



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ**  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»**



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
“ΝΕΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ  
ΚΑΤΑΒΟΘΡΩΝ ΤΟΥ ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΠΗΓΕΣ ΤΗΣ  
ΣΑΜΗΣ ”**

**ΤΟΥΜΑΣΗ ΠΟΥΛΥΞΕΝΗ  
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ**

**Τριμελής επιτροπή:  
Νικόλαος Λαμπράκης  
Bruno Arfib  
Νικόλαος Σαμπατακάκης**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2017  
ΠΑΤΡΑ**

Στην οικογένειά μου  
Μπάμπη, Ειρήνη και  
Δημήτρη

## Περιεχόμενα

Πρόλογος - Ευχαριστίες .....	4
Περίληψη.....	5
Abstract .....	6
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή- Αντικείμενο- Περιοχή Μελέτης .....	9
1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Γεωγραφική θέση & Οριοθέτηση.....	12
Κεφάλαιο 2 Καταβόθρες Αργοστολίου_ Υπάρχουσες θεωρίες.....	13
2.1 Υπάρχουσες θεωρίες για τη λειτουργία των καταβοθρών του Αργοστολίου .....	13
Κεφάλαιο 3 Γεωμορφολογία – Υδρογραφικό Δίκτυο .....	18
3.1 Γεωμορφολογία.....	18
3.2 Υδρογραφικό δίκτυο- Υδρολογικές Λεκάνες .....	22
Κεφάλαιο 4 Γεωλογία- Τεκτονική .....	27
4.1 Γεωλογική Δομή .....	27
4.1.1 Ζώνη Παξών ή Προαπούλια .....	27
4.1.2 Ιόνιος ζώνη .....	30
4.2 Τεκτονική .....	36
Κεφάλαιο 5 Μεθοδολογία .....	41
5.1 Δειγματοληψία.....	41
5.2 Μετρήσεις στάθμης.....	41
5.3 Εργαστηριακές αναλύσεις .....	43
5.4 Διαδικασία επεξεργασίας ισοτοπικών αποτελεσμάτων .....	44
Κεφάλαιο 6 Υδρογεωλογία.....	47
6.1 Υδρολογικό Ισοζύγιο.....	47
6.2 Υδρολιθολογική κατάταξη των Γεωλογικών Σχηματισμών .....	48
6.3 Πιεζομετρία καρστικού υδροφόρου ορίζοντα.....	49
6.3.1 Η περιοχή του Αργοστολίου.....	50
6.3.2 Η περιοχή της Σάμης.....	51
ΚΕΦ.7 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ .....	54
7.2 ΥΦΑΛΜΥΡΥΝΣΗ .....	58
ΚΕΦ.8 Ισοτοπική Υδρολογία .....	62

8.1 Γενικά.....	62
8.2 Ισότοπα .....	63
8.3 Ισοτοπική κλασμάτωση .....	66
8.3.1 Είδη ισοτοπικής κλασμάτωσης .....	68
8.4 Το μοντέλο Rayleigh .....	69
8.6 Πλεόνασμα δευτερίου.....	71
8.7 Οι βασικοί παράγοντες που ελέγχουν την κατανομή των ισοτοπικών λόγων $\delta^{18}\text{O}$ και $\delta^2\text{H}$ των σταθερών ισotόπων του νερού.....	71
8.8 Επεξεργασία δεδομένων βροχόπτωσης.....	73
8.8.1 γενικά.....	73
8.8.2 Τοπική Μετεωρική Ευθεία Κεφαλονίας .....	74
8.9 Δείγματα υπόγειου νερού .....	77
8.10 Σχέση $\delta^{18}\text{O}$ και Υψομέτρου .....	79
8.11 Καταβόθρα Πόλγης Βαλσαμάτων .....	81
8.12 Χωρική κατανομή των ισοτοπικών δεδομένων του υδροφόρου .....	82
Συμπεράσματα .....	84
Βιβλιογραφία.....	86
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	90

## **Πρόλογος - Ευχαριστίες**

Η παρούσα διπλωματική ερευνητική εργασία με τίτλο «Νέα δεδομένα για την υδραυλική σύνδεση των Καταβοθρών του Αργοστολίου με τις πηγές της Σάμης», πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών «Περιβαλλοντικές Επιστήμες» του Πανεπιστημίου Πατρών, υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Νικόλαου Λαμπράκη.

Στόχος της ήταν η μελέτη της υδροφορίας της κεντρικής Κεφαλονιάς από το Αργοστόλι έως τη Σάμη σε μια ζώνη εύρους 12χλμ. και η διακρίβωση μέσω χημικών και ισοτοπικών αναλύσεων της υπόγειας σύνδεσης των Καταβοθρών του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες πηγές της Σάμης.

Όλες οι απαραίτητες χημικές και ισοτοπικές αναλύσεις εκπονήθηκαν στο εργαστήριο υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών με την επίβλεψη και τη συνδρομή του καθηγητή μου κ. Νικόλαου Λαμπράκη. Τον καθηγητή μου τον ευχαριστώ από καρδιάς για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, για τη διαρκή και ουσιαστική του καθοδήγηση, καθώς και την εκτίμηση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τις γνώσεις και την επικοινωνιακή συνεργασία που μου παρείχε.

Ευχαριστήσω τον καθηγητή Bruno Arfib για τις χρήσιμες συμβουλές του και την άριστη συνεργασία μας.

Ευχαριστώ επίσης τον καθηγητή κύριο Νικόλαο Σαμπατακάκη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω στην επίκουρη καθηγήτρια Ελένη Ζαγγανά για την αμέριστη βοήθεια και την άψογη συνεργασία μας στο εργαστήριο

Τις ευχαριστίες μου εκφράζω και στον μεταπτυχιακό φοιτητή του τμήματος Γεωλογίας Μιχάλη Πολίτη και στην υποψήφια διδάκτορα Σταυρούλα Δημητριάδου για τη βοήθεια και τη συνεργασία που μου πρόσφεραν, καθώς και για την ηθική υποστήριξη κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Ακολούθως θα ήθελα από καρδιάς να ευχαριστήσω την κυρία Χαρούλα Ζαμπάφτη και την κυρία Κυριακούλα Παπαθεοδωράτου, καθώς και τους εργαζόμενους στο φορέα του Εθνικού Δρυμού Αίνου για την πολύτιμη αρωγή τους στη συλλογή των βροχομετρικών δειγμάτων.

Επίσης οφείλω θερμές ευχαριστίες προς τους υπαλλήλους και τον διευθυντή της ΔΕΥΑΚ για την καταλυτική συνδρομή τους στην δειγματοληψία από τις γεωτρήσεις του νησιού

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου και τον αδελφό μου που όπως πάντα με στηρίζουν με πολύ αγάπη και κατανόηση και μου συμπαραστέκονται ηθικά και πρακτικά.

Πολυξένη Τουμάση

## Περίληψη

Η παρούσα ερευνητική εργασία επικεντρώθηκε στη μελέτη του υδροφόρου που αναπτύσσεται από το Αργοστόλι ως τη Σάμη -Καραβόμυλο, έχοντας διασχίσει τμήμα του ορεινού όγκου Αίνου- Αγίας Δυνατής, σε μια ζώνη μήκους 15χλμ. και πλάτους περίπου 12 χλμ.

Για το σκοπό αυτό επιχειρήθηκε η αποτύπωση της πιεζομετρίας της περιοχής καθώς και η χημική και ισοτοπική αναγνώριση των υπόγειων υδάτων. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων των παραπάνω ερευνητικών εργασιών έχει ως στόχο την κατασκευή της μετεωρικής ευθείας της περιοχής, την αναγνώριση της προέλευσης και του υψομέτρου τροφοδοσίας των υπόγειων νερών των γεωτρήσεων της περιοχής μελέτης απ' όπου ελήφθησαν τα δείγματα που αναλύθηκαν καθώς και τη διακρίβωση με νέα δεδομένα του φαινομένου της υπόγειας σύνδεσης των Καταβοθρών του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες παράκτιες πηγές στην περιοχή του Καραβομύλου – Σάμης. Το μοναδικό αυτό φαινόμενο της συνεχούς ροής θαλασσινού νερού έχει σπουδαία ερευνητική σημασία και απετέλεσε το αντικείμενο μελέτης πολλών επιστημόνων εδώ και περίπου 150 χρόνια.

Η Κεφαλονιά στην μεγαλύτερη της έκταση χαρακτηρίζεται ως ορεινή ή ημιορεινή με αρκετά έντονες κλίσεις. Πεδιάδες εντοπίζονται κυρίως κοντά στην παράκτια ζώνη. Τον μεγαλύτερο ορεινό όγκο του νησιού αποτελεί η οροσειρά του Αίνου-Ρούδι- Αγίας Δυνατής. Το υδρογραφικό δίκτυο του νησιού δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη ανάπτυξη λόγω των έντονα καρστικοποιημένων ασβεστολιθικών πετρωμάτων που καλύπτουν τη μεγαλύτερη έκταση του. Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται επτά υδρολογικές λεκάνες.

Στο νησί κυριαρχούν σχηματισμοί της ζώνης των Παξών, ενώ μόνο στο νοτιοανατολικό του τομέα συναντώνται πετρώματα της Ιονίου Ζώνης, τα οποία επωθούνται πάνω σε αυτά της Ζώνης των Παξών. Η επώθηση αυτή αποτελεί τμήμα της μεγάλης Ιόνιας επώθησης των εξωτερικών Ελληνίδων Ζωνών, που έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και αποτελεί κυρίαρχο τεκτονικό γεγονός της περιοχής. Το μεγαλύτερο τμήμα της Κεφαλονιάς καλύπτεται από ασβεστόλιθους, στους οποίους κυριαρχούν αυτοί των περιόδων του Ανώτερου Κρητιδικού και του Παλαιογενούς. Τα υπόγεια νερά που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία ανήκουν σε υδροφόρους των δύο προαναφερθεισών ζωνών.

Συνολικά συλλέχθηκαν 51 δείγματα νερού από γεωτρήσεις, πηγές, φρέατα, λίμνες, λιμνοσπήλαια και τη θάλασσα. Για τις ισοτοπικές αναλύσεις συλλέχθηκαν 110 δείγματα από κατακρημνίσεις στους πέντε αυτοσχέδιου βροχομετρικούς σταθμούς. Χημικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό των κύριων ιόντων σε 18 δείγματα και για τα ιχνοστοιχεία σε 33, ενώ ισοτοπικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σχεδόν σε όλα τα δείγματα (κατακρημνίσεις και υπόγειο νερό).

Ο αρχικός στόχος για τη χάραξη της πιεζομετρίας σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης δεν κατέστη δυνατόν να επιτευχθεί κυρίως λόγω της έντονης και εκτεταμένης ορογραφίας. Γι' αυτό το λόγο, ο αρχικός σχεδιασμός που προέβλεπε ενιαίες πιεζομετρικές μετρήσεις για ολόκληρη τη περιοχή διαφοροποιήθηκε σε δύο ξεχωριστές παράκτιες περιοχές (ευρύτερη περιοχή Αργοστολίου και αναλόγως της Σάμης). Η ροή του υπόγειου

νερού, όπως ήταν αναμενόμενο γίνεται σε διευθύνσεις προς την θάλασσα. Διαπιστώνεται μάλιστα υδραυλική κλίση 0,5-1,74 ‰ στον παράκτιο υδροφόρο του Αργοστολίου και 1 – 1,8 ‰ στον προσχωματικό υδροφόρο της Σάμης.

Σύμφωνα με το χημικό τους τύπο και τη χρήση του διαγράμματος Piper τα υπόγεια ύδατα της περιοχής ταξινομούνται σε τρεις κύριες ομάδες με χημικούς τύπους  $\text{CaHCO}_3$ ,  $\text{Na-Cl}$  και  $\text{Ca- Mg- HCO}_3\text{-SO}_4$ . Φαινόμενα υφαλμύρυνσης παρατηρούνται σε αρκετά έντονο βαθμό, κυρίως λόγω της χαμηλής πιεζομετρίας και της υπεράντλησης.

Για την αξιολόγηση των δειγμάτων των κατακρημνίσεων και του προσδιορισμού της σχέσης μεταξύ  $\text{D-}^{18}\text{O}$  του μετεωρικού νερού, έγινε χρήση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης στα ισοτοπικά δεδομένα που προέκυψαν. Έτσι σύμφωνα με τις εργαστηριακές αναλύσεις για την περιοχή μελέτης η τοπική μετεωρική ευθεία είναι η εξής:  $y = (6.6962 * x) + 4.6298$ , με συντελεστή συσχέτισης  $R = 0,9037$ .

Για την αναγνώριση της προέλευσης των υπόγειων υδάτων τα αποτελέσματα των ισοτοπικών αναλύσεων του υδροφόρου και των κατακρημνίσεων τοποθετήθηκαν σε κοινό διάγραμμα  $\text{D-}^{18}\text{O}$ , αποδεικνύοντας έτσι την τροφοδοσία των υδροφόρων από την κατείδυση των κατακρημνίσεων. Ακολούθως επιχειρήθηκε η εύρεση του ακριβούς υψόμετρου τροφοδοσίας των εξεταζόμενων δειγμάτων. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε μια «διορθωμένη» μέση τιμή του  $\delta^{18}\text{O}$  σε καθέναν από τους αυτοσχέδιους μετεωρολογικούς σταθμούς συλλογής των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε σχέση με το υψόμετρο των σταθμών. Τα δεδομένα που προέκυψαν έδειξαν ότι το σύνολο σχεδόν των δειγμάτων του υδροφόρου που εξετάστηκαν, τροφοδοτούνται από υψόμετρα μεγαλύτερα των 400μ.

Τέλος η κατανομή των τιμών του  $\delta^{18}\text{O}$  του υδροφόρου παρουσιάζεται σε χάρτη που σχεδιάστηκε μέσω του προγράμματος *arcgis 10.1*. Σε αυτόν το χάρτη διαφαίνεται ξεκάθαρα ότι τα βαρύτερα ισότοπα εντοπίζονται στην δυτική πλευρά του νησιού. Γι' αυτό το λόγο διακρίνεται μια τάση κίνησης των υπόγειων υδάτων προς τα ανατολικά.

## Abstract

This master's thesis focuses on the study of the aquifer hosted in the Karstic formation of Ainos - Agia Dinati which extends from Argostoli to Sami – Karavomilos creating a zone 15 km long and 12 km wide.

This is due by mapping and studding the groundwater table depths of the area as well as the chemical and isotopic analysis of the groundwater. The main purposes of the isotopic analysis were to establish the local meteoric water line, to estimate the origin and the mean recharge elevation of groundwater samples and to investigate the hydraulic connection between Sinkholes of Argostoli and brackish springs of Karavomilos –Sami with an effort to trace the karstic conduits which connect them. This unique phenomenon of saltwater encroachment, that is being observed in the northern part of the Argostoli peninsula, has been the object of investigation for almost two centuries.

Cephalonia is mostly considered mountainous with steep slopes. Plains are mostly found near the coast. The major mountain chain of the island is Ainos – Roudi – Agia Dinati. The hydrographic network of the island does not display any particular development due to the intensive karstic carbonate rocks that cover most of it. There are seven major basins in the study area.

The island's rock formations belong mainly to the Paxi zone and on the southeastern part to the Ionian zone where they overthrust on the Paxi zone. This overthrust is part of the major Ionian overthrust of the outer Greek Zones with a NNW-SSE direction and constitutes the island's major tectonic phenomenon. A major part of the island is covered by limestone of the Cretaceous and Paleogene periods. The groundwater samples examined in the study is taken from the aquifers of the aforementioned zones.

For the purposes of this thesis, 51 water samples were collected from boreholes, springs, wells, lakes, lake caves and the sea. For the isotopic analysis apart from the 51 water samples that are mentioned above, 110 samples were collected out of the 4 improvised rainfall stations. Chemical analysis was carried out only in 18 samples for the major ions and in 33 samples for the trace elements. However, isotopic analysis was carried out in almost all samples taken from groundwater and precipitation.

The initial intention of the study was to monitor the piezometric table but that could not be achieved. That was mostly due to the fact that Cephalonia is an island with particularly high and extensive mountains. Therefore, the initial planning that included unified piezometric measurements was differentiated to measurements from two individual coastal areas (greater Argostoli area and near Sami). The water flow was towards the sea, as expected. There was actually a hydraulic gradient of 0.5-1.74 ‰ in the coastal aquifer of Argostoli and of 1 – 1.8 ‰ in the alluvial aquifer of Sami.

By taking into account their chemical types and the Piper diagram the groundwater samples of the area are divided into 3 categories with the following water types: CaHCO<sub>3</sub>, Na-Cl and Ca-Mg-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Salinization phenomena occur to a large extent due to the low groundwater table and due to over-pumping.

To evaluate the isotopic results and to establish a correlation between D-<sup>18</sup>O of the meteoric water simple linear regression was used. According to the laboratory results, regarding the particular area, the Local Meteoric Water Line is  $y = (6.6962 * x) + 4.6298$  with coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.9037.

In order to evaluate the groundwater origin, the isotopic results of both groundwater and precipitation samples were plotted on a D- <sup>18</sup>O diagram. The values of samples presented in this diagram confirm the contribution of precipitation to the groundwater origin. Furthermore, the estimation of the altitude of the groundwater recharge area was attempted. For this purpose, a “corrected” value of δ<sup>18</sup>O for each from the four rainfall stations was used. According to this effort, the recharge area for most of the sample attains an altitude greater than 400m.



Finally, the distribution of the  $\delta^{18}\text{O}$  composition of groundwater samples, was plotted on a map created in arcgis 10.1. In this map the heavy isotopes are clearly located at the west of the island. Therefor a trend showing a general movement of groundwater to the east, could be estimated.

## Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή- Αντικείμενο- Περιοχή Μελέτης

### 1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα ερευνητική εργασία επικεντρώθηκε στη μελέτη του υδροφόρου που εκτείνεται από το Αργοστόλι ως τη Σάμη - Καραβόμυλο σε μια ζώνη μήκους 15χλμ. και πλάτους περίπου 12 χλμ.

Τα γεωλογικά καρστικά φαινόμενα της περιοχής παρουσιάζουν τεράστιο ερευνητικό ενδιαφέρον, αποτελώντας πόλο έλξης πολλών επιστημόνων. Η υπόγεια σύνδεση των καρστικών αγωγών, που επιδιώκεται να μελετηθεί, έχει αποτελέσει εξέχον ζήτημα, εδώ και εκατόν πενήντα χρόνια, στον κλάδο της γεωλογίας. Άλλωστε η Κεφαλονιά αποτελεί το μοναδικό γνωστό τόπο παγκοσμίως όπου το θαλασσινό νερό μέσω του υδροφόρου διασχίζει ένα ολόκληρο νησί και μάλιστα με συνεχή ροή. Οι θεωρίες των ωκεάνιων παλιρροιών και των ισχυρών ανέμων που έχουν αξιοποιηθεί για την εξήγηση παρόμοιων φαινομένων αδυνατούν να εφαρμοστούν στο νησί λόγω της αδιάλειπτης εισροής νερού.



*Εικόνα 1.1 Καταβόθρες Αργοστολίου, είσοδος θαλασσινού νερού*

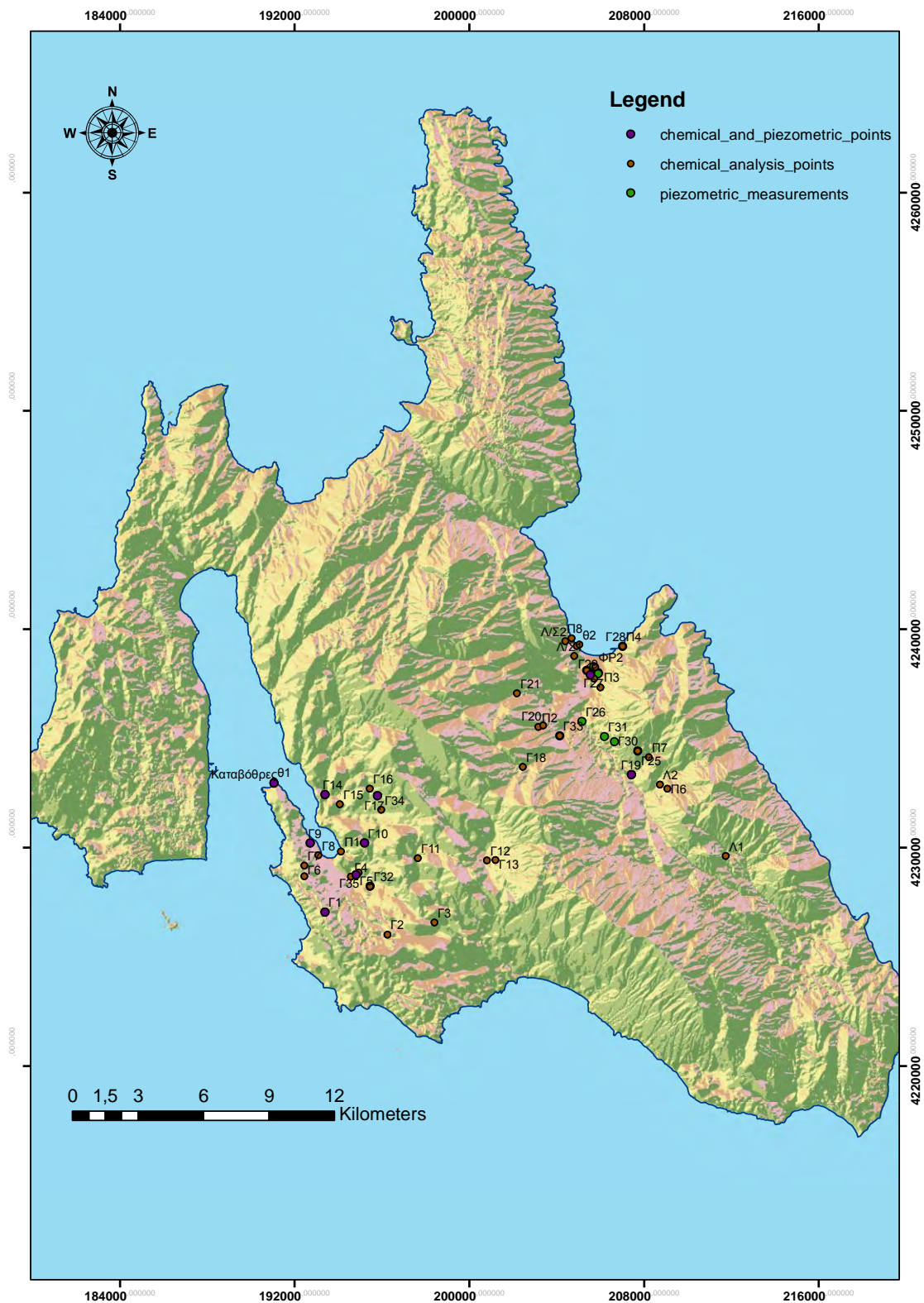
Στην παρούσα εργασία η σύνδεση αυτή επιχειρείται να αποδειχθεί μέσω χημικών αναλύσεων, κατασκευής πιεζομετρικών χαρτών και της ισοτοπικής υδρολογίας.

Παράλληλα μέσω και της αξιοποίησης των χημικών και ισοτοπικών αναλύσεων επιδιώκεται η εξαγωγή συμπερασμάτων χρήσιμων για την καλύτερη διαχείριση των υπόγειων υδάτων της περιοχής.

#### **Στάδια ερευνητικών εργασιών:**

- Έρευνα στο πεδίο με στόχο τον εντοπισμό γεωτρήσεων και πηγών.

- Συνεργασία με την ΔΕΥΑΚ για τον εντοπισμό των δημοτικών γεωτρήσεων.
- Συνεργασία με το Τμήμα Φυσικών Πόρων, Ενέργειας και Βιομηχανίας της διεύθυνσης Τοπικής και Οικονομικής Ανάπτυξης του Δήμου Κεφαλονιάς, για συλλογή πολύτιμων στοιχείων για τις ιδιωτικές γεωτρήσεις
- Συνεργασία με ιδιώτες και με τον φορέα του Εθνικού Δρυμού Αίνου για δημιουργία βροχομετρικού δικτύου σε 5 θέσεις με υψόμετρα 10.00 m, 190.00m, 420.00m, 950.00m και 1350.00m. Το δίκτυο αυτό αξιοποιήθηκε για συλλογή δειγμάτων των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων για ισοτοπικές αναλύσεις κατά την περίοδο Οκτωβρίου, 2015 Μαΐου 2016.
- Καταγραφή και αποτύπωση του δικτύου των γεωτρήσεων. Έπειτα από ενδελεχή έρευνα, αποτυπώθηκαν μη καταγεγραμμένες γεωτρήσεις και ταξινομήθηκαν σε αρχείο excel, που παρατείνεται στη σελίδα 113 του Παραρτήματος. Σε κάθε γεώτρηση συγκεντρώθηκαν πληροφορίες για το υψόμετρο, το είδος της αντλίας (υποβρύχια ή πομόνα), την ύπαρξη πιεζομετρικού σωλήνα (αν δεν υπήρχε αναζητήθηκε εναλλακτικός τρόπος μέτρησης της στάθμης), την παρουσία κρουνού για λήψη δείγματος νερού, καθώς και στοιχεία τόσο από το Δήμο όσο και από ιδιώτες για τη μελέτη για της ανόρυξης της γεώτρησης, τη διάμετρο σωλήνωσης, τη στάθμη της άντλησης, την παροχή, γεωλογικά στοιχεία κ.α. Τέλος πραγματοποιήθηκε φωτογραφική τεκμηρίωση όπου χρειαζόταν.
- Συνολικά απογράφησαν 16 (πηγές, λιμνοπηγές, λιμνοσπήλαια), 10 πηγάδια, 136 δημοτικές γεωτρήσεις και 36 ιδιωτικές οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα Νο.15 του Παραρτήματος.)Πραγματοποίηση μετρήσεων στάθμης του υπόγειο νερού σε 23 γεωτρήσεις καθώς και συλλογή 51 δειγμάτων για χημικές και 110 δειγμάτων για ισοτοπικές αναλύσεις.
- Αποτύπωση και επεξεργασία των υδρολογικών λεκανών στο πρόγραμμα arcgis
- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων με τη κατασκευή χαρτών χρησιμοποιώντας πρόγραμμα arcgis
- Επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών και των ισοτοπικών αναλύσεων με τη χρήση του προγράμματος Aqua Chem 3.70.
- Προσδιορισμός τοπικής μετεωρικής ευθείας. Η απόπειρα αυτή αποτελεί την πρώτη προσπάθεια αναγνώρισης της μετεωρικής ευθείας της περιοχής.
- Διερεύνηση της προέλευσης των υπόγειων υδάτων καθώς και του υψόμετρου τροφοδοσίας.
- Προσπάθεια με χρήση των ισοτόπων D και <sup>18</sup>O, διαπίστωσης της σύνδεσης των Καταβοθρών του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες πηγές του Καραβόμυλου- Σάμης.



**Εικόνα 1.2** Χάρτης Υδροσημείων που αξιοποιήθηκαν στην μελέτη της πιεζομετρίας και τις χημικές και ισοτοπικές αναλύσεις.

## 1.2 Γεωγραφική θέση & Οριοθέτηση

Η Περιφέρεια Ιονίων Νήσων αποτελεί την δυτική νησιωτική ακριτική περιφέρεια της Ελλάδας, η οποία συγκροτήθηκε με βάση κυρίως το κοινό ιστορικό και πολιτισμικό παρελθόν της. Έχει συνολική έκταση 2.318 Km<sup>2</sup> και καλύπτει το 1,8% της συνολικής έκτασής της χώρας.

Τα Ιόνια Νησιά αποτελούν το "Ιόνιο Αρχιπέλαγος", το οποίο εκτείνεται κατά μήκος των δυτικών παραλίων της Ελλάδας.

Συνολικά η Περιφέρεια αριθμεί 32 νησιά (μικρά και μεγάλα) από τα οποία κατοικούνται μόνο τα 13 (Οθωνοί, Ερείκουσα, Μαθράκι, Κέρκυρα, Παξοί, Αντίπαξοι, Λευκάδα, Μεγανήσι, Κάλαμος, Καστός, Ιθάκη, Κεφαλληνία και Ζάκυνθος).

Το νησί της Κεφαλονιάς που αποτελεί και τον ομώνυμο Δήμο, είναι το μεγαλύτερο από τα Επτάνησα και το 6<sup>ο</sup> σε μέγεθος νησί της Ελλάδας, με συνολική έκταση 786,58 Km<sup>2</sup> και μέγιστο υψόμετρο 1628m (όρος Αίνος).

Γενικά η Κεφαλονιά θεωρείται νησί ημιορεινό έως ορεινό. Έχει σχήμα ακανόνιστο, με δύο μεγάλες χερσονήσους. Το ανάπτυγμα των ακτών της είναι 253,7 km και για τον περίπλου της σε μικρή απόσταση από τα παράλια της μέσω του στενού της Ιθάκης απαιτείται πλους 85 περίπου μιλίων. Βρίσκεται απέναντι από την είσοδο του Πατραϊκού Κόλπου, νότια της Λευκάδας και βόρεια της Ζακύνθου. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες που την περικλείουν είναι:

Γεωγραφικό πλάτος Βόρειο: Από 38 03' 1,93" μέχρι 38 28' 12".

Ανατολικό μήκος: Από 20 20' 22,97" μέχρι 20 49' 11,12"

Η θέση της Κεφαλονιάς ως προς τον εθνικό χώρο, χαρακτηρίζεται δυσμενής, αφού αποτελεί την πιο απομακρυσμένη ακτοπλοϊκά δυτική περιοχή του και συνδέεται με την στερεά Ελλάδα κυρίως με πλοία οχηματαγωγά (F/B).

Ως προς το διεθνή χώρο, η θέση της Κεφαλονιάς στη λεκάνη της Μεσογείου είναι εξαιρετικά ευνοϊκή αφού βρίσκεται σχεδόν στο κέντρο της καθώς και στην πορεία που ακολουθούν τα πλοία που κινούνται προς την Αδριατική.

## Κεφάλαιο 2 Καταβόθρες Αργοστολίου\_ Υπάρχουσες θεωρίες

### 2.1 Υπάρχουσες θεωρίες για τη λειτουργία των καταβοθρών του Αργοστολίου

Η Κεφαλονιά χαρακτηρίζεται όχι μόνο από το φυσικό της κάλος αλλά και από εντυπωσιακά γεωλογικά φαινόμενα, εκ των οποίων ξεχωρίζει το καρστικό σύστημα υπόγειας σύνδεσης των Καταβοθρών του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες πηγές της Σάμης-Καραβομούλου, με ταχύτητα εισροής του νερού που φτάνει τα 3 m/sec. Παρόμοια καρστικά φαινόμενα συναντώνται και σε άλλα μέρη της γης, πουθενά όμως στον κόσμο δεν έχει εντοπιστεί συνεχής ροή του θαλασσινού νερού, η οποία μάλιστα να διασχίζει, μέσω του υδροφόρου, ολόκληρο το νησί. Κατά γενική ομολογία το φαινόμενο του καρστικού συστήματος καταβοθρών της Κεφαλονιάς, αποτελεί ένα από τα πιο θεαματικά και ενδιαφέροντα υδρογεωλογικά φαινόμενα του κόσμου.



**Εικόνα 2.1** Καταβόθρες Αργοστολίου, είσοδος θαλασσινού νερού



**Εικόνα 2.2** Υδρόμυλος Αργοστολίου



**Εικόνα 2.3** Καραβόμυλος Σάμη, έξοδος υφάλμυρου νερού



**Εικόνα 2.4** Καραβόμυλος - Η έξοδος των υφάλμυρων νερών στην θάλασσα

Ο πρώτος που αξιοποίησε αυτή τη συνεχή ροή ήταν το 1835 ο Stevenson (Άγγλος φοροεισπράκτορας), για τη λειτουργία ενός νερόμυλου για άλεση σιταριού και καλαμποκιού. Ο Stevenson φράσσοντας κάποιες εισόδους νερού και διευρύνοντας κατάλληλα άλλες, πέτυχε την εκτροπή επαρκούς ποσότητας θαλασσινού νερού για την κίνηση του μύλου. Το 1859 ένας δεύτερος μύλος κατασκευάστηκε σε απόσταση 1/4 mile από τον πρώτο.

Οι Maurin & Zötl, δύο από τους σημαντικότερους ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη μελέτη του φαινομένου της υπόγειας ροής θαλασσινού νερού μέσω των Καταβοθρών, διαπιστώνουν ότι η πρώτη επιστημονική αναφορά για το φαινόμενο δημοσιεύτηκε το 1867. Οι ίδιοι ξεκίνησαν τις εργασίες τους στο νησί το 1959 και κατέδειξαν την παρουσία 13 σημείων καταβοθρών στις ανατολικές ακτές της χερσονήσου του Αργοστολίου. Επίσης απέδειξαν (1963) τη σύνδεση των Καταβοθρών του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες πηγές του Καραβόμυλου κάνοντας χρήση 160Kg της χρωστικής ουσίας ουρανίνης (χημικός ανιχνευτής ή ιχνηθέτης που είναι ορατός μέχρι αραίωσης  $10^{-10}$ ). Κατά την έναρξη του πειράματος το θαλασσινό νερό εισέρρεε εντός των καταβοθρών με παροχή περίπου 100lt/sec και η διαφορά της στάθμης της θάλασσας και των υδάτων εντός των καταβοθρών βρισκόταν στα -0,56m. Η ανίχνευση της ουρανίνης έγινε μετά από 14 ημέρες στις πηγές της περιοχής Καραβομύλου. Τελικά ο Glanz (1965) διατύπωσε την άποψη ότι η ροή αυτή αποτελεί απότοκο ενός φαινομένου «φυσικής αντλίας εκτόξευσης νερού», η οποία έκτοτε υιοθετείται συχνά (Zötl, 1974; 1978; Bonacci, 1987). Σύμφωνα όμως με τους Stringfield & LeGrand (1969) κρίνοντας από την χαμηλότερη στάθμη των Καταβοθρών σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας, η ταχύτητα που αναπτύσσει το γλυκό νερό, θεωρείται ανεπαρκής για τη λειτουργία της «φυσικής αντλίας εκτόξευσης νερού» ή των σωλήνων Venturi.

Από τις μετρήσεις των Maurin and Zötl (άνοιξη 1963) η μέγιστη παρατηρούμενη διαφορά στάθμης με το επίπεδο της θάλασσας καταγράφηκε στα 73cm. Οι ίδιοι όμως αναφέρουν ότι η μεγαλύτερη διαφορά στάθμης (137cm) καταγράφηκε από τον K. W. M. Wiebel (1874). Ο Cooper (1969) υποστηρίζει ότι για διαφορά στάθμης 3ft (0.9144 μ) απαιτείται ταχύτητα νερού 14 ft per second, (4.2672m/sec) δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από τις αναμενόμενες τιμές για τη ζώνη κορεσμού. Οι Stringfield & LeGrand (1969) αποδίδουν τη διαφορά στο υδραυλικό φορτίο των Καταβοθρών, στη διακύμανση της πιεζομετρίας εντός του νησιού και στις αλλαγές της βαρομετρικής πίεσης, σε αντίθεση με τους Maurin & Zötl που υποστηρίζουν ότι αυτή οφείλεται σε μικρής κλίμακας παλιρροιακά φαινόμενα.

Η θεωρία των Crosby (1896) για το φαινόμενο βασίζεται στις διαφορές στη θερμοκρασία του νερού που δύναται να αξιοποιηθούν για να εξηγηθεί πως η διαφορά στον όγκο και στην πυκνότητα συντελεί στην χαμηλότερη στάθμη των Καταβοθρών από το επίπεδο της θάλασσας. Πιο συγκεκριμένα το ζεστό γλυκό νερό ανυψώνεται και αντικαθίσταται από το κρύο και βαρύτερο θαλασσινό. Όμως πληροφορίες σχετικά με την θερμοκρασία δεν επιβεβαίωσαν την παραπάνω θεωρία.

Ο Fuller (1906) υποστηρίζει ότι η διαφορά στην αλατότητα που οδηγεί στην διαφορετική πυκνότητα μπορεί να αποτελεί την αιτία της ροής του θαλασσινού νερού μέσω των καρστικών αγωγών του νησιού. Την εκδοχή αυτή ασπάζονται και οι Stringfield &

LeGrand (1969) αλλά επισημαίνουν ότι συνηγορούν ταυτόχρονα στο φαινόμενο και άλλοι παράγοντες.

Οι ίδιοι κρίνοντας από την απουσία σημαντικής εκροής κατά μήκος των ακτών του νησιού και την απουσία απότομης πιεζομετρικής κλίσης επισημαίνουν ότι η στάθμη του νερού της ζώνης κορεσμού δεν ανεβαίνει ιδιαίτερα ακόμα και στις περιοχές του νησιού που η ορογραφία ξεπερνά τα 1000μ. ή υπάρχουν πόλγες. Η χαμηλή στάθμη του υδροφόρου επιβεβαιώνεται και από την ταχύτητα με την οποία ταξίδεψε η ουρανίνη των Maurin and Zötl (περίπου μισό μίλι την ημέρα) παρόλο που οι κατακρημνίσεις την περίοδο εκείνη χαρακτηρίζονταν άνω του παρατηρούμενου για την περιοχή μέσου όρου. Μια άλλη ένδειξη αποτελεί η στάθμη του νερού στο λιμνοσπήλαιο της Μελισσάνης, η οποία βρίσκεται σχεδόν στο επίπεδο της θάλασσας. Μια ποσότητα ουρανίνης εντοπίστηκε και εκεί, γεγονός που επιβεβαιώνει την υπόγεια σύνδεσή της με τις Καταβόθρες.

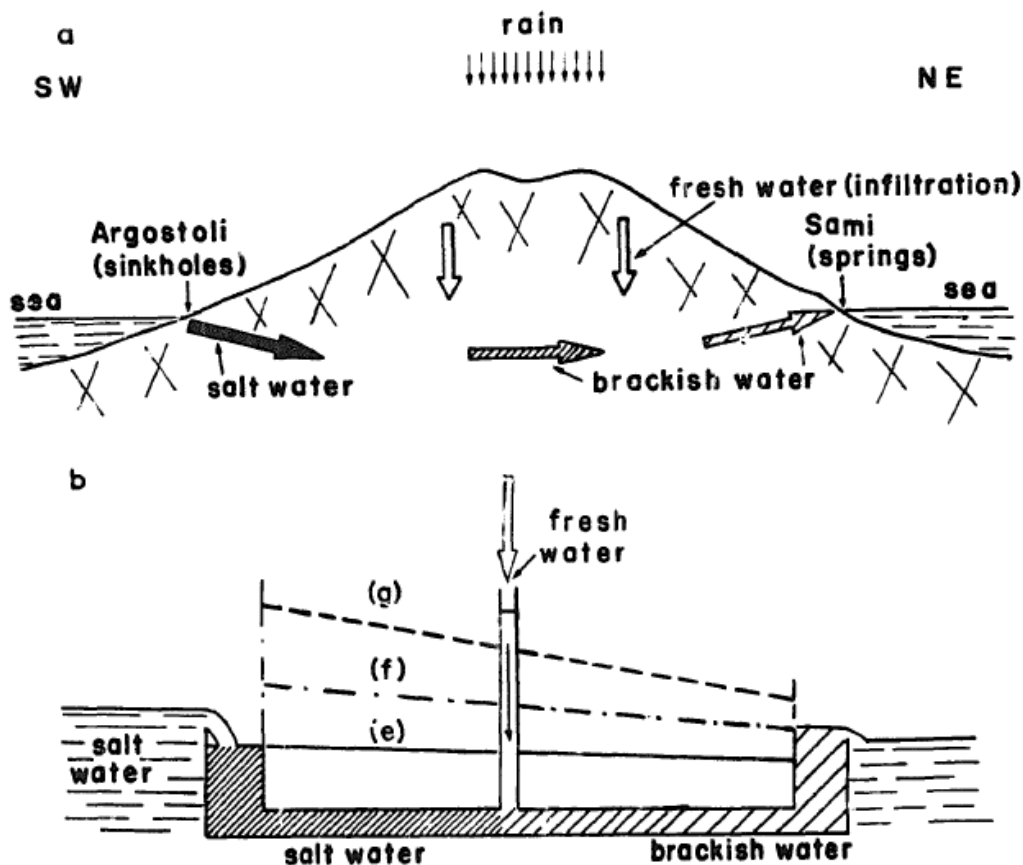
Σύμφωνα με τον Drogue (1989) το φαινόμενο αποδίδεται σε τρεις παράγοντες που λειτουργούν συνδυαστικά. Στην ενέργεια του ρεύματος Αιγαίου- Αδριατικής, στην διαφορά στην πυκνότητα του νερού και στην ύπαρξη καρστικών αγωγών, στην ίδια διεύθυνση με το θαλάσσιο ρεύμα. Ο ίδιος αναφέρει ότι το επίπεδο της θάλασσας στην πλευρά των Καταβοθρών του Αργοστολίου συνήθως εμφανίζεται ψηλότερο σε σχέση με αυτό στην περιοχή εκφόρτισης. Έπειτα από συστηματική έρευνα η διαφορά αυτή καταγράφεται μεταξύ  $0.30 \pm 0.02$  m και  $0.02 \pm 0.02$  m. Η διαφορά του υδραυλικού φορτίου αποτελεί αναντίρρητα παράγοντα που επηρεάζει το φαινόμενο, όχι όμως και το μοναδικό, διότι η ροή συνεχίζεται ακόμα και όταν αυτή μηδενίζεται.

