψηλότερα του ορίου των $2500 \mu\text{S cm}^{-1}$ του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011). Οι χαμηλότερες τιμές της EC είναι στην περιοχή του Λουτρακίου όπου στην πλειονότητα των περιπτώσεων είναι $< 750 \mu\text{S cm}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου όπου σε κάποιες περιπτώσεις υπερβαίνει τα $2500 \mu\text{S cm}^{-1}$.



Εικόνα 5.6 - Χάρτης χωρικής για τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

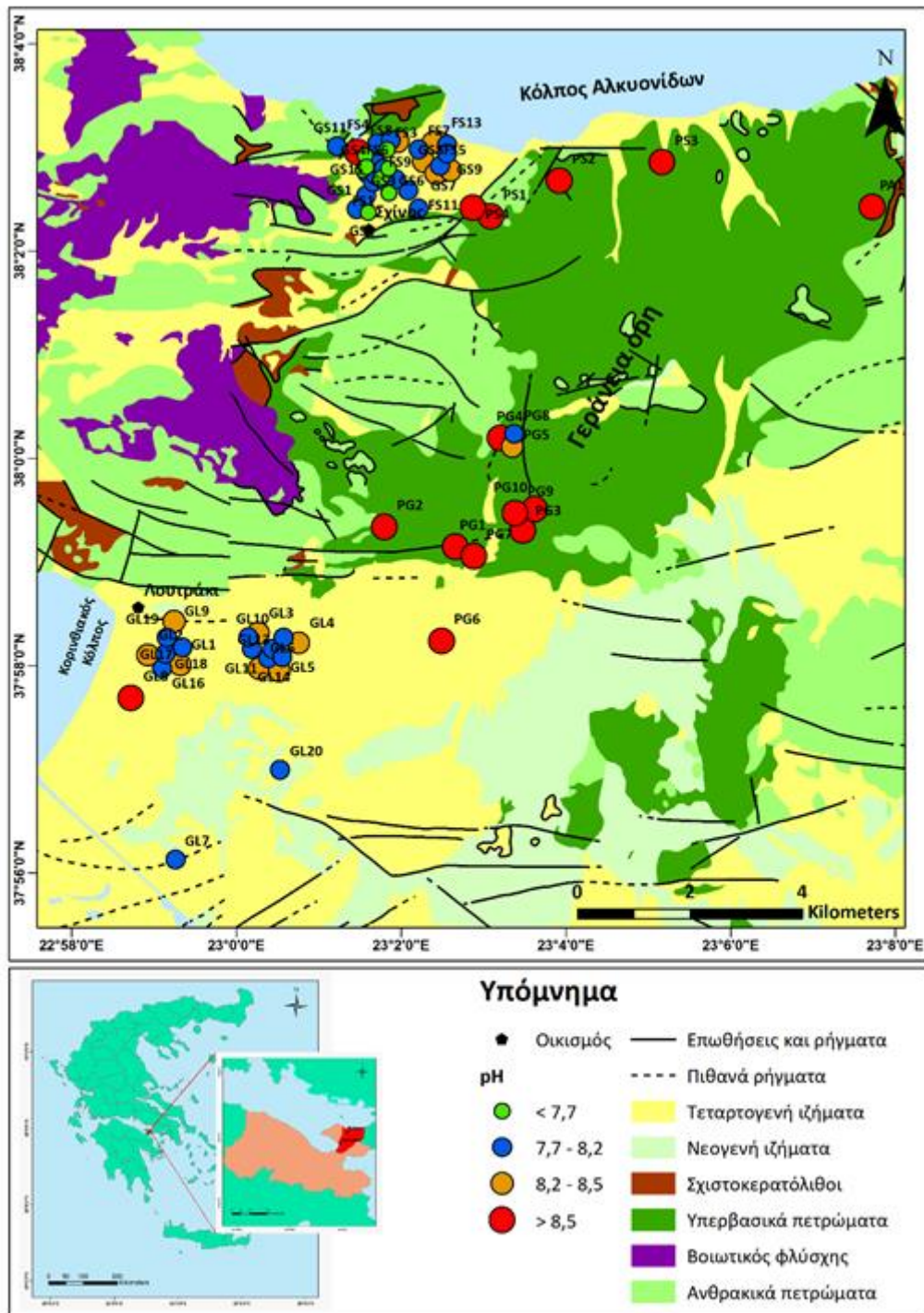
- **Ενεργός οξύτητα (pH):** Η μέση τιμή pH είναι 8,22. Οι τιμές του κυμαίνονται από 7,45 έως 9,64, με εύρος 2,19 και τυπική απόκλιση 0,49. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.7), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 7,91, η διάμεσος 8,12 και το 3^ο τεταρτημόριο 8,37. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών

τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Τα δείγματα στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται από ελαφρώς αλκαλικό έως αλκαλικό χαρακτήρα. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή pH κυμαίνεται μεταξύ 6,5-9,5, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ενδεικτική τιμή κυμαίνεται μεταξύ 6,5 – 8,5. Το 97,06% των δειγμάτων βρίσκεται μέσα στο εύρος 6,5-9,5, ενώ το 2,94% το υπερβαίνει. Η μέση τιμή του pH στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 8,16, στα δείγματα του Σχίνου είναι 7,95 και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 8,89. Λουτρακίου



Εικόνα 5.7 - Θηκόγραμμα για τις τιμές pH για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

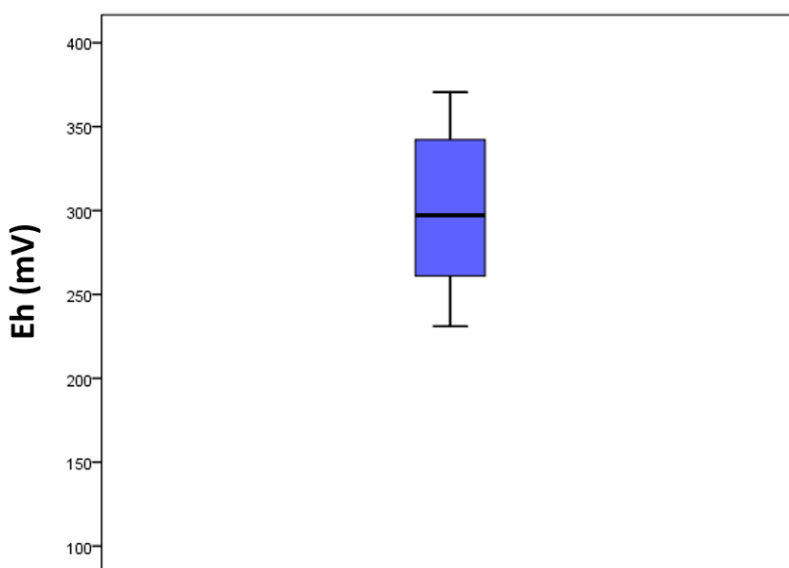
Στην εικόνα 5.8 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών pH στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται τιμές < 7,7 που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 7,7$ και < 8,2, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 8,2$ και < 8,5 και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 8,5$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες τιμές του pH είναι στην περιοχή του Σχίνου που σε αρκετές περιπτώσεις είναι < 7,7, ενώ οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στις πηγές των Γερανείων Ορέων όπου στην πλειονότητα των περιπτώσεων υπερβαίνουν την τιμή των 8,5.



Εικόνα 5.8 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών ενεργούς οξύτητας (pH) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- Δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh):** Η μέση τιμή του δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) είναι 301,19 mV. Οι τιμές του κυμαίνονται από 231 mV έως 370,6 mV, με εύρος 139,6 mV και τυπική απόκλιση 42,38. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.9), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 261,93 mV, η διάμεσος 297,15 mV και το 3^ο τεταρτημόριο 342,23 mV. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών

τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν υπάρχει ενδεικτική τιμή Eh βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση τιμή του Eh στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 316,33 mV, στα δείγματα του Σχίνου είναι 295,13 mV και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 294,35 mV.



Εικόνα 5.9 - Θηκόγραμμα για τις τιμές δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

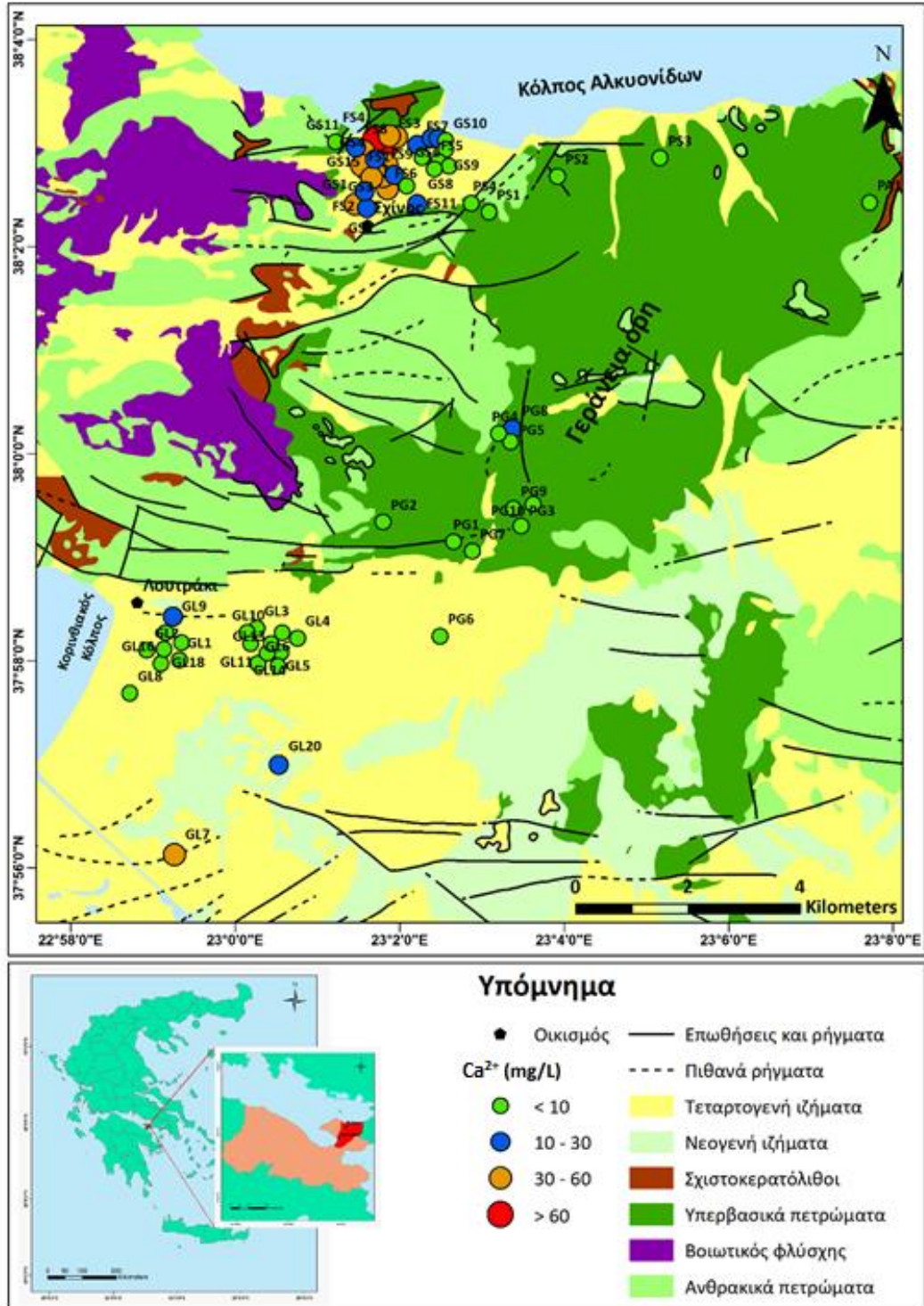
5.1.2 Κύρια ιόντα

5.1.2.1 Κύρια κατιόντα

Στην συνέχεια ακολουθεί ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών των κύριων κατιόντων (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) στα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, η σύγκρισή τους με τις οριακές τιμές/όρια του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων κύριων κατιόντων.

- **Ιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}):** Η μέση συγκέντρωση των Ca^{2+} είναι 18,4 mg L⁻¹. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από 0,9 mg L⁻¹ έως 101 mg L⁻¹, με εύρος 100,1 mg L⁻¹ και τυπική απόκλιση 21,13. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.14), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 3,29 mg L⁻¹, η διάμεσος 8 mg L⁻¹ και το 3^ο τεταρτημόριο 28,8 mg L⁻¹. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την

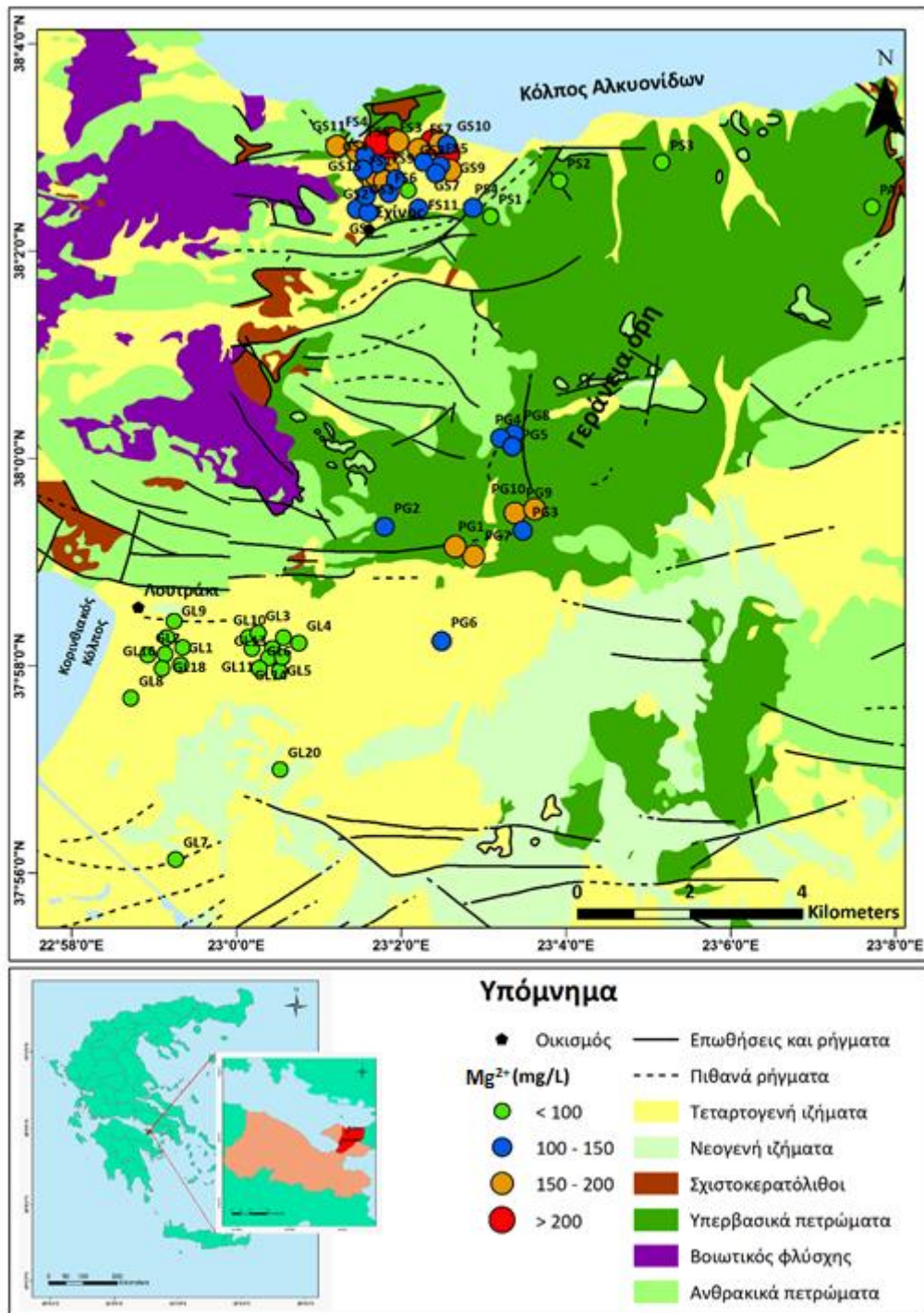
τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτερο αποδεκτό όριο συγκέντρωσης Ca^{2+} βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση των Ca^{2+} στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $8,48 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $31,26 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $3,33 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.10 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Ca^{2+} στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 10 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 30 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 30 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 60 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 60 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Ca^{2+} παρατηρούνται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.10 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Ιόντα μαγνησίου (Mg^{2+}):** Η μέση συγκέντρωση των Mg^{2+} είναι $133,14 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από 51 mg L^{-1} έως 363 mg L^{-1} , με εύρος 312 mg L^{-1} και τυπική απόκλιση 54,3. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.14), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $90,7 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $128,5 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $162,25 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος

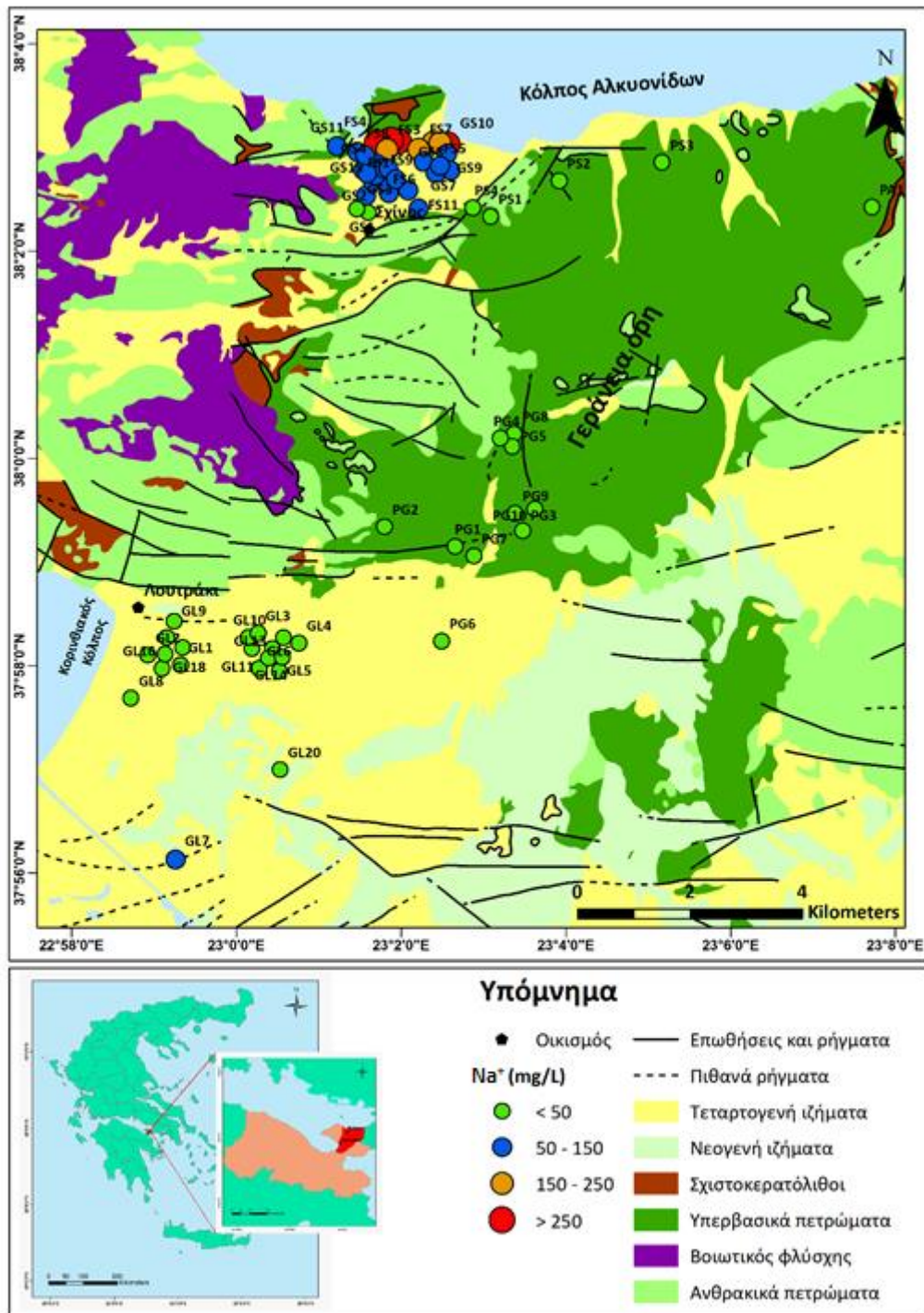
είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτερο αποδεκτό όριο συγκέντρωσης Mg^{2+} βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση των Mg^{2+} στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $81,02 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $166,18 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $129,97 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.11 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Mg^{2+} στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 100 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 150 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 150 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 200 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 200 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Mg^{2+} εντοπίζονται στην περιοχή του Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.11 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων μαγνησίου (Mg^{2+}) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- Ιόντα νατρίου (Na^+):** Η μέση συγκέντρωση των Na^+ είναι $70,95 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $10,9 \text{ mg L}^{-1}$ έως 405 mg L^{-1} , με εύρος $394,1 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $86,93$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.14), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $15,6 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $28,95 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $82,28 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών

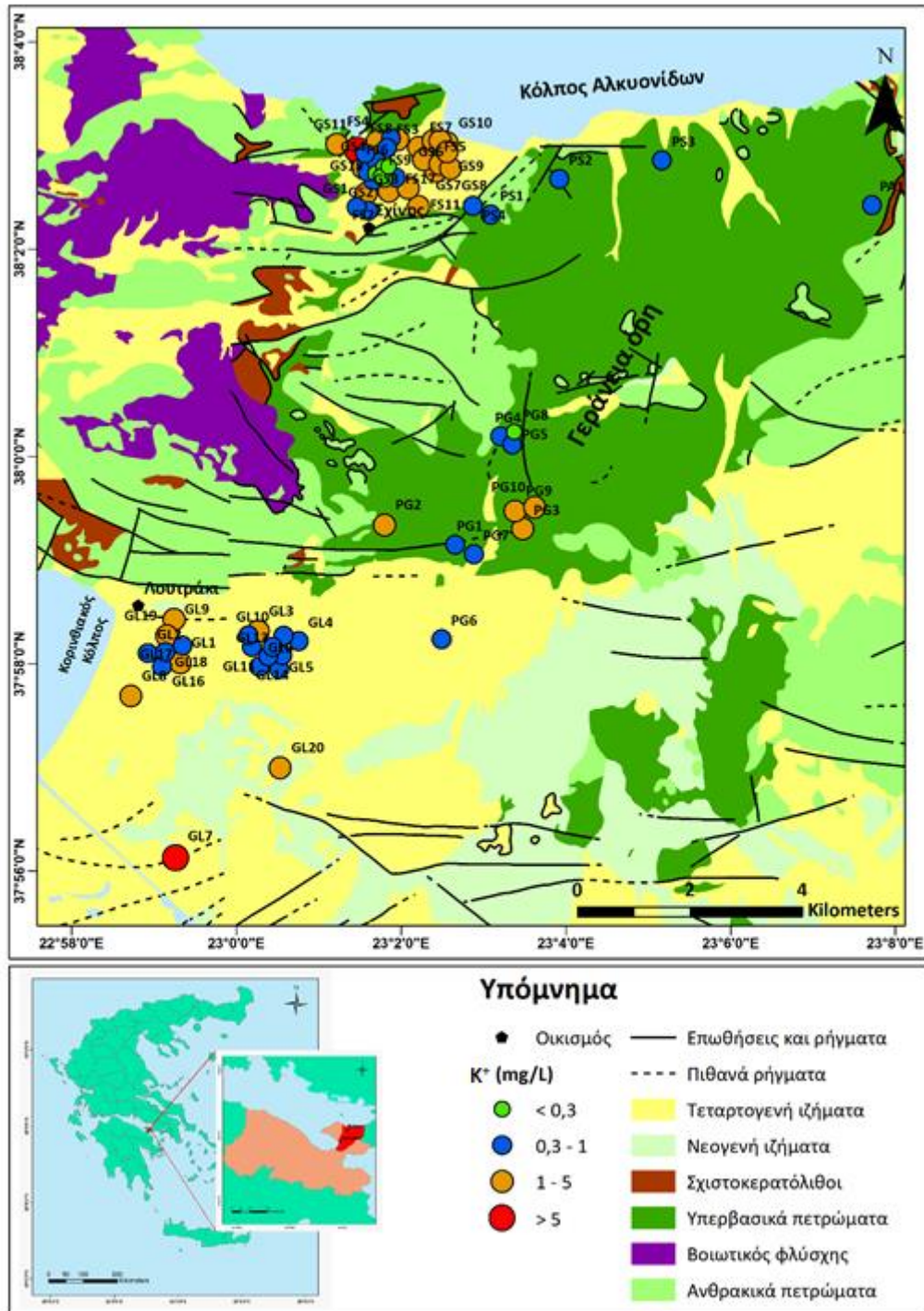
εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το όριο ποσιμότητας Na^+ είναι η συγκέντρωση των 200 mg L^{-1} . Το 89,71% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 10,29% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση των Na^+ στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $17,19 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $127,6 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $17,99 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.12 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Na^+ στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 50 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 150 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 150 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 250 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 250 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Na^+ παρατηρούνται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.12 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων νατρίου (Na^+) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

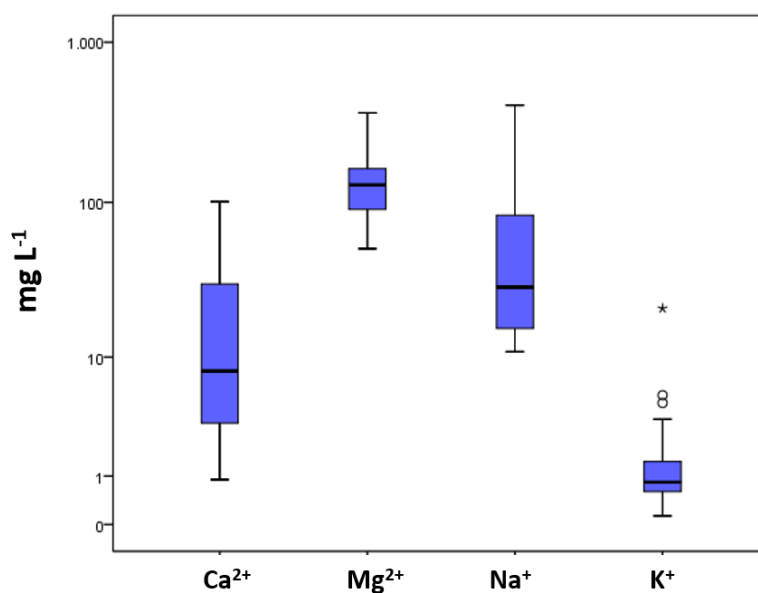
- Ιόντα καλίου (K^+):** Η μέση συγκέντρωση των K^+ είναι $1,47 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $0,13 \text{ mg L}^{-1}$ έως $21,1 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος $20,97 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση 2,61. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.14), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $0,6 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $0,84 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $1,41 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την

τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το όριο ποσιμότητας K^+ είναι η συγκέντρωση των 12 mg L^{-1} . Το 98,53% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 1,47% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση των K^+ στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $1,25 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $1,85 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $0,93 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.13 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων K^+ στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 1 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 5 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των K^+ βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου, αλλά συνυπάρχουν με τις υψηλότερες μετρημένες συγκεντρώσεις στα δυτικά και τις σχετικά αυξημένες στα ανατολικά.



Εικόνα 5.13 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων καλίου (K⁺) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Η σειρά φθίνουσας κατάταξης των κύριων κατιόντων με βάση τη διάμεσο τιμή της συγκέντρωσής τους στα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων είναι $Mg^{2+} > Na^{+} > Ca^{2+} > K^{+}$ (Εικόνα 5.14).



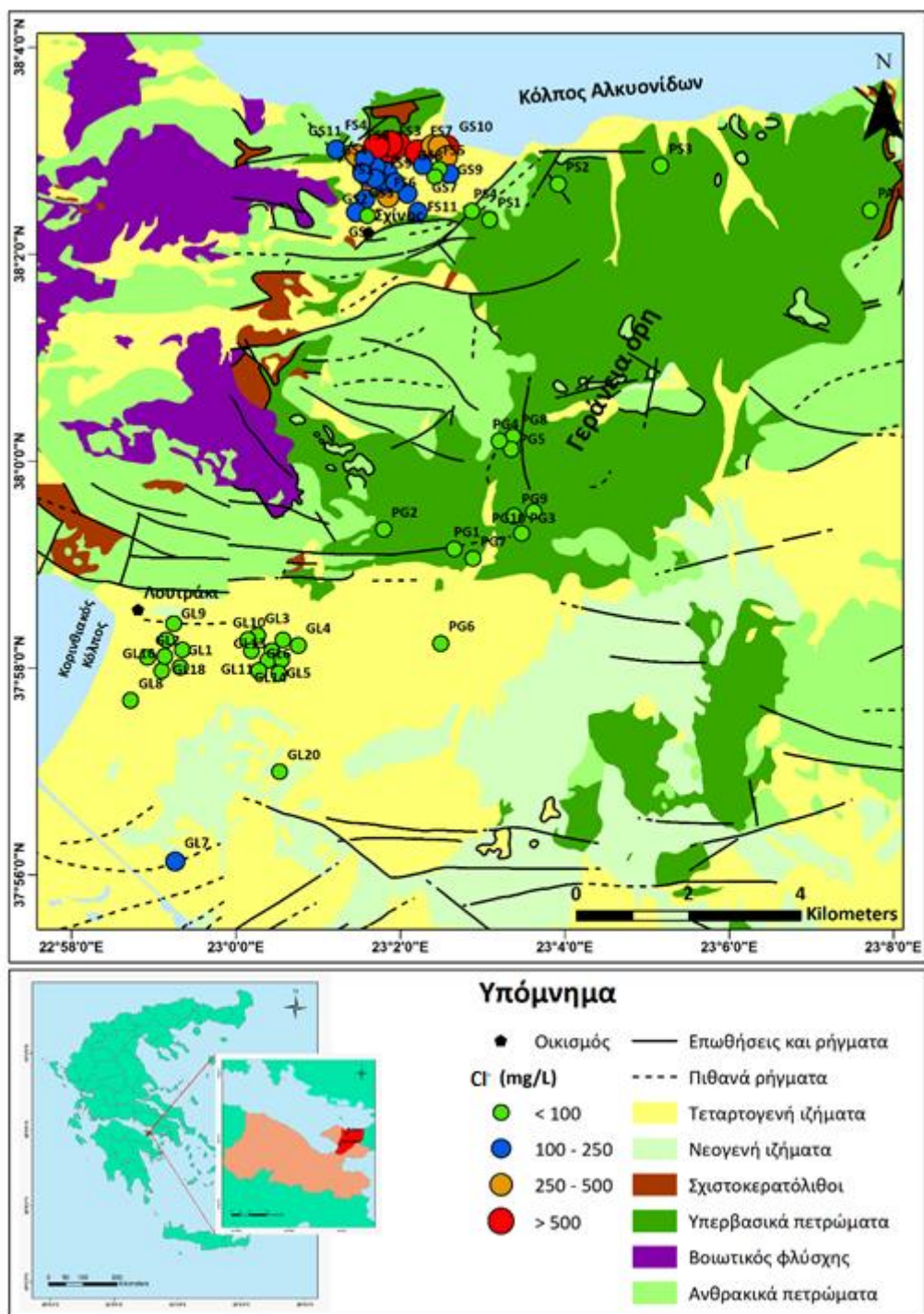
Εικόνα 5.14 - Θηκογράμματα για τα κύρια κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ και K^+) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

5.1.2.2 Κύρια ανιόντα

Στην συνέχεια ακολουθεί ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών των κύριων ανιόντων (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-) στα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, η σύγκρισή τους με τις οριακές τιμές/όρια του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων κύριων ανιόντων. Επιπροσθέτως, στο υποκεφάλαιο αυτό, εξετάστηκαν και τα NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} .

- Ιόντα χλωρίου (Cl^-):** Η μέση συγκέντρωση των Cl^- είναι $164,5 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από 22 mg L^{-1} έως 815 mg L^{-1} , με εύρος 793 mg L^{-1} και τυπική απόκλιση 200,64. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.19), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 33 mg L^{-1} , η διάμεσος 72 mg L^{-1} και το 3^ο τεταρτημόριο $218,5 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το όριο ποσιμότητας Cl^- είναι η συγκέντρωση των 250 mg L^{-1} . Το 79,41% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 20,59% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση των Cl^- στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $39,2 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $298,27 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι

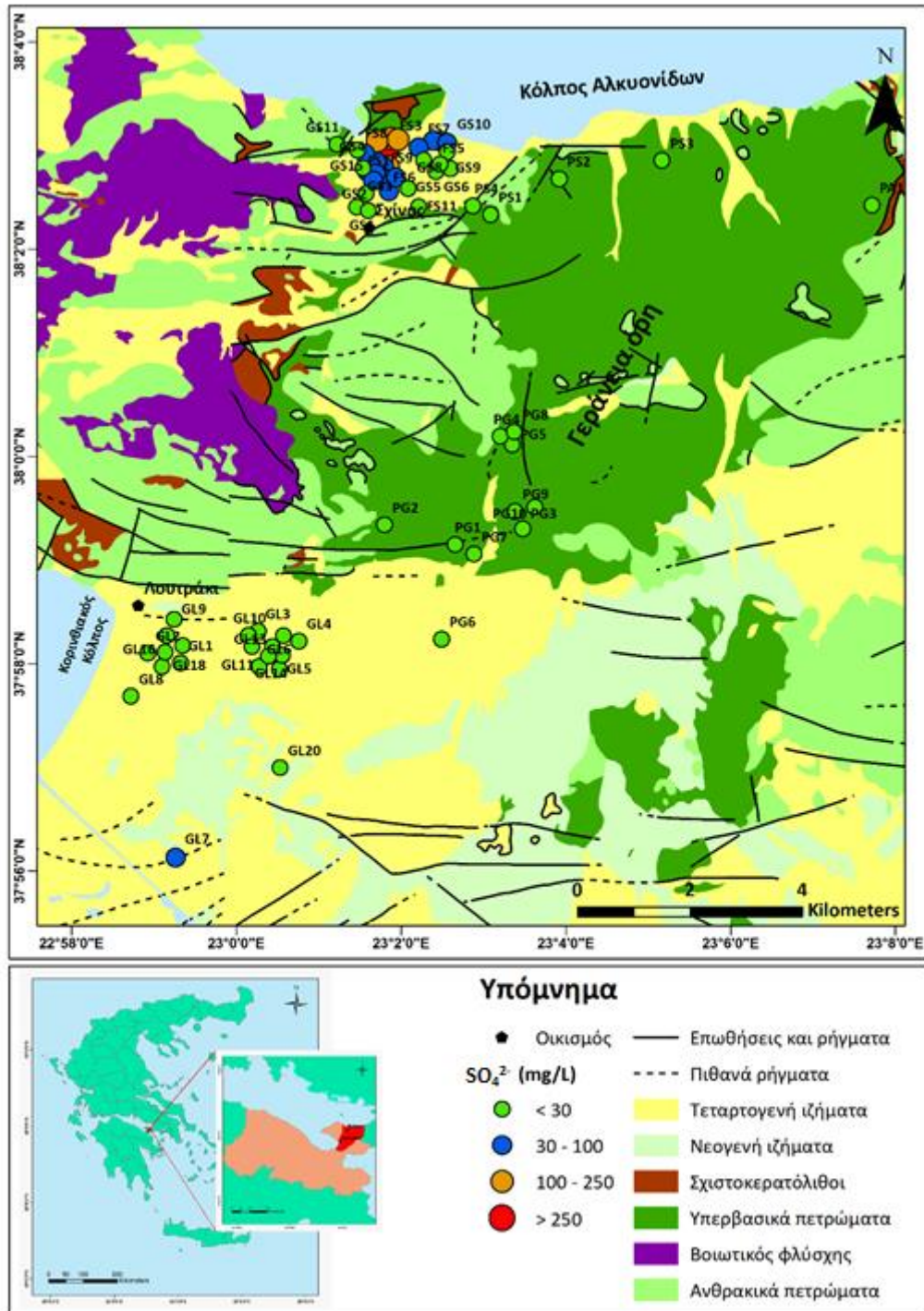
37,27 mg L⁻¹. Στην εικόνα 5.15 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cl⁻ στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 100 mg L⁻¹ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 100 mg L⁻¹ και < 250 mg L⁻¹, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 250 mg L⁻¹ και < 500 mg L⁻¹ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 500 mg L⁻¹ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Cl⁻ εντοπίζονται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.15 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων χλωρίου (Cl^-) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- Θειικά ιόντα (SO_4^{2-}):** Η μέση συγκέντρωση των SO_4^{2-} είναι $31,31 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης έως 381 mg L^{-1} , τυπική απόκλιση $55,08$ και διάμεσο 8 mg L^{-1} . Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες

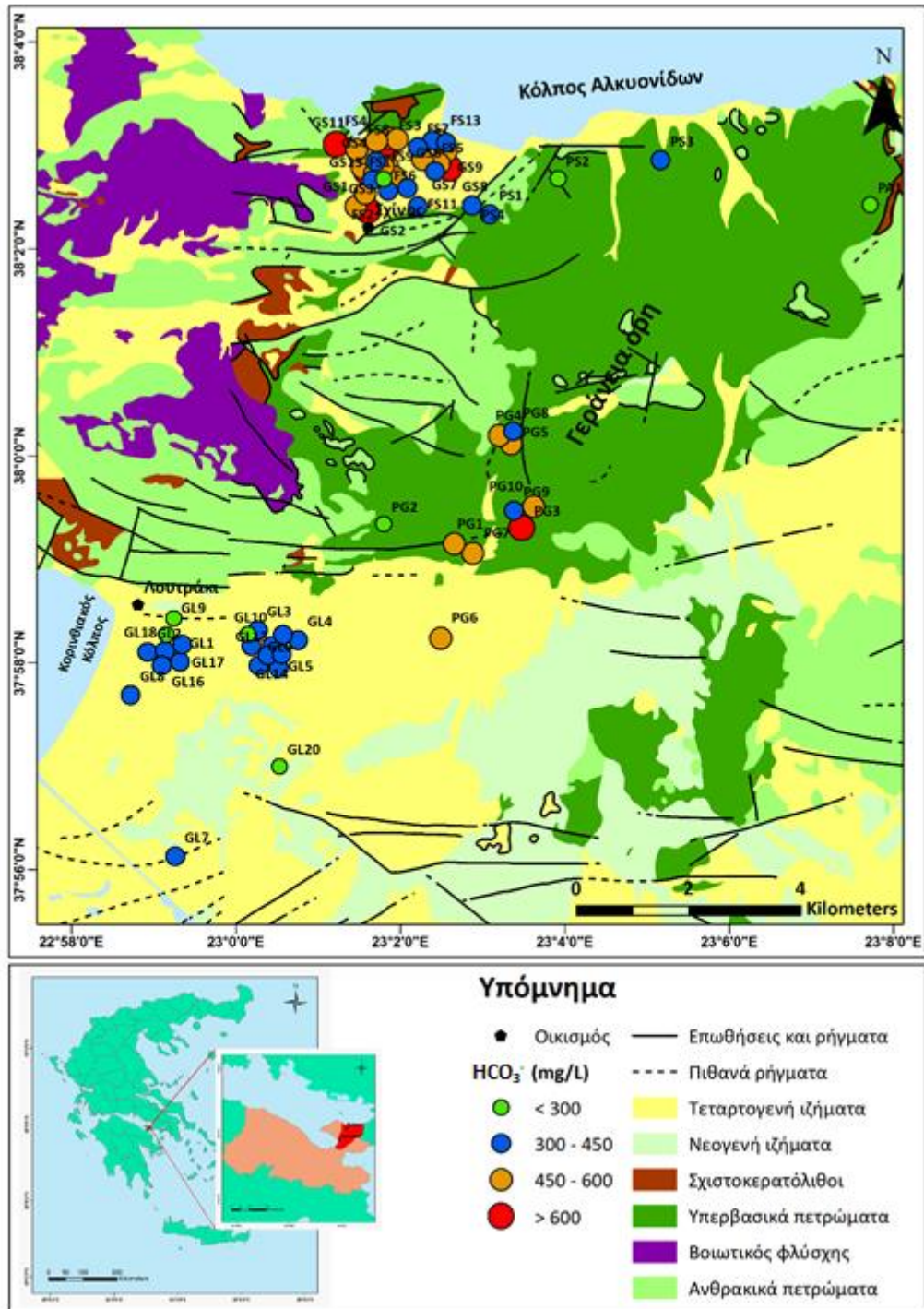
παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το όριο ποσιμότητας SO_4^{2-} είναι η συγκέντρωση των 250 mg L^{-1} . Το 98,53% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 1,47% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση των SO_4^{2-} στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $7,2 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $57,88 \text{ mg L}^{-1}$, ενώ στις πηγές των Γερανείων Ορέων δεν υπολογίστηκε γιατί τα περισσότερα δείγματα ήταν <OA. Στην εικόνα 5.16 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων SO_4^{2-} στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 30 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 30 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 100 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 250 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 250 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των SO_4^{2-} καταγράφονται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.16 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων θεικών ιόντων (SO_4^{2-}) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-):** Η μέση συγκέντρωση των HCO_3^- είναι $432,71 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από 202 mg L^{-1} έως 672 mg L^{-1} με εύρος 470 mg L^{-1} και τυπική απόκλιση $120,34$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.19), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $330,75 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $427,5 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο 532 mg L^{-1} . Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών

τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν υπάρχει μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση για τα HCO_3^- βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση των HCO_3^- στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $330,25 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $500,12 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 421 mg L^{-1} . Στην εικόνα 5.17 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων HCO_3^- στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 300 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 300 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 450 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 450 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 600 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 600 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των HCO_3^- καταγράφονται στην περιοχή του Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στις περιοχές του Σχίνου και των Γερανείων Ορέων.



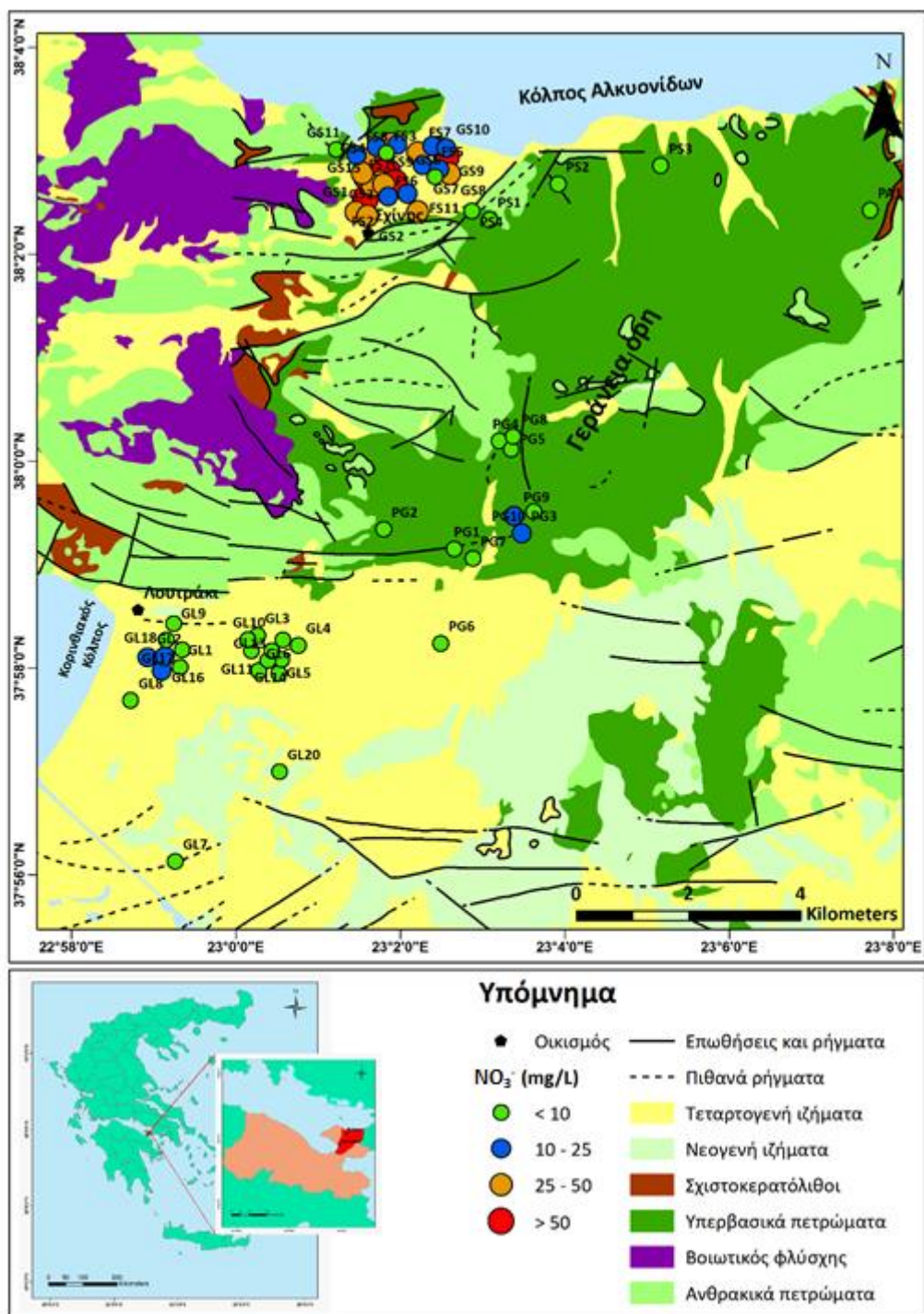
Εικόνα 5.17 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO₃⁻) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Ιόντα νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνίου και φωσφορικά (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻):** Η μέση συγκέντρωση των NO₃⁻ είναι 20 mg L⁻¹. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης έως 100 mg L⁻¹, τυπική απόκλιση 23,54 και διάμεσο 12 mg L⁻¹. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις

μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'Β 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσότητας για τα NO_3^- είναι η συγκέντρωση των 50 mg L^{-1} . Το 86,76% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 13,24% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση των NO_3^- στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $5,05 \text{ mg L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $36,57 \text{ mg L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $3,5 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.18 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων NO_3^- στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 10 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 25 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 25 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 50 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των NO_3^- εντοπίζονται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.

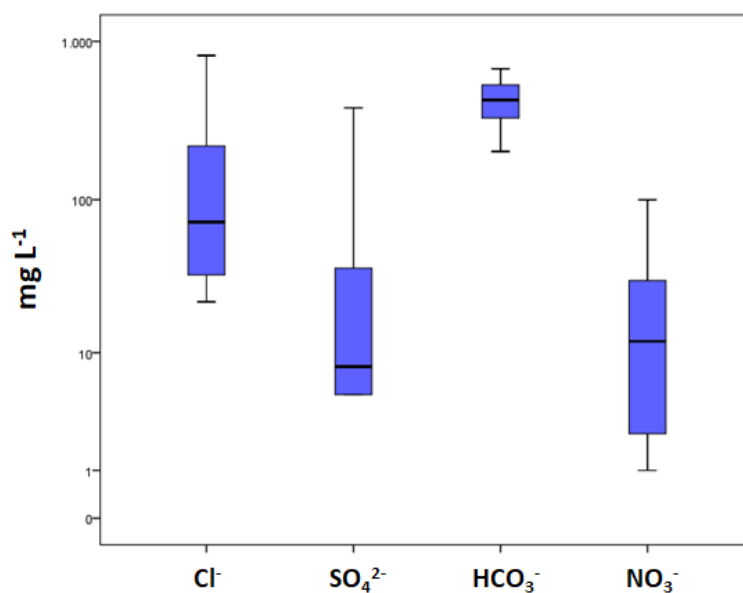
Σε τρία δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση NO_2^- , με εύρος τιμών $0,05-0,08 \text{ mg L}^{-1}$ στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Πιο συγκεκριμένα, από τις συγκεντρώσεις, που μετρήθηκαν, και τα τρία δείγματα ανήκουν στην περιοχή του Σχίνου. Στα υπόλοιπα δείγματα, οι συγκεντρώσεις NO_2^- είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης.

Σε όλα τα δείγματα οι συγκεντρώσεις NH_4^+ είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης. Σε όλα τα δείγματα οι συγκεντρώσεις PO_4^{3-} είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης.



Εικόνα 5.18 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων (NO_3^-) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Η σειρά φθίνουσας κατάταξης των κύριων ανιόντων με βάση τη διάμεσο τιμή της συγκέντρωσής τους στα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων είναι $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ (Εικόνα 5.19).



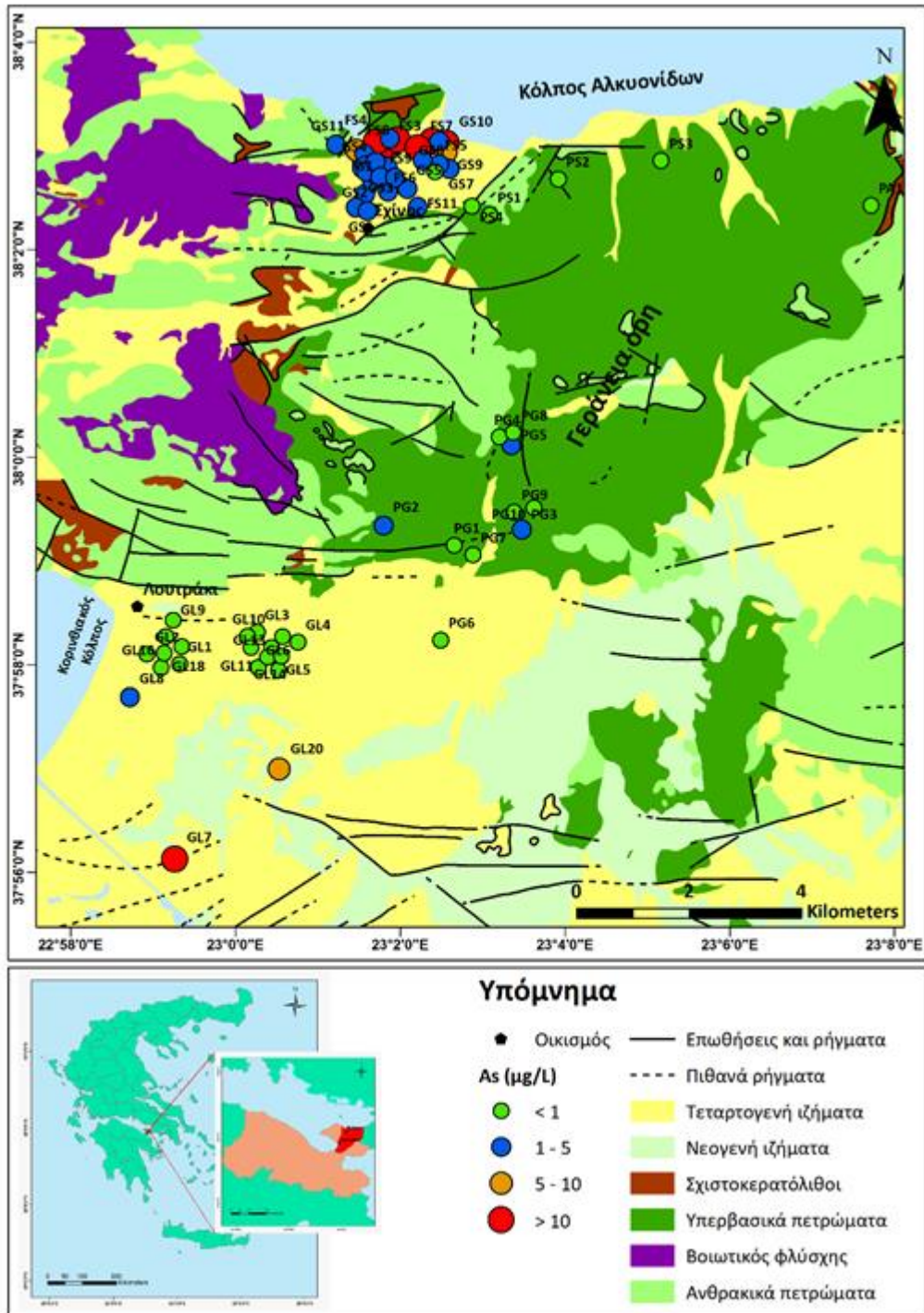
Εικόνα 5.19 - Θηκογράμματα για τα κύρια ανιόντα (Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ και NO₃⁻) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

5.1.3 Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία

Τα δυνητικά τοξικά στοιχεία και τα λοιπά ιχνοστοιχεία των 68 δειγμάτων, που αναλύθηκαν, στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων είναι τα εξής: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Co, Cr, Cr⁶⁺, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zn, Zr. Στη συνέχεια ακολουθεί σύγκριση με τις ανώτατες αποδεκτές συγκεντρώσεις του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011), καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

- **Άργυρος (Ag):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ag είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 μg L⁻¹.
- **Αργίλιο (Al):** Σε 15 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Al, με εύρος τιμών 1-4 μg L⁻¹. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Al είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 1 μg L⁻¹.
- **Αρσενικό (As):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης As είναι 3 μg L⁻¹ και οι συγκεντρώσεις As κυμαίνονται από <0,04 έως 20,9 μg L⁻¹. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσότητας As είναι η συγκέντρωση των 10 μg L⁻¹. Το 89,71% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 10,29% το

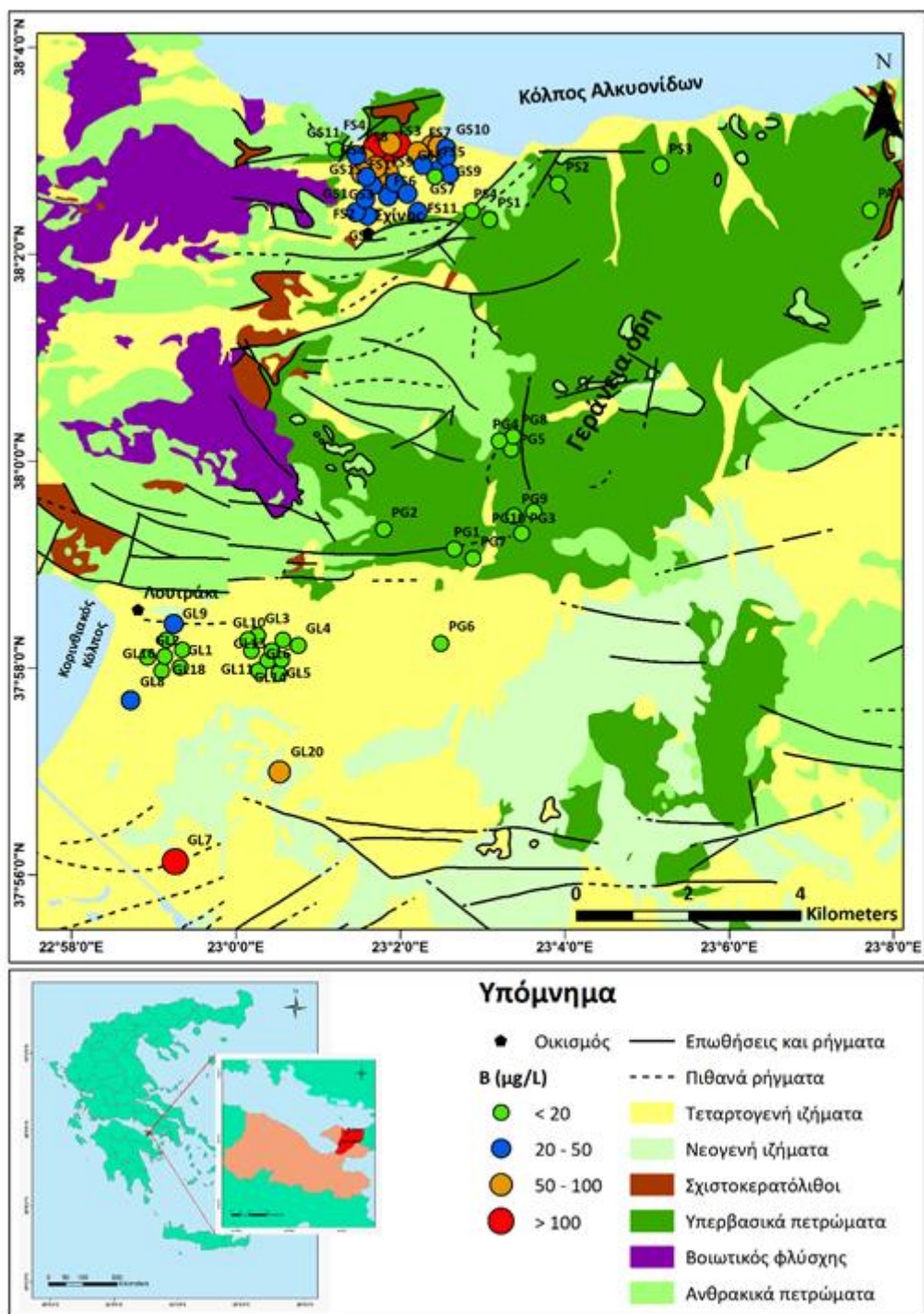
υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση του As στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $1,93 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $4,65 \mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $0,79 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.20 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων As στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 5 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν, και υπερβαίνουν το θεσπισμένο όριο ποσιμότητας των $10 \mu\text{g L}^{-1}$ σύμφωνα με το ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις As καταγράφονται στην περιοχή των Γερανείων Ορέων, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου και σε ένα δείγμα στην περιοχή του Λουτρακίου.



Εικόνα 5.20 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Χρυσός (Au):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Au είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βόριο (B):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης B είναι $36,46 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις B κυμαίνονται από 0A έως $266 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή οριακή συγκέντρωση B είναι $1000 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η

ανώτατη αποδεικτική συγκέντρωση είναι $2400 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση του Β στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $20,35 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $59,3 \mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $7,67 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.21 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Β στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 20 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 100 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Β εντοπίζονται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου και σε ένα δείγμα στην περιοχή του Λουτρακίου.

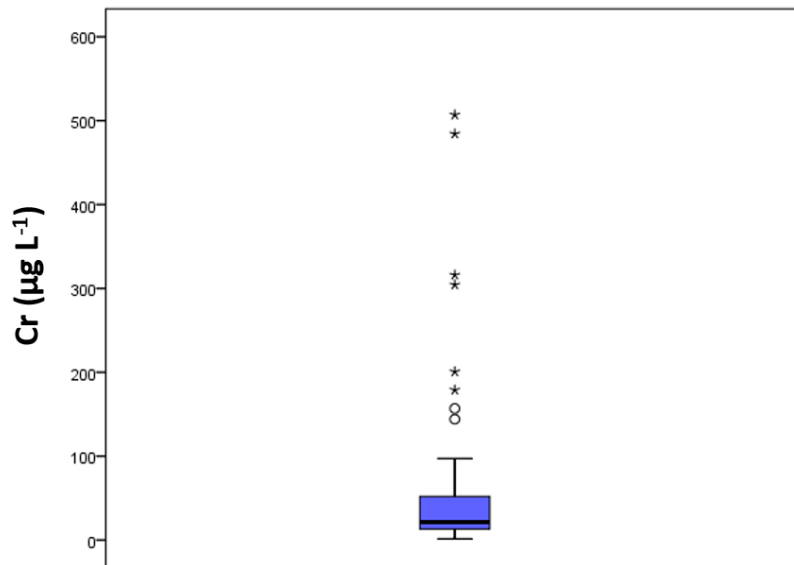


Εικόνα 5.21 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βορίου (B) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- Βάριο (Ba):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Ba είναι $14,15 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Ba κυμαίνονται από $0,11 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $219,12 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο ποσότητας Ba είναι η συγκέντρωση των $700 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση του Ba στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $17,2 \mu\text{g L}^{-1}$

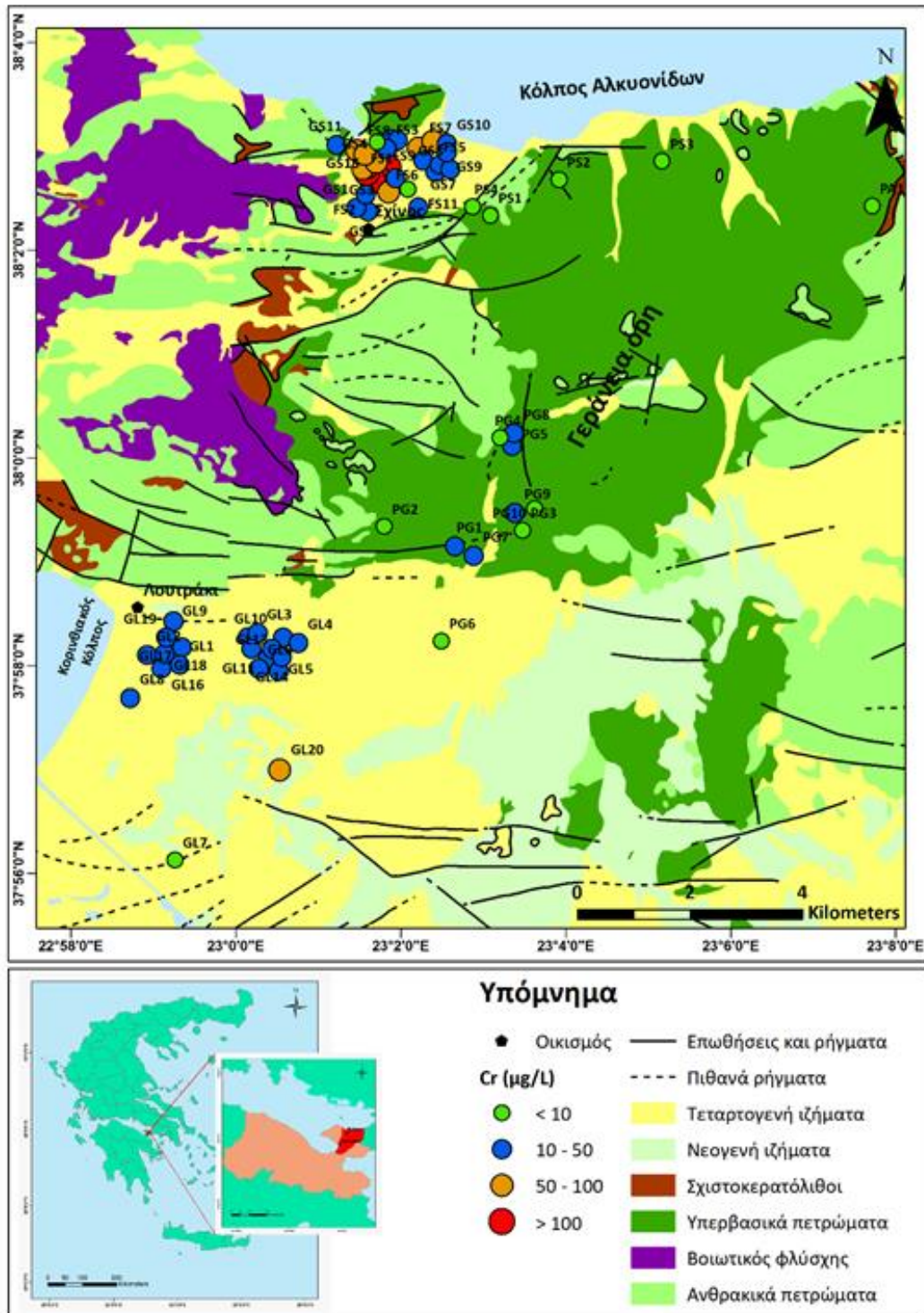
¹, στα δείγματα του Σχίνου είναι 18,28 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 0,98 $\mu\text{g L}^{-1}$.

- **Βηρύλλιο (Be):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Be είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βισμούθιο (Bi):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Bi ίση με 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Bi είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βρώμιο (Br):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Br είναι 482,69 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Br κυμαίνονται από 68 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 2207 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση Br στο ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση του Br στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 126,5 $\mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι 859,76 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 128,07 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Κάδμιο (Cd):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Cd ίση με 0,31 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Cd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Κοβάλτιο (Co):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Co είναι 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Co κυμαίνονται από <0Α έως 0,56 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση Co στο ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011).
- **Χρώμιο (Cr):** Η μέση συγκέντρωση του Cr είναι 57,41 $\mu\text{g L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από 1,3 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 506,9 $\mu\text{g L}^{-1}$, με εύρος 505,6 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση 98,33. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.22), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 13,38 $\mu\text{g L}^{-1}$, η διάμεσος 21,4 $\mu\text{g L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο 50,65 $\mu\text{g L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσिमότητας Cr είναι η συγκέντρωση των 50 $\mu\text{g L}^{-1}$. Το 75% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 25% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση του Cr στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 21,24 $\mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι 102,08 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 7,36 $\mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.22 - Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις ολικού χρωμίου (Cr) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

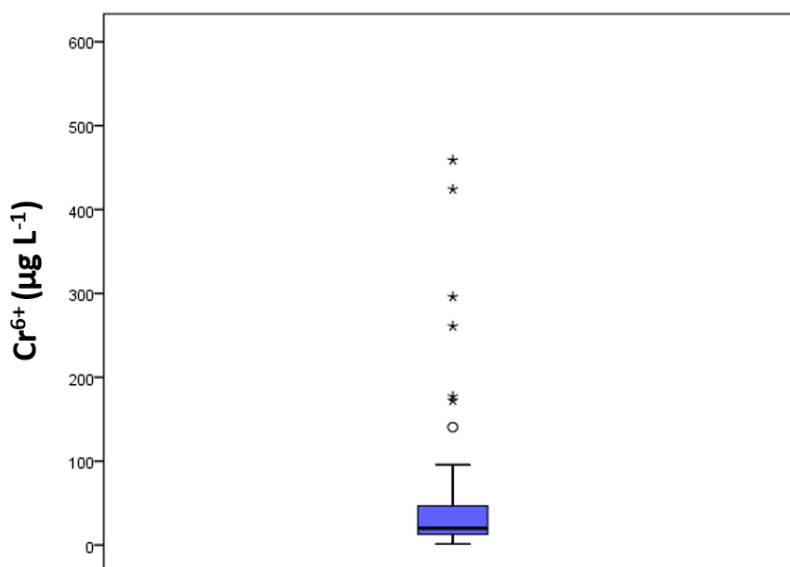
Στην εικόνα 5.23 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cr στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 10 μg L⁻¹ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 10 μg L⁻¹ και < 50 μg L⁻¹, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 50 μg L⁻¹ και < 100 μg L⁻¹ και βρίσκονται υψηλότερα του ορίου των 50 μg L⁻¹ του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011) και τέλος, με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 100 μg L⁻¹ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cr παρατηρούνται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.23 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

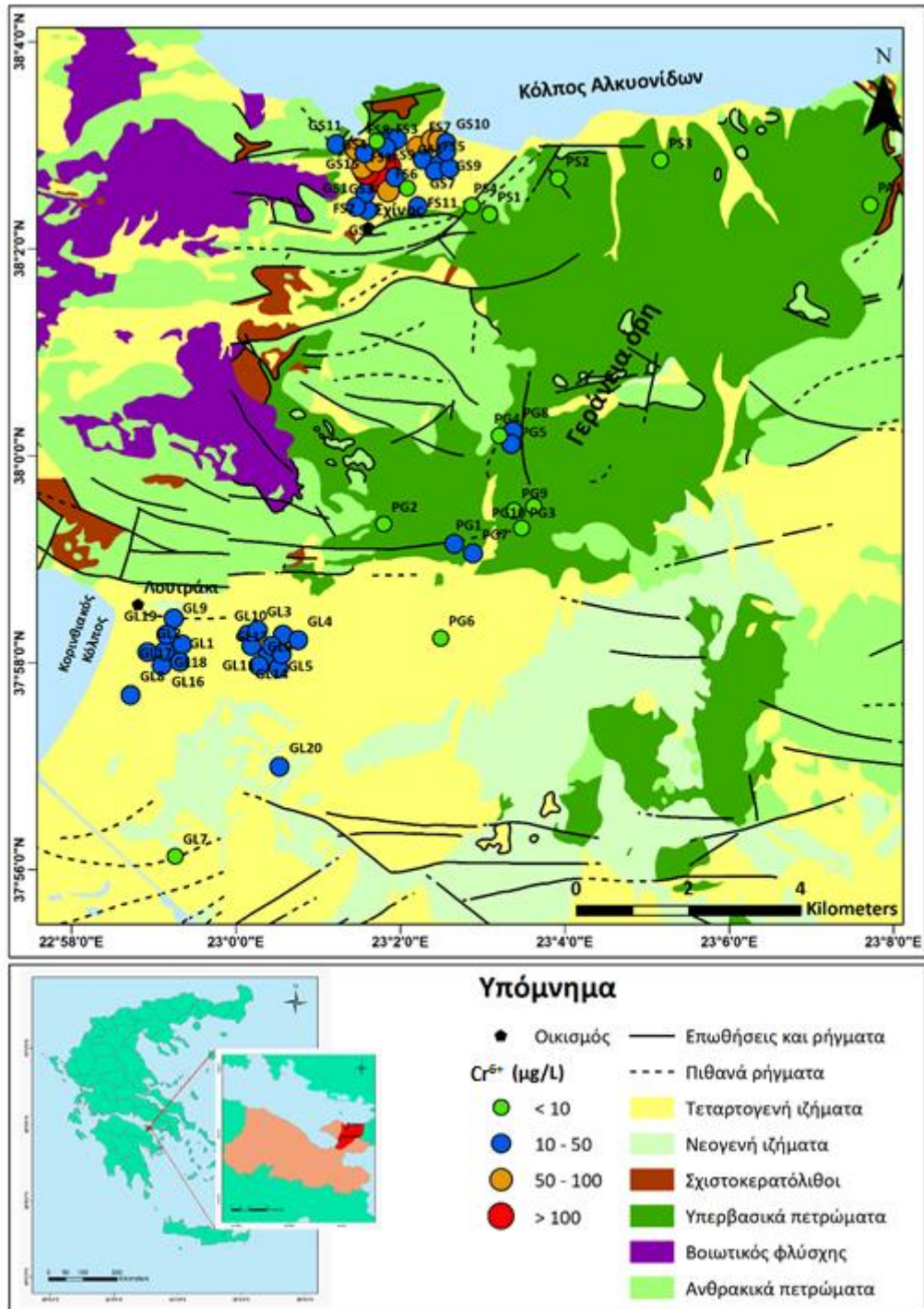
- **Εξασθενές χρώμιο (Cr^{6+}):** Η μέση συγκέντρωση του Cr^{6+} είναι $51,9 \mu\text{g L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από $1,3 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $458,8 \mu\text{g L}^{-1}$, με εύρος $457,5 \mu\text{g L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση 87,49. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.24), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $12,85 \mu\text{g L}^{-1}$, η διάμεσος $20,15 \mu\text{g L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $46,46 \mu\text{g L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της

μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Δεν υπάρχει ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Cr^{6+} βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση του Cr^{6+} στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $20,20 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $91,58 \mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $6,9 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.24 - Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

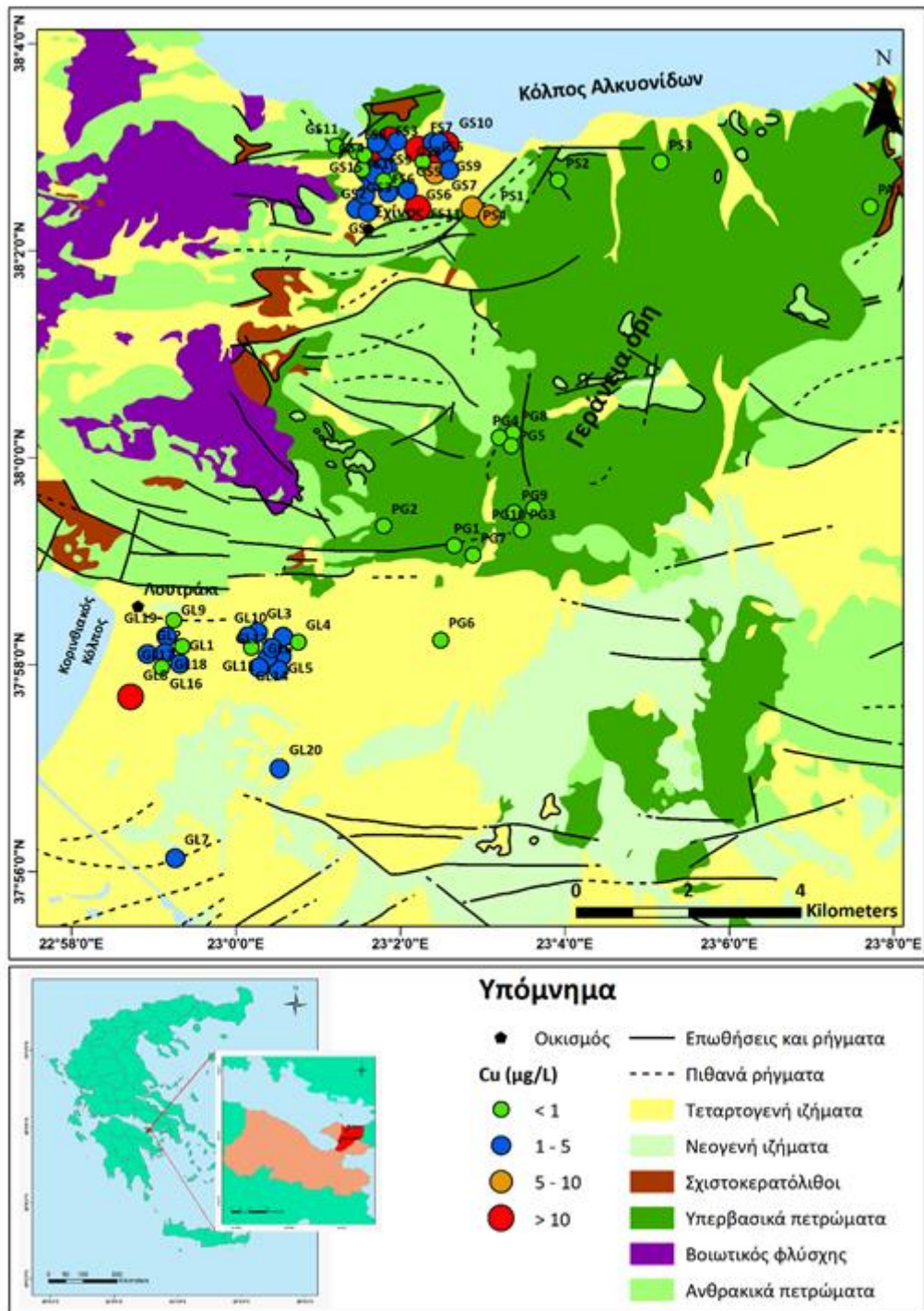
Στην εικόνα 5.25 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cr^{6+} στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 100 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cr^{6+} είναι στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.25 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr⁶⁺) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Καίσιο (Cs):** Σε 29 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Cs, με εύρος τιμών 0,01-0,63 µg L⁻¹. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Cs είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 µg L⁻¹.
- **Χαλκός (Cu):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Cu είναι 4,16 µg L⁻¹ και οι συγκεντρώσεις Cu κυμαίνονται από <0Α έως 52,3 µg L⁻¹. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'Β 19/9/2017 και τον ΠΟΥ

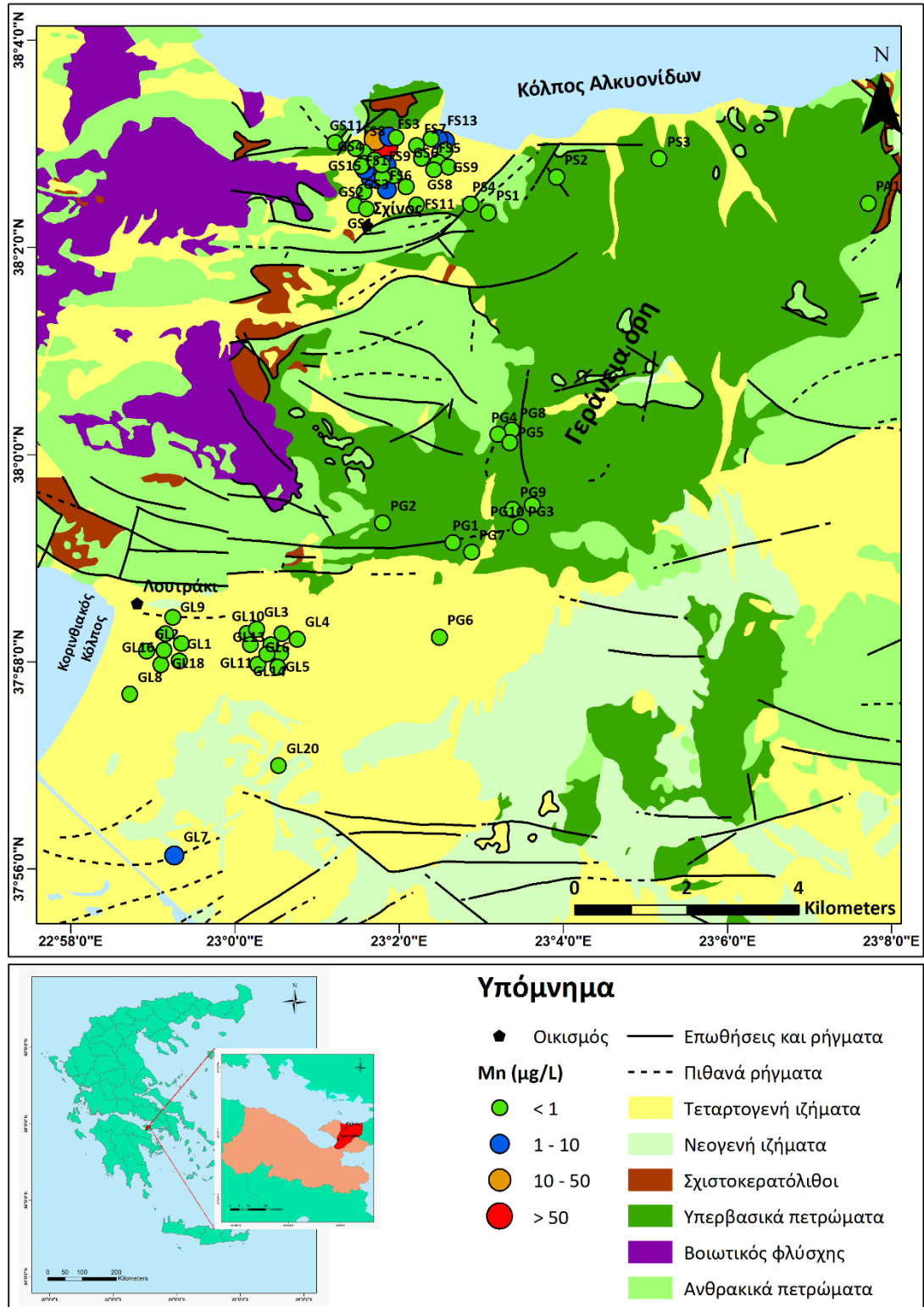
(WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσιμότητας Cu είναι η συγκέντρωση των 2000 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση του Cu στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 2,87 $\mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι 6,19 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 1,41 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.26 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cu στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 5 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cu εντοπίζονται στην περιοχή των Γερανείων Ορέων, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου και σε μια θέση στην περιοχή του Λουτρακίου.



Εικόνα 5.26 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χαλκού (Cu) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Σίδηρος (Fe):** Σε 12 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Fe, η οποία έχει εύρος 11-82 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Fe είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$.

- **Γάλλιο (Ga):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ga είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Γερμάνιο (Ge):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Ge ίση με 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Ge είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Άφνιο (Hf):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Hf είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Υδράργυρος (Hg):** Σε έξι δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Fe, η οποία έχει εύρος 0,1-0,4 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Hg είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ίνδιο (In):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση In είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λίθιο (Li):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Li είναι 3,07 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Li κυμαίνονται από <0Α έως 26,9 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Li βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση του Li στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 3,5 $\mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι 3,87 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 0,73 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Μαγγάνιο (Mn):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Mn είναι 1,82 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Mn κυμαίνονται από <0Α έως 57,05 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας για το Mn είναι 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι 400 $\mu\text{g L}^{-1}$. Το 98,53% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού των 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ το 1,47% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση του Mn στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 0,34 $\mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι 3,47 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 0,16 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.27 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Mn στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 10 $\mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Mn παρατηρούνται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.

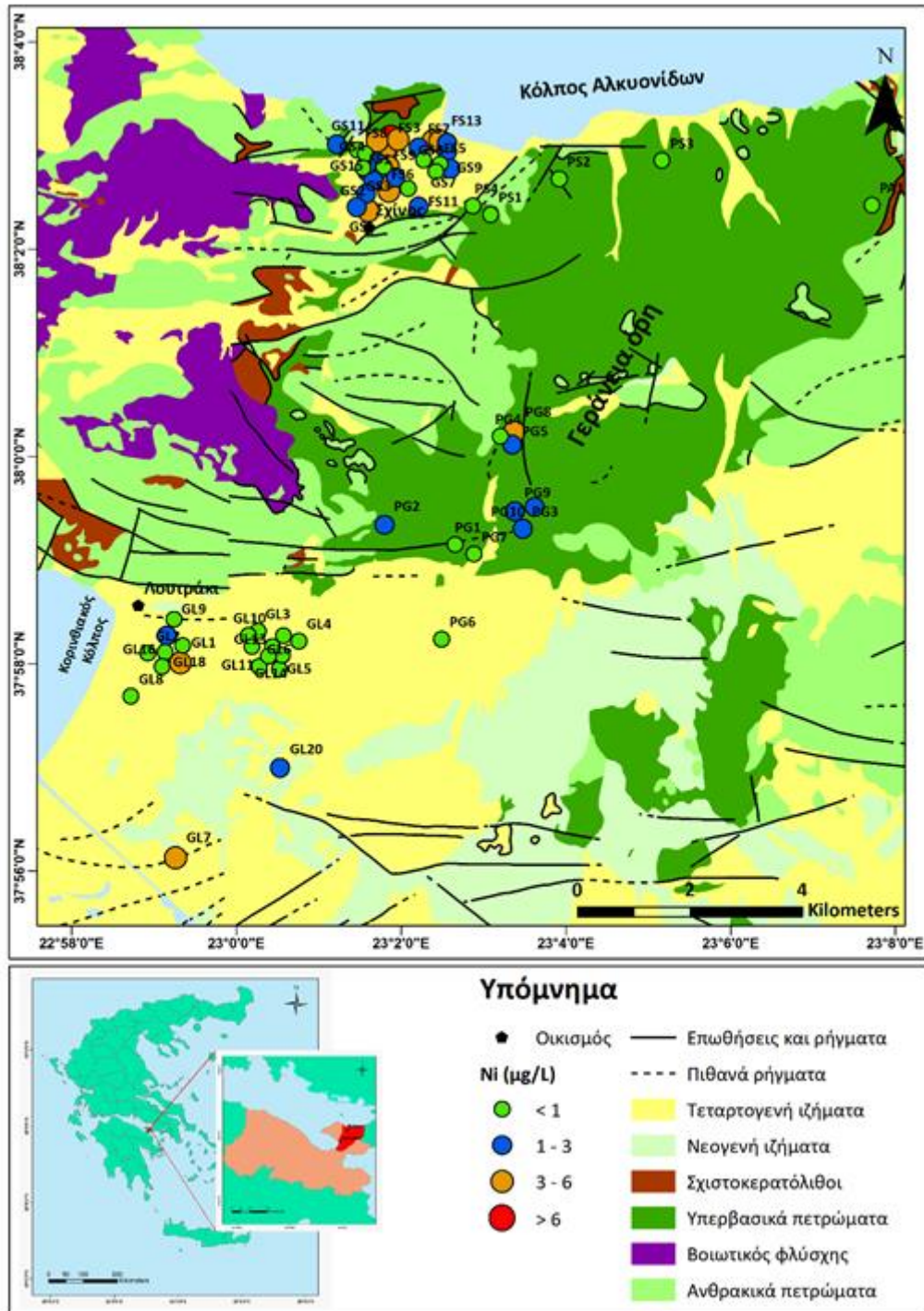


Εικόνα 5.27 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων μαγγανίου (Mn) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- Μολυβδαίνιο (Mo):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Mo είναι $0,56 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Mo κυμαίνονται από <OA έως $12,8 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσότητας Mo είναι η συγκέντρωση των $70 \mu\text{g L}^{-1}$,

ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση του Mo στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $0,94 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $0,50 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ στις πηγές των Γερανείων Ορέων δεν υπολογίστηκε επειδή στην πλειονότητα των δειγμάτων είναι <OA.

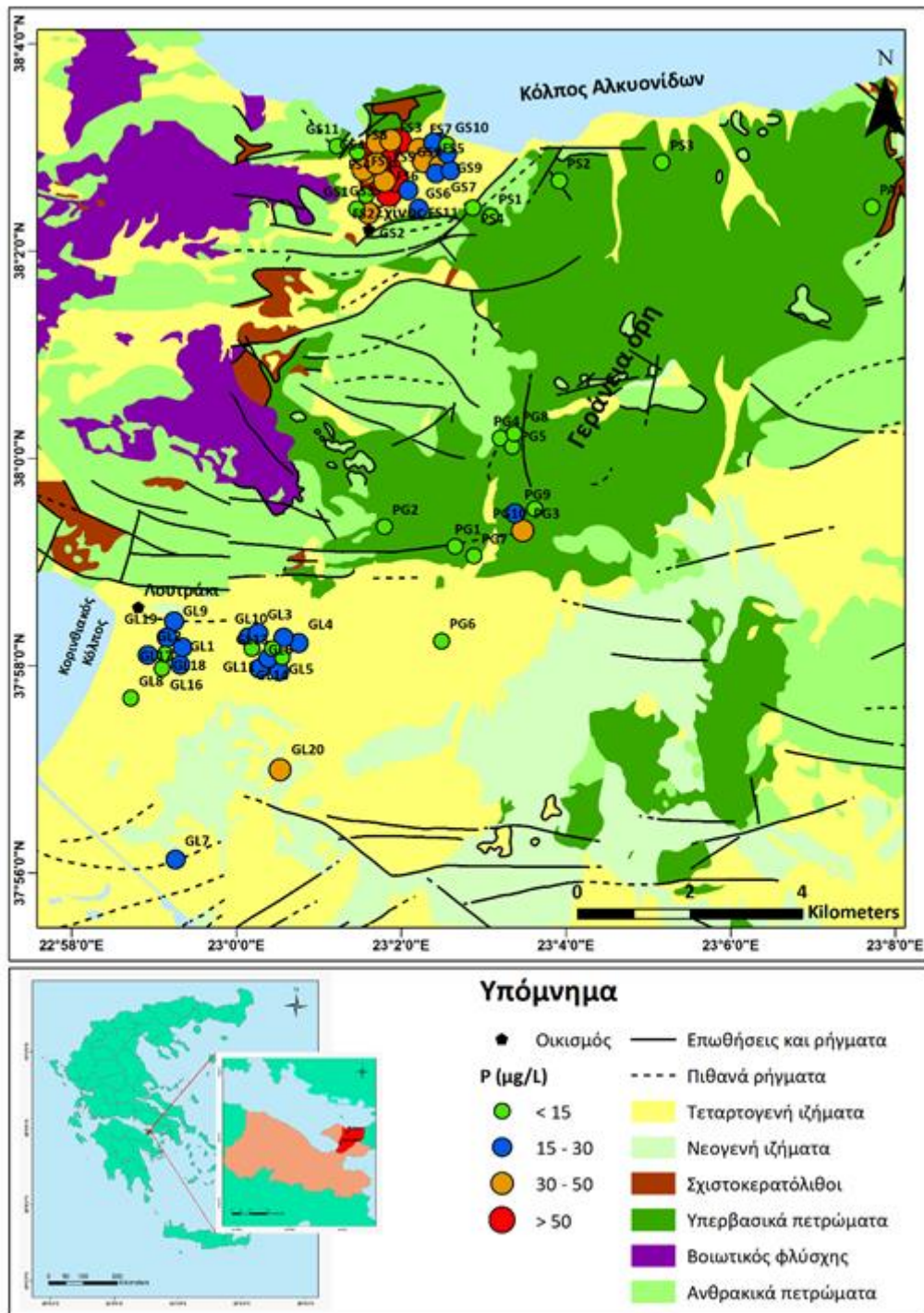
- **Νιόβιο (Nb):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Nb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Νικέλιο (Ni):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Ni είναι $1,74 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Ni κυμαίνονται από <OA έως $9 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Ni είναι $20 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι $70 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση Ni στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $0,82 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $2,49 \mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $1,29 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.28 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Ni στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 3 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 3 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 6 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 6 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Ni εντοπίζονται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.28 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νικελίου (Ni) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- Φωσφόρος (P):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης P είναι $30,35 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις P κυμαίνονται από <math><0,01 \mu\text{g L}^{-1}</math> έως $123 \mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας P βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση του P στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $19,55 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $44,79 \mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $13 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα

5.29 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων P στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 15 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 15 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 30 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 30 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις P παρατηρούνται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.

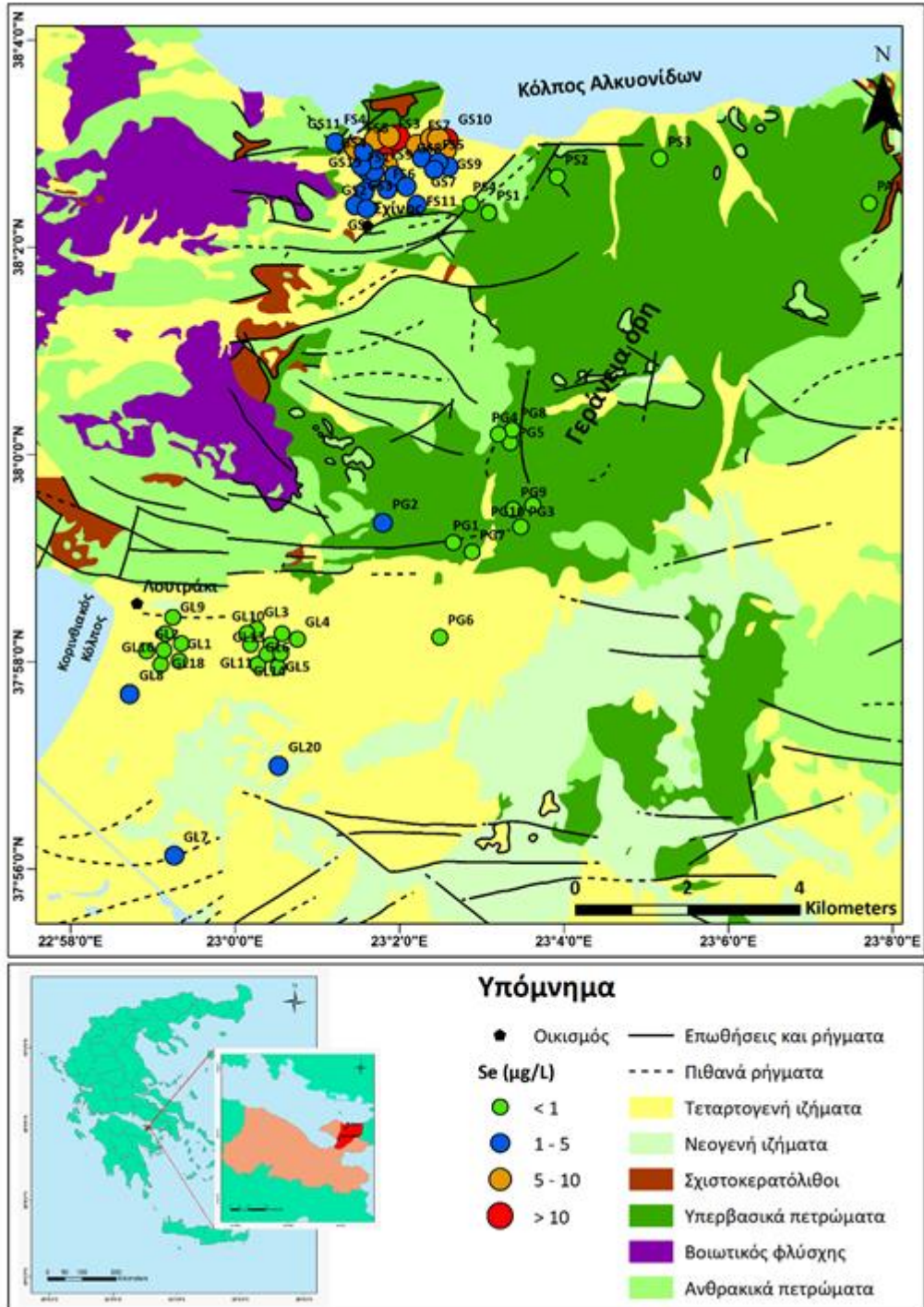


Εικόνα 5.29 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- Μόλυβδος (Pb):** Σε 10 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Pb, με εύρος τιμών 0,2-3,1 µg L⁻¹. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Pb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,2 µg L⁻¹. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσιμότητας Pb είναι η συγκέντρωση των 10 µg L⁻¹. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση.

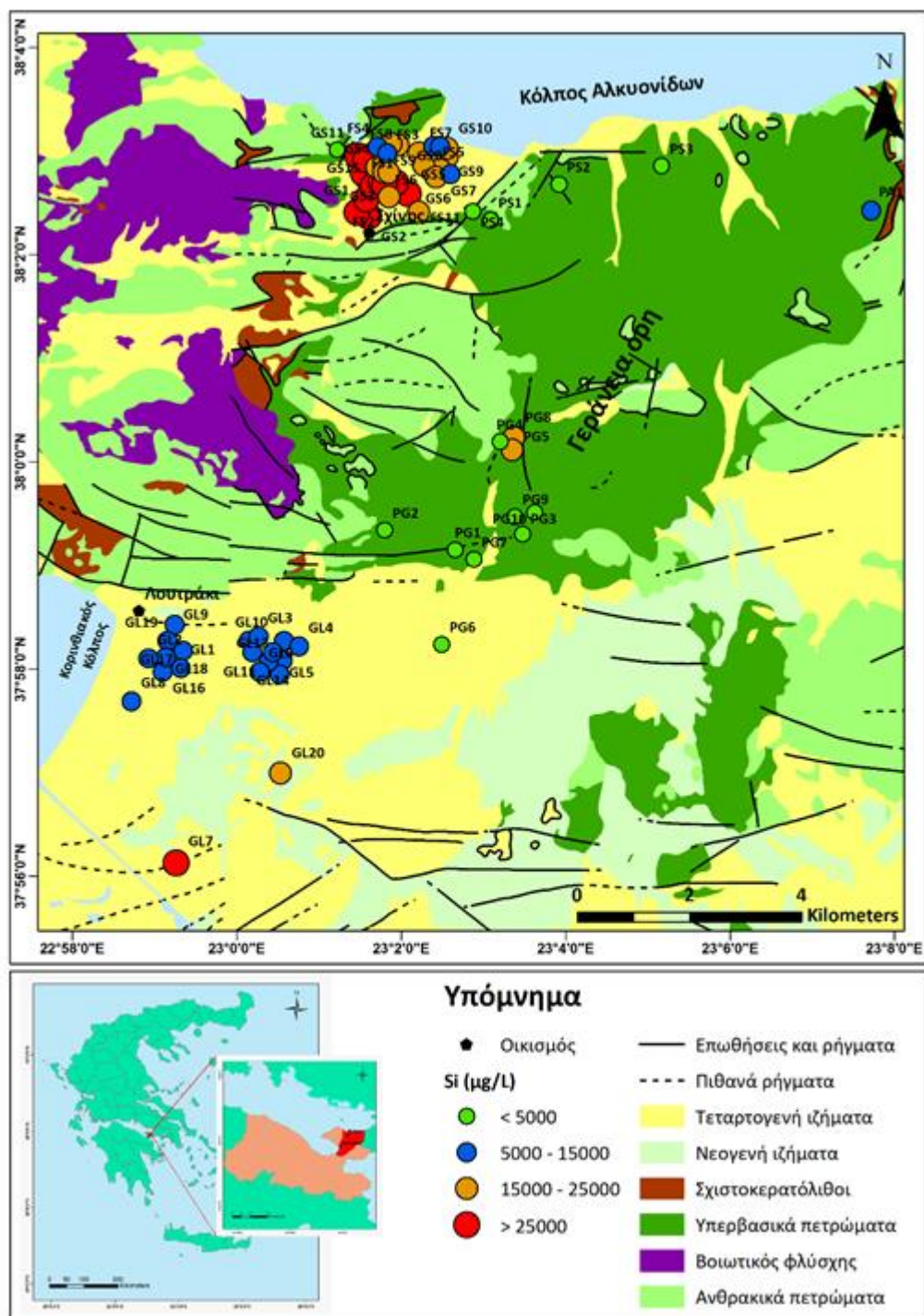
- **Λευκόχρυσος (Pt):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Pt ίση με $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Pt είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρουβίδιο (Rb):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Rb είναι $0,67 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Rb κυμαίνονται από $0,13 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $2,69 \mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο αποδεκτό όριο ποσότητας Rb βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση του Rb στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $0,68 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $0,66 \mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $0,69 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρήνιο (Re):** Σε 16 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Re, με εύρος τιμών $0,01-0,03 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Re είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρόδιο (Rh):** Σε πέντε δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Rh, με εύρος τιμών $0,01-0,29 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Rh είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρουθίνιο (Ru):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ru είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Αντιμόνιο (Sb):** Σε 22 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Sb, με εύρος τιμών $0,05-0,51 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση ποσότητας Sb είναι $5 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσότητας είναι $20 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις Sb των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση.
- **Σελήνιο (Se):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Se είναι $2,82 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Se κυμαίνονται από $<0,01$ έως $11,2 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσότητας Se είναι $10 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσότητας είναι $40 \mu\text{g L}^{-1}$. Το 95,59% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 4,41% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση του Se στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $0,74 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $5,05 \mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $0,71 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.30 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Se στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 5 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι

υψηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται υψηλότερα του ορίου των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Se καταγράφονται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.30 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων σεληνίου (Se) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

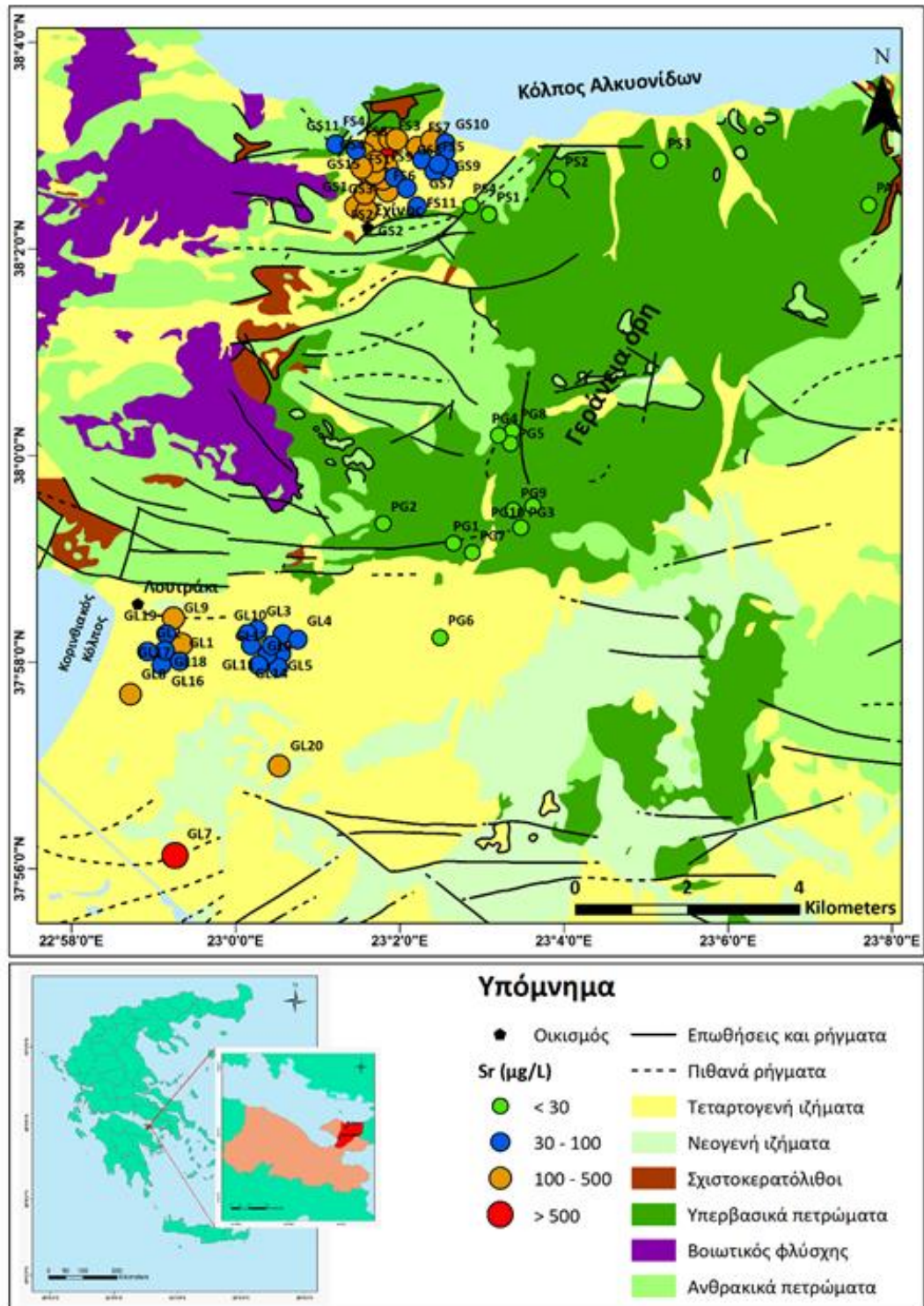
- **Πυρίτιο (Si):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Si είναι 15391,18 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Si κυμαίνονται από <math>\text{<OA}</math> έως 37292 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας για το Si βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση του Si στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 11913,15 $\mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι 22404,36 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 4599,53 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.31 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Si στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις <math>\text{< 5000 } \mu\text{g L}^{-1}</math> που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5000 \mu\text{g L}^{-1}$ και <math>\text{< 15000 } \mu\text{g L}^{-1}</math>, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 15000 \mu\text{g L}^{-1}$ και <math>\text{< 25000 } \mu\text{g L}^{-1}</math> και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 25000 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Si παρατηρούνται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου και σε ένα δείγμα της περιοχής Λουτρακίου.



Εικόνα 5.31 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Κασσίτερος (Sn):** Σε 31 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Sn, με εύρος τιμών 0,05-3,38 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sn είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Στρόντιο (Sr):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Sr είναι 258,9 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Sr κυμαίνονται από 0,67 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 10423,4 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη συγκέντρωση

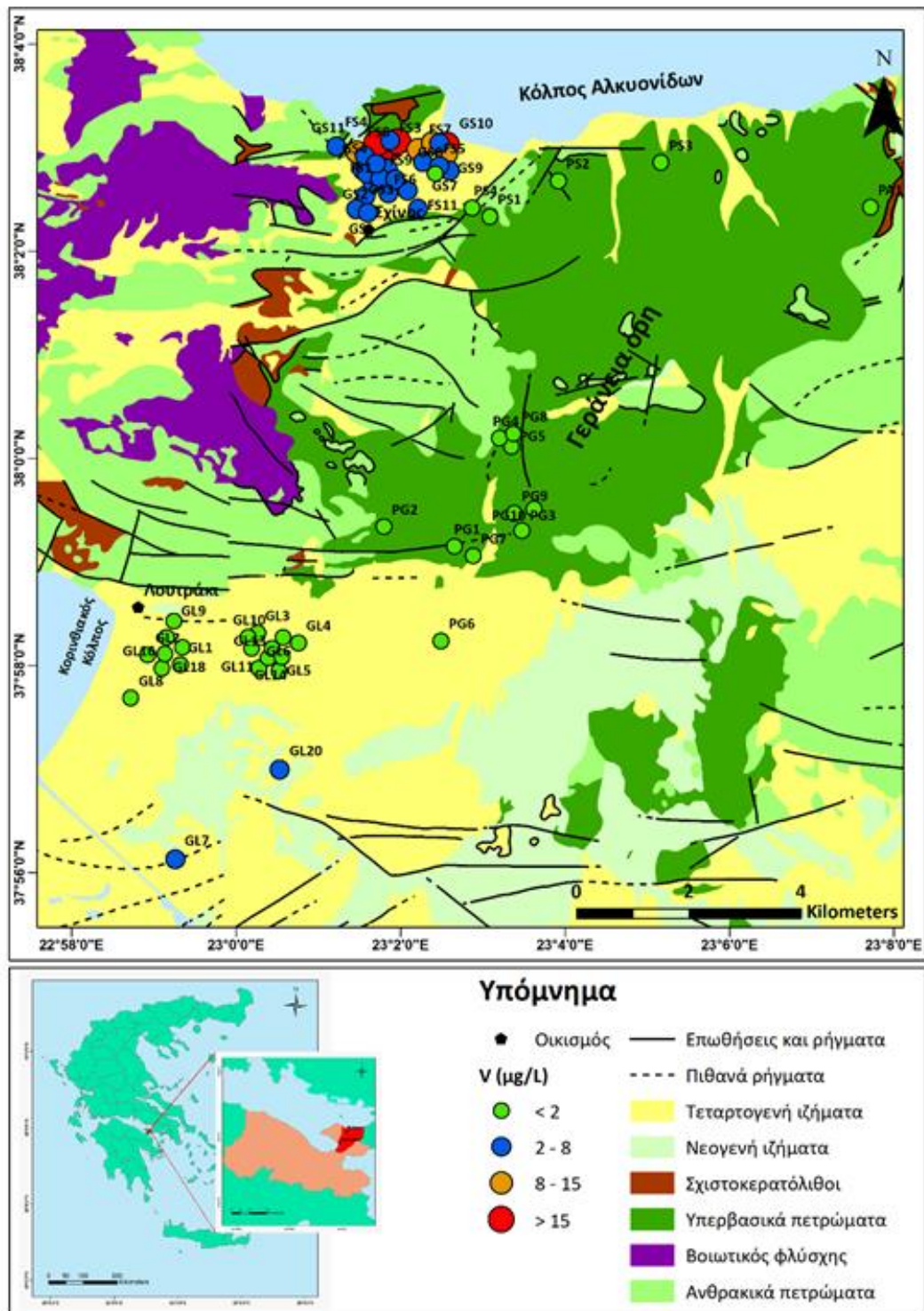
ποσιμότητας Sr βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση του Sr στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 605,77 $\mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι 161,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 10,69 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.32 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Sr στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 30 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 30 $\mu\text{g L}^{-1}$ και < 100 $\mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 100 $\mu\text{g L}^{-1}$ και < 500 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 500 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Sr εντοπίζονται στην περιοχή των Γερανείων Ορέων, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στις περιοχές του Σχίνου και του Λουτρακίου.



Εικόνα 5.32 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων στροντίου (Sr) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Ταντάλιο (Ta):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ta είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$.

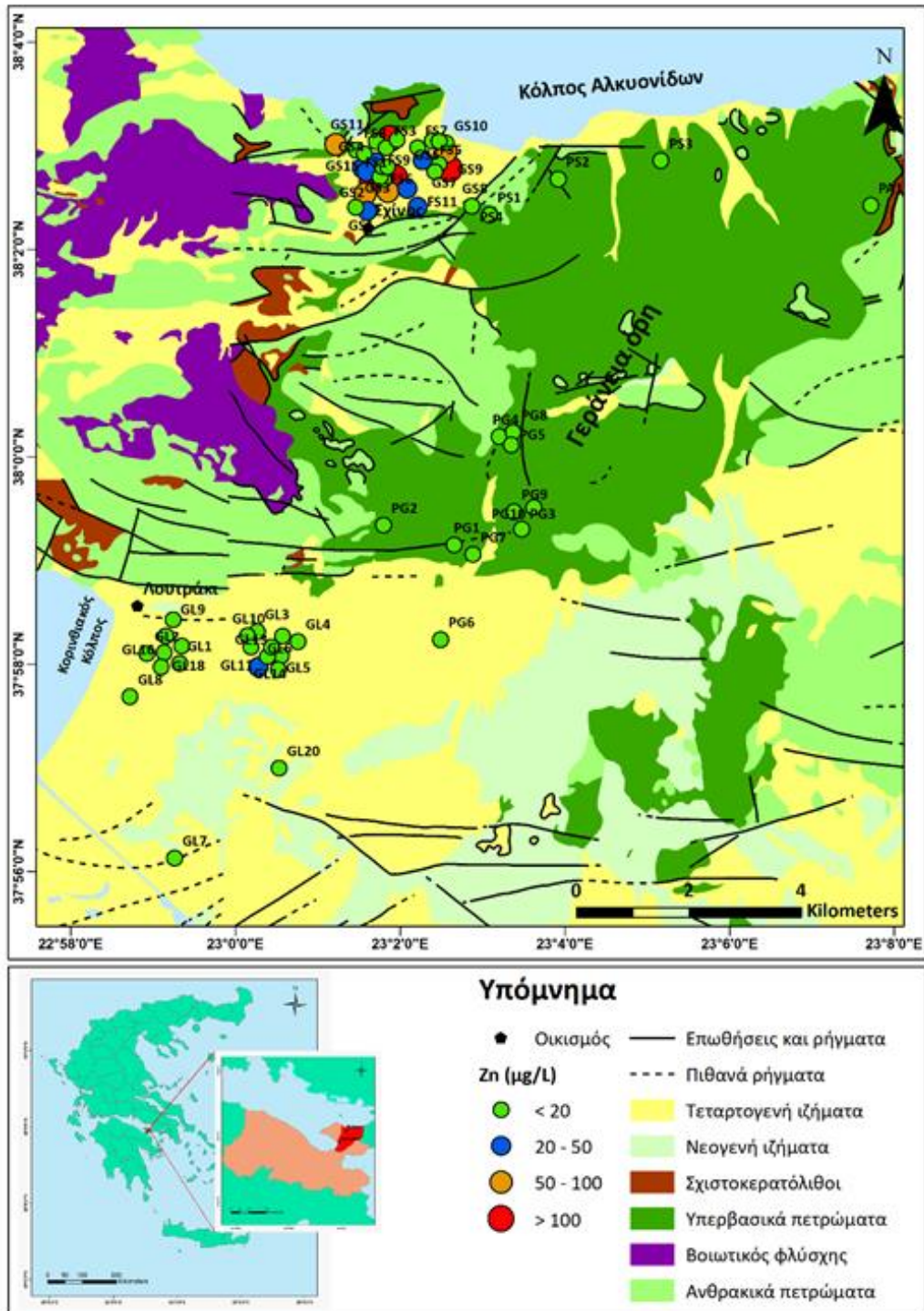
- **Τελλούριο (Te):** Σε δύο δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Te, με εύρος τιμών 0,05-0,07 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Te είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Θόριο (Th):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Th είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Τιτάνιο (Ti):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ti είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Θάλλιο (Tl):** Σε τρία δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Tl με εύρος 0,01-0,04 $\mu\text{g L}^{-1}$. Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tl είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ουράνιο (U):** Σε 20 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση U με εύρος 0,05-2,22 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση U είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσιμότητας U είναι η συγκέντρωση των 30 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση.
- **Βανάδιο (V):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης V είναι 3,94 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις V κυμαίνονται από 0,2 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 18,4 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται μέγιστη συγκέντρωση ποσιμότητας V βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση του V στα δείγματα του Λουτρακίου είναι 1,28 $\mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι 6,97 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι 0,81 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.33 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων V στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 2 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 2 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 8 $\mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 8 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 15 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 15 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις V είναι στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.33 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βαναδίου (V) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Βολφράμιο (W):** Σε τρία δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση W με εύρος 0,02-0,07 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση W είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$.

- **Ψευδάργυρος (Zn):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Zn είναι $25,24 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Zn κυμαίνονται από $1 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $25,24 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Zn είναι $5000 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ από τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι μικρότερες από την οριακή. Η μέση συγκέντρωση του Zn στα δείγματα του Λουτρακίου είναι $9,79 \mu\text{g L}^{-1}$, στα δείγματα του Σχίνου είναι $44,12 \mu\text{g L}^{-1}$ και στις πηγές των Γερανείων Ορέων είναι $4,3 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.34 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Zn στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 20 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 100 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Zn καταγράφονται στις περιοχές των Γερανείων Ορέων και Λουτρακίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα 5.34 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ψευδαργύρου (Zn) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

- **Ζιρκόνιο (Zr):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Zr ίση με $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Zr είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$.

5.1.4 Σπάνιες γαίες

5.1.4.1 Ελαφριές σπάνιες γαίες

Οι συγκεντρώσεις ελαφριών σπάνιων γαιών (Ce, Eu, Gd, La, Nd, Pr, Sc και Sm) στα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων είναι:

- **Δημήτριο (Ce):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Ce ίση με 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Ce είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ευρώπιο (Eu):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Eu είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Γαδολίνιο (Gd):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Gd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λανθάνιο (La):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση La ίση με 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση La είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Νεοδύμιο (Nd):** Σε δύο δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Nd με εύρος 0,01-0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Nd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Πρασεοδύμιο (Pr):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Pr είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Σκάνδιο (Sc):** Σε οκτώ δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Sc, με εύρος τιμών 1-2 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sc είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 1 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Σαμάριο (Sm):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Sm είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$.

5.1.4.2 Βαριές σπάνιες γαίες

Οι συγκεντρώσεις βαριών σπάνιων γαιών (Dy, Er, Ho, Lu, Tb, Tm, Y και Yb) στα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων είναι:

- **Δυσπρόσιο (Dy):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Dy είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Έρβιο (Er):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Er είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.

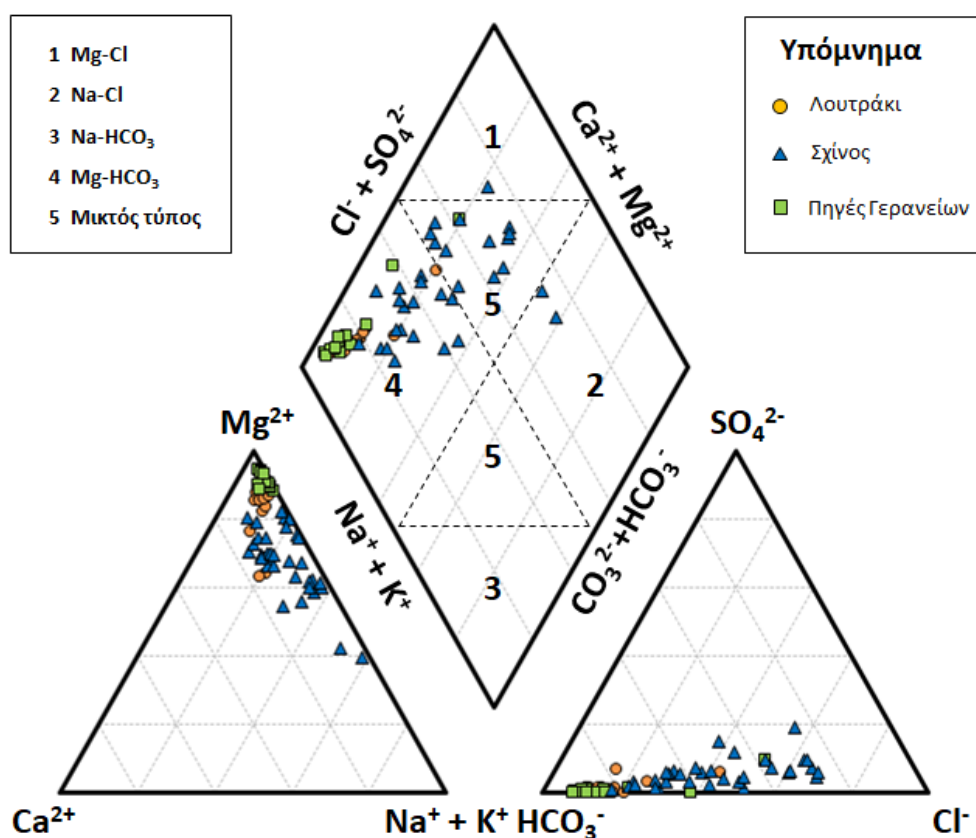
- **Όλμιο (Ho):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ho είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λουτήτιο (Lu):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Lu είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Τέρβιο (Tb):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Θούλιο (Tm):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tm είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ύτριο (Y):** Σε εννιά δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Y, με εύρος τιμών 0,01-0,06 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Y είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Υπτέρβιο (Yb):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Yb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.

5.1.5 Υδροχημικά διαγράμματα

5.1.5.1 Διάγραμμα Piper

Στην εικόνα 5.35 παρουσιάζεται το διάγραμμα Piper το οποίο χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των κυρίαρχων υδροχημικών φάσεων (Piper, 1944) στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Από τα κατιόντα, όπως φανερώνει το τριγωνικό διάγραμμα κατιόντων που βρίσκεται στο αριστερό μέρος της εικόνας 5.35, στην περιοχή μελέτης επικρατούν τα Mg^{2+} ακολουθούμενα από σχετικά αυξημένες συγκεντρώσεις αλκαλίων ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$). Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα της περιοχής Λουτρακίου και τα δείγματα των πηγών των Γερανείων Ορέων εμφανίζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Mg^{2+} συγκριτικά με τα Ca^{2+} ή/και αλκάλια ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) και ως εκ τούτου τα σημεία τους προβάλλονται στο άνω τμήμα του τριγωνικού διαγράμματος κατιόντων. Τα δείγματα νερού από την περιοχή του Σχίνου, εκτός από υψηλές συγκεντρώσεις Mg^{2+} , παρουσιάζουν και υψηλές συγκεντρώσεις αλκαλίων ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) και συνεπώς τα σημεία τους προβάλλονται στο άνω δεξί τμήμα του τριγωνικού διαγράμματος κατιόντων. Από τα ανιόντα, όπως φανερώνεται από το τριγωνικό διάγραμμα ανιόντων που βρίσκεται στο δεξί μέρος της εικόνας 5.35, στην περιοχή μελέτης επικρατούν τα HCO_3^- ακολουθούμενα από τα Cl^- . Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα της περιοχής Λουτρακίου και τα δείγματα των πηγών των Γερανείων Ορέων εμφανίζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις HCO_3^- σε σχέση με τα Cl^- ή/και SO_4^{2-} . Τα δείγματα από την περιοχή του Σχίνου, εκτός από υψηλές συγκεντρώσεις HCO_3^- , παρουσιάζουν και υψηλές συγκεντρώσεις Cl^- . Το

ρομβοειδές διάγραμμα αποτελεί την προβολή των τριγωνικών διαγραμμάτων κατιόντων και ανιόντων και σύμφωνα με το οποίο οι κύριοι υδροχημικοί τύποι νερού είναι οι Mg-HCO₃, Mg-Cl, Na-Cl, καθώς και ένας μικτός τύπος ανάμεσα σε αυτούς. Ειδικότερα, όλα τα δείγματα των πηγών Γερανείων Ορέων και της περιοχής Λουτρακίου έχουν υδροχημικό τύπο Mg-HCO₃, ενώ τα δείγματα της περιοχής του Σχίνου έχουν υδροχημικό τύπο Mg-HCO₃, Mg-Cl, Na-Cl και έναν μικτό υδροχημικό τύπο ανάμεσα στους προαναφερθέντες. Τα δείγματα της περιοχής του Σχίνου παρουσιάζουν αύξηση στις συγκεντρώσεις Na⁺ και Cl⁻, που ενδέχεται να είναι αποτέλεσμα της θαλάσσιας διείσδυσης.

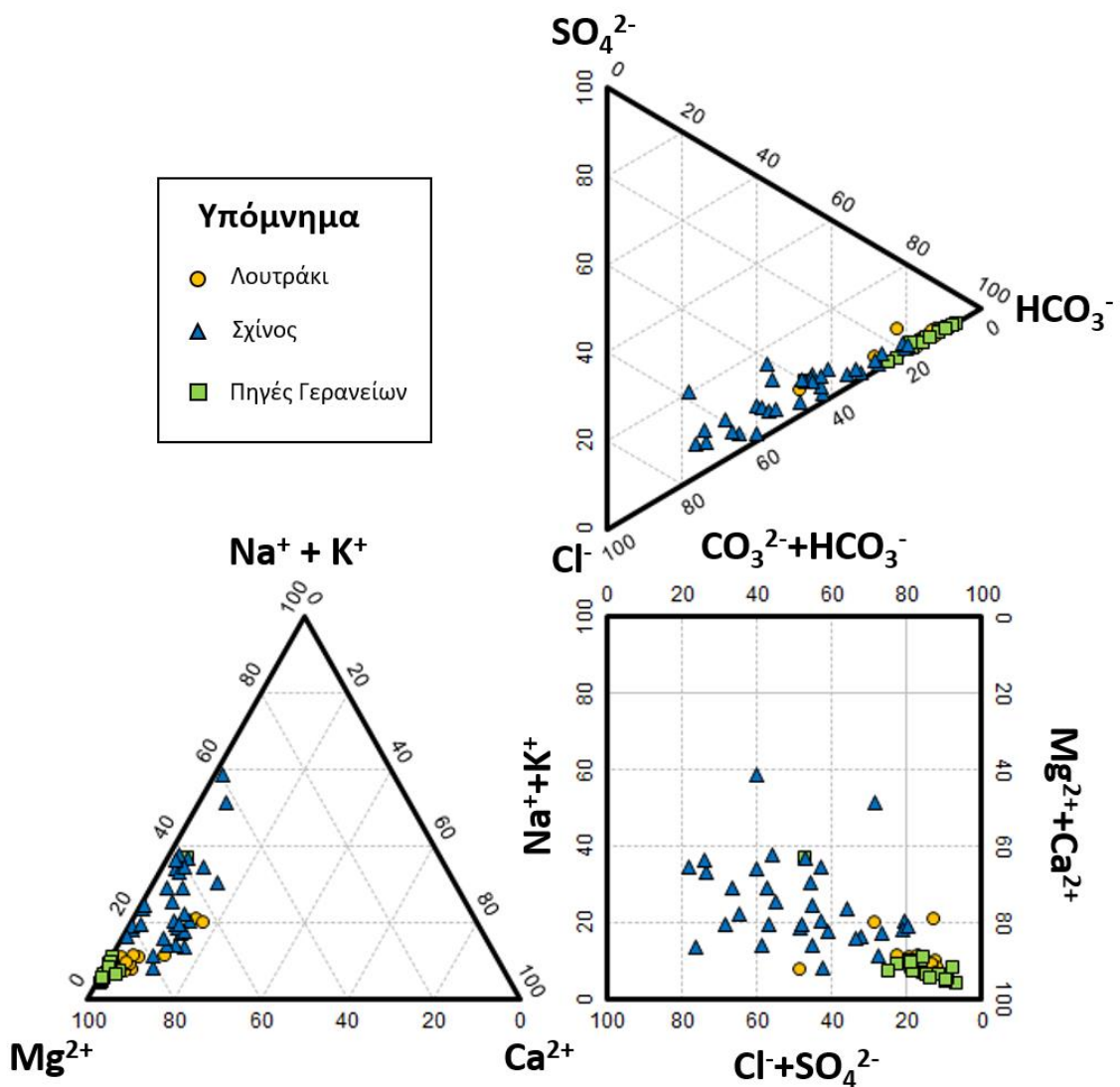


Εικόνα 5.35 - Διάγραμμα Piper για τα 68 δείγματα στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

5.1.5.2 Διάγραμμα Durov

Στην εικόνα 5.36 παρουσιάζεται το διάγραμμα Durov (Durov, 1948) το οποίο αποτελεί μια εναλλακτική προσέγγιση στην ομαδοποίηση των κύριων ιόντων από το διάγραμμα Piper συμβάλλοντας στην ερμηνεία των εξελικτικών τάσεων και υδροχημικών διεργασιών που εμφανίζονται στα υπόγεια νερά. Επιπλέον, μπορεί να υποδείξει την ανάμειξη διαφορετικών

τύπων νερού, την ιοντοανταλλαγή και την αντίστροφη κατιοντοανταλλαγή στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Τα διαγράμματα αυτά, αποτελούνται από δύο απλά τριγωνικά διαγράμματα, κατιόντων και ανιόντων, η τομή των προεκτάσεων των οποίων προβάλλεται σε ένα κεντρικό ορθογώνιο διάγραμμα. Από το διάγραμμα Duroν είναι εμφανές ότι στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου και των πηγών Γερανείων Ορέων κυριαρχούν τα κατιόντα των Mg^{2+} και τα ανιόντα των HCO_3^- , υποδηλώνοντας ότι τα νερά αυτά παρουσιάζουν χαρακτηριστικά νερών τροφοδοσίας. Στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Σχίνου παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης Cl^- και Na^+ , γεγονός που υποδεικνύει την ύπαρξη μηχανισμού αντίστροφης κατιοντοανταλλαγής.



Εικόνα 5.36 - Διάγραμμα Duroν για τα 68 δείγματα στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

5.1.6 Συντελεστές συσχέτισης

Στους πίνακες του παραρτήματος IV παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson, για όλες τις φυσικές και χημικές παραμέτρους των 20 δειγμάτων της περιοχής του Λουτρακίου, των 33 δειγμάτων της περιοχής του Σχίνου, των 15 δειγμάτων των πηγών των Γερανείων Ορέων και για το σύνολο των 68 δειγμάτων των προαναφερθέντων υπό-ομάδων, αντίστοιχα.

Στην περιοχή του Λουτρακίου, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα εμπιστοσύνης $p < 0,01$ και $p < 0,05$ που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες: TDS-EC ($r=0,83$), TDS-Mg²⁺ ($r=0,69$), TDS-HCO₃⁻ ($r=0,64$), TDS-As ($r=0,77$), TDS-Si ($r=0,56$), EC-As ($r=0,81$), EC-Si ($r=0,65$), Ca²⁺-As ($r=0,81$), EC-Si ($r=0,65$), Ca²⁺-As ($r=0,90$), Ca²⁺-Si ($r=0,93$), Ca²⁺-Sr ($r=0,83$), Mg²⁺-HCO₃⁻ ($r=0,87$), Mg²⁺-Cr ($r=-0,69$), Mg²⁺-Cr⁶⁺ ($r=-0,67$), Na⁺-Cl⁻ ($r=0,97$), TDS-Cr ($r=-0,62$), HCO₃⁻-Cr ($r=-0,59$), TDS-Cr⁶⁺ ($r=-0,64$), HCO₃⁻-Cr⁶⁺ ($r=-0,56$).

Στην περιοχή του Σχίνου, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα εμπιστοσύνης $p < 0,01$ και $p < 0,05$ που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες: TDS-DO ($r=-0,48$), EC-TDS ($r=0,94$), EC-Ca²⁺ ($r=0,46$), TDS-Mg²⁺ ($r=0,85$), EC-Mg²⁺ ($r=0,80$), Ca²⁺-Mg²⁺ ($r=0,56$), EC-Na⁺ ($r=0,81$), pH-NO₃⁻ ($r=-0,46$), DO-Cl⁻ ($r=-0,46$), TDS-Cl⁻ ($r=0,94$), Mg²⁺-Cl⁻ ($r=0,73$), Na⁺-Cl⁻ ($r=0,91$), Mg²⁺-HCO₃⁻ ($r=0,36$), DO-As ($r=-0,40$), EC-As ($r=0,85$), Cl⁻-As ($r=0,84$), pH-Cr ($r=-0,42$), Ca²⁺-Cr ($r=0,35$), pH-Cr⁶⁺ ($r=-0,42$), Cr-Cr⁶⁺ ($r=0,99$), DO-Mn ($r=-0,57$), Ca²⁺-P ($r=0,65$), pH-P ($r=-0,51$), TDS-Se ($r=0,89$), As-Se ($r=0,85$), NO₃⁻-Si ($r=0,52$), Ca²⁺-Sr ($r=0,87$), Mg²⁺-Sr ($r=0,8$), TDS-V ($r=0,72$), As-V ($r=0,97$).

Στις πηγές των Γερανείων Ορέων, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα εμπιστοσύνης $p < 0,01$ και $p < 0,05$ που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες: TDS-EC ($r=0,88$), pH-EC ($r=-0,70$), pH-Ca²⁺ ($r=-0,82$), EC-Mg²⁺ ($r=0,90$), Na⁺-Cl⁻ ($r=0,63$), TDS-HCO₃⁻ ($r=0,93$), EC-HCO₃⁻ ($r=0,79$), pH-HCO₃⁻ ($r=-0,62$), Mg²⁺-HCO₃⁻ ($r=0,71$), EC-Cr ($r=0,56$), pH-Cr ($r=0,67$), Mg²⁺-Cr ($r=0,58$), HCO₃⁻-Cr ($r=0,61$), EC-Cr⁶⁺ ($r=0,61$), pH-Cr⁶⁺ ($r=-0,69$), Ca²⁺-Cr⁶⁺ ($r=0,52$), HCO₃⁻-Cr⁶⁺ ($r=0,60$), Cr-Cr⁶⁺ ($r=0,99$), pH-Si ($r=-0,84$), Ca²⁺-Si ($r=0,99$), Ni-Si ($r=0,78$), Ca²⁺-Sr ($r=0,92$), Si-Sr ($r=0,90$), As-V ($r=0,84$).

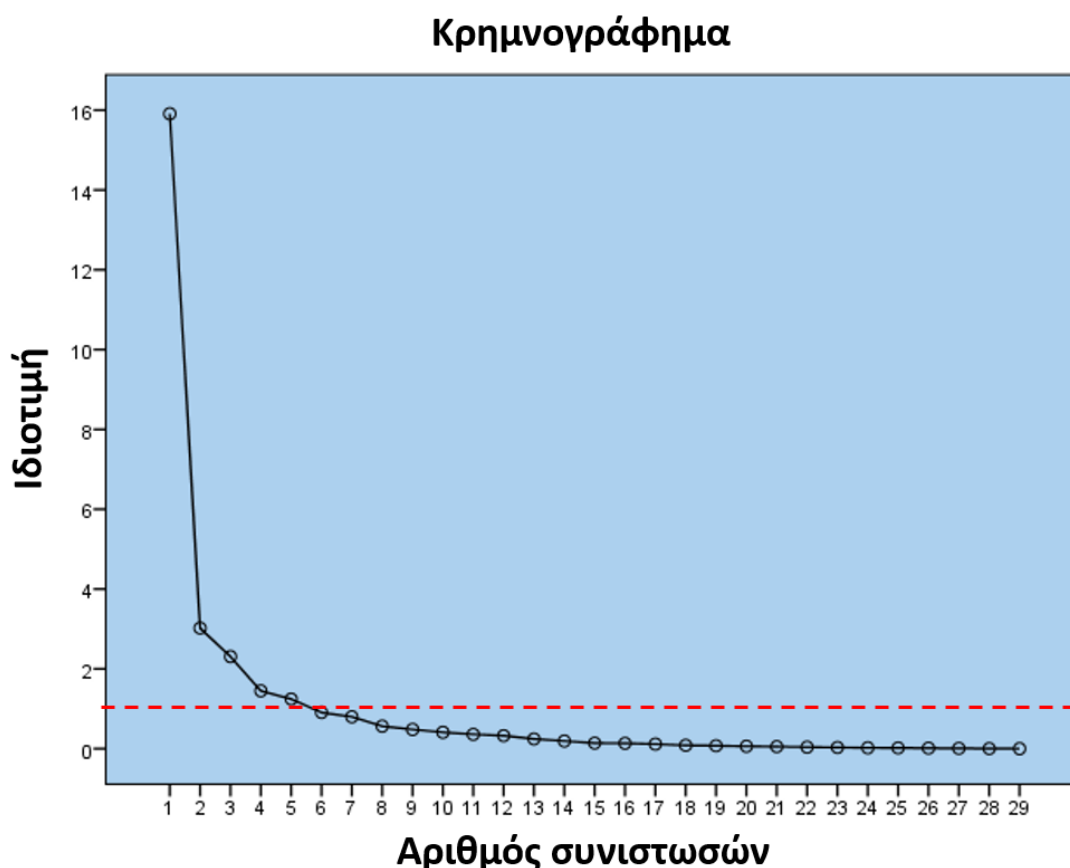
Στο σύνολο των δειγμάτων, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα εμπιστοσύνης $p < 0,01$ και $p < 0,05$ που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες: EC-TDS ($r=0,97$), EC-Ca²⁺ ($r=0,66$), pH-Ca²⁺ ($r=-0,63$), EC-Mg²⁺ ($r=0,86$), Ca²⁺-Mg²⁺ ($r=0,62$), EC-Na⁺ ($r=0,88$), Mg²⁺-Na⁺ ($r=0,61$), EC-NO₃⁻ ($r=0,41$), Ca²⁺-NO₃⁻ ($r=0,53$), EC-Cl⁻ ($r=0,95$), Na⁺-Cl⁻ ($r=0,95$), Mg²⁺-HCO₃⁻ ($r=0,67$), Ca²⁺-HCO₃⁻ ($r=0,37$), HCO₃⁻-NO₃⁻ ($r=0,48$), DO-As ($r=-0,52$), EC-As ($r=0,73$), Cl⁻-As ($r=0,75$), Ca²⁺-Cr ($r=0,51$), NO₃⁻-Cr ($r=0,52$), Ca²⁺-Cr⁶⁺ ($r=0,50$), NO₃⁻-Cr⁶⁺ ($r=0,50$), Cr-Cr⁶⁺ ($r=1,00$), Ca²⁺-P ($r=0,76$), NO₃⁻-P ($r=0,59$), EC-Se ($r=0,94$), DO-Se ($r=-0,68$), pH-Si ($r=-0,69$), Ca²⁺-Si ($r=0,54$), NO₃⁻-Si ($r=0,63$), Ba-Sr ($r=0,80$), DO-V ($r=-0,60$), EC-V ($r=0,87$), As-V ($r=0,85$), Se-V ($r=0,91$).

5.1.7 Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση

5.1.7.1 Παραγοντική ανάλυση

Για να πραγματοποιηθεί η επεξεργασία της παραγοντικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν και αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στην παρούσα διδακτορική διατριβή (N=68). Για τον προσδιορισμό των κυρίαρχων παραγόντων που επηρεάζουν την υδροχημεία της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, επιλέχθηκαν 21 παράμετροι (DO, EC, pH, Eh, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻, As, B, Ba, Br, Cr, Cr⁶⁺, Cu, Li, Mn, Ni, P, Rb, Se, Si, Sr, V και Zn), οι οποίες αναλύθηκαν και υποβλήθηκαν σε κατάλληλη επεξεργασία για να προκύψουν οι κύριες συνιστώσες για το σύνολο των 68 δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγοντική ανάλυση. Οι συγκεντρώσεις κάποιων παραμέτρων ήταν χαμηλότερες από το όριο ανιχνευσιμότητας της αναλυτικής μεθόδου και γι' αυτό το λόγο αντικαταστάθηκαν από τη συγκέντρωση του αντίστοιχου ορίου ανιχνευσιμότητας (Farnham et al., 2002). Στην επεξεργασία δεν συμπεριλήφθηκαν οι παράμετροι T, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, Ag, Al, Au, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cs, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Pb, Pr, Pt, Re, Rh, Ru, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, W, Y, Yb και Zr καθώς η πλειονότητα των παραπάνω χημικών παραμέτρων παρουσιάζουν > 30% των παρατηρήσεων τους χαμηλότερα του ορίου ανιχνευσιμότητας και αναμένεται να μην δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα (Farnham et al., 2002). Η παράμετρος των TDS δεν συμπεριλήφθηκε στην παραγοντική ανάλυση, καθώς προτιμήθηκε να συμπεριληφθεί η EC η οποία μετρήθηκε *in-situ* στο πεδίο σε αντίθεση με τα TDS που υπολογίστηκαν από το άθροισμα των κυρίων ιόντων. Επιπλέον, EC και TDS είναι παράμετροι που παρουσιάζουν πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους ($r=0,97$) (Mandel and Shiftan, 1981). Η παραγοντική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της

ορθογωνικής περιστροφής Varimax των παραμέτρων εισαγωγής ώστε να εξαχθούν οι κύριες συνιστώσες μέσω του λογισμικού IBM SPSS version 22. Το κρημνογράφημα (scree plot) της εικόνας 5.37 έδειξε ότι πέντε συνιστώσες έχουν ιδιοτιμές μεγαλύτερες από 1, οι οποίες σύμφωνα με το κριτήριο του Kaiser (1958) αποτελούν τις κύριες συνιστώσες όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.4.



Εικόνα 5.37 - Ανάλυση κύριων συνιστωσών από το κρημνογράφημα των ιδιοτιμών συνιστωσών για τα 68 δείγματα υπογείων νερών στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Οι πέντε παράγοντες εξηγούν το 82,6% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο συντελεστής KMO είναι 0,88 υποδεικνύοντας ότι τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά και η τιμή του ελέγχου σφαιρικότητας του Bartlett (Bartlett's test of sphericity) είναι < 0,05 δείχνοντας ότι τα δεδομένα είναι έγκυρα και κατάλληλα για παραγοντική ανάλυση.

Ο πρώτος παράγοντας (FA1) εξηγεί το 54,9% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει τις ισχυρές θετικές φορτίσεις των EC (0,93), Mg^{2+} (0,91), Na^+ (0,82), Cl^- (0,85), Br (0,86) και Se (0,82), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των NO_3^- (0,52), SO_4^{2-} (0,72), HCO_3^- (0,64),

As (0,72), B (0,59), Mn (0,53), Ni (0,73) και V (0,70), τη μέτρια αρνητική φόρτιση του DO (0,67) και τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των Ca^{2+} (0,44), Ba (0,31), Li (0,37) και P (0,37).

Ο δεύτερος παράγοντας (FA2) εξηγεί το 10,4% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει τις ισχυρές θετικές φορτίσεις των Ba (0,86), Li (0,8) και Sr (0,87), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των Ca^{2+} (0,75), SO_4^{2-} (0,53), B (0,68), Mn (0,62), P (0,57) και Si (0,63), τη μέτρια αρνητική φόρτιση του pH (0,74), τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των Na^+ (0,31), Cl^- (0,36), As (0,49), Br (0,34), Cr (0,35), Cr^{6+} (0,35), Se (0,38) και V (0,47) και την ασθενή αρνητική φόρτιση του DO (0,48).

Ο τρίτος παράγοντας (FA3) εξηγεί το 8% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει τις ισχυρές θετικές φορτίσεις των Cr (0,79), Cr^{6+} (0,787), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των NO_3^- (0,62), Si (0,64) και Zn (0,67), τη μέτρια αρνητική φόρτιση του pH (0,52) και τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των Ca^{2+} (0,31), HCO_3^- (0,39), Cu (0,34), P (0,39) και Sr (0,32).

Ο τέταρτος παράγοντας (FA4) εξηγεί το 5% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει τις ισχυρές θετικές φορτίσεις των K^+ (0,88), Rb (0,79), τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των As (0,32), Cu (0,43) και Li (0,31) και την ασθενή αρνητική φόρτιση του HCO_3^- (0,30).

Ο πέμπτος παράγοντας (FA5) εξηγεί το 4,2% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει την ισχυρή θετική φόρτιση του Eh (0,88), και τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των DO (0,30) και HCO_3^- (0,35).

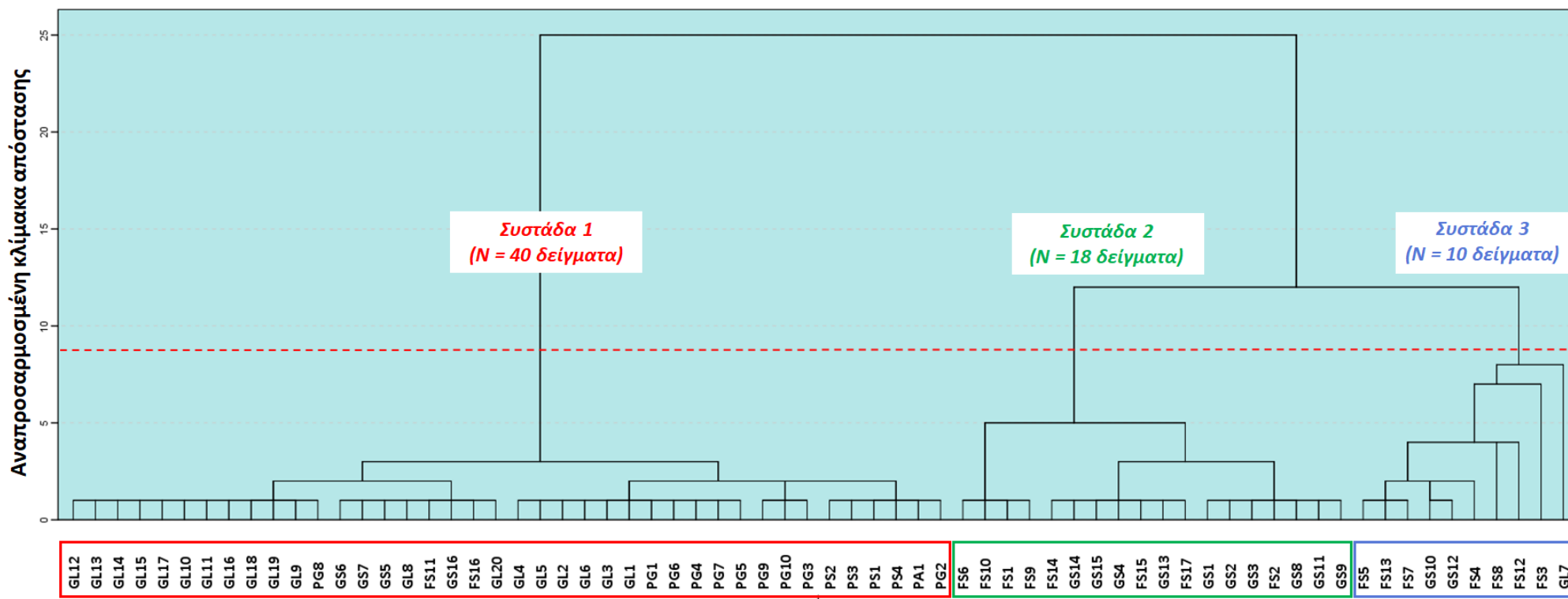
Πίνακας 5.4 - Ανάλυση κύριων συνιστωσών για τα 68 δείγματα υπογείων νερών στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

| Παράμετρος | Παράγοντας | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | FA1 | FA2 | FA3 | FA4 | FA5 |
| DO | -0,67 | -0,48 | -0,02 | 0,04 | 0,30 |
| EC | 0,93 | 0,20 | 0,17 | 0,05 | 0,03 |
| pH | -0,16 | -0,74 | -0,52 | 0,21 | -0,03 |
| Eh | -0,12 | 0,01 | -0,13 | -0,00 | 0,88 |
| Ca^{2+} | 0,44 | 0,75 | 0,31 | -0,11 | -0,10 |
| Mg^{2+} | 0,91 | -0,05 | 0,13 | -0,17 | -0,02 |
| Na^+ | 0,82 | 0,31 | 0,25 | 0,28 | -0,08 |
| K^+ | 0,08 | -0,07 | -0,09 | 0,88 | 0,29 |
| NO_3^- | 0,52 | 0,26 | 0,62 | 0,10 | -0,17 |
| Cl^- | 0,85 | 0,36 | 0,23 | 0,23 | -0,11 |
| SO_4^{2-} | 0,72 | 0,53 | 0,28 | 0,12 | -0,17 |
| HCO_3^- | 0,64 | -0,07 | 0,39 | -0,30 | 0,35 |
| As | 0,72 | 0,49 | 0,03 | 0,32 | 0,07 |
| B | 0,59 | 0,68 | 0,25 | 0,14 | -0,11 |
| Ba | 0,31 | 0,86 | 0,18 | 0,15 | 0,04 |
| Br | 0,86 | 0,34 | 0,22 | 0,23 | -0,12 |

| | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| Cr | 0,19 | 0,35 | 0,79 | -0,14 | -0,29 |
| Cr ⁶⁺ | 0,19 | 0,35 | 0,79 | -0,14 | -0,29 |
| Cu | 0,10 | 0,29 | 0,34 | 0,43 | -0,09 |
| Li | 0,37 | 0,80 | 0,19 | 0,31 | -0,11 |
| Mn | 0,53 | 0,62 | 0,09 | 0,00 | -0,06 |
| Ni | 0,73 | 0,28 | 0,07 | -0,09 | 0,01 |
| P | 0,37 | 0,57 | 0,39 | -0,02 | -0,25 |
| Rb | 0,10 | 0,08 | -0,11 | 0,79 | -0,19 |
| Se | 0,82 | 0,38 | 0,27 | 0,20 | -0,15 |
| Si | 0,09 | 0,63 | 0,64 | -0,05 | 0,15 |
| Sr | 0,19 | 0,87 | 0,32 | 0,15 | 0,07 |
| V | 0,70 | 0,47 | 0,25 | 0,21 | 0,01 |
| Zn | 0,30 | 0,18 | 0,67 | 0,12 | 0,25 |
| Αρχικές ιδιοτιμές της διακύμανσης σε % | 54,9 | 10,4 | 8 | 5 | 4,3 |
| Σωρευτική % της διακύμανσης | 54,9 | 65,3 | 73,3 | 78,3 | 82,6 |

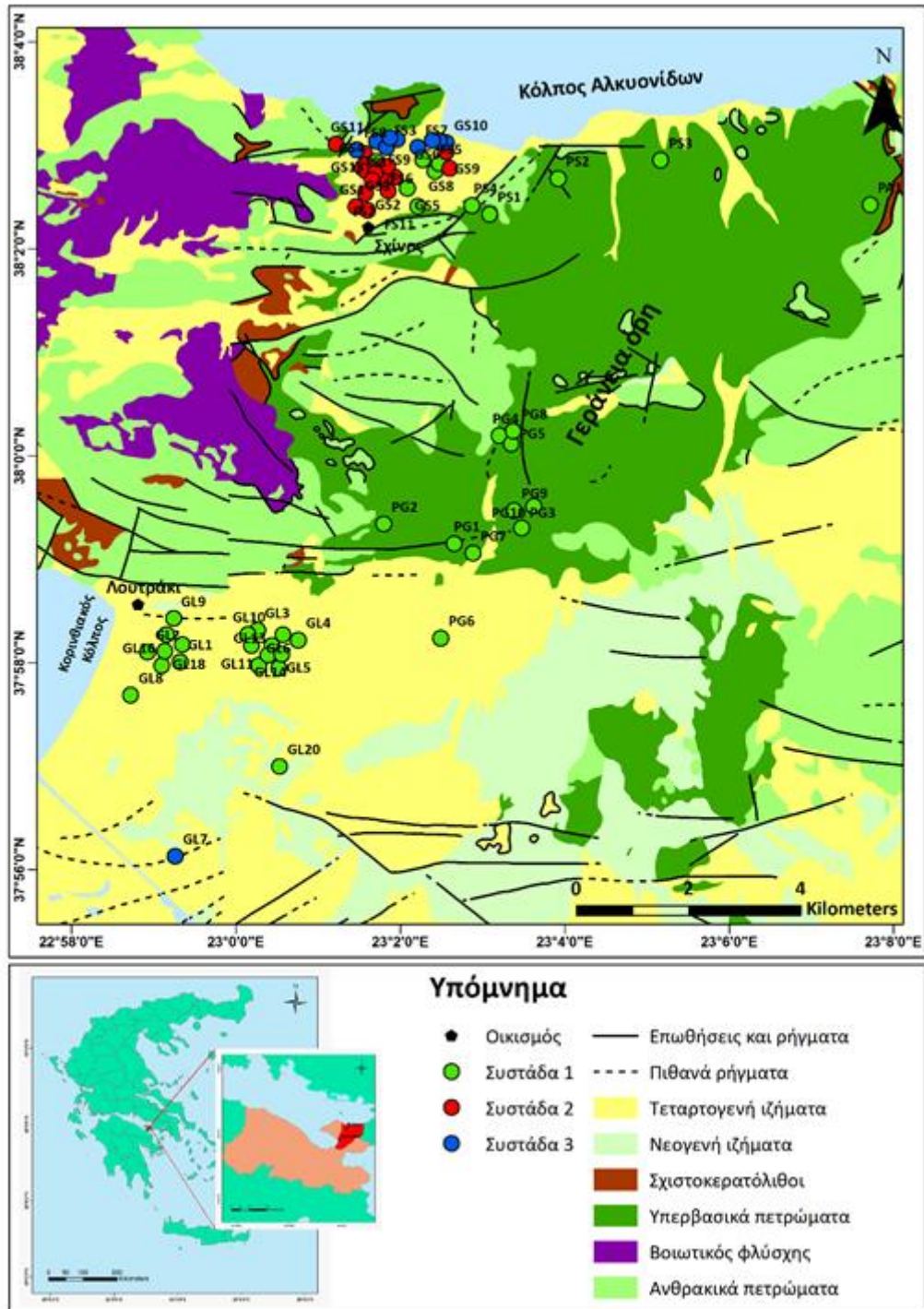
5.1.7.2 Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες

Τα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, ομαδοποιούνται σύμφωνα με την ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες σε τρεις κύριες συστάδες όπως παρουσιάζεται στο δενδρόγραμμα (Εικόνα 5.38) και στο χάρτη χωρικής κατανομής (Εικόνα 5.39). Για την ομαδοποίηση των δειγμάτων στην ίδια συστάδα επιλέχθηκε η αναπροσαρμοσμένη κλίμακα απόστασης (rescaled distance) να είναι μικρότερη του 9, ώστε οι συστάδες να περιλαμβάνουν δείγματα με όσο το δυνατόν πιο παρόμοια υδροχημικά χαρακτηριστικά. Στον πίνακα 5.5 παρουσιάζονται η μέση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή κάθε παραμέτρου των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες.



Εικόνα 5.38 - Δενδρόγραμμα της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (3 ομάδες) για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=68) στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Η συστάδα 1 περιέχει 40 δείγματα που περιλαμβάνουν όλα τα δείγματα των πηγών, την πλειονότητα των δειγμάτων της περιοχής του Λουτρακίου (εκτός από το δείγμα GL7) και ορισμένα από την περιοχή του Σχίνου που βρίσκονται στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, προς τις βορειοδυτικές παρυφές των Γερανείων Ορέων. Η συστάδα αυτή, παρουσιάζει πολύ χαμηλό λόγο Ca^{2+}/Mg^{2+} , χαμηλότερη μέση τιμή EC και χαμηλότερες μέσες συγκεντρώσεις των TDS ($577,98 \text{ mg L}^{-1}$), Cr ($18,83 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) και Cr^{6+} ($17,83 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) από τις υπόλοιπες συστάδες, αλλά υψηλότερες μέσες τιμές pH (8,43), Eh (305,82 mV) και DO ($9,82 \text{ mg L}^{-1}$). Η συστάδα 2 περιλαμβάνει 18 δείγματα υπογείων νερών, τα οποία προέρχονται στο σύνολό τους από το νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου και παρουσιάζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr (έως $506,9 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), Cr^{6+} (έως $458,8 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), NO_3^- (έως 100 mg L^{-1}), P (έως 123 mg L^{-1}), HCO_3^- (672 mg L^{-1}) και Si ($37292 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$). Η συστάδα 3 έχει 10 δείγματα υπογείων νερών, εκ των οποίων τα εννιά ανήκουν στην περιοχή του Σχίνου, το ένα στην περιοχή Λουτρακίου και παρουσιάζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις DO και αυξημένες συγκεντρώσεις Cl^- (έως 815 mg L^{-1}), Na^+ (έως 405 mg L^{-1}), SO_4^{2-} (έως 381 mg L^{-1}), Ca^{2+} (έως 101 mg L^{-1}), Mg^{2+} (έως 303 mg L^{-1}), As (έως $20,9 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), B (έως $266 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), Ba (έως $219,12 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), Br (έως $2207 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), Li (έως $26,9 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), Mn (έως $57,05 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), Se (έως $11,2 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) και V (έως $18,4 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) συγκριτικά με τις υπόλοιπες συστάδες.



Εικόνα 5.39 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=68) στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Πίνακας 5.5 - Μέση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=68) στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

| Παράμετρος | Μονάδες | Συστάδα 1 (N=40 δείγματα) | | | Συστάδα 2 (N=18 δείγματα) | | | Συστάδα 3 (N=10 δείγματα) | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------------------|---------------|--------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή |
| DO | mg L ⁻¹ | 9,82 | 6,06 | 13,49 | 7,15 | 5,26 | 8,86 | 6,71 | 3,62 | 9,91 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 577,98 | 378,79 | 972 | 1089,05 | 844,69 | 1413,8 | 1648,86 | 773,57 | 2532,32 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 799,58 | 316,3 | 1400 | 1617,17 | 1128 | 2240 | 2754,3 | 1206 | 3943 |
| pH | - | 8,43 | 7,76 | 9,64 | 7,8 | 7,45 | 8,28 | 8,12 | 7,51 | 8,86 |
| Eh | mV | 305,82 | 238,6 | 370,6 | 292,33 | 231 | 365,7 | 298,64 | 239,6 | 359,9 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 6,1 | 0,9 | 25,1 | 36,06 | 2,2 | 72,5 | 35,84 | 9,96 | 101 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 104,23 | 51 | 179 | 158,17 | 117 | 230 | 203,77 | 97,7 | 363 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 25,72 | 10,9 | 109 | 77,03 | 28,3 | 145 | 240,92 | 57,2 | 405 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,09 | 0,29 | 3,52 | 0,71 | 0,13 | 1,64 | 4,37 | 0,62 | 21,1 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 7,02 | <ΟΠ | 57,2 | 48,93 | 3,5 | 100 | 19,06 | 7,7 | 46 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 49,5 | 22 | 218 | 202,61 | 77 | 376 | 555,9 | 176 | 815 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 4,91 | <ΟΠ | 40 | 39,81 | 6 | 127 | 110,6 | 26 | 381 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 379,43 | 202 | 623 | 525,72 | 267 | 672 | 478,4 | 323 | 636 |
| As | μg L ⁻¹ | 1,21 | <ΟΑ | 5,4 | 3,15 | 1,3 | 6,3 | 10,87 | 2,6 | 20,9 |
| B | μg L ⁻¹ | 16,58 | <ΟΑ | 57 | 51,82 | 21 | 100 | 103,4 | 25 | 266 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 4,13 | 0,11 | 46,51 | 11,62 | 1,38 | 39,65 | 58,77 | 4,45 | 219,12 |
| Br | μg L ⁻¹ | 159,4 | 68 | 669 | 578,89 | 237 | 1091 | 1602,7 | 594 | 2207 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,04 | <ΟΑ | 0,1 | 0,05 | <ΟΑ | 0,1 | 0,17 | 0,04 | 0,56 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 18,83 | 1,3 | 59,9 | 151,44 | 10,4 | 506,9 | 42,49 | 2,2 | 97,1 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 17,83 | 1,3 | 54,55 | 134,46 | 10,4 | 458,8 | 39,6 | 2,2 | 85,16 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 3,59 | 0,1 | 30,5 | 1,53 | 0,5 | 3,3 | 11,2 | 1 | 52,3 |
| Li | μg L ⁻¹ | 1,78 | <ΟΑ | 12,8 | 3,5 | 1,3 | 6,6 | 7,61 | 2,7 | 26,9 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 0,3 | 0,06 | 0,81 | 1,14 | 0,2 | 4,11 | 9,32 | 0,16 | 57,05 |
| Mo | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <ΟΑ | 2 | ΔΥ | <ΟΑ | 1,6 | ΔΥ | <ΟΑ | 12,8 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 0,98 | <ΟΑ | 5,5 | 2,34 | 0,4 | 7,4 | 3,84 | 1 | 9 |
| P | μg L ⁻¹ | 22,5 | <ΟΑ | 40 | 52,11 | 14 | 123 | 37,6 | 11 | 87 |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,34 | <ΟΑ | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,75 | 0,4 | 3,1 |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,64 | 0,13 | 2,21 | 0,44 | 0,2 | 1,35 | 1,2 | 0,36 | 2,69 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,11 | 0,06 | 0,18 | 0,16 | <ΟΑ | 0,51 | 0,19 | 0,09 | 0,3 |
| Se | μg L ⁻¹ | 1,18 | <ΟΑ | 3,2 | 4,06 | 1,5 | 6,7 | 8,17 | 3,3 | 11,2 |
| Si | μg L ⁻¹ | 10299,72 | <ΟΑ | 28479 | 25496,83 | 1694 | 37292 | 18592,8 | 10269 | 32580 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 57,43 | 0,67 | 388,16 | 149,51 | 47,16 | 261,34 | 1261,69 | 88,15 | 10423,4 |
| U | μg L ⁻¹ | 0,18 | <ΟΑ | 0,63 | 0,2 | 0,06 | 0,52 | 0,71 | <ΟΑ | 2,22 |
| V | μg L ⁻¹ | 1,2 | <ΟΑ | 5,1 | 5,71 | 2,4 | 10,9 | 11,73 | 3 | 18,4 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 10,23 | 1 | 44,3 | 52,02 | 5,7 | 188,2 | 37,08 | 5,7 | 284,1 |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

5.2 Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρική Ευβοία

Στη δεύτερη μελέτη, που εξετάστηκε στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής (Λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας), πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη δειγματοληψία κατά τις περιόδους Δεκεμβρίου 2016, Ιουνίου 2017 και Νοεμβρίου 2017, ώστε να συλλεχθούν δείγματα κατά τη διάρκεια της ξηρής και της υγρής περιόδου. Συλλέχθηκαν συνολικά 34 δείγματα νερού. Πιο συγκεκριμένα, η δειγματοληψία περιελάμβανε τρία δείγματα από φυσικές πηγές που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή και 31 δείγματα υπογείων νερών από πηγάδια και γεωτρήσεις στην περιοχή ευρύτερη Ψαχνών - Πολιτικών Ευβοίας. Επίσης, για πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση και για την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων με τη χρήση πολυκριτηριακών στατιστικών μεθόδων αξιοποιήθηκαν δεδομένα από τις εργασίες των Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015) από την ίδια περιοχή τα οποία αφορούν σε δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν τον Νοέμβριο του 2012, τον Απρίλιο του 2013 και τον Απρίλιο του 2015. Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκε μέρος των δεδομένων και όχι το σύνολό τους από τις προαναφερθείσες εργασίες, καθώς εξαιρέθηκαν όσα βρίσκονται εκτός της περιοχής μελέτης. Στην εικόνα 5.40 φαίνεται ο χάρτης με τα δείγματα υπογείων νερών. Οι θέσεις A1 έως A34 ανήκουν στη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, ενώ τα δείγματα A35 έως A65 έχουν ληφθεί και αναλυθεί στο πλαίσιο των εργασιών των Remoundaki et al. (2016) και Chίου (2015). Συνολικά, επεξεργάστηκαν δεδομένα από 56 δείγματα υπογείων νερών από αρδευτικές γεωτρήσεις, οκτώ δείγματα φυσικών πηγών και ένα δείγμα νερού από μεταλλευτική λίμνη. Στον πίνακα 5.6 παρουσιάζεται η ομαδοποίηση των δειγμάτων σύμφωνα με την προέλευσή τους.

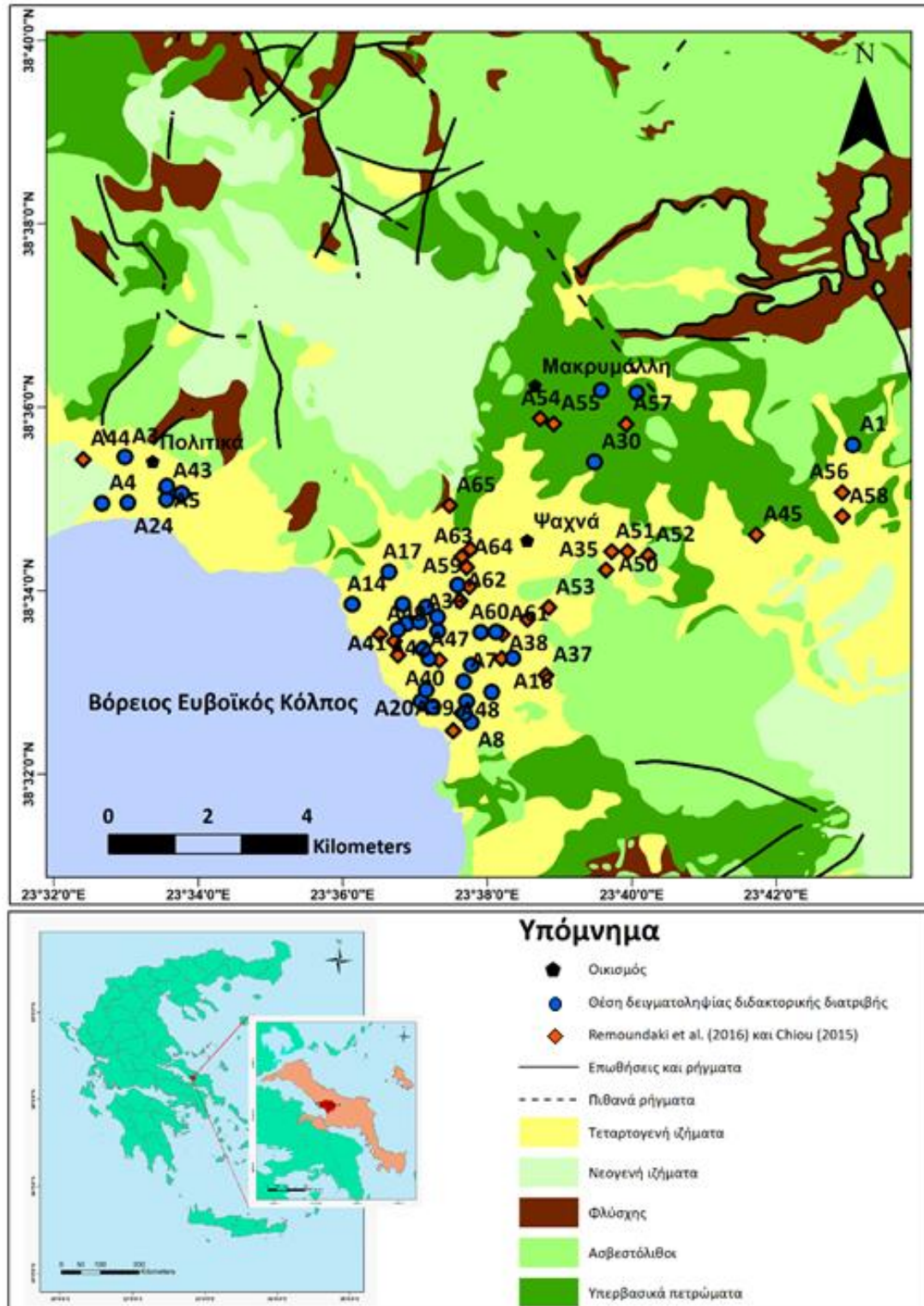
Πίνακας 5.6 – Ομαδοποίηση των 65 δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, σύμφωνα με την προέλευσή τους.

| Ομαδοποίηση | Κωδικός δείγματος |
|--------------------|--|
| Πηγή | A1, A19, A30, A48, A54, A55, A57, A58 |
| Αρδευτική γεώτρηση | A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A29, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37, A38, A39, A40, A41, A42, A43, A44, A45, A46, A47, A49, A50, A51, A52, A53, A59, A60, A61, A62, A63, A64, A65 |
| Μεταλλευτική λίμνη | A56 |

A1-A34: Διδακτορική διατριβή
A35-A58: Remoundaki et al., 2016
A59-A65: Chίου, 2015

Στους πίνακες 5.7-5.8 παρουσιάζονται οι μέσες, οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές για τις συγκεντρώσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων, κύριων ιόντων, δυνητικά τοξικών στοιχείων

και λοιπών ιχνοστοιχείων (T, DO, TDS, EC, pH, Eh, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, As, B, Ba, Br, Co, Cr, Cr⁶⁺, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sr, U, V και Zn) και λοιπών ιχνοστοιχείων στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 5.40 - Χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας με τα 65 δείγματα υπογείων νερών.

Πίνακας 5.7 - Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Εύβοιας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Δειγματοληψία διδακτορικού (N=34) | | | Remoundaki et al.,(2016) και Chiou (2015) (N=31) | Σύνολο (N=65) | | | ΠΟΥ (WHO, 2011) | ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|--|---------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | | |
| T | °C | 19,51 | 12,6 | 28,2 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | 15 - 25 |
| DO | mg L ⁻¹ | 7,31 | 3,43 | 12,8 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | 6 - 10 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 889,54 | 202,32 | 3237,32 | 474,25 - 1473,3 | 904,45 | 202,32 | 3237,32 | | |
| EC | μS cm ⁻¹ | 1238,82 | 334 | 5129 | 500-2370 | 1234,32 | 334 | 5129 | 2500 | 2500 |
| pH | - | 7,64 | 7,21 | 8,27 | 6,8 - 7,7 | 7,5 | 6,8 | 8,27 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 9,5 |
| Eh | mV | 254,7 | 135,7 | 291 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 95 | 4,48 | 268 | 45,4-197,58 | 94,98 | 4,48 | 268 | | |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 77,13 | 32,2 | 208 | 7,78-159,89 | 75,31 | 7,78 | 208 | | |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 55,13 | 9,3 | 604 | 14-186,8 | 50,36 | 9,3 | 604 | 200 | 200 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 3 | 0,57 | 26,2 | 0,7-16,5 | 3,2 | 0,57 | 26,2 | 12 | 12 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 121,56 | 15,7 | 540 | 7,4-452,12 | 124,6 | 4,7 | 540 | 50 | 50 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 127,5 | 15 | 1460 | 8-294 | 104,14 | 8 | 1460 | 250 | 250 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 95,59 | <ΟΠ | 310 | 5,33-315 | 87,23 | <ΟΠ | 315 | 250 | 250 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 314,79 | 129 | 591 | 211,06-976 | 365,17 | 129 | 976 | | |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΜΔ: Μη Διαθέσιμο

Πίνακας 5.8 - Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρική Εύβοια.

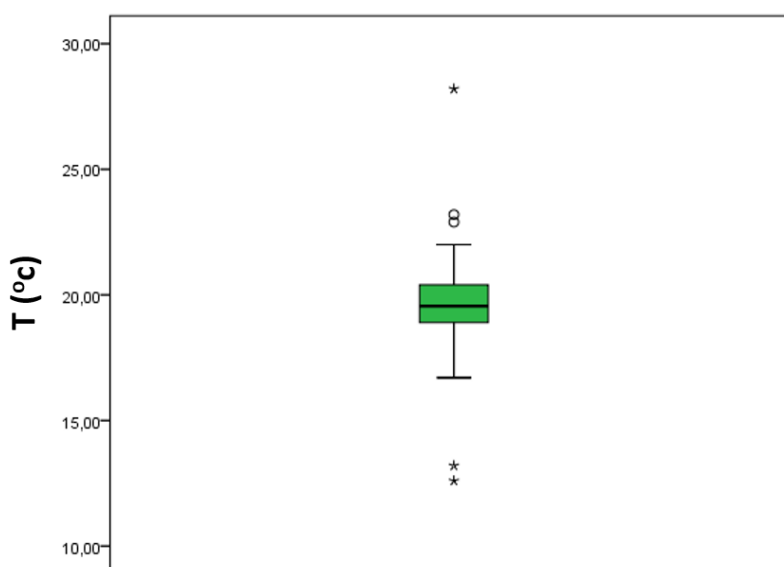
| Παράμετρος | Μονάδες | Δειγματοληψία διδακτορικού (N=34) | | | Remoundaki et al.,(2016) και Chίου (2015) (N=31) | Σύνολο (N=65) | | | ΠΟΥ (WHO, 2011) | ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 |
|------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|--|---------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | | |
| As | μg L ⁻¹ | 1,10 | <OA | 3,3 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 10 | 10 |
| B | μg L ⁻¹ | 42,06 | 11 | 123 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 2400 | 1000 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 51,27 | 3,17 | 188,26 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 700 | 700 |
| Br | μg L ⁻¹ | 379,56 | 73 | 1421 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,1 | <OA | 0,4 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| Cr | μg L ⁻¹ | 68,01 | 4 | 161,5 | 4-146 | 57,15 | 4 | 161,5 | 50 | 50 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 58,2 | 4 | 131,1 | 2-146 | 49,84 | 2 | 146 | | |
| Cu | μg L ⁻¹ | 3,16 | 0,2 | 35,5 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 2000 | 2000 |
| Li | μg L ⁻¹ | 6,56 | 1 | 22,5 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| Mn | μg L ⁻¹ | 2,76 | <OA | 25,53 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 400 | 50 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,19 | <OA | 1,1 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | 70 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 4,97 | 0,7 | 21,1 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 70 | 20 |
| P | μg L ⁻¹ | 26,06 | 10 | 107 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,44 | <OA | 2,2 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 10 | 10 |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,55 | 0,07 | 1,93 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,08 | <OA | 0,37 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 20 | 5 |
| Se | μg L ⁻¹ | 1,46 | <OA | 4,6 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 40 | 10 |
| Si | μg L ⁻¹ | 16797,5 | 4272 | 41954 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| Sr | μg L ⁻¹ | 339,89 | 29,44 | 1026 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| U | μg L ⁻¹ | 1,91 | 0,03 | 5,12 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | 30 | 30 |
| V | μg L ⁻¹ | 2,45 | 1,1 | 6 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | |
| Zn | μg L ⁻¹ | 80,99 | 0,7 | 609,8 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | 5000 |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας
ΜΔ: Μη Διαθέσιμο

5.2.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

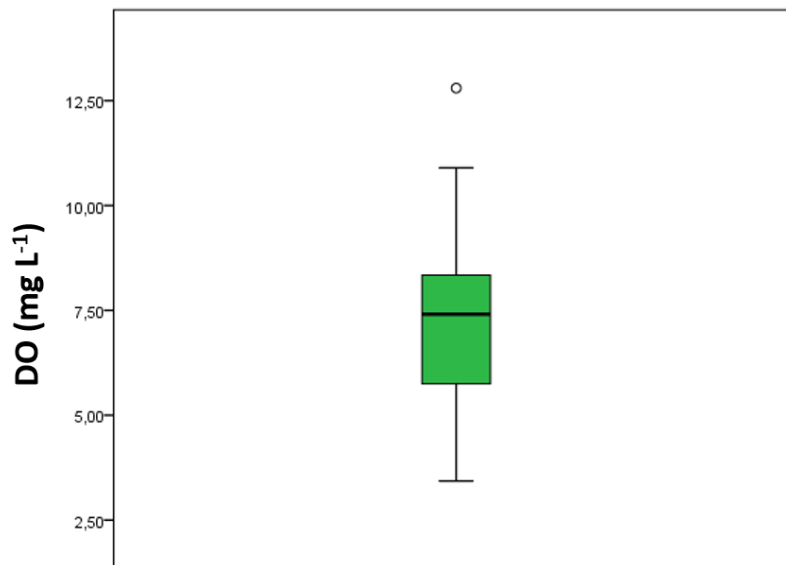
Οι φυσικοχημικές παράμετροι που μετρήθηκαν *in situ* στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και αναλύονται τα περιγραφικά τους στατιστικά στη συνέχεια είναι οι εξής: θερμοκρασία (T), διαλυμένο οξυγόνο (DO), ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), pH και δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh).

- **Θερμοκρασία (T):** Η μέση τιμή θερμοκρασίας (T) είναι 19,51 °C. Οι τιμές της κυμαίνονται από 12,6 °C έως 28,2 °C, με εύρος 15,6 °C και τυπική απόκλιση 2,67. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.41), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 18,93 °C, η διάμεσος 19,55 °C και το 3^ο τεταρτημόριο 20,3 °C. Η διάμεσος είναι μεγαλύτερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή T κυμαίνεται μεταξύ 15-25 °C, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Το 91,2% των δειγμάτων βρίσκεται μέσα στο εύρος αυτό, το 2,9% υπερβαίνει τους 25 °C και το 5,9% είναι μικρότερο των 15 °C.



Εικόνα 5.41 – Θηκόγραμμα για τις τιμές θερμοκρασίας για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

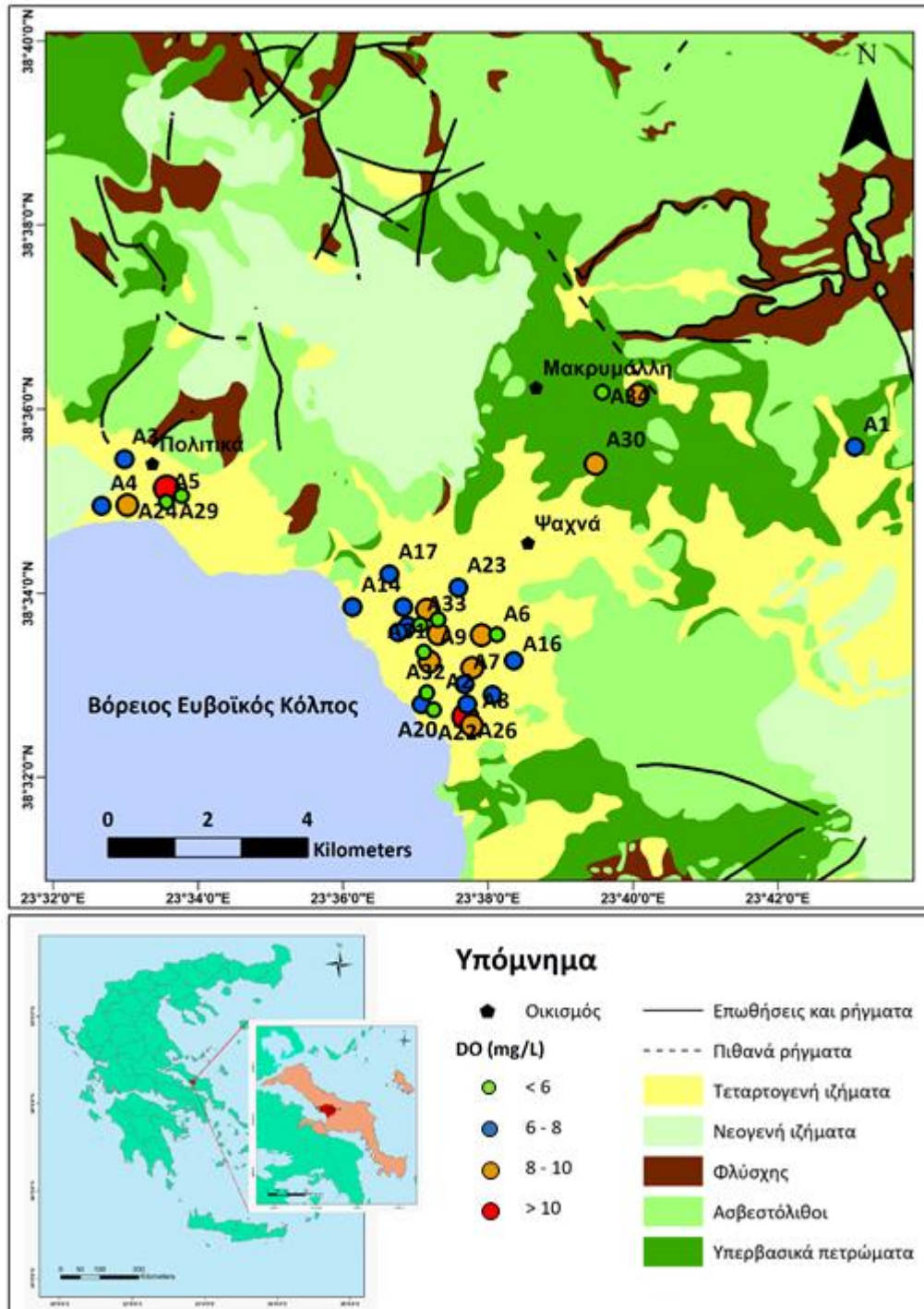
- Διαλελυμένο οξυγόνο (DO):** Η μέση συγκέντρωση του διαλελυμένου οξυγόνου (DO) είναι $7,31 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από $3,43 \text{ mg L}^{-1}$ έως $12,8 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος $9,37 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $1,82$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.42), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $5,98 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $7,41 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $8,33 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μεγαλύτερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή DO κυμαίνεται μεταξύ $6-10 \text{ mg L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Το 67,6% των δειγμάτων βρίσκεται μέσα στο εύρος αυτό, το 5,9% υπερβαίνει τη συγκέντρωση των 10 mg L^{-1} και το 26,5% είναι μικρότερο των 6 mg L^{-1} .



Εικόνα 5.42 - Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις διαλελυμένου οξυγόνου για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

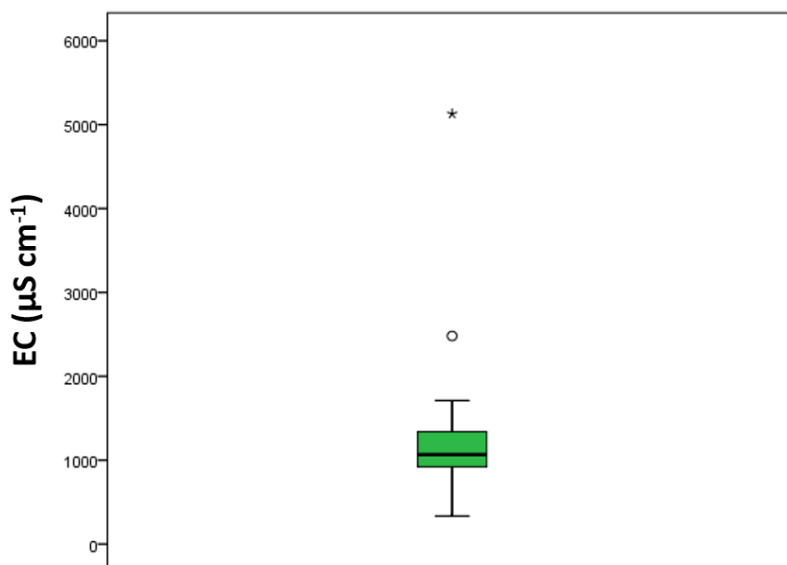
Στην εικόνα 5.43 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων DO στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 6 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται χαμηλότερα του ορίου ($6 - 10 \text{ mg L}^{-1}$) των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 6 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 8 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 8 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 10 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι

υψηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται υψηλότερα του ορίου ($6 - 10 \text{ mg L}^{-1}$) των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017.



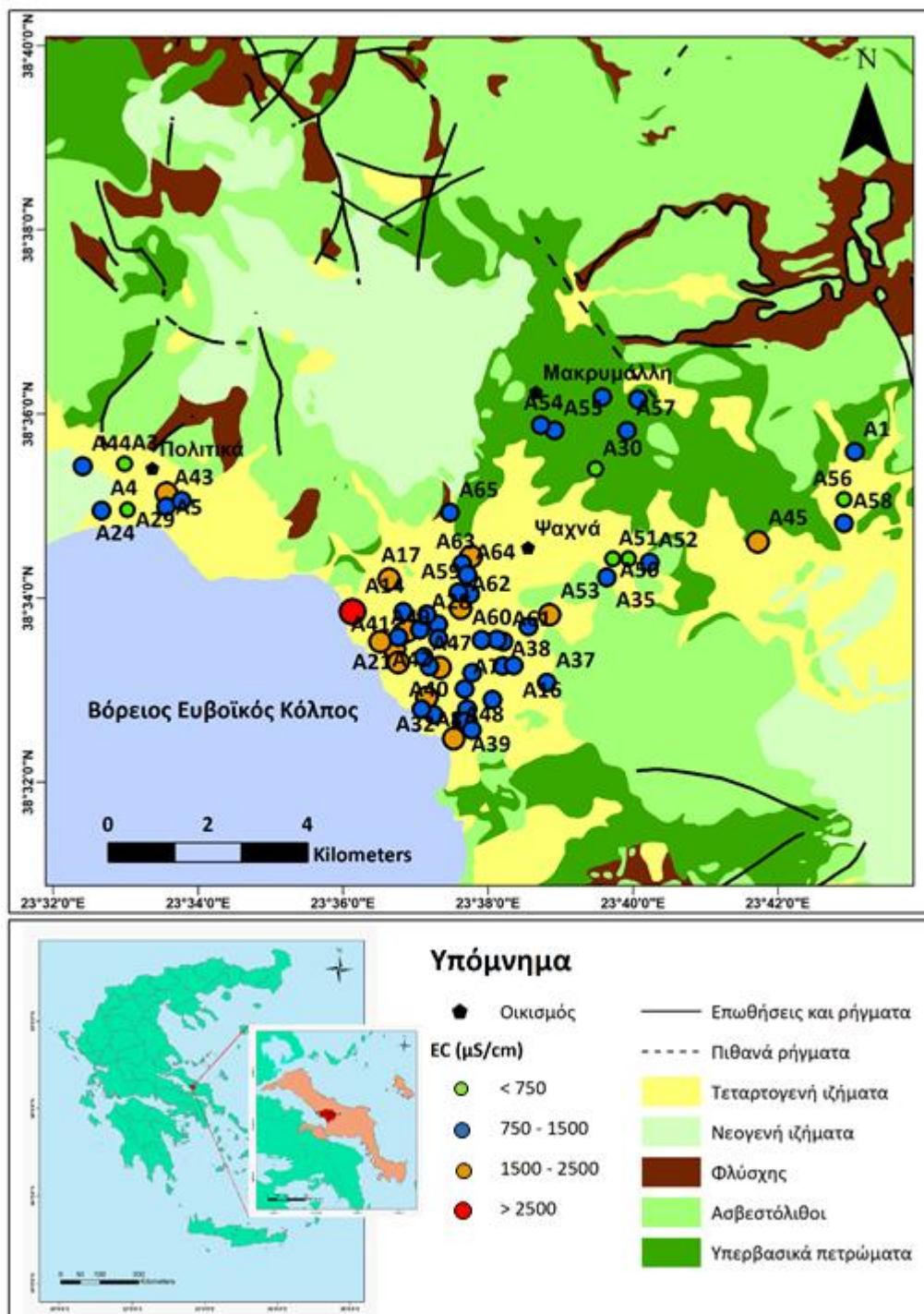
Εικόνα 5.43 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- Ολικά διαλελυμένα στερεά (TDS):** Η μέση συγκέντρωση των ολικών διαλελυμένων στερεών (TDS) είναι $889,54 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $202,32 \text{ mg L}^{-1}$ έως $3237,32 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος 3035 mg L^{-1} και τυπική απόκλιση $501,79$. Σύμφωνα με τα περιγραφικά στατιστικά (Πίνακας 5.7) το 1^ο τεταρτημόριο είναι $662,68 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $777,7 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $953,92 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή.
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC):** Η μέση τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) είναι $1238,82 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$. Οι τιμές της κυμαίνονται από $334 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$ έως $5129 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$, με εύρος $4795 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $787,76$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.44), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $926 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$, η διάμεσος $1065,5 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $1339 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ενδεικτικό όριο EC είναι τα $2500 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$. Το 97,1% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 2,9% το υπερβαίνει.



Εικόνα 5.44 - Θηκόγραμμα για τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

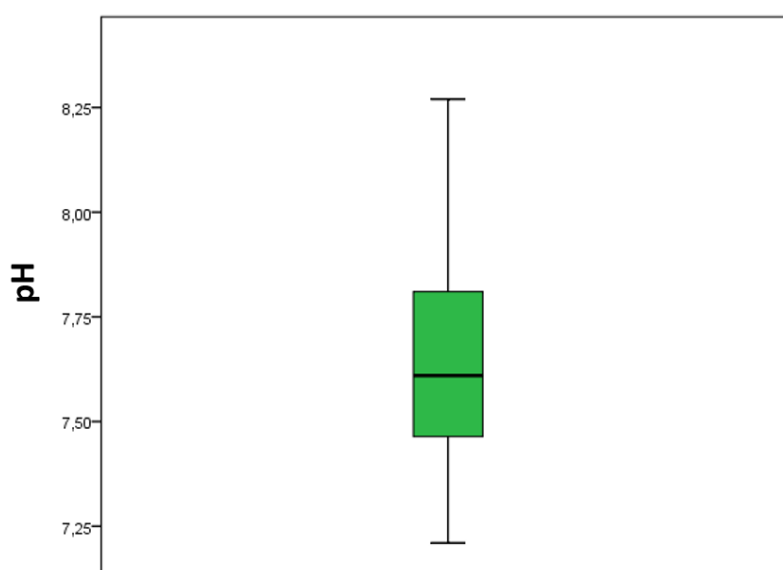
Στην εικόνα 5.45 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των τιμών EC στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται τιμές $< 750 \mu\text{S cm}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 750 \mu\text{S cm}^{-1}$ και $< 1500 \mu\text{S cm}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1500 \mu\text{S cm}^{-1}$ και $< 2500 \mu\text{S cm}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 2500 \mu\text{S cm}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται υψηλότερα του ορίου των $2500 \mu\text{S cm}^{-1}$ των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011). Οι χαμηλότερες τιμές της EC εμφανίζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη και σχετικά σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή, ενώ οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται πλησίον της ακτογραμμής εξαιτίας της γειτνίασης με τη θάλασσα.



Εικόνα 5.45 - Χάρτης χωρικής κατανομής για τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiu (2015).

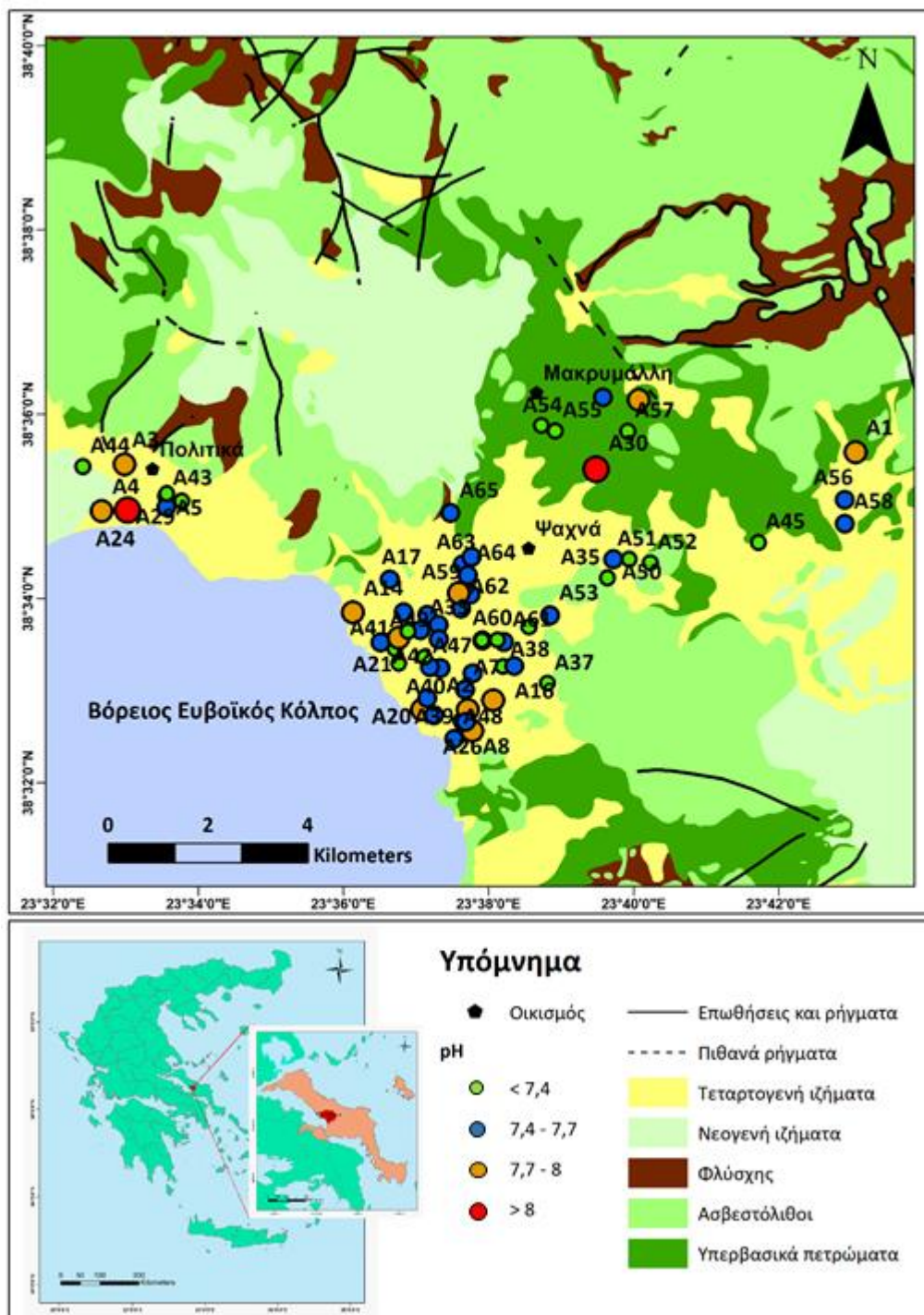
- Ενεργός οξύτητα (pH):** Η μέση τιμή pH είναι 7,64. Οι τιμές του κυμαίνονται από 7,21 έως 8,27, με εύρος 1,06 και τυπική απόκλιση 0,23. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.46), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 7,48, η διάμεσος 7,61 και το 3^ο τεταρτημόριο 7,81. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών

τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Τα δείγματα στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται από ελαφρώς αλκαλικό έως αλκαλικό χαρακτήρα. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή pH κυμαίνεται μεταξύ 6,5-9,5, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ενδεικτική τιμή κυμαίνεται μεταξύ 6,5 – 8,5. Όλα τα δείγματα είναι εντός των ορίων αυτών.



Εικόνα 5.46 - Οηκόγραμμα για τις τιμές pH για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

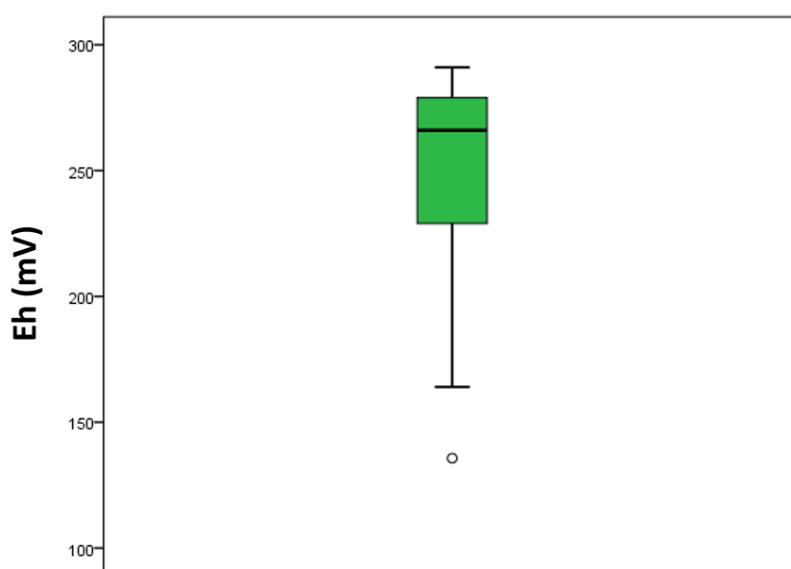
Στην εικόνα 5.47 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των τιμών pH στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται τιμές < 7,4 που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 7,4$ και < 7,7, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 7,7$ και < 8 και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται τιμές ≥ 8 που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν.



Εικόνα 5.47 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών ενεργούς οξύτητας (pH) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiu (2015).

- **Δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh):** Η μέση τιμή του δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) είναι 254,7 mV. Οι τιμές του κυμαίνονται από 135,7 mV έως 291 mV, με εύρος 155,3 mV και τυπική απόκλιση 36,83. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.48), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 231,25 mV, η διάμεσος 266,05 mV και το 3^ο τεταρτημόριο 279 mV. Η διάμεσος είναι

μεγαλύτερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι αρνητική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται αριστερά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ενδεικτική οριακή τιμή E_h βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011).



Εικόνα 5.48 - Θηκόγραμμα για τις τιμές δυναμικού οξειδοαναγωγής (E_h) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

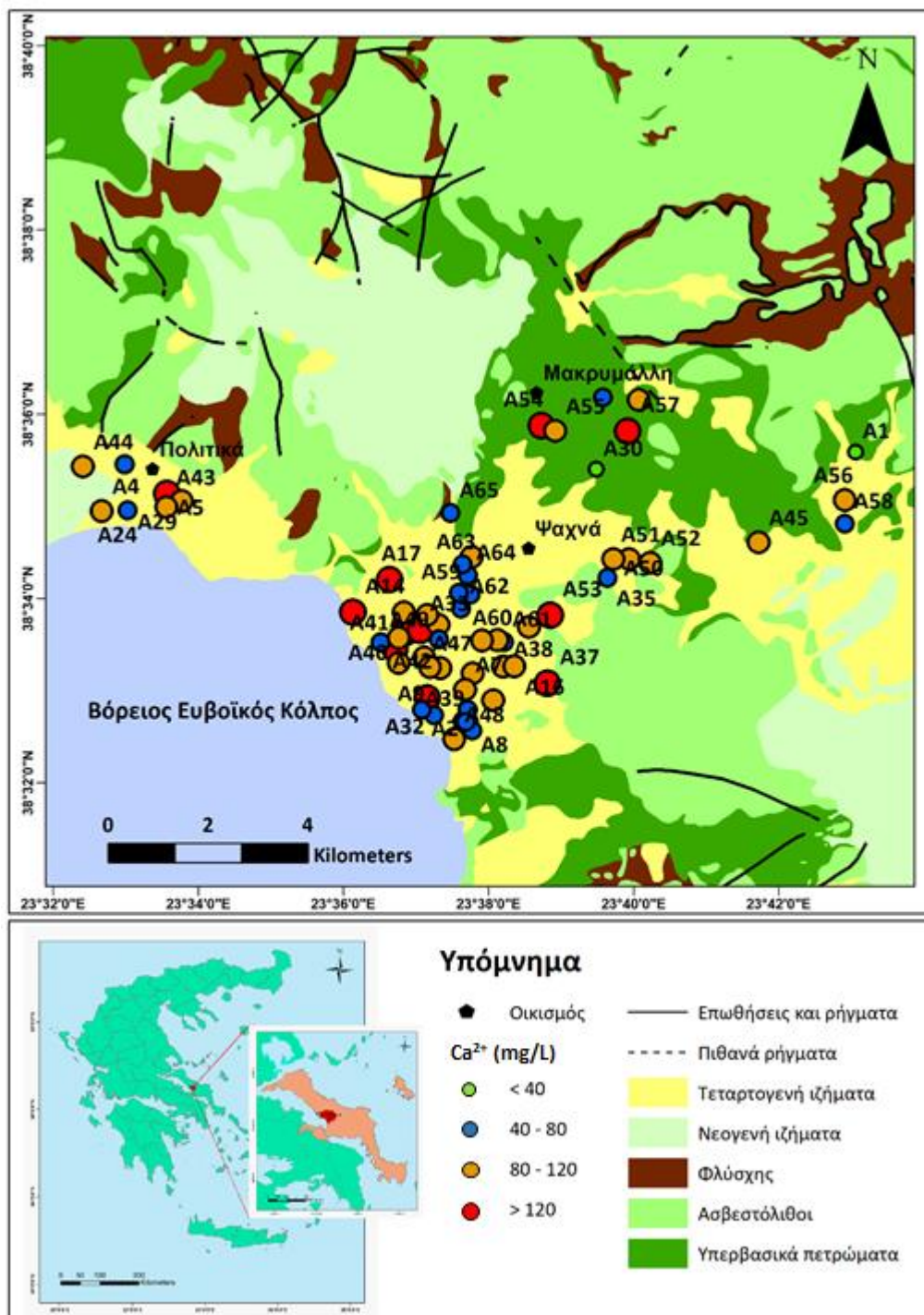
5.2.2 Κύρια ιόντα

5.2.2.1 Κύρια κατιόντα

Στην συνέχεια ακολουθεί ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών των κύριων κατιόντων (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, η σύγκρισή τους με τις οριακές τιμές/όρια του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων κύριων κατιόντων

- **Ιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}):** Η μέση συγκέντρωση των Ca^{2+} είναι 95 mg L^{-1} . Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $4,5 \text{ mg L}^{-1}$ έως 268 mg L^{-1} , με εύρος $263,52 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση 41,3. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.53), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $72,38 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $94,9 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $108,75 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά

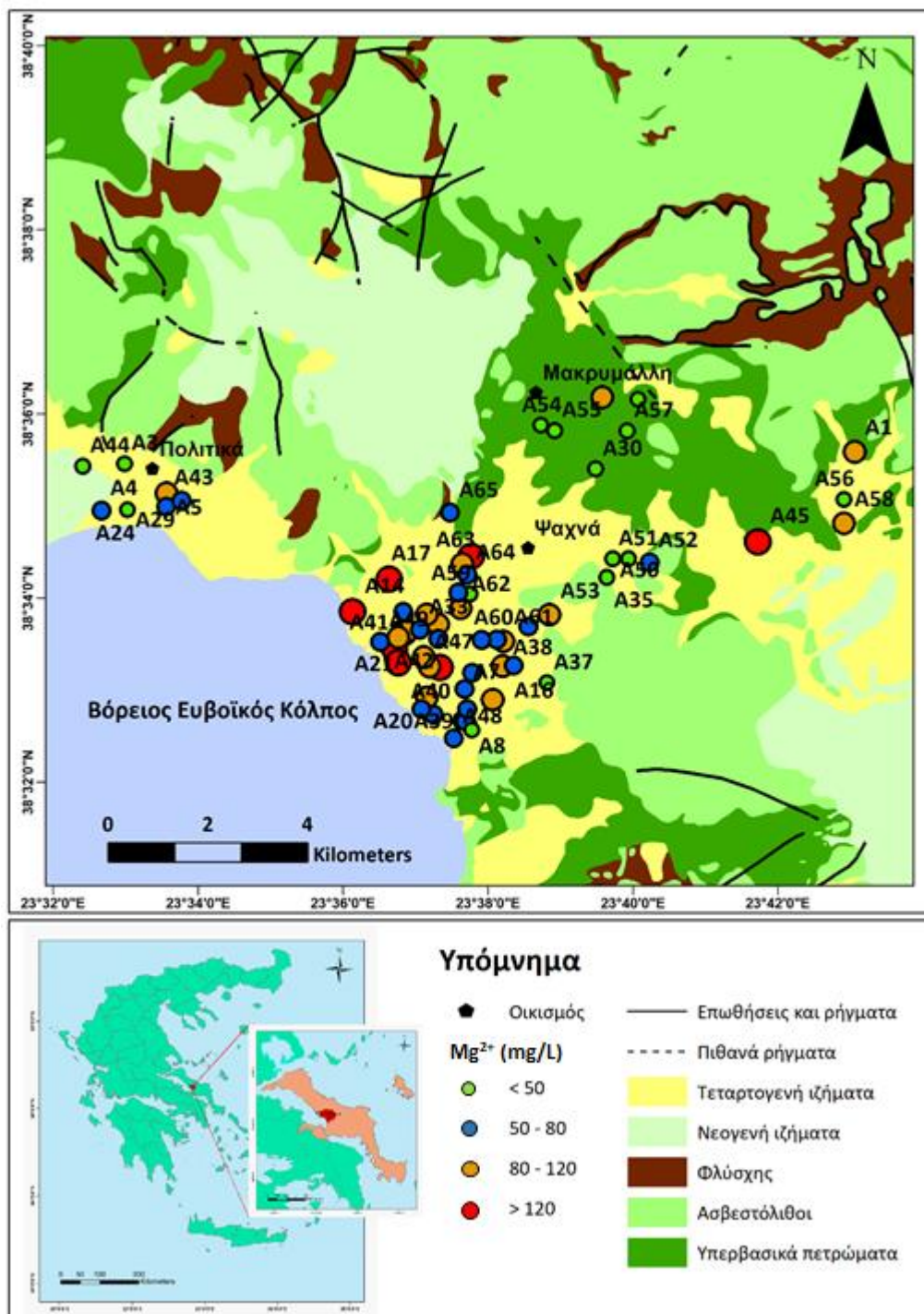
της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Ca^{2+} βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Στην εικόνα 5.49 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Ca^{2+} στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 40 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 40 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 80 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 80 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 120 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 120 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Ca^{2+} εμφανίζονται στα δείγματα των πηγών και σχετικά σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται πλησίον της ακτογραμμής εξαιτίας της γειννίας με τη θάλασσα.



Εικόνα 5.49 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiu (2015).

- **Ιόντα μαγνησίου (Mg^{2+}):** Η μέση συγκέντρωση των Mg^{2+} είναι $77,13 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $32,2 \text{ mg L}^{-1}$ έως 208 mg L^{-1} , με εύρος $175,8 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $35,97$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.53), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $53,4 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $66,8 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $86,23 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος

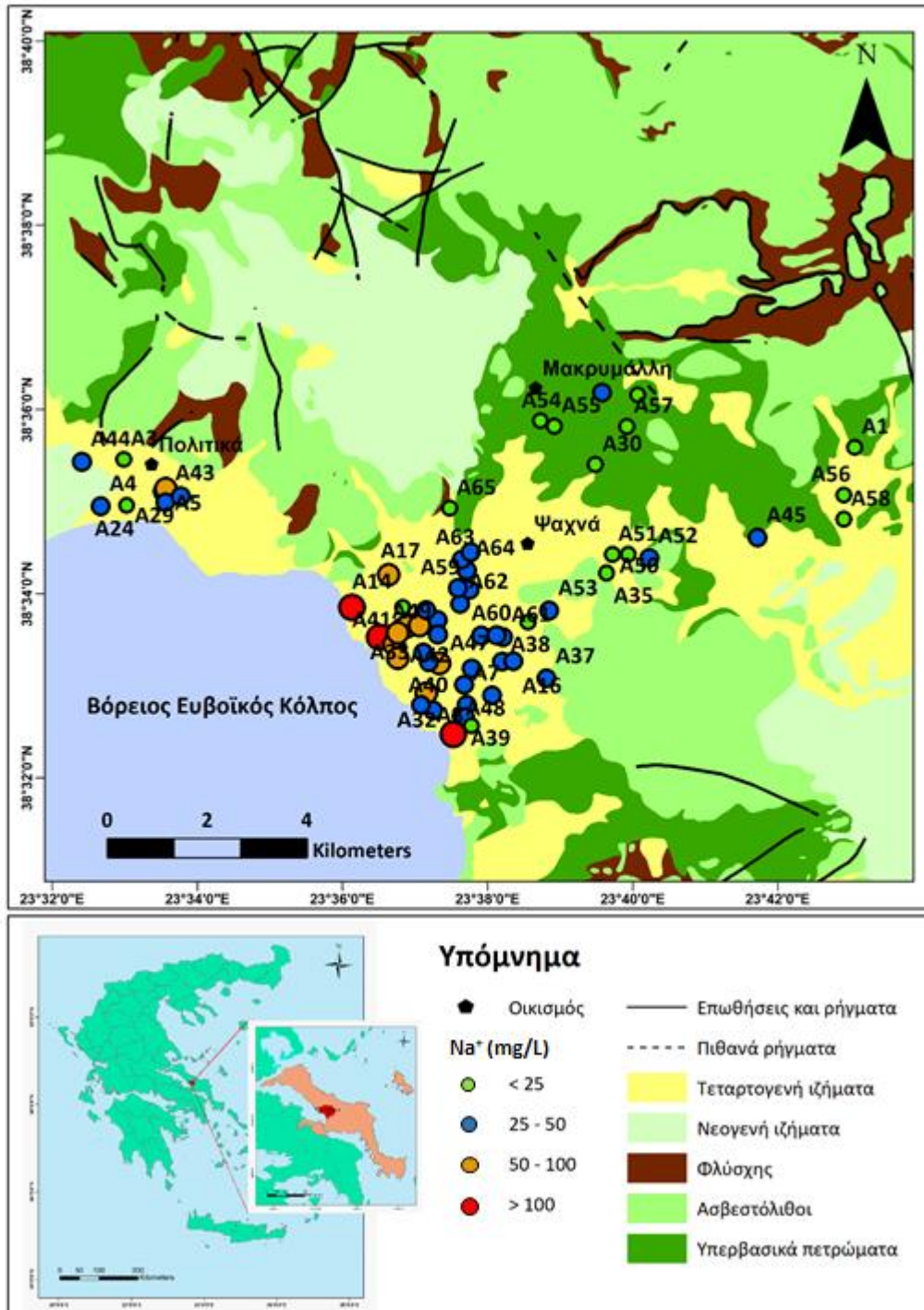
είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτατη συγκέντρωση ποσιμότητας για τα Mg^{2+} βάσει των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011). Στην εικόνα 5.50 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Mg^{2+} στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 50 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 80 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 80 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 120 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 120 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Mg^{2+} εμφανίζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη και σε δείγματα που βρίσκονται σχετικά σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται πλησίον της ακτογραμμής εξαιτίας της γειτνίασης με τη θάλασσα.



Εικόνα 5.50 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων μαγνησίου (Mg^{2+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

- Ιόντα νατρίου (Na^+):** Η μέση συγκέντρωση των Na^+ είναι $55,13 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $9,3 \text{ mg L}^{-1}$ έως 604 mg L^{-1} , με εύρος $594,7 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $98,77$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.53), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $28,1 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $34,1 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $46,98 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της

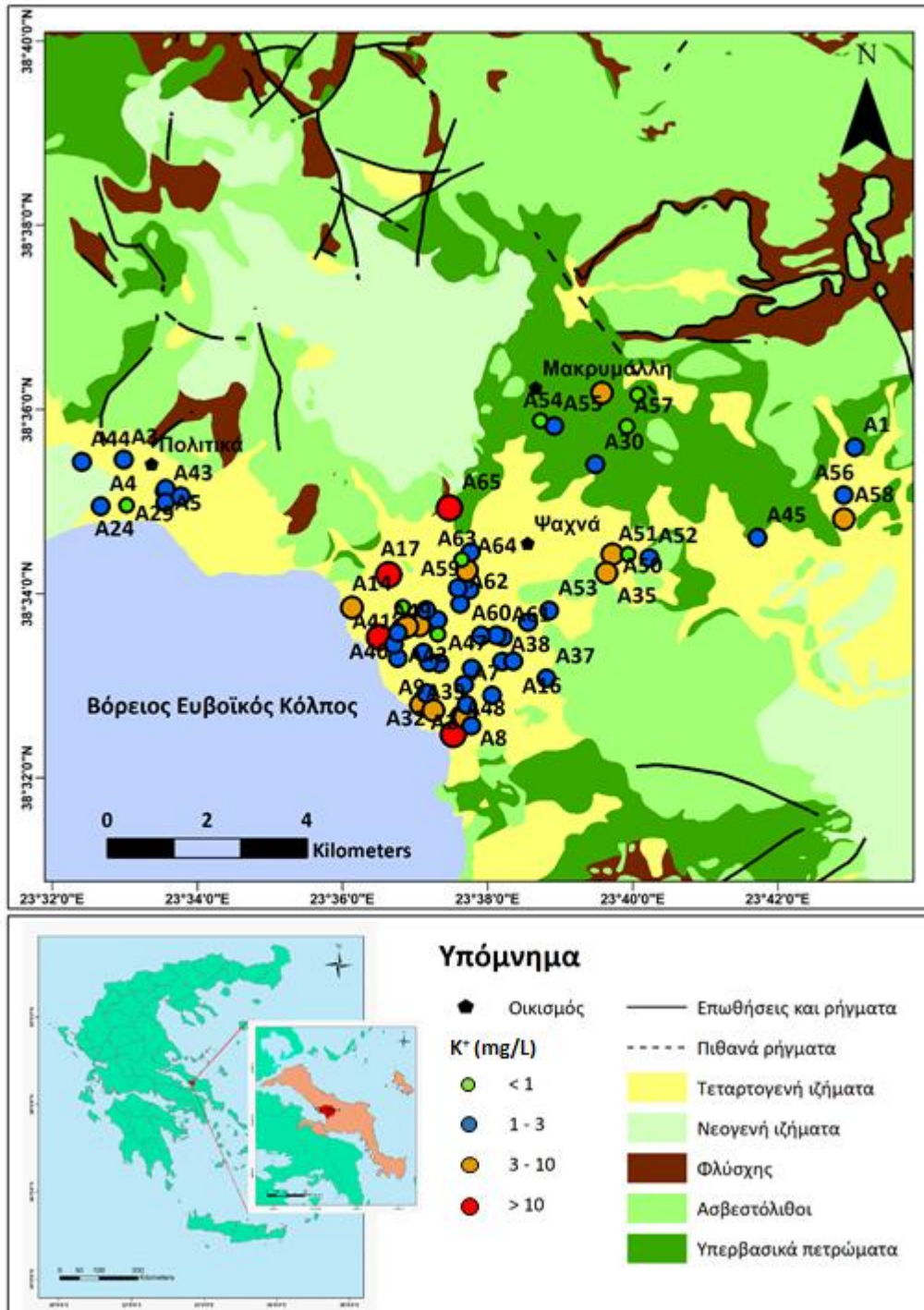
μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσιμότητας Na^+ είναι η συγκέντρωση των 200 mg L^{-1} . Το 97,1% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 2,9% το υπερβαίνει. Στην εικόνα 5.51 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Na^+ στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 25 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 25 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 50 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 100 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Na^+ εμφανίζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη, τις πηγές και σε δείγματα που βρίσκονται σχετικά σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται πλησίον της ακτογραμμής εξαιτίας της γειτνίασης με τη θάλασσα.



Εικόνα 5.51 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων νατρίου (Na^+) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

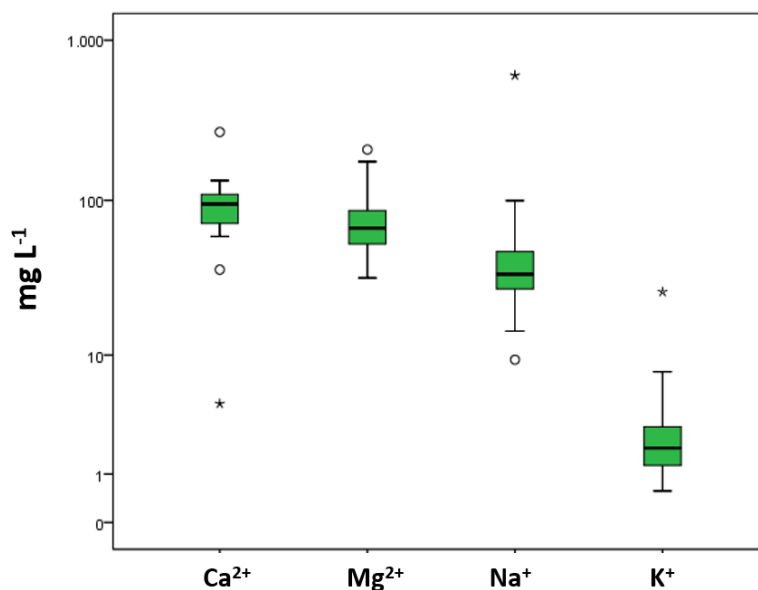
- **Ιόντα καλίου (K^+):** Η μέση συγκέντρωση των K^+ είναι 3 mg L^{-1} . Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $0,57 \text{ mg L}^{-1}$ έως $26,2 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος $25,63 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $4,37$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.53), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $1,27 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $1,91 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $2,94 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της

μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσιμότητας K^+ είναι η συγκέντρωση των 12 mg L^{-1} . Το 97,1% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 2,9% το υπερβαίνει. Στην εικόνα 5.52 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων K^+ στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 3 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 3 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 10 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των K^+ εμφανίζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στο νότιο και δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών.



Εικόνα 5.52 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων καλίου (K^+) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

Η σειρά φθίνουσας κατάταξης των κύριων κατιόντων με βάση τη διάμεσο τιμή της συγκέντρωσής τους στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+$ (Εικόνα 5.53).



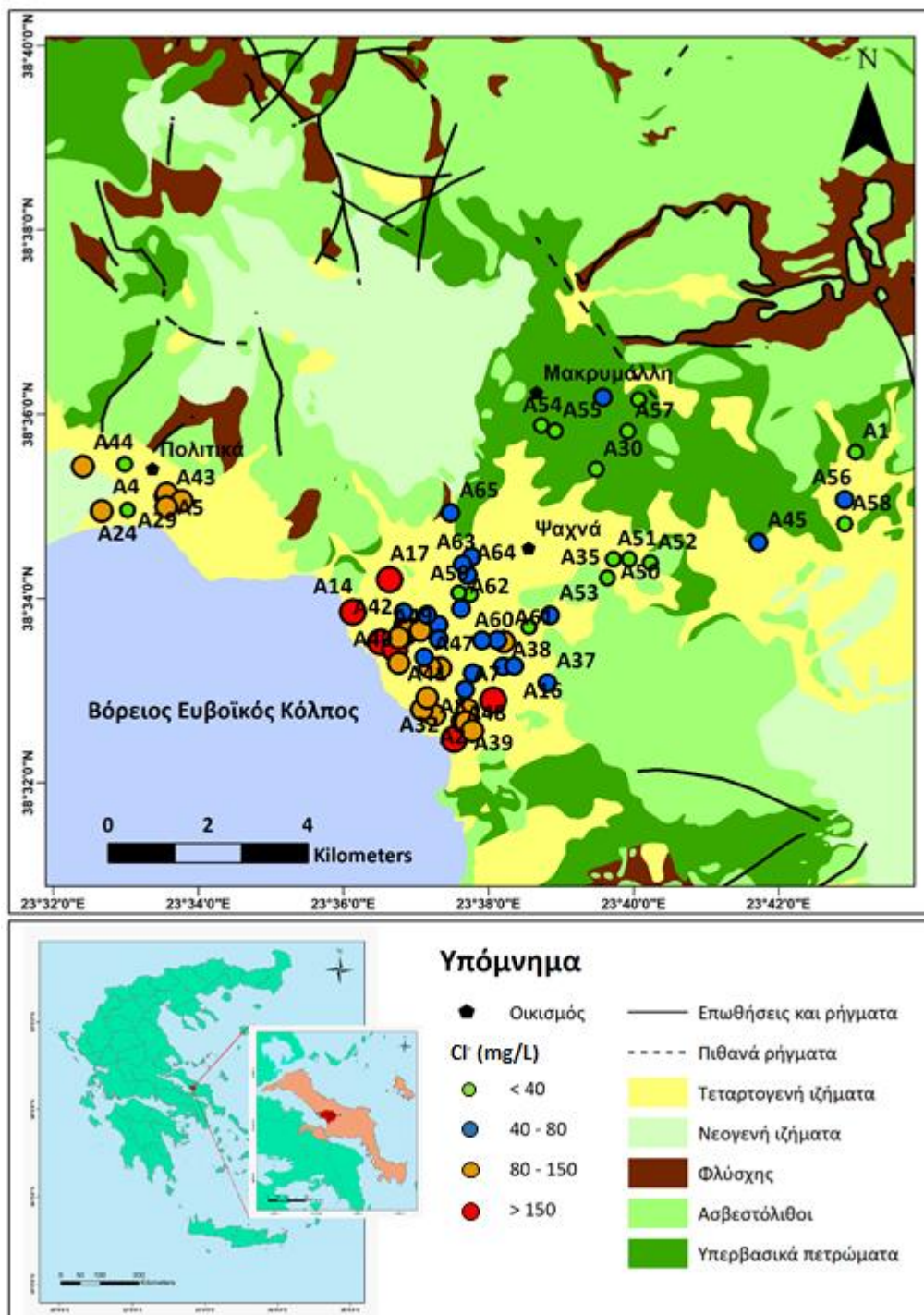
Εικόνα 5.53 - Θηκογράμματα για τα κύρια κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ και K^+) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

5.2.2.2 Κύρια ανιόντα

Στην συνέχεια ακολουθεί ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών των κύριων ανιόντων (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, η σύγκρισή τους με τις οριακές τιμές/όρια του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων κύριων ανιόντων. Επιπροσθέτως, στο υποκεφάλαιο αυτό, εξετάστηκαν και τα NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} .

- Ιόντα χλωρίου (Cl^-):** Η μέση συγκέντρωση των Cl^- είναι $127,5 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $15,7 \text{ mg L}^{-1}$ έως 1460 mg L^{-1} , με εύρος 1445 mg L^{-1} και τυπική απόκλιση $243,58$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.58), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $48,75 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος 76 mg L^{-1} και το 3^ο τεταρτημόριο $114,5 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο ποσιμότητας Cl^- είναι η συγκέντρωση των 250 mg L^{-1} . Το 94,1% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 5,9% το υπερβαίνει. Στην εικόνα 5.54 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων

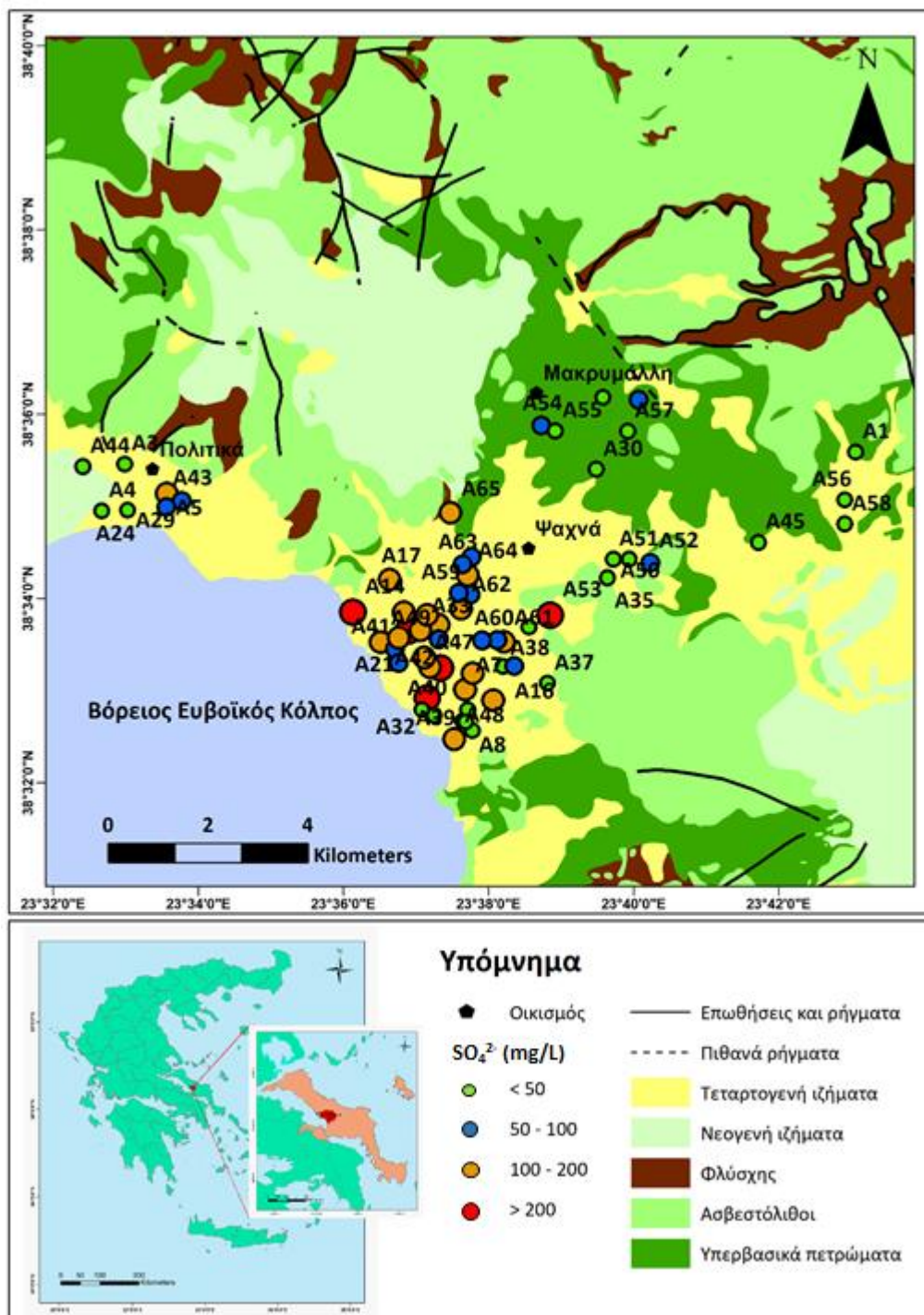
Cl⁻ στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 40 mg L⁻¹ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 40 mg L⁻¹ και < 80 mg L⁻¹, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 80 mg L⁻¹ και < 150 mg L⁻¹ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 150 mg L⁻¹ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Cl⁻ εμφανίζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη, τις πηγές και σε δείγματα που βρίσκονται σχετικά σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται πλησίον της ακτογραμμής εξαιτίας της γειτνίασης με τη θάλασσα.



Εικόνα 5.54 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων χλωρίου (Cl⁻) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

- **Θειικά ιόντα (SO₄²⁻):** Η μέση συγκέντρωση των SO₄²⁻ είναι 95,59 mg L⁻¹. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης έως 310 mg L⁻¹ και τυπική απόκλιση 77,29. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.58), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 27,75 mg L⁻¹, η διάμεσος 86,5 mg L⁻¹ και το 3^ο τεταρτημόριο 126,5 mg L⁻¹. Η διάμεσος είναι

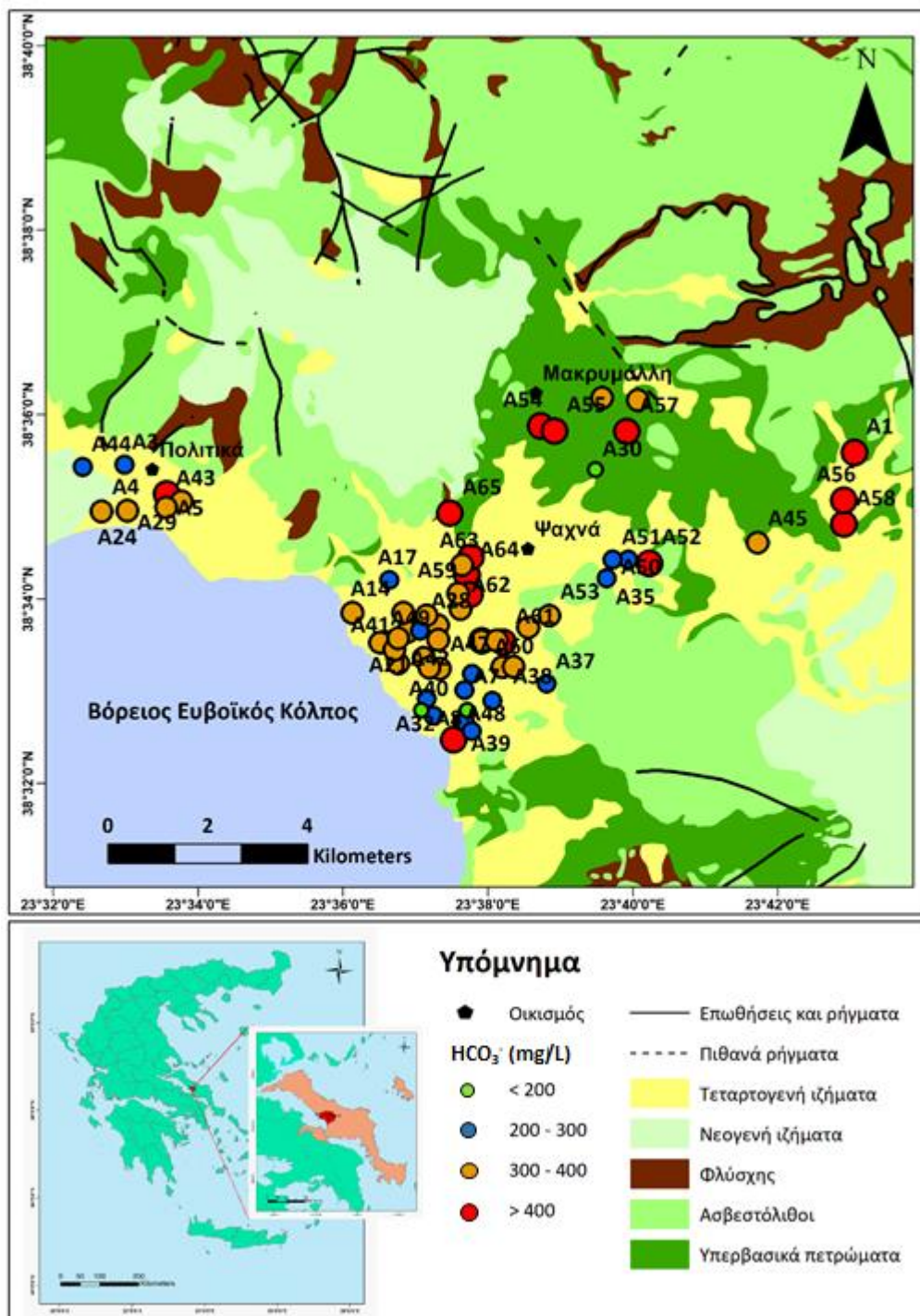
μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο ποσιμότητας SO_4^{2-} είναι η συγκέντρωση των 250 mg L^{-1} . Το 91,2% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 8,8% το υπερβαίνει. Στην εικόνα 5.55 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων SO_4^{2-} στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 50 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 35 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 100 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 200 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 200 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των SO_4^{2-} εμφανίζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη, τις πηγές και σε δείγματα που βρίσκονται σχετικά σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται πλησίον της ακτογραμμής και ειδικά στην κεντρικό και δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών.



Εικόνα 5.55 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων θεικών ιόντων (SO_4^{2-}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

- **Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-):** Η μέση συγκέντρωση των HCO_3^- είναι $314,8 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από 129 mg L^{-1} έως 591 mg L^{-1} με εύρος 462 mg L^{-1} και τυπική απόκλιση 87,3. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.58), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 265 mg L^{-1} , η διάμεσος 320 mg L^{-1} και το 3^ο τεταρτημόριο $350,25 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος

είναι μεγαλύτερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτατη συγκέντρωση ποσιμότητας για τα HCO_3^- βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Στην εικόνα 5.56 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων HCO_3^- στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 200 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 200 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 300 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 300 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 400 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 400 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των HCO_3^- εμφανίζονται στο νότιο τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη, στις πηγές και στο Βόρειο τμήμα του κάμπου των Ψαχνών.



Εικόνα 5.56 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiu (2015).

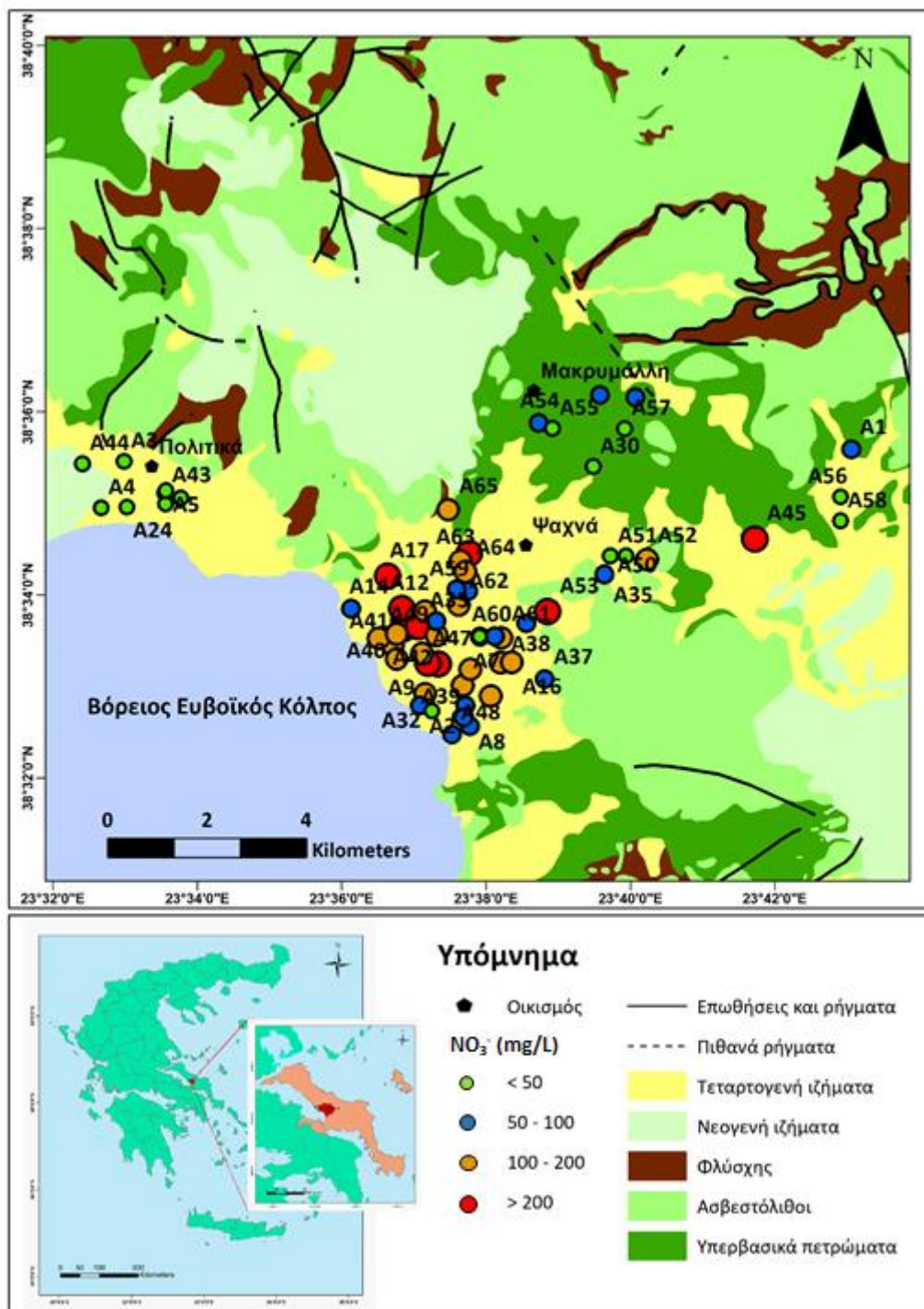
- **Ιόντα νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνίου και φωσφορικά (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}):** Η μέση συγκέντρωση των NO_3^- είναι $121,56 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $4,7 \text{ mg L}^{-1}$ έως 540 mg L^{-1} , με εύρος $535,3 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $109,38$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.58), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $46,18 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $85,1 \text{ mg L}^{-1}$

και το 3^ο τεταρτημόριο 169,75 mg L⁻¹. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'Β 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο ποσικότητας NO₃⁻ είναι η συγκέντρωση των 50 mg L⁻¹. Το 23,53% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 76,47% το υπερβαίνει. Στην εικόνα 5.57 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων NO₃⁻ στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 50 mg L⁻¹ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 50 mg L⁻¹ και < 100 mg L⁻¹, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 100 mg L⁻¹ και < 200 mg L⁻¹ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 200 mg L⁻¹ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των NO₃⁻ εμφανίζονται στην περιοχή των πολιτικών, στην περιοχή του Μακρυμάλλη και τις πηγές, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στο δυτικό και κεντρικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, εξαιτίας της πολύ μεγάλης χρήσης αγροχημικών προϊόντων.

Σε 10 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση NO₂⁻, με εύρος τιμών 0,05-19 mg L⁻¹ στη λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Στα υπόλοιπα δείγματα, οι συγκεντρώσεις NO₂⁻ είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης.

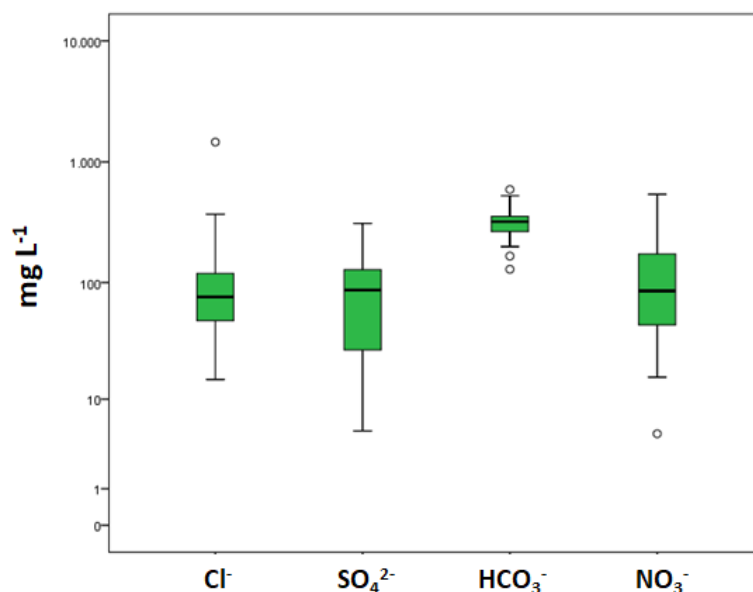
Σε τρία δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση NH₄⁺, με εύρος τιμών 0,05-0,12 mg L⁻¹, ενώ στα υπόλοιπα δείγματα οι συγκεντρώσεις NH₄⁺ είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης.

Σε όλα τα δείγματα οι συγκεντρώσεις PO₄³⁻ είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης.



Εικόνα 5.57 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων (NO_3^-) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

Η σειρά φθίνουσας κατάταξης των κύριων ανιόντων με βάση τη διάμεσο τιμή της συγκέντρωσής τους στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ (Εικόνα 5.58).



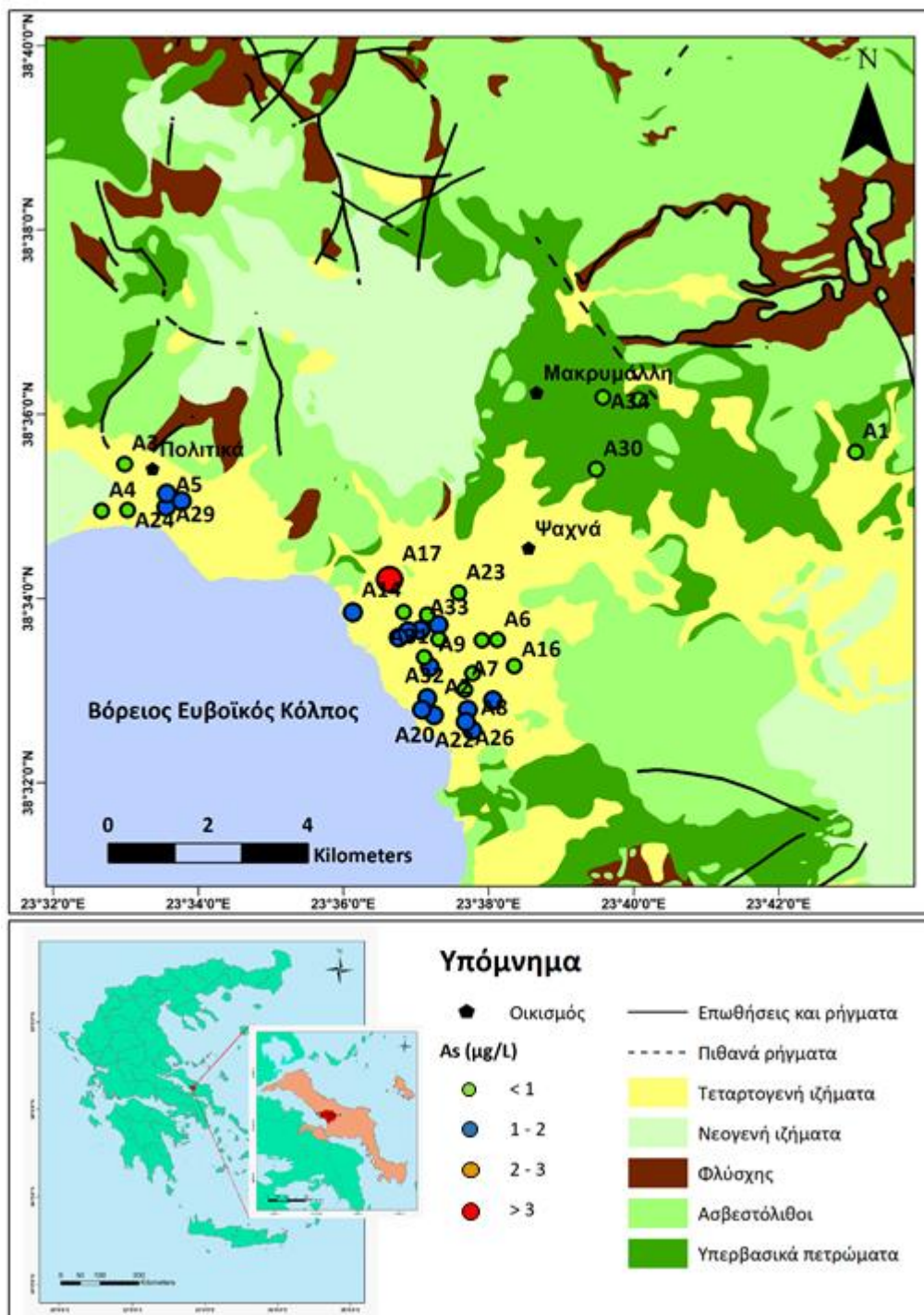
Εικόνα 5.58 - Θηκογράμματα για τα κύρια ανιόντα (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- και NO_3^-) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

5.2.3 Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία

Τα δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία των 34 δειγμάτων, που αναλύθηκαν, στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι τα εξής: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Co, Cr, Cr^{6+} , Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zn, Zr. Στη συνέχεια ακολουθεί σύγκριση με τις ανώτατες συγκεντρώσεις ποσιμότητας του ΦΕΚ 3282 Β 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011), καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

- **Άργυρος (Ag):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Ag ίση με $0,74 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα δείγματα, η συγκέντρωση Ag είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Αργίλιο (Al):** Σε επτά δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Al, με εύρος τιμών $1-2 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Al είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $1 \mu\text{g L}^{-1}$.

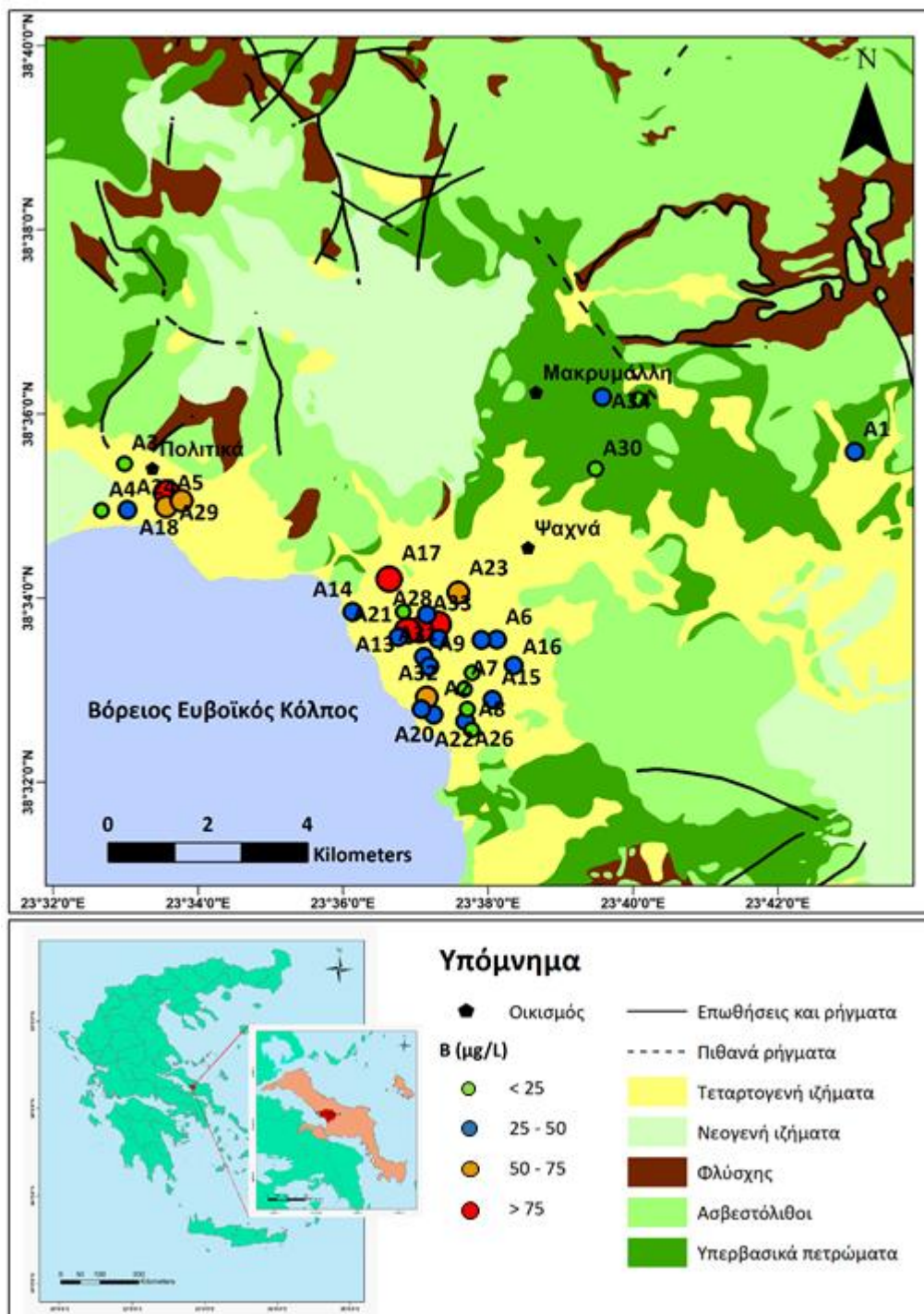
- **Αρσενικό (As):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης As είναι $1,1 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις As κυμαίνονται από $<0,1$ έως $3,3 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο ποσότητας As είναι η συγκέντρωση των $10 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Στην εικόνα 5.59 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων As στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 2 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 2 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 3 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 3 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των As εμφανίζονται στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, τις πηγές και στην περιοχή Μακρυμάλλη, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται πλησίον της ακτογραμμής, εξαιτίας της γειτνίασης με τη θάλασσα.



Εικόνα 5.59 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Χρυσός (Au):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Au είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βόριο (B):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης B είναι $42,06 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις B κυμαίνονται από $11 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $123 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η οριακή συγκέντρωση ποσιμότητας B είναι $1000 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η οριακή

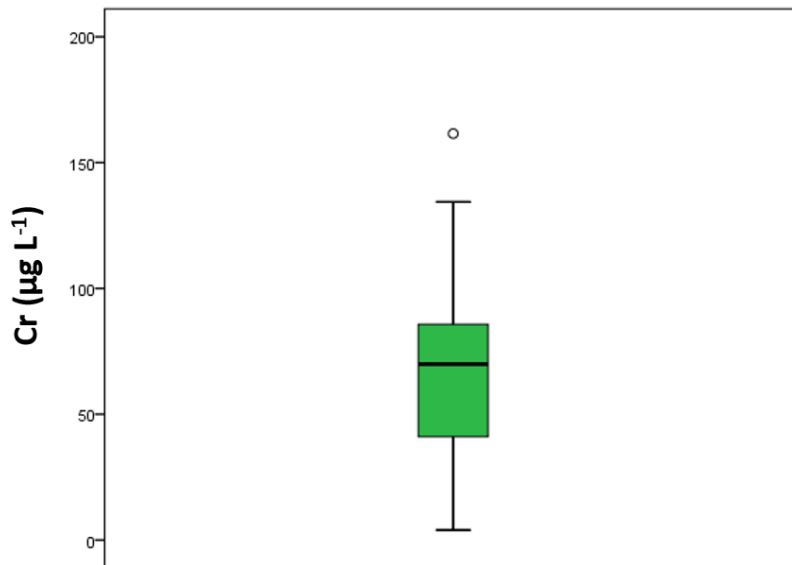
συγκέντρωση ποσιμότητας είναι $2400 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Στην εικόνα 5.60 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Β στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 25 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 25 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 75 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 75 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Β εμφανίζονται στο νότιο τμήμα του κάμπου των Ψαχνών και στην περιοχή Μακρυμάλλη, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται πλησίον της ακτογραμμής, εξαιτίας της γειτνίασης με τη θάλασσα.



Εικόνα 5.60 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βορίου (B) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

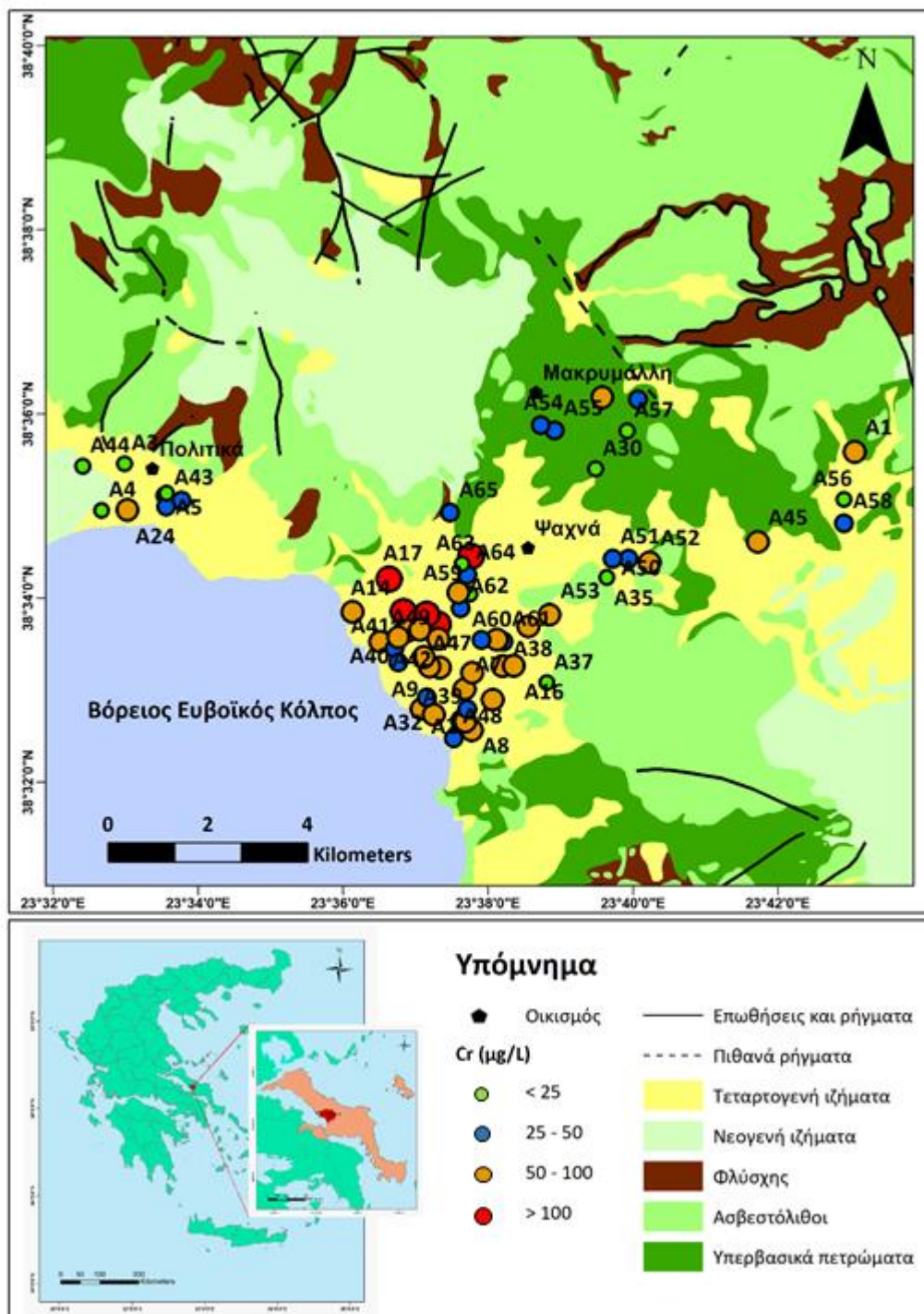
- **Βάριο (Ba):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Ba είναι $53,27 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Ba κυμαίνονται από $3,17 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $188,26 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσιμότητας Ba είναι η συγκέντρωση των $700 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση.

- **Βηρύλλιο (Be):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Be είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βισμούθιο (Bi):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Bi είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βρώμιο (Br):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Br είναι 379,56 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Br κυμαίνονται από 73 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 1421 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσιμότητας Br βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011).
- **Κάδμιο (Cd):** Σε δύο δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Cd, με εύρος τιμών 0,06-0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Cd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Κοβάλτιο (Co):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Co είναι 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Co κυμαίνονται από <0,4 έως 0,4 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσιμότητας Co βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011).
- **Χρώμιο (Cr):** Η μέση συγκέντρωση του Cr είναι 68,01 $\mu\text{g L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από 4 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 161,5 $\mu\text{g L}^{-1}$, με εύρος 157,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση 35,79. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.61), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 42,13 $\mu\text{g L}^{-1}$, η διάμεσος 69,9 $\mu\text{g L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο 85,38 $\mu\text{g L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μεγαλύτερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσιμότητας Cr είναι η συγκέντρωση των 50 $\mu\text{g L}^{-1}$. Το 29% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 79% το υπερβαίνει.



Εικόνα 5.61 - Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις ολικού χρωμίου (Cr) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

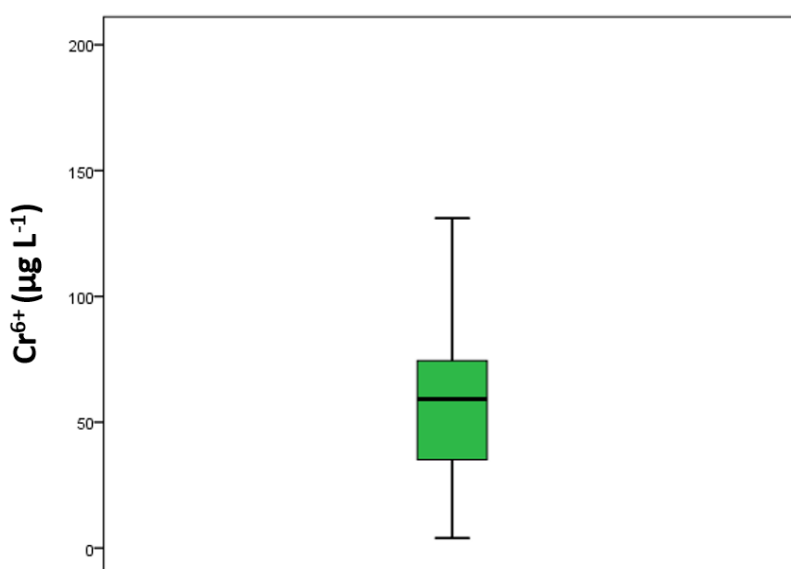
Στην εικόνα 5.62 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cr στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 25 µg L⁻¹ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 25 µg L⁻¹ και < 50 µg L⁻¹, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 50 µg L⁻¹ και < 100 µg L⁻¹ και βρίσκονται υψηλότερα του ορίου των 50 µg L⁻¹ των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011) και τέλος, με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 100 µg L⁻¹ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Cr εμφανίζονται στις περιοχές Μακρυμάλλη και Πολιτικά, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στο δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών.



Εικόνα 5.62 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

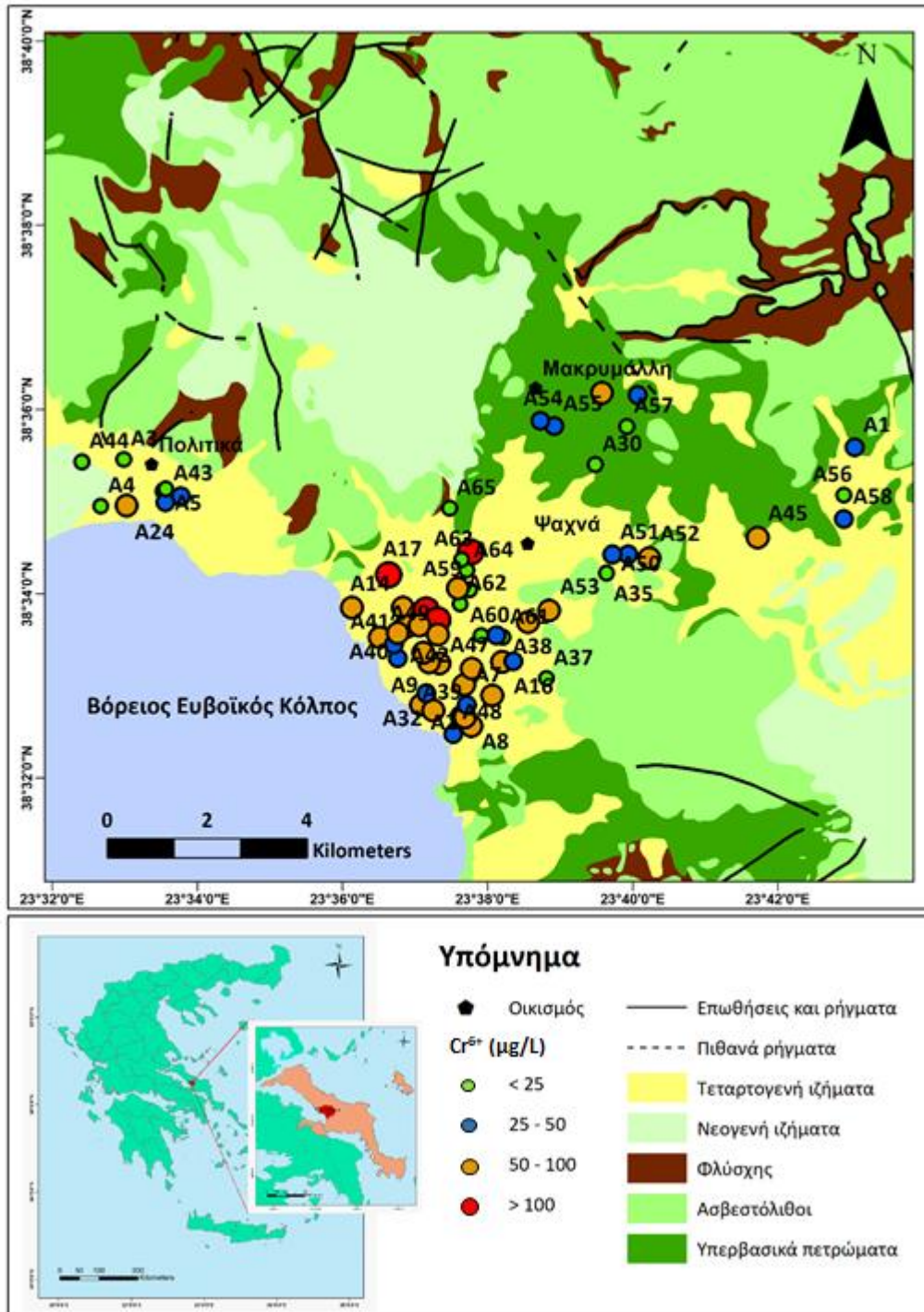
- **Εξασθενές χρώμιο (Cr⁶⁺):** Η μέση συγκέντρωση του Cr⁶⁺ είναι 58,2 μg L⁻¹. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από 4 μg L⁻¹ έως 131,1 μg L⁻¹, με εύρος 127,1 μg L⁻¹ και τυπική απόκλιση 29,71. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.63), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 36,06 μg L⁻¹, η διάμεσος 59,2 μg L⁻¹ και το 3^ο τεταρτημόριο 74,1 μg L⁻¹. Η διάμεσος είναι μεγαλύτερη της

μέσης τιμές υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσικότητας Cr^{6+} βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011).



