



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΣΕΒΑΣΤΗ-ΗΛΙΑΝΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΟΥ-ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ
Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ
ΚΡΙΤΗΡΙΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ “ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ”
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: “ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ”*

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020





ΣΕΒΑΣΤΗ-ΗΛΙΑΝΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΟΥ-ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

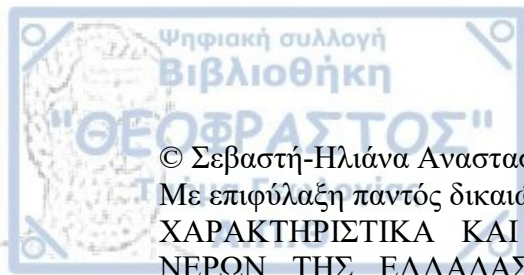
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών
Σπουδών “Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία”,
Κατεύθυνση “Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία”.

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 03/03/2020

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Κωνσταντίνος Βουδούρης, Καθηγητής, Επιβλέπων
Τριαντάφυλλος Κακλής, ΕΔΙΠ, Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής
Χρήστος Μάττας, ΕΔΙΠ, Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής



© Σεβαστή-Ηλιάνα Αναστασιάδου-Αναστασίου, Γεωλόγος, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ – *Μεταπτυχιακή
Διπλωματική Εργασία*

© Sevasti-Ilina Anastasiadou-Anastasiou, Geologist, 2020

All rights reserved.

CHARACTERISTICS AND CLASSIFICATION OF NATURAL MINERAL
WATERS IN GREECE USING HYDROCHEMICAL CRITERIA– *Master Thesis*

Citation:

Αναστασιάδου-Αναστασίου Σεβαστή-Ηλιάνα, 2020 – Χαρακτηριστικά και Ταξινόμηση των φυσικών μεταλλικών νερών της Ελλάδας με υδροχημικά κριτήρια. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 145 σελ

Anastasiadou-Anastasiou Sevasti-Ilina, 2020 – Characteristics and classification of natural mineral waters in Greece using hydrochemical criteria. Master Thesis, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 145 pp.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους ήταν δίπλα μου για την συμπαράσταση και την υπομονή που έδειξαν κατά τη διάρκεια των σπουδών και κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

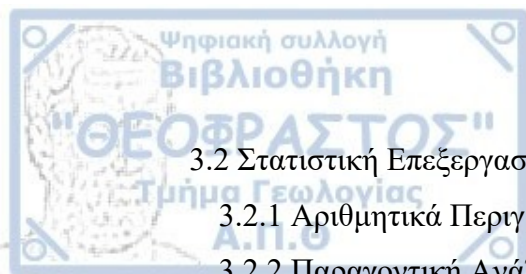
Θερμές ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη για την εμπιστοσύνη και την ανάθεση του θέματος της διπλωματικής εργασίας, αλλά και για την καθοδήγησή του στην εκπόνηση αυτής.

Ευχαριστίες και προς τις εταιρίες Σαμαρίνα και Ζαρός για τη βοήθειά τους, καθώς δέχθηκαν να μου κοινοποιήσουν ορισμένα δεδομένα τους.



Περιεχόμενα

Πρόλογος	viii
Περίληψη	1
Abstract	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 Ιστορική αναδρομή	3
1.2 Ορισμοί.....	4
1.3 Νομοθετικό Πλαίσιο	5
1.4 Υδροχημικά δεδομένα – Προέλευση ιόντων	11
1.4.1 Κατιόντα	12
1.4.2 Ανιόντα.....	14
1.4.3 Φυσικοχημικές Παράμετροι	15
1.5 Γεωγραφία - Γεωλογία Ελλάδας	18
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	23
3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	26
3.1 Ανάλυση Υδροχημικών δεδομένων	26
3.1.1 Διός.....	26
3.1.2 Λουτράκι.....	28
3.1.3 Κωστήλάτας	31
3.1.4 Βίκος.....	34
3.1.5 Μιτσικέλι	36
3.1.6 Ζαγόρι.....	39
3.1.7 Αύρα	42
3.1.8 Πηγή Ολύμπου	44
3.1.9 Σέλι	47
3.1.10 Σαμαρίνα.....	50
3.1.11 Θεόνη.....	53
3.1.12 Ιόλη.....	56
3.1.13 Κορπή	58
3.1.14 Ζαρός	61
3.1.15 Ξινό Νερό	64
3.1.16 Υάς.....	67



3.2 Στατιστική Επεξεργασία	70
3.2.1 Αριθμητικά Περιγραφικά Μέτρα	71
3.2.2 Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis)	73
3.2.3 Θηκόγραμμα (Boxplot)	79
3.2.4 Ραβδογράμματα - Ανώτερα επιτρεπτά όρια και Ενδεικτικές τιμές	90
3.2.5 Συγκεντρωτικό διάγραμμα Schoeller	97
3.2.6 Ιοντικοί Λόγοι	99
3.2.7 Σύγκριση Διαγραμμάτων Stiff	100
3.2.8 Συνολικό Διάγραμμα Piper	101
Συμπεράσματα	104
Βιβλιογραφία	107
Παράρτημα	i



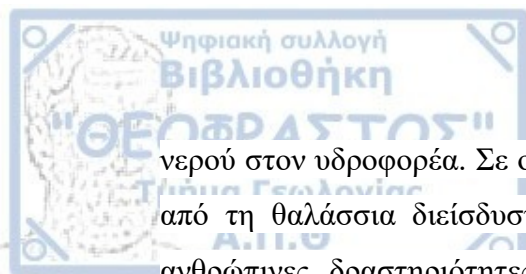
Πρόλογος

Είναι γνωστό πως το νερό πάνω στη γη είναι άφθονο. Παρόλα αυτά, το γλυκό νερό είναι περιορισμένο και οι υδατικοί πόροι δεν είναι πάντα εύκολα προσβάσιμοι. Ενάς μεγάλος αριθμός ανθρώπων κοντά στα 880 εκατομμύρια σ' ολόκληρο τον πλανήτη, σύμφωνα με τα στοιχεία του ΟΗΕ (108^η Συνεδρίαση Ολομέλειας 28/07/2010), δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό και εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν ή υποφέρουν από ασθένειες εξαιτίας της έλλειψης καθαρού νερού και αποχέτευσης. Παράλληλα, η βιομηχανία εμφιαλωμένου νερού αποτελεί μία από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες βιομηχανίες στον κόσμο. Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση Δ11/Φ16/8600/1991 (Φ.Ε.Κ. Β' 174) η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 170 λίτρα ανά άτομο κάτι που διαφοροποιείται από χώρα σε χώρα.

Τα εμφιαλωμένα νερά βρίσκονται στην καθημερινότητά μας γιατί καλύπτουν μεγάλο ποσοστό των υδρευτικών αναγκών και καθορίζουν άμεσα την υγεία μας. Τα φυσικά μεταλλικά νερά προσφέρουν ποιοτικές επιλογές που βοηθούν τον οργανισμό στοχεύοντας στις ανάγκες του. Η φυσική προέλευσή τους προσδίδει μια διαφορετική αξία από τα υπόλοιπα πόσιμα εμφιαλωμένα και μη νερά. Οι συνεχείς έλεγχοι που γίνονται, βασισμένοι στην επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο, έχουν ως στόχο την διατήρηση και την προστασία της εξαιρετικής φυσικής κατάστασής τους και την αποφυγή τυχόν κινδύνων της δημόσιας υγείας. Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει συγκεκριμένες ανάγκες πρόσληψης ορισμένων συστατικών, επομένως θεωρείται απαραίτητος ο συνεχής έλεγχος ποιότητας ώστε να ικανοποιούν τις προδιαγραφές που ορίζονται από τον νόμο. Οι προδιαγραφές που θεσπίζονται για το φυσικό μεταλλικό νερό έχουν ως γνώμονα την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα πλούσια σε υπόγεια ύδατα τα οποία και κατά κύριο λόγο χαρακτηρίζονται πολύ καλής ποιότητας, λόγω του κλίματος και της γεωλογίας των πετρωμάτων, ως εκ τούτου η άντληση τους είναι η μεγαλύτερη σε όλη την Ευρώπη ([https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics)).

Τα υπόγεια ύδατα είναι η κύρια πηγή νερού για οικιακές, γεωργικές και βιομηχανικές χρήσεις. Η ποιότητα του εξαρτάται από τη φύση των πετρωμάτων, την τοπογραφία, τη γεωλογία, τα εδάφη, το κλίμα, τα κατακρημνίσματα και τον χρόνο παραμονής του



νερού στον υδροφορέα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο χημισμός μπορεί να μεταβληθεί από τη θαλάσσια διείσδυση, την επίδραση γεωθερμικών ρευστών καθώς και τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η αλληλεπίδραση του νερού με τα περιβάλλοντα πετρώματα οδηγεί στον εμπλουτισμό του νερού με ορισμένα χημικά στοιχεία. Η γνώση της ποιότητας του νερού είναι σημαντική για την ερμηνεία και την κατανόηση των υδροχημικών συνθηκών στο περιβάλλον που φιλοξενούνται τα νερά στην εκάστοτε περίπτωση. Η αξιολόγηση αυτή είναι χρήσιμη για την ορθή διαχείριση των υδάτινων πόρων, η οποία οδηγεί στην αειφορία και τη διατήρηση της βιωσιμότητας.

Πολλές εταιρίες έχουν αξιοποιήσει τους υπόγειους υδάτινους πόρους για τη διάθεσή τους στο ανθρώπινο κοινό. Τα φυσικά μεταλλικά νερά είναι ένα πολύ σημαντικό κεφάλαιο στη βιομηχανία των εμφιαλωμένων νερών. Το κάθε νερό είναι μοναδικό με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη των συγκεντρώσεων των συστατικών και των φυσικών χαρακτηριστικών κάθε φυσικού μεταλλικού νερού της Ελλάδας, η ταξινόμηση και η σύγκριση μεταξύ αυτών.

Περίληψη

Ο φυσικοχημικός έλεγχος των δειγμάτων γίνεται στις παραμέτρους Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , (Fe, Mn), HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , F^- , pH, Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC), Ολική Σκληρότητα, Στερεό Υπόλειμμα, Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS). Εντοπίστηκαν συνολικά 16 φυσικά μεταλλικά νερά απ' όλη την Ελλάδα, 15 φυσικά μεταλλικά και 1 φυσικό μεταλλικό φυσικώς αεριούχο, τα οποία διατίθενται εμφιαλωμένα για ανθρώπινη κατανάλωση. Τα δεδομένα καταχωρήθηκαν σε αρχείο Excel.

Για την ταξινόμηση των δειγμάτων νερού χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα Piper και με τη βοήθεια τους έγινε η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων και ο διαχωρισμός τους στους κύριους τύπους νερού Ca-HCO_3 , Ca-Mg-HCO_3 και Mg-HCO_3 . Με το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 25, εξήχθησαν τα Αριθμητικά Περιγραφικά Μέτρα τα οποία δίνουν μια γενική εικόνα για τις παραμέτρους των δειγμάτων. Με τη μέθοδο της Παραγοντικής Ανάλυσης προέκυψαν 3 παράγοντες που περιγράφουν ορισμένες διαδικασίες οι οποίες μπορεί να έχουν επιδράσει στη διαμόρφωση των τιμών των παραμέτρων. Στη συνέχεια, με τα θηκογράμματα (Boxplot) απεικονίσθηκαν γραφικά πληροφορίες σχετικά με την κατανομή των τιμών για κάθε παράμετρο. Τέλος, τα διαγράμματα που βοήθησαν στην εξαγωγή συμπερασμάτων ήταν τα διαγράμματα Schoeller, Stiff, κυκλικά και ραβδογράμματα.

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι γενικά τα νερά δεν αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα με τις ανώτερες τιμές που ορίζονται από τον νόμο. Έχουν πολλές ομοιότητες με βάση τα φυσικοχημικά τους δεδομένα. Τα επικρατέστερα κύρια ιόντα είναι τα Ca^{2+} , Mg^{2+} και HCO_3^- που έχουν προέλευση ως επί το πλείστον από ανθρακικά πετρώματα. Όλα τα νερά χαρακτηρίζονται γενικά από καλή ποιότητα με την πλειονότητα να ανήκουν στον Ca-HCO_3 υδροχημικό τύπο.



Abstract

Chemical testing of the samples is carried out on the parameters Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , (Fe, Mn), HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , F^- , pH, Electrical Conductivity (EC), Total Hardness, Total Dissolved Solids (TDS). A total of 16 natural mineral waters were identified from all over Greece, including 15 natural minerals and 1 natural mineral carbonated water, which are bottled for human consumption. Data were stored in an Excel spreadsheet.

Piper diagrams were used to classify the water samples and compared them with the main water types Ca-HCO_3 , Ca-Mg-HCO_3 and Mg-HCO_3 . Using the IBM SPSS Statistics 25 software, Descriptive Statistics were extracted, which provide us with an overview of the sample parameters. The Factor Analysis method resulted in 3 factors describing certain processes that may have influenced the parameter setting. Then, Boxplots displayed graphical information on the distribution of values for each parameter. Finally, the charts that contributed to the conclusions were Schoeller, Stiff, Pies and Bar charts.

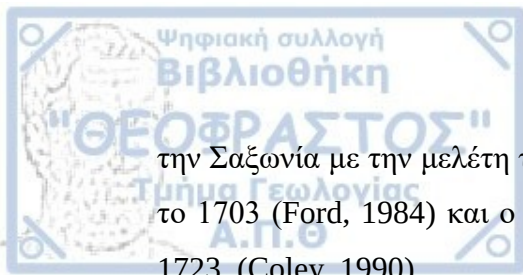
In conclusion, it seems that the waters do not have a problem with the higher values set by law. They have many similarities base on their physicochemical data. The dominant major ions are Ca^{2+} , Mg^{2+} and HCO_3^- , which are mostly carbonate rocks. All waters are generally of good quality with the majority being Ca-HCO_3 hydrochemical type.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την εποχή της αρχαιότητας κιόλας, διαπιστώθηκε η σημασία του πόσιμου και του αρδευτικού νερού στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Εμφιαλωμένων Νερών (<https://www.efbw.org/>) οι πρώτοι πολιτισμοί που ανέπτυξαν είδη τεχνολογίας για την εκμετάλλευση του νερού ήταν ο ελληνικός, ο μεσοποτάμιος και ο αιγυπτιακός πολιτισμός.

Από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα έχει σημειωθεί μεγάλη ανάπτυξη της τεχνολογίας στα συστήματα υδροληψίας, μεταφοράς και αποθήκευσης στην Ελλάδα. Δείγματα αυτών είναι τα πηγάδια, η συλλογή και αποθήκευση όμβριων υδάτων σε δεξαμενές, οι σωληνώσεις, τα υδραγωγία, οι βρύσες, οι εγκαταστάσεις για την προσωπική υγιεινή, οι χώροι ψυχαγωγίας (λουτρά), τα φράγματα και τα φρεάτια (Καϊάφα Α., 2009). Ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα απολετεί το Ευπαλίνειο Όρυγμα στη Σάμο. Πρόκειται για ένα υδραγωγείο-σήραγγα έκτασης 1036 μέτρων που κατασκευάστηκε τον 6^ο αιώνα π.Χ. και η διάρκεια κατασκευής του έργου ήταν 10 χρόνια (Καϊάφα Α. 2009, <http://whc.unesco.org/en/list/595/>). Καθοριστική ανακάλυψη και εφεύρεση αποτέλεσε η αντλία (έλικας νερού) από τον Αρχιμήδη καθώς είχε εκτεταμένη χρήση από το 220 π.Χ., κατέχοντας αργότερα σημαντικό ρόλο στην τεχνολογική πρόοδο (Καϊάφα Α., 2009).

Οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν το μεταλλικό νερό σε λουτρά για σωματική και ψυχική υγεία. Σε μια περίοδο με πολλές ασθένειες κατά τον 18^ο αιώνα μ.Χ., τα φυσικά μεταλλικά νερά θεωρούνταν ως ένα μέσο θεραπείας για τους ασθενείς, καθώς και πρόληψης. Στην σύγχρονη εποχή, από τον 19^ο αιώνα, τα ιαματικά θέρετρα ήταν πολύ δημοφιλή στην Γερμανία και Γαλλία για τις θεραπευτικές τους ιδιότητες (Cataldi & Chiellini 1993, Czellecz & Petrea 2013). Την εν λόγω περίοδο, οι ασθένειες που προκαλούνταν από το νερό, όπως η χολέρα και ο τυφοειδής πυρετός, ήταν σε μεγάλη έξαρση. Έτσι στην Γαλλία χρησιμοποιούντας οι θερμές πηγές για λουτρό και το μεταλλικό νερό για πόση (Brockliss L.W.B., 1990). Το γεγονός αυτό οδήγησε στην αναζήτηση φυσικού πόσιμου νερού από πηγές, καθώς αυτό ήταν σπάνιο. Ο Boyle ήταν ο πρώτος που έκανε μια σοβαρή επιστημονική μελέτη των συστατικών του νερού στην Αγγλία και ακολούθησαν ο Hoffmann από



την Σαξωνία με την μελέτη των χημικών αναλύσεων των φυσικών μεταλλικών νερών το 1703 (Ford, 1984) και ο Short που έκανε συστηματικοποίηση των αναλύσεων το 1723 (Coley, 1990).

Η χρήση του φυσικού μεταλλικού νερού ως θεραπευτικό μέσο ήταν η αφορμή για την εμπορευματοποίησή του. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Εμφιαλωμένων Νερών (<https://www.efbw.org/>) η αρχή της εμπορευματοποίησης τοποθετείται στα μέσα του 16ου αιώνα στην Ευρώπη με το μεταλλικό νερό από το Spa στο Βέλγιο, το Vichy στη Γαλλία, το Ferrarelle στην Ιταλία και το Apollinaris στη Γερμανία, όμως οι πρώτες εμφιαλώσεις από μηχανές έγιναν στα μέσα του 19ου αιώνα και πιο συγκεκριμένα στη Γαλλία το 1840. Στη συνέχεια καθιερώθηκε στην Αγγλία με το Malvern (1851) και ακολούθησαν το Apollinaris της Γερμανίας (1892) και το San Pellegrino της Ιταλίας (1899). Τα φυσικά μεταλλικά νερά πωλούνταν σαν φαρμακευτική αγωγή ως τον 20^ο αιώνα, ενώ μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο η διανομή του φυσικού μεταλλικού νερού γίνεται ευρύτερα μέσω εμφιαλωμένων δοχείων ως ένα υγιεινό ρόφημα. Σήμερα, αριθμούνται εκατοντάδες εταιρείες και χιλιάδες μάρκες εμφιαλωμένου νερού παγκοσμίως. Το 2009 η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνώρισε 2.023 μάρκες μεταλλικών νερών και περιλαμβάνουν πηγές που βρίσκονται εντός συνόρων της Ένωσης (European Union, 2009).

1.2 Ορισμοί

Εμφιαλωμένα νερά

Συμφώνα με την εγκύκλιο για την επισήμανση των εμφιαλωμένων νερών του Υπουργείου Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης που εκδόθηκε στις 28/07/2009, τα εμφιαλωμένα νερά χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

- Φυσικά Μεταλλικά Νερά
- Νερά Πηγής
- Επιτραπέζια Νερά

Ο διαχωρισμός ενός **Φυσικού Μεταλλικού Νερού** από τις υπόλοιπες κατηγορίες γίνεται από τα χαρακτηριστικά του ως ένα μικροβιολογικά υγιεινό νερό, προερχόμενο

από υπόγειο υδροφόρο από τον οποίο εκμεταλλεύεται, είτε με μια ή περισσότερες φυσικές ή τεχνητές μεθόδους μετά από γεώτρηση ή από εξόδους πηγής. Ένα φυσικό μεταλλικό νερό είναι αναγκαίο να διαχωρίζεται από ένα σύννηθες πόσιμο νερό λόγω της ιδιαίτερης φυσικής σύστασης του, η οποία είναι ιδανική και ωφέλιμη για τον ανθρώπινο οργανισμό εξαιτίας της περιεκτικότητας του σε ανόργανα άλατα και ιχνοστοιχεία. Επιπλέον, τα φυσικά μεταλλικά νερά διατίθενται σε κατανάλωση χωρίς καμία επεξεργασία, δηλαδή διατηρούν τα χαρακτηριστικά και τη φυσική κατάσταση που είχαν στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, ο οποίος ήταν πλήρως προστατευμένος από εξωτερικούς ρύπους. Πρέπει να πληρούν τουλάχιστον ένα από τα κριτήρια που έχουν τεθεί από τη νομοθεσία (Πίνακας 1).

Το **Νερό Πηγής** εμφανίζεται στο σημείο υδροληψίας, δηλαδή στην πηγή, και στη συνέχεια διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Είναι απαραίτητο να πληροί τις προϋποθέσεις της εκμετάλλευσης, τις μικροβιολογικές προϋποθέσεις, τις προϋποθέσεις επισημάνσης και να μην έχει υποστεί καμία επεξεργασία, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα Φυσικά Μεταλλικά Νερά. Το νερό πηγής έχει υπόγεια προέλευση, δεν υφίσταται απολύμανση, αλλά δεν πληροί κάποιο κριτήριο, όπως το φυσικό μεταλλικό νερό.

Ένα **Επιτραπέζιο Νερό** πρέπει να πληροί τις ποιοτικές προϋποθέσεις, να έχει τις κατάλληλες προδιαγραφές και να προσφέρεται σε κατανάλωση συσκευασμένο αεροστεγώς σε γυάλινο ή πλαστικό δοχείο.

Η διάκριση μεταξύ των παραπάνω επικεντρώνεται κυρίως στο γεγονός ότι τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα νερά πηγής δεν υπόκεινται σε καμία επεξεργασία απολύμανσης με οποιαδήποτε μέθοδο, ενώ τα επιτραπέζια επιτρέπεται να υποβάλλονται προληπτικά σε κάποια βελτιωτική απολύμανση.

1.3 Νομοθετικό Πλαίσιο

Νερά Πηγής

Στην ετικέτα της συσκευασίας των νερών από πηγές θα πρέπει να αναγράφεται ο τόπος της πηγής που γίνεται η εκμετάλλευση και η ονομασία της, καθώς και οι ενδεχόμενες επεξεργασίες που έχει υποστεί το νερό. Όπως και στα φυσικά μεταλλικά

νερά, πρέπει να εμφανίζεται το όνομα της τοποθεσίας, η εμπορική επωνυμία και απαγορεύεται πολλές διαφορετικές επωνυμίες να εμπορεύονται από την ίδια πηγή.

Φυσικά Μεταλλικά Νερά

Οι ενδείξεις στην ετικέτα των φυσικών μεταλλικών νερών τοποθετούνται σύμφωνα με τη νομοθεσία. Θα πρέπει να αναγράφονται η ονομασία πώλησης της κάθε εταιρείας με την ένδειξη «φυσικό μεταλλικό νερό». Αν πρόκειται για αναβράζον φυσικό μεταλλικό νερό, «φυσικό μεταλλικό νερό, φυσικώς αεριούχο», «φυσικό μεταλλικό νερό ενισχυμένο με αέριο της πηγής», «φυσικό μεταλλικό νερό με προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα». Στην περίπτωση που το νερό έχει υποστεί ολική ή μερική κατεργασία με φυσικές μεθόδους για την απομάκρυνση του ελεύθερου διοξειδίου το άνθρακα, θα πρέπει να αναγράφεται «ολικά απαεριωμένο» ή «μερικώς απαεριωμένο». Απαραίτητα στοιχεία είναι η αναλυτική σύσταση, η χώρα, ο τόπος εκμετάλλευσης της πηγής και η ονομασία της και οι κατεργασίες που έχει υποστεί, αν υπάρχουν. Ένα φυσικό μεταλλικό νερό δε μπορεί να εμπορεύεται υπό πολλές διαφορετικές εμπορικές επωνυμίες. Όταν πρόκειται για συσκευασία μεγαλύτερη των 1,5 L πρέπει να σημειώνεται εάν περιέχει ποσότητα φθορίου μεγαλύτερη από 1,5 mg/L, καθώς και τη συγκεκριμένη περιεκτικότητα σε φθόριο, διότι η υπερβολική κατανάλωση εγκυμονεί κινδύνους για τα παιδιά ηλικίας κάτω των 7 ετών.

Σύμφωνα με την εγκύκλιο για την αναγνώριση των φυσικών μεταλλικών νερών για την Ελλάδα εκδοθείσα από το Υπουργείο Υγείας (2012), υπάρχουν ορισμένα στάδια ώστε ένα νερό να χαρακτηριστεί φυσικό μεταλλικό. Μετά την αίτηση του ενδιαφερόμενου για μια πηγή υδροληψίας που έχει στην κατοχή του, ακολουθεί υδρογεωλογική μελέτη κατά την οποία πραγματοποιούνται φυσικές, χημικές και φυσικοχημικές αναλύσεις και πιο στοχευμένες χημικές αναλύσεις για συγκεκριμένα συστατικά. Τα δεδομένα συλλέγονται από τουλάχιστον μία ανάλυση για κάθε εποχή του έτους και λαμβάνονται υπόψη ως σύνολο. Οι προβλεπόμενες αναλύσεις γίνονται είτε σε δημόσια κέντρα και περιφερειακά εργαστήρια ή εξειδικευμένα εργαστήρια άλλων φορέων είτε σε ιδιωτικά διαπιστευμένα εργαστήρια. Η έρευνα πρέπει να αφορά την ακριβή τοποθεσία του σημείου υδροληψίας ώστε να γίνει λεπτομερής γεωλογική, υδρογεωλογική και στρωματογραφική έρευνα της περιοχής της πηγής οριοθετώντας έτσι και τις ζώνες προστασίας. Σύμφωνα με τον νόμο (Κοινή

Υπουργική Απόφαση Α1β/4841/79 (ΦΕΚ Β'696) Περί της ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών), η πηγή υδροληψίας θα πρέπει να βρίσκεται σε απόλυτα υγιεινό περιβάλλον και να προστατεύεται πλήρως από εξωτερικούς ρύπους και μολύνσεις ώστε να διατηρηθούν η καλή ποιότητα και οι φυσικές ιδιότητες του νερού. Ειδικότερα, θα πρέπει η πηγή να έχει συμπαγές αδιαπέρατο υπέδαφος χωρίς ρωγμές και καρστικά πετρώματα και θα πρέπει να έχει απόσταση από εστίες ρύπανσης και μόλυνσης κυρίως από κατοικίες τουλάχιστον 100 μέτρα, ενώ από κοιμητήρια 200 μέτρα. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, εάν δεν επικοινωνεί και δεν επηρεάζεται η πηγή από τον ρύπο μπορεί να δοθεί έγκριση για την λειτουργία της από την Υγειονομική Υπηρεσία. Η εκάστοτε πηγή είναι αναγκαίο να βρίσκεται σε υψηλότερο υψόμετρο από τις κατοικημένες περιοχές ή τις ρυπασμένες περιοχές για να αποφευχθεί η περίπτωση ρύπανσης.

Οι χημικές, φυσικές και φυσικοχημικές προϋποθέσεις περιλαμβάνουν την παροχή της πηγής, τη θερμοκρασία του νερού και του περιβάλλοντος, τη σχέση του περιβάλλοντος πετρώματος με τα ανόργανα συστατικά του νερού, το στερεό υπόλειμμα στους 180 °C και στους 260 °C, την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH, τα ανιόντα και τα κατιόντα, τα μη ιονισμένα στοιχεία, τα ιχνοστοιχεία, τη ραδιενέργεια του νερού της πηγής, πιθανόν τις σχετικές αναλογίες σε φυσικά ισότοπα οξυγόνου (^{16}O και ^{18}O) και υδρογόνου (^1H , ^2H , ^3H) και την τοξικότητα ορισμένων συστατικών του νερού τα οποία βρίσκονται σε αυστηρά συγκεκριμένες ποσότητες. Είναι απαραίτητο να γίνει έλεγχος παρουσίας παράσιτων, παθογόνων μικροοργανισμών και μικροβίων, καθώς και να πραγματοποιηθούν φαρμακολογικές και κλινικές εξετάσεις. Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας έχει την αρμοδιότητα να ελέγχει τη ραδιενέργεια της περιοχής της εκμετάλλευσης.

Για την εκμετάλλευση ενός φυσικού μεταλλικού νερού στην Ελλάδα είναι αναγκαίο να τηρούνται κάποιες συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Αρχικά, για να χορηγηθεί η άδεια εκμετάλλευσης είναι απαραίτητη η έγκριση από έναν γιατρό, ένα χημικό και έναν γεωλόγο πως πρόκειται για φυσικό μεταλλικό νερό. Αν κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης ρυπανθεί το φυσικό μεταλλικό νερό και πλέον δεν πληροί τις προδιαγραφές, διακόπτεται αμέσως η εκμετάλλευση μέχρι να επανέλθουν σε ικανοποιητικά επίπεδα οι μετρήσεις.

Από τον νόμο (Οδηγία 2009/54/EK σχετικά με την εκμετάλλευση και τη θέση στο εμπόριο των φυσικών μεταλλικών νερών) απαγορεύεται επάνω στην ετικέτα να υπάρχουν οι ενδείξεις όπως “φυσικό μεταλλικό νερό με φαρμακευτικές/θεραπευτικές ιδιότητες”, όμως είναι δυνατό για τα Κράτη Μέλη να υπάρχουν οι ενδείξεις “ενισχύει την πέψη” ή “μπορεί να ευνοεί τις ηπατο-χολικές λειτουργίες” εάν συνάδουν με τις χημικές αναλύσεις. Από τις φυσικοχημικές αναλύσεις των δειγμάτων κατά τον έλεγχο προκύπτουν ορισμένοι χαρακτηρισμοί, οι οποίοι αποτελούν και κριτήρια ώστε να αναγνωριστεί ως φυσικό μεταλλικό ένα νερό, που επιτρέπονται να αναγράφονται ως ενδείξεις. Αναλυτικά οι ενδείξεις φαίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Χαρακτήρας νερού σύμφωνα με τις περιεκτικότητες συγκεκριμένων παραμέτρων (Οδηγία 2009/54/EK)

Συστατικό	Περιεκτικότητα (mg/L)	Χαρακτήρας
Σταθερό υπόλειμμα	>500	Χαμηλής Περιεκτικότητας σε άλατα
Σταθερό υπόλειμμα	<500	Πολύ Χαμηλής Περιεκτικότητας σε άλατα
Σταθερό υπόλειμμα	>1500	Πλούσιο σε ανόργανα άλατα
Όξινα ανθρακικά άλατα	>600	Οξυανθρακικό
Θειικά άλατα	>200	Θεικό
Χλώριο	>20	Χλωριούχο
Ασβέστιο	>150	Ασβεστούχο
Μαγνήσιο	>50	Μαγνησιούχο
Φθόριο	>1	Φθοριούχο
Ασθενής Σίδηρος	>1	Σιδηρούχο
Ελεύθερο διοξείδιο του Άνθρακα	>250	Υπόξινο
Νάτριο	>250	Νατριούχο
Νάτριο	<20	Κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο
-	-	Κατάλληλο για την ετοιμασία βρεφικών τροφών
-	-	Δίνεται να έχει καθαριστική δράση
-	-	Δίνεται να έχει διουρητική δράση

Αναβράζοντα Φυσικά Μεταλλικά Νερά

Τα ανθρακούχα φυσικά μεταλλικά νερά αναβράζουν υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσεως κατά την έξοδο η/και μετά την εμφιάλωση τους λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα. Χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

- “φυσικό μεταλλικό νερό, φυσικώς αεριούχο”. Χαρακτηρίζεται από αυξημένη περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα

προέρχεται από την πηγή και το υψηλό ποσοστό του διατηρείται κατά την καταστάλαξη και την εμφιάλωσή του.

- “φυσικό μεταλλικό νερό ενισχυμένο με αέριο της πηγής”. Το διοξείδιο του άνθρακα έχει προέλευση από την ίδια φλέβα ή το ίδιο στρώμα με το νερό. Επομένως, μετά την καταστάλαξη και την εμφιάλωση η περιεκτικότητα του διοξειδίου του άνθρακα είναι μεγαλύτερη από την έξοδο της πηγής.
- “φυσικό μεταλλικό νερό με προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα”. Η προσθήκη του διοξειδίου του άνθρακα γίνεται από διαφορετική πηγή από αυτήν της πηγής, των φλεβών και των στρωμάτων της.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 887/Β/2004 για το όριο εμπλουτισμού των φυσικών μεταλλικών νερών και των νερών πηγής με όζον και την Οδηγία 2009/54/ΕΚ με βάση την Οδηγία 80/777/ΕΟΚ για εμπόριο Φυσικών Μεταλλικών Νερών, η συγκεκριμένη κατεργασία μπορεί να εφαρμόζεται λόγω της περιεκτικότητας του νερού σε ενώσεις σιδήρου, μαγγανίου, θείου και αρσενικού. Η αβλαβής και αποτελεσματική κατεργασία θα πρέπει να είναι το κύριο μέλημα κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, λαμβάνοντας τα απαραίτητα μέτρα και διασφαλίζοντας την άριστη ποιότητα του νερού με συνεχείς ελέγχους. Η κατεργασία που υπόκειται το φυσικό μεταλλικό νερό πρέπει να μην επηρεάζει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του, πρέπει να τηρεί τις μικροβιολογικές προδιαγραφές πριν την προσθήκη όζοντος και, τέλος, πρέπει να μην δημιουργεί κατάλοιπα που θα προσβάλλουν την δημόσια υγεία και τα οποία δεν θα υπερβαίνουν τα όρια των συγκεντρώσεων των στοιχείων που ορίζει η νομοθεσία.

Σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ. 53 20/02/1986, Τεύχος Β΄, ορισμένα φυσικά μεταλλικά νερά, λόγω των πετρωμάτων που φιλοξενούνται, παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις ορισμένων στοιχείων. Γι αυτόν τον λόγο, η επιστημονική επιτροπή όρισε κάποια ανώτερα όρια συγκεντρώσεων για την ανθρώπινη κατανάλωση (Πίνακας 2).

Σύμφωνα με την επιστημονική επιτροπή τροφίμων, μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται στα στοιχεία αρσενικό, φθόριο, μαγγάνιο, βάριο και βόριο. Στα στοιχεία αυτά, εκτός από το βόριο, έχουν αναγνωριστεί συγκεκριμένα ανώτατα όρια για την βέλτιστη πρόσληψη από τον ανθρώπινο οργανισμό. Ο παραπάνω κατάλογος ανώτερων ορίων των συστατικών έχει εγκριθεί με γνώμονα τα τελευταία επιστημονικά δεδομένα και εξασφαλίζει την δημόσια υγεία.

Η διατροφική αξία για έναν άνθρωπο επιτρέπει χαμηλές ποσότητες φθορίου οι οποίες μπορεί να έχουν θετικές επιδράσεις στον οργανισμό και συγκεκριμένα στα ανθρώπινα δόντια. Οι μεγάλες ποσότητες όμως μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες, κυρίως στην ευάλωτη κατηγορία των παιδιών και των βρεφών. Σύμφωνα λοιπόν με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας και την Επιστημονική επιτροπή τροφίμων, το όριο των φθοριούχων στα φυσικά μεταλλικά νερά ανέρχεται στα 5 mg/L. Σύμφωνα με την επιστημονική επιτροπή τροφίμων και των συστάσεων της Π.Ο.Υ (Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας) του 1996, ύστερα από αξιολόγηση της επίδρασης των συγκεντρώσεων βορίου στην δημόσια υγεία, αποφασίστηκε να συζητηθεί η αύξηση των οριακών τιμών του.

Πίνακας 2. Ανώτερες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις παραμέτρων
(Φ.Ε.Κ. 53/20/02/1986, Τεύχος Β')

Φυσικοχημικές Παράμετροι	Ανώτερο Όριο	Ενδεικτικό Όριο	Μονάδες
pH	9,5	6,5-8,5	pH
Αγωγιμότητα	-	400	μS/cm
Ολική σκληρότητα	-	-	mg/L CaCO ₃
Ασβέστιο	-	100	mg/L
Μαγνήσιο	50	30	mg/L
Νάτριο	150	20	mg/L
Κάλιο	12	10	mg/L
Σίδηρος	0,2	0,05	mg/L
Μαγγάνιο	0,05	0,02	mg/L
Χλωριούχα	200	25	mg/L
Φθοριούχα	1,5	-	mg/L
Θειικά	250	25	mg/L
Όξινα Ανθρακικά	-	-	mg/L
Νιτρικά	50	25	mg/L
Νιτρώδη	0,1	-	mg/L
Αμμώνιο	0,5	0,05	mg/L
Χαλκός	3	0,1	mg/L
Κάδμιο	0,005	-	mg/L
Νικέλιο	0,05	-	mg/L
Χρώμιο	0,05	-	mg/L
Βόριο	-	1	mg/L
Αργίλιο	0,2	0,05	mg/L
Άργυρος	0,01	-	mg/L
Αρσενικό	0,05	-	mg/L
Αντιμόνιο	0,01	-	mg/L
Υδράργυρος	0,001	-	mg/L
Στερεό Υπόλειμμα	1500	-	mg/L
Κυανιούχα	0,05	-	mg/L

Σύμφωνα με την Οδηγία 2015/1787/ΕΕ, έχει θεσπιστεί ένα πρόγραμμα παρακολούθησης που πραγματοποιείται για τη διασφάλιση της εφαρμογής των σωστών μέτρων προστασίας και διαχείρισης κινδύνων ανθρώπινης υγείας σε όλη την αλυσίδα τροφοδοσίας νερού από την άντληση στη λεκάνη απορροής, την επεξεργασία και αποθήκευση ως και τη διανομή στο κοινό. Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί χρήσιμη πηγή παροχής πληροφοριών για την ποιότητα του νερού και για την κατάλληλη εφαρμογή των απαραίτητων μέτρων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία.

1.4 Υδροχημικά δεδομένα – Προέλευση ιόντων

Όπως αναφέρθηκε, οι φυσικοχημικές παράμετροι και η σύσταση του υπογείου νερού εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Αρχικά, είναι άμεσα συνδεδεμένες με τη χημική σύσταση του υπεδάφους με το οποίο έρχεται το νερό σε επαφή κατά την κατείσδυση προς τον υπόγειο υδροφορέα ή την αναβλύζουσα πηγή. Εξαρτώνται επίσης από την ορυκτολογική σύσταση του ίδιου του υδροφορέα και την αλληλεπίδραση με το νερό. Όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα θα παραμείνει το νερό σε επαφή με τους περιβάλλοντες σχηματισμούς τόσο εντονότερη είναι η αλληλεπίδραση μ' αυτό και ο εμπλουτισμός των στοιχείων θα λάβει χώρα. Σημαντικό ρόλο παίζουν τα ρυπαντικά φορτία φυσικής αλλά και ανθρωπογενούς προελεύσεως, καθώς μπορεί να κυκλοφορούν προς τα υπόγεια ύδατα. Η χημική σύσταση του νερού εξαρτάται και από την προέλευση του, δηλαδή από όμβρια ύδατα, από γειτονικούς υδροφορείς ή από ποτάμια, λίμνες και θάλασσα. Τέλος, οι φυσικοχημικές παράμετροι του υπόγειου νερού εξαρτώνται από τις συνθήκες εμπλουτισμού και την ανανέωση των νερών (Βουδούρης, 2009. Κουρτίδου, 2016).

Το κάθε ιόν που εντοπίζεται στο νερό μπορεί να προέρχεται από συγκεκριμένα πετρώματα, έτσι από τις υδροχημικές αναλύσεις είναι δυνατόν να γίνει κατανοητό το περιβάλλον που διαπέρασε και φιλοξενήθηκε το εκάστοτε νερό.

Η πρόσληψη ορισμένων στοιχείων έχει κάποιες θετικές ή αρνητικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό ανάλογα με τη συγκέντρωση. Είναι γνωστό πως το μαγνήσιο (Mg^{2+}) και το ασβέστιο (Ca^{2+}) ρυθμίζουν τη λειτουργία της καρδιάς. Το κάλιο (K^{+})

μειώνει την αρτηριακή πίεση και ρυθμίζει την δραστηριότητα των μυών και των νεύρων. Τα υψηλά επίπεδα καλίου μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στα νεφρά, ακόμα και νεφρική ανεπάρκεια (Gray, 1994). Το ασβέστιο (Ca^{2+}) περιέχεται στα οστά και τα δόντια, συμβάλλει στη σωστή λειτουργία των μυών και των νεύρων και βοηθάει στην πήξη του αίματος (Gray, 1994). Τα χλωριόντα ρυθμίζουν το pH του αίματος. Για τις ευαίσθητες κατηγορίες ανθρώπων που πάσχουν από αυξημένη αρτηριακή πίεση ή έχουν νεφρική ανεπάρκεια, καθώς και τα βρέφη, συνίσταται δίαιτα φτωχή σε νάτριο (Na^+) (Gray, 1994). Τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) βοηθούν στη διατήρηση της οξύτητας του πεπτικού συστήματος και διευκολύνουν την πέψη.

Οι φυσικοχημικές παράμετροι που έχουν αναλυθεί και χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι: pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), Ολική Σκληρότητα. Οι χημικές παράμετροι ήταν τα μείζονα ιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- .

1.4.1 Κατιόντα

Ιόντα Ασβεστίου (Ca^{2+})

Το ασβέστιο αποτελεί το επικρατέστερο στοιχείο των υπογείων υδάτων και εμπεριέχεται ως βασικό συστατικό σε πολλά πυριγενή πετρώματα-ορυκτά. Πρόκειται για ένα από τα πιο σημαντικά διαλυμένα ιόντα στο νερό με συνηθέστερες συγκεντρώσεις του ασβεστίου στα περισσότερα νερά να κυμαίνονται μεταξύ 10mg/l και 100mg/l (Σούλιος, 2006). Η κύρια προέλευση του ασβεστίου (Ca^{2+}) είναι τα ανθρακικά πετρώματα και τα μάρμαρα λόγω των ορυκτών που τα αποτελούν, όπως ο ασβεστίτης, ο αραγωνίτης και ο δολομίτης (Βουδούρης, 2008). Προέρχονται επίσης από ασβεστονατριούχους αστρίους, γύψο, φθορίτη, πυροξένους, αμφιβόλους ή και ορυκτά της ομάδας του επιδότου. Με τη συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό το περιβάλλον πέτρωμα που διαπερνά το νερό ώστε να βρεθεί στον υπόγειο υδροφορέα αλλά και ο χρόνος παραμονής του σε αυτό (Καλλέργης, 2000).

Ιόντα Μαγνησίου (Mg^{2+})

Το μαγνήσιο μαζί με το ασβέστιο είναι υπεύθυνα για τον χαρακτηρισμό της σκληρότητας του νερού. Τα κατιόντα μαγνησίου απαντώνται σε σκουρόχρωμα σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά όπως ο ολιβίνης $((MgFe)SiO_4)$ και ο μαγνησίτης $(MgCO_3)$. Η παρουσία του μαγνησίου συνδέεται άμεσα με τη διάλυση αργιλοπυριτικών ορυκτών όπως ο βιοτίτης και ο χλωρίτης που βρίσκονται στα μεταμορφωμένα πετρώματα. Σημαντικά ποσοστά παρατηρούνται σε ανθρακικά πετρώματα που περιέχουν δολομίτη $(CaCO_3 \cdot MgCO_3)$ και μαγνησίτη $(MgCO_3)$ (Βουδούρης, 2009). Ως επί το πλείστον, το μαγνήσιο υπολείπεται της συγκέντρωσης του ασβεστίου στα υπόγεια νερά σε αντίθεση με το θαλασσινό νερό όπου συμβαίνει το αντίστροφο (Goldberg and Melloul, 1994). Ένας δείκτης που βοηθάει στην κατηγοριοποίηση είναι ο ιοντικός λόγος Ca^{2+}/Mg^{2+} . Όταν παίρνει τιμή περίπου 0,25 πρόκειται για θαλασσινό νερό, 1,5-3,7 υφάλμυρο, 1,6 ανθρακικά νερά, ενώ 1,25 δολομίτες, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Κατηγοριοποίηση με βάση τον ιοντικό λόγο Ca^{2+}/Mg^{2+}

Ιοντικός λόγος Ca^{2+}/Mg^{2+}	Κατηγορία
περίπου 0,25	Θαλασσινό νερό
1.5 - 3.7	Υφάλμυρο νερό
1.25	Δολομίτες

Ιόντα Νατρίου (Na^+)

Η κύρια προέλευση των ιόντων του νατρίου σύμφωνα με τον Καλλέργη (2000) είναι ο ολιβίνης, τα αργιλικά ορυκτά, οι εβαπορίτες και διάφορα βιομηχανικά απόβλητα. Στους αργιλικούς σχιστολίθους και γενικά στα ορυκτά της αργίλου, εξαιτίας της ιοντοανταλλαγής, το υπόγειο νερό εμπλουτίζεται σε ιόντα νατρίου (ανταλλαγή ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} με Na^+). Η πολύχρονη επαφή του υπογείου νερού στον υδροφορέα με σχηματισμούς που περιέχουν άργιλο έχει σαν αποτέλεσμα να αποσπούν το νάτριο απ' αυτά και να προσδίδουν στο νερό υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου. Ενδεικτική

συγκέντρωση στο υπόγειο νερό θεωρείται τα 20 mg/L, ενώ στο θαλασσινό νερό η συγκέντρωση νατρίου ανέρχεται στα 10.000 mg/L (Βουδούρης, 2009).

Ιόντα Καλίου (K^+)

Οι συγκεντρώσεις του καλίου στο υπόγειο νερό είναι σχετικά μικρές, παρ' ότι έχουν παρόμοια συμπεριφορά με το νάτριο, για το λόγο ότι αντικαθίσταται δύσκολα (Schoeller, 1962). Η προέλευσή του είναι οι άστριοι (ορθόκλαστο, μικροκλινής), τα αστριοειδή, μερικοί μαρμαρυγίες και τα αργιλικά ορυκτά (Καλλέργης, 2000). Στο υπόγειο νερό οι συνηθέστερες συγκεντρώσεις είναι μέχρι 10 mg/L, ενώ σε θερμές πηγές φτάνουν και τα 100 mg/L. Η παρουσία των ιόντων του καλίου οφείλεται κυρίως σε ανθρωπογενή αίτια, όπως η χρήση καλιούχων λιπασμάτων (Βουδούρης, 2009). Η παρουσία αλκαλίων μπορεί να οφείλεται και σε θαλάσσια διείσδυση στον υδροφορέα.

1.4.2 Ανιόντα

Όξινα Ανθρακικά Ιόντα (HCO_3^-)

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) είναι τα επικρατέστερα ιόντα στο γλυκό νερό. Προέρχονται είτε από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), είτε από το έδαφος κατά την οργανική αποσύνθεση, η οποία περιγράφεται από την αντίδραση $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow HCO_3^- + Ca^{2+}$. Η προέλευσή τους μπορεί επίσης να οφείλεται στη διάβρωση ανθρακικών πετρωμάτων από το νερό: $CaCO_3 + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + HCO_3^-$ (Βουδούρης, 2009). Η κύρια προέλευση τους είναι τα ανθρακικά, ασβεστολιθικά και δολομιτικά πετρώματα. Η ενδεικτική τιμή που ορίζεται είναι τα 500 mg/L (Καλλέργης, 2000).

Ιόντα Χλωρίου (Cl^-)

Σύμφωνα με τον Βουδούρη (2009), το χλώριο (Cl^-) είναι ένα ιόν που απαντάται σε μικρά ποσοστά στα φυσικά μεταλλικά νερά της Ελλάδας και η κύρια προέλευση του είναι αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας προέλευσης, εβαπορίτες, καθώς και θερμές πηγές. Ορισμένες φορές οι υψηλές συγκεντρώσεις του μπορεί να οφείλονται σε παλιά εγκλωβισμένα θαλασσινά νερά. Επιθυμητό όριο στο πόσιμο νερό είναι τα 25 mg/L

ενώ η μεγάλη περιεκτικότητα σε χλώριο ($>250 \text{ mg/L}$) στο πόσιμο νερό μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας.

Θειικά Ιόντα (SO_4^{2-})

Τα θειικά ανιόντα (SO_4^{2-}) υποδηλώνουν διάλυση των σουλφιδίων, της γύψου και του ανυδρίτη καθώς και τη χρήση θεικών λιπασμάτων ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ή οξείδωση θειούχων ενώσεων που συναντώνται σε αργίλικα πετρώματα (Βουδούρης, 2009. Καλλέργης, 2000). Αύξηση θεικών ιόντων παρατηρείται και σε περιοχές με γεωθερμική δραστηριότητα από την γειτνίαση των υδροφορέων με τα γεωθερμικά ρευστά ή ακόμα και από τη γειτνίαση με λιγνίτες ή ανόργανες αποθέσεις. Στο πόσιμο νερό η επιτρεπόμενη περιεκτικότητα ορίζεται μικρότερη από 250 mg/L . Σε περίπτωση που ξεπερνά αυτό το όριο δημιουργούνται δυσάρεστες οσμές και αυξάνεται η διαβρωτική ικανότητα του νερού, με αποτέλεσμα να κρίνεται ακατάλληλο για πόση και για βιομηχανική χρήση (Βουδούρης, 2009).

Νιτρικά ιόντα (NO_3^-) και Νιτρώδη ιόντα (NO_2^-)

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα ανιόντα που εντοπίζονται στο πόσιμο νερό, τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) και τα νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) δεν έχουν πετρολογική προέλευση αλλά οργανική καθώς τα πρώτα είναι προϊόντα αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων δηλαδή από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα επομένως η μεγάλη περιεκτικότητα τους προδίδει βιολογικούς ρύπους ή νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης ή αρδευόμενα νερά, ενώ τα δεύτερα εμφανίζονται κατά την βιολογική αποσύνθεση που περιέχουν οργανικό άζωτο τα οποία μαζί με το άζωτο (NH_4^+) υποδηλώνουν ρύπανση από λύματα (Βουδούρης, 2009. Καλλέργης, 1986).