Ο Drogue αναφέρει την ύπαρξη πιεζομετρικής κλίσης αντίθετης στη ροή του υπόγειου νερού. Κατά τη διάρκεια της μελέτης σε μια καρστική κοιλότητα το επίπεδο του νερού παρατηρήθηκε στα  $-1.70\text{m} \pm 0.02\text{m}$  σε σχέση με την ευθεία αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε σαν βάση στην έρευνα. Ενώ στην αντίθετη πλευρά κοντά στις πηγές του της περιοχής του Καραβόμυλου το επίπεδο του νερού καταγράφηκε στα  $-0.73 \pm 0.02$  m. Βρίσκεται δηλαδή ψηλότερα. Η διαφορά στάθμης του νερού στις Καταβόθρες (Maurin and Zötl, 1967; Brown et al., 1835, Glanz, 1965) κυμαίνεται από 0.7 έως 1.3 m ανάλογα με την ποσότητα των κατακρημνίσεων. Αυτό θα ήταν εντελώς παράδοξο αν το υπόγειο νερό δεν ποίκιλε ως προς την πυκνότητα.

Ο πιθανός ρόλος των διαφορετικών πυκνοτήτων του νερού για τη συνεχή υπόγεια ροή έχει αναλυθεί από τους Crosby and Crosby, (1896), Fuller, (1906), Kohout, (1960), Burdon, (1967). Το νερό που εισέρχεται μέσω των Καταβοθρών έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το υφάλμυρο που εκρέει μέσω των πηγών στην απέναντι πλευρά. Η ροή του υπόγειου νερού σχηματικά μπορεί να προσομοιαστεί με αυτή σε συγκοινωνούντα δοχεία μορφής U-tube που περιέχουν νερό με δύο διαφορετικές πυκνότητες (Πρότυπο των GHYBEN-HERZBERG PRINCIPLE). Η υδροστατική ισορροπία επιβάλλει κίνηση του νερού προς την πλευρά με τη μικρότερη πυκνότητα. Πράγματι στο νησί η πυκνότητα του θαλασσινού νερού καταγράφηκε  $1.02580 \text{ kg/dm}^3$  at  $25^\circ\text{C}$ , ενώ του υφάλμυρου  $1.0002 \text{ kg/dm}^3$  at  $15^\circ\text{C}$ .

Το υφάλμυρο νερό των πηγών της Σάμης αποτελεί προϊόν της ανάμειξης του γλυκού νερού της κατείδυσης των κατακρημνίσεων (800 to 900 mm per year) με το θαλασσινό στον υδροφόρο. Για να μην αντιστραφεί η ροή και οι Καταβόθρες μετατραπούν σε πηγές, όπως αναφέρει ο Drogue, το υδραυλικό φορτίο του γλυκού νερού πρέπει να διατηρείται χαμηλό.





**Εικόνα 2.5** από την εργασία του Drogue "Continuous inflow of seawater and outflow of brackish water in the substratum of the karstic island of Cefalonia, Greece , 1989" που παρουσιάζει το φαινόμενο καθώς και το πιεζομετρικό και υδραυλικό φορτίο.

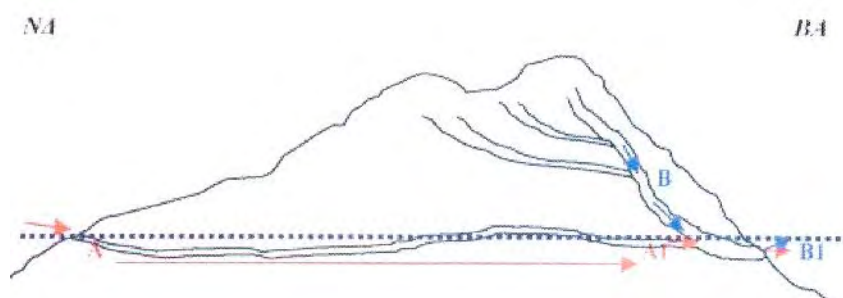
Ο Ανδρέας Π. Βασιλόπουλος (2001) στην Διδακτορική Διατριβή του με θέμα «Ανάλυση γεωμορφολογικών και γεωγραφικών δεδομένων με την χρήση τεχνολογίας γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στην νήσο Κεφαλληνία» υιοθετεί την άποψη ότι το φαινόμενο εξηγείται μέσω της θεωρίας του Bernulli (σιφονισμός). Εργάστηκε με γνώμονα τα τρία σπουδαιότερα πρωτογενή δεδομένα του φαινομένου, την αδιάληπτη εισροή στις Καταβόθρες και εκφόρτιση μέσω των πηγών της περιοχής Καραβόμυλου-Σάμης, την σημαντική ταχύτητα ροής του θαλασσινού νερού προς τις Καταβόθρες (έως και 3 m/sec) και τέλος τη διακύμανση της ταχύτητας αναρρόφησης, ανάλογα με την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, καταλήγοντας να συμφωνεί σχεδόν ολοκληρωτικά με την ερμηνεία των Maurin & J.Zoetl (1967).

Αναφέρει ότι οι καρστικοί αγωγοί του νησιού σχηματίστηκαν κατά την ταπείνωση της θαλάσσιας στάθμης στο Μεσσήνιο. Το δίκτυο αυτό με την ανύψωση της στάθμης, έγινε υποθαλάσσιο. Ο καρστικός αγωγός A-A1 της εικόνας 2.6 συνδέει την Δυτική πλευρά της νήσου ( Αργοστόλι), με την Ανατολική (Σάμη). Μέσω του αγωγού αυτού τα όμβρια ύδατα από την περιοχή του Αργοστολίου μεταφέρονταν ανατολικά. Η μεταφορά αυτή αποτελούσε απότοκο της υδροστατικής πίεσης προερχόμενης από την υψομετρική διαφορά των Α και Α1. Πλέον ολόκληρος ο αγωγός ή κάποια τμήματά του, βρίσκεται χαμηλότερα από τη

στάθμη της θάλασσας. Η διαφορετική υδροστατική πίεση των σημείων A και A1 δεν υφίσταται σήμερα.

Η συνεχής ροή αιτιολογείται λόγω της ύπαρξης του καρστικού αγωγού B-B1 της εικόνας 2.6 που συνέχισε κανονικά τη λειτουργία του. Η τροφοδοσία του προέρχεται από τα όμβρια ύδατα που κατεισδύουν στην περιοχή του Αίνου. Οι δύο προαναφερθέντες αγωγοί συμβάλλουν και έτσι δημιουργεί υποπίεση στο σημείο A1 (θεώρημα Bernulli), με αποτέλεσμα τη ροή θαλασσινού ύδατος από το A προς το A1 και την έξοδό του στο B1. Θεωρεί μάλιστα πιθανό στη θέση A1, που ενώνονται οι αγωγοί A-A1 και B-B1, να έχει δημιουργηθεί προς την κατεύθυνση της κίνησης του νερού, διεύρυνση του αγωγού B-B1. Η διεύρυνση της διατομής του αγωγού, δεδομένου ότι η ταχύτητα παραμένει σταθερή, δημιουργεί υποπίεση, με αυτόν τον τρόπο συντηρείται η αναρρόφηση από τον αγωγό A-A1.

Η παραπάνω θεωρία συνάδει με την παρατήρηση ότι η ταχύτητα εισροής στο A, μεγαλώνει (έως 3m/sec), σε περιόδους με εντονότερα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, διότι όσο πιο έντονη η ροή στον αγωγό B-B1 τόσο μεγαλύτερη υποπίεση θα αναπτύσσεται στη θέση A1. Στην παρούσα ερευνητική εργασία υιοθετείται η ανωτέρω εξήγηση του φαινομένου ως ορθότερη δεδομένου ότι ικανοποιεί όλα τα πρωτογενή δεδομένα και στηρίζεται στους νόμους της Φυσικής Επιστήμης.



**Εικόνα 2.6** Σχηματική επεξήγηση της λειτουργίας των καταβοθρών  
(από τη διδακτορική διατριβή του Ανδρέα Π. Βασιλόπουλου)

## Κεφάλαιο 3 Γεωμορφολογία – Υδρογραφικό Δίκτυο

### 3.1 Γεωμορφολογία

Η Κεφαλλονιά αποτελεί νησί με ποικίλες γεωμορφές χαρακτηριστικές των λιθολογικών και τεκτονικών της διεργασιών.

Στη μεγαλύτερη της έκταση είναι ορεινή (36,9%) και ημιορεινή (38,4%). Συνήθως εμφανίζει κλίσεις από 10-50%, οι ορεινές και ημιορεινές περιοχές μεγαλύτερες του 30% και στα πρηνή των οροσειρών του 50%. Ενώ το τμήμα του νησιού που ανήκει στην Ιόνιο Ζώνη παρουσιάζει κλίσεις από 10- 70%.

Οι απότομες μορφολογικές κλίσεις (μορφολογικές ασυνέχειες), οφείλονται συνήθως στην δράση μεγάλων ρηξιγενών ζωνών, αλλά και στο διαφορετικό βαθμό διάβρωσης που λαμβάνει χώρα κατά μήκος των ορίων γεωλογικών σχηματισμών με διαφορετική λιθολογία.

Σε ποσοστό μόλις 8% της έκτασης του μπορεί να χαρακτηριστεί πεδινό και 16-17% χαμηλό λοφώδες με ήπιες κλίσεις. Οι πεδινές εκτάσεις παρουσιάζονται συχνότερα στην παράκτια ζώνη.

Μεγάλο μέρος επιφανειών επιπέδωσης οφείλεται είτε σε διαδικασίες διάβρωσης, είτε σε διαδικασίες απόθεσης. Η θέση και η κατανομή τους εξαρτάται από τις δραστηριότητες των διαφορών ρηξιγενών ζωνών.

Στην περιοχή μελέτης (Λέκκας, 1996) οι επιφάνειες απόθεσης και διάβρωσης διατάσσονται κλιμακωτά επί του ανάγλυφου με τη μορφή αναβαθμίδων, οι οποίες έχουν διαφορετικό υψόμετρο. Η διάταξη τους αυτή χαρακτηρίζει τον τρόπο που κινούνται τα ρηξιτεμάχη και τη γενικότερη συμπεριφορά τους στο χώρο.

Κατά μήκος του νότιου άξονα Αργοστολίου-Σάμης και από το Αργοστόλι προς τη Σάμη οι επιφάνειες επιπεδώσεις ανέρχονται από το υψόμετρο μηδέν μέχρι το υψόμετρό των 800μ. περίπου (Κούτουπας/Τρωγιανάτα) και από εκεί οι επιφάνειες επιπεδώσεις κατέρχονται και πάλι μέχρι το υψόμετρο μηδέν (Σάμη). Η μορφή αυτή του ανάγλυφου οφείλεται στην παρεμβολή μεταξύ των επιφανειών επιπεδώσεις των διαφόρων νεοτεκτονικών ρηξιγενών ζωνών με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ που διασχίζουν την περιοχή αυτή του νησιού (Λέκκας, 1996).

Ο οριζόντιος διαμελισμός της περιοχής είναι αρκετά έντονος. Δυο μεγάλες χερσόνησοι εκτείνονται από τον κύριο κορμό του νησιού, της Ερίσσου στα βόρεια και της Παλικής στα δυτικά. Ανατολικά ξεχωρίζουν οι κόλποι της Σάμης και της Αντίσαμου, στα βορειοδυτικά δεσπόζει ο κόλπος του Μύρτου, στο δυτικό τμήμα βρίσκεται ο κόλπος του Αργοστολίου και στο νότιο ο όρμος του Λουρδά.

Οι ακτές είναι ως επί το πλείστο ψηλές και βραχώδεις. Σε αρκετά σημεία όμως, κυρίως δυτικά και νοτιοδυτικά, σχηματίζονται θίνες με κίτρινη, λεπτόκοκκη και χαλαρή άμμο.

Ο κατακόρυφος διαμελισμός του νησιού και η καρστική διάβρωση των ασβεστόλιθων που καλύπτουν τη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής, έχουν συμβάλει στη γένεση πολλών οροπεδίων (π.χ. πόλγη των Ομαλών, πόλγη των Τρωγιανάτων).

Στην συνέχεια θα αναφερθούν οι κύριες γεωμορφές που απαντώνται στην περιοχή μελέτης.

#### A. Βουνά

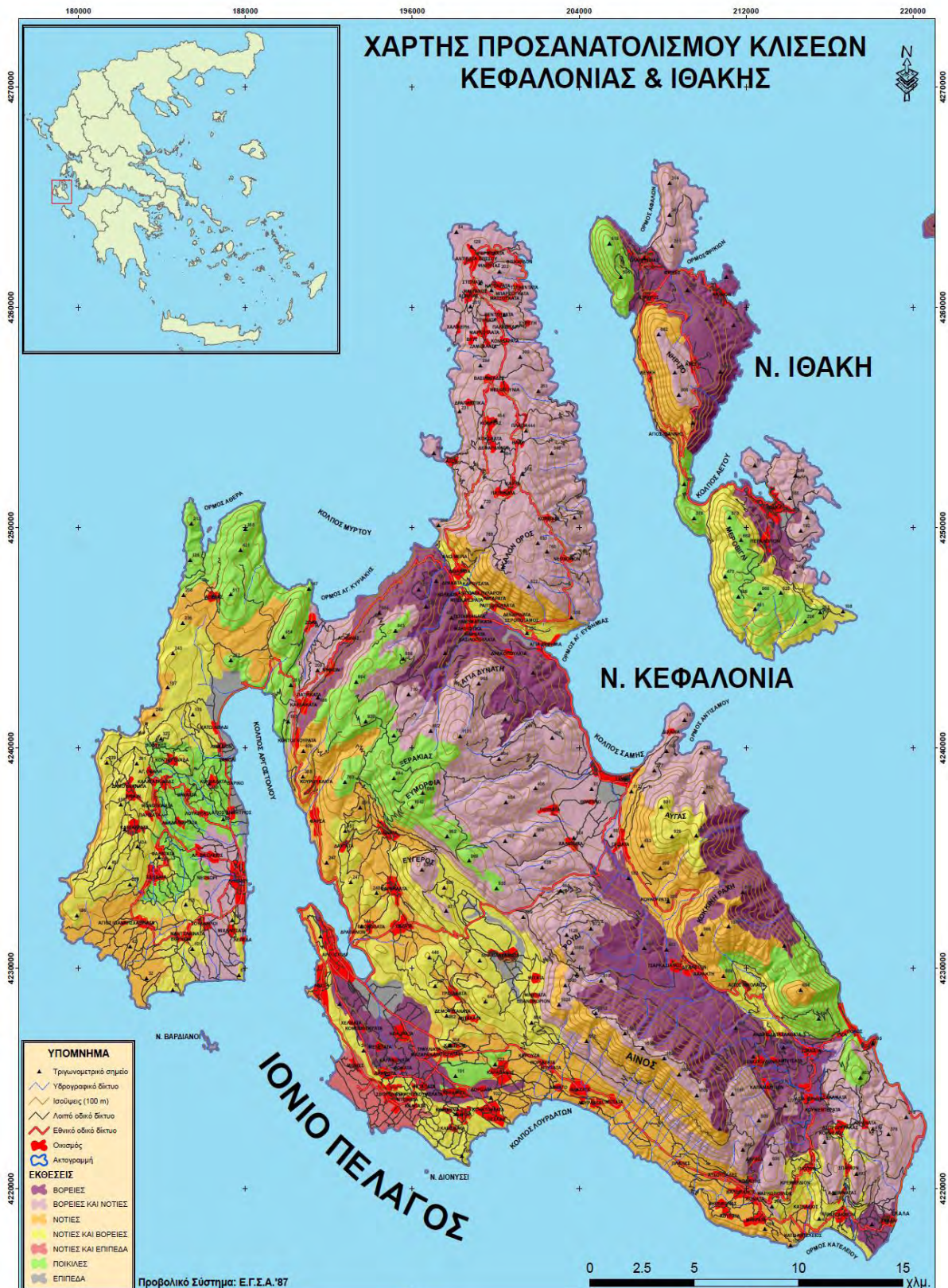
Ο προσανατολισμός των οροσειρών της Κεφαλονιάς ως επί το πλείστον είναι ΒΔ-ΝΑ, ίδιος με τον προσανατολισμό των οροσειρών της Δ. Ελλάδας, της Πελοποννήσου και των Δυναρίδων (Κατσούνη, 2012).

Η οροσειρά Αίνος-Ρούδι- Αγία Δυνατή συνιστά το μεγαλύτερο ορεινό όγκο του νησιού. Αποτελεί μέρος των Ελληνίδων οροσειρών, που σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων της Αλπικής πτύχωσης των ιζημάτων της Μεσοτηθούς (Φοίτος & Καμάρη, 2009). Παρουσιάζει επιμήκη ανάπτυξη με προσανατολισμό ΒΔ-ΝΑ. Αποτελεί ένα μεγάλο αντίκλινο που καταλήγει στο Βορρά στον όρμο του Μύρτου και στο Νότο στο χωριό Μαρκόπουλο. Βόρεια από τον ορεινό όγκο του Ρουδίου σχηματίζει αυχένα με χαμηλότερο σημείο τα 610μ. απ' όπου και διέρχεται ο επαρχιακός δρόμος Αργοστολίου- Σάμης. Υπαίθριες παρατηρήσεις (Underhill, 1989) καταδεικνύουν ότι το δυτικό περιθώριο των ασβεστόλιθων Κρητιδικής- Παλαιογενούς ηλικίας που δομούν το αντίκλινο αυτό αποτελούν το άνω τέμαχος ενός ανάστροφου ρήγματος (Καπατσώρης, 2012).

Δευτερεύουσα οροσειρά με την ίδια διεύθυνση, ΝΝΔ-ΒΒΑ, αναπτύσσεται έμπροσθεν και παράλληλα προς την προηγούμενη με υψηλότερες κορυφές/βουνά αυτές της Ευμορφίας (1041μ.) και του Ξηρασία. (1065μ.)

Στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού και με διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ παράλληλα στην οροσειρά του Αίνου εκτείνεται μια χαμηλότερη, επιμήκης, απόκρημνη και με απότομες κλίσεις οροσειρά, τα πετρώματα της οποίας ανήκουν στην Ιόνιο Ζώνη. Ανάμεσα στις δυο αυτές οροσειρές ξεκινά μια επιμήκης κοιλάδα πεδιάδα της Σάμης, Κουλουράτα, Αυχένας Τσακαρισιάνου, Τζανάτα, Αγία Ειρήνη, Αυχένας Πάστρας, Κατελειός. Στα πρηνή ανατολικά της Σάμης, παρουσιάζεται το μέτωπο επώθησης των ανδριατικοϊόνιων στρωμάτων πάνω σε μεσομειοκαινικά μαργαϊκά στρώματα της ζώνης των Παξών, με παρεμβολή λωρίδας πλευρικών κορημάτων (Ειδική Χωροταξική Μελέτη, 1993).

Το βόρειο και το κεντρικό τμήμα της εμφανίζουν τα μεγαλύτερα υψόμετρα με κορυφές την Κολώνα 894μ. (Άτρος), τον Αυγό 929μ (Αυγό), το Καστρί 1082μ (Κόκκινη Ράχη), Γιούπαρη 1124μ (Ρούδι) και την Χιονίστρα 1628μ.(Αίνος)



Εικόνα 3.1 χάρτης προσανατολισμού κλίσεων (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου)

## Β. Πεδιάδες

Οι σπουδαιότερες εξ αυτών στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με τον Κουμαντάκη (1990) είναι:

- Η πεδιάδα της Κρανιάς και η προς τα νοτιοανατολικά προέκτασή της η οποία νοτιοανατολικά της περιοχής των Κοκκολάτων παρουσιάζει λοφώδες ανάγλυφο με υψόμετρο 50-150μ στο οποίο παρατηρούνται πλειοκαινικές και Πλειστοκαινικές αποθέσεις, ενώ στο χαμηλότερο και καθαρά πεδινό τμήμα, έχουμε αλουβιακούς σχηματισμούς επικείμενους είτε πλειοπλειστοκαινικών πετρωμάτων είτε ασβεστολιθικών.
- Η πεδιάδα της περιοχής Σάμης- Καραβόμυλου-Πουλάτων – Χαλιωτάτων- Γριζάτων-Καταποδάτων, με υψόμετρο έως και 100μ.

## Γ. Οροπέδια και υψίπεδα

- Οροπέδιο Ομαλών (πόλη): το χαμηλότερο τμήμα της κλειστής υδρολογικής λεκάνης των Βαλσαμάτων. Έχει ελάχιστο υψόμετρο τα 395μ. στην περιοχή μεταξύ Αγ. Γεράσιμου και Βαλσαμάτων, ενώ ο υδροκρίτης εμφανίζει ελάχιστο υψόμετρο περί τα 700μ. νοτιά του Επανχωρίου. Τα πετρώματα του οροπεδίου αλλά και των ορεινών όγκων που το περιβάλλουν είναι ασβεστολιθικά, ο πυθμένας του όμως καλύπτεται από μικρού πάχους κοκκινόχωμα. Η αποστράγγιση του νερού της επιφανειακής αποροής πραγματοποιείται μέσω καταβοθρών που βρίσκονται στο χαμηλότερο τμήμα του.
- Οροπέδιο Τρωγιανάτων (πόλη): αναπτύσσεται στο κατώτερο τμήμα της μικρής κλειστής υδρολογικής λεκάνης νοτιοδυτικά των Βαλσαμάτων. Έχει ελάχιστο υψόμετρο τα 255μ. Τα πετρώματα του οροπεδίου αλλά και των ορεινών όγκων που το περιβάλλουν είναι ασβεστολιθικά. Η αποστράγγιση του νερού της επιφανειακής αποροής του πραγματοποιείται μέσω καταβοθρών που βρίσκονται στο δυτικό χαμηλότερο τμήμα του.

Στις προαναφερθείσες πόλεις οι αλπικοί σχηματισμοί που συναντώνται είναι Άνω Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι. Η σειρά αυτή παρουσιάζει ρηχές φάσεις, αλλά και βαθύτερες, που χαρακτηρίζουν το περιθώριο μιας βραχύβιας κρητιδικής πλατφόρμας, με νηριτικούς ασβεστόλιθους, βιοκλαστικούς και μικριτικούς που ακολουθούνται από λευκούς μικριτικούς και δολομιτικούς ασβεστόλιθους και με εν διαστρώσεις οριζόντων με ρουδιστές και οριζόντων με γαστερόποδα (Λέκκας, 1996).

- Υψίπεδο Διλινάτων- Φαρακλάτων- Ραζάτων: Είναι επίμηκες και αναπτύσσεται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Υψομετρικά κυμαίνεται από 100-350μ. Τα πετρώματα του είναι ασβεστολιθικά. Η επιφανειακή απορροή προς τη διεύθυνση του Αργοστολιού γίνεται μέσω χειμάρρων, δυο εκ των οποίων εκβάλλουν κατευθείαν στη θάλασσα, ενώ ο νοτιότερος αποστραγγίζει την περιοχή των Ραζάτων και απορρέει στον κάμπο της Κρανιάς.

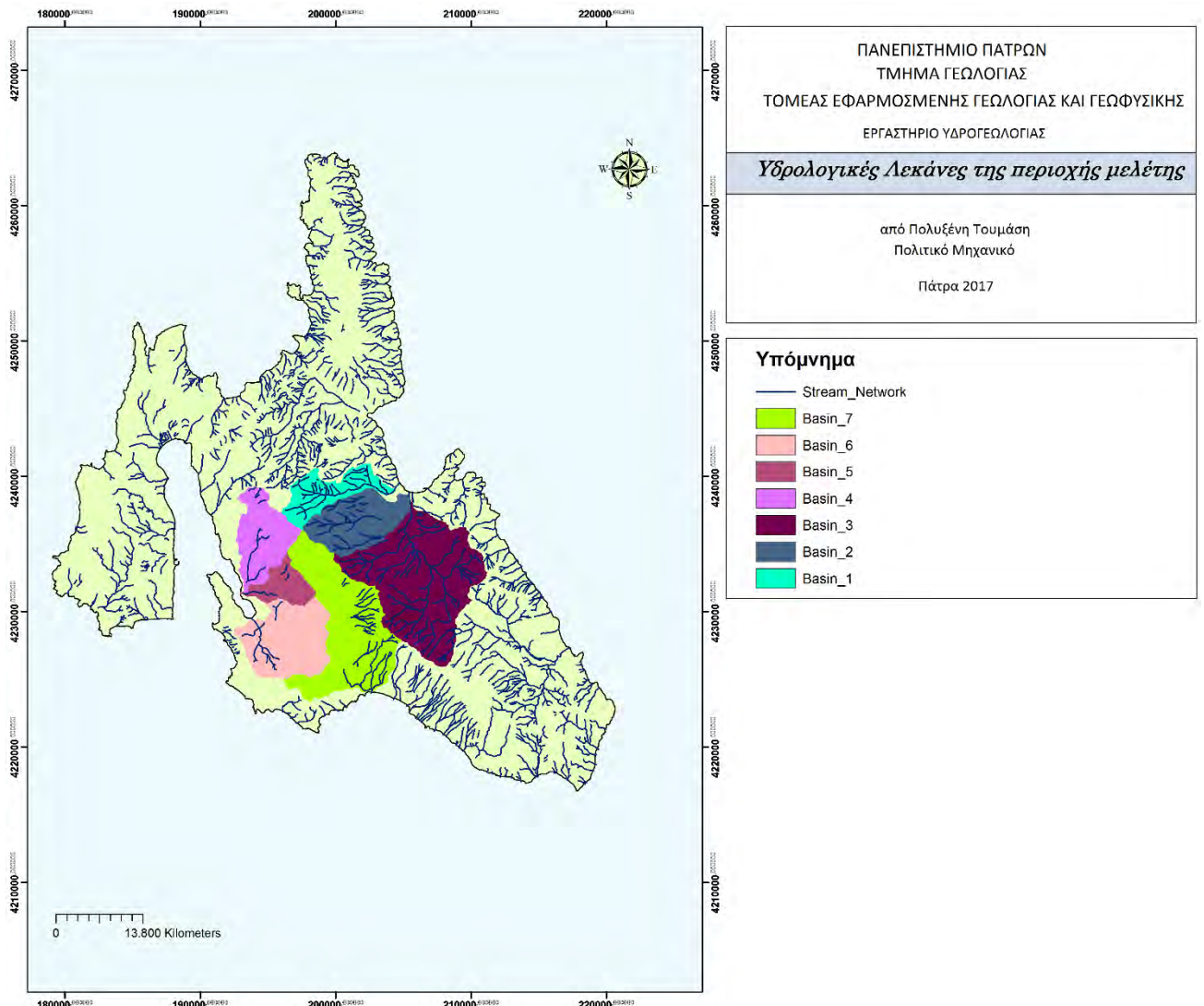
### 3.2 Υδρογραφικό δίκτυο- Υδρολογικές Λεκάνες

Ως Υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής θεωρείται το ενιαίο σύστημα του βασικού και των δευτερευόντων κλάδων ενός χείμαρρου ή ποταμού, δηλαδή των ρυακίων, χείμαρρων και παραποτάμων, που αποστραγγίζουν την περιοχή αυτή. Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύστασης, του μορφολογικού ανάγλυφου, της τεκτονικής, καθώς και των κλιματικών παραγόντων της συγκεκριμένης περιοχής.

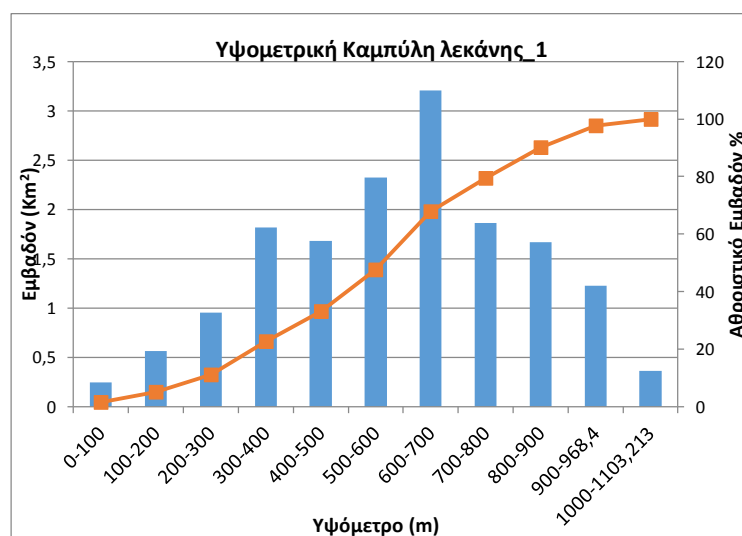
Στο νησί της Κεφαλονιάς δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη ανάπτυξη λόγω των έντονα καρστικοποιημένων ανθρακικών πετρωμάτων που καλύπτουν μεγάλη έκταση του. Κατά κανόνα οριοθετείται από τις μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες και αναπτύσσεται ανεξάρτητα. Η γεωμορφολογία του νησιού χαρακτηρίζεται από έντονο κατακόρυφο και οριζόντιο διαμελισμό, που συντελεί στο σχηματισμό αρκετών υδρολογικών λεκανών κατά κανόνα μικρής έκτασης (Κουμαντακης, 1990). Οι ασυμμετρίες που εμφανίζει δύνανται να λειτουργήσουν ως μέσο εκτίμησης της σημασίας, του ρόλου και του είδους των τεκτονικών κινήσεων της περιοχής καθώς και την επίδρασή τους στη μορφολογία της (Λέκκας, 1996).

Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται τόσο μεμονωμένοι όσο και σύνθετοι κλάδοι από τα αναπτυσσόμενα υδρογραφικά δίκτυα, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από σημαντική κατά μήκος και κατά βάθος διάβρωση (Λέκκας, 1996). Το φαινόμενο είναι αρκετά έντονο σε ορισμένους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου που αποστραγγίζουν τον ορεινό όγκο της Αγίας Δυνατής και στους περισσότερους κλάδους οι οποίοι αποστραγγίζουν την οροσειρά του Αίνου (Λέκκας, 1996).

Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται επτά υδρολογικές λεκάνες, τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά των οποίων περιγράφονται στις αντίστοιχες υψομετρικές καμπύλες (Εικ:3.3 έως 3.9),

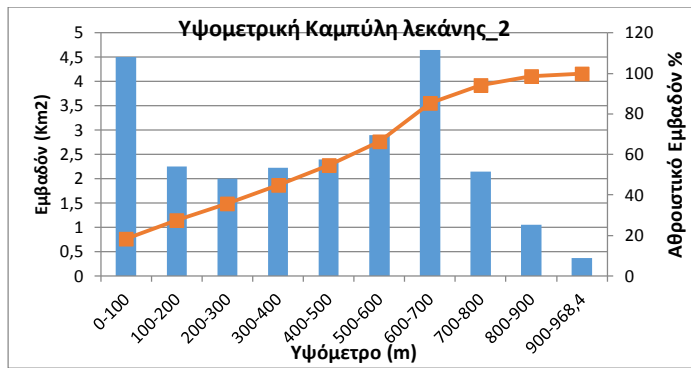


Εικόνα 3.2 Χάρτης υδρολογικών λεκανών περιοχής μελέτης

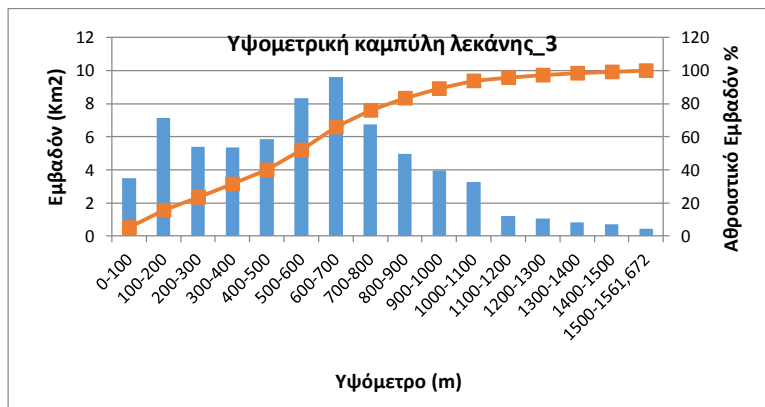


Εικόνα 3.3 Υψομετρική καμπύλη λεκάνης\_1





Εικόνα 3.4 Υψομετρική καμπύλη λεκάνης\_2



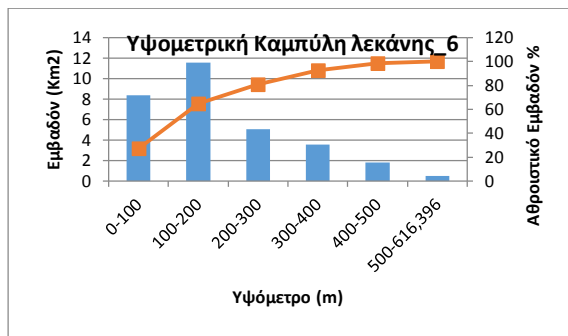
Εικόνα 3.5 Υψομετρική καμπύλη λεκάνης\_3



Εικόνα 3.6 Υψομετρική καμπύλη λεκάνης\_4



Εικόνα 3.7 Υψομετρική καμπύλη λεκάνης\_5



Εικόνα 3.8 Υψομετρική καμπύλη λεκάνης\_6



Εικόνα 3.9 Υψομετρική καμπύλη λεκάνης\_7

Πιο ολοκληρωμένη και ενδελεχής αξιολόγηση και ταυτοποίηση των υδρολογικών λεκανών, προϋποθέτει πέρα από την κατασκευή των υψομετρικών καμπυλών και τον προσδιορισμό των μορφομετρικών παραμέτρων των λεκανών.

**Πίνακας 3.1** Κύριες μορφολογικές παράμετροι των Υδρολογικών Λεκανών

Λεκάνη	Εμβαδόν (km <sup>2</sup> )	Μέσο Υψόμετρο (m)	Υψόμετρο 50%	Μέγιστο Αναγλυφο (H <sub>b</sub> ) (m)	Υψόμετρο Μέγιστης Συχνότητας (H <sub>μ.σ.</sub> ) (m)	Μέγιστο Μήκος Λεκάνης (L <sub>max</sub> ) (m)	Μέγιστο Πλάτος (d <sub>max</sub> ) (m)	Δείκτης Αναγλύφου (R <sub>r</sub> ) (m)
Λεκάνη_1	15,953922	592.6128403	578	1103,213	650	8176	2124	0,135
Λεκάνη_2	24,440803	423.9041274	395	968,4	650	8498	4065	0,114
Λεκάνη_3	68,393135	584.0419395	540	1561,672	650	12878	7884	0,121
Λεκάνη_4	21,344871	421.43452	350	1004,59	250	7448	3817	0,135
Λεκάνη_5	9,70936	296.4206548	202	733,55	150	4700	1889	0,156
Λεκάνη_6	30,904417	186.7079899	105	616,396	150	5022	4280	0,123
Λεκάνη_7	51,08544	460.2618767	403	1270,556	450	12514	4069	0,102

Στην παρούσα εργασία, για τη χάραξη των υψομετρικών καμπυλών, το εμβαδόν της κάθε μίας χωρίστηκε σε υψομετρικές ζώνες (κλάσεις) ανά 100μ. Σύμφωνα λοιπόν με τις εικόνες 3.3 έως 3.9 όπου παρουσιάζονται οι αθροιστικές καμπύλες συχνότητας των εμβαδών (υψομετρικές), παρατηρείται ότι δεν εμφανίζουν σημαντικό βαθμό ομοιογένειας μεταξύ τους. Οι λεκάνες 1, 4 και 5 χαρακτηρίζονται από αρκετά απότομες κλίσεις, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι και στις υπόλοιπες λεκάνες δεν σημειώνονται αξιόλογες κλίσεις. Έχει διαπιστωθεί σχέση αναλογίας μεταξύ της κλίσης μιας υδρολογικής λεκάνης και της εκδήλωσης κατολισθήσεων. Η σχέση αυτή όμως επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως το είδος των λιθολογικών σχηματισμών αλλά και η ανθρώπινη παρέμβαση. Για παράδειγμα κροκαλοπαγή και μάργες ευνοούν φαινόμενα χαλικorroών και κατολισθήσεων, όπως επίσης και η άλογη κατασκευή έργων υποδομής. Στην περιοχή μελέτης οι λεκάνες που εμφανίζουν τις πιο απότομες κλίσεις καλύπτονται από ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους (Ks.k). Όπου αυτοί εμφανίζονται κατακερματισμένοι αυξάνει σαφώς ο κίνδυνος κατολισθήσεων. Δεν παρατηρείται σημαντικός βαθμός ομοιογένειας ούτε μεταξύ των υψομέτρων 50%, των υψομέτρων δηλαδή που αντιστοιχούν στο πενήντα τοις εκατό της τετμημένης της υψομετρικής καμπύλης. Ομοιάζουν μόνο τα υψόμετρα 50% μεταξύ των λεκανών 1 και 3 και των λεκανών 2 και 7.

## Κεφάλαιο 4 Γεωλογία- Τεκτονική

### 4.1 Γεωλογική Δομή

Η Κεφαλλονιά ανήκει στις δυο ακραίες Ελληνίδες γεωτεκτονικές ή ισοπικές ζώνες, την Προαπούλια (Παξών) και την Ιόνιο η οποία επωθείται πάνω στη ζώνη των Παξών.

Τα πετρώματα που συνθέτουν την γεωλογική δομή του νησιού είναι ιζηματογενή που εντάσσονται στον αλπικό κύκλο (Αλπικοί Σχηματισμοί) και μεταγενέστερα (Πλειο-Τεταρτογενείς Σχηματισμοί), που επικάθονται ασύμφωνα πάνω στα προηγούμενα (Κουμαντάκης 1990).

Οι Αλπικοί Σχηματισμοί του νησιού, που ανήκουν στις δυο προαναφερθείσες εξωτερικές ζώνες, καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού και κυρίως τα ορεινά του τμήματα, ενώ οι Πλειο-Τεταρτογενείς Σχηματισμοί συναντώνται σε χαμηλού ύψους περιοχές (Κουμαντάκης 1990).

Στη μεγαλύτερη της έκταση η Κεφαλλονιά δομείται από σχηματισμούς της ζώνης των Παξών, ενώ μόνο στο νοτιοανατολικό της τομέα συναντώνται πετρώματα της Ιονίου Ζώνης, τα οποία βρίσκονται επωθημένα πάνω στα μειοκαινικά στρώματα της Προαπούλιας.

#### 4.1.1 Ζώνη Παξών ή Προαπούλια

Η εξωτερική αυτή ζώνη των Ελληνίδων πήρε το όνομά της από τα νησιά Παξούς χάρη στον C.Renz(1940). Αργότερα ο J.Aubouin(1959) την ονόμασε Προαπούλια διότι αποτελεί το ανατολικό περιθώριο της Απουλίας Ζώνης. Πιο συγκεκριμένα παρεμβάλλεται αναμεσα στην Απούλια τράπεζα και την Ιόνια αύλακα, αποτελώντας το εσωτερικό περιθώριο της πρώτης.

Τα νησιά Παξοί, Αντιπάξοι, το δυτικό τμήμα της Λευκάδας, το μεγαλύτερο τμήμα της Κεφαλλονιάς και της Ζακύνθου δομούνται από σχηματισμούς της Ζώνης των Παξών. Το μεγαλύτερο όμως τμήμα της Ζώνης των Παξών, είναι βέβαιο ότι βρίσκεται κάτω από τη θάλασσα του Ιονίου πελάγους και χαρακτηρίζεται από μια συνεχή σειρά από νηριτικά ανθρακικά πετρώματα, που η απόθεση τους αρχίζει από το Άνω Τριαδικό και συνεχίζει ως το Ολιγόκαινο.

Από παλαιογεωγραφική άποψη ο χώρος στον οποίο είναι εξαπλωμένα τα ιζήματα της Προαπούλιας ζώνης αποτελούσε ένα υποθαλάσσιο ύβωμα (haut- fond). Με το γεγονός αυτό συνδέεται η απουσία από την εν λόγω ζώνη αποθέσεων του φλύσχη. Από τεκτονική άποψη η παραπάνω ζώνη είναι αυτόχθονη με εύθραυστη τεκτονική, που χαρακτηρίζεται από ανοιχτά και διαρρηγμένα αντίκλινα. Η ανάδυση της Ζώνης αυτής συντελέστηκε κατά το Ελβέτιο, με την εκδήλωση της Νεώτερης Στυριακής πτύχωσης. Τέλος στην περιοχή της ζώνης δεν έχει εκδηλωθεί μαγματική δραστηριότητα.

Στην Ζώνη των Παξών η περίοδος από Ανώτερο Τριαδικό ως το τέλος του Κρητιδικού χαρακτηρίζεται από τη βύθιση της θάλασσας και την απόθεση σε αυτήν ανθρακικών ιζημάτων πάχους 4000- 5000μ. Από το τέλος του Κρητιδικού έως το Μέσο Μειόκαινο

διακόπηκε η βύθιση της θάλασσας και λόγω συνιζηματογενών ρηγμάτων η λεκάνη τεμαχίστηκε. Οι συνθήκες ιζηματογένεσης ήταν διαφορετικές, το πάχος των αποθέσεων μικρό, τα στρωματογραφικά κενά πολλά και από τη μια θέση στην άλλη οι λιθοστρωματογραφικές σειρές ποικίλες.

