

**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**



**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ**

**3<sup>ος</sup> όροφος, Ε πτέρυγα**

**2107274459**

**ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ ΤΟΥ 2021**

**ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

**ΣΤΟΥΣ ΔΗΜΟΥΣ ΜΑΝΤΟΥΔΙΟΥ-ΛΙΜΝΗΣ-ΑΓΙΑΣ ΑΝΝΑΣ**

**ΚΑΙ ΙΣΤΙΑΙΑΣ-ΑΙΔΗΨΟΥ**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΜΑΡΤΙΟΣ 2022**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη εξετάζει και αξιολογεί τις επιπτώσεις της φωτιάς που εκδηλώθηκε στην Βόρεια Εύβοια τον Αύγουστο του 2021 εστιάζοντας στην ποιότητα του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής.

Για τον λόγο αυτό συλλέχθηκαν δείγματα από τη ευρύτερη περιοχή με σκοπό να διερευνηθεί αν και σε ποιο βαθμό επηρέασε η πυρκαγιά τις φυσικοχημικές ιδιότητες των υπόγειων υδάτων καθώς και την περιεκτικότητά τους σε ιόντα νιτρικών, φωσφορικών, θειικών αλλά και μέταλλα. Τα πρώτα αποτελέσματα έδειξαν πως η πυρκαγιά δεν έχει επηρεάσει προς το παρόν την σύσταση των υπογείων υδάτων, εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων που παρουσίασαν τιμές εκτός των ορίων που ορίζει η νομοθεσία και που συνδέονται με άλλα γνωστά για την περιοχή θέματα όπως συγκεκριμένες ανθρωπογενείς δράσεις (υφαλμύρυνση λόγω υπεράντλησης) και φυσικά φαινόμενα (χρώμιο λόγω γεωλογίας).

Καθώς τα δείγματα που αναλύθηκαν στην παρούσα μελέτη, συλλέχθηκαν αμέσως μετά τις πυρκαγιές και χωρίς να έχουν μεσολαβήσει βροχές, κρίνεται απαραίτητο να συνεχιστεί η μελέτη αυτή και με δεύτερη δειγματοληψία κατά την υγρή υδρογεωλογικά περίοδο δηλαδή τον μήνα Μάιο. Μόνο τότε θα έχουμε καλύτερη εικόνα για τυχόν ρύπους που με την έκπλυση από τις κατακρυσμνήσεις (βροχές,χιόνια) θα έχουν καταλήξει στον υπόγειο υδροφόρο.

Τέλος, επιβοηθητικά στην αξιολόγηση μας θα είναι και τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις εδαφών που θα ολοκληρώσει το εργαστήριο μας ως τον Μάιο. Από μία πρώτη δοκιμή εκπλυσιμότητας των καμένων εδαφών με χρήση βρόχινου νερού, φαίνεται να είναι σημαντικές οι αλλαγές στην φύση και τις ιδιότητες του εδάφους και μεγάλος ο συντελεστής μεταφοράς στοιχείων από την στερεή στην υγρή φάση.

## ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η συλλογή των δειγμάτων έγινε τον Νοέμβριο του 2021, αμέσως πριν τις μεγάλες βροχές του φθινοπώρου, στις περιοχές της Βόρειας Εύβοιας που επλήγησαν από την πυρκαγιά του 2021 ακολουθώντας το κατάλληλο πρωτόκολλο για λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος χωρίς επιμολύνσεις. Συλλέχθηκαν δείγματα τόσο από χώματα όσο και από υπόγεια νερά, είτε από γεώτρηση είτε από υδρομάστευση. Τα υδατικά δείγματα από υδρομάστευση συλλέχθηκαν από τις περιοχές: Λιχάδα, Άγιος Γεώργιος Λιχάδος, Αγδίνες, Παναγιά Ντινιούς, Ελληνικά, Βασιλικά, Κρυονερίτης, Γαλατσάδες, Σήμια, Κυπαρίσσι, Καμαράδες, Ασμήνι, Γεράκι, Γούβες, Κοκκινομηλιά, Μπούρμπος, Κούλουρος, Άγια Τριάδα, Παλαιοχώρι και Καμαρίτσα. Τα υδατικά δείγματα από γεώτρηση συλλέχθηκαν από τις περιοχές: Άγιος Γεώργιος Λιχάδος, Αβγαριά, Ιστιαία, Σινασός, Γαλατσώνα, Άγιος Νικόλαος, Αγριοβότανο, Τσαπουρνιά, Ψαροπούλι, Βουτάς, Καμαριά, Ασμήνι, Γούβες, Αρτεμίσιο, Παλαιοχώρι και από τον Ελαιουργικό Συνεταιρισμό στις Ροβιές. Αμέσως μετά την συλλογή και ως την επεξεργασία τους συντηρήθηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες και με όλες τις προφυλάξεις για την μη αλλοίωση τους ως την στιγμή της ανάλυσης.



Εικόνα1: Χάρτης δειγματοληψίας υδάτων



Εικόνα 2 : Χάρτης δειγματοληψίας εδαφών

Εδαφικά δείγματα συλλέχθηκαν από τις περιοχές: Κρουονερίτης, Γαλατσώνα, Αβγαριά, Τσαπουρνιά, Σήμια, Ελληνικά, Μηλιές, Βασιλικά, Βουτάς, Μονοκαρυά, Αγριοβότανο, Αγδίνες, Αρτεμίσιο, Γεράκι, Παλαιοχώρι, Κούλουρος, Κόκκινομηλιά, Γούβες και Ασμήνη. Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας παρατηρήθηκε ότι η ένταση της πυρκαγιάς έφτασε σε βάθος προκαλώντας απανθράκωση μέχρι και τα 15 cm βάθος ενώ κατά τόπους υπήρξε και υαλοποίηση του εδάφους.

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Αναλύθηκαν συνολικά 39 δείγματα νερού από την περιοχή της Β. Εύβοιας.

### ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Οι φυσικοχημικές παράμετροι ( pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα και αλατότητα ) μετρήθηκαν με φορητό αναλυτή Yellow Springs Instruments, Model 63.



### ΝΙΤΡΙΚΑ –ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ- ΘΕΙΙΚΑ

Οι φασματοφωτομετρικές αναλύσεις, για τον προσδιορισμό νιτρικών, φωσφορικών, θειικών ιόντων, πραγματοποιήθηκαν εντός λίγων ημερών μετά τη συλλογή των δειγμάτων με τη βοήθεια του HACH DR/4000 φασματοφωτόμετρου.. Η προετοιμασία των δειγμάτων πριν τον προσδιορισμό έγινε με διήθηση υπό κενό, χρησιμοποιώντας φίλτρο με μέγεθος πόρων 0,45  $\mu\text{m}$ .

Για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων εφαρμόστηκε η μέθοδος 8039 του εγχειριδίου του φασματοφωτόμετρου, χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο Lot A7023 (Nitra Ver 5 Nitrate). Τα όρια ανίχνευσης αυτής της μεθόδου είναι **0-30.0 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N**.

Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών ιόντων εφαρμόστηκε η μέθοδος 8048 του εγχειριδίου του φασματοφωτόμετρου, χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο Lot A7018 (phosVer 3 phosphate). Τα όρια ανίχνευσης αυτής της μεθόδου είναι **0-2.500 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**.

Παρομοίως, για τον προσδιορισμό των θειικών ιόντων εφαρμόστηκε η μέθοδος 8051 του εγχειριδίου του φασματοφωτόμετρου, χρησιμοποιώντας το αντιδραστήριο Lot A6314 (SulfaVer 4). Τα όρια ανίχνευσης αυτής της μεθόδου είναι **0-70.0 mg/L SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**.



## ΜΕΤΑΛΛΑ

Για τον προσδιορισμό των μετάλλων χρησιμοποιήθηκε η φασματομετρία μαζών επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS ), που είναι μια φασματομετρία μάζας στην οποία χρησιμοποιείται επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα, ώστε να ατομοποιηθούν και να ιονιστούν οι χημικές ενώσεις στο δείγμα. Οι χημικές ενώσεις θραυσματοποιούνται δημιουργώντας έτσι μικρά μονοατομικά ή πολυατομικά ιόντα, τα οποία ανιχνεύονται από ειδικούς ανιχνευτές. Χρησιμοποιείτε κυρίως για τον προσδιορισμό μετάλλων, αλλά και αρκετών αμετάλλων, ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Συγκεκριμένα για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε η συσκευή ICP-MS THERMO ICAP-Qc.



## ΕΔΑΦΗ

### **Δοκιμασία έκπλυσης ( Elutrium Test )**

Με σκοπό να προσεγγίσουμε όσο περισσότερο τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης, τα δείγματα αναμείχθηκαν με βρόχινο νερό αντί για απιονισμένο, σε αναλογία ¼ κατά βάρος. Το νερό αυτό συλλέχθηκε από βροχόπτωση στην περιοχή μελέτης ακριβώς μετά την ολοκλήρωση της δειγματοληψίας υδάτων και εδαφών. Στο βρόχινο νερό μετρήθηκαν τα εξής: pH = 8,44, ηλεκτρική αγωγιμότητα στους 20°C = 186,0 μS/cm, αλατότητα = 0,1‰ , συγκέντρωση νιτρικών ιόντων NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 1,3 mg/l, συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> = 0,061 mg/l, συγκέντρωση θεικών SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 3,5 mg/l. Στη συνέχεια τα μείγματα τοποθετήθηκαν στη συσκευή yellowline Orbital Shaker 10 basic, στην οποία αναταράχθηκαν για 48 ώρες με συχνότητα 150 αναταράξεις ανά λεπτό. Έπειτα φυγοκεντρήθηκαν για 12 λεπτά σε 3500 στροφές ανά λεπτό (rpm) με σκοπό να παραληφθούν τα εκπλύματα. Παρά τη φυγοκέντρωση παρέμειναν υπολείμματα φυτικής προέλευσης ως αιώρημα στο διάλυμα, που έπρεπε να διηθηθούν. Έτσι, διηθήθηκαν τα εκπλύματα υπό κενό με φίλτρα με διάμετρο πόρων 0,45 μm. Τέλος τα εκπλύματα προσδιορίστηκαν με τις ίδιες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και για τον προσδιορισμό των υδατικών δειγμάτων.