Σύμφωνα με τους Λαμπράκη κ.α. (1997) η περιεκτικότητα τους στα υπόγεια νερά εξαρτάται τόσο από ανθρωπογενείς αιτίες όσο και από φυσικές όπως είναι οι ιδιότητες των πετρωμάτων, το είδος του υδροφορέα, το πάχος της ακόρεστης ζώνης, τις οξειδοαναγωγικές συνθήκες.

1.4.3 Φυσικοχημικές Παράμετροι

Ενεργός Οξύτητα (pH)

Η Ενεργός οξύτητα (pH) ορίζεται ως η συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ που περιέχεται στο διάλυμα. Αποτελεί σημαντική παράμετρο για την ποιότητα του υπογείου νερού,

επηρεάζεται από τις χημικές αντιδράσεις και καθορίζεται από τα διαλυμένα ιόντα (Βουδούρης, 2009). Διακρίνεται στις εξής κατηγορίες, σύμφωνα με τον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Αλκαλικότητα νερού (Σούλιος, 2006).

pH	
Τιμές	Χαρακτηρισμός
<4.5	Ισχυρώς όξινο
4.5-6	Όξινο
6-6.8	Ασθενώς όξινο
7	Ουδέτερο
7.2-7.7	Ασθενώς αλκαλικό
7.7-7.8	Αλκαλικό
>8.2	Ισχυρώς αλκαλικό

Το pH είναι άμεσα συνδεδεμένο με την παραμονή του νερού στον υπόγειο υδροφορέα. Όταν ο χρόνος παραμονής είναι μικρός το νερό έχει αλκαλικό χαρακτήρα ενώ όσο αυξάνεται ο χρόνος παραμονής τόσο πιο όξινο γίνεται. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της συγκέντρωσης οργανικών ενώσεων οι οποίες εκλύουν CO₂ κατά την αποσύνθεσή τους (Βουδούρης, 2008).

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

Σύμφωνα με τον Βουδούρη (2009), η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διάλυση των αλάτων και εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία παρατηρείται αύξηση της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Αποτελεί το μέτρο της ικανότητας να παράγει ρεύμα ένα υλικό, επομένως όσο περισσότερο είναι εμπλουτισμένο σε άλατα το νερό τόσο μεγαλύτερη είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Ενδεικτικά διακρίνονται 3 κατηγορίες (Todd, 1980), σύμφωνα με τον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Κατηγορίες με βάση την Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Hem, 1970).

EC (μS/cm)	
Τιμές	Χαρακτηρισμός
<1500	Χαμηλός εμπλουτισμός σε άλατα
1500-3000	Μέτριος εμπλουτισμός σε άλατα
>1500	Υψηλός εμπλουτισμός σε άλατα

Οι υψηλές τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας υποδηλώνουν θαλάσσια διείσδυση ή ρύπανση των υδάτων εάν συνδυάζονται με αυξημένες συγκεντρώσεις Cl^- , PO_4^{3-} , NO_3^- ιόντων. Τα αποδεκτά επίπεδα της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό έχουν ορισθεί περίπου στα 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Βουδούρης, 2009). Από την βιβλιογραφία (Καλλέργης, 2000) έχουν προκύψει διάφορες σχέσεις μεταξύ της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και το σύνολο των διαλυμένων αλάτων (TDS), όπως η σχέση κατά Logan: $1 \mu\text{S}/\text{cm} = 6.4 \times 10^{-1} \text{mg}/\text{L}$ TDS και η σχέση κατά Mandeland Shiftan: $\text{TDS (ppm)} \approx 0,65 \times \text{EC (}\mu\text{S}/\text{cm)}$ και $\text{TDS (meq/L)} \approx 0.01 \times \text{EC (}\mu\text{S}/\text{cm)}$. Σύμφωνα με τον Schoeller, τα νερά που διαπερνούν κρυσταλλικά πετρώματα έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα διότι δεν διαβρώνονται εύκολα.

Ολική Σκληρότητα

Η ολική σκληρότητα χωρίζεται σε 2 επιμέρους σκληρότητες, την Παροδική ή Ανθρακική που σχετίζεται με την παρουσία $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ και $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ και τη Μόνιμη Σκληρότητα ή Μη Ανθρακική που προέρχεται από την παρουσία αλκαλικών γαιών ενωμένων με SO_4^{2-} , Cl^- και NO_3^- . Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6, στην αντιστοιχία της συγκέντρωσης CaCO_3 σε γαλλικούς βαθμούς, ιδανικό χαρακτηρίζεται το νερό στην περιοχή μεταξύ 15-20 γαλλικών βαθμών, ενώ δεν ενδείκνυται για πόση το νερό μηδενικής σκληρότητας. Επιπρόσθετα, τα νερά με υψηλή σκληρότητα αποφέρουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα στην υγεία αλλά και στην καθημερινότητα.

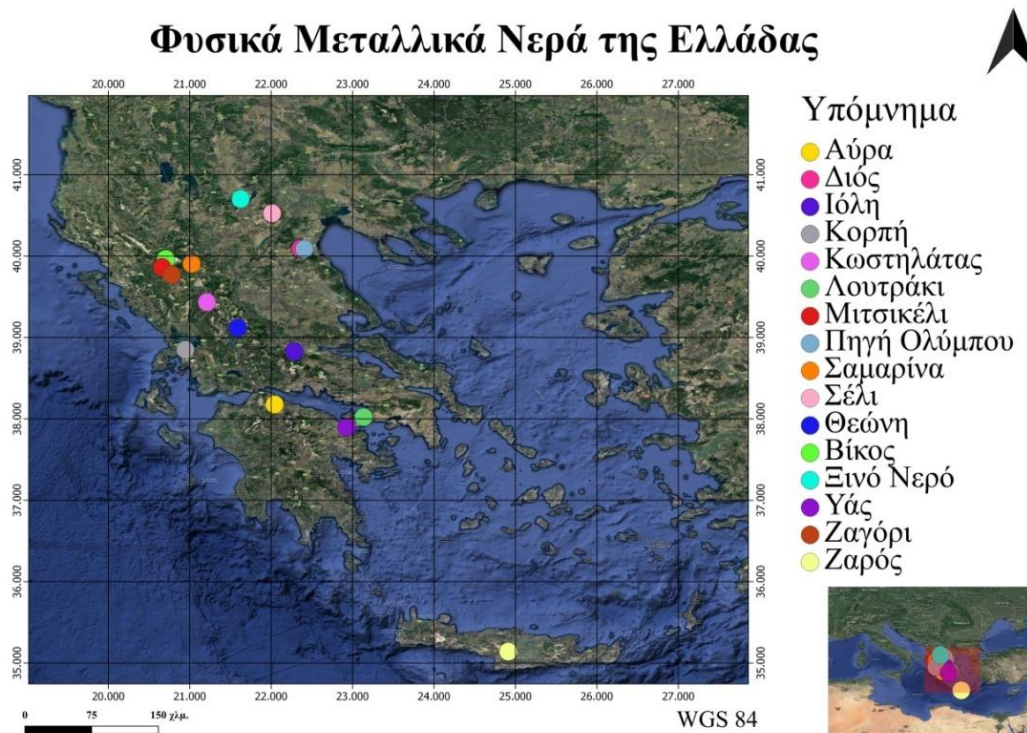
Πίνακας 6. Ταξινόμηση των νερών με βάση τη σκληρότητα (Hem, 1970).

Ολική Σκληρότητα		
Ισοδύναμο CaCO_3 (mg/L)	Γαλλικοί Βαθμοί	Χαρακτηρισμός
0-100	0-10	Μαλακό
101-200	10-20	Μέτρια Σκληρό
201-300	20-30	Σκληρό
>300	>30	Πολύ σκληρό

1.5 Γεωγραφία - Γεωλογία Ελλάδας

Η Ελλάδα τοποθετείται στη νοτιανατολική Ευρώπη, στο νότιο άκρο της Βαλκανικής χερσονήσου. Σύμφωνα με τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, οι γεωγραφικές συντεταγμένες των ακραίων σημείων της είναι στον βορρά 41° 45' 01" και 26° 13' 51" (Ορμένιο), στο νότο 34° 48' 11" και 24° 07' 25" (Γαύδος), στην ανατολή 36° 06' 17" και 29° 38' 39" (Νησί Στρογγύλη) και στη δύση 39° 51' 11" και 19° 22' 41" (Νησιά Οθωνοί).

Συνορεύει βόρεια με την Αλβανία, την ΠΓΔΜ και τη Βουλγαρία. Ανατολικά συνορεύει με την Τουρκία και βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος, ενώ από τα δυτικά και τα νότια από το Ιόνιο Πέλαγος και τη Μεσόγειο Θάλασσα αντίστοιχα. Στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 1) απεικονίζονται τα φυσικά μεταλλικά νερά που μελετήθηκαν στον Ελλαδικό χώρο.



Εικόνα 1. Χωρική ταξινόμηση Φυσικών Μεταλλικών Νερών στην Ελλάδα σε περιβάλλον GIS

Σύμφωνα με τους Μουντράκη (2010), Μπαλή (2016), ο Ελλαδικός χώρος είναι χωρισμένος σε ορισμένες γεωτεκτονικές ζώνες, οι οποίες θεωρούνται αρκετά σύνθετες και χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη στρωματογραφία. Αποτελούνται ως

επί το πλείστον από ιζηματογενείς ακολουθίες αλλά και άλλους ιδιαίτερους λιθολογικούς χαρακτήρες και είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής συμπεριφοράς εξαιτίας της παλαιογεωγραφικής και γεωτεκτονικής θέσης και των παραμορφωτικών κινήσεων. Οι Ελληνικές ζώνες που διακρίνονται από Ανατολικά προς Δυτικά είναι οι ακόλουθες (Μουντράκης, 2010):

- Η μάζα της Ροδόπης
- Η Περιοδοπική ζώνη
- Η ζώνη Αξιού (Υποζώνες Παιονίας, Πάικου και Αλμωπίας)
- Η Πελαγονική ζώνη
- Η Αττικοκυκλαδική ζώνη
- Η Υποπελαγονική ζώνη
- Η ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας
- Η ζώνη Ωλονού – Πίνδου
- Η ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης
- Η Αδριατικοϊόνιος ζώνη
- Η ζώνη Παξών

Μάζα Ροδόπης

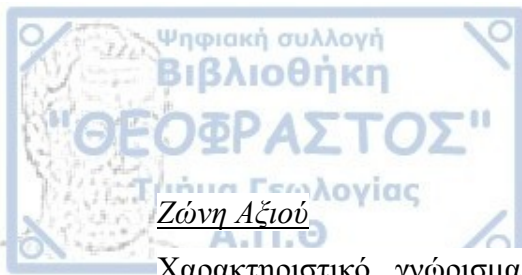
Χαρακτηρίζεται από την απουσία ιζημάτων καθώς αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα, όπως γνευσίους, μάρμαρα, σχιστολίθους, γρανίτες-γρανοδιορίτες, ρυόλιθους, ανδεσίτες και δακίτες.

Σερβομακεδονική Μάζα

Αποτελείται αποκλειστικά από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα, όπως και η μάζα της Ροδόπης. Τα κύρια πετρώματα που εμφανίζονται είναι γνεύσιοι, μάρμαρα, μαρμαρυγικοί και αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες.

Περιοδοπική Ζώνη

Περιλαμβάνει τρεις ενότητες από ανατολικά προς δυτικά. Την ενότητα Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά, την ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα και την ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, οι οποίες αποτελούμενες από ψαμμίτες, χαλαζίτες, ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα, σχιστόλιθους, μάρμαρα, ανακρυσταλωμένους ασβεστολίθους, τον φλύσχη της Σβούλας, κερατόλιθους, φυλλίτες και γνευσίους.



Ζώνη Αξιού
Χαρακτηριστικό γνώρισμα της ζώνης Αξιού είναι η μεγάλη εξάπλωση της οφιολιθικής μάζας, γνωστής ως εσωτερική οφιολιθική λωρίδα. Περιλαμβάνει επίσης σχιστολίθους, φυλλίτες, μάρμαρα, κερατόλιθους, ψαμμίτες και ασβεστολίθους.

Πελαγονική Ζώνη

Η στρωματογραφία της Πελαγονικής ζώνης περιλαμβάνει το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο στο οποίο έχουν διεισδύσει γρανιτικές μάζες, μάρμαρα, φυλλίτες, σχιστόλιθους, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και δολομίτες, αλλόχθονους οφιόλιθους και φλύσχη.

Αττικοκυκλαδική Ζώνη

Η Αττικοκυκλαδική ζώνη αποτελείται από μάρμαρα, δολομίτες, μαρμαρυγιακούς και αμφιβολιτικούς σχιστολίθους, γνευσίους, αμφιβολίτες, κλαστικά ιζήματα, μεταφλύσχη και οφιόλιθους. Χαρακτηρίζεται από την διείσδυση μεγάλων όγκων γρανίτη.

Υποπελαγονική Ζώνη

Χαρακτηριστικοί σχηματισμοί της Υποπελαγονικής ζώνης αποτελούν η σχιστοκερατολιθική διάπλαση και οι μεγάλες οφιολιθικές μάζες οι οποίες συνθέτουν την εξωτερική οφιολιθική λωρίδα (ERO). Άλλοι αντιπροσωπευτικοί σχηματισμοί της είναι το υπόβαθρο, ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι και δολομίτες, σχιστόλιθοι, φλύσχης και μολασσικά ιζήματα πολύ μεγάλου πάχους.

Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας

Η ζώνη αυτή αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ασβεστόλιθους και δολομίτες με την παρουσία τριών βωξιτικών οριζόντων. Στην κορυφή της στρωματογραφικής ακολουθίας τοποθετείται ο φλύσξης.

Ζώνη Ωλονού-Πίνδου

Συνίσταται από πλακώδεις ασβεστολίθους, δολομίτες, κερατόλιθους ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα, ραδιολαρίτες, αργιλικούς ψαμμίτες και πηλίτες,



καθώς επίσης εμφανίζονται και οφιολιθικές μάζες οι οποίες βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένες επάνω στον φλύσχη.

Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης

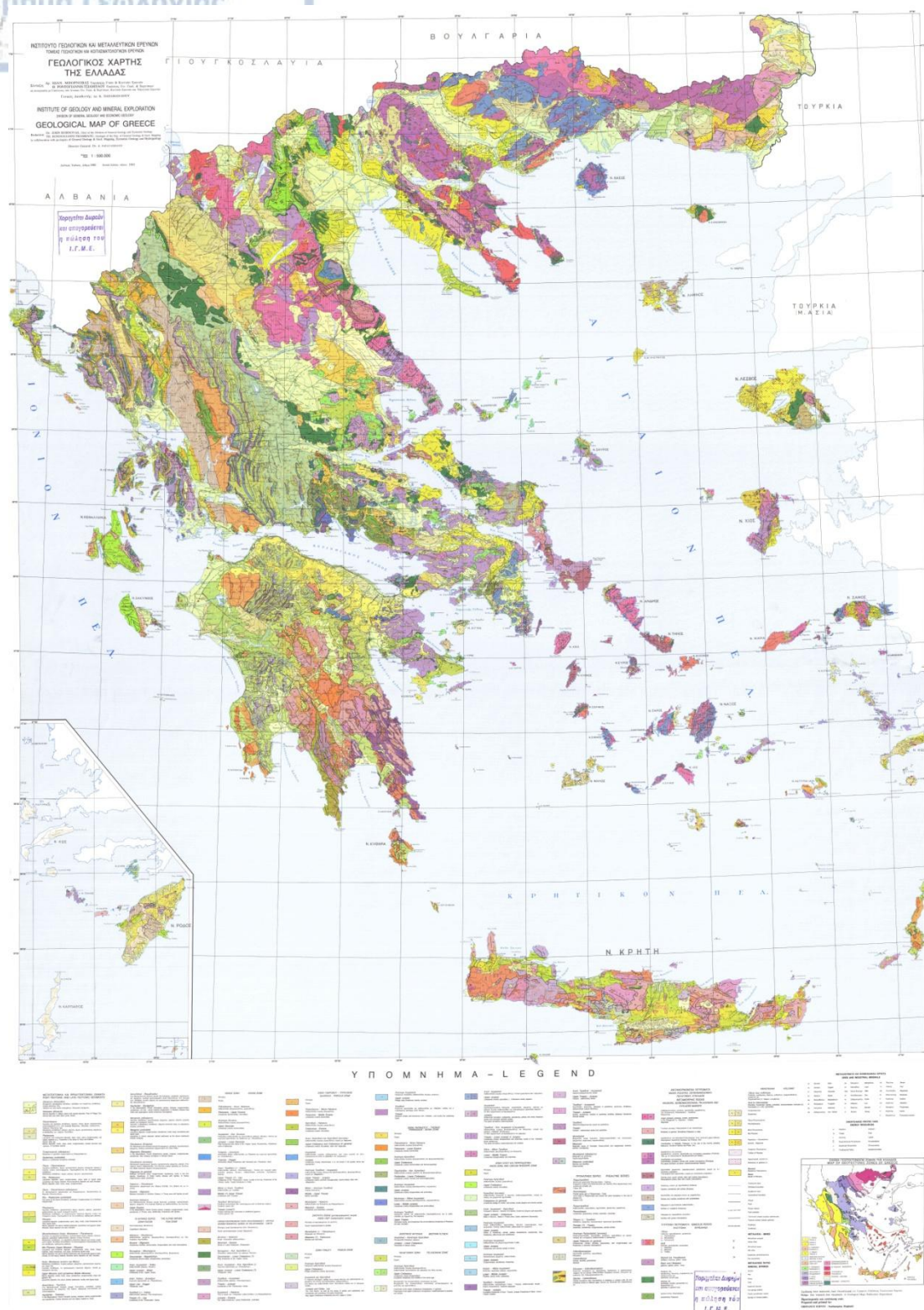
Η ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης χαρακτηρίζεται από τυπική νηριτική ανθρακική ιζηματογένεση με την συνεχή ρυθμό ιζηματογένεσης. Παρατηρούνται ασβεστόλιθοι συνολικού πάχους 1800 m οι οποίοι φιλοξενούν βωξίτες. Το υπόβαθρο αποτελείται από χαλαζίτες και φυλλίτες. Ακολουθούντα κατώτερα δολομιτικά στρώματα, ενώ τα ανώτερα στρώματα αποτελούνται από ασβεστολίθους. Στην κορυφή βρίσκεται αποθεμιμένος φλύσχη.

Αδριατικοϊόνιος Ζώνη

Πολύ χαρακτηριστικός σχηματισμός της ζώνης αυτής είναι οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι (Plattenkalk) που επεκτείνονται μέχρι την Κρήτη και την Ρόδο. Η στρωματογραφία της Αδριατικοϊονίου ζώνης αποτελείται από γύψο (εβαπορίτες) στα κατώτερα επίπεδα. Ακολουθούν δολομίτες και ασβεστόλιθοι, οι οποίοι καλύπτονται από τον φλύσχη. Μέσα στους ασβεστόλίθους παρατηρείται μια λεκάνη αποτελούμενη από σχιστολίθους σε εναλλαγές με κερατόλιθους.

Ζώνη Παξών

Κύριο γνώρισμα της ζώνης Παξών είναι η συνεχής νηριτική ιζηματογένεση χωρίς την παρουσία φλύσχη. Τα παλιότερα πετρώματα είναι γύψοι και ακολουθούν δολομίτες, ασβεστόλιθοι καθώς παρεμβάλλονται ενστρώσεις μαργών και κερατολίθων.



Εικόνα 2. Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας (Ι.Γ.Μ.Ε. 1983)

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν 15 φυσικά μεταλλικά νερά και 1 φυσικό μεταλλικό νερό φυσικώς ανθρακούχο απ' όλη την Ελλάδα. Οι χημικές αναλύσεις συλλέχθηκαν ως επί το πλείστον από τις ετικέτες των δοχείων που διατίθενται στην αγορά, από χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια επιστημονικών εργασιών αλλά και από την διάθεση πληροφοριών από τις ίδιες τις εταιρίες που εμπορεύονται τα φυσικά μεταλλικά νερά. Ακολούθησε η εισαγωγή των δεδομένων σε αρχείο excel για την καλύτερη οργάνωση και εισαγωγή τους στα προγράμματα Aquachem, IBM SPSS Statistics και QGIS.

Υδροχημικά Διαγράμματα:

Τα *διαγράμματα Piper* εισήχθησαν από τον M. Piper το 1994, θεωρούνται ιδανικά για την κατανομή και κατάταξη των τύπων του νερού βασισμένα στα κύρια ιόντα που συνθέτουν το εκάστοτε νερό. Ενδείκνυνται για μεγάλο πλήθος δεδομένων και είναι ευρέως διαδεδομένα, καθώς με τη χρήση τους γίνεται εύκολα η σύγκριση μεταξύ πολλών δειγμάτων (Βουδούρης, 2009. Δημόπουλος, 1983; Kumari, Sakai & Kazuhito, 2016. Πατρικάκη, 2009; Ravikumar, Somashekar & Prakash, 2015; Srinivasamoorthy & Anandhan, 2011. Σταυρακίδου, 2011).

Τα *διαγράμματα Stiff* δημιουργήθηκαν από τον H.A. Stiff το 1951 και χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των ιόντων Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} και HCO_3^- , δηλαδή για την απεικόνιση της κύριας ιοντικής σύστασης του νερού. Τα διαγράμματα Stiff είναι εύχρηστα διότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλά δείγματα νερού και να συγκριθούν οπτικά οι ομοιότητες και οι διαφορές τους, όσον αφορά τη χημική τους σύσταση (Βουδούρης 2009, Τζιμα 2012).

Τα *διαγράμματα Schoeller*, εισήγαγε ο H. Schoeller το 1955, είναι ημιλογαριθμικά διαγράμματα. Στην περίπτωση που προβληθούν πολλά δείγματα νερού μαζί σε ένα διάγραμμα είναι πιο εύκολη η αποσαφήνιση του υδροχημικού τύπου και η συσχέτιση τύπων νερού, αφού προβάλλονται όλα τα κύρια ιόντα ταυτόχρονα και γίνεται πιο διακριτή η σχέση μεταξύ των δειγμάτων (Jilali., Chamrar & El Haddar, 2018. Μπαλή, 2016. Πατρικάκη, 2009). Νερά με παρόμοια χημική σύσταση αναπαριστώνται ως σχεδόν παράλληλες μεταξύ τους καμπύλες γραμμές. Με τη χρήση των διαγραμμάτων Schoeller προσδιορίζεται η ποσιμότητα του υπογείου

νερού. Όταν η καμπύλη παρουσιάζεται κυρτή προς τα πάνω το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο ενώ η κοίλη καμπύλη χαρακτηρίζει το νερό γλυκό (Σούλιος, 2006). Τέλος, όσο πιο ψηλά στο διάγραμμα βρίσκεται μια καμπύλη τόσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του σε ιόντα (Σούλιος, 2006).

Τα *ραβδογράμματα* χρησιμοποιούνται για την περιγραφή κυρίως των ποιοτικών χαρακτηριστικών, ενώ τα *κυκλικά διαγράμματα* χρησιμεύουν στην περιγραφή των ποιοτικών παράλληλα με τα ποσοτικά δεδομένα (Βουδούρης, 2017; Michalski, Jablonska-Czapla, Szopa & Lyko, 2018; Roba, Rosu, Burghel, Moldovan & Mitrofan, 2015).

Ιοντικοί λόγοι:

Αξιόλογο εργαλείο για την υδρογεωχημική ερμηνεία των χημικών αναλύσεων είναι οι ιοντικοί λόγοι, οι οποίοι παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την ποιότητα και την προέλευση του υπογείου νερού (Ntanganedzeni, Elumalai & Rajmohan, 2018. Πατρικάκη, 2009). Ο ιοντικός λόγος δομείται από τον λόγο της περιεκτικότητας ενός ή περισσότερων ιόντων προς την συγκέντρωση άλλων ιόντων (Σούλιος, 2006). Οι ιοντικοί λόγοι που έχουν φυσική σημασία για την ερμηνεία θεωρήθηκαν οι λόγοι $(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$, $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$, $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ και Na^+/K^+ . Τα συμπεράσματα που προκύπτουν σχετίζονται με την πετρολογική προέλευση των ιόντων, την προέλευση του νερού και τον τρόπο τροφοδοσίας των υδροφορέων (Βουδούρης, 2009).

Στατιστική Ανάλυση με IBM SPSS:

Τα *Αριθμητικά Περιγραφικά Μέτρα* είναι σημαντικά διότι δίνουν μια εικόνα κατανομής μιας μεταβλητής για όλα τα δείγματα. Οι σημαντικότερες πληροφορίες που προκύπτουν για την επεξεργασία των χημικών αναλύσεων είναι η ελάχιστη τιμή (minimum), η μέγιστη τιμή (maximum), ο αριθμητικός μέσος (mean), το πλάτος διασποράς (range) και η τυπική απόκλιση (std. Deviation) (Βουδούρης, 2017; Ghanem, 2013; Miller, 2019; Mishra & Singh, 2019).

Για την ανάλυση των δεδομένων επιλέχθηκε η στατιστική μέθοδος της *Παραγοντικής Ανάλυσης* (Factor analysis) καθώς εφαρμόζεται ιδανικά σε γεωχημικά ή υδροχημικά δεδομένα (Ghosh & Mondal, 2019; Kumar-Batabyal, 2018. Παπαθεοδώρου 1990,

Χατζηπαναγιώτου, 2016; Quaiyum Bhuiyan, 2018). Η εφαρμογή της έλαβε χώρα για να διευκρινιστούν οι χημικές διεργασίες που επέδρασαν στη διαμόρφωση των τιμών των παραμέτρων και ο καθορισμός της επίδρασης της γεωλογίας που αφορούν τα φυσικά μεταλλικά νερά της Ελλάδας. Συμβάλλει στη μείωση της πολυπλοκότητας με όσο το δυνατόν μικρότερη απώλεια των δεδομένων. Η ουσιαστική αξία της μεθόδου είναι η εύρεση μικρότερων παραγόντων (factors) με παρόμοιες υψηλές φορτίσεις συγκεκριμένων φυσικοχημικών στοιχείων. Ο κάθε παράγοντας που θα προκύψει υποδηλώνει συγκεκριμένες υδροχημικές διεργασίες που μπορεί να έχουν διενεργήσει κατά την παραμονή του νερού στον υδροφόρο, την πορεία του και την προέλευση του (Βουδούρης, 2017).

Τα *Θηκογράμματα* (Boxplots) είναι γραφήματα 5 μέτρων μιας κατανομής (Q_1 , Q_2 , Q_3 , ελάχιστη τιμή, μέγιστη τιμή) που απεικονίζονται σ' αυτά, δίνουν μια εικόνα της κατανομής των τιμών της κάθε παραμέτρου και τέλος μπορεί να γίνει ανίχνευση απομακρυσμένων σημείων (παράτυπα σημεία) (Τζίμα, 2012).

3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Ανάλυση Υδροχημικών δεδομένων

3.1.1 Διός

Σύμφωνα από στοιχεία που συλλέχθηκαν από την ετικέτα του δοχείου. Το φυσικό μεταλλικό νερό Διός εκμεταλλεύεται από την πηγή ΔΙΟΣ που βρίσκεται στο όρος Όλυμπος. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από τα ανθρακικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα από ασβεστόλιθους και δολομίτες της Πελαγονικής και τον φλύσχη. Τα πετρώματα της περιοχής καθορίζουν και τον χημισμό του νερού εμπλουτίζοντάς το με Ca^{2+} , με αποτέλεσμα το νερό να περιέχει 89 mg/L του συγκεκριμένου κατιόντος. Τα υπόλοιπα κύρια ιόντα που απαντώνται είναι το Mg^{2+} και το HCO_3^- , τα οποία εμφανίζονται με συγκεντρώσεις 28.4 mg/L και 351 mg/L, αντίστοιχα. Η ανθρακική προέλευση του νερού επαληθεύεται από τον ιοντικό λόγο $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ που παίρνει τιμή 0.47. Στην απεικόνιση των ιόντων στο διάγραμμα Piper φαίνεται πως πρόκειται για ένα νερό Ca-Mg-HCO_3^- τύπου.



Εικόνα 3. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Διός σε περιβάλλον GIS

Η περιεκτικότητα του Na^+ είναι 5.1 mg/L, επομένως είναι κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο διότι η είναι μικρότερη από 20 mg/L, βάσει αυτού του κριτηρίου ονομάζεται φυσικό μεταλλικό νερό. Η συγκέντρωση του Cl^- είναι ίση με 4.88 mg/L. Η συγκέντρωση του K^+ που είναι πολύ μικρή (<2 mg/L), και τέλος τα SO_4^{2-} έχουν συγκέντρωση 6.62 mg/L.

Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα Stiff, Schoeller και το κυκλικό, το μεγαλύτερο ποσοστό καλύπτεται από το HCO_3^- κατά 73%, ακολουθεί το Ca^{2+} με 18%, το Mg^{2+} με 6% και η πολύ μικρή συμμετοχή των Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} .

Οι συγκεντρώσεις των NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- είναι <0.2 mg/L, <0.1 mg/L και 8.22 mg/L και παρουσιάζονται μικρότερες από τα επιτρεπτά όρια που ορίζονται από τη νομοθεσία. Πρόκειται για ένα ελαφρώς αλκαλικό νερό με pH=7.5. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του είναι μικρότερη από το επιτρεπόμενο όριο, με τιμή EC=492 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

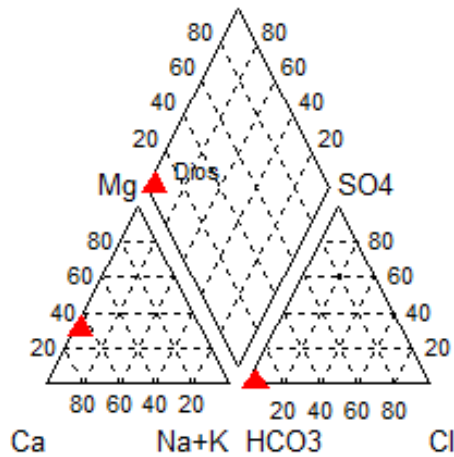
Όσον αφορά την προέλευση και τον τρόπο τροφοδοσίας του νερού, από τους λόγους $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)$ και Na^+/K^+ προκύπτει ότι ο υδροφορέας δέχεται συνεχή τροφοδοσία από όμβρια ύδατα.

Πίνακας 7. Χημικές αναλύσεις του νερού Διός (χημική ανάλυση από Γ.Χ.Κ. 24/10/2013)

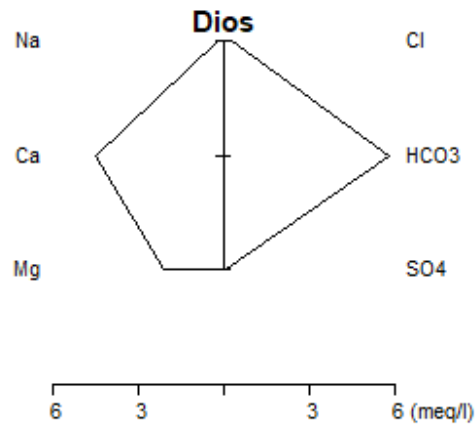
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
89	28,4	<0,2	5,1	<2	7,5
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
351	4,88	6,62	<0,1	8,22	492

Πίνακας 8. Ιοντικοί λόγοι του νερού Διός

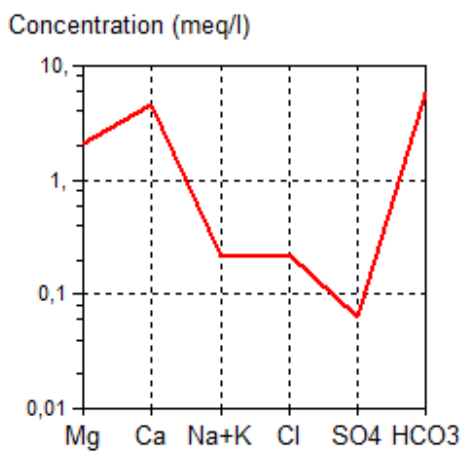
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+}+\text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.14	0.47	30.42	9.8



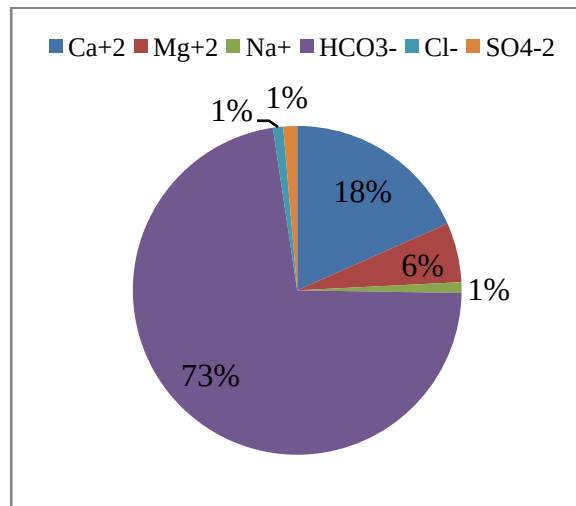
Διάγραμμα 1. Piper



Διάγραμμα 2. Stiff



Διάγραμμα 3. Schoeller



Διάγραμμα 4. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.2 Λουτράκι

Από στοιχεία που βρίσκονται στις ετικέτες των δοχείων φαίνεται πως το νερό Λουτράκι εκμεταλλεύεται στην περιοχή των Γερανείων Όρεων που βρίσκονται στην Κορινθία και κατατάσσεται στην Υποπελαγονική Ζώνη. Ανάντη της πηγής εντοπίζονται οφιολιθικά πετρώματα αποτελούμενα από δολομίτες και ασβεστολίθους με αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του νερού με μεγάλες ποσότητες Mg^{2+} από τη διάλυσή τους. Η συγκέντρωση του Mg^{2+} υπολογίστηκε στα 89.7 mg/L, μεγαλύτερη δηλαδή από 50 mg/L, γεγονός που το χαρακτηρίζει ως μαγνησιούχο όπως και

αναγράφεται επάνω στην ετικέτα. Η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη από το ανώτερο επιτρεπτό όριο (50 mg/L), αλλά μπορεί να αποτελεί εξαίρεση όπως συμβαίνει και με άλλα νερά σύμφωνα με τον Grey N.F. (1994). Μεγάλη περιεκτικότητα σχετικά με τα υπόλοιπα νερά παρατηρείται και στα HCO_3^- με 440 mg/L, ενώ πολύ μικρή είναι αυτή των κατιόντων Ca^{2+} με 4 mg/L. Η σύσταση αυτή διαπιστώνεται και από τον λόγο $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}=36.9$, τιμή η οποία αντιστοιχεί σε πυριτικούς υδροφορείς πλούσιους σε μαγνήσιο. Συμπερασματικά, πρόκειται για ένα Mg-HCO_3 τύπου νερό, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 5.



Εικόνα 4. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Λουτράκι σε περιβάλλον GIS

Διαπιστώθηκαν σημαντικές περιεκτικότητες σε Cl^- , με 27.3 mg/L, επομένως εφόσον το χλώριο έχει περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 20 mg/L, το νερό χαρακτηρίζεται χλωριούχο. Η τιμή του Na^+ 13.8 mg/L, που μετρήθηκε στο νερό, το χαρακτηρίζει ως κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο, επειδή είναι μικρότερη από 20 mg/L. Εξαιτίας των χαρακτηρισμών του νερού βάσει των συγκεντρώσεων του Mg^{2+} , Cl^- και Na^+ του προσδίδουν τον χαρακτήρα φυσικό μεταλλικό. Το K^+ έχει συγκέντρωση 1.2 mg/L και τα $\text{SO}_4^{2-} < 5$ mg/L τα οποία είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων.

Στο κυκλικό διάγραμμα (διάγραμμα 8) το ποσοστό του μαγνησίου σε σχέση με το ασβέστιο είναι πολύ μεγάλο και φτάνει το 16%, καθιστώντας το ασυνήθιστο σχετικά ανάμεσα στα υπόλοιπα φυσικά μεταλλικά νερά που μελετήθηκαν. Τα όξινα ανθρακικά ιόντα καταλαμβάνουν το 76% των κύριων ιόντων, επομένως πρόκειται για σκληρό νερό (379 mg/L CaCO₃). Το χλώριο και το νάτριο καταλαμβάνουν το 5% και 2% των κύριων ιόντων αντίστοιχα είναι αρκετά σημαντικά ποσοστά. Η επαλήθευση των ποσοστών γίνεται και από τα διαγράμματα 7, που με φθίνουσα σειρά σχηματίζουν κορυφή το HCO₃⁻, το Mg²⁺, το Cl⁻, τα Na⁺+K⁺, το Ca²⁺ και τέλος το SO₄²⁻. Η έντονη συμμετοχή του Mg²⁺ είναι ολοφάνερη στο διάγραμμα Stiff (διάγραμμα 6).

Τα NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ απαντώνται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, <0.1 mg/L, <0.05 mg/L και 3.6 mg/L, αντίστοιχα. Αντίθετα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει μια σημαντική τιμή, EC=703 μS/cm, το οποίο υποδηλώνει σχετικά υψηλή αλατότητα και πιθανή θαλάσσια διείσδυση. Το pH είναι αρκετά αλκαλικό και έχει τιμή 8.4.

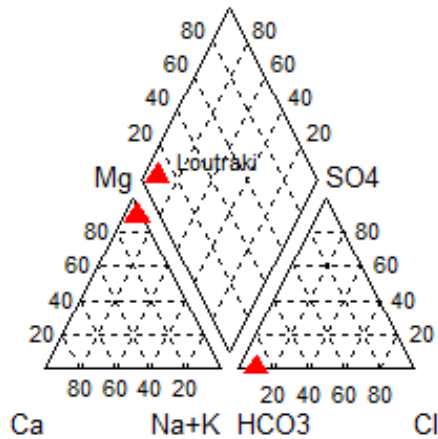
Το νερό φτάνει στον υδροφόρο ορίζοντα με εμπλουτισμό, σε αντίθεση με τα περισσότερα φυσικά μεταλλικά νερά που μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία και αυτό προκύπτει από τον λόγο Na⁺/K⁺=30. Σύμφωνα με αυτόν, το νερό μπορεί να διαχωριστεί οριακά από θαλάσσια διείσδυση η οποία σχετίζεται με την υψηλή περιεκτικότητα σε Cl⁻. Η ανανέωση του νερού γίνεται με συνεχή ρυθμό όπως γίνεται κατανοητό από την αναλογία (Mg²⁺+Ca²⁺)/(Na⁺+K⁺)=12.23.

Πίνακας 9. Χημικές αναλύσεις του νερού Λουτράκι (χημική ανάλυση από Ι.Γ.Μ.Ε. 20/9/2016)

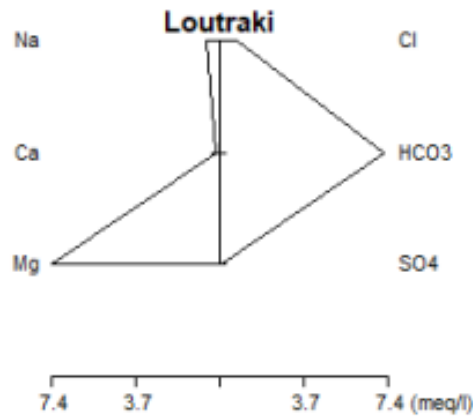
Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	pH
4	89,7	<0,1	13,8	1,2	8,4
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	EC (μS/cm)
440	27,3	<5	<0,05	3,6	703

Πίνακας 10. Ιοντικοί λόγοι του νερού Λουτράκι

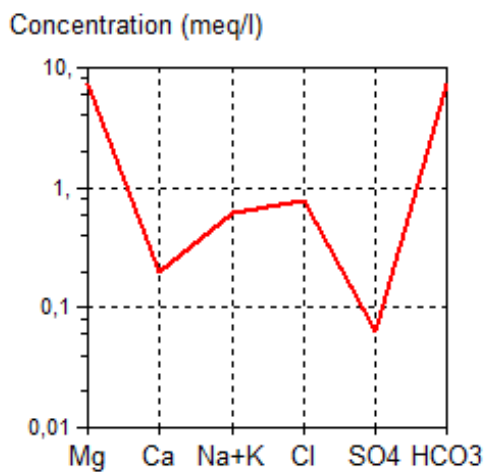
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.05	36.9	12.23	30



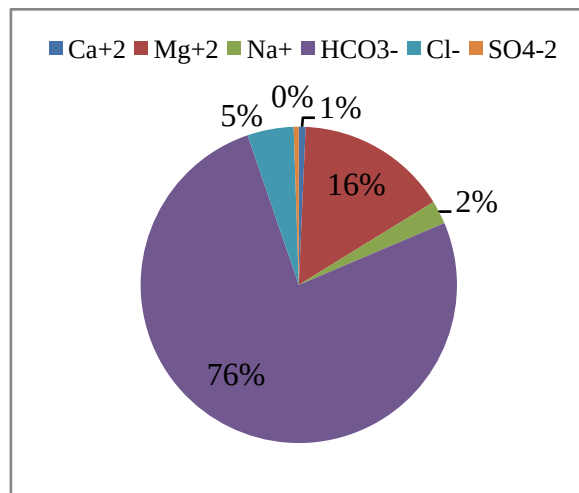
Διάγραμμα 5. Piper



Διάγραμμα 6. Stiff



Διάγραμμα 7. Schoeller



Διάγραμμα 8. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.3 Κωστηλάτας

Οι πηγές Κωστηλάτας βρίσκονται σε ένα από τα ορεινά συμπλέγματα των Αθαμανικών Όρεων, στο νότιο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου. Η πλούσια περιεκτικότητα του νερού σε Ca^{2+} και HCO_3^- οφείλεται στη διάλυση των ασβεστολίθων και του φλύσχη της Ζώνης Ωλονού-Πίνδου στην οποία ανήκει η

περιοχή. Σύμφωνα με την χημική ανάλυση στις 21/12/2016 που μελετήθηκε από την ετικέτα του νερού οι σημαντικότερες περιεκτικότητες είναι των $\text{Ca}^{2+}=37.4 \text{ mg/L}$ και $\text{HCO}_3^-=117 \text{ mg/L}$, ενώ υπολείπεται η περιεκτικότητα του $\text{Mg}^{2+}=1.34 \text{ mg/L}$. Η αναλογία $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}=0.06$ επιβεβαιώνει τη διάλυση των ανθρακικών σχηματισμών μέσω της οποίας επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του νερού. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το νερό κατατάσσεται στον Ca-HCO_3 τύπο, όπως διαπιστώνεται και από το διάγραμμα Piper (Διάγραμμα 9).



Εικόνα 5. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Κωστήλατας σε περιβάλλον GIS

Πέρα από το μαγνήσιο χαμηλές συγκεντρώσεις παρουσιάζουν και τα $\text{Na}^+=1.12 \text{ mg/L}$, $\text{K}^+=0.2 \text{ mg/L}$, $\text{Cl}^-=0.96 \text{ mg/L}$ και $\text{SO}_4^{2-}=2.29 \text{ mg/L}$. Χάρης στην πολύ μικρή περιεκτικότητα του νατρίου ($<20 \text{ mg/L}$) το νερό Κωστήλατας ορίζεται φυσικό μεταλλικό νερό επειδή είναι κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο.

Τα ιόντα Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} καταλαμβάνουν πολύ μικρά ποσοστά, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 12. Ενώ τα κύρια ποσοστά αντιστοιχούν στο HCO_3^- (73%) και το Ca^{2+} (23%) όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 10 και 11 με τις κορυφές να τα διαχωρίζουν από τα υπόλοιπα ιόντα.

Τα ιόντα $\text{NO}_2^- < 0.006 \text{ mg/L}$ και $\text{NO}_3^- = 0.87 \text{ mg/L}$ εμφανίζουν πολύ μικρές τιμές. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι της τάξης των $168.9 \text{ } \mu\text{S/cm}$ και το pH είναι 7.7, κατατάσσοντάς το στα αλκαλικά νερά.

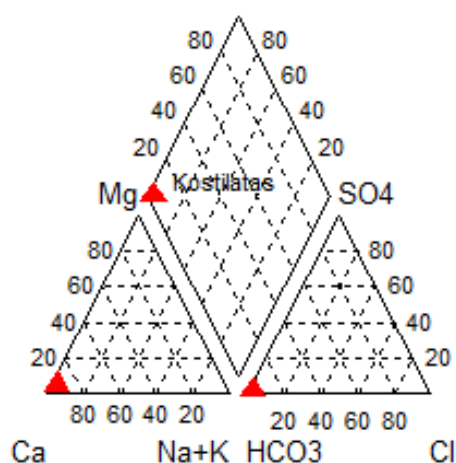
Η προέλευση του νερού είναι μετεωρική σύμφωνα με τον λόγο $\text{Na}^+/\text{K}^+ < 10$ και η τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα γίνεται με εμπλουτισμό, όπως προκύπτει από τον λόγο $(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > 1$.

Πίνακας 11. Χημική ανάλυση του νερού Κωστηλάτας (χημική ανάλυση Γ.Χ.Κ. 21/12/2016)

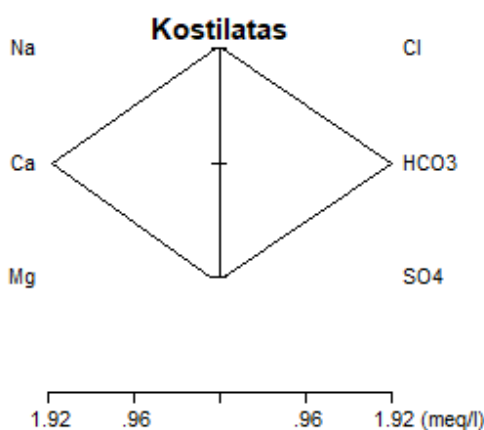
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
37,4	1,34	-	1,12	0,2	7,7
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S/cm}$)
117	0,96	2,29	<0,006	0,87	168,9

Πίνακας 12. Ιοντικοί λόγοι του νερού Κωστηλάτας

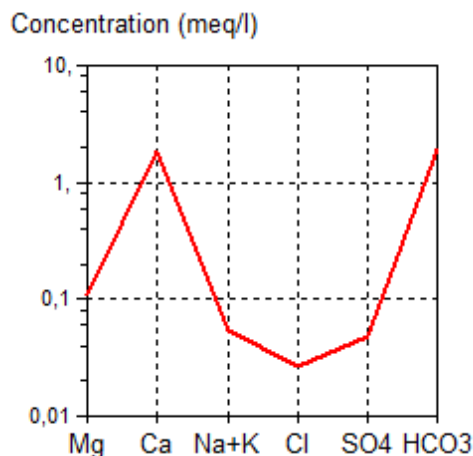
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.03	0.06	36.6	9.8



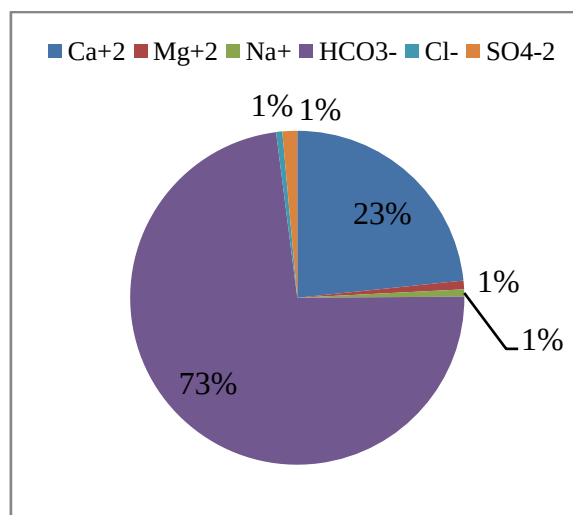
Διάγραμμα 9. Piper



Διάγραμμα 10. Stiff



Διάγραμμα 11. Schoeller



Διάγραμμα 12. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

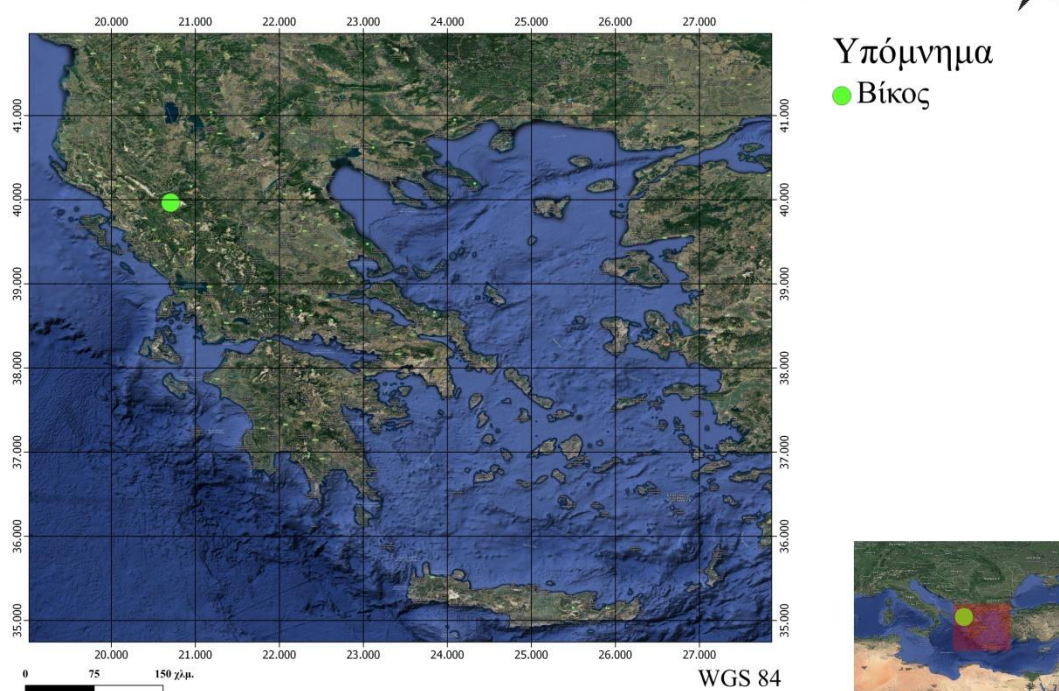
3.1.4 Βίκος

Το νερό Βίκος πηγάζει από την πηγή ΒΙΚΟΣ στην τοποθεσία Περίβλεπτος των Ιωαννίνων, στην Ήπειρο. Η πετρολογία της περιοχής αποτελείται από ασβεστολιθικά πετρώματα στα ορεινά και τεταρτογενείς αποθέσεις στα χαμηλότερα σημεία. Σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις της εταιρείας που συλλέχθηκαν από την ετικέτα του δοχείου, οι μεγαλύτερες τιμές αντιπροσωπεύονται από τα $\text{HCO}_3^- = 270 \text{ mg/L}$ και $\text{Ca}^{2+} = 93.1 \text{ mg/L}$, ενώ υπολείπεται κατά πολύ το $\text{Mg}^{2+} = 1.9 \text{ mg/L}$. Ο χημισμός επιβεβαιώνεται από τον ιοντικό λόγο $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+} = 0.03$ υποδηλώνοντας την επικράτηση ανθρακικών σχηματισμών. Με τη βοήθεια του διαγράμματος Piper (Διάγραμμα 13) διαπιστώνεται πως πρόκειται για ένα Ca-HCO₃ τύπου νερό, λόγω της γεωλογίας της περιοχής.