Εικόνα 5.63 - Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

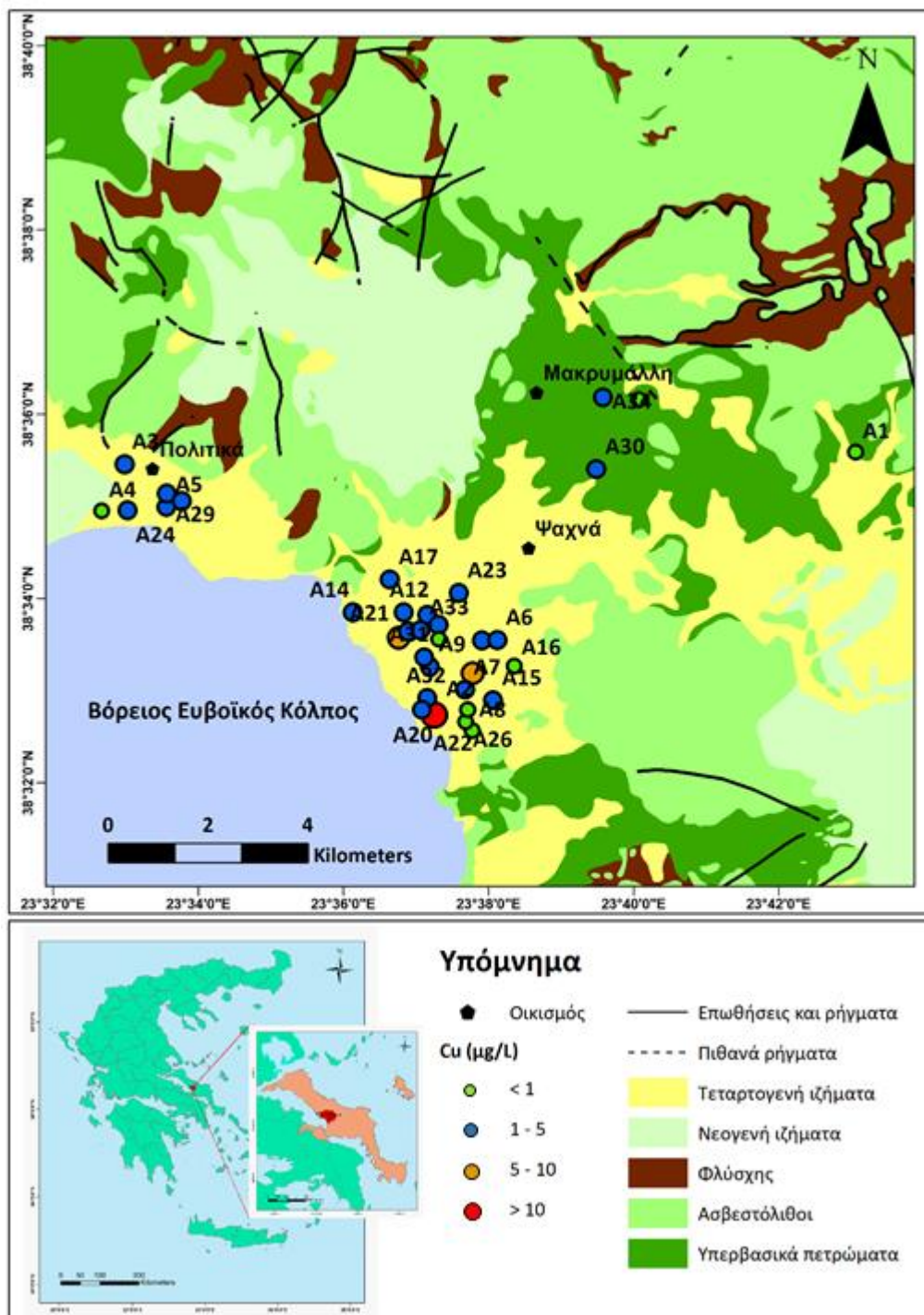
Στην εικόνα 5.64 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cr^{6+} στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 25 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 25 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 100 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Cr^{6+} εμφανίζονται στις περιοχές Μακρυμάλλη και Πολιτικά, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στο δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών.



Εικόνα 5.64 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr⁶⁺) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiu (2015).

- **Καίσιο (Cs):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Cs είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 µg L⁻¹.
- **Χαλκός (Cu):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Cu είναι 3,16 µg L⁻¹ και οι συγκεντρώσεις Cu κυμαίνονται από 0,2 µg L⁻¹ έως 35,5 µg L⁻¹. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ

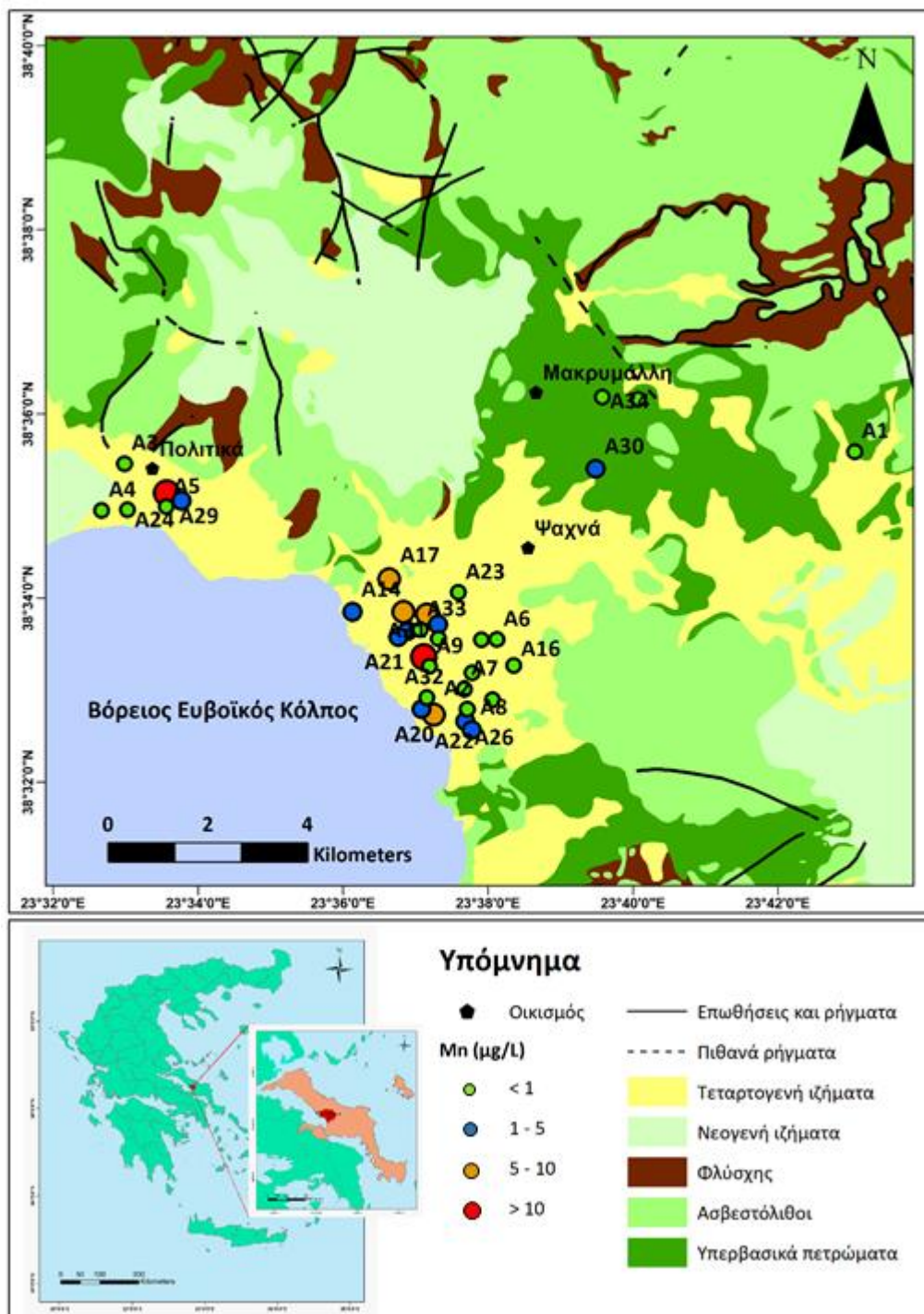
(WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσιμότητας Cu είναι η συγκέντρωση των 2000 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Στην εικόνα 5.65 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cu στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 5 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν.



Εικόνα 5.65 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χαλκού (Cu) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Σίδηρος (Fe):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Fe ίση με $14 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Fe είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $10 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Γάλλιο (Ga):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ga είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.

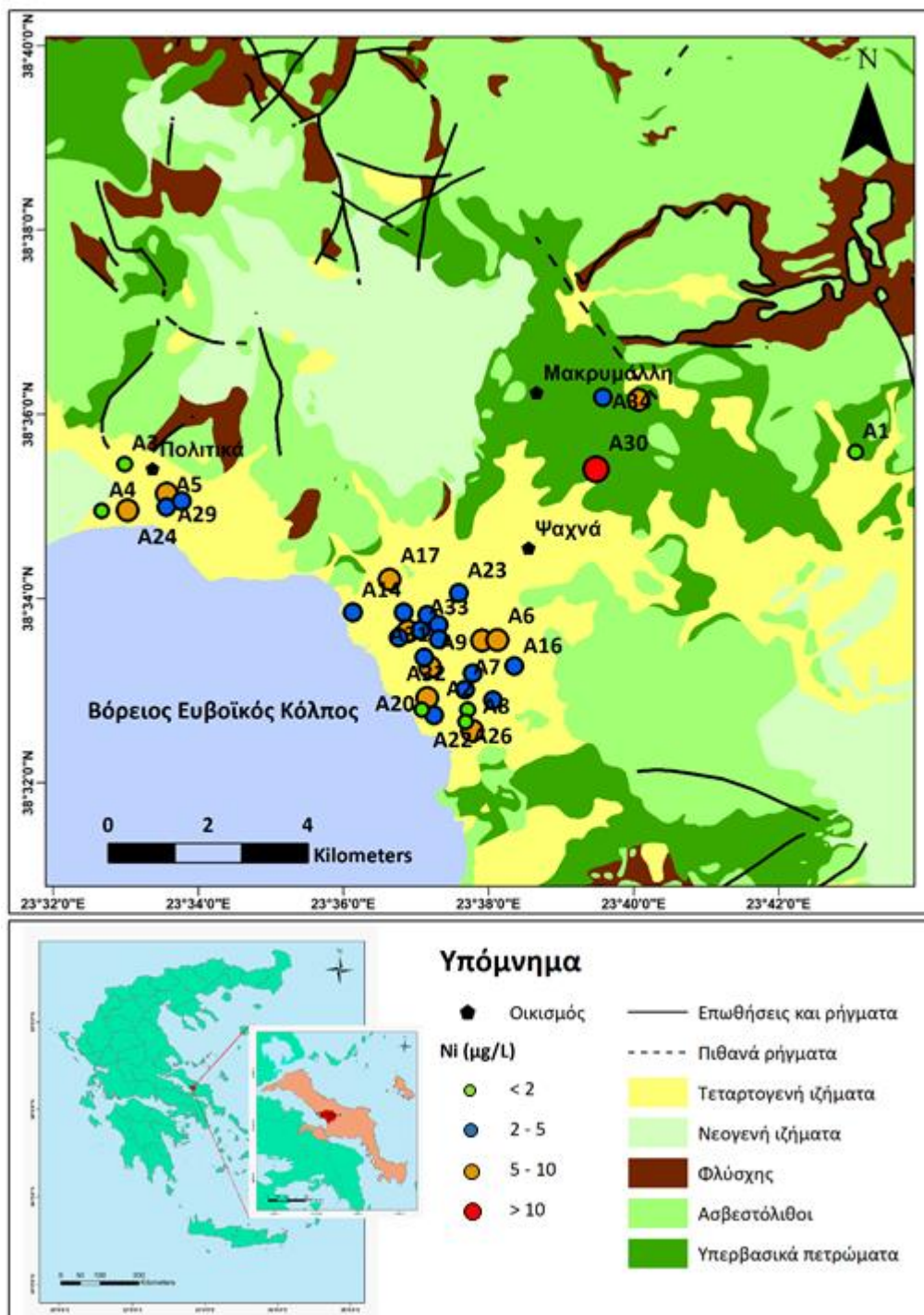
- **Γερμάνιο (Ge):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ge είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ήφνιο (Hf):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Hf είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Υδράργυρος (Hg):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Hg είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ίνδιο (In):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση In είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λίθιο (Li):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Li είναι 6,56 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Li κυμαίνονται από 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 22,5 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσιμότητας Li βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011).
- **Μαγγάνιο (Mn):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Mn είναι 2,76 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Mn κυμαίνονται από <0A έως 25,53 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Mn είναι 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι 400 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Στην εικόνα 5.66 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Mn στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 5 $\mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Mn εμφανίζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη και στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται σε ένα δείγμα στο κεντρικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, σε ένα δείγμα στην περιοχή των Πολιτικών, ενώ σχετικά αυξημένες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στο δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών.



Εικόνα 5.66 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων μαγγανίου (Mn) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Μολυβδαίνιο (Mo):** Σε 19 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Mo, με εύρος τιμών 0,1-1,1 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Mo είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Νιόβιο (Nb):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Nb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.

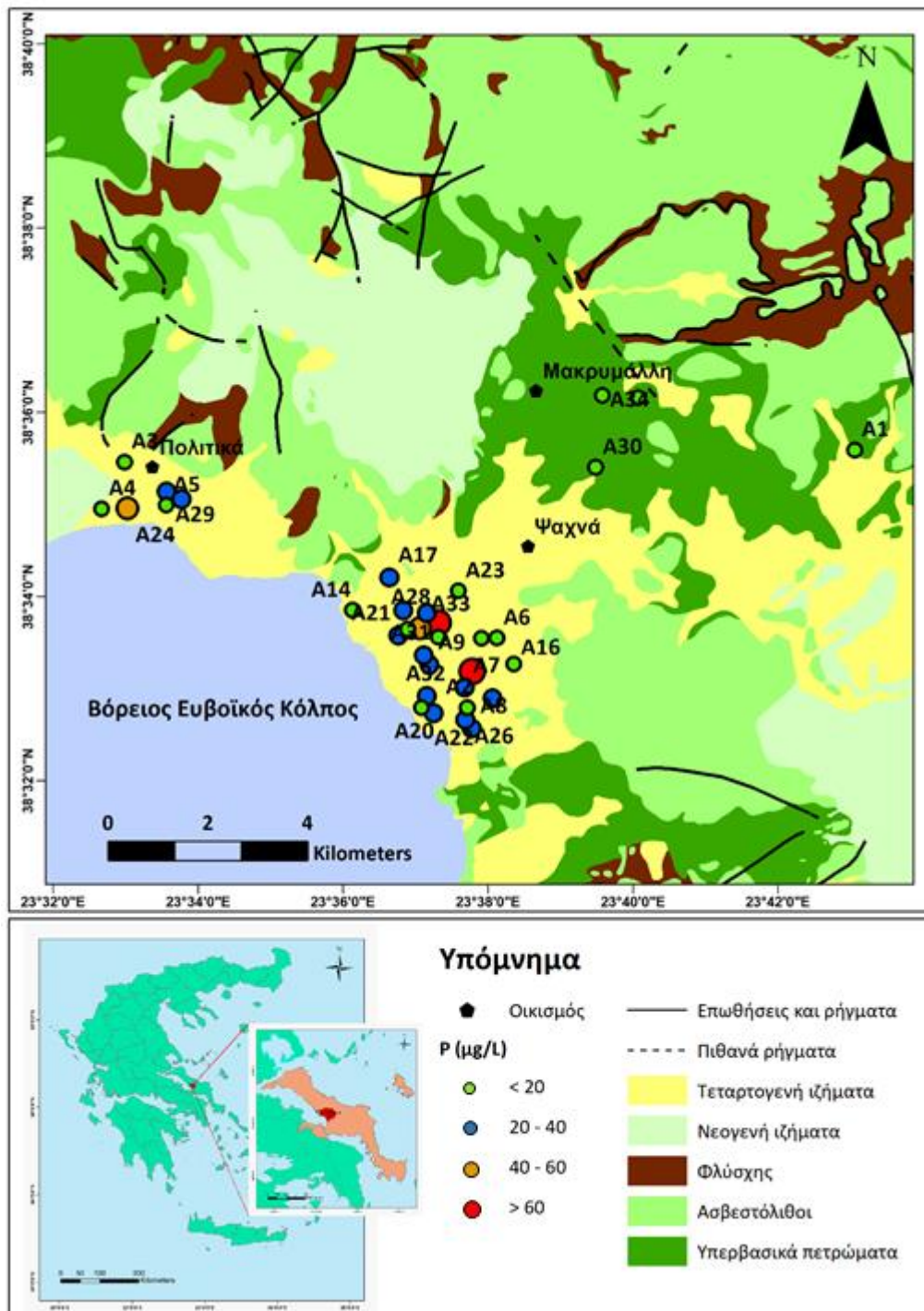
- **Νικέλιο (Ni):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Ni είναι $4,97 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Ni κυμαίνονται από $0,7 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $21,1 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Ni είναι $20 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι $70 \mu\text{g L}^{-1}$. Μόνο ένα δείγμα (2,94%) υπερβαίνει την οριακή συγκέντρωση των $20 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ βάσει του ΠΟΥ (WHO, 2011), όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση των $70 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.67 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Ni στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 2 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 2 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 5 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Ni εμφανίζονται στο νότιο τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη.



Εικόνα 5.67 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νικελίου (Ni) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Φωσφόρος (P):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης P είναι $26,06 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις P κυμαίνονται από $10 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $107 \mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσιμότητας P βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Στην εικόνα 5.68 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων P στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g}$

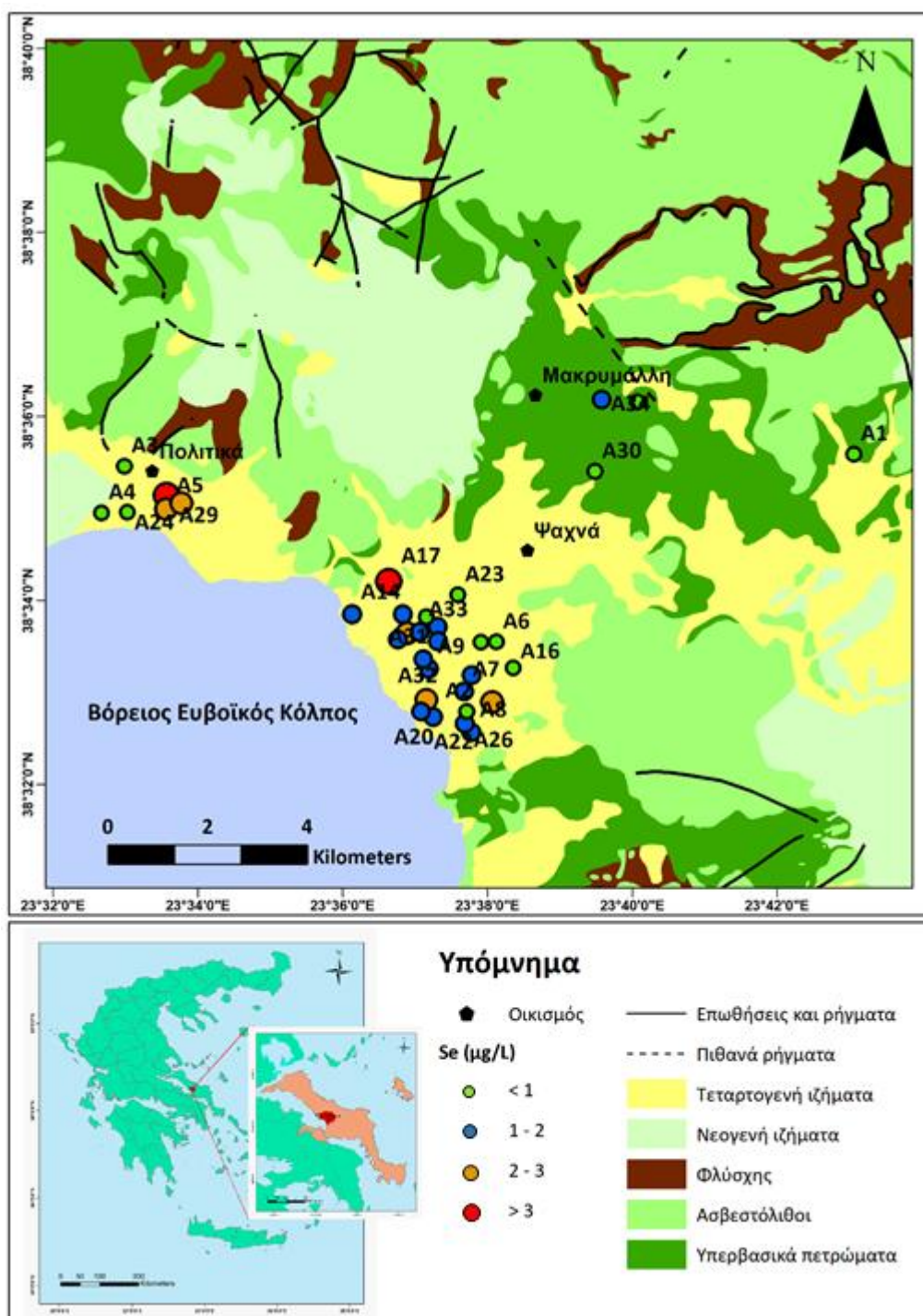
L^{-1} που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 20 \mu g L^{-1}$ και $< 40 \mu g L^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 40 \mu g L^{-1}$ και $< 60 \mu g L^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 60 \mu g L^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν.



Εικόνα 5.68 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

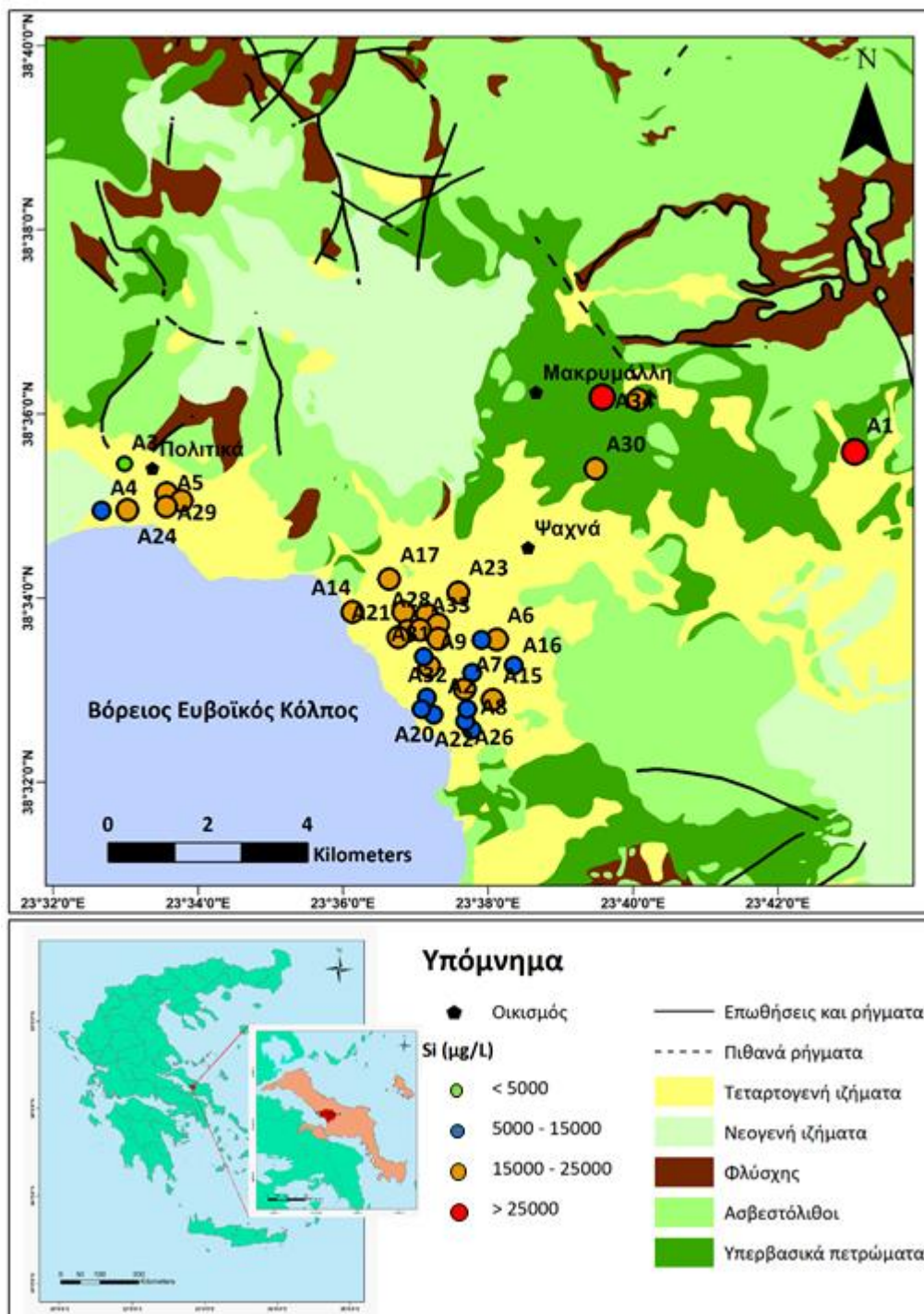
- **Μόλυβδος (Pb):** Σε 12 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Pb, με εύρος τιμών 0,2-2,2 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Pb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,2 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσιμότητας Pb είναι η συγκέντρωση των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση.
- **Λευκόχρυσος (Pt):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Pt είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρουβίδιο (Rb):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Rb είναι 0,55 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Rb κυμαίνονται από 0,07 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 1,93 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσιμότητας Rb βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011).
- **Ρήνιο (Re):** Σε 10 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Re, με εύρος τιμών 0,01-0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Re είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρόδιο (Rh):** Σε επτά δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Rh, με εύρος τιμών 0,01-0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Rh είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρουθίνιο (Ru):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ru είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Αντιμόνιο (Sb):** Σε 14 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Sb, με εύρος τιμών 0,05-0,37 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Sb είναι 5 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι 20 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις Sb των δειγμάτων είναι μικρότερες από την οριακή συγκέντρωση.
- **Σελήνιο (Se):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Se είναι 1,46 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Se κυμαίνονται από <0,1 έως 4,6 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Se είναι 10 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι 40 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις Se των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Στην εικόνα 5.69 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Se στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 2 $\mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 2 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 3 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 3 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες,

που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, συγκεντρώσεις των Se εμφανίζονται στις περιοχές Μακρυμάλλη, Πολιτικά και στο κεντρικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στο δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών και σε ένα δείγμα από την περιοχή των Πολιτικών.



Εικόνα 5.69 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων σεληνίου (Se) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

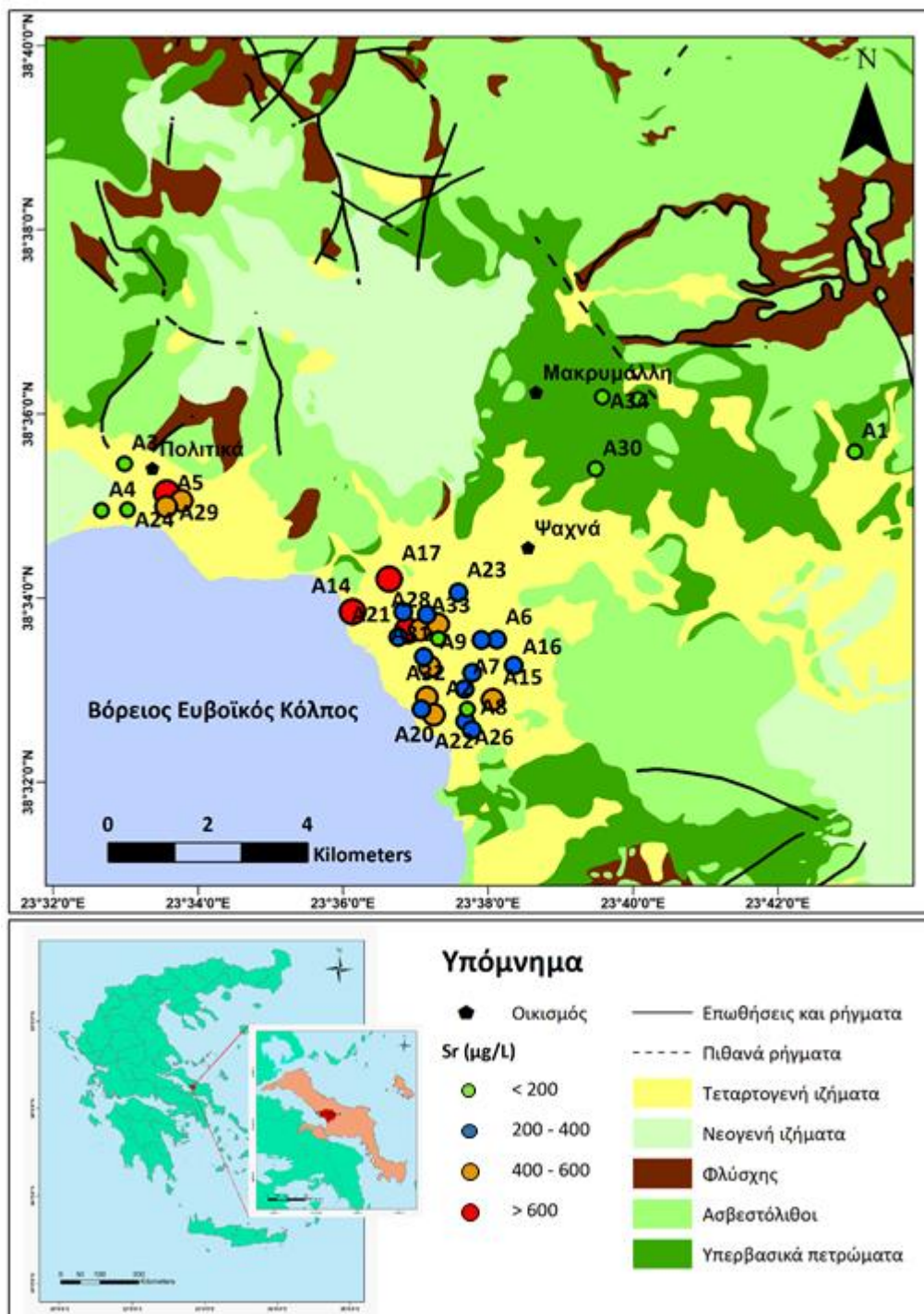
- **Πυρίτιο (Si):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Si είναι 16797,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Si κυμαίνονται από 4272 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 41954 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσιμότητας για το Si βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Στην εικόνα 5.70 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Si στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 5000 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 5000 $\mu\text{g L}^{-1}$ και < 15000 $\mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 15000 $\mu\text{g L}^{-1}$ και < 25000 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 25000 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Si εμφανίζονται στην περιοχή των Πολιτικών, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή του Μακρυμάλλη, στις πηγές και στο δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών.



Εικόνα 5.70 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Κασσίτερος (Sn):** Σε 10 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Sn, με εύρος τιμών 0,05-3,05 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sn είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Στρόντιο (Sr):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Sr είναι 339,89 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Sr κυμαίνονται από 29,44 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 1026 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσικότητας

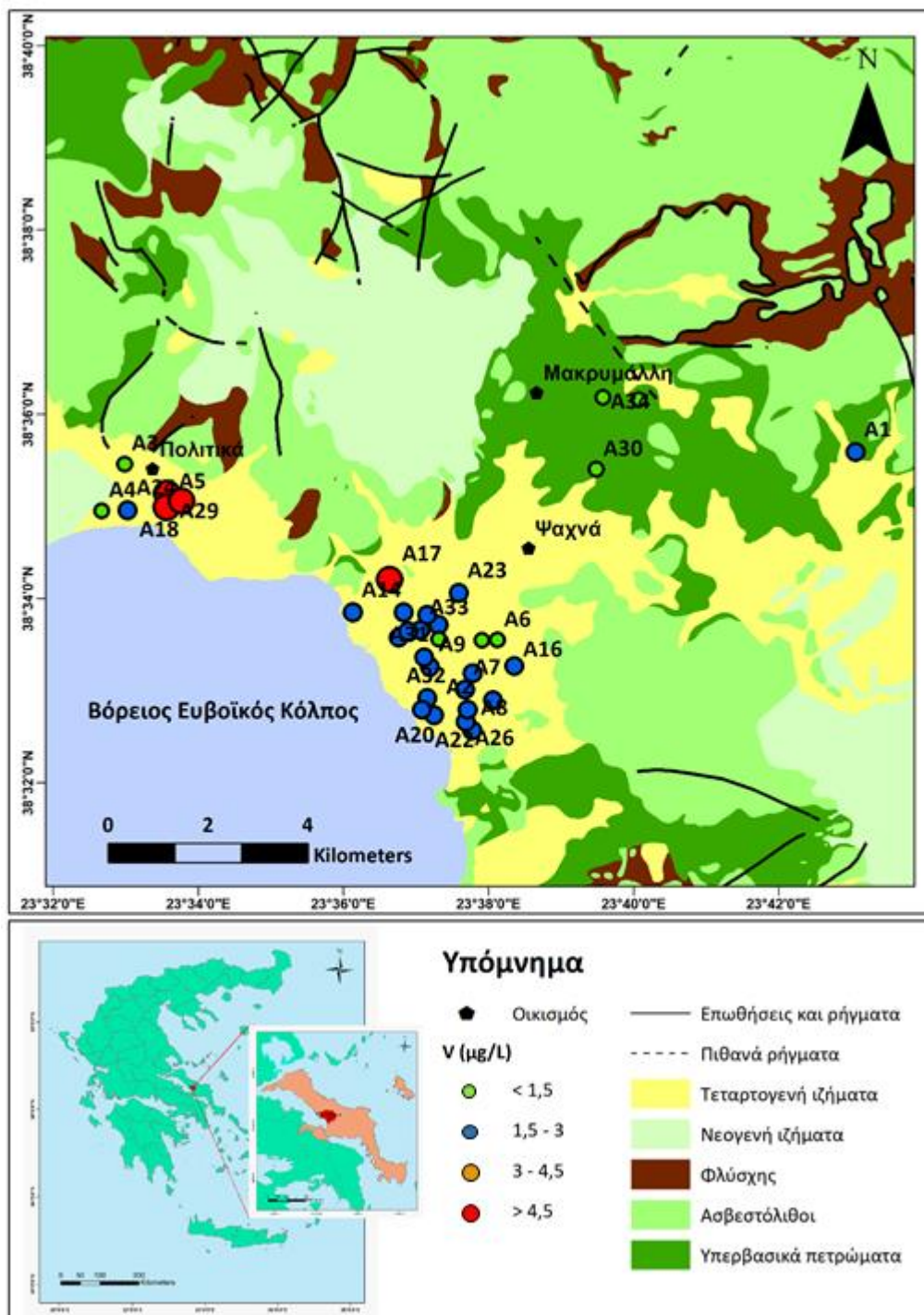
για το Sr βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Στην εικόνα 5.71 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Sr στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 200 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 200 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 400 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 400 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 600 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 600 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Sr εμφανίζονται στις πηγές και στις περιοχές Μακρυμάλλη και Πολιτικά, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στο δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών και σε ένα δείγμα στην περιοχή των Πολιτικών.



Εικόνα 5.71 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων στροντίου (Sr) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Ταντάλιο (Ta):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ta είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Τελούριο (Te):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Te είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.

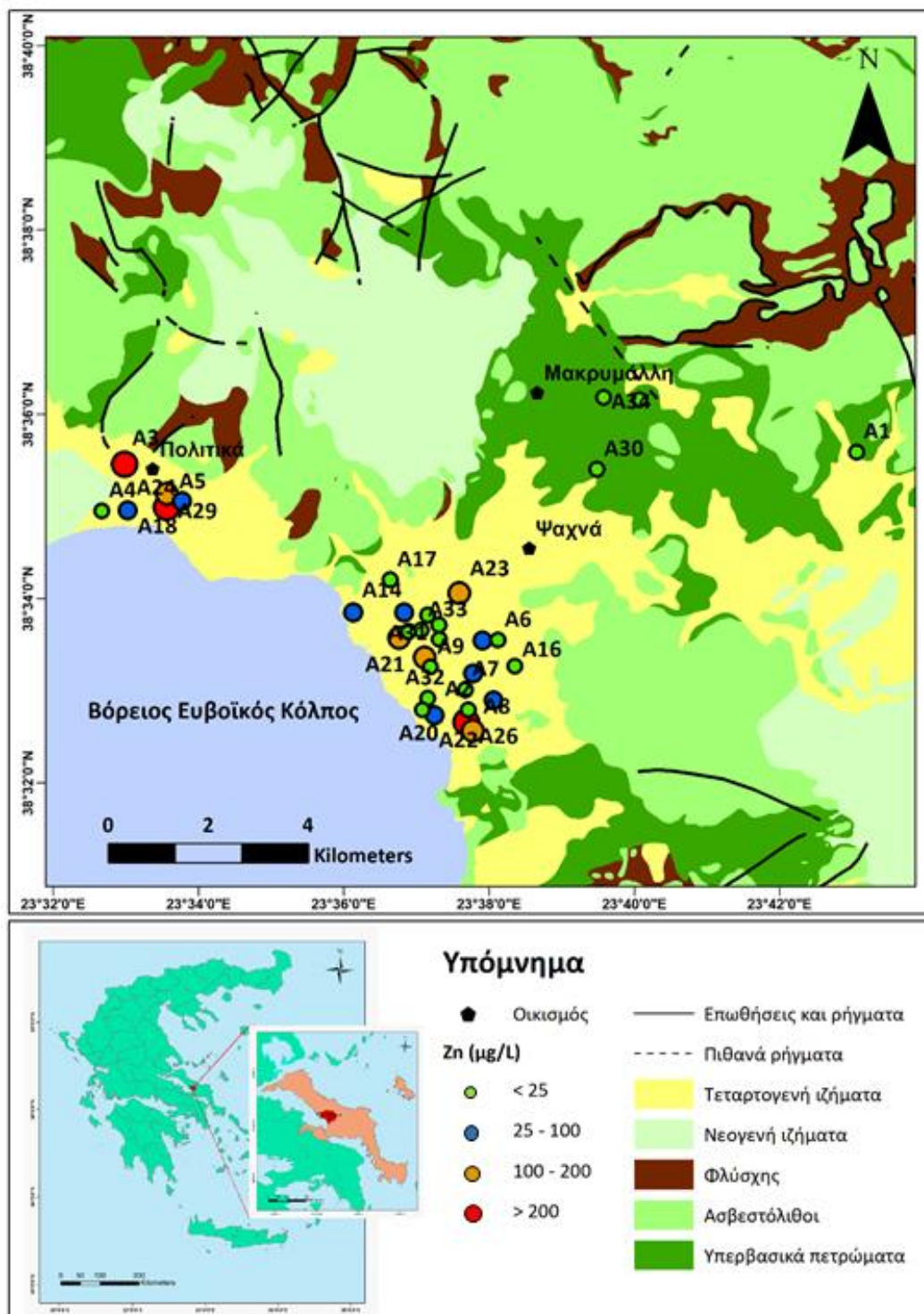
- **Θόριο (Th):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Th είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Τιτάνιο (Ti):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ti είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Θάλλιο (Tl):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tl είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ουράνιο (U):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης U είναι 1,91 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις U κυμαίνονται από 0,03 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 5,12 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσιμότητας U είναι η συγκέντρωση των 30 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση.
- **Βανάδιο (V):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης V είναι 2,45 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις V κυμαίνονται από 1,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 6 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσιμότητας για το V βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Στην εικόνα 5.72 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων V στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 1,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1,5 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 3 $\mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 3 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 4,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 4,5 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των V εμφανίζονται στις περιοχές Μακρυμάλλη και στο κεντρικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται σε μια θέση στο δυτικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών και σε τρεις θέσεις στην περιοχή των Πολιτικών.



Εικόνα 5.72 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βαναδίου (V) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Βολφράμιο (W):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση W είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ψευδάργυρος (Zn):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Zn είναι $80,99 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Zn κυμαίνονται από $0,7 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $609,8 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Zn είναι $5000 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για

τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Στην εικόνα 5.73 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Zn στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 25 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 25 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 100 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 100 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 200 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 200 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Zn εμφανίζονται στις περιοχές Μακρυμάλλη και στο κεντρικό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στην περιοχή των πολιτικών και σε ένα δείγμα στο νότιο τμήμα του κάμπου των Ψαχνών.



Εικόνα 5.73 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ψευδαργύρου (Zn) για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Ζιρκόνιο (Zr):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Zr είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$.

5.2.4 Σπάνιες γαίες

5.2.4.1 Ελαφριές σπάνιες γαίες

Οι συγκεντρώσεις ελαφριών σπάνιων γαιών (Ce, Eu, Gd, La, Nd, Pr, Sc και Sm) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι:

- **Δημήτριο (Ce):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ce είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ευρώπιο (Eu):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Eu είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Γαδολίνιο (Gd):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Gd ίση με 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Gd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λανθάνιο (La):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση La ίση με 0,03 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση La είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Νεοδύμιο (Nd):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Nd ίση με 0,04 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Nd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Πρασεοδύμιο (Pr):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Pr είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Σκάνδιο (Sc):** Σε πέντε δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Sc, με εύρος τιμών 1-2 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sc είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 1 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Σαμάριο (Sm):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Sm είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$.

9.2.4.2 Βαριές σπάνιες γαίες

Οι συγκεντρώσεις βαριών σπάνιων γαιών (Dy, Er, Ho, Lu, Tb, Tm, Y και Yb) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι:

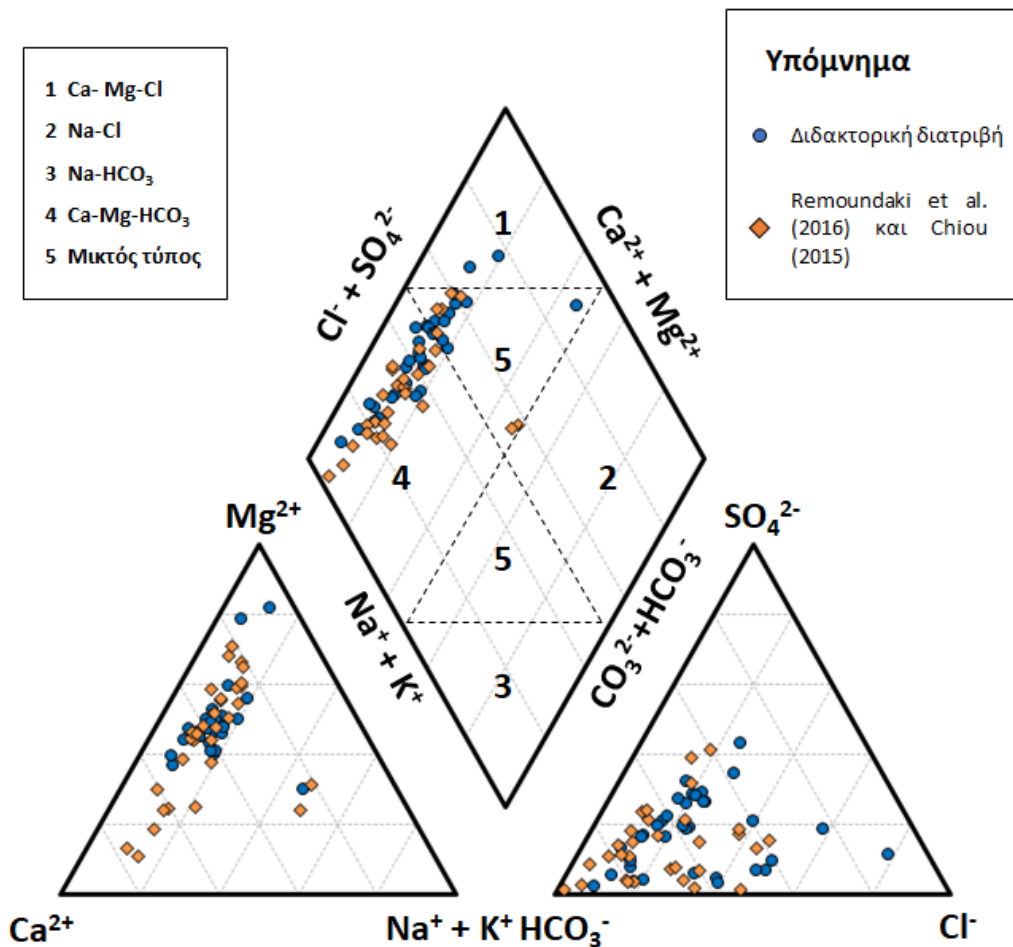
- **Δυσπρόσιο (Dy):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Dy είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Έρβιο (Er):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Er είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.

- **Όλμιο (Ho):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ho είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λουτήτιο (Lu):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Lu είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Τέρβιο (Tb):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Θούλιο (Tm):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tm είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ύτριο (Y):** Σε οκτώ δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Y, με εύρος τιμών 0,01-0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Y είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Υπτέρβιο (Yb):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Yb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.

5.2.5 Υδροχημικά διαγράμματα

5.2.5.1 Διάγραμμα Piper

Στην εικόνα 5.74 παρουσιάζεται το διάγραμμα Piper το οποίο χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των κυρίαρχων υδροχημικών φάσεων (Piper, 1944) στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Από τα κατιόντα, όπως φανερώνει το τριγωνικό διάγραμμα κατιόντων που βρίσκεται στο αριστερό μέρος της εικόνας 5.74, στην περιοχή μελέτης επικρατούν τα Mg^{2+} και ακολουθούν τα Ca^{2+} . Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις ανάμεσα στα Ca^{2+} και τα Mg^{2+} είναι σε παρόμοια επίπεδα συγκέντρωσης και ως εκ τούτου τα σημεία τους προβάλλονται στο αριστερό τμήμα του τριγωνικού διαγράμματος κατιόντων. Από τα ανιόντα, όπως φανερώνει το τριγωνικό διάγραμμα ανιόντων που βρίσκεται στο δεξί μέρος της εικόνας 5.74, στην περιοχή μελέτης επικρατούν τα HCO_3^- ακολουθούμενα από τα Cl^- . Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα εμφανίζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις HCO_3^- συγκριτικά με τα Cl^- ή/και SO_4^{2-} και συνεπώς τα σημεία των δειγμάτων προβάλλονται στο αριστερό τμήμα του τριγωνικού διαγράμματος ανιόντων. Το ρομβοειδές διάγραμμα αποτελεί την προβολή των τριγωνικών διαγραμμάτων κατιόντων και ανιόντων και σύμφωνα με το οποίο οι κύριοι υδροχημικοί τύποι στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι οι Mg-Ca-HCO_3 , Mg-Ca-Cl και ένας μικτός τύπος ανάμεσα σε αυτούς.

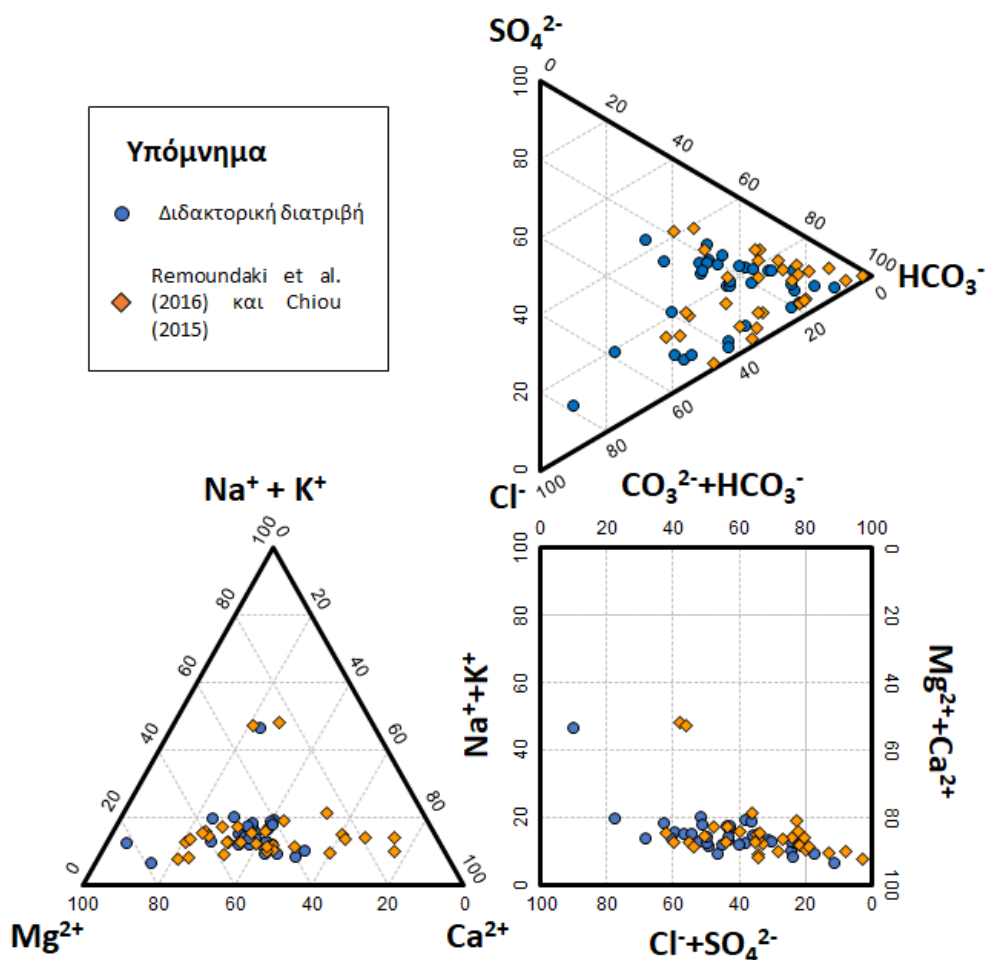


Εικόνα 5.74 – Διάγραμμα Piper για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

5.2.5.2 Διάγραμμα Durov

Στην εικόνα 5.75 παρουσιάζεται το διάγραμμα Durov (Durov, 1948) το οποίο αποτελεί μια εναλλακτική προσέγγιση στην ομαδοποίηση των υδροχημείας των κύριων ιόντων από το διάγραμμα Piper και συμβάλλει στην ερμηνεία των εξελικτικών τάσεων και υδροχημικών διεργασιών που εμφανίζονται στα υπόγεια νερά. Επιπλέον, μπορεί να υποδείξει την ανάμειξη διαφορετικών τύπων νερού, την ιοντοανταλλαγή και την αντίστροφη κατιοντοανταλλαγή στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Τα διαγράμματα αυτά, αποτελούνται από δύο απλά τριγωνικά διαγράμματα, κατιόντων και ανιόντων, η τομή των προεκτάσεων των οποίων προβάλλεται σε ένα κεντρικό ορθογώνιο διάγραμμα. Από το διάγραμμα Durov είναι εμφανές ότι στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών –

Πολιτικών, επικρατούν οι συγκεντρώσεις κατιόντων των Ca^{2+} και Mg^{2+} που είναι σε παρόμοια επίπεδα, ενώ από ανιόντα οι συγκεντρώσεις των HCO_3^- . Η αύξηση των συγκεντρώσεων Cl^- και Na^+ που παρατηρείται συνδέεται με την ύπαρξη του μηχανισμού αντίστροφης κατιοντοανταλλαγής.



Εικόνα 5.75 - Διάγραμμα Duron για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής και τα 31 δείγματα των εργασιών Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015).

5.2.6 Συντελεστές συσχέτισης

Στους πίνακες του παραρτήματος IV παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson, για όλες τις φυσικές και χημικές παραμέτρους των 65 δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Όσα στοιχεία δεν ήταν διαθέσιμα από τα δεδομένα

των Remoundaki et al., (2016) και Chiou (2015) εξαιρέθηκαν από τον υπολογισμό των συντελεστών και υπολογίστηκαν μόνο για τα 34 δείγματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

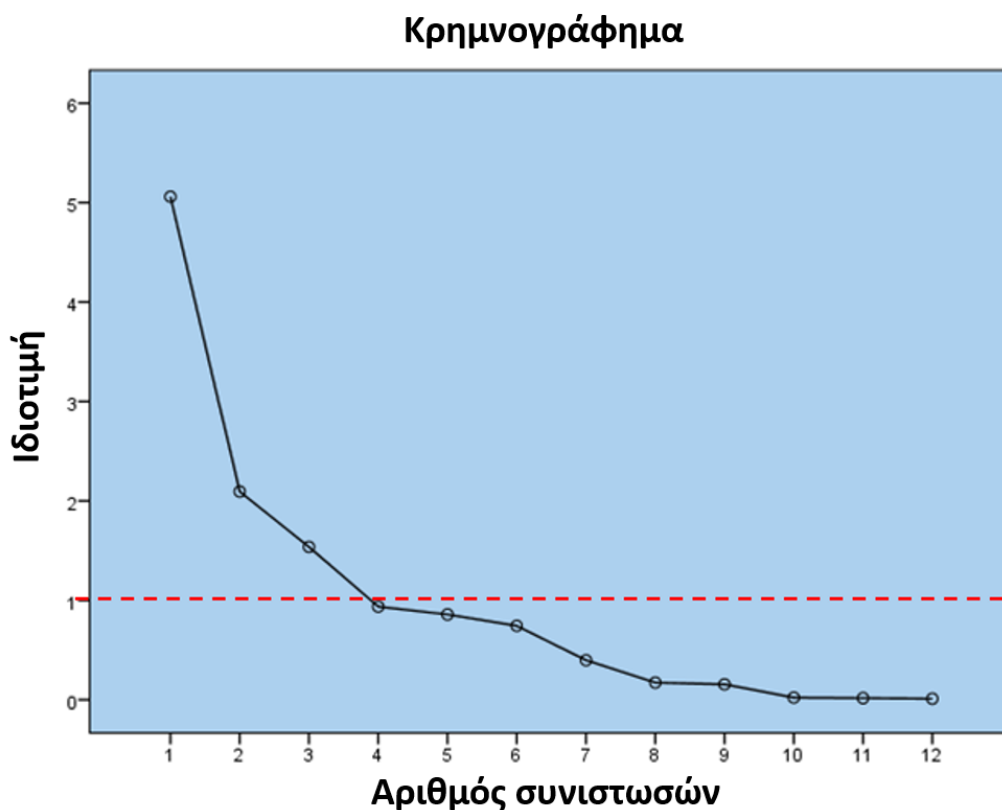
Στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα εμπιστοσύνης $p < 0,01$ και $p < 0,05$ που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες: TDS-EC ($r=0,95$), EC- Ca^{2+} ($r=0,73$), EC- Mg^{2+} ($r=0,82$), Ca^{2+} - Mg^{2+} ($r=0,46$), EC- Na^+ ($r=0,87$), Ca^{2+} - Na^+ ($r=0,62$), Mg^{2+} - Na^+ ($r=0,51$), Mg^{2+} - NO_3^- ($r=0,66$), TDS- Cl^- ($r=0,82$), EC- Cl^- ($r=0,87$), Ca^{2+} - Cl^- ($r=0,64$), Mg^{2+} - Cl^- ($r=0,54$), Na^+ - Cl^- ($r=0,97$), Mg^{2+} - SO_4^{2-} ($r=0,61$), NO_3^- - SO_4^{2-} ($r=0,51$), EC-As ($r=0,77$), Cl^- -As ($r=0,88$), NO_3^- -Cr ($r=0,65$), Mg^{2+} -Cr ($r=0,53$), Mg^{2+} - Cr^{6+} ($r=0,55$), NO_3^- - Cr^{6+} ($r=0,65$), Cr- Cr^{6+} ($r=0,98$), Cr-P ($r=0,51$), Cr^{6+} -P ($r=0,44$), Cl-Se ($r=0,79$), As-Se ($r=0,88$), HCO_3^- -Si ($r=0,53$), Mg^{2+} -Si ($r=0,37$), Ca^{2+} -Sr ($r=0,85$), SO_4^{2-} -U ($r=0,82$), NO_3^- -U ($r=0,57$), As-V ($r=0,82$), Se-V ($r=0,81$).

5.2.7 Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση

5.2.7.1 Παραγοντική ανάλυση

Για να προκύψουν αξιοποιήσιμα αποτελέσματα από την παραγοντική ανάλυση απαιτείται μεγάλος αριθμός παρατηρήσεων (Jolliffe and Cadima, 2016). Για τον προσδιορισμό των κυρίαρχων παραγόντων που επηρεάζουν την υδροχημεία της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, επιλέχθηκαν 12 παράμετροι (EC, pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , Cr και Cr^{6+}), οι οποίες είναι κοινές στην παρούσα διδακτορική διατριβή και τις εργασίες των Remoundaki et al., (2016) και Chiou (2015). Οι παραπάνω παράμετροι αναλύθηκαν και υποβλήθηκαν σε κατάλληλη επεξεργασία έτσι ώστε να προκύψουν οι κύριες συνιστώσες για το σύνολο των 65 δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγοντική ανάλυση. Στην επεξεργασία δεν συμπεριλήφθηκαν οι παράμετροι T, DO, Eh, NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr εξαιτίας της ετερογένειας και της μη διαθεσιμότητας των δεδομένων από τις εργασίες των Remoundaki et al. (2016) και Chiou (2015). Η παράμετρος των TDS δεν συμπεριλήφθηκε στην παραγοντική ανάλυση, καθώς προτιμήθηκε να συμπεριληφθεί η EC η οποία μετρήθηκε *in-situ* στο πεδίο σε αντίθεση με τα TDS που υπολογίστηκαν από το άθροισμα των κυρίων ιόντων. Επιπλέον, EC και TDS είναι παράμετροι που παρουσιάζουν πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους ($r=0,95$) (Mendel and Shiftan, 1981). Η παραγοντική

ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της ορθογωνικής περιστροφής Varimax των παραμέτρων εισαγωγής ώστε να εξαχθούν οι κύριες συνιστώσες μέσω του λογισμικού IBM SPSS version 22. Το κρημνογράφημα (scree plot) της εικόνας 5.76 έδειξε ότι τρεις συνιστώσες έχουν ιδιοτιμές μεγαλύτερες από τη μονάδα, οι οποίες σύμφωνα με το κριτήριο του Kaiser (1958) αποτελούν τις κύριες συνιστώσες όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.9.



Εικόνα 5.76 – Ανάλυση κύριων συνιστωσών από το κρημνογράφημα των ιδιοτιμών συνιστωσών για τα 65 δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Οι τρεις παράγοντες εξηγούν το 72,8% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο συντελεστής KMO είναι 0,64 υποδεικνύοντας ότι τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά και η τιμή του ελέγχου σφαιρικότητας του Bartlett (Bartlett's test of sphericity) είναι < 0,05 δείχνοντας ότι τα δεδομένα είναι έγκυρα και κατάλληλα για παραγοντική ανάλυση.

Ο πρώτος παράγοντας (FA1) εξηγεί το 42,6% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει τις ισχυρές θετικές φορτίσεις των παραμέτρων Na^+ (0,97), Cl^- (0,97), EC (0,90), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των Ca^{2+} (0,73), Mg^{2+} (0,55) και την ασθενή θετική φόρτιση των SO_4^{2-} (0,33).

Ο δεύτερος παράγοντας (FA2) εξηγεί το 17,3% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει τις ισχυρές θετικές φορτίσεις των παραμέτρων NO_3^- (0,89), Cr (0,88), Cr^{6+} (0,86), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των Mg^{2+} (0,65), SO_4^{2-} (0,62) και την ασθενή θετική φόρτιση της EC (0,41).

Ο τρίτος παράγοντας (FA3) εξηγεί το 12,8% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει την ισχυρή θετική φόρτιση του pH (0,84), τη μέτρια αρνητική φόρτιση του HCO_3^- (0,64), την ασθενή αρνητική φόρτιση του Ca^{2+} (0,34) και τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των Cr (0,30) και Cr^{6+} (0,30).

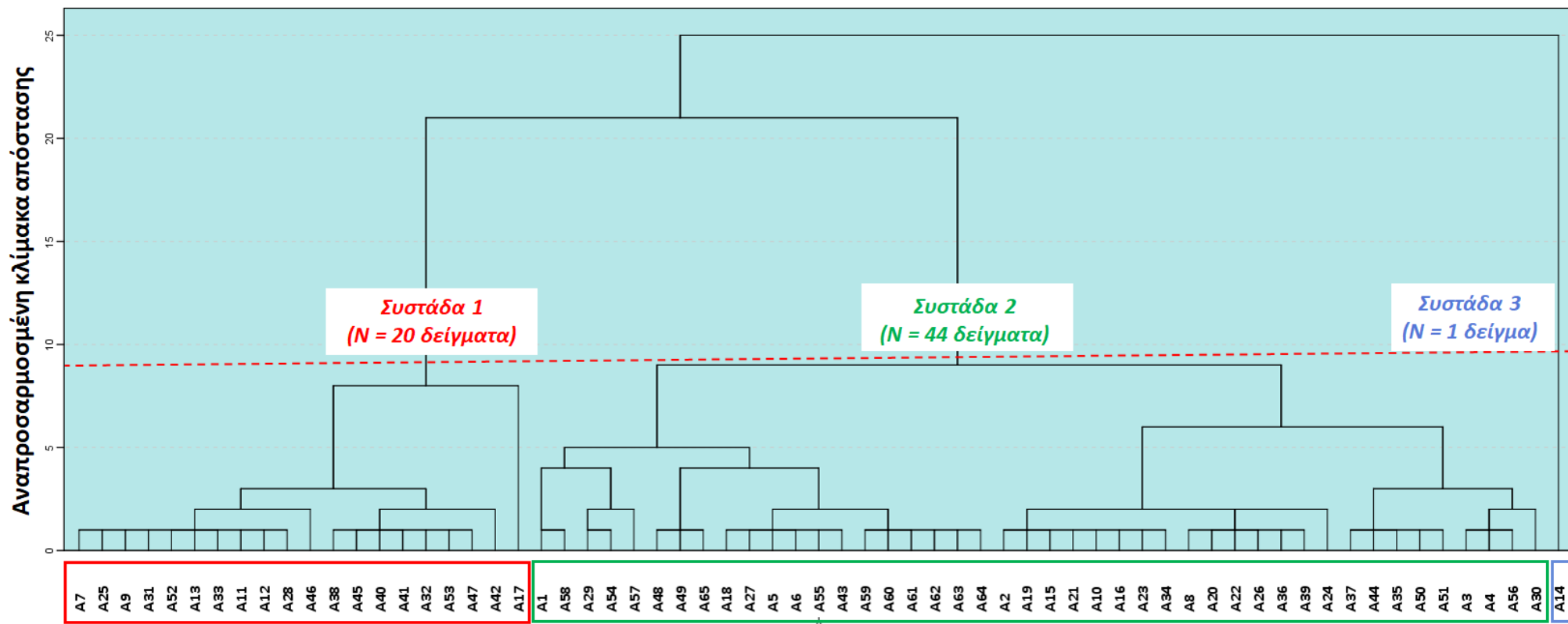
Πίνακας 5.9 – Ανάλυση κύριων συνιστωσών για τα 65 δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| Παράμετρος | Παράγοντας | | |
|--|-------------|-------------|--------------|
| | FA1 | FA2 | FA3 |
| EC | 0,90 | 0,41 | -0,05 |
| pH | -0,06 | -0,06 | 0,84 |
| Ca^{2+} | 0,72 | 0,27 | -0,34 |
| Mg^{2+} | 0,55 | 0,65 | -0,05 |
| Na^+ | 0,97 | 0,04 | 0,11 |
| K^+ | 0,24 | 0,26 | 0,29 |
| HCO_3^- | -0,02 | -0,10 | -0,63 |
| SO_4^{2-} | 0,33 | 0,62 | -0,23 |
| Cl ⁻ | 0,97 | 0,06 | 0,19 |
| NO_3^- | 0,09 | 0,89 | -0,12 |
| Cr | 0,08 | 0,88 | 0,30 |
| Cr^{6+} | 0,11 | 0,86 | 0,30 |
| Αρχικές ιδιοτιμές της διακύμανσης σε % | 42,6 | 17,3 | 12,8 |
| Σωρευτική % της διακύμανσης | 42,6 | 60,00 | 72,7 |

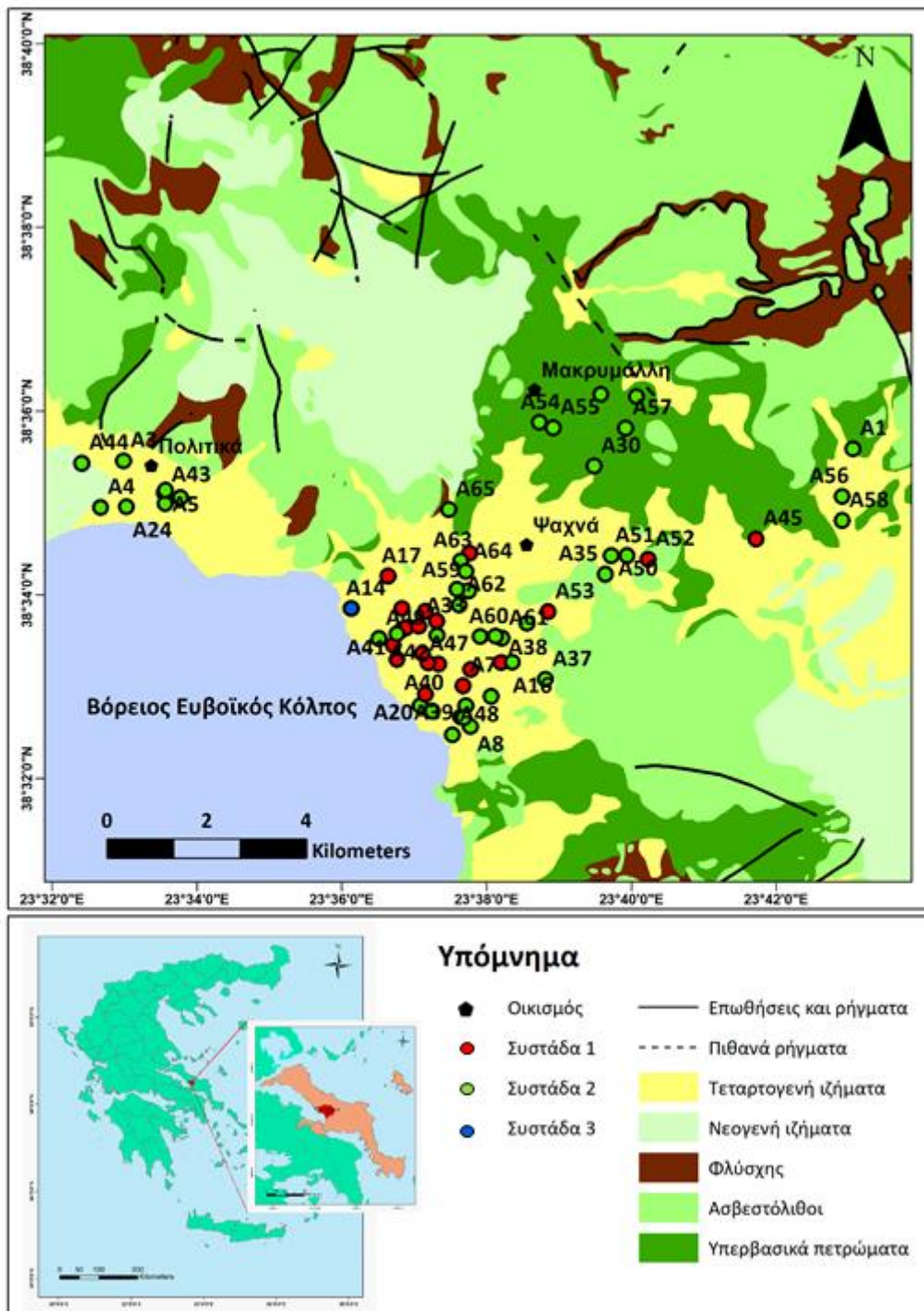
5.2.7.2 Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες

Τα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, ομαδοποιούνται σύμφωνα με την ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες σε τρεις κύριες συστάδες όπως παρουσιάζεται στο δενδρόγραμμα (Εικόνα 5.77) και στο χάρτη χωρικής κατανομής (Εικόνα 5.78). Για την ομαδοποίηση των δειγμάτων στην ίδια συστάδα επιλέχθηκε η αναπροσαρμοσμένη κλίμακα απόστασης (rescaled distance) να είναι μικρότερη του 9, ώστε οι συστάδες να περιλαμβάνουν δείγματα με όσο το δυνατόν παρόμοια υδροχημικά χαρακτηριστικά. Στον πίνακα 5.10 παρουσιάζονται η μέση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή κάθε παραμέτρου των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες. Οι συστάδες 1,2 και 3 περιλαμβάνουν 20, 44 και 1 δείγματα, αντίστοιχα. Η

συστάδα 1 περιλαμβάνει δείγματα που έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Cr και Cr^{6+} από τη συστάδα 2 όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 5.10. Το δείγμα που ανήκει στη συστάδα 3 έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Cl^- και Na^+ .



Εικόνα 5.77 – Δενδρόγραμμα της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (3 ομάδες) για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=65) στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.



Εικόνα 5.78 – Χάρτης χωρικής κατανομής των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=65) στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Πίνακας 5.10 – Μέση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=65) στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Συστάδα 1 (N=20 δείγματα) | | | Συστάδα 2 (N=44 δείγματα) | | | Συστάδα 3 (N=1 δείγμα) | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------------------|---------------|--------------|------------------------|---------------|--------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή |
| pH | | 7,41 | 7,15 | 7,61 | 7,54 | 6,8 | 8,27 | 7,71 | - | - |
| EC | μS cm ⁻¹ | 1554,85 | 1069 | 2481 | 1000,11 | 334 | 1810 | 5129 | - | - |
| TDS | mg L ⁻¹ | 1109,49 | 829,28 | 1743,7 | 758,22 | 197,62 | 1295,4 | 3237,32 | - | - |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 117,33 | 82,5 | 197,58 | 80,88 | 4,48 | 147,38 | 268 | - | - |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 106,21 | 66,8 | 175 | 58,25 | 7,78 | 116 | 208 | - | - |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 48,59 | 24,9 | 99,5 | 38,58 | 9,3 | 186,8 | 604 | - | - |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 3,59 | 0,86 | 26,2 | 2,98 | 0,57 | 16,5 | 4,82 | - | - |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 334,69 | 246 | 484,34 | 380,01 | 129 | 976 | 322 | - | - |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 140,08 | 28,71 | 315 | 58,71 | <ΟΠ | 185 | 285 | - | - |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 105,1 | 39 | 369 | 72,89 | 8 | 294 | 1460 | - | - |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 253,91 | 76 | 540 | 66,71 | 4,7 | 159 | 85,5 | - | - |
| Cr | μg L ⁻¹ | 89,54 | 45,2 | 161,5 | 41,83 | 4 | 89,1 | 83,89 | - | - |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 78,15 | 35,05 | 146 | 36,2 | 2 | 80,65 | 83,89 | - | - |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

5.3 Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας

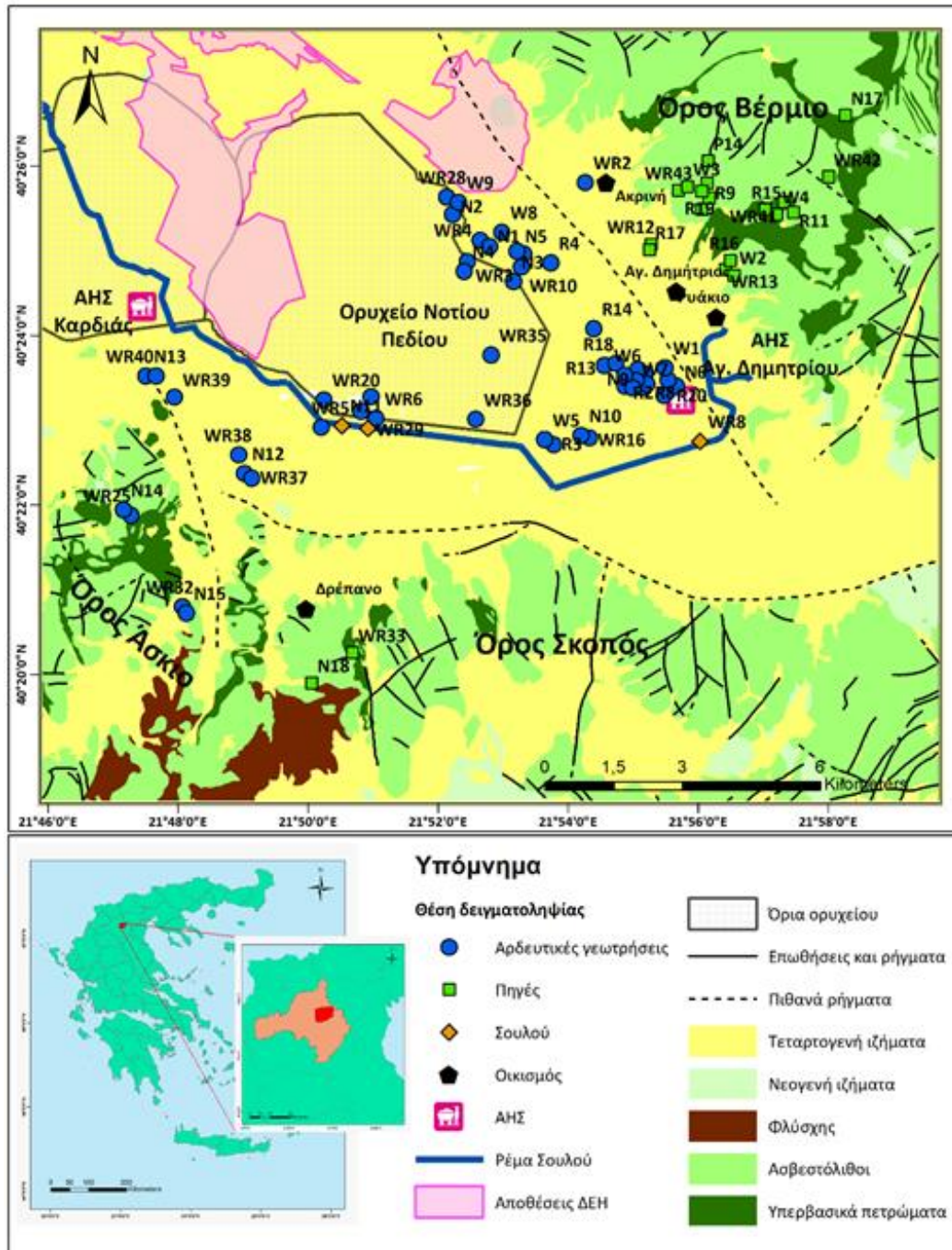
Στην τρίτη μελέτη, που εξετάστηκε στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής (Λεκάνη Σαριγκιόλ, δυτικής Μακεδονίας), πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη δειγματοληψία κατά τις περιόδους Μαρτίου 2014, Ιουλίου 2014, Νοεμβρίου 2014, Ιανουαρίου 2015, Δεκεμβρίου 2015, Ιουνίου 2017, Αυγούστου 2017 και Οκτωβρίου 2017, ώστε να συλλεχθούν δείγματα κατά τη διάρκεια της ξηρής και της υγρής περιόδου. Συλλέχθηκαν συνολικά 73 δείγματα νερού. Πιο συγκεκριμένα, η δειγματοληψία περιελάμβανε 50 δείγματα υπογείων νερών από αρδευτικές γεωτρήσεις, 20 δείγματα από φυσικές πηγές που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Σαριγκιόλ και τρία δείγματα επιφανειακών νερών από το ρέμα Σουλού. Στην εικόνα 5.79 φαίνεται ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής με τα 73 δείγματα νερών ομαδοποιημένα βάσει του είδους του δείγματος και της χρήσης τους. Οι ομάδες που διαχωρίστηκαν είναι οι εξής: α) δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, β) δείγματα φυσικών εκφορτίσεων - πηγών και γ) δείγματα επιφανειακών νερών από το ρέμα Σουλού. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε λόγω των διαφορετικών και έντονων ανθρωπογενών επιδράσεων στη λεκάνη Σαριγκιόλ (λιγνιτική εκμετάλλευση, λειτουργία ΑΗΣ, αγροτικές δραστηριότητες). Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε να διερευνηθούν λεπτομερώς τα φυσικά ανεπηρέαστα συστήματα, όπως είναι οι φυσικές πηγές του Βερμίου και να συγκριθεί η ποιότητα των νερών τους με εκείνα που βρίσκονται υπό την επίδραση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Στον πίνακα 5.11 παρουσιάζεται η προαναφερθείσα ομαδοποίηση και οι αντίστοιχοι κωδικοί των δειγμάτων.

Πίνακας 5.11 - Ομαδοποίηση των 73 δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με την προέλευσή τους.

| Ομαδοποίηση | Κωδικός δείγματος |
|-----------------------|--|
| Αρδευτικές γεωτρήσεις | WR1, WR2, WR3, WR4, WR5, WR6, WR10, WR14, WR15, WR16, WR19, WR20, WR25, WR28, WR31, WR32, WR35, WR36, WR37, WR38, WR39, WR40, N1, N2, N3, N4, N5, N6, N9, N10, N12, N13, N14, N15, R1, R2, R3, R4, R8, R13, R14, R18, R20, R24, W1, W5, W6, W7, W8, W9 |
| Πηγές | WR12, WR13, WR33, WR41, WR42, WR43, N16, N17, N18, P14, R9, R10, R11, R15, R16, R17, R19, W2, W3, W4, |
| Σουλού | WR8, WR29, N11 |

Στους πίνακες 5.12-5.13 παρουσιάζονται οι μέσες, οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές για τις συγκεντρώσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων, κύριων ιόντων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (T, DO, TDS, EC, pH, Eh, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻,

As, B, Ba, Br, Co, Cr, Cr⁶⁺, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sr, U, V και Zn) των αρδευτικών γεωτρήσεων, φυσικών πηγών και των δειγμάτων επιφανειακών νερών από το ρέμα Σουλού.



Εικόνα 5.79 – Χάρτης της λεκάνης Σαριγιόλ, Δυτικής Μακεδονίας με τα 73 δείγματα επιφανειακών και υπογείων νερών.

Πίνακας 5.12 - Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Αρδευτικές γεωτρήσεις (N=50) | | | Πηγές (N=20) | | | Σουλού (N=3) | | | Συνολικά (N=73) | | | ΠΟΥ (WHO, 2011) | ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 |
|-------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | | |
| T | °C | 14,24 | 8,6 | 32,3 | 14,47 | 8 | 25,6 | 12,13 | 8,1 | 14,8 | 14,21 | 8 | 32,3 | | 15 - 25 |
| DO | mg L ⁻¹ | 8,92 | 3,52 | 12,09 | 8,88 | 6,46 | 10,06 | 8,3 | 6,3 | 9,5 | 8,88 | 3,52 | 12,09 | | 6 - 10 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 383,89 | 222,5 | 943,4 | 414 | 294,4 | 522,5 | 625,4 | 543 | 769,2 | 402,06 | 222,48 | 943,38 | | |
| EC | μS cm ⁻¹ | 444,76 | 257 | 907 | 496,65 | 323 | 718 | 988,33 | 844 | 1071 | 481,31 | 257 | 1071 | 2500 | 2500 |
| pH | - | 8,03 | 7,29 | 8,59 | 7,85 | 7,3 | 8,5 | 8,04 | 8,02 | 8,06 | 7,98 | 7,29 | 8,59 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 9,5 |
| Eh | mV | 318,78 | 217,3 | 412 | 292,43 | 194,4 | 409 | 277,23 | 218 | 348 | 309,85 | 194,4 | 412 | | |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 54,17 | 22,7 | 115 | 74,18 | 46,6 | 104 | 67,02 | 54,3 | 82,96 | 60,18 | 22,7 | 115 | | |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 25,18 | 4,92 | 59,3 | 23,99 | 3,1 | 40,4 | 33,53 | 23,49 | 45,7 | 25,2 | 3,1 | 59,3 | | |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 9,9 | <ΟΠ | 66,4 | 2,65 | <ΟΠ | 22,68 | 84,46 | 66,2 | 114,41 | 10,98 | <ΟΠ | 114,41 | 200 | 200 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,5 | 0,4 | 14,8 | 1,64 | 0,29 | 10,8 | 3,25 | 1,7 | 4,06 | 1,61 | 0,29 | 14,8 | 12 | 12 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 32,79 | <ΟΠ | 138 | 3,51 | <ΟΠ | 28 | 5,13 | 4,3 | 5,6 | 23,63 | <ΟΠ | 138 | 50 | 50 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 16,4 | <ΟΠ | 121 | 4,2 | <ΟΠ | 36 | 48 | 15 | 69 | 14,36 | <ΟΠ | 121 | 250 | 250 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 49,24 | <ΟΠ | 662 | 24 | <ΟΠ | 128 | 212,33 | 24 | 392 | 49,03 | <ΟΠ | 662 | 250 | 250 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 197,68 | 125 | 355 | 281,7 | 192 | 377 | 171,67 | 79 | 324 | 219,63 | 79 | 377 | | |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

Πίνακας 5.13 - Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Αρδευτικές γεωτρήσεις (N=50) | | | Πηγές (N=20) | | | Σουλού (N=3) | | | Συνολικά (N=73) | | | ΠΟΥ (WHO, 2011) | ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 |
|------------------|--------------------|------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | | |
| As | μg L ⁻¹ | 1,26 | <OA | 4,4 | 5,63 | <OA | 49,1 | 1,3 | 1,1 | 1,6 | 2,46 | <OA | 49,1 | 10 | 10 |
| B | μg L ⁻¹ | 17,78 | <OA | 59 | 12,55 | <OA | 44 | 110,33 | 101 | 117 | 20,15 | <OA | 117 | 2400 | 1000 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 33,63 | 4,71 | 77,09 | 13,95 | 4,46 | 53,48 | 24,3 | 18,76 | 30,54 | 27,85 | 4,46 | 77,09 | 700 | 700 |
| Br | μg L ⁻¹ | 47,14 | 10 | 176 | 18,75 | 9 | 45 | 124,33 | 41 | 281 | 42,53 | 9 | 281 | | |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,14 | <OA | 1,4 | 0,2 | <OA | 2,11 | 0,07 | <OA | 0,14 | 0,16 | <OA | 2,11 | | |
| Cr | μg L ⁻¹ | 50,03 | <OA | 137,8 | 27,43 | <OA | 57,4 | 4,83 | 2,1 | 6,7 | 41,98 | 0,5 | 137,8 | 50 | 50 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 43,54 | <OA | 115 | 23,83 | <OA | 51,2 | 4,3 | 1,2 | 6,5 | 36,53 | <OA | 115 | | |
| Cu | μg L ⁻¹ | 2,08 | 0,3 | 19,3 | 1,78 | 0,6 | 10 | 4,07 | 3,3 | 4,5 | 2,08 | 0,3 | 19,3 | 2000 | 2000 |
| Li | μg L ⁻¹ | 1,79 | 0,6 | 6 | 1,36 | 0,1 | 4,7 | 9,17 | 8,2 | 10,7 | 1,97 | <OA | 10,7 | | |
| Mn | μg L ⁻¹ | 32,39 | <OA | 848,8 | 14,82 | 0,18 | 272,71 | 5,1 | 3,23 | 7,35 | 26,45 | <OA | 848,8 | 400 | 50 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,34 | <OA | 2,6 | ΔΥ | <OA | 0,3 | 6,77 | 5,1 | 8,9 | 0,55 | <OA | 8,9 | | 70 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 1,99 | 0,2 | 10,9 | 4,89 | 0,2 | 15,7 | 1,8 | 0,2 | 2,8 | 2,78 | 0,2 | 15,7 | 70 | 20 |
| P | μg L ⁻¹ | 43,88 | 10 | 148 | 29,7 | 10 | 57 | 20,33 | 17 | 26 | 39,03 | 10 | 148 | | |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,43 | <OA | 2,6 | ΔΥ | <OA | 0,3 | 0,7 | <OA | 1,6 | 0,38 | <OA | 2,6 | 10 | 10 |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,55 | 0,2 | 1,57 | 0,55 | 0,31 | 1,14 | 3,65 | 2,79 | 4,25 | 0,67 | 0,2 | 4,25 | | |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,34 | <OA | 4,09 | 0,36 | <OA | 1,19 | 0,6 | 0,34 | 0,74 | 0,35 | <OA | 4,09 | 20 | 5 |
| Se | μg L ⁻¹ | 0,86 | <OA | 8,5 | ΔΥ | <OA | <OA | ΔΥ | <OA | <OA | 0,75 | <OA | 8,5 | 40 | 10 |
| Si | μg L ⁻¹ | 11564,76 | 6250 | 27651 | 12790,95 | 3250 | 21350 | 3238,33 | 1807 | 4271 | 11558,52 | 1807 | 27651 | | |
| Sr | μg L ⁻¹ | 160,54 | 29,95 | 396,98 | 86,84 | 57,51 | 288 | 184,36 | 165,52 | 220,92 | 141,33 | 29,95 | 396,98 | | |
| U | μg L ⁻¹ | 1 | <OA | 5,28 | 0,56 | 0,12 | 1,25 | 0,92 | 0,66 | 1,38 | 0,87 | <OA | 5,28 | 30 | 30 |
| V | μg L ⁻¹ | 3,04 | 0,2 | 8,3 | 1,84 | 0,4 | 5,2 | 8,23 | 7 | 9,2 | 2,93 | 0,2 | 9,2 | | |
| Zn | μg L ⁻¹ | 58,38 | 2,5 | 1083 | 10,87 | 1,2 | 33,1 | 80,53 | 14,6 | 205,9 | 46,27 | 1,2 | 1083 | | 5000 |

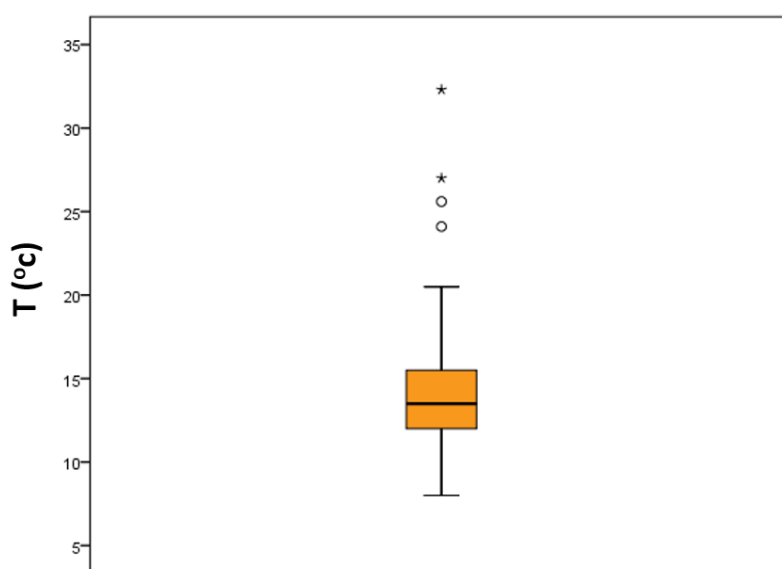
OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

5.3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

Οι φυσικοχημικές παράμετροι που μετρήθηκαν *in situ* στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας και αναλύονται τα περιγραφικά τους στατιστικά στη συνέχεια είναι οι εξής: θερμοκρασία (T), διαλελυμένο οξυγόνο (DO), ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), pH και δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh).

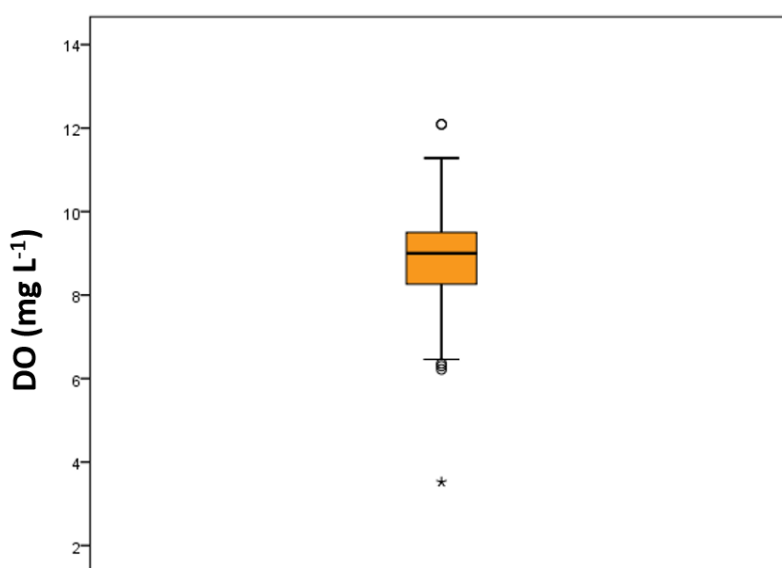
- **Θερμοκρασία (T):** Η μέση τιμή θερμοκρασίας (T) είναι 14,21 °C. Οι τιμές της κυμαίνονται από 8 °C έως 32,3 °C, με εύρος 24,3 °C και τυπική απόκλιση 4,19. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.80), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 12 °C, η διάμεσος 13,5 °C και το 3^ο τεταρτημόριο 15,5 °C. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή T κυμαίνεται μεταξύ 15-25 °C, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Το 28,77% των δειγμάτων βρίσκεται μέσα στο εύρος αυτό, το 4,11% υπερβαίνει τους 25 °C και το 67,12% είναι μικρότερο των 15 °C. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 14,24 °C, στις πηγές 14,47 °C και στο ρέμα Σουλού 12,13 °C.



Εικόνα 5.80 - Θηκόγραμμα για τις τιμές θερμοκρασίας για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Διαλελυμένο οξυγόνο (DO):** Η μέση συγκέντρωση του διαλελυμένου οξυγόνου (DO) είναι 8,88 mg L⁻¹. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από 3,52 mg L⁻¹ έως 12,09 mg L⁻¹, με εύρος

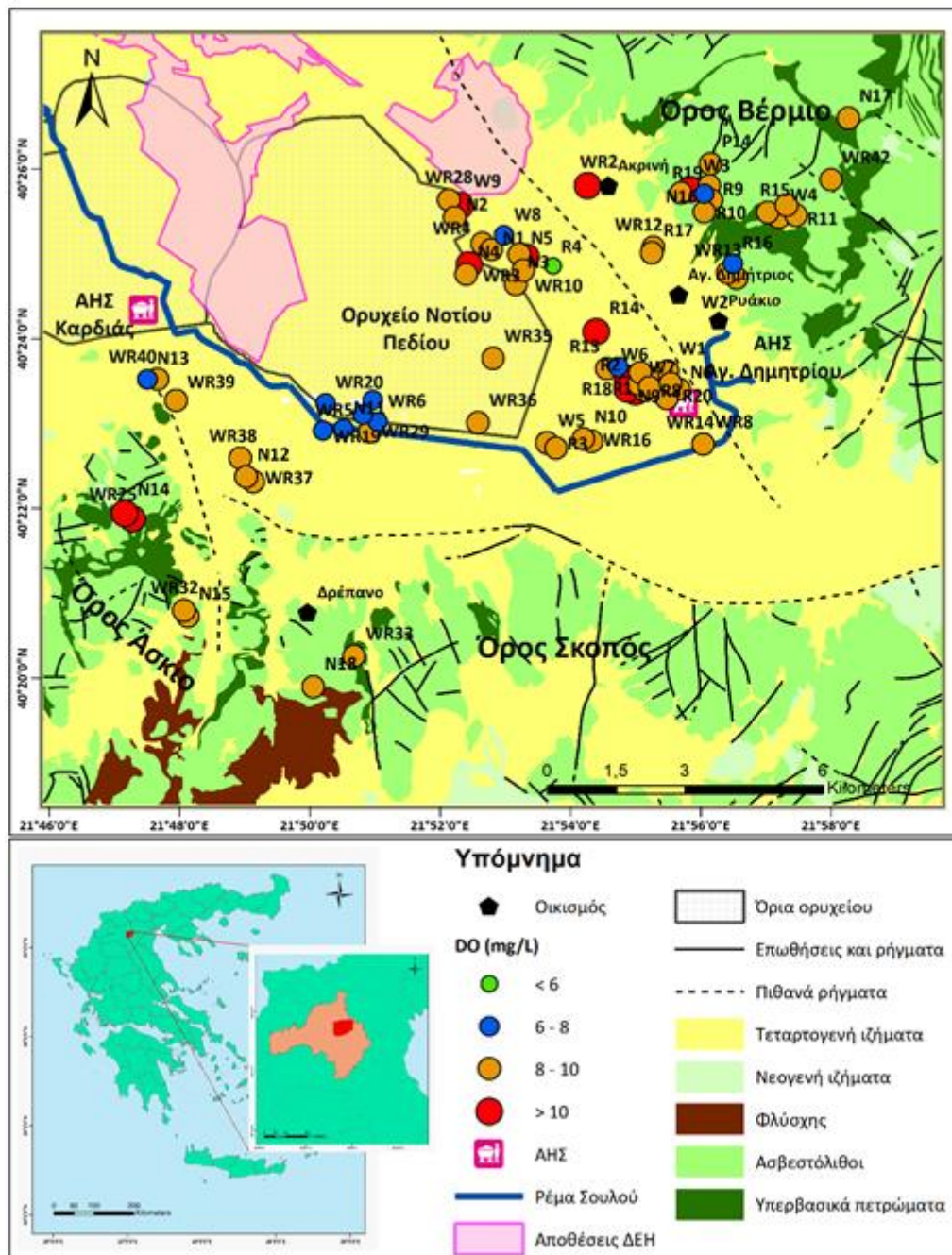
8,6 mg L⁻¹ και τυπική απόκλιση 1,3. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.81), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 8,3 mg L⁻¹, η διάμεσος 9 mg L⁻¹ και το 3^ο τεταρτημόριο 9,5 mg L⁻¹. Η διάμεσος είναι μεγαλύτερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι αρνητική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται αριστερά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή DO κυμαίνεται μεταξύ 6-10 mg L⁻¹, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Το 78,93% των δειγμάτων βρίσκεται μέσα στο εύρος αυτό, το 15,07% υπερβαίνει τη συγκέντρωση των 10 mg L⁻¹ και το 1,37% είναι μικρότερο των 6 mg L⁻¹. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης του DO στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 8,92 mg L⁻¹, στις πηγές 8,88 mg L⁻¹ και στο ρέμα Σουλού 8,3 mg L⁻¹.



Εικόνα 5.81 - Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Στην εικόνα 5.82 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων DO στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 6 mg L⁻¹ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται χαμηλότερα του ορίου (6 – 10 mg L⁻¹) του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 6 mg L⁻¹ και < 8 mg L⁻¹, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 8 mg L⁻¹ και < 10 mg L⁻¹ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 10 mg L⁻¹ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν, και βρίσκονται υψηλότερα του ορίου (6 – 10 mg L⁻¹) του ΦΕΚ

3282 'B 19/9/2017. Η χαμηλότερη συγκέντρωση του DO καταγράφεται σε μια θέση αρδευτικής γεώτρησης και είναι $< 6 \text{ mg L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα 10 mg L^{-1} παρουσιάζονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις και σε μία θέση πηγής.

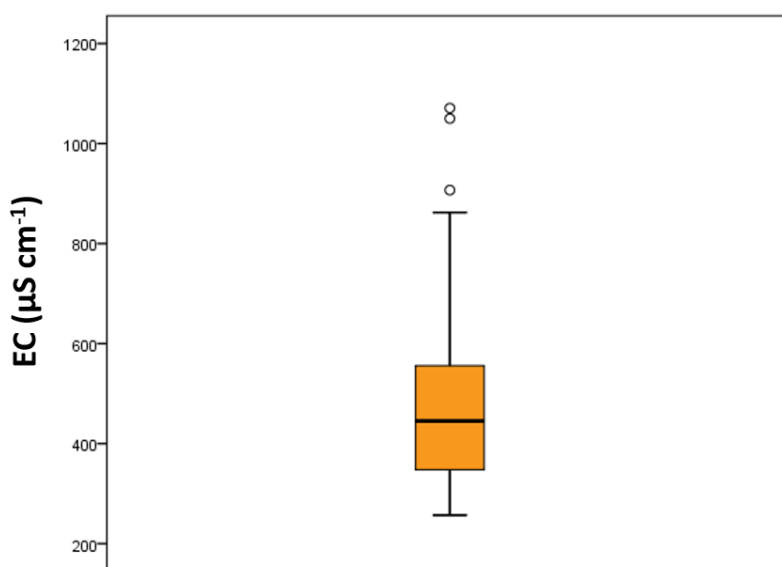


Εικόνα 5.82 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Ολικά διαλελυμένα στερεά (TDS):** Η μέση συγκέντρωση των ολικών διαλελυμένων στερεών (TDS) είναι $402,06 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $222,48 \text{ mg L}^{-1}$ έως $943,38 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος $720,9 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $144,68$. Σύμφωνα με τα περιγραφικά στατιστικά (Πίνακας 5.13) το 1^ο τεταρτημόριο είναι $290,4 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος

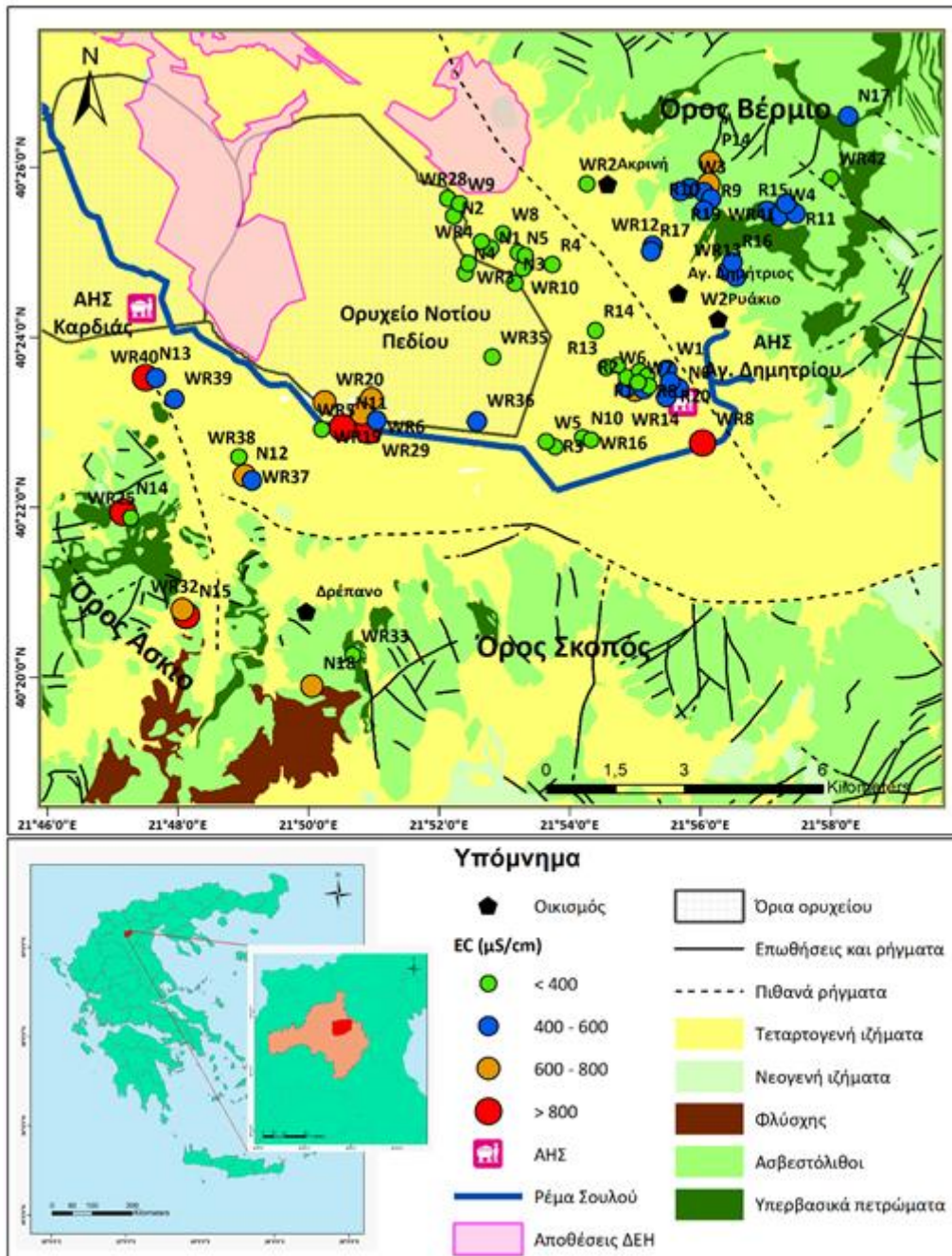
369,8 mg L⁻¹ και το 3^ο τεταρτημόριο 499,3 mg L⁻¹. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των TDS στα δείγματα των αρδευτικών γεωτρήσεων είναι 383,9 mg L⁻¹, στα δείγματα των πηγών είναι 414 mg L⁻¹ και στα δείγματα του Σουλού είναι 625,4 mg L⁻¹.

- **Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC):** Η μέση τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) είναι 481,31 μS cm⁻¹. Οι τιμές της κυμαίνονται από 257 μS cm⁻¹ έως 1071 μS cm⁻¹, με εύρος 814 μS cm⁻¹ και τυπική απόκλιση 181,41. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.83), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 348 μS cm⁻¹, η διάμεσος 445,4 μS cm⁻¹ και το 3^ο τεταρτημόριο 556 μS cm⁻¹. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ενδεικτικό όριο EC είναι τα 2500 μS cm⁻¹. Όλες οι τιμές EC είναι κάτω από το όριο των 2500 μS cm⁻¹. Η μέση τιμή της EC στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 444,76 μS cm⁻¹, στις πηγές 496,65 μS cm⁻¹ και στο ρέμα Σουλού 988,33 μS cm⁻¹.



Εικόνα 5.83 - Θηκόγραμμα για τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

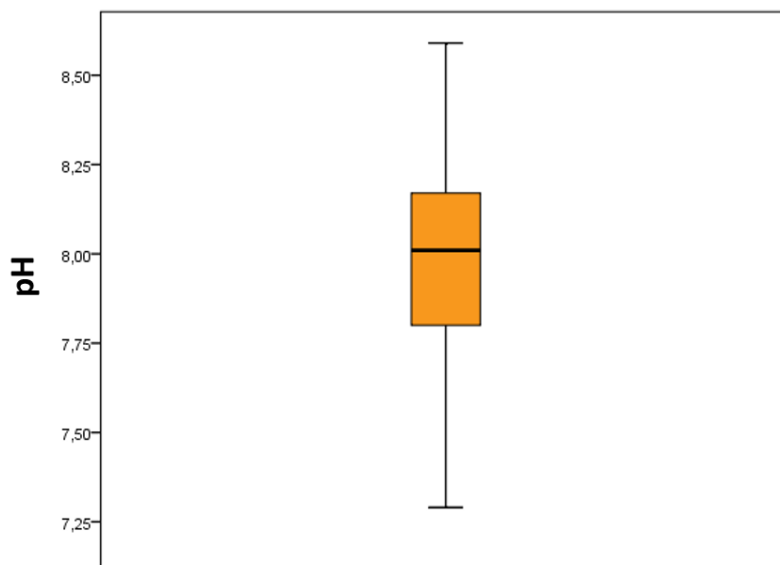
Στην εικόνα 5.84 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των τιμών EC στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται τιμές $< 400 \mu\text{S cm}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν με μπλε κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 400 \mu\text{S cm}^{-1}$ και $< 600 \mu\text{S cm}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 600 \mu\text{S cm}^{-1}$ και $< 800 \mu\text{S cm}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 800 \mu\text{S cm}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες τιμές EC καταγράφονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις που σε πολλές περιπτώσεις είναι $< 400 \mu\text{S cm}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στα δείγματα του ρέματος Σουλού, η EC είναι $> 800 \mu\text{S cm}^{-1}$.



Εικόνα 5.84 - Χάρτης χωρικής κατανομής για τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

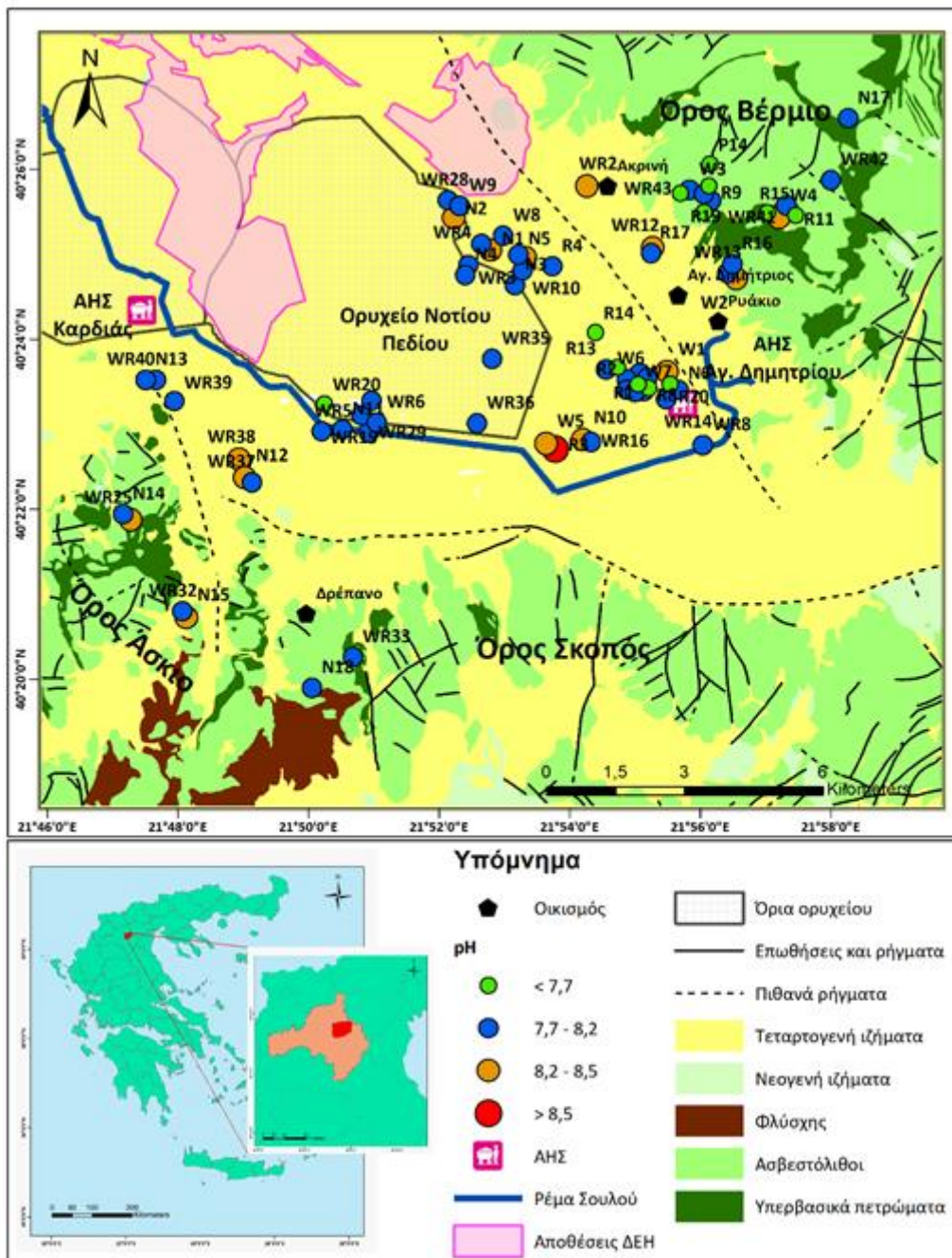
- Ενεργός οξύτητα (pH):** Η μέση τιμή pH είναι 7,98. Οι τιμές του κυμαίνονται από 7,29 έως 8,59, με εύρος 1,3 και τυπική απόκλιση 0,28. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.85), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 7,8, η διάμεσος 8 και το 3^ο τεταρτημόριο 8,2. Η διάμεσος είναι μεγαλύτερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι αρνητική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται αριστερά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3,

επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Τα δείγματα στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται από ελαφρώς αλκαλικό έως αλκαλικό χαρακτήρα. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ενδεικτική τιμή pH κυμαίνεται μεταξύ 6,5-9,5, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ενδεικτική τιμή κυμαίνεται μεταξύ 6,5 – 8,5. Μόνο ένα δείγμα (1,37%) υπερβαίνει την οριακή τιμή των 8,5 (WHO, 2011), ενώ όλα τα υπόλοιπα είναι μέσα στα ενδεικτικά όρια. Η μέση τιμή του pH στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 8,03, στις πηγές 7,85 και στο ρέμα Σουλού 8,04.



Εικόνα 5.85 - Θηκόγραμμα για τις τιμές pH για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

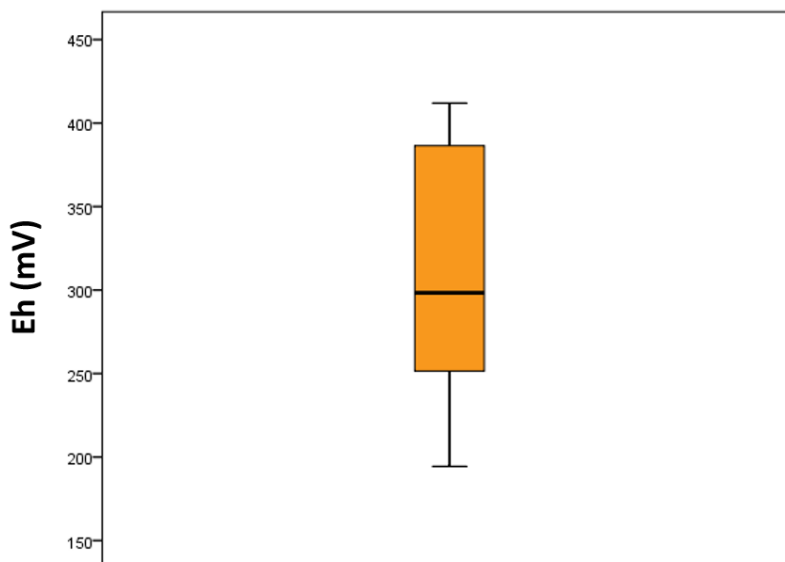
Στην εικόνα 5.86 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών pH στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται τιμές < 7,7 που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 7,7$ και < 8,2, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 8,2$ και < 8,5 και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται τιμές $\geq 8,5$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες τιμές του pH παρουσιάζονται σε κάποια δείγματα πηγών και αρδευτικών γεωτρήσεων που σε αρκετές περιπτώσεις είναι < 7,7, ενώ η υψηλότερη τιμή είναι σε μια αρδευτική γεώτρηση όπου η τιμή του pH ξεπερνά το θεσμοθετημένο όριο των 8,5 (WHO, 2011).



Εικόνα 5.86 - Χάρτης χωρικής κατανομής για τις τιμές pH για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh):** Η μέση τιμή Eh είναι 309,85 mV. Οι τιμές του κυμαίνονται από 194,4 mV έως 412 mV, με εύρος 217,6 mV και τυπική απόκλιση 67,9. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.87), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 251,5 mV, η διάμεσος 298,3 mV και το 3^ο τεταρτημόριο 386,4 mV. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας

παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ενδεικτική τιμή Eh βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση τιμή του Eh στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 318,78 mV, στις πηγές 292,43 mV και στο ρέμα Σουλού 277,23 mV.



Εικόνα 5.87 - Θηκόγραμμα για τις τιμές δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

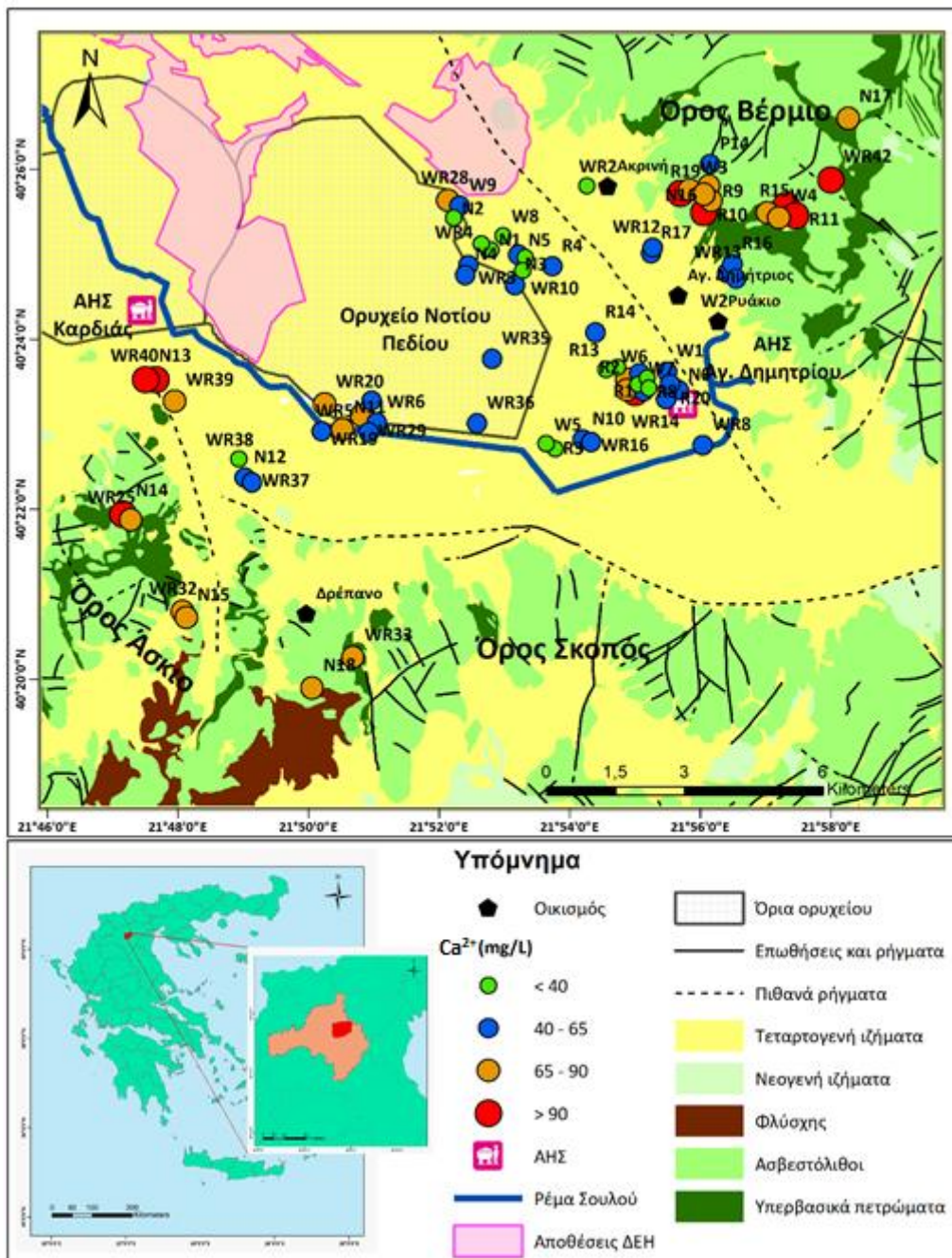
5.3.2 Κύρια ιόντα

5.3.2.1 Κύρια κατιόντα

Στην συνέχεια ακολουθεί ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών των κύριων κατιόντων (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, η σύγκρισή τους με τις οριακές τιμές/όρια του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων κύριων κατιόντων.

- **Ιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}):** Η μέση συγκέντρωση των Ca^{2+} είναι $60,18 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $22,7 \text{ mg L}^{-1}$ έως 115 mg L^{-1} , με εύρος $92,3 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $23,1$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.92), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $42,1 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $53,7 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $75,5 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο

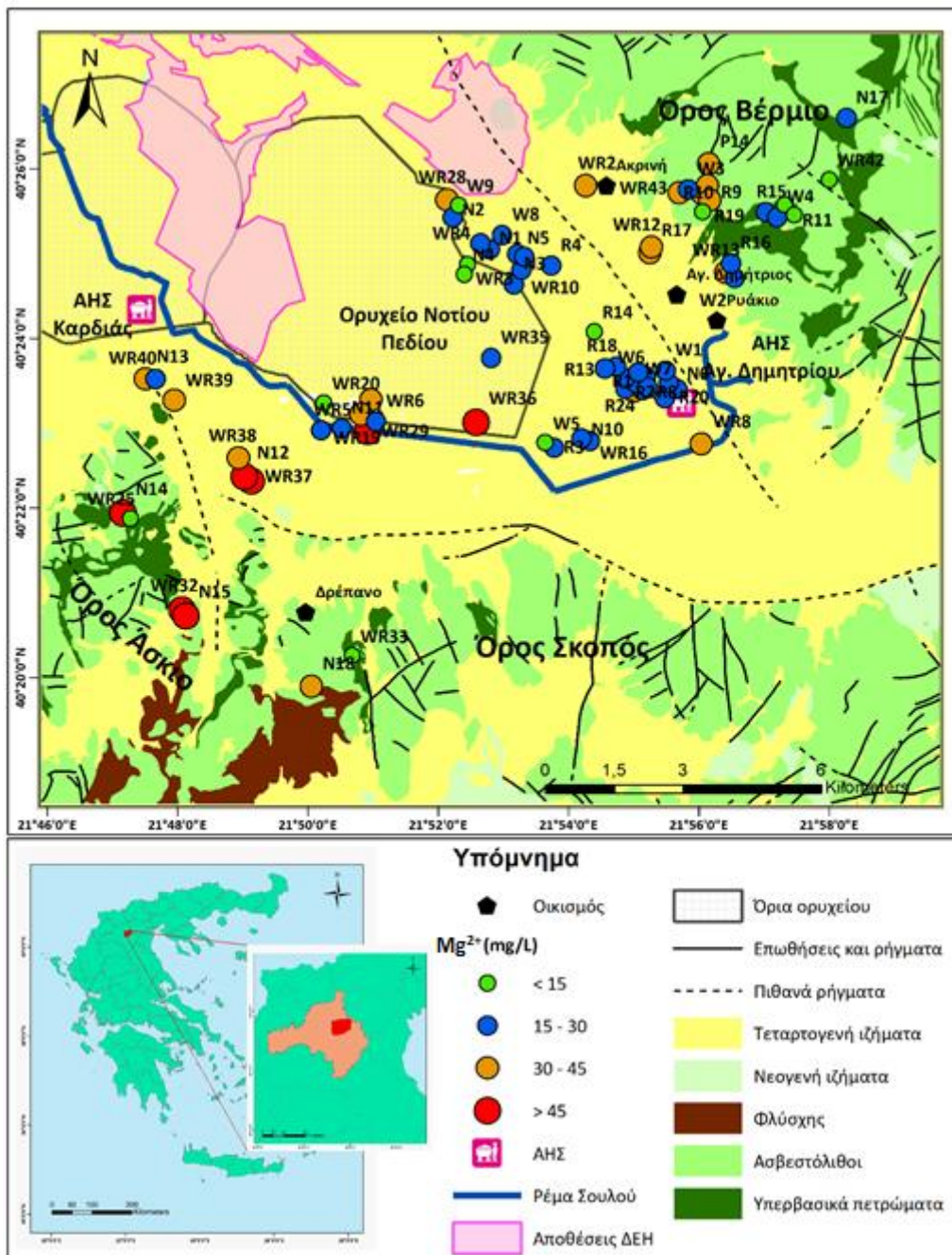
ποσιμότητας για τα Ca^{2+} βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Ca^{2+} στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $54,17 \text{ mg L}^{-1}$, στις πηγές $74,18 \text{ mg L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $67,02 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.88 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Ca^{2+} στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 40 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 40 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 65 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 65 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 90 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 90 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Ca^{2+} παρουσιάζονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στις πηγές του Βερμίου και στις αρδευτικές γεωτρήσεις που βρίσκονται στο δυτικό κομμάτι της λεκάνης Σαριγκιόλ, πλησίον του ΑΗΣ Καρδιάς.



Εικόνα 5.88 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Ιόντα μαγνησίου (Mg^{2+}):** Η μέση συγκέντρωση των Mg^{2+} είναι $25,2 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $3,1 \text{ mg L}^{-1}$ έως $59,3 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος $56,2 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $11,64$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.92), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $18,6 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $21,6 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $31,4 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται

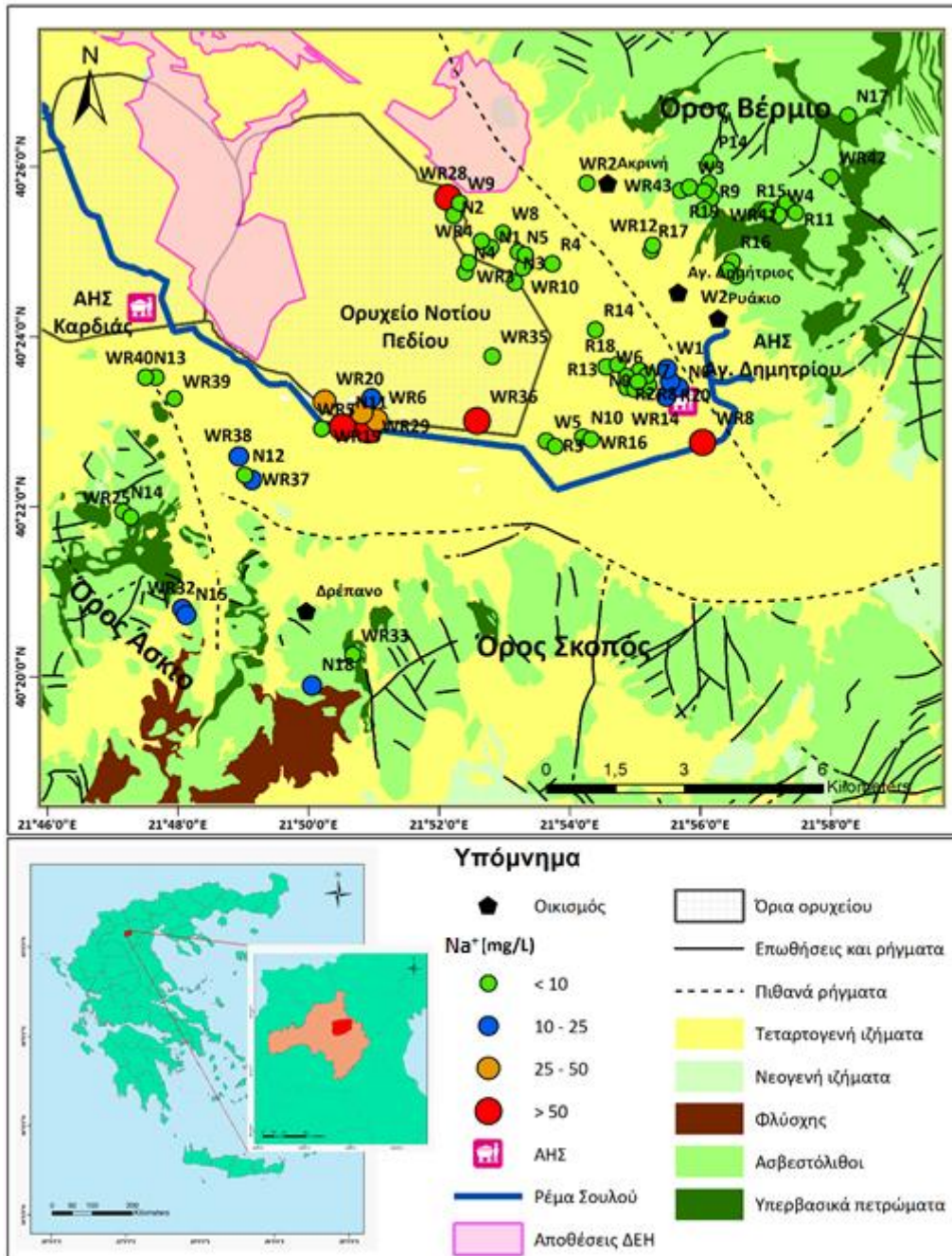
δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσिमότητας για τα Mg^{2+} βάσει των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Mg^{2+} στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $25,18 \text{ mg L}^{-1}$, στις πηγές $23,99 \text{ mg L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $33,53 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.89 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Mg^{2+} στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 15 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 15 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 30 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 30 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 45 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 45 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Mg^{2+} εντοπίζονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις που βρίσκονται στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις στο δυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ και σε ένα δείγμα επιφανειακού νερού του ρέματος Σουλού.



Εικόνα 5.89 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων μαγνησίου (Mg^{2+}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Ιόντα νατρίου (Na^+):** Η μέση συγκέντρωση των Na^+ είναι $10,98 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης έως $114,41 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση 19,28. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.92), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $2,35 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $4,13 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $9,4 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται

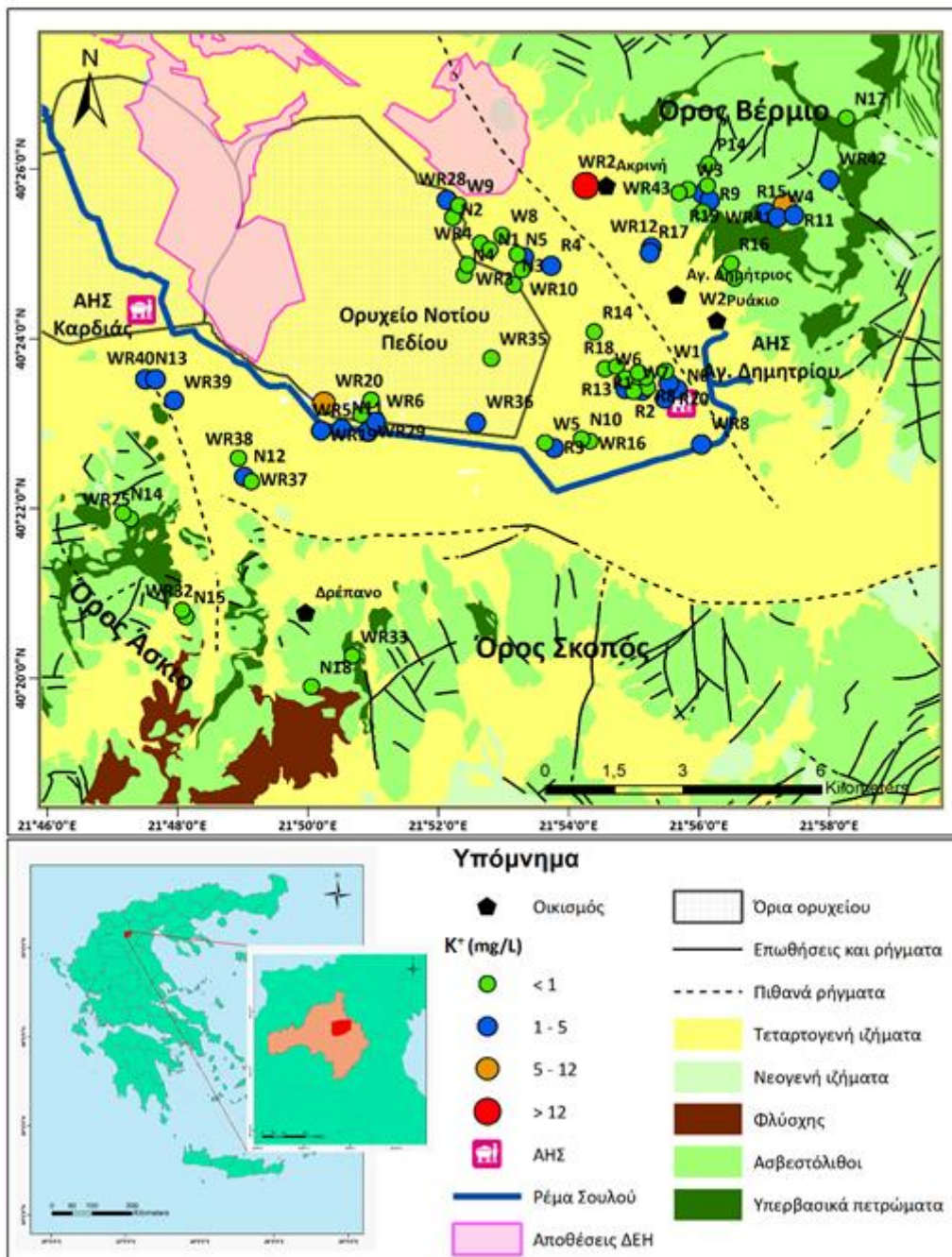
δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσιμότητας για τα Na^+ είναι η συγκέντρωση των 200 mg L^{-1} . Όλα τα δείγματα έχουν τιμή μικρότερη του ορίου αυτού. Η μέση συγκέντρωση Na^+ στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $9,9 \text{ mg L}^{-1}$, στις πηγές $2,65 \text{ mg L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $84,46 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.90 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Na^+ στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 10 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 25 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 25 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 50 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Na^+ παρουσιάζονται στις πηγές και στην πλειονότητα των αρδευτικών γεωτρήσεων, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στα δείγματα του ρέματος Σουλού.



Εικόνα 5.90 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων νατρίου (Na^+) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

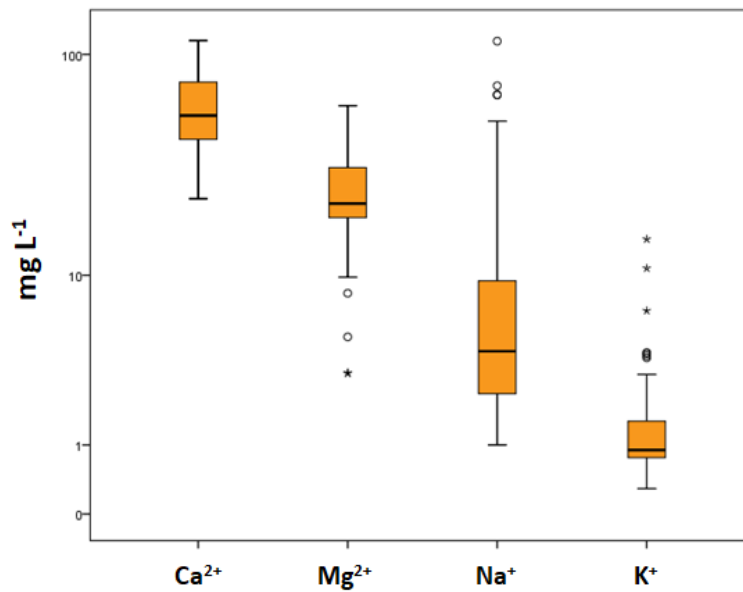
- Ιόντα καλίου (K^+):** Η μέση συγκέντρωση των K^+ είναι $1,61 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από $0,29 \text{ mg L}^{-1}$ έως $14,8 \text{ mg L}^{-1}$, με εύρος $14,51 \text{ mg L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση 2,19. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.92), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $0,76 \text{ mg L}^{-1}$, η διάμεσος $0,9 \text{ mg L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $1,54 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την

τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσιμότητας για τα K^+ είναι η συγκέντρωση των 12 mg L^{-1} . Μόνο ένα δείγμα (1,37%) υπερβαίνει την οριακή συγκέντρωση των 12 mg L^{-1} . Η μέση συγκέντρωση K^+ στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $1,5 \text{ mg L}^{-1}$, στις πηγές $1,64 \text{ mg L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $3,25 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.91 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων K^+ στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 5 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 12 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 12 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των K^+ παρουσιάζονται στις πηγές και την πλειονότητα των αρδευτικών γεωτρήσεων, ενώ η υψηλότερη συγκέντρωση καταγράφεται σε μια αρδευτική γεώτρηση στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 5.91 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων καλίου (K^+) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Η σειρά φθίνουσας κατάταξης των κύριων κατιόντων με βάση τη διάμεσο τιμή της συγκέντρωσής τους στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας είναι $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+$ (Εικόνα 5.92).



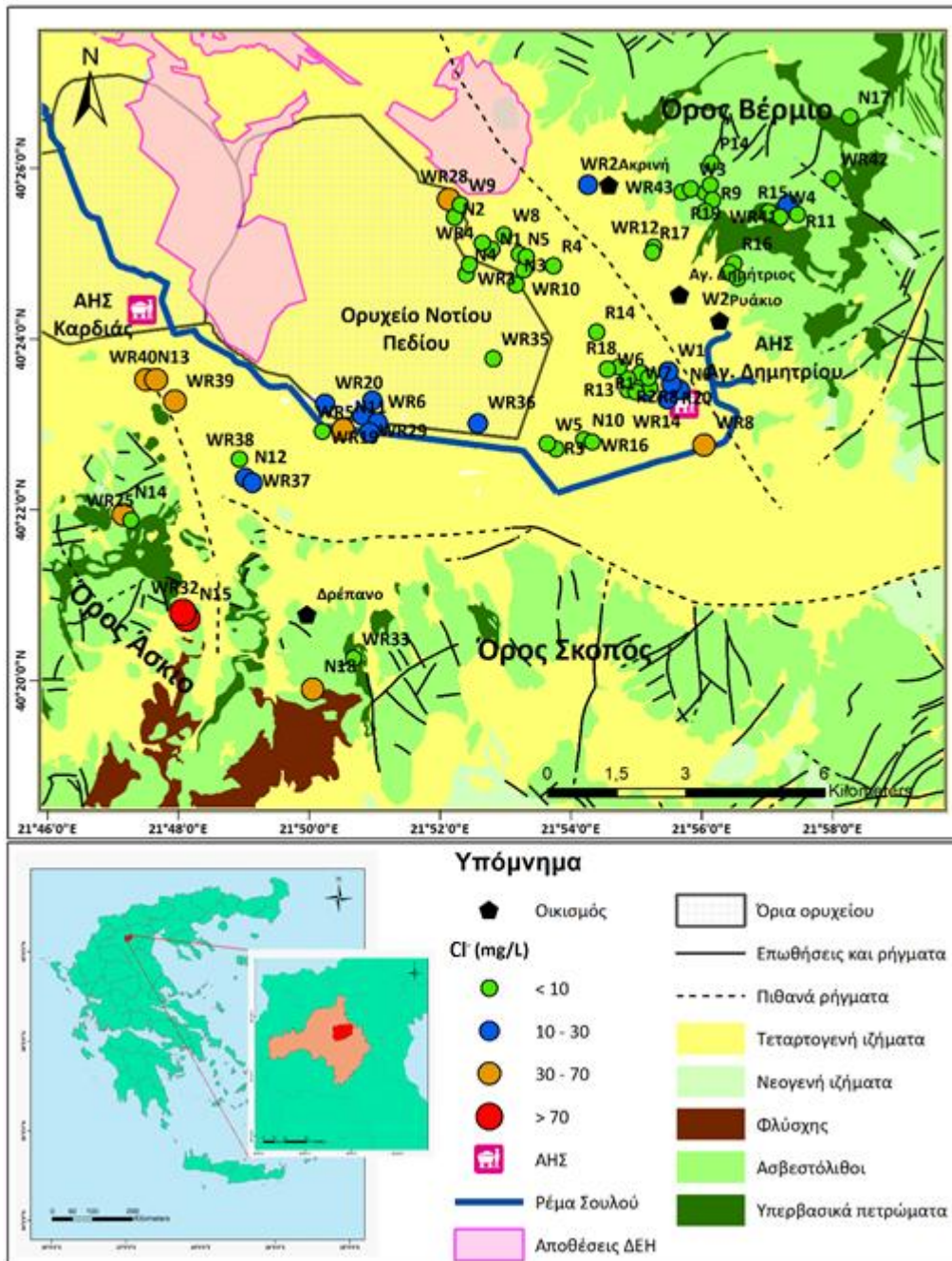
Εικόνα 5.92 - Θηκογράμματα για τα κύρια κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ και K^+) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

5.3.2.2 Κύρια ανιόντα

Στην συνέχεια ακολουθεί ανάλυση των περιγραφικών στατιστικών των κύριων ανιόντων (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, η σύγκρισή τους με τις οριακές τιμές/όρια του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011) καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων κύριων ανιόντων. Επιπροσθέτως, στο υποκεφάλαιο αυτό, εξετάστηκαν και τα NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} .

- Ιόντα χλωρίου (Cl^-):** Η μέση συγκέντρωση των Cl^- είναι $14,36 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης έως 121 mg L^{-1} , τυπική απόκλιση $23,41$ και διάμεσος 5 mg L^{-1} . Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσικότητας για τα Cl^- είναι η συγκέντρωση των 250 mg L^{-1} . Όλα τα δείγματα έχουν τιμή μικρότερη του ορίου αυτού. Η μέση συγκέντρωση Cl^- στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $16,4 \text{ mg L}^{-1}$, στις πηγές $4,2 \text{ mg L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 48 mg L^{-1} . Στην εικόνα 5.93 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cl^- στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις

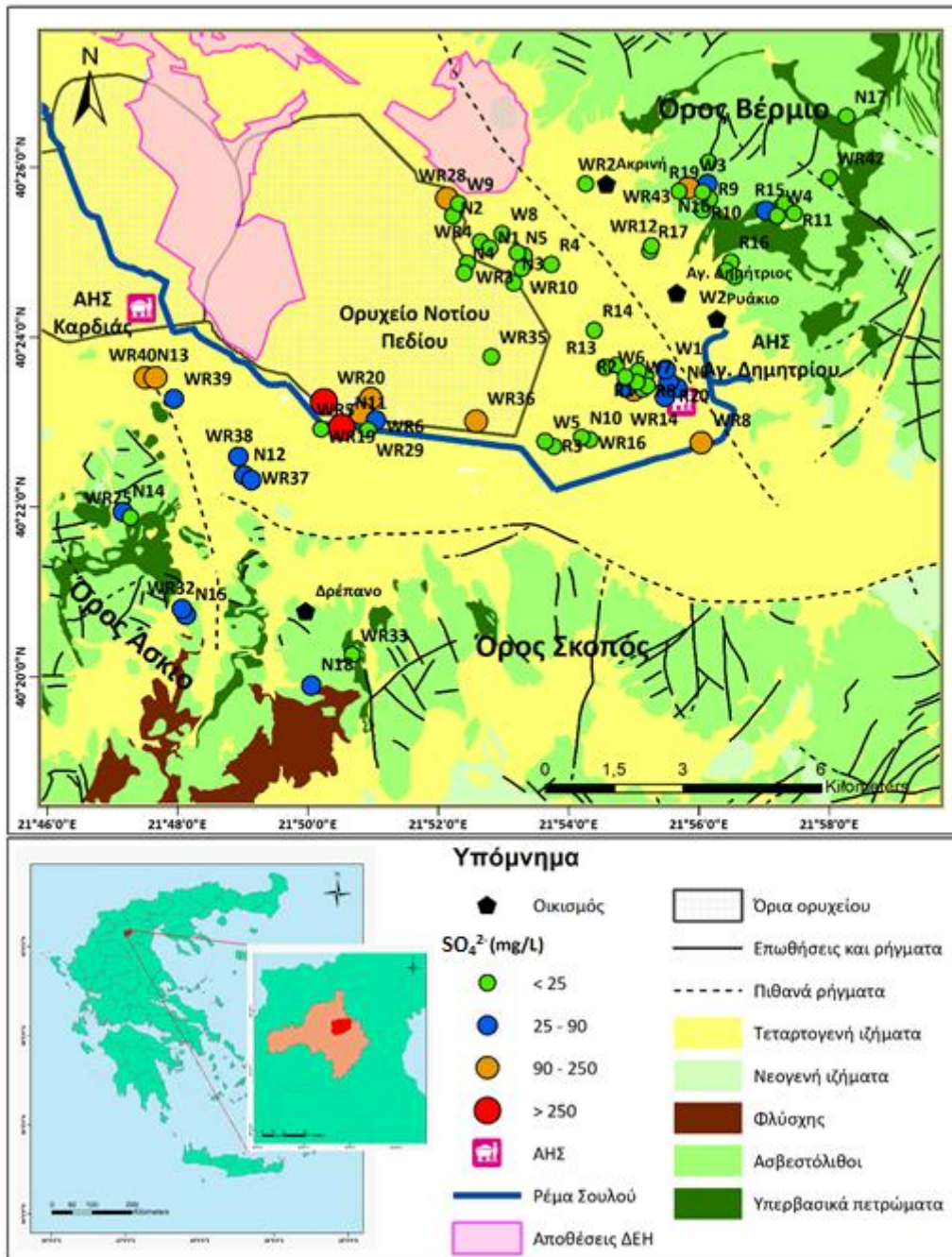
< 10 mg L⁻¹ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 10 mg L⁻¹ και < 30 mg L⁻¹, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 30 mg L⁻¹ και < 70 mg L⁻¹ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις ≥ 70 mg L⁻¹ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των Cl⁻ παρουσιάζονται στις πηγές και στην πλειονότητα των αρδευτικών γεωτρήσεων που βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ με συγκεντρώσεις < 10 mg L⁻¹, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ με συγκεντρώσεις > 70 mg L⁻¹.



Εικόνα 5.93 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ιόντων χλωρίου (Cl⁻) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Θειικά ιόντα (SO₄²⁻):** Η μέση συγκέντρωση των SO₄²⁻ είναι 49,03 mg L⁻¹. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης έως 662 mg L⁻¹, τυπική απόκλιση 96,11 και διάμεσο 19 mg L⁻¹. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων

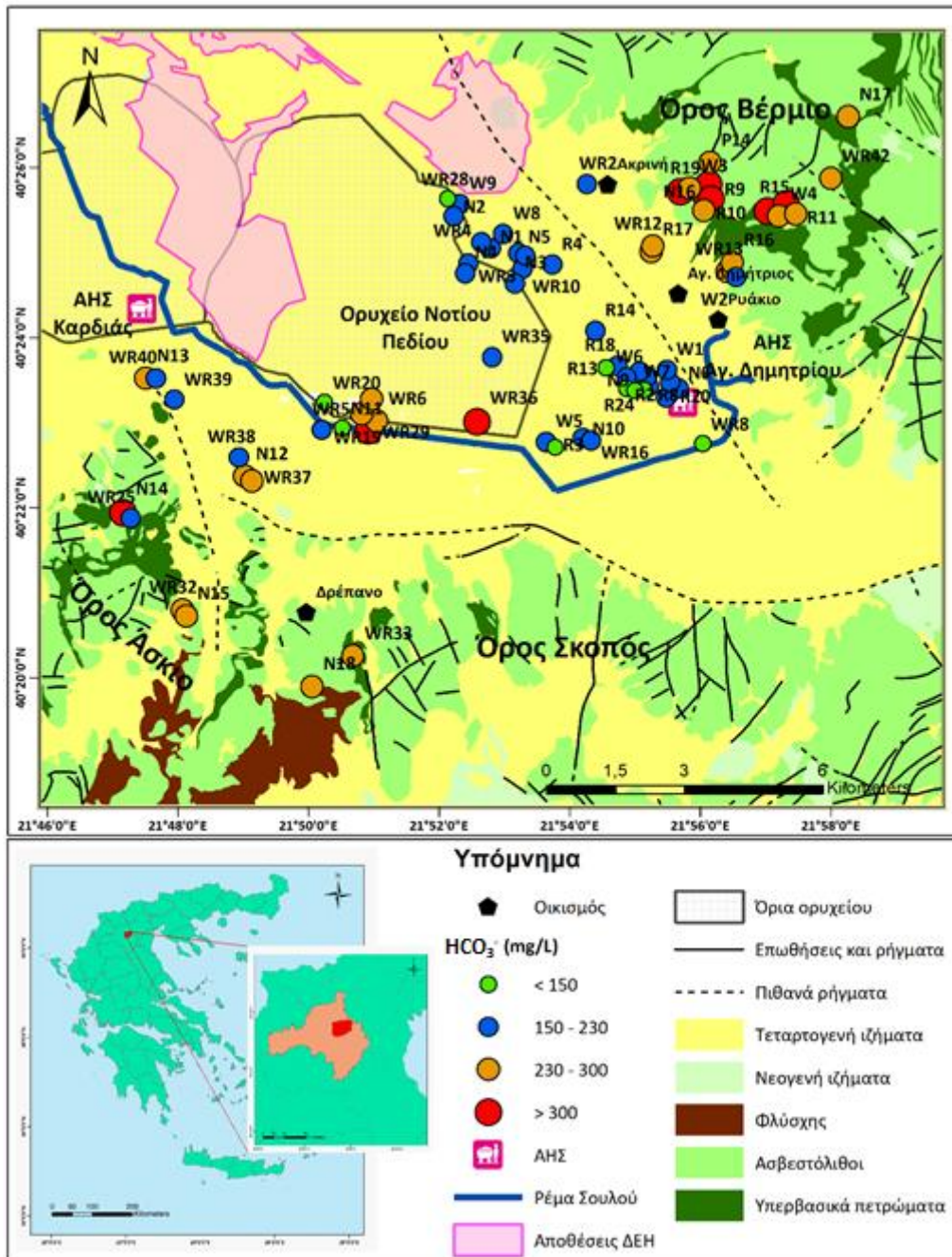
έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσικότητας για τα SO_4^{2-} είναι η συγκέντρωση των 250 mg L^{-1} . Το 97,26% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 2,74% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση SO_4^{2-} στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $49,24 \text{ mg L}^{-1}$, στις πηγές 24 mg L^{-1} και στο ρέμα Σουλού $212,33 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.94 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων SO_4^{2-} στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 25 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 25 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 90 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 90 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 250 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 250 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των SO_4^{2-} παρουσιάζονται στις πηγές και στην πλειονότητα των αρδευτικών γεωτρήσεων που βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ με συγκεντρώσεις $< 25 \text{ mg L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε μια αρδευτική γεώτρηση και σε ένα δείγμα επιφανειακού νερού του ρέματος Σουλού όπου οι συγκεντρώσεις $> 250 \text{ mg L}^{-1}$.



Εικόνα 5.94 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων θεικών ιόντων (SO_4^{2-}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-):** Η μέση συγκέντρωση των HCO_3^- είναι $219,63 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από 79 mg L^{-1} έως 377 mg L^{-1} με εύρος 298 mg L^{-1} και τυπική απόκλιση $64,78$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.97), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 167 mg L^{-1} , η διάμεσος 212 mg L^{-1} και το 3^ο τεταρτημόριο 262 mg L^{-1} . Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται

δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτατο όριο ποσिमότητας για τα HCO_3^- βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση HCO_3^- στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $197,68 \text{ mg L}^{-1}$, στις πηγές $281,7 \text{ mg L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $171,67 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.95 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων HCO_3^- στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 150 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 150 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 230 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 230 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 300 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 300 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ με συγκεντρώσεις $< 150 \text{ mg L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στις πηγές, σε δύο αρδευτικές γεωτρήσεις που βρίσκονται στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης και σε ένα δείγμα επιφανειακού νερού του ρέματος Σουλού με συγκεντρώσεις $> 300 \text{ mg L}^{-1}$.



Εικόνα 5.95 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

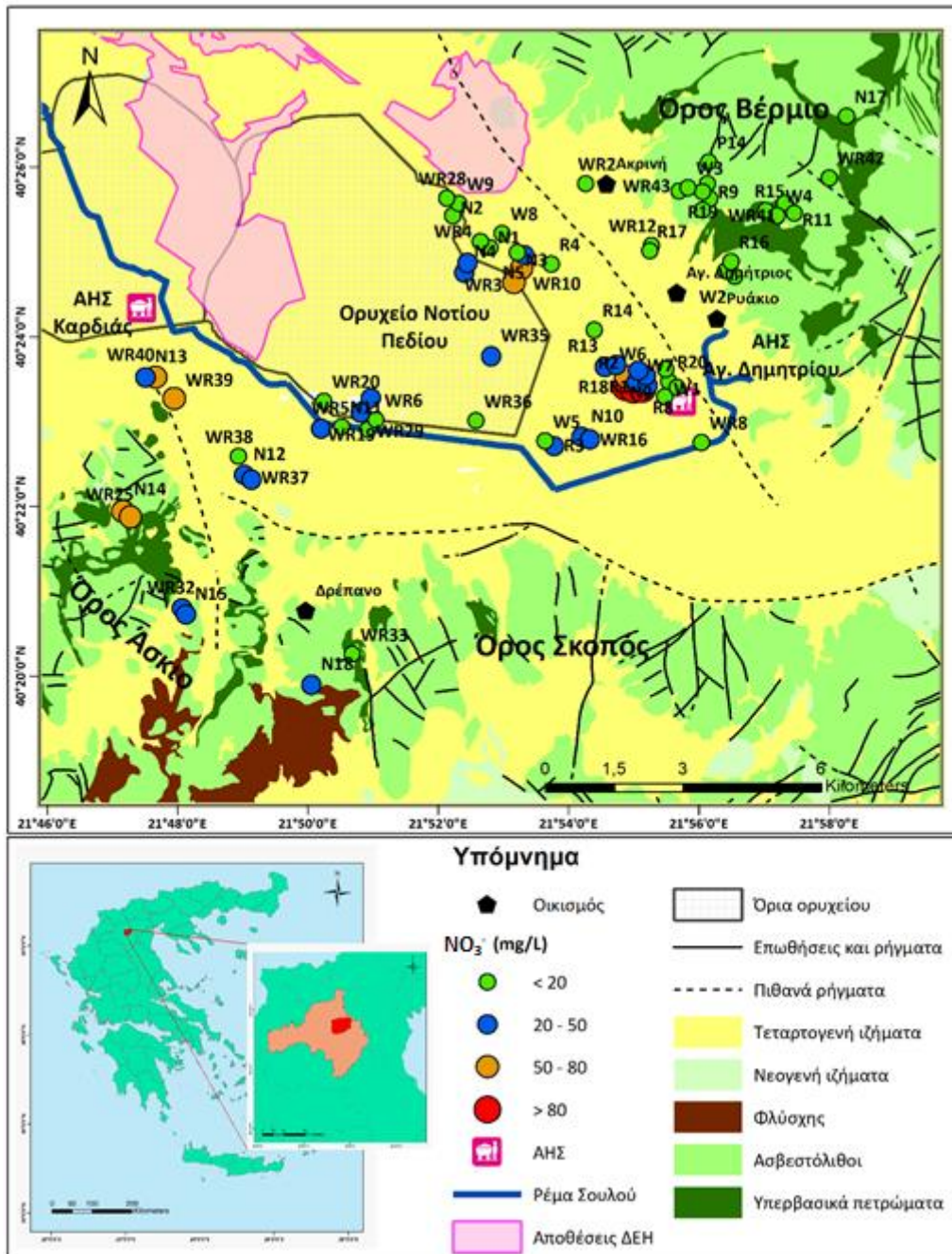
- Ιόντα νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνίου και φωσφορικά (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}):** Η μέση συγκέντρωση των NO_3^- είναι $23,63 \text{ mg L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης έως 138 mg L^{-1} , τυπική απόκλιση $27,71$ και διάμεσο $17,1 \text{ mg L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η

κυρτότητα είναι μεγαλύτερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει λεπτόκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο όριο ποσικότητας για τα NO_3^- είναι η συγκέντρωση των 50 mg L^{-1} . Το 86,3% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 13,7% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση NO_3^- στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $32,79 \text{ mg L}^{-1}$, στις πηγές $3,51 \text{ mg L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $5,13 \text{ mg L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.96 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων NO_3^- στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 20 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 20 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 50 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 80 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 80 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις των NO_3^- παρουσιάζονται στις πηγές και στις αρδευτικές γεωτρήσεις που βρίσκονται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ με συγκεντρώσεις $< 20 \text{ mg L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου με συγκεντρώσεις $> 80 \text{ mg L}^{-1}$.

Σε τρία δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση NO_2^- , με εύρος τιμών $0,06-1,84 \text{ mg L}^{-1}$ στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Πιο συγκεκριμένα, και τα τέσσερα δείγματα ανήκουν στις αρδευτικές γεωτρήσεις, ενώ στα υπόλοιπα δείγματα, οι συγκεντρώσεις NO_2^- είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης.

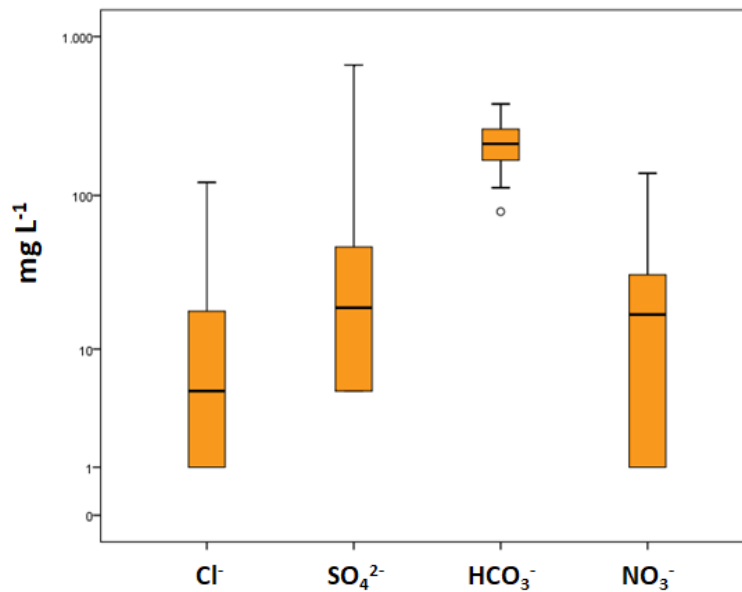
Σε επτά δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση NH_4^+ , με εύρος τιμών $0,05-0,51 \text{ mg L}^{-1}$. Πιο συγκεκριμένα, από τις συγκεντρώσεις, που μετρήθηκαν, τα δύο δείγματα ανήκουν στις πηγές, τα τρία δείγματα στις αρδευτικές γεωτρήσεις και τα εναπομείναντα δύο στο ρέμα Σουλού. Στα υπόλοιπα δείγματα, οι συγκεντρώσεις NH_4^+ είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης.

Σε όλα τα δείγματα οι συγκεντρώσεις PO_4^{3-} είναι χαμηλότερες του ορίου ποσοτικοποίησης.



Εικόνα 5.96 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων (NO₃⁻) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Η σειρά φθίνουσας κατάταξης των κύριων ανιόντων με βάση τη διάμεσο τιμή της συγκέντρωσής τους στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας είναι HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > NO₃⁻ > Cl⁻ (Εικόνα 5.97).



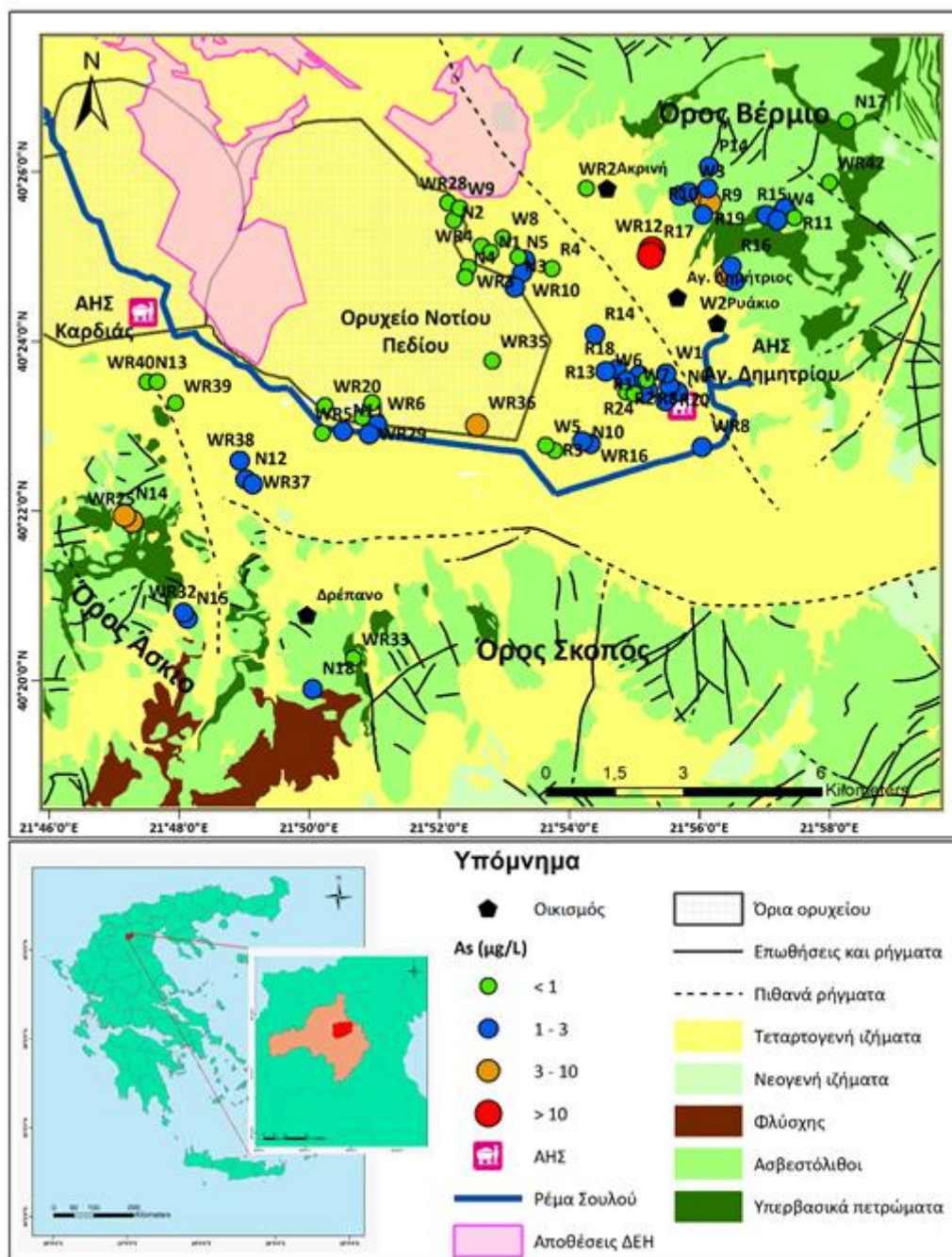
Εικόνα 5.97 - Θηκογράμματα για τα κύρια ανιόντα (Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ και NO₃⁻) για τα 73 δείγματα της δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

5.3.3 Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία

Τα δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία των 73 δειγμάτων, που αναλύθηκαν, στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας είναι τα εξής: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Co, Cr, Cr⁶⁺, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zn, Zr. Στη συνέχεια ακολουθεί σύγκριση με τις ανώτατες αποδεκτές συγκεντρώσεις ποσότητας του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και του ΠΟΥ (WHO, 2011), καθώς και χάρτες χωρικής κατανομής επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

- **Άργυρος (Ag):** Σε 11 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Ag, με εύρος τιμών 0,07-2,91 μg L⁻¹. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Ag είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 μg L⁻¹.
- **Αργίλιο (Al):** Σε 53 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Al, με εύρος τιμών 1-1546 μg L⁻¹. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Al είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 1 μg L⁻¹.
- **Αρσενικό (As):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης As είναι 2,46 μg L⁻¹ και οι συγκεντρώσεις As κυμαίνονται από <0,04 έως 49,1 μg L⁻¹. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο για το As είναι η συγκέντρωση των 10 μg L⁻¹. Δύο

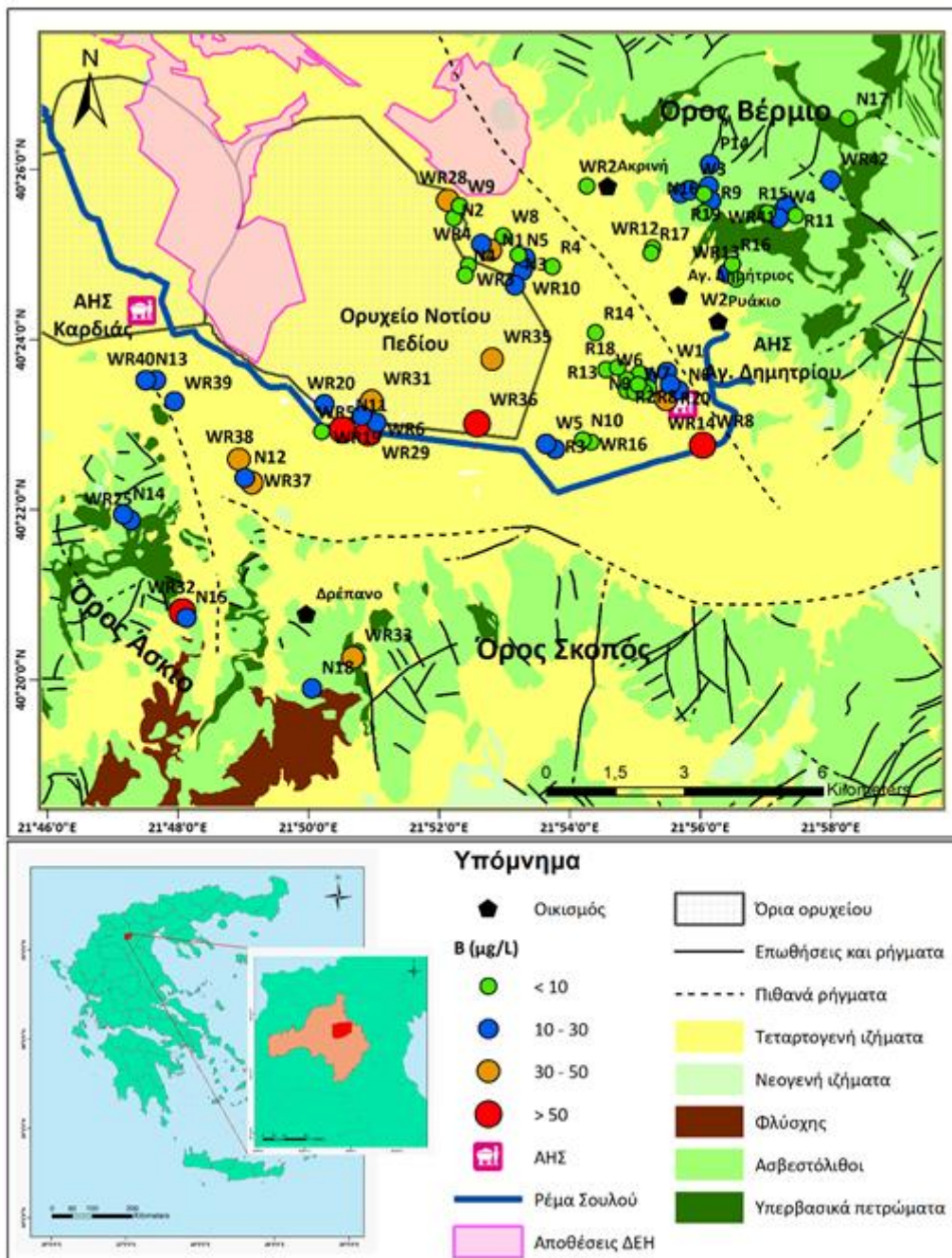
δείγματα (WR12 και R17) (2,74%) υπερβαίνουν την συγκέντρωση των $10 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ όλα τα υπόλοιπα βρίσκονται κάτω από αυτή τη συγκέντρωση. Τα δείγματα αυτά ανήκουν στις πηγές και συγκεκριμένα στην πηγή Αγ. Δημητρίου. Η μέση συγκέντρωση As στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $1,26 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $5,63 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $1,3 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.98 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων As στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 3 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 3 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του As παρουσιάζονται στην πλειονότητα των αρδευτικών γεωτρήσεων και ειδικότερα σε αυτές που βρίσκονται στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στις πηγές με συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν το θεσμοθετημένο όριο των $10 \mu\text{g L}^{-1}$ (WHO, 2011).



Εικόνα 5.98 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Χρυσός (Au):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Au είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βόριο (B):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης B είναι $20,15 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις B κυμαίνονται από $<0\text{A}$ έως $117 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση για το B είναι $1000 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση είναι $2400 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση B στις αρδευτικές γεωτρήσεις

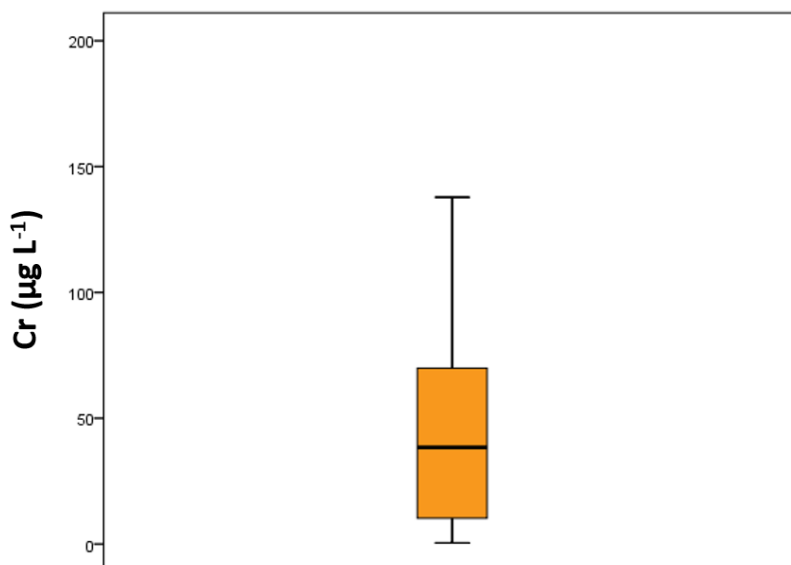
είναι $17,78 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $12,55 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $110,33 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.99 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Β στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 30 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 30 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Β παρουσιάζονται στις πηγές και στην πλειονότητα των αρδευτικών γεωτρήσεων που βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ με συγκεντρώσεις $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στα δείγματα του ρέματος Σουλού και σε μια αρδευτική γεώτρηση στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ με συγκεντρώσεις $> 50 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.99 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βορίου (B) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

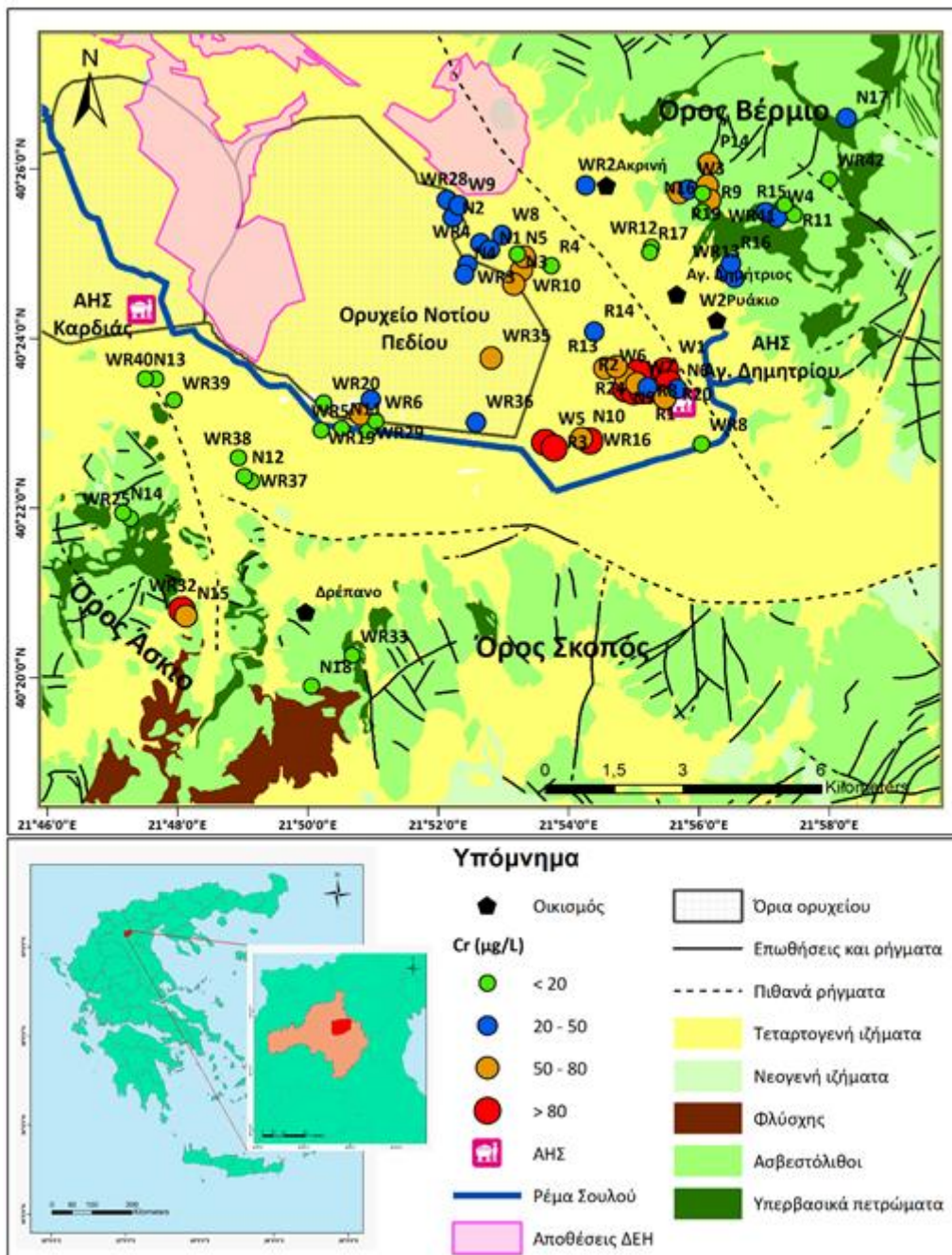
- Βάριο (Ba):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Ba είναι $33,63 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Ba κυμαίνονται από $4,71 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $77,09 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο Ba είναι η συγκέντρωση των $700 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση Ba στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $33,63 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $13,95 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $24,30 \mu\text{g L}^{-1}$.

- **Βηρύλλιο (Be):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Be είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βισμούθιο (Bi):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Bi είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βρώμιο (Br):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Br είναι 42,53 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Br κυμαίνονται από 9 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 281 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση Br βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Br στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 47,14 $\mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές 18,75 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 124,33 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Κάδμιο (Cd):** Σε 14 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Cd, με εύρος τιμών 0,07-0,64 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Cd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Κοβάλτιο (Co):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Co είναι 0,16 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Co κυμαίνονται από <OA έως 2,11 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση Co βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Co στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 0,14 $\mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές 0,20 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 0,07 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Χρώμιο (Cr):** Η μέση συγκέντρωση του Cr είναι 41,98 $\mu\text{g L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από <OA $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 137,8 $\mu\text{g L}^{-1}$ με τυπική απόκλιση 34,31. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.100), το 1^ο τεταρτημόριο είναι 10,3 $\mu\text{g L}^{-1}$, η διάμεσος 38,4 $\mu\text{g L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο 69,9 $\mu\text{g L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο Cr είναι η συγκέντρωση των 50 $\mu\text{g L}^{-1}$. Το 63,01% των δειγμάτων έχει τιμή μικρότερη του ορίου αυτού, ενώ το 36,99% το υπερβαίνει. Η μέση συγκέντρωση Cr στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 50,03 $\mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές 27,43 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 4,83 $\mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.100 - Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις ολικού χρωμίου (Cr) για τα 73 δείγματα της δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

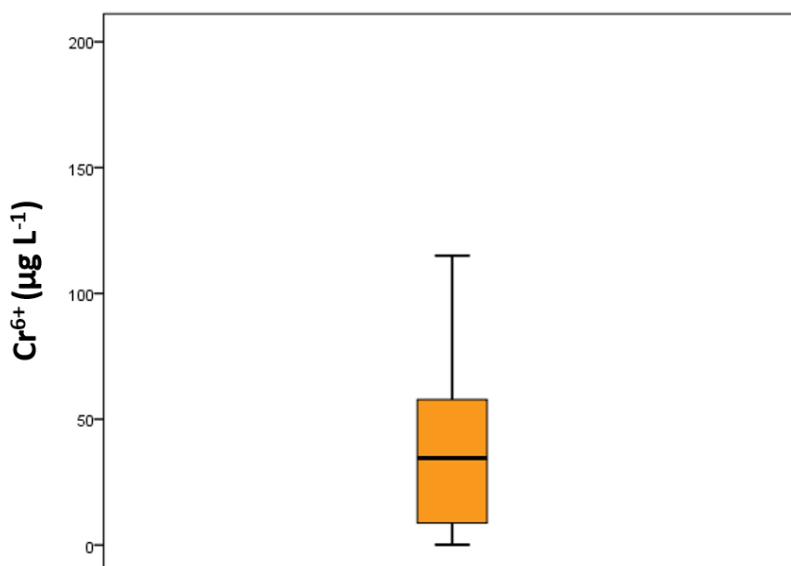
Στην εικόνα 5.101 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cr στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 20 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 80 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 80 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Cr παρουσιάζονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και σε μια αρδευτική γεώτρηση στα νοτιοδυτικό της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $> 80 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.101 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

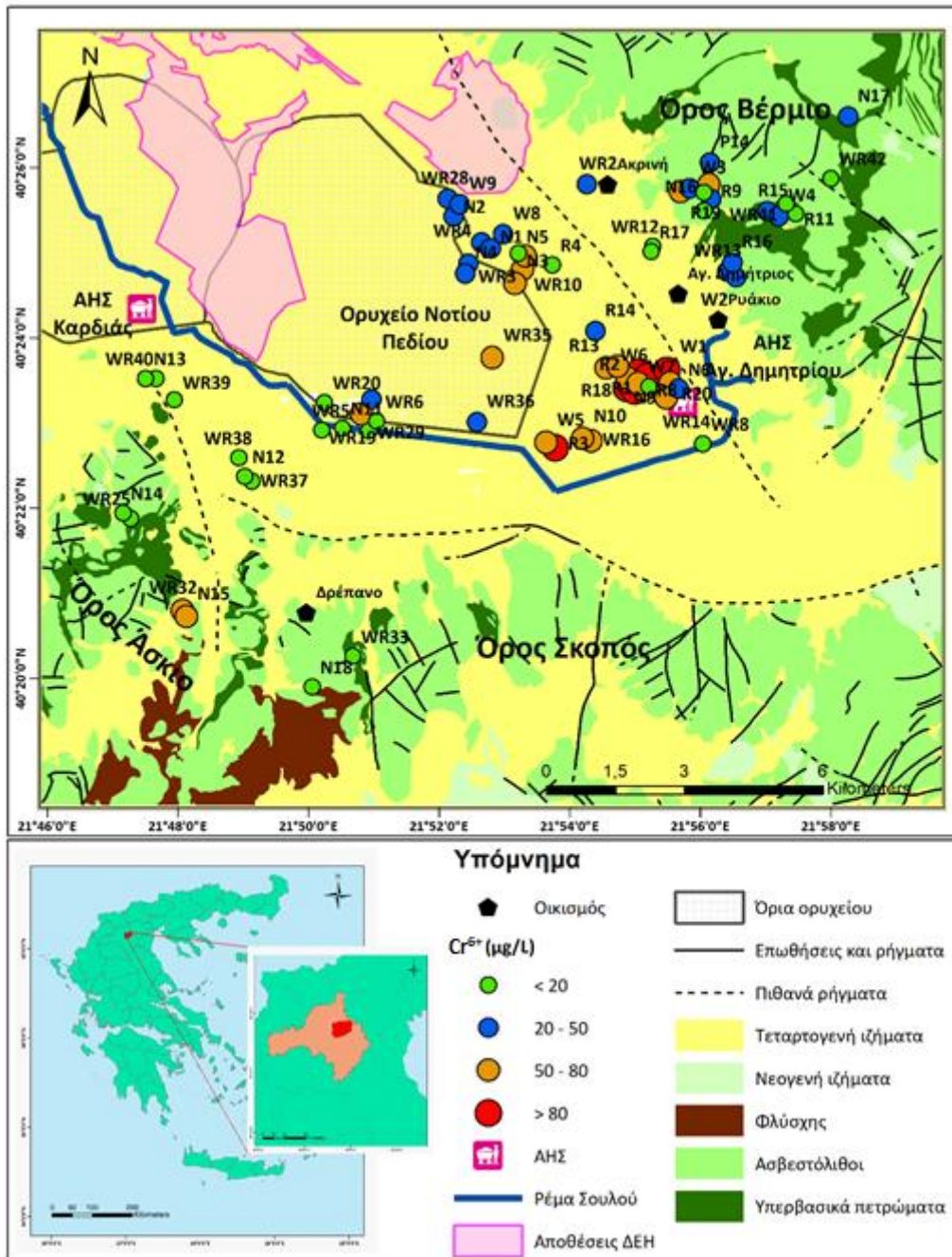
- Εξασθενές χρώμιο (Cr^{6+}):** Η μέση συγκέντρωση του Cr^{6+} είναι $43,54 \mu\text{g L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από <OA έως $115 \mu\text{g L}^{-1}$, με εύρος $114,1 \mu\text{g L}^{-1}$ και τυπική απόκλιση $29,31$. Σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Εικόνα 5.102), το 1^ο τεταρτημόριο είναι $8,7 \mu\text{g L}^{-1}$, η διάμεσος $34,6 \mu\text{g L}^{-1}$ και το 3^ο τεταρτημόριο $57,8 \mu\text{g L}^{-1}$. Η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των δειγματικών τιμών εμφανίζουν την τάση της συσσώρευσης προς τις μικρότερες τιμές. Η ασυμμετρία είναι θετική, οι περισσότερες παρατηρήσεις, η διάμεσος και η μέση τιμή προβάλλονται δεξιά

της μέγιστης συχνότητας παρατηρήσεων. Η κυρτότητα είναι μικρότερη του 3, επομένως η κατανομή των δειγμάτων έχει πλατύκυρτη μορφή. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση Cr^{6+} βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Cr^{6+} στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $43,54 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $23,83 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $4,3 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.102 – Θηκόγραμμα για τις συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

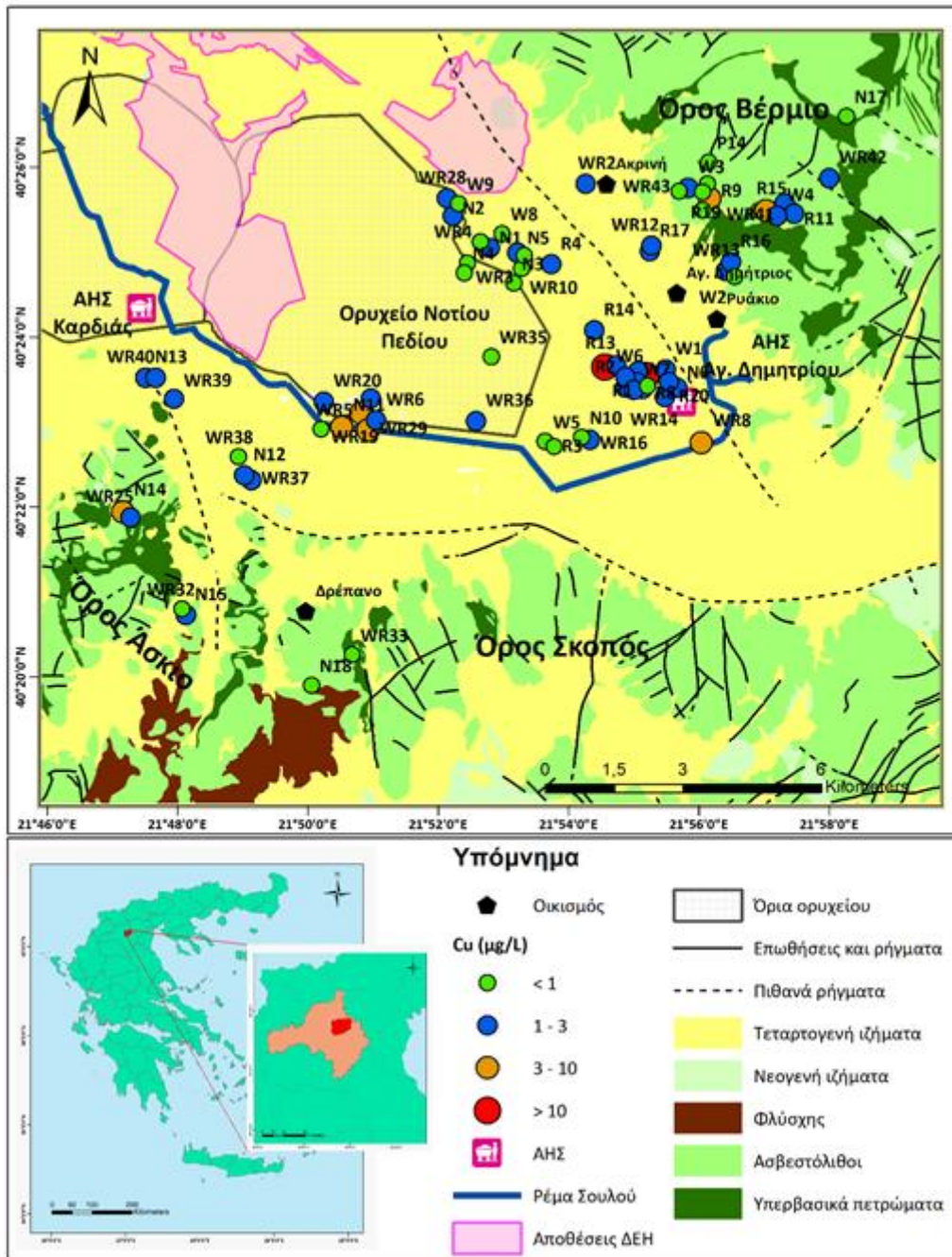
Στην εικόνα 5.103 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cr^{6+} στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 20 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 80 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 80 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Cr^{6+} παρουσιάζονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου με συγκεντρώσεις $> 80 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.103 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Καίσιο (Cs):** Σε 33 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Cs, με εύρος τιμών 0,01-0,17 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Cs είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Χαλκός (Cu):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Cu είναι 2,08 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Cu κυμαίνονται από 0,3 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 19,30 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο ποσιμότητας Cu είναι η συγκέντρωση των 2000 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η

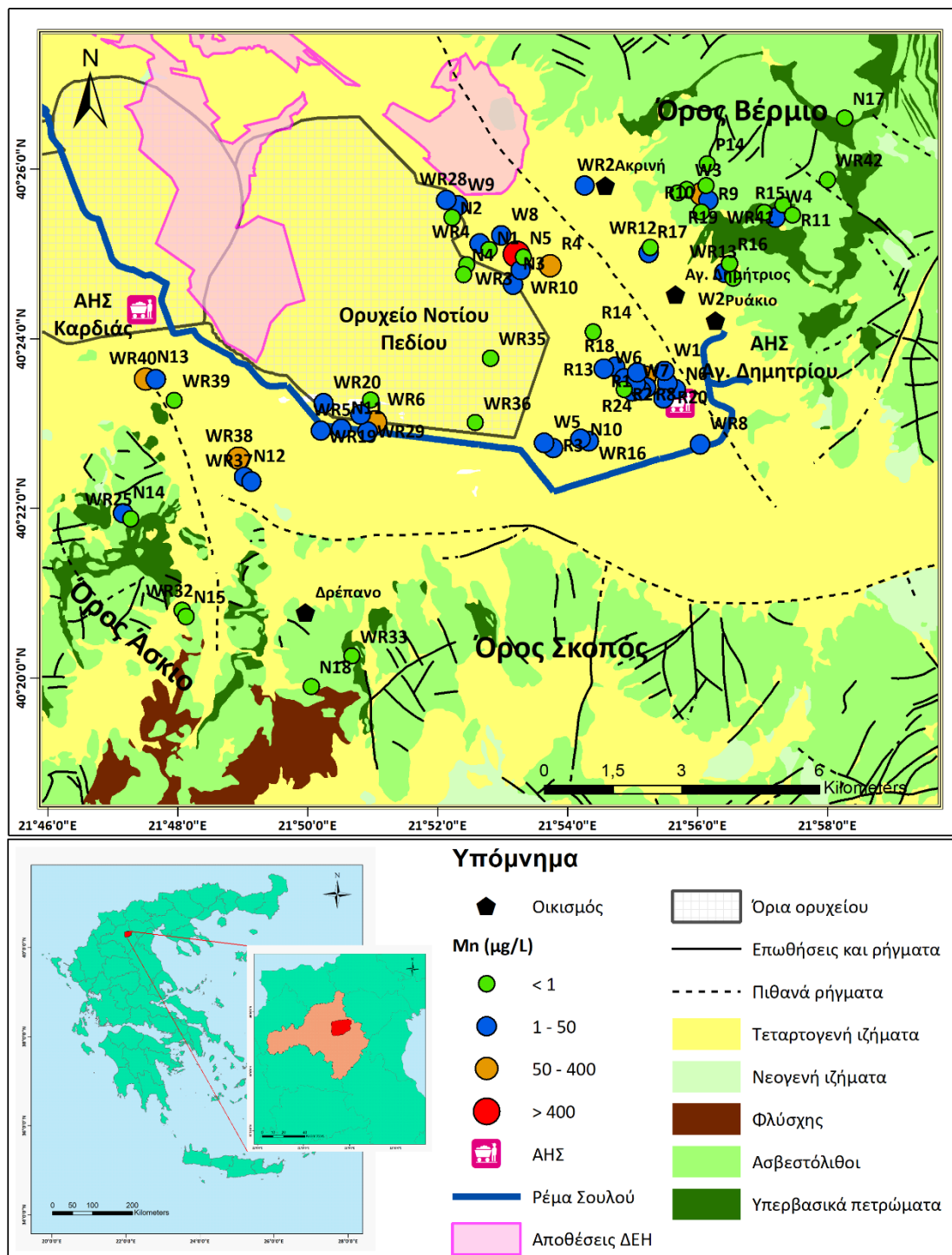
μέση συγκέντρωση Cu στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $2,08 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $1,78 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $4,07 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.104 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Cu στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 3 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 3 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Cu παρουσιάζονται στην πλειονότητα των αρδευτικών γεωτρήσεων στο κεντρικό και βόρειο της περιοχής μελέτης και στις πηγές με συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις, πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και σε μια αρδευτική γεώτρηση στα νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $> 10 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.104 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων χαλκού (Cu) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Σίδηρος (Fe):** Σε οκτώ δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Fe, με εύρος τιμών 19-16168 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Fe είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$. Μόνο σε δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων προσδιορίστηκαν συγκεντρώσεις Fe >OA.
- **Γάλλιο (Ga):** Σε πέντε δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Ga, με εύρος τιμών 0,06-0,25 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Ga είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$.

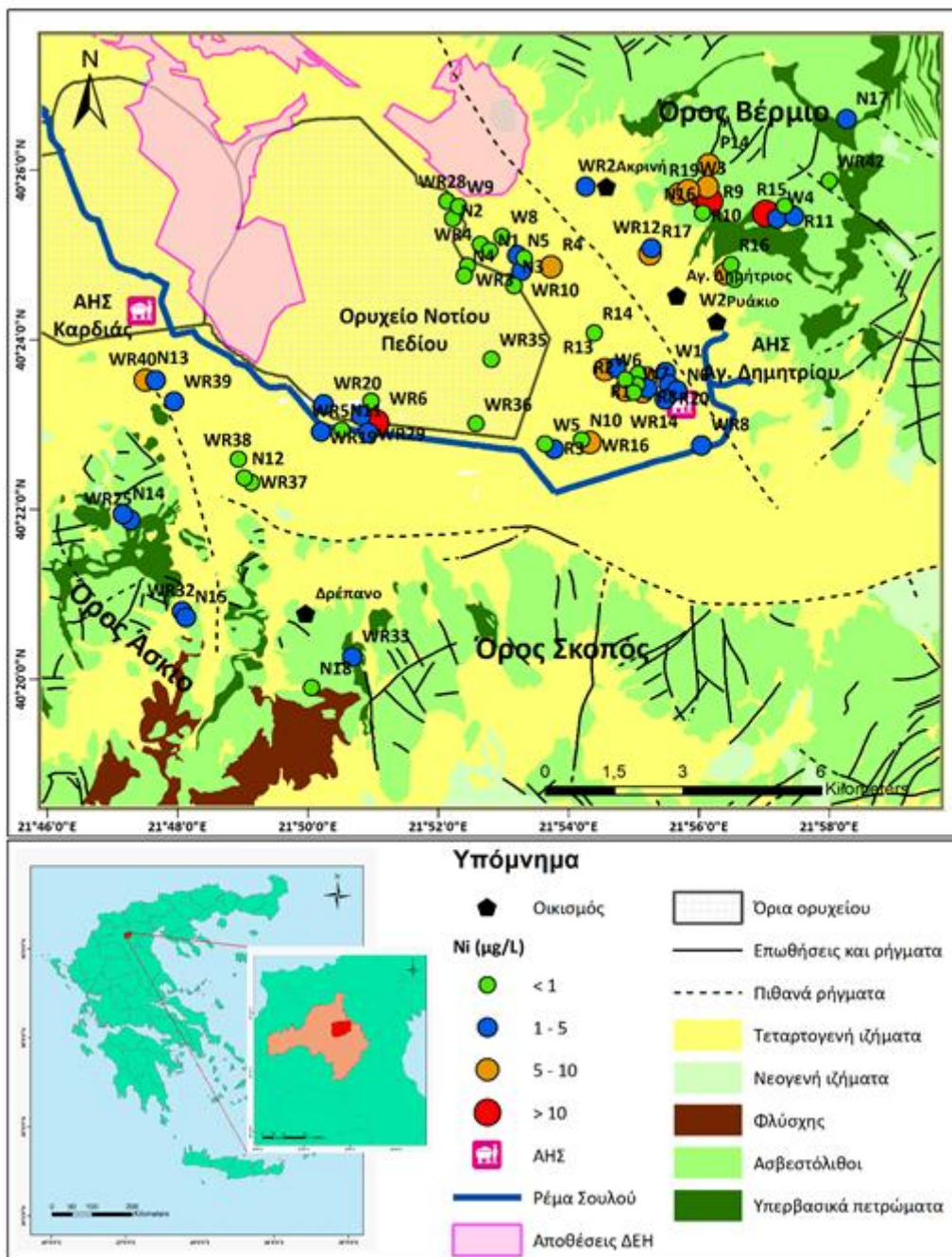
- **Γερμάνιο (Ge):** Σε εννιά δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Ge, με εύρος τιμών 0,05-0,15 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Ge είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Άφνιο (Hf):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Hg είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Υδράργυρος (Hg):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Hg είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ίνδιο (In):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση In ίση με 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση In είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λίθιο (Li):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Li είναι 1,97 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Li κυμαίνονται από <OA έως 10,70 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Li βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Li στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 1,79 $\mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές 1,36 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 9,17 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Μαγγάνιο (Mn):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Mn είναι 26,45 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Mn κυμαίνονται από <OA έως 848,80 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Mn είναι 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι 400 $\mu\text{g L}^{-1}$. Το 90,41% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση μικρότερη του 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ το 9,59% το υπερβαίνει. Μόνο ένα δείγμα (1,37%) παρουσιάζει συγκέντρωση Mn μεγαλύτερη του ορίου του ΠΟΥ των 400 $\mu\text{g L}^{-1}$ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Mn στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 32,39 $\mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές 14,82 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 5,10 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.105 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Mn στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις < 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και < 400 $\mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 400 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Mn εντοπίζονται στις πηγές και σε αρδευτικές γεωτρήσεις στο νοτιοδυτικό και κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις < 1 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις στο βόρειο τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ και πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου με συγκεντρώσεις > 100 $\mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.105 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων μαγγανίου (Mn) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Μολυβδαίνιο (Μο):** Σε 35 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Μο, με εύρος τιμών 0,1-8,90 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Μο είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Μο μετρήθηκαν στα δείγματα του Σουλού.

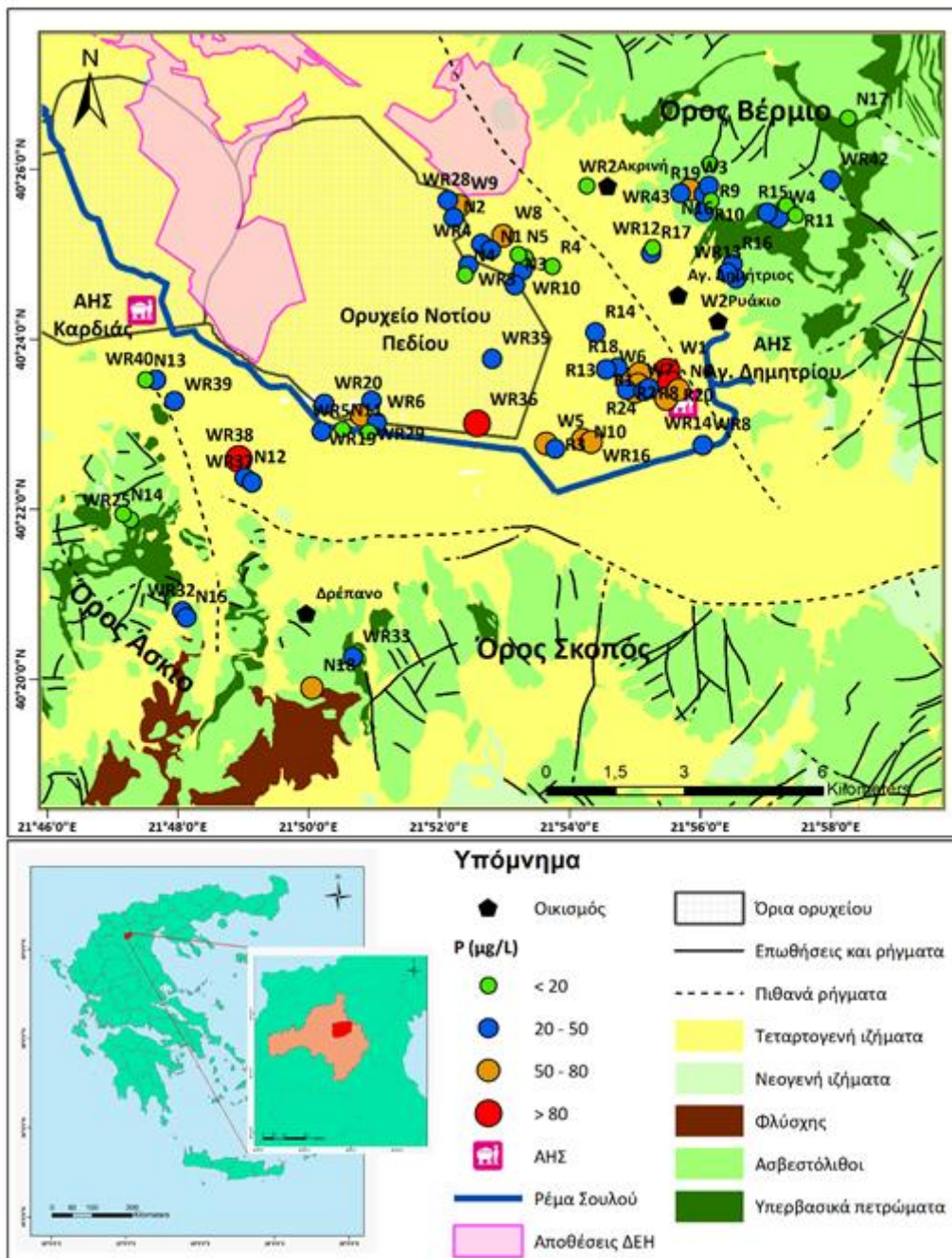
- **Νιόβιο (Nb):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Nb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Νικέλιο (Ni):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Ni είναι 2,78 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Ni κυμαίνονται από 0,2 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 15,7 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας B είναι 20 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι 70 $\mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από τις οριακές συγκεντρώσεις. Η μέση συγκέντρωση Ni στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 1,99 $\mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές 4,89 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 1,80 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.106 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Ni στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 5 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 5 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Ni παρουσιάζονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις στο βόρειο, δυτικό και κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στις πηγές του Βερμίου και σε μια αρδευτική γεώτρηση στα Δυτικά της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $> 10 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.106 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων νικελίου (Ni) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Φωσφόρος (P):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης P είναι $39,03 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις P κυμαίνονται από $10 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $148 \mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας P βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση P στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $43,88 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $29,70 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $20,33 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.107 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων P στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με

μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 20 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 80 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 80 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του P εντοπίζονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις στο δυτικό και βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης και στις πηγές με συγκεντρώσεις $< 20 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε αρδευτικές γεωτρήσεις στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και σε μια αρδευτική γεώτρηση στα Δυτικά της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $> 80 \mu\text{g L}^{-1}$.

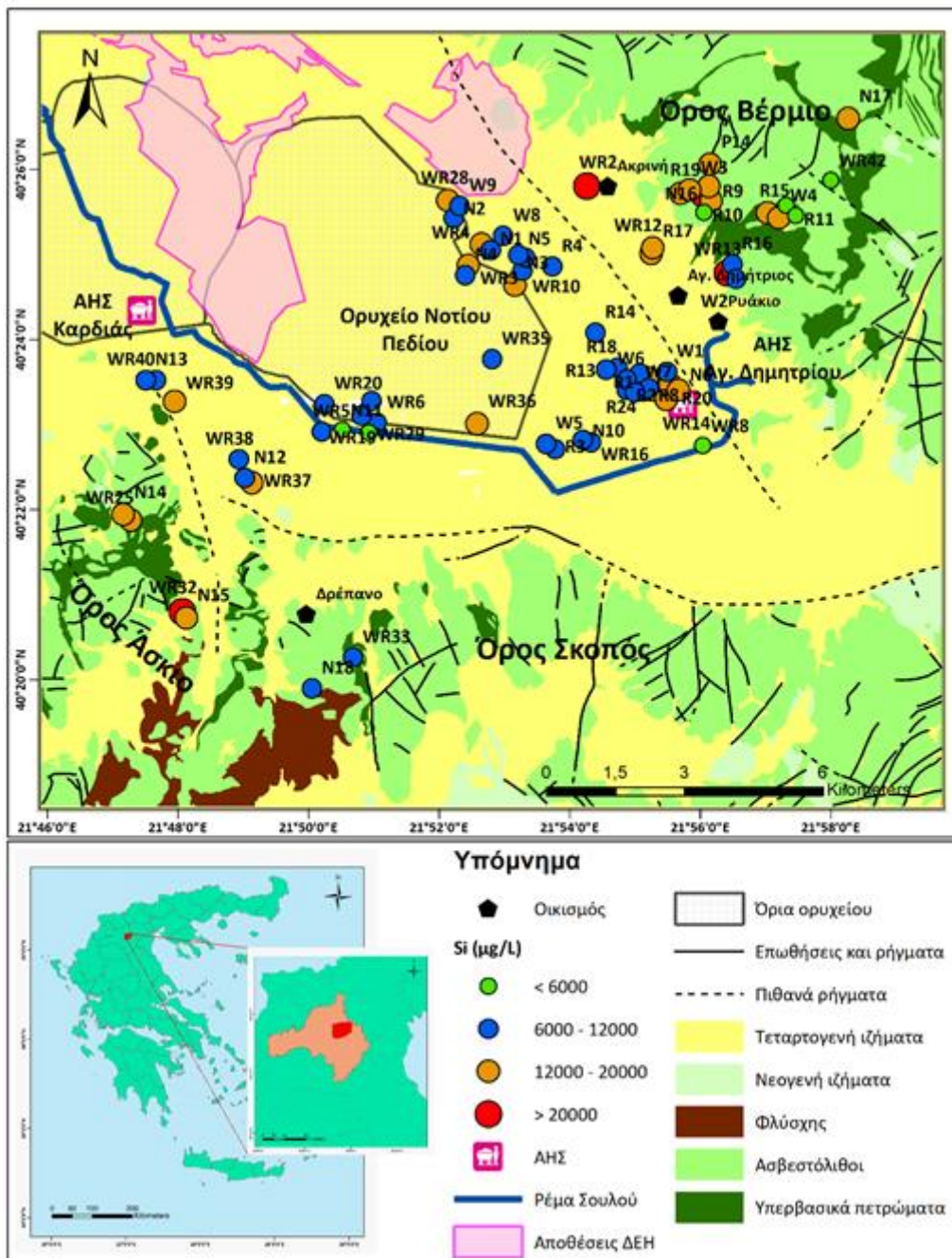


Εικόνα 5.107 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Μόλυβδος (Pb):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Pb είναι $0,38 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Pb κυμαίνονται από $<0\text{A}$ έως $2,60 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το μέγιστο αποδεκτό όριο ποσικότητας είναι η συγκέντρωση των $10 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση Pb στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $0,43 \mu\text{g L}^{-1}$, στο ρέμα Σουλού $0,7 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ στις πηγές δεν υπολογίστηκε γιατί η πλειονότητα των συγκεντρώσεων είναι $<0\text{A}$.

- **Λευκόχρυσος (Pt):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Pt ίση με $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση In είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρουβίδιο (Rb):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Rb είναι $0,67 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Rb κυμαίνονται από $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $4,25 \mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Rb βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Rb στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $0,55 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $0,55 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $3,65 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρήνιο (Re):** Σε 18 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Re, με εύρος τιμών $0,01-0,16 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Re είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρόδιο (Rh):** Σε έξι δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Rh, με εύρος τιμών $0,01-0,02 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Rh είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ρουθίνιο (Ru):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ru είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Αντιμόνιο (Sb):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Sb είναι $0,35 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Sb κυμαίνονται από $<0A$ έως $4,09 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Sb είναι $5 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι $20 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις Sb των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση Sb στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $0,34 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $0,36 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $0,6 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Σελήνιο (Se):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Se είναι $0,75 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Se κυμαίνονται από $<0A$ έως $8,50 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας Se είναι $10 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας είναι $40 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις Se των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση Se στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $0,86 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές σε όλα τα δείγματα $<0A$ και στο ρέμα Σουλού σε όλα τα δείγματα $<0A$.
- **Πυρίτιο (Si):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Si είναι $11558,52 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Si κυμαίνονται από $1807 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $27651 \mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας για το Si βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Si στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $11564,76 \mu\text{g L}^{-1}$, στις

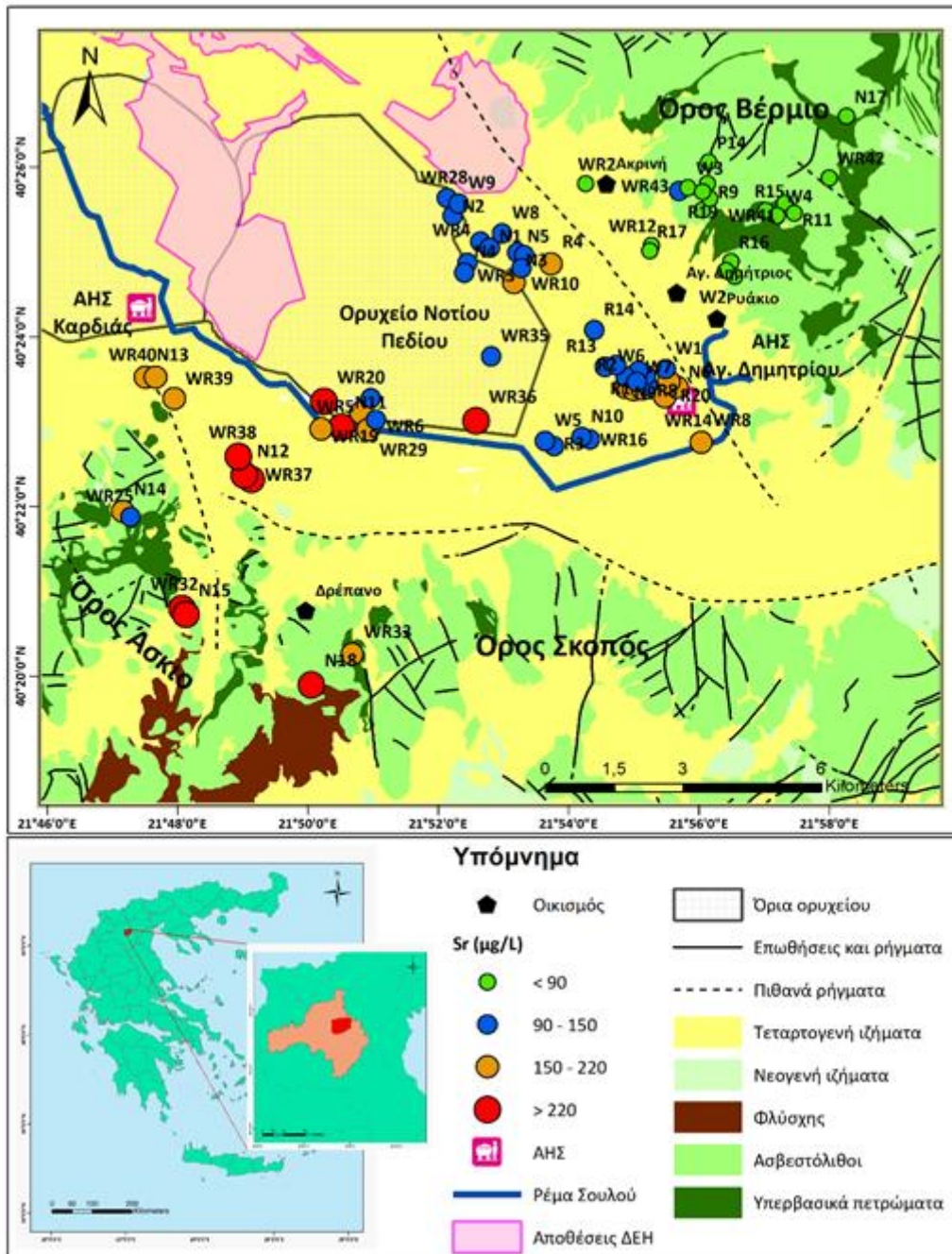
πηγές 12790,95 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 3238,33 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.108 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Si στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 6 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 6 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 12 \text{ mg L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 12 \text{ mg L}^{-1}$ και $< 20 \text{ mg L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 20 \text{ mg L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Si παρουσιάζονται στις πηγές και στα δείγματα του ρέματος Σουλού με συγκεντρώσεις $< 6000 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται σε μια αρδευτική γεώτρηση στα βόρεια, στα νοτιοδυτικά της λεκάνης Σαριγκιόλ και σε μια πηγή με συγκεντρώσεις $> 20000 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.108 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Κασσίτερος (Sn):** Σε 29 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Sn, με εύρος τιμών 0,06-2,42 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sn είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Στρόντιο (Sr):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Sr είναι 141,33 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Sr κυμαίνονται από 29,95 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 396,98 $\mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας για το Sr βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση Sr στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι 160,54 $\mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές

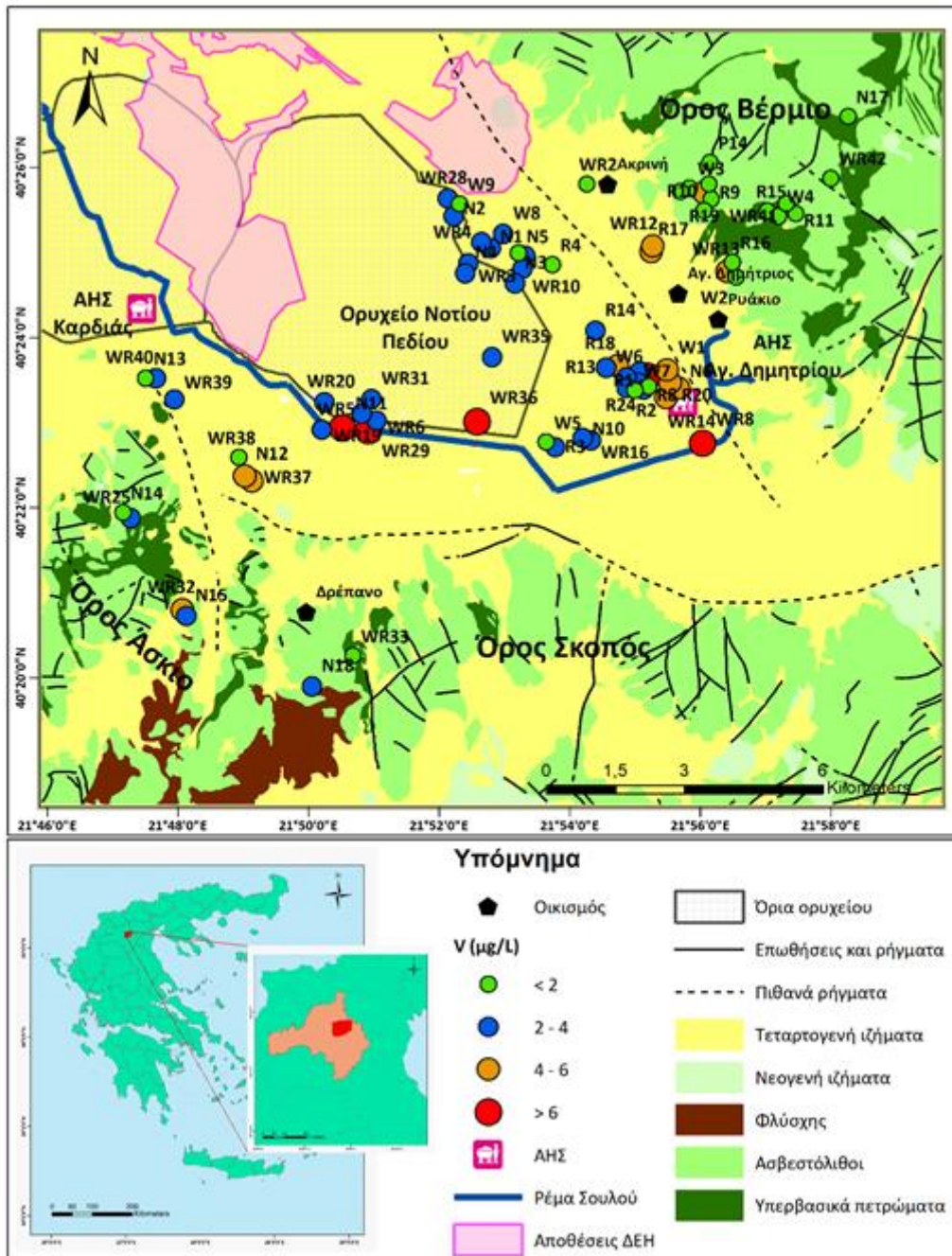
86,84 $\mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού 184,36 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 5.109 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Sr στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 90 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 90 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 150 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 150 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 220 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 220 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Sr παρουσιάζονται στις πηγές και τις αρδευτικές γεωτρήσεις στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $< 90 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις και πηγές στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ με συγκεντρώσεις $> 220 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.109 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων στροντίου (Sr) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Ταντάλιο (Ta):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ta είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Τελλούριο (Te):** Σε 10 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Te, με εύρος τιμών $0,07-0,14 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Te είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Θόριο (Th):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Th είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$.

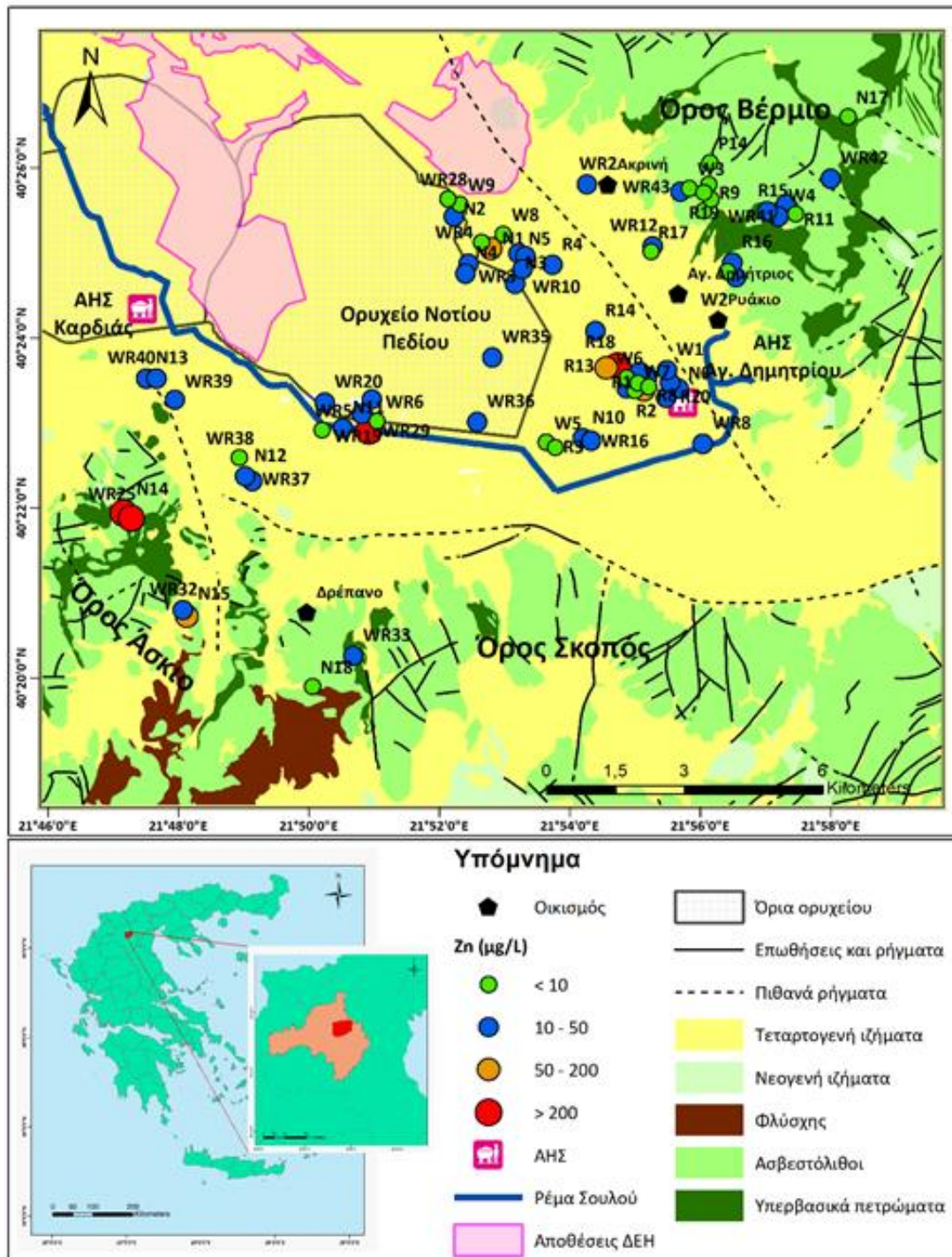
- **Τιτάνιο (Ti):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Ti ίση με $12 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Ti είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης των $10 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Θάλλιο (Tl):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tl είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ουράνιο (U):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης U είναι $0,87 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις U κυμαίνονται από $<0,01$ έως $5,28 \mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011) το ανώτατο αποδεκτό όριο ποσότητας U είναι η συγκέντρωση των $30 \mu\text{g L}^{-1}$. Όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση U στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $1 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $0,56 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $0,92 \mu\text{g L}^{-1}$.
- **Βανάδιο (V):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης V είναι $2,93 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις V κυμαίνονται από $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $9,2 \mu\text{g L}^{-1}$. Δεν ορίζεται ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσότητας για το V βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και τον ΠΟΥ (WHO, 2011). Η μέση συγκέντρωση V στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $3,04 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $1,84 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $8,23 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 1.110 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων V στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 2 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 2 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 4 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 4 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 6 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 6 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του V παρουσιάζονται στις πηγές και σε ορισμένες αρδευτικές γεωτρήσεις στο δυτικό και κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $< 2 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στα δείγματα του ρέματος Σουλού και σε μία αρδευτική γεώτρηση στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικά του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου με συγκεντρώσεις $> 6 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.110 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων βαναδίου (V) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Βολφράμιο (W):** Σε 46 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση W, με εύρος τιμών 0,02-0,63 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση W είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ψευδάργυρος (Zn):** Η μέση τιμή της συγκέντρωσης Zn είναι 46,27 $\mu\text{g L}^{-1}$ και οι συγκεντρώσεις Zn κυμαίνονται από 1,20 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 1083 $\mu\text{g L}^{-1}$. Βάσει του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας για το Zn είναι 5000 $\mu\text{g L}^{-1}$, ενώ για τον ΠΟΥ (WHO, 2011) δεν υπάρχει θεσμοθετημένο όριο. Όλες οι συγκεντρώσεις των

δειγμάτων είναι κάτω από την οριακή συγκέντρωση. Η μέση συγκέντρωση Zn στις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι $58,38 \mu\text{g L}^{-1}$, στις πηγές $10,87 \mu\text{g L}^{-1}$ και στο ρέμα Σουλού $80,53 \mu\text{g L}^{-1}$. Στην εικόνα 1.111 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων Zn στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Με πράσινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι χαμηλότερες, που μετρήθηκαν, με μπλε κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 10 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$, με πορτοκαλί κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ και $< 200 \mu\text{g L}^{-1}$ και τέλος με κόκκινο κύκλο συμβολίζονται συγκεντρώσεις $\geq 200 \mu\text{g L}^{-1}$ που είναι οι υψηλότερες, που μετρήθηκαν. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις του Zn εντοπίζονται στις πηγές και στις αρδευτικές γεωτρήσεις στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του Zn είναι στις αρδευτικές γεωτρήσεις στο δυτικό και κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεντρώσεις $> 200 \mu\text{g L}^{-1}$.



Εικόνα 5.111 - Χάρτης χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ψευδαργύρου (Zn) για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Ζιρκόνιο (Zr):** Σε 12 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Zr, με εύρος τιμών 0,02-0,1 µg L⁻¹. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Zr είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,02 µg L⁻¹.

5.3.4 Σπάνιες γαίες

5.3.4.1 Ελαφριές σπάνιες γαίες

Οι συγκεντρώσεις ελαφριών σπάνιων γαιών (Ce, Eu, Gd, La, Nd, Pr, Sc και Sm) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας είναι:

- **Δημήτριο (Ce):** Σε 23 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Ce, με εύρος τιμών 0,01-0,31 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Ce είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ευρώπιο (Eu):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Eu είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Γαδολίνιο (Gd):** Σε οκτώ δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Gd, με εύρος τιμών 0,01-0,04 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Gd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λανθάνιο (La):** Σε 24 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση La, με εύρος τιμών 0,01-0,54 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση La είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Νεοδύμιο (Nd):** Σε 20 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Nd, με εύρος τιμών 0,01-0,15 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Nd είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Πρασεοδύμιο (Pr):** Σε τέσσερα δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Pr, με εύρος τιμών 0,01-0,04 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Pr είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Σκάνδιο (Sc):** Σε 23 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Sc, με εύρος τιμών 1-6 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sc είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 1 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Σαμάριο (Sm):** Σε ένα δείγμα μετρήθηκε συγκέντρωση Sm ίση με 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Sm είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης των 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$.

5.3.4.2 Βαριές σπάνιες γαίες

Οι συγκεντρώσεις βαριών σπάνιων γαιών (Dy, Er, Ho, Lu, Tb, Tm, Y και Yb) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας είναι:

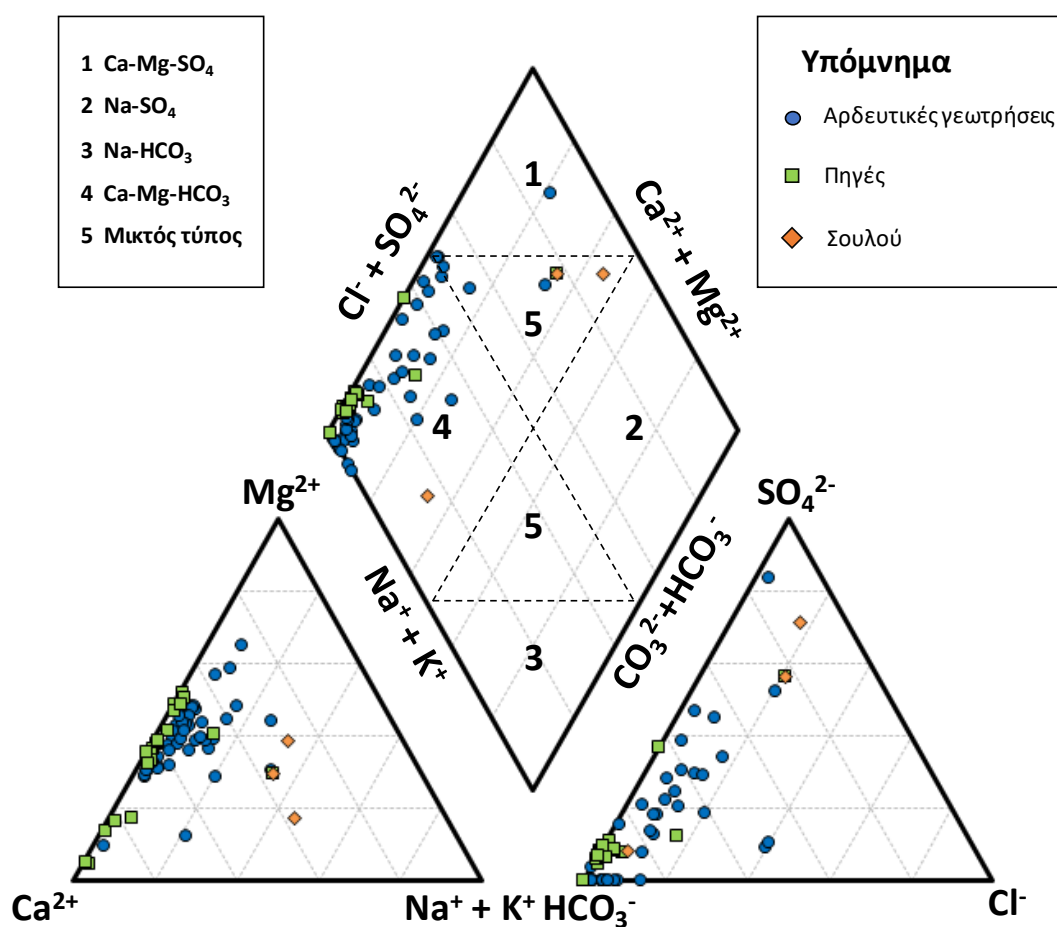
- **Δυσπρόσιο (Dy):** Σε 10 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Dy, με εύρος τιμών 0,01-0,04 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Dy είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Έρβιο (Er):** Σε δύο δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Er, με εύρος τιμών 0,01-0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Er είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Όλμιο (Ho):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Ho είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Λουτήτιο (Lu):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Lu είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Τέρβιο (Tb):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Θούλιο (Tm):** Σε όλα τα δείγματα, η συγκέντρωση Tm είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Ύτριο (Y):** Σε 25 δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Y, με εύρος τιμών 0,01-0,14 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Y είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- **Υπτέρβιο (Yb):** Σε τέσσερα δείγματα μετρήθηκε συγκέντρωση Yb, με εύρος τιμών 0,01-0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$. Στα υπόλοιπα δείγματα, η συγκέντρωση Yb είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου ανάλυσης, των 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$.

5.3.5 Υδροχημικά διαγράμματα

5.3.5.1 Διάγραμμα Piper

Στην εικόνα 5.112 παρουσιάζεται το διάγραμμα Piper το οποίο χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των κυρίαρχων υδροχημικών φάσεων (Piper, 1944) στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Από τα κατιόντα, όπως φανερώνει το τριγωνικό διάγραμμα κατιόντων που βρίσκεται στο αριστερό μέρος της εικόνας 5.112, στην περιοχή μελέτης επικρατούν τα Ca^{2+} και ακολουθούν τα Mg^{2+} . Πιο συγκεκριμένα, οι αρδευτικές γεωτρήσεις και οι πηγές παρουσιάζουν παρόμοια αναλογία συγκέντρωσης ανάμεσα στα Ca^{2+} και στα Mg^{2+} και συνεπώς τα σημεία τους προβάλλονται στο αριστερό τμήμα του τριγωνικού διαγράμματος κατιόντων. Τα δείγματα επιφανειακών νερών του ρέματος Σουλού έχουν υψηλές συγκεντρώσεις Na^+ και ως εκ τούτου τα σημεία τους προβάλλονται στο κέντρο του τριγωνικού διαγράμματος κατιόντων. Από τα ανιόντα, όπως φανερώνει το τριγωνικό

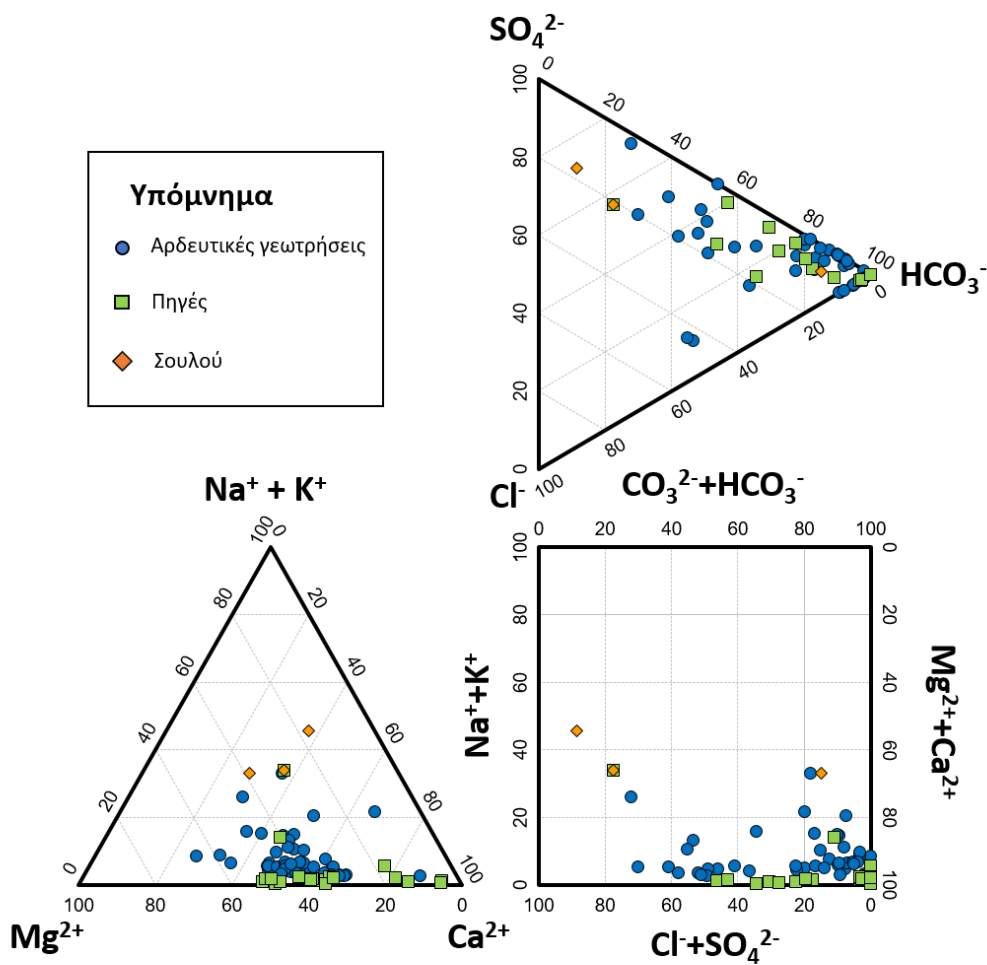
διάγραμμα ανιόντων που βρίσκεται στο δεξί μέρος της εικόνας 5.112, στην περιοχή μελέτης επικρατούν τα HCO_3^- και ακολουθούν τα SO_4^{2-} . Πιο συγκεκριμένα, οι αρδευτικές γεωτρήσεις και οι πηγές εμφανίζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις HCO_3^- συγκριτικά με τα Cl^- ή/και SO_4^{2-} . Εξαίρεση αποτελούν δύο δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων που επικρατούν τα SO_4^{2-} και συνεπώς τα σημεία τους προβάλλονται στο αριστερό μέρος του τριγωνικού διαγράμματος ανιόντων. Τα δείγματα του Σουλού παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις SO_4^{2-} σε σχέση με τα HCO_3^- ή/και Cl^- . Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.112, σε δύο δείγματα (WR8 και N11) επικρατούν τα SO_4^{2-} , ενώ τα HCO_3^- έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε ένα δείγμα (WR29). Το ρομβοειδές διάγραμμα αποτελεί την προβολή των τριγωνικών διαγραμμάτων κατιόντων και ανιόντων και σύμφωνα με το οποίο οι κύριοι υδροχημικοί τύποι είναι οι Ca-Mg- HCO_3 , Ca-Mg- SO_4 , καθώς και ένας μικτός τύπος ανάμεσα σε αυτούς. Ειδικότερα, σχεδόν όλα τα δείγματα των αρδευτικών γεωτρήσεων, πηγών και ένα δείγμα του Σουλού έχουν υδροχημικό τύπο Ca-Mg- HCO_3 , μόλις ένα δείγμα αρδευτικών γεωτρήσεων έχει υδροχημικό τύπο Ca-Mg- SO_4 , ενώ τα υπόλοιπα έχουν μικτό τύπο ανάμεσα στους προαναφερθέντες.



Εικόνα 5.112 – Διάγραμμα κατά Piper για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

5.3.5.2 Διάγραμμα Durov

Στην εικόνα 5.113 παρουσιάζεται το διάγραμμα Durov (Durov, 1948) το οποίο αποτελεί μια εναλλακτική προσέγγιση στην ομαδοποίηση των υδροχημείας των κύριων ιόντων από το διάγραμμα Piper και συμβάλλει στην ερμηνεία των εξελικτικών τάσεων και υδροχημικών διεργασιών που εμφανίζονται στα υπόγεια νερά. Επιπλέον, μπορεί να υποδείξει την ανάμειξη διαφορετικών τύπων νερού, την ιοντοανταλλαγή και την αντίστροφη κατιοντοανταλλαγή στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Τα διαγράμματα αυτά, αποτελούνται από δύο απλά τριγωνικά διαγράμματα, κατιόντων και ανιόντων, η τομή των προεκτάσεων των οποίων προβάλλεται σε ένα κεντρικό ορθογώνιο διάγραμμα. Από το διάγραμμα Durov είναι εμφανές ότι στα δείγματα των αρδευτικών γεωτρήσεων και πηγών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, επικρατούν οι συγκεντρώσεις κατιόντων των Ca^{2+} και Mg^{2+} που είναι σε παρόμοια επίπεδα, ενώ από ανιόντα οι συγκεντρώσεις των HCO_3^- . Τα δείγματα του ρέματος Σουλού εμφανίζουν αυξημένες συγκεντρώσεις Na^+ και SO_4^{2-} σε σχέση με τα υπόλοιπα κατιόντα και ανιόντα, αντίστοιχα. Στην περιοχή μελέτης κατά κύριο λόγο επικρατούν νερά τροφοδοσίας που έχουν κύριο υδροχημικό τύπο Ca-Mg-HCO_3 και έχουν έρθει σε επαφή με ανθρακικούς και υπερβασικούς σχηματισμούς.



Εικόνα 5.113 - Διάγραμμα Durov για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

5.3.6 Συντελεστές συσχέτισης

Στους πίνακες του παραρτήματος IV παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson, για όλες τις φυσικές και χημικές παραμέτρους των 50 δειγμάτων των αρδευτικών γεωτρήσεων, των 20 δειγμάτων των πηγών και για το σύνολο των 73 δειγμάτων (συμπεριλαμβανομένων και των τριών δειγμάτων του Σουλού) των προαναφερθέντων υποομάδων, αντίστοιχα. Συντελεστές συσχέτισης για τα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού δεν υπολογίστηκαν γιατί ο αριθμός των δειγμάτων κρίθηκε πολύ μικρός.

Στις αρδευτικές γεωτρήσεις, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα εμπιστοσύνης $p < 0,01$ και $p < 0,05$ που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες: TDS-EC (0,838), TDS-Ca²⁺ (0,786), EC-Ca²⁺ (0,727),

TDS-Mg²⁺ (0,599), EC-Mg²⁺ (0,649), Ca²⁺-Mg²⁺ (0,413), Na⁺-SO₄²⁻ (0,528), Ca²⁺-NO₃⁻ (0,493), TDS-Cl⁻ (0,613), EC-Cl⁻ (0,641), Ca²⁺-Cl⁻ (0,556), Mg²⁺-Cl⁻ (0,693), Ca²⁺-SO₄²⁻ (0,473), Mg²⁺-HCO₃⁻ (0,749), Cl⁻-HCO₃⁻ (0,473), HCO₃⁻-As (0,491), NO₃⁻-Cr (0,401), NO₃⁻-Cr⁶⁺ (0,385), Cr-Cr⁶⁺ (0,979), Cr-P (0,42), Cr⁶⁺-P (0,415), Mg²⁺-Si (0,364), K⁺-Si (0,618), Cl⁻-Si (0,436), Ca²⁺-Sr (0,354), Mg²⁺-Sr (0,555), SO₄²⁻-Sr (0,372), HCO₃⁻-Sr (0,436), Cr-U (-0,347), Cr⁶⁺-U (-0,373), Mg²⁺-U (0,482), As-Zn (0,611).

Στις πηγές, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα εμπιστοσύνης $p < 0,01$ και $p < 0,05$ που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες: TDS-EC ($r=0,42$), pH-Ca²⁺ ($r=-0,56$), EC-Mg²⁺ ($r=0,65$), Ca²⁺-Mg²⁺ ($r=-0,63$), Na⁺-Cl⁻ ($r=0,93$), TDS-HCO₃⁻ ($r=0,86$), Ca²⁺-As ($r=-0,54$), Cl⁻-Ba ($r=0,81$), Cl⁻-Br ($r=0,74$), Ba-Br ($r=0,85$), EC-Cr ($r=0,44$), Mg²⁺-Cr ($r=0,49$), EC-Cr⁶⁺ ($r=0,49$), Mg²⁺-Cr⁶⁺ ($r=0,51$), Cr-Cr⁶⁺ ($r=0,92$), DO-Mn ($r=-0,72$), HCO₃⁻-Mn ($r=0,50$), TDS-Ni ($r=0,49$), Mg²⁺-Ni ($r=0,62$), HCO₃⁻-Ni ($r=0,73$), Ca²⁺-Si ($r=-0,58$), Mg²⁺-Si ($r=0,88$), Cr-Si ($r=0,61$), Cr⁶⁺-Si ($r=0,62$), Ni-Si ($r=0,77$), Ba-Sr ($r=0,79$), Br-Sr ($r=0,73$), Ba-U ($r=0,63$), Br-U ($r=0,81$), Sr-U ($r=0,60$), Ca²⁺-V ($r=-0,63$), Mg²⁺-V ($r=0,66$), V-Sb ($r=0,79$), V-Si ($r=0,65$), K⁺-Zn ($r=0,61$).

Στο σύνολο των δειγμάτων, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις σε επίπεδα εμπιστοσύνης $p < 0,01$ και $p < 0,05$ που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του γεωχημικού/περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για τη συζήτηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες: TDS-EC (0,8), TDS-Ca²⁺ (0,69), EC-Ca²⁺ (0,51), pH-Ca²⁺ (-0,37), TDS-Mg²⁺ (0,523), EC-Mg²⁺ (0,579), TDS-Cl⁻ (0,6), EC-Cl⁻ (0,576), Ca²⁺-Cl⁻ (0,351), Mg²⁺-Cl⁻ (0,56), Na⁺-Cl⁻ (0,474), TDS-SO₄²⁻ (0,777), EC-SO₄²⁻ (0,513), Ca²⁺-SO₄²⁻ (0,356), Na⁺-SO₄²⁻ (0,594), K⁺-SO₄²⁻ (0,305), Ca²⁺-HCO₃⁻ (0,409), Mg²⁺-HCO₃⁻ (0,477), HCO₃⁻-NO₃⁻ (-0,325), NO₃⁻-Cr (0,465), HCO₃⁻-Cr (-0,316), NO₃⁻-Cr⁶⁺ (0,454), HCO₃⁻-Cr⁶⁺ (-0,318), Cr-Cr⁶⁺ (0,984), HCO₃⁻-Ni (0,455), Mg²⁺-Si (0,421), HCO₃⁻-Si (0,338), As-Si (0,301), Ni-Si (0,41), TDS-Sr (0,422), EC-Sr (0,303), Mg²⁺-Sr (0,408), Cl⁻-Sr (0,456), SO₄²⁻-Sr (0,372), Mg²⁺-U (0,432), Mg²⁺-V (0,36), Pb-Zn (0,474).

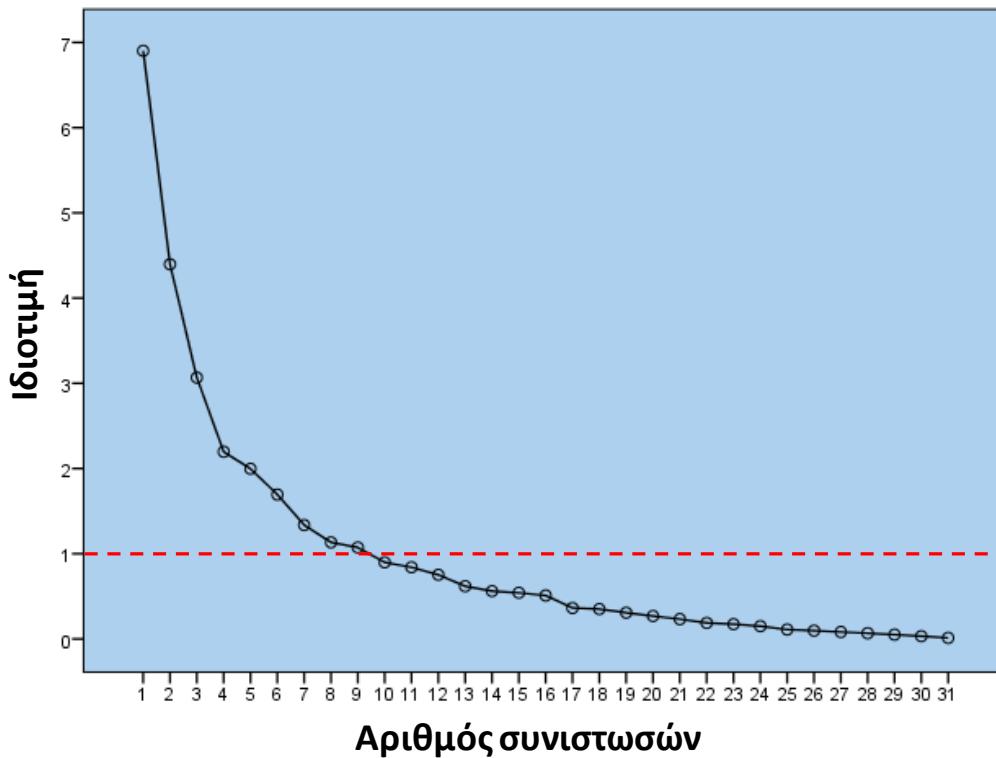
5.3.7 Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση

5.3.7.1 Παραγοντική ανάλυση

Για να πραγματοποιηθεί η επεξεργασία της παραγοντικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν και αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στην παρούσα διδακτορική διατριβή (N=73). Για τον προσδιορισμό των κυρίαρχων παραγόντων που επηρεάζουν την υδροχημεία της

λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, επιλέχθηκαν 31 παράμετροι – μεταξύ των οποίων DO, EC, pH, Eh, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻, As, B, Ba, Br, Cr, Cr⁶⁺, Cu, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Si, Sr, U, V και Zn - αναλύθηκαν και υποβλήθηκαν σε κατάλληλη επεξεργασία για να προκύψουν οι κύριες συνιστώσες για το σύνολο των 73 δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγοντική ανάλυση. Οι συγκεντρώσεις κάποιων παραμέτρων ήταν χαμηλότερες από το όριο ανιχνευσιμότητας της αναλυτικής μεθόδου και γι' αυτό το λόγο οι συγκεντρώσεις αυτές αντικαταστάθηκαν από τη συγκέντρωση του αντίστοιχου ορίου ανιχνευσιμότητας (Farnham et al., 2002). Στην επεξεργασία δεν συμπεριλήφθηκαν οι παράμετροι T, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, Ag, Al, Au, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cs, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Pr, Pt, Re, Rh, Ru, Sc, Se, Sm, Sn, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, W, Y, Yb και Zr καθώς η πλειονότητα των παραπάνω χημικών παραμέτρων παρουσιάζουν > 30% των παρατηρήσεων τους χαμηλότερα του ορίου ανιχνευσιμότητας και αναμένεται να μην δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα (Farnham et al., 2002). Η παράμετρος των TDS δεν συμπεριλήφθηκε στην παραγοντική ανάλυση, καθώς προτιμήθηκε να συμπεριληφθεί η EC η οποία μετρήθηκε *in-situ* στο πεδίο σε αντίθεση με τα TDS που υπολογίστηκαν από το άθροισμα των κυρίων ιόντων. Επιπλέον, EC και TDS είναι παράμετροι που παρουσιάζουν πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους ($r=0,8$) (Mendel and Shiftan, 1981). Η παραγοντική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της ορθογωνικής περιστροφής Varimax των μεταβλητών εισαγωγής ώστε να εξαχθούν οι κύριες συνιστώσες μέσω του λογισμικού IBM SPSS version 22. Το κρημνογράφημα (scree plot) της εικόνας 5.114 έδειξε ότι εννιά συνιστώσες έχουν ιδιοτιμές μεγαλύτερες από 1, οι οποίες σύμφωνα με το κριτήριο του Kaiser (1958) αποτελούν τις κύριες συνιστώσες όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.14.

Κρημνογράφημα



Εικόνα 5.114 - Ανάλυση κύριων συνιστωσών από το κρημνογράφημα των ιδιοτιμών συνιστωσών για τα 73 δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Οι εννιά παράγοντες εξηγούν το 79,7% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο συντελεστής KMO είναι 0,61 υποδεικνύοντας ότι τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά και η τιμή του ελέγχου σφαιρικότητας του Bartlett (Bartlett's test of sphericity) είναι $< 0,05$ δείχνοντας ότι τα δεδομένα είναι έγκυρα και κατάλληλα για παραγοντική ανάλυση.

Ο πρώτος παράγοντας (FA1) εξηγεί το 22,3% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει τις ισχυρές θετικές φορτίσεις των παραμέτρων Cl^- (0,86), Na^+ (0,81), SO_4^{2-} (0,81), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των B (0,75), EC (0,72), Rb (0,55), K^+ (0,52), Br (0,57) και τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των Mg^{2+} (0,48), Sr (0,43), Ca^{2+} (0,35), U (0,34) και V (0,34).

Ο δεύτερος παράγοντας (FA2) εξηγεί το 14,2% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει τις ισχυρές θετικές φορτίσεις των παραμέτρων Sr (0,79), Ba (0,78), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των NO_3^- (0,67), U (0,64), Br (0,60), τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των Li (0,36), V (0,35), Zn (0,33), και την ασθενή αρνητική του K^+ (0,30). Επιπλέον, το P συνεισφέρει στον

παράγοντα αυτό σε μικρότερο βαθμό με τιμή (0,23) που προσεγγίζει την ασθενή θετική φόρτιση.

Ο τρίτος παράγοντας (FA3) εξηγεί το 9,9% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει την ισχυρή θετική φόρτιση του pH (0,77), τη μέτρια αρνητική φόρτιση του Ca^{2+} (0,73), την ασθενή θετική φόρτιση του Li (0,49), και τις ασθενείς αρνητικές φορτίσεις των HCO_3^- (0,49), Ni (0,46) και EC (0,37).

Ο τέταρτος παράγοντας (FA4) εξηγεί το 7,1% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει την ισχυρή θετική φόρτιση του Si (0,87), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των Cr (0,62), Cr^{6+} (0,60), Mg^{2+} (0,59) και την ασθενή θετική φόρτιση του Ni (0,33). Επιπλέον, τα NO_3^- συνεισφέρουν στον παράγοντα αυτό σε μικρότερο βαθμό με τιμή (0,26) που προσεγγίζει την ασθενή θετική φόρτιση.

Ο πέμπτος παράγοντας (FA5) εξηγεί το 6,4% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει την ισχυρή θετική φόρτιση του As (0,82), τη μέτρια θετική φόρτιση του Sb (0,69), τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των Rb (0,43), Ni (0,40), Li (0,39), V (0,35), HCO_3^- (0,33), EC (0,31) και την ασθενή αρνητική φόρτιση του NO_3^- (0,30).

Ο έκτος παράγοντας (FA6) εξηγεί το 5,5% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει την ισχυρή θετική φόρτιση του Mn (0,84), τη μέτρια αρνητική φόρτιση του DO (0,71), τις ασθενείς θετικές φορτίσεις των Ba (0,36), K^+ (0,31) και τις ασθενείς αρνητικές φορτίσεις των Cr (0,38), Cr^{6+} (0,36), NO_3^- (0,32).

Ο έβδομος παράγοντας (FA7) εξηγεί το 4,3% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει την ισχυρή θετική φόρτιση του P (0,78), τις μέτριες θετικές φορτίσεις των V (0,57), Cr (0,56), Cr^{6+} (0,53) και την ασθενή αρνητική φόρτιση του Ni (0,30).

Ο ένατος παράγοντας (FA9) εξηγεί το 3,5% της συνολικής διακύμανσης και περιλαμβάνει την ισχυρή θετική φόρτιση του Eh (0,85), τη μέτρια αρνητική φόρτιση του HCO_3^- (0,54), την ασθενή θετική φόρτιση του K^+ (0,35) και την ασθενή αρνητική φόρτιση του Mg^{2+} (0,44).

Πίνακας 5.14 - Ανάλυση κύριων συνιστωσών για τα 73 δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

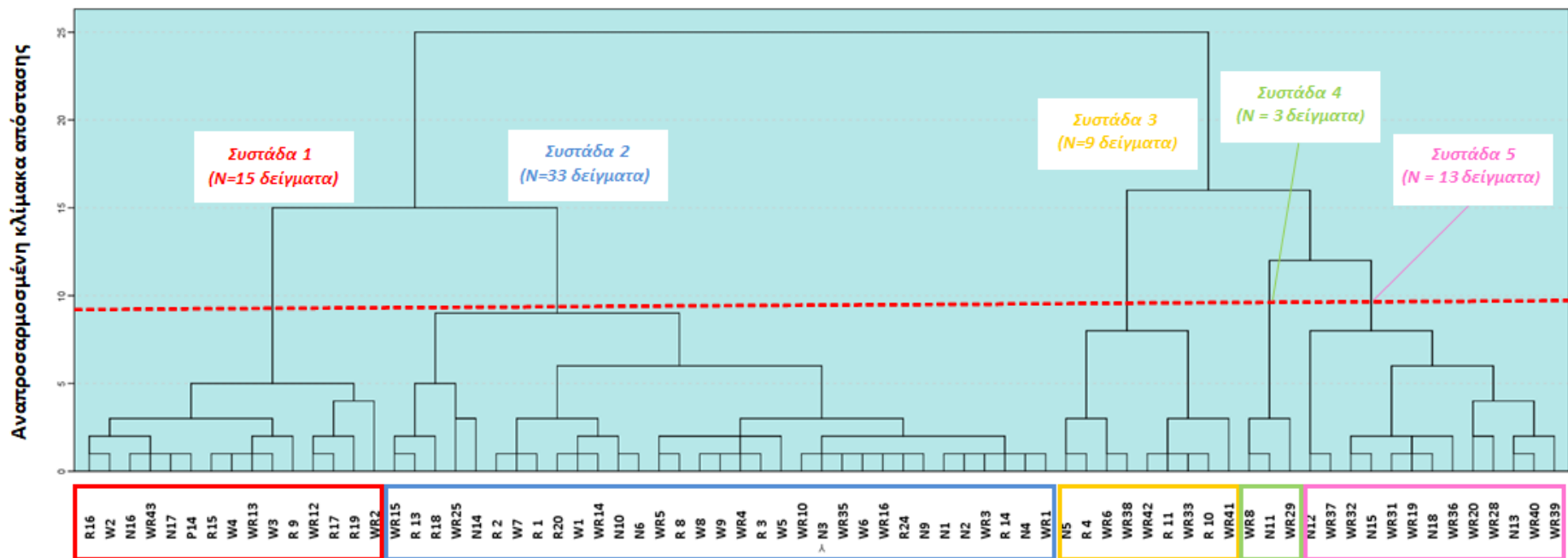
| Παράμετρος | Παράγοντας | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-------|--------------|-------------|-------|--------------|-------|-------|-------------|
| | FA1 | FA2 | FA3 | FA4 | FA5 | FA6 | FA7 | FA8 | FA9 |
| DO | -0,17 | -0,01 | 0,08 | 0,16 | -0,1 | -0,71 | -0,04 | 0,08 | 0,02 |
| EC | 0,715 | 0,08 | -0,37 | 0,04 | 0,31 | -0,06 | -0,15 | 0,12 | -0,15 |
| pH | 0,05 | 0,08 | 0,77 | 0,12 | 0,03 | -0,12 | -0,11 | -0,09 | 0,04 |
| Eh | -0,14 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | -0,03 | 0,01 | -0,03 | 0,09 | 0,85 |
| Ca^{2+} | 0,35 | 0,10 | -0,73 | -0,18 | 0,10 | -0,24 | -0,28 | -0,10 | -0,05 |
| Mg^{2+} | 0,48 | 0,12 | 0,10 | 0,59 | 0,19 | 0,13 | 0,01 | 0,07 | -0,44 |
| Na^+ | 0,81 | 0,27 | 0,17 | -0,14 | -0,08 | 0,21 | 0,23 | 0,12 | -0,01 |

| | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| K ⁺ | 0,52 | -0,30 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,31 | -0,21 | -0,08 | 0,35 |
| NO ₃ ⁻ | -0,11 | 0,67 | 0,08 | 0,26 | -0,30 | -0,32 | 0,13 | 0,12 | 0,13 |
| Cl ⁻ | 0,86 | 0,19 | -0,06 | 0,09 | -0,10 | -0,03 | -0,13 | 0,07 | -0,09 |
| SO ₄ ²⁻ | 0,81 | 0,20 | -0,29 | -0,06 | 0,03 | 0,08 | 0,06 | -0,09 | -0,02 |
| HCO ₃ ⁻ | -0,10 | -0,14 | -0,49 | 0,19 | 0,33 | 0,00 | -0,28 | 0,06 | -0,54 |
| As | 0,00 | -0,08 | 0,03 | 0,18 | 0,82 | -0,08 | 0,03 | -0,01 | -0,04 |
| B | 0,75 | 0,18 | 0,18 | -0,21 | 0,04 | 0,01 | -0,00 | 0,05 | -0,08 |
| Ba | 0,22 | 0,78 | 0,19 | 0,14 | -0,05 | 0,36 | 0,09 | -0,03 | 0,04 |
| Br | 0,57 | 0,60 | -0,09 | -0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,14 | 0,11 | 0,18 |
| Cr | -0,14 | 0,01 | 0,17 | 0,62 | -0,05 | -0,38 | 0,56 | 0,10 | 0,14 |
| Cr ⁶⁺ | -0,17 | -0,02 | 0,22 | 0,60 | -0,02 | -0,36 | 0,53 | 0,13 | 0,10 |
| Cu | 0,30 | -0,03 | -0,23 | 0,06 | 0,06 | 0,13 | 0,08 | 0,70 | 0,13 |
| Li | 0,49 | 0,36 | 0,49 | 0,17 | 0,39 | 0,16 | 0,16 | 0,08 | 0,02 |
| Mn | -0,02 | 0,19 | 0,08 | 0,02 | 0,01 | 0,84 | -0,09 | 0,15 | 0,05 |
| Ni | 0,02 | -0,11 | -0,46 | 0,33 | 0,40 | 0,27 | -0,30 | 0,31 | 0,22 |
| P | -0,04 | 0,23 | -0,03 | 0,05 | -0,10 | 0,06 | 0,78 | -0,01 | -0,06 |
| Pb | -0,05 | -0,09 | -0,01 | 0,02 | -0,03 | 0,06 | 0,14 | 0,85 | 0,01 |
| Si | -0,17 | 0,05 | 0,06 | 0,87 | 0,23 | -0,04 | 0,01 | -0,06 | -0,07 |
| Zn | 0,07 | 0,33 | 0,21 | -0,06 | 0,04 | -0,28 | -0,24 | 0,70 | -0,07 |
| Rb | 0,55 | -0,07 | 0,22 | -0,23 | 0,43 | 0,18 | -0,23 | 0,20 | -0,05 |
| Sb | 0,05 | -0,06 | -0,10 | 0,04 | 0,69 | 0,15 | -0,03 | 0,00 | -0,06 |
| Sr | 0,43 | 0,79 | 0,09 | -0,11 | -0,18 | 0,11 | 0,09 | 0,02 | -0,02 |
| U | 0,34 | 0,64 | -0,18 | -0,11 | 0,14 | 0,03 | 0,19 | -0,14 | -0,16 |
| V | 0,34 | 0,35 | 0,23 | 0,09 | 0,35 | -0,12 | 0,57 | 0,16 | 0,09 |
| Αρχικές ιδιοτιμές της διακύμανσης σε % | 22,3 | 14,2 | 9,9 | 7,1 | 6,4 | 5,5 | 4,3 | 3,7 | 3,5 |
| Σωρευτική % της διακύμανσης | 22,3 | 36,4 | 46,3 | 53,4 | 59,9 | 65,3 | 69,6 | 73,3 | 79,7 |

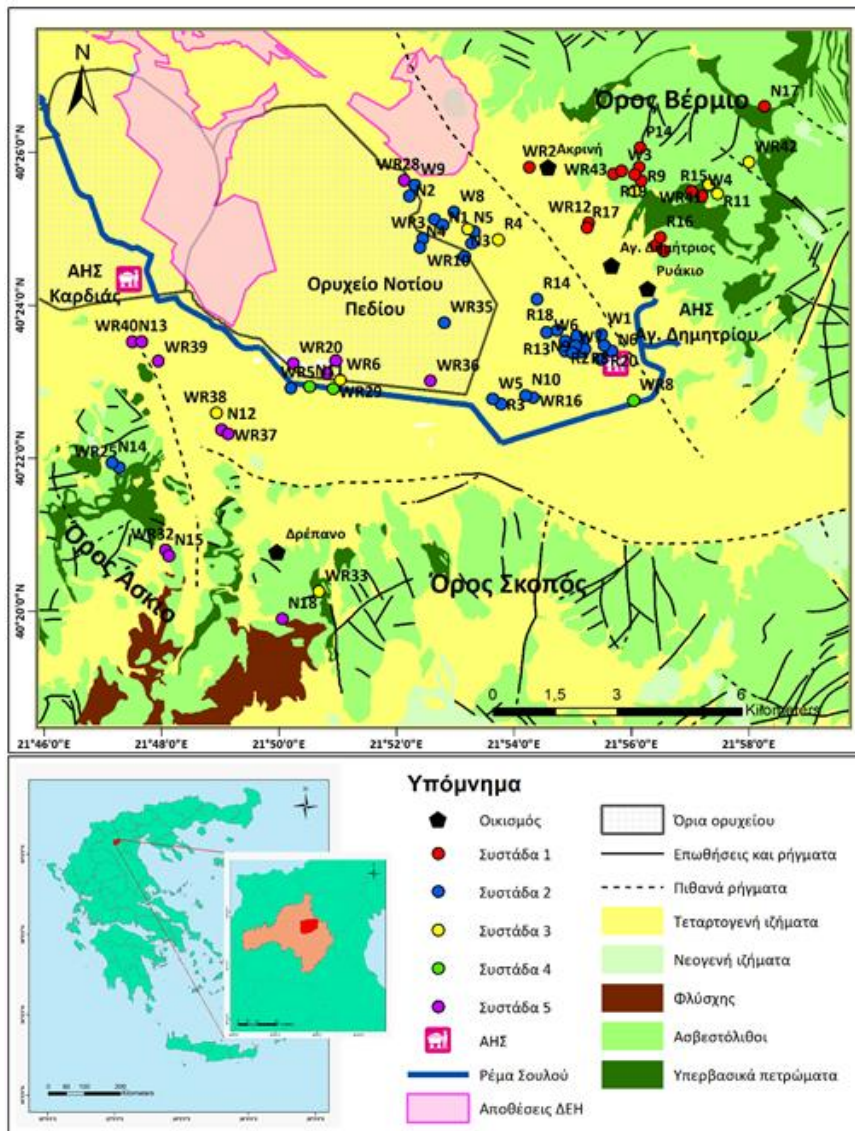
5.3.7.2 Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες

Τα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, ομαδοποιούνται σύμφωνα με την ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες σε πέντε κύριες συστάδες όπως παρουσιάζεται στο δενδρόγραμμα (Εικόνα 5.115) και στο χάρτη χωρικής κατανομής (Εικόνα 5.116). Για την ομαδοποίηση των δειγμάτων στην ίδια συστάδα επιλέχθηκε η αναπροσαρμοσμένη κλίμακα απόστασης (rescaled distance) να είναι μικρότερη του 9, ώστε οι συστάδες να περιλαμβάνουν δείγματα με όσο το δυνατόν πιο παρόμοια υδροχημικά χαρακτηριστικά. Στον πίνακα 5.15 παρουσιάζονται η μέση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή κάθε παραμέτρου των τριών συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες. Η συστάδα 1 περιέχει 15 δείγματα από τις πηγές παρουσιάζοντας αυξημένες συγκεντρώσεις Cr (έως 57,4 μg L⁻¹), Cr⁶⁺ (έως 51,2 μg L⁻¹) και As (έως 49,1 μg L⁻¹), χαμηλές συγκεντρώσεις NO₃⁻ (έως 9,1 mg L⁻¹) και P (έως 54 μg L⁻¹). Η συγκέντρωση αυτή του As αποτελεί και τη μέγιστη τιμή του συνόλου των δειγμάτων που συλλέχθηκαν. Η συστάδα 2 περιλαμβάνει 33 δείγματα υπογείων νερών, όλα ανήκουν στην κατηγορία των αρδευτικών

γεωτρήσεων και παρουσιάζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr (έως 137,8 $\mu\text{g L}^{-1}$), Cr^{6+} (έως 115 $\mu\text{g L}^{-1}$), NO_3^- (έως 138 mg L^{-1}) και P (έως 148 mg L^{-1}). Η συστάδα 3 έχει εννιά δείγματα (πηγές και αρδευτικές γεωτρήσεις) που παρουσιάζουν υψηλό λόγο $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$. Η συστάδα 4 αποτελείται από τρία δείγματα, τα οποία αντιστοιχούν στα δείγματα που συλλέχθηκαν από το ρέμα Σουλού. Χαρακτηριστικό της συστάδας 4 είναι οι υψηλές συγκεντρώσεις Na^+ (έως 114,4 mg L^{-1}). Τέλος, η συστάδα 5, περιλαμβάνει 13 δείγματα υπογείων νερών, όλα από αρδευτικές γεωτρήσεις, οι οποίες βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης παρουσιάζοντας συγκεντρώσεις Cr (έως 92,2 $\mu\text{g L}^{-1}$), Cr^{6+} (έως 77 $\mu\text{g L}^{-1}$), NO_3^- (έως 52,1 mg L^{-1}) και P (έως 113 $\mu\text{g L}^{-1}$).