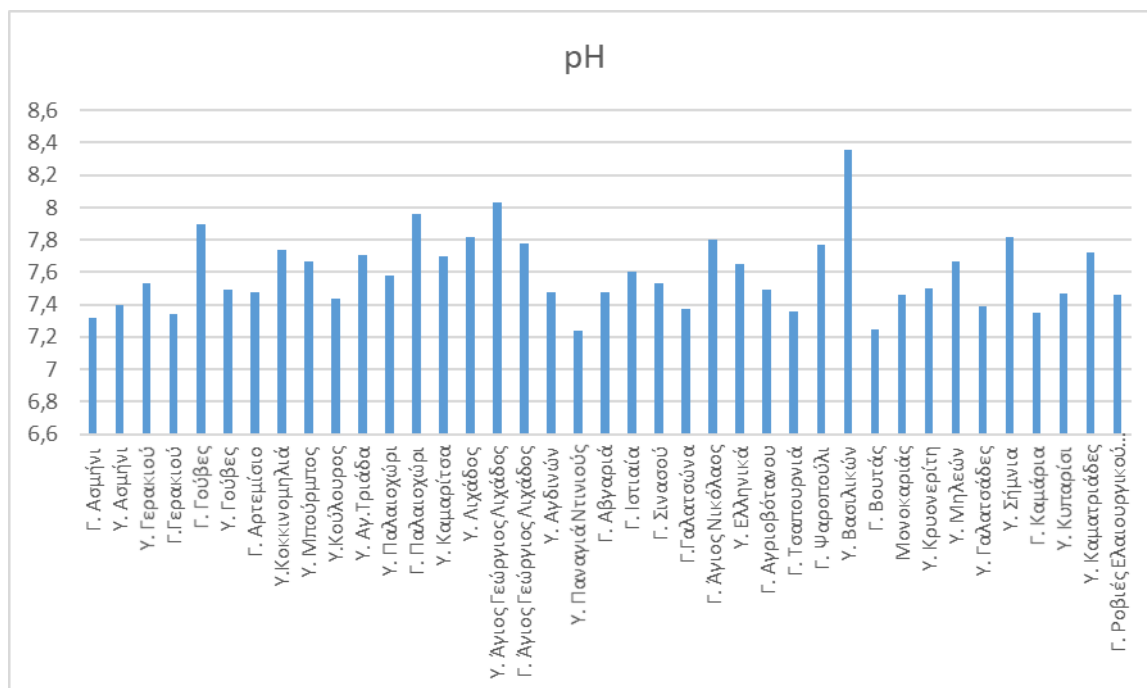


## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

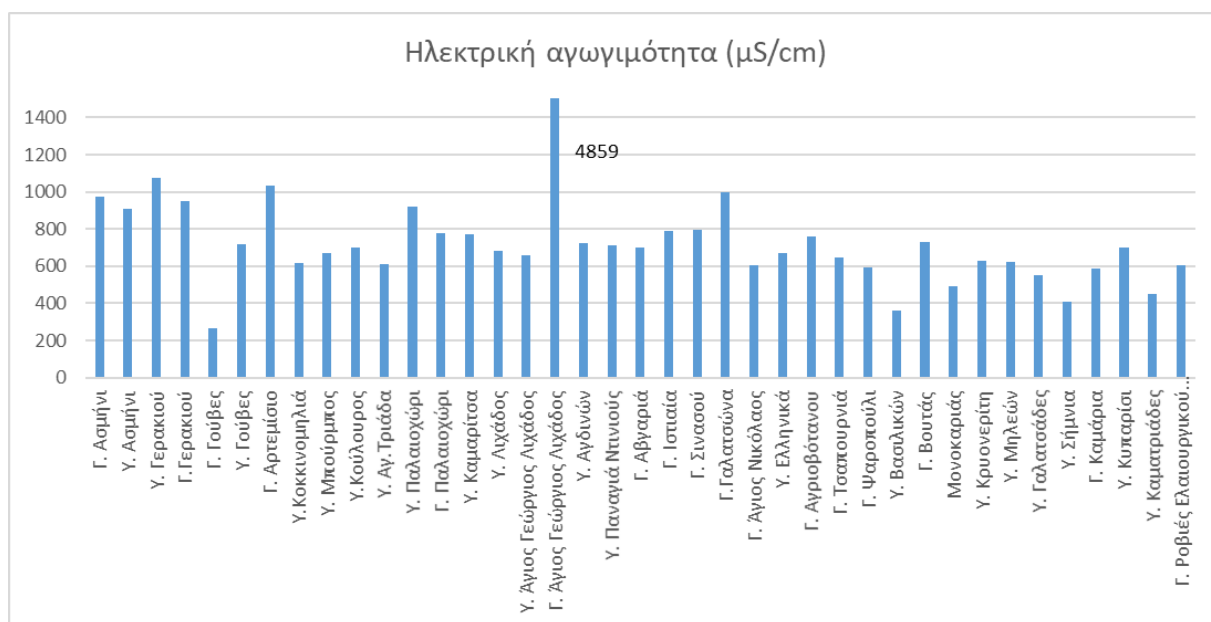
### Φυσικοχημικές παράμετροι

Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα των μετρήσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων.

#### Δείγματα υδάτων

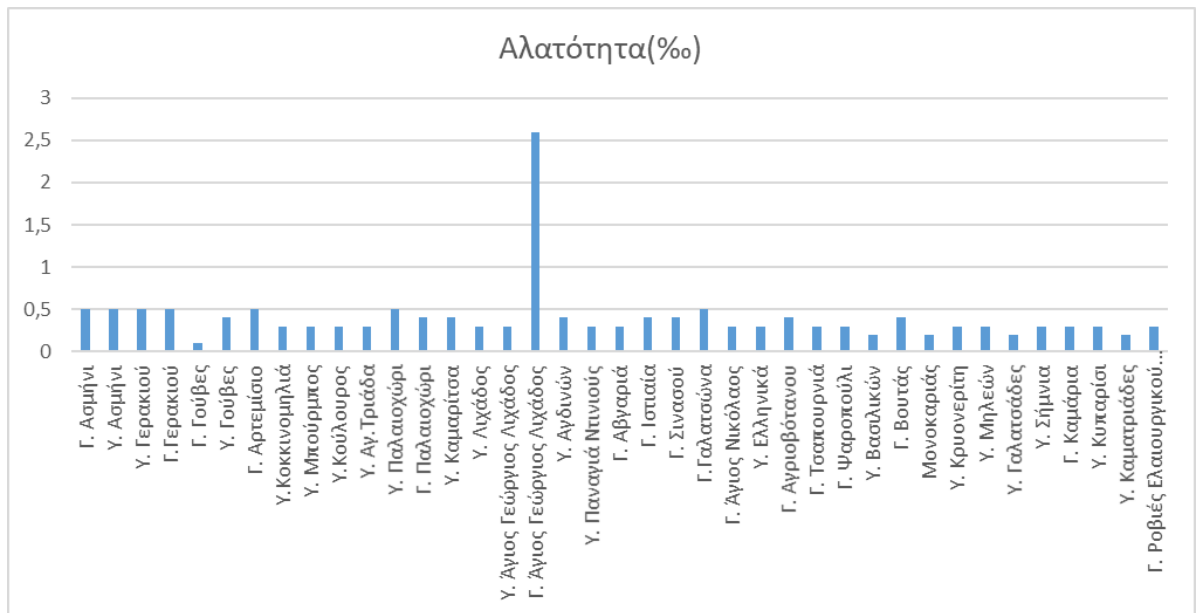


Διάγραμμα 1 : pH - Β.Ευβοίας



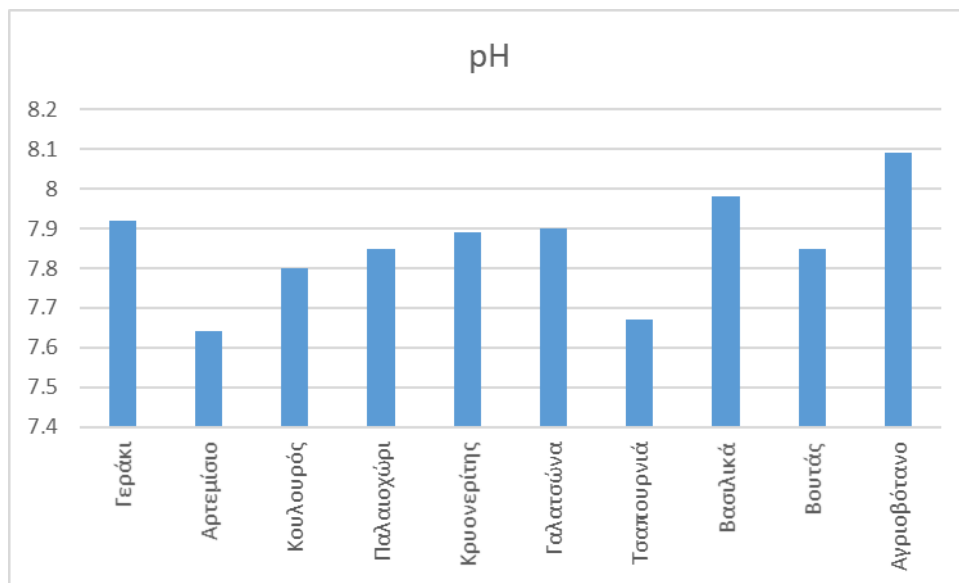
Διάγραμμα 2: ηλεκτρικής αγωγιμότητας στους 20 °C - Β.Εύβοιας