Το Na^+ έχει συγκέντρωση 2.6 mg/L , κάτι που το χαρακτηρίζει ως κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο και είναι η αιτία που αναγνωρίζεται ως φυσικό μεταλλικό. Το K^+ υπολογίστηκε 0.7 mg/L και το Cl^- 9 mg/L . Το SO_4^{2-} έχει σχετικά με τα υπόλοιπα νερά μεγάλη τιμή (12.2 mg/L), όμως όλα τα ιόντα βρίσκονται στα επιτρεπτά όρια για πόση.

Η επικράτηση των ιόντων HCO_3^- και Ca^{2+} , σε σχέση με τα μικρά ποσοστά των Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- και SO_4^{2-} απεικονίζεται και στα διαγράμματα Stiff και Schoeller (Διάγραμμα 14 και 15) και στην Πίτα (Διάγραμμα 16) καταλαμβάνουν τα ποσοστά 69% και 24% αντίστοιχα.

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 6. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Βίκος σε περιβάλλον GIS

Τα ιόντα NH_4^+ , NO_2^- και NO_3^- είναι σε χαμηλές περιεκτικότητες κάτω από τα ανώτερα όρια. Το νερό Βίκος έχει ελαφρώς αλκαλικό χαρακτήρα με $\text{pH}=7.3$ και ηλεκτρική αγωγιμότητα $480 \mu\text{S}/\text{cm}$.

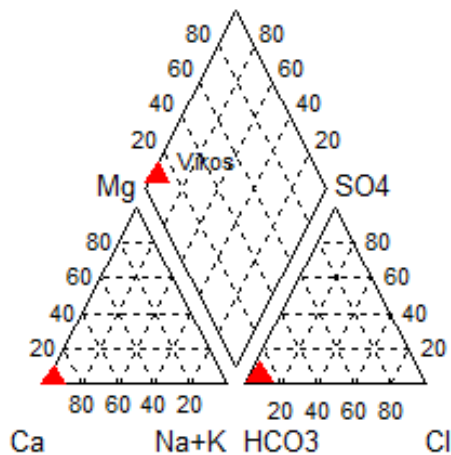
Πρόκειται για ένα νερό το οποίο έχει συνεχή τροφοδοσία από βρόχινο νερό, όπως προκύπτει από τους λόγους $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)=36.66$ και $\text{Na}^+/\text{K}^+=6.28$, αντίστοιχα.

Πίνακας 13. Χημική ανάλυση του νερού Βίκος (χημική ανάλυση από Ι.Γ.Μ.Ε. 3/1/2018)

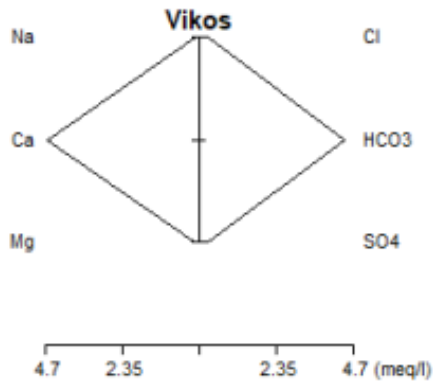
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
93,1	1,9	<0,1	2,6	0,7	7,3
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC (μS/cm)
270	9	12,2	<0,05	7,2	480

Πίνακας 14. Ιοντικοί λόγοι για το νερό Βίκος

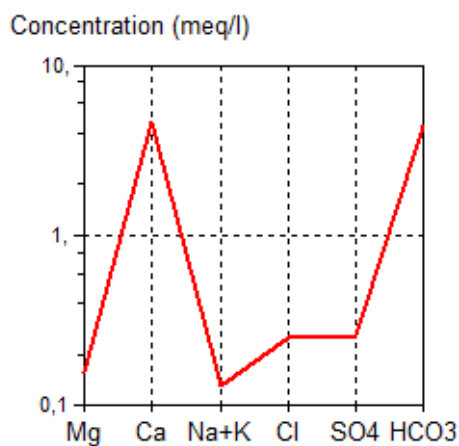
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.08	0.03	36.66	6.28



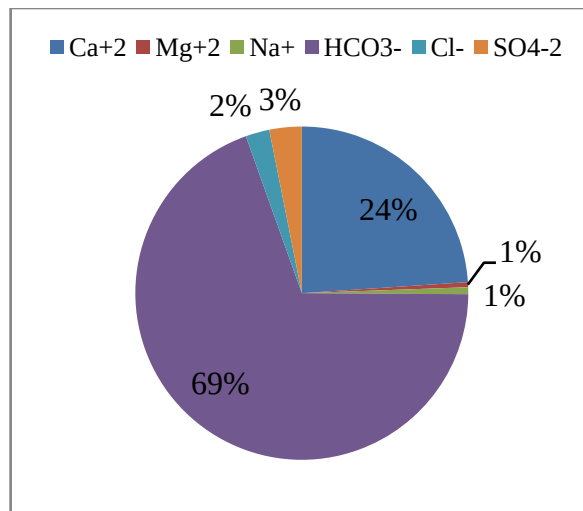
Διάγραμμα 13. Piper



Διάγραμμα 14. Stiff



Διάγραμμα 15. Schoeller



Διάγραμμα 16. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων νερού

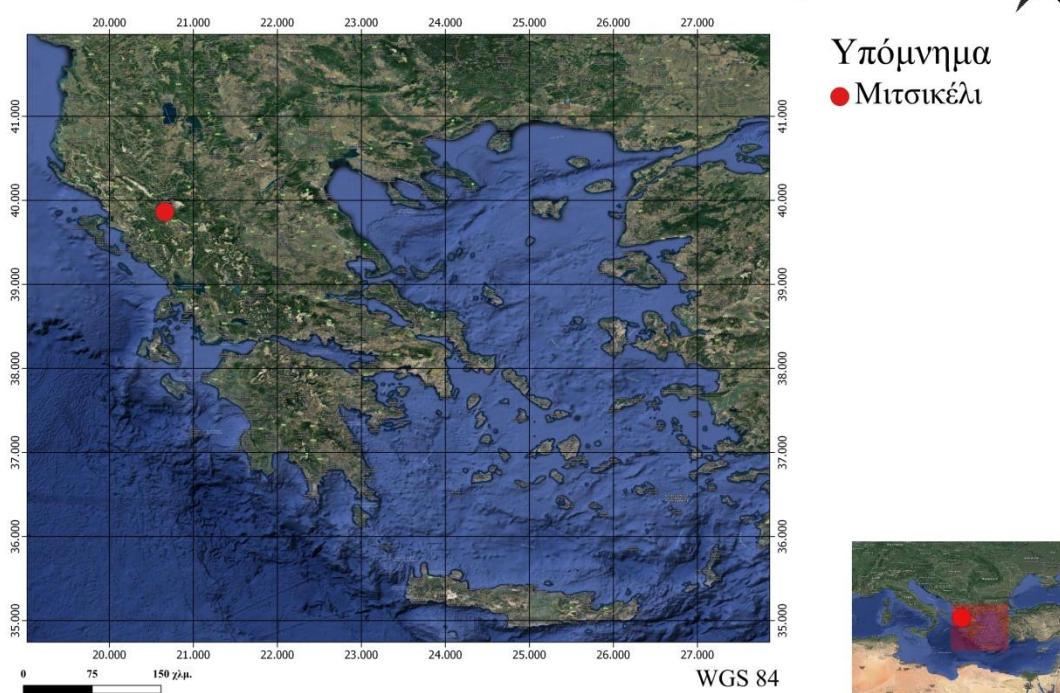
3.1.5 Μιτσικέλι

Το φυσικό μεταλλικό νερό Μιτσικέλι προέρχεται από την περιοχή Νεγράδες των Ιωαννίνων. Μελετώντας τις χημικές αναλύσεις από την ετικέτα του δοχείου, χημικά έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με το νερό Βίκος, καθώς έχει υψηλή περιεκτικότητα

σε HCO_3^- με 215 mg/L, όπως και σε Ca^{2+} 25% με 73.6 mg/L, και υπολείπεται σε περιεκτικότητα σε Mg^{2+} (0.5 mg/L). Η ασβεστολιθική προέλευση των ιόντων συμπεραίνεται και από τον ιοντικό λόγο $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ ο οποίος παίρνει τιμή 0.011. Η τιμή αυτή δηλώνει ένα νερό Ca-HCO_3 τύπου, όπως απεικονίζεται και στο διάγραμμα Piper (Διάγραμμα 17).

Το ιόν του Na^+ εμφανίζεται με περιεκτικότητα 1.4 mg/L με αποτέλεσμα λόγω της πολύ χαμηλής τιμής να χαρακτηρίζεται ως κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο και χάρη σ' αυτό να θεωρείται φυσικό μεταλλικό. Τα ιόντα K^+ , Cl^- και SO_4^{2-} έχουν τιμές συγκεντρώσεων 0.6 mg/L, 5 mg/L και 3 mg/L αντίστοιχα.

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 7. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Μιτσικέλι σε περιβάλλον GIS

Στη κυκλικό διάγραμμα (Διάγραμμα 20) είναι φανερό η επικράτηση των όξινων ανθρακικών ιόντων με ποσοστό 73% και του ασβεστίου με ποσοστό 25%. Στα διαγράμματα Stiff και Schoeller (Διαγράμματα 18 και 19) φαίνεται η διαφορά των δυο κύριων ιόντων που επικρατούν, μολονότι έχουν προέλευση από τα ανθρακικά πετρώματα.

Τα υπολειπόμενα ιόντα NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ βρίσκονται σε χαμηλές φυσιολογικές τιμές για κατανάλωση. Το ίδιο ισχύει και για το $\text{pH}=7,8$ του νερού το οποίο χαρακτηρίζεται αλκαλικό και την ηλεκτρική αγωγιμότητα του που είναι $\text{EC}=365 \mu\text{S/cm}$.

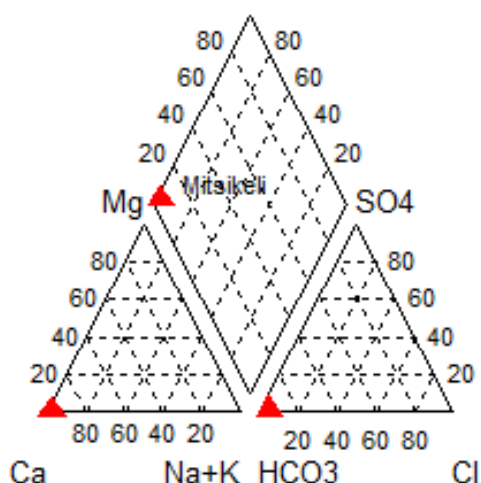
Το νερό καταλήγει στον υδροφορέα με εμπλουτισμό μετεωρικής προέλευσης ($\text{Na}^+/\text{K}^+=4.07$), $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}) / (\text{Na}^++\text{K}^+)=48.87$.

Πίνακας 15. Χημικά ανάλυση του νερού Μιτσικέλι (χημική ανάλυση από Ι.Γ.Μ.Ε. 8/1/2018).

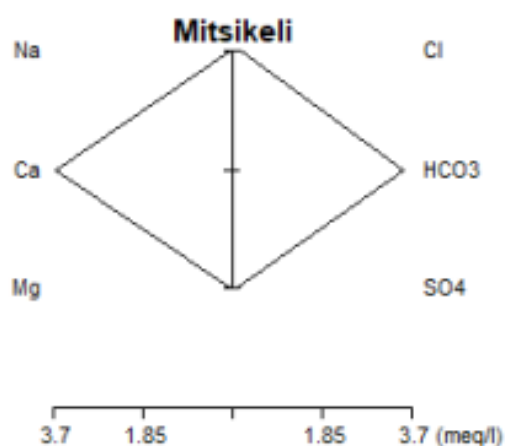
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
73,6	0,5	<0,1	1,4	0,6	7,8
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S/cm}$)
215	5	<5	<0,05	6,7	365

Πίνακας 16. Ιοντικοί λόγοι του νερού Μιτσικέλι

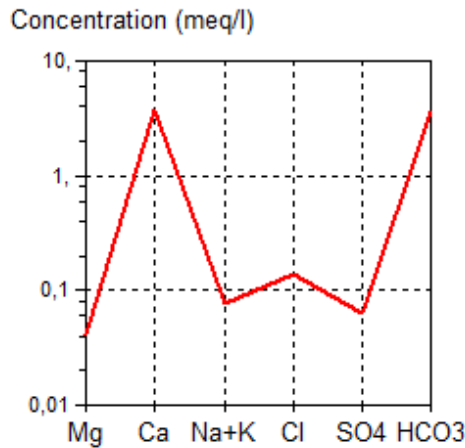
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+}+\text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.05	0.011	48.87	4.07



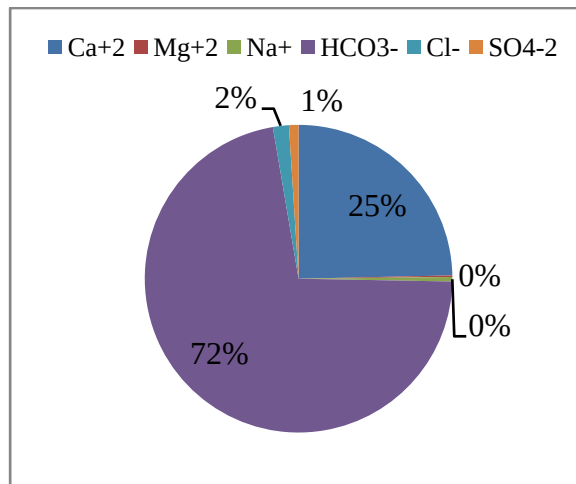
Διάγραμμα 17. Piper



Διάγραμμα 18. Stiff



Διάγραμμα 19. Schoeller



Διάγραμμα 20. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

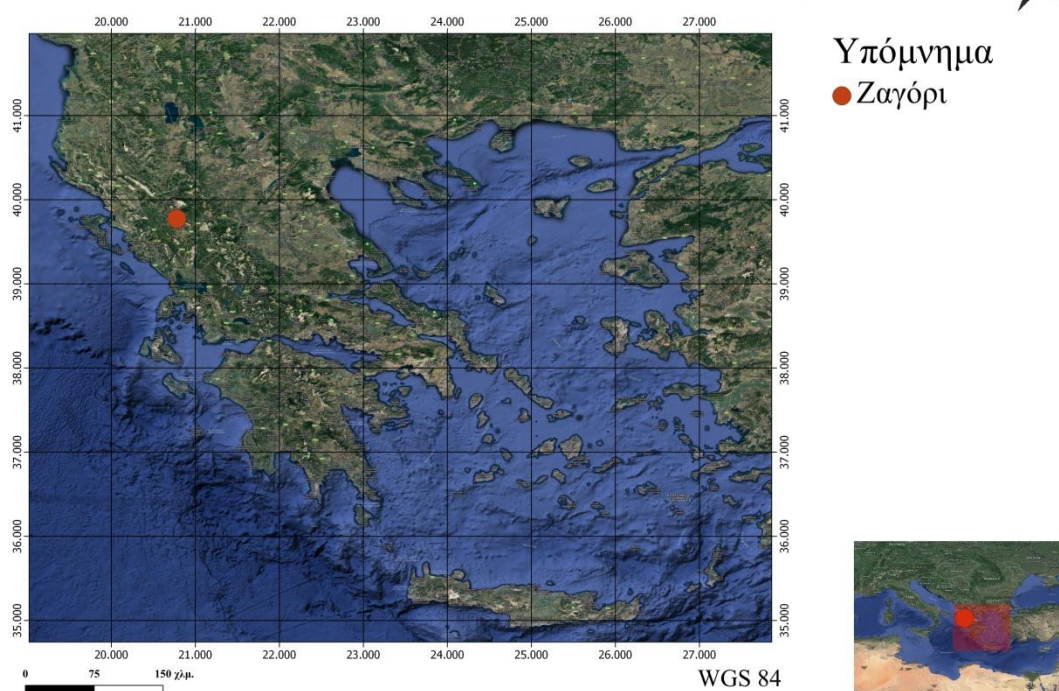
3.1.6 Ζαγόρι

Στην περιοχή των Ιωαννίνων και πιο συγκεκριμένα στον ορεινό όγκο Μιτισικέλι στην οροσειρά της Πίνδου στην Ήπειρο, εμφανίζεται ένα ακόμα νερό, το Ζαγόρι. Η λιθολογία της περιοχής αποτελείται κατά κύριο λόγο από ανθρακικά πετρώματα και τεταρτογενείς αποθέσεις, η διάλυση των οποίων προκαλεί ανάλογο χημισμό με τα νερά Βίκος και Μιτισικέλι από στοιχεία που αναγράφονται στην ετικέτα του νερού, δηλαδή τον τύπο νερού Ca-HCO₃. Αυτό μπορεί να τεκμηριωθεί και με τον ιοντικό λόγο $Mg^{2+}/Ca^{2+}=0.11$. Στο νερό παρατηρούνται από υψηλές συγκεντρώσεις Ca^{2+} και HCO_3^- , δηλαδή 76.4 mg/L και 250 mg/L αντίστοιχα, αλλά και χαμηλές συγκεντρώσεις $Mg^{2+}=4.95$ mg/L.

Το νερό χαρακτηρίζεται ως χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης σε Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- . Αναγνωρίζεται ως φυσικό μεταλλικό λόγω του κριτηρίου πως η συγκέντρωση του νατρίου είναι μικρότερη από 20, άρα είναι κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο. Αναλυτικά οι περιεκτικότητες που μετρήθηκαν είναι $Na^+=2.05$ mg/L, $K^+=0.63$ mg/L και $Cl^-=5$ mg/L. Ακόμα η τιμή των SO_4^{2-} βρέθηκε στα 9.12 mg/L.

Στα διαγράμματα Stiff και Schoeller (Διαγράμματα 22 και 23) απεικονίζεται η μεγάλη διαφορά της επικράτησης των Ca^{2+} και HCO_3^- , όπως και στο κυκλικό διάγραμμα των ιόντων που καταλαμβάνουν το 22% και 72% αντίστοιχα (Διάγραμμα 24).

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 8. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Ζαγόρι σε περιβάλλον GIS

Παράλληλα τα NO_2^- , NO_3^- είναι σχεδόν αμελητέα και το NH_4^+ μηδενικό. Το pH του νερού είναι 7.5, έχει δηλαδή ελαφρώς αλκαλικό χαρακτήρα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα 357 $\mu\text{S}/\text{cm}$, δηλαδή μέσα στα επιτρεπτά πλαίσια.

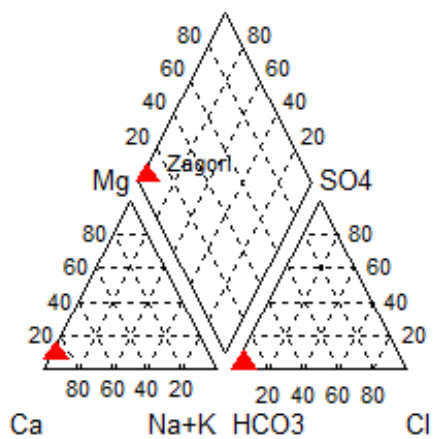
Από τις αναλογίες Na^+/K^+ και $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)$ συμπεραίνεται πως το νερό που τροφοδοτεί την πηγή είναι βρόχινης προέλευσης με εμπλουτισμό, αφού παίρνουν τιμές 5.56 και 40.18 αντίστοιχα.

Πίνακας 17. Χημική ανάλυση του νερού Ζαγόρι (χημικές αναλύσεις από Γ.Χ.Κ. 22/6/2016)

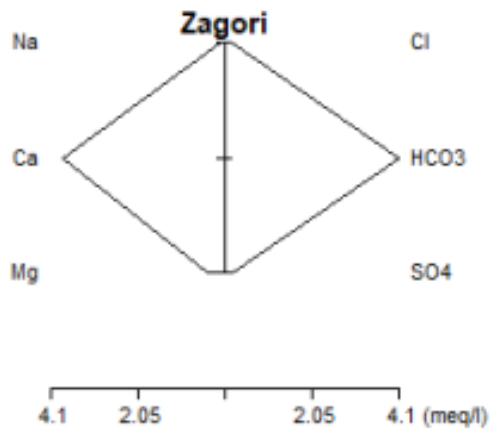
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
76,4	4,95	0	2,05	0,63	7,5
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
250	5	9,12	0	1,4	357

Πίνακας 18. Ιοντικοί λόγοι των στοιχείων των νερού Ζαγόρι

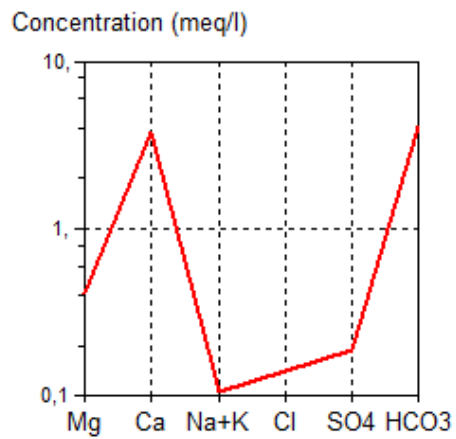
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.03	0.11	40.18	5.56



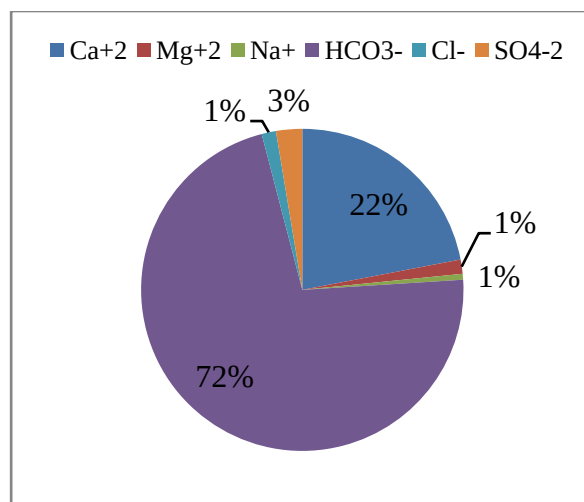
Διάγραμμα 21. Piper



Διάγραμμα 22. Stiff



Διάγραμμα 23. Schoeller



Διάγραμμα 24. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.7 Αύρα

Από τα δεδομένα που αναγράφονται στην ετικέτα του νερού το φυσικό μεταλλικό νερό Αύρα έχει την πηγή του στο Αίγιο και συγκεκριμένα στα Αχαϊκά βουνά της Πελοποννήσου. Ο χημισμός του νερού οφείλεται στα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα της περιοχής (σειράς Ωλονού-Πίνδου) από τα οποία εμπλουτίζεται με HCO_3^- και Ca^{2+} . Αυτό επιβεβαιώνεται και από τον ιοντικό λόγο $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ που παίρνει τιμή 0.24, δηλαδή μικρότερη από 0.5 και αυτό υποδηλώνει πως το νερό προέρχεται από ασβεστολιθικό περιβάλλον. Επομένως πρόκειται για ένα Ca-HCO_3 τύπου νερό όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 25, βρίσκεται στην αριστερή πλευρά στο ρομβοειδές σχήμα. Οι συγκεντρώσεις του Ca^{2+} και των HCO_3^- μετρήθηκαν στα 60 mg/L και 182 mg/L και υπερτερούν του Mg^{2+} που βρέθηκε στα 8.9 mg/L.



Εικόνα 9. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Αύρα σε περιβάλλον GIS

Η συγκέντρωση του νατρίου (Na^+) είναι μικρότερη από 20 mg/L και συγκεκριμένα βρίσκεται στα 9 mg/L, επομένως χαρακτηρίζεται κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο και αυτός είναι ο λόγος που το ορίζει φυσικό μεταλλικό νερό. Τα ιόντα Cl^- , K^+ εμφανίζονται με πολύ μικρές συγκεντρώσεις των 2 mg/L και 1.2mg/L. Αντίθετα η

περιεκτικότητα σε SO_4^{2-} εμφανίζει τιμή 14 mg/L σχετικά μεγάλη με βάση τα νερά που μελετήθηκαν.

Στο διάγραμμα Stiff απεικονίζεται η επικράτεια του Ca^{2+} έναντι των άλλων δύο κατιόντων, καθώς και του HCO_3^- έναντι των άλλων δύο ανιόντων με μεγάλη διαφορά. Παρόλα αυτά, και τα Mg^{2+} , Na^+ έχουν σχετικά σημαντική συμμετοχή με περιεκτικότητες 8.9 mg/L και 9 mg/L αντίστοιχα. Το ίδιο διαπιστώνεται στο κυκλικό διάγραμμα (Διάγραμμα 28), όπου με βάση τα κύρια ιόντα φαίνεται η πολύ μεγάλη διαφορά του ποσοστού του HCO_3^- κατά 66% περίπου, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα ιόντα. Το Ca^{2+} καταλαμβάνει το 22%. Τέλος, στο διάγραμμα Schoeller (Διάγραμμα 27) η υψηλότερη κορυφή φαίνεται πως ανήκει στο ιόν HCO_3^- και η επόμενη μεγάλη κορυφή στο Ca^{2+} , ενώ και το Mg^{2+} αποτελεί σημαντικό συστατικό μαζί με τα $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, σε αντίθεση με το πολύ μικρό ποσοστό του Cl^- .

Τα NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- βρίσκονται σε πολύ μικρά ποσά κάτω από τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια τους. Το pH είναι 7,6 και το νερό ελαφρώς αλκαλικό και τέλος, η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε 321 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

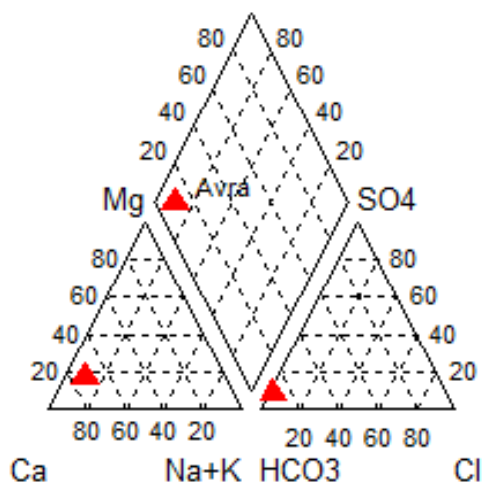
Σύμφωνα με τον λόγο Na^+/K^+ που παίρνει τιμή 0.33, πρόκειται για ένα νερό με βρόχινη προέλευση, και τέλος, ο λόγος $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+) = 2.34$ δηλώνει πως ο υδροφορέας έχει συνεχή τροφοδοσία.

Πίνακας 19. Χημικές αναλύσεις νερού Αύρα (χημική ανάλυση από το εργαστήριο υγιεινής του Πανεπιστημίου Πατρών 4/8/2016)

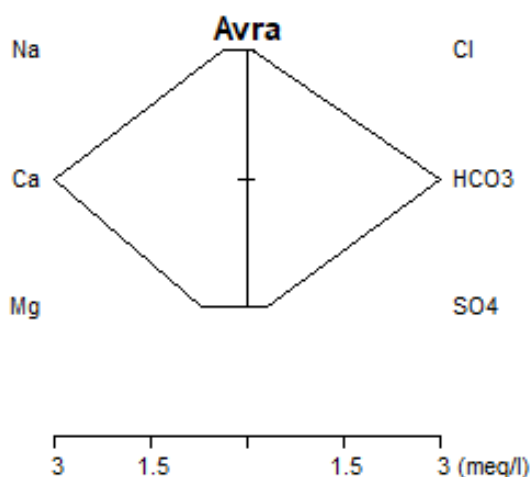
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
60	8,9	<0,1	9	1,2	7,8
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
182	2	14	<0,1	8,6	321

Πίνακας 20. Ιοντικοί λόγοι των στοιχείων του νερού Αύρα

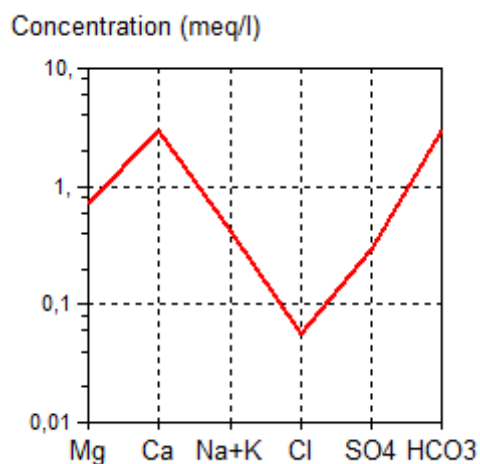
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.25	0.24	2.34	0.33



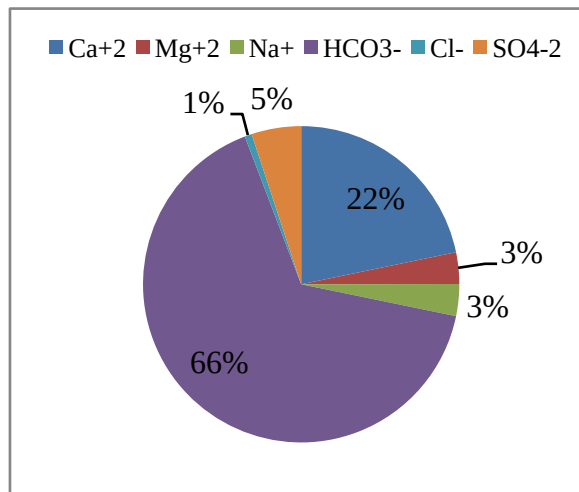
Διάγραμμα 25. Piper



Διάγραμμα 26. Stiff



Διάγραμμα 27. Schoeller



Διάγραμμα 28. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.8 Πηγή Ολύμπου

Το φυσικό μεταλλικό νερό Πηγή Ολύμπου πηγάζει από την ομώνυμη πηγή στο Όρος Όλυμπος, το οποίο ανήκει στην Πελαγονική Ζώνη. Τα ανθρακικά πετρώματα ($\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}=0.46$) της ζώνης διαβρώνονται και προσδίδουν στο νερό υψηλές

ποσότητες HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Αναλυτικά από τις χημικές αναλύσεις της ετικέτας του δοχείου εντοπίζονται με συγκεντρώσεις $\text{HCO}_3^- = 274.3 \text{ mg/L}$, $\text{Ca}^{2+} = 63.8 \text{ mg/L}$, $\text{Mg}^{2+} = 17.7 \text{ mg/L}$. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να κατατάσσεται στον τύπο νερού Ca-Mg- HCO_3 το οποίο απεικονίζεται και στο διάγραμμα Piper (Διάγραμμα 29).



Εικόνα 10. Γεωγραφική τοποθέτηση του φυσικού μεταλλικού νερού Πηγή Ολύμπου σε περιβάλλον GIS

Σε αντίθεση με τα παρά πάνω κύρια ιόντα πολύ μικρή συμμετοχή εμφανίζουν τα ιόντα Na^+ , Cl^- , K^+ και SO_4^{2-} . Συγκεκριμένα το νάτριο παρουσιάζει περιεκτικότητα 9.5 mg/L κάτι που του προσδίδει την ιδιότητα 'κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο' ($<20 \text{ mg/L}$), το χλώριο εμφανίζεται με 9.9 mg/L , το κάλιο 1.5 mg/L και τα SO_4^{2-} με περιεκτικότητα 3 mg/L . Εξαιτίας της συγκέντρωσης του νατρίου ($<20 \text{ mg/L}$) το νερό αναγνωρίζεται ως φυσικό μεταλλικό.

Στο κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων (Διάγραμμα 32) αναγράφονται τα ποσοστά στα οποία αντιστοιχούν οι περιεκτικότητες αυτές, δηλαδή το $\text{HCO}_3^- = 72\%$, $\text{Ca}^{2+} = 17\%$, $\text{Mg}^{2+} = 5\%$, $\text{Cl}^- = 3\%$, $\text{Na}^+ = 2\%$ και $\text{SO}_4^{2-} = 1\%$. Στα διαγράμματα Stiff και Schoeller (Διαγράμματα 30 και 31) απεικονίζεται η διαφορά μεταξύ της συγκέντρωσης των HCO_3^- με τα ανιόντα Cl^- και SO_4^{2-} . Μεταξύ των κατιόντων δεν

παρατηρείται τόσο μεγάλη διαφορά, παρ' όλ' αυτά φαίνεται πως το Ca^{2+} υπερτερεί του Na^+ και του Mg^{2+} .

Τα ιόντα NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- είναι κάτω από τα ανώτερα όρια που ορίζονται από την νομοθεσία με τιμές $<0.1 \text{ mg/L}$, $<0.005 \text{ mg/L}$ και 10.4 mg/L . Το pH είναι ελαφρώς αλκαλικό με τιμή 7.6 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι $473 \mu\text{S/cm}$.

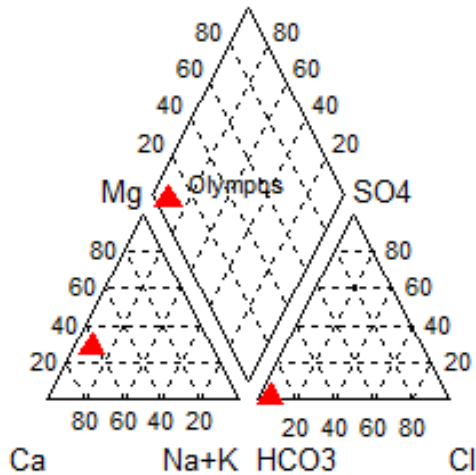
Το νερό που καταλήγει στην πηγή προέρχεται από τα κατακρημνίσματα, συμπέρασμα το οποίο βγαίνει από την τιμή του λόγου $\text{Na}^+/\text{K}^+=11$, αλλά μπορεί και να εμπλουτίζεται ως έναν βαθμό, ενώ από τον λόγο $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)=10.18$ προκύπτει ότι η τροφοδοσία γίνεται με συνεχή τρόπο.

Πίνακας 21. Χημική ανάλυση νερού Πηγής Ολύμπου (χημική ανάλυση από Ι.Γ.Μ.Ε. Μ.Ο.2017)

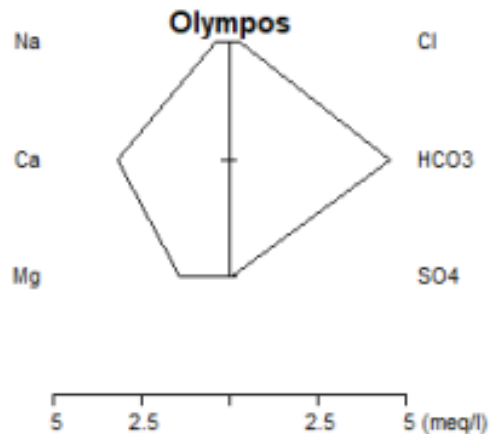
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
63,8	17,7	<0,1	9,6	1,5	7,6
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S/cm}$)
274,3	9,9	<5	<0,005	10,4	473

Πίνακας 22. Ιοντικοί λόγοι των στοιχείων του νερού Πηγή Ολύμπου

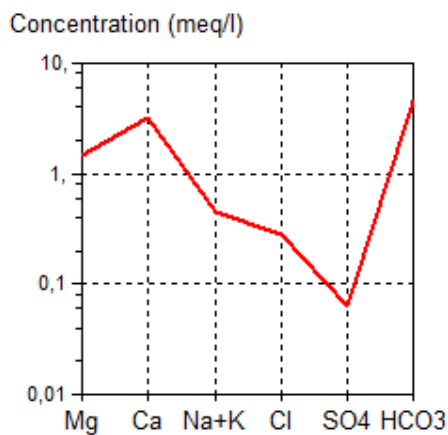
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+}+\text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.03	0.46	10.18	11



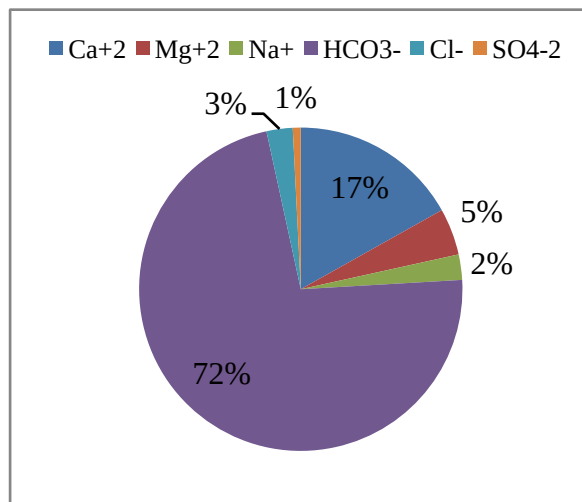
Διάγραμμα 29. Piper



Διάγραμμα 30. Stiff



Διάγραμμα 31. Schoeller



Διάγραμμα 32. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.9 Σέλι

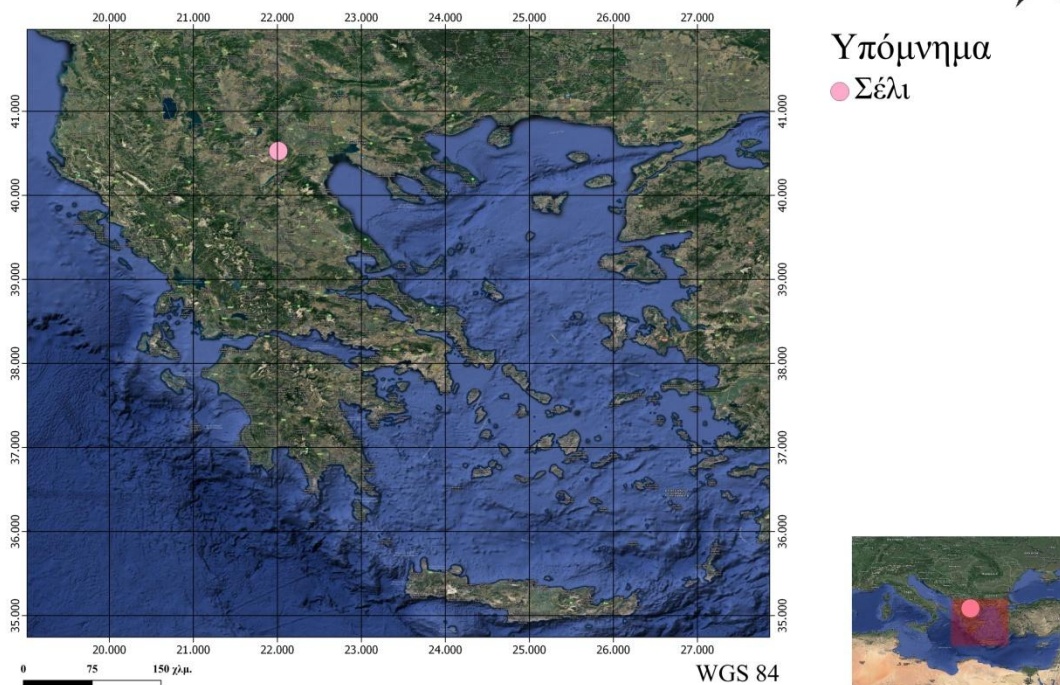
Το νερό Σέλι αναβλύζει από την πηγή Άσσος στο Βέρμιο Ημαθίας. Γεωτεκτονικά τοποθετείται στην Πελαγονική Ζώνη και η χημική σύσταση διαμορφώνεται από την διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων, με αποτέλεσμα να εμπλουτίζεται σε Ca^{2+} και HCO_3^- . Σύμφωνα και με τις χημικές αναλύσεις που αναγράφονται στην ετικέτα του νερού, έχει υψηλές συγκεντρώσεις σε Ca^{2+} (81 mg/L) και HCO_3^- (256 mg/L), ενώ περιεκτικότητες σε Mg^{2+} είναι χαμηλές (7.5 mg/L), όπως διαπιστώνεται και από την σύγκριση των δύο κατιόντων και την ιοντική αναλογία $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}=0.15$ που

επιβεβαιώνει την έντονη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων. Στο διάγραμμα Piper (Διάγραμμα 33) απεικονίζεται ο Ca-HCO_3 χημικός τύπος του νερού.

Με μικρές περιεκτικότητες εμφανίζονται τα ιόντα Cl^- και K^+ , που αριθμούνται στα <5 mg/L και 0.5 mg/L αντίστοιχα. Χαμηλές συγκεντρώσεις διαπιστώθηκαν επίσης και στα ιόντα Na^+ (1.1 mg/L) και για το λόγο αυτό έχει τον χαρακτηρισμό “κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο”. Επειδή πληροί το κριτήριο αυτό έχει αναγνωριστεί ως φυσικό μεταλλικό νερό. Αξιοσημείωτη είναι η συγκέντρωση των ιόντων SO_4^{2-} που παίρνουν την τιμή 29 mg/L η οποία είναι μεγάλη σχετικά με τα υπόλοιπα νερά που μελετήθηκαν.

Οι συγκεντρώσεις των ιόντων NH_4^+ (0.005 mg/L), NO_2^- (0.02 mg/L) και NO_3^- (<5 mg/L) είναι πολύ μικρές και πληρούν τις προδιαγραφές που ορίζει ο νόμος. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε στα 425 $\mu\text{S/cm}$, κάτι που υποδηλώνει καλής ποιότητας νερό. Το pH είναι 7.6 υποδηλώνοντας ελαφρά αλκαλική συμπεριφορά.

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 11. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Σέλι σε περιβάλλον GIS

Στα διαγράμματα Stiff και Schoeller (Διαγράμματα 34 και 35) φαίνεται η διαφορά των συγκεντρώσεων του Ca^{2+} με τα άλλα δυο κύρια κατιόντα, Na^+ και Mg^{2+} , ενώ απ' τη μεριά των ανιόντων η διαφορά των μεγάλων συγκεντρώσεων του HCO_3^- σε σχέση με το SO_4^{2-} , που επίσης συμμετέχει ενεργά, και το Cl^- . Τα ποσοστά που καταλαμβάνουν όλα τα κύρια ιόντα απεικονίζονται στο κυκλικό διάγραμμα (Διάγραμμα 36) είναι $\text{HCO}_3^- = 68\%$, $\text{Ca}^{2+} = 21\%$, $\text{SO}_4^{2-} = 8\%$, $\text{Mg}^{2+} = 2\%$, $\text{Cl}^- = 1\%$ και $\text{Na}^+ = 0\%$.

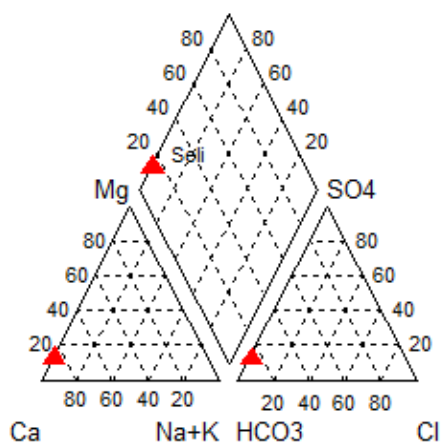
Το νερό που φτάνει στον υδροφόρο ορίζοντα είναι μετεωροικής προέλευσης ($\text{Na}^+/\text{K}^+ = 3,7$) και η τροφοδοσία γίνεται με γρήγορο ρυθμό ($(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+) = 76,38$).

Πίνακας 23. Χημική ανάλυση του νερού Σέλι (χημική ανάλυση από Ι.Γ.Μ.Ε. 1/2/2016)

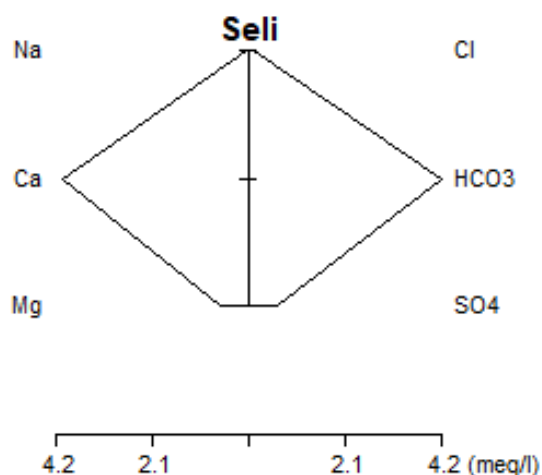
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
81	7,5	<0,1	1,1	0,5	7,6
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
256	<5	29	<0,05	<5	425

Πίνακας 24. Ιοντικοί λόγοι των στοιχείων του νερού Σέλι

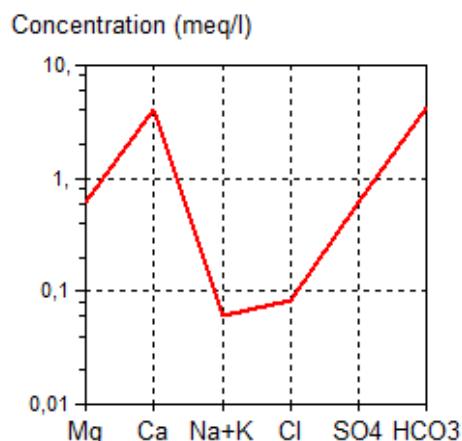
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.11	0.15	76.38	3,7



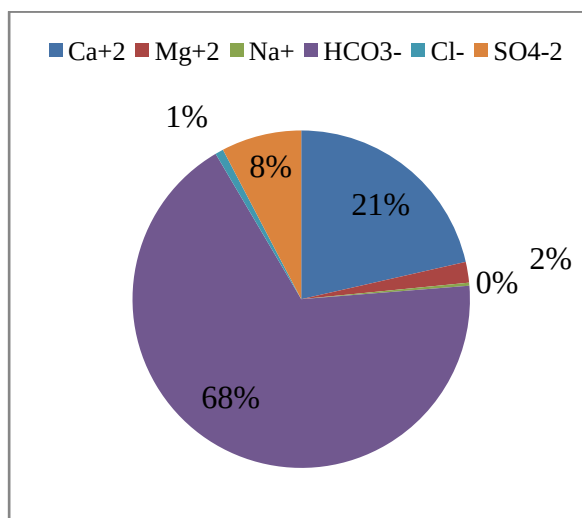
Διάγραμμα 33. Piper



Διάγραμμα 34. Stiff



Διάγραμμα 35. Schoeller

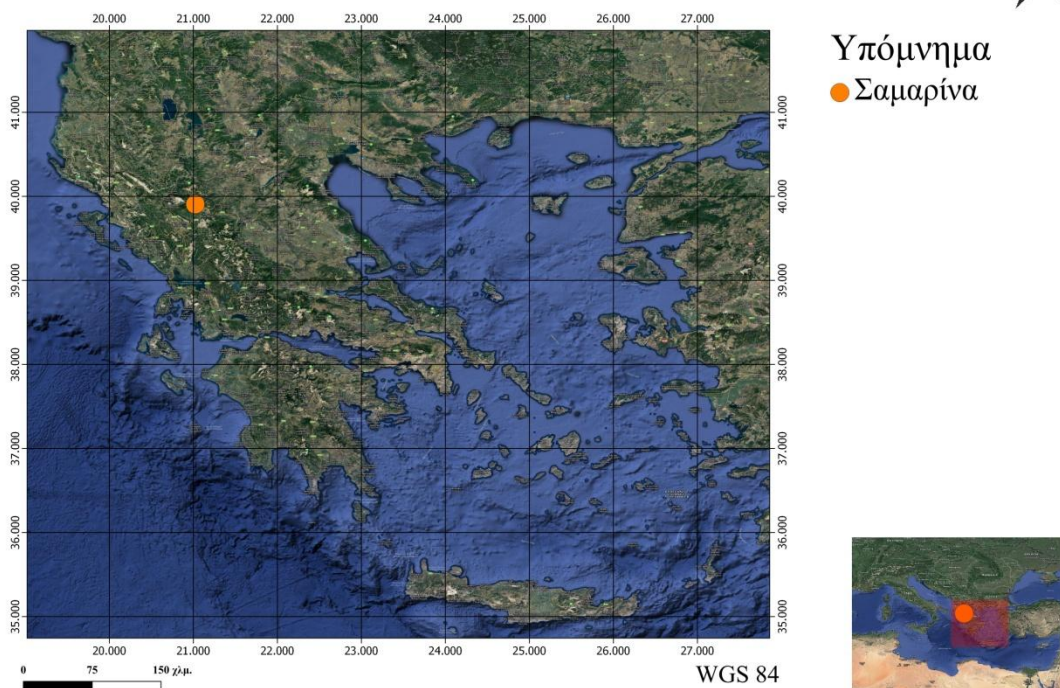


Διάγραμμα 36. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.10 Σαμαρίνα

Οι πηγές του φυσικού μεταλλικού νερού Σαμαρίνα τοποθετούνται στις ανατολικές πλαγιές του Σμόλικα, στον νομό Γρεβενών. Γεωτεκτονικά ανήκει στην Ζώνη Ωλονού-Πίνδου. Η διάλυση του οφιολιθικού συμπλέγματος και του φλύσχη της ζώνης έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σχετικά υψηλών περιεκτικοτήτων HCO_3^- και Mg^{2+} . Σε αντίθεση με τα περισσότερα φυσικά μεταλλικά νερά που μελετήθηκαν και με βάση τα στοιχεία που μου κοινοποιήθηκαν από την ίδια την εταιρεία, περιέχει πολύ μικρή περιεκτικότητα σε Ca^{2+} (2.4 mg/L) αλλά έχει σχετικά μεγάλη περιεκτικότητα σε $\text{Mg}^{2+}=22.3$ mg/L και σε $\text{HCO}_3^-=106$ mg/L. Γι αυτόν τον λόγο κατατάσσεται στα Mg- HCO_3 τύπου νερά. Επομένως η κύρια προέλευση των ιόντων είναι τα οφιολιθικά και ο φλύσχη ή γενικά σχηματισμοί πλούσιοι σε μαγνήσιο, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τον ιοντικό λόγο $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}=15.3$.