Η Ζώνη των Παξών αντιπροσωπεύεται από ανωκρητιδικούς, νηριτικούς και υφαλογενείς (με Ιππουρίτες) ασβεστόλιθους. Ιδιαίτερα το Μαιστρίχτιο περιλαμβάνει ένα χαρακτηριστικό ορίζοντα με *Orbitoides*. Το Ηώκαινο, Ολιγόκαινο και Κατώτερο Μειόκαινο αντιπροσωπεύεται από νηριτικούς ασβεστόλιθους, που έχουν τα χαρακτηριστικά (τη φάση) εκείνων της Απούλιας Ζώνης και που εναλλάσσονται με μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους. Στους τελευταίους περιλαμβάνονται πελαγικοί ασβεστόλιθοι της φάσης της Ιόνιας Ζώνης. Η στρωματογραφική δομή της Ζώνης παρουσιάζεται αναλυτικά ακολούθως.

### **Κατώτερο Κρητιδικό**

Οι σχηματισμοί του Κατώτερου Κρητιδικού καταλαμβάνουν μικρή έκταση στη νήσο (14,73 Km<sup>2</sup>) και αποτελούν τα αρχαιότερα πετρώματα που εμφανίζονται στην επιφάνειά της. Απαντούν κυρίως στα χαμηλότερα τμήματα των νοτιοδυτικών κλιτύων του Αίνου (από Σιμωτάτα έως Μαρκόπουλο), στο ΒΔ τμήμα του Καλού Όρους (νοτιοανατολικά της Άσσου προς Πατρικάτα, υψίπεδο Καλού όρους, Χάρακας, Όρμος Μύρτου) και ανατολικά του Αργοστολίου.

Η περίοδος αυτή βαση του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ (1985) περιλαμβάνει δολομίτες και ασβεστολιθους (Κi.d).

Οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται υποκίτρινοι, σε στρώματα πάχους 1 έως 20εκ. και μετατρέπονται προς τα πάνω σε σχιστόλιθους και μερικώς σε συμπαγή ασβεστόλιθο. Σπάνια παρεμβάλλονται στρώματα πυριτόλιθου και τοπικά αντικαθίστανται από δολομίτες. Το πάχος της σειράς φτάνει τα 150m.

Οι δολομίτες είναι τεφρού έως πρασινωπού χρώματος ή και φαιόχρωμοι με καλή στρώση και παρεμβολές στρωμάτων λευκού πυριτόλιθου στους κατώτερους ορίζοντες. Συναντώνται στη δυτική κλιτύ της οροσειράς «Καλόν Όρος» και στη δυτική κλιτύ του όρους «Αίνος». Το πάχος τους φτάνει τα 500m.

### **Ανώτερο Κρητιδικό**

Η περίοδος αυτή, σύμφωνα με το χάρτη του ΙΓΜΕ (1985) χαρακτηρίζεται από ασβεστόλιθους (Κs.k).

Η βάση των στρωμάτων της περιόδου αυτής απαρτίζεται από κενομάνιας ηλικίας ασβεστόλιθο, πάχους 50μ., ωλιθικό, σπανίως μαζί με πυριτικές λατύπες, παχυστρωματώδης (80 εκ.) ή άστρωτος στο ανώτερο τμήμα Από την εξέταση λεπτών τομών φαίνεται ότι αποτελείται από κλαστικό υλικό με Πελεκύποδα, Σπόγγους, Βρυόζωα, και συχνά Εχινόδερμα. Απολιθώματα που αναγνωρίστηκαν είναι: *Orbitolina concava*, *O. conoidea*, *Dictyoconus* sp., *Trocholina* sp.

Ακολουθεί καλοστρωμένος πελαγικός φαιόχρωμος ασβεστόλιθος, ηλικίας Ανώτερου Κενομάνιου- Κατώτερου Τουρωνίου. Συναντάται χαρακτηριστικά στα όρη Μεροβιγλίου και αναγνωρίστηκαν τα απολιθώματα: *Rotalipora arpeninica*, *R. cf. cushmani*, *R. cf. reicheli*, *Globotruncana helvetica*, *G. renzi*.

Έπεται προς τα πάνω παχυστρωματώδης ή άστρωτος ασβεστόλιθος πάχους περί τα 100μ. ηλικίας Τουρωνίου έως Σαντωνίου. Τοπικά εμφανίζονται πυριτόλιθοι (κόλπος Μύρτου, περιοχή Πυλάρου) ή οργανοκλαστικές- ωλιθικές λατύπες (Αγ. Παρασκευή, όρη Ευμορφία και Ρούδι).

Στη συνέχεια παρατηρείται λευκός ρουδιτοφόρος κλαστικός ασβεστόλιθος, αποσαθρωμένος κατά θέσεις σε κατάλοιπα κιμωλίας.

Στην οροφή των στρωμάτων του Ανώτερου Κρητιδικού συναντάται λεπτοστρωματώδης πελαγικός ασβεστόλιθος, πάχους 30μ. (Αίνος) έως 100μ. (πεδιάδα Πυλάρου), υπερκείμενο και τοπικά αντικαθιστάμενο (περιοχή Θηνιάς, βορειοανατολική πλαγιά Αίνου) από ανοιχτόχρωμο υφαλώδη ασβεστόλιθο, πάχους 10-20μ.

Η παράταξη των στρωμάτων είναι κυρίως ΒΒΔ-ΝΝΑ με μικρές κατά τόπους αποκλίσεις και εμφανίζουν γενικές κλίσεις που κυμαίνονται από 20ο - 45ο . Οι ασβεστόλιθοι αυτοί καταλαμβάνουν το 52,25% της περιοχής, παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη εξάπλωση στη νήσο, αποτελώντας το γεωλογικό της υπόβαθρο.

### **Παλαιόκαινο**

Χαρακτηρίζεται σύμφωνα με το ΙΓΜΕ από ασβεστόλιθους (Ρc.k), λεπτοστρωματώδεις (περιοχή Πυλάρου) ή άστρωτους πελαγικούς ασβεστόλιθους (περιοχή ανατολικού Αίνου), που περιέχουν μεταμορφωμένο υλικό ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων. Τοπικώς εμφανίζεται κλαστικός ασβεστόλιθος με θραύσματα οστράκων και παρεμβολές λεπτών στρωμάτων μαργών. Το πάχος του σχηματισμού κυμαίνεται από 10 έως 15 μ

### **Ηώκαινο- Ολιγόκαινο**

Το Ηώκαινο αντιπροσωπεύεται σύμφωνα με το ΙΓΜΕ από ασβεστόλιθους (Ε-Οκ) άστρωτους ή παχυστρωματώδεις που περιέχουν μεγάλα τρηματοφόρα, ιδίως Νουμμουλίτες και Αλβεολίνες και στο κάτω μέρος ενστρώσεις από *Microcodium*. Το πάχος των νηριτικών αυτών ασβεστόλιθων φτάνει στην περιοχή της Θηνιάς τα 100μ.

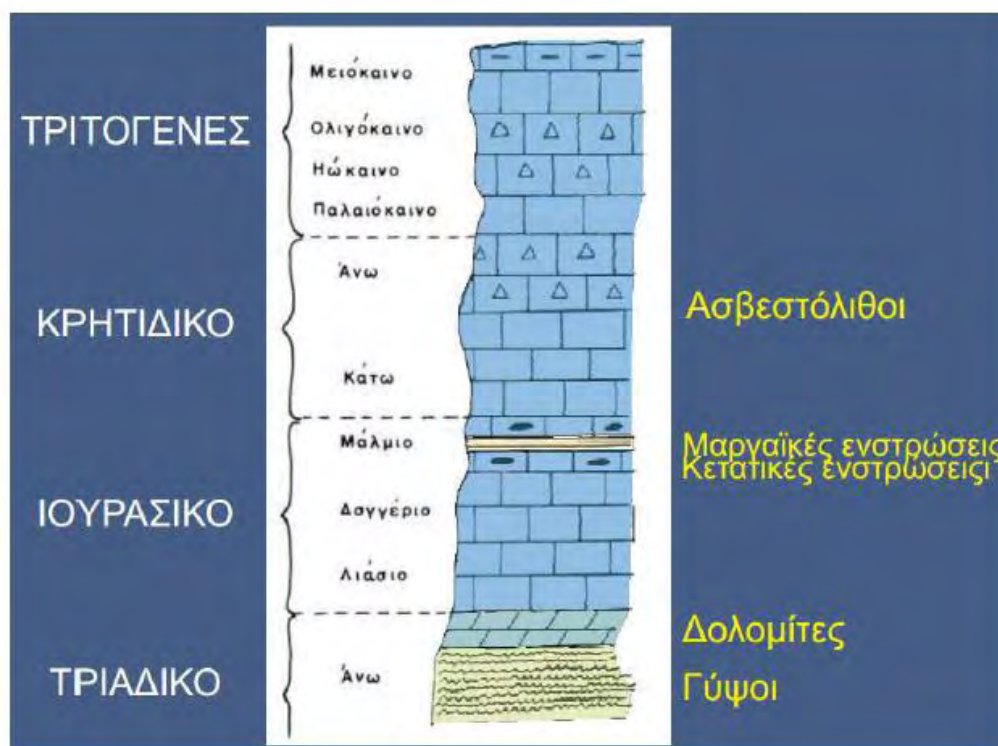
### **Μειόκαινο**

Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ οι κροκαλοπαγείς και λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι του μειόκαινου (Μi.c, Μi.c1, Μi.k, Μi.k1, Μi.k2) απαντώνται στη δυτική Παλική (ζώνη Θηνιάς-Αγκώνα), στην Πύλαρο σε επιμήκη ζώνη νότια της Σάμης προς τα Κουλουράτα, καθώς και στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ στη

βάση της μειόκαινης σειρά υπάρχει τοπικά (Τζανάτα) επικλυσιογενές βασικό κροκαλοπαγές, που περιέχει μεταμορφωμένους ογκόλιθους κρητιδικών ασβεστόλιθων, διαμέτρου έως και 2μ. στη βάση. Το πάχος του φτάνει μέχρι 15μ. και η ηλικία του είναι Ακουιτάνιος.

Το κροκαλοπαγές αυτό καλύπτεται από οργανοκλαστικό ασβεστόλιθο, που αποκαλείται «λατυποπαγές της *Lepidocyclina*», το οποίο σε άλλες περιοχές έχει αποτεθεί απευθείας πάνω στους ηωκαινικούς ασβεστόλιθους (περιοχής Παλαιάς Σκάλας, λεκάνη Αγκώνα). Ακολουθούν καλά στρωμένες πελαγικές μάργες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι που μεταπίπτουν σε άστρωτες κονδυλώδεις μάργες. Το πάχος των στρωμάτων πάνω από το βασικό κροκαλοπαγές είναι σύμφωνα με το χάρτη του ΙΓΜΕ 50μ. περίπου και η ηλικίας τους είναι από Ακουιτάνιο έως Κατώτερο Βουρδιγάλιο.

Όλη η σειρά έχει πάχος 200-300μ.



**Εικόνα4.1** Στρωματογραφική κολώνα ζώνης Παξών (Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΠΕΠ Ιονίων Νήσων 2014-2020)

#### 4.1.2 Ιόνιος ζώνη

Η Ιόνια Ζώνη αποτελούσε μια υποθαλάσσια αύλακα και μαζί με την γειτονική της προς τα ανατολικά Ζώνη Γαβρόβου- Τριπόλεως συνιστούσε κατά τον Αιουβίη ένα μειογεωσύγκλινο. Ως μειογεωσύγκλινο ορίζεται μια λεκάνη η οποία χαρακτηρίζεται από απουσία αρχικού μαγματισμού. Προς τα δυτικά η Ζώνη εφιπτεύει με τη βοήθεια μιας

σχεδόν οριζόντιας εφίπλευσης την Προαπούλια Ζώνη, ενώ προς τα ανατολικά περνάει με μεταβατικά στρώματα προς τη ζώνη Τριπόλεως.

Η ενότητα αυτή έχει αναγνωριστεί στα Ιόνια νησιά, στην Ήπειρο, στην Δυτική Στερεά και στη Βορειοδυτική Πελοπόννησο. Στη Ρόδο και στην Κάρπαθο υπάρχουν ενότητες με στρωματογραφική στήλη πανομοιότυπη με τη στήλη της Ιόνιας (π.χ. Ακραμύτη).

Στην Ιόνιο ζώνη διακρίνονται τρεις υποζώνες χαρακτηριζόμενες από κάποια «ανεξαρτησία», η οποία εκδηλώθηκε λόγω της διαφοροποίησης του πάχους και των φάσεων απόθεσης (I.F.P.1966). Η εξωτερική εξ αυτών συναντάται στη Κεφαλονιά.

Εκεί, σχηματίζει μια συνεχή ελικοειδή σειρά από κορυφές (Αυγό, Καστρί, Άτρος, Πυροβουνι) που καταλαμβάνουν μια ζώνη 100 km<sup>2</sup> περίπου, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, μεταξύ Σάμης και Πόρου. Νότια από αυτή τη ζώνη μόνο υπολείμματα της επωθημένης ενότητας παρατηρούνται, υπό τη μορφή τεκτονικών ρακών, όπως αυτό που δομεί την κορυφή Παλαιόκαστρο.

Στρωματογραφικά η Ιόνια ενότητα ξεκινάει από το Κάρνιο και φτάνει μέχρι τη βάση του Μειόκαινου. Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα που ξεκινά από το Μέσο Ιουρασικό και τελειώνει με την τεκτογένεση της ζώνης αυτής, στο Ολιγόκαινο-Μειόκαινο, ήταν μία περιοχή με πελαγικό κυρίως χαρακτήρα. Στην Ιόνια ενότητα έχουμε παρουσία τυπικού φλύσχη που το πάχος του μπορεί να φτάσει πολλά χιλιόμετρα. Ο τεκτονισμός της ενότητας αυτής χρονολογείται στο Ολιγόκαινο - Μειόκαινο μετά το τέλος της φλυσογένεσης, ενώ από πλευράς παραμόρφωσης χαρακτηριστική είναι η λεπίωση.

Στην Κεφαλονιά παρουσιάζει μόνο μια Μεσοζωική ανθρακική σειρά, εβαποριτική στην βάση της, ενώ φαίνεται να απουσιάζουν λόγω μεταγενέστερης διάβρωσης, οι Τριτογενείς σχηματισμοί που παρουσιάζονται στις κλασσικές εμφανίσεις της ενότητας. Έτσι οι παλαιότεροι σχηματισμοί της ζώνης αυτής είναι Τριαδικοί εβαπορίτες, υπολειμματικά άστρωτα λατυποπαγή ασβεστόλιθων και δολομιτών και άργιλοι διάλυσης και αποτελούν την επιφάνεια αποκόλλησης και ολίσθησης της επώθησης πάνω στις Μειοκαινικές μάργες της Προαπούλιας Ζώνης

Αν και η ιζηματογένεση ήταν συνεχής, κατά τόπους διαπιστώθηκαν ορισμένες διακοπές κατά την διάρκεια του Ιουρασικού έτσι ώστε σε ορισμένες περιοχές οι ασβεστόλιθοι της Βίγλας να είναι ασυμφωνά τοποθετημένοι πάνω στους ασβεστόλιθους του Παντοκαταρατα. Σε αυτές τις περιπτώσεις η ταφραγένεση (rifting) του Ιουρασικού προκάλεσε συνεχή βύθιση σε ορισμένες αξονικές περιοχές ενώ σε παρακείμενες προκάλεσε συνεχή ανύψωση, με συνέχεια η ιζηματογένεση να σταματά και να λαμβάνει χωρα διάβρωση.

Πιο συγκεκριμένα η στρωματογραφική δομή της Ιονίου ζώνης αναπτύσσεται ως εξής



### Τριαδικό

Οι παλαιότερες γνωστές διαπλάσεις στην Κεφαλονιά είναι τα «Τριαδικά λατυποπαγή». Ο όρος αυτός αντιστοιχεί σε ένα μίγμα από λατυποπαγή, μαύρες ή σκούρες γκρι αργίλους και άσπρους-γκρι γύψους. Τα «συστατικά» αυτά απαντώνται ανακατεμένα λόγω του διαπυρισμού των εβαποριτών και της έντονης τεκτονικής καταπόνησης λόγω της επώθησης του πάνω στα μειοκαινικά στρώματα της ζώνης των Παξών, αλλά και της εφίπλευσης πάνω σε αυτό της ανθρακικής σειράς της Ιόνιου Ζώνης. Η προαναφερθείσα επώθηση έχει συμπαρασύρει μειοκαινικούς σχηματισμούς στα κατώτερο τμήμα του μείγματος.

Οι γύψοι στο μίγμα «λατυποπαγών» του Τριαδικού αρχικά ήταν περισσότεροι, όμως λόγω της διάλυσης τους η παρουσία τους μειώθηκε. Η απομάκρυνση τους οδήγησε σε κατακρημνίσεις συχνά χροανώδους μορφής. Τέτοια έγκοιλα εντοπίστηκαν κοντά στο μέτωπο εφίπλευσης των ασβεστόλιθων της Ιόνιας Ζώνης, όπως οι λιμνοπηγές Μικρή και Μεγάλη Άβυθος.

Σε γεωτρητικές έρευνες μεγάλου βάθους αναφέρεται η ύπαρξη δολομιτών, ασβεστόλιθων, αλάτων του Νατρίου και του Καλίου ανυδριτών και γύψων, διαπιστώνεται έτσι ότι οι σχηματισμοί του Τριαδικού που συναντώνται σε μεγάλα βάθη διαφέρουν κατά πολύ από αυτούς της επιφάνειας.

### Ανώτερο Τριαδικό- Ιουρασικό

Πάνω στο μίγμα με τα «Τριαδικά λατυποπαγή» εφίπλευουν κατά το μεγαλύτερο τμήμα τους τα ανθρακικά πετρώματα της Ιόνιου Ζώνης. Η ανθρακική σειρά ξεκινά με δολομίτες πάχους έως 200μ. οι οποίοι πιθανώς να συνεχίζουν μέχρι το κάτω Λιάσιο. Εμφανίζονται άστρωτοι, γκρι χρώματος, χωρίς απολιθώματα, με ενδιαστρώσεις και παχυστρωματώδεις ή άστρωτους δολομιτικούς ασβεστόλιθους προς τα πάνω.

Πάνω στους δολομίτες αναπτύσσονται οι ασβεστόλιθοι του Λιάσιου, γνωστοί από τον C.Renz σαν «σειρά Παντοκράτορα» (Ti- Jm.k), με πάχος μεγαλύτερο των 400μ. Η σειρά αυτή χαρακτηρίζεται από παχυστρωματώδεις έως άστρωτους ασβεστόλιθους, άσπρου ή γκρι χρώματος, με απολιθώματα φυκών. Στα ανώτερα τμήματα τοπικά εμφανίζονται πλακώδεις με ενστρώσεις κερατόλιθων (σειρά Σινιών του C.Renz).

Στο χάρτη του ΙΓΜΕ οι τριαδικοί δολομίτες παρουσιάζονται μαζί με τους ασβεστόλιθους του «Παντοκράτορα».

Πάνω από τους ασβεστόλιθους του Λιάσιου ακολουθεί ένα σύστημα από εναλλασσόμενα στρώματα πλακωδών έως σχιστωδών κόκκινων, πράσινων και τεφρών ασβεστόλιθων, κερατόλιθων και κόκκινων αργιλικών σχιστόλιθων, που ονομάζεται «AmmoniticoRosso» (Ji-m.k). Το σύστημα αυτό ανήκει στο Ανώτερο Λιάσιο- Κατώτερο Δογγέριο. Έχει πάχος έως 25μ. Απαντά στην ΝΑ Κεφαλονιά σε στενή επιμήκη έκταση, διακοπτόμενη από ρήγματα. Σπάνια περιέχει αμμωνίτες.

Ακολουθούν οι σχιστόλιθοι και οι ασβεστόλιθοι του Μέσου και Ανώτερου Δογγέριου (Jm,sh), με πάχος 30-40μ. Οι σχιστόλιθοι είναι λεπτοστρωματώδεις τεφροί έως υποκίτρινοι. Οι ασβεστόλιθοι συνοδεύονται από κονδύλους πυριτόλιθων. Προς τα κατωτέρα μέρη μεταπίπτουν σε παχυστρωματώδεις τεφρούς έως φαιούς ωολιθικούς ασβεστόλιθους.

#### **Ανώτερο Ιουρασικό- Κατώτερο Κρητιδικό**

Εδώ συναντάται η σειρά των πλακωδών ασβεστόλιθων του Κατώτερου Κρητιδικού που εναλλάσσονται με κερατόλιθους του Ανώτερου Ιουρασικού, που καλείται «ασβεστόλιθοι των Βιγλών» (Js.k.k). Η πελαγική ιζηματογένεση που άρχισε στο Ανώτερο Ιουρασικό είχε σαν αποτέλεσμα την απόθεση εναλλασσόμενων στρωμάτων ασβεστόλιθων –κερατόλιθων και συνεχίστηκε στο Κατώτερο Κρητιδικό με απόθεση πλακωδών (5-25 εκ.) ανοιχτόχρωμων (υπόλευκων έως ερυθρωπών) ασβεστόλιθων. Το σύστημα αυτό έχει πάχος μέχρι και 200μ.

#### **Ανώτερο Κρητιδικό**

Το Ανώτερο Κρητιδικό αντιπροσωπεύεται σύμφωνα με το ΙΓΜΕ από λατυποπαγές και ασβεστόλιθο (Ks,bk). Ο πελαγικός αυτός ασβεστόλιθος εμφανίζεται λεπτοπλακώδης με χρώμα τεφρό έως ερυθρωπό με κονδύλους πυριτόλιθων (σπάνια) που κείται χωρίς αναγνωρισμένη ασυμφωνία, επί των «ασβεστόλιθων των Βιγλών». Έχει ηλικία Καμπάνιο έως Μαιστρίχτιο. Ακολουθούν οι ρουδιστοφόροι λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι του Μαιστρίχτιου.

#### **Παλιόκαινο- Ηώκαινο**

Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από την παρουσία ασβεστόλιθων (Pc.ik), (E.K). Οι παλιόκαινικοί ασβεστόλιθοι είναι λεπτοπλακώδεις κλαστικοί ή πηλιτικοί και οι επικείμενοι ηώκαινικοί άστρωτοι νομουλιτοφόροι και κλαστικοί.

#### **Νεότεροι Σχηματισμοί Επικάλυψης**

Στην Κεφαλλονιά εκτός από τα προαναφερθέντα πετρώματα των δυο εξωτερικών Ελληνίδων ζωνών, συναντώνται και πλειόκαινικοί και πλεοστοκαινικοί σχηματισμοί. Η παρουσία τους είναι έντονη στην χερσόνησο της Παλικής, αλλά και στην νοτιοδυτική παραλιακή ζώνη Αργοστολίου- Σκάλας.

### Πλειόκαινο

Κροκαλοπαγές, ψαμμίτες και ασβεστόλιθος (Pl.s) συγκροτούν τους σχηματισμούς του πλειόκαινου. Στο Κατώτερο Πλειόκαινο υπάρχει στρωματογραφικό κενό και επικλυσιογενής, καλά στρωμένη φάση κροκαλοπαγούς. Κοντά στη βάση του απαντάται ένα στρώμα ασβεστόλιθου, το οποίο προς τα πάνω μεταπίπτει σε υποκίτρινη άμμο, ψαμμίτη και ψαμμιτικό ασβεστόλιθο, ενώ σπανίως παρεμβάλλονται μικρά στρώματα μαργών. Στα ανώτερα στρώματα επικρατούν οι κυανές μάργες που περικλείουν πλούσια πανίδα Μαλακίων. Σειρές λεπτοκόκκων ψαμμιτών και αμμούχων μαργών επανεμφανίζονται στο ανωτέρω τμήμα του πλειόκαινου. Το πάχος της πλειοκαινικής σειράς είναι από 100- 260μ.

Αντίθετη άποψη σε σχέση με την επικλυσιογενή τοποθέτηση των πλειοκαινικών σχηματισμών μετά από έξαρση και διάβρωση του Μειόκαινου (που υποστηρίζεται από την εταιρία BritishPetroleum), εκφράζει ο Jenkins, (1972). Σύμφωνα με αυτόν η απόθεση μαργών και λίγων ψαμμιτών που έλαβε χώρα κατά το μέσο και ανώτερο Μειόκαινο συνεχίστηκε χωρίς διακοπή δια μέσου του Πλειόκαινου μέχρι το Πλειστόκαινο. Ο Jenkins (1972) θεωρεί ότι η Προαπούλια Ζώνη ήταν σταθερή κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού και του Τριτογενούς και τουλάχιστον η δυτική Κεφαλλονιά δεν προσβλήθηκε κατά τη περίοδο αυτή από σημαντικές κινήσεις.

Πλειοκαινικές αποθέσεις παρατηρήθηκαν στη περιοχή γύρο από το Ληξούρι, αλλά και στη νοτιοδυτική παράκτια ζώνη της Κεφαλλονιάς (περιοχή αεροδρομίου, Πεσάδας, Κλεισμάτων, Κατελιού και Σκάλας).

Σε γεωλογική τομή στην περιοχή του Μαρκόπουλου διαπιστώθηκε γωνιώδης ασυμφωνία μεταξύ Μειοκαινικών και Πλειοκαινικών στρωμάτων, ενώ στις στήλες Μηνίων και Λιάκα διαπιστώνεται συνέχεια της ιζηματογένεσης από το Ανώτερο Μειόκαινο έως και το Κατώτερο Πλειόκαινο. Η παρατηρούμενη ασυμφωνία εξηγείται θεωρώντας ότι η περιοχή κατά την πρώτη περίοδο του Κατώτερου Πλειόκαινου βρισκόταν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, στη συνέχεια αναδύθηκε για μικρό χρονικό διάστημα και τέλος καλύφθηκε ξανά από τη θάλασσα και συνεχίστηκε η ιζηματογένεση στο Κατώτερο Πλειόκαινο. Με την άποψη αυτή συμφωνεί και ο Νικολάου Κ. ο οποίος υποστηρίζει επίσης ότι υπάρχουν δύο σειρές Κατώτερου Πλειόκαινου που χωρίζονται με ενδιάμεση ασυμφωνία και ότι η κατώτερη σειρά είναι σε συμφωνία με το Ανώτερο Μειόκαινο.

### Πλειστόκαινο

Δομείται από ψαμμίτη (Qdl.s), κροκαλοπαγές (Qdl.c) αλλά και αδιαίρετο υλικό (Qdl). Ο ψαμμίτης είναι ασβεστιτικός με θραύσματα απολιθωμάτων και μεγάλη αφθονία πόρων. Στην περιοχή της Σκάλας στο ακρωτήρι Μούντα ασβεστιτική κροκαλοπαγής άμμος μαζί με πανίδα οστρεοειδών και φυκών, σχηματίζει αναβαθμίδα 20 μέτρων υπεράνω της ακτής. Οι σχηματισμοί του Πλειστόκαινου χρονολογούνται στο Τυρρήνιο.

Σε ορισμένες περιοχές η ιζηματογένεση του Ανώτερου Πλειόκαινου συνεχίστηκε χωρίς διακοπή και στο Κατώτερο Πλειστόκαινο, ενώ σε άλλες (κυρίως παραλιακές ζώνες)

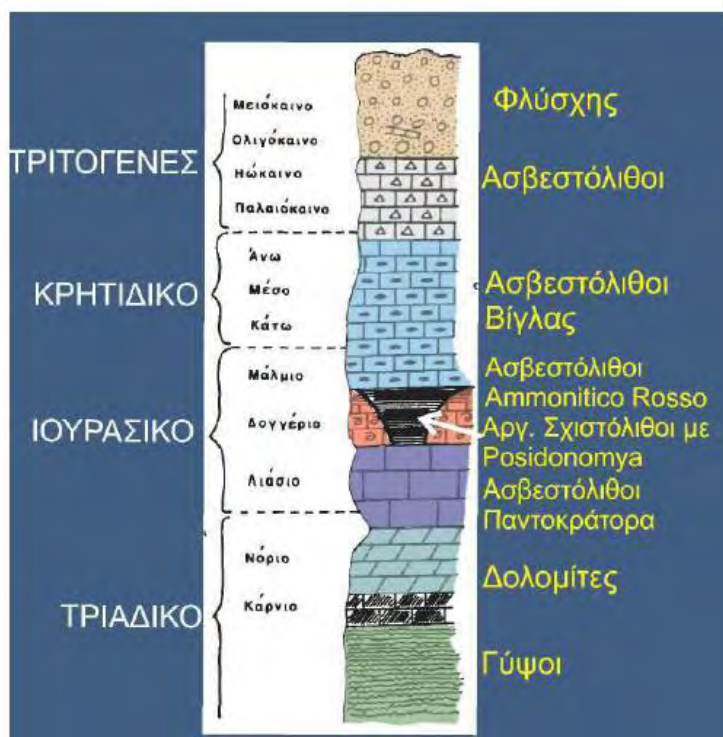
παρουσιάζεται διακοπή της ιζηματογένεσης, ανάδυση και ξανά επίκληση, με απόθεση σε ασυμφωνία σχηματισμών του Τυρρηνίου σε διάφορες παραλιακές ζώνες.

Πλειστοκαινικές αποθέσεις παρατηρούνται κυρίως στις περιοχές της Κρανιά, των Περατάτων, των Σβορωνάτων, του παραλιακού κάμπου της Σάμης, του Λιβαδιού της Παληκής, του Κατελειού και της Αγίας Ευφημίας. Επίσης μικρού πάχους συσσωρεύσεις υλικών αποσάθρωσης που ανήκουν στο Πλειστόκαινο συναντώνται στα οροπέδια Ομαλών και Τρωγιανάτων, καθώς και στα υψίπεδα των ασβεστόλιθων της Ερίσσου, των Διλινάτων, Φαρακλάτων και Ραζάτων.

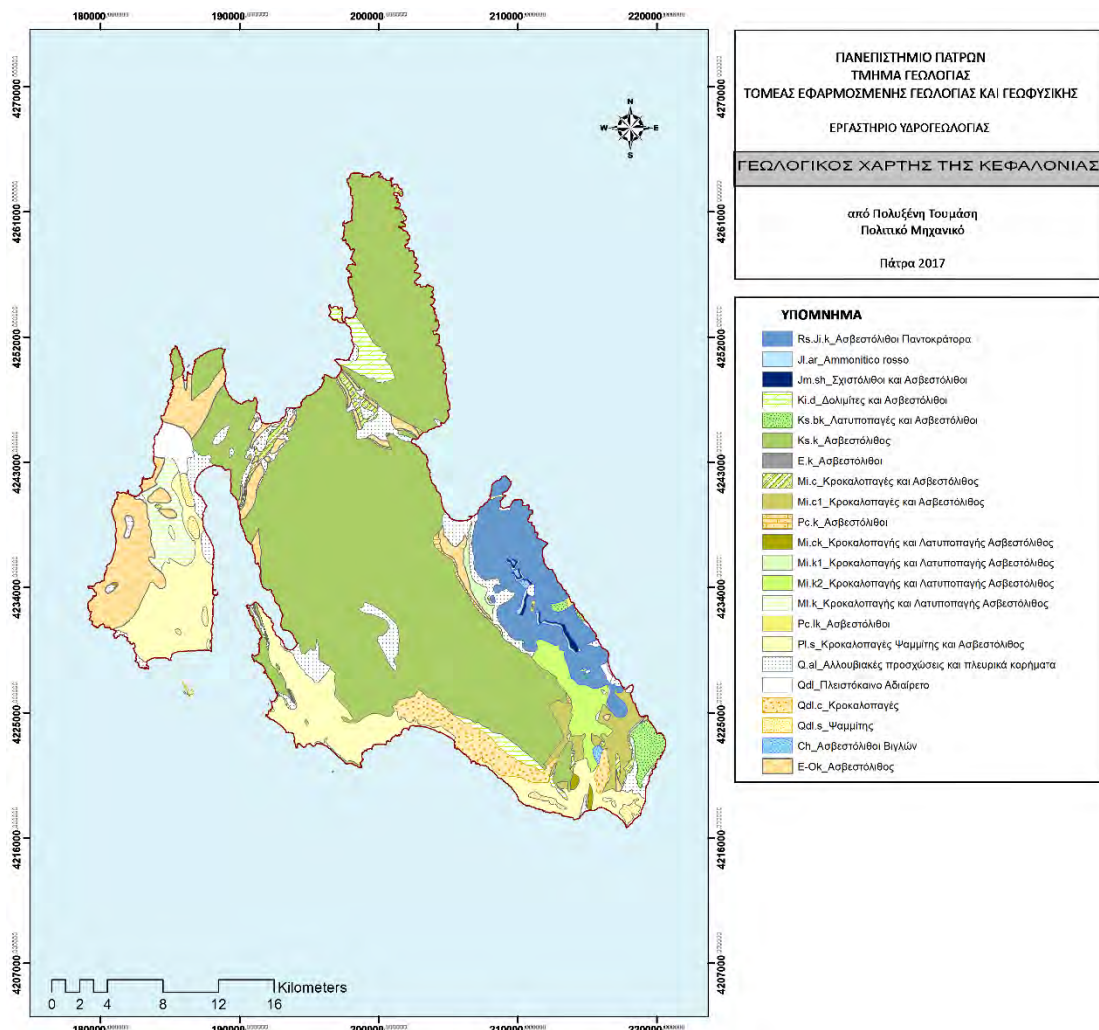
### Ολόκαινο(Q.f, Q.al)

Χαρακτηρίζεται από σύγχρονα αλλούβια και αλλουβιακά ρηπίδια, χαλικώνες, άμμο και ιλυόλιθους, ερυθρογή των δολίνων και πλευρικά συνεκτικά ή ασύνδετα κορήματα ποικίλου μεγέθους.

Πλευρικά κορήματα παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη μόνο στις δυτικές παρυφές του Αίνου. Είναι ασύνδετα έως ελαφρά συνδεδεμένα αμμοχάλικα και συσσωρεύσεις λατυπών και ογκόλιθων με μεγάλο κατά θέσεις πάχος που προέρχεται από διάβρωση ασβεστόλιθων και παραπλήσιων ράχων.



**Εικόνα 4.2** Στρωματογραφική κολώνα Ιόνιας ζώνης (Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΠΕΠ Ιονίων Νήσων 2014-2020)



Εικόνα 4.3 Γεωλογικός χάρτης της Κεφαλλονιάς

## 4.2 Τεκτονική

Η αλπική ορογένεση αποτελεί το έναυσμα της δημιουργίας ολοκλήρου του ελλαδικού χώρου και είναι σαφώς υπεύθυνη για τη δομή της Κεφαλλονιάς.

Όταν άρχισε η Αλπική Πτύχωση, η Κεφαλλονιά βρισκόταν στον βυθό της Τηθύος θάλασσας. Από την αρχή του Μεσοζωικού Αιώνα μέχρι το τέλος του ο βυθός της Τηθύος γέμιζε με ιζήματα από τη διάβρωση-αποσάθρωση μακρινών ορεινών όγκων ή με όστρακα θαλάσσιων ζώων και κελύφη μικροοργανισμών. Τα όστρακα αυτά τα βρίσκουμε συχνά μέσα στα ιζηματογενή πετρώματα ως απολιθώματα.

Με την Αλπική Ορογένεση τα ιζήματα της Τηθύος πτυχώθηκαν και ανυψώθηκαν. Η ορογένεση ξεκίνησε από τον χώρο της ανατολικής Ελλάδας, «μεταναστεύοντας» στο πέρασμα εκατομμυρίων ετών προς τα δυτικά.

Τα νησιά του Ιονίου Πελάγους αναδύθηκαν τελευταία, αλλά στη διάρκεια των εκατομμυρίων ετών, που ακολούθησαν, άλλοτε αποτέλεσαν τμήμα της Αιγαίδος, γεγονός που έλαβε χώρα κατά το Τορτόνιο, εδώ και 15 εκ. χρόνια περίπου, και άλλοτε, μέχρι να

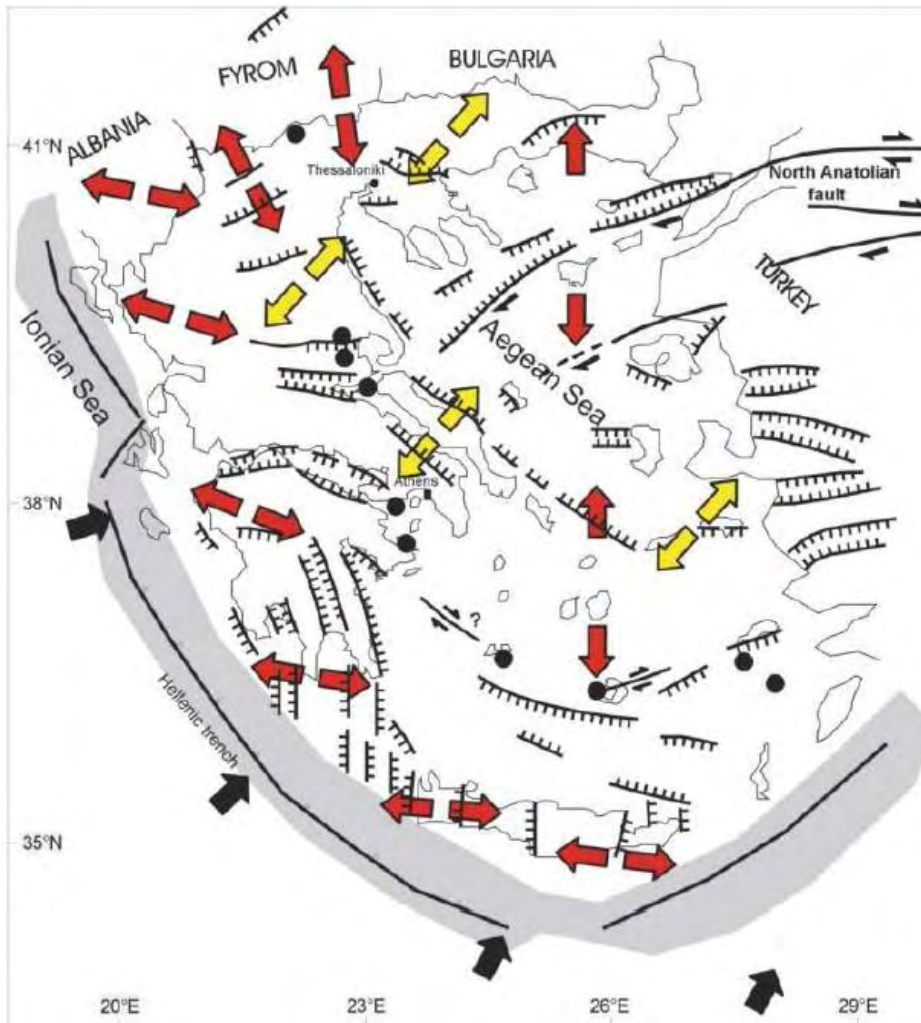
λάβουν την οριστική τους, σημερινή μορφή καλύφθηκαν τμηματικά ή ολοκληρωτικά από τη θάλασσα.

Αποχωρίστηκαν πλέον οριστικά από τις απέναντι ηπειρωτικές ακτές και έλαβαν περίπου τη σημερινή τους μορφή κατά το Ολόκαινο (πριν από 9.000 χρόνια περίπου), κατά τη διάρκεια της τελευταίας μεταπαγετώδους περιόδου, όταν η στάθμη της θάλασσας εξ αιτίας της τήξης των πάγων ανέβηκε και κάλυψε πολλά τμήματα στεριάς, που ένωναν άλλοτε τα νησιά μεταξύ τους, καθώς και με την ηπειρωτική Ελλάδα.

Μέρος των Ελληνίδων οροσειρών, που σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων της Αλπικής πτύχωσης των ιζημάτων της Μεσοτηθούς αποτελεί και η οροσειρά του Αίνου.

Το μεγαλύτερο αντίκλινο που απαντά στην Κεφαλλονιά συμπίπτει σχεδόν με την κορυφογραμμή (μήκους 11χλμ) του Αίνου και έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, το οποίο στην περιοχή του Μύρτου αποκτά Β-Ν διεύθυνση. Σύμφωνα με τον J.Underhill (1985) βυθίζεται προς Βορρά είναι κεκλιμένο προς τα δυτικά και έχει επωθηθεί προς τα ΔΝΔκα. Ο ίδιος ερευνητής θεωρεί επίσης ότι αυτή η επώθηση εκτείνεται από το ανατολικό περιθώριο του κόλπου του Λιβαδιού μέχρι το νοτιότερο άκρο του νησιού τη χερσόνησο Μούντα και τη θεωρεί ως τη δυτικότερη εξωτερική επώθηση των Ελληνίδων. Μάλιστα την έντονη μορφολογία της περιοχής του Κάστρου την ερμηνεύει ως τοπικές «συσσωρεύσεις- ανυψώσεις» (local culminations) κατά μήκος του μετώπου της επώθησης. Υποστηρίζει τέλος ότι η επώθηση του Αίνου συντελέστηκε κατά το τέλος του Πλειόκαινου ή αργότερα, διαφοροποιώντας έτσι τη θέση του από την άποψη των D.Sorel (1976), σύμφωνα με την οποία το ρήγμα του Αίνου αποτελούσε κανονικό συνιζηματογενές ρήγμα με κλίση προς τα ανατολικά το οποίο επαναδραστηριοποιήθηκε ως ανάστροφο κατά το Κατώτερο Πλειόκαινο.