Διάγραμμα 3: αλατότητας - Β.Εύβοιας

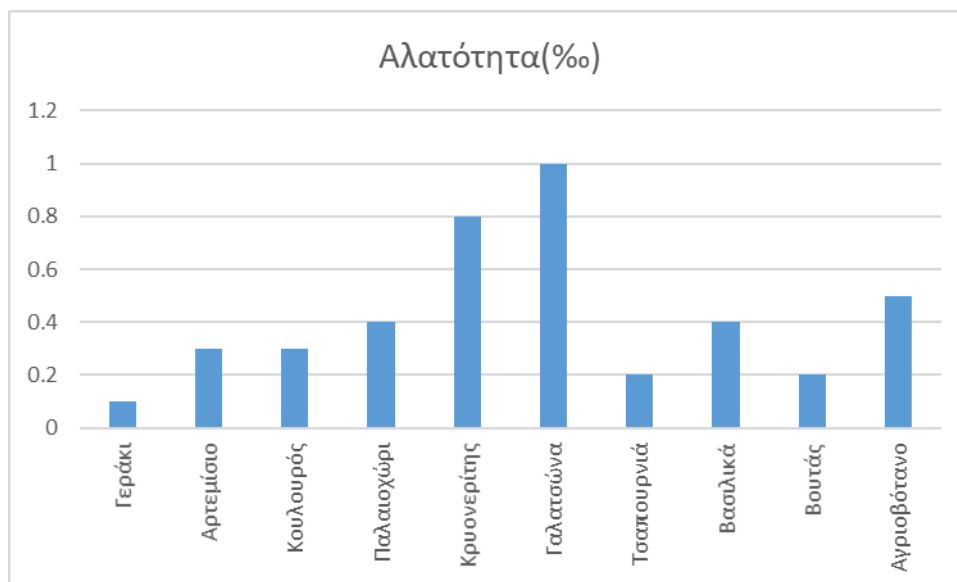
### Εκπλύματα



Διάγραμμα 4 : pH- εκπλυμάτων εδαφικών δειγμάτων



Διάγραμμα 5 :ηλεκτρικής αγωγιμότητας στους 20 °C - εκπλυμάτων εδαφικών δειγμάτων

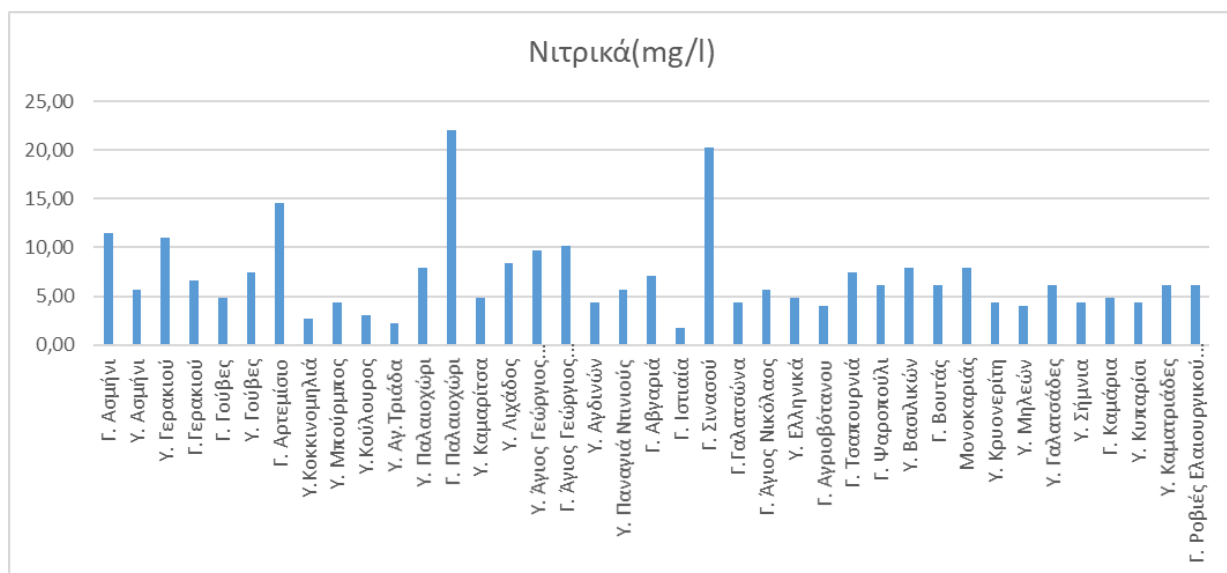


Διάγραμμα 6: αλατότητας - εκπλυμάτων εδαφικών δειγμάτων

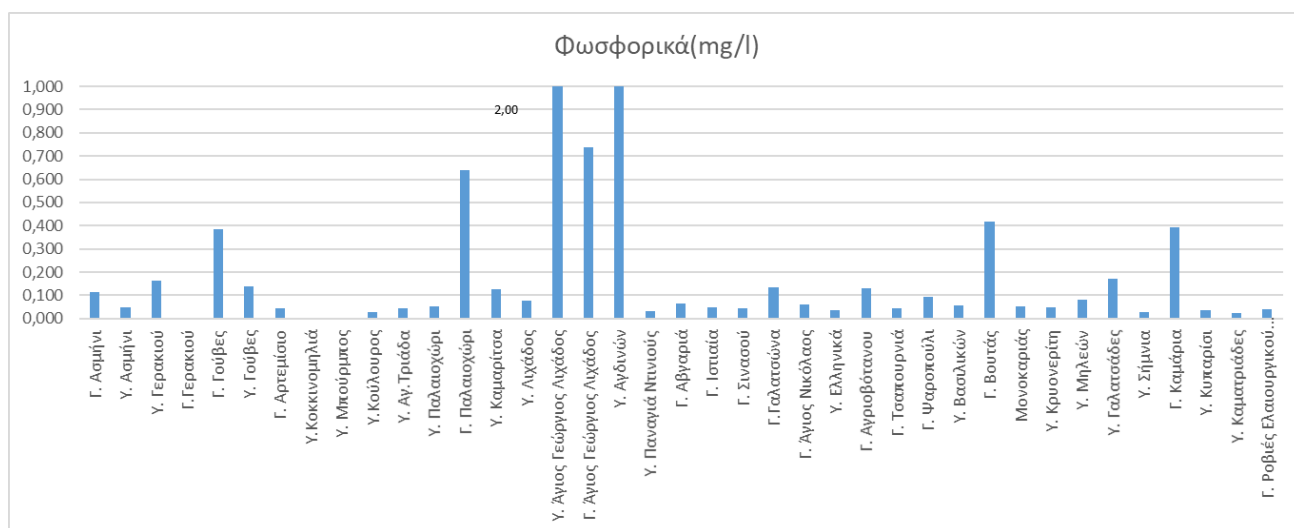
## Μετρήσεις θρεπτικών

Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα των μετρήσεων των ιόντων.