Εικόνα 5.115 - Δενδρόγραμμα της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (5 ομάδες) για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=73) στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 5.116 - Χάρτης χωρικής κατανομής των πέντε συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=73) στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Πίνακας 5.15 - Μέση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή των πέντε συστάδων που προέκυψαν από την ιεραρχική ανάλυση για το σύνολο των δειγμάτων νερών (N=73) στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Συστάδα 1 (N=15 δείγματα) | | | Συστάδα 2 (N=33 δείγματα) | | | Συστάδα 3 (N=9 δείγματα) | | | Συστάδα 4 (N=3 δείγματα) | | | Συστάδα 5 (N=13 δείγματα) | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------------|---------------|--------------|--------------------------|---------------|--------------|---------------------------|---------------|--------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή |
| pH | | 7,95 | 7,3 | 8,5 | 8,03 | 7,29 | 8,59 | 7,83 | 7,37 | 8,43 | 8,04 | 8,02 | 8,06 | 7,96 | 7,59 | 8,22 |
| T | °C | 14,21 | 8 | 25,6 | 14,88 | 10 | 32,3 | 14,83 | 9,4 | 27 | 12,13 | 8,1 | 14,8 | 12,58 | 8,6 | 15,3 |
| DO | mg L ⁻¹ | 8,94 | 6,46 | 10,2 | 9,33 | 6,85 | 12,09 | 8,26 | 3,52 | 9,6 | 8,3 | 6,3 | 9,5 | 8,26 | 6,22 | 9,78 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 505,73 | 362 | 718 | 391,85 | 257 | 907 | 403,07 | 313 | 564 | 988,33 | 844 | 1071 | 617,38 | 384 | 862 |
| Eh | mV | 288,45 | 194,4 | 409 | 327,18 | 227,4 | 409 | 326,74 | 217,3 | 389,7 | 277,23 | 218 | 348 | 286,38 | 226 | 412 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 64,34 | 22,7 | 91,4 | 48,26 | 28,5 | 112 | 72,92 | 36,8 | 104 | 67,02 | 54,3 | 82,96 | 75,22 | 48,1 | 115 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 29,3 | 21,3 | 40,4 | 20,4 | 4,92 | 59,3 | 14,37 | 3,1 | 30,2 | 33,53 | 23,49 | 45,7 | 38,21 | 9,78 | 52,9 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,32 | <ΟΠ | 2,8 | 5,47 | 2 | 17,9 | 6,71 | <ΟΠ | 26,1 | 84,46 | 66,2 | 114,41 | 21,73 | 5,1 | 66,4 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 2,14 | 0,29 | 14,8 | 0,92 | 0,4 | 1,94 | 2,14 | 0,5 | 10,8 | 3,25 | 1,7 | 4,06 | 1,99 | 0,69 | 6,7 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 1,81 | <ΟΠ | 9,1 | 39,37 | 12,3 | 138 | 0,34 | <ΟΠ | 1 | 5,13 | 4,3 | 5,6 | 27,89 | 0,3 | 52,1 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 2,93 | <ΟΠ | 21 | 5,91 | <ΟΠ | 40 | 5,33 | <ΟΠ | 20 | 48 | 15 | 69 | 45,69 | 18 | 121 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 23 | <ΟΠ | 128 | 16,52 | <ΟΠ | 106 | 18,67 | <ΟΠ | 47 | 212,33 | 24 | 392 | 134,15 | 35 | 662 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 283,87 | 192 | 377 | 179,97 | 142 | 355 | 243,11 | 178 | 304 | 171,67 | 79 | 324 | 241 | 125 | 333 |
| Al | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <ΟΑ | 1546 | ΔΥ | <ΟΑ | 84 | ΔΥ | <ΟΑ | 253 | 49 | 22 | 96 | ΔΥ | <ΟΑ | 40 |
| As | μg L ⁻¹ | 7,14 | 0,6 | 49,1 | 1,33 | <ΟΑ | 4,4 | 0,94 | <ΟΑ | 1,8 | 1,3 | 1,1 | 1,6 | 1,25 | <ΟΑ | 3,7 |
| B | μg L ⁻¹ | 10,4 | <ΟΑ | 27 | 12,88 | <ΟΑ | 40 | 18,67 | <ΟΑ | 44 | 110,33 | 101 | 117 | 30,08 | 15 | 59 |
| Cd | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <ΟΑ | 0,29 | ΔΥ | <ΟΑ | 0,3 | ΔΥ | <ΟΑ | 0,29 | ΔΥ | <ΟΑ | 0,07 | ΔΥ | <ΟΑ | 0,64 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,25 | <ΟΑ | 2,11 | 0,1 | <ΟΑ | 0,7 | 0,31 | <ΟΑ | 1,4 | 0,07 | <ΟΑ | 0,14 | 0,1 | <ΟΑ | 0,75 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 36,78 | 3,7 | 57,4 | 63,22 | 6,2 | 137,8 | 2,43 | <ΟΑ | 11,2 | 4,83 | 2,1 | 6,7 | 30,01 | 1,3 | 92,2 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 32,37 | 2,7 | 51,2 | 55,17 | 5,2 | 115 | 1,66 | <ΟΑ | 7,5 | 4,3 | 1,2 | 6,5 | 25,56 | 0,1 | 77 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 1,99 | 0,6 | 10 | 2,23 | 0,3 | 19,3 | 1,29 | 0,7 | 2,8 | 4,07 | 3,3 | 4,5 | 1,87 | 0,8 | 5,1 |
| Fe | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | <ΟΑ | 16168 | ΔΥ | <ΟΑ | 372 | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | <ΟΑ | 316 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 19,7 | 0,18 | 272,71 | 8,11 | <ΟΑ | 162,58 | 139,35 | 0,27 | 848,8 | 5,1 | 3,23 | 7,35 | 7,58 | 0,28 | 65,93 |
| Mo | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <ΟΑ | 0,3 | ΔΥ | <ΟΑ | 1,1 | ΔΥ | <ΟΑ | 1,1 | 6,77 | 5,1 | 8,9 | ΔΥ | <ΟΑ | 2,6 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 6,12 | 0,2 | 15,7 | 1,74 | 0,2 | 7,4 | 3,06 | 0,5 | 10,9 | 1,8 | 0,2 | 2,8 | 1,58 | 0,2 | 6,4 |
| P | μg L ⁻¹ | 28,67 | 10 | 54 | 47,42 | 10 | 148 | 31,44 | 10 | 98 | 20,33 | 17 | 26 | 39,23 | 19 | 113 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------------|---------|------|-------|----------|------|-------|---------|------|-------|---------|------|-------|----------|------|-------|
| Pb | μg L⁻¹ | 0,23 | <OA | 0,7 | 0,49 | <OA | 2,6 | 0,2 | <OA | 0,3 | 0,7 | <OA | 1,6 | 0,18 | <OA | 0,6 |
| Rb | μg L⁻¹ | 0,59 | 0,32 | 1,14 | 0,44 | 0,2 | 0,99 | 0,67 | 0,31 | 1,57 | 3,65 | 2,79 | 4,25 | 0,68 | 0,22 | 1,13 |
| Sb | μg L⁻¹ | 0,48 | <OA | 1,19 | 0,3 | <OA | 2,8 | 0,11 | <OA | 0,2 | 0,6 | 0,34 | 0,74 | 0,45 | <OA | 4,09 |
| Se | μg L⁻¹ | ΔΥ | <OA | <OA | 0,59 | <OA | 1,2 | ΔΥ | <OA | <OA | ΔΥ | <OA | <OA | 1,64 | <OA | 8,5 |
| Si | μg L⁻¹ | 16799,6 | 8786 | 27651 | 11139,73 | 7819 | 15139 | 6076,89 | 3250 | 11263 | 3238,33 | 1807 | 4271 | 12289,23 | 8324 | 20498 |
| Sn | μg L⁻¹ | ΔΥ | < OA | 2,42 | ΔΥ | <OA | 1,09 | ΔΥ | <OA | 0,26 | ΔΥ | <OA | <OA | ΔΥ | <OA | <OA |
| Zn | μg L⁻¹ | 11,46 | 1,2 | 31,7 | 76,95 | 2,5 | 1083 | 17,33 | 3,4 | 44,9 | 80,53 | 14,6 | 205,9 | 20,69 | 3,6 | 88,8 |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

OP: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

5.4 Σύνοψη των αποτελεσμάτων - επιμέρους συμπεράσματα για τις τρεις περιοχές

Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων συλλέχθηκαν 68 δείγματα νερού, έχοντας ως κύριο τύπο νερού Mg-HCO₃, ενώ ορισμένα δείγματα από την περιοχή του Σχίνου παρουσιάζουν τύπους Mg-Cl, Na-Cl (Εικόνα 5.35). Από τις παραμέτρους που προσδιορίστηκαν στα αναλυτικά εργαστήρια προέκυψε πως αυτές που υπερβαίνουν τις οριακές τιμές των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011) είναι οι EC (έως 3943 μS cm⁻¹), Mg²⁺ (έως 363 mg L⁻¹), Na⁺ (έως 405 mg L⁻¹), K⁺ (έως 21,1 mg L⁻¹), Cl⁻ (έως 815 mg L⁻¹), NO₃⁻ (έως 100 mg L⁻¹), SO₄²⁻ (έως 381 mg L⁻¹), As (έως 20,9 μg L⁻¹), Cr (έως 506,9 μg L⁻¹), Cr⁶⁺ (έως 458,8 μg L⁻¹) και Mn (έως 57,05 μg L⁻¹) (Πίνακες 5.2-5.3). Όσον αφορά το Cr, βρέθηκε σε υψηλές συγκεντρώσεις σε δείγματα νερού της περιοχής μελέτης (Πίνακας 5.3). Η πολύ υψηλή τιμή του λόγου Cr⁶⁺/Cr σε συνδυασμό με τις πολύ ισχυρές συσχετίσεις Cr και Cr⁶⁺ (r=1) και τα παρόμοια χωρικά πρότυπα (Εικόνες 5.23, 5.25) που παρουσιάζουν, υποδεικνύουν ότι η κυρίαρχη μορφή του Cr στα νερά των περιοχών είναι το Cr⁶⁺. Η μέση συγκέντρωση του Cr⁶⁺ είναι 51,9 μg L⁻¹ και το εύρος των συγκεντρώσεών του κυμαίνεται από 1,3 μg L⁻¹ έως 458,8 μg L⁻¹. Τα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Σχίνου εμφανίζουν ορισμένες πολύ υψηλές συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ (> 100 μg L⁻¹), συγκριτικά με τα δείγματα υπογείων νερών από τις πηγές των Γερανείων Ορέων και της περιοχής του Λουτρακίου (Εικόνα 5.25). Η εμφανής στατιστική (συντελεστές συσχέτισης, παραγοντική ανάλυση, ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες) και χωρική σχέση των συγκεντρώσεων Cr και Cr⁶⁺ με τις συγκεντρώσεις NO₃⁻ και P αποκαλύπτει την κοινή προέλευση τους στα νερά της περιοχής. Εκτός από τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr, βρέθηκαν και υψηλές συγκεντρώσεις As στα δείγματα νερού, που αναλύθηκαν (Πίνακας 5.3). Η μέση τιμή As στα υπόγεια νερά είναι 3,64 μg L⁻¹ και το εύρος των συγκεντρώσεων κυμαίνεται από <0,04 έως 20,9 μg L⁻¹. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις As προσδιορίστηκαν - κατά κύριο λόγο - στην περιοχή του Σχίνου, εκτός από ένα δείγμα (GL7) που βρίσκεται στην περιοχή του Λουτρακίου. Ωστόσο, στο δείγμα GL7 στην περιοχή του Λουτρακίου καταγράφηκαν υψηλές συγκεντρώσεις και σε άλλα δυνητικά τοξικά στοιχεία και ιχνοστοιχεία όπως B, Ba, Br, K⁺, Li, Mo, Rb, Rh, Sr, Tl και W υποδεικνύοντας διαφορετικά υδροχημικά χαρακτηριστικά. Οι συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson, οι χάρτες χωρικής κατανομής και οι πολυκριτηριακές στατιστικές αναλύσεις (παραγοντική ανάλυση και ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες) υποστηρίζουν τη σχέση μεταξύ του As και των DO, EC, Cl⁻, Br, Se και V.

Στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας συλλέχθηκαν 34 δείγματα νερού, έχοντας Mg-Ca-HCO₃ και Mg-Ca-Cl ως κύριους υδροχημικούς τύπους (Εικόνα 5.74). Από τις παραμέτρους που προσδιορίστηκαν στα αναλυτικά εργαστήρια προέκυψε πως αυτές που

υπερβαίνουν τις οριακές τιμές των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011) είναι οι EC (έως $5129 \mu\text{S cm}^{-1}$), Na^+ (έως 604 mg L^{-1}), K^+ (έως $26,2 \text{ mg L}^{-1}$), Cl^- (έως 1460 mg L^{-1}), NO_3^- (έως 540 mg L^{-1}), SO_4^{2-} (έως 310 mg L^{-1}), Cr (έως $161,5 \mu\text{g L}^{-1}$), Cr^{6+} (έως $131,1 \mu\text{g L}^{-1}$) (Πίνακες 5.7-5.8). Όσον αφορά το Cr, βρέθηκε σε υψηλές συγκεντρώσεις στα δείγματα νερού της περιοχής μελέτης (Πίνακας 5.8). Η πολύ υψηλή τιμή του λόγου Cr^{6+}/Cr σε συνδυασμό με τις πολύ ισχυρές συσχετίσεις Cr και Cr^{6+} ($r=0,98$) και τους παρεμφερείς χάρτες χωρικής κατανομής (Εικόνες 5.62, 5.64) που παρουσιάζουν, υποδεικνύουν ότι η κυρίαρχη μορφή του Cr στα νερά των περιοχών είναι το Cr^{6+} . Η μέση συγκέντρωση του Cr^{6+} είναι $58,2 \mu\text{g L}^{-1}$ και το εύρος των συγκεντρώσεών του κυμαίνεται από $4 \mu\text{g L}^{-1}$ έως $131,1 \mu\text{g L}^{-1}$. Η εμφανής στατιστική (συντελεστές συσχέτισης, παραγοντική ανάλυση, ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες) και χωρική σχέση των συγκεντρώσεων Cr και Cr^{6+} με τις συγκεντρώσεις NO_3^- και P αποκαλύπτει την κοινή προέλευση τους στα νερά της περιοχής. Ιδιαίτερως εντυπωσιακές είναι οι πολύ υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- (έως 540 mg L^{-1}) στα δείγματα νερών της περιοχής, οι οποίες - σε κάποιες περιπτώσεις - υπερβαίνουν τη δεκαπλάσια συγκέντρωση των ορίων των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011).

Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας συλλέχθηκαν 73 δείγματα νερού. Τα περισσότερα από αυτά παρουσιάζουν ως κύριο τύπο νερού Ca-Mg-HCO₃, μόλις ένα δείγμα αρδευτικής γεώτρησης έχει Ca-Mg-SO₄ τύπο νερού και τα υπόλοιπα εμφανίζουν μικτό τύπο ανάμεσα στους παραπάνω (Εικόνα 5.112). Από τις παραμέτρους που προσδιορίστηκαν στα αναλυτικά εργαστήρια προέκυψε πως αυτές που υπερβαίνουν τις οριακές τιμές των ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 και ΠΟΥ (WHO, 2011) είναι οι NO_3^- (έως 138 mg L^{-1}), SO_4^{2-} (έως 662 mg L^{-1}), As ($49,1 \mu\text{g L}^{-1}$), Cr (έως $137,8 \mu\text{g L}^{-1}$), Cr^{6+} (έως $115 \mu\text{g L}^{-1}$), Mn (έως $848,8 \mu\text{g L}^{-1}$) (Πίνακες 5.12-5.13). Όσον αφορά το Cr, βρέθηκε σε υψηλές συγκεντρώσεις στην περιοχή μελέτης (Πίνακας 5.13). Η πολύ υψηλή τιμή του λόγου Cr^{6+}/Cr σε συνδυασμό με τις πολύ ισχυρές συσχετίσεις Cr και Cr^{6+} ($r=0,98$) και τους παρόμοιους χάρτες χωρικής κατανομής (Εικόνες 5.101, 5.103) που παρουσιάζουν, υποδεικνύουν ότι η κυρίαρχη μορφή του Cr στα νερά των περιοχών είναι το Cr^{6+} . Η μέση συγκέντρωση του Cr^{6+} είναι $43,54 \mu\text{g L}^{-1}$ και το εύρος των συγκεντρώσεών του κυμαίνεται από <OA έως $115 \mu\text{g L}^{-1}$. Στα δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr^{6+} συγκριτικά με τις πηγές και το ρέμα Σουλού (Πίνακας 5.13). Η εμφανής στατιστική (συντελεστές συσχέτισης, παραγοντική ανάλυση, ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες) και χωρική σχέση των συγκεντρώσεων Cr και Cr^{6+} με τις συγκεντρώσεις Si, NO_3^- και P αποκαλύπτει την κοινή προέλευση τους στα νερά της περιοχής. Επιπροσθέτως, παρατηρούνται μέτριες έως καλές συσχετίσεις μεταξύ των στοιχείων Mg^{2+} - Si - Cr^{6+} - Ni στις φυσικές πηγές του Βερμίου Όρους. Εκτός από τις αυξημένες

συγκεντρώσεις Cr, βρέθηκαν και υψηλές συγκεντρώσεις As στα δείγματα νερού, που αναλύθηκαν (Πίνακας 5.13). Η μέση τιμή As στα υπόγεια νερά είναι $2,46 \mu\text{g L}^{-1}$ και το εύρος των συγκεντρώσεων κυμαίνεται από <0A έως $49,1 \mu\text{g L}^{-1}$ και οι υψηλότερες συγκεντρώσεις As απαντώνται στις πηγές συγκριτικά με τις αρδευτικές γεωτρήσεις και το ρέμα Σουλού (Πίνακας 5.13).

6. Αποτελέσματα ορυκτολογικής και γεωχημικής μελέτης

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία για τις ορυκτολογικές φάσεις που ταυτοποιήθηκαν σε πετρώματα και εδαφικά δείγματα από τις περιοχές α) Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, β) λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και γ) λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Έμφαση δόθηκε στους υπερβασικούς γεωλογικούς σχηματισμούς οι οποίοι δομούν – κατά κύριο λόγο - τις περιοχές μελέτης και αποτελούν βασικό συστατικό των εδαφών που διερευνώνται και περιλαμβάνουν την κύρια υδροφορία. Ο ορυκτολογικός προσδιορισμός – που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια - πραγματοποιήθηκε με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ (XRD), με χρήση οπτικού μικροσκοπίου διερχόμενου και ανακλώμενου φωτός και με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης και μικροανάλυση (SEM/EDS). Για την περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ (XRD) χρησιμοποιήθηκε περιθλασίμετρο τύπου Bruker D-8 Focus, όπου τα δείγματα υπέστησαν σάρωση από 2° έως 72° γωνίας 2θ με ταχύτητα 1 s min⁻¹ και υπό συνθήκες ακτινοβολίας CuKα (λ=1,5405 Å), φίλτρο Ni σε ένταση 30 mA και τάση 40 kV. Η ταυτοποίηση των διαφόρων ορυκτολογικών φάσεων πραγματοποιήθηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις hkl των ακτινοδιαγραμμάτων που προέκυψαν, ενώ για τη επεξεργασία των ακτινοδιαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα EVA (Version 12, Copyright @ SOCABIM 1996 - 2006). Η φωτογράφιση των δειγμάτων σε οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου και ανακλώμενου φωτός έγινε με έγχρωμη video-camera (τύπου Progress C10), προσαρτημένη στο παραπάνω μικροσκόπιο, και η επεξεργασία των φωτογραφιών με το ειδικό λογισμικό Progress Capture Pro 2.1. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, της σχολής MMM, τύπου JEOL6380LV με σύστημα μικροαναλυτή. Οι συντομογραφίες των ορυκτολογικών φάσεων, που αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό, ακολουθούν τη λίστα συντομογραφιών των Whitney and Evans (2010) και οι χημικοί τύποι τους παρουσιάζονται παράρτημα V.

Όσον αφορά το νομοθετικό πλαίσιο που αφορά τις περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων, όπως συμβαίνει στα νερά, έτσι και στα εδάφη, διαφέρει από χώρα σε χώρα εντός και εκτός Ευρώπης. Πολλές χώρες έχουν συντάξει οδηγίες και εθνικές αποφάσεις για να αντιμετωπίσουν το θέμα αυτό. Εντούτοις, ακόμα και στις περιπτώσεις αυτές, υπάρχει ανομοιογένεια στις οδηγίες και αποφάσεις εξαιτίας του τρόπου καθορισμού των οριακών τιμών τους. Οι πιο γνωστές και αντιπροσωπευτικές από τις οδηγίες που υπάρχουν για τις περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων είναι α) η οδηγία από το “Department of Environment and Conservation” της Αυστραλίας που χωρίζει τις εξεταζόμενες περιοχές βάσει της χρήσεως γης, β) η οδηγία ICRL 59/83 της Μεγάλης Βρετανίας με την οποία κρίνεται η

καταλληλότητα ενός εδάφους ανάλογα με τη χρήση που έχει ή πρόκειται να έχει στο μέλλον και τέλος, γ) η Ολλανδική λίστα (VROM, 2000) με την οποία εκτιμάται η ρύπανση βάσει τιμών στόχων και τιμών παρέμβασης για διάφορα δυνητικά τοξικά στοιχεία για κάθε πιθανή χρήση. Ωστόσο, ένα πρόβλημα που δημιουργείται στη χρήση των οδηγιών και αποφάσεων αυτών είναι οι διαφορετικές γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Για παράδειγμα, η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από την επικράτηση υπερβασικών πετρωμάτων συγκριτικά με τις Κάτω Χώρες, επομένως αναμένονται πολύ υψηλότερες περιεκτικότητες σε κάποια δυνητικά τοξικά στοιχεία όπως Co, Cr, Ni κ.α. Επομένως, το γεωλογικό και γεωχημικό περιβάλλον είναι ο σημαντικότερος παράγοντας ο οποίος πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν στις γεωχημικές έρευνες που σχετίζονται με εδάφη και νερά. Γι' αυτό το λόγο, στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής έγινε σύγκριση κάποιων δυνητικά τοξικών στοιχείων με τη μέση περιεκτικότητά τους στο φλοιό της Γης (Mason and Moore, 1982, Yaroshevsky, 2006). Επιπλέον, η Ελληνική νομοθεσία κρίνεται ελλιπής σχετικά με τη ρύπανση δυνητικά τοξικών στοιχείων σε εδάφη καθώς δεν υπάρχουν θεσπισμένα επιτρεπτά όρια. Για τους συγκριτικούς σκοπούς της παρούσας διατριβής - ανάμεσα στις προαναφερθείσες οδηγίες και αποφάσεις - επιλέχθηκε η Ολλανδική λίστα (VROM, 2000) καθώς κρίνεται ως η πιο εύχρηστη επειδή αγνοεί την παράμετρο της υφιστάμενης ή μελλοντικής χρήσης γης και χρησιμοποιείται η προβλεπόμενη τιμή στόχος και τιμή παρέμβασης για κάθε εξεταζόμενο δυνητικά τοξικό στοιχείο.

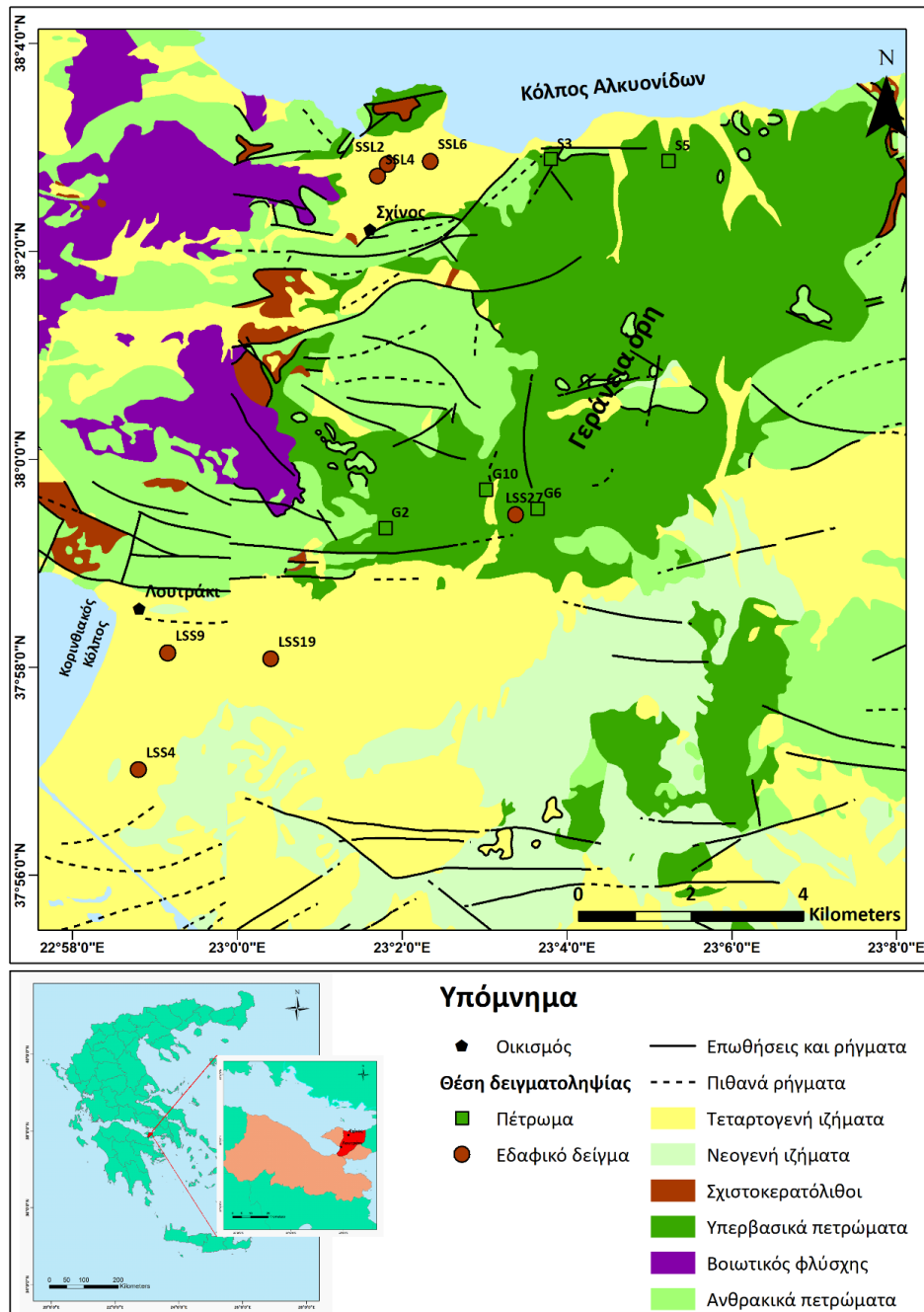
6.1 Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων

6.1.1 Δειγματοληψία

Στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής έγινε δειγματοληψία 12 δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών από την περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων στα οποία πραγματοποιήθηκαν χημικές, ορυκτολογικές και ορυκτοχημικές αναλύσεις. Πιο συγκεκριμένα, πέντε δείγματα συλλέχθηκαν από αντιπροσωπευτικά πετρώματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων και επτά εδαφικά δείγματα, εκ των οποίων τα τρία από τον Τεταρτογενή (αλλουβιακό) υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής του Σχίνου και τα υπόλοιπα 4 από τον Τεταρτογενή (αλλουβιακό) υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής του Λουτρακίου. Στην εικόνα 6.1 φαίνεται ο χάρτης της περιοχής μελέτης με τις θέσεις δειγματοληψίας των δειγμάτων. Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι κωδικοί των δειγμάτων και η κατηγοριοποίησή τους στο είδος (πέτρωμα-έδαφος) του δείγματος.

Πίνακας 6.1 – Ομαδοποίηση των 12 δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

| Είδος | Κωδικός δείγματος |
|---------|--|
| Πέτρωμα | G2, G6, G10, S3, S5 |
| Έδαφος | SSL2, SSL4, SSL6, LSS4, LSS9, LSS19, LSS27 |



Εικόνα 6.1 - Χάρτης της περιοχής Σχίνου – Λουτρακίου - πηγών Γερανείων Ορέων με τις 12 θέσεις δειγματοληψίας πετρωμάτων και εδαφικών δειγμάτων.

6.1.2 Ορυκτολογία – Ορυκτοχημεία

Από τη χημική, πετρολογική, ορυκτολογική και ορυκτοχημική ανάλυση των δειγμάτων, προέκυψε ότι τα υπερβασικά πετρώματα της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων είναι σερπεντινίτες (Δείγματα G2, G6, G10, S3) και μερικώς σερπεντινωμένοι περιδοτίτες (χαρτζβουργίτες/δουνίτες) (Δείγμα S5), τα οποία παρουσιάζουν ποικίλλου βαθμού εξαλλοίωση (σερπεντινιώση) και τεκτονική καταπόνηση εξαιτίας του έντονου τεκτονισμού. Στους δουνίτες, κύριο ορυκτό είναι ο ολιβίνης και σε μικρό ποσοστό (< 5%) εμφανίζεται ορθοπυρόξενος (ενστατίτης $MgO=28,86-33,9\%$ κ.β. και $FeO=5,34-6,85\%$ κ.β., Γιαννακοπούλου, 2019), ενώ στους χαρτζβουργίτες, τα κύρια ορυκτά είναι ολιβίνης και ορθοπυρόξενος. Επιπλέον, παρατηρείται η παρουσία αμφιβόλου (τρεμολίτης/ακτινολίθος), χλωρίτη, τάλκη και πυροαυρίτη. Οι Stamatakis and Mitsis (2013) έχουν αναφέρει την παρουσία ανθρακικών ορυκτολογικών φάσεων όπως μαγνησίτης, υδρομαγνησίτης, χουντίτης και πυροαυρίτης στα υπερβασικά πετρώματα των Γερανείων Ορέων. Η αμφίβολος σχηματίζεται, κατά θέσεις, αντικαθιστώντας τον πυρόξeno (Εικόνα 6.9). Ο σερπεντίνης αντικαθιστά ολιβίνη και πυρόξeno (Εικόνες 6.7-6.8) και εμφανίζει χαρακτηριστικό κυψελώδη ιστό (Εικόνες 6.7-6.8), ενώ ο ολιβίνης παρουσιάζει χαρακτηριστική κυματοειδή κατάσβεση λόγω παραμόρφωσης.

Ο σπινέλιος είναι πλούσιος σε Al_2O_3 (> 40% κ.β.) και η περιεκτικότητά του σε Cr_2O_3 κυμαίνεται – κατά κύριο λόγο - μεταξύ 20% και 31% κ.β. (Βακόνδιος, 1997), αλλά υπάρχουν και αναφορές που φτάνει έως 62,73% κ.β. (Γιαννακοπούλου, 2019). Το εύρος της διακύμανσης του ολικού Fe των σπινελίων των Γερανείων Ορέων κυμαίνεται από 13,76% έως 30,18% κ.β. (Γιαννακοπούλου, 2019). Επιπλέον, οι σπινέλιοι εμφανίζονται διάσπαρτοι και σχηματίζουν από ιδιόμορφους έως υπιδιόμορφους κρυστάλλους, συχνά αδρόκοκκους με διαστάσεις μέχρι 4 mm, ενώ στο μικροσκόπιο εμφανίζονται κατακερματισμένοι έως μυλονιτοποιημένοι (Βακόνδιος, 1997, Γιαννακοπούλου, 2019). Το Cr_2O_3 – εκτός από τον σπινέλιο (14,32-62,73% κ.β.) - βρίσκεται και σε άλλες ορυκτολογικές φάσεις των υπερβασικών πετρωμάτων όπως πυρόξeno (έως 1,49% κ.β.), σερπεντίνη (έως 1,46% κ.β.), ολιβίνη (έως 1,12% κ.β.), χλωρίτη (έως 0,13% κ.β.) και αμφίβολο (Οικονόμου κ.α., 2010, Γιαννακοπούλου, 2019) υποδεικνύοντας τη γεωγενή του παρουσία στα πετρώματα της περιοχής. Στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής εργασίας το Cr_2O_3 βρέθηκε σε σπινέλιο, σερπεντίνη, πυρόξeno και χλωρίτη (Εικόνες 6.11-6.12, 6.23).

Στη συνέχεια δίνεται μια σύντομη περιγραφή των ορυκτολογικών φάσεων που ταυτοποιήθηκαν με τη βοήθεια της περιθλασιμετρίας ακτίνων X (XRD), της οπτικής

μικροσκοπίας διερχομένου και ανακλωμένου φωτός, της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης και μικροανάλυσης (SEM/EDS) στα πετρώματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων στα δείγματα: G2, G6, G10, S2 και S5. Από την ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων ταυτοποιήθηκαν οι εξής ορυκτολογικές φάσεις: σερπεντίνη, πυρόξενος, ολιβίνη, χρωμίτης, αμφίβολος, τάλκης και πυροαυρίτης.

- ✓ **G2:** Σερπεντινίτης με κύριο ορυκτό τον σερπεντίνη, ο οποίος σχηματίζεται αντικαθιστώντας τους πυρόξενους. Απαντούν επίσης μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξειδία Fe).
- ✓ **G6:** Σερπεντινίτης με κύριο ορυκτό τον σερπεντίνη, ο οποίος εμφανίζει χαρακτηριστικό κυψελώδη ιστό και σχηματίζεται αντικαθιστώντας τους πυρόξενους. Απαντούν επίσης, πυροαυρίτης, πυρόξενοι και μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξειδία Fe).
- ✓ **G10:** Σερπεντινίτης με κύριο ορυκτό τον σερπεντίνη, ο οποίος εμφανίζει χαρακτηριστικό κυψελώδη ιστό. Απαντούν επίσης μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξειδία Fe) και υπολλειματικοί κρύσταλλοι πυρόξενου και ολιβίνη.
- ✓ **S3:** Σερπεντινίτης με κύριο ορυκτό τον σερπεντίνη, ο οποίος εμφανίζει χαρακτηριστικό κυψελώδη ιστό. Απαντούν επίσης μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξειδία Fe).
- ✓ **S5:** Δουνίτης με κύριο ορυκτό τον ολιβίνη. Απαντούν επίσης, σερπεντίνης, πυρόξενος, αμφίβολος και μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξειδία Fe). Γύρω από τον πυρόξενο σχηματίζεται αμφίβολος (τρεμολίτης/ακτινολίθος).

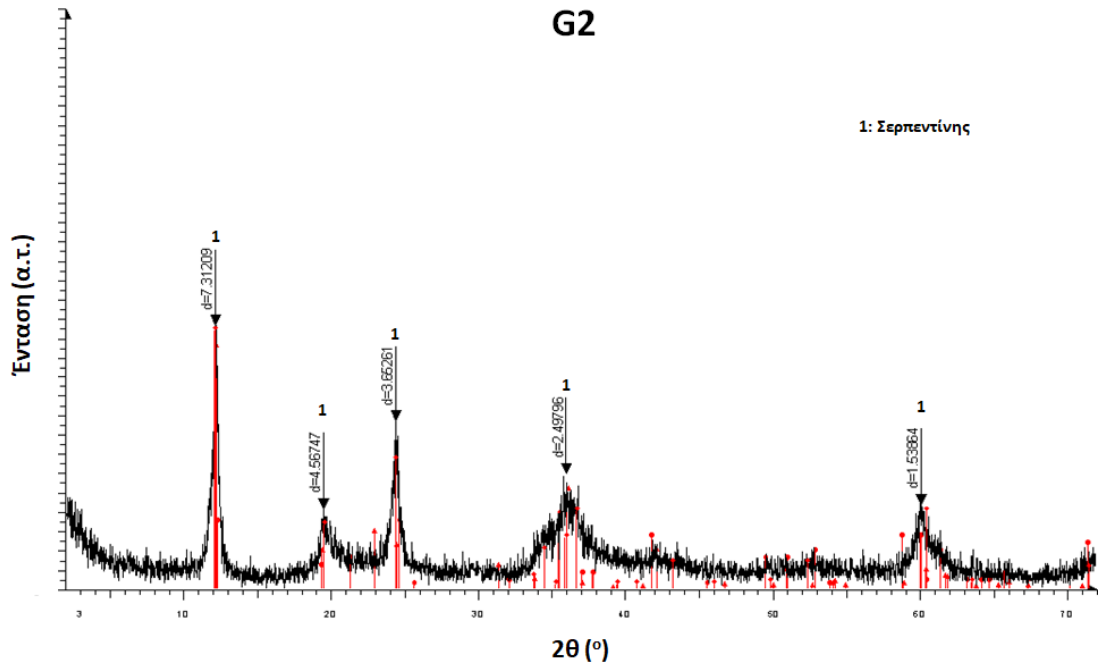
Στις συνέχειες, παρατίθενται αντιπροσωπευτικά διαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) από τα δείγματα πετρωμάτων (Εικόνες 6.2-6.6) και εδαφών (Εικόνες 6.14-6.20) της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, στα οποία σημειώνονται τα ορυκτά που ταυτοποιήθηκαν. Η επεξεργασία των ακτινοδιαγραμμάτων έγινε με τη χρήση του λογισμικού EVA (Version 12, Copyright @ SOCABIM 1996 - 2006). Η ταυτοποίηση των ορυκτολογικών φάσεων πραγματοποιήθηκε βάσει των χαρακτηριστικών ανακλάσεων hkl (Berry, 1974). Ορυκτά που βρίσκονται σε μικρή περιεκτικότητα (<5% κ.ο.) δεν ταυτοποιήθηκαν με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας των ακτίνων-Χ, αλλά η παρουσία τους στα δείγματα επιβεβαιώθηκε από τη μελέτη με οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου και ανακλωμένου φωτός (Εικόνες 6.7-6.10, 6.21-6.22) καθώς και την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και μικροανάλυση (Εικόνες 6.11-6.13, 6.23).

Στα πετρώματα ταυτοποιήθηκαν και οι εξής ορυκτολογικές φάσεις:

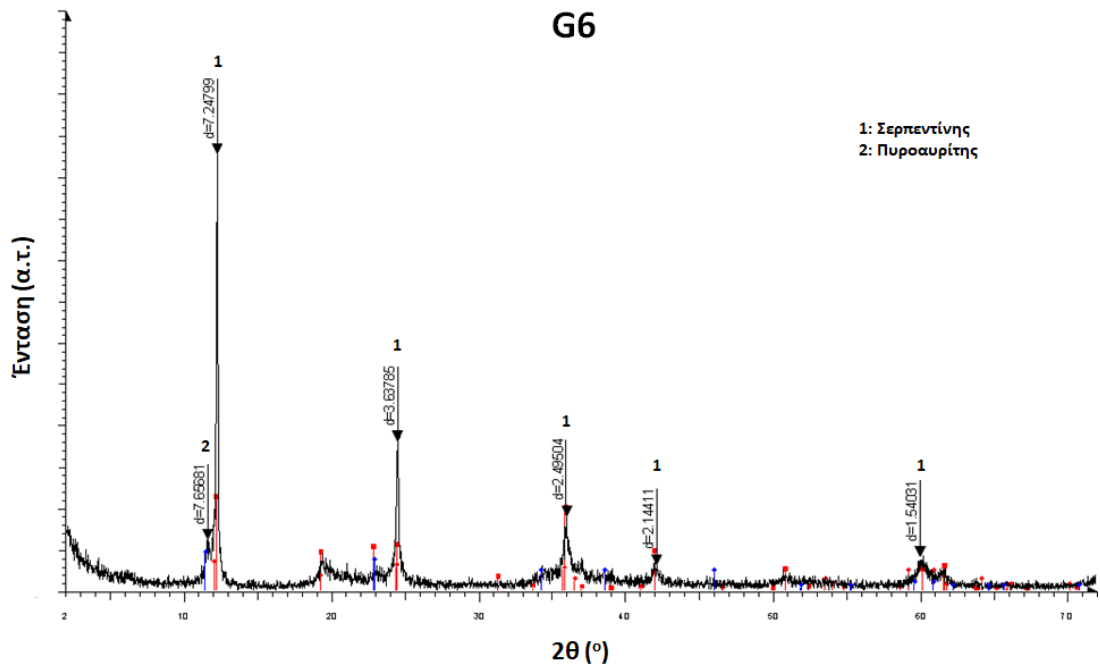
- Ο **σερπεντίνης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (001) στα $d \sim 7.29 \text{ \AA}$, (002) στα $d \sim 3.61 \text{ \AA}$, ($\bar{8}31$) στα $d \sim 2.52 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **πυρόξενος** (ενστατίτης) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (221) στα $d \sim 3.18 \text{ \AA}$, (610) στα $d \sim 2.87 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **ολιβίνης** (φορστερίτης) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (112) στα $d \sim 2.46 \text{ \AA}$, (021) στα $d \sim 3.88 \text{ \AA}$, (222) στα $d \sim 1.75 \text{ \AA}$, κ.λ.π.
- Ο **χρωμίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (311) στα $d \sim 2.51 \text{ \AA}$, (440) στα $d \sim 1.47 \text{ \AA}$, (111) στα $d \sim 4.81$ κ.λ.π.
- Η **αμφίβολος** (τρεμολίτης/ακτινόλιθος) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (151) στα $d \sim 2.70 \text{ \AA}$, (110) στα $d \sim 8.42 \text{ \AA}$, (310) στα $d \sim 3.12 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **τάλκης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (001) στα $d \sim 9.34 \text{ \AA}$, (003) στα $d \sim 3.11 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **πυροαυρίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (003) στα $d \sim 7.83 \text{ \AA}$, (012) στα $d \sim 2.62 \text{ \AA}$ κ.λ.π.

Στα εδαφικά δείγματα, εκτός από κάποιες από τις προαναφερθείσες, ταυτοποιήθηκαν και οι εξής ορυκτολογικές φάσεις:

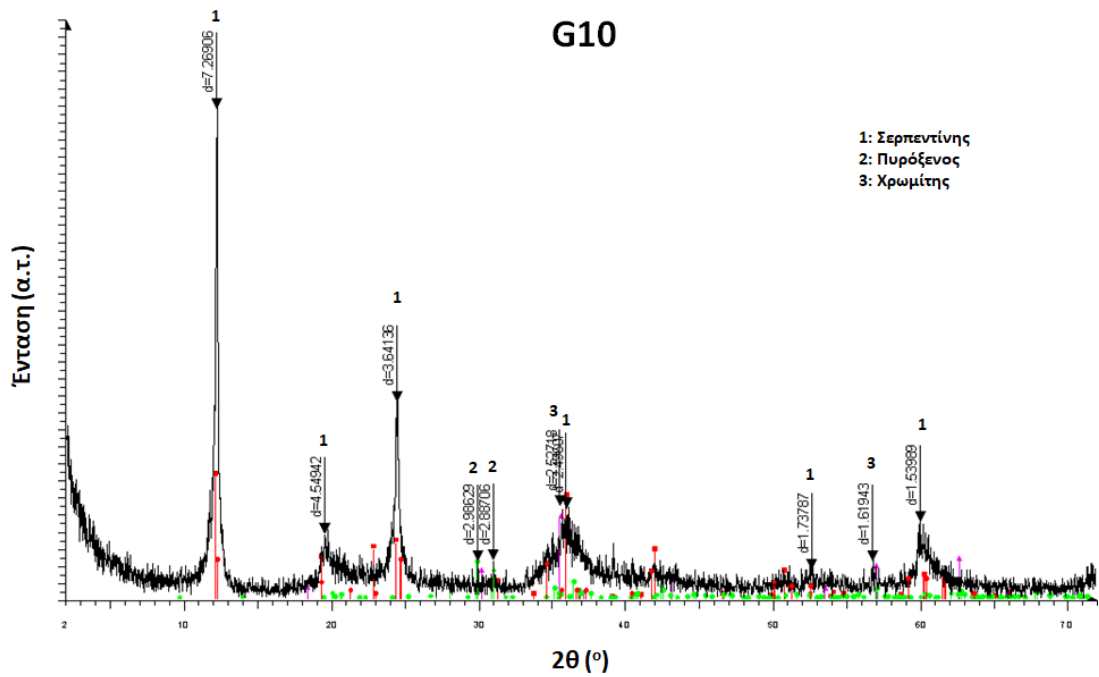
- Ο **χαλαζίας** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (101) στα $d \sim 3.34 \text{ \AA}$, (100) στα $d \sim 4.25 \text{ \AA}$, (112) στα $d \sim 1.81 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **ασβεστίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (104) στα $d \sim 3.03 \text{ \AA}$, (113) στα $d \sim 2.28 \text{ \AA}$, (202) στα $d \sim 2.09 \text{ \AA}$, (100)
- Ο **χλωρίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (002) στα $d \sim 7.12 \text{ \AA}$, (003) στα $d \sim 4.75 \text{ \AA}$, (004) στα $d \sim 3.56 \text{ \AA}$, (001) στα $d \sim 14.24 \text{ \AA}$ κ.λ.π.



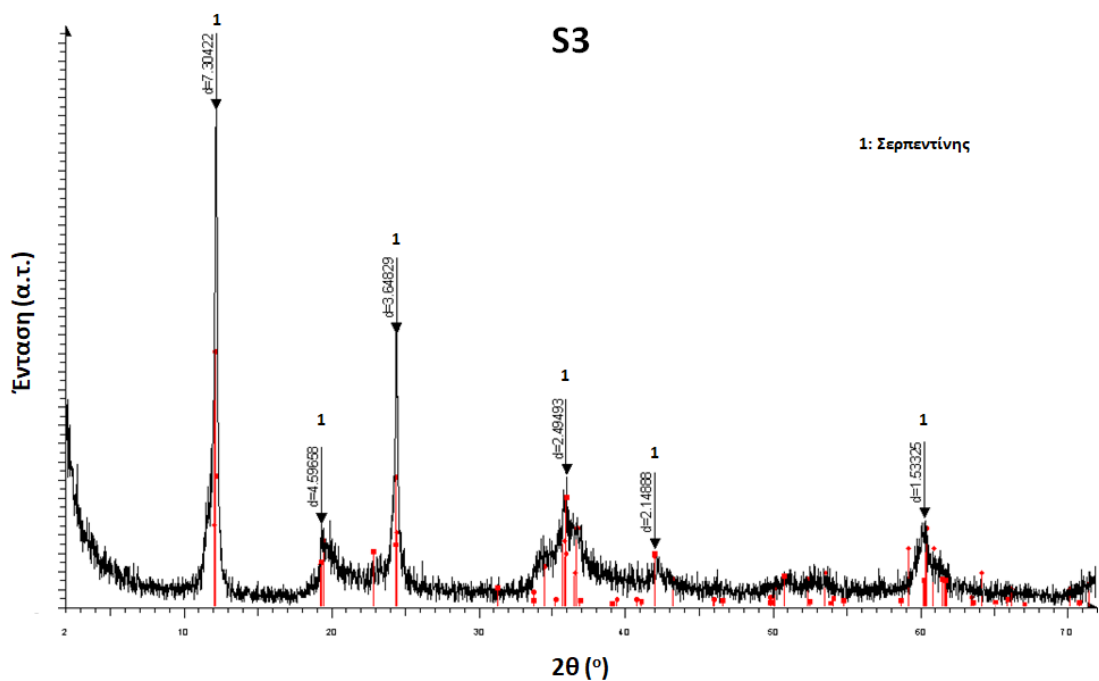
Εικόνα 6.2 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος G2.



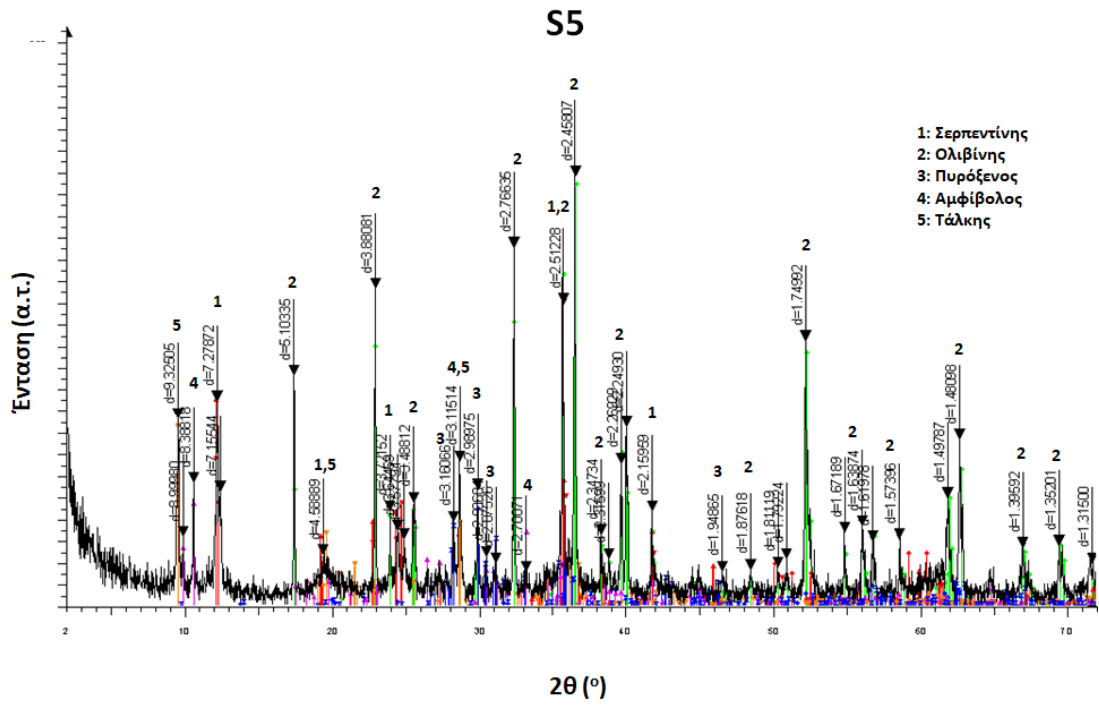
Εικόνα 6.3 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος G6.



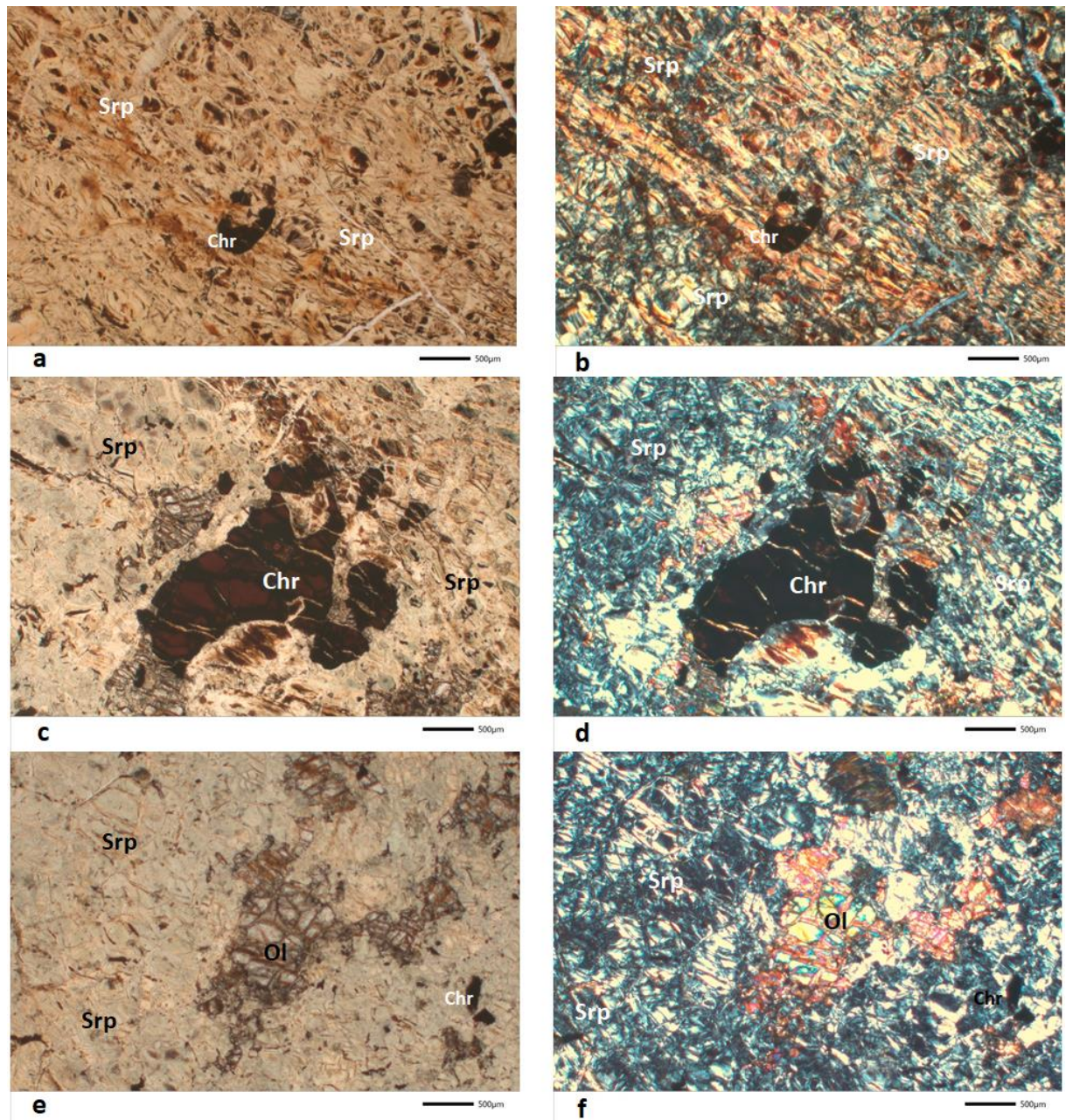
Εικόνα 6.4 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος G10.



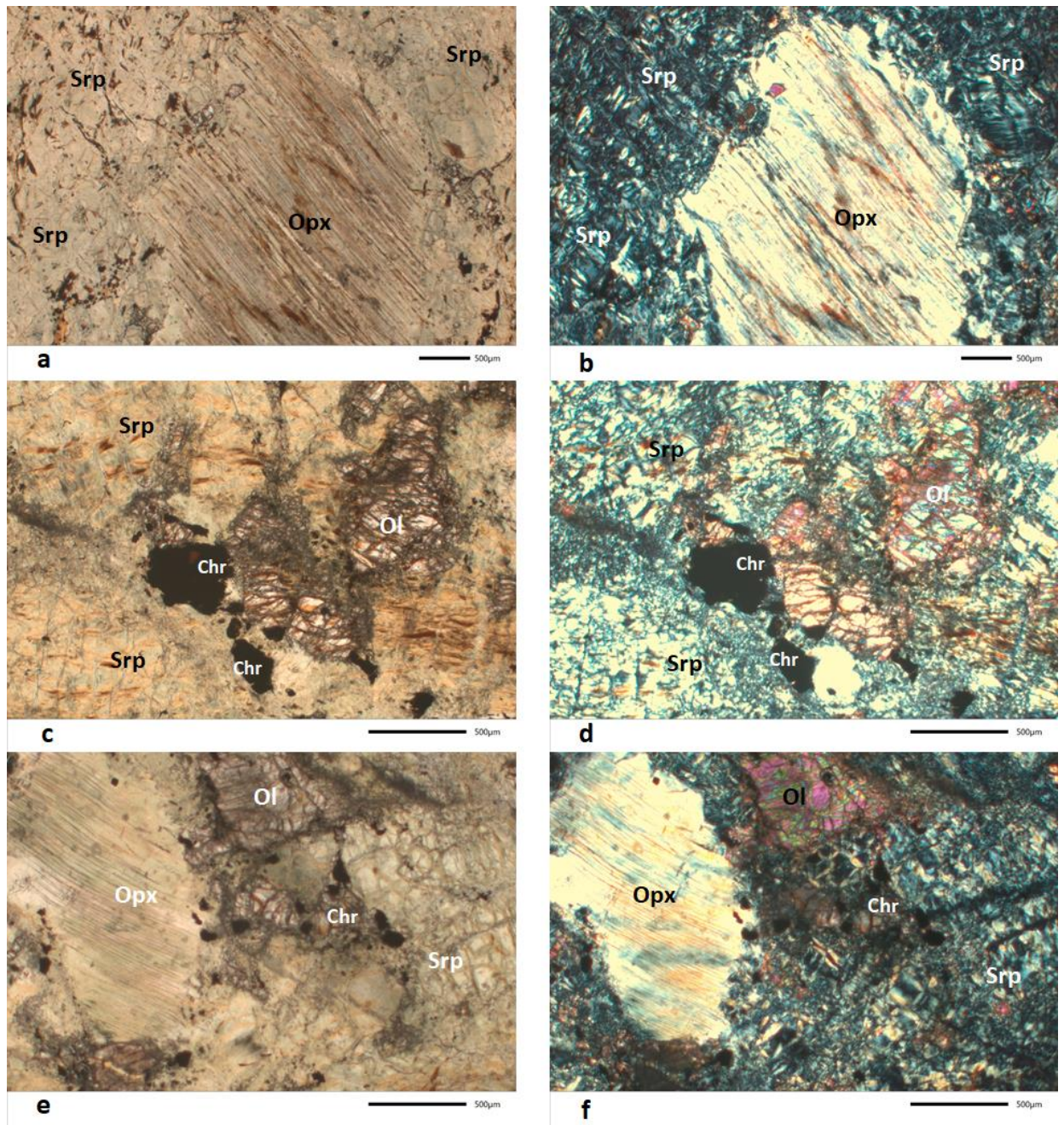
Εικόνα 6.5 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος S3.



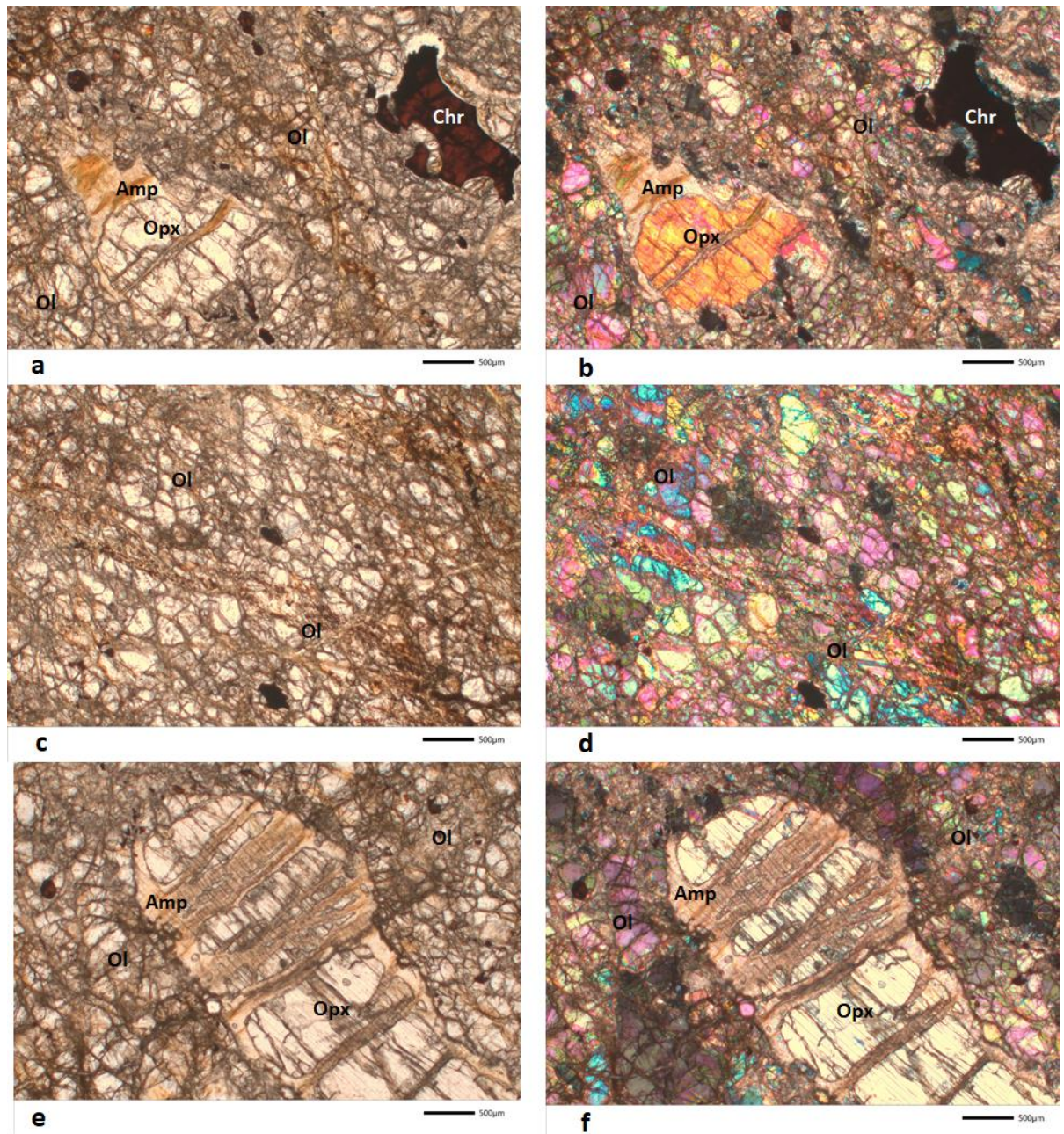
Εικόνα 6.6 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος S5.



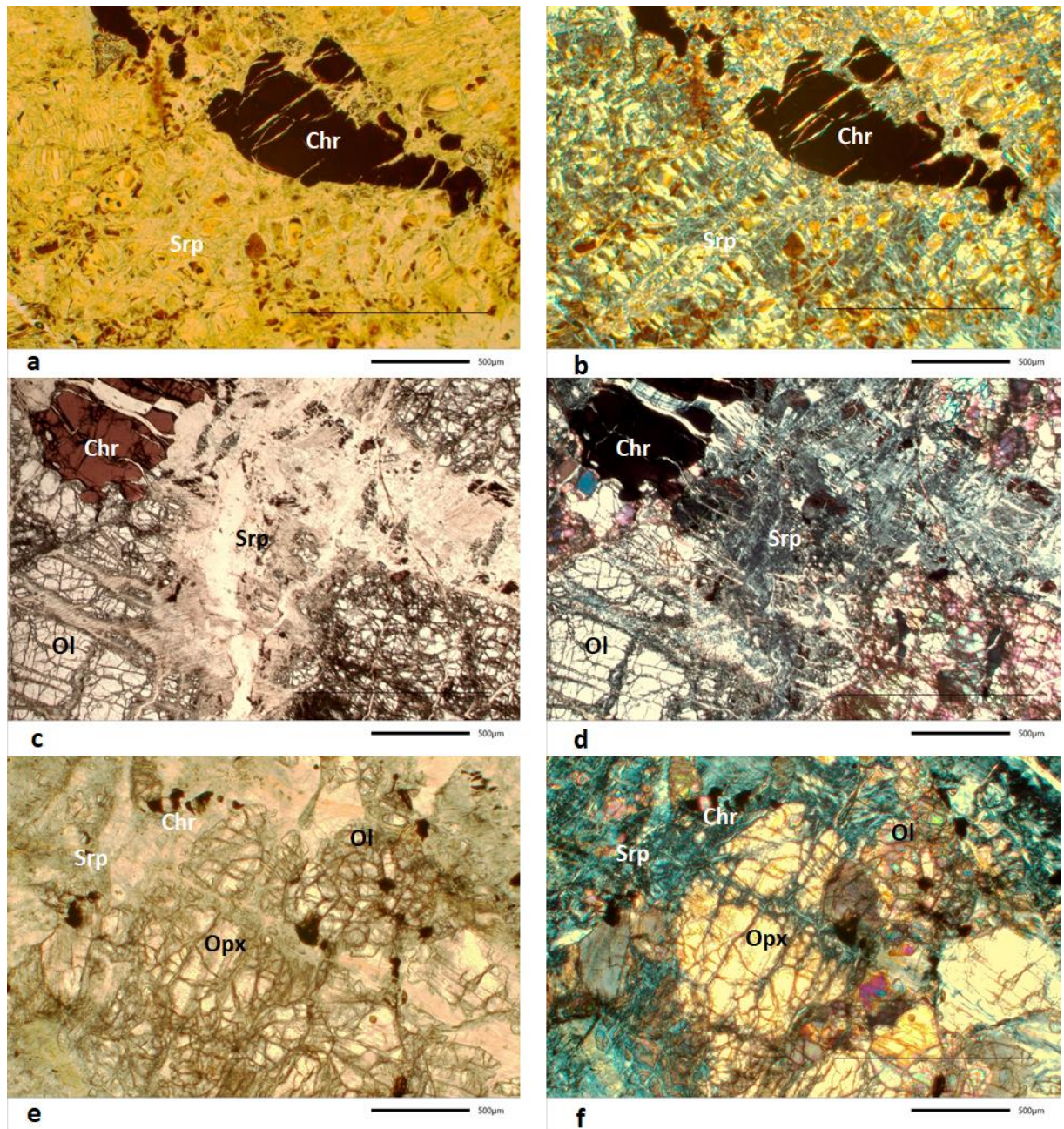
Εικόνα 6.7 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολωροειδή α-β: του δείγματος G6, στο οποίο παρατηρείται σερπεντίνης με υπολειμματικούς κόκκους μεταλλικών ορυκτών (Srp: σερπεντίνης, Chr: χρωμίτης), c-f: του δείγματος G10, στο οποίο παρατηρούνται ολιβίνης, μεταλλικά ορυκτά και σερπεντίνης (Ol: ολιβίνης, Srp: σερπεντίνης, Chr: χρωμίτης).



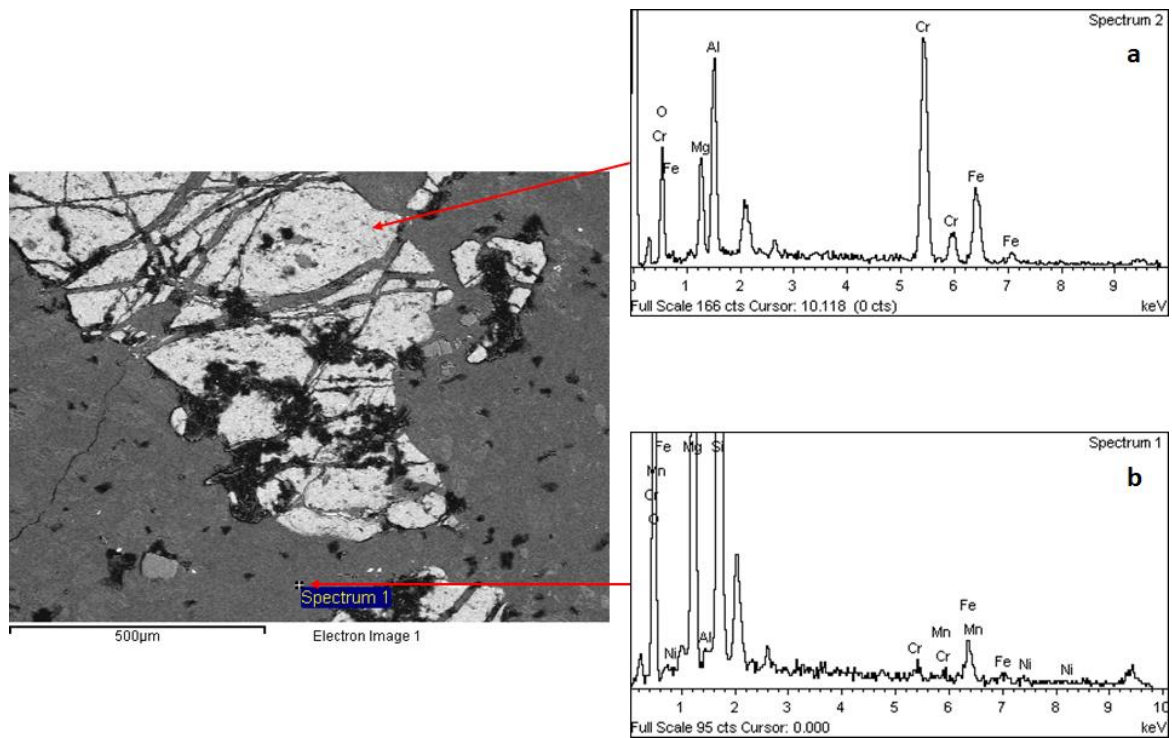
Εικόνα 6.8 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαιοειδή a-b: του δείγματος G10, στο οποίο παρατηρούνται πυρόξενος και σερπεντίνης (Opx: πυρόξενος, Srp: σερπεντίνης), c-f: του δείγματος S3, στο οποίο διακρίνονται ολιβίνης, μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης και πυρόξενος (Ol: ολιβίνης, Srp: σερπεντίνης, Chr: χρωμίτης, Opx: πυρόξενος).



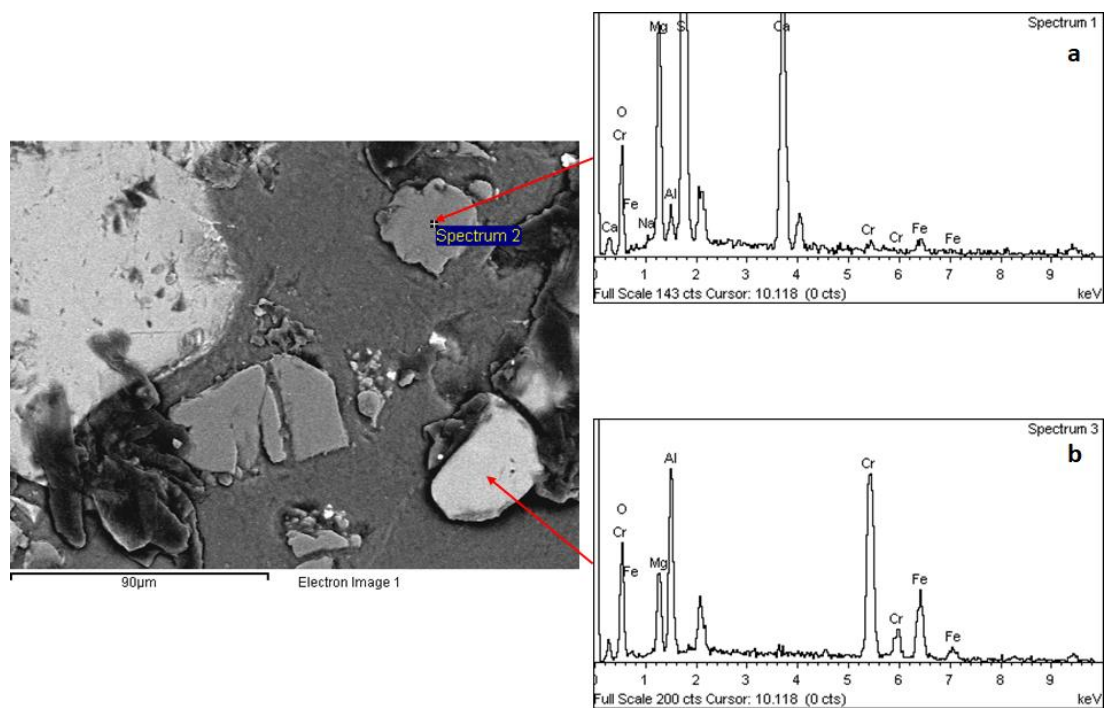
Εικόνα 6.9 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαιοειδή του δείγματος S5 στο οποίο διακρίνονται πυρόξενος, αμφίβολος, ολιβίνης και χρωμίτης. Κατά θέσεις σχηματίζεται αμφίβολος (τρεμολίτης/ακτινόλιθος) αντικαθιστώντας τον πυρόξενο. (Opx: πυρόξενος, Amp: αμφίβολος, Ol: ολιβίνης, Chr: χρωμίτης).



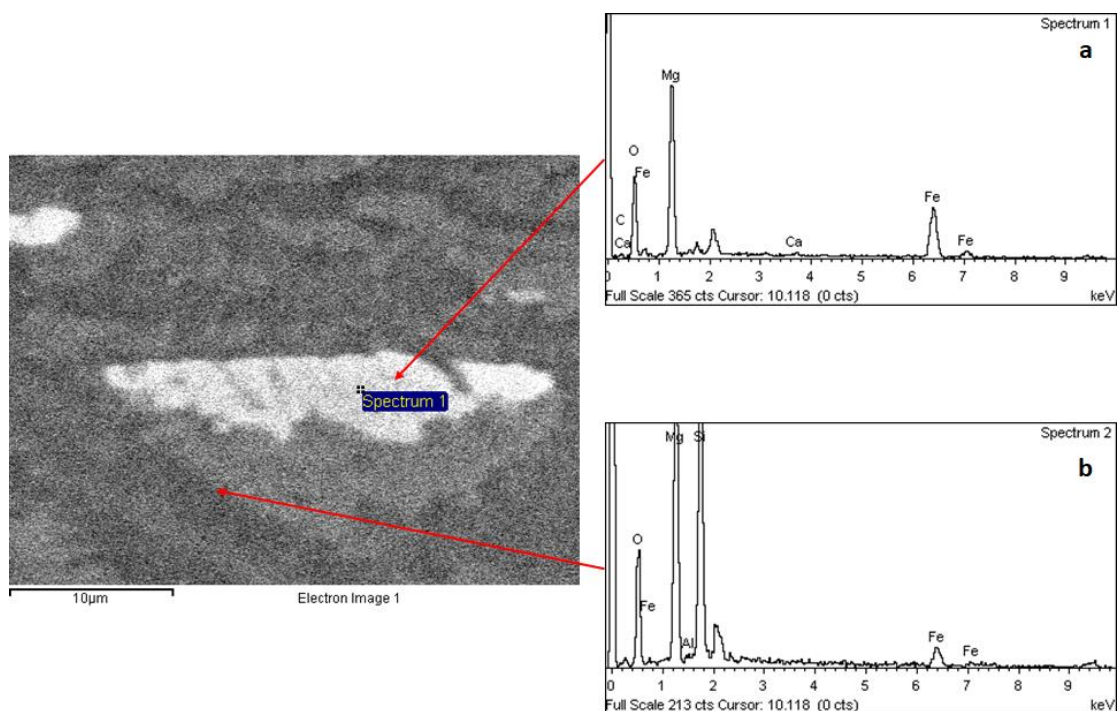
Εικόνα 6.10 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολωροειδή α-β: του δείγματος G6, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά και σερπεντίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης), c-d: του δείγματος G9, στο οποίο διακρίνονται μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης και ολιβίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης), e-f: του δείγματος S3, στο οποίο διακρίνονται μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης, πυρόξενος και ολιβίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης, Orx: πυρόξενος, Ol: ολιβίνης).



Εικόνα 6.11 - Εικόνα οπισθοσκηδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων α: Cr-ούχος σπινέλιος και b: Cr-ούχος σερπεντίνης.



Εικόνα 6.12 - Εικόνα οπισθοσκηδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων α: Cr-ούχος πυρόξενος και b: Cr-ούχος σπινέλιος.

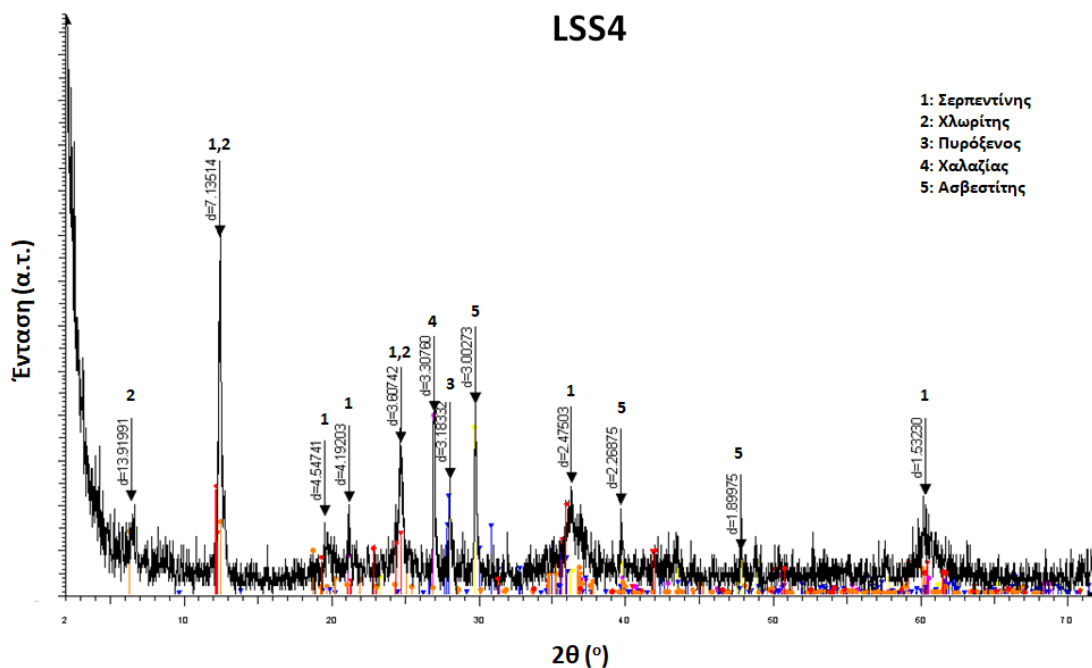


Εικόνα 6.13 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων α: πυροαυρίτης και b: σερπεντίνης.

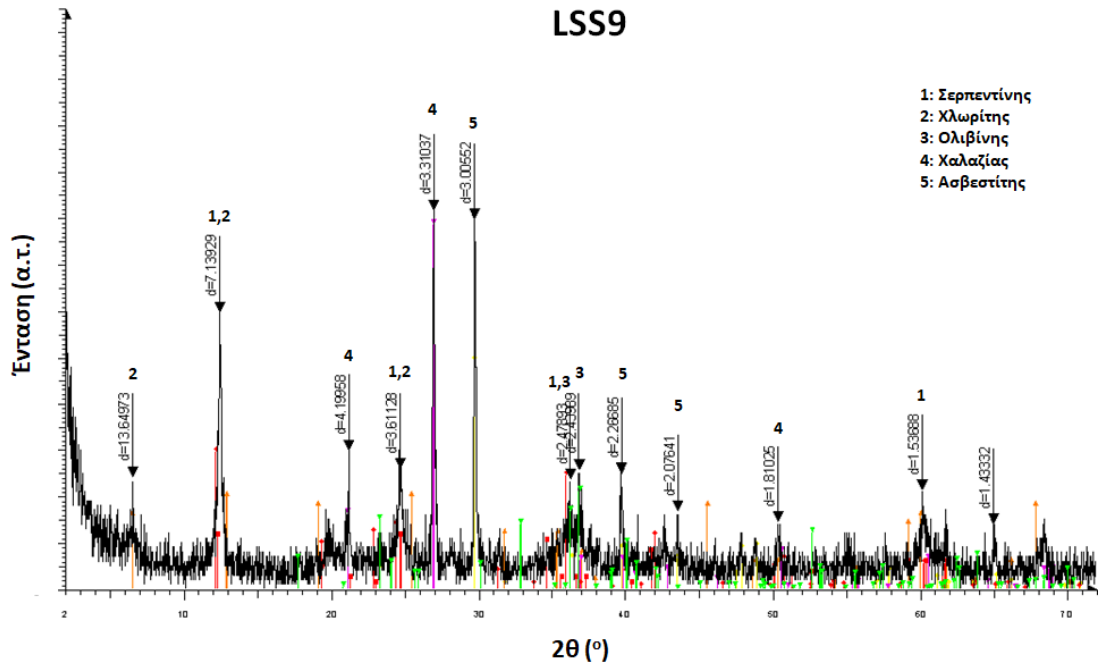
Στη συνέχεια δίνεται μια σύντομη περιγραφή των ορυκτολογικών φάσεων που ταυτοποιήθηκαν με τη βοήθεια της περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ (XRD), της οπτικής μικροσκοπίας διερχομένου και ανακλωμένου φωτός, της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης και μικροανάλυσης (SEM/EDS) στα εδαφικά δείγματα της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων: LSS4, LSS9, LSS19, LSS27, SSL2, SSL4 και SSL6. Από την ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων ταυτοποιήθηκαν οι εξής ορυκτολογικές φάσεις: σερπεντίνης, πυρόξενος, ολιβίνης, χλωρίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης, χρωμίτης και κατά περίπτωση ορισμένα αργιλικά ορυκτά.

- ✓ **LSS4:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, πυρόξενο, χαλαζία, και ασβεστίτη.
- ✓ **LSS9:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ολιβίνη, χαλαζία και ασβεστίτη.
- ✓ **LSS19:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, χαλαζία, ασβεστίτη και αμφίβολο. Επιπλέον, διακρίθηκαν ολιβίνης και μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξείδια Fe).

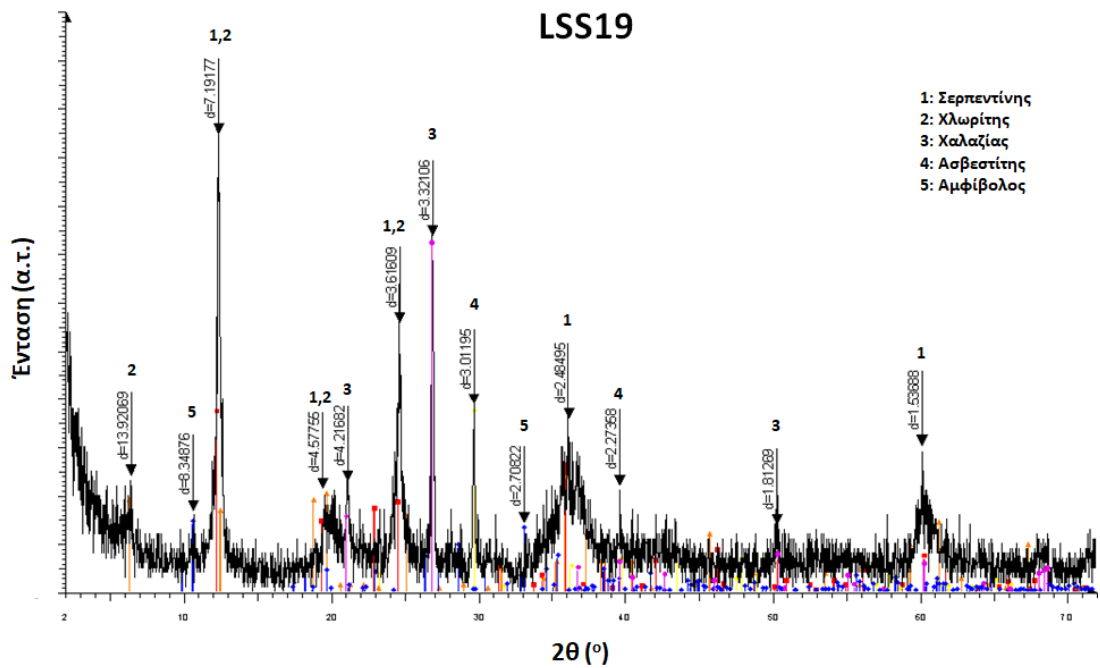
- ✓ **LSS27:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, ολιβίνη και χαλαζία. Επιπλέον στο πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός παρατηρήθηκαν ολιβίνης και μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξειδία Fe).
- ✓ **SSL2:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, πυρόξενο, χαλαζία και ασβεσίτη. Επιπλέον, διακρίθηκαν μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξειδία Fe).
- ✓ **SSL4:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, πυρόξενο, χαλαζία και ασβεσίτη. Επίσης, παρατηρήθηκαν μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξειδία Fe).
- ✓ **SSL6:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, πυρόξενο, ασβεσίτη και χαλαζία.



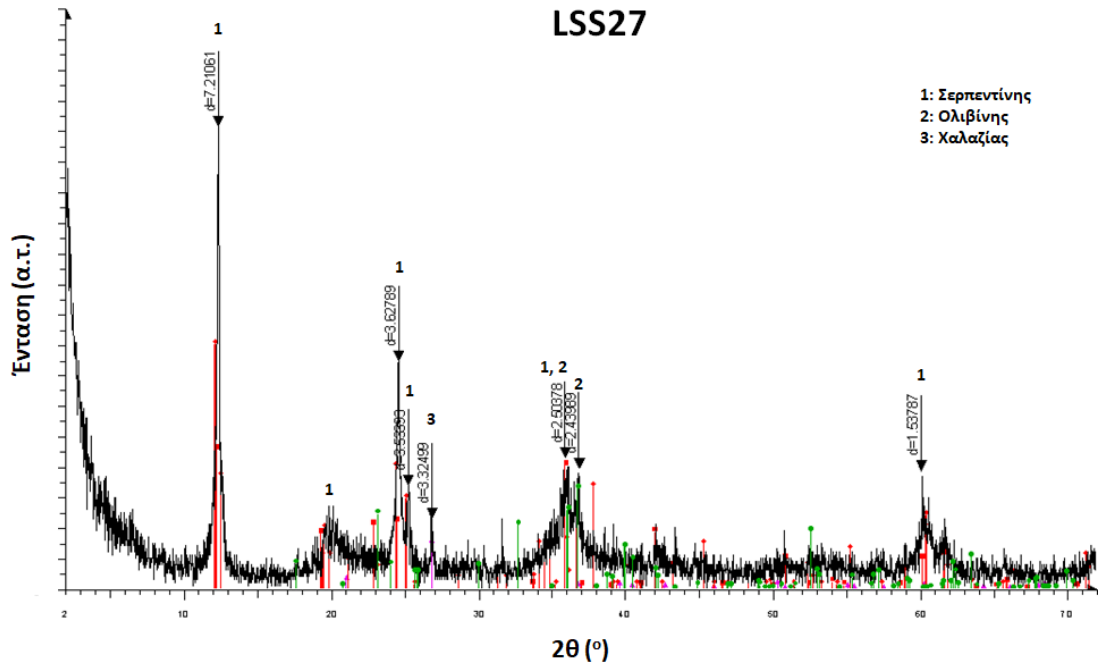
Εικόνα 6.14 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος LSS4.



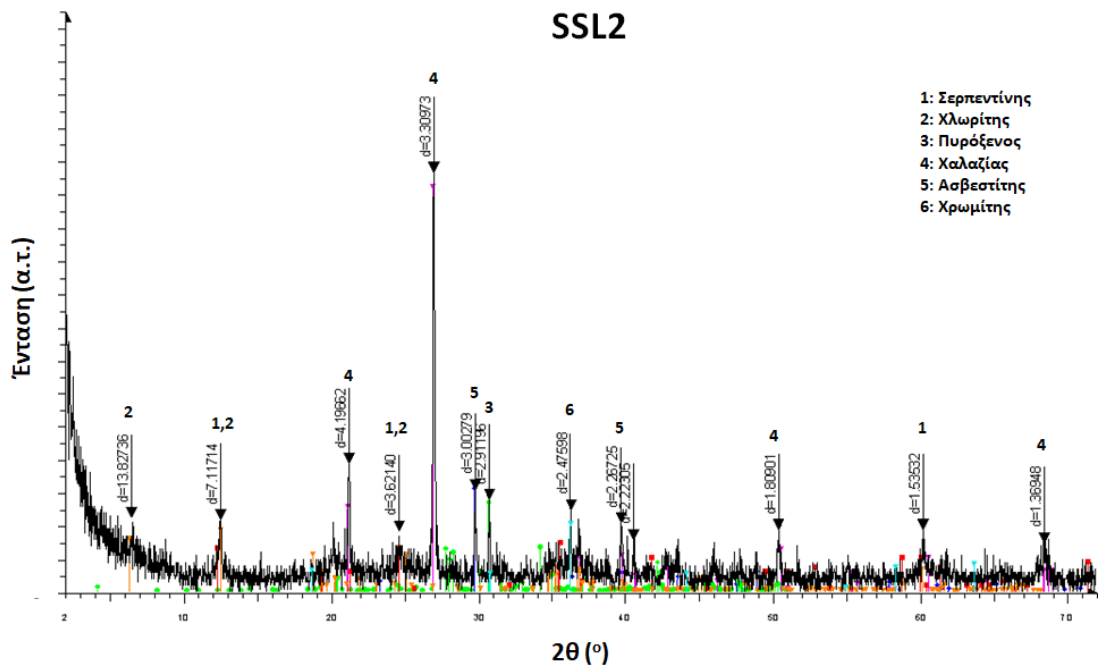
Εικόνα 6.15 – Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος LSS9.



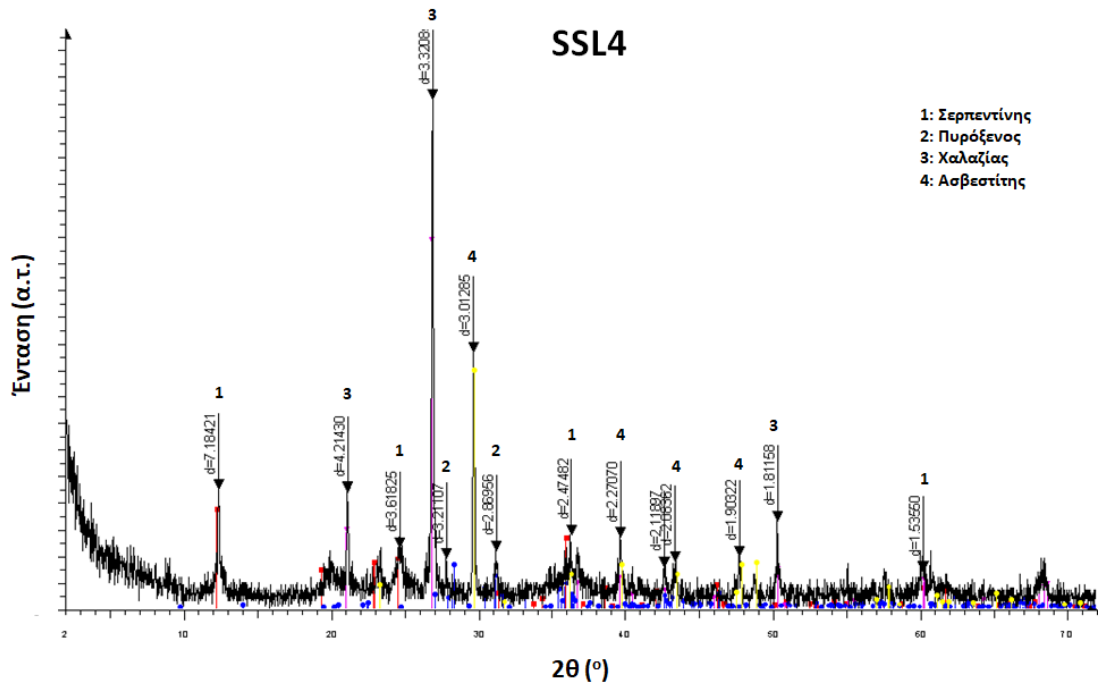
Εικόνα 6.16 – Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος LSS19.



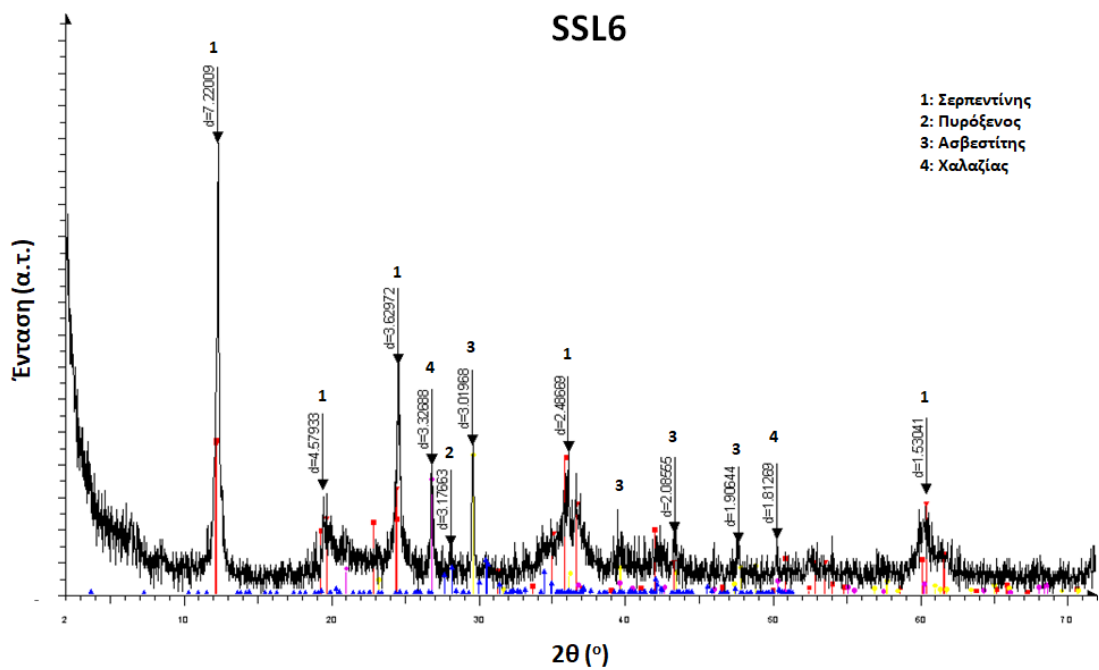
Εικόνα 6.17 – Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος LSS27.



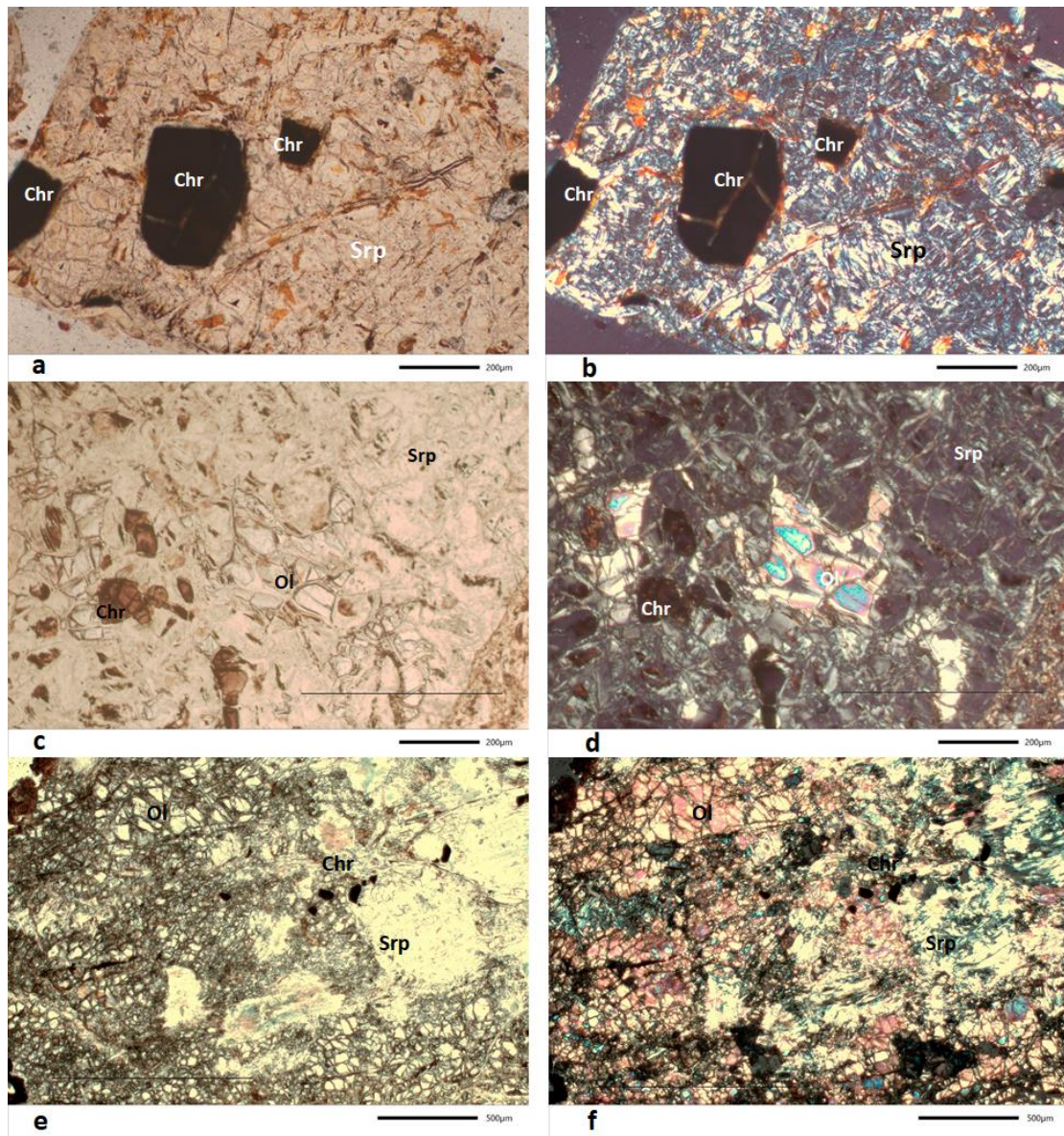
Εικόνα 6.18 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος SSL2.



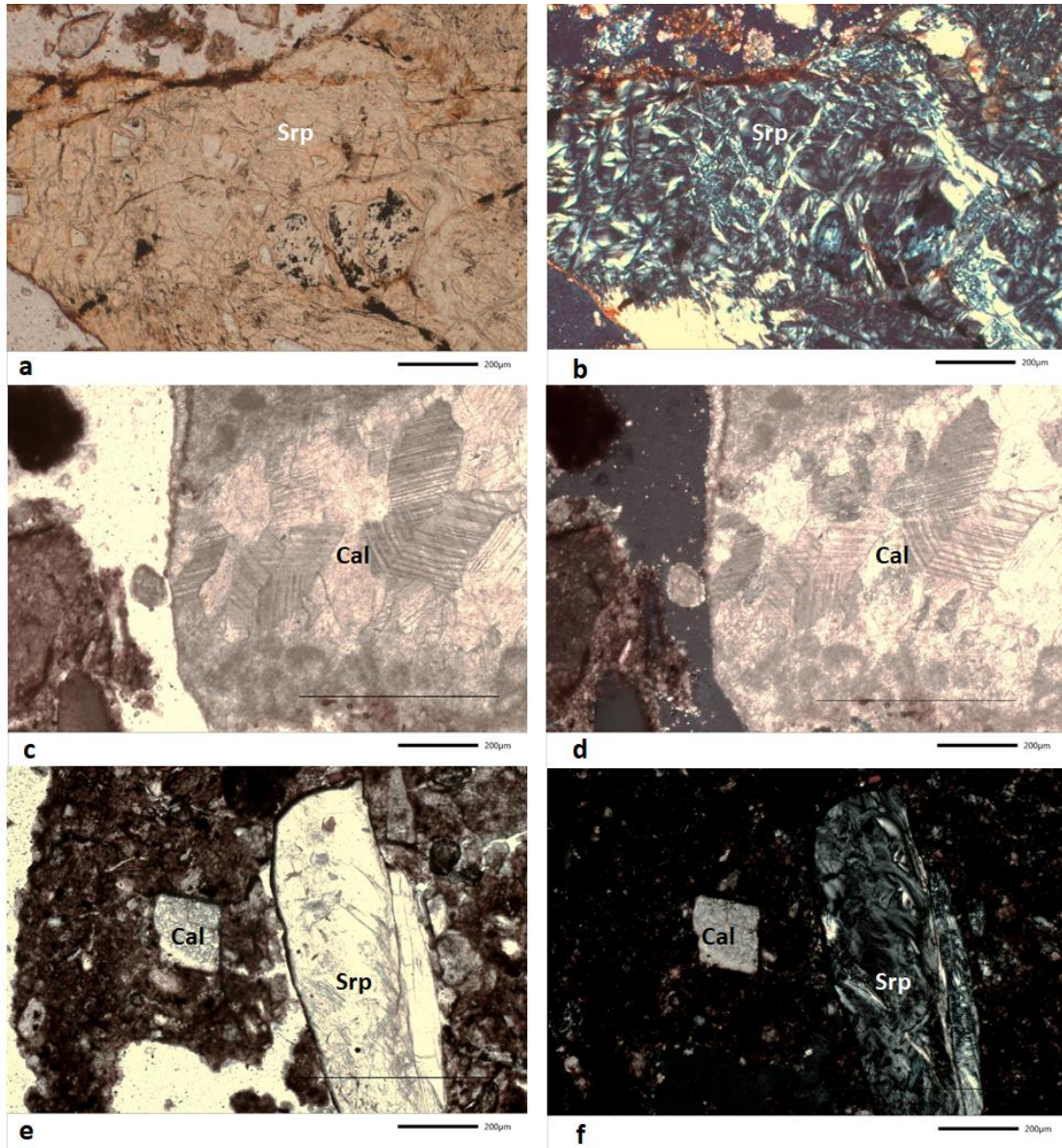
Εικόνα 6.19 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος SSL4.



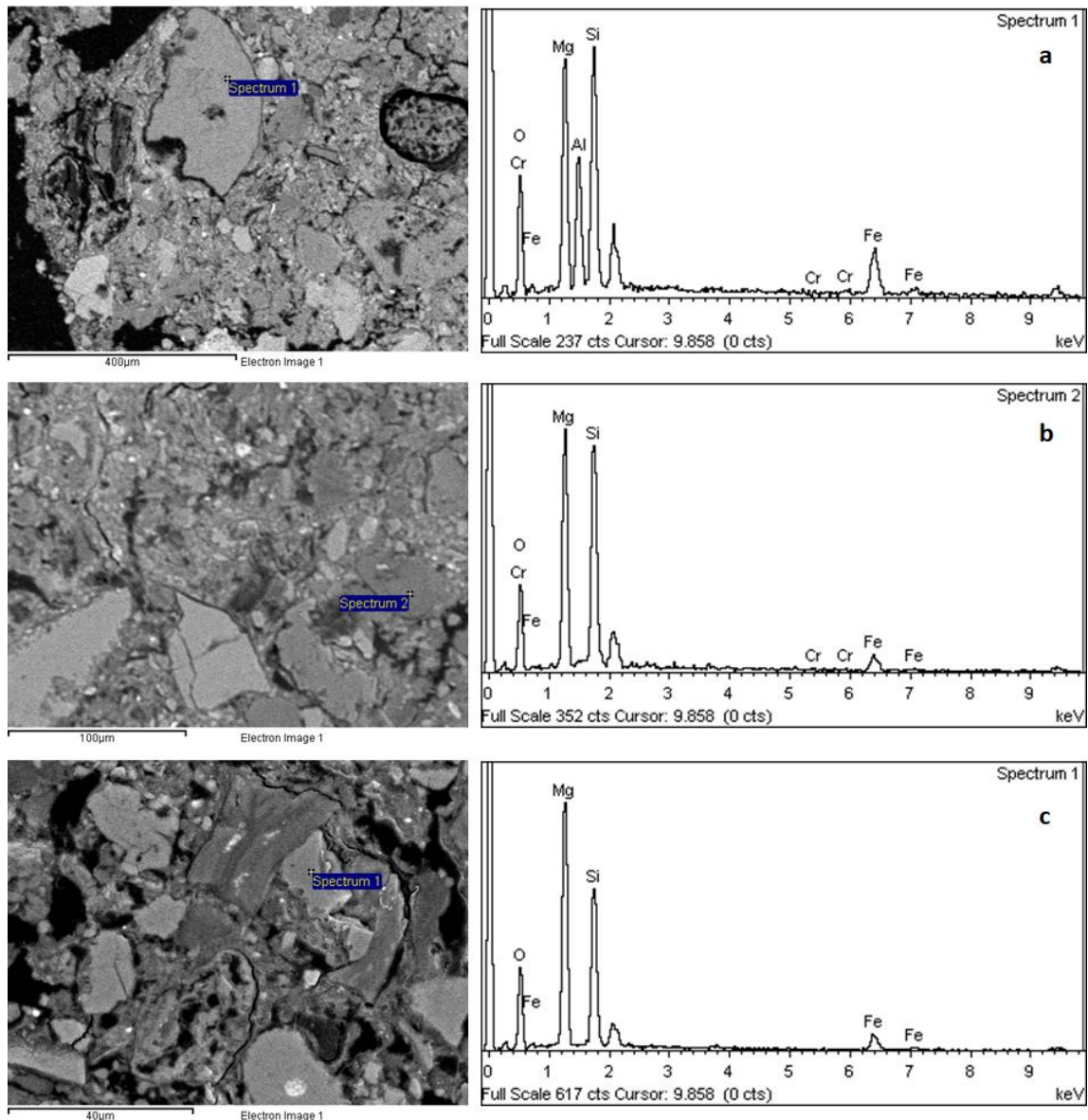
Εικόνα 6.20 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος SSL6.



Εικόνα 6.21 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαιοειδή α-b: του δείγματος LSS19, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά και σερπεντίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης), c-d: του δείγματος LSS27, στο οποίο διακρίνονται μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης και ολιβίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης), e-f: του δείγματος SSL4, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά, σερπεντίνης και ολιβίνης (Chr: χρωμίτης, Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης).



Εικόνα 6.22 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολωροειδή a-d: του δείγματος SSL6, στο οποίο διακρίνονται σερπεντίνης και ασβεστίτης (Srp: σερπεντίνης, Cal: ασβεστίτης), e-f: του δείγματος SSL2, στο οποίο παρατηρούνται σερπεντίνης και ασβεστίτης (Srp: σερπεντίνης, Cal: ασβεστίτης).



Εικόνα 6.23 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των εδαφικών δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων *a*: Cr-ούχος χλωρίτης, *b*: Cr-ούχος σερπεντίνης και *c*: ολιβίνης.

6.1.3 Χημικές αναλύσεις

Στον πίνακα 6.2 δίνονται οι περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , As , Hg , Cd , Co , Cr , Ni , P , Pb , Sb , U και Zn) των 4 εδαφικών δειγμάτων του Λουτρακίου, των 3 εδαφικών δειγμάτων του Σχίνου και των 5 πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων. Οι μέσες, οι ελάχιστες και οι μέγιστες περιεκτικότητες των προαναφερθέντων στοιχείων παρουσιάζονται στον πίνακα 6.3 σε σύγκριση με *a*) δημοσιευμένα στοιχεία από πετρώματα από την ευρύτερη

περιοχή, β) την τιμή - στόχο και την τιμή παρέμβασης που ορίζει η Ολλανδική λίστα (VROM, 2000) και γ) τη μέση περιεκτικότητά τους στο φλοιό της Γης (Mason and Moore, 1982, Yaroshevsky, 2006). Τα στοιχεία, αυτά, εξετάζονται αναλυτικά καθώς είναι τα πιο σημαντικά για το γεωχημικό χαρακτηρισμό των δειγμάτων και τη διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στην περιοχή μελέτης. Οι πλήρεις χημικές αναλύσεις κάθε δείγματος για όλα τα κύρια στοιχεία, δυνητικά τοξικά και λοιπά ιχνοστοιχεία (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , Ba , Ce , Cr , Cs , Dy , Er , Eu , Ga , Gd , Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Sn , Sr , Ta , Tb , Th , Tm , U , V , W , Y , Yb , Zr , As , Bi , Hg , Sb , Se , Tl , Ag , Cd , Co , Cu , Mo , Ni , Pb , Zn , P) που προσδιορίστηκαν για την περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος VI (Π51-Π53). Παρ' όλο που το πλήθος των δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών που αναλύθηκαν και παρουσιάζονται στη στατιστική επεξεργασία είναι μικρό, η επιλογή τους έγινε με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά των γεωλογικών σχηματισμών που δομούν την περιοχή μελέτης και ως εκ τούτου οι χημικές αναλύσεις να αποτυπώνουν την επίδραση του γεωχημικού περιβάλλοντος. Η ομαδοποίηση των περιεκτικότητων των χαρτών κατανομής που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια έγινε βάσει του εύρους κύμανσης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων κάθε στοιχείου, ώστε να γίνει σαφές – χωρικά - που εντοπίζονται οι υψηλότερες και που οι χαμηλότερες περιεκτικότητές τους.

Η χημική σύσταση των πετρωμάτων από την περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων έχει μελετηθεί από διάφορους ερευνητές, οι οποίοι έχουν καταγράψει υψηλές περιεκτικότητες MgO (έως 40,96% κ.β.), Fe_2O_3 (έως 10,87% κ.β.), Cr (έως 6239 mg kg^{-1}), Ni (έως 2545,7 mg kg^{-1}), Co (έως 123 mg kg^{-1}) και As (έως 9 mg kg^{-1}) στα υπερβασικά πετρώματα των Γερανείων Ορέων (Οικονόμου κ.α., 2010, Γιαννακοπούλου, 2019) και συγκριτικά με τα δείγματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές (Πίνακας 6.3).

Πίνακας 6.2 - Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και στα εδάφη στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων.

| Παράμετρος | Μονάδες | Εδαφικά Λουτράκι | | | | Εδαφικά Σχινος | | | Πετρώματα Γεράνεια | | | | |
|--------------------------------|---------------------|------------------|--------|--------|--------|----------------|---------|--------|--------------------|------|------|------|-------|
| | | LSS9 | LSS4 | LSS19 | LSS27 | SSL2 | SSL4 | SSL6 | G2 | G6 | G10 | S3 | S5 |
| SiO ₂ | % | 47,3 | 40,3 | 47,8 | 37,9 | 48,1 | 48 | 37,9 | 36,1 | 34,9 | 36,6 | 35,5 | 41,4 |
| Al ₂ O ₃ | % | 2,94 | 2,49 | 2,82 | 1,72 | 5,64 | 3,73 | 2,01 | 1,16 | 0,4 | 1,04 | 0,05 | 1,68 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 5,43 | 7,5 | 7,28 | 9,33 | 5,98 | 4,82 | 7,53 | 7,11 | 8,53 | 7,64 | 7,66 | 8,69 |
| CaO | % | 9,9 | 6,22 | 4,46 | 0,83 | 8,63 | 12,05 | 6,55 | 0,46 | 0,23 | 0,98 | 0,15 | 1,64 |
| MgO | % | 17,8 | 27 | 25,3 | 34,2 | 10,15 | 10,9 | 28,7 | 38 | 39 | 36,7 | 38,5 | 41,2 |
| Na ₂ O | % | 0,3 | 0,06 | 0,22 | 0,01 | 0,17 | 0,1 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| K ₂ O | % | 0,26 | 0,15 | 0,21 | 0,08 | 0,98 | 0,69 | 0,21 | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA |
| TiO ₂ | % | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,05 | 0,27 | 0,17 | 0,09 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| MnO | % | 0,19 | 0,11 | 0,16 | 0,13 | 0,26 | 0,19 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,13 |
| As | mg kg ⁻¹ | 2,6 | 6,4 | 3 | 1,3 | 4,5 | 4 | 2,6 | 1,7 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Co | mg kg ⁻¹ | 45 | 66 | 60 | 116 | 60 | 48 | 82 | 101 | 110 | 97 | 112 | 107 |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 1590 | 4330 | 2960 | 3750 | 1020 | 1120 | 3300 | 3190 | 3150 | 2580 | 3090 | 2790 |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 26 | 21 | 23 | 15 | 45 | 35 | 20 | 2 | 12 | 12 | 10 | 46 |
| Hg | mg kg ⁻¹ | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | <OA | 0,01 | <OA |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 1020 | 1830 | 1360 | 2280 | 918 | 852 | 1720 | 2030 | 2320 | 2000 | 2430 | 2170 |
| P | mg kg ⁻¹ | 87,28 | 174,57 | 218,21 | 305,49 | 741,92 | 1527,47 | 130,93 | <OA | <OA | <OA | <OA | 43,64 |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 6 | 11 | 2 | 3 | 16 | 16 | 9 | 6 | <OA | <OA | <OA | 2 |
| Sb | mg kg ⁻¹ | 0,08 | 0,07 | 0,17 | 0,05 | 0,21 | 0,18 | 0,12 | 0,07 | <OA | <OA | <OA | <OA |
| U | mg kg ⁻¹ | 0,27 | 0,9 | 0,38 | 0,29 | 0,86 | 0,89 | 0,35 | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 44 | 63 | 56 | 47 | 114 | 78 | 89 | 51 | 48 | 46 | 41 | 45 |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

Πίνακας 6.3 - Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα δείγματα πετρωμάτων και εδαφών στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων.

| Παράμετρος | Μονάδες | Εδαφικά Λουτράκι (N=4) | | | Εδαφικά Σχίνος (N=3) | | | Πετρώματα Γεράνεια (N=5) | | | Πετρώματα Γεράνεια | | Ολλανδική λίστα (VROM, 2000) | | Μέση περιεκτικότητα στο φλοιό της Γης |
|--------------------------------|---------------------|------------------------|---------------|--------------|----------------------|---------------|--------------|--------------------------|---------------|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Οικονόμου κ.α. (2010) | Γιαννακοπούλου (2019) | Τιμή-στόχος | Τιμή παρέμβασης | |
| SiO ₂ | % | 43,33 | 37,9 | 47,8 | 44,67 | 37,9 | 48,1 | 36,9 | 34,9 | 41,4 | 32,37-50,19 | 36,93-46,83 | | | 53,54 ^a |
| Al ₂ O ₃ | % | 2,49 | 1,72 | 2,94 | 3,79 | 2,01 | 5,64 | 0,87 | 0,05 | 1,68 | 0,49-14,11 | 0,12-2,55 | | | 15,87 ^a |
| Fe ₂ O ₃ | % | 7,39 | 5,43 | 9,33 | 6,11 | 4,82 | 7,53 | 7,93 | 7,11 | 8,69 | 6,46-10,87 | 6,34-8,93 | | | 1,11 ^a |
| CaO | % | 5,35 | 0,83 | 9,9 | 9,08 | 6,55 | 12,05 | 0,69 | 0,15 | 1,64 | 0,36-12,63 | 0,05-3,46 | | | 9,41 ^a |
| MgO | % | 26,08 | 17,8 | 34,2 | 16,58 | 10,15 | 28,7 | 38,68 | 36,7 | 41,2 | 15,98-36,5 | 31,98-40,96 | | | 5,44 ^a |
| Na ₂ O | % | 0,15 | 0,01 | 0,3 | 0,11 | 0,06 | 0,17 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,05-1,44 | <OA-0,05 | | | 2,66 ^a |
| K ₂ O | % | 0,18 | 0,08 | 0,26 | 0,63 | 0,21 | 0,98 | ΔΥ | <OA | <OA | <OA-0,36 | <OA | | | 1,09 ^a |
| TiO ₂ | % | 0,11 | 0,05 | 0,18 | 0,18 | 0,09 | 0,27 | ΔΥ | <OA | 0,03 | 0,03-0,37 | 0-0,06 | | | 0,97 ^a |
| MnO | % | 0,15 | 0,11 | 0,19 | 0,19 | 0,13 | 0,26 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,09-0,22 | 0,08-0,13 | | | 0,16 ^a |
| As | mg kg ⁻¹ | 3,33 | 1,3 | 6,4 | 3,7 | 2,6 | 4,5 | 0,58 | 0,2 | 1,7 | 4-9 | <OA | 29 | 55 | 1,8 ^b |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0,68 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 1 | 0,52 | <OA | 0,6 | MΔ | <OA | 0,8 | 12 | 0,2 ^b |
| Co | mg kg ⁻¹ | 71,75 | 45 | 116 | 63,33 | 48 | 82 | 105,4 | 97 | 112 | 41-123 | 89,7-107,2 | 9 | 240 | 25 ^b |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 3157,5 | 1590 | 4330 | 1813,33 | 1020 | 3300 | 2960 | 2580 | 3190 | 635-6239 | 2018-2880 | 100 | 380 | 100 ^b |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 21,25 | 15 | 26 | 33,33 | 20 | 45 | 16,4 | 2 | 46 | 3-111 | 0,9-35,3 | 36 | 190 | 55 ^b |
| Hg | mg kg ⁻¹ | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | <OA | 0,02 | MΔ | <OA | 0,3 | 10 | 0,08 ^b |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 1622,5 | 1020 | 2280 | 1163,33 | 852 | 1720 | 2190 | 2000 | 2430 | 625-2151 | 1804,2-2545,7 | 35 | 210 | 75 ^b |
| P | mg kg ⁻¹ | 196,39 | 87,28 | 305,49 | 800,11 | 130,93 | 1527,47 | ΔΥ | <OA | 43,6 | MΔ | MΔ | | | 829 ^a |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 5,5 | 2 | 11 | 13,67 | 9 | 16 | ΔΥ | <OA | 6 | MΔ | 0-46,9 | 85 | 530 | 13 ^b |
| Sb | mg kg ⁻¹ | 0,09 | 0,05 | 0,17 | 0,17 | 0,12 | 0,21 | ΔΥ | <OA | 0,07 | 1-7 | <OA | 3 | 15 | 0,2 ^b |
| U | mg kg ⁻¹ | 0,46 | 0,27 | 0,9 | 0,7 | 0,35 | 0,89 | ΔΥ | <OA | <OA | MΔ | 0-0,1 | | | 1,8 ^b |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 52,5 | 44 | 63 | 93,67 | 78 | 114 | 46,2 | 41 | 51 | 24-61 | 11-33 | 140 | 720 | 70 ^b |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

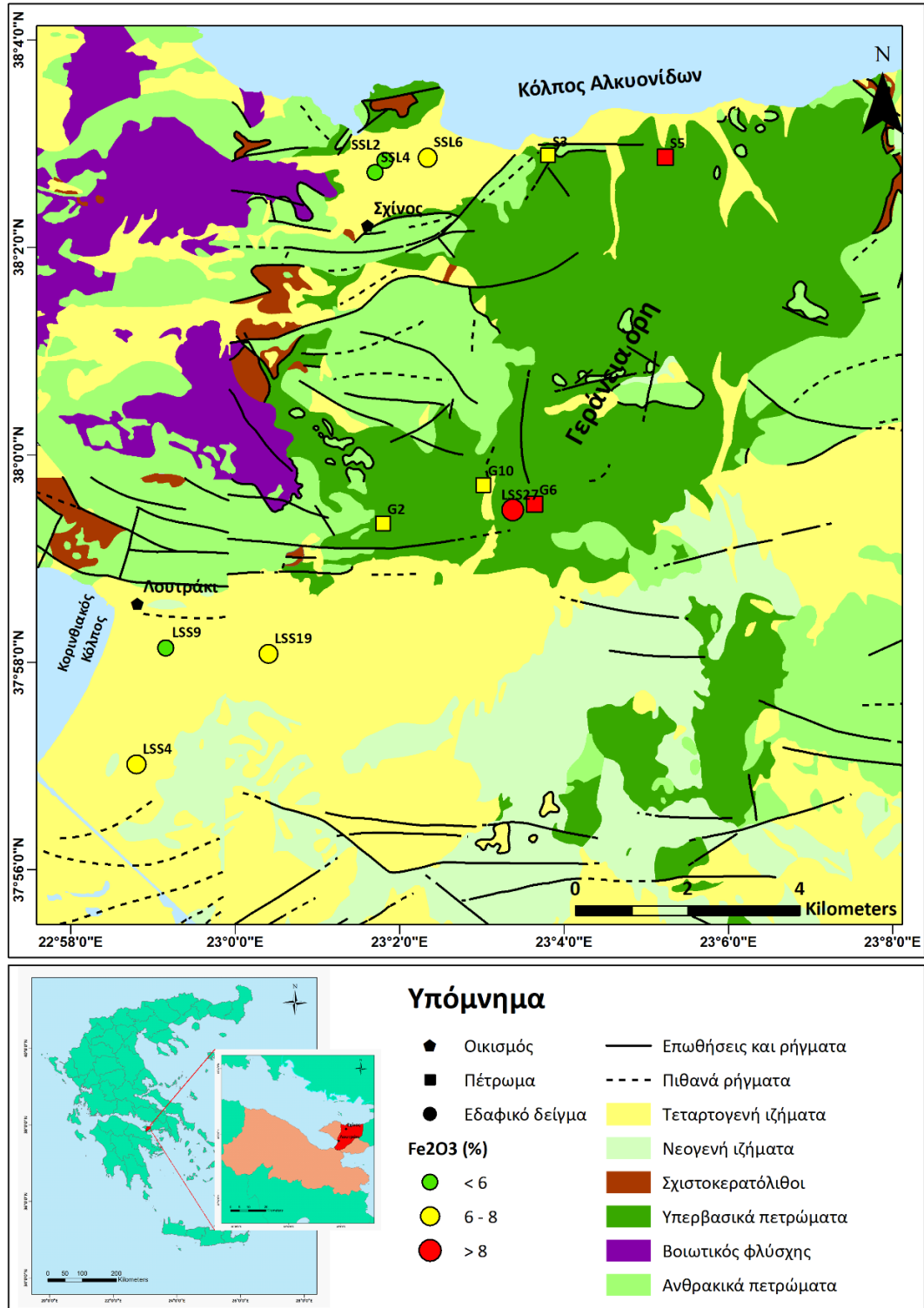
ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

MΔ: Μη Διαθέσιμο

a: Yaroshevsky (2006)

b: Mason and Moore (1982)

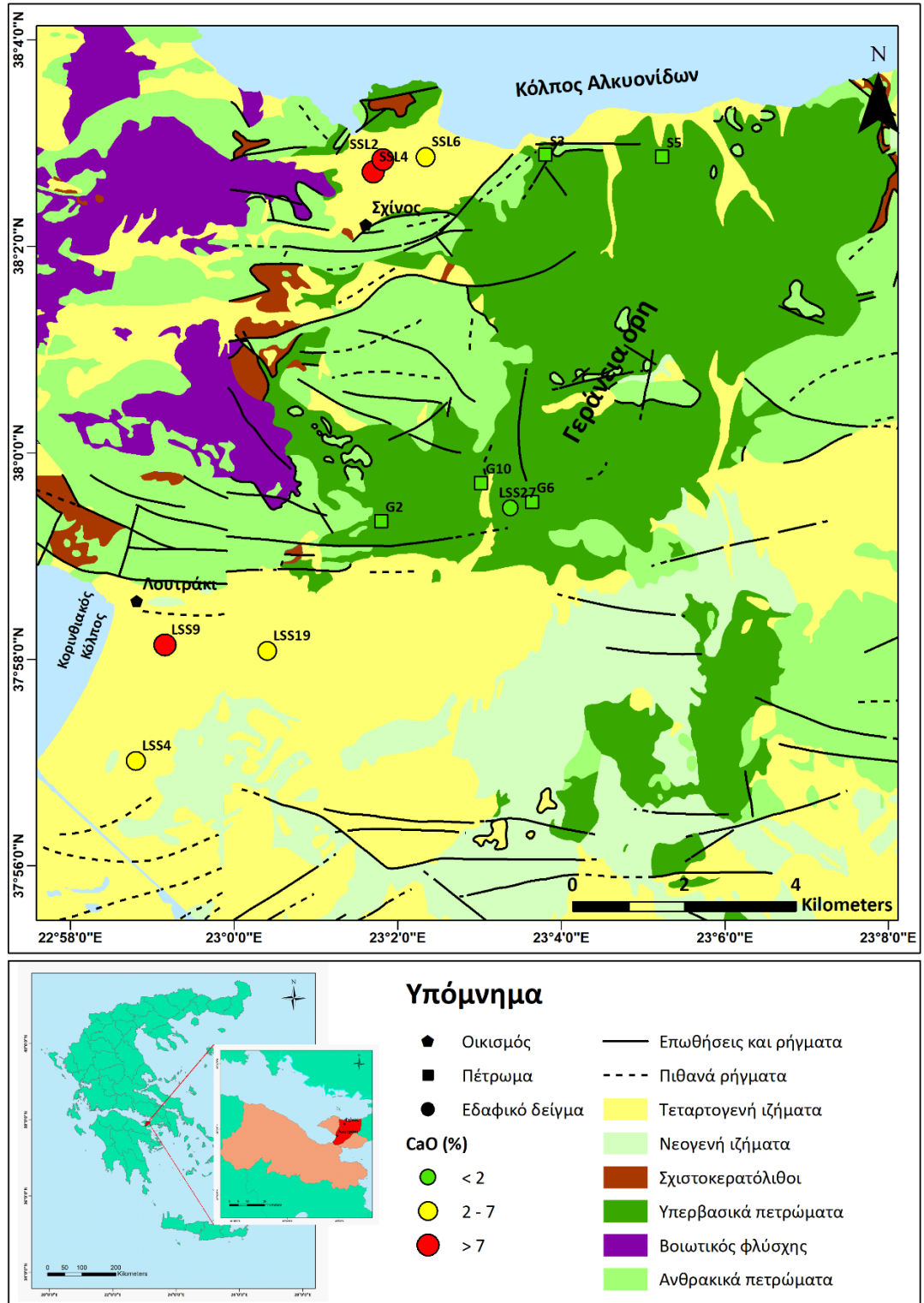
- **Διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες SiO_2 στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 34,9% έως 48,1%. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες SiO_2 κυμαίνονται από 37,9% έως 47,8% με μέση τιμή 43,33%, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 37,9% έως 48,1% με μέση τιμή 44,67% και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 34,9% έως 41,4% με μέση τιμή 36,9%. Όλες οι περιεκτικότητες SiO_2 στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (53,53%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες SiO_2 , σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στην περιοχή του Σχίνου. Ωστόσο, παρουσιάζουν πάρα πολύ μικρή διαφορά με την περιεκτικότητα SiO_2 των εδαφικών δειγμάτων του Λουτρακίου και των πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων.
- **Τριοξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Al_2O_3 στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,05% έως 5,64%. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Al_2O_3 κυμαίνονται από 1,72% έως 2,94% με μέση τιμή 2,49%, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 2,01% έως 5,64% με μέση τιμή 3,79% και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 0,05% έως 1,68% με μέση τιμή 0,87%. Όλες οι περιεκτικότητες Al_2O_3 στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (15,87%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Al_2O_3 , σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στην περιοχή του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.
- **Τριοξείδιο του σιδήρου (Fe_2O_3):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Fe_2O_3 στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 4,82% έως 9,33%. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Fe_2O_3 κυμαίνονται από 5,43% έως 9,33% με μέση τιμή 7,39%, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 4,82% έως 7,53% με μέση τιμή 6,11% και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 7,11% έως 8,69% με μέση τιμή 7,93%. Όλες οι περιεκτικότητες Fe_2O_3 στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (1,11%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Fe_2O_3 , σύμφωνα με τη μέση τιμή τους εντοπίζονται στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου. Στην εικόνα 6.24 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Fe_2O_3 στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.24 – Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας τριοξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων.

- **Οξείδιο του ασβεστίου (CaO):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες CaO στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,15% έως 12,05%. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες CaO

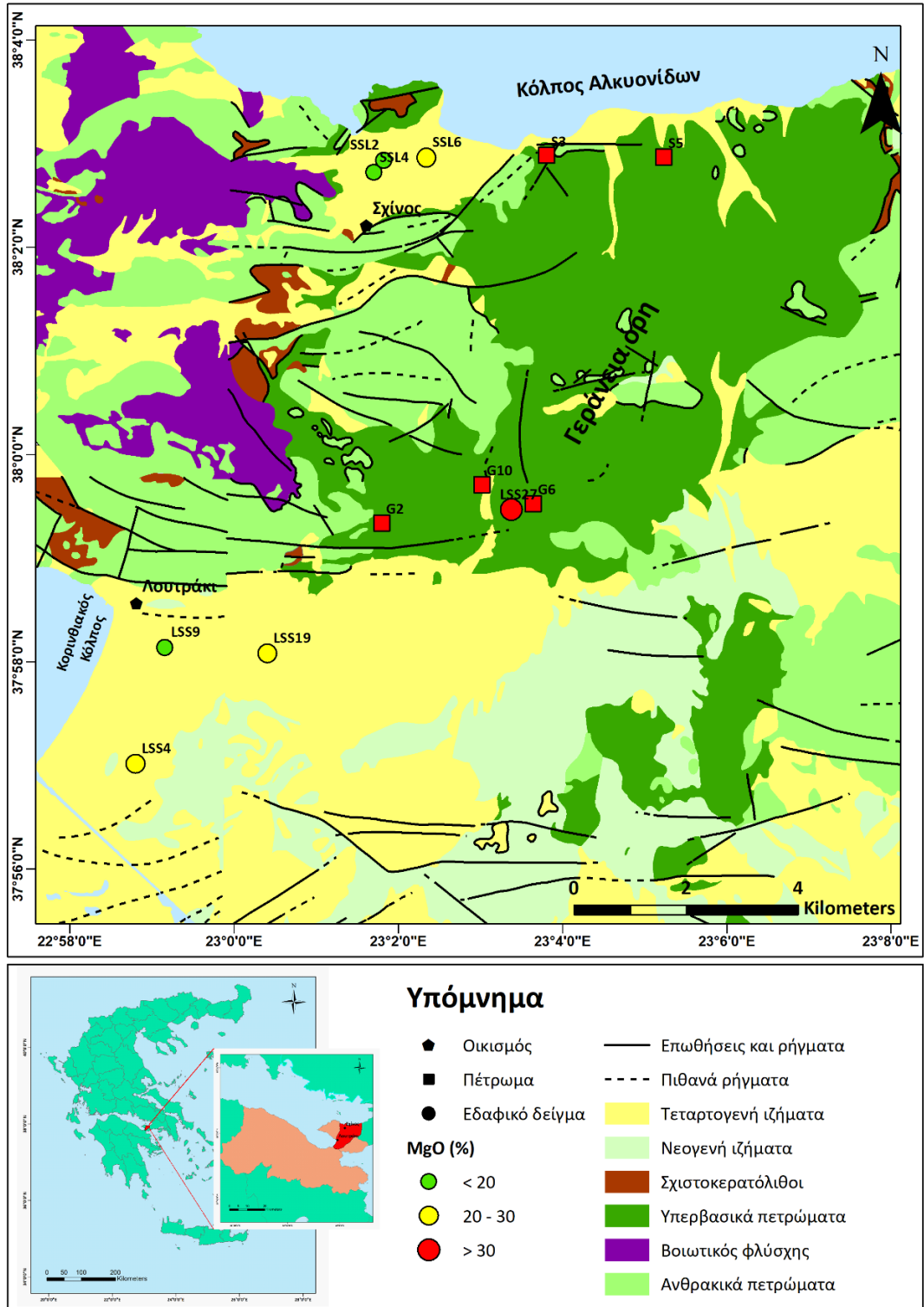
κυμαίνονται από 5,43% έως 9,33% με μέση τιμή 5,35%, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 6,55% έως 12,05% με μέση τιμή 9,08% και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 0,15% έως 1,64% με μέση τιμή 0,69%. Οι περισσότερες από τις περιεκτικότητες CaO στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (9,41%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006), αλλά ένα εδαφικό δείγμα του Λουτρακίου και ένα εδαφικό δείγμα του Σχίνου υπερβαίνουν την περιεκτικότητα αυτή. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες CaO, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων. Στην εικόνα 6.25 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του CaO στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.25 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του ασβεστίου (CaO) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων.

- **Οξείδιο του μαγνησίου (MgO):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες MgO στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 10,15% έως 41,2%. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες

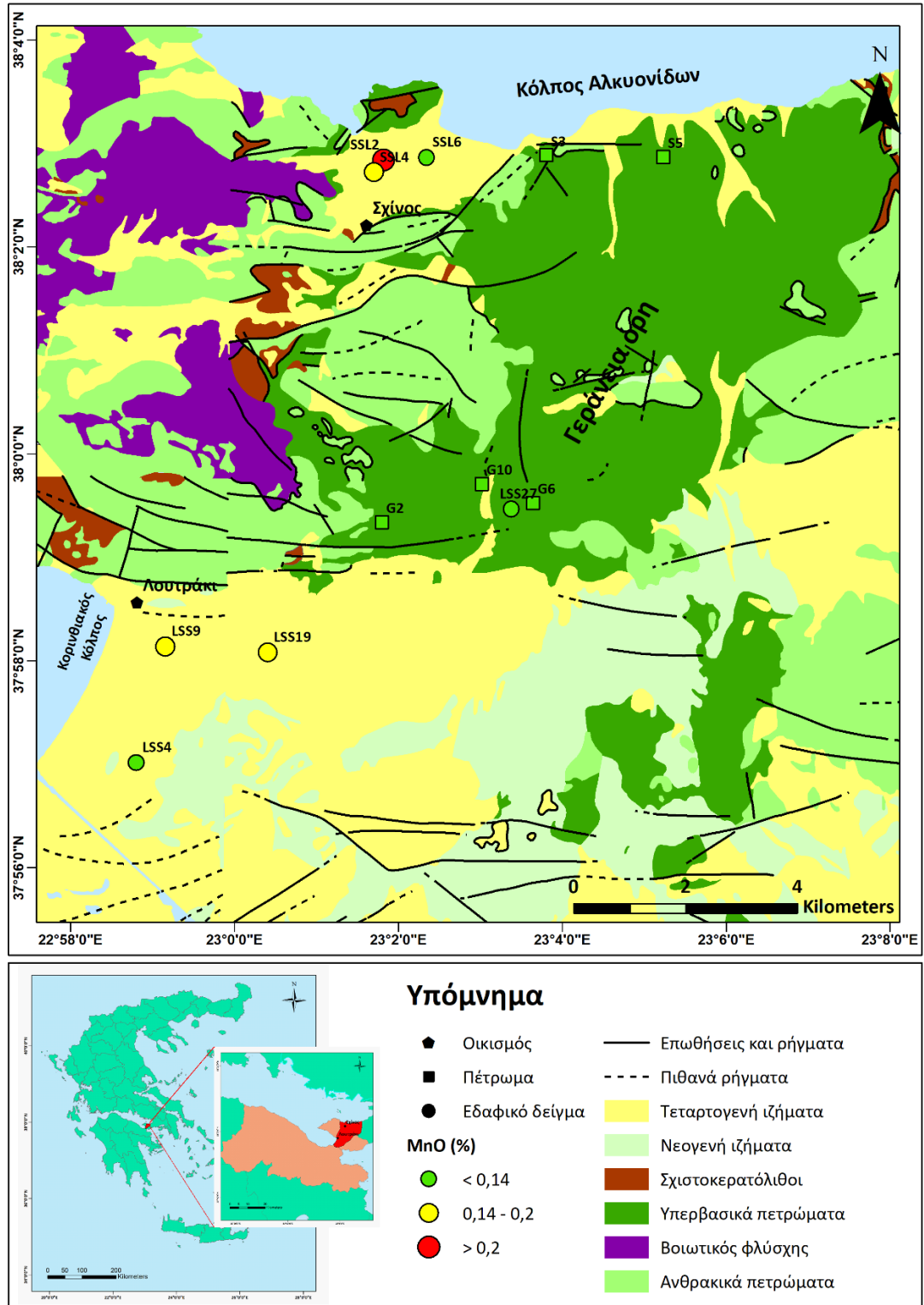
MgO κυμαίνονται από 17,8% έως 34,2% με μέση τιμή 26,08%, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 10,15% έως 28,7% με μέση τιμή 16,58% και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 36,7% έως 41,2% με μέση τιμή 38,68%. Όλες οι περιεκτικότητες MgO στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (5,44%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες MgO, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου. Στην εικόνα 6.26 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του MgO στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.26- Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγνησίου (MgO) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων.

- **Οξείδιο του μαγγανίου (MnO):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες MnO στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,11% έως 0,26%. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες

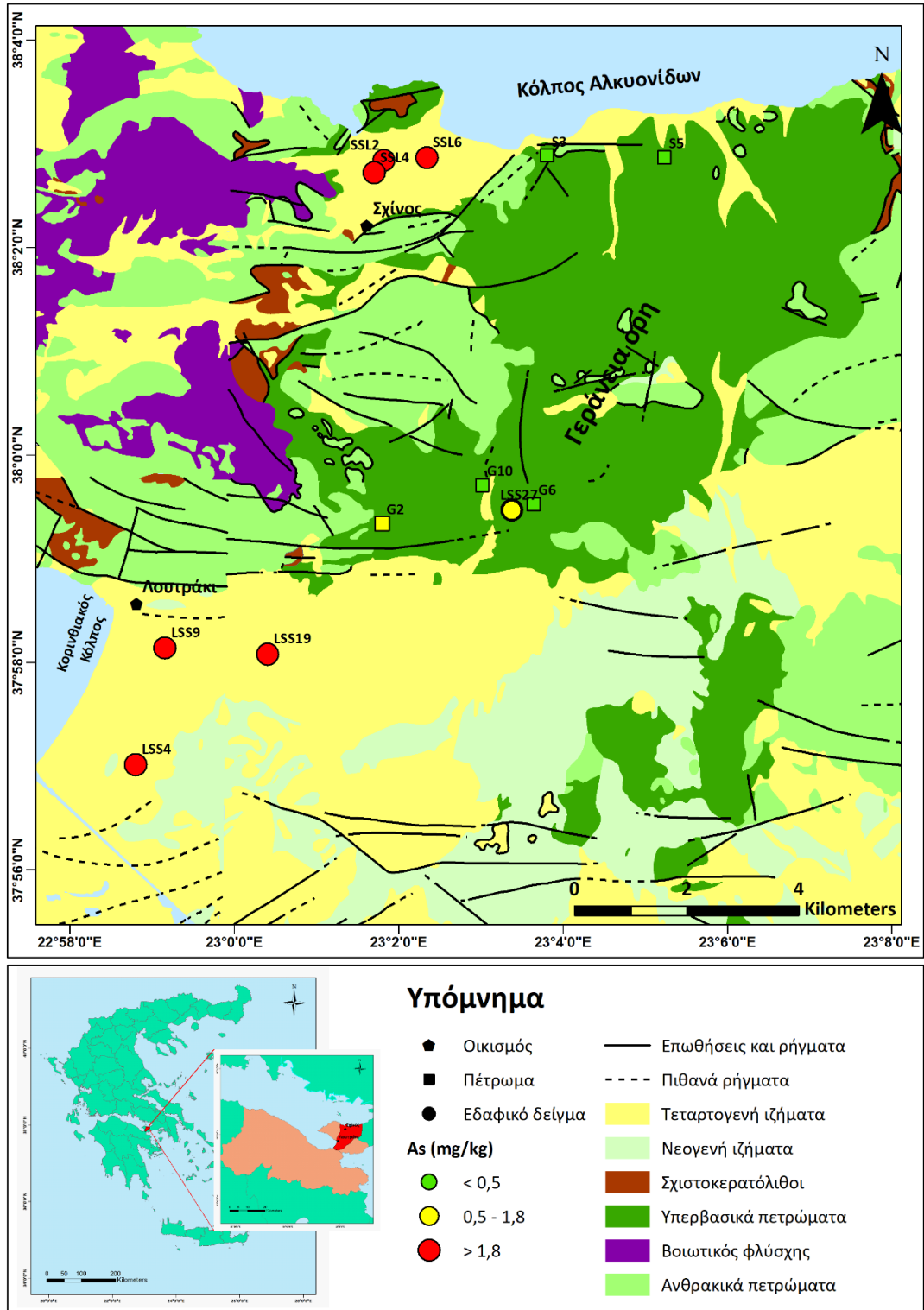
MnO κυμαίνονται από 0,11% έως 0,19% με μέση τιμή 0,15%, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 0,13% έως 0,26% με μέση τιμή 0,19% και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 0,11% έως 0,13% με μέση τιμή 0,12%. Όλες οι περιεκτικότητες MnO στα δείγματα των πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (0,16%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006), ενώ 1 εδαφικό δείγμα του Λουτρακίου και 2 εδαφικά δείγματα του Σχίνου υπερβαίνουν την προαναφερθείσα μέση τιμή. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες MnO, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων. Στην εικόνα 6.27 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του MnO στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.27 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγγάνιου (MnO) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων.

- **Αρσενικό (As):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες As στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,2 mg kg⁻¹ έως 6,4 mg kg⁻¹. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες As

κυμαίνονται από $1,3 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $6,4 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $3,33 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από $2,6 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $4,5 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $3,7 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $1,7 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,58 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες As στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (29 mg kg^{-1}) και την τιμή παρέμβασης (55 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες As στα δείγματα των πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα ($1,8 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), ενώ 3 εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και όλα τα εδαφικά δείγματα του Σχίνου υπερβαίνουν την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες As, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων. Στην εικόνα 6.28 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του As στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.

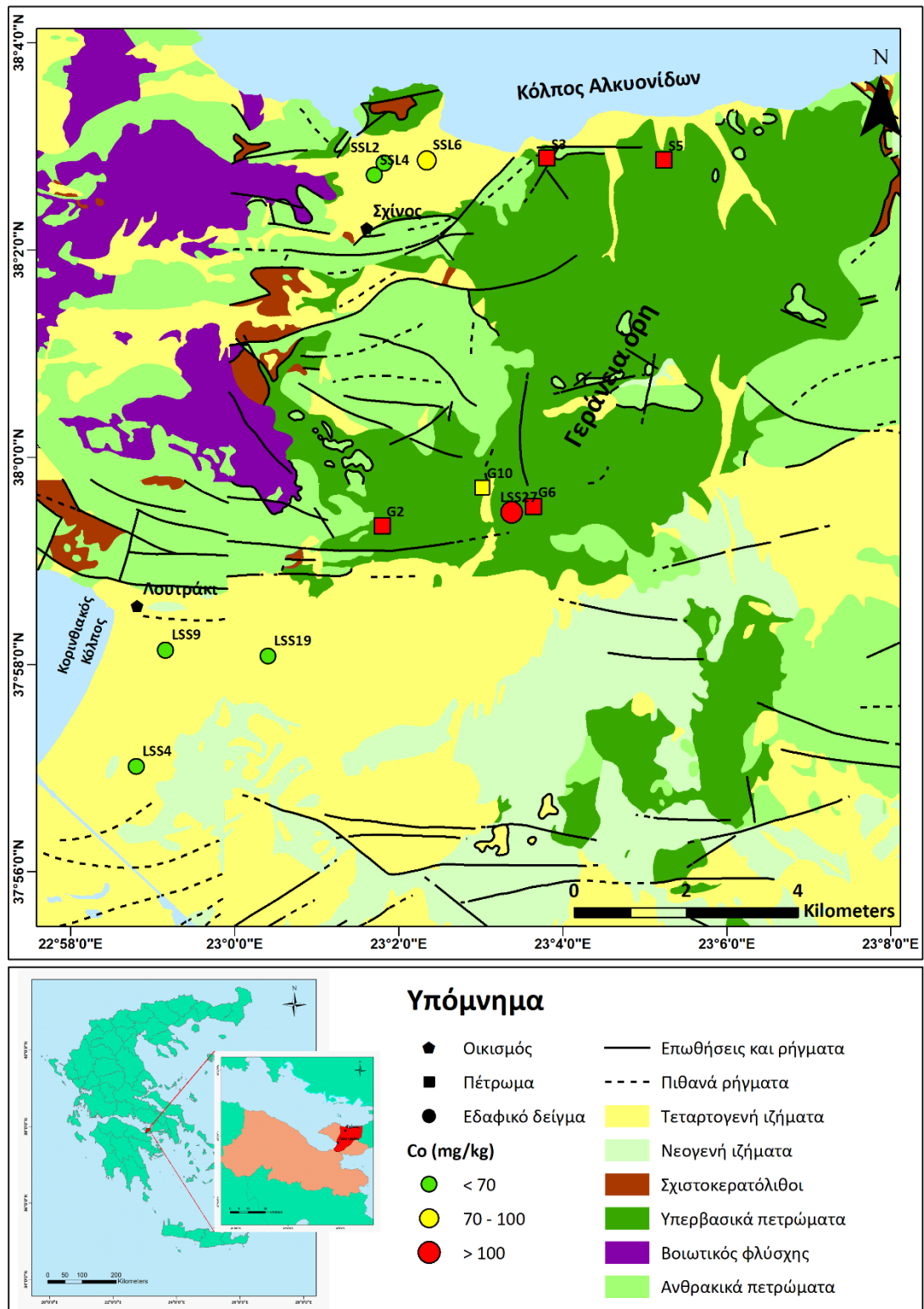


Εικόνα 6.28 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας αρσενικού (As) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων.

- **Κάδμιο (Cd):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Cd στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από < OA έως 1 mg kg^{-1} . Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Cd κυμαίνονται από

0,6 mg kg⁻¹ έως 0,8 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0,68 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 0,7 mg kg⁻¹ έως 1 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0,8 mg kg⁻¹ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από < ΟΑ έως 0,6 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0,52 mg kg⁻¹. Ελάχιστες περιεκτικότητες Cd στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν τιμή-στόχο (0,8 mg kg⁻¹) και καμία την τιμή παρέμβασης (12 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Cd στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (0,2 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), εκτός από 2 δείγματα πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων που η συγκέντρωσή τους είναι < ΟΑ. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Cd, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.

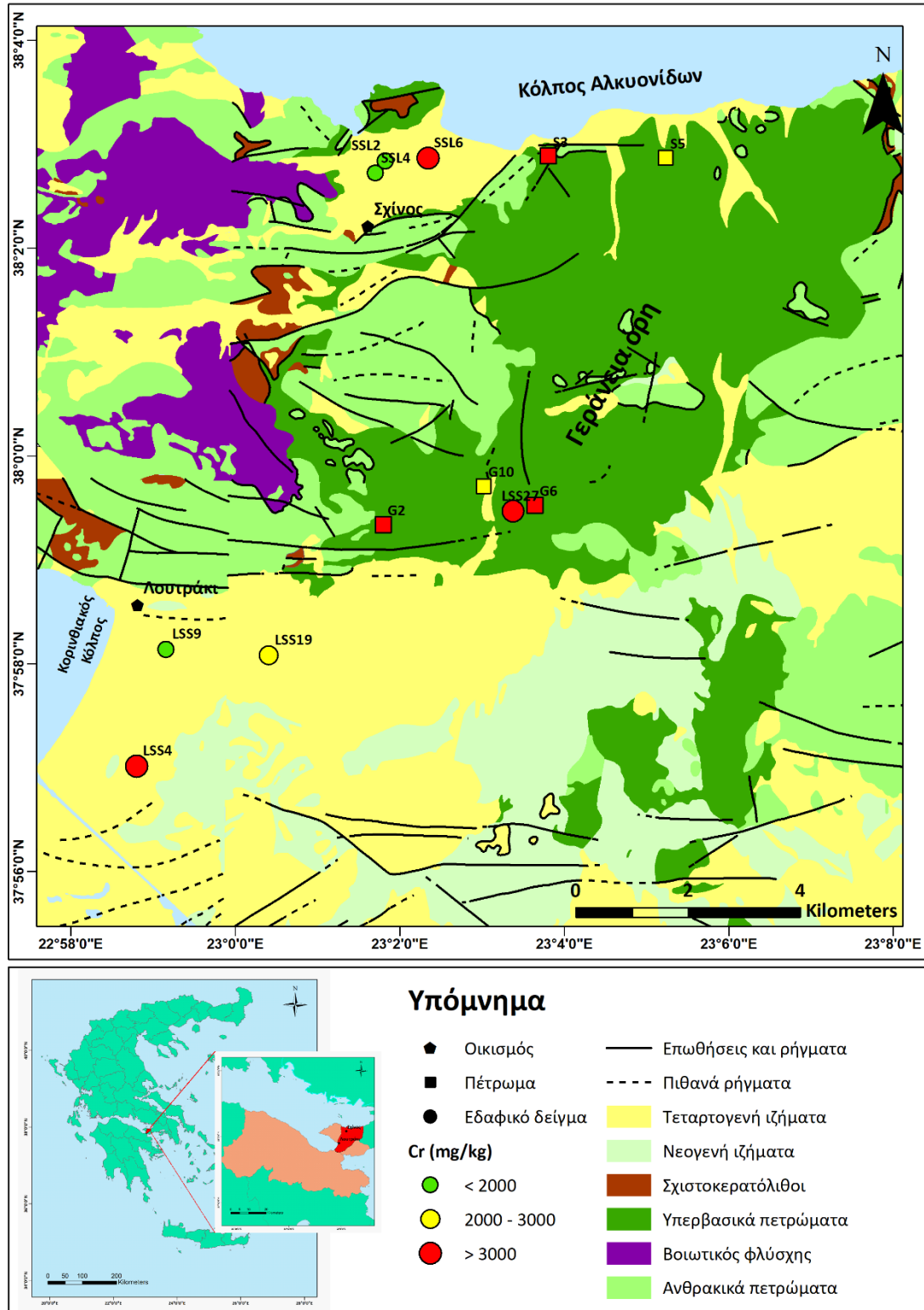
- **Κοβάλτιο (Co):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Co στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 45 mg kg⁻¹ έως 116 mg kg⁻¹. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Co κυμαίνονται από 45 mg kg⁻¹ έως 116 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 71,75 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 48 mg kg⁻¹ έως 82 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 63,33 mg kg⁻¹ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 97 mg kg⁻¹ έως 112 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 105,4 mg kg⁻¹. Όλες οι περιεκτικότητες Co στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν τιμή-στόχο (9 mg kg⁻¹) και καμία την τιμή παρέμβασης (240 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Co στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (25 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Co, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου, και τέλος στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου. Στην εικόνα 6.29 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Co στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.29 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας του κοβαλτίου (Co) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων.

- **Χρώμιο (Cr):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Cr στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 1020 mg kg⁻¹ έως 4330 mg

kg⁻¹. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Cr κυμαίνονται από 1590 mg kg⁻¹ έως 4330 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 3157,5 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 1020 mg kg⁻¹ έως 3300 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1813,33 mg kg⁻¹ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 2580 mg kg⁻¹ έως 3190 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 2960 mg kg⁻¹. Όλες οι περιεκτικότητες Cr στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν την τιμή-στόχο (100 mg kg⁻¹) και την τιμή παρέμβασης (380 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Cr στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (100 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Cr, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου, ακολουθούν στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων και τέλος στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου. Στην εικόνα 6.30 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Cr στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



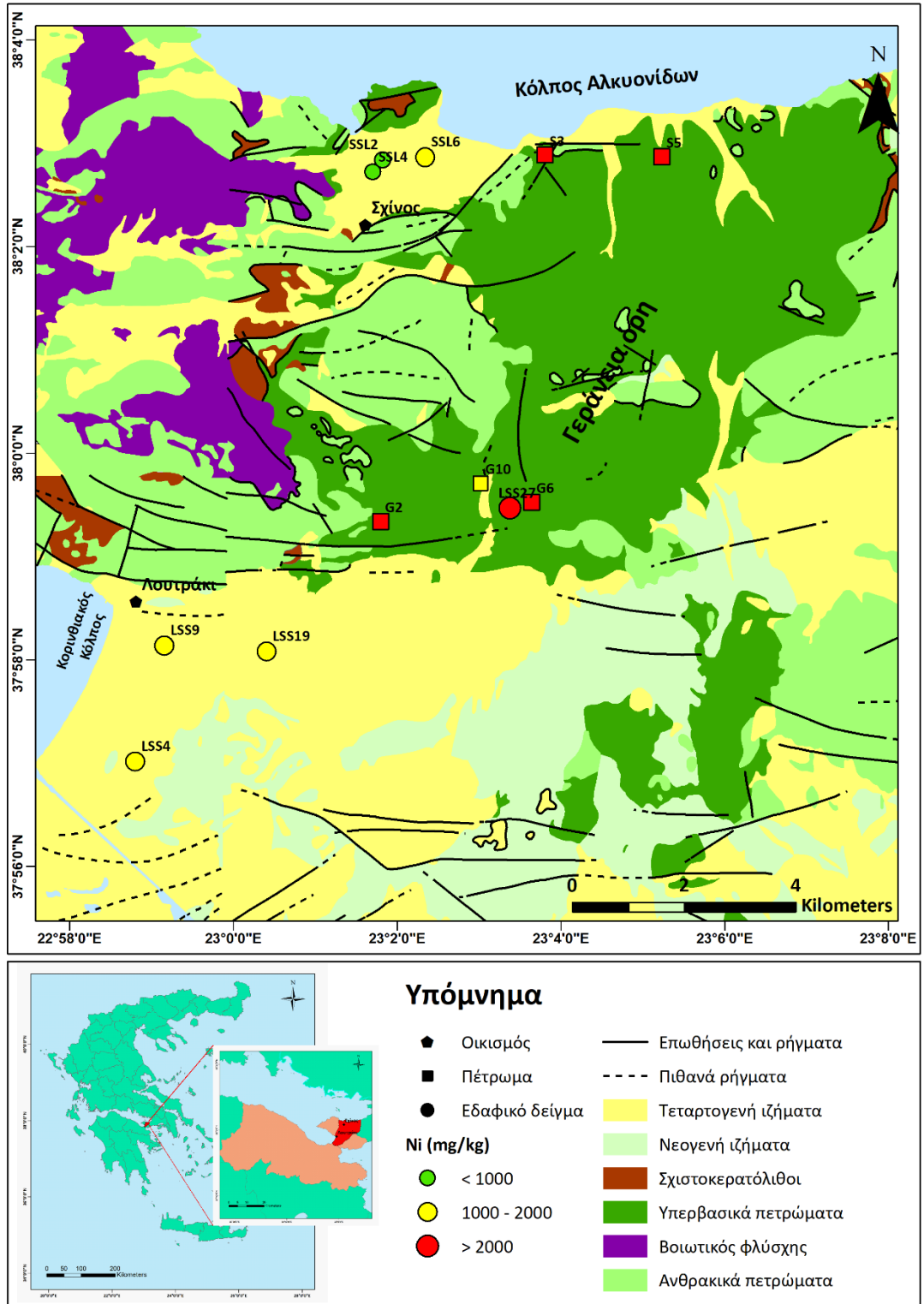
Εικόνα 6.30 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας χρωμίου (Cr) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανεΐων Ορέων.

- **Χαλκός (Cu):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανεΐων Ορέων οι περιεκτικότητες Cu στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 2 mg kg^{-1} έως 46 mg kg^{-1} .

Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Cu κυμαίνονται από 15 mg kg^{-1} έως 26 mg kg^{-1} με μέση τιμή $21,25 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 20 mg kg^{-1} έως 45 mg kg^{-1} με μέση τιμή $33,33 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 2 mg kg^{-1} έως 46 mg kg^{-1} με μέση τιμή $16,4 \text{ mg kg}^{-1}$. Ελάχιστες περιεκτικότητες Cu στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν τιμή-στόχο (36 mg kg^{-1}) και καμία την τιμή παρέμβασης (190 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Cu στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (55 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Cu, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.

- **Υδράργυρος (Hg):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Hg στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $0,03 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Hg κυμαίνονται από $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $0,03 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από $< 0,01$ έως $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Hg στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο ($0,3 \text{ mg kg}^{-1}$) και την τιμή παρέμβασης (10 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Hg στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα ($0,08 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Hg, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.
- **Νικέλιο (Ni):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Ni στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 852 mg kg^{-1} έως 2430 mg kg^{-1} . Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Ni κυμαίνονται από 1020 mg kg^{-1} έως 2280 mg kg^{-1} με μέση τιμή $1622,5 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 852 mg kg^{-1} έως 1720 mg kg^{-1} με μέση τιμή $1163,33 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 2000 mg kg^{-1} έως 2430 mg kg^{-1} με μέση τιμή 2190 mg kg^{-1} . Όλες οι περιεκτικότητες Ni στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν τιμή-στόχο (35 mg kg^{-1}) και την τιμή παρέμβασης (210 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Ni στα δείγματα είναι

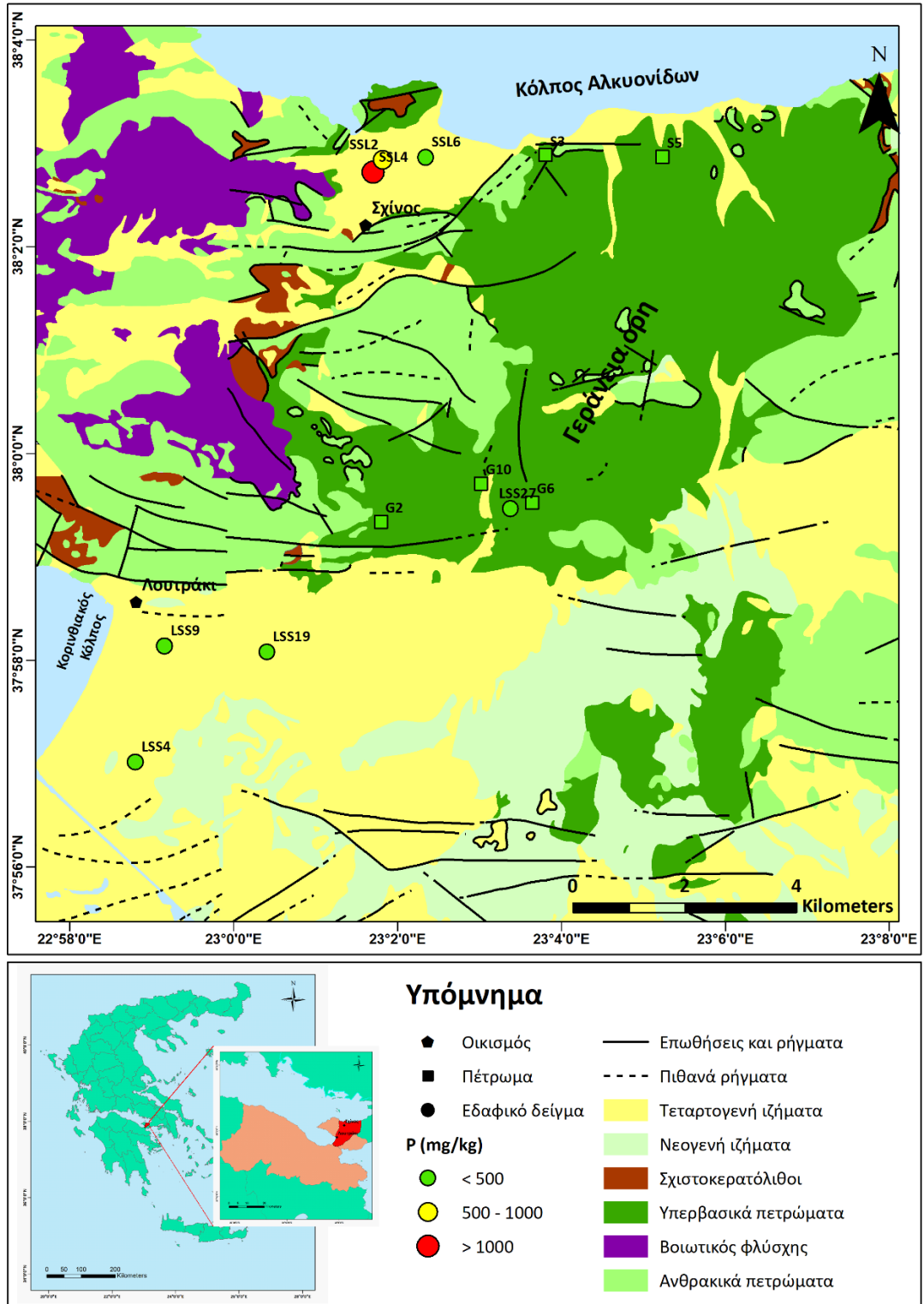
υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (75 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Ni, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου. Στην εικόνα 6.31 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Ni στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.31- Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας νικελίου (Ni) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων.

- **Φωσφόρος (P):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες P στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από < ΟΑ έως 1527,47 mg kg⁻¹. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες P κυμαίνονται

από 87,28 mg kg⁻¹ έως 305,49 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 196,39 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 130,93 mg kg⁻¹ έως 1527,47 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 800,11,33 mg kg⁻¹ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από < 0Α έως 436 mg kg⁻¹. Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες P στα δείγματα των πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων και των εδαφικών δειγμάτων του Λουτρακίου είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (829 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006), ενώ 1 εδαφικό δείγμα του Σχίνου υπερβαίνει την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες P, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων. Στην εικόνα 6.32 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του P στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.32 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας φωσφόρου (P) για τα 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – πηγών Γερανείων Ορέων.

- **Μόλυβδος (Pb):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Pb στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από < 0Α έως 16 mg kg⁻¹. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Pb κυμαίνονται από 2

mg kg⁻¹ έως 11 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 5,55 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 9 mg kg⁻¹ έως 16 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 13,67 mg kg⁻¹ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από < ΟΑ έως 6 mg kg⁻¹. Όλες οι περιεκτικότητες Pb στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (85 mg kg⁻¹) και την τιμή παρέμβασης (520 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Pb στα δείγματα των πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων και των εδαφικών δειγμάτων του Λουτρακίου είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (13 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), ενώ 2 εδαφικά δείγματα του Σχίνου υπερβαίνουν την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Pb, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.

- **Αντιμόνιο (Sb):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Sb στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από < ΟΑ έως 0,21 mg kg⁻¹. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Sb κυμαίνονται από 0,05 mg kg⁻¹ έως 0,17 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0,09 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 0,12 mg kg⁻¹ έως 0,21 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0,17 mg kg⁻¹ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από < ΟΑ έως 0,07 mg kg⁻¹. Όλες οι περιεκτικότητες Sb στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (3 mg kg⁻¹) και την τιμή παρέμβασης (15 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Sb στα δείγματα των πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων και των εδαφικών δειγμάτων του Λουτρακίου είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (0,2 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), ενώ 1 εδαφικό δείγμα του Σχίνου υπερβαίνει την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Sb, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.
- **Ουράνιο (U):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες U στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από < ΟΑ έως 0,9 mg kg⁻¹. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες U κυμαίνονται από 0,27 mg kg⁻¹ έως 0,9 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0,46 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 0,35 mg kg⁻¹ έως 0,89 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0,7 mg kg⁻¹ και όλα τα πετρώματα των Γερανείων Ορέων έχουν < ΟΑ. Όλες οι περιεκτικότητες U στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (1,8 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason

and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες U, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.

- **Ψευδάργυρος (Zn):** Στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων οι περιεκτικότητες Zn στα πετρώματα και εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 41 mg kg⁻¹ έως 114 mg kg⁻¹. Στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου οι περιεκτικότητες Zn κυμαίνονται από 44 mg kg⁻¹ έως 63 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 52,5 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου κυμαίνονται από 78 mg kg⁻¹ έως 114 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 93,67 mg kg⁻¹ και στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων κυμαίνονται από 41 mg kg⁻¹ έως 51 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 46,2 mg kg⁻¹. Όλες οι περιεκτικότητες Zn στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (140 mg kg⁻¹) και την τιμή παρέμβασης (720 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Zn στα δείγματα των πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων και των εδαφικών δειγμάτων του Λουτρακίου είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (70 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), ενώ όλα τα εδαφικά δείγματα του Σχίνου υπερβαίνουν την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Zn, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στα εδαφικά δείγματα του Σχίνου, ακολουθούν στα εδαφικά δείγματα του Λουτρακίου και τέλος στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.

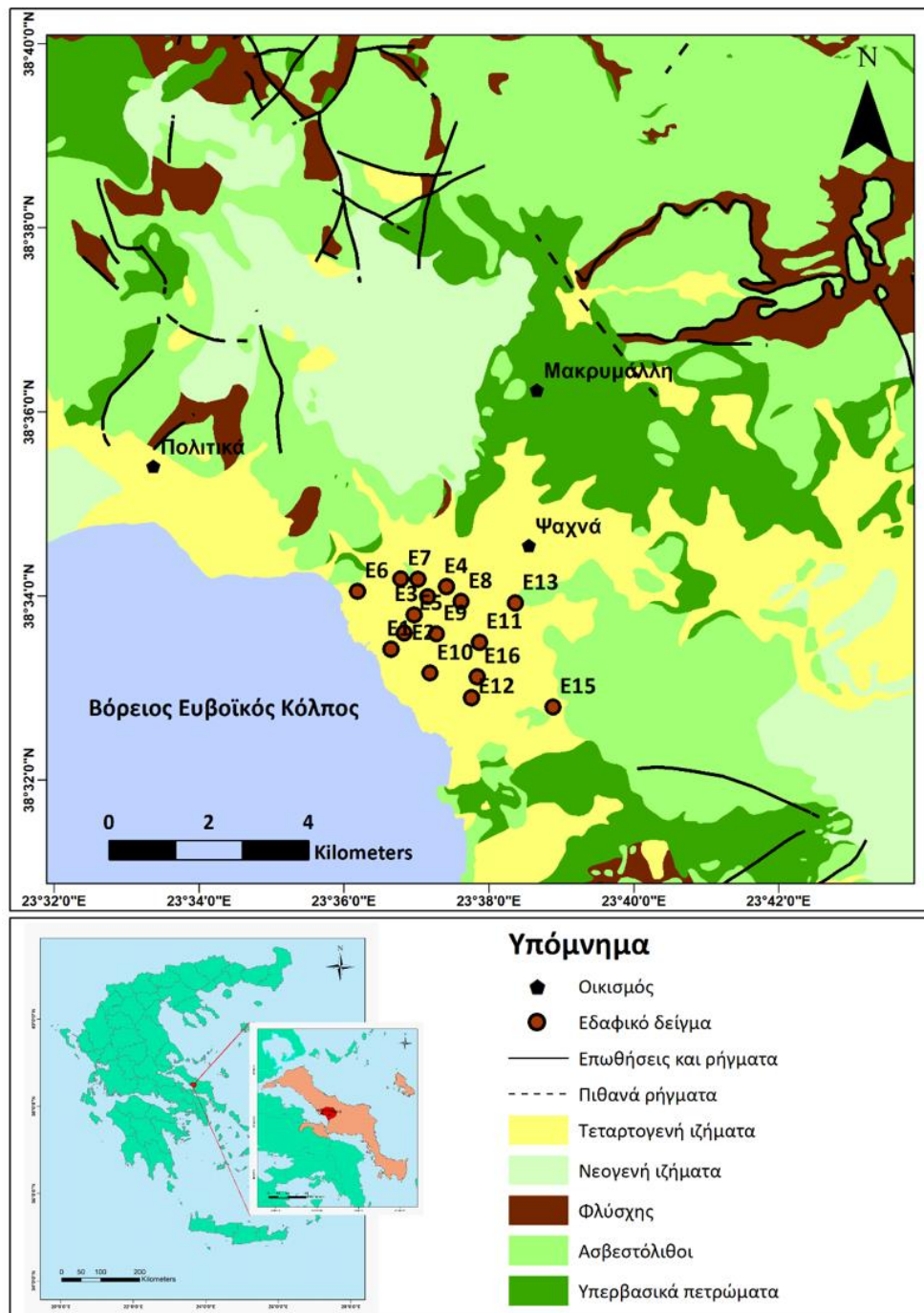
6.2 Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας

6.2.1 Δειγματοληψία

Στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής έγινε δειγματοληψία 16 εδαφικών δειγμάτων από τον κάμπο της λεκάνης Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας στα οποία πραγματοποιήθηκαν χημικές, ορυκτολογικές και ορυκτοχημικές αναλύσεις. Η έρευνα περιορίστηκε στην περιοχή του κάμπου ώστε να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο κομμάτι της περιοχής που είναι έντονες μόνο οι αγροτικές δραστηριότητες και δεν επηρεάζεται από τη μεταλλευτική δραστηριότητα και εκμετάλλευση των Fe-Ni κοιτασμάτων. Επομένως, γι' αυτούς τους λόγους, η παρούσα διδακτορική διατριβή εστιάζει στη συλλογή και χημική ανάλυση εδαφικών δειγμάτων και όχι στα πετρώματα της περιοχής μελέτης. Στην εικόνα 6.33 φαίνεται ο χάρτης της περιοχής μελέτης με τις θέσεις δειγματοληψίας των εδαφικών δειγμάτων και στον πίνακα 6.4 παρουσιάζεται η κωδικοποίησή τους.

Πίνακας 6.4 – Κωδικοποίηση των 16 εδαφικών δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| Είδος | Κωδικός δείγματος |
|--------|---|
| Έδαφος | E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16 |



Εικόνα 6.33 - Χάρτης της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας με τις 16 θέσεις δειγματοληψίας εδαφικών δειγμάτων.

6.2.2 Ορυκτολογία - Ορυκτοχημεία

Από τη χημική, πετρολογική, ορυκτολογική και ορυκτοχημική ανάλυση των δειγμάτων, προέκυψε ότι τα υπερβασικά πετρώματα της περιοχής μελέτης είναι σερπεντινίτες και μερικώς σερπεντινωμένοι περιδοτίτες στους οποίους διατηρούνται, σε μεγάλο βαθμό, τα αρχικά ορυκτολογικά και ιστολογικά χαρακτηριστικά (Βασιλείου, 2013). Στις εικόνες 6.34-6.37 παρουσιάζονται δυο λιθότυποι από πετρώματα της ευρύτερης περιοχής που αντιστοιχούν σε χαρτζβουργίτη (G13-4, G13-5) και δουνίτη (G13-1, G13-2). Επιπροσθέτως, στην περιοχή απαντώνται λερζόλιθοι σε μικρότερο ποσοστό (Γκάρτζος κ.α., 1994). Στους δουνίτες, κύριο ορυκτό είναι ο ολιβίνης, ενώ σε μικρό ποσοστό (<5%) εμφανίζεται και ορθοπυρόξενος (ενστατίτης). Στους χαρτζβουργίτες, τα κύρια ορυκτά είναι ολιβίνης και ορθοπυρόξενος (ενστατίτης $MgO=34,6-35,75$ και $FeO=4,8-5,9$, κ.β.%), σε ποσοστά 80-90% και 10-15%, αντίστοιχα (Βασιλείου, 2013). Κλινοπυρόξενος (έως 1.5% κ.ο.) αναπτύσσεται, κυρίως, στο σχισμό του ενστατίτη, σχηματίζοντας παράλληλες ταινίες (lamellae) και, σπανιότερα, βρίσκεται υπό τη μορφή μικρών μεμονωμένων κρυστάλλων (Εικόνα 6.39). Σπινέλιος πλούσιος σε Cr_2O_3 , (37 έως 55% κ.β. Βασιλείου, 2013, Γκάρτζος κ.α., 1994) σχηματίζει συνήθως ιδιόμορφους κρυστάλλους. Το εύρος της διακύμανσης του ολικού Fe των χρωμιτών της Ευβοίας κυμαίνεται από 14 έως 20% κ.β. (Βασιλείου, 2013). Στα εδάφη της ευρύτερης περιοχής μελέτης έχουν ταυτοποιηθεί ορυκτολογικές φάσεις όπως χαλαζίας, ασβεστίτης, ιλλίτης, καολινίτης, μοντμοριλλονίτης, νοντρονίτης, χλωρίτης, σερπεντίνης, γκαιτίτης, αιματίτης και οξειδία του Mn (Μεγρεμή, 2010, Economou-Eliopoulos et al., 2014).

Το Cr_2O_3 βρίσκεται σε ορυκτολογικές φάσεις των υπερβασικών πετρωμάτων όπως σπινέλιο (30-55% κ.β.), πυρόξενο (0,2-0,97% κ.β.) (ορθοπυρόξενο από 0,2 έως 0,5% κ.β. και κλινοπυρόξενο από 0,3 έως 0,97% κ.β.), αμφίβολο (0,2-0,7% κ.β.), χρυσοσιλικό σερπεντίνη (0,2-0,6% κ.β., με ελάττωση του Cr_2O_3 από τον πυρήνα προς την περιφέρεια του κρυστάλλου), τάλκη (0,00% κ.β. σπάνια έως 0,3-0,4% κ.β.) και χλωρίτη (1,1-2,4% κ.β.) υποδεικνύοντας τη γεωγενή του παρουσία στα πετρώματα της περιοχής (Gartzos, 1986, Γκάρτζος κ.α., 1994, Μεγρεμή, 2010, Βασιλείου, 2013, Βασιλείου κ.α., 2014, Vasileiou et al., 2014). Στα σιδηρονικελιούχα πετρώματα της περιοχής, κύριο ορυκτό του Cr_2O_3 είναι ο χρωμίτης, ο οποίος παρουσιάζει ανομοιογένεια στη σύσταση του, με διακύμανση του λόγου $Cr/(Cr+Al)$ από 0,4 έως 0,79. Επιπλέον, σημαντικός φορέας του Cr_2O_3 θεωρείται ο πηλολιθικός γκαιτίτης του μεταλλεύματος, με μέση περιεκτικότητα σε Cr_2O_3 0,89% κ.β., ενώ μικρό ποσοστό Cr_2O_3 (0,7% κ.β.) φιλοξενείται στο Ni-ούχο χλωρίτη (Μεγρεμή, 2010). Σημαντικοί

φορείς του Cr₂O₃ στα εδάφη είναι οι σπινέλιοι (χρωμίτης, μαγνητίτης) (29-61% κ.β.), ο Νιούχος χλωρίτης (έως 0,83% κ.β.) και ο γκαιτίτης (έως 1,34% κ.β.) (Μεγρεμή, 2010). Ωστόσο, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας το Cr₂O₃ βρέθηκε σε σπινέλιο, σερπεντίνη και πυρόξενο (Εικόνα 6.41).

Στη συνέχεια, παρατίθενται αντιπροσωπευτικά διαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) από πετρώματα (Εικόνες 6.34-6.37) και εδάφη (Εικόνες 6.42-6.57) από τη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, στα οποία σημειώνονται τα ορυκτά που ταυτοποιήθηκαν. Η επεξεργασία των ακτινοδιαγραμμάτων έγινε με τη χρήση του λογισμικού EVA (Version 12, Copyright @ SOCABIM 1996 - 2006). Η ταυτοποίηση των ορυκτολογικών φάσεων πραγματοποιήθηκε βάσει των χαρακτηριστικών ανακλάσεων hkl (Berry, 1974). Ορυκτά που βρίσκονται σε μικρή περιεκτικότητα (< 5% κ.ο.) δεν ταυτοποιήθηκαν με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας των ακτίνων-Χ, αλλά η παρουσία τους στα δείγματα επιβεβαιώθηκε από τη μελέτη με οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου και ανακλωμένου φωτός (Εικόνες 6.38-6.40, 6.58) καθώς και ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και μικροανάλυση (Εικόνα 6.41).

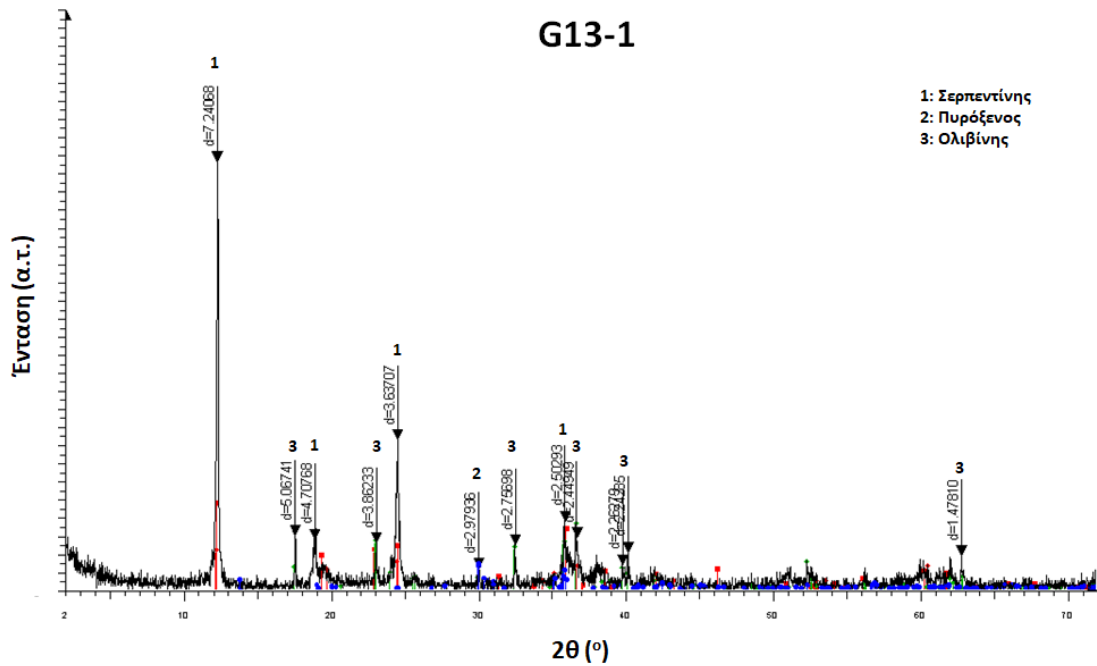
Στα πετρώματα ταυτοποιήθηκαν και οι εξής ορυκτολογικές φάσεις:

- Ο **σερπεντίνης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (001) στα $d \sim 7.29 \text{ \AA}$, (002) στα $d \sim 3.61 \text{ \AA}$, ($\bar{8}31$) στα $d \sim 2.52 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **ολιβίνης** (φορστερίτης) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (112) στα $d \sim 2.46 \text{ \AA}$, (021) στα $d \sim 3.88 \text{ \AA}$, (222) στα $d \sim 1.75 \text{ \AA}$, κ.λ.π.
- Ο **πυρόξενος** (ενστατίτης) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (221) στα $d \sim 3.18 \text{ \AA}$, (610) στα $d \sim 2.87 \text{ \AA}$ κ.λ.π.

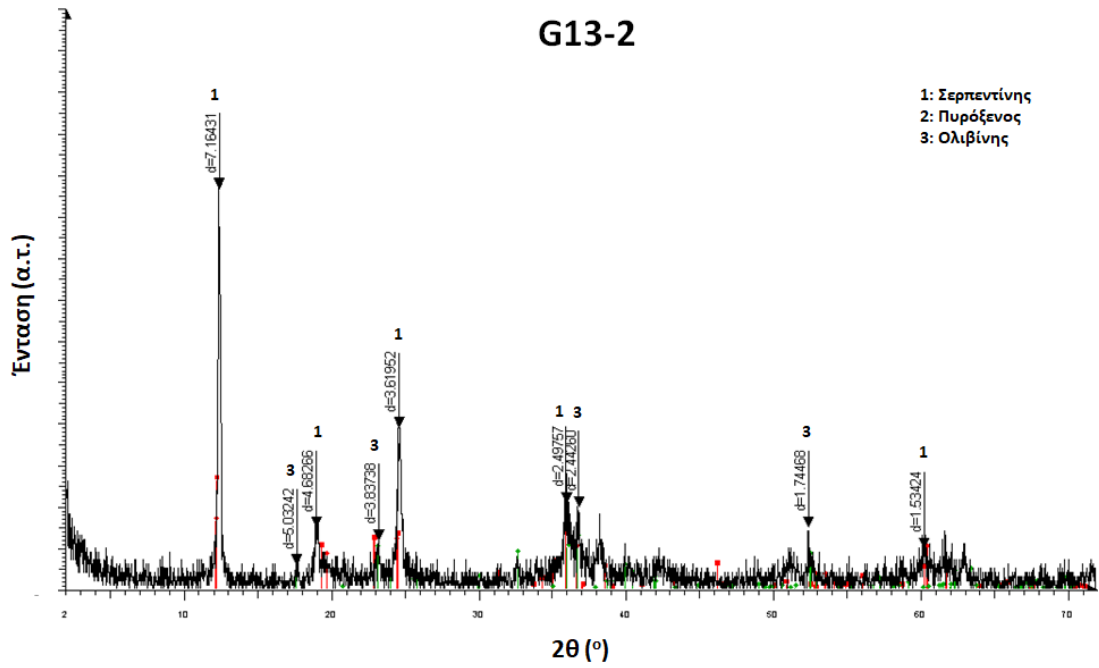
Στα εδαφικά δείγματα, εκτός από κάποιες από τις προαναφερθείσες, ταυτοποιήθηκαν και οι εξής ορυκτολογικές φάσεις:

- Ο **χλωρίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (002) στα $d \sim 7.12 \text{ \AA}$, (003) στα $d \sim 4.75 \text{ \AA}$, (004) στα $d \sim 3.56 \text{ \AA}$, (001) στα $d \sim 14.24 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **ολιβίνης** (φορστερίτης) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (112) στα $d \sim 2.46 \text{ \AA}$, (021) στα $d \sim 3.88 \text{ \AA}$, (222) στα $d \sim 1.75 \text{ \AA}$, κ.λ.π.
- Ο **άστριος** (ανορθίτης) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (002) στα $d \sim 3.18 \text{ \AA}$, ($\bar{2}02$) στα $d \sim 3.21 \text{ \AA}$, ($\bar{2}01$) στα $d \sim 4.04 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **ιλλίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (002) στα $d \sim 10 \text{ \AA}$, (113) στα $d \sim 3.69 \text{ \AA}$, (020) στα $d \sim 4.49 \text{ \AA}$, κ.λ.π.

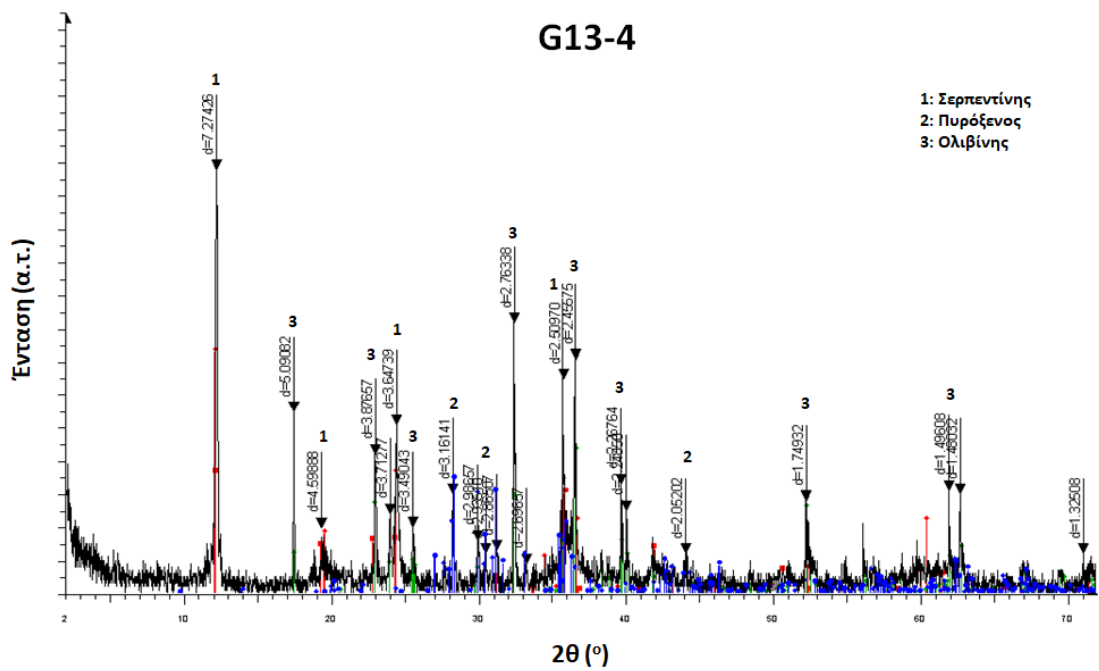
- Ο **τάλκης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (001) στα $d \sim 9.34 \text{ \AA}$, (003) στα $d \sim 3.11 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **χαλαζίας** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (101) στα $d \sim 3.34 \text{ \AA}$, (100) στα $d = 4.25 \text{ \AA}$, (112) στα $d \sim 1.81 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **ασβεστίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (104) στα $d = 3.03 \text{ \AA}$, (113) στα $d = 2.28 \text{ \AA}$, (202) στα $d = 2.09 \text{ \AA}$, (100).



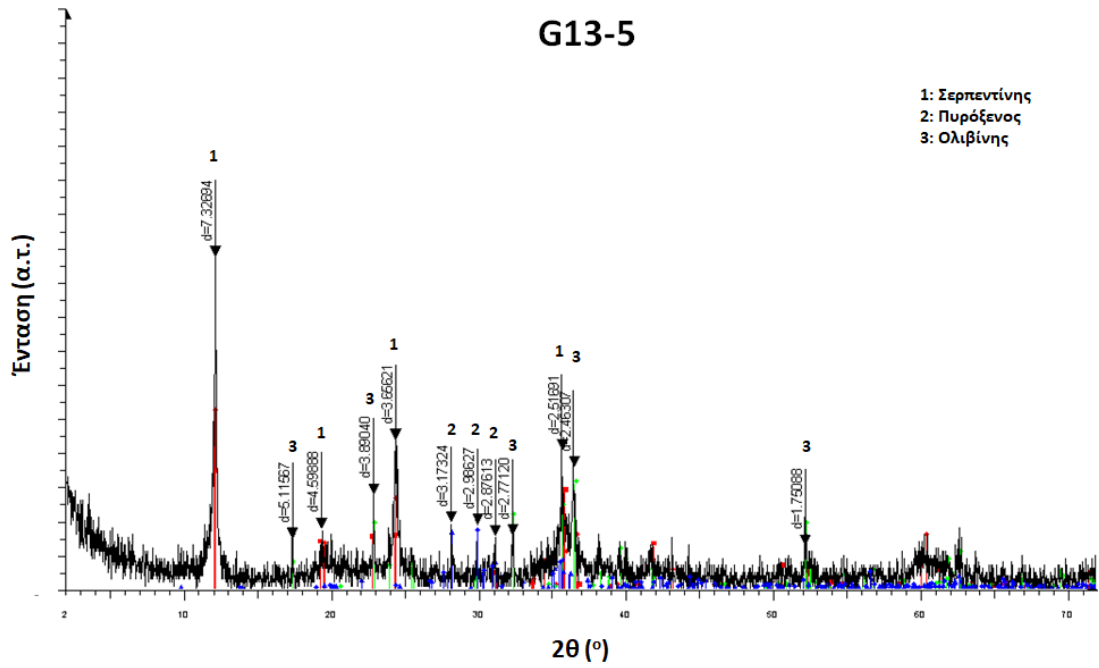
Εικόνα 6.34 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) του δείγματος G13-1.



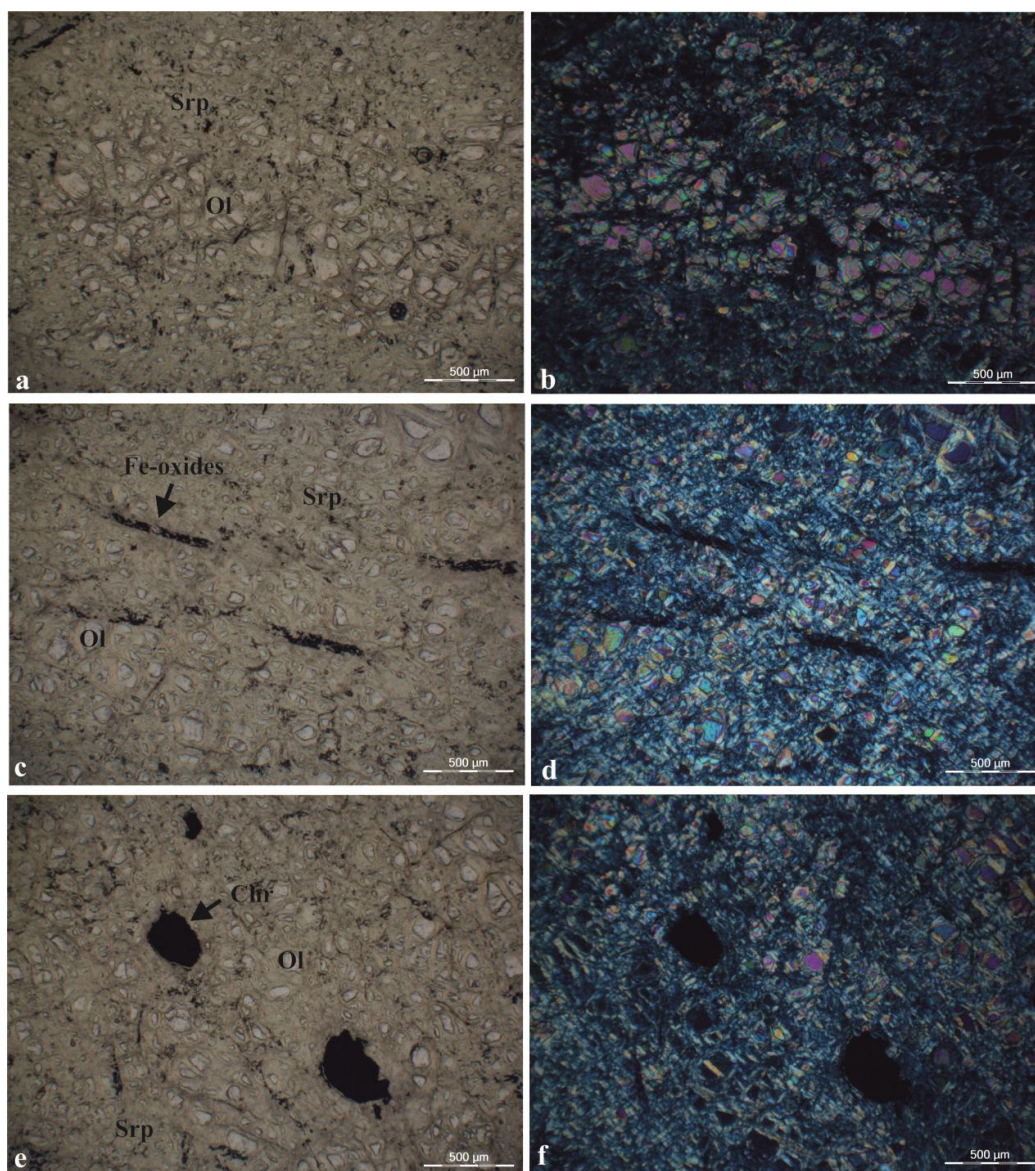
Εικόνα 6.35 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) του δείγματος G13-2.



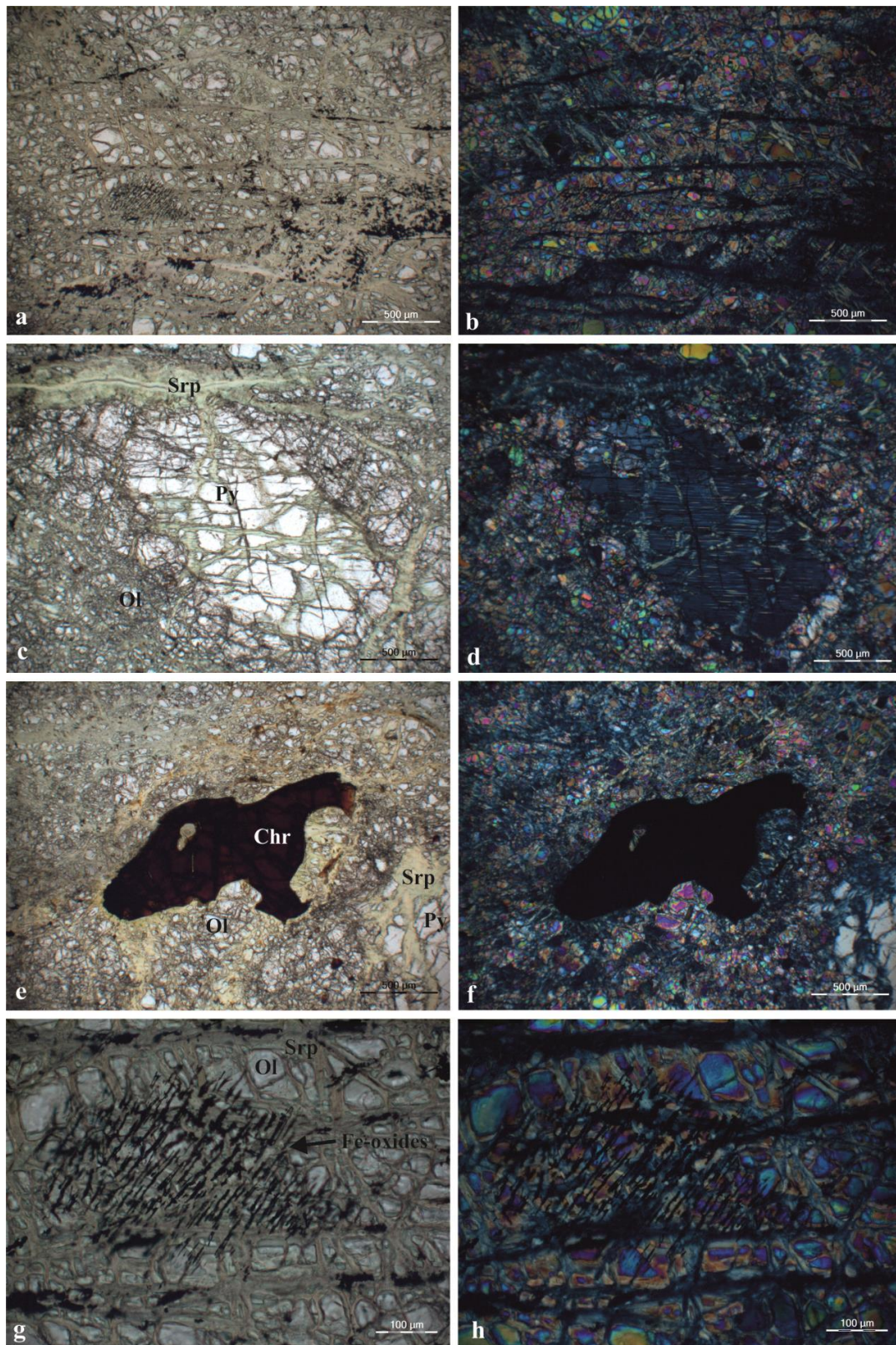
Εικόνα 6.36 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) του δείγματος G13-4.



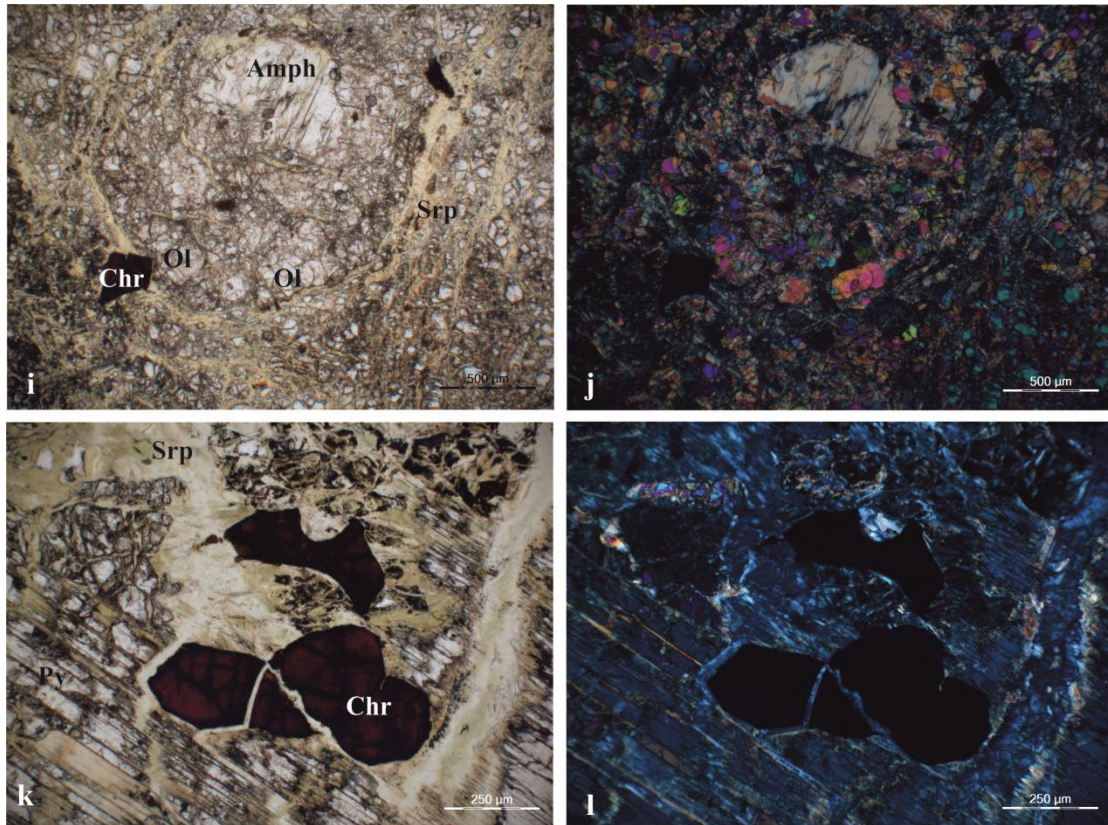
Εικόνα 6.37 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) του δείγματος G13-5.



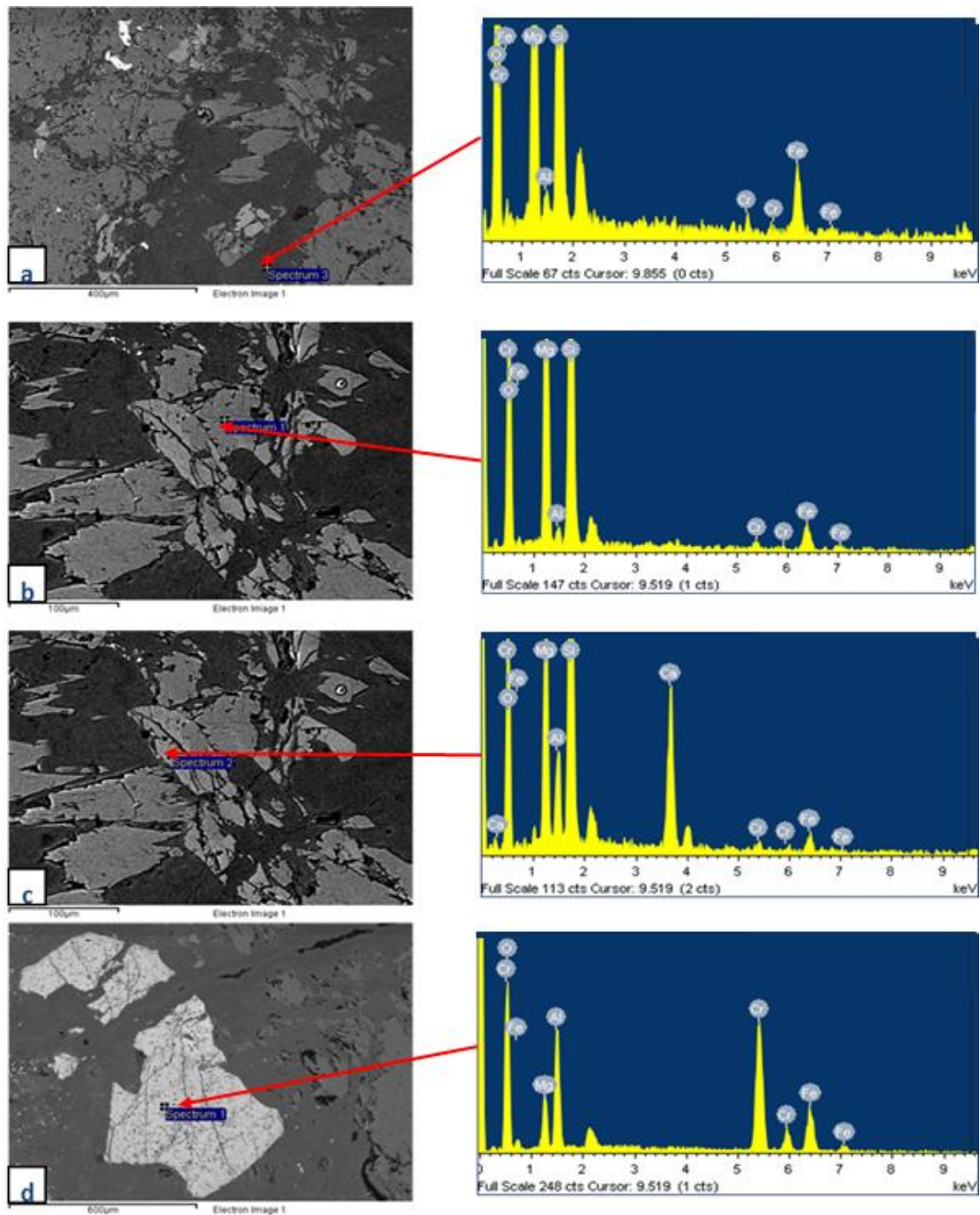
Εικόνα 6.38 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός σερπεντινωμένων δουνιτών με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολαιοειδή. Διακρίνονται υπολειμματικοί κρύσταλλοι ολιβίνη σε κύρια μάζα από σερπεντίνη, οξείδια Fe και κόκκοι χρωμίτης (Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης, Chr: χρωμίτης, Fe-oxides: οξείδια σιδήρου).



Εικόνα 6.39 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός σερπεντινωμένων χαρτζβουργιτών με παράλληλα (a,c,e,g) και κάθετα (b,d,f,h) πολωροειδή. Διακρίνονται υπολειμματικοί κρύσταλλοι ολιβίνη και ορθοπυροξένου σε κύρια μάζα από σερπεντίνη, οξειδία Fe και κόκκοι χρωμίτη. Επίσης, κλινοπυρόξενος αναπτύσσεται στο σχισμό του ορθοπυρόξενου (Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης, Py: πυρόξενος, Chr: χρωμίτης, Fe-oxides: οξειδία σιδήρου).



Εικόνα 6.40 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός σερπεντινωμένων χαρτζβουργιτών με παράλληλα (i,k) και κάθετα (j,l) πολαροειδή. Διακρίνονται υπολειμματικοί κρύσταλλοι ολιβίνη και ορθοπυροξένου σε κύρια μάζα από σερπεντίνη, οξείδια σιδήρου και κόκκοι χρωμίτη. Κατά θέσεις σχηματίζεται αμφίβολος (τρεμολίτης/ακτινόλιθος) (Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης, Py: πυρόξενος, Amph: αμφίβολος, Chr: χρωμίτης).

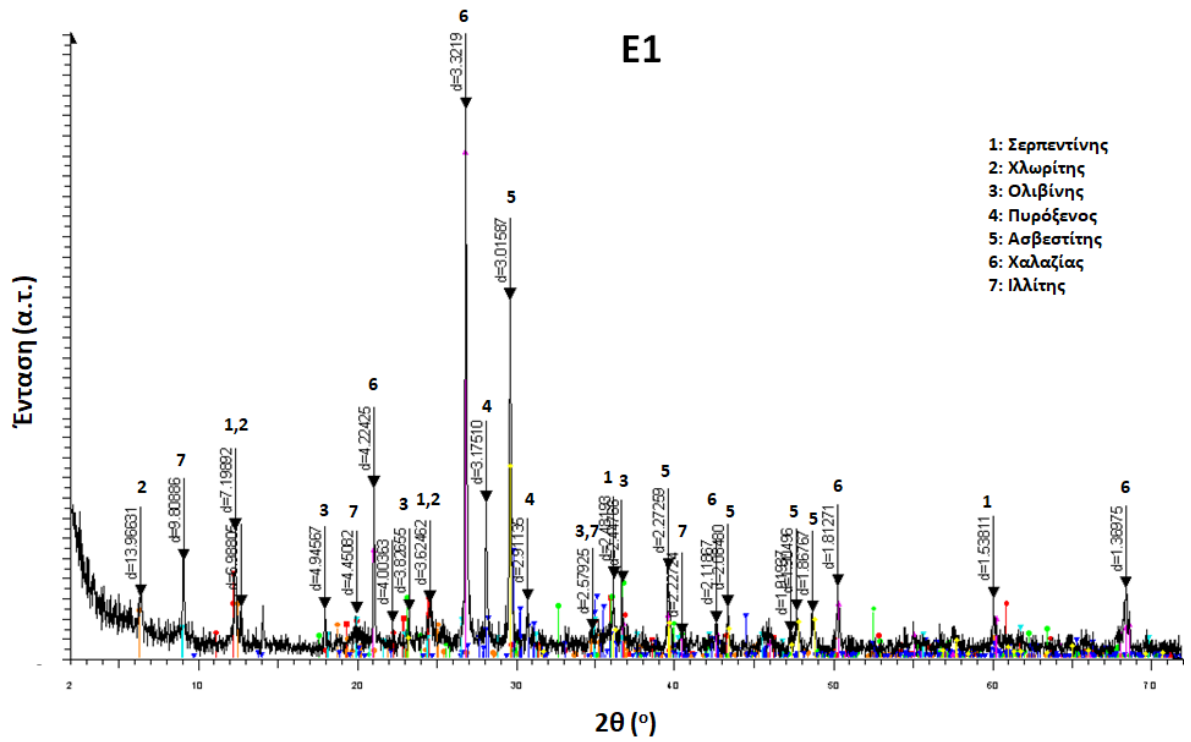


Εικόνα 6.41 - Αντιπροσωπευτικές εικόνες οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) Cr-ούχων ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων α: Cr-ούχος σερπεντίνης, b: Cr-ούχος ορθοπυρόξενος, c: Cr-ούχος κλινοπυρόξενος και d: Cr-ούχος σπινέλιος.

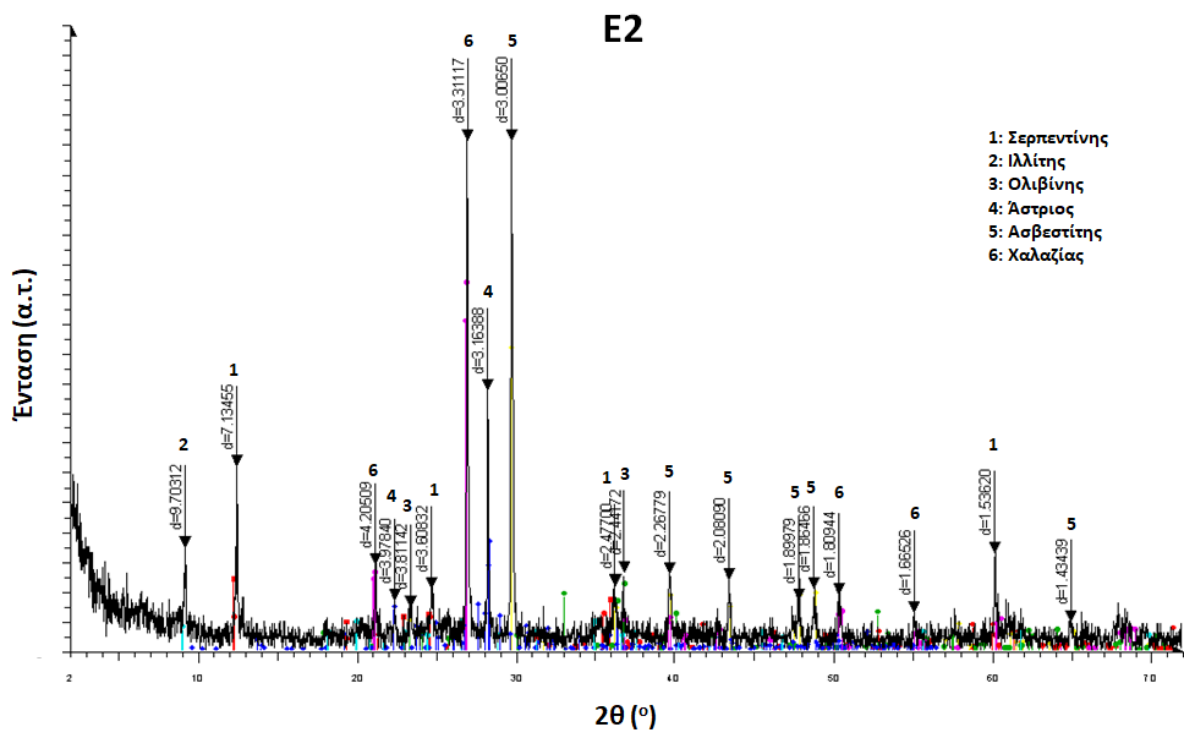
Στη συνέχεια δίνεται μια σύντομη περιγραφή των σημαντικότερων ορυκτολογικών φάσεων που ταυτοποιήθηκαν με τη βοήθεια της περιθλασιμετρίας ακτίνων X (XRD), της οπτικής μικροσκοπίας διερχομένου και ανακλωμένου φωτός, της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης και μικροανάλυσης (SEM/EDS) στα εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας στα δείγματα: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12,

E13, E14, E15 και E16. Από την ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων ταυτοποιήθηκαν οι εξής ορυκτολογικές φάσεις: σερπεντίνη, πυρόξενο, ολιβίνη, χλωρίτη, άστριο, χαλαζία, ασβεστίτη, βιοτίτη, χρωμίτη, οξειδία/υδροξειδία σιδήρου, γκαιτίτη, ιλλίτη, τάλκης, και κατά περίπτωση ορισμένα αργιλικά ορυκτά.

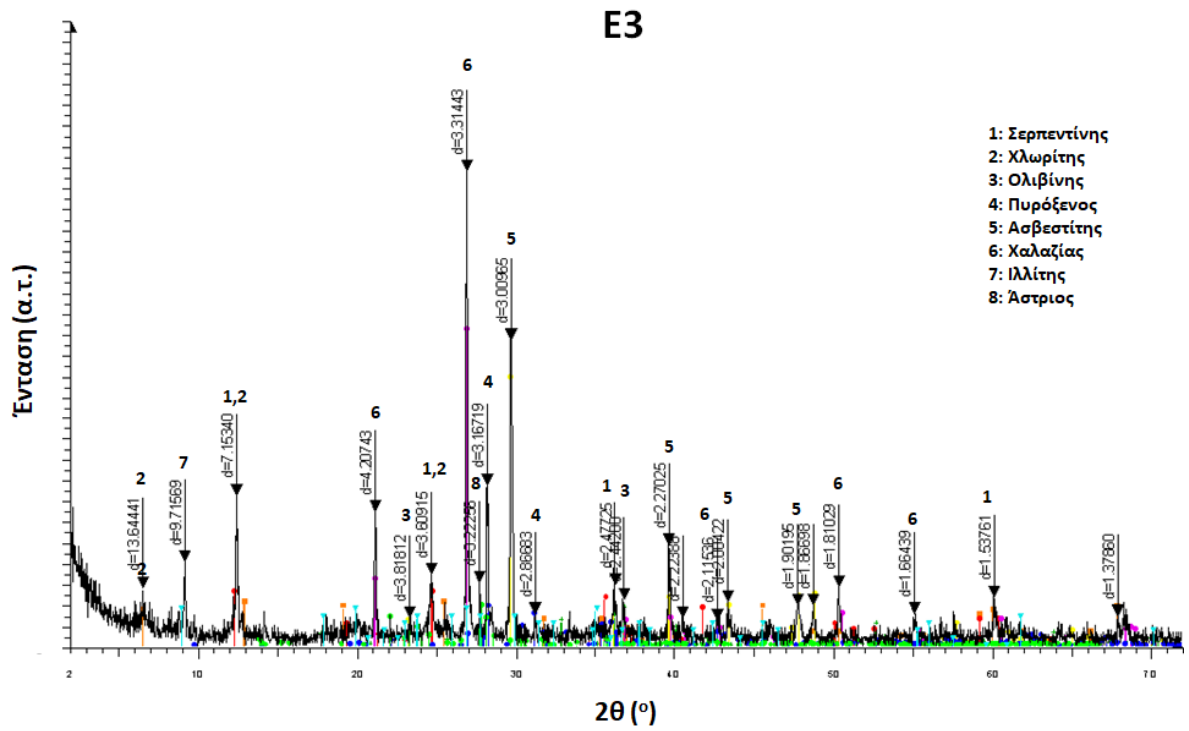
- ✓ **E1:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ολιβίνη, ασβεστίτη, χαλαζία, ιλλίτη και πυρόξενο.
- ✓ **E2:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, ολιβίνη, ασβεστίτη, χαλαζία, ιλλίτη και άστριο.
- ✓ **E3:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ολιβίνη, ασβεστίτη, χαλαζία, ιλλίτη, πυρόξενο και άστριο.
- ✓ **E4:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ολιβίνη, ασβεστίτη, χαλαζία, ιλλίτη και πυρόξενο.
- ✓ **E5:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ασβεστίτη, χαλαζία, ιλλίτη, ολιβίνη και χρωμίτη.
- ✓ **E6:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ασβεστίτη, χαλαζία, ιλλίτη.
- ✓ **E7:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ασβεστίτη, χαλαζία, ιλλίτη, ολιβίνη και άστριο.
- ✓ **E8:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ασβεστίτη, χαλαζία, και ιλλίτη.
- ✓ **E9:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, πυρόξενο, ασβεστίτη, χαλαζία και ιλλίτη.
- ✓ **E10:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ασβεστίτη, χαλαζία και άστριο.
- ✓ **E11:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, ολιβίνη, ασβεστίτη, χαλαζία και άστριο.
- ✓ **E12:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, ασβεστίτη, χαλαζία, άστριο, ιλλίτη και ολιβίνη.
- ✓ **E13:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά χλωρίτη, άστριο, ασβεστίτη και χαλαζία.
- ✓ **E14:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, ασβεστίτη και χαλαζία.
- ✓ **E15:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά ασβεστίτη, χαλαζία και χλωρίτη.
- ✓ **E16:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά σερπεντίνη, χλωρίτη, άστριο, ασβεστίτη, χαλαζία, ιλλίτη και ολιβίνη.



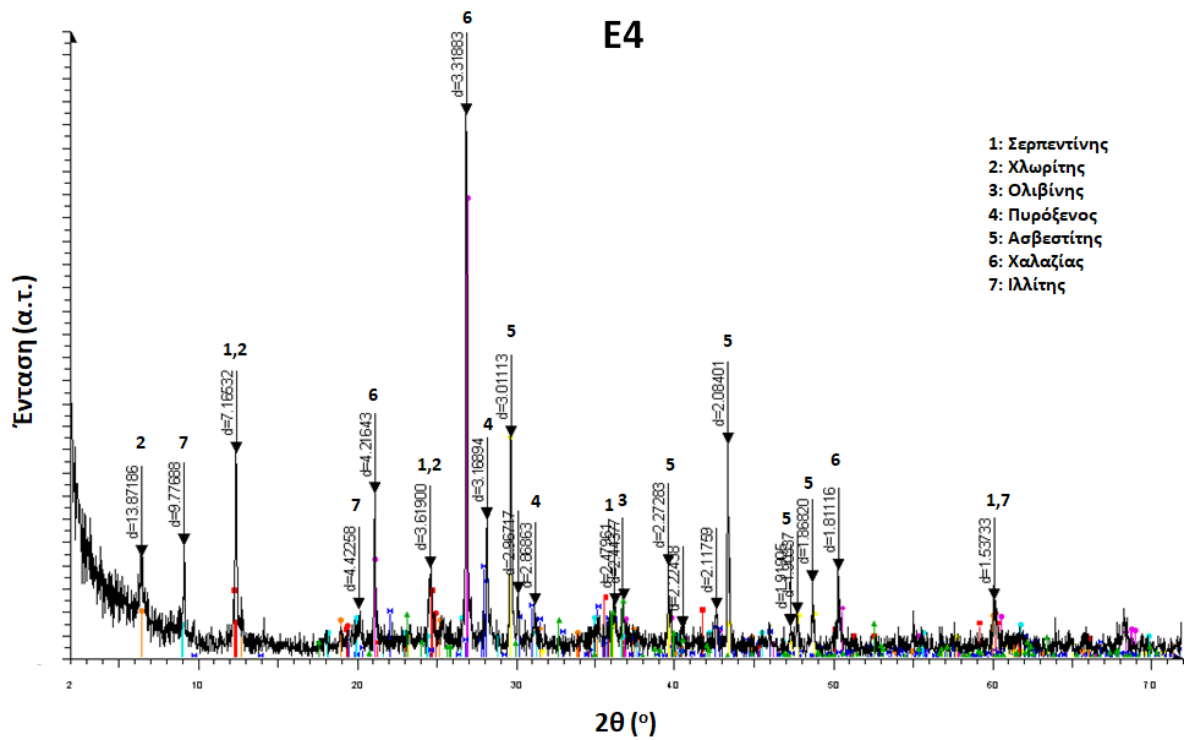
Εικόνα 6.42 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E1.



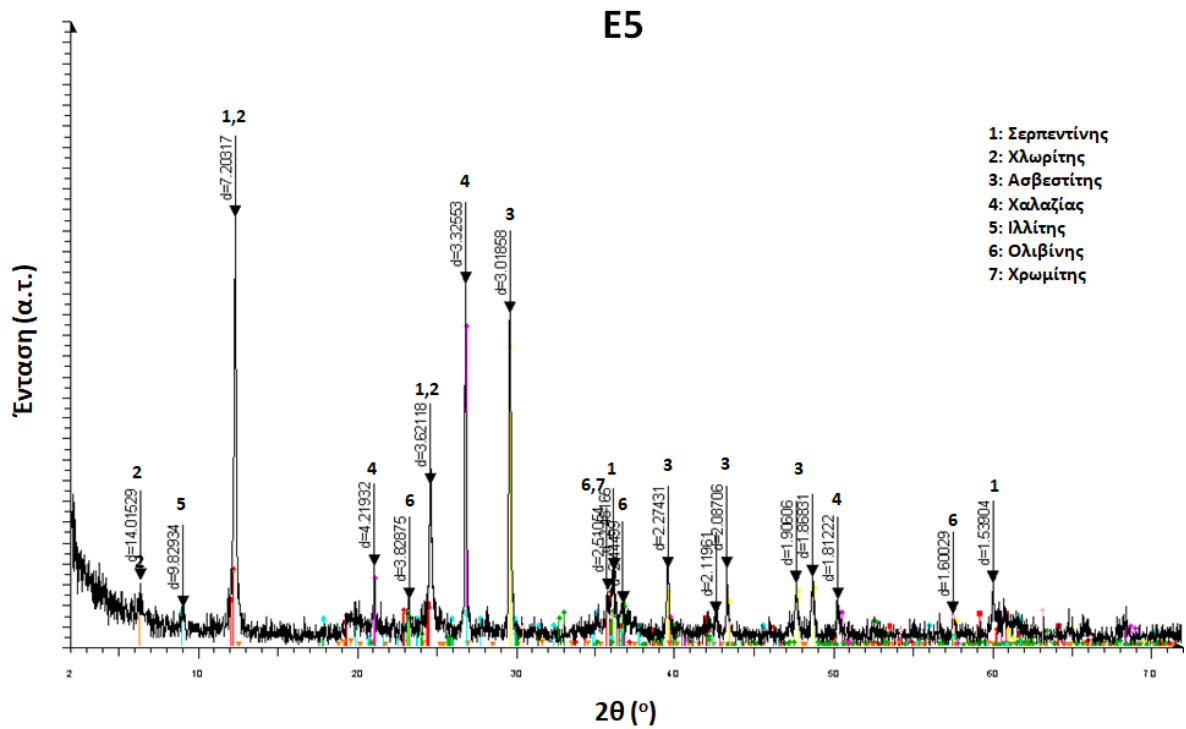
Εικόνα 6.43 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E2.



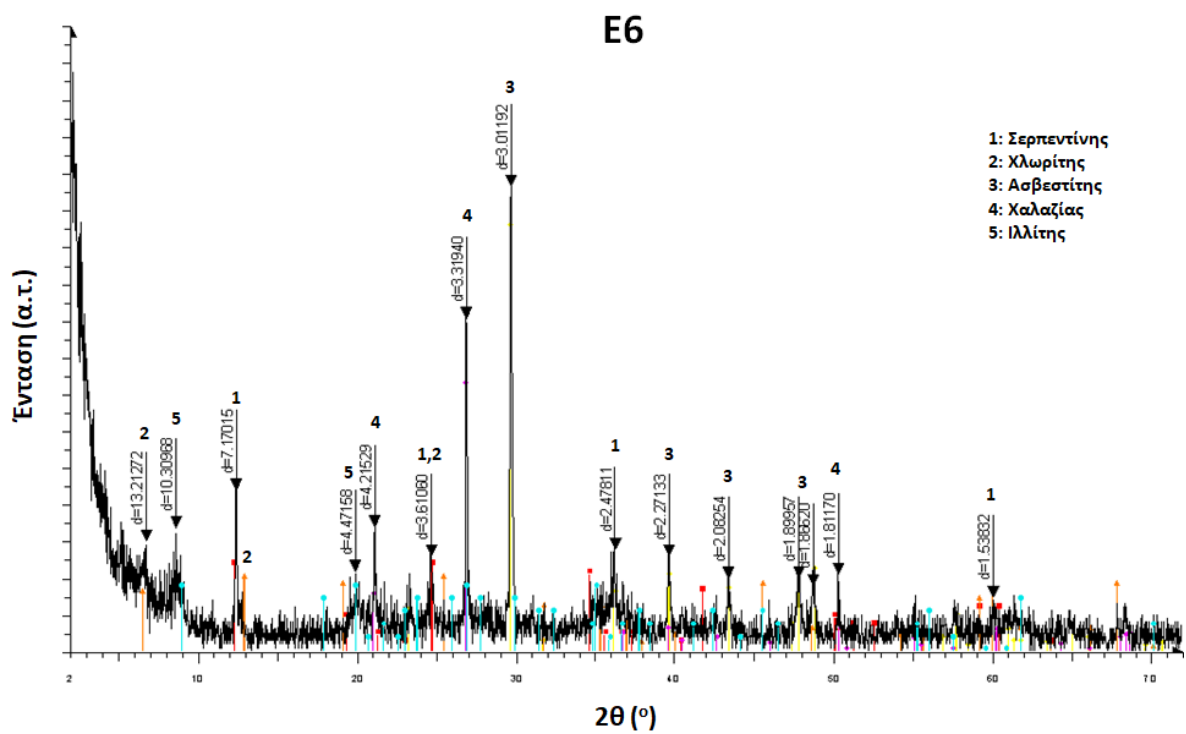
Εικόνα 6.44 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E3.



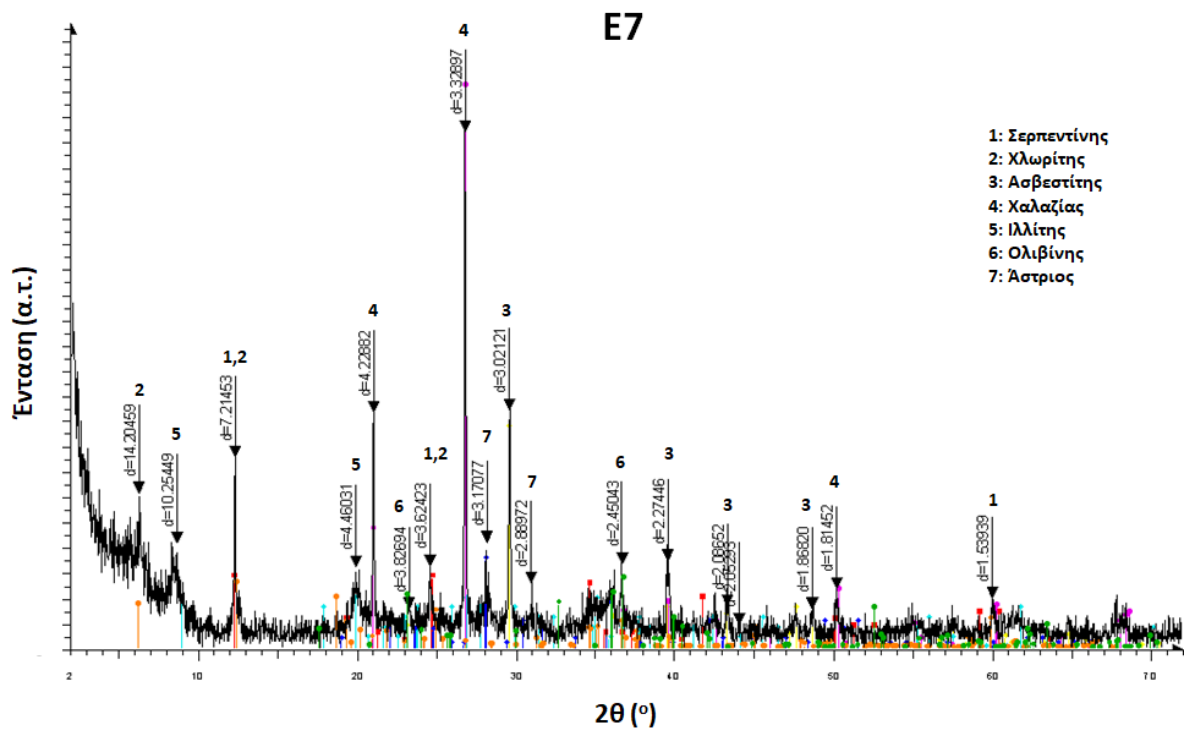
Εικόνα 6.45 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E4.



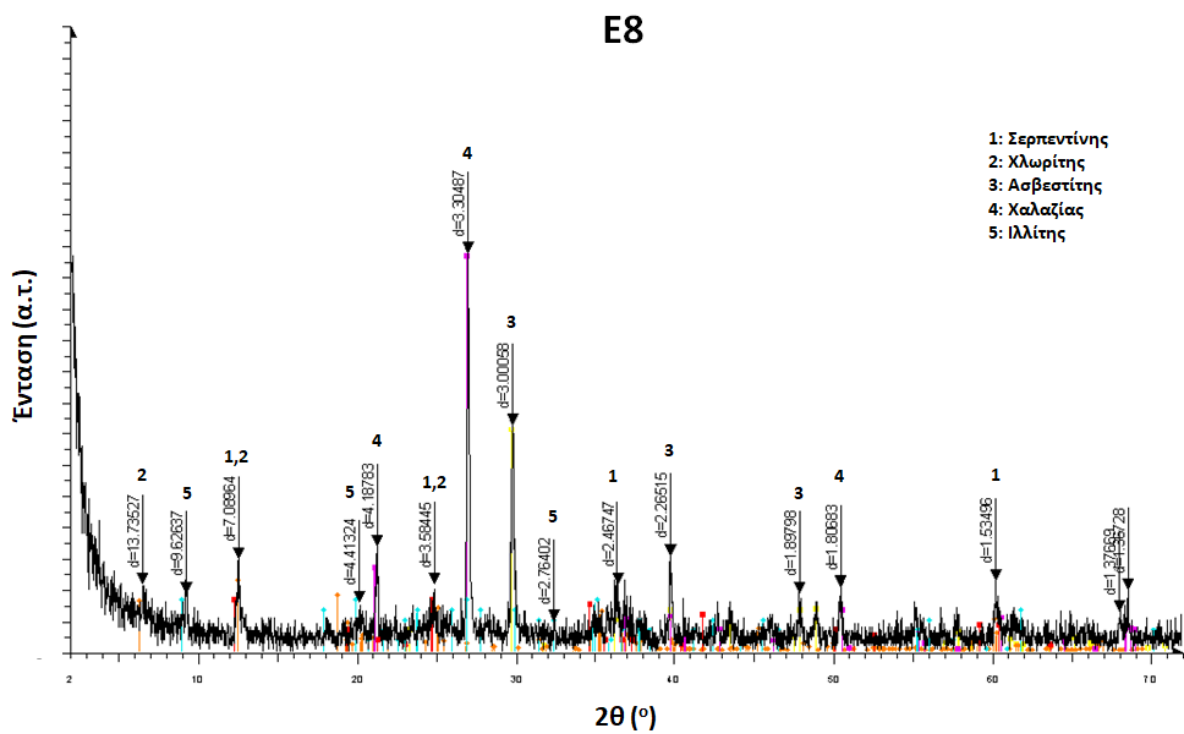
Εικόνα 6.46 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E5.



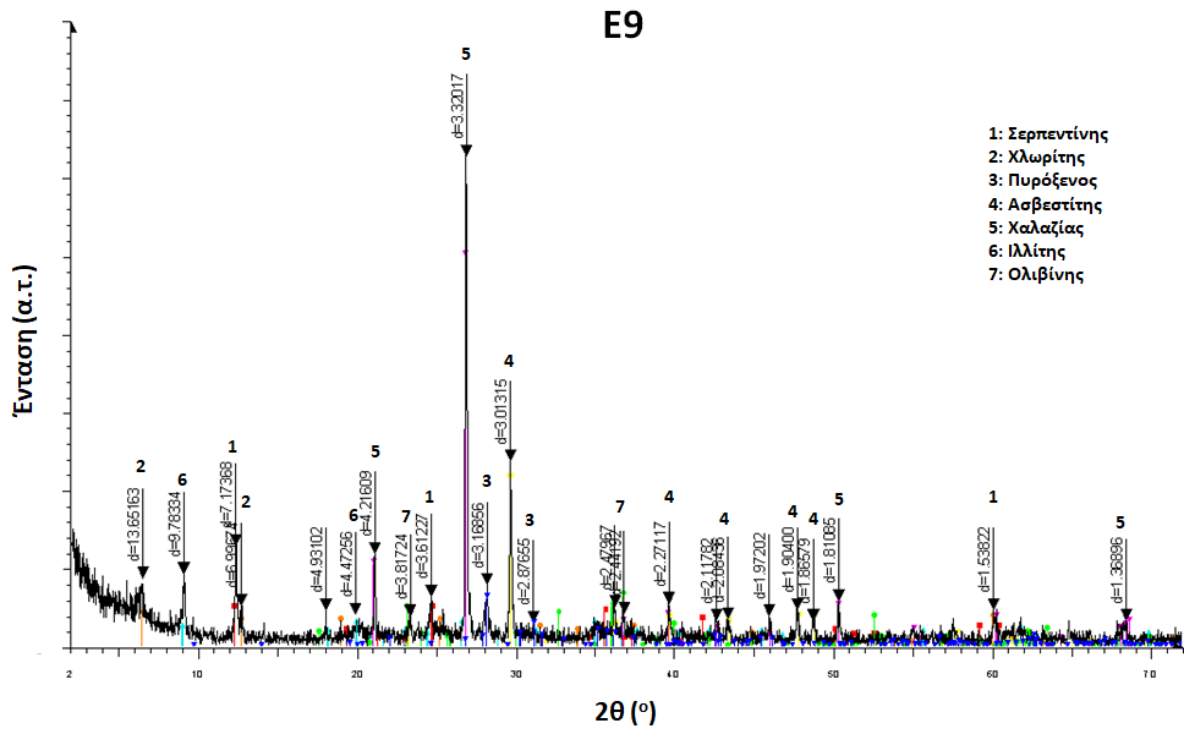
Εικόνα 6.47 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E6.



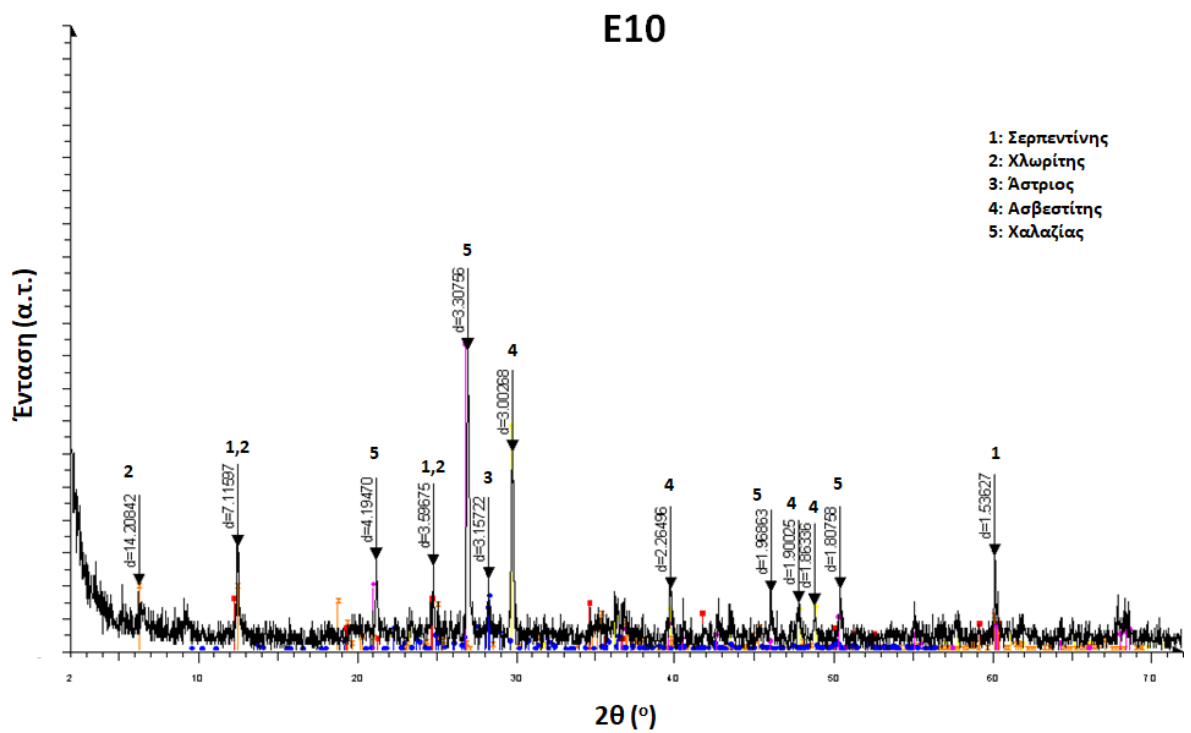
Εικόνα 6.48 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E7.



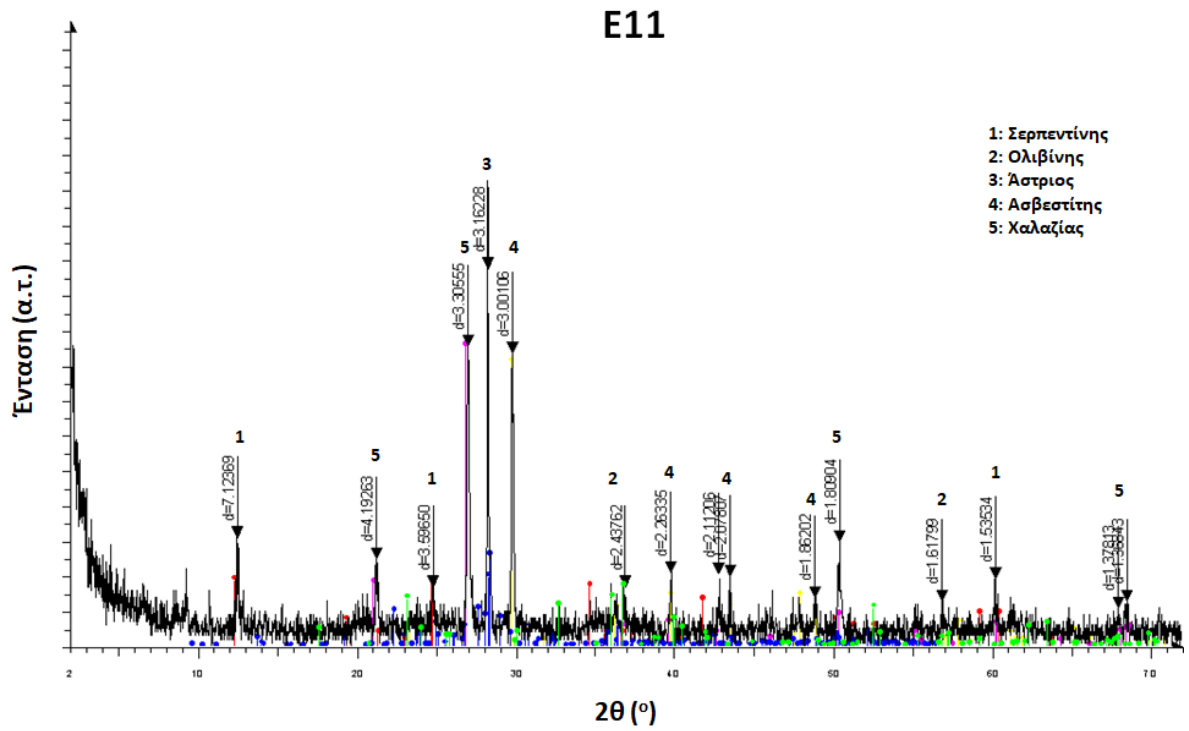
Εικόνα 6.49 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E8.



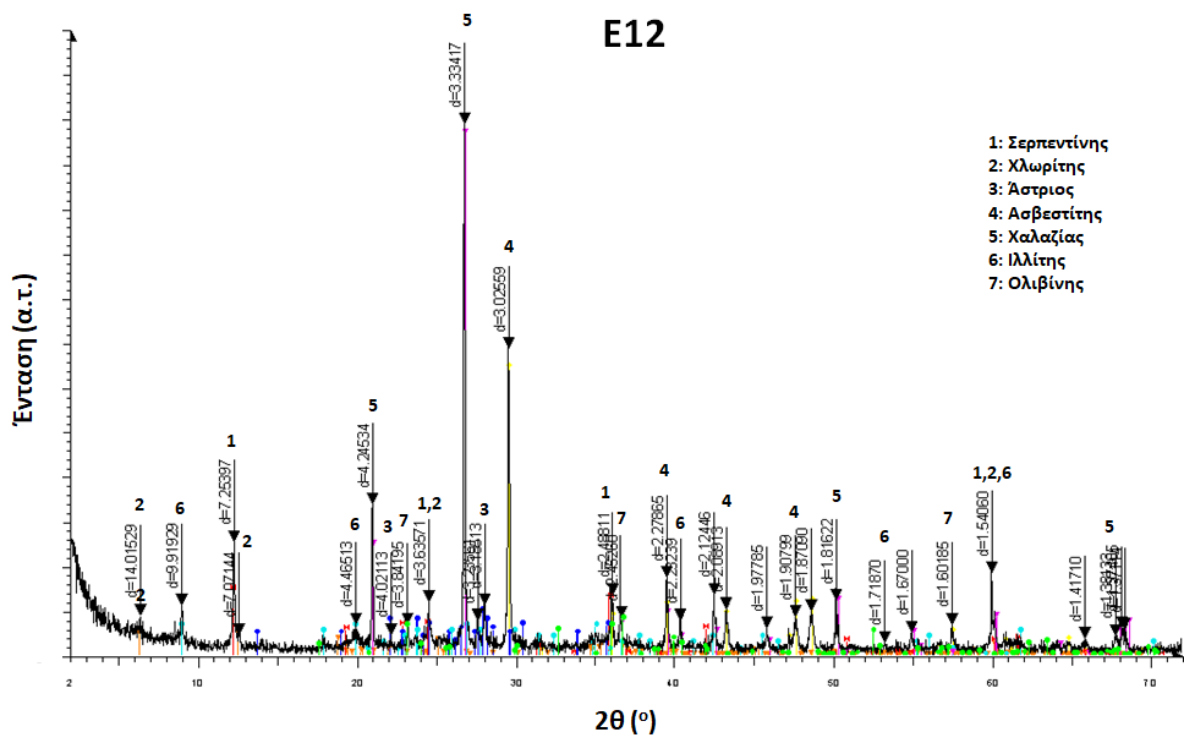
Εικόνα 6.50 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E9.



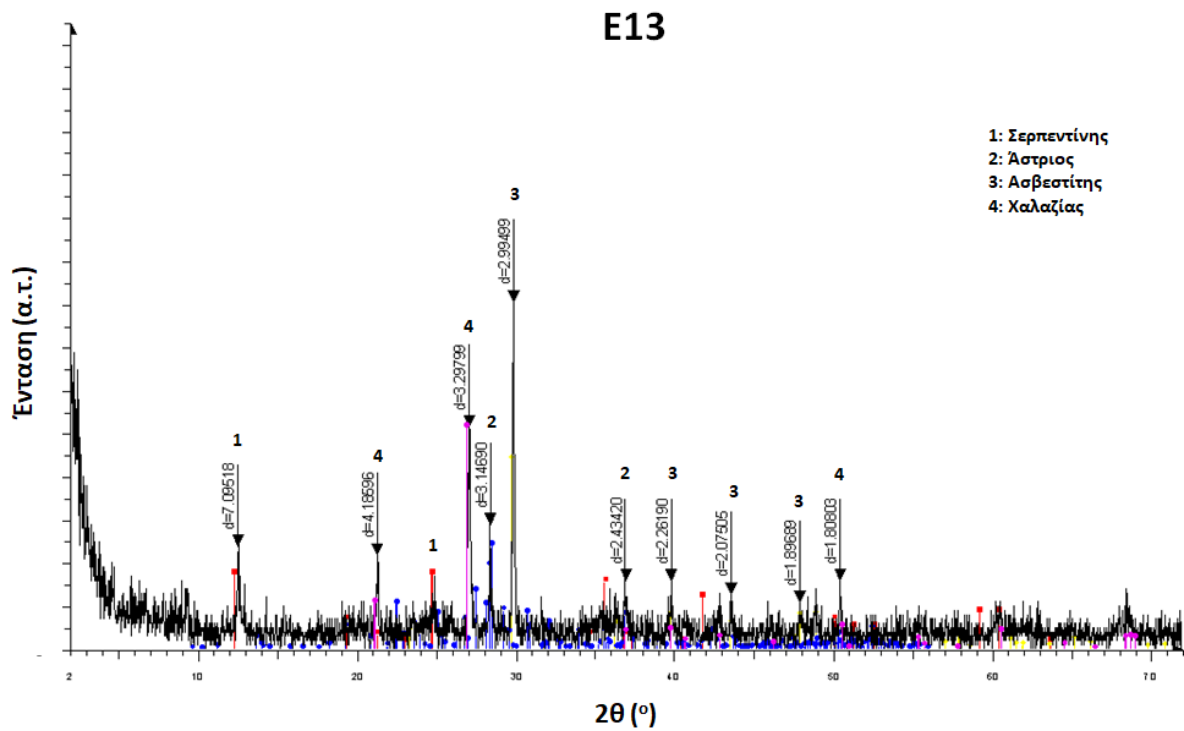
Εικόνα 6.51 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E10.



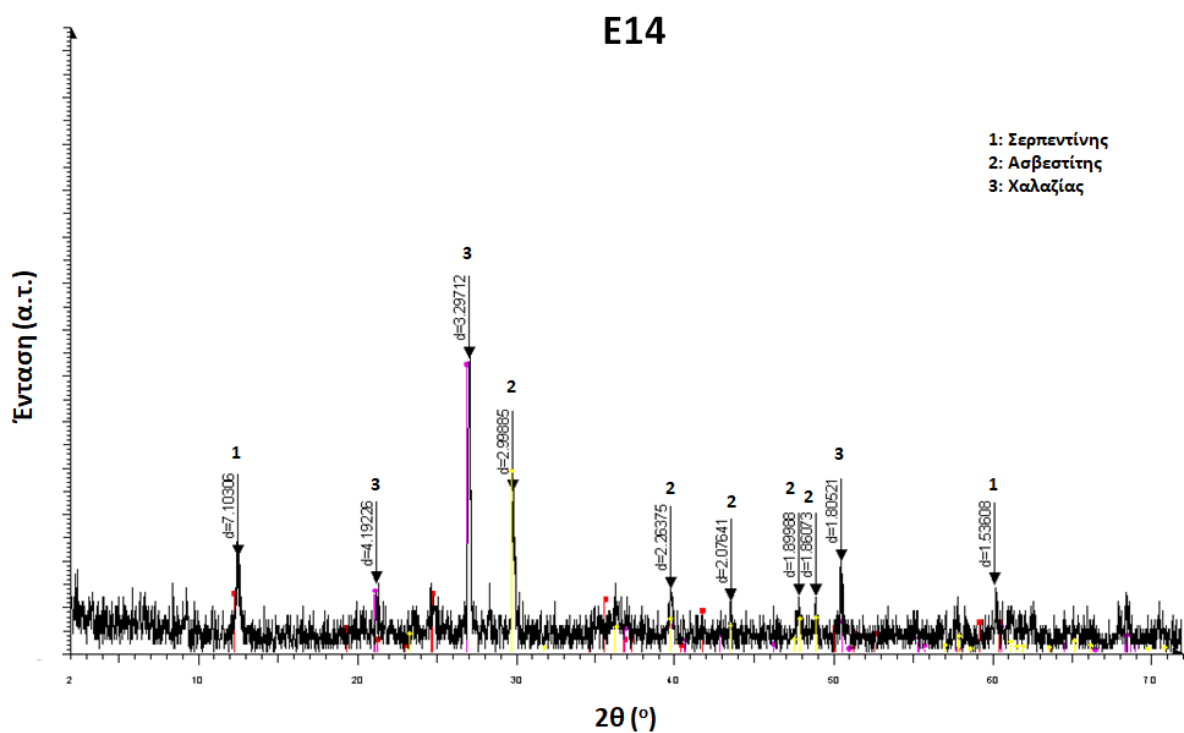
Εικόνα 6.52 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E11.



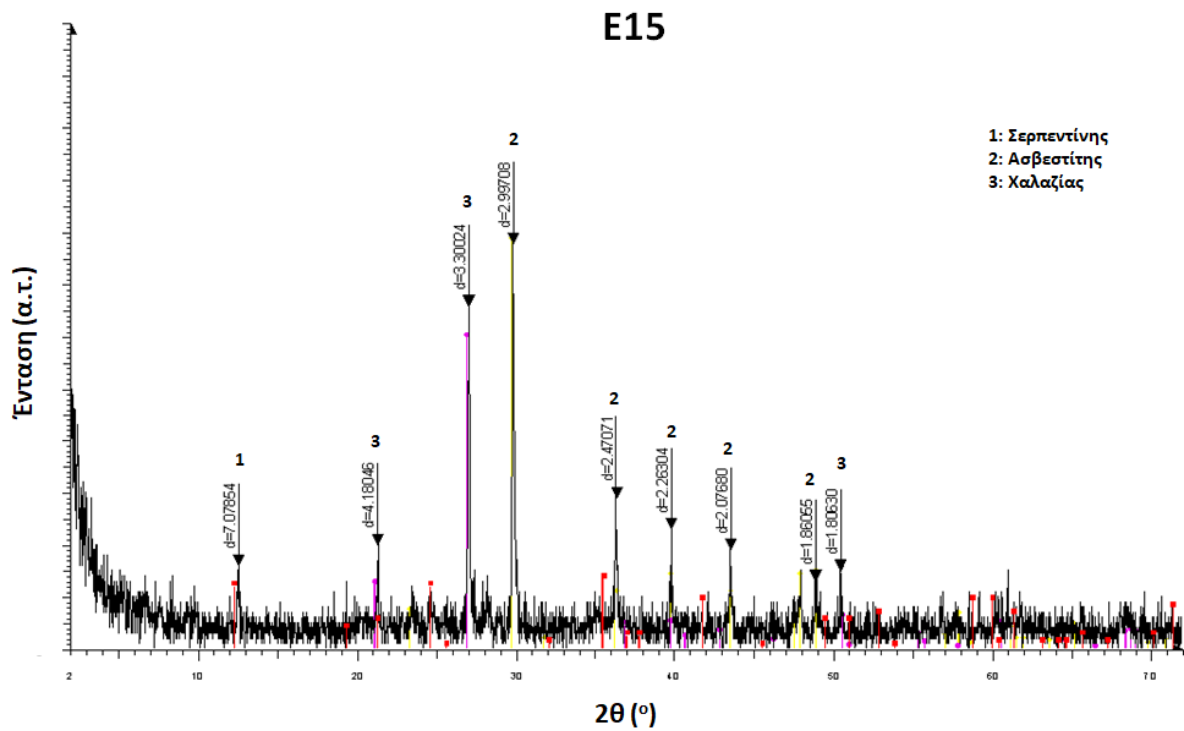
Εικόνα 6.53 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E12.



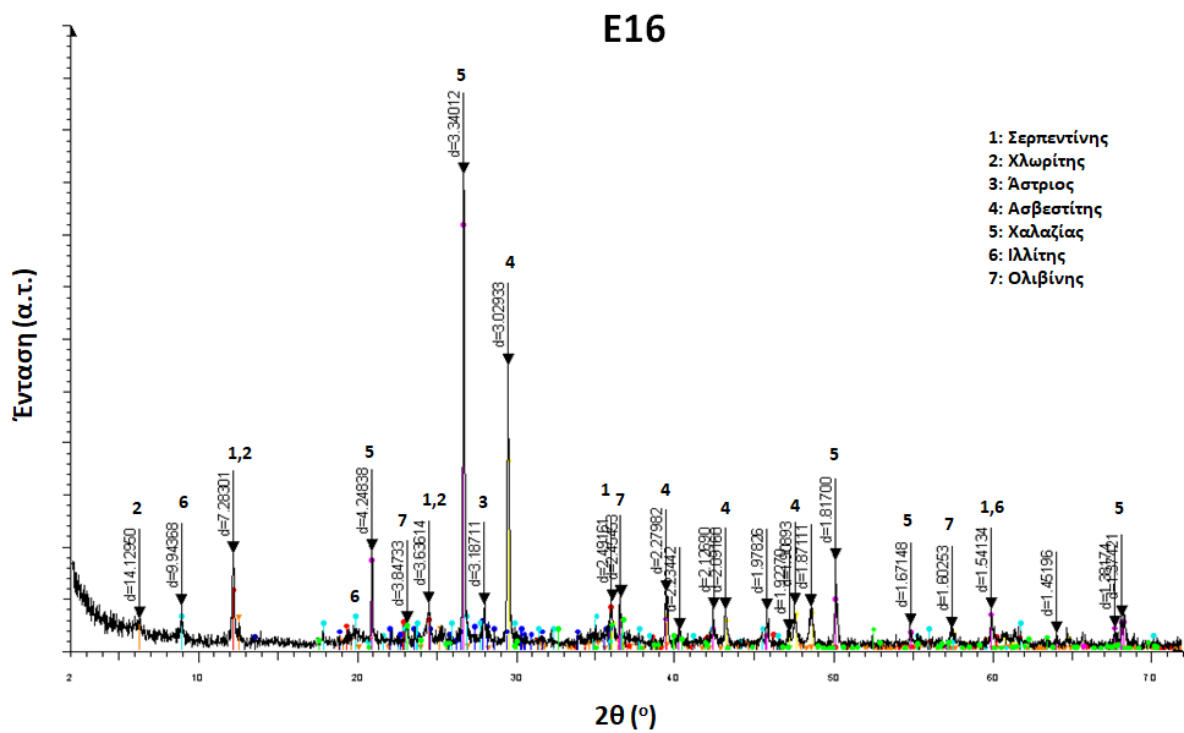
Εικόνα 6.54 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E13.



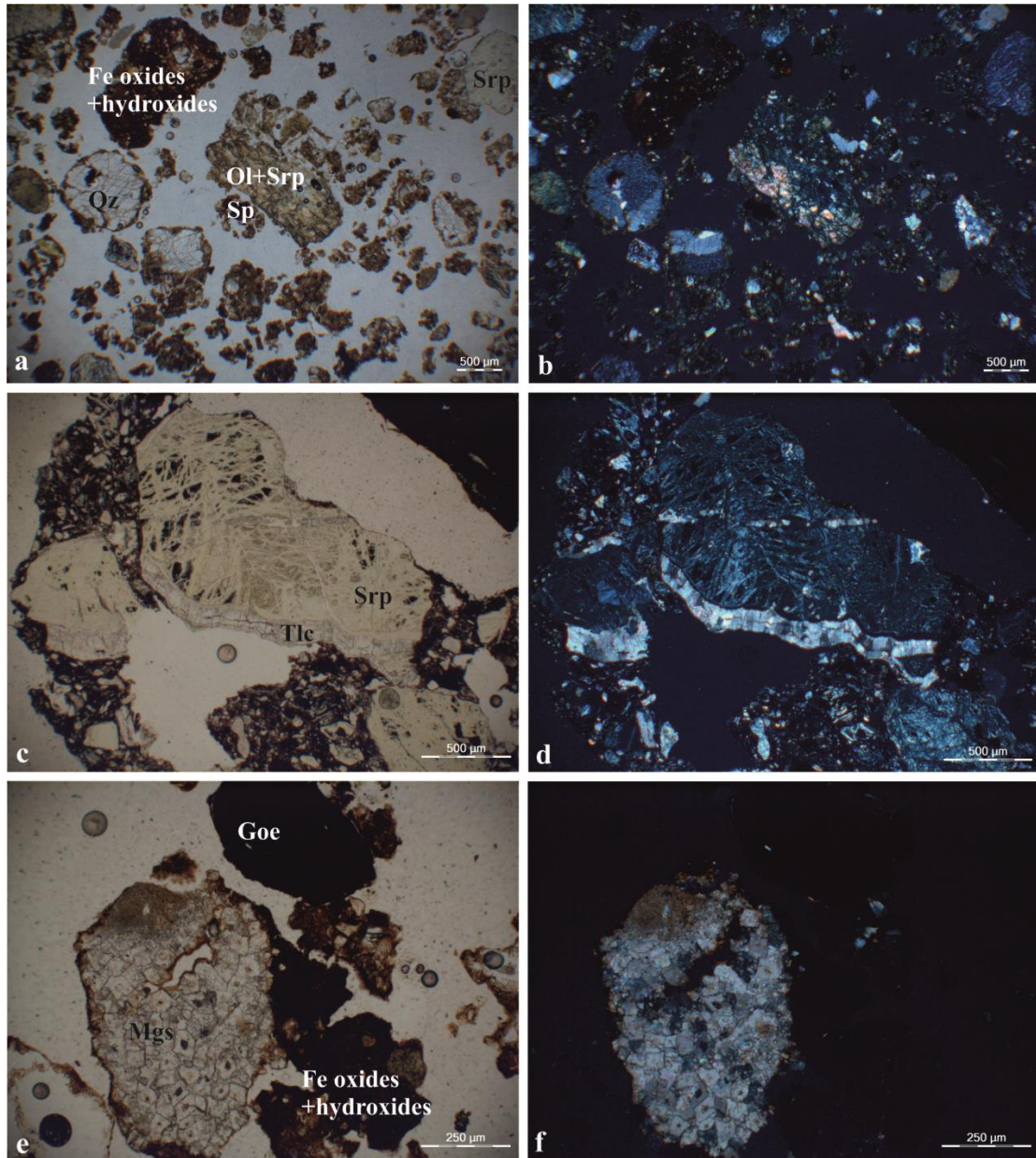
Εικόνα 6.55 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E14.