**Κυρίαρχο τεκτονικό γεγονός στο νησί αποτελεί η επώθηση των σχηματισμών της Ιονίου Ζώνης επί της αυτόχθονης Προαπούλιας Ζώνης.** Η επώθηση αυτή συνιστά τμήμα της μεγάλης Ιόνιας επώθησης των εξωτερικών Ελληνίδων Ζωνών, που έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Το μέτωπο αυτό, διέρχεται δυτικά της Κέρκυρας και μέσω Παξών- ΝΔ άκρου Λευκάδας- ΒΔ άκρου Ιθάκης- ΝΑκων τμημάτων Κεφαλονιάς και Ζακύνθου κατευθύνεται νοτιότερα δυτικά της Πελοποννήσου.



**Εικόνα 4.4** Γεωτεκτονικό καθεστώς Ελληνικού Τόξου  
(Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΠΕΠ Ιονίων Νήσων (2014-2020))

Η επαφή των δύο ισοπικών ζωνών στην Κεφαλλονιά ξεκινά στα πρανή ανατολικά της Σάμης, όπου ανθρακικά πετρώματα Μεσοζωικής ηλικίας, τα οποία αποτελούν την οροφή της επώθησης, βρίσκονται επάνω σε διαβρωμένες μειοκαινικές μάργες, με παρεμβολή λωρίδας πλευρικών κορημάτων. Το μέτωπο της επώθησης κατευθύνεται νότια στα χωριά Καταποδάτα, Ζερβάτα, Μουζακάτα και Διγαλέτο. Μάλιστα ανατολικά του τελευταίου χωριού βρίσκεται πάνω σε μεσοτριάδικα στρώματα από ασβεστόλιθους και λατυποπαγή με εγκλείσματα γύψου. Το μέτωπο καταλήγει, έχοντας διασχίσει Άγιο Νικόλαο (λίγο δυτικά), Καμπιτσάτα, Αγία Ειρήνη και Πάστρα στον Κατελειό. Στον Κατελειό η Ιόνια επώθηση καλύπτεται από σχηματισμούς του Κ. Πλειόκαινου (μάργες και ψαμμίτες), οι οποίοι επικάθονται ασύμφωνα τόσο πάνω στα ιζήματα της ζώνης Παξών, δυτικά της επώθησης, όσο και στα Άνω Μειοκαινικά στρώματα της Ιονίου ζώνης. (Κ. Νικολάου, 1986)

Κατά τον Underhill (1985) στην Κεφαλλονιά η επιφάνεια επώθησης κοντά στο μέτωπο είναι υποοριζόντια. Σε μικρή απόσταση ανατολικά του μετώπου η επιφάνεια επώθησης πρέπει να κλίνει περισσότερο από 40°. Έτσι δικαιολογείται το μεγάλο πάχος των μεσοζωικών ανθρακικών πετρωμάτων που εξαπλώνονται μεταξύ Σάμης και Πόρου. Τα πετρώματα

αυτά σχηματίζουν ένα μεγάλο αντίκλινο, του οποίου ο άξονας αναπτύσσεται παράλληλα προς την Ιόνια επώθηση. Η διεύθυνση του είναι ΒΒΔ- ΝΝΑ. Το ανατολικό του σκέλος εμφανίζει μικρές κλίσεις βυθιζόμενο στη θάλασσα.

Κατά την περίοδο δράσης των έντονων συμπιεστικών τάσεων του Κατώτερου Πλειόκαινου, εκτός από τη μεγάλη επώθηση που αναφέρθηκε προηγουμένως, στην περιοχή του νησιού που ανήκει στην Προαπούλια Ζώνη επαναδραστηριοποιήθηκαν παλιότερα κανονικά ρήγματα, τα οποία είχαν δημιουργηθεί υπό καθεστώς εφελκυστικών τάσεων (συνιζηματογενή ρήγματα). Η επαναδραστηριοποίηση τους σε συνθήκες συμπίεσης συνέβαλε στο να λειτουργούν πολλά εξ αυτών πλέον ως ανάστροφα-εφιππευτικά ρήγματα. Έτσι τριτογενή κανονικά ρήγματα ενώ αρχικά «έκλιναν» προς τα ανατολικά οι συμπιεστικές τάσεις με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ, τα εξανάγκασαν σε «ανάστροφη» προς τα δυτικά. Σαν συνέπεια αυτού τα πετρώματα τους θρυμματίστηκαν. Οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται από κατακερματισμένοι έως μυλωνιτωμένοι και αποτελούν πεδίο έντονης διαβρωτικής δράσης. Αποτέλεσμα της μυλωνιτοποίησης των ασβεστόλιθων αποτελεί ο σχηματισμός ενός υλικού, το οποίο ονομάζεται από τους Κεφαλλονίτες κερίνα ή κιμηλιά και χρησιμοποιείται στην βιομηχανία των τσιμέντων και του στόκου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η γεωμετρία των ρηγμάτων, ως ένα βαθμό, οφείλεται στο βάθος, το πάχος και την τοπική σύσταση των εβαποριτικών διεισδύσεων. Οι εβαπορίτες δρώντας ως λιπαντικός παράγοντας επηρεάζουν το συντελεστή τριβής του ρήγματος.

Πιο συγκεκριμένα τα ρήγματα που επαναδραστηριοποιήθηκαν ή δημιουργήθηκαν κατά την Πλειο-Τεταρτογενή περίοδο κατατάσσονται κατά σειρά σπουδαιότητας σε εφιππεύσεις και ανάστροφα, οριζόντιας ολίσθησης και κανονικά. Συγκεκριμένα παρατηρούνται σύμφωνα με τον Underhill (1989) αναζωπυρώσεις παλαιότερων σημαντικών τεκτονικών δομών, κυρίως εφιππεύσεων και ανάστροφων ρηγμάτων (Αίνου, Αργοστολίου, Κοντογουρατων Αγκώνα, Αγίας Ευφημίας, Ασπρογέρακα- Παλαιάς Σκάλας, Παλαιόκαστρο, περιθωρίου Ζακύνθου Κεφαλονιάς), αλλά και δημιουργία νεότερων, πολύ χαρακτηριστικών στην περιοχή κυρίως της χερσονήσου Αργοστολίου (ακρωτήριο Λαρδηγός, ξενοδοχείο Mediterranee, ξενοδοχείο White Rocks, απόκρημνες παραλίες ΝΔ από το χωριό Μηνιές, περιοχήαεροδρομίου). Πολλά από τα παραπάνω ρήγματα, παλαιότερα και νεότερα, παρουσιάζουν μια οριζόντια συνιστώσα κίνησης γεγονός που τα κατατάσσει στα πλαγιοαναστροφικά και στις πλαγιοεφιππεύσεις (Αίνου, Αγίας Ευφημίας, Ζακύνθου-Κεφαλλονιάς). Ρήγματα με καθαρή οριζόντια ολίσθηση (strike slip) δρουν αυτή την περίοδο (Μηνιές, Φραγκάτα, Καμπούλια, Παλαιόκαστρο, χερσονήσος Παλικής), αλλά είναι μικρότερης σημασίας. Τέλος ρήγματα κανονικά, διαπιστώθηκε με βεβαιότητα ότι έδρασαν εκ νέου στην ΝΑ απόληξη του Αίνου (τεκτονικό βύθισμα στο χωριό Αργίνια).

Ο Underhill παρατήρησε επίσης επαναδραστηριοποιήσεις και ανορθώσεις παλαιότερων κατωπλειοκαινικών πτυχώσεων (αντίκλινο Αίνου, Αργοστολίου- Μηνιών, Μεγάλης Ράχης, Κοντογουράτων, Καλού Όρους, χερσονήσου Παλικής), αλλά και δημιουργία νεότερων με κάποια απόκλιση από τις παλαιότερες διευθύνσεις (σύγκλινο κόλπου Αργοστολίου, Αηλιάς- Κουστουμπάρδι, αεροδρομίου). Τέλος θεωρεί ότι στο βόρειο τμήμα της Κεφαλλονιάς οι συμπίεστικες τάσεις είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία επωθήσεων, οι οποίες μείωσαν το μήκος γύρω στα 25%. Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα



η διεύθυνση της επώθησης διαφέρει από τις άλλες διευθύνσεις κίνησης στον ελλαδικό χώρο. Έτσι ο Underhill χαρακτηρίζει τα κατά τον Sorel D. ανάστροφα ρήγματα στο Καλόν Όρος, στα Κοντογουράτα και στις Μηνιές ως επωθήσεις.

Τα παράκτια ρήγματα στο τμήμα του νησιού που ανήκει στην ζώνη των Παξών έχουν μεγάλο άλμα. Έτσι δημιουργούνται απόκρημνες ακτές μεγάλων θαλάσσιων βαθών. Συγκεκριμένα δυτικά της Κεφαλλονιάς σε απόσταση 1,6 χλμ. από το ακρωτήριο Ορθολιθιά, ο πυθμένας της θάλασσας έχει βάθος 731μ. και στη συνέχεια κατέρχεται απότομα στα 2500μ. σύμφωνα με τους Φρακόπουλο και Μαλεφάκη, στο μεγαλύτερο τμήμα των δυτικών ακτών της Κεφαλλονιάς τα παράκτια ρήγματα βρίσκονται στο όριο της υφαλοκρηπίδας, με αποτέλεσμα σε μικρή απόσταση από τις δυτικές ακτές να παρατηρούνται μεγάλες μεταπτώσεις που οδηγούν στην αβύσσιμη ζώνη. Τα παράκτια ρήγματα στο ανατολικό τμήμα του νησιού έχουν μικρότερο άλμα και έτσι οι ανατολικές ακτές δεν εμφανίζονται τόσο απόκρημνες.

## Κεφάλαιο 5 Μεθοδολογία

### 5.1 Δειγματοληψία

Συνολικά συλλέχθηκαν 51 δείγματα νερού από γεωτρήσεις, πηγές, φρέατα, λίμνες, λιμνοσπήλαια και τη θάλασσα. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε από τις 23-26 Απριλίου του 2016. Για τις ισοτοπικές αναλύσεις συλλέχθηκαν 110 δείγματα από κατακρημνίσεις στους πέντε αυτοσχέδιου βροχομετρικούς σταθμούς, την περίοδο Νοέμβρης 2015-Μάιος 2016.

Για την εξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων τηρήθηκαν οι απαιτούμενοι κανόνες συλλογής δειγμάτων. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν καινούριες φιάλες πολυαιθυλενίου των 100 ml., ενώ οι φιάλες του 1 lt που χρησιμοποιήθηκαν πλύθηκαν καλά με HCl 5% κ.β. Όλες οι φιάλες πριν τη λήψη ξεπλένονταν με το νερό της δειγματοληψίας. Σε κάθε υδροσημείο συλλέχθηκε δείγμα σε δύο φιάλες όγκου 100ml και μία 1lt.

Η πρώτη φιάλη των 100ml κλείνονταν αεροστεγώς και περιείχε νερό χωρίς καμία περαιτέρω επεξεργασία. Το δείγμα αυτό προοριζόταν για ισοτοπικές αναλύσεις (προσδιορισμός ισοτοπικών λόγων  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  και H/D).

Η δεύτερη φιάλη των 100ml περιείχε δείγμα που επιτόπου διηθήθηκε και οξινίστηκε με σκοπό των προσδιορισμό των κατιόντων ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ). Σε αυτή την περίπτωση το δείγμα αρχικά διηθήθηκε σε ηθμό διαμέτρου 0,45μm κάνοντας χρήση αντλίας κενού και ακολούθως οξινίστηκε με την προσθήκη των 0,5 ml πυκνού υπερκάθαρου νιτρικού οξέος ( $\text{HNO}_3$ ) ώστε το pH να γίνει μικρότερο από δύο (Appelo & Postma 1994), με σκοπό να αποτραπεί η ανάπτυξη βακτηρίων, οι οξειδωτικές αντιδράσεις και η προσρόφηση ή καθίζηση κατιόντων (Lloyd & Heathcote, 1985; Πυργάκη, 2009).

Η φιάλη του 1lt αξιοποιήθηκε για να προσδιοριστούν τα Νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ), τα Νιτρώδη ( $\text{NO}_2^-$ ), τα Αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^+$ ), τα Φωσφορικά ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), τα Θειικά ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), το Ασβέστιο ( $\text{Ca}^{2+}$ ), το Μαγνήσιο ( $\text{Mg}^{2+}$ ), τα Χλωριόντα ( $\text{Cl}^-$ ) και τα ιχνοστοιχεία. Τα δείγματα πριν αλλά και μετά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο φυλάσσονταν στο ψυγείο.

### 5.2 Μετρήσεις στάθμης

Το όργανο μέτρησης στάθμης (σταθμήμετρο) έχει εφαρμογή σε πηγάδια και γεωτρήσεις για τον προσδιορισμό του απόλυτου υψομέτρου της πιεζομετρικής επιφάνειας όταν είναι επίσης γνωστό το απόλυτο υψόμετρο του σημείου. Αποτελείται από υψηλής ποιότητας ταινία από πολυαιθυλένιο, αισθητήρα, οδηγό ταινίας και λυχνία. Χρησιμοποιείται σε έρευνες προσδιορισμού του πιεζομετρικού χάρτη μιας περιοχής. Ο αισθητήρας βυθίζεται στο νερό, το κύκλωμα κλείνει και ενεργοποιείται η λυχνία (πηγή: [http://library.tee.gr/digital/techr/2006/techr\\_2006\\_4\\_emp.pdf](http://library.tee.gr/digital/techr/2006/techr_2006_4_emp.pdf))

Για τη μελέτη της πιεζομετρίας στην περιοχή της έρευνας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα σε 20 γεωτρήσεις και 3 φρέατα.

Το δίκτυο των μετρήσεων διαμορφώθηκε ύστερα από ενδελεχή έρευνα, συνεργασία με φορείς του δήμου (Τμήμα Φυσικών Πόρων, Ενέργειας και Βιομηχανίας της διεύθυνσης Τοπικής και Οικονομικής Ανάπτυξης του Δήμου Κεφαλονιάς, ΔΕΥΑΚ), αλλά και κυρίως από προσωπική έρευνα και οδοιπορικά στο πεδίο. Οι γεωτρήσεις που κατέστη δυνατό να μετρηθεί η στάθμη ήταν αυτές που διέθεταν είτε πιεζομετρικό σωλήνα είτε υποβρύχια αντλία και κάποιο κενό χώρο μέσω του οποίου μπορούσε να κατέλθει η ταινία του σταθμήμετρου.



*Εικόνα 5.1 Γεώτρηση Χελμάτων (Γ1) Αργοστολίου*



*Εικόνα 5.2 Γεώτρηση Φαρακλάτων (Γ17\_ Άσπρη)*

### 5.3 Εργαστηριακές αναλύσεις

#### κύρια ιόντα

Ο προσδιορισμός των κύριων ιόντων των δειγμάτων νερού πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Υδρογεωλογίας, του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών. Με τη χημικά ανάλυση των επιλεχθέντων δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των συγκεντρώσεων των κύριων ιόντων δηλαδή:

- ✓ Νιτρικά ( $NO_3^-$ )
- ✓ Νιτρώδη ( $NO_2^-$ )
- ✓ Αμμωνιακά ( $NH_4^+$ )
- ✓ Φωσφορικά ( $PO_4^{3-}$ ),
- ✓ Θειικά ( $SO_4^{2-}$ )
- ✓ Ασβέστιο ( $Ca^{2+}$ )
- ✓ Κάλιο ( $K^+$ )
- ✓ Νάτριο ( $Na^+$ )
- ✓ Μαγνήσιο ( $Mg^{2+}$ )
- ✓ Χλωριόντα ( $Cl^-$ )

Από αυτά με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρικής μοριακής απορρόφησης, στο φασματοφωτόμετρο της Hach, το DR/4000, προσδιορίστηκαν τα νιτρικά ( $NO_3^-$ ), νιτρώδη ( $NO_2^-$ ), αμμωνιακά ( $NH_4^+$ ), φωσφορικά ( $PO_4^{3-}$ ) και θειικά ( $SO_4^{2-}$ ). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην επίδραση κατάλληλης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε μια ουσία. Ακτινοβολία προκαλεί ηλεκτρονιακές διεγέρσεις, διεγέρσεις πυρήνων, αλλαγές στην περιστροφή και τη δόνηση των μορίων. Στη συνέχεια τα άτομα και τα μόρια επιστρέφουν συνήθως στην αρχική τους κατάσταση, αφού αποβάλλουν το ποσό της ενέργειας που απορρόφησαν. Αυτό το ποσό της απορρόφησης αξιοποιείται για τον προσδιορισμό των ζητούμενων συγκεντρώσεων των ιόντων.

Για τη μέτρηση των χλωριόντων ( $Cl^-$ ) χρησιμοποιήθηκε η ογκομετρική μέθοδος του νιτρικού υδραργύρου. Σύμφωνα με την παραπάνω μέθοδο το δείγμα τιτλοδοτείται κάτω από όξινες συνθήκες, παρουσία του δείκτη διφαινυλοκαρβαζόνη. Η περίσσεια ιόντων υδραργύρου σχηματίζει με το δείκτη ένα ροζ σύμπλοκο, το οποίο και σηματοδοτεί και το τελικό σημείο της αντίδρασης.

Ογκομετρική μέθοδος ακολουθήθηκε και για τον υπολογισμό των ιόντων του ασβεστίου και του μαγνησίου. Ειδικότερο για το ασβέστιο το δείγμα τιτλοδοτήθηκε με EDTA παρουσία ρυθμιστικού διαλύματος.

Ενώ ο προσδιορισμός της ολικής σκληρότητας του δείγματος, τιτλοδοτώντας με EDTA παρουσία ρυθμιστικού διαλύματος καθώς επίσης και φαινολοφθαλεινής και βρωμοκρεζόλης

Η αλκαλικότητα προσδιορίστηκε με την ογκομετρική μέθοδο (τιτλοδότηση) της Hach. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή το δείγμα τιτλοδοτείται με θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ) μέχρι ένα χρωματομετρικό τελικό σημείο που αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη τιμή Ph.

## 5.4 Διαδικασία επεξεργασίας ισοτοπικών αποτελεσμάτων

Για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων συγκρίσιμων σε παγκόσμια κλίμακα, έγινε χρήση των προτύπων VSMOW.

### Διαδικασία υπολογισμού του ποσοστού δD των δειγμάτων

Αρχικά προσδιορίζεται η ισοτοπική σύσταση των δειγμάτων ως προς το πρότυπο του Εργαστηρίου Πατρών  $\delta D_{(s-vs)}$ .

$$\delta D_{(s-vs)} =$$

$$\delta_{s,D} - \{average_{sv,D} * (1000 + \delta_{s,D} / 1000 + average_{sv,D})\}$$

Όπου

$\delta_{s,D}$  = η τιμή που δίνει ο φασματογράφος μάζας για τα δείγματα και αφορά στο D.

$average_{sv,D}$  = η μέση τιμή των 4 δειγμάτων του προτύπου του Εργαστηρίου Πατρών, που αφορά στο D

η παράμετρος  $\delta D_{(s-vsmow)}$  των δειγμάτων νερού σε σχέση με το **smow** δηλαδή η ισοτοπική σύσταση των δειγμάτων νερού ως προς το διεθνές πρότυπο προκύπτει ως εξής:

$$\delta D_{(s-vsmow)} = \delta_{s,D} - \{average_{VSMOW,D} * (1000 + \delta_{s,D} / 1000 + average_{VSMOW,D})\}$$

Όπου

$\delta_{s,D}$  = η τιμή του φασματογράφου για τα δείγματα και αφορά στο D.

$average_{VSMOW,D}$  = η μέση τιμή των δειγμάτων του VSMOW που χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση του Εργαστηριακού προτύπου που αφορά στο D.

Τέλος η τιμή που αντιπροσωπεύει το ποσοστό D των δειγμάτων προκύπτει ως εξής

$$\delta D_{(s-vsmow-slap)} = \text{συν}_D \delta_{(vs-vsmow)} * \delta D_{(s-vsmow)}$$

Όπου

$\text{συν}_D \delta_{(vs-vsmow)}$  = ο συντελεστής συσχέτισης της τιμής που παριστάνει το ποσοστό δευτερίου (η οποία προτάθηκε από τον τον Gonfiantini το 1977) και της παραμέτρου δ που συσχετίζει τις τιμές των προτύπων Slap και VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

$\delta D_{(s-vsmow)}$  = η παράμετρος δ που συσχετίζει τις τιμές των δειγμάτων και του προτύπου VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

$\delta D_{(s-vsmow-slap)}$  = η ζητούμενη τιμή που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία και την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων σημαντικών και συγκρίσιμων παγκοσμίως

Στην παραπάνω σχέση, ο συντελεστής συσχέτισης της τιμής που παριστάνει το ποσοστό δευτερίου (η οποία προτάθηκε από τον τον Gonfiantini το 1977) και της παραμέτρου δ που συσχετίζει τις τιμές των προτύπων Slap και VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών, προσδιορίστηκε ως εξής.

$$\text{syn}_D_{\delta_{(vs-vsmow)}} = \delta D_{IAEA} / \delta D_{(slap-vsmow)}$$

Όπου

$\delta D_{IAEA} = -428\text{‰}$  η τιμή αυτή παριστάνει το ποσοστό δευτερίου του Slap και προτάθηκε η χρήση της στην ισοτοπική ανάλυση από τον Gonfiantini το 1977.

$\delta D_{(slap-vsmow)}$  = η παράμετρος δ που συσχετίζει τις τιμές των προτύπων Slap και VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

### Διαδικασία υπολογισμού του ποσοστού $\delta^{18}O$ των δειγμάτων

Αρχικά προσδιορίζεται η παράμετρος  $\delta^{18}O_{(s-vs)}$ ,

$$\delta^{18}O_{(s-vs)} =$$

$$\delta_{s_{180}} - \{ \text{average}_{sv_{180}} * (1000 + \delta_{s_{180}} / 1000 + \text{average}_{sv_{180}}) \}$$

Όπου

$\delta_{s_{180}}$  = η τιμή που δίνει το μηχάνημα για τα δείγματα και αφορά στο  $^{18}O$ .

$\text{average}_{vs_{180}}$  = η μέση τιμή των δειγμάτων του νερού της βρύσης του εργαστηρίου αυτού του κύκλου των αναλύσεων, που αφορά στο  $^{18}O$

$\delta^{18}O_{(s-vs)}$  = η παράμετρος δ που συσχετίζει τις τιμές των δειγμάτων και του νερού της βρύσης του εργαστηρίου από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών

η παράμετρος  $\delta^{18}O_{(s-vsmow)}$  προκύπτει ως εξής

$$\delta^{18}O_{(s-vsmow)} =$$

$$\delta_{s_{180}} - \{ \text{average}_{vsmow_{180}} * (1000 + \delta_{s_{180}} / 1000 + \text{average}_{vsmow_{180}}) \}$$

Όπου

$\delta_{s\_180}$  = η τιμή που δίνει το μηχάνημα για τα δείγματα και αφορά στο D.

$average_{VSMOW\_180}$  = η μέση τιμή των δειγμάτων του VSMOW που αφορά στο D.

$\delta^{18}O_{(s-vsmow)}$  = η παράμετρος δ που συσχετίζει τις τιμές των δειγμάτων και του προτύπου VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

Τέλος η τιμή που αντιπροσωπεύει το ποσοστό D των δειγμάτων προκύπτει ως εξής

$$\delta^{18}O_{(s-vsmow-slap)} = \text{συν}_{-18}O_{-}\delta_{(vs-wsmow)} * \delta^{18}O_{(s-vsmow)}$$

Όπου

$\text{συν}_{-18}O_{-}\delta_{(vs-vsmow)}$  = ο συντελεστής συσχέτισης της τιμής που παριστάνει το ποσοστό δευτερίου (η οποία προτάθηκε από τον τον Gonfiantini το 1977) και της παραμέτρου δ που συσχετίζει τις τιμές των προτύπων Slap και VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

$\delta^{18}O_{(s-vsmow)}$  = η παράμετρος δ που συσχετίζει τις τιμές των δειγμάτων και του προτύπου VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

$\delta^{18}O_{(s-vsmow-slap)}$  = η ζητούμενη τιμή που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία και την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων σημαντικών και συγκρίσιμων παγκοσμίως

Στην παραπάνω σχέση, ο συντελεστής συσχέτισης της τιμής που παριστάνει το ποσοστό του  $^{18}O$  (η οποία προτάθηκε από τον τον Gonfiantini το 1977) και της παραμέτρου δ που συσχετίζει τις τιμές των προτύπων Slap και VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών, προσδιορίστηκε ως εξής.

$$\text{συν}_{-18}O_{-}\delta_{(vs-vsmow)} = \delta^{18}O_{IAEA} / \delta^{18}O_{(slap-vsmow)}$$

Όπου

$\delta^{18}O_{IAEA} = -55,5\%$  η τιμή αυτή παριστάνει το ποσοστό δευτερίου του Slap και προτάθηκε η χρήση της στην ισοτοπική ανάλυση από τον Gonfiantini το 1977.

$\delta^{18}O_{(slap-vsmow)}$  = η παράμετρος δ που συσχετίζει τις τιμές των προτύπων Slap και VSMOW από τις αναλύσεις τους στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

## Κεφάλαιο 6 Υδρογεωλογία

### 6.1 Υδρολογικό Ισοζύγιο

Η μελέτη του υδρολογικού ισοζυγίου αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της υδρολογικής αναγνώρισης και αξιολόγησης μιας περιοχής. Αξιοποιείται για τη μαθηματική αποτύπωση του υδρολογικού κύκλου του νερού στην μελετώμενη υδρολογική λεκάνη. Οι διαδικασίες που υπεισέρχονται στον υδρολογικό κύκλο και ποσοτικοποιούνται με τη χρήση του υδρολογικού ισοζυγίου είναι η κατακρήμνιση του εδάφους ή συμπλήρωση της εδαφικής υγρασίας, η εξάτμιση, η διήθηση, η διαπνοή των φυτών, η κατείδυση του νερού στον υδροφόρο και η απορροή.

Στην παρούσα εργασία το υδρολογικό ισοζύγιο υπολογίστηκε με την μέθοδο των Thornthwaite & Mather (1955). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή το συγκρατούμενο από το έδαφος υπό μορφή υγρασίας νερό, αποτελεί ένα απόθεμα, στο οποίο προστίθενται το νερό των βροχοπτώσεων (Λαμπράκης, 2009). Λόγω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής το απόθεμα αυτό μειώνεται με το χρόνο, ενώ αναπληρώνεται την υγρή περίοδο που αρχίζει με την έναρξη των φθινοπωρινών βροχοπτώσεων (Λαμπράκης, 2009). Από τα στοιχεία της ΕΜΥ για το μετεωρολογικό σταθμό του Αργοστολίου (γεωγραφικό πλάτος 38,13 και γεωγραφικό μήκος 20,50) την χρονική περίοδο 1970-2016, υπολογίστηκαν οι παράμετροι του υδρολογικού ισοζυγίου. Οι παράμετροι αυτές είναι η μέση μηνιαία τιμή της βροχόπτωσης (P), η μέση μηνιαία τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής ( $ET_p$ ), η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ( $ET_r$ ) και το πλεόνασμα ύδατος (Q+I) που αντιστοιχεί στη συνολική απορροή (Q), επιφανειακή και υπόγεια (I). Η υγρασία του εδάφους (H) για τους ασβεστόλιθους της περιοχής λαμβάνει την τιμή 75mm.

Κατά Thornthwaite(1944) η μέση μηνιαία τιμή της ανηγμένης δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε mm, συμβολίζεται με u και δίνεται από τη σχέση

$$u = 16 * \left[ \frac{10t}{T_E} \right]^\alpha \quad (1)$$

t= μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C

$$\alpha = 6,75 * 10^{-7} * T_E^3 - 7,71 * 10^{-5} * T_E^2 + 0,01792 * T_E + 0,49236$$

$T_E$ = ετήσιος θερμικός δείκτης του Thornthwaite προερχόμενος από το άθροισμα των δώδεκα μηνιαίων θερμικών δεικτών, δηλαδή

$$T_E = \sum_{i=1}^{12} (t/5)^{1.514}$$

Οι τιμές της εξίσωσης (1) αναφέρονται σε διάρκεια ημέρας 12 ωρών και μήνα 30ημερών. Για την αναγωγή σε πραγματική χρονική διάρκεια μιας περιοχής απαιτείται πολλαπλασιασμός της με τον κατάλληλο συντελεστή διόρθωσης. Σύμφωνα με τον Σακκά (1985) «Τεχνική Υδρολογία» στην περιοχή μελέτης ο διορθωτικός συντελεστής c λαμβάνει τις τιμές που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.



JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AYG	SEP	OCT	NOV	DEC
0,8512	0,837	1,03	1,103	1,229	1,235	1,255	1,173	1,036	0,964	0,841	0,825

**Πίνακας 6.1** συντελεστής διόρθωσης της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite

Βάση της μεθόδου των Thornthwaite & Mather (1955) εάν η βροχόπτωση προστιθέμενη στην υγρασία του εδάφους καλύπτει τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή τότε η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ισούται με τη δυνητική, σε αντίθετη περίπτωση ισούται με τη διαθέσιμη ποσότητα από πιθανή βροχόπτωση ή εδαφική υγρασία (Λαμπράκης).

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AYG	SEP	OCT	NOV	DEC	ΣΥΝ
Μέση T (οC)	11,934	11,87	13,34	15,77	19,76	23,66	26,07	26,51	23,78	20,25	16,36	13,2	
Μέση P (mm)	103,09	92,17	65,38	47,28	15,96	9,4	5,164	8,251	41,97	87,99	132,8	132,3	741,75
Μέση Ερ σε (mm)	23,873	23,31	36,01	53,51	93,11	133,5	164,6	158,9	113	76,59	43,94	28,24	948,65
Η σε (mm)	75	75	75	68,77	0	0	0	0	0	11,4	75	75	
Etr (mm)	23,873	23,31	36,01	53,51	84,73	9,4	5,164	8,251	41,97	76,59	43,94	28,24	434,99
Q+R (mm)	79,212	68,86	29,37	0	0	0	0	0	0	0	0	104	281,48

**Πίνακας 6.2** παράμετροι υδρολογικού ισοζυγίου στο μετεωρολογικό σταθμό του Αργοστολίου της ΕΜΥ.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα από το σύνολο των 741,75 mm βροχόπτωσης το 58,64% εξατμίζεται και το 37,95% τροφοδοτεί τις διαδικασίες της επιφανειακής απορροής. Στο παράρτημα σελίδα 104 βρίσκεται το ιστόγραμμα διακύμανσης της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για τα έτη 1970-2016.

Βάση των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού του Αργοστολίου της ΕΜΥ υπολογίστηκε η μέση ετήσια θερμοκρασία 18,54°C. Το αποτέλεσμα αυτό σχεδόν ταυτίζεται με την τιμή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας βάση των κλιματικών δεδομένων του εθνικού αστεροσκοπείου Αθηνών, οποία βρέθηκε 18,23 °C μελετώντας τα έτη από 1897 έως 2012. Στην παρούσα εργασία το αποτέλεσμα προέκυψε από μετρήσεις 47 ετών (1970- 2016). Στη σελίδα 112 του παραρτήματος παρουσιάζεται το διάγραμμα διακύμανσης της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στα μελετώμενα έτη.

## 6.2 Υδρολιθολογική κατάταξη των Γεωλογικών Σχηματισμών

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Κεφαλονιάς μπορούν να ταξινομηθούν συναρτήσει της υδρογεωλογικής τους συμπεριφοράς, και της υδροπερατότητας των εδαφικών ενοτήτων στις οποίες ανήκουν. Στην περιοχή μελέτης συναντώνται κυρίως οι ακόλουθοι λιθολογικοί σχηματισμοί (Ειδική Χωροταξική Μελέτη, 1993):

- Ανθρακικά πετρώματα συνήθως υψηλής υδατοπερατότητας και καρστικής υδροφορίας. Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζουν συνήθως υψηλή υδροπερατότητα λόγω τεκτονικών και καρστικών διεργασιών. Τέτοιου τύπου υπόγειες υδροφορίες ενέχουν τον κίνδυνο της διείσδυσης θαλασσινού νερού, που θα συντελέσει πιθανώς στην υφαλμύρωσή τους. Σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις παρατηρείται υψηλή στεγανότητα, όπως στη περιοχή του οικισμού Σάμης. Στα νεογενή που συναντώνται στα νότια νοτιοανατολικά της, επικρατούν άργιλοι και μάργες, σχηματίζοντας ένα στεγανό υπόβαθρο.

Η μεγαλύτερη καρστική ενότητα του νησιού, ο ορεινός όγκος Αίνου και Αγίας Δυνατής (περιοχή μελέτης) επικοινωνεί απ' ευθείας με την θάλασσα, ανατολικά με τον κόλπο της Σάμης και δυτικά με τον κόλπο του Αργοστολίου με παράκτια μέτωπα πολλών χιλιομέτρων. Η εκτόνωση των υδροφοριών του σχηματισμού αυτού διενεργείται με πολυάριθμες παραθαλάσσιες και υποθαλάσσιες υφάλμυρες καρστικές πηγές και διάσπαρτες αναβλύσεις, όπως είναι οι πηγές του Καραβόμυλου, του Κουτάβου, των Φάρσων και των Κουρουκλάτων.

Η πιο ενδιαφέρουσα καρστική πηγή με νερό καλής ποιότητας είναι η πηγή της Μεγάλης Αβύθου με παροχή κυμαινόμενη από 35 έως 600m<sup>3</sup>/h.

- b) Ψαμμίτες, άμμοι και σπανιότερα κροκαλοπαγή σε ενδιαστρώσεις με αργίλους και μάργες. Σε αυτές αναπτύσσονται επάλληλοι υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες με ικανοποιητική υδροφορία στις ζώνες που επικρατούν οι ψαμμίτες και οι άμμοι. Στις περιοχές γειτνίασης με ασβεστόλιθους (όπως στην περιοχή των Κοκκολάτων), κάτω από τα νεογενή αναπτύσσεται καρστική υδροφορία στους υποκείμενους ασβεστόλιθους, της οποίας συχνά γίνεται και εκμετάλλευση (δημοτική γεώτρηση Κοκκολάτων Γ2).
- c) Μαργαϊκές και αργλικές αποθέσεις χωρίς ή με πολύ μικρή υδροφορία. Οι σχηματισμοί αυτοί δεν εμφανίζουν πρακτικά υπόγεια υδροφορία. Στο μανδύα αποσάθρωσης και στα υπερκείμενα κατά θέσεις κορήματα δημιουργείται φτωχή υδροφορία που τροφοδοτεί μικροπηγές. Τέτοια περίπτωση για την περιοχή της μελέτης είναι οι αργλικές αποθέσεις της ζώνη Σάμης-Κουλουράτων.
- d) Εναλλαγές υδροπερατών (ασβεστόλιθοι) και υδροστεγανών (αμμούχες έως αργλικές μάργες) στρώσεων. Στις περιοχές εξάπλωσης των πετρωμάτων της ομάδας αυτής μπορεί να αναπτυχθούν μικρές έως ικανοποιητικές υπόγειες υδροφορίες, είτε στο μανδύα αποσάθρωσης τους είτε σε υδροπερατά σώματα μικρού όγκου. Η εκφόρτιση των υδροφόρων αυτών πραγματοποιείται μέσω μικροπηγών του νησιού.
- e) Σχηματισμοί φλύσχη. Πρακτικά μη υδροπερατοί και χωρίς υπόγεια υδροφορία.
- f) Πλευρικά κορήματα προερχόμενα κυρίως από καταστροφή ασβεστολιθικών μαζών. Όταν υπέρκεινται νεογενών αργίλων και μαργών ή άλλων υδροστεγανών πετρωμάτων στην επαφή δημιουργείται φτωχή υπόγεια υδροφορία, που εκτονώνεται από μικρής παροχής πηγές.
- g) Αλλουβιακές αποθέσεις μεταβλητής λιθολογικής σύστασης και υδατοπερατότητας που χαρακτηρίζονται από την ανάπτυξη φτωχής υπόγειας υδροφορίας. Κύριες ζώνες των αλλουβίων στην μελετώμενη περιοχή αποτελούν οι κάμποι Σάμης και της Κρανιάς . Στην πόλγες των Ομαλών και των Τρωϊνάτων οι αλλουβιακές αποθέσεις είναι κυρίως αργλικές με πολύ μικρή υδροφορία.

### 6.3 Πιεζομετρία καρστικού υδροφόρου ορίζοντα

#### Καρστικά Υδροφόρα συστήματα

Η γεωλογία της περιοχής, που χαρακτηρίζεται έντονα από την παρουσία ασβεστόλιθων και κατά τόπους δολομιτών, σε συνδυασμό με τη διαλυτική δράση του νερού, αιτιολογεί την ύπαρξη πληθώρας επιφανειακών και υπόγειων καρστικών μορφών. Στα καρστικά υδροφόρα συστήματα, η κατανομή των καρστικών μορφών (καρστικοί αγωγοί, κοιλότητες κτλ.) ακολουθεί κατά κανόνα τη διεύθυνση των τεκτονικών και λιθοστρωματικών ασυνεχειών (Καλλέργης 2001).

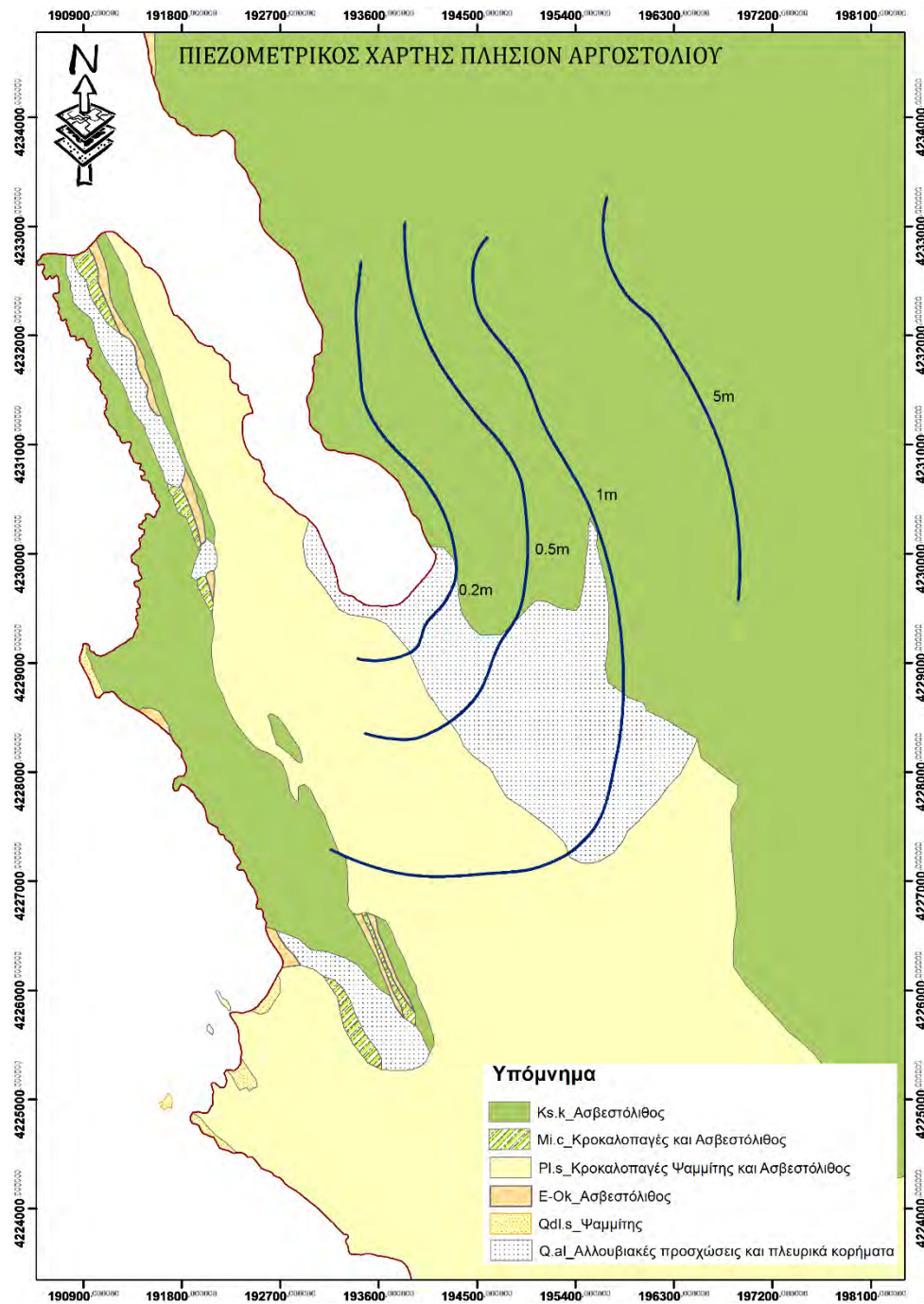
Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται ως ένα βαθμό η αναγνώριση της πιεζομετρίας της περιοχής μελέτης. Για τον προσδιορισμό της στάθμης του υδροφόρου δύο περίοδοι χαρακτηρίζονται ως κρίσιμες, η περίοδος των υψηλών υδάτων και η περίοδος των χαμηλών υδάτων. Οι περίοδοι που θεωρούνται ιδανικές για τη μέτρηση στάθμης των υψηλών υδάτων είναι το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Απριλίου και ο Μάιος, ενώ των χαμηλών υδάτων είναι ο Σεπτέμβρης και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Οκτώβρη. Η ακριβής αναγνώριση της χρονικής περιόδου των υψηλών και των χαμηλών στάθμεων επιτυγχάνεται με μετρήσεις στάθμης στην ευρύτερη περιοχή κάθε μήνα σε επιλεγμένα σημεία μάρτυρες, ή σταθμηγραφήματα από εγκατεστημένους σταθμηγράφους σε επίκαιρα σημεία του πεδίου ενδιαφέροντος.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία μετρήσεις στάθμης πραγματοποιήθηκαν τρεις φορές κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε επιλεγμένες γεωτρήσεις. Συνολικά όμως η στάθμη του υδροφόρου αξιοποιώντας όλες τις γεωτρήσεις, οι οποίες κατόπιν έρευνας κατέστη δυνατόν να μετρηθούν, καταγράφεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Απριλίου. Έτσι αποτυπώνεται η «εικόνα» του υδροφόρου που αντιστοιχεί στην χρονική περίοδο των υψηλών στάθμεων στο τέλος της περιόδου υψηλών υδάτων του 2016 και συγκεκριμένα στις 24-25 Απρίλη.