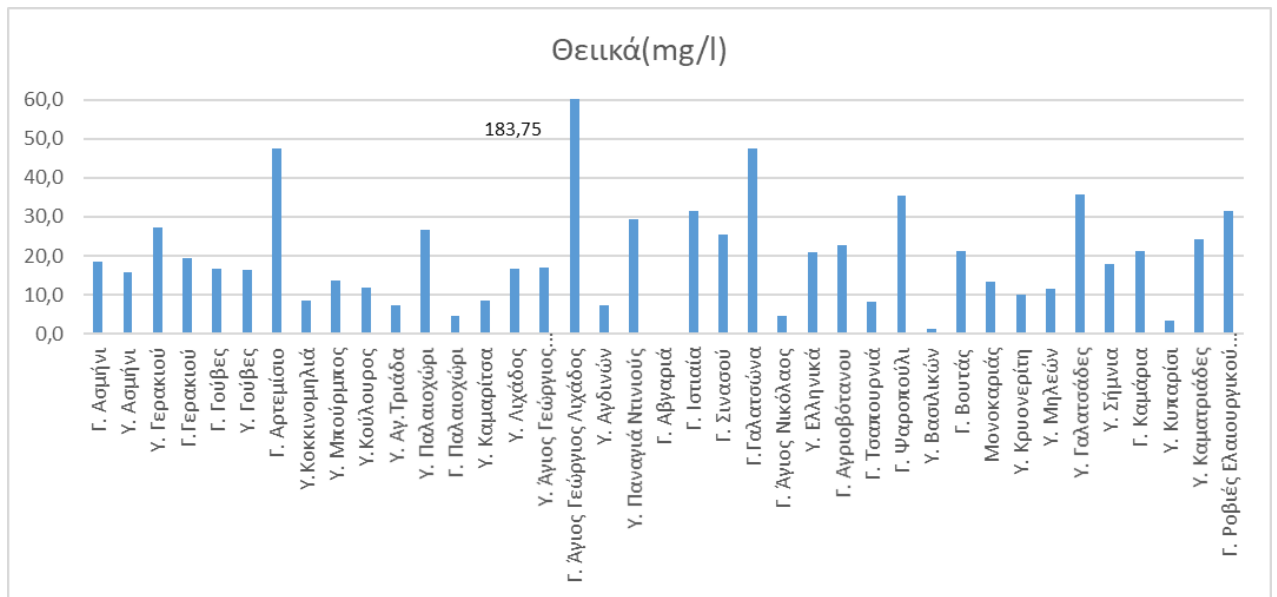
### Δείγματα υδάτων



Διάγραμμα 7: νιτρικών - Β. Εύβοιας

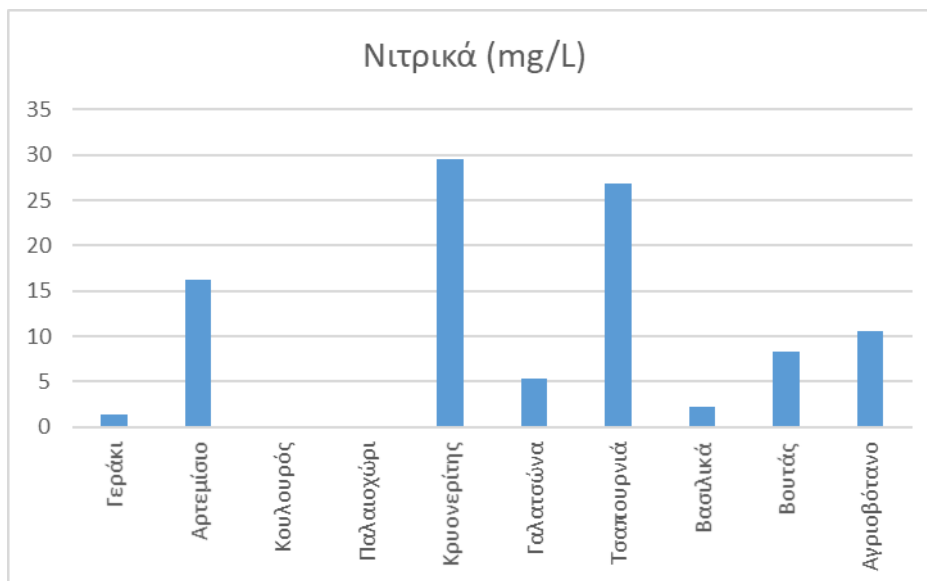


Διάγραμμα 8: φωσφορικών - Β. Εύβοιας



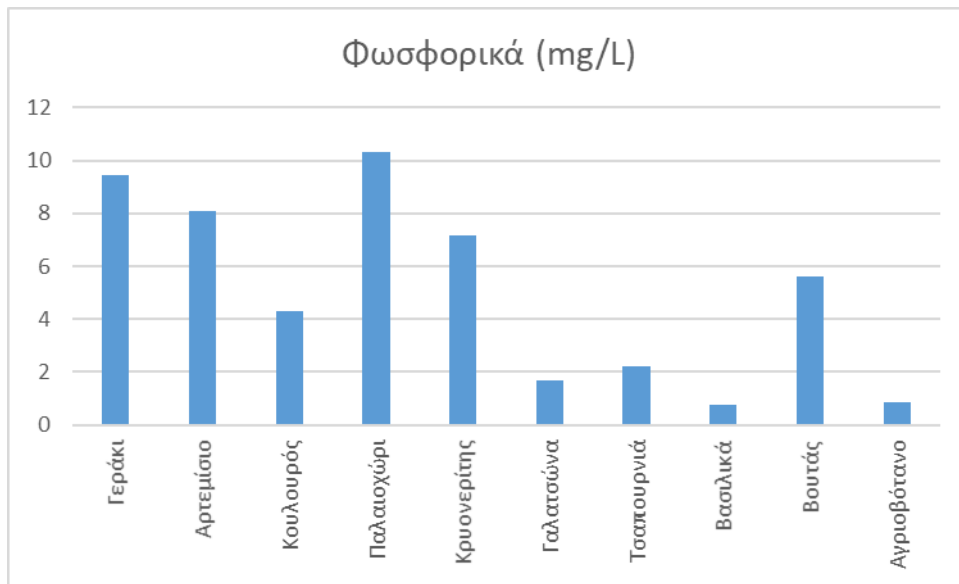
Διάγραμμα 9 :θεικών - Β. Εύβοιας

### Εκπλύματα



Διάγραμμα 10 : νιτρικών – εκπλυμάτων εδαφικών δειγμάτων

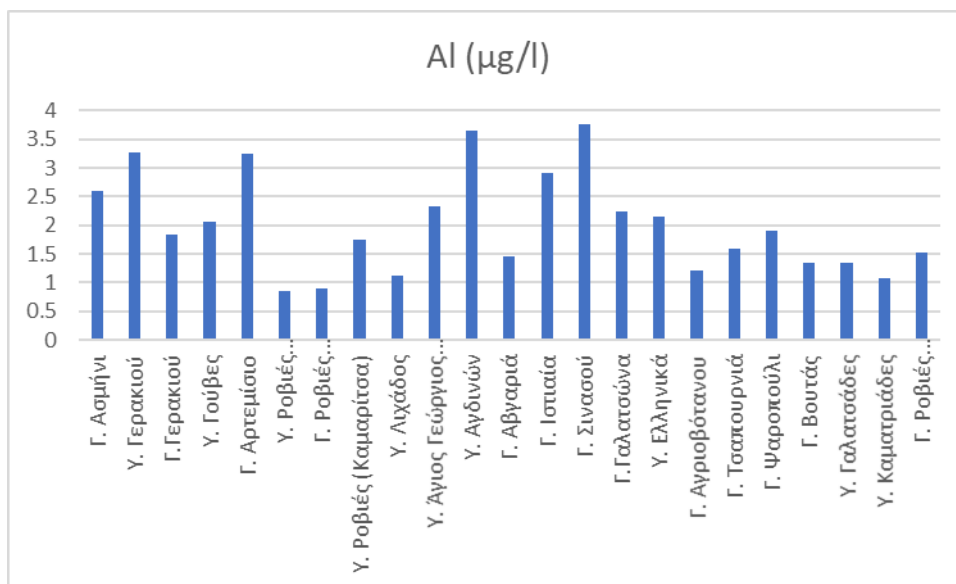
Στα δείγματα των περιοχών Κούλουρος και Παλαιοχώρι, οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ήταν μικρότερες από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου, το οποίο είναι στα 0,3 mg/L.



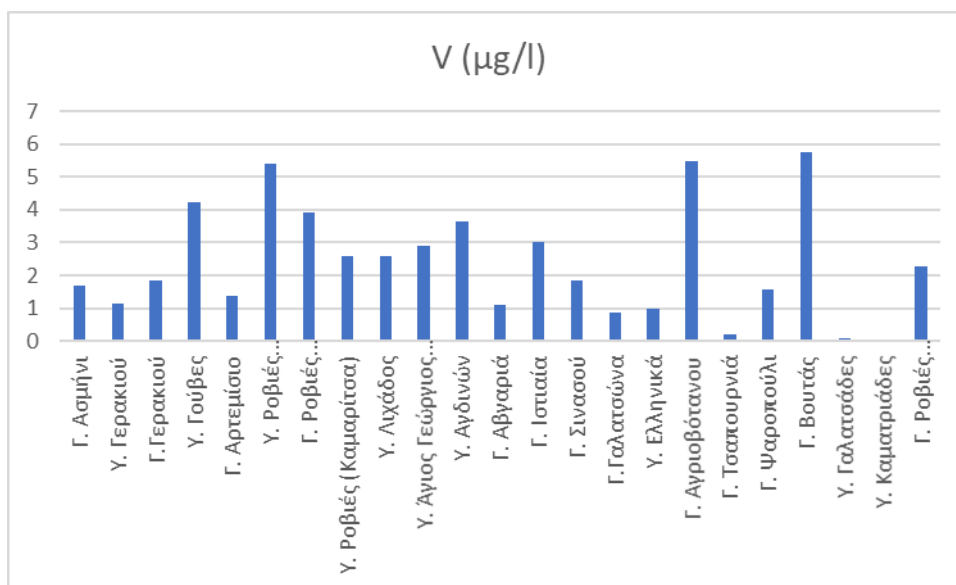
*Διάγραμμα 11 : φωσφορικών – εκπλυμάτων εδαφικών δειγμάτων*

## Μέταλλα

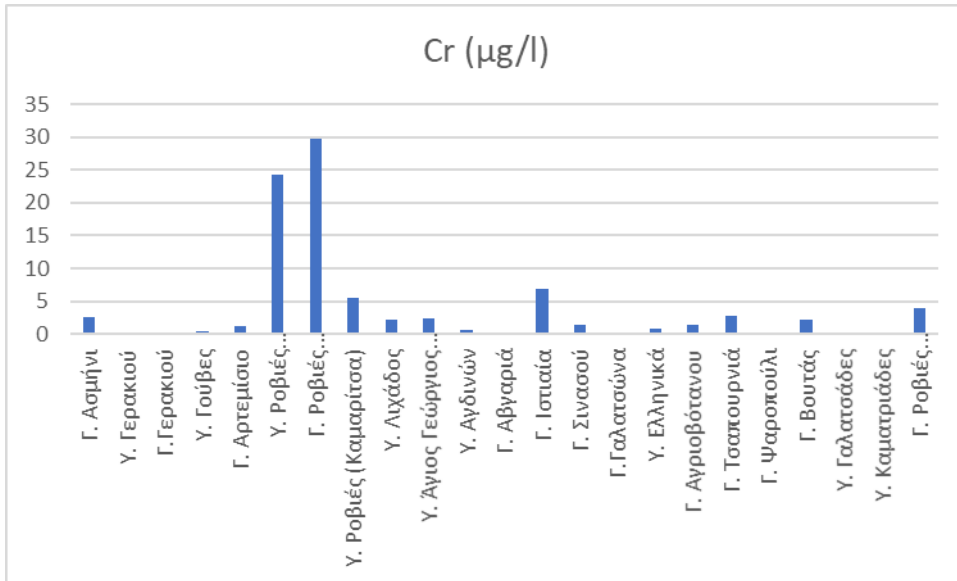
Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα των μετρήσεων των μετάλλων στα δείγματα νερών.



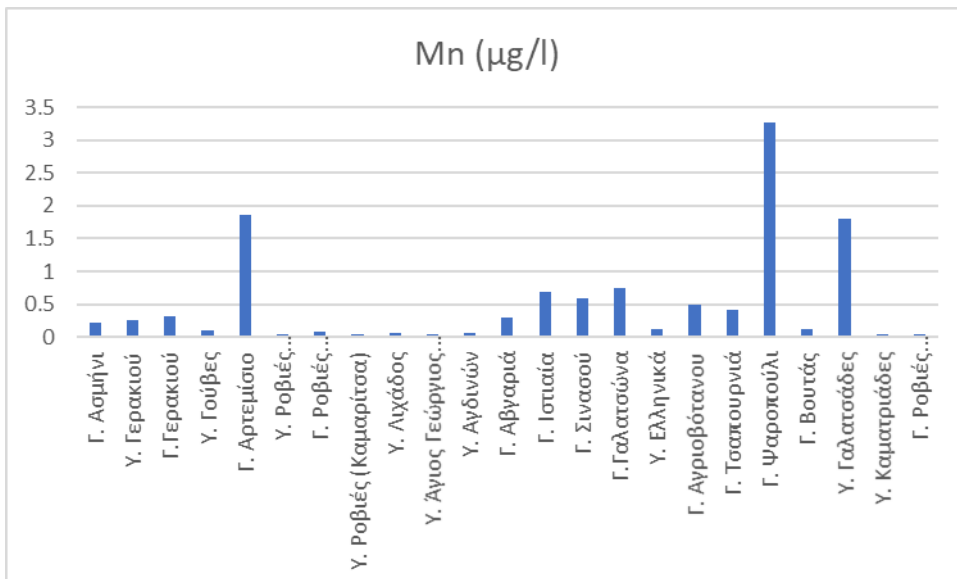
Διάγραμμα 12 : συγκέντρωσης Al - Β. Εύβοιας



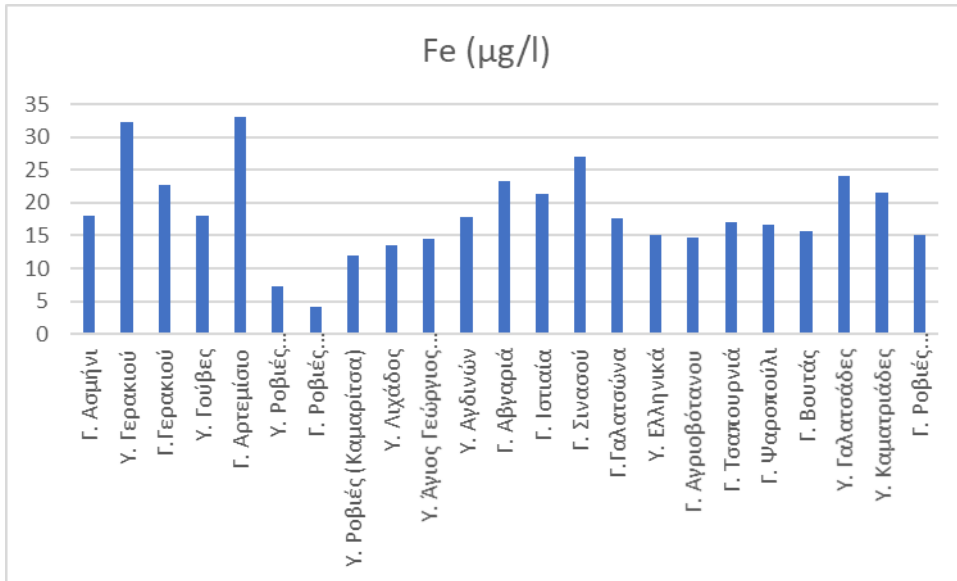
Διάγραμμα 13 : συγκέντρωσης V - Β. Εύβοιας