Εικόνα 6.56 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E15.



Εικόνα 6.57 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ του δείγματος E16.



Εικόνα 6.58 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός εδαφικών δειγμάτων με παράλληλα (a,c,e) και κάθετα (b,d,f) πολωροειδή στα οποία παρατηρούνται υπολειμματικοί κόκκοι των μητρικών πετρωμάτων (Srp: σερπεντίνης, Ol: ολιβίνης, Sp: σπινέλιος, Tlc: τάλκης, Goe: γκαϊτίτης, Fe-oxides: οξειδία σιδήρου, Fe-hydroxides: υδροξειδία σιδήρου).

6.2.3 Χημικές αναλύσεις

Στον πίνακα 6.5 δίνονται οι περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , As, Hg, Cd, Co, Cr, Ni, P, Pb, Sb, U και Zn) των 16 εδαφικών δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Οι μέσες, οι ελάχιστες και οι μέγιστες περιεκτικότητες των

προαναφερθέντων στοιχείων παρουσιάζονται στον πίνακα 6.6 σε σύγκριση με α) δημοσιευμένα στοιχεία από πετρώματα και εδάφη από την ευρύτερη περιοχή, β) την τιμή -στόχο και την τιμή παρέμβασης που ορίζει η Ολλανδική λίστα (VROM, 2000) και γ) τη μέση περιεκτικότητά τους στο φλοιό της Γης (Mason and Moore, 1982, Yaroshevsky, 2006). Τα στοιχεία, αυτά, εξετάζονται αναλυτικά καθώς είναι τα πιο σημαντικά για το γεωχημικό χαρακτηρισμό των δειγμάτων και τη διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στην περιοχή μελέτης. Οι πλήρεις χημικές αναλύσεις κάθε δείγματος για όλα τα κύρια στοιχεία, δυνητικά τοξικά και λοιπά ιχνοστοιχεία (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , Ba , Ce , Cr , Cs , Dy , Er , Eu , Ga , Gd , Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Sn , Sr , Ta , Tb , Th , Tm , U , V , W , Y , Yb , Zr , As , Bi , Hg , Sb , Se , Tl , Ag , Cd , Co , Cu , Mo , Ni , Pb , Zn , P) που προσδιορίστηκαν για τη λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος VI (Π54-Π56). Το πλήθος των εδαφικών δειγμάτων που αναλύθηκαν και παρουσιάζονται στη στατιστική επεξεργασία είναι σχετικά μικρό, συγκριτικά με άλλες έρευνες που είναι δημοσιευμένες στη διεθνή βιβλιογραφία, αλλά καλύπτουν ικανοποιητικά όλη την έκταση του κάμπου της λεκάνης Ψαχνών - Πολιτικών, όπου οι αγροτικές δραστηριότητες είναι ιδιαίτερος έντονος και επιπροσθέτως, τα δείγματα είναι αντιπροσωπευτικά του γεωλογικού σχηματισμού που υδροφορεί. Η ομαδοποίηση των περιεκτικότητων των χαρτών κατανομής που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια έγινε βάσει του εύρους κύμανσης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων κάθε στοιχείου, ώστε να γίνει σαφές – χωρικά - που εντοπίζονται οι υψηλότερες και που οι χαμηλότερες περιεκτικότητές τους.

Τα υπερβασικά πετρώματα από την ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Ευβοίας έχουν υψηλές περιεκτικότητες σε MgO (έως 36,48% κ.β.), Fe_2O_3 (έως 8,58 κ.β.), Cr (έως 1012 mg kg^{-1}), Ni (έως 4039 mg kg^{-1}) και Co (έως 134 mg kg^{-1}) (Πίνακας 6.6, Βούτσης, 2011). Έτσι, και τα εδάφη είναι επηρεασμένα από το υπερβασικό περιβάλλον και γι' αυτό παρουσιάζουν, και αυτά με τη σειρά τους, αυξημένες περιεκτικότητες στα προαναφερθέντα στοιχεία (Vardaki and Kelepertsis, 1999, Megremi, 2009, Βούτσης, 2011). Ωστόσο, παρά τη συμφωνία των προγενέστερων εργασιών (Vardaki and Kelepertsis, 1999, Megremi, 2009, Βούτσης, 2011) με τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής ως προς την αυξημένη περιεκτικότητα των MgO , Fe_2O_3 , Cr , Ni και Co εξαιτίας των υπερβασικών πετρωμάτων, υπάρχουν και σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ τους (Πίνακας 6.6), Οι σημαντικότερες διαφορές εντοπίζονται στα Fe_2O_3 , As , Cd , Ni , P και σε μικρότερο βαθμό στα υπόλοιπα στοιχεία. Η δειγματοληψία της παρούσας εργασίας εστιάζει στον κάμπο των Ψαχνών όπου οι αγροτικές δραστηριότητες είναι πολύ έντονες και η μεταλλευτική

δραστηριότητα και εκμετάλλευση των Fe-Ni κοιτασμάτων είναι απύσασ εν συγκρίσει με τις περιπτώσεις των δειγματοληψιών των εργασιών των Vardaki and Kelepertsis (1999), Megremi (2009) και Βούτσης (2011) εξηγώντας με αυτόν τον τρόπο γιατί παρουσιάζουν αισθητά μεγαλύτερες μέσες περιεκτικότητες Ni και Fe₂O₃ και μικρότερες σε P, Cd και As.

Πίνακας 6.5 - Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα δείγματα εδαφών στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Εδαφικά Εύβοια | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | E16 |
| SiO ₂ | % | 45,3 | 40,11 | 42,49 | 46,74 | 35,54 | 35,3 | 42,88 | 44,08 | 44,96 | 46,12 | 48,54 | 45 | 47,35 | 41,02 | 34,8 | 42,25 |
| Al ₂ O ₃ | % | 7,28 | 5,89 | 4,96 | 7,59 | 2,47 | 5,71 | 7,15 | 7,45 | 8,49 | 6,3 | 8,24 | 5,9 | 8,52 | 5,65 | 6,79 | 5,08 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 5,49 | 4,95 | 6,83 | 6,32 | 5,77 | 7,66 | 9,16 | 5,96 | 6,45 | 5,58 | 6,54 | 5,31 | 6,26 | 5,63 | 5,65 | 4,88 |
| CaO | % | 13,7 | 18,54 | 15,94 | 11,32 | 15,39 | 17,86 | 9,92 | 14,47 | 11,8 | 13,75 | 12,19 | 15,72 | 11,99 | 16,19 | 21,28 | 19,02 |
| MgO | % | 6,77 | 7,34 | 8,33 | 8,25 | 16,89 | 7,34 | 8,58 | 6,59 | 7,46 | 7,57 | 6,7 | 6,5 | 6,42 | 8,97 | 5,25 | 6,09 |
| Na ₂ O | % | 0,64 | 0,5 | 0,43 | 0,63 | 0,14 | 0,25 | 0,34 | 0,59 | 0,62 | 0,54 | 0,61 | 0,54 | 0,65 | 0,43 | 0,33 | 0,5 |
| K ₂ O | % | 1,24 | 0,95 | 0,79 | 1,2 | 0,34 | 0,87 | 0,95 | 1,28 | 1,39 | 1,06 | 1,4 | 1,03 | 1,38 | 0,98 | 1,19 | 0,84 |
| TiO ₂ | % | 0,4 | 0,32 | 0,27 | 0,42 | 0,11 | 0,34 | 0,44 | 0,41 | 0,47 | 0,35 | 0,45 | 0,33 | 0,47 | 0,31 | 0,37 | 0,29 |
| MnO | % | 0,11 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,1 | 0,15 | 0,16 | 0,12 | 0,13 | 0,1 | 0,13 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,09 |
| As | mg kg ⁻¹ | 9,8 | 7,8 | 11,1 | 9,4 | 2,7 | 8,5 | 10,8 | 10,7 | 10,6 | 8 | 11 | 9,8 | 10,3 | 6,8 | 10,1 | 8,2 |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,4 |
| Co | mg kg ⁻¹ | 40,6 | 39,6 | 62,3 | 52,2 | 66,2 | 76,2 | 88,1 | 44,7 | 51,6 | 45,3 | 51,6 | 41,2 | 48,4 | 49,8 | 51,8 | 38,5 |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 1081,04 | 1176,83 | 2086,82 | 1580,51 | 1854,19 | 2196,29 | 1758,4 | 1532,61 | 1231,56 | 1635,24 | 1648,93 | 1648,93 | 1464,19 | 1635,24 | 1334,19 | 1717,35 |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 28,6 | 25,8 | 42,1 | 26,5 | 13,5 | 34,2 | 39,2 | 35,1 | 33,9 | 21,9 | 30,4 | 36,5 | 26,7 | 25,8 | 23 | 24,2 |
| Hg | mg kg ⁻¹ | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | <OA | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | <OA | 0,02 | 0,04 | <OA | 0,01 | 0,02 | 0,21 |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 650 | 671 | 1120 | 808 | 1305 | 1282 | 1625 | 694 | 816 | 726 | 782 | 652 | 729 | 860 | 721 | 599 |
| P | mg kg ⁻¹ | 1003,77 | 960,13 | 698,27 | 698,27 | 436,42 | 1352,91 | 1265,62 | 1265,62 | 1265,62 | 1047,41 | 1571,12 | 1614,76 | 741,92 | 2443,96 | 785,56 | 1352,91 |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 13,3 | 11,3 | 11 | 23,2 | 6,8 | 17,1 | 18,7 | 17,3 | 17,1 | 12,5 | 17,9 | 52,7 | 17,2 | 16 | 18,9 | 31,4 |
| Sb | mg kg ⁻¹ | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| U | mg kg ⁻¹ | 1,5 | 1,7 | 1,4 | 1,6 | 0,4 | 1,1 | 1 | 1,8 | 1,9 | 1,4 | 1,8 | 1,4 | 1,8 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 56 | 60 | 45 | 61 | 39 | 72 | 71 | 78 | 76 | 64 | 71 | 68 | 62 | 77 | 52 | 60 |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

Πίνακας 6.6 - Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα δείγματα εδαφών στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Εδαφικά Εύβοια (N=16) | | | Εδαφικά Εύβοια | | | Υπερβασικά πετρώματα | Ολλανδική λίστα (VROM, 2000) | | Μέση περιεκτικότητα στο Γήινο φλοιό |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|----------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Megremi (2009)* | Vardaki and keleperthis (1999)* | Βούτσης (2011)* | Βούτσης (2011) | Τιμή-στόχος | Τιμή παρέμβασης | |
| SiO ₂ | % | 42,66 | 34,8 | 48,54 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | | | 53,54 ^a |
| Al ₂ O ₃ | % | 6,47 | 2,47 | 8,52 | 2,51 | ΜΔ | 3,4 | 0,02-1,89 | | | 15,87 ^a |
| Fe ₂ O ₃ | % | 6,15 | 4,88 | 9,16 | 11,37 | 10,29 | 6,86 | 5,43-8,58 | | | 1,11 ^a |
| CaO | % | 14,94 | 9,92 | 21,28 | 10,05 | ΜΔ | 7,84 | 0,04-6,58 | | | 9,41 ^a |
| MgO | % | 7,82 | 5,25 | 16,89 | 6,8 | ΜΔ | 6,96 | 15,92-36,48 | | | 5,44 ^a |
| Na ₂ O | % | 0,48 | 0,14 | 0,65 | ΜΔ | ΜΔ | 0,03 | 0,001-0,12 | | | 2,66 ^a |
| K ₂ O | % | 1,06 | 0,34 | 1,4 | 0,22 | ΜΔ | 0,24 | <0A-0,01 | | | 1,09 ^a |
| TiO ₂ | % | 0,36 | 0,11 | 0,47 | ΜΔ | ΜΔ | 0,05 | 0,002-0,03 | | | 0,97 ^a |
| MnO | % | 0,12 | 0,09 | 0,16 | 0,17 | 0,12 | 0,15 | 0,06-0,12 | | | 0,16 ^a |
| As | mg kg ⁻¹ | 9,1 | 2,7 | 11,1 | 4 | ΜΔ | 6,2 | 0,1-1,8 | 29 | 55 | 1,8 ^b |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0,27 | 0,1 | 0,4 | 0,3 | ΜΔ | 0,2 | 0,01-0,1 | 0,8 | 12 | 0,2 ^b |
| Co | mg kg ⁻¹ | 53,01 | 38,5 | 88,1 | 150 | 108 | 79 | 83-134 | 9 | 240 | 25 ^b |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 1598,89 | 1081 | 2196,3 | 1300 | 1040 | 553 | 59-1012 | 100 | 380 | 100 ^b |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 29,21 | 13,5 | 42,1 | 28 | 24 | 28 | 2-45 | 36 | 190 | 55 ^b |
| Hg | mg kg ⁻¹ | 0,03 | <0A | 0,21 | 0,02 | ΜΔ | 0,018 | <0A-0,013 | 0,3 | 10 | 0,08 ^b |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 877,5 | 599 | 1625 | 2800 | 2160 | 1347 | 1751-4039 | 35 | 210 | 75 ^b |
| P | mg kg ⁻¹ | 1156,52 | 436,4 | 2444 | 550 | ΜΔ | 500 | <0A-130 | | | 829 ^a |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 18,9 | 6,8 | 52,7 | 35 | 35 | 13 | 0,01-0,7 | 85 | 530 | 13 ^b |
| Sb | mg kg ⁻¹ | 0,26 | 0,1 | 0,4 | 0,2 | ΜΔ | 0,1 | <0A-0,02 | 3 | 15 | 0,2 ^b |
| U | mg kg ⁻¹ | 1,42 | 0,4 | 1,9 | 0,5 | ΜΔ | 0,5 | <0A-2,8 | | | 1,8 ^b |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 63,25 | 39 | 78 | 50 | 74 | 44 | 13-40 | 140 | 720 | 70 ^b |

0A: Όριο Ανιχνευσιμότητας

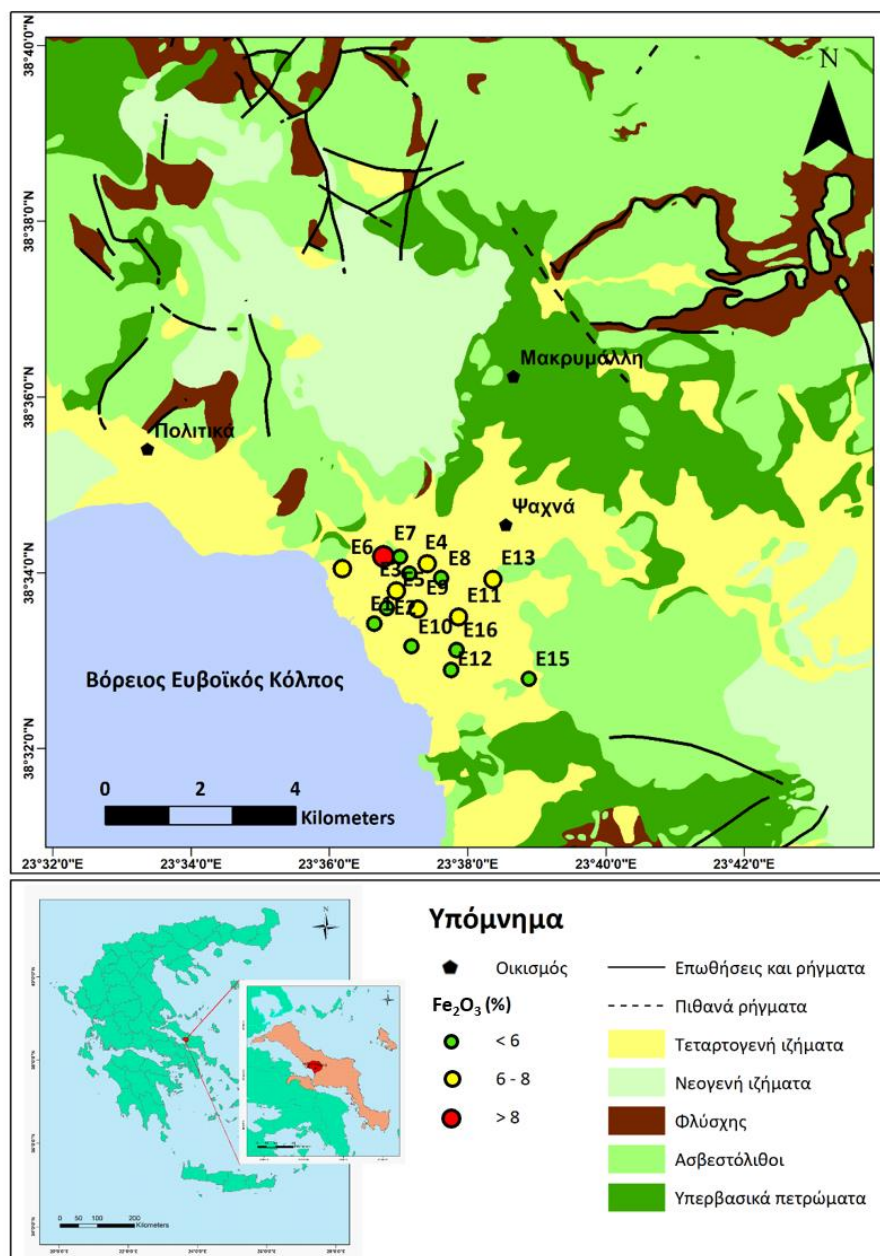
ΜΔ: Μη Διαθέσιμο

*: Μέση Περιεκτικότητα

a: Yaroshevsky (2006)

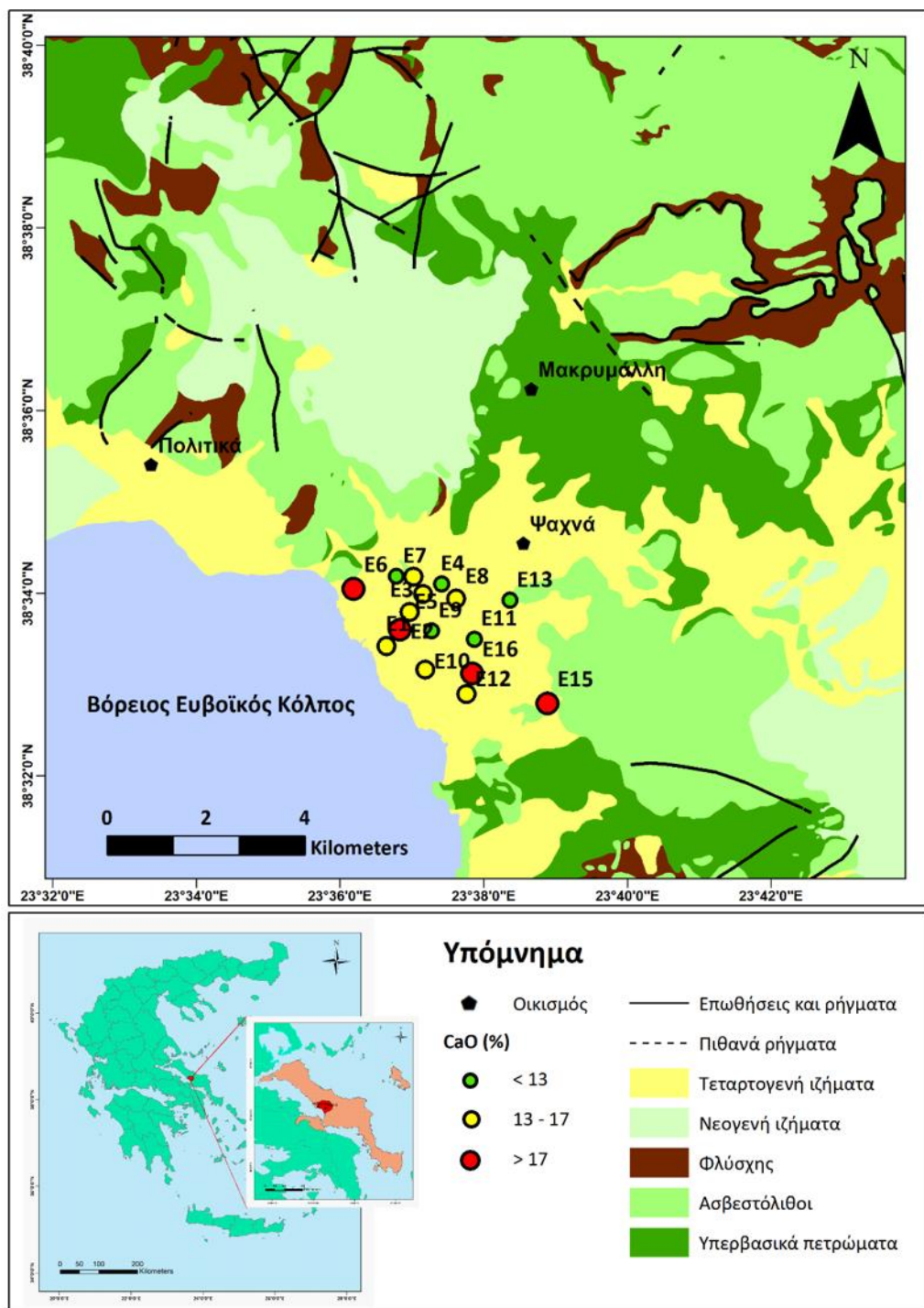
b: Mason and Moore (1982)

- **Διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες SiO_2 στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 34,8% έως 48,54% με μέση τιμή 42,66%. Όλες οι περιεκτικότητες SiO_2 στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (53,53%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006).
- **Τριοξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Al_2O_3 στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 2,47% έως 8,52% με μέση τιμή 6,47%. Όλες οι περιεκτικότητες Al_2O_3 στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (15,87%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006).
- **Τριοξείδιο του σιδήρου (Fe_2O_3):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Fe_2O_3 στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 6,15% έως 9,16% με μέση τιμή 6,15%. Όλες οι περιεκτικότητες Fe_2O_3 στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (1,11%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Στην εικόνα 6.59 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Fe_2O_3 στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.59 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας τριοξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

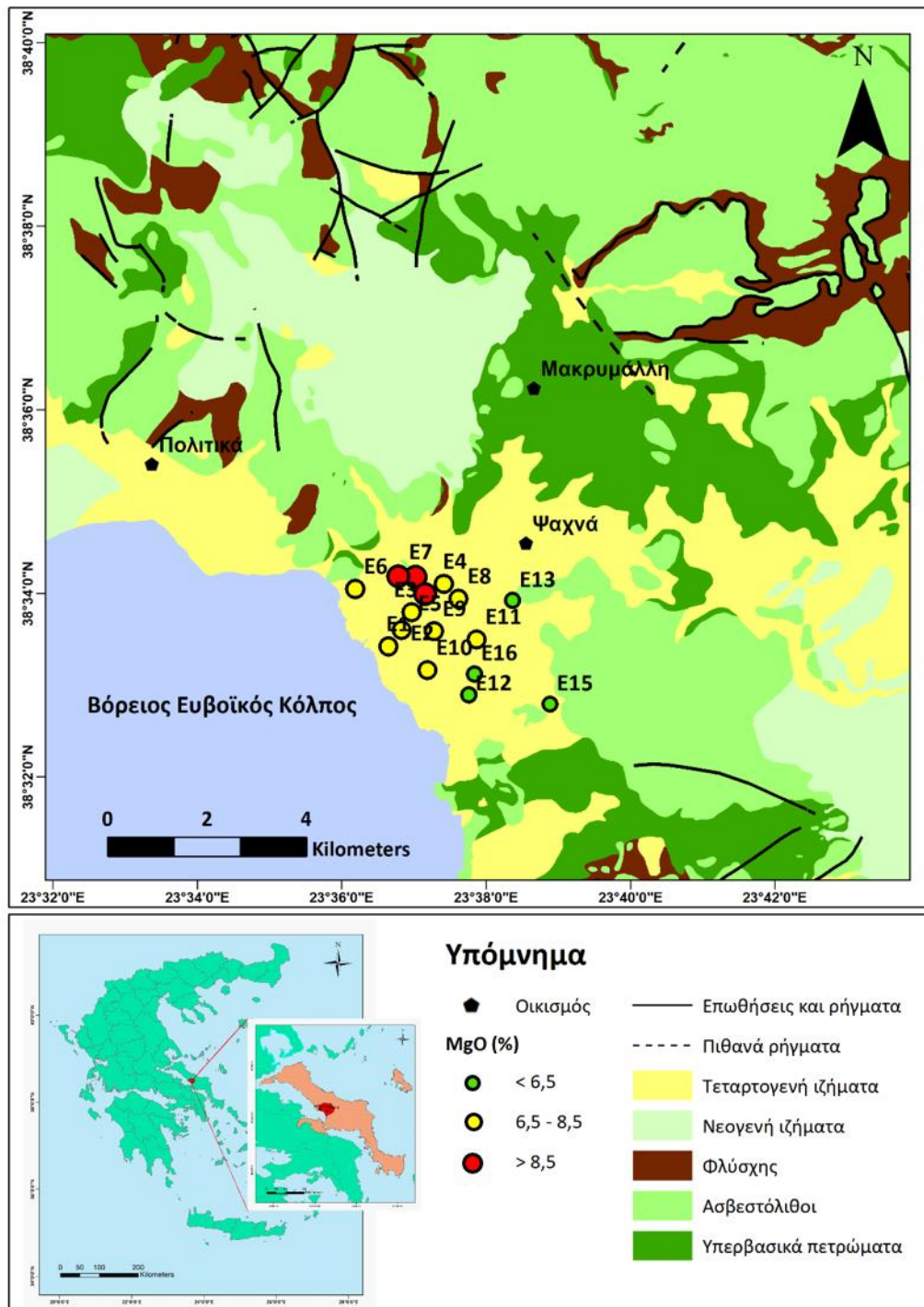
- **Οξείδιο του ασβεστίου (CaO):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες CaO στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 9,92% έως 21,28% με μέση τιμή 14,94%. Όλες οι περιεκτικότητες CaO στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (9,41%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Στην εικόνα 6.60 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του CaO στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.60 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του ασβεστίου (CaO) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

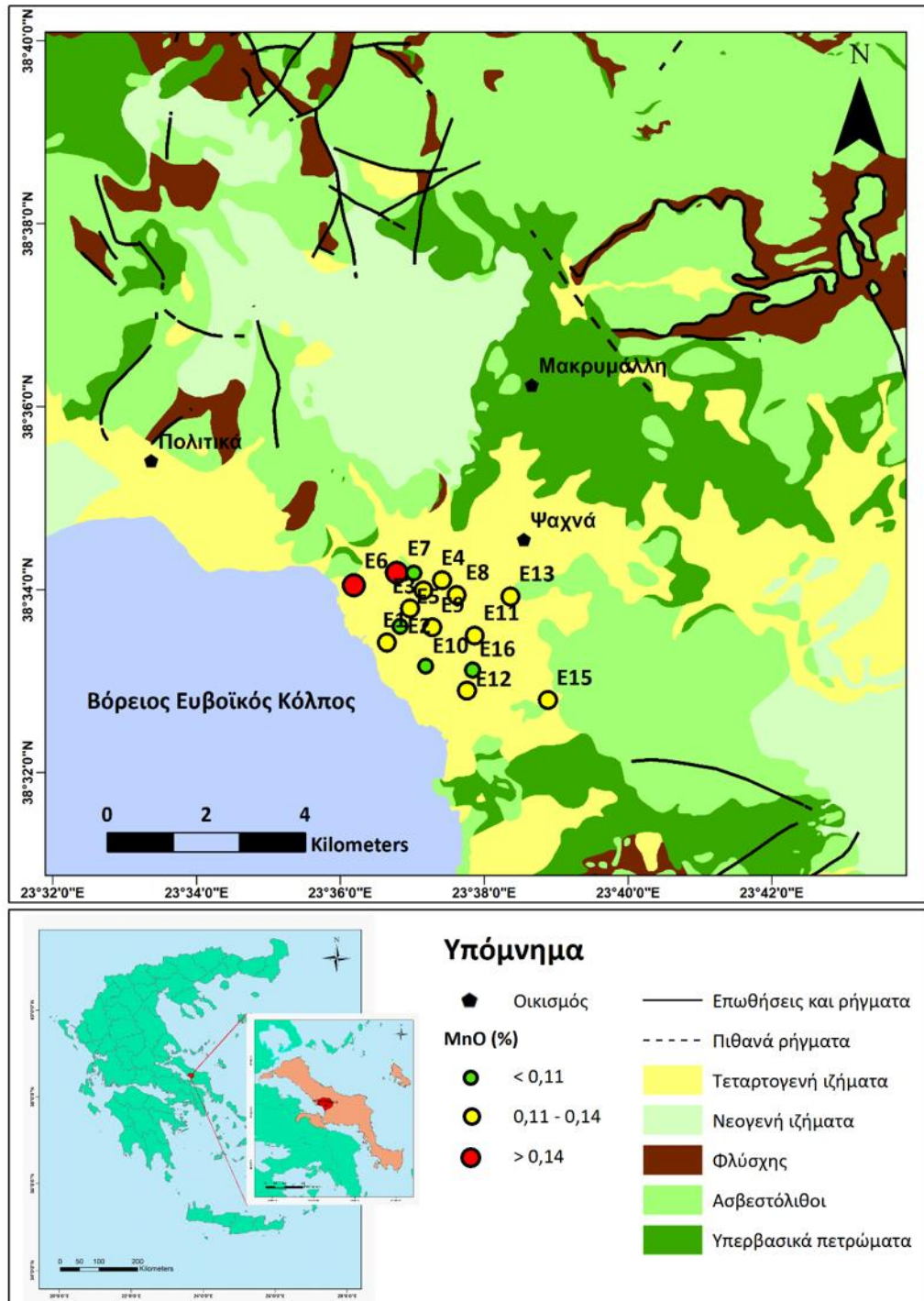
- Οξείδιο του μαγνησίου (MgO):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες MgO στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 5,25% έως 16,89% με μέση τιμή 7,82%. Όλες οι περιεκτικότητες MgO στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (5,44%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006), εκτός από ένα δείγμα που η συγκέντρωσή του δεν υπερβαίνει την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα.

Στην εικόνα 6.61 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του MgO στην περιοχή μελέτης.



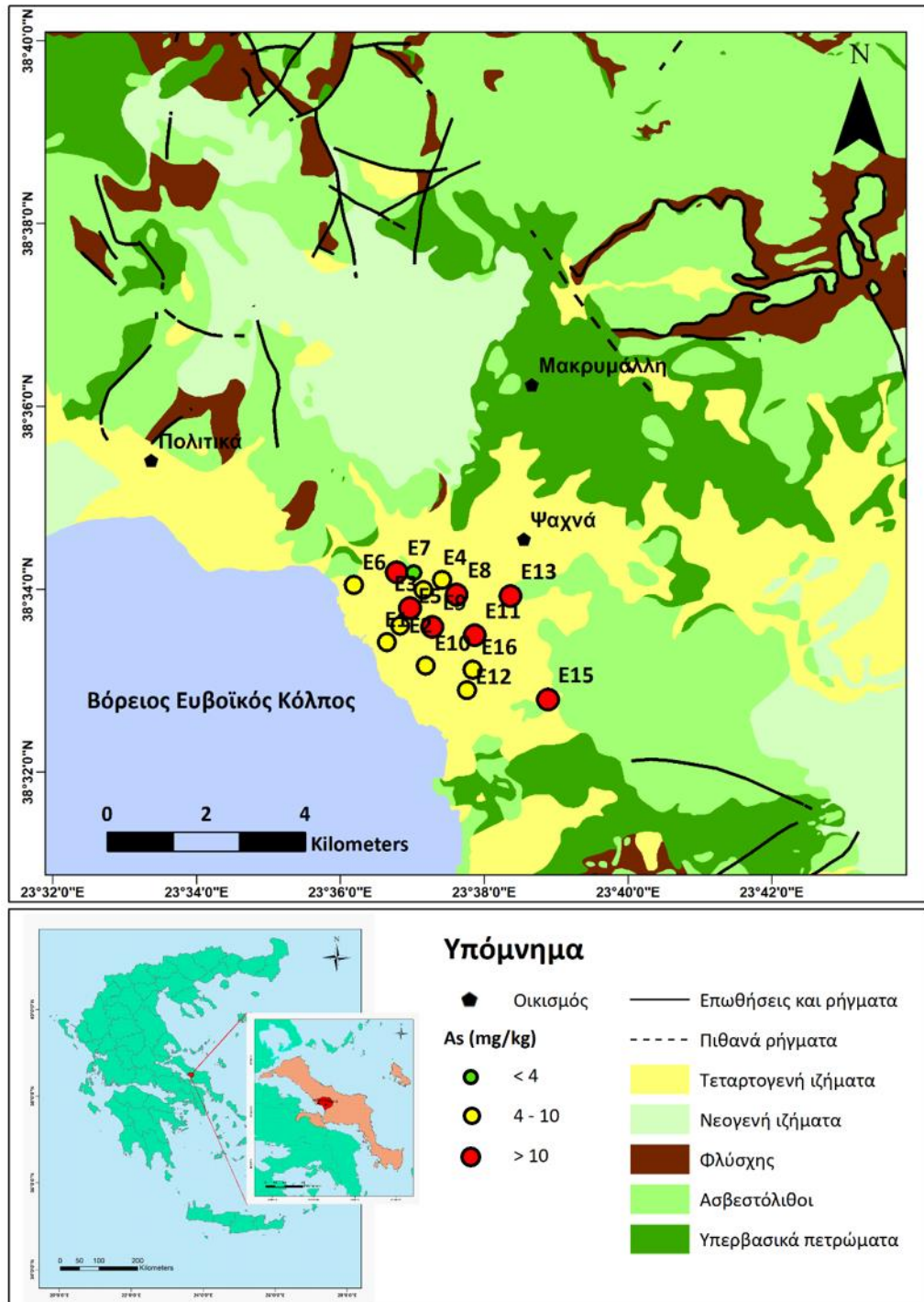
Εικόνα 6.61 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγνησίου (MgO) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- Οξείδιο του μαγγανίου (MnO):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες MnO στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,09% έως 0,16% με μέση τιμή 0,12%. Όλες οι περιεκτικότητες MnO στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (0,16%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Στην εικόνα 6.62 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του MnO στην περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.62 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγγανίου (MnO) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Αρσενικό (As):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες As στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 2,7 mg kg⁻¹ έως 11,1 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 9,1 mg kg⁻¹. Όλες οι περιεκτικότητες As στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (29 mg kg⁻¹) και την τιμή παρέμβασης (55 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες As στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (1,8 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Στην εικόνα 6.63 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του As στην περιοχή μελέτης.

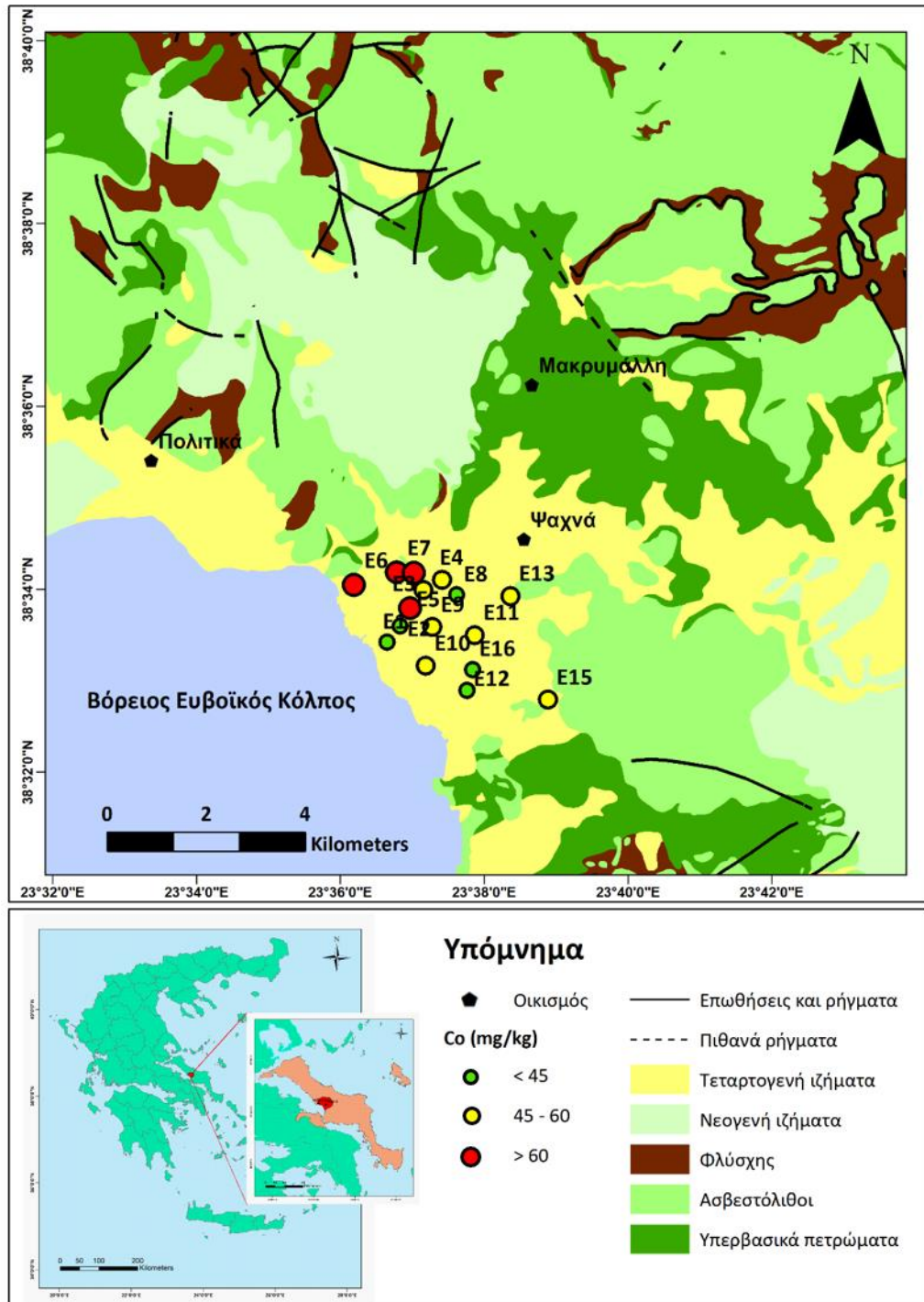


Εικόνα 6.63 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας αρσενικού (As) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- Κάδμιο (Cd):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Cd στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,27 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Cd στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο ($0,8 \text{ mg kg}^{-1}$) και την τιμή παρέμβασης (12 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM),

2000). Επιπλέον, ένα δείγμα έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα από τη μέση ($0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982).

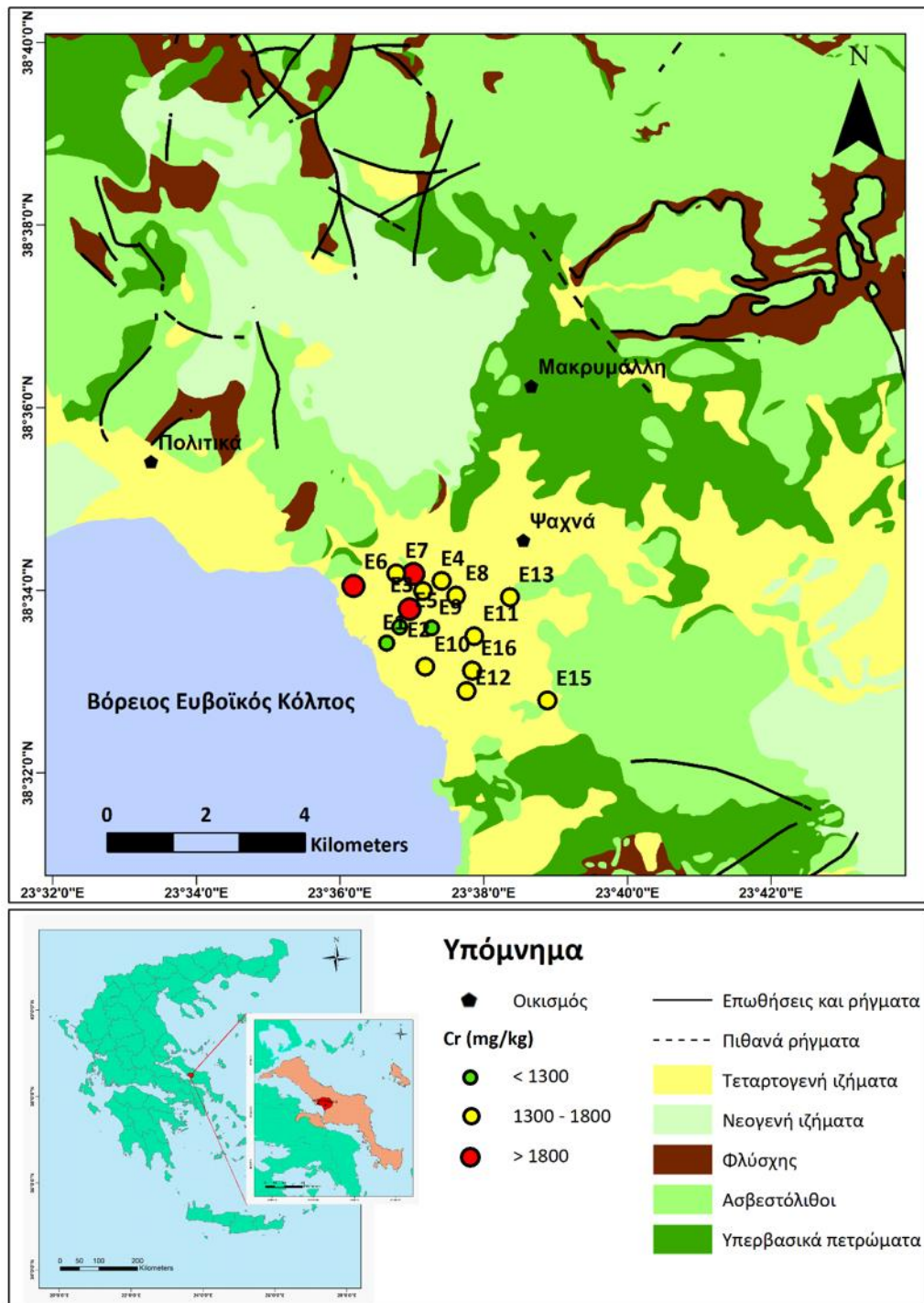
- **Κοβάλτιο (Co):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Co στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $38,5 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $88,1 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $53,01$. Όλες οι περιεκτικότητες Co στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν τιμή-στόχο (9 mg kg^{-1}) και καμία την τιμή παρέμβασης (240 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VRROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Co στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (25 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Στην εικόνα 6.64 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Co στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.64 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας κοβαλτίου (Co) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- Χρώμιο (Cr):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Cr στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 1081 mg kg^{-1} έως $2196,3 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $1598,89 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Cr στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν τιμή-στόχο (100 mg kg^{-1}) και την τιμή παρέμβασης (380 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Cr στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση

περιεκτικότητα (100 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Στην εικόνα 6.65 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Cr στην περιοχή μελέτης.

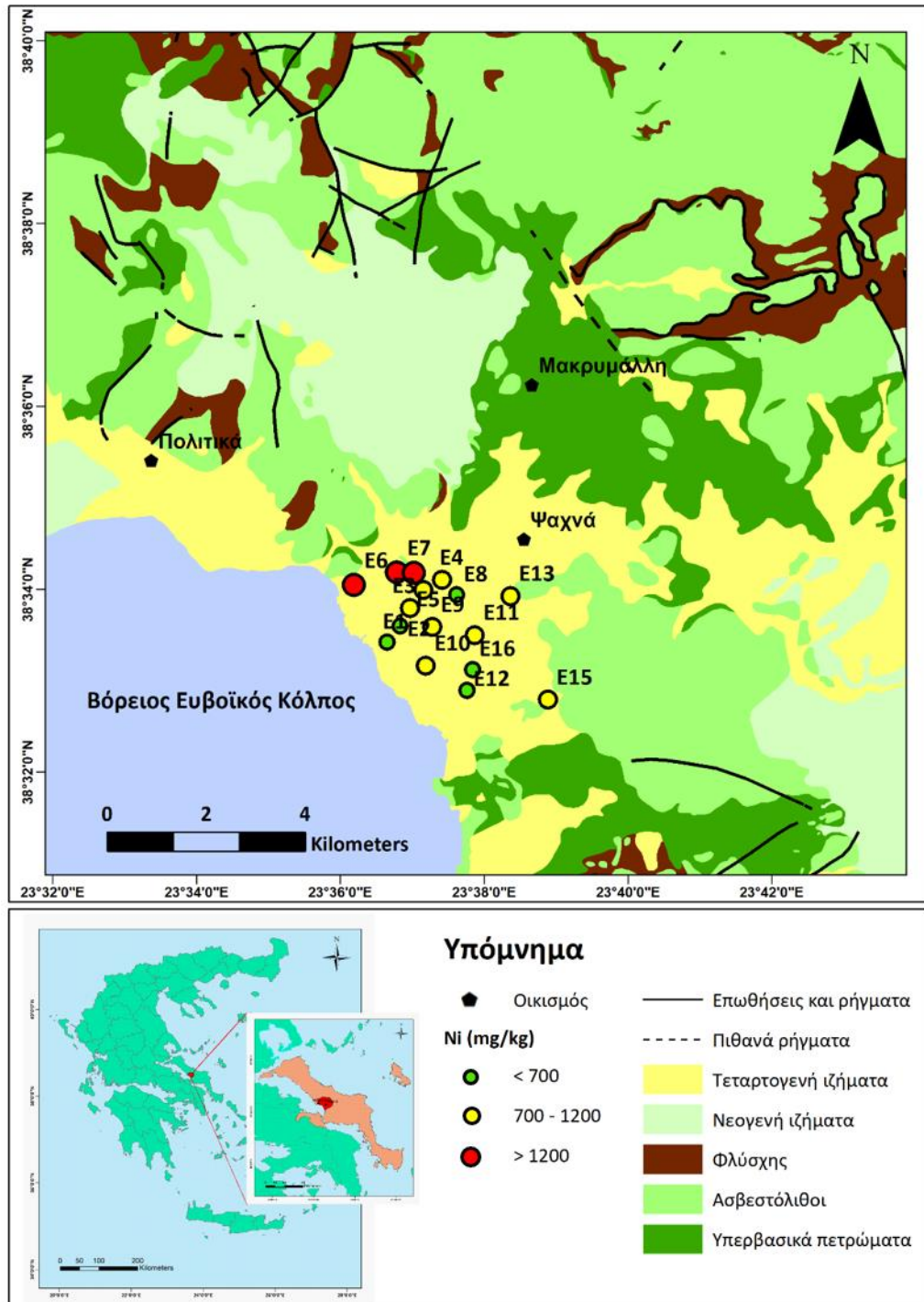


Εικόνα 2 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας χρωμίου (Cr) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Χαλκός (Cu):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Cu στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $13,2 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $42,1 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή

29,21 mg kg⁻¹. Σε 3 δείγματα μετρήθηκαν περιεκτικότητες που υπερβαίνουν την τιμή-στόχο (36 mg kg⁻¹) και κανένα την τιμή παρέμβασης (190 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Cu στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (55 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982).

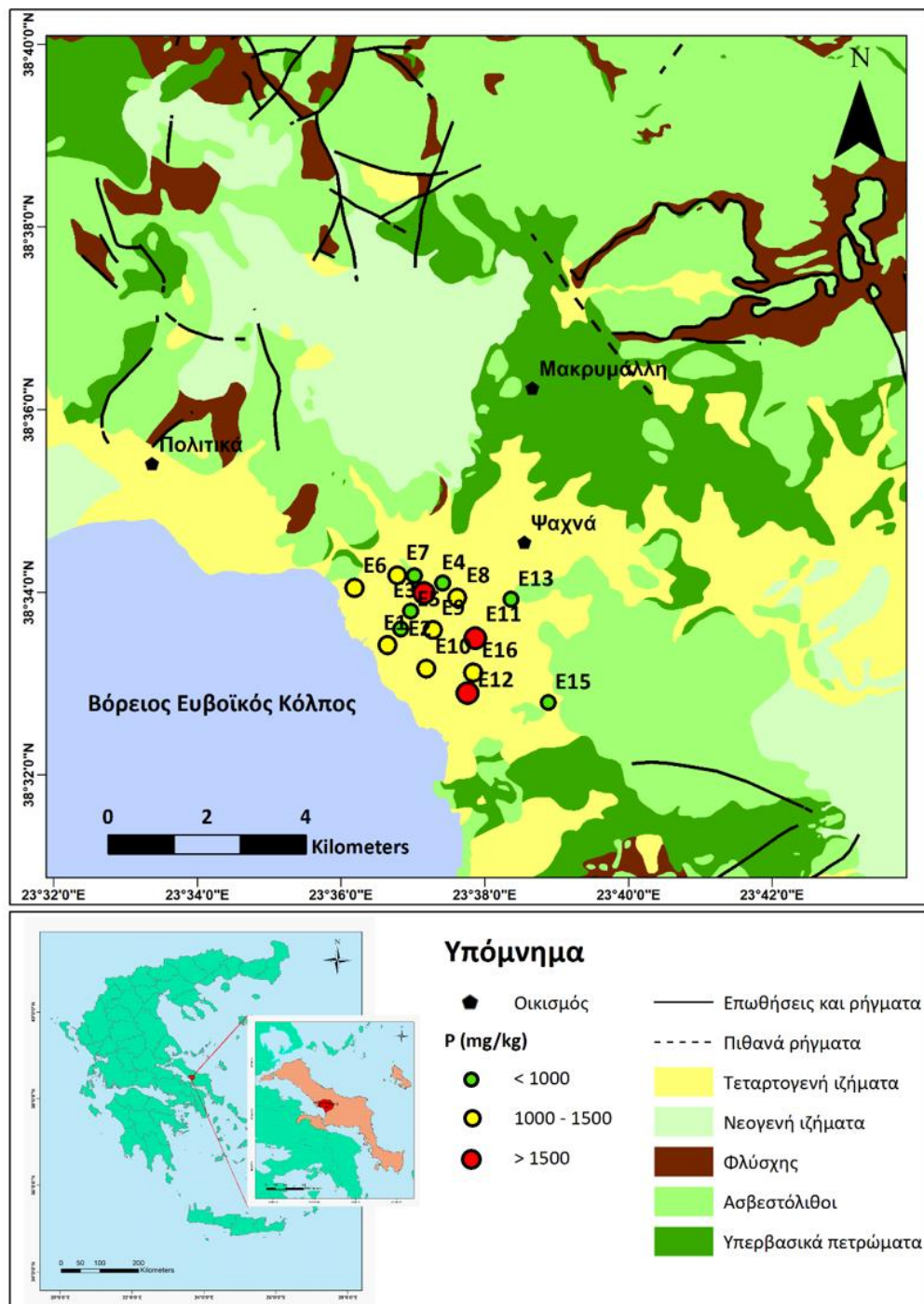
- **Υδράργυρος (Hg):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Hg στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από <0A έως 0,21 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0,03 mg kg⁻¹. Όλες οι περιεκτικότητες Hg στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (0,3 mg kg⁻¹) και την τιμή παρέμβασης (10 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, σχεδόν όλες οι περιεκτικότητες Hg στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (0,08 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982) εκτός από ένα δείγμα που υπερβαίνει την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα.
- **Νικέλιο (Ni):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Ni στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 599 mg kg⁻¹ έως 1625 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 877,5 mg kg⁻¹. Όλες οι περιεκτικότητες Ni στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν τιμή-στόχο (35 mg kg⁻¹) και την τιμή παρέμβασης (210 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Ni στα δείγματα είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (75 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Στην εικόνα 6.66 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Ni στα εδάφη και πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.66 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας νικελίου (Ni) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- Φωσφόρος (P):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες P στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $436,4 \text{ mg kg}^{-1}$ έως 2444 mg kg^{-1} με μέση τιμή $1156,52 \text{ mg kg}^{-1}$. Σε 11 δείγματα μετρήθηκαν περιεκτικότητες P που υπερβαίνουν τη μέση περιεκτικότητα (829 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Yaroshovsky, 2006), ενώ στα υπόλοιπα πέντε δείγματα ήταν χαμηλότερη από την προαναφερθείσα μέση

περιεκτικότητα. Στην εικόνα 6.67 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Ρ στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.67 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας φωσφόρου (P) για τα 16 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

- **Μόλυβδος (Pb):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Pb στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $6,8 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $52,7 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $18,9 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Pb στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την

τιμή-στόχο (85 mg kg^{-1}) και την τιμή παρέμβασης (520 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, σε 12 δείγματα οι περιεκτικότητες Pb υπερβαίνουν τη μέση περιεκτικότητα (13 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), ενώ τα υπόλοιπα 4 δείγματα έχουν χαμηλότερες από την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα.

- **Αντιμόνιο (Sb):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Sb στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,26 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Sb στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (3 mg kg^{-1}) και την τιμή παρέμβασης (15 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, σε 10 δείγματα οι περιεκτικότητες Sb υπερβαίνουν τη μέση περιεκτικότητα ($0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982).
- **Ουράνιο (U):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες U στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $1,9 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $1,42 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες σχεδόν οι περιεκτικότητες U στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα ($1,8 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), εκτός από ένα δείγμα που υπερβαίνει την προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα.
- **Ψευδάργυρος (Zn):** Στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας οι περιεκτικότητες Zn στα εδάφη, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 39 mg kg^{-1} έως 78 mg kg^{-1} με μέση τιμή $63,25 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες είναι περιεκτικότητες Zn στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (140 mg kg^{-1}) και την τιμή παρέμβασης (720 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, σε πέντε δείγματα οι περιεκτικότητες Zn υπερβαίνουν τη μέση περιεκτικότητα (70 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982), ενώ στα υπόλοιπα 11 δείγματα η περιεκτικότητα είναι χαμηλότερη από προαναφερθείσα μέση περιεκτικότητα.

6.3 Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας

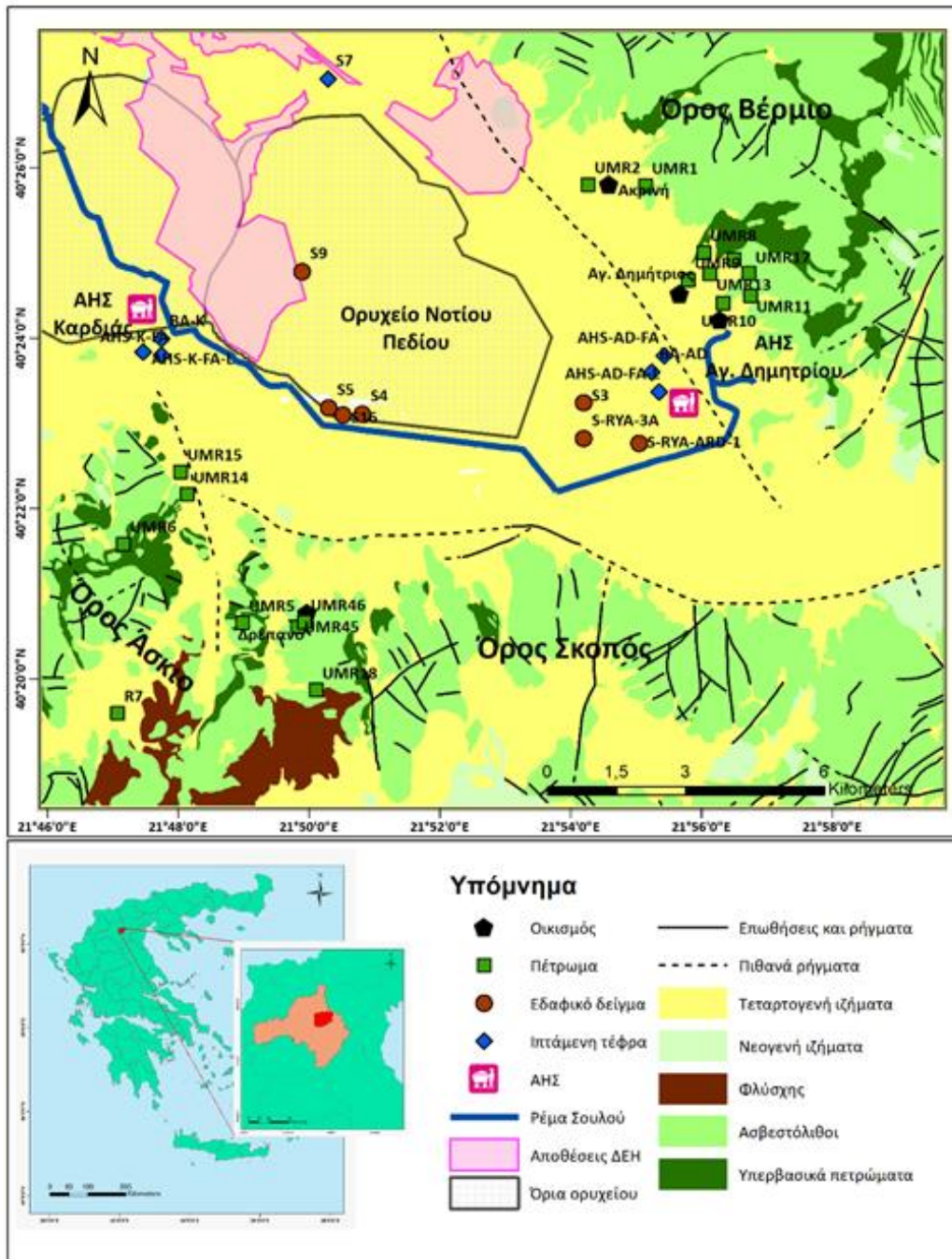
6.3.1 Δειγματοληψία

Στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής έγινε δειγματοληψία 31 δειγμάτων από τη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, στα οποία πραγματοποιήθηκαν χημικές, ορυκτολογικές και ορυκτοχημικές αναλύσεις. Πιο συγκεκριμένα, στα συνολικά 31 δείγματα περιλαμβάνονται 17 δείγματα πετρωμάτων της περιοχής μελέτης, 7 εδαφικά δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ και 7 δείγματα ιπτάμενης τέφρας και ιπτάμενης τέφρας πυθμένα από τις αποθέσεις και από τους ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς. Στην εικόνα 6.68 φαίνεται ο χάρτης της περιοχής μελέτης με τις θέσεις δειγματοληψίας των δειγμάτων. Στον πίνακα 6.7 παρουσιάζονται οι κωδικοί των

δειγμάτων και η κατηγοριοποίησή τους ανά είδος (πέτρωμα- έδαφος-ιπτάμενη τέφρα) του δείγματος. Παρ' όλο που το πλήθος των δειγμάτων που αναλύθηκαν και παρουσιάζονται στη στατιστική επεξεργασία είναι μικρό, η επιλογή τους έγινε με ιδιαίτερη προσοχή ώστε τα δείγματα να είναι αντιπροσωπευτικά των γεωλογικών σχηματισμών που δομούν την περιοχή μελέτης και ως εκ τούτου οι χημικές αναλύσεις να αποτυπώνουν την επίδραση του γεωχημικού περιβάλλοντος της περιοχής μελέτης.

Πίνακας 6.7 - Ομαδοποίηση των 31 δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Ομαδοποίηση | Κωδικός δείγματος |
|--------------------|--|
| Πετρώματα | UMR1, UMR2, UMR5, R7, UMR6, UMR8, UMR9, UMR10, UMR11, UMR12, UMR13, UMR14, UMR15, UMR17, UMR18, UMR45, UMR46 |
| Εδαφικά | S-RYA-ARD-1, S-RYA-3A, S3, S4, S5, S9, S16 |
| Ιπτάμενη τέφρα | AHS-AD-FA-L, AHS-AD-FA, AHS-K-FA-L, AHS-K-FA, BA-AD, BA-K, S7 |



Εικόνα 6.68 - Χάρτης της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, με τις 31 θέσεις δειγματοληψίας δειγμάτων πετρωμάτων, εδαφικών και ιπτάμενης τέφρας.

6.3.2 Ορυκτολογία – Ορυκτοχημεία

Η δειγματοληψία περιελάμβανε τη συλλογή πετρωμάτων από το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών που αποτελούν, μέρος του υποβάθρου της λιγνιτικής λεκάνης δίνοντας, όμως, έμφαση στη δειγματοληψία υπερβασικών πετρωμάτων. Ως εκ τούτου, στη συνέχεια δίνονται

στοιχεία της μελέτης πετρωμάτων όπως σερπεντινίτες, σχιστόλιθοι, φλύσχη, ασβεστόλιθοι και κροκαλοπαγή.

Γενικά, τα υπερβασικά πετρώματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας είναι σερπεντινίτες και σερπεντιωμένοι περιδοτίτες. Στους σερπεντινίτες κύριο ορυκτό είναι ο σερπεντίνης και παρατηρούνται ορυκτά όπως χλωρίτης, πυρόξενος, μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης, μαγνητίτης και οξειδία Fe, Mn/Fe, Mn/Ni), τάλκης, μαγνησίτης και τρεμολιτική αμφίβολος (Εικόνες 6.81-6.85). Επιπλέον, παρατηρείται ασβεσίτης, οποίος αναπτύσσεται σε φλεβίδια πληρώνοντας το δευτερογενές πορώδες των πετρωμάτων. Ο σερπεντίνης εμφανίζει χαρακτηριστικό κυψελώδη ιστό (Εικόνες 6.83, 6.85) και οι υπολλειματικοί κρύσταλλοι πυροξένου εμφανίζονται έντονα εξαλλοιωμένοι. Οι κόκκοι χρωμίτη εμφανίζονται διάσπαρτοι μέσα στο πέτρωμα και στην περιφέρεια των κόκκων εξαλλοιώνονται σε Cr-μαγνητίτη (Εικόνα 6.89). Στους ασβεστόλιθους, το κύριο ορυκτό είναι ο ασβεσίτης (Δείγμα UMR2) (Εικόνα 6.85). Στον φλύσχη ταυτοποιήθηκαν ορυκτά όπως χαλαζία, άστριοι, μοσχοβίτης/σερικήτης και αργιλικά ορυκτά. Οι σχιστόλιθοι εμφανίζουν έντονη σχιστότητα με προσανατολισμό των ορυκτολογικών συστατικών τους και αποτελούνται από τρεμολιτική αμφίβολο, χαλαζία, σερπεντίνη, χλωρίτη και άστριο (Εικόνα 6.84). Τα κροκαλοπαγή είτε είναι ανθρακικής σύστασης και περιέχουν θραύσματα υπερβασικών πετρωμάτων (Δείγμα UMR14), είτε είναι υπερβασικής σύστασης (Δείγμα UMR45). Τα κροκαλοπαγή ανθρακικής σύστασης αποτελούνται από κροκάλες σπαριτικού ασβεστόλιθου και θραύσματα σερπεντινωμένου περιδοτίτη προερχόμενα από τους εξαλλοιωμένους περιδοτίτες της περιοχής περιλαμβάνοντας χρωμίτη σε αυξημένο ποσοστό, ενώ τα κροκαλοπαγή υπερβασικής σύστασης αποτελούνται από σερπεντίνη, χλωρίτη, τάλκη, ασβεσίτη, χαλαζία και σε μικρότερο ποσοστό χρωμίτη. Οι Kazakis et al. (2017), μελέτησαν τις δυο κύριες κατηγορίες πετρωμάτων που συναντώνται στην περιοχή μελέτης, τα ανθρακικά και τα υπερβασικά πετρώματα. Τα ανθρακικά πετρώματα είναι κατά κύριο λόγο ασβεστόλιθοι που αποτελούνται από ασβεσίτη (έως 94-98% κ.β.) και λίγο δολομίτη, ενώ τα υπερβασικά πετρώματα είναι σερπεντινίτες που αποτελούνται κυρίως από σερπεντίνη (έως 86% κ.β.) (Kazakis et al., 2017). Το Cr₂O₃ βρέθηκε σε ορυκτολογικές φάσεις των υπερβασικών πετρωμάτων όπως σπινέλιο (Χρωμίτη και Cr-μαγνητίτη), πυρόξενο, αμφίβολο, σερπεντίνη, χλωρίτη (Εικόνες 6.86-6.89) υποδεικνύοντας τη γεωγενή του παρουσία στα πετρώματα της περιοχής.

Στα εδάφη διαπιστώθηκε υψηλό ποσοστό αργλικού κλάσματος και κρυπτοκρυσταλλικά ορυκτολογικά συστατικά που είναι προϊόντα εξαλλοίωσης των υπερβασικών πετρωμάτων.

Οι ορυκτολογικές φάσεις που βρέθηκαν στα εδάφη της περιοχής είναι οι εξής: ασβεστίτης, χαλαζίας, άστριος, χλωρίτης, καολινίτης, σερπεντίνης, αμφίβολος, τάλκης, ιλλίτης, χρωμίτης, δολομίτης, μαγνησίτης και κατά περίπτωση ορισμένα αργιλικά ορυκτά. Οι Kazakis et al. (2017) αναφέρουν επίσης πυρόξενο, μαρμαρυγία, άστριο και γκαϊτίτη.

Τέλος, στην ιπτάμενη τέφρα, στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, ταυτοποιήθηκαν οι εξής ορυκτολογικές φάσεις: άνυδρη άσβεστος (CaO), ανυδρίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης, γκελενίτης, πορτλανδίτης, ετρινγκίτης, γύψος, χλωρίτης, άστριος, καολινίτης, ιλλίτης και μεταλλικά ορυκτά, ενώ επιπλέον, έχουν αναφερθεί τομπερμορίτης, λαρνίτης και βασανίτης (Kazakis et al., 2017).

Στη συνέχεια, δίνεται μια σύντομη περιγραφή των ορυκτολογικών φάσεων που ταυτοποιήθηκαν με τη βοήθεια της περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ (XRD), της οπτικής μικροσκοπίας διερχομένου και ανακλωμένου φωτός, της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης και μικροανάλυσης (SEM/EDS) στα πετρώματα (σερπεντινίτες, σχιστόλιθοι, φλύσχης, ασβεστόλιθοι και κροκαλοπαγή) της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας στα δείγματα: UMR1, UMR2, UMR5, UMR6, R7, UMR8, UMR9, UMR10, UMR11, UMR12, UMR13, UMR14, UMR15, UMR17, UMR18, UMR45 και UMR46. Από την ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων ταυτοποιήθηκαν οι εξής ορυκτολογικές φάσεις: σερπεντίνης, πυρόξενος, ασβεστίτης, χλωρίτης, μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης, μαγνητίτης και οξειδία Fe, Mn/Fe, Mn/Ni), τάλκης, άστριος, τρεμολιτική αμφίβολος, μαγνησίτης και μοσχοβίτης/σερικίτης.

- ✓ **UMR1:** Σερπεντινίτης με κύριο ορυκτό τον σερπεντίνη. Απαντούν, επίσης, χλωρίτης, έντονα εξαλλοιωμένοι υπολειμματικοί κρύσταλλοι πυροξένου και μεταλλικά ορυκτά. Τα μεταλλικά ορυκτά είναι χρωμίτης και οξειδία Fe, Mn/Fe, Mn/Ni. Ασβεστίτης σχηματίζεται σε φλεβίδια πληρώνοντας το δευτερογενές πορώδες του δείγματος. Εμφανίζει χαρακτηριστικό κυψελώδη ιστό.
- ✓ **UMR2:** Ασβεστόλιθος (σε επαφή με σερπεντινίτες). Αποτελείται κυρίως από ασβεστίτη και σε μικρό ποσοστό από μεταλλικά ορυκτά. Παρουσιάζει έντονη παραμόρφωση.
- ✓ **UMR5:** Σερπεντινίτης με κύρια ορυκτά τον σερπεντίνη, το χλωρίτη και τον τάλκη, και σε μικρότερο ποσοστό το χρωμίτη.
- ✓ **UMR6:** Σερπεντινωμένος περιδοτίτης, με κύριο ορυκτό τον σερπεντίνη. Απαντούν ελάχιστοι υπολειμματικοί κρύσταλλοι πυροξένου. Συμμετέχουν, επίσης, μεταλλικά ορυκτά, κυρίως χρωμίτης και οξειδία Fe (μαγνητίτης). Επιπλέον διαπιστώθηκε πολύ μικρή παρουσία μαγνησίτη. Παρουσιάζει κυψελώδη ιστό.

- ✓ **R7:** Φλύσχης. Λεπτοκρυσταλλικό πέτρωμα στο φλυσχικό σχηματισμό που αποτελείται, κυρίως, από χαλαζία, άστριους, μοσχοβίτη/σερικήτη και αργιλικά ορυκτά.
- ✓ **UMR8:** Αμφιβολιτικός σχιστόλιθος με κύρια ορυκτά τον τρεμολίτη και το χλωρίτη. Το πέτρωμα είναι έντονα σχιστοποιημένο με προσανατολισμό των ορυκτολογικών συστατικών του.
- ✓ **UMR9:** Σερπεντινίτης με κύρια ορυκτά το σερπεντίνη, τον τρεμολίτη και το χλωρίτη. Το πέτρωμα είναι έντονα σχιστοποιημένο με προσανατολισμό των ορυκτολογικών συστατικών του.
- ✓ **UMR10:** Σερπεντινωμένος περιδοτίτης με κύρια ορυκτά το σερπεντίνη, τον τάλκη και σε μικρότερο ποσοστό το χλωρίτη. Διατηρούνται υπολειμματικοί κρύσταλλοι πυροξένου. Ασβεστίτης αναπτύσσεται σε φλεβίδια.
- ✓ **UMR11:** Σερπεντινίτης με κύρια ορυκτά το σερπεντίνη, το χλωρίτη και τον τρεμολίτη, ενώ σε μικρότερο ποσοστό εμφανίζονται μεταλλικά ορυκτά, κυρίως χρωμίτης και οξειδία Fe (μαγνητίτης). Παρουσιάζει χαρακτηριστικό κυψελώδη ιστό.
- ✓ **UMR12:** Σερπεντινίτης με κύρια ορυκτά το σερπεντίνη, το χλωρίτη και σε μικρότερο ποσοστό τον τάλκη. Απαντούν, επίσης, χρωμίτης και μαγνητίτης. Εμφανίζει χαρακτηριστικό κυψελώδη ιστό και δευτερογενές πορώδες, το οποίο πληρούται με ασβεστίτη.
- ✓ **UMR13:** Σερπεντινίτης με κύρια ορυκτά τον σερπεντίνη και τον τρεμολίτη. Σε μικρότερο ποσοστό εμφανίζεται χλωρίτης. Απαντούν, επίσης, χρωμίτης και μαγνητίτης. Έντονα σχιστοποιημένο.
- ✓ **UMR14:** Κροκαλοπαγές, κυρίως υπερβασικής σύστασης. Επικρατούν σερπεντίνης, χλωρίτης και τάλκης ενώ σε μικρότερο ποσοστό εμφανίζεται χρωμίτης. Διαπιστώθηκε, επίσης, η παρουσία ασβεστίτη και χαλαζία.
- ✓ **UMR15:** Σερπεντινίτης με κύρια ορυκτά το σερπεντίνη, το χλωρίτη και το μαγνησίτη. Διαπιστώθηκε, επίσης, η παρουσία χρωμίτη και μαγνητίτη. Παρατηρούνται υπολειμματικοί κρύσταλλοι πυροξένου. Έχει, επίσης, σχηματιστεί ασβεστίτης. Παρουσιάζει κυψελώδη ιστό.
- ✓ **UMR17:** Αμφιβολιτικός σχιστόλιθος με κύρια ορυκτά τον τρεμολίτη, το χαλαζία, το χλωρίτη και τον αλβίτη. Εμφανίζει έντονη σχιστότητα με προσανατολισμό των ορυκτολογικών συστατικών του.
- ✓ **UMR18:** Σερπεντινίτης, με κύριο ορυκτό το σερπεντίνη και σε μικρότερο ποσοστό το χρωμίτη, ο οποίος είναι διάσπαρτος μέσα στο δείγμα. Εμφανίζει κυψελώδη ιστό.

- ✓ **UMR45:** Ερυθροπράσινο κροκαλοπαγές. Αποτελείται από κροκάλες σπαριτικού ασβεστόλιθου και θραύσματα σερπεντινωμένου περιδοτίτη προερχόμενα από τους εξαλλοιωμένους περιδοτίτες της περιοχής. Συμμετέχει χρωμίτης σε αυξημένο ποσοστό.
- ✓ **UMR46:** Αμφιβολιτικός σχιστόλιθος με κύρια ορυκτά τον τρεμολίτη, το σερπεντίνη, το χαλαζία και το χλωρίτη. Εμφανίζει έντονη σχιστότητα με προσανατολισμό των ορυκτολογικών συστατικών του.

Στις συνέχειες, παρατίθενται αντιπροσωπευτικά διαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD) από τα δείγματα πετρωμάτων (Εικόνες 6.69-6.80), εδαφών (Εικόνες 6.90-6.96) και ιπτάμενης τέφρας (Εικόνες 6.99-6.105) της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, στα οποία σημειώνονται τα ορυκτά που ταυτοποιήθηκαν. Η επεξεργασία των ακτινοδιαγραμμάτων έγινε με τη χρήση του λογισμικού EVA (Version 12, Copyright @ SOCABIM 1996 - 2006). Η ταυτοποίηση των ορυκτολογικών φάσεων πραγματοποιήθηκε βάσει των χαρακτηριστικών ανακλάσεων hkl (Berry, 1974). Ορυκτά που βρίσκονται σε μικρή περιεκτικότητα (<5% κ.ο.) δεν ταυτοποιήθηκαν με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας των ακτίνων-Χ, αλλά η παρουσία τους στα δείγματα επιβεβαιώθηκε από τη μελέτη με οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου και ανακλωμένου φωτός (Εικόνες 6.81-6.85, 6.97, 6.106) καθώς και την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και μικροανάλυση (Εικόνες 6.86-6.89, 6.98, 6.107-6.109).

Στα πετρώματα ταυτοποιήθηκαν και οι εξής ορυκτολογικές φάσεις:

- Ο **σερπεντίνης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (001) στα $d \sim 7.29 \text{ \AA}$, (002) στα $d \sim 3.61 \text{ \AA}$, ($\bar{8}31$) στα $d \sim 2.52 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **πυρόξενος** (ενστατίτης) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (221) στα $d \sim 3.18 \text{ \AA}$, (610) στα $d \sim 2.87 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **χρωμίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (311) στα $d \sim 2.51 \text{ \AA}$, (440) στα $d \sim 1.47 \text{ \AA}$, (111) στα $d \sim 4.81 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Η **αμφίβολος** (τρεμολίτης/ακτινόλιθος) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (151) στα $d \sim 2.70 \text{ \AA}$, (110) στα $d \sim 8.42 \text{ \AA}$, (310) στα $d \sim 3.12 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **τάλκης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (001) στα $d \sim 9.34 \text{ \AA}$, (003) στα $d \sim 3.11 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **χαλαζίας** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (101) στα $d \sim 3.34 \text{ \AA}$, (100) στα $d \sim 4.25 \text{ \AA}$, (112) στα $d \sim 1.81 \text{ \AA}$ κ.λ.π.

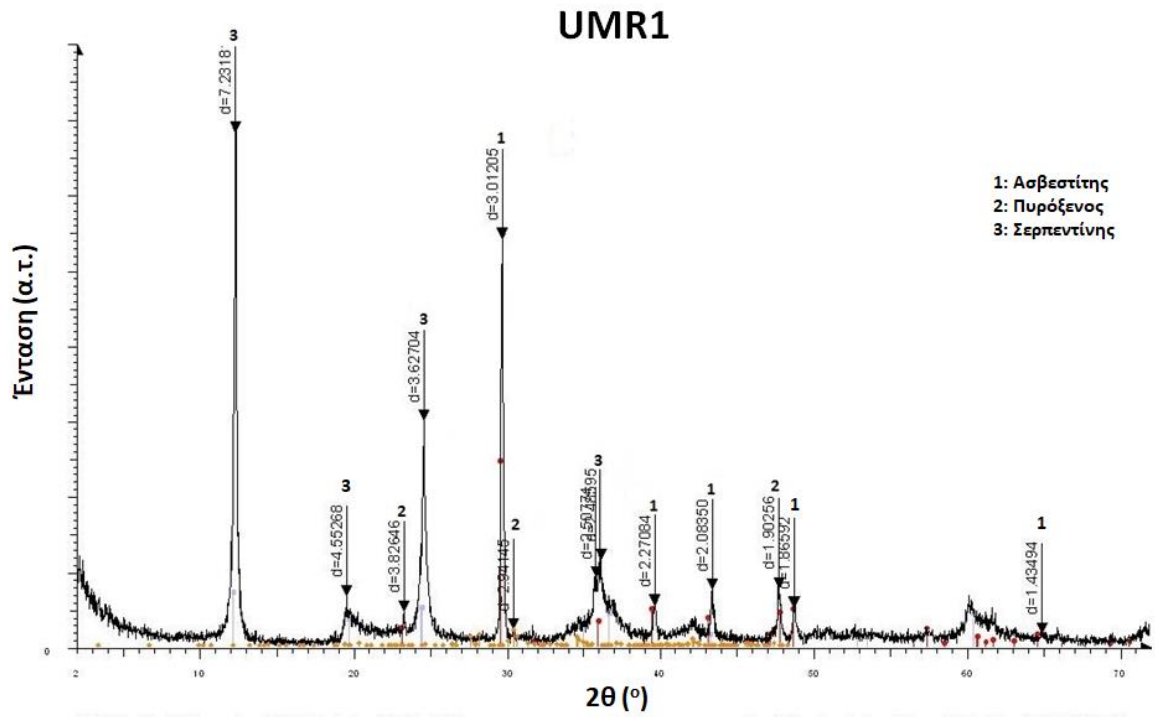
- Ο **ασβεστίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (104) στα $d \sim 3.03 \text{ \AA}$, (113) στα $d \sim 2.28 \text{ \AA}$, (202) στα $d \sim 2.09 \text{ \AA}$, (100)
- Ο **χλωρίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (002) στα $d \sim 7.12 \text{ \AA}$, (003) στα $d \sim 4.75 \text{ \AA}$, (004) στα $d \sim 3.56 \text{ \AA}$, (001) στα $d \sim 14.24 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **άστριος** (ανορθίτης) προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (002) στα $d \sim 3.18 \text{ \AA}$, ($\bar{2}02$) στα $d \sim 3.21 \text{ \AA}$, ($\bar{2}01$) στα $d \sim 4.04 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Το **επίδοτο** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: ($\bar{1}13$) στα $d \sim 2.89 \text{ \AA}$, ($\bar{3}11$) στα $d \sim 2.60 \text{ \AA}$ κ.λ.π.

Στα εδαφικά δείγματα, εκτός από κάποιες από τις προαναφερθείσες, ταυτοποιήθηκαν και οι εξής ορυκτολογικές φάσεις:

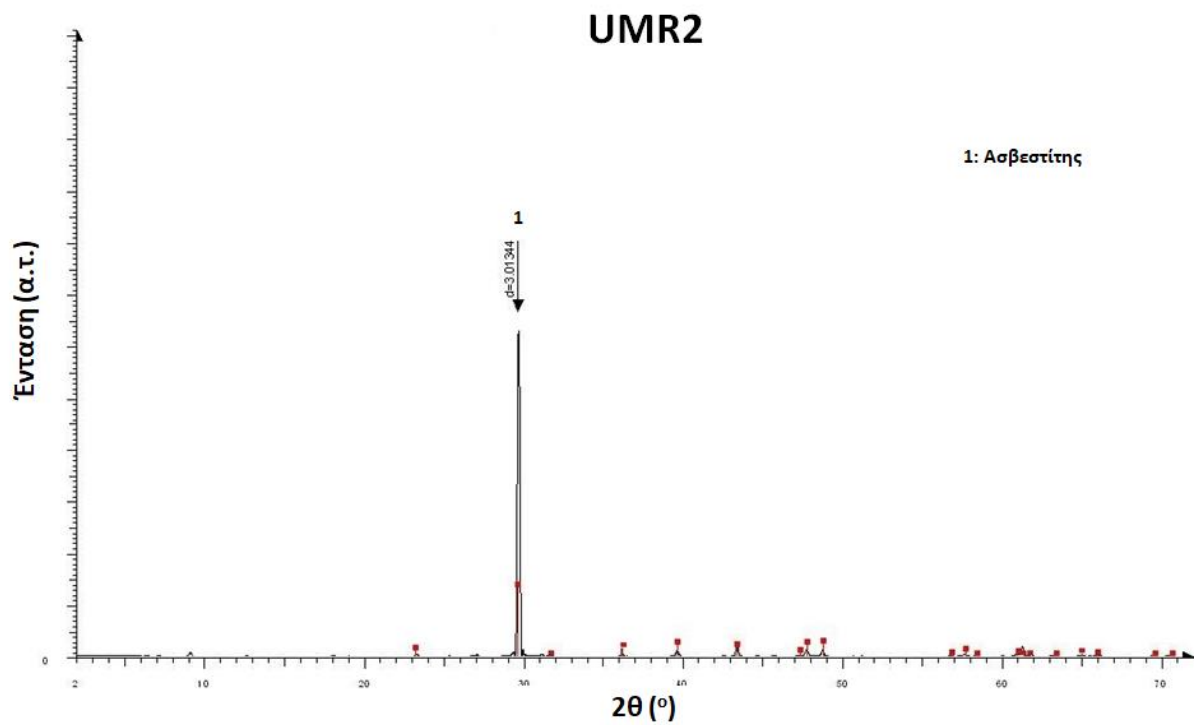
- Ο **καολινίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (002) στα $d \sim 7.15 \text{ \AA}$, (132) στα $d \sim 2.35 \text{ \AA}$, (004) στα $d \sim 3.58 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **δολομίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (104) στα $d \sim 2.88 \text{ \AA}$, (113) στα $d \sim 2.19 \text{ \AA}$, (018) στα $d \sim 1.80 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **μαγνησίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (104) στα $d \sim 2.74 \text{ \AA}$, (113) στα $d \sim 2.10 \text{ \AA}$, (116) στα $d \sim 1.70 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **ανυδρίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (002) στα $d \sim 3.49 \text{ \AA}$, (210) στα $d \sim 2.85 \text{ \AA}$, (202) στα $d \sim 2.33 \text{ \AA}$ κ.λ.π.

Στην ιπτάμενη τέφρα, εκτός από κάποιες από τις προαναφερθείσες, ταυτοποιήθηκαν και οι εξής ορυκτολογικές φάσεις:

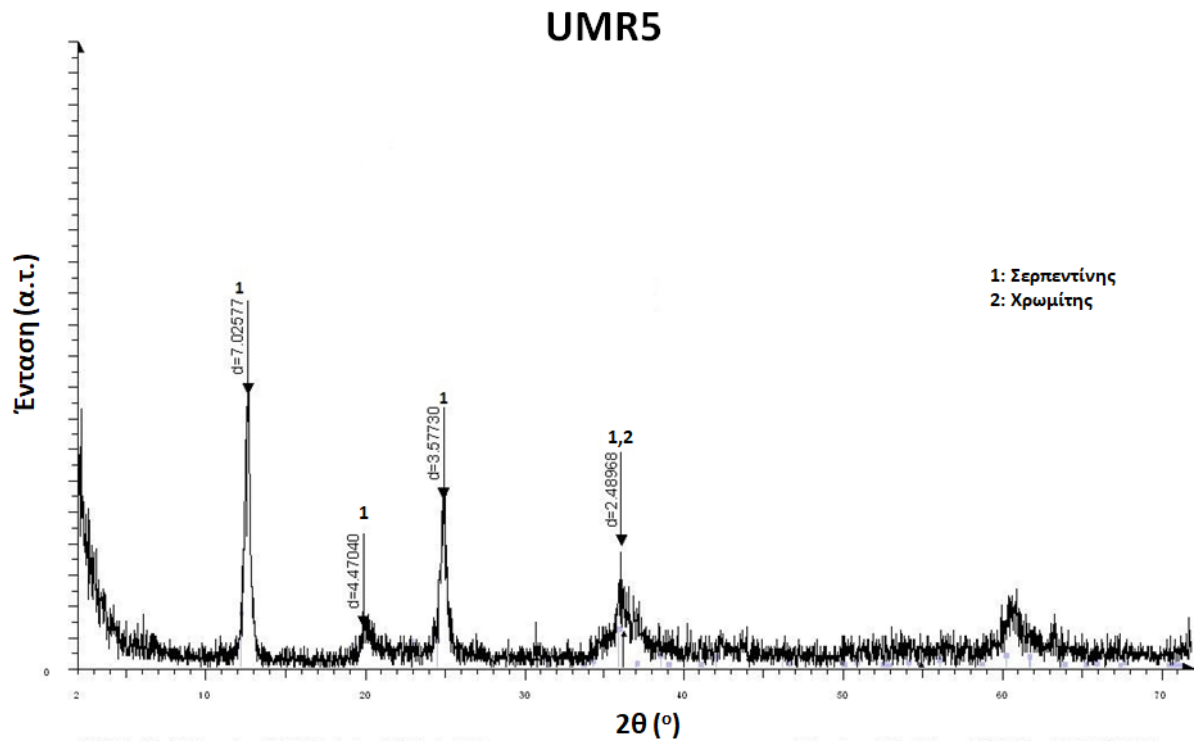
- Η **άνυδρη ασβεστος (CaO)** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (200) στα $d \sim 2.40 \text{ \AA}$, (220) στα $d \sim 1.70 \text{ \AA}$, (111) στα $d \sim 2.78 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **γκελενίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (211) στα $d \sim 2.85 \text{ \AA}$, (111) στα $d \sim 3.70 \text{ \AA}$, (221) στα $d \sim 2.41 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **πορτλανδίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (011) στα $d \sim 2.63 \text{ \AA}$, (001) στα $d \sim 4.91 \text{ \AA}$, (110) στα $d \sim 1.80 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Η **γύψος** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (020) στα $d \sim 7.56 \text{ \AA}$, ($12\bar{1}$) στα $d \sim 4.27 \text{ \AA}$, ($14\bar{1}$) στα $d \sim 3.06 \text{ \AA}$ κ.λ.π.
- Ο **ετρινγκίτης** προσδιορίστηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις του hkl: (100) στα $d \sim 9.75 \text{ \AA}$, (110) στα $d \sim 5.63 \text{ \AA}$, (304) στα $d \sim 2.78 \text{ \AA}$ κ.λ.π.



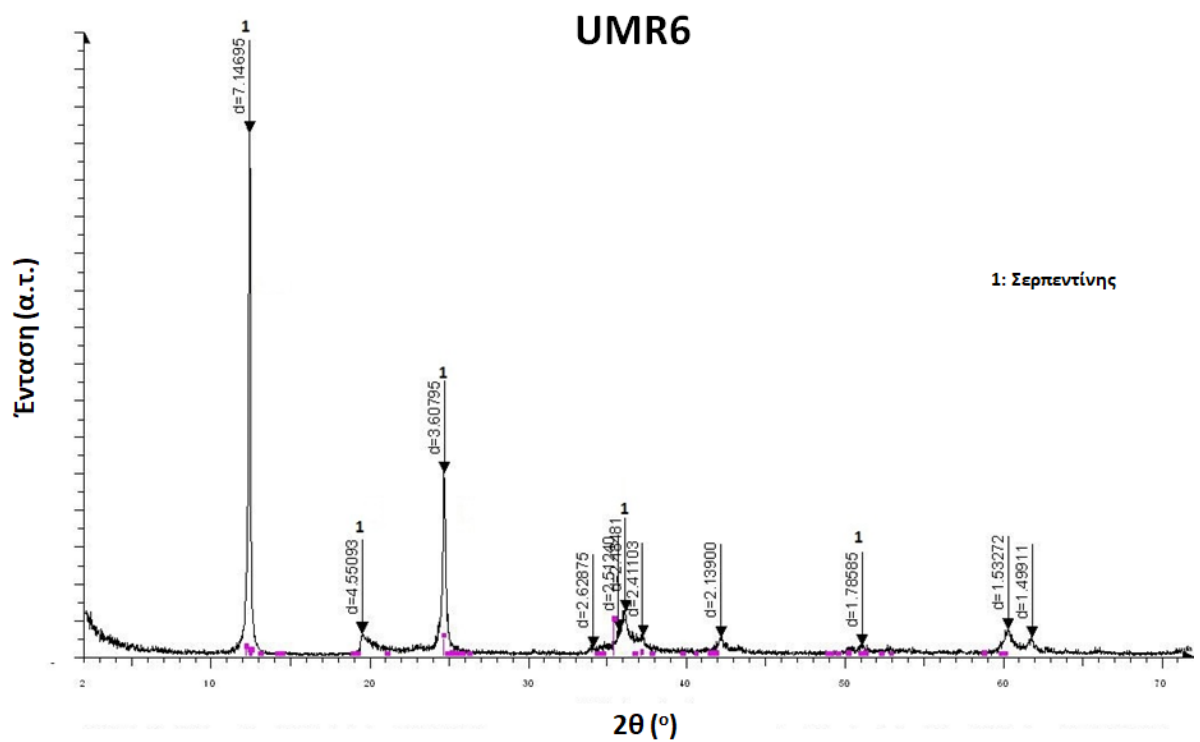
Εικόνα 6.69 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR1.



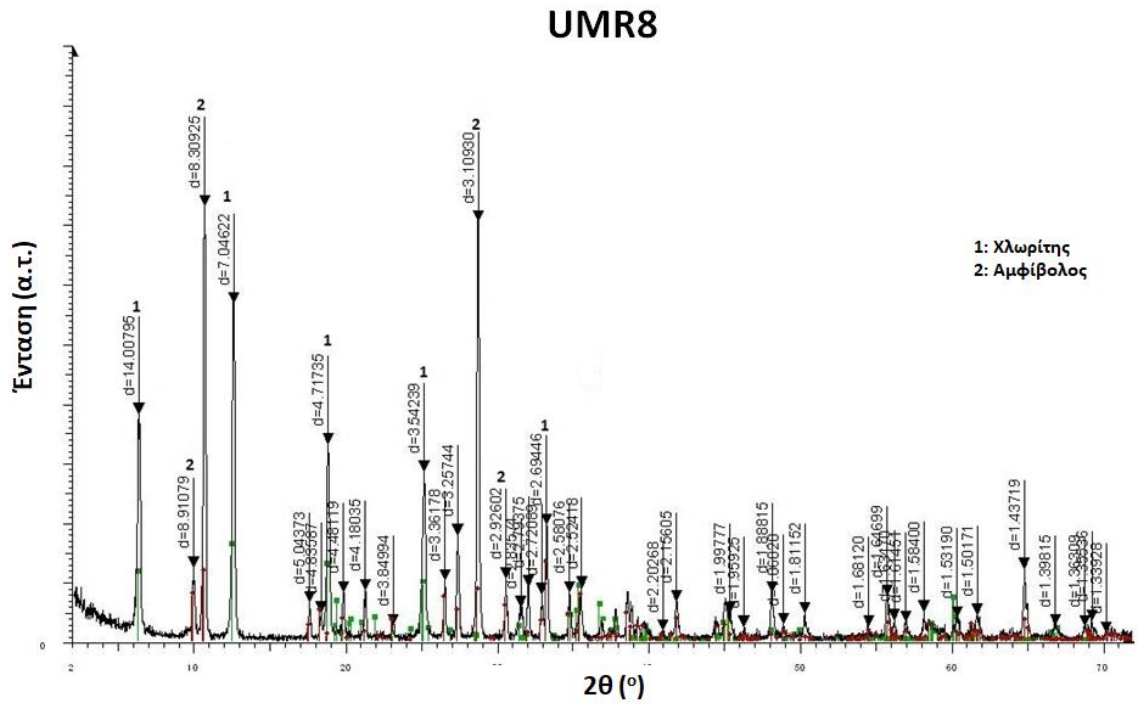
Εικόνα 6.70 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR2.



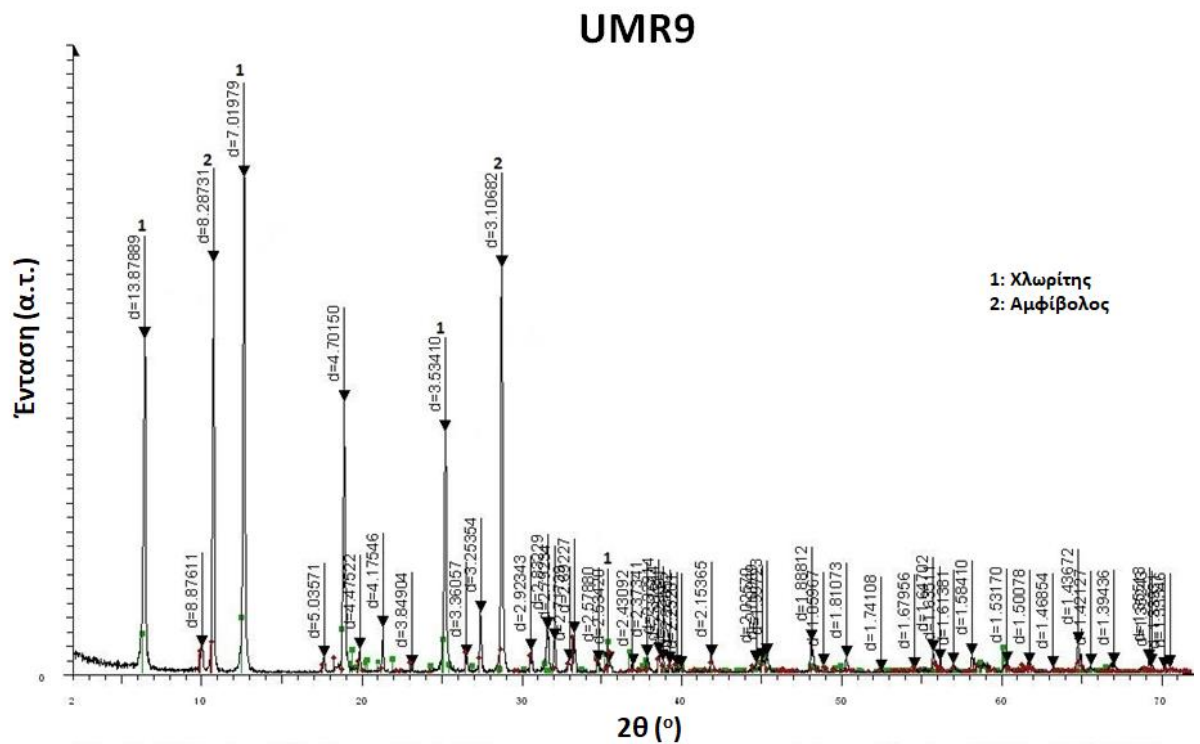
Εικόνα 6.71 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR5.



Εικόνα 6.72 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR6.

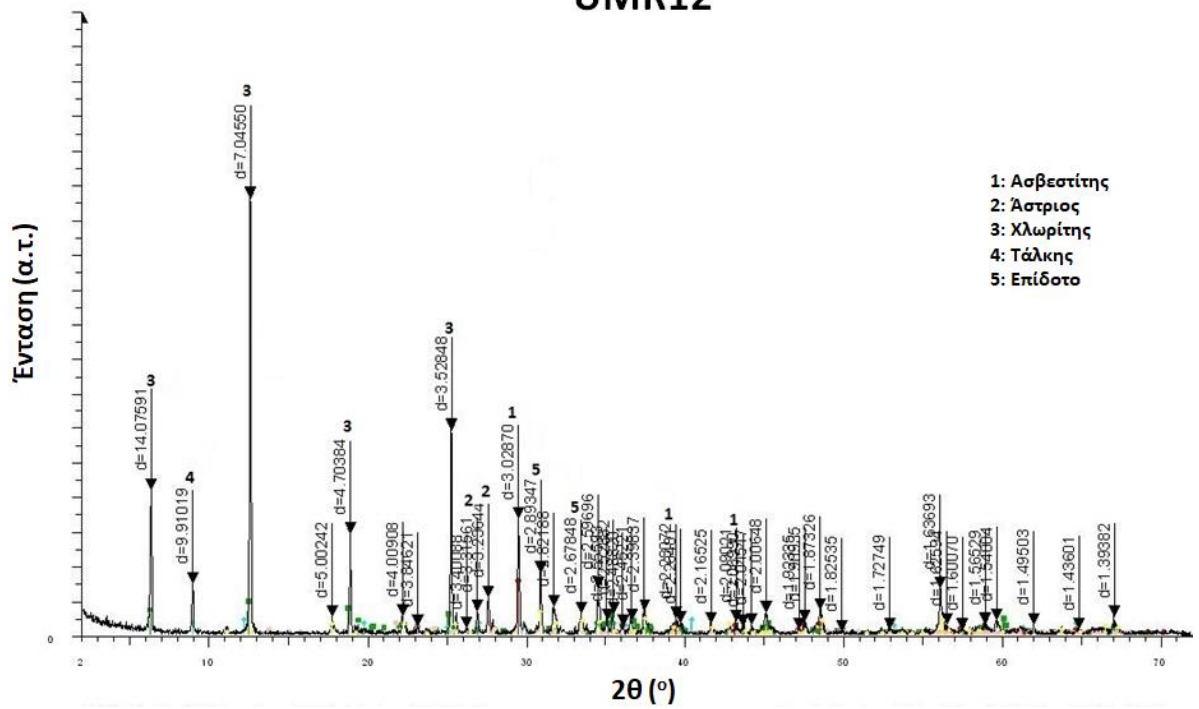


Εικόνα 6.73 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR8.



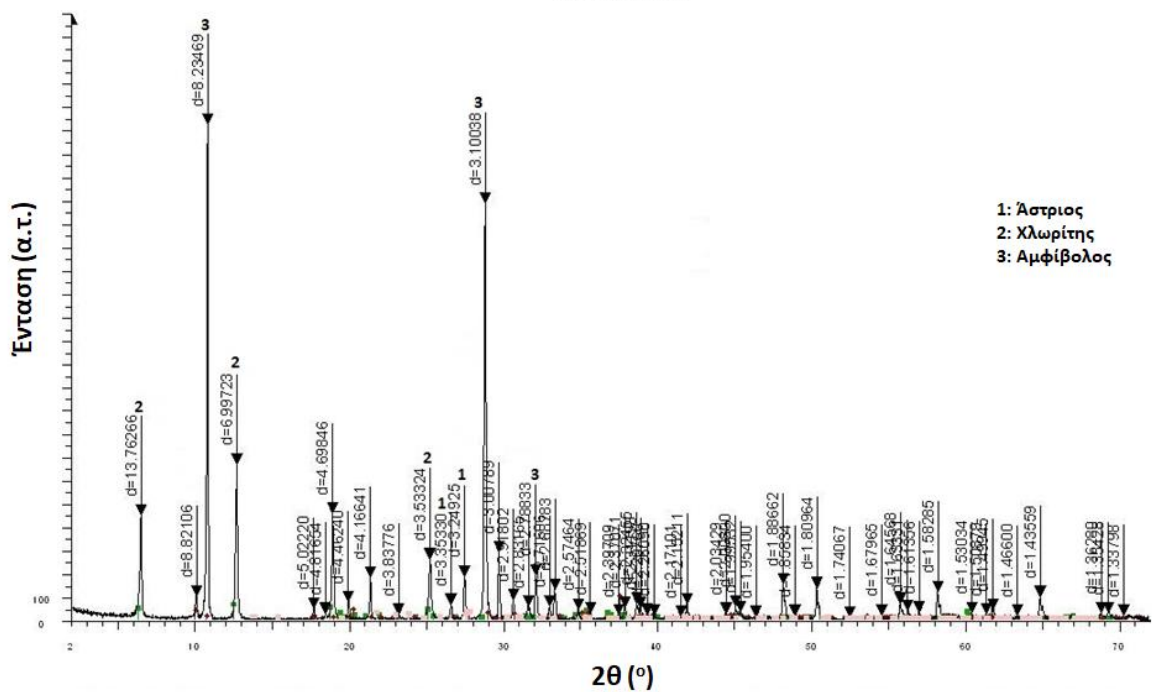
Εικόνα 6.74 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR9.

UMR12

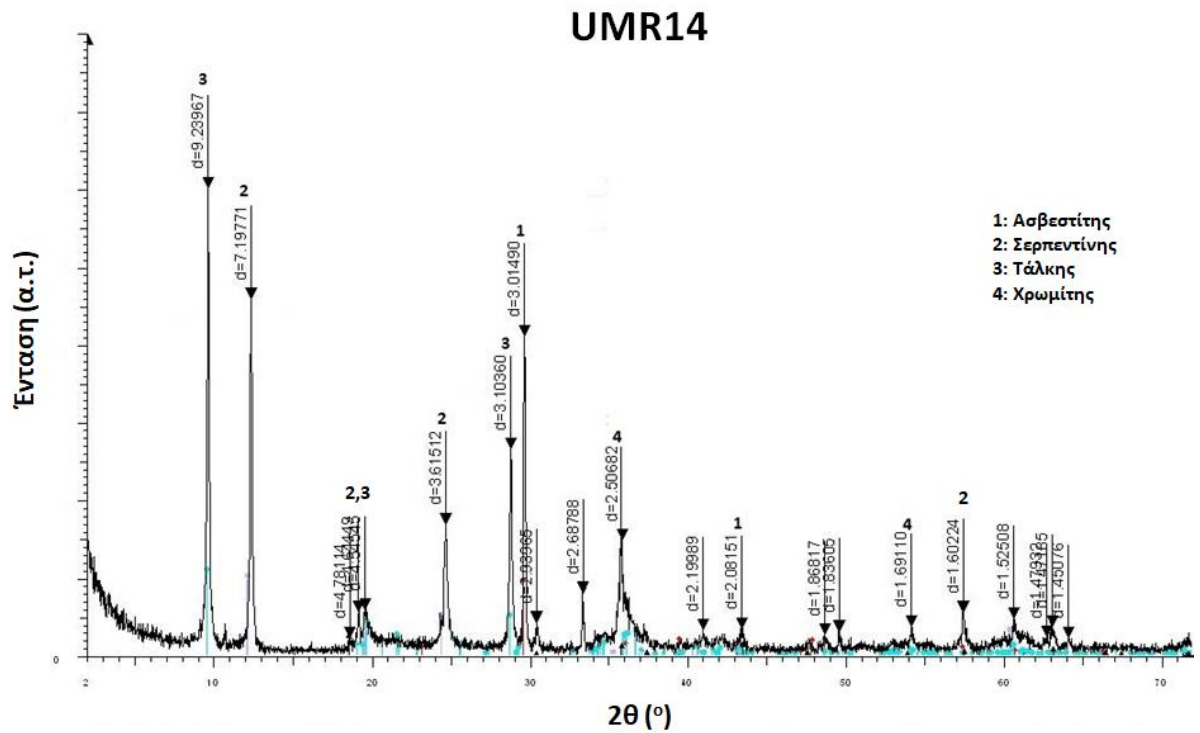


Εικόνα 6.75 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR12.

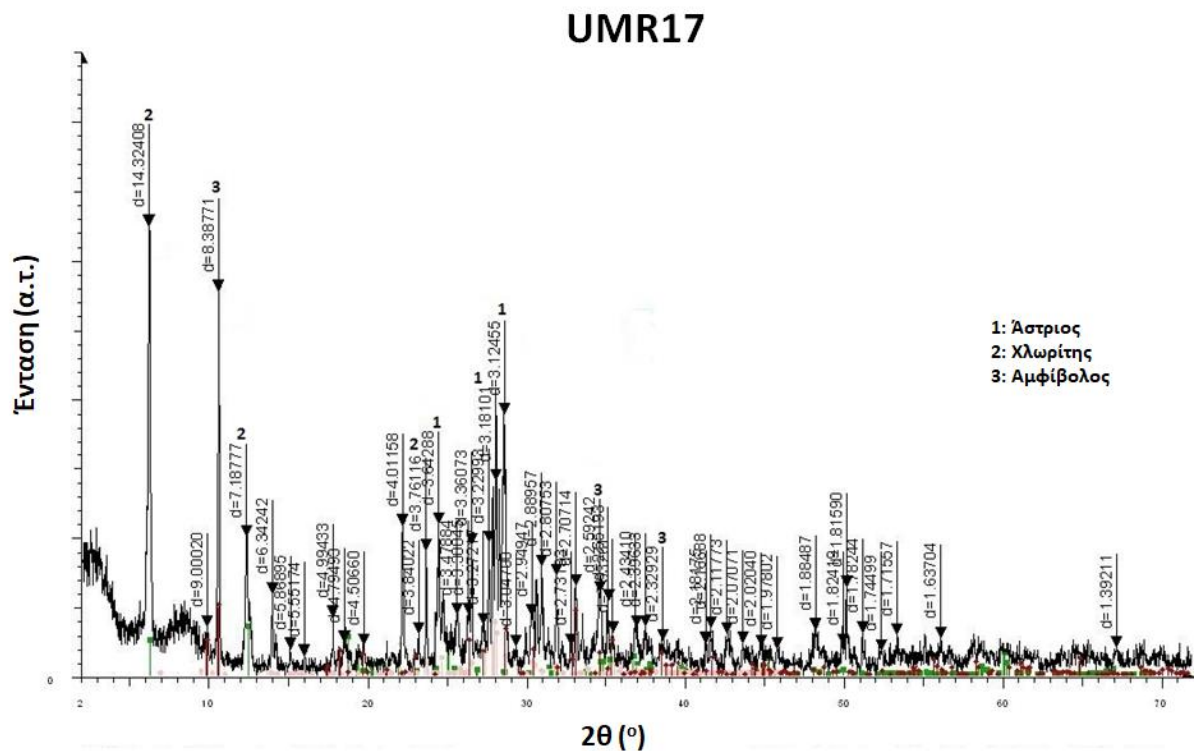
UMR13



Εικόνα 6.76 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR13.

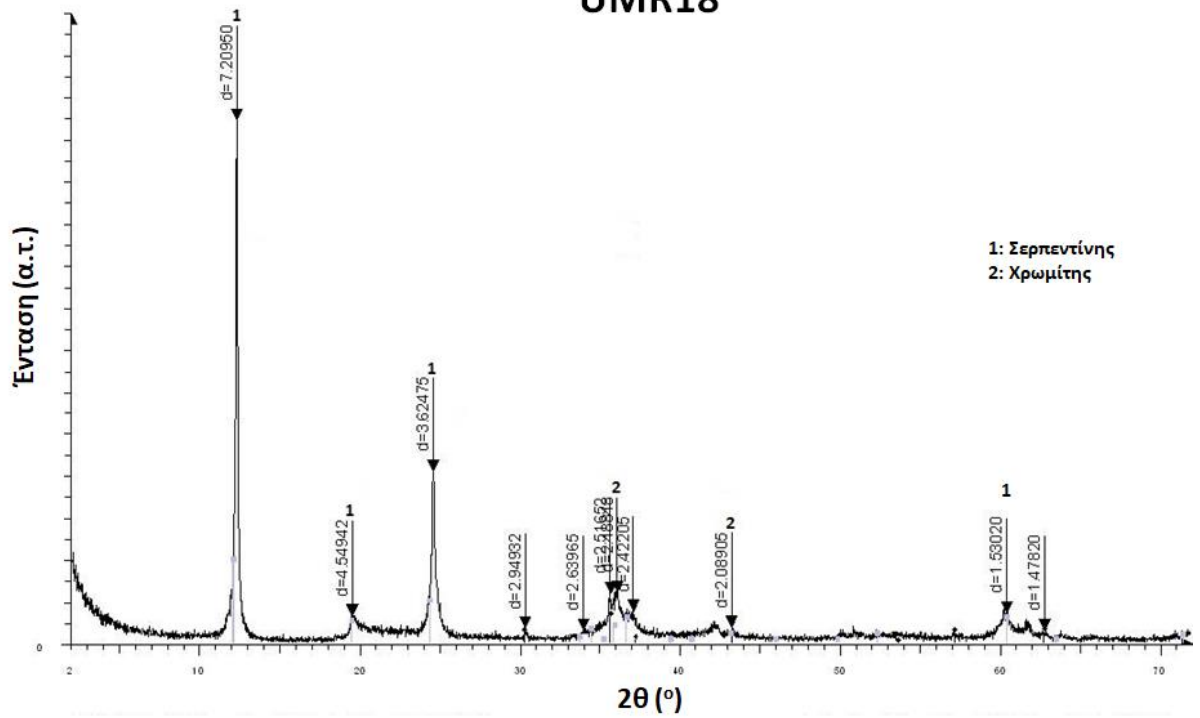


Εικόνα 6.77 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR14.



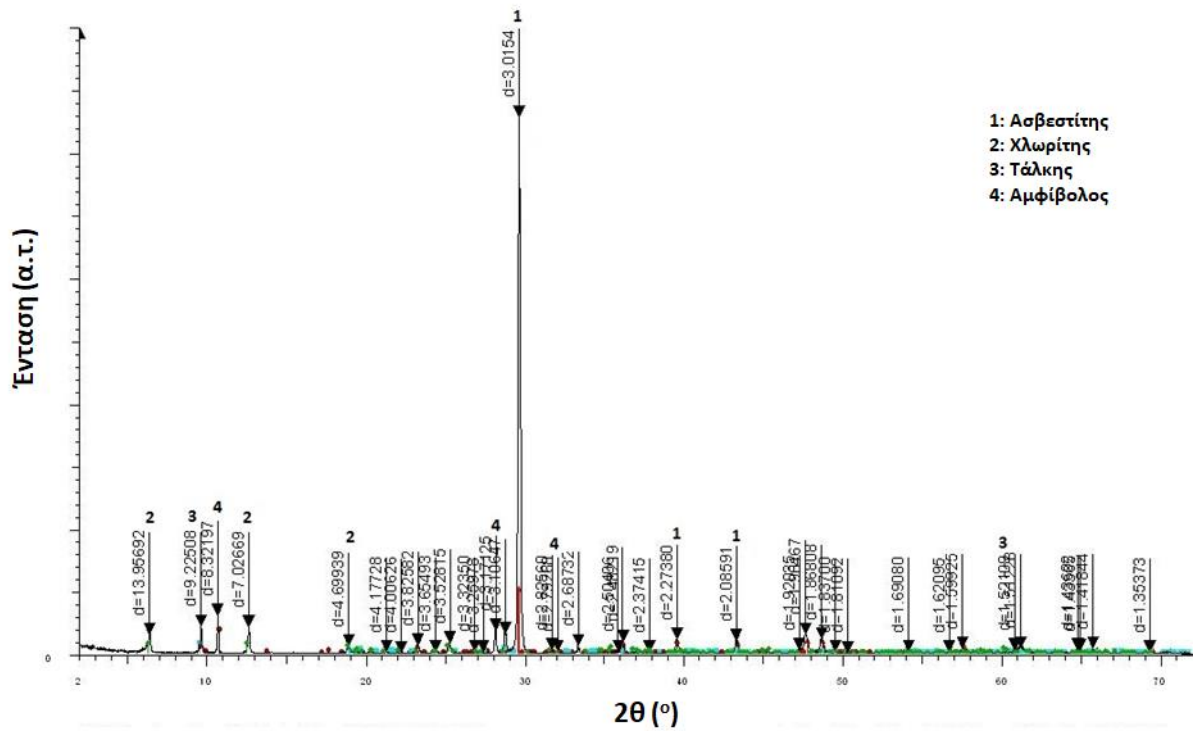
Εικόνα 6.78 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR17.

UMR18

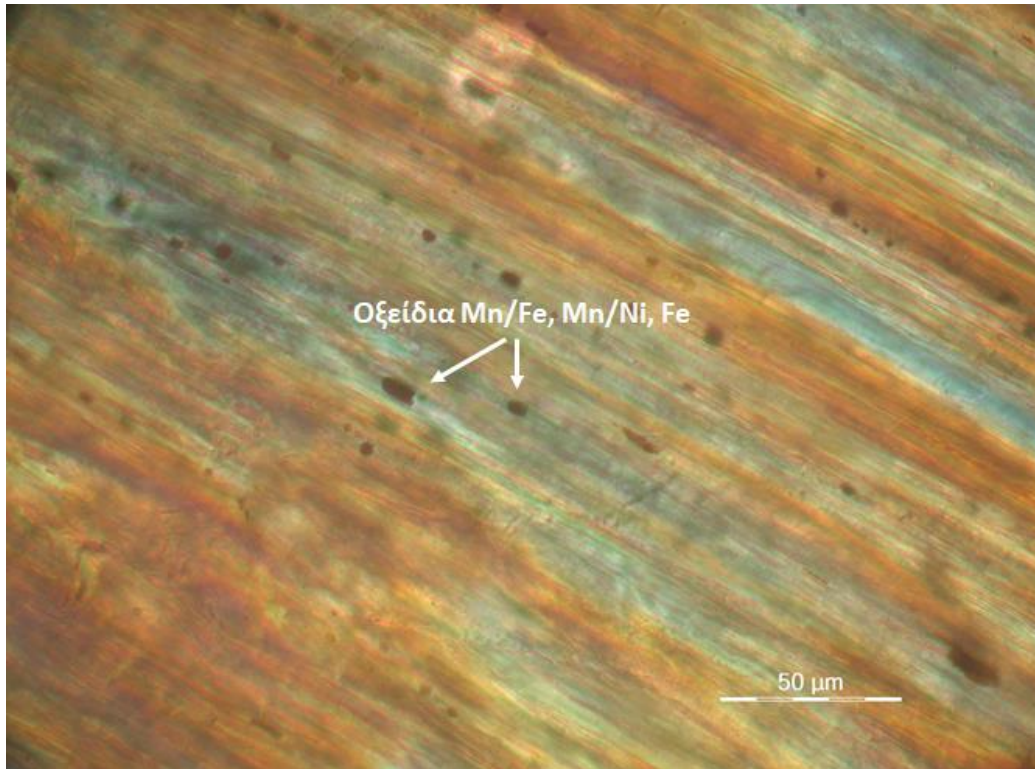


Εικόνα 6.79 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR18.

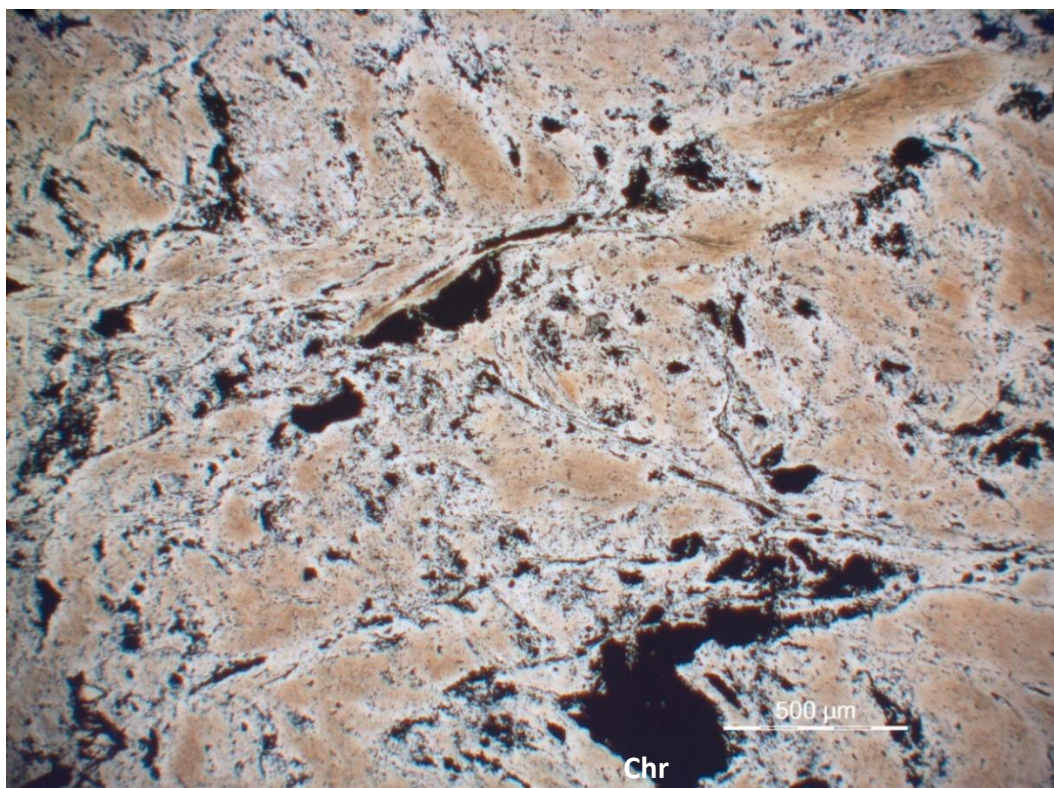
UMR45



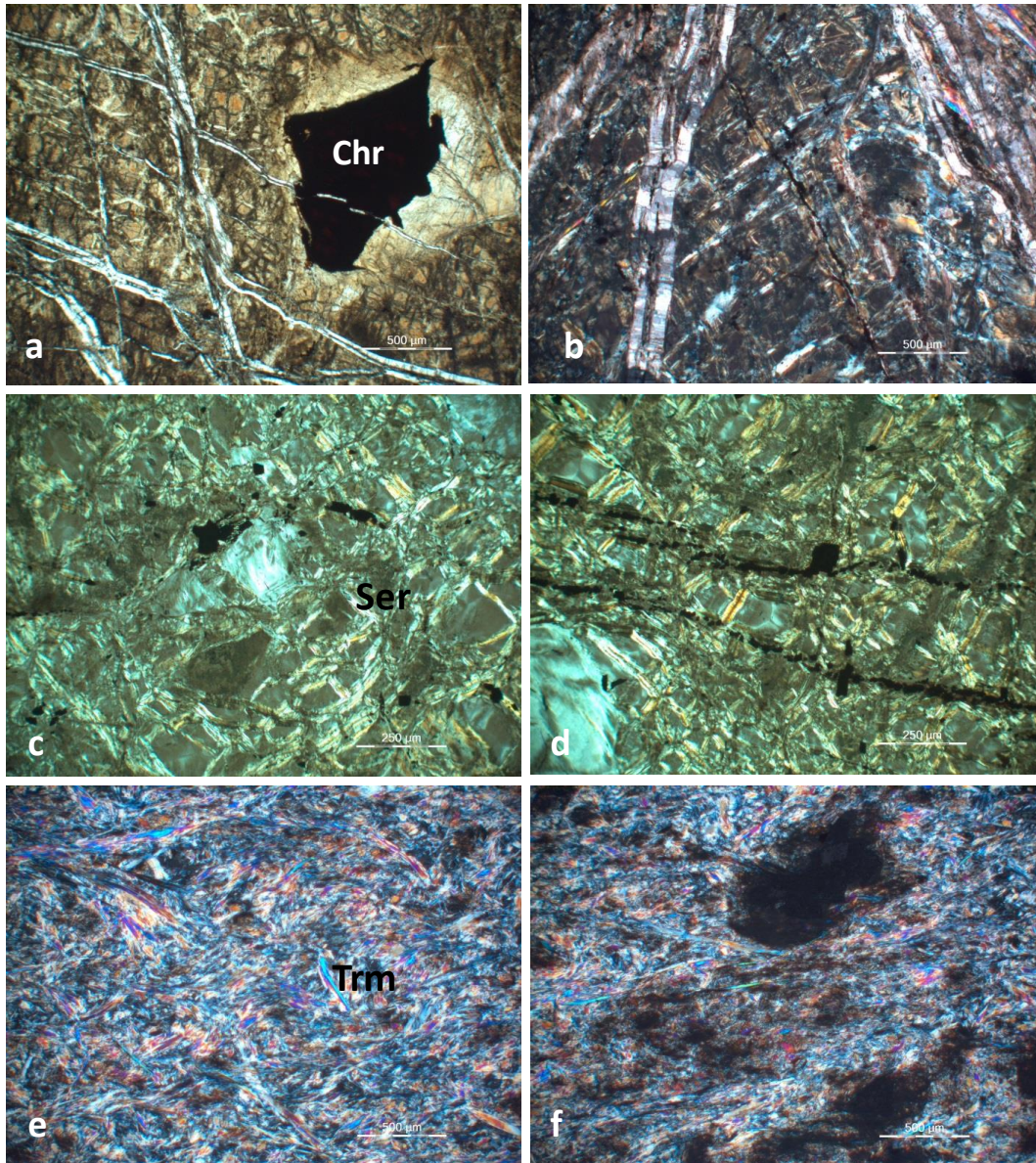
Εικόνα 6.80 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος UMR45.



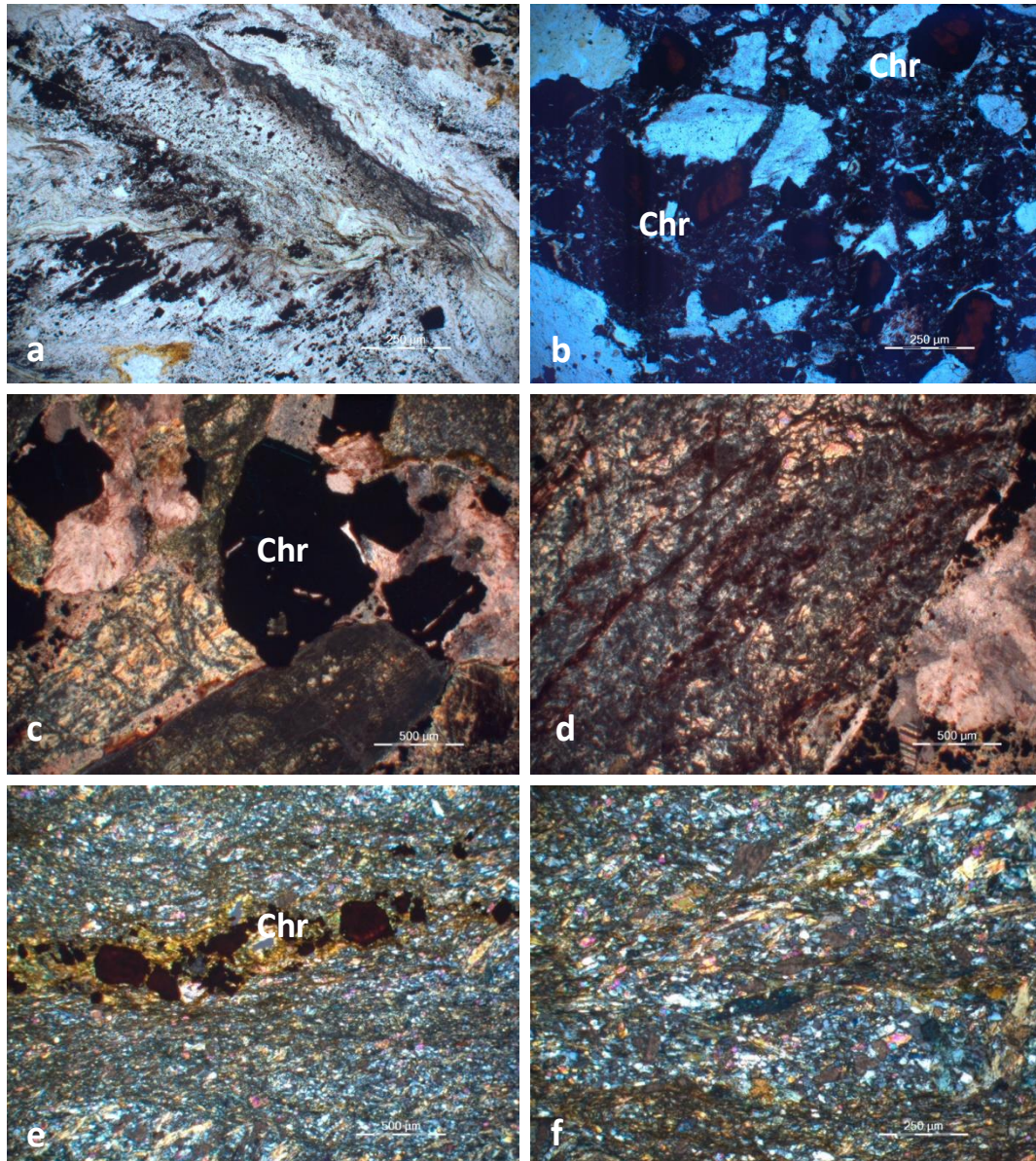
Εικόνα 6.81 - Μικροφωτογραφία από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολωροειδή του δείγματος UMR1, στο οποίο διακρίνονται διάσπαρτα οξείδια, Mn/Fe, Mn/Ni, Fe, στη σερπεντινική μάζα.



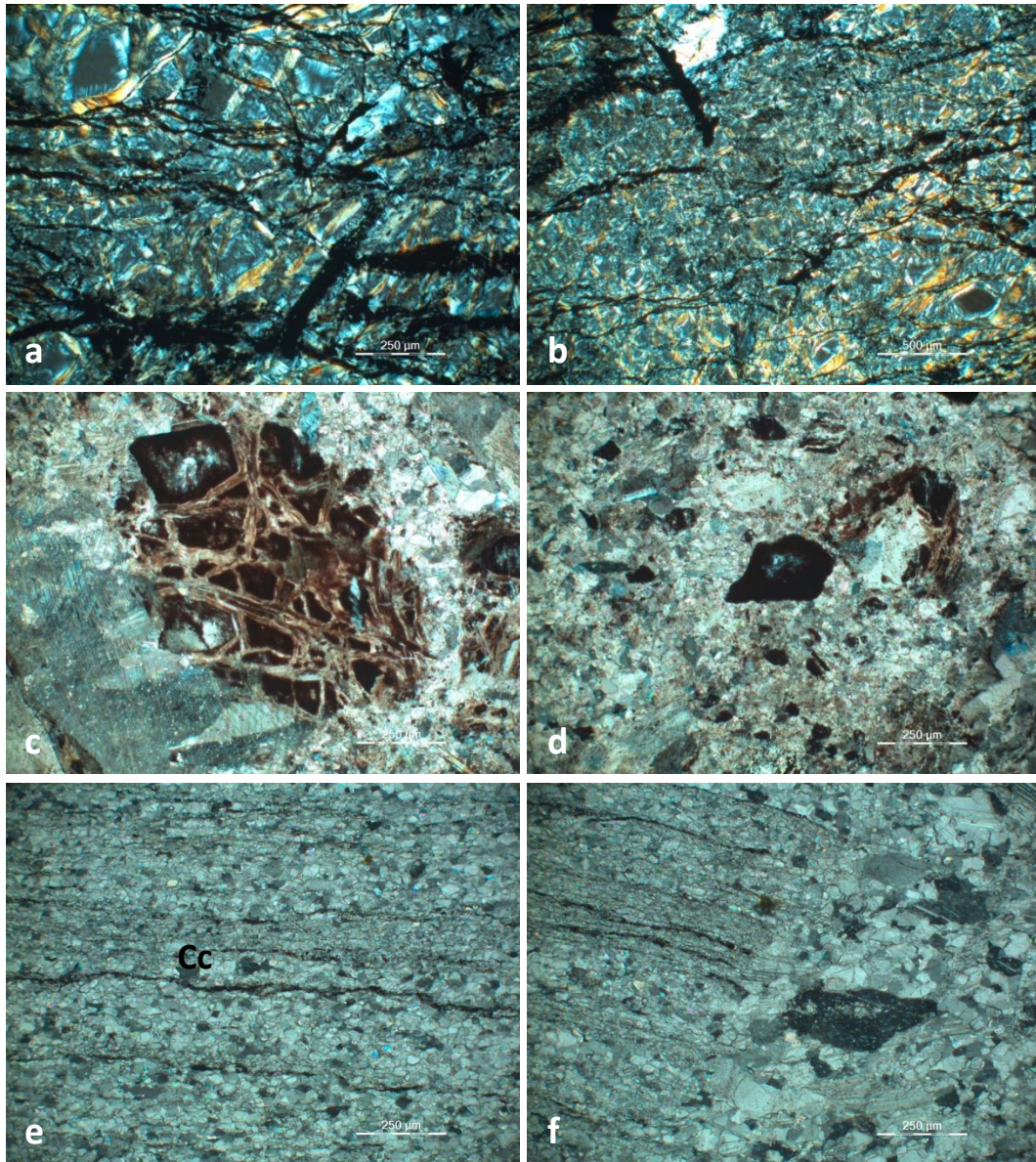
Εικόνα 6.82 - Μικροφωτογραφία από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με παράλληλα πολωροειδή του δείγματος UMR5, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης και οξείδια Fe) στη σερπεντινική μάζα.



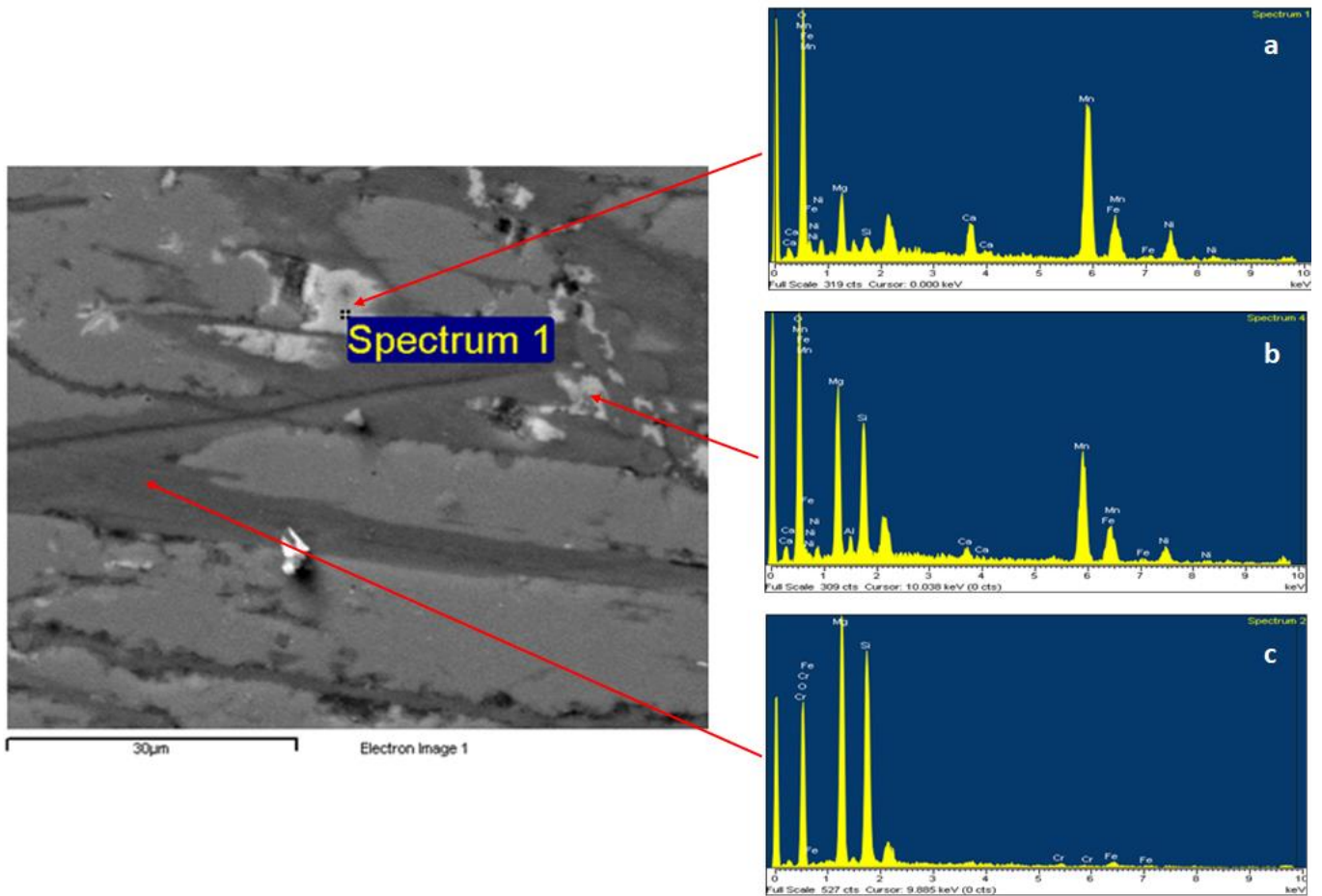
Εικόνα 6.83 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολαιοειδή α-b: του δείγματος UMR1, στο οποίο παρατηρείται σερπεντίνη με υπολειμματικούς κόκκους χρωμίτη (Chr: χρωμίτης), c-d: του δείγματος UMR6, στο οποίο διακρίνεται ο χαρακτηριστικός κυψελώδης ιστός του σερπεντίνη (Ser: σερπεντίνης), e-f: του δείγματος UMR9, στο οποίο παρατηρείται τρεμολιτική αμφίβολος (Trm: τρεμολίτης).



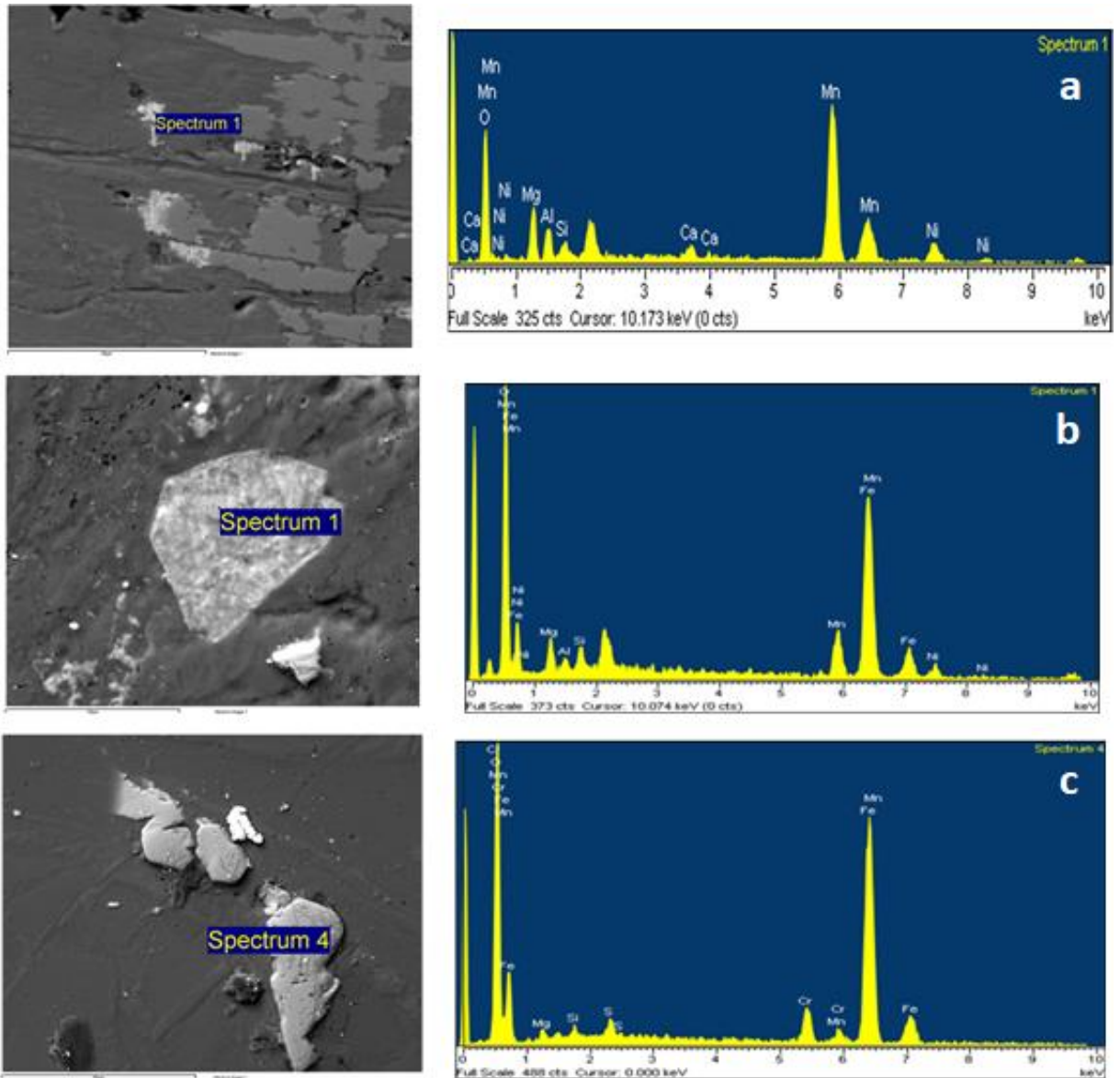
Εικόνα 6.84 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολωροειδή α-b: του δείγματος UMR14, στο οποίο διακρίνεται χρωμίτης (Chr: χρωμίτης), c-d: του δείγματος UMR15, στο οποίο παρατηρούνται κόκκοι χρωμίτη και οξειδίων Fe, e-f: του δείγματος UMR17, στο οποίο διακρίνονται τρεμολιτική αμφίβολος και κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (χρωμίτης και οξείδια Fe) (Chr: χρωμίτης).



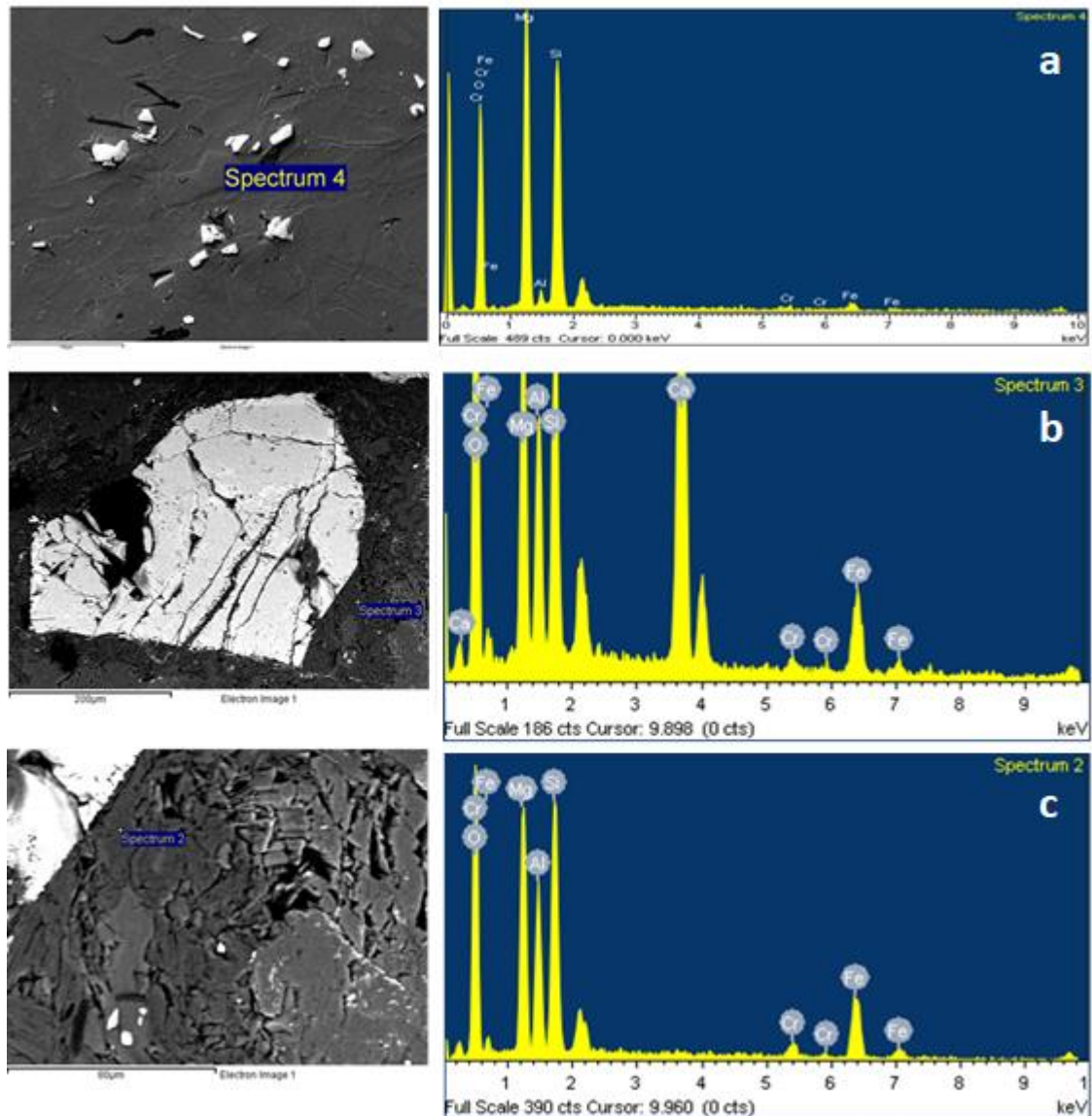
Εικόνα 6.85 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολαροειδή
a-b: του δείγματος UMR18, στο οποίο διακρίνεται ο χαρακτηριστικός κυψελώδης ιστός και παρατηρούνται
 μεταλλικά ορυκτά. *c-d*: του δείγματος UMR45, στο οποίο παρατηρούνται κόκκοι μεταλλικών ορυκτών (χρωμίτη,
 οξειδίων Fe). *e-f*: του δείγματος UMR2, στο οποίο διακρίνεται ασβεσίτης (Cc: ασβεσίτης).



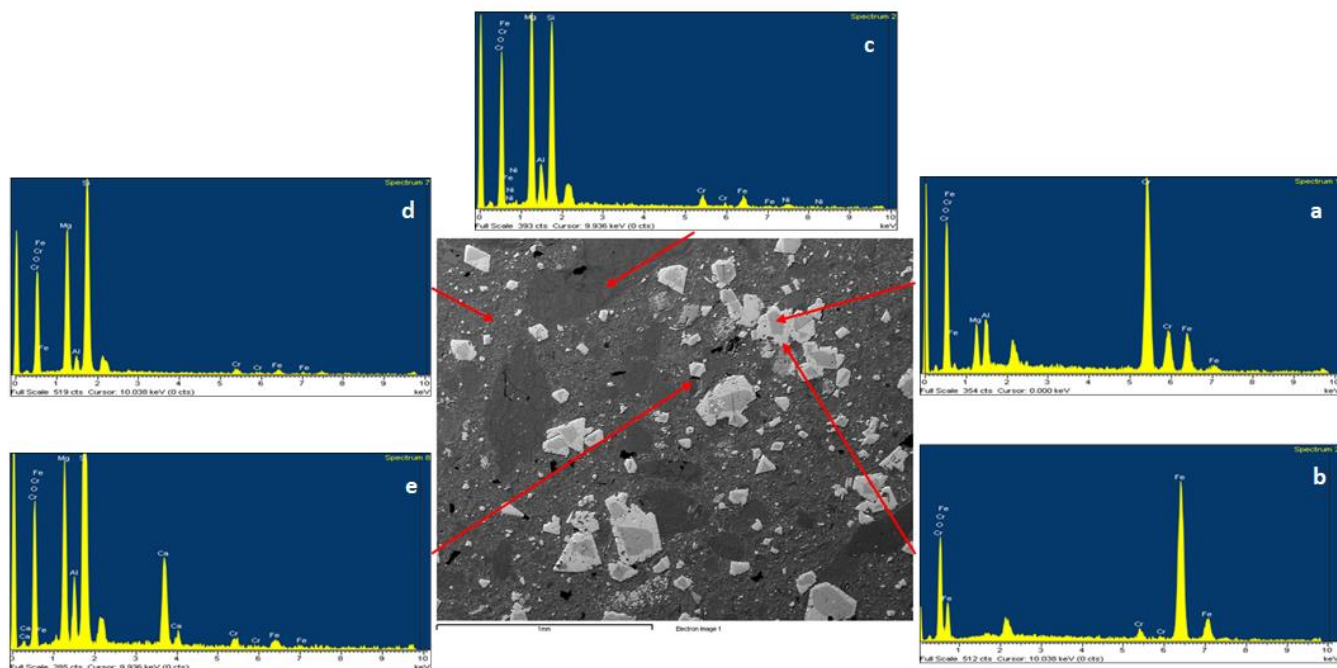
Εικόνα 6.86 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας a-b: οξειδίων Mn και c: Cr-ουχου σερπεντίνη (Δείγμα UMR1).



Εικόνα 6.87 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας *a*: οξειδίων Mn (-Ni) (Δείγμα UMR1), *b*: οξειδίων Fe και Mn (Δείγμα UMR6) και *c*: οξειδίων Fe, Cr, Mn (Δείγμα UMR6).



Εικόνα 6.88 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας *a*: Cr-ούχου σερπεντίνη, *b*: αμφιβόλου και *c*: Cr-ούχου χλωρίτη.



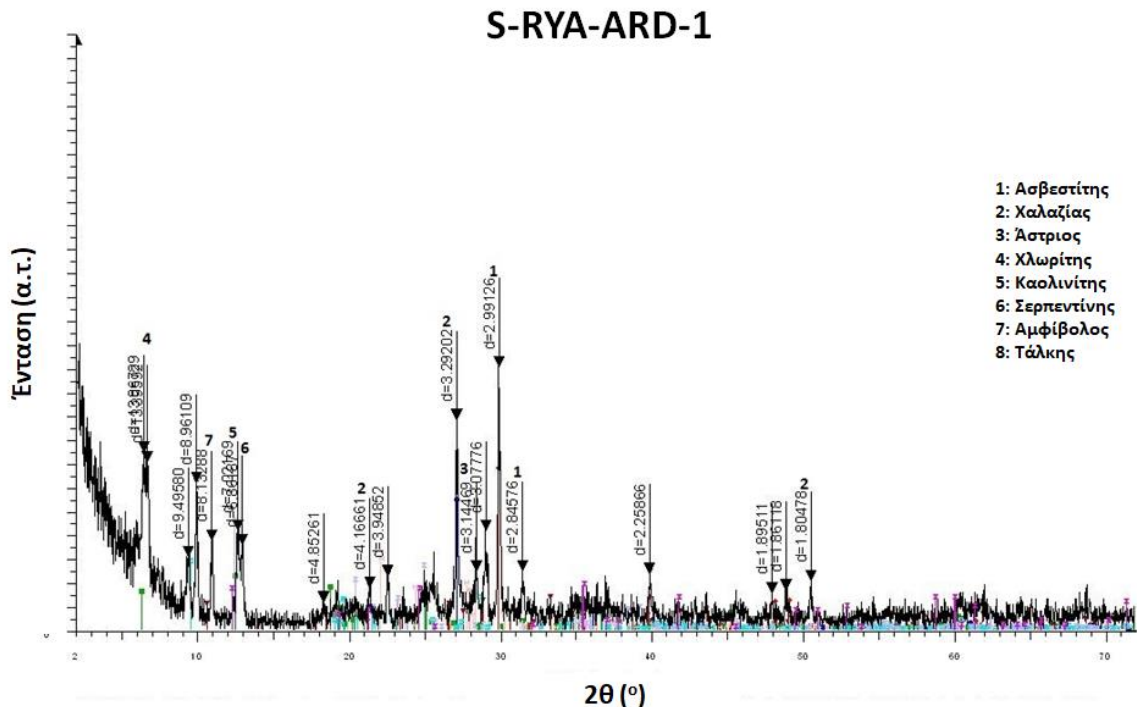
Εικόνα 6.89 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας. Διακρίνονται α: κόκκοι χρωμίτη (a) που περιβάλλονται από Cr-μαγνητίτη (b), σε μία μάζα που αποτελείται, κυρίως, από σερπεντίνη (c), χλωρίτη (d) και υπολειμματικούς κρυστάλλους πυροξένων (e). Όλες οι ορυκτές φάσεις που σημειώνονται περιέχουν Cr_2O_3 .

Στη συνέχεια δίνεται μια σύντομη περιγραφή των ορυκτολογικών φάσεων οι οποίες ταυτοποιήθηκαν με τη βοήθεια της περιθλασιμετρίας ακτίνων X (XRD), της οπτικής μικροσκοπίας διερχομένου και ανακλωμένου φωτός, της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης και μικροανάλυσης (SEM/EDS) στα εδαφικά δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας: S-RYA-ARD1, S-RYA-ARD-3A, S3, S4, S5, S9 και S16. Από την ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων ταυτοποιήθηκαν οι εξής ορυκτολογικές φάσεις: ασβεστίτης, χαλαζίας, άστριος, χλωρίτης, καολινίτης, σερπεντίνης, αμφίβολος, τάλκης, ιλλίτης, χρωμίτης, δολομίτης, μαγνησίτης και κατά περίπτωση ορισμένα αργιλικά ορυκτά.

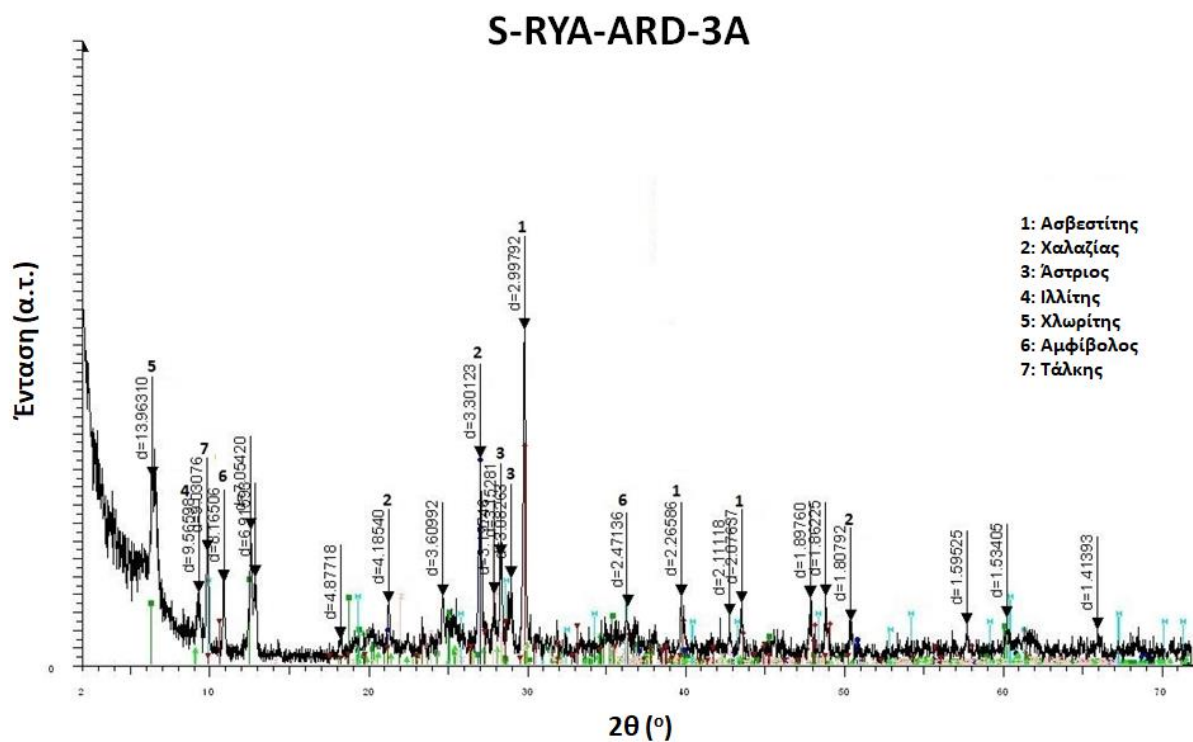
- ✓ **S-RYA-ARD1:** Εδαφικό δείγμα το οποίο περιέχει υψηλό ποσοστό αργιλικού κλάσματος και κρυπτοκρυσταλλικά ορυκτολογικά συστατικά, προϊόντα εξαλλοίωσης των υπερβασικών πετρωμάτων. Τα κύρια ορυκτά που περιέχει είναι βερμικουλίτης, ιλλίτης, καολινίτης, ασβεστίτης, χαλαζίας, χλωρίτης και τρεμολίτης, ενώ σε μικρότερο ποσοστό εμφανίζεται χρωμίτης.
- ✓ **S-RYA-ARD3A/S2:** Εδαφικό δείγμα το οποίο περιέχει υψηλό ποσοστό αργιλικού κλάσματος και κρυπτοκρυσταλλικά ορυκτολογικά συστατικά, προϊόντα εξαλλοίωσης των υπερβασικών πετρωμάτων. Τα κύρια ορυκτά είναι βερμικουλίτης, ιλλίτης,

ασβεστίτης, χαλαζίας, πυρόξενος, αλβίτης, σερπεντίνης και σε μικρότερο ποσοστό χλωρίτης, τρεμολίτης και μοσχοβίτης.

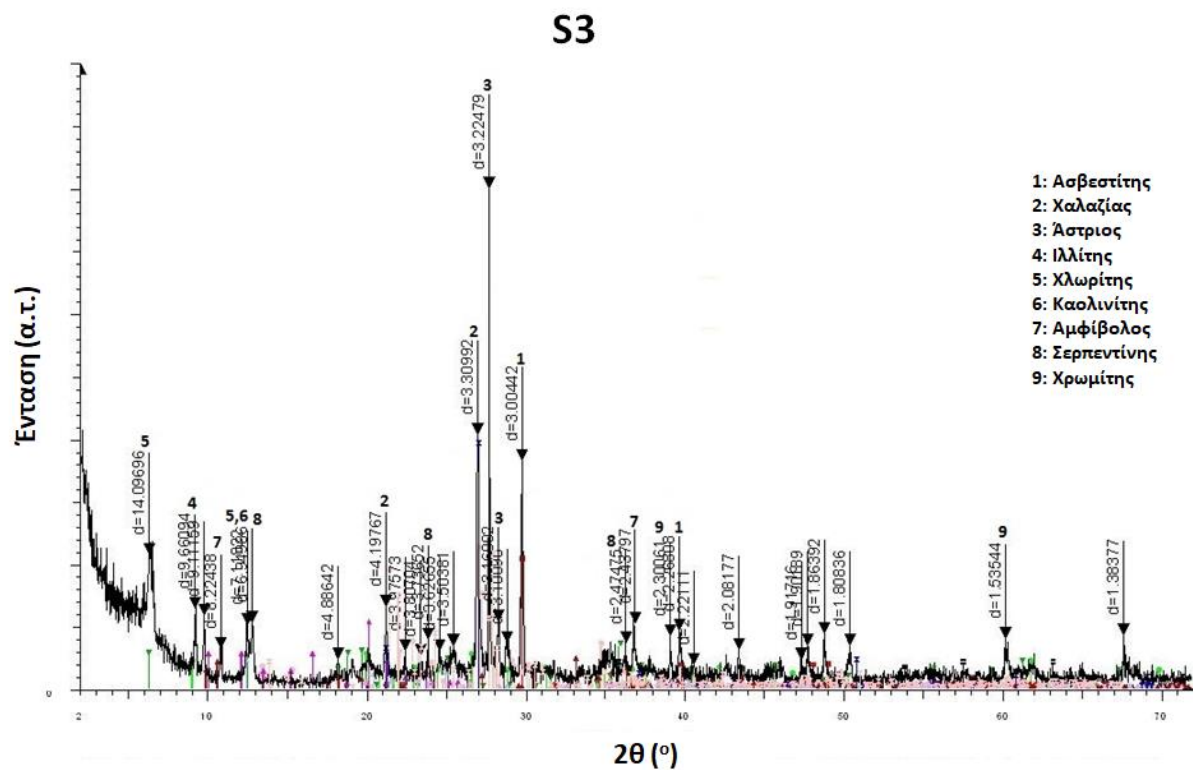
- ✓ **S3:** Εδαφικό δείγμα το οποίο περιέχει υψηλό ποσοστό αργλικού κλάσματος και κρυπτοκρυσταλλικά ορυκτολογικά συστατικά, προϊόντα εξαλλοίωσης των υπερβασικών πετρωμάτων. Κύρια ορυκτά του δείγματος είναι ο βερμικουλίτης, ο ασβεστίτης, ο χαλαζίας, ο αλβίτης, ο χλωρίτης, ο τρεμολίτης, ο σερπεντίνης και σε μικρότερο ποσοστό ο χρωμίτης.
- ✓ **S4:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά το χαλαζία, τον ασβεστίτη, το βερμικουλίτη, το μοντμοριλλονίτη, το χλωρίτη και τον αλβίτη. Σε μικρό ποσοστό συμμετέχουν πυρόξεντοι.
- ✓ **S5:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά τον ασβεστίτη, το χαλαζία, το μοντμοριλλονίτη, το χλωρίτη, και τον αλβίτη. Χρωμίτης και μαγνητίτης συμμετέχουν σε μικρό ποσοστό.
- ✓ **S9:** Εδαφικό δείγμα το οποίο παρουσιάζει μεγάλη περιεκτικότητα σε ανθρακικό κλάσμα (ασβεστίτης). Σε μικρότερο ποσοστό, συμμετέχουν χαλαζίας και ιλλίτης.
- ✓ **S16:** Εδαφικό δείγμα με κύρια ορυκτά τον χαλαζία, τον ασβεστίτη, το βερμικουλίτη, τον ιλλίτη, το σερπεντίνη και τον αλβίτη.



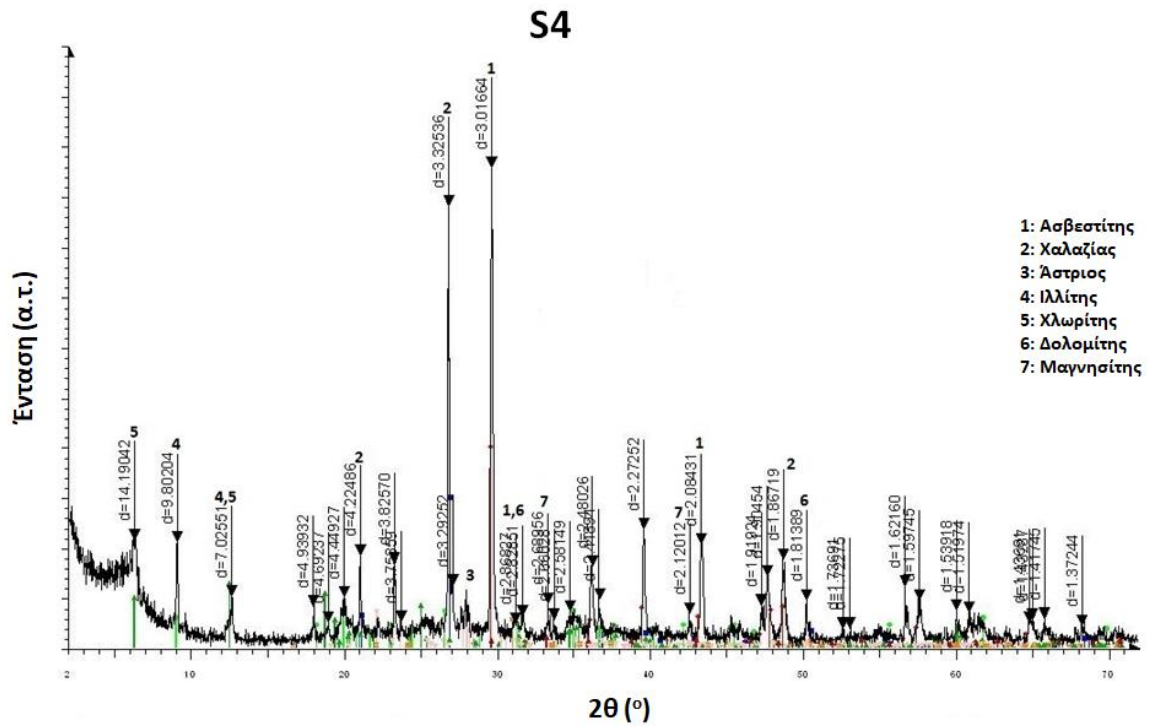
Εικόνα 6.90 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S-RYA-ARD1.



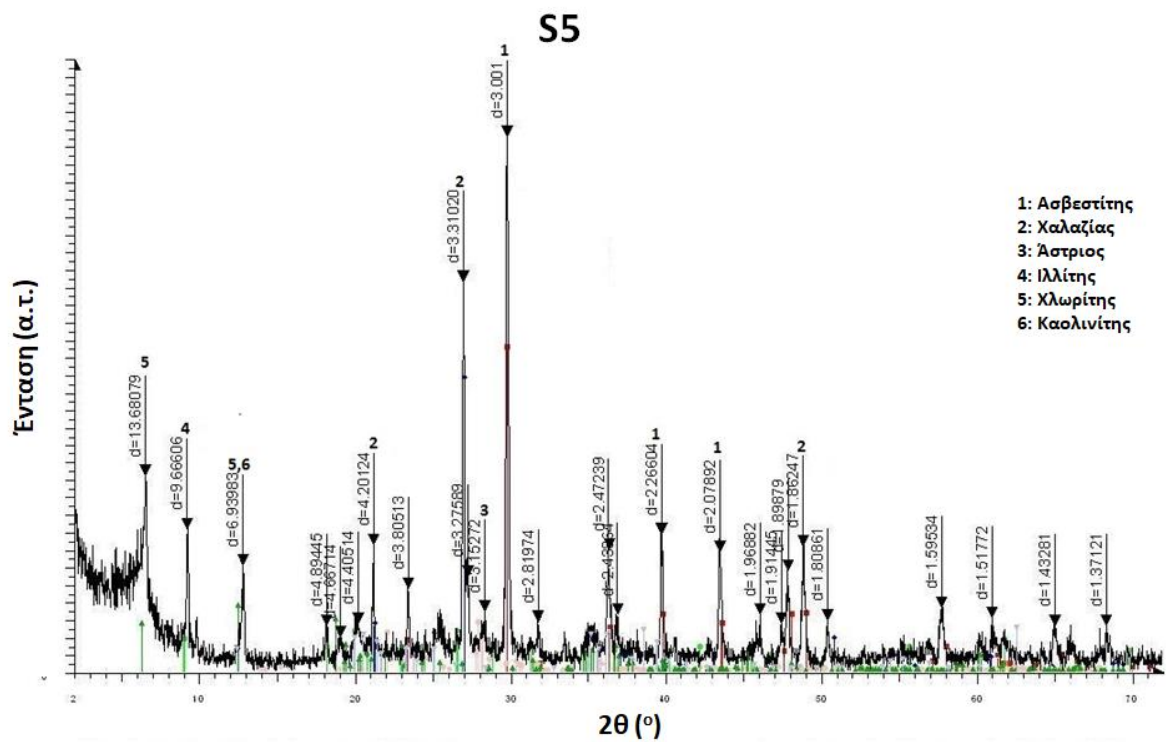
Εικόνα 6.91 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S-RYA-ARD-3A.



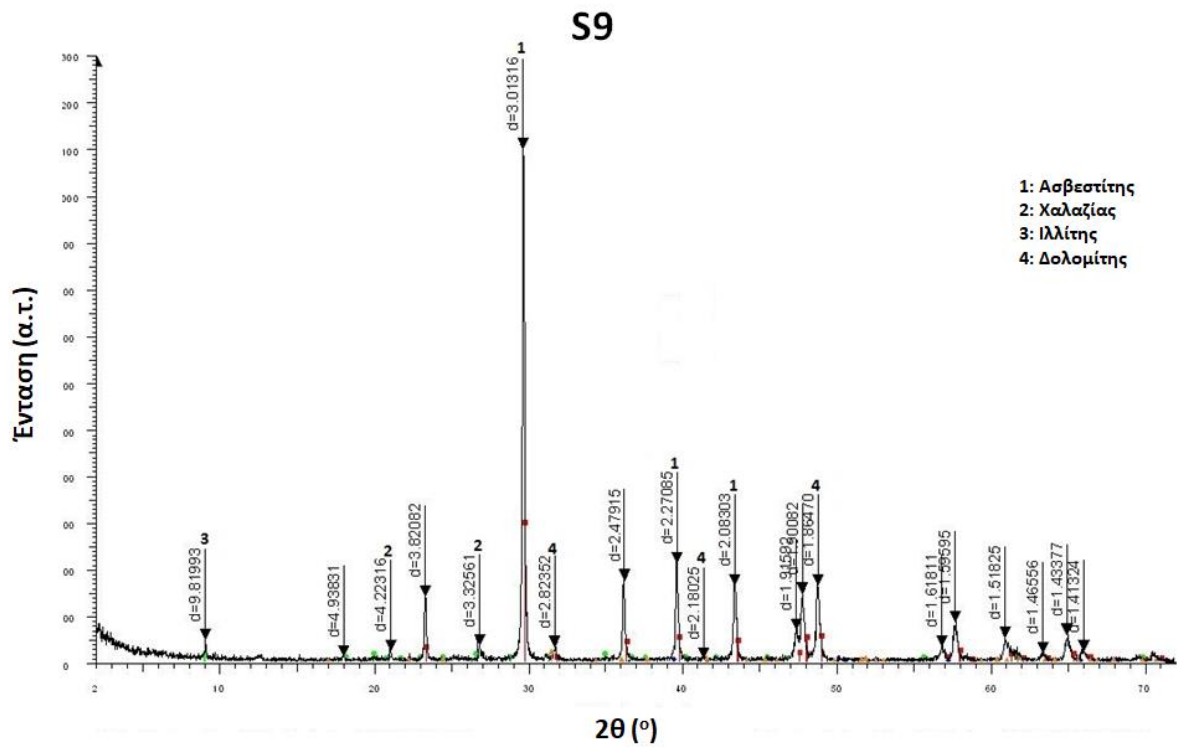
Εικόνα 6.92 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S3.



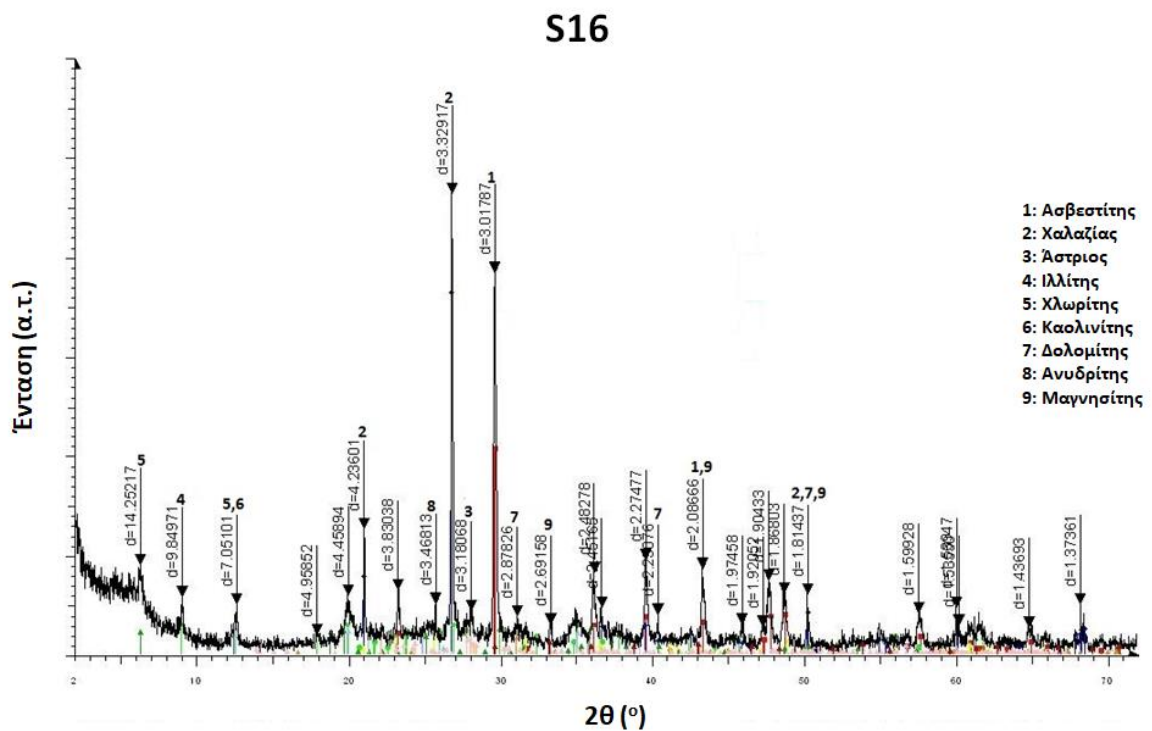
Εικόνα 6.93 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S4.



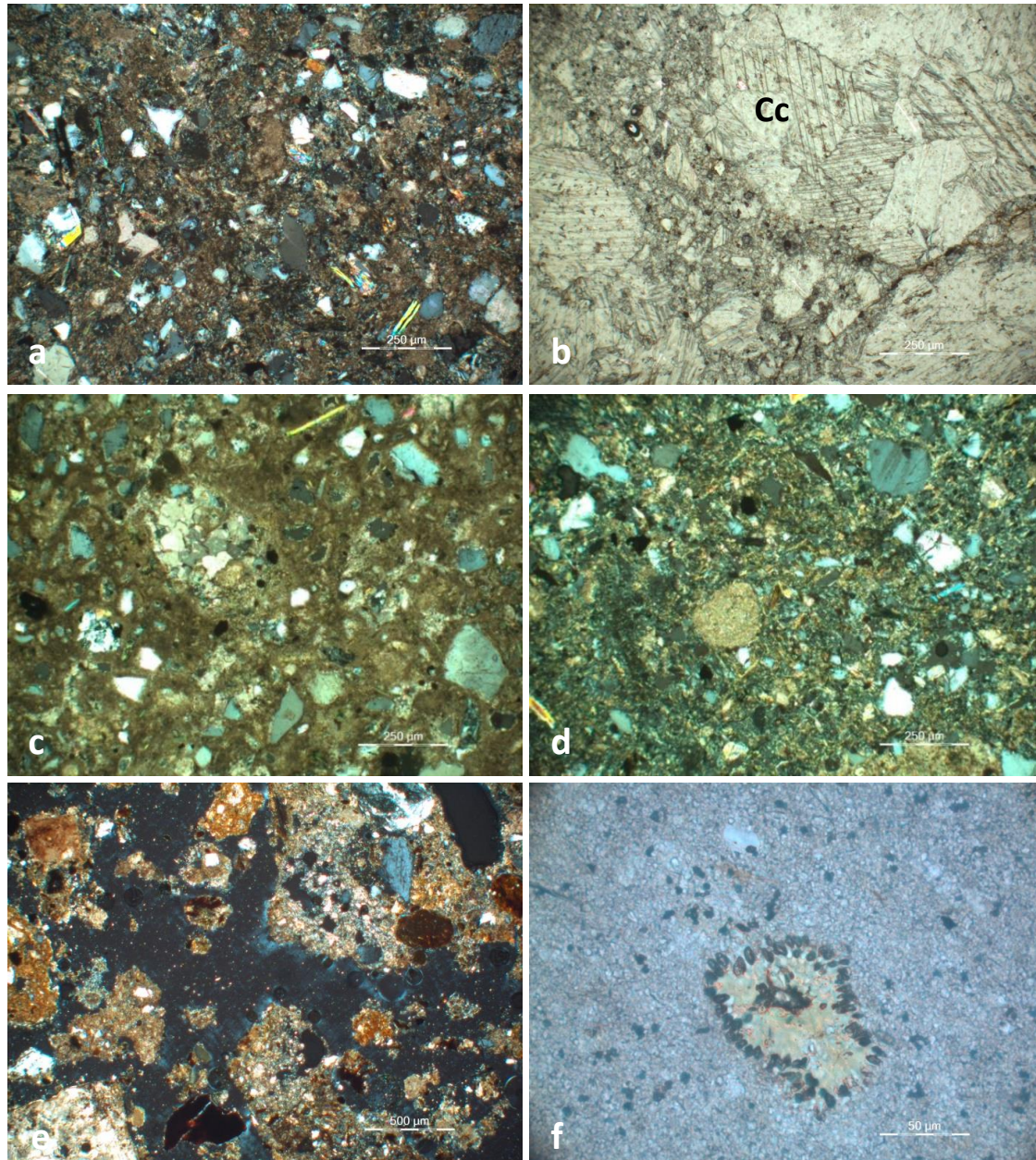
Εικόνα 6.94 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S5.



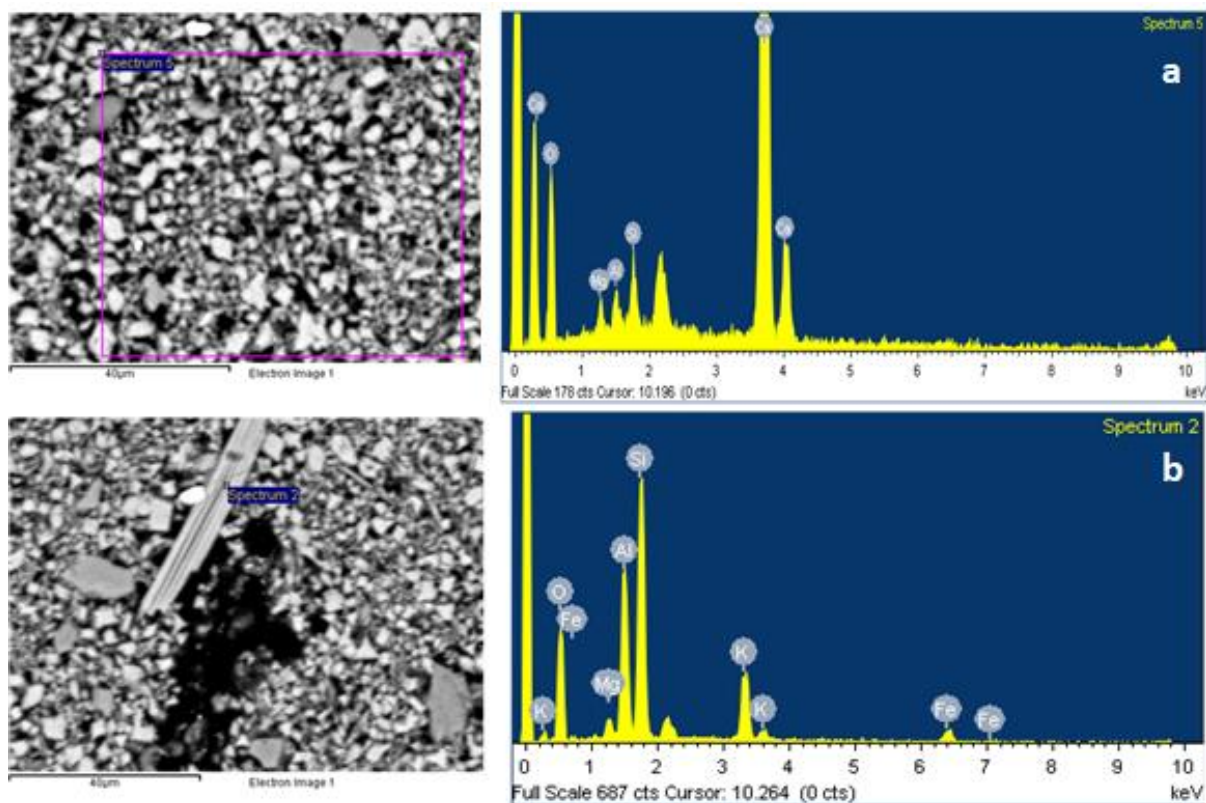
Εικόνα 6.95 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S9.



Εικόνα 6.96 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S16.



Εικόνα 6.97 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολωροειδή *a*: του δείγματος S-RYA-ARD1, στο οποίο διακρίνεται ασβεσίτης, *b*: του δείγματος S3, στο οποίο παρατηρείται ασβεσίτης *c-d*: του δείγματος S-RYA-ARD-3A, στο οποίο διακρίνονται χλωρίτης, χαλαζίας και μεταλλικά ορυκτά *e*: του δείγματος S5, στο οποίο παρατηρούνται μεταλλικά και αργιλικά ορυκτά και *f*: του δείγματος S9, στο οποίο διακρίνονται μεταλλικά ορυκτά μέσα στη μάζα του εδαφικού δείγματος.

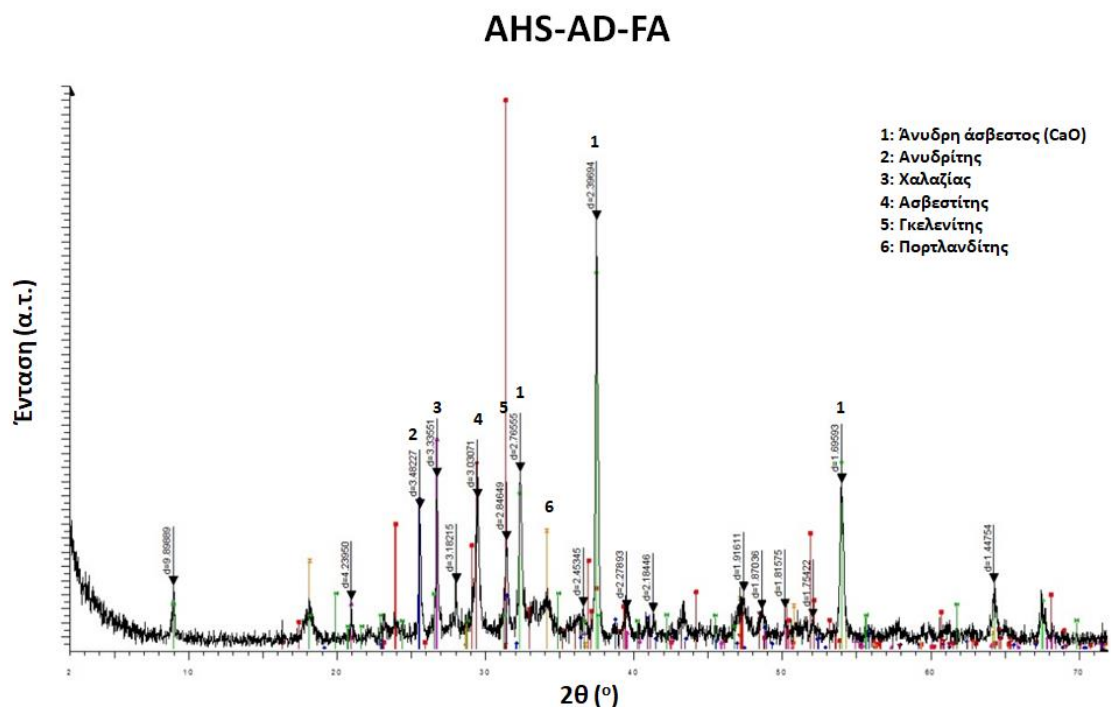


Εικόνα 6.98 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ορυκτών των εδαφικών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας *a*: περιοχής εδαφικού δείγματος (επικρατούν τα στοιχεία Si, Al, Mg, Ca) και *b*: ιλλίτη.

Στη συνέχεια δίνεται μια σύντομη περιγραφή των ορυκτολογικών φάσεων οι οποίες ταυτοποιήθηκαν με τη βοήθεια της περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ (XRD), της οπτικής μικροσκοπίας διερχομένου και ανακλωμένου φωτός, της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης και μικροανάλυσης (SEM/EDS) στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας: AHS-AD-FA, AHS-AD-FA-L, AHS-K-FA, AHS-K-FA-L, BA-AD, BA-K και S7. Από την ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων ταυτοποιήθηκαν οι εξής ορυκτολογικές φάσεις: άνυδρη άσβεστος (CaO), ανυδρίτης, χαλαζίας, ασβεσίτης, γκελενίτης, πορτλανδίτης, ετρινγκίτης, γύψος, χλωρίτης, άστριος, καολινίτης, ιλλίτης και μεταλλικά ορυκτά.

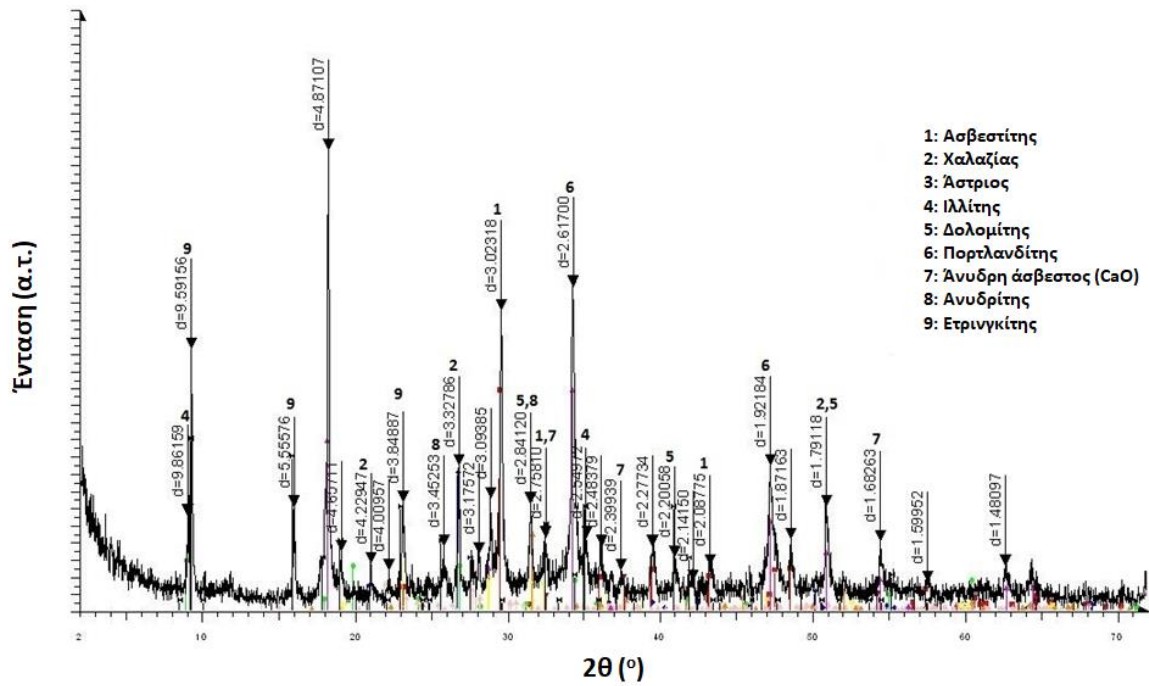
- ✓ **AHS-AD-FA:** Ιπτάμενη τέφρα από τον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου. Οι κύριες ορυκτολογικές φάσεις είναι γκελενίτης, πορτλανδίτης, ανυδρίτης, άνυδρη άσβεστος (CaO), χαλαζίας, ασβεσίτης και μεταλλικά ορυκτά.
- ✓ **AHS-AD-FA-L:** Υγροποιημένη ιπτάμενη τέφρα από τον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου. Αποτελείται από γκελενίτη, ανυδρίτη, άνυδρη άσβεστο (CaO), χαλαζία, ασβεσίτη, πορτλανδίτη, ετρινγκίτη, ιλλίτη, καολινίτη και μεταλλικά ορυκτά.

- ✓ **AHS-K-FA:** Ιπτάμενη τέφρα από τον ΑΗΣ Καρδιάς. Οι κύριες ορυκτολογικές φάσεις είναι γκελενίτης, πορτλανδίτης, ανυδρίτης, άνυδρη άσβεστος (CaO), χαλαζίας, ιλλίτης, καολινίτης και μεταλλικά ορυκτά.
- ✓ **AHS-K-FA-L:** Υγροποιημένη ιπτάμενη τέφρα από τον ΑΗΣ Καρδιάς. Οι κύριες ορυκτολογικές φάσεις είναι γκελενίτης, πορτλανδίτης, ανυδρίτης, άνυδρη άσβεστος (CaO), χαλαζίας, ασβεσίτης, ιλλίτης, καολινίτης, ετρινγκίτης και μεταλλικά ορυκτά.
- ✓ **BA-AD:** Ιπτάμενη τέφρα πυθμένα από τον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου. Οι κύριες ορυκτολογικές φάσεις είναι γκελενίτης, ασβεσίτης, χαλαζίας, ιλλίτης, άστριοι και μεταλλικά ορυκτά.
- ✓ **BA-K:** Ιπτάμενη τέφρα πυθμένα από τον ΑΗΣ Καρδιάς. Οι κύριες ορυκτολογικές φάσεις είναι γκελενίτης, χαλαζίας, ασβεσίτης, ιλλίτης, άστριος, γύψος και μεταλλικά ορυκτά.
- ✓ **S7:** Ιπτάμενη τέφρα, κάτω από τον ταινιόδρομο 723 στο Νότιο Πεδίο (αναμεμιγμένη με εδαφικό υλικό). Αποτελείται από ασβεσίτη, χαλαζία, χλωρίτη, μοντμοριλλονίτη και μεταλλικά ορυκτά.



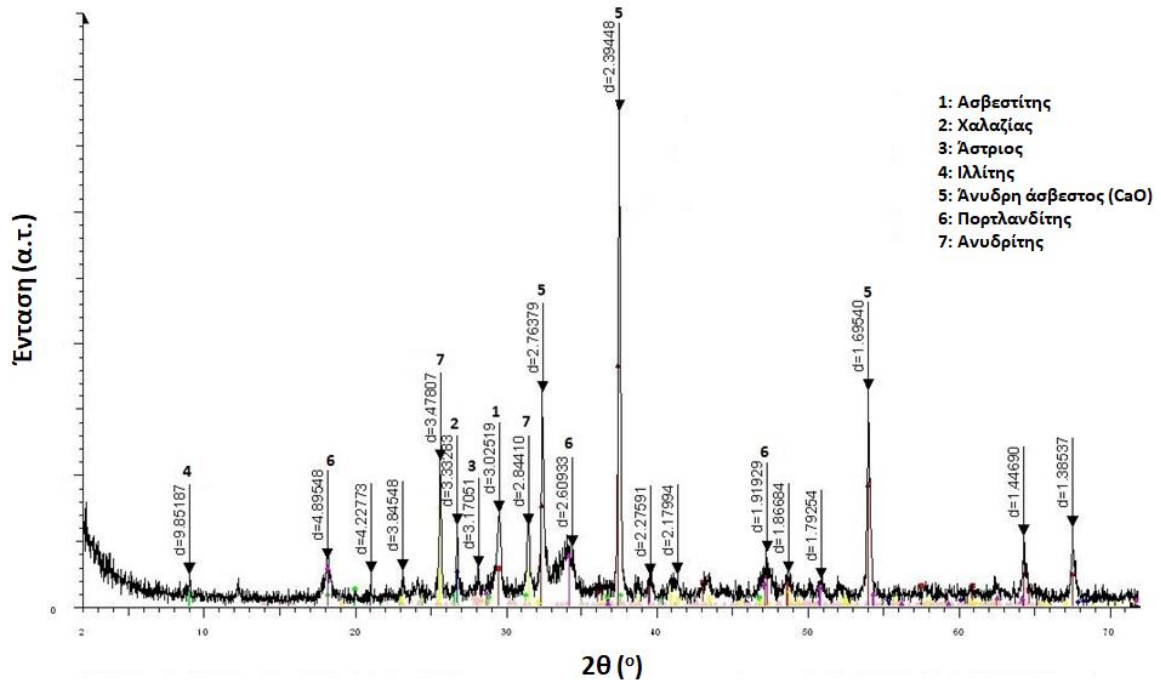
Εικόνα 6.99 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος AHS-AD-FA.

AHS-AD-FA-L

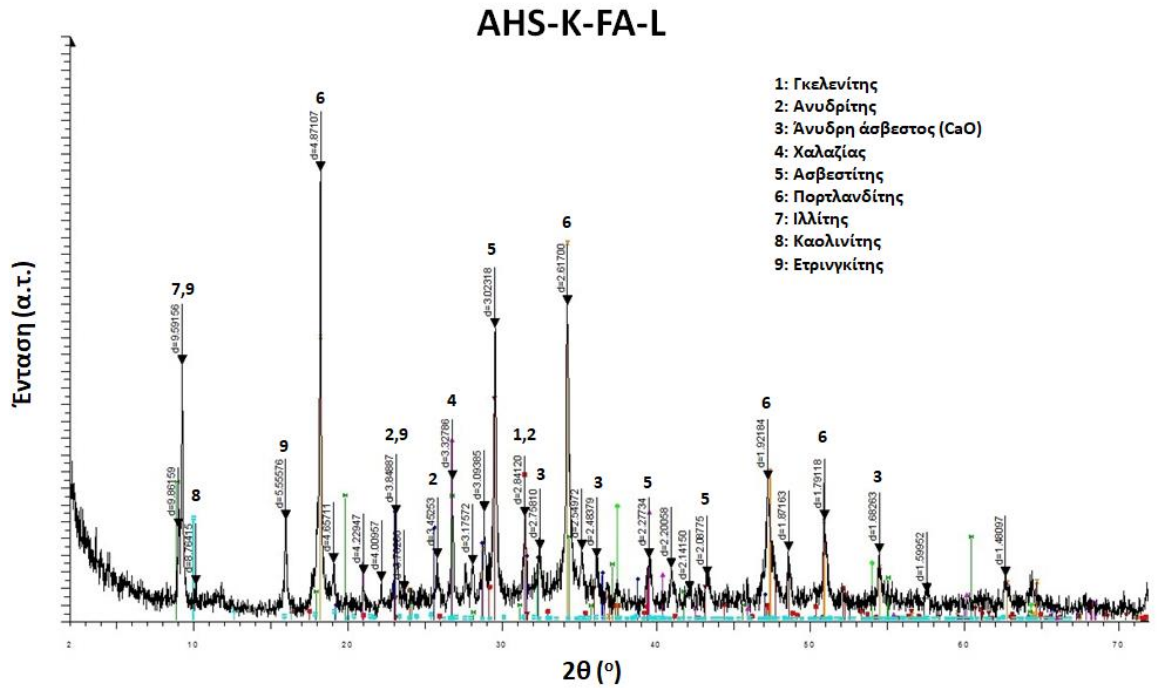


Εικόνα 6.100 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος AHS-AD-FA-L.

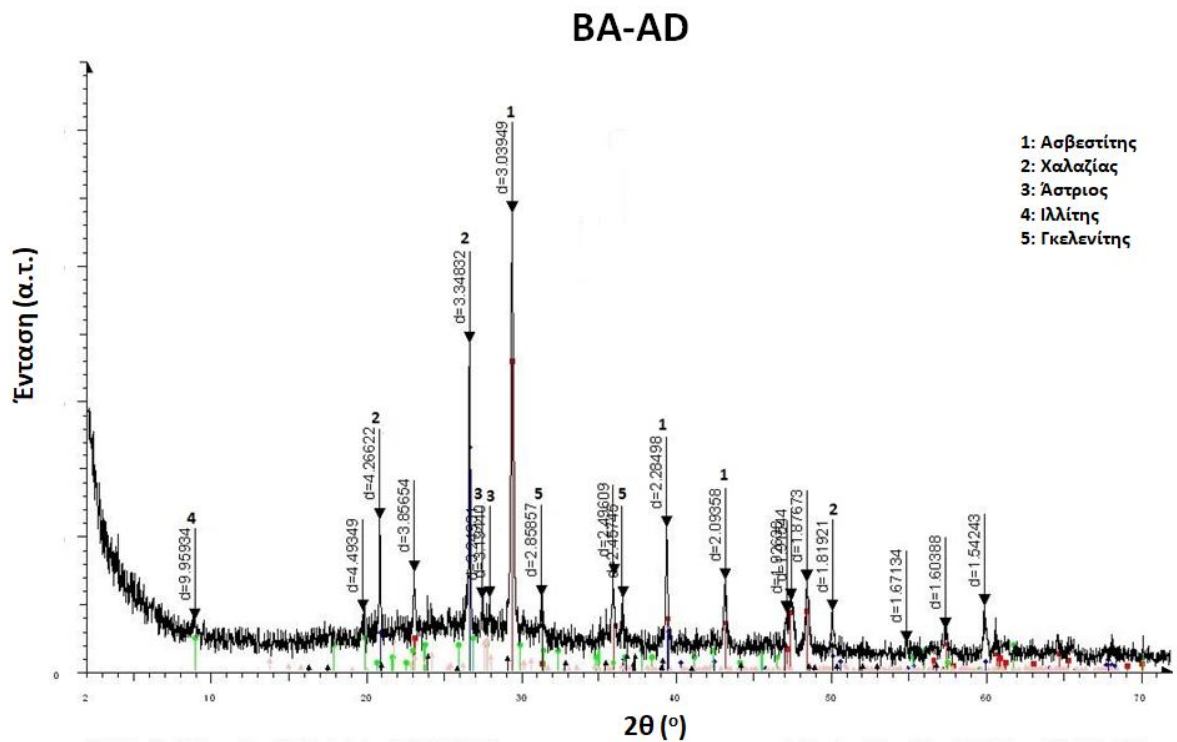
AHS-K-FA



Εικόνα 6.101 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος AHS-K-FA.

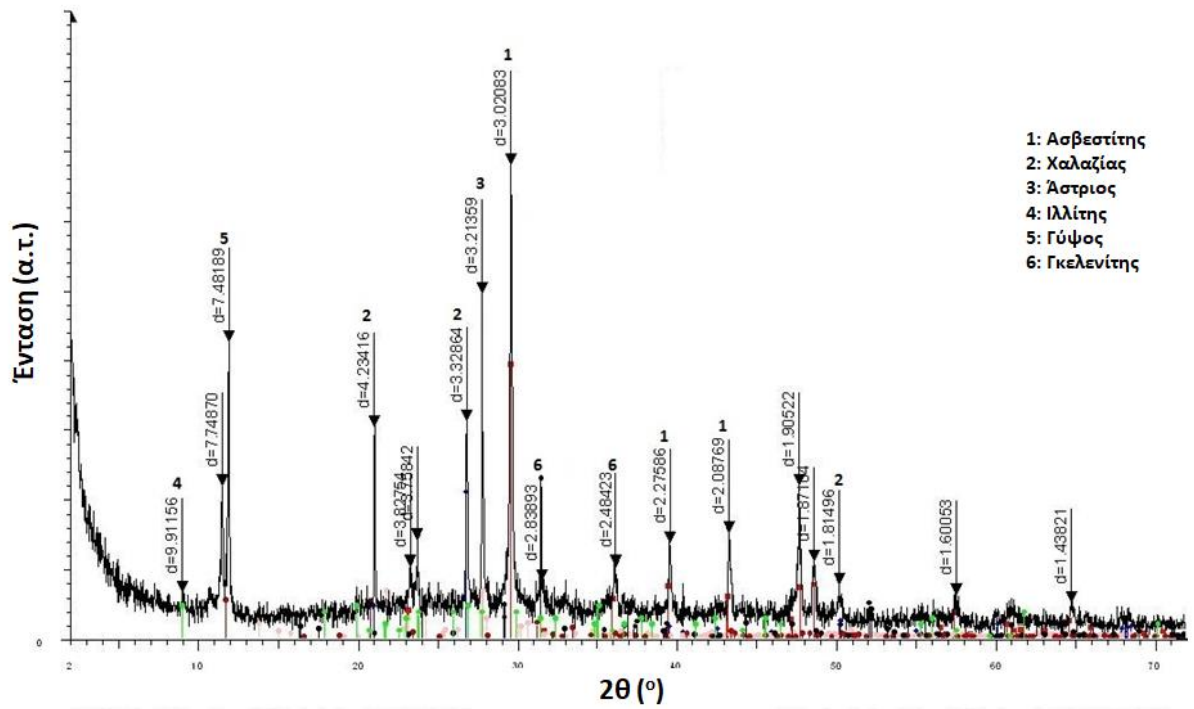


Εικόνα 6.102 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος AHS-K-FA-L.



Εικόνα 6.103 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος BA-AD.

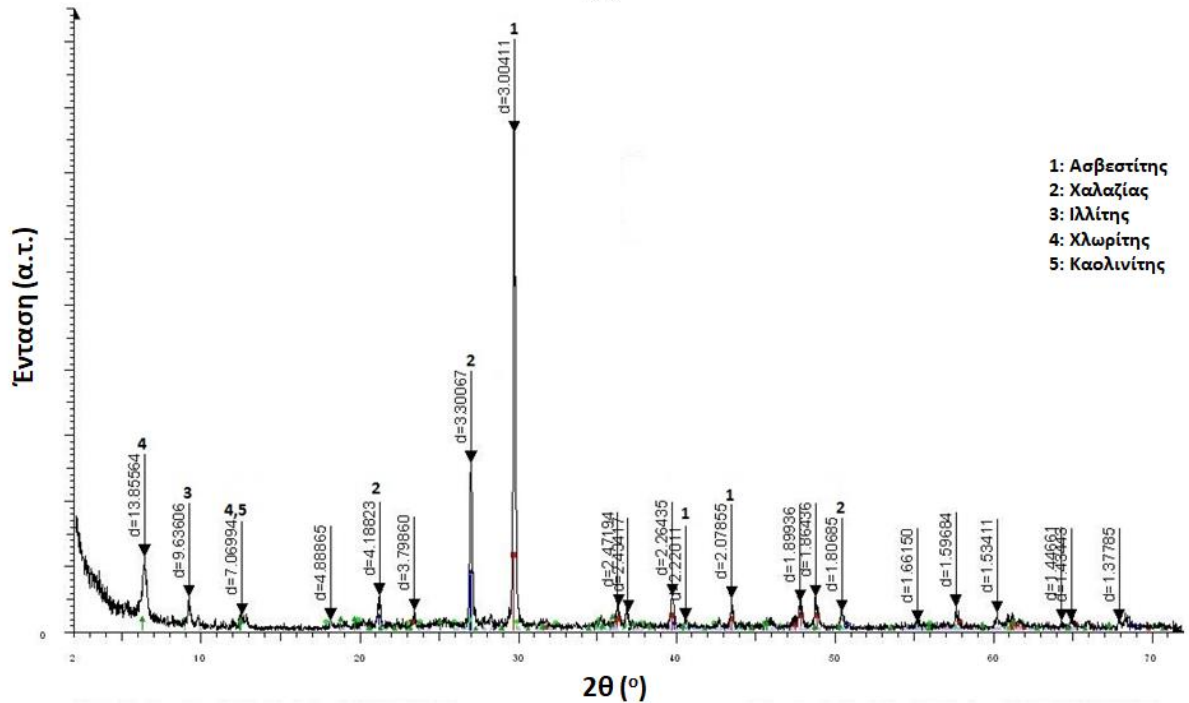
BA-K



- 1: Ασβεστίτης
- 2: Χαλαζίας
- 3: Άστριος
- 4: Ιλλίτης
- 5: Γύψος
- 6: Γκελενίτης

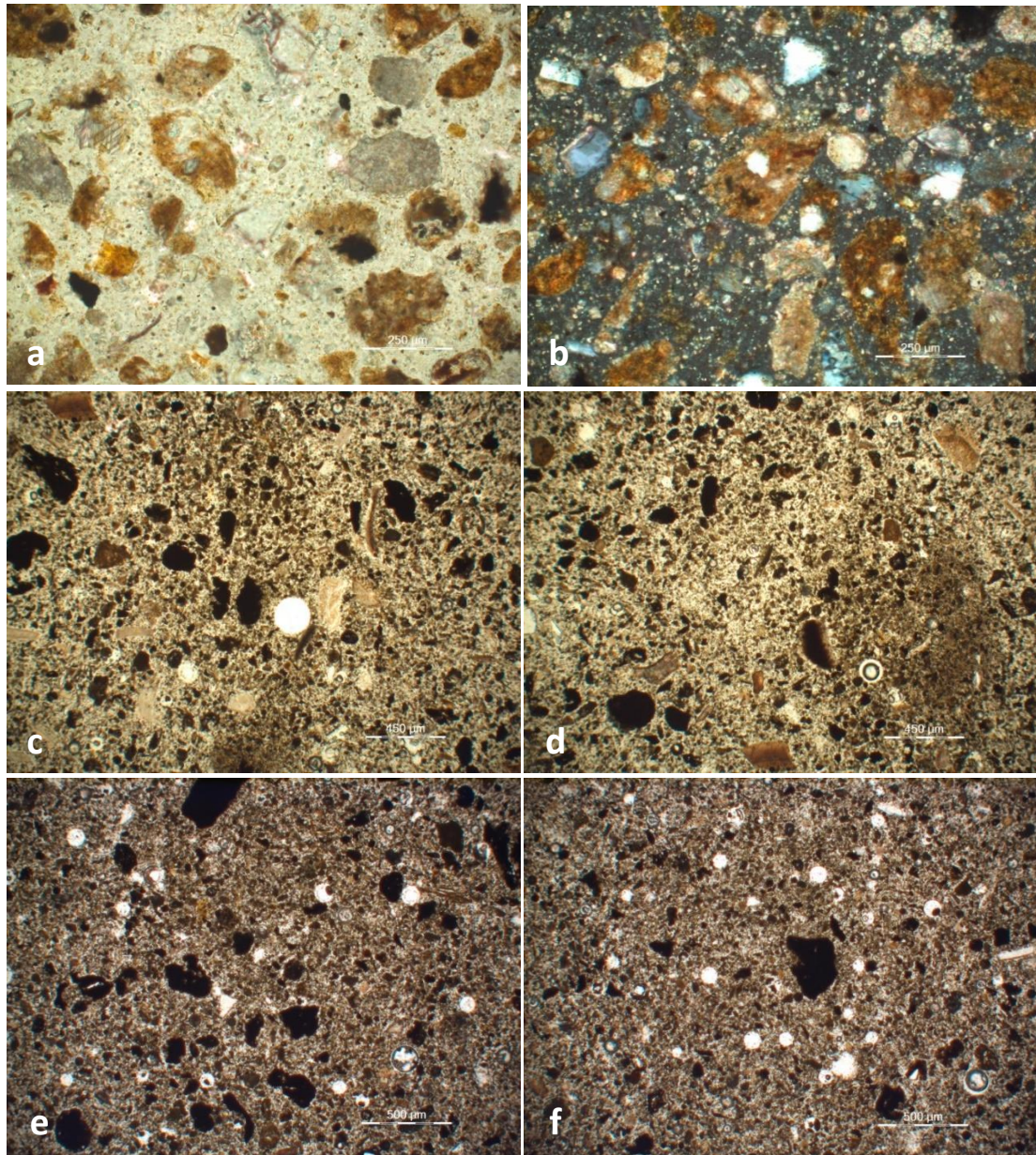
Εικόνα 6.104 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος BA-K.

S7

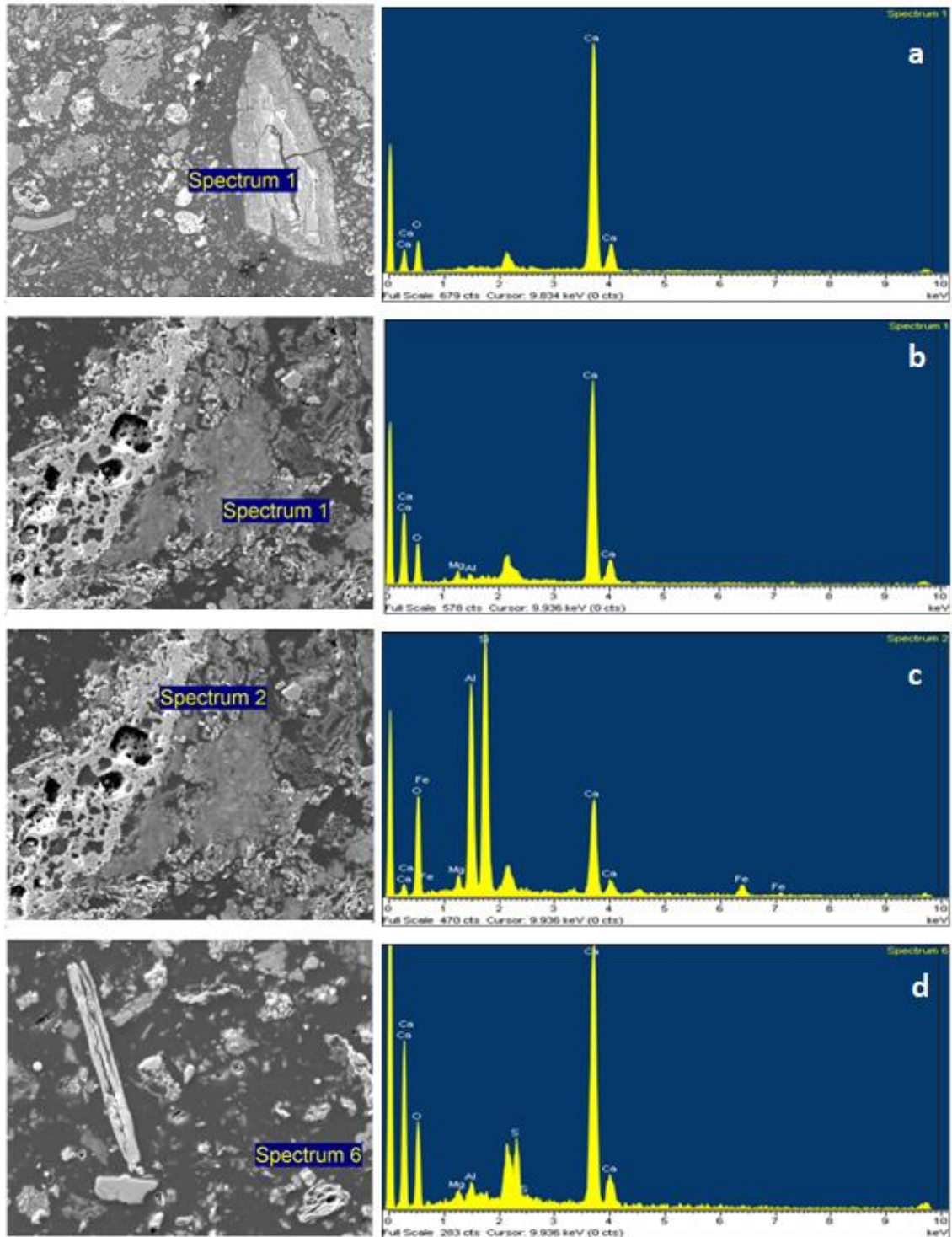


- 1: Ασβεστίτης
- 2: Χαλαζίας
- 3: Ιλλίτης
- 4: Χλωρίτης
- 5: Καολινίτης

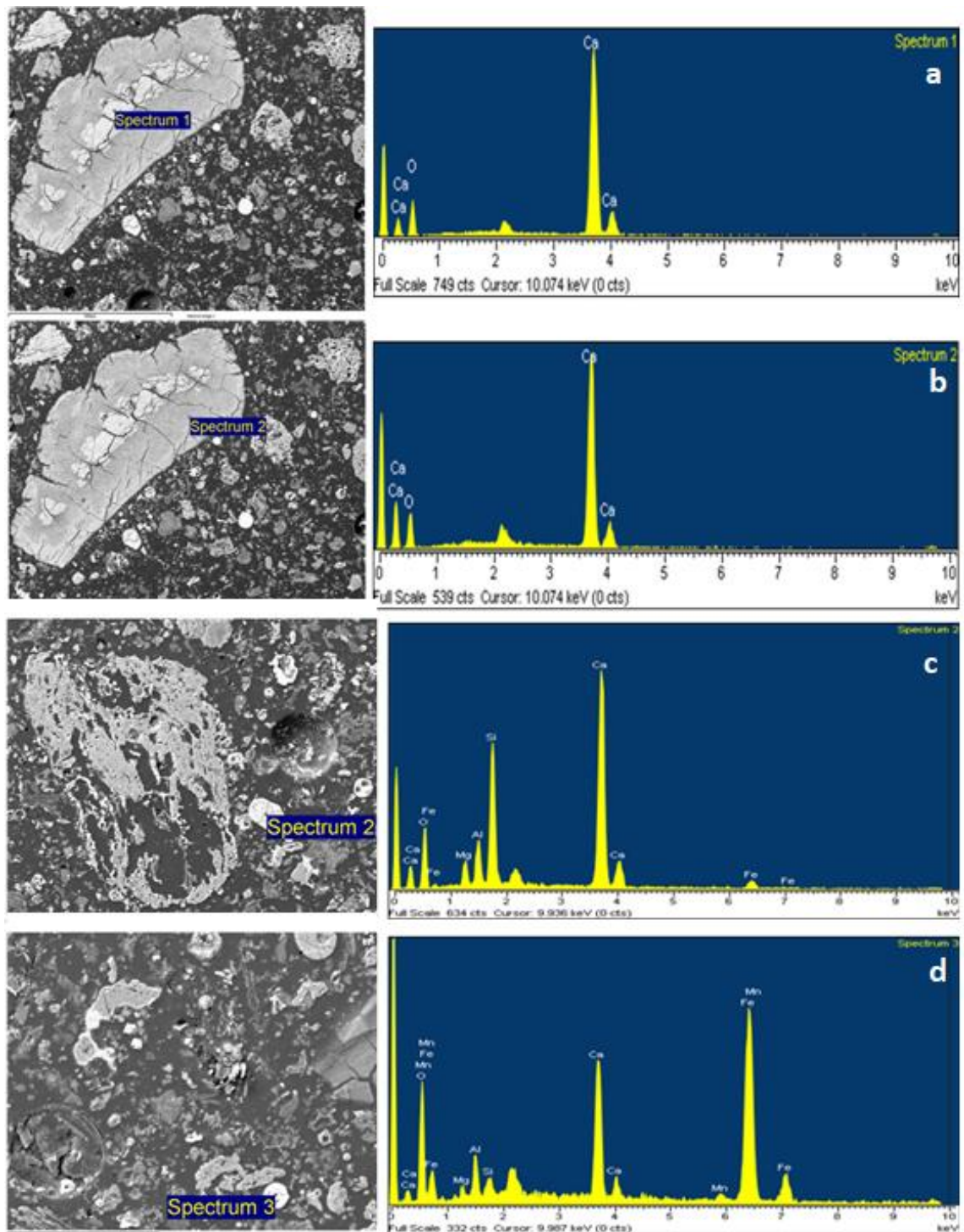
Εικόνα 6.105 - Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ του δείγματος S7.



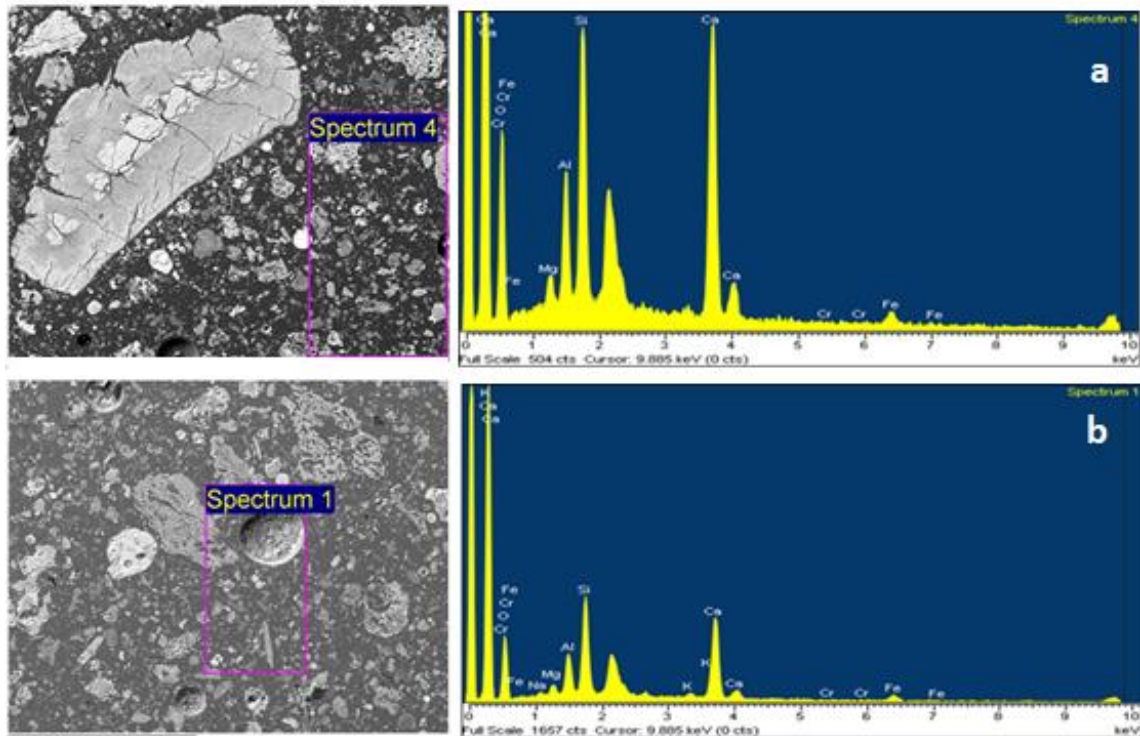
Εικόνα 6.106 - Μικροφωτογραφίες από οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός με κάθετα πολωριδείη α-b: του δείγματος S7. c-d: του δείγματος ιπτάμενης τέφρας του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και e-f: του δείγματος ιπτάμενης τέφρας του ΑΗΣ Καρδιάς.



Εικόνα 6.107 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ανόργανων φάσεων της ιπτάμενης τέφρας της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 6.108 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) ανόργανων φάσεων της ιπτάμενης τέφρας της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 6.109 - Εικόνα οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων (BSE) και τα αντίστοιχα φάσματα διασποράς ενεργειών (EDS) περιοχών της ιπτάμενης τέφρας.

6.3.3 Χημικές αναλύσεις

Στους πίνακες 6.8-6.9 δίνονται οι περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , As , Hg , Cd , Co , Cr , Ni , P , Pb , Sb , U και Zn) των 17 δειγμάτων πετρωμάτων, των 7 εδαφικών δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, και των 7 δειγμάτων ιπτάμενης τέφρας και ιπτάμενης τέφρας πυθμένα από τις αποθέσεις και από τους ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς. Οι μέσες, οι ελάχιστες και οι μέγιστες περιεκτικότητες των προαναφερθέντων στοιχείων παρουσιάζονται στους πίνακες 6.10-6.11 σε σύγκριση με α) δημοσιευμένα στοιχεία από πετρώματα, εδάφη και ιπτάμενη τέφρα από την ευρύτερη περιοχή, β) την τιμή - στόχο και την τιμή παρέμβασης που ορίζει η Ολλανδική λίστα (VROM, 2000) και γ) τη μέση περιεκτικότητά τους στο φλοιό της Γης (Mason and Moore, 1982, Yaroshevsky, 2006). Τα στοιχεία, αυτά, εξετάζονται αναλυτικά καθώς είναι τα πιο σημαντικά για το γεωχημικό χαρακτηρισμό των δειγμάτων και τη διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στην περιοχή μελέτης. Οι πλήρεις χημικές αναλύσεις κάθε δείγματος για όλα τα κύρια στοιχεία, δυνητικά τοξικά και λοιπά ιχνοστοιχεία (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO ,

Ba, Ce, Cr, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zr, As, Bi, Hg, Sb, Se, Tl, Ag, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, P) που προσδιορίστηκαν για τη λεκάνη Σαριγκιόλ παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος VI (Π57-59). Παρ' όλο που το πλήθος των δειγμάτων πετρωμάτων, εδαφών και ιπτάμενης τέφρας που αναλύθηκαν και παρουσιάζονται στη στατιστική επεξεργασία είναι μικρό, συγκριτικά με αντίστοιχες εργασίες της διεθνούς βιβλιογραφίας, η επιλογή τους έγινε με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά των γεωλογικών σχηματισμών που δομούν την περιοχή μελέτης και ως εκ τούτου οι χημικές αναλύσεις να αποτυπώνουν το γεωχημικό περιβάλλον της περιοχής μελέτης. Η ομαδοποίηση των περιεκτικότητων των χαρτών κατανομής που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια έγινε βάσει του εύρους κύμανσης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων κάθε στοιχείου, ώστε να γίνει σαφές – χωρικά - που εντοπίζονται οι υψηλότερες και που οι χαμηλότερες περιεκτικότητές τους.

Η χημική σύσταση των πετρωμάτων, εδαφών και ιπτάμενης τέφρας από τη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας έχει μελετηθεί από διάφορους ερευνητές (Γεωργακόπουλος κ.α., 2002, Petrotou et al., 2012, Kazakis et al., 2017). Στα πετρώματα καταγράφονται υψηλές περιεκτικότητες MgO (έως 39% κ.β.), Fe₂O₃ (έως 25,93% κ.β.), Cr (έως 10201,45 mg kg⁻¹), Ni (έως 3594,4 mg kg⁻¹), Co (έως 233,7 mg kg⁻¹) και As (έως 74 mg kg⁻¹) (Πίνακας 6.10) (Γεωργακόπουλος κ.α., 2002, Kazakis et al., 2017). Τα προαναφερθέντα στοιχεία παρουσιάζονται σε αυξημένες περιεκτικότητες και στα εδάφη της περιοχής (Γεωργακόπουλος κ.α., 2002, Petrotou et al., 2012, Kazakis et al., 2017). Πιο συγκεκριμένα, Cr και As φτάνουν έως 928,3 mg kg⁻¹ και 26,1 mg kg⁻¹, αντίστοιχα (Πίνακας 6.10) (Γεωργακόπουλος κ.α., 2002). Ανάμεσα στα δείγματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής και στα πετρώματα, εδαφικά δείγματα και δείγματα ιπτάμενης τέφρας που έχουν μελετηθεί από τους Γεωργακόπουλος κ.α. (2002), Petrotou et al. (2012) και Kazakis et al. (2017) δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στη σύγκρισή των χημικών αναλύσεών τους (Πίνακες 6.10-6.11).

Πίνακας 6.8 - Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα που συλλέχθηκαν στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Σερπεντινίτης | | | | | | | | | | Ασβεστόλιθος | Φλύσχις | Σχιστόλιθος | | | Κροκαλοπαγές | |
|--------------------------------|---------------------|---------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------------|---------|-------------|---------|--------|--------------|---------|
| | | UMR1 | UMR5 | UMR6 | UMR9 | UMR10 | UMR11 | UMR12 | UMR13 | UMR15 | UMR18 | UMR2 | R7 | UMR46 | UMR17 | UMR8 | UMR14 | UMR45 |
| SiO ₂ | % | 32,55 | 39,53 | 39,15 | 52,96 | 51,96 | 51,23 | 29,13 | 53,76 | 51,85 | 41,07 | 0,57 | 45,05 | 39,2 | 47,44 | 51,44 | 37,53 | 9,98 |
| Al ₂ O ₃ | % | 0,5 | 0,72 | 0,48 | 2,96 | 2,89 | 3,98 | 17,84 | 1,94 | 2,75 | 0,43 | 0,12 | 14,02 | 12,3 | 14,4 | 3,73 | 1,28 | 1,77 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 5,64 | 8,13 | 8,75 | 5,93 | 5,89 | 5,63 | 15,86 | 5,43 | 5,93 | 7,94 | 0,16 | 7,99 | 7,8 | 13,53 | 5,64 | 25,93 | 5,34 |
| CaO | % | 10,37 | 0,2 | 0,09 | 10,53 | 9,98 | 9,54 | 19,13 | 11,66 | 9,86 | 0,45 | 54,14 | 9,83 | 9,5 | 8,02 | 9,66 | 2,44 | 43,59 |
| MgO | % | 31,25 | 38,27 | 38,43 | 23,74 | 23,67 | 24,87 | 4,42 | 22,99 | 24,07 | 36,65 | 0,64 | 4,02 | 8,65 | 4,92 | 24,67 | 22,43 | 3,92 |
| Na ₂ O | % | 0,02 | <OA | <OA | 0,29 | 0,3 | 0,23 | 0,02 | 0,38 | 0,29 | <OA | 0,18 | 0,4 | 2,25 | 3,97 | 0,22 | <OA | 0,39 |
| K ₂ O | % | <OA | <OA | <OA | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,63 | 0,1 | 0,1 | 0,01 | 0,16 | 1,9 | 1,6 | 0,88 | 0,06 | <OA | 0,03 |
| TiO ₂ | % | 0,02 | <OA | <OA | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 3,03 | 0,04 | 0,03 | <OA | 0,05 | 0,45 | 3,2 | 2,78 | 0,03 | 0,01 | 0,09 |
| MnO | % | 0,11 | 0,04 | 0,09 | 0,2 | 0,2 | 0,15 | 0,24 | 0,17 | 0,18 | 0,12 | <OA | 0,07 | 0,18 | 0,18 | 0,12 | 0,13 | 0,05 |
| As | mg kg ⁻¹ | <OA | 74 | <OA | 1,9 | <OA | <OA | 4,6 | 1,40 | 4,5 | 0,8 | <OA | <OA | <OA | 5,7 | 1,3 | 5,9 | 3,4 |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0,2 | <OA | <OA | 0,7 | <OA | <OA | 0,3 | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | 0,2 | <OA | <OA | 0,3 |
| Co | mg kg ⁻¹ | 91,1 | 98,9 | 110,5 | 60,4 | 58,7 | 43,6 | 54,3 | 59 | 34,9 | 127,1 | 35 | 46,2 | 46 | 44,5 | 55,3 | 233,7 | 42 |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 2771,02 | 2757,33 | 3578,38 | 1888,4 | 1457,35 | 1347,88 | 410,52 | 1559,98 | 1361,56 | 2230,5 | 6,84 | 307,89 | 6,84 | 47,89 | 1286,3 | 10201,45 | 2333,13 |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 10,4 | 3,3 | 7,4 | 5,9 | 3,6 | 3,5 | 55,7 | 5,3 | 5,6 | 10,2 | 3,4 | 3,5 | 3,3 | 87,9 | 1,1 | 19,6 | 10,5 |
| Hg | mg kg ⁻¹ | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | 0,01 | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 1960,10 | 2333,4 | 2357,1 | 390,3 | 288,3 | 254,6 | 106 | 353,3 | 456 | 2642,6 | 400,4 | 366,5 | 245,9 | 32,8 | 407,5 | 3594,4 | 273,5 |
| P | mg kg ⁻¹ | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | 2793,09 | <OA | <OA | 87,28 | 248,76 | 436,42 | 2182,11 | 1789,33 | <OA | <OA | 174,57 |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 4,2 | 0,2 | <OA | 30,3 | 3,5 | 4 | 10 | 1,3 | 2,2 | <OA | 3,2 | 3,2 | 4,6 | 6,1 | 0,3 | 0,4 | 0,2 |
| Sb | mg kg ⁻¹ | <OA | 1,9 | <OA | 0,1 | <OA | <OA | 0,4 | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | 0,2 | <OA | <OA | 0,2 |
| U | mg kg ⁻¹ | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | <OA | 1,2 | <OA | <OA | 0,5 | <OA | <OA | <OA | 0,8 | <OA | 0,2 | <OA |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 40 | 18 | 26 | 161 | 23 | 27 | 150 | 11 | 27 | 37 | 25 | 25 | 14 | 108 | 14 | 32 | 6 |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

Πίνακας 6.9 - Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα δείγματα εδαφών και ιπτάμενης τέφρας στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής.

| Παράμετρος | Μονάδες | Εδαφικά | | | | | | | Ιπτάμενη τέφρα | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|-------------|----------|--------|---------|-------|--------|---------|----------------|-----------|------------|----------|--------|--------|--------|
| | | S-RYA-ARD-1 | S-RYA-3A | S3 | S4 | S5 | S9 | S16 | AHS-AD-FA-L | AHS-AD-FA | AHS-K-FA-L | AHS-K-FA | BA-AD | BA-K | S7 |
| SiO ₂ | % | 41,18 | 39,32 | 38,29 | 30,54 | 31,86 | 4,02 | 34,01 | 16,59 | 23,57 | 17,15 | 17,95 | 25,61 | 24,45 | 34,22 |
| Al ₂ O ₃ | % | 10,08 | 9,95 | 9,19 | 9,13 | 9,69 | 1,23 | 9,88 | 6,98 | 9,5 | 7,2 | 8,09 | 9,88 | 9,83 | 8,99 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 7,8 | 6,79 | 4,78 | 4,27 | 4,89 | 0,85 | 4,61 | 2,87 | 3,76 | 2,91 | 4,88 | 3,09 | 3,32 | 4,69 |
| CaO | % | 10,37 | 13,75 | 17,3 | 21,45 | 20,32 | 48,37 | 17,75 | 40,66 | 44,42 | 40,3 | 52,42 | 17,18 | 21,37 | 24 |
| MgO | % | 9,59 | 7,12 | 2,97 | 2,86 | 3,13 | 1,55 | 3,14 | 1,99 | 2,63 | 1,45 | 3,17 | 2,04 | 1,84 | 2,68 |
| Na ₂ O | % | 0,96 | 0,79 | 0,48 | 0,36 | 0,34 | 0,04 | 0,41 | 0,25 | 0,35 | 0,29 | 0,2 | 0,29 | 0,25 | 0,19 |
| K ₂ O | % | 1,34 | 1,32 | 1,14 | 1,24 | 1,24 | 0,16 | 1,48 | 0,57 | 0,78 | 0,44 | 0,61 | 0,77 | 0,76 | 1,13 |
| TiO ₂ | % | 0,82 | 0,77 | 0,44 | 0,47 | 0,49 | 0,06 | 0,5 | 0,34 | 0,46 | 0,45 | 0,37 | 0,48 | 0,39 | 0,47 |
| MnO | % | 0,17 | 0,15 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,02 | 0,04 | 0,1 |
| As | mg kg ⁻¹ | 24,9 | 15,2 | 8,2 | 3,8 | 5,7 | 0,8 | 3,8 | 9,4 | 12 | 13 | 21,4 | 5,6 | 8,4 | 9,2 |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | <OA | 0,4 | 0,7 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,5 |
| Co | mg kg ⁻¹ | 59,5 | 45,2 | 30,9 | 21,8 | 25,5 | 3,8 | 24,2 | 12,1 | 15,7 | 16,4 | 17,6 | 15,4 | 12,7 | 26,8 |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 656,83 | 588,41 | 697,89 | 321,57 | 342,1 | 61,58 | 410,52 | 150,52 | 225,79 | 225,79 | 157,37 | 232,63 | 150,52 | 465,26 |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 37,2 | 29,8 | 23 | 27,9 | 27 | 3,8 | 31,5 | 22,6 | 32,1 | 26,2 | 25,1 | 27 | 22,2 | 24,2 |
| Hg | mg kg ⁻¹ | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | <OA | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 540,5 | 426,7 | 352,3 | 216 | 253,6 | 32,5 | 242,7 | 112,6 | 163,9 | 156,6 | 198,1 | 144,5 | 95,2 | 244,7 |
| P | mg kg ⁻¹ | 1178,34 | 1047,41 | 523,71 | 1047,41 | 829,2 | 130,93 | 1221,98 | 698,27 | 916,48 | 654,63 | 916,48 | 610,99 | 436,42 | 523,71 |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 14,2 | 14,5 | 12,1 | 14,6 | 15,7 | 1,6 | 15,9 | 13,3 | 17,1 | 16,9 | 12,1 | 11,8 | 8,7 | 13,9 |
| Sb | mg kg ⁻¹ | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | <OA | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 0,3 |
| U | mg kg ⁻¹ | 1,4 | 1,5 | 5,6 | 1,8 | 1,8 | 0,5 | 2,1 | 14,2 | 18,5 | 17,6 | 21,7 | 11,6 | 9,8 | 7,6 |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 67 | 57 | 43 | 46 | 51 | 6 | 49 | 30 | 40 | 38 | 26 | 35 | 30 | 44 |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

Πίνακας 6.10 - Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και εδάφη στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Πετρώματα | | | | | Εδαφικά | | | | | Ολλανδική λίστα (VROM, 2000) | | Μέση περιεκτικότητα στο Γήινο φλοιό | |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------|--------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------|--------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------------------|--------------------|
| | | Διδακτορική διατριβή (N=17) | | | Βιβλιογραφία | | Διδακτορική διατριβή (N=7) | | | Βιβλιογραφία | | | | | |
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Kazakis et al., (2017) | Γεωργακόπουλος κ.α. (2002)** | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Kazakis et al., (2017)* | Petrotou et al., (2012)* | Γεωργακόπουλος κ.α. (2002) | Τιμή στόχος | | Τιμή παρέμβασης |
| SiO ₂ | % | 39,67 | 0,57 | 53,76 | 0,1-40,9 | ΜΔ | 31,32 | 4,02 | 41,18 | 39 | ΜΔ | ΜΔ | | | 53,54 ^a |
| Al ₂ O ₃ | % | 4,83 | 0,12 | 17,84 | <OA-1,5 | ΜΔ | 8,45 | 1,23 | 10,08 | 9,5 | 11,45 | ΜΔ | | | 15,87 ^a |
| Fe ₂ O ₃ | % | 8,32 | 0,16 | 25,93 | <OA-8,7 | ΜΔ | 4,86 | 0,85 | 7,8 | 5,5 | 7,48 | ΜΔ | | | 1,11 ^a |
| CaO | % | 12,88 | 0,09 | 54,14 | 0,1-54,8 | ΜΔ | 21,33 | 10,37 | 48,37 | 14,5 | 11,35 | ΜΔ | | | 9,41 ^a |
| MgO | % | 19,86 | 0,64 | 38,43 | 0,7-39 | ΜΔ | 4,34 | 1,55 | 9,59 | 6,2 | 3,95 | ΜΔ | | | 5,44 ^a |
| Na ₂ O | % | 0,53 | <OA | 3,97 | <OA | ΜΔ | 0,48 | 0,04 | 0,96 | 0,6 | 0,63 | ΜΔ | | | 2,66 ^a |
| K ₂ O | % | 0,36 | <OA | 1,9 | <OA-0,1 | ΜΔ | 1,13 | 0,16 | 1,48 | 1,4 | 1,6 | ΜΔ | | | 1,09 ^a |
| TiO ₂ | % | 0,65 | <OA | 3,2 | <OA-0,1 | ΜΔ | 0,51 | 0,06 | 0,82 | 0,6 | 0,53 | ΜΔ | | | 0,97 ^a |
| MnO | % | 0,13 | <OA | 0,24 | <OA-0,1 | ΜΔ | 0,09 | 0,02 | 0,17 | 0,11 | 0,13 | ΜΔ | | | 0,16 ^a |
| As | mg kg ⁻¹ | 6,09 | <OA | 74 | 3-11 | 4 | 8,91 | 0,8 | 24,9 | 13,6 | 15,1 | 9,9-26,1 | 29 | 55 | 1,8 ^b |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0,1 | <OA | 0,7 | <OA | 0,4 | 0,31 | <OA | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5-1,1 | 0,8 | 12 | 0,2 ^b |
| Co | mg kg ⁻¹ | 73,01 | 34,9 | 233,7 | 1-144 | 126,1 | 30,13 | 3,8 | 59,5 | 34,3 | 21,9 | 10,6-53,2 | 9 | 240 | 25 ^b |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 1973,72 | 6,84 | 10201,45 | 3-3560 | 2682,6 | 439,84 | 61,58 | 697,89 | 633,5 | 345,8 | 35,3-928,7 | 100 | 380 | 100 ^b |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 14,13 | 1,1 | 87,9 | 1-27 | 8,1 | 25,74 | 3,8 | 37,2 | 28,2 | 36,9 | 23,8-43 | 36 | 190 | 55 ^b |
| Hg | mg kg ⁻¹ | ΔΥ | <OA | 0,01 | <OA | ΜΔ | 0,02 | <OA | 0,03 | <OA | ΜΔ | ΜΔ | 0,3 | 10 | 0,08 ^b |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 968,39 | 32,8 | 3594,4 | 1-2230 | 1263,6 | 294,9 | 32,5 | 540,5 | 372,5 | 286,8 | 25,3-913,8 | 35 | 210 | 75 ^b |
| P | mg kg ⁻¹ | 453,62 | <OA | 2793,09 | <OA | ΜΔ | 854,14 | 130,93 | 1221,98 | 872,84 | 800 | ΜΔ | | | 829 ^a |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 4,37 | <OA | 30,3 | <OA | 1,8 | 12,66 | 1,6 | 15,9 | 14,8 | 17,2 | 19,8-49 | 85 | 530 | 13 ^b |
| Sb | mg kg ⁻¹ | 0,56 | 0,1 | 1,9 | <OA-1,1 | 0,3 | 0,22 | 0,1 | 0,5 | 1,1 | 0,7 | 0,2-2,6 | 3 | 15 | 0,2 ^b |
| U | mg kg ⁻¹ | ΔΥ | <OA | 1,2 | <OA-1,3 | 0,2 | 2,1 | 0,5 | 5,6 | 2,4 | 2 | 1,4-5,5 | | | 1,8 ^b |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 43,76 | 6 | 161 | 1-47 | 187,1 | 45,57 | 6 | 67 | 70,6 | 80 | 88,8-255,3 | 140 | 720 | 70 ^b |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

ΜΔ: Μη Διαθέσιμο

*: Μέση περιεκτικότητα

** : Υπερβασικά πετρώματα

a: Yaroshevsky (2006)

b: Mason and Moore (1982)

Πίνακας 6.11 - Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λουτών ιχνοστοιχείων σε δείγματα ιπτάμενης τέφρας στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Ιπτάμενη τέφρα | | | | |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------|--------------|-------------------------|----------------------------|
| | | Διδακτορική διατριβή (N=7) | | | Βιβλιογραφία | |
| | | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Kazakis et al., (2017)* | Γεωργακόπουλος κ.α. (2002) |
| SiO ₂ | % | 22,79 | 16,59 | 34,22 | 25,7 | ΜΔ |
| Al ₂ O ₃ | % | 8,64 | 6,98 | 9,88 | 10,7 | ΜΔ |
| Fe ₂ O ₃ | % | 3,65 | 2,87 | 4,88 | 4,3 | ΜΔ |
| CaO | % | 34,34 | 17,18 | 52,42 | 25,3 | ΜΔ |
| MgO | % | 2,26 | 1,45 | 3,17 | 3,6 | ΜΔ |
| Na ₂ O | % | 0,26 | 0,19 | 0,35 | 0,3 | ΜΔ |
| K ₂ O | % | 0,72 | 0,44 | 1,13 | 0,8 | ΜΔ |
| TiO ₂ | % | 0,42 | 0,34 | 0,48 | 0,5 | ΜΔ |
| MnO | % | 0,05 | 0,02 | 0,1 | <ΟΑ | ΜΔ |
| As | mg kg ⁻¹ | 11,29 | 5,6 | 21,4 | 22 | 27,7 |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0,57 | 0,2 | 0,9 | 0,9 | 1,1 |
| Co | mg kg ⁻¹ | 16,67 | 12,1 | 26,8 | 24 | 27,7 |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 229,7 | 150,52 | 465,26 | 384,3 | 339,9 |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 25,63 | 22,2 | 32,1 | 34,3 | 60,9 |
| Hg | mg kg ⁻¹ | 0,02 | 0,01 | 0,05 | <ΟΑ | ΜΔ |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 159,37 | 95,2 | 244,7 | 322,7 | 332,4 |
| P | mg kg ⁻¹ | 679,57 | 436,42 | 916,48 | 1309,26 | ΜΔ |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 13,40 | 8,7 | 17,1 | 18,7 | 30,6 |
| Sb | mg kg ⁻¹ | 0,41 | 0,2 | 0,7 | 1,6 | 1,2 |
| U | mg kg ⁻¹ | 14,43 | 7,6 | 21,7 | 28,7 | 35,3 |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 34,71 | 26 | 44 | 62 | 249,1 |

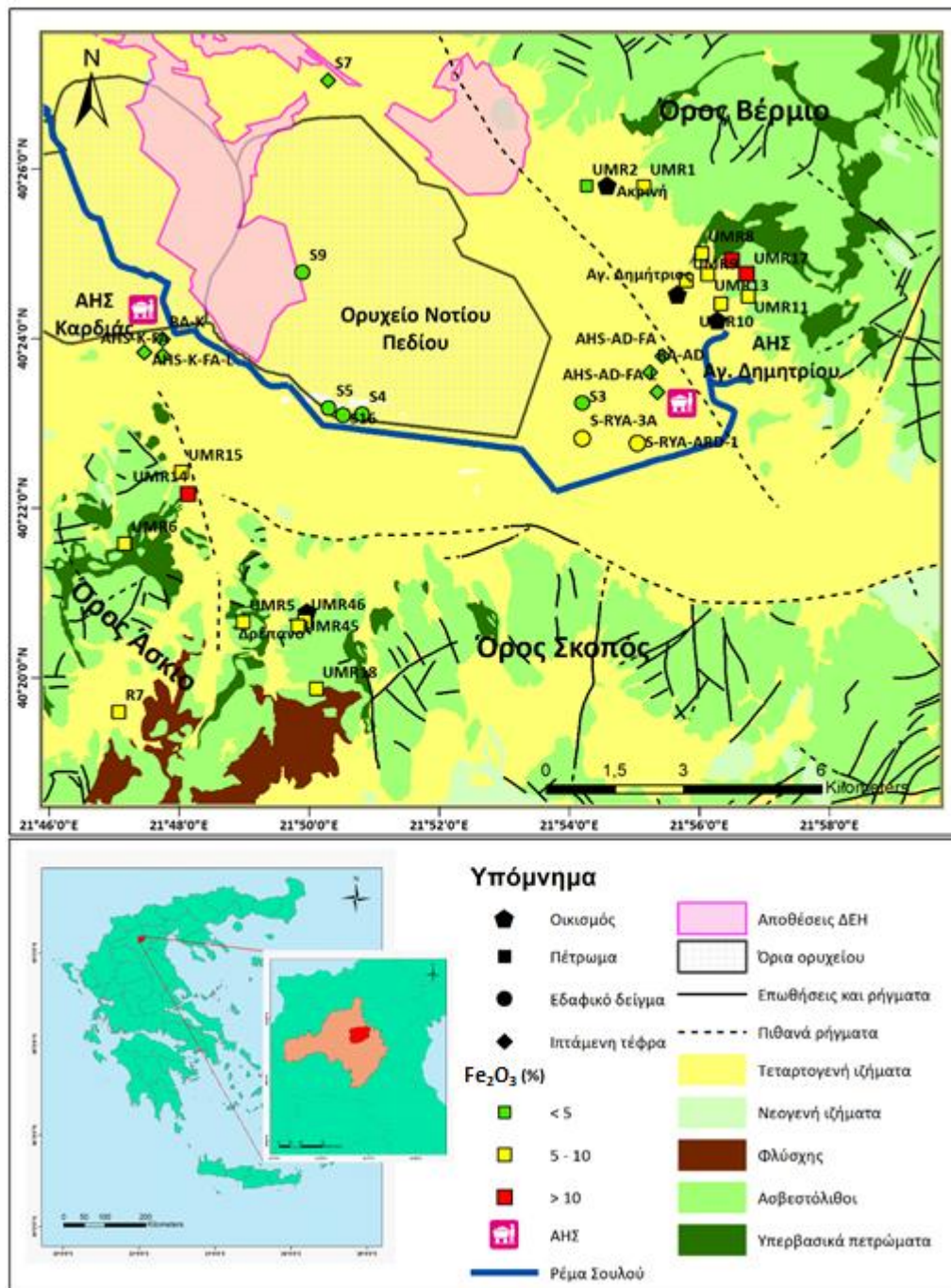
ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΜΔ: Μη διαθέσιμο

*: Μέση περιεκτικότητα

- Διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες SiO₂ στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,57% έως 53,76%. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες SiO₂ κυμαίνονται από 0,57% έως 53,76% με μέση τιμή 39,67%, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από 4,02% έως 41,18% με μέση τιμή 31,32% και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από 16,59% έως 34,22% με μέση τιμή 22,79%. Η πλειονότητα των δειγμάτων (30 από τα 31) έχει χαμηλότερες περιεκτικότητες SiO₂ από τη μέση περιεκτικότητα (53,53%) του φλοιού της Γης (Yaroshovsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες SiO₂, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα πετρωμάτων, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας.

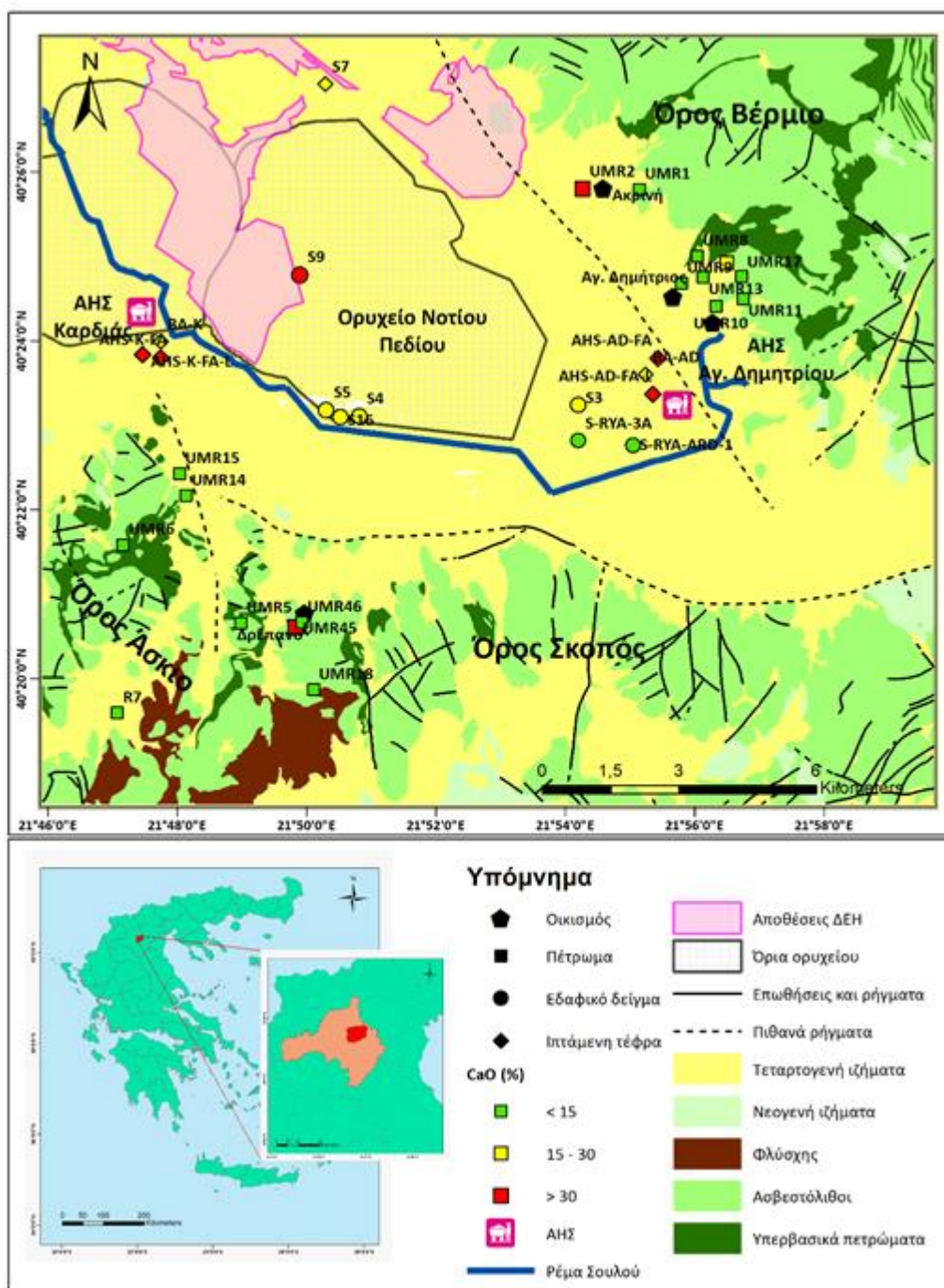
- **Τριοξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Al_2O_3 στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,12% έως 17,84%. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Al_2O_3 κυμαίνονται από 0,12% έως 17,84% με μέση τιμή 4,83%, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από 1,23% έως 10,08% με μέση τιμή 8,45% και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από 6,98% έως 9,88% με μέση τιμή 8,64%. Η πλειονότητα των δειγμάτων (30 από τα 31) έχει χαμηλότερες περιεκτικότητες Al_2O_3 από τη μέση περιεκτικότητα (15,87%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Al_2O_3 , σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα πετρωμάτων.
- **Τριοξείδιο του σιδήρου (Fe_2O_3):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Fe_2O_3 στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,16% έως 25,93%. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Fe_2O_3 κυμαίνονται από 0,16% έως 25,93% με μέση τιμή 8,32%, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από 0,85% έως 7,8% με μέση τιμή 4,86% και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από 2,87% έως 4,88% με μέση τιμή 3,65%. Η πλειονότητα των δειγμάτων (29 από τα 31) έχει υψηλότερες περιεκτικότητες Fe_2O_3 από τη μέση περιεκτικότητα (1,11%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Fe_2O_3 , σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα πετρωμάτων, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας. Στην εικόνα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Fe_2O_3 στα δείγματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.110 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας τριοξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

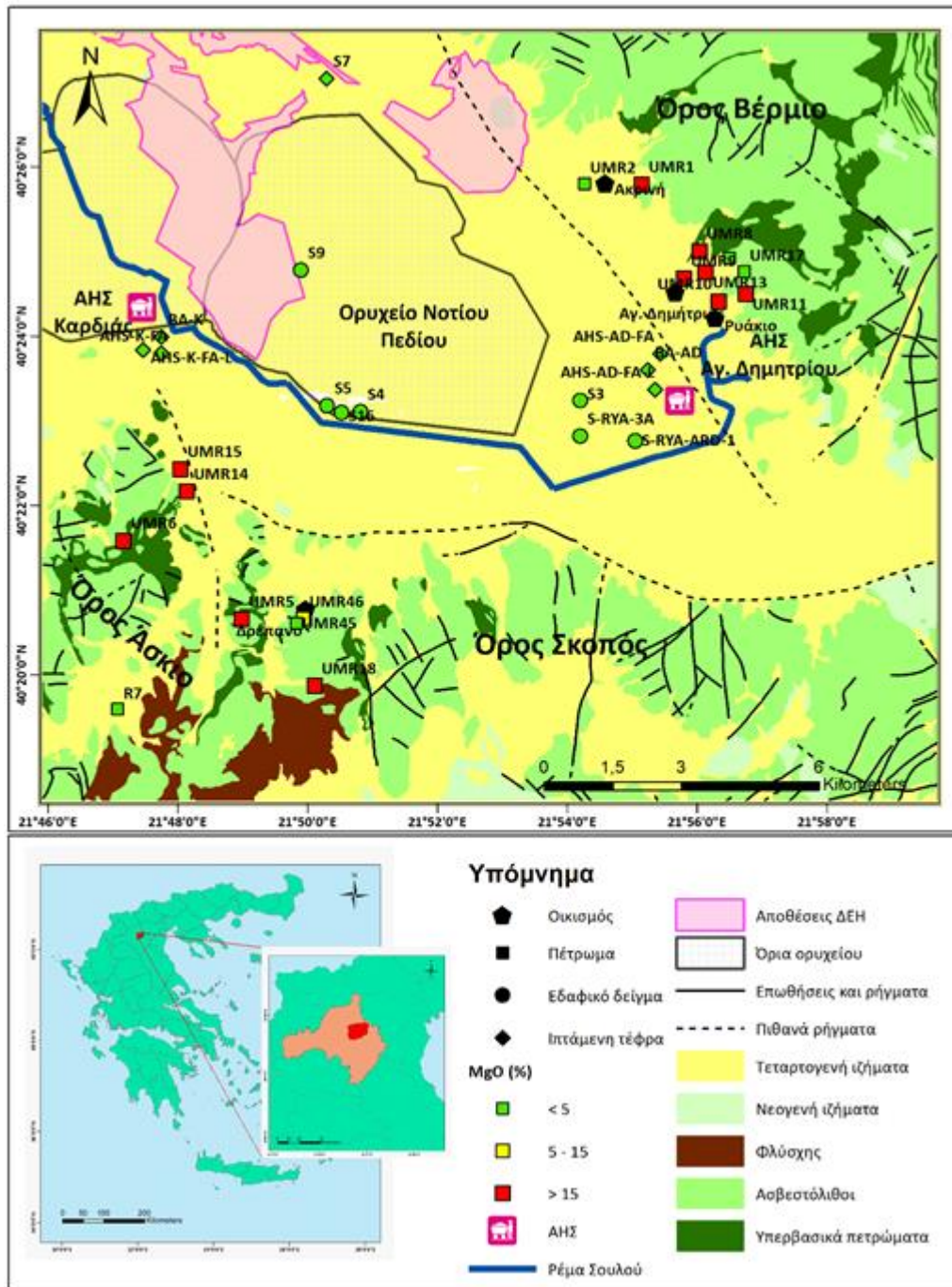
- Οξείδιο του ασβεστίου (CaO):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες CaO στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,09% έως 54,14%. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες CaO κυμαίνονται από 0,09% έως 54,14% με μέση τιμή 12,88%, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από 10,37% έως 48,37% με μέση τιμή 21,33% και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από 17,18% έως 52,42% με μέση τιμή 34,34%. Η πλειονότητα των δειγμάτων (26 από τα 31) έχει υψηλότερες περιεκτικότητες CaO από τη

μέση περιεκτικότητα (9,41%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες CaO, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας, στα εδαφικά δείγματα, και τέλος, στα δείγματα πετρωμάτων. Στην εικόνα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του CaO στα της περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.111 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του ασβεστίου (CaO) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

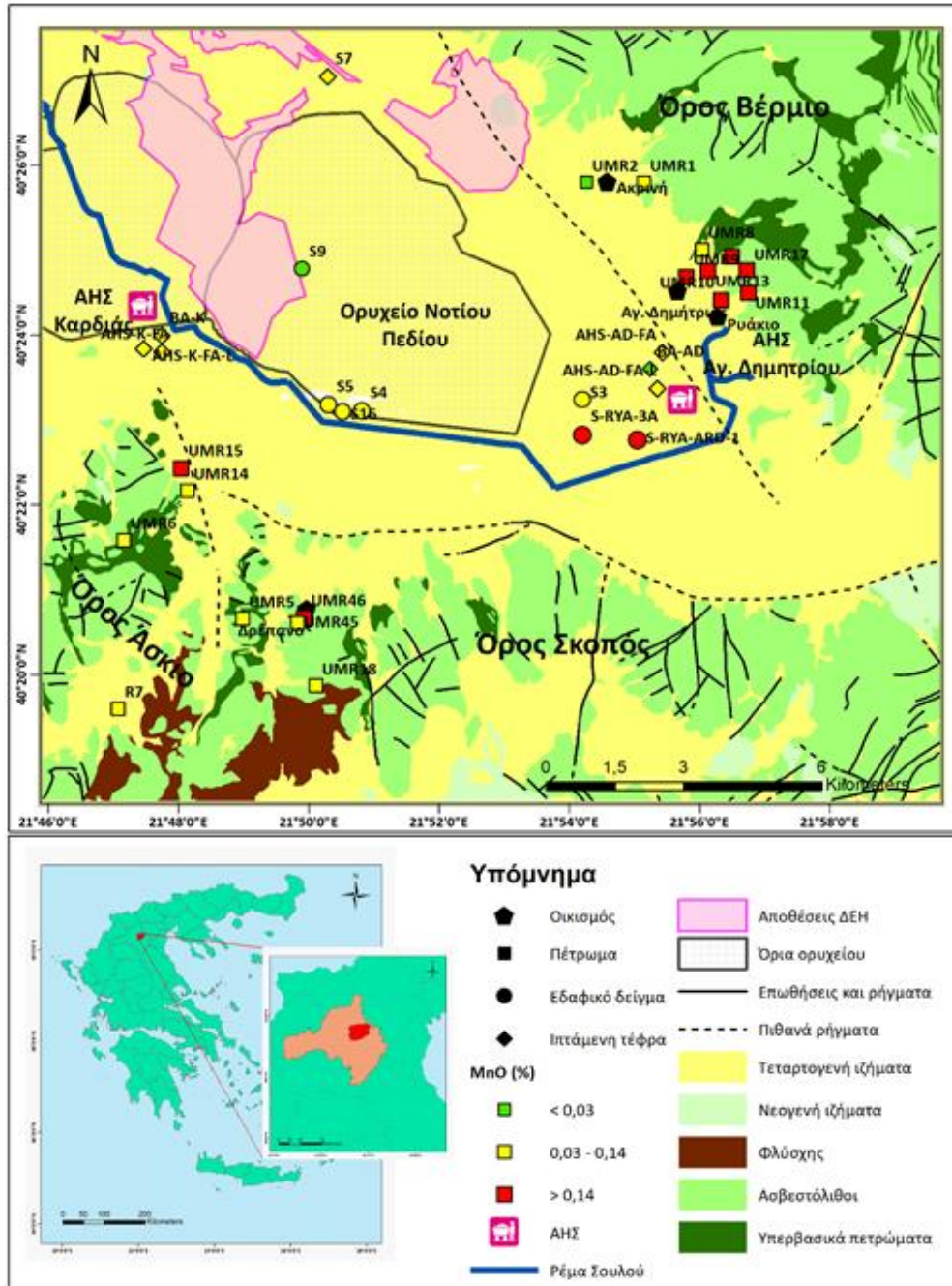
- **Οξείδιο του μαγνησίου (MgO):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες MgO στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 0,64% έως 38,43%. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες MgO κυμαίνονται από 0,64% έως 38,43% με μέση τιμή 19,86%, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από 1,55% έως 9,59% με μέση τιμή 4,34% και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από 1,45% έως 3,17% με μέση τιμή 2,26%. Η πλειονότητα των δειγμάτων (17 από τα 31) έχει χαμηλότερες περιεκτικότητες MgO από τη μέση περιεκτικότητα (5,44%) του φλοιού της Γης (Yaroshovsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες MgO, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα πετρωμάτων, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας. Στην εικόνα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του MgO στα δείγματα της περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.112 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγνησίου (MgO) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

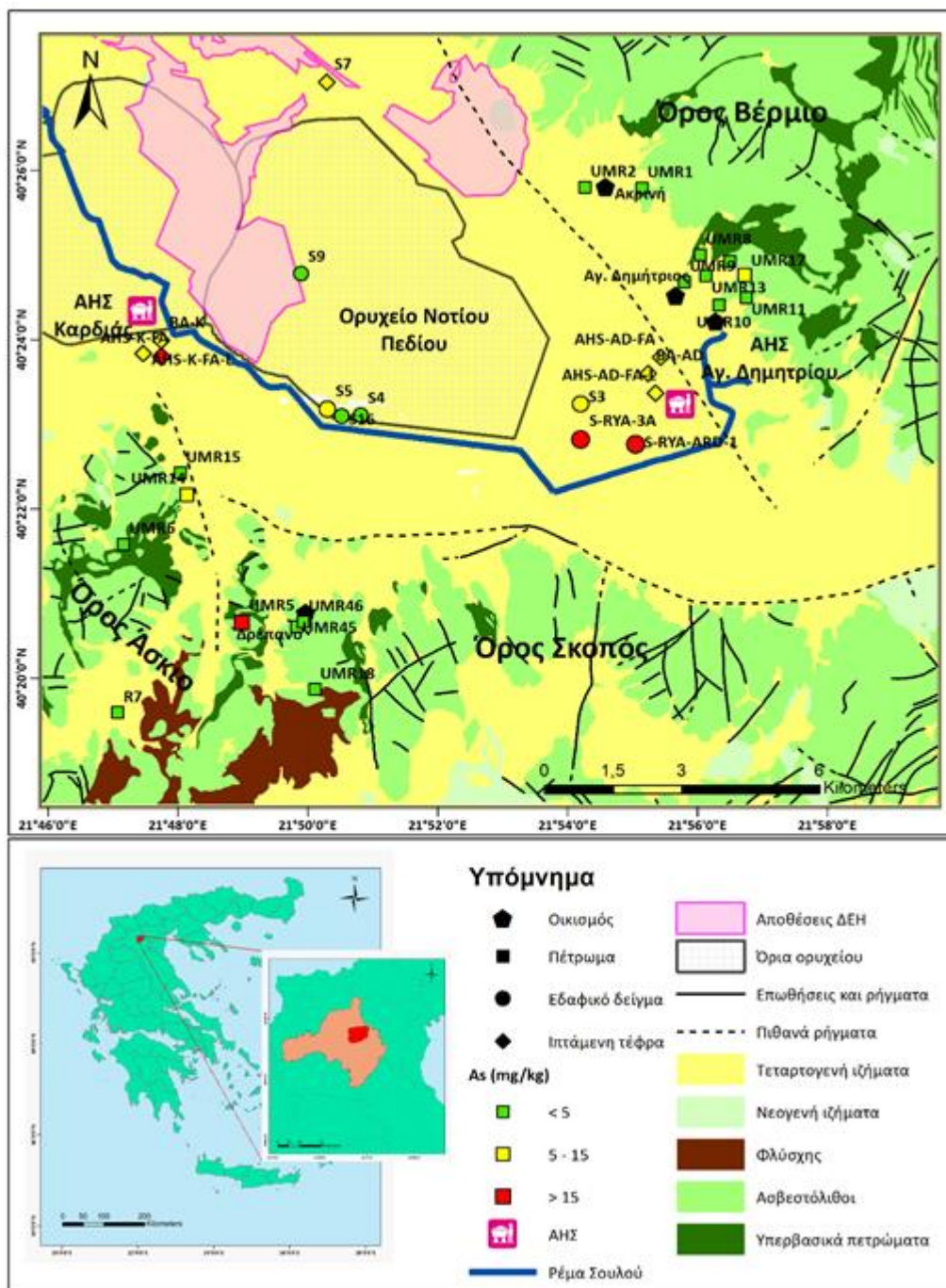
- Οξείδιο του μαγγανίου (MnO):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες MnO στα δείγματα, που αναλύθηκαν κυμαίνονται από 0,003% έως 0,24%. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες MnO κυμαίνονται από 0,003% έως 0,24% με μέση τιμή 0,13%, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από 0,02% έως 0,17% με μέση τιμή 0,09% και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από 0,02% έως 0,1% με μέση τιμή 0,05%. Η πλειονότητα των δειγμάτων (23 από τα 31)

έχει χαμηλότερες περιεκτικότητες MnO από τη μέση περιεκτικότητα (0,16%) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες MnO, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα πετρωμάτων, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας. Στην εικόνα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του MnO στα δείγματα της περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.113 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας οξειδίου του μαγγανίου (MnO) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Αρσενικό (As):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες As στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από <math><0,1\text{ mg kg}^{-1}</math> έως

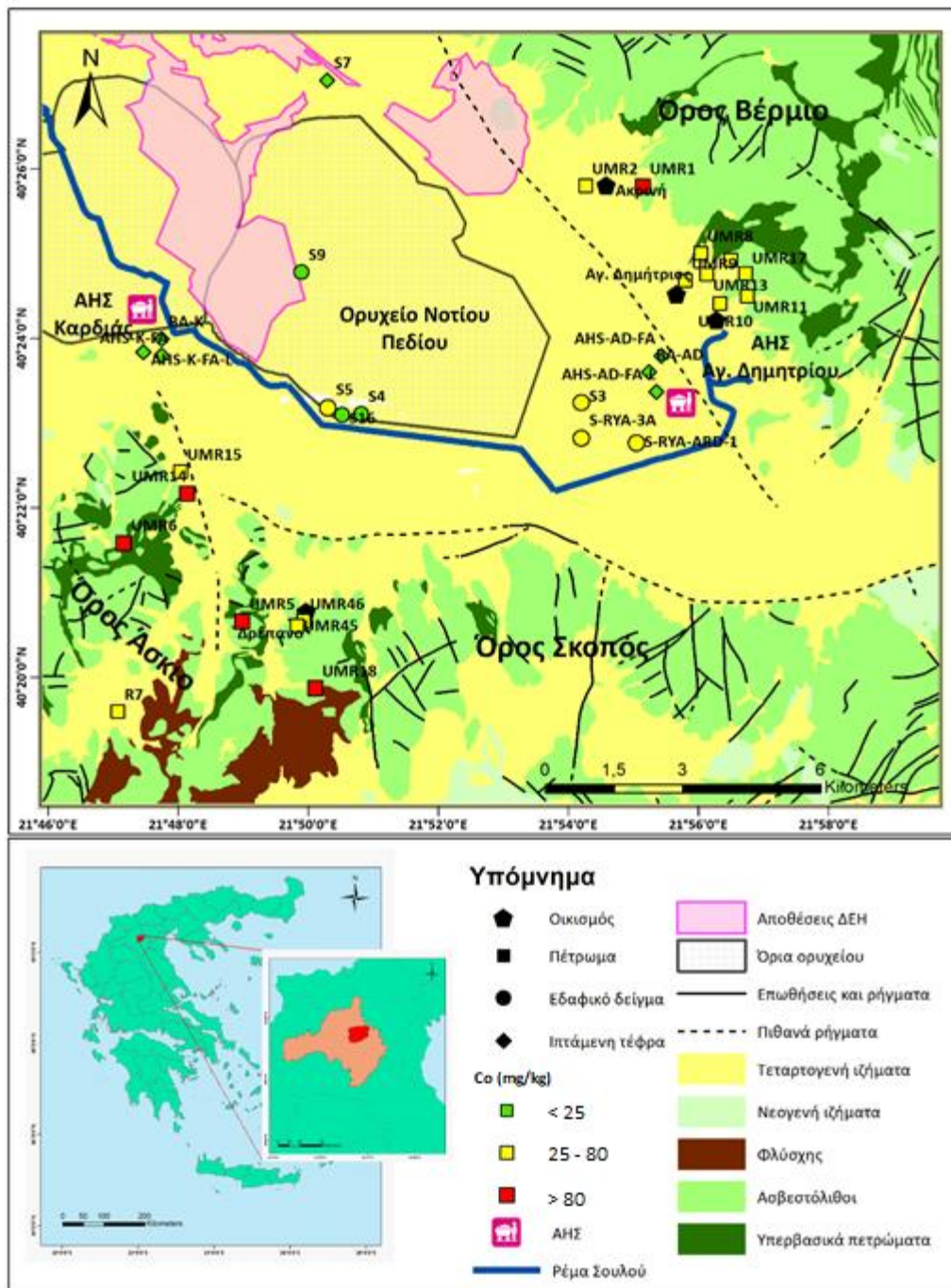


Εικόνα 6.114 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας αρσενικού (As) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Κάδμιο (Cd):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Cd στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από <0A έως $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Cd κυμαίνονται από <0A έως $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από <0A έως $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,31 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,57 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Cd εκτός από ένα δείγμα

στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο ($0,8 \text{ mg kg}^{-1}$) και την τιμή παρέμβασης (12 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, η πλειονότητα των δειγμάτων (16 από τα 31) έχει χαμηλότερες περιεκτικότητες Cd από τη μέση περιεκτικότητα ($0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Cd, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα πετρωμάτων.