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 12. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Σαμαρίνα σε περιβάλλον GIS

Χαρακτηρίζεται ως χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα και πτωχό σε Νάτριο (0.6 mg/L) νερό, ενώ παράλληλα έχει μικρές ποσότητες σε K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , που αντιστοιχούν σε 0.3 mg/L , $<5 \text{ mg/L}$ και $<5 \text{ mg/L}$. Με βάση το κριτήριο «συγκέντρωση $\text{Na}^+ < 20 \text{ mg/L}$ » το νερό έχει αναγνωριστεί ως φυσικό μεταλλικό.

Στα διαγράμματα Stiff και Schoeller (Διαγράμματα 38, 39), απεικονίζεται ο έντονος χαρακτήρας των κατιόντων του Mg^{2+} και ο πολύ λιγότερο έντονος χαρακτήρας των κατιόντων του Ca^{2+} , ενώ στα ανιόντα επικρατεί το HCO_3^- έναντι των Cl^- και SO_4^{2-} . Στο κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων (Διάγραμμα 40) φαίνεται πιο καθαρά πως το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει το HCO_3^- σε ποσοστό 77%, έπειτα το Mg^{2+} κατά 16% και ακολουθούν τα Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} με 2% το καθένα.

Οι δείκτες ρύπανσης NH_4^+ και NO_3^- είναι σχεδόν ανύπαρκτοι έως μηδενικοί, όπως και το NO_2^- . Το pH είναι 9, δηλαδή ισχυρώς αλκαλικό και η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει μετρηθεί στα $182 \text{ }\mu\text{S/cm}$ και αποτελεί ένδειξη καλής ποιότητας νερού.

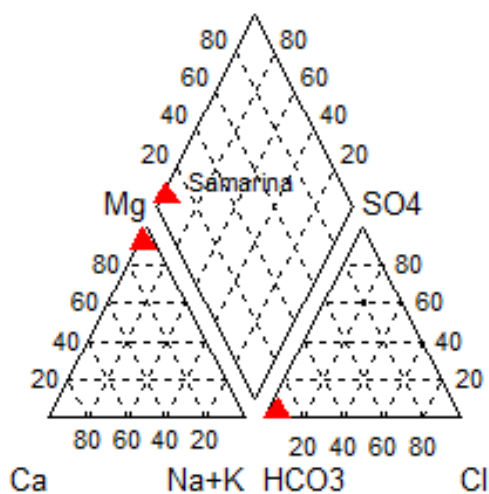
Προκύπτει λοιπόν ότι το νερό έχει μετεωρική προέλευση αφού $\text{Na}^+/\text{K}^+ = 3.25$. Η τροφοδοσία του υδροφορέα γίνεται με εμπλουτισμό, από τη στιγμή που ισχύει ότι $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > 1$ και συγκεκριμένα ο ιοντικός λόγος παίρνει την τιμή 57.5.

Πίνακας 25. Χημικές αναλύσεις του νερού Σαμαρίνα (χημικές αναλύσεις από Ι.Γ.Μ.Ε. 14/11/2018)

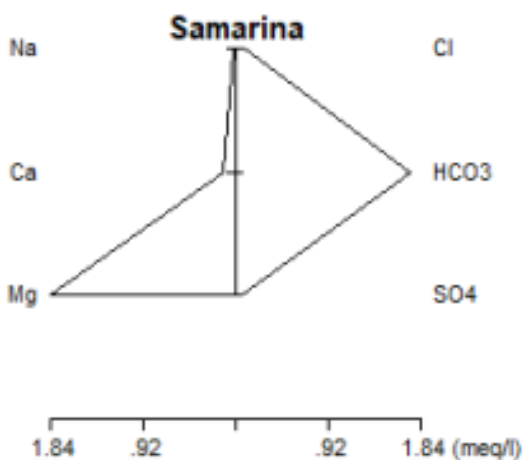
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
2,4	22,3	<0,1	0,6	0,3	9
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S/cm}$)
106	<5	<5	<0,05	1,9	182

Πίνακας 26. Ιοντικοί λόγοι των στοιχείων του νερού Σαμαρίνα

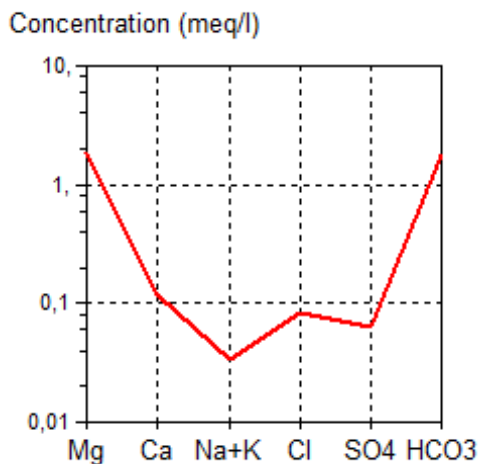
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.13	15.3	57.5	3.25



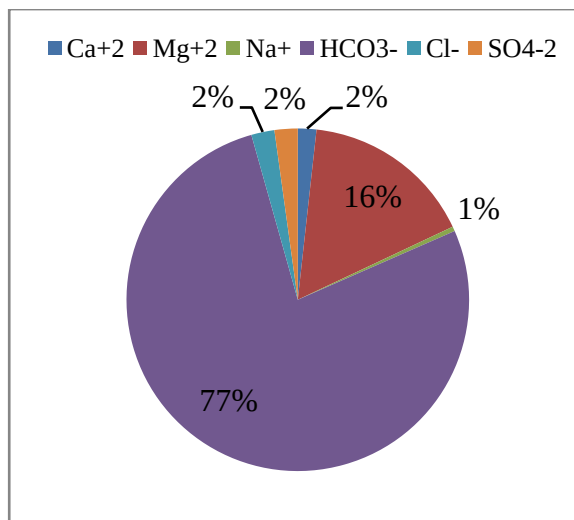
Διάγραμμα 37. Piper



Διάγραμμα 38. Stiff



Διάγραμμα 39. Schoeller



Διάγραμμα 40. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

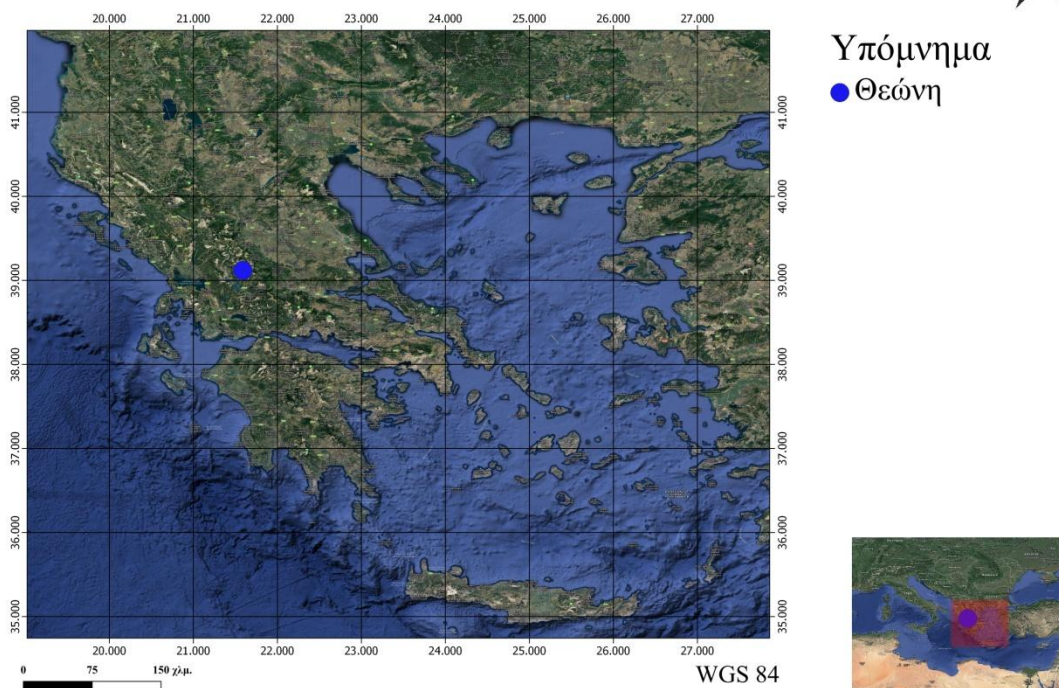
3.1.11 Θεόνη

Σύμφωνα με τα δεδομένα που αναγράφονται επάνω στην ετικέτα του δοχείου, το νερό Θεόνη πηγάζει από τα Άγραφα όρη στην νότια απόληξη της Πίνδου και αναβλύζει από την πηγή ΓΚΟΥΡΑ. Η διάλυση των πετρωμάτων δίνει Ca-HCO₃ χαρακτήρα στο νερό, όπως προκύπτει από το διάγραμμα Piper (Διάγραμμα 41) και από την αναλογία $Mg^{2+}/Ca^{2+} < 0.5$ που υπολογίστηκε πολύ μικρή, με τιμή 0.0034. Οι κυριότερες συγκεντρώσεις που περιέχει το νερό είναι $Ca^{2+} = 47.7$ mg/L και $HCO_3^- = 145$ mg/L, προερχόμενα από ανθρακικά πετρώματα και τον φλύσχη της ζώνης Ωλονού-Πίνδου.

Το Na⁺ έχει συγκέντρωση 1.2 mg/L, μικρότερη δηλαδή από τα 20 mg/L, ορίζοντάς το κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο και χαρακτηρίζοντας το ως φυσικό μεταλλικό. Πολύ μικρές συγκεντρώσεις παρατηρούνται επίσης και στα ιόντα K⁺ (0.3 mg/L), Cl⁻ (<5 mg/L), SO₄²⁻ (<5 mg/L), γεγονός που οφείλεται στη πετρολογία της περιοχής.

Οι σχέσεις μεταξύ των κύριων ιόντων, δηλαδή $Ca^{2+} \gg Na^+ > K^+ > Mg^{2+}$ και $HCO_3^- > SO_4^{2-}$, Cl⁻ είναι ευδιάκριτες στα διαγράμματα Stiff και Schoeller (Διαγράμματα 42,43). Παράλληλα στο κυκλικό διάγραμμα (Διάγραμμα 44) απεικονίζονται στατιστικά τα ποσοστά των κύριων ιόντων. Το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνεται από τα όξινα ανθρακικά ιόντα ως 72%, το αμέσως επόμενο μεγαλύτερο ποσοστό έχει το ασβέστιο 24% και τέλος ακολουθούν τα SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺ και Mg²⁺ με 2%, 1%, 1% και 0% αντίστοιχα.

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 13. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Θεώνη σε περιβάλλον GIS

Τα NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- εντοπίζονται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις σύμφωνα με την νομοθεσία, το pH είναι 8 που υποδηλώνει αλκαλικότητα και, τέλος, η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι σε φυσιολογικά επίπεδα για πόση με τιμή 238 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

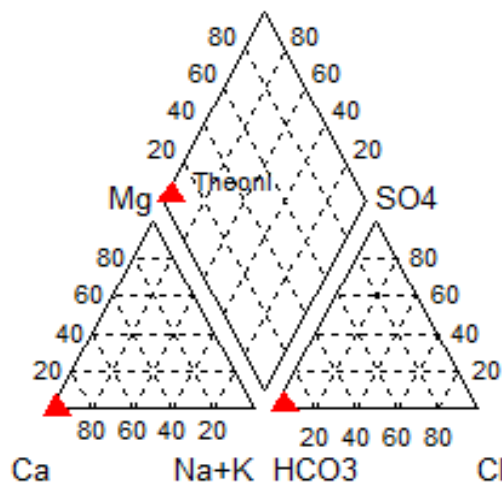
Ο υδροφόρος ορίζοντας εμπλουτίζεται από βρόχινο νερό ($\text{Na}^+/\text{K}^+=6.5$) και η τροφοδοσία γίνεται με συνεχή ρυθμό ($(\text{Mg}^{2+}+\text{Ca}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)=39.8$).

Πίνακας 27. Χημική Ανάλυση του νερού Θεώνη (χημική ανάλυση από Ι.Γ.Μ.Ε. 31/3/2016)

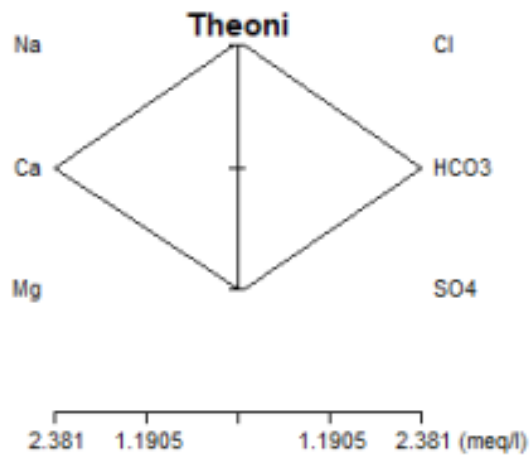
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
47,7	0,1	<0,1	1,2	0,3	8
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
145	<5	<5	<0,05	1,5	238

Πίνακας 28. Ιοντικοί λόγοι των στοιχείων του νερού

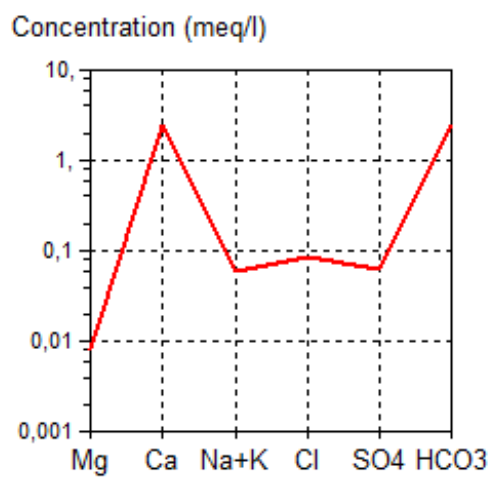
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1	0.0034	39.8	6.5



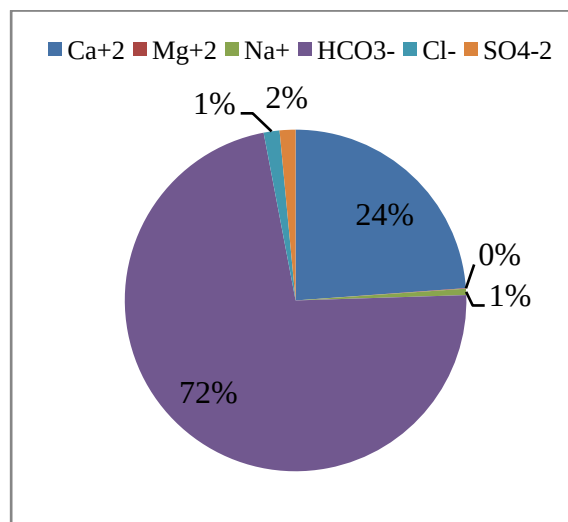
Διάγραμμα 41. Piper



Διάγραμμα 42. Stiff



Διάγραμμα 43. Schoeller



Διάγραμμα 44. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.12 Ιόλη

Ένα ακόμα φυσικό μεταλλικό νερό που πηγάζει από τα ασβεστολιθικά πετρώματα της Ζώνης Ωλονού-Πίνδου είναι το νερό Ιόλη. Αναβλύζει από τους πρόποδες της Οίτης, στην περιοχή της Φθιώτιδας, στην Στερεά Ελλάδα. Τα ανθρακικά πετρώματα μαζί με τον φλύσχη είναι υπεύθυνα για την χημική σύσταση του, καθώς η διάλυση τους προσδίδει στο νερό υψηλές περιεκτικότητες σε HCO_3^- , Ca^{2+} και Mg^{2+} , ικανοποιητικές για να το χαρακτηρίσει ως Ca-Mg-HCO_3 τύπου νερό. Συμπληρωματικά, η ανθρακική προέλευση επιβεβαιώνεται από τον λόγο $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+} = 0.58$. Πιο συγκεκριμένα, οι περιεκτικότητες των ιόντων είναι $\text{Ca}^{2+} = 59.3 \text{ mg/L}$, $\text{Mg}^{2+} = 20.8 \text{ mg/L}$ και $\text{HCO}_3^- = 274 \text{ mg/L}$. Τα χημικά δεδομένα του νερού Ιόλη συλλέχθηκαν από τις χημικές αναλύσεις που βρίσκονται επάνω στην ετικέτα του δοχείου.

Η επικράτησή τους έναντι των Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} και K^+ απεικονίζεται στα διαγράμματα Piper και Schoeller (Διαγράμματα 45, 47). Τα Na^+ , Cl^- και SO_4^{2-} έχουν τιμές 7.33 mg/L , 8.13 mg/L και 10.5 mg/L , αντίστοιχα. Το νερό έχει αναγνωριστεί ως φυσικό μεταλλικό εξαιτίας του νατρίου που έχει μικρότερη συγκέντρωση από τα 20 mg/L καθιστώντας το κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο.

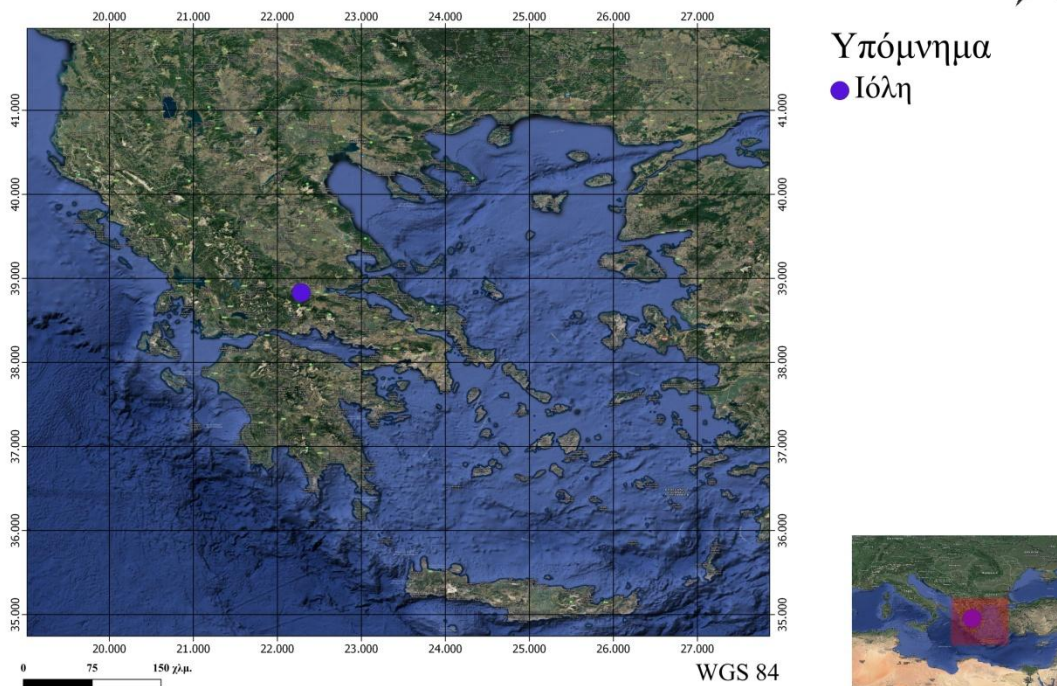
Όπως φαίνεται στο κυκλικό διάγραμμα (Διάγραμμα 48) τα HCO_3^- , Ca^{2+} και Mg^{2+} καταλαμβάνουν συνολικά το 93% των κύριων ιόντων στο νερό, με ποσοστά 72%, 16% και 5% αντίστοιχα. Ενώ υπολείπονται τα ιόντα SO_4^{2-} , Na^+ και Cl^- με ποσοστά 3%, 2% και 2% αντίστοιχα. Στα Διαγράμματα 46 και 47 γίνεται ξεκάθαρη η εξίσου σημαντική συμμετοχή του ασβεστίου και του μαγνησίου από την πλευρά των κατιόντων. Ενώ τα όξινα ανθρακικά ιόντα υπερτερούν κατά πολύ σε σχέση με τα υπόλοιπα κύρια ανιόντα.

Το pH είναι 7.2 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα $410 \text{ }\mu\text{S/cm}$, τιμή πολύ κοντά στην ενδεικτική για ποσιμότητα, αλλά σημαντική για τον χαρακτήρα του νερού. Τα ιόντα NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- εμφανίζουν αρκετά μικρές συγκεντρώσεις με τιμές 0.013 mg/L , $<0.006 \text{ mg/L}$ και 9.55 mg/L αντίστοιχα οι οποίες βρίσκονται κάτω από τα ανώτερα όρια που ορίζει ο νόμος.

Πρόκειται για ένα νερό που ανανεώνεται συνεχώς από βρόχινο νερό ή μπορεί να βρίσκεται σε κάποια ζώνη εμπλουτισμού. Αυτό συμπεραίνεται από τους ιοντικούς

λόγους $\text{Na}^+/\text{K}^+ = 14.5$, τιμή μεταξύ των ορίων που υποδηλώνουν βρόχινο νερό και εμπλουτισμό και $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+) = 13.7$, τιμή που ορίζει τη συνεχή ροή.

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



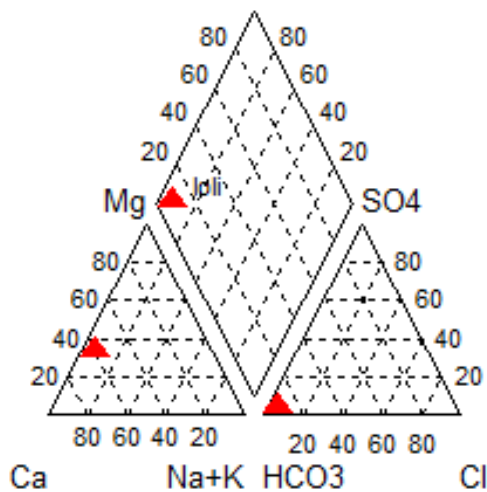
Εικόνα 14. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Ιόλη σε περιβάλλον GIS

Πίνακας 29. Χημική ανάλυση του νερού Ιόλη (χημική ανάλυση από Γ.Χ.Κ. 4/3/2016)

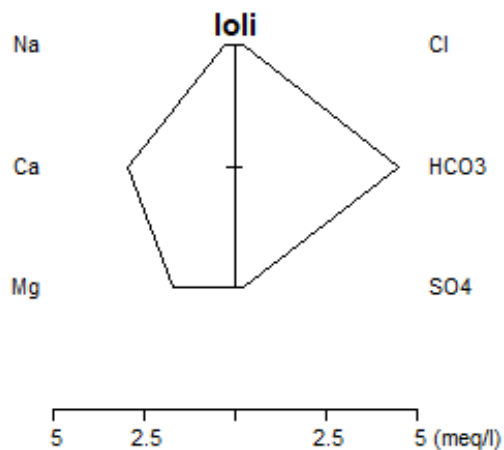
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
59,3	20,8	0,013	7,33	0,85	7,2
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
274	8,13	10,5	<0,006	9,55	410

Πίνακας 30. Ιοντικοί λόγοι του νερού Ιόλη

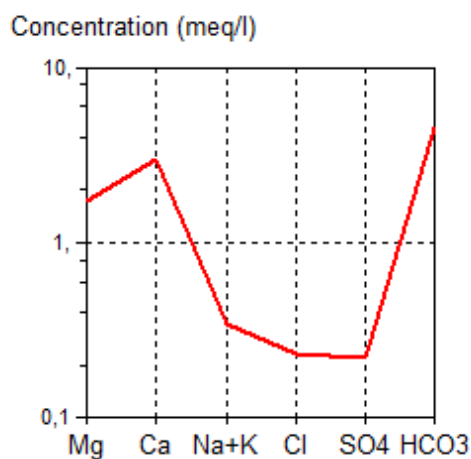
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.04	0.58	13.7	14.5



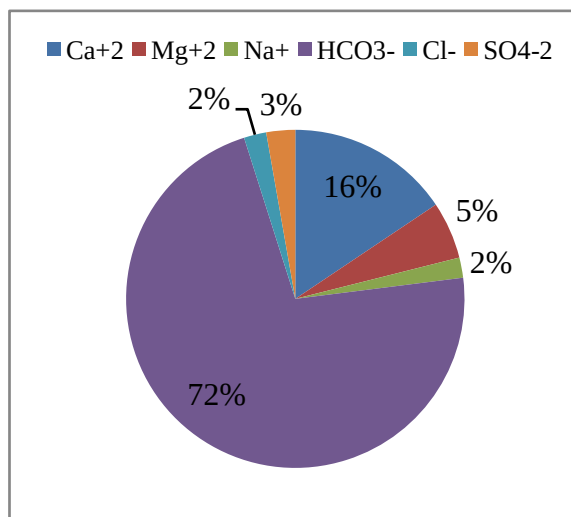
Διάγραμμα 45. Piper



Διάγραμμα 46. Stiff



Διάγραμμα 47. Schoeller



Διάγραμμα 48. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.13 Κορπή

Το νερό Κορπή πηγάζει από την περιοχή Κορπή όπως φαίνεται και από τα δεδομένα στην ετικέτα του νερού από την οποία συλλέχθηκαν και τα φυσικοχημικά δεδομένα, και πιο συγκεκριμένα στα Ακαρνανικά Βουνά στην Δυτική Ελλάδα που ανήκει στην Αδριατικοϊόνιο Ζώνη. Έτσι ο υδροφορέας είναι εμπλουτισμένος από την διάλυση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων που έχουν μεγάλη έκταση στη συγκεκριμένη ζώνη. Ο τύπος του νερού που προκύπτει από τον ιοντικό λόγο $Mg^{2+}/Ca^{2+}=0.05$ είναι $Ca-HCO_3$

με κύρια μεταλλικότητα του νερού το HCO_3^- με 287.9 mg/L και το Ca^{2+} με 94.1 mg/L. Ενώ το Mg^{2+} που σε πολλά νερά είναι σημαντικό ιόν στο νερό Κορπή παίρνει την τιμή 2.6 mg/L.

Χαρακτηρίζεται ως χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα και συγκεκριμένα κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο (Na^+) λόγω της συγκέντρωσης του που μετρήθηκε μικρότερη από 20 mg/L και συγκεκριμένα στα 3.6 mg/L. Δεδομένου αυτού το νερό έχει αναγνωριστεί ως φυσικό μεταλλικό. Το K^+ =0.8 mg/L, το Cl^- =7.3 mg/L και το SO_4^{2-} <5 mg/L. Σε αντίθεση με τα HCO_3^- και Ca^{2+} , τα υπόλοιπα κύρια ιόντα είναι σχετικά αμελητέα συγκριτικά.

Στα διαγράμματα Stiff και Schoeller είναι εμφανής η μεγάλη επικράτηση του HCO_3^- και Ca^{2+} σε αντίθεση με τα Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ . Το ίδιο φαίνεται και στο κυκλικό διάγραμμα, όπου το μεγαλύτερο ποσοστό είναι 72% και ανήκει στα όξινα ανθρακικά ιόντα, το 23% στα ιόντα του ασβεστίου και τα υπόλοιπα ποσοστά μοιράζονται στα ιόντα του μαγνησίου, του νατρίου του χλωρίου και τα θειικά ιόντα.



Εικόνα 15. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Κορπή σε περιβάλλον GIS

Χαμηλές τιμές εμφανίζονται και στα NO_2^- ($<0.05 \text{ mg/L}$), NO_3^- (6.13 mg/L) και NH_4^+ ($<0.05 \text{ mg/L}$). Το pH είναι φυσιολογικό με τιμή 7.52 που του δίνει ελαφρώς αλκαλικό χαρακτήρα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι στα $484 \mu\text{S/cm}$ κατάλληλη για πόση.

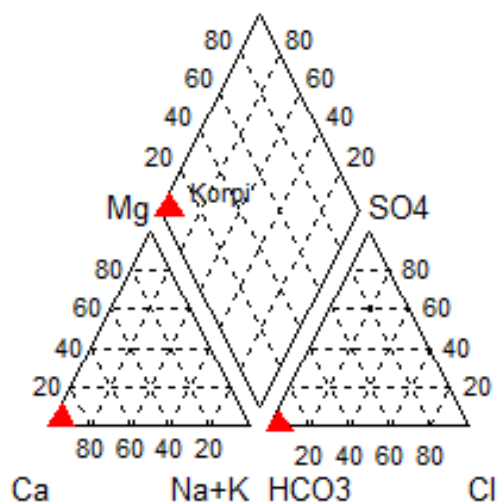
Από τους ιοντικούς λόγους προκύπτει ότι ο υδροφόρος ορίζοντας τροφοδοτείται από τα όμβρια νερά ($\text{Na}^+/\text{K}^+=7.85$) με συνεχή ρυθμό $((\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)=27.74)$.

Πίνακας 31. Χημική ανάλυση του νερού Κορπή (χημική ανάλυση από Ι.Γ.Μ.Ε. 31/3/2017).

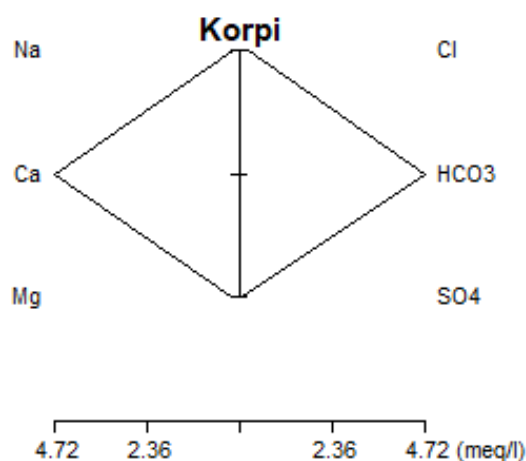
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
94,1	2,6	<0,05	3,6	0,8	7,52
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S/cm}$)
287,9	7,3	<5	<0,05	6,13	484

Πίνακας 32. Ιοντικοί λόγοι του νερού Κορπή

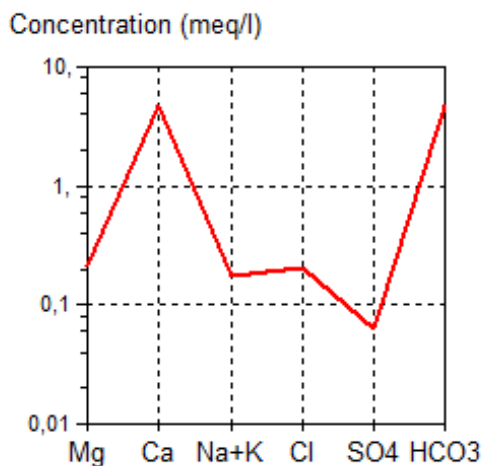
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+}+\text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.04	0.05	27.74	7.85



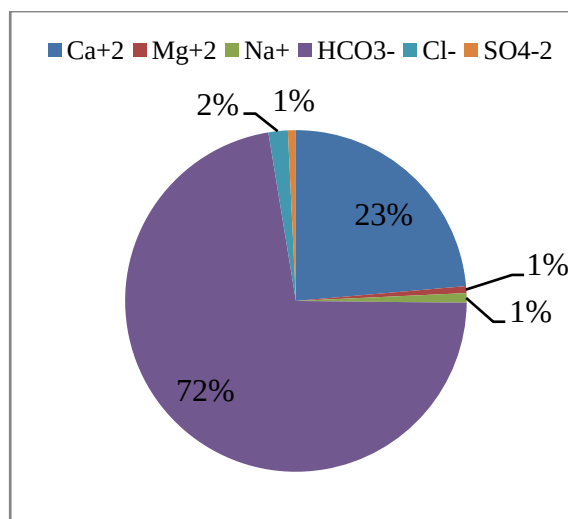
Διάγραμμα 49. Piper



Διάγραμμα 50. Stiff



Διάγραμμα 51. Schoeller



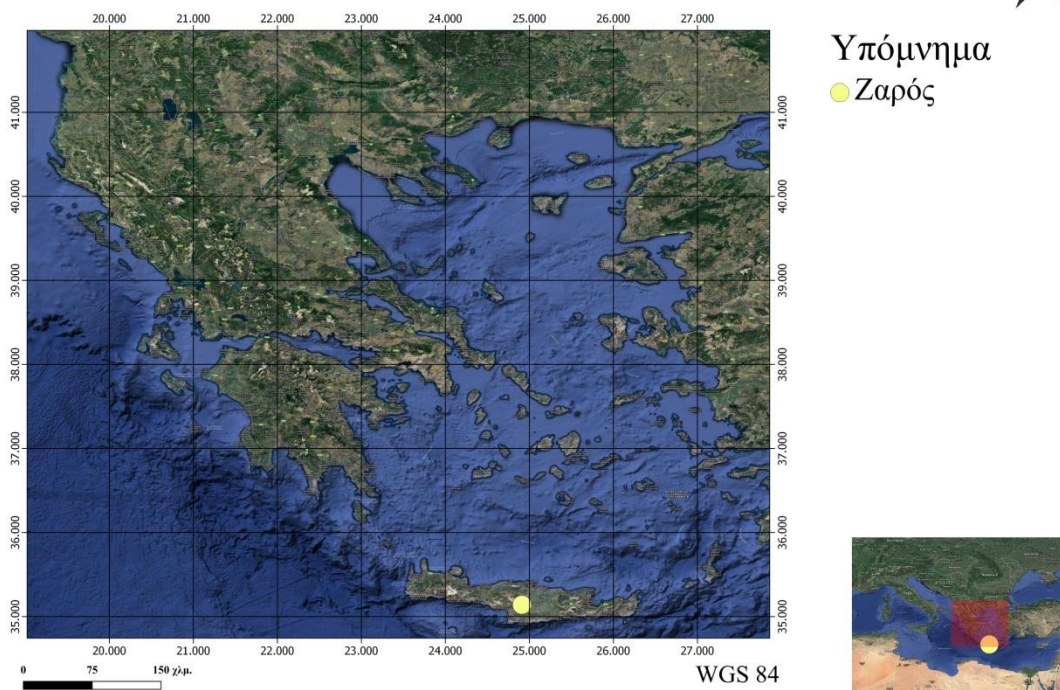
Διάγραμμα 52. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.14 Ζαρός

Το Ζαρός είναι το μοναδικό φυσικό μεταλλικό νερό που βρίσκεται στην Κρήτη. Πιο συγκεκριμένα αναβλύζει από τα ανθρακικά πετρώματα του Ψηλορείτη σε υψόμετρο 402 μέτρων από τη πηγή Αμάτι. Πρόκειται για ένα Ca-Mg-HCO₃ τύπου νερό, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα Piper (Διάγραμμα 53). Οι σημαντικότερες συγκεντρώσεις των ιόντων, σύμφωνα με τα δεδομένα που μου κοινοποιήθηκαν από την ίδια την εταιρεία για την φυσικοχημική ανάλυση τον Οκτώβριο του 2018, είναι οι Ca²⁺ = 30 mg/L, Mg²⁺ = 11 mg/L και HCO₃⁻ = 137 mg/L. Ακόμα από τον ιοντικό λόγο Mg²⁺/Ca²⁺ = 0.6 διαπιστώνεται πως ο χημισμός οφείλεται στην διάλυση των ασβεστολιθικών, δολομιτικών πετρωμάτων και του φλύσχη που εντοπίζονται στην περιοχή.

Ακολουθούν οι συγκεντρώσεις Na⁺ = 6.7 mg/L, Cl⁻ = 14.2 mg/L, K⁺ < 0.5 mg/L και SO₄²⁻ < 5 mg/L. Το νάτριο έχει χαμηλή τιμή, επομένως το νερό θεωρείται κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο, αφού η περιεκτικότητά του βρίσκεται χαμηλότερα από τα 20 mg/L. Εφόσον το νερό πληροί το κριτήριο αυτό αναγνωρίζεται ως φυσικό μεταλλικό.

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 16. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Ζαρός σε περιβάλλον GIS

Στα διαγράμματα Stiff, Schoeller και πίτα κύριων ιόντων (Διαγράμματα 54, 55, 56) γίνεται εμφανής η εξίσου σημαντική περιεκτικότητα των κατιόντων Mg^{2+} , Ca^{2+} και λιγότερο του Na^{+} , καθώς και στην πλευρά των ανιόντων είναι εμφανής η κυρίαρχη εμφάνιση του HCO_3^{-} έναντι της συγκέντρωσης του Cl^{-} και ακόμα εντονότερη απέναντι στον ιόντων του SO_4^{2-} . Αρκετά διαφορετική από τα περισσότερα νερά που μελετήθηκαν είναι η εικόνα που παρουσιάζεται στο κυκλικό διάγραμμα των κύριων ιόντων (Διάγραμμα 56) όπου σχεδόν όλα τα ιόντα καταλαμβάνουν ένα σημαντικό ποσοστό. Αναλυτικά διαπιστώνεται πως τα όξινα ανθρακικά ιόντα καταλαμβάνουν το υψηλότερο ποσοστό 68%, ακολουθούν τα ιόντα του ασβεστίου με ποσοστό 15%, έπειτα του χλωρίου με 7%, του μαγνησίου 5%, του νατρίου 3% και των θειικών ιόντων με 2%.

Τα ιόντα NO_2^{-} , NO_3^{-} και NH_4^{+} εμφανίζουν τιμές πολύ χαμηλές εντός των επιτρεπόμενων ορίων που έχουν δοθεί από τον νόμο και συγκεκριμένα είναι 0.023 mg/L, 3.5 mg/L και <0.07 mg/L αντίστοιχα. Πρόκειται για ένα αλκαλικό νερό με pH=7.9. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι σε φυσιολογικά επίπεδα για πόση με EC=239 $\mu S/cm$, πολύ χαμηλότερη από τη ενδεικτική τιμή που ορίζεται (400 $\mu S/cm$).

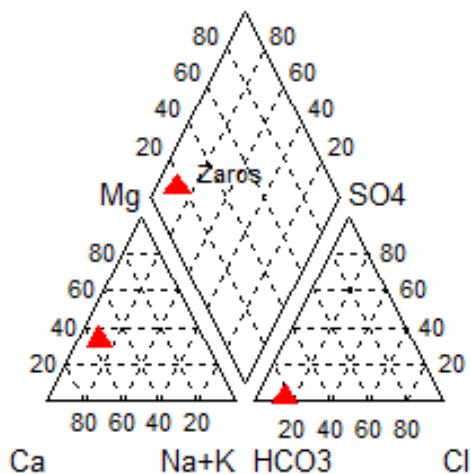
Από τους ιοντικούς λόγους $\text{Na}^+/\text{K}^+=58.2$ και $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)=8.11$ φαίνεται πως ο υδροφορέας βρίσκεται σε περιοχή εκφότρισης.

Πίνακας 33. Χημική ανάλυση του νερού Ζαρός (χημικές αναλύσεις από Χημικοτεχνική 11/10/2018)

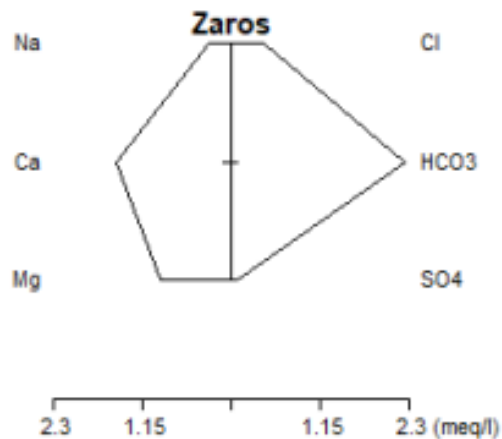
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
30	11	<0,07	6,7	<0,5	7,9
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
137	14,2	<5	0,023	3,5	239

Πίνακας 34. Ιοντικοί λόγοι των στοιχείων του νερού Ζαρός

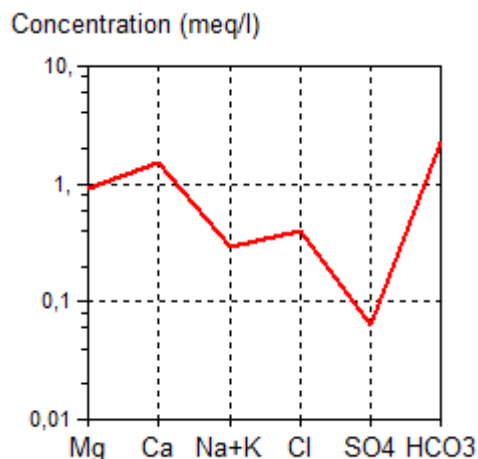
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+}+\text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.07	0.6	8.11	58.2



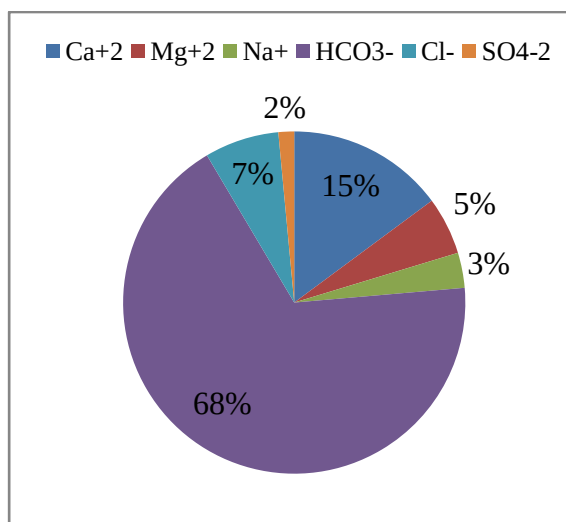
Διάγραμμα 53. Piper



Διάγραμμα 54. Stiff



Διάγραμμα 55. Schoeller

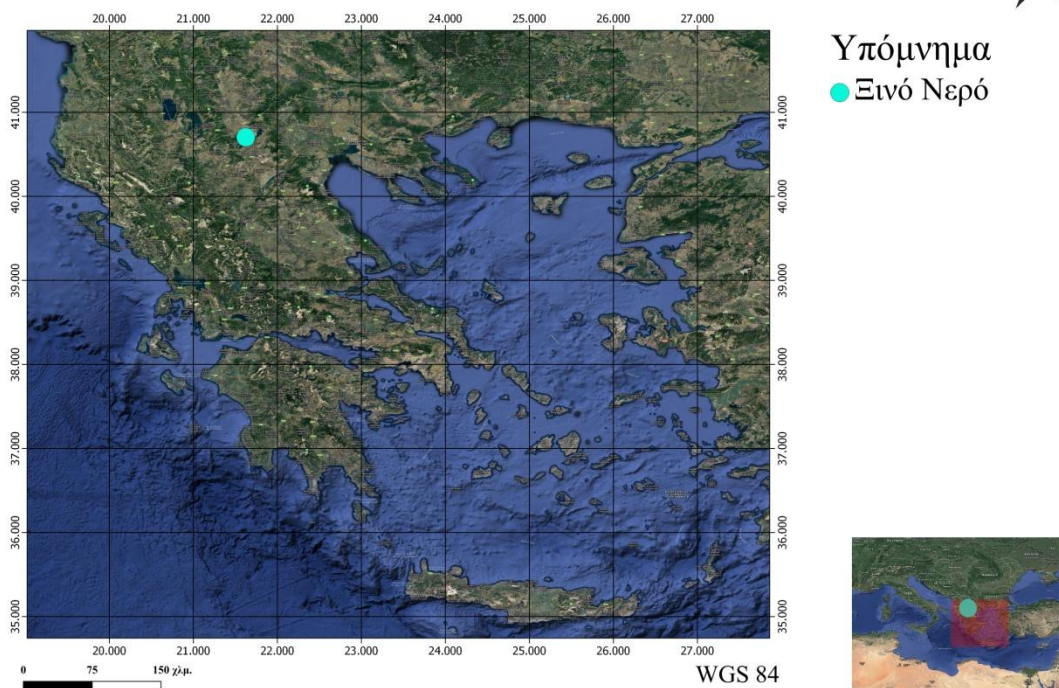


Διάγραμμα 56. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.15 Ξινό Νερό

Το φυσικό μεταλλικό νερό φυσικώς ανθρακούχο Ξινό Νερό τοποθετείται στην Φλώρινα και αναβλύζει από τις ιαματικές πηγές. Από τα δεδομένα που αναγράφονται στην ετικέτα του, χαρακτηρίζεται ως ιαματικό πόσιμο οξυανθρακικό νερό διότι έχει συγκέντρωση HCO_3^- μεγαλύτερη από 600 mg/L. Μελετάται μαζί με τα φυσικά μεταλλικά νερά γιατί είναι φυσικώς ανθρακούχο χωρίς να έχει προστεθεί εκ των υστέρων διοξείδιο του άνθρακα. Η ευρύτερη περιοχή της πηγής ανήκει στην Πελαγονική Ζώνη και χαρακτηρίζεται από νεογενή τεταρτογενή ιζήματα (ελουβιακές αποθέσεις, άμμους, άργιλους, κροκάλες), ανακρυσταλλωμένους ασβεστολίθους με συχνές παρεμβολές δολομιτών και, τέλος, σχιστολίθους και γνευσίους. Η έντονη παρουσία των ανθρακικών σχηματισμών οδήγησε στον εμπλουτισμό του νερού με Ca^{2+} και HCO_3^- . Οι περιεκτικότητες τους είναι πολύ υψηλότερες από τα υπόλοιπα νερά που μελετήθηκαν και έχουν μετρηθεί στα 233 mg/L και 945.81 mg/L, αντίστοιχα. Λόγω του γεγονότος ότι το Ca^{2+} έχει συγκέντρωση μεγαλύτερη από 150 mg/L χαρακτηρίζεται ασβεστούχο. Ενώ λιγότερο εμπλουτισμένο είναι σε Mg^{2+} που μετρήθηκε στα 27.2 mg/L όπως φαίνεται και από τον λόγο $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+} = 0.2$, που παίρνει τιμή πολύ μικρή. Το γεγονός αυτό το κατατάσσει στην κατηγορία των ασβεστούχων οξυανθρακικών νερών. Ανήκει στον Ca-HCO₃ τύπο νερού, όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα Piper (Διάγραμμα 57).

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 17. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Εινό Νερό σε περιβάλλον GIS

Τα ιόντα Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} έχουν μικρές περιεκτικότητες, με τιμές 4.43 mg/L, 1.22 mg/L, 3.8 mg/L και <12.2 mg/L, αντιστοίχως. Η πολύ μικρή περιεκτικότητα του νατρίου (<20 mg/L) δίνει στο νερό χαρακτήρα κατάλληλο για διαίτα χαμηλή σε νάτριο. Στην περιοχή Αγραπίδα Φλώρινας αναβλύζουν θερμές πηγές που πιθανόν να είναι υπαίτιες για τις συγκεντρώσεις του SO_4^{2-} . Το νερό πληροί 3 από τα κριτήρια, Ca^{2+} >150 mg/L, HCO_3^- >600 mg/L και Na^+ <20 mg/L, επομένως ορίζεται φυσικό μεταλλικό.

Στο κυκλικό διάγραμμα (Διάγραμμα 60) απεικονίζεται η ποσοστιαία κατανομή του HCO_3^- με 77%, του Ca^{2+} με 19%, του Mg^{2+} με 2% ενώ τα υπόλοιπα ιόντα συμμετέχουν σε πολύ μικρό βαθμό. Είναι εμφανής στα διαγράμματα Stiff και Schoeller (Διαγράμματα 58 και 59) η έντονη συμμετοχή των συγκεντρώσεων του Ca^{2+} και HCO_3^- , καθώς και η μικρότερη συγκέντρωση του Mg^{2+} συγκριτικά με τα δύο προαναφερθέντα.

Υψηλά ποσά παρατηρήθηκαν και στην ηλεκτρική αγωγιμότητα η οποία ανέρχεται στα 1216 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Το pH είναι 5.96 και θεωρείται σχετικά όξινο, κάτι το οποίο είναι λογικό αφού πρόκειται για ένα οξυανθρακικό νερό. Οι συγκεντρώσεις των NH_4^+ ,

NO_2^- , NO_3^- μετρήθηκαν στα $<0.02 \text{ mg/L}$, $<0.005 \text{ mg/L}$ και 9.5 mg/L , αντίστοιχα και είναι αποδεκτές σύμφωνα με τα κριτήρια.

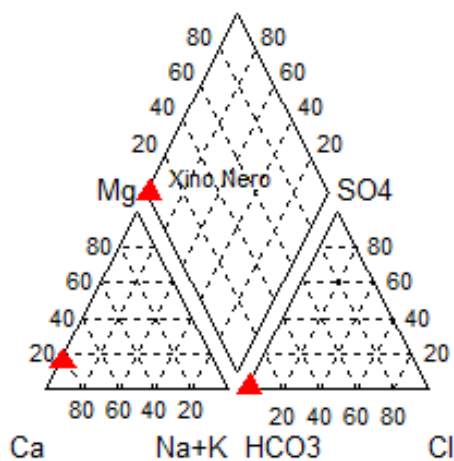
Από τις ιοντικές αναλογίες $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+) = 62.1$ και $\text{Na}^+/\text{K}^+ = 6.23$ προκύπτει ότι ο υδροφορέας βρίσκεται σε περιοχή τροφοδοσίας προς τον υδροφόρο ορίζοντα, και το νερό που φτάνει σ' αυτόν είναι βρόχινο νερό.