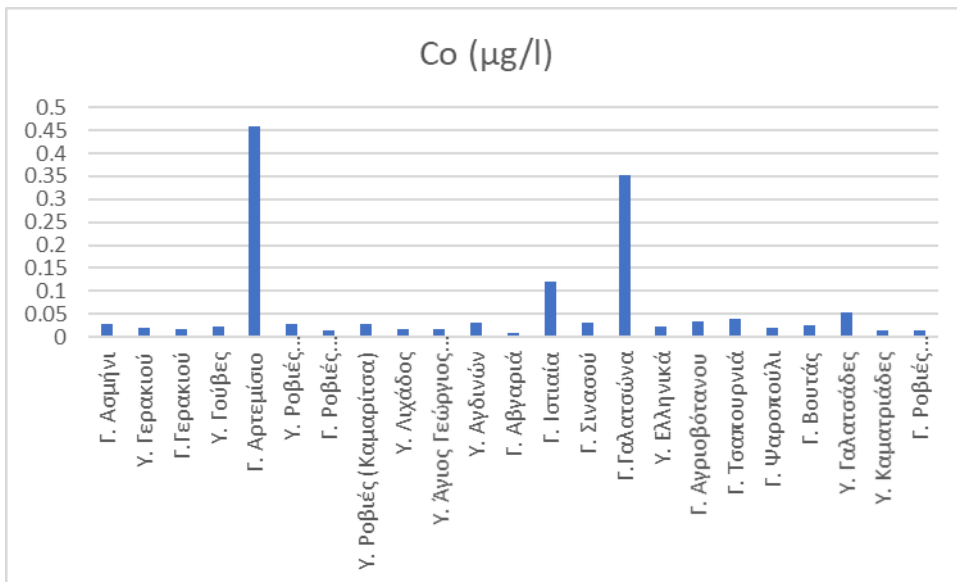
Διάγραμμα 14 : συγκέντρωσης Cr - Β.Εύβοιας



Διάγραμμα 15 : συγκέντρωσης Mn - Β.Εύβοιας

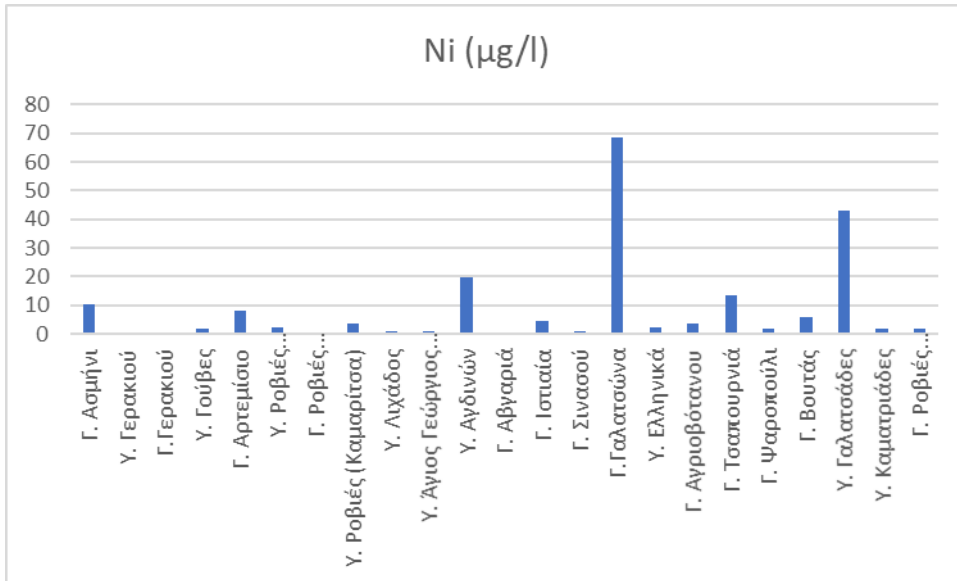


Διάγραμμα 16 : συγκέντρωσης Fe - Β.Εύβοιας

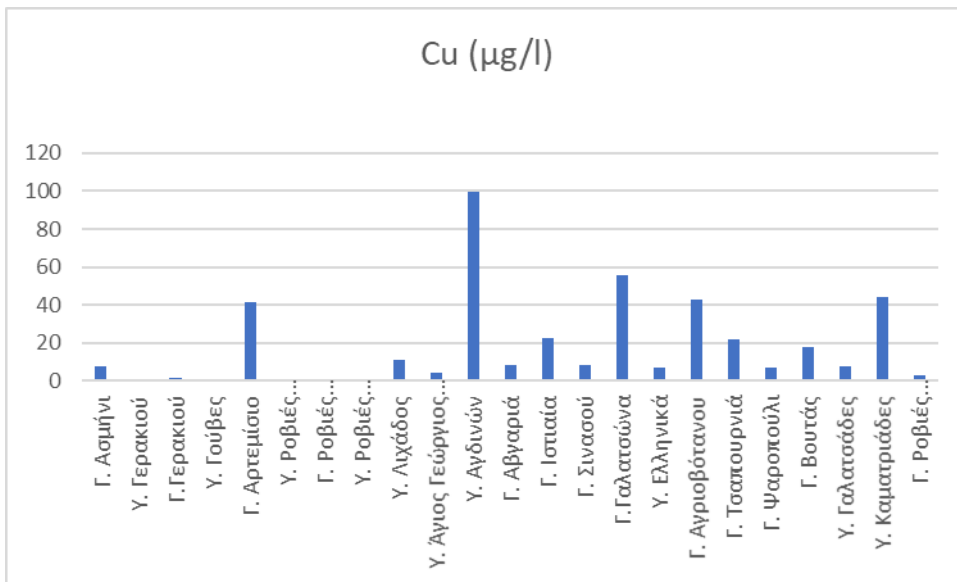


Διάγραμμα 17: συγκέντρωσης Co - Β.Εύβοιας

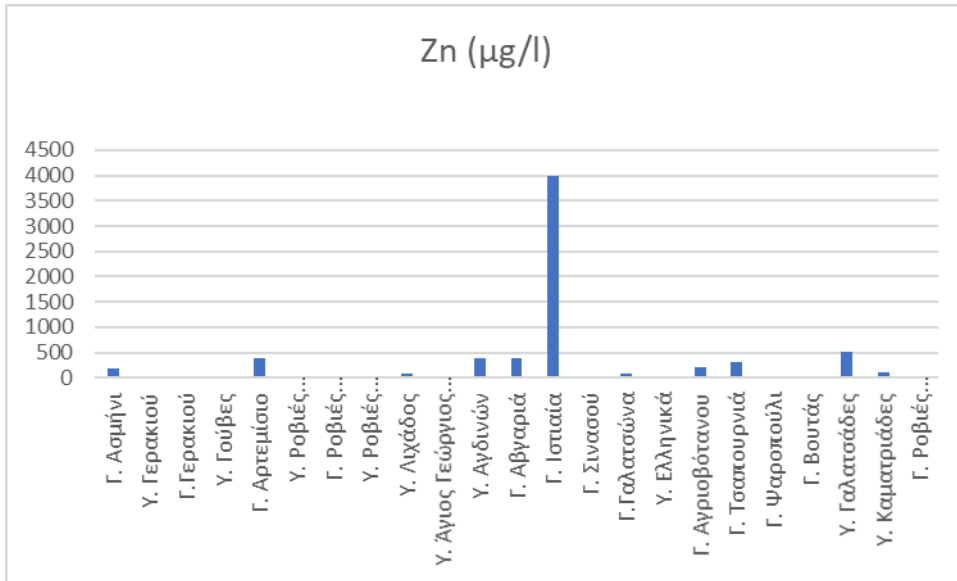




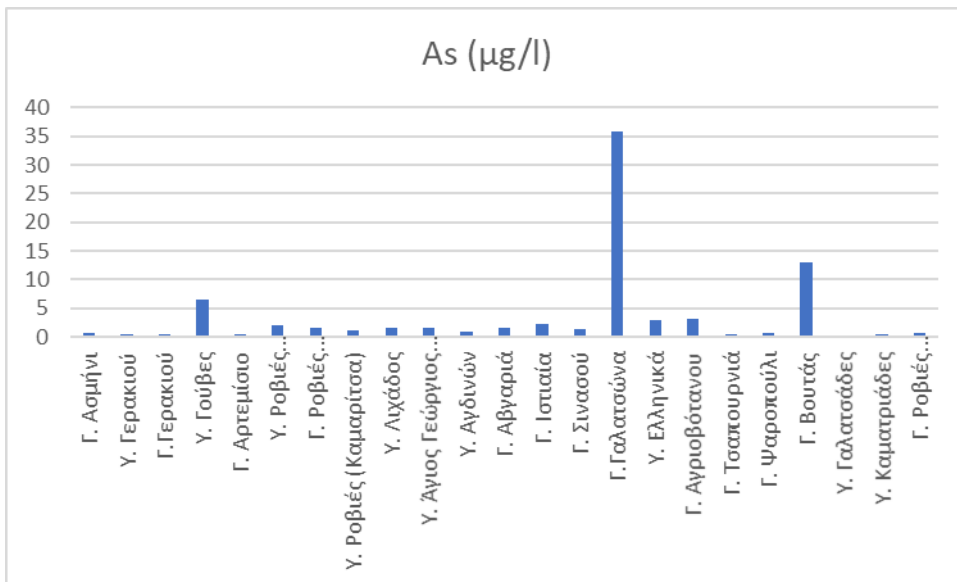
Διάγραμμα 18: συγκέντρωσης Ni - Β.Εύβοιας