Οι μικρός αριθμός των σημείων μέτρησης στάθμης καθώς και η ιδιαίτερα υψηλή ορογραφία της περιοχής, κατέστησε αδύνατη την κατασκευή χάρτη που να «απεικονίζει» τον υδροφόρο σε όλη την περιοχή μελέτης. Γι' αυτό διαμορφώθηκαν δύο διαφορετικοί χάρτες για τις περιοχές εισόδου του θαλασσινού νερού (περιοχή Αργοστολίου) και πιθανών εξόδου (περιοχή Σάμης).

### **6.3.1 Η περιοχή του Αργοστολίου**

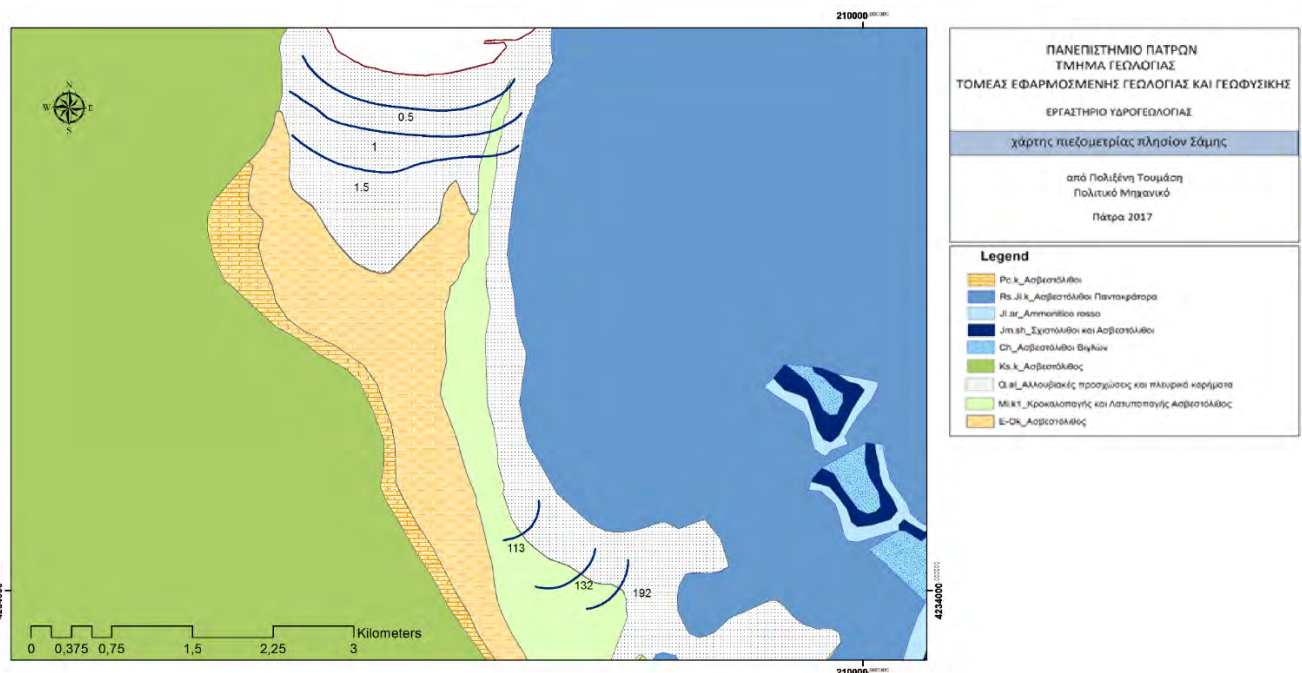
Ο χάρτης της περιοχής του Αργοστολίου, σύμφωνα με τα σημεία μέτρησης στάθμης, καταδεικνύει την ύπαρξη ενός κοινού υδροφόρου ορίζοντα για τις αλλουβιακές αποθέσεις και τους ασβεστόλιθους της περιοχής. Οι πιεζομετρικές γραμμές εμφανίζονται και εδώ παράλληλες με την ακτογραμμή της περιοχής. Το υδραυλικό φορτίο αυξάνει κινούμενο προς το εσωτερικό του νησιού και έχει υδραυλική κλίση που κυμαίνεται μεταξύ 0,5-1,74‰. Αυτό πιθανώς υποδηλώνει ότι τα μετρούμενα υδροσημεία δε σχετίζονται με τους καρστικούς αγωγούς που συνδέουν τις Καταβόθρες του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες πηγές της Σάμης- Καραβόμυλου. Λόγω της λιθολογικής ανομοιογένειας (αλλούβια υπέρκεινται είτε ασβεστόλιθων είτε νεογενών σχηματισμών), η υπόγεια υδροφορία ποικίλει από θέση σε θέση. Όπως παρατηρείται ( με εξαίρεση τη B17) στην περιοχή κοντά στο Αργοστόλι η απόλυτη στάθμη του νερού δεν ξεπερνά τα δύο μέτρα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εντατική εκμετάλλευση των υπόγειων νερών ενέχει εντόνως τον κίνδυνο εμφάνισης φαινομένων υφαλμύρισης.



**Εικόνα 6.1** Χάρτης υδροφόρου κοντά στο Αργοστόλι

### 6.3.2 Η περιοχή της Σάμης

Όπως φαίνεται στην εικόνα 6.2,στη περιοχή της Σάμης οι πιεζομετρικές καμπύλες αντιστοιχούν στον προσχωματικό υδροφόρο. Διαπιστώνεται, όπως αναμενόταν, ότι η ροή του υπόγειου νερού γίνεται σε διευθύνσεις προς τη θάλασσα ενώ η υδραυλική κλίση κυμαίνεται μεταξύ 1 και 1.8 ‰.



**Εικόνα 6.2** Χάρτης προσχωματικού υδροφόρου Σάμης

Η περιοχή κοντά στη θάλασσα καλύπτεται από αλλουβιακούς σχηματισμούς, αυτοί σύμφωνα με την (Ειδική Χωροταξική Μελέτη, 1993), παρουσιάζουν μικρή υδροπερατότητα. Ο ίδιος υδροφόρος επεκτείνεται πιθανώς και στους ασβεστόλιθους της περιοχής, παρόλο που λόγω έλλειψης δεδομένων δεν τεκμηριώνεται από το χάρτη. Στο τμήμα αυτό λόγω ενδεχόμενης καρστικοποίησης αναμένεται μέτρια έως υψηλή υδροπερατότητα. Σε αρκετές γεωτρήσεις κι πηγάδια της περιοχής παρατηρείτε υποβάθμιση των νερών εξαιτίας εισόδου της θάλασσας. Η ανόρυξη αρκετών ιδιωτικών γεωτρήσεων και η συστηματική άντληση οδήγησε στη σταδιακή υφαλμύρωση.

Από τις θέσεις των γεωτρήσεων B19, B30, B31 ,που έχουν ανορυχθεί εντός των ασβεστόλιθων και τις μετρήσεις της στάθμης διακρίνεται ένας δεύτερος «επικρεμάμενος» πιθανόν υδροφόρος. Το υδραυλικό φορτίο στις θέσεις αυτές παίρνει τιμές που, σύμφωνα με τις μετρήσεις του Απρίλη 2016, κυμαίνονται από 113,068 έως 192,026μ. Η ύπαρξη όμως μόνο τριών σημείων καθιστά αδύνατη τη χάραξη των αντίστοιχων πιεζομετρικών γραμμών. Τέτοιου τύπου υδροφόροι δεν απαντώνται συχνά στο νησί. Συνήθως τα κατεισδύοντα νερά στους ασβεστόλιθους εμπλουτίζουν τις υπόγειες υδροφορίες που αναπτύσσονται κοντά στο επίπεδο της θάλασσας (Κουμαντάκης, 1990).



**Εικόνα 6.3** Γεώτρηση Γ31 στο χωριό των Ζερβάτων

Λόγω των δυσκολιών που αναφέρθηκαν παραπάνω η συνολική εικόνα της πιεζομετρίας μεταξύ των Καταβοθρών του Αργοστολίου και των υφάλμυρων πηγών του μετώπου Σάμης- Καραβόμυλου δεν δύναται να παρουσιαστεί. Έτσι μια από τις αρχικές επιδιώξεις της αναγνώρισης μέσω της πιεζομετρίας της διαδρομής των καρστικών αγωγών που συνδέουν τις Καταβόθρες με τον Καραβόμυλο, δεν κατέστη δυνατό να επιτευχθεί. Η ακριβής ιχνηθέτηση των αγωγών αυτών θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη για την αξιολόγηση των κατάλληλων θέσεων ανόρυξης γεωτρήσεων μελλοντικά στο νησί. Ωστόσο σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αντλούνται αξιόλογες πληροφορίες για την πιεζομετρική επιφάνεια. Τόσο στον υδροφόρο του Αργοστολίου όσο και στον προσχωματικό υδροφόρο της Σάμης παρατηρείται χαμηλή πιεζομετρία, συνεπώς πολύ εύκολα η υπεράντληση θα οδηγήσει σε φαινόμενα υφαλμύρυνσης.

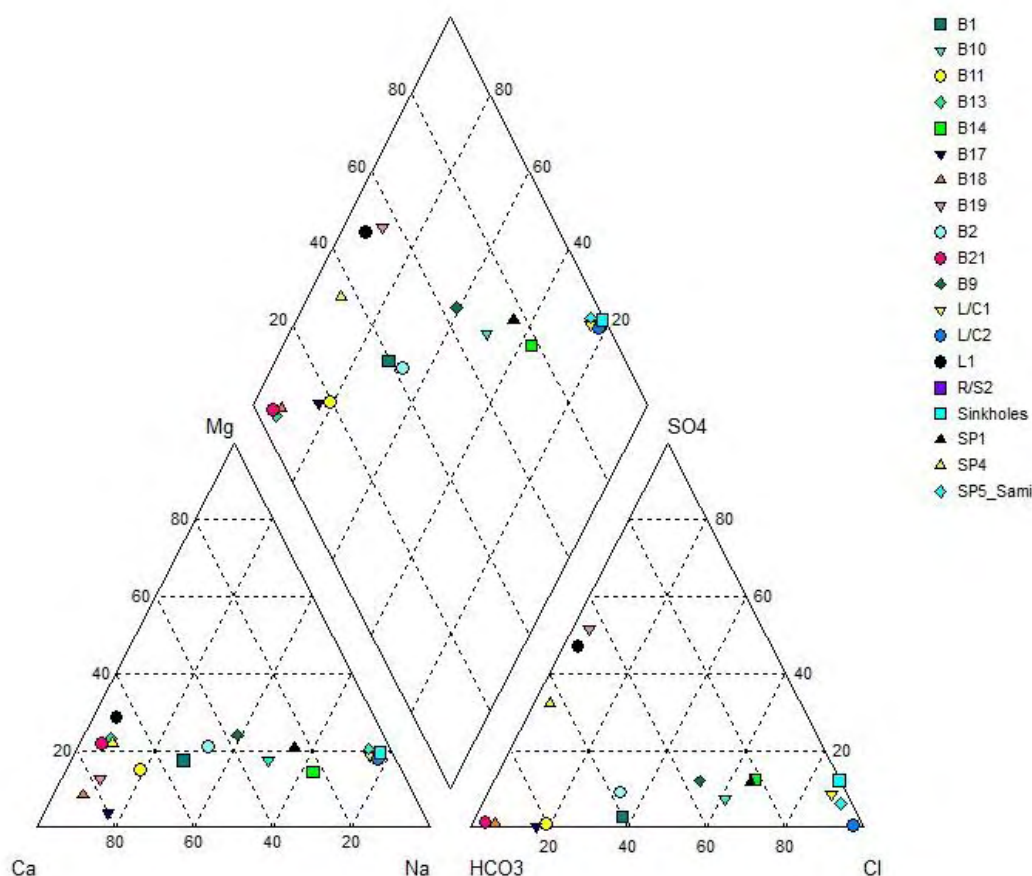


**Εικόνα 6.4** Ιδιωτική γεώτρηση \_ Γ32

## ΚΕΦ.7 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στα δύο εργαστήρια του τομέα του Υδρογεωλογίας του τμήματος Γεωλογίας της Πάτρας παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα σελίδες 83- 101. Αφορούν χημικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό των κύριων ιόντων από 18 επιλεγμένα υδροσημεία και τους 5 βροχομετρικούς σταθμούς, καθώς και των ιχνοστοιχείων από 33 υδροσημεία της περιοχής μελέτης.

Για τη διάκριση των χημικών τύπων και την ταξινόμηση των υπόγειων νερών της περιοχής χρησιμοποιήθηκε το διάγραμμα Piper. Το διάγραμμα αυτό, που κατασκευάστηκε μέσω του προγράμματος AquaChem 3.70, παρέχει τη δυνατότητα της παρουσίασης των δειγμάτων αναφορικά με τις αναλογίες των κατιόντων και των ανιόντων. Υπό προϋποθέσεις είναι δυνατόν να φανούν μέσω του διαγράμματος αυτού, και υδροχημικές διαδικασίες όπως μίξη διαφορετικών υδροχημικών τύπων υπόγειων νερών.



**Εικόνα 7.1** Διάγραμμα Piper, για τη ταξινόμηση των υπόγειων νερών της περιοχής μελέτης.

Σύμφωνα με το διάγραμμα διαπιστώνεται ως προς τα κατιόντα μια μετάβαση από νερά στα οποία κυριαρχεί το  $\text{Ca}^{2+}$  σε νερά που το κυρίαρχο κατιόν είναι το  $\text{Na}^+$ . Αντίστοιχα ως προς τα ανιόντα, νερά που χαρακτηρίζονται από την παρουσία  $\text{HCO}_3^-$ , μεταβαίνουν σταδιακά σε νερά που χαρακτηρίζονται από την παρουσία  $\text{Cl}^-$ . Η εικόνα αυτή αναδεικνύει

ως κυρίαρχες τις διαδικασίες ανάμιξης γλυκού – θαλασσινού νερού. Τα τρία δείγματα όμως (B19, L1, SP4) που όπως φαίνεται στο διάγραμμα διαφοροποιούνται ως προς τα ανιόντα, χαρακτηρίζονται από την υπεροχή των ιόντων των  $\text{SO}_4^{2-}$ . Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την παρουσία των εβαποριτών της Ιονίου ζώνης που όπως αναφέρθηκε στη γεωλογική περιγραφή του κεφαλαίου υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή κοντά στη Σάμη.

Έτσι λοιπόν τα δείγματα ταξινομούνται σε δύο μεγάλες ομάδες. Η πρώτη περιλαμβάνει δείγματα φρέσκων, υφάλμυρων και αλμυρών νερών και η δεύτερη τρία γυψούχα δείγματα. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι τα δείγματα της πρώτης ομάδας διατάσσονται σε άξονες παράλληλους των βάσεων των τριγώνων προβολής των κατιόντων και των ανιόντων. Σημεία στη γωνία  $\text{Ca}^{2+}\text{HCO}_3^-$  καταδεικνύουν διάλυση ανθρακικού ασβεστίου. Οι περιοχές όπου δεν επικρατεί κάποιο κατιόν ή ανιόν υποδηλώνουν διαδικασίες μείξης του νερού (Arpello&Postma, 1996).

Λεπτομερέστερη διάκριση των δειγμάτων βάση των κύριων υδροχημικών τύπων που τα χαρακτηρίζουν παρουσιάζεται ακολούθως:

Ομάδα Α χημικός τύπος:  $\text{CaHCO}_3$

- Δείγματα Γ17, Γ18

Υποομάδα Α1 χημικός τύπος:  $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-Cl}$

- Δείγματα Γ1, Γ11, Γ13, Γ2, Γ21

Ομάδα Β χημικός τύπος:  $\text{Na-Cl}$

- Δείγματα Λ/Σ1, Λ/Σ2, Καταβόθρες

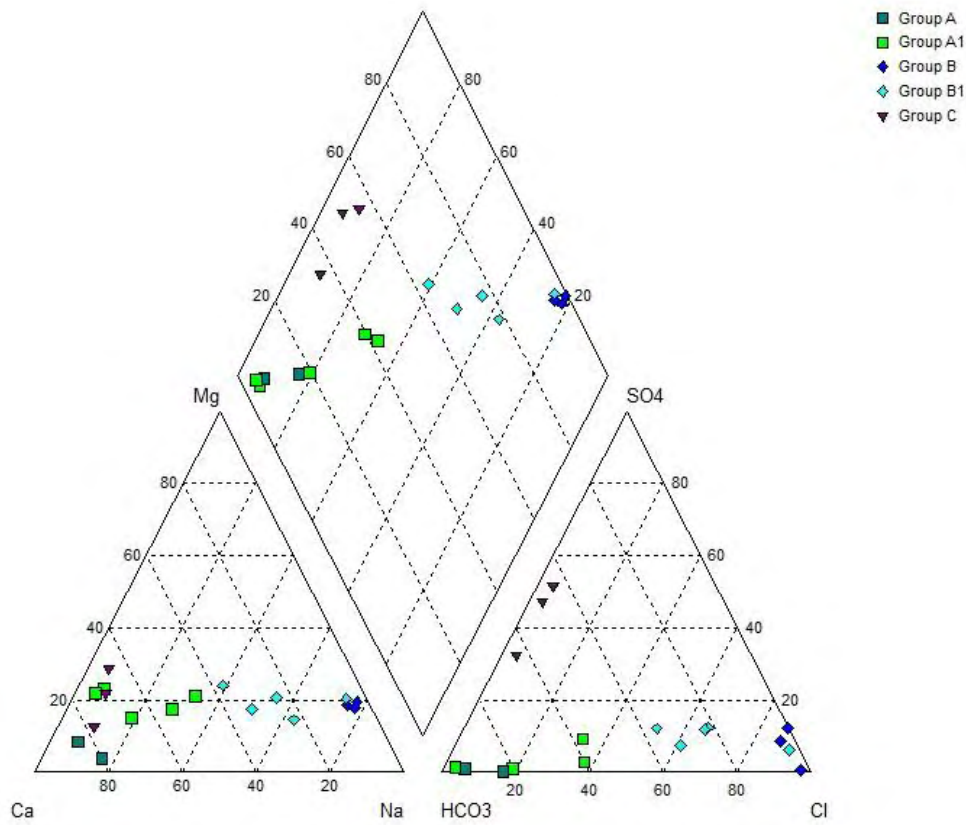
Υποομάδα χημικός τύπος:  $\text{B1 Na-Ca-Cl-HCO}_3^-$

- Δείγματα Γ10, Γ14, Γ9, Π1, Π5

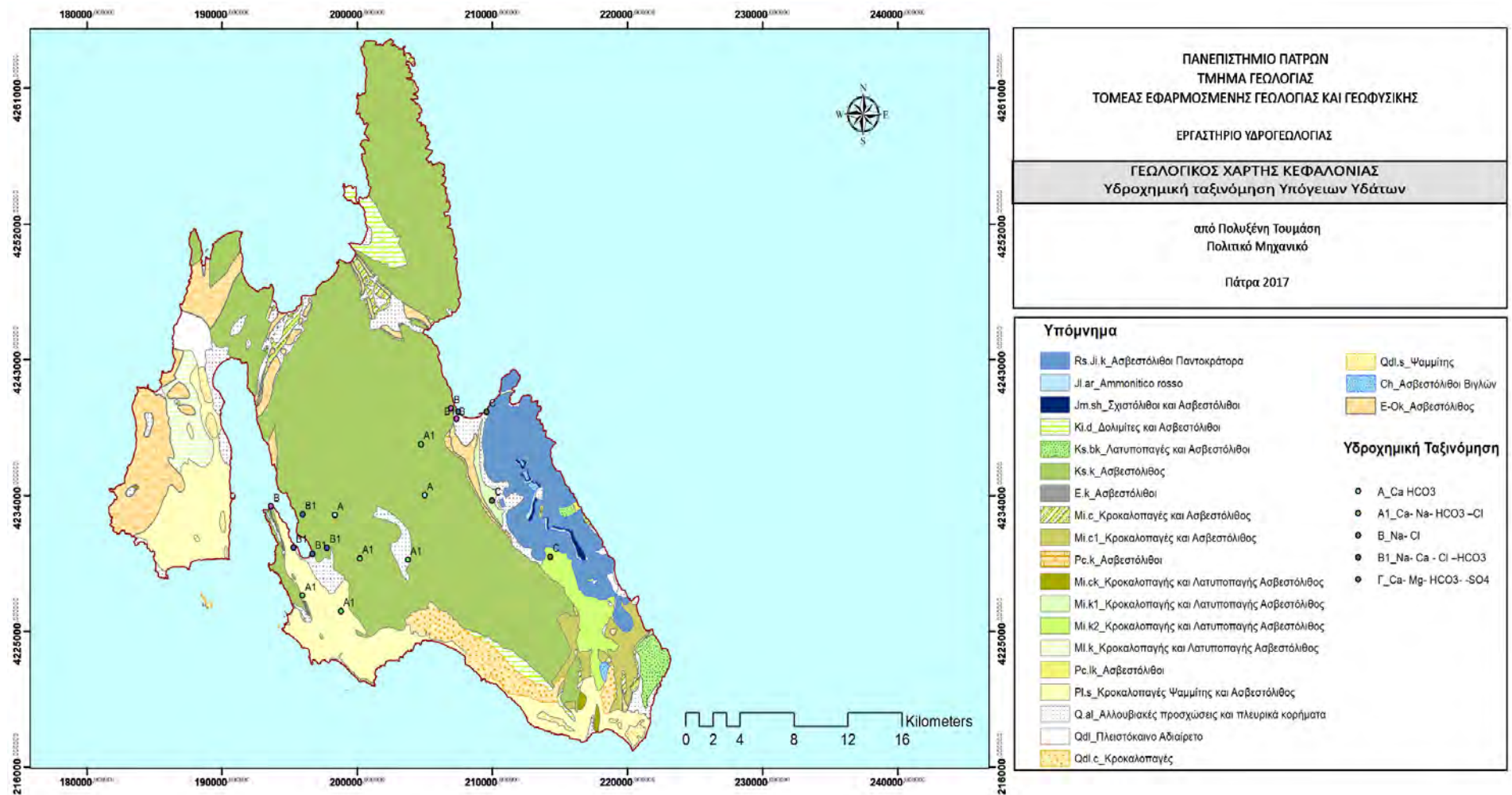
Ομάδα Γ χημικός τύπος:  $\text{Ca- Mg- HCO}_3^-\text{-SO}_4^{2-}$

Δείγματα Γ19, Λ1, Π4





**Εικόνα 7.2** Προβολή των δειγμάτων υπόγειων νερών σύμφωνα με τον υδροχημικό τους τύπο.



Εικόνα 7.3 Κατανομή των δειγμάτων των υπόγειων νερών σύμφωνα με τον υδροχημικό τους τύπο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω καθώς και με τη βοήθεια του γεωλογικού χάρτη παρατηρείται ότι η ομάδα Α απαρτίζεται από υδροσημεία ασβεστολιθικών περιοχών και κυριαρχεί ο υδροχημικός τύπος Ca-HCO<sub>3</sub>, τα περισσότερα εκ των οποίων έχουν πόσιμο νερό αξιόλογης ποιότητας.

Η ομάδα Β, δηλαδή γεωτρήσεις, πηγές και λιμνοσπήλαια κοντά στην παράκτια ζώνη και από τις δύο πλευρές του νησιού χαρακτηρίζονται από την παρουσία κυρίως των ιόντων Na-Cl. Συνεπώς το φαινόμενο της υφαλμύρυνσης στις περιοχές αυτές εμφανίζεται ιδιαίτερα έντονο. Παράλληλα όμως λόγω της υπόγειας σύνδεσης των Καταβοθρών του Αργοστολίου με την Σάμη- Καραβόμυλο στα υδροσημεία SP5, L/C1, L/C2, δηλαδή στις πηγές του Καραβόμυλου και τα λιμνοσπήλαια της Μελισσάνης και της Ζερβάτης η παρουσία υφάλμυρου νερού θεωρούνταν δεδομένη.

Η ομάδα Γ που βρίσκεται στην ανατολική- νοτιοανατολική πλευρά του νησιού συναντώντας σχηματισμούς της Ιονίου Ζώνης, χαρακτηρίζεται από σημαντικό ποσοστό SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Διαφαίνεται λοιπόν ότι στην περιοχή αυτή υπάρχει έντονη παρουσία εβαποριτών.

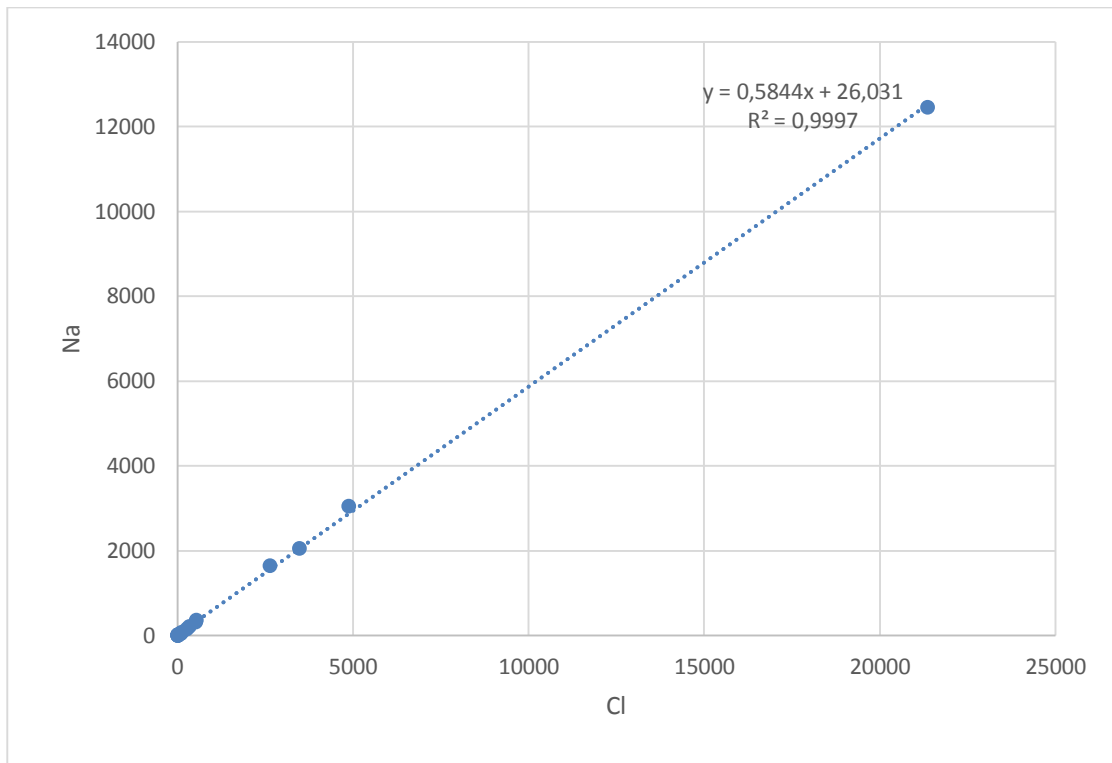
## 7.2 ΥΦΑΛΜΥΡΥΝΣΗ

Η υφαλμύρυνση αποτελεί φαινόμενο ικανό να αλλάξει σημαντικά τη λειτουργία των οικοσυστημάτων. Η διατήρηση της ζωής κάθε έμβιου οργανισμού είναι άμεσα συνυφασμένη με το γλυκό νερό. Η διείσδυση αλμυρού νερού στους παράκτιους υδροφόρους αποτελεί σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα, καθώς η μείξη αλμυρού με γλυκό νερό το καθιστά ακατάλληλο για κάθε χρήση, συνιστώντας έτσι μια μορφή ρύπανσης των υπόγειων υδάτων. Το φαινόμενο αυτό προκύπτει είτε μέσω ανθρώπινων παρεμβάσεων (υπεράντληση του υδροφόρου) , είτε περιβαλλοντικών επιδράσεων (περίοδοι ξηρασίας, ανύψωση του επιπέδου της θάλασσας).

Η περιεκτικότητα σε χλωριόντα του υπόγειου νερού δύναται να αποτελέσει δείκτη της υφαλμύρυνσης.

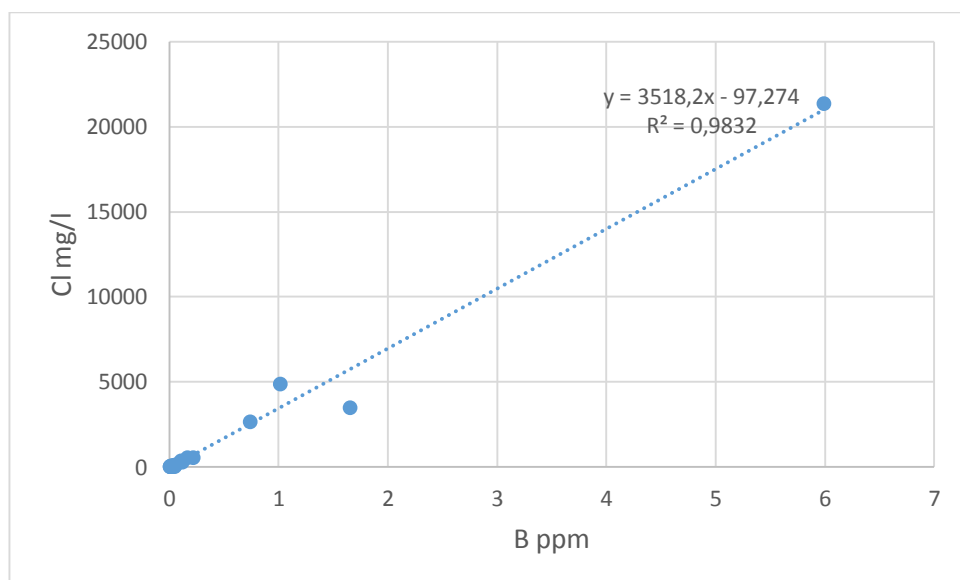
Από το διάγραμμα Na-Cl προκύπτει η διαδικασία της υφαλμύρυνσης του νερού. Η αύξηση του ποσοστού του θαλασσινού νερού οδηγεί στην αύξηση της αλατότητας των υπόγειων νερών και συνεπώς στην υποβάθμισή τους.

Να σημειωθεί ότι η αλατότητα του βρόχινου νερού στις νησιωτικές και παράκτιες περιοχές είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τις περιοχές στην ενδοχώρα, γιατί οι υγρές αέριες μάζες πάνω από τη θάλασσα μεταφέρουν και σταγονίδια (seaspray) πλούσια σε άλατα. Η απόθεση αυτών των αλάτων με τη βροχόπτωση επιδρά σημαντικά στη χημική σύσταση των υπόγειων νερών των νησιών (Dazyetal., 1997, Lambrakis etal., 2000).



**Εικόνα 7.4** Διάγραμμα συσχέτισης των στοιχείων χλωρίου και νατρίου στα δείγματα υπόγειων νερών

Το γεγονός ότι προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα σε βόριο σε σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό δειγμάτων των υδροφόρων του νησιού, συντέλεσε στο να εξεταστεί το ενδεχόμενο αξιοποίησης του έναντι των ιόντων χλωρίου για την αναγνώριση της υφαλμύρυνσης στην περιοχή μελέτης. Για την εφαρμογή της παραπάνω υπόθεσης εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ αυτών των δύο ιόντων, η οποία όπως προκύπτει από το ακόλουθο διάγραμμα είναι άριστη με δείκτη συσχέτισης  $R^2 = 0,9832$ .



**Εικόνα 7.5** Διάγραμμα συσχέτισης των στοιχείων χλωρίου και βόριου στα δείγματα υπόγειων νερών

Θεωρούμε λοιπόν ότι η παρουσία του βορίου αποδίδεται στην θάλασσα και όχι σε άλλες πηγές.

Όταν το θαλασσινό νερό διεισδύσει προς την ενδοχώρα, λαμβάνουν χώρα διαδικασίες μίξης του γλυκού και του αλμυρού νερού και φαινόμενα ανταλλαγής ιόντων μεταξύ του νερού και των υλικών του υδροφορέα (Λαμπράκης κ.α.,1994).

Για τον υπολογισμό του ποσοστού του θαλασσινού νερού στα δείγματα εφαρμόζουμε τη σχέση

$$m_{i,mix} = f_{sea} * m_{i,sea} + (1 - f_{sea}) * m_{i,fresh}$$

όπου

$m_i$  = η συγκέντρωση του στοιχείου  $i$

$f_{sea}$  = το κλάσμα του θαλασσινού νερού που συμμετέχει στο δείγμα

$m_{i,sea}$  = η συγκέντρωση του στοιχείου  $i$  στο θαλασσινό νερό

$m_{i,fresh}$  = η συγκέντρωση του στοιχείου  $i$  στο γλυκό νερό

Για τον υπολογισμό της ποσότητας του νερού που οφείλεται στην ιοντοανταλλαγή χρησιμοποιείται η σχέση

$$m_{i,react} = m_{i,sample} - m_{i,mix}$$

Όπου

$m_{i,react}$  = η συγκέντρωση του στοιχείου  $i$  που μεταβάλλεται λόγω διαδικασιών πλην της μείξης

$m_{i,sample}$  = η συγκέντρωση του στοιχείου  $i$  που μετρήθηκε στο δείγμα υπόγειου νερού

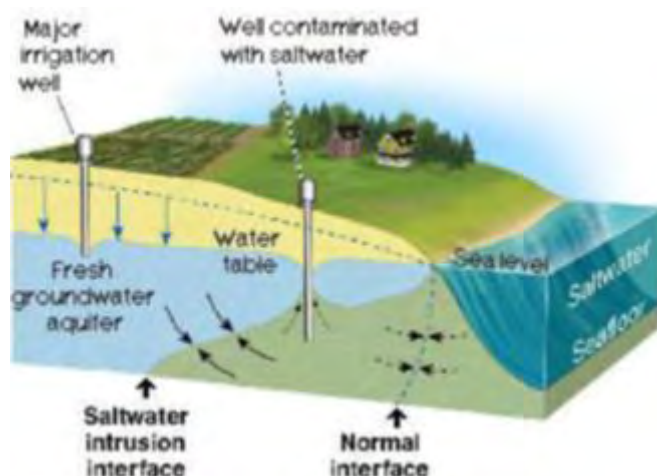
**Πίνακας 7.9** Ποσότητες  $m_{i,sample}$ ,  $m_{i,mix}$  και  $m_{i,react}$  για τα βασικά ανιόντα και κατιόντα των δειγμάτων υπόγειου νερού της περιοχής έρευνας

A/A	κωδική ονομασία	f sea (%)	Ca	Ca <sub>mix</sub>	Ca <sub>react</sub>	Na	Na <sub>mix</sub>	Na <sub>react</sub>
1	Γ13	0,023923	66,8	60,15691	6,643085	8	4.537531	3.462469
2	Γ21	0,022926	67,2	60,15538	7,044623	6	4.348467	1.651533
3	Γ9	1,315744	129,2	62,15032	67,04968	155	249.5642	-94.5642
4	Γ17	0,140545	85,6	60,33688	25,26312	20	26.65799	-6.65799
5	Λ/Σ1	13,05776	120,4	80,26943	40,13057	1650	2476.736	-826.736
6	Γ18	0,036881	68,4	60,17691	8,223089	7	6.99536	0.00464

7	Γ1	0,442568	80,8	60,80293	19,99707	49	83.94432	-34.9443
8	Γ14	2,691294	114	64,27294	49,72706	360	510.4722	-150.472
9	Π4	0,054324	118	60,20383	57,79617	16	10.30398	5.696024
10	Γ10	1,629728	119,2	62,63483	56,56517	210	309.1193	-99.1193
11	Γ11	0,17942	88,8	60,39686	28,40314	29	34.03148	-5.03148
12	Γ19	0,052829	133,6	60,20152	73,39848	19	10.02038	8.97962
13	Π5_Καρα- βόμυλος	17,24421	132,8	86,72955	46,07045	2050	3270.803	-1220.8
14	Γ2	0,560188	99,6	60,98443	38,61557	82	106.2538	-24.2538
15	Λ1	0,032395	69,2	60,16999	9,030011	7	6.144573	0.855427
16	Π1	2,581648	123,6	64,10374	59,49626	320	489.6752	-169.675
17	Καταβόθρ ες	100	444,8	224,3148	220,4852	12450	20182.56	-7732.56
18	Λ/Σ2	24,27148	159,2	97,57332	61,62668	3050	4603.703	-1553.7

Θετικές τιμές στην ποσότητα  $Ca_{react}$  σε συνδυασμό με αρνητικές τιμές στην ποσότητα  $Na_{react}$  φανερώνουν επικράτηση του τύπου υπόγειου νερού  $CaCl_2$  και διείδυση του μετώπου υφαλμύρισης, ενώ η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή η υποχώρηση του μετώπου υφαλμύρισης, υφίσταται όταν έχουμε επικράτηση του υδροχημικού τύπου  $NaHCO_3$  έχουμε δηλαδή θετικό  $Na_{react}$  και αρνητικό  $Ca_{react}$  (Αντωνάκος, 2012).

Η διακρίβωση του φαινομένου της υφαλμύρισης συνολικά στην περιοχή μελέτης λόγω της παρουσίας των γύψων δεν καθίσταται προφανής. Εντούτοις η αυξημένη παρουσία  $Cl^-$  θα μπορούσε να αποδοθεί σε ανάμειξη του θαλασσινού με το γλυκό νερό κάτω από καθεστώς άντλησεων αλλά και του φαινομένου του σιφονισμού.