Πίνακας 35. Χημική ανάλυση του Ξινού Νερού (φυσικοχημική ανάλυση από ΚΕ.ΠΕ. 2018)

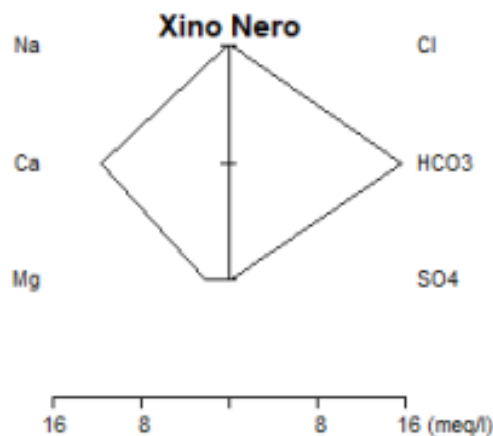
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
233,9	27,2	<0,02	4,43	1,22	5,96
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S/cm}$)
945,81	3,8	<12,2	<0,005	9,5	1216

Πίνακας 36. Ιοντικοί λόγοι στοιχείων του νερού

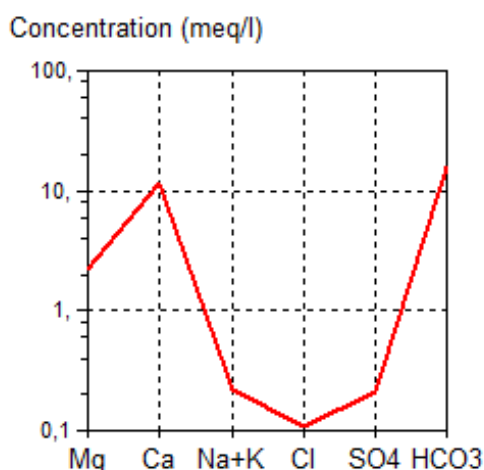
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
0.9	0.2	62.1	6.23



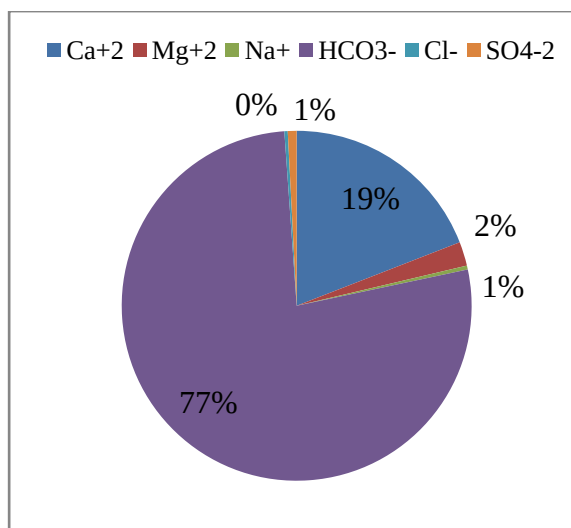
Διάγραμμα 57. Piper



Διάγραμμα 58. Stiff



Διάγραμμα 59. Schoeller



Διάγραμμα 60. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

3.1.16 Υάς

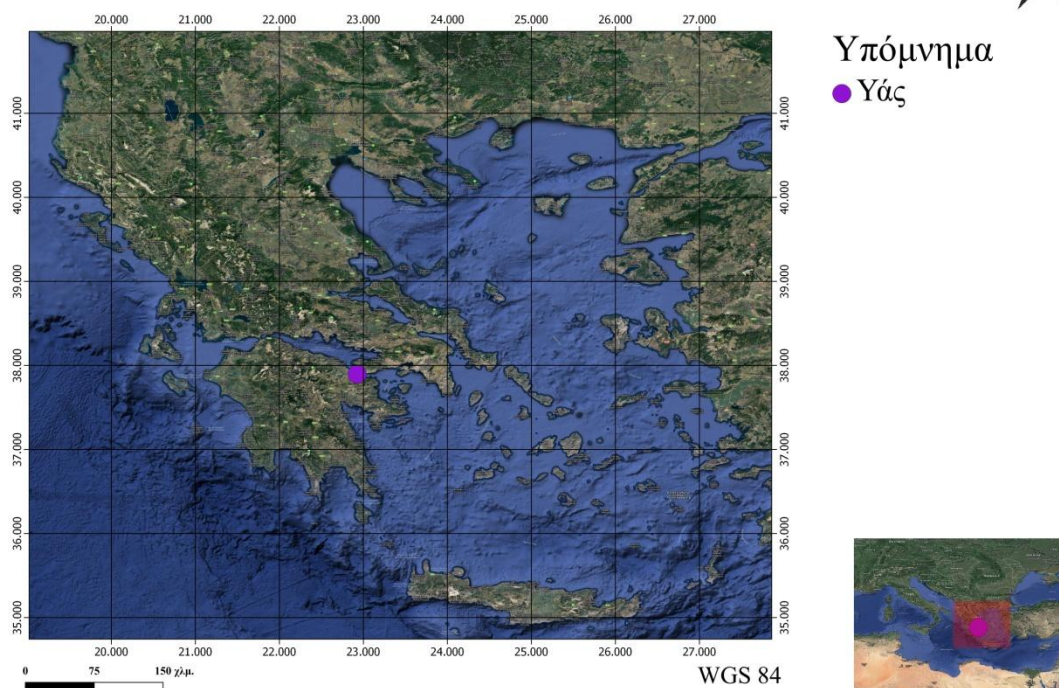
Στην ορεινή ζώνη του Νομού Κορινθίας τοποθετείται η πηγή υδροληψίας Υάς για την οποία έχει γίνει Τεχνική έκθεση ερευνητικού έργου το 2016 (Βουδούρης, Κ., Βενετσάνου, Π., Καζάκης, Ν.), έτσι οι φυσικοχημικές αναλύσεις που προέκυψαν μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία. Το όρος Κυλλήνη ανήκει στην γεωτεκτονική Ζώνη Ωλονού-Πίνδου. Ο υδροχημικός τύπος του νερού είναι Ca-HCO₃ και αυτό οφείλεται στην παρουσία ανθρακικών πετρωμάτων. Οι συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων που επικρατούν είναι τα HCO₃⁻ με 353 mg/L και το Ca²⁺ με 119 mg/L. Όπως φαίνεται το κύριο κατιόν που συμμετέχει είναι το Ca²⁺ έναντι του Mg²⁺ το οποίο μετρήθηκε στα 4.6 mg/L. Επομένως η παρουσία ανθρακικών πετρωμάτων που επηρεάζουν τον χημισμό επιβεβαιώνεται από τον λόγο $Mg^{2+}/Ca^{2+}=0.064$. Ο τύπος του νερού έχει απεικονιστεί στο Διάγραμμα 61 (διάγραμμα Piper) με την προβολή του νερού στο αριστερό πεδίο του ρόμβου.

Λόγω της περιεκτικότητας του νατρίου (5.2 mg/L) κατατάσσεται στα νερά κατάλληλα για δίαιτα χαμηλή σε νάτριο και ορίζεται ως φυσικό μεταλλικό. Τα ιόντα K⁺ και Cl⁻ εντοπίζονται με αρκετά χαμηλές περιεκτικότητες 1.9 mg/L και 5.8 mg/L αντίστοιχα, ενώ τα SO₄²⁻ έχουν σαφώς πιο έντονο χαρακτήρα αφού βρέθηκαν με συγκέντρωση 26 mg/L.

Στο διάγραμμα Stiff (Διάγραμμα 62) απεικονίζεται η επικράτηση του Ca²⁺ στα κατιόντα και του HCO₃⁻ στα ανιόντα με μια μικρή συμμετοχή του SO₄²⁻. Το ίδιο

φαίνεται και στο διάγραμμα Schoeller (Διάγραμμα 63) με τα Ca^{2+} και HCO_3^- να έχουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Ποσοστιαία τα ιόντα κατανέμονται σε 69% στο HCO_3^- , 23% στο Ca^{2+} , 5% στο SO_4^{2-} και τα Mg^{2+} , Na^+ και Cl^- σε 1% το καθένα.

Τοποθεσία Φυσικού Μεταλλικού Νερού



Εικόνα 18. Γεωγραφική τοποθέτηση φυσικού μεταλλικού νερού Υάς σε περιβάλλον GIS

Οι συγκεντρώσεις των NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- είναι μικρές και κάτω από τα ανώτερα όρια που ορίζει ο νόμος. Το pH είναι ασθενώς αλκαλικό με τιμή 7.2 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει τιμή 570 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

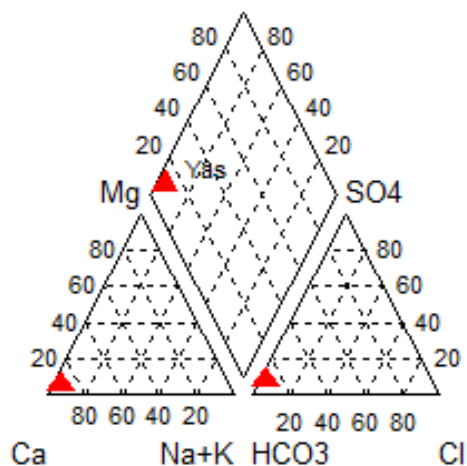
Σύμφωνα με τον ιοντικό λόγο $\text{Na}^+/\text{K}^+=4.61$ το νερό που καταλήγει στον υπόγειο υδροφορέα είναι μετεωρικής προέλευσης. Η τροφοδοσία του είναι συνεχής, σύμφωνα με την τιμή $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^++\text{K}^+)=22.97$.

Πίνακας 37. Χημική ανάλυση του νερού Υάς (φυσικοχημική ανάλυση Τεχνική έκθεση
ερευνητικού έργου Βουδούρης, Βενετσάνου, Καζάκης 1/11/2015).

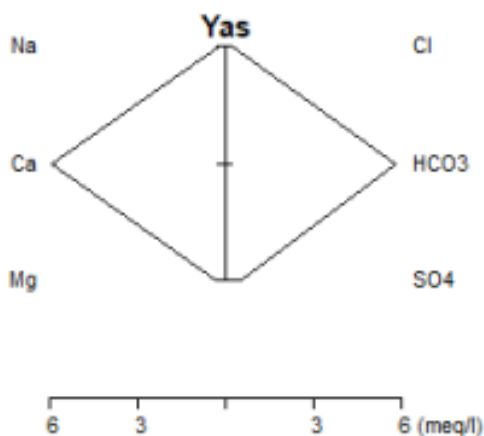
Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	pH
119	4,6	<0,1	5,02	1,9	7,2
HCO_3^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	EC ($\mu\text{S/cm}$)
353	5,8	26	<0,05	8,4	570

Πίνακας 38. Ιοντικοί λόγοι του νερού

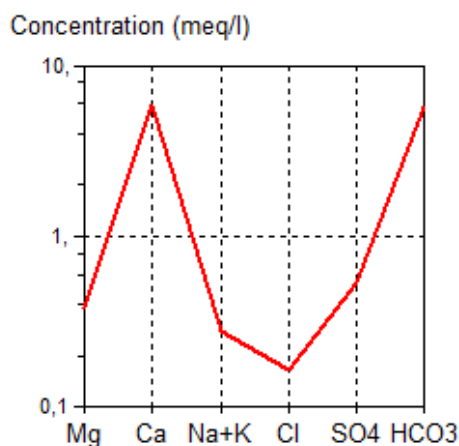
Ιοντικοί Λόγοι			
$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})/\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Na^+/K^+
1.1	0.064	22.97	4.61



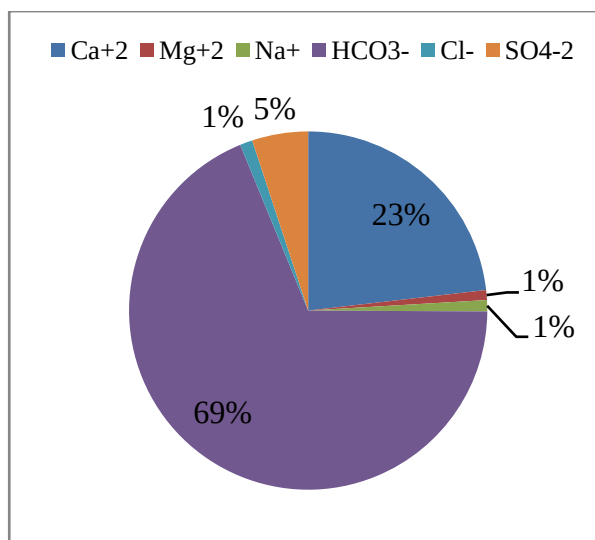
Διάγραμμα 61. Piper



Διάγραμμα 62. Stiff



Διάγραμμα 63. Schoeller



Διάγραμμα 64. Κυκλικό διάγραμμα κύριων ιόντων

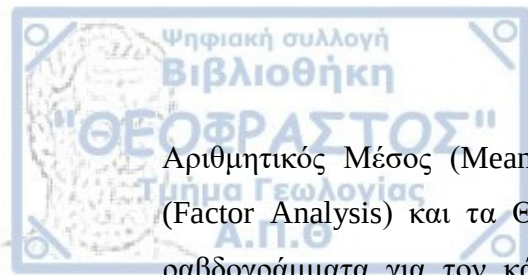
3.2 Στατιστική Επεξεργασία

Πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για τη διερεύνηση των υδροχημικών συνθηκών που επικρατούν γενικά στον Ελλαδικό χώρο σχετικά με τα φυσικά μεταλλικά νερά που υπάρχουν στο εμπόριο. Η αλληλεπίδραση των συστατικών των νερών είναι πολύ σημαντική από υδροχημικής άποψης.

Οι στατιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιβλιογραφία σε διάφορα επιστημονικά πεδία, εξάγοντας σημαντικές πληροφορίες για τα δεδομένα (Voudouris et al., 1997, Voudouris et al., 2002). Στην παρούσα φάση λαμβάνουν μέρος μόνο τα φυσικά μεταλλικά νερά χωρίς καμία επεξεργασία, δηλαδή τα 15 φυσικά μεταλλικά νερά και το 1 φυσικό μεταλλικό νερό φυσικώς ανθρακούχο.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα ιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , NH_4^{+} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , NO_2^{-} , NO_3^{-} και οι παράμετροι pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) Ολική σκληρότητα.

Με τη βοήθεια του προγράμματος IBM SPSS Statistics 25 έγινε η στατιστική ανάλυση και οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν είναι τα Αριθμητικά Περιγραφικά Μέτρα και συγκεκριμένα, η Τυπική Απόκλιση (Standard Deviation), Μικρότερη Τιμή (Minimum), Μεγαλύτερη Τιμή (Maximum), Πλάτος Διασποράς (Range),



Αριθμητικός Μέσος (Mean) κάθε παραμέτρου, έπειτα η Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis) και τα Θηκογράμματα (Boxplot Analysis). Επίσης παράχθηκαν ραβδογράμματα για τον κάθε παράγοντα ξεχωριστά, συγκριτικά για τα 16 νερά μεταξύ τους.

3.2.1 Αριθμητικά Περιγραφικά Μέτρα

Σύμφωνα με τον Βουδούρη (2018), τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα είναι χρήσιμα για την εξαγωγή μιας γενικής εικόνας της υπό εξέταση μεταβλητής. Τα συνηθέστερα για την υδρογεωλογική μελέτη είναι ο Αριθμητικός Μέσος (Mean), η Ελάχιστη (Minimum) και η Μέγιστη Τιμή (Maximum), η Τυπική Απόκλιση (Standard Deviation) και το Πλάτος Διασποράς (Range).

Ο *Αριθμητικός Μέσος ή Μέσος Όρος ή Μέση Τιμή* αποτελεί τον σταθμισμένο μέσο όρο της παραμέτρου και είναι το πιο σημαντικό μέτρο διότι δίνει πληροφορίες για την κεντρική τάση της τιμής της εκάστοτε μεταβλητής.

Το *Πλάτος Διασποράς* μεταφράζεται ως η διαφορά της μεγαλύτερης από την μικρότερη τιμή.

Η *Τυπική Απόκλιση* περιγράφει τη διασπορά της τιμής μιας παραμέτρου από την μέση τιμή, επομένως όταν είναι μικρή θεωρείται πως οι τιμές είναι πολύ κοντά στη μέση.

Πίνακας 39. Στατιστικές παράμετροι για την κάθε μεταβλητή

Παράμετροι	Στατιστικά μέτρα	Τιμές
Ca^{2+} (mg/L)	Mean	72,794
	Std. Deviation	53,6211
	Minimum	2,4
	Maximum	233,9
	Range	231,5
Mg^{2+} (mg/L)	Mean	15,5931
	Std. Deviation	21,99989
	Minimum	0,1
	Maximum	89,7
	Range	89,6
Na^{+} (mg/L)	Mean	4,677
	Std. Deviation	3,787
	Minimum	0,6
	Maximum	13,8
	Range	13,2
K^{+} (mg/L)	Mean	0,8188
	Std. Deviation	0,4914
	Minimum	0,2
	Maximum	1,9
	Range	1,7
HCO_3^{-} (mg/L)	Mean	287,7506
	Std. Deviation	198,21986
	Minimum	106
	Maximum	945,81
	Range	839,81
Cl^{-} (mg/L)	Mean	7,0169
	Std. Deviation	6,38414
	Minimum	0,96
	Maximum	27,3
	Range	26,34
SO_4^{2-} (mg/L)	Mean	8,7956
	Std. Deviation	8,28462
	Minimum	2,29
	Maximum	29
	Range	26,71
NO_3^{-} (mg/L)	Mean	5,6544
	Std. Deviation	3,3391
	Minimum	0,87
	Maximum	10,4
	Range	9,53

	Mean	7,6238
	Std. Deviation	0,63545
	Minimum	5,96
	Maximum	9
	Range	3,04
EC (μS/cm)	Mean	445,244
	Std. Deviation	250,8915
	Minimum	168,9
	Maximum	1216
	Range	1047,1

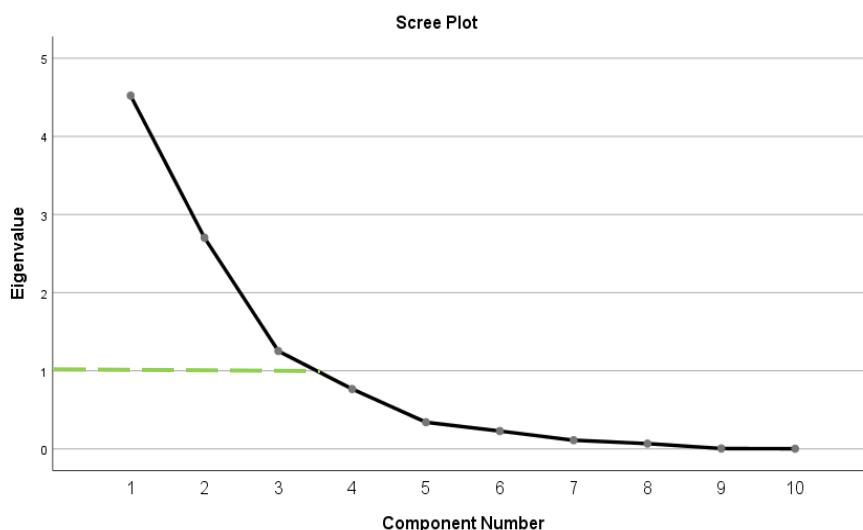
3.2.2 Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis)

Εφαρμόστηκε η παραγοντική ανάλυση R-τύπου κατά την οποία οι αρχικές μεταβλητές οργανώνονται σε πίνακα ύστερα από την "κανονικοποίησή" τους και έπειτα υπολογίστηκε ένας πίνακας διακυμάνσεων (variance matrix) των αρχικών μεταβλητών.

Ο δείκτης Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) και ο δείκτης σφαιρικότητας του Bartlett's Test υποδεικνύουν το μέτρο καταλληλότητας της δειγματοληψίας. Όταν η τιμή του KMO είναι μεγαλύτερη από 0.5 τότε η παραγοντική ανάλυση γίνεται αποδεκτή ως στατιστική μέθοδος επεξεργασίας δεδομένων (Kaiser, 1974). Ο δείκτης σφαιρικότητας ελέγχει ότι ο πίνακας δεν είναι μοναδιαίος επομένως η εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης είναι κατάλληλη μέθοδος. Για τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία ισχύει ότι KMO=0,594 και Bartlett's Test=177 (πίνακας Παράρτημα), επομένως η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί ικανοποιητικά στη συγκεκριμένη περίπτωση. Η επιλογή των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν είναι σημαντική διαδικασία γιατί πρέπει να διατηρηθεί η σημαντικότητα και στα αποτελέσματα.

Οι ιδιοτιμές (eigenvalues) που προκύπτουν δείχνουν το ποσοστό της ολικής διακύμανσης του κάθε παράγοντα, με τη βοήθεια των ιδιοδιανυσμάτων (eigenvectors) γίνεται η ομαλοποίηση ώστε κάθε ιδιοδιάνυσμα να έχει μήκος 1 και στη συνέχεια εξάγονται οι κύριοι παράγοντες (factors) και τα παραγοντικά φορτία (loadings) που ορίζονται από τα ιδιοδιανύσματα. Οι ιδιοτιμές προβάλλουν το ποσοστό της ολικής διακύμανσης του κάθε παράγοντα. Η επιλογή του αριθμού των παραγόντων είναι πολύ κρίσιμο στάδιο για την μετέπειτα ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ο πρώτος τρόπος επιλογής σχετίζεται με τις ιδιοτιμές οι οποίες πρέπει να είναι ίσες ή και μεγαλύτερες της μονάδας.

Ο δεύτερος τρόπος είναι με το κριτήριο Cattell's Scree-test το οποίο απεικονίζει στον άξονα x τον αριθμό των παραγόντων και στον άξονα y τις ιδιοτιμές. Η καμπύλη που σχηματίζεται εμφανίζει ένα σπάσιμο (Διάγραμμα 65). Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, στην περιοχή πριν το σπάσιμο βρίσκονται οι τιμές που επιλέγονται, οι οποίες αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες ιδιοτιμές.



Διάγραμμα 65. Scree Plot από την παραγοντική ανάλυση

Από τον πίνακα των τιμών των κοινών παραγοντικών διακυμάνσεων (communalities) των μεταβλητών (πίνακας, παράρτημα), φαίνεται ότι οι τιμές των κοινών παραγοντικών διακυμάνσεων για κάθε μεταβλητή τείνουν στη μονάδα, επομένως η εφαρμογή είναι αξιόπιστη.

Σ αυτό το σημείο είναι αναγκαία να πραγματοποιηθεί απλούστευση των αποτελεσμάτων γι αυτό το λόγο πραγματοποιείται Περιστροφή (rotation) των αξόνων με βάση το κριτήριο μέγιστης διακύμανσης (varimax) (Kaiser, 1958) και δημιουργία ενός καινούργιου πίνακα (rotated factor matrix).

Στον Πίνακα 40 απεικονίζονται οι παραγοντικές τιμές (factor scores) που ερμηνεύουν την επίδραση του κάθε παράγοντα σε κάθε παράμετρο. Οι τιμές αυτές υποδηλώνουν το πόσο επηρεάζεται από τις υδροχημικές διεργασίες που εκφάζει κάθε παράγοντας. Οπότε οι θετικές τιμές αντιστοιχούν σε επηρεασμένο δείγμα, οι αρνητικές τιμές σε δείγμα που δεν επηρεάζεται καθόλου και οι τιμές κοντά στο μηδέν σε περιοχές επηρεασμένες κατά μέσο όρο από τη χημική διαδικασία.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της παραγοντικής ανάλυσης στα 16 δείγματα φυσικών μεταλλικών νερών στην Ελλάδα αναγνωρίζει τρεις βασικούς παράγοντες που εξηγούν περίπου το 85% της ολικής διακύμανσης (total variance) (Πίνακας 40). Ελέγχθηκε η επίδραση του κάθε παράγοντα σε κάθε δείγμα (factor scores) και προσδιορίστηκαν οι ιδιοτιμές των τριών παραγόντων.

Ασφαλέστερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων δίνει η περιστροφή (rotation) των αξόνων των διατηρούμενων τριών παραγόντων σε νέες θέσεις. Τα στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 40 και ουσιαστικά αποτελούν τους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών και των τριών παραγόντων. Ο πρώτος παράγοντας εκφράζει το 45,22% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και χαρακτηρίζεται από υψηλές θετικές φορτίσεις σε Ca^{2+} (0.919), HCO_3^- (0,944) και σε ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (0,918). Παρατηρείται επίσης υψηλή αρνητική φόρτιση στον παράγοντα pH (-0,862). Οι τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας υποδηλώνουν την παρουσία αλάτων και οι σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις Ca^{2+} και HCO_3^- την έντονη διάλυση ανθρακικών πετρωμάτων.

Ο δεύτερος παράγοντας εκφράζει το 27,03% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων εμφανίζει υψηλές φορτίσεις σε Mg^{2+} (0.942), Na^+ (0.724) και Cl^- (0.915) Ο παράγοντας αυτός μπορεί να θεωρηθεί ένας παράγοντας αλατότητας ή ανάμιξης υπόγειου νερού με θαλασσινό.

Τέλος, ο τρίτος παράγοντας εκφράζει το 12,52% της ολικής διακύμανσης των δειγμάτων και παρουσιάζει υψηλές θετικές τιμές σε SO_4^{2-} (0.823) ως κύριο αποτέλεσμα οξείδωσης θειούχων ορυκτών.

Πίνακας 40. Rotation, συντελεστές συσχέτισης μεταβλητών και παραγόντων

Α.Π.Θ	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3
Ca^{2+}	0,919	-0,314	0,191
Mg^{2+}	0,124	0,942	-0,085
Na^+	-0,023	0,724	0,574
K^+	0,482	0,326	0,644
HCO_3^-	0,944	0,252	0,043
Cl^-	-0,045	0,915	-0,064
SO_4^{2-}	0,106	-0,231	0,823
NO_3^-	0,561	0,086	0,527
pH	-0,862	0,271	-0,241
EC	0,918	0,326	0,124
% of Variance	45,22	27,03	12,525
Cumulative %	45,22	72,25	84,775

Επίδραση από τον πρώτο παράγοντα έχουν τα νερά: Ξινό Νερό (15) με παραγοντική τιμή (factor score) 3.31, Διός (1) με τιμή 0.4, Υάς (16) με τιμή 0.39, Κορπή (13) με τιμή 0.32, Βίκος (4) με τιμή 0.26, Όλυμπος (8) με τιμή 0.04 και Ιόλη (12) με παραγοντική τιμή 0.02 (εικ. 19).

Επίδραση από τον δεύτερο παράγοντα έχει κύρια το νερό Λουτράκι (2) με πολύ ισχυρή παραγοντική τιμή 3.41. Επειδή το νερό βρίσκεται κοντά στη θάλασσα, μπορεί να θεωρηθεί πως έχει επηρεαστεί από διείσδυση θαλασσινού νερού, γιατί η συγκέντρωση Cl^- είναι ελαφρά αυξημένη (Πίνακας 41, εικ. 20).

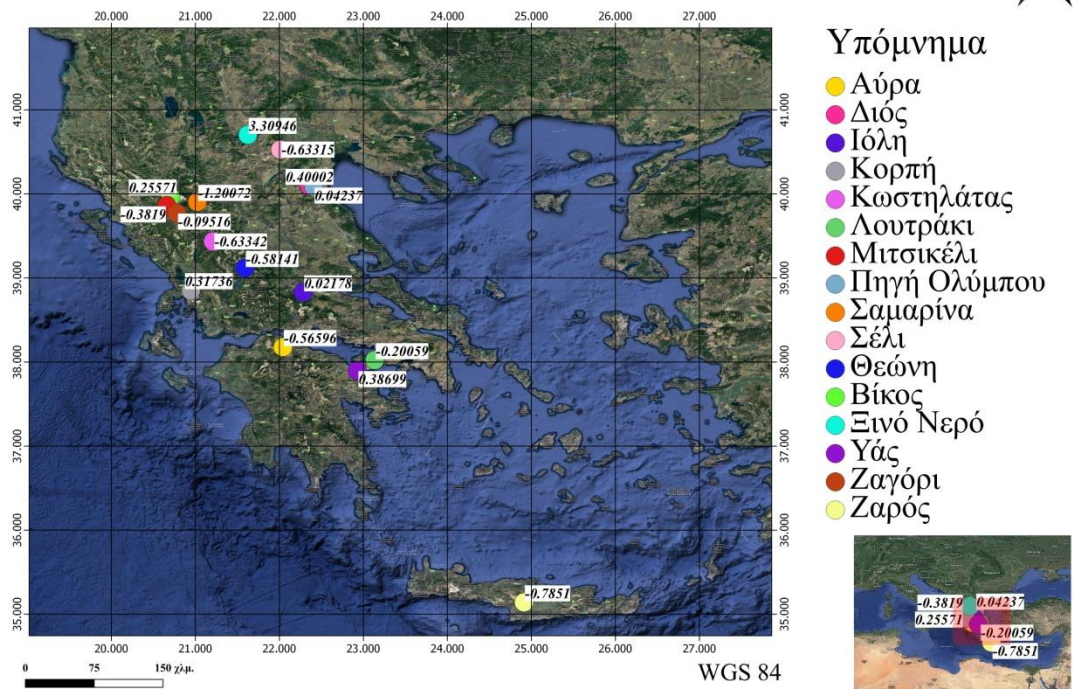
Τέλος, επίδραση από τον τρίτο παράγοντα έχουν τα νερά Υάς (16) με παραγοντική τιμή 2, Σέλι (9) με τιμή 1.62, Αύρα (7) με τιμή 1.45, Όλυμπος (8) με τιμή 0.77, Ιόλη (12) με τιμή 0.61 και το νερό Βίκος (4) με τιμή 0.04 (εικ. 21).

Λόγω του μικρού αριθμού δειγμάτων δεν είναι εφικτό να γίνεται χωρική κατανομή για όλη την χώρα, επομένως έγινε απλή προβολή των παραγοντικών τιμών για κάθε δείγμα για κάθε παράγοντα ξεχωριστά (εικ. 19, 20, 21).

Πίνακας 41. Παραγοντικά φορτία των 3 παραγόντων μετά την περιστροφή.

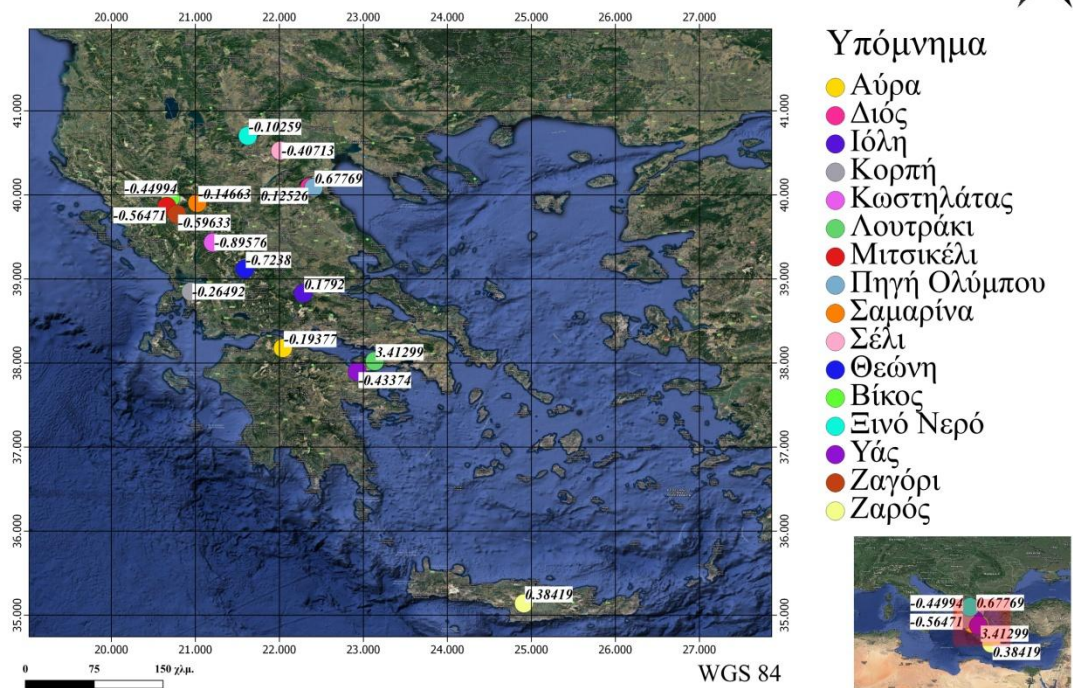
	Φυσικό Μεταλλικό Νερό	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3
1	Λιός	0.40002	0.12526	-0.0034
2	Λουτράκι	-0.20059	3.41299	-0.38866
3	Κωστηλάτας	-0.63342	-0.89576	-1.11026
4	Βίκος	0.25571	-0.44994	0.04881
5	Μιτσικέλι	-0.03819	-0.56471	-0.60644
6	Ζαγόρι	-0.09516	-0.59633	-0.55533
7	Αύρα	-0.56596	-0.19377	1.44508
8	Όλυμπος	0.04237	0.67769	0.77175
9	Σέλι	-0.63315	-0.40713	1.6269
10	Σαμαρίνα	-1.20072	-0.14663	-1.07748
11	Θεόνη	-0.58141	-0.7238	-1.02738
12	Ιόλη	0.02178	0.1792	0.60697
13	Κορπή	0.31736	-0.26492	-0.49514
14	Ζαρός	-0.7851	0.38419	-0.61595
15	Ξινό Νερό	3.30946	-0.10259	-0.62211
16	Υάς	0.38699	-0.43374	2.00265

Παραγοντικές τιμές για τον Παράγοντα 1



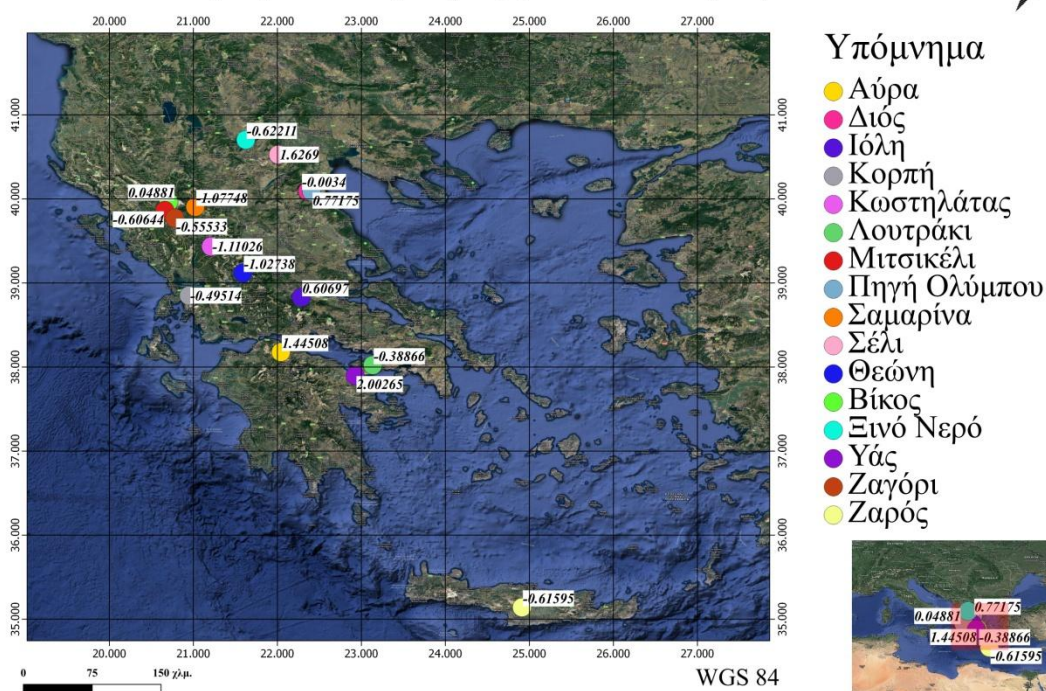
Εικόνα 19. Γεωγραφική τοποθέτηση των παραγοντικών τιμών των νερών για τον Παράγοντα 1

Παραγοντικές τιμές για τον Παράγοντα 2



Εικόνα 20. Γεωγραφική τοποθέτηση των παραγοντικών τιμών των νερών για τον Παράγοντα 2

Παραγοντικές τιμές για τον Παράγοντα 3



Εικόνα 21. Γεωγραφική τοποθέτηση των παραγοντικών τιμών των νερών για τον Παράγοντα 3

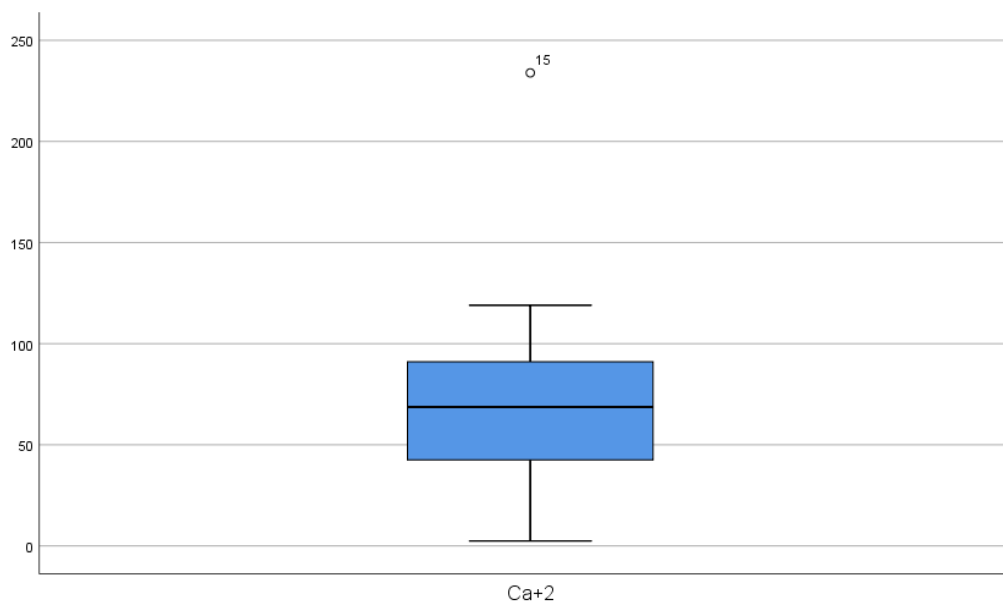
3.2.3 Θηκόγραμμα (Boxplot)

Τα *Θηκογράμματα* (Boxplot) αποτελούν μια καινούργια γραφική παράσταση 5 μέτρων μιας παραμέτρου, της μέγιστης και ελάχιστης τιμής και των Q_1 , Q_2 , Q_3 . Η ελάχιστη τιμή ταυτίζεται με την κάτω παράλληλη γραμμή με τον x άξονα, ενώ την μέγιστη τιμή αντιπροσωπεύει η κάτω παράλληλη γραμμή. Το πρώτο τεταρτημόριο Q_1 ορίζεται ως η τιμή αριστερά της οποίας τοποθετείται το πολύ το 25% των παρατηρήσεων και προβάλλεται ως την κάτω πλευρά του ορθογωνίου, ομοίως ως Q_3 ορίζεται η τιμή αριστερά της οποίας βρίσκεται το πολύ το 75% των παρατηρήσεων, το οποίο συμπίπτει με την άνω πλευρά του ορθογωνίου. Τέλος, η έντονη γραμμή μέσα στο ορθογώνιο είναι το Q_2 και αντιπροσωπεύει τη διάμεσο, δηλαδή δηλώνει πως το 50% των παρατηρήσεων είναι μικρότερο από την συγκεκριμένη τιμή και το 50% μεγαλύτερο. Έτσι, προκύπτει το ενδοτεταρτημοριακό εύρος, δηλαδή το $Q=Q_3-Q_1$ που σημαίνει ότι όσο μικρότερο είναι αυτό τόσο μικρότερη είναι και η διασπορά, άρα παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση των τιμών. Στο θηκόγραμμα μπορεί να παρατηρούνται τιμές που είναι απομακρυσμένες από το σύνολο των

μετρήσεων. Αυτές οι ακραίες τιμές (παράτυπα σημεία) δεν είναι αντιπροσωπευτικές για το δείγμα.

Από το θηκόγραμμα του Διαγράμματος 66, για το κατιόν του ασβεστίου Ca^{2+} για τα δείγματα των φυσικών μεταλλικών νερών προκύπτουν τα εξής:

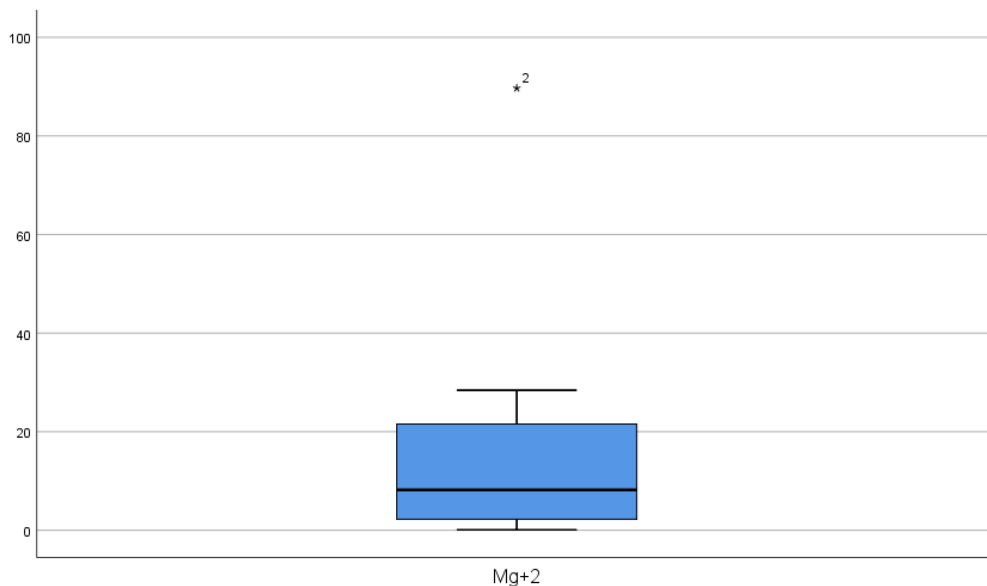
- Η ελάχιστη τιμή είναι ίση με 2.4 mg/L που μετρήθηκε στο νερό Σαμαρίνα
- Η μέγιστη τιμή είναι 119 mg/L και ανήκει στο νερό Υάς, ενώ παρατηρείται μια ακραία τιμή στο Ξινό Νερό (δείγμα 15) με τιμή που καταγράφηκε στα 233.9 mg/L
- Το Q_1 είναι περίπου 43 mg/L άρα το 25% των δειγμάτων βρίσκεται κάτω από 43 mg/L
- Το Q_2 είναι περίπου 69 mg/L έτσι το 50% είναι μικρότερο από 69 mg/L, δεν προσεγγίζει κάποιο τεταρτημόριο περισσότερο, οπότε η κατανομή θεωρείται κανονική
- Το Q_3 είναι περίπου 92 mg/L επομένως το 75% των δειγμάτων παίρνει τιμές μικρότερες από 92 mg/L
- Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος Q είναι 49 mg/L, δηλαδή έχει σχετικά μέτρια διασπορά



Διάγραμμα 66. Θηκόγραμμα για το κατιόν Ca^{2+} (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε mg/L).

Το Διάγραμμα 67 του θηκογράμματος για το ιόν Mg^{2+} δίνει τις εξής πληροφορίες:

- Η ελάχιστη τιμή είναι 0.1 mg/L, συγκέντρωση που εμφανίζεται στο νερό Θεόνη
- Η μέγιστη τιμή που παίρνει το μαγνήσιο είναι 28.4 mg/L και αντιστοιχεί στο νερό Διός. Εντοπίζεται επίσης ένα παράτυπο σημείο με συγκέντρωση 89.7 mg/L του νερού Λουτράκι
- Το Q_1 είναι 2.2 mg/L, γεγονός που σημαίνει ότι το 25% των δειγμάτων έχει περιεκτικότητα μέχρι 2.2 mg/L
- Η διάμεσος είναι 4.3 mg/L ($Q_2=4.3$ mg/L) και βρίσκεται πιο κοντά στο πρώτο τεταρτημόριο
- Το Q_3 είναι 22.2 mg/L, επομένως το 75% των παρατηρήσεων είναι μικρότερο από 22.2 mg/L
- Τέλος, το ενδοτεταρτημοριακό εύρος Q είναι ίσο με 20 mg/L, το οποίο μεταφράζεται σε σχετικά μέτρια διασπορά των τιμών

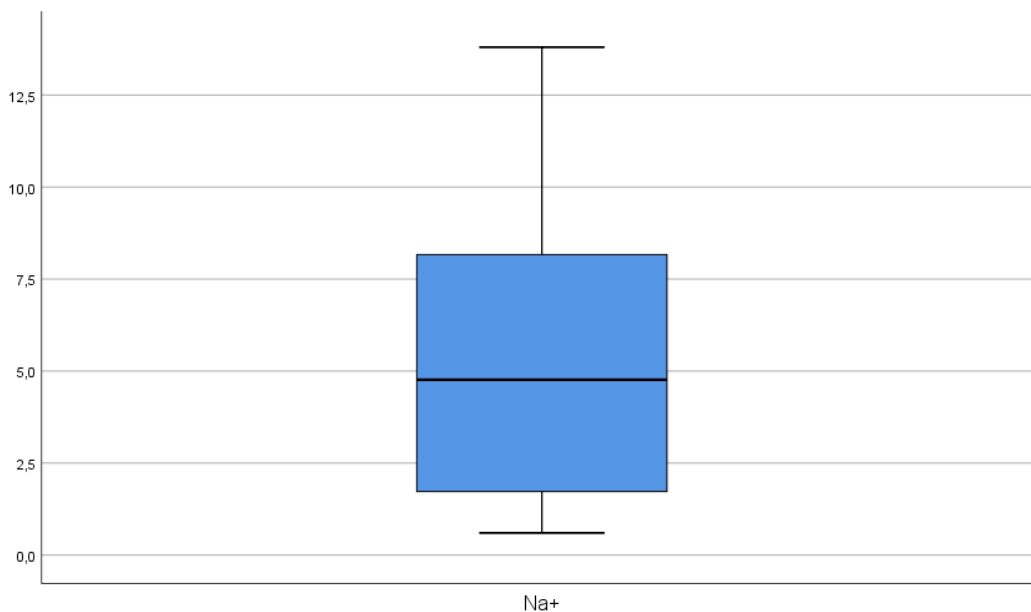


Διάγραμμα 67. Θηκόγραμμα για το κατιόν Mg^{2+} (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε mg/L).

Από το θηκόγραμμα του κατιόντος Na^+ που απεικονίζεται στο Διάγραμμα 68 προκύπτει ότι:

- Η ελάχιστη τιμή είναι 0.6 mg/L στο νερό Σαμαρίνα

- Η μέγιστη τιμή είναι ίση με 13.8 mg/L και απαντάται στο νερό Λουτράκι. Συμπεραίνεται επομένως ότι όλα τα δείγματα βρίσκονται κάτω από το ενδεικτικό όριο των 20mg/L ώστε να χαρακτηριστούν νερά κατάλληλα για δίαιτα πτωχή σε νάτριο
- Το Q_1 είναι 1.67 mg/L επομένως το 25% των παρατηρήσεων παίρνει τιμές κάτω από 1.67 mg/L
- Το Q_2 είναι 4.77 mg/L, δηλαδή το 50% είναι μικρότερο από 4.77 mg/L και το 50% μεγαλύτερο. Βρίσκεται λοιπόν σχεδόν στο κέντρο μεταξύ Q_1 και Q_3 , οπότε πρόκειται για κανονική κατανομή
- Το Q_3 είναι 8.1 mg/L, άρα το 75% των μετρήσεων είναι μικρότερο από 8.1 mg/L
- Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος Q υπολογίστηκε στα 6.43 mg/L, το οποίο χαρακτηρίζεται σχετικά μέτριο

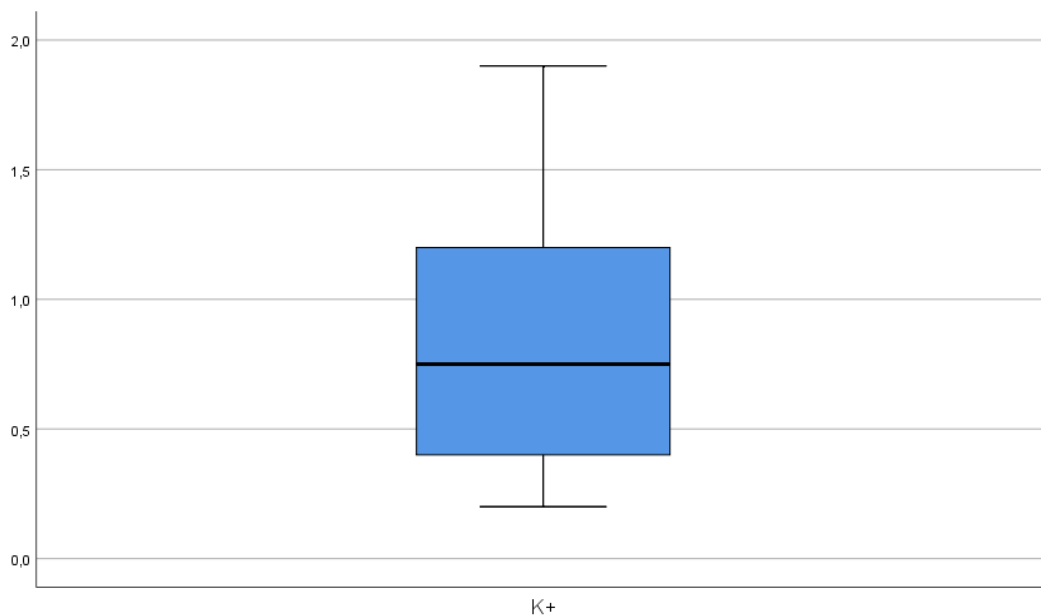


Διάγραμμα 68. Θηκόγραμμα του κατιόντος Na^+ (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε mg/L).