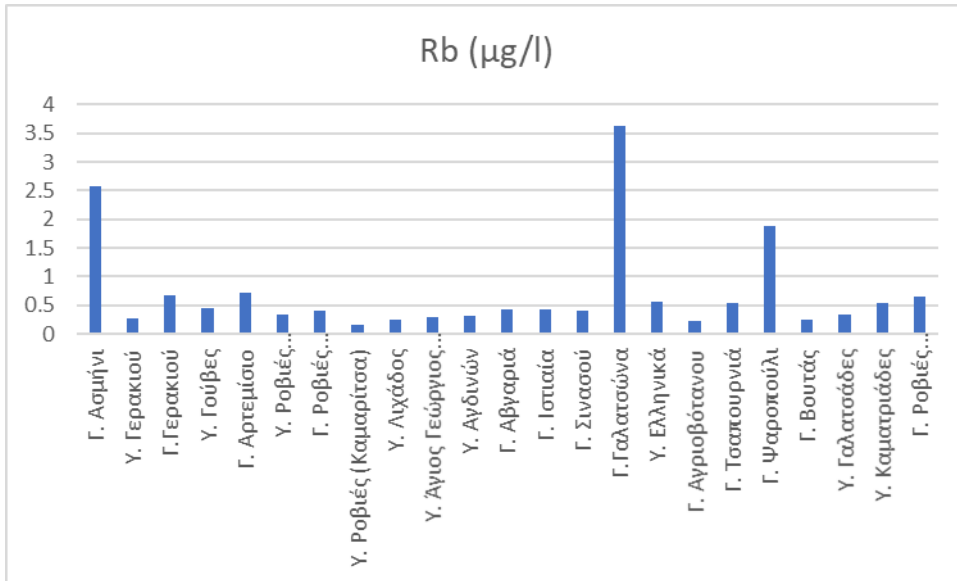
Διάγραμμα 19 : συγκέντρωσης Cu - Β.Εύβοιας



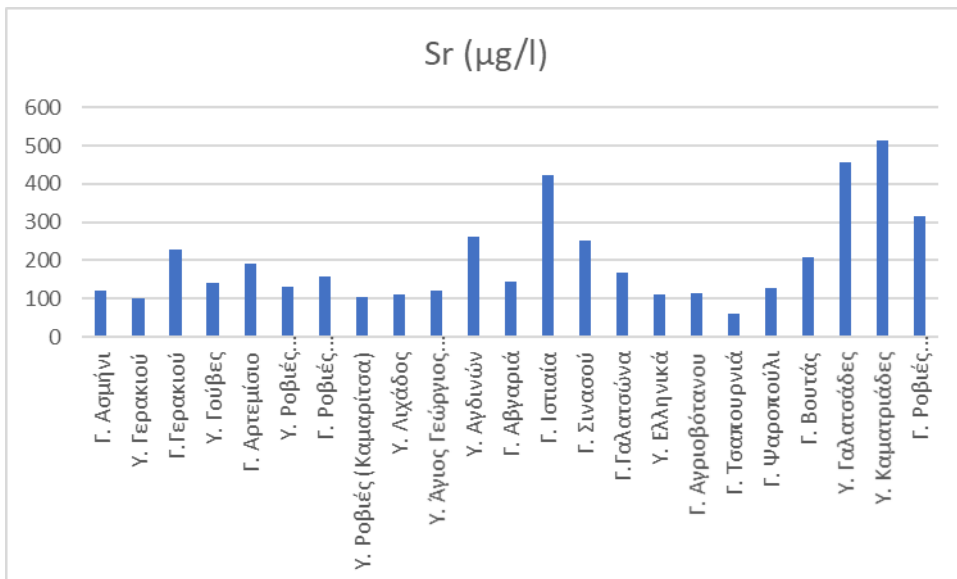
Διάγραμμα 20 : συγκέντρωσης Zn - Β.Εύβοιας



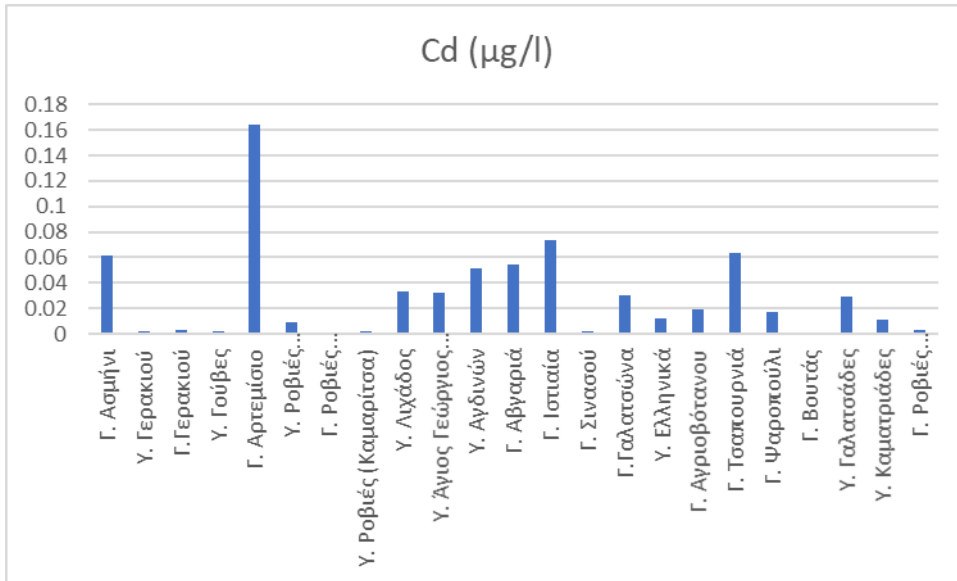
Διάγραμμα 21 : συγκέντρωσης As - Β.Εύβοιας



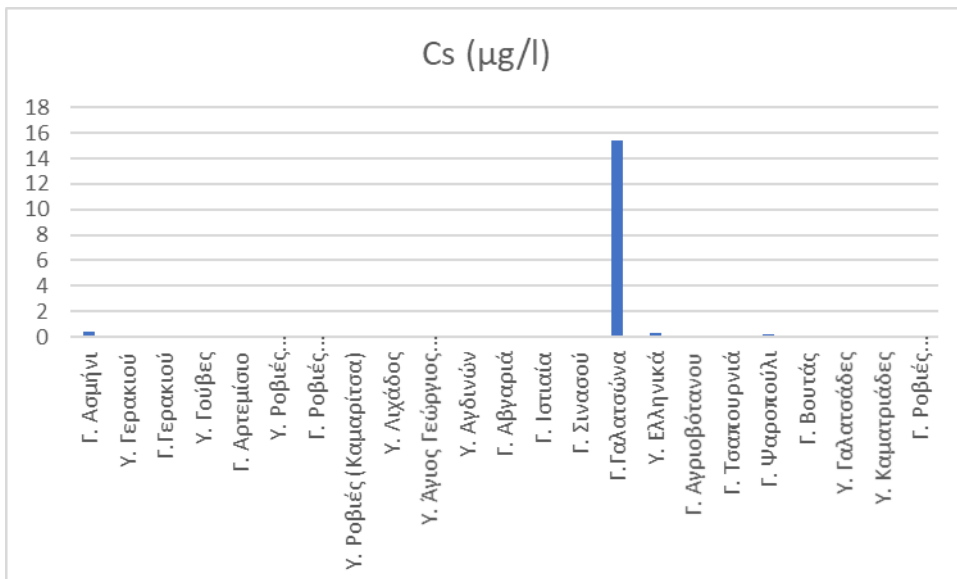
Διάγραμμα 22 : συγκέντρωσης Rb - Β.Εύβοιας



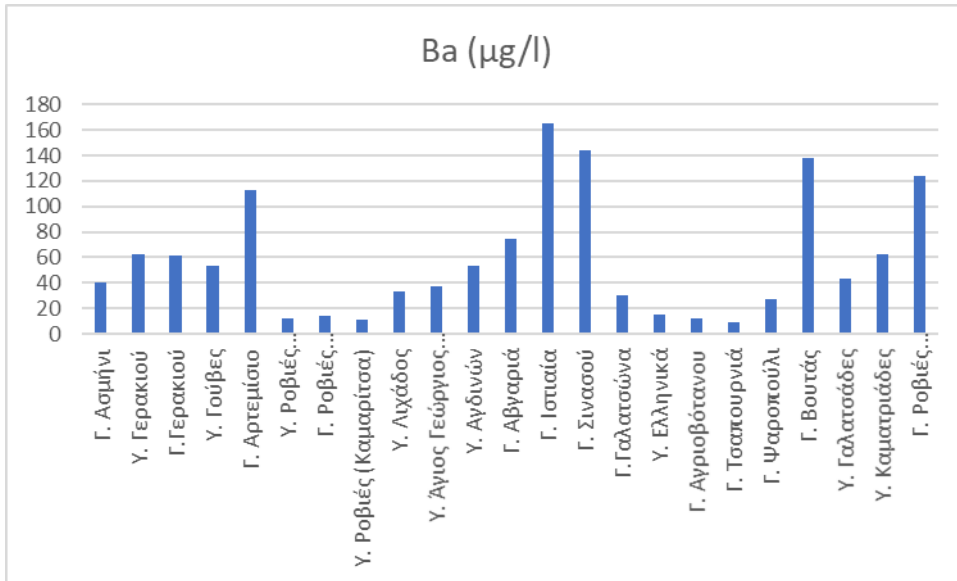
Διάγραμμα 23 : συγκέντρωσης Sr - Β.Εύβοιας



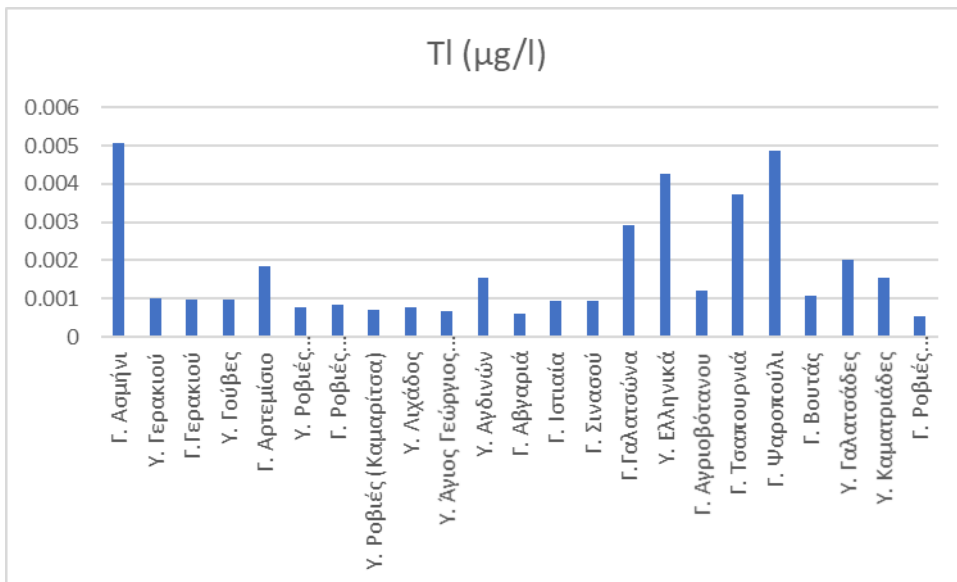
Διάγραμμα 24 : συγκέντρωσης Cd - Β.Εύβοιας