**Εικόνα 7.5** Επιπτώσεις ανεξέλεγκτης άντλησης (πηγή: <http://artemis.library.tuc.gr/DT2014-0008/DT2014-0008.pdf>)

## ΚΕΦ.8 Ισοτοπική Υδρολογία

### 8.1 Γενικά

Η Ισοτοπική Υδρολογία αποτελεί διεπιστημονικό κλάδο που αναπτύσσεται ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες και εμφανίζει πληθώρα εφαρμογών. Αξιοποιείται συχνά για τον προσδιορισμό του υψομέτρου τροφοδοσίας του υπόγειου νερού υδροφόρου, την προέλευση και ανάμιξη υπόγειων νερών, το βαθμό ανάμιξης επιφανειακών και υπόγειων νερών, το βαθμό εξάτμισης, εισροής κι εκροής του νερού των επιφανειακών συστημάτων, την υφαλμύριση υπόγειων νερών, την ταχύτητα ροής και το χρόνο παραμονής των υπόγειων νερών στο υπέδαφος καθώς και τον προσδιορισμό της βασικής ροής σε υδρογεωλογικές λεκάνες. (πηγή: <http://www.demokritos.gr/Contents.aspx?lang=gr&CatId=236&View=18>)

Οι τεχνικές της ισοτοπικής υδρολογίας αξιοποιούνται ευρέως σε πεδία όπως ο προσδιορισμός της ηλικίας κάθε μορφής δειγμάτων για την αρχαιολογική έρευνα και την έρευνα του παλαιοπεριβάλλοντος, μελέτες παλαιοδίαιτας, έρευνα των μεταβολών της στάθμης της θάλασσας στο παρελθόν, παλαιοκλιματολογικές έρευνες, προσδιορισμός της συγκέντρωσης του ραδιενεργού ραδονίου σε εσωτερικούς χώρους και στα συστήματα ύδρευσης, καθοριστική ανίχνευση της νοθείας των αλκοολούχων ποτών, προσδιορισμός του ποσοστού προέλευσης του εκλυόμενου διοξειδίου του άνθρακα από την καύση των πετρελαιοειδών (αυτοκίνητα, κεντρική θέρμανση, βιομηχανία) στις αστικές περιοχές, μελέτες της ραδιενέργειας της ατμόσφαιρας εξαιτίας των πυρηνικών δοκιμών την δεκαετία του '60. (πηγή: <http://www.demokritos.gr/Contents.aspx?lang=gr&CatId=236&View=18>)

Τα περιβαλλοντικά ισότοπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ιχνηθέτες του νερού και των διαλυμένων ουσιών σύμφωνα με τους Kendall και Caldwell (1998), επειδή

- Νερά τα οποία εμπλουτίζονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, σε διαφορετικές περιοχές ή που ακολουθούν διαφορετικά «ροϊκά» μονοπάτια παρουσιάζουν συχνά ευκρινείς ισοτοπικές διαφορές, έτσι που να είναι δόκιμο να θεωρήσουμε ότι έχουν το δικό τους «ισοτοπικό αποτύπωμα».
- Σε αντίθεση με τους περισσότερους χημικούς ιχνηθέτες, τα περιβαλλοντικά ισότοπα δεν αλληλεπιδρούν συχνά με τα υλικά του υδροφόρου. Μάλιστα τα ισότοπα του οξυγόνου και του υδρογόνου του μετεωρικού νερού διατηρούν το ξεχωριστό τους «ισοτοπικό αποτύπωμα» μέχρι να αναμειχθούν με νερά διαφορετικής σύνθεσης ή στην περίπτωση των ισοτόπων των διαλυμένων ειδών μέχρι να αντιδράσουν με μέταλλα ή άλλα ρευστά.
- Το νερό μετεωρικής προέλευσης σε μια υδρολογική ή/ και υδρογεωλογική λεκάνη διαφέρει ισοτοπικά από αυτό που προέρχεται από γεωλογικές ή βιολογικές διεργασίες της λεκάνης.
- Ο βιολογικός κύκλος των διαλυμένων ουσιών και οι αντιδράσεις νερού πετρώματος αλλάζουν τους ισοτοπικούς λόγους με προβλέψιμο και αναγνωρίσιμο τρόπο.
- Αν κατά μήκος της ροής στην λεκάνη βρεθεί νερό που προέρχεται από συγκεκριμένη πηγή, θα έχει το δικό του συγκεκριμένο ισοτοπικό αποτύπωμα. Αυτό

αποδεικνύει ότι υπάρχει υδραυλική σύνδεση παρόλο που υδραυλικές μετρήσεις ή μοντέλα μπορεί να δείχνουν το αντίθετο.

## 8.2 Ισότοπα

Ισότοπα καλούνται τα άτομα του ίδιου στοιχείου που διαθέτουν στον πυρήνα τους ίδιο αριθμό πρωτονίων και διαφορετικό αριθμό νετρονίων (Soddy 1913). Δηλαδή έχουν τον ίδιο ατομικό (Z) και διαφορετικό μαζικό αριθμό (A) και συνεπώς διαφορετική μάζα. Σε αυτό οφείλονται και οι ελαφρώς διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες που εμφανίζουν. Ο όρος ισότοπα οφείλεται στο ότι τα στοιχεία αυτά καταλαμβάνουν την ίδια θέση στον περιοδικό πίνακα.

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τα σταθερά και τα ασταθή ή ραδιενεργά. Τα σταθερά ισότοπα δεν διασπώνται αλλά μπορούν να παράγονται από τις διασπάσεις των ραδιενεργών ισωτόπων στα οποία ο μερικός διαχωρισμός των ισοτοπικών ειδών πραγματοποιείται με διάφορες φυσικές διεργασίες (π.χ. εξάτμιση), έτσι που ένα μέρος του περιβάλλοντος εμπλουτίζεται σε ένα ισότοπο, καθώς ένα άλλο γίνεται φτωχότερο σε αυτό (Ματιάτος 2010). Ραδιενεργά ή ασταθή καλούνται εκείνα τα οποία τείνουν να διασπαστούν στιγμιαία, δημιουργώντας ένα ή περισσότερα θυγατρικά στοιχεία ή θυγατρικά ισότοπα. Η ραδιενεργός διάσπαση χαρακτηρίζεται από το χρόνο υποδιπλασιασμού (ο χρόνος που απαιτείται για να μείνουν οι μισοί από τους αρχικούς ραδιενεργούς πυρήνες) και συνοδεύεται από την εκπομπή ακτινοβολίας (Ματιάτος 2010).

Η σταθερότητα των πυρήνων των ατόμων προσδιορίζεται κατά κύριο λόγο μέσω δύο βασικών κανόνων. Ο κανόνας της συμμετρίας αναφέρει ότι στους πυρήνες των ελαφρών στοιχείων (Z έως και 20) η σταθερότητα τους μεγαλώνει όσο ο αριθμός των πρωτονίων τείνει να εξισωθεί με τον αριθμό των νετρονίων, δηλαδή όσο  $Z:N \rightarrow 1$ , ενώ στους βαρύτερους πυρήνες ( $Z > 20$ ) η σταθερότητα αυξάνεται όσο  $Z:N \rightarrow 1,5$ . Ο κανόνας του Oddo-Harkins θεωρεί ότι οι πυρήνες με ζυγό αριθμό πρωτονίων ή/και νετρονίων είναι περισσότερο σταθεροί. Όταν  $N > Z$  προκαλούνται αστάθειες οι οποίες εκδηλώνονται μέσω ραδιενεργών διασπάσεων (Clark & Fritz, 1997). Κατόπιν παρατηρήσεων διαπιστώθηκε ότι πυρήνες με αριθμό (πρωτονίων ή/και νετρονίων 2,8,20,28,82,126 (οι αριθμοί αυτοί λέγονται «μαγικοί»), έχουν σχετικά μεγαλύτερη σταθερότητα και εμφανίζονται με μεγαλύτερη περιεκτικότητα στη φύση.

Στη διατριβή αυτή θα ασχοληθούμε με τα σταθερά ισότοπα του υδρολογικού κύκλου και συγκεκριμένα με τα σταθερά ισότοπα του υδρογόνου και του οξυγόνου στο μόριο του νερού (H<sub>2</sub>O), εστιάζοντας στα μετεωρικά ύδατα, δηλαδή τους ατμοσφαιρικούς υδρατμούς, τον υετό και τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα τα οποία προέρχονται από αυτόν (Gat et al., 2001; Λυκούδης).

Οι σχετικές συγκεντρώσεις των σταθερών ισωτόπων εκφράζονται μέσω του ισοτοπικού λόγου, ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$R = \frac{\text{περιεκτικότητα σπάνιου ισωτόπου}}{\text{περιεκτικότητα πλεονάζοντος ισωτόπου}}$$



Για μια ένωση AB ο ισοτοπικός λόγος του στοιχείου  $^x\text{A}$  δίνεται από τη σχέση:

$$^x\text{R} = \frac{\text{περιεκτικότητα σπάνιου ισοτόπου } ^x\text{A}}{\text{περιεκτικότητα πλεονάζοντος ισοτόπου } ^y\text{A}} = \frac{^x\text{AB}}{^y\text{AB}}$$

Ο ισοτοπικός λόγος δεν αποτελεί αξιόπιστο μέσο αναφοράς στα σταθερά ισότοπα. Αυτό σύμφωνα με τον Mook (2005) οφείλεται στην ανικανότητα του φασματογράφου μάζας να προσδιορίσει ισοτοπικούς λόγους με ικανοποιητική ακρίβεια καθώς και την μεγάλη ευαισθησία του στις περιβαλλοντικές συνθήκες, το μεγάλο πλήθος δεκαδικών ψηφίων στα αποτελέσματα και την αδυναμία σύγκρισης των αποτελεσμάτων σε παγκόσμια κλίμακα.

Έτσι προέκυψε η ανάγκη χρήσης κοινών προτύπων αναφοράς (standard) και ορίστηκε η παράμετρος  $\delta$  (McKinney et al. 1950) η οποία αποτελεί το λόγο της διαφοράς του ισοτοπικού λόγου στο δείγμα από τον ισοτοπικό λόγο του προτύπου προς τον ισοτοπικό λόγο του προτύπου.

$$\delta = \frac{R_x - R_{std}}{R_{std}} * 10^3 (\text{‰}) \quad \text{ή} \quad \delta = \left( \frac{R_x}{R_{std}} - 1 \right) * 10^3 (\text{‰})$$

Όπου  $R_x$  ο ισοτοπικός λόγος του δείγματος και  $R_{std}$  ο ισοτοπικός λόγος του προτύπου. Ο πολ/σμός με το 1000 γίνεται για πρακτικούς λόγους, για να είναι πιο εύληπτο το αποτέλεσμα. Αν η τιμή του  $\delta$  είναι θετική τότε το δείγμα είναι πλουσιότερο από το πρότυπο σε βαριά ισότοπα και αντιστρόφως.

Διαφορετικά πρότυπα αναφοράς χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των διαφορετικών ισοτοπικών ειδών.

Ισότοπο	Ισοτοπικός λόγος R	Πρότυπο αναφοράς	Εφαρμογή
$^2\text{H}$	$^2\text{H}/^1\text{H}$	VSMOW	$\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CH}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$ , $\text{H}_2$ , $\text{OH}^-$ , ορυκτά
$^3\text{He}$	$^3\text{He}/^4\text{He}$	Ατμοσφαιρικό He	He σε νερά ή υγρή φάση, ρευστά φλοιού, βασάλτες
$^6\text{Li}$	$^6\text{Li}/^7\text{Li}$	L-SVEC	Υφάλμυρα νερά, πετρώματα
$^{11}\text{B}$	$^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$	NBS 951	Υφάλμυρα νερά, άργιλοι, βορικά άλατα, πετρώματα
$^{13}\text{C}$	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	VPDB	$\text{CO}_2$ , ανθρακικά ορυκτά, DIC, $\text{CH}_4$ , οργανικές ενώσεις
$^{15}\text{N}$	$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	Αέριο $\text{N}_2$	$\text{N}_2$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{NH}_3^-$ , N-ούχες οργανικές ενώσεις
$^{18}\text{O}$	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	VSMOW VPDB	$\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CH}_2\text{O}$ , $\text{CO}_2$ , θειικά ορυκτά, ανθρακικά ορυκτά, πυριτικά ορυκτά, $\text{OH}^-$

		(για ανθρακικά)	ορυκτά
<sup>34</sup> S	<sup>34</sup> S/ <sup>32</sup> S	CDT	Θειικά ορυκτά, σουλφίδια, H <sub>2</sub> S, S-ούχες οργανικές ενώσεις
<sup>37</sup> Cl	<sup>37</sup> Cl/ <sup>35</sup> Cl	SMOC	Υφάλμυρα νερά, πετρώματα, εβαπορίτες, διαλύτες
<sup>81</sup> Br	<sup>81</sup> Br/ <sup>79</sup> Br	SMOB	Υφάλμυρα νερά
<sup>87</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	Απόλυτη τιμή λόγου	Νερό, ανθρακικά ορυκτά, θειικά ορυκτά, άστριοι

Πίνακας 7.1 πρότυπων αναφοράς για σταθερά ισότοπα (Clark&Fritz 1997).

Σύμφωνα με τον Craig το 1961, για τις ισοτοπικές αναλύσεις του <sup>18</sup>O και του <sup>2</sup>H του νερού, χρησιμοποιείται το SMOW (Standard Mean Ocean Water). Το SMOW δεν αποτελεί υπαρκτό νερό αλλά προέκυψε από τη ανάμειξη απεσταγμένου ωκεάνιου νερού από διάφορα σημεία της υφηλίου.

Σήμερα το πρότυπο που χρησιμοποιείται για τις ισοτοπικές αναλύσεις του νερού είναι το VSMOW, το οποίο καθιερώθηκε από την IAEA (International Atomic Energy Agency), για να καλυτερεύσει το σημείο μηδέν στην κλίμακα του δ<sup>18</sup>O. Η ισοτοπική σύσταση του VSMOW ορίζεται ως ο λόγος των περιεκτικότητων των ειδών ισότοπου. Για τα <sup>2</sup>H/<sup>1</sup>H και <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O αντιστοιχούν:

$${}^2R_{\text{VSMOW}} = (155.75 \pm 0.05) \cdot 10^{-6} \text{ (Hagemannetal. 1970, DeWitetal.1980, Tseetal.1980)}$$

$${}^{18}R_{\text{VSMOW}} = (2005.20 \pm 0.45) \cdot 10^{-6} \text{ (Baertschi.1976)}$$

Οι περιεκτικότητες και οι τιμές που παρουσιάζονται παραπάνω για το πρότυπο VSMOW ορίζουν την τιμή δ=0, στην κλίμακα VSMOW. Η διαφορά του αρχικού προτύπου SMOW και του παρόντος VSMOW είναι πολύ μικρή, πιθανώς: δ<sup>18</sup>O SMOW/ VSMOW = +0.05‰

Ένα άλλο ευρέως χρησιμοποιούμενο πρότυπο για τα σταθερά ισότοπα του νερού αποτελεί το Slap (Stamdart Light Antarctic Precipitation). Το πρότυπο αυτό δημιουργήθηκε από τον E. Picciotto, (Université Libre de Bruxelles, Belgium), λιώνοντας επανακρυσταλλωμένο χιόνι (firn) από την Ανταρκτική. Οι δ-τιμές για τα D και <sup>18</sup>O του προτύπου VSMOW είναι εξ ορισμού 0‰ ενώ για το SLAP εξ ορισμού έχει τεθεί

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{SLAP}} = -55.5 \text{ ‰ και}$$

$$\delta\text{D}_{\text{SLAP}} = -(428.0 \pm 0.1) \text{ ‰ (Mook, 2000; Gat et al., 2001).}$$

Το εύρος της ισοτοπικής σύστασης του νερού που συναντάται στον υδρολογικό κύκλο είναι -450 ‰ < δD < +100 ‰ (VSMOW) και -50 ‰ < δ<sup>18</sup>O < +50 ‰ (VSMOW), ενώ οι τυπικές (μέγιστες) ακρίβειες μέτρησης σ(δD) = ±1.0 ‰ (±0.3 ‰) και σ(δ<sup>18</sup>O)=±0.1 ‰(±0.03 ‰) (Λυκούδης, Αργυρίου).

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να γίνονται συγκρίσεις μεταξύ των τιμών της παραμέτρου  $\delta$  δύο ουσιών. Η δύο πρώτες προτιμώνται λόγω της σαφήνειά τους και η τέταρτη καλό είναι να αποφεύγεται:

1. Υψηλές με χαμηλές τιμές
2. Περισσότερο/ λιγότερο θετικές με περισσότερο λιγότερο αρνητικές (για παράδειγμα -10‰ είναι περισσότερο θετικό από το -20‰)
3. Βαρύτερα με ελαφρύτερα ισότοπα ( τα βαρέα ισότοπα εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου  $\delta$ )
4. Εμπλουτισμένες με απεμπλουτισμένες ουσίες σε κάποιο ισότοπο για παράδειγμα δ18O σε σύγκριση με κάποιο άλλη ουσία ως αποτέλεσμα συγκεκριμένης αντίδρασης ή διαδικασίας.

### 8.3 Ισοτοπική κλασμάτωση

Ονομάζεται η μεταβολή της τιμής ενός ισοτοπικού λόγου (π.χ.  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) που συχνά συνδέεται με τις διαφορές στις φυσικές και χημικές ιδιότητες των ισοτόπων οι οποίες οφείλονται στη διαφορετική μάζα και λαμβάνει χώρα κατά τη μετάβαση μιας ένωσης από τη μια φάση στην άλλη, τη μετατροπή μιας ένωσης σε μια άλλη, την αλλαγή στην ισοτοπική σύσταση μεταξύ δύο ενώσεων που βρίσκονται σε φυσική ή χημική ισορροπία (Urey, 1947, Ματιάτος, 2010).

Για τα ελαφρά στοιχεία οι διαφορές μάζας μεταξύ των ισοτόπων τους είναι επαρκείς ώστε να επιτρέπουν σε μια σειρά από φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες να προκαλούν ισοτοπική κλασμάτωση, αλλαγή δηλαδή των σχετικών αναλογιών των διαφόρων ισοτόπων στα σώματα που εμπλέκονται (Λυκούδης, 2010).

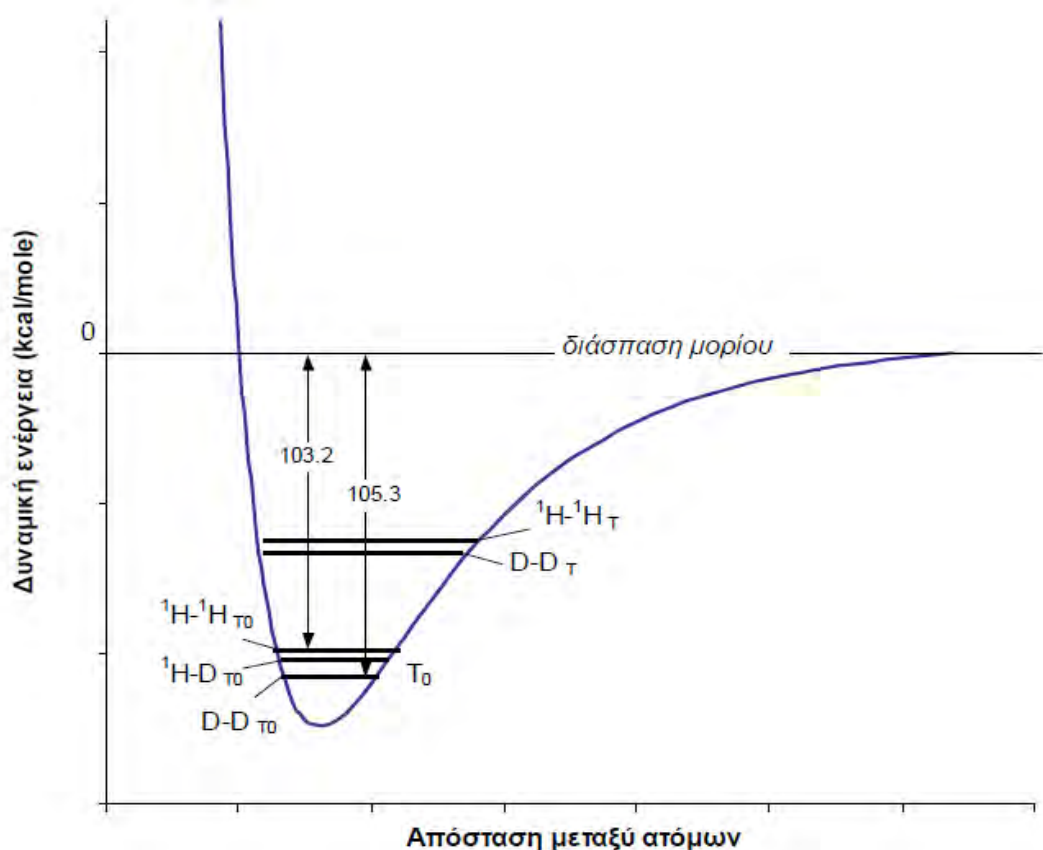
Αυτό οφείλεται στο ότι:

- ♦ η κινητική ενέργεια των μορίων εξαρτάται αποκλειστικά από τη θερμοκρασία,  $T$ , σύμφωνα με τη σχέση (Serway, 1990):

$$\frac{1}{2} m \bar{u}^2 = \frac{3}{2} kT$$

Όπου  $k=1.3806503 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2\text{kg s}^{-2}\text{K}^{-1}$ , η σταθερά Boltzmann. Συνεπώς στη ίδια θερμοκρασία μόρια με μεγαλύτερη μάζα θα έχουν μικρότερη ταχύτητα.

- ♦ Η ισχύς των χημικών δεσμών των διαφόρων ισοτοπικών είδη συνήθως ποικίλει. Μόρια που περιέχουν βαρέα ισότοπα είναι περισσότερο σταθερά διότι έχουν μεγαλύτερη ενέργεια διάσπασης. Έτσι η ισοτοπική κλασμάτωση μεταξύ μορίων μπορεί να εξηγηθεί από τις διαφορές στα σημεία μηδενικής ενέργειάς τους (ZPE) zero point energies. Για παράδειγμα υπάρχουν περίπου 2 kcal/mole διαφορά στο σημείο μηδενικής ενέργειας του δεσμού H-H με τον δεσμό του D-D όπως φαίνεται και στην ακόλουθη εικόνα. Γι' αυτό ο δεσμός H-H σπάει πιο εύκολα από τον δεσμό D-D, ο οποίος είναι πιο σταθερός.



**Εικόνα 8.1** Διαφορά στο σημείο μηδενικής ενέργειας του δεσμού H-H με τον δεσμό του D-D

Το κλάσμα των ισοτοπικών λόγων δύο συστατικών καλείται παράγοντας ισοτοπικής κλασμάτωσης, δηλαδή  $\alpha_{B/A} = R_B/R_A$ . Εάν η τιμή του ισούται με τη μονάδα δεν υπάρχει ισοτοπική κλασμάτωση. Όταν λαμβάνει θετική τιμή τότε το A είναι φτωχότερο σε βαριά ισότοπα και αντιστρόφως.

Ο παράγοντας ισοτοπικής κλασμάτωσης πλησιάζει τη μονάδα και αντί αυτού χρησιμοποιείται η παράμετρος  $\epsilon$  (εμπλουτισμού)

$$\epsilon_{B/A} = \alpha_{B/A} - 1 = R_B/R_A - 1 \quad (* 10^3\text{‰})$$

Αρνητική τιμή τη παραμέτρου εμπλουτισμού υποδηλώνει ότι το A εμπλουτίζεται στο βαρύτερο ισότοπο. Η παράμετρος εμπλουτισμού μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες δεν έχουμε ισοτοπική κλασμάτωση (Ματιάτος, 2010).

Επειδή οι τιμές της παραμέτρου εμπλουτισμού είναι μικρές στις φυσικές διεργασίες, ισχύει η ακόλουθη προσέγγιση (Kendall & Calwel, 1998):

$$\epsilon_{Y/X} \approx \delta_Y - \delta_X \approx \ln \alpha_{Y/X}$$

Ενώ για την κλασμάτωση του Y ως προς το X θα είναι (Mook, 2000):

$$\epsilon_{X/Y} = \frac{\epsilon_{Y/X}}{1 + \epsilon_{Y/X}} \approx -\epsilon_{Y/X}$$

### 8.3.1 Είδη ισοτοπικής κλασμάτωσης

Η **θερμοδυναμική κλασμάτωση ή κλασμάτωση ισορροπίας** αφορά στην ανακατανομή των ισοτόπων ενός στοιχείου ανάμεσα στις ενώσεις που λαμβάνουν μέρος σε μια αμφίδρομη αντίδραση, που βρίσκεται σε φυσική ή χημική ισορροπία (Kendall, Caldwell 1998). Κατά την εξέλιξη των αμφίδρομων αντιδράσεων το βαρύτερο ισότοπο συγκεντρώνεται προοδευτικά στην ένωση με το μεγαλύτερο μοριακό βάρος (Mook 2005).

Σύμφωνα με τους Kendall και Caldwell σε αντιδράσεις αλλαγής φάσης ο λόγος του βαρύτερου προς το ελαφρύτερο ισότοπο μεταβάλλεται και στις δύο φάσεις. Αυτό δεν συνεπάγεται ότι οι ισοτοπική σύνθεση των δύο συστατικών στην κλασμάτωση ισορροπίας είναι όμοια, αλλά ότι οι ισοτοπικοί λόγοι είναι σταθεροί σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, καθώς οι υδρατμοί συμπυκνώνονται στα νέφη, τα μόρια με τα βαρύτερα ισότοπα ( $^{18}\text{O}$  και  $^2\text{H}$ ) συμπυκνώνονται πρώτα με αποτέλεσμα η υγρή φάση να εμπλουτίζεται σε αυτά, ενώ η αέρια να εμφανίζεται εμπλουτισμένη σε ελαφρύτερα ισότοπα ( $^{16}\text{O}$  και  $^1\text{H}$ )

Όμως σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες οι διαφορές στην ισοτοπική σύσταση δεν εμφανίζονται τόσο έντονα, λόγω του ότι η στάθμη μηδενικής ενέργειας μεταξύ των ενώσεων ελαττώνεται. Εκτός από τη θερμοκρασία, που αποτελεί και τον σημαντικότερο παράγοντα, η κλασμάτωση επηρεάζεται από την χημική σύνθεση και την κρυσταλλική δομή των ουσιών που συμμετέχουν, καθώς και από την πίεση.

Μια χρήσιμη σχέση που συνδέει την παράμετρο  $\delta$  με τον συντελεστή κλασμάτωσης είναι η ακόλουθη (Kendall, Caldwell 1998).

$$\alpha_{A-B} = (1000 + \delta_A) / (1000 + \delta_B)$$

για μικρές τιμές του παράγοντα εμπλουτισμού

$$\epsilon_{A/B} \approx \delta_A - \delta_B.$$

Η **κινητική κλασμάτωση** προκύπτει είτε από αμφίδρομες, είτε από μη αντιστρεπτές φυσικές ή χημικές διεργασίες (Λυκούδης, 2010). Σε συστήματα εκτός χημικής και ισοτοπικής ισορροπίας τα δύο σκέλη μιας αμφίδρομης διεργασίας έχουν διαφορετικούς ρυθμούς, με αποτέλεσμα οι ισοτοπικές διεργασίες να είναι ουσιαστικά μονόδρομες (Kendall & Caldwell 1998; Λυκούδης, 2010). Το μέγεθος της κινητικής κλασμάτωσης εξαρτάται από την πορεία της διεργασίας, την ταχύτητα της και τις σχετικές ενέργειες των δεσμών που δημιουργούνται ή διασπώνται (Λυκούδης, 2010). Ο συντελεστής ισοτοπικής κλασμάτωσης,  $\alpha$ , και ο παράγοντας εμπλουτισμού  $\epsilon$ , ορίζονται για την κινητική όπως και για κλασμάτωση ισορροπίας με μόνη διαφορά ότι ο δείκτης αντικατοπτρίζει την μονοσήμαντη πορεία της διεργασίας (Λυκούδης, 2010). Κατά κανόνα, τα προϊόντα μιας κινητικής κλασμάτωσης θα είναι απεμπλουτισμένα ως προς τα βαρύτερα ισότοπα, τα οποία έχουν την τάση να παραμένουν στα αρχικά σώματα ή φάσεις. (Kendall, Caldwell, 1998).

Υποπερίπτωση της κινητικής κλασμάτωσης αποτελεί η **κλασμάτωση μεταφοράς**. Προκύπτει όταν εξαιτίας της διαφορετικής κινητικότητας των ισοτοπικών μορίων διαφύγει υλικό από το σύστημα, είτε λόγω εκροής, είτε λόγω διάχυσης. Η κλασμάτωση μεταφοράς

βασίζεται στην κινητική των αερίων, οπότε η επίδραση της θερμοκρασίας είναι ανάλογη  $\sqrt{T}$  όπως προκύπτει από τη σχέση (Serway, 1990):

$$\frac{1}{2} m \bar{u}^2 = \frac{3}{2} kT$$

Στην περίπτωση διάχυσης αερίου ο συντελεστής κλασμάτωσης μεταφοράς  $\alpha$  δίνεται από τον λόγο των συντελεστών διάχυσης  $D_m$  (Mook 2000):

$$\alpha = \frac{D_m}{D_m} = \sqrt{\frac{\mu}{A\mu}} = \sqrt{\frac{m+M}{m \cdot M} + \frac{A_m \cdot M}{A_{m+M}}}$$

Όπου  $\mu$  η ανηγμένη μάζα του συστήματος των δύο αερίων,  $A_m$  η μάζα των μορίων με το σπάνιο ισότοπο  $A$ ,  $m$  η μάζα του κοινού μορίου και  $M$  η μάζα του αερίου εντός του οποίου γίνεται η διάχυση.

Στην κλασμάτωση μεταφοράς, επομένως, μεγαλύτερη σημασία έχει ο λόγος μάζας μεταξύ των ομόλογων ισοτοπικών μορίων από ότι ο λόγος των ατομικών μαζών. Η αντικατάσταση του απλού υδρογόνου από το δευτέριο έχει παρόμοια επίπτωση με την αντικατάσταση του απλού οξυγόνου από το  $^{18}\text{O}$  σε διεργασίες κλασμάτωσης μεταφοράς, ενώ σε κινητικές διεργασίες οι επιπτώσεις διαφέρουν κατά μια τάξη μεγέθους, με μεγαλύτερη αυτής της αντικατάστασης του υδρογόνου (Λυκούδης, 2010).

## 8.4 Το μοντέλο Rayleigh

Η ισοτοπική βιβλιογραφία βρίθκει από πλήθος διαφορετικών προσεγγίσεων των εξισώσεων του Rayleigh, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που αναφέρονται παρακάτω. Αυτές οι εξισώσεις αποτελούν μια προσεγγιστική σχέση που περιγράφει τη μεταβολή της ισοτοπικής σύστασης μεταξύ δύο αποθηκευτικών χώρων καθώς ο ένας μικραίνει σε μέγεθος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν μια διαδικασία ισοτοπικής κλασμάτωσης εάν αφαιρείται συνεχώς υλικό από ένα ανάμεικτο σύστημα που περιέχει μόρια από δύο ή περισσότερα ισοτοπικά είδη, ισοτοπική κλασμάτωση που προκύπτει λόγω της αφαίρεση υλικού περιγράφεται κάθε στιγμή από ένα συντελεστή ισοτοπικής κλασμάτωσης,  $\alpha$ . Ο συντελεστής  $\alpha$  παραμένει σταθερός καθ' όλη τη διεργασία.

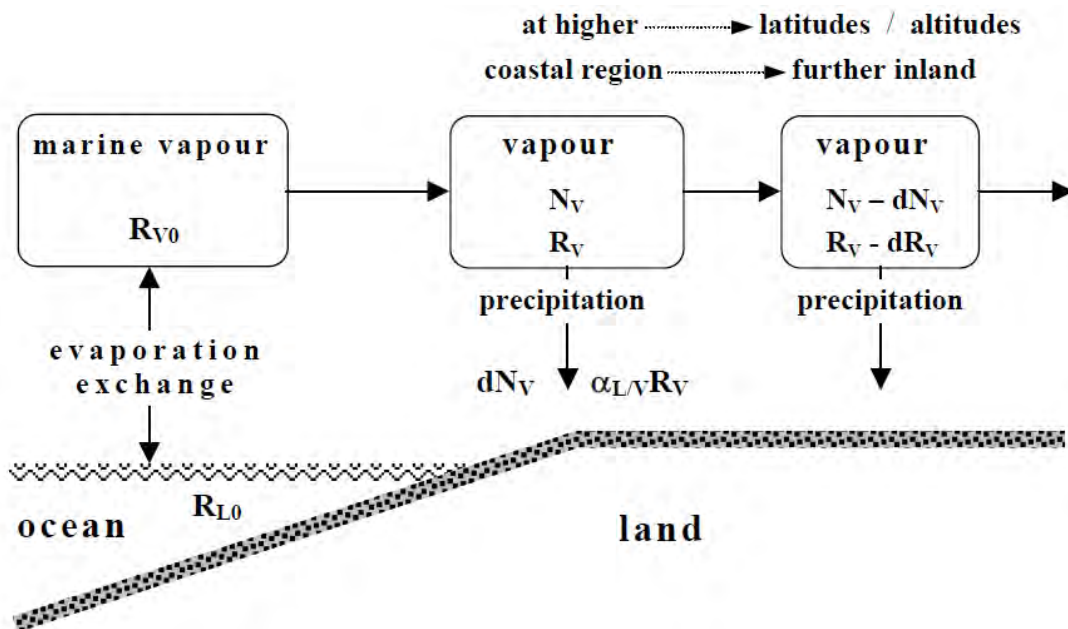
$$dR/R = (\alpha - 1) dN/N,$$

Όπου αν οι αρχικές συνθήκες είναι  $R=R_0$  και  $N=N_0$  τότε η παραπάνω σχέση γράφεται ως εξής:

$$\frac{R}{R_0} = \left(\frac{N}{N_0}\right)^{\alpha-1} \text{ ή } R = R_0 f^{\alpha-1},$$

όπου  $R_0$  ο αρχικός ισοτοπικός λόγος,  $R$  ο ισοτοπικός λόγος σε μια κλασμάτωση,  $f$  το εναπομείναν κλάσμα στον αποθηκευτικό χώρο,  $N_0$  ο αρχικός αριθμός των πυρήνων και  $\alpha$  ο παράγοντας κλασμάτωσης.

Οι εξισώσεις του Rayleigh πιο δόκιμα ανταποκρίνονται σε ανοιχτά χημικά συστήματα όπου τα ισοτοπικά είδη αφαιρούνται συνεχώς χωρίς να επηρεάζεται η θερμοδυναμική και ισοτοπική ισορροπία. Παρόλα αυτά οι εξισώσεις αυτές εφαρμόζονται και σε κλειστά συστήματα και σε συστήματα με κινητική κλασμάτωση.



**Εικόνα 8.2** παρουσιάζει ένα απλοποιημένο (μη-ανακυκλούμενο) μοντέλο Rayleigh που εφαρμόζεται στην διαδικασία της εξάτμισης του νερού των ωκεανών και την πτώση του στην ενδοχώρα με τη μορφή κατακρήμνισης. Οι υδρατμοί που υφίστανται διαδοχικές συμπυκνώσεις χάνουν γρηγορότερα σε με την μορφή κατακρήμνισης  $H_2^{18}O$  από ότι  $H_2^{16}O$  με αποτέλεσμα το «υπόλοιπο» των υδρατμών που συνεχίζει να ταξιδεύει με τις αέριες μάζες για μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη να απεμπλουτίζεται σε D και σε  $^{18}O$ .

### 8.5 Μετεωρική ευθεία

Το 1961 ο Craig ανακαλύπτει ότι υπάρχει σχέση μεταξύ των  $\delta^{18}O$  και  $\delta^2H$ , δηλαδή ότι όλα τα δείγματα στο διάγραμμα  $\delta^{18}O$  και  $\delta^2H$ , βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία (Craig's Global Meteoric Water Line). Η ευθεία αυτή δίνεται από της σχέση:

$$\delta^2H = 8\delta^{18}O + 10 \text{‰ SMOW}$$

αποτελεί μια μέση ευθεία που προέκυψε από πολλές τοπικές μετεωρικές ευθείες οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους εξαιτίας των διαφορετικών κλιματικών και γεωγραφικών παραμέτρων που επικρατούν ανά τόπο. Όλες οι ευθείες βασίζονται στη γενική μετεωρική εξίσωση:

$$\delta^2H = 8\delta^{18}O + d$$

Σε περιπτώσεις πρόσφατου βρόχινου νερού, καθώς και επιφανειακών νερών, που δεν έχουν υποστεί δευτερογενή εξάτμιση, της οποίας ο ρυθμός να είναι σημαντικός σε σχέση με το ρυθμό προσαγωγής νέου φρέσκου νερού, η κλίση της αντίστοιχης ευθείας παίρνει τιμές μεταξύ 6 και 8. Τιμές κλίσεως μεταξύ 4 και 6 αποδίδονται (Craig, 1961, Craig et al., 1963 και Ehhalt et al., 1963) σε νερά που έχουν υποστεί εξάτμιση, της οποίας ο ρυθμός είναι σημαντικός, σε σχέση με το ρυθμό προσαγωγής νέου φρέσκου νερού. Μοριακή διάχυση των ατμών του νερού, μέσω του στάσιμου αέρα στους πόρους του

εδάφους, προκαλεί κινητική κλασμάτωση, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε κλίσεις ακόμα μικρότερες (Fontes and Zupri, 1976).

## 8.6 Πλεόνασμα δευτερίου

Ο διαφορετικός ρυθμός επιρροής της κλασμάτωσης στις τιμές του  $\delta^{18}\text{O}$  και του  $\delta^2\text{H}$  κατά τις διεργασίες απομάκρυνσης του υετού από μια αέρια μάζα, οδήγησε τον Dansgaard (1964) να ορίσει την παράμετρο d- excess (πλεονάσμα δευτερίου). Υπολογίζεται ως εξής

$$d = \delta\text{D} - 8 \cdot \delta^{18}\text{O}.$$

Η τιμή του εξαρτάται από τις μετεωρολογικές συνθήκες (υγρασία, θερμοκρασία, καθεστώς ανέμου) της περιοχής προέλευσης (Merlivat and Jouzel, 1979). Το πλεόνασμα δευτερίου αντιπροσωπεύει τις αρχικές συνθήκες εξάτμισης των υδρατμών και καταδεικνύει ότι αυτή αποτελεί μια διεργασία κλασμάτωσης εκτός ισορροπίας. Αυτό εξηγείται από το ότι ο υπερκείμενος αέρας είναι ακόρεστος σε υδρατμούς και η συνολική ταχύτητα της διεργασίας καθορίζεται από τη φάση διάχυσης των υδρατμών από την επιφάνεια του νερού προς την ατμόσφαιρα (Λυκούδης, 2010). Εάν υπάρχει προσθήκη υδρατμών κατά την πορεία της αέριας μάζας, ιδιαίτερα από εξάτμιση υδάτων ή από διαπνοή πάνω από την ξηρά, τότε αναμένεται αύξηση της τιμής του (Gat and Matsui, 1991; Λυκούδης, 2010).

Αποκλίσεις από την τιμή του 10 έχουν παρατηρηθεί στην ανατολική Μεσόγειο. Η μετεωρική ευθεία για την ανατολική Μεσόγειο, υπολογίστηκε:  $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 22\text{‰}$  (IAEA 2001). Οι τιμές του πλεονάσματος του δευτερίου του υετού στην Ελλάδα κατά πλειοψηφία βρίσκονται στη ζώνη (+13,7‰, 22‰), όμως αρκετές τιμές κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες βρίσκονται πιο χαμηλά, χαμηλότερα και από την παγκόσμια μέση τιμή ( $d=10\text{‰}$ ), ενώ υπάρχουν και ακραίες τιμές με αρνητικό πλεόνασμα δευτερίου. Στην Ελλάδα συχνά οι χαμηλές τιμές δευτερίου συνδέονται με χαρακτηριστικές περιπτώσεις έντονης εξάτμισης των υδροσταγόνων μετά την έξοδό τους από το νέφος, σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας αέρα και χαμηλής σχετικής υγρασίας και μικρή ποσότητα υετού που δεν επαρκεί για να επέλθει κορεσμός του περιβάλλοντα αέρα (Fröhlich et al., 2002).

## 8.7 Οι βασικοί παράγοντες που ελέγχουν την κατανομή των ισοτοπικών λόγων $\delta^{18}\text{O}$ και $\delta^2\text{H}$ των σταθερών ισοτόπων του νερού

### Θερμοκρασία (temperature effect)

Ο Dansgaard (1964) κατόπιν ενδεδειγμένης έρευνας στο εργαστήριο και στο πεδίο διαπίστωσε ότι η θερμοκρασία αποτελεί την κύρια παράμετρο που καθορίζει τις ισοτοπικές τιμές που λαμβάνει η κατακρήμνιση. Η ισοτοπική σύσταση της κατακρήμνισης εξαρτάται από τη θερμοκρασία εξάτμισης του νερού των ωκεανών καθώς και από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης των υδρατμών στα νέφη. Αυτό διατυπώνεται στην ακόλουθη εμπειρική εξίσωση.



$$\delta^{18}\text{O} = 0,7T_{\alpha} - 13\text{‰} \quad \text{ή} \quad 0,7/^{\circ}\text{C}$$

$$\delta\text{D} = 5,6 T_{\alpha} - 1000\text{‰} \quad \text{ή} \quad 5,6/^{\circ}\text{C}$$

Από μια μελέτη στην περιοχή Heidelberg της Γερμανίας βρέθηκε η ακόλουθη εμπειρική σχέση (Schoch- Fischer et al., 1983):

$$\delta\text{D} = (3.1 \pm 0.2)T_{\alpha} - (172 \pm 3)\text{‰}, \quad \text{ή} \quad 2.8 \pm 0.2)\text{‰}/^{\circ}\text{C}$$

Όπου  $T_{\alpha}$  είναι η τοπική μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα. Έτσι η μετεωρική ευθεία προκύπτει από τον συνδυασμό των  $\delta^2\text{H}$   $\delta^{18}\text{O}$  που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Η επίδραση της θερμοκρασίας φαίνεται ευκρινώς στις εποχιακές διακυμάνσεις σε περιοχές με βροχοπτώσεις κατά τις κρύες και θερμές περιόδους. Στην επίδραση αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό η ισοτοπική σύσταση των υπόγειων νερών.

### υψόμετρο (altitude effect)

Καθώς τα σύννεφα «ανεβαίνουν» τα βουνά απεμπλουτίζονται σε βαρέα ισότοπα και η εναπομείνασα κατακρήμνιση συνεπώς εμπλουτίζεται σε ελαφρύτερα ισότοπα. Το φαινόμενο αυτό δεν επικαλύπτεται από την επιρροή του φαινομένου της θερμοκρασίας. Δύναται να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση του υψομέτρου τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων.