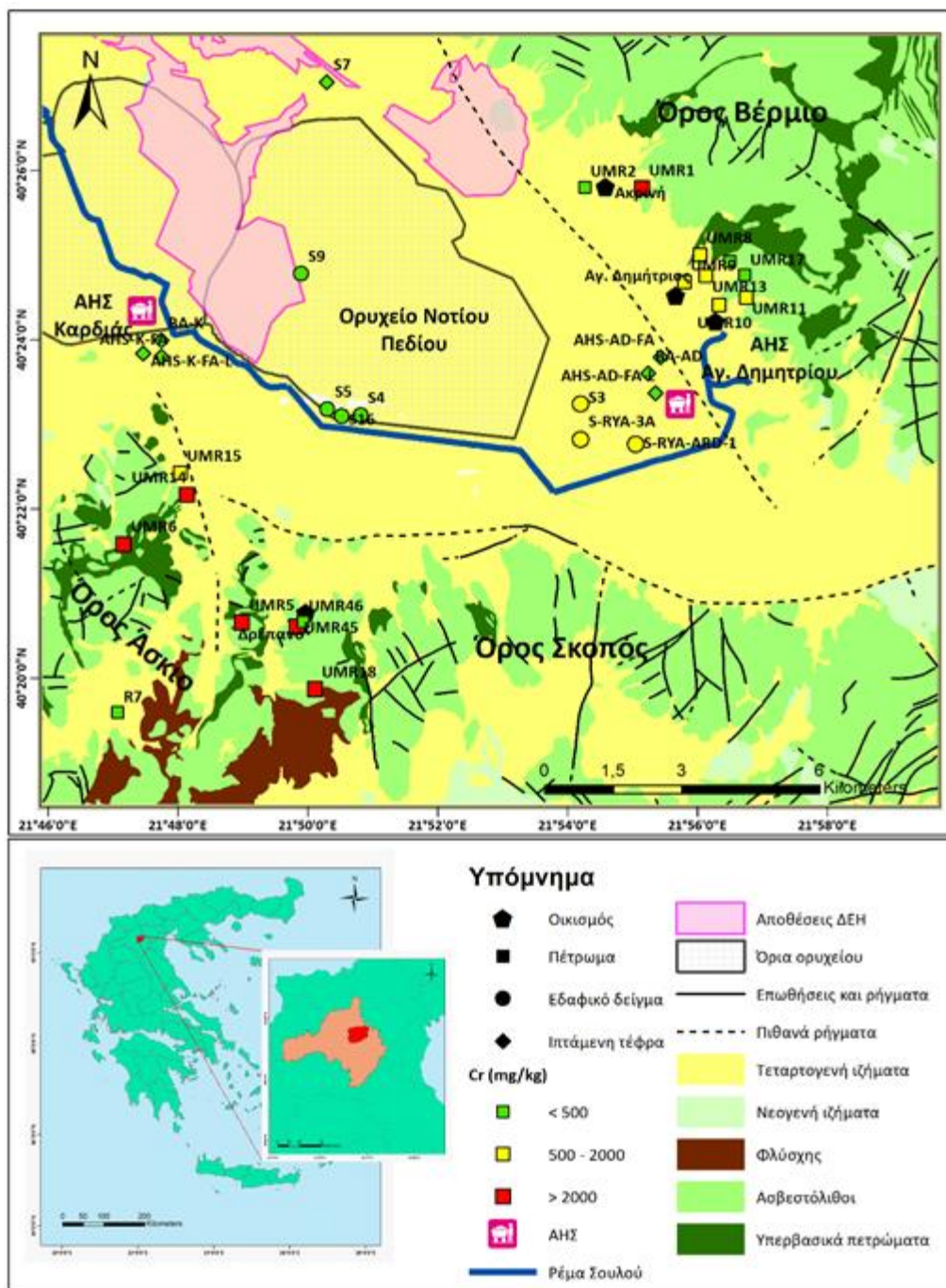
- **Κοβάλτιο (Co):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Co στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $3,8 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $233,7 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Co κυμαίνονται από $34,9 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $233,7 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $73,01 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από $3,8 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $59,5 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $30,13 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $12,1 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $26,8 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $16,67 \text{ mg kg}^{-1}$. Η πλειονότητα των περιεκτικότητων Co των δειγμάτων (30 από τα 31) της περιοχής μελέτης υπερβαίνει την τιμή-στόχο (9 mg kg^{-1}) και κανένα δείγμα δεν ξεπερνά την τιμή παρέμβασης (240 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, Η πλειονότητα των δειγμάτων (22 από τα 31) έχει υψηλότερες περιεκτικότητες Co από τη μέση περιεκτικότητα (25 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Co, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα πετρωμάτων, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας. Στην εικόνα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Co στα δείγματα της περιοχή μελέτης.



Εικόνα 6.115 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας κοβαλτίου (Co) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Χρώμιο (Cr):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Cr στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $6,84 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $10201,45 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Cr κυμαίνονται από $6,84 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $10201,45 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $1973,72 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από $61,58 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $697,89 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $439,84 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $150,52 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $465,26 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή

229,7 mg kg⁻¹. Η πλειονότητα των περιεκτικότητων Cr των δειγμάτων (27 από τα 31) της περιοχής μελέτης υπερβαίνει την τιμή-στόχο (100 mg kg⁻¹), ενώ οι περιεκτικότητες των 18 από τα 31 δείγματα υπερβαίνουν και την τιμή παρέμβασης (380 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, η πλειονότητα των περιεκτικότητων Cr των δειγμάτων (27 από τα 31) είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (100 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Cr, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα πετρωμάτων, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας. Στην εικόνα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Cr στα δείγματα της περιοχή μελέτης.



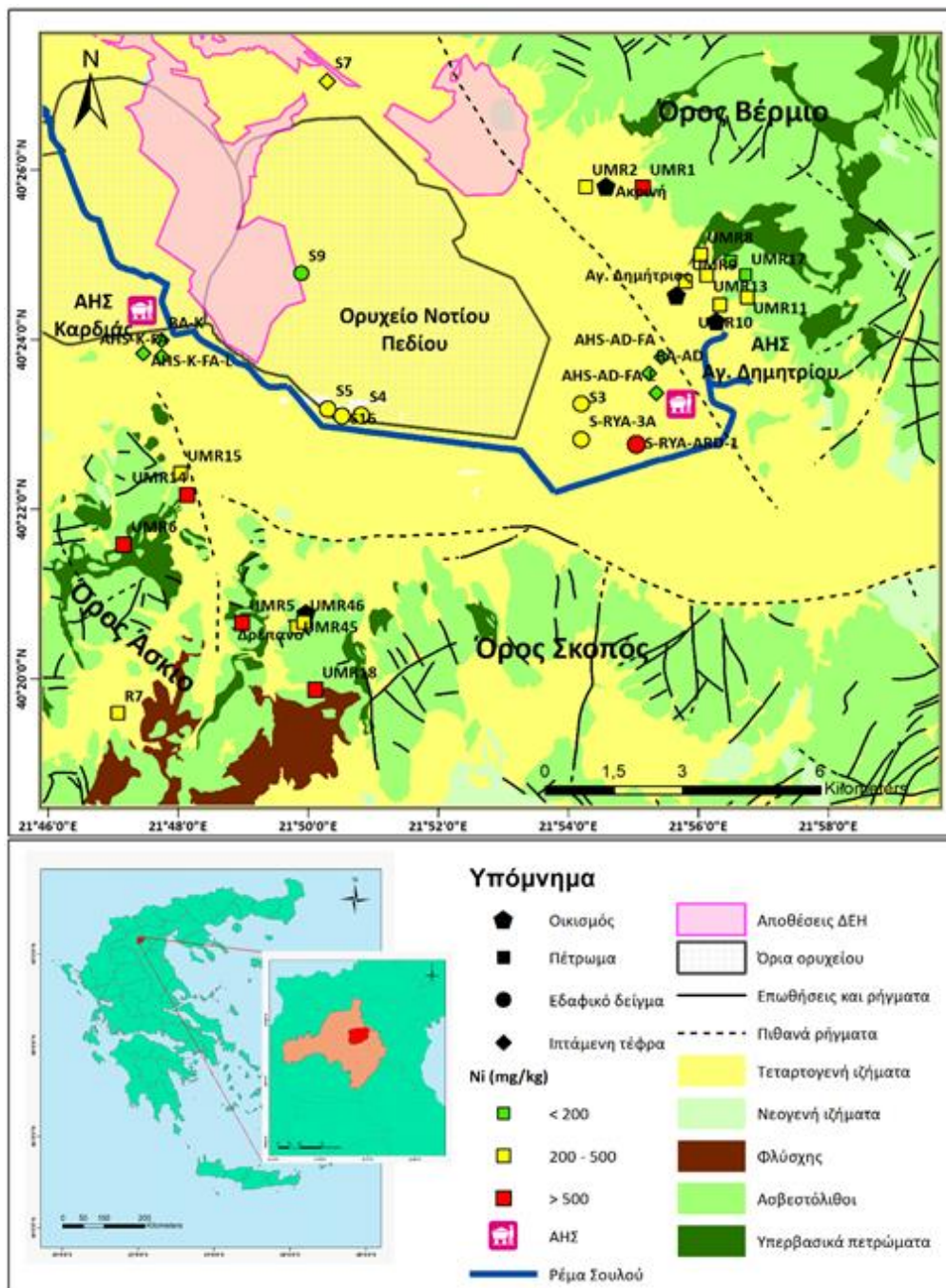
Εικόνα 6.116 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας χρωμίου (Cr) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Χαλκός (Cu):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Cu στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $87,9 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Cu κυμαίνονται από $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $87,9 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $14,13 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από $3,8 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $37,2 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $25,74 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $22,2 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $32,1 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $25,63 \text{ mg kg}^{-1}$. Η

πλειονότητα των περιεκτικότητων Cu των δειγμάτων (28 από τα 31) της περιοχής μελέτης δεν υπερβαίνει την τιμή-στόχο (36 mg kg^{-1}) και κανένα την τιμή παρέμβασης (190 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον η πλειονότητα των περιεκτικότητων Cu των δειγμάτων (29 από τα 31) είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (55 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Cu, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα εδαφικά δείγματα, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας και τέλος, στα δείγματα πετρωμάτων.

- **Υδράργυρος (Hg):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Hg στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από <OA έως $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Hg κυμαίνονται από <OA έως $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από <OA έως $0,03 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Hg στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο ($0,3 \text{ mg kg}^{-1}$) και την τιμή παρέμβασης (10 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, όλες οι περιεκτικότητες Hg στα δείγματα είναι χαμηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα ($0,08 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982).
- **Νικέλιο (Ni):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Ni στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από $32,5 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $3594,4 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Ni κυμαίνονται από $32,8 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $3594,4 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $968,39 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από $32,5 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $540,5 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $294,9 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $95,2 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $244,7 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $159,37 \text{ mg kg}^{-1}$. Η πλειονότητα των περιεκτικότητων Ni των δειγμάτων (29 από τα 31) της περιοχής μελέτης υπερβαίνει την τιμή-στόχο (35 mg kg^{-1}) ενώ οι περιεκτικότητες των 22 από τα 31 δείγματα υπερβαίνουν και την τιμή παρέμβασης (210 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, η πλειονότητα των περιεκτικότητων Ni των δειγμάτων (29 από τα 31) είναι υψηλότερες από τη μέση περιεκτικότητα (75 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Ni, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα πετρωμάτων, στα εδαφικά δείγματα και τέλος, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας. Στην

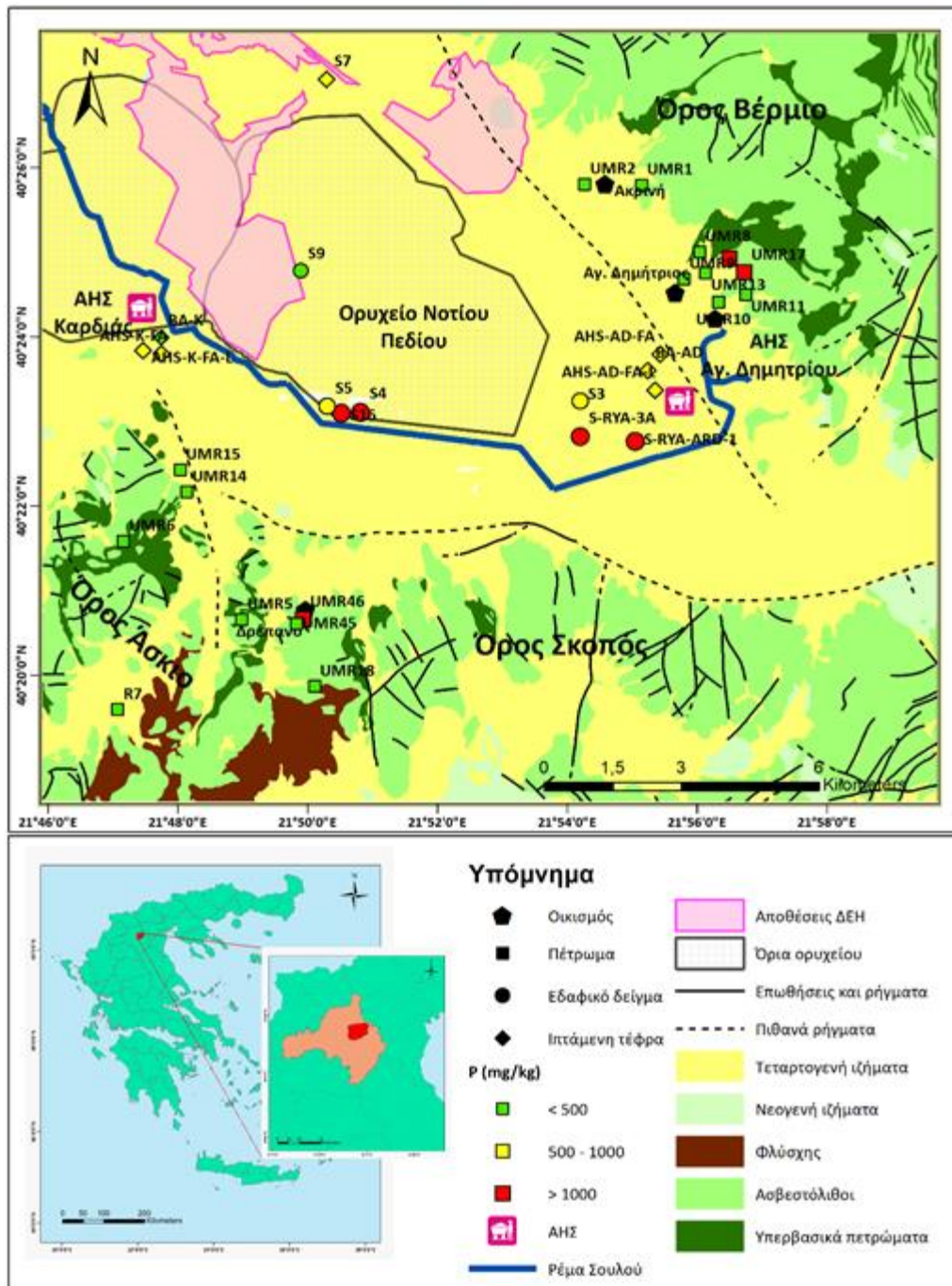
εικόνα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του Ni στα δείγματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.117 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας νικελίου (Ni) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- **Φωσφόρος (P):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες P στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από <OA έως 2793,1 mg kg⁻¹. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες P κυμαίνονται από <OA έως 2793,1 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 453,6 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από 130,9 mg kg⁻¹ έως 1222

mg kg⁻¹ με μέση τιμή 854,14 mg kg⁻¹ και στα δείγματα υπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από 436,4 mg kg⁻¹ έως 916,5 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 679,6 mg kg⁻¹. Η πλειονότητα των περιεκτικότητων P των δειγμάτων (21 από τα 31) έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα από τη μέση περιεκτικότητα (829 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Yaroshevsky, 2006). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες P, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα εδαφικά δείγματα, στα δείγματα υπτάμενης τέφρας και τέλος, στα δείγματα πετρωμάτων. Στην εικόνα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της περιεκτικότητας του P στα δείγματα της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 6.118 - Χάρτης χωρικής κατανομής της περιεκτικότητας φωσφόρου (P) για τα 31 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

- Μόλυβδος (Pb):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Pb στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από <0A έως $30,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Pb κυμαίνονται από <0A έως $30,3 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $4,37 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $15,9 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $12,66 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $8,7 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $17,1 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $13,4 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Pb στην

περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (85 mg kg^{-1}) και την τιμή παρέμβασης (520 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, η πλειονότητα των περιεκτικότητας Pb των δειγμάτων (21 από τα 31) έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα από τη μέση περιεκτικότητα (13 mg kg^{-1}) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Pb, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας, στα εδαφικά δείγματα, και τέλος, στα δείγματα πετρωμάτων.

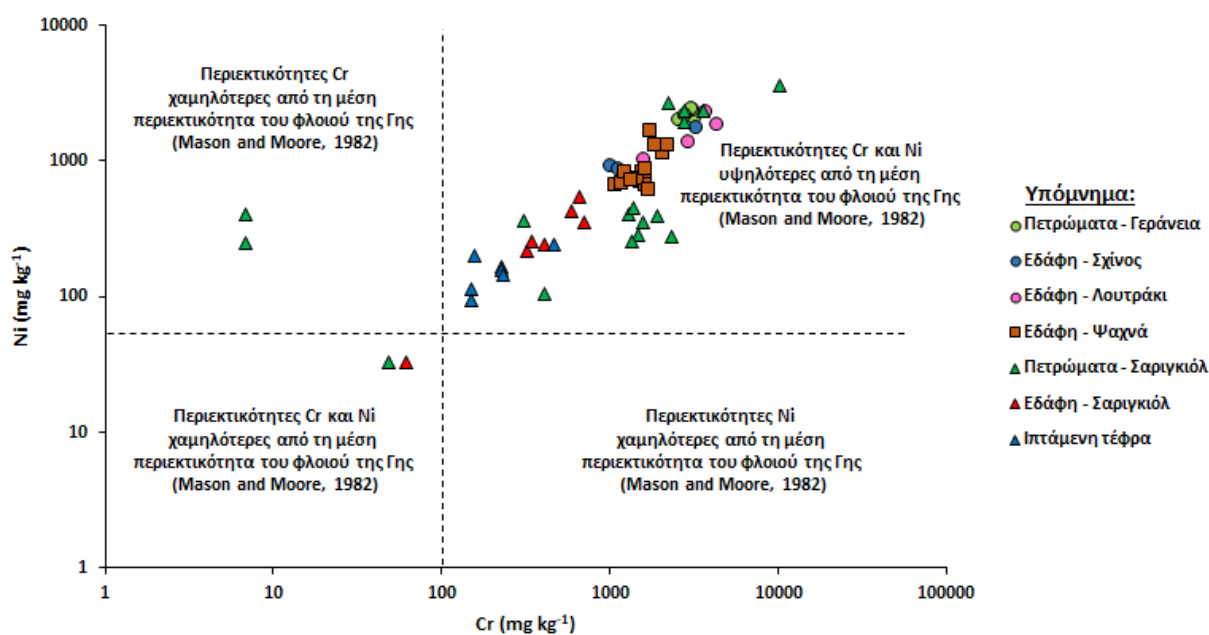
- **Αντιμόνιο (Sb):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Sb στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από <OA έως $1,9 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Sb κυμαίνονται από <OA έως $1,9 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,56 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από <OA έως $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,22 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $0,41 \text{ mg kg}^{-1}$. Όλες οι περιεκτικότητες Sb στην περιοχή μελέτης είναι χαμηλότερες από την τιμή-στόχο (3 mg kg^{-1}) και την τιμή παρέμβασης (15 mg kg^{-1}) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, η πλειονότητα των περιεκτικότητας Sb των δειγμάτων (21 από τα 31) έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα από τη μέση περιεκτικότητα ($0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Sb, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα πετρωμάτων, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας και τέλος, στα εδαφικά δείγματα.
- **Ουράνιο (U):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες U στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από <OA έως $21,7 \text{ mg kg}^{-1}$. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες U κυμαίνονται από <OA έως $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $5,6 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $2,1 \text{ mg kg}^{-1}$ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από $7,6 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $21,7 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή $14,43 \text{ mg kg}^{-1}$. Η πλειονότητα των περιεκτικότητας U των δειγμάτων (9 από τα 31) της περιοχής μελέτης δεν υπερβαίνει την τιμή-στόχο ($1,8 \text{ mg kg}^{-1}$) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες U, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας, στα εδαφικά δείγματα, και τέλος, στα δείγματα πετρωμάτων.

- Ψευδάργυρος (Zn):** Στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, οι περιεκτικότητες Zn στα δείγματα, που αναλύθηκαν, κυμαίνονται από 6 mg kg⁻¹ έως 161 mg kg⁻¹. Στα δείγματα πετρωμάτων οι περιεκτικότητες Zn κυμαίνονται από 6 mg kg⁻¹ έως 161 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 43,76 mg kg⁻¹, στα εδαφικά δείγματα κυμαίνονται από 6 mg kg⁻¹ έως 67 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 45,57 mg kg⁻¹ και στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας κυμαίνονται από 26 mg kg⁻¹ έως 44 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 34,71 mg kg⁻¹. Η πλειονότητα των περιεκτικότητων Zn των δειγμάτων (29 από τα 31) της περιοχής μελέτης δεν υπερβαίνει την τιμή-στόχο (140 mg kg⁻¹) και καμία περιεκτικότητα δεν ξεπερνά την τιμή παρέμβασης (720 mg kg⁻¹) της Ολλανδικής λίστας (VROM, 2000). Επιπλέον, η πλειονότητα των περιεκτικότητων Zn των δειγμάτων (28 από τα 31) της περιοχής μελέτης δεν υπερβαίνει τη μέση περιεκτικότητα (70 mg kg⁻¹) του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Οι υψηλότερες περιεκτικότητες Zn, σύμφωνα με τη μέση τιμή τους, εντοπίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες με σειρά από τις υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες προς τις χαμηλότερες: στα εδαφικά δείγματα, στα δείγματα πετρωμάτων, και τέλος, στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας.

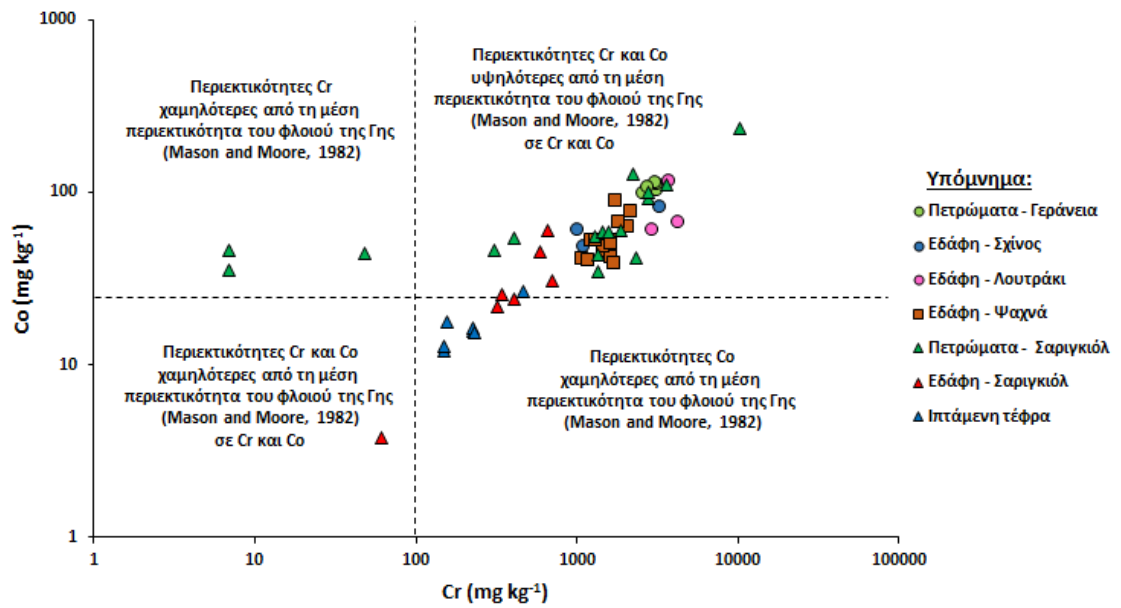
6.4 Σύγκριση των διαφορετικών περιπτώσεων μελέτης

Η γεωχημεία των πετρωμάτων και εδαφικών δειγμάτων που μελετήθηκαν και στις 3 περιοχές μελέτης υποδεικνύει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του γεωλογικού περιβάλλοντος που αποτυπώνονται στις υψηλές περιεκτικότητες Cr-Ni-Co-Fe₂O₃ (Εικόνες 6.119-6.122), τα οποία στην πλειονότητα των δειγμάτων υπερβαίνουν τις μέσες περιεκτικότητες του φλοιού της γης (Mason and Moore, 1982). Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα υπερβασικά πετρώματα και εδάφη παρουσιάζουν υψηλές περιεκτικότητες σε αυτά τα στοιχεία (Gülaçar and Delaloye, 1976, Schwertmann and Latham 1986, Quantin et al., 2008, Kelepertzis et al., 2013, Tashakor et al., 2018). Τα Cr-Ni (Εικόνα 6.119), Cr-Co (Εικόνα 6.120), Ni-Co (Εικόνα 6.121), Cr-Fe₂O₃ (Εικόνα 6.122) εμφανίζουν θετικές γραμμικές συσχετίσεις, γεγονός που ενισχύει την άποψη της γεωγενούς προέλευσης των προαναφερθέντων στοιχείων από τα υπερβασικά πετρώματα που δομούν και τις 3 περιοχές μελέτης. Ορισμένα δείγματα, που ανήκουν στις κατηγορίες ιπτάμενης τέφρας και πετρωμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, έχουν χαμηλότερες περιεκτικότητες από τη μέση του φλοιού της Γης. Αυτό συμβαίνει επειδή στην κατηγορία αυτή δεν ανήκουν μόνο τα υπερβασικά πετρώματα, αλλά συμπεριλαμβάνονται και πετρώματα που αποτελούν, μέρος του υποβάθρου της λιγνιτικής λεκάνης, όπως φλύσσης, σχιστόλιθοι, ασβεστόλιθοι και κροκαλοπαγή. Επιπλέον, τα Ni, Co και Cr αποτελούν κοινά στοιχεία και των γαιανθράκων, με

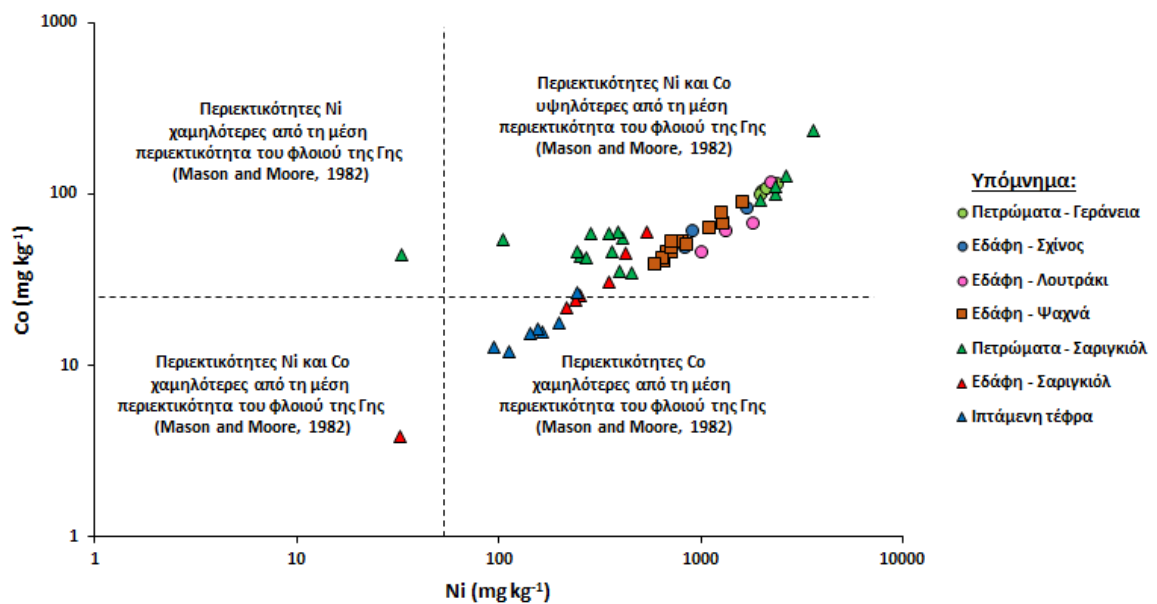
αποτέλεσμα και τα προϊόντα καύσης τους, να εμφανίζουν αντίστοιχα αυξημένη περιεκτικότητα σε αυτά τα δυνητικά τοξικά στοιχεία. Το Cr βρίσκεται στους γαιάνθρακες ως Cr^{3+} και συνδέεται άμεσα με την παρουσία οργανικού υλικού. Αυτό, βρίσκεται είτε δεσμευμένο στο πλέγμα φυλλοπυριτικών ορυκτών, όπως ο ιλλίτης και ο χλωρίτης, είτε με τη μορφή μικρών κόκκων οξειδίου του χρωμίου (Cr_2O_3) ή/και οξυ-υδροξειδίου του χρωμίου (CrOOH) μέσα στο οργανικό υλικό των γαιανθράκων, είτε σπανιότερα ως χρωμίτης (FeCr_2O_4), ως αποτέλεσμα γεωλογικών διεργασιών. Οι λιγνίτες του Αγ. Δημητρίου, έχουν αυξημένη περιεκτικότητα Ni, Co, Cr, συγκριτικά με την παγκόσμια περιεκτικότητά τους, και αυτό αποδίδεται στο γεωλογικό περιβάλλον των λιγνιτικών λεκανών της Ανατολικής Μεσογείου (Izquierdo et al., 2011). Πιο συγκεκριμένα, η παρατηρούμενη γεωχημική ανωμαλία σχετίζεται με την άμεση γειτνίασή τους με σώματα υπερβασικών πετρωμάτων που περιέχουν ορυκτά των σερπεντινών, Ni-ολιβίνη και σπινέλιους (Palmer and Puis, 2004).



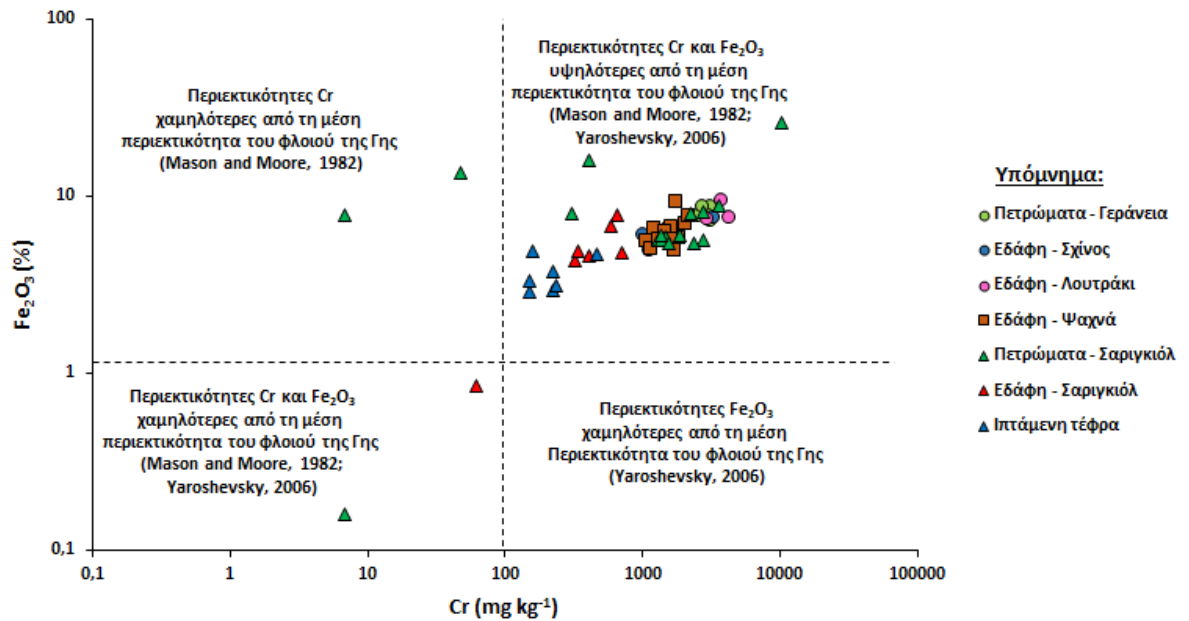
Εικόνα 6.119 – Διάγραμμα περιεκτικότητων Cr και Ni στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.



Εικόνα 6.120 - Διάγραμμα περιεκτικότητας Cr και Co στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.

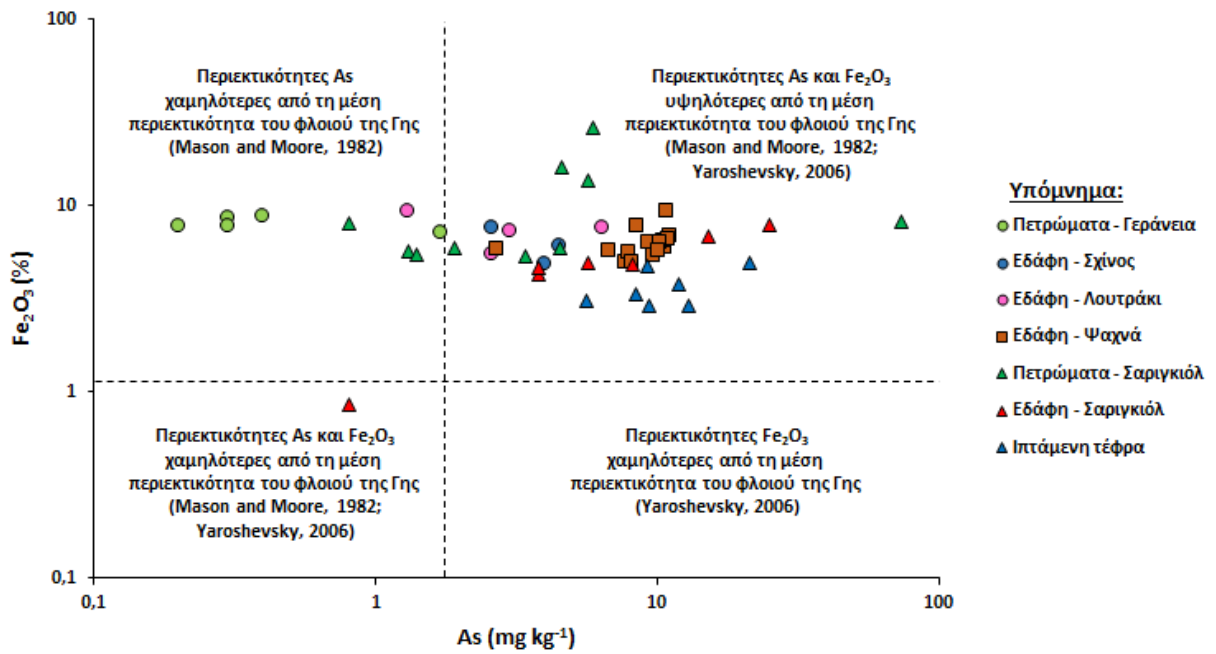


Εικόνα 6.121 - Διάγραμμα περιεκτικότητας Ni και Co στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.

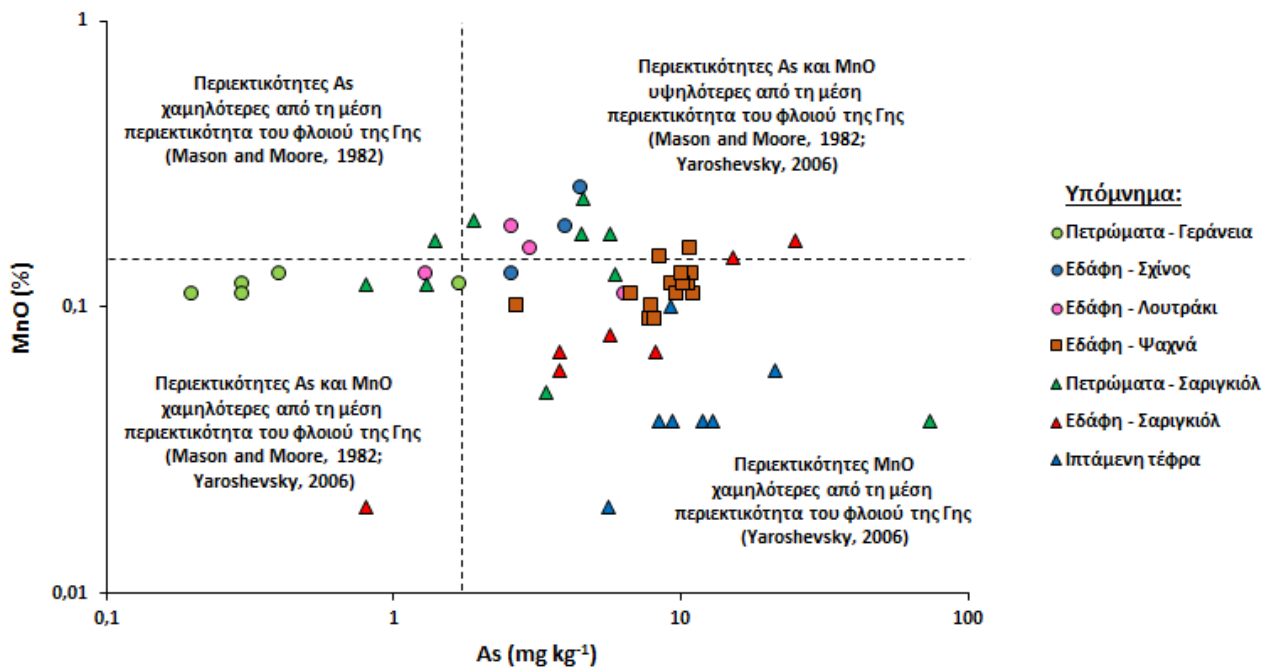


Εικόνα 6.122 - Διάγραμμα περιεκτικότητας Cr και Fe_2O_3 στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.

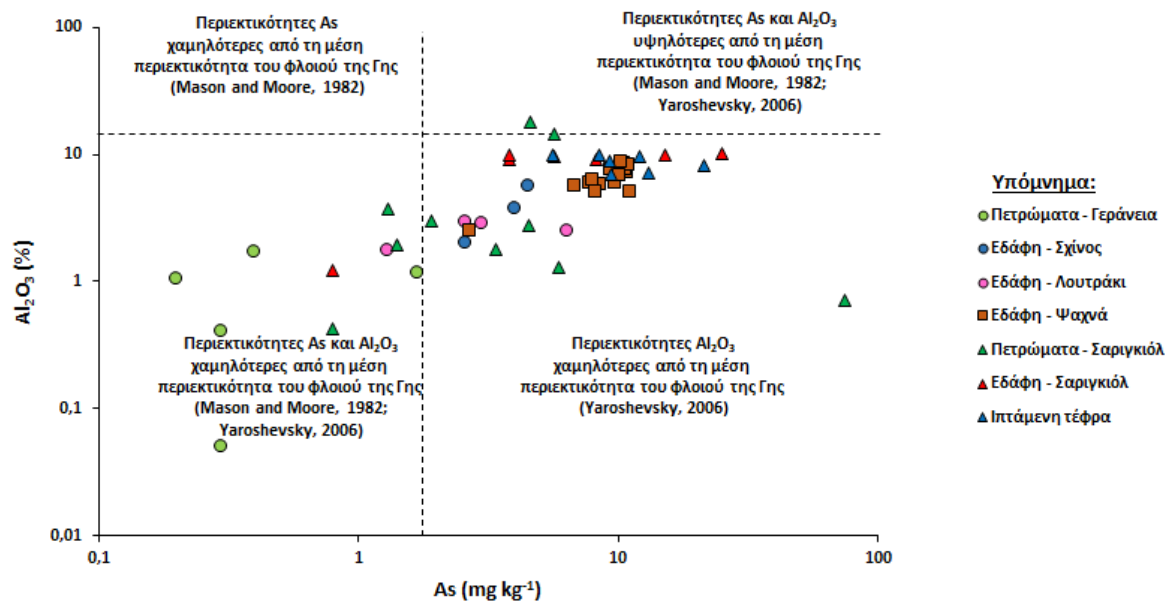
Η πλειονότητα των περιεκτικότητας As για το σύνολο των δειγμάτων που μελετήθηκαν στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής είναι υψηλότερη από τη μέση περιεκτικότητα του φλοιού της Γης (Mason and Moore, 1982). Στα διαγράμματα As- Fe_2O_3 (Εικόνα 6.123), As-MnO (Εικόνα 6.124), As- Al_2O_3 (Εικόνα 6.125), As- SiO_2 (Εικόνα 6.126), δεν παρατηρούνται σαφείς τάσεις αύξησης ή μείωσης των περιεκτικότητας. Ωστόσο, τα εδαφικά δείγματα, εμφανίζουν θετικές γραμμικές σχέσεις μεταξύ As και των Fe_2O_3 , MnO, Al_2O_3 και SiO_2 . Τα Mn, Fe, Al, Si ανήκουν στα στοιχεία που είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τα πετρώματα και σχετίζονται με διεργασίες αποσάθρωσης ορυκτών (όπως, πυριτικά, οξείδια) και το As παρουσιάζει κοινή προέλευση με αυτά. Μια δυνητική πηγή As στα εδάφη είναι η καύση του λιγνίτη (Alloway, 1995). Ωστόσο, στην περίπτωση της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, εκτός από την παρουσία της ιπτάμενης τέφρας, τα υπερβασικά πετρώματα παρουσιάζουν αυξημένες περιεκτικότητες As (Γεωργακόπουλος κ.α., 2002, Petrotou et al., 2012) και θα μπορούσαν και αυτά να αποτελούν δυνητική πηγή As για τα εδάφη (Εικόνα 6.127).



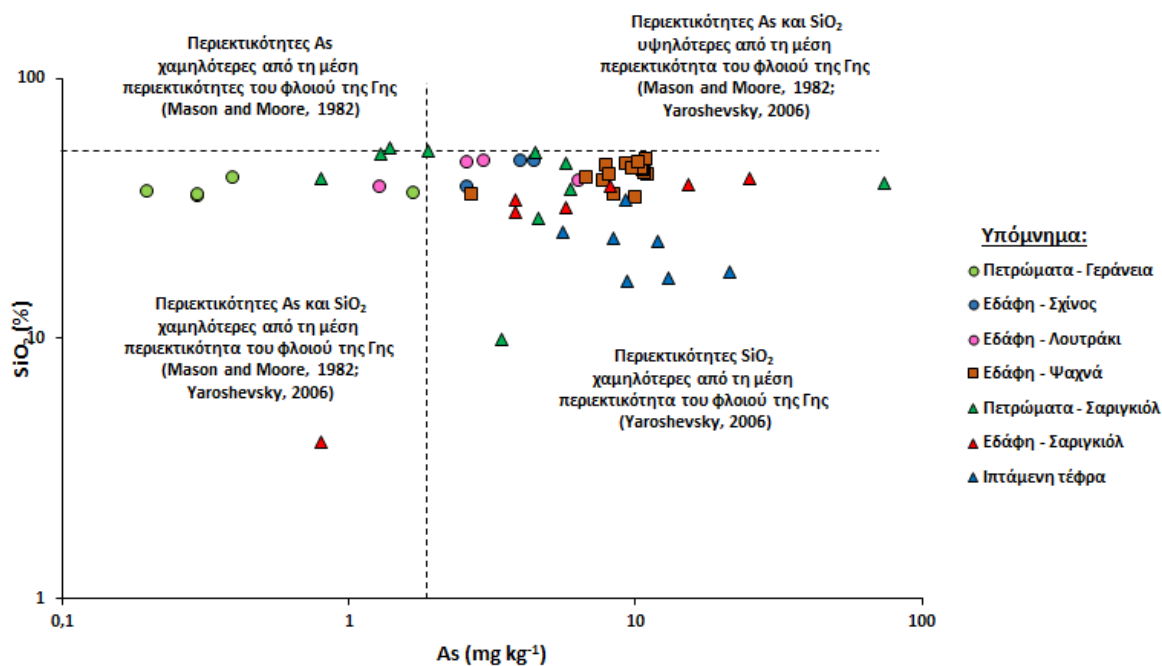
Εικόνα 6.123 - Διάγραμμα περιεκτικότητας As και Fe_2O_3 στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.



Εικόνα 6.124 - Διάγραμμα περιεκτικότητας As και MnO στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.



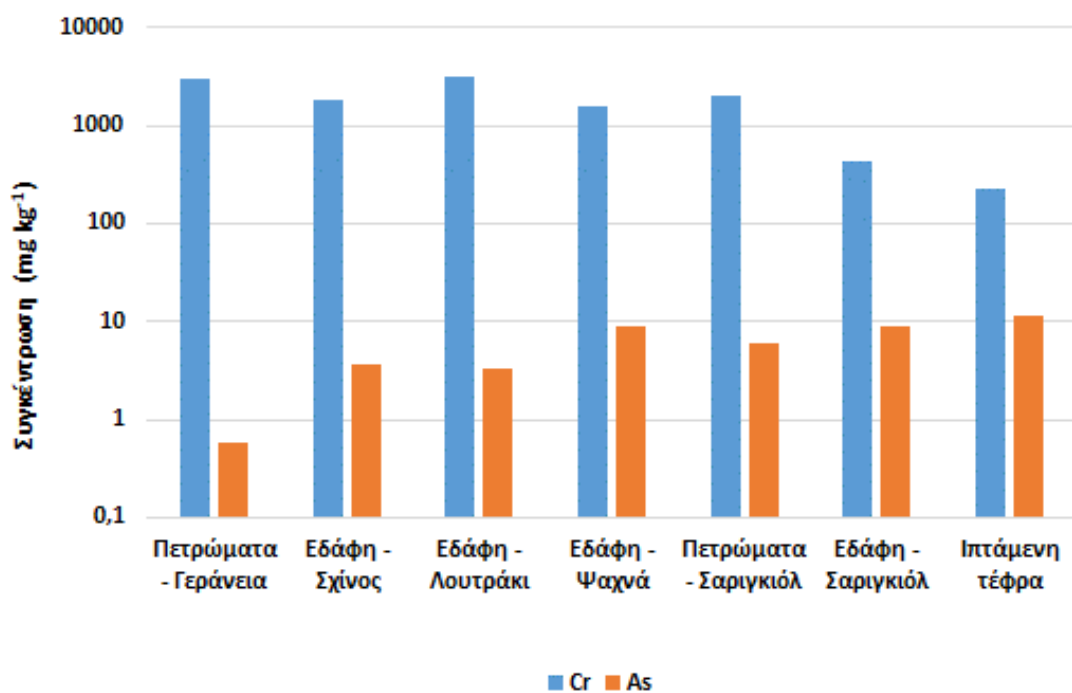
Εικόνα 6.125 – Διάγραμμα περιεκτικότητας As και Al_2O_3 στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.



Εικόνα 6.126 - Διάγραμμα περιεκτικότητας As και SiO_2 στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.

Συνοψίζοντας, στην εικόνα 6.127 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα Cr και As στο σύνολο των δειγμάτων της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Οι υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες Cr μετρήθηκαν στα εδάφη του Λουτρακίου και οι χαμηλότερες στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας της λεκάνης Σαριγκιόλ, ενώ αντιθέτως, οι υψηλότερες μέσες περιεκτικότητες As

καταγράφηκαν στα δείγματα ιπτάμενης τέφρας της λεκάνης Σαριγκιόλ και οι χαμηλότερες στα πετρώματα των Γερανείων Ορέων.



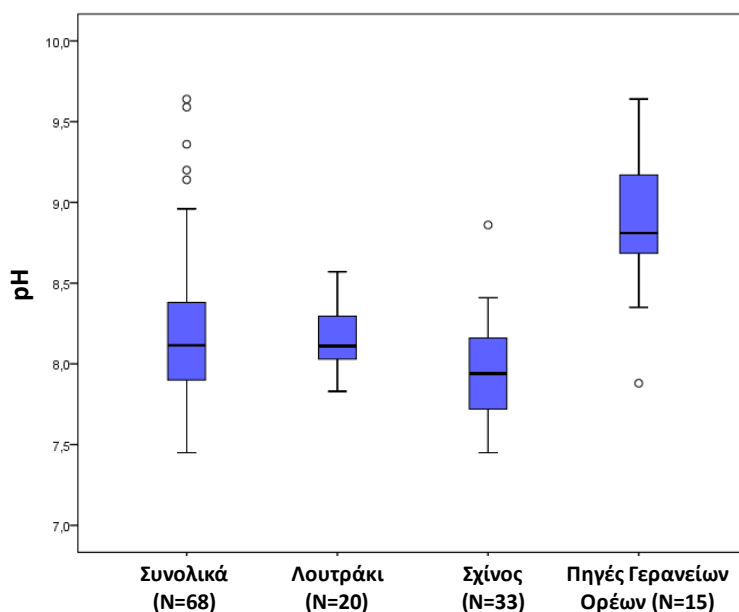
Εικόνα 6.127 – Μέση περιεκτικότητα Cr και As στο σύνολο των δειγμάτων εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.

7. Αξιολόγηση δεδομένων – Ερμηνεία – Συζήτηση

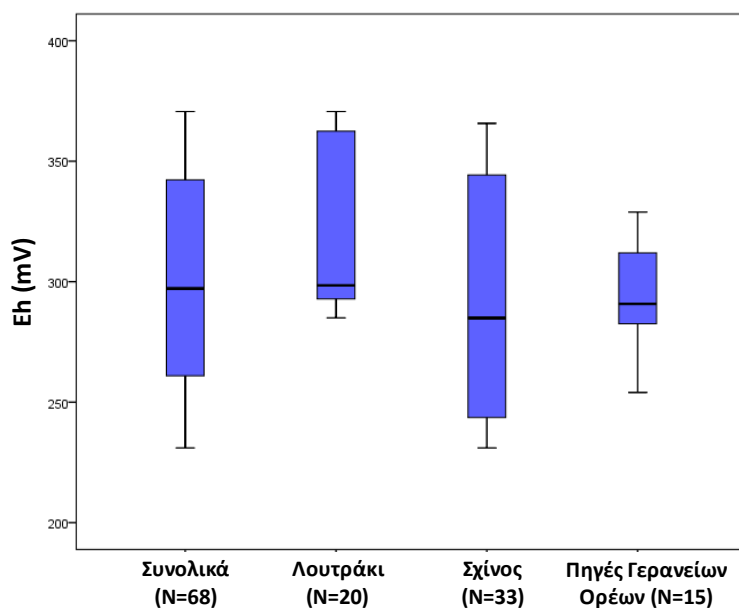
7.1 Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων

Γενικά υδροχημικά χαρακτηριστικά

Στις εικόνες 7.1-7.13 παρουσιάζονται οι διαφοροποιήσεις στην κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων, των συγκεντρώσεων κύριων ιόντων και των δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα δείγματα υπογείων νερών στην περιοχή του Λουτρακίου, στην περιοχή του Σχίνου και στις πηγές των Γερανείων Ορέων, για συγκριτικούς λόγους. Στην περιοχή μελέτης επικρατούν αλκαλικές (Εικόνα 7.1) και οξειδωτικές συνθήκες (Εικόνα 7.2).

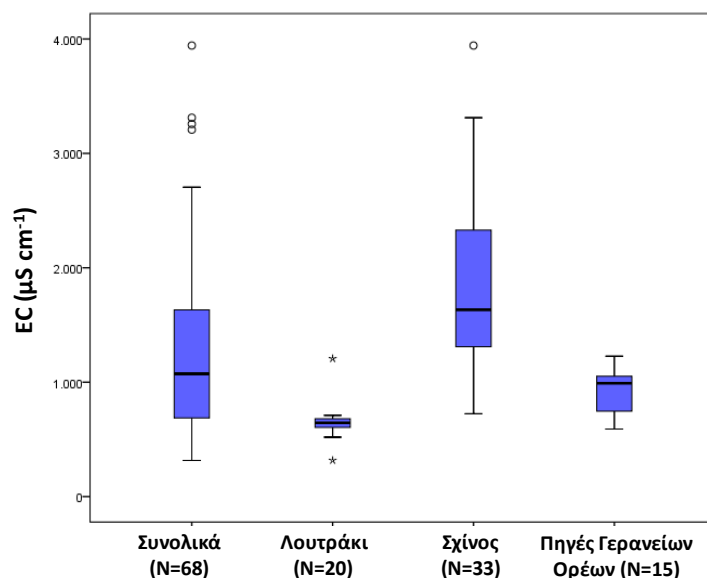


Εικόνα 7.1 - Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών pH στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, τα 33 δείγματα για την περιοχή του Σχίνου και τα 15 δείγματα από τα Γεράνια Όρη.

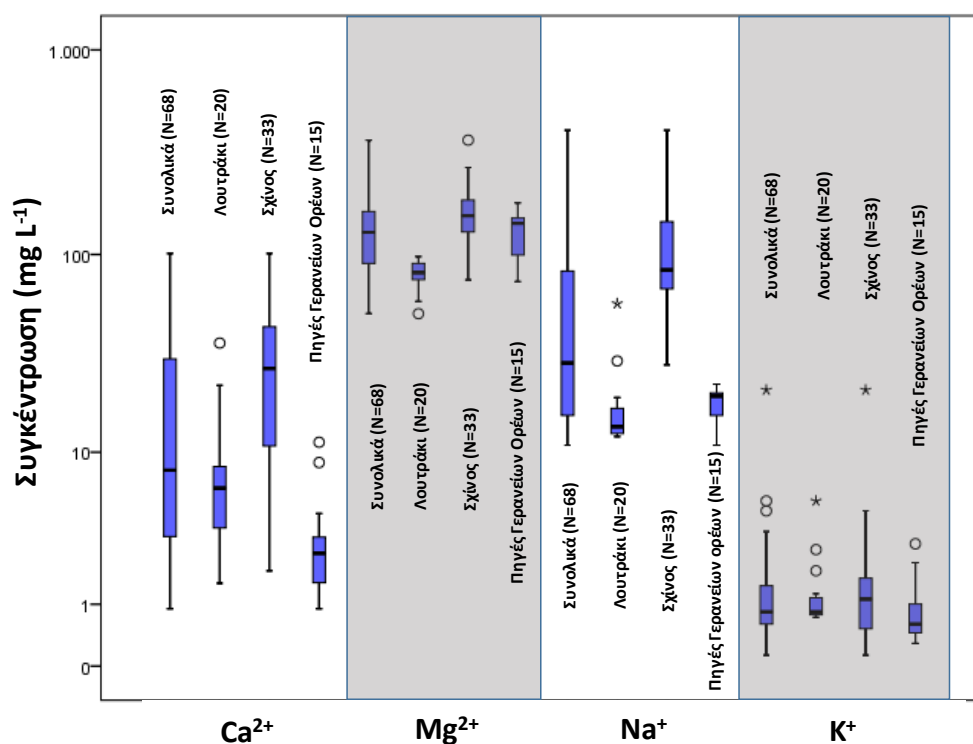


Εικόνα 7.2 - Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

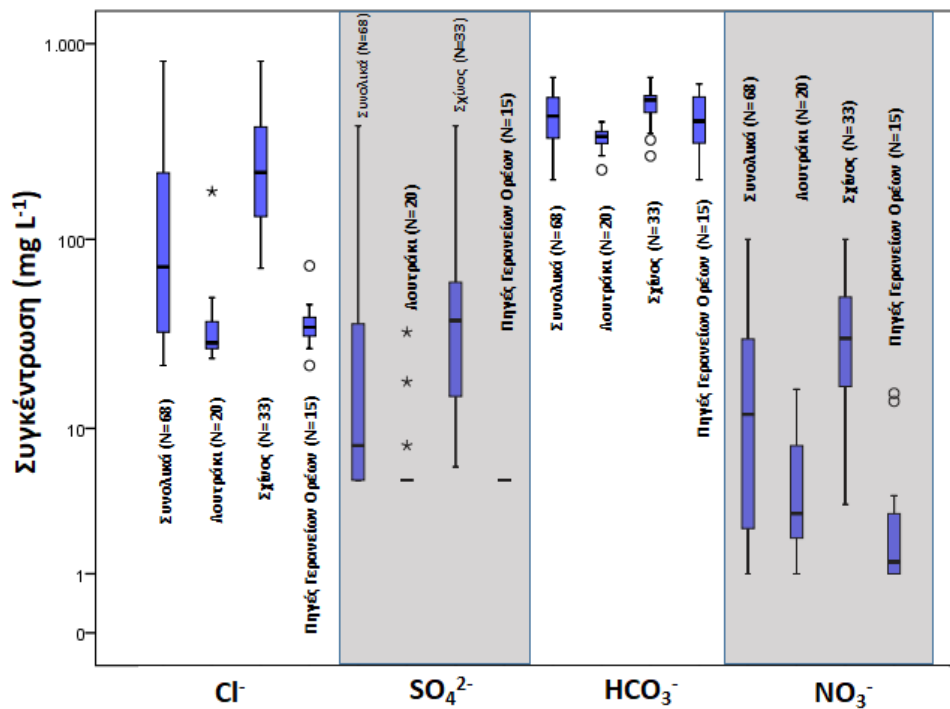
Οι κύριοι υδροχημικοί τύπος που χαρακτηρίζει τα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης είναι ο τύπος νερού Mg-HCO₃, ο οποίος αντιστοιχεί στα δείγματα νερών από τις πηγές των Γερανείων Ορέων, από την περιοχή του Λουτρακίου και σε μερικά δείγματα της περιοχής του Σχίνου (Εικόνα 5.35). Ο συγκεκριμένος τύπος νερού χαρακτηρίζει αλκαλικά νερά λόγω της παρουσίας και αλληλεπίδρασης του νερού της βροχής με υπερβασικά πετρώματα (Barnes and O'Neil, 1969, Neal and Stanger, 1983, Fantoni et al., 2002, Marques et al., 2009, Margiotta et al., 2012, Papazotos et al., 2019a). Τα υπόλοιπα δείγματα της περιοχής του Σχίνου ανήκουν στους υδροχημικούς τύπους Mg-Cl, Na-Cl, καθώς και σε έναν μεικτό υδροχημικό τύπο ανάμεσα σε αυτούς, παρουσιάζοντας αυξημένες συγκεντρώσεις EC, Mg²⁺, Ca²⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ και NO₃⁻ συγκριτικά με τα δείγματα των πηγών των Γερανείων Ορέων και της περιοχής του Λουτρακίου (Εικόνες 7.3-7.5).



Εικόνα 7.3 - Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.



Εικόνα 7.4 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων κατιόντων στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.



Εικόνα 7.5 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων ανιόντων στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

Οι πολύ υψηλές συγκεντρώσεις Cl⁻ (έως 815 mg L⁻¹) και Na⁺ (έως 405 mg L⁻¹) υποδεικνύουν την επίδραση του θαλασσινού νερού στην ποιότητα των υπογείων νερών και συνεπώς, το καθεστώς θαλάσσιας διείσδυσης, στην περιοχή του Σχίνου. Αυτό υποστηρίζεται περαιτέρω από το ότι το 21,2% των δειγμάτων της περιοχής του Σχίνου, υπερβαίνει το όριο των 2500 μS cm⁻¹ για την EC στο πόσιμο νερό (WHO, 2011) και τα αρνητικά απόλυτα υψόμετρα στάθμης (Pyrgaki et al., 2020). Στον χάρτη χωρικής κατανομής του Cl⁻ (Εικόνα 5.15) φαίνεται ότι όλα τα δείγματα υπογείων νερών που υπερβαίνουν την κατευθυντήρια οριακή τιμή του ΠΟΥ (2011) (250 mg L⁻¹) βρίσκονται στην περιοχή του Σχίνου, και οι υψηλότερες συγκεντρώσεις (> 500 mg L⁻¹) καταγράφονται κατά μήκος της ακτογραμμής ή/και σε πολύ κοντινή απόσταση σε αυτήν. Οι συγκεντρώσεις Mg²⁺, Ca²⁺ και SO₄²⁻ παρουσιάζουν ισχυρούς έως πολύ ισχυρούς συντελεστές συσχέτισης και παρεμφερή χωρική κατανομή με το Cl⁻, με αυξημένες συγκεντρώσεις να καταγράφονται κατά μήκος της ακτογραμμής, αποτέλεσμα, επίσης, της θαλάσσιας διείσδυσης καθώς το θαλασσινό νερό περιέχει τα στοιχεία αυτά σε αυξημένες

συγκεντρώσεις (Alcalá and Custodio, 2008, El Yaouti et al., 2009, Alfarrach and Walraevens, 2018). Από την άλλη, οι υψηλές συγκεντρώσεις Mg^{2+} που συνοδεύονται από χαμηλές συγκεντρώσεις Ca^{2+} στις πηγές των Γερανείων Ορέων (Mg^{2+} έως 179 mg L^{-1} και Ca^{2+} έως $11,3\text{ mg L}^{-1}$) και της περιοχής του Λουτρακίου (Mg^{2+} έως $97,7\text{ mg L}^{-1}$ και Ca^{2+} έως $36,4\text{ mg L}^{-1}$) υποδεικνύουν τη γεωγενή προέλευση του Mg^{2+} στα υπόγεια νερά της ευρύτερης περιοχής μελέτης, που αποδίδεται κυρίως στην παρουσία υπερβασικών πετρωμάτων.

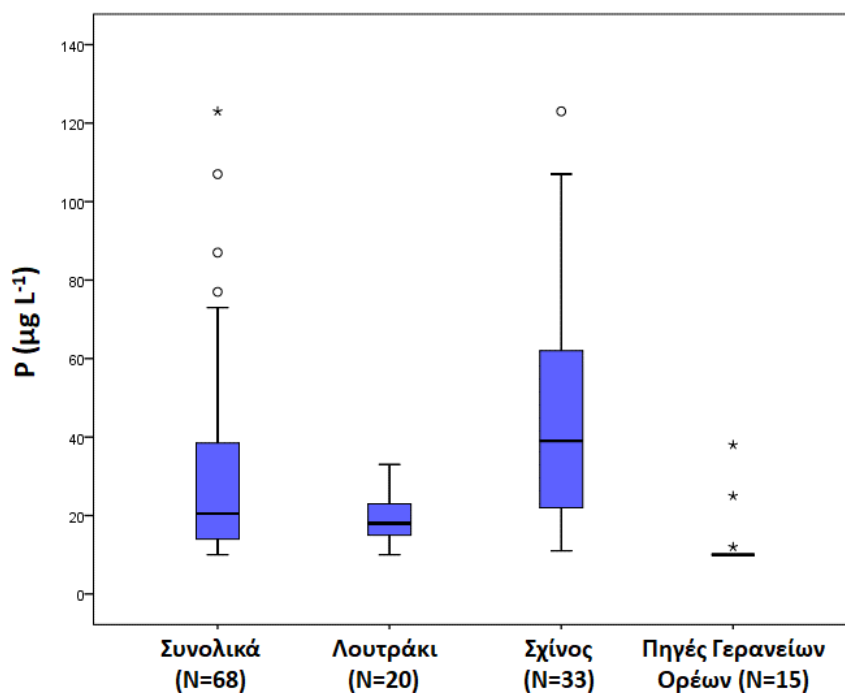
Νιτρικά ιόντα και φωσφόρος

Οι πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις NO_3^- σε δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου (έως $16,4\text{ mg L}^{-1}$) και τις πηγές των Γερανείων Ορέων (έως $15,6\text{ mg L}^{-1}$) οφείλονται στην απουσία έντονων ανθρωπογενών (αγροτικών και άλλων) δραστηριοτήτων στις περιοχές αυτές, οι οποίες προκαλούν αύξηση των NO_3^- στα υπόγεια νερά. Αντίθετα, το 27,3% των δειγμάτων της περιοχής του Σχίνου εμφανίζουν συγκεντρώσεις NO_3^- που υπερβαίνουν το όριο των 50 mg L^{-1} για το πόσιμο νερό (WHO, 2011). Τα NO_3^- στα υπόγεια νερά προκύπτουν γενικά ως αποτέλεσμα απορρίψεων βιομηχανικών λυμάτων, αστικών οικιακών λυμάτων, σηπτικών συστημάτων, ανθρώπινων και ζωικών αποβλήτων, ζωοτροφών, καθώς και της χρήσης αζωτούχων και μεικτών λιπασμάτων (Panno et al., 2006, Zhang et al., 2014). Είναι πολύ κινητικά στα υπόγεια νερά (Hem, 1985) και δημιουργούνται από πολύπλοκες διεργασίες όπως η νιτροποίηση (Weng et al., 2017), στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους, σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση:



Στην περιοχή του Σχίνου δεν υπάρχουν έντονες αγροτικές δραστηριότητες, αλλά μόνο ήπιες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις με καλλιέργειες τοπικής κλίμακας, κτηνοτροφικές δραστηριότητες και σηπτικές δεξαμενές (βόθροι). Συνδυαστική ισοτοπική μελέτη $\delta^{18}O$ και $\delta^{15}N$, υπέδειξε ότι τα NO_3^- στα υπόγεια νερά της περιοχής προέρχονται από βόθρους ή/και λιπάσματα (Kelepertzis et al., 2019). Αξιοσημείωτο είναι, ότι τα NO_3^- (Εικόνα 5.18) και ο P (Εικόνα 5.29) παρουσιάζουν παρεμφερή χωρική κατανομή με αυξημένες συγκεντρώσεις στο κεντρικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου, υποδεικνύοντας κοινή προέλευση των στοιχείων αυτών. Τα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Σχίνου παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις P από τα δείγματα των πηγών των Γερανείων Ορέων και της περιοχής του Λουτρακίου (Εικόνα 7.6). Κύριες πηγές P στα υπόγεια νερά αποτελούν γενικά εδάφη πλούσια σε φωσφορικά ορυκτά, αγροχημικά προϊόντα (π.χ. κοπριά, φωσφορικά λιπάσματα) (Vanek, 1991, Srinivasa Rao and Prasad, 1997, Meinikmann et al., 2015), ζωικά απόβλητα, φυτικές

αποσυνθέσεις, ζωικοί ιστοί και διαρροή σηπτικών συστημάτων. Γενικά, ο P είναι μη κινητικός στα εδάφη και μεταφέρεται δύσκολα στα υπόγεια νερά, καθώς τείνει να προσροφάται σε ορυκτά τόσο σε όξινες, όσο και σε αλκαλικές γεωχημικές συνθήκες (Holman et al., 2008, Gustafsson et al., 2012).

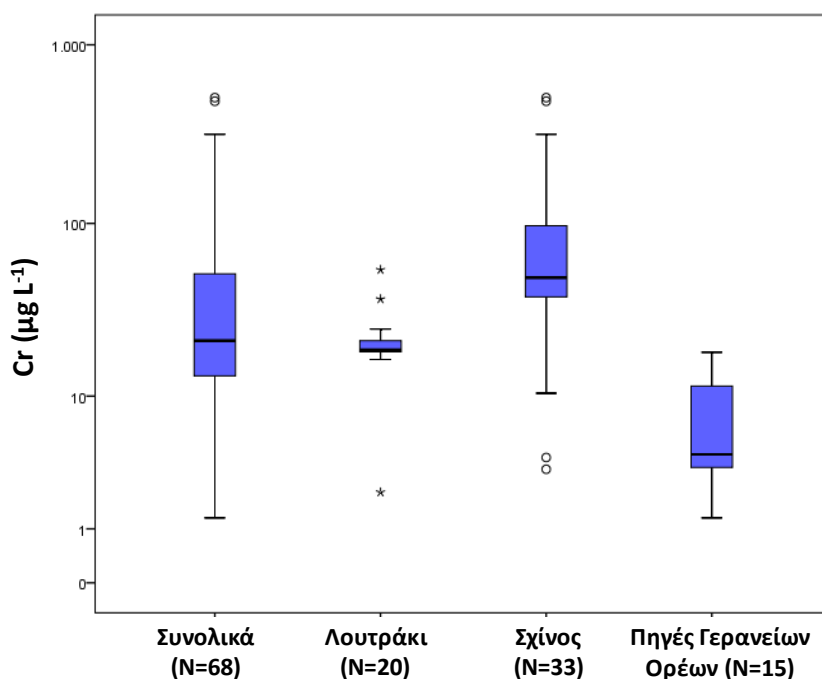


Εικόνα 7.6 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

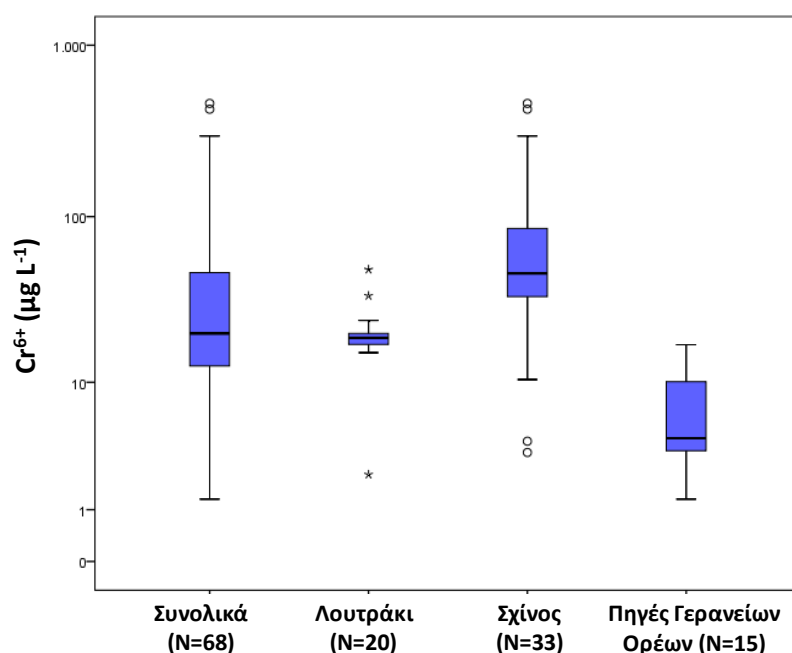
Χρώμιο

Αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} έως $74 \mu\text{g L}^{-1}$ έχουν καταγραφεί στα υπόγεια νερά της περιοχής του Λουτρακίου από το 2015 (Kaprara et al., 2015, Pyrgaki et al., 2016) και έως $460 \mu\text{g L}^{-1}$ στα υπόγεια νερά της περιοχής του Σχίνου από το 2014 (Paradopoulos and Lappas, 2014). Εντούτοις, αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά των περιοχών Λουτρακίου και Σχίνου έχουν αναφερθεί από το 2012 για πρώτη φορά από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης (http://isthmos.gr/index.php/article/sokaristikes_metrhseis_ejasthenous_chrwmiou_sto_sch_hino_loutrakiou_den_tis_a). Στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Σχίνου παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} συγκριτικά με τα δείγματα υπογείων νερών από τις πηγές των Γερανείων Ορέων και της περιοχής του Λουτρακίου, τα οποία σε ορισμένες

περιπτώσεις, υπερβαίνουν και τα 100 $\mu\text{g L}^{-1}$. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} που καταγράφονται στην περιοχή του Σχίνου είναι 506,9 $\mu\text{g L}^{-1}$ και 458,8 $\mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα (Εικόνες 7.7-7.8). Συγκεκριμένα, το 48,5% των δειγμάτων υπογείων νερών του Σχίνου υπερβαίνει το θεσμοθετημένο όριο των 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ για το Cr (WHO, 2011), ενώ πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cr καταγράφονται στις πηγές των Γερανείων Ορέων (έως 18,3 $\mu\text{g L}^{-1}$) και στην περιοχή του Λουτρακίου (έως 54,7 $\mu\text{g L}^{-1}$). Σε όλα τα δείγματα από τις πηγές των Γερανείων Ορέων, η συγκέντρωση του Cr δεν υπερβαίνει την οριακή τιμή του ΠΟΥ (2011), ενώ μόνο ένα δείγμα στην περιοχή του Λουτρακίου υπερβαίνει την προαναφερθείσα οριακή τιμή. Ο υψηλός λόγος Cr^{6+}/Cr ($\geq 0,66$) υποδηλώνει ότι το Cr^{6+} είναι η κυρίαρχη μορφή Cr στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης. Η χωρική κατανομή του Cr^{6+} (Εικόνα 5.25) υποδεικνύει μια σημειακή πηγή ρύπανσης με πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ($> 100 \mu\text{g L}^{-1}$) στο κεντρικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου.



Εικόνα 7.7 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

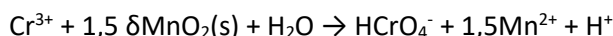


Εικόνα 7.8- Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

Οι συγκεντρώσεις Cr^{6+} σε όλα τα δείγματα των Γερανείων Ορέων και της περιοχής του Λουτρακίου είναι χαμηλότερες από $50 \mu\text{g L}^{-1}$. Η παρεμφερής χωρική κατανομή των Cr^{6+} , NO_3^- και P (Εικόνες 5.18, 5.25, 5.29) υποδεικνύει ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις Cr^{6+} σχετίζονται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- και P (βλπ. παρακάτω).

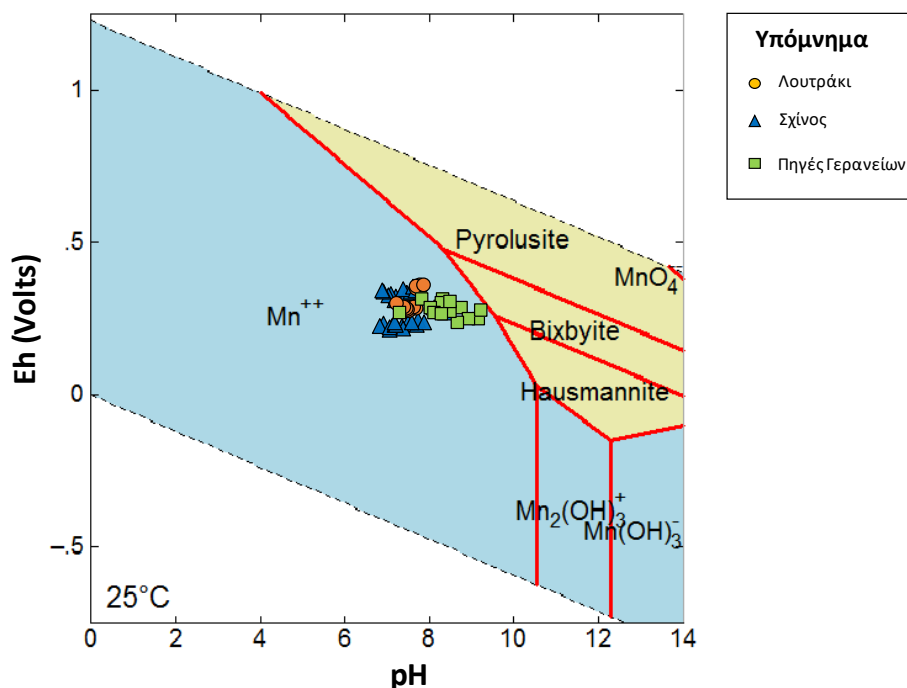
Μαγγάνιο

Πολλοί παράγοντες, όπως pH, Eh, DO, ελέγχουν την παρουσία και κινητικότητα του Mn στα υπόγεια νερά επηρεάζοντας την ειδοταυτοποίηση (speciation) και τη συγκέντρωσή του στο περιβάλλον (Homoncik et al., 2010). Η παρουσία Mn^{2+} στα υπόγεια νερά είναι μεγάλης σημασίας για τη γεωχημεία του Cr διότι αποτελεί, δυνητικά, δείκτη φυσικής οξειδωσης του Cr^{3+} σύμφωνα με την αντίδραση:



(Amacher and Baker, 1982, Bartlett and James 1979, Rai et al., 1986, Eary and Rai 1987, Richard and Bourg, 1991, Fendorf and Zasoski 1992)

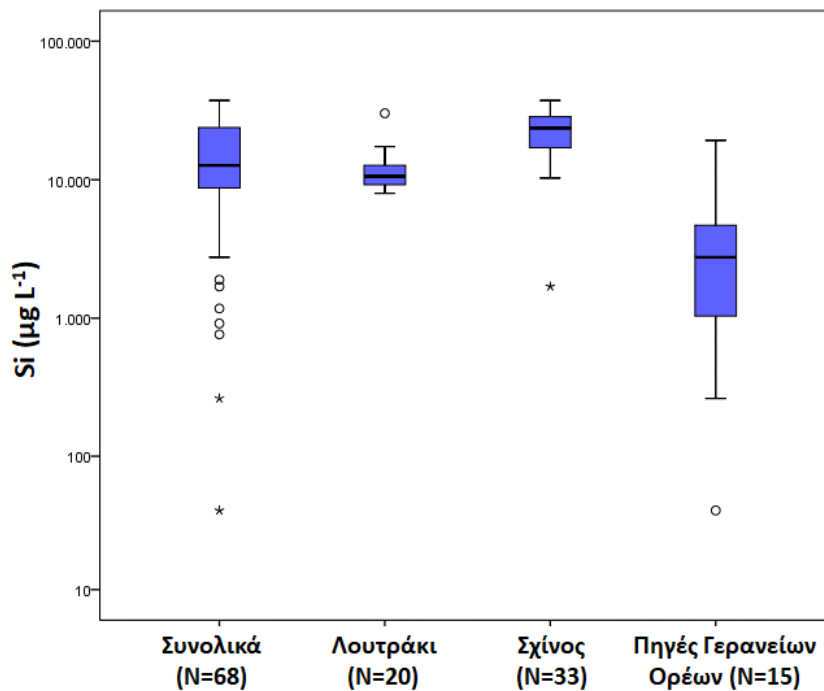
Σύμφωνα με τα διαγράμματα Eh-pH (Pourbaix, 1966), το Mn^{2+} αποτελεί την κυρίαρχη μορφή Mn στα υπόγεια νερά της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων (Εικόνα 7.9).



Εικόνα 7.9 - Προβολή Eh vs. pH (Pourbaix, 1966) του συστήματος Mn-O-H στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία

Τα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Σχίνου παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις As, B, Ba, Br, Co, Cu, Li, Mn, Ni, P, Pb, Sb, Si, U, V και Zn σε σύγκριση με τα δείγματα υπογείων νερών από τις πηγές των Γερανείων Ορέων και της περιοχής του Λουτρακίου (Πίνακας 5.3, Εικόνα 7.10). Οι συγκεντρώσεις των B, Ba, Br, Co, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se και U δεν υπερβαίνουν τις κατευθυντήριες τιμές του ΠΟΥ (2011) για το πόσιμο νερό.

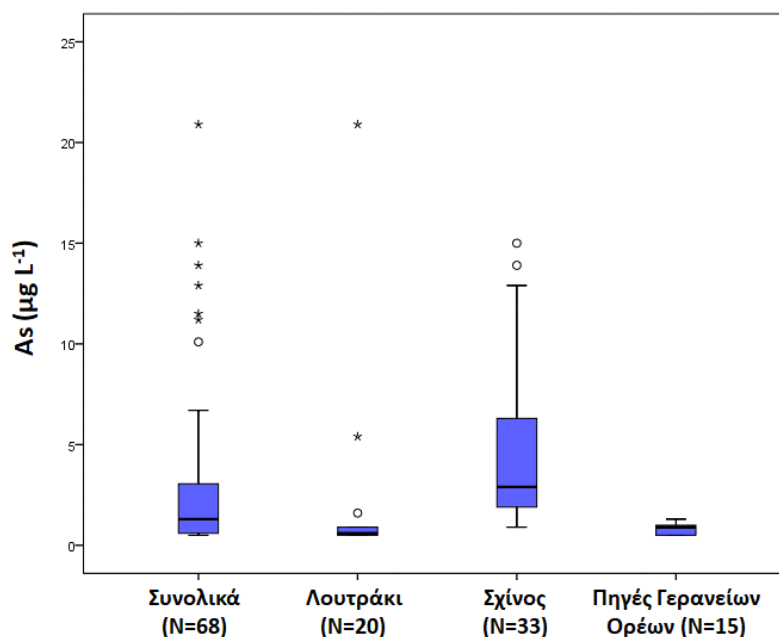


Εικόνα 7.10 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

Ένα δείγμα (FS3) στην περιοχή του Σχίνου παρουσιάζει συγκέντρωση Mn 57,05 µg L⁻¹ και υπερβαίνει την οριακή τιμή του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017 για το στοιχείο αυτό και ένα δείγμα στην περιοχή του Λουτρακίου (GL7) χαρακτηρίζεται από αξιοσημείωτα υψηλή συγκέντρωση Sr (10423,4 µg L⁻¹). Στο ίδιο δείγμα (GL7) παρουσιάζονται αυξημένες συγκεντρώσεις K⁺ (5,37 mg L⁻¹), As (20,9 µg L⁻¹), B (150 µg L⁻¹), Ba (219,12 µg L⁻¹), Br (594 µg L⁻¹), Li (26,9 µg L⁻¹), Mo (12,8 µg L⁻¹), Rb (2,69 µg L⁻¹), Rh (0,29 µg L⁻¹), Tl (0,04 µg L⁻¹) και W (0,07 µg L⁻¹), οι οποίες πιθανώς σχετίζονται με το γεωθερμικό σύστημα χαμηλής ενθαλπίας της περιοχής (D'Alessandro et al., 2017). Το δείγμα GL7, προέρχεται από το νότιο τμήμα της περιοχής του Λουτρακίου και παρουσιάζει εντελώς διαφορετικά υδροχημικά χαρακτηριστικά από τα υπόλοιπα δείγματα υπογείων νερών, με περίπου 20-30 φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση Ca²⁺, υποδηλώνοντας διαφορετική προέλευση από τα υπόλοιπα δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου. Δεδομένου ότι παρεμβάλλεται ο υδατοστεγανός σχηματισμός των μαργών (Σταμάτης και Βουδούρης, 2000), δεν υπάρχει υδραυλική επικοινωνία του Τεταρτογενούς (αλλουβιακού) υδροφόρου ορίζοντα με τους υπόλοιπους υδροφόρους ορίζοντες με αποτέλεσμα το γεωθερμικό σύστημα να μην επηρεάζει την ποιότητα των υπόλοιπων δειγμάτων υπογείων νερών της περιοχής του Λουτρακίου.

Αρσενικό και λοιπά οξυανιόντα

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αυξημένες συγκεντρώσεις As στα υπόγεια νερά της περιοχής του Σχίνου (Εικόνα 7.11). Συγκεκριμένα, το 10,3% των δειγμάτων υπερβαίνει το θεσμοθετημένο όριο των $10 \mu\text{g L}^{-1}$ για το πόσιμο νερό (WHO, 2011).

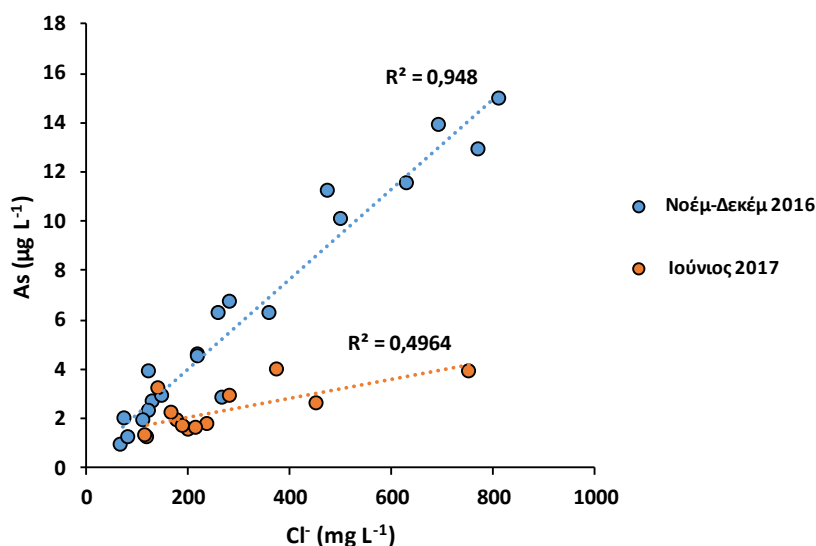


Εικόνα 7.11 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

Για τη διερεύνηση της προέλευσης του As στα υπόγεια νερά της περιοχής, εξετάστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των στοιχείων στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Σχίνου. Παρατηρείται, πολύ ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ As και Cl^- ($r=0,84$), καθώς και άλλων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων όπως B ($r=0,65$), Ba ($r=0,65$), Br ($r=0,99$), Li ($r=0,67$), Se ($r=0,93$) και V ($r=0,77$) είτε λόγω της κοινής προέλευσής τους, είτε λόγω της παρεμφερούς γεωχημικής συμπεριφοράς και κινητικότητάς τους. Εντούτοις, παρά την πιθανή σχέση του As με το θαλασσινό νερό λόγω του πολύ ισχυρού θετικού συντελεστή συσχέτισης με τα Cl^- και Br, οι καταγεγραμμένες συγκεντρώσεις As στο θαλασσινό νερό δεν υπερβαίνουν τα $3 \mu\text{g L}^{-1}$ (Andreae, 1979, Andreae and Andreae, 1989, Li, 1991). Οι αυξημένες συγκεντρώσεις As συνυπάρχουν με αυξημένες συγκεντρώσεις Cl^- (Εικόνα 7.12), παρατήρηση η οποία είναι σε συμφωνία με την αυξημένη κινητικότητα του As

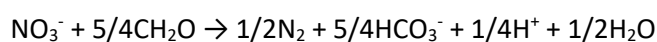
στα υπόγεια νερά που προκαλείται από αύξηση της αλατότητας, ως αποτέλεσμα της θαλάσσιας διείσδυσης (Smedley and Kinniburgh, 2002, Weng et al., 2017, Jia et al., 2018, Megremi et al., 2019, Dehbandi et al., 2019). Πηγή του As στην περιοχή θα μπορούσαν να είναι τα υπερβασικά πετρώματα που βρέθηκαν να έχουν αυξημένες περιεκτικότητες As συγκριτικά με τη μέση περιεκτικότητα του Γήινου φλοιού. Η παρουσία του As στα υπερβασικά πετρώματα αποδίδεται στην παρουσία σερπεντίνη, τάλκη, μαγνησίτη και σε δευτερογενή Fe-υδροξειδία (Smedley and Kinniburgh, 2002, Ryan et al., 2011).

Οι αλκαλικές συνθήκες των υπογείων νερών της περιοχής μελέτης (≥ 7.45) ελέγχουν σημαντικά της διεργασίες ρόφησης των Fe-υδροξειδίων. Το As και η πλειονότητα των οξυανιόντων (όπως τα B, Se και V) τείνουν να προσροφώνται λιγότερο όσο η τιμή pH αυξάνεται (Dzombak and Morel 1990). Επιπλέον, τα Fe-υδροξειδία φέρουν αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες στο αλκαλικό pH των υπογείων νερών εξαιτίας του υψηλού σημείου μηδενικού φορτίου και τα είδη του As (ειδικά το HAsO_4^{2-}) μπορούν να εκροφηθούν από τις επιφάνειες αυτών των δευτερογενών ορυκτολογικών φάσεων (Dixit and Hering, 2003, Dehbandi et al., 2019). Ανάλογη υπόθεση έχει, επίσης, αναφερθεί και σε άλλες περιοχές του κόσμου, όπως στο Μεξικό, στην Ισπανία, στην Αργεντινή, στο Πακιστάν και στο Ιράν (Bundschuh et al., 2004, Nicolli et al., 2012, Garcia-Sanchez et al., 2005, Giménez-Forcada and Smedley, 2014, Mushtaq et al., 2018, Dehbandi et al., 2019).



Εικόνα 7.12 – Προβολή συγκεντρώσεων As vs. Cl⁻ για τις διαφορετικές περιόδους δειγματοληψίας στην περιοχή του Σχίνου.

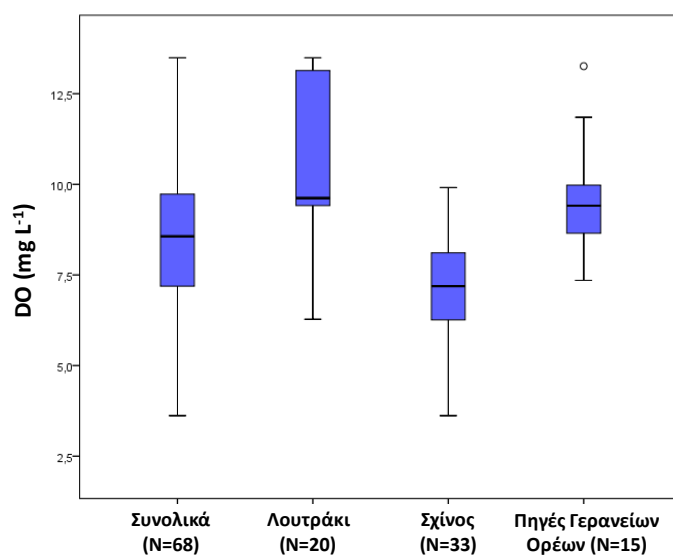
Επίσης, σημαντική παράμετρος για την κατανόηση της γεωχημικής συμπεριφοράς του As φαίνεται να είναι το διαλυμένο οξυγόνο (DO). Ο μέτριος αρνητικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ DO και As ($r=-0,41$) υποδηλώνει ότι τα αρχικά στάδια της διεργασίας απονιτροποίησης είναι πιθανό να κινητοποιούν το As στα υπόγεια νερά. Η απονιτροποίηση είναι σημαντική διεργασία και πραγματοποιείται σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση (Michener and Lajtha, 2007, Weng et al., 2017):



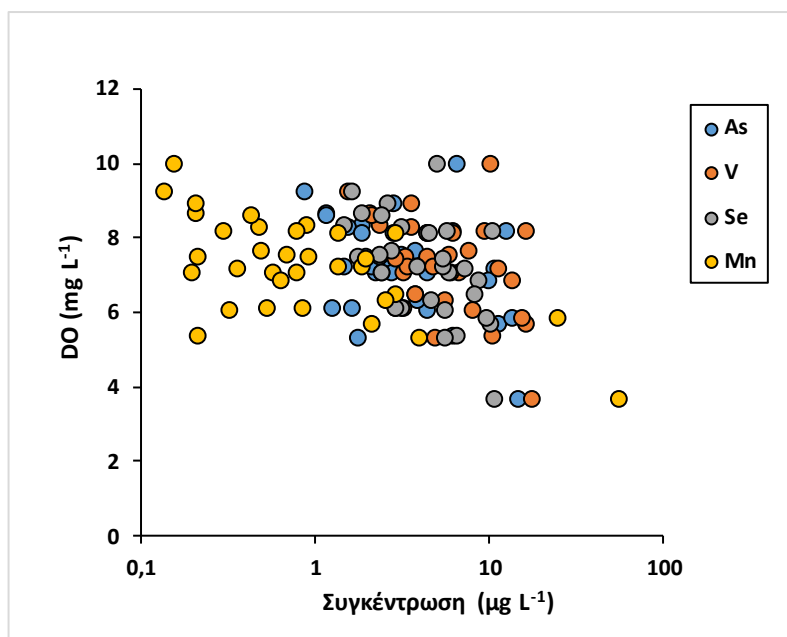
Η απονιτροποίηση στο παράκτιο τμήμα της περιοχής του Σχίνου επιβεβαιώνεται – εκτός από τις χαμηλές συγκεντρώσεις DO (Εικόνα 7.13) - και από την ισοτοπική μελέτη των $\delta^{18}\text{O}$ και $\delta^{15}\text{N}$ (Kelepertzis et al., 2019). Τα δείγματα νερών που παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις As και Cl^- έχουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις NO_3^- ($< 25 \text{ mg L}^{-1}$) συγκριτικά με το κεντρικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου και αυτό – συνδυαστικά με τις χαμηλές τιμές DO - είναι πιθανό να συμβαίνει λόγω της αναγωγής των NO_3^- και της μετατροπής τους σε NO_2^- , N_2O , N_2 και NH_4^+ (Weng et al., 2017). Σύμφωνα με τους Weng et al. (2017), η παρουσία N_2 και NH_4^+ ευνοεί την κινητικότητα As. Η υπόθεση ότι η διεργασία της απονιτροποίησης κινητοποιεί το As στα υπόγεια νερά ενισχύεται από τους χάρτες χωρικής κατανομής των παραμέτρων DO, NO_3^- , Cl^- και As (Εικόνες 5.4, 5.15, 5.18, 5.20), τις χαμηλές συγκεντρώσεις DO (Πίνακας 5.2) και τους πολύ ασθενείς έως μέτριους αρνητικούς συντελεστές συσχέτισης των DO- Cl^- ($r=-0,46$), DO- NO_3^- ($r=-0,11$) και NO_3^- - Cl^- ($r=-0,26$). Γενικά, υπόγεια νερά με υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- παρουσιάζουν, συνήθως, χαμηλές συγκεντρώσεις As ως αποτέλεσμα της προσρόφησης του As στα Fe-υδροξείδια των εδαφών (Guo et al., 2014b), και της δυσχέρειας της αναγωγικής διάλυσης των Fe-υδροξειδίων (Weng et al., 2017) (βλπ. κεφ. 2.4.6). Οι τοπικά, υποξικές συνθήκες, που επικρατούν σε παράκτιο τμήμα της περιοχής του Σχίνου είναι πιθανώς το συνδυαστικό αποτέλεσμα αποσύνθεσης του οργανικού υλικού από μικροοργανισμούς και θαλάσσιας διείδυσης (Santoro, 2010). Οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν O_2 οδηγώντας στην έκλυση CO_2 με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης του DO. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις DO σε συνδυασμό με το αλκαλικό pH του θαλασσινού νερού έχουν ως αποτέλεσμα την κινητοποίηση του As στα υπόγεια νερά μέσω της αναγωγικής διάλυσης των Fe-υδροξειδίων που έχουν προσροφήσει As και άλλα οξυανιόντα (όπως, B, Se και V) (Nickson et al., 2000, Harvey et al., 2002, Dixit and Hering 2003, Lu et al., 2010). Η υπόθεση της εκρόφησης οξυανιόντων από τα Fe-υδροξείδια ενισχύεται από τις πολύ ισχυρές θετικές συσχετίσεις και την παρεμφερή γεωχημική συμπεριφορά του As με άλλα δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία όπως τα B, Se, V στα υπόγεια νερά (As-V $r=0,97$, As-Se $r=0,85$, As-B $r=0,68$). Γενικότερα, παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων

ορισμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (όπως των Mn, V και Se) και του DO (Εικόνα 7.14).

Μια διαφορετική ερμηνεία για την επίδραση της θαλάσσιας διείσδυσης στην κινητικότητα των οξυανιόντων (As, B, Se και V) θα μπορούσε να είναι ότι η θαλάσσια διείσδυση αυξάνει την ιοντική ισχύ των υπογείων νερών επηρεάζοντας και μετατοπίζοντας τη χημική ισορροπία μεταξύ στερεάς (ιζημάτων/εδαφών) και υγρής (υπογείων νερών) φάσης με αποτέλεσμα την εκρόφιση των προσροφημένων οξυανιόντων στον υδροφόρο ορίζοντα.



Εικόνα 7.13 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) στα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου, στα 33 δείγματα από την περιοχή του Σχίνου και στα 15 δείγματα από τα Γεράνεια Όρη.

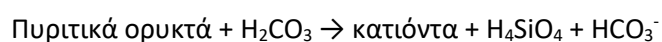


Εικόνα 7.14 – Προβολή συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) και επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (As, V, Se, Mn) στην περιοχή του Σχίνου.

Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση

Οι παράγοντες που σχετίζονται με την προέλευση των As, Cr και Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων, διερευνήθηκαν περαιτέρω μέσω πολυκριτηριακών στατιστικών μεθόδων (παραγοντική ανάλυση και ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες). Σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση, πέντε παράγοντες ερμηνεύουν την ποιότητα των υπογείων νερών στην περιοχή μελέτης. Ο FA1 εξηγεί το 54,9% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων, με 13 παραμέτρους: EC, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, As, Br, Mn, Ni, Se, V και DO. Ο FA1 σχετίζεται με τα αυξημένα διαλελυμένα άλατα των υπογείων νερών και οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στη θαλάσσια διείσδυση στην περιοχή του Σχίνου, στη διάλυση ανθρακικών ορυκτολογικών φάσεων και στην αυξημένη κινητικότητα ορισμένων ιχνοστοιχείων τα οποία φαίνεται να επηρεάζονται από την υφιστάμενη θαλάσσια διείσδυση. Συγκεκριμένα, EC και στοιχεία όπως Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Br βρίσκονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις στο θαλασσινό νερό. Η περιοχή μελέτης δομείται κατά κύριο λόγο από υπερβασικά και δευτερευόντως από ανθρακικά πετρώματα και ως εκ τούτου οι ορυκτολογικές φάσεις που επικρατούν στα Γεράνεια Όρη και στις περιοχές του Λουτρακίου και του Σχίνου είναι πλούσιες σε Mg²⁺ (μαγνησίτης, υδρομαγνησίτης, χουντίτης, σερπεντίνης, φορστερίτης, πυρόξενος). Η διάλυση των ορυκτολογικών αυτών φάσεων είναι δυνατό να εμπλουτίσει τα υπόγεια νερά σε Mg²⁺ και HCO₃⁻ (Margiotta et al., 2012, Lelli et al., 2014,

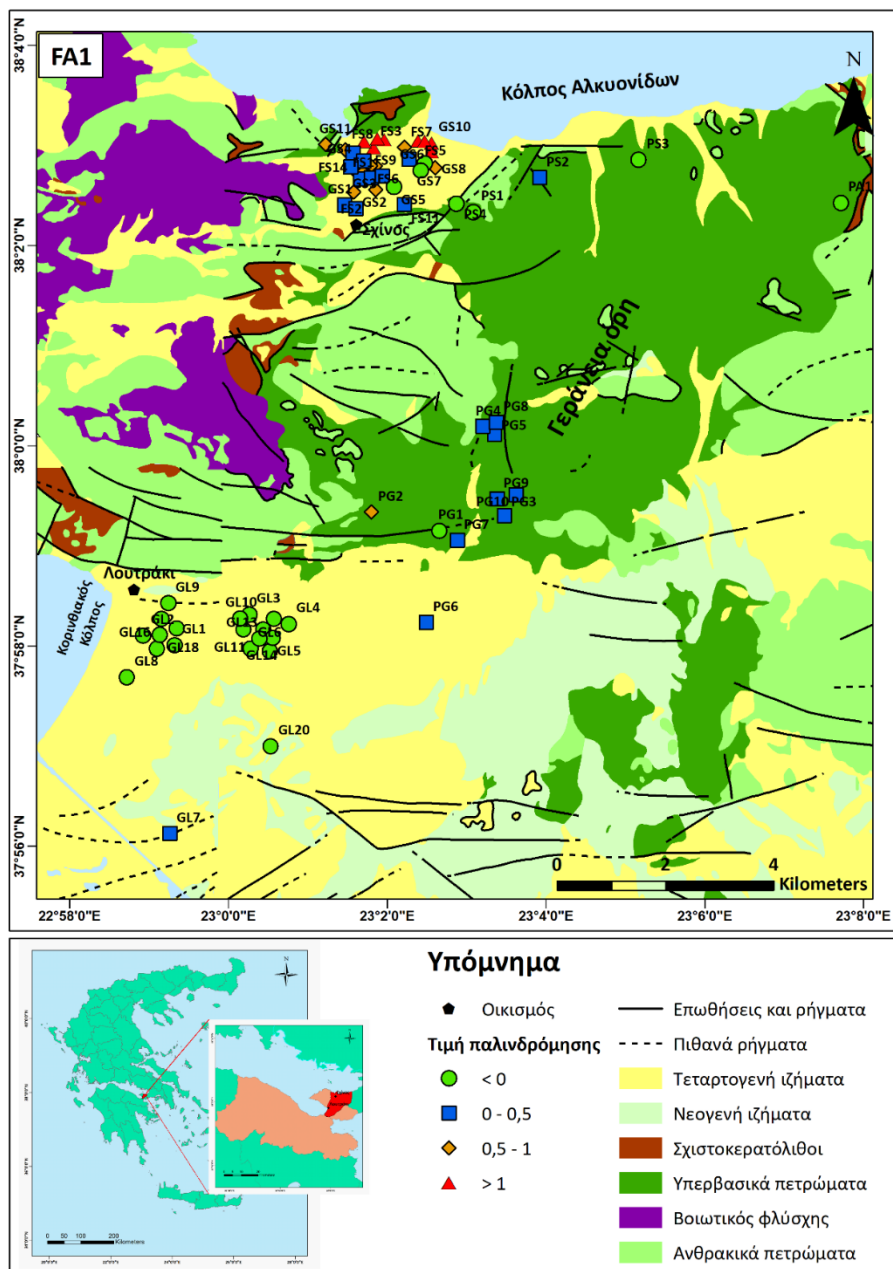
Voutsis et al., 2015, Papazotos et al., 2019a). Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) εισέρχεται στο νερό μέσω της χημικής ισορροπίας με την ατμόσφαιρα, την ανοξική βιοαποικοδόμηση της οργανικής ύλης και την αναπνοή των ριζών στην ακόρεστη ζώνη (Singh et al., 2013). Όταν το CO₂ (aq) διαλύεται σε νερό, αντιδρά άμεσα και σχηματίζεται ανθρακικό οξύ (H₂CO₃). Η υδρόλυση πυριτικών ορυκτών παρουσία H₂CO₃ πραγματοποιείται σύμφωνα με την αντίδραση (Nesbitt and Wilson, 1992, Subramani et al., 2010):



Χαρακτηριστικό παράδειγμα, σχηματισμού Mg²⁺ στα νερά, αποτελεί η αντίδραση διάλυσης του φορστερίτη, που αποτελεί το Mg-ούχο μέλος της ομάδας των ολιβίνων:



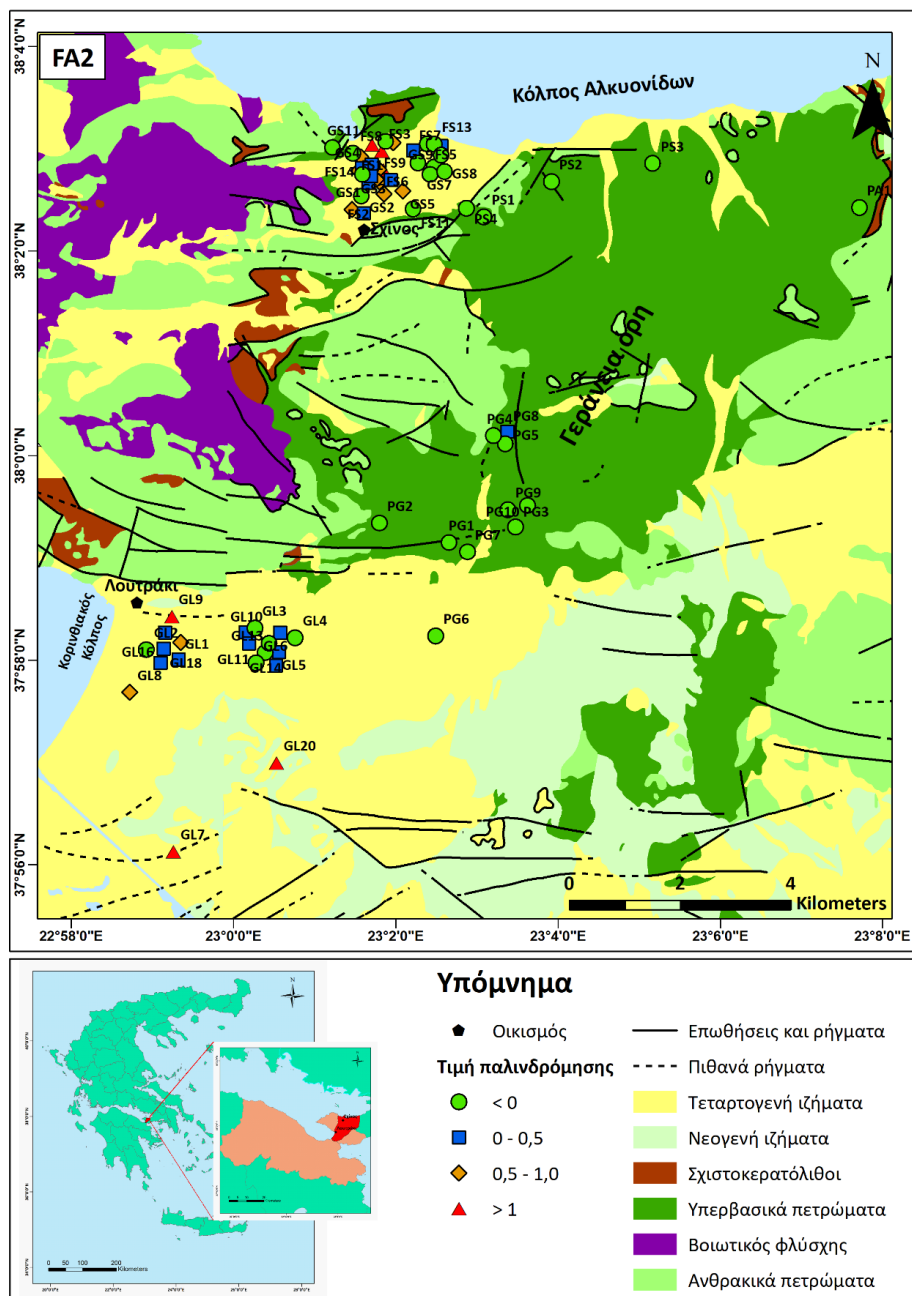
Οι συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων όπως As, Mn, Se, V φαίνεται να σχετίζονται με τη συγκέντρωση DO και την υφιστάμενη απονιτροποίηση όπως συζητήθηκε παραπάνω δημιουργώντας ευνοϊκές συνθήκες για την κινητοποίηση αυτών των στοιχείων και την αποδέσμευσή τους στα υπόγεια νερά, ακόμα και αν αυτά υπάρχουν σε μικρές περιεκτικότητες στα πετρώματα και εδάφη της περιοχής. Στην εικόνα 7.15 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA1. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA1 εντοπίζονται κατά μήκος της ακτογραμμής του Σχίνου.



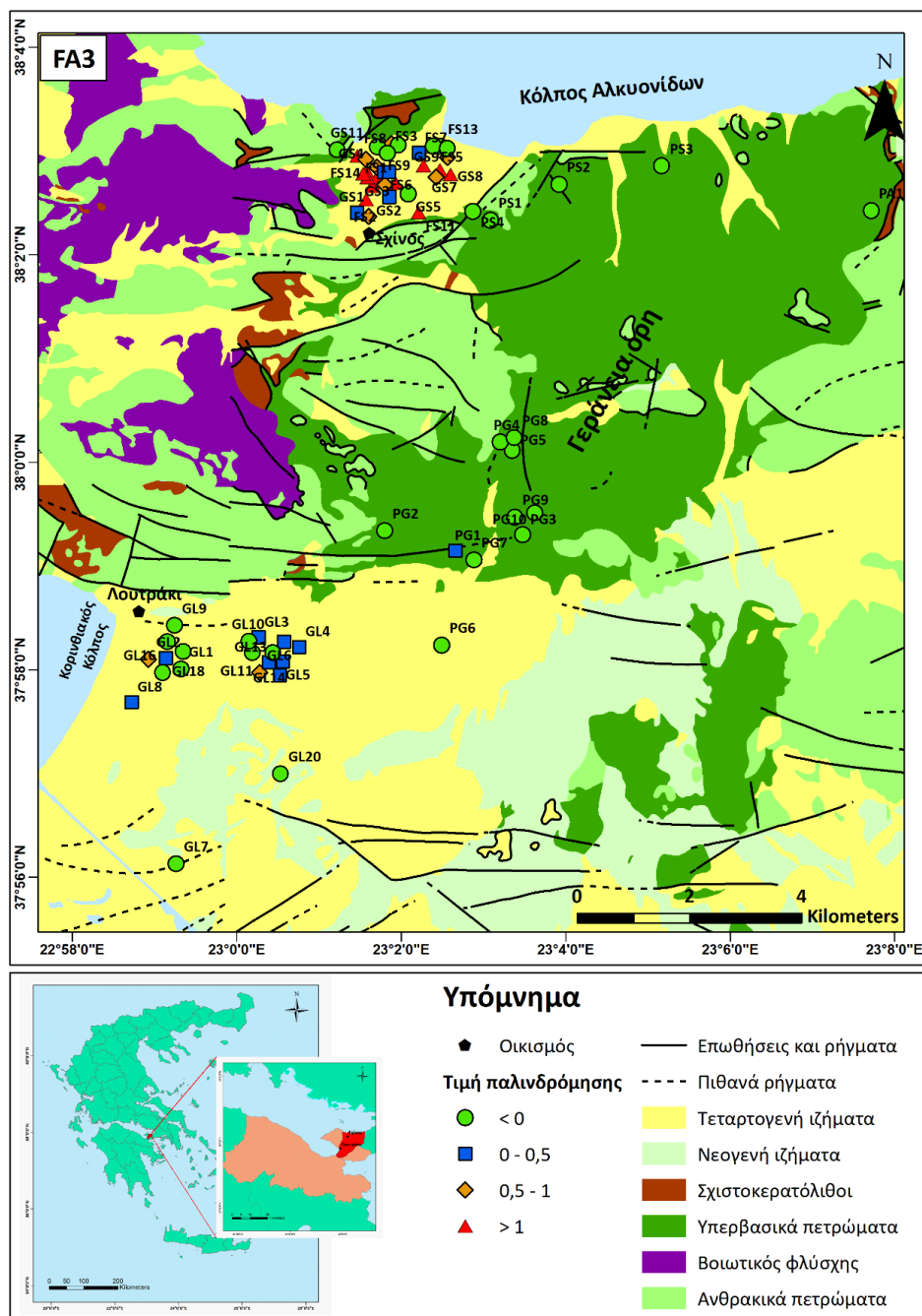
Εικόνα 7.15 – Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 1^ο παράγοντα (FA1) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Ο FA2 εξηγεί το 10,4% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιέχει οκτώ παραμέτρους: pH, Ca²⁺, B, Ba, Li, Mn, P και Sr. Η επικράτηση του P και του Ca²⁺ στον FA2 υποδεικνύει την πιθανή σχέση του παράγοντα αυτού με τη χρήση φωσφορικών λιπασμάτων. Ιδιαίτερα στην περιοχή του Σχίνου, ο παράγοντας FA2 φαίνεται να είναι σημαντικός, όπως παρουσιάζεται στον χάρτη χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA2 (Εικόνα 7.16). Τα υπόλοιπα στοιχεία του παράγοντα αυτού όπως B, Ba, Li, Mn και Sr αποτελούν, δυνητικά, στοιχεία και των λιπασμάτων (Senesi et al., 1983, Alloway, 1995, Xie et al., 2011,

Khan et al., 2017) όπως επίσης και το Cr που εμφανίζει σημαντικές τιμές (0,35) στον παράγοντα αυτό. Επιπλέον, τα Ba και Sr, ως κατιόντα των αλκαλικών γαιών, εμφανίζουν παρεμφερή γεωχημική συμπεριφορά και κινητικότητα σε αλκαλικό, οξειδωτικό περιβάλλον όπως αυτό της περιοχής μελέτης. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA2 εντοπίζονται σε κάποια δείγματα (FS3, FS4, FS10, GL7, GL9, GL20) στις περιοχές του Σχίνου και του Λουτρακίου. Υψηλές τιμές στον παράγοντα αυτό έχει, επίσης, το δείγμα GL7, το οποίο είναι επηρεασμένο από το γεωθερμικό πεδίο της περιοχής εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων B, Ba, Li και Sr. Ο πιο σημαντικός παράγοντας για την κατανόηση της συμπεριφοράς των Cr και Cr⁶⁺ είναι ο FA3 διότι σε αυτόν ανήκουν οι υψηλότερες τιμές φορτίσεων των στοιχείων αυτών, εξηγεί το 8% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και αποτελείται από πέντε παραμέτρους: NO₃⁻, Cr, Cr⁶⁺, Si και Zn. Ο παράγοντας αυτός δείχνει τη γεωγενή προέλευση του Cr (διάλυση Cr-ούχων πυριτικών ορυκτολογικών φάσεων) καθώς και τη συνεργιστική δράση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όπως λειτουργία βόθρων, χρήση αζωτούχων και μεικτών λιπασμάτων (Kelepertzis et al., 2019) στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά. Στην εικόνα 7.17 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA3. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA3 εντοπίζονται στον κεντρικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου, και παρουσιάζουν παρεμφερείς χωρικές κατανομές με τα Cr, Cr⁶⁺, NO₃⁻ και Si υποδεικνύοντας τη σχέση που συνδέει τις παραμέτρους αυτές.



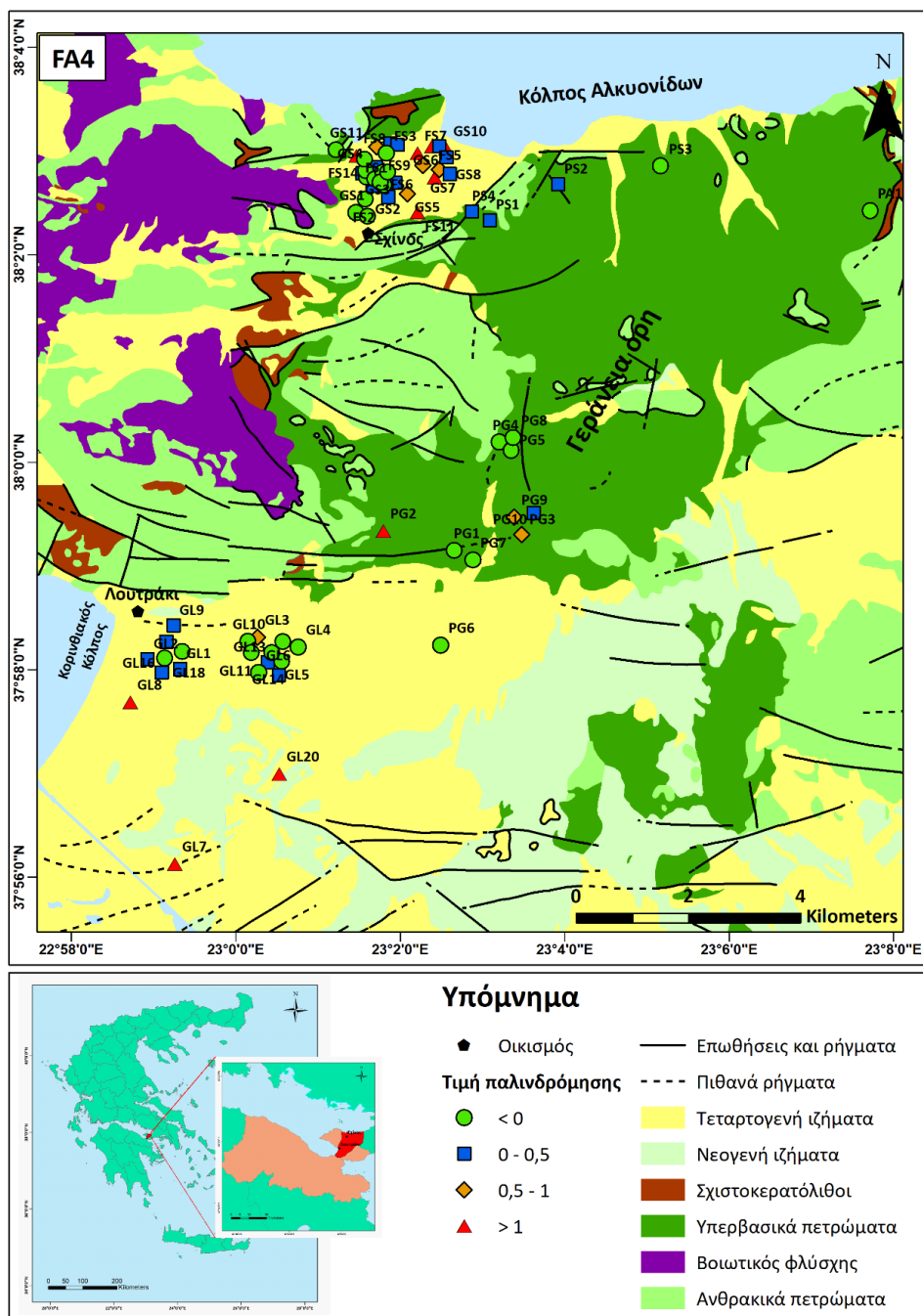
Εικόνα 7.16 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 2^ο παράγοντα (FA2) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Οφίων.



Εικόνα 7.17 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 3^ο παράγοντα (FA3) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων.

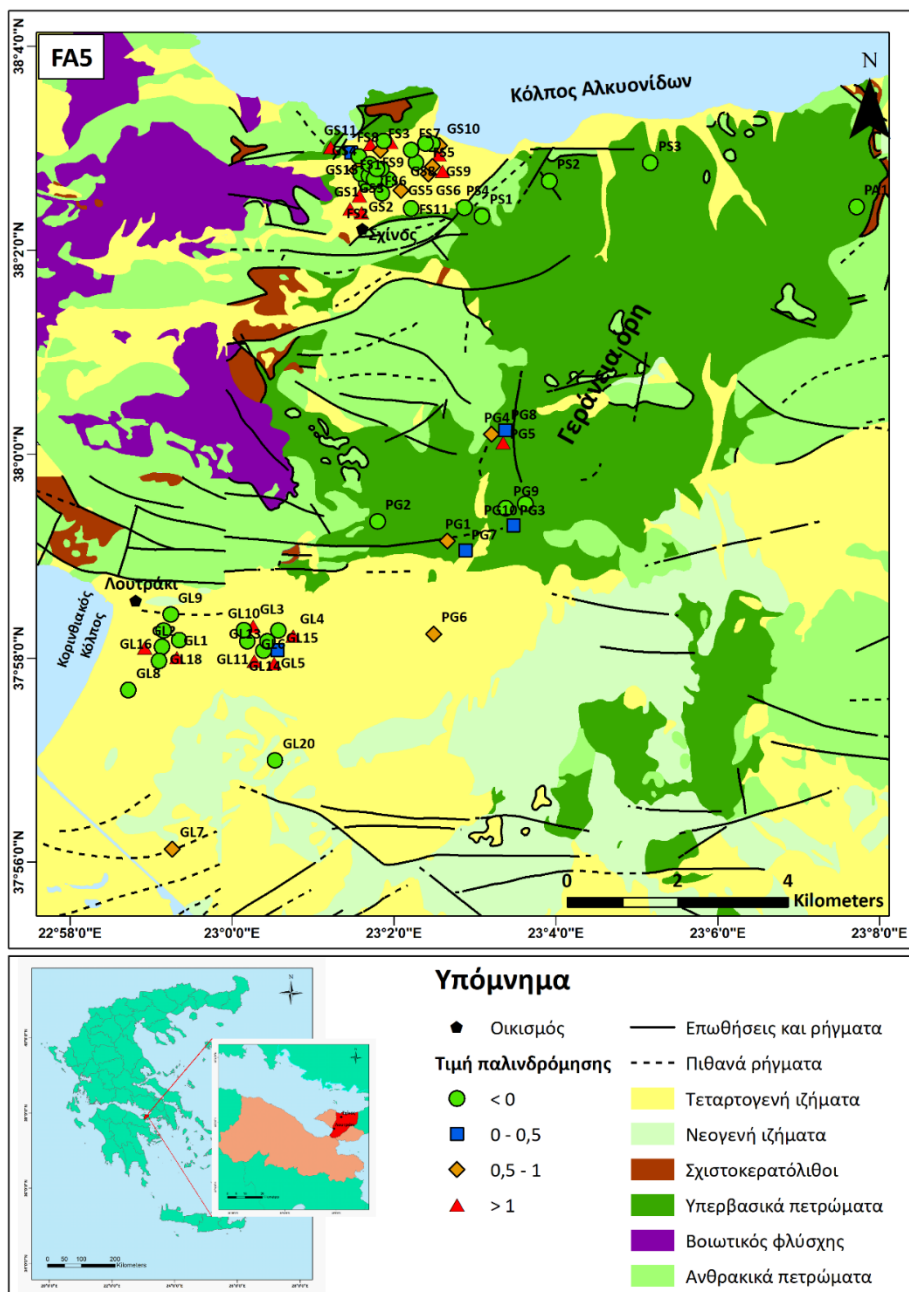
Ο FA4 εξηγεί το 5% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει τρεις παραμέτρους: K⁺, Cu και Rb. Ο παράγοντας αυτός, θα μπορούσε δυνητικά να αποδοθεί σε γεωγενείς διεργασίες καθώς το K⁺ και το Rb είναι λιθόφιλα στοιχεία τα οποία δυνητικά ενδομούνται στο πλέγμα φυλλοπυριτικών ορυκτών, όπως ο ιλλίτης και ο καολινίτης (Eberl, 1980, Brouwer et al., 1983). Τα K⁺, Cu και Rb χαρακτηρίζονται από μικρή κινητικότητα σε

αλκαλικό pH καθώς αυξάνεται η προσρόφησή τους και αυτό αποτυπώνεται στις μικρές, σχετικά, συγκεντρώσεις στα υπόγεια νερά. Ο ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ K^+ , και Rb ($r=0,62$) ερμηνεύεται από την παρεμφερή γεωχημική συμπεριφορά τους. Ωστόσο, τα K^+ , Cu και Rb παρουσιάζουν σχετικά υψηλές περιεκτικότητες και σε αγροχημικά προϊόντα και θα μπορούσαν, δυνητικά, να προσφέρουν τα στοιχεία αυτά στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης. Εντούτοις, οι ασθενείς αρνητικοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των K^+ , Cu και Rb με τα NO_3^- και το P, η χωρική κατανομή τους που διαφοροποιείται από εκείνη των NO_3^- και του P, η απουσία έντονων αγροτικών δραστηριοτήτων όπως αποτυπώνεται στις χαμηλές συγκεντρώσεις NO_3^- και P –ειδικά στην περίπτωση της περιοχής του Λουτρακίου και των πηγών των Γερανείων Ορέων - και οι αλκαλικές, οξειδωτικές γεωχημικές συνθήκες οι οποίες δεν ευνοούν την κινητικότητα των K^+ , Cu, Rb, υποδεικνύουν ότι ανθρωπογενείς παράγοντες όπως είναι η χρήση αγροχημικών προϊόντων είναι ήσσονος σημασίας για την παρουσία K^+ , Cu και Rb στην περιοχή μελέτης. Στην εικόνα 7.18 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA4. Οι υψηλές τιμές παλινδρόμησης που παρουσιάζει το δείγμα GL7 στον παράγοντα αυτό οφείλονται στην επίδραση του γεωθερμικού πεδίου.



Εικόνα 7.18 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 4^ο παράγοντα (FA4) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

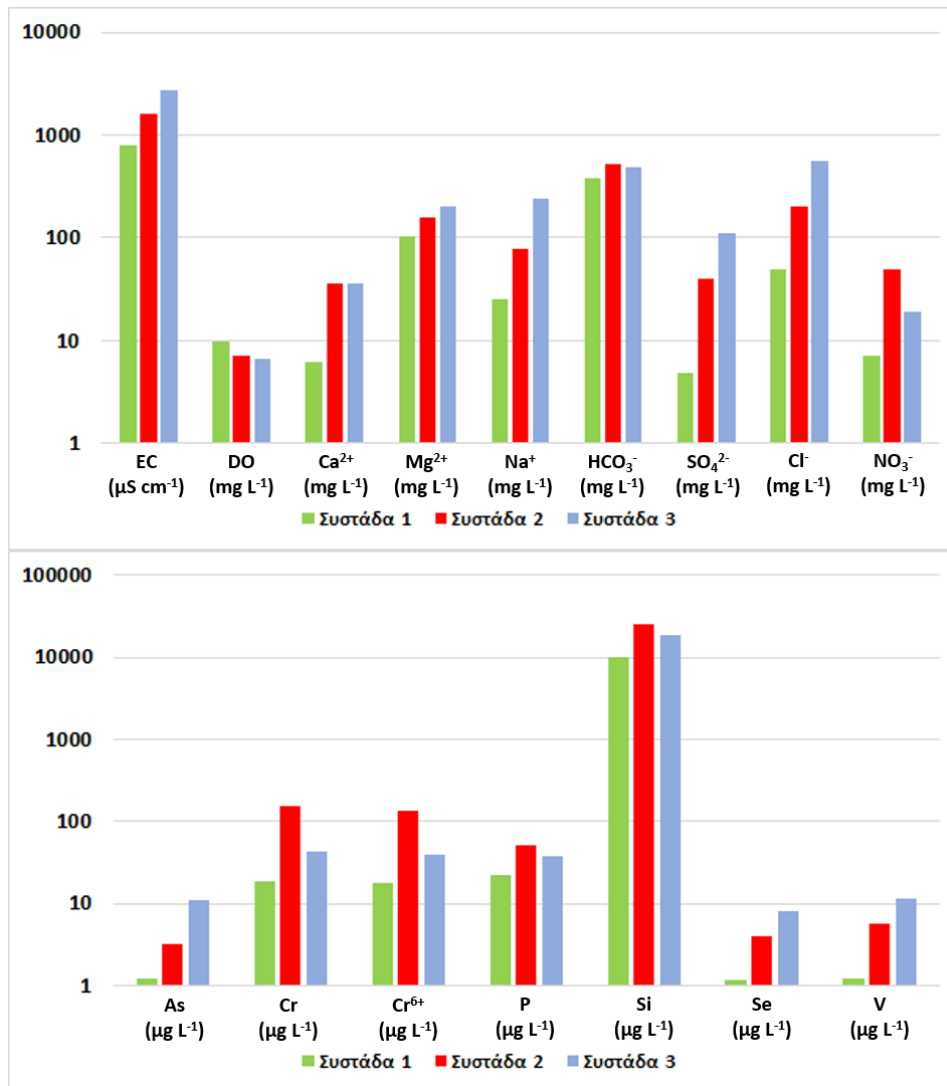
Ο FA5 εξηγεί το 4,3% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει μια παράμετρο, το Eh. Η εικόνα 7.19 παρουσιάζει το χάρτη χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA5.



Εικόνα 7.19 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 5^ο παράγοντα (FA5) για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Η χωρική κατανομή των δειγμάτων της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (HCA) έδειξε ότι η συστάδα 1 περιέχει τα δείγματα υπογείων νερών που παρουσιάζουν την καλύτερη δυνατή ποιότητα νερού, με τις μικρότερες τιμές EC, το χαμηλότερο λόγο Ca^{2+}/Mg^{2+} και τις μικρότερες μέσες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} σε σχέση με τις υπόλοιπες συστάδες. Πρόκειται για δείγματα ανεπηρέαστα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, καθώς στις θέσεις αυτές οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις είναι απύσες. Η συστάδα 2 περιλαμβάνει τα δείγματα που

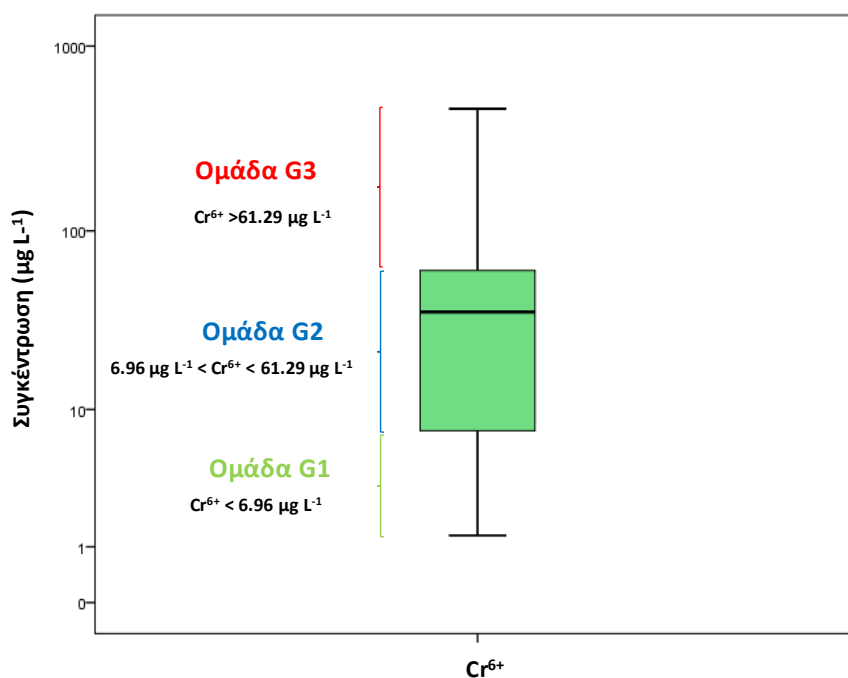
είναι πιο επηρεασμένα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις NO_3^- , P, Cr και Cr^{6+} . Η συστάδα αυτή περιλαμβάνει, επίσης, τις υψηλότερες συγκεντρώσεις HCO_3^- και Si ως αποτέλεσμα της επίδρασης και του γεωγενούς παράγοντα. Η χωρική κατανομή των δειγμάτων της συστάδας 2 συμφωνεί με τη χωρική κατανομή των προαναφερθέντων στοιχείων (Εικόνες 5.18, 5.23, 5.25, 5.29, 5.39) και τη χωρική κατανομή των τιμών παλινδρόμησης του FA3 (Εικόνα 7.17) υποδεικνύοντας το συνεργιστικό ρόλο των γεωγενών και των ανθρωπογενών παραγόντων στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} στα υπόγεια νερά. Η συστάδα 3 περιλαμβάνει δείγματα υπογείων νερών με πολύ υψηλές τιμές EC και συγκεντρώσεις Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , γεγονός που δείχνει την άμεση επίδραση της θαλάσσιας διείσδυσης στην ποιότητα των υπογείων νερών όπως συμβαίνει στην περίπτωση της περιοχής του Σχίνου, καθώς και σε ένα δείγμα στην περιοχή του Λουτρακίου (δείγμα GL7) το οποίο προέρχεται από τον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα ο οποίος είναι τρωτός στη θαλάσσια διείσδυση (Σταμάτης και Βουδούρης, 2000) και επηρεασμένος από το γεωθερμικό σύστημα χαμηλής ενθαλπίας (D'Alessandro et al., 2017) της περιοχής μελέτης. Επιπλέον, η συστάδα 3 περιλαμβάνει αυξημένες συγκεντρώσεις As, V, Se και τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις DO, υποδηλώνοντας πως η υφιστάμενη θαλάσσια διείσδυση δημιουργεί τοπικά κατάλληλες συνθήκες για την κινητοποίηση των προαναφερθέντων οξυανιόντων. Στην εικόνα 7.20 παρουσιάζονται για συγκριτικούς σκοπούς οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των τριών συστάδων.



Εικόνα 7.20 – Μέσες τιμές και συγκεντρώσεις φυσικών και χημικών παραμέτρων των τριών συστάδων της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Διερεύνηση των υψηλών συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου

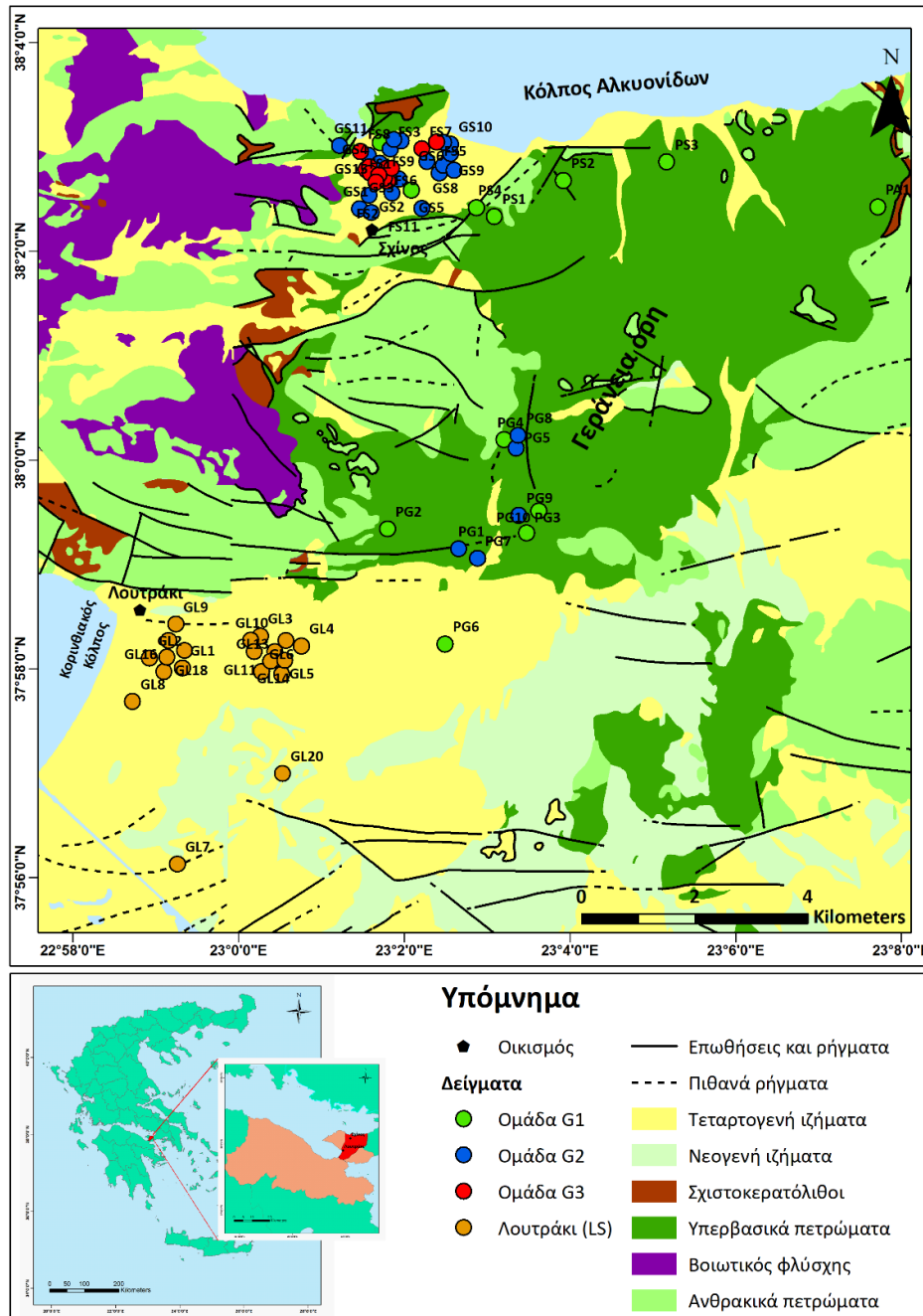
Η διερεύνηση της προέλευσης του Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά και η διάκριση γεωγενούς και ανθρωπογενούς παράγοντα ρύπανσης αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο αντικείμενο. Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 5.3 και στην εικόνα 7.8, οι συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Σχίνου είναι υψηλότερες από εκείνες της περιοχής του Λουτρακίου. Για την περαιτέρω διερεύνηση της προέλευσης του Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης, τα 33 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του Σχίνου και τα 15 δείγματα των Γερανείων Ορέων ταξινομήθηκαν σε τρεις διαφορετικές ομάδες σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ (Εικόνα 7.21).



Εικόνα 7.21– Θηκόγραμμα συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) των 48 δειγμάτων από την περιοχή του Σχίνου και τα Γεράνεια Όρη.

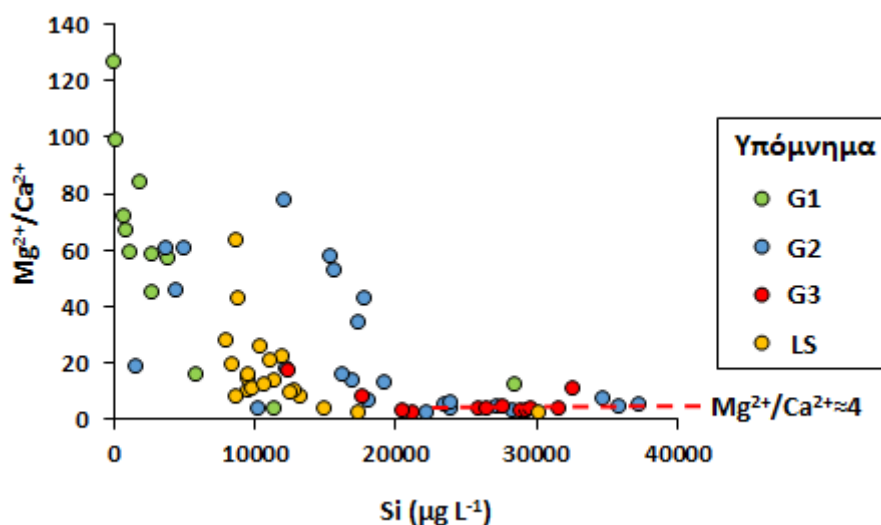
Τα, συνολικά, 48 δείγματα υπογείων νερών εμφανίζουν μια ομοιογενή κατανομή που περιλαμβάνει δείγματα από τις ανεπηρέαστες, από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, περιοχές, όπως είναι η περιοχή των Γερανείων Ορέων και δείγματα από τον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής του Σχίνου όπου υπάρχουν ήπιες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Τα 20 δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου δε συμπεριλαμβάνονται σε αυτή την επεξεργασία δεδομένων και παρουσιάζονται ως διαφορετική υποπερίπτωση επειδή στην περιοχή του Λουτρακίου οι χρήσεις γης είναι περιορισμένες και η πλειονότητα των γεωτρήσεων που συλλέχθηκαν χρησιμοποιούνται για υδρευτικούς σκοπούς. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, σύμφωνα με το ΦΕΚ630, τεύχος Δ', 7/11/1985 (βλπ. κεφ. 3.1.5), στην περιοχή του Λουτρακίου είναι απαγορευμένη κάθε μορφή ανθρωπίνης παρέμβασης. Η ομάδα 1 (G1) αντιστοιχεί στο κάτω τμήμα της κατανομής (1^ο τεταρτημόριο), αποτελείται από δείγματα με συγκεντρώσεις $Cr^{6+} < 6,96 \mu\text{g L}^{-1}$ και περιλαμβάνει δείγματα υπογείων νερών από τις πηγές των Γερανείων Ορέων και από ορισμένες γεωτρήσεις από την περιοχή του Σχίνου. Η ομάδα 2 (G2) αντιστοιχεί στο 2^ο και στο 3^ο τεταρτημόριο της κατανομής, αποτελείται από δείγματα με συγκεντρώσεις Cr^{6+} μεγαλύτερες από $6,96 \mu\text{g L}^{-1}$ και χαμηλότερες από $61,29 \mu\text{g L}^{-1}$ και περιλαμβάνει, κυρίως, αρδευτικές γεωτρήσεις στο δυτικό και ανατολικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου και κάποιες πηγές από τα Γεράνεια Όρη. Η

ομάδα 3 (G3) αντιστοιχεί στο ανώτερο τμήμα (4^ο τεταρτημόριο) της κατανομής, αποτελείται από δείγματα που έχουν συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ μεγαλύτερες από 61,29 μg L⁻¹ και περιλαμβάνει αρδευτικές γεωτρήσεις στο κεντρικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου. Οι χάρτες χωρικής κατανομής των τριών ομάδων (G1, G2, G3) και των δειγμάτων υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου (LS) παρουσιάζονται στην εικόνα 7.22. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ καταγράφονται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου, όπως, επίσης, αναφέρεται από τους Papadopoulos and Lappas (2014).



Εικόνα 7.22 – Χάρτης χωρικής κατανομής των τριών ομάδων (G1: Cr⁶⁺ < 6,96 μg L⁻¹, G2: 6,96 μg L⁻¹ < Cr⁶⁺ < 61,29 μg L⁻¹, G3: Cr⁶⁺ > 61,29 μg L⁻¹) και των δειγμάτων υπογείων νερών της περιοχής του Λουτρακίου.

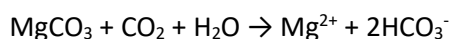
Τα διαφορετικά υδρογεωχημικά χαρακτηριστικά μεταξύ των τριών ομάδων υποδεικνύουν τους παράγοντες που οδηγούν σε αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ vs. Si (Εικόνα 7.23), τα δείγματα που ταξινομούνται στη G1 έχουν υψηλή αναλογία $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ και χαμηλή συγκέντρωση Si. Τα δείγματα των G2 και LS έχουν χαμηλότερη αναλογία $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$, ενώ η υψηλότερη συγκέντρωση Cr^{6+} αντιστοιχεί σε αυξημένη συγκέντρωση Si και σταθερή αναλογία ($\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$) ≈ 4 .



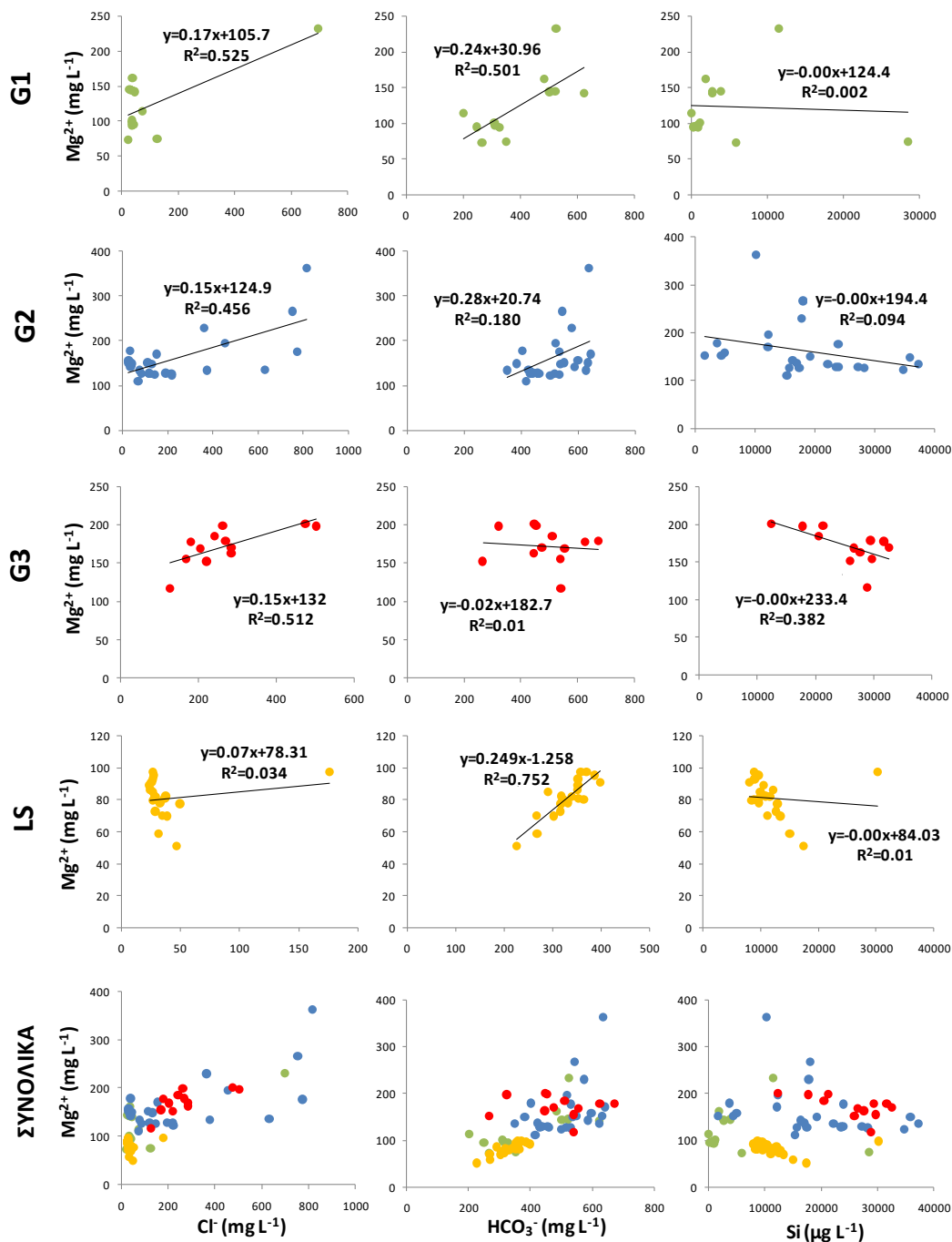
Εικόνα 7.23 – Προβολή του λόγου $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ vs. Si στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής του περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Ο προσδιορισμός των συσχετίσεων μεταξύ των παραμέτρων που εξετάζονται στις εικόνες 7.24-7.26 πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του συντελεστή συσχέτισης κατά Pearson. Ωστόσο, η επεξεργασία των δεδομένων επανεξετάστηκε και με τη μέθοδο του συντελεστή συσχέτισης κατά Spearman (Papazotos, 2020, under publication), καθώς το σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει ακραίες τιμές, και κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί και με μια μη παραμετρική στατιστική ανάλυση, ώστε να μειωθεί η επιρροή των ακραίων τιμών. Εντούτοις, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα από την εφαρμογή των δύο μεθόδων. Η διερεύνηση της προέλευσης του Mg^{2+} στα υπόγεια νερά πραγματοποιήθηκε μέσω της ερμηνείας των σχέσεων του Mg^{2+} με τα Cl^- , HCO_3^- και Si. Η εικόνα 7.24 παρουσιάζει τους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των προαναφερθέντων χημικών στοιχείων ανά ομάδα και τις εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Mg^{2+} καταγράφονται στις ομάδες G2 και G3, ενώ οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις ανήκουν στις ομάδες G1 και LS. Τα δείγματα των G1, G2 και G3 παρουσιάζουν μέτριους θετικούς

συντελεστές συσχέτισης ($R^2=0,525$, $R^2=0,456$, $R^2=0,512$, αντίστοιχα). Η γραμμική σχέση μεταξύ Mg^{2+} και Cl^- υποδεικνύει την κοινή προέλευση των στοιχείων αυτών που συνδέεται με την υφιστάμενη θαλάσσια διείσδυση στην περιοχή μελέτης. Τα δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου έχουν ασθενή συντελεστή συσχέτισης μεταξύ Mg^{2+} και Cl^- ($R^2 = 0,034$) υποδεικνύοντας ότι η περιοχή δεν έχει επηρεαστεί από διείσδυση θαλασσινού νερού και ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις του Mg^{2+} είναι ανεξάρτητες από τις αυξημένες συγκεντρώσεις του Cl^- . Η εικόνα 7.24 δείχνει ότι τα δείγματα με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Cl^- ανήκουν στις ομάδες G2 και G3 και επομένως αυτές έχουν επηρεαστεί περισσότερο από το καθεστώς θαλάσσιας διείσδυσης. Τα δείγματα των G1 και LS παρουσιάζουν αντίστοιχα μέτριους και ισχυρούς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ Mg^{2+} και HCO_3^- ($R^2=0,501$ and $R^2=0,752$, αντίστοιχα) υποδεικνύοντας την επικράτηση της διάλυσης των Mg-ούχων ανθρακικών ορυκτών στις πιο ανεπηρέαστες, από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, περιοχές. Στα Γεράνεια Όρη έχουν ταυτοποιηθεί Mg-ούχες ανθρακικές ορυκτολογικές φάσεις όπως μαγνησίτης, υδρομαγνησίτης, πυροαυρίτης και χουντίτης (Stamatakis and Mitsis, 2013), οι οποίες δυνητικά εμπλουτίζουν τα υπόγεια νερά με Mg^{2+} και HCO_3^- . Η αντίδραση διάλυσης του μαγνησίτη είναι:



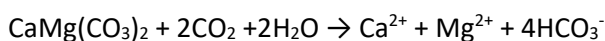
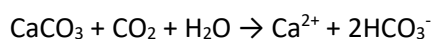
Οι ασθενείς συντελεστές συσχέτισης των G2 και G3 ($R^2=0,18$ and $R^2=0,01$, αντίστοιχα) υποδεικνύουν ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις Mg^{2+} στην περιοχή του Σχίνου δεν έχουν κοινή προέλευση με τα HCO_3^- . Οι ασθενείς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ Mg^{2+} και Si υποδεικνύουν τη δευτερεύουσα σημασία διάλυση των πυριτικών φάσεων για τις ομάδες αυτές, παρά την παρουσία Mg-ούχων πυριτικών ορυκτών των υπερβασικών πετρωμάτων στην ευρύτερη περιοχή. Οι ομάδες G2 και G3 έχουν και τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Cl^- υποδεικνύοντας ότι το Mg^{2+} στις ομάδες αυτές προέρχεται, εκτός από τη διάλυση των Mg-ούχων ανθρακικών ορυκτών, από το θαλασσινό νερό όπως φαίνεται και από τους μέτριους θετικούς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ Mg^{2+} και Cl^- ($R^2=0,456$ and $R^2=0,512$).



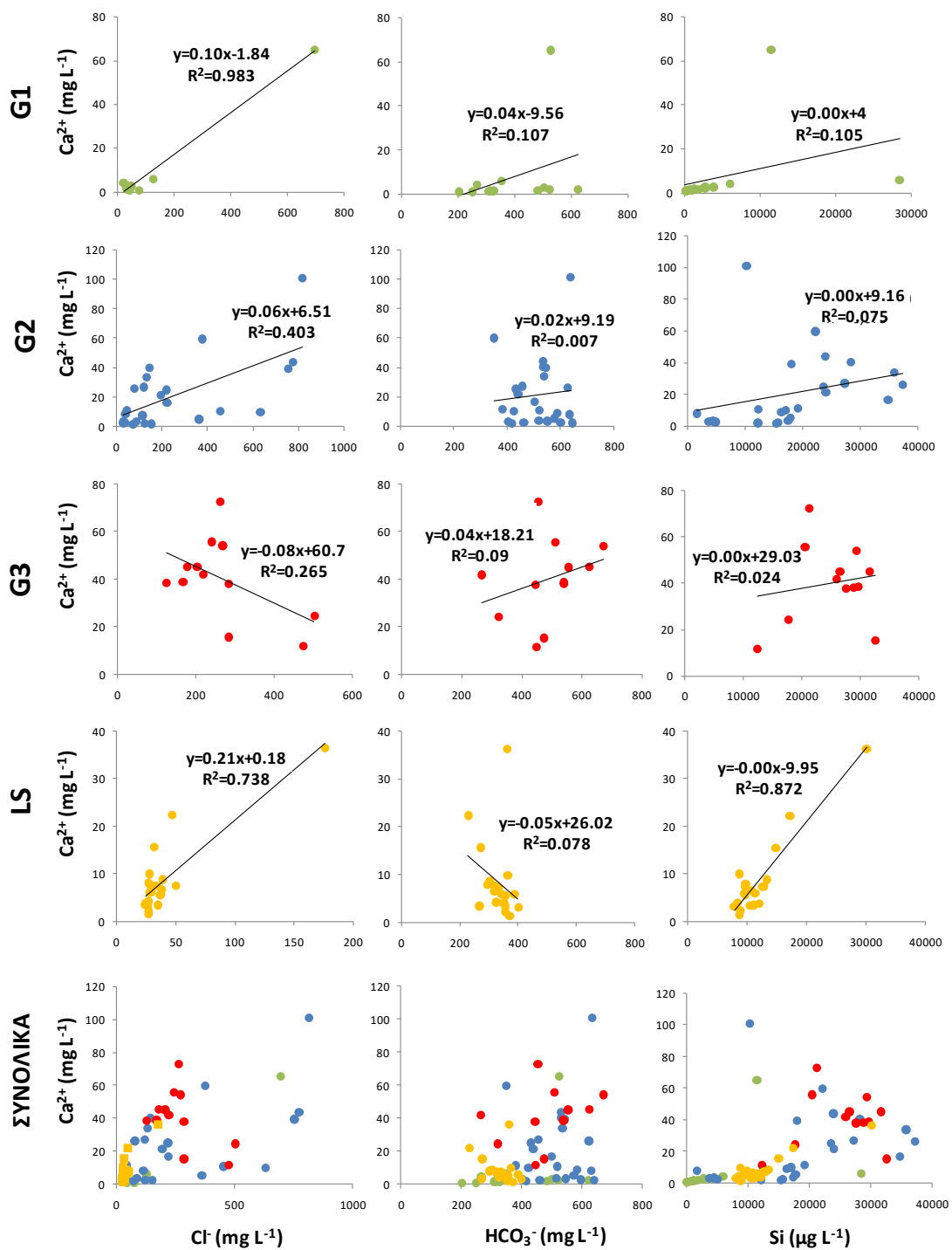
Εικόνα 7.24 – Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} - Cl^- , HCO_3^- και Si , εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης και συντελεστές συσχέτισης κάθε ομάδας.

Η διερεύνηση της προέλευσης του Ca^{2+} στα υπόγεια νερά προσεγγίστηκε μέσω της μελέτης των συσχετίσεων του Ca^{2+} με τα Cl^- , HCO_3^- και Si . Η εικόνα 7.25 παρουσιάζει τους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των προαναφερθέντων χημικών στοιχείων ανά ομάδα και τις εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Ca^{2+} καταγράφονται στις ομάδες

G2 και G3, ενώ οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις ανήκουν στις ομάδες G1 και LS. Τα δείγματα των G1, G2 και LS παρουσιάζουν μέτριους και ισχυρούς θετικούς συντελεστές συσχέτισης R^2 ($R^2=0,983$, $R^2=0,403$ and $R^2=0,738$, αντίστοιχα) και η γραμμική σχέση μεταξύ Ca^{2+} και Cl^- υποδεικνύει την κοινή προέλευση των στοιχείων αυτών, από τις ευδιάλυτες ορυκτολογικές φάσεις και τη θαλάσσια διείσδυση. Στην ομάδα G3 ενδιαφέρον παρουσιάζει ο μέτρια αρνητικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ Ca^{2+} και Cl^- ($R^2=0,265$), υποδηλώνοντας πως ένας επιπρόσθετος παράγοντας, διαφορετικός της θαλάσσιας διείσδυσης, σχετίζεται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις Ca^{2+} . Τα δείγματα όλων των ομάδων (G1, G2, G3 και LS) εμφανίζουν ασθενή συντελεστή συσχέτισης μεταξύ Ca^{2+} και HCO_3^- ($R^2=0,107$, $R^2=0,007$, $R^2=0,09$ and $R^2=0,078$, αντίστοιχα). Αυτό υποδεικνύει ότι η υδροχημεία των Γερανείων Ορέων και της περιοχής του Λουτρακίου δεν επηρεάζεται πολύ από τη διάλυση Ca-ούχων ανθρακικών ορυκτολογικών φάσεων (π.χ. ασβεστίτης, δολομίτης) λόγω της μικρής παρουσίας ασβεστίτη στα μητρικά πετρώματα ή/και την ακόρεστη ζώνη. Οι αντιδράσεις διάλυσης του ασβεστίτη και δολομίτη είναι (Umar Kura et al., 2013):



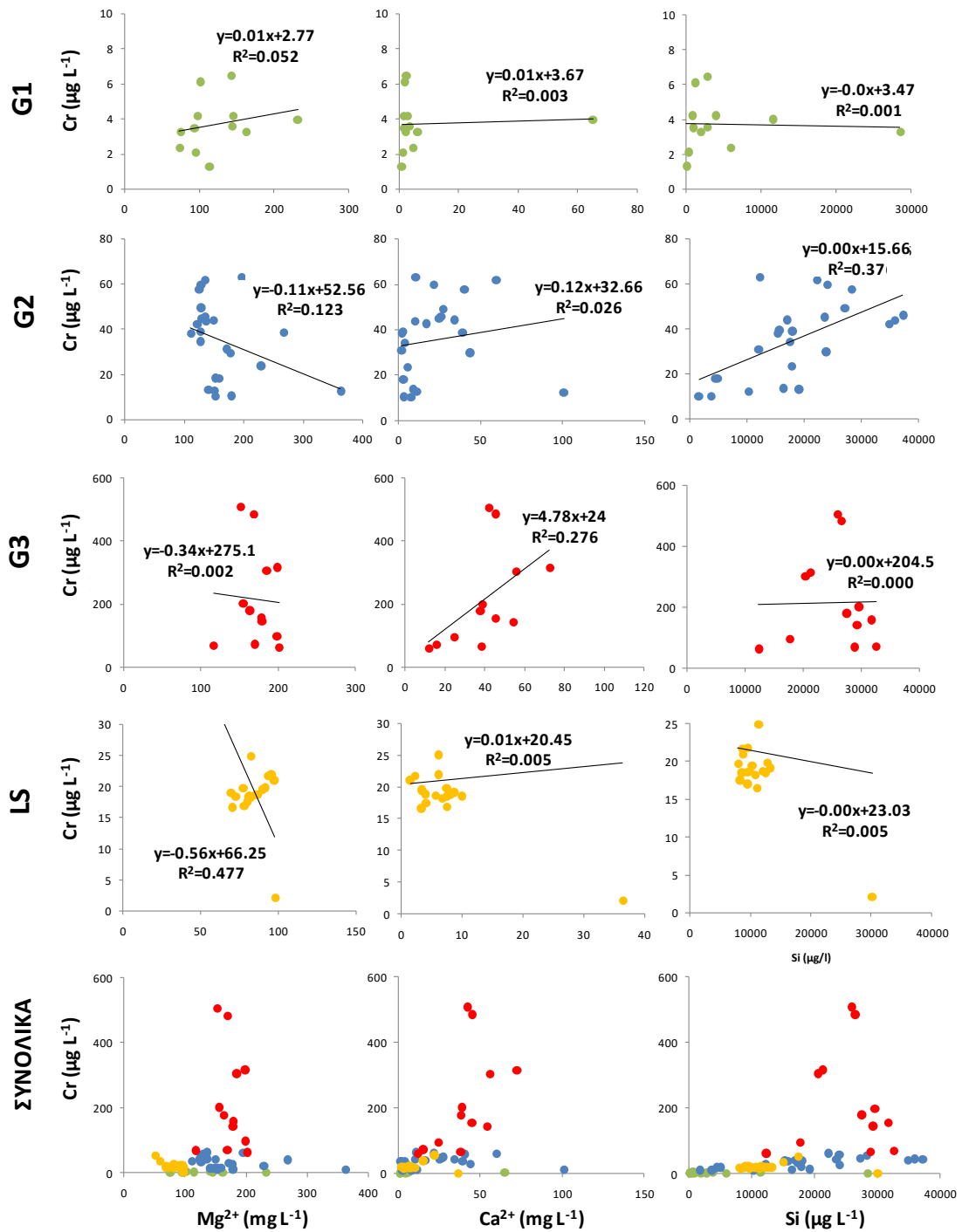
Στην περίπτωση της περιοχής του Σχίνου, υπάρχουν Ca-ούχες ανθρακικές ορυκτολογικές φάσεις που θα μπορούσαν να προσφέρουν Ca^{2+} στα υπόγεια νερά, αλλά η συνεισφορά του θαλασσινού νερού στην προέλευση του Ca^{2+} κρίνεται σημαντικότερη, διότι η συγκέντρωση Ca^{2+} στο θαλασσινό νερό είναι $> 400 \text{ mg L}^{-1}$. Επομένως, τα δείγματα υπογείων νερών που παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις Cl^- (ομάδες G2 και G3), έχουν και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Ca^{2+} . Οι ασθενείς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ Ca^{2+} και Si των ομάδων G1 ($R^2=0,105$), G2 ($R^2=0,075$) και G3 ($R^2=0,024$) δείχνουν ότι η συνεισφορά του Ca^{2+} από τη διάλυση πυριτικών ορυκτών είναι επίσης μικρή. Αντίθετα, στην περίπτωση της περιοχής του Λουτρακίου ο ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ Ca^{2+} και Si ($R^2=0,872$) υποδηλώνει ότι η υδροχημεία των υπογείων νερών επηρεάζεται από Ca-ούχες πυριτικές ορυκτολογικές φάσεις (Ca-ούχοι πυρόξενοι, αμφίβολοι).



Εικόνα 7.25 - Προβολή συγκεντρώσεων Ca^{2+} - Cl^- , HCO_3^- και Si , εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης και συντελεστές συσχέτισης κάθε ομάδας.

Η διερεύνηση της προέλευσης του Cr στα υπόγεια νερά προσεγγίστηκε μέσω της μελέτης των συσχετίσεων του Cr με τα Mg^{2+} , Ca^{2+} και Si . Η εικόνα 7.26 παρουσιάζει τους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των προαναφερθέντων χημικών στοιχείων ανά ομάδα και τις εξισώσεις

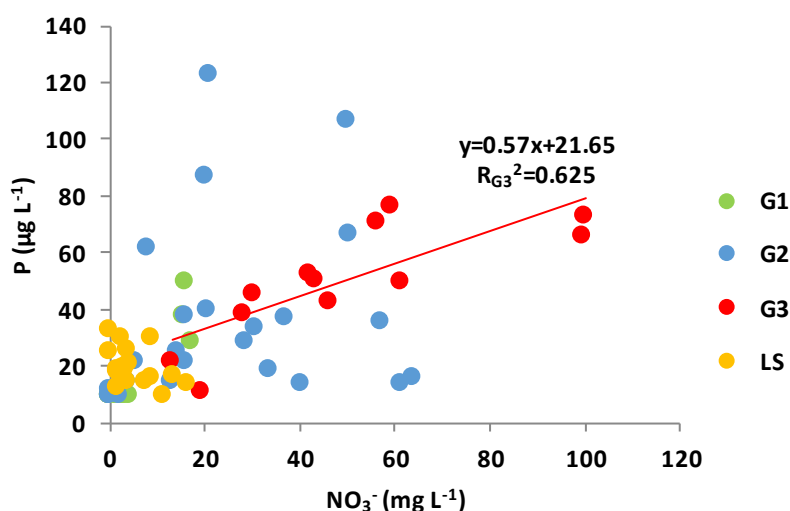
γραμμικής παλινδρόμησης. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr ανήκουν στις ομάδες G2 και G3 και οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις ανήκουν στις G1 και LS. Οι ομάδες G1, G2 και G3 παρουσιάζουν ασθενείς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ Cr και Mg^{2+} ($R^2=0,052$, $R^2=0,123$ and $R^2=0,002$, αντίστοιχα) υποδεικνύοντας ότι τα στοιχεία αυτά προέρχονται από διαφορετικές πηγές, ενώ τα δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου έχουν μέτριο αρνητικό συντελεστή συσχέτισης Cr- Mg^{2+} ($R^2=0,477$). Η προέλευση του Mg^{2+} συνδέεται με Mg-ούχες ανθρακικές ορυκτολογικές φάσεις και η αρνητική συσχέτιση μεταξύ Cr και Mg^{2+} δείχνει ότι το Cr προέρχεται από διαφορετική πηγή. Τα δείγματα των ομάδων G1, G2 και LS παρουσιάζουν ασθενείς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ Cr και Ca^{2+} ($R^2=0,003$, $R^2=0,026$ and $R^2=0,005$, αντίστοιχα), ενώ τα δείγματα του G3 παρουσιάζουν μέτριο θετικό συντελεστή συσχέτισης μεταξύ Cr και Ca^{2+} ($R^2=0,276$), υποδηλώνοντας μια πιθανή κοινή πηγή προέλευσής τους. Τα δείγματα του G2 έχουν μέτριο θετικό συντελεστή συσχέτισης μεταξύ Cr και Si ($R^2=0,370$). Συνηθισμένα πυριτικά ορυκτά στα οποία ενδομείται Cr είναι ο πυρόξενος, ο ολιβίνης, η αμφίβολος, ο σερπεντίνης, ο χλωρίτης, ο τάλκης και αργιλικά ορυκτά (Fantoni et al.,2002, Oze et al.,2004, Morrison et al.,2009, McClain et al.,2017). Ο χρωμίτης ($FeCr_2O_4$) είναι ορυκτό της ομάδας των σπινελίων και είναι συχνή ορυκτολογική φάση των υπερβασικών πετρωμάτων και εδαφών στην περιοχή μελέτης. Η διάλυση του χρωμίτη μπορεί να συνεισφέρει Cr^{3+} στα υπόγεια νερά (Oze et al., 2007, Lilli et al., 2019) και η επακόλουθη οξειδωση του Cr^{3+} σε Cr^{6+} μπορεί να λάβει χώρα υπό την παρουσία των ορυκτών οξειδίων του μαγγανίου (π.χ. μπιρνεσίτης, πυρολουσίτης, ασβολάνης κ.α.) (Early and Rai 1987, Fendorf et al., 1992, Fandeur et al.,2009). Ωστόσο, ο χρωμίτης χαρακτηρίζεται από χαμηλή διαλυτότητα (Becquer et al.,2003, Oze et al.,2004, Morrison et al.,2009), κι επομένως τόσο ακραία υψηλές συγκεντρώσεις Cr (έως $506,9 \mu g L^{-1}$) και Cr^{6+} (έως $458,8 \mu g L^{-1}$) στα υπόγεια νερά δεν θα μπορούσαν να ερμηνευθούν, μόνο, από τη διάλυση του χρωμίτη. Άλλες Cr-ούχες πυριτικές ορυκτολογικές φάσεις (όπως, πυρόξενος, σερπεντίνης, ολιβίνης, αμφίβολος, χλωρίτης και τάλκης), αν και πιο ευδιάλυτες από το χρωμίτη σε αλκαλικό περιβάλλον, δεν παρουσιάζουν το δυναμικό να συνεισφέρουν στις τόσο υψηλές συγκεντρώσεις Cr^{3+} και Cr^{6+} στα υπόγεια νερά, λόγω της περιορισμένης περιεκτικότητάς τους σε Cr (Cr_2O_3 έως 1,49% κ.β., βλπ. κεφ. 6.1.2, Γιαννακοπούλου, 2019). Επιπροσθέτως, οι συγκεντρώσεις Cr στο νερό κατακρήμνισης ($< 1 \mu g L^{-1}$) (Wilbur et al., 2000) και το θαλασσινό νερό ($< 0,5 \mu g L^{-1}$) (ΠΟΥ, 1988) είναι πάρα πολύ χαμηλές. Με βάση τα παραπάνω, οι σημειακές ακραία υψηλές συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά της περιοχής, θα πρέπει να αποδοθούν στη συνεισφορά και ενός παράγοντα διαφορετικού από το γεωλογικό περιβάλλον.



Εικόνα 7.26 - Προβολή συγκεντρώσεων Cr – Mg²⁺, Ca²⁺ και Si, εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης και συντελεστές συσχέτισης κάθε ομάδας.

Τα δείγματα των ομάδων LS και G1 χαρακτηρίζονται από τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις NO₃⁻ και P, υποδηλώνοντας την απουσία έντονων αγροτικών δραστηριοτήτων (Εικόνα 7.27). Εντούτοις, τα δείγματα των ομάδων G2 και G3 έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ από τις

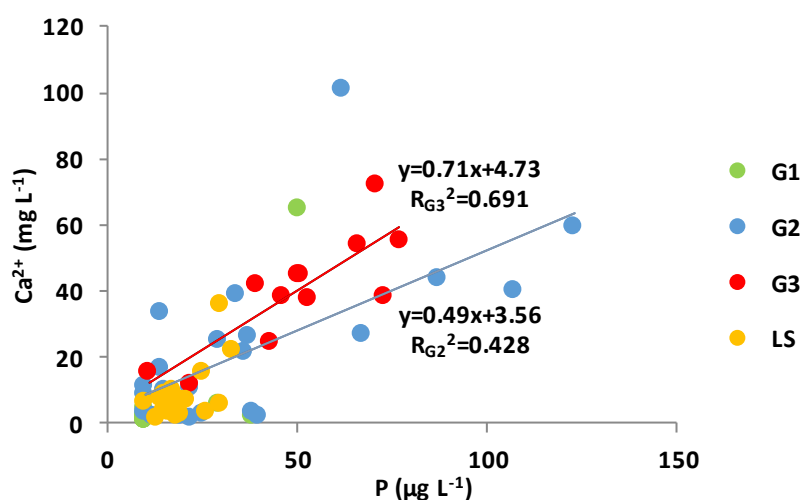
ομάδες G1 και LS, ενώ επίσης έχουν υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- και P. Ο ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ NO_3^- και P ($R^2=0,625$) της ομάδας G3, η γραμμική σχέση τους και οι χάρτες χωρικής κατανομής τους υποδηλώνουν ότι μια πλούσια πηγή σε NO_3^- και P (λιπάσματα ή απορροφητικοί βόθροι;) είναι πιθανό να σχετίζεται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά (Εικόνα 7.27). Γενικά, η μεταφορά του P από σηπτικές δεξαμενές σε περιοχές με υψηλή στάθμη υπογείων νερών, όπως στην περίπτωση της περιοχής του Σχίνου, έχει αναφερθεί και σε άλλες περιοχές (Meeroff et al., 2008, Ouyang and Zhang, 2012, Mechtensimer and Toor 2017). Οι χάρτες χωρικής κατανομής των Cr^{6+} , NO_3^- και P (Εικόνες 5.18, 5.25, 5.29) δείχνουν μια σημειακή κοινή πηγή ρύπανσης. Η προέλευση των NO_3^- στην περιοχή του Σχίνου σχετίζεται με τις σηπτικές δεξαμενές και τις ήπιες γεωργικές δραστηριότητες.



Εικόνα 7.27 – Προβολή συγκεντρώσεων P vs. NO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Πολλοί ερευνητές έχουν επισημάνει το ρόλο της χρήσης αγροχημικών προϊόντων στην αύξηση της συγκέντρωσης Cr σε εδάφη και νερά, καθώς και το ρόλο των λιπασμάτων στην κινητικότητα Cr^{6+} στα υπόγεια νερά (Becquer et al., 2003, Mills et al., 2011, Stamatias et al., 2011, Vasileiou et al., 2014, Dermatas et al., 2015, Remoundaki et al., 2016, Papazotos et al., 2019a). Ο μέτριος θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ Ca^{2+} και P (Εικόνα 7.28) της ομάδας G2 ($R^2=0,428$) και ο ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης της ομάδας G3 ($R^2=0,691$), αποτελούν ένδειξη ότι τα φωσφορικά λιπάσματα ίσως έχουν σημαντικό ρόλο στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά της περιοχής του Σχίνου. Εντούτοις, ο ακριβής

μηχανισμός βάσει του οποίου οι υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- και P ευνοούν τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά δεν έχει ακόμη πλήρως προσδιοριστεί. Είναι πιθανό τα αζωτούχα λιπάσματα και οι βόθροι μέσω της διεργασίας της νιτροποίησης (οξείδωση του NH_4^+ σε NO_3^-) και της επακόλουθης οξίνισης του εδάφους να αυξάνουν τη διαλυτότητα των Cr-ούχων ορυκτών και συνεπώς την αποδέσμευση Cr^{3+} και την επακόλουθη οξείδωσή του από γεωγενείς ή ανθρωπογενείς παράγοντες (Mills et al., 2011, Mills and Goldhaber 2012). Το $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ είναι ένα πιθανό σημαντικό οξειδοαναγωγικό ζεύγος το οποίο καθιστά δυνατή την οξειδοαναγωγική μετατροπή του Cr^{3+} σε Cr^{6+} στα φυσικά υδάτινα περιβάλλοντα (Richard and Bourg, 1991, Stamatis et al., 2011, Papazotos et al., 2019a). Ωστόσο, δεν έχει ακόμη ερμηνευθεί πλήρως ο ρόλος των NO_3^- στην οξείδωση του Cr^{3+} , εξαιτίας της χαμηλότερης τιμής πρότυπου δυναμικού οξειδοαναγωγής (E_0) για τα NO_3^- , συγκριτικά με την τιμή του $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (Megremi et al., 2019). Από την άλλη, τα φωσφορικά λιπάσματα είναι δυνατό να προκαλέσουν εκρόφηση της ανιονικής μορφής του Cr^{6+} με ταυτόχρονη προσρόφηση των PO_4^{3-} στις επιφάνειες των Fe-οξειδίων (Gao and Mucci, 2001, Becquer et al., 2003, Zhang et al., 2004). Έχει, επίσης, αναφερθεί ότι Cr και άλλα δυνητικά τοξικά στοιχεία υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες σε φωσφορικά λιπάσματα (Camelo et al., 1997, Modaihsh et al., 2004, Chen et al., 2007, Nziguheba and Smolders, 2008, Molina et al., 2009, Jiao et al., 2012, Kratz et al., 2016, Krüger et al., 2017, Da Silva et al., 2017, Papazotos et al., 2019a).



Εικόνα 7.28 - Προβολή συγκεντρώσεων Ca^{2+} vs. P στα δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} και NO_3^- έχουν, γενικά, συνδεθεί με αβαθείς υδροφόρους ορίζοντες (MacLeod et al., 1995, Dermatas et al., 2015, Wheeler et al., 2015), όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της περιοχής του Σχίνου. Η περιοχή του Λουτρακίου παρουσιάζει πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cr (έως $54,7 \mu\text{g L}^{-1}$), συγκριτικά με την περιοχή του Σχίνου, χαρακτηρίζεται από απουσία αγροτικών δραστηριοτήτων και παρουσιάζει σχετικά μεγάλο πάχος ακόρεστης ζώνης (Σταμάτης και Βουδούρης, 2000) υποδεικνύοντας ότι ο Τεταρτογενής (αλλουβιακός) υδροφορέας του Λουτρακίου επηρεάζεται κυρίως από το γεωλογικό περιβάλλον. Ομοίως και οι φυσικές πηγές των Γερανείων Ορέων, οι οποίες αποτελούν φυσικά ανεπηρέαστα συστήματα, παρουσιάζουν σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις Cr (έως $18,3 \mu\text{g L}^{-1}$).

7.2 Λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρική Εύβοια

Γενικά υδροχημικά χαρακτηριστικά

Στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, επικρατούν από ουδέτερες έως αλκαλικές γεωχημικές συνθήκες, καθώς οι τιμές του pH στα δείγματα υπογείων νερών, που συλλέχθηκαν, κυμαίνονται από 6,8 έως 8,27. Όλες οι τιμές pH βρίσκονται εντός των κατευθυντήριων τιμών (6,5-8,5) για το πόσιμο νερό σύμφωνα με τον ΠΟΥ (2011). Οι συνθήκες αυτές, είναι τυπικές για υδροφόρους ορίζοντες που συνδέονται με υπερβασικούς και ανθρακικούς γεωλογικούς σχηματισμούς (Barnes and O'Neil, 1969, Neal and Stanger, 1983, Marques et al., 2008, Margiotta et al., 2012). Οι τιμές Eh κυμαίνονται από 135,7 mV έως 291 mV υποδεικνύοντας οξειδωτικό γεωλογικό περιβάλλον. Οι κύριοι υδροχημικοί τύποι που χαρακτηρίζουν τα υπόγεια νερά της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι οι Mg-Ca-HCO_3 , Mg-Ca-Cl , και ένας μικτός τύπος ανάμεσα σε αυτούς (Εικόνα 5.74) υποδεικνύοντας την επίδραση της φυσικής τροφοδοσίας και τη διεπιφάνεια γλυκού-αλμυρού νερού, αντίστοιχα, στην ποιότητα των υπογείων νερών. Η EC, η οποία αποτελεί μέτρο της ιοντικής ισχύος του φυσικού νερού, είναι μικρότερη των $1500 \mu\text{S cm}^{-1}$, στην πλειονότητα των δειγμάτων. Επιπλέον, η EC παρουσιάζει μέτριους έως ισχυρούς θετικούς συντελεστές συσχέτισης με την πλειονότητα των κύριων ιόντων (βλπ. κεφ. 5.1.6), λόγω της παρουσίας διαλελυμένων αλάτων και της εγγύτητας της περιοχής μελέτης με τη θάλασσα. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cl^- (έως 1460 mg L^{-1}) παρατηρούνται κατά μήκος της ακτογραμμής (Εικόνα 5.54), υποδηλώνοντας καθεστώς θαλάσσιας διείσδυσης πιθανώς λόγω υπεράντλησης του υδροφόρου ορίζοντα για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών και του πολύ μικρού πάχους της ακόρεστης ζώνης ($\leq 10 \text{ m}$, Gyftoulas et al., 2017). Η γεινίαση της περιοχής

με τη θάλασσα αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την ποιότητα των υπογείων νερών καθώς, αν και δεν έχει το ρόλο του αποκλειστικού τροφοδότη, το θαλασσινό νερό συνεισφέρει πολλά χημικά στοιχεία στα υπόγεια νερά. Αυτό γίνεται σαφές από τη χωρική κατανομή διαφόρων κύριων ιόντων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων που παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης και πιο χαμηλές σε απόσταση από την ακτογραμμή. Οι φυσικοχημικές παράμετροι και τα χημικά στοιχεία που έχουν σχέση με τη θαλάσσια διείσδυση, καθώς εμφανίζουν παρεμφερή χωρική σχέση και μέτριους έως πολύ ισχυρούς θετικούς συντελεστές με το Cl^- , είναι τα TDS ($r=0,80$), EC ($r=0,87$), Ca^{2+} ($r=0,64$), Mg^{2+} ($r=0,54$), Na^+ ($r=0,97$), SO_4^{2-} ($r=0,42$), As ($r=0,88$), B ($r=0,36$), Ba ($r=0,39$), Br ($r=0,93$), Li ($r=0,60$), Rb ($r=0,83$), Se ($r=0,79$), Sr ($r=0,7$) και V ($r=0,61$) (Εικόνες 5.45, 5.49-5.51, 5.55, 5.59-5.60, 5.69, 5.71, βλπ. κεφ. 5.1.6).

Η κατανομή των κύριων ιόντων παρουσιάζει διακυμάνσεις στα δείγματα υπογείων νερών, που συλλέχθηκαν. Η συγκέντρωση κατιόντων και ανιόντων, σύμφωνα με τη διάμεσο, μειώνεται κατά σειρά $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ και $\text{HCO}_3^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$, αντίστοιχα (Εικόνες 5.53, 5.58). Κύριο χαρακτηριστικό στην περιοχή μελέτης είναι οι αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- , Cr και Cr^{6+} που υπερβαίνουν την ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσικότητας του ΠΟΥ (2011).

Νιτρικά ιόντα

Οι συγκεντρώσεις NO_3^- είναι υψηλές (μέση τιμή $121,56 \text{ mg L}^{-1}$), ειδικά στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Εικόνα 5.57). Το 72,3% των δειγμάτων, που συλλέχθηκαν, υπερβαίνει το μέγιστο θεσμοθετημένο όριο για το πόσιμο νερό (50 mg L^{-1} , WHO, 2011). Η προέλευση και η γεωχημική συμπεριφορά των NO_3^- συζητήθηκε εκτενώς για την περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων (βλπ. Κεφ. 7.1). Η λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, χαρακτηρίζεται από έντονες γεωργικές δραστηριότητες που συνοδεύονται από εκτεταμένη χρήση αζωτούχων και άλλων λιπασμάτων, αποτύπωμα των οποίων αποτελούν οι πολύ υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- (έως 540 mg L^{-1}) στα υπόγεια νερά. Η συνδυαστική ισοτοπική μελέτη των $\delta^{18}\text{O}$ και $\delta^{15}\text{N}$ στα υπόγεια νερά της περιοχής, υπέδειξε τη χρήση λιπασμάτων ως την κύρια πηγή NO_3^- (Kelepertzis et al., 2019).

Χρώμιο

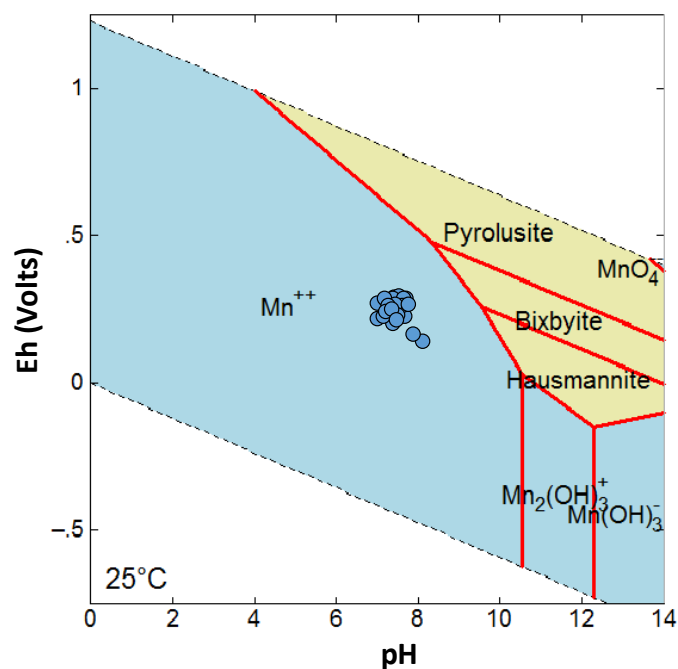
Υψηλές συγκεντρώσεις Cr (έως 476 $\mu\text{g L}^{-1}$) έχουν καταγραφεί στην Εύβοια από τη δεκαετία του '90 (Vardaki and Kelepertsis, 1999), ενώ στη συνέχεια υπήρξαν συστηματικές αναλύσεις και του Cr^{6+} με συγκεντρώσεις που φτάνουν έως τα 360 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Μεγρεμή, 2010, Megremi et al., 2013). Στα δείγματα υπογείων νερών, που αναλύθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} ανέρχονται έως 161,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ και 146 $\mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα. Ο λόγος Cr^{6+}/Cr είναι υψηλός, με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 0,5 και 1 υποδεικνύοντας ότι το Cr^{6+} αποτελεί την κυρίαρχη μορφή Cr στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης, όπως έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Megremi, 2010, Economidou-Eliopoulos et al., 2014, Remoundaki et al., 2016, Parazotos et al., 2019a). Περισσότερα από τα μισά (52,3%) δείγματα υπογείων νερών, υπερβαίνουν το θεσμοθετημένο όριο των 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ για τη συγκέντρωση Cr στο πόσιμο νερό (WHO, 2011). Η περιοχή μελέτης δομείται από υπερβασικά πετρώματα και εδάφη, τα οποία περιλαμβάνουν Cr-ούχα ορυκτά όπως ο χρωμίτης, ο σερπεντίνης, ο χλωρίτης, ο Cr-ούχος μαγνητίτης και υδροξείδια Fe κι επομένως η γεωγενής προέλευση Cr και Cr^{6+} στα υπόγεια νερά είναι πολύ πιθανή. Ωστόσο, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr^{6+} καταγράφονται στις θέσεις δειγματοληψίας που σημειώνονται και οι υψηλότερες συγκεντρώσεις NO_3^- (Εικόνες 5.57, 5.64), υποδηλώνοντας μια πιθανή σχέση μεταξύ αυτών των δύο παραμέτρων (βλπ. Παρακάτω).

Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία

Οι συγκεντρώσεις As, B, Ba, Br, Co, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, U, V και Zn στα δείγματα υπογείων νερών, που συλλέχθηκαν, είναι χαμηλότερες από τις θεσμοθετημένες οριακές τιμές του ΠΟΥ (2011), λόγω της χαμηλής διαλυτότητας και της μη κινητικότητας αυτών των στοιχείων στις γεωχημικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης (Hermann and Neumann-Mahlkau, 1985, Smith and Huyck, 1999).

Μαγγάνιο

Η μέγιστη συγκέντρωση του Mn είναι 25,53 $\mu\text{g L}^{-1}$. Σύμφωνα με το διάγραμμα Eh-pH (Pourbaix, 1966) για το Mn, το Mn^{2+} είναι η κυρίαρχη μορφή Mn στα υπόγεια νερά της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (Εικόνα 7.29).



Εικόνα 7.29 – Προβολή Eh vs. pH (Pourbaix, 1966) του συστήματος Mn-O-H για τα δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Δεδομένου ότι ορυκτά οξείδια του μαγγανίου με τη μορφή των ορυκτολογικών φάσεων του μπιρνεσίτη, ασβολάνη και κρυπτομέλανα, στα οποία το ενδομημένο μαγγάνιο είναι τρισθενές (Mn^{3+}) ή τετρασθενές (Mn^{4+}), έχουν εντοπιστεί στα εδάφη της Ευβοίας (Economidou-Eliopoulos et al., 2014), το διαλυμένο Mn^{2+} στα υπόγεια νερά της Ευβοίας θα μπορούσε να είναι ενδεικτικό της οξείδωσης του Cr^{3+} (βλπ. Κεφ. 7.1). Επομένως, οι αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά της περιοχής (έως $131,1 \mu g L^{-1}$) μπορεί να αποδοθούν στην οξείδωση του Cr^{3+} από το οξειδοαναγωγικό ζεύγος Mn^{2+}/Mn^{4+} .

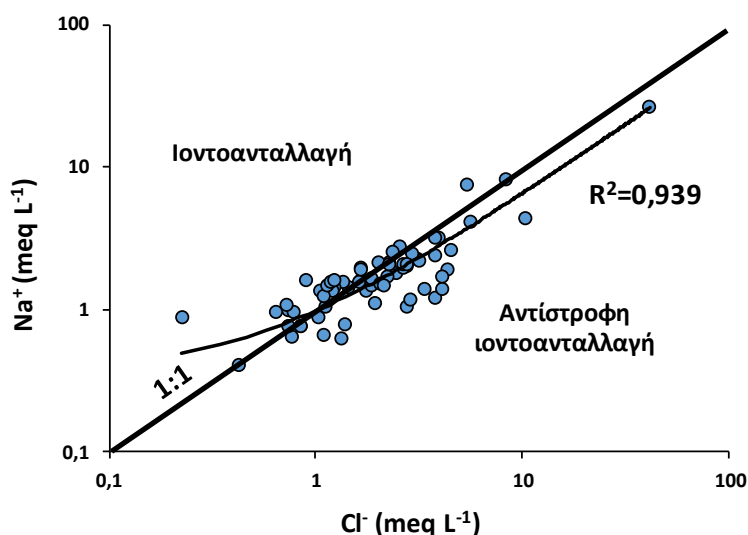
Αρσενικό

Η μέγιστη συγκέντρωση As στα υπόγεια νερά της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι $3,3 \mu g L^{-1}$. Πρόκειται για στοιχείο μεγάλης περιβαλλοντικής σημασίας γιατί είναι ίσως το μοναδικό από τα στοιχεία των μεταλλοειδών και οξυανιόντων (As, Se, Sb, Mo, V, Cr, U, Re) που κινητοποιείται στο συνηθισμένο εύρος pH των υπογείων νερών (6,5-8,5) και υπό οξειδωτικές και υπό αναγωγικές συνθήκες (Smedley and Kinniburgh, 2002). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (βλπ. κεφ. 7.1), η συγκέντρωση του As στο θαλασσινό νερό κυμαίνεται από $0,5$ έως $3 \mu g L^{-1}$ (Andreae, 1979, Andreae and Andreae, 1989, Li, 1991). Οι πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις As, η χωρική κατανομή του As η οποία είναι παρεμφερής με

αυτή του Cl^- και ο πολύ ισχυρός, θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ As και Cl^- ($r=0,88$) υποδηλώνουν προέλευση ή κινητοποίηση του As από το θαλασσινό νερό, όπως αναφέρεται και από τους Megremi et al. (2019). Επιπλέον, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πολύ ισχυροί θετικοί συντελεστές συσχέτισης των As-Rb ($r=0,83$), As-Se ($r=0,88$), As-V ($r=0,82$), που φανερώνουν παρόμοια γεωχημική συμπεριφορά εξαιτίας της κινητοποίησής τους από τη θαλάσσια διείσδυση (βλπ. κεφ. 7.1).

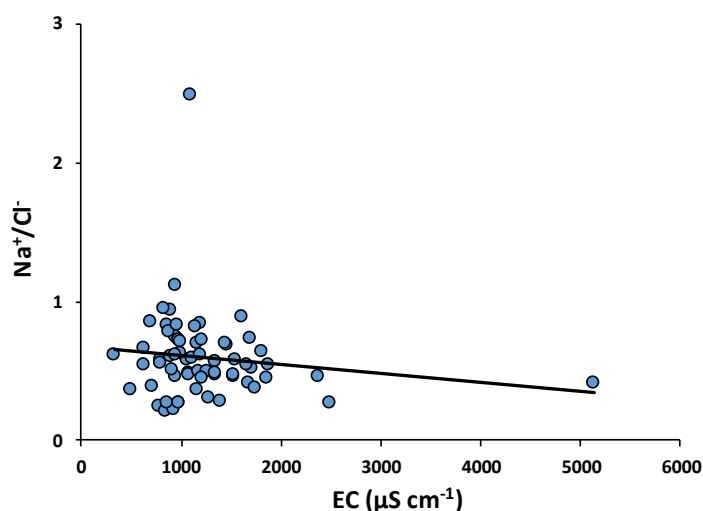
Κυρίαρχες υδροχημικές διεργασίες

Σημαντικό είναι να καθοριστούν οι κυρίαρχες υδροχημικές διεργασίες που επηρεάζουν την ποιότητα των υπογείων νερών στην περιοχή μελέτης. Τα υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπογείων νερών δείχνουν ότι οι γεωγενείς διεργασίες (αλληλεπίδραση νερού/πετρώματος) και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες (επιστροφή αρδευτικού νερού, υπεράντληση υδροφορέα, γεωργία) καθορίζουν τη μεγάλη ιοντική ισχύ των υπογείων νερών. Η γραμμική σχέση και ο πολύ ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ Na^+ και Cl^- ($r=0,97$) στα δείγματα υπογείων νερών που μελετώνται (Εικόνα 7.30), επιβεβαιώνουν ως κοινή προέλευση των στοιχείων αυτών το θαλασσινό νερό. Η πλειονότητα των δειγμάτων υπογείων νερών βρίσκεται κάτω από τη γραμμή 1:1 υποδηλώνοντας ότι η αντίστροφη ανταλλαγή ιόντων είναι η κυρίαρχη γεωχημική διεργασία (Meybeck, 1987, Zaidi et al., 2015). Ένας περιορισμένος αριθμός δειγμάτων βρίσκεται πάνω από τη γραμμή 1:1 υποδηλώνοντας τη διάλυση πυριτικών ορυκτών ως πρόσθετο παράγοντα καθορισμού της υδροχημείας.



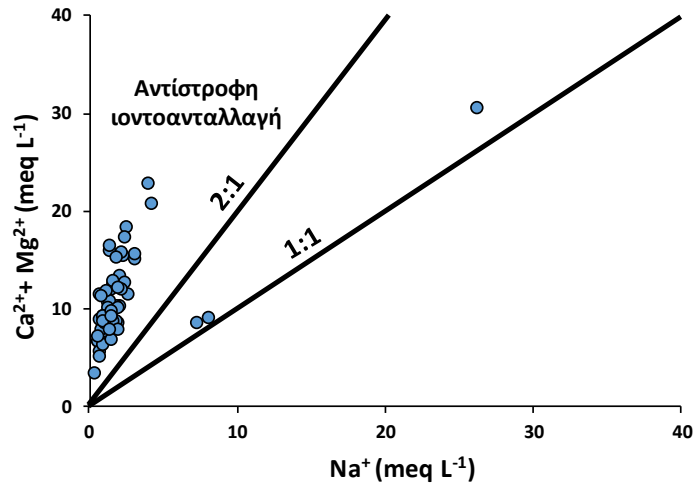
Εικόνα 7.30 - Προβολή συγκεντρώσεων Na^+ vs. Cl^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Η λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών είναι μια παράκτια περιοχή και η ποιότητα των υπογείων νερών επηρεάζεται έντονα από τη διείσδυση του θαλασσινού νερού. Η διεργασία αυτή, επιβεβαιώνεται περαιτέρω από τους μέτριους έως πολύ ισχυρούς θετικούς συντελεστές συσχέτισης Cl^- -EC ($r = 0,87$), Cl^- -TDS ($r = 0,80$), Cl^- - Ca^{2+} ($r = 0,64$), Cl^- - Mg^{2+} ($r = 0,54$) και Cl^- - SO_4^{2-} ($r = 0,42$) (βλπ. κεφ. 5.2.6). Επίσης, οι φυσικές παράμετροι TDS και EC μαζί με τα κύρια ιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- και SO_4^{2-} παρουσιάζουν αύξηση κατά μήκος της ακτογραμμής υποδηλώνοντας την επίδραση της θαλάσσιας διείσδυσης στην ποιότητα των νερών. Το διάγραμμα (Na^+/Cl^-)-EC χαρακτηρίζεται από μία γραμμή τάσης με αρνητική κλίση (Εικόνα 7.31).



Εικόνα 7.31 – Προβολή του λόγου Na^+/Cl^- vs. EC στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Επίσης, στο διάγραμμα ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)- Na^+ (Εικόνα 7.32) η πλειονότητα των δειγμάτων υπογείων νερών απεικονίζονται πάνω από τη θεωρητική γραμμή 2:1, υποδηλώνοντας την αντικατάσταση του Na^+ από Ca^{2+} και/ή Mg^{2+} . Η μείωση του λόγου Na^+/Cl^- με την αύξηση της αλατότητας (EC) σε συνδυασμό με τη μείωση Na^+ και την ταυτόχρονη αύξηση του Ca^{2+} και/ή του Mg^{2+} δείχνει ότι η κυρίαρχη υδροχημική διεργασία στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας είναι η αντίστροφη ανταλλαγή ιόντων. Στην περίπτωση που η εξάτμιση ήταν η κυρίαρχη διεργασία ο λόγος Na^+/Cl^- θα παρέμενε σταθερός με αύξηση της EC (Jankowski and Acworth 1997, Zaidi et al., 2015).



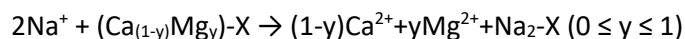
Εικόνα 7.32 – Προβολή συγκεντρώσεων ($Ca^{2+}+Mg^{2+}$) vs. Na^+ στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Για την αναγνώριση της ιοντικής ανταλλαγής μεταξύ υπογείων νερών και υδροφόρου μέσου, ο Schoeller (1977) πρότεινε τους βασικούς δείκτες ανταλλαγής (Indices of Base Exchange) (CAI1 και CAI2) (Aghazadeh and Mogaddam, 2011, Singh et al., 2013, Singh et al., 2014, Toumi et al., 2015), οι οποίοι υπολογίζονται σύμφωνα με τις ακόλουθες εξισώσεις:

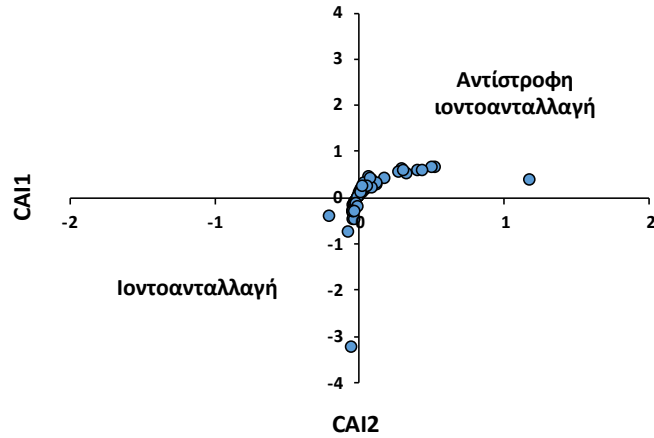
$$CAI1 = Cl^- - (Na^+ + K^+) / Cl^-$$

$$CAI2 = Cl^- - (Na^+ + K^+) / SO_4^{2-} + HCO_3^- + NO_3^- \text{, (Όλες οι τιμές σε meq L}^{-1}\text{)}$$

Στην περίπτωση που πραγματοποιείται η ανταλλαγή των Ca^{2+} και/ή Mg^{2+} με τα Na^+ και/ή K^+ στο υδροφόρο μέσο, και οι δυο δείκτες είναι αρνητικοί, ενώ στην περίπτωση που η βασική υδροχημική διεργασία είναι η αντίστροφη κατιοντική ανταλλαγή και οι δυο δείκτες είναι θετικοί (Schoeller, 1977). Οι βασικοί δείκτες ανταλλαγής για τα υπόγεια νερά της Κεντρικής Ευβοίας δείχνουν ότι το 61,5% των δειγμάτων έχουν θετικές τιμές και για τους δύο δείκτες (Εικόνα 7.33), υποστηρίζοντας περαιτέρω την υπόθεση ότι η αντίστροφη ανταλλαγή ιόντων είναι η κυρίαρχη υδροχημική διεργασία στην περιοχή μελέτης. Εκτός από το θαλασσινό νερό, τα ορυκτά μπορούν επίσης να συνεισφέρουν Ca^{2+} και Mg^{2+} στα υπόγεια νερά, καθώς η αντίστροφη ανταλλαγή ιόντων μπορεί να προκύψει από την παρουσία αργιλικών ορυκτών με ανταλλάξιμο Ca^{2+}/Mg^{2+} σύμφωνα με την αντίδραση (Appelo and Postma, 1996, El Yaouti et al., 2009, Hounslow, 2018):

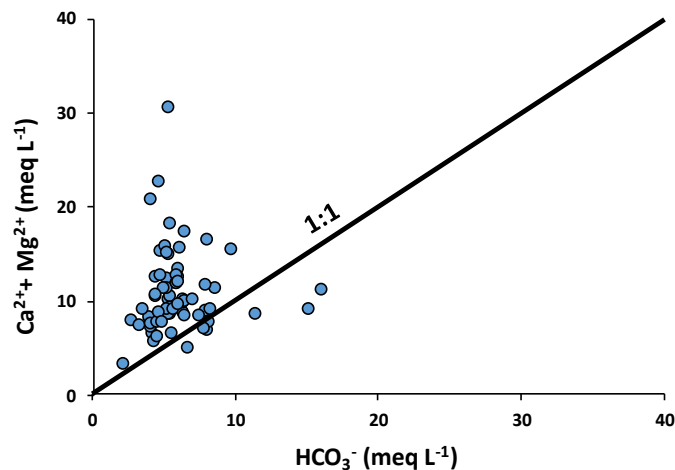


όπου το X είναι η εναλλασσόμενη στερεά επιφάνεια.



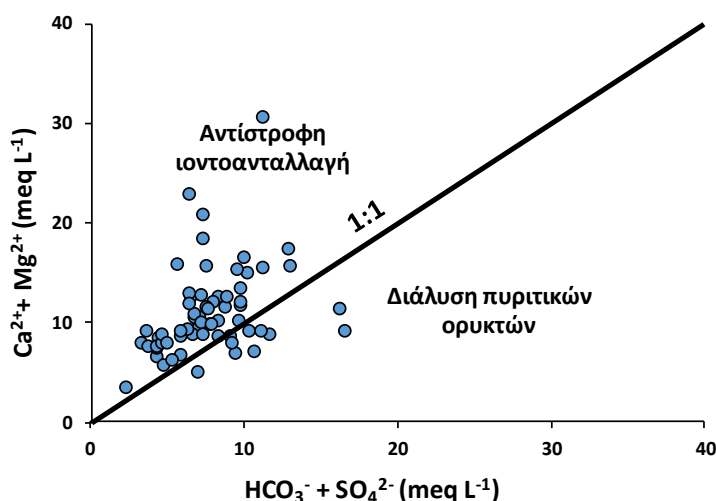
Εικόνα 7.33 - Προβολή CAI1 vs. CAI2 στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Στο διάγραμμα $(Ca^{2+}+Mg^{2+})-HCO_3^-$ η πλειονότητα των δειγμάτων είναι πάνω από τη γραμμή 1:1 (Εικόνα 7.34), υποδεικνύοντας είτε τη διάλυση ανθρακικών ορυκτών είτε τη διεργασία αντίστροφης ανταλλαγής ιόντων που πρέπει να εξισορροπηθεί με ανιόντα SO_4^{2-} και Cl^- (Zhang et al., 1995, Singh et al., 2013). Σε ορισμένα δείγματα παρατηρείται η επικράτηση των HCO_3^- σε σχέση με τα $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$. Αυτή η περίσσεια αρνητικού φορτίου των HCO_3^- θα πρέπει να εξισορροπείται από αλκάλια (Na^+ ή K^+) που παρέχονται μέσω αλληλεπίδρασης νερού/πετρώματος.



Εικόνα 7.34 - Προβολή συγκεντρώσεων $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ vs. HCO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

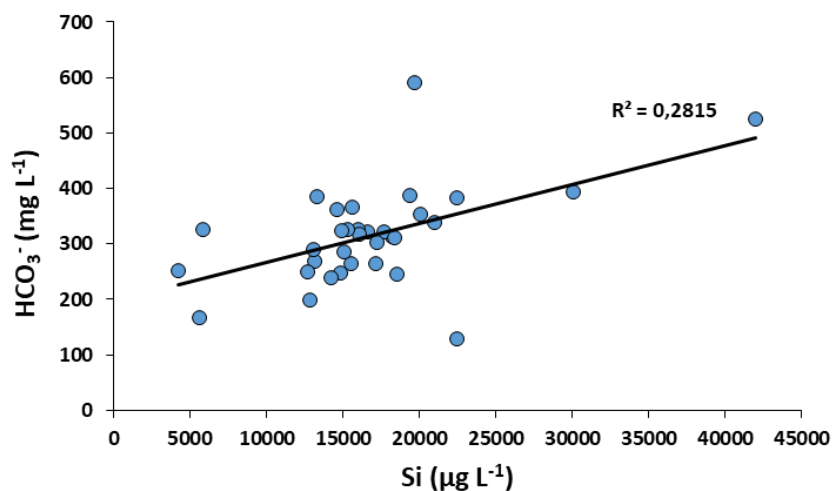
Η διάλυση των πρωτογενών πυριτικών ορυκτών που φέρουν αλκαλικές γαίες υποστηρίζεται από την περίσσεια των ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$) συγκριτικά με τα ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) (Εικόνα 7.35) και την ταυτόχρονη επικράτηση των HCO_3^- μεταξύ των ανιόντων (Rose 2002, Rajmohan and Elango, 2004, Singh et al., 2013). Τα πυριτικά ορυκτά μπορούν να συνεισφέρουν στα υπόγεια νερά κατιόντα (π.χ. Ca^{2+} , Mg^{2+} , κα) και HCO_3^- (βλπ κεφ. 7.1).



Εικόνα 7.35 - Προβολή συγκεντρώσεων ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) vs. ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$) στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Οι πολύ ασθενείς θετικοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ κύριων ιόντων και όξινων ανθρακικών ιόντων όπως $\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$ ($r = -0,04$), $\text{K}^+ - \text{HCO}_3^-$ ($r = -0,09$), $\text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3^-$ ($r = 0,03$), $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$ ($r = -0,02$) και ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) - HCO_3^- ($r = 0,01$) υποδεικνύουν ότι η διάλυση των ανθρακικών ορυκτών (μαγνησίτης, ασβεστίτης και δολομίτης) έχει, μικρής σημασίας, συνεισφορά στην προέλευση των διαλελυμένων κύριων ιόντων στη γεωχημεία των υπογείων νερών. Ως αποτέλεσμα, τα Ca^{2+} και Mg^{2+} προέρχονται, κατά κύριο λόγο, από γεωγενείς διεργασίες όπως η αντίστροφη ανταλλαγή ιόντων, η διαλυτοποίηση πυριτικών ορυκτών και από ανθρωπογενείς πιέσεις που σχετίζονται κυρίως με τη θαλάσσια διείδυση. Η επιστροφή αρδευτικού νερού και η χρήση λιπασμάτων ενδέχεται να συνεισφέρουν επιπρόσθετο Ca^{2+} και Mg^{2+} (Menció et al., 2016). Η διάλυση πυριτικών ορυκτών φάσεων για την προσφορά χημικών στοιχείων στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης υποστηρίζεται περαιτέρω από τη γραμμική σχέση και τον μέτριο θετικό συντελεστή συσχέτισης μεταξύ Si και HCO_3^- ($r = 0,53$) (Εικόνα 7.36). Επιπλέον, ο ασθενής θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ Mg^{2+} και Si ($r = 0,37$) υποστηρίζει ότι τα υπερβασικά πετρώματα συνεισφέρουν Cr στα υπόγεια νερά

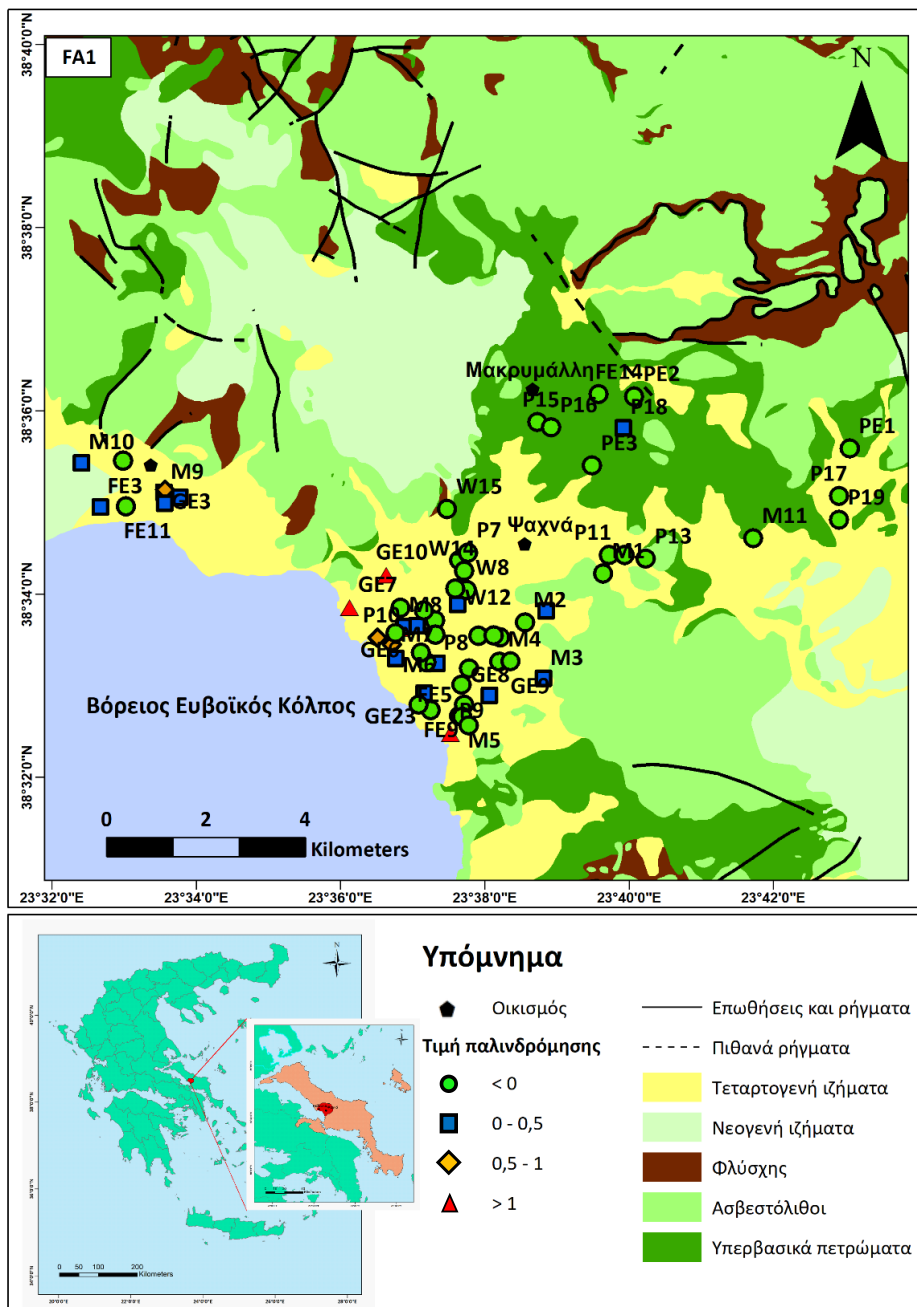
εξαιτίας της παρουσίας Cr-ούχων πυριτικών ορυκτών (Oze et al., 2004, Bertolo et al., 2011) (βλπ. κεφ. 7.1).



Εικόνα 7.36 -Προβολή συγκεντρώσεων Si vs. HCO₃⁻ στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση

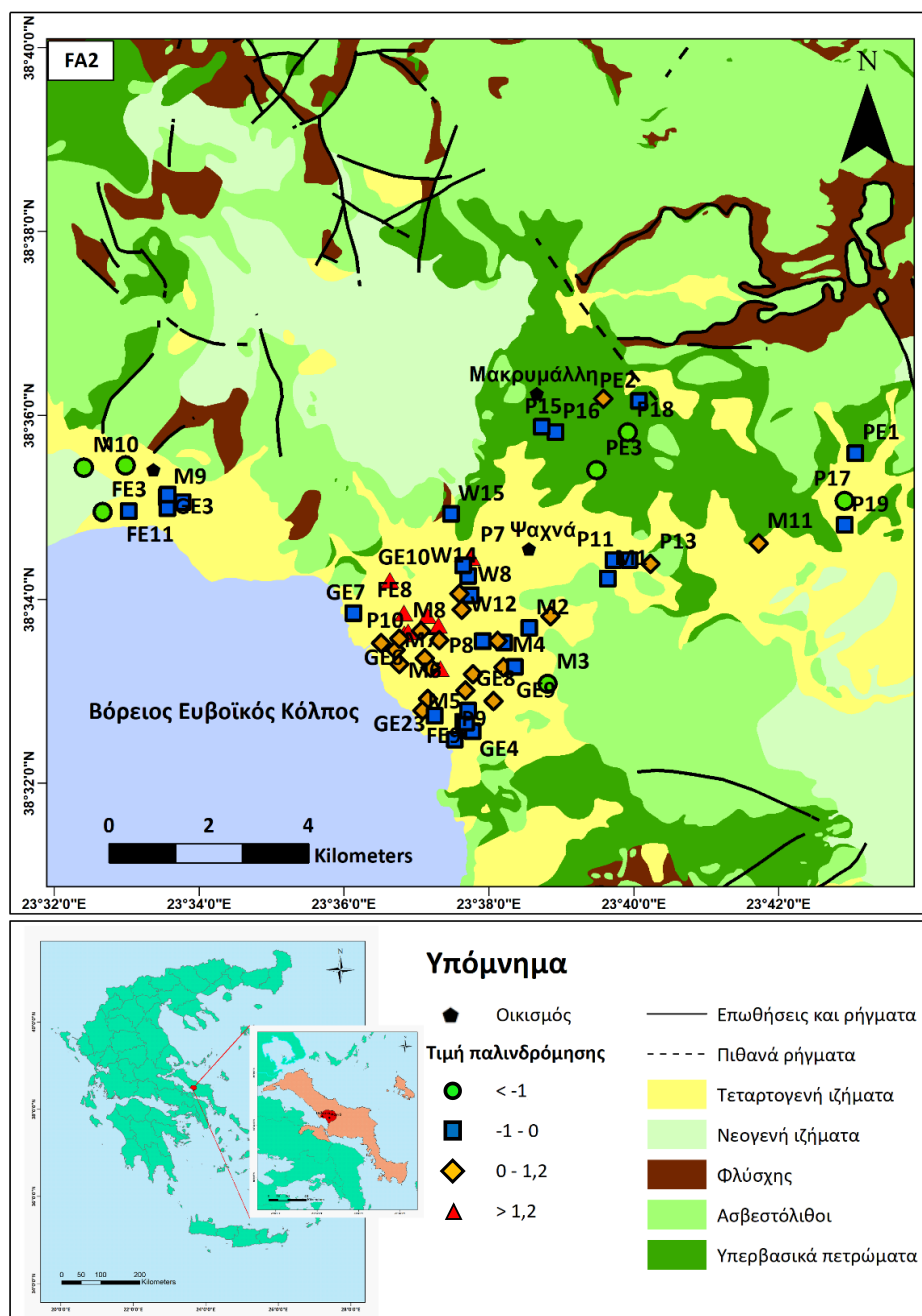
Οι παράγοντες που σχετίζονται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr και Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, διερευνώνται περαιτέρω μέσω πολυκριτηριακών στατιστικών μεθόδων (παραγοντική ανάλυση και ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες). Σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση, τρεις παράγοντες εξηγούν την ποιότητα των υπογείων νερών στην περιοχή μελέτης. Ο FA1 εξηγεί το 42,6% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει τέσσερις παραμέτρους: EC, Na⁺, Cl⁻ και Ca²⁺. Ο FA1 σχετίζεται με τα αυξημένα διαλυμένα άλατα των υπογείων νερών και οφείλεται, στις διεργασίες της επιστροφής αρδευτικού νερού και της θαλάσσιας διείσδυσης στην περιοχή μελέτης. Η διεργασία της επιστροφής αρδευτικού νερού είναι συνηθισμένη στις αγροτικές περιοχές όπως είναι η λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Στην εικόνα 7.37 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA1.



Εικόνα 7.37 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 1^ο παράγοντα (FA1) για τα 65 δείγματα στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Ο FA2 εξηγεί το 17,3% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιέχει πέντε παραμέτρους: NO_3^- , Cr, Cr^{6+} , Mg^{2+} και SO_4^{2-} . Ο FA2 σχετίζεται με ανθρωπογενείς επιδράσεις ή/και με ενεργοποίηση μηχανισμών λόγω ανθρωπογενών επιδράσεων και πιο συγκεκριμένα με εκτεταμένες γεωργικές δραστηριότητες οι οποίες περιλαμβάνουν έντονη χρήση λιπασμάτων, που δρουν ως συνεχής πηγή αζώτου στα υπόγεια νερά. Το τελευταίο επιβεβαιώνεται και από τη συνδυαστική ισοτοπική μελέτη των $\delta^{18}\text{O}$ και $\delta^{15}\text{N}$ (Kelepertzis et

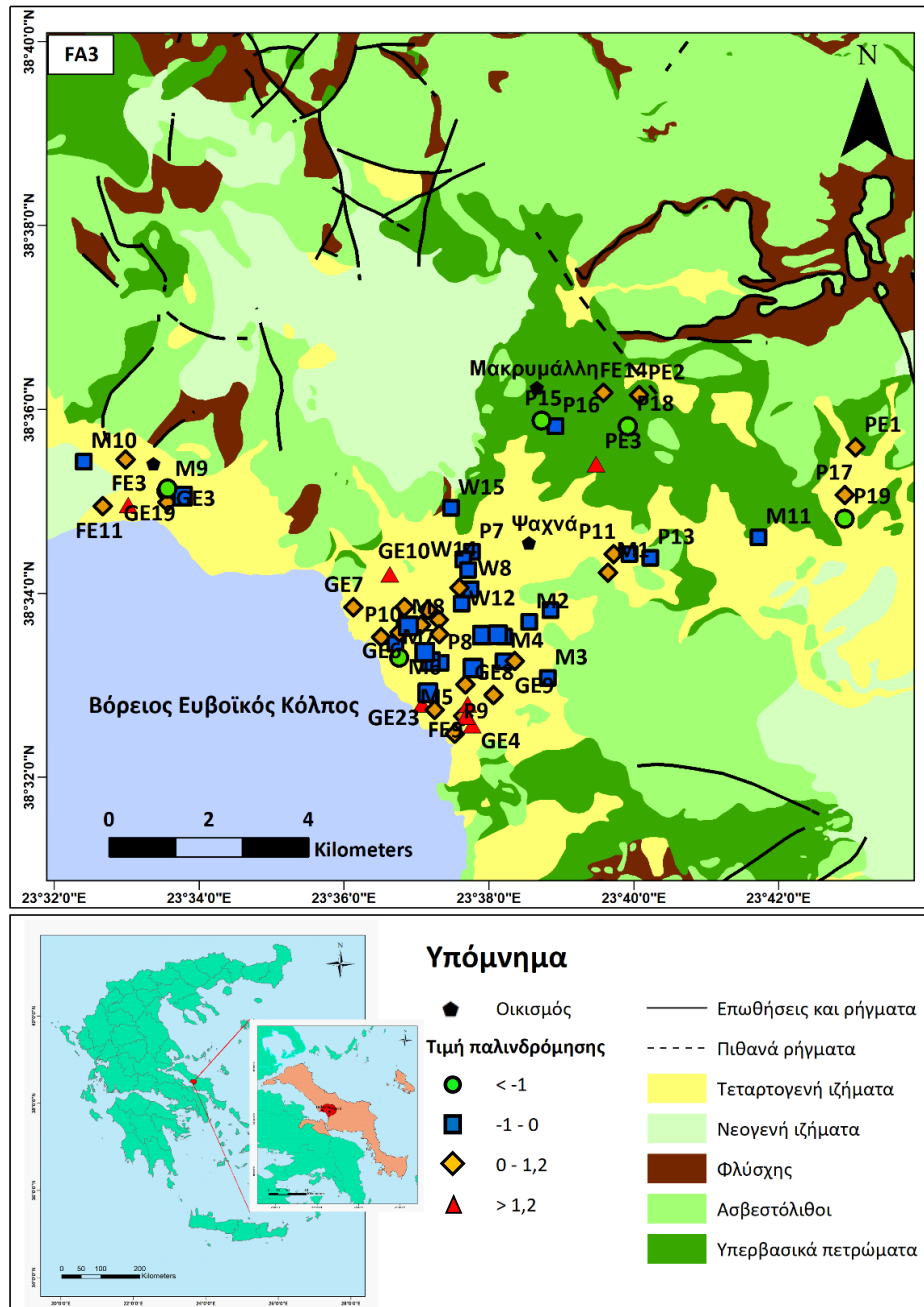
al., 2019). Στην εικόνα 7.38 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA2.



Εικόνα 7.38 – Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 2^ο παράγοντα (FA2) για τα 65 δείγματα στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

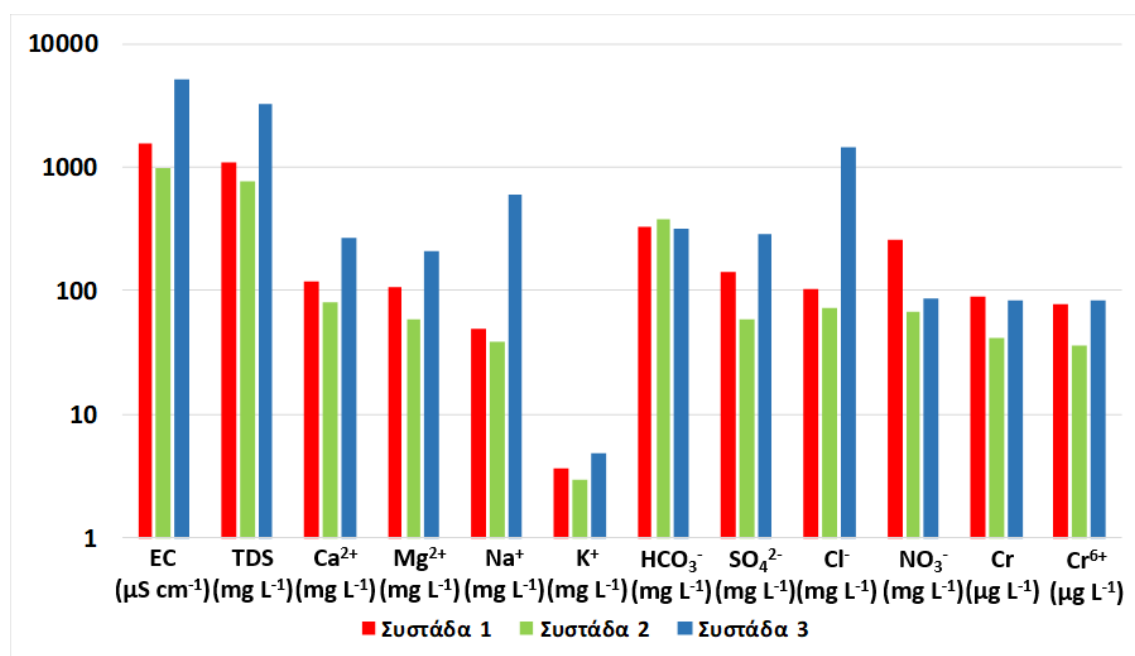
Οι υψηλότερες τιμές του FA2 καταγράφονται στις ίδιες θέσεις δειγματοληψίας στις οποίες καταγράφονται και οι υψηλότερες συγκεντρώσεις NO_3^- και Cr^{6+} (Εικόνες 5.57, 5.64). Η συνύπαρξη NO_3^- και Cr^{6+} στον αβαθή υδροφόρο (≤ 10 m, Gyftoulas et al., 2017) της περιοχής μελέτης είναι αποτέλεσμα της έντονης λίπανσης και της επιστροφής αρδευτικού νερού

(Βασιλείου κ.α., 2014, Manning et al., 2015, Remoundaki et al., 2016, Hausladen et al., 2018). Ο FA3 εξηγεί το 12,8% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει δύο παραμέτρους: το pH και τα HCO_3^- . Σχετίζεται με την αλληλεπίδραση νερού/πετρώματος, υποδεικνύοντας τη διάλυση ανθρακικών ορυκτών λόγω της υδρόλυσης των HCO_3^- στο νερό και/ή τη διάλυση των πυριτικών ορυκτών (π.χ. ασύμπτωτη διάλυση αργίλων). Στην εικόνα 7.39 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA3.



Εικόνα 7.39 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 3^ο παράγοντα (FA3) για τα 65 δείγματα στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

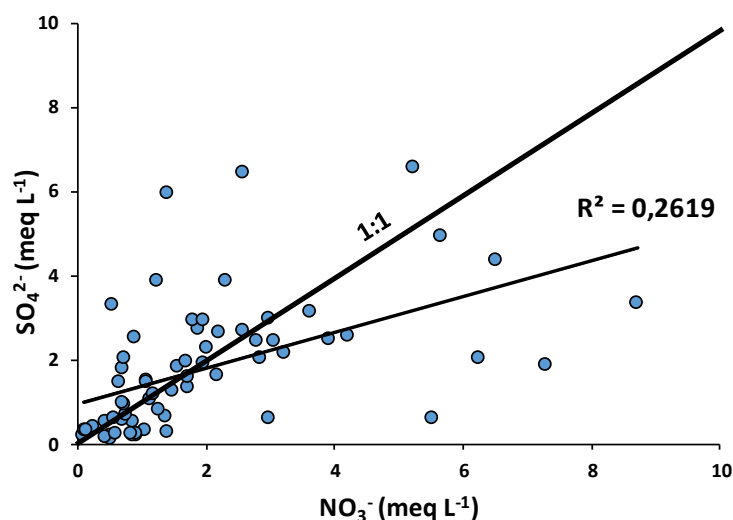
Η χωρική κατανομή των δειγμάτων της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (HCA) έδειξε ότι η συστάδα 1 παρουσιάζει παρεμφερές πρότυπο με τη χωρική κατανομή των NO_3^- και Cr^{6+} (Εικόνες 5.57, 5.64, 5.78). Επιπλέον, τα δείγματα υπογείων νερών της συστάδας 1 έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cr και Cr^{6+} από τα δείγματα υπογείων νερών της συστάδας 2 τα οποία είναι επηρεασμένα περισσότερο από την αλληλεπίδραση νερού/πετρώματος. Επιπροσθέτως, η χωρική κατανομή της συστάδας 1 (Εικόνα 5.78) ταιριάζει με τις υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA2 (Εικόνα 7.38) τονίζοντας τον ρόλο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στην ποιότητα των υπογείων νερών στην περιοχή μελέτης, ενώ η συστάδα 2 (Εικόνα 5.78) εμφανίζει παρόμοια χωρική κατανομή με τις υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA3 (Εικόνα 7.39). Ιδιαίτερη σημασία έχει η χωρική κατανομή της συστάδας 1 (Εικόνα 5.78), η οποία παρουσιάζει παρεμφερή χωρική κατανομή με τις υψηλές τιμές παλινδρόμησης του FA2 (Εικόνα 7.38) και όχι με εκείνες του FA1 (Εικόνα 7.37), αναδεικνύοντας ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} συνδέονται με τις έντονες αγροτικές δραστηριότητες. Η συστάδα 3 περιλαμβάνει ένα δείγμα με εντελώς διαφορετικά υδροχημικά χαρακτηριστικά από τα υπόλοιπα δείγματα υπογείων νερών. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις των TDS, Cl^- και Na^+ και αρκετά αυξημένες συγκεντρώσεις Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , γεγονός που δείχνει την άμεση επίδραση της θαλάσσιας διεύθυνσης στην υδροχημεία της περιοχής. Στην εικόνα 7.40 παρουσιάζονται για συγκριτικούς σκοπούς οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των τριών συστάδων.



Εικόνα 7.40 - Μέσες τιμές και συγκεντρώσεις φυσικών και χημικών παραμέτρων των τριών συστάδων στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

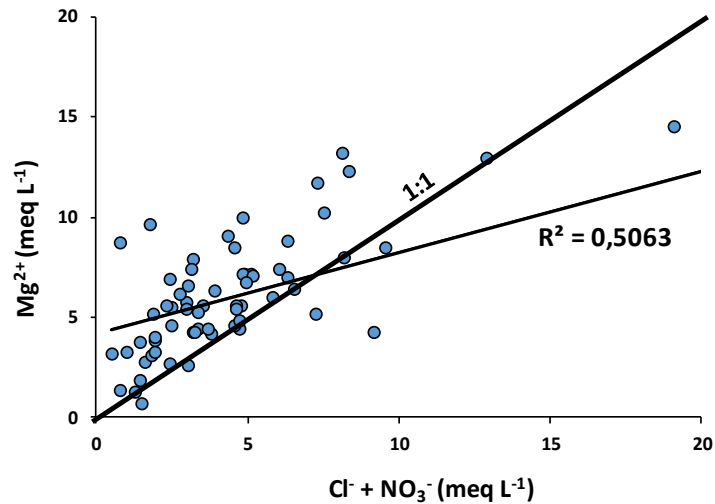
Ο ρόλος της χρήσης των λιπασμάτων στην ποιότητα των νερών

Σημαντικός είναι ο συνεργιστικός ρόλος της χρήσης των λιπασμάτων στην ποιότητα των υπογείων νερών στην περιοχή μελέτης όπως αποτυπώνεται έντονα στις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- . Χαρακτηριστική είναι, επίσης, η σχέση μεταξύ NO_3^- και άλλων παραμέτρων, όπως SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Cr , Cr^{6+} , HCO_3^- και TDS, επιβεβαιώνοντας το σημαντικό το ρόλο των αζωτούχων λιπασμάτων. Ο μέτριος θετικός συντελεστής συσχέτισης ($r = 0,51$) μεταξύ των συγκεντρώσεων SO_4^{2-} και NO_3^- στα υπόγεια νερά (Εικόνα 7.41) υποδεικνύει τα λιπάσματα ως πιθανή πηγή SO_4^{2-} . Επίσης, οι ισχυροί έως πολύ ισχυροί θετικοί συντελεστές συσχέτισης των U-SO_4^{2-} ($r=0,82$) και U-NO_3^- ($r=0,57$), δείχνουν ότι η προέλευση του U στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης, αν και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, είναι πιθανό να σχετίζεται με τη χρήση λιπασμάτων (Liesch et al., 2015).



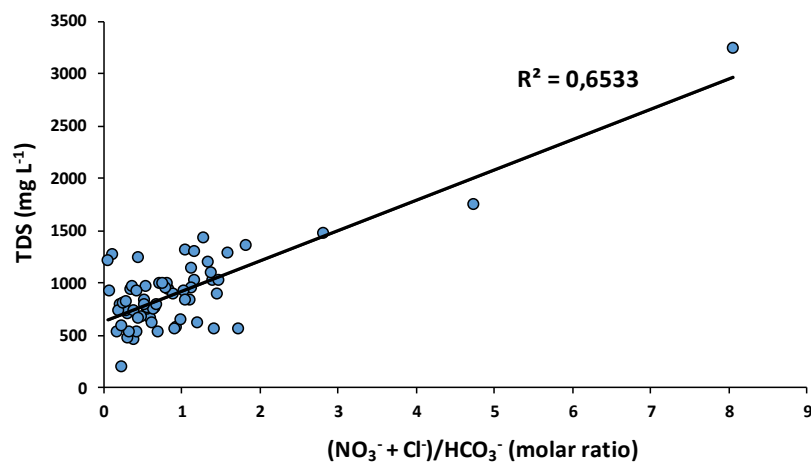
Εικόνα 7.41 - Προβολή συγκεντρώσεων SO_4^{2-} vs. NO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Ο ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ NO_3^- και Mg^{2+} ($r = 0,66$) και ο ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης και η γραμμική σχέση μεταξύ Mg^{2+} και $(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-)$ ($r = 0,71$) (Εικόνα 7.42) δείχνουν ότι η προέλευση του Mg^{2+} στα υπόγεια νερά αποτελεί, κυρίως, το συνδυαστικό αποτέλεσμα της εκτεταμένης χρήσης αγροχημικών προϊόντων και της θαλάσσιας διείσδυσης. Δευτερευόντως, η επικράτηση του Mg^{2+} συγκριτικά με τα $(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-)$ υποδεικνύει μια ακόμη πηγή Mg^{2+} στα υπόγεια νερά, σχετιζόμενη με την αλληλεπίδραση μεταξύ των, πλούσιων σε Mg, πετρωμάτων και των υπογείων νερών.



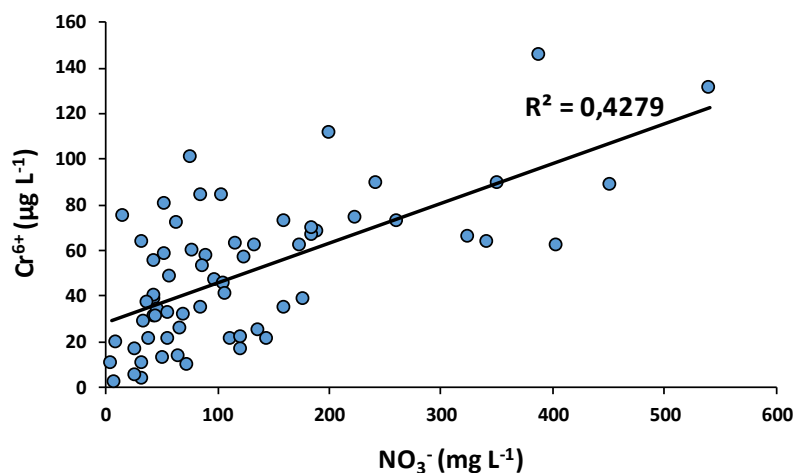
Εικόνα 7.42 - Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. $(Cl^-+NO_3^-)$ στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Ο πολύ ισχυρός θετικός συντελεστής συσχέτισης ($r = 0,81$) και η γραμμική σχέση μεταξύ TDS και $(NO_3^-+Cl^-)/HCO_3^-$ (Εικόνα 7.43) υποδεικνύουν την επίδραση των αγροτικών δραστηριοτήτων στην ποιότητα του νερού, όπως έχει αναφερθεί και σε άλλες περιοχές (Han and Liu, 2004, Jalali, 2009, Barzegar et al., 2016, Barzegar et al., 2017). Η θετική και γραμμική σχέση των TDS με τα κύρια ιόντα (βλπ. κεφ. 5.2.6) είναι μια περαιτέρω ένδειξη της επίδρασης της έντονης χρήσης των αζωτούχων λιπασμάτων που έχει ως αποτέλεσμα την ομογενοποίηση των κύριων ιόντων και συνεπώς μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ των NO_3^- και των κυρίων ιόντων (Menció et al., 2016).



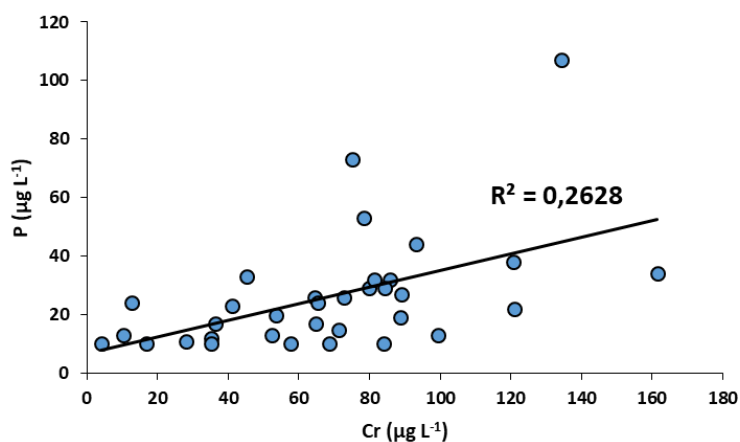
Εικόνα 7.43 - Προβολή συγκεντρώσεων TDS vs. $(NO_3^-+Cl^-)/HCO_3^-$ στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Οι ισχυροί θετικοί συντελεστές συσχέτισης των NO_3^- -Cr ($r = 0,65$) και NO_3^- - Cr^{6+} ($r = 0,65$) (Εικόνα 7.44) υποδεικνύουν τον συνεργιστικό ρόλο των αζωτούχων λιπασμάτων στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης, όπως έχει αναφερθεί από τους Mills et al.,(2011) και Mills and Goldhaber (2012).



Εικόνα 7.44 - Προβολή συγκεντρώσεων Cr^{6+} vs. NO_3^- στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Εκτός, από τα αζωτούχα λιπάσματα, σημαντικός φαίνεται να είναι και ο ρόλος των φωσφορικών λιπασμάτων. Παρά τις σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις P (έως $107 \mu\text{g L}^{-1}$) στα υπόγεια νερά εξαιτίας της γεωχημείας του P (βλπ. κεφ. 7.1), ο μέτριος θετικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ P και Cr ($r = 0,51$) στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης (Εικόνα 7.45), υποδεικνύει πως οι αγροτικές δραστηριότητες, οι οποίες εμπλουτίζουν τα εδάφη σε P (Petrotou et al., 2012, Kelepertzis, 2014), συνδέονται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr.



Εικόνα 7.45 - Προβολή συγκεντρώσεων P vs. Cr στα δείγματα υπογείων νερών της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται ότι η εκτεταμένη χρήση αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων συνδέεται άμεσα με τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr και Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Προηγούμενες εργασίες έχουν αναφερθεί στη σχέση μεταξύ αυξημένων συγκεντρώσεων Cr⁶⁺ και γεωργικών δραστηριοτήτων στην περιοχή μελέτης (Βασιλείου κ.α., 2014, Vasileiou et al., 2014, Remoundaki et al., 2016, Megremi et al., 2019, Papazotos et al., 2019a). Έτσι, στην περίπτωση της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας η παρουσία των υπερβασικών πετρωμάτων που περιέχουν Cr-ούχες ορυκτολογικές φάσεις (όπως, χρωμίτης, μαγνητίτης, σερπεντίνης, πυρόξενος, αμφίβολος, χλωρίτης και τάλκης) (βλπ. κεφ. 6.2.2) σε συνδυασμό με την εκτεταμένη χρήση αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων ελέγχουν τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά. Τα αζωτούχα λιπάσματα συμβάλλουν στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ είτε μέσω του μηχανισμού της νιτροποίησης που επιδρά στην οξίνιση του εδάφους, ευνοώντας την αυξημένη διάλυση του Cr³⁺ (Mills et al., 2011), είτε μέσω του οξειδοαναγωγικού ζεύγους NO₂⁻/NO₃⁻ που κάνει εφικτή τη μετατροπή του Cr³⁺ σε Cr⁶⁺ στα φυσικά υδάτινα περιβάλλοντα (Richard and Bourg, 1991, Stamatis et al., 2011). Από την άλλη, ο ρόλος των φωσφορικών λιπασμάτων στην ποιότητα των υπογείων νερών και στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ συνδέεται είτε με τη μεγάλη περιεκτικότητά τους σε δυνητικά τοξικά στοιχεία όπως As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn και λοιπά ιχνοστοιχεία (Modaihsh et al., 2004, Nziguheba and Smolders, 2008, Molina et al., 2009, Kratz et al., 2016, Kruger et al., 2017, Papazotos et al., 2019a), είτε με την προσρόφηση των PO₄³⁻ και τον αυξημένο ρυθμό εκρόφησης της ανιονικής μορφής του Cr⁶⁺ (Becquer et al., 2003) που έχουν προσροφηθεί σε επιφάνειες Fe-οξειδίων (Gao and Mucci, 2001, Zhang et al., 2004).

7.3 Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας

Γενικά υδροχημικά χαρακτηριστικά

Στις εικόνες 7.46-7.54 παρουσιάζονται οι διαφοροποιήσεις στις κατανομές των φυσικοχημικών παραμέτρων (Εικόνες 7.46-7.49), των συγκεντρώσεων κύριων ιόντων (Εικόνες 7.50-7.51) και των δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (Εικόνα 7.52-7.54, 7.57, 7.64) για τα δείγματα υπογείων και επιφανειακών νερών της λεκάνης Σαριγκιόλ, βάσει της κατηγοριοποίησής τους σε αρδευτικές γεωτρήσεις, δείγματα φυσικών πηγών και δείγματα επιφανειακών νερών από το ρέμα Σουλού. Όλα τα δείγματα, που συλλέχθηκαν, χαρακτηρίζονται από αλκαλικό (Εικόνα 7.48) pH και οξειδωτικές γεωχημικές

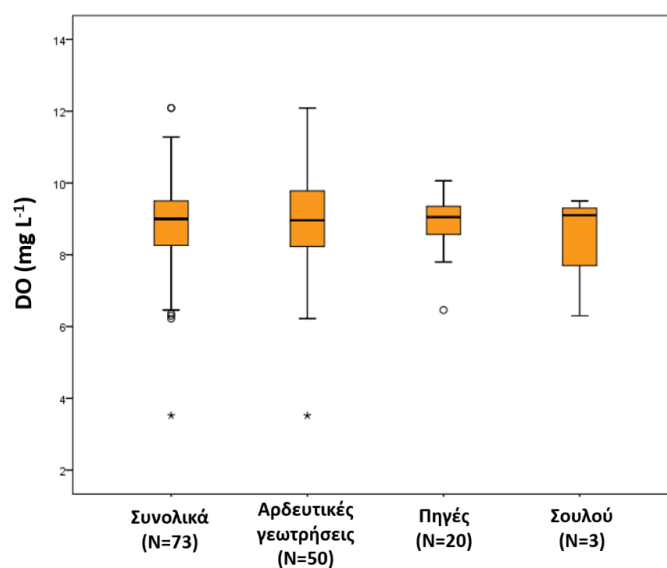
συνθήκες (Εικόνα 7.49). Ο κύριος υδροχημικός τύπος που χαρακτηρίζει τα νερά της λεκάνης Σαριγκιόλ είναι ο Ca-Mg-HCO₃, ο οποίος αντιστοιχεί στην πλειονότητα των δειγμάτων από τις αρδευτικές γεωτρήσεις, στις πηγές και σε ένα δείγμα από το ρέμα Σουλού (Εικόνα 5.112). Αυτός ο τύπος χαρακτηρίζει αλκαλικά νερά λόγω της παρουσίας και αλληλεπίδρασης του νερού βροχής με τα υπερβασικά και ανθρακικά πετρώματα (Barnes and O'Neil, 1969, Neal and Stanger, 1983, Fantoni et al., 2002, Marques et al., 2009, Margiotta et al., 2012, Papazotos et al., 2019a). Ένα δείγμα υπογείου νερού από τις αρδευτικές γεωτρήσεις έχει Ca-Mg-SO₄ τύπο νερού, ενώ τέσσερα δείγματα παρουσιάζουν ένα μεικτό τύπο ανάμεσα στους προαναφερθέντες.

Ο υδροφόρος ορίζοντας των στρωμάτων που βρίσκονται υπερκείμενα του λιγνίτη παρουσιάζει μικρές τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας που κυμαίνονται από $1,7 \times 10^{-3}$ έως $7,1 \times 10^{-7} \text{ m s}^{-1}$ (Στο μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης της λεκάνης οι τιμές υδροπερατότητας κυμαίνονται από 10^{-5} έως 10^{-7} m s^{-1}) (Δημητρακόπουλος κ.α., 2014). Αυτό οφείλεται κυρίως στην έντονη παρουσία των αργιλικών σειρών (μέση τιμή υδραυλικής αγωγιμότητας των αργιλικών σειρών των υπερκειμένων είναι από 10^{-5} έως 10^{-6} m s^{-1}), στα υπερκείμενα στρώματα του λιγνίτη, και επιβεβαιώνεται και από την παρουσία μικρότερων επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων, των οποίων η μεταξύ τους υδραυλική επικοινωνία, περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο λόγω των παρεμβολών των αργιλικών σειρών, αλλά δεν θεωρείται ότι διακόπτεται στην κλίμακα της λεκάνης (Δημητρακόπουλος και Γρηγοράκου, 2010, Δημητρακόπουλος κ.α., 2014). Ειδικότερα, στα πρώτα επιφανειακά (5-10 m) στρώματα της ακόρεστης ζώνης η υδραυλική αγωγιμότητα παίρνει τις μικρότερες τιμές, γεγονός που δυσχεραίνει την κίνηση του νερού προς τα μεγαλύτερα βάθη (Λουλούδης, 1991).

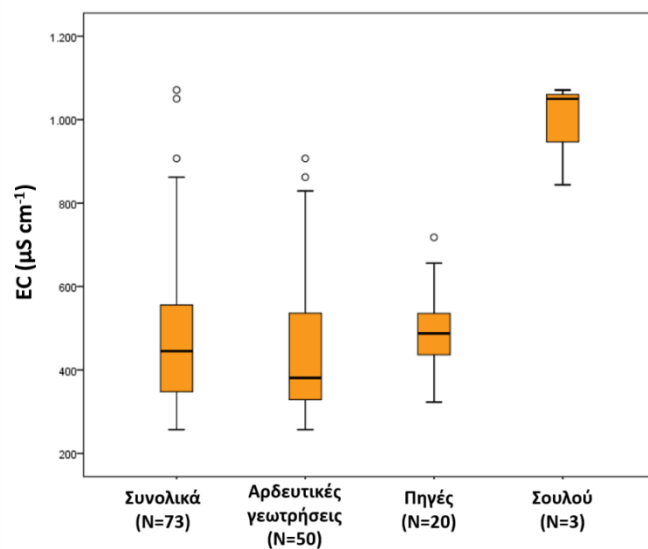
Τα υδρογεωλογικά και γεωλογικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι τα υπόγεια νερά της περιοχής έχουν άμεση επαφή και αλληλεπίδραση με τα υπερβασικά πετρώματα. Τα υπερβασικά πετρώματα είναι έντονα αποσαθρωμένα και ρωγματωμένα, μεταξύ των περιοχών Αγ. Δημητρίου και Εξοχής, βορειοανατολικά του οικισμού της Ακρινής, όπου υπάρχει εκτεταμένη επιφανειακή εμφάνισή τους. Η κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, στους ημιπερατούς σχηματισμούς των υπερβασικών σχηματισμών, δημιουργεί μικρή υπόγεια υδροφορία, αλλά και διηθήσεις λόγω δευτερογενούς πορώδους. Τα νερά αυτά καταλήγουν στους χειμάρρους, που επικοινωνούν υδραυλικά και τροφοδοτούν τα πλευρικά κορήματα στις παρυφές του Βερμίου. Οι χείμαρροι που κατέρχονται από το Βέρμιο και καταλήγουν στη λεκάνη δεν εμφανίζουν επιφανειακή ροή, επειδή το σύνολο της παροχής τους διηθείται και ρέει υπογείως μέσα στους καρστικούς σχηματισμούς, στα κορήματα της κοίτης τους και τα πλευρικά κορήματα της λεκάνης. Αυτά με τη σειρά τους τροφοδοτούν το υδροφόρο σύστημα

των σχηματισμών που βρίσκονται υπερκείμενοι του λιγνίτη του Νοτίου Πεδίου και των γύρω περιοχών (Ακρινής-Ρυακίου-Αγίου Δημητρίου), που αναπτύσσεται στα Τριτογενή και Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης Σαριγκιόλ. Τα ιζήματα αυτά βρίσκονται σε επαφή με τους οφιολίθους, τροφοδοτήθηκαν με υλικό από την αποσάθρωση και διάβρωση των οφιολίθων και είναι πλούσια σε Cr. Στις ευρύτερες περιοχές των οικισμών Αγ. Δημητρίου και Ακρινής, που έχουν εντοπιστεί οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr, η τροφοδοσία του υδροφόρου συστήματος προέρχεται από πλευρική τροφοδοσία από τον ορεινό όγκο του Βερμίου, όπως φανερώνουν οι διαχρονικές μετρήσεις πιεζομετρίας (1999-2000-2003-2015) (Δημητρακόπουλος κ.α., 2001, Δημητρακόπουλος και Γρηγοράκου, 2010, Κουμαντάκης και Λιονή, 2012, Δημητρακόπουλος κ.α., 2014, Περράκη, 2016).

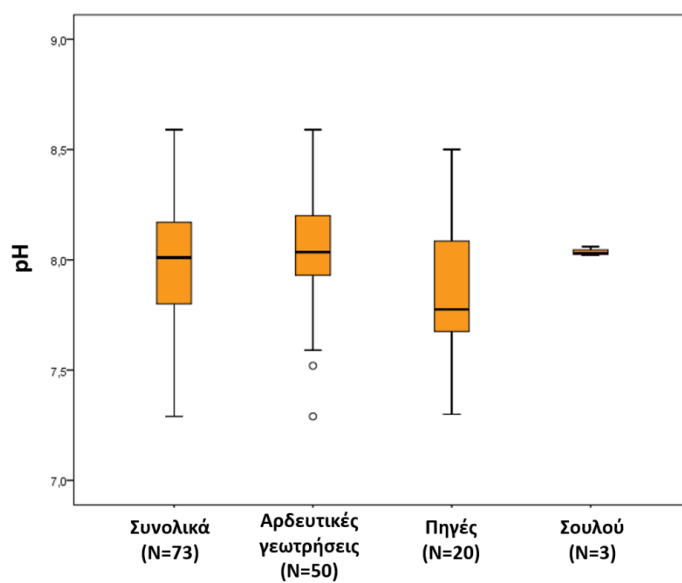
Οι αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- , Cr και Cr^{6+} υπερβαίνουν συστηματικά την ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση ποσιμότητας του ΠΟΥ (2011), όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις (βλπ. κεφ. 7.1-7.2).