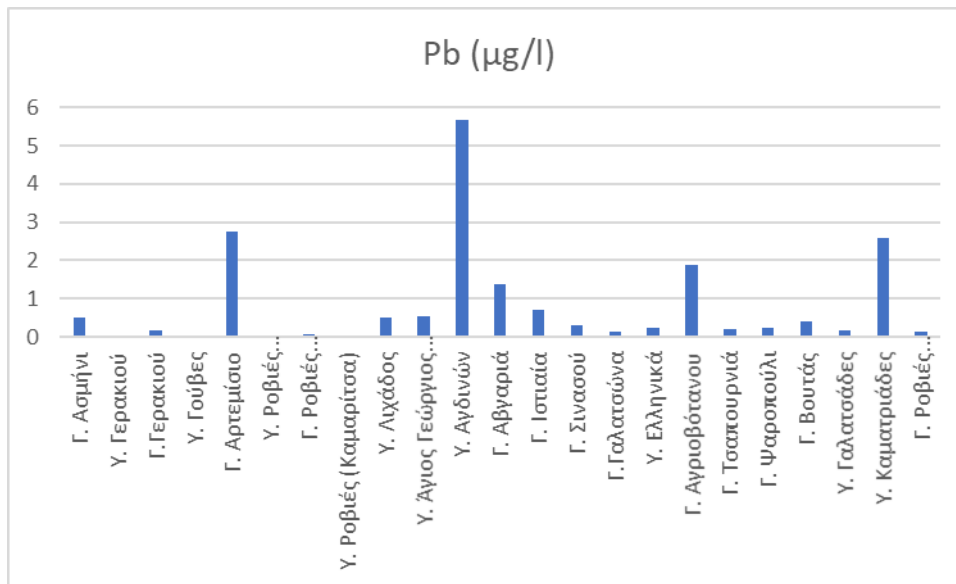
Διάγραμμα 25 : συγκέντρωσης Cs - Β.Εύβοιας



Διάγραμμα 26 : συγκέντρωσης Ba - Β.Εύβοιας



Διάγραμμα 27 : συγκέντρωσης Tl - Β.Εύβοιας



Διάγραμμα 28 : συγκέντρωσης Pb - Β.Εύβοιας

## ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την ισχύουσα ελληνική νομοθεσία αλλά και πρόσφατη οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία πρέπει να τεθεί σε ισχύ και στην Ελλάδα εντός του 2022, εξετάζονται κάποιες παράμετροι στο πόσιμο νερό που δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα παρακάτω όρια :

*Πίνακας 1: Νομοθεσία για πόσιμο νερό*

<b>Παράμετρος</b>	<b>Νομοθεσία</b>	<b>Οδηγίες Ε.Ε.</b>
Αργίλιο (Al)	200 µg/L	200 µg/L
Αρσενικό(As)	10 µg/L	10 µg/l
Κάδμιο(Cd)	5,0 µg/L	5,0 µg/l
Χρώμιο(Cr)	50 µg/L	25 µg/l
Χαλκός(Cu)	2,0 mg/L	2,0 mg/l
Μόλυβδος(Pb)	10 µg/L	5 µg/l
Νικέλιο(Ni)	20 µg/L	20 µg/l
Νιτρικά(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50 mg/L	50 mg/l
Χλωριούχα(Cl <sup>-</sup> )	250 mg/L	250 mg/l
Αγωγιμότητα(EC)	2500 µS/cm στους 20 °C	2 500 µS/cm στους 20 °C
pH	≥ 6,5 και ≤ 9,5	≥ 6,5 και ≤ 9,5
Σίδηρος(Fe)	200 µg/l	200 µg/l
Μαγγάνιο(Mg)	50 µg/l	50 µg/l
Θειικά(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	250 mg/L	–

*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). ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, 19/09/2017(3282).*

*ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2020/2184 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 16ης Δεκεμβρίου 2020 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. 2020, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.*



Εξετάζοντας τα πειραματικά αποτελέσματα παρατηρούμε ότι, το pH για τα δείγματα νερών κυμαίνεται ανάμεσα στις τιμές 7,24 και 8,36 με μέση τιμή 7,58. Αντίστοιχα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα στους 20 °C, αν εξαιρέσουμε το δείγμα από την γεώτρηση του Αγίου Γεωργίου Λιχάδος το οποίο έχει κατά πολύ μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα και αλατότητα (4859  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και 2,6‰), κυμαίνεται ανάμεσα στις τιμές 218  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και 876  $\mu\text{S}/\text{cm}$  με μέση τιμή τα 569  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και η αλατότητα κυμαίνεται ανάμεσα στις τιμές 0,1 ‰ με 0,5 ‰ με μέση τιμή 0,34 ‰. Όσον αφορά τον προσδιορισμό θρεπτικών συστατικών για τα δείγματα νερών, η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμαίνεται από 1,76 mg/l έως 22 mg/l με μέση τιμή τα 6,95 mg/l, η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων από 0,002 mg/l έως 0,738 mg/l με μέση τιμή 0,125 mg/l, εξαιρώντας τις τιμές από τη υδρομάστευση Αγίου Γεωργίου Λιχάδος και Αγδινών ( 2,00 mg/l και 1,364 mg/l αντίστοιχα) που ήταν αρκετά υψηλότερες. Η συγκέντρωση των θειικών ιόντων κυμαίνεται από κάτω από τα όρια ανίχνευσής της μεθόδου μέχρι 47,9 mg/l με μέση τιμή 26,9 mg/l, εξαιρώντας την τιμή από γεώτρηση Αγίου Γεωργίου Λιχάδος που ήταν πολύ υψηλότερη (183 mg/l). Αντίστοιχα για τα εκπλύματα των εδαφικών δειγμάτων το pH κυμαίνεται από 7,64 έως 8,09 με μέση τιμή 7,86, η ηλεκτρική αγωγιμότητα στους 20 °C κυμαίνεται από 240  $\mu\text{S}/\text{cm}$  έως 1930  $\mu\text{S}/\text{cm}$  με μέση τιμή 851  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και η αλατότητα από 0,1‰ έως 1,0 ‰ με μέση τιμή 0,42 ‰. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμαίνεται από κάτω από τα όρια ανίχνευσής έως 29 mg/l με μέση τιμή 10 mg/l και η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων κυμαίνεται από 0,74 mg/l έως 10 mg/l με μέση τιμή 3,04 mg/l.

Από τον προσδιορισμό των μετάλλων στα δείγματα νερών, παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση των στοιχείων στα δείγματα που μελετήθηκαν ήταν κατά φθίνουσα σειρά : Zn> Sr>Ba>Fe>Cu> Ni>Cr>Al >>As> V και σε πολύ μικρότερες ποσότητες ανιχνεύθηκαν και τα στοιχεία : Mn> Rb> Cs >Pb> Co> Tl. Υψηλότερες συγκεντρώσεις Al ανιχνεύθηκαν στις περιοχές Σινασός και Αγδίνες, V στις περιοχές Αγριοβότανο και Βουτάς, Cr στις Ροβιές στον οικισμό Παλαιοχώρι, Mn στην περιοχή Ψαροπούλι, Fe στις περιοχές Γεράκι και Αρτεμίσιο, Co στις περιοχές Αρτεμίσιο και Γαλατσώνα, Ni στις περιοχές Γαλατσώνα και Γαλατσάδες, Cu στις Αγδίνες, Zn στην Ιστιαία, As στις περιοχές Γαλατσώνα και Βουτάς, Rb στις περιοχές Ασμήνη και Γαλατσώνα, Sr στις περιοχές Γαλατσάδες και Καμαρίτσα, Cd στο Αρτεμίσιο, Cs στην Γαλατσώνα, Ba στις περιοχές Ιστιαία, Σινασός και Βουτάς, Tl στις περιοχές Ασμήνη, Ελληνικά, Τσαπουρνιά και Ψαροπούλι και Pb στην περιοχή των Αγδινών. Οι συγκεντρώσεις όλων των στοιχείων ήταν εντός των ορίων της ισχύουσας νομοθεσίας και των οδηγιών της Ε.Ε. σε όλα τα δείγματα με εξαίρεση τα δείγματα από γεώτρηση Γαλατσώνας για τα στοιχεία Ni, As , από υδρομάστευση Γαλατσάδες για το στοιχείο Ni και από γεώτρηση Βουτάς για το στοιχείο As.

Οι φυσικοχημικές παράμετροι και η συγκέντρωση των ιόντων και μετάλλων που προσδιορίστηκαν ήταν κάτω από τα όρια που θέτει η νομοθεσία. Οι διαφορές από δείγμα σε δείγμα αποδίδονται στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής.