Σύμφωνα με εργασία που δημοσίευσαν οι Payne & Yurtsever (1974) για τον προσδιορισμό της επίδρασης του υψομέτρου εργάστηκαν σε τρία στάδια:

- Υπολόγισαν τη σχέση υψομέτρου με το  $\delta^{18}\text{O}$  από τις σταθμισμένες μέσες τιμές των δειγμάτων της κατακρήμνισης.
- Υπολόγισαν τη σχέση υψομέτρου με το  $\delta^{18}\text{O}$  αξιοποιώντας τα υπόγεια νερά με γνωστό υψόμετρο τροφοδοσίας
- Μέτρησαν την τιμή του  $\delta^{18}\text{O}$  των νερών στις πεδινές περιοχές για να καθορίσουν τη διακύμανση της τοπικής επαναφόρτισης τους από τα βουνά

Σημαντικές πληροφορίες στην προαναφερθείσα έρευνα έδωσε και το τρίτιο. Διαπιστώθηκε ότι η τιμή του είναι υψηλότερη σε πηγάδια που τροφοδοτούνται σε μεγαλύτερο βαθμό από την πεδιάδα καταδεικνύοντας έτσι νερά με μικρότερο χρόνο παραμονής στο υπέδαφος, συγκρινόμενη με τις χαμηλές τιμές τρίτιου σε πηγάδια τα οποία τροφοδοτούνται κυρίως από τα βουνά.

Η επίδραση του υψομέτρου εφαρμόζεται σε όλο και περισσότερες μελέτες για τον προσδιορισμό του υψομέτρου τροφοδοσίας πηγών και πηγαδιών.

Η επίδραση του υψομέτρου είναι ομοιόμορφη αλλά όχι ίδια παντού. Έτσι αύξηση του υψομέτρου κατά 100m, προκαλεί ελάττωση της τιμής του  $\delta^{18}\text{O}$  του υπόγειου νερού που τροφοδοτείται από την αντίστοιχη περιοχή για παράδειγμα (Λεοντιάδης κ.α 2006):

- $0,178 \pm 0,008\text{‰}$ , στο νότιο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου
- $0,21 \pm 0,01\text{‰}$  στη δυτική Στερεά και σε ολόκληρο το υδατικό διαμέρισμα της Θράκης
- $0,26 \pm 0,02\text{‰}$  στην Αττική
- $0,29 \pm 0,01\text{‰}$  στην ανατολική Πελοπόννησο.

### Η βροχή (amount effect)

Η εξάρτηση της ισοτοπικής σύστασης από την ποσότητα της βροχής έντονα περιστατικά βροχόπτωσης αλλά και μεγαλύτερη ποσότητα βροχόπτωσης σε μηνιαίο επίπεδο συνάδει αναλογικά σε απεμπλουτισμό της κατακρήμνισης σε  $^2\text{H}$  και σε  $^{18}\text{O}$ . Ο Dansgaard, 1964 ερμηνεύει το φαινόμενο αυτό με δύο τρόπους.

- Χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος προκαλούν σχηματισμό νεφών περισσότερο εμπλουτισμένων σε ελαφρύτερα ισότοπα, καθώς και δυνατότερα περιστατικά βροχόπτωσης.
- Οι σταγόνες της βροχής που κατακρημνίζονται υφίστανται εξάτμιση, η διαδικασία αυτή έχει σαν συνέπεια η βροχή που πέφτει στο έδαφος να είναι περισσότερο εμπλουτισμένη σε βαρέα ισότοπα. Το φαινόμενο είναι λιγότερο δριμύ όταν συμβαίνει ταυτόχρονα έντονη κατακρήμνιση και χαμηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες (μιας και στην περίπτωση αυτή οι υδρατμοί είναι περισσότερο κορεσμένοι).

Το ποσοστό της μηνιαίας βροχόπτωσης ποικίλει στις περισσότερες περιπτώσεις κατά τη διάρκεια του έτους, προκαλώντας εποχιακή διακύμανση στις τιμές των ισotόπων.

### **Η ηπειρωτική επίδραση/γεωγραφικό πλάτος (continental effect)**

Παρατηρήθηκε ότι η μέση ισοτοπική σύσταση της κατακρήμνισης τείνει να είναι περισσότερο απεμπλουτισμένη σε βαρέα ισότοπα όσο απομακρυνόμαστε από την ακτή. Το φαινόμενο αυτό αποτυπώνεται ευκρινώς στα υπόγεια νερά της Ευρώπης και εξηγείται μέσο του ιστορικού των αέριων μαζών από τις οποίες προέρχεται η κατακρήμνιση. Καθώς κινούνται προς την ενδοχώρα τμήμα των υδρατμών της ατμόσφαιρας συμπυκνώνεται (αντίστροφη διαδικασία από την εξάτμιση συνοδεύεται από εμπλουτισμό σε βαρέα ισότοπα) και κατακρημνίζεται. Συνεπώς οι εναπομείναντες υδρατμοί στις αέριες μάζες σταδιακά εμπλουτίζονται σε ελαφριά ισότοπα. Το φαινόμενο της ηπειρωτικής επίδρασης συχνά επικαλύπτεται από την επιρροή της θερμοκρασία και την επιρροή του υψομέτρου.

## **8.8 Επεξεργασία δεδομένων βροχόπτωσης**

### **8.8.1 γενικά**

Ο όρος ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα χρησιμοποιείται για να περιγράψει μαζικά τις μετρήσιμες ποσότητες νερού που φτάνουν στην επιφάνεια της γης ως συνέπεια της υγροποίησης ατμοσφαιρικών υδρατμών (Κουτσογιάννης, Ξανθόπουλος 1999). Από τα διάφορα είδη των κατακρημνισμάτων (βροχόπτωση, χιόνι, χαλάζι κ.α.) αυτό που εξετάζουμε κυρίως είναι οι βροχοπτώσεις διότι υπερέχουν ποσοτικά. Πολλοί παράγοντες επιδρούν στα χαρακτηριστικά των κατακρημνισμάτων. Σε επίπεδο επεισοδίου βροχής κυρίως συνδέονται με το χαοτικό χαρακτήρα των ατμοσφαιρικών συστημάτων. Σε ετήσια βάση όμως καθοριστική επίδραση έχουν η ορογραφία και η απόσταση από τη θάλασσα, όπως άλλωστε αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο 8.7.

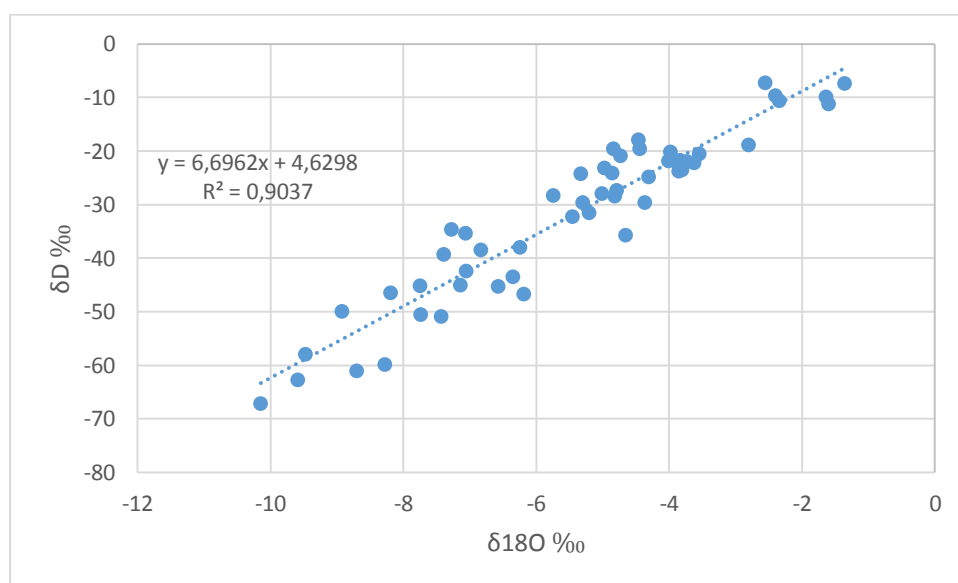
Η αξιοποίηση των τιμών του  $^2\text{H}$  και του  $^{18}\text{O}$  σε υδρολογικές, μετεωρολογικές και κλιματολογικές μελέτες διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο (IAEA, 1981; Rozanski et al., 1993; Bar-Matthews et al., 1999; Athanassios A. Argiriou, Spyros Lykoudis 2005). Οι αλλαγές στην ισοτοπική σύσταση του νερού κατά τη διάρκεια του υδρολογικού κύκλου παρέχουν μια «αναγνωρίσιμη υπογραφή» (ισοτοπικό αποτύπωμα) που σχετίζει το νερό με τις διαφορετικές φάσεις του υδρολογικού κύκλου. Η ισοτοπική κλασμάτωση που συμβαίνει κατά την εξάτμιση του νερού από τους ωκεανούς και εν γένη τα υδατικά σώματα (π.χ. λίμνες) αλλά και από την αντίστροφη διεργασία, δηλαδή το σχηματισμό της βροχής

διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό την ισοτοπική σύσταση του νερού. Συνεπώς το μετεωρικό νερό εμφανίζεται απεπλουτισμένο στα βαρέα ισότοπα του υδρογόνου και του οξυγόνου, ενώ το νερό που προέρχεται από δευτερογενή εξάτμιση (εξάτμισοδιαπνοή των φυτών, εξάτμιση από λίμνες κ.α.) εμφανίζεται ελαφρώς εμπλουτισμένο Η κίνηση του νερού στον υδροφόρο όταν συμβαίνει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν επηρεάζει την ισοτοπική του σύσταση. Σε αυξημένες όπως θερμοκρασίες δύναται να αλλάξει λόγω απομάκρυνσης ατμών μέσω της επιφάνειας του εδάφους (Λυκούδης 2010).

## 8.8.2 Τοπική Μετεωρική Ευθεία Κεφαλονιάς

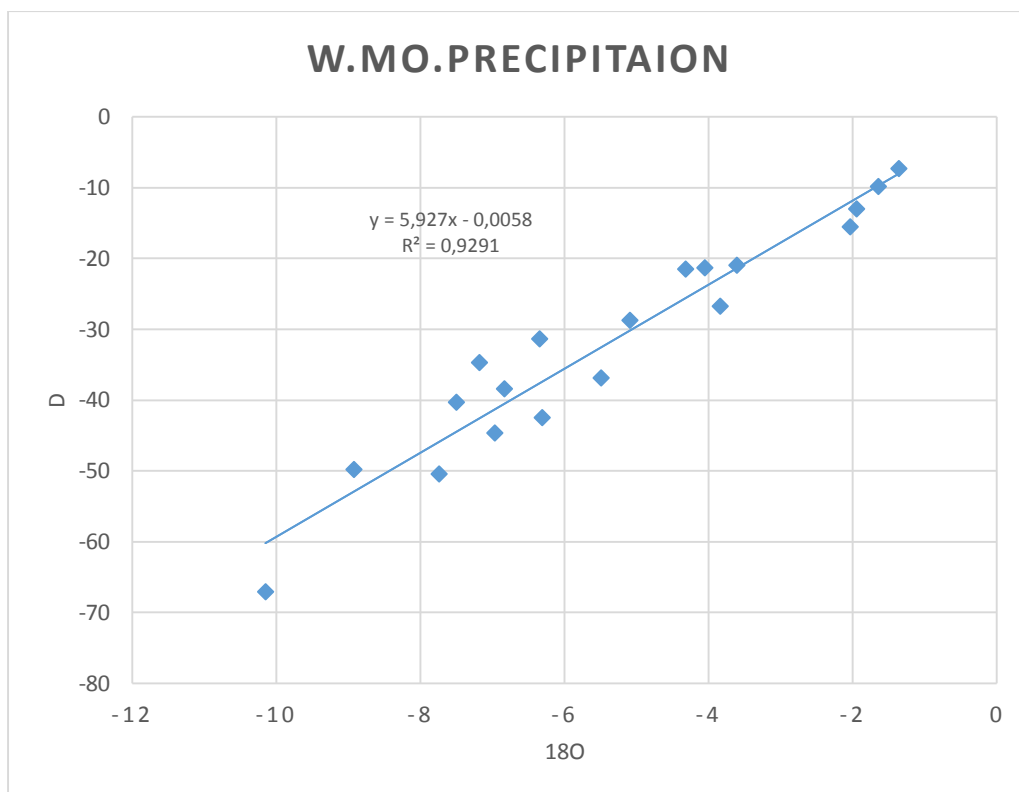
Έναν από τους σημαντικότερους σκοπούς της παρούσας εργασίας αποτέλεσε ο προσδιορισμός της τοπικής μετεωρικής ευθείας της Κεφαλονιάς. Στόχος με βαρύνουσα σημασία, καθώς δεν υπάρχουν αντίστοιχες προγενέστερες μετρήσεις και μελέτες στην περιοχή. Για την επίτευξη του συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν ισοτοπικά τα δεδομένα από τους πέντε αυτοσχέδιους βροχομετρικούς σταθμούς που «συστάθηκαν» στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν θεωρούνται αξιόλογα. Όλοι οι σταθμοί όμως δεν χαρακτηρίζονται από τον ίδιο βαθμό αξιοπιστίας. Αναμφίβολα η σωστή συλλογή (αεροστεγής) και φύλαξη των δειγμάτων (ψυγείο) από κάθε ξεχωριστό επεισόδιο κατακρημνίσεων ήταν απαραίτητη.

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των κατακρημνίσεων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Προέκυψε λοιπόν η τοπική μετεωρική ευθεία ως εξής :  $y = (6.6962 * x) + 4.6298$ , με συντελεστή συσχέτισης  $R^2 = 0,9037$ . Η πολύ καλή συσχέτιση αποτέλεσε σημαντική ένδειξη ότι τα δεδομένα μπορούν να εξεταστούν από κοινού. Τα ισοτοπικά δεδομένα των κατακρημνίσεων καθώς και η εξαχθείσα μετεωρική ευθεία παρουσιάζονται στην εικόνα 8.3.



**Εικόνα 8.3** διάγραμμα συσχέτισης ισοτοπικών δεδομένων κατακρημνίσεων

Σε μια προσπάθεια βελτίωσης των παραπάνω δεδομένων και συμπερασμάτων έγινε χρήση των σταθμισμένων μέσω μηνιαίων τιμών των κατακρημνίσεων. Η τιμές αυτές υπολογίζονται από τον τύπο  $\delta(D or^{18}O) = \sum P_i \delta_i / \sum P_i$  (Madhav V. Machavaram and R.V. Krishnamurthy, 1951).



**Εικόνα 8.4** διάγραμμα συσχέτισης των σταθμισμένων μέσω μηνιαίων τιμών των ισοτοπικών δεδομένων των κατακρημνίσεων

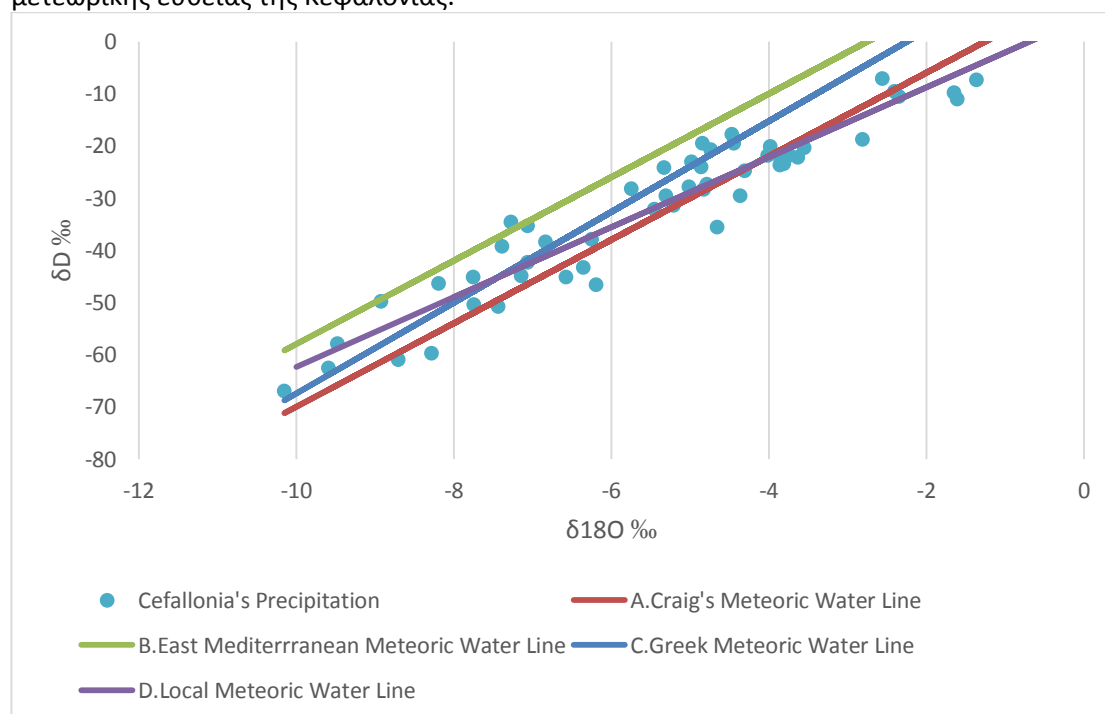
Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα πράγματι, κάνοντας χρήση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης αλλά και των σταθμισμένων μέσω μηνιαίων τιμών των βροχομετρικών σταθμών, επιτεύχθηκε καλύτερη συσχέτιση των δειγμάτων. Με αυτή τη μέθοδο η τοπική μετεωρική ευθεία της περιοχής μελέτης αποδίδεται από τη σχέση  $y = (5,927 * x) - 0,0058$  και έχει συντελεστή συσχέτισης  $R^2 = 0,9291$ .

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων με την παγκόσμια μετεωρική ευθεία του Craig, με την μετεωρική ευθεία του IAEA (International Atomic Energy Agency-Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας) για την Ανατολική μεσόγειο  $\delta^2H = 8\delta^{18}O + 22\text{‰}$ , καθώς και με την μετεωρική ευθεία για την Ελλάδα  $\delta^2H = 8,7\delta^{18}O + 19,5\text{‰}$  (Dotsika et al., 2009).

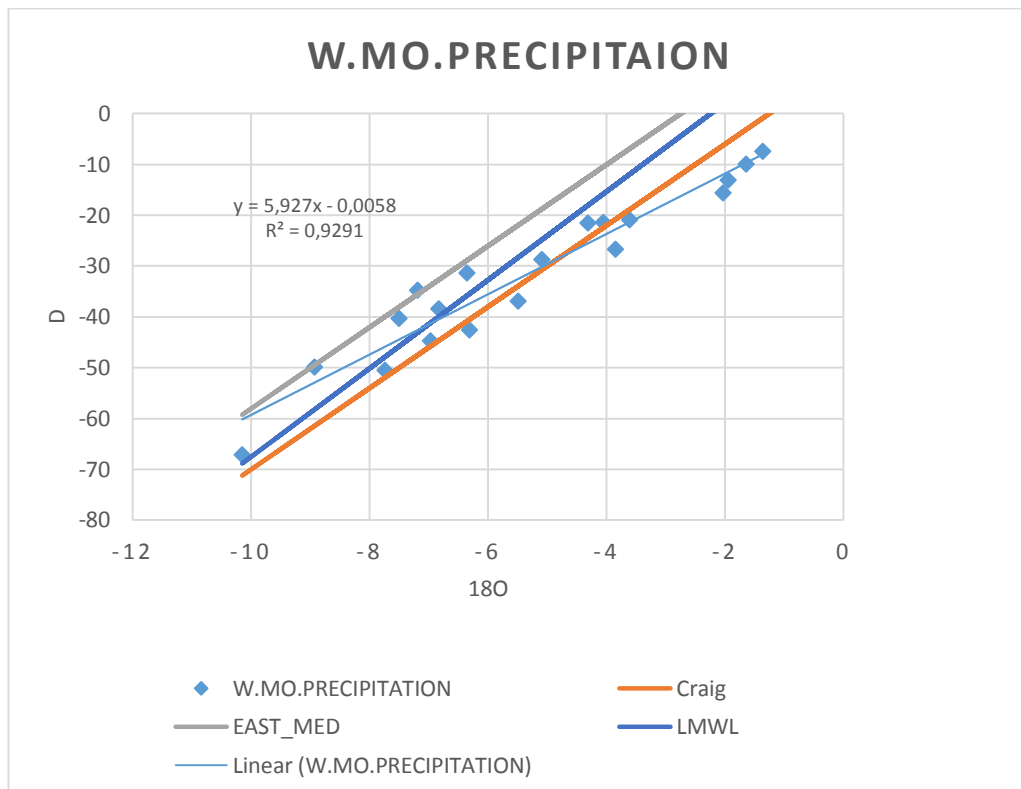
Καταρχήν συγκρίνοντας την μετεωρική ευθεία της Ελλάδας με αυτή του Craig παρατηρείται ότι δεν διαφέρει στατιστικά ως προς την κλίση, αλλά διαφοροποιείται σημαντικά στον σταθερό της όρο. Σύμφωνα με τους Λυκούδη και Αργυρίου (2010)

καταλυτικό παράγοντα σε αυτό διαδραματίζουν η γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας, η εποχικότητα και ο συνδυασμός ηπειρωτικότητας και ορογραφίας που επιδρούν στην διαμόρφωση της ισοτοπικής σύστασης του νετού σε τοπικό επίπεδο. Ταυτόχρονα όμως διαφαίνεται ότι στην Ελλάδα η εξάτμιση του νετού κάτω από το νέφος επιδρά σημαντικά στην διαμόρφωση της ισοτοπικής του σύστασης. Παράλληλα η ευθεία της Ανατολικής Μεσογείου προσομοιάζει ιδιαίτερα σε αυτήν της Ελλάδας, γεγονός που καταδεικνύει ότι οι παράγοντες που επιδρούν στην Ελλάδα δεν έχουν τοπικό χαρακτήρα, αλλά είναι παραπλήσιοι σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο.

Η τοπική μετεωρική ευθεία της Κεφαλονιάς εμφανίζει κλίση που διαφοροποιείται αρκετά με τις τρεις προαναφερθείσες. Σύμφωνα με τον Gonfiantini (1986) κλίση μετεωρικής ευθείας μεταξύ 6‰- 7‰ αντιστοιχεί σε εξάτμιση σε συνθήκες σχετικής υγρασίας 90%-95%. Άλλωστε σε ξηρά και θερμά κλίματα η εξάτμιση κάτω από τα νέφη επηρεάζει τις κατακρημνίσεις αλλάζοντας την ισοτοπική τους σύσταση (Σαλαμαλίκης 2016). Οι τιμές του πλεονάσματος δευτερίου στην Ελλάδα αλλά και την Ανατολική Μεσόγειο εμφανίζονται ιδιαίτερες αυξημένες σε σχέση με αυτές τις περιοχές μελέτης. Οι διαφοροποιήσεις στις μετρήσεις της παρούσας εργασίας στο ποσοστό δευτερίου πιθανώς συνιστούν ένδειξη διαφορετικών πηγών προέλευσης των υδρατμών. Για παράδειγμα στην περιοχή του Αιγαίου έχει υπολογιστεί τιμή του D περίπου 4‰ -6 ‰ (IAEA 2001), τιμές οι οποίες αιτιολογούνται από προέλευση υδρατμών όχι μόνο από την Μεσόγειο, αλλά και από την περιοχή του Ισραήλ. Η διαφοροποίηση όμως στο πλεόνασμα δευτερίου πιθανώς να υποδηλώνει και σφάλμα κατά τη συλλογή των κατακρημνίσεων. Δείγματα τα οποία αφέθηκαν εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες και δεν συλλέχθηκαν αμέσως μετά το τέλος του επεισοδίου βροχόπτωσης έχουν αλλοιωθεί ισοτοπικά και δεν δίνουν τις σωστές πληροφορίες ούτε για την κλίση, αλλά ούτε και για το πλεόνασμα δευτερίου της μετεωρικής ευθείας της Κεφαλονιάς.



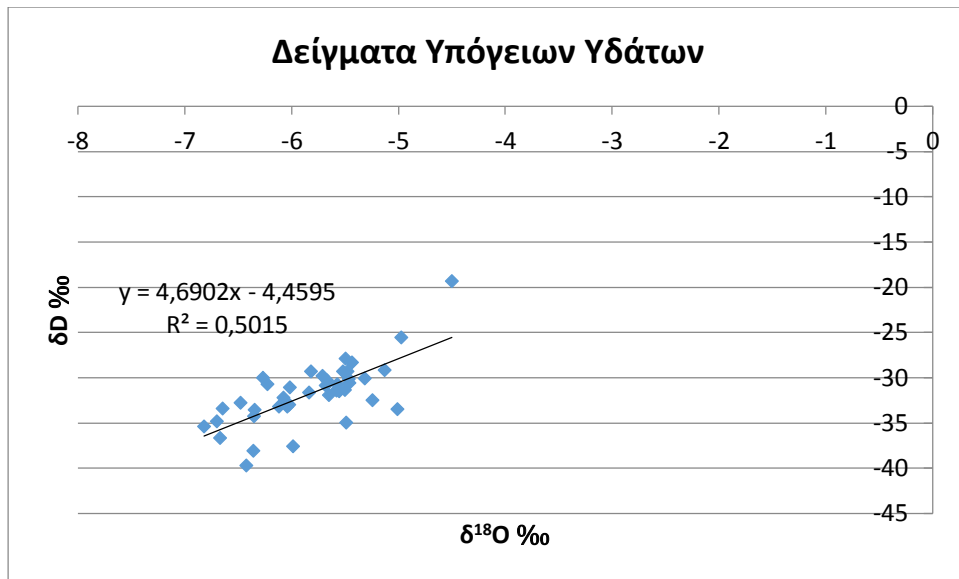
**Εικόνα 8.5** διάγραμμα σύγκρισης των ισοτοπικών δεδομένων των κατακρημνίσεων A. Craig's Meteoric Water Line, B. East Mediterranean Meteoric Water Line, C. Greece's Meteoric Water Line and D. Local Meteoric Water Line .



**Εικόνα 8.6** διάγραμμα σύγκρισης των σταθμισμένων μέσω μηνιαίων τιμών των ισοτοπικών δεδομένων των κατακρημνίσεων με την Μετεωρική Ευθεία της Ανατολικής Μεσογείου, με την Παγκόσμια Μετεωρική Ευθεία του Craig και με την Τοπική Μετεωρική ευθεία της Ελλάδας (LMWL).

### 8.9 Δείγματα υπόγειου νερού

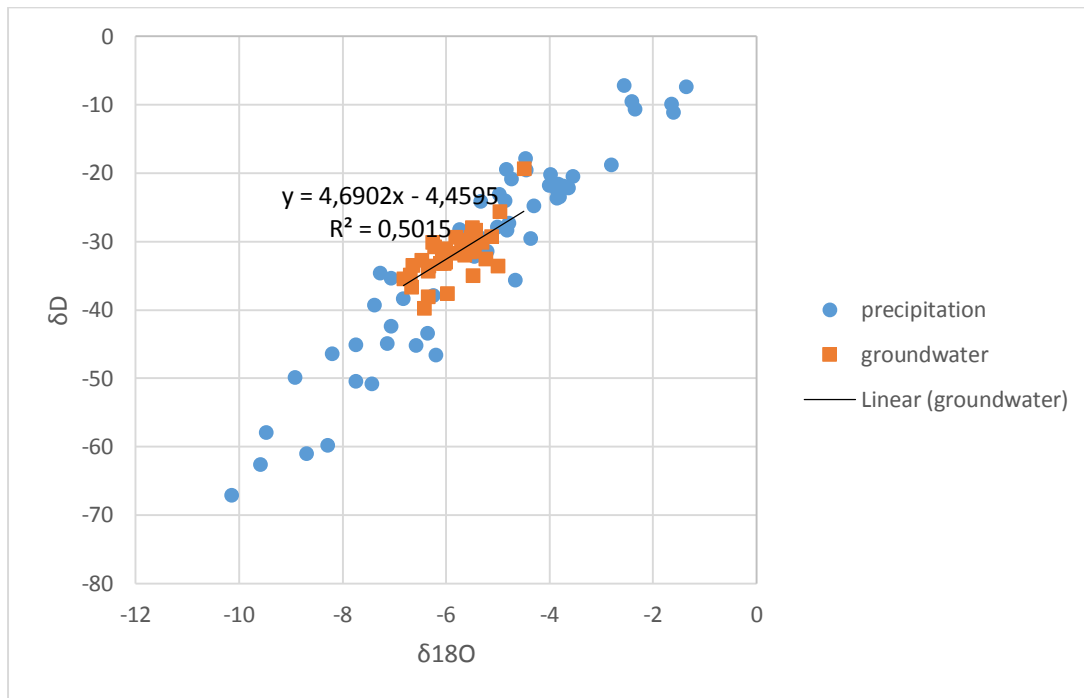
Για την κατασκευή της ευθείας των δειγμάτων των υδροφόρων αξιοποιήθηκε, όπως και στην περίπτωση των κατακρημνίσεων, η μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Προέκυψε λοιπόν η τοπική μετεωρική ευθεία ως εξής :  $y=(4.6962 \cdot x)+4.6595$  , με συντελεστή συσχέτισης  $R= 0,71$ .



**Εικόνα 8.9** διάγραμμα συσχέτισης των ισοτοπικών δεδομένων των υπόγειων υδάτων

Οι διακυμάνσεις στις τιμές του D και του 18O στα φυσικά νερά οφείλονται στις διαφοροποιήσεις της σύστασης της κατακρήμνισης που πέφτει σε διαφορετικά υψόμετρα (επίδραση του υψομέτρου), στον εμπλουτισμό σε βαρέα ισότοπα (D και του 18O) σε νερά τα οποία υφίστανται μερική εξάτμιση και στις διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν κατά τον εμπλουτισμό του νερού. (Leontiadis I. L., 1987). Συγκεκριμένα κλίση μικρότερη από αυτή που υπολογίστηκε στην Τοπική Μετεωρική Ευθεία της Κεφαλονιάς υποδηλώνει εξάτμιση της οποίας ο ρυθμός είναι σημαντικός σε σχέση με το ρυθμό προσαγωγής νέου φρέσκου νερού.

Για την αναγνώριση της προέλευσης των υπόγειων υδάτων, οι τιμές του  $\delta^{18}O$  των δειγμάτων του υδροφόρου τοποθετήθηκαν σε κοινό διάγραμμα με αυτές των κατακρημνίσεων. Όπως παρατηρείται και στην εικόνα 8.10, τα δείγματα του υπόγειου νερού ακολουθούν τη διαδρομή των κατακρημνίσεων. Γεγονός που αποδεικνύει την προφανή υπόθεση ότι ο υδροφόρος τροφοδοτείται αποκλειστικά από αυτές.



**Εικόνα 8.10** Διάγραμμα σύγκρισης των ισοτοπικών δεδομένων των υπόγειων υδάτων και των κατακρημνίσεων της περιοχής μελέτης.

### 8.10 Σχέση $\delta^{18}\text{O}$ και Υψομέτρου

Η επίδραση του υψομέτρου στο ποσοστό των βαρέων ισοτόπων των κατακρημνίσεων επιχειρείται να αξιοποιηθεί για τον προσδιορισμό του υψόμετρου τροφοδοσίας των υπόγειων νερών. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε μια «διορθωμένη» μέση τιμή του  $\delta^{18}\text{O}$  σε καθέναν από τους αυτοσχέδιους μετεωρολογικούς σταθμούς. Η προαναφερθείσα τιμή προέκυψε ως εξής:

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{\sum[V_i \cdot (d^{18}\text{O})_i]}{\sum V_i}$$

όπου

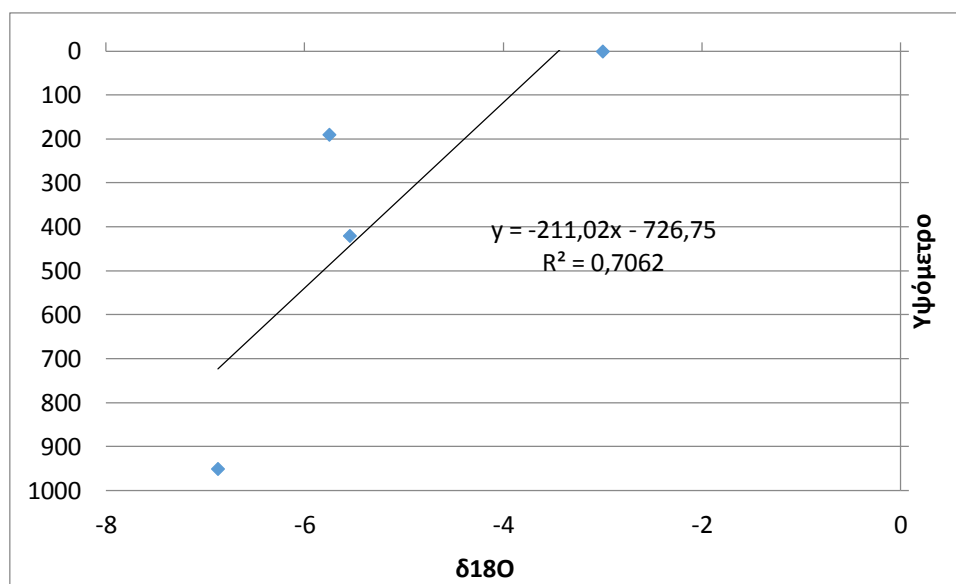
$(d^{18}\text{O})_i$  = η τιμή του  $d^{18}\text{O}$  στο  $i$  περιστατικό κατακρήμνισης

$V_i$  = ο όγκος του δείγματος που συλλέχθηκε στο βροχόμετρο στο  $i$  περιστατικό κατακρήμνισης

Σύμφωνα με τα ανωτέρω κατασκευάστηκε το παρακάτω διάγραμμα. Σε αυτό δεν περιλαμβάνονται τα δεδομένα από τον πέμπτο βροχομετρικό σταθμό του Περιβαλλοντικού Κέντρου του Αίνου διότι εμφανίζουν μεγάλο ποσοστό εξάτμισης και αλλοιώνουν την

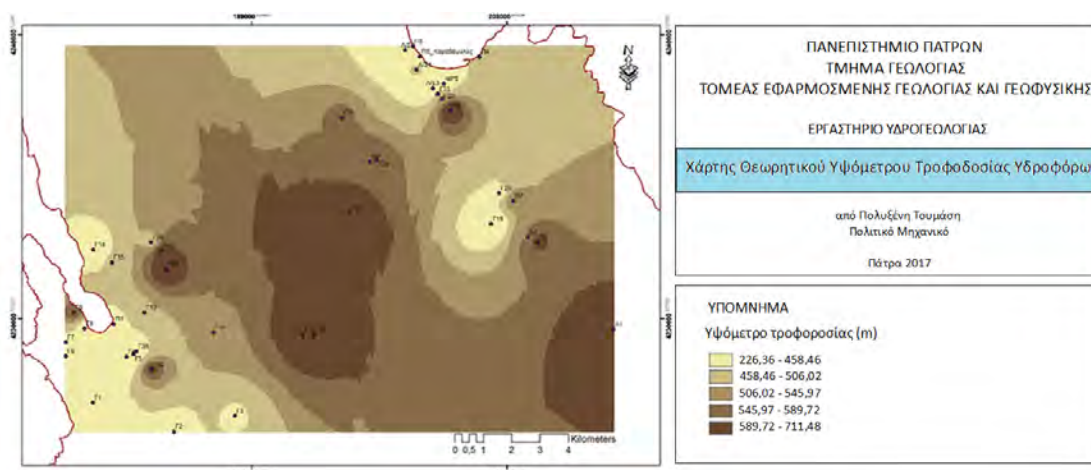


ζητούμενη ευθεία. Όλα τα δεδομένα των βροχομετρικών σταθμών παρατίθενται στις σελίδες 90-94 του παραρτήματος.



**Εικόνα 8.7** διάγραμμα συσχέτισης δ<sup>18</sup>O και υψόμετρου για τους βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής μελέτης

Εάν υποθέσουμε ότι το νερό του υδροφόρου της Κεφαλονιάς εμπλουτίζεται αποκλειστικά από την κατακρήμιση τότε χρησιμοποιώντας την σχέση του παραπάνω διαγράμματος μπορούμε να υπολογίσουμε προσεγγιστικά το υψόμετρο τροφοδοσίας κάθε υδροσημείου στο οποίο γνωρίζουμε την τιμή του δ<sup>18</sup>O. Το υψόμετρο αυτό υπολογίζεται από την σχέση  $y = -211,02\delta^{18}O - 726,75$  (m).



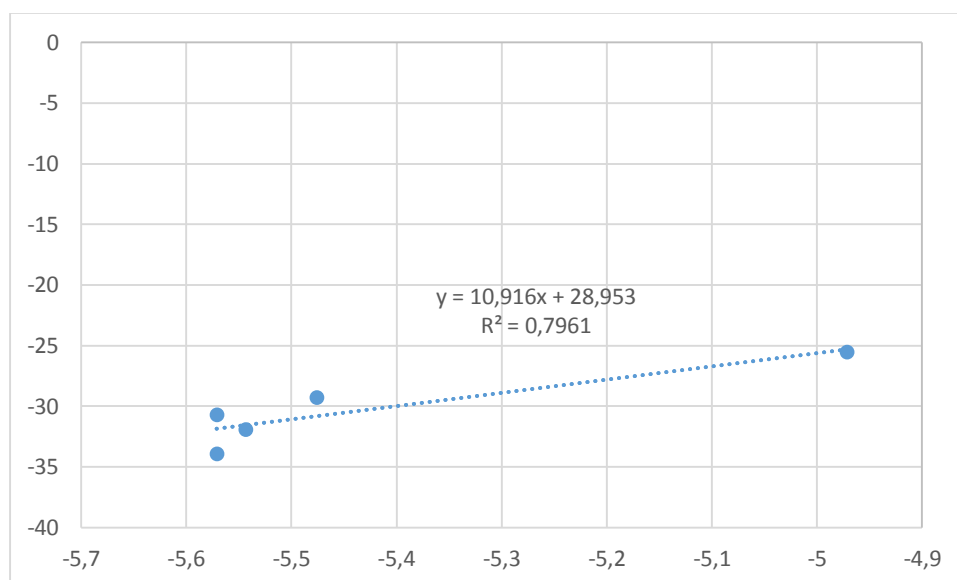
**Εικόνα 8.8** Χάρτης θεωρητικού υψόμετρου τροφοδοσίας υπόγειου νερού

Οι περιοχές τροφοδοσίας του υδροφόρου καλύπτουν όλη τη μελετώμενη έκταση από τις παράκτιες περιοχές έως και αυτές σε μεγάλα υψόμετρα. Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται η τάση περιοχές με χαμηλότερη τοπογραφία να τροφοδοτούνται από μεγαλύτερα υψόμετρα. Διαπιστώνεται δηλαδή ότι οι κατακρημίσεις που συμβαίνουν σε περιοχές με υψηλή τοπογραφία κατεισδύουν στο έδαφος και μέσω υπόγειων αγωγών μεταφέρονται προς τα κατάντη.

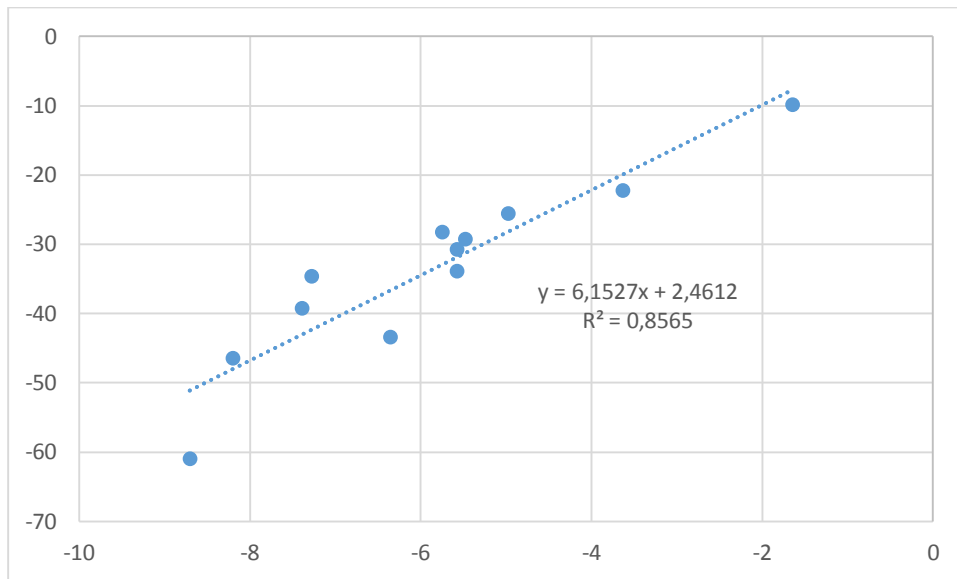
Τα παραπάνω αποτελέσματα ενέχουν πιθανότητα σφάλματος, καθότι αξιοποίησαν μόνο τέσσερις από τους πέντε βροχομετρικούς σταθμούς και η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μόνο για την περίοδο Νοέμβρης 2015 – Μάιος 2016. Χρονικό διάστημα σωστής συλλογής δειγμάτων τουλάχιστον δύο με τρία έτη θα μείωνε σημαντικά το σφάλμα.