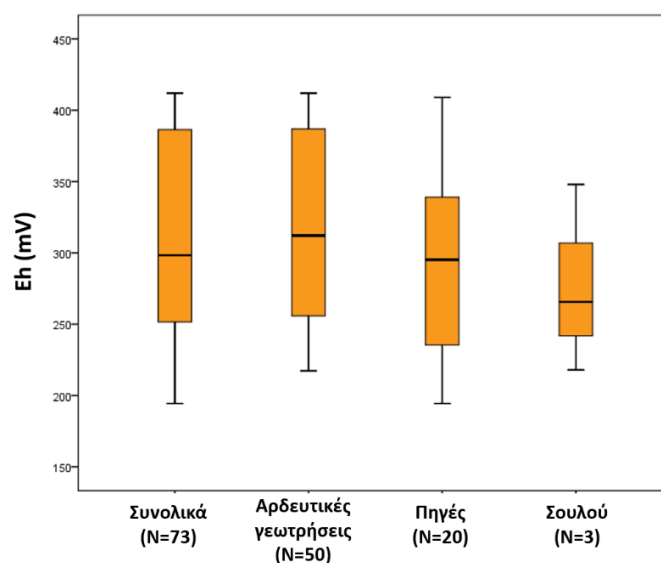
Εικόνα 7.46 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων διαλελυμένου οξυγόνου (DO) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



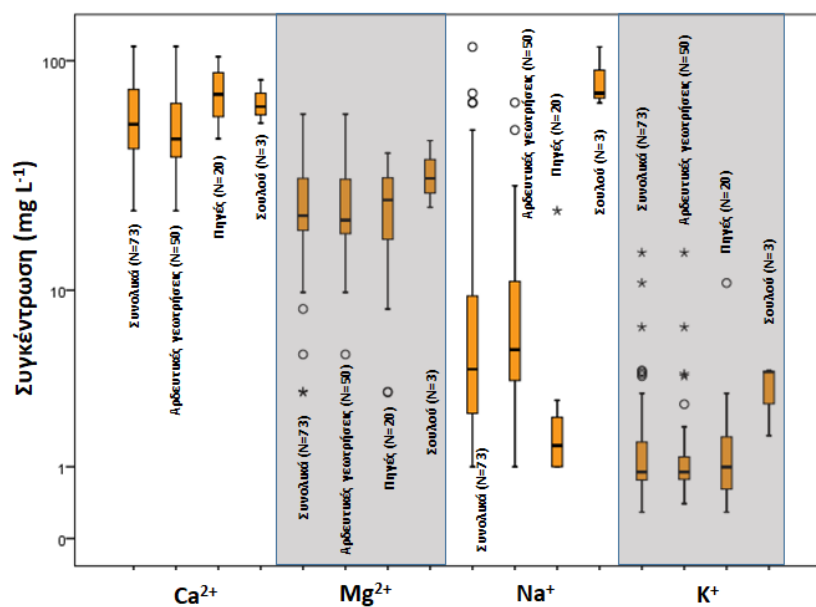
Εικόνα 7.47 - Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



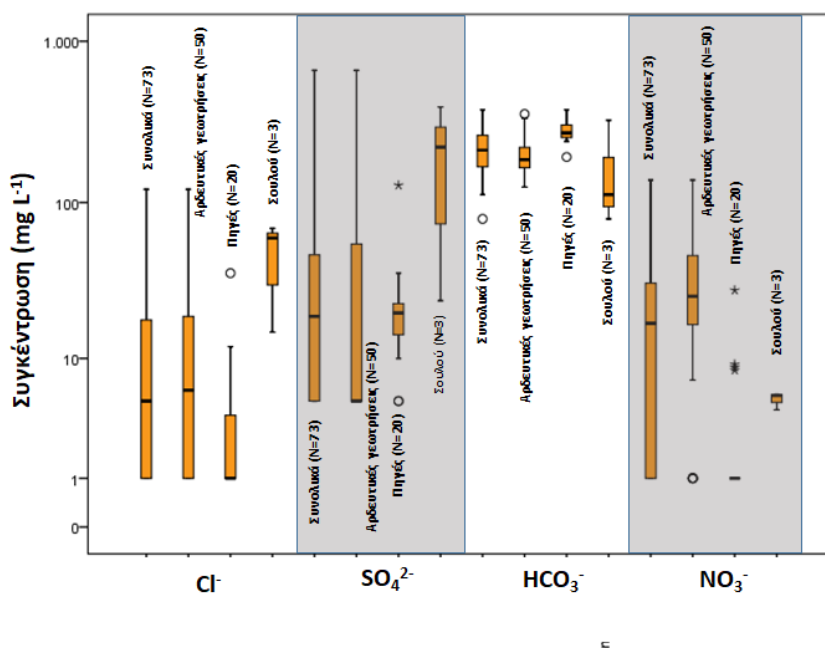
Εικόνα 7.48 - Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών pH στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 7.49 - Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 7.50 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων κατιόντων στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



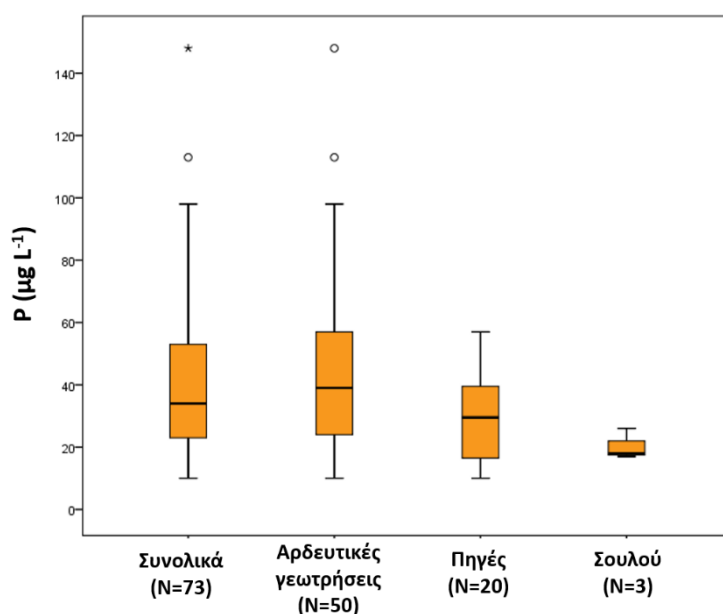
Εικόνα 7.51 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων ανιόντων στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Νιτρικά ιόντα και φωσφόρος

Στις φυσικές πηγές του Βερμίου, η μέση συγκέντρωση των NO_3^- είναι $3,51 \text{ mg L}^{-1}$, δηλαδή ιδιαίτερα χαμηλή, όπως είναι αναμενόμενο για περιοχές σχετικά ανεπηρέαστες από ανθρώπινες δραστηριότητες (Panno et al., 2006). Χαμηλές είναι οι συγκεντρώσεις των NO_3^- και στο ρέμα Σουλού (μέση συγκέντρωση NO_3^- $5,13 \text{ mg L}^{-1}$). Αντίθετα, στις αρδευτικές γεωτρήσεις, σε περιοχές με αγροτικές δραστηριότητες, οι συγκεντρώσεις NO_3^- παρουσιάζονται αυξημένες με μέση συγκέντρωση $32,79 \text{ mg L}^{-1}$ και μέγιστη τα 138 mg L^{-1} (Εικόνα 7.51). Από το σύνολο των 73 δειγμάτων, 12 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων ξεπερνούν το θεσμοθετημένο όριο των 50 mg L^{-1} (WHO, 2011). Η προέλευση και η γεωχημεία των NO_3^- συζητήθηκε εκτενώς σε προηγούμενο υποκεφάλαιο (βλπ. Κεφ. 7.1). Η επίδραση των αγροτικών δραστηριοτήτων στην ποιότητα των εδαφών και των υπόγειων νερών της περιοχής έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Voudouris, 2009, Petrotou et al., 2012, Nanos et al., 2015, Aschonitis et al., 2016, Vasileiou et al., 2018). Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των NO_3^- θα μπορούσαν επίσης να αποδοθούν και σε σημειακές πηγές ρύπανσης (όπως, ζωικά απόβλητα, απορροφητικοί βόθροι και νεκροταφεία), γύρω από τους οικισμούς Ακρινής, Αγ. Δημητρίου και Ρυακίου. Στο νότιο και νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ,

στον οικισμό του Δρεπάνου, οι συγκεντρώσεις NO_3^- είναι χαμηλότερες, παρά την ύπαρξη νεκροταφείου που αποτελεί δυνητική σημειακή πηγή ρύπανσης.

Αυξημένες συγκεντρώσεις P έχουν καταγραφεί στη λεκάνη Σαριγκιόλ (έως $148 \mu\text{g L}^{-1}$), κυρίως σε αρδευτικές γεωτρήσεις (μέση συγκέντρωση $43,88 \mu\text{g L}^{-1}$) (Εικόνα 7.52). Οι πιθανές πηγές P στα υπόγεια νερά συζητήθηκαν αναλυτικά στο Κεφ. 7.1. Στην περίπτωση της λεκάνης Σαριγκιόλ, έχει αναφερθεί η χρήση φωσφορικών, αζωτούχων και μεικτών λιπασμάτων η οποία αποτυπώνεται στη γεωχημεία των εδαφών και κατ' επέκταση των υπογείων νερών της περιοχής (Petrotou et al., 2012, Nanos et al., 2015, Aschonitis et al., 2016).

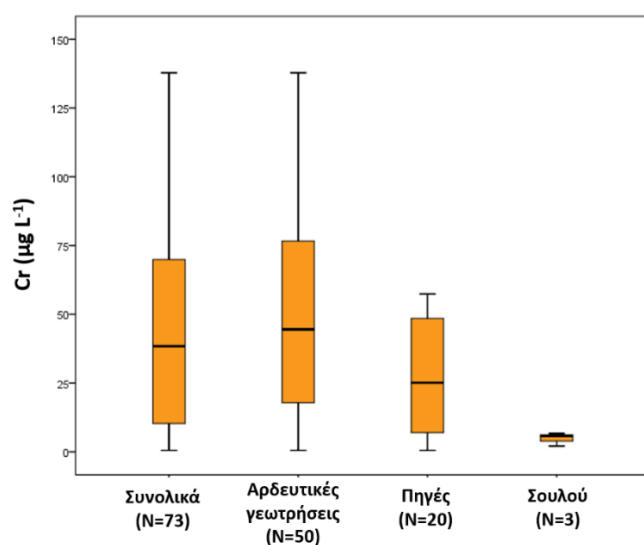


Εικόνα 7.52 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων φωσφόρου (P) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

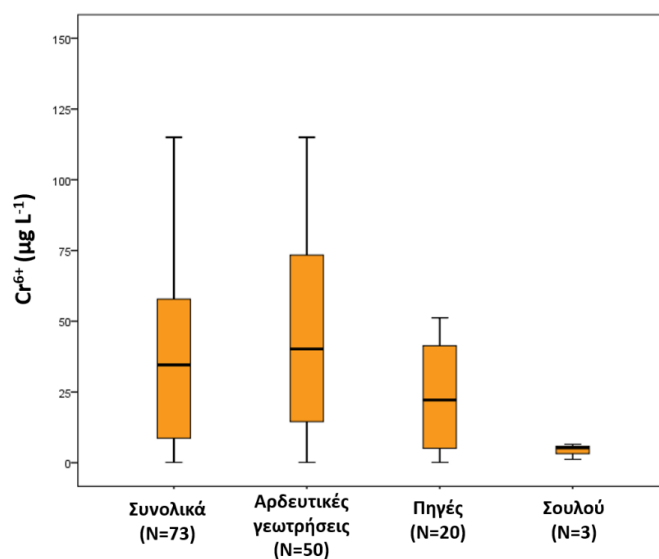
Χρώμιο

Αυξημένες συγκεντρώσεις Cr έχουν καταγραφεί και είναι γνωστές στη λεκάνη Σαριγκιόλ από το 1996 (ΕΛΙΜΕΙΑ, 1998). Από το σύνολο των 73 δειγμάτων, τα 27 υπερβαίνουν τη θεσμοθετημένη οριακή συγκέντρωση των $50 \mu\text{g L}^{-1}$ για το Cr (ΠΟΥ, 2011). Τα 23 από τα 27 δείγματα προέρχονται από αρδευτικές γεωτρήσεις, ενώ τα υπόλοιπα τέσσερα προέρχονται από φυσικές πηγές. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις Cr (έως $137,8 \mu\text{g L}^{-1}$) και Cr^{6+} (έως $115 \mu\text{g L}^{-1}$) στη λεκάνη Σαριγκιόλ καταγράφηκαν στις αρδευτικές γεωτρήσεις (Εικόνες 7.53-7.54). Συγκεκριμένα, εντοπίζονται στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, ενώ αυξημένες,

αλλά χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cr (έως $92 \mu\text{g L}^{-1}$) καταγράφονται και στο δυτικό τμήμα της λεκάνης (Εικόνα 5.101). Στο νότιο και νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης, στον οικισμό του Δρεπάνου, παρατηρείται απουσία έντονης серπεντινίωσης των υπερβασικών πετρωμάτων και σε συνδυασμό με τη μικρότερη τροφοδοσία κλαστικού υλικού στα εδάφη λόγω των χαμηλότερων υψομέτρων αυτού του τμήματος της περιοχής αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες της χαμηλότερης συγκέντρωσης Cr στα υπόγεια νερά. Τα δείγματα, που συλλέχθηκαν, παρουσιάζουν υψηλό λόγο Cr^{6+}/Cr υποδεικνύοντας ότι το Cr^{6+} είναι η κυρίαρχη μορφή του Cr στα υπόγεια νερά της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (Εικόνες 7.53-7.54).



Εικόνα 7.53 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων χρωμίου (Cr) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 7.54 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Αυξημένες συγκεντρώσεις Cr (έως $57,4 \mu\text{g L}^{-1}$) και Cr^{6+} (έως $51,2 \mu\text{g L}^{-1}$) καταγράφονται και σε φυσικές πηγές που βρίσκονται στο όρος Βέρμιο στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης, σε αναλύσεις που έγιναν στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Επιπλέον, στη φυσική πηγή επαφής σχιστοκερατολίθων-υπερβασικών πετρωμάτων, «Ποτιστής», στο όρος Βέρμιο, σε υψόμετρο 1325 m, έχουν καταγραφεί συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} έως $131 \mu\text{g L}^{-1}$ και $120 \mu\text{g L}^{-1}$ αντίστοιχα, σε συστηματικές μετρήσεις από το Κέντρο Περιβάλλοντος Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας (ΚΕΠΕ), κατά την περίοδο Μαΐου 2018 - Σεπτεμβρίου 2018 (στοιχεία μετά από προσωπική επικοινωνία, Vasileiou et al., 2019). Αυτές οι μετρήσεις δεν συμπεριλαμβάνονται στην επεξεργασία των δεδομένων της παρούσας διδακτορικής διατριβής, διότι σε αυτά τα δείγματα λείπει το πλήρες σύνολο των φυσικών και χημικών παραμέτρων που προσδιορίστηκαν για τα υπόλοιπα 73 δείγματα νερού (η συγκεκριμένη πηγή παρακολουθείται πλέον συστηματικά στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου ΕΜΠ623748).

Αξιοσημείωτη είναι η παρεμφερής εποχιακή διακύμανση στις συγκεντρώσεις Cr που καταγράφεται σε αρδευτικές γεωτρήσεις της λεκάνης Σαριγκιόλ και σε φυσικές πηγές του Βερμίου. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου καταγράφονται μειωμένες συγκεντρώσεις Cr σε φυσικές πηγές και σε αρδευτικές γεωτρήσεις συγκριτικά με την ξηρή περίοδο. Στο ρέμα Σουλού, οι καταγραφόμενες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} είναι πολύ χαμηλές

(έως $6,7 \mu\text{g L}^{-1}$ και $6,5 \mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα) και ως εκ τούτου κανένα δείγμα του ρέματος Σουλού δεν υπερβαίνει το όριο των $50 \mu\text{g L}^{-1}$ του ΠΟΥ (2011). Η διάνοιξη του ρέματος Σουλού πραγματοποιήθηκε το 1954 και αποτελεί την κύρια επιφανειακή εκφόρτιση της λεκάνης Σαριγκιόλ. Το εν λόγω ρέμα αποτελεί τον κύριο αποδέκτη των νερών, τα οποία προέρχονται:

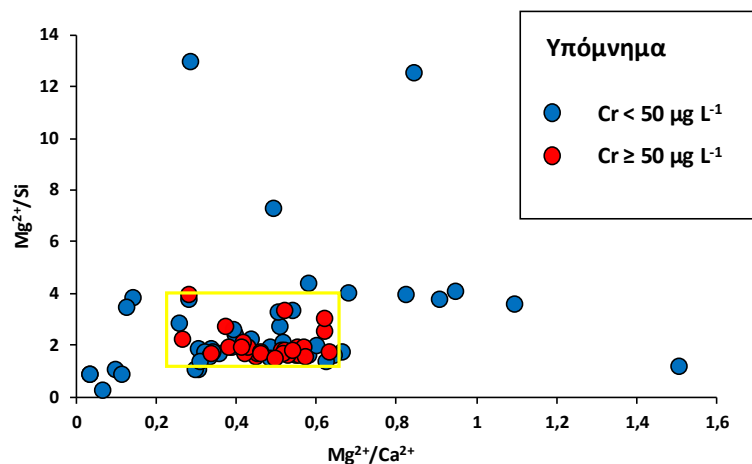
- από τις επιφανειακές απορροές του χαμηλού τμήματος της λεκάνης, το οποίο αποστραγγίζεται με το δίκτυο των δευτερευουσών στραγγιστικών τάφρων, που καταλήγουν στην κεντρική αποστραγγιστική τάφρο – ρέμα Σουλού,
- από τις αντλήσεις των αποστραγγιστικών γεωτρήσεων, που γίνονται για την προστασία του ορυχείου από την εισροή υπόγειων νερών,
- από τις αντλήσεις των νερών που συγκεντρώνονται στα καλούμενα «επιφανειακά αντλιοστάσια» των ορυχείων. Πρόκειται για νερά που συγκεντρώνονται σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους στα βαθύτερα σημεία των ορυχείων, και τα οποία προέρχονται κυρίως από τα όμβρια νερά που απορρέουν από τις επιφάνειες των εκσκαφών και αποθέσεων και δευτερευόντως από υπόγεια νερά, που εισέρχονται στο χώρο εκσκαφής,
- από τις απορρίψεις των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - ΑΗΣ, που αποτελούνται κυρίως από τα νερά ψύξης. Τα νερά που χρησιμοποιούνται στο κύκλωμα ψύξης των μονάδων, προέρχονται από το φράγμα Πολυφύτου και μετά τη χρήση τους απορρίπτονται σε ένα ποσοστό περίπου 30-35% στην τάφρο απαγωγής και καταλήγουν στο ρέμα Σουλού, ενώ το υπόλοιπό εξατμίζεται.

Το ρέμα Σουλού δεν δέχεται νερά απορροής από τα υψηλότερα – ορεινά τμήματα της λεκάνης και ως εκ τούτου δεν περιλαμβάνει τα νερά εκφόρτισης των φυσικών πηγών του ορεινού όγκου του Βερμίου επειδή, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα νερά των χειμάρρων που κατεβαίνουν από το Βέρμιο διηθούνται είτε στους καρστικούς σχηματισμούς είτε στα κορήματα της κοίτης τους και τα πλευρικά κορήματα της λεκάνης. Το ρέμα Σουλού παρόλο ότι τροφοδοτεί τα υπόγεια νερά δεν παρουσιάζει ίδια υδροχημικά χαρακτηριστικά με αυτά γιατί ο όγκος της ποσότητας του νερού του Ρέματος Σουλού είναι πολύ μικρός συγκριτικά με την πλευρική τροφοδοσία.

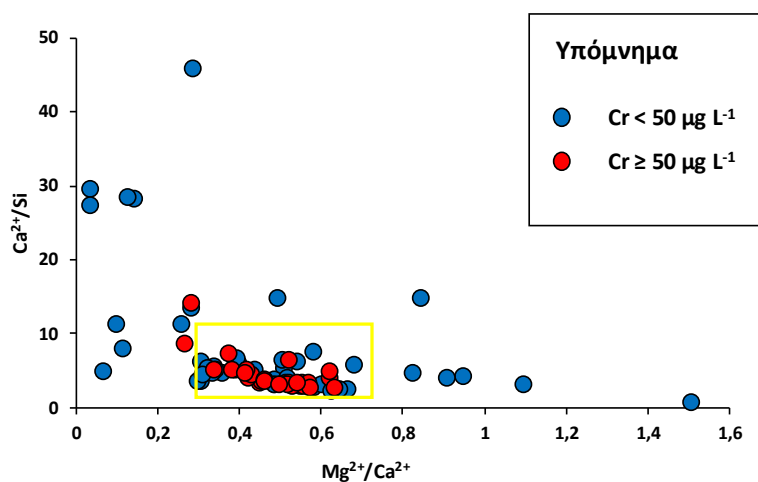
Υψηλές συγκεντρώσεις Cr ($\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$) καταγράφονται στα δείγματα που χαρακτηρίζουν παρόμοιους υδροχημικούς λόγους ως προς τα Mg^{2+}/Si , $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ και Ca^{2+}/Si (Εικόνες 7.55-7.56). Χαρακτηριστικοί, στα δείγματα με συγκεντρώσεις Cr $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$, είναι οι σχετικά μικροί και σταθεροί λόγοι Mg^{2+}/Si (Εικόνα 7.55) και Ca^{2+}/Si (Εικόνα 7.56). Αντίθετα, τα δείγματα που παρουσιάζουν συγκεντρώσεις Cr $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$ παρουσιάζουν λόγους $\text{Mg}^{2+}/\text{Si} > 4$, $\text{Mg}^{2+}/\text{Si} < 1$,

$Mg^{2+}/Ca^{2+} > 0,7$, $Mg^{2+}/Ca^{2+} < 0,25$ και $Ca^{2+}/Si > 9$ (Εικόνες 7.55-7.56), και υποδεικνύουν τη διάλυση μη πυριτικών ορυκτολογικών φάσεων (όπως, ασβεσίτης, δολομίτης, κλπ.).

Η γεωγενής φύση του Cr στη λεκάνη Σαριγκιόλ αποτυπώνεται στις υψηλές συγκεντρώσεις Cr (έως $131 \mu\text{g L}^{-1}$) και Cr^{6+} (έως $120 \mu\text{g L}^{-1}$) σε φυσικές πηγές του Όρους Βερμίου που αποτελούν φυσικά ανεπηρέαστα συστήματα μακριά από ανθρώπινες δραστηριότητες.



Εικόνα 7.55 – Προβολή των υδροχημικών λόγων Mg^{2+}/Si vs. Mg^{2+}/Ca^{2+} για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



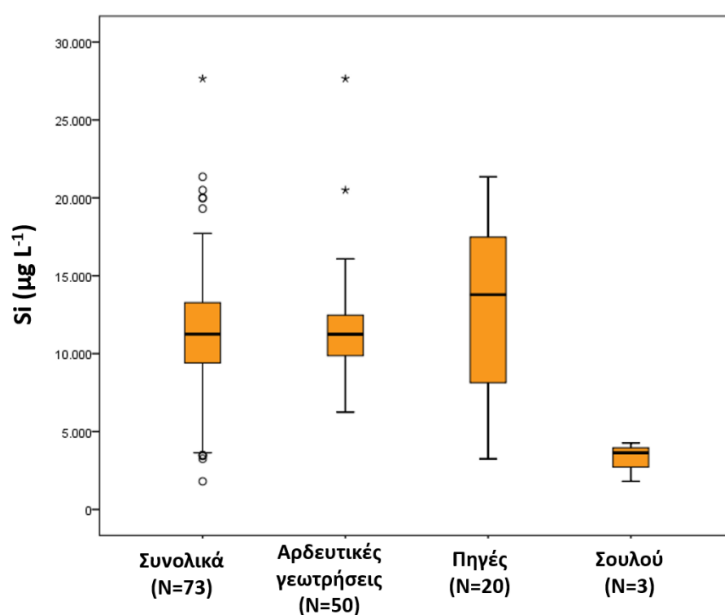
Εικόνα 7.56 - Προβολή των υδροχημικών λόγων Ca^{2+}/Si vs. Mg^{2+}/Ca^{2+} για τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Γεωγενές αποτύπωμα και γεωχημεία πηγών

Γενικά, τα υπερβασικά πετρώματα, της λεκάνης Σαριγκιόλ, που μελετήθηκαν στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής, είναι σερπεντινίτες και σερπεντινωμένοι περιδοσίτες. Στους

σερπεντινίτες κύριο ορυκτό είναι ο σερπεντίνης και ταυτοποιήθηκαν ορυκτά όπως χλωρίτης, πυρόξενος, μεταλλικά ορυκτά (χρωμίτης, μαγνητίτης και οξειδία Fe, Mn/Fe, Mn/Ni), τάλκης, μαγνησίτης και τρεμολιτική αμφίβολος. Το Cr₂O₃ βρέθηκε σε ορυκτολογικές φάσεις των υπερβασικών πετρωμάτων όπως σπινέλιος (χρωμίτης και Cr-μαγνητίτης), πυρόξενος, αμφίβολος, σερπεντίνης, χλωρίτης (βλπ. κεφ. 6.3.2).

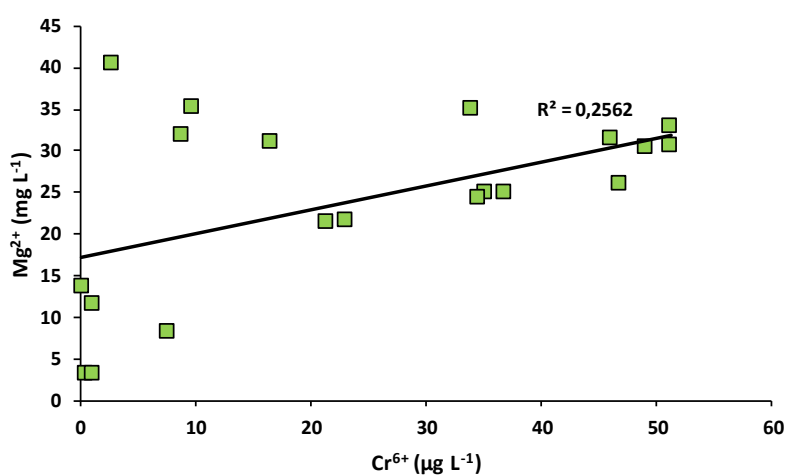
Ο κύριος υδροχημικός τύπος νερού που παρουσιάζουν τα δείγματα των φυσικών πηγών, που συλλέχθηκαν, είναι Ca-Mg-HCO₃, υποδεικνύοντας την αλληλεπίδραση νερών/υπερβασικών πετρωμάτων. Οι πηγές εμφανίζουν μεγάλο ενδιαφέρον γιατί αποτυπώνουν τη γεωγενή προέλευση των κύριων ιόντων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στους υδατικούς πόρους της περιοχής μελέτης. Το Si είναι ένα χημικό στοιχείο το οποίο συνδέεται με τις πυριτικές ορυκτολογικές φάσεις. Σύμφωνα με τη μέση συγκέντρωση Si, στις πηγές εντοπίζονται οι υψηλότερες τιμές υποδεικνύοντας τη γεωγενή συνεισφορά στοιχείων των υπερβασικών πετρωμάτων στην ποιότητα των νερών των πηγών και κατ' επέκταση σε ολόκληρη τη λεκάνη Σαριγκιόλ, στα υπόγεια νερά της οποίας παρατηρούνται επίσης σχετικά αυξημένες συγκεντρώσεις Si (Εικόνα 7.57).



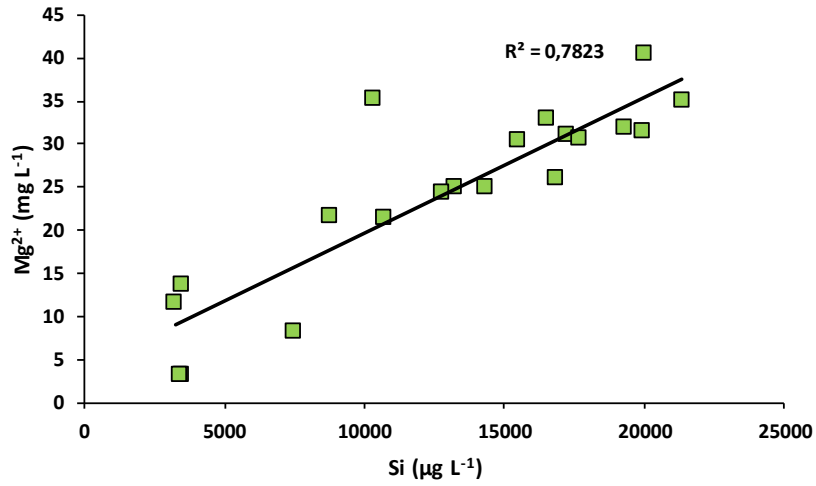
Εικόνα 7.57 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων πυριτίου (Si) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Στις εικόνες 7.58-7.61 παρουσιάζονται οι μέτριοι έως ισχυροί θετικοί συντελεστές συσχέτισης των στοιχείων Mg²⁺ - Si - Cr⁶⁺ - Ni. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (βλπ. κεφ. 2.2), σε

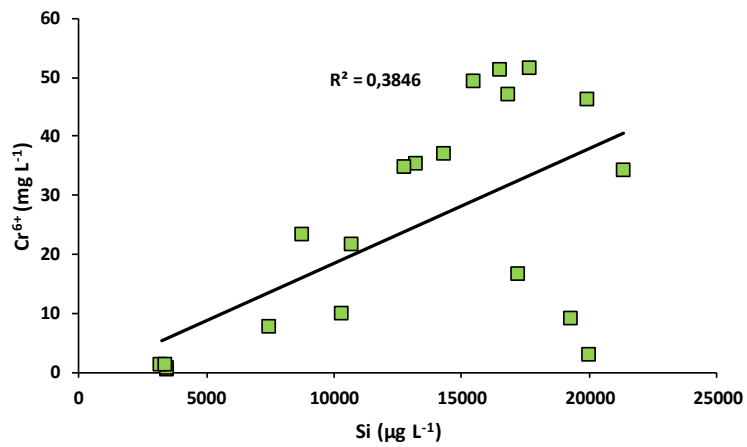
περιβάλλοντα και περιοχές όπου επικρατούν υπερβασικοί γεωλογικοί σχηματισμοί τα στοιχεία αυτά αναμένονται αυξημένα (Marques et al., 2008, Margiotta et al., 2012, Kaitantzian et al., 2013, Kelepertzis et al., 2013, Petrotou et al., 2012, Tashakor et al., 2018). Η διάλυση πυριτικών ορυκτολογικών φάσεων (όπως, φορστερίτης, σερπεντίνης) είναι πιθανό να συνεισφέρει κατιόντα και HCO_3^- στα υπόγεια νερά (βλπ. κεφ. 7.1). Επιπλέον, στη φυσική πηγή επαφής σχιστοκερατολίθων-υπερβασικών πετρωμάτων «Ποτιστής», σε υψόμετρο 1325 m, στο όρος Βέρμιο, που βρίσκεται μακριά από κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, έχουν καταγραφεί συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} έως $131 \mu\text{g L}^{-1}$ και $120 \mu\text{g L}^{-1}$ αντίστοιχα, σε συστηματικές μετρήσεις από το ΚΕΠΕ, κατά την περίοδο Μαΐου 2018 - Σεπτεμβρίου 2018 και είναι οι υψηλότερες που έχουν αναφερθεί στην περιοχή (Vasileiou et al., 2019).



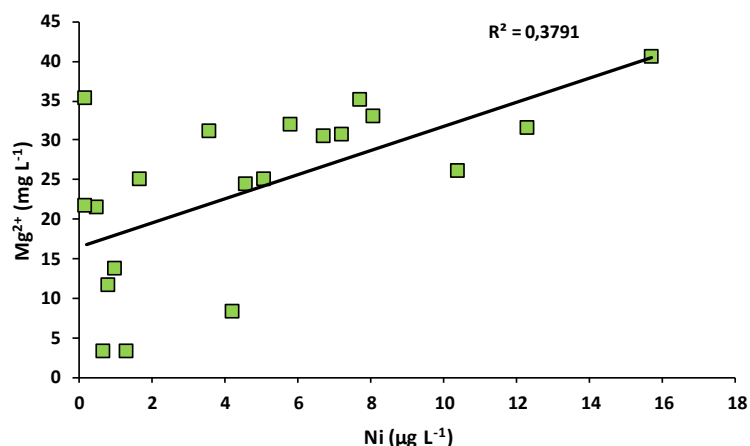
Εικόνα 7.58 - Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. Cr^{6+} στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 7.59 - Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. Si στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

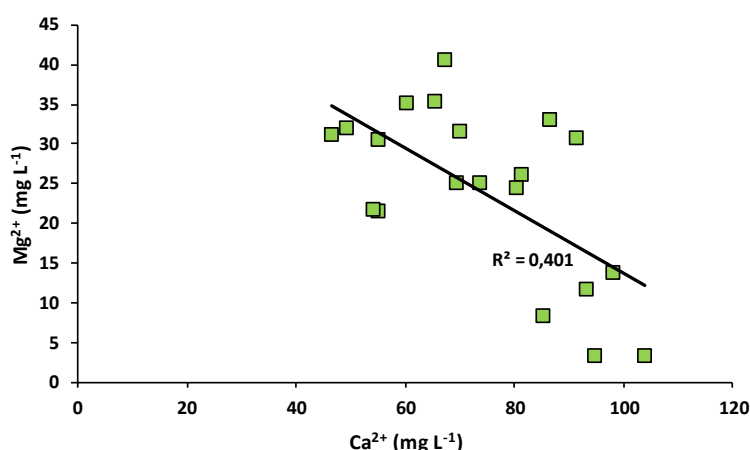


Εικόνα 7.60 - Προβολή συγκεντρώσεων Cr^{6+} vs. Si στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

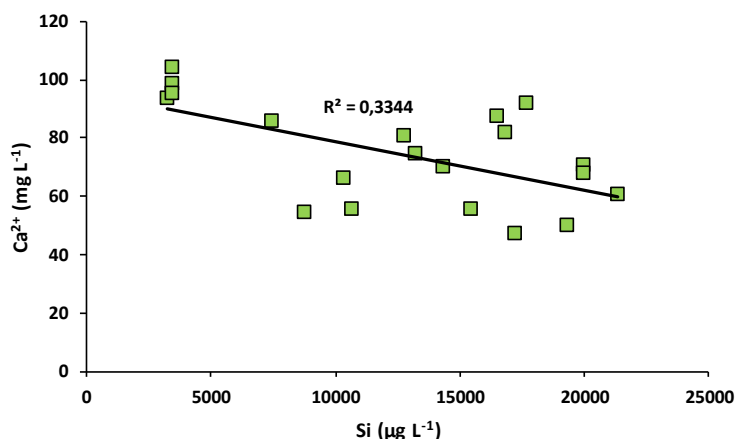


Εικόνα 7.61 - Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. Ni στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Στις εικόνες 7.62-7.63, παρουσιάζονται οι ισχυρές αρνητικές συσχετίσεις μεταξύ Ca^{2+} - Mg^{2+} και Ca^{2+} - Si , οι οποίες υποδηλώνουν διαφορετική πηγή προέλευσής του Ca^{2+} σε σχέση με το Mg^{2+} και το Si . Το Ca^{2+} προέρχεται κυρίως από τα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι), που υπάρχουν στην περιοχή, σε αντίθεση με το Si και το Mg^{2+} , που προέρχονται από τα υπερβασικά πετρώματα. Τα TDS παρουσιάζουν πολύ ισχυρό θετικό συντελεστή συσχέτισης με τα HCO_3^- ($r=0,86$), αλλά ασθενείς θετικούς συντελεστές συσχέτισης με τα Ca^{2+} και Mg^{2+} ($r=0,36$ και $0,36$, αντίστοιχα) τονίζοντας τη συνολική προέλευση των HCO_3^- από τους γεωλογικούς σχηματισμούς, αλλά και την προέλευση των Ca^{2+} και Mg^{2+} από ασβεστολίθους και υπερβασικά πετρώματα, αντίστοιχα.



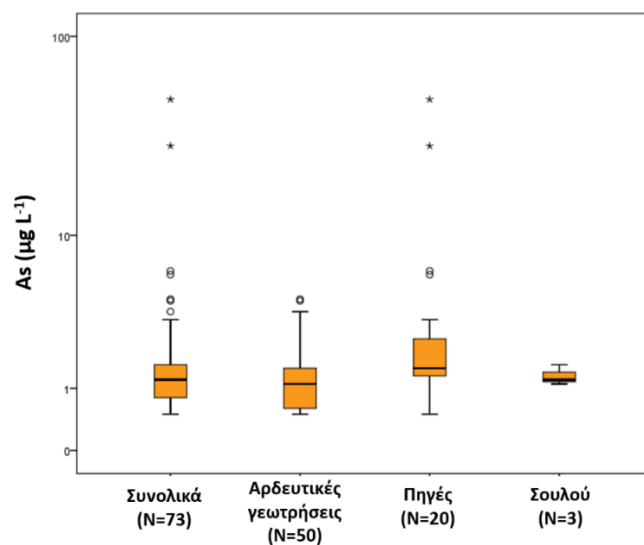
Εικόνα 7.62 - Προβολή συγκεντρώσεων Mg^{2+} vs. Ca^{2+} στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 7.63 - Προβολή συγκεντρώσεων Ca^{2+} vs. Si στα δείγματα των πηγών της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Αρσενικό

Σε ότι αφορά το As, οι συγκεντρώσεις του στα υπόγεια νερά της λεκάνης Σαριγκιόλ είναι γενικά χαμηλές (< ΟΑ από έως $4,4 \mu\text{g L}^{-1}$). Εντούτοις, δύο δείγματα (WR12 και R17) από τη φυσική πηγή του Αγ. Δημητρίου που βρίσκεται στο Όρος Βέρμιο, βορειοδυτικά του ομώνυμου οικισμού, υπερβαίνουν την κατευθυντήρια οριακή τιμή των $10 \mu\text{g L}^{-1}$ για το As, για το πόσιμο νερό (WHO, 2011) με μέγιστη καταγραφόμενη συγκέντρωση τα $49,1 \mu\text{g L}^{-1}$ (Εικόνα 7.64). Η προέλευση του As, στη φυσική πηγή, αποδίδεται στην αλληλεπίδραση υπερβασικών πετρωμάτων/υπογείων νερών στο όρος Βέρμιο. Τα υπερβασικά πετρώματα βρέθηκαν να έχουν αυξημένες περιεκτικότητες As συγκριτικά με τη μέση περιεκτικότητα του Γήινου φλοιού. Η παρουσία του As στα υπερβασικά πετρώματα αποδίδεται στην παρουσία σερπεντίνη, τάλκη, μαγνησίτη και σε δευτερογενή Fe-οξείδια/υδροξείδια (Smedley and Kinniburgh, 2002, Ryan et al., 2011). Η πηγή που εμφανίζει τις αυξημένες συγκεντρώσεις As παρουσιάζει και την υψηλότερη τιμή pH (8,5) καθώς και αυξημένες συγκεντρώσεις HCO_3^- . Έχει αναφερθεί στη διεθνή βιβλιογραφία, ότι το αλκαλικό περιβάλλον και οι υψηλές συγκεντρώσεις HCO_3^- και CO_3^{2-} μπορούν να συμβάλουν στην κινητοποίηση και τον εμπλουτισμό του As στα υπόγεια νερά (Halim et al., 2009, Ryan et al., 2011, Guo et al., 2014b, Rasool et al., 2016, Wang et al., 2018, βλπ. κεφ. 2.4.6). Οι υψηλές συγκεντρώσεις As, μόνο, στη φυσική πηγή του Αγ. Δημητρίου ($49,1 \mu\text{g L}^{-1}$) σε συνδυασμό με τις χαμηλές συγκεντρώσεις As στις αρδευτικές γεωτρήσεις και στο ρέμα Σουλού (από <ΟΑ έως $4,4 \mu\text{g L}^{-1}$), υποδεικνύουν γεωγενή προέλευση του στοιχείου αυτού στα υπόγεια νερά, όπως αναφέρεται και από τους Γεωργακόπουλος και άλλους, (2002), και Petrotou et al., (2012).

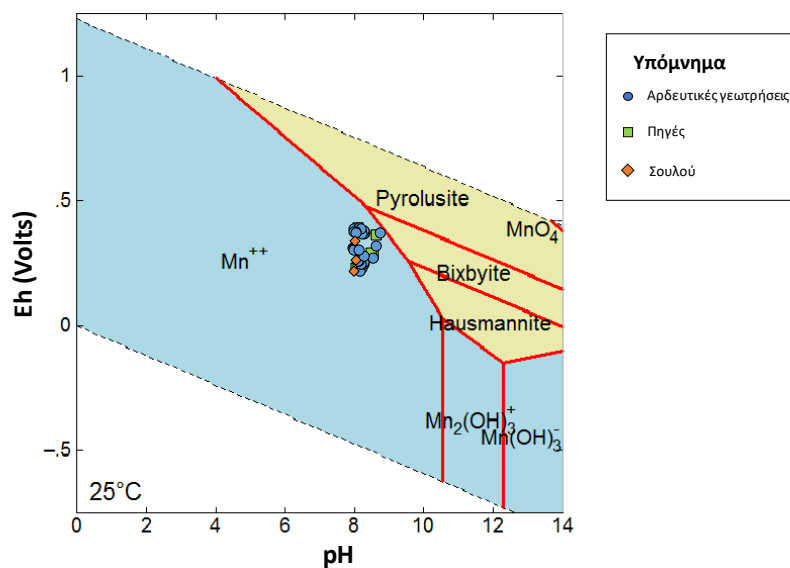


Εικόνα 7.64 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων αρσενικού (As) στα 50 δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, στα 20 δείγματα πηγών και στα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Μαγγάνιο

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Mn εντοπίζονται στις αρδευτικές γεωτρήσεις. Οι συγκεντρώσεις Mn είναι υψηλές σε κάποια δείγματα, αλλά οι ακραίες τιμές που φτάνουν έως $848 \mu\text{g L}^{-1}$ μπορούν να αποδοθούν μόνο σε εξωτερικούς παράγοντες όπως, οξείδωση του μεταλλικού εξοπλισμού των γεωτρήσεων, έντονες αγροτικές δραστηριότητες (Gunier et al., 2011, Jahangir et al., 2012, Frisbie et al., 2012).

Σύμφωνα με το διάγραμμα Eh-pH (Pourbaix, 1966), το Mn^{2+} είναι η κυρίαρχη μορφή Mn στα υπόγεια νερά της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (Εικόνα 7.65). Το διαλυμένο Mn^{2+} θα μπορούσε να είναι ενδεικτικό της οξείδωσης του Cr^{3+} σε Cr^{6+} από τα ορυκτά οξείδια του μαγγανίου που βρέθηκαν στη λεκάνη Σαριγκιόλ (βλπ. Κεφ. 6.3.2 και Κεφ. 7.1).



Εικόνα 7.65 - Προβολή Eh vs. pH (Pourbaix, 1966) του συστήματος Mn-O-H για τα δείγματα υπογείων νερών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

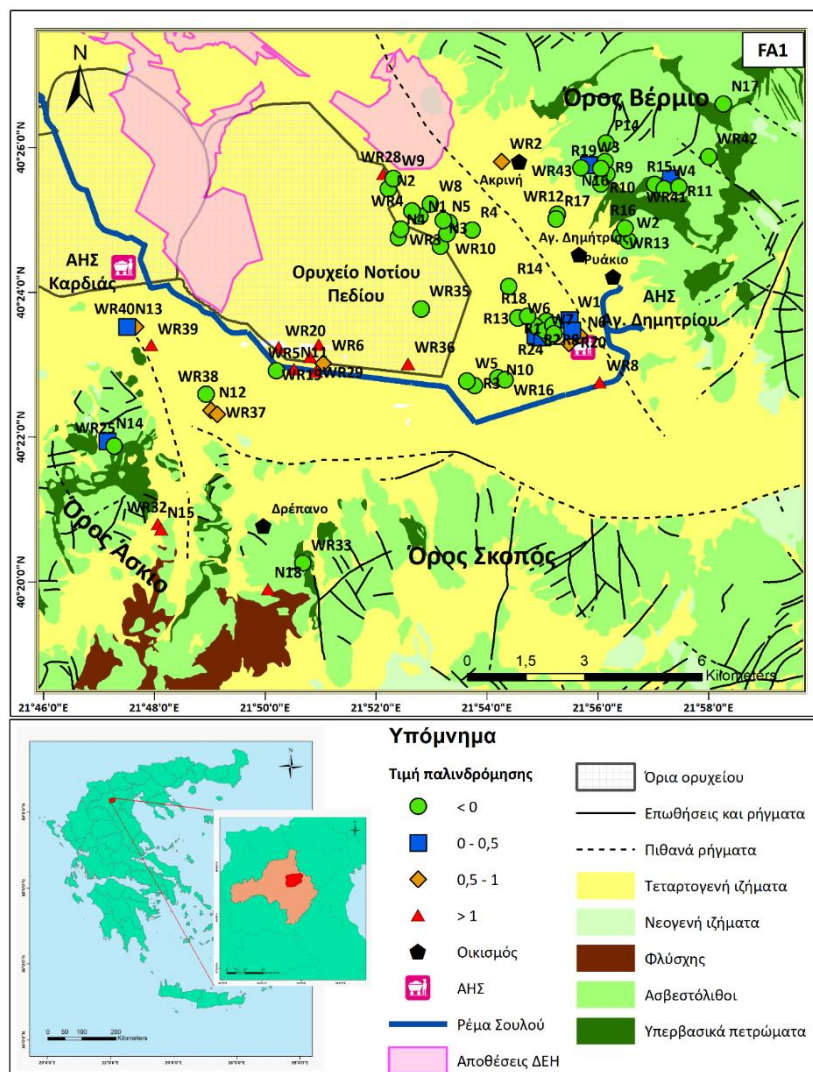
Δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία

Οι συγκεντρώσεις των B, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb, Sb, Se και U σε όλα τα δείγματα νερού που αναλύθηκαν, ήταν χαμηλότερες από τα αντίστοιχα επιθυμητά όρια για το πόσιμο νερό του ΠΟΥ (2011). Σύμφωνα με τις μέσες συγκεντρώσεις που παρουσιάζονται στον πίνακα 5.13, οι αρδευτικές γεωτρήσεις έχουν τις υψηλότερες τιμές σε Ba, Mn, Se και U, οι πηγές σε Co, Ni και Si και το ρέμα Σουλού σε B, Br, Cu, Li, Mo, Pb, Rb, Sb, Sr, V και Zn.

Πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση

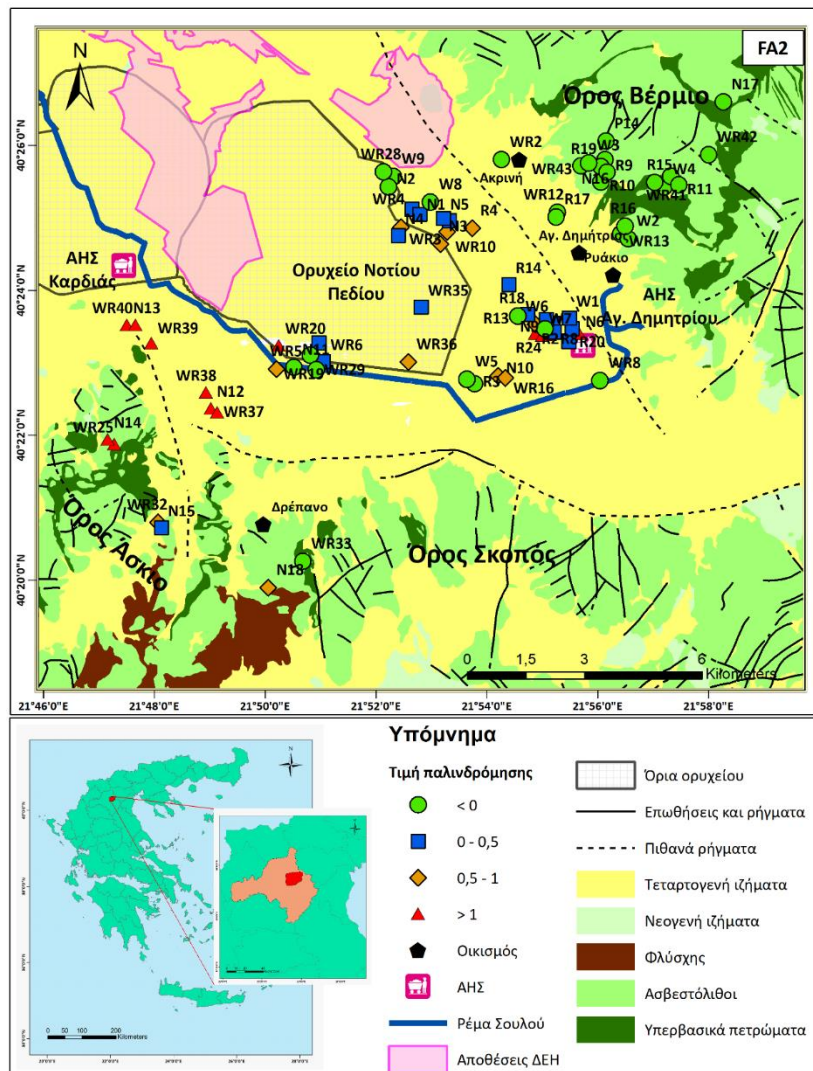
Οι παράγοντες που σχετίζονται με την προέλευση των As, Cr και Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, διερευνώνται περαιτέρω μέσω των πολυκριτηριακών στατιστικών μεθόδων (παραγοντική ανάλυση και ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες). Σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση, εννιά παράγοντες εξηγούν την ποιότητα των υπογείων νερών στη λεκάνη Σαριγκιόλ. Ο FA1 εξηγεί το 22,3% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει οκτώ παραμέτρους: EC, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, B, Li και Rb. Ο FA1 σχετίζεται με τα αυξημένα διαλελυμένα άλατα των υπογείων νερών και οφείλεται κατά κύριο λόγο στις ευδιάλυτες ορυκτολογικές φάσεις που υπάρχουν στα ιζήματα και εδάφη της περιοχής. Στην εικόνα 7.66 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA1. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA1 εντοπίζονται στο δυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ πλησίον του ΑΗΣ Καρδιάς και στο ρέμα Σουλού. Οι

υψηλές συγκεντρώσεις Na^+ του ρέματος Σουλού συγκριτικά με τις αρδευτικές γεωτρήσεις και τις πηγές οφείλονται στο ότι το εν λόγω ρέμα είναι ο αποδέκτης των νερών των συστημάτων ψύξης των ΑΗΣ, των αγροτικών αποστραγγιστικών νερών, της φυσικής επιφανειακής απορροής και των επεξεργασμένων νερών των ΑΗΣ (Kazakis et al., 2017, Vasileiou et al., 2017). Η επεξεργασία των νερών των πύργων ψύξης των ΑΗΣ περιλαμβάνει Na -ούχα διαλύματα (όπως βρωμιούχο νάτριο - NaBr , υποχλωριώδες νάτριο - NaOCl , κα.) για τη διενέργεια χλωροβρωμίωσης, με σκοπό την αντιμικροβιακή κατεργασία των ψυκτικών κυκλωμάτων (<https://docplayer.gr/104743137-Geniki-dieythynsi-paragogis.html>). Ωστόσο, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Na^+ δεν βρέθηκαν στο δείγμα WR8 που βρίσκεται πιο κοντά στον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου, και ως εκ τούτου, θα μπορούσαν να αποδοθούν και σε άλλους παράγοντες.



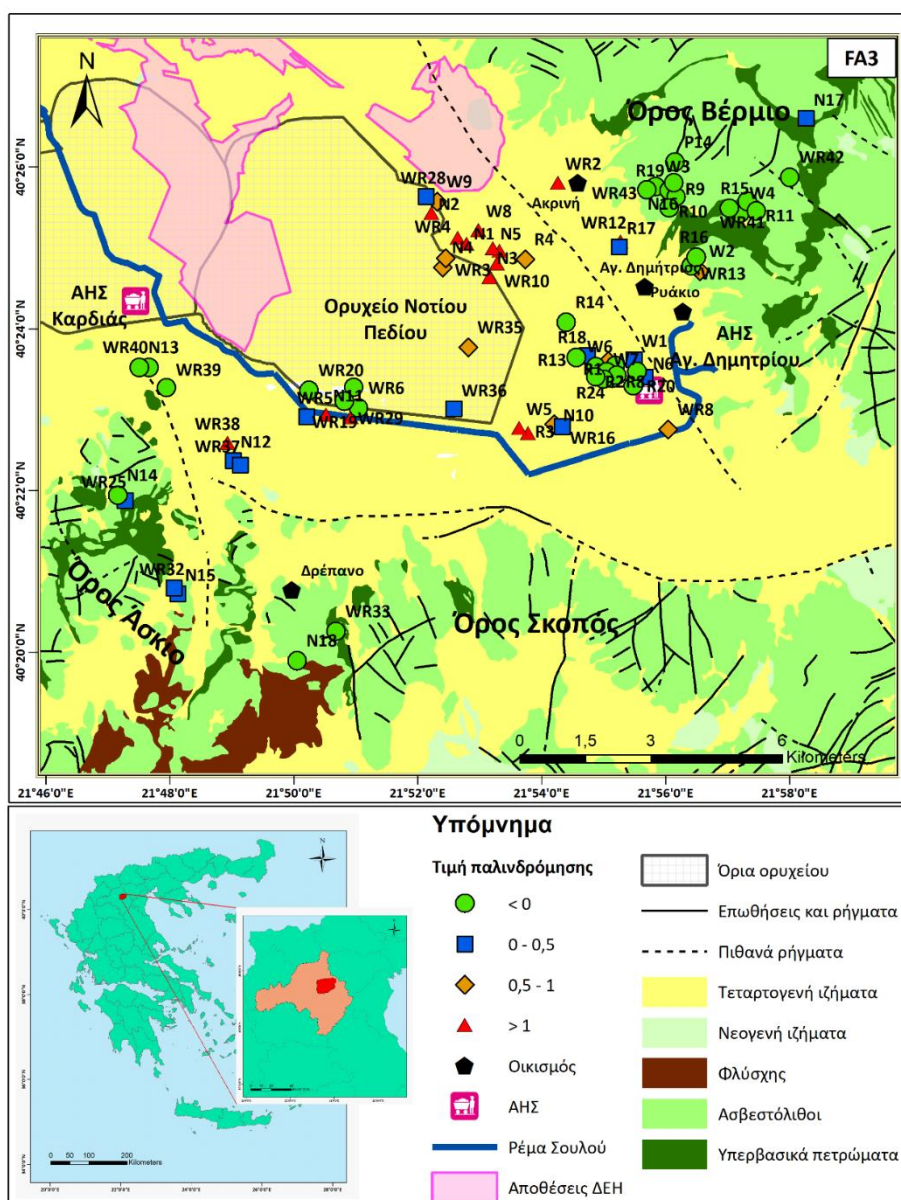
Εικόνα 7.66 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 1^ο παράγοντα (FA1) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλι, Δυτικής Μακεδονίας.

Ο FA2 εξηγεί το 14,2% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων, με πέντε παραμέτρους: NO₃⁻, Ba, Br, Sr και U. Τα NO₃⁻, είναι το αποτέλεσμα της χρήσης λιπασμάτων και τα Ba, Br, Li, Sr και U είναι δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία στα οποία είναι εμπλουτισμένα διάφοροι τύποι λιπασμάτων (Senesi et al., 1983, Alloway, 1995, Xie et al., 2011, Liesch et al., 2015, Khan et al., 2018). Οι υψηλές συγκεντρώσεις Sr θα μπορούσαν να προέρχονται και από διάλυση ορυκτολογικών φάσεων εμπλουτισμένες σε Sr όπως ο σελεσίτης και ο ασβεσίτης (Dagounaki et al., 2004). Επιπλέον, το Ba και το Sr ως κατιόντα των αλκαλικών γαιών εμφανίζουν παρεμφερή γεωχημική συμπεριφορά και κινητικότητα σε αλκαλικό, οξειδωτικό περιβάλλον (Smith and Huyck, 1999, Violante et al., 2010) όπως αυτό της περιοχής μελέτης. Στην εικόνα 7.67 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA2. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA2 εντοπίζονται στο δυτικό και στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ.



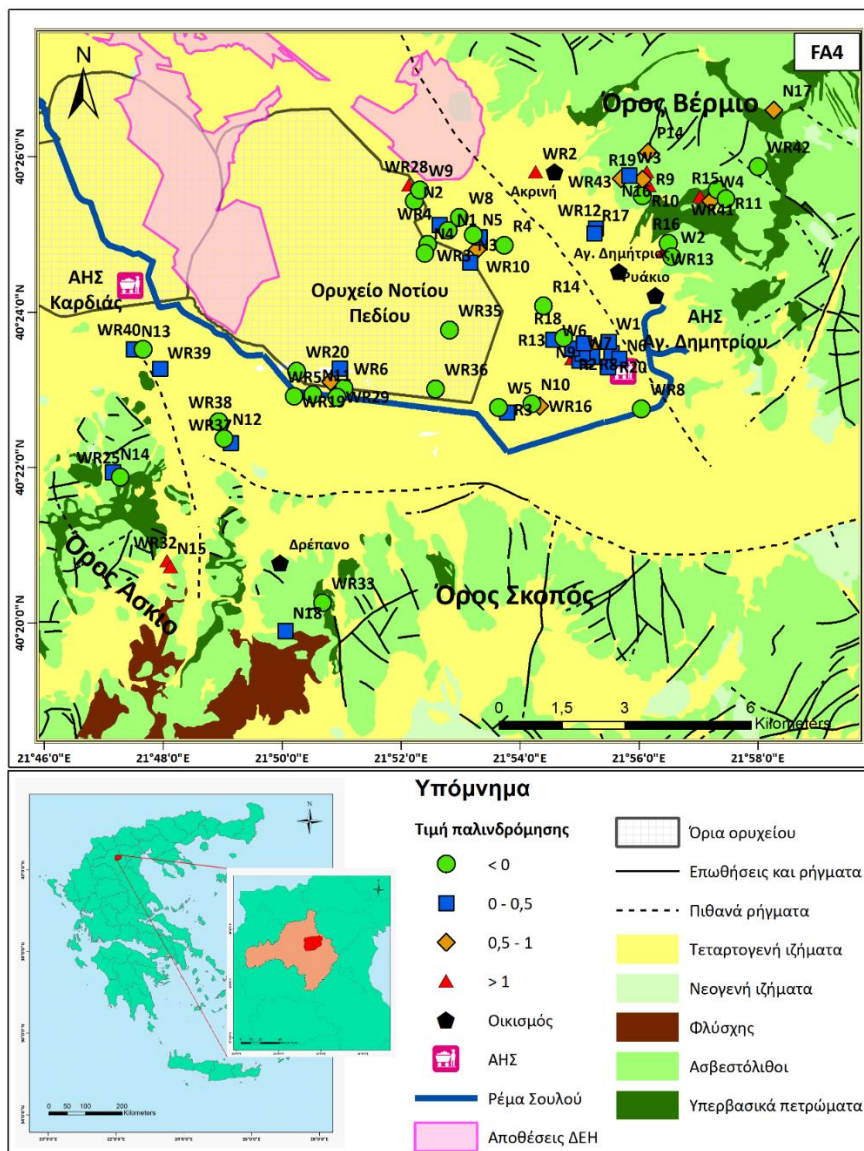
Εικόνα 7.67 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 2^ο παράγοντα (FA2) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Ο FA3 εξηγεί το 9,9% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιέχει τρεις παραμέτρους: pH, Ca²⁺, Ni. Στον παράγοντα αυτό, συμμετέχουν σε μικρότερο βαθμό και τα HCO₃⁻. Συνδέεται, πιθανώς, με την αλληλεπίδραση νερών/πετρωμάτων, υποδεικνύοντας τη διάλυση ανθρακικών ορυκτών λόγω της υδρόλυσης των HCO₃⁻ στο νερό και/ή τη διάλυση πυριτικών ορυκτών (π.χ. ασύμπυκτη διάλυση αργίλων). Στην εικόνα 7.68 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA3. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA3 εντοπίζονται στο βόρειο και δυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ.



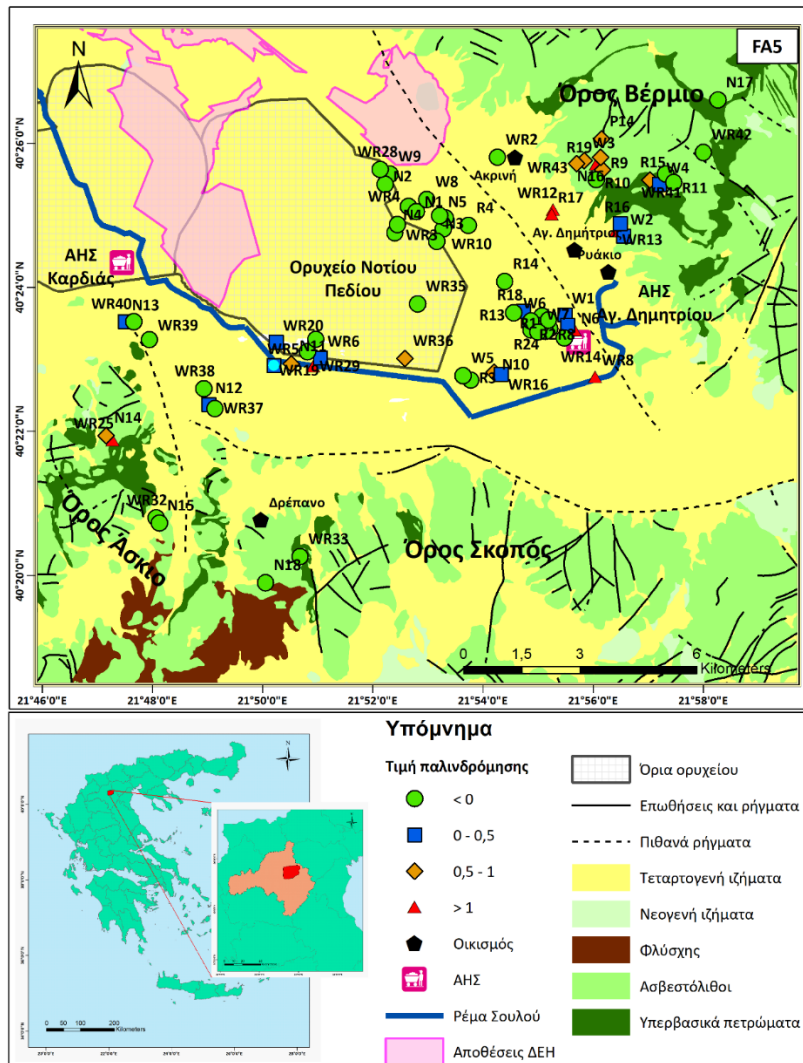
Εικόνα 7.68 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 3^ο παράγοντα (FA3) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Ο FA4 εξηγεί το 7,1% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων, με τέσσερις παραμέτρους: Mg^{2+} , Cr, Cr^{6+} και Si. Ο παράγοντας αυτός, δείχνει τη γεωγενή προέλευση του Cr στα νερά της περιοχής μελέτης γιατί σχετίζεται με τις Cr-ούχες πυριτικές ορυκτολογικές φάσεις των υπερβασικών πετρωμάτων (π.χ. σερπεντίνη, φορστερίτης). Στην εικόνα 7.69 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA4. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του παράγοντα αυτού εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στις πηγές του Όρους Βερμίου και συνδέονται με τις εμφανίσεις των υπερβασικών πετρωμάτων στην περιοχή μελέτης.



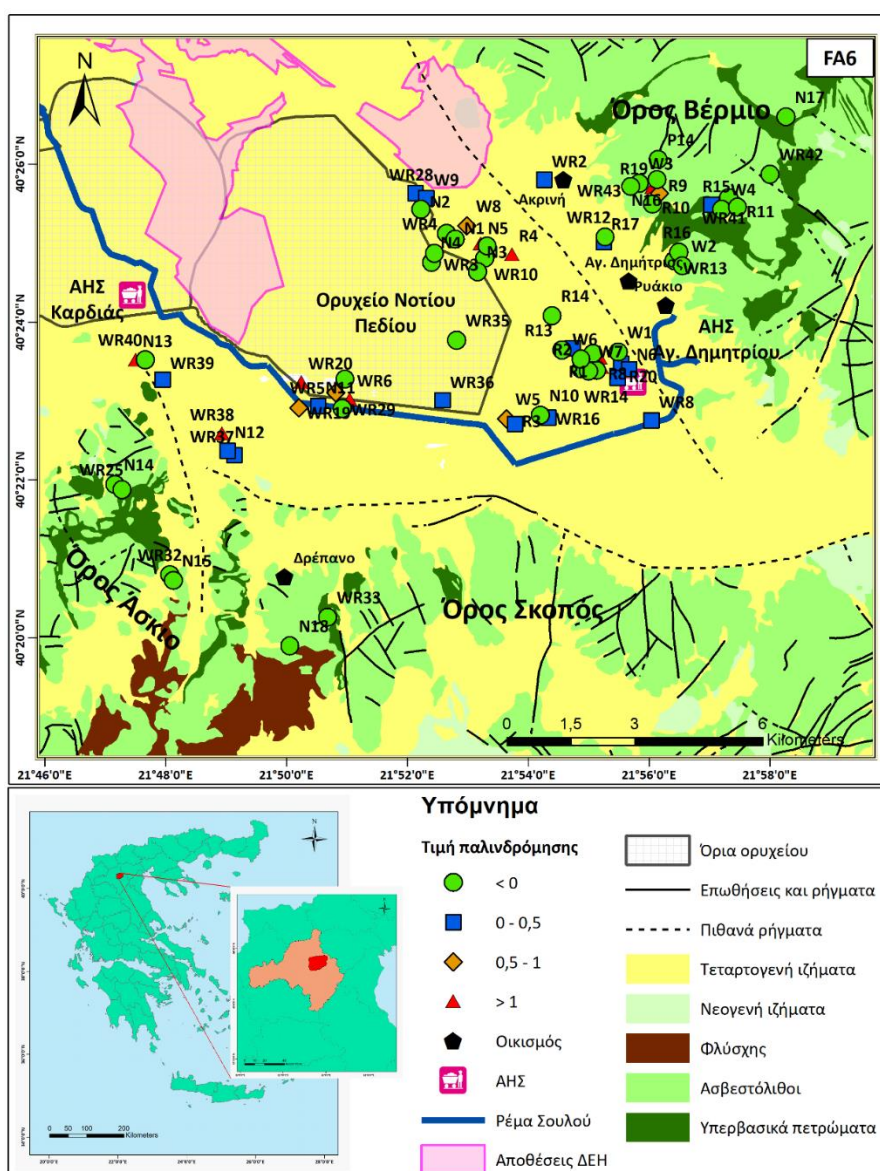
Εικόνα 7.69 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 4^ο παράγοντα (FA4) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Ο FA5 εξηγεί το 6,4% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων, με δύο παραμέτρους: As και Sb. Τα δυο αυτά μεταλλοειδή παρουσιάζουν παρεμφερή γεωχημική συμπεριφορά και σχετίζονται, κυρίως, με το γεωγενή παράγοντα όπως δείχνουν οι αυξημένες συγκεντρώσεις As στη φυσική πηγή του Αγ. Δημητρίου, (Κεφ. 5.3.3), οι οποίες υπερβαίνουν το όριο των 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ για το πόσιμο νερό (WHO, 2011). Στην παραγοντική ανάλυση χημικών αναλύσεων εδαφών των Petrotou et al. (2012), τα As και Sb βρίσκονται στον ίδιο παράγοντα με στοιχεία γεωγενούς προέλευσης στα οποία είναι εμπλουτισμένα τα υπερβασικά πετρώματα όπως τα Co, Cr, Ni. Υψηλές περιεκτικότητες As στα υπερβασικά πετρώματα της περιοχής αναφέρονται και από τους Γεωργακόπουλος και άλλους (2002). Στην εικόνα 7.70 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA5. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA5 εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στις πηγές του Βερμίου και συνδέονται με τις εμφανίσεις των υπερβασικών πετρωμάτων.



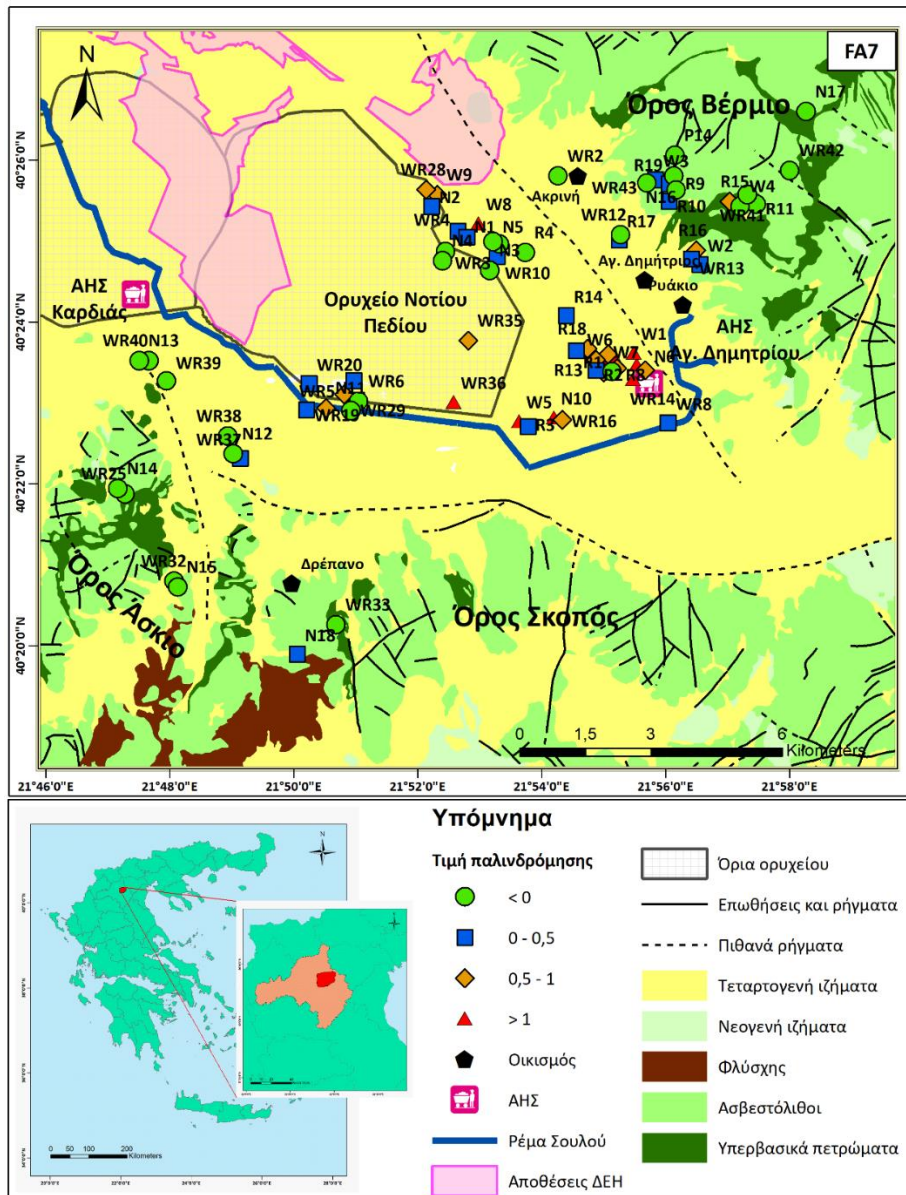
Εικόνα 7.70 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 5^ο παράγοντα (FA5) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Ο FA6 εξηγεί το 5,5% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει δύο παραμέτρους: DO και Mn. Η κατανάλωση του οξυγόνου (χαμηλές συγκεντρώσεις DO) και οι όξινες γεωχημικές συνθήκες είναι καθοριστικές παράμετροι που ελέγχουν τις αυξημένες συγκεντρώσεις Mn στα υπόγεια νερά (Weng et al., 2017, Homoncik et al., 2010) (βλπ. κεφ. 7.1). Η πολύ υψηλή συγκέντρωση Mn που παρουσιάζεται σε μία μόνο αρδευτική γέωτρηση (Δείγμα N5) ($848 \mu\text{g L}^{-1}$) θα μπορούσε να εξηγηθεί από τις οξειδώσεις του μεταλλικού εξοπλισμού (Gunier et al., 2011, Frisbie et al., 2012). Στην εικόνα 7.71 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA6.



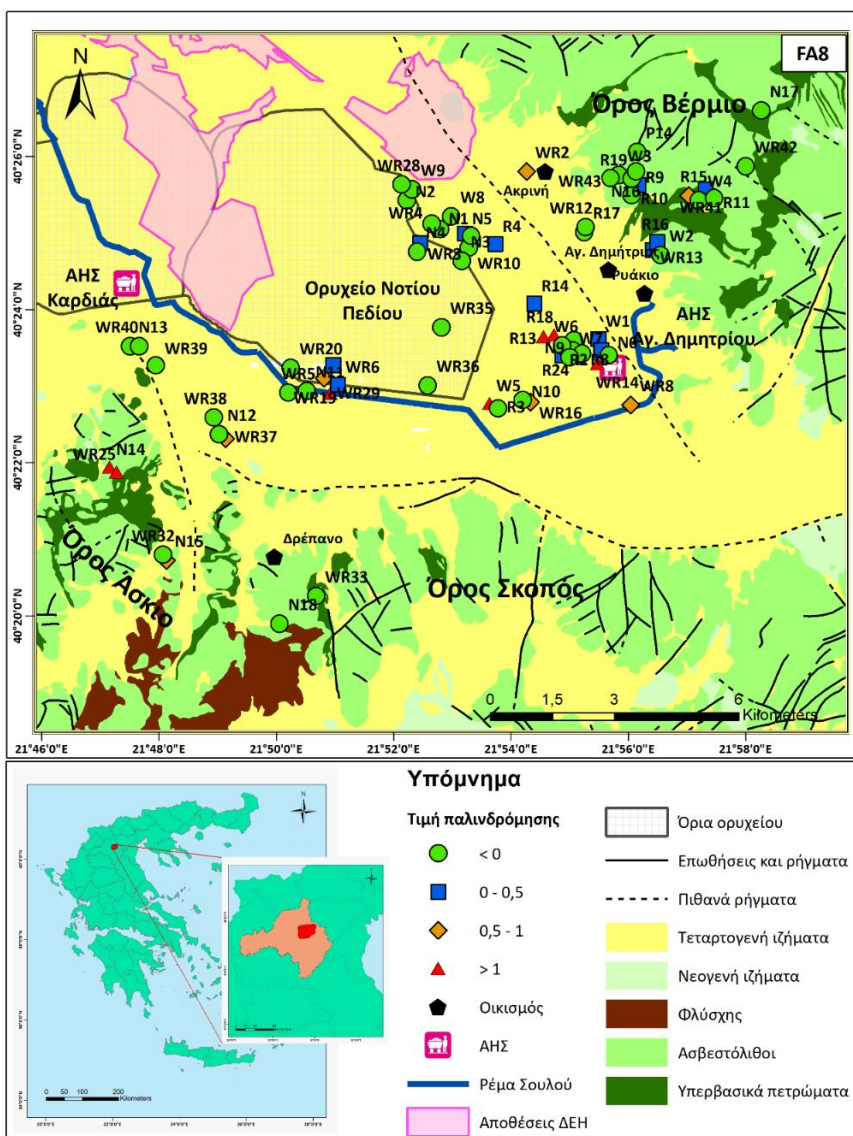
Εικόνα 7.71 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 6^ο παράγοντα (FA6) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Ο FA7 εξηγεί το 4,3% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιέχει δύο παραμέτρους: P και V. Στον παράγοντα αυτό συμμετέχουν με μέτριες θετικές φορτίσεις τα Cr και Cr⁶⁺ υποδεικνύοντας τον ρόλο των αγροτικών δραστηριοτήτων στην αποδέσμευση Cr στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης. Ο μηχανισμός που οδηγεί σε αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά και η σχέση του Cr με το P και τα φωσφορικά λιπάσματα έχει αναφερθεί εκτενώς σε προηγούμενο υποκεφάλαιο (βλπ. κεφ. 7.1). Στην εικόνα 7.72 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA7. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης του FA7 καταγράφονται στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ.



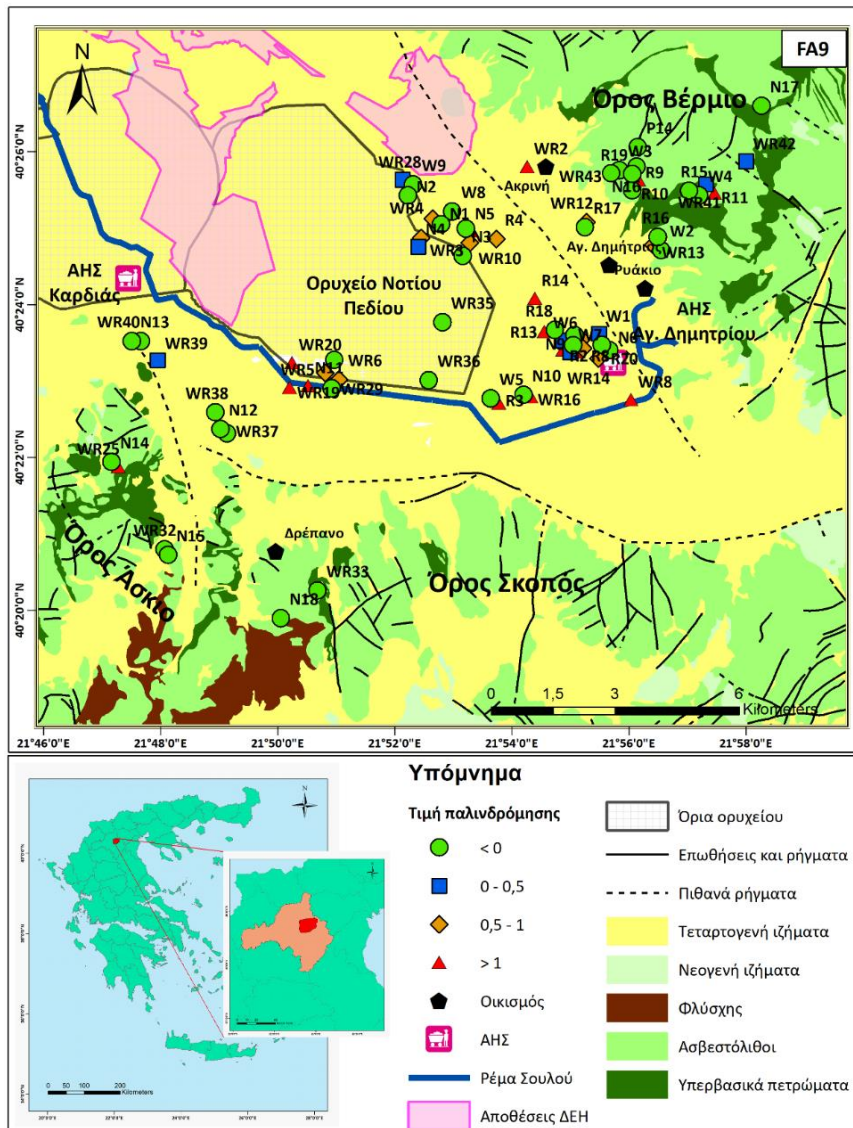
Εικόνα 7.72 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 7^ο παράγοντα (FA7) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Ο FA8 εξηγεί το 3,7% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων, με τρεις παραμέτρους: Cu, Pb και Zn. Δεδομένου ότι ορυκτολογικές φάσεις των στοιχείων αυτών δεν είναι συνήθεις στο ευρύτερο γεωλογικό περιβάλλον της περιοχής, ο παράγοντας αυτός θα μπορούσε να θεωρηθεί ανθρωπογενής και να σχετίζεται είτε με την ιπτάμενη τέφρα (χώροι προσωρινής μεταφόρτωσης πλησίον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς), είτε με τη χρήση λιπασμάτων, τα οποία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι, κατά περίπτωση, εμπλουτισμένα στα στοιχεία αυτά. Εντούτοις, υψηλές τιμές παλινδρόμησης του FA8 χαρακτηρίζουν μόνο το ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ (Εικόνα 7.73), πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και δεν παρατηρούνται στο δυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, πλησίον του ΑΗΣ Καρδιάς, ενισχύοντας την άποψη ότι τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στις καλλιεργούμενες εκτάσεις στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ εμπλουτίζουν τα εδάφη και κατ' επέκταση τα υπόγεια νερά σε Cu, Pb και Zn. Σε κάθε περίπτωση, όμως, οι συγκεντρώσεις των στοιχείων αυτών είναι πολύ χαμηλές και εντός των θεσμοθετημένων ορίων του ΠΟΥ (2011) για το πόσιμο νερό.



Εικόνα 7.73 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 8^ο παράγοντα (FA8) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

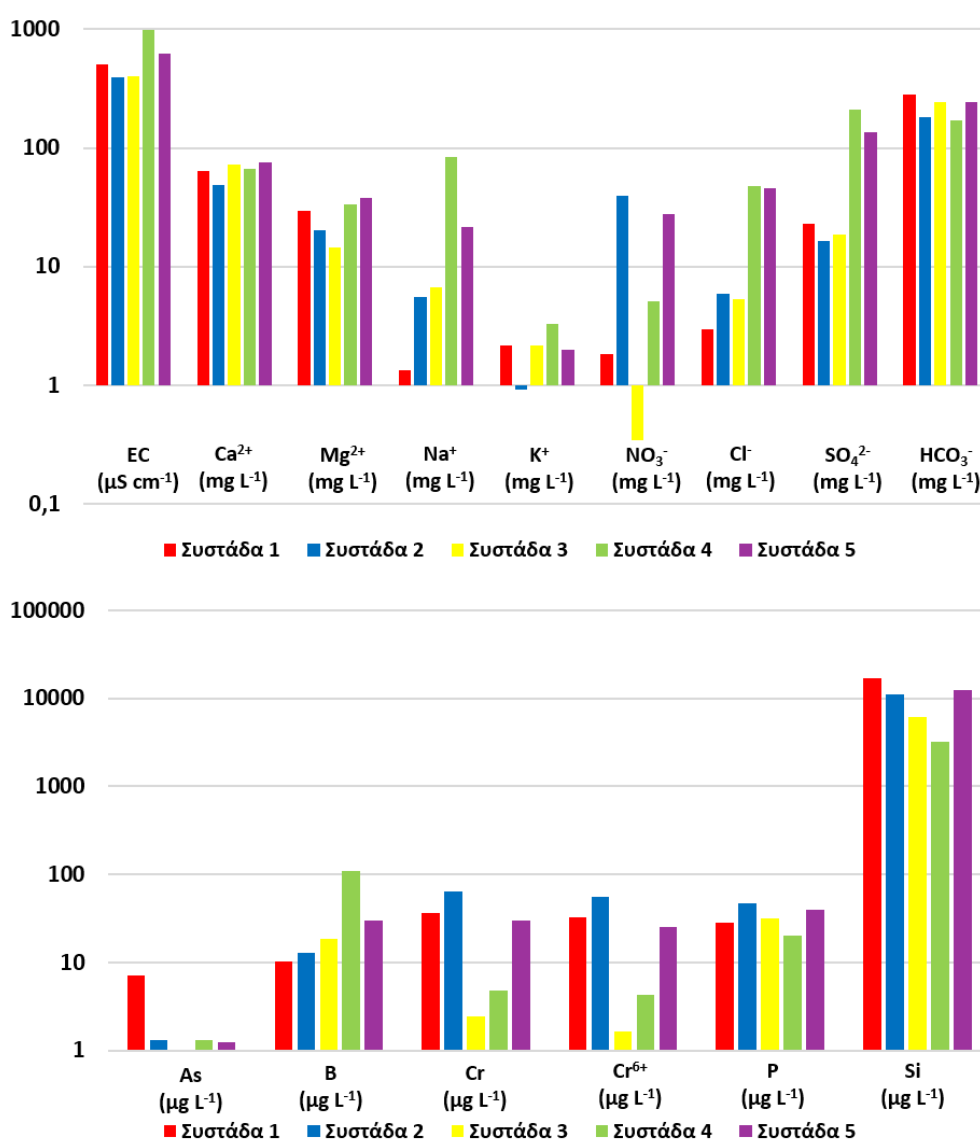
Ο FA9 εξηγεί το 3,5% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων και περιλαμβάνει δύο παραμέτρους: Eh και HCO₃⁻. Στην εικόνα 7.74 παρουσιάζεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης του FA9.



Εικόνα 7.74 - Χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών παλινδρόμησης για τον 9^ο παράγοντα (FA9) για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Στη χωρική κατανομή των δειγμάτων της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες (HCA), η συστάδα 1 περιλαμβάνει δείγματα από τις φυσικές πηγές υποδεικνύοντας τη γεωγενή προέλευση του Cr, Cr⁶⁺ και As. Την υπόθεση αυτή ενισχύουν οι συγκριτικά μεγαλύτερες μέσες συγκεντρώσεις HCO₃⁻ και Si και οι σχετικά χαμηλές μέσες συγκεντρώσεις NO₃⁻ και P. Αντίθετα, η συστάδα 2 περιλαμβάνει δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων από το πεδινό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, στα οποία καταγράφονται οι μεγαλύτερες μέσες συγκεντρώσεις NO₃⁻, P, Cr και Cr⁶⁺ (Εικόνα 5.116), που αποτελούν το αποτύπωμα των γεωργικών δραστηριοτήτων στην ποιότητα των υπογείων νερών της περιοχής. Η συστάδα 1 και η συστάδα 2 γειτνιάζουν, όπως παρουσιάζεται στην αναπροσαρμοσμένη κλίμακα απόστασης (απόσταση ≈15) (Εικόνα 5.115) ενισχύοντας την υπόθεση της υδροχημικής συσχέτισής τους. Επιπροσθέτως, οι

χαμηλές τιμές EC στην περιοχή μελέτης και ειδικά στα δείγματα που ανήκουν στη συστάδα 2 δείχνουν ότι τα υπόγεια νερά δεν έχουν επηρεαστεί από την παρουσία της ιπτάμενης τέφρας, αφού σε αυτή την περίπτωση θα αναμενόταν υψηλές τιμές EC (Spadoni et al., 2014). Η συστάδα 3 περιλαμβάνει δείγματα με υψηλό λόγο Ca^{2+}/Mg^{2+} δείχνοντας την επικράτηση των ασβεστολίθων και της διάλυσης του ασβεστίτη στην ποιότητα των νερών της περιοχής. Η συστάδα 4 περιλαμβάνει τα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού, και χαρακτηρίζεται από τις υψηλότερες μέσες συγκεντρώσεις EC, Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} και B. Τα δείγματα της συστάδας 5 παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά από την υπόλοιπη λεκάνη, βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και έχουν σχετικά αυξημένες συγκεντρώσεις EC, Cr, Cr^{6+} , NO_3^- και P (Εικόνα 7.75).



Εικόνα 7.75 - Μέσες τιμές και συγκεντρώσεις φυσικών και χημικών παραμέτρων των πέντε συστάδων στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Αγροτικές δραστηριότητες

Η επίδραση των αγροτικών δραστηριοτήτων και ειδικά, η εκτεταμένη χρήση των αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων στη λεκάνη Σαριγκιόλ αποτυπώνεται στις αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- (έως 138 mg L^{-1}) και P (έως $148 \mu\text{g L}^{-1}$) στα υπόγεια νερά των αρδευτικών γεωτρήσεων. Οι έντονες αγροτικές δραστηριότητες στη λεκάνη έχουν αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Voudouris, 2009, Petrotou et al., 2012, Nanos et al., 2015, Aschonitis et al., 2016, Vasileiou et al., 2018, Vasileiou et al., 2019).

Στα υπόγεια νερά των αρδευτικών γεωτρήσεων, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μέτριοι θετικοί συντελεστές συσχέτισης NO_3^- - Cr ($r=0,40$) και P - Cr ($r=0,42$), και η χωρική στατιστική συσχέτιση μεταξύ Cr-Cr⁶⁺-NO₃⁻-P (Vasileiou et al., 2019), τα οποία σε συνδυασμό με τη γεωγενή προέλευση του Cr, όπως αποτυπώνεται στη γεωχημεία των νερών των φυσικών πηγών, υποδεικνύουν το συνεργιστικό ρόλο των αγροτικών δραστηριοτήτων (χρήση λιπασμάτων) στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά υπερβασικών περιβαλλόντων.

Εκτός από το Si και το Mg²⁺, τα οποία είναι στοιχεία που κυρίως προέρχονται γεωγενώς, όπως υποδεικνύεται από τη γεωχημεία των πηγών, τα NO_3^- και ο P περιλαμβάνονται μαζί με το Cr και το Cr⁶⁺ στην παραγοντική ανάλυση ενισχύοντας περαιτέρω το ρόλο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr και Cr⁶⁺. Οι υψηλότερες τιμές παλινδρόμησης των FA2, FA4 και FA7 καταγράφηκαν στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, στο οποίο οι αγροτικές δραστηριότητες είναι έντονες.

Η επίδραση των αγροτικών δραστηριοτήτων στην ποιότητα των υπογείων νερών υποστηρίζεται και από την ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες, καθώς η συστάδα 2 περιλαμβάνει 33 δείγματα υπογείων νερών από αρδευτικές γεωτρήσεις με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr, Cr⁶⁺, NO_3^- και P.

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά έχουν συσχετιστεί με την εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων. Τα αζωτούχα λιπάσματα έχουν αναφερθεί ότι έχουν σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό του Cr⁶⁺ (Mills et al., 2011, Stamatis et al., 2011, Remoundaki et al., 2016, Parazotos et al., 2019a). Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί είναι είτε ότι η νιτροποίηση επιδρά στην οξίνιση του εδάφους, ευνοώντας την αυξημένη διάλυση του Cr³⁺ (Mills et al., 2011), το οποίο υπόκειται σε οξείδωση από γεωγενείς και/ή ανθρωπογενείς παράγοντες, είτε ότι το οξειδοαναγωγικό ζεύγος $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ κάνει εφικτή τη μετατροπή του Cr³⁺ σε Cr⁶⁺ στα φυσικά υδάτινα περιβάλλοντα (Richard and Bourg, 1991, Stamatis et al., 2011). Ο ρόλος των

φωσφορικών λιπασμάτων στην ποιότητα των υπογείων νερών είναι σημαντικός καθώς τα φωσφορικά λιπάσματα περιλαμβάνουν μεγάλες περιεκτικότητες σε δυνητικά τοξικά στοιχεία όπως As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn και άλλα ιχνοστοιχεία (Modaihsh et al., 2004, Nziguheba and Smolders, 2008, Molina et al., 2009, Kratz et al., 2016, Kruger et al., 2017, Papazotos et al., 2019a). Ωστόσο, οι αλκαλικές γεωχημικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν τα υπερβασικά περιβάλλοντα, δεν ευνοούν την κινητοποίηση της πλειονότητας των δυνητικά τοξικών στοιχείων, ενώ η υδατοδιαλυτή φύση των λιπασμάτων ευνοεί στην απευθείας απελευθέρωση τους στο υδάτινο περιβάλλον. Τα φωσφορικά λιπάσματα μπορούν επιπροσθέτως να συνεισφέρουν αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά, διότι τα φωσφορικά και τα χρωμικά ιόντα θεωρούνται μεταξύ τους ανταγωνιστικά (Chowdhury and Yanful, 2010), με αποτέλεσμα η προσρόφηση των PO_4^{3-} μπορεί να αυξήσει τον ρυθμό εκρόφησης της ανιονικής μορφής του Cr^{6+} (Becquer et al., 2003) που έχει προσροφηθεί σε επιφάνειες Fe-οξειδίων (Gao and Mucci, 2001, Zhang et al., 2004).

Ιπτάμενη τέφρα

Σημαντικές ανθρωπογενείς δραστηριότητες στη λεκάνη Σαριγκιόλ, αποτελούν η μεταφορά λιγνίτη από και προς τα ορυχεία του Νοτίου Πεδίου και της Καρδιάς, η καύση του λιγνίτη στους ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς, η παραγωγή ιπτάμενης τέφρας στους ΑΗΣ και η μεταφορά και συναπόθεση της ιπτάμενης τέφρας στους θεσμοθετημένους χώρους εντός των ορυχείων καθώς και στους εφεδρικούς χώρους απόθεσης και μεταφόρτωσης της ιπτάμενης τέφρας πλησίον των ΑΗΣ (ΣτΕ 1807/2018). Η σύσταση της ιπτάμενης τέφρας παρουσιάζει διακυμάνσεις που εξαρτώνται από τα γεωχημικά χαρακτηριστικά του λιγνίτη και την τεχνολογία καύσης. Η ιπτάμενη τέφρα που παράγεται στον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου είναι εμπλουτισμένη σε Ag, As, B, Cd, Cr, Ge, Hg, Li, Mo, Ni, Sb, Se, Ta, U και Zn (Georgakopoulos, 2003, Izquierdo and Querol, 2012).

Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι ο εφεδρικός χώρος προσωρινής απόθεσης (Α9) της ιπτάμενης τέφρας που παράγεται από την καύση του λιγνίτη στον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου, η διασπορά και η γενικότερη διαχείριση της ιπτάμενης τέφρας (μεταφορά, απόθεση) σε συνδυασμό με την παρουσία των υπερβασικών πετρωμάτων συνεισφέρουν στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά (π.χ. Kazakis et al., 2017).

Οι αλκαλικές συνθήκες pH, που επικρατούν στη λεκάνη Σαριγκιόλ, δεν ευνοούν την κινητικότητα των κατιονικών δυνητικά τοξικών στοιχείων (όπως Co, Cu, Mn, Ni, Pb) (Hermann and Neumann-Mahlkau, 1985, Smith and Huyck, 1999), σε αντίθεση με τα οξυανιόντα As, B,

Cr, Mo, Sb και Se (Hjelmar, 1990, Deverel and Millard, 1988, Izquierdo and Querol, 2012, Wen et al., 2016, Smedley and Kinniburgh, 2017). Το As παρουσιάζει τη μέγιστη διαλυτότητά του σε εύρος pH 7-11 (Izquierdo and Querol, 2012). Γενικά, η εκρόφιση των οξυανιόντων από τις επιφάνειες των Fe-οξειδίων ευνοείται σε οξειδωτικές και αλκαλικές συνθήκες (Smedley and Kinniburgh, 2002). Ως εκ τούτου, θα ήταν αναμενόμενες αυξημένες συγκεντρώσεις και άλλων δυνητικά τοξικών στοιχείων εκτός του Cr στα υπόγεια νερά των αρδευτικών γεωτρήσεων, αν η επίδραση της ιπτάμενης τέφρας στην ποιότητα των υπόγειων νερών ήταν σημαντική. Όμως οι συγκεντρώσεις As, B, Mo, Sb, και Se είναι πολύ χαμηλές. Το Sb παρουσιάζει πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (έως $4,09 \mu\text{g L}^{-1}$) σε όλα τα δείγματα υπογείων νερών, οι οποίες είναι πολύ χαμηλότερες από την οριακή τιμή του ΠΟΥ (2011). Το Se, επίσης παρουσιάζει πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (έως $8,5 \mu\text{g L}^{-1}$), οι υψηλότερες του οποίου βρίσκονται στο δυτικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ μακριά από τον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου. Χαμηλές συγκεντρώσεις παρουσιάζει γενικά και το Mo, έως $2,6 \mu\text{g L}^{-1}$ στα υπόγεια νερά και τις πηγές και έως $8,9 \mu\text{g L}^{-1}$ στο ρέμα Σουλού.

Τα αποτελέσματα των πολυκριτηριακών στατιστικών αναλύσεων συμπεριλαμβανομένων των μεθόδων της παραγοντικής ανάλυσης και της ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες, που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής, ενισχύουν την υπόθεση ότι το Cr δεν έχει την ίδια προέλευση με τα υπόλοιπα στοιχεία που είναι δυνητικοί δείκτες της επίδρασης της ιπτάμενης τέφρας στην ποιότητα των υπόγειων νερών στη λεκάνη Σαριγκιόλ. Σύμφωνα με την ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες, τα δείγματα με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr ανήκουν στη συστάδα 2. Ωστόσο, κανένα από τα στοιχεία που αποτελούν δυνητικούς δείκτες της ιπτάμενης τέφρας (όπως As, B, Mo, Sb και Se) και κινητοποιούνται στις γεωχημικές συνθήκες της λεκάνης Σαριγκιόλ, δεν παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές του στη συστάδα αυτή (Πίνακας 5.15).

Αξιοσημείωτες είναι επίσης οι πολύ χαμηλές τιμές EC στην περιοχή μελέτης, ειδικά στα δείγματα που ανήκουν στη συστάδα 2. Τα υπόγεια νερά που επηρεάζονται από ιπτάμενη τέφρα, αναμένεται να παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές EC (Sradoni et al., 2014), όπως αυτές που χαρακτηρίζουν τα εκλούσματα ιπτάμενης τέφρας (έως $10000 \mu\text{S cm}^{-1}$, Vasileiou et al., 2015, Vasileiou et al., 2019). Τα υπόγεια νερά φαίνεται να επηρεάζονται από την αλληλεπίδραση νερού/πετρώματος και δεν αποτελούν νερά κατακρήμνισης που προέρχονται από άμεση κατείδυση, όπως υποστηρίζεται από τις χαμηλές τιμές ($< 0,5$) των λόγων $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$ και $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ (Gibbs, 1970) και τις υψηλές συγκεντρώσεις Si ($> 10000 \mu\text{g L}^{-1}$) που υποδεικνύουν μεγάλο χρόνο παραμονής των νερών μέσα στο υδροφόρο μέσο. Η άμεση κατείδυση του νερού είναι μια πολύ δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, η

οποία δεν ευνοείται από τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της ακόρεστης ζώνης και συγκεκριμένα από τη χαμηλή υδροπερατότητά της λόγω της παρουσίας αργιλικών οριζόντων. Επιπλέον, στον χώρο προσωρινής απόθεσης της ιπτάμενης τέφρας Α9 πλησίον του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου, η ακόρεστη ζώνη παρουσιάζει μεγάλο πάχος (>50 m) και αποτελείται από πολλαπλές εναλλαγές αργιλικών στρωμάτων πολύ μικρής υδροπερατότητας ($K=10^{-6}$ έως 10^{-8} m s^{-1} , Λουλούδης, 1991, Vasileiou et al., 2019), δυσχεραίνοντας την άμεση κατείσδυση του νερού (Vasileiou, et al., 2019).

Επιπρόσθετα, η μικρή έως ασήμαντη επίδραση της ιπτάμενης τέφρας στην ποιότητα των υπογείων νερών ενισχύεται και από τα καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και ειδικότερα τις πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων μεταξύ των οποίων και τα Cr και Cr^{6+} των νερών των ορυχείων στο Νότιο Πεδίο (πηγές, αποστραγγιστικές γεωτρήσεις), στα οποία μεγάλες ποσότητες ιπτάμενης τέφρας (συν)αποτίθενται (Vasileiou et al., 2017, Vasileiou et al., 2019). Οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} στις γεωτρήσεις των (συν)αποθέσεων ιπτάμενης τέφρας είναι χαμηλές (έως $0,6 \mu\text{g L}^{-1}$) (Περράκη, 2016, Vasileiou et al., 2017).

Επιπλέον, αν οι αυξημένες συγκεντρώσεις Cr αποδίδονταν στην ιπτάμενη τέφρα, θα ήταν αναμενόμενο να βρεθούν αυξημένες συγκεντρώσεις Cr και στα υπόγεια νερά περιοχών πλησίον των άλλων ΑΗΣ (Καρδιάς, Πτολεμαΐδας) με αντίστοιχες συνθήκες παραγωγής και διαχείρισης της ιπτάμενης τέφρας με αυτές του Αγ. Δημητρίου. Εντούτοις, δεν παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα νερά των γεωτρήσεων που βρίσκονται στους ΑΗΣ Καρδιάς και Πτολεμαΐδας (Vasileiou et al., 2018).

Τα υδρογεωλογικά και γεωλογικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι τα υπόγεια νερά της περιοχής έχουν άμεση επαφή και αλληλεπίδραση με τα υπερβασικά πετρώματα. Τα υπερβασικά πετρώματα είναι έντονα αποσαθρωμένα και ρωγματωμένα, μεταξύ των περιοχών Αγ. Δημητρίου και Εξοχής, βορειοανατολικά του οικισμού της Ακρινής, όπου υπάρχει εκτεταμένη επιφανειακή εμφάνισή τους. Η κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, στους ημιπερατούς σχηματισμούς των υπερβασικών σχηματισμών, δημιουργεί μικρή υπόγεια υδροφορία, αλλά και διηθήσεις λόγω δευτερογενούς πορώδους από τους χειμάρρους, που επικοινωνούν υδραυλικά με τα πλευρικά κορήματα στις παρυφές του Βερμίου. Αυτά με τη σειρά τους τροφοδοτούν το υπερκείμενο υδροφόρο σύστημα του Νοτίου Πεδίου και των γύρω περιοχών (Ακρινής-Ρυακίου-Αγίου Δημητρίου), που αναπτύσσεται στα Τριτογενή και Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης Σαριγκιόλ όπως υποδεικνύεται από τις μετρήσεις πιεζομετρίας (1999-2000-2003-2015) (Κουμαντάκης και Λιονή, 2012, Περράκη, 2016). Τα ιζήματα αυτά βρίσκονται σε επαφή με τους οφιολίθους που τροφοδοτήθηκαν με υλικό από την αποσάθρωση και τη διάβρωσή τους και είναι πλούσια σε Cr. Συνεπώς, τα υπόγεια νερά

στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης τροφοδοτούνται από τον ορεινό όγκο του Βερμίου, ο οποίος δομείται, κυρίως, από ανθρακικά και υπερβασικά πετρώματα, με τα τελευταία να συνεισφέρουν γεωγενές Cr. Επιπροσθέτως, ο όγκος των υπερβασικών πετρωμάτων είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της προσωρινά αποθεμένης ιπτάμενης τέφρας.

Η φυσική εμφάνιση του Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά της λεκάνης Σαριγκιόλ ενισχύεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ που καταγράφηκαν σε φυσικές πηγές του Όρους Βερμίου, βορειοανατολικά της λεκάνης. Πιο συγκεκριμένα, στη φυσική πηγή επαφής «Ποτιστής» στο Όρος Βέρμιο, σε υψόμετρο 1325 m, που βρίσκεται μακριά από κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, εντοπίζονται συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ που φτάνουν τα 120 μg L⁻¹ (Vasileiou et al., 2019) υποδεικνύοντας ότι το γεωγενές κατώφλι της περιοχής υπερβαίνει τη συγκέντρωση αυτή. Αντίθετα, πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ καταγράφηκαν στο ρέμα Σουλού, το οποίο αποτελεί τον επιφανειακό αποδέκτη της λεκάνης Σαριγκιόλ.

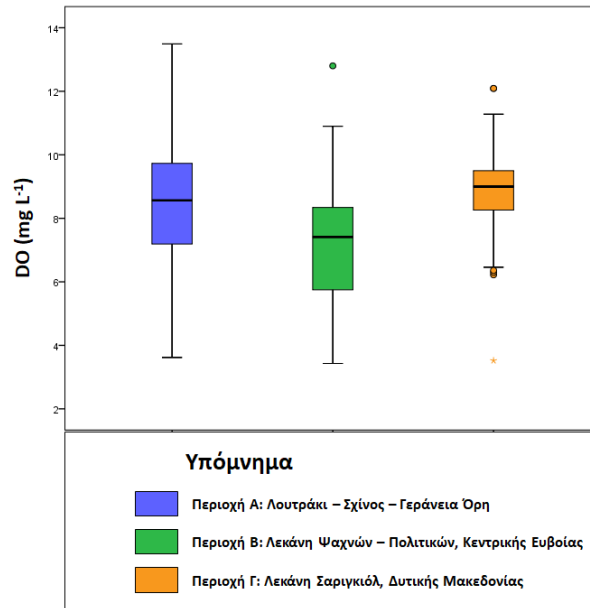
Σε ορισμένες περιπτώσεις ιπτάμενη τέφρα έχει χρησιμοποιηθεί ως υλικό απορρόπησης για ρυπασμένα νερά, καθώς έχει τη δυνατότητα προσρόφησης δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (Koukouzas et al., 2010) και ακινητοποίησης των Cr³⁺ και Cr⁶⁺ (Dermatas and Meng, 2003). Ειδικότερα, οι Dermatas and Meng (2003) εξηγούν ότι η ακινητοποίηση του Cr⁶⁺ μπορεί να είναι αποτέλεσμα α) της αναγωγής του Cr⁶⁺ σε Cr³⁺ και της επακόλουθης καταβύθισης του σε αλκαλικές συνθήκες με τη μορφή Cr-υδροξειδίων, β) της προσρόφησης του σε αλκαλικό pH στην ιπτάμενη τέφρα και γ) της ενδόμησής του στο κρυσταλλικό πλέγμα του ετρινγκίτη, καθώς κατά τη διάρκεια σχηματισμού του υπάρχει ισόμορφη υποκατάσταση των θειικών ιόντων από τα χρωμικά.

Με βάση τα παραπάνω, η συνεισφορά της ιπτάμενης τέφρας στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά της λεκάνης Σαριγκιόλ, κρίνεται ως αμελητέα.

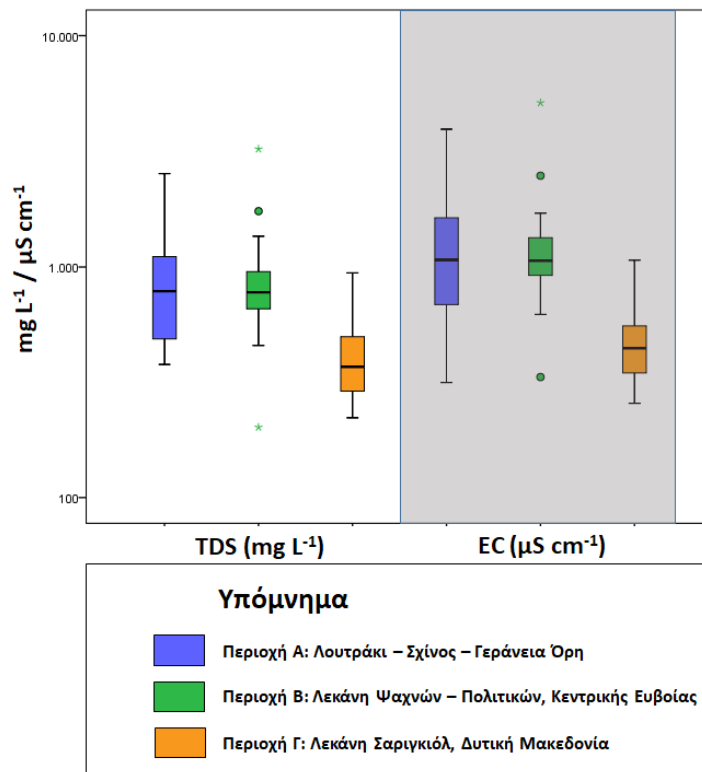
7.4 Σύνοψη

Συγκριτικά υδροχημικά χαρακτηριστικά

Στις εικόνες 7.76-7.84 παρουσιάζονται οι στατιστικές κατανομές φυσικοχημικών παραμέτρων (7.76-7.79), κύριων ιόντων (7.80-7.81) και δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (As, B, Ba, Co, Cr, Cr⁶⁺, Cu, Mn, Mo, Ni, P, Se, Si, Sr, U, V και Zn) (7.82-7.84) με μορφή θηκογραμμάτων για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και τα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

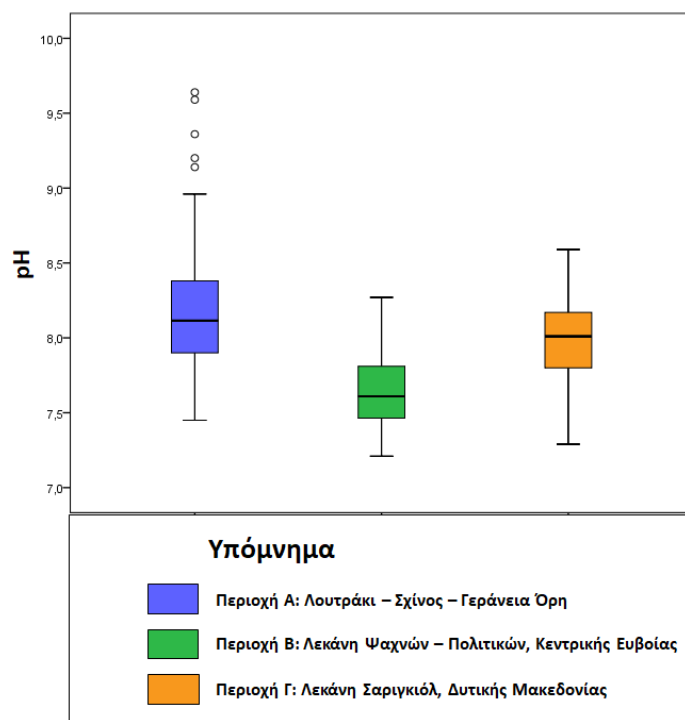


Εικόνα 7.76 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων διαλυμένου οξυγόνου (DO) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

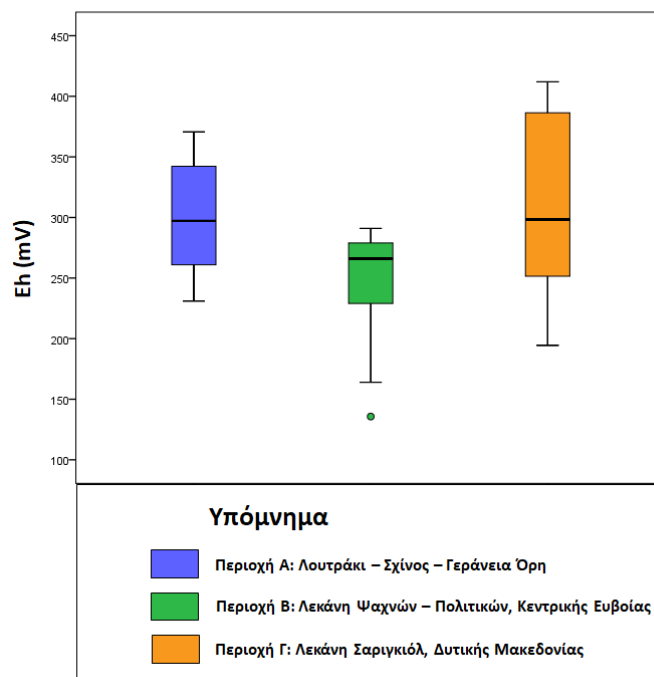


Εικόνα 7.77 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) και τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων

Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



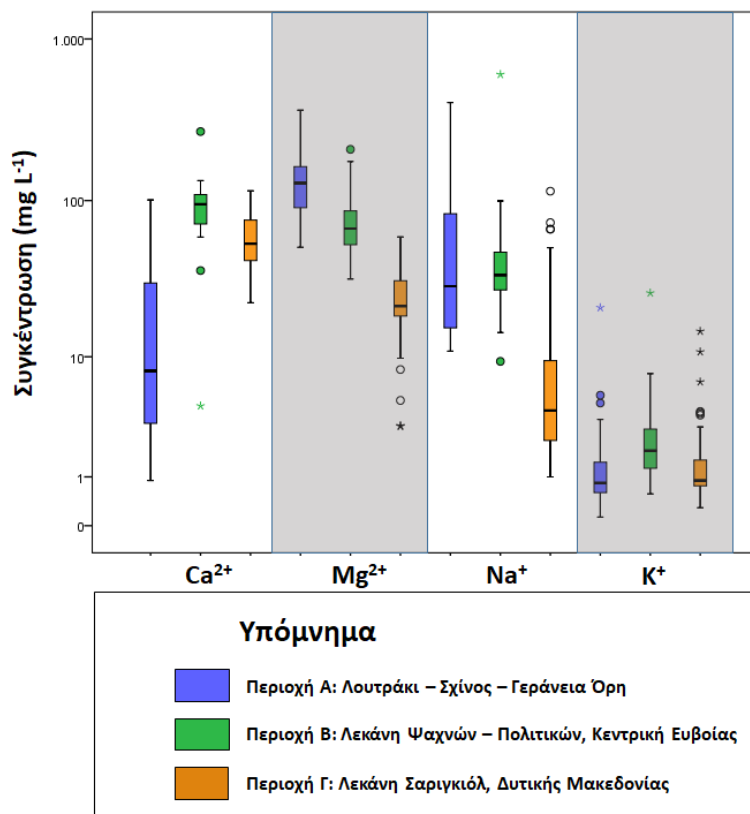
Εικόνα 7.78 - Συγκριτικά θερμογράμματα των τιμών ενεργούς οξύτητας (pH) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



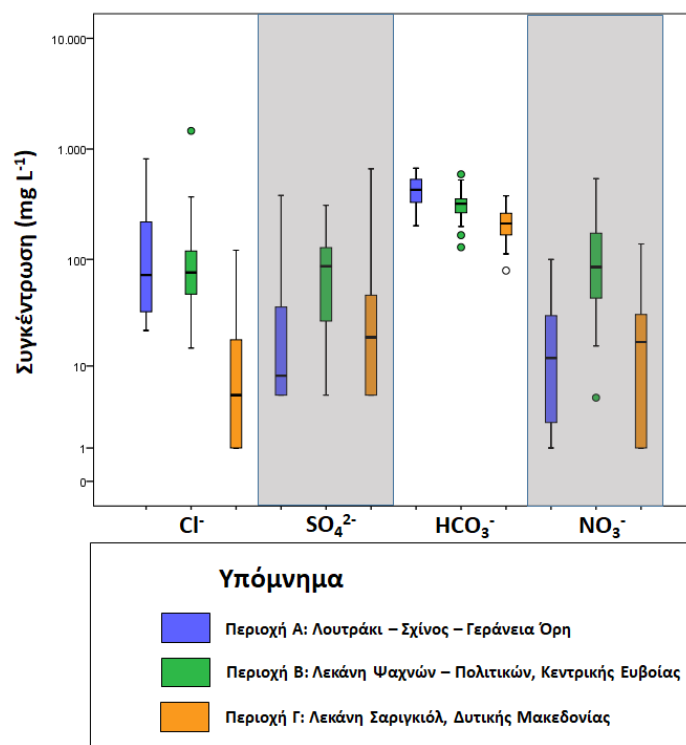
Εικόνα 7.79 - Συγκριτικά θηκογράμματα των τιμών δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Γενικά, και στις τρεις περιοχές επικρατούν ελαφρώς αλκαλικές έως αλκαλικές και οξειδωτικές γεωχημικές συνθήκες (Εικόνες 7.78-7.79). Στην περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων παρατηρούνται οι υψηλότερες τιμές TDS και EC, σύμφωνα με την ενδιάμεση τιμή (Εικόνα 7.77). Οι αυξημένες τιμές, αυτές, αποδίδονται στο καθεστώς θαλάσσιας διείσδυσης που βρίσκεται η περιοχή του Σχίνου (βλπ. κεφ. 7.1), ενώ η επικρατούσα γεωχημική διεργασία στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών είναι η αντίστροφη ιοντική ανταλλαγή (βλπ. κεφ. 7.1), με την υφαλμύριση του υδροφόρου να περιορίζεται σε ένα μικρό τμήμα του κάμπου των Ψαχνών. Η EC και τα TDS σε όλες τις περιπτώσεις εμφανίζουν πολύ ισχυρό θετικό συντελεστή συσχέτισης. Οι συγκεντρώσεις Cl^- και Na^+ παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση εξαιτίας της υφιστάμενης θαλάσσιας διείσδυσης στην περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων και λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών (Εικόνες 7.80-7.81). Ωστόσο, τα SO_4^{2-} , που προέρχονται και από το θαλασσινό νερό, εμφανίζουν συστηματικά υψηλότερες συγκεντρώσεις στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, υποδεικνύοντας μια διαφορετική πηγή προέλευσης, τα αγροχημικά προϊόντα (αζωτούχα, φωσφορικά και μεικτά λιπάσματα). Τα Mg^{2+} , σημαντικό στοιχείο ορυκτών υπερβασικών περιβαλλόντων, αφού περιέχεται σε πολλά ορυκτά που σχετίζονται με αυτό το γεωχημικό περιβάλλον. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις

του απαντώνται στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων εξαιτίας της εκτεταμένης παρουσίας Mg-ούχων ανθρακικών ορυκτών όπως μαγνησίτης, υδρομαγνησίτης, πυροαυρίτης, χουντίτης. Τέλος, τα NO_3^- , υποδεικνύουν τις πολύ έντονες αγροτικές δραστηριότητες και επικρατούν στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (έως 540 mg L^{-1} , Εικόνα 7.81).



Εικόνα 7.80 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων κατιόντων (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ και K^+) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

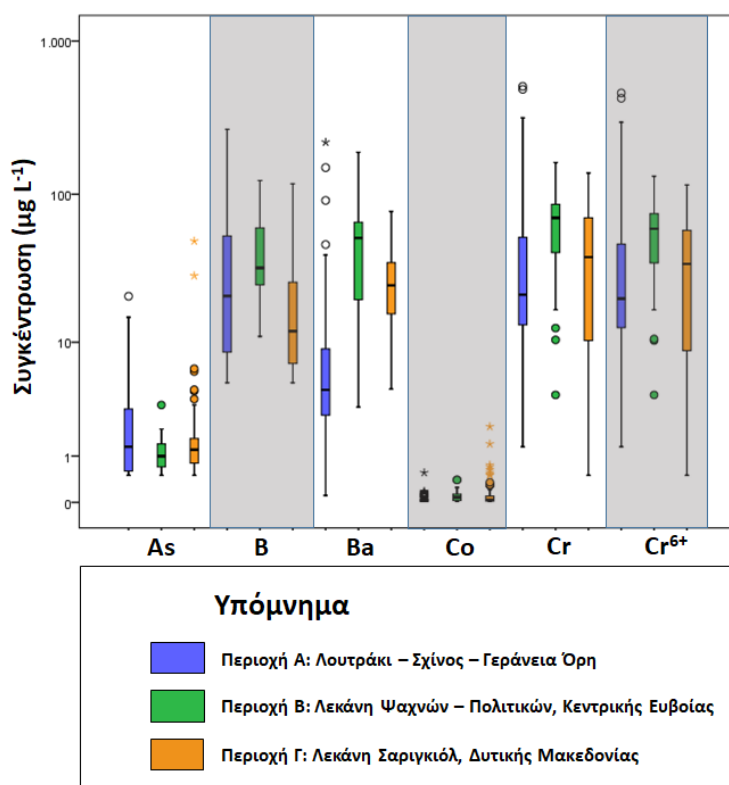


Εικόνα 7.81 - Συγκριτικά θερμογράμματα των συγκεντρώσεων κύριων ανιόντων (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- και NO_3^-) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

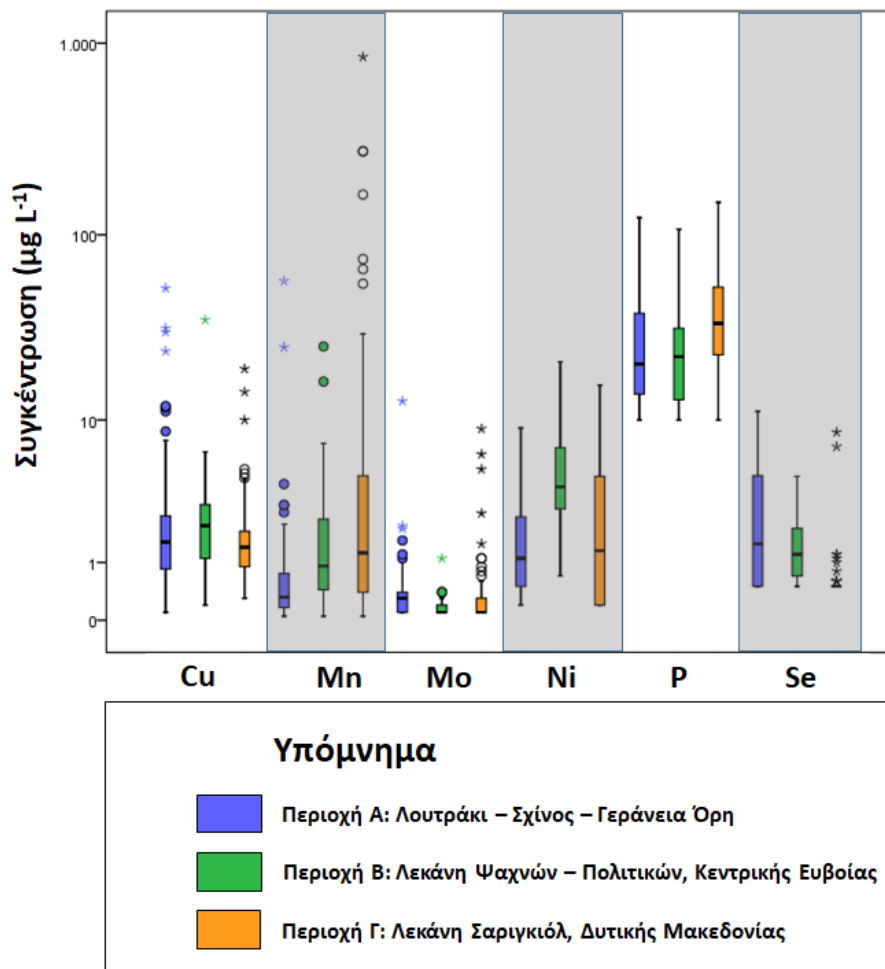
Συγκρίνοντας τις ενδιάμεσες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} των τριών περιοχών, οι υψηλότερες παρατηρούνται στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Εντούτοις, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις Cr (έως $506,9 \mu g L^{-1}$) και Cr^{6+} (έως $458,8 \mu g L^{-1}$) στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων που ξεπερνούν τις συγκεντρώσεις, που καταγράφηκαν στη λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών και στη λεκάνη Σαριγκιόλ, οι οποίες αποτελούν δύο περιοχές με σαφώς εντονότερες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (κυρίως αγροτικές και εξορυκτικές/παραγωγής ενέργειας). Σε όλες τις περιοχές η κυρίαρχη μορφή του Cr στα υπόγεια νερά ήταν το Cr^{6+} .

Το γεωγενές αποτύπωμα του Cr στα νερά διερευνήθηκε μέσω της μελέτης νερών φυσικών πηγών, που αποτελούν φυσικά ανεπηρέαστα συστήματα μακριά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Στις πηγές των Γερανείων Ορέων καταγράφηκαν συγκεντρώσεις Cr (έως $18,3 \mu g L^{-1}$) και Cr^{6+} ($17,2 \mu g L^{-1}$), ενώ σε φυσική πηγή («Ποτιστής»), στη λεκάνη Σαριγκιόλ, σε υψόμετρο 1325 m, στο Όρος Βέρμιο, οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} φτάνουν τα $131 \mu g L^{-1}$ και $120 \mu g L^{-1}$ (Vasileiou et al., 2019).

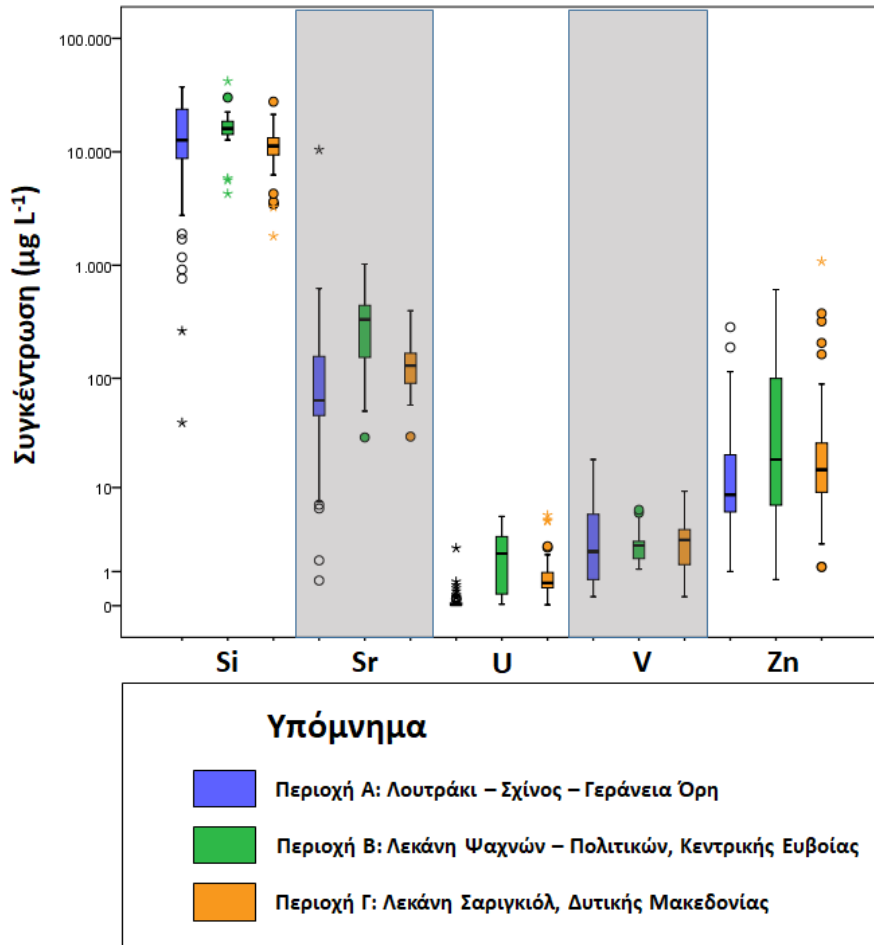
Το As παρουσιάζει διαφορετική στατιστική και χωρική κατανομή από το Cr (Εικόνα 7.82). Τα υπερβασικά πετρώματα αποτελούν δυνητική πηγή As στις περιοχές, καθώς βρέθηκαν να έχουν αυξημένες περιεκτικότητες As συγκριτικά με τη μέση περιεκτικότητα του Γήινου φλοιού. Η παρουσία του As στα υπερβασικά πετρώματα αποδίδεται στην παρουσία σερπεντίνη, τάλκη, μαγνησίτη και σε δευτερογενή Fe-υδροξείδια (Smedley and Kinniburgh, 2002, Ryan et al., 2011). Συγκρίνοντας τις ενδιάμεσες συγκεντρώσεις στις τρεις περιοχές, οι υψηλότερες παρατηρούνται στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων και οι χαμηλότερες στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας. Στις περιπτώσεις της περιοχής Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων και της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, υπάρχουν δείγματα που υπερβαίνουν το όριο του ΠΟΥ (2011) για το As ($10 \mu\text{g L}^{-1}$). Σε αυτές οι –όπως αναλύθηκε εκτενώς στα προηγούμενα υποκεφάλαια- ιδιαίτερες γεωχημικές συνθήκες (pH, Eh, DO κ.α.) και διεργασίες (θαλάσσια διείσδυση, αρχικά στάδια απονιτροποίησης, γεωθερμικό πεδίο) (βλπ. κεφ. 7.1 και 7.3) είναι αυτές που δημιουργούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις κινητοποίησης και αποδέσμευσης As και λοιπών οξυανιόντων (B, Se, V) στα υπόγεια νερά.



Εικόνα 7.82 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (As, B, Ba, Co, Cr, Cr⁶⁺) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 7.83 - Συγκριτικά θερμογράμματα των συγκεντρώσεων επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λειψών ιχνοστοιχείων (Cu, Mn, Mo, Ni, P, Se) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 7.84 - Συγκριτικά θηκογράμματα των συγκεντρώσεων επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων (Si, Sr, U, V, Zn) Α) στα 68 δείγματα υπογείων νερών της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων, Β) στα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, και Γ) στα 73 δείγματα της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

Υπερβασικό γεωλογικό περιβάλλον

Οι τρεις περιοχές μελέτης δομούνται από υπερβασικά πετρώματα και οι κύριοι λιθότυποι, που μελετήθηκαν, είναι σερπεντινίτες και σερπεντινωμένοι περιδοσίτες. Σε όλες τις περιπτώσεις ταυτοποιήθηκαν Cr-ούχες ορυκτολογικές φάσεις όπως σπινέλιο (χρωμίτης και Cr-μαγνητίτης), σερπεντίνης, πυρόξενος, αμφίβολος, χλωρίτης, κα. Οι χημικές αναλύσεις εδαφών και πετρωμάτων δείχνουν πως το γεωλογικό περιβάλλον είναι εμπλουτισμένο σε Cr, καθώς σε όλες τις περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις Cr υπερβαίνουν κατά πολύ τη μέση περιεκτικότητα του φλοιού της Γης. Γενικότερα, τα υπερβασικά πετρώματα είναι πλούσια σε MgO και FeO και εμπλουτισμένα σε As, Co, Cr, Ni (βλπ. κεφ. 6). Επιπλέον, παρόλο που το SiO₂ στα υπερβασικά πετρώματα είναι το χαμηλότερο (<45 %) μεταξύ άλλων πυριγενών

πετρωμάτων, είναι πολύ υψηλότερο από αυτό των ανθρακικών πετρωμάτων (π.χ. ασβεστόλιθοι). Έτσι, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η προέλευση του Si στα υπόγεια νερά σχετίζεται με την παρουσία υπερβασικών πετρωμάτων στις περιοχές μελέτης καθώς και περιορισμένα και κατά περίπτωση (π.χ. λεκάνη Σαριγκιόλ) και με την παρουσία άλλων σχηματισμών όπως σχιστολίθων, αργιλικών ιζηματογενών σειρών κ.ά.

Στατιστική και χωρική συσχέτιση Cr-Cr⁶⁺-NO₃⁻-P-Si

Η στατιστική επεξεργασία και η χωρική κατανομή παραμέτρων που περιλαμβάνει συντελεστές συσχέτισης, παραγοντική ανάλυση, ιεραρχική ανάλυση και χάρτες χωρικής κατανομής επισημαίνουν τη σχέση μεταξύ Cr-Cr⁶⁺-NO₃⁻-P-Si υποδεικνύοντας το συνεργιστικό ρόλο των αγροτικών δραστηριοτήτων στην ποιότητα των υπογείων νερών στα υπερβασικά περιβάλλοντα. Κατά περιπτώσεις (βλπ. κεφ. 7.1-7.3), οι αυξημένες συγκεντρώσεις NO₃⁻ και P έχουν αποδοθεί κυρίως σε λιπάσματα (αζωτούχα και φωσφορικά), απορροφητικούς βόθρους και άλλες αιτίες (όπως, κτηνοτροφικές δραστηριότητες, ζωικά απόβλητα και νεκροταφεία).

Μηχανισμός κινητοποίησης Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά

Ο ρόλος των NO₃⁻ και η σχέση του με τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ παρουσιάστηκε αναλυτικά και στις τρεις περιπτώσεις των περιοχών μελέτης της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Η σχέση μεταξύ των συγκεντρώσεων NO₃⁻ και Cr⁶⁺ στα υπόγεια νερά έχει επισημανθεί από διάφορους ερευνητές κατά την τελευταία δεκαετία (Βασιλείου, 2013, Stamatias et al., 2011, Papadopoulos and Lappas 2014, Vasileiou et al., 2014, Dermatas et al., 2015, Voutsis et al., 2015, Remoundaki et al., 2016, Koilakos, 2017, Hausladen et al., 2018, Papazotos et al., 2019a, Megremi et al., 2019, Vasileiou et al., 2019, Kelepertzis et al., 2019). Τα αζωτούχα λιπάσματα και οι βόθροι μέσω της διεργασίας της νιτροποίησης (οξειδωση του NH₄⁺ σε NO₃⁻) και της επακόλουθης οξίνισης του εδάφους, είναι πιθανό να αυξάνουν τη διαλυτότητα των Cr-ούχων ορυκτών και συνεπώς την αποδέσμευση Cr³⁺ (Mills et al., 2011, Mills and Goldhaber 2012) και την επακόλουθη οξείδωσή του από γεωγενείς ή ανθρωπογενείς παράγοντες. Ένα, επιπλέον, δυναμικό ζευγάρι οξειδοαναγωγής εκτός του Mn²⁺/Mn⁴⁺ είναι το NO₂⁻/NO₃⁻. Το οξειδοαναγωγικό ζεύγος NO₂⁻/NO₃⁻ είναι πιθανό να καθιστά εφικτή την οξειδοαναγωγική μετατροπή του Cr³⁺ σε Cr⁶⁺ στα φυσικά υδάτινα περιβάλλοντα (Richard and Bourg, 1991, Stamatias et al., 2011, Papazotos et al., 2019a). Ωστόσο, δεν έχει ακόμη ερμηνευθεί πλήρως ο ρόλος των NO₃⁻ στην οξείδωση του Cr³⁺, εξαιτίας της

χαμηλότερης τιμής πρότυπου δυναμικού οξειδοαναγωγής (E_0) για τα NO_3^- , συγκριτικά με την τιμή του $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (Megremi et al., 2019).

Έχει μεγάλη σημασία να (συν-)εκτιμηθεί και να (συν-)αξιολογηθεί η πιθανή επιβάρυνση εδαφών και υπόγειων νερών σε δυνητικά τοξικά στοιχεία από τη χρήση αγροχημικών προϊόντων (λιπασμάτων). Στις περιπτώσεις στις οποίες οι αγροτικές δραστηριότητες είναι ιδιαίτερος εκτεταμένες, όπως συμβαίνει στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών και στη λεκάνη Σαριγκιόλ, η ποσότητα των αγροχημικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται είναι μεγάλη (σε πολλές περιπτώσεις –και ανάλογα και με το εμβαδόν της καλλιεργούμενης περιοχής και τον τύπο της καλλιέργειας - υπερβαίνουν τις μερικές εκατοντάδες τόνους λιπασμάτων). Τα φωσφορικά λιπάσματα έχει αναφερθεί ότι επηρεάζουν την εδαφική και υδατική γεωχημεία καθώς είναι εμπλουτισμένα σε δυνητικά τοξικά στοιχεία όπως As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb και Zn (De López Camelo et al., 1997, Modaihsh et al., 2004, Chen et al., 2007, Nziguheba and Smolders, 2008, Molina et al., 2009, Jiao et al., 2012, Nacke et al., 2013, Kelepertzis, 2014, Kratz et al., 2016, Krüger et al., 2017, Da Silva et al., 2017, Papazotos et al., 2019a, Μαγνήσαλης, 2019). Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζονται οι περιεκτικότητες επιλεγμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων αντιπροσωπευτικών φωσφορικών λιπασμάτων (P1, P2 και P3) που πωλούνται και χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελληνική αγορά (Papazotos et al., 2019a) συγκριτικά με άλλα λιπάσματα που αναφέρονται στο πλαίσιο άλλων επιστημονικών εργασιών σε παγκόσμια κλίμακα.

Πίνακας 7.1 – Συγκεντρώσεις As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb και Zn φωσφορικών λιπασμάτων (σε mg kg⁻¹) που πωλούνται και χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελληνική αγορά συγκριτικά με άλλα λιπάσματα απ’ όλο τον κόσμο (Parazotos et al., 2019a).

| | As | Cd | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn |
|------------------------------------|--------------|-------------|-----------|----------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| P1 | 8,7 | 11,1 | <1 | 230 | 26 | 36 | 4 | 323 |
| P2 | 20,8 | <0,1 | <0,2 | <10 | 0,3 | 0,5 | <0,1 | 16 |
| P3 | 7,6 | 16,3 | 0,4 | 54,74 | 23,8 | 28,6 | 1,6 | 547 |
| Αργεντινή¹ | ΜΔ | 0 - 56,8 | ΜΔ | 10,4 - 72,7 | 2,8 - 182,6 | 7 - 26,9 | 5,1 - 30,7 | 8,8 - 180,6 |
| ΗΠΑ² | 0 - 21 | 0 - 163 | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ | ΜΔ |
| Βραζιλία³ | 0,54 - 26,72 | 0,4 - 40,03 | ΜΔ | 10,72 - 341,75 | ΜΔ | ΜΔ | 0,35 - 102,46 | ΜΔ |
| Σαουδική Αραβία⁴ | ΜΔ | 22,7 - 36,8 | ΜΔ | 199,9 - 410 | ΜΔ | 52,8 - 85,2 | 11,2 - 32,4 | ΜΔ |
| Χιλή⁵ | 8,3 - 19,7 | 2,6 - 57,9 | 1,7 - 3,8 | 66,2 - 924 | 1,5 - 155 | 1,8 - 17,9 | 3,8 - 22,3 | 28,6 - 883 |
| Ευρώπη*⁶ | 7,6 | 7,4 | ΜΔ | 89,5 | ΜΔ | 14,8 | 2,9 | 166 |

* Μέση Τιμή

ΜΔ: Μη Διαθέσιμο

¹ De López Camelo et al., 1997

² Chen et al., 2007

³ Da Silva et al., 2017

⁴ Modaihsh et al., 2004

⁵ Molina et al., 2009

⁶ Nziguheba and Smolders, 2008

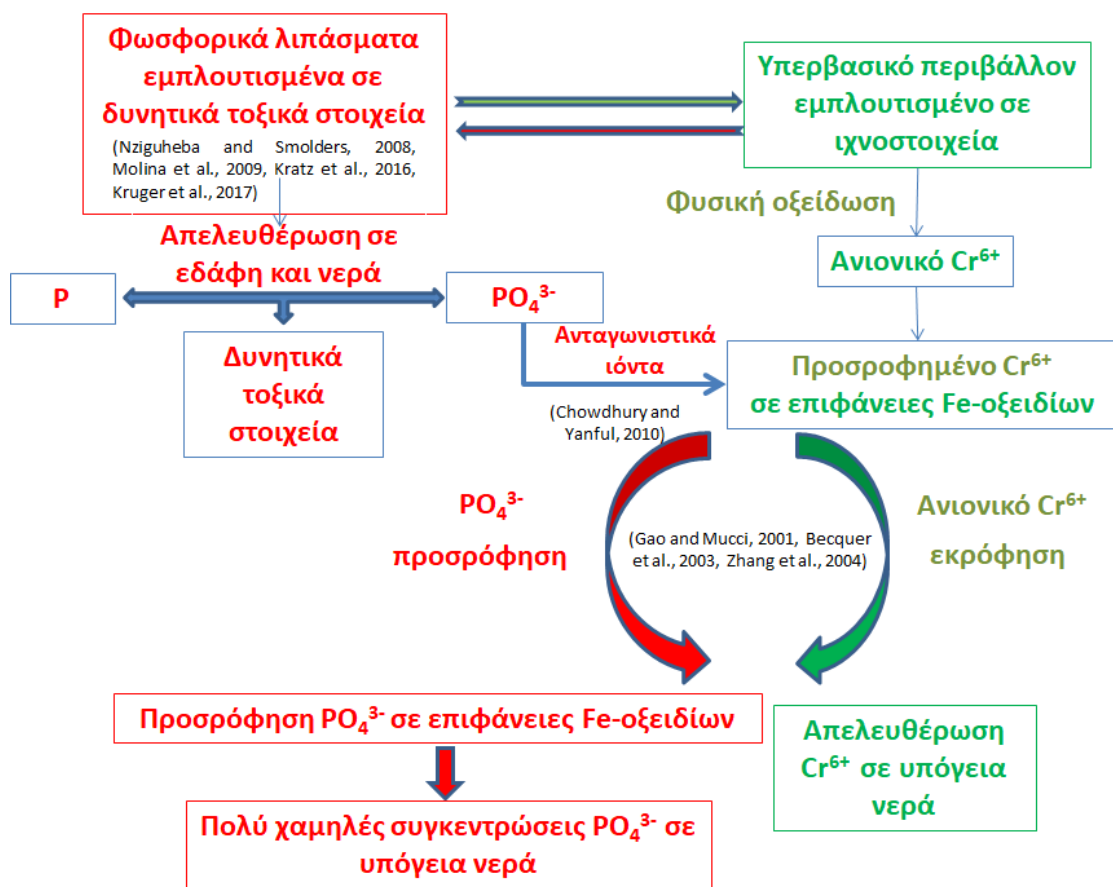
Ο Μαγνήσαλης (2019) αξιολόγησε ορυκτολογικά και γεωχημικά δεδομένα διαφόρων τύπων (NKP και μεικτά) λιπασμάτων από την Ελληνική αγορά. Με αυτόν τον τρόπο έδειξε πως α) τα κυριότερα ορυκτά που συμμετέχουν στα φωσφορικά λιπάσματα είναι ορυκτά της ομάδας του απατίτη, β) τα φωσφορικά πετρώματα που είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή των φωσφορικών λιπασμάτων είναι εμπλουτισμένα σε δυνητικά τοξικά στοιχεία, γ) κάποια λιπάσματα και ιδιαιτέρως τα φωσφορικά έχουν πολύ υψηλές περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων και δ) υπάρχουν μέτριες έως ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ δυνητικά τοξικών στοιχείων όπως Cd, U, Cr, As που αποκαλύπτουν την πιθανή κοινή προέλευσή τους δηλαδή τα φωσφορικά πετρώματα. Στον πίνακα 7.2 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων σε διαφορετικούς τύπους φωσφορικών λιπασμάτων που πωλούνται κυρίως στη Γερμανία (Kratz et al., 2016), στην οποία η σχετική νομοθεσία είναι πολύ αυστηρή. Η περιεκτικότητα κάθε δυνητικά τοξικού στοιχείου στα λιπάσματα που αναλύθηκαν (Πίνακας 7.2) παρουσιάζει ευρύ φάσμα τιμών από μη ανιχνεύσιμες έως πάρα πολύ υψηλές τονίζοντας την ανάγκη για στοχευμένη και λεπτομερή έρευνα στο είδος και τις ποσότητες των λιπασμάτων που διανέμονται στην αγορά και χρησιμοποιούνται σε κάθε περιοχή. Οι περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων στα φωσφορικά λιπάσματα ποικίλλουν ανάλογα την πηγή/προέλευση των φωσφορικών ενώσεων (Kratz et al., 2016). Οι διαθέσιμες πληροφορίες για τις περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων στα φωσφορικά λιπάσματα που πωλούνται στην Ελλάδα είναι πολύ περιορισμένες. Συγκρίνοντας τους πίνακες 6.3, 6.6, 6.10-6.11, 7.1-7.2 οι περιεκτικότητες ορισμένων δυνητικά τοξικών στοιχείων στα φωσφορικά λιπάσματα υπερβαίνουν τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις εδαφών, πετρωμάτων και ιπτάμενης τέφρας.

Πίνακας 7.2 – Μέση περιεκτικότητα As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb και Zn (σε mg kg⁻¹) σε διαφορετικούς τύπους φωσφορικών λιπασμάτων που πωλούνται στη Γερμανία (Kratz et al., 2016).

| Τύπος φωσφορικού λιπάσματος | As | Cd | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| P (n=30) | 10,4 | 20,5 | 1,8 | 135 | 42,7 | 33,8 | 4,7 | 354 |
| PK (n=14) | 4,2 | 6,7 | 0,83 | 144 | 16,8 | 20,2 | 4,3 | 173 |
| NP (n=19) | 8,8 | 15,2 | 1,5 | 136 | 41,5 | 21,9 | 1,2 | 238 |
| NPK (n=67) | 3 | 2,3 | 2,6 | 30,7 | 39 | 12,7 | 1,5 | 111 |

Με βάση τα παραπάνω, η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων μπορεί υπό προϋποθέσεις να αποτελέσει πηγή δυνητικά τοξικών στοιχείων σε εδάφη και νερά. Αν και οι περιεκτικότητες Cr των λιπασμάτων είναι πολύ χαμηλές συγκριτικά με τις πολύ υψηλές των υπερβασικών πετρωμάτων (Parazotos et al., 2019a), σε πολλές περιπτώσεις το Cr στα φωσφορικά

λιπάσματα, βρίσκεται σε υδατοδιαλυτή μορφή και είναι πιθανό να φτάνει στην κορεσμένη ζώνη και να επηρεάζει το υπόγειο νερό, ειδικά στις περιπτώσεις που οι ποσότητες και περιεκτικότητες είναι πάρα πολύ μεγάλες (Vasileiou et al., 2019). Τα φωσφορικά λιπάσματα μπορούν επιπροσθέτως να συμβάλλουν στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά, αφού τα φωσφορικά και τα χρωμικά ιόντα είναι μεταξύ τους ανταγωνιστικά ιόντα (Chowdhury and Yanful, 2010), με αποτέλεσμα η προσρόφηση των PO_4^{3-} να αυξάνει τον ρυθμό εκρόφησης της ανιονικής μορφής του Cr^{6+} που έχει προσροφηθεί σε επιφάνειες Fe-οξειδίων (Gao and Mucci, 2001, Becquer et al., 2003, Zhang et al., 2004). Ο προτεινόμενος μηχανισμός της συνεισφοράς των φωσφορικών λιπασμάτων στα υπόγεια νερά παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος ροής στην εικόνα 7.85.



Εικόνα 7.85 - Διάγραμμα ροής του προτεινόμενου μηχανισμού του ρόλου των φωσφορικών λιπασμάτων στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στα υπόγεια νερά (Vasileiou et al., 2019).

8. Συμπεράσματα – Προτάσεις

8.1 Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, μελετήθηκε το γεωχημικό αποτύπωμα των υπερβασικών περιβαλλόντων στην ποιότητα υπογείων νερών, με έμφαση στο Cr και το As. Η διερεύνηση των γεωγενών και ανθρωπογενών παραγόντων που (αλληλ-)επιδρούν στην κινητικότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων σε νερά και εδάφη σε υπερβασικά περιβάλλοντα πραγματοποιήθηκε βάσει της συναξιολόγησης γεωλογικών-υδρογεωλογικών-υδροχημικών δεδομένων, χρήσεων γης, στατιστικής επεξεργασίας, πολυκριτηριακής στατιστικής ανάλυσης, χαρτών χωρικής κατανομής και συντελεστών συσχέτισης κατά Pearson. Η δειγματοληψία περιελάμβανε 175 δείγματα νερού και 59 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών, που συλλέχθηκαν, από τρεις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας: α) Λουτρακί-Σχίνος-Γερανεία Όρη (68 δείγματα νερού και 12 δείγματα πετρωμάτων και εδαφών), β) λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (34 δείγματα νερού και 16 δείγματα εδαφών) και γ) λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (73 δείγματα νερού και 31 δείγματα πετρωμάτων, εδαφών και ιπτάμενης τέφρας). Οι περιοχές αυτές εμφανίζουν ομοιότητες ως προς το γεωλογικό περιβάλλον (παρουσία υπερβασικών πετρωμάτων) και σημαντικές διαφορές ως προς τις χρήσεις γης και το υδρογεωλογικό/υδροχημικό καθεστώς. Στην περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι από απύσες έως πολύ ήπιες (απουσία αγροτικών δραστηριοτήτων στην περιοχή του Λουτρακίου/ύπαρξη απορροφητικών βόθρων και τοπικής κλίμακας καλλιεργειών στην περιοχή του Σχίνου), στη λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας εμφανίζονται πολύ έντονες αγροτικές δραστηριότητες, ενώ, τέλος, στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, υπάρχουν έντονες αγροτικές και μεταλλευτικές/εξορυκτικές δραστηριότητες (εξόρυξη/καύση λιγνίτη και μεταφορά/συναπόθεση ιπτάμενης τέφρας). Επιπροσθέτως, οι τρεις περιοχές διαφέρουν ως προς τα κύρια υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά τους (υδραυλική αγωγιμότητα, συντελεστής υδαταγωγιμότητας, ομοιογένεια του υδροφόρου ορίζοντα, πιεζομετρία, καθεστώς τροφοδοσίας, πάχος και υδραυλικά χαρακτηριστικά ακόρεστης ζώνης). Τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι:

1. Ποιότητα υπογείων νερών και υδροχημικά χαρακτηριστικά. Τα υπόγεια νερά και των τριών περιοχών μελέτης χαρακτηρίζονται από αλκαλικές και οξειδωτικές γεωχημικές συνθήκες, οι οποίες δεν ευνοούν την κινητικότητα της πλειονότητας των δυνητικά τοξικών στοιχείων (όπως, Co, Cu, Mn, Ni, Pb). Τα υπόγεια νερά της περιοχής **Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων**, που μελετήθηκαν, χαρακτηρίζονται από τύπο νερού $Mg-HCO_3$, με

εξαίρεση ορισμένα που βρίσκονται στην περιοχή του Σχίνου και παρουσιάζουν τύπους νερού Mg-Cl και Na-Cl. Τα υπόγεια νερά είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των υπερβασικών πετρωμάτων με μετεωρικό νερό ή έχουν επηρεαστεί από τη θαλάσσια διείσδυση υπό το καθεστώς της οποίας βρίσκεται η περιοχή του Σχίνου. Οι παράμετροι που παρουσιάζονται αυξημένες στα υπόγεια νερά είναι οι EC (έως 3943 $\mu\text{S cm}^{-1}$), Mg^{2+} (έως 363 mg L^{-1}), Na^+ (έως 405 mg L^{-1}), K^+ (έως 21,1 mg L^{-1}), Cl^- (έως 815 mg L^{-1}), SO_4^{2-} (έως 381 mg L^{-1}), As (έως 20,9 $\mu\text{g L}^{-1}$), Cr (έως 506,9 $\mu\text{g L}^{-1}$), Cr^{6+} (έως 458,8 $\mu\text{g L}^{-1}$) και Mn (έως 57,05 $\mu\text{g L}^{-1}$). Τα υπόγεια νερά της λεκάνης **Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας** εμφανίζουν τύπους νερού Mg-Ca- HCO_3 και Mg-Ca-Cl. Η κυρίαρχη υδροχημική διεργασία στην περιοχή είναι η αντίστροφη κατιοντοανταλλαγή, ενώ η θαλάσσια διείσδυση περιορίζεται σε ένα μικρό τμήμα της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών. Οι παράμετροι που παρουσιάζονται αυξημένες στα υπόγεια νερά είναι οι EC (έως 5129 $\mu\text{S cm}^{-1}$), Na^+ (έως 604 mg L^{-1}), K^+ (έως 26,2 mg L^{-1}), Cl^- (έως 1460 mg L^{-1}), NO_3^- (έως 540 mg L^{-1}), SO_4^{2-} (έως 310 mg L^{-1}), Cr (έως 161,5 $\mu\text{g L}^{-1}$) και Cr^{6+} (έως 131,1 $\mu\text{g L}^{-1}$). Τα υπόγεια νερά αρδευτικών γεωτρήσεων, της **λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας**, παρουσιάζουν τύπο νερού Ca-Mg- HCO_3 , ενώ ένα δείγμα έχει τύπο νερού Ca-Mg- SO_4 και τέσσερα δείγματα εμφανίζουν μεικτό τύπο ανάμεσα στους προαναφερθέντες. Οι παράμετροι που βρέθηκαν αυξημένες στα υπόγεια νερά είναι οι NO_3^- (έως 138 mg L^{-1}), SO_4^{2-} (έως 662 mg L^{-1}), As (49,1 $\mu\text{g L}^{-1}$), Cr (έως 137,8 $\mu\text{g L}^{-1}$), Cr^{6+} (έως 115 $\mu\text{g L}^{-1}$), Mn (έως 848,8 $\mu\text{g L}^{-1}$).

2. Συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} στα υπόγεια νερά. Οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} παρουσιάζονται αυξημένες στα υπόγεια νερά και των τριών περιοχών μελέτης, ενώ ο πολύ υψηλός λόγος Cr^{6+}/Cr υποδεικνύει ότι η κυρίαρχη μορφή του Cr είναι το Cr^{6+} . Οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} στα δείγματα νερού, που αναλύθηκαν, στην περιοχή **Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων** παρουσιάζουν εύρος από 1,3 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 506,9 $\mu\text{g L}^{-1}$ και από 1,3 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 458,8 $\mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα. Αναλυτικότερα, με βάση τα εύρη συγκεντρώσεων Cr^{6+} σε δείγματα υπόγειων νερών της περιοχής του Λουτρακίου (2,2-48,73 $\mu\text{g L}^{-1}$), της περιοχής του Σχίνου (3,3-458,8 $\mu\text{g L}^{-1}$) και των φυσικών εκφορτίσεων πηγών στα Γεράνεια Όρη (1,3-17,2 $\mu\text{g L}^{-1}$) η περιοχή του Σχίνου παρουσιάζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} στα δείγματα νερού, που αναλύθηκαν, στη λεκάνη **Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας** παρουσιάζουν εύρος από 4 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 161,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ και από 4 $\mu\text{g L}^{-1}$ έως 131,1 $\mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα. Οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} στα δείγματα νερού, που αναλύθηκαν, στη **λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας** παρουσιάζουν εύρος από <0,1 έως 137,8 $\mu\text{g L}^{-1}$ και από <0,1 έως 115 $\mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα. Αναλυτικότερα, με βάση τα εύρη συγκεντρώσεων Cr^{6+} σε δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων (0,1-115 $\mu\text{g L}^{-1}$), φυσικών εκφορτίσεων πηγών (0,1-51,2 $\mu\text{g L}^{-1}$) και

επιφανειακών νερών του ρέματος Σουλού ($1,2-6,5 \mu\text{g L}^{-1}$) οι αρδευτικές γεωτρήσεις παρουσιάζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} παρουσιάζονται στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, που τα εδάφη είναι ιδιαιτέρως εμπλουτισμένα σε Cr-ούχο σερπεντίνη, λόγω της τροφοδοσίας της λεκάνης με κλαστικό υλικό από τον ορεινό όγκο του Βερμίου, στον οποίο επικρατούν τα υπερβασικά πετρώματα. Στο νότιο και νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης, στην περιοχή του Δρεπάνου, καταγράφονται συγκριτικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις Cr (έως $92 \mu\text{g L}^{-1}$) λόγω της απουσίας έντονης σερπεντινίωσης των υπερβασικών πετρωμάτων στην περιοχή σε συνδυασμό με τη μικρότερη τροφοδοσία κλαστικού υλικού στα εδάφη του πεδινού τμήματος λόγω των χαμηλότερων υψομέτρων των λόφων του Δρεπάνου. Είναι σημαντικό να επισημανθούν οι υψηλές συγκεντρώσεις Cr ($131 \mu\text{g L}^{-1}$) και Cr^{6+} ($120 \mu\text{g L}^{-1}$) που καταγράφηκαν στη φυσική πηγή επαφής «Ποτιστής» στο Όρος Βέρμιο, σε υψόμετρο 1325 m σύμφωνα με μετρήσεις και του ΚΕΠΕ (Vasileiou et al., 2019) και είναι οι υψηλότερες που έχουν αναφερθεί στην ευρύτερη περιοχή. Μεταξύ των τριών περιοχών μελέτης, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} καταγράφηκαν στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων. Ωστόσο, παρά τις, σημειακά και μεμονωμένα, πολύ υψηλές συγκεντρώσεις Cr (έως $506,9 \mu\text{g L}^{-1}$) και Cr^{6+} (έως $458,8 \mu\text{g L}^{-1}$), η ενδιάμεση τιμή των κατανομών συγκεντρώσεων Cr και Cr^{6+} στις τρεις περιοχές υποδεικνύει ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εντοπίζονται στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

3. Συγκεντρώσεις As. Οι συγκεντρώσεις As –κατά περιπτώσεις- παρουσιάζονται αυξημένες.

Οι συγκεντρώσεις As στα δείγματα νερού, που αναλύθηκαν, στην περιοχή **Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων** παρουσιάζουν εύρος από <OA έως $20,9 \mu\text{g L}^{-1}$. Αναλυτικότερα, τα εύρη συγκεντρώσεων As σε δείγματα της περιοχής του Λουτρακίου, της περιοχής του Σχίνου και των φυσικών εκφορτίσεων πηγών από τα Γεράνεια Όρη είναι $0,6-20,9 \mu\text{g L}^{-1}$, $0,9-15 \mu\text{g L}^{-1}$ και <OA- $1,3 \mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα. Αυξημένες συγκεντρώσεις As ($> 10 \mu\text{g L}^{-1}$) μετρήθηκαν, κυρίως, στην περιοχή του Σχίνου, και σε μία θέση (δείγμα GL7) στην περιοχή του Λουτρακίου. Οι συγκεντρώσεις As στα δείγματα νερού, που αναλύθηκαν, στη λεκάνη **Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας** παρουσιάζουν εύρος από <OA έως $3,3 \mu\text{g L}^{-1}$. Οι συγκεντρώσεις As στα δείγματα νερού, που αναλύθηκαν, στη **λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας** παρουσιάζουν εύρος από <OA έως $49,1 \mu\text{g L}^{-1}$. Αναλυτικότερα, τα εύρη συγκεντρώσεων As σε δείγματα αρδευτικών γεωτρήσεων, φυσικών εκφορτίσεων πηγών από το Όρος Βέρμιο και επιφανειακών νερών του ρέματος Σουλού είναι <OA- $4,4 \mu\text{g L}^{-1}$, <OA- $49,1 \mu\text{g L}^{-1}$ και $1,1-1,6 \mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα. Δύο δείγματα (WR12 και R17) από τη φυσική πηγή του Αγ. Δημητρίου που βρίσκεται στο Όρος Βέρμιο, βορειοδυτικά του ομώνυμου οικισμού,

παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις As (έως 49 $\mu\text{g L}^{-1}$). Οι χαμηλές συγκεντρώσεις As που καταγράφηκαν στα δείγματα των αρδευτικών γεωτρήσεων και του ρέματος Σουλού σε συνδυασμό με τη υψηλή συγκέντρωση στις πηγές υποδεικνύουν τη γεωγενή προέλευση και κινητοποίηση του As. Η κινητοποίησή του είναι πιθανό να οφείλεται στο αλκαλικό περιβάλλον και τις υψηλές συγκεντρώσεις HCO_3^- και CO_3^{2-} . Εντούτοις, είναι αξιοσημείωτη η καταγραφή αυξημένων συγκεντρώσεων As σε μία μόνο πηγή, και χρειάζεται περαιτέρω μελέτη του μηχανισμού κινητοποίησης του As. Μεταξύ των τριών περιοχών μελέτης, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις As καταγράφηκαν στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, και φτάνουν έως 49,1 $\mu\text{g L}^{-1}$. Ωστόσο, σύμφωνα με την ενδιάμεση τιμή των κατανομών συγκεντρώσεων As στις τρεις περιοχές, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις As εντοπίζονται στην περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

4. Γεωγενές γεωχημικό αποτύπωμα. Το γεωχημικό αποτύπωμα των υπερβασικών πετρωμάτων, που αποτελούν κύριους γεωλογικούς σχηματισμούς και των τριών περιοχών μελέτης, είναι έντονο στα εδάφη και στα υπόγεια νερά τους, κυρίως στις φυσικές εκφορτίσεις (πηγές). Οι πολύ υψηλές περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων Cr, Ni, Co στα πετρώματα και στα εδάφη και οι ισχυρές έως πολύ ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ τους υποδηλώνουν την κοινή προέλευσή τους από την παρουσία των υπερβασικών πετρωμάτων. Τα υπερβασικά πετρώματα (κυρίως σερπεντινίτες και σερπεντινωμένοι περιδοτίτες) και τα εδάφη, εμφανίζουν σχετικά υψηλή περιεκτικότητα Cr_2O_3 στη σύστασή τους, υψηλότερη από τη μέση σύσταση του στερεού φλοιού της Γης. Οι Cr-ούχες ορυκτολογικές φάσεις που προσδιορίστηκαν είναι κυρίως σπινέλιος (χρωμίτης και Cr-ούχος μαγνητίτης), σερπεντίνης, πυρόξενος, αμφίβολος και χλωρίτης. Επίσης, τα υπερβασικά πετρώματα και εδάφη που μελετήθηκαν παρουσιάζουν περιεκτικότητα As υψηλότερη από τη μέση σύσταση του στερεού φλοιού της Γης (βλπ. Κεφ. 6.). Τα δείγματα νερού, που συλλέχθηκαν, από τις **φυσικές εκφορτίσεις των πηγών των Γερανείων Ορέων** παρουσιάζουν τύπο νερού Mg-HCO_3 , χαρακτηριστικό νερών τροφοδοσίας που έχουν έρθει σε επαφή με υπερβασικά πετρώματα. Οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} στις πηγές φτάνουν έως 18,3 $\mu\text{g L}^{-1}$ και 17,2 $\mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα, ενώ οι συγκεντρώσεις As έως 1,3 $\mu\text{g L}^{-1}$. Τα δείγματα νερού, που συλλέχθηκαν, από τις **φυσικές εκφορτίσεις των πηγών, που βρίσκονται στην περιοχή της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας** παρουσιάζουν τύπο νερού Ca-Mg-HCO_3 , χαρακτηριστικό νερών τροφοδοσίας που έχουν έρθει σε επαφή με υπερβασικά ή/και ανθρακικά πετρώματα. Οι συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} στις πηγές φτάνουν έως 131 $\mu\text{g L}^{-1}$ και έως 120 $\mu\text{g L}^{-1}$, αντίστοιχα (πηγή «Ποτιστής») (Vasileiou et al., 2019), ενώ οι συγκεντρώσεις As έως 49,1 $\mu\text{g L}^{-1}$. Οι μέτριες έως καλές συσχετίσεις μεταξύ των Mg^{2+} - Si - Cr^{6+} - Ni στις πηγές της λεκάνης Σαριγκιόλ

υποδεικνύουν τη γεωγενή προέλευση Mg^{2+} , Cr, Cr^{6+} , Ni και Si, δεδομένου ότι αποτελούν φυσικά ανεπηρέαστα συστήματα μακριά από ανθρώπινες δραστηριότητες.

5. Ανθρωπογενείς επιδράσεις στην ποιότητα των υπόγειων νερών. Οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στην ποιότητα των υπόγειων νερών, αποτυπώνονται στην υδροχημεία των νερών γεωτρήσεων, κυρίως στις αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- . Στην περιοχή **Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων** οι συγκεντρώσεις των NO_3^- κυμαίνονται από <OA έως 100 mg L^{-1} . Πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις NO_3^- καταγράφηκαν στα δείγματα υπογείων νερών από την περιοχή του Λουτρακίου (έως $16,4\text{ mg L}^{-1}$) και τις πηγές των Γερανείων Ορέων (έως $15,6\text{ mg L}^{-1}$) υποδεικνύοντας την απουσία αγροτικών δραστηριοτήτων. Στην περιοχή του Σχίνου, οι συγκεντρώσεις NO_3^- κυμαίνονται από $3,5\text{ mg L}^{-1}$ έως 100 mg L^{-1} . Οι αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- παρουσιάζονται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου φανερώνοντας ήπιες ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως καλλιέργειες τοπικής κλίμακας, κτηνοτροφία, αστική χρήση (π.χ. λύματα απορροφητικών βόθρων). Στη λεκάνη **Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας** οι συγκεντρώσεις των NO_3^- κυμαίνονται από $15,7\text{ mg L}^{-1}$ έως 540 mg L^{-1} . Οι πολύ υψηλές συγκεντρώσεις NO_3^- είναι αποτέλεσμα των εντόνων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όπως η εντατική γεωργία με εκτεταμένη χρήση αζωτούχων, φωσφορικών και μεικτών λιπασμάτων, η λειτουργία κτηνοτροφικών-πτηνοτροφικών μονάδων και η ευρεία χρήση απορροφητικών βόθρων. Στη **λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας** οι συγκεντρώσεις των NO_3^- κυμαίνονται από <OA έως 138 mg L^{-1} . Οι συγκεντρώσεις NO_3^- στις πηγές (έως 28 mg L^{-1}) και στο ρέμα Σουλού (έως $5,6\text{ mg L}^{-1}$) είναι χαμηλές, ενώ στα υπόγεια νερά σε αρδευτικές γεωτρήσεις καταγράφονται αυξημένες (έως 138 mg L^{-1}). Οι συγκεντρώσεις αυτές αποδίδονται στις αγροτικές δραστηριότητες στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ και στις σημειακές πηγές ρύπανσης (όπως, ζωικά απόβλητα, απορροφητικοί βόθροι και νεκροταφεία) γύρω από τα χωριά Ακρινή, Αγ. Δημήτριος και Ρυάκιο. Στο νότιο τμήμα της λεκάνης Σαριγκιόλ, στον οικισμό του Δρεπάνου, οι συγκεντρώσεις NO_3^- είναι χαμηλότερες, παρά την παρουσία σημειακών πηγών ρύπανσης (όπως νεκροταφεία).

Και στις τρεις περιοχές παρατηρήθηκε στατιστική και χωρική συσχέτιση μεταξύ του Cr και των NO_3^- και P στα δείγματα υπόγειων νερών υποδεικνύοντας το συνεργιστικό ρόλο των αγροτικών δραστηριοτήτων σε υπερβασικά περιβάλλοντα.

6. Φυσικοί και ανθρωπογενείς παράγοντες αποδέσμευσης και οξείδωσης του Cr^{3+} σε Cr^{6+} . **Οι αυξημένες συγκεντρώσεις Cr (και συνεπώς Cr^{6+}) στα νερά των περιοχών Α) Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, Β) λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας και Γ) λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας, είναι το σύνθετο συνδυαστικό αποτέλεσμα της (αλληλ-)επίδρασης φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων σε υπερβασικά περιβάλλοντα.**

Αγροτικές δραστηριότητες (όπως η εντατική καλλιέργεια με εκτεταμένη χρήση αζωτούχων, φωσφορικών και μεικτών λιπασμάτων) και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (χρήση απορροφητικών βόθρων, κα.) που συμβάλλουν στις αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3^- και P στα νερά συνδέονται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr και Cr^{6+} .

Τα ορυκτά οξείδια του μαγγανίου αποτελούν ισχυρό φυσικό οξειδωτικό παράγοντα που δρα στην οξείδωση του Cr^{3+} σε Cr^{6+} και έχουν ταυτοποιηθεί στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας και στη λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (Economou-Eliopoulos et al., 2014). Τα ορυκτά οξείδια του μαγγανίου αποτελούν το πιο ισχυρό φυσικό οξειδωτικό μέσο του Cr^{3+} . Στα υπόγεια νερά των τριών περιοχών μελέτης αναλύθηκαν, γενικά, χαμηλές συγκεντρώσεις Mn, οι οποίες, εντούτοις, παρουσιάζουν μεγάλο εύρος ($0,06-57,05 \mu\text{g L}^{-1}$ στην περιοχή Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων, $0,07-25,53 \mu\text{g L}^{-1}$ στη λεκάνη Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας, $<0,848,8 \mu\text{g L}^{-1}$ στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας). Οι χαμηλές συγκεντρώσεις Mn οφείλονται στο αλκαλικό περιβάλλον ($\text{pH} \geq 7,21$) των τριών περιοχών μελέτης, στο οποίο το Mn είναι δυσδιάλυτο και καταβυθίζεται. Η κυρίαρχη μορφή Mn στα νερά της περιοχής, με βάση τα διαγράμματα Eh-pH (Pourbaix, 1966), είναι η δισθενής (Mn^{2+}), υποδεικνύοντας πιθανώς αναγωγή του Mn από Mn^{4+} ή/και Mn^{3+} στα ορυκτά σε Mn^{2+} στα νερά και αντίστοιχα οξείδωση του Cr από Cr^{3+} στα ορυκτά σε Cr^{6+} στα νερά. Όσον αφορά στους ανθρωπογενείς οξειδωτικούς παράγοντες, η στατιστική και χωρική συσχέτιση των συγκεντρώσεων Cr και Cr^{6+} με τις συγκεντρώσεις NO_3^- στα νερά και των τριών περιοχών μελέτης, υποδεικνύουν δυνητικά το ανθρωπογενές οξειδοαναγωγικό ζεύγος $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$.

Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί κινητοποίησης και οξείδωσης Cr^{3+} και σχηματισμού Cr^{6+} στα υπόγεια νερά είναι οι ακόλουθοι (βλπ. αναλυτικά Κεφ. 7):

- i. Τα υπερβασικά περιβάλλοντα είναι εμπλουτισμένα σε χρώμιο, καθώς στα πετρώματα και στα εδάφη βρίσκονται χρωμιούχες ορυκτολογικές φάσεις (όπως χρωμίτης, μαγνητίτης, σερπεντίνης, πυρόξενος, αμφίβολος, χλωρίτης, κα.). Η διάλυση χρωμιούχων ορυκτολογικών φάσεων δημιουργεί Cr^{3+} , το οποίο οξειδώνεται σε Cr^{6+} από φυσικούς (ορυκτά οξείδια του μαγγανίου) και ανθρωπογενείς (οξειδοαναγωγικό ζεύγος $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$) οξειδωτικούς παράγοντες.
- ii. Η νιτροποίηση (οξείδωση του NH_4^+ σε NO_3^-) οδηγεί σε περίσσεια H^+ και επακόλουθη οξίνιση του εδάφους και ευνοεί την αυξημένη διάλυση του Cr^{3+} από τις ορυκτολογικές φάσεις των υπερβασικών πετρωμάτων και εδαφών, με αποτέλεσμα αυξημένο ποσοστό Cr^{3+} να υπόκειται σε οξείδωση από γεωγενείς και/ή ανθρωπογενείς παράγοντες (Mills et al., 2011).

- iii. Τα φωσφορικά και τα χρωμικά ιόντα θεωρούνται ανταγωνιστικά (Chowdhury and Yanful, 2010). Έτσι, τα φωσφορικά λιπάσματα είναι δυνατό να προκαλέσουν αύξηση του ρυθμού εκρόφησης της ανιονικής μορφής του Cr^{6+} (Becquer et al., 2003) με ταυτόχρονη προσρόφηση των PO_4^{3-} στις επιφάνειες των Fe-οξειδίων (Gao και Mucci 2001, Becquer et al., 2003, Zhang et al., 2004) συμβάλλοντας στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr^{6+} στο υδάτινο περιβάλλον.
- iv. Η χρήση φωσφορικών (και λοιπών) λιπασμάτων αποτελεί, υπό προϋποθέσεις, επιπρόσθετη ανθρωπογενή πηγή Cr και άλλων δυνητικά τοξικών στοιχείων στα υπόγεια νερά, λόγω των σχετικά αυξημένων περιεκτικοτήτων των στοιχείων αυτών στα φωσφορικά λιπάσματα.

Η συνεισφορά της διαχείρισης της ιπτάμενης τέφρας από την καύση του λιγνίτη στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr στα υπόγεια νερά στη λεκάνη Σαριγκιόλ είναι αμελητέα (βλπ. κεφ. 7.3).

7. Η αυξημένη κινητικότητα του As και των άλλων οξυανιόντων (B, Se, V) στα υπόγεια νερά της περιοχής του Σχίνου στην οποία καταγράφηκαν συστηματικά αυξημένες συγκεντρώσεις, αποτελεί αποτέλεσμα του γεωχημικού περιβάλλοντος και της θαλάσσιας διείσδυσης. Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί κινητοποίησης του As και των άλλων οξυανιόντων (B, Se, V) είναι οι εξής (βλπ. Κεφ. 7.1):

- i. Εκρόφηση As από Fe-υδροξείδια, η οποία πραγματοποιείται λόγω του αλκαλικού περιβάλλοντος και του υψηλού σημείο μηδενικού φορτίου των Fe-υδροξειδίων,
- ii. Αναγωγική διάλυση των Fe-υδροξειδίων εξαιτίας των τοπικά υποξικών συνθηκών που δημιουργούν τα αρχικά στάδια απονιτροποίησης στο παράκτιο τμήμα ως αποτέλεσμα της θαλάσσιας διείσδυσης, ή
- iii. Διάλυση των Fe-υδροξειδίων που έχουν προσροφήσει As μέσω της θαλάσσιας διείσδυσης, η οποία αυξάνει την ιοντική ισχύ των υπογείων νερών και σε συνδυασμό με το αλκαλικό pH μετατοπίζει τη χημική ισορροπία μεταξύ στερεής (ιζημάτων/εδαφών) και υγρής (υπογείων νερών) φάσης.

8.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Στη συνέχεια δίνονται ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα:

Μελέτη της χωροχρονικής μεταβλητότητας υδροχημικών δεδομένων για τη δημιουργία και μελέτη χρονοσειρών που θα παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση των

συγκεντρώσεων σημαντικών δυνητικά τοξικών στοιχείων για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με συστηματική δειγματοληψία νερών, ώστε να συλλεχθούν δεδομένα πολλών χρόνων σε δύο ή περισσότερες δειγματοληψίες ανά έτος. Η συλλογή, αυτή, δεδομένων σε συνδυασμό με τη χρήση σύγχρονων μεθοδολογιών που εστιάζουν στην επεξεργασία και ανάλυση τους (π.χ. μεγάλα δεδομένα, μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης, αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, νευρωνικά δίκτυα, κ.α.) μπορεί να συμβάλλει στη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων από διάφορες περιοχές, ώστε να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο λήψης αποφάσεων από τους αρμόδιους φορείς στην παρακολούθηση και προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, προτείνεται η θέσπιση Ελληνικού νομοθετικού πλαισίου ή «Ελληνικής λίστας» για τις συγκεντρώσεις/περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων σε νερά και εδάφη με σκοπό να καθοριστούν τιμές κατωφλίου λαμβάνοντας υπόψη το γεωλογικό υπόβαθρο/περιβάλλον της Ελλάδας. Τέλος, ειδικά για το πόσιμο νερό, είναι μεγάλης σημασίας η πραγματοποίηση επιδημιολογικών μελετών για το Cr⁶⁺ και το As³⁺, ώστε οι οριακές συγκεντρώσεις τους να μην είναι αυθαίρετες, αλλά να στηρίζονται σε επιστημονικά δεδομένα για την ανθρώπινη υγεία.

Λεπτομερής χωρική στατιστική επεξεργασία, η οποία περιλαμβάνει τον υπολογισμό των συντελεστών αυτοσυσχέτισης Moran's I και των τοπικών δεικτών χωρικής αυτοσυσχέτισης (Local Indicator of Spatial Autocorrelation – LISA). Η χωρική στατιστική ανάλυση σε συνδυασμό με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών θα παράσχει σημαντικές πληροφορίες για τη χωρική κατανομή και ανάλυση διαφόρων χημικών παραμέτρων και δυνητικά τοξικών στοιχείων συμβάλλοντας στον προσδιορισμό της γεωγενοϋς ή ανθρωπογενοϋς προέλευσης τους σε εδάφη και νερά (π.χ. Vasileiou et al., 2019).

Γεωχημική και ορυκτολογική μελέτη λιπασμάτων, τα οποία πωλούνται και χρησιμοποιούνται στις περιοχές μελέτης και, γενικότερα, στην Ελληνική αγορά. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των λιπασμάτων σε δυνητικά τοξικά στοιχεία και η ταυτοποίηση των ορυκτολογικών φάσεων που φιλοξενούν δυνητικά τοξικά στοιχεία στο πλέγμα τους. Επιπροσθέτως, προτείνεται η κατά το δυνατόν καταγραφή του είδους και των ποσοτήτων λιπασμάτων που εφαρμόζονται σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, η συστηματική καταγραφή και χαρτογράφηση καλλιεργειών και ο υπολογισμός των αρδευτικών αναγκών και ποσοτήτων λίπανσης ανά είδος καλλιέργειας.

Εργαστηριακά πειράματα σε διάταξη στηλών για τη διερεύνηση των δυναμικών γεωχημικών διεργασιών που συμβαίνουν μεταξύ επιφανείας και κορεσμένης ζώνης (δηλαδή στην ακόρεστη ζώνη), με σκοπό να προσδιοριστούν υδροχημικές παράμετροι υπό διαφορετικές συνθήκες. Τα εργαστηριακά πειράματα μπορούν να προσομοιώνουν τις φυσικές συνθήκες

κίνησης του νερού (σύστασης που ποικίλλει όπως, νερό κατακρήμνισης, θαλασσινό νερό, λοιπά διαλύματα) για τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης του νερού με πετρώματα και εδάφη από τις περιοχές μελέτης, με προσθήκες διαφόρων τύπων λιπασμάτων και ιπτάμενης τέφρας.

Συλλογή και μελέτη ισοτοπικών δεδομένων, με έμφαση σε σταθερά ισότοπα, από φυσικά νερά και εκλούσματα φυσικών και μη σχηματισμών, για τη συλλογή σημαντικών πληροφοριών συμβάλλοντας στην κατανόηση της γεωγενούς ή ανθρωπογενούς προέλευσης και της γεωχημείας των δυνητικά τοξικών στοιχείων στα νερά.

Μοντελοποίηση των φυσικών διεργασιών και εργαστηριακών πειραμάτων για τη μελέτη και κατανόηση του μηχανισμού της απελευθέρωσης δυνητικά τοξικών στοιχείων σε εδάφη, επιφανειακά και υπόγεια νερά. Η μοντελοποίηση της αλληλεπίδρασης νερού-πετρώματος-λιπασμένου εδάφους-ιπτάμενης τέφρας μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διαφορετικών πιθανών σεναρίων με τη χρήση του γεωχημικού λογισμικού PHREEQC. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η μελέτη των υδροχημικών διεργασιών σε μια περιοχή μελέτης ή/και σε εργαστηριακά πειράματα βάσει χημικής θερμοδυναμικής και της γεωχημικής συμπεριφοράς των ορυκτολογικών φάσεων που συμμετέχουν στη γεωχημεία των υπογείων νερών.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αλμπαντάκης, Ν. (1984). Νικελιούχα ορυκτά στα κοιτάσματα της ζώνης Ανατολικής Ελλάδας. Ορυκτός πλούτος 31, σελ.9-32.
- Αλμπαντάκης, Ν. (1974). Τα νικελιούχα σιδηρομεταλλεύματα Λοκρίδος και Εύβοιας. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Αναστόπουλος, Ι., & Κούκουζας, Κ. (1972). Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη νοτίου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας. Γεωλογική και γεωφυσική μελέτη του Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους.
- Βαλαδάκη-Πλέσσα, Α., & Αλεξούλη – Λειβαδίτη, Α. (1993). Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή Σχίνου (Ν. Κορινθίας), με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. 3ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, τόμος Β, σελ. 556-571, Αθήνα, Ελλάδα.
- Βακόνδιος, Ι. (1997). Μελετη της μεταλλοφορίας χρωμιτη της συνδεδεμενης με οφιολιθους τυπου Ανατολης και Δυτικης Μεσογειου. Οι χρωμιτες της Τηνου και των Γερανιων. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Βασιλείου, Ε. (2013). Διερεύνηση της παρουσίας βαρέων μετάλλων και ιδιαίτερα των μορφών τρισθενούς και εξασθενούς χρωμίου, στα υπόγεια νερά των οφιολιθικών μαζών και των χαλαρών σχηματισμών Κεντρικής Εύβοιας. Διπλωματική μεταπτυχιακή εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Βασιλείου, Ε., Περράκη, Μ., Σταμάτης, Γ., & Γκάτζος, Ε. (2014). Υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών κεντρικής Εύβοιας, με έμφαση στην παρουσία του εξασθενούς χρωμίου. 10^ο υδρογεωλογικό συνέδριο της Ελλάδας, 8-10 Οκτωβρίου 2014, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
- Βουδούρης, Κ., & Σταμάτης, Γ. (2002). Κατανομή και ανάλυση Fractal των παραμέτρων της επιφανειακής στοιβάδας της ακόρεστης ζώνης του αλλουβιακού υδροφορέα της λεκάνης Λουτρακίου-Κορινθίας. Μεταλλειολογικά - Μεταλλουργικά Χρονικά, τόμος 12, τεύχος 1-2, σελ. 39-54, Αθήνα.
- Βούτσης, Ν. (2011). Ρυθμοί αποσάθρωσης υπερβασικών πετρωμάτων της νήσου Εύβοιας και έλεγχοι επί της χημικής σύστασης υπογείων και επιφανειακών νερών. Διδακτορική διατριβή, Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Βραχάτης Γ., Γρηγόρης, Π. (1994). Οι μαγνησίτες της ευρύτερης περιοχής Μαντουδίου – Προκοπίου, Βόρεια Εύβοια, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Γαιτανάκης, Π., Μεττος, Α., & Φυτίκας Μ. (1985). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, 1:50000, Φύλλο Σοφικόν, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Γεωργακόπουλος, Α., Φιλίππιδης, Α., Fernandez-Turiel, J.L., Κασώλη-Φουρναράκη, Α., & Ιορδανίδης Α. (2002). Λιθογενής και ανθρωπογενής προέλευση των ιχνοστοιχείων σε

επιφανειακά εδάφη της λιγνιτοφόρου λεκάνη Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας-Κοζάνης. 6^ο Πανελλήνιο γεωγραφικό συνέδριο, Τόμος II, 335-342, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.

Γιαννακοπούλου, Π. (2019). Μελέτη των οφιολιθικών πετρωμάτων των Γερανείων Ορέων και της Γευγελής. Η επίδραση των μικροπετρογραφικών, γεωχημικών και φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών στην ποιότητα τους ως αδρανών υλικών. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Γκάρτζος, Ε., Μιγκίρος Γ., Σερέλης, Κ., & Παρχαρίδης, Ι. (1994). Τα Υπερβασικά Πετρώματα της Εύβοιας – Ανατολικής Θεσσαλίας και οι Χρωμιτικές συγκεντρώσεις που φιλοξενούν. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXX/3, 137-153, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.

Δάνδολος, Η., & Ζώραπας, Β. (2010). Καταγραφή και αποτίμηση των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων λεκάνης Βοιωτικού Κηφισσού και υπολεκανών νομού Βοιωτίας – Εύβοιας. Τελική έκθεση. ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Δάνδολος, Ν., Ζοράπας, Β., & Γκιντώνη, Ε. (2010). Υδροχημικός Έλεγχος Υδροφόρων, Υδατικό Διαμέρισμα Α. Στερεάς Ελλάδος (07). Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος Διεύθυνση Υδρογεωλογίας.

ΔΕΗ (2012). Ετήσιες Εκθέσεις Ποιότητας Περιβάλλοντος Ορυχείων Πτολεμαΐδας.

ΔΕΗ (2010). Εξορύσσοντας το φως... μνήμες και εικόνες από λιγνίτη.

Δημητρακόπουλος, Δ., Λουλούδης, Γ., Κουτσοθεοδώρου, Ε. (2014). Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο υδατικό σύστημα και πορεία αποστράγγισης Ορυχείου Νότιου Πεδίου, Αθήνα.

Δημητρακόπουλος, Δ., Γρηγοράκου, Ε. (2010). Χρήση της μαθηματικής προσομοίωσης στο σχεδιασμό της αποστράγγισης του Νότιου λιγνιτικού πεδίου λεκάνης Πτολεμαΐδας. Μεταλλειολογικά Μεταλλουργικά Χρονικά, τόμος 20, Ιαν- Δεκ. 2010, σελ 51-70.

Δημητρακόπουλος Δ., Τσουφλίδου Σ., Τερζοπούλου Ε., Γρηγοράκου Ε. (2001). «Υδρογεωλογική Μελέτη Αποστράγγισης και Προστασίας Ορυχείου Νοτίου Πεδίου», Αθήνα 2001.

Δημητρόπουλος, Δ. (1988). Υδρογεωλογική έρευνα για την προστασία των υδροφόρων οριζόντων Λουτρακίου. ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Δημητρόπουλος, Δ. (1989). Υδρογεωλογική έρευνα για τον καθορισμό των ζωνών προστασίας των υδροφόρων οριζόντων Λουτρακίου. ΙΓΜΕ, Αθήνα.

ΕΛΙΜΕΙΑ (1998). Ερευνητικό Πρόγραμμα “ ΕΛΙΜΕΙΑ-Ανάπτυξη Συστήματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και Μεθόδων Τεχνητού Εμπλουτισμού σε περιοχές λιγνιτικών εκμεταλλεύσεων – Πιλοτική εφαρμογή στο Νότιο Πεδίο Πτολεμαΐδας”, Συνεργαζόμενοι φορείς ΔΕΗ., ΕΜΠ., ΚΤΕΣΚ, ΔΕΥΑ. Κοζάνης, ΙΝΤΕΛΕΚ ΑΕ, χρηματοδότηση από ΓΓΕΤ.

ΙΓΜΕ (1980). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, 1:50000, Φύλλο Κοζάνη, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

ΙΓΜΕ (2010). Ερευνητικό πρόγραμμα “Χημικές αναλύσεις υπογείων νερών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτ. Μακεδονίας”, στο πλαίσιο του Γ’ Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης.

Έργο: Καταγραφή και αποτίμηση των υδρογεωλογικών χαρακτήρων των υπόγειων νερών και των υδροφόρων συστημάτων της χώρας.

- Καββαδάς, Μ. (2010). Ερευνητικό Πρόγραμμα -Μελέτη της επιρροής της ανάμιξης τέφρας των λιγνιτικών ν ΑΗΣ στην διατμητική αντοχή των αποθέσεων αγόνων του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας. Τομέα Γεω τεχνικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ. Χρηματοδότηση από την Διεύθυνση Περιβάλλοντος Ορυχείων της Γενικής Διεύθυνσης Ορυχείων της ΔΕΗ.
- Καραμπίνης, Κ., Αντωνάκος Α., Χριστοδουλοπούλου, Α., & Βουδούρης Κ. (1997). Υδρογεωλογική έρευνα της ευρύτερης περιοχής του οικισμού «Πούσι-Μειντανι» στο Λουτράκι Κορινθίας. Έκθεση.
- Καρυμπάλης, Ε., & Βερυκίου-Παπασπυριδάκου Ε. (2007). Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στην παράκτια ζώνη μεταξύ Σχίνου και Ψάθας (Ανατολικός Κορινθιακός Κολπος). 8ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, τόμος Α, σελ 83-92, Αθήνα, Ελλάδα.
- Κατσικάτσος, Γ. (1992). ``Γεωλογία της Ελλάδας`` Πανεπιστήμιο Πάτρας, Αθήνα
- Κατσικάτσος, Γ., Κούκης, Γ., Φυτίκας, Μ., Αναστόπουλος, Ι., & Κανάρης Ι. (1981). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, 1:50000, Φύλλο Ψαχνά – Πήλιον, ΙΓΜΕ, Ρέθυμνο.
- Κουμαντάκης, Ι. (2000). Ερευνητικό Πρόγραμμα “Εκτίμηση και διαχείριση Υδατικών Πόρων λεκάνης Σαριγκιόλ Ν. Κοζάνης”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουμαντάκης, Ι., & Λιονή Α. (2012). Τεχνική έκθεση “Μελέτη υδατικού καθεστώτος λεκάνης Σαριγκιόλ Κοζάνης με έμφαση στο Νότιο λιγνιτοφόρο πεδίο“, Αθήνα.
- Κούκουζας, Κ., Κώτης Β., Πλουμίδης Μ., & Μεταξάς, Α. (1979). Γεωλογική-κοιτασματολογική μελέτη λιγνιτικού κοιτάσματος Αναργύρων-Αμυνταίου. ΙΓΜΕ, σελ 9-67.
- Λέκκας, Ε. (2000). Ερευνητικό Πρόγραμμα “Αντισεισμικός σχεδιασμός και οργάνωση Δήμου Λουτρακίου – Περαχώρας”. Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 460 σελ., Αθήνα.
- Λουλουδης, Γ. (1991). `Υδρογεωλογικές συνθήκες Νοτίου λιγνιτοφόρου πεδίου Πτολεμαΐδας. Προβλήματα υπογείων νερών και αντιμετώπιση τους κατά την εκμετάλλευση. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μαγγανάς, Α. (1988). Μελέτη της ορυκτολογίας, πετρολογίας, γεωχημείας και των φαινομένων μεταμορφώσεως βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων της Περιοδοπικής ζώνης στην περιοχή της Θράκης. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Μαγνήσαλης, Α. (2019). Γεωχημική και ορυκτολογική μελέτη και χαρακτηρισμός μαγνητικών ιδιοτήτων αγροχημικών προϊόντων. Διερεύνηση πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση τους σε υπερβασικά εδάφη. Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μεγρεμή, Ι. (2010). Παράγοντες που ελέγχουν την κινητικότητα και τη βιοδιαθεσιμότητα του χρωμίου και άλλων μετάλλων στο περιβάλλον Ni/λατεριτών. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

- Μελαδιώτης, Ι. (2001): «Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης Πτολεμαΐδας – Σαριγκιόλ για την υδροδότηση του δήμου Κοζάνης», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) (2009) των Λιγνιτωρυχείων Πτολεμαΐδας, Ν.Κοζάνης, που εκπονήθηκε από την Echmes Ltd.
- Μουντράκης, Δ., (1985) Γεωλογία της Ελλάδας, University Studio Press, 207p, Θεσσαλονίκη.
- Μουντράκης, Δ., (2010) Γεωλογία της Ελλάδας, University Studio Press, 374p, Θεσσαλονίκη.
- Μπορνόβας, Ι., Γαιτανάκης, Π., Σπυριδόπουλος, Α., (1970-1980a). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, 1:50000, Φύλλο Περαχώρα, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Μπορνόβας, Ι., Ελευθερίου, Α., Γαιτανάκης, Π., (1970-1980b). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, 1:50000, Φύλλο Καπαρέλλιον, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Μπορνόβας, Ι., Λαλέχος, Ν., & Φιλιππάκης, Ν. (1971). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, 1:50000, Φύλλο Κόρινθος, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Οδηγία 98/83/ΕΚ της 3/11/1998: "Σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης", Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L330, 32-54, 5/12/98.
- Οικονόμου, Γ., Βέκιος, Π., Ταρενίδης, Δ., Γκιντώνη, Ε., & Φιλίππου, Σ. (2010). Έκθεση Ορυκτολογικής-Πετρογραφικής εξέτασης πετρωμάτων και εδαφών των υδροφόρων οριζώντων της περιοχής Λουτρακίου (ΕΡΓΟ ΙΓΜΕ: 6450731). ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Παπανικολάου, Δ. (1986). Γεωλογία Ελλάδος. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Παπανικολάου, Δ. (2015). Γεωλογία της Ελλάδας, Πατάκης Ανώνυμη Εμπορικής εκδοτική και διανεμητική εταιρεία. ISBN: 978-960-16-2049-7
- Παπανικολάου, Δ., & Σίδερης, Χ. (2007). Γεωλογία. Η επιστήμη της Γης, Πατάκης Ανώνυμη Εμπορικής εκδοτική και διανεμητική εταιρεία. ISBN: 978-960-16-6343-2
- Παπανικολάου, Δ., Σίδερης, Χ., & Λόζιος, Σ. (1998). Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδος. Φύλλο «ΚΟΡΙΝΘΟΣ», κλίμακας 1:100.000. Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Παυλίδης, Σ. (1985). Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας - Βεγορίτιδας – Πτολεμαΐδας. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Παυλίδης, Σ., & Μουντράκης, Δ. (1986). Νεοτεκτονική, Εισαγωγή στη μελέτη των πρόσφατων γεωλογικών δομών. University Studio Press, 135 σελ, Θεσσαλονίκη.
- Περράκη, Μ. (2016). Ερευνητικό Πρόγραμμα "Ορυκτολογική - ορυκτοχημική, πετρολογική και γεωχημική συσχέτιση της παρουσίας βαρέων μετάλλων, με έμφαση στο χρώμιο, στους γεωλογικούς σχηματισμούς (υπερβασικά πετρώματα, λιγνίτης, ενδιάμεσα στείρα) και στα προϊόντα καύσης του λιγνίτη (ιπτάμενη τέφρα), με την ποιότητα των υπόγειων και επιφανειακών νερών στα λιγνιτικά πεδία της λεκάνης Σαριγκιόλ". Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

- Ροντογιάννη, Θ., Λειβαδίτη, Α., & Μέττος, Α. (2008). Ανατολική Κορινθία: Δομή και χαρακτηριστικά ενός ενεργού γεωλογικού περιβάλλοντος. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας τομ. XXXVI.
- Σπυρίδης Α. (2009). Υδραυλική Μελέτη - Υδρολογική Μελέτη Ρέματος Σουλού.
- Σταμάτης, Γ., & Βουδούρης, Κ. (2000). Καθορισμός περιμέτρου προστασίας υδροληπτικών έργων του υδροφορέα των μεταλλικών νερών της λεκάνης Λουτρακίου βάσει υδρογεωλογικών κριτηρίων. Ορυκτός Πλούτος 116, σελ. 13-36.
- Σταμάτης, Γ., Τσαγκαλίδης, Α., Σέρελης, Κ., & Γάτσης, Ι. (1998). Ερευνητικό πρόγραμμα "Διερεύνηση πιθανών επιπτώσεων ποιοτικής επιβάρυνσης του μεταλλικού υδροφορέα της λεκάνης Λουτρακίου από ενδεχόμενη οικιστική δραστηριότητα στην περιοχή του οικισμού Σκάρπα-Δροσιά". Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Στάμος, Α. (2001). Υδρογεωλογική μελέτη του προσχωματικού υδροφόρου Σαριγκιόλ ή Νότιο Πεδίο. Έργο Β'ΚΠΣ ΠΕΠ Δυτικής Μακεδονίας. Κοζάνη
- ΣΤΕ 1807/2018 (Τμ. Ε') ΕΠΟ λιγνιτωρυχείου ΔΕΗ Πτολεμαΐδας – Προστασία ρεμάτων – Σχέδια διαχείρισης αποβλήτων (ΣΑΔ)
- Τσιούμας, Β., & Ζώραπας, Β. (2004). Μελέτη για τον εντοπισμό των αιτιών υφαλμύρωσης των υπογείων νερών του δυτικού τμήματος του κάμπου Ψαχνών Ν. Ευβοίας. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) 3282 19/9/2017 Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3ης Νοεμβρίου 1998 όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 (L260, 7.10.2015).
- Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) 630, Δ', 7/11/1985.

Διεθνής βιβλιογραφία

- Acosta, J. A., Jansen, B., Kalbitz, K., Faz, A., & Martínez-Martínez, S. (2011). Salinity increases mobility of heavy metals in soils. Chemosphere. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.07.046
- Aghazadeh, N., & Mogaddam, A. A. (2011). Investigation of hydrochemical characteristics of groundwater in the Harzandat aquifer, Northwest of Iran. Environmental Monitoring and Assessment. doi:10.1007/s10661-010-1575-4
- Ahmad, A., & Bhattacharya, P. (2019). Arsenic in Drinking Water: Is 10 µg/L a Safe Limit?. Current Pollution Reports. doi:10.1007/s40726-019-0102-7.
- Ahnstrom, Z. S., & Parker, D. R. (2010). Development and Assessment of a Sequential Extraction Procedure for the Fractionation of Soil Cadmium. Soil Science Society of America Journal. doi:10.2136/sssaj1999.6361650x
- Akatsuka, K. & Fairhall, L.T. (1934). The toxicology of chromium, Journal of Industrial Hygiene 16, 1-124.
- Albanese, S., Sadeghi, M., Lima, A., Cicchella, D., Dinelli, E., Valera, P., Falconi, M., Demetriades, A., De Vivo, B., & The GEMAS Project Team (2015). Journal of Geochemical

Exploration. doi:10.1016/j.gexplo.2015.01.004

- Alcalá, F.J. & Custodio, E., (2008). Using the Cl/Br ratio as a tracer to identify the origin of salinity in aquifers in Spain and Portugal. *J. Hydrol.* <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.06.028>
- Alexakis, D. (2008). Geochemistry of stream sediments as a tool for assessing contamination by Arsenic, Chromium and other toxic elements: East Attica region, Greece. *European Water*, 21/22, 57-72
- Alfarrah, N. & Walraevens, K., (2018). Groundwater overexploitation and seawater intrusion in coastal areas of arid and semi-arid regions. *Water (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/w10020143>
- Alloway, B.J. (1995). *Heavy metals in soils*. vol Ed. 2. Blackie Academic & Professional.
- Almås, Å. R., Lombnæs, P., Sogn, T. A., & Mulder, J. (2006). Speciation of Cd and Zn in contaminated soils assessed by DGT-DIFS, and WHAM/Model VI in relation to uptake by spinach and ryegrass. *Chemosphere*. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.06.020
- Aloupi, M., Angelidis, M. O., Gavriil, A. M., Koulousaris, M., & Varnavas, S. P. (2009). Influence of geology on arsenic concentrations in ground and surface water in central Lesvos, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-008-0280-z
- Amacher, M. C., Baker, D. E. (1982). Redox reactions involving chromium, plutonium and manganese in soils. Final Report DOE/DP/04515-1, Pennsylvania State University, Institution for Research on Land and Water Resources.
- Andreae, M. O. (1979). Arsenic speciation in seawater and interstitial waters: The influence of biological-chemical interactions on the chemistry of a trace element. *Limnology and Oceanography*. doi:10.4319/lo.1979.24.3.0440
- Andreae, M. O. (1980). Arsenic in rain and the atmospheric mass balance of arsenic. *Journal of Geophysical Research*. doi:10.1029/JC085iC08p04512
- Andreae, M. O., & Andreae, T. W. (1989). Dissolved arsenic species in the Schelde estuary and watershed, Belgium. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. doi:10.1016/0272-7714(89)90077-2
- Angelova, I. (2018). Study of hexavalent chromium origin in the groundwater of northern Bulgaria. In 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2018, Ecology, Economics, Education and Legislation. doi:10.5593/sgem2018/5.1/s20.110
- Appelo, C. A. J., & Postma, D. (1996). *Geochemistry, groundwater and pollution*. Rotterdam: A.A. Balkema.
- Appelo, C. A. J., Van Der Weiden, M. J. J., Tournassat, C., & Charlet, L. (2002). Surface complexation of ferrous iron and carbonate on ferrihydrite and the mobilization of arsenic. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es010130n
- Armstrong, J. S., & Soelberg, P. (1968). On the interpretation of factor analysis. *Psychological Bulletin*. doi:10.1037/h0026434
- Artiola, J. F., Zabcik, D., & Johnson, S. H. (1990). In situ treatment of arsenic contaminated soil

- from a hazardous industrial site: Laboratory studies. *Waste Management*. doi:10.1016/0956-053X(90)90072-S
- Aschonitis, V. G., Castaldelli, G., Colombani, N., & Mastrocicco, M. (2016). A combined methodology to assess the intrinsic vulnerability of aquifers to pollution from agrochemicals. *Arabian Journal of Geosciences*. doi:10.1007/s12517-016-2527-2
- Aschonitis, V. G., Mastrocicco, M., Colombani, N., SalemiE., Kazakis, N., Voudouris, K., & Castaldelli, G. (2012). Assessment of the intrinsic vulnerability of agricultural land to water and nitrogen losses via deterministic approach and regression analysis. *Water, Air, and Soil Pollution*. doi:10.1007/s11270-011-0968-5
- Aubouin, J. (1959). Contribution a l'étude de la Grece seprtionale; les confins de l'Epire et de la Thessalie. *Annales Geologiques Des Pays Helleniques*, 10, 1-483.
- Ayed, B., Jmal, I., Sahal, S., Mokadem, N., Saidi, S., Boughariou, E., & Bouri, S. (2017). Hydrochemical characterization of groundwater using multivariate statistical analysis: the Maritime Djeffara shallow aquifer (Southeastern Tunisia). *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-017-7168-6
- Ball, J. W., & Izbicki, J. A. (2004). Occurrence of hexavalent chromium in ground water in the western Mojave Desert, California. In *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2004.01.011
- Ball, J. W., & McCleskey, R. B. (2003). A new cation-exchange method for accurate field speciation of hexavalent chromium. *Talanta*. doi:10.1016/S0039-9140(03)00282-0
- Barnes, I., & O'neil, J. R. (1969). The relationship between fluids in some fresh alpine-type ultramafics and possible modern serpentinization, western United States. *Bulletin of the Geological Society of America*. doi:10.1130/0016-7606(1969)80[1947:TRBFIS]2.0.CO;2
- Bartlett, M. S. (1950). Tests of Significance in Factor Analysis. *British Journal of Statistical Psychology*, 3(January), 77-85.
- Bartlett, R., & James, B. (1979). Behavior of Chromium in Soils: III. Oxidation¹. *Journal of Environment Quality*. doi:10.2134/jeq1979.00472425000800010008x
- Barzegar, R., Asghari Moghaddam, A., & Tziritis, E. (2016). Assessing the hydrogeochemistry and water quality of the Aji-Chay River, northwest of Iran. *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-016-6302-1
- Barzegar, R., Moghaddam, A. A., Tziritis, E., Fakhri, M. S., & Soltani, S. (2017). Identification of hydrogeochemical processes and pollution sources of groundwater resources in the Marand plain, northwest of Iran. *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-017-6612-y
- Bébién, J. (1982). L'association ignee de Guevgueli (Macedoine Grecque). Expression d'un magmatisme ophiolitique dans une déchirure continentale. These, Nancy I, 467p
- Becquer, T., Quantin, C., Sicot, M., & Boudot, J. P. (2003). Chromium availability in ultramafic soils from New Caledonia. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/S0048-9697(02)00298-X

- Bentley, R., & Chasteen, T. G. (2005). Arsenic Curiosa and Humanity. *The Chemical Educator*. doi:10.1007/s00897020539a
- Berry, G. (Ed.), 1974. Selected Powder Diffraction Data for Minerals. Publication M-1-23 of the Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Swarthmore, PA.
- Bertolo, R., Bourotte, C., Hirata, R., Marcolan, L., & Sracek, O. (2011). Geochemistry of natural chromium occurrence in a sandstone aquifer in Bauru Basin, São Paulo State, Brazil. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2011.05.009
- Bhowmick, S., Nath, B., Halder, D., Biswas, A., Majumder, S., Mondal, P., Chakraborty, S., Nriagu, J., Bhattacharya, P., Iglesias, M., Roman-Rossa, G., Guha Mazumder, D., Bundschuh, J., & Chatterjee, D. (2013). Arsenic mobilization in the aquifers of three physiographic settings of West Bengal, India: Understanding geogenic and anthropogenic influences. *Journal of Hazardous Materials*. doi:10.1016/j.jhazmat.2012.07.014
- Bissen, M., & Frimmel, F. H. (2003). Arsenic - A review. Part I: Occurrence, toxicity, speciation, mobility. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*. doi:10.1002/aheh.200390025
- Bloomfield, J.J., & Blum, W. (1928). Health hazards in chromium plating. *Public Health Report*, 43, 2330–2351.
- Bloomfield, C., & Pruden, G. (1980). The behaviour of Cr(VI) in soil under aerobic and anaerobic conditions. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, 23(2), 103–114. doi:10.1016/0143-1471(80)90058-6
- Borba, R. P., Figueiredo, B. R., & Matschullat, J. (2003). Geochemical distribution of arsenic in waters, sediments and weathered gold mineralized rocks from Iron Quadrangle, Brazil. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-003-0766-5
- Bortolotti, V., Carras, N., Chiari, M., Fazzuoli, M., Marcucci, M., Photiades, A., & Principi, G. (2002). New geological observations and biostratigraphic data on the Argolis Peninsula: Palaeogeographic and geodynamic implications. *Ofioliti*.
- Bourg, A. C. M. (1995). Speciation of Heavy Metals in Soils and Groundwater and Implications for Their Natural and Provoked Mobility. In *Heavy Metals*. doi:10.1007/978-3-642-79316-5_2
- Bourotte, C., Bertolo, R., Almodovar, M., & Hirata, R. (2009). Natural occurrence of hexavalent chromium in a sedimentary aquifer in Uraina, State of Sao Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. doi:10.1590/S0001-37652009000200009
- Boyko, S. L., & Goodgame, D. M. L. (1986). The interaction of soil fulvic acid and chromium(VI) produces relatively long-lived, water soluble chromium(V) species. *Inorganica Chimica Acta*. doi:10.1016/S0020-1693(00)85671-6
- Boyle, R. W., & Jonasson, I. R. (1973). the Geochemistry of Arsenic and Its Use As an Indicator. *Journal of Geochemical Exploration*. doi:10.1016/0375-6742(73)90003-4
- Brookins, D.G. (1988). *Eh-pH Diagrams for Geochemistry*. Springer-Verlag, Berlin.

- Brouwer, E., Baeyens, B., Maes, A., & Cremers, A. (1983). Cesium and rubidium ion equilibria in illite clay. *Journal of Physical Chemistry*, 87(7), 1213–1219. <https://doi.org/10.1021/j100230a024>
- Bruno Vieira da Silva, F., Williams Araújo do Nascimento, C., & Renata Muniz Araújo, P. (2017). Environmental risk of trace elements in P-containing fertilizers marketed in Brazil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* (Vol. 17).
- Bundschuh, J., Farias, B., Martin, R., Storniolo, A., Bhattacharya, P., Cortes, J., Bonorino, G., Albouy, R. (2004). Groundwater arsenic in the Chaco-Pampean Plain, Argentina: Case study from Robles county, Santiago del Estero Province. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2003.09.009
- Bundschuh, J., Litter, M.I., Parvez, F., Roman-Ross, G., Nicolli, H.B., Jean, J.S., Liu, C.W., Lopez, D., Armienta, M.A., Guilherme, L.R., Cuevas, A.G., Cornejo, L., Cumbal, L., & Toujaguez, R. (2012). One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.06.024
- Calder, L. (1988). Chromium contamination of groundwater. In: J.O. Nriagu and E. Nieboer (Editors), *Chromium in the Natural and Human Environments*. *Advances in Environmental Science and Technology*. Vol. 20. Wiley, New York, NY.
- California Department of Health Services (DHS), (2004). Chromium-6 in drinking water: regulation and monitoring update, <http://www.dhs.ca.gov/ps/ddwem/chemicals/Chromium6/Cr+6index.htm>
- Capedri, S., Lekkas, E., Papanikolaou, D., Skarpelis, N., Venturelli, G., & Gallo, J. (1986). The ophiolite of the Koziakas range, Western Thessaly (Greece). *Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen*, 152,45-64
- Cary, E. E., Allaway, W. H., & Olson, O. E. (1977). Control of Chromium Concentrations in Food Plants. 1. Absorption and Translocation of Chromium by Plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. doi:10.1021/jf60210a048
- Cattell, R. B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*. doi:10.1207/s15327906mbr0102_10
- Chakraborti, D., Rahman, M.M., Das, B., Murrill, M., Dey, S., Mukherjee, S.C., Dhar, R. K., Biswas, B.K., Chowdhury, U.K., Roy, S., Sorif, S., Selim, M., Rahman, M., & Quamruzzaman, Q. (2010). Status of groundwater arsenic contamination in Bangladesh: A 14-year study report. *Water Research*. doi:10.1016/j.watres.2010.06.051
- Chapman, P.M. (2007). Heavy metal - Music, not science. *Environmental Science and Technology* 41, 6C
- Chapman, P.M. (2012). "Heavy metal" - Cacophony, not symphony. *Integrated Environmental Assessment and Management* 8, 216.
- Charlet, L., Chakraborty, S., Appelo, C., Roman-Ross, G., Nath, B., Ansari, A., Lanson, M., Chatterjee, D., & Mallik, S.B. (2007). Chemodynamics of an arsenic “hotspot” in a West Bengal aquifer: A field and reactive transport modeling study. *Applied Geochemistry*.

doi:10.1016/j.apgeochem.2006.12.022

- Chen, W., Chang, A. C., & Wu, L. (2007). Assessing long-term environmental risks of trace elements in phosphate fertilizers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. doi:10.1016/j.ecoenv.2006.12.013
- Cheng, C.-H., Jien, S.-H., Iizuka, Y., Tsai, H., Chang, Y.-H., & Hseu, Z.-Y. (2012). Pedogenic Chromium and Nickel Partitioning in Serpentine Soils along a Toposequence. *Soil Science Society of America Journal*. doi:10.2136/sssaj2010.0007
- Chiou, E. (2011). Groundwater hydrochemistry of the ultramafic rocks aquifer in Central Euboea. MSc Thesis, National Technical University of Athens, Athens.
- Chowdhury, S. R., & Yanful, E. K. (2010). Arsenic and chromium removal by mixed magnetite-maghemite nanoparticles and the effect of phosphate on removal. *Journal of Environmental Management*. doi:10.1016/j.jenvman.2010.06.003
- Corine Land Cover database (2012), European Environment Agency.
- Clift, P. D., & Dixon, J. E. (1998). Jurassic ridge collapse, subduction initiation and ophiolite obduction in the southern Greek Tethys. *Eclogae Geologicae Helveticae*.
- Cutler, W. G., Brewer, R. C., El-Kadi, A., Hue, N. V., Niemeyer, P. G., Peard, J., & Ray, C. (2013). Bioaccessible arsenic in soils of former sugar cane plantations, Island of Hawaii. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.09.081
- D'Alessandro, W., Bellomo, S., Brusca, L., Kyriakopoulos, K., Calabrese, S., & Daskalopoulou, K. (2017). The impact of natural and anthropogenic factors on groundwater quality in an active volcanic/geothermal system under semi-arid climatic conditions: The case study of Methana peninsula (Greece). *Journal of Geochemical Exploration*. doi:10.1016/j.gexplo.2017.01.003
- Dagounaki, C., Chrissafis, K., Kassoli-Fournaraki, A., Tsirambides, A., Sikalidis, C., & Paraskevopoulos, K. M. (2004). Thermal characterization of carbonate rocks: Kozani area, north-western Macedonia, Greece. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. doi:10.1023/B:JTAN.0000042176.86085.44
- Danelian, T., & Robertson, A. H. F. (2001). Neotethyan evolution of Eastern Greece (Pagondas Mélange, Evia island) inferred from radiolarian biostratigraphy and the geochemistry of associated extrusive rocks. *Geological Magazine*. doi:10.1017/S0016756801005337
- Dawson, B.J.M., Bennett, G.L., & Belitz, K. (2008). Ground-water quality data in the Southern Sacramento Valley, California, 2005 – results from the CaliforniaGAMA program. *US Geol. Surv. Data Ser.* 285.
- De López Camelo, L. G., De Miguez, S. R., & Marbán, L. (1997). Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/S0048-9697(97)00187-3
- Decourt, J. (1972). The Canadian Cordillera, the Hellenides and the sea-floor spreading Theory, *Canad. Jour. Earth Sc.*, 9, 709-743.

- Deer, W.A., Howie, R.A., & Zussman, J. (1975). *An Introduction to the Rock-forming Minerals*, Longman, London.
- Dehbandi, R., Abbasnejad, A., Karimi, Z., Herath, I., & Bundschuh, J. (2019). Hydrogeochemical controls on arsenic mobility in an arid inland basin, Southeast of Iran: The role of alkaline conditions and salt water intrusion. *Environmental Pollution*. doi:10.1016/j.envpol.2019.03.082
- Deng, B., Lan, L., Houston, K., & Brady, P. (2003). Effects of clay minerals on Cr(VI) reduction by organic compounds. *Environ. Monit. Assess.* 84, 5–18.
- Dermatas, D., & Meng, X. (2003). Utilization of fly ash for stabilization/solidification of heavy metal contaminated soils. *Engineering Geology*. doi:10.1016/S0013-7952(03)00105-4
- Dermatas, D., Mpouras, T., Chrysochoou, M., Panagiotakis, I., Vatsaris, C., Linardos, N., Theologou, E., Boboti, N., Xenidis, A., Papassiopi, N., & Sakellariou, L. (2015). Origin and concentration profile of chromium in a Greek aquifer. *Journal of Hazardous Materials*. doi:10.1016/j.jhazmat.2014.09.050
- Dernbach, L. (2008). Staff report on background chromium study. Hinkley, CA: Pacific Gas and Electric Company
- Deverel, S. J., & Millard, S. P. (1988). Distribution and mobility of selenium and other trace elements in shallow groundwater of the Western San Joaquin Valley, California. *Environmental Science and Technology*
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ L 327, 22.12.2000, pp 1- 51.
- Dixit, S., & Hering, J. G. (2003). Comparison of arsenic(V) and arsenic(III) sorption onto iron oxide minerals: Implications for arsenic mobility. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es030309t
- Dowling, C. B., Poreda, R. J., Basu, A. R., Peters, S. L., & Aggarwal, P. K. (2002). Geochemical study of arsenic release mechanisms in the Bengal Basin groundwater. *Water Resources Research*. doi:10.1029/2001wr000968
- Du Laing, G., Bogaert, N., Tack, F. M. G., Verloo, M. G., & Hendrickx, F. (2002). Heavy metal contents (Cd, Cu, Zn) in spiders (*Pirata piraticus*) living in intertidal sediments of the river Scheldt estuary (Belgium) as affected by substrate characteristics. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/S0048-9697(01)01025-7
- Duffus, J. (2002). “ Heavy Metals ” — A Meaningless Term ? (IUPAC Technical Report). IUPAC, Pure and Applied Chemistry.
- Dunteman, G.H. (1989). *Principal Components Analysis*. Beverly Hills: Sage.
- Dzombak, D. A., & Morel F. M. (1990). *Surface complexation modeling. Hydrous ferric oxide*. Wiley
- Eary, L. E., & Rai, D. (1987). Kinetics of Chromium(III) Oxidation to Chromium(VI) by Reaction with Manganese Dioxide. *Environmental Science and Technology*.

doi:10.1021/es00165a005

- Eberl, D. D. (1980). Alkali Cation Selectivity and Fixation by Clay Minerals. *Clays and Clay Minerals*, 28(3), 161–172. <https://doi.org/10.1346/ccmn.1980.0280301>
- Economou, M. (1983). A short note on the evolution of the Vermion ophiolite complex (MacedoniaGreece), *Ofioliti*, 8, 333-338
- Economou-Eliopoulos, M., Frei, R., & Atsarou, C. (2014). Application of chromium stable isotopes to the evaluation of Cr(VI) contamination in groundwater and rock leachates from central Euboea and the Assopos basin (Greece). *Catena*. doi:10.1016/j.catena.2014.06.013
- Economou-Eliopoulos, M., Megremi, I., Atsarou, C., Theodoratou, C., & Vasilatos, C. (2013). Spatial Evolution of the Chromium Contamination in Soils from the Assopos to Thiva Basin and C. Evia (Greece) and Potential Source(s): Anthropogenic versus Natural Processes. *Geosciences*. doi:10.3390/geosciences3020140
- Economou-Eliopoulos, M., Megremi, I., Vasilatos, C., Frei, R., & Mpourodimos, I. (2017). Geochemical constraints on the sources of Cr(VI) contamination in waters of Messapia (Central Evia) Basin. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2017.05.015
- El Yaouti, F., El Mandour, A., Khattach, D., Benavente, J., & Kaufmann, O. (2009). Salinization processes in the unconfined aquifer of Bou-Areg (NE Morocco): A geostatistical, geochemical, and tomographic study. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2008.10.005
- Evans, J. D. (1996). *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Belmont: Thomson Brooks/Cole Publishing Co.
- Fandeur, D., Juillot, F., Morin, G., Livi, L., Cognigni, A., Webb, S. M., Ambrosi, J.-P., Fritsch, E., Guyot, F., & Brown, G. (2009). XANES evidence for oxidation of Cr(III) to Cr(VI) by Mn-oxides in a lateritic regolith developed on serpentinized ultramafic rocks of New Caledonia. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es900498r
- Fantoni, D., Brozzo, G., Canepa, M., Cipolli, F., Marini, L., Ottonello, G., & Vetuschi Zuccolini, M. (2002). Natural hexavalent chromium in groundwaters interacting with ophiolitic rocks. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-002-0605-0
- Farnham, I. M., Singh, A. K., Stetzenbach, K. J., & Johannesson, K. H. (2002). Treatment of nondetects in multivariate analysis of groundwater geochemistry data. In *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. doi:10.1016/S0169-7439(01)00201-5
- Faure G. (1992). *Principles and Applications of Inorganic Geochemistry*, Maxwell- Macmillan, New York.
- Faust, S. D. & Aly, O. M. (1998). *Chemistry of Water Treatment*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan.
- Fendorf, S. E., Fendorf, M., Sparks, D. L., & Gronsky, R. (1992). Inhibitory mechanisms of Cr(III) oxidation by δ -MnO₂. *Journal of Colloid And Interface Science*. doi:10.1016/0021-9797(92)90296-X

- Fendorf, S. E., & Zasoski, R. J. (1992). Chromium(III) Oxidation by Δ -Manganese Oxide (MnO₂). 1. Characterization. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es00025a006
- Feng, X. H., Zhai, L. M., Tan, W. F., Liu, F., & He, J. Z. (2007). Adsorption and redox reactions of heavy metals on synthesized Mn oxide minerals. *Environmental Pollution*. doi:10.1016/j.envpol.2006.05.028
- Ferguson, J. F., & Gavis, J. (1972). A review of the arsenic cycle in natural waters. *Water Research*. doi:10.1016/0043-1354(72)90052-8
- Ferm, V. H., Saxon, A., & Smith, B. M. (1971). The teratogenic profile of sodium arsenate in the golden hamster. *Archives of Environmental Health*. doi:10.1080/00039896.1971.10665901
- Franzblau, A., & Lilis, R. (1989). Acute arsenic intoxication from environmental arsenic exposure. *Archives of Environmental Health*. doi:10.1080/00039896.1989.9935912
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 604 pp.
- Frisbie, S. H., Mitchell, E. J., Dustin, H., Maynard, D. M., & Sarkar, B. (2012). World health organization discontinues its drinking-water guideline for manganese. *Environmental Health Perspectives*. doi:10.1289/ehp.1104693
- Fritz, S.J. (1994). A survey of charge–balance errors on published analyses of potable ground and surface waters. *Ground Water* 32, 539–546.
- Fuller, C. C., Davis, J. A., & Claypool-Frey, R. G. (1987). Partitioning of arsenic by iron oxides in Whitewood Creek, S.D., presented at Division of Environmental Chemistry, American Chemical Society Meeting, Denver.
- Fytianos, K., & Christophoridis, C. (2004). Nitrate, arsenic and chloride pollution of drinking water northern Greece. Elaboration by applying gis. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1023/B:EMAS.0000016791.73493.aa
- Fytianos, K., Tsaniklidi, B., & Voudrias, E. (1998). Leachability of heavy metals in Greek fly ash from coal combustion. *Environment International*. doi:10.1016/S0160-4120(98)00027-0
- Gadd, G. M. (2007). Transformation and Mobilization of Metals, Metalloids, and Radionuclides by Microorganisms. In *Biophysico-Chemical Processes of Heavy Metals and Metalloids in Soil Environments*. doi:10.1002/9780470175484.ch2
- Gao, Y., & Mucci, A. (2001). Acid base reaction, phosphate and arsenate complexation, and their competitive adsorption at the surface of goethite in 0.7 M NaCl solution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. doi:10.1016/S0016-7037(01)00589-0
- Gartzos E. (1986). On the genesis of cryptocrystalline magnesite deposits in the ultramafic rocks of northern Evia, Greece. Phd Thesis, in Swiss Federal Institute of Technology in Zurich.
- Gartzos, E., Dietrich, V. J., Migiros, G., Serelis, K., & Lymperopoulou, T. (2009). The origin of amphibolites from metamorphic soles beneath the ultramafic ophiolites in Evia and Lesbos (Greece) and their geotectonic implication. *Lithos*.

doi:10.1016/j.lithos.2008.09.013

- Georgakopoulos, A. (2003). Chemistry and morphology of fly ash samples from the main lignite Power Stations of Northern Greece. In Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology, Vol B, Poster Presentations.
- Georgakopoulos, A., Filippidis, A., Kassoli-Fournaraki, A., Iordanidis, A., Fernández-Turiel, J. L., Llorens, J. F., & Gimeno, D. (2002). Environmentally important elements in fly ashes and their leachates of the power stations of Greece. *Energy Sources*. doi:10.1080/00908310252712325
- Gibbs, R. J. (1970). Mechanisms Controlling World Water Chemistry. *Science*. doi:10.1126/science.170.3962.1088
- Giménez-Forcada, E., & Smedley, P. L. (2014). Geological factors controlling occurrence and distribution of arsenic in groundwaters from the southern margin of the Duero Basin, Spain. *Environmental Geochemistry and Health*. doi:10.1007/s10653-014-9599-2
- Gonzalez, A. R., Ndung'u, K., & Flegal, A. R. (2005). Natural occurrence of hexavalent chromium in the Aromas Red Sands aquifer, California. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es048835n
- Goodgame, D.M.L., Hayman, P.B. & Hathaway, D.E. (1984). Formation of water-soluble chromium (V) by the interaction of humic acid and the carcinogen chromium (VI). *Inorganica Chimica Acta* 91, 113-115.
- Goolsby, D.A., Severson, R.C., Wilson, S.A., & Webber, K. (1989). Geochemistry of soils and shallow ground water, with emphasis on arsenic and selenium, in part of the Garrison Diversion Unit, North Dakota, 1985–87: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 89–4104, 132 p.
- Grantham, D. A., & Jones, J. F. (1978). Reply to comments on "Arsenic contamination of water wells in Nova Scotia", *J. Am. Water Well Assoc.*, p. 707.
- Gray, D. J. (2003). Naturally occurring Cr 6+ in shallow groundwaters of the Yilgarn Craton, Western Australia. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. doi:10.1144/1467-7873/03-012
- Graziano, C., & Hamilton, R. J. (2018). Toxicity, Arsenic. *eMedicine Journal [Online]* 2 (6). <http://www.emedicine.com/med/topic168.htm>. accessed Jan 2018.
- Grigorakou E., Dimitrakopoulos D., Koumantakis J., (2002) "Sensitivity analysis of parameters affecting the dewatering process of an open pit. Case study of South field, Greece", 4th International Conference on calibration and reliability in groundwater modeling-ModelCare2002" Prague 17-20 June 2002, pages 665-669
- Grove, J. H., & Ellis, B. G. (1980). Extractable Chromium as Related to Soil pH and Applied Chromium. *Soil Science Society of America Journal*, 44(2), 238. doi:10.2136/sssaj1980.03615995004400
- Guertin, J. (2004). Toxicity and health effects of chromium (all oxidation states). In: Guertin, J., Jacobs, J.A., Avakian, C.P. (Eds.), *Chromium (VI) Handbook*. CRC Press, USA, pp. 215–234 (Chapter 6).

- Gülaçar, O. F., & Delaloye, M. (1976). Geochemistry of nickel, cobalt and copper in alpine-type ultramafic rocks. *Chemical Geology*. doi:10.1016/0009-2541(76)90041-3
- Gulens, J., Champ, D. R., & Jackson, R. E. (1979). Influence of Redox Environments on the Mobility of Arsenic in Ground Water. doi:10.1021/bk-1979-0093.ch004
- Gunduz, O., Simsek, C., & Hasozbek, A. (2010). Arsenic pollution in the groundwater of Simav Plain, Turkey: Its impact on water quality and human health. *Water, Air, and Soil Pollution*. doi:10.1007/s11270-009-0055-3
- Guo, H., Liu, C., Lu, H., Wanty, R. B., Wang, J., & Zhou, Y. (2013). Pathways of coupled arsenic and iron cycling in high arsenic groundwater of the Hetao basin, Inner Mongolia, China: An iron isotope approach. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. doi:10.1016/j.gca.2013.02.031
- Guo, Q., Guo, H., Yang, Y., Han, S., & Zhang, F. (2014a). Hydrogeochemical contrasts between low and high arsenic groundwater and its implications for arsenic mobilization in shallow aquifers of the northern Yinchuan Basin, P.R. China. *Journal of Hydrology*. doi:10.1016/j.jhydrol.2014.06.026
- Guo, H., Wen, D., Liu, Z., Jia, Y., & Guo, Q. (2014b). A review of high arsenic groundwater in Mainland and Taiwan, China: Distribution, characteristics and geochemical processes. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2013.12.016
- Guo, H., Zhang, B., & Zhang, Y. (2011). Control of organic and iron colloids on arsenic partition and transport in high arsenic groundwaters in the Hetao basin, Inner Mongolia. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2010.12.009
- Gustafsson, J. P., Mwamila, L. B., & Kergoat, K. (2012). The pH dependence of phosphate sorption and desorption in Swedish agricultural soils. *Geoderma*, 189–190, 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.05.014>
- Gyftoulas, A., Melas, E., Stamatis, G., & Tsiros, I. (2017). Hydrogeological and hydrochemical investigation of the aquifer system in Psachna valley (W. Evia). 11th international hydrogeological congress of Greece, 4-7 October, English volume, pp. 243–252, Athens, Greece.
- Haenel-Rémy S., & Bébien, J. (1985). The Oreokastro ophiolite (Greek Macedonia): an important component of the innermost Hellenic ophiolite belt. *Ophioliti*, 10, pp. 279-296.
- Haldar, S.K., & Tišljarić, J. (2014). *Introduction to Mineralogy and Petrology*. Elsevier. p. 116. ISBN 978-0-12-408133-8.
- Halim, M.A., Majumder, R.K., Nessa, S.A., Oda, K., Hiroshiro, Y., Saha, B.B., Hassain, S.M., Latif, S.A., Islam, M.A., & Jinno, K. (2009). Groundwater contamination with arsenic in Sherajdikhan, Bangladesh: Geochemical and hydrological implications. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-008-1493-8
- Han, G., & Liu, C. Q. (2004). Water geochemistry controlled by carbonate dissolution: A study of the river waters draining karst-dominated terrain, Guizhou Province, China. *Chemical Geology*. doi:10.1016/j.chemgeo.2003.09.009
- Haque, S. E., & Johannesson, K. H. (2006a). Concentrations and speciation of arsenic along a

- groundwater flow-path in the Upper Floridan aquifer, Florida, USA. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-006-0202-8
- Haque, S., & Johannesson, K. H. (2006b). Arsenic concentrations and speciation along a groundwater flow path: The Carrizo Sand aquifer, Texas, USA. *Chemical Geology*. doi:10.1016/j.chemgeo.2005.11.019
- Haque, S., Ji, J., & Johannesson, K. H. (2008). Evaluating mobilization and transport of arsenic in sediments and groundwaters of Aquia aquifer, Maryland, USA. *Journal of Contaminant Hydrology*. doi:10.1016/j.jconhyd.2008.03.003
- Harvey C. F., Swartz C. H., Badruzzaman A. B. M., KeonBlute N., Yu W., Ali M. A., Jay J., Beckie R., Niedan V., Brabander O., Gates P. M., Ashfaque K. N., Islam S., Hemond H. F., & Ahmed M. F. (2002). Arsenic mobility and groundwater extraction in Bangladesh. *Science*. doi:10.1126/science.1076978
- Hatzipanagiotou, K. (1983). Die oberste Einheit 32 K. HATZIPANAGIOTOU and B. TSIKOURAS des siid-agaischen Deckenstapels auf Rhodos und Karpathos (Dodekanes/Griechenland): Relikte eines Ophiolith-Komplexes. Dissertation, TU Braunschweig, 163 p.
- Hatzipanagiotou, K. (1988). Einbindung der obersten Einheit von Rhodos und Karpathos (Griechenland) in der alpinischen Ophiolith-Gürtel. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*. Abhandlungen 176, 395–442.
- Hatzipanagiotou, K. (1991). K-Ar dating of ophiolites from Rhodes and Karpathos islands, Dodekanese, Greece. *Geologica Balcanica*, 21/5, 69-76
- Hausladen, D. M., Alexander-Ozinskas, A., McClain, C., & Fendorf, S. (2018). Hexavalent Chromium Sources and Distribution in California Groundwater. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/acs.est.7b06627
- He, S., & Wu, J. (2018). Hydrogeochemical Characteristics, Groundwater Quality, and Health Risks from Hexavalent Chromium and Nitrate in Groundwater of Huanhe Formation in Wuqi County, Northwest China. *Exposure and Health*. doi:10.1007/s12403-018-0289-7
- Hem, D. (1985). Study and Interpretation the Chemical of Natural of Characteristics Water. USGS Science for a changing world, U.S Geological Survey Water-Supply Paper-2254. doi:10.1118/1.596347
- Hermann, R., & Neumann-Mahlkau, P. (1985). The mobility of zinc, cadmium, copper, lead, iron and arsenic in ground water as a function of redox potential and pH. *Science of the Total Environment*, The. doi:10.1016/0048-9697(85)90027-0
- Hess, P. C. (1989). *Origins of Igneous Rocks*. Harvard University Press: Cambridge, p 336.
- Hjelmar, O. (1990). Leachate from land disposal of coal fly ash. *Waste Management & Research*, 8, 429–449. <https://doi.org/10.1177/0734242X9000800170>.
- Hodson, M. E. (2004). Heavy metals - Geochemical bogey men? *Environmental Pollution*. doi:10.1016/j.envpol.2003.11.003
- Holman, I. P., Whelan, M. J., Howden, N. J. K., Bellamy, P. H., Willby, N. J., Rivas-Casado, M., &

- McConvey, P. (2008). Phosphorus in groundwater - An overlooked contributor to eutrophication? *Hydrological Processes*, 22(26), 5121–5127. <https://doi.org/10.1002/hyp.7198>
- Homoncik, S. C., MacDonald, A. M., Heal, K. V., Ó Dochartaigh, B. É., & Ngwenya, B. T. (2010). Manganese concentrations in Scottish groundwater. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.02.017
- Hood, R. D. (1972). Effects of sodium arsenite on fetal development. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. doi:10.1007/BF01684401
- Hounslow, A. W. (2018). Water quality data: Analysis and interpretation. *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*. doi:10.1201/9780203734117
- Hunter, W.C., & Roberts, J.M. (1932). Experimental study of the effects of potassium bichromate on the monkey's kidney. *American Journal of Pathology*, 9, 133–147.
- Hynes, A.J., Nisbet, E.G., Smith, A.G., Welland, M.J.P. & Rex, D.C. (1972). Spreading and emplacement ages of some ophiolites in the Othris region (eastern central Greece). *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft Band 123*, 455-468.
- Institute of Geology and Mineral Exploration (IGME), (1983). Geological map of Greece 1:500000, Department of Geological Maps, Athens.
- Izbicki, J. A., Ball, J. W., Bullen, T. D., & Sutley, S. J. (2008). Chromium, chromium isotopes and selected trace elements, western Mojave Desert, USA. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2007.11.015
- Izbicki, J. A., Bullen, T. D., Martin, P., & Schroth, B. (2012). Delta Chromium-53/52 isotopic composition of native and contaminated groundwater, Mojave Desert, USA. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2011.12.019
- Izbicki, J. A., Wright, M. T., Seymour, W. A., McCleskey, R. B., Fram, M. S., Belitz, K., & Esser, B. K. (2015). Cr(VI) occurrence and geochemistry in water from public-supply wells in California. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2015.08.007
- Izquierdo, M., Koukouzas, N., Toulou, S., Panopoulos, K. D., Querol, X., & Itskos, G. (2011). Geochemical controls on leaching of lignite-fired combustion by-products from Greece. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2011.04.013
- Izquierdo, M., & Querol, X. (2012). Leaching behaviour of elements from coal combustion fly ash: an overview. *International Journal of Coal Geology*, 94, 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.10.006>.
- Jacobs, J., & Testa, S. M. (2004). Overview of Chromium(VI) in the Environment: Background and History. www.grac.org
- Jacobshagen, V., Risch, H., & Roeder, D. (1976). Die eohellenische Phase, Definition und Interpretation: *Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesell*, v. 127, p. 133-145.
- Jahangir, M. M. R., Johnston, P., Khalil, M. I., & Richards, K. G. (2012). Linking hydrogeochemistry to nitrate abundance in groundwater in agricultural settings in Ireland. *Journal of Hydrology*. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.04.054

- Jalali, M. (2009). Geochemistry characterization of groundwater in an agricultural area of Razan, Hamadan, Iran. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-008-1245-9
- James, H.L. (1966). Chemistry of the iron-rich sedimentary rocks. *Data of Geochemistry*. USGS Prof. Pap. 440-W
- James, B. R., Petura, J. C., Vitale, R. J., & Mussoline, G. R. (1997). Oxidation-reduction chemistry of chromium: Relevance to the regulation and remediation of chromate-contaminated soils. *Soil and Sediment Contamination*. doi:10.1080/15320389709383590
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin*.
- Jia, Y., Xi, B., Jiang, Y., Guo, H., Yang, Y., Lian, X., & Han, S. (2018). Distribution, formation and human-induced evolution of geogenic contaminated groundwater in China: A review. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.06.201
- Jiao, W., Chen, W., Chang, A. C., & Page, A. L. (2012). Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: A review. *Environmental Pollution*. doi:10.1016/j.envpol.2012.03.052
- Jolliffe, I.T., & Cadima, J. (2016) Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences* doi: 10.1098/rsta.2015.0202
- Jones, D. E. H., & Ledingham, K. W. D. (1982). Arsenic in Napoleon's wallpaper. *Nature*. doi:10.1038/299626a0
- Jones, G., & Robertson, A. H. F. (1991). Tectono-stratigraphy and evolution of the Mesozoic Pindos ophiolite and related units, northwestern Greece. *Journal of the Geological Society*. doi:10.1144/gsjgs.148.2.0267
- Kaiser, H. F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*. doi:10.1007/BF02289233
- Kaiser, H.F. (1970). A second generation little jiffy. *Psychometrika*, 35(4):401–415.
- Kaitantzian, A., Kelepertzis, E., & Kelepertsis, A. (2013). Evaluation of the sources of contamination in the Suburban area of Koropi-Markopoulo, Athens, Greece. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. doi:10.1007/s00128-013-1023-6
- Kampouroglou, E. E., & Economou-Eliopoulos, M. (2017). Assessment of arsenic and associated metals in the soil-plant-water system in Neogene basins of Attica, Greece. *Catena*. doi:10.1016/j.catena.2016.11.018
- Kantiranis, N., Georgakopoulos, A., Filippidis, A. & Drakoulis, A. (2004). Mineralogy and organic matter content of bottom ash samples from Agios Dimitrios power plant, Greece, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. 36, pp. 320-326. doi: 10.12681/bgsg.16673
- Kaprara, E., Kazakis, N., Simeonidis, K., Coles, S., Zouboulis, A. I., Samaras, P., & Mitrakas, M. (2015). Occurrence of Cr(VI) in drinking water of Greece and relation to the geological background. *Journal of Hazardous Materials*. doi:10.1016/j.jhazmat.2014.06.084
- Katsoyiannis, I. A., Hug, S. J., Ammann, A., Zikoudi, A., & Hatziliontos, C. (2007). Arsenic

- speciation and uranium concentrations in drinking water supply wells in Northern Greece: Correlations with redox indicative parameters and implications for groundwater treatment. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2007.04.035
- Katsoyiannis, I. A., & Katsoyiannis, A. A. (2006). Arsenic and other metal contamination of groundwaters in the industrial area of Thessaloniki, Northern Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-006-9204-y
- Katz, S. A., & Salem, H. (1994). *The Biological and Environmental Chemistry of Chromium*. VCH Publishers, Inc., New York.
- Kazakis, N., Kantiranis, N., Kalaitzidou, K., Kaprara, M., Mitrakas, M., Frei, R., Vargemezis, G., Tsourlos, P., Zouboulis, A., & Filippidis, A. (2017). Origin of hexavalent chromium in groundwater: The example of Sarigkiol Basin, Northern Greece. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.03.128
- Kazakis, N., Kantiranis, N., Kaprara, M., Mitrakas, M., Vargemezis, G., Voudouris, K., Chatzipetros, A., Kalaitzidou, K., & Filippidis, A. (2016). Potential toxic elements (PTES) in ground and spring waters, soils and sediments: an interdisciplinary study in Anthemountas basin, N. Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 50(4), 2171-2181. doi:http://dx.doi.org/10.12681/bgsg.14270
- Kazakis, N., Kantiranis, N., Voudouris, K. S., Mitrakas, M., Kaprara, E., & Pavlou, A. (2015). Geogenic Cr oxidation on the surface of mafic minerals and the hydrogeological conditions influencing hexavalent chromium concentrations in groundwater. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.01.080
- Kelepertzis, A., Alexakis, D., & Skordas, K. (2006). Arsenic, antimony and other toxic elements in the drinking water of Eastern Thessaly in Greece and its possible effects on human health. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-006-0188-2
- Kelepertzis, E. (2014). Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: Insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma*. doi:10.1016/j.geoderma.2014.01.007
- Kelepertzis, E., Argyraki, A., & Daftsis, E. (2011). Factors controlling major ion and trace element content in surface water at Asprolakkas hydrological basin, NE Chalkidiki: Implications for elemental transport mechanisms. In *Advances in the Research of Aquatic Environment*. doi:10.1007/978-3-642-24076-8_21
- Kelepertzis, E., Argyraki, A., & Daftsis, E. (2012). Geochemical signature of surface water and stream sediments of a mineralized drainage basin at NE Chalkidiki, Greece: A pre-mining survey. *Journal of Geochemical Exploration*. doi:10.1016/j.gexplo.2011.12.006
- Kelepertzis, E., Galanos, E., & Mitsis, I. (2013). Origin, mineral speciation and geochemical baseline mapping of Ni and Cr in agricultural topsoils of Thiva Valley (central Greece). *Journal of Geochemical Exploration*. doi:10.1016/j.gexplo.2012.11.007
- Kelepertzis, E., Pyrgaki, K., Argyraki, A., Botsou, F., Boeckx, P., Megremi, I., Karavoltzos, S., & Dassenakis, M. (2019). Application of dual isotopes ($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$) to determine nitrate contamination sources in Cr(VI)-impacted groundwater of central Greece aquifers. 15th International Congress of the Geological Society of Greece, Athens, Greece.

- Khan, M. A., & Ho, Y. S. (2011). Arsenic in drinking water: A review on toxicological effects, mechanism of accumulation and remediation. *Asian Journal of Chemistry*.
- Khan, M. N., Mobin, M., Abbas, Z. K., & Alamri, S. A. (2017). Fertilizers and Their Contaminants in Soils, Surface and Groundwater. In *Encyclopedia of the Anthropocene*. doi:10.1016/b978-0-12-809665-9.09888-8
- Kim, M. J., Nriagu, J., & Haack, S. (2003). Arsenic behavior in newly drilled wells. In *Chemosphere*. doi:10.1016/S0045-6535(03)00244-3
- Kleber, R. J., & Helz, G. R. (1992). Indirect Photoreduction of Aqueous Chromium(VI). *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es00026a010
- Klüning, U. K., Bielski, B. H. J., & Sehested, K. (1989). Arsenic(IV). A Pulse-Radiolysis Study. *Inorganic Chemistry*. doi:10.1021/ic00313a007
- Koilakos, D. I. (2017). Aspects of hexavalent chromium pollution of thebes plain aquifer, Boeotia, Greece. *Water (Switzerland)*. doi:10.3390/w9080611
- Konstantopoulou, G., & Economou-Eliopoulos, M. (1991). Distribution of platinum-group elements and gold within the Vourinos chromitite ores, Greece. *Economic Geology*. doi:10.2113/gsecongeo.86.8.1672
- Korte, N. E., & Fernando, Q. (1991). A review of arsenic (III) in groundwater. *Critical Reviews in Environmental Control*, 21(1), 1–39. doi:10.1080/10643389109388408
- Kotaś, J., & Stasicka, Z. (2000). Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. *Environmental Pollution*. doi:10.1016/S0269-7491(99)00168-2
- Koukoulas, N., Vasilatos, C., Itskos, G., Mitsis, I., & Moutsatsou, A. (2010). Removal of heavy metals from wastewater using CFB-coal fly ash zeolitic materials. *Journal of Hazardous Materials*. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.08.126
- Kožuh, N., Štupar, J., & Gorenc, B. (2000). Reduction and oxidation processes of chromium in soils. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es981162m
- Kratz, S., Schick, J., & Schnug, E. (2016). Trace elements in rock phosphates and P containing mineral and organo-mineral fertilizers sold in Germany. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.08.046
- Krüger, O., Fiedler, F., Adam, C., Vogel, C., & Senz, R. (2017). Determination of chromium (VI) in primary and secondary fertilizer and their respective precursors. *Chemosphere*. doi:10.1016/j.chemosphere.2017.05.011
- Lamadrid, H. M., Rimstidt, J. D., Schwarzenbach, E. M., Klein, F., Ulrich, S., Dolocan, A., & Bodnar, R. J. (2017). Effect of water activity on rates of serpentinization of olivine. *Nature Communications*. doi:10.1038/ncomms16107
- Lee, G., & Hering, J. G. (2003). Removal of chromium(VI) from drinking water by redox-assisted coagulation with iron(II). *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, 52(5), 319–332. <https://doi.org/10.2166/aqua.2003.0030>
- Lee, C.-P., Hsu, P.-Y., & Su, C.-C. (2019). Increased prevalence of Sjogren's syndrome in where soils contain high levels of chromium. *Science of The Total Environment*, 657, 1121–

1126.doi:10.1016/j.scitotenv.2018.12.122

- Lelli, M., Grassi, S., Amadori, M., & Franceschini, F. (2014). Natural Cr(VI) contamination of groundwater in the Cecina coastal area and its inner sectors (Tuscany, Italy). *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-013-2776-2
- Lieberman, H. (1941). Chrome ulcerations of the nose and throat, *New England Journal of Medicine*, 225, 132–133.
- Liesch, T., Hinrichsen, S., & Goldscheider, N. (2015). Uranium in groundwater - Fertilizers versus geogenic sources. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.05.133
- Lilli, M. A., Nikolaidis, N. P., Karatzas, G. P., & Kalogerakis, N. (2019). Identifying the controlling mechanism of geogenic origin chromium release in soils. *Journal of Hazardous Materials*. doi:10.1016/j.jhazmat.2018.11.090
- Liu, C., Hystad, G., Golden, J. J., Hummer, D. R., Downs, R. T., Morrison, S. M., Ralph, J., & Hazen, R. M. (2017). Chromium mineral ecology. *American Mineralogist*, 102(3), 612–619. <https://doi.org/10.2138/am-2017-5900>
- Liu, C.W., Lin, K.H., & Kuo, Y.M., (2003). Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Sci. Total Environ*. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00683-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00683-6)
- Louloudis, G., Stathopoulos, N., & Dimitrakopoulos, D. (2017). Groundwater flow simulation via mathematical modeling and drainage planning of mavropigi mining site. 11th International Hydrogeological Congress of Greece. Athens
- Lu, K.L., Liu, C.W., Wang, S.W., Jang, C.S., Lin, K.H., Liao, V.H.C., Liao, C.M., & Chang, F.J. (2010). Primary sink and source of geogenic arsenic in sedimentary aquifers in the southern Choushui River alluvial fan, Taiwan. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2010.02.001
- MacLeod, C.L., Barringer, T.H., Vowinkel, E.F., & Price, C.V. (1995). Relation of Nitrate Concentrations in Ground Water to Well Depth, Well Use, and Land Use in Franklin Township. Gloucester County, New Jersey, 1970–85. U.S. Geological Survey, Water Resources Investigations Report 94-4174.
- Madrid, L. (2010). “Heavy metals”: Reminding a long-standing and sometimes forgotten controversy. *Geoderma*. doi:10.1016/j.geoderma.2009.11.031
- Magganas, A., Sideris, C., & Kokkinakis, A. (1991). Marginal basin-volcanic arc origin of metabasic rocks of the Circum-Rhodope Belt, Thrace, Greece. *Mineralogy and Petrology*. doi:10.1007/BF01166965
- Mahanta, C., Enmark, G., Nordborg, D., Sracek, O., Nath, B., Nickson, R.T., Herbert, R., Jacks, G., Mukherjee, A., & Ramanathan, A. (2015). Hydrogeochemical controls on mobilization of arsenic in groundwater of a part of Brahmaputra river floodplain, India. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. doi:10.1016/j.ejrh.2015.03.002
- Mandel, S., & Shiftan, Z. L. (1981). *Groundwater resources investigation and development*. Academic Press Inc. New York.

- Manning, A. H., Mills, C. T., Morrison, J. M., & Ball, L. B. (2015). Insights into controls on hexavalent chromium in groundwater provided by environmental tracers, Sacramento Valley, California, USA. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2015.05.010
- Margiotta, S., Mongelli, G., Summa, V., Paternoster, M., & Fiore, S. (2012). Trace element distribution and Cr(VI) speciation in Ca-HCO₃ and Mg-HCO₃ spring waters from the northern sector of the Pollino massif, southern Italy. *Journal of Geochemical Exploration*. doi:10.1016/j.gexplo.2012.01.006
- Marques, J. M., Carreira P. M., MCarvalho M. R., Jatias M. J., Goff F. E., Basto M. J., Graca R. C., Aires-Barros L., & Rocha L. (2008). Origins of high pH mineral waters from ultramafic rocks, Central Portugal. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2008.06.029
- Matschullat, J. (2000). Arsenic in the geosphere - A review. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/S0048-9697(99)00524-0
- Mason, B., & Moore, C. B. (1982). *Principles of geochemistry* (4th ed.). New York: Wiley.
- McArthur J. M., Banerjee D. M., Hudson-Edwards K. A., Mishra R., Purohit R., Ravenscroft P., Cronin A., Howarth R. J., Chatterjee A., Talukder T., Lowry D., Houghton S., & Chadha D. K. (2004). Natural organic matter in sedimentary basins and its relation to arsenic in anoxic ground water: The example of West Bengal and its worldwide implications. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2004.02.001
- McClain, C. N., Fendorf, S., Webb, S. M., & Maher, K. (2017). Quantifying Cr(VI) Production and Export from Serpentine Soil of the California Coast Range. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/acs.est.6b03484
- Mechtensimer, S., & Toor, G. S. (2017). Septic systems contribution to phosphorus in shallow groundwater: Field-scale studies using conventional drainfield designs. *PLoS ONE*. doi:10.1371/journal.pone.0170304
- Meeroff, D. E., Bloetscher, F., Bocca, T., & Morin, F. (2008). Evaluation of water quality impacts of on-site treatment and disposal systems on urban coastal waters. *Water, Air, and Soil Pollution*. doi:10.1007/s11270-008-9630-2
- Megremi, I. (2010). Distribution and bioavailability of Cr in central Euboea, Greece. *Central European Journal of Geosciences*. doi:10.2478/v10085-009-0042-3
- Megremi, I., Vasilatos, Ch., Atsarou, A., Theodoratou, Ch., Economou-Eliopoulos, M., & Mitsis, I., (2013). Geochemical evidences for the sources of the Cr(VI) contamination in groundwater in central Euboea and Assopos-Thiva basins, Greece. *Natural versus Anthropogenic Origin, European Water* (41), 23–34.
- Megremi, I., Vasilatos, C., Vassilakis, E., & Economou-Eliopoulos, M. (2019). Spatial diversity of Cr distribution in soil and groundwater sites in relation with land use management in a Mediterranean region: The case of C. Evia and Assopos-Thiva Basins, Greece. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.186
- Meinikmann, K., Lewandowski, J., & Hupfer, M. (2015). Phosphorus in groundwater discharge - A potential source for lake eutrophication. *Journal of Hydrology*. doi:10.1016/j.jhydrol.2015.02.031

- Metaxas, A., Karageorgiou, D.E., Varvarousis, G., Kotis, Th., Ploumidis, M., & Papanikolaou, G. (2007). Geological evolution-stratigraphy of Florina, Ptolemaida, Kozani and Saradaporo graben. *Bulletin of Geological Society of Greece*, XXXX, (1), 161-172.
- Meybeck, M. (1987). Global chemical weathering of surficial rocks estimated from river dissolved loads. *American Journal of Science*. doi:10.2475/ajs.287.5.401
- Michener, R.H.E., & Lajtha, K.E. (2007). In: Kendall, C., Elliott, E.M., Wankel, S.D. (Eds.), *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Publishing, Hoboken, New Jersey (375-449 p).
- Mills, C. T., & Goldhaber, M. B. (2012). Laboratory investigations of the effects of nitrification-induced acidification on Cr cycling in vadose zone material partially derived from ultramafic rocks. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.06.054
- Mills, C. T., Morrison, J. M., Goldhaber, M. B., & Ellefsen, K. J. (2011). Chromium(VI) generation in vadose zone soils and alluvial sediments of the southwestern Sacramento Valley, California: A potential source of geogenic Cr(VI) to groundwater. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2011.05.023
- Misra, K.C. (2018). *Εισαγωγή στη γεωχημεία: Αρχές και εφαρμογές, επιμέλεια: Αργυράκη Α., Στουραϊτή Χ., Εκδόσεις Πεδίο, Αθήνα*. ISBN 978-960-546-732-6
- Modaihsh, A., Al-Swailem, M., & Mahjoub, M. (2004). Heavy metals content of commercial inorganic fertilizers used in the Kingdom of Saudi Arabia. *Agricultural and Marine Sciences*, 9, 21–25.
- Mok, W. M., & Wai, C. M. (1990). Distribution and Mobilization of Arsenic and Antimony Species in the Coeur D'Alene River, Idaho. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es00071a012
- Molina, M., Aburto, F., Calderón, R., Cazanga, M., & Escudey, M. (2009). Trace element composition of selected fertilizers used in Chile: Phosphorus fertilizers as a source of long-term soil contamination. *Soil and Sediment Contamination*. doi:10.1080/15320380902962320
- Moore, E.M. (1969). Petrology and structure of Vourinos ophiolitic complex of northern Greece, *Geol. Soc. Amer.*, Sp. Paper, 118.
- Moraki, A. (2010). Assessment of the groundwater contamination by hexavalent chromium and its remediation at the Avlida area, Central Greece. *Hellenic Journal of Geosciences* 45, 175-184.
- Moretti, I., Sakellariou, D., Lykousis, V., & Micarelli, L. (2003). The Gulf of Corinth: An active half graben? *Journal of Geodynamics*. doi:10.1016/S0264-3707(03)00053-X
- Morrison, G. M. P., Batley, G. E., & Florence, T. M. (1989). Metal speciation and toxicity, *Chem. Br.*, 25, 791.
- Morrison, J. M., Goldhaber, M. B., Lee, L., Holloway, J. A. M., Wanty, R. B., Wolf, R. E., & Ranville, J. F. (2009). A regional-scale study of chromium and nickel in soils of northern California, USA. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2009.04.027

- Mountrakis, D. (1986). The Pelagonian Zone in Greece: A Polyphase-Deformed Fragment of the Cimmerian Continent and Its Role in the Geotectonic Evolution of the Eastern Mediterranean. *The Journal of Geology*. doi:10.1086/629033
- Mukherjee, A., Sengupta, M. K., Hossain, M. A., Ahamed, S., Das, B., Nayak, B., Lodh, D., Rahman, M. M., & Chakraborti, D. (2006). Arsenic contamination in groundwater: a global perspective with emphasis on the Asian scenario. *Journal of health, population, and nutrition*.
- Mushtaq, N., Younas, A., Mashiatullah, A., Javed, T., Ahmad, A., & Farooqi, A. (2018). Hydrogeochemical and isotopic evaluation of groundwater with elevated arsenic in alkaline aquifers in Eastern Punjab, Pakistan. *Chemosphere*. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.02.154
- Mussallam, K. (1991). Geology, Geochemistry, and the Evolution of an Oceanic Crustal Rift at Sithonia, NE Greece. doi:10.1007/978-94-011-3358-6_34
- Nacke, H., Gonçalves, A. C., Schwantes, D., Nava, I. A., Strey, L., & Coelho, G. F. (2013). Availability of heavy metals (Cd, Pb, and Cr) in agriculture from commercial fertilizers. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. doi:10.1007/s00244-012-9867-z
- Nakayama, E., Kuwamoto, T., Tsurubo, S., Tokoro, H., & Fujinaga, T. (1981). Chemical speciation of chromium in sea water. Part 1. Effect of Naturally Occurring Organic Materials on the Complex Formation of Chromium(III). *Analytica Chimica Acta*. doi:10.1016/S0003-2670(01)93006-5
- Nanos, N., Grigoratos, T., Rodríguez Martín, J. A., & Samara, C. (2015). Scale-dependent correlations between soil heavy metals and As around four coal-fired power plants of northern Greece. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. doi:10.1007/s00477-014-0991-3
- Nath, B., Stüben, D., Mallik, S. B., Chatterjee, D., & Charlet, L. (2008). Mobility of arsenic in West Bengal aquifers conducting low and high groundwater arsenic. Part I: Comparative hydrochemical and hydrogeological characteristics. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2007.11.016
- National Research Council, (1999). Identifying future drinking water contaminants, National Academy Press, Washington, DC. p. 22–32.
- National Toxicology Program (NTP), (2007). Toxicity Studies of Sodium Dichromate Dihydrate (CAS No. 7789-12-0) Administered in Drinking Water to Male and Female F344/N Rats and B6C3F1 Mice and Male BALB/c and am3-C57BL/6 Mice. Toxicity Report Series No. 72. NIH Publication No. 07-5964. National Institutes of Health, Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Research Triangle Park, NC
- Neal, C., & Stanger, G. (1983). Hydrogen generation from mantle source rocks in Oman. *Earth and Planetary Science Letters*. doi:10.1016/0012-821X(83)90144-9
- Nesbit, H. W., & Wilson, R. E. (1992). Recent chemical weathering of basalts. *American Journal of Science*. doi:10.2475/ajs.292.10.740

- Nickson, R. T., McArthur, J. M., Ravenscroft, P., Burgess, W. G., & Ahmed, K. M. (2000). Mechanism of arsenic release to groundwater, Bangladesh and West Bengal. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/S0883-2927(99)00086-4
- Nicolli, H. B., Bundschuh, J., Blanco, M. del C., Tujchneider, O. C., Panarello, H. O., Dapeña, C., & Rusansky, J. E. (2012). Arsenic and associated trace-elements in groundwater from the Chaco-Pampean plain, Argentina: Results from 100years of research. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.04.048
- Nicolli, H. B., Suriano, J. M., Gomez Peral, M. A., Ferpozzi, L. H., & Baleani, O. A. (1989). Groundwater contamination with arsenic and other trace elements in an area of the pampa, province of Córdoba, Argentina. *Environmental Geology and Water Sciences*. doi:10.1007/BF01740581
- Nieboer, E., & Richardson, D. H. S. (1980). The replacement of the nondescript term “heavy metals” by a biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environmental Pollution. Series B, Chemical and Physical*. doi:10.1016/0143-148X(80)90017-8
- Nordstrom, D. K. (2002). *Worldwide Occurrences of Arsenic in Ground Water*. Science (New York, N.Y.). doi:10.1126/science.1072375
- Novak, M., Chrastny, V., Cadkova, E., Farkas, J., Bullen, T., Tylcer, J., Szurmanova, Z., Cron, M., Prechova, E., & Curik J. (2014). Common occurrence of a positive $\delta^{53}\text{Cr}$ shift in central european waters contaminated by geogenic/industrial chromium relative to source values. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es405615h
- Nriagu, J.O. (1988). Production and uses of chromium. In J.O. Nriagu and E. Nieboer (Eds.), *Chromium in the natural and human environments* (Vol. 20, pp. 81–103). New York, NY: Wiley Interscience.
- Nriagu, J. O., Bhattacharya, P., Mukherjee, A. B., Bundschuh, J., Zevenhoven, R., & Loeppert, R. H. (2007). Arsenic in soil and groundwater: an overview. *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*. doi:10.1016/S1875-1121(06)09001-8
- Nziguheba, G., & Smolders, E. (2008). Inputs of trace elements in agricultural soils via phosphate fertilizers in European countries. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2007.09.031
- Ouyang, Y., & Zhang, J. E. (2012). Quantification of shallow groundwater nutrient dynamics in septic areas. *Water, Air, and Soil Pollution*. doi:10.1007/s11270-012-1100-1
- Oze, C., Bird, D. K., & Fendorf, S. (2007). Genesis of hexavalent chromium from natural sources in soil and groundwater. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi:10.1073/pnas.0701085104
- Oze, C., Fendorf, S., Bird, D. K., & Coleman, R. G. (2004). Chromium Geochemistry of Serpentine Soils. *International Geology Review*. doi:10.2747/0020-6814.46.2.97
- Palmer, C. D., & Puis, R. W. (1994). Natural Attenuation of Hexavalent Chromium in Groundwater and Soils. In EPA Environmental Assessment Sourcebook. doi:10.1111/j.1745-6592.1987.tb01071.x

- Panno, S. V., Kelly, W. R., Martinsek, A. T., & Hackley, K. C. (2006). Estimating background and threshold nitrate concentrations using probability graphs. *Ground Water*. doi:10.1111/j.1745-6584.2006.00240.x
- Papadopoulos, K., & Lappas, I. (2014). Groundwater quality degradation due to Cr⁶⁺ presence in Schinos area, prefecture of Corinth, Central Greece. 10th International Hydrogeological Congress of Greece, Thessaloniki.
- Papazotos, P., Vasileiou, E., & Perraki, M. (2019a). The synergistic role of agricultural activities in groundwater quality in ultramafic environments: the case of the Psachna basin, central Euboea, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-019-7430-3
- Papazotos, P., Polychroni, I., Vasileiou, E., & Perraki, M. (2019b). Leave-one-out cross validation method in hydrogeochemistry using GIS: A case study of Schinos village, NE Peloponnese, Greece. Proceedings of the 15th International Congress of the Geological Society of Greece, Athens, May 2019.
- Papazotos, P., Vasileiou, E., Perraki, M. (2020). Elevated concentrations of arsenic and chromium in groundwater in ultramafic environments, controlled by seawater intrusion and the nitrogen cycle: the case of the Gerania Mountains, NE Peloponnese, Greece. *Applied Geochemistry*. (Accepted subject under major revisions)
- Petrotou, A., Skordas, K., Papastergios, G., & Filippidis, A. (2012). Factors affecting the distribution of potentially toxic elements in surface soils around an industrialized area of northwestern Greece. *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-011-1127-4
- Pichel, L., Butler, G. C. & Hoffman, I. (1976). Effect of Chromium in the Canadian Environment. National Research Council, Ottawa.
- Pomonis, P., Tsikouras, B., & Hatzipanagiotou, K. (2007). Petrogenetic evolution of the Koziakas ophiolite complex (W. Thessaly, Greece). *Mineralogy and Petrology*. doi:10.1007/s00710-006-0138-4
- Pourbaix, M. (1966). Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions (English edition). Pergamon press, Oxford.
- Pourret, O. (2018). On the necessity of banning the term “heavy metal” from the scientific literature. *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su10082879
- Pourret, O., & Bollinger, J. C. (2018). “‘Heavy Metals’ - What to do now: To use or not to use? (Letter to the Editor)” ; *Science of the Total Environment* 610–611, 419–420.
- Pyrgaki, K., Argyraki, A., Kelepertzis, E., Botsou, F., Megremi, I., Karavoltzos, S., Dassenakis, E., Mpouras, T., & Dermatas, D. (2020). A DPSIR Approach to Selected Cr(VI) Impacted Groundwater Bodies of Central Greece. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02889-8>
- Pyrgaki, K., Argyraki, A., Kelepertzis, E., Paraskevopoulou, V., Botsou, F., Dassenakis, E., Mitsis, I., & Skourtsos, E. (2016). Occurrence of hexavalent chromium in the ophiolite related aquifers of Loutraki and Schinos Areas. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 50 (4), 2261-2270.