Για το ιόν K^+ και σύμφωνα με το θηκόγραμμα (Διάγραμμα 69) παρατηρήθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Η ελάχιστη τιμή αριθμείται στα 0.2 mg/L στο νερό Κωστηλάτας
- Η μέγιστη τιμή στα 1.9 mg/L περιέχεται στο νερό Υάς

- Το Q_1 είναι περίπου 0.33 mg/L επομένως το 25% των μετρήσεων βρίσκεται σε χαμηλότερη συγκέντρωση από τα 0.33 mg/L
- Το Q_2 είναι 0.7 mg/L το οποίο αποτελεί τη διάμεσο των μετρήσεων, γεγονός που το κατατάσσει στις κανονικές κατανομές
- Το Q_3 έχει τιμή 1.34 mg/L, γεγονός που δείχνει ότι το 75% των παρατηρήσεων είναι μικρότερο από 1.34 mg/L
- Τα δείγματα έχουν μικρή διασπορά για το Κάλιο, κάτι που δείχνει το μεγάλο ενδοτεταρτημοριακό εύρος Q το οποίο υπολογίστηκε στο 1 mg/L
- Κυμαίνεται γενικά σε χαμηλά όρια
- Η χαμηλή συγκέντρωση του Καλίου σε σχέση με το Νάτριο μπορεί να οφείλεται στο γεγονός πως τα καλιούχα ορυκτά διαβρώνονται δυσκολότερα από τα νατριούχα (Saheed Ganiya, 2017)



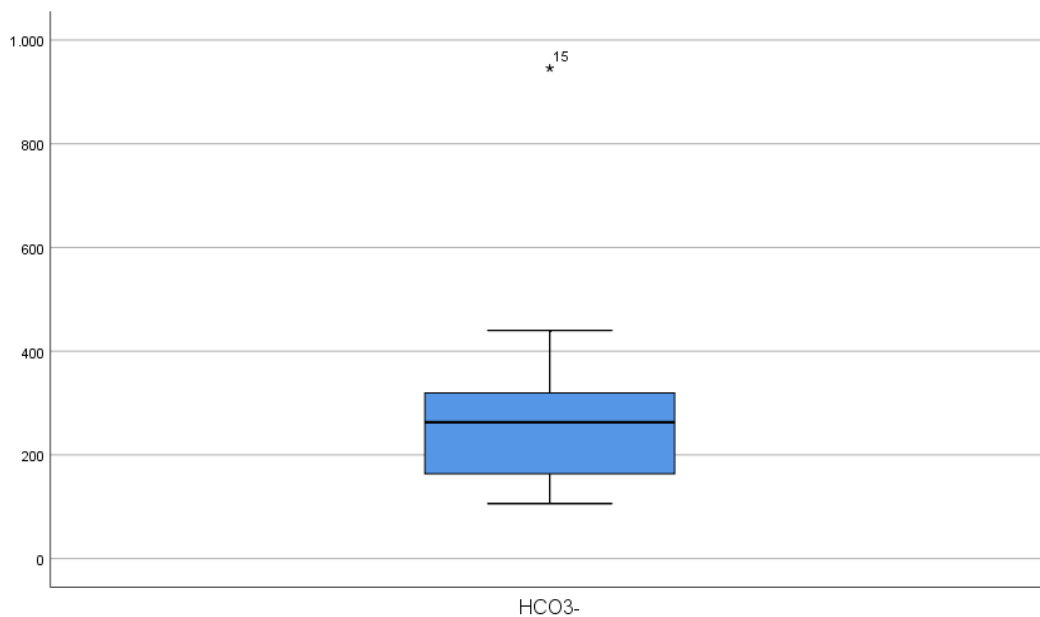
Διάγραμμα 69. Θηκόγραμμα του ιόντος K^+ (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε mg/L).

Από το θηκόγραμμα (Διάγραμμα 70) του ανιόντος HCO_3^- προκύπτουν οι παρακάτω πληροφορίες:

- Η ελάχιστη τιμή είναι 106 mg/L και αντιπροσωπεύει το νερό Σαμαρίνα
- Η μέγιστη τιμή υπολογίστηκε στα 440 mg/L που αντιστοιχεί στο νερό Λουτράκι ενώ εντοπίζεται ένα παράτυπο σημείο που αντιστοιχεί στο Ξινό

Νερό (δείγμα 15), στο οποίο η συγκέντρωση του HCO_3^- έχει τιμή 945.81 mg/L

- Το Q_1 έχει τιμή 162.2 mg/L, δηλαδή το 25% των δειγμάτων είναι μικρότερο από 162.2 mg/L
- Σύμφωνα με το Q_2 που παίρνει την τιμή 259.5 mg/L, συμπεραίνεται πως το 50% των παρατηρήσεων έχουν περιεκτικότητα σε HCO_3^- μικρότερη από 259.5 mg/L. Η τιμή εντοπίζεται σχεδόν στο κέντρο μεταξύ Q_1 και Q_3 , χαρακτηριστικό που έχουν οι κανονικές κατανομές
- Το Q_3 έχει τιμή 316.7 mg/L, επομένως το 75% των παρατηρήσεων βρίσκεται πριν τα 316.7 mg/L
- Το Q αντιστοιχεί σε 154.5 mg/L, το οποίο μεταφράζεται σε σχετικά μέτρια διασπορά των τιμών



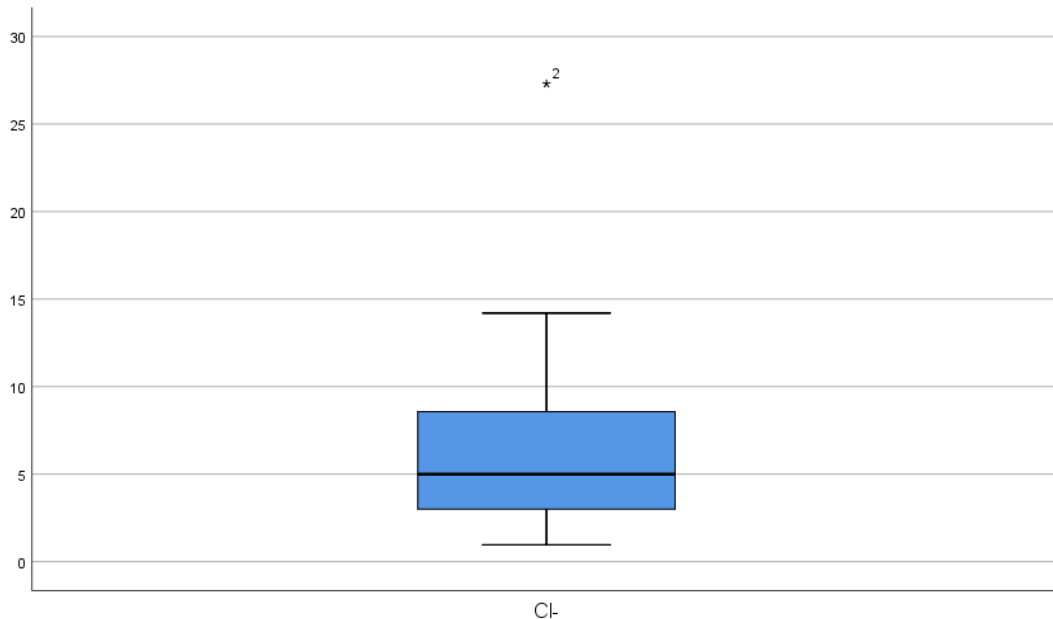
Διάγραμμα 70. Θηκόγραμμα των όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-) (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε mg/L).

Το θηκόγραμμα του ανιόντος του Cl^- (Διάγραμμα 71) παρουσιάζει τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Η ελάχιστη τιμή που παρατηρείται είναι 0.96 mg/L, συγκέντρωση που μετρήθηκε στο νερό Κωστηλάτας
- Η μέγιστη τιμή βρέθηκε στα 14.2 mg/L και αντιστοιχεί στο νερό Ζαρός, ενώ φαίνεται πως το νερό Λουτράκι (δείγμα 2) αποτελεί παράτυπο σημείο με τιμή

27.3 mg/L μεγαλύτερη από την ενδεικτική (20 mg/L). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι το μοναδικό φυσικό μεταλλικό νερό που ονομάζεται χλωριούχο.

- Το Q_1 είναι περίπου 3 mg/L, δηλαδή το 25% των παρατηρήσεων έχει περιεκτικότητα κάτω από 3 mg/L
- Το Q_2 είναι 5 mg/L, επομένως το 50% των νερών που μελετήθηκαν έχουν περιεκτικότητα μικρότερη από 5 mg/L και το 50% μεγαλύτερη, άρα πρόκειται για μια κανονική κατανομή
- Το 75% των δειγμάτων παίρνει τιμή μικρότερη από 8.55 mg/L κάτι που προκύπτει από το Q_3 , το οποίο βρέθηκε στα 8.55 mg/L
- Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος Q υπολογίστηκε στα 5.55 mg/L, γεγονός που δείχνει τη μέτρια προς μικρή διασπορά του δείγματος
- Οι πολύ χαμηλές περιεκτικότητες ιόντων χλωρίου οφείλονται στην απουσία φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων όπως ανόργανα λιπάσματα, προϊόντα χωματερής, ζωοτροφές, θαλάσσια διεύδυση στην γύρω περιοχή από τους υδροφορείς (Chavan and Zambare, 2014).

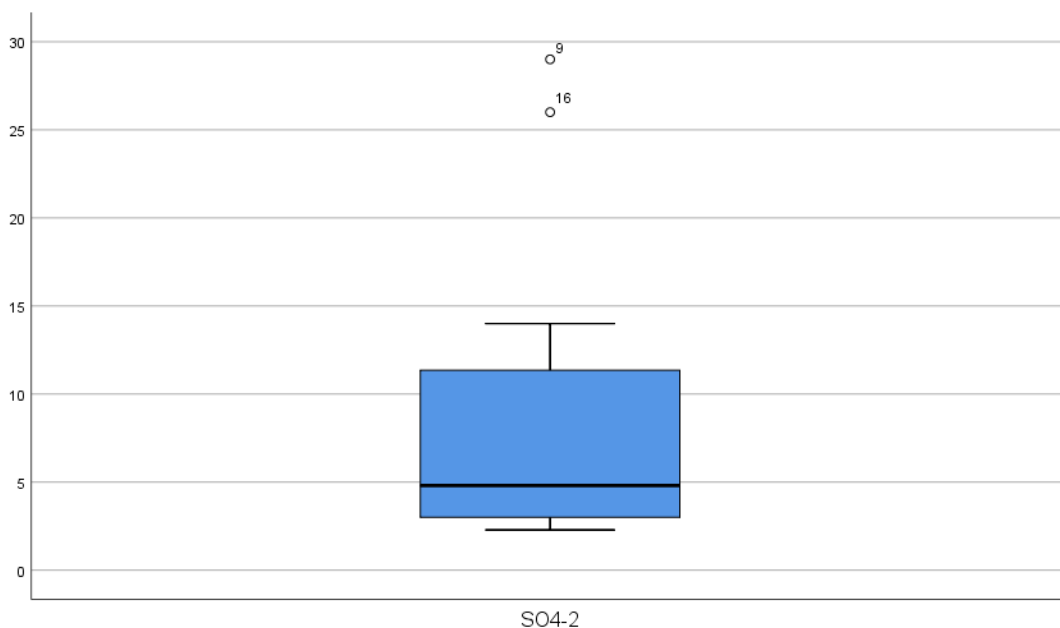


Διάγραμμα 71. Θηκόγραμμα του ανιόντος Cl^- (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε mg/L).

Από το θηκόγραμμα του SO_4^{2-} (Διάγραμμα 72) εξάγονται τα εξής αποτελέσματα:

- Η ελάχιστη τιμή είναι 2.29 mg/L και αντιστοιχεί στο νερό Κωστηλάτας

- Η μέγιστη από το boxplot είναι 14 mg/L , συγκέντρωση η οποία ανήκει στο νερό Αύρα. Παράλληλα όμως παρατηρούνται και δύο παράτυπα σημεία, με το νερό Σέλι (δείγμα 9) να έχει τιμή 29 mg/L και το Υάς (δείγμα 16) παίρνει την τιμή 26 mg/L
- Το Q_1 είναι 2.9 mg/L, άρα το 25% των δειγμάτων είναι μικρότερο από τη συγκέντρωση 2.9 mg/L
- Σύμφωνα με το Q_2 που είναι περίπου 5 mg/L, συμπεραίνεται ότι το 50% των δειγμάτων έχουν τιμές κάτω από 5 mg/L και το 50% μεγαλύτερες. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, είναι πιο κοντά στο πρώτο τεταρτημόριο επομένως η κατανομή δεν είναι κανονική
- Το Q_3 βρέθηκε στα 11.3 mg/L, άρα το 75% έχει μικρότερη συγκέντρωση από 11.3 mg/L
- Το Q υπολογίστηκε στα 8.4 mg/L, συμπεραίνοντας τη μεγάλη διασπορά του υπο μελέτη δείγματος
- Όλα τα νερά έχουν τιμές πολύ χαμηλότερες από την ενδεικτική τιμή των 200 mg/L

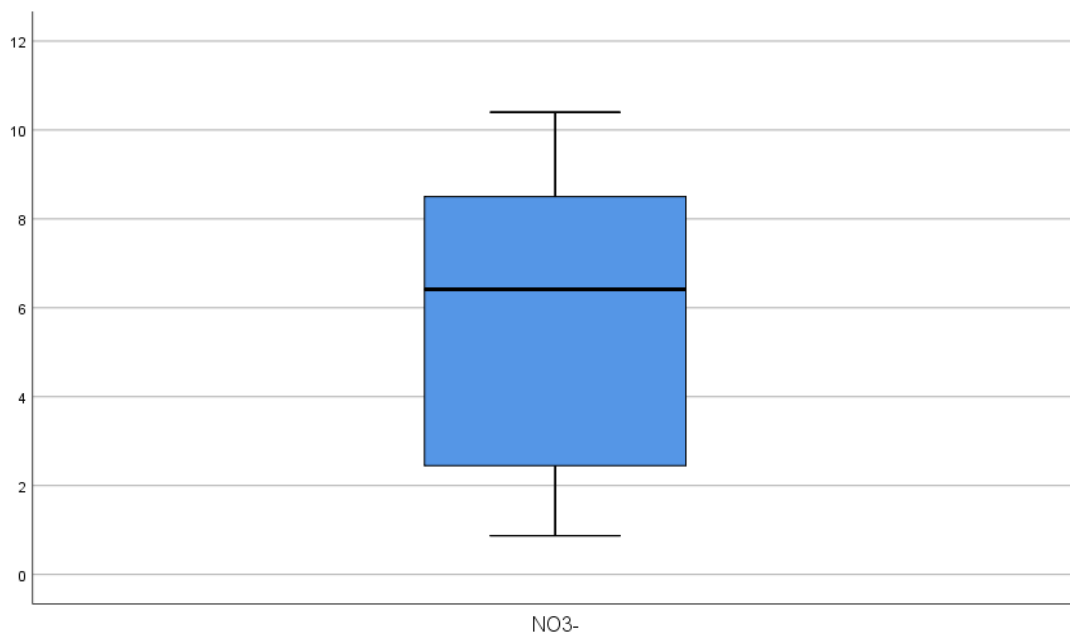


Διάγραμμα 72. Θηκόγραμμα των SO_4^{2-} (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε mg/L).

Σύμφωνα με το θηκόγραμμα του NO_3^- (Διάγραμμα 73) έχουν προκύψει τα παρακάτω:

- Η ελάχιστη τιμή είναι 0.87 mg/L στο νερό Κωστηλάτας
- Η μέγιστη τιμή είναι 10.4 mg/L που εντοπίζεται στο νερό Όλυμπος

- Το Q_1 έχει τιμή 2.4 mg/L, επομένως το 25% των συγκεντρώσεων έχουν τιμές κάτω από 2.4 mg/L
- Το Q_2 έχει τιμή 6.4 mg/L, άρα το 50% των παρατηρήσεων παίρνουν τιμή μικρότερη από 6.4 mg/L και 50% μεγαλύτερη, καθώς το διάγραμμα παρατηρείται πως προσεγγίζει λίγο περισσότερο το τρίτο τεταρτημόριο
- Το Q_3 έχει τιμή 8.5 mg/L, άρα το 75% των συγκεντρώσεων έχουν τιμή μικρότερη από 8.5 mg/L
- Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος Q υπολογίστηκε στα 5.9 mg/L το οποίο δείχνει μικρή συγκέντρωση τιμών, άρα μεγάλη διασπορά

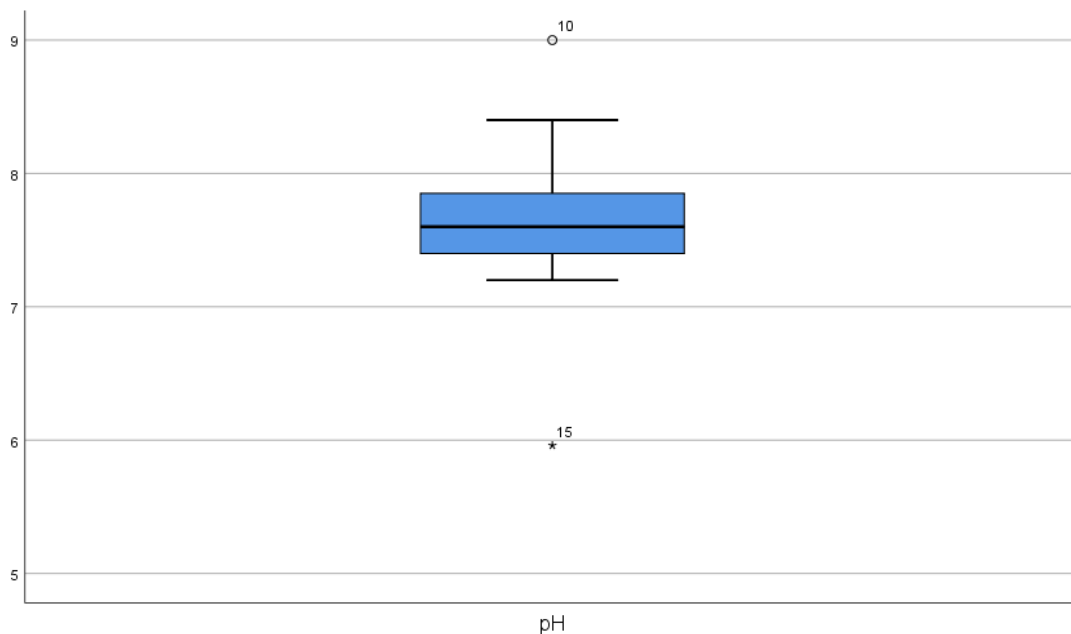


Διάγραμμα 73. Θηκόγραμμα των νιτρικών ιόντων NO_3^- (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε mg/L).

Από το θηκόγραμμα της παραμέτρου pH (Διάγραμμα 74) προκύπτουν τα εξής:

- Η ελάχιστη τιμή είναι 7.2 την οποία αντιπροσωπεύουν τα νερά Υάς και Ιόλη, ενώ εντοπίζεται ένα παράτυπο σημείο το οποίο παρουσιάζει τιμή 5.96, χαρακτηρίζεται σχετικά όξινο και αντιστοιχεί στο δείγμα 15 δηλαδή στο φυσικώς ανθρακούχο Ξινό Νερό. Από την νομοθεσία τα επιτρεπόμενα όρια είναι μεταξύ 6.5 και 9.5 αλλά για τα ανθρακούχα το ελάχιστο επιτρεπτό όριο είναι χαμηλότερα σύμφωνα με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787.
- Η μέγιστη τιμή είναι 8.4 για το νερό Λουτράκι, ενώ παρατηρείται μια ακραία τιμή για το νερό Σαμαρίνα (δείγμα 10) με αυτή να υπολογίζεται στο 9

- Το Q_1 έχει τιμή 7.4, δηλαδή το 25% του δείγματος έχει τιμές κάτω από 7.4
- Το Q_2 έχει τιμή 7.6, άρα το 50% έχει μικρότερες τιμές από 7.6 και το 50% μεγαλύτερες. Η τιμή του Q_2 είναι στο μέσο μεταξύ των Q_1 και Q_3 , επομένως η κατανομή είναι κανονική
- Το Q_3 έχει τιμή 7.87, δηλαδή το 75% παίρνει τιμές κάτω από 7.87
- Το Q υπολογίστηκε στα 0.47 και χαρακτηρίζεται μικρό, επομένως υπάρχει πολύ μεγάλη συγκέντρωση των τιμών
- Τα φυσικά μεταλλικά νερά είναι κατά κύριο λόγο αλκαλικά



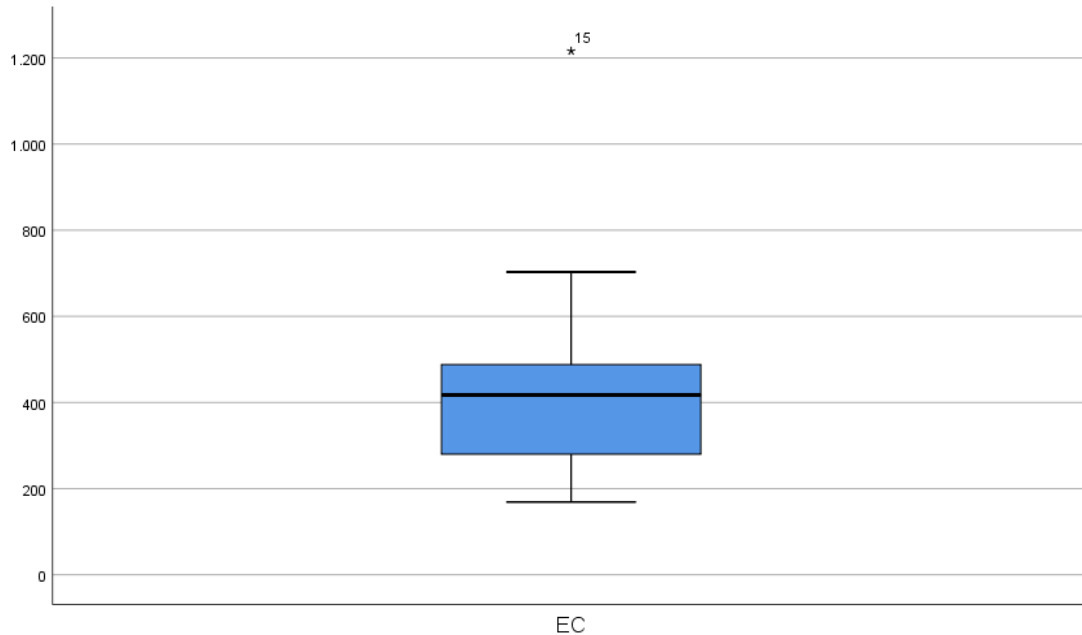
Διάγραμμα 74. Θηκόγραμμα της παραμέτρου pH

Τέλος η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) μέσω του boxplot (διάγραμμα 75) εξάγει τα εξής αποτελέσματα:

- Το νερό Κωστηλάτας έχει την ελάχιστη τιμή στα 168.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Η μέγιστη τιμή βρέθηκε στα 703 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στο νερό Λουτράκι, ενώ παρατηρείται ένα παράτυπο σημείο που αντιστοιχεί στο Ξινό Νερό (δείγμα 15) και έχει τιμή 1216 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Το Q_1 έχει τιμή 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$, γεγονός που σημαίνει ότι το 25% των παρατηρήσεων παίρνει τιμές μικρότερες από 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Το 50% έχει τιμή μικρότερη από 413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Q_2) και το 50% μεγαλύτερη, γεγονός που δείχνει πως σχεδόν τα μισά δείγματα (8) έχουν τιμή ανώτερη από την ενδεικτική (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Η διάμεσος λοιπόν βρίσκεται σχεδόν στη μέση,

μεταξύ του πρώτου και τρίτου τεταρτημορίου. Συμπερασματικά προκύπτει ότι η κατανομή είναι κανονική,

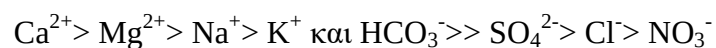
- Το Q_3 έχει τιμή 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$, άρα το 75% των δειγμάτων έχει τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας μικρότερες από 480 mg/L
- Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος Q προκύπτει ότι είναι 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Το δείγμα εμφανίζει σχετικά μικρή διασπορά



Διάγραμμα 75. Θηκόγραμμα της Ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) (οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι εκφρασμένες σε $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Ο Πίνακας 42 έχει διαμορφωθεί με βάση τα θηκογράμματα εξαιρώντας τα παράτυπα σημεία.

Σύμφωνα με τις τιμές των αριθμητικών μέσων, συμπεραίνεται πως γενικά ακολουθείται η παρακάτω σειρά κύριων ιόντων:



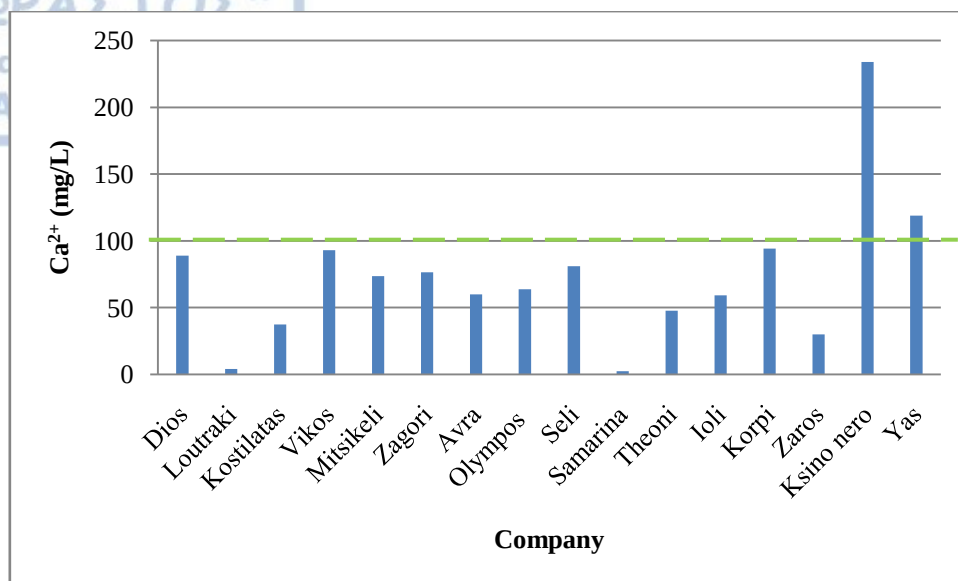
Πίνακας 42. Αποτελέσματα στατιστικών αναλύσεων για τα 16 δείγματα φυσικών μεταλλικών νερών

Παράμετρο	Αριθμητικός μέσος	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Τυπική απόκλιση	Πλάτος διασποράς
Ca ²⁺ (mg/L)	62.05	2.4	119	32.08	116.6
Mg ²⁺ (mg/L)	10.65	0.1	28.4	9.67	28.3
Na ⁺ (mg/L)	4.67	0.6	13.8	3.78	13.2
K ⁺ (mg/L)	0.82	0.2	1.9	0.49	1.7
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	243.88	106	440	92.17	334
Cl ⁻ (mg/L)	5.66	0.96	14.2	3.4	13.24
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	6.12	2.29	14	4	11.71
NO ₃ ⁻ (mg/L)	5.65	0.87	10.4	3.34	9.53
pH	7.64	7.2	8.4	0.31	1.2
EC (μS/cm)	393.86	168.9	703	143.88	534.1

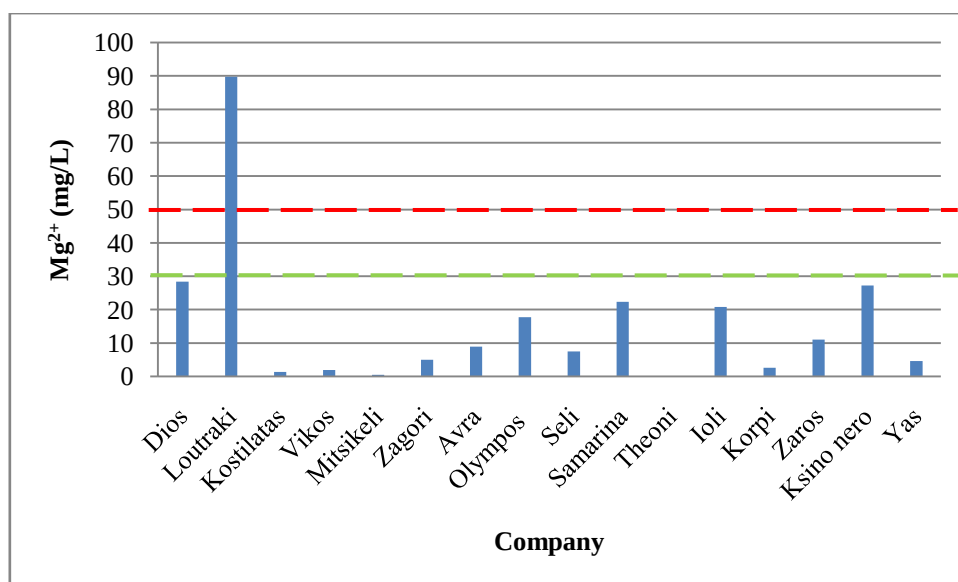
3.2.4 Ραβδογράμματα - Ανώτερα επιτρεπτά όρια και Ενδεικτικές τιμές

Στο παρόν υποκεφάλαιο, παρουσιάζονται αναλυτικά τα ραβδογράμματα των φυσικοχημικών παραμέτρων που μελετήθηκαν για κάθε νερό ξεχωριστά, καθώς είναι εμφανή τα ανώτερα επιτρεπτά όρια και οι ενδεικτικές τιμές που έχουν τεθεί από την νομοθεσία.

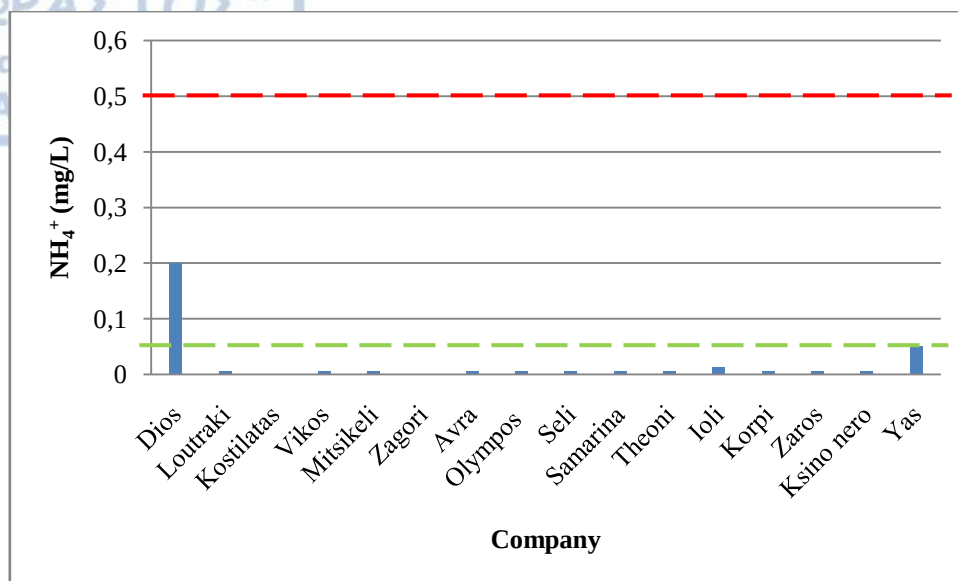
Παρουσιάζονται με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή τα ανώτερα επιτρεπτά όρια και με πράσινη διακεκομμένη η ενδεικτική τιμή. Για ορισμένες παραμέτρους που δεν έχει ορισθεί ανώτερο όριο ή ενδεικτική τιμή δεν εμφανίζεται κόκκινη γραμμή ή πράσινη γραμμή αντίστοιχα, ενώ για το pH το πεδίο ενδιάμεσα στις δύο διακεκομμένες πράσινες γραμμές θεωρείται πως αντιπροσωπεύει τις ενδεικτικές τιμές. Όλες οι μετρήσεις των παραμέτρων είναι εντός των ορίων που έχουν δοθεί από την νομοθεσία, εκτός από το Mg²⁺. Στο διάγραμμα του ιόντος του Μαγνησίου φαίνεται καθαρά το παράτυπο σημείο με τιμή 89.7 mg/L που αντιστοιχεί στο νερό Λουτράκι και το οποίο βρίσκεται αρκετά ψηλότερα από το όριο.



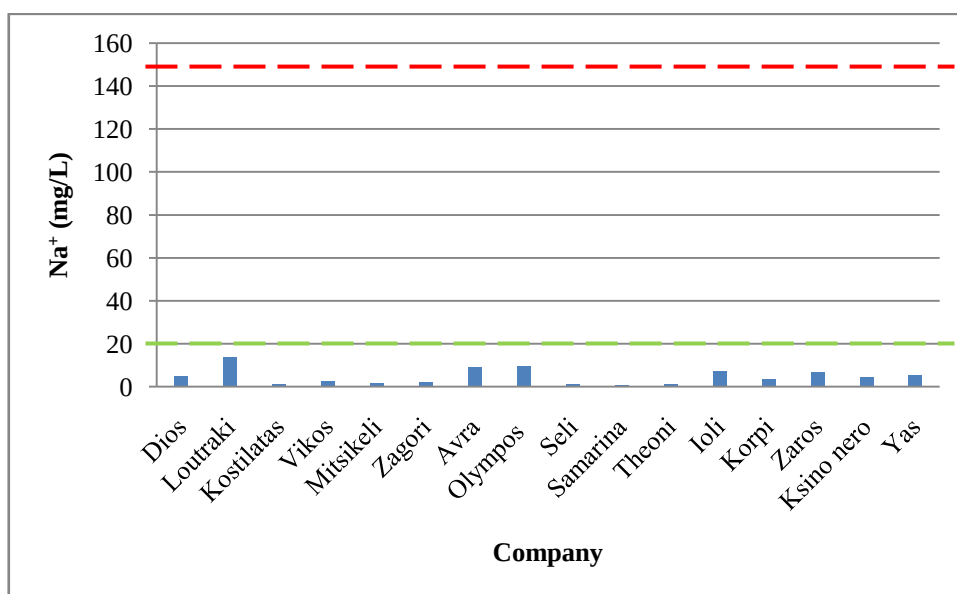
Διάγραμμα 76. Ραβδόγραμμα της συγκέντρωσης του Ca^{2+} για όλα τα φυσικά μεταλλικά νερά



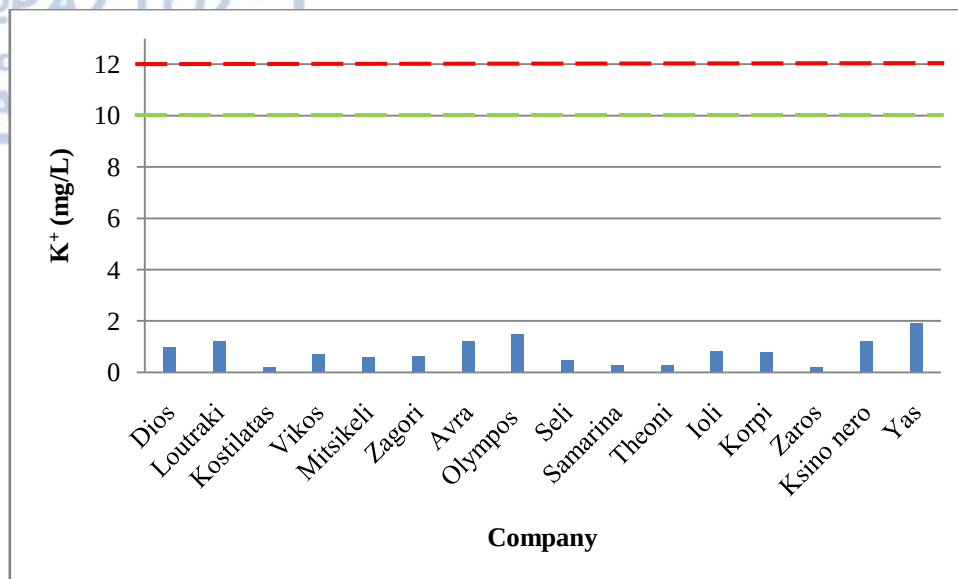
Διάγραμμα 77. Ραβδόγραμμα της συγκέντρωσης του Mg^{2+} του κάθε φυσικού μεταλλικού νερού



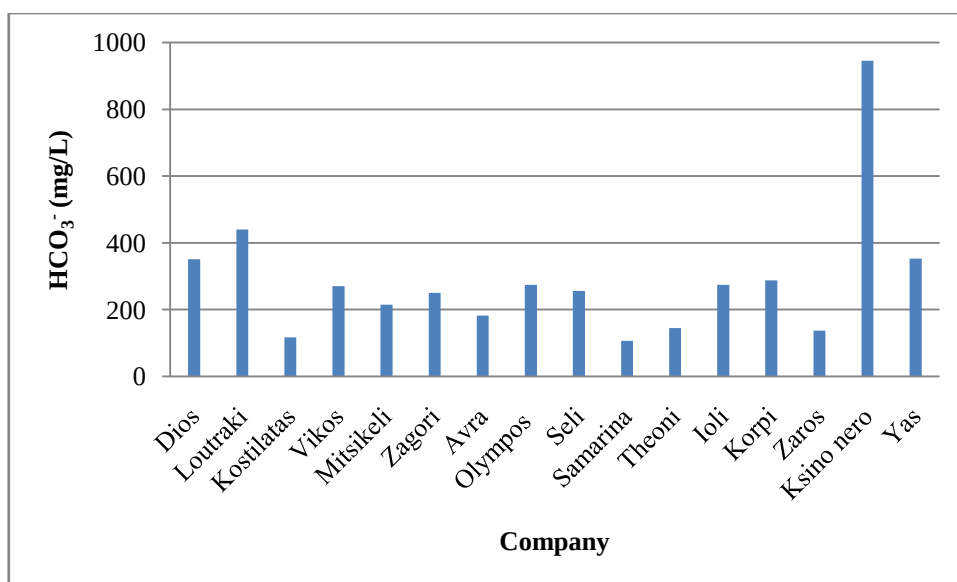
Διάγραμμα 78. Ραβδόγραμμα της περιεκτικότητας του NH₄⁺ για όλα τα φυσικά μεταλλικά νερά



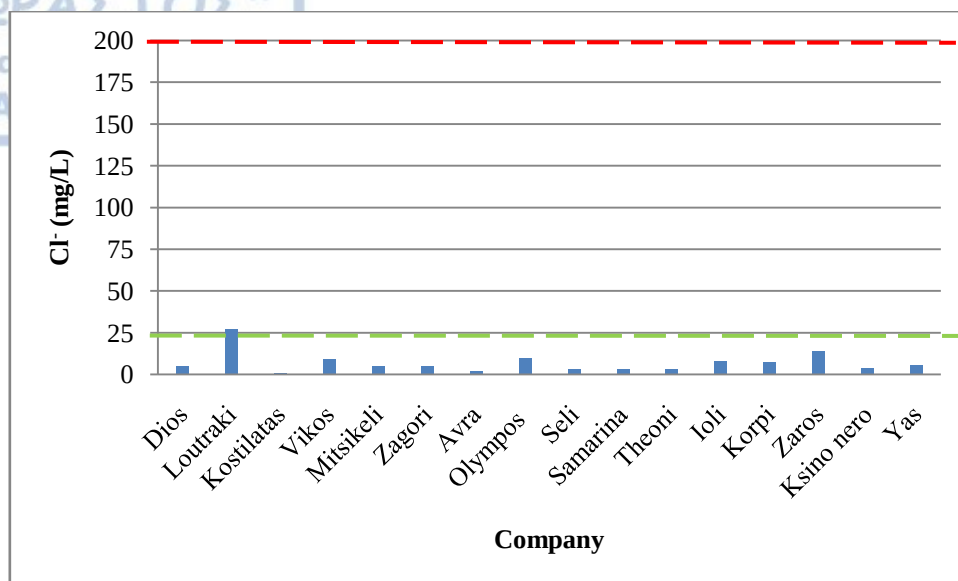
Διάγραμμα 79. Ραβδόγραμμα των συγκεντρώσεων του Na⁺ σχετικά με τα φυσικά μεταλλικά νερά



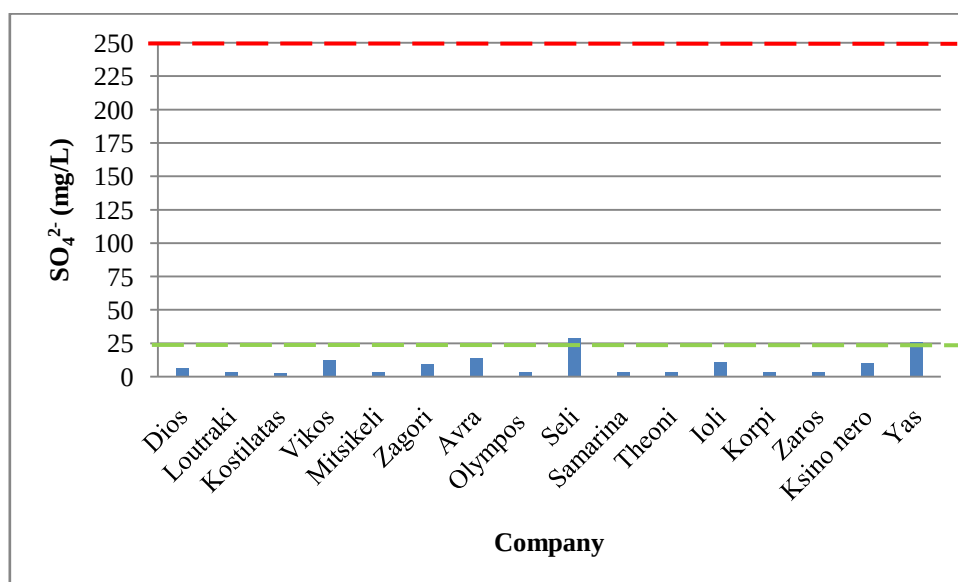
Διάγραμμα 80. Ραβδόγραμμα περιεκτικότητας K^+ και φυσικών μεταλλικών νερών



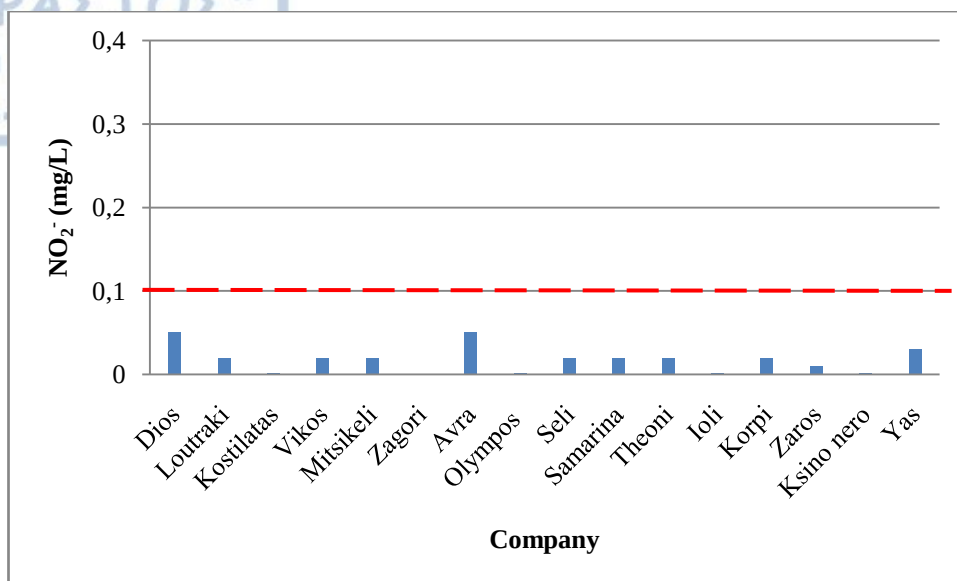
Διάγραμμα 81. Ραβδόγραμμα συγκέντρωσης HCO_3^- για κάθε φυσικό μεταλλικό νερό



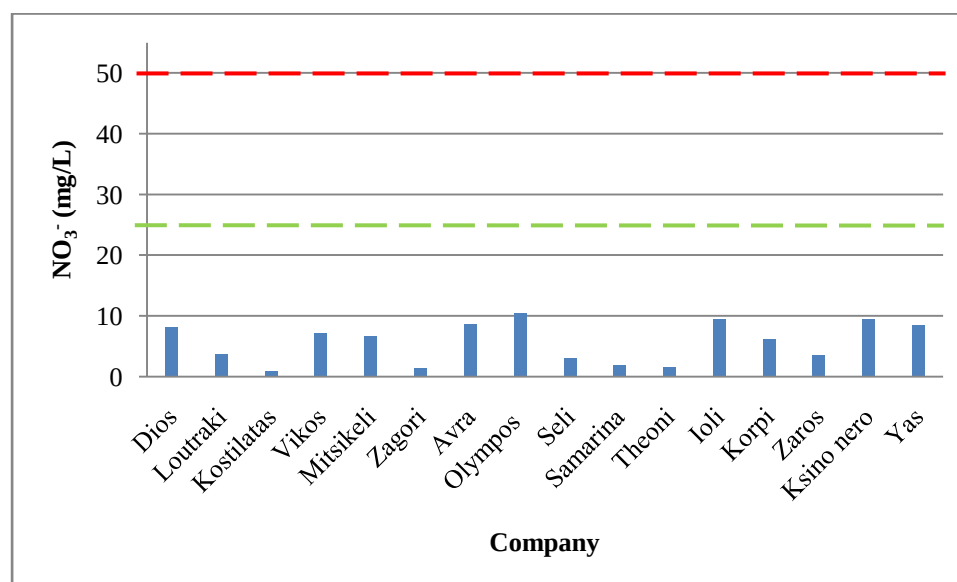
Διάγραμμα 82. Ραβδόγραμμα περιεκτικότητας Cl⁻ για κάθε φυσικό μεταλλικό νερό



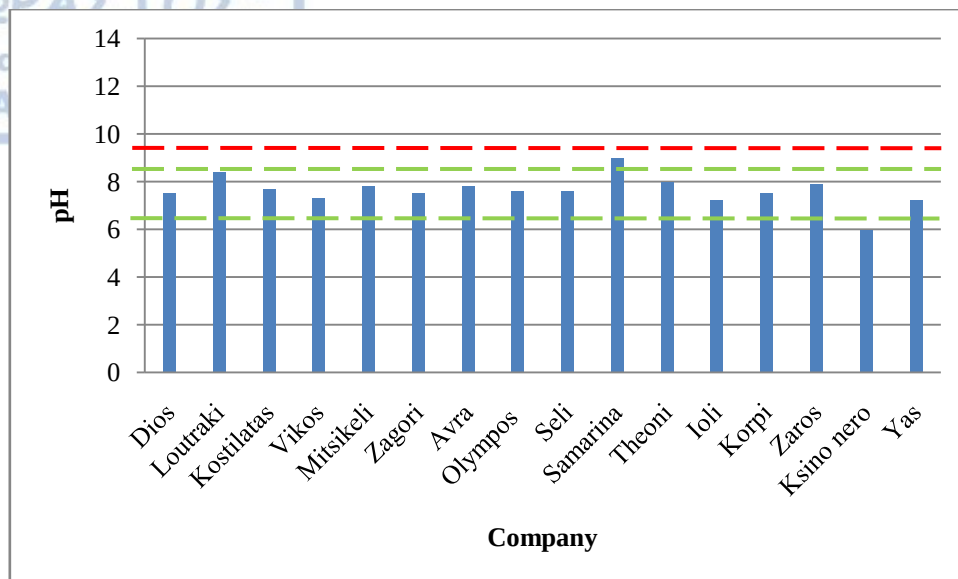
Διάγραμμα 83. Ραβδόγραμμα συγκέντρωσης SO₄²⁻ σχετικά με κάθε φυσικό μεταλλικό νερό



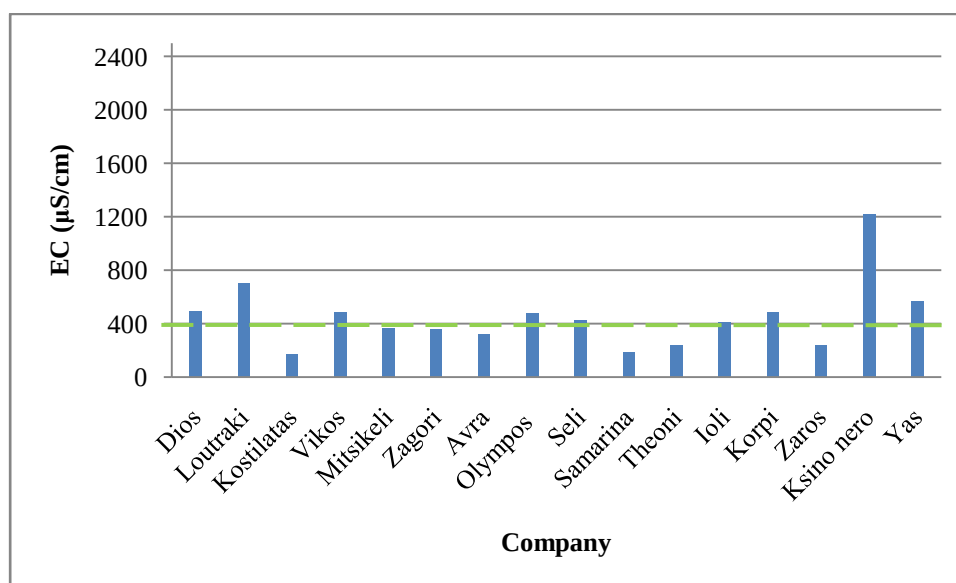
Διάγραμμα 84. Ραβδόγραμμα συγκέντρωσης NO₂⁻ για κάθε νερό



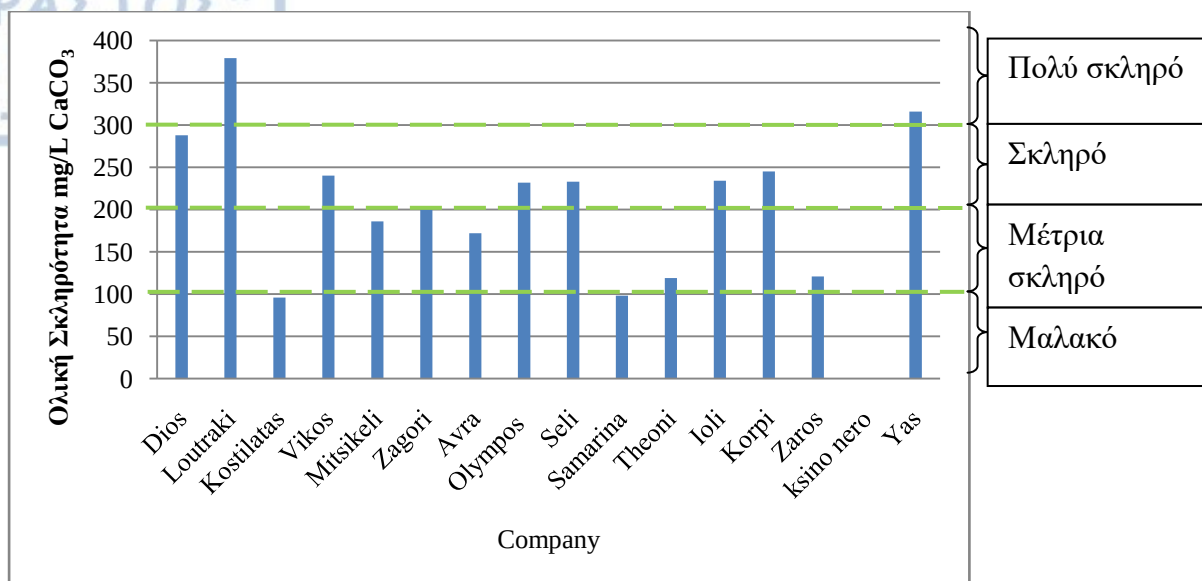
Διάγραμμα 85. Ραβδόγραμμα περιεκτικότητας NO₃⁻ σε κάθε φυσικό μεταλλικό νερό



Διάγραμμα 86. Ραβδόγραμμα τιμών pH του κάθε φυσικού μεταλλικού νερού



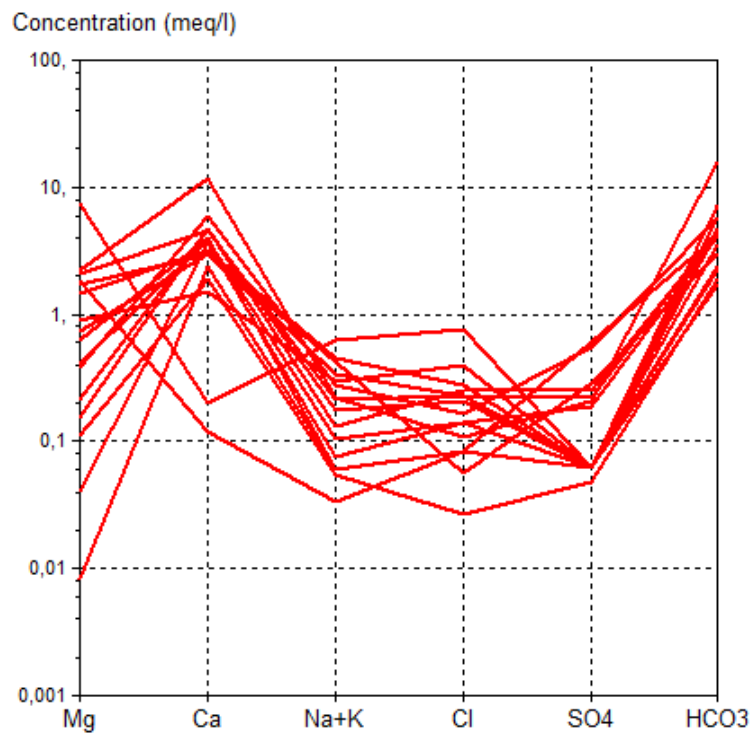
Διάγραμμα 87. Ραβδόγραμμα των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) στα φυσικά μεταλλικά νερά



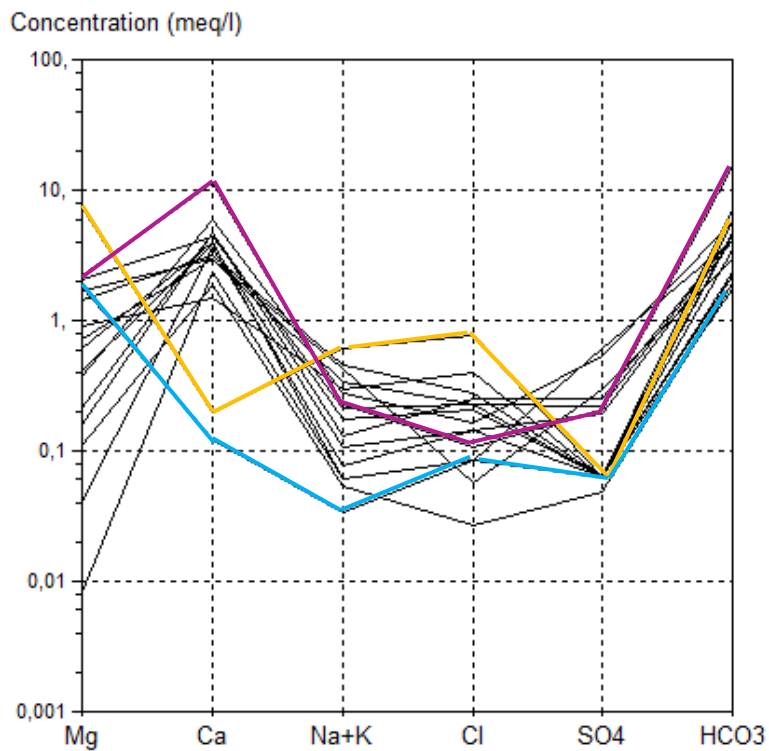
Διάγραμμα 88. Ραβδόγραμμα της ολικής σκληρότητας των φυσικών μεταλλικών νερών

3.2.5 Συγκεντρωτικό διάγραμμα Schoeller

Τα διαγράμματα Schoeller είναι ένα καλό εργαλείο για την αξιολόγηση της ομοιογένειας ή ετερογένειας των χημικών ιδιοτήτων των δειγμάτων νερού. Η γενική εικόνα είναι ομοιογενής (Διάγραμμα 89) με εξαίρεση τα νερά Λουτράκι και Σαμαρίνα. Τα δυο νερά χαρακτηρίζονται από υψηλές ποσότητες Mg^{2+} και χαμηλές περιεκτικότητες Ca^{2+} , σε αντίθεση με τα περισσότερα δείγματα. Το νερό Σαμαρίνα (γαλάζια γραμμή) περιέχει χαμηλές περιεκτικότητες σε Na^+ , K^+ , Cl^- και SO_4^{2-} και υψηλές ποσότητες σε HCO_3^- , όπως και τα υπόλοιπα δείγματα. Αντιθέτως το Λουτράκι (κίτρινη γραμμή) περιέχει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Na^+ , K^+ και Cl^- σε σχέση με τα υπόλοιπα νερά (Διάγραμμα 90). Αυτή η παρατήρηση είναι λογική εφόσον επρόκειτο για δύο $Mg-HCO_3$ τύπου νερά. Από την άλλη πλευρά το Ξινό Νερό (μωβ γραμμή) που ακολουθεί την παράλληλη πορεία των υπολοίπων δειγμάτων παρουσιάζεται πλούσιο σε Ca^{2+} και HCO_3^- , γεγονός που εν μέρει το διαφοροποιεί από τα άλλα.