### 8.11 Καταβόθρα Πόλγης Βαλσαμάτων

Στο εσωτερικό της πόλγης των Βαλσαμάτων παρατηρείται η ύπαρξη Καταβοθρών. Το νερό στην περιοχή αυτή αφού λιμνάσει για 10-20 ημέρες αποστραγγίζει μέσω αυτών και τροφοδοτεί τις πηγές του Κουτάβου και τον υδροφόρο της Κρασιάς (Βασιλόπουλος, 2001). Επιχειρήθηκε ο έλεγχος της παραπάνω θεώρησης μέσω ισοτοπικών αναλύσεων των κατακρημνίσεων της πόλγης, των πηγών του Κουτάβου και γεωτρήσεων της περιοχής της Κρασιάς, για να επιβεβαιωθεί μέσω αυτής της μεθόδου η προαναφερθείσα σύνδεση. Όπως φαίνεται στα δύο ακόλουθα διαγράμματα και λόγω της πολύ καλής συσχέτισης που εμφανίζουν τα δείγματα, πράγματι μέσω των ισοτόπων επαληθεύεται η πορεία του νερού στον υδροφόρο.



**Εικόνα 8.11** διάγραμμα συσχέτισης της μέσης παρατηρούμενης τιμής των κατακρημνίσεων της πόλγης των Βαλσαμάτων με το υπόγειο νερό των πηγών του Κουτάβου και της πεδιάδας της Κρασιάς.

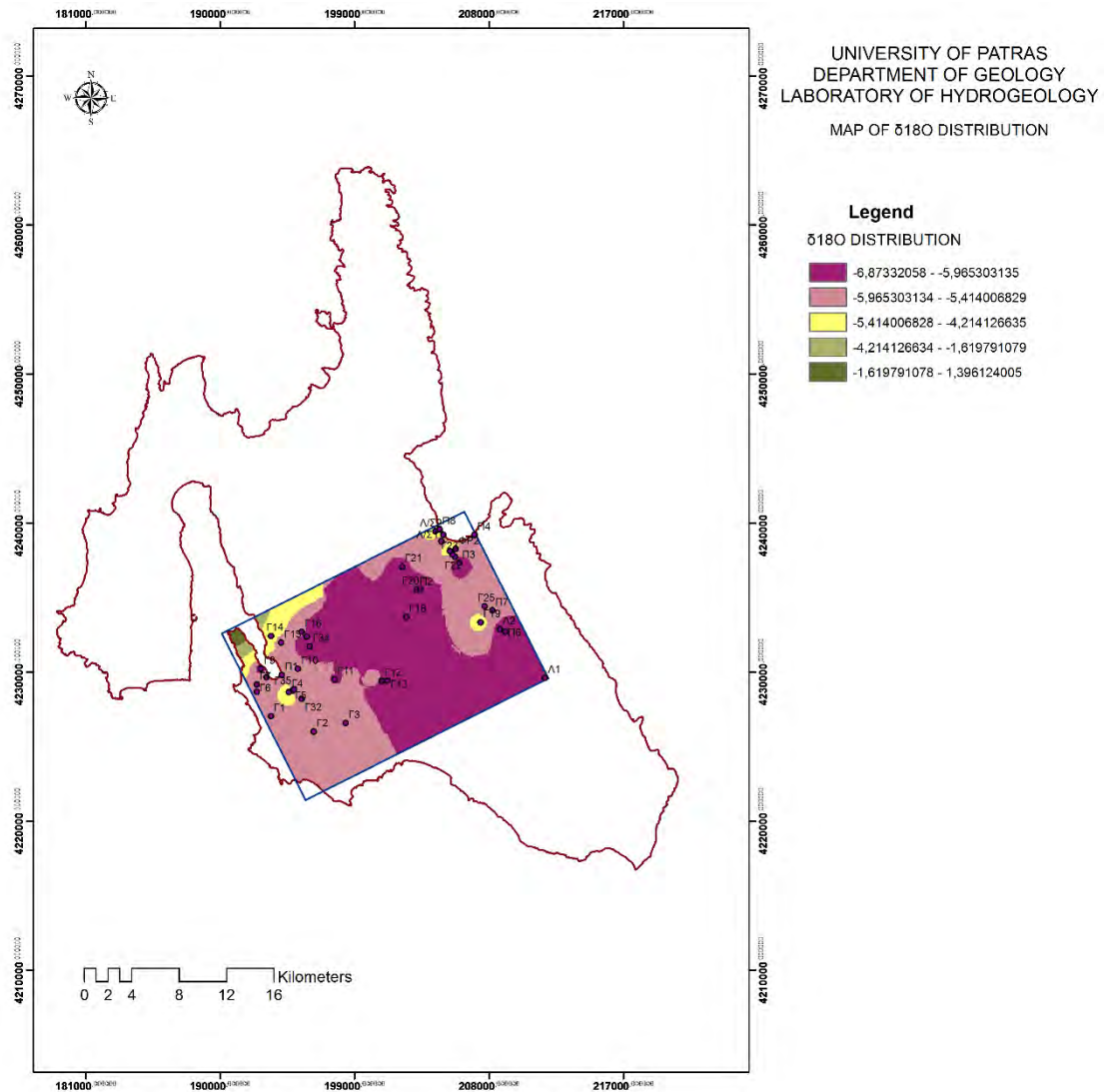


**Εικόνα 8.12** διάγραμμα συσχέτισης των κατακρημνίσεων της πόλγης των Βαλσαμάτων με το υπόγειο νερό των πηγών του Κουτάβου και της πεδιάδας της Κρανιάς.

Στο πρώτο διάγραμμα χρησιμοποιήθηκε η «διορθωμένη» μέση τιμή του  $\delta^{18}\text{O}$  του μετεωρικού σταθμού της πόλγης. Στο δεύτερο εισήχθησαν οι τιμές από όλα τα παρατηρούμενα επεισόδια βροχόπτωσης.

### 8.12 Χωρική κατανομή των ισοτοπικών δεδομένων του υδροφόρου

Οι ισοτοπικές αναλύσεις των δειγμάτων του υπόγειου νερού παρουσιάζονται στον ακόλουθο χάρτη. Η κατανομή τους στην περιοχή υποδηλώνει μια τάση ροής του υπόγειου νερού προς τις ανατολικές ακτές του νησιού. Παρατηρείται ότι στην περιοχή του Αργοστολίου το υπόγειο νερό χαρακτηρίζεται από βαρύτερα ισότοπα. Το νερό αυτό προέρχεται είτε από κατείσδυση τοπικών βροχοπτώσεων είτε από εισροή θαλασσινού νερού είτε και συνδυασμό των δύο. Όπως έχει αναφερθεί ανωτέρω οι κατακρημνίσεις αποτελούν την κύρια πηγή τροφοδοσίας του υδροφόρου. Το νερό κατεισδύει σε μεγαλύτερες ποσότητες στις περιοχές με την εντονότερη τοπογραφία (κεντρικό τμήμα του νησιού μεγάλων ορεινών όγκων Αίνου- Αγίας Δυνατής), μιας και εκεί εντοπίζονται τα συχνότερα και εντονότερα επεισόδια ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Σε μεγάλα υψόμετρα και σε αρκετή απόσταση από τη θάλασσα τα κατακρημνίσματα εμφανίζονται απεμπλουτισμένα σε βαρέα ισότοπα. Το γεγονός ότι το υπόγειο νερό στα ανατολικά (ευρύτερη περιοχή κοντά στη Σάμη) εμφανίζεται απεμπλουτισμένο σε σχέση με αυτό στα δυτικά, πιθανώς υποδηλώνει μείξη του νερού που εισρέει από την περιοχή του Αργοστολίου με το νερό των κατακρημνίσεων στον υδροφόρο κάτω από το κεντρικό ορεινό τμήμα του νησιού και εκφόρτιση του μέσω πηγών στα ανατολικά. Η υπόθεση αυτή επιβεβαιώνεται και από την θεωρία της υπόγειας σύνδεσης των Καταβοθρών του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες πηγές του Καραβομούλου- Σάμης.



Εικόνα 8.13 Χάρτης κατανομής του  $\delta^{18}\text{O}$  στην περιοχή μελέτης

## Συμπεράσματα

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί την πρώτη απόπειρα διερεύνησης της ισοτοπικής σύστασης των κατακρημνίσεων και των υπόγειων υδάτων της νήσου Κεφαλονιάς. Τα νέα αυτά ισοτοπικά δεδομένα επιχειρήθηκε να αξιοποιηθούν για τη διακρίβωση της τροφοδοσίας του υδροφόρου καθώς και της υπόγειας σύνδεσης των Καταβοθρών του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες πηγές του Καραβόμυλου- Σάμης.

Η αρχική πρόθεση αποτύπωσης του υδροφόρου σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης δεν κατέστη εφικτή. Τα διαθέσιμα σταθμήμετρα είχαν μήκος 300μ. Γι' αυτό η εκτεταμένη και με μεγάλα υψόμετρα ορογραφία της περιοχής λειτούργησε απαγορευτικά στην χάραξη ενιαίου πιεζομετρικού χάρτη από το Αργοστόλι έως τον Καραβόμυλο- Σάμη. Χαράχθηκαν λοιπόν δύο πιεζομετρικοί χάρτες, αποτυπώνοντας έτσι ξεχωριστά την πιεζομετρία στην ευρύτερη περιοχή του Αργοστολίου καθώς και στην περιοχή πλησίον του Καραβόμυλου – Σάμης. Με αυτόν τον τρόπο διαπιστώθηκε ότι στην παράκτια ζώνη ο υδροφόρος ορίζοντας εμφανίζει μικρές κλίσεις, με τη ροή του υπόγειου νερού σε διευθύνσεις προς τη θάλασσα.

Σύμφωνα με τις εργαστηριακές αναλύσεις τα υπόγεια νερά ταξινομούνται σε τρεις κύριες ομάδες με χημικούς τύπους  $\text{CaHCO}_3$ ,  $\text{Na-Cl}$  και  $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4^{2-}$ . Ανεξαρτήτως του χημικού τύπου που κυριαρχεί η πλειοψηφία των δειγμάτων χαρακτηρίζεται σε σημαντικό ποσοστό από την παρουσία  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{HCO}_3^-$ . Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί που καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση του νησιού αλληλεπιδρούν με τα κατεισδύοντα ύδατα, για παράδειγμα μέσω διαδικασιών ιοντοανταλλαγής, οδηγώντας στην αυξημένη παρουσία ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{HCO}_3^-$  σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης. Κοντά στην παράκτια ζώνη εντοπίζονται τα δείγματα της ομάδας  $\text{Na-Cl}$ . Η παρουσία των ιόντων αυτών συνδέεται άρρηκτα με φαινόμενα υφαλμύρυνσης που σημειώνονται στις παράκτιες περιοχές λόγω της χαμηλής στάθμης του υδροφόρου και της υπεράντλησης. Όσα δείγματα εντάσσονται στην τρίτη κατηγορία φανερώνουν την παρουσία γύψων, οι διαδικασίες διάλυσης των οποίων εμπλουτίζουν το νερό με ιόντα  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Ο υψηλός συντελεστής συσχέτισης των δειγμάτων των κατακρημνίσεων για τις τιμές των  $\delta^{18}\text{O}$  και  $\delta\text{D}$  καταδεικνύει ότι υπάρχει σημαντική σύνδεση μεταξύ των δειγμάτων και γι αυτό μπορούν να μελετηθούν από κοινού. Κατασκευάστηκε λοιπόν η τοπική μετεωρική ευθεία κάνοντας χρήση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι  $y = (6.6962 * x) + 4.6298$  με συντελεστή συσχέτισης ( $R^2 = 0.9037$  ή  $R = 0,951$ ). Η χρήση των σταθμισμένων μέσων μηνιαίων τιμών συντελεί στην εξαγωγή της τοπικής μετεωρικής ευθείας  $y = (5.927 * x) - 0.0058$  με καλύτερο συντελεστή συσχέτισης ( $R^2 = 0,9291$  ή  $R = 0,964$ ). Η διαφοροποίηση της τοπικής μετεωρικής ευθείας από αυτές του Craig, της Ανατολικής Μεσογείου και της μετεωρικής ευθείας της Ελλάδας, έγκειται στην εξάτμιση των υδροσταγόνων κάτω από τα νέφη και στην πιθανή διαφορετική προέλευση κάποιου μέρους των υδρατμών .

Παράλληλα υιοθετείται η προφανής άποψη ότι ο υδροφόρος του νησιού τροφοδοτείται από τα κατεισδύοντα νερά των κατακρημνίσεων. Η προέλευση αυτή των υπόγειων υδάτων επιβεβαιώνεται και από το κοινό διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ των δειγμάτων των κατακρημνίσεων και αυτών του που συλλέχθηκαν από γεωτρήσεις,

πηγάδια, λίμνες και λιμνοσπήλαια του νησιού, διότι εμφανίζονται να ακολουθούν «παράλληλη διαδρομή» με αυτή της τοπικής μετεωρικής ευθείας.

Για τη διερεύνηση του υψομέτρου τροφοδοσίας των υπόγειων υδάτων αξιοποιήθηκαν τα ισοτοπικά δεδομένα των αυτοσχέδιων βροχομετρικών σταθμών. Η συσχέτιση που επιτεύχθηκε ήταν αρκετά σημαντική ( $R=0,84$ ). Περαιτέρω συλλογή ισοτοπικών δεδομένων για δύο ή τρία χρόνια θα οδηγούσε σε σαφώς καλύτερα και πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Η ευθεία που δίνει το θεωρητικό υψόμετρο τροφοδοσίας των υπόγειων υδάτων είναι  $y = -211,02\delta^{18}\text{O} - 726,75 (m)$ .

Η κατανομή της τιμής του  $\delta^{18}\text{O}$  στην περιοχή μελέτης με τη μέθοδο Inverse distance weighted (idw) φανερώνει μια τάση κίνησης των υδάτων από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι στο δυτικό τμήμα του νησιού συναντώνται τα βαρέα ισότοπα του νερού, το ποσοστό των οποίων μειώνεται και στην πορεία των υπόγειων υδάτων προς τα ανατολικά. Ο σταδιακός αυτός απεμπλουτισμός του υδροφόρου σε βαρέα ισότοπα καθώς κατευθύνεται προς τα ανατολικά, συνάδει με τη θεωρία της υπόγειας ροής από τις Καταβόθρες του Αργοστολίου προς της υφάλμυρες πηγές του Καραβόμυλου-Σάμης.

Η αρχική μας πρόθεση για την ακριβή ιχνηθέτηση της διαδρομής των καρστικών αγωγών που συνδέουν τις καταβόθρες του Αργοστολίου με τις υφάλμυρες πηγές του Καραβόμυλου- Σάμης μπορεί να μην κατέστη εφικτή, διαπιστώσαμε όμως σύμφωνα με την πιεζομετρία τις χημικές και ισοτοπικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν ότι αυτοί βρίσκονται σε πολύ μεγάλο βάθος. Τα υδροσημεία που εξετάστηκαν ( με εξαίρεση τα λιμνοσπήλαια και τις πηγές που εκβάλουν στην περιοχή του Καραβόμυλου) δεν αντλούν νερό από αυτούς τους αγωγούς και τα όποια φαινόμενα υφαλμύρισης οφείλονται στη χαμηλή πιεζομετρία και την υπεράντληση.

## Βιβλιογραφία

Appelo, C.A.J., Postma, D. (1994). *Geochemistry, groundwater and pollution*. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.

Antonakos, N. Lambrakis (2000). Hydrodynamic characteristics and nitrate propagation in Sparta aquifer. *Water Resources*, 34.

Athanassios A. Argirioua,\* , Spyros Lykoudis.,2006 Isotopic composition of precipitation in Greece. *Journal of Hydrology* 327.

Burdon D. J. , *Hydrogeology of some karstic areas of Greece*, in: *Hydrology of fractured rocks, 1967*, Proc. of the Dubrovnik Symposium of 1965, Pub. 73: Internat. Assoc. Sci. Hydrology, I (1967) .

Βασιλόπουλος Ανδρέας (2001). Διδακτορική Διατριβή. Ανάλυση γεωμορφολογικών και γεωγραφικών δεδομένων με τη χρήση τεχνολογίας γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στη νήσο Κεφαλληνία. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Clark, I. and P. Fritz, 1997. *Environmental Isotopes in Hydrology*, Lewis Publishers, Boca Raton.

Cooper H. H, Jr., Kohout F. A., Henry H. R. and Glover R. E., *Sea water in coastal aquifers, relation of salt water to fresh ground water*. U.S. Geol. Survey, Water-Supply Paper 1613C (1964) .

Cooper H. H., Jr., *A hypothesis concerning the dynamic balance of fresh water and salt water in a coastal aquifer*. *J. Geophys. Res.* 64 (1959)

Craig H. and L.I. Gordon., 1965. Deuterium and oxygen- 18 variation in the ocean and the marine atmosphere, in *stable Isotopes in Oceanographic Studies and Paleotemperatures*, Soletto, July 26-27, 1965, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Laboratorio di Geologia Nucleare, Pisa, 1-22, 1965.

Craig H., *Standard of reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters*, *Science*, 1961a.

Crosby F. W. and Crosby W. O., *The Sea Mills of Cephalonia: Technology Quarterly and Proc. Society of Arts*, 9 (1896) no. I, Mass. Institute of Technology, Boston

Γεώργιος Π. Παναγόπουλος (2000). Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης. Διερεύνηση των υδροχημικών μηχανισμών υφαλμυρινσης παράκτιων υδροφόρων οριζόντων: η περίπτωση της ΝΔ Τριφυλίας. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Dansgaard W., (1964). *Stable isotopes in precipitation*. *Tellus* 16

Droge, C. (1989). *Continuous inflow of saltwater and outflow of brackish water in the substratum of the karstic island of Cephalonia, Greece*. *Journal of Hydrology*

D'Alessandro, W.; Katsanou, K.; Lambrakis, N.; Bellomo, S.; Brusca, L.; Liotta, M. *Chemical and isotopic characterisation of bulk deposition in the Louros basin (Epirus, Greece)*

- Ehhalt D.H., (1971). Vertical profiles and transport of HTO in the troposphere. *J. Geophys. Res.*, 76
- Fuller M. L. , Conditions of circulation at the Sea Mills of Cephalonia. *Geol. Soc. America Bull.* 18 (1906)
- GLANZ, Th. (1965). Das Phänomen der Meermihlen von Argostolion. Eine hydraulischphysikalische. Betrachtung. 14 p. (Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, no. 17). Graz.
- Gonfiantini, R., (1986). Environmental isotopes in lake studies. In: P. Fritz and J.Ch. Fontes (Eds), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, The Terrestrial Environment B, Vol. II.* Elsevier
- Καπατσώρης Άγγελος (2012). Τεκτονική Ανάλυση των δύο μεγάλων επωθήσεων στις περιοχές Όρμου Μύρτου και Κόλπου Αγίας Κυριακής στο Βόρειο τμήμα της νήσου Κεφαλονιάς. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Kendall, C. and Caldwell, E. A. (1998). "Fundamentals of Isotope Geochemistry", In: C. Kendall and J.J. McDonnell (Eds.), *Isotope Tracers in Catchment Hydrology.* Elsevier Science, Amsterdam
- Kohout F. A. , Cyclic flow of salt water in the Biscayne aquifer of southeastern Florida. *J. Geophys. Res.* 65 (1960)
- Κονταργύρης Δ. Λαμπράκης Α. & ΣΙΑ ΑΤΕΜ , επιστημονικός σύμβουλος καθηγητής Παύλος Λουκάκης (1993). Ειδική χωροταξική μελέτη των νησιών Κεφαλονιάς και Ιθάκης.
- Κουτσογιάννης Δ & Ξανθόπουλος Θ., (1999). Τεχνική Υδρολογία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Κουμαντάκης Ι.Ε. (1990). Έρευνα Υπόγειας Υδροφορίας Κεφαλονιάς, Γεωγραφικά και Μορφολογικά στοιχεία, Γεωλογικές συνθήκες και Υδρογεωλογία.
- Λαμπράκης, Ν. (1992). Εισαγωγή στην Υδροχημεία. Πανεπιστήμιο Πατρών
- Λαμπράκης, Ν. (1991). Επεξεργασία των δεδομένων αναλύσεων των νερών. Ορυκτός Πλούτος 74
- Λαμπράκης, Ν. (1989): Πειραματικά αποτελέσματα για τη διερεύνηση σχέσης ανάμεσα στην εξατμισοδιαπνοή και την κατείδυση.
- Leontiadis, I.L., Vergis, S., and Christodoulou, T. (1996). Isotope hydrology study of areas in Eastern Macedonia and Thrace, Northern Greece. *Journal of Hydrology* 182: 1-17
- Λαμπράκης, Ν., Αντωνάκος Α., Παναγόπουλος, Γ., Πυτικάκης, Ε., Τάντος, Β., Κατσάνου, Κ., Στρατικόπουλος Κ., και Λεμέσιος Ι. (2006). Διερεύνηση των μηχανισμών ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων νερών του Νομού Κορινθίας από φυσικές διεργασίες και ανθρωπογενείς δραστηριότητες με χρήση υδροχημικών, ισοτοπικών μεθόδων, γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και μοντέλων προσομοίωσης. Τελική έκθεση προγράμματος "Κ. ΚΑΡΑΘΕΟΔΩΡΗ", Επιτροπή Ερευνών Πανεπιστημίου Πατρών.



- Lamprakis, N., Kallergis, G. (2005): Contribution to the study of Greek thermal springs. Hydrogeological and hydrochemical characteristics and origin of thermal waters, Hydrogeology Journal, 13
- Lambrakis, N., Antonakos, A., Panagopoulos, G. (2004). The use of multicomponent statistical analysis in hydrogeological environmental research, Water Research, 38
- Lambrakis N, Marinos P. (2003) The salinisation of coastal aquifers in Greece; a general review. Paper presented at the conference of the coastal aquifers intrusion technology: Mediterranean countries, IGME, Spain, Serie: hidrogeologia y Aguas Subterranas, No. 8, VII
- Lamprakis, N., Kallergis, G. (2001). Reaction of subsurface coastal aquifers to climate and land use changes in Greece. Modeling of groundwater refreshing patterns under natural recharge conditions. Journal of Hydrology, 245
- Lambrakis N, Voudouris K, Tiniakos L, Kallergis G. (1997). Impacts of drought and overpumping on the Quaternary aquifers of the Glafkos basin (Patras region, W. Greece). Environmental Geology 29
- Λαμπράκης Νικόλαος, Νικολακόπουλος Κωσταντίνος, Κατσάνου Κωνσταντίνα (2015). Υδρογεωλογία με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (Gis) και δεδομένων Τηλεπισκόπησης.
- Λέκκας Ε., Δανάμος Γ., Μαυρίκας Γ. (2001). Γεωλογική Δομή και Εξέλιξη των νήσων Κεφαλονιάς και Ιθάκης. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας.
- Λέκκας Ευθ. (1996). Νήσοι Κεφαλονιά – Ιθάκη, Πρόγραμμα εκπόνησης Νεοτεκτονικού Χάρτη της Ελλάδας, Ανάθεση: Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Κεφαλονιάς.
- Leontiadis I. L., (1987): Environmental isotopical techniques as a mean for the investigation of eventual leakages in the dam of Mornos (Greece).
- Λυκούδης Σπυρίδων Π. (2010). Διδακτορική Διατριβή. Σταθερά ισότοπα ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) στον υετό: Ανάλυση των ισοτοπικών υπογραφών στην Ελλάδα και κλιματολογική ανάλυση στην περιοχή της Κεντρικής και Ανατολικής Μεσογείου. Πανεπιστημίου Πατρών.
- Maurin V. and Zötl J., (1967). Salt water encroachment in the low altitude karst water horizons of the island of Kefallinia (Ionian Islands). Proc Dubrovnik Symp. Int. Assoc. Sci. Hydrol
- McKinney, C.R., McCrea J.M., Epstein S., Allen H.A. % Urey H.C. (1950). Improvements in mass spectrometers for the measurements of small differences in isotope abundance ratios. Review of Scientific Instruments,
- Ματιάτος, Ιωάννης Σπυρίδων-Γεράσιμος (2010). Διδακτορική Διατριβή. Υδρογεωλογικές και ισοτοπικές έρευνες σε περιοχές της χερσονήσου της Αργολίδας. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μανδηλαράς Δημήτριος Στ. (2005). Διδακτορική Διατριβή. Περιβαλλοντική- Υδρογεωλογική Έρευνα στη λεκάνη του Γλαύκου. Πανεπιστημίου Πατρών.
- Mazor Emanuel (1991). Applied chemical and isotopic groundwater hydrology. Open University Press.

Νικολάου Κ. (1983). Διδακτορική διατριβή. Συμβολή στη γνώση και οριοθέτηση της Ιόνιας και Προαπούλιας ζώνης σε σχέση με πετρελαιογεωλογικές παρατηρήσεις στα νησιά Στροφάδες, Ζάκυνθο και Κεφαλλονιά. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Payne B. R. and Yurtsever Y. (1974). Environmental isotopes as hydrological tool in Nicaragua. In Isotope Techniques in Groundwater Hydrology 1974, IAEA, Vienna

Πυργάκη Αναστασία (2009). Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης. Γεωλογική-Υδρογεωλογική διερεύνηση της ευρύτερης περιοχής του βόρειου τμήματος της λεκάνης της Ηλίας και χρήση μεθόδων υδροχημικής-ισοτοπικής ανάλυσης για τον προσδιορισμό της ζώνης τροφοδοσίας της θερμομεταλλικής πηγής Κυλλήνης. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Stringfield V. T. & Legrand H.E. (1969). Relation of sea water to fresh water in carbonate rocks in coastal areas, with special reference to Florida, U.S.A., and Cephalonia (Kephallinia), Greece Journal of Hydrology 9 (1969).

Σαλαμαλίκης Βασίλειος (2016). Διδακτορική διατριβή. Συμπεριφορά των σταθερών ισotόπων (D – 18O) του H<sub>2</sub>O σε ατμοσφαιρικές διεργασίες. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Salamalikis, V., Argiriou, A.A., Dotsika E., 2013. Stable isotopic composition of atmospheric water vapor in Greece. Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics, Springer Atmospheric Sciences.

Underhill, J. (1985). Neogene and Quaternary tectonics and sedimentation in Western Greece, (Thesis PhD).University of Wales.

WIEBEL, K. W. M. (1874). Die Insel Kephallenia und die Meermiihlen von Argostoli. Hamburg.

Katsanou K., Maramathas A., Lambrakis N. (The use of hydrographs in the study of the water regime of the Louros watershed karst formations. University of Patras.

[link](#)

(πηγή: <http://www.demokritos.gr/Contents.aspx?lang=gr&CatId=236&View=18>)

πηγή: <http://www.demokritos.gr/Contents.aspx?lang=gr&CatId=236&View=18>

[http://library.tee.gr/digital/techr/2006/techr\\_2006\\_4\\_emp.pdf](http://library.tee.gr/digital/techr/2006/techr_2006_4_emp.pdf))

<http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/4900-klimatika-dedomena-thisiou-meros-b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Απογραφής υδροσημείων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία

<u>A/A</u>	<u>Αριθμός απογραφής</u>	<u>Είδος Υδροσημείου</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>Z</u>	<u>18O</u>	<u>EC στους 25°C, μμho/cm</u>	<u>ph</u>	<u>T (°C)</u>	<u>ΧΡΗΣΗ ΥΔΡΟΣΗΜΕΙΟΥ</u>
1	Γ13	Γεώτρηση	201209	4229415	460	-6,48107	496,8	7,57	17,4	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
2	Γ21	Γεώτρηση	202186,1	4237062	205	-6,12078	433	7,26	16,3	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
3	Γ9	Γεώτρηση	192733,3	4230207	23,342	-6,26645	1580	7,11	18,7	μέτρηση στάθμης, κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
4	Γ17	Γεώτρηση	195806,5	4232373	235,406	-6,42572	527	7,57	17,3	μέτρηση στάθμης, κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
5	Λ/Σ1	Λιμνοσπήλαιο	204813,7	4238757	6	-5,71144	9040	7,51	15,7	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
6	Γ18	Γεώτρηση	202456,7	4233685	485	-6,70007	888	7,7	15,5	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
7	Γ1	Γεώτρηση	193405	4227035	193,292	-5,43661	730	7,48	18,8	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία

8	Γ14	Γεώτρηση	193409,6	4232425	57	-5,24094	2283			μέτρηση στάθμης, κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
9	Π4	Πηγή	207035,9	4239207	6,5	-5,67162	694	7,25	17	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
10	Γ10	Γεώτρηση	195214,2	4230206	129,025	-5,82167	1653	7,21	17,8	μέτρηση στάθμης, κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
11	Γ11	Γεώτρηση	197654,7	4229504	296	-5,98774	637	7,52	18,6	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
12	Γ19	Γεώτρηση	207437,5	4233334	134,919	-5,01078	784	7,2		μέτρηση στάθμης, κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
13	Π5_Καραβόμυλος	Πηγή	204934,7	4239220	0	-5,46671	11150	7,52	15,4	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
14	Γ2	Γεώτρηση	196258	4226010	143,6	-5,49052	1008	7,64	18,3	μέτρηση στάθμης, κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις,ιχνοστοιχεία
15	Λ1	Λίμνη	211754,5	4229609	279	-6,67288	327,3	7,51	15,2	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
16	Π1	Πηγή	194134,4	4229803	2	-5,47595	2343	7,11	18,5	κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις,

										ιχνοστοιχεία
17	Καταβόθρες	Θάλασσα	191075,4	4232939	0	1,409726	51000			κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
18	Λ/Σ2	Λιμνοσπήλαιο	204408,6	4239441		-5,12906				κύρια ιόντα, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
19	Γ22	Γεώτρηση	205719,2	4237727	26	-6,02318	5160	7,57	17,5	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
20	Γ5	Γεώτρηση	194829,3	4228741	7,023	-5,57112	1234	7,04	19,7	μέτρηση στάθμης, ισοτοπικές αναλύσεις
21	Γ23	Γεώτρηση	205561,5	4237904	11,117	-5,83721	2645	7,02	21,4	μέτρηση στάθμης, ισοτοπικές αναλύσεις, ιχνοστοιχεία
22	Γ8	Γεώτρηση	193105,4	4229641	7	-5,45797	1709	6,96	19,4	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
23	Γ4	Γεώτρηση	194588,8	4228656	5	-4,97143	1124	6,91	18,7	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
24	Γ6	Γεώτρηση	192446,9	4228675	125	-5,57839	1054	7,63	20,7	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
25	Γ3	Γεώτρηση	198408,3	4226567	174	-5,58034	800	7,3	18,7	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
26	Λ/Σ3	Λιμνοσπήλαιο	205385,7	4238110	22	-4,50288	749	8,26	15,5	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
27	Γ16	Γεώτρηση	195456,5	4232684	194	-5,67939	556	7,36	19,1	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
28	Γ15	Γεώτρηση	194074,2	4231971	102	-5,6522	565	7,69	18,4	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
29	Γ7	Γεώτρηση	192449,9	4229165	100	-5,55314	564	7,85	18,8	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις

30	Π2	Πηγή	203172,9	4235508	280	-6,22809	443	7,13	15,7	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
31	Γ12	Γεώτρηση	200810,1	4229406	394	-6,35628	466	7,72	16,1	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
32	Π3	Πηγή	206016,3	4237330	23	-6,82194	394,3	7,91	20,6	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
33	Γ20	Γεώτρηση	203393,7	4235575	219,5	-6,07562	435,6	7,18	15,8	ιχνοστοιχεία, ισοτοπικές αναλύσεις
34	Γ24	Γεώτρηση	205385,7	4238110	27					μέτρηση στάθμης
35	Γ25	Γεώτρηση	207724,6	4234407	186	-5,49804	631	7	16,5	μέτρηση στάθμης, ισοτοπικές αναλύσεις
36	Γ26	Γεώτρηση	205175,3	4235774						μέτρηση στάθμης
37	Γ27	Γεώτρηση	205912,6	4238002	5		900	6,85	22,4	μέτρηση στάθμης
38	ΦΡ1	Φρέαρ	205714,5	4238271						μέτρηση στάθμης
39	Γ28	Γεώτρηση	207035,9	4239207	10		2645	6,96	21,4	μέτρηση στάθμης
40	Γ29	Γεώτρηση	205909,8	4237950	7					μέτρηση στάθμης
41	Γ30	Γεώτρηση	206657,2	4234838						μέτρηση στάθμης
42	Γ31	Γεώτρηση	206197,9	4235076	112,5					μέτρηση στάθμης
43	Γ32	Γεώτρηση	195466,3	4228215		-6,35156	1445	7,3	19,1	μέτρηση στάθμης, ισοτοπικές αναλύσεις
44	Γ33	Γεώτρηση	204158,1	4235103		-6,64772				μέτρηση στάθμης, ισοτοπικές αναλύσεις
45	Γ34	Γεώτρηση	195978	4231720		-6,64772	784	7,57	17,5	ισοτοπικές αναλύσεις
46	Π6	Πηγή	209082,9	4232690	488	-6,34379	1606	7,49	14,2	ισοτοπικές αναλύσεις
47	Π7	Πηγή	208225,9	4234135		-6,04083	479,7	7,99	18,1	ισοτοπικές αναλύσεις
48	Γ35	Γεώτρηση	194942,2	4228845	7	-5,5194				μέτρηση στάθμης, ισοτοπικές αναλύσεις
49	ΦΡ2	Φρέαρ	205772,2	4238263	2	-5,31452	806	7,19	18,6	μέτρηση στάθμης,

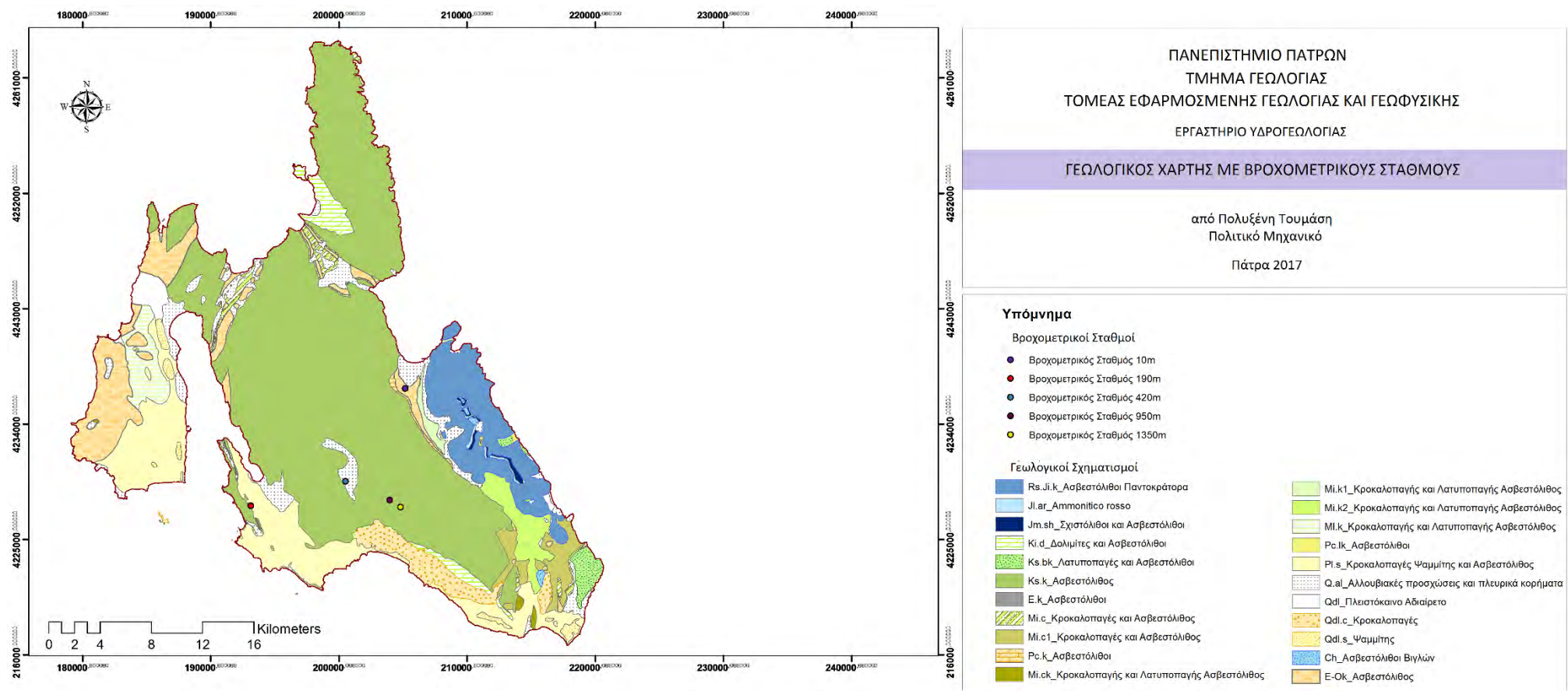
											ισοτοπικές αναλύσεις
50	Λ2	Λίμνη	208734,9	4232869	212	-6,01929	335,2	7,69	17,7		ισοτοπικές αναλύσεις
51	Π8	Πηγή	204685,4	4239580		-5,5012					ισοτοπικές αναλύσεις
52	θ1_Καταβόθρες θάλασσα	Θάλασσα	191062,3	4233010	0	1,388363					ισοτοπικές αναλύσεις
53	θ2_Καραβόμυλος θάλασσα	Θάλασσα	205049,1	4239281	0	-5,13391					ισοτοπικές αναλύσεις

**Πίνακας 2.** Εργαστηριακοί χημικοί προσδιορισμοί κύριων στοιχείων (Οι συγκεντρώσεις δίνονται σε mg/L).

A/A	Αριθμός απογραφής	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SAR	TDS (mg/l)
1	Γ13	66,8	13,415	8	2,6	4,8	261,08	3	16	0,233	375,69463
2	Γ21	67,2	12,195	6	0,4	4,6	240,34	2,4	5	0,176	338,13512
3	Γ9	129,2	50,49	155	5,05	264	311,1	82,4	23	2,92	1020,2378
4	Γ17	85,6	2,4390	20	0,8	28,2	242,78	0	12	0,58	391,81902
5	Λ/Σ1	120,4	216,83	1650	60	2620	209,84	350,5	3	20,67	5230,5693
6	Γ18	68,4	4,146	7	0,4	7,4	206,18	1,6	12	0,222	307,12634
7	Γ1	80,8	15,85	49	1,5	88,8	246,44	8,6	8	1,3	498,99366
8	Γ14	114	43,66	360	14,5	540	305	136	5	7,24	1518,1585
9	Π4	118	22,195	16	1,5	10,9	297,68	119	6	0,35	591,27512

10	Γ10	119,2	38,78	210	7,5	327	291,58	53,5	3	4,26	1050,5605
11	Γ11	88,8	12,195	29	1,3	36	264,74	2,4	8	0,76	442,43512
12	Γ19	133,6	13,17	19	1,5	10,6	186,66	172	6	0,419	542,53073
13	Π5_Καραβόμυλος	132,8	297,07	2050	80	3460	203,74	310	6	22,496	6539,6132
14	Γ2	99,6	27,56	82	3,7	112,4	330,62	41,2	16	1,869	713,08098
15	Λ1	69,2	18,29	7	0,5	6,5	148,84	112	3	0,193	365,33268
16	Π1	123,6	63,66	320	12	518	314,76	127,5	9	5,806	1488,5185
17	Καταβόθρες	444,8	1643,41	12450	480	21350	151,28	4030	11	60,67	40560,495
18	Λ/Σ2	159,2	368,78	3050	115	4870	215,94	39,9	5	30,149	8823,8205





**Εικόνα 1.** Χάρτης όπου παρουσιάζονται οι θέσεις των βροχομετρικών σταθμών

**Πίνακας 3.** Συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων στα δείγματα των κατακρημνίσεων σε mg/l

A/A	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Βροχομετρικοί Σταθμοί	X	Y	Z	Ca	Mg	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	Νοέμβρης-Μάης 2016	M/S1	205164,3	4236778,13	0	5,76	1,66	8,8	1,8	2
2	Νοέμβρης-Μάης 2016	M/S2	193115,094	4227624,487	190	7,36	1,659	10,8	0,5	2
3	Νοέμβρης-Μάης 2016	M/S3	200513,34	4229538,47	420	3,04	2,244	8,8	1,3	3
4	Νοέμβρης-Μάης 2016	M/S4	203955,433	4228080,596	950	5,12	1,171	8,1	2,7	3
5	Νοέμβρης-Μάης 2016	M/S5	204796,95	4227529,11	1350	8	0,878	6,8	0,5	8

**Πίνακας 4.** σταθμισμένες μέσες μηνιαίες τιμές και σφάλματα

Βροχομετρικός Σταθμός	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Ημερομηνία	w.mon.18 O	w.mon.2 H.	w.mo.d-excess
Βροχομετρικός Σταθμός 10m	205164.3	4236778.13	Νοέμβρης 2015	-4,31891	-21,54210081	13,0091492
Βροχομετρικός Σταθμός 10m	205164.3	4236778.13	Ιανουάριος 2016	-1,95118	-13,00693843	2,60250712
Βροχομετρικός Σταθμός 10m	205164.3	4236778.13	Μάρτιος 2016	-2,03529	-15,55227591	0,73001027
Βροχομετρικός Σταθμός 190m	193115.094	4227624.487	Νοέμβρης 2015	-5,0948	-28,73538584	12,0229848
Βροχομετρικός Σταθμός 190m	193115.094	4227624.487	Ιανουάριος 2016	-7,18576	-34,74252093	22,7435917
Βροχομετρικός Σταθμός 190m	193115.094	4227624.487	Φεβρουάριος