Παρόμοια μελέτη, με την παρούσα, πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Ηλίας μετά τις πυρκαγιές του 2007 και δημοσιεύτηκε το 2018 ως κάτωθι : Dimitriadou, S., K. Katsanou, S. Charalaboroulos, and N. Lambrakis, *Interpretation of the Factors Defining Groundwater Quality of the Site Subjected to the Wildfire of 2007 in Ilia Prefecture, South-Western Greece*. Geosciences, 2018. **8**(4): p. 108. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν πως οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, παραμέτρων, που υποδηλώνουν την αύξηση των κατιόντων, κυμαίνονταν μεταξύ των αναμενόμενων επιπέδων για την περιοχή. Συγκεκριμένα το pH κυμαινόταν από 6,1 έως 8,1 με μέση τιμή 7,1 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαινόταν από 214  $\mu\text{S}/\text{cm}$  έως 1220  $\mu\text{S}/\text{cm}$  με μέση τιμή 473  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Τα πιο άφθονα κατιόντα (Ca, Mg, Na, K) και ιχνοστοιχεία (Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, V) στην τέφρα, εμφανίστηκαν στην πλειονότητα των δειγμάτων υπόγειων υδάτων σε συγκεντρώσεις όμως κάτω από τα όρια πόσης. Οι συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , φωσφορικών και θεικών αλάτων, όπου υπάρχουν, αποδίδονται σε γεωργικές χρήσεις γης της περιοχής, ενώ δεν βρέθηκαν υδροχημικές διαταραχές που να μαρτυρούν την παρουσία επιβραδυντικών πυρκαγιάς. Η έλλειψη, αυτή, ενδείξεων για την επίδραση της φωτιάς στα υπόγεια ύδατα αποδίδεται στο ότι η ευπάθεια στην ρύπανση των υπόγειων υδάτων είναι συνάρτηση τόσο του τύπου του πετρώματος και του πλάτους της ακόρεστης ζώνης όσο και του κλίματος της περιοχής και της σύστασης των ρύπων. Η καμένη βιομάζα επηρεάζει τη σύνθεση της τέφρας. Εάν, λοιπόν, στη περιοχή μελέτης η ακόρεστη ζώνη προστατεύεται από αδιαπέραστα πετρώματα, αυτά περιορίζουν τη μεγάλη διείσδυση των στοιχείων και των ιχνοστοιχείων που συνήθως βρίσκονται σε αφθονία στη φωτιά της τέφρας.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της έρευνάς μας με εκείνα της Ηλείας, παρατηρούμε ότι και οι φυσικοχημικές παράμετροι αλλά και η συγκέντρωση των ιόντων που μετρήθηκαν κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα.

Παρόμοια έρευνα, με την παρούσα, που έγινε στην Πορτογαλία το 2011 δημοσιεύτηκε το 2014 ως κάτωθι : Mansilha, C., A. Carvalho, P. Guimarães, and J. Espinha Marques, *Water Quality Concerns Due to Forest Fires: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Contamination of Groundwater From Mountain Areas*. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 2014. **77**(14-16): p. 806-815. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι 15 στα 16 PAHs (Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες ΠΑΥς) που μελετήθηκαν, εντοπίστηκαν στα υπόγεια υδάτινα δείγματα των καμένων περιοχών, τα περισσότερα σε συγκεντρώσεις αρκετά μεγαλύτερες από αυτές στα δείγματα ελέγχου, που

υποδηλώνει επιμόλυνση του υδροφορέα. Η συνολική συγκέντρωση PAHs κυμαινόταν από 23 ng/l έως 95 ng/l με μέση τιμή τα 62 ng/l που είναι σχεδόν εξαπλάσια από την τιμή στα δείγματα ελέγχου (16 ng/l). Ανάμεσα στα PAHs που ανιχνεύτηκαν ήταν το Nap σε ποσοστό 41%, το DahA, και τα BghiP και Ind σε ποσοστό περίπου 27%. Οι ενώσεις αυτές ανιχνεύτηκαν στα δείγματα από καμένες περιοχές και όχι στα δείγματα ελέγχου αποδεικνύοντας την διαφορετική σύσταση τους.

Το 2021 δημοσιεύτηκε έρευνα και πάλι σχετικά με ρύπανση από οργανικές ενώσεις των Campos, I. and N. Abrantes, *Forest fires as drivers of contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons to the terrestrial and aquatic ecosystems*. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2021. **24**: p. 10029 Σύμφωνα με τα ευρήματά τους, η μεταφορά των PAHs από το έδαφος στα νερά, με επιφανειακή απορροή, είναι σημαντικά μεγαλύτερη αμέσως μετά τη φωτιά, επιδρώντας αρνητικά στην ποιότητα των υδάτων. Επιπλέον όμως, τα PAHs απομένουν σε κατώτερες αποθέσεις των υδάτινων σωμάτων και έτσι μπορούν να επανεμφανίζονται περιοδικά, δημιουργώντας χρόνια προβλήματα στην ποιότητα των υδάτων.

Στην περίπτωση της πυρκαγιάς στη Β. Εύβοια ήταν τόσα τα βασικά θέματα διαβίωσης των πυρόπληκτων που ήταν αδύνατη η διοργάνωση δειγματοληψίας αμέσως μετά την πυρκαγιά οπότε δεν μελετήσαμε την συγκέντρωση των PAHs τα οποία διαφεύγουν σε μικρό χρόνο από τον σχηματισμό τους. Ωστόσο, λόγω του «εγκλωβισμού» τους σε κατώτερες αποθέσεις των υδάτινων σωμάτων είναι θεμιτό να προστεθεί στην έρευνά μας στην επόμενη δειγματοληψία ο προσδιορισμός οργανικών ρύπων όπως ΠΑΥς και διοξίνες.

Οι φωτιές έχουν καθοριστική θέση στην κατανομή των ιχνοστοιχείων στο περιβάλλον, μέσω της κινητοποίησης των μετάλλων και της μεταφοράς της στάχτης στο χώμα, καθώς και στην αλλοίωση των γεωχημικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του εδάφους. Η έρευνα του κύριου Αλεξάκη έγινε σε δείγματα εδάφους αμέσως μετά την πυρκαγιά του 2020 στην Δυτική Αττική. Alexakis, D., I. Kokmotos, D. Gamvroula, and G. Varelidis, *Wildfire effects on soil quality: application on a suburban area of West Attica (Greece)*. *Geosciences Journal*, 2021. **25**(2): p. 243-253. Η φυσικοχημική ανάλυση δεν έδειξε σημαντική διαφορά στην ηλεκτρική αγωγιμότητα ούτε στην ικανότητα ιοντανταλλαγής κατιόντων παρά μόνο μια μικρή αύξηση. Από την άλλη σημειώθηκε σημαντική διαφορά (αύξηση κατά 84%) στην οργανική ύλη (OM) που μετρήθηκε στο καμένο φυτόχωμα (0 – 5 εκατοστά βάθος), πιθανόν λόγω της ατελούς καύσης της βλάστησης. Η μέτρηση του pH φανερώνει μια αύξηση κατά 2% στο καμένο χώμα. Αυτό συμβαίνει επειδή η φωτιά προκαλεί τη διάβρωση των πετρωμάτων, παράγοντας έτσι ιόντα OH<sup>-</sup> και HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Έγινε τεστ εξαγωγής μετάλλων από το έδαφος με το αντιδραστήριο DTPA. Η διαθεσιμότητα των στοιχείων μετρήθηκε ως εξής: MnDTPA > FeDTPA > ZnDTPA > CuDTPA. Η συγκέντρωση του MnDTPA και του FeDTPA

ήταν υψηλότερη στο καμένο φυτόχωμα ενώ στα ZnDTPA και CuDTPA δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Στο υπέδαφος ( 5 – 25 εκατοστά βάθος) μόνο το FeDTPA σημείωσε σημαντικά υψηλότερες τιμές. Το συνολικό Mn καθώς και οι ανηγμένες μορφές του παρουσίασαν σημαντική αύξηση κατά 86%. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην καύση της οργανικής ύλης και την ελευθέρωση του συμπλοκοποιημένου Mn που περιέχει, καθώς τα πεύκα είναι πλούσια σε Mn, αλλά και στην καταστροφή της κρυσταλλικής δομής των πετρωμάτων. Ο συνολικός Fe παρουσίασε αύξηση κατά 138%. Στο φυτόχωμα τα μέταλλα Cu, Fe, Mn μετρήθηκαν σε υψηλότερες τιμές από τις κρίσιμες τιμές τοξικότητας όπως παρουσιάζονται στην βιβλιογραφία. Στο υπέδαφος μόνο η συγκέντρωση του Mn ξεπέρασε τις κρίσιμες τιμές τοξικότητας.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι έχει μεγάλη σημασία η μελέτη του εδάφους μετά από μία πυρκαγιά τόσο για την εκτίμηση της άμεσης επίδρασης της σε αυτό αλλά και γιατί δευτερογενώς το έδαφος επηρεάζει μακροπρόθεσμα την ποιότητα των υπόγειων υδάτων. Τα αποτελέσματα από την δοκιμή εκπλυσιμότητας των καμένων εδαφών που πραγματοποιήσαμε με χρήση βρόχινου νερού αφορούν τα μισά από τα δείγματα που συλλέξαμε και εκτιμούμε ότι ως τα τέλη της Άνοιξης θα έχουμε ολοκληρώσει την ανάλυσή και των υπολοίπων. Ωστόσο ήδη φαίνεται να είναι σημαντικές οι αλλαγές στην φύση και τις ιδιότητες του εδάφους και μεγάλος ο συντελεστής μεταφοράς στοιχείων από την στερεή στην υγρή φάση.

**Καταλήγοντας συμπεραίνουμε ότι, η πυρκαγιά στη Β. Εύβοια τον Αύγουστο του 2021 δεν έχει επηρεάσει προς το παρόν την σύσταση των υπογείων υδάτων. Οι φυσικοχημικές παράμετροι και η συγκέντρωση των ιόντων και μετάλλων που προσδιορίστηκαν ήταν κάτω από τα όρια που θέτει η νομοθεσία εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων που παρουσίασαν τιμές άνω των ορίων και που συνδέονται με άλλα γνωστά για την περιοχή θέματα όπως συγκεκριμένες ανθρωπογενείς δράσεις (υφαλμύρυνση λόγω υπεράντλησης) και κάποια ιδιαίτερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής (φυσικές αποθέσεις χρωμίου). Καθώς τα δείγματα που αναλύθηκαν στην παρούσα μελέτη, συλλέχθηκαν αμέσως μετά τις πυρκαγιές και χωρίς να έχουν μεσολαβήσει βροχές, κρίνεται απαραίτητο να συνεχιστεί η μελέτη αυτή και με δεύτερη δειγματοληψία κατά την υγρή υδρογεωλογικά περίοδο δηλαδή τον μήνα Μάιο. Μόνο τότε θα έχουμε καλύτερη εικόνα για τυχόν ρύπους που με την έκπλυση από τις κατακρημνίσεις (βροχές,χιόνια) θα έχουν καταλήξει στον υπόγειο υδροφόρα. Τέλος, επιβοηθητικά στην αξιολόγηση μας θα είναι και τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις εδαφών που θα ολοκληρώσει το εργαστήριό μας ως τον Μάιο καθώς και η επέκταση του φάσματος των χημικών αναλύσεων όχι μόνο σε ανόργανους αλλά και σε οργανικούς ρύπους (ΠΑΥς, διοξίνες).**