Διάγραμμα 89. Συνολικό Διάγραμμα Schoeller για τα 16 φυσικά μεταλλικά νερά



Διάγραμμα 90. Διάγραμμα Schoeller (Σαμαρίνα γαλάζια γραμμή, Λουτράκι κίτρινη γραμμή, Ξινό νερό μωβ γραμμή)

3.2.6 Ιοντικοί Λόγοι

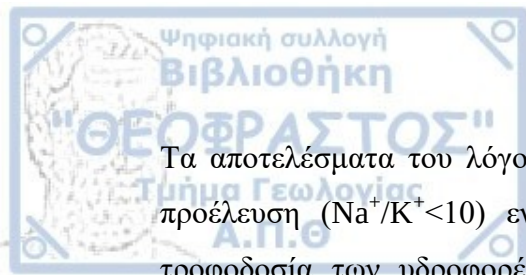
Ο λόγος $(Mg^{2+}+Ca^{2+})/(Na^{+}+K^{+})$ παρουσιάζει τιμές μεγαλύτερες της μονάδας σε όλα τα νερά. Η πληροφορία που δίνεται για τα νερά είναι πως βρίσκονται σε περιοχές εμπλουτισμού του υδροφορέα, δηλαδή οι συνθήκες τροφοδοσίας του υπογείου νερού είναι πολύ ευνοϊκές.

Στο γλυκό νερό ο ιοντικός λόγος Mg^{2+}/Ca^{2+} κυμαίνεται μεταξύ 0,2-1,5 (Βουδούρης 2009). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 43, 14 από τα νερά που μελετήθηκαν βρίσκονται μέσα στο όριο ή οριακά εκτός από αυτό. Τα νερά που διαφοροποιούνται αρκετά είναι το Λουτράκι με τιμή 36.9 και το νερό Σαμαρίνα με τιμή 15.3. Τα περισσότερα νερά φαίνεται να έχουν προέλευση από ασβεστολιθικό υδροφορέα ($0.5 < Mg^{2+}/Ca^{2+} < 0.7$), ενώ τα νερά Σαμαρίνα και Λουτράκι φαίνεται να έχουν προέλευση γενικά από πυριτικά πετρώματα πλούσια σε Mg^{2+} ($Mg^{2+}/Ca^{2+} > 9$).

Ο λόγος $(Mg^{2+}+Ca^{2+})/HCO_3^{-}$ για όλα τα νερά είναι πολύ κοντά στο 0.5 κάτι που επιβεβαιώνει την ασβεστολιθική προέλευση των νερών.

Πίνακας 43. Ιοντικοί λόγοι $(Mg^{2+}+Ca^{2+})/HCO_3^{-}$, Mg^{2+}/Ca^{2+} , $(Mg^{2+}+Ca^{2+})/(Na^{+}+K^{+})$ και Na^{+}/K^{+} για τα 16 φυσικά μεταλλικά νερά

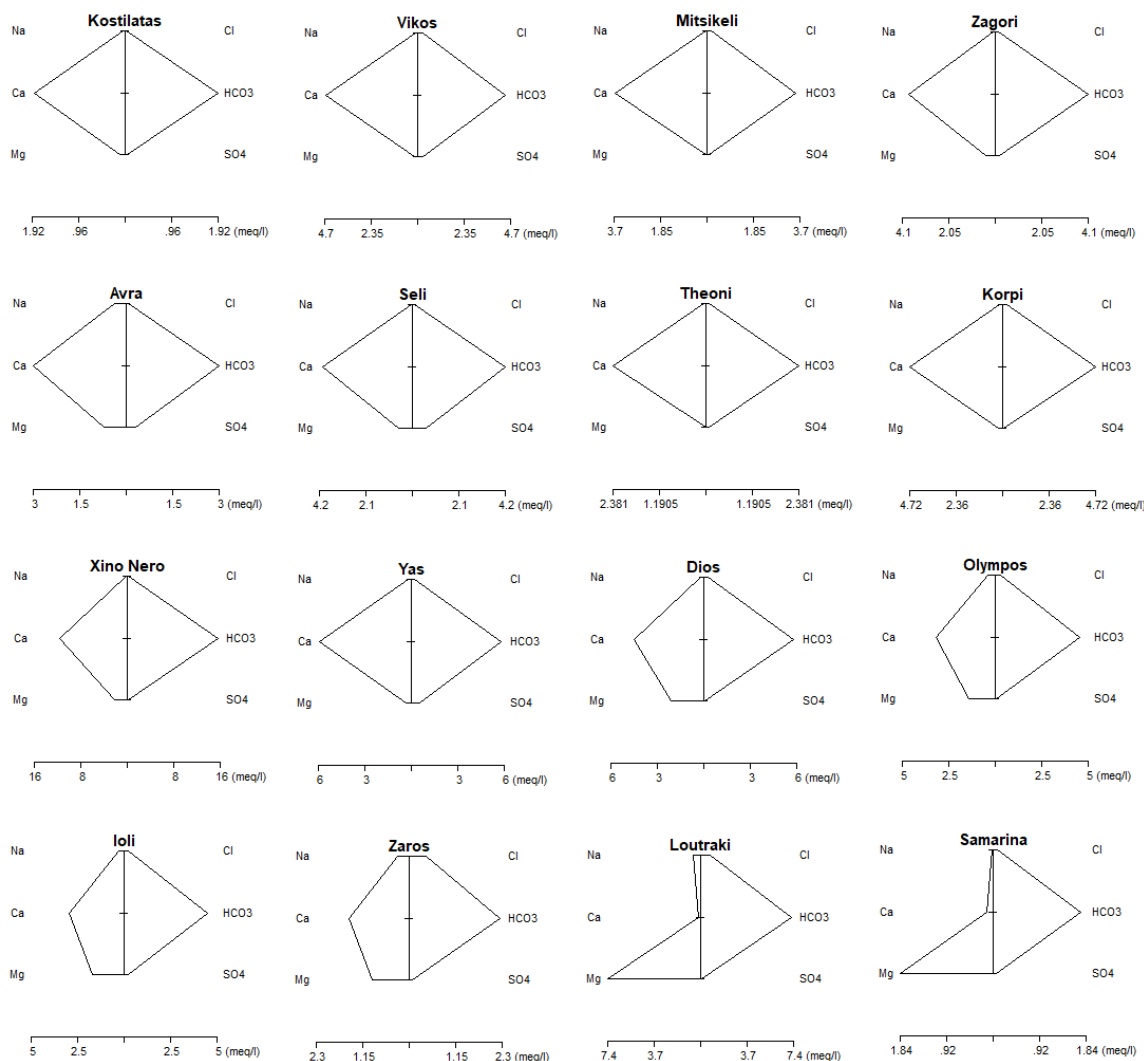
Φυσικά Μεταλλικά Νερά	Ιοντικοί Λόγοι			
	$Mg^{2+}+Ca^{2+}/HCO_3^{-}$	Mg^{2+}/Ca^{2+}	$Mg^{2+}+Ca^{2+}/Na^{+}+K^{+}$	Na^{+}/K^{+}
Διός	1,14	0,47	30,42	9,8
Λουτράκι	1,05	36,9	12,22	30
Κωστήλάτας	1,03	0,06	36,6	9,8
Βίκος	1,08	0,03	36,66	6,28
Μιτσικέλι	1,05	0,01	48,87	4,07
Ζαγόρι	1,03	0,11	40,18	5,57
Αύρα	1,25	0,24	2,34	0,33
Πηγή Ολύμπου	1,03	0,46	10,18	11
Σέλι	1,11	0,15	76,38	3,7
Σαμαρίνα	1,13	15,3	57,5	3,25
Θεόνη	1	0,003	39,8	6,5
Ιόλη	1,04	0,58	13,7	14,5
Κορπή	1,04	0,05	27,74	7,85
Ζαρός	1,07	0,6	8,11	58,2
Ξινό Νερό	0,9	0,2	62,1	6,23
Υάς	1,1	0,06	22,97	4,61



Τα αποτελέσματα του λόγου Na^+/K^+ δείχνουν πως 13 από τα νερά έχουν βρόχινη προέλευση ($\text{Na}^+/\text{K}^+ < 10$) ενώ ως γενική εικόνα φαίνεται πως υπάρχει συνεχής τροφοδοσία των υδροφορέων. Εξαίρεση αποτελεί το νερό Ζαρός για το οποίο θεωρείται πως η τροφοδοσία γίνεται με αργούς ρυθμούς ($50 < \text{Na}^+/\text{K}^+ < 70$).

3.2.7 Σύγκριση Διαγραμμάτων Stiff

Μετά από την ομαδοποίηση των διαγραμμάτων Stiff προέκυψαν 3 ομάδες (Διάγραμμα 91). Η πρώτη ομάδα που επικρατεί χαρακτηρίζεται από την επικράτηση των Ca^{2+} και των HCO_3^- ιόντων. Σ' αυτήν κατατάσσονται τα φυσικά μεταλλικά νερά Κωστηλάτας, Βίκος, Μιτσικέλι, Ζαγόρι, Αύρα, Σέλι, Θεόνη, Κορπή, Ξινό Νερό και Υάς. Η δεύτερη ομάδα που παρατηρείται έχει ως κύρια ανιόντα τα οξυανθρακικά (HCO_3^-) και σχεδόν ισόποσα κατιόντα τα Ca^{2+} και Mg^{2+} . Την ομάδα αποτελούν τα νερά Διός, Πηγή Ολύμπου, Ιόλη και Ζαρός. Τέλος, η μικρότερη κατηγορία που εντοπίζεται αντιπροσωπεύεται από τα νερά Λουτράκι και Σαμαρίνα, με κοινό χαρακτηριστικό την έντονη παρουσία των κατιόντων του Mg^{2+} .

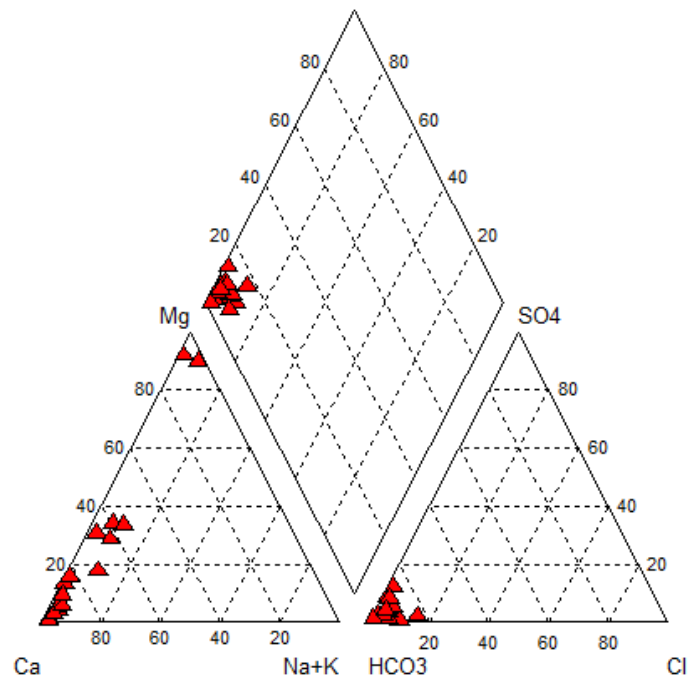


Διάγραμμα 91. Διαγράμματα Stiff των 16 φυσικών μεταλλικών νερών

3.2.8 Συνολικό Διάγραμμα Piper

Για να προσδιοριστεί ο τύπος των νερών παρουσιάζεται το παρακάτω τριγωνικό διάγραμμα Piper (Διάγραμμα 92) για τα 16 φυσικά μεταλλικά νερά της Ελλάδας που μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Στο κάτω αριστερά διάγραμμα προβλήθηκαν τα κατιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} και τα $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ μαζί, ως ενιαίο ποσοστό. Βάσει αυτών, τα νερά χαρακτηρίζονται κατά κύριο λόγο ως ασβεστούχα και τα νερά που κατατάσσονται σ' αυτήν την ομάδα είναι τα Αύρα, Βίκος, Ζαγόρι, Θεόνη, Κορπή, Κωστηλάτας, Μιτσικέλι, Ξινό Νερό, Σέλι και Υάς. Δεύτερη κατηγορία είναι τα ασβεστομαγνησιούχα στην οποία ανήκουν τα νερά Διός, Ζαρός, Ιόλη και Πηγή

Ολύμπου. Τέλος, σε μικρότερο ποσοστό υπάρχουν τα μαγνησιούχα νερά με τα νερά Σαμαρίνα και Λουτράκι.

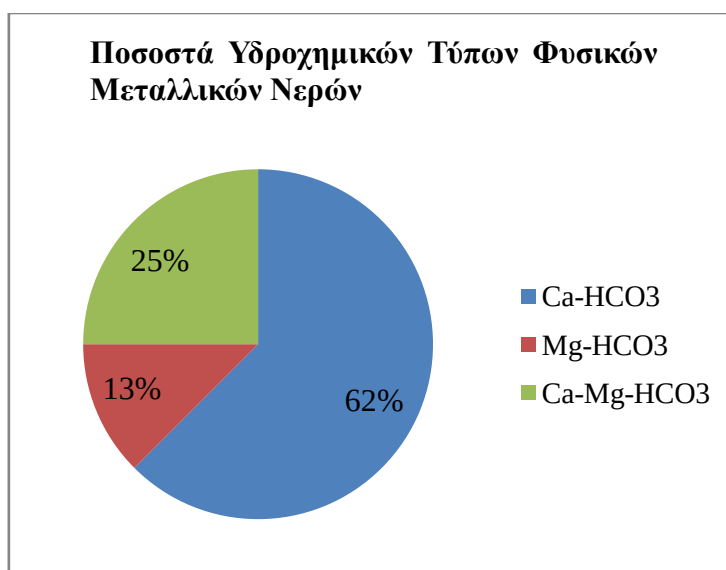


Διάγραμμα 92. Συνολικό διάγραμμα Piper για τα 16 φυσικά μεταλλικά νερά

Πίνακας 44. Υδροχημικοί τύποι των φυσικών μεταλλικών νερών

Φυσικό Μεταλλικό Νερό	Υδροχημικός Τύπος
Διός	Ca-Mg-HCO ₃
Λουτράκι	Mg-HCO ₃
Κωστήλάτας	Ca-HCO ₃
Βίκος	Ca-HCO ₃
Μιτσικέλι	Ca-HCO ₃
Ζαγόρι	Ca-HCO ₃
Αύρα	Ca-HCO ₃
Πηγή Ολύμπου	Ca-Mg-HCO ₃
Σέλι	Ca-HCO ₃
Σαμαρίνα	Mg-HCO ₃
Θεόνη	Ca-HCO ₃
Ιόλη	Ca-Mg-HCO ₃
Κορπή	Ca-HCO ₃
Ζαρός	Ca-Mg-HCO ₃
Ξινό Νερό	Ca-HCO ₃
Υάς	Ca-HCO ₃

Τρεις είναι οι κύριοι τύποι νερού που εμφανίζονται στα φυσικά μεταλλικά νερά που εμφιαλώνονται στην Ελλάδα. Ο πρώτος είναι ο ασβεστούχος-οξυανθρακικός τύπος νερού (Ca-HCO_3) που αντιπροσωπεύει το 62% των δειγμάτων. Ο δεύτερος είναι ο ασβεστούχος-μαγνησιούχος-οξυανθρακικός (Ca-Mg-HCO_3) και αντιστοιχεί στο 25% των δειγμάτων, και, τέλος ο τρίτος τύπος είναι ο μαγνησιούχος-οξυανθρακικός (Mg-HCO_3) με ποσοστό 13% (Διάγραμμα 93). Επομένως, επικρατέστερος είναι ο Ca-HCO_3 τύπος νερού, ο οποίος οφείλεται κυρίως στη γεωλογία της περιοχής, η οποία χαρακτηρίζεται από ασβεστολίθους.



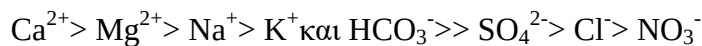
Διάγραμμα 93. Ποσοστιαία αναπαράσταση των υδροχημικών τύπων των 16 φυσικών μεταλλικών νερών

Συμπεράσματα

Από την επεξεργασία των υδροχημικών χαρακτηριστικών των φυσικών μεταλλικών νερών της Ελλάδας προκύπτουν συνοπτικά τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Το ασβέστιο (Ca^{2+}) αποτελεί το κύριο συστατικό των νερών και εντοπίζεται συνήθως σε μεγαλύτερη αναλογία από τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία. Είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την φυσική σύσταση του νερού και σε συνδυασμό με τα όξινα ανθρακικά ιόντα αποτελούν τα σημαντικότερα στοιχεία της σύνθεσης του, αφού αποτελούν τα επικρατέστερα άλατα που βρίσκονται στο πόσιμο νερό. Το γεγονός ότι δεν έχει οριστεί ανώτερο όριο για το ασβέστιο οδηγεί στο συμπέρασμα πως δεν αποτελεί κίνδυνο η μεγάλη συγκέντρωση για την ανθρώπινη υγεία (Φωτίου & Κολοβός, 2004).
- Από τις αναλύσεις των υδροφορέων αποδεικνύεται πως υπάρχει μια γενική ομοιομορφία στις γεωλογικές συνθήκες που επηρεάζουν την προέλευση των ιόντων στα νερά. Οι τιμές των διαλυμένων κύριων ιόντων κυμαίνονται ασβέστιο Ca^{2+} (2.4-233.9 mg/L), μαγνήσιο Mg^{2+} (0.1-89.7 mg/L), όξινα ανθρακικά ιόντα HCO_3^- (106-945.81 mg/L), νάτριο Na^+ (0.6-13.8 mg/L), χλώριο Cl^- (0.96-27.3 mg/L), θειικά άλατα SO_4^{2-} (2.29-29 mg/L) και κάλιο K^+ (0.2-1.9 mg/L).
- Το Λουτράκι παρουσιάζει συγκέντρωση Mg^{2+} (89.7 mg/L) υψηλότερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη που ορίζει ο νόμος (50 mg/L). Αυτό μπορεί να γίνει δεκτό θεωρώντας το ως εξαίρεση όπως έχει συμβεί και με άλλα νερά σύμφωνα με τον Grey N.F. (1994). Παράλληλα ικανοποιεί το κριτήριο αναγνώρισης φυσικών μεταλλικών νερών $\text{Mg} > 50 \text{ mg/L}$ χαρακτηρίζοντάς το ως μαγνησιούχο.
- Το Λουτράκι επίσης εμφανίζει συγκέντρωση Cl^- μεγαλύτερη από 20 mg/L, οπότε χαρακτηρίζεται χλωριούχο από τα κριτήρια αναγνώρισης φυσικών μεταλλικών νερών.
- Κανένα από τα δείγματα δεν έχει περιεκτικότητα σε νάτριο Na^+ μεγαλύτερη από 200 mg/L. Όλα τα δείγματα έχουν συγκέντρωση μικρότερη των 20 mg/L, επομένως είναι κατάλληλα για δίαιτα πτωχή σε νάτριο.
- Το Ξινό Νερό χαρακτηρίζεται ως οξυανθρακικό διότι πληροί το κριτήριο $\text{HCO}_3^- > 600 \text{ mg/L}$.

- Κανένα από τα νερά δεν περιέχει συγκέντρωση F^- υψηλότερη από το επιτρεπτό όριο (1.5 mg/L).
- Όπως φαίνεται στο συνολικό διάγραμμα Piper οι τύποι των νερών που προέκυψαν είναι $Ca-HCO_3$, $Ca-Mg-HCO_3$ και $Mg-HCO_3$ γεγονός που υποδηλώνει την επικράτηση των αλκαλικών γαιών (Ca^{2+} , Mg^{2+}) έναντι των αλκαλίων (Na^+ , K^+) και των ασθενών όξινων ανιόντων (HCO_3^-) έναντι των ισχυρών όξινων ιόντων (Cl^- , SO_4^{2-}). Ως εκ τούτου ακολουθίες των ιόντων έχουν ως εξής:



- Η πλειονότητα των νερών κατατάσσεται στα $Ca-HCO_3$ τύπου με ποσοστό 62%, ακολουθεί με 25% ο $Ca-Mg-HCO_3$ τύπος, ενώ το μικρότερο ποσοστό έχουν τα $Mg-HCO_3$ νερά με ποσοστό 13%.
- Με βάση τα διαγράμματα Stiff διαπιστώνονται 3 διαφορετικοί τύποι νερών. Κυρίαρχος είναι ο τύπος με την επικράτηση των συγκεντρώσεων των ιόντων Ca^{2+} και HCO_3^- , στον αμέσως επόμενο τύπο παρατηρείται έντονη συμμετοχή ιόντων HCO_3^- , Ca^{2+} καθώς και Mg^{2+} . Τέλος, με μόνο δυο νερά να την απαρτίζουν υπάρχει η κατηγορία με αυξημένες περιεκτικότητες HCO_3^- και Mg^{2+} .
- Σύμφωνα με τη σχέση των συγκεντρώσεων Ca^{2+} και Mg^{2+} και της Ολικής Σκληρότητας συμπεραίνεται πως ο μεγαλύτερος αριθμός των νερών χαρακτηρίζονται ως μέτριας σκληρότητας και σκληρά νερά. Επομένως οι υψηλές φορτίσεις των συγκεντρώσεων Ca^{2+} και Mg^{2+} προσδίδουν σκληρότητα στο νερό. Τα σκληρά νερά συνδέονται με ασβεστολίθους (Gray, 2008). Σημειώνεται πως για το Ξινό Νερό δεν έχει δοθεί Ολική Σκληρότητα.
- Οι τιμές του pH κυμαίνονται μεταξύ 5.96 και 9, χαρακτηρίζοντας τα νερά από όξινα έως ισχυρά αλκαλικά αλλά ως επί το πλείστον ανήκουν στις κατηγορίες ασθενώς αλκαλικά-αλκαλικά νερά. Το Ξινό Νερό έχει pH (pH=5.96) μικρότερο από το επιτρεπτό όριο που έχει δοθεί από την νομοθεσία αυτό πιθανόν οφείλεται στο γεγονός ότι πρόκειται για ανθρακούχο νερό. Για το λόγο αυτό, τα κατώτερα όρια ορίζονται χαμηλότερα από 6.5 (Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787).



- Με τη βοήθεια του συνολικού διαγράμματος Schoeller, από την παραλληλότητα και την κοίλη απεικόνιση των δειγμάτων συμπεραίνεται πως επρόκειτο για πόσιμα γλυκά νερά με το Ξινό Νερό να είναι πλούσιο σε ιόντα.
- Οι αυξημένες μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για το νερό Λουτράκι πιθανόν οφείλονται σε διείσδυση θαλασσινού νερού στο υπόγειο και γι αυτό το λόγο η τιμή της είναι ελαφρώς αυξημένη.

Εν κατακλείδι, προκύπτει ότι τα φυσικά μεταλλικά της Ελλάδας είναι εξαιρετικής ποιότητας και ικανοποιούν τα κριτήρια που θέτει η υφιστάμενη νομοθεσία.



Ξενογλώσση βιβλιογραφία

Ahada, C. P.S. & Suthar, S., (2018). Assessing groundwater hydrochemistry of Malwa Punjab, India, Arabian Journal of Geoscience, Vol. 11, Issue 2, DOI: 10.1007/s12517-017-3355-8

Alexakis, D., (2011). Assessment of water quality in the Messolonghi-Etoliko and Neochori region (West Greece) using hydrochemical and statistical analysis methods, Environ Monit Assess, Vol. 182, pp. 397-413, DOI 10.1007/s10661-011-1884-2

Bacova, N., Komon, J. & Michalko, J., (2016). Mineral waters of the Cigel'ka Spa, Slovak Geological Magazine, Vol. 16, Issue 2, pp. 105-124

Brockliss, L.W.B., (1990). The development of the spa in seventeenth-century France, in The Medical History of waters and spas, Supplement No. 10, London, UK

Cataldi, R. & Chiellini, P., (1993). Geothermal energy in the Mediterranean area before the Middle Ages, pp. 313-380

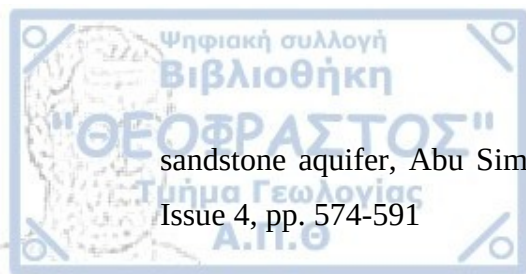
Chander, K.-S., Anand, K., Satyanarayan, S., Alok, K., Pamkaj, K. & Javed, M., (2015). Multivariate statistics analysis and geochemical modeling for geochemical assessment of groundwater of Delhi, India, Journal of Geochemical Exploration, DOI: 10.1016/j.gexplo.2017.01.001

Chavan, B. L. & Zambare, N. S., (2014). Assessment of ground water quality from wells located near municipal solid waste dumping sites of Solapur City, Maharashtra, International Journal of Research in Sciences, Vol.2, Issue 1, pp. 1-7

Coley, N.G., (1990). Physicians, chemists and the analysis of mineral waters: 'The most difficult part of chemistry', in The Medical History of waters and spas, Supplement No. 10, London, UK

Czellecz, B. & Petrea, D., (2013). Mineral water for treatments: Summarized presentation of the bathing culture, Studia UBB Geographia, LVIII,1, pp. 63-74

Ezzeldin, A. H., Mohallel A. S. & Kotp, H. Y., (2016). Multivariate statistical analysis of hydrochemical data to identify the geochemical processes in the Nubian



sandstone aquifer, Abu Simple, South Egypt, Current Science International, Vol. 5, Issue 4, pp. 574-591

Fitryaliah M. S., Siti, N. R. & Siti N. A. M. S., (2018). Hydrochemical analysis and evaluation of heavy metals in groundwater: A case study, MATEC Web of Conferences Vol. 250

Ford, J.M.T., (1984). Medical indications for taking the waters of Tunbridge Wells: Journal of the Royal Society of Medicine, Vol. 77, November 1984
doi: [10.1177/014107688407701112](https://doi.org/10.1177/014107688407701112)

Gallab, A., Ali, M., Shawky, H. & Abdel-Mottaleb, M., (2017). Hydrochemistry and evaluation of groundwater in Sibi Barrani, Egypt; determination of the best sites for desalination plants, Current Science International, Vol. 6, Issue 2, pp. 458-470

Ganiyu, S., (2017). Assessment of physic-chemical properties of hand-dug wells around abandoned dumpsite in Ibadan Metropolis, Southwestern Nigeria, Journal of Solid Waste Technology and Management, Vol 43, Issue 3, pp. 195-206, DOI: 10.5276/JSWT.2017.195

Ghanem, M., (2013). Hydrochemical characteristics of Runoff in Anata Catchment, Journal of Hydrocabrons Mines and Environmental Research, Vol. 3, Issue 2, pp. 83-90

Ghosh, A. & Mondal, S., (2019). Application of multivariate statistics towards the geochemical evaluation of fluoride enrichment in groundwater at Shilabati river bank West Bengal, India, Enviromental Engineering Research, Vol 24, Issue 2, pp. 279-288, <https://doi.org/10.4491/eer.2018.178>

Goldberg, L. C. & Melloul, A. J., (1994). Hydrological and chemical management in the rehabilitation of an aquafier

Gray, N.F., (1994). Drinking water quality – Problems and solutions: Alternative to tap water, Chapter 8, 29

Gray, N.F., (2008). Drinking water quality (2nd edition)

Gross, E. & Cravotta, C., (2014). Groundwater quality for 75 domestic wells in Lycoming Country. U.S. Geological Survey, Pennsylvania, 2014

Haggar, H., Gharibi, E., Taupin, J.-D. & Ghalit, M., (2018). Hydrochemical study of some bottled water produced in the city of N'Djamena (Republic of Chad), , Journal of Materials and Environmental Science, Vol. 9, Issue 5, pp. 1446-1454, <https://doi.org/10.26872/jmes.2018.9.5.158>

Hem, J.D., (1970). Study and interpretation of chemical characteristics of natural waters. U.S. Geol. Survey. Water Supply paper, 1473, pp. 363.

Jilali, A., Chamrar, A. & El Haddar, A., (2018). Hydrochemistry and geothermometry of thermal water in northeastern Morocco, Geothermal Energy, <https://doi.org/10.1186/s40517-018-0095-2>

Karmegam, U., Chidambaram, S., Prasanna, M. V., Sasidhar, P., Manikandan, S., Johnonbabu, G., Dheivanayaki, V., Paramaguru, P., Manivannan, R., Srinivasamoorthy, K. & Anandhan, P., (2011). A study on the mixing proportion in groundwater samples by using Piper diagram and Phreeqc model, Chinese Journal of Geochemistry, Vol. 30, Issue 4, pp. 490-495, DOI: 10.1007/s11631-011-0533-3

Kazakis, N., Mattas, C., Pavlou, A., Patrikaki, O. & Voudouris, K., (2017). Multivariate statistical analysis for the assessment of groundwater quality under different hydrogeological regimes, Environmental Earth Sciences, Vol. 76, No. 349, <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6665-y>

Koutsoyiannis, D., Angelakis, A. & Tchobanoglous, G., (2008). Urban Water Management in Ancient Greece: Lagacies and Lessons, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 134, Issue 1, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496(2008)134:1(45)

Kumar-Batabyal, A., (2018). Hydrogeochemical and quality of groundwater in a part of Damodar Valley, Eastern India: an integrated geochemical and statistical approach, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, Vol. 32, No. 8, pp. 2351-2368, DOI: 10.1007/s00477-018-1552-y

Kumari, MKN, Sakai & Kazuhito, (2016). Hydrochemical analysis of groundwater on Miyako city and Tarama son, Conference: 24th annual congress of JRCSA

Levei, E., Hoaghia, M.-A., Senila, M., Miclean, M., Tanaselia, C. & Carstea, E., (2016). Chemical composition of some Romanian bottled natural mineral water, *Studia Universitatis Babes-Bolyai Chemia*, LXI 3, Tom II, pp. 391-400

Liang, Z., Chen, J., Jiang, T., Li, K., Gao, L., Wang, Z., Li, S. & Xie, Z., (2018). Identification of the dominant hydrogeochemical processes and characterization of potential contaminants in groundwater in Qingyuan, China, by multivariate statistical analysis, *RSC Advances*, Vol. 8, Issue 58, pp. 33243-33255, DOI: 10.1039/C8RA06051G

Lima, I.-Q., Munoz, M.-O., Ramos, O.-E., Bhattacharya, P., Choque, R.-Q., Aguirre, J.-Q. & Sracek, O., (2017). Hydrochemical assessment with respect to arsenic and other trace elements in the Lower Katari Basin, Bolivian Altiplano, *Groundwater for Sustainable Development*, Vol. 8, pp. 281-293

Malak Kwai Kut, K., Sarwat, A., Bundschuh, J. & Mohan, D., (2019). Water as key to the sustainable development goals of South Sudan – a water quality assessment of Easter Equatoria State, *Groundwater for Sustainable Development*, Vol. 80, pp. 255-270, <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.07.005>

Michalski, R., Jablonska-Czapla, M., Szopa, S. & Lyko, A., (2018). Analysis of commercially available bottled water in Poland, *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 17, No. 7, pp. 1667-1677, DOI: 10.30638/eemj.2018.165

Miller, O. (2019). Baseline groundwater hydrology and water quality in and around Bluff, Utah. U.S. Geological Survey

Mishra, P. & Singh, U., (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data, *Annals of Cardiac Anaesthesia*, Vol. 22, Issue 1, pp. 67-72

Mudgal, K.D., Kumari, M. & Sharma, D.K., (2009). Hydrochemical Analysis of Drinking Water Quality of Alwar District, Rajasthan, *Nature and Science* Vol 7, Issue 2, pp. 30-39, <http://www.dx.doi.org/10.7537/marsnsj070209.03>

Nasir, A., Bodrud-Doza, Md., Didar-UI Islam, S.M., Manzoor, A., Iftakharul Muhib, Md., Anwar, Z., Shahadat, H., Moniruzzaman, Md., Nipa, D. & Abdul Quaiyum Bhuiyan, Md., (2018). Hydrogeochemical evaluation and statistical

analysis of groundwater of Sylhet, North-Eastern Bangladesh, Acta Geochimica, DOI: 10.1007/s11631-018-0303-6

Nobajas I. Ganau, A., (2012). Bottled natural mineral water in Catalonia: Origin and geographical evolution of its consumption and production

Ntanganedzeni, B., Elumalai, V. & Rajmohan, N., (2018). Coastal aquifer contamination and geochemical processes evaluation in Tugela catchment, South Africa – geochemical and statistical approaches, Water, Vol. 10, Issue 6, DOI: [10.3390/w10060687](https://doi.org/10.3390/w10060687)

Petrovic, T., Zlokolica-Mandic, M., Veljkovic, N., Papic, P. & Stojkovic, J., (2012). Geochemistry of bottled waters of Serbia, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, CLEAN SOIL AND SAFE WATER, pp. 247-266, Chapter 19, Springer

Ravikumar, P., Somashekar, R. K. & Prakash, K. L., (2015). A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater from SRLIS river basin, Karnataka, India, Elixir Internaional Journal 80, pp. 31073-31077

Roba, C., Rosu, C., Burghel B.-D., Moldovan M. & Mitrofan H., (2015). The quality of the natural mineral waters from Buzau County, Air and Water components of the Environment, pp. 102-108, DOI: [10.17378/AWC2015_14](https://doi.org/10.17378/AWC2015_14)

Sanjiay, K., Mukarukunda, J., Rajpaul, Prakash, R., Sharma, S.K., Satyavan & Jhorar, R.K., (2016). Hydrochemical analysis and evaluation of groundwater quality of Ellenabad Block of Sirsa District, India, Asian Journal of Chemistry, Vol. 29, No. 1, pp. 129-132

Stamatis, G., Voudouris, K. & Karafilakis, F., (2000). Groundwater pollution by heavy metals in historical mining area of Lavrio, Attica, Greece, Water Air and Soil Pollution, Vol. 128, Issue 1, pp. 61-83, DOI: [10.1023/A:1010337718104](https://doi.org/10.1023/A:1010337718104)

Todd, D.K., (1980). Groundwater Hydrology. John Wiley & Sons, pp. 535. <https://doi.org/10.1002/gj.3350170407>

Voudouris, K., Lambrakis, N., Papatheodorou, G. & Daskalaki, P., (1994). Factor Analysis for revealing hydrochemical parameters in plio-pleistocene aquifer of NW Achaia (NW Peloponnesus, Greece), Proceedings of the 7th International Congress of the Greek Geologic Society in 1994, pp. 257-266

Voudouris, K. S., Lambrakis, N. J., Papatheodorou, G. & Daskalaki, P., (1997). An application of factor analysis for the study of the hydrogeological conditions in plio-pleistocene aquifer of NW Achaia (NW Peloponnesus, Greece), Mathematic Geology, Vol. 29, No. 1, pp. 43-59

Voudouris, K., Panagopoulos, A. & Koumantakis, I., (2002). Nitrate pollution in the coastal aquifer system of the Korinthos prefecture (Greece), Global Nest: The Int. J., Vol. 6, No. 1, pp. 31-38

World Health Organization, (2011). Guidelines for Drinking-water Quality (4th edition)

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Βουδούρης, Κ., (2009). Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος: Υπόγεια Νερά & Περιβάλλον. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Βουδούρης, Κ., Βενετσάνου Π., Καζάκης Ν., (2016). Τεχνική έκθεση ερευνητικού έργου «Εντοπισμός και διάκριση υδροφόρων συστημάτων με ανάλυση υδρογεωλογικών και υδροχημικών δεδομένων στην ορεινή Κορινθία». Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

Βουδούρης, Κ., Καζάκης, Ν., Χαλικάκης, Κ., (2018). Υδρογεωλογική έρευνα και καθορισμός ζωνών προστασίας της ευρύτερης περιοχής των γεωτρήσεων της εταιρείας ΒΙΚΟΣ Α.Ε. (θέση Περίβλεπτος Ιωαννίνων). Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος, ΕΛΚΕ, ΑΠΘ

Δεβλιώτη, Κ., (2016). Υδρογεωλογική έρευνα και ποιότητα υπογείων νερών της Λεκάνης Μυγδονίας. Μεταπτυχιακή Διατριβή, τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ.

Δημόπουλος, Γ., (1983). Εφαρμοσμένη Γεωλογία (1^{ος} τόμος), Υδρογεωλογία

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ), Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 της Επιτροπής για την τροποποίηση των παραμέτρων II και III της οδηγίας 98/83/EK του Συμβουλίου σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, L 260/6, 7/10/2015

Ευρωπαϊκή Κοινοβούλιο (ΕΚ), (2009), Οδηγία 2009/54/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την εκμετάλλευση και τη θέση στο εμπόριο των φυσικών μεταλλικών νερών. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 164/45, 26/06/2009

Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα (ΕΟΚ), Οδηγία 80/777/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των Κρατών Μελών σχετικά με την εκμετάλλευση και τη θέση στο εμπόριο των φυσικών μεταλλικών νερών, ΕΕ L 229, 30/8/1980

Ζαγγανά, Ε., (2015). Υδροχημεία, Ιοντοανταλλαγή, έκδοση: 1.0. Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), (1983). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας

Καζάκης, Ν., Βουδούρης, Κ., Τζόλλας, Ν., Παύλου, Α., Σωτηριάδης, Μ., Καντηράνης, Ν., (2015). Ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπογείου νερού στη λεκάνη του Ανθεμούντα, Βόρεια Ελλάδα, Επιστημονική Επετηρίδα, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ειδικός τόμος 103, σελ. 17-20

Καϊάφα, Α., (2009). Συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης κατά την ελληνιστική και ρωμαϊκή περίοδο στην Μακεδονία, Διδακτορική Διατριβή, Τόμος II, τμήμα Αρχιτεκτόνων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Καλλέργης, Γ., (1986). Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία, Εκδόσεις ΤΕΕ

Καλλέργης, Γ., (2000). Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, 2^η έκδοση, Τόμος Β', Τ.Ε.Ε., Αθήνα

Κουρτίδου, Σ., (2016). Διερεύνηση της ποιότητας των υπογείων νερών στα όρια του Νομού Κιλκίς. Μεταπτυχιακή Διατριβή, τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ.

Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) Δ11/Φ.16/8500/91 (Φ.Ε.Κ. Β'174),
Προσδιορισμός κατώτερων και ανώτερων ορίων των αναγκαίων ποσοστών για την
ορθολογική χρήση νερού στην ύδρευση

Λαμπράκης, Ν., κ.α., (1997). Νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης υδροφόρων
οριζόντων Πελοποννήσου, Πρακτικά 4^{ου} Υδρογεωλογικού συνεδρίου.

Μουντράκης, Δ., (2010). Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας

Μπαλή, Ε., (2016). Ταξινόμηση ιαματικών πηγών Δυτικής και Κεντρικής
Μακεδονίας με υδρογεωλογικά, υδροχημικά και γεωθερμικά κριτήρια. Μεταπτυχιακή
Διατριβή, τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ.

Μπαμπάτσικου, Α-Μ., (2016). Περιβαλλοντική και γεωχημική έρευνα υπογείων
υδάτων και εδαφών στην περιοχή Βελεστίνου και εκτίμηση της ρυπαντικής
επιδεκτικότητας του υδροφορέα, Μεταπτυχιακή Διατριβή, τμήμα Γεωλογίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πατρικάκη, Ο., (2009). Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης απορροής ρεύματος
ποταμιάς, Νομός Κοζάνης, Δυτική Μακεδονία. Διδακτορική Διατριβή, τμήμα
Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

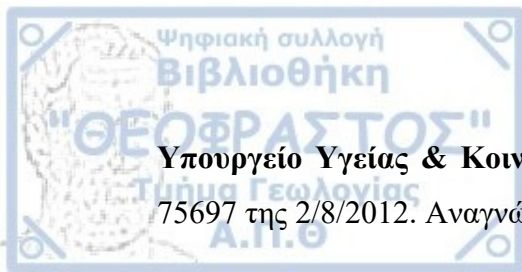
Σούλιος, Γ., (2006). Γενική Υδρογεωλογία, Τόμος Τέταρτος

Σταυρακίδου, Ε., (2011). Οικολογική ποιότητα και διαχείριση υδάτων σε επίπεδο
λεκάνης απορροής. Μεταπτυχιακή Διατριβή, τμήματα Βιολογίας, Γεωλογίας και
Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τζίμα, Μ., (2012). Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών εμφιαλωμένων νερών,
Διπλωματική εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογραφικών Μηχανικών, Εθνικό
Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Υπουργική Απόφαση (Υ.Α.) Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (Φ.Ε.Κ.)
53/20.02.1986, Τεύχος Δεύτερο, Ποιότητα του πόσιμου νερού σε συμμόρφωση προς
την 80/778 Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 18.7.80

Υπουργείο Υγείας & Κοιν. Αλληλεγγύης, Εγκύκλιος αριθ. πρωτ. ΔΥΤ2/Γ.Π.87194
της 20/7/2009. Επισήμανση των εμφιαλωμένων νερών



Υπουργείο Υγείας & Κοιν. Αλληλεγγύης, Εγκύκλιος αριθ. Πρωτ. ΔΥΓ2/Γ.Π. οικ 75697 της 2/8/2012. Αναγνώριση φυσικών μεταλλικών νερών και νερών πηγής

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (Φ.Ε.Κ.) 887/15.6.2004, Τεύχος Δεύτερο, Καθορισμός του καταλόγου των οριακών τιμών συγκεντρώσεων και των ενδείξεων για την επισήμανση των συστατικών των φυσικών μεταλλικών νερών, καθώς και των ορίων χρήσης του εμπλουτισμένου με όζον αέρα στην κατεργασία ορισμένων φυσικών μεταλλικών νερών και νερών πηγής

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (Φ.Ε.Κ.) 696/21.8.1979, Τεύχος Δεύτερο

Φωτίου, Ε., Κολοβός, Ν., (2004). Διερεύνηση και αξιολόγηση ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών, Πρακτικά 10^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Θεσ/νίκης, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομος XXXVI, σελ. 2087-2093

Χατζηπαναγιώτου, Μ., (2016). Υδρογεωχημική έρευνα – προέλευση ιόντων και βαρέων μετάλλων στα υπόγεια νερά της Ανατολικής Λήμνου. Μεταπτυχιακή Διατριβή, τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ.