- Quantin, C., Ettler, V., Garnier, J., & Šebek, O. (2008). Sources and extractibility of chromium and nickel in soil profiles developed on Czech serpentinites. *Comptes Rendus - Geoscience*. doi:10.1016/j.crte.2008.07.013
- Rai D., Zachara J. M., Eary L. E., Girvin D. C., Moore D. A., Resch C. T., Sass B. M., & Schmidt R. L. (1986). Geochemical behavior of chromium species. Interim Report EPRI EA-4544, EPRI, Palo Alto, Calif.
- Rai, D., Zachara J. M., Eary L. E., Ainsworth C. C., Amonette J. E., Cowan C. E., Szelmezcza R. W., Resch C. T., Schmidt R. L., Girvin D. C., & Smith S. C. (1988). Chromium Reactions in Geologic Materials. Electric Power Research Institute, Palo Alto, California, EA-5741
- Rajapaksha, A. U., Vithanage, M., Ok, Y. S., & Oze, C. (2013). Cr(VI) formation related to Cr(III)-muscovite and birnessite interactions in ultramafic environments. *Environmental Science and Technology*. doi:10.1021/es4015025
- Rajmohan, N., & Elango, L. (2004). Identification and evolution of hydrogeochemical processes in the groundwater environment in an area of the Palar and Cheyyar River Basins, Southern India. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-004-1012-5
- Rakhunde, R., Deshpande, L., & Juneja, H. D. (2012). Chemical speciation of chromium in water: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. doi:10.1080/10643389.2010.534029
- Rasool, A., Farooqi, A., Xiao, T., Masood, S., Kamran, M. A., & bibi, S. (2016). Elevated levels of arsenic and trace metals in drinking water of Tehsil Mailsi, Punjab, Pakistan. *Journal of Geochemical Exploration*. doi:10.1016/j.gexplo.2016.07.013
- Rassios, A., & Konstantopoulou, G. (1993). Emplacement tectonism and the position of chrome ores in the Mega Isoma peridotites, SW Othris, Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece* 28, 463–474.
- Rassios, A., & Smith, A. G. (2000). Constraints on the formation and emplacement age of western Greek ophiolites (Vourinos, Pindos, and Othris) inferred from deformation structures in peridotites. In *Special Paper 349: Ophiolites and oceanic crust: new insights from field studies and the Ocean Drilling Program*. doi:10.1130/0-8137-2349-3.473
- Ravenscroft P., Brammer H., & Richards K. (2009). *Arsenic Pollution: A Global Synthesis* (RGS-IBG Book Series, Wiley-Blackwell, Chichester, UK).
- Remoundaki, E., Vasileiou, E., Philippou, A., Perraki, M., Kousi, P., Hatzikioseyan, A., & Stamatis, G. (2016). Groundwater Deterioration: The Simultaneous Effects of Intense Agricultural Activity and Heavy Metals in Soil. In *Procedia Engineering*. doi:10.1016/j.proeng.2016.11.099
- Richard, F. C., & Bourg, A. C. M. (1991). Aqueous geochemistry of chromium: A review. *Water Research*. doi:10.1016/0043-1354(91)90160-R
- Ricou, L.E., Marcoux, J., & Whitechurch, H. (1984). The Mesozoic organization of the Taurides: one or several ocean basins? *Geol. Soc. London, Sp. Publ.*, 17, 349-359.
- Robertson, A. H. F. (1991a). Origin and emplacement of an inferred late Jurassic subduction-accretion complex, Euboea, eastern Greece. *Geological Magazine*.

doi:10.1017/s0016756800018021

- Robertson, A. H. F., Clift P. D., Degnan P., & Jones G. (1991b). Paleogeographic and paleotectonic evolution of eastern Mediterranean Neotethys: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 87, p. 289–344.
- Robertson, F. N. (1975). Hexavalent Chromium in the Ground Water in Paradise Valley, Arizona. *Groundwater*. doi:10.1111/j.1745-6584.1975.tb03621.x
- Robles-Camacho, J., & Armienta, M. (2000). Natural chromium contamination of groundwater at León Valley, México. *Journal of Geochemical Exploration*. doi:10.1016/S0375-6742(99)00083-7
- Rose, A. W., Hawkes, H. E., & Webb, J.S. (1979). *Geochemistry in mineral exploration*. 2nd edition. Academic Press, London. P. 657.
- Rose, S. (2002). Comparative major ion geochemistry of Piedmont streams in the Atlanta, Georgia region: Possible effects of urbanization. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s00254-002-0545-8
- Ryan, P. C., Kim, J., Wall, A. J., Moen, J. C., Corenthal, L. G., Chow, D. R., Sullivan C. M., & Bright, K. S. (2011). Ultramafic-derived arsenic in a fractured bedrock aquifer. *Applied Geochemistry*, 26(4), 444–457. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.01.004>
- Saccani, E., Photiades, A., Santato, A., & Zeda, O. (2008). New evidence for supra-subduction zone ophiolites in the Vardar Zone of Northern Greece: Implications for the tectono-magmatic evolution of the Vardar oceanic basin. *Ophioliti*.
- Salnikow, K., & Zhitkovich, A. (2008). Genetic and epigenetic mechanisms in metal carcinogenesis and cocarcinogenesis: Nickel, arsenic, and chromium. *Chemical Research in Toxicology*. doi:10.1021/tx700198a
- Santoro, A. E., 2010. Microbial nitrogen cycling at the saltwater-freshwater interface. *Hydrogeology Journal*, 18(1), 187–202. <https://doi.org/10.1007/s10040-009-0526-z>
- Schoeller, H. (1977). *Geochemistry of groundwater*. In: *Groundwater studies: an international guide for research and practice* (pp. 1–18). Paris: UNESCO
- Schroeder, D. C., & Lee, G. F. (1975). Potential transformations of chromium in natural waters. *Water, Air, and Soil Pollution*. doi:10.1007/BF00280721
- Schwertmann, U., & Latham, M. (1986). Properties of iron oxides in some new caledonian oxisols. *Geoderma*. doi:10.1016/0016-7061(86)90070-4
- Senesi, N., Polemio, M., & Lorusso, L. (1983). Evaluation of barium, rubidium and strontium contents in commercial fertilizers. *Fertilizer Research*. doi:10.1007/BF01053250
- Sengor, A. M. C. (1984). The Cimmeride orogenic system and the tectonics of Eurasia. *Geological Society of America, Special Paper*, 195.
- Shakoor, M. B., Bibi, I., Niazi, N. K., Shahid, M., Nawaz, M. F., Farooqi, A., Naidu, R., Rahman, M. M., Murtaza, G., & Lüttge, A. (2018). The evaluation of arsenic contamination potential, speciation and hydrogeochemical behaviour in aquifers of Punjab, Pakistan.

Chemosphere. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.02.002

- Shankar, S., Shanker, U., & Shikha. (2014). Arsenic contamination of groundwater: A review of sources, prevalence, health risks, and strategies for mitigation. *Scientific World Journal*. doi:10.1155/2014/304524
- Sharma, S. K., Petrusovski, B., & Amy, G. (2008). Chromium removal from water: A review. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*. doi:10.2166/aqua.2008.080
- Shimkin, M.B., & Leiter, J. (1940)., Induced pulmonary tumors in mice III, The role of chronic irritation in the production of pulmonary tumors in strain, A mice, *J. Natl. Cancer Inst.*, 1, 241–254.
- Singh, A. K., Raj, B., Tiwari, A. K., & Mahato, M. K. (2013). Evaluation of hydrogeochemical processes and groundwater quality in the Jhansi district of Bundelkhand region, India. *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-012-2209-7
- Singh, N., Singh, R. P., Kamal, V., Sen, R., & Mukherjee, S. (2014). Assessment of hydrogeochemistry and the quality of groundwater in 24-Parganas districts, West Bengal. *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-014-3431-2
- Škrbić, B., & Durišić-Mladenović, N. (2010). Chemometric interpretation of heavy metal patterns in soils worldwide. *Chemosphere*. doi:10.1016/j.chemosphere.2010.06.010
- Slooff, W., Cleven, R. F. M. G., Janus, J. A. & van der Poel, P. (1990). Integrated Criteria Document, Chromium. Report no 710401002. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.
- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/S0883-2927(02)00018-5
- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2017). Molybdenum in natural waters: a review of occurrence, distributions and controls. *Applied Geochemistry*, 84, 387–432. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.05.008>.
- Smedley, P. L., Nicolli, H. B., Macdonald, D. M. J., Barros, A. J., & Tullio, J. O. (2002). Hydrogeochemistry of arsenic and other inorganic constituents in groundwaters from La Pampa, Argentina. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/S0883-2927(01)00082-8
- Smith, A. G. (1971). Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82, 2039-2070.
- Smith, K.S. & Huyck, H.L.O. (1999). An overview of the abundance, relative mobility, bioavailability, and human toxicity of metals. In: Plumlee, G.S., Logsdon, J.J. (Eds.), *The Environmental Geo-chemistry of Mineral Deposits: Part A. Processes, Techniques, and Health Issues*. *Rev. Econ. Geol.*, 6A, pp. 29–70.
- Sonderegger, J. L., & Ohguchi, T. (1988). Irrigation related arsenic contamination of a thin, alluvial aquifer, Madison River Valley, Montana, U.S.A. *Environmental Geology and Water Sciences*, 11(2), 153–161. <https://doi.org/10.1007/BF02580451>
- Sø, H. U., Postma, D., Jakobsen, R., & Larsen, F. (2008). Sorption and desorption of arsenate

and arsenite on calcite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*.
doi:10.1016/j.gca.2008.09.023

- Spackman, L. K., Hartman, K. D., Harbour, J. D., & Essington, M. E. (1990). Adsorption of oxyanions by spent western oil shale: I. arsenate. *Environmental Geology and Water Sciences*. doi:10.1007/BF01705095
- Spadoni, M., Voltaggio, M., Sacchi, E., Sanam, R., Pujari, P. R., Padmakar, C., Labhasetwar, P. K., & Wate, S. R. (2014). Impact of the disposal and re-use of fly ash on water quality: The case of the koradi and khaperkheda thermal power plants (maharashtra, india). *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.01.111
- Srinivasa Rao, N., & Rajendra Prasad, P. (1997). Phosphate pollution in the groundwater of lower Vamsadhara river basin, India. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s002540050170
- Srivastava, S., & Sharma, Y. K. (2013). Arsenic occurrence and accumulation in soil and water of eastern districts of Uttar Pradesh, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-012-2920-6
- Stamatakis, M. G., & Mitsis, I. (2017). The occurrences of Mg-hydroxycarbonates in serpentinites of the western section of the South Aegean volcanic arc (West Attica peninsula-Northeastern Argolis peninsula), Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*. doi:10.12681/bgsg.11018
- Stamatis, G., Alexakis, D., Gamvroula, D., & Migiros, G. (2011). Groundwater quality assessment in Oropos-Kalamos basin, Attica, Greece. *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-011-0914-2
- Stanin, F., & Pirnie, M. (2004). *The transport and fate of Cr(VI) in the environment*, CRC Press, 161-212.
- Sthiannopkao, S., Kim, K. W., Sotham, S., & Choup, S. (2008). Arsenic and manganese in tube well waters of Prey Veng and Kandal Provinces, Cambodia. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2008.01.001
- Stollenwerk, K. G., & Grove, D. B. (1985). Adsorption and Desorption of Hexavalent Chromium in an Alluvial Aquifer Near Telluride, Colorado¹. *Journal of Environment Quality*. doi:10.2134/jeq1985.00472425001400010030x
- Stüben, D., Berner, Z., Chandrasekharam, D., & Karmakar, J. (2003). Arsenic enrichment in groundwater of West Bengal, India: Geochemical evidence for mobilization of As under reducing conditions. In *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/S0883-2927(03)00060-X
- Subramani, T., Rajmohan, N., & Elango, L. (2010). Groundwater geochemistry and identification of hydrogeochemical processes in a hard rock region, Southern India. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-009-0781-4
- Tack, F. M. G., & Verloo, M. G. (1995). Chemical speciation and fractionation in soil and sediment heavy metal analysis: A review. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. doi:10.1080/03067319508041330
- Tashakor, M., Modabberi, S., van der Ent, A., & Echevarria, G. (2018). Impacts of ultramafic

- outcrops in Peninsular Malaysia and Sabah on soil and water quality. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-018-6668-5
- Thompson, J. M. (1979). Arsenic and fluoride in the upper madison river system: Firehole and gibbon rivers and their tributaries, yellowstone national park, wyoming, and southeast montana. *Environmental Geology*. doi:10.1007/BF02423274
- Toumi, N., Hussein, B. H. M., Rafrafi, S., & El kassas, N. (2015). Groundwater quality and hydrochemical properties of Al-Ula Region, Saudi Arabia. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-014-4241-4
- Tsikouras, B., & Hatzipanagiotou, K. (2014). Petrogenetic evolution of an ophiolite fragment in an ensialic marginal basin, northern Aegean (Samothraki Island, Greece). *European Journal of Mineralogy*. doi:10.1127/ejm/10/3/0551
- Twarakavi, N. K. C., & Kaluarachchi, J. J. (2006). Arsenic in the shallow ground waters of conterminous United States: Assessment, health risks, and costs for MCL compliance. *Journal of the American Water Resources Association*. doi:10.1111/j.1752-1688.2006.tb03838.x
- Tyrovola, K., Nikolaidis, N. P., Veranis, N., Kallithrakas-Kontos, N., & Koulouridakis, P. E. (2006). Arsenic removal from geothermal waters with zero-valent iron-Effect of temperature, phosphate and nitrate. *Water Research*. doi:10.1016/j.watres.2006.04.006
- Tziritis, E., Kelepertzis, E., Korres, G., Perivolaris, D., & Repani, S. (2012). Hexavalent chromium contamination in groundwaters of Thiva Basin, Central Greece. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. doi:10.1007/s00128-012-0831-4
- Tziritis, E., Skordas, K., & Kelepertsis, A. (2016). The use of hydrogeochemical analyses and multivariate statistics for the characterization of groundwater resources in a complex aquifer system. A case study in Amyros River basin, Thessaly, central Greece. *Environmental Earth Sciences*. doi:10.1007/s12665-015-5204-y
- Umar Kura, N., Firuz Ramli, M., Azmin Sulaiman, W. N., Ibrahim, S., Zaharin Aris, A., & Mustapha, A. (2013). Evaluation of factors influencing the groundwater chemistry in a small tropical Island of Malaysia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. doi:10.3390/ijerph10051861
- Ure, A.M., & Davidson, C.M. (2001). *Chemical speciation in the environment*. Blackie, Glasgow.
- USEPA, (2001). Fed Regist 66:6975–7066, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C., USEPA.
- USEPA, (2014). Toxic and priority pollutants under the clean water act. Available at: <https://www.epa.gov/eg/toxicandpriority-pollutants-under-clean-water-act#priority>. Accessed 15 Feb 2019.
- Vanek, V. (1991). Riparian zone as a source of phosphorus for a groundwater-dominated lake. *Water Research*. doi:10.1016/0043-1354(91)90077-4
- Vardaki, C., & Kelepertsis, A. (1999). Environmental impact of heavy metals (Fe, Ni, Cr, Co) in soils waters and plants of triada in Euboea from ultrabasic rocks and nickeliferous mineralisation. *Environmental Geochemistry and Health*.

doi:10.1023/A:1006648428381

- Vasileiou, E., Dimitrakopoulos, D., Papazotos, P., Oikonomopoulos, I., Stathopoulos, N., Skliros, V., & Perraki, M. (2018). Do lignite combustion products affect the groundwater quality near Power Plants of the Western Macedonia Lignite Center? 14th International symposium of continuous surface mining, Thessaloniki, Greece, September 23-26, 2018
- Vasileiou, E., Papazotos, P., Dimitrakopoulos, D., Perraki, M. (2019). Expounding the origin of chromium in groundwater of the Sarigkiol basin, Western Macedonia, Greece: a cohesive statistical approach and hydrochemical study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191:409. doi: 10.1007/s10661-019-7655-1
- Vasileiou, E., Perraki M., & Dimitrakopoulos D. (2015). Using leaching tests to investigate mine water contamination. The case study of Open South Lignite Field, Western Macedonia, Greece. Volume 40 2015, *Freiberg Online Geoscience (FOG) Electronic Journal* Registered under ISSN 1434-7512.
- Vasileiou, E., Perraki, M., & Dimitrakopoulos, D. (2017). Hydrochemical characteristics of mine water in the lignite south field, western Macedonia, Greece. *Proceedings of 11th Hydrogeological Congress*, 4-7 October Athens
- Vasileiou, E., Perraki, M., Stamatis, G., & Gartzos, E. (2014). The effects of water rock interaction and the human activities on the occurrence of hexavalent chromium in waters. The case study of the Psachna basin, central Euboea, Greece. *EGU General Assembly 2014*, 27 April–2 May, 2014 in Vienna, Austria, id.15467.
- Vengosh, A., Coyte, R., Karr, J., Harkness, J. S., Kondash, A. J., Ruhl, L. S., Merola, R. B., & Dwyer, G. S. (2016). Origin of Hexavalent Chromium in Drinking Water Wells from the Piedmont Aquifers of North Carolina. *Environmental Science and Technology Letters*. doi:10.1021/acs.estlett.6b00342
- Violante, A., Cozzolino, V., Perelomov, L., Caporale, A., & Pigna, M. (2010). Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. *Journal of soil science and plant nutrition*. doi:10.4067/S0718-95162010000100005
- Vithanage, M., Kumarathilaka, P., Oze, C., Karunatilake, S., Seneviratne, M., Hseu, Z. Y., Gunarathne, V., Dassanaye, M., & Rinklebe, J. (2019). Occurrence and cycling of trace elements in ultramafic soils and their impacts on human health: A critical review. *Environment International*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104974>
- Vithanage, M., Rajapaksha, A. U., Oze, C., Rajakaruna, N., & Dissanayake, C. B. (2014). Metal release from serpentine soils in Sri Lanka. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(6), 3415–3429. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3626-8>
- Voudouris, K. (2009). Assessing groundwater pollution risk in Sarigkiol basin, NW Greece. In: *River Pollution Research Progress*, Chapter 7, 265-281. Nova Science Publishers Inc. (Eds: Gallo M., & Herrari M.). ISBN 978-1-60456-643-7.
- Voudouris, K., Melfos, V., Aidona, E., Kazakis, N., Giouri, K., & Stratis, J. (2014). Arsenic concentration in groundwater and sediments of Velestino area, Thessaly, Central

- Greece. Proc. of 10th International Hydrogeological Conference, 8-10 October 2014, Thessaloniki, 1, 759-770.
- Voutsis, N., Kelepertzis, E., Tziritis, E., & Kelepertzis, A. (2015). Assessing the hydrogeochemistry of groundwaters in ophiolite areas of Euboea Island, Greece, using multivariate statistical methods. *Journal of Geochemical Exploration*. doi:10.1016/j.gexplo.2015.08.007
- VROM, (2000). Circular on target values and intervention values for soil remediation: DBO/1999226863. *Netherlands Government Gazette* 39, 1–11.
- Walsh, P. R., Fasching, J. L., & Duce, R. A. (1976). Losses of Arsenic during the Low Temperature Ashing of Atmospheric Particulate Samples. *Analytical Chemistry*. doi:10.1021/ac60371a003
- Wang, Z., Guo, H., Xiu, W., Wang, J., & Shen, M. (2018). High arsenic groundwater in the Guide basin, northwestern China: Distribution and genesis mechanisms. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.05.255
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. Source: *Journal of the American Statistical Association* (Vol. 58).
- Weider, B., & David Hapgood, D., (1982). *The Murder of Napoleon*. Congdon & Lattes, Inc. ISBN-13: 978-0458954902
- Weiss, C. S., Parks, E. J., & Brinckman, F. E. (1983). Speciation of arsenic in fossil fuels and their conversion process fluids, in *Arsenic*, Lederer, W. and Fensterheim, R., Eds., Van Nostrand, New York.
- Welch, A. H., Lico, M. S., & Hughes, J. L. (1988). Arsenic in Ground Water of the Western United States. *Groundwater*. doi:10.1111/j.1745-6584.1988.tb00397.x
- Welch, A. H., Westjohn, D. B., Helsel, D. R., & Wanty, R. B. (2000). Arsenic in ground water of the United States: Occurrence and geochemistry. *Ground Water*. doi:10.1111/j.1745-6584.2000.tb00251.x
- Wen, B., Zhou, J., Zhou, A., Liu, C., & Xie, L. (2016). Sources, migration and transformation of antimony contamination in the water environment of Xikuangshan, China: evidence from geochemical and stable isotope (S, Sr) signatures. *The Science of the Total Environment*, 569-570, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.124>.
- Weng, T. N., Liu, C. W., Kao, Y. H., & Hsiao, S. S. Y. (2017). Isotopic evidence of nitrogen sources and nitrogen transformation in arsenic-contaminated groundwater. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.11.013
- Wheeler, D. C., Nolan, B. T., Flory, A. R., DellaValle, C. T., & Ward, M. H. (2015). Modeling groundwater nitrate concentrations in private wells in Iowa. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.07.080
- Whitney, D. L., & Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1), 185–187. <https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>

- Wilbur, S., Ingerman, L., Citra, M., Osier, M., & Wohlers, D. (2000). Toxicological profile for chromium. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.pdf>. Accessed 15 Feb 2019.
- Wood, J.M. (1988). Transport, bioaccumulation, and toxicity of metals and metalloids in microorganisms under environmental stress; in Kramer, J.R., and Allen, H.E. (eds.), *Metal Speciation—Theory, Analysis and Application*: Lewis Publishers, Chelsea, Mich., pp. 295–314.
- World Health Organization (WHO), (1984). *Guidelines for drinking-water quality. 1st Edition. Recommendations, 130*: WHO Press; 1984.
- World Health Organization (WHO), (1988). *Chromium*. Geneva, (Environmental Health Criteria No. 61).
- World Health Organization (WHO), (1993). *Guidelines for drinking-water quality. Volume 1: Recommendations, 2nd ed.* WHO, Geneva.
- World Health Organization (WHO), (1996). Health criteria and other supporting information, in *Guidelines for Drinking-Water Quality, 2nd ed., 2*, 940–949.
- World Health Organization (WHO), (2003). *Chromium in Drinking Water: Background Document for Preparation of WHO Guidelines for Drinking Water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/4*. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- World Health Organization (WHO), (2006). *Guidelines for Drinking Water Quality: First Addendum to Third Edition. Vol. 1 Recommendations*. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- World Health Organization (WHO), (2011). *Guidelines for drinking water quality (4th ed.)*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (WHO), (2017). *Guidelines for drinking water quality (4th ed.)*. Geneva: World Health Organization.
- Xie, L., Liu, M., Ni, B., Zhang, X., & Wang, Y. (2011). Slow-release nitrogen and boron fertilizer from a functional superabsorbent formulation based on wheat straw and attapulgite. *Chemical Engineering Journal*. doi:10.1016/j.cej.2010.12.082
- Yaroshevsky, A. A. (2006). Abundances of chemical elements in the Earth's crust. *Geochemistry International*. doi:10.1134/s001670290601006x
- Yuan-Hui, L. (1991). Distribution patterns of the elements in the ocean: A synthesis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. doi:10.1016/0016-7037(91)90485-N
- Zaidi, F. K., Nazzal, Y., Jafri, M. K., Naeem, M., & Ahmed, I. (2015). Reverse ion exchange as a major process controlling the groundwater chemistry in an arid environment: a case study from northwestern Saudi Arabia. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-015-4828-4
- Zhang, J., Huang, W. W., Létolle, R., & Jusserand, C. (1995). Major element chemistry of the Huanghe (Yellow River), China - weathering processes and chemical fluxes. *Journal of Hydrology*. doi:10.1016/0022-1694(94)02635-O

- Zhang, W., Singh, P., Paling, E., & Delides, S. (2004). Arsenic removal from contaminated water by natural iron ores. *Minerals Engineering*. doi:10.1016/j.mineng.2003.11.020
- Zhang, Y., Li, F., Zhang, Q., Li, J., & Liu, Q. (2014). Tracing nitrate pollution sources and transformation in surface- and ground-waters using environmental isotopes. *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.05.004
- Zheng, Y., Stute, M., van Geen, A., Gavrieli, I., Dhar, R., Simpson, H. J., Schlosser, P., & Ahmed, K. M., (2004). Redox control of arsenic mobilization in Bangladesh groundwater. *Applied Geochemistry*. doi:10.1016/j.apgeochem.2003.09.007
- Zhitkovich, A. (2011). Chromium in drinking water: Sources, metabolism, and cancer risks. *Chemical Research in Toxicology*. doi:10.1021/tx200251t
- Zimmerman, J. (1972). Emplacement of the Vourinos ophiolitic complex, Northern Greece, *Geol. Soc. Am. Mem.*, 132, 225-239.
- Zissimos, A.M., Christoforou, I.C., Christofi, C., Rigas, M., Georgiadou, E.C., & Christou, A. (2020). Occurrence and Distribution of Hexavalent Chromium in Ground and Surface Waters in Cyprus. *Bull Environ Contam Toxicol*. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02867-0>
- Zkeri, E., Aloupi, M., & Gaganis, P. (2015). Natural Occurrence of Arsenic in Groundwater from Lesvos Island, Greece. *Water, Air, and Soil Pollution*. doi:10.1007/s11270-015-2542-z
- Zkeri, E., Aloupi, M., & Gaganis, P. (2018). Seasonal and spatial variation of arsenic in groundwater in a rhyolitic volcanic area of Lesvos Island, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1007/s10661-017-6395-3

Ιστότοποι

- <https://docplayer.gr/104743137-Geniki-dieythynsi-paragogis.html>
- http://isthmos.gr/index.php/article/sokaristikes_metrhseis_ejasthenous_chrwmiou_sto_sch_ino_loutrakiou_den_tis_a
- <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>
- http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_cr6.htm
- <http://www.ContaminatedLAND.co.uk/std-guid/icrcl-l.htm>
- <https://www.mindat.org/>
- <https://www.opekepe.gr/el/>
- www.orykta.gr/geologia-oryktologia/geologia-elladas
- <http://www.statistics.gr/>
- https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/Chromium6.html

Δημοσιεύσεις σε περιοδικά και συνέδρια

Οι δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια με κριτές, που προέκυψαν από τον Ιούλιο 2015 έως σήμερα, στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι οι ακόλουθες:

Εργασίες σε διεθνή περιοδικά με κριτές

1. **Papazotos, P.**, Vasileiou, E., Perraki, M. (2020). *Elevated concentrations of arsenic and chromium in groundwater in ultramafic environments, controlled by seawater intrusion, the nitrogen cycle and anthropogenic activities: the case of the Gerania Mountains, NE Peloponnese, Greece*. Applied Geochemistry. (Under publication)
2. **Papazotos, P.**, Vasileiou, E., Perraki, M. (2019). *The synergistic role of agricultural activities in groundwater quality in ultramafic environments: the case of the Psachna basin, Central Euboea, Greece*. Environmental Monitoring and Assessment, 191:317. doi: 10.1007/s10661-019-7430-3
3. Vasileiou, E., **Papazotos, P.**, Dimitrakopoulos, D., Perraki, M. (2019). *Expounding the origin of chromium in groundwater of the Sarigkiol basin, Western Macedonia, Greece: a cohesive statistical approach and hydrochemical study*. Environmental Monitoring and Assessment, 191:409. doi: 10.1007/s10661-019-7655-1

Εργασίες σε πρακτικά συνεδρίων με κριτές

1. Vasileiou, E., Dimitrakopoulos, D., **Papazotos, P.**, Oikonomopoulos, I., Stathopoulos, N., Skliros, V. and Perraki, M. (2018). *Do lignite combustion products affect the groundwater quality near Power Plants of the Western Macedonia Lignite Center?* 14th International symposium of continuous surface mining, Thessaloniki, Greece, September 23-26, 2018.

Περιλήψεις σε πρακτικά συνεδρίων με κριτές

1. **Papazotos, P.**, Vasileiou, E. and Perraki, M. (2019). *Chromium-manganese redox couple resulting in elevated Cr^{6+} concentration in groundwater of the Psachna basin, Central Euboea, Greece*. Proceedings of the 15th International Congress of the Geological Society of Greece, Athens, May 2019.
2. **Papazotos, P.**, Polychroni, I., Vasileiou, E. and Perraki, M. (2019). *Leave-one-out cross validation method in hydrogeochemistry using GIS: A case study of Schinos village, NE Peloponnese, Greece*. Proceedings of the 15th International Congress of the Geological Society of Greece, Athens, May 2019.

3. **Papazotos, P.**, Vasileiou, E. and Perraki, M. (2019). *Geogenic chromium mobilization by agricultural activities in ultramafic environments: A case study of the Psachna basin, Central Euboea, Greece*. European Geosciences Union General Assembly 2019, April 2019, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, vol. 21, 4503.
4. Vasileiou E., **Papazotos, P.** and Perraki, M. (2018). *An integrated GIS approach for the determination and spatial analysis of chromium in groundwater: a case study for the Sarigkiol basin, Western Macedonia-Greece*. 11th International Conference of the Hellenic Geographical Society. Lavrion Technological and Cultural Park (LTCP), Lavrion, Greece, April 2018.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διδακτορικής διατριβής, προέκυψαν οι ακόλουθες δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια με κριτές, από λοιπό ερευνητικό έργο:

Εργασίες σε διεθνή περιοδικά με κριτές

1. **Papazotos, P.**, Koumantakis, I., Vasileiou, E. (2019). *Hydrogeochemical assessment and suitability of groundwater in a typical Mediterranean coastal area: a case study of the Marathon basin, NE Attica, Greece*. HydroResearch, Vol 2, 49-59. doi: 10.1016/j.hydres.2019.11.002

Εργασίες σε πρακτικά συνεδρίων με κριτές

1. Vasileiou, E., Stathopoulos, N., **Papazotos, P.** and Koumantakis, I. (2017). *Analytical hierarchy model for estimating the optimum mining exploitation of deposits with hydrogeological factors. The case study of lignite deposits in Domeniko, Ellassona, Thessaly*. 11th International Hydrogeological Congress of Greece, October 2017, Athens.
2. **Papazotos, P.**, Chalkiadaki, O., Chatzistamatiou, E.A., Georgopoulos, G., Gkiouleka, I., Katsikis, I., Zygouri, E., Kelepertzis, E. and Argyraki, A. (2016). *Heavy metals in urban park soils from Athens, Greece*. *Bulletin of Geological Society of Greece vol. XLVIII, 2016*. Proceedings of the 14th Intern. Conference, Thessaloniki, May 2016, vol. L, p. 2251-2260.
3. **Papazotos, P.**, Koumantakis, I. and Vasileiou, E. (2016). *Seawater intrusion and nitrate pollution in coastal aquifer of Marathon basin*. *Bulletin of Geological Society of Greece vol. XLVIII, 2016*. Proceedings of the 14th Intern. Conference, Thessaloniki, May 2016, vol. L, p. 927-937.

Περιλήψεις σε πρακτικά συνεδρίων με κριτές

1. Katsaros, T., Skliros, V., **Papazotos, P.** and Perraki, M. (2019). *Lapis Lazuli from an "unknown" geological appearance to the south surroundings of Rome: Questions about their enigmatic silence of ancient and medieval written sources*. 7th symposium on Archaeometry of the HAS "Archaeology-Archaeometry: 30 years later", 9-12 October 2019, Athens, Byzantine and Christian Museum.
2. Skliros, V., **Papazotos, P.**, Daskalaki, F., Tsakiridis, P. and Perraki, M. (2019). *Precipitation of $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ from aqueous solutions: the role of $Mg^{2+}:CO_3^{2-}$ concentration ratio, pH and temperature*. Proceedings of the 15th International Congress of the Geological Society of Greece, Athens, May 2019.
3. Skliros, V., **Papazotos, P.**, Perraki, M. and Voudouris, P. (2018). *Combined Raman and Fourier-Transform infrared spectroscopic study of alunite supergroup minerals from the Sapes area, NE Greece*. XIII GeoRaman Conference, Catania – June 10-14, 2018, pp 140-141.
4. Katsaros T., Skliros V., **Papazotos, P.** and Perraki, M. (2018). *Multi excitation micro-Raman spectroscopy investigation in correlation to XRD and FT-IR of the "so called Lapis Lazuli" from the Ariccia, Alban Hills, Latium Province, Italy*. XIII GeoRaman Conference, Catania – June 10-14, 2018, pp 37-38.
5. **Papazotos, P.**, Perraki, M., Voudouris, P. and Skliros, V. (2017). *Raman spectroscopic study of alunite occurrences in the Sapes porphyry-epithermal deposit, NE Greece*. European Geosciences Union General Assembly 2017, April 2017, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, vol. 19, 13934.
6. **Papazotos, P.**, Koumantakis, I., Kallioras, A., Vasileiou, E. and Perraki, M. (2017). *Hydrogeochemical processes and geochemical modeling in a coastal aquifer: Case study of the Marathon coastal plain, Greece*. European Geosciences Union General Assembly 2017, April 2017, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, vol. 19, 722.
7. Voudouris, P., **Papazotos, P.** and Vlachomitrou, M. (2015). *Alunite occurrences in the Sapes porphyry-epithermal deposit, NE Greece, and their genetic relation to high-sulfidation epithermal Cu-Au-Ag-Te deposition* In: World-Class Ore Deposits: Discovery to Recovery, SEG Conference, Hobart, Tasmania, Australia, September 27-30, 2015.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Δειγματοληψία νερών

Οι θέσεις δειγματοληψίας των δειγμάτων νερού καταγράφηκαν σε GPS χειρός σε συντεταγμένες του παγκόσμιου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς του 1984 (WGS'84). Σε κάθε θέση, λαμβάνονταν τρία δείγματα (μπουκάλια των 500 mL, 100 mL και 25 mL), που συντηρήθηκαν με διαφορετικό τρόπο, προκειμένου να πραγματοποιηθούν αναλύσεις για α) κύρια ιόντα, β) δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία και γ) Cr⁶⁺. Σε κάθε δειγματοληψία, τα μπουκάλια πολυαιθυλενίου, στα οποία αποθηκευόταν το δείγμα, ξεπλένονταν αρχικά με το νερό του δείγματος. Κατά τη διάρκεια της υπαίθριας εργασίας, τα δείγματα αποθηκεύθηκαν σε φορητό ψυγείο που περιείχε παγοκύστες και στη συνέχεια, μετά το πέρας της δειγματοληψίας, αποθηκεύτηκαν σε ψυγείο σε θερμοκρασία 4°C, μέχρι την ανάλυσή τους. Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των κατιόντων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων διηθήθηκαν μέσω ειδικού φίλτρου 0,45 μm, το οποίο προσαρμόστηκε σε σύριγγα των 20 mL και οξινίστηκαν με πυκνό 1M HNO₃, ώστε το pH να γίνει < 2. Για τη συλλογή των δειγμάτων, χρησιμοποιήθηκε δειγματολήπτης 1L πολυαιθυλενίου Bailer διαμέτρου 1,5'' (3,8 cm) και μήκους 83'' του Οίκου BEN MEADOWS Αμερικής. Σε κάποιες περιπτώσεις, για τη δειγματοληψία κατά βάθος χρησιμοποιήθηκε καρούλι με συρματόσχοινο 100 m (ανέμη), που προσαρμόστηκε στον δειγματολήπτη.

Δειγματοληψία στερεών

Οι θέσεις δειγματοληψίας εδαφικών δειγμάτων και πετρωμάτων καταγράφηκαν σε GPS χειρός σε συντεταγμένες του παγκόσμιου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς του 1984 (WGS'84). Για τη λήψη των εδαφικών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε πλαστικό σκαπτικό εργαλείο χειρός και τα δείγματα λήφθηκαν σε βάθος 0-20 cm. Για λόγους ετερογένειας και μείωσης συστηματικών σφαλμάτων, σε κάθε θέση δειγματοληψίας συλλέχθηκε ένα σύνθετο δείγμα αποτελούμενο από υλικό πέντε διαφορετικών σημείων. Η ακριβής θέση του σημείου δειγματοληψίας είναι το σημείο τομής των δυο διαγωνίων ενός νοητού τετραγώνου εμβαδού 25 m². Το σύνθετο δείγμα αποτελείται από υλικό από το σημείο αυτό και τις τέσσερις γωνίες του τετραγώνου. Ποσότητα περίπου 300 g συλλέχθηκε από κάθε σημείο και συγκεντρώθηκε τελική ποσότητα περίπου 1,5 kg – 2 kg δείγματος σε κάθε θέση. Τα εδαφικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες, οι οποίες σφραγίστηκαν ώστε να μεταφερθούν αναλλοίωτα τα στοιχεία στο εργαστήριο Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας της Σχολής MMM του ΕΜΠ.

Αναλυτικός προσδιορισμός δειγμάτων νερών

Ο αναλυτικός προσδιορισμός των δειγμάτων νερού των φυσικοχημικών παραμέτρων, κύριων ιόντων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων προσδιορίστηκε με τους ακόλουθους τρόπους:

Ο προσδιορισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων (T, DO, EC, pH, Eh) πραγματοποιήθηκε με το πολυπαραμετρικό φορητό όργανο YSI Professional Digital Sampling System (ProDSS), ενώ η παράμετρος TDS υπολογίστηκε από το άθροισμα των κύριων ιόντων. Το Eh υπολογίστηκε από τη μετατροπή των μετρημένων τιμών ORP (Oxidation-Reduction Potential) με ηλεκτρόδιο αναφοράς Ag/AgCl. Η μετατροπή αυτή έγινε προσθέτοντας 200 mV στην τιμή ORP.

Τα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ μετρήθηκαν με τη μέθοδο της φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης, οι συγκεντρώσεις NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} προσδιορίστηκαν με φασματοφωτομετρία, οι συγκεντρώσεις Cl^- και HCO_3^- με τιτλοδότηση και τα SO_4^{2-} με θολομετρική μέθοδο. Οι αναλύσεις των κύριων ιόντων πραγματοποιήθηκαν στα αναλυτικά εργαστήρια «ACL ΑΝΔΡΕΟΥ Κ. Ι.Κ.Ε. ΧΗΜΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ». Τα όρια ποσοτικοποίησης των αναλυτικών μεθόδων δίνονται στον πίνακα 4.1 του κεφαλαίου 4.

Οι αναλύσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cr^{6+} , Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr, πραγματοποιήθηκαν με φασματομετρία μάζας επαγωγικώς συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS). Οι αναλύσεις των δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων έγιναν στο εργαστήριο AcmeLabs, Mineral Laboratories, Bureau Veritas Commodities Canada Ltd., στο Vancouver του Καναδά. Τα όρια ανιχνευσιμότητας της αναλυτικής μεθόδου δίνονται στον πίνακα 4.2.

Αναλυτικός προσδιορισμός στερεών δειγμάτων

Τα δείγματα κονιοποιήθηκαν και στη συνέχεια έγινε τεταρτομερισμός. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Acme Labs, Mineral Laboratories, Bureau Veritas Commodities Canada Ltd., στο Vancouver του Καναδά. Τα κύρια οξείδια SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , Cr_2O_3 και P_2O_5 προσδιορίστηκαν με φθορισμετρία ακτίνων-X (XRF) και τα δυνητικά τοξικά στοιχεία και λοιπά ιχνοστοιχεία (Ba, Ce, Cr, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zr, As, Bi, Hg, Sb, Se, Tl, Ag, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn) με ICP-MS.

Ορυκτολογικός προσδιορισμός στερεών δειγμάτων

Τα στερεά δείγματα μελετήθηκαν μέσω λεπτών στιλπνών τομών με τη χρήση οπτικού μικροσκοπίου διερχόμενου και ανακλώμενου φωτός (τύπου Zeiss Axioskop 40). Η φωτογράφιση των δειγμάτων έγινε με έγχρωμη video-camera (τύπου Jenoptik Gryphax), προσαρτημένη στο παραπάνω μικροσκόπιο, και η επεξεργασία των φωτογραφιών με το ειδικό λογισμικό Progres Gryphax.

Κονιοποιημένο υλικό των στερεών δειγμάτων εξετάστηκε με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ (XRD), χρησιμοποιώντας περιθλασίμετρο τύπου Bruker D8 Focus, με ακτινοβολία CuK α ($\lambda=1,5405 \text{ \AA}$), φίλτρο Ni σε ένταση 30 mA και τάση 40 kV. Οι παράμετροι “βήμα σάρωσης” (scanning step) και “χρονικό διάστημα βήματος” (step time) καθορίστηκαν $2\theta = 0,02^\circ$ και 1 s, και εύρος $2-72^\circ$, αντίστοιχα. Η ταυτοποίηση των διαφόρων ορυκτολογικών φάσεων πραγματοποιήθηκε με βάση τις χαρακτηριστικές ανακλάσεις hkl των ακτινοδιαγραμμάτων που προέκυψαν, με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος επεξεργασίας ακτινοδιαγραμμάτων EVA (Version 12, Copyright @ SOCABIM 1996 - 2006).

Στη συνέχεια, έγινε επιμετάλλωση των λεπτών στιλπνών τομών και μελέτη τους στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (τύπου JEOL6380LV) και μικροανάλυση.

Χάρτες χωρικής κατανομής

Οι θεματικοί χάρτες χωρικής κατανομής σχεδιάστηκαν με το λογισμικό Arc GIS version 10.3 σε συνδυασμό με την αξιοποίηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το GPS χειρός και των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων. Στους χάρτες χωρικής κατανομής, η ταξινόμηση των ομάδων που παρουσιάζονται έγινε βάσει του μετρημένου εύρους συγκεντρώσεων. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις παρουσιάζονται σημειακά με πράσινους, μπλε, πορτοκαλί και κόκκινους κύκλους διαβαθμισμένου μεγέθους από τις χαμηλότερες προς τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Αριθμητικά, η ομαδοποίηση ακολουθεί παντού κλειστό διάστημα α , ανοιχτό διάστημα β δηλ. $[\alpha, \beta)$. Η σημειακή χωρική απεικόνιση προτιμήθηκε από την επιλογή κάποιας μεθόδου χωρικής παρεμβολής (π.χ. Kriging, Inverse Distance Weighting, Radial Basis Function κ.α), γιατί παρουσιάζει μεγαλύτερη ακρίβεια, αποτυπώνει καλύτερα την πραγματικότητα και γιατί είναι σημαντικό να αποκλειστούν οι αβεβαιότητες που δημιουργούν οι γεωστατιστικές και ντετερμινιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής εξαιτίας της ανομοιογένειας των υδροφόρων στρωμάτων. Η ομαδοποίηση των

συγκεντρώσεων των χαρτών κατανομής έγινε λαμβάνοντας υπόψη τις οριακές τιμές του ΠΟΥ (WHO, 2011), του ΦΕΚ 3282 'B 19/9/2017, (στις περιπτώσεις που υπάρχουν), της ολλανδική λίστα και του εύρους κύμανσης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων κάθε στοιχείου, ώστε να γίνει σαφές – χωρικά - που εντοπίζονται οι υψηλότερες και που οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις τους. Στις περιπτώσεις που υπάρχουν οριακές τιμές πάντα αυτές αποτελούν πάντα μια από τις τέσσερις ομάδες.

Στατιστική ανάλυση

Η επεξεργασία δεδομένων της παρούσας διδακτορικής διατριβής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS version 22 και η δημιουργία των διαγραμμάτων με το λογισμικό Microsoft excel 13. Υπολογίστηκαν περιγραφικά στατιστικά, συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson και πολυκριτηριακή στατιστική ανάλυση με τις μεθόδους α) παραγοντικής ανάλυσης και β) ιεραρχικής ανάλυσης κατά συστάδες.

Περιγραφικά στατιστικά

Πραγματοποιήθηκε υπολογισμός στατιστικών μεγεθών όπως μέση τιμή, τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή, εύρος, διάμεσος, τεταρτημόρια, ασυμμετρία και κυρτότητα. Στις περιπτώσεις που οι συγκεντρώσεις κάποιων παραμέτρων ήταν χαμηλότερες από το όριο ανιχνευσιμότητας/ποσοτικοποίησης της αναλυτικής μεθόδου, αντικαταστάθηκαν από τη συγκέντρωση του αντίστοιχου ορίου ώστε να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός των περιγραφικών στατιστικών μεγεθών. Ωστόσο, στην περίπτωση που > 50% των δειγμάτων παρουσίαζαν συγκεντρώσεις μικρότερες του ορίου ανιχνευσιμότητας/ποσοτικοποίησης δεν υπολογίστηκαν τα μεγέθη της ασυμμετρίας και της κυρτότητας. Επιπλέον, στην περίπτωση που >75% των δειγμάτων παρουσίαζαν συγκεντρώσεις μικρότερες του ορίου ανιχνευσιμότητας/ποσοτικοποίησης δεν υπολογίστηκαν τα μεγέθη της μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης.

Συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson

Η συσχέτιση χαρακτηρίζεται ως πολύ ισχυρή, ισχυρή, μέτρια, ασθενής και πολύ ασθενής, όταν οι τιμές του συντελεστή είναι $|0,8 - 1|$, $|0,6 - 0,79|$, $|0,4 - 0,59|$, $|0,2 - 0,39|$ και $|0 - 0,19|$ αντίστοιχα (Evans, 1996). Ο μαθηματικός τύπος του συντελεστή συσχέτισης κατά Pearson είναι:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Όπου r_{xy} = συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των παραμέτρων x και y , n = πλήθος δειγμάτων, x_i = μεμονωμένη τιμή της παραμέτρου x , \bar{x} = μέση τιμή της παραμέτρου x , y_i = μεμονωμένη τιμή της παραμέτρου y , και \bar{y} = μέση τιμή της παραμέτρου y .

Παραγοντική ανάλυση

Η παραγοντική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μέσω της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (Principal Component analysis-PCA) και ως τιμές εισόδου χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των παραμέτρων, οι οποίες μετατράπηκαν σε τυπικές τιμές (z-scores). Η ορθογώνια περιστροφή μεγιστοποίησης της διακύμανσης (Varimax), επιλέχθηκε ως τεχνική περιστροφής. Η μέθοδος Scree plot (Cattell, 1966) χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστεί ο αριθμός των παραγόντων από το γράφημα των ιδιοτιμών σε φθίνουσα σειρά και οι παράγοντες που είχαν ιδιοτιμές μικρότερες της μονάδας αποκλείστηκαν από την ανάλυση. Οι τρεις κατηγορίες φορτίσεων των παραγόντων ομαδοποιούνται σε: α) απόλυτες τιμές από 0,75 έως 1 και χαρακτηρίζονται ως ισχυρές, β) απόλυτες τιμές από 0,5 έως 0,75 και χαρακτηρίζονται ως μέτριες και γ) απόλυτες τιμές από 0,3 έως 0,5 και χαρακτηρίζονται ως ασθενείς (Liu et al., 2003). Τα βασικά κριτήρια τα οποία πρέπει να ικανοποιούνται, ώστε η επεξεργασία να είναι στατιστικά σημαντική, ικανοποιητική, και τα δεδομένα είναι κατάλληλα για παραγοντική ανάλυση είναι ο έλεγχος της υπόθεσης της σφαιρικότητας (Bartlett's test of sphericity) που πρέπει να είναι <0,05 και ο στατιστικός έλεγχος των Kaiser Meyer Olkin (KMO), που παίρνει τιμές στο διάστημα [0,1], που πρέπει η τιμή να είναι > 0,5 (Bartlett, 1950, Armstrong and Soelberg, 1968, Kaiser, 1970).

Ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες

Οι τιμές εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν στη μέθοδο αυτή ήταν οι τυπικές τιμές των παραμέτρων. Για τη διασύνδεση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Ward (1963) και για την απόσταση ομοιότητας επιλέχθηκε το τετράγωνο της Ευκλείδειας απόστασης (Squared Euclidean distance).

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ:
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

Περιοχή Λουτρακίου – Σχίνου – Γερανείων Ορέων



Εικόνα Π1 – Πηγή στα Γεράνεια Όρη στο δρόμο προς τη Μονή Αγ. Τριάδας. Στην ευρύτερη περιοχή είναι γνωστή με το όνομα Κρικεκατζούρι.



Εικόνα Π2 – Δειγματοληψία από την πηγή Αγ. Τριάδας στα Γεράνεια Όρη.



Εικόνα Π3 – Υδρευτική γεώτρηση στην περιοχή του Λουτρακίου.



Εικόνα Π4 – Υδρευτική γεώτρηση στην περιοχή του Λουτρακίου.



Εικόνα Π5 - Υδρευτική γεώτρηση στην περιοχή του Λουτρακίου.



Εικόνα Π6 – Υδρευτική γεώτρηση στην περιοχή του Λουτρακίου.



Εικόνα Π7 - Πηγή στα Γεράνεια Όρη, η οποία βρίσκεται στα υπερβασικά πετρώματα.



Εικόνα Π8 – Κροκάλες και λατύπες οφιολιθικής προέλευσης στην περιοχή του Λουτρακίου.



Εικόνα Π9 – Πηγή στα Γεράνεια Όρη, η οποία βρίσκεται στα υπερβασικά πετρώματα.



Εικόνα Π10 – Mg-ούχες ανθρακικές ορυκτολογικές φάσεις στα υπερβασικά πετρώματα των Γερανείων Ορέων.



Εικόνα Π11 – Υπερβασικό πέτρωμα στο οποίο αναπτύσσεται φλεβικός μαγνησίτης (stockwork) στα Γεράνεια Όρη.



Εικόνα Π12 – Υπερβασικά πετρώματα στα Γεράνεια Όρη.



Εικόνα Π13 – Πηγή στην περιοχή του Σχίνου.



Εικόνα Π14 – Οικισμός του Σχίνου Κορινθίας.



Εικόνα Π15 – Τεκτονική επαφή υπερβασικών πετρωμάτων και ασβεστολίθων στο ανατολικό τμήμα της περιοχής του Σχίνου.



Εικόνα Π16 – Υδροφορία σε υπερβασικά πετρώματα στα Γεράνεια Όρη.

Λεκάνη Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρική Εύβοια



Εικόνα Π17 – Αρδευτική γεώτρηση στη λεκάνη των Ψαχνών.



Εικόνα Π18 – Καλλιέργειες στον κάμπο των Ψαχνών.



Εικόνα Π19 – Πηγή που βρίσκεται λίγο έξω από τον οικισμό Μακρυμάλλη.

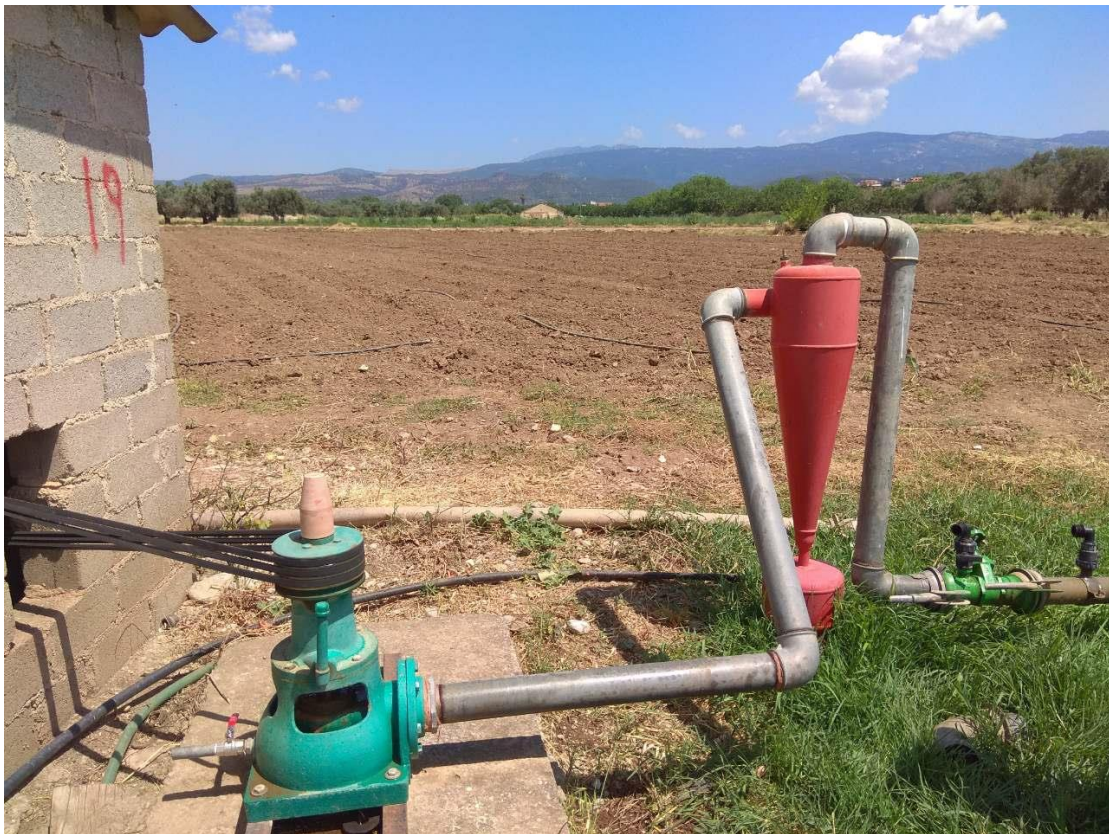


Εικόνα Π20 – Πηγή εντός του οικισμού Μακρυμάλλη.

F



Εικόνα Π21 – Υδροφορία στα υπερβασικά πετρώματα.



Εικόνα Π22 - Αρδευτική γεώτρηση στη λεκάνη των Ψαχνών.



Εικόνα Π23 – Αρδευτική γεώτρηση στη λεκάνη των Ψαχνών.



Εικόνα Π24 - Υδροφορία στα υπερβασικά πετρώματα.

**Λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτική
Μακεδονία**



Εικόνα Π25 – Δειγματοληψία από γεώτρηση στη λεκάνη Σαριγκιόλ.



Εικόνα Π26 - Δειγματοληψία από γεώτρηση στη λεκάνη Σαριγκιόλ.



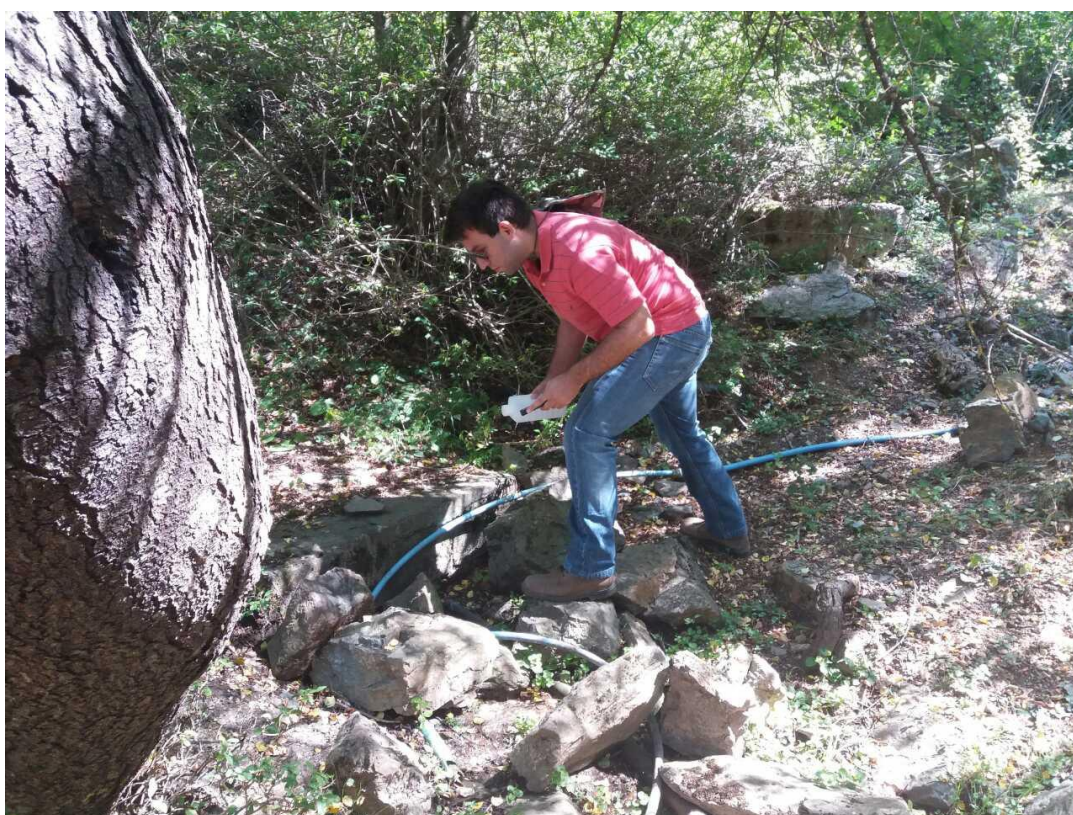
Εικόνα Π27 – Δειγματοληψία από γεώτρηση στη λεκάνη Σαριγκιόλ.



Εικόνα Π28 – Δειγματοληψία από γεώτρηση στη λεκάνη Σαριγκιόλ.



Εικόνα Π29 – Ορυχείο Νοτίου Πεδίου.



Εικόνα Π30 – Δειγματοληψία από την πηγή του Αγ. Παντελεήμονα στο Όρος Βέρμιο.



Εικόνα Π31 – Δειγματοληψία από πηγή στο Όρος Βέρμιο.



Εικόνα Π32 – Υδροληψία από το ρέμα Σουλού.



Εικόνα Π33 – Καλλιέργειες στον κάμπο της λεκάνης Σαριγκιόλ.



Εικόνα Π34 – Πανοραμική θέα της λεκάνης Σαριγκιόλ και του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ:
ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΝΕΡΩΝ
ΚΑΙ
ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ**

Πίνακας Π1 - Φυσικοχημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις κύριων ιόντων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 1^ο).

| ID | T (°C) | DO (mg/L) | TDS (mg/L) | E.C. (μS/cm) | pH | Eh (mV) | Ca ²⁺ (mg/L) | Mg ²⁺ (mg/L) | Na ⁺ (mg/L) | K ⁺ (mg/L) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | NO ₂ ⁻ (mg/L) | NH ₄ ⁺ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | SO ₄ ⁻² (mg/L) | HCO ₃ ⁻ (mg/L) | PO ₄ ³⁻ (mg/L) | CBE (%) |
|------|--------|-----------|------------|--------------|------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| FS1 | 19,2 | 6,03 | 844,69 | 1633 | 7,77 | 323,9 | 42 | 152 | 81,7 | 0,19 | 27,9 | <0,05 | <0,05 | 220 | 53,9 | 267 | <0,2 | 19,81 |
| FS2 | 18,5 | 7,03 | 1083,25 | 2240 | 7,83 | 329,4 | 16,6 | 123 | 145 | 1,15 | 61,5 | <0,05 | <0,05 | 220 | 15 | 501 | <0,2 | 4,73 |
| GS1 | 19,1 | 7,42 | 928,12 | 1374 | 7,8 | 336,4 | 33,9 | 149 | 28,3 | 0,62 | 40,3 | <0,05 | <0,05 | 131 | 8 | 537 | <0,2 | 6,6 |
| GS2 | 19 | 7,42 | 943,35 | 1251 | 7,7 | 344,3 | 26,2 | 135 | 36,5 | 0,75 | 36,9 | <0,05 | <0,05 | 77 | 6 | 625 | <0,2 | 3,25 |
| GS3 | 19,3 | 7,61 | 943,56 | 1308 | 7,63 | 340,8 | 38,3 | 117 | 67,7 | 1,36 | 30,1 | <0,05 | <0,05 | 126 | 22,1 | 541 | <0,2 | 4,12 |
| GS4 | 19,4 | 7,02 | 1413,8 | 2002 | 7,54 | 351 | 54,1 | 179 | 84,2 | 0,6 | 99,5 | <0,05 | <0,05 | 269 | 55,4 | 672 | <0,2 | -0,61 |
| GS5 | 19,2 | 7 | 666,8 | 972 | 8,18 | 346,2 | 6,22 | 75 | 77 | 1,18 | 17 | <0,05 | <0,05 | 124 | 14,4 | 352 | <0,2 | 0,09 |
| GS6 | 18,9 | 9,18 | 684,55 | 1020 | 8,29 | 342,3 | 1,91 | 111 | 64,3 | 1,94 | 5,3 | <0,05 | <0,05 | 71 | 13,1 | 416 | <0,2 | 13,61 |
| GS7 | 17,7 | 8,58 | 811,6 | 1112 | 8,05 | 343,6 | 3,69 | 127 | 52,9 | 1,21 | 15,8 | <0,05 | <0,05 | 85 | 9 | 517 | <0,2 | 6,79 |
| GS8 | 19,1 | 8,86 | 1088,22 | 1483 | 8,28 | 342,2 | 2,2 | 171 | 75,9 | 1,12 | 33,7 | <0,05 | <0,05 | 152 | 10,3 | 642 | <0,2 | 5,86 |
| GS9 | 18,6 | 8,15 | 1335,98 | 2108 | 8,03 | 346,9 | 5,38 | 230 | 84,8 | 1,1 | 64 | <0,05 | <0,05 | 362 | 13,7 | 575 | <0,2 | 4,45 |
| GS10 | 20,5 | 5,64 | 1652,46 | 2705 | 8,11 | 350,1 | 9,96 | 136 | 378 | 4,7 | 12,8 | <0,05 | <0,05 | 631 | 56 | 424 | <0,2 | 3,91 |
| FS3 | 20,1 | 3,62 | 2532,32 | 3943 | 7,51 | 354,9 | 101 | 363 | 228 | 0,62 | 7,7 | 0,05 | <0,05 | 815 | 381 | 636 | <0,2 | 3,9 |
| FS4 | 20,2 | 5,77 | 1944,45 | 3257 | 7,96 | 359,9 | 65,2 | 232 | 270 | 2,35 | 15,9 | 0,08 | <0,05 | 695 | 139 | 525 | <0,2 | 4,25 |
| GS11 | 18,4 | 8,3 | 995,52 | 1310 | 8,16 | 365,7 | 7,98 | 152 | 71,5 | 1,34 | 3,5 | <0,05 | <0,05 | 113 | 13,2 | 633 | <0,2 | 7,19 |
| GS12 | 20,6 | 8,11 | 2069,06 | 3312 | 8,23 | 355,9 | 43,9 | 177 | 405 | 1,86 | 20,3 | <0,05 | <0,05 | 773 | 116 | 532 | <0,2 | 1,7 |
| FS6 | 18,6 | 5,3 | 1212,66 | 2033 | 7,72 | 241,7 | 72,5 | 199 | 72,6 | 0,16 | 56,4 | <0,05 | <0,05 | 262 | 95 | 455 | <0,2 | 13,24 |
| FS5 | 18,5 | 7,12 | 1452,12 | 2547 | 8,25 | 243,6 | 11,8 | 201 | 238 | 2,22 | 13,1 | <0,05 | <0,05 | 475 | 63 | 448 | <0,2 | 10,58 |
| FS7 | 16,3 | 6,82 | 1357,46 | 2468 | 8,07 | 252,5 | 24,4 | 198 | 200 | 3,06 | 46 | <0,05 | <0,05 | 503 | 60 | 323 | <0,2 | 10,07 |
| FS8 | 15,3 | 9,91 | 1137 | 2569 | 8,86 | 284,9 | 15,5 | 170 | 126 | 21,1 | 19,4 | <0,05 | <0,05 | 284 | 26 | 475 | <0,2 | 11,03 |
| FS9 | 22 | 7,19 | 1157,65 | 1535 | 7,54 | 249,5 | 45,1 | 169 | 84 | 0,15 | 43,4 | <0,05 | <0,05 | 204 | 57 | 555 | <0,2 | 8,41 |
| FS10 | 21,8 | 5,26 | 1245,63 | 1829 | 7,45 | 242,2 | 55,7 | 185 | 66,7 | 0,13 | 59,1 | 0,05 | <0,05 | 241 | 127 | 511 | <0,2 | 5,37 |
| FS11 | 23,6 | 8,21 | 971,12 | 724 | 7,92 | 238,6 | 25,1 | 128 | 109 | 3,52 | 28,5 | <0,05 | <0,05 | 218 | 28 | 431 | <0,2 | 7,63 |
| FS12 | 30 | 6,43 | 2074,73 | 3207 | 7,94 | 239,6 | 39,4 | 267 | 288 | 0,73 | 30,6 | <0,05 | <0,05 | 753 | 153 | 543 | <0,2 | 3,78 |
| FS13 | 20,9 | 7,38 | 1495,38 | 2329 | 8,27 | 259 | 10,8 | 196 | 219 | 1,68 | 15,9 | <0,05 | <0,05 | 454 | 79 | 519 | <0,2 | 6,1 |

Πίνακας Π2 - Φυσικοχημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις κύριων ιόντων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 2°).

| ID | T (°C) | DO (mg/L) | TDS (mg/L) | EC (μS/cm) | pH | Eh (mV) | Ca ²⁺ (mg/L) | Mg ²⁺ (mg/L) | Na ⁺ (mg/L) | K ⁺ (mg/L) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | NO ₂ ⁻ (mg/L) | NH ₄ ⁺ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | SO ₄ ⁻² (mg/L) | HCO ₃ ⁻ (mg/L) | PO ₄ ³⁻ (mg/L) | CBE (%) |
|------|--------|-----------|------------|------------|------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| FS14 | 20,9 | 8,08 | 1200,72 | 1639 | 7,97 | 235 | 45,2 | 178 | 62,7 | 0,52 | 61,3 | <0,05 | <0,05 | 179 | 49 | 625 | <0,2 | 6,32 |
| FS15 | 20,1 | 7,51 | 989,62 | 1343 | 7,67 | 231 | 40,4 | 126 | 61,9 | 0,42 | 49,9 | <0,05 | <0,05 | 144 | 35 | 532 | <0,2 | 2,62 |
| GS13 | 20,4 | 6,26 | 1135,54 | 1764 | 7,66 | 239,1 | 59,8 | 135 | 141 | 1,64 | 21,1 | <0,05 | <0,05 | 376 | 51 | 350 | <0,2 | 6,63 |
| GS14 | 20,8 | 7,19 | 1121,48 | 1498 | 7,78 | 243,5 | 38,8 | 155 | 81,5 | 0,18 | 100 | <0,05 | <0,05 | 168 | 38 | 540 | <0,2 | 6,55 |
| GS15 | 22,3 | 8,06 | 1098,05 | 1631 | 7,8 | 244,8 | 37,9 | 163 | 89,3 | 0,95 | 41,9 | <0,05 | <0,05 | 284 | 35 | 446 | <0,2 | 6,91 |
| FS16 | 26,6 | 6,06 | 972 | 1400 | 7,76 | 253,2 | 21,5 | 129 | 91,8 | 0,5 | 57,2 | <0,05 | <0,05 | 193 | 40 | 439 | <0,2 | 4,31 |
| GS16 | 23 | 8,55 | 827,77 | 1128 | 8,41 | 253 | 2,4 | 127 | 77,3 | 1,57 | 20,5 | <0,05 | <0,05 | 122 | 16 | 461 | <0,2 | 9,01 |
| FS17 | 25,4 | 6,08 | 865,1 | 1128 | 8,14 | 254,6 | 27,1 | 129 | 51,3 | 0,4 | 50,3 | <0,05 | <0,05 | 119 | 32 | 456 | <0,2 | 7,16 |
| GL1 | 16,4 | 13,14 | 473,77 | 672 | 8,35 | 364,2 | 7,46 | 78,2 | 12,9 | 1,91 | 4,3 | <0,05 | <0,05 | 33 | <5 | 332 | <0,2 | 6,38 |
| GL2 | 16,2 | 13,22 | 512,58 | 702 | 8,36 | 367 | 5,54 | 80,8 | 17 | 0,84 | 13,4 | <0,05 | <0,05 | 37 | <5 | 354 | <0,2 | 3,63 |
| GL3 | 15,3 | 13,49 | 504,32 | 679 | 8,24 | 360,7 | 9,93 | 80,3 | 12,1 | 2,69 | 2,3 | <0,05 | <0,05 | 28 | <5 | 365 | <0,2 | 5,51 |
| GL4 | 16,8 | 13,27 | 538,54 | 710 | 8,33 | 369,6 | 6,01 | 95,7 | 13,7 | 0,83 | 2,3 | <0,05 | <0,05 | 28 | <5 | 388 | <0,2 | 9,46 |
| GL5 | 16,5 | 13,17 | 490,95 | 682 | 8,26 | 366,5 | 3,5 | 89,5 | 12,4 | 0,85 | 3,7 | <0,05 | <0,05 | 24 | <5 | 353 | <0,2 | 10,15 |
| GL6 | 17,4 | 13,14 | 538,76 | 696 | 8,4 | 370,6 | 3,25 | 91,1 | 12,5 | 0,81 | 3,1 | <0,05 | <0,05 | 26 | <5 | 399 | <0,2 | 5,35 |
| GL7 | 15,2 | 6,28 | 773,57 | 1206 | 7,96 | 286 | 36,4 | 97,7 | 57,2 | 5,37 | 8,9 | <0,05 | <0,05 | 176 | 33 | 359 | <0,2 | 3,31 |
| GL8 | 15,4 | 9,57 | 450,12 | 634 | 8,57 | 292,7 | 8,74 | 69,8 | 17 | 1,18 | 7,4 | <0,05 | <0,05 | 39 | <5 | 303 | <0,2 | 5,13 |
| GL9 | 13,9 | 9,92 | 410,02 | 519 | 8,24 | 295,6 | 15,6 | 58,7 | 15,6 | 1,12 | <1 | <0,05 | <0,05 | 32 | 18 | 269 | <0,2 | 5,23 |
| GL10 | 17,3 | 9,79 | 430,34 | 632 | 7,97 | 285 | 8,01 | 85,3 | 12,6 | 0,73 | 1,7 | <0,05 | <0,05 | 27 | <5 | 292 | <0,2 | 17,22 |
| GL11 | 17 | 9,87 | 454,91 | 612 | 8,02 | 297,6 | 4,15 | 79,9 | 13,4 | 0,76 | 3,7 | <0,05 | <0,05 | 27 | <5 | 326 | <0,2 | 8,99 |
| GL12 | 17,8 | 9,67 | 513,29 | 653 | 8,1 | 287,2 | 1,53 | 97,6 | 13,6 | 0,76 | 1,8 | <0,05 | <0,05 | 27 | <5 | 371 | <0,2 | 11,83 |
| GL13 | 19,2 | 9,49 | 491,07 | 639 | 8,12 | 293,1 | 2,19 | 93,2 | 12,4 | 0,78 | 2,5 | <0,05 | <0,05 | 27 | <5 | 353 | <0,2 | 11,71 |
| GL14 | 19,8 | 9,41 | 487,32 | 627 | 8,06 | 301,2 | 3,93 | 86,5 | 12,1 | 0,79 | 3 | <0,05 | <0,05 | 25 | <5 | 352 | <0,2 | 8,66 |
| GL15 | 18,8 | 9,52 | 472,94 | 652 | 8,08 | 288,4 | 6,06 | 82 | 13,5 | 0,78 | 1,6 | <0,05 | <0,05 | 29 | <5 | 340 | <0,2 | 8,8 |
| GL16 | 19,1 | 9,42 | 489,85 | 650 | 8,19 | 299,3 | 7,51 | 77,7 | 19,3 | 0,94 | 16,4 | <0,05 | <0,05 | 50 | <5 | 318 | <0,2 | 5,12 |
| GL17 | 18,3 | 9,49 | 444,07 | 577 | 8,07 | 293 | 7,46 | 72,8 | 14 | 0,81 | 3 | <0,05 | <0,05 | 29 | <5 | 317 | <0,2 | 7,11 |

Πίνακας Π3 - Φυσικοχημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις κύριων ιόντων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 3^ο).

| ID | T (°C) | DO (mg/L) | TDS (mg/L) | EC (μS/cm) | pH | Eh (mV) | Ca ²⁺ (mg/L) | Mg ²⁺ (mg/L) | Na ⁺ (mg/L) | K ⁺ (mg/L) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | NO ₂ ⁻ (mg/L) | NH ₄ ⁺ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | SO ₄ ⁻² (mg/L) | HCO ₃ ⁻ (mg/L) | PO ₄ ⁻³ (mg/L) | CBE (%) |
|------|--------|-----------|------------|------------|------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| GL18 | 19,5 | 9,17 | 475,23 | 316,3 | 8,04 | 296,7 | 6,65 | 82,5 | 17,1 | 0,78 | 11,2 | <0,05 | <0,05 | 38 | <5 | 319 | <0,2 | 9,75 |
| GL19 | 21,1 | 9,04 | 401,72 | 598 | 7,98 | 301,4 | 3,38 | 70 | 15,7 | 1,04 | 8,6 | <0,05 | <0,05 | 35 | <5 | 268 | <0,2 | 9,2 |
| GL20 | 22,6 | 8,6 | 386,15 | 597 | 7,83 | 310,8 | 22,3 | 51 | 29,6 | 1,25 | <1 | <0,05 | <0,05 | 47 | 8 | 227 | <0,2 | 11,95 |
| PS1 | 14,6 | 10,02 | 481,27 | 713 | 9,2 | 300,1 | 1,4 | 94,2 | 19,8 | 0,67 | 1,2 | <0,05 | <0,05 | 35 | <5 | 327 | <0,2 | 15,16 |
| PS2 | 15,5 | 9,83 | 414,68 | 776 | 9,59 | 266,3 | 0,96 | 95,1 | 21,8 | 0,92 | 2,9 | <0,05 | <0,05 | 41 | <5 | 249 | <0,2 | 24,64 |
| PS3 | 14,7 | 9,94 | 470,26 | 717 | 9,36 | 262,9 | 1,36 | 97,6 | 20,4 | 0,7 | 3,2 | <0,05 | <0,05 | 35 | <5 | 312 | <0,2 | 18,8 |
| PS4 | 22,8 | 8,9 | 471,4 | 694 | 9,14 | 254 | 1,7 | 101 | 20,1 | 0,6 | 4 | <0,05 | <0,05 | 34 | <5 | 310 | <0,2 | 20,65 |
| PA1 | 14 | 9,87 | 378,79 | 590 | 8,96 | 288,2 | 4,54 | 73,6 | 10,9 | 0,45 | 1,3 | <0,05 | <0,05 | 22 | <5 | 266 | <0,2 | 15 |
| PG1 | 14,6 | 13,26 | 749,99 | 1072 | 8,81 | 328,9 | 3,3 | 152 | 13,2 | 0,59 | 1,9 | <0,05 | <0,05 | 28 | <5 | 549 | <0,2 | 14,7 |
| PG2 | 19,2 | 9,17 | 412,11 | 809 | 9,64 | 290,8 | 0,9 | 114 | 20,4 | 1,81 | <1 | <0,05 | <0,05 | 73 | <5 | 202 | <0,2 | 31,71 |
| PG3 | 18,7 | 7,92 | 857,67 | 1227 | 8,75 | 306,1 | 2,43 | 142 | 21,7 | 2,94 | 15,6 | <0,05 | <0,05 | 46 | <5 | 623 | <0,2 | 3,96 |
| PG4 | 16,1 | 10,07 | 708,39 | 991 | 8,78 | 317,8 | 2,54 | 145 | 11,4 | 0,45 | <1 | <0,05 | <0,05 | 27 | <5 | 522 | <0,2 | 14,83 |
| PG5 | 15,8 | 9,41 | 798,61 | 1031 | 8,35 | 327,2 | 8,8 | 142 | 18,5 | 0,31 | <1 | <0,05 | <0,05 | 38 | 5 | 586 | <0,2 | 9,08 |
| PG6 | 14,5 | 11,85 | 698,25 | 974 | 8,96 | 321,7 | 3,19 | 144 | 15,6 | 0,46 | <1 | <0,05 | <0,05 | 33 | <5 | 502 | <0,2 | 16,18 |
| PG7 | 23,3 | 8,42 | 804,63 | 1004 | 8,55 | 300,4 | 2,62 | 158 | 15,6 | 0,41 | <1 | <0,05 | <0,05 | 30 | <5 | 598 | <0,2 | 12,96 |
| PG8 | 18,7 | 7,35 | 609,19 | 1104 | 7,88 | 284,5 | 11,3 | 150 | 22,6 | 0,29 | <1 | <0,05 | <0,05 | 43 | <5 | 382 | <0,2 | 30,04 |
| PG9 | 19,5 | 7,83 | 656,44 | 1074 | 8,62 | 285,7 | 2,95 | 179 | 18,2 | 2,19 | 14,1 | <0,05 | <0,05 | 37 | <5 | 403 | <0,2 | 33,24 |
| PG10 | 22,1 | 8,88 | 707,91 | 1004 | 8,79 | 280,6 | 1,92 | 162 | 19,6 | 1,09 | 2,3 | <0,05 | <0,05 | 37 | <5 | 484 | <0,2 | 22,68 |

Πίνακας Π4 – Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 1^ο).

| ID | Ag (μg/L) | Al (μg/L) | As (μg/L) | Au (μg/L) | B (μg/L) | Ba (μg/L) | Be (μg/L) | Bi (μg/L) | Br (μg/L) | Cd (μg/L) | Ce (μg/L) | Co (μg/L) | Cr (μg/L) | Cr ⁶⁺ (μg/L) | Cs (μg/L) | Cu (μg/L) | Dy (μg/L) | Er (μg/L) | Eu (μg/L) | Fe (μg/L) | Ga (μg/L) | Gd (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FS1 | <0,05 | <1 | 4,6 | <0,05 | 72 | 9,78 | <0,05 | <0,05 | 643 | <0,05 | <0,01 | 0,02 | 506,9 | 458,8 | 0,01 | 1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS2 | <0,05 | <1 | 4,5 | <0,05 | 21 | 10,18 | <0,05 | <0,05 | 522 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 42,4 | 41,82 | 0,01 | 1,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS1 | <0,05 | <1 | 2,7 | <0,05 | 25 | 14,59 | <0,05 | <0,05 | 336 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 44 | 38,29 | <0,01 | 3,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS2 | <0,05 | <1 | 2 | <0,05 | 26 | 13,73 | <0,05 | <0,05 | 237 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 45,9 | 43,73 | <0,01 | 1,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS3 | <0,05 | <1 | 3,9 | <0,05 | 51 | 7,59 | <0,05 | <0,05 | 430 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 67,9 | 63,98 | <0,01 | 1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS4 | <0,05 | <1 | 2,8 | <0,05 | 81 | 5,83 | <0,05 | <0,05 | 758 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 144,1 | 95,67 | 0,02 | 1,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS5 | <0,05 | <1 | 2,3 | <0,05 | 33 | 2,94 | <0,05 | <0,05 | 381 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 3,3 | 3,3 | 0,01 | 4,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS6 | <0,05 | <1 | 0,9 | <0,05 | 20 | 3,71 | <0,05 | <0,05 | 219 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 38,3 | 32,48 | <0,01 | 8,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS7 | <0,05 | <1 | 1,2 | <0,05 | 24 | 2,04 | <0,05 | <0,05 | 271 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 34,3 | 33,62 | <0,01 | 11,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS8 | <0,05 | <1 | 2,9 | <0,05 | 21 | 4,48 | <0,05 | <0,05 | 462 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 31,1 | 27,21 | <0,01 | 1,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS9 | <0,05 | <1 | 6,3 | <0,05 | 22 | 4,88 | <0,05 | <0,05 | 954 | <0,05 | <0,01 | 0,06 | 23,5 | 20,93 | <0,01 | 2,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS10 | <0,05 | <1 | 11,5 | <0,05 | 25 | 7,14 | <0,05 | <0,05 | 1903 | <0,05 | <0,01 | 0,08 | 43,8 | 41,33 | 0,02 | 12 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS3 | <0,05 | 1 | 15 | <0,05 | 266 | 149,44 | <0,05 | <0,05 | 2038 | <0,05 | <0,01 | 0,56 | 12,4 | 12,4 | 0,02 | 3,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS4 | <0,05 | <1 | 13,9 | <0,05 | 187 | 91 | <0,05 | <0,05 | 1991 | <0,05 | <0,01 | 0,15 | 4 | 4 | 0,03 | 2,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS11 | <0,05 | <1 | 1,9 | <0,05 | <5 | 1,38 | <0,05 | <0,05 | 268 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 10,4 | 10,4 | 0,08 | 0,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 18 | <0,05 | <0,01 |
| GS12 | <0,05 | 1 | 12,9 | <0,05 | 102 | 34,85 | <0,05 | <0,05 | 2207 | <0,05 | <0,01 | 0,16 | 29,6 | 26,8 | 0,02 | 1,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS6 | <0,05 | 1 | 6,3 | <0,05 | 100 | 39,65 | <0,05 | <0,05 | 816 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 315,9 | 260,8 | <0,01 | 1,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS5 | <0,05 | 3 | 11,2 | <0,05 | 69 | 13,28 | <0,05 | <0,05 | 1445 | <0,05 | <0,01 | 0,14 | 61,8 | 61,8 | 0,03 | 2,9 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 22 | <0,05 | <0,01 |
| FS7 | <0,05 | 1 | 10,1 | <0,05 | 69 | 32,4 | <0,05 | <0,05 | 1519 | <0,05 | <0,01 | 0,12 | 97,1 | 85,16 | 0,01 | 32 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS8 | <0,05 | <1 | 6,7 | <0,05 | 48 | 4,45 | <0,05 | <0,05 | 860 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 72,1 | 63,8 | 0,03 | 1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS9 | <0,05 | 2 | 1,5 | <0,05 | 64 | 10,1 | <0,05 | <0,05 | 589 | <0,05 | <0,01 | 0,1 | 484,2 | 424,1 | <0,01 | 2,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS10 | <0,05 | <1 | 1,8 | <0,05 | 89 | 39,51 | <0,05 | <0,05 | 720 | <0,05 | <0,01 | 0,06 | 304,3 | 295,9 | <0,01 | 1,9 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS11 | <0,05 | <1 | 1,6 | <0,05 | 31 | 8,19 | <0,05 | <0,05 | 669 | <0,05 | <0,01 | 0,02 | 45 | 45 | <0,01 | 11,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS12 | <0,05 | <1 | 3,9 | <0,05 | 63 | 24,28 | <0,05 | <0,05 | 2066 | 0,31 | <0,01 | 0,18 | 38,8 | 38,8 | <0,01 | 52,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS13 | <0,05 | <1 | 2,6 | <0,05 | 55 | 11,73 | <0,05 | <0,05 | 1404 | <0,05 | <0,01 | 0,1 | 63,1 | 59,75 | <0,01 | 2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |

Πίνακας Π5 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 2^ο).

| ID | Ag (µg/L) | Al (µg/L) | As (µg/L) | Au (µg/L) | B (µg/L) | Ba (µg/L) | Be (µg/L) | Bi (µg/L) | Br (µg/L) | Cd (µg/L) | Ce (µg/L) | Co (µg/L) | Cr (µg/L) | Cr ⁶⁺ (µg/L) | Cs (µg/L) | Cu (µg/L) | Dy (µg/L) | Er (µg/L) | Eu (µg/L) | Fe (µg/L) | Ga (µg/L) | Gd (µg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FS14 | <0,05 | <1 | 1,9 | <0,05 | 46 | 4,15 | <0,05 | <0,05 | 539 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 156,8 | 140,6 | <0,01 | 2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS15 | <0,05 | <1 | 3,2 | <0,05 | 65 | 3,34 | <0,05 | <0,05 | 400 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 57,8 | 47,22 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS13 | <0,05 | 3 | 4 | <0,05 | 49 | 7,05 | <0,05 | <0,05 | 1091 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 61,9 | 55,23 | <0,01 | 1,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS14 | <0,05 | <1 | 2,2 | <0,05 | 58 | 7,69 | <0,05 | <0,05 | 509 | <0,05 | <0,01 | 0,07 | 200,7 | 172,3 | <0,01 | 1,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS15 | <0,05 | <1 | 2,9 | <0,05 | 47 | 19,21 | <0,05 | <0,05 | 803 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 178,9 | 177 | <0,01 | 1,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS16 | <0,05 | <1 | 1,7 | <0,05 | 57 | 5,14 | <0,05 | <0,05 | 556 | <0,05 | <0,01 | 0,07 | 59,9 | 54,55 | 0,01 | 30,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GS16 | <0,05 | <1 | 1,2 | <0,05 | 22 | 3,62 | <0,05 | <0,05 | 423 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 39,2 | 39,2 | <0,01 | 0,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| FS17 | <0,05 | <1 | 1,3 | <0,05 | 44 | 5,97 | <0,05 | <0,05 | 343 | <0,05 | <0,01 | 0,02 | 49,3 | 46,21 | 0,09 | 1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL1 | 0,05 | <1 | 0,9 | <0,05 | 13 | 4,32 | <0,05 | 0,1 | 102 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 17 | 17 | 0,02 | 2,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL2 | <0,05 | <1 | 0,6 | <0,05 | 13 | 3,32 | <0,05 | <0,05 | 118 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 18,7 | 16,86 | 0,01 | 1,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL3 | <0,05 | <1 | 0,9 | <0,05 | 9 | 3,17 | <0,05 | <0,05 | 87 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 18,5 | 17,72 | 0,02 | 1,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL4 | <0,05 | <1 | 0,6 | <0,05 | 13 | 3,47 | <0,05 | <0,05 | 89 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 21,9 | 21,9 | <0,01 | 1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL5 | <0,05 | 1 | 0,9 | <0,05 | 15 | 5,38 | <0,05 | <0,05 | 90 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 19,5 | 19,5 | 0,03 | 2,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL6 | <0,05 | <1 | 0,8 | <0,05 | 14 | 3,89 | <0,05 | <0,05 | 88 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 19,8 | 19,31 | 0,03 | 1,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL7 | <0,05 | <1 | 20,9 | <0,05 | 150 | 219,12 | <0,05 | <0,05 | 594 | <0,05 | 0,02 | 0,12 | 2,2 | 2,2 | 0,1 | 2,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL8 | <0,05 | <1 | 1,6 | <0,05 | 22 | 7,64 | <0,05 | <0,05 | 120 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 19,1 | 19,1 | 0,01 | 24,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL9 | <0,05 | <1 | 0,7 | <0,05 | 24 | 3,95 | <0,05 | <0,05 | 95 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 37,2 | 34 | <0,01 | 0,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL10 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | <5 | 4,88 | <0,05 | <0,05 | 85 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 18,8 | 18,8 | <0,01 | 1,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL11 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | <5 | 3,13 | <0,05 | <0,05 | 87 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 17,5 | 17,5 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL12 | <0,05 | 2 | <0,5 | <0,05 | <5 | 3,46 | <0,05 | <0,05 | 93 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 21 | 20,14 | <0,01 | 1,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL13 | <0,05 | 2 | <0,5 | <0,05 | 9 | 3,68 | <0,05 | <0,05 | 89 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 21,8 | 20,15 | 0,02 | 2,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL14 | <0,05 | 4 | <0,5 | <0,05 | 8 | 5,68 | <0,05 | <0,05 | 88 | <0,05 | <0,01 | 0,02 | 18,8 | 18,64 | 0,02 | 4,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL15 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | 8 | 3,99 | <0,05 | <0,05 | 93 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 25 | 24,19 | <0,01 | 2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL16 | <0,05 | <1 | 0,6 | <0,05 | 11 | 5,21 | <0,05 | <0,05 | 147 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 19,9 | 19,07 | <0,01 | 0,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL17 | <0,05 | <1 | 0,7 | <0,05 | 10 | 6,06 | <0,05 | <0,05 | 96 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 18,5 | 17,57 | <0,01 | 0,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |

Πίνακας Π6 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 3^ο).

| ID | Ag (μg/L) | Al (μg/L) | As (μg/L) | Au (μg/L) | B (μg/L) | Ba (μg/L) | Be (μg/L) | Bi (μg/L) | Br (μg/L) | Cd (μg/L) | Ce (μg/L) | Co (μg/L) | Cr (μg/L) | Cr ⁶⁺ (μg/L) | Cs (μg/L) | Cu (μg/L) | Dy (μg/L) | Er (μg/L) | Eu (μg/L) | Fe (μg/L) | Ga (μg/L) | Gd (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| GL18 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | 8 | 3,54 | <0,05 | <0,05 | 118 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 18,3 | 16,22 | <0,01 | 1,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL19 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | 10 | 3,66 | <0,05 | <0,05 | 117 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 16,6 | 15,37 | <0,01 | 2,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| GL20 | <0,05 | 2 | 5,4 | <0,05 | 55 | 46,51 | <0,05 | <0,05 | 134 | <0,05 | <0,01 | 0,02 | 54,7 | 48,73 | 0,63 | 2,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| PS1 | <0,05 | <1 | 0,9 | <0,05 | <5 | 0,46 | <0,05 | <0,05 | 104 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 3,5 | 3,5 | <0,01 | 7,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 55 | <0,05 | <0,01 |
| PS2 | <0,05 | <1 | 1 | <0,05 | 6 | 0,92 | <0,05 | <0,05 | 131 | <0,05 | <0,01 | 0,02 | 2,1 | 2,1 | 0,02 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 74 | <0,05 | <0,01 |
| PS3 | <0,05 | <1 | 1 | <0,05 | <5 | 0,47 | <0,05 | <0,05 | 96 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 4,2 | 4,2 | <0,01 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 82 | <0,05 | <0,01 |
| PS4 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | <5 | 0,41 | <0,05 | <0,05 | 116 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 6,1 | 6,1 | <0,01 | 7,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 11 | <0,05 | <0,01 |
| PA1 | <0,05 | 1 | <0,5 | <0,05 | 7 | 1,15 | <0,05 | <0,05 | 68 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 2,4 | 2,4 | <0,01 | 0,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| PG1 | <0,05 | <1 | 0,5 | <0,05 | 10 | 0,49 | <0,05 | <0,05 | 105 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 18,2 | 17,2 | <0,01 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 13 | <0,05 | <0,01 |
| PG2 | <0,05 | <1 | 1,3 | <0,05 | <5 | 0,11 | <0,05 | <0,05 | 287 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 1,3 | 1,3 | 0,17 | 0,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 40 | <0,05 | <0,01 |
| PG3 | <0,05 | <1 | 1,1 | <0,05 | 10 | 1,22 | <0,05 | <0,05 | 141 | <0,05 | <0,01 | 0,05 | 6,5 | 6,5 | 0,02 | 0,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 49 | <0,05 | <0,01 |
| PG4 | <0,05 | <1 | 0,9 | <0,05 | 8 | 0,69 | <0,05 | <0,05 | 103 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 4,2 | 4,2 | <0,01 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 52 | <0,05 | <0,01 |
| PG5 | <0,05 | <1 | 1,3 | <0,05 | 13 | 1,62 | <0,05 | <0,05 | 131 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 13,5 | 11,75 | <0,01 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 16 | <0,05 | <0,01 |
| PG6 | <0,05 | 2 | 0,9 | <0,05 | <5 | 0,69 | <0,05 | <0,05 | 117 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 3,6 | 3,6 | <0,01 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 30 | <0,05 | <0,01 |
| PG7 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | <5 | 0,7 | <0,05 | <0,05 | 115 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 18,3 | 15,38 | <0,01 | 0,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| PG8 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | 9 | 2,46 | <0,05 | <0,05 | 148 | <0,05 | <0,01 | 0,05 | 13 | 13,0 | <0,01 | 0,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| PG9 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | 16 | 1,84 | <0,05 | <0,05 | 125 | <0,05 | <0,01 | 0,1 | 10,2 | 8,64 | 0,02 | 1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| PG10 | <0,05 | 3 | <0,5 | <0,05 | 6 | 1,48 | <0,05 | <0,05 | 134 | <0,05 | <0,01 | 0,09 | 3,3 | 3,3 | 0,01 | 0,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 18 | <0,05 | <0,01 |

Πίνακας Π7 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 4^ο).

| ID | Ge (μg/L) | Hf (μg/L) | Hg (μg/L) | Ho (μg/L) | In (μg/L) | La (μg/L) | Li (μg/L) | Lu (μg/L) | Mn (μg/L) | Mo (μg/L) | Nb (μg/L) | Nd (μg/L) | Ni (μg/L) | P (μg/L) | Pb (μg/L) | Pd (μg/L) | Pr (μg/L) | Pt (μg/L) | Rb (μg/L) | Re (μg/L) | Rh (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FS1 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4 | <0,01 | 0,33 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 3,1 | 39 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,33 | 0,01 | <0,01 |
| FS2 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,5 | <0,01 | 0,2 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,9 | 14 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,29 | <0,01 | <0,01 |
| GS1 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,4 | <0,01 | 0,94 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,6 | 14 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,2 | 0,02 | <0,01 |
| GS2 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,2 | <0,01 | 0,22 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 3,3 | 37 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,22 | <0,01 | <0,01 |
| GS3 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,5 | <0,01 | 0,5 | 0,3 | <0,01 | 0,01 | 0,4 | 46 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,51 | <0,01 | <0,01 |
| GS4 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,8 | <0,01 | 0,59 | 1,6 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | 66 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,44 | 0,01 | <0,01 |
| GS5 | <0,05 | <0,02 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,8 | <0,01 | 0,81 | 0,8 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | 29 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,35 | <0,01 | <0,01 |
| GS6 | <0,05 | <0,02 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,7 | <0,01 | 0,14 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 0,6 | 22 | 0,8 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,62 | <0,01 | <0,01 |
| GS7 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,1 | <0,01 | 0,21 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 1 | 38 | <0,2 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 1,14 | <0,01 | <0,01 |
| GS8 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,8 | <0,01 | 0,21 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 1,2 | 19 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,36 | <0,01 | <0,01 |
| GS9 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,3 | <0,01 | 0,31 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 2,1 | 16 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,39 | 0,02 | <0,01 |
| GS10 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,7 | <0,01 | 2,16 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 1,9 | 15 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,06 | <0,01 | <0,01 |
| FS3 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 7 | <0,01 | 57,05 | 1,1 | <0,01 | <0,01 | 4,7 | 62 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,88 | 0,02 | 0,02 |
| FS4 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 9,2 | <0,01 | 25,29 | 2,1 | <0,01 | <0,01 | 4,6 | 50 | <0,2 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,2 | 0,03 | 0,01 |
| GS11 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | <0,01 | 0,92 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 2,2 | 15 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,42 | <0,01 | <0,01 |
| GS12 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 6,3 | <0,01 | 0,8 | 1,2 | <0,01 | <0,01 | 3,4 | 87 | <0,2 | 0,06 | <0,01 | <0,01 | 0,36 | 0,02 | 0,01 |
| FS6 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,9 | <0,01 | 0,22 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | 71 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,32 | 0,02 | 0,01 |
| FS5 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,8 | <0,01 | 0,37 | 0,5 | <0,01 | <0,01 | 3,5 | 22 | 0,4 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,92 | 0,02 | <0,01 |
| FS7 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 7,7 | <0,01 | 0,65 | 0,4 | <0,01 | 0,02 | 2,7 | 43 | <0,2 | 0,09 | <0,01 | <0,01 | 1,32 | <0,01 | <0,01 |
| FS8 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,2 | <0,01 | 0,16 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 1 | 11 | <0,2 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,49 | <0,01 | <0,01 |
| FS9 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,6 | <0,01 | 1,9 | 0,8 | <0,01 | <0,01 | 7,4 | 51 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,55 | 0,01 | <0,01 |
| FS10 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,6 | <0,01 | 4,11 | 0,5 | <0,01 | <0,01 | 3,9 | 77 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,31 | 0,02 | <0,01 |
| FS11 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,4 | <0,01 | 0,49 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 2 | 29 | <0,2 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 0,91 | <0,01 | <0,01 |
| FS12 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,7 | <0,01 | 2,98 | 1 | <0,01 | <0,01 | 9 | 34 | 3,1 | 0,08 | <0,01 | <0,01 | 0,42 | 0,04 | <0,01 |
| FS13 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,6 | <0,01 | 2,03 | 0,5 | <0,01 | <0,01 | 3,1 | 22 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,7 | 0,02 | <0,01 |

Πίνακας Π8 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 5^ο).

| ID | Ge (µg/L) | Hf (µg/L) | Hg (µg/L) | Ho (µg/L) | In (µg/L) | La (µg/L) | Li (µg/L) | Lu (µg/L) | Mn (µg/L) | Mo (µg/L) | Nb (µg/L) | Nd (µg/L) | Ni (µg/L) | P (µg/L) | Pb (µg/L) | Pd (µg/L) | Pr (µg/L) | Pt (µg/L) | Rb (µg/L) | Re (µg/L) | Rh (µg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FS14 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3 | <0,01 | 1,39 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 2,9 | 50 | <0,2 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | <0,01 | <0,01 |
| FS15 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,6 | <0,01 | 0,7 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | 107 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,27 | <0,01 | <0,01 |
| GS13 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 6,6 | <0,01 | 2,64 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 3,2 | 123 | 0,5 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | <0,01 | <0,01 |
| GS14 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3 | <0,01 | 1,4 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 2,5 | 73 | <0,2 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 0,33 | 0,03 | <0,01 |
| GS15 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,8 | <0,01 | 2,97 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 2,4 | 53 | <0,2 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,64 | 0,02 | <0,01 |
| FS16 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 5,1 | <0,01 | 0,54 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 1,6 | 36 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,78 | <0,01 | <0,01 |
| GS16 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,5 | <0,01 | 0,44 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | 40 | <0,2 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 0,77 | <0,01 | <0,01 |
| FS17 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,1 | <0,01 | 0,88 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 1,2 | 67 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 1,35 | <0,01 | <0,01 |
| GL1 | <0,05 | <0,02 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,5 | <0,01 | 0,18 | 2 | <0,01 | <0,01 | 3,1 | 21 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,47 | <0,01 | <0,01 |
| GL2 | <0,05 | <0,02 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,2 | <0,01 | 0,14 | 0,7 | <0,01 | <0,01 | 0,7 | 17 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,44 | <0,01 | <0,01 |
| GL3 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | <0,01 | 0,07 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | 17 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | <0,01 | <0,01 |
| GL4 | <0,05 | <0,02 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | <0,01 | 0,08 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | 30 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,44 | <0,01 | <0,01 |
| GL5 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | <0,01 | 0,22 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 0,6 | 26 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,43 | <0,01 | <0,01 |
| GL6 | <0,05 | <0,02 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | <0,01 | 0,54 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 0,4 | 19 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,42 | <0,01 | <0,01 |
| GL7 | 0,1 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 26,9 | <0,01 | 1,66 | 12,8 | <0,01 | <0,01 | 4,5 | 30 | <0,2 | 0,03 | <0,01 | 0,01 | 2,69 | 0,03 | 0,29 |
| GL8 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,8 | <0,01 | 0,13 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | 15 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,56 | <0,01 | <0,01 |
| GL9 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,8 | <0,01 | 0,27 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | <0,2 | 25 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,76 | <0,01 | <0,01 |
| GL10 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | <0,01 | 0,22 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | 18 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,52 | <0,01 | <0,01 |
| GL11 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,1 | <0,01 | 0,18 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | 15 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,52 | <0,01 | <0,01 |
| GL12 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | <0,01 | 0,42 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | 13 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,53 | <0,01 | <0,01 |
| GL13 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | <0,01 | 0,18 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,2 | 18 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,52 | <0,01 | <0,01 |
| GL14 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | <0,01 | 0,66 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | 15 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,46 | <0,01 | <0,01 |
| GL15 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | <0,01 | 0,21 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | 19 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | <0,01 | <0,01 |
| GL16 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2 | <0,01 | 0,24 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | 14 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,61 | <0,01 | <0,01 |
| GL17 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2 | <0,01 | 0,17 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | 20 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,6 | <0,01 | <0,01 |

Πίνακας Π19 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 6^ο).

| ID | Ge (µg/L) | Hf (µg/L) | Hg (µg/L) | Ho (µg/L) | In (µg/L) | La (µg/L) | Li (µg/L) | Lu (µg/L) | Mn (µg/L) | Mo (µg/L) | Nb (µg/L) | Nd (µg/L) | Ni (µg/L) | P (µg/L) | Pb (µg/L) | Pd (µg/L) | Pr (µg/L) | Pt (µg/L) | Rb (µg/L) | Re (µg/L) | Rh (µg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| GL18 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,2 | <0,01 | 0,22 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,7 | 10 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | <0,01 | <0,01 |
| GL19 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | <0,01 | 0,43 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | 16 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,58 | <0,01 | <0,01 |
| GL20 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 12,8 | <0,01 | 0,48 | 0,5 | <0,01 | <0,01 | 1,1 | 33 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,47 | <0,01 | <0,01 |
| PS1 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,29 | <0,01 | <0,01 |
| PS2 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | 0,06 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,4 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,7 | <0,01 | <0,01 |
| PS3 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,2 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,31 | <0,01 | <0,01 |
| PS4 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,7 | <0,01 | 0,15 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,3 | <10 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,46 | <0,01 | <0,01 |
| PA1 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | <0,01 | 0,08 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,8 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,18 | <0,01 | <0,01 |
| PG1 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,8 | <0,01 | 0,15 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,26 | <0,01 | <0,01 |
| PG2 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,1 | <0,01 | <0,05 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,1 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,25 | <0,01 | <0,01 |
| PG3 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,5 | 38 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,05 | <0,01 | <0,01 |
| PG4 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,7 | <0,01 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,19 | <0,01 | <0,01 |
| PG5 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,8 | <10 | <0,2 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,16 | <0,01 | <0,01 |
| PG6 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,4 | <0,01 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,42 | <0,01 | <0,01 |
| PG7 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | 0,44 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,8 | 12 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,32 | <0,01 | <0,01 |
| PG8 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1 | <0,01 | 0,43 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 5,5 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,13 | <0,01 | <0,01 |
| PG9 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,8 | <0,01 | 0,25 | 1 | <0,01 | <0,01 | 1,9 | 25 | <0,2 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,21 | <0,01 | <0,01 |
| PG10 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,6 | <0,01 | 0,56 | 0,6 | <0,01 | <0,01 | 2 | <10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,35 | <0,01 | <0,01 |

Πίνακας Π10 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 7^ο).

| ID | Sb (μg/L) | Sc (μg/L) | Se (μg/L) | Si (μg/L) | Sm (μg/L) | Sn (μg/L) | Sr (μg/L) | Ta (μg/L) | Tb (μg/L) | Te (μg/L) | Th (μg/L) | Ti (μg/L) | Tl (μg/L) | Tm (μg/L) | U (μg/L) | V (μg/L) | W (μg/L) | Y (μg/L) | Yb (μg/L) | Zn (μg/L) | Zr (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| FS1 | 0,09 | <1 | 5,8 | 25929 | <0,02 | 1,39 | 151,64 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,08 | 8,3 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 15,5 | <0,02 |
| FS2 | <0,05 | <1 | 2,5 | 34807 | <0,02 | 0,05 | 133,32 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 6,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 73,9 | <0,02 |
| GS1 | <0,05 | <1 | 2,4 | 35862 | <0,02 | 0,52 | 145,64 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 4,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 16,4 | <0,02 |
| GS2 | <0,05 | <1 | 1,8 | 37292 | <0,02 | 0,07 | 133,48 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 3,4 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 39,6 | <0,02 |
| GS3 | <0,05 | <1 | 2,8 | 28866 | <0,02 | <0,05 | 118,52 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,16 | 7,8 | <0,02 | 0,03 | <0,01 | 32,8 | <0,02 |
| GS4 | 0,05 | <1 | 6,1 | 29397 | <0,02 | <0,05 | 217,46 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,25 | 6,2 | <0,02 | 0,06 | <0,01 | 44,2 | <0,02 |
| GS5 | 0,13 | <1 | 2,5 | 28479 | <0,02 | 0,08 | 63,6 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 3,3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 20,6 | <0,02 |
| GS6 | <0,05 | <1 | 1,7 | 15384 | <0,02 | 0,71 | 55,41 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 14,6 | <0,02 |
| GS7 | <0,05 | <1 | 1,9 | 17450 | <0,02 | <0,05 | 49,35 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 2,1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 15,2 | <0,02 |
| GS8 | <0,05 | <1 | 2,7 | 12193 | <0,02 | <0,05 | 57,16 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 3,7 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 111,1 | <0,02 |
| GS9 | <0,05 | <1 | 5,9 | 17819 | <0,02 | <0,05 | 72,59 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 9,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 80 | <0,02 |
| GS10 | <0,05 | <1 | 10,5 | 17004 | <0,02 | <0,05 | 88,15 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 16,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 8,3 | <0,02 |
| FS3 | <0,05 | <1 | 11,2 | 10269 | <0,02 | <0,05 | 625,41 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,22 | 18,4 | <0,02 | 0,02 | <0,01 | 8,3 | 0,04 |
| FS4 | 0,24 | <1 | 10 | 11503 | <0,02 | 0,09 | 388,62 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,34 | 16 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 15,6 | <0,02 |
| GS11 | 0,51 | <1 | 1,5 | 1694 | <0,02 | <0,05 | 47,16 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 2,4 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 83,8 | <0,02 |
| GS12 | <0,05 | <1 | 10,9 | 23951 | <0,02 | 0,06 | 215,1 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 17 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 5,7 | <0,02 |
| FS6 | <0,05 | <1 | 6,7 | 21270 | <0,02 | <0,05 | 261,34 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,43 | 10,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 5,7 | <0,02 |
| FS5 | <0,05 | <1 | 7,5 | 12391 | <0,02 | <0,05 | 160,13 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 11,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 7,6 | <0,02 |
| FS7 | <0,05 | <1 | 8,9 | 17722 | <0,02 | <0,05 | 207,85 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 13,9 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 9,8 | <0,02 |
| FS8 | 0,09 | <1 | 5,2 | 32580 | <0,02 | <0,05 | 92,4 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 10,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 16,7 | <0,02 |
| FS9 | 0,21 | <1 | 5,6 | 26550 | <0,02 | 0,47 | 153,68 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,09 | 3,5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 8,6 | <0,02 |
| FS10 | 0,08 | 1 | 5,8 | 20525 | <0,02 | 0,42 | 256,03 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,52 | 5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 5,7 | <0,02 |
| FS11 | <0,05 | 1 | 3,2 | 23568 | <0,02 | 0,14 | 97,39 | <0,02 | <0,01 | 0,07 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,09 | 3,7 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 41,9 | <0,02 |
| FS12 | 0,11 | 1 | 8,6 | 18063 | <0,02 | <0,05 | 249,56 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | 0,03 | <0,01 | 0,05 | 3,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 284,1 | <0,02 |
| FS13 | <0,05 | <1 | 5,6 | 12280 | <0,02 | <0,05 | 166,32 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 6,3 | <0,02 |

Πίνακας Π11 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 8^ο).

| ID | Sb (μg/L) | Sc (μg/L) | Se (μg/L) | Si (μg/L) | Sm (μg/L) | Sn (μg/L) | Sr (μg/L) | Ta (μg/L) | Tb (μg/L) | Te (μg/L) | Th (μg/L) | Ti (μg/L) | Tl (μg/L) | Tm (μg/L) | U (μg/L) | V (μg/L) | W (μg/L) | Y (μg/L) | Yb (μg/L) | Zn (μg/L) | Zr (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| FS14 | 0,1 | 2 | 4,6 | 31686 | <0,02 | 3,38 | 159,38 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,09 | 4,5 | <0,02 | 0,05 | <0,01 | 20,1 | <0,02 |
| FS15 | <0,05 | 1 | 2,4 | 28302 | <0,02 | 0,16 | 146,73 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,18 | 6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 9,7 | <0,02 |
| GS13 | 0,05 | 1 | 4,8 | 22204 | <0,02 | <0,05 | 222,77 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,16 | 5,7 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 50,5 | <0,02 |
| GS14 | <0,05 | 1 | 4 | 29692 | <0,02 | <0,05 | 133,04 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,06 | 4,9 | <0,02 | 0,02 | <0,01 | 36 | <0,02 |
| GS15 | <0,05 | 1 | 4,7 | 27609 | <0,02 | <0,05 | 181,35 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,13 | 6,3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 114,5 | <0,02 |
| FS16 | <0,05 | <1 | 3,2 | 24009 | <0,02 | <0,05 | 119,45 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 3,3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 20,7 | <0,02 |
| GS16 | <0,05 | <1 | 2,5 | 15748 | <0,02 | <0,05 | 59,72 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 2,2 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 44,3 | <0,02 |
| FS17 | <0,05 | <1 | 3 | 27246 | <0,02 | <0,05 | 99,84 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 188,2 | <0,02 |
| GL1 | 0,15 | <1 | <0,5 | 9621 | <0,02 | 1,19 | 61,97 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,7 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 6,4 | <0,02 |
| GL2 | 0,06 | <1 | 0,5 | 9634 | <0,02 | 0,42 | 45,69 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 14,3 | <0,02 |
| GL3 | 0,11 | <1 | <0,5 | 8723 | <0,02 | 0,1 | 63,42 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 7,5 | <0,02 |
| GL4 | <0,05 | <1 | 0,5 | 9531 | <0,02 | 0,41 | 48,42 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 6,7 | <0,02 |
| GL5 | 0,09 | <1 | <0,5 | 10403 | <0,02 | 0,59 | 56,98 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,05 | 1,1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 9,4 | <0,02 |
| GL6 | <0,05 | <1 | 0,5 | 7980 | <0,02 | 0,48 | 51,42 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,2 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 36,4 | <0,02 |
| GL7 | 0,3 | <1 | 3,3 | 30165 | <0,02 | 0,38 | 10423,4 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | 0,04 | <0,01 | 0,21 | 6,1 | 0,07 | 0,02 | <0,01 | 8,4 | <0,02 |
| GL8 | <0,05 | <1 | 1,1 | 13308 | <0,02 | 0,33 | 170,97 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,2 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 7,7 | <0,02 |
| GL9 | <0,05 | <1 | 0,6 | 14980 | <0,02 | <0,05 | 179,79 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,05 | 0,7 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 5,6 | <0,02 |
| GL10 | <0,05 | <1 | <0,5 | 9856 | <0,02 | 0,06 | 60,68 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,7 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 5 | <0,02 |
| GL11 | <0,05 | <1 | <0,5 | 8384 | <0,02 | <0,05 | 51,33 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 3,4 | <0,02 |
| GL12 | <0,05 | <1 | <0,5 | 8730 | <0,02 | <0,05 | 43,51 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,7 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 6 | <0,02 |
| GL13 | 0,18 | <1 | <0,5 | 8877 | <0,02 | 0,05 | 56,92 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 10,5 | <0,02 |
| GL14 | 0,08 | <1 | <0,5 | 12053 | <0,02 | 0,08 | 58,98 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,06 | 0,7 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 12,4 | <0,02 |
| GL15 | <0,05 | <1 | <0,5 | 11468 | <0,02 | <0,05 | 55,34 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 7,9 | <0,02 |
| GL16 | <0,05 | <1 | 0,6 | 12819 | <0,02 | <0,05 | 97,08 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 4,3 | <0,02 |
| GL17 | <0,05 | <1 | 0,6 | 12530 | <0,02 | <0,05 | 101,2 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 8,9 | <0,02 |

Πίνακας Π12 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της περιοχής Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων Ορέων (μέρος 9^ο).

| ID | Sb (μg/L) | Sc (μg/L) | Se (μg/L) | Si (μg/L) | Sm (μg/L) | Sn (μg/L) | Sr (μg/L) | Ta (μg/L) | Tb (μg/L) | Te (μg/L) | Th (μg/L) | Ti (μg/L) | Tl (μg/L) | Tm (μg/L) | U (μg/L) | V (μg/L) | W (μg/L) | Y (μg/L) | Yb (μg/L) | Zn (μg/L) | Zr (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| GL18 | <0,05 | <1 | <0,5 | 10756 | <0,02 | 0,06 | 49,19 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 6,9 | <0,02 |
| GL19 | <0,05 | <1 | <0,5 | 11094 | <0,02 | 0,15 | 51,01 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 8 | <0,02 |
| GL20 | 0,07 | <1 | 1,5 | 17351 | <0,02 | 0,13 | 388,16 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,63 | 5,1 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 20 | <0,02 |
| PS1 | <0,05 | <1 | 0,8 | 916 | <0,02 | 0,17 | 7,21 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,2 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 2,3 | <0,02 |
| PS2 | <0,05 | <1 | 0,8 | 263 | <0,02 | <0,05 | 1,51 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 1 | <0,02 |
| PS3 | <0,05 | <1 | <0,5 | 764 | <0,02 | <0,05 | 6,77 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 2,2 | <0,02 |
| PS4 | <0,05 | <1 | 0,7 | 1175 | <0,02 | 0,13 | 9,54 | <0,02 | <0,01 | 0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 4,1 | <0,02 |
| PA1 | <0,05 | <1 | <0,5 | 5920 | <0,02 | <0,05 | 21,39 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,4 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 2,1 | <0,02 |
| PG1 | 0,1 | <1 | <0,5 | 4422 | <0,02 | 0,27 | 9,71 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 8 | <0,02 |
| PG2 | <0,05 | <1 | 1,3 | <40 | <0,02 | 0,66 | 0,67 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 2 | <0,02 |
| PG3 | <0,05 | <1 | 0,8 | 2756 | <0,02 | <0,05 | 6,19 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 3,7 | <0,02 |
| PG4 | <0,05 | <1 | <0,5 | 3870 | <0,02 | <0,05 | 8,28 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,7 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 6,7 | <0,02 |
| PG5 | <0,05 | <1 | 1 | 16317 | <0,02 | <0,05 | 21,93 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 1,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 4,1 | <0,02 |
| PG6 | <0,05 | <1 | 0,6 | 2753 | <0,02 | <0,05 | 9,33 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 2,4 | <0,02 |
| PG7 | <0,05 | <1 | 0,5 | 4972 | <0,02 | <0,05 | 11,69 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 5,4 | <0,02 |
| PG8 | <0,05 | <1 | 0,6 | 19217 | <0,02 | <0,05 | 28,56 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,7 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 5,1 | <0,02 |
| PG9 | 0,11 | <1 | 0,7 | 3711 | <0,02 | 0,08 | 8,82 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | 0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,2 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 4,9 | <0,02 |
| PG10 | 0,08 | <1 | 0,9 | 1897 | <0,02 | <0,05 | 8,75 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,2 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 10,5 | <0,02 |

Πίνακας Π2 - Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα 20 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|--------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 17,68 | 22,60 | 13,90 | 8,70 | 2,15 | 16,35 | 17,35 | 19,13 | 0,47 | 0,11 |
| DO | mg L ⁻¹ | 10,43 | 13,49 | 6,28 | 7,21 | 2,03 | 9,42 | 9,62 | 13,14 | 0,31 | -0,59 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 486,98 | 773,57 | 386,15 | 387,42 | 79,63 | 448,61 | 481,28 | 506,39 | 2,48 | 8,98 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 652,67 | 1206,00 | 316,30 | 889,70 | 155,90 | 608,50 | 644,50 | 679,75 | 1,98 | 9,54 |
| pH | - | 8,16 | 8,57 | 7,83 | 0,74 | 0,18 | 8,04 | 8,11 | 8,28 | 0,42 | -0,16 |
| Eh | mV | 316,33 | 370,60 | 285,00 | 85,60 | 34,21 | 292,93 | 298,45 | 361,58 | 0,86 | -1,25 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 8,48 | 36,40 | 1,53 | 34,87 | 8,13 | 3,82 | 6,36 | 8,19 | 2,56 | 7,26 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 81,02 | 97,70 | 51,00 | 46,70 | 12,31 | 76,48 | 81,40 | 89,90 | -0,80 | 0,66 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 17,19 | 57,20 | 12,10 | 45,10 | 10,23 | 12,58 | 13,65 | 17,00 | 3,56 | 13,59 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,25 | 5,37 | 0,73 | 4,64 | 1,08 | 0,78 | 0,84 | 1,14 | 3,34 | 12,01 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 5,05 | 16,40 | <ΟΠ | ΔΥ | 4,44 | 2,18 | 3,05 | 7,70 | 1,38 | 1,03 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 39,20 | 176,00 | 24,00 | 152,00 | 32,98 | 27,00 | 29,00 | 37,25 | 4,14 | 17,86 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | ΔΥ | 33,00 | <ΟΠ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΠ | <ΟΠ | <ΟΠ | ΔΥ | ΔΥ |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 330,25 | 399,00 | 227,00 | 172,00 | 42,85 | 313,50 | 336,00 | 355,25 | -0,71 | 0,42 |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης
ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π3 - Περιγραφικά στατιστικά δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα 20 δείγματα της λεκάνης Λουτρακίου

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 1,93 | 20,90 | <ΟΑ | ΔΥ | 4,59 | 0,50 | 0,60 | 0,90 | 4,12 | 17,48 |
| B | μg L ⁻¹ | 20,35 | 150,00 | <ΟΑ | ΔΥ | 32,43 | 8,00 | 10,50 | 14,25 | 3,77 | 15,03 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 17,20 | 219,12 | 3,13 | 215,99 | 48,46 | 3,52 | 3,97 | 5,46 | 4,22 | 18,25 |
| Br | μg L ⁻¹ | 126,50 | 594,00 | 85,00 | 509,00 | 111,46 | 88,75 | 94,00 | 118,00 | 4,29 | 18,83 |
| Co | μg L ⁻¹ | ΔΥ | 0,12 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ |
| Cr | μg L ⁻¹ | 21,24 | 54,70 | 2,20 | 52,50 | 9,89 | 18,45 | 18,95 | 21,20 | 2,07 | 7,42 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 20,20 | 48,73 | 2,20 | 46,53 | 8,69 | 17,38 | 18,94 | 20,14 | 1,76 | 6,64 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 2,87 | 24,10 | 0,60 | 23,50 | 5,06 | 1,15 | 1,75 | 2,15 | 4,29 | 18,82 |
| Li | μg L ⁻¹ | 3,50 | 26,90 | 1,10 | 25,80 | 6,10 | 1,30 | 1,40 | 2,00 | 3,47 | 12,53 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 0,34 | 1,66 | 0,07 | 1,59 | 0,35 | 0,18 | 0,22 | 0,42 | 3,14 | 11,49 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,94 | 12,80 | <ΟΑ | ΔΥ | 2,82 | <ΟΑ | 0,15 | 0,40 | 4,31 | 18,92 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 0,82 | 4,50 | <ΟΑ | ΔΥ | 1,08 | 0,30 | 0,45 | 0,70 | 2,77 | 7,57 |
| P | μg L ⁻¹ | 19,55 | 33,00 | <ΟΑ | ΔΥ | 6,20 | 15,00 | 18,00 | 22,00 | 0,85 | -0,03 |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,22 | 0,30 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,04 | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,20 | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,68 | 2,69 | 0,42 | 2,27 | 0,53 | 0,47 | 0,52 | 0,59 | 3,46 | 12,49 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,08 | 0,30 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,06 | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,08 | ΔΥ | ΔΥ |
| Se | μg L ⁻¹ | 0,74 | 3,30 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,65 | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,60 | ΔΥ | ΔΥ |
| Si | μg L ⁻¹ | 11913,15 | 30165,00 | 7980,00 | 22185,00 | 4907,40 | 9367,50 | 10579,50 | 12602,25 | 2,98 | 10,50 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 605,77 | 10423,40 | 43,51 | 10379,89 | 2312,22 | 51,25 | 57,98 | 98,11 | 4,46 | 19,94 |
| U | μg L ⁻¹ | 0,07 | 0,63 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,14 | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,03 | ΔΥ | ΔΥ |
| V | μg L ⁻¹ | 1,28 | 6,10 | 0,50 | 5,60 | 1,50 | 0,68 | 0,75 | 1,10 | 2,84 | 7,17 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 9,79 | 36,40 | 3,40 | 33,00 | 7,31 | 6,30 | 7,80 | 9,68 | 2,88 | 9,56 |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π15 - Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα 33 δείγματα της λεκάνης του Σχίνου.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|---------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 20,43 | 30 | 15,3 | 14,7 | 2,86 | 18,9 | 20,1 | 20,9 | 1,44 | 3,29 |
| DO | mg L ⁻¹ | 7,19 | 9,91 | 3,62 | 6,29 | 1,3 | 6,26 | 7,19 | 8,11 | -0,42 | 0,62 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 1219,75 | 2532,32 | 666,8 | 1865,52 | 426,1 | 943,56 | 1121,48 | 1357,46 | 1,43 | 2 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 1872,79 | 3943 | 724 | 3219 | 778,48 | 1310 | 1633 | 2329 | 0,93 | 0,3 |
| pH | - | 7,95 | 8,86 | 7,45 | 1,41 | 0,31 | 7,72 | 7,94 | 8,16 | 0,66 | 0,8 |
| Eh | mV | 295,13 | 365,7 | 231 | 134,7 | 51,24 | 243,6 | 284,9 | 344,3 | 0,05 | -1,95 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 31,27 | 101 | 1,91 | 99,09 | 23,51 | 10,8 | 27,1 | 43,9 | 0,85 | 0,86 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 166,18 | 363 | 75 | 288 | 53,2 | 129 | 155 | 185 | 1,72 | 4,92 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 127,6 | 405 | 28,3 | 376,7 | 96,55 | 67,7 | 84 | 145 | 1,57 | 1,75 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,85 | 21,1 | 0,13 | 20,97 | 3,61 | 0,52 | 1,12 | 1,68 | 5,05 | 27,33 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 36,57 | 100 | 3,5 | 96,5 | 24,25 | 17 | 30,6 | 50,3 | 0,98 | 0,88 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 298,27 | 815 | 71 | 744 | 218,47 | 131 | 220 | 376 | 1,2 | 0,34 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 57,88 | 381 | 6 | 375 | 70,06 | 15 | 38 | 60 | 3,34 | 14,08 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 500,12 | 672 | 267 | 405 | 96,64 | 446 | 517 | 543 | -0,35 | -0,04 |

Πίνακας Π16 - Περιγραφικά στατιστικά δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα 33 δείγματα της λεκάνης του Σχίνου.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 4,65 | 15,00 | 0,90 | 14,10 | 4,07 | 1,90 | 2,90 | 6,30 | 1,40 | 0,77 |
| B | μg L ⁻¹ | 59,30 | 266,00 | <ΟΑ | ΔΥ | 50,49 | 25,00 | 49,00 | 69,00 | 2,70 | 9,02 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 18,28 | 149,44 | 1,38 | 148,06 | 29,30 | 4,48 | 7,69 | 14,59 | 3,47 | 13,33 |
| Br | μg L ⁻¹ | 859,76 | 2207,00 | 219,00 | 1988,00 | 607,17 | 423,00 | 643,00 | 1091,00 | 1,08 | -0,11 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,07 | 0,56 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,10 | <ΟΑ | 0,04 | 0,08 | 3,99 | 18,96 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 102,08 | 506,90 | 3,30 | 503,60 | 126,98 | 38,30 | 49,30 | 97,10 | 2,19 | 4,33 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 91,58 | 458,80 | 3,30 | 455,50 | 112,99 | 33,62 | 46,21 | 85,16 | 2,21 | 4,43 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 6,19 | 52,30 | 0,50 | 51,80 | 11,19 | 1,20 | 1,90 | 3,70 | 3,02 | 9,48 |
| Li | μg L ⁻¹ | 3,87 | 9,20 | 1,30 | 7,90 | 1,83 | 2,70 | 3,60 | 4,70 | 1,12 | 1,26 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 3,47 | 57,05 | 0,14 | 56,91 | 10,55 | 0,33 | 0,70 | 1,90 | 4,63 | 22,48 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,50 | 2,10 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,45 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 2,06 | 4,60 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 2,49 | 9,00 | 0,40 | 8,60 | 1,90 | 1,20 | 2,10 | 3,20 | 1,75 | 3,97 |
| P | μg L ⁻¹ | 44,79 | 123,00 | 11,00 | 112,00 | 27,62 | 22,00 | 39,00 | 62,00 | 1,04 | 0,91 |
| Pb | μg L ⁻¹ | ΔΥ | 3,10 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,66 | 2,49 | 0,20 | 2,29 | 0,46 | 0,35 | 0,50 | 0,88 | 2,15 | 6,40 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,08 | 0,51 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,09 | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,08 | ΔΥ | ΔΥ |
| Se | μg L ⁻¹ | 5,05 | 11,20 | 1,50 | 9,70 | 2,89 | 2,50 | 4,70 | 6,10 | 0,78 | -0,41 |
| Si | μg L ⁻¹ | 22404,36 | 37292,00 | 1694,00 | 35598,00 | 8411,67 | 17004,00 | 23568,00 | 28479,00 | -0,28 | -0,34 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 161,50 | 625,41 | 47,16 | 578,25 | 112,66 | 92,40 | 145,64 | 207,85 | 2,45 | 8,44 |
| U | μg L ⁻¹ | 0,16 | 2,22 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,39 | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,13 | ΔΥ | ΔΥ |
| V | μg L ⁻¹ | 6,97 | 18,40 | 1,60 | 16,80 | 4,84 | 3,40 | 5,00 | 9,60 | 1,11 | 0,12 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 44,12 | 284,10 | 5,70 | 278,40 | 59,09 | 9,70 | 20,10 | 44,30 | 2,73 | 8,51 |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π17 - Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα 15 δείγματα των πηγών που βρίσκονται στα Γεράνεια Όρη.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|--------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 17,61 | 23,30 | 14,00 | 9,30 | 3,24 | 14,65 | 16,10 | 19,35 | 0,61 | -1,05 |
| DO | mg L ⁻¹ | 9,51 | 13,26 | 7,35 | 5,91 | 1,53 | 8,65 | 9,41 | 9,98 | 1,04 | 1,59 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 614,64 | 857,67 | 378,79 | 478,88 | 162,43 | 470,83 | 656,44 | 729,19 | -0,11 | -1,56 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 918,67 | 1227,00 | 590,00 | 637,00 | 186,39 | 746,50 | 991,00 | 1051,50 | -0,28 | -1,05 |
| pH | - | 8,89 | 9,64 | 7,88 | 1,76 | 0,46 | 8,69 | 8,81 | 9,17 | -0,30 | 0,49 |
| Eh | mV | 294,35 | 328,90 | 254,00 | 74,90 | 23,29 | 282,55 | 290,80 | 311,95 | -0,07 | -0,87 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 3,33 | 11,30 | 0,90 | 10,40 | 2,94 | 1,55 | 2,54 | 3,25 | 2,02 | 3,68 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 129,97 | 179,00 | 73,60 | 105,40 | 31,20 | 99,30 | 142,00 | 151,00 | -0,35 | -1,10 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 17,99 | 22,60 | 10,90 | 11,70 | 3,78 | 15,60 | 19,60 | 20,40 | -0,80 | -0,56 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 0,93 | 2,94 | 0,29 | 2,65 | 0,78 | 0,45 | 0,60 | 1,01 | 1,71 | 2,23 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 3,50 | 15,60 | <ΟΠ | ΔΥ | 4,71 | 1,00 | 1,30 | 3,05 | 2,23 | 3,88 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 37,27 | 73,00 | 22,00 | 51,00 | 11,70 | 31,50 | 35,00 | 39,50 | 2,09 | 6,27 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | ΔΥ | 5,00 | <ΟΠ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΠ | <ΟΠ | <ΟΠ | ΔΥ | ΔΥ |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 421,00 | 623,00 | 202,00 | 421,00 | 139,62 | 311,00 | 403,00 | 535,50 | -0,02 | -1,47 |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π18 - Περιγραφικά στατιστικά δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα 15 δείγματα των πηγών που βρίσκονται στα Γεράνεια Όρη.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 0,79 | 1,30 | <OA | ΔΥ | 0,31 | <OA | 0,90 | 1,00 | 0,38 | -1,37 |
| B | μg L ⁻¹ | 7,67 | 16,00 | <OA | ΔΥ | 3,37 | <OA | 6,00 | 9,50 | 1,36 | 1,33 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 0,98 | 2,46 | 0,11 | 2,35 | 0,64 | 0,48 | 0,70 | 1,35 | 0,92 | 0,40 |
| Br | μg L ⁻¹ | 128,07 | 287,00 | 68,00 | 219,00 | 48,33 | 104,50 | 117,00 | 132,50 | 2,72 | 9,39 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,04 | 0,10 | <OA | ΔΥ | 0,03 | <OA | 0,03 | 0,04 | 1,81 | 2,41 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 7,36 | 18,30 | 1,30 | 17,00 | 5,80 | 3,40 | 4,20 | 11,60 | 0,96 | -0,45 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 6,88 | 17,20 | 1,30 | 15,90 | 5,12 | 3,40 | 4,20 | 10,20 | 0,94 | -0,42 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 1,41 | 7,60 | 0,10 | 7,50 | 2,48 | 0,35 | 0,50 | 0,70 | 2,36 | 4,23 |
| Li | μg L ⁻¹ | 0,73 | 1,00 | <OA | ΔΥ | 0,24 | 0,65 | 0,80 | 0,90 | -1,47 | 2,01 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 0,16 | 0,56 | <OA | ΔΥ | 0,17 | <OA | 0,06 | 0,20 | 1,42 | 0,69 |
| Mo | μg L ⁻¹ | ΔΥ | 1,00 | <OA | ΔΥ | ΔΥ | <OA | <OA | <OA | ΔΥ | ΔΥ |
| Ni | μg L ⁻¹ | 1,29 | 5,50 | <OA | ΔΥ | 1,30 | 0,60 | 0,90 | 1,65 | 2,64 | 8,37 |
| P | μg L ⁻¹ | ΔΥ | 38,00 | <OA | ΔΥ | ΔΥ | <OA | <OA | <OA | ΔΥ | ΔΥ |
| Pb | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <OA | <OA | ΔΥ | ΔΥ | <OA | <OA | <OA | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,69 | 2,21 | 0,13 | 2,08 | 0,70 | 0,23 | 0,32 | 0,98 | 1,40 | 0,73 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,06 | 0,11 | <OA | ΔΥ | ΔΥ | <OA | <OA | <OA | ΔΥ | ΔΥ |
| Se | μg L ⁻¹ | 0,71 | 1,30 | <OA | ΔΥ | 0,23 | <OA | 0,70 | 0,80 | 1,24 | 1,67 |
| Si | μg L ⁻¹ | 4599,53 | 19217,00 | 40,00 | 19177,00 | 5656,34 | 1045,50 | 2756,00 | 4697,00 | 1,99 | 3,31 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 10,69 | 28,56 | 0,67 | 27,89 | 7,61 | 6,99 | 8,82 | 10,70 | 1,19 | 1,12 |
| U | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <OA | <OA | ΔΥ | ΔΥ | <OA | <OA | <OA | ΔΥ | ΔΥ |
| V | μg L ⁻¹ | 0,81 | 1,90 | 0,20 | 1,70 | 0,47 | 0,50 | 0,70 | 1,10 | 0,71 | 0,62 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 4,30 | 10,50 | 1,00 | 9,50 | 2,59 | 2,25 | 4,10 | 5,25 | 1,06 | 0,95 |

OA: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π19 - Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου – Γερανείων Ορέων.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|---------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 19,00 | 30,00 | 13,90 | 16,10 | 3,06 | 16,73 | 19,05 | 20,53 | 0,82 | 1,61 |
| DO | mg L ⁻¹ | 8,66 | 13,49 | 3,62 | 9,87 | 2,15 | 7,19 | 8,57 | 9,70 | 0,53 | 0,34 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 870,75 | 2532,32 | 378,79 | 2153,53 | 461,16 | 489,22 | 786,09 | 1103,91 | 1,42 | 2,19 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 1303,46 | 3943,00 | 316,30 | 3626,70 | 789,19 | 691,00 | 1073,00 | 1631,50 | 1,40 | 1,56 |
| pH | - | 8,22 | 9,64 | 7,45 | 2,19 | 0,49 | 7,91 | 8,12 | 8,37 | 1,01 | 0,88 |
| Eh | mV | 301,19 | 370,60 | 231,00 | 139,60 | 42,38 | 261,93 | 297,15 | 342,23 | 0,03 | -1,21 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 18,40 | 101,00 | 0,90 | 100,10 | 21,13 | 3,29 | 8,00 | 28,80 | 1,63 | 2,68 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 133,14 | 363,00 | 51,00 | 312,00 | 54,30 | 90,70 | 128,50 | 162,25 | 1,38 | 3,68 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 70,95 | 405,00 | 10,90 | 394,10 | 86,93 | 15,60 | 28,95 | 82,28 | 2,19 | 4,77 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,47 | 21,10 | 0,13 | 20,97 | 2,61 | 0,60 | 0,84 | 1,41 | 6,60 | 49,08 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 20,00 | 100,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 23,54 | 2,45 | 12,00 | 30,23 | 1,58 | 2,31 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 164,50 | 815,00 | 22,00 | 793,00 | 200,64 | 33,00 | 72,00 | 218,50 | 1,89 | 2,97 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 31,31 | 381,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 55,08 | <ΟΠ | 8,00 | 35,75 | 4,34 | 24,32 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 432,71 | 672,00 | 202,00 | 470,00 | 120,24 | 330,75 | 427,50 | 532,00 | 0,16 | -1,03 |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης
ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π20 - Περιγραφικά στατιστικά δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα 68 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου - Σχίνου –Γερανείων Ορέων.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 3,00 | 20,90 | <ΟΑ | ΔΥ | 4,09 | 0,60 | 1,30 | 2,98 | 2,47 | 6,30 |
| B | μg L ⁻¹ | 36,46 | 266,00 | <ΟΑ | ΔΥ | 45,15 | 8,75 | 21,00 | 52,00 | 2,88 | 10,73 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 14,15 | 219,12 | 0,11 | 219,01 | 33,56 | 2,82 | 4,39 | 8,59 | 4,70 | 24,38 |
| Br | μg L ⁻¹ | 482,69 | 2207,00 | 68,00 | 2139,00 | 562,26 | 104,75 | 228,00 | 606,25 | 1,78 | 2,39 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,05 | 0,56 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,07 | <ΟΑ | 0,03 | 0,05 | 5,27 | 34,51 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 57,41 | 506,90 | 1,30 | 505,60 | 98,33 | 13,38 | 21,40 | 50,65 | 3,29 | 11,38 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 51,90 | 458,80 | 1,30 | 457,50 | 87,49 | 12,85 | 20,15 | 46,46 | 3,32 | 11,54 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 4,16 | 52,30 | 0,10 | 52,20 | 8,52 | 0,88 | 1,55 | 2,40 | 3,96 | 17,36 |
| Li | μg L ⁻¹ | 3,07 | 26,90 | <ΟΑ | ΔΥ | 3,71 | 1,20 | 2,00 | 3,65 | 4,42 | 25,72 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 1,82 | 57,05 | <ΟΑ | ΔΥ | 7,47 | 0,17 | 0,32 | 0,73 | 6,68 | 47,22 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,56 | 12,80 | <ΟΑ | ΔΥ | 1,56 | <ΟΑ | 0,30 | 0,40 | 7,38 | 57,98 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 1,74 | 9,00 | <ΟΑ | ΔΥ | 1,73 | 0,50 | 1,10 | 2,43 | 1,96 | 4,84 |
| P | μg L ⁻¹ | 30,35 | 123,00 | <ΟΑ | ΔΥ | 24,36 | 14,00 | 20,50 | 38,25 | 1,77 | 3,26 |
| Pb | μg L ⁻¹ | ΔΥ | 3,10 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,67 | 2,69 | 0,13 | 2,56 | 0,53 | 0,36 | 0,50 | 0,76 | 2,15 | 4,78 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,08 | 0,51 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,07 | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,08 | ΔΥ | ΔΥ |
| Se | μg L ⁻¹ | 2,82 | 11,20 | <ΟΑ | ΔΥ | 2,97 | <ΟΑ | 1,50 | 4,63 | 1,37 | 1,00 |
| Si | μg L ⁻¹ | 15391,18 | 37292,00 | <ΟΑ | ΔΥ | 10060,72 | 8728,25 | 12674,50 | 23663,75 | 0,38 | -0,81 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 258,90 | 10423,40 | 0,67 | 10422,73 | 1255,62 | 46,79 | 63,51 | 155,11 | 8,15 | 66,96 |
| U | μg L ⁻¹ | 0,10 | 2,22 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,29 | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,05 | ΔΥ | ΔΥ |
| V | μg L ⁻¹ | 3,94 | 18,40 | 0,20 | 18,20 | 4,55 | 0,70 | 2,00 | 5,25 | 1,71 | 2,31 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 25,24 | 284,10 | 1,00 | 283,10 | 45,05 | 5,70 | 8,50 | 20,23 | 3,91 | 18,06 |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π21 - Φυσικοχημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις κύριων ιόντων των δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (μέρος 1^ο).

| ID | T (°C) | DO (mg/L) | TDS (mg/L) | EC (μS/cm) | pH | Eh (mV) | Ca ²⁺ (mg/L) | Mg ²⁺ (mg/L) | Na ⁺ (mg/L) | K ⁺ (mg/L) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | NO ₂ ⁻ (mg/L) | NH ₄ ⁺ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | SO ₄ ⁻² (mg/L) | HCO ₃ ⁻ (mg/L) | PO ₄ ³⁻ (mg/L) | CBE (%) |
|-----|--------|-----------|------------|------------|------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| A1 | 16,9 | 7,48 | 790,5 | 1062 | 7,81 | 279 | 36,4 | 116 | 17,2 | 1,3 | 56,6 | <0,05 | <0,05 | 30 | 8 | 525 | <0,2 | 7,1 |
| A2 | 16,7 | 7,15 | 557,44 | 969 | 7,85 | 278,8 | 70,6 | 52,6 | 31,6 | 2,94 | 84,7 | <0,05 | <0,05 | 119 | 30 | 166 | <0,2 | 7,09 |
| A3 | 12,6 | 7,44 | 457,95 | 701 | 7,87 | 284,2 | 77 | 32,2 | 15,1 | 2,35 | 32,3 | <0,05 | <0,05 | 39 | 9 | 251 | <0,2 | 9,79 |
| A4 | 17,1 | 7,38 | 659,5 | 943 | 7,72 | 284 | 86,6 | 51,1 | 45,4 | 1,3 | 26,1 | <0,05 | <0,05 | 98 | 25 | 326 | <0,2 | 7,58 |
| A5 | 13,2 | 5,42 | 739,03 | 1104 | 7,6 | 289,4 | 89 | 69 | 47,5 | 1,23 | 43,3 | <0,05 | <0,05 | 81 | 86 | 322 | <0,2 | 9,72 |
| A6 | 21,8 | 3,43 | 762,8 | 987 | 7,22 | 267,6 | 102 | 64,9 | 31,9 | 2,1 | 96,9 | 1,08 | 0,12 | 51 | 87 | 327 | <0,2 | 7,7 |
| A7 | 19 | 7,62 | 830,8 | 1069 | 7,55 | 261 | 99,3 | 66,8 | 30,2 | 1,5 | 189 | <0,05 | <0,05 | 62 | 117 | 265 | <0,2 | 0,96 |
| A8 | 19,9 | 9,02 | 566,63 | 783 | 7,87 | 263,3 | 64,4 | 49,3 | 23,9 | 2,93 | 64,1 | <0,05 | <0,05 | 98 | 16 | 248 | <0,2 | 1,13 |
| A9 | 19,3 | 8,38 | 1012,82 | 1339 | 7,52 | 277 | 103 | 88,5 | 40,8 | 1,52 | 224 | <0,05 | <0,05 | 87 | 150 | 318 | <0,2 | -0,59 |
| A10 | 19,1 | 8,71 | 764,89 | 960 | 7,51 | 277,6 | 75,9 | 66,7 | 35,3 | 0,99 | 134 | <0,05 | <0,05 | 48 | 78 | 326 | <0,2 | 1,65 |
| A11 | 19,5 | 8,42 | 936,54 | 1184 | 7,61 | 279 | 95,6 | 86,3 | 36,3 | 1,34 | 200 | <0,05 | <0,05 | 59 | 104 | 354 | <0,2 | 2,37 |
| A12 | 20,6 | 6,82 | 950,86 | 1166 | 7,46 | 276,6 | 109 | 72,1 | 24,9 | 0,86 | 242 | 0,28 | 0,05 | 69 | 119 | 314 | <0,2 | -3,85 |
| A13 | 22,9 | 7,34 | 1357,99 | 1710 | 7,4 | 280,5 | 131 | 102 | 72,6 | 4,39 | 350 | <0,05 | <0,05 | 140 | 236 | 322 | <0,2 | -4,18 |
| A14 | 20,9 | 7,71 | 3237,32 | 5129 | 7,71 | 291 | 268 | 208 | 604 | 4,82 | 85,5 | <0,05 | <0,05 | 1460 | 285 | 322 | <0,2 | 2,8 |
| A15 | 19,7 | 6,96 | 894,42 | 1397 | 7,8 | 276,8 | 113 | 83,5 | 43,4 | 2,52 | 124 | <0,05 | <0,05 | 154 | 109 | 265 | <0,2 | 5,48 |
| A16 | 20,4 | 7,81 | 738,18 | 941 | 7,61 | 275,9 | 85,6 | 52,8 | 44,3 | 1,48 | 106 | <0,05 | <0,05 | 59 | 65 | 324 | <0,2 | 2,63 |
| A17 | 19,8 | 7,8 | 1743,7 | 2481 | 7,56 | 284 | 127 | 175 | 99,5 | 26,2 | 540 | 0,2 | <0,05 | 369 | 161 | 246 | <0,2 | -1,48 |

Πίνακας Π22 - Φυσικοχημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις κύριων ιόντων των δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (μέρος 2^ο).

| ID | T (°C) | DO (mg/L) | TDS (mg/L) | EC (μS/cm) | pH | Eh (mV) | Ca ²⁺ (mg/L) | Mg ²⁺ (mg/L) | Na ⁺ (mg/L) | K ⁺ (mg/L) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | NO ₂ ⁻ (mg/L) | NH ₄ ⁺ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | SO ₄ ⁻² (mg/L) | HCO ₃ ⁻ (mg/L) | PO ₄ ⁻³ (mg/L) | CBE (%) |
|-----|--------|-----------|------------|------------|-------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| A18 | 23,2 | 5,04 | 830,08 | 1077 | 7,38 | 285,5 | 98,5 | 63,2 | 44,1 | 1,18 | 44,1 | <0,05 | <0,05 | 94 | 98 | 387 | <0,2 | 1,33 |
| A19 | 17,3 | 8,34 | 696,33 | 789 | 7,83 | 282,6 | 99,3 | 46 | 17,4 | 0,63 | 69 | <0,05 | <0,05 | 30 | 51 | 383 | <0,2 | 1,14 |
| A20 | 22 | 6,68 | 555,2 | 842 | 7,84 | 223,2 | 59,2 | 54,6 | 27,4 | 5,4 | 52,6 | 0,14 | 0,1 | 133 | 24 | 199 | <0,2 | 2,41 |
| A21 | 20 | 6,74 | 916,64 | 1160 | 7,79 | 259,6 | 85,2 | 86 | 62,9 | 2,54 | 159 | <0,05 | <0,05 | 90 | 128 | 303 | <0,2 | 5,18 |
| A22 | 28,2 | 5,75 | 617,11 | 921 | 7,64 | 264,5 | 71,5 | 57,7 | 31,3 | 3,71 | 42,9 | <0,05 | <0,05 | 144 | 27 | 239 | <0,2 | 2,83 |
| A23 | 21,1 | 6,7 | 672,2 | 865 | 7,95 | 264 | 75 | 65,8 | 30,8 | 1,1 | 90,5 | <0,05 | <0,05 | 37 | 60 | 312 | <0,2 | 8,54 |
| A24 | 19,6 | 9,25 | 520,97 | 624 | 8,27 | 135,7 | 67,5 | 38,7 | 14,5 | 0,57 | 15,7 | <0,05 | <0,05 | 27 | 18 | 339 | <0,2 | 1,78 |
| A25 | 19,3 | 8,8 | 829,28 | 1177 | 7,464 | 261 | 104 | 66,8 | 32,9 | 1,58 | 173 | <0,05 | <0,05 | 66 | 117 | 268 | <0,2 | 2,86 |
| A26 | 19 | 10,9 | 559,75 | 857 | 7,68 | 229 | 64,4 | 53 | 26,6 | 3,35 | 52,4 | <0,05 | <0,05 | 101 | 10 | 249 | <0,2 | 4,95 |
| A27 | 18,8 | 8,3 | 728,07 | 980 | 7,385 | 228 | 94,2 | 61,3 | 32 | 1,17 | 39,4 | 19 | <0,05 | 44 | 70 | 386 | <0,2 | 7,22 |
| A28 | 19,4 | 5,1 | 954,94 | 1465 | 7,56 | 198,4 | 111 | 94,6 | 48,5 | 2,84 | 76 | 0,05 | <0,05 | 71 | 185 | 366 | <0,2 | 8,48 |
| A29 | 19,9 | 12,8 | 1232,46 | 1654 | 7,21 | 215,6 | 131 | 109 | 72,6 | 1,76 | 33,1 | 0,14 | <0,05 | 135 | 159 | 591 | <0,2 | 3,79 |
| A30 | 20 | 8,3 | 202,32 | 334 | 8,05 | 164 | 4,48 | 37,7 | 9,3 | 2,14 | 4,7 | <0,05 | <0,05 | 15 | <5 | 129 | <0,2 | 18,3 |
| A31 | 18,4 | 5,6 | 986,36 | 1339 | 7,341 | 224 | 108 | 85,9 | 37,2 | 1,26 | 184 | <0,05 | <0,05 | 66 | 142 | 362 | <0,2 | 1,39 |
| A32 | 19,2 | 5,3 | 1187,55 | 1679 | 7,401 | 238 | 133 | 106 | 54,5 | 2,05 | 160 | 0,1 | <0,05 | 133 | 310 | 289 | <0,2 | 0,72 |
| A33 | 19,7 | 5,4 | 1019,95 | 1436 | 7,532 | 249 | 127 | 76,5 | 57,8 | 7,65 | 260 | <0,05 | <0,05 | 83 | 122 | 286 | <0,2 | 5,42 |
| A34 | 18,9 | 4,8 | 733,93 | 996 | 7,665 | 212 | 63,2 | 82,7 | 30,7 | 3,33 | 78 | <0,05 | <0,05 | 43 | 39 | 394 | <0,2 | 7,75 |

Πίνακας Π23 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (μέρος 1^ο).

| ID | Ag (μg/L) | Al (μg/L) | As (μg/L) | Au (μg/L) | B (μg/L) | Ba (μg/L) | Be (μg/L) | Bi (μg/L) | Br (μg/L) | Cd (μg/L) | Ce (μg/L) | Co (μg/L) | Cr (μg/L) | Cr ⁶⁺ (μg/L) | Cs (μg/L) | Cu (μg/L) | Dy (μg/L) | Er (μg/L) | Eu (μg/L) | Fe (μg/L) | Ga (μg/L) | Gd (μg/L) |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A1 | <0,05 | <1 | 0,8 | <0,05 | 30 | 3,17 | <0,05 | <0,05 | 119 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 52,2 | 48,33 | <0,01 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A2 | <0,05 | <1 | 1,2 | <0,05 | 11 | 19,08 | <0,05 | <0,05 | 190 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 35,1 | 35,1 | <0,01 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A3 | <0,05 | <1 | 0,6 | <0,05 | 11 | 16,84 | <0,05 | <0,05 | 73 | 0,06 | <0,01 | <0,02 | 4 | 4 | <0,01 | 1,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A4 | <0,05 | <1 | 0,7 | <0,05 | 15 | 10,04 | <0,05 | <0,05 | 102 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 16,9 | 16,9 | <0,01 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A5 | <0,05 | <1 | 2 | <0,05 | 65 | 48,4 | <0,05 | <0,05 | 404 | 0,1 | <0,01 | <0,02 | 36,5 | 30,92 | <0,01 | 3,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A6 | <0,05 | <1 | 0,6 | <0,05 | 36 | 49,32 | <0,05 | <0,05 | 190 | <0,05 | <0,01 | 0,11 | 57,7 | 47,3 | <0,01 | 2,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A7 | <0,05 | <1 | 0,7 | <0,05 | 16 | 51,43 | <0,05 | <0,05 | 272 | <0,05 | <0,01 | 0,09 | 79,8 | 68,61 | <0,01 | 1,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A8 | <0,05 | <1 | 1,2 | <0,05 | 23 | 51,23 | <0,05 | <0,05 | 334 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 81,3 | 72,16 | <0,01 | 0,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A9 | <0,05 | <1 | 1,2 | <0,05 | 45 | 66,08 | <0,05 | <0,05 | 401 | <0,05 | <0,01 | 0,18 | 85,7 | 74,44 | <0,01 | 1,9 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A10 | <0,05 | <1 | 0,8 | <0,05 | 34 | 4,64 | <0,05 | <0,05 | 171 | <0,05 | <0,01 | 0,08 | 68,6 | 62,17 | <0,01 | 0,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A11 | <0,05 | <1 | 0,8 | <0,05 | 46 | 62,71 | <0,05 | <0,05 | 245 | <0,05 | <0,01 | 0,21 | 121,1 | 111,5 | <0,01 | 3,0 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A12 | <0,05 | <1 | 0,9 | <0,05 | 25 | 65,39 | <0,05 | <0,05 | 316 | <0,05 | <0,01 | 0,12 | 120,6 | 89,74 | <0,01 | 1,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A13 | <0,05 | <1 | 1,4 | <0,05 | 77 | 81,79 | <0,05 | <0,05 | 617 | <0,05 | <0,01 | 0,25 | 99,3 | 89,23 | <0,01 | 2,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A14 | <0,05 | <1 | 1,1 | <0,05 | 42 | 92,00 | <0,05 | <0,05 | 1421 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 83,89 | 83,89 | <0,01 | 3,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A15 | <0,05 | <1 | 1,7 | <0,05 | 26 | 54,64 | <0,05 | <0,05 | 580 | <0,05 | <0,01 | 0,06 | 64,6 | 56,86 | <0,01 | 1,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A16 | <0,05 | <1 | 0,8 | <0,05 | 33 | 53,46 | <0,05 | <0,05 | 267 | <0,05 | <0,01 | 0,09 | 53,5 | 45,63 | <0,01 | 1,0 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A17 | <0,05 | <1 | 3,3 | <0,05 | 80 | 188,26 | <0,05 | <0,05 | 1421 | <0,05 | <0,01 | 0,40 | 161,5 | 131,1 | <0,01 | 2,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |

Πίνακας Π24 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (μέρος 2^ο).

| ID | Ag (μg/L) | Al (μg/L) | As (μg/L) | Au (μg/L) | B (μg/L) | Ba (μg/L) | Be (μg/L) | Bi (μg/L) | Br (μg/L) | Cd (μg/L) | Ce (μg/L) | Co (μg/L) | Cr (μg/L) | Cr ⁶⁺ (μg/L) | Cs (μg/L) | Cu (μg/L) | Dy (μg/L) | Er (μg/L) | Eu (μg/L) | Fe (μg/L) | Ga (μg/L) | Gd (μg/L) |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A18 | <0,05 | <1 | 1,5 | <0,05 | 65 | 68,72 | <0,05 | <0,05 | 409 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 41,1 | 38,94 | <0,01 | 1,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A19 | <0,05 | <1 | <0,5 | <0,05 | 22 | 17,49 | <0,05 | <0,05 | 153 | <0,05 | <0,01 | 0,06 | 35,1 | 31,88 | <0,01 | 0,9 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A20 | <0,05 | <1 | 1,2 | <0,05 | 28 | 45,51 | <0,05 | <0,05 | 448 | <0,05 | <0,01 | 0,07 | 88,8 | 80,65 | <0,01 | 2,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A21 | <0,05 | <1 | 1,2 | <0,05 | 36 | 19,82 | <0,05 | <0,05 | 372 | <0,05 | <0,01 | 0,09 | 89,1 | 73 | <0,01 | 5,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A22 | <0,05 | <1 | 1,6 | <0,05 | 29 | 64,30 | <0,05 | <0,05 | 534 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 65,3 | 55,12 | <0,01 | 35,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A23 | <0,05 | <1 | 0,7 | <0,05 | 62 | 38,20 | <0,05 | <0,05 | 154 | <0,05 | <0,01 | 0,14 | 64,8 | 57,94 | <0,01 | 1,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A24 | <0,05 | <1 | 0,6 | <0,05 | 32 | 23,83 | <0,05 | <0,05 | 88 | <0,05 | <0,01 | 0,10 | 78,3 | 74,79 | <0,01 | 4,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 14 | <0,05 | <0,01 |
| A25 | <0,05 | 1 | 0,7 | <0,05 | 25 | 53,75 | <0,05 | <0,05 | 296 | <0,05 | <0,01 | 0,08 | 75,0 | 62,37 | <0,01 | 6,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A26 | <0,05 | <1 | 1,2 | <0,05 | 26 | 51,37 | <0,05 | <0,05 | 355 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 72,9 | 58,73 | <0,01 | 0,5 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A27 | <0,05 | <1 | 0,5 | <0,05 | 27 | 44,83 | <0,05 | <0,05 | 194 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 28,0 | 21,03 | <0,01 | 4,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A28 | <0,05 | 1 | 1,2 | <0,05 | 103 | 73,56 | <0,05 | <0,05 | 343 | <0,05 | <0,01 | 0,18 | 134,4 | 101 | <0,01 | 2,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A29 | <0,05 | 1 | 1,9 | <0,05 | 123 | 98,74 | <0,05 | <0,05 | 631 | 0,10 | <0,01 | 0,08 | 12,6 | 10,56 | <0,01 | 2,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A30 | <0,05 | 2 | <0,5 | <0,05 | 21 | 3,59 | <0,05 | <0,05 | 96 | <0,05 | 0,02 | 0,13 | 10,4 | 10,29 | <0,01 | 2,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | 0,02 |
| A31 | <0,05 | <1 | 0,8 | <0,05 | 47 | 65,04 | <0,05 | <0,05 | 337 | <0,05 | <0,01 | 0,17 | 84,4 | 66,86 | <0,01 | 1,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A32 | <0,05 | 1 | 1,4 | <0,05 | 60 | 57,35 | <0,05 | <0,05 | 734 | <0,05 | <0,01 | 0,12 | 45,2 | 35,05 | <0,01 | 2,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A33 | <0,05 | 1 | 1,6 | <0,05 | 81 | 84,68 | <0,05 | <0,05 | 416 | <0,05 | <0,01 | 0,40 | 93,3 | 73,08 | <0,01 | 2,8 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| A34 | 0,76 | 1 | 0,5 | <0,05 | 28 | 13,99 | <0,05 | <0,05 | 222 | <0,05 | <0,01 | 0,07 | 71,2 | 59,67 | <0,01 | 3,0 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |

Πίνακας Π25 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (μέρος 3^ο).

| ID | Ga (μg/L) | Gd (μg/L) | Ge (μg/L) | Hf (μg/L) | Hg (μg/L) | Ho (μg/L) | In (μg/L) | La (μg/L) | Li (μg/L) | Lu (μg/L) | Mn (μg/L) | Mo (μg/L) | Nb (μg/L) | Nd (μg/L) | Ni (μg/L) | P (μg/L) | Pb (μg/L) | Pd (μg/L) | Pr (μg/L) | Pt (μg/L) | Rb (μg/L) | Re (μg/L) | Rh (μg/L) |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A1 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,5 | <0,01 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | 13 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,18 | <0,01 | <0,01 |
| A2 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3 | <0,01 | 0,07 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | 12 | <0,2 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,43 | <0,01 | <0,01 |
| A3 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,7 | <0,01 | 0,37 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | 10 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,23 | <0,01 | <0,01 |
| A4 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1 | <0,01 | <0,05 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 1,4 | 10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,07 | <0,01 | <0,01 |
| A5 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 14,3 | <0,01 | 0,72 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 3,8 | 17 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,63 | 0,02 | 0,01 |
| A6 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,2 | <0,01 | 0,35 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 6,2 | 10 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,19 | <0,01 | <0,01 |
| A7 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,1 | <0,01 | 0,33 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 3,4 | 29 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,34 | <0,01 | <0,01 |
| A8 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 6,3 | <0,01 | 1,37 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 6,4 | 32 | 0,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,86 | <0,01 | <0,01 |
| A9 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 5,1 | <0,01 | 0,89 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 8,0 | 32 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,41 | 0,01 | <0,01 |
| A10 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,9 | <0,01 | 0,09 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 2,2 | 10 | <0,2 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 0,22 | <0,01 | <0,01 |
| A11 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 5,3 | <0,01 | 5,68 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 4,2 | 22 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,37 | <0,01 | <0,01 |
| A12 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 5,1 | <0,01 | 5,04 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 4,4 | 38 | 0,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,40 | <0,01 | 0,01 |
| A13 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 8,3 | <0,01 | 2,25 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 8,7 | 13 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,64 | <0,01 | 0,01 |
| A14 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 16,4 | <0,01 | 2,93 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 5,0 | 10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,55 | <0,01 | <0,01 |
| A15 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 6,7 | <0,01 | 0,92 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 2,7 | 26 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,53 | <0,01 | <0,01 |
| A16 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,3 | <0,01 | 0,54 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 2,8 | 20 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,33 | <0,01 | <0,01 |
| A17 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 16,4 | <0,01 | 7,32 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 9,0 | 34 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,93 | <0,01 | 0,02 |

Πίνακας Π26 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (μέρος 4^ο).

| ID | Ga (μg/L) | Gd (μg/L) | Ge (μg/L) | Hf (μg/L) | Hg (μg/L) | Ho (μg/L) | In (μg/L) | La (μg/L) | Li (μg/L) | Lu (μg/L) | Mn (μg/L) | Mo (μg/L) | Nb (μg/L) | Nd (μg/L) | Ni (μg/L) | P (μg/L) | Pb (μg/L) | Pd (μg/L) | Pr (μg/L) | Pt (μg/L) | Rb (μg/L) | Re (μg/L) | Rh (μg/L) |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A18 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 15,4 | <0,01 | 2,67 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 3,6 | 23 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,79 | <0,01 | <0,01 |
| A19 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,3 | <0,01 | 0,28 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 7,7 | 10 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,19 | <0,01 | <0,01 |
| A20 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 6,4 | <0,01 | 2,14 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 1,3 | 19 | 0,6 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,83 | <0,01 | <0,01 |
| A21 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 5,2 | <0,01 | 1,20 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 3,1 | 27 | 2,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,92 | <0,01 | <0,01 |
| A22 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 6,8 | <0,01 | 5,74 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 3,3 | 24 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,83 | <0,01 | 0,01 |
| A23 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,9 | <0,01 | 0,54 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 3,6 | 17 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,31 | <0,01 | <0,01 |
| A24 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,6 | <0,01 | 0,71 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 6,9 | 53 | 0,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,45 | <0,01 | <0,01 |
| A25 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,3 | <0,01 | 0,95 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 3,3 | 73 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,39 | 0,01 | <0,01 |
| A26 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 6,9 | <0,01 | 2,26 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 0,7 | 26 | 1,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,83 | <0,01 | <0,01 |
| A27 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,9 | <0,01 | 0,91 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 7,5 | 11 | 0,7 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,43 | 0,02 | <0,01 |
| A28 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 7,0 | <0,01 | 2,35 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 4,1 | 107 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,95 | 0,01 | <0,01 |
| A29 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 22,5 | <0,01 | 16,42 | 0,4 | <0,01 | <0,01 | 8,6 | 24 | 0,7 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 0,90 | 0,01 | 0,01 |
| A30 | <0,05 | 0,02 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 1,0 | <0,01 | 1,22 | 0,2 | <0,01 | 0,04 | 21,1 | 13 | 2,0 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,33 | 0,01 | <0,01 |
| A31 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 5,3 | <0,01 | 25,53 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 4,9 | 29 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,39 | 0,01 | <0,01 |
| A32 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 8,6 | <0,01 | 0,65 | 1,1 | <0,01 | <0,01 | 8,7 | 33 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,95 | 0,01 | <0,01 |
| A33 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 7,5 | <0,01 | 0,75 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | 4,8 | 44 | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,51 | 0,01 | 0,01 |
| A34 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,02 | <0,1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,7 | <0,01 | 0,44 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 3,6 | 15 | 0,3 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,34 | <0,01 | <0,01 |

Πίνακας Π27 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (μέρος 5^ο).

| ID | Ru (μg/L) | Sb (μg/L) | Sc (μg/L) | Se (μg/L) | Si (μg/L) | Sm (μg/L) | Sn (μg/L) | Sr (μg/L) | Ta (μg/L) | Tb (μg/L) | Te (μg/L) | Th (μg/L) | Ti (μg/L) | Tl (μg/L) | Tm (μg/L) | U (μg/L) | V (μg/L) | W (μg/L) | Y (μg/L) | Yb (μg/L) | Zn (μg/L) | Zr (μg/L) |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| A1 | <0,05 | <0,05 | <1 | 0,5 | 41954 | <0,02 | <0,05 | 54,58 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,06 | 2,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 2,3 | <0,02 |
| A2 | <0,05 | <0,05 | <1 | 0,7 | 5615 | <0,02 | <0,05 | 153,12 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,2 | 1,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 1,9 | <0,02 |
| A3 | <0,05 | 0,08 | <1 | <0,5 | 4272 | <0,02 | <0,05 | 85,56 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,11 | 1,1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 494,1 | <0,02 |
| A4 | <0,05 | <0,05 | <1 | <0,5 | 5841 | <0,02 | <0,05 | 62,96 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,12 | 1,1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 3,5 | <0,02 |
| A5 | <0,05 | 0,05 | <1 | 2,7 | 16616 | <0,02 | 0,07 | 437,78 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,51 | 5,1 | <0,02 | 0,02 | <0,01 | 227 | <0,02 |
| A6 | <0,05 | <0,05 | <1 | 0,6 | 15966 | <0,02 | 0,20 | 311,72 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,85 | 1,1 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 17,3 | <0,02 |
| A7 | <0,05 | <0,05 | <1 | 1,2 | 15559 | <0,02 | 0,12 | 308,98 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,98 | 1,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 3,9 | <0,02 |
| A8 | <0,05 | <0,05 | <1 | 1,1 | 14832 | <0,02 | 0,05 | 334,50 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,27 | 2,6 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 166,6 | <0,02 |
| A9 | <0,05 | <0,05 | <1 | 2,0 | 16084 | <0,02 | 0,06 | 458,55 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 5,12 | 1,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 6,7 | <0,02 |
| A10 | <0,05 | <0,05 | <1 | 1,2 | 15338 | <0,02 | <0,05 | 50,75 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,05 | 1,3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,7 | <0,02 |
| A11 | <0,05 | <0,05 | <1 | 0,9 | 20068 | <0,02 | <0,05 | 344,34 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 3,30 | 2,5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 18,2 | <0,02 |
| A12 | <0,05 | <0,05 | <1 | 1,2 | 18246 | <0,02 | <0,05 | 385,78 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,22 | 2,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 79,7 | <0,02 |
| A13 | <0,05 | <0,05 | <1 | 2,4 | 17725 | <0,02 | <0,05 | 608,06 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 4,55 | 2,5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 7,3 | <0,02 |
| A14 | <0,05 | <0,05 | <1 | 2,4 | 16797 | <0,02 | <0,05 | 1026,00 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,90 | 2,5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 81,0 | <0,02 |
| A15 | <0,05 | <0,05 | <1 | 2,5 | 17189 | <0,02 | <0,05 | 406,44 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,34 | 2,5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 73,4 | <0,02 |
| A16 | <0,05 | <0,05 | <1 | 0,9 | 14934 | <0,02 | <0,05 | 291,42 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,61 | 1,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 5,2 | <0,02 |
| A17 | <0,05 | <0,05 | <1 | 4,6 | 18562 | <0,02 | <0,05 | 642,66 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 3,10 | 6,0 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 15,2 | <0,02 |

Πίνακας Π28 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας (μέρος 6^ο).

| ID | Ru (μg/L) | Sb (μg/L) | Sc (μg/L) | Se (μg/L) | Si (μg/L) | Sm (μg/L) | Sn (μg/L) | Sr (μg/L) | Ta (μg/L) | Tb (μg/L) | Te (μg/L) | Th (μg/L) | Ti (μg/L) | Tl (μg/L) | Tm (μg/L) | U (μg/L) | V (μg/L) | W (μg/L) | Y (μg/L) | Yb (μg/L) | Zn (μg/L) | Zr (μg/L) |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| A18 | <0,05 | <0,05 | 1 | 2,1 | 19390 | <0,02 | <0,05 | 458,74 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,76 | 4,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 25,4 | <0,02 |
| A19 | <0,05 | 0,10 | 2 | 0,6 | 22440 | <0,02 | <0,05 | 147,39 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 3,10 | 1,2 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 3,1 | <0,02 |
| A20 | <0,05 | 0,06 | <1 | 1,4 | 12862 | <0,02 | 0,20 | 310,26 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,39 | 1,9 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 9,7 | <0,02 |
| A21 | <0,05 | 0,06 | 1 | 1,5 | 17247 | <0,02 | 0,06 | 322,84 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,86 | 2,8 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 133,7 | <0,02 |
| A22 | <0,05 | 0,19 | <1 | 1,5 | 14216 | <0,02 | 0,08 | 443,50 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,60 | 2,4 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 89,2 | <0,02 |
| A23 | <0,05 | 0,13 | 1 | 0,7 | 18404 | <0,02 | 0,06 | 253,70 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,92 | 2,4 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 104,5 | <0,02 |
| A24 | <0,05 | 0,37 | 1 | 0,7 | 20995 | <0,02 | 3,05 | 140,41 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,49 | 2,3 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 63,9 | <0,02 |
| A25 | <0,05 | 0,10 | <1 | 1,1 | 13183 | <0,02 | <0,05 | 329,03 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 3,06 | 1,8 | <0,02 | 0,02 | <0,01 | 80,4 | <0,02 |
| A26 | <0,05 | <0,05 | <1 | 1,1 | 12718 | <0,02 | <0,05 | 341,78 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 2,4 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 609,8 | <0,02 |
| A27 | <0,05 | <0,05 | <1 | 0,5 | 13298 | <0,02 | <0,05 | 285,56 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,87 | 1,4 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 99,6 | <0,02 |
| A28 | <0,05 | 0,05 | <1 | 1,6 | 15616 | <0,02 | <0,05 | 413,52 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,61 | 2,7 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 6,8 | <0,02 |
| A29 | <0,05 | 0,07 | <1 | 3,4 | 19706 | <0,02 | <0,05 | 620,36 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 3,42 | 5,6 | <0,02 | 0,02 | <0,01 | 168,7 | <0,02 |
| A30 | <0,05 | 0,13 | <1 | <0,5 | 22490 | <0,02 | <0,05 | 29,44 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 1,4 | <0,02 | 0,05 | <0,01 | 7,7 | <0,02 |
| A31 | <0,05 | <0,05 | <1 | 1,7 | 14654 | <0,02 | <0,05 | 384,68 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 4,36 | 1,9 | <0,02 | 0,03 | <0,01 | 112,0 | <0,02 |
| A32 | <0,05 | 0,11 | <1 | 2,9 | 13104 | <0,02 | <0,05 | 570,05 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 4,25 | 3,0 | <0,02 | 0,02 | <0,01 | 18,6 | <0,02 |
| A33 | <0,05 | <0,05 | <1 | 1,5 | 15091 | <0,02 | <0,05 | 443,07 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,47 | 2,7 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 10,1 | <0,02 |
| A34 | <0,05 | 0,06 | <1 | 1,1 | 30103 | <0,02 | <0,05 | 98,80 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,11 | 1,5 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 6,4 | <0,02 |

Πίνακας Π29 - Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|---------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 19,51 | 28,20 | 12,60 | 15,60 | 2,67 | 18,93 | 19,55 | 20,30 | 0,22 | 3,94 |
| DO | mg L ⁻¹ | 7,31 | 12,80 | 3,43 | 9,37 | 1,82 | 5,98 | 7,41 | 8,33 | 0,57 | 1,60 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 889,54 | 3237,32 | 202,32 | 3035,00 | 501,79 | 662,68 | 777,70 | 953,92 | 3,33 | 14,67 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 1238,82 | 5129,00 | 334,00 | 4795,00 | 787,76 | 926,00 | 1065,50 | 1339,00 | 3,91 | 18,66 |
| pH | - | 7,64 | 8,27 | 7,21 | 1,06 | 0,23 | 7,48 | 7,61 | 7,81 | 0,42 | 0,36 |
| Eh | mV | 254,70 | 291,00 | 135,70 | 155,30 | 36,83 | 231,25 | 266,05 | 279,00 | -1,62 | 2,57 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 95,00 | 268,00 | 4,48 | 263,52 | 41,30 | 72,38 | 94,90 | 108,75 | 1,95 | 9,06 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 77,13 | 208,00 | 32,20 | 175,80 | 35,97 | 53,40 | 66,80 | 86,23 | 2,05 | 5,43 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 55,13 | 604,00 | 9,30 | 594,70 | 98,77 | 28,10 | 34,10 | 46,98 | 5,51 | 31,38 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 3,00 | 26,20 | 0,57 | 25,63 | 4,37 | 1,27 | 1,91 | 2,94 | 4,82 | 25,64 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 121,56 | 540,00 | 4,70 | 535,30 | 109,38 | 46,18 | 85,10 | 169,75 | 2,05 | 5,58 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 127,50 | 1460,00 | 15,00 | 1445,00 | 243,58 | 48,75 | 76,00 | 114,50 | 5,28 | 29,31 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 95,59 | 310,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 77,29 | 27,75 | 86,50 | 126,50 | 1,09 | 1,11 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 314,79 | 591,00 | 129,00 | 462,00 | 87,30 | 265,00 | 320,00 | 350,25 | 0,92 | 2,90 |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π30 - Περιγραφικά στατιστικά δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα 34 δείγματα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 1,10 | 3,30 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,57 | 0,70 | 1,02 | 1,35 | 1,84 | 5,26 |
| B | μg L ⁻¹ | 42,06 | 123,00 | 11,00 | 112,00 | 26,50 | 25,25 | 32,50 | 56,75 | 1,38 | 1,67 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 51,27 | 188,26 | 3,17 | 185,09 | 35,55 | 20,82 | 51,40 | 65,30 | 1,60 | 5,54 |
| Br | μg L ⁻¹ | 379,56 | 1421,00 | 73,00 | 1348,00 | 312,70 | 190,00 | 325,00 | 414,25 | 2,28 | 5,92 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,10 | 0,40 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,10 | 0,03 | 0,08 | 0,13 | 1,85 | 3,70 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 68,01 | 161,50 | 4,00 | 157,50 | 35,79 | 42,13 | 69,90 | 85,38 | 0,37 | 0,35 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 58,20 | 131,10 | 4,00 | 127,10 | 29,31 | 36,06 | 59,20 | 74,10 | 0,20 | 0,07 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 3,16 | 35,50 | 0,20 | 35,30 | 5,91 | 1,10 | 2,10 | 2,95 | 5,26 | 29,39 |
| Li | μg L ⁻¹ | 6,56 | 22,50 | 1,00 | 21,50 | 4,91 | 3,90 | 5,15 | 6,98 | 1,72 | 2,75 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 2,76 | 25,53 | <ΟΑ | ΔΥ | 5,09 | 0,47 | 0,92 | 2,33 | 3,49 | 13,24 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,19 | 1,10 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,20 | ΔΥ | ΔΥ |
| Ni | μg L ⁻¹ | 4,97 | 21,10 | 0,70 | 20,40 | 3,77 | 2,88 | 3,95 | 6,78 | 2,46 | 9,28 |
| P | μg L ⁻¹ | 26,06 | 107,00 | 10,00 | 97,00 | 19,88 | 13,00 | 22,50 | 31,25 | 2,55 | 8,13 |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,44 | 2,20 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,55 | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,55 | 1,93 | 0,07 | 1,86 | 0,35 | 0,33 | 0,43 | 0,82 | 1,87 | 5,74 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,08 | 0,37 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,07 | ΔΥ | ΔΥ |
| Se | μg L ⁻¹ | 1,46 | 4,60 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,95 | 0,70 | 1,20 | 1,93 | 1,42 | 2,28 |
| Si | μg L ⁻¹ | 16797,50 | 41954,00 | 4272,00 | 37682,00 | 6577,04 | 14325,50 | 16025,00 | 18522,50 | 1,56 | 6,23 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 339,89 | 1026,00 | 29,44 | 996,56 | 207,99 | 178,27 | 331,77 | 441,75 | 0,93 | 2,25 |
| U | μg L ⁻¹ | 1,91 | 5,12 | 0,03 | 5,09 | 1,53 | 0,30 | 1,88 | 3,04 | 0,30 | -1,00 |
| V | μg L ⁻¹ | 2,45 | 6,00 | 1,10 | 4,90 | 1,23 | 1,65 | 2,40 | 2,70 | 1,58 | 2,30 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 80,99 | 609,80 | 0,70 | 609,10 | 133,84 | 6,73 | 18,40 | 97,00 | 2,90 | 8,99 |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π31 - Φυσικοχημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις κύριων ιόντων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 1^ο).

| ID | T (°C) | DO (mg/L) | TDS (mg/L) | EC (μS/cm) | pH | Eh (mV) | Ca ²⁺ (mg/L) | Mg ²⁺ (mg/L) | Na ⁺ (mg/L) | K ⁺ (mg/L) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | NO ₂ ⁻ (mg/L) | NH ₄ ⁺ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | SO ₄ ⁻² (mg/L) | HCO ₃ ⁻ (mg/L) | PO ₄ ³⁻ (mg/L) | CBE (%) |
|------|--------|-----------|------------|------------|------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| N16 | 12,3 | 9,4 | 522,49 | 655 | 7,65 | 246,00 | 86,70 | 32,80 | 2,35 | 0,64 | <1 | <0,05 | <0,05 | 3,00 | 28,00 | 369,00 | <0,2 | 3,09 |
| WR12 | 8 | 8,87 | 319,3 | 456 | 8,5 | 377,00 | 46,60 | 30,90 | <1,00 | 1,80 | <1 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 240,00 | <0,2 | 11,07 |
| WR13 | 9,8 | 8,82 | 398 | 520 | 8,1 | 409,00 | 60,40 | 34,90 | <1,00 | 1,00 | 8,70 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 16,00 | 277,00 | <0,2 | 8,21 |
| N17 | 12,2 | 9,57 | 372,46 | 481 | 8,07 | 230,00 | 69,67 | 24,85 | 1,39 | 0,55 | <1 | <0,05 | <0,05 | 2,00 | 10,00 | 264,00 | <0,2 | 9,85 |
| N18 | 12,6 | 8,95 | 491,38 | 656 | 7,86 | 226,00 | 65,50 | 35,21 | 22,68 | 0,99 | 28,00 | <0,05 | <0,05 | 36,00 | 36,00 | 267,00 | <0,2 | 4,24 |
| P14 | 9 | 9,15 | 337,36 | 718 | 7,55 | 194,90 | 55,30 | 30,40 | 1,02 | 0,64 | <1 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 250,00 | <0,2 | 12,99 |
| WR41 | 15,8 | 8,26 | 462,2 | 424 | 7,74 | 297,00 | 98,20 | 13,50 | 2,10 | 10,80 | <1 | <0,05 | <0,05 | 12,00 | 21,00 | 304,00 | <0,2 | 5,02 |
| WR42 | 15 | 9,5 | 383,5 | 364 | 7,72 | 301,00 | 104,00 | 3,10 | 1,00 | 1,40 | 1,00 | <0,05 | <0,05 | 1,00 | 13,00 | 259,00 | <0,2 | 9,56 |
| WR43 | 14,4 | 9,22 | 458,03 | 460 | 7,7 | 285,00 | 91,40 | 30,50 | 2,50 | 0,63 | 1,00 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 20,00 | 312,00 | <0,2 | 12,94 |
| WR33 | 10 | 9,28 | 365,98 | 323 | 7,84 | 301,00 | 85,30 | 8,18 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | <0,05 | <0,05 | 1,00 | 24,00 | 245,00 | <0,2 | 4,46 |
| R 9 | 15,2 | 8,93 | 428,63 | 541 | 7,75 | 408,80 | 70,20 | 31,30 | 2,80 | 1,33 | <1 | <0,05 | 0,06 | <1,00 | 21,00 | 302,00 | <0,2 | 7,28 |
| R 10 | 18 | 8,53 | 397,69 | 494 | 7,38 | 387,00 | 93,20 | 11,40 | 2,50 | 0,59 | <1 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 19,00 | 271,00 | <0,2 | 8,29 |
| R 11 | 13,6 | 9,3 | 361,25 | 448 | 7,37 | 389,70 | 94,90 | 3,13 | <1,00 | 1,22 | <1 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 12,00 | 250,00 | <0,2 | 7,22 |
| R15 | 20,5 | 8,6 | 499,26 | 530 | 7,3 | 222,50 | 81,50 | 25,80 | 1,90 | 3,06 | <1 | <0,05 | <0,05 | 8,00 | 26,00 | 353,00 | <0,2 | -1,57 |
| R16 | 25,6 | 7,8 | 369,81 | 405 | 7,8 | 246,20 | 55,20 | 21,30 | 1,70 | 0,31 | 8,30 | <0,05 | <0,05 | 5,00 | 20,00 | 258,00 | <0,2 | -3,49 |
| R17 | 24,1 | 8,08 | 377,04 | 446 | 8,1 | 240,70 | 49,50 | 31,80 | 1,20 | 1,54 | <1 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 22,00 | 271,00 | <0,2 | 2,76 |
| R19 | 17,3 | 6,46 | 515,1 | 566 | 7,72 | 194,40 | 67,50 | 40,40 | 1,51 | 2,69 | <1 | <0,05 | 0,51 | 5,00 | 21,00 | 377,00 | <0,2 | 0,51 |
| W2 | 13,8 | 9,24 | 294,39 | 426,8 | 8,44 | 293,40 | 54,20 | 21,40 | 1,40 | 0,29 | 9,10 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 16,00 | 192,00 | <0,2 | 11,11 |
| W3 | 10,7 | 10,06 | 508,51 | 524 | 7,94 | 300,60 | 73,90 | 24,80 | <1 | 0,81 | <1 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 128,00 | 281,00 | <0,2 | -11,69 |
| W4 | 11,4 | 9,65 | 417,65 | 495,1 | 8,4 | 298,30 | 80,40 | 24,20 | 2,00 | 2,05 | <1 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 17,00 | 292,00 | <0,2 | 8,88 |
| WR1 | 10 | 10,18 | 253,05 | 325 | 8,26 | 385,00 | 35,40 | 19,60 | 3,00 | 1,85 | 26,20 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | 5,00 | 162,00 | <0,2 | 5,56 |
| WR2 | 8,9 | 10,2 | 312,7 | 362 | 8,24 | 380,00 | 22,70 | 34,20 | <1 | 14,80 | <1 | <0,05 | <0,05 | 21,00 | <5 | 220,00 | <0,2 | 1,48 |
| WR6 | 13,3 | 7,45 | 405,19 | 564 | 7,82 | 386,00 | 58,20 | 19,70 | 26,10 | 1,19 | <1 | <0,05 | <0,05 | 20,00 | 32,00 | 248,00 | <0,2 | 3,6 |
| WR15 | 14,9 | 8,84 | 276,51 | 349 | 7,9 | 399,00 | 38,90 | 20,50 | 4,50 | 0,71 | 25,90 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 186,00 | <0,2 | 5,13 |
| WR16 | 16,2 | 9,41 | 290,4 | 361 | 7,98 | 395,00 | 40,30 | 20,50 | 3,30 | 0,80 | 39,50 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 186,00 | <0,2 | 2,33 |

Πίνακας Π32 - Φυσικοχημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις κύριων ιόντων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 2^ο).

| ID | T (°C) | DO (mg/L) | TDS (mg/L) | EC (μS/cm) | pH | Eh (mV) | Ca ²⁺ (mg/L) | Mg ²⁺ (mg/L) | Na ⁺ (mg/L) | K ⁺ (mg/L) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | NO ₂ ⁻ (mg/L) | NH ₄ ⁺ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | SO ₄ ⁻² (mg/L) | HCO ₃ ⁻ (mg/L) | PO ₄ ³⁻ (mg/L) | CBE (%) |
|------|--------|-----------|------------|------------|------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| WR25 | 11,7 | 12,09 | 350,46 | 362 | 8,24 | 396,00 | 75,50 | 4,92 | 2,60 | 0,44 | 71,00 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 196,00 | <0,2 | -0,71 |
| WR31 | 11,2 | 7,9 | 592,74 | 780 | 7,8 | 235,00 | 56,00 | 38,00 | 24,05 | 0,69 | 34,00 | <0,05 | <0,05 | 28,00 | 180,00 | 232,00 | <0,2 | -12 |
| WR32 | 14,2 | 9,32 | 587,05 | 606 | 8 | 320,00 | 85,80 | 52,90 | 13,30 | 0,85 | 26,20 | <0,05 | <0,05 | 116,00 | 35,00 | 257,00 | <0,2 | 3,34 |
| WR19 | 15,1 | 6,36 | 532,03 | 710 | 7,96 | 412,00 | 70,10 | 36,30 | 25,20 | 0,93 | 31,50 | <0,05 | <0,05 | 30,00 | 96,00 | 242,00 | <0,2 | 1,91 |
| WR20 | 15,3 | 6,22 | 943,38 | 676 | 7,59 | 408,00 | 88,40 | 9,78 | 29,20 | 6,70 | <1 | <0,05 | <0,05 | 18,00 | 662,00 | 129,00 | <0,2 | -42,28 |
| WR5 | 12,4 | 7,72 | 292,39 | 385 | 8,01 | 402,00 | 53,70 | 17,20 | 6,90 | 1,59 | 23,00 | <0,05 | <0,05 | 5,00 | <5 | 185,00 | <0,2 | 11,17 |
| WR14 | 16,7 | 8,76 | 405,4 | 536 | 7,84 | 407,00 | 52,10 | 23,50 | 17,90 | 1,20 | 16,70 | <0,05 | <0,05 | 19,00 | 63,00 | 212,00 | <0,2 | -2,28 |
| WR3 | 11,7 | 12,09 | 268,77 | 340 | 8,12 | 409,00 | 45,80 | 13,80 | 3,60 | 0,77 | 25,80 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 179,00 | <0,2 | 3,55 |
| WR4 | 12,8 | 9,79 | 228,56 | 294 | 8,2 | 382,00 | 28,50 | 17,70 | 2,80 | 0,76 | 16,80 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 162,00 | <0,2 | 1,57 |
| WR10 | 15,7 | 9,18 | 294,11 | 390 | 8,16 | 403,00 | 33,90 | 21,40 | 4,30 | 0,81 | 56,70 | <0,05 | <0,05 | 9,00 | <5 | 168,00 | <0,2 | -3,46 |
| WR28 | 13,3 | 9 | 554,3 | 384 | 8,2 | 229,00 | 66,00 | 33,40 | 66,40 | 3,90 | 10,60 | <0,05 | <0,05 | 56,00 | 193,00 | 125,00 | <0,2 | 7,19 |
| N5 | 11,4 | 9,6 | 289,08 | 332 | 8,14 | 217,30 | 41,32 | 20,80 | 4,06 | 0,90 | <1 | <0,05 | 0,14 | 3,00 | <5 | 219,00 | <0,2 | 3,9 |
| N9 | 14,3 | 8,81 | 281,95 | 363 | 8,18 | 247,30 | 42,35 | 17,80 | 4,90 | 0,70 | 25,20 | <0,05 | <0,05 | 6,00 | <5 | 185,00 | <0,2 | 2,71 |
| N10 | 13,7 | 8,25 | 315,73 | 395 | 8,24 | 248,00 | 47,10 | 20,02 | 4,13 | 0,78 | 48,70 | <0,05 | <0,05 | 5,00 | <5 | 190,00 | <0,2 | 1,89 |
| N12 | 14,7 | 8,23 | 491,03 | 631 | 8,22 | 253,20 | 49,50 | 46,90 | 9,40 | 1,23 | 25,00 | <0,05 | <0,05 | 20,00 | 55,00 | 284,00 | <0,2 | 0,01 |
| N13 | 12,6 | 7,64 | 659,77 | 829 | 7,73 | 270,80 | 113,00 | 31,60 | 5,10 | 1,17 | 47,90 | <0,05 | <0,05 | 44,00 | 121,00 | 296,00 | <0,2 | -5,01 |
| N14 | 13,4 | 10,1 | 722,36 | 907 | 7,93 | 240,40 | 102,26 | 59,30 | 6,70 | 0,40 | 73,70 | <0,05 | <0,05 | 40,00 | 85,00 | 355,00 | <0,2 | 1,87 |
| N15 | 12,2 | 9,78 | 586,2 | 862 | 8,22 | 254,00 | 80,00 | 49,50 | 10,40 | 0,90 | 25,40 | <0,05 | <0,05 | 121,00 | 42,00 | 257,00 | <0,2 | -2,12 |
| N1 | 13,6 | 9,28 | 250,35 | 303 | 8,21 | 262,20 | 34,35 | 18,80 | 3,37 | 0,73 | 17,10 | <0,05 | <0,05 | 2,00 | <5 | 174,00 | <0,2 | 3,66 |
| N2 | 16,3 | 8,76 | 265,81 | 305 | 8,23 | 255,80 | 37,25 | 18,00 | 2,81 | 0,65 | 17,10 | <0,05 | <0,05 | 1,00 | 24,00 | 165,00 | <0,2 | -0,43 |
| N3 | 11,3 | 9,43 | 300,5 | 378 | 8,17 | 248,20 | 42,13 | 23,80 | 4,87 | 0,80 | 53,90 | <0,05 | <0,05 | 8,00 | <5 | 167,00 | <0,2 | 5,66 |
| N4 | 11,8 | 9,33 | 267,13 | 348 | 8,12 | 261,00 | 42,50 | 12,50 | 3,68 | 0,85 | 27,60 | <0,05 | <0,05 | 2,00 | <5 | 178,00 | <0,2 | -1,31 |
| N6 | 14,1 | 8,8 | 427,46 | 556 | 8,13 | 267,00 | 53,50 | 25,90 | 16,30 | 1,16 | 16,60 | <0,05 | 0,08 | 18,00 | 84,00 | 212,00 | <0,2 | -3,99 |
| WR35 | 13,4 | 8,87 | 281,16 | 257 | 7,97 | 285,00 | 44,50 | 20,40 | 3,10 | 0,66 | 46,50 | <0,05 | <0,05 | 5,00 | <5 | 161,00 | <0,2 | 6,87 |
| WR36 | 13 | 8,13 | 622,36 | 515 | 7,95 | 268,00 | 51,40 | 46,50 | 50,70 | 2,66 | 7,10 | <0,05 | 0,07 | 18,00 | 113,00 | 333,00 | <0,2 | 1,35 |

Πίνακας Π33 - Φυσικοχημικές παράμετροι και συγκεντρώσεις κύριων ιόντων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 3^ο).

| ID | T (°C) | DO (mg/L) | TDS (mg/L) | EC (μS/cm) | pH | Eh (mV) | Ca ²⁺ (mg/L) | Mg ²⁺ (mg/L) | Na ⁺ (mg/L) | K ⁺ (mg/L) | NO ₃ ⁻ (mg/L) | NO ₂ ⁻ (mg/L) | NH ₄ ⁺ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | SO ₄ ⁻² (mg/L) | HCO ₃ ⁻ (mg/L) | PO ₄ ³⁻ (mg/L) | CBE (%) |
|------|--------|-----------|------------|------------|------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| WR37 | 12 | 9,01 | 457,77 | 402 | 7,94 | 271,00 | 48,10 | 52,68 | 14,70 | 0,99 | 24,30 | 0,06 | <0,05 | 19,00 | 36,00 | 262,00 | <0,2 | 10,67 |
| WR38 | 9,4 | 8,92 | 353,7 | 313 | 8,43 | 275,00 | 36,80 | 30,20 | 18,30 | 0,90 | 0,50 | 1,84 | <0,05 | 6,00 | 47,00 | 214,00 | <0,2 | 4,86 |
| WR39 | 8,7 | 8,27 | 512,4 | 459 | 7,93 | 313,00 | 89,00 | 34,60 | 5,90 | 3,80 | 52,10 | <0,05 | <0,05 | 44,00 | 55,00 | 228,00 | <0,2 | 4,64 |
| WR40 | 8,6 | 8,54 | 586,02 | 516 | 8,1 | 263,00 | 115,00 | 29,30 | 5,50 | 1,02 | 50,20 | <0,05 | <0,05 | 44,00 | 120,00 | 221,00 | <0,2 | 1,46 |
| R 1 | 15,5 | 9,95 | 338,04 | 472 | 8,07 | 389,50 | 52,10 | 21,60 | 5,90 | 1,94 | 86,50 | <0,05 | <0,05 | 11,00 | 11,00 | 148,00 | <0,2 | 3,57 |
| R 2 | 18 | 10,13 | 476,43 | 586 | 8,01 | 388,40 | 72,80 | 27,10 | 6,88 | 1,65 | 138,00 | <0,05 | <0,05 | 7,00 | 78,00 | 145,00 | <0,2 | -1,75 |
| R 3 | 17 | 8,77 | 224,73 | 328,6 | 8,59 | 386,40 | 30,90 | 17,60 | 6,72 | 1,21 | 22,30 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 146,00 | <0,2 | 9,24 |
| R 4 | 27 | 3,52 | 253,78 | 365,6 | 8,05 | 386,70 | 44,40 | 19,30 | 5,30 | 1,78 | <1 | <0,05 | <0,05 | 5,00 | <5 | 178,00 | <0,2 | 14,3 |
| R 8 | 15,9 | 8,22 | 314,41 | 339,4 | 7,59 | 385,20 | 38,90 | 20,00 | 5,60 | 0,81 | 31,10 | <0,05 | <0,05 | 6,00 | <5 | 212,00 | <0,2 | -3,69 |
| R 13 | 15,2 | 9,77 | 241,02 | 347,5 | 7,88 | 386,90 | 36,00 | 18,60 | 4,20 | 0,92 | 32,30 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 149,00 | <0,2 | 8,77 |
| R 14 | 14,7 | 10,04 | 245,11 | 310 | 7,63 | 388,00 | 43,20 | 14,30 | 2,30 | 0,91 | 18,40 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 166,00 | <0,2 | 6,76 |
| R18 | 32,3 | 6,99 | 277,49 | 328,4 | 7,52 | 227,40 | 37,80 | 19,50 | 3,60 | 0,79 | 26,80 | 0,07 | <0,05 | 5,00 | <5 | 184,00 | <0,2 | 1,07 |
| R20 | 20,1 | 8,14 | 388,13 | 445,4 | 7,7 | 251,50 | 51,00 | 23,40 | 11,70 | 1,13 | 18,90 | <0,05 | <0,05 | 16,00 | 54,00 | 212,00 | <0,2 | -3,35 |
| R24 | 17,6 | 9,2 | 292,56 | 323 | 7,29 | 233,30 | 39,30 | 21,20 | 2,49 | 0,87 | 34,70 | <0,05 | <0,05 | 7,00 | <5 | 187,00 | <0,2 | 0,18 |
| W1 | 16,3 | 8,9 | 327,62 | 462,2 | 8,23 | 282,20 | 51,70 | 21,20 | 11,00 | 0,82 | 17,90 | <0,05 | <0,05 | 11,00 | 35,00 | 179,00 | <0,2 | 6,18 |
| W5 | 12,8 | 9,06 | 224,6 | 270 | 8,5 | 329,50 | 29,00 | 14,30 | 7,20 | 0,90 | 17,20 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 156,00 | <0,2 | 2,16 |
| W6 | 12,8 | 11,28 | 335,97 | 394,2 | 8,02 | 319,90 | 75,40 | 19,70 | 3,10 | 0,77 | 66,00 | <0,05 | <0,05 | 6,00 | <5 | 165,00 | <0,2 | 16,88 |
| W7 | 12,7 | 10,74 | 534,89 | 601 | 8,01 | 314,40 | 112,00 | 31,10 | 5,00 | 0,79 | 132,00 | <0,05 | <0,05 | 6,00 | 106,00 | 142,00 | <0,2 | 10,2 |
| W8 | 13,4 | 6,85 | 222,48 | 273,6 | 8,02 | 310,30 | 31,40 | 15,20 | 3,90 | 0,68 | 12,30 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 159,00 | <0,2 | 3,44 |
| W9 | 12,8 | 10,17 | 239,2 | 295,9 | 8,13 | 311,30 | 41,20 | 12,70 | 2,00 | 0,60 | 16,70 | <0,05 | <0,05 | <1,00 | <5 | 166,00 | <0,2 | 3,44 |
| WR8 | 13,49 | 9,1 | 564 | 844 | 8,03 | 348,00 | 63,80 | 31,40 | 66,20 | 4,00 | 5,60 | <0,05 | <0,05 | 60,00 | 221,00 | 112,00 | <0,2 | 3,12 |
| WR29 | 8,1 | 9,5 | 542,98 | 1050 | 8,02 | 218,00 | 54,30 | 45,70 | 72,78 | 1,70 | 5,50 | <0,05 | 0,06 | 15,00 | 24,00 | 324,00 | <0,2 | 20,98 |
| N11 | 14,8 | 6,3 | 769,22 | 1071 | 8,06 | 265,7 | 82,96 | 23,49 | 114,41 | 4,06 | 4,30 | <0,05 | 0,05 | 69,00 | 392,00 | 79,00 | <0,2 | -1,41 |

Πίνακας Π34 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 1^ο).

| ID | Ag (μg/L) | Al (μg/L) | As (μg/L) | Au (μg/L) | B (μg/L) | Ba (μg/L) | Be (μg/L) | Bi (μg/L) | Br (μg/L) | Cd (μg/L) | Ce (μg/L) | Co (μg/L) | Cr (μg/L) | Cr ⁶⁺ (μg/L) | Cs (μg/L) | Cu (μg/L) | Dy (μg/L) | Er (μg/L) | Eu (μg/L) | Fe (μg/L) | Ga (μg/L) | Gd (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| N16 | <0,05 | 13,00 | 1,50 | <0,05 | 15,00 | 15,56 | <0,05 | <0,05 | 23,00 | <0,05 | 0,03 | 0,04 | 53,50 | 51,10 | 0,02 | 0,80 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR12 | <0,05 | 31,00 | 49,10 | <0,05 | 10,00 | 16,08 | <0,05 | <0,05 | 9,00 | <0,05 | 0,02 | 0,04 | 16,60 | 16,50 | 0,02 | 1,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR13 | <0,05 | 1546,00 | 6,10 | <0,05 | 11,00 | 13,82 | <0,05 | <0,05 | 14,00 | <0,05 | 0,03 | 0,10 | 38,30 | 33,90 | 0,11 | 2,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | 0,17 | <0,01 |
| N17 | <0,05 | 8,00 | 0,60 | <0,05 | 6,00 | 4,46 | <0,05 | <0,05 | 13,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 47,80 | 36,70 | 0,03 | 0,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N18 | <0,05 | 7,00 | 1,50 | <0,05 | 16,00 | 53,48 | <0,05 | <0,05 | 45,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 10,30 | 9,70 | <0,01 | 0,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| P14 | <0,05 | <1,00 | 1,50 | <0,05 | 12,00 | 14,74 | <0,05 | <0,05 | 26,00 | <0,05 | <0,01 | 0,05 | 52,50 | 49,11 | 0,01 | 0,60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR41 | <0,05 | 2,00 | 1,80 | <0,05 | 19,00 | 6,37 | <0,05 | <0,05 | 15,00 | 0,18 | <0,01 | <0,02 | <0,5 | <0,5 | 0,02 | 2,80 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR42 | <0,05 | 3,00 | 0,50 | <0,05 | 15,00 | 6,97 | <0,05 | <0,05 | 13,00 | 0,21 | <0,01 | 0,03 | 0,80 | 0,50 | <0,01 | 1,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR43 | <0,05 | 2,00 | 1,50 | <0,05 | 27,00 | 15,58 | <0,05 | <0,05 | 21,00 | 0,29 | 0,01 | <0,02 | 57,40 | 51,20 | 0,02 | 0,80 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR33 | <0,05 | 2,00 | 0,50 | <0,05 | 44,00 | 11,33 | <0,05 | <0,05 | 16,00 | 0,29 | 0,01 | 0,03 | 11,20 | 7,50 | 0,04 | 0,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 9 | <0,05 | <1,00 | 3,30 | <0,05 | 12,00 | 15,68 | <0,05 | <0,05 | 18,00 | <0,05 | 0,01 | 0,30 | 53,40 | 46,00 | <0,01 | 10,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 10 | <0,05 | <1,00 | 1,50 | <0,05 | <5,00 | 5,72 | <0,05 | <0,05 | 14,00 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 1,50 | 1,00 | 0,01 | 0,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 11 | <0,05 | <1,00 | 0,60 | <0,05 | <5,00 | 5,81 | <0,05 | <0,05 | 12,00 | <0,05 | <0,01 | 0,05 | 1,90 | 1,00 | <0,01 | 1,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R15 | <0,05 | 3,00 | 1,70 | <0,05 | 6,00 | 16,12 | <0,05 | <0,05 | 24,00 | <0,05 | <0,01 | 0,10 | 49,20 | 46,80 | 0,13 | 4,80 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R16 | <0,05 | 4,00 | 1,40 | <0,05 | <5,00 | 6,90 | <0,05 | <0,05 | 16,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 23,70 | 21,40 | 0,04 | 1,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R17 | <0,05 | 3,00 | 28,80 | <0,05 | <5,00 | 14,41 | <0,05 | <0,05 | 15,00 | <0,05 | <0,01 | 0,08 | 10,90 | 8,70 | 0,02 | 1,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R19 | <0,05 | 2,00 | 6,40 | <0,05 | 6,00 | 23,18 | <0,05 | <0,05 | 22,00 | <0,05 | <0,01 | 2,11 | 3,70 | 2,70 | <0,01 | 0,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W2 | 0,08 | 2,00 | 1,70 | <0,05 | 7,00 | 6,02 | <0,05 | <0,05 | 13,00 | <0,05 | <0,01 | 0,05 | 26,50 | 23,00 | 0,03 | 0,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W3 | 2,91 | 2,00 | 1,40 | <0,05 | 13,00 | 13,38 | <0,05 | <0,05 | 28,00 | <0,05 | <0,01 | 0,50 | 45,40 | 35,17 | 0,03 | 1,80 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W4 | 0,13 | 3,00 | 1,20 | <0,05 | 12,00 | 13,39 | <0,05 | <0,05 | 18,00 | <0,05 | <0,01 | 0,35 | 43,50 | 34,58 | 0,02 | 1,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR1 | <0,05 | 8,00 | 1,40 | <0,05 | 12,00 | 40,21 | <0,05 | <0,05 | 24,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 71,40 | 60,90 | 0,02 | 0,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR2 | 0,26 | 8,00 | 0,90 | <0,05 | 9,00 | 4,71 | <0,05 | <0,05 | 10,00 | <0,05 | 0,02 | <0,02 | 29,30 | 28,70 | 0,03 | 1,80 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | 0,01 |
| WR6 | 0,19 | 253,00 | 1,30 | <0,05 | 26,00 | 30,96 | <0,05 | <0,05 | 89,00 | <0,05 | 0,20 | 0,63 | 3,60 | 1,70 | 0,05 | 1,90 | 0,03 | 0,01 | <0,01 | 372,00 | <0,05 | 0,04 |
| WR15 | <0,05 | 41,00 | 0,50 | <0,05 | 11,00 | 46,53 | <0,05 | <0,05 | 42,00 | <0,05 | 0,10 | 0,56 | 134,70 | 84,30 | 0,02 | 19,30 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 16168,00 | <0,05 | <0,01 |
| WR16 | 0,15 | 84,00 | 1,50 | <0,05 | 9,00 | 31,34 | <0,05 | <0,05 | 26,00 | <0,05 | 0,17 | 0,29 | 81,80 | 76,10 | 0,05 | 1,30 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 228,00 | <0,05 | 0,02 |

Πίνακας Π35 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 2^ο).

| ID | Ag (µg/L) | Al (µg/L) | As (µg/L) | Au (µg/L) | B (µg/L) | Ba (µg/L) | Be (µg/L) | Bi (µg/L) | Br (µg/L) | Cd (µg/L) | Ce (µg/L) | Co (µg/L) | Cr (µg/L) | Cr ⁶⁺ (µg/L) | Cs (µg/L) | Cu (µg/L) | Dy (µg/L) | Er (µg/L) | Eu (µg/L) | Fe (µg/L) | Ga (µg/L) | Gd (µg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| WR25 | 0,07 | 3,00 | 4,40 | <0,05 | 17,00 | 21,03 | <0,05 | <0,05 | 52,00 | <0,05 | <0,01 | 0,06 | 11,50 | 11,10 | 0,17 | 1,70 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR31 | <0,05 | 6,00 | 0,50 | <0,05 | 34,00 | 37,98 | <0,05 | <0,05 | 40,00 | <0,05 | 0,01 | <0,02 | 23,10 | 20,80 | 0,02 | 1,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR32 | 0,11 | <1,00 | 1,50 | <0,05 | 59,00 | 24,34 | <0,05 | <0,05 | 79,00 | 0,16 | <0,01 | 0,16 | 92,20 | 77,00 | <0,01 | 0,80 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR19 | <0,05 | 28,00 | 0,90 | <0,05 | 23,00 | 27,70 | <0,05 | <0,05 | 33,00 | <0,05 | 0,05 | 0,07 | 76,60 | 57,80 | <0,01 | 5,10 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR20 | <0,05 | 16,00 | 1,00 | <0,05 | 28,00 | 77,09 | <0,05 | <0,05 | 176,00 | <0,05 | 0,05 | 0,07 | 5,40 | 2,60 | <0,01 | 1,50 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR5 | <0,05 | 32,00 | 0,90 | <0,05 | 10,00 | 42,74 | <0,05 | <0,05 | 23,00 | <0,05 | 0,06 | 0,07 | 17,90 | 14,50 | 0,03 | 1,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR14 | 0,13 | 17,00 | 2,00 | <0,05 | 33,00 | 47,83 | <0,05 | <0,05 | 120,00 | <0,05 | 0,01 | 0,04 | 61,30 | 61,30 | 0,02 | 1,60 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 28 | <0,05 | <0,01 |
| WR3 | <0,05 | 27,00 | 0,50 | <0,05 | 7,00 | 27,00 | <0,05 | <0,05 | 39,00 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 42,40 | 38,60 | 0,02 | 1,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR4 | <0,05 | 8,00 | 0,90 | <0,05 | 11,00 | 39,18 | <0,05 | <0,05 | 17,00 | <0,05 | 0,02 | <0,02 | 47,00 | 46,20 | 0,07 | 0,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR10 | 1,05 | 25,00 | 1,20 | <0,05 | 14,00 | 37,47 | <0,05 | <0,05 | 27,00 | <0,05 | 0,05 | 0,10 | 77,90 | 74,20 | 0,06 | 0,80 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 19 | <0,05 | <0,01 |
| WR28 | <0,05 | 5,00 | 0,90 | <0,05 | 31,00 | 28,19 | <0,05 | <0,05 | 20,00 | 0,64 | 0,03 | 0,02 | 32,70 | 32,20 | <0,01 | 1,50 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N5 | <0,05 | 13,00 | 0,70 | <0,05 | 8,00 | 62,29 | <0,05 | <0,05 | 25,00 | <0,05 | <0,01 | 1,40 | <0,5 | <0,5 | <0,01 | 1,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | 0,06 | <0,01 |
| N9 | <0,05 | 5,00 | 1,80 | <0,05 | 10,00 | 28,01 | <0,05 | <0,05 | 39,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 89,90 | 89,80 | <0,01 | 1,80 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N10 | <0,05 | 5,00 | 1,30 | <0,05 | 9,00 | 29,66 | <0,05 | <0,05 | 26,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 75,70 | 73,40 | <0,01 | 1,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N12 | <0,05 | 5,00 | 1,50 | <0,05 | 15,00 | 24,62 | <0,05 | <0,05 | 34,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 9,20 | 9,20 | <0,01 | 1,60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N13 | <0,05 | 40,00 | 0,50 | <0,05 | 15,00 | 55,40 | <0,05 | <0,05 | 53,00 | <0,05 | 0,31 | 0,75 | 1,30 | 0,50 | <0,01 | 2,10 | 0,02 | 0,02 | <0,01 | 316 | <0,05 | 0,02 |
| N14 | <0,05 | 3,00 | 4,30 | <0,05 | 15,00 | 22,14 | <0,05 | <0,05 | 54,00 | 0,20 | <0,01 | <0,02 | 6,20 | 5,20 | 0,14 | 3,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N15 | <0,05 | 2,00 | 2,00 | <0,05 | 17,00 | 20,55 | <0,05 | <0,05 | 61,00 | <0,05 | <0,01 | 0,06 | 76,20 | 73,10 | <0,01 | 1,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | 0,02 |
| N1 | <0,05 | 5,00 | 0,90 | <0,05 | 31,00 | 35,23 | <0,05 | <0,05 | 16,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 44,20 | 41,80 | <0,01 | 1,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N2 | <0,05 | 3,00 | 0,90 | <0,05 | 9,00 | 24,24 | <0,05 | <0,05 | 15,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 37,90 | 35,50 | <0,01 | 2,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N3 | <0,05 | 3,00 | 1,10 | <0,05 | 11,00 | 36,07 | <0,05 | <0,05 | 26,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 71,30 | 61,40 | <0,01 | 0,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N4 | <0,05 | 3,00 | 0,50 | <0,05 | 7,00 | 23,69 | <0,05 | <0,05 | 34,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 37,10 | 36,40 | <0,01 | 0,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| N6 | <0,05 | 9,00 | 2,30 | <0,05 | 28,00 | 50,84 | <0,05 | <0,05 | 113,00 | <0,05 | 0,01 | 0,03 | 38,40 | 27,50 | <0,01 | 1,60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 27 | <0,05 | 0,01 |
| WR35 | <0,05 | 3,00 | 0,60 | <0,05 | 40,00 | 24,10 | <0,05 | <0,05 | 37,00 | 0,30 | <0,01 | <0,02 | 63,30 | 54,30 | <0,01 | 0,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR36 | <0,05 | 3,00 | 3,70 | <0,05 | 53,00 | 63,23 | <0,05 | <0,05 | 92,00 | 0,12 | <0,01 | <0,02 | 42,30 | 35,90 | <0,01 | 1,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |

Πίνακας Π36 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 3^ο).

| ID | Ag (µg/L) | Al (µg/L) | As (µg/L) | Au (µg/L) | B (µg/L) | Ba (µg/L) | Be (µg/L) | Bi (µg/L) | Br (µg/L) | Cd (µg/L) | Ce (µg/L) | Co (µg/L) | Cr (µg/L) | Cr ⁶⁺ (µg/L) | Cs (µg/L) | Cu (µg/L) | Dy (µg/L) | Er (µg/L) | Eu (µg/L) | Fe (µg/L) | Ga (µg/L) | Gd (µg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| WR37 | <0,05 | 4,00 | 1,20 | <0,05 | 45,00 | 29,50 | <0,05 | <0,05 | 40,00 | 0,10 | <0,01 | <0,02 | 15,60 | 11,40 | <0,01 | 2,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR38 | <0,05 | 3,00 | 1,10 | <0,05 | 37,00 | 65,22 | <0,05 | <0,05 | 25,00 | 0,17 | <0,01 | 0,06 | <0,5 | <0,5 | <0,01 | 0,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR39 | <0,05 | <1,00 | 0,50 | <0,05 | 26,00 | 45,80 | <0,05 | <0,05 | 60,00 | 0,26 | <0,01 | <0,02 | 2,30 | <0,5 | <0,01 | 1,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR40 | <0,05 | 2,00 | 0,50 | <0,05 | 29,00 | 51,69 | <0,05 | <0,05 | 74,00 | 0,16 | <0,01 | <0,02 | 2,90 | 2,00 | <0,01 | 1,50 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 1 | <0,05 | <1,00 | 1,30 | <0,05 | 7,00 | 33,37 | <0,05 | <0,05 | 109,00 | <0,05 | <0,01 | 0,15 | 90,80 | 79,50 | 0,01 | 1,50 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 163 | <0,05 | <0,01 |
| R 2 | <0,05 | <1,00 | 0,90 | <0,05 | 7,00 | 30,77 | <0,05 | <0,05 | 43,00 | <0,05 | <0,01 | 0,21 | 137,80 | 115,00 | <0,01 | 1,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 3 | <0,05 | 2,00 | 0,80 | <0,05 | 25,00 | 15,82 | <0,05 | <0,05 | 22,00 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 90,70 | 81,00 | <0,01 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 4 | <0,05 | <1,00 | 0,50 | <0,05 | 9,00 | 51,06 | <0,05 | <0,05 | 42,00 | <0,05 | <0,01 | 0,52 | 1,40 | 1,00 | <0,01 | 1,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 8 | <0,05 | <1,00 | 1,60 | <0,05 | 8,00 | 27,90 | <0,05 | <0,05 | 46,00 | <0,05 | <0,01 | 0,30 | 21,50 | 18,70 | <0,01 | 1,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 13 | <0,05 | <1,00 | 1,20 | <0,05 | 7,00 | 22,29 | <0,05 | <0,05 | 21,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 69,90 | 64,20 | <0,01 | 14,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R 14 | <0,05 | <1,00 | 1,40 | <0,05 | 6,00 | 24,81 | <0,05 | <0,05 | 38,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 28,20 | 25,90 | <0,01 | 1,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R18 | <0,05 | 3,00 | 1,30 | <0,05 | <5,00 | 30,32 | <0,05 | <0,05 | 22,00 | <0,05 | <0,01 | 0,03 | 61,60 | 56,80 | 0,03 | 1,60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R20 | <0,05 | 3,00 | 1,90 | <0,05 | 12,00 | 34,59 | <0,05 | <0,05 | 122,00 | <0,05 | <0,01 | 0,05 | 81,00 | 76,20 | <0,01 | 1,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| R24 | <0,05 | 2,00 | 1,50 | <0,05 | <5,00 | 23,67 | <0,05 | <0,05 | 25,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 57,00 | 53,30 | <0,01 | 1,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W1 | 1,7 | 2,00 | 1,80 | <0,05 | 18,00 | 28,82 | <0,05 | <0,05 | 94,00 | <0,05 | <0,01 | 0,70 | 91,20 | 81,62 | <0,01 | 2,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W5 | <0,05 | 6,00 | 0,50 | <0,05 | 11,00 | 8,48 | <0,05 | <0,05 | 18,00 | <0,05 | <0,01 | 0,15 | 96,10 | 75,42 | <0,01 | 1,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W6 | <0,05 | <1,00 | 1,10 | <0,05 | 7,00 | 27,14 | <0,05 | <0,05 | 43,00 | <0,05 | <0,01 | 0,04 | 75,90 | 57,82 | <0,01 | 1,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W7 | <0,05 | 3,00 | 0,60 | <0,05 | 7,00 | 25,81 | <0,05 | <0,05 | 38,00 | <0,05 | <0,01 | 0,14 | 99,30 | 80,73 | <0,01 | 1,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W8 | <0,05 | <1,00 | 0,60 | <0,05 | 10,00 | 19,37 | <0,05 | <0,05 | 14,00 | <0,05 | <0,01 | <0,02 | 44,80 | 34,30 | <0,01 | 0,60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| W9 | <0,05 | 2,00 | 0,50 | <0,05 | 6,00 | 20,66 | <0,05 | <0,05 | 19,00 | <0,05 | <0,01 | 0,07 | 30,50 | 27,74 | <0,01 | 0,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | <0,05 | <0,01 |
| WR8 | <0,05 | 96,00 | 1,10 | <0,05 | 101,00 | 18,76 | <0,05 | <0,05 | 51,00 | <0,05 | 0,04 | 0,14 | 6,70 | 6,50 | 0,15 | 3,30 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | 0,13 | 0,01 |
| WR29 | <0,05 | 22,00 | 1,20 | <0,05 | 113,00 | 30,54 | <0,05 | <0,05 | 41,00 | 0,07 | 0,02 | 0,05 | 5,70 | 5,20 | 0,06 | 4,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | 0,07 | 0,01 |
| N11 | <0,05 | 29,00 | 1,60 | <0,05 | 117,00 | 23,60 | <0,05 | <0,05 | 281,00 | <0,05 | 0,02 | <0,02 | 2,10 | 1,2 | 0,10 | 4,50 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <10 | 0,25 | <0,01 |

Πίνακας Π37 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 4^ο).

| ID | Ge (μg/L) | Hf (μg/L) | Hg (μg/L) | Ho (μg/L) | In (μg/L) | La (μg/L) | Li (μg/L) | Lu (μg/L) | Mn (μg/L) | Mo (μg/L) | Nb (μg/L) | Nd (μg/L) | Ni (μg/L) | P (μg/L) | Pb (μg/L) | Pd (μg/L) | Pr (μg/L) | Pt (μg/L) | Rb (μg/L) | Re (μg/L) | Rh (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| N16 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 1,10 | <0,01 | 0,29 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 8,10 | 21,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,50 | 0,01 | <0,01 |
| WR12 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,10 | 4,70 | <0,01 | 0,40 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | 3,60 | 13,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,78 | <0,01 | <0,01 |
| WR13 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | 0,01 | 0,09 | 3,40 | <0,01 | 1,28 | <0,10 | <0,01 | 0,02 | 7,70 | 37,00 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,44 | <0,01 | <0,01 |
| N17 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,60 | <0,01 | 0,18 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 1,70 | 12,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,61 | <0,01 | <0,01 |
| N18 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,40 | <0,01 | 0,28 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 57,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,71 | <0,01 | <0,01 |
| P14 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,00 | <0,01 | 0,61 | <0,10 | <0,01 | 0,01 | 6,70 | 10,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,32 | <0,01 | <0,01 |
| WR41 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | <0,01 | 0,34 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 1,00 | 18,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,49 | <0,01 | <0,01 |
| WR42 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,10 | <0,01 | 0,37 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,70 | 28,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,41 | <0,01 | <0,01 |
| WR43 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,02 | 1,20 | <0,01 | 0,18 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 7,20 | 24,00 | 0,30 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,47 | <0,01 | <0,01 |
| WR33 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,90 | <0,01 | 0,27 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 4,20 | 25,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,31 | <0,01 | <0,01 |
| R 9 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,00 | <0,01 | 13,33 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 12,30 | 10,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,47 | <0,01 | <0,01 |
| R 10 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | <0,01 | 0,43 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,80 | 31,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,41 | <0,01 | <0,01 |
| R 11 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,10 | <0,01 | 0,29 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 1,30 | 15,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,34 | <0,01 | <0,01 |
| R15 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,06 | 1,20 | <0,01 | 0,76 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 10,40 | 40,00 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,50 | <0,01 | <0,01 |
| R16 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,50 | <0,01 | 0,63 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,50 | 39,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,35 | <0,01 | <0,01 |
| R17 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,60 | <0,01 | 1,37 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | 5,80 | 45,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,95 | <0,01 | <0,01 |
| R19 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,20 | <0,01 | 272,71 | 0,20 | <0,01 | 0,01 | 15,70 | 31,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,04 | <0,01 | <0,01 |
| W2 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,60 | <0,01 | 0,78 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,20 | 39,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,35 | <0,01 | <0,01 |
| W3 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,10 | <0,01 | 0,44 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 5,10 | 54,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,14 | <0,01 | <0,01 |
| W4 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,10 | <0,01 | 1,45 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 4,60 | 45,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,42 | <0,01 | <0,01 |
| WR1 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,00 | <0,01 | 0,05 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 10,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,71 | <0,01 | <0,01 |
| WR2 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,05 | 0,60 | <0,01 | 1,16 | <0,10 | <0,01 | 0,02 | 2,20 | 10,00 | 0,70 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,55 | <0,01 | <0,01 |
| WR6 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,54 | 2,80 | <0,01 | 55,21 | 0,90 | <0,01 | 0,15 | 10,90 | 48,00 | 0,30 | <0,01 | 0,04 | <0,01 | 1,30 | <0,01 | 0,02 |
| WR15 | 0,15 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,13 | 1,70 | <0,01 | 162,58 | <0,10 | <0,01 | 0,09 | 5,30 | 58,00 | 2,10 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,26 | 0,01 | <0,01 |
| WR16 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,31 | 1,40 | <0,01 | 9,26 | <0,10 | <0,01 | 0,08 | 5,50 | 60,00 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,38 | <0,01 | <0,01 |

Πίνακας Π38 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 5^ο).

| ID | Ge (μg/L) | Hf (μg/L) | Hg (μg/L) | Ho (μg/L) | In (μg/L) | La (μg/L) | Li (μg/L) | Lu (μg/L) | Mn (μg/L) | Mo (μg/L) | Nb (μg/L) | Nd (μg/L) | Ni (μg/L) | P (μg/L) | Pb (μg/L) | Pd (μg/L) | Pr (μg/L) | Pt (μg/L) | Rb (μg/L) | Re (μg/L) | Rh (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| WR25 | 0,06 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,10 | 2,20 | <0,01 | 0,78 | 0,20 | <0,01 | 0,01 | 2,70 | 14,00 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,62 | 0,02 | 0,01 |
| WR31 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 1,80 | <0,01 | 0,31 | 0,40 | <0,01 | <0,01 | 1,00 | 25,00 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,37 | <0,01 | <0,01 |
| WR32 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,30 | <0,01 | 0,39 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 1,20 | 41,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,13 | 0,01 | 0,01 |
| WR19 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,40 | 1,20 | <0,01 | 2,13 | 1,50 | <0,01 | 0,03 | 4,30 | 65,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,76 | 0,01 | <0,01 |
| WR20 | 0,07 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 6,00 | <0,01 | 13,24 | 0,80 | <0,01 | 0,04 | 2,10 | 23,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,52 | 0,16 | <0,01 |
| WR5 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,33 | 2,80 | <0,01 | 2,07 | 0,50 | <0,01 | 0,01 | 1,30 | 35,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,57 | <0,01 | <0,01 |
| WR14 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,09 | 2,40 | <0,01 | 1,07 | <0,10 | <0,01 | 0,01 | 1,30 | 71,00 | 2,00 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,36 | 0,02 | 0,01 |
| WR3 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,28 | 1,60 | <0,01 | 0,29 | <0,10 | <0,01 | 0,01 | 0,70 | 37,00 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,68 | 0,01 | <0,01 |
| WR4 | 0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,21 | 2,40 | <0,01 | 1,31 | <0,10 | <0,01 | 0,02 | 0,20 | 34,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,43 | <0,01 | <0,01 |
| WR10 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,12 | 2,50 | <0,01 | 2,77 | 0,30 | <0,01 | 0,03 | 1,30 | 43,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,58 | <0,01 | <0,01 |
| WR28 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,04 | 1,70 | <0,01 | 2,47 | 0,20 | <0,01 | 0,02 | 0,60 | 33,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,22 | <0,01 | <0,01 |
| N5 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,80 | <0,01 | 848,80 | 1,10 | <0,01 | <0,01 | 2,10 | 10,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,90 | <0,01 | <0,01 |
| N9 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,40 | <0,01 | 1,06 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 57,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,21 | <0,01 | <0,01 |
| N10 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,40 | <0,01 | 2,46 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 74,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | <0,01 | <0,01 |
| N12 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,10 | <0,01 | 6,16 | 0,40 | <0,01 | 0,07 | 0,20 | 34,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,76 | 0,06 | <0,01 |
| N13 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,08 | 1,60 | <0,01 | 65,93 | 0,50 | <0,01 | 0,07 | 6,40 | 19,00 | <0,20 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,60 | 0,01 | <0,01 |
| N14 | 0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,40 | <0,01 | 1,26 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 2,70 | 11,00 | 1,90 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,99 | <0,01 | <0,01 |
| N15 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,20 | <0,01 | 0,30 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 1,20 | 27,00 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,04 | <0,01 | <0,01 |
| N1 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 1,90 | <0,01 | 0,38 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 32,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,43 | <0,01 | <0,01 |
| N2 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,40 | <0,01 | 0,14 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 24,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,31 | <0,01 | <0,01 |
| N3 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,30 | <0,01 | 3,71 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 34,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,44 | <0,01 | <0,01 |
| N4 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,30 | <0,01 | 0,13 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,40 | 16,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,39 | 0,01 | <0,01 |
| N6 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,40 | <0,01 | 3,46 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 1,40 | 54,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,37 | <0,01 | <0,01 |
| WR35 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,30 | <0,01 | 0,28 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 44,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,27 | <0,01 | <0,01 |
| WR36 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,60 | <0,01 | 0,44 | 2,60 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 113,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,04 | <0,01 | 0,01 |

Πίνακας Π39 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 6^ο).

| ID | Ge (µg/L) | Hf (µg/L) | Hg (µg/L) | Ho (µg/L) | In (µg/L) | La (µg/L) | Li (µg/L) | Lu (µg/L) | Mn (µg/L) | Mo (µg/L) | Nb (µg/L) | Nd (µg/L) | Ni (µg/L) | P (µg/L) | Pb (µg/L) | Pd (µg/L) | Pr (µg/L) | Pt (µg/L) | Rb (µg/L) | Re (µg/L) | Rh (µg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| WR37 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,70 | <0,01 | 4,84 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 0,50 | 27,00 | 0,60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,76 | 0,07 | 0,01 |
| WR38 | 0,15 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,70 | <0,01 | 74,50 | 0,40 | <0,01 | <0,01 | 0,50 | 98,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,34 | 0,03 | <0,01 |
| WR39 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,60 | <0,01 | 0,82 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 1,10 | 22,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,58 | 0,02 | <0,01 |
| WR40 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,20 | <0,01 | 1,24 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | 1,50 | 24,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,34 | 0,03 | <0,01 |
| R 1 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,00 | <0,01 | 2,73 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 5,80 | 45,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,26 | 0,02 | <0,01 |
| R 2 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,90 | <0,01 | 0,58 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 7,40 | 46,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,31 | <0,01 | <0,01 |
| R 3 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,60 | <0,01 | 12,72 | 0,70 | <0,01 | <0,01 | 1,30 | 30,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,54 | <0,01 | <0,01 |
| R 4 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,40 | <0,01 | 273,96 | 0,60 | <0,01 | <0,01 | 6,00 | 10,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,57 | <0,01 | <0,01 |
| R 8 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,90 | <0,01 | 29,85 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 1,50 | 41,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,25 | <0,01 | <0,01 |
| R 13 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,10 | <0,01 | 1,14 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 7,10 | 35,00 | 1,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,37 | <0,01 | <0,01 |
| R 14 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,80 | <0,01 | 0,27 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,80 | 24,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,62 | <0,01 | <0,01 |
| R18 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 1,40 | <0,01 | 1,61 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 1,40 | 44,00 | 1,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,62 | <0,01 | <0,01 |
| R20 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,80 | <0,01 | 1,25 | 0,20 | <0,01 | <0,01 | 1,80 | 82,00 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,41 | <0,01 | <0,01 |
| R24 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,20 | <0,01 | 1,14 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 53,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,28 | <0,01 | <0,01 |
| W1 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,60 | <0,01 | 1,04 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 5,00 | 148,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,85 | <0,01 | <0,01 |
| W5 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,50 | <0,01 | 9,95 | 1,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 69,00 | 2,60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,51 | <0,01 | <0,01 |
| W6 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,30 | <0,01 | 1,39 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 68,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,21 | <0,01 | <0,01 |
| W7 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,20 | <0,01 | 4,64 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 65,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,25 | <0,01 | <0,01 |
| W8 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,90 | <0,01 | 1,13 | 0,30 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 54,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,41 | <0,01 | <0,01 |
| W9 | <0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,10 | <0,01 | 4,97 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 53,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,43 | <0,01 | <0,01 |
| WR8 | 0,05 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,27 | 10,70 | <0,01 | 7,35 | 6,30 | <0,01 | 0,04 | 2,80 | 26,00 | 0,40 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 3,90 | 0,03 | <0,01 |
| WR29 | 0,09 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,08 | 8,60 | <0,01 | 3,23 | 5,10 | <0,01 | 0,01 | 2,40 | 18,00 | 1,60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 2,79 | <0,01 | <0,01 |
| N11 | 0,06 | <0,02 | <0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 8,20 | <0,01 | 4,72 | 8,90 | <0,01 | <0,01 | 0,20 | 17,00 | <0,20 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,25 | 0,03 | <0,01 |

Πίνακας Π140 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 7^ο).

| ID | Ru (μg/L) | Sb (μg/L) | Sc (μg/L) | Se (μg/L) | Si (μg/L) | Sm (μg/L) | Sn (μg/L) | Sr (μg/L) | Ta (μg/L) | Tb (μg/L) | Te (μg/L) | Th (μg/L) | Ti (μg/L) | Tl (μg/L) | Tm (μg/L) | U (μg/L) | V (μg/L) | W (μg/L) | Y (μg/L) | Yb (μg/L) | Zn (μg/L) | Zr (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| N16 | <0,05 | 0,42 | <1 | <0,50 | 16551,00 | <0,02 | 0,12 | 87,60 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,84 | 1,10 | 0,15 | 0,03 | <0,01 | 4,60 | <0,02 |
| WR12 | <0,05 | 0,80 | <1 | <0,50 | 17245,00 | <0,02 | <0,05 | 65,16 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,38 | 4,30 | 0,05 | 0,01 | <0,01 | 11,90 | <0,02 |
| WR13 | <0,05 | 0,40 | <1 | <0,50 | 21350,00 | 0,02 | <0,05 | 57,51 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,27 | 4,60 | 0,05 | 0,02 | <0,01 | 9,00 | 0,05 |
| N17 | <0,05 | 0,05 | <1 | <0,50 | 14327,00 | <0,02 | 0,07 | 64,01 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,12 | 0,70 | 0,04 | 0,02 | <0,01 | 7,50 | <0,02 |
| N18 | <0,05 | 0,06 | <1 | <0,50 | 10336,00 | <0,02 | <0,05 | 288,00 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,25 | 2,80 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 3,60 | <0,02 |
| P14 | <0,05 | 0,38 | 1 | <0,50 | 15501,00 | <0,02 | <0,05 | 77,77 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,10 | 1,00 | 0,14 | 0,01 | <0,01 | 6,30 | <0,02 |
| WR41 | <0,05 | 0,14 | <1 | <0,50 | 3467,00 | <0,02 | <0,05 | 83,24 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,67 | 0,50 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 33,10 | 0,03 |
| WR42 | <0,05 | 0,08 | <1 | <0,50 | 3495,00 | <0,02 | <0,05 | 69,74 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,16 | 0,80 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 13,60 | 0,07 |
| WR43 | <0,05 | 0,26 | 4 | <0,50 | 17717,00 | <0,02 | <0,05 | 90,38 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,96 | 1,10 | 0,13 | 0,02 | <0,01 | 15,30 | <0,02 |
| WR33 | <0,05 | 0,10 | 2 | <0,50 | 7487,00 | <0,02 | <0,05 | 166,73 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,66 | 0,70 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 12,20 | <0,02 |
| R 9 | <0,05 | 0,35 | 2 | <0,50 | 19967,00 | <0,02 | 0,31 | 68,68 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,44 | 1,90 | 0,16 | 0,01 | <0,01 | 1,20 | <0,02 |
| R 10 | <0,05 | 0,18 | <1 | <0,50 | 3250,00 | <0,02 | 0,08 | 79,03 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,57 | 0,40 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 3,40 | 0,05 |
| R 11 | <0,05 | 0,09 | <1 | <0,50 | 3441,00 | <0,02 | <0,05 | 70,15 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,14 | 0,70 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 4,30 | 0,1 |
| R15 | <0,05 | 0,50 | 2 | <0,50 | 16825,00 | <0,02 | 2,42 | 78,79 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,87 | 1,20 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 14,30 | <0,02 |
| R16 | <0,05 | 0,34 | 1 | <0,50 | 10697,00 | <0,02 | 0,20 | 62,88 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,27 | 1,30 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 13,00 | <0,02 |
| R17 | <0,05 | 0,91 | 2 | <0,50 | 19307,00 | <0,02 | 0,88 | 60,71 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,28 | 4,70 | 0,07 | <0,01 | <0,01 | 7,30 | <0,02 |
| R19 | <0,05 | 1,19 | 2 | <0,50 | 20015,00 | <0,02 | <0,05 | 64,02 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,54 | 5,20 | 0,26 | 0,03 | <0,01 | 1,20 | 0,02 |
| W2 | <0,05 | 0,33 | <1 | <0,50 | 8786,00 | <0,02 | 0,12 | 58,44 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,31 | 1,50 | 0,07 | <0,01 | <0,01 | 14,80 | <0,02 |
| W3 | <0,05 | 0,35 | 1 | <0,50 | 13248,00 | <0,02 | 0,89 | 72,72 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,72 | 1,20 | 0,2 | <0,01 | <0,01 | 9,00 | <0,02 |
| W4 | <0,05 | 0,25 | 1 | <0,50 | 12807,00 | <0,02 | 0,27 | 71,30 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,69 | 1,00 | 0,22 | <0,01 | <0,01 | 31,70 | <0,02 |
| WR1 | <0,05 | 0,05 | <1 | <0,50 | 11713,00 | <0,02 | 0,07 | 145,99 | <0,02 | <0,01 | 0,07 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,44 | 3,00 | 0,06 | <0,01 | <0,01 | 19,30 | <0,02 |
| WR2 | <0,05 | 0,66 | <1 | <0,50 | 27651,00 | <0,02 | 0,07 | 29,95 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,20 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 24,80 | <0,02 |
| WR6 | <0,05 | 0,05 | <1 | <0,50 | 11263,00 | <0,02 | <0,05 | 147,85 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | 12,00 | <0,01 | <0,01 | 1,59 | 2,90 | <0,02 | 0,14 | 0,01 | 10,00 | 0,04 |
| WR15 | <0,05 | 0,07 | <1 | <0,50 | 12531,00 | <0,02 | 0,06 | 137,91 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,53 | 8,30 | <0,02 | 0,05 | <0,01 | 45,60 | <0,02 |
| WR16 | <0,05 | 0,21 | <1 | <0,50 | 11216,00 | <0,02 | <0,05 | 128,81 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,45 | 3,60 | <0,02 | 0,10 | <0,01 | 22,90 | 0,03 |

Πίνακας Π41 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 8^ο).

| ID | Ru (μg/L) | Sb (μg/L) | Sc (μg/L) | Se (μg/L) | Si (μg/L) | Sm (μg/L) | Sn (μg/L) | Sr (μg/L) | Ta (μg/L) | Tb (μg/L) | Te (μg/L) | Th (μg/L) | Ti (μg/L) | Tl (μg/L) | Tm (μg/L) | U (μg/L) | V (μg/L) | W (μg/L) | Y (μg/L) | Yb (μg/L) | Zn (μg/L) | Zr (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| WR25 | <0,05 | 0,27 | <1 | <0,50 | 15139,00 | <0,02 | <0,05 | 144,68 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,91 | 2,30 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 319,80 | <0,02 |
| WR31 | <0,05 | 0,05 | <1 | <0,50 | 9404,00 | <0,02 | <0,05 | 136,08 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,18 | 3,70 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 22,20 | <0,02 |
| WR32 | <0,05 | 0,12 | 6 | 0,60 | 20498,00 | <0,02 | <0,05 | 254,20 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,51 | 4,40 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 34,90 | <0,02 |
| WR19 | <0,05 | 0,10 | <1 | <0,50 | 10743,00 | <0,02 | <0,05 | 171,30 | <0,02 | <0,01 | 0,10 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,61 | 2,80 | <0,02 | 0,03 | <0,01 | 19,40 | 0,03 |
| WR20 | <0,05 | 0,12 | <1 | 0,60 | 10835,00 | <0,02 | <0,05 | 281,07 | <0,02 | <0,01 | 0,14 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,25 | 3,40 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 12,00 | <0,02 |
| WR5 | <0,05 | 0,17 | <1 | 1,20 | 9681,00 | <0,02 | <0,05 | 166,72 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,79 | 3,50 | 0,02 | 0,03 | <0,01 | 9,00 | 0,02 |
| WR14 | <0,05 | 0,15 | <1 | <0,50 | 13903,00 | <0,02 | <0,05 | 195,11 | <0,02 | <0,01 | 0,07 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,61 | 5,30 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 28,90 | <0,02 |
| WR3 | <0,05 | 0,12 | <1 | <0,50 | 12586,00 | <0,02 | <0,05 | 120,44 | <0,02 | <0,01 | 0,09 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,04 | 2,80 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 26,10 | <0,02 |
| WR4 | <0,05 | 0,16 | <1 | <0,50 | 12469,00 | <0,02 | <0,05 | 124,16 | <0,02 | <0,01 | 0,09 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,59 | 3,00 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 6,30 | <0,02 |
| WR10 | <0,05 | 0,17 | <1 | <0,50 | 11939,00 | <0,02 | <0,05 | 145,11 | <0,02 | <0,01 | 0,10 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,44 | 2,80 | <0,02 | 0,02 | <0,01 | 12,20 | <0,02 |
| WR28 | <0,05 | 0,05 | <1 | <0,50 | 12145,00 | <0,02 | <0,05 | 101,67 | <0,02 | <0,01 | 0,07 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,53 | 2,70 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 4,50 | <0,02 |
| N5 | <0,05 | 0,05 | <1 | <0,50 | 6250,00 | <0,02 | <0,05 | 146,07 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,07 | 0,20 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 24,50 | <0,02 |
| N9 | <0,05 | 0,07 | <1 | <0,50 | 10334,00 | <0,02 | <0,05 | 129,32 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,45 | 3,60 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 33,20 | <0,02 |
| N10 | <0,05 | 2,80 | <1 | <0,50 | 10068,00 | <0,02 | <0,05 | 128,65 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,41 | 3,00 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 28,20 | <0,02 |
| N12 | <0,05 | 0,23 | <1 | 8,50 | 11410,00 | <0,02 | <0,05 | 343,12 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 4,56 | 5,40 | 0,21 | <0,01 | <0,01 | 15,10 | <0,02 |
| N13 | <0,05 | 4,09 | <1 | <0,50 | 8324,00 | <0,02 | <0,05 | 195,98 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,81 | 0,70 | 0,03 | 0,13 | 0,02 | 12,10 | <0,02 |
| N14 | <0,05 | 0,31 | <1 | <0,50 | 13388,00 | <0,02 | <0,05 | 150,41 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,16 | 2,00 | 0,04 | 0,04 | <0,01 | 1083,00 | <0,02 |
| N15 | <0,05 | 0,05 | <1 | <0,50 | 16084,00 | <0,02 | <0,05 | 233,13 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,45 | 3,80 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 88,80 | <0,02 |
| N1 | <0,05 | 0,19 | <1 | <0,50 | 11255,00 | <0,02 | <0,05 | 111,95 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,51 | 3,10 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 51,20 | <0,02 |
| N2 | <0,05 | 0,05 | <1 | <0,50 | 11434,00 | <0,02 | <0,05 | 99,81 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,54 | 3,00 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 22,10 | <0,02 |
| N3 | <0,05 | 0,06 | <1 | <0,50 | 12025,00 | <0,02 | <0,05 | 154,56 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,45 | 2,40 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 33,20 | <0,02 |
| N4 | <0,05 | 0,35 | <1 | <0,50 | 11244,00 | <0,02 | <0,05 | 112,53 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,94 | 2,50 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 14,90 | <0,02 |
| N6 | <0,05 | 2,50 | <1 | <0,50 | 13274,00 | <0,02 | <0,05 | 187,71 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,70 | 5,00 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 40,60 | <0,02 |
| WR35 | <0,05 | 0,05 | 3 | <0,50 | 11546,00 | <0,02 | <0,05 | 130,27 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,12 | 2,50 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 13,00 | <0,02 |
| WR36 | <0,05 | 0,21 | 3 | <0,50 | 12195,00 | <0,02 | <0,05 | 248,00 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 5,28 | 6,10 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 14,90 | <0,02 |

Πίνακας Π42 - Συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων των δειγμάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας (μέρος 9^ο).

| ID | Ru (μg/L) | Sb (μg/L) | Sc (μg/L) | Se (μg/L) | Si (μg/L) | Sm (μg/L) | Sn (μg/L) | Sr (μg/L) | Ta (μg/L) | Tb (μg/L) | Te (μg/L) | Th (μg/L) | Ti (μg/L) | Tl (μg/L) | Tm (μg/L) | U (μg/L) | V (μg/L) | W (μg/L) | Y (μg/L) | Yb (μg/L) | Zn (μg/L) | Zr (μg/L) |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| WR37 | <0,05 | 0,27 | 3,00 | 7,00 | 14613,00 | <0,02 | <0,05 | 396,98 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 4,70 | 5,60 | 0,16 | <0,01 | <0,01 | 17,20 | <0,02 |
| WR38 | <0,05 | 0,09 | 2,00 | <0,50 | 7568,00 | <0,02 | <0,05 | 270,87 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,73 | 0,40 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 10,00 | <0,02 |
| WR39 | <0,05 | 0,05 | 3,00 | <0,50 | 13056,00 | <0,02 | <0,05 | 182,12 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,17 | 3,10 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 12,20 | <0,02 |
| WR40 | <0,05 | 0,44 | 3,00 | 0,60 | 10117,00 | <0,02 | <0,05 | 166,77 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 2,34 | 2,60 | <0,02 | 0,01 | <0,01 | 12,10 | <0,02 |
| R 1 | <0,05 | 0,14 | <1 | 1,20 | 10100,00 | <0,02 | 0,70 | 172,57 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,45 | 2,80 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 65,70 | <0,02 |
| R 2 | <0,05 | 0,12 | <1 | 1,00 | 9896,00 | <0,02 | 0,51 | 213,68 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,18 | 2,30 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 21,20 | <0,02 |
| R 3 | <0,05 | 0,21 | <1 | <0,50 | 11183,00 | <0,02 | 0,13 | 125,19 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,74 | 3,00 | 0,05 | <0,01 | <0,01 | 2,80 | <0,02 |
| R 4 | <0,05 | 0,20 | <1 | <0,50 | 8471,00 | <0,02 | 0,26 | 169,46 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | 0,02 | <0,01 | 0,49 | 0,40 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 44,90 | <0,02 |
| R 8 | <0,05 | 0,19 | <1 | 1,10 | 9445,00 | <0,02 | 0,12 | 145,52 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,34 | 1,90 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 2,50 | <0,02 |
| R 13 | <0,05 | 0,09 | <1 | 0,60 | 10221,00 | <0,02 | 0,08 | 121,38 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,41 | 2,60 | <0,02 | <0,01 | <0,01 | 163,10 | <0,02 |
| R 14 | <0,05 | 0,10 | <1 | <0,50 | 9109,00 | <0,02 | 0,11 | 117,13 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,33 | 2,30 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 16,20 | <0,02 |
| R18 | <0,05 | 0,28 | 1 | <0,50 | 11540,00 | <0,02 | 1,09 | 116,53 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,60 | 4,60 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 375,70 | <0,02 |
| R20 | <0,05 | 0,26 | 1 | 0,80 | 13716,00 | <0,02 | 0,30 | 161,54 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,55 | 4,80 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 21,30 | <0,02 |
| R24 | <0,05 | 0,12 | 1 | <0,50 | 11384,00 | <0,02 | 0,11 | 109,43 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,34 | 3,10 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 4,70 | <0,02 |
| W1 | <0,05 | 0,23 | <1 | 0,60 | 10686,00 | <0,02 | 1,05 | 146,69 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,47 | 4,40 | 0,06 | <0,01 | <0,01 | 20,40 | <0,02 |
| W5 | <0,05 | 0,16 | 1 | <0,50 | 9176,00 | <0,02 | 0,16 | 100,34 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,35 | 1,80 | 0,05 | <0,01 | <0,01 | 5,70 | <0,02 |
| W6 | <0,05 | 0,06 | 1 | <0,50 | 8567,00 | <0,02 | 0,10 | 124,37 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,41 | 2,60 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 9,20 | <0,02 |
| W7 | <0,05 | 0,08 | <1 | 0,60 | 7819,00 | <0,02 | 0,15 | 192,75 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 1,08 | 1,30 | 0,12 | <0,01 | <0,01 | 8,80 | 0,03 |
| W8 | <0,05 | 0,08 | <1 | <0,50 | 9869,00 | <0,02 | 0,07 | 99,01 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,55 | 2,60 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | 7,00 | <0,02 |
| W9 | <0,05 | 0,14 | 1 | <0,50 | 9155,00 | <0,02 | 0,15 | 92,27 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,68 | 2,00 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | 5,60 | <0,02 |
| WR8 | <0,05 | 0,74 | <1 | <0,50 | 4271,00 | <0,02 | <0,05 | 166,65 | <0,02 | <0,01 | 0,07 | <0,05 | <10 | 0,05 | <0,01 | 1,38 | 8,50 | 0,42 | 0,01 | <0,01 | 14,60 | <0,02 |
| WR29 | <0,05 | 0,34 | <1 | <0,50 | 3637,00 | <0,02 | <0,05 | 165,52 | <0,02 | <0,01 | 0,12 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,66 | 9,20 | 0,30 | 0,02 | <0,01 | 205,90 | 0,02 |
| N11 | <0,05 | 0,71 | <1 | <0,50 | 1807,00 | <0,02 | <0,05 | 220,92 | <0,02 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <10 | <0,01 | <0,01 | 0,72 | 7,00 | 0,63 | 0,01 | <0,01 | 21,10 | <0,02 |

Πίνακας Π43 - Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα 50 δείγματα των αρδευτικών γεωτρήσεων στη λεκάνης Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|--------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 14,24 | 32,30 | 8,60 | 23,70 | 4,03 | 12,25 | 13,40 | 15,45 | 2,43 | 8,98 |
| DO | mg L ⁻¹ | 8,92 | 12,09 | 3,52 | 8,57 | 1,45 | 8,24 | 8,96 | 9,78 | -0,85 | 3,29 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 383,89 | 943,38 | 222,48 | 720,90 | 157,63 | 270,71 | 315,07 | 487,38 | 1,37 | 1,88 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 444,76 | 907,00 | 257,00 | 650,00 | 163,64 | 329,45 | 381,00 | 531,00 | 1,30 | 0,95 |
| pH | - | 8,03 | 8,59 | 7,29 | 1,30 | 0,25 | 7,93 | 8,04 | 8,20 | -0,58 | 0,98 |
| Eh | mV | 318,78 | 412,00 | 217,30 | 194,70 | 66,67 | 257,10 | 312,15 | 386,85 | 0,09 | -1,69 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 54,17 | 115,00 | 22,70 | 92,30 | 23,20 | 38,90 | 46,45 | 64,05 | 1,26 | 0,84 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 25,18 | 59,30 | 4,92 | 54,38 | 11,97 | 18,15 | 20,65 | 30,88 | 1,20 | 0,99 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 9,90 | 66,40 | <ΟΠ | ΔΥ | 12,23 | 3,60 | 5,20 | 10,85 | 3,03 | 10,57 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,50 | 14,80 | 0,40 | 14,40 | 2,19 | 0,77 | 0,90 | 1,20 | 5,08 | 29,04 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 32,79 | 138,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 28,99 | 16,88 | 25,60 | 44,75 | 1,95 | 4,73 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 16,40 | 121,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 25,11 | 1,25 | 6,00 | 19,00 | 2,96 | 9,79 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 49,24 | 662,00 | <ΟΠ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΠ | <ΟΠ | 55,00 | ΔΥ | ΔΥ |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 197,68 | 355,00 | 125,00 | 230,00 | 49,49 | 165,00 | 185,00 | 219,75 | 1,24 | 1,64 |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης
ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π44 - Περιγραφικά στατιστικά δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα 50 δείγματα των αρδευτικών γεωτρήσεων στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 1,26 | 4,40 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,87 | 0,63 | 1,10 | 1,50 | 2,22 | 5,64 |
| B | μg L ⁻¹ | 17,78 | 59,00 | 5,00 | 54,00 | 13,10 | 8,25 | 11,50 | 26,00 | 1,37 | 1,39 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 33,63 | 77,09 | 4,71 | 72,38 | 14,59 | 24,27 | 29,58 | 39,95 | 0,90 | 0,90 |
| Br | μg L ⁻¹ | 47,14 | 176,00 | 10,00 | 166,00 | 34,71 | 24,25 | 38,00 | 53,75 | 1,72 | 3,06 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,14 | 1,40 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,26 | <ΟΑ | 0,04 | 0,13 | 3,09 | 11,03 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 50,03 | 137,80 | <ΟΑ | 137,30 | 36,25 | 18,80 | 44,50 | 76,50 | 0,35 | -0,58 |
| Cr⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 43,54 | 115,00 | <ΟΑ | 114,90 | 30,66 | 15,55 | 40,20 | 73,33 | 0,11 | -1,06 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 2,08 | 19,30 | 0,30 | 19,00 | 3,18 | 1,00 | 1,50 | 1,80 | 4,59 | 21,82 |
| Li | μg L ⁻¹ | 1,79 | 6,00 | 0,60 | 5,40 | 0,90 | 1,30 | 1,60 | 2,15 | 2,71 | 10,23 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 32,39 | 848,80 | <ΟΑ | ΔΥ | 126,50 | 0,79 | 1,35 | 4,94 | 5,88 | 37,17 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,34 | 2,60 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,45 | <ΟΑ | 0,15 | 0,38 | 3,25 | 12,91 |
| Ni | μg L ⁻¹ | 1,99 | 10,90 | 0,20 | 10,70 | 2,45 | 0,20 | 1,20 | 2,18 | 1,76 | 2,79 |
| P | μg L ⁻¹ | 43,88 | 148,00 | 10,00 | 138,00 | 27,38 | 24,25 | 39,00 | 56,25 | 1,51 | 3,51 |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,43 | 2,60 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,30 | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,55 | 1,57 | 0,20 | 1,37 | 0,30 | 0,34 | 0,44 | 0,67 | 1,36 | 1,90 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,34 | 4,09 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,74 | 0,07 | 0,14 | 0,23 | 4,03 | 16,40 |
| Se | μg L ⁻¹ | 0,86 | 8,50 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,58 | ΔΥ | ΔΥ |
| Si | μg L ⁻¹ | 11564,76 | 27651,00 | 6250,00 | 21401,00 | 3317,14 | 9875,75 | 11249,50 | 12400,50 | 2,70 | 11,25 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 160,54 | 396,98 | 29,95 | 367,03 | 64,94 | 122,08 | 145,76 | 179,73 | 1,57 | 3,52 |
| U | μg L ⁻¹ | 1,00 | 5,28 | <ΟΑ | 5,26 | 1,10 | 0,45 | 0,57 | 1,11 | 2,77 | 7,70 |
| V | μg L ⁻¹ | 3,04 | 8,30 | 0,20 | 8,10 | 1,54 | 2,33 | 2,85 | 3,60 | 0,74 | 1,95 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 58,38 | 1083,00 | 2,50 | 1080,50 | 163,28 | 10,50 | 19,35 | 32,13 | 5,49 | 33,07 |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π45 - Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα 20 δείγματα των πηγών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|--------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 14,47 | 25,60 | 8,00 | 17,60 | 4,75 | 11,23 | 13,70 | 16,18 | 1,00 | 0,65 |
| DO | mg L ⁻¹ | 8,88 | 10,06 | 6,46 | 3,60 | 0,80 | 8,58 | 9,05 | 9,33 | -1,55 | 3,53 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 414,00 | 522,49 | 294,39 | 228,10 | 68,60 | 368,85 | 397,85 | 469,50 | 0,17 | -1,05 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 496,65 | 718,00 | 323,00 | 395,00 | 98,18 | 441,20 | 487,50 | 532,75 | 0,61 | 0,40 |
| pH | - | 7,85 | 8,50 | 7,30 | 1,20 | 0,34 | 7,69 | 7,78 | 8,08 | 0,42 | -0,31 |
| Eh | mV | 292,43 | 409,00 | 194,40 | 214,60 | 69,70 | 238,03 | 295,20 | 320,00 | 0,42 | -0,95 |
| Ca²⁺ | mg L ⁻¹ | 74,18 | 104,00 | 46,60 | 57,40 | 17,41 | 59,13 | 72,05 | 87,88 | 0,04 | -1,19 |
| Mg²⁺ | mg L ⁻¹ | 23,99 | 40,40 | 3,10 | 37,30 | 10,87 | 19,35 | 25,33 | 31,43 | -0,72 | -0,43 |
| Na⁺ | mg L ⁻¹ | 2,65 | 22,68 | <ΟΠ | ΔΥ | 4,75 | <ΟΠ | 1,46 | 2,16 | 4,35 | 19,26 |
| K⁺ | mg L ⁻¹ | 1,64 | 10,80 | 0,29 | 10,51 | 2,29 | 0,62 | 1,00 | 1,61 | 3,72 | 15,12 |
| NO₃⁻ | mg L ⁻¹ | 3,51 | 28,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 6,41 | <ΟΠ | <ΟΠ | 1,00 | ΔΥ | ΔΥ |
| Cl⁻ | mg L ⁻¹ | 4,20 | 36,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 8,04 | <ΟΠ | <ΟΠ | 3,50 | ΔΥ | ΔΥ |
| SO₄²⁻ | mg L ⁻¹ | 24,00 | 128,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 25,58 | 15,25 | 20,00 | 22,50 | 3,86 | 16,27 |
| HCO₃⁻ | mg L ⁻¹ | 281,70 | 377,00 | 192,00 | 185,00 | 45,14 | 256,00 | 271,00 | 302,50 | 0,63 | 0,64 |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π46 - Περιγραφικά στατιστικά δυναμικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα 20 δείγματα των πηγών στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 5,63 | 49,10 | <ΟΑ | ΔΥ | 11,97 | 1,35 | 1,50 | 2,18 | 3,18 | 10,06 |
| B | μg L ⁻¹ | 12,55 | 44,00 | <ΟΑ | 39,00 | 9,35 | 6,00 | 11,50 | 15,00 | 2,27 | 6,32 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 13,95 | 53,48 | 4,46 | 49,02 | 10,55 | 6,77 | 13,61 | 15,61 | 2,93 | 10,89 |
| Br | μg L ⁻¹ | 18,75 | 45,00 | 9,00 | 36,00 | 8,01 | 13,75 | 16,00 | 22,25 | 1,98 | 5,29 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,20 | 2,11 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,47 | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 3,96 | 16,52 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 27,43 | 57,40 | <ΟΑ | 56,90 | 21,46 | 8,65 | 25,10 | 48,15 | 0,04 | -1,78 |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 23,83 | 51,20 | <ΟΑ | 51,10 | 19,21 | 6,30 | 22,20 | 39,03 | 0,13 | -1,61 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 1,78 | 10,00 | 0,60 | 9,40 | 2,17 | 0,78 | 1,10 | 1,50 | 3,30 | 11,75 |
| Li | μg L ⁻¹ | 1,36 | 4,70 | <ΟΑ | 4,60 | 1,32 | 0,58 | 1,05 | 1,20 | 1,45 | 1,11 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 14,82 | 272,71 | 0,18 | 272,53 | 60,77 | 0,29 | 0,44 | 0,91 | 4,46 | 19,90 |
| Mo | μg L ⁻¹ | ΔΥ | 0,30 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,20 | ΔΥ | ΔΥ |
| Ni | μg L ⁻¹ | 4,89 | 15,70 | 0,20 | 15,50 | 4,40 | 0,95 | 4,40 | 7,33 | 0,92 | 0,36 |
| P | μg L ⁻¹ | 29,70 | 57,00 | 10,00 | 47,00 | 14,50 | 17,25 | 29,50 | 39,25 | 0,26 | -0,94 |
| Pb | μg L ⁻¹ | ΔΥ | 0,30 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,55 | 1,14 | 0,31 | 0,83 | 0,25 | 0,40 | 0,47 | 0,64 | 1,33 | 0,76 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,36 | 1,19 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,30 | 0,13 | 0,34 | 0,41 | 1,50 | 2,14 |
| Se | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ |
| Si | μg L ⁻¹ | 12790,95 | 21350,00 | 3250,00 | 18100,00 | 6113,89 | 8461,25 | 13787,50 | 17363,00 | -0,39 | -1,16 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 86,84 | 288,00 | 57,51 | 230,49 | 52,75 | 64,02 | 70,73 | 80,08 | 3,39 | 12,15 |
| U | μg L ⁻¹ | 0,56 | 1,25 | 0,12 | 1,13 | 0,33 | 0,28 | 0,56 | 0,75 | 0,46 | -0,62 |
| V | μg L ⁻¹ | 1,84 | 5,20 | 0,40 | 4,80 | 1,57 | 0,78 | 1,15 | 2,13 | 1,29 | 0,14 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 10,87 | 33,10 | 1,20 | 31,90 | 8,64 | 4,53 | 9,00 | 13,78 | 1,53 | 2,43 |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π47 - Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|--------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 12,13 | 14,8 | 8,1 | 6,7 | 3,55 | ΔΥ | 13,49 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| DO | mg L ⁻¹ | 8,3 | 9,5 | 6,3 | 3,2 | 1,74 | ΔΥ | 9,1 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| TDS | mg L ⁻¹ | 625,4 | 769,22 | 542,98 | 226,24 | 124,99 | ΔΥ | 564 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| EC | μS cm ⁻¹ | 988,33 | 1071 | 844 | 227 | 125,44 | ΔΥ | 1050 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| pH | - | 8,04 | 8,06 | 8,02 | 0,04 | 0,02 | ΔΥ | 8,03 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Eh | mV | 277,23 | 348 | 218 | 130 | 65,76 | ΔΥ | 265,7 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 67,02 | 82,96 | 54,3 | 28,66 | 14,6 | ΔΥ | 63,8 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 33,53 | 45,7 | 23,49 | 22,21 | 11,26 | ΔΥ | 31,4 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 84,46 | 114,41 | 66,2 | 48,21 | 26,14 | ΔΥ | 72,78 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 3,25 | 4,06 | 1,7 | 2,36 | 1,35 | ΔΥ | 4 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 5,13 | 5,6 | 4,3 | 1,3 | 0,72 | ΔΥ | 5,5 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 48 | 69 | 15 | 54 | 28,93 | ΔΥ | 60 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 212,33 | 392 | 24 | 368 | 184,15 | ΔΥ | 221 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 171,67 | 324 | 79 | 245 | 132,95 | ΔΥ | 112 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |

ΔΥ: Δεν υπολογίστηκε

Πίνακας Π48 - Περιγραφικά στατιστικά δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα τρία δείγματα του ρέματος Σουλού στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|-------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 1,3 | 1,6 | 1,1 | 0,5 | ΔΥ | ΔΥ | 1,2 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| B | μg L ⁻¹ | 110,33 | 117 | 101 | 16 | ΔΥ | ΔΥ | 113 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Ba | μg L ⁻¹ | 24,3 | 30,54 | 18,76 | 11,78 | ΔΥ | ΔΥ | 23,6 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Br | μg L ⁻¹ | 124,33 | 281 | 41 | 240 | ΔΥ | ΔΥ | 51 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,07 | 0,14 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ | 0,05 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Cr | μg L ⁻¹ | 4,83 | 6,7 | 2,1 | 4,6 | ΔΥ | ΔΥ | 5,7 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Cr ⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 4,3 | 6,5 | 1,2 | 5,3 | ΔΥ | ΔΥ | 5,2 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Cu | μg L ⁻¹ | 4,07 | 4,5 | 3,3 | 1,2 | ΔΥ | ΔΥ | 4,4 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Li | μg L ⁻¹ | 9,17 | 10,7 | 8,2 | 2,5 | ΔΥ | ΔΥ | 8,6 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Mn | μg L ⁻¹ | 5,1 | 7,35 | 3,23 | 4,12 | ΔΥ | ΔΥ | 4,72 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Mo | μg L ⁻¹ | 6,77 | 8,9 | 5,1 | 3,8 | ΔΥ | ΔΥ | 6,3 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Ni | μg L ⁻¹ | 1,8 | 2,8 | 0,20 | 2,6 | ΔΥ | ΔΥ | 2,4 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| P | μg L ⁻¹ | 20,33 | 26 | 17 | 9 | ΔΥ | ΔΥ | 18 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,7 | 1,6 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ | 0,4 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 3,65 | 4,25 | 2,79 | 1,46 | ΔΥ | ΔΥ | 3,9 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,6 | 0,74 | 0,34 | 0,4 | ΔΥ | ΔΥ | 0,71 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Se | μg L ⁻¹ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Si | μg L ⁻¹ | 3238,33 | 4271 | 1807 | 2464 | ΔΥ | ΔΥ | 3637 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Sr | μg L ⁻¹ | 184,36 | 220,92 | 165,52 | 55,4 | ΔΥ | ΔΥ | 166,65 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| U | μg L ⁻¹ | 0,92 | 1,38 | 0,66 | 0,72 | ΔΥ | ΔΥ | 0,72 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| V | μg L ⁻¹ | 8,23 | 9,2 | 7 | 2,2 | ΔΥ | ΔΥ | 8,5 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |
| Zn | μg L ⁻¹ | 80,53 | 205,9 | 14,6 | 191,3 | ΔΥ | ΔΥ | 21,1 | ΔΥ | ΔΥ | ΔΥ |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π49 – Περιγραφικά στατιστικά φυσικοχημικών παραμέτρων και συγκεντρώσεων κύριων ιόντων για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---------------|--------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| T | °C | 14,21 | 32,30 | 8,00 | 24,30 | 4,19 | 12,00 | 13,49 | 15,50 | 1,84 | 5,34 |
| DO | mg L ⁻¹ | 8,88 | 12,09 | 3,52 | 8,57 | 1,30 | 8,26 | 9,00 | 9,50 | -0,91 | 3,74 |
| TDS | mg L ⁻¹ | 402,06 | 943,38 | 222,48 | 720,90 | 144,68 | 290,40 | 369,81 | 499,26 | 1,16 | 1,69 |
| EC | μS cm ⁻¹ | 481,31 | 1071,00 | 257,00 | 814,00 | 181,41 | 348,00 | 445,40 | 556,00 | 1,38 | 1,74 |
| pH | - | 7,98 | 8,59 | 7,29 | 1,30 | 0,28 | 7,80 | 8,01 | 8,17 | -0,38 | 0,09 |
| Eh | mV | 309,85 | 412,00 | 194,40 | 217,60 | 67,90 | 251,50 | 298,30 | 386,40 | 0,17 | -1,45 |
| Ca ²⁺ | mg L ⁻¹ | 60,18 | 115,00 | 22,70 | 92,30 | 23,10 | 42,13 | 53,70 | 75,50 | 0,65 | -0,49 |
| Mg ²⁺ | mg L ⁻¹ | 25,20 | 59,30 | 3,10 | 56,20 | 11,64 | 18,60 | 21,60 | 31,40 | 0,74 | 0,65 |
| Na ⁺ | mg L ⁻¹ | 10,98 | 114,41 | <ΟΠ | ΔΥ | 19,28 | 2,35 | 4,13 | 9,40 | 3,45 | 13,34 |
| K ⁺ | mg L ⁻¹ | 1,61 | 14,80 | 0,29 | 14,51 | 2,19 | 0,76 | 0,90 | 1,54 | 4,36 | 21,78 |
| NO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 23,63 | 138,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 27,71 | <ΟΠ | 17,10 | 31,10 | 2,14 | 5,83 |
| Cl ⁻ | mg L ⁻¹ | 14,36 | 121,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 23,41 | <ΟΠ | 5,00 | 18,00 | 2,92 | 9,76 |
| SO ₄ ²⁻ | mg L ⁻¹ | 49,03 | 662,00 | <ΟΠ | ΔΥ | 96,11 | <ΟΠ | 19,00 | 47,00 | 4,50 | 24,62 |
| HCO ₃ ⁻ | mg L ⁻¹ | 219,63 | 377,00 | 79,00 | 298,00 | 64,78 | 167,00 | 212,00 | 262,00 | 0,46 | -0,28 |

ΟΠ: Όριο Ποσοτικοποίησης

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

Πίνακας Π150 - Περιγραφικά στατιστικά δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων για τα 73 δείγματα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| Παράμετρος | Μονάδες | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Ελάχιστη τιμή | Εύρος | Τυπική απόκλιση | 1ο τεταρτημόριο | Διάμεσος | 3ο τεταρτημόριο | Ασυμμετρία | Κυρτότητα |
|------------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|------------|-----------|
| As | μg L ⁻¹ | 2,46 | 49,10 | <ΟΑ | ΔΥ | 6,49 | 0,80 | 1,20 | 1,60 | 6,24 | 41,12 |
| B | μg L ⁻¹ | 20,15 | 117,00 | <ΟΑ | 112,00 | 22,37 | 7,00 | 12,00 | 26,00 | 2,94 | 9,56 |
| Ba | μg L ⁻¹ | 27,85 | 77,09 | 4,46 | 72,63 | 15,90 | 15,82 | 24,81 | 35,23 | 0,85 | 0,57 |
| Br | μg L ⁻¹ | 42,53 | 281,00 | 9,00 | 272,00 | 42,42 | 18,00 | 26,00 | 45,00 | 3,26 | 14,15 |
| Co | μg L ⁻¹ | 0,16 | 2,11 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,32 | <ΟΑ | 0,04 | 0,10 | 4,17 | 20,56 |
| Cr | μg L ⁻¹ | 41,98 | 137,80 | <ΟΑ | 137,30 | 34,31 | 10,30 | 38,40 | 69,90 | 0,63 | -0,20 |
| Cr⁶⁺ | μg L ⁻¹ | 36,53 | 115,00 | <ΟΑ | 114,90 | 29,31 | 8,70 | 34,58 | 57,82 | 0,42 | -0,82 |
| Cu | μg L ⁻¹ | 2,08 | 19,30 | 0,30 | 19,00 | 2,89 | 0,90 | 1,40 | 1,90 | 4,44 | 21,93 |
| Li | μg L ⁻¹ | 1,97 | 10,70 | <ΟΑ | 10,60 | 1,83 | 1,10 | 1,40 | 2,20 | 2,94 | 9,92 |
| Mn | μg L ⁻¹ | 26,45 | 848,80 | <ΟΑ | ΔΥ | 109,29 | 0,40 | 1,24 | 4,64 | 6,43 | 46,08 |
| Mo | μg L ⁻¹ | 0,55 | 8,90 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,30 | ΔΥ | ΔΥ |
| Ni | μg L ⁻¹ | 2,78 | 15,70 | 0,20 | 15,50 | 3,31 | <ΟΑ | 1,30 | 4,60 | 1,71 | 2,97 |
| P | μg L ⁻¹ | 39,03 | 148,00 | 10,00 | 138,00 | 24,93 | 23,00 | 34,00 | 53,00 | 1,72 | 4,71 |
| Pb | μg L ⁻¹ | 0,38 | 2,60 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | 0,30 | ΔΥ | ΔΥ |
| Rb | μg L ⁻¹ | 0,67 | 4,25 | 0,20 | 4,05 | 0,69 | 0,35 | 0,47 | 0,71 | 3,82 | 16,24 |
| Sb | μg L ⁻¹ | 0,35 | 4,09 | <ΟΑ | ΔΥ | 0,63 | 0,09 | 0,17 | 0,34 | 4,30 | 20,43 |
| Se | μg L ⁻¹ | 0,75 | 8,50 | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ | <ΟΑ | <ΟΑ | <ΟΑ | ΔΥ | ΔΥ |
| Si | μg L ⁻¹ | 11558,52 | 27651,00 | 1807,00 | 25844,00 | 4550,20 | 9404,00 | 11255,00 | 13274,00 | 0,60 | 1,69 |
| Sr | μg L ⁻¹ | 141,33 | 396,98 | 29,95 | 367,03 | 69,21 | 90,38 | 129,32 | 166,77 | 1,28 | 2,25 |
| U | μg L ⁻¹ | 0,87 | 5,28 | <ΟΑ | 5,26 | 0,95 | 0,44 | 0,59 | 0,96 | 3,26 | 11,67 |
| V | μg L ⁻¹ | 2,93 | 9,20 | 0,20 | 9,00 | 1,95 | 1,30 | 2,80 | 3,70 | 1,08 | 1,45 |
| Zn | μg L ⁻¹ | 46,27 | 1083,00 | 1,20 | 1081,80 | 137,81 | 9,00 | 14,80 | 26,10 | 6,40 | 45,99 |

ΟΑ: Όριο Ανιχνευσιμότητας

ΔΥ: Δεν Υπολογίστηκε

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΤΑ PEARSON

Όπου

* Στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε επίπεδο 0,05 (συντελεστής δίπλευρης σημαντικότητας).

** Στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε επίπεδο 0,01 (συντελεστής δίπλευρης σημαντικότητας).

20 δείγματα της περιοχής Λουτρακίου

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|------------------|---|---------|--------|--------|--------|--------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,109 | -,138 | ,663** | ,916** | -,491* | ,169 | -,576** | -,275 | -,110 | -,534* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,648 | ,562 | ,001 | ,000 | ,028 | ,476 | ,008 | ,240 | ,643 | ,015 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,109 | 1 | ,832** | ,056 | ,114 | ,494* | ,688** | ,676** | ,754** | ,258 | ,785** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,648 | | ,000 | ,814 | ,634 | ,027 | ,001 | ,001 | ,000 | ,272 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,138 | ,832** | 1 | -,004 | ,094 | ,600** | ,437 | ,716** | ,790** | ,086 | ,785** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,562 | ,000 | | ,986 | ,692 | ,005 | ,054 | ,000 | ,000 | ,718 | ,000 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,663** | ,056 | -,004 | 1 | ,572** | -,322 | ,117 | -,352 | -,133 | ,155 | -,262 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,814 | ,986 | | ,008 | ,166 | ,624 | ,128 | ,577 | ,515 | ,264 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,916** | ,114 | ,094 | ,572** | 1 | -,216 | ,170 | -,255 | -,019 | -,001 | -,239 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,634 | ,692 | ,008 | | ,360 | ,474 | ,278 | ,936 | ,997 | ,310 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,491* | ,494* | ,600** | -,322 | -,216 | 1 | -,206 | ,916** | ,819** | ,034 | ,859** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,028 | ,027 | ,005 | ,166 | ,360 | | ,384 | ,000 | ,000 | ,887 | ,000 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,169 | ,688** | ,437 | ,117 | ,170 | -,206 | 1 | ,033 | ,172 | ,066 | ,185 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,476 | ,001 | ,054 | ,624 | ,474 | ,384 | | ,889 | ,469 | ,783 | ,435 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,576** | ,676** | ,716** | -,352 | -,255 | ,916** | ,033 | 1 | ,829** | ,263 | ,970** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,008 | ,001 | ,000 | ,128 | ,278 | ,000 | ,889 | | ,000 | ,263 | ,000 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,275 | ,754** | ,790** | -,133 | -,019 | ,819** | ,172 | ,829** | 1 | ,135 | ,886** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2- | ,240 | ,000 | ,000 | ,577 | ,936 | ,000 | ,469 | ,000 | | ,572 | ,000 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| NO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,110 | ,258 | ,086 | ,155 | -,001 | ,034 | ,066 | ,263 | ,135 | 1 | ,327 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,643 | ,272 | ,718 | ,515 | ,997 | ,887 | ,783 | ,263 | ,572 | | ,159 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,534* | ,785** | ,785** | -,262 | -,239 | ,859** | ,185 | ,970** | ,886** | ,327 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,015 | ,000 | ,000 | ,264 | ,310 | ,000 | ,435 | ,000 | ,000 | ,159 | |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,349 | ,626** | ,688** | -,121 | -,102 | ,894** | ,004 | ,832** | ,818** | -,009 | ,838** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,132 | ,003 | ,001 | ,611 | ,670 | ,000 | ,988 | ,000 | ,000 | ,970 | ,000 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,473* | ,640** | ,376 | ,427 | ,467* | -,280 | ,868** | -,114 | ,126 | ,032 | ,031 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2- | ,035 | ,002 | ,102 | ,060 | ,038 | ,232 | ,000 | ,632 | ,596 | ,893 | ,896 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,480* | ,765** | ,814** | -,277 | -,168 | ,903** | ,153 | ,973** | ,899** | ,149 | ,974** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,032 | ,000 | ,000 | ,237 | ,480 | ,000 | ,521 | ,000 | ,000 | ,532 | ,000 |
| B | Συσχέτιση Pearson | -,480* | ,707** | ,770** | -,253 | -,153 | ,928** | ,056 | ,974** | ,870** | ,136 | ,955** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,032 | ,000 | ,000 | ,282 | ,520 | ,000 | ,816 | ,000 | ,000 | ,569 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,523* | ,779** | ,812** | -,330 | -,220 | ,880** | ,199 | ,969** | ,888** | ,155 | ,979** |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|--------|---------|--------|-------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| Ba | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,018 | ,000 | ,000 | ,156 | ,351 | ,000 | ,399 | ,000 | ,000 | ,513 | ,000 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,521* | ,810** | ,804** | -,259 | -,229 | ,836** | ,234 | ,959** | ,888** | ,311 | ,997** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,018 | ,000 | ,000 | ,270 | ,331 | ,000 | ,322 | ,000 | ,000 | ,182 | ,000 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,015 | -,624** | -,448* | -,188 | -,029 | ,077 | -,691** | -,151 | -,388 | -,439 | -,364 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|---------|---------|--------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,949 | ,003 | ,047 | ,428 | ,904 | ,748 | ,001 | ,524 | ,091 | ,053 | ,115 |
| Cr ⁶⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,021 | -,641** | -,452* | -,152 | -,010 | ,037 | -,673** | -,199 | -,420 | -,476* | -,405 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,929 | ,002 | ,045 | ,522 | ,966 | ,878 | ,001 | ,401 | ,065 | ,034 | ,076 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,108 | -,093 | -,006 | ,501* | -,149 | ,003 | -,185 | ,004 | ,000 | ,109 | ,006 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,651 | ,697 | ,980 | ,024 | ,530 | ,990 | ,435 | ,988 | 1,000 | ,649 | ,979 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,557* | ,631** | ,720** | -,375 | -,243 | ,951** | -,013 | ,977** | ,834** | ,067 | ,932** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,011 | ,003 | ,000 | ,103 | ,302 | ,000 | ,957 | ,000 | ,000 | ,779 | ,000 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,557* | ,722** | ,731** | -,384 | -,262 | ,720** | ,255 | ,854** | ,746** | ,108 | ,869** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,011 | ,000 | ,000 | ,095 | ,264 | ,000 | ,278 | ,000 | ,000 | ,651 | ,000 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | -,405 | ,837** | ,845** | -,186 | -,123 | ,822** | ,282 | ,914** | ,923** | ,202 | ,969** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,077 | ,000 | ,000 | ,432 | ,605 | ,000 | ,228 | ,000 | ,000 | ,392 | ,000 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,252 | ,635** | ,689** | -,172 | ,047 | ,673** | ,157 | ,766** | ,817** | ,244 | ,809** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,283 | ,003 | ,001 | ,469 | ,846 | ,001 | ,508 | ,000 | ,000 | ,300 | ,000 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,022 | ,238 | ,475* | -,123 | ,260 | ,627** | -,148 | ,492* | ,396 | -,383 | ,391 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,926 | ,312 | ,034 | ,606 | ,267 | ,003 | ,535 | ,027 | ,084 | ,095 | ,088 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | -,603** | ,613** | ,705** | -,431 | -,297 | ,945** | -,022 | ,980** | ,831** | ,085 | ,935** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | ,004 | ,001 | ,058 | ,204 | ,000 | ,926 | ,000 | ,000 | ,723 | ,000 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | -,481* | ,624** | ,711** | -,135 | -,178 | ,905** | -,056 | ,939** | ,759** | ,191 | ,897** |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,032 | ,003 | ,000 | ,569 | ,452 | ,000 | ,816 | ,000 | ,000 | ,420 | ,000 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | -,646** | ,563** | ,645** | -,340 | -,362 | ,934** | -,101 | ,948** | ,784** | ,161 | ,920** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,010 | ,002 | ,142 | ,117 | ,000 | ,671 | ,000 | ,000 | ,497 | ,000 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | -,492* | ,835** | ,832** | -,263 | -,215 | ,826** | ,293 | ,932** | ,899** | ,197 | ,980** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,028 | ,000 | ,000 | ,263 | ,362 | ,000 | ,211 | ,000 | ,000 | ,405 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,436 | ,511* | ,650** | -,378 | -,102 | ,891** | -,085 | ,901** | ,720** | -,038 | ,797** |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|------|------|------|------|------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| V | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,054 | ,021 | ,002 | ,101 | ,667 | ,000 | ,722 | ,000 | ,000 | ,874 | ,000 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,248 | ,084 | ,081 | ,161 | ,404 | -,005 | ,002 | ,025 | -,080 | -,135 | -,052 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,291 | ,726 | ,734 | ,497 | ,077 | ,983 | ,994 | ,916 | ,737 | ,570 | ,828 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li | Mn |
|------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|------------------|-------|--------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,349 | ,473* | -,480* | -,480* | -,523* | -,521* | -,015 | ,021 | -,108 | -,557* | -,557* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,132 | ,035 | ,032 | ,032 | ,018 | ,018 | ,949 | ,929 | ,651 | ,011 | ,011 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,626** | ,640** | ,765** | ,707** | ,779** | ,810** | -,624** | -,641** | -,093 | ,631** | ,722** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,003 | ,002 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,003 | ,002 | ,697 | ,003 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,688** | ,376 | ,814** | ,770** | ,812** | ,804** | -,448* | -,452* | -,006 | ,720** | ,731** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,102 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,047 | ,045 | ,980 | ,000 | ,000 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,121 | ,427 | -,277 | -,253 | -,330 | -,259 | -,188 | -,152 | ,501* | -,375 | -,384 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,611 | ,060 | ,237 | ,282 | ,156 | ,270 | ,428 | ,522 | ,024 | ,103 | ,095 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,102 | ,467* | -,168 | -,153 | -,220 | -,229 | -,029 | -,010 | -,149 | -,243 | -,262 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,670 | ,038 | ,480 | ,520 | ,351 | ,331 | ,904 | ,966 | ,530 | ,302 | ,264 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,894** | -,280 | ,903** | ,928** | ,880** | ,836** | ,077 | ,037 | ,003 | ,951** | ,720** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,232 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,748 | ,878 | ,990 | ,000 | ,000 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,004 | ,868** | ,153 | ,056 | ,199 | ,234 | -,691** | -,673** | -,185 | -,013 | ,255 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,988 | ,000 | ,521 | ,816 | ,399 | ,322 | ,001 | ,001 | ,435 | ,957 | ,278 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,832** | -,114 | ,973** | ,974** | ,969** | ,959** | -,151 | -,199 | ,004 | ,977** | ,854** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,632 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,524 | ,401 | ,988 | ,000 | ,000 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,818** | ,126 | ,899** | ,870** | ,888** | ,888** | -,388 | -,420 | ,000 | ,834** | ,746** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2- | ,000 | ,596 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,091 | ,065 | 1,000 | ,000 | ,000 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|
| NO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,009 | ,032 | ,149 | ,136 | ,155 | ,311 | -,439 | -,476* | ,109 | ,067 | ,108 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,970 | ,893 | ,532 | ,569 | ,513 | ,182 | ,053 | ,034 | ,649 | ,779 | ,651 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,838** | ,031 | ,974** | ,955** | ,979** | ,997** | -,364 | -,405 | ,006 | ,932** | ,869** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,896 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,115 | ,076 | ,979 | ,000 | ,000 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,054 | ,874** | ,899** | ,861** | ,836** | -,099 | -,128 | -,010 | ,882** | ,776** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,820 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,679 | ,589 | ,967 | ,000 | ,000 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,054 | 1 | ,026 | -,047 | ,041 | ,074 | -,585** | -,561* | -,135 | -,144 | ,087 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2- | ,820 | | ,915 | ,844 | ,864 | ,756 | ,007 | ,010 | ,570 | ,544 | ,714 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,874** | ,026 | 1 | ,989** | ,995** | ,974** | -,254 | -,291 | ,011 | ,975** | ,882** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,915 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,281 | ,214 | ,965 | ,000 | ,000 |
| B | Συσχέτιση Pearson | ,899** | -,047 | ,989** | 1 | ,977** | ,950** | -,150 | -,190 | ,037 | ,985** | ,866** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,844 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,528 | ,422 | ,877 | ,000 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,861** | ,041 | ,995** | ,977** | 1 | ,982** | -,295 | -,333 | -,026 | ,966** | ,903** |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu | Li | Mn |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|------------------|-------|--------|--------|
| Ba | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,864 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,206 | ,151 | ,914 | ,000 | ,000 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,836** | ,074 | ,974** | ,950** | ,982** | 1 | -,405 | -,445* | -,001 | ,922** | ,884** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,756 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,077 | ,049 | ,996 | ,000 | ,000 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,099 | -,585** | -,254 | -,150 | -,295 | -,405 | 1 | ,996** | -,063 | -,046 | -,295 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,679 | ,007 | ,281 | ,528 | ,206 | ,077 | | ,000 | ,793 | ,847 | ,207 |
| Cr ⁶⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,128 | -,561* | -,291 | -,190 | -,333 | -,445* | ,996** | 1 | -,041 | -,087 | -,329 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,589 | ,010 | ,214 | ,422 | ,151 | ,049 | ,000 | | ,863 | ,714 | ,157 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,010 | -,135 | ,011 | ,037 | -,026 | -,001 | -,063 | -,041 | 1 | -,012 | -,083 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,967 | ,570 | ,965 | ,877 | ,914 | ,996 | ,793 | ,863 | | ,961 | ,727 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,882** | -,144 | ,975** | ,985** | ,966** | ,922** | -,046 | -,087 | -,012 | 1 | ,861** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,544 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,847 | ,714 | ,961 | | ,000 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,776** | ,087 | ,882** | ,866** | ,903** | ,884** | -,295 | -,329 | -,083 | ,861** | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,714 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,207 | ,157 | ,727 | ,000 | |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | ,865** | ,150 | ,966** | ,939** | ,972** | ,977** | -,436 | -,469* | -,023 | ,901** | ,866** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,528 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,054 | ,037 | ,924 | ,000 | ,000 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,664** | ,033 | ,803** | ,784** | ,801** | ,811** | -,381 | -,412 | -,072 | ,745** | ,723** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,891 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,097 | ,071 | ,762 | ,000 | ,000 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,605** | -,133 | ,534* | ,595** | ,492* | ,383 | ,371 | ,371 | -,166 | ,604** | ,344 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | ,577 | ,015 | ,006 | ,028 | ,096 | ,107 | ,108 | ,485 | ,005 | ,138 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,859** | -,174 | ,969** | ,974** | ,964** | ,925** | -,056 | -,100 | -,041 | ,996** | ,859** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,463 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,814 | ,674 | ,864 | ,000 | ,000 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,834** | -,104 | ,926** | ,946** | ,900** | ,881** | -,064 | -,100 | ,179 | ,937** | ,768** |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,664 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,789 | ,676 | ,450 | ,000 | ,000 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | ,877** | -,234 | ,928** | ,951** | ,923** | ,908** | -,075 | -,114 | ,081 | ,956** | ,830** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,320 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,754 | ,632 | ,733 | ,000 | ,000 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,858** | ,133 | ,974** | ,945** | ,986** | ,989** | -,425 | -,460* | -,028 | ,917** | ,894** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,575 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,062 | ,041 | ,907 | ,000 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,749** | -,176 | ,890** | ,912** | ,865** | ,783** | ,153 | ,116 | ,014 | ,942** | ,758** |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu | Li | Mn |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|------|------|------|-------|------|------------------|-------|------|------|
| V | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,458 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,519 | ,626 | ,952 | ,000 | ,000 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,009 | ,204 | ,051 | ,094 | ,019 | -,046 | ,237 | ,228 | -,026 | ,071 | ,204 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,970 | ,387 | ,832 | ,692 | ,938 | ,846 | ,315 | ,334 | ,912 | ,767 | ,388 |

| | | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|------------------|---|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,405 | -,252 | ,022 | -,603** | -,481* | -,646** | -,492* | -,436 | ,248 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,077 | ,283 | ,926 | ,005 | ,032 | ,002 | ,028 | ,054 | ,291 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,837** | ,635** | ,238 | ,613** | ,624** | ,563** | ,835** | ,511* | ,084 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,003 | ,312 | ,004 | ,003 | ,010 | ,000 | ,021 | ,726 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,845** | ,689** | ,475* | ,705** | ,711** | ,645** | ,832** | ,650** | ,081 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,034 | ,001 | ,000 | ,002 | ,000 | ,002 | ,734 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,186 | -,172 | -,123 | -,431 | -,135 | -,340 | -,263 | -,378 | ,161 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,432 | ,469 | ,606 | ,058 | ,569 | ,142 | ,263 | ,101 | ,497 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,123 | ,047 | ,260 | -,297 | -,178 | -,362 | -,215 | -,102 | ,404 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,605 | ,846 | ,267 | ,204 | ,452 | ,117 | ,362 | ,667 | ,077 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,822** | ,673** | ,627** | ,945** | ,905** | ,934** | ,826** | ,891** | -,005 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,003 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,983 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,282 | ,157 | -,148 | -,022 | -,056 | -,101 | ,293 | -,085 | ,002 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,228 | ,508 | ,535 | ,926 | ,816 | ,671 | ,211 | ,722 | ,994 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,914** | ,766** | ,492* | ,980** | ,939** | ,948** | ,932** | ,901** | ,025 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,027 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,916 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,923** | ,817** | ,396 | ,831** | ,759** | ,784** | ,899** | ,720** | -,080 |
| | Συντελεστής δίπλ. | ,000 | ,000 | ,084 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,737 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Σημαντικότητας (Sig. 2- | | | | | | | | | |
| NO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,202 | ,244 | -,383 | ,085 | ,191 | ,161 | ,197 | -,038 | -,135 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,392 | ,300 | ,095 | ,723 | ,420 | ,497 | ,405 | ,874 | ,570 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,969** | ,809** | ,391 | ,935** | ,897** | ,920** | ,980** | ,797** | -,052 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,088 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,828 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,865** | ,664** | ,605** | ,859** | ,834** | ,877** | ,858** | ,749** | ,009 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,005 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,970 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,150 | ,033 | -,133 | -,174 | -,104 | -,234 | ,133 | -,176 | ,204 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2- | ,528 | ,891 | ,577 | ,463 | ,664 | ,320 | ,575 | ,458 | ,387 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,966** | ,803** | ,534* | ,969** | ,926** | ,928** | ,974** | ,890** | ,051 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,015 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,832 |
| B | Συσχέτιση Pearson | ,939** | ,784** | ,595** | ,974** | ,946** | ,951** | ,945** | ,912** | ,094 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,006 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,692 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,972** | ,801** | ,492* | ,964** | ,900** | ,923** | ,986** | ,865** | ,019 |

| | | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|----|---|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Ba | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,028 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,938 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,977** | ,811** | ,383 | ,925** | ,881** | ,908** | ,989** | ,783** | -,046 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,096 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,846 |

| | | | | | | | | | | |
|------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,436 | -,381 | ,371 | -,056 | -,064 | -,075 | -,425 | ,153 | ,237 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,054 | ,097 | ,107 | ,814 | ,789 | ,754 | ,062 | ,519 | ,315 |
| Cr ⁶⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,469* | -,412 | ,371 | -,100 | -,100 | -,114 | -,460* | ,116 | ,228 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,037 | ,071 | ,108 | ,674 | ,676 | ,632 | ,041 | ,626 | ,334 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,023 | -,072 | -,166 | -,041 | ,179 | ,081 | -,028 | ,014 | -,026 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,924 | ,762 | ,485 | ,864 | ,450 | ,733 | ,907 | ,952 | ,912 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,901** | ,745** | ,604** | ,996** | ,937** | ,956** | ,917** | ,942** | ,071 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,005 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,767 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,866** | ,723** | ,344 | ,859** | ,768** | ,830** | ,894** | ,758** | ,204 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,138 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,388 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,867** | ,435 | ,895** | ,843** | ,865** | ,987** | ,761** | -,038 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,000 | ,055 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,873 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,867** | 1 | ,396 | ,740** | ,649** | ,696** | ,798** | ,655** | -,038 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | | ,084 | ,000 | ,002 | ,001 | ,000 | ,002 | ,874 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,435 | ,396 | 1 | ,568** | ,573** | ,529* | ,414 | ,690** | ,189 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,055 | ,084 | | ,009 | ,008 | ,016 | ,069 | ,001 | ,425 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,895** | ,740** | ,568** | 1 | ,924** | ,954** | ,916** | ,930** | ,032 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,009 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,894 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,843** | ,649** | ,573** | ,924** | 1 | ,925** | ,858** | ,884** | ,147 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,002 | ,008 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,537 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | ,865** | ,696** | ,529* | ,954** | ,925** | 1 | ,889** | ,845** | -,051 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,016 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,831 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,987** | ,798** | ,414 | ,916** | ,858** | ,889** | 1 | ,774** | -,038 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,069 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,875 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,761** | ,655** | ,690** | ,930** | ,884** | ,845** | ,774** | 1 | ,245 |

| | | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|----|---|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| V | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,002 | ,001 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,299 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,038 | -,038 | ,189 | ,032 | ,147 | -,051 | -,038 | ,245 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,873 | ,874 | ,425 | ,894 | ,537 | ,831 | ,875 | ,299 | |

33 δείγματα της περιοχής Σχίνου

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ |
|------------------|---|---------|---------|--------|---------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,478** | -,435* | ,610** | ,074 | -,681** | -,453** | -,280 | ,395* | -,106 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,005 | ,011 | ,000 | ,684 | ,000 | ,008 | ,114 | ,023 | ,557 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,478** | 1 | ,936** | -,108 | ,119 | ,538** | ,849** | ,795** | ,018 | -,126 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | | ,000 | ,550 | ,509 | ,001 | ,000 | ,000 | ,921 | ,485 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,435* | ,936** | 1 | ,036 | ,154 | ,455** | ,797** | ,811** | ,207 | -,164 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,011 | ,000 | | ,844 | ,391 | ,008 | ,000 | ,000 | ,247 | ,362 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,610** | -,108 | ,036 | 1 | ,100 | -,673** | -,162 | ,219 | ,625** | -,460** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,550 | ,844 | | ,580 | ,000 | ,369 | ,221 | ,000 | ,007 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,074 | ,119 | ,154 | ,100 | 1 | -,133 | ,014 | ,128 | ,014 | -,294 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,684 | ,509 | ,391 | ,580 | | ,462 | ,938 | ,479 | ,937 | ,096 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,681** | ,538** | ,455** | -,673** | -,133 | 1 | ,564** | ,139 | -,214 | ,216 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,008 | ,000 | ,462 | | ,001 | ,440 | ,231 | ,227 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,453** | ,849** | ,797** | -,162 | ,014 | ,564** | 1 | ,433* | -,017 | -,034 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,008 | ,000 | ,000 | ,369 | ,938 | ,001 | | ,012 | ,925 | ,850 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,280 | ,795** | ,811** | ,219 | ,128 | ,139 | ,433* | 1 | ,163 | -,360* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,114 | ,000 | ,000 | ,221 | ,479 | ,440 | ,012 | | ,365 | ,039 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,395* | ,018 | ,207 | ,625** | ,014 | -,214 | -,017 | ,163 | 1 | -,258 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,023 | ,921 | ,247 | ,000 | ,937 | ,231 | ,925 | ,365 | | ,147 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,106 | -,126 | -,164 | -,460** | -,294 | ,216 | -,034 | -,360* | -,258 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,557 | ,485 | ,362 | ,007 | ,096 | ,227 | ,850 | ,039 | ,147 | |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,458** | ,943** | ,932** | ,022 | ,082 | ,416* | ,734** | ,908** | ,095 | -,262 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,007 | ,000 | ,000 | ,901 | ,650 | ,016 | ,000 | ,000 | ,600 | ,140 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,682** | ,835** | ,754** | -,310 | ,033 | ,732** | ,841** | ,496** | -,101 | -,171 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,079 | ,856 | ,000 | ,000 | ,003 | ,577 | ,342 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,126 | ,310 | ,149 | -,176 | ,286 | ,163 | ,364* | -,092 | -,135 | ,247 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,484 | ,079 | ,409 | ,328 | ,106 | ,365 | ,037 | ,612 | ,453 | ,166 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,409* | ,777** | ,853** | ,089 | ,285 | ,375* | ,604** | ,777** | ,209 | -,300 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,018 | ,000 | ,000 | ,624 | ,108 | ,032 | ,000 | ,000 | ,244 | ,090 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,660** | ,740** | ,696** | -,348* | ,074 | ,808** | ,748** | ,400* | -,072 | -,071 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ |
|----|---|---------|--------|--------|-------|------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,047 | ,684 | ,000 | ,000 | ,021 | ,689 | ,695 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | -,635** | ,741** | ,692** | -,294 | ,188 | ,715** | ,779** | ,397* | -,086 | -,201 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,097 | ,294 | ,000 | ,000 | ,022 | ,633 | ,263 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,431* | ,917** | ,912** | ,065 | ,046 | ,376* | ,688** | ,929** | ,121 | -,272 |

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,012 | ,000 | ,000 | ,718 | ,800 | ,031 | ,000 | ,000 | ,501 | ,125 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,237 | -,152 | -,118 | -,424* | -,330 | ,347* | ,014 | -,250 | -,166 | ,337 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,183 | ,399 | ,512 | ,014 | ,061 | ,048 | ,939 | ,161 | ,355 | ,055 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,238 | -,156 | -,121 | -,416* | -,343 | ,332 | ,011 | -,243 | -,165 | ,305 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,183 | ,387 | ,504 | ,016 | ,051 | ,059 | ,953 | ,173 | ,359 | ,084 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,156 | ,250 | ,220 | ,013 | -,236 | -,082 | ,209 | ,319 | -,025 | -,031 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,387 | ,161 | ,219 | ,943 | ,186 | ,649 | ,244 | ,071 | ,890 | ,864 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,547** | ,608** | ,627** | -,265 | -,116 | ,639** | ,496** | ,504** | -,038 | -,060 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,000 | ,000 | ,136 | ,522 | ,000 | ,003 | ,003 | ,833 | ,741 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,567** | ,661** | ,588** | -,264 | ,247 | ,625** | ,723** | ,300 | -,062 | -,254 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,000 | ,000 | ,138 | ,165 | ,000 | ,000 | ,090 | ,730 | ,154 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | -,395* | ,617** | ,534** | -,199 | ,170 | ,527** | ,443** | ,473** | -,139 | ,003 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,023 | ,000 | ,001 | ,268 | ,345 | ,002 | ,010 | ,005 | ,440 | ,988 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,371* | ,615** | ,530** | -,288 | -,193 | ,406* | ,603** | ,439* | -,166 | -,065 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,034 | ,000 | ,002 | ,104 | ,281 | ,019 | ,000 | ,011 | ,357 | ,719 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,362* | ,155 | ,058 | -,510** | -,369* | ,650** | ,058 | ,003 | -,298 | ,288 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,038 | ,389 | ,748 | ,002 | ,034 | ,000 | ,749 | ,985 | ,092 | ,104 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,154 | ,103 | ,236 | ,568** | -,087 | -,148 | ,103 | ,222 | ,786** | -,306 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|---------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,392 | ,568 | ,186 | ,001 | ,630 | ,410 | ,569 | ,215 | ,000 | ,084 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | -,527** | ,887** | ,894** | -,056 | ,042 | ,504** | ,718** | ,829** | ,099 | -,117 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,000 | ,000 | ,757 | ,816 | ,003 | ,000 | ,000 | ,584 | ,517 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | ,118 | -,364* | -,301 | -,259 | -,145 | ,102 | -,416* | -,360* | ,106 | ,523** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,514 | ,037 | ,089 | ,146 | ,421 | ,571 | ,016 | ,040 | ,557 | ,002 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,716** | ,777** | ,721** | -,462** | ,003 | ,868** | ,800** | ,394* | -,145 | -,026 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ |
|----|---|--------|--------|--------|------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,007 | ,987 | ,000 | ,000 | ,023 | ,421 | ,886 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,422* | ,721** | ,807** | ,005 | ,259 | ,437* | ,548** | ,710** | ,239 | -,168 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,014 | ,000 | ,000 | ,979 | ,145 | ,011 | ,001 | ,000 | ,180 | ,351 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,035 | ,088 | ,022 | ,073 | -,138 | -,111 | ,138 | ,013 | -,128 | ,092 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,847 | ,626 | ,904 | ,686 | ,444 | ,538 | ,444 | ,942 | ,479 | ,610 |

| | | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li |
|------------------|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|---------|---------|--------|--------|------------------|-------|---------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,458** | -,682** | ,126 | -,409* | -,660** | -,635** | -,431* | -,237 | -,238 | -,156 | -,547** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,007 | ,000 | ,484 | ,018 | ,000 | ,000 | ,012 | ,183 | ,183 | ,387 | ,001 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,943** | ,835** | ,310 | ,777** | ,740** | ,741** | ,917** | -,152 | -,156 | ,250 | ,608** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,079 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,399 | ,387 | ,161 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,932** | ,754** | ,149 | ,853** | ,696** | ,692** | ,912** | -,118 | -,121 | ,220 | ,627** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,409 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,512 | ,504 | ,219 | ,000 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,022 | -,310 | -,176 | ,089 | -,348* | -,294 | ,065 | -,424* | -,416* | ,013 | -,265 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,901 | ,079 | ,328 | ,624 | ,047 | ,097 | ,718 | ,014 | ,016 | ,943 | ,136 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,082 | ,033 | ,286 | ,285 | ,074 | ,188 | ,046 | -,330 | -,343 | -,236 | -,116 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,650 | ,856 | ,106 | ,108 | ,684 | ,294 | ,800 | ,061 | ,051 | ,186 | ,522 |
| Ca ₂₊ | Συσχέτιση Pearson | ,416* | ,732** | ,163 | ,375* | ,808** | ,715** | ,376* | ,347* | ,332 | -,082 | ,639** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,016 | ,000 | ,365 | ,032 | ,000 | ,000 | ,031 | ,048 | ,059 | ,649 | ,000 |
| Mg ₂₊ | Συσχέτιση Pearson | ,734** | ,841** | ,364* | ,604** | ,748** | ,779** | ,688** | ,014 | ,011 | ,209 | ,496** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,037 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,939 | ,953 | ,244 | ,003 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,908** | ,496** | -,092 | ,777** | ,400* | ,397* | ,929** | -,250 | -,243 | ,319 | ,504** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,003 | ,612 | ,000 | ,021 | ,022 | ,000 | ,161 | ,173 | ,071 | ,003 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,095 | -,101 | -,135 | ,209 | -,072 | -,086 | ,121 | -,166 | -,165 | -,025 | -,038 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,600 | ,577 | ,453 | ,244 | ,689 | ,633 | ,501 | ,355 | ,359 | ,890 | ,833 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,262 | -,171 | ,247 | -,300 | -,071 | -,201 | -,272 | ,337 | ,305 | -,031 | -,060 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,140 | ,342 | ,166 | ,090 | ,695 | ,263 | ,125 | ,055 | ,084 | ,864 | ,741 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,741** | ,010 | ,836** | ,652** | ,653** | ,993** | -,176 | -,172 | ,345* | ,674** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,000 | ,955 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,328 | ,339 | ,049 | ,000 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,741** | 1 | ,190 | ,621** | ,908** | ,913** | ,691** | ,026 | ,029 | ,160 | ,586** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | | ,289 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,888 | ,872 | ,373 | ,000 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,010 | ,190 | 1 | -,046 | ,144 | ,181 | -,038 | -,212 | -,234 | -,201 | -,185 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,955 | ,289 | | ,801 | ,425 | ,314 | ,833 | ,237 | ,190 | ,262 | ,303 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,836** | ,621** | -,046 | 1 | ,676** | ,686** | ,833** | -,186 | -,188 | ,039 | ,661** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,801 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,300 | ,294 | ,828 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,652** | ,908** | ,144 | ,676** | 1 | ,935** | ,613** | ,090 | ,082 | -,016 | ,736** |

| | | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li |
|----|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|------------------|-------|--------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,425 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,619 | ,648 | ,931 | ,000 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,653** | ,913** | ,181 | ,686** | ,935** | 1 | ,602** | -,057 | -,052 | ,020 | ,650** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,314 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,754 | ,774 | ,911 | ,000 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,993** | ,691** | -,038 | ,833** | ,613** | ,602** | 1 | -,161 | -,156 | ,348* | ,671** |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,833 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,372 | ,384 | ,047 | ,000 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,176 | ,026 | -,212 | -,186 | ,090 | -,057 | -,161 | 1 | ,997** | -,156 | -,013 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,328 | ,888 | ,237 | ,300 | ,619 | ,754 | ,372 | | ,000 | ,386 | ,942 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,172 | ,029 | -,234 | -,188 | ,082 | -,052 | -,156 | ,997** | 1 | -,151 | -,014 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,339 | ,872 | ,190 | ,294 | ,648 | ,774 | ,384 | ,000 | | ,402 | ,941 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | ,345* | ,160 | -,201 | ,039 | -,016 | ,020 | ,348* | -,156 | -,151 | 1 | ,225 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,049 | ,373 | ,262 | ,828 | ,931 | ,911 | ,047 | ,386 | ,402 | | ,209 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,674** | ,586** | -,185 | ,661** | ,736** | ,650** | ,671** | -,013 | -,014 | ,225 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,303 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,942 | ,941 | ,209 | |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,552** | ,876** | ,249 | ,580** | ,870** | ,934** | ,485** | -,151 | -,146 | -,044 | ,513** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,000 | ,162 | ,000 | ,000 | ,000 | ,004 | ,403 | ,416 | ,807 | ,002 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | ,587** | ,563** | ,147 | ,465** | ,701** | ,555** | ,581** | ,010 | -,015 | ,111 | ,628** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,415 | ,006 | ,000 | ,001 | ,000 | ,958 | ,933 | ,539 | ,000 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,581** | ,535** | ,163 | ,249 | ,392* | ,391* | ,558** | ,280 | ,295 | ,419* | ,412* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,363 | ,163 | ,024 | ,025 | ,001 | ,114 | ,096 | ,015 | ,017 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,115 | ,286 | -,038 | ,049 | ,384* | ,212 | ,111 | ,229 | ,216 | -,165 | ,483** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,524 | ,107 | ,833 | ,785 | ,027 | ,235 | ,538 | ,200 | ,227 | ,359 | ,004 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,197 | ,064 | -,232 | ,302 | ,128 | ,111 | ,227 | -,210 | -,204 | ,126 | ,201 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,271 | ,724 | ,193 | ,088 | ,479 | ,539 | ,205 | ,242 | ,254 | ,485 | ,263 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,933** | ,722** | -,042 | ,854** | ,691** | ,643** | ,940** | ,086 | ,082 | ,243 | ,670** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,815 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,634 | ,650 | ,173 | ,000 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | -,388* | -,351* | -,044 | -,327 | -,234 | -,325 | -,391* | ,229 | ,219 | -,153 | -,095 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,026 | ,045 | ,806 | ,063 | ,190 | ,065 | ,024 | ,200 | ,221 | ,397 | ,598 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,681** | ,929** | ,178 | ,620** | ,945** | ,932** | ,633** | ,076 | ,072 | ,065 | ,740** |

| | | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu | Li |
|----|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|------------------|-------|--------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,322 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,673 | ,688 | ,719 | ,000 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,773** | ,579** | -,073 | ,968** | ,656** | ,643** | ,773** | -,062 | -,067 | -,022 | ,627** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,688 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,732 | ,710 | ,902 | ,000 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,078 | -,024 | ,149 | -,241 | -,212 | -,139 | ,047 | -,200 | -,190 | ,433* | -,093 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,666 | ,896 | ,409 | ,177 | ,236 | ,442 | ,796 | ,264 | ,290 | ,012 | ,606 |

| | | Mn | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|------------------|---|---------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|-------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,567** | -,395* | -,371* | -,362* | ,154 | -,527** | ,118 | -,716** | -,422* | ,035 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,023 | ,034 | ,038 | ,392 | ,002 | ,514 | ,000 | ,014 | ,847 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,661** | ,617** | ,615** | ,155 | ,103 | ,887** | -,364* | ,777** | ,721** | ,088 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,389 | ,568 | ,000 | ,037 | ,000 | ,000 | ,626 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,588** | ,534** | ,530** | ,058 | ,236 | ,894** | -,301 | ,721** | ,807** | ,022 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,002 | ,748 | ,186 | ,000 | ,089 | ,000 | ,000 | ,904 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,264 | -,199 | -,288 | -,510** | ,568** | -,056 | -,259 | -,462** | ,005 | ,073 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,138 | ,268 | ,104 | ,002 | ,001 | ,757 | ,146 | ,007 | ,979 | ,686 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,247 | ,170 | -,193 | -,369* | -,087 | ,042 | -,145 | ,003 | ,259 | -,138 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,165 | ,345 | ,281 | ,034 | ,630 | ,816 | ,421 | ,987 | ,145 | ,444 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,625** | ,527** | ,406* | ,650** | -,148 | ,504** | ,102 | ,868** | ,437* | -,111 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,002 | ,019 | ,000 | ,410 | ,003 | ,571 | ,000 | ,011 | ,538 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,723** | ,443** | ,603** | ,058 | ,103 | ,718** | -,416* | ,800** | ,548** | ,138 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,010 | ,000 | ,749 | ,569 | ,000 | ,016 | ,000 | ,001 | ,444 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,300 | ,473** | ,439* | ,003 | ,222 | ,829** | -,360* | ,394* | ,710** | ,013 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,090 | ,005 | ,011 | ,985 | ,215 | ,000 | ,040 | ,023 | ,000 | ,942 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,062 | -,139 | -,166 | -,298 | ,786** | ,099 | ,106 | -,145 | ,239 | -,128 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,730 | ,440 | ,357 | ,092 | ,000 | ,584 | ,557 | ,421 | ,180 | ,479 |
| NO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,254 | ,003 | -,065 | ,288 | -,306 | -,117 | ,523** | -,026 | -,168 | ,092 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,154 | ,988 | ,719 | ,104 | ,084 | ,517 | ,002 | ,886 | ,351 | ,610 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,552** | ,587** | ,581** | ,115 | ,197 | ,933** | -,388* | ,681** | ,773** | ,078 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,000 | ,000 | ,524 | ,271 | ,000 | ,026 | ,000 | ,000 | ,666 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,876** | ,563** | ,535** | ,286 | ,064 | ,722** | -,351* | ,929** | ,579** | -,024 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,001 | ,107 | ,724 | ,000 | ,045 | ,000 | ,000 | ,896 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,249 | ,147 | ,163 | -,038 | -,232 | -,042 | -,044 | ,178 | -,073 | ,149 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,162 | ,415 | ,363 | ,833 | ,193 | ,815 | ,806 | ,322 | ,688 | ,409 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,580** | ,465** | ,249 | ,049 | ,302 | ,854** | -,327 | ,620** | ,968** | -,241 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,006 | ,163 | ,785 | ,088 | ,000 | ,063 | ,000 | ,000 | ,177 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,870** | ,701** | ,392* | ,384* | ,128 | ,691** | -,234 | ,945** | ,656** | -,212 |

| | | Mn | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|----|---|--------|--------|--------|------|------|--------|--------|--------|--------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,024 | ,027 | ,479 | ,000 | ,190 | ,000 | ,000 | ,236 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,934** | ,555** | ,391* | ,212 | ,111 | ,643** | -,325 | ,932** | ,643** | -,139 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,025 | ,235 | ,539 | ,000 | ,065 | ,000 | ,000 | ,442 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,485** | ,581** | ,558** | ,111 | ,227 | ,940** | -,391* | ,633** | ,773** | ,047 |

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,004 | ,000 | ,001 | ,538 | ,205 | ,000 | ,024 | ,000 | ,000 | ,796 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,151 | ,010 | ,280 | ,229 | -,210 | ,086 | ,229 | ,076 | -,062 | -,200 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,403 | ,958 | ,114 | ,200 | ,242 | ,634 | ,200 | ,673 | ,732 | ,264 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,146 | -,015 | ,295 | ,216 | -,204 | ,082 | ,219 | ,072 | -,067 | -,190 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,416 | ,933 | ,096 | ,227 | ,254 | ,650 | ,221 | ,688 | ,710 | ,290 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,044 | ,111 | ,419* | -,165 | ,126 | ,243 | -,153 | ,065 | -,022 | ,433* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,807 | ,539 | ,015 | ,359 | ,485 | ,173 | ,397 | ,719 | ,902 | ,012 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,513** | ,628** | ,412* | ,483** | ,201 | ,670** | -,095 | ,740** | ,627** | -,093 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,000 | ,017 | ,004 | ,263 | ,000 | ,598 | ,000 | ,000 | ,606 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,484** | ,323 | ,148 | ,147 | ,504** | -,340 | ,855** | ,522** | -,112 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,004 | ,067 | ,411 | ,415 | ,003 | ,053 | ,000 | ,002 | ,533 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | ,484** | 1 | ,420* | ,338 | ,059 | ,606** | -,210 | ,613** | ,409* | -,026 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,004 | | ,015 | ,054 | ,746 | ,000 | ,242 | ,000 | ,018 | ,886 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,323 | ,420* | 1 | ,095 | -,100 | ,535** | -,169 | ,501** | ,164 | ,320 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,067 | ,015 | | ,599 | ,581 | ,001 | ,347 | ,003 | ,363 | ,069 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,148 | ,338 | ,095 | 1 | -,225 | ,173 | ,155 | ,405* | ,116 | -,081 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,411 | ,054 | ,599 | | ,209 | ,335 | ,388 | ,019 | ,519 | ,653 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,147 | ,059 | -,100 | -,225 | 1 | ,221 | -,127 | ,010 | ,290 | -,061 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,415 | ,746 | ,581 | ,209 | | ,216 | ,480 | ,954 | ,102 | ,737 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,504** | ,606** | ,535** | ,173 | ,221 | 1 | -,312 | ,684** | ,850** | -,083 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,003 | ,000 | ,001 | ,335 | ,216 | | ,078 | ,000 | ,000 | ,646 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | -,340 | -,210 | -,169 | ,155 | -,127 | -,312 | 1 | -,186 | -,191 | -,046 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,053 | ,242 | ,347 | ,388 | ,480 | ,078 | | ,301 | ,286 | ,799 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,855** | ,613** | ,501** | ,405* | ,010 | ,684** | -,186 | 1 | ,598** | -,090 |

| | | Mn | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|----|---|--------|-------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,003 | ,019 | ,954 | ,000 | ,301 | | ,000 | ,619 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,522** | ,409* | ,164 | ,116 | ,290 | ,850** | -,191 | ,598** | 1 | -,302 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,018 | ,363 | ,519 | ,102 | ,000 | ,286 | ,000 | | ,087 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,112 | -,026 | ,320 | -,081 | -,061 | -,083 | -,046 | -,090 | -,302 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,533 | ,886 | ,069 | ,653 | ,737 | ,646 | ,799 | ,619 | ,087 | |

15 δείγματα πηγών Γερανείων Ορέων

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|------------------|---|--------|---------|---------|---------|--------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,028 | -,187 | ,339 | ,455 | -,243 | -,170 | -,537* | -,393 | -,397 | -,339 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,922 | ,504 | ,216 | ,088 | ,383 | ,545 | ,039 | ,147 | ,143 | ,216 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,028 | 1 | ,883** | -,649** | ,660** | ,274 | ,818** | -,147 | ,151 | ,246 | -,190 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,922 | | ,000 | ,009 | ,007 | ,324 | ,000 | ,602 | ,590 | ,378 | ,498 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,187 | ,883** | 1 | -,669** | ,537* | ,375 | ,889** | ,088 | ,354 | ,375 | ,098 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,504 | ,000 | | ,006 | ,039 | ,169 | ,000 | ,755 | ,196 | ,168 | ,730 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,339 | -,649** | -,669** | 1 | -,378 | -,823** | -,647** | ,093 | ,181 | -,046 | ,297 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,216 | ,009 | ,006 | | ,164 | ,000 | ,009 | ,740 | ,517 | ,871 | ,282 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,455 | ,660** | ,537* | -,378 | 1 | ,282 | ,443 | -,512 | -,092 | -,154 | -,155 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,088 | ,007 | ,039 | ,164 | | ,309 | ,098 | ,051 | ,744 | ,584 | ,580 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,243 | ,274 | ,375 | -,823** | ,282 | 1 | ,273 | ,039 | -,355 | -,211 | -,090 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,383 | ,324 | ,169 | ,000 | ,309 | | ,326 | ,890 | ,194 | ,451 | ,749 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,170 | ,818** | ,889** | -,647** | ,443 | ,273 | 1 | -,046 | ,219 | ,257 | -,001 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,545 | ,000 | ,000 | ,009 | ,098 | ,326 | | ,871 | ,433 | ,354 | ,997 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,537* | -,147 | ,088 | ,093 | -,512 | ,039 | -,046 | 1 | ,379 | ,289 | ,631* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,039 | ,602 | ,755 | ,740 | ,051 | ,890 | ,871 | | ,164 | ,297 | ,012 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,393 | ,151 | ,354 | ,181 | -,092 | -,355 | ,219 | ,379 | 1 | ,850** | ,531* |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,147 | ,590 | ,196 | ,517 | ,744 | ,194 | ,433 | ,164 | | ,000 | ,042 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,397 | ,246 | ,375 | -,046 | -,154 | -,211 | ,257 | ,289 | ,850** | 1 | ,101 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,143 | ,378 | ,168 | ,871 | ,584 | ,451 | ,354 | ,297 | ,000 | | ,720 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,339 | -,190 | ,098 | ,297 | -,155 | -,090 | -,001 | ,631* | ,531* | ,101 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,216 | ,498 | ,730 | ,282 | ,580 | ,749 | ,997 | ,012 | ,042 | ,720 | |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,070 | ,333 | ,283 | -,066 | ,373 | ,182 | -,032 | ,253 | ,203 | ,233 | ,095 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,805 | ,225 | ,307 | ,815 | ,171 | ,517 | ,910 | ,362 | ,469 | ,403 | ,735 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,069 | ,981** | ,792** | -,619* | ,691** | ,250 | ,714** | -,257 | ,042 | ,173 | -,327 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,806 | ,000 | ,000 | ,014 | ,004 | ,368 | ,003 | ,356 | ,883 | ,537 | ,234 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,292 | ,005 | ,003 | ,427 | ,343 | -,180 | -,232 | ,187 | ,187 | -,062 | ,443 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,291 | ,986 | ,990 | ,113 | ,211 | ,522 | ,405 | ,505 | ,504 | ,826 | ,098 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,184 | ,427 | ,579* | -,560* | ,316 | ,482 | ,496 | -,101 | ,290 | ,472 | -,132 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|--------|-------|------|---------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,511 | ,112 | ,024 | ,030 | ,251 | ,069 | ,060 | ,720 | ,294 | ,075 | ,640 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | -,552* | ,310 | ,505 | -,779** | ,007 | ,754** | ,461 | ,228 | ,069 | ,259 | -,078 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,033 | ,261 | ,055 | ,001 | ,982 | ,001 | ,084 | ,414 | ,807 | ,351 | ,782 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,260 | -,127 | ,135 | ,245 | -,044 | -,075 | ,105 | ,453 | ,429 | -,036 | ,962** |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|-------|---------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,350 | ,653 | ,632 | ,380 | ,877 | ,790 | ,710 | ,090 | ,110 | ,899 | ,000 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,004 | ,619* | ,560* | -,674** | ,401 | ,485 | ,579* | -,147 | -,206 | -,009 | -,255 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,988 | ,014 | ,030 | ,006 | ,139 | ,067 | ,024 | ,602 | ,461 | ,975 | ,359 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,026 | ,609* | ,572* | -,690** | ,397 | ,517* | ,566* | -,127 | -,217 | -,014 | -,253 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,928 | ,016 | ,026 | ,004 | ,143 | ,048 | ,028 | ,651 | ,438 | ,960 | ,362 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,062 | -,335 | -,446 | ,210 | -,316 | -,239 | -,384 | ,202 | -,108 | ,007 | -,096 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,827 | ,222 | ,096 | ,452 | ,252 | ,391 | ,158 | ,469 | ,701 | ,980 | ,735 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,217 | ,332 | ,284 | -,468 | -,048 | ,324 | ,156 | ,229 | -,146 | ,243 | -,455 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,437 | ,227 | ,305 | ,079 | ,866 | ,238 | ,578 | ,412 | ,604 | ,382 | ,088 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,410 | ,258 | ,318 | -,517* | -,233 | ,247 | ,522* | ,114 | -,110 | -,045 | -,122 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,129 | ,354 | ,248 | ,048 | ,404 | ,374 | ,046 | ,686 | ,697 | ,874 | ,664 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | -,280 | ,139 | ,280 | -,143 | -,147 | -,124 | ,547* | ,062 | ,450 | ,504 | ,047 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,312 | ,622 | ,312 | ,611 | ,602 | ,660 | ,035 | ,827 | ,092 | ,056 | ,868 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,485 | ,267 | ,556* | -,768** | ,076 | ,807** | ,489 | ,297 | -,003 | ,008 | ,205 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,067 | ,336 | ,032 | ,001 | ,787 | ,000 | ,064 | ,283 | ,992 | ,977 | ,464 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,473 | ,482 | ,556* | -,220 | ,081 | -,110 | ,403 | ,194 | ,815** | ,896** | ,127 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,075 | ,069 | ,031 | ,431 | ,774 | ,695 | ,136 | ,488 | ,000 | ,000 | ,652 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | -,443 | ,196 | ,394 | ,092 | -,152 | -,332 | ,382 | ,363 | ,942** | ,835** | ,448 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|------|------|---------|-------|--------|------|--------|-------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,098 | ,485 | ,146 | ,745 | ,588 | ,227 | ,160 | ,184 | ,000 | ,000 | ,094 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | -,436 | ,004 | ,144 | ,105 | -,100 | -,009 | ,122 | ,666** | ,410 | ,125 | ,747** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,104 | ,990 | ,609 | ,711 | ,722 | ,973 | ,665 | ,007 | ,129 | ,658 | ,001 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | -,275 | ,325 | ,401 | -,837** | ,304 | ,990** | ,306 | ,037 | -,363 | -,227 | -,086 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,322 | ,238 | ,138 | ,000 | ,271 | ,000 | ,268 | ,895 | ,184 | ,416 | ,761 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,221 | ,166 | ,155 | -,798** | ,177 | ,921** | ,120 | -,159 | -,484 | -,259 | -,345 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|------|-------|-------|-------|------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,429 | ,554 | ,582 | ,000 | ,529 | ,000 | ,671 | ,572 | ,068 | ,351 | ,208 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,168 | -,105 | -,127 | ,225 | ,200 | ,166 | -,356 | ,342 | -,117 | -,228 | ,331 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,550 | ,710 | ,653 | ,419 | ,474 | ,553 | ,192 | ,212 | ,678 | ,413 | ,229 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,019 | ,584* | ,536* | -,497 | ,242 | ,126 | ,688** | -,232 | -,064 | -,011 | -,265 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,947 | ,022 | ,039 | ,060 | ,385 | ,654 | ,005 | ,405 | ,821 | ,969 | ,339 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li | Mn |
|------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-------|--------|---------|-------|---------|------------------|-------|-------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | ,070 | ,069 | ,292 | -,184 | -,552* | -,260 | ,004 | ,026 | -,062 | -,217 | -,410 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,805 | ,806 | ,291 | ,511 | ,033 | ,350 | ,988 | ,928 | ,827 | ,437 | ,129 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,333 | ,981** | ,005 | ,427 | ,310 | -,127 | ,619* | ,609* | -,335 | ,332 | ,258 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,225 | ,000 | ,986 | ,112 | ,261 | ,653 | ,014 | ,016 | ,222 | ,227 | ,354 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,283 | ,792** | ,003 | ,579* | ,505 | ,135 | ,560* | ,572* | -,446 | ,284 | ,318 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,307 | ,000 | ,990 | ,024 | ,055 | ,632 | ,030 | ,026 | ,096 | ,305 | ,248 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,066 | -,619* | ,427 | -,560* | -,779** | ,245 | -,674** | -,690** | ,210 | -,468 | -,517* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,815 | ,014 | ,113 | ,030 | ,001 | ,380 | ,006 | ,004 | ,452 | ,079 | ,048 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,373 | ,691** | ,343 | ,316 | ,007 | -,044 | ,401 | ,397 | -,316 | -,048 | -,233 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,171 | ,004 | ,211 | ,251 | ,982 | ,877 | ,139 | ,143 | ,252 | ,866 | ,404 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,182 | ,250 | -,180 | ,482 | ,754** | -,075 | ,485 | ,517* | -,239 | ,324 | ,247 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,517 | ,368 | ,522 | ,069 | ,001 | ,790 | ,067 | ,048 | ,391 | ,238 | ,374 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,032 | ,714** | -,232 | ,496 | ,461 | ,105 | ,579* | ,566* | -,384 | ,156 | ,522* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,910 | ,003 | ,405 | ,060 | ,084 | ,710 | ,024 | ,028 | ,158 | ,578 | ,046 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,253 | -,257 | ,187 | -,101 | ,228 | ,453 | -,147 | -,127 | ,202 | ,229 | ,114 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,362 | ,356 | ,505 | ,720 | ,414 | ,090 | ,602 | ,651 | ,469 | ,412 | ,686 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,203 | ,042 | ,187 | ,290 | ,069 | ,429 | -,206 | -,217 | -,108 | -,146 | -,110 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,469 | ,883 | ,504 | ,294 | ,807 | ,110 | ,461 | ,438 | ,701 | ,604 | ,697 |
| NO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,233 | ,173 | -,062 | ,472 | ,259 | -,036 | -,009 | -,014 | ,007 | ,243 | -,045 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,403 | ,537 | ,826 | ,075 | ,351 | ,899 | ,975 | ,960 | ,980 | ,382 | ,874 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,095 | -,327 | ,443 | -,132 | -,078 | ,962** | -,255 | -,253 | -,096 | -,455 | -,122 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,735 | ,234 | ,098 | ,640 | ,782 | ,000 | ,359 | ,362 | ,735 | ,088 | ,664 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,355 | ,564* | ,404 | ,127 | -,016 | ,183 | ,183 | -,056 | ,409 | -,390 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,195 | ,029 | ,135 | ,653 | ,954 | ,514 | ,515 | ,844 | ,131 | ,151 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,355 | 1 | ,014 | ,367 | ,231 | -,263 | ,605* | ,595* | -,296 | ,363 | ,192 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,195 | | ,962 | ,179 | ,408 | ,344 | ,017 | ,019 | ,285 | ,183 | ,492 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,564* | ,014 | 1 | -,107 | -,384 | ,359 | -,312 | -,314 | -,174 | -,156 | -,787** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,029 | ,962 | | ,704 | ,157 | ,188 | ,257 | ,254 | ,536 | ,578 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,404 | ,367 | -,107 | 1 | ,706** | -,137 | ,364 | ,369 | -,390 | ,343 | ,113 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li | Mn |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|------------------|-------|--------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,135 | ,179 | ,704 | | ,003 | ,627 | ,182 | ,176 | ,151 | ,211 | ,688 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,127 | ,231 | -,384 | ,706** | 1 | -,121 | ,291 | ,305 | -,304 | ,420 | ,500 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,653 | ,408 | ,157 | ,003 | | ,667 | ,293 | ,269 | ,271 | ,119 | ,058 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,016 | -,263 | ,359 | -,137 | -,121 | 1 | -,167 | -,172 | -,147 | -,580* | -,035 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,954 | ,344 | ,188 | ,627 | ,667 | | ,551 | ,540 | ,602 | ,023 | ,901 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,183 | ,605* | -,312 | ,364 | ,291 | -,167 | 1 | ,994** | -,170 | ,497 | ,413 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,514 | ,017 | ,257 | ,182 | ,293 | ,551 | | ,000 | ,545 | ,060 | ,126 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,183 | ,595* | -,314 | ,369 | ,305 | -,172 | ,994** | 1 | -,156 | ,510 | ,409 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,515 | ,019 | ,254 | ,176 | ,269 | ,540 | ,000 | | ,578 | ,052 | ,130 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,056 | -,296 | -,174 | -,390 | -,304 | -,147 | -,170 | -,156 | 1 | ,099 | -,093 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,844 | ,285 | ,536 | ,151 | ,271 | ,602 | ,545 | ,578 | | ,726 | ,743 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,409 | ,363 | -,156 | ,343 | ,420 | -,580* | ,497 | ,510 | ,099 | 1 | ,200 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,131 | ,183 | ,578 | ,211 | ,119 | ,023 | ,060 | ,052 | ,726 | | ,475 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,390 | ,192 | -,787** | ,113 | ,500 | -,035 | ,413 | ,409 | -,093 | ,200 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,151 | ,492 | ,000 | ,688 | ,058 | ,901 | ,126 | ,130 | ,743 | ,475 | |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | -,249 | ,019 | -,412 | ,476 | ,394 | ,072 | ,038 | ,004 | -,103 | -,064 | ,450 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,370 | ,946 | ,127 | ,073 | ,146 | ,798 | ,894 | ,988 | ,714 | ,821 | ,092 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,060 | ,160 | -,320 | ,459 | ,836** | ,216 | ,334 | ,377 | -,267 | ,196 | ,531* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,833 | ,570 | ,246 | ,085 | ,000 | ,439 | ,224 | ,166 | ,336 | ,485 | ,042 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,262 | ,417 | -,032 | ,409 | ,264 | ,033 | ,182 | ,160 | -,131 | ,249 | ,030 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,345 | ,122 | ,911 | ,130 | ,342 | ,906 | ,516 | ,568 | ,641 | ,371 | ,914 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,074 | ,066 | -,012 | ,352 | ,207 | ,380 | -,176 | -,199 | -,126 | -,154 | ,117 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,793 | ,815 | ,967 | ,198 | ,460 | ,163 | ,530 | ,478 | ,655 | ,584 | ,679 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,299 | -,114 | ,252 | -,049 | ,125 | ,713** | -,171 | -,198 | ,175 | -,255 | ,074 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,278 | ,686 | ,364 | ,863 | ,657 | ,003 | ,541 | ,480 | ,533 | ,360 | ,794 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | ,225 | ,302 | -,157 | ,492 | ,739** | -,062 | ,545* | ,568* | -,251 | ,370 | ,266 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,420 | ,274 | ,577 | ,063 | ,002 | ,826 | ,036 | ,027 | ,367 | ,175 | ,338 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,010 | ,192 | -,413 | ,366 | ,684** | -,316 | ,441 | ,465 | -,106 | ,313 | ,322 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li | Mn |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|------|---------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,973 | ,493 | ,126 | ,179 | ,005 | ,251 | ,100 | ,081 | ,708 | ,255 | ,241 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,689** | -,083 | ,840** | -,056 | -,144 | ,221 | -,147 | -,145 | ,009 | ,097 | -,662** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | ,770 | ,000 | ,844 | ,609 | ,429 | ,602 | ,607 | ,976 | ,730 | ,007 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,160 | ,555* | -,456 | ,339 | ,271 | -,127 | ,423 | ,439 | -,137 | ,131 | ,666** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,569 | ,032 | ,088 | ,216 | ,328 | ,653 | ,116 | ,102 | ,626 | ,641 | ,007 |

| | | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|------------------|---|-------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|-------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,280 | -,485 | -,473 | -,443 | -,436 | -,275 | -,221 | ,168 | ,019 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,312 | ,067 | ,075 | ,098 | ,104 | ,322 | ,429 | ,550 | ,947 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,139 | ,267 | ,482 | ,196 | ,004 | ,325 | ,166 | -,105 | ,584* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,622 | ,336 | ,069 | ,485 | ,990 | ,238 | ,554 | ,710 | ,022 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,280 | ,556* | ,556* | ,394 | ,144 | ,401 | ,155 | -,127 | ,536* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,312 | ,032 | ,031 | ,146 | ,609 | ,138 | ,582 | ,653 | ,039 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,143 | -,768** | -,220 | ,092 | ,105 | -,837** | -,798** | ,225 | -,497 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,611 | ,001 | ,431 | ,745 | ,711 | ,000 | ,000 | ,419 | ,060 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,147 | ,076 | ,081 | -,152 | -,100 | ,304 | ,177 | ,200 | ,242 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,602 | ,787 | ,774 | ,588 | ,722 | ,271 | ,529 | ,474 | ,385 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,124 | ,807** | -,110 | -,332 | -,009 | ,990** | ,921** | ,166 | ,126 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,660 | ,000 | ,695 | ,227 | ,973 | ,000 | ,000 | ,553 | ,654 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,547* | ,489 | ,403 | ,382 | ,122 | ,306 | ,120 | -,356 | ,688** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,035 | ,064 | ,136 | ,160 | ,665 | ,268 | ,671 | ,192 | ,005 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,062 | ,297 | ,194 | ,363 | ,666** | ,037 | -,159 | ,342 | -,232 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,827 | ,283 | ,488 | ,184 | ,007 | ,895 | ,572 | ,212 | ,405 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,450 | -,003 | ,815** | ,942** | ,410 | -,363 | -,484 | -,117 | -,064 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------------------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,092 | ,992 | ,000 | ,000 | ,129 | ,184 | ,068 | ,678 | ,821 |
| NO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,504 | ,008 | ,896** | ,835** | ,125 | -,227 | -,259 | -,228 | -,011 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,056 | ,977 | ,000 | ,000 | ,658 | ,416 | ,351 | ,413 | ,969 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,047 | ,205 | ,127 | ,448 | ,747** | -,086 | -,345 | ,331 | -,265 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,868 | ,464 | ,652 | ,094 | ,001 | ,761 | ,208 | ,229 | ,339 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,249 | -,060 | ,262 | ,074 | ,299 | ,225 | ,010 | ,689** | -,160 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,370 | ,833 | ,345 | ,793 | ,278 | ,420 | ,973 | ,005 | ,569 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,019 | ,160 | ,417 | ,066 | -,114 | ,302 | ,192 | -,083 | ,555 [†] |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,946 | ,570 | ,122 | ,815 | ,686 | ,274 | ,493 | ,770 | ,032 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,412 | -,320 | -,032 | -,012 | ,252 | -,157 | -,413 | ,840** | -,456 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,127 | ,246 | ,911 | ,967 | ,364 | ,577 | ,126 | ,000 | ,088 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,476 | ,459 | ,409 | ,352 | -,049 | ,492 | ,366 | -,056 | ,339 |

| | | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|----|---|------|--------|------|------|--------|--------|--------|-------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,073 | ,085 | ,130 | ,198 | ,863 | ,063 | ,179 | ,844 | ,216 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,394 | ,836** | ,264 | ,207 | ,125 | ,739** | ,684** | -,144 | ,271 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,146 | ,000 | ,342 | ,460 | ,657 | ,002 | ,005 | ,609 | ,328 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,072 | ,216 | ,033 | ,380 | ,713** | -,062 | -,316 | ,221 | -,127 |

| | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,798 | ,439 | ,906 | ,163 | ,003 | ,826 | ,251 | ,429 | ,653 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,038 | ,334 | ,182 | -,176 | -,171 | ,545* | ,441 | -,147 | ,423 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,894 | ,224 | ,516 | ,530 | ,541 | ,036 | ,100 | ,602 | ,116 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,004 | ,377 | ,160 | -,199 | -,198 | ,568* | ,465 | -,145 | ,439 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,988 | ,166 | ,568 | ,478 | ,480 | ,027 | ,081 | ,607 | ,102 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,103 | -,267 | -,131 | -,126 | ,175 | -,251 | -,106 | ,009 | -,137 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,714 | ,336 | ,641 | ,655 | ,533 | ,367 | ,708 | ,976 | ,626 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,064 | ,196 | ,249 | -,154 | -,255 | ,370 | ,313 | ,097 | ,131 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,821 | ,485 | ,371 | ,584 | ,360 | ,175 | ,255 | ,730 | ,641 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,450 | ,531* | ,030 | ,117 | ,074 | ,266 | ,322 | -,662** | ,666** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,092 | ,042 | ,914 | ,679 | ,794 | ,338 | ,241 | ,007 | ,007 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,188 | ,346 | ,690** | ,198 | -,131 | -,135 | -,511 | ,427 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,503 | ,207 | ,004 | ,479 | ,643 | ,633 | ,052 | ,112 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,188 | 1 | ,086 | ,072 | ,199 | ,782** | ,665** | -,138 | ,313 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,503 | | ,761 | ,798 | ,477 | ,001 | ,007 | ,623 | ,257 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,346 | ,086 | 1 | ,768** | ,159 | -,097 | -,169 | -,236 | ,013 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,207 | ,761 | | ,001 | ,571 | ,732 | ,548 | ,396 | ,963 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,690** | ,072 | ,768** | 1 | ,461 | -,341 | -,440 | -,276 | ,104 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,004 | ,798 | ,001 | | ,084 | ,213 | ,101 | ,319 | ,713 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,198 | ,199 | ,159 | ,461 | 1 | ,009 | -,207 | ,331 | -,146 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,479 | ,477 | ,571 | ,084 | | ,974 | ,460 | ,228 | ,602 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | -,131 | ,782** | -,097 | -,341 | ,009 | 1 | ,903** | ,193 | ,160 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,643 | ,001 | ,732 | ,213 | ,974 | | ,000 | ,491 | ,570 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,135 | ,665** | -,169 | -,440 | -,207 | ,903** | 1 | -,040 | ,149 |

| | | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|----|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|--------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,633 | ,007 | ,548 | ,101 | ,460 | ,000 | | ,887 | ,596 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,511 | -,138 | -,236 | -,276 | ,331 | ,193 | -,040 | 1 | -,533* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,052 | ,623 | ,396 | ,319 | ,228 | ,491 | ,887 | | ,041 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,427 | ,313 | ,013 | ,104 | -,146 | ,160 | ,149 | -,533* | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,112 | ,257 | ,963 | ,713 | ,602 | ,570 | ,596 | ,041 | |

**68 δείγματα της περιοχής
Λουτρακίου-Σχίνου-Γερανείων
Ορέων**

**(20 δείγματα Λουτρακίου-33
δείγματα Σχίνου-15 δείγματα
πηγών Γερανείων Ορέων)**

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ |
|------------------|---|---------|---------|---------|---------|--------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,643** | -,627** | ,504** | ,382** | -,658** | -,578** | -,537** | ,021 | -,506** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,000 | ,000 | ,000 | ,001 | ,000 | ,000 | ,000 | ,865 | ,000 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,643** | 1 | ,965** | -,422** | -,027 | ,709** | ,882** | ,866** | ,130 | ,458** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | | ,000 | ,000 | ,826 | ,000 | ,000 | ,000 | ,289 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,627** | ,965** | 1 | -,338** | -,014 | ,664** | ,857** | ,880** | ,253* | ,410** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | | ,005 | ,907 | ,000 | ,000 | ,000 | ,037 | ,001 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,504** | -,422** | -,338** | 1 | ,020 | -,631** | -,268* | -,274* | ,164 | -,530** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,005 | | ,869 | ,000 | ,027 | ,024 | ,180 | ,000 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,382** | -,027 | -,014 | ,020 | 1 | -,167 | -,097 | -,017 | -,005 | -,270* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,826 | ,907 | ,869 | | ,174 | ,431 | ,888 | ,966 | ,026 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,658** | ,709** | ,664** | -,631** | -,167 | 1 | ,620** | ,473** | -,035 | ,531** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,174 | | ,000 | ,000 | ,779 | ,000 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,578** | ,882** | ,857** | -,268* | -,097 | ,620** | 1 | ,606** | ,072 | ,393** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,027 | ,431 | ,000 | | ,000 | ,562 | ,001 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,537** | ,866** | ,880** | -,274* | -,017 | ,473** | ,606** | 1 | ,222 | ,246* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,024 | ,888 | ,000 | ,000 | | ,069 | ,043 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,021 | ,130 | ,253* | ,164 | -,005 | -,035 | ,072 | ,222 | 1 | -,061 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,865 | ,289 | ,037 | ,180 | ,966 | ,779 | ,562 | ,069 | | ,622 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,506** | ,458** | ,410** | -,530** | -,270* | ,531** | ,393** | ,246* | -,061 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,001 | ,000 | ,026 | ,000 | ,001 | ,043 | ,622 | |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,605** | ,941** | ,945** | -,349** | -,049 | ,645** | ,763** | ,946** | ,180 | ,314** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,004 | ,691 | ,000 | ,000 | ,000 | ,142 | ,009 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,585** | ,830** | ,797** | -,399** | -,043 | ,797** | ,779** | ,648** | ,002 | ,237 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,001 | ,728 | ,000 | ,000 | ,000 | ,989 | ,052 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,321** | ,638** | ,529** | -,320** | ,136 | ,370** | ,670** | ,307* | ,003 | ,478** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,008 | ,000 | ,000 | ,008 | ,268 | ,002 | ,000 | ,011 | ,984 | ,000 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,515** | ,674** | ,725** | -,272* | ,084 | ,560** | ,499** | ,704** | ,318** | ,153 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,025 | ,497 | ,000 | ,000 | ,000 | ,008 | ,214 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,625** | ,751** | ,738** | -,479** | -,024 | ,859** | ,661** | ,578** | ,099 | ,319** |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ |
|----|---|---------|--------|--------|---------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,848 | ,000 | ,000 | ,000 | ,423 | ,008 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | -,418** | ,413** | ,415** | -,289* | ,037 | ,558** | ,354** | ,307* | ,126 | ,015 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,017 | ,762 | ,000 | ,003 | ,011 | ,307 | ,905 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,603** | ,930** | ,937** | -,335** | -,074 | ,625** | ,742** | ,957** | ,203 | ,312** |

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,005 | ,547 | ,000 | ,000 | ,000 | ,097 | ,010 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,378** | ,237 | ,235 | -,443** | -,297* | ,509** | ,256* | ,111 | -,081 | ,519** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,052 | ,054 | ,000 | ,014 | ,000 | ,035 | ,366 | ,509 | ,000 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,375** | ,234 | ,232 | -,441** | -,305* | ,498** | ,253* | ,115 | -,081 | ,498** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,055 | ,057 | ,000 | ,011 | ,000 | ,038 | ,349 | ,513 | ,000 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,225 | ,301* | ,287* | -,110 | -,231 | ,085 | ,227 | ,371** | ,012 | ,146 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,065 | ,013 | ,018 | ,371 | ,058 | ,491 | ,063 | ,002 | ,921 | ,233 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,426** | ,316** | ,331** | -,370** | -,105 | ,489** | ,155 | ,320** | ,190 | ,146 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,009 | ,006 | ,002 | ,394 | ,000 | ,208 | ,008 | ,121 | ,234 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,383** | ,574** | ,545** | -,239* | ,170 | ,603** | ,606** | ,364** | -,023 | -,025 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,000 | ,000 | ,049 | ,167 | ,000 | ,000 | ,002 | ,853 | ,838 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | -,195 | ,122 | ,125 | -,140 | ,010 | ,245* | ,036 | ,114 | ,178 | ,014 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,111 | ,322 | ,310 | ,254 | ,933 | ,044 | ,771 | ,355 | ,147 | ,910 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,515** | ,659** | ,634** | -,402** | -,187 | ,548** | ,647** | ,547** | -,003 | ,267* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,001 | ,126 | ,000 | ,000 | ,000 | ,981 | ,027 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,515** | ,521** | ,452** | -,621** | -,255* | ,760** | ,345** | ,393** | -,080 | ,587** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,036 | ,000 | ,004 | ,001 | ,518 | ,000 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | -,196 | ,076 | ,151 | ,141 | -,133 | ,010 | ,093 | ,129 | ,624** | -,090 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|---------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,108 | ,536 | ,220 | ,252 | ,280 | ,937 | ,453 | ,296 | ,000 | ,464 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | -,684** | ,929** | ,935** | -,412** | -,096 | ,720** | ,765** | ,897** | ,193 | ,463** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,437 | ,000 | ,000 | ,000 | ,115 | ,000 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | -,494** | ,372** | ,360** | -,685** | -,138 | ,540** | ,177 | ,290* | ,199 | ,691** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,002 | ,003 | ,000 | ,262 | ,000 | ,149 | ,017 | ,104 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,185 | ,033 | ,042 | -,115 | -,048 | ,177 | -,032 | ,027 | ,182 | -,029 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca2+ | Mg2+ | Na+ | K+ | NO3- |
|----|---|---------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,132 | ,788 | ,732 | ,351 | ,695 | ,148 | ,799 | ,826 | ,137 | ,814 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,595** | ,825** | ,871** | -,380** | ,069 | ,672** | ,643** | ,826** | ,289* | ,363** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,001 | ,574 | ,000 | ,000 | ,000 | ,017 | ,002 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,243* | ,353** | ,300* | -,219 | -,137 | ,171 | ,319** | ,271* | -,052 | ,342** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,046 | ,003 | ,013 | ,072 | ,265 | ,164 | ,008 | ,026 | ,674 | ,004 |

| | | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu |
|------------------|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,605** | -,585** | -,321** | -,515** | -,625** | -,418** | -,603** | -,378** | -,375** | -,225 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,008 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,002 | ,002 | ,065 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,941** | ,830** | ,638** | ,674** | ,751** | ,413** | ,930** | ,237 | ,234 | ,301* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,052 | ,055 | ,013 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,945** | ,797** | ,529** | ,725** | ,738** | ,415** | ,937** | ,235 | ,232 | ,287* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,054 | ,057 | ,018 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,349** | -,399** | -,320** | -,272* | -,479** | -,289* | -,335** | -,443** | -,441** | -,110 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,004 | ,001 | ,008 | ,025 | ,000 | ,017 | ,005 | ,000 | ,000 | ,371 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,049 | -,043 | ,136 | ,084 | -,024 | ,037 | -,074 | -,297* | -,305* | -,231 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,691 | ,728 | ,268 | ,497 | ,848 | ,762 | ,547 | ,014 | ,011 | ,058 |
| Ca ₂₊ | Συσχέτιση Pearson | ,645** | ,797** | ,370** | ,560** | ,859** | ,558** | ,625** | ,509** | ,498** | ,085 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,002 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,491 |
| Mg ₂₊ | Συσχέτιση Pearson | ,763** | ,779** | ,670** | ,499** | ,661** | ,354** | ,742** | ,256* | ,253* | ,227 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,003 | ,000 | ,035 | ,038 | ,063 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,946** | ,648** | ,307* | ,704** | ,578** | ,307* | ,957** | ,111 | ,115 | ,371** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,011 | ,000 | ,000 | ,011 | ,000 | ,366 | ,349 | ,002 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,180 | ,002 | ,003 | ,318** | ,099 | ,126 | ,203 | -,081 | -,081 | ,012 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,142 | ,989 | ,984 | ,008 | ,423 | ,307 | ,097 | ,509 | ,513 | ,921 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | ,314** | ,237 | ,478** | ,153 | ,319** | ,015 | ,312** | ,519** | ,498** | ,146 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,009 | ,052 | ,000 | ,214 | ,008 | ,905 | ,010 | ,000 | ,000 | ,233 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,810** | ,357** | ,747** | ,735** | ,442** | ,996** | ,170 | ,172 | ,388** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,000 | ,003 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,165 | ,160 | ,001 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,810** | 1 | ,358** | ,610** | ,879** | ,590** | ,777** | ,240* | ,242* | ,242* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | | ,003 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,049 | ,047 | ,047 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,357** | ,358** | 1 | ,186 | ,314** | ,087 | ,340** | ,128 | ,116 | -,019 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,003 | ,003 | | ,129 | ,009 | ,481 | ,005 | ,299 | ,348 | ,878 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,747** | ,610** | ,186 | 1 | ,795** | ,805** | ,754** | ,067 | ,065 | ,127 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,129 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,586 | ,598 | ,302 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,735** | ,879** | ,314** | ,795** | 1 | ,799** | ,717** | ,287* | ,282* | ,114 |

| | | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu |
|----|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|------|------------------|--------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,009 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,018 | ,020 | ,353 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,442** | ,590** | ,087 | ,805** | ,799** | 1 | ,430** | ,020 | ,021 | ,043 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,481 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,873 | ,863 | ,727 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,996** | ,777** | ,340** | ,754** | ,717** | ,430** | 1 | ,182 | ,184 | ,388** |

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,005 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,137 | ,133 | ,001 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,170 | ,240* | ,128 | ,067 | ,287* | ,020 | ,182 | 1 | ,997** | -,021 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,165 | ,049 | ,299 | ,586 | ,018 | ,873 | ,137 | | ,000 | ,863 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,172 | ,242* | ,116 | ,065 | ,282* | ,021 | ,184 | ,997** | 1 | -,017 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,160 | ,047 | ,348 | ,598 | ,020 | ,863 | ,133 | ,000 | | ,893 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | ,388** | ,242* | -,019 | ,127 | ,114 | ,043 | ,388** | -,021 | -,017 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,047 | ,878 | ,302 | ,353 | ,727 | ,001 | ,863 | ,893 | |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,383** | ,342** | -,008 | ,777** | ,658** | ,856** | ,394** | ,102 | ,101 | ,133 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,004 | ,946 | ,000 | ,000 | ,000 | ,001 | ,407 | ,413 | ,281 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,548** | ,849** | ,253* | ,486** | ,769** | ,595** | ,498** | -,034 | -,031 | ,011 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,037 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,780 | ,801 | ,927 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | ,157 | ,154 | -,015 | ,625** | ,464** | ,813** | ,172 | -,022 | -,027 | ,018 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,201 | ,211 | ,906 | ,000 | ,000 | ,000 | ,160 | ,861 | ,828 | ,885 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,637** | ,577** | ,362** | ,450** | ,542** | ,422** | ,629** | ,372** | ,381** | ,362** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,002 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,002 | ,001 | ,002 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,465** | ,492** | ,305* | ,335** | ,575** | ,250* | ,464** | ,433** | ,425** | ,034 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,011 | ,005 | ,000 | ,040 | ,000 | ,000 | ,000 | ,782 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,129 | ,059 | -,082 | ,420** | ,257* | ,429** | ,151 | -,125 | -,124 | ,048 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,295 | ,631 | ,506 | ,000 | ,034 | ,000 | ,218 | ,309 | ,314 | ,698 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,954** | ,782** | ,390** | ,759** | ,766** | ,435** | ,959** | ,379** | ,376** | ,325** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,001 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,001 | ,002 | ,007 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | ,297* | ,185 | ,319** | ,321** | ,368** | ,200 | ,303* | ,437** | ,432** | ,093 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,014 | ,132 | ,008 | ,008 | ,002 | ,102 | ,012 | ,000 | ,000 | ,451 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,067 | ,079 | -,056 | ,583** | ,380** | ,799** | ,082 | -,043 | -,044 | -,012 |

| | | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu |
|----|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|------------------|--------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,587 | ,520 | ,649 | ,000 | ,001 | ,000 | ,508 | ,726 | ,720 | ,920 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,866** | ,702** | ,310* | ,851** | ,762** | ,487** | ,867** | ,252* | ,248* | ,140 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,010 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,038 | ,041 | ,253 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,320** | ,185 | ,299* | ,028 | ,067 | -,018 | ,300* | ,024 | ,032 | ,453** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,008 | ,132 | ,013 | ,823 | ,589 | ,887 | ,013 | ,846 | ,796 | ,000 |

| | | Li | Mn | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|------------------|---|---------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,426** | -,383** | -,195 | -,515** | -,515** | -,196 | -,684** | -,494** | -,185 | -,595** | -,243* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,001 | ,111 | ,000 | ,000 | ,108 | ,000 | ,000 | ,132 | ,000 | ,046 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,316** | ,574** | ,122 | ,659** | ,521** | ,076 | ,929** | ,372** | ,033 | ,825** | ,353** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,009 | ,000 | ,322 | ,000 | ,000 | ,536 | ,000 | ,002 | ,788 | ,000 | ,003 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,331** | ,545** | ,125 | ,634** | ,452** | ,151 | ,935** | ,360** | ,042 | ,871** | ,300* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,006 | ,000 | ,310 | ,000 | ,000 | ,220 | ,000 | ,003 | ,732 | ,000 | ,013 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,370** | -,239* | -,140 | -,402** | -,621** | ,141 | -,412** | -,685** | -,115 | -,380** | -,219 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,049 | ,254 | ,001 | ,000 | ,252 | ,000 | ,000 | ,351 | ,001 | ,072 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,105 | ,170 | ,010 | -,187 | -,255* | -,133 | -,096 | -,138 | -,048 | ,069 | -,137 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,394 | ,167 | ,933 | ,126 | ,036 | ,280 | ,437 | ,262 | ,695 | ,574 | ,265 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,489** | ,603** | ,245* | ,548** | ,760** | ,010 | ,720** | ,540** | ,177 | ,672** | ,171 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,044 | ,000 | ,000 | ,937 | ,000 | ,000 | ,148 | ,000 | ,164 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,155 | ,606** | ,036 | ,647** | ,345** | ,093 | ,765** | ,177 | -,032 | ,643** | ,319** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,208 | ,000 | ,771 | ,000 | ,004 | ,453 | ,000 | ,149 | ,799 | ,000 | ,008 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,320** | ,364** | ,114 | ,547** | ,393** | ,129 | ,897** | ,290* | ,027 | ,826** | ,271* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,008 | ,002 | ,355 | ,000 | ,001 | ,296 | ,000 | ,017 | ,826 | ,000 | ,026 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,190 | -,023 | ,178 | -,003 | -,080 | ,624** | ,193 | ,199 | ,182 | ,289* | -,052 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,121 | ,853 | ,147 | ,981 | ,518 | ,000 | ,115 | ,104 | ,137 | ,017 | ,674 |
| NO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,146 | -,025 | ,014 | ,267* | ,587** | -,090 | ,463** | ,691** | -,029 | ,363** | ,342** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,234 | ,838 | ,910 | ,027 | ,000 | ,464 | ,000 | ,000 | ,814 | ,002 | ,004 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,383** | ,548** | ,157 | ,637** | ,465** | ,129 | ,954** | ,297* | ,067 | ,866** | ,320** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,000 | ,201 | ,000 | ,000 | ,295 | ,000 | ,014 | ,587 | ,000 | ,008 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,342** | ,849** | ,154 | ,577** | ,492** | ,059 | ,782** | ,185 | ,079 | ,702** | ,185 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,004 | ,000 | ,211 | ,000 | ,000 | ,631 | ,000 | ,132 | ,520 | ,000 | ,132 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,008 | ,253* | -,015 | ,362** | ,305* | -,082 | ,390** | ,319** | -,056 | ,310* | ,299* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,946 | ,037 | ,906 | ,002 | ,011 | ,506 | ,001 | ,008 | ,649 | ,010 | ,013 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,777** | ,486** | ,625** | ,450** | ,335** | ,420** | ,759** | ,321** | ,583** | ,851** | ,028 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,005 | ,000 | ,000 | ,008 | ,000 | ,000 | ,823 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,658** | ,769** | ,464** | ,542** | ,575** | ,257* | ,766** | ,368** | ,380** | ,762** | ,067 |

| | | Li | Mn | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,034 | ,000 | ,002 | ,001 | ,000 | ,589 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,856** | ,595** | ,813** | ,422** | ,250* | ,429** | ,435** | ,200 | ,799** | ,487** | -,018 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,040 | ,000 | ,000 | ,102 | ,000 | ,000 | ,887 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,394** | ,498** | ,172 | ,629** | ,464** | ,151 | ,959** | ,303* | ,082 | ,867** | ,300* |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,000 | ,160 | ,000 | ,000 | ,218 | ,000 | ,012 | ,508 | ,000 | ,013 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,102 | -,034 | -,022 | ,372** | ,433** | -,125 | ,379** | ,437** | -,043 | ,252* | ,024 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,407 | ,780 | ,861 | ,002 | ,000 | ,309 | ,001 | ,000 | ,726 | ,038 | ,846 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,101 | -,031 | -,027 | ,381** | ,425** | -,124 | ,376** | ,432** | -,044 | ,248* | ,032 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,413 | ,801 | ,828 | ,001 | ,000 | ,314 | ,002 | ,000 | ,720 | ,041 | ,796 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | ,133 | ,011 | ,018 | ,362** | ,034 | ,048 | ,325** | ,093 | -,012 | ,140 | ,453** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,281 | ,927 | ,885 | ,002 | ,782 | ,698 | ,007 | ,451 | ,920 | ,253 | ,000 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,238 | ,842** | ,392** | ,371** | ,492** | ,415** | ,416** | ,832** | ,451** | ,075 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,051 | ,000 | ,001 | ,002 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,541 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,238 | 1 | ,114 | ,339** | ,240* | ,095 | ,484** | -,035 | ,059 | ,519** | -,009 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,051 | | ,356 | ,005 | ,048 | ,441 | ,000 | ,776 | ,634 | ,000 | ,939 |
| Mo | Συσχέτιση Pearson | ,842** | ,114 | 1 | ,322** | ,130 | ,493** | ,173 | ,219 | ,968** | ,179 | -,008 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,356 | | ,007 | ,290 | ,000 | ,157 | ,073 | ,000 | ,143 | ,945 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,392** | ,339** | ,322** | 1 | ,317** | ,093 | ,619** | ,324** | ,237 | ,404** | ,393** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,005 | ,007 | | ,008 | ,451 | ,000 | ,007 | ,052 | ,001 | ,001 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,371** | ,240* | ,130 | ,317** | 1 | ,019 | ,543** | ,544** | ,057 | ,479** | ,206 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,048 | ,290 | ,008 | | ,876 | ,000 | ,000 | ,642 | ,000 | ,092 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,492** | ,095 | ,493** | ,093 | ,019 | 1 | ,158 | ,020 | ,473** | ,196 | -,037 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,441 | ,000 | ,451 | ,876 | | ,198 | ,869 | ,000 | ,110 | ,762 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,415** | ,484** | ,173 | ,619** | ,543** | ,158 | 1 | ,420** | ,085 | ,914** | ,257* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,157 | ,000 | ,000 | ,198 | | ,000 | ,493 | ,000 | ,034 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | ,416** | -,035 | ,219 | ,324** | ,544** | ,020 | ,420** | 1 | ,213 | ,414** | ,267* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,776 | ,073 | ,007 | ,000 | ,869 | ,000 | | ,081 | ,000 | ,028 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,832** | ,059 | ,968** | ,237 | ,057 | ,473** | ,085 | ,213 | 1 | ,118 | -,032 |

| | | Li | Mn | Mo | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | V | Zn |
|----|---|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|------|------|
| Sr | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,634 | ,000 | ,052 | ,642 | ,000 | ,493 | ,081 | | ,340 | ,796 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,451** | ,519** | ,179 | ,404** | ,479** | ,196 | ,914** | ,414** | ,118 | 1 | ,071 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,143 | ,001 | ,000 | ,110 | ,000 | ,000 | ,340 | | ,565 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,075 | -,009 | -,008 | ,393** | ,206 | -,037 | ,257* | ,267* | -,032 | ,071 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,541 | ,939 | ,945 | ,001 | ,092 | ,762 | ,034 | ,028 | ,796 | ,565 | |

**34 δείγματα της λεκάνης
Ψαχνών-Πολιτικών, Κεντρικής
Ευβοίας
(και 31 δείγματα των εργασιών
Remoundaki et al., 2016 και
Chiou, 2015)**

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|------------------|---|-------|--------|--------|---------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,014 | ,001 | ,167 | -,158 | -,044 | -,011 | ,033 | -,026 | -,080 | ,048 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,938 | ,994 | ,345 | ,373 | ,804 | ,952 | ,855 | ,883 | ,653 | ,790 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,014 | 1 | ,952** | -,149 | ,295 | ,712** | ,781** | ,816** | ,296* | ,482** | ,802** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,938 | | ,000 | ,236 | ,090 | ,000 | ,000 | ,000 | ,017 | ,000 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,001 | ,952** | 1 | -,095 | ,273 | ,725** | ,821** | ,871** | ,316* | ,473** | ,874** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,994 | ,000 | | ,449 | ,119 | ,000 | ,000 | ,000 | ,010 | ,000 | ,000 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,167 | -,149 | -,095 | 1 | -,279 | -,426** | -,040 | ,047 | ,049 | -,136 | ,085 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,345 | ,236 | ,449 | | ,110 | ,000 | ,752 | ,713 | ,701 | ,280 | ,500 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,158 | ,295 | ,273 | -,279 | 1 | ,325 | ,243 | ,216 | ,123 | ,317 | ,231 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,373 | ,090 | ,119 | ,110 | | ,060 | ,167 | ,221 | ,490 | ,068 | ,189 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,044 | ,712** | ,725** | -,426** | ,325 | 1 | ,464** | ,624** | ,052 | ,366** | ,636** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,804 | ,000 | ,000 | ,000 | ,060 | | ,000 | ,000 | ,682 | ,003 | ,000 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,011 | ,781** | ,821** | -,040 | ,243 | ,464** | 1 | ,508** | ,212 | ,658** | ,544** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,952 | ,000 | ,000 | ,752 | ,167 | ,000 | | ,000 | ,089 | ,000 | ,000 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,033 | ,816** | ,871** | ,047 | ,216 | ,624** | ,508** | 1 | ,236 | ,080 | ,969** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,855 | ,000 | ,000 | ,713 | ,221 | ,000 | ,000 | | ,059 | ,526 | ,000 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,026 | ,296* | ,316* | ,049 | ,123 | ,052 | ,212 | ,236 | 1 | ,350** | ,269* |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,883 | ,017 | ,010 | ,701 | ,490 | ,682 | ,089 | ,059 | | ,004 | ,030 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,080 | ,482** | ,473** | -,136 | ,317 | ,366** | ,658** | ,080 | ,350** | 1 | ,109 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,653 | ,000 | ,000 | ,280 | ,068 | ,003 | ,000 | ,526 | ,004 | | ,388 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,048 | ,802** | ,874** | ,085 | ,231 | ,636** | ,544** | ,969** | ,269* | ,109 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,790 | ,000 | ,000 | ,500 | ,189 | ,000 | ,000 | ,000 | ,030 | ,388 | |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,147 | ,700** | ,670** | -,061 | ,161 | ,448** | ,612** | ,458** | ,175 | ,513** | ,420** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,407 | ,000 | ,000 | ,632 | ,363 | ,000 | ,000 | ,000 | ,163 | ,000 | ,001 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,168 | ,248* | -,002 | -,295* | ,007 | -,020 | ,026 | -,039 | -,093 | -,157 | -,119 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,343 | ,047 | ,986 | ,017 | ,967 | ,873 | ,840 | ,756 | ,463 | ,211 | ,347 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,018 | ,675** | ,769** | -,287 | ,263 | ,487** | ,672** | ,791** | ,703** | ,529** | ,880** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,922 | ,000 | ,000 | ,105 | ,140 | ,004 | ,000 | ,000 | ,000 | ,002 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,002 | ,667** | ,670** | -,462** | -,111 | ,580** | ,612** | ,711** | ,300 | ,313 | ,358* |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|-------|--------|--------|---------|------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,993 | ,000 | ,000 | ,007 | ,538 | ,000 | ,000 | ,000 | ,090 | ,076 | ,041 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,038 | ,606** | ,572** | -,465** | ,165 | ,590** | ,646** | ,339 | ,730** | ,687** | ,393* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,832 | ,000 | ,000 | ,006 | ,351 | ,000 | ,000 | ,050 | ,000 | ,000 | ,021 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,002 | ,796** | ,855** | -,360* | ,163 | ,563** | ,770** | ,812** | ,792** | ,691** | ,933** |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,989 | ,000 | ,000 | ,040 | ,365 | ,001 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,146 | ,382** | ,390** | ,140 | ,038 | ,258* | ,528** | ,161 | ,285* | ,653** | ,213 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,411 | ,002 | ,001 | ,265 | ,832 | ,038 | ,000 | ,199 | ,021 | ,000 | ,089 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,102 | ,404** | ,416** | ,144 | ,065 | ,281* | ,547** | ,199 | ,246* | ,654** | ,247* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,564 | ,001 | ,001 | ,252 | ,715 | ,023 | ,000 | ,113 | ,048 | ,000 | ,047 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,144 | -,080 | -,052 | -,013 | -,033 | -,065 | -,065 | -,012 | ,040 | -,097 | ,153 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,423 | ,659 | ,773 | ,944 | ,854 | ,719 | ,718 | ,948 | ,824 | ,593 | ,394 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,144 | ,612** | ,639** | -,490** | ,091 | ,505** | ,565** | ,699** | ,397* | ,256 | ,601** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,425 | ,000 | ,000 | ,004 | ,614 | ,003 | ,001 | ,000 | ,022 | ,151 | ,000 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,138 | ,367* | ,358* | -,404* | -,171 | ,303 | ,334 | ,278 | ,119 | ,186 | ,230 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,442 | ,036 | ,041 | ,020 | ,341 | ,087 | ,058 | ,117 | ,508 | ,300 | ,198 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,153 | ,086 | ,052 | ,016 | -,435* | -,060 | ,110 | ,074 | ,153 | ,129 | ,036 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,397 | ,633 | ,773 | ,929 | ,011 | ,742 | ,543 | ,681 | ,396 | ,475 | ,844 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,053 | ,009 | ,013 | -,069 | -,372* | ,096 | ,054 | -,112 | ,085 | ,169 | -,120 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,765 | ,960 | ,941 | ,700 | ,030 | ,588 | ,761 | ,528 | ,633 | ,339 | ,500 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,056 | ,569** | ,649** | -,149 | -,065 | ,330 | ,605** | ,675** | ,743** | ,457** | ,834** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,759 | ,001 | ,000 | ,408 | ,717 | ,061 | ,000 | ,000 | ,000 | ,007 | ,000 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,014 | ,814** | ,855** | -,447** | ,133 | ,637** | ,766** | ,818** | ,580** | ,580** | ,789** |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,939 | ,000 | ,000 | ,009 | ,462 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | -,004 | ,114 | ,029 | ,104 | -,159 | -,261 | ,367* | -,103 | -,010 | ,011 | -,181 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,983 | ,528 | ,871 | ,565 | ,378 | ,143 | ,036 | ,570 | ,957 | ,954 | ,313 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | -,011 | ,831** | ,818** | -,451** | ,221 | ,845** | ,747** | ,687** | ,368* | ,414* | ,699** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,951 | ,000 | ,000 | ,007 | ,208 | ,000 | ,000 | ,000 | ,032 | ,015 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,052 | ,717** | ,653** | -,646** | ,139 | ,795** | ,504** | ,505** | ,104 | ,569** | ,236 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|------|--------|--------|-------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| U | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,774 | ,000 | ,000 | ,000 | ,439 | ,000 | ,003 | ,003 | ,566 | ,001 | ,186 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,105 | ,591** | ,623** | -,263 | ,102 | ,378* | ,623** | ,657** | ,477** | ,315 | ,613** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,560 | ,000 | ,000 | ,140 | ,573 | ,030 | ,000 | ,000 | ,005 | ,074 | ,000 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,335 | -,254 | -,202 | ,104 | -,013 | -,130 | -,261 | -,168 | -,071 | -,256 | -,043 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,057 | ,153 | ,259 | ,563 | ,942 | ,470 | ,142 | ,350 | ,696 | ,150 | ,813 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li | Mn |
|------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|---------|---------|--------|--------|------------------|-------|---------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,147 | ,168 | -,018 | -,002 | ,038 | -,002 | -,146 | -,102 | -,144 | ,144 | ,138 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,407 | ,343 | ,922 | ,993 | ,832 | ,989 | ,411 | ,564 | ,423 | ,425 | ,442 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,700** | ,248* | ,675** | ,667** | ,606** | ,796** | ,382** | ,404** | -,080 | ,612** | ,367* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,047 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,002 | ,001 | ,659 | ,000 | ,036 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,670** | -,002 | ,769** | ,670** | ,572** | ,855** | ,390** | ,416** | -,052 | ,639** | ,358* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,986 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,001 | ,001 | ,773 | ,000 | ,041 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,061 | -,295* | -,287 | -,462** | -,465** | -,360* | ,140 | ,144 | -,013 | -,490** | -,404* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,632 | ,017 | ,105 | ,007 | ,006 | ,040 | ,265 | ,252 | ,944 | ,004 | ,020 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,161 | ,007 | ,263 | -,111 | ,165 | ,163 | ,038 | ,065 | -,033 | ,091 | -,171 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,363 | ,967 | ,140 | ,538 | ,351 | ,365 | ,832 | ,715 | ,854 | ,614 | ,341 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,448** | -,020 | ,487** | ,580** | ,590** | ,563** | ,258* | ,281* | -,065 | ,505** | ,303 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,873 | ,004 | ,000 | ,000 | ,001 | ,038 | ,023 | ,719 | ,003 | ,087 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,612** | ,026 | ,672** | ,612** | ,646** | ,770** | ,528** | ,547** | -,065 | ,565** | ,334 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,840 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,718 | ,001 | ,058 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,458** | -,039 | ,791** | ,711** | ,339 | ,812** | ,161 | ,199 | -,012 | ,699** | ,278 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,756 | ,000 | ,000 | ,050 | ,000 | ,199 | ,113 | ,948 | ,000 | ,117 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,175 | -,093 | ,703** | ,300 | ,730** | ,792** | ,285* | ,246* | ,040 | ,397* | ,119 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,163 | ,463 | ,000 | ,090 | ,000 | ,000 | ,021 | ,048 | ,824 | ,022 | ,508 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | ,513** | -,157 | ,529** | ,313 | ,687** | ,691** | ,653** | ,654** | -,097 | ,256 | ,186 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,211 | ,002 | ,076 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,593 | ,151 | ,300 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,420** | -,119 | ,880** | ,358* | ,393* | ,933** | ,213 | ,247* | ,153 | ,601** | ,230 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,347 | ,000 | ,041 | ,021 | ,000 | ,089 | ,047 | ,394 | ,000 | ,198 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,005 | ,420* | ,630** | ,579** | ,586** | ,343** | ,316* | -,086 | ,449** | ,261 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,971 | ,015 | ,000 | ,000 | ,000 | ,005 | ,010 | ,636 | ,009 | ,143 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,005 | 1 | -,014 | ,462** | ,046 | -,060 | -,187 | -,182 | -,136 | ,362* | ,315 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,971 | | ,937 | ,007 | ,794 | ,739 | ,135 | ,147 | ,450 | ,039 | ,074 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,420* | -,014 | 1 | ,576** | ,792** | ,883** | ,400* | ,380* | ,163 | ,793** | ,241 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,015 | ,937 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,021 | ,029 | ,365 | ,000 | ,177 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,630** | ,462** | ,576** | 1 | ,643** | ,536** | ,283 | ,244 | -,034 | ,771** | ,388* |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li | Mn |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|------|--------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,007 | ,000 | | ,000 | ,001 | ,110 | ,170 | ,853 | ,000 | ,025 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,579** | ,046 | ,792** | ,643** | 1 | ,870** | ,583** | ,554** | ,104 | ,712** | ,425* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,794 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,001 | ,566 | ,000 | ,014 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,586** | -,060 | ,883** | ,536** | ,870** | 1 | ,477** | ,449** | ,159 | ,714** | ,306 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,739 | ,000 | ,001 | ,000 | | ,005 | ,009 | ,378 | ,000 | ,083 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,343** | -,187 | ,400* | ,283 | ,583** | ,477** | 1 | ,982** | ,027 | ,126 | ,150 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | ,135 | ,021 | ,110 | ,000 | ,005 | | ,000 | ,880 | ,484 | ,404 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,316* | -,182 | ,380* | ,244 | ,554** | ,449** | ,982** | 1 | ,023 | ,104 | ,117 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,010 | ,147 | ,029 | ,170 | ,001 | ,009 | ,000 | | ,897 | ,566 | ,516 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,086 | -,136 | ,163 | -,034 | ,104 | ,159 | ,027 | ,023 | 1 | ,054 | ,090 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,636 | ,450 | ,365 | ,853 | ,566 | ,378 | ,880 | ,897 | | ,767 | ,620 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,449** | ,362* | ,793** | ,771** | ,712** | ,714** | ,126 | ,104 | ,054 | 1 | ,423* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,009 | ,039 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,484 | ,566 | ,767 | | ,014 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,261 | ,315 | ,241 | ,388* | ,425* | ,306 | ,150 | ,117 | ,090 | ,423* | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,143 | ,074 | ,177 | ,025 | ,014 | ,083 | ,404 | ,516 | ,620 | ,014 | |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,211 | -,116 | -,076 | ,216 | ,165 | ,175 | -,096 | -,108 | -,022 | ,102 | ,119 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,239 | ,522 | ,675 | ,227 | ,360 | ,329 | ,596 | ,549 | ,904 | ,571 | ,509 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,259 | -,002 | ,173 | ,374* | ,293 | ,171 | ,513** | ,437** | ,068 | ,114 | ,075 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,139 | ,990 | ,336 | ,032 | ,093 | ,342 | ,002 | ,010 | ,705 | ,529 | ,679 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,400* | -,125 | ,825** | ,520** | ,760** | ,875** | ,485** | ,453** | ,186 | ,689** | ,242 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,021 | ,489 | ,000 | ,002 | ,000 | ,000 | ,004 | ,008 | ,300 | ,000 | ,176 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,678** | ,153 | ,878** | ,684** | ,801** | ,918** | ,392* | ,368* | ,063 | ,848** | ,379* |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,394 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,024 | ,035 | ,728 | ,000 | ,029 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | -,070 | ,531** | -,099 | ,143 | -,085 | -,031 | ,136 | ,160 | -,053 | ,074 | ,003 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,698 | ,001 | ,585 | ,427 | ,639 | ,864 | ,450 | ,373 | ,771 | ,682 | ,985 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,799** | ,098 | ,753** | ,694** | ,800** | ,807** | ,396* | ,406* | ,186 | ,767** | ,395* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,580 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,020 | ,017 | ,299 | ,000 | ,023 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,823** | ,255 | ,229 | ,472** | ,562** | ,439* | ,323 | ,291 | -,076 | ,329 | ,383* |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu | Li | Mn |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|------------------|-------|--------|------|
| U | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,152 | ,200 | ,006 | ,001 | ,011 | ,067 | ,100 | ,676 | ,061 | ,028 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,372* | ,301 | ,823** | ,706** | ,682** | ,707** | ,235 | ,216 | ,034 | ,921** | ,331 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,033 | ,089 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,189 | ,227 | ,853 | ,000 | ,060 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,267 | -,095 | ,059 | -,112 | -,049 | -,070 | -,221 | -,252 | -,005 | ,092 | ,090 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,133 | ,600 | ,743 | ,535 | ,788 | ,698 | ,216 | ,157 | ,978 | ,611 | ,617 |

| | | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | U | V | Zn |
|------------------|---|--------|--------|--------|---------|-------|---------|---------|--------|-------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | ,153 | -,053 | ,056 | ,014 | -,004 | -,011 | -,052 | ,105 | ,335 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,397 | ,765 | ,759 | ,939 | ,983 | ,951 | ,774 | ,560 | ,057 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,086 | ,009 | ,569** | ,814** | ,114 | ,831** | ,717** | ,591** | -,254 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,633 | ,960 | ,001 | ,000 | ,528 | ,000 | ,000 | ,000 | ,153 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,052 | ,013 | ,649** | ,855** | ,029 | ,818** | ,653** | ,623** | -,202 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,773 | ,941 | ,000 | ,000 | ,871 | ,000 | ,000 | ,000 | ,259 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,016 | -,069 | -,149 | -,447** | ,104 | -,451** | -,646** | -,263 | ,104 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,929 | ,700 | ,408 | ,009 | ,565 | ,007 | ,000 | ,140 | ,563 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,435* | -,372* | -,065 | ,133 | -,159 | ,221 | ,139 | ,102 | -,013 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,011 | ,030 | ,717 | ,462 | ,378 | ,208 | ,439 | ,573 | ,942 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,060 | ,096 | ,330 | ,637** | -,261 | ,845** | ,795** | ,378* | -,130 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,742 | ,588 | ,061 | ,000 | ,143 | ,000 | ,000 | ,030 | ,470 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,110 | ,054 | ,605** | ,766** | ,367* | ,747** | ,504** | ,623** | -,261 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,543 | ,761 | ,000 | ,000 | ,036 | ,000 | ,003 | ,000 | ,142 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,074 | -,112 | ,675** | ,818** | -,103 | ,687** | ,505** | ,657** | -,168 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,681 | ,528 | ,000 | ,000 | ,570 | ,000 | ,003 | ,000 | ,350 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,153 | ,085 | ,743** | ,580** | -,010 | ,368* | ,104 | ,477** | -,071 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,396 | ,633 | ,000 | ,000 | ,957 | ,032 | ,566 | ,005 | ,696 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | ,129 | ,169 | ,457** | ,580** | ,011 | ,414* | ,569** | ,315 | -,256 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,475 | ,339 | ,007 | ,000 | ,954 | ,015 | ,001 | ,074 | ,150 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,036 | -,120 | ,834** | ,789** | -,181 | ,699** | ,236 | ,613** | -,043 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,844 | ,500 | ,000 | ,000 | ,313 | ,000 | ,186 | ,000 | ,813 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,211 | ,259 | ,400* | ,678** | -,070 | ,799** | ,823** | ,372* | -,267 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,239 | ,139 | ,021 | ,000 | ,698 | ,000 | ,000 | ,033 | ,133 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,116 | -,002 | -,125 | ,153 | ,531** | ,098 | ,255 | ,301 | -,095 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,522 | ,990 | ,489 | ,394 | ,001 | ,580 | ,152 | ,089 | ,600 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,076 | ,173 | ,825** | ,878** | -,099 | ,753** | ,229 | ,823** | ,059 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,675 | ,336 | ,000 | ,000 | ,585 | ,000 | ,200 | ,000 | ,743 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,216 | ,374* | ,520** | ,684** | ,143 | ,694** | ,472** | ,706** | -,112 |

| | | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | U | V | Zn |
|----|---|------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,227 | ,032 | ,002 | ,000 | ,427 | ,000 | ,006 | ,000 | ,535 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,165 | ,293 | ,760** | ,801** | -,085 | ,800** | ,562** | ,682** | -,049 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,360 | ,093 | ,000 | ,000 | ,639 | ,000 | ,001 | ,000 | ,788 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,175 | ,171 | ,875** | ,918** | -,031 | ,807** | ,439* | ,707** | -,070 |

| | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,329 | ,342 | ,000 | ,000 | ,864 | ,000 | ,011 | ,000 | ,698 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,096 | ,513** | ,485** | ,392* | ,136 | ,396* | ,323 | ,235 | -,221 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,596 | ,002 | ,004 | ,024 | ,450 | ,020 | ,067 | ,189 | ,216 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,108 | ,437** | ,453** | ,368* | ,160 | ,406* | ,291 | ,216 | -,252 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,549 | ,010 | ,008 | ,035 | ,373 | ,017 | ,100 | ,227 | ,157 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,022 | ,068 | ,186 | ,063 | -,053 | ,186 | -,076 | ,034 | -,005 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,904 | ,705 | ,300 | ,728 | ,771 | ,299 | ,676 | ,853 | ,978 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,102 | ,114 | ,689** | ,848** | ,074 | ,767** | ,329 | ,921** | ,092 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,571 | ,529 | ,000 | ,000 | ,682 | ,000 | ,061 | ,000 | ,611 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | ,119 | ,075 | ,242 | ,379* | ,003 | ,395* | ,383* | ,331 | ,090 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,509 | ,679 | ,176 | ,029 | ,985 | ,023 | ,028 | ,060 | ,617 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,020 | ,150 | ,141 | ,202 | ,135 | ,287 | ,101 | -,250 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,910 | ,404 | ,433 | ,260 | ,455 | ,105 | ,576 | ,160 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,020 | 1 | ,327 | ,204 | -,053 | ,165 | ,250 | ,173 | -,073 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,910 | | ,063 | ,256 | ,769 | ,352 | ,160 | ,337 | ,686 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,150 | ,327 | 1 | ,784** | -,061 | ,697** | ,195 | ,731** | ,098 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,404 | ,063 | | ,000 | ,738 | ,000 | ,278 | ,000 | ,588 |
| Se | Συσχέτιση Pearson | ,141 | ,204 | ,784** | 1 | ,051 | ,845** | ,517** | ,813** | -,073 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---|------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,433 | ,256 | ,000 | | ,779 | ,000 | ,002 | ,000 | ,686 |
| Si | Συσχέτιση Pearson | ,202 | -,053 | -,061 | ,051 | 1 | -,124 | -,035 | ,207 | -,306 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,260 | ,769 | ,738 | ,779 | | ,491 | ,845 | ,248 | ,083 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,135 | ,165 | ,697** | ,845** | -,124 | 1 | ,695** | ,679** | ,001 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,455 | ,352 | ,000 | ,000 | ,491 | | ,000 | ,000 | ,997 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,287 | ,250 | ,195 | ,517** | -,035 | ,695** | 1 | ,213 | -,256 |

| | | Ni | P | Rb | Se | Si | Sr | U | V | Zn |
|----|---|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|------|------|
| U | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,105 | ,160 | ,278 | ,002 | ,845 | ,000 | | ,233 | ,150 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,101 | ,173 | ,731** | ,813** | ,207 | ,679** | ,213 | 1 | ,070 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,576 | ,337 | ,000 | ,000 | ,248 | ,000 | ,233 | | ,700 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,250 | -,073 | ,098 | -,073 | -,306 | ,001 | -,256 | ,070 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,160 | ,686 | ,588 | ,686 | ,083 | ,997 | ,150 | ,700 | |

**50 δείγματα αρδευτικών
γεωτρήσεων της λεκάνης
Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας**

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|------------------|---|-------|--------|--------|-------|---------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,191 | -,146 | ,274 | ,044 | ,021 | -,041 | -,268 | -,047 | ,407** | -,053 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,183 | ,311 | ,055 | ,761 | ,884 | ,776 | ,059 | ,748 | ,003 | ,717 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,191 | 1 | ,838** | -,278 | -,173 | ,786** | ,599** | ,534** | ,206 | ,166 | ,613** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,183 | | ,000 | ,050 | ,231 | ,000 | ,000 | ,000 | ,152 | ,249 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,146 | ,838** | 1 | -,213 | -,135 | ,727** | ,649** | ,294* | ,019 | ,268 | ,641** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,311 | ,000 | | ,138 | ,349 | ,000 | ,000 | ,038 | ,893 | ,060 | ,000 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,274 | -,278 | -,213 | 1 | -,006 | -,211 | -,025 | -,057 | ,025 | -,047 | -,037 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,055 | ,050 | ,138 | | ,969 | ,142 | ,864 | ,695 | ,865 | ,744 | ,801 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,044 | -,173 | -,135 | -,006 | 1 | -,123 | -,369** | -,146 | ,188 | ,072 | -,244 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,761 | ,231 | ,349 | ,969 | | ,393 | ,008 | ,313 | ,191 | ,621 | ,088 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,021 | ,786** | ,727** | -,211 | -,123 | 1 | ,413** | ,178 | -,046 | ,493** | ,556** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,884 | ,000 | ,000 | ,142 | ,393 | | ,003 | ,217 | ,750 | ,000 | ,000 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,041 | ,599** | ,649** | -,025 | -,369** | ,413** | 1 | ,341* | ,095 | ,104 | ,693** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,776 | ,000 | ,000 | ,864 | ,008 | ,003 | | ,015 | ,513 | ,470 | ,000 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,268 | ,534** | ,294* | -,057 | -,146 | ,178 | ,341* | 1 | ,161 | -,271 | ,324* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,059 | ,000 | ,038 | ,695 | ,313 | ,217 | ,015 | | ,264 | ,057 | ,022 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,047 | ,206 | ,019 | ,025 | ,188 | -,046 | ,095 | ,161 | 1 | -,213 | ,100 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,748 | ,152 | ,893 | ,865 | ,191 | ,750 | ,513 | ,264 | | ,137 | ,489 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | ,407** | ,166 | ,268 | -,047 | ,072 | ,493** | ,104 | -,271 | -,213 | 1 | -,016 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,003 | ,249 | ,060 | ,744 | ,621 | ,000 | ,470 | ,057 | ,137 | | ,912 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,053 | ,613** | ,641** | -,037 | -,244 | ,556** | ,693** | ,324* | ,100 | -,016 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,717 | ,000 | ,000 | ,801 | ,088 | ,000 | ,000 | ,022 | ,489 | ,912 | |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,307* | ,793** | ,491** | -,275 | ,010 | ,473** | ,107 | ,528** | ,321* | -,059 | ,227 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,030 | ,000 | ,000 | ,054 | ,945 | ,001 | ,459 | ,000 | ,023 | ,686 | ,112 |
| HCO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,123 | ,494** | ,607** | -,160 | -,313* | ,350* | ,749** | ,192 | -,014 | -,111 | ,473** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,394 | ,000 | ,000 | ,268 | ,027 | ,013 | ,000 | ,183 | ,924 | ,443 | ,001 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,234 | ,253 | ,283* | -,064 | -,084 | ,162 | ,275 | ,185 | -,088 | ,092 | ,141 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,102 | ,076 | ,047 | ,658 | ,561 | ,261 | ,053 | ,199 | ,543 | ,523 | ,328 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,172 | ,481** | ,261 | ,055 | -,165 | ,226 | ,517** | ,583** | ,034 | -,236 | ,475** |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ₂₊ | Mg ₂₊ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ - | Cl ⁻ |
|----|---|---------|--------|--------|--------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,231 | ,000 | ,067 | ,706 | ,253 | ,115 | ,000 | ,000 | ,816 | ,099 | ,000 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | -,383** | ,396** | ,184 | -,196 | -,026 | ,234 | ,001 | ,316* | -,014 | -,192 | -,008 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,006 | ,004 | ,202 | ,173 | ,859 | ,102 | ,995 | ,025 | ,925 | ,182 | ,955 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,196 | ,578** | ,462** | -,325* | ,104 | ,418** | ,089 | ,341* | ,104 | -,033 | ,276 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,172 | ,000 | ,001 | ,021 | ,472 | ,003 | ,537 | ,015 | ,472 | ,819 | ,053 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | -,166 | -,034 | ,063 | -,056 | ,000 | ,059 | -,093 | -,063 | -,091 | -,130 | -,034 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,250 | ,816 | ,666 | ,698 | ,999 | ,686 | ,520 | ,664 | ,527 | ,369 | ,814 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,251 | -,258 | -,107 | ,135 | ,184 | -,167 | -,099 | -,157 | -,182 | ,401** | -,053 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,079 | ,070 | ,461 | ,348 | ,201 | ,245 | ,493 | ,277 | ,206 | ,004 | ,717 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,271 | -,283* | -,120 | ,152 | ,140 | -,202 | -,112 | -,165 | -,177 | ,385** | -,041 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,057 | ,046 | ,405 | ,291 | ,331 | ,159 | ,439 | ,253 | ,219 | ,006 | ,777 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,004 | -,053 | ,009 | -,165 | ,207 | -,065 | ,012 | -,024 | -,052 | -,012 | -,078 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,978 | ,716 | ,949 | ,252 | ,150 | ,655 | ,933 | ,871 | ,718 | ,932 | ,591 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,245 | ,520** | ,284* | -,122 | ,083 | ,182 | ,051 | ,485** | ,118 | -,275 | ,151 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,086 | ,000 | ,046 | ,397 | ,567 | ,205 | ,725 | ,000 | ,412 | ,054 | ,295 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,125 | -,118 | -,112 | ,048 | -,129 | -,096 | -,080 | -,077 | -,045 | -,228 | -,105 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,389 | ,416 | ,437 | ,742 | ,371 | ,507 | ,579 | ,596 | ,754 | ,111 | ,469 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,216 | ,093 | ,274 | -,204 | ,409** | ,165 | -,053 | ,025 | ,030 | ,137 | ,008 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,131 | ,519 | ,054 | ,155 | ,003 | ,251 | ,716 | ,862 | ,835 | ,344 | ,958 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,039 | -,067 | -,073 | ,040 | -,084 | -,120 | -,012 | ,254 | -,208 | -,030 | -,134 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,787 | ,645 | ,616 | ,782 | ,560 | ,408 | ,933 | ,075 | ,146 | ,834 | ,352 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | ,044 | -,067 | ,021 | -,062 | ,127 | -,102 | ,056 | -,082 | -,019 | -,029 | -,071 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,763 | ,644 | ,883 | ,671 | ,380 | ,483 | ,698 | ,570 | ,898 | ,843 | ,624 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | -,322* | ,210 | ,321* | ,015 | ,082 | ,126 | ,361* | ,145 | ,028 | -,315* | ,365** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,023 | ,143 | ,023 | ,919 | ,573 | ,383 | ,010 | ,316 | ,849 | ,026 | ,009 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | -,130 | ,179 | ,275 | -,030 | -,205 | ,248 | ,051 | -,069 | ,028 | ,050 | ,088 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,369 | ,212 | ,054 | ,834 | ,154 | ,083 | ,725 | ,635 | ,849 | ,728 | ,543 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,214 | ,121 | ,105 | ,075 | ,097 | -,045 | ,364** | ,020 | ,618** | -,153 | ,436** |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|-------|--------|--------|-------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,135 | ,403 | ,467 | ,603 | ,502 | ,755 | ,009 | ,888 | ,000 | ,288 | ,002 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | -,187 | ,558** | ,449** | -,071 | -,084 | ,354* | ,555** | ,285* | -,117 | ,059 | ,346* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,193 | ,000 | ,001 | ,625 | ,561 | ,012 | ,000 | ,045 | ,420 | ,686 | ,014 |
| U | Συσχέτιση Pearson | -,158 | ,481** | ,287* | -,060 | -,194 | ,233 | ,482** | ,397** | ,012 | -,046 | ,091 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,273 | ,000 | ,043 | ,676 | ,178 | ,103 | ,000 | ,004 | ,933 | ,751 | ,531 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,079 | ,123 | ,107 | -,194 | -,044 | -,080 | ,213 | ,252 | -,204 | -,132 | ,121 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,586 | ,395 | ,460 | ,176 | ,762 | ,580 | ,138 | ,078 | ,156 | ,359 | ,403 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,144 | ,234 | ,340* | -,109 | -,161 | ,266 | ,304* | -,100 | -,106 | ,230 | ,108 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,317 | ,102 | ,016 | ,450 | ,265 | ,062 | ,032 | ,491 | ,465 | ,109 | ,453 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li |
|------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-------|--------|---------|--------|-------|-------|------------------|-------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,307* | -,123 | ,234 | -,172 | -,383** | -,196 | -,166 | ,251 | ,271 | -,004 | -,245 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,030 | ,394 | ,102 | ,231 | ,006 | ,172 | ,250 | ,079 | ,057 | ,978 | ,086 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,793** | ,494** | ,253 | ,481** | ,396** | ,578** | -,034 | -,258 | -,283* | -,053 | ,520** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,076 | ,000 | ,004 | ,000 | ,816 | ,070 | ,046 | ,716 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,491** | ,607** | ,283* | ,261 | ,184 | ,462** | ,063 | -,107 | -,120 | ,009 | ,284* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,047 | ,067 | ,202 | ,001 | ,666 | ,461 | ,405 | ,949 | ,046 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,275 | -,160 | -,064 | ,055 | -,196 | -,325* | -,056 | ,135 | ,152 | -,165 | -,122 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,054 | ,268 | ,658 | ,706 | ,173 | ,021 | ,698 | ,348 | ,291 | ,252 | ,397 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,010 | -,313* | -,084 | -,165 | -,026 | ,104 | ,000 | ,184 | ,140 | ,207 | ,083 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,945 | ,027 | ,561 | ,253 | ,859 | ,472 | ,999 | ,201 | ,331 | ,150 | ,567 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,473** | ,350* | ,162 | ,226 | ,234 | ,418** | ,059 | -,167 | -,202 | -,065 | ,182 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,013 | ,261 | ,115 | ,102 | ,003 | ,686 | ,245 | ,159 | ,655 | ,205 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,107 | ,749** | ,275 | ,517** | ,001 | ,089 | -,093 | -,099 | -,112 | ,012 | ,051 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,459 | ,000 | ,053 | ,000 | ,995 | ,537 | ,520 | ,493 | ,439 | ,933 | ,725 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,528** | ,192 | ,185 | ,583** | ,316* | ,341* | -,063 | -,157 | -,165 | -,024 | ,485** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,183 | ,199 | ,000 | ,025 | ,015 | ,664 | ,277 | ,253 | ,871 | ,000 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,321* | -,014 | -,088 | ,034 | -,014 | ,104 | -,091 | -,182 | -,177 | -,052 | ,118 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|---------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,023 | ,924 | ,543 | ,816 | ,925 | ,472 | ,527 | ,206 | ,219 | ,718 | ,412 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,059 | -,111 | ,092 | -,236 | -,192 | -,033 | -,130 | ,401** | ,385** | -,012 | -,275 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,686 | ,443 | ,523 | ,099 | ,182 | ,819 | ,369 | ,004 | ,006 | ,932 | ,054 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,227 | ,473** | ,141 | ,475** | -,008 | ,276 | -,034 | -,053 | -,041 | -,078 | ,151 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,112 | ,001 | ,328 | ,000 | ,955 | ,053 | ,814 | ,717 | ,777 | ,591 | ,295 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,003 | ,003 | ,315* | ,505** | ,597** | -,061 | -,241 | -,263 | -,044 | ,656** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,985 | ,983 | ,026 | ,000 | ,000 | ,672 | ,091 | ,065 | ,763 | ,000 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,003 | 1 | ,491** | ,405** | ,154 | ,190 | ,127 | -,387** | -,399** | ,004 | ,176 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,985 | | ,000 | ,003 | ,285 | ,185 | ,381 | ,005 | ,004 | ,976 | ,223 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,003 | ,491** | 1 | ,184 | -,019 | ,326* | -,154 | -,078 | -,040 | -,037 | ,333* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,983 | ,000 | | ,200 | ,896 | ,021 | ,284 | ,590 | ,780 | ,799 | ,018 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,315* | ,405** | ,184 | 1 | ,312* | ,357* | -,140 | -,179 | -,195 | -,091 | ,439** |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|------------------|-------|--------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,026 | ,003 | ,200 | | ,028 | ,011 | ,331 | ,214 | ,175 | ,528 | ,001 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,505** | ,154 | -,019 | ,312* | 1 | ,474** | ,323* | -,343* | -,380** | ,028 | ,578** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,285 | ,896 | ,028 | | ,001 | ,022 | ,015 | ,007 | ,847 | ,000 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,597** | ,190 | ,326* | ,357* | ,474** | 1 | ,071 | -,051 | -,058 | -,039 | ,571** |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|---------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,185 | ,021 | ,011 | ,001 | | ,623 | ,727 | ,691 | ,788 | ,000 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | -,061 | ,127 | -,154 | -,140 | ,323* | ,071 | 1 | -,096 | -,142 | ,158 | -,022 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,672 | ,381 | ,284 | ,331 | ,022 | ,623 | | ,508 | ,327 | ,274 | ,881 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,241 | -,387** | -,078 | -,179 | -,343* | -,051 | -,096 | 1 | ,979** | ,296* | -,211 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,091 | ,005 | ,590 | ,214 | ,015 | ,727 | ,508 | | ,000 | ,037 | ,141 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,263 | -,399** | -,040 | -,195 | -,380** | -,058 | -,142 | ,979** | 1 | ,185 | -,223 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,065 | ,004 | ,780 | ,175 | ,007 | ,691 | ,327 | ,000 | | ,199 | ,120 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,044 | ,004 | -,037 | -,091 | ,028 | -,039 | ,158 | ,296* | ,185 | 1 | -,079 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,763 | ,976 | ,799 | ,528 | ,847 | ,788 | ,274 | ,037 | ,199 | | ,585 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,656** | ,176 | ,333* | ,439** | ,578** | ,571** | -,022 | -,211 | -,223 | -,079 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,223 | ,018 | ,001 | ,000 | ,000 | ,881 | ,141 | ,120 | ,585 | |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,081 | ,064 | -,162 | -,128 | ,382** | -,090 | ,803** | -,228 | -,257 | ,083 | -,011 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,577 | ,657 | ,261 | ,376 | ,006 | ,535 | ,000 | ,111 | ,072 | ,569 | ,938 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,030 | ,080 | ,005 | -,134 | ,094 | ,241 | ,520** | ,081 | ,039 | ,409** | -,047 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,839 | ,579 | ,974 | ,354 | ,516 | ,092 | ,000 | ,575 | ,785 | ,003 | ,744 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,060 | ,002 | ,157 | ,165 | ,075 | ,246 | ,031 | ,420** | ,415** | ,050 | ,078 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,680 | ,991 | ,277 | ,252 | ,603 | ,085 | ,831 | ,002 | ,003 | ,730 | ,592 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | -,101 | ,103 | ,133 | -,087 | -,183 | -,010 | ,003 | ,231 | ,168 | ,482** | -,041 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|--------|------|-------|--------|------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,484 | ,479 | ,359 | ,549 | ,204 | ,947 | ,982 | ,107 | ,243 | ,000 | ,779 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | -,013 | ,512** | ,248 | ,247 | ,108 | ,161 | ,362** | -,312* | -,317* | -,098 | ,291* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,927 | ,000 | ,082 | ,084 | ,454 | ,264 | ,010 | ,027 | ,025 | ,497 | ,040 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | ,060 | ,262 | ,015 | -,027 | ,188 | ,099 | ,167 | -,146 | -,142 | -,050 | -,030 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,681 | ,066 | ,917 | ,854 | ,191 | ,494 | ,245 | ,310 | ,326 | ,732 | ,834 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,052 | ,260 | ,269 | ,266 | -,339* | ,099 | -,289* | ,056 | ,075 | ,025 | ,055 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu | Li |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|------------------|--------|--------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,719 | ,068 | ,058 | ,061 | ,016 | ,492 | ,042 | ,700 | ,603 | ,863 | ,705 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,372** | ,436** | ,179 | ,521** | ,423** | ,418** | -,004 | -,170 | -,196 | -,038 | ,359* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,008 | ,002 | ,213 | ,000 | ,002 | ,003 | ,977 | ,238 | ,172 | ,794 | ,010 |
| U | Συσχέτιση Pearson | ,321* | ,530** | ,211 | ,513** | ,318* | ,243 | -,125 | -,347* | -,373** | -,037 | ,361** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,023 | ,000 | ,142 | ,000 | ,024 | ,089 | ,385 | ,014 | ,008 | ,796 | ,010 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,073 | ,191 | ,243 | ,329* | ,103 | ,355* | -,195 | ,336* | ,288* | ,400** | ,296* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,614 | ,185 | ,089 | ,020 | ,476 | ,011 | ,174 | ,017 | ,043 | ,004 | ,037 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,007 | ,402** | ,611** | -,088 | -,157 | ,008 | -,097 | -,150 | -,148 | ,121 | ,073 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,960 | ,004 | ,000 | ,543 | ,276 | ,959 | ,504 | ,297 | ,306 | ,402 | ,614 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|------------------|---|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,125 | -,216 | -,039 | ,044 | -,322* | -,130 | ,214 | -,187 | -,158 | -,079 | ,144 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,389 | ,131 | ,787 | ,763 | ,023 | ,369 | ,135 | ,193 | ,273 | ,586 | ,317 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,118 | ,093 | -,067 | -,067 | ,210 | ,179 | ,121 | ,558** | ,481** | ,123 | ,234 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,416 | ,519 | ,645 | ,644 | ,143 | ,212 | ,403 | ,000 | ,000 | ,395 | ,102 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,112 | ,274 | -,073 | ,021 | ,321* | ,275 | ,105 | ,449** | ,287* | ,107 | ,340* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,437 | ,054 | ,616 | ,883 | ,023 | ,054 | ,467 | ,001 | ,043 | ,460 | ,016 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,048 | -,204 | ,040 | -,062 | ,015 | -,030 | ,075 | -,071 | -,060 | -,194 | -,109 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,742 | ,155 | ,782 | ,671 | ,919 | ,834 | ,603 | ,625 | ,676 | ,176 | ,450 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,129 | ,409** | -,084 | ,127 | ,082 | -,205 | ,097 | -,084 | -,194 | -,044 | -,161 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,371 | ,003 | ,560 | ,380 | ,573 | ,154 | ,502 | ,561 | ,178 | ,762 | ,265 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,096 | ,165 | -,120 | -,102 | ,126 | ,248 | -,045 | ,354* | ,233 | -,080 | ,266 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,507 | ,251 | ,408 | ,483 | ,383 | ,083 | ,755 | ,012 | ,103 | ,580 | ,062 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,080 | -,053 | -,012 | ,056 | ,361* | ,051 | ,364** | ,555** | ,482** | ,213 | ,304* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,579 | ,716 | ,933 | ,698 | ,010 | ,725 | ,009 | ,000 | ,000 | ,138 | ,032 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,077 | ,025 | ,254 | -,082 | ,145 | -,069 | ,020 | ,285* | ,397** | ,252 | -,100 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,596 | ,862 | ,075 | ,570 | ,316 | ,635 | ,888 | ,045 | ,004 | ,078 | ,491 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,045 | ,030 | -,208 | -,019 | ,028 | ,028 | ,618** | -,117 | ,012 | -,204 | -,106 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,754 | ,835 | ,146 | ,898 | ,849 | ,849 | ,000 | ,420 | ,933 | ,156 | ,465 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,228 | ,137 | -,030 | -,029 | -,315* | ,050 | -,153 | ,059 | -,046 | -,132 | ,230 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,111 | ,344 | ,834 | ,843 | ,026 | ,728 | ,288 | ,686 | ,751 | ,359 | ,109 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,105 | ,008 | -,134 | -,071 | ,365** | ,088 | ,436** | ,346* | ,091 | ,121 | ,108 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,469 | ,958 | ,352 | ,624 | ,009 | ,543 | ,002 | ,014 | ,531 | ,403 | ,453 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,081 | ,030 | -,060 | -,101 | -,013 | ,060 | -,052 | ,372** | ,321* | ,073 | -,007 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,577 | ,839 | ,680 | ,484 | ,927 | ,681 | ,719 | ,008 | ,023 | ,614 | ,960 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,064 | ,080 | ,002 | ,103 | ,512** | ,262 | ,260 | ,436** | ,530** | ,191 | ,402** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,657 | ,579 | ,991 | ,479 | ,000 | ,066 | ,068 | ,002 | ,000 | ,185 | ,004 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,162 | ,005 | ,157 | ,133 | ,248 | ,015 | ,269 | ,179 | ,211 | ,243 | ,611** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,261 | ,974 | ,277 | ,359 | ,082 | ,917 | ,058 | ,213 | ,142 | ,089 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,128 | -,134 | ,165 | -,087 | ,247 | -,027 | ,266 | ,521** | ,513** | ,329* | -,088 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|----|---|--------|------|------|-------|------|------|--------|--------|-------|-------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,376 | ,354 | ,252 | ,549 | ,084 | ,854 | ,061 | ,000 | ,000 | ,020 | ,543 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,382** | ,094 | ,075 | -,183 | ,108 | ,188 | -,339* | ,423** | ,318* | ,103 | -,157 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,006 | ,516 | ,603 | ,204 | ,454 | ,191 | ,016 | ,002 | ,024 | ,476 | ,276 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,090 | ,241 | ,246 | -,010 | ,161 | ,099 | ,099 | ,418** | ,243 | ,355* | ,008 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,535 | ,092 | ,085 | ,947 | ,264 | ,494 | ,492 | ,003 | ,089 | ,011 | ,959 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | ,803** | ,520** | ,031 | ,003 | ,362** | ,167 | -,289* | -,004 | -,125 | -,195 | -,097 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,831 | ,982 | ,010 | ,245 | ,042 | ,977 | ,385 | ,174 | ,504 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,228 | ,081 | ,420** | ,231 | -,312* | -,146 | ,056 | -,170 | -,347* | ,336* | -,150 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,111 | ,575 | ,002 | ,107 | ,027 | ,310 | ,700 | ,238 | ,014 | ,017 | ,297 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,257 | ,039 | ,415** | ,168 | -,317* | -,142 | ,075 | -,196 | -,373** | ,288* | -,148 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,072 | ,785 | ,003 | ,243 | ,025 | ,326 | ,603 | ,172 | ,008 | ,043 | ,306 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | ,083 | ,409** | ,050 | ,482** | -,098 | -,050 | ,025 | -,038 | -,037 | ,400** | ,121 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,569 | ,003 | ,730 | ,000 | ,497 | ,732 | ,863 | ,794 | ,796 | ,004 | ,402 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,011 | -,047 | ,078 | -,041 | ,291* | -,030 | ,055 | ,359* | ,361** | ,296* | ,073 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,938 | ,744 | ,592 | ,779 | ,040 | ,834 | ,705 | ,010 | ,010 | ,037 | ,614 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,155 | -,195 | -,018 | ,294* | -,026 | -,284* | -,006 | -,125 | -,278 | -,047 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,282 | ,175 | ,899 | ,038 | ,859 | ,046 | ,968 | ,387 | ,050 | ,745 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,155 | 1 | ,014 | ,122 | ,319* | ,126 | -,070 | ,004 | -,076 | -,061 | ,093 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,282 | | ,920 | ,398 | ,024 | ,385 | ,630 | ,976 | ,598 | ,672 | ,521 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,195 | ,014 | 1 | ,074 | -,136 | -,013 | -,181 | ,089 | ,101 | ,336* | -,215 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,175 | ,920 | | ,610 | ,345 | ,928 | ,209 | ,539 | ,485 | ,017 | ,133 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | -,018 | ,122 | ,074 | 1 | -,012 | -,102 | ,126 | -,125 | -,109 | ,233 | ,442** |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,899 | ,398 | ,610 | | ,932 | ,479 | ,382 | ,386 | ,450 | ,103 | ,001 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,294* | ,319* | -,136 | -,012 | 1 | -,088 | ,184 | ,299* | ,244 | -,029 | ,226 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,038 | ,024 | ,345 | ,932 | | ,545 | ,200 | ,035 | ,088 | ,841 | ,114 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | -,026 | ,126 | -,013 | -,102 | -,088 | 1 | -,025 | ,038 | ,050 | -,096 | -,014 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,859 | ,385 | ,928 | ,479 | ,545 | | ,863 | ,792 | ,733 | ,505 | ,924 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,284* | -,070 | -,181 | ,126 | ,184 | -,025 | 1 | -,014 | -,017 | ,198 | ,132 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|----|---|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,046 | ,630 | ,209 | ,382 | ,200 | ,863 | | ,921 | ,904 | ,167 | ,362 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | -,006 | ,004 | ,089 | -,125 | ,299* | ,038 | -,014 | 1 | ,743** | ,342* | -,059 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,968 | ,976 | ,539 | ,386 | ,035 | ,792 | ,921 | | ,000 | ,015 | ,683 |
| U | Συσχέτιση Pearson | -,125 | -,076 | ,101 | -,109 | ,244 | ,050 | -,017 | ,743** | 1 | ,354* | -,028 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,387 | ,598 | ,485 | ,450 | ,088 | ,733 | ,904 | ,000 | | ,012 | ,847 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,278 | -,061 | ,336* | ,233 | -,029 | -,096 | ,198 | ,342* | ,354* | 1 | -,046 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,050 | ,672 | ,017 | ,103 | ,841 | ,505 | ,167 | ,015 | ,012 | | ,751 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,047 | ,093 | -,215 | ,442** | ,226 | -,014 | ,132 | -,059 | -,028 | -,046 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,745 | ,521 | ,133 | ,001 | ,114 | ,924 | ,362 | ,683 | ,847 | ,751 | |

**20 δείγματα πηγών της λεκάνης
Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας**

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ₂₊ | Mg ₂₊ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|------------------|---|-------|-------|--------|---------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,168 | -,018 | ,174 | ,260 | ,251 | -,310 | -,017 | -,306 | -,034 | -,167 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,479 | ,940 | ,462 | ,269 | ,285 | ,183 | ,944 | ,190 | ,886 | ,481 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,168 | 1 | ,421 | -,394 | -,297 | ,364 | ,359 | ,324 | ,277 | ,065 | ,416 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,479 | | ,064 | ,085 | ,204 | ,115 | ,120 | ,164 | ,236 | ,785 | ,068 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,018 | ,421 | 1 | -,224 | -,338 | -,248 | ,652** | ,399 | -,131 | ,231 | ,334 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,940 | ,064 | | ,342 | ,145 | ,291 | ,002 | ,081 | ,582 | ,327 | ,150 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,174 | -,394 | -,224 | 1 | ,111 | -,564** | ,279 | -,044 | -,095 | ,167 | -,117 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,462 | ,085 | ,342 | | ,643 | ,010 | ,233 | ,855 | ,690 | ,481 | ,622 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,260 | -,297 | -,338 | ,111 | 1 | ,181 | -,331 | -,256 | -,028 | -,137 | -,352 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,269 | ,204 | ,145 | ,643 | | ,445 | ,154 | ,277 | ,906 | ,566 | ,128 |
| Ca ₂₊ | Συσχέτιση Pearson | ,251 | ,364 | -,248 | -,564** | ,181 | 1 | -,633** | -,060 | ,314 | -,285 | -,009 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,285 | ,115 | ,291 | ,010 | ,445 | | ,003 | ,803 | ,177 | ,223 | ,970 |
| Mg ₂₊ | Συσχέτιση Pearson | -,310 | ,359 | ,652** | ,279 | -,331 | -,633** | 1 | ,259 | -,135 | ,237 | ,206 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,183 | ,120 | ,002 | ,233 | ,154 | ,003 | | ,270 | ,571 | ,315 | ,384 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,017 | ,324 | ,399 | -,044 | -,256 | -,060 | ,259 | 1 | -,034 | ,856** | ,926** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,944 | ,164 | ,081 | ,855 | ,277 | ,803 | ,270 | | ,888 | ,000 | ,000 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,306 | ,277 | -,131 | -,095 | -,028 | ,314 | -,135 | -,034 | 1 | -,152 | ,250 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,190 | ,236 | ,582 | ,690 | ,906 | ,177 | ,571 | ,888 | | ,522 | ,288 |
| NO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,034 | ,065 | ,231 | ,167 | -,137 | -,285 | ,237 | ,856** | -,152 | 1 | ,807** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,886 | ,785 | ,327 | ,481 | ,566 | ,223 | ,315 | ,000 | ,522 | | ,000 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,167 | ,416 | ,334 | -,117 | -,352 | -,009 | ,206 | ,926** | ,250 | ,807** | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,481 | ,068 | ,150 | ,622 | ,128 | ,970 | ,384 | ,000 | ,288 | ,000 | |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,267 | ,524* | ,088 | -,022 | -,045 | ,079 | ,062 | ,075 | -,048 | ,052 | ,094 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,256 | ,018 | ,712 | ,928 | ,850 | ,740 | ,797 | ,754 | ,841 | ,827 | ,692 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,378 | ,856** | ,396 | -,430 | -,302 | ,308 | ,420 | ,007 | ,290 | -,258 | ,117 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,100 | ,000 | ,084 | ,058 | ,196 | ,186 | ,065 | ,976 | ,215 | ,271 | ,622 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,205 | -,314 | -,110 | ,496* | ,178 | -,541* | ,298 | -,145 | ,023 | -,131 | -,147 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,386 | ,177 | ,645 | ,026 | ,453 | ,014 | ,202 | ,541 | ,923 | ,582 | ,537 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,293 | ,089 | -,266 | -,011 | ,021 | ,354 | -,207 | ,098 | ,060 | ,019 | ,073 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|-------|--------|--------|-------|--------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,210 | ,709 | ,258 | ,964 | ,930 | ,126 | ,381 | ,681 | ,801 | ,938 | ,761 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | -,144 | ,458* | ,560* | ,018 | -,307 | -,242 | ,564** | ,870** | -,085 | ,718** | ,805** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,545 | ,042 | ,010 | ,939 | ,188 | ,305 | ,010 | ,000 | ,720 | ,000 | ,000 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,037 | ,615** | ,674** | -,235 | -,497* | -,061 | ,441 | ,782** | -,087 | ,600** | ,744** |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,875 | ,004 | ,001 | ,318 | ,026 | ,797 | ,051 | ,000 | ,716 | ,005 | ,000 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | -,602** | ,421 | ,199 | -,026 | -,263 | -,098 | ,387 | -,087 | ,086 | -,157 | -,025 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | ,065 | ,400 | ,913 | ,263 | ,681 | ,092 | ,716 | ,717 | ,510 | ,916 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,425 | ,195 | ,444* | ,059 | -,140 | -,178 | ,485* | -,142 | -,308 | -,166 | -,245 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,062 | ,410 | ,050 | ,804 | ,555 | ,453 | ,030 | ,551 | ,186 | ,483 | ,298 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,385 | ,203 | ,487* | ,012 | -,156 | -,184 | ,506* | -,124 | -,297 | -,149 | -,218 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,094 | ,391 | ,030 | ,961 | ,510 | ,437 | ,023 | ,603 | ,204 | ,532 | ,355 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,031 | ,203 | ,071 | -,179 | ,338 | ,019 | ,131 | -,030 | ,201 | -,136 | -,025 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,896 | ,392 | ,766 | ,451 | ,145 | ,936 | ,583 | ,900 | ,396 | ,566 | ,915 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,122 | -,053 | ,207 | ,502* | ,076 | -,634** | ,604** | ,288 | -,118 | ,348 | ,237 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,610 | ,823 | ,381 | ,024 | ,750 | ,003 | ,005 | ,219 | ,620 | ,133 | ,315 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,718** | ,349 | ,172 | -,088 | -,313 | -,096 | ,365 | -,046 | ,106 | -,107 | ,032 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,132 | ,469 | ,713 | ,179 | ,688 | ,114 | ,846 | ,655 | ,655 | ,893 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,380 | ,488* | ,407 | -,190 | -,144 | -,130 | ,616** | -,210 | -,012 | -,342 | -,204 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,099 | ,029 | ,075 | ,422 | ,544 | ,585 | ,004 | ,375 | ,961 | ,140 | ,389 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,046 | ,322 | ,018 | ,206 | -,228 | -,167 | ,176 | ,417 | -,137 | ,527* | ,399 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,846 | ,167 | ,941 | ,382 | ,333 | ,481 | ,458 | ,067 | ,564 | ,017 | ,081 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | -,158 | ,168 | -,387 | -,201 | ,268 | ,273 | -,113 | -,308 | ,121 | -,154 | -,255 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---------|------|------|------|-------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,505 | ,479 | ,092 | ,395 | ,253 | ,244 | ,635 | ,187 | ,613 | ,517 | ,278 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | -,268 | ,443 | ,194 | ,229 | -,248 | -,317 | ,497* | ,101 | ,067 | -,015 | ,146 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,253 | ,051 | ,413 | ,331 | ,291 | ,174 | ,026 | ,670 | ,780 | ,949 | ,540 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | -,661** | ,138 | ,191 | ,192 | -,232 | -,536* | ,615** | -,248 | ,023 | -,241 | -,194 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,562 | ,419 | ,418 | ,325 | ,015 | ,004 | ,291 | ,924 | ,306 | ,413 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,217 | ,238 | ,442 | ,248 | -,174 | -,578** | ,884** | -,089 | -,231 | -,082 | -,148 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|--------|-------|--------|-------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,357 | ,313 | ,051 | ,292 | ,463 | ,008 | ,000 | ,708 | ,328 | ,732 | ,533 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,104 | ,266 | ,229 | -,092 | -,219 | ,065 | ,066 | ,891** | -,062 | ,744** | ,834** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,661 | ,258 | ,331 | ,699 | ,354 | ,785 | ,783 | ,000 | ,795 | ,000 | ,000 |
| U | Συσχέτιση Pearson | ,086 | ,527* | ,621** | -,278 | -,418 | ,088 | ,361 | ,543* | ,087 | ,292 | ,514* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,719 | ,017 | ,003 | ,234 | ,067 | ,714 | ,118 | ,013 | ,714 | ,212 | ,020 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,557* | ,041 | ,164 | ,394 | -,012 | -,633** | ,662** | ,082 | -,051 | ,200 | ,086 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,011 | ,865 | ,491 | ,086 | ,961 | ,003 | ,001 | ,732 | ,830 | ,397 | ,719 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,156 | -,053 | -,408 | ,323 | -,014 | ,258 | -,279 | -,169 | ,608** | -,131 | -,019 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,512 | ,826 | ,074 | ,164 | ,953 | ,271 | ,234 | ,477 | ,004 | ,581 | ,935 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li |
|------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|-------|--------|--------|---------|-------|------------------|-------|---------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | ,267 | -,378 | -,205 | ,293 | -,144 | ,037 | -,602** | ,425 | ,385 | -,031 | -,122 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,256 | ,100 | ,386 | ,210 | ,545 | ,875 | ,005 | ,062 | ,094 | ,896 | ,610 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,524* | ,856** | -,314 | ,089 | ,458* | ,615** | ,421 | ,195 | ,203 | ,203 | -,053 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,018 | ,000 | ,177 | ,709 | ,042 | ,004 | ,065 | ,410 | ,391 | ,392 | ,823 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,088 | ,396 | -,110 | -,266 | ,560* | ,674** | ,199 | ,444* | ,487* | ,071 | ,207 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,712 | ,084 | ,645 | ,258 | ,010 | ,001 | ,400 | ,050 | ,030 | ,766 | ,381 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,022 | -,430 | ,496* | -,011 | ,018 | -,235 | -,026 | ,059 | ,012 | -,179 | ,502* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,928 | ,058 | ,026 | ,964 | ,939 | ,318 | ,913 | ,804 | ,961 | ,451 | ,024 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,045 | -,302 | ,178 | ,021 | -,307 | -,497* | -,263 | -,140 | -,156 | ,338 | ,076 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,850 | ,196 | ,453 | ,930 | ,188 | ,026 | ,263 | ,555 | ,510 | ,145 | ,750 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,079 | ,308 | -,541* | ,354 | -,242 | -,061 | -,098 | -,178 | -,184 | ,019 | -,634** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,740 | ,186 | ,014 | ,126 | ,305 | ,797 | ,681 | ,453 | ,437 | ,936 | ,003 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,062 | ,420 | ,298 | -,207 | ,564** | ,441 | ,387 | ,485* | ,506* | ,131 | ,604** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,797 | ,065 | ,202 | ,381 | ,010 | ,051 | ,092 | ,030 | ,023 | ,583 | ,005 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,075 | ,007 | -,145 | ,098 | ,870** | ,782** | -,087 | -,142 | -,124 | -,030 | ,288 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,754 | ,976 | ,541 | ,681 | ,000 | ,000 | ,716 | ,551 | ,603 | ,900 | ,219 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,048 | ,290 | ,023 | ,060 | -,085 | -,087 | ,086 | -,308 | -,297 | ,201 | -,118 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,841 | ,215 | ,923 | ,801 | ,720 | ,716 | ,717 | ,186 | ,204 | ,396 | ,620 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | ,052 | -,258 | -,131 | ,019 | ,718** | ,600** | -,157 | -,166 | -,149 | -,136 | ,348 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,827 | ,271 | ,582 | ,938 | ,000 | ,005 | ,510 | ,483 | ,532 | ,566 | ,133 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,094 | ,117 | -,147 | ,073 | ,805** | ,744** | -,025 | -,245 | -,218 | -,025 | ,237 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,692 | ,622 | ,537 | ,761 | ,000 | ,000 | ,916 | ,298 | ,355 | ,915 | ,315 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,143 | -,201 | ,087 | ,150 | ,434 | ,172 | ,162 | ,110 | ,059 | -,052 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,546 | ,396 | ,715 | ,527 | ,056 | ,469 | ,494 | ,643 | ,805 | ,828 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,143 | 1 | -,165 | -,031 | ,225 | ,297 | ,518* | ,255 | ,284 | ,253 | -,072 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,546 | | ,488 | ,897 | ,341 | ,203 | ,019 | ,279 | ,224 | ,282 | ,763 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,201 | -,165 | 1 | -,183 | ,077 | -,305 | -,011 | -,194 | -,169 | -,062 | ,772** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,396 | ,488 | | ,441 | ,747 | ,191 | ,962 | ,411 | ,477 | ,795 | ,000 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,087 | -,031 | -,183 | 1 | ,114 | ,135 | -,182 | ,025 | ,015 | -,085 | -,056 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu | Li |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|-------|------|--------|--------|------|-------|------------------|------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,715 | ,897 | ,441 | | ,632 | ,571 | ,443 | ,916 | ,950 | ,722 | ,815 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,150 | ,225 | ,077 | ,114 | 1 | ,845** | ,201 | -,012 | ,018 | ,008 | ,542* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,527 | ,341 | ,747 | ,632 | | ,000 | ,396 | ,961 | ,942 | ,973 | ,014 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,434 | ,297 | -,305 | ,135 | ,845** | 1 | ,142 | ,212 | ,229 | ,002 | ,167 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,056 | ,203 | ,191 | ,571 | ,000 | | ,549 | ,370 | ,331 | ,994 | ,481 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | ,172 | ,518* | -,011 | -,182 | ,201 | ,142 | 1 | -,144 | -,162 | -,002 | -,035 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,469 | ,019 | ,962 | ,443 | ,396 | ,549 | | ,545 | ,496 | ,992 | ,883 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,162 | ,255 | -,194 | ,025 | -,012 | ,212 | -,144 | 1 | ,992** | ,316 | -,003 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,494 | ,279 | ,411 | ,916 | ,961 | ,370 | ,545 | | ,000 | ,174 | ,991 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,110 | ,284 | -,169 | ,015 | ,018 | ,229 | -,162 | ,992** | 1 | ,315 | ,024 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,643 | ,224 | ,477 | ,950 | ,942 | ,331 | ,496 | ,000 | | ,175 | ,921 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | ,059 | ,253 | -,062 | -,085 | ,008 | ,002 | -,002 | ,316 | ,315 | 1 | -,055 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,805 | ,282 | ,795 | ,722 | ,973 | ,994 | ,992 | ,174 | ,175 | | ,816 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,052 | -,072 | ,772** | -,056 | ,542* | ,167 | -,035 | -,003 | ,024 | -,055 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,828 | ,763 | ,000 | ,815 | ,014 | ,481 | ,883 | ,991 | ,921 | ,816 | |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,024 | ,502* | ,014 | -,168 | ,208 | ,094 | ,965** | -,246 | -,246 | -,074 | -,030 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,919 | ,024 | ,952 | ,479 | ,380 | ,694 | ,000 | ,295 | ,296 | ,755 | ,902 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,051 | ,725** | ,053 | -,017 | ,191 | ,160 | ,641** | ,415 | ,435 | ,438 | ,145 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,830 | ,000 | ,824 | ,942 | ,419 | ,501 | ,002 | ,069 | ,055 | ,053 | ,543 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,552* | ,004 | -,105 | -,108 | ,426 | ,482* | ,116 | -,104 | -,124 | -,198 | ,241 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,012 | ,987 | ,661 | ,651 | ,061 | ,031 | ,627 | ,663 | ,601 | ,403 | ,306 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | ,111 | ,210 | -,231 | ,089 | -,240 | -,200 | ,078 | ,073 | ,070 | ,260 | -,142 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|------|--------|-------|------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,643 | ,374 | ,327 | ,710 | ,307 | ,398 | ,743 | ,760 | ,768 | ,269 | ,550 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,571** | ,307 | ,429 | -,227 | ,364 | ,293 | ,560* | -,084 | -,116 | -,055 | ,450* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,009 | ,188 | ,059 | ,336 | ,115 | ,210 | ,010 | ,726 | ,626 | ,817 | ,047 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | -,036 | ,385 | ,604** | -,346 | ,142 | -,065 | ,648** | -,042 | -,009 | ,012 | ,477* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,880 | ,093 | ,005 | ,135 | ,549 | ,785 | ,002 | ,861 | ,970 | ,961 | ,033 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,011 | ,426 | ,357 | -,147 | ,289 | ,160 | ,335 | ,609** | ,620** | ,284 | ,563** |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu | Li |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|------------------|-------|--------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,963 | ,061 | ,122 | ,535 | ,217 | ,501 | ,149 | ,004 | ,004 | ,224 | ,010 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,125 | -,065 | -,171 | ,468* | ,794** | ,730** | -,151 | -,199 | -,187 | -,134 | ,242 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,600 | ,786 | ,471 | ,037 | ,000 | ,000 | ,525 | ,401 | ,430 | ,574 | ,304 |
| U | Συσχέτιση Pearson | ,229 | ,349 | -,226 | ,380 | ,632** | ,810** | ,006 | ,316 | ,358 | -,040 | ,097 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,331 | ,132 | ,337 | ,099 | ,003 | ,000 | ,980 | ,174 | ,122 | ,867 | ,684 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,091 | ,147 | ,642** | -,261 | ,415 | ,031 | ,482* | -,176 | -,155 | -,017 | ,786** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,704 | ,536 | ,002 | ,266 | ,069 | ,897 | ,031 | ,459 | ,513 | ,945 | ,000 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,064 | -,065 | -,058 | ,240 | -,284 | -,228 | -,227 | -,014 | -,034 | -,077 | -,167 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,790 | ,784 | ,807 | ,307 | ,225 | ,334 | ,336 | ,952 | ,886 | ,747 | ,481 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|------------------|---|---------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,718** | -,380 | -,046 | -,158 | -,268 | -,661** | -,217 | ,104 | ,086 | -,557* | ,156 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,099 | ,846 | ,505 | ,253 | ,002 | ,357 | ,661 | ,719 | ,011 | ,512 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,349 | ,488* | ,322 | ,168 | ,443 | ,138 | ,238 | ,266 | ,527* | ,041 | -,053 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,132 | ,029 | ,167 | ,479 | ,051 | ,562 | ,313 | ,258 | ,017 | ,865 | ,826 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,172 | ,407 | ,018 | -,387 | ,194 | ,191 | ,442 | ,229 | ,621** | ,164 | -,408 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,469 | ,075 | ,941 | ,092 | ,413 | ,419 | ,051 | ,331 | ,003 | ,491 | ,074 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,088 | -,190 | ,206 | -,201 | ,229 | ,192 | ,248 | -,092 | -,278 | ,394 | ,323 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,713 | ,422 | ,382 | ,395 | ,331 | ,418 | ,292 | ,699 | ,234 | ,086 | ,164 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,313 | -,144 | -,228 | ,268 | -,248 | -,232 | -,174 | -,219 | -,418 | -,012 | -,014 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,179 | ,544 | ,333 | ,253 | ,291 | ,325 | ,463 | ,354 | ,067 | ,961 | ,953 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,096 | -,130 | -,167 | ,273 | -,317 | -,536* | -,578** | ,065 | ,088 | -,633** | ,258 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,688 | ,585 | ,481 | ,244 | ,174 | ,015 | ,008 | ,785 | ,714 | ,003 | ,271 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,365 | ,616** | ,176 | -,113 | ,497* | ,615** | ,884** | ,066 | ,361 | ,662** | -,279 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,114 | ,004 | ,458 | ,635 | ,026 | ,004 | ,000 | ,783 | ,118 | ,001 | ,234 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,046 | -,210 | ,417 | -,308 | ,101 | -,248 | -,089 | ,891** | ,543* | ,082 | -,169 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,846 | ,375 | ,067 | ,187 | ,670 | ,291 | ,708 | ,000 | ,013 | ,732 | ,477 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,106 | -,012 | -,137 | ,121 | ,067 | ,023 | -,231 | -,062 | ,087 | -,051 | ,608** |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,655 | ,961 | ,564 | ,613 | ,780 | ,924 | ,328 | ,795 | ,714 | ,830 | ,004 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,107 | -,342 | ,527* | -,154 | -,015 | -,241 | -,082 | ,744** | ,292 | ,200 | -,131 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,655 | ,140 | ,017 | ,517 | ,949 | ,306 | ,732 | ,000 | ,212 | ,397 | ,581 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,032 | -,204 | ,399 | -,255 | ,146 | -,194 | -,148 | ,834** | ,514* | ,086 | -,019 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,893 | ,389 | ,081 | ,278 | ,540 | ,413 | ,533 | ,000 | ,020 | ,719 | ,935 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,024 | ,051 | ,552* | ,111 | ,571** | -,036 | ,011 | ,125 | ,229 | -,091 | -,064 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,919 | ,830 | ,012 | ,643 | ,009 | ,880 | ,963 | ,600 | ,331 | ,704 | ,790 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,502* | ,725** | ,004 | ,210 | ,307 | ,385 | ,426 | -,065 | ,349 | ,147 | -,065 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,024 | ,000 | ,987 | ,374 | ,188 | ,093 | ,061 | ,786 | ,132 | ,536 | ,784 |
| As | Συσχέτιση Pearson | ,014 | ,053 | -,105 | -,231 | ,429 | ,604** | ,357 | -,171 | -,226 | ,642** | -,058 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,952 | ,824 | ,661 | ,327 | ,059 | ,005 | ,122 | ,471 | ,337 | ,002 | ,807 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,168 | -,017 | -,108 | ,089 | -,227 | -,346 | -,147 | ,468* | ,380 | -,261 | ,240 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|----|---|------|------|-------|-------|------|-------|------|--------|--------|------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,479 | ,942 | ,651 | ,710 | ,336 | ,135 | ,535 | ,037 | ,099 | ,266 | ,307 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,208 | ,191 | ,426 | -,240 | ,364 | ,142 | ,289 | ,794** | ,632** | ,415 | -,284 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,380 | ,419 | ,061 | ,307 | ,115 | ,549 | ,217 | ,000 | ,003 | ,069 | ,225 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,094 | ,160 | ,482* | -,200 | ,293 | -,065 | ,160 | ,730** | ,810** | ,031 | -,228 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,694 | ,501 | ,031 | ,398 | ,210 | ,785 | ,501 | ,000 | ,000 | ,897 | ,334 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | ,965** | ,641** | ,116 | ,078 | ,560* | ,648** | ,335 | -,151 | ,006 | ,482* | -,227 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,002 | ,627 | ,743 | ,010 | ,002 | ,149 | ,525 | ,980 | ,031 | ,336 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,246 | ,415 | -,104 | ,073 | -,084 | -,042 | ,609** | -,199 | ,316 | -,176 | -,014 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,295 | ,069 | ,663 | ,760 | ,726 | ,861 | ,004 | ,401 | ,174 | ,459 | ,952 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,246 | ,435 | -,124 | ,070 | -,116 | -,009 | ,620** | -,187 | ,358 | -,155 | -,034 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,296 | ,055 | ,601 | ,768 | ,626 | ,970 | ,004 | ,430 | ,122 | ,513 | ,886 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,074 | ,438 | -,198 | ,260 | -,055 | ,012 | ,284 | -,134 | -,040 | -,017 | -,077 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,755 | ,053 | ,403 | ,269 | ,817 | ,961 | ,224 | ,574 | ,867 | ,945 | ,747 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,030 | ,145 | ,241 | -,142 | ,450* | ,477* | ,563** | ,242 | ,097 | ,786** | -,167 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,902 | ,543 | ,306 | ,550 | ,047 | ,033 | ,010 | ,304 | ,684 | ,000 | ,481 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,599** | ,009 | ,041 | ,465* | ,653** | ,294 | -,108 | -,021 | ,509* | -,274 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,005 | ,970 | ,865 | ,039 | ,002 | ,209 | ,651 | ,930 | ,022 | ,242 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,599** | 1 | -,122 | ,276 | ,329 | ,647** | ,767** | -,231 | ,212 | ,446* | -,304 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | | ,608 | ,239 | ,157 | ,002 | ,000 | ,327 | ,370 | ,049 | ,193 |
| P | Συσχέτιση Pearson | ,009 | -,122 | 1 | ,269 | ,376 | ,080 | ,011 | ,338 | ,214 | ,218 | ,107 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,970 | ,608 | | ,252 | ,103 | ,737 | ,963 | ,146 | ,365 | ,356 | ,655 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | ,041 | ,276 | ,269 | 1 | -,136 | ,046 | ,101 | -,284 | -,116 | ,035 | ,251 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,865 | ,239 | ,252 | | ,567 | ,848 | ,672 | ,225 | ,625 | ,883 | ,285 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,465* | ,329 | ,376 | -,136 | 1 | ,615** | ,414 | ,013 | ,048 | ,586** | -,250 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,039 | ,157 | ,103 | ,567 | | ,004 | ,069 | ,956 | ,840 | ,007 | ,288 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | ,653** | ,647** | ,080 | ,046 | ,615** | 1 | ,654** | -,348 | -,069 | ,794** | -,244 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,002 | ,737 | ,848 | ,004 | | ,002 | ,133 | ,774 | ,000 | ,301 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,294 | ,767** | ,011 | ,101 | ,414 | ,654** | 1 | -,199 | ,129 | ,645** | -,288 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|----|---|-------|-------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,209 | ,000 | ,963 | ,672 | ,069 | ,002 | | ,399 | ,587 | ,002 | ,218 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | -,108 | -,231 | ,338 | -,284 | ,013 | -,348 | -,199 | 1 | ,597** | -,033 | -,133 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,651 | ,327 | ,146 | ,225 | ,956 | ,133 | ,399 | | ,005 | ,891 | ,577 |
| U | Συσχέτιση Pearson | -,021 | ,212 | ,214 | -,116 | ,048 | -,069 | ,129 | ,597** | 1 | -,149 | ,051 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,930 | ,370 | ,365 | ,625 | ,840 | ,774 | ,587 | ,005 | | ,530 | ,830 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,509* | ,446* | ,218 | ,035 | ,586** | ,794** | ,645** | -,033 | -,149 | 1 | -,314 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,022 | ,049 | ,356 | ,883 | ,007 | ,000 | ,002 | ,891 | ,530 | | ,178 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,274 | -,304 | ,107 | ,251 | -,250 | -,244 | -,288 | -,133 | ,051 | -,314 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,242 | ,193 | ,655 | ,285 | ,288 | ,301 | ,218 | ,577 | ,830 | ,178 | |

**73 δείγματα λεκάνης Σαριγκιόλ,
Δυτικής Μακεδονίας**

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca2+ | Mg2+ | Na+ | K+ | NO3- | Cl- |
|------|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|--------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,234* | -,170 | ,213 | ,089 | ,013 | -,062 | -,250* | -,116 | ,340** | -,110 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,046 | ,151 | ,070 | ,456 | ,912 | ,603 | ,033 | ,330 | ,003 | ,356 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,234* | 1 | ,797** | -,253* | -,214 | ,690** | ,523** | ,532** | ,250* | ,042 | ,600** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,046 | | ,000 | ,031 | ,070 | ,000 | ,000 | ,000 | ,033 | ,726 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,170 | ,797** | 1 | -,165 | -,228 | ,510** | ,579** | ,587** | ,082 | ,039 | ,576** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,151 | ,000 | | ,164 | ,052 | ,000 | ,000 | ,000 | ,488 | ,744 | ,000 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,213 | -,253* | -,165 | 1 | ,079 | -,370** | ,086 | ,061 | -,018 | ,114 | ,046 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,070 | ,031 | ,164 | | ,509 | ,001 | ,470 | ,609 | ,881 | ,338 | ,699 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,089 | -,214 | -,228 | ,079 | 1 | -,116 | -,358** | -,139 | ,109 | ,137 | -,175 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,456 | ,070 | ,052 | ,509 | | ,330 | ,002 | ,241 | ,357 | ,248 | ,139 |
| Ca2+ | Συσχέτιση Pearson | ,013 | ,690** | ,510** | -,370** | -,116 | 1 | ,149 | ,078 | ,063 | ,146 | ,351** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,912 | ,000 | ,000 | ,001 | ,330 | | ,210 | ,510 | ,598 | ,219 | ,002 |
| Mg2+ | Συσχέτιση Pearson | -,062 | ,523** | ,579** | ,086 | -,358** | ,149 | 1 | ,268* | ,038 | ,092 | ,560** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,603 | ,000 | ,000 | ,470 | ,002 | ,210 | | ,022 | ,750 | ,439 | ,000 |
| Na+ | Συσχέτιση Pearson | -,250* | ,532** | ,587** | ,061 | -,139 | ,078 | ,268* | 1 | ,195 | -,136 | ,474** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,033 | ,000 | ,000 | ,609 | ,241 | ,510 | ,022 | | ,098 | ,251 | ,000 |
| K+ | Συσχέτιση Pearson | -,116 | ,250* | ,082 | -,018 | ,109 | ,063 | ,038 | ,195 | 1 | -,196 | ,157 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,330 | ,033 | ,488 | ,881 | ,357 | ,598 | ,750 | ,098 | | ,096 | ,183 |
| NO3- | Συσχέτιση Pearson | ,340** | ,042 | ,039 | ,114 | ,137 | ,146 | ,092 | -,136 | -,196 | 1 | ,077 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,003 | ,726 | ,744 | ,338 | ,248 | ,219 | ,439 | ,251 | ,096 | | ,519 |
| Cl- | Συσχέτιση Pearson | -,110 | ,600** | ,576** | ,046 | -,175 | ,351** | ,560** | ,474** | ,157 | ,077 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,356 | ,000 | ,000 | ,699 | ,139 | ,002 | ,000 | ,000 | ,183 | ,519 | |
| SO ₄ 2- | Συσχέτιση Pearson | -,327** | ,777** | ,513** | -,124 | ,007 | ,356** | ,090 | ,594** | ,305** | -,042 | ,368** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | ,000 | ,000 | ,295 | ,953 | ,002 | ,451 | ,000 | ,009 | ,727 | ,001 |
| HCO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,054 | ,326** | ,320** | -,345** | -,340** | ,409** | ,477** | -,196 | ,006 | -,325** | ,019 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,651 | ,005 | ,006 | ,003 | ,003 | ,000 | ,000 | ,096 | ,957 | ,005 | ,877 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,039 | -,030 | ,011 | ,200 | ,033 | -,069 | ,142 | -,086 | ,007 | -,144 | -,092 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,746 | ,798 | ,923 | ,089 | ,783 | ,560 | ,232 | ,468 | ,954 | ,225 | ,437 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,142 | ,480** | ,561** | ,084 | -,136 | ,134 | ,320** | ,846** | ,147 | -,163 | ,480** |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ - | Cl- |
|----|---|--------|--------|--------|-------|------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,230 | ,000 | ,000 | ,479 | ,250 | ,258 | ,006 | ,000 | ,215 | ,169 | ,000 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | -,268* | ,240* | ,065 | ,052 | ,019 | -,103 | ,118 | ,221 | -,053 | ,174 | ,150 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,022 | ,041 | ,587 | ,660 | ,871 | ,384 | ,320 | ,060 | ,654 | ,141 | ,206 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,273* | ,544** | ,480** | -,064 | ,033 | ,195 | ,077 | ,619** | ,137 | ,073 | ,440** |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,020 | ,000 | ,000 | ,590 | ,783 | ,098 | ,518 | ,000 | ,246 | ,542 | ,000 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | -,232* | ,042 | ,045 | -,063 | -,106 | ,028 | ,074 | -,093 | -,021 | -,116 | -,057 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,048 | ,723 | ,702 | ,597 | ,373 | ,815 | ,532 | ,436 | ,859 | ,328 | ,633 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | ,271* | -,288* | -,199 | ,172 | ,180 | -,271* | -,018 | -,209 | -,228 | ,465** | -,054 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,020 | ,013 | ,091 | ,146 | ,128 | ,020 | ,881 | ,076 | ,052 | ,000 | ,649 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | ,283* | -,307** | -,205 | ,174 | ,146 | -,300* | -,019 | -,214 | -,224 | ,454** | -,044 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,015 | ,008 | ,082 | ,142 | ,218 | ,010 | ,872 | ,069 | ,057 | ,000 | ,712 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | -,024 | ,021 | ,096 | -,132 | ,209 | -,054 | ,058 | ,115 | ,022 | -,013 | -,012 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,841 | ,863 | ,419 | ,265 | ,076 | ,649 | ,628 | ,332 | ,855 | ,910 | ,917 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,167 | ,430** | ,557** | ,144 | -,005 | -,023 | ,252* | ,765** | ,146 | -,142 | ,346** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,159 | ,000 | ,000 | ,224 | ,968 | ,845 | ,032 | ,000 | ,219 | ,230 | ,003 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,169 | -,096 | -,099 | ,036 | -,130 | -,117 | -,018 | -,060 | -,028 | -,152 | -,082 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,154 | ,417 | ,403 | ,761 | ,273 | ,326 | ,878 | ,612 | ,817 | ,201 | ,492 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,186 | ,139 | ,210 | -,287* | ,092 | ,189 | ,155 | -,142 | ,010 | -,134 | -,139 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,114 | ,241 | ,075 | ,014 | ,440 | ,108 | ,189 | ,231 | ,933 | ,258 | ,241 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,016 | -,107 | -,175 | ,131 | -,034 | -,218 | ,004 | ,050 | -,208 | ,138 | -,071 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,895 | ,366 | ,139 | ,270 | ,777 | ,065 | ,975 | ,672 | ,077 | ,246 | ,548 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | ,066 | -,052 | ,074 | ,005 | ,095 | -,156 | ,111 | ,068 | -,020 | ,043 | -,030 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|--------|------|-------|-------|--------|---------|------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,580 | ,663 | ,532 | ,964 | ,422 | ,186 | ,348 | ,570 | ,870 | ,718 | ,804 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | -,237* | ,396** | ,614** | ,070 | -,072 | ,089 | ,258* | ,765** | ,173 | -,222 | ,427** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,044 | ,001 | ,000 | ,559 | ,544 | ,455 | ,027 | ,000 | ,143 | ,059 | ,000 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | -,180 | ,195 | ,255* | ,007 | -,193 | ,163 | ,116 | ,023 | ,044 | ,016 | ,099 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,127 | ,098 | ,029 | ,952 | ,103 | ,168 | ,327 | ,850 | ,713 | ,891 | ,407 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,115 | -,013 | -,079 | ,088 | ,004 | -,158 | ,421** | -,335** | ,164 | -,091 | ,067 |

| | | DO | TDS | EC | pH | Eh | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ |
|----|---|-------|--------|--------|-------|-------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,331 | ,916 | ,506 | ,458 | ,971 | ,181 | ,000 | ,004 | ,167 | ,443 | ,576 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | -,143 | ,422** | ,303** | ,080 | -,031 | ,070 | ,408** | ,361** | -,077 | ,282* | ,456** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,226 | ,000 | ,009 | ,499 | ,797 | ,557 | ,000 | ,002 | ,518 | ,015 | ,000 |
| U | Συσχέτιση Pearson | -,128 | ,418** | ,208 | -,014 | -,145 | ,112 | ,432** | ,246* | ,018 | ,065 | ,151 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,281 | ,000 | ,078 | ,906 | ,222 | ,345 | ,000 | ,036 | ,883 | ,588 | ,202 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,148 | ,219 | ,362** | ,111 | -,037 | -,226 | ,360** | ,567** | -,048 | -,010 | ,295* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,213 | ,062 | ,002 | ,348 | ,754 | ,055 | ,002 | ,000 | ,689 | ,934 | ,011 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | ,145 | ,197 | ,261* | -,026 | -,123 | ,152 | ,282* | ,005 | -,085 | ,259* | ,119 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,221 | ,094 | ,026 | ,829 | ,299 | ,199 | ,016 | ,966 | ,477 | ,027 | ,316 |

| | | SO ₄₂₋ | HCO ₃₋ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li |
|------------------|---|-------------------|-------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|-------|--------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,327** | -,054 | -,039 | -,142 | -,268* | -,273* | -,232* | ,271* | ,283* | -,024 | -,167 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,005 | ,651 | ,746 | ,230 | ,022 | ,020 | ,048 | ,020 | ,015 | ,841 | ,159 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | ,777** | ,326** | -,030 | ,480** | ,240* | ,544** | ,042 | -,288* | -,307** | ,021 | ,430** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,005 | ,798 | ,000 | ,041 | ,000 | ,723 | ,013 | ,008 | ,863 | ,000 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | ,513** | ,320** | ,011 | ,561** | ,065 | ,480** | ,045 | -,199 | -,205 | ,096 | ,557** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,006 | ,923 | ,000 | ,587 | ,000 | ,702 | ,091 | ,082 | ,419 | ,000 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | -,124 | -,345** | ,200 | ,084 | ,052 | -,064 | -,063 | ,172 | ,174 | -,132 | ,144 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,295 | ,003 | ,089 | ,479 | ,660 | ,590 | ,597 | ,146 | ,142 | ,265 | ,224 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | ,007 | -,340** | ,033 | -,136 | ,019 | ,033 | -,106 | ,180 | ,146 | ,209 | -,005 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,953 | ,003 | ,783 | ,250 | ,871 | ,783 | ,373 | ,128 | ,218 | ,076 | ,968 |
| Ca ₂₊ | Συσχέτιση Pearson | ,356** | ,409** | -,069 | ,134 | -,103 | ,195 | ,028 | -,271* | -,300* | -,054 | -,023 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,002 | ,000 | ,560 | ,258 | ,384 | ,098 | ,815 | ,020 | ,010 | ,649 | ,845 |
| Mg ₂₊ | Συσχέτιση Pearson | ,090 | ,477** | ,142 | ,320** | ,118 | ,077 | ,074 | -,018 | -,019 | ,058 | ,252* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,451 | ,000 | ,232 | ,006 | ,320 | ,518 | ,532 | ,881 | ,872 | ,628 | ,032 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,594** | -,196 | -,086 | ,846** | ,221 | ,619** | -,093 | -,209 | -,214 | ,115 | ,765** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,096 | ,468 | ,000 | ,060 | ,000 | ,436 | ,076 | ,069 | ,332 | ,000 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | ,305** | ,006 | ,007 | ,147 | -,053 | ,137 | -,021 | -,228 | -,224 | ,022 | ,146 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|---------|---------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,009 | ,957 | ,954 | ,215 | ,654 | ,246 | ,859 | ,052 | ,057 | ,855 | ,219 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,042 | -,325** | -,144 | -,163 | ,174 | ,073 | -,116 | ,465** | ,454** | -,013 | -,142 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,727 | ,005 | ,225 | ,169 | ,141 | ,542 | ,328 | ,000 | ,000 | ,910 | ,230 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | ,368** | ,019 | -,092 | ,480** | ,150 | ,440** | -,057 | -,054 | -,044 | -,012 | ,346** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,877 | ,437 | ,000 | ,206 | ,000 | ,633 | ,649 | ,712 | ,917 | ,003 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | 1 | -,209 | -,069 | ,447** | ,367** | ,674** | -,047 | -,226 | -,243* | ,025 | ,525** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,076 | ,560 | ,000 | ,001 | ,000 | ,692 | ,055 | ,038 | ,832 | ,000 |
| HCO ₃ ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,209 | 1 | ,156 | -,066 | -,192 | -,258* | ,240* | -,316** | -,318** | -,008 | -,162 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,076 | | ,187 | ,582 | ,103 | ,027 | ,040 | ,006 | ,006 | ,948 | ,172 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,069 | ,156 | 1 | -,089 | -,140 | -,104 | ,005 | -,146 | -,139 | -,046 | ,223 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,560 | ,187 | | ,452 | ,237 | ,380 | ,968 | ,217 | ,241 | ,701 | ,058 |
| | Συσχέτιση Pearson | ,447** | -,066 | -,089 | 1 | ,143 | ,510** | -,130 | -,233* | -,242* | ,081 | ,774** |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ₆₊ | Cu | Li |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|------------------|------|--------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,582 | ,452 | | ,227 | ,000 | ,272 | ,047 | ,039 | ,497 | ,000 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,367** | -,192 | -,140 | ,143 | 1 | ,411** | ,173 | -,056 | -,070 | ,041 | ,261* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,103 | ,237 | ,227 | | ,000 | ,142 | ,640 | ,554 | ,727 | ,026 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | ,674** | -,258* | -,104 | ,510** | ,411** | 1 | -,014 | -,033 | -,037 | ,059 | ,484** |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,027 | ,380 | ,000 | ,000 | | ,908 | ,785 | ,756 | ,621 | ,000 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | -,047 | ,240* | ,005 | -,130 | ,173 | -,014 | 1 | -,099 | -,130 | ,082 | -,065 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,692 | ,040 | ,968 | ,272 | ,142 | ,908 | | ,407 | ,271 | ,492 | ,586 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,226 | -,316** | -,146 | -,233* | -,056 | -,033 | -,099 | 1 | ,984** | ,255* | -,229 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,055 | ,006 | ,217 | ,047 | ,640 | ,785 | ,407 | | ,000 | ,029 | ,052 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,243* | -,318** | -,139 | -,242* | -,070 | -,037 | -,130 | ,984** | 1 | ,167 | -,230* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,038 | ,006 | ,241 | ,039 | ,554 | ,756 | ,271 | ,000 | | ,159 | ,050 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | ,025 | -,008 | -,046 | ,081 | ,041 | ,059 | ,082 | ,255* | ,167 | 1 | ,081 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,832 | ,948 | ,701 | ,497 | ,727 | ,621 | ,492 | ,029 | ,159 | | ,497 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | ,525** | -,162 | ,223 | ,774** | ,261* | ,484** | -,065 | -,229 | -,230* | ,081 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,172 | ,058 | ,000 | ,026 | ,000 | ,586 | ,052 | ,050 | ,497 | |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | -,074 | ,054 | -,033 | -,096 | ,338** | -,050 | ,710** | -,182 | -,205 | ,061 | -,033 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,534 | ,649 | ,780 | ,418 | ,003 | ,672 | ,000 | ,123 | ,083 | ,609 | ,781 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | -,060 | ,455** | ,153 | -,138 | -,125 | -,068 | ,569** | ,034 | ,019 | ,313** | -,060 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,614 | ,000 | ,195 | ,245 | ,293 | ,566 | ,000 | ,773 | ,872 | ,007 | ,614 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,053 | -,124 | -,084 | -,042 | ,241* | ,168 | ,035 | ,432** | ,424** | ,007 | -,042 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,655 | ,295 | ,480 | ,726 | ,040 | ,157 | ,768 | ,000 | ,000 | ,955 | ,722 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | -,090 | ,027 | -,060 | ,101 | -,029 | ,009 | -,016 | ,213 | ,161 | ,449** | ,109 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------|--------|--------|--------|-------|--------|------|---------|---------|-------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,450 | ,819 | ,612 | ,397 | ,810 | ,938 | ,892 | ,071 | ,174 | ,000 | ,356 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,384** | -,063 | ,052 | ,786** | ,000 | ,473** | ,113 | -,307** | -,313** | ,091 | ,810** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,598 | ,660 | ,000 | ,999 | ,000 | ,339 | ,008 | ,007 | ,444 | ,000 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | ,091 | ,170 | ,143 | ,034 | ,133 | ,105 | ,222 | -,149 | -,142 | -,033 | ,098 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,445 | ,151 | ,228 | ,777 | ,261 | ,376 | ,060 | ,208 | ,231 | ,782 | ,410 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,184 | ,338** | ,301** | -,280* | -,135 | -,162 | ,088 | ,216 | ,235* | ,028 | -,163 |

| | | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | As | B | Ba | Br | Co | Cr | Cr ⁶⁺ | Cu | Li |
|----|---|-------------------------------|-------------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|------------------|--------|--------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,119 | ,003 | ,010 | ,017 | ,254 | ,171 | ,459 | ,067 | ,045 | ,816 | ,168 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,372** | -,107 | -,194 | ,396** | ,609** | ,480** | -,090 | -,031 | -,045 | -,004 | ,298* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,001 | ,369 | ,099 | ,001 | ,000 | ,000 | ,448 | ,797 | ,707 | ,971 | ,010 |
| U | Συσχέτιση Pearson | ,299* | ,212 | -,078 | ,278* | ,378** | ,221 | -,093 | -,214 | -,227 | -,027 | ,185 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,010 | ,072 | ,513 | ,017 | ,001 | ,060 | ,436 | ,069 | ,053 | ,820 | ,116 |
| V | Συσχέτιση Pearson | ,237* | -,120 | ,164 | ,582** | ,237* | ,418** | ,013 | ,121 | ,094 | ,328** | ,695** |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,044 | ,313 | ,166 | ,000 | ,043 | ,000 | ,914 | ,306 | ,427 | ,005 | ,000 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,008 | ,194 | ,016 | ,022 | -,030 | ,035 | -,084 | -,094 | -,090 | ,124 | ,079 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,947 | ,099 | ,891 | ,852 | ,803 | ,766 | ,482 | ,427 | ,448 | ,297 | ,505 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|------------------|---|-------|--------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|-------|
| DO | Συσχέτιση Pearson | -,169 | -,186 | -,016 | ,066 | -,237* | -,180 | ,115 | -,143 | -,128 | -,148 | ,145 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,154 | ,114 | ,895 | ,580 | ,044 | ,127 | ,331 | ,226 | ,281 | ,213 | ,221 |
| TDS | Συσχέτιση Pearson | -,096 | ,139 | -,107 | -,052 | ,396** | ,195 | -,013 | ,422** | ,418** | ,219 | ,197 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,417 | ,241 | ,366 | ,663 | ,001 | ,098 | ,916 | ,000 | ,000 | ,062 | ,094 |
| EC | Συσχέτιση Pearson | -,099 | ,210 | -,175 | ,074 | ,614** | ,255* | -,079 | ,303** | ,208 | ,362** | ,261* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,403 | ,075 | ,139 | ,532 | ,000 | ,029 | ,506 | ,009 | ,078 | ,002 | ,026 |
| pH | Συσχέτιση Pearson | ,036 | -,287* | ,131 | ,005 | ,070 | ,007 | ,088 | ,080 | -,014 | ,111 | -,026 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,761 | ,014 | ,270 | ,964 | ,559 | ,952 | ,458 | ,499 | ,906 | ,348 | ,829 |
| Eh | Συσχέτιση Pearson | -,130 | ,092 | -,034 | ,095 | -,072 | -,193 | ,004 | -,031 | -,145 | -,037 | -,123 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,273 | ,440 | ,777 | ,422 | ,544 | ,103 | ,971 | ,797 | ,222 | ,754 | ,299 |
| Ca ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,117 | ,189 | -,218 | -,156 | ,089 | ,163 | -,158 | ,070 | ,112 | -,226 | ,152 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,326 | ,108 | ,065 | ,186 | ,455 | ,168 | ,181 | ,557 | ,345 | ,055 | ,199 |
| Mg ²⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,018 | ,155 | ,004 | ,111 | ,258* | ,116 | ,421** | ,408** | ,432** | ,360** | ,282* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,878 | ,189 | ,975 | ,348 | ,027 | ,327 | ,000 | ,000 | ,000 | ,002 | ,016 |
| Na ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,060 | -,142 | ,050 | ,068 | ,765** | ,023 | -,335** | ,361** | ,246* | ,567** | ,005 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,612 | ,231 | ,672 | ,570 | ,000 | ,850 | ,004 | ,002 | ,036 | ,000 | ,966 |
| K ⁺ | Συσχέτιση Pearson | -,028 | ,010 | -,208 | -,020 | ,173 | ,044 | ,164 | -,077 | ,018 | -,048 | -,085 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|--------|-------|-------|--------|------|--------|--------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,817 | ,933 | ,077 | ,870 | ,143 | ,713 | ,167 | ,518 | ,883 | ,689 | ,477 |
| NO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | -,152 | -,134 | ,138 | ,043 | -,222 | ,016 | -,091 | ,282* | ,065 | -,010 | ,259* |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,201 | ,258 | ,246 | ,718 | ,059 | ,891 | ,443 | ,015 | ,588 | ,934 | ,027 |
| Cl ⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,082 | -,139 | -,071 | -,030 | ,427** | ,099 | ,067 | ,456** | ,151 | ,295* | ,119 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,492 | ,241 | ,548 | ,804 | ,000 | ,407 | ,576 | ,000 | ,202 | ,011 | ,316 |
| SO ₄ ²⁻ | Συσχέτιση Pearson | -,074 | -,060 | -,053 | -,090 | ,384** | ,091 | -,184 | ,372** | ,299* | ,237* | -,008 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,534 | ,614 | ,655 | ,450 | ,001 | ,445 | ,119 | ,001 | ,010 | ,044 | ,947 |
| HCO ₃ - | Συσχέτιση Pearson | ,054 | ,455** | -,124 | ,027 | -,063 | ,170 | ,338** | -,107 | ,212 | -,120 | ,194 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,649 | ,000 | ,295 | ,819 | ,598 | ,151 | ,003 | ,369 | ,072 | ,313 | ,099 |
| As | Συσχέτιση Pearson | -,033 | ,153 | -,084 | -,060 | ,052 | ,143 | ,301** | -,194 | -,078 | ,164 | ,016 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,780 | ,195 | ,480 | ,612 | ,660 | ,228 | ,010 | ,099 | ,513 | ,166 | ,891 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,096 | -,138 | -,042 | ,101 | ,786** | ,034 | -,280* | ,396** | ,278* | ,582** | ,022 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|----|---|--------|-------|-------|-------|--------|------|-------|--------|--------|--------|-------|
| B | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,418 | ,245 | ,726 | ,397 | ,000 | ,777 | ,017 | ,001 | ,017 | ,000 | ,852 |
| Ba | Συσχέτιση Pearson | ,338** | -,125 | ,241* | -,029 | ,000 | ,133 | -,135 | ,609** | ,378** | ,237* | -,030 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,003 | ,293 | ,040 | ,810 | ,999 | ,261 | ,254 | ,000 | ,001 | ,043 | ,803 |
| Br | Συσχέτιση Pearson | -,050 | -,068 | ,168 | ,009 | ,473** | ,105 | -,162 | ,480** | ,221 | ,418** | ,035 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--------|--------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,672 | ,566 | ,157 | ,938 | ,000 | ,376 | ,171 | ,000 | ,060 | ,000 | ,766 |
| Co | Συσχέτιση Pearson | ,710** | ,569** | ,035 | -,016 | ,113 | ,222 | ,088 | -,090 | -,093 | ,013 | -,084 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,000 | ,000 | ,768 | ,892 | ,339 | ,060 | ,459 | ,448 | ,436 | ,914 | ,482 |
| Cr | Συσχέτιση Pearson | -,182 | ,034 | ,432** | ,213 | -,307** | -,149 | ,216 | -,031 | -,214 | ,121 | -,094 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,123 | ,773 | ,000 | ,071 | ,008 | ,208 | ,067 | ,797 | ,069 | ,306 | ,427 |
| Cr6+ | Συσχέτιση Pearson | -,205 | ,019 | ,424** | ,161 | -,313** | -,142 | ,235* | -,045 | -,227 | ,094 | -,090 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,083 | ,872 | ,000 | ,174 | ,007 | ,231 | ,045 | ,707 | ,053 | ,427 | ,448 |
| Cu | Συσχέτιση Pearson | ,061 | ,313** | ,007 | ,449** | ,091 | -,033 | ,028 | -,004 | -,027 | ,328** | ,124 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,609 | ,007 | ,955 | ,000 | ,444 | ,782 | ,816 | ,971 | ,820 | ,005 | ,297 |
| Li | Συσχέτιση Pearson | -,033 | -,060 | -,042 | ,109 | ,810** | ,098 | -,163 | ,298* | ,185 | ,695** | ,079 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,781 | ,614 | ,722 | ,356 | ,000 | ,410 | ,168 | ,010 | ,116 | ,000 | ,505 |
| Mn | Συσχέτιση Pearson | 1 | ,182 | -,143 | -,009 | ,089 | ,017 | -,098 | ,012 | -,101 | -,117 | -,038 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | | ,124 | ,226 | ,939 | ,454 | ,884 | ,410 | ,918 | ,394 | ,326 | ,749 |
| Ni | Συσχέτιση Pearson | ,182 | 1 | -,105 | ,013 | ,050 | ,182 | ,410** | -,258* | -,097 | -,035 | -,011 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,124 | | ,378 | ,916 | ,676 | ,124 | ,000 | ,027 | ,416 | ,766 | ,925 |
| P | Συσχέτιση Pearson | -,143 | -,105 | 1 | ,090 | -,164 | -,021 | -,066 | ,200 | ,152 | ,208 | -,161 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,226 | ,378 | | ,451 | ,167 | ,859 | ,579 | ,089 | ,200 | ,078 | ,174 |
| Pb | Συσχέτιση Pearson | -,009 | ,013 | ,090 | 1 | ,072 | -,098 | ,006 | -,007 | -,068 | ,294* | ,474** |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|--------|-------|-------|--------|------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,939 | ,916 | ,451 | | ,542 | ,409 | ,962 | ,952 | ,565 | ,012 | ,000 |
| Rb | Συσχέτιση Pearson | ,089 | ,050 | -,164 | ,072 | 1 | ,079 | -,253* | ,209 | ,099 | ,528** | ,101 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,454 | ,676 | ,167 | ,542 | | ,507 | ,031 | ,076 | ,405 | ,000 | ,396 |
| Sb | Συσχέτιση Pearson | ,017 | ,182 | -,021 | -,098 | ,079 | 1 | ,066 | ,000 | ,043 | ,056 | -,021 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,884 | ,124 | ,859 | ,409 | ,507 | | ,577 | ,997 | ,718 | ,638 | ,861 |
| | Συσχέτιση Pearson | -,098 | ,410** | -,066 | ,006 | -,253* | ,066 | 1 | -,170 | -,020 | ,016 | ,034 |

| | | Mn | Ni | P | Pb | Rb | Sb | Si | Sr | U | V | Zn |
|----|---|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|------|
| Si | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,410 | ,000 | ,579 | ,962 | ,031 | ,577 | | ,149 | ,864 | ,894 | ,773 |
| Sr | Συσχέτιση Pearson | ,012 | -,258* | ,200 | -,007 | ,209 | ,000 | -,170 | 1 | ,690** | ,364** | ,028 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,918 | ,027 | ,089 | ,952 | ,076 | ,997 | ,149 | | ,000 | ,002 | ,813 |
| U | Συσχέτιση Pearson | -,101 | -,097 | ,152 | -,068 | ,099 | ,043 | -,020 | ,690** | 1 | ,274* | ,001 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,394 | ,416 | ,200 | ,565 | ,405 | ,718 | ,864 | ,000 | | ,019 | ,996 |
| V | Συσχέτιση Pearson | -,117 | -,035 | ,208 | ,294* | ,528** | ,056 | ,016 | ,364** | ,274* | 1 | ,047 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,326 | ,766 | ,078 | ,012 | ,000 | ,638 | ,894 | ,002 | ,019 | | ,691 |
| Zn | Συσχέτιση Pearson | -,038 | -,011 | -,161 | ,474** | ,101 | -,021 | ,034 | ,028 | ,001 | ,047 | 1 |
| | Συντελεστής δίπλ. Σημαντικότητας (Sig. 2tailed) | ,749 | ,925 | ,174 | ,000 | ,396 | ,861 | ,773 | ,813 | ,996 | ,691 | |

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V:
ΧΗΜΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ
ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΦΑΣΕΩΝ**

| Ορυκτολογική φάση | Χημικός τύπος |
|-------------------------|--|
| Αιματίτης | Fe ₂ O ₃ |
| Αμφίβολος (Ακτινόλιθος) | Ca ₂ (Mg,Fe) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂ |
| Αμφίβολος (Τρεμολίτης) | Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂ |
| Άνυδρη άσβεστος | CaO |
| Ανυδρίτης | CaSO ₄ |
| Ασβεσίτης | CaCO ₃ |
| Ασβολάνης | (Ni,Co) _{1-x} (Mn ^{IV} O ₂) _{2-y} (OH) _{2-2x+2y} ·nH ₂ O, |
| Άστριος (Ανορθίτης) | CaAl ₂ Si ₂ O ₈ |
| Βασανίτης | CaSO ₄ •0.5(H ₂ O) |
| Γκαιτίτης | FeO(OH) |
| Γκελενίτης | Ca ₂ Al(AlSi) ₇ O ₇ |
| Γύψος | CaSO ₄ •2(H ₂ O) |
| Δολομίτης | CaMg(CO ₃) ₂ |
| Επίδοτο | (Ca,Pb,Sr) ₂ (Al,Fe) ₃ (SiO ₄)(Si ₂ O ₇)O(OH) |
| Εττριγκίτης | Ca ₆ Al ₂ (SO ₄) ₃ (OH) ₁₂ •26(H ₂ O) |
| Ιλλίτης | (K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,(H ₂ O)] |
| Καολινίτης | Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ |
| Μαγνησίτης | MgCO ₃ |
| Μαγνητίτης | FeO•Fe ₂ O ₃ |
| Μοντμοριλλονίτης | (Na,Ca) _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ •n(H ₂ O) |
| Μπιρνεσίτης | (Na,Ca) _{0.5} (Mn ^{IV} ,Mn ^{III}) ₂ O ₄ •1.5H ₂ O |
| Νοντρονίτης | Na _{0.3} Fe ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ •n(H ₂ O) |
| Ολιβίνης (Λαρνίτης) | Ca ₂ SiO ₄ |
| Ολιβίνης (Φορστερίτης) | Mg ₂ SiO ₄ |
| Πορτλανδίτης | Ca(OH) ₂ |
| Πυροαυρίτης | Mg ₆ Fe ₂ (CO ₃)(OH) ₁₆ •4(H ₂ O) |
| Πυρολουσίτης | MnO ₂ |
| Πυρόξενος (Ενστατίτης) | MgSiO ₃ |
| Σερπεντίνης | Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ |
| Τάλκης | Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ |
| Τομπερμορίτης | Ca ₅ Si ₆ O ₁₆ (OH) ₂ •4(H ₂ O) |
| Υδρομαγνησιτικής | Mg ₅ (CO ₃) ₄ (OH) ₂ •4(H ₂ O) |
| Χαλαζίας | SiO ₂ |
| Χλωρίτης | (Mg,Fe) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈ |
| Χουντίτης | CaMg ₃ (CO ₃) ₄ |
| Χρωμίτης | FeCr ₂ O ₄ |

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI:
ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΤΕΡΕΩΝ
ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

Πίνακας Π51 - Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και στα εδάφη στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων.

| ID | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | MnO | Ba | Ce | Cr | Cs | Dy | Er | Eu | Ga | Gd |
|--------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------|------------------|------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| G2 | 36,1 | 1,16 | 7,11 | 0,46 | 38 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,12 | 4,3 | <0,5 | 3190 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | <0,03 | 1,6 | <0,05 |
| G6 | 34,9 | 0,4 | 8,53 | 0,23 | 39 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,12 | 4,1 | <0,5 | 3150 | <0,01 | <0,05 | <0,03 | <0,03 | 0,6 | <0,05 |
| G10 | 36,6 | 1,04 | 7,64 | 0,98 | 36,7 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,11 | 1,8 | <0,5 | 2580 | 0,03 | <0,05 | 0,03 | <0,03 | 1,5 | <0,05 |
| S3 | 35,5 | 0,05 | 7,66 | 0,15 | 38,5 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,11 | 2,4 | <0,5 | 3090 | <0,01 | <0,05 | <0,03 | <0,03 | 0,3 | <0,05 |
| S5 | 41,4 | 1,68 | 8,69 | 1,64 | 41,2 | 0,01 | <0,01 | 0,03 | 0,13 | 4,2 | <0,5 | 2790 | 0,02 | 0,13 | 0,05 | <0,03 | 1,6 | <0,05 |
| SSL2 | 48,1 | 5,64 | 5,98 | 8,63 | 10,15 | 0,17 | 0,98 | 0,27 | 0,26 | 127 | 33,4 | 1020 | 2,6 | 2,52 | 1,37 | 0,53 | 7,4 | 2,3 |
| SSL4 | 48 | 3,73 | 4,82 | 12,05 | 10,9 | 0,1 | 0,69 | 0,17 | 0,19 | 94 | 22,2 | 1120 | 1,72 | 1,82 | 0,79 | 0,49 | 4,7 | 2,01 |
| SSL6 | 37,9 | 2,01 | 7,53 | 6,55 | 28,7 | 0,06 | 0,21 | 0,09 | 0,13 | 43,5 | 6,6 | 3300 | 0,79 | 0,6 | 0,24 | 0,13 | 2,4 | 0,56 |
| LSS9 | 47,3 | 2,94 | 5,43 | 9,9 | 17,8 | 0,3 | 0,26 | 0,18 | 0,19 | 44,2 | 9,6 | 1590 | 0,69 | 1,19 | 0,63 | 0,23 | 4 | 1,06 |
| LSS4 | 40,3 | 2,49 | 7,5 | 6,22 | 27 | 0,06 | 0,15 | 0,08 | 0,11 | 41,6 | 6,6 | 4330 | 0,92 | 0,58 | 0,31 | 0,17 | 2,8 | 0,63 |
| LSS19 | 47,8 | 2,82 | 7,28 | 4,46 | 25,3 | 0,22 | 0,21 | 0,14 | 0,16 | 32,5 | 7,9 | 2960 | 0,62 | 0,92 | 0,52 | 0,19 | 3,6 | 0,96 |
| LSS27 | 37,9 | 1,72 | 9,33 | 0,83 | 34,2 | 0,01 | 0,08 | 0,05 | 0,13 | 21,1 | 3,8 | 3750 | 0,33 | 0,27 | 0,12 | 0,09 | 2,2 | 0,25 |

Πίνακας Π52 - Περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και στα εδάφη στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων.

| ID | Hf ppm | Ho ppm | La ppm | Lu ppm | Nb ppm | Nd ppm | Pr ppm | Rb ppm | Sm ppm | Sn ppm | Sr ppm | Ta ppm | Tb ppm | Th ppm | Tm ppm | U ppm | V ppm | W ppm |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| G2 | 0,2 | <0,01 | <0,5 | 0,01 | <0,2 | 0,1 | <0,03 | 0,5 | <0,03 | <1 | 1,5 | 0,1 | <0,01 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | 51 | <1 |
| G6 | <0,2 | <0,01 | <0,5 | <0,01 | <0,2 | 0,1 | <0,03 | 0,3 | <0,03 | <1 | 3,9 | 0,3 | <0,01 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | 24 | <1 |
| G10 | <0,2 | <0,01 | <0,5 | <0,01 | <0,2 | <0,1 | <0,03 | 0,4 | <0,03 | <1 | 5,4 | 0,1 | <0,01 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | 41 | <1 |
| S3 | <0,2 | <0,01 | 0,6 | <0,01 | <0,2 | <0,1 | <0,03 | 0,3 | <0,03 | <1 | 4,2 | 0,1 | 0,03 | <0,05 | 0,05 | <0,05 | 17 | 1 |
| S5 | <0,2 | 0,01 | <0,5 | <0,01 | <0,2 | <0,1 | <0,03 | 0,4 | <0,03 | <1 | 2,6 | 0,1 | <0,01 | <0,05 | 0,02 | <0,05 | 56 | <1 |
| SSL2 | 2,2 | 0,42 | 15,7 | 0,16 | 5,7 | 13,4 | 3,57 | 41,4 | 2,73 | 2 | 50,2 | 0,4 | 0,35 | 4,33 | 0,18 | 0,86 | 46 | 1 |
| SSL4 | 1,3 | 0,3 | 11,7 | 0,12 | 3,5 | 10,3 | 2,7 | 25 | 2,06 | 1 | 60,8 | 0,3 | 0,23 | 2,74 | 0,11 | 0,89 | 29 | 1 |
| SSL6 | 0,5 | 0,07 | 3,2 | 0,02 | 1,3 | 2,6 | 0,65 | 8,9 | 0,49 | 1 | 35,9 | 0,2 | 0,07 | 0,85 | 0,03 | 0,35 | 51 | <1 |
| LSS9 | 0,5 | 0,21 | 4,2 | 0,08 | 1,3 | 4 | 1,07 | 9,8 | 0,97 | 1 | 50,2 | 0,1 | 0,13 | 0,87 | 0,06 | 0,27 | 66 | 1 |
| LSS4 | 0,6 | 0,1 | 3,4 | 0,03 | 1,3 | 3,6 | 0,78 | 7,8 | 0,72 | 1 | 86,6 | 0,1 | 0,08 | 0,93 | 0,05 | 0,9 | 62 | 1 |
| LSS19 | 0,6 | 0,16 | 3,9 | 0,06 | 1,3 | 3,5 | 0,82 | 8,8 | 0,7 | <1 | 35,9 | 0,1 | 0,12 | 0,85 | 0,05 | 0,38 | 71 | 1 |
| LSS27 | 0,3 | 0,03 | 2 | 0,02 | 0,9 | 1,6 | 0,36 | 4,9 | 0,26 | <1 | 6,9 | 0,1 | 0,04 | 0,53 | 0,02 | 0,29 | 50 | <1 |

Πίνακας Π153 - Περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και στα εδάφη στην περιοχή Λουτρακίου - Σχίνου - Γερανείων Ορέων

| ID | Y ppm | Yb ppm | Zr ppm | As ppm | Bi ppm | Hg ppm | Sb ppm | Se ppm | Tl ppm | Ag ppm | Cd ppm | Co ppm | Cu ppm | Mo ppm | Ni ppm | Pb ppm | Zn ppm | P ppm |
|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| G2 | 0,5 | 0,03 | 5 | 1,7 | 0,04 | 0,022 | 0,07 | 0,2 | 0,02 | <0,5 | 0,5 | 101 | 2 | <1 | 2030 | 6 | 51 | <43 |
| G6 | 0,5 | 0,04 | 2 | 0,3 | <0,01 | 0,006 | <0,05 | 0,2 | <0,02 | <0,5 | 0,6 | 110 | 12 | <1 | 2320 | <2 | 48 | <43 |
| G10 | 0,5 | <0,03 | 2 | 0,2 | <0,01 | <0,005 | <0,05 | <0,2 | <0,02 | <0,5 | 0,5 | 97 | 12 | <1 | 2000 | <2 | 46 | <43 |
| S3 | 0,5 | <0,03 | <2 | 0,3 | <0,01 | 0,006 | <0,05 | <0,2 | <0,02 | <0,5 | 0,5 | 112 | 10 | <1 | 2430 | <2 | 41 | <43 |
| S5 | 0,8 | 0,09 | <2 | 0,4 | <0,01 | <0,005 | <0,05 | <0,2 | <0,02 | <0,5 | 0,5 | 107 | 46 | 1 | 2170 | 2 | 45 | 43,64 |
| SSL2 | 14,3 | 1,22 | 72 | 4,5 | 0,16 | 0,018 | 0,21 | 0,4 | 0,12 | <0,5 | 0,7 | 60 | 45 | <1 | 918 | 16 | 114 | 741,92 |
| SSL4 | 10,6 | 0,73 | 44 | 4 | 0,12 | 0,03 | 0,18 | 0,4 | 0,09 | <0,5 | 1 | 48 | 35 | 1 | 852 | 16 | 78 | 1527,47 |
| SSL6 | 3 | 0,26 | 17 | 2,6 | 0,04 | 0,015 | 0,12 | 0,4 | 0,02 | <0,5 | 0,7 | 82 | 20 | <1 | 1720 | 9 | 89 | 130,93 |
| LSS9 | 6,4 | 0,57 | 19 | 2,6 | 0,05 | 0,017 | 0,08 | 0,2 | 0,03 | <0,5 | 0,6 | 45 | 26 | <1 | 1020 | 6 | 44 | 87,28 |
| LSS4 | 3,9 | 0,22 | 21 | 6,4 | 0,04 | 0,011 | 0,07 | <0,2 | 0,02 | <0,5 | 0,8 | 66 | 21 | <1 | 1830 | 11 | 63 | 174,57 |
| LSS19 | 5,7 | 0,54 | 19 | 3 | 0,05 | 0,016 | 0,17 | <0,2 | 0,04 | <0,5 | 0,6 | 60 | 23 | 1 | 1360 | 2 | 56 | 218,21 |
| LSS27 | 1,5 | 0,18 | 10 | 1,3 | 0,02 | 0,016 | 0,05 | <0,2 | 0,02 | <0,5 | 0,7 | 116 | 15 | 1 | 2280 | 3 | 47 | 305,49 |

Πίνακας Π154 - Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα δείγματα εδαφών στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| ID | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | MnO | Ba | Ce | Cr | Cs | Dy | Er | Eu | Ga | Gd |
|-----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------|------------------|------------------|------|-----|------|---------|-----|------|------|------|-----|------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| E1 | 45,3 | 7,28 | 5,49 | 13,7 | 6,77 | 0,64 | 1,24 | 0,4 | 0,11 | 169 | 37,8 | 1081,04 | 3 | 2,62 | 1,52 | 0,7 | 8,5 | 2,94 |
| E2 | 40,11 | 5,89 | 4,95 | 18,54 | 7,34 | 0,5 | 0,95 | 0,32 | 0,09 | 135 | 27,7 | 1176,83 | 2,3 | 2,26 | 1,45 | 0,56 | 6,6 | 2,36 |
| E3 | 42,49 | 4,96 | 6,83 | 15,94 | 8,33 | 0,43 | 0,79 | 0,27 | 0,11 | 109 | 24,9 | 2086,82 | 2 | 2,02 | 1,26 | 0,42 | 5,9 | 2,15 |
| E4 | 46,74 | 7,59 | 6,32 | 11,32 | 8,25 | 0,63 | 1,2 | 0,42 | 0,12 | 180 | 37,3 | 1580,51 | 2,7 | 3,18 | 1,83 | 0,71 | 9,6 | 3,07 |
| E5 | 35,54 | 2,47 | 5,77 | 15,39 | 16,89 | 0,14 | 0,34 | 0,11 | 0,1 | 48 | 11,4 | 1854,19 | 0,9 | 0,7 | 0,44 | 0,17 | 2,8 | 0,84 |
| E6 | 35,3 | 5,71 | 7,66 | 17,86 | 7,34 | 0,25 | 0,87 | 0,34 | 0,15 | 98 | 24,6 | 2196,29 | 1,7 | 1,81 | 1,3 | 0,54 | 6,7 | 2,05 |
| E7 | 42,88 | 7,15 | 9,16 | 9,92 | 8,58 | 0,34 | 0,95 | 0,44 | 0,16 | 118 | 28,4 | 1758,4 | 2,1 | 2,8 | 1,63 | 0,6 | 7,9 | 2,89 |
| E8 | 44,08 | 7,45 | 5,96 | 14,47 | 6,59 | 0,59 | 1,28 | 0,41 | 0,12 | 182 | 36,6 | 1532,61 | 3,1 | 2,77 | 1,68 | 0,68 | 9,4 | 3,11 |
| E9 | 44,96 | 8,49 | 6,45 | 11,8 | 7,46 | 0,62 | 1,39 | 0,47 | 0,13 | 189 | 41,6 | 1231,56 | 3,8 | 2,91 | 1,71 | 0,79 | 9,4 | 3,36 |
| E10 | 46,12 | 6,3 | 5,58 | 13,75 | 7,57 | 0,54 | 1,06 | 0,35 | 0,1 | 131 | 30 | 1635,24 | 2,4 | 2,22 | 1,43 | 0,58 | 6,9 | 2,6 |
| E11 | 48,54 | 8,24 | 6,54 | 12,19 | 6,7 | 0,61 | 1,4 | 0,45 | 0,13 | 187 | 38,1 | 1648,93 | 3,5 | 2,86 | 1,85 | 0,72 | 9,1 | 3,18 |
| E12 | 45 | 5,9 | 5,31 | 15,72 | 6,5 | 0,54 | 1,03 | 0,33 | 0,11 | 144 | 30,7 | 1648,93 | 2,3 | 2,22 | 1,32 | 0,56 | 6,2 | 2,51 |
| E13 | 47,35 | 8,52 | 6,26 | 11,99 | 6,42 | 0,65 | 1,38 | 0,47 | 0,12 | 192 | 41,4 | 1464,19 | 3,8 | 2,98 | 1,84 | 0,75 | 9,7 | 3,41 |
| E14 | 41,02 | 5,65 | 5,63 | 16,19 | 8,97 | 0,43 | 0,98 | 0,31 | 0,11 | 137 | 28,8 | 1635,24 | 2,5 | 2,01 | 1,23 | 0,49 | 5,9 | 2,37 |
| E15 | 34,8 | 6,79 | 5,65 | 21,28 | 5,25 | 0,33 | 1,19 | 0,37 | 0,13 | 197 | 42,8 | 1334,19 | 3,1 | 2,72 | 1,58 | 0,76 | 7,8 | 3,2 |
| E16 | 42,25 | 5,08 | 4,88 | 19,02 | 6,09 | 0,5 | 0,84 | 0,29 | 0,09 | 119 | 27 | 1717,35 | 2 | 1,98 | 1,16 | 0,53 | 5,6 | 2,15 |

Πίνακας Π155 - Περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα δείγματα εδαφών στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| ID | Hf | Ho | La | Lu | Nb | Nd | Pr | Rb | Sm | Sn | Sr | Ta | Tb | Th | Tm | U | V | W |
|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|------|
| | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| E1 | 2,9 | 0,58 | 19,7 | 0,24 | 6,3 | 16,8 | 4,23 | 50,4 | 3,02 | 2 | 132 | 0,4 | 0,46 | 5,8 | 0,22 | 1,5 | 73 | 1,3 |
| E2 | 2,4 | 0,47 | 14,3 | 0,2 | 5,1 | 12,4 | 3,26 | 41,7 | 2,31 | 2 | 140 | 0,4 | 0,38 | 3,9 | 0,21 | 1,7 | 61 | 0,8 |
| E3 | 2,3 | 0,43 | 12,9 | 0,18 | 4,2 | 11,6 | 2,89 | 33,4 | 2,11 | 1 | 99 | 0,2 | 0,36 | 3,7 | 0,19 | 1,4 | 61 | 1 |
| E4 | 3,5 | 0,6 | 19,6 | 0,25 | 6,8 | 17,9 | 4,34 | 54,6 | 3,28 | 2 | 104 | 0,5 | 0,49 | 5,6 | 0,28 | 1,6 | 79 | 1,1 |
| E5 | 0,7 | 0,14 | 5,6 | 0,07 | 1,7 | 4,9 | 1,23 | 14,4 | 0,95 | 1 | 55 | <0,1 | 0,12 | 1,6 | 0,06 | 0,4 | 41 | <0,5 |
| E6 | 1,6 | 0,42 | 12,6 | 0,16 | 4,6 | 10,7 | 2,75 | 33,6 | 2,31 | 1 | 132 | 0,3 | 0,33 | 3 | 0,16 | 1,1 | 77 | 0,7 |
| E7 | 2,2 | 0,59 | 13,5 | 0,23 | 5,3 | 12,4 | 3,17 | 38,3 | 2,83 | 1 | 64 | 0,3 | 0,47 | 3,7 | 0,24 | 1 | 79 | 1,1 |
| E8 | 3 | 0,56 | 18,8 | 0,25 | 6,2 | 16,3 | 4,3 | 54 | 2,96 | 5 | 126 | 0,4 | 0,47 | 5,6 | 0,23 | 1,8 | 78 | 0,9 |
| E9 | 3,4 | 0,63 | 21,3 | 0,28 | 7,7 | 19,1 | 4,78 | 64,3 | 3,58 | 2 | 97 | 0,5 | 0,51 | 6 | 0,25 | 1,9 | 83 | 0,9 |
| E10 | 2,4 | 0,46 | 16,3 | 0,2 | 5,2 | 13,1 | 3,56 | 45,4 | 2,77 | 2 | 131 | 0,4 | 0,4 | 4,6 | 0,24 | 1,4 | 66 | 1,2 |
| E11 | 2,8 | 0,57 | 19,7 | 0,25 | 7,2 | 17,5 | 4,45 | 61,4 | 3,52 | 2 | 118 | 0,4 | 0,48 | 5,6 | 0,25 | 1,8 | 84 | 1,3 |
| E12 | 2,2 | 0,47 | 16,7 | 0,19 | 5,2 | 14,2 | 3,62 | 41,6 | 2,74 | 35 | 156 | 0,4 | 0,37 | 4,5 | 0,19 | 1,4 | 64 | 0,9 |
| E13 | 3,6 | 0,6 | 20,6 | 0,25 | 7,9 | 18,2 | 4,72 | 61,5 | 3,4 | 2 | 109 | 0,6 | 0,52 | 6,5 | 0,26 | 1,8 | 85 | 0,6 |
| E14 | 2,3 | 0,41 | 15,7 | 0,17 | 5,2 | 13 | 3,38 | 43,9 | 2,5 | 2 | 127 | 0,5 | 0,35 | 4,3 | 0,16 | 1,3 | 64 | 0,9 |
| E15 | 2,3 | 0,51 | 21,5 | 0,23 | 7,6 | 17,2 | 4,52 | 52,5 | 3,35 | 2 | 176 | 0,4 | 0,49 | 5,5 | 0,23 | 1,3 | 70 | 0,7 |
| E16 | 2,1 | 0,42 | 14,5 | 0,17 | 4,8 | 12,4 | 3,14 | 36,9 | 2,45 | 4 | 191 | 0,4 | 0,33 | 3,6 | 0,17 | 1,3 | 61 | 0,9 |

Πίνακας Π156 - Περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα δείγματα εδαφών στη λεκάνη Ψαχνών - Πολιτικών, Κεντρικής Ευβοίας.

| ID | Y ppm | Yb ppm | Zr ppm | As ppm | Bi ppm | Hg ppm | Sb ppm | Se ppm | Tl ppm | Ag ppm | Cd ppm | Co ppm | Cu ppm | Mo ppm | Ni ppm | Pb ppm | Zn ppm | P ppm |
|-----|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| E1 | 15,3 | 1,51 | 97,1 | 9,8 | 0,2 | 0,03 | 0,3 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | 40,6 | 28,6 | 0,4 | 650 | 13,3 | 56 | 1003,77 |
| E2 | 13,4 | 1,29 | 86,3 | 7,8 | 0,1 | 0,02 | 0,2 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | 39,6 | 25,8 | 0,3 | 671 | 11,3 | 60 | 960,13 |
| E3 | 12,5 | 1,17 | 87,8 | 11,1 | 0,1 | 0,01 | 0,3 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,2 | 62,3 | 42,1 | 0,5 | 1120 | 11 | 45 | 698,27 |
| E4 | 18,1 | 1,88 | 128,8 | 9,4 | 0,2 | 0,01 | 0,4 | <0,5 | 0,1 | <0,1 | 0,3 | 52,2 | 26,5 | 0,3 | 808 | 23,2 | 61 | 698,27 |
| E5 | 4,2 | 0,39 | 25,8 | 2,7 | <0,1 | <0,01 | 0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | 66,2 | 13,5 | 0,1 | 1305 | 6,8 | 39 | 436,42 |
| E6 | 12,1 | 1,12 | 63,8 | 8,5 | 0,1 | 0,03 | 0,2 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,2 | 76,2 | 34,2 | 0,2 | 1282 | 17,1 | 72 | 1352,91 |
| E7 | 15,9 | 1,6 | 79,9 | 10,8 | 0,2 | 0,03 | 0,3 | <0,5 | 0,1 | <0,1 | 0,3 | 88,1 | 39,2 | 0,4 | 1625 | 18,7 | 71 | 1265,62 |
| E8 | 15,9 | 1,47 | 111,9 | 10,7 | 0,2 | 0,01 | 0,3 | <0,5 | 0,1 | <0,1 | 0,3 | 44,7 | 35,1 | 0,4 | 694 | 17,3 | 78 | 1265,62 |
| E9 | 17,2 | 1,65 | 120,6 | 10,6 | 0,2 | 0,01 | 0,3 | <0,5 | 0,1 | <0,1 | 0,3 | 51,6 | 33,9 | 0,5 | 816 | 17,1 | 76 | 1265,62 |
| E10 | 13,4 | 1,37 | 96,8 | 8 | 0,1 | <0,01 | 0,2 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | 45,3 | 21,9 | 0,3 | 726 | 12,5 | 64 | 1047,41 |
| E11 | 17,9 | 1,61 | 111,8 | 11 | 0,2 | 0,02 | 0,3 | <0,5 | 0,1 | <0,1 | 0,3 | 51,6 | 30,4 | 0,5 | 782 | 17,9 | 71 | 1571,12 |
| E12 | 12,9 | 1,14 | 89,3 | 9,8 | 0,2 | 0,04 | 0,3 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | 41,2 | 36,5 | 0,5 | 652 | 52,7 | 68 | 1614,76 |
| E13 | 17,4 | 1,65 | 141,1 | 10,3 | 0,2 | <0,01 | 0,3 | <0,5 | 0,1 | <0,1 | 0,3 | 48,4 | 26,7 | 0,4 | 729 | 17,2 | 62 | 741,92 |
| E14 | 11,6 | 1,19 | 86,8 | 6,8 | 0,1 | 0,01 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | <0,1 | 0,2 | 49,8 | 25,8 | 0,3 | 860 | 16 | 77 | 2443,96 |
| E15 | 16,3 | 1,5 | 96,2 | 10,1 | 0,2 | 0,02 | 0,2 | 0,6 | 0,2 | <0,1 | 0,2 | 51,8 | 23 | 0,2 | 721 | 18,9 | 52 | 785,56 |
| E16 | 11,4 | 1,05 | 79,6 | 8,2 | 0,1 | 0,21 | 0,3 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,4 | 38,5 | 24,2 | 0,3 | 599 | 31,4 | 60 | 1352,91 |

Πίνακας Π157 - Περιεκτικότητες κύριων στοιχείων, δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και εδάφη στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| ID | SiO ₂ % | Al ₂ O ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | CaO % | MgO % | Na ₂ O % | K ₂ O % | TiO ₂ % | MnO % | Ba ppm | Ce ppm | Cr ppm | Cs ppm | Dy ppm | Er ppm | Eu ppm | Ga ppm | Gd ppm |
|-------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| UMR1 | 32,55 | 0,5 | 5,64 | 10,37 | 31,25 | 0,02 | <0,01 | 0,02 | 0,11 | 3 | 0,4 | 2771,02 | <0,1 | 0,06 | <0,03 | 0,02 | 0,9 | 0,07 |
| UMR2 | 0,57 | 0,12 | 0,16 | 54,14 | 0,64 | 0,18 | 0,16 | 0,052 | 0,003 | 3 | 0,3 | 6,84 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | <0,02 | <0,5 | <0,05 |
| UMR5 | 39,53 | 0,72 | 8,13 | 0,2 | 38,27 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,04 | 2 | 0,1 | 2757,33 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | <0,02 | <0,5 | <0,05 |
| R7 | 45,05 | 14,02 | 7,99 | 9,83 | 4,02 | 0,4 | 1,9 | 0,45 | 0,07 | 3 | 0,3 | 307,89 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | <0,02 | <0,5 | <0,05 |
| UMR6 | 39,15 | 0,48 | 8,75 | 0,09 | 38,43 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,09 | 3 | 0,1 | 3578,38 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | <0,02 | <0,5 | <0,05 |
| UMR8 | 51,44 | 3,73 | 5,64 | 9,66 | 24,67 | 0,22 | 0,06 | 0,03 | 0,12 | 1 | 0,8 | 1286,3 | <0,1 | 0,12 | 0,11 | 0,03 | 4,7 | 0,17 |
| UMR9 | 52,96 | 2,96 | 5,93 | 10,53 | 23,74 | 0,29 | 0,1 | 0,02 | 0,2 | 30 | 1,1 | 1888,4 | <0,1 | 0,13 | 0,13 | 0,03 | 3,5 | 0,14 |
| UMR10 | 51,96 | 2,89 | 5,89 | 9,98 | 23,67 | 0,3 | 0,1 | 0,03 | 0,2 | 3 | 0,3 | 1457,35 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | <0,02 | <0,5 | <0,05 |
| UMR11 | 51,23 | 3,98 | 5,63 | 9,54 | 24,87 | 0,23 | 0,04 | 0,02 | 0,15 | 3 | 0,3 | 1347,89 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | <0,02 | <0,5 | <0,05 |
| UMR12 | 29,13 | 17,84 | 15,86 | 19,13 | 4,42 | 0,02 | 0,63 | 3,03 | 0,24 | 553 | 88,4 | 410,52 | 0,4 | 8,16 | 3,91 | 3,07 | 19,8 | 9,31 |
| UMR13 | 53,76 | 1,94 | 5,43 | 11,66 | 22,99 | 0,38 | 0,1 | 0,04 | 0,17 | 2 | 0,7 | 1559,98 | <0,1 | 0,12 | 0,09 | 0,03 | 2,8 | <0,05 |
| UMR14 | 37,53 | 1,28 | 25,93 | 2,44 | 22,43 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,13 | 11 | 1,4 | 10201,45 | <0,1 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 1,2 | 0,09 |
| UMR15 | 51,85 | 2,75 | 5,93 | 9,86 | 24,07 | 0,29 | 0,1 | 0,03 | 0,18 | 10 | 0,3 | 1361,56 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | 0,04 | 1,2 | 0,09 |
| UMR17 | 47,44 | 14,4 | 13,53 | 8,02 | 4,92 | 3,97 | 0,88 | 2,78 | 0,18 | 103 | 57,6 | 47,89 | 5 | 6,02 | 3,09 | 2,32 | 23,1 | 7,3 |
| UMR18 | 41,07 | 0,43 | 7,94 | 0,45 | 36,65 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,12 | 5 | <0,1 | 2230,5 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | <0,02 | <0,5 | <0,05 |
| UMR45 | 9,98 | 1,77 | 5,34 | 43,59 | 3,92 | 0,39 | 0,03 | 0,09 | 0,05 | 3 | 0,4 | 2333,13 | <0,1 | 0,36 | 0,24 | 0,09 | 1,3 | 0,2 |
| UMR46 | 39,2 | 12,3 | 7,8 | 9,5 | 8,65 | 2,25 | 1,6 | 3,2 | 0,18 | 2 | 0,4 | 6,84 | <0,1 | <0,05 | <0,03 | <0,02 | <0,5 | <0,05 |
| S-RYA-ARD-1 | 41,18 | 10,08 | 7,8 | 10,37 | 9,59 | 0,96 | 1,34 | 0,82 | 0,17 | 284 | 48,6 | 656,83 | 4,8 | 3,89 | 2,12 | 1,12 | 12,5 | 4,07 |
| S-RYA-3A | 39,32 | 9,95 | 6,79 | 13,75 | 7,12 | 0,79 | 1,32 | 0,77 | 0,15 | 284 | 52,7 | 588,41 | 4,4 | 4,12 | 2,23 | 1,09 | 12,9 | 4,26 |
| S3 | 38,29 | 9,19 | 4,78 | 17,3 | 2,97 | 0,48 | 1,14 | 0,44 | 0,07 | 243 | 40 | 697,89 | 3,2 | 3,38 | 1,72 | 0,83 | 10,7 | 3,47 |
| S4 | 30,54 | 9,13 | 4,27 | 21,45 | 2,86 | 0,36 | 1,24 | 0,47 | 0,07 | 258 | 47,9 | 321,57 | 4,1 | 3,57 | 1,89 | 0,85 | 11,5 | 3,78 |
| S5 | 31,86 | 9,69 | 4,89 | 20,32 | 3,13 | 0,34 | 1,24 | 0,49 | 0,08 | 280 | 50,9 | 342,10 | 5 | 3,63 | 2,1 | 0,95 | 12,2 | 4,03 |
| S9 | 4,02 | 1,23 | 0,85 | 48,37 | 1,55 | 0,04 | 0,16 | 0,06 | 0,02 | 50 | 6,3 | 61,58 | 0,6 | 0,47 | 0,28 | 0,11 | 1 | 0,47 |
| S16 | 34,01 | 9,88 | 4,61 | 17,75 | 3,14 | 0,41 | 1,48 | 0,5 | 0,06 | 288 | 51,9 | 410,52 | 4,9 | 3,65 | 2,04 | 0,97 | 12,7 | 4,18 |
| AHS-AD-FA-L | 16,59 | 6,98 | 2,87 | 40,66 | 1,99 | 0,25 | 0,57 | 0,34 | 0,04 | 229 | 41,9 | 150,52 | 2,8 | 2,72 | 1,43 | 0,66 | 9,3 | 2,98 |
| AHS-AD-FA | 23,57 | 9,5 | 3,76 | 44,42 | 2,63 | 0,35 | 0,78 | 0,46 | 0,04 | 268 | 56,8 | 225,79 | 4,1 | 3,56 | 2,01 | 0,95 | 12 | 4,04 |
| AHS-K-FA-L | 17,15 | 7,2 | 2,91 | 40,3 | 1,45 | 0,29 | 0,44 | 0,45 | 0,04 | 250 | 48,5 | 225,79 | 4,1 | 2,67 | 1,44 | 0,78 | 11,8 | 3,56 |
| AHS-K-FA | 17,95 | 8,09 | 4,88 | 52,42 | 3,17 | 0,2 | 0,61 | 0,37 | 0,06 | 255 | 44,9 | 157,37 | 3,5 | 2,74 | 1,49 | 0,73 | 10,3 | 3,31 |
| BA-AD | 25,61 | 9,88 | 3,09 | 17,18 | 2,04 | 0,29 | 0,77 | 0,48 | 0,02 | 191 | 48,8 | 232,63 | 4,4 | 3,25 | 1,78 | 0,83 | 12,4 | 3,76 |
| BA-K | 24,45 | 9,83 | 3,32 | 21,37 | 1,84 | 0,25 | 0,76 | 0,39 | 0,04 | 240 | 48,4 | 150,52 | 3,4 | 2,88 | 1,59 | 0,82 | 12,5 | 3,24 |
| S7 | 34,22 | 8,99 | 4,69 | 24 | 2,68 | 0,19 | 1,13 | 0,47 | 0,1 | 236 | 50,4 | 465,26 | 4 | 3,31 | 1,91 | 0,87 | 11,4 | 3,71 |

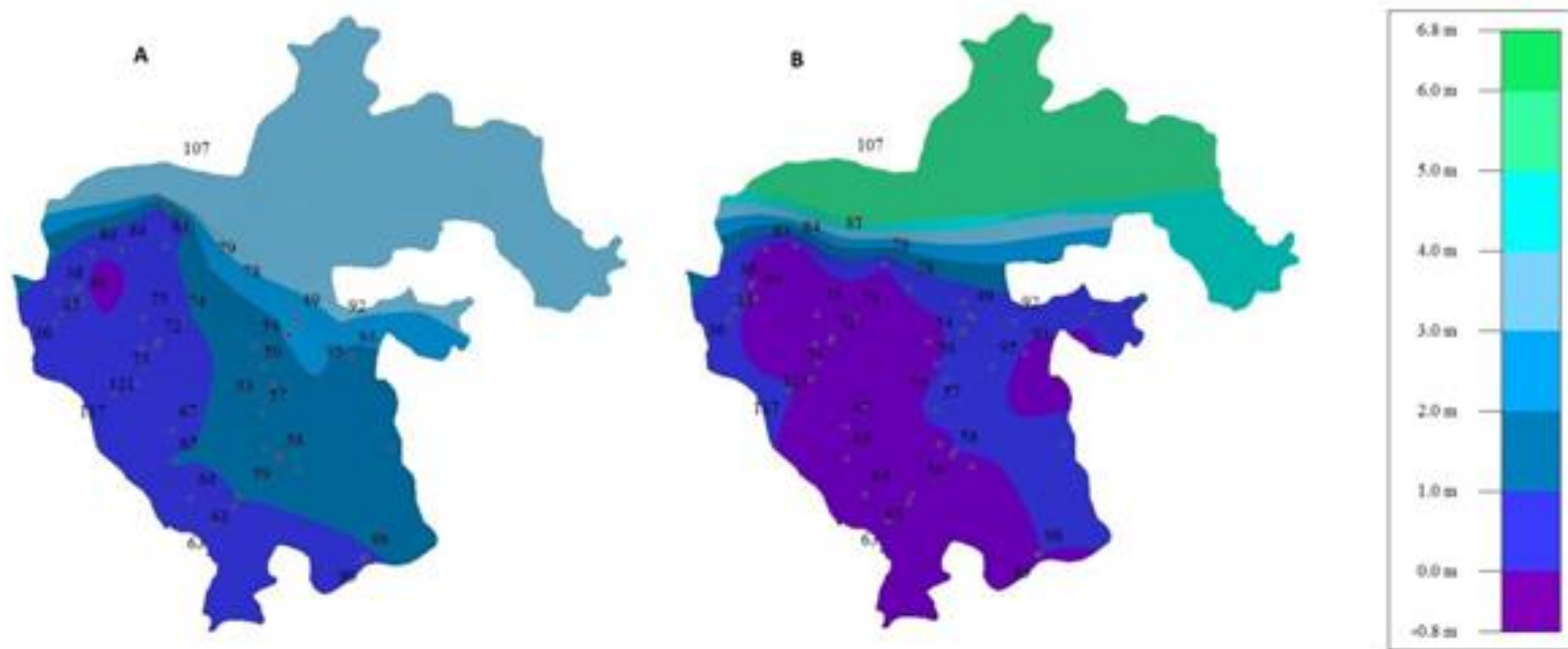
Πίνακας Π158 - Περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και εδάφη στη λεκάνη Σαριγκιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| ID | Hf ppm | Ho ppm | La ppm | Lu ppm | Nb ppm | Nd ppm | Pr ppm | Rb ppm | Sm ppm | Sn ppm | Sr ppm | Ta ppm | Tb ppm | Th ppm | Tm ppm | U ppm | V ppm | W ppm |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| UMR1 | <0,1 | <0,02 | 0,5 | <0,01 | 0,6 | <0,3 | 0,08 | 0,7 | 0,08 | <1 | 8,3 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 45 | <0,5 |
| UMR2 | <0,1 | <0,02 | 0,5 | <0,01 | <0,1 | <0,3 | <0,02 | 0,4 | <0,05 | <1 | 5,4 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 40 | <0,5 |
| UMR5 | <0,1 | <0,02 | 0,3 | <0,01 | <0,1 | <0,3 | <0,02 | 0,2 | <0,05 | <1 | 0,7 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 31 | 5,9 |
| R7 | <0,1 | <0,02 | 0,5 | <0,01 | <0,1 | <0,3 | <0,02 | 0,4 | <0,05 | <1 | 5,3 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 40 | <0,5 |
| UMR6 | <0,1 | <0,02 | 0,2 | <0,01 | <0,1 | <0,3 | <0,02 | 0,1 | <0,05 | <1 | 0,7 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 24 | <0,5 |
| UMR8 | 0,1 | 0,04 | 0,4 | 0,04 | 0,4 | 0,5 | 0,13 | 0,3 | 0,16 | <1 | 6 | <0,1 | 0,03 | <0,2 | 0,02 | <0,05 | 44 | <0,5 |
| UMR9 | <0,1 | 0,03 | 0,5 | 0,05 | 0,6 | 0,5 | 0,11 | 0,4 | 0,08 | <1 | 8,9 | <0,1 | 0,01 | <0,2 | 0,02 | <0,05 | 33 | 1,3 |
| UMR10 | <0,1 | <0,02 | 0,5 | <0,01 | <0,1 | <0,3 | <0,02 | 0,3 | <0,05 | <1 | 8,1 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 42 | <0,5 |
| UMR11 | <0,1 | <0,02 | 0,5 | <0,01 | <0,1 | <0,3 | <0,02 | 0,4 | <0,05 | <1 | 7,6 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 43 | <0,5 |
| UMR12 | 6 | 1,56 | 52,2 | 0,49 | 57,6 | 46 | 11,47 | 11,6 | 8,89 | <1 | 1142,1 | 3,6 | 1,38 | 6,5 | 0,55 | 1,2 | 233 | 1 |
| UMR13 | <0,1 | 0,03 | 0,5 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,09 | 0,3 | 0,07 | <1 | 21,3 | <0,1 | 0,02 | <0,2 | 0,02 | <0,05 | 27 | 8 |
| UMR14 | <0,1 | <0,02 | 0,8 | 0,01 | <0,1 | 0,6 | 0,15 | 0,5 | 0,08 | <1 | 16,1 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | 0,2 | 70 | <0,5 |
| UMR15 | <0,1 | <0,02 | 0,7 | <0,01 | <0,1 | 0,5 | 0,14 | 0,3 | 0,07 | <1 | 15,6 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 56 | <0,5 |
| UMR17 | 5,7 | 1,2 | 29,1 | 0,34 | 25,4 | 32,6 | 7,56 | 34,7 | 7,43 | 2 | 311,8 | 1,6 | 1,11 | 4,1 | 0,4 | 0,8 | 256 | 0,7 |
| UMR18 | <0,1 | <0,02 | 0,4 | <0,01 | <0,1 | <0,3 | <0,02 | <0,1 | <0,05 | <1 | 1,8 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | 0,5 | 26 | <0,5 |
| UMR45 | 0,1 | 0,07 | 0,6 | 0,03 | <0,1 | 0,5 | 0,09 | 0,4 | 0,16 | <1 | 185,5 | <0,1 | 0,05 | <0,2 | 0,04 | <0,05 | 64 | <0,5 |
| UMR46 | <0,1 | <0,02 | 0,5 | <0,01 | <0,1 | <0,3 | <0,02 | 0,6 | <0,05 | <1 | 7,8 | <0,1 | <0,01 | <0,2 | <0,01 | <0,05 | 46 | <0,5 |
| S-RYA-ARD-1 | 3,6 | 0,78 | 23 | 0,3 | 14,1 | 21,7 | 5,52 | 71,8 | 4,34 | 2 | 107,3 | 0,9 | 0,65 | 6,5 | 0,3 | 1,4 | 104 | 1,7 |
| S-RYA-3A | 3,8 | 0,81 | 26,1 | 0,3 | 14,3 | 22,6 | 6,08 | 71,7 | 4,33 | 2 | 122,5 | 1 | 0,68 | 7,5 | 0,31 | 1,5 | 86 | 1,9 |
| S3 | 3 | 0,61 | 19,8 | 0,28 | 7,6 | 17,8 | 4,75 | 61 | 3,29 | 1 | 170,5 | 0,6 | 0,52 | 7,2 | 0,29 | 5,6 | 76 | 1,9 |
| S4 | 3,2 | 0,71 | 24,2 | 0,3 | 9,7 | 21,8 | 5,66 | 85,2 | 4,07 | 2 | 203,2 | 0,7 | 0,57 | 8,2 | 0,28 | 1,8 | 56 | 1,7 |
| S5 | 3 | 0,7 | 26,1 | 0,3 | 10,8 | 22,2 | 6,01 | 88,6 | 4,43 | 2 | 191,8 | 0,8 | 0,6 | 8,9 | 0,3 | 1,8 | 71 | 1,9 |
| S9 | 0,4 | 0,09 | 3,3 | 0,04 | 0,8 | 2,7 | 0,7 | 10,1 | 0,59 | <1 | 179,3 | <0,1 | 0,08 | 0,8 | 0,05 | 0,5 | <8 | <0,5 |
| S16 | 3,9 | 0,75 | 26,9 | 0,3 | 11,1 | 23,1 | 6,19 | 91,1 | 4,49 | 2 | 187,4 | 0,7 | 0,61 | 8,4 | 0,29 | 2,1 | 62 | 1,2 |
| AHS-AD-FA-L | 2,3 | 0,51 | 21,2 | 0,22 | 7,2 | 18,7 | 4,88 | 35,7 | 3,35 | 1 | 280,1 | 0,4 | 0,43 | 7,2 | 0,24 | 14,2 | 62 | 2,2 |
| AHS-AD-FA | 3 | 0,68 | 28,2 | 0,29 | 9,7 | 25,4 | 6,71 | 48,8 | 4,39 | 1 | 333,3 | 0,6 | 0,62 | 9,5 | 0,32 | 18,5 | 90 | 3,4 |
| AHS-K-FA-L | 2,7 | 0,59 | 27,3 | 0,27 | 8,9 | 25,3 | 6,45 | 45,6 | 3,67 | 1 | 325,6 | 0,5 | 0,48 | 8,7 | 0,34 | 17,6 | 89 | 3,2 |
| AHS-K-FA | 2,5 | 0,53 | 23 | 0,22 | 8,4 | 20 | 5,36 | 42 | 3,66 | 1 | 453,6 | 0,3 | 0,46 | 8,2 | 0,22 | 21,7 | 103 | 3,6 |
| BA-AD | 3 | 0,59 | 25 | 0,29 | 9 | 21 | 5,87 | 51,8 | 4,19 | 2 | 178,2 | 0,6 | 0,53 | 8 | 0,26 | 11,6 | 72 | 2,4 |
| BA-K | 1,7 | 0,55 | 25 | 0,22 | 7,2 | 21,8 | 5,73 | 47,6 | 3,87 | 1 | 193,5 | 0,5 | 0,49 | 9,5 | 0,21 | 9,8 | 68 | 2,4 |
| S7 | 3,1 | 0,67 | 25 | 0,28 | 8,6 | 20,5 | 5,68 | 62,3 | 4,2 | 1 | 176,7 | 0,7 | 0,54 | 8,2 | 0,29 | 7,6 | 77 | 2 |

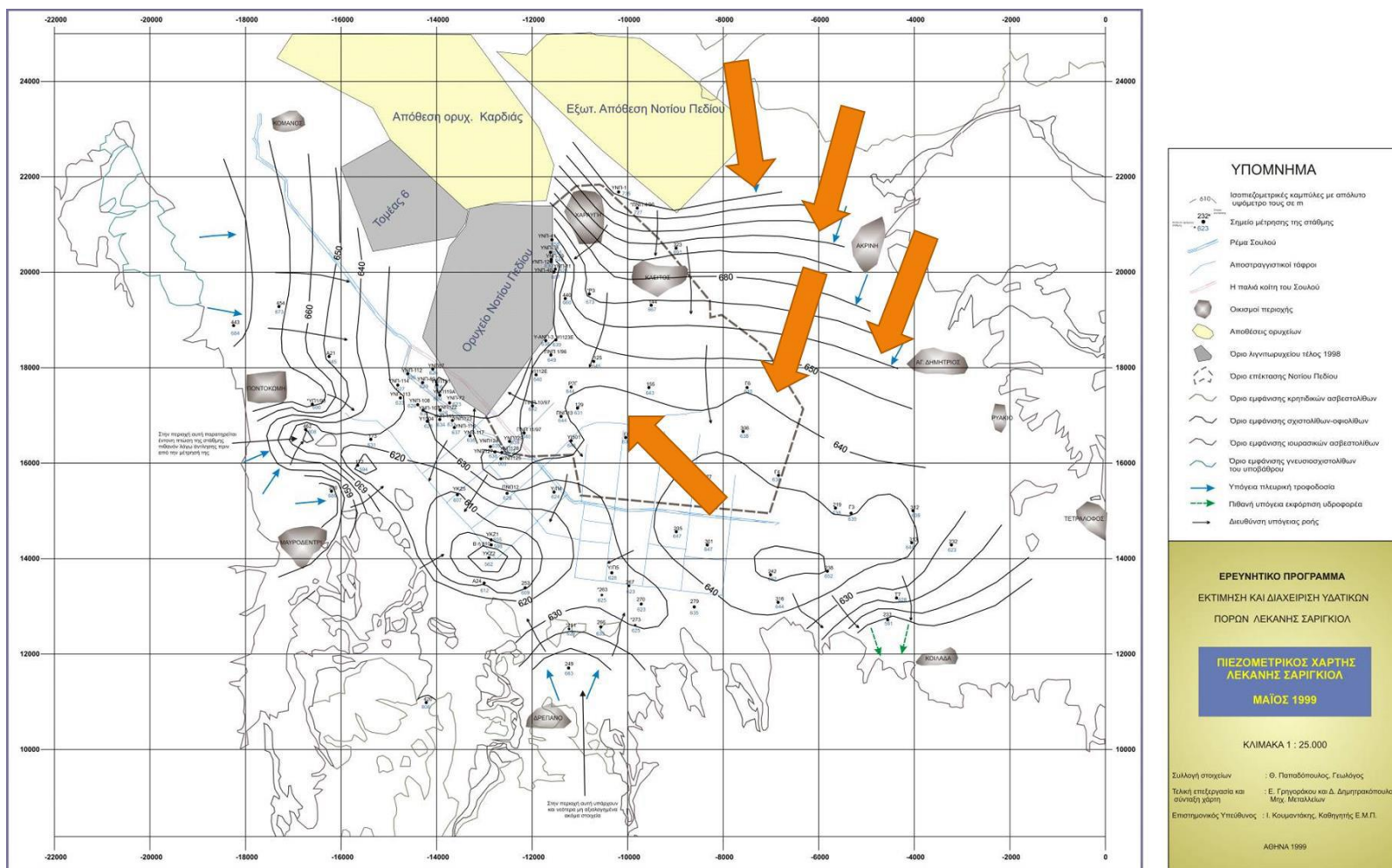
Πίνακας Π159 - Περιεκτικότητες δυνητικά τοξικών στοιχείων και λοιπών ιχνοστοιχείων στα πετρώματα και εδάφη στη λεκάνη Σαριγιόλ, Δυτικής Μακεδονίας.

| ID | Y ppm | Yb ppm | Zr ppm | As ppm | Bi ppm | Hg ppm | Sb ppm | Se ppm | Tl ppm | Ag ppm | Cd ppm | Co ppm | Cu ppm | Mo ppm | Ni ppm | Pb ppm | Zn ppm | P ppm |
|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| UMR1 | 0,4 | <0,05 | 2,1 | <0,1 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,2 | 91,1 | 10,4 | <0,1 | 1960,1 | 4,2 | 40 | <43 |
| UMR2 | <0,1 | <0,05 | 2 | <0,1 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 35 | 3,4 | <0,1 | 400,4 | 3,2 | 25 | 248,76 |
| UMR5 | 0,1 | 0,06 | 0,6 | 74 | <0,1 | <0,01 | 1,9 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 98,9 | 3,3 | <0,1 | 2333,4 | 0,2 | 18 | <43 |
| R7 | <0,1 | <0,05 | 2,7 | <0,1 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 46,2 | 3,5 | <0,1 | 366,5 | 3,2 | 25 | 436,42 |
| UMR6 | <0,1 | <0,05 | 0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 110,5 | 7,4 | <0,1 | 2357,1 | <0,1 | 26 | <43 |
| UMR8 | 1,3 | 0,15 | 2 | 1,3 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 55,3 | 1,1 | <0,1 | 407,5 | 0,3 | 14 | <43 |
| UMR9 | 1,3 | 0,23 | 2,8 | 1,9 | <0,1 | <0,01 | 0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,7 | 60,4 | 5,9 | 0,1 | 390,3 | 30,3 | 161 | <43 |
| UMR10 | <0,1 | <0,05 | 2,6 | <0,1 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 58,7 | 3,6 | <0,1 | 288,3 | 3,5 | 23 | <43 |
| UMR11 | <0,1 | <0,05 | 2,7 | <0,1 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 43,6 | 3,5 | <0,1 | 254,6 | 4,6 | 27 | <43 |
| UMR12 | 48,2 | 3,38 | 248,4 | 4,6 | <0,1 | <0,01 | 0,4 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | 54,3 | 55,7 | <0,1 | 106 | 10 | 150 | 2793,1 |
| UMR13 | 0,9 | 0,16 | 2,2 | 1,4 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 59 | 5,3 | <0,1 | 353,3 | 1,3 | 11 | <43 |
| UMR14 | 0,5 | 0,07 | 2,6 | 5,9 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 233,7 | 19,6 | <0,1 | 3594,4 | 0,4 | 32 | <43 |
| UMR15 | 0,4 | <0,05 | 2,2 | 4,5 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 34,9 | 5,6 | <0,1 | 456 | 2,2 | 27 | <43 |
| UMR17 | 30,6 | 2,45 | 225,8 | 5,7 | <0,1 | <0,01 | 0,2 | <0,5 | 0,1 | <0,1 | 0,2 | 44,5 | 87,9 | <0,1 | 32,8 | 6,1 | 108 | 1789,33 |
| UMR18 | <0,1 | <0,05 | 0,3 | 0,8 | <0,1 | 0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 127,1 | 10,2 | <0,1 | 2642,6 | <0,1 | 37 | 87,28 |
| UMR45 | 2,3 | 0,24 | 3,9 | 3,4 | <0,1 | <0,01 | 0,2 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | 0,3 | 42 | 10,5 | <0,1 | 273,5 | 0,2 | 6 | 174,57 |
| UMR46 | <0,1 | <0,05 | 2,5 | <0,1 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 46 | 3,3 | <0,1 | 245,9 | 4,6 | 14 | 2182,11 |
| S-RYA-ARD-1 | 21,3 | 2,04 | 135,7 | 24,9 | 0,1 | 0,02 | 0,5 | <0,5 | 0,2 | <0,1 | 0,3 | 59,5 | 37,2 | 0,2 | 540,5 | 14,2 | 67 | 1178,34 |
| S-RYA-3A | 23 | 2,08 | 151 | 15,2 | 0,2 | 0,01 | 0,3 | <0,5 | 0,2 | <0,1 | 0,4 | 45,2 | 29,8 | 0,3 | 426,7 | 14,5 | 57 | 1047,41 |
| S3 | 18,6 | 1,83 | 111,1 | 8,2 | 0,2 | 0,03 | 0,2 | <0,5 | 0,2 | <0,1 | 0,3 | 30,9 | 23 | 0,6 | 352,3 | 12,1 | 43 | 523,71 |
| S4 | 19,3 | 1,91 | 116,9 | 3,8 | 0,2 | 0,01 | 0,1 | <0,5 | 0,1 | <0,1 | 0,4 | 21,8 | 27,9 | 0,1 | 216 | 14,6 | 46 | 1047,41 |
| S5 | 21,4 | 2,03 | 120 | 5,7 | 0,3 | 0,02 | 0,1 | <0,5 | 0,4 | <0,1 | 0,4 | 25,5 | 27 | 0,2 | 253,6 | 15,7 | 51 | 829,2 |
| S9 | 2,7 | 0,26 | 13,2 | 0,8 | <0,1 | <0,01 | <0,1 | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 3,8 | 3,8 | 0,2 | 32,5 | 1,6 | 6 | 130,93 |
| S16 | 20,6 | 2,02 | 137,4 | 3,8 | 0,2 | 0,02 | 0,1 | <0,5 | 0,2 | <0,1 | 0,4 | 24,2 | 31,5 | 0,2 | 242,7 | 15,9 | 49 | 1221,98 |
| AHS-AD-FA-L | 15,2 | 1,41 | 85,6 | 9,4 | 0,2 | 0,01 | 0,4 | 1,6 | 0,3 | <0,1 | 0,7 | 12,1 | 22,6 | 2,9 | 112,6 | 13,3 | 30 | 698,27 |
| AHS-AD-FA | 20,1 | 1,94 | 114 | 12 | 0,2 | 0,03 | 0,5 | 1,8 | 0,3 | <0,1 | 0,9 | 15,7 | 32,1 | 3,5 | 163,9 | 17,1 | 40 | 916,48 |
| AHS-K-FA-L | 16,7 | 1,87 | 89,4 | 13 | 0,2 | 0,02 | 0,4 | 1,7 | 0,2 | <0,1 | 0,8 | 16,4 | 26,2 | 2,6 | 156,6 | 16,9 | 38 | 654,63 |
| AHS-K-FA | 15,8 | 1,43 | 94,8 | 21,4 | 0,2 | 0,05 | 0,7 | 1,9 | 0,3 | <0,1 | 0,5 | 17,6 | 25,1 | 4,7 | 198,1 | 12,1 | 26 | 916,48 |
| BA-AD | 18 | 1,74 | 111,7 | 5,6 | <0,1 | 0,02 | 0,4 | 0,7 | 0,1 | <0,1 | 0,4 | 15,4 | 27 | 1,3 | 144,5 | 11,8 | 35 | 610,99 |
| BA-K | 16,4 | 1,56 | 63,1 | 8,4 | <0,1 | 0,02 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | <0,1 | 0,2 | 12,7 | 22,2 | 2,1 | 95,2 | 8,7 | 30 | 436,42 |
| S7 | 19,9 | 1,82 | 123,9 | 9,2 | 0,2 | 0,02 | 0,3 | <0,5 | 0,2 | <0,1 | 0,5 | 26,8 | 24,2 | 0,9 | 244,7 | 13,9 | 44 | 523,71 |

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII:
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ**



Εικόνα Π36 - Πιεζομετρικός χάρτης του κοκκώδη υδροφορέα της λεκάνης Ψαχνών – Πολιτικών για τις περιόδους (Α) Μαρτίου 2014 και (Β) Αυγούστου 2014 (Gyftoulas et al., 2017).



Εικόνα Π38 - Πιεζομετρικός χάρτης Νεογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών της λεκάνης Σαριγκιάς για την περίοδο Οκτωβρίου 2000 (Κουμαντάκης, 2000).