Διαδικτυακές Πηγές

<http://www.zaroswater.gr/> (2017)

<https://www.vikoswater.gr> (2019)

<http://www.dios.gr> (2016)

<http://eyath.gr> (2019)

<https://www.efbw.org> (2014)

https://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/mineral_waters_en

<https://www.gys.gr/> (2017)

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics (2017)

<https://www.google.com/maps> (2019)



https://www.researchgate.net/profile/Elias_Salameh/publication/275824871/figure/fig18/AS:650757699285008@1532164134642/Piper-diagram-showing-the-different-water-types-Langguth-1966_W640.jpg

<http://whc.unesco.org/en/list/595/>

Προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν

Aquachem 3.70

IBM SPSS Statistics 25

Microsoft Office Excel 2007

QGIS3.4.3

Παράρτημα

Εταιρείες	Κατιόντα (mg/L)						
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe	Mn
Διός	89	28,4	0,2	5,1	<2	-	-
Λουτράκι	4	89,7	<0,1	13,8	1,2	<0,01	-
Κωστηλάτας	37,4	1,34	-	1,12	0,2	-	-
Βίκος	93,1	1,9	<0,1	2,6	0,7	-	-
Μιτσικέλι	73,6	0,5	<0,1	1,4	0,6	-	-
Ζαγόρι	76,4	4,95	0	2,05	0,63	-	-
Αύρα	60	8,9	<0,1	9	1,2	-	-
Πηγή Ολύμπου	63,8	17,7	<0,1	9,6	1,5	-	-
Σέλι	81	7,5	<0,1	1,1	0,5	-	-
Σαμαρίνα	2,4	22,3	<0,1	0,6	0,3	<0,01	<5
Θεόνη	47,7	0,1	<0,1	1,2	0,3	-	-
Ιόλη	59,3	20,8	0,013	7,33	0,85	-	-
Κορπή	94,1	2,6	<0,05	3,6	0,8	-	-
Ζαρός	30	11	<0,07	6,7	<0,5	-	-
Ξινό Νερό	233,9	27,2	<0,02	4,43	1,22	-	-
Υάς	119	4,6	<0,1	5,2	1,9	<0,005	-

Εταιρείες	Ανιόντα (mg/L)						
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	F ⁻
Διός	351	4,88	6,62	<0,1	8,22	-	-
Λουτράκι	440	27,3	<5	<0,05	3,6	2,1	-
Κωστηλάτας	117	0,96	2,29	<0,006	0,87	-	-
Βίκος	270	9	12,2	<0,05	7,2	-	-
Μιτσικέλι	215	5	<5	<0,05	6,7	-	-
Ζαγόρι	250	5	9,12	0	1,4	-	0,06
Αύρα	182	2	14	<0,1	8,6	-	-
Πηγή Ολύμπου	274,3	9,9	<5	<0,005	10,4	-	-
Σέλι	256	<5	29	<0,05	<5	-	-
Σαμαρίνα	106	<5	<5	<0,05	1,9	3,1	<0,3
Θεόνη	145	<5	<5	<0,05	1,5	-	-
Ιόλη	274	8,13	10,5	<0,006	9,55	-	-
Κορπή	287,9	7,3	<5	<0,05	6,13	-	-
Ζαρός	137	14,2	<5	0,023	3,5	-	-
Ξινό Νερό	945,81	3,8	<12,2	<0,005	9,5	-	-
Υάς	353	5,8	26	<0,05	8,4	-	-

Εταιρείες	Φυσικοχημικές παράμετροι				
	pH	EC (μS/cm)	Ολική σκληρότητα (mg/L CaCO ₃)	Στερεό υπόλειμμα (mg/L)	TDS (mg/L)
Διός	7,5	492	288	-	-
Λουτράκι	8,4	703	379	410	-
Κωστηλάτας	7,7	168,9	96	157	-
Βίκος	7,3	480	240	280	268
Μιτσικέλι	7,8	365	186	210	202
Ζαγόρι	7,5	357	200	180	210
Αύρα	7,8	321	172	207	-
Πηγή Ολύμπου	7,6	473	232	277	-
Σέλι	7,6	425	233	250	-
Σαμαρίνα	9	182	98	100	89
Θεόνη	8	238	119	130	-
Ιόλη	7,2	410	234	225	390,98
Κορπή	7,52	484	245	291	-
Ζαρός	7,9	239	121	160	-
Ξινό Νερό	5,96	1216	-	620 (ξινό υπόλειμμα)	-
Υας	7,2	570	316	-	330

Εταιρείες	Πηγή	Ημερομηνία χημικής ανάλυσης
Λιός	ΔΙΟΣ	24/10/2013
Λουτράκι	Γεράνια Όρη	20/9/2016
Κωστηλάτας	Θεοδωριανά Άρτας	21/12/2016
Βίκος	ΒΙΚΟΣ	3/1/2018
Μιτσικέλι	ΠΗΓΗ ΖΑΓΟΡΟΧΩΡΙΑ	8/1/2018
Ζαγόρι	Καρακόρι Περιβλέπτου	22/6/2016
Αύρα	Αύρα Αγίου	4/8/2016
Πηγή Ολύμπου	Πηγή Ολύμπου	2017
Σέλι	Άσσος Βέρμιο	1/2/2016
Σαμαρίνα	Πηγή Γκούρα (Σμόλικας)	14/11/2018
Θεόνη	Γκούρα (Άγραφα Όρη)	31/3/2016
Ιόλη	Ιόλη	4/3/2016
Κορπή	Μοναστηράκι Βόνιτσας (Κορπή)	31/3/2017
Ζαρός	Αμάτι (Ψηλορείτης)	11/10/2018
Ξινό Νερό	Ποιρο (Ξινό Νερό)	2018
Υάς	Πηγή Υάς Γεώτρηση Ζάρακα	1/11/2015



Πίνακας Συντεταγμένες Φυσικών μεταλλικών νερών σε WGS84 (<https://www.google.com/maps>)

Συντεταγμένες σε WGS84		
Company	LATITUDE	LONGITUDE
Dios	40.091799	22.358265
Loutraki	38.022756	23.134942
Kostilata	39.434848	21.209842
Vikos	39.965409	20.704947
Mitsikeli	39.864127	20.659671
Zagori	39.773010	20.778208
Ayra	38.178252	22.041596
Olympos	40.087976	22.406980
Seli	40.527630	22.010336
Samarina	39.905848525851	21.022408348089
Theoni	39.119546	21.589036
Ioli	38.830039	22.283161
Korpi	38.850450	20.946615
Xina Nera	40.703928	21.623564
Zaros	35.140508	24.910865
Yas	37.898206	22.926259



Factor Analysis

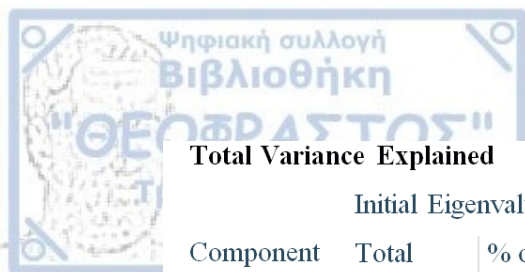
KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	,594
Bartlett's Test of Approx. Chi-Square	177,008
Sphericity df	45
Sig.	,000

Communalities

	Initial	Extraction
Ca+2	1,000	,980
Mg+2	1,000	,910
Na+	1,000	,854
K+	1,000	,752
HCO ₃ ⁻	1,000	,956
Cl ⁻	1,000	,844
SO ₄ ⁻²	1,000	,742
NO ₃ ⁻	1,000	,599
pH	1,000	,875
EC	1,000	,965

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,522	45,220	45,220	4,522	45,220	45,220
2	2,703	27,030	72,250	2,703	27,030	72,250
3	1,253	12,525	84,775	1,253	12,525	84,775
4	,767	7,670	92,445			
5	,341	3,411	95,856			
6	,228	2,281	98,137			
7	,111	1,112	99,249			
8	,068	,677	99,927			
9	,005	,050	99,977			
10	,002	,023	100,000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Sums of Squared Loadings

Total	% of Variance	Cumulative %
3,898	38,983	38,983
2,757	27,573	66,556
1,822	18,219	84,775



Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Ca ²⁺	,919	-,314	,191
Mg ²⁺	,124	,942	-,085
Na ⁺	-,023	,724	,574
K ⁺	,482	,326	,644
HCO ₃ ⁻	,944	,252	,043
Cl ⁻	-,045	,915	-,064
SO ₄ ²⁻	,106	-,231	,823
NO ₃ ⁻	,561	,086	,527
pH	-,862	,271	-,241
EC	,918	,326	,124

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a

a. Rotation converged in 4 iterations.

ΔΙΟΣ
ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΕΡΟ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ
ΕΜΦΙΑΛΩΝΕΤΑΙ ΣΤΟ Δ.Δ. ΚΥΤΣΑΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΔΙΟΥ/ΟΛΥΜΠΟΥ
ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ Σ. ΜΕΝΤΕΚΙΔΗΣ Α.Ε. / ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ Σ. ΜΕΝΤΕΚΙΔΗΣ / ΤΗΛ: 23510 53111 / WWW.DIOS.GR
ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΣΧΙΕΡΟ & ΔΡΟΣΕΡΟ ΜΕΡΟΣ
ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΩΣ 18° (ΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΕΝΤΟΝΕΣ ΟΣΜΕΣ
Η ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΑΝΤΙΦΡΑΖΕΤΑΙ ΣΤΟ ΠΑΝΟ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΦΙΑΛΗΣ
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟ Τ.Ο.Χ. (Α.Π. 30/039/5319/24-10-2013) / Α.Π. ΔΥΤ2/ΤΠ 121064 30/9/10
Δ.Δ. ΚΑΡΙΤΣΑΣ ΔΗΜΟΥ ΔΙΟΥ/ΟΛΥΜΠΟΥ / ΑΡ. ΑΔ. 2277/28.09.2012 / ΠΗΓΗ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ: "ΔΙΟΣ"

ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΓΙΑ ΔΙΑΙΤΑ ΠΤΟΧΗ ΣΕ ΝΑΤΡΙΟ

ΚΑΤΙΟΝΤΑ / CATIONS mg/l	ΑΝΙΟΝΤΑ / ANIONS mg/l	pH: 7,5
Ca ²⁺ Mg ²⁺ Na ⁺ K ⁺ NH ₄ ⁺ Cl ⁻ SO ₄ ²⁻ NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻		ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ / CONDUCTIVITY: 492 μS/cm
89 28,4 5,1 <2 <0,2 351 4,88 6,62 <0,1 8,22		

GREEK PRODUCT
BOTTLED AT THE KARITSA DISTRICT IN DION / OLYMPUS MUNICIPALITY
BOTTLED BY S. MENTEKIDIS A. / LIABLE BY LAW S. MENTEKIDIS
TEL: +30 23510 53111 / WWW.DIOS.GR
STORE IN A DRY COOL PLACE TO TEMPERATURES BELOW 18° C AWAY FROM STRONG ODORS
BEST BEFORE DATE IS INDICATED ON TOP OF BOTTLE
ANALYZED BY THE GENERAL CHEMICAL STATE LABORATORY (R.N. 30/039/5319/24-10-2013)
APPROVAL NR: 121064 30/9/10 / LIC. NR. 2277 / 28.09.2012 / SOURCE: "DIOS"
SUITABLE FOR LOW-SODIUM DIET

ISO 22000

Κορινθίας
4641,
AVEE,

ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΕΡΟ
Λουτράκι
1.5 ΛΙΤ.
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ

περιέχει
Μαγνήσιο

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΜΕΝΟ ΣΑΝ ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΕΡΟ
ΜΕ ΤΗΝ ΥΠ' ΑΡ. Α18/ΟΙΚ. 3224/4/85 ΕΓΚΡΙΣΗ
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟ Ι.Γ.Μ.Ε. (20/9/2016)

Κατιόντα Cations mg/l	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Fe
	1,2	13,8	4,0	89,7	<0,1	<0,01
Ανιόντα Anions mg/l	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
	27,3	2,1	440,0	<5	3,6	<0,05

pH (25°C)=8,4 Αγωγιμότητα / Conductivity: 703 μS/cm (25°C)
Ολική σκληρότητα / Total Hardness: 379 mg/l CaCO₃
Στερεό Υπόλειμμα / Dry Residue (180°C) 410 mg/lit

ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΔΗΜΟΥ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ-ΠΕΡΑΧΟΡΑΣ-ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΩΝ
ISO 9001 & HACCP CERTIFIED COMPANY

ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ
ΠΕΤ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Β.Ε.Ε.
ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΗΜΑ ΒΙ.Π.Ε. ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ

0.5lt

Αρ. Έγκρισης: Α.Π ΔΥΤ2/ΤΠ 26442 - 16/3/2011
Αρ. Αδείας: Δ.Α.1611/28-12-2011
Χημική Ανάλυση Γενικού Χημείου Κράτους:
30/043/000/1663/21-12-2016

υψόμετρο
1450μ.

Ολική σκληρότητα
96 mg/l CaCO₃

πηγές
Κωστήλάτας
στην Ήπειρο
φυσικό μεταλλικό νερό

Ολική σκληρότητα: 96 mg/l [ως CaCO₃]
Αγωγιμότητα: 168,9 μS/cm (20°C)
pH: 7,7 / Στερεό υπόλειμμα: 157 mg/l (180°C)
Κατιόντα (mg/l): (Ca²⁺): 37,4 / (Mg²⁺): 1,34
(Na⁺): 1,12 / (K⁺): 0,20
Ανιόντα (mg/l): (Cl⁻): 0,96 / (SO₄²⁻): 2,29
(NO₃⁻): 0,87 / (NO₂⁻): <0,006
Βαρέα μέταλλα απουσιάζουν

Έδρα: 4* χλμ Άρτας - Ιωαννίνων, Άρτα
☎: (+30) 26810 27556
e-mail: eurowaterland@gmail.com
www.eurowaterland.gr

EU Approved / Certified by FSSC 22000
Exceeds all EU specifications

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ - GREEK PRODUCT
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΕΡΟ - Αρ. Έγκρ.: Υ2/οικ.478/12.02.96

ΚΑΤΑΛΗΛΟ ΓΙΑ ΔΙΑΙΤΑ ΠΤΩΧΗ ΣΕ ΝΑΤΡΙΟ - ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΛΑΤΑ
SUITABLE FOR A LOW SODIUM DIET - WITH A LOW CONTENT IN MINERALS

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ / CHEMICAL ANALYSIS (Ι.Γ.Μ.Ε. 03/01/18):
pH=7,3 • Αγωγιμότητα / Conductivity=480 μ S/cm (25°C)
Στερεό υπόλειμμα / Dry residue (180°C)=280 mg/l • Ολικό Διαλυμένο Στερεό
Total Dissolved Solids=268 mg/l • Σκληρότητα ολική / Total Hardness=240 mg/l (ως CaCO₃)

ΚΑΤΙΟΝΤΑ / CATIONS (mg/l): Ca²⁺=93,1 • Mg²⁺=1,9 • Na⁺=2,6 • K⁺=0,7 • NH₄⁺<0,1
ΑΝΙΟΝΤΑ / ANIONS (mg/l): HCO₃⁻=270 • Cl⁻=9,0 • SO₄²⁻=12,2 • NO₃⁻=7,2 • NO₂⁻<0,05

ΠΗΓΗ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ: «ΒΙΚΟΣ» / SOURCE: 'VIKOS' (Έγκρ. Εμφιάδ.: 11826/17.10.90 Δ.Υ.Ι.)
ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ: ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΜΦΙΑΛΩΣΕΩΝ Α.Ε., Φτέρη Περιβρέπτου Ιωαννίνων
BOTTLED BY: EPIROTIC BOTTLING INDUSTRY S.A., Perivleptos, Ioannina, Greece
(Αδ. Λειτουργίας / Operation Licence: 1020/7635/2-γ/20.04.92 Α.Δ.Ι.)
ΤΗΛ./TEL: (+30) 26510 61951, (+30) 210 2445555 - info@vikoswater.gr

Βίκος®
Ζαγοροχώρια
ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΕΡΟ 0,5L

www.water.gr

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ / CHEMICAL ANALYSIS (Ι.Γ.Μ.Ε. 08/01/2018):
ΚΑΤΙΟΝΤΑ (mg/l): Ca²⁺=73,6 | Mg²⁺=0,5 | Na⁺=1,4 | K⁺=0,6 | NH₄⁺<0,1
ΑΝΙΟΝΤΑ (mg/l): HCO₃⁻=215 | Cl⁻=5,0 | SO₄²⁻<5,0 | NO₃⁻=6,7 | NO₂⁻<0,05

pH=7,8 • Αγωγιμότητα / Conductivity=365 μ S/cm (25°C) •
Στερεό Υπόλειμμα / Dry Residue (180°C)=210 mg/l • Ολικό
Διαλυμένο Στερεό / Total Dissolved Solids=202 mg/l •
Σκληρότητα Ολική / Total Hardness=186 mg/l (ως CaCO₃)

ΚΑΤΑΛΗΛΟ ΓΙΑ ΔΙΑΙΤΑ ΠΤΩΧΗ ΣΕ ΝΑΤΡΙΟ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΛΑΤΑ
SUITABLE FOR A LOW SODIUM DIET WITH A LOW CONTENT IN MINERALS

ΕΜΦΙΑΛΩΝΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ "ΖΑΓΟΡΟΧΩΡΙΑ" ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΜΦΙΑΛΩΣΕΩΝ Α.Ε. / Καλάνκι Ιωαννίνων
Ο.Α.Δ. Α.Ε.Τ.: ΔΑΠΕΙ 43/Φ14.1257/16.01.2012
ΤΗΛ./TEL: (+30) 26510 61951, (+30) 2102445555

MITSIKELI®
from the
Zagorochoria
source
NATURAL MINERAL WATER

0,5L

Φυσικό Μεταλλικό Νερό / Natural Mineral Water
Αρ. Έγκρισης / Approval number: Υ2/οικ 3716/18-12-95
Πηγή Υδροληψίας: Καρακόρι Περιβρέπτου / Source: Karakori Perivleptos, Εμφιάδωση: Χίτος αβέε, Περιβρέπτος Ιωαννίνων / Bottled by Chitos S.A., Perivleptos, Ioannina, Greece. Χημική Ανάλυση Γ.Χ.Κ. / Chemical analysis Γ.Χ.Κ.: [22/06/16] (mg/L)

HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ (N)	F ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺
250	5,00	0,0	9,12	1,40	0,06	76,4	4,95	0,0	2,05	0,63

Σύνολο διαλυμένων αλάτων / TDS: 210 mg/L. Αγωγιμότητα / Conductivity: 357 μ S/cm (20°C). Ολική Σκληρότητα / Total Hardness: [CaCO₃] 200 mg/L. pH: 7,50. Βαρέα μέταλλα / Heavy metals (Pb, Hg, Cd, Cr(VI), As, Mn, Al) μν ανανεύσιμα / not detectable

ZAGORI®
natural mineral water
0,5L

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΕΡΟ.
Αρ. Εγκρίσης: Υ2/ΕΠ/24179/21.11.01
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ 4/6/2016:

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺
60	8,9	9	1,2	<0,1

ΑΝΙΟΝΤΑ:

Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
2	182	14	8,6	<0,1

ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ: 172mg/L (ως CaCO₃)
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ (180°C): 207ppm
pH: 7,8/ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ: 321 μ S/cm (25°C)
ΠΗΓΕΣ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΥΡΑ ΑΙΓΙΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΜΟΝΥΜΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΜΦΙΑΛΩΣΗΣ: COCA-COLA ΣΕ ΕΛΛΑΔΟΣ ΑΒΕΕ, 151 25 ΜΑΡΟΥΣΙ, ΑΘΗΝΑ ΚΑΙ ΕΞΑΓΕΙΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΑΦΟΙ ΑΛΛΗΤΗ ΑΤΑ, Τ.Θ. 22000, 1515 ΛΕΥΚΩΣΙΑ, Αρ. Αδείας ΔΑΦ 14.2/50184/1272/2511/07-43-2016 ΔΑ. ΨΗΦΙΣΜΕ: Αρ. ΒΡΟΤ. 217946/22-12-2016 Δ/ΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.

Ελληνικό Προϊόν
3Ε

0,5 ΛΙΤΡΑ
Φυσικό Μεταλλικό Νερό
ΑΥΡΑ®

Χημική ανάλυση Ι.Γ.Μ.Ε. Μ.Ο. 2017
Chemical analysis

Κατιόντα Cations mg/l	Ανιόντα Anions mg/l
Ca ⁺⁺ 63,9	HCO ₃ ⁻ 274,3
Mg ⁺⁺ 17,7	Cl ⁻ 9,9
Na ⁺ 9,6	SO ₄ ⁼ <5
K ⁺ 1,5	NO ₃ ⁻ 10,4
NH ₄ ⁺ <0,1	NO ₂ ⁻ <0,05

pH=7,6
Αγωγιμότητα / Conductivity (25°C): 473μS/cm
Σκληρότητα Ολική / Total Hardness: 232mg/l CaCO₃
Στερεό υπόλειμμα/Dry residue: 277mg/l

Πηγή Ολύμπου
Από το ψηλότερο βουνό της Ελλάδας
Φυσικό μεταλλικό νερό

0,5L

www.pigiolympou.gr

ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟ

Αναγνωρισμένο Φυσικό Μεταλλικό Νερό. Ελληνικό προϊόν.
Αρ. Έγκρισης: Α.Π.:2191/14-03-92. Πηγή Υδροληψίας: ΑΣΣΟΣ

ΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΠΡΙΝ ΑΠΟ: ΒΛΕΠΕ ΦΙΑΛΗ.
ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΣΕ ΣΚΙΕΡΟ ΚΑΙ ΔΡΟΣΕΡΟ ΜΕΡΟΣ.
ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΕΝΤΟΝΕΣ ΟΣΜΕΣ.
ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ: Σ. ΜΕΝΤΕΚΙΔΗΣ Α.Ε., ΣΠΗΛΙΑ ΕΟΡΔΑΙΑΣ

ΑΡ. ΑΔ. 01-95

Χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα.
Κατάλληλο για δίαιτα πτωχή σε νάτριο.

Χημική ανάλυση από το Ι.Γ.Μ.Ε. (Α.Π.383/1-2-2016)

Κατιόντα mg/l	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺
81	75	11	0,5	0,1	

Ανιόντα mg/l	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
256	<5	29	<0,05	<5	

pH: 7,6
Αγωγιμότητα: 425 μS/cm
Ολική σκληρότητα: 233 mg/l CaCO₃
Στερεό υπόλειμμα (180°C): 250 mg/l

ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΕΡΟ

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ Ι.Γ.Μ.Ε. (Α.Π.413/05-02-2016)
CHEMICAL ANALYSIS I.G.M.E. (413/05-02-2016)

ΚΑΤΙΟΝΤΑ/CATIONS mg/l	ΑΝΙΟΝΤΑ/ANIONS mg/l
Ca ⁺⁺ 2,5	HCO ₃ 111
Mg ⁺⁺ 22,6	Cl ⁻ <5
Na ⁺ 1,7	SO ₄ 6,8
K ⁺ 0,2	NO ₃ 1,6
NH ₄ ⁺ <0,1	NO ₂ <0,05

pH: 8,9
Ολική σκληρότητα/Total hardness CaCO₃: 99mg/l
Αγωγιμότητα/Conductivity: 184μS/cm
Διατηρείται σε μέρος σκιερό και δροσερό κάτω των 18°C
Keep in a cool and dark place below 18°C
ΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΠΡΙΝ ΑΠΟ: ΒΛΕΠΕ ΣΤΗ ΦΙΑΛΗ
BEST BEFORE: ON THE BOTTLE

HIGHEST & PUREST

1,600m

SAMARINA
NATURAL MINERAL WATER

LOW SALINITY
APPROPRIATE FOR HIGH pH DIET

0.5 LITRE

5 202248 016002



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ & ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Ν.Π.Δ. ΕΠΟΠΤΕΥΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Ν. 272/76)
ΣΠ. ΛΟΥΗ 1, Γ' ΕΙΣΟΔΟΣ ΟΛΥΜΠΙΑΚΟΥ ΧΩΡΙΟΥ Τ.Κ. 13677 ΑΧΑΡΝΑΙ, ☎ 2131337000, FAX 2131337015

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΩΝ ΝΕΡΩΝ
ΣΠ. ΛΟΥΗ 1, Γ' ΕΙΣΟΔΟΣ ΟΛΥΜΠΙΑΚΟΥ ΧΩΡΙΟΥ Τ.Κ. 13677 ΑΧΑΡΝΑΙ, ☎ 2131337137, FAX 2131337446

Πληροφορίες: Ε. Γκιντώνη

Αθήνα 15/11/2018

Α.Π. (ΙΓΜΕ) 5426/15-10-2018

Α.Π. (ΑΑΝΕ) 171/15-10-2018

ΠΡΟΣ : CREATIVE PROPERTIES INVESTMENTS ΕΠΕ

6ο χλμ. Λάρισας-Φαλάνης Τ.Κ. 41110 Λάρισα

Πληροφορίες: κα Γκέλη Καζαντζή

Τηλ. 2410592808, Fax: 2410592811

Περιγραφή δείγματος

Περιγραφή και προσδιορισμός της ποιότητας του δείγματος βάσει της αξιολόγησης του ενδιαφέροντος στην αίτηση εκτέλεσης δοκιμών.

Ευθύνη Δειγματοληψίας

Ημερομηνία παραλαβής

: Δείγμα εμφιαλωμένου φυσικού μεταλλικού νερού ΣΑΜΑΡΙΝΑ

(Lot. I.25409181217) σε φιάλες PET 1,5 l.

Κατάσταση δείγματος κατά την παραλαβή κανονική.

: CREATIVE PROPERTIES INVESTMENTS ΕΠΕ

: 15/10/2018

Ημερομηνία ανάλυσης : 17/10-14/11/2018

ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ 1390.0/2018

(ΚΩΔ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 1390/2018)

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Αποτέλεσμα δοκιμής	Παραμετρική τιμή*	Πρότυπη Μέθοδος
pH (μέτρηση σε 23 °C)	μονάδες pH	9,0	≥ 4,5 και ≤ 9,5	ΕΛΟΤ 658:1983
Αγωγιμότητα ¹ (25 °C)	μS/cm	182	2500 (20°C) 2790 (25°C)	ΕΛΟΤ EN 27888:1993
Ασβέστιο, Ca ⁺²	mg/l	2,4		ΕΛΟΤ EN ISO 11885:2009
Μαγνήσιο, Mg ⁺²	mg/l	22,3		ΕΛΟΤ EN ISO 11885:2009
Νάτριο, Na ⁺	mg/l	0,6	200	ΕΛΟΤ EN ISO 11885:2009
Κάλιο, K ⁺	mg/l	0,3	12	ΕΛΟΤ EN ISO 11885:2009
Ανθρακικά ² , CO ₃ ⁻²	mg/l	3,1		ΕΛΟΤ EN ISO 9963-1:1996
Όξινα ανθρακικά ² , HCO ₃ ⁻	mg/l	106		ΕΛΟΤ EN ISO 9963-1:1996
Χλωριούχα, Cl ⁻	mg/l	<5	250	ISO 9297:1989
Θειικά, SO ₄ ⁻²	mg/l	<5	250	ΕΛΟΤ EN ISO 11885:2009
Νιτρικά, NO ₃ ⁻	mg/l	1,9	50 (50)	DIN 38405 D9-1:2008
Νιτρώδη, NO ₂ ⁻	mg/l	<0,05	0,5 (0,1)	ΕΛΟΤ EN 26777:1993
Αμμώνιο, NH ₄ ⁺	mg/l	<0,1	0,50	DIN 38406-5:1983
Σκληρότητα Ολική	mg/l CaCO ₃	98		Υπολογιστική μέθοδος βασισμένη στο ΕΛΟΤ 170:1980
Σκληρότητα Παροδική	mg/l CaCO ₃	92		ΕΛΟΤ EN ISO 9963-1:1996
Σκληρότητα Μόνιμη	mg/l CaCO ₃	6		Υπολογιστική μέθοδος βασισμένη στο ΕΛΟΤ 170:1980 & ΕΛΟΤ EN ISO 9963-1:1996

*σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 (ΦΕΚ 3282/Β/2017) περί της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (οι τιμές σε παρενθέσεις αποτελούν τις παραμετρικές τιμές σύμφωνα με την Οδηγία 2003/40/ΕΚ για τον καθορισμό του καταλόγου των οριακών τιμών συγκέντρωσεων των συστατικών των φυσικών μεταλλικών νερών)

Ι.Γ.Μ.Ε. - ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΩΝ ΝΕΡΩΝ

ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ 1390.0/2018
(ΚΩΔ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 1390/2018)

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Αποτέλεσμα δοκιμής	Παραμετρική τιμή*	Πρότυπη Μέθοδος
Πυριτικά, SiO ₂	mg/l	4,4		ASTM D5673:2003
Σίδηρος, Fe	μg/l	<10	200	ΕΛΟΤ EN ISO 11885:2009
Μαγγάνιο, Mn	μg/l	<5	50 (500)	ASTM D5673:2003
Χαλκός, Cu	μg/l	<5	2000 (1000)	ASTM D5673:2003
Ψευδάργυρος, Zn	μg/l	<5		ASTM D5673:2003
Μόλυβδος, Pb	μg/l	<3	10 (10)	ASTM D5673:2003
Κάδμιο, Cd	μg/l	<1	5,0 (3,0)	ASTM D5673:2003
Νικέλιο, Ni	μg/l	<5	20 (20)	ASTM D5673:2003
Χρόμιο, Cr	μg/l	8	50 (50)	ΕΛΟΤ EN ISO 11885:2009
Χρόμιο Εξασθενές, Cr(VI)	μg/l	<10		Εσωτερική μέθοδος βασισμένη στην STANDARD METHODS 3500-Cr B, 20th ed.
Βάριο, Ba	μg/l	<5	(1000)	ASTM D5673:2003
Βόριο, B	μg/l	<10	1000	Εσωτερική μέθοδος βασισμένη στην ASTM D5673:2003
Αργίλιο, Al	μg/l	<10	200	ASTM D5673:2003
Βανάδιο, V	μg/l	<5		ASTM D5673:2003
Αργυρός, Ag	μg/l	<3	10	ASTM D5673:2003
Κοβάλτιο, Co	μg/l	<5		ASTM D5673:2003
Αρσενικό, As	μg/l	<3	10 (10)	ASTM D5673:2003
Αντιμόνιο, Sb	μg/l	<1	5,0 (5,0)	ASTM D5673:2003
Σελήνιο, Se	μg/l	<3	10 (10)	ASTM D5673:2003
Υδράργυρος, Hg	μg/l	<0,5	1,0 (1,0)	Εσωτερική μέθοδος βασισμένη στην ASTM D5673:2003
Οξειδωσιμότητα (KMnO ₄)	mg/l O ₂	0,9	5,0	ΕΛΟΤ 827:1986
Στερεό Υπόλειμμα (180 °C)	mg/l	100	1500	STANDARD METHODS 148A, 13th ed.
Στερεό Υπόλειμμα (260 °C)	mg/l	90		STANDARD METHODS 148A, 13th ed.
Φωσφόρος, P	μg/l P ₂ O ₅	<100	5000	Εσωτερική μέθοδος βασισμένη στην ASTM D5673:2003
Φθόριο, F ⁻	μg/l	<300	1500 (5000)	ΕΛΟΤ 828:1982
Κυανιούχα, CN ⁻	μg/l	<10	50 (70)	ΕΛΟΤ 479:1983
Βρωμιούχα, Br ⁻	mg/l	<0,5		ASTM-D1246:2005
Βρωμικά, BrO ₃ ⁻	μg/l	-	10 (3)	Εσωτερική μέθοδος βασισμένη στην EPA 300.1:1999
Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS)	mg/l	89		
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	μg/l C	<500	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	ISO 8245:1999

*σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 (ΦΕΚ 3282/Β/2017) περί της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (οι τιμές σε παρενθέσεις αποτελούν τις παραμετρικές τιμές σύμφωνα με την Οδηγία 2003/40/ΕΚ για τον καθορισμό του κατώτατου των οριακών τιμών συγκεντρώσεων των συστατικών των φυσικών μεταλλικών νερών)

ΙΓΜΕΑΝΕ-Ε03.03/19η/25/4/2018

Αναθεωρεί την έκδοση ΙΓΜΕΑΝΕ-Ε03.03/18η/25/1/2017

Σελίδα 2 από 3

Ι.Γ.Μ.Ε. - ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΩΝ ΝΕΡΩΝ

ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ 1390.0/2018
(ΚΩΔ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 1390/2018)

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Αποτέλεσμα δοκιμής	Παραμετρική τιμή*	Πρότυπη Μέθοδος
Αριθμός αποικιών σε 22 °C	CFU/ml	-	100	ISO 6222:1999
Αριθμός αποικιών σε 37 °C	CFU/ml	-	20	ISO 6222:1999
Ολικά κολοβακτηριοειδή	CFU/250 ml	-	0	ΕΛΟΤ EN ISO 9308-1:2014/A1:2017
<i>Escherichia coli</i>	CFU/250 ml	-	0	ΕΛΟΤ EN ISO 9308-1:2014/A1:2017
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	CFU/250 ml	-	0	ΕΛΟΤ EN ISO 16266:2009
Εντερόκοκκοι	CFU/250 ml	-	0	ISO 7899-2:2000
<i>Clostridium perfringens</i>	CFU/50 ml	-	0	ΕΛΟΤ EN ISO 14189:2016

* σύμφωνα με την Οδηγία 2009/54/ΕΚ σχετικά με την εκμετάλλευση και τη θέση στο εμπόριο των φυσικών μεταλλικών νερών

Ο Τεχνικός Υπεύθυνος Εργαστηρίου

Ελένη Γκιντώνη
Χημικός Μηχανικός



¹ Η μέτρηση της αγωγιμότητας έγινε στους 23,7°C με αγωγιμόμετρο METROHM 712, το οποίο διαθέτει αυτόματη διάταξη αντιστάθμισης της θερμοκρασίας στους 25°C.
² Η συγκέντρωση των ανθρακικών (CO₃²⁻) και των όξινων ανθρακικών (HCO₃⁻) προκύπτει υπολογιστικά από τον προσδιορισμό της σύνθετης και της ολικής αλκαλικότητας, αντίστοιχα.

* Η ανατύπωση της παρούσας Έκθεσης δεν επιτρέπεται χωρίς την γραπτή έγκριση της Δ/σης Αναλυτικών Εργαστηρίων παρά μόνο σε πλήρη μορφή.



ΕΜΦΙΑΛΩΝΕΤΑΙ
ΣΤΟ ΞΙΝΟ ΝΕΡΟ
TK 53200 ΑΠΟ ΤΗΝ
ΞΙΝΟ ΝΕΡΟ Α.Ε.
ΜΟΝΟΜΕΤΟΧΙΚΗ
Ανώνυμη Εταιρεία ΟΤΑ
ΑΔ. ΑΕΤ: 14/Φ 14.2/150/6/10-05-2011
ΑΡΕΤΕΡΟΝ ΥΔ. 6729603-05X B 154303

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ ΠΡΙΝ
ΑΠΟ (ΒΑ. ΠΟΜΑ). ΜΕΤΑ ΤΗΝ
ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ ΔΙΑΤΗΡΕΤΕ ΤΗΝ ΦΙΑΛΗ
ΣΕ ΔΡΟΣΕΡΟ ΚΑΙ ΣΚΙΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΕ. ΠΕ. 2018

pH	5,96
Αγωγιμότητα	1.216,00 ms/cm
Επεί Υπόλειμμα	620,00 mg/l
Υδροχλωρικό Hg	<0,05 mg/l
Κατιόντα	mg/l
Λοβότατο Ca	233,90
Μαγνήσιο Mg	27,20
Κάλιο K ⁺	1,22
Νάτριο Na ⁺	4,43
Αμμωνιο NH ₄ ⁺	<0,02
Ανιόντα	mg/l
Όξινα Ανθρακικά Ιόντα HCO ₃ ⁻	945,81
Θειικά Ιόντα SO ₄ ²⁻	<12,20
Χλωριούχα ιόντα Cl ⁻	3,80
Νιτρικά NO ₃ ⁻	9,50
Νιτρικά NO ₂ ⁻	<0,005

Πηγή Υδροληψίας: Γεύση
"ΠΟΡΟ" ΞΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΟΞΥΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ

ΞΙΝΟ ΝΕΡΟ

ΦΛΩΡΙΝΑΣ

Φυσικό μεταλλικό νερό, φυσικώς ανθρακούχο
Natural mineral water, carbonated naturally

1 Lt

ΜΗΝΑΣ

ΕΤΟΣ ΕΜΦΙΑΛΩΣΗΣ

ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΓΙΑ ΔΙΑΙΤΑ
ΥΠΟΧΗ ΣΕ ΙΑΤΡΙΟ

ΤΗΛ: 23860/81100-23863/50100 - FAX: 23860/81567
ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΗ ΦΙΑΛΗ

5 201952 100017

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 18 19 20 21

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

TEST REPORT

ΠΕΛΑΤΗΣ Υπ' όψη	CLIENT Attention to	ΒΟΤΟΜΟΣ Α.Ε. -VOTOMOS S.A ZAROS NATURAL MINERAL WATER κ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΑΚΗ
Αριθμός Πιστοποιητικού Ημ/νία Έκδοσης	Certificate number Date Reported	495-18-12560-01 11/10/2018
Περιγραφή Δείγματος	Sample Description	ΝΕΡΟ ΖΑΡΟΣ ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΟ 1.5l BOT 07.49 EXP: 26/09/19 (BOTTLED NATURAL MINERAL WATER ZAROS)
Κωδικός Δείγματος Συσκευασία Δείγματος	Sample Code Sampling container	18-12560 Συσκευασία προϊόντος (Package Product)
Δειγματοληψία	Sampler	ΠΕΛΑΤΗΣ (CLIENT)
Μεταφορά Δείγματος Ημ/νία δειγματοληψίας Ημ/νία παραλαβής Κατάσταση Δείγματος Έναρξη Ανάλυσης Περάτωση Ανάλυσης	Sample Transport Date of sampling Date of sample received Condition of sample received Start of Analysis End of Analysis	Πελάτης (Client) 27/09/2018 27/09/2018 Κανονική (Normal) 28/09/2018 11/10/2018

Τα εργαστήρια είναι διαπιστευμένα κατά ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 (ΕΣΥΔ, Πιστοποιητικό Διαπίστευσης 46/27-11-2001).
Οι Διαπιστευμένες δοκιμές συμβολίζονται με το σύμβολο (*). Accredited tests are represented by the symbol (*).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

TEST RESULTS

Παράμετροι	Parameters	Αποτέλεσμα	Μονάδες	Όρια [**]	Μέθοδος
		Result	Units	Limits [**]	Method
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ - CHEMICAL ANALYSIS					
* Turbidity	Turbidity	<0.10	NTU	Αποδεκτή	IN HOUSE NX_14
Colour	Colour	<5	mg/l Pt	Αποδεκτό	APHA 2120 C:2012
Odour	Odour	Αποδεκτή	TON	Αποδεκτή	APHA 2150 B:2012
Taste	Taste	Αποδεκτή	FTN	Acceptable to consumers. No abnormal change.	APHA 2160 B:2012
* pH	pH	7.9	μονάδες pH	6.5 - 9.5	ELOT 658:1983
* Conductivity	Conductivity	239	μS/cm	2500	APHA 2510 B:2012
* Total Hardness	Total Hardness	12.1	°F		ISO 6059:1984
* Carbonate Hardness	Carbonate Hardness	11.2	°F		EN ISO 9963.01:1996
* Residual Hardness	Residual Hardness	0.9	°F		Υπολογιστικός
* Bicarbonates (HCO3)	Bicarbonates (HCO3)	137	mg/l		EN ISO 9963.01:1996
* Chlorides (Cl)	Chlorides (Cl)	14.2	mg/l	250	ELOT 666:1983
* Sulphates (SO4)	Sulphates (SO4)	<5	mg/l	250	IN HOUSE NX_17
* Fluorides (F)	Fluorides (F)	<0.10	mg/l	1.5	IN HOUSE NX_16
* Phosphates (P-PO4)	Phosphates (P-PO4)	<0.05	mg/l		IN HOUSE NX_12
* Nitrates (NO3)	Nitrates (NO3)	3.5	mg/l	50	APHA 4500-NO3 B:2012

ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ-ΝΕΡΩΝ-ΤΡΟΦΙΜΩΝ-ΕΛΑΦΟΥΣ
Δος. Μακρή Γ. Αγίας Μάρκος - Ρεθύμιο 741 00
Τηλ.: 28310 25412 - fax: 28310 50626
e-mail: info@chemicotechniki.gr
www.chemicotechniki.gr

Λαγκουβάρδου Αφροδίτη (Lagouvardou Afroditi)
Χημικός Μηχανικός - Διευθύντρια Εργαστηρίου
(Chemical Engineer - Laboratory Manager)

Τα αποτελέσματα αναφέρονται στο προσκομισθέν δείγμα. Το παρόν πιστοποιητικό δεν μπορεί να αναπαράγει χωρίς την γραπτή έγκριση του εργαστηρίου, παρά μόνο σε πλήρη μορφή.

Σελίδα 1 από 8 - Page 1 of 8



**ΧΗΜΙΚΟ
ΤΕΧΝΙΚΗ**

ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ
ANALYTICAL LABORATORIES FOR THE CONTROL OF
ENVIRONMENTAL QUALITY
Διακ. Μαρτί 1, Άγιος Μάρκος - Ρεύμα 741 00
Τηλ.: 28310 25412 - Fax: 28310 50626
e-mail: info@chemicotechniki.gr
www.chemicotechniki.gr

CHEMICOTECHNIKI
ANALYTICAL ENVIRONMENTAL QUALITY CONTROL
LABORATORIES WATER-FOOD-SOIL
1 Dikorisou Marki, Agios Markos - Rethymno 741 00
Tel.: (+30) 28310 25412 - Fax: (+30) 28310 50626
e-mail: info@chemicotechniki.gr
www.chemicotechniki.gr

Αρ. Πιστοποιητικού - Certificate Number : 495-18-12560-01

Ημ/νία Έκδοσης - Date of Reporting : 12/10/2018

Συνέχεια από προηγούμενη σελίδα - Continuing from previous page

Παράμετροι	Parameters	Αποτέλεσμα	Μονάδες	Όρια [**]	Μέθοδος
		Result	Units	Limits [**]	Method
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ - CHEMICAL ANALYSIS					
* Nitrites (NO2)	Nitrites (NO2)	0.023	mg/l	0.50	APHA 4500-NO2 B:2012
* Ammonium (NH4)	Ammonium (NH4)	<0.07	mg/l	0.50	IN HOUSE NX_05/13
* Calcium (Ca)	Calcium (Ca)	30	mg/l		ΕΛΟΤ 169:1978
* Magnesium (Mg)	Magnesium (Mg)	11.0	mg/l		APHA 3500-Mg B:2012
Potassium (K)	Potassium (K)	<0.5	mg/l		APHA 3500-K B:2012
Sodium (Na)	Sodium (Na)	6.7	mg/l	200	APHA 3500-Na B:2012
Oxidisability (KMnO4)	Oxidisability (KMnO4)	<0.5	mg/l O2	5	EN ISO 8467:1995
Total Organic Carbon (TOC)	Total Organic Carbon (TOC)	<0.5	mg/l	No Abnormal Change	IN HOUSE AX_20
Total Cyanide (CN)	Total Cyanide (CN)	<5	μg/l	50	IN HOUSE NX_32
Silica Total (SiO2)	Silica Total (SiO2)	3.3	mg/l		APHA 4500-Si E:2012
Solid Residue (180 °C)	Solid Residue (180 °C)	160	mg/l		APHA 2540 B:2012

[**] Όριο κατάλληλότητας για πόσιμο βάσει ΦΕΚ 3282/Β/19-09-2017 και Οδηγιών 98/83/ΕΚ & 2015/1787/ΕΕ
[**] Limit suitable for drinking water according to European Directives 98/83/EC & 2015/1787/EE

ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ
ANALYTICAL LABORATORIES
ΔΙΑΚΟΥΒΑΡΔΟΥ ΑΦΡΟΔΙΤΗΣ Ο.Ε.
Δ/Κ ΜΑΡΤΙ 1, ΑΓΙΟΣ ΜΑΡΚΟΣ - ΡΕΥΜΑ 741 00
ΤΗΛ.: 28310 25412 - FAX: 28310 50626
Α.Φ.Μ. 017776182 ΔΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ

Λαγκουβάρδου Αφροδίτη (Lagouvardou Afroditi)
Χημικός Μηχανικός - Διευθύντρια Εργαστηρίου
(Chemical Engineer - Laboratory Manager)

Τα αποτελέσματα αναφέρονται στο προσκομθέν δείγμα. Το παρόν πιστοποιητικό δεν μπορεί να αναπαράχθει χωρίς την γραπτή έγκριση του εργαστηρίου, παρά μόνο σε πλήρη μορφή.

Σελίδα 2 από 8 - Page 2 of 8



**ΧΗΜΙΚΟ
ΤΕΧΝΙΚΗ**

ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ - ΝΕΡΩΝ - ΤΡΟΦΙΜΩΝ - ΕΛΑΦΟΝΤΩΝ
Διατ. Μαρτί 1, Αγ. Μάρκος - Ρέθυμνο 741 00
Τηλ.: 28310 25412 - Fax: 28310 50626
e-mail: info@chemicotechniki.gr
www.chemicotechniki.gr



CHEMICOTECHNIKI
ANALYTICAL ENVIRONMENTAL QUALITY CONTROL
LABORATORIES WATER-FOOD-SOIL
1 Dikorisou Makri, Agios Markos - Rethymno 741 00
Tel.: (+30) 28310 25412 - Fax: (+30) 28310 50626
e-mail: info@chemicotechniki.gr
www.chemicotechniki.gr

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

TEST REPORT

ΠΕΛΑΤΗΣ Υπ' όψη	CLIENT Attention to	ΒΟΤΟΜΟΣ Α.Ε. -VOTOMOS S.A ZAROS NATURAL MINERAL WATER κ. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΑΚΗ
Αριθμός Πιστοποιητικού Ημ/νία Έκδοσης	Certificate number Date Reported	495-18-12560-02 11/10/2018
Περιγραφή Δείγματος	Sample Description	ΝΕΡΟ ΖΑΡΟΣ ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΟ 1.5l BOT 07.49 EXP: 26/09/19 (BOTTLED NATURAL MINERAL WATER ZAROS)
Κωδικός Δείγματος Συσκευασία Δείγματος	Sample Code Sampling container	18-12560 Συσκευασία προϊόντος (Package Product)
Δειγματοληψία	Sampler	ΠΕΛΑΤΗΣ (CLIENT)
Μεταφορά Δείγματος Ημ/νία δειγματοληψίας Ημ/νία παραλαβής Κατάσταση Δείγματος Έναρξη Ανάλυσης Περάτωση Ανάλυσης	Sample Transport Date of sampling Date of sample received Condition of sample received Start of Analysis End of Analysis	Πελάτης (Client) 27/09/2018 27/09/2018 Κανονική (Normal) 28/09/2018 11/10/2018

Τα εργαστήρια είναι διαπιστευμένα κατά ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 (ΕΣΥΔ, Πιστοποιητικό Διαπίστευσης 46/27-11-2001).
Οι Διαπιστευμένες δοκιμές συμβολίζονται με το σύμβολο (*). Accredited tests are represented by the symbol (*).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

TEST RESULTS

ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ - HEAVY METALS ANALYSIS

Παράμετροι - Parameters	Αποτέλεσμα	Μονάδες	Όριο Αναφοράς	Όρια	Μέθοδος
	Result	Units	Reporting Limit (RL)	Limits	Method
* Aluminium (Al)	<RL	µg/l	20	200	ICP-OES
* Antimony (Sb)	<RL	µg/l	3	5.0	ICP-OES
* Arsenic (As)	<RL	µg/l	3	10	ICP-OES
* Cadmium (Cd)	<RL	µg/l	0.5	5.0	ICP-OES
* Chromium (Cr)	<RL	µg/l	2	50	ICP-OES
* Chromium VI (Cr 6+)	<RL	µg/l	2		ISO 18412:2005
* Copper (Cu)	<RL	µg/l	5	2000	ICP-OES
* Iron (Fe)	<RL	µg/l	5	200	ICP-OES
* Lead (Pb)	<RL	µg/l	3	10	ICP-OES
* Manganese (Mn)	<RL	µg/l	1	50	ICP-OES
Mercury (Hg)	<RL	µg/l	0.5	1.0	ICP-OES
* Nickel (Ni)	<RL	µg/l	2	20	ICP-OES
* Selenium (Se)	<RL	µg/l	3	10	ICP-OES

ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ - ΝΕΡΩΝ - ΤΡΟΦΙΜΩΝ - ΕΛΑΦΟΝΤΩΝ
Διατ. Μαρτί 1, Αγ. Μάρκος - Ρέθυμνο 741 00
Τηλ.: 28310 25412 - Fax: 28310 50626
e-mail: info@chemicotechniki.gr
www.chemicotechniki.gr

Λαγκουβάρδου Αφροδίτη (Lagouvardou Afroditi)
Χημικός Μηχανικός - Διευθύντρια Εργαστηρίου
(Chemical Engineer - Laboratory Manager)

Τα αποτελέσματα αναφέρονται στο προσκομισθέν δείγμα. Το παρόν πιστοποιητικό δεν μπορεί να αναπαραχθεί χωρίς την γραπτή έγκριση του εργαστηρίου, παρά μόνο σε πλήρη μορφή.

Σελίδα 5 από 8 - Page 5 of 8

Ζάρακα (G3)- Νοέμβριος 2015					
Χημικές Παράμετροι					
pH		7,2			
Αγωγιμότητα (μS/cm)		570			
Ολική Σκληρότητα (mg/L CaCO ₃)		316			
TDS (mg/L)		330			
Συγκεντρώσεις ιόντων (mg/L)					
Κατιόντα		Ανιόντα		Βαρέα Μέταλλα-Μεταλλοειδή	
Ca ²⁺	119	Cl ⁻	5,8	Cu	<0,005
Mg ²⁺	4,6	HCO ₃ ⁻	353	B	<0,012
Na ⁺	5,2	NO ₃ ⁻	8,4	Fe	<0,005
K ⁺	1,9	SO ₄ ²⁻	26	Cr	<0,005
Mn ²⁺	<0,005	NO ₂ ⁻	<0,05	Hg	<0,005
NH ₄ ⁺	<0,1	CN ⁻	<0,05	Cd	<0,001

Χημική ανάλυση νερού Υάς, Τεχνική έκθεση ερευνητικού έργου, εντοπισμός και διάκριση υδροφόρων συστημάτων με ανάλυση υδρογεωλογικών και υδροχημικών δεδομένων στην ορεινή Κορινθία (περιοχή Τεριάκι-Ζάρακα), Βουδούρης, Κ., Βενετσάνου, Π., Καζάκης, Ν., 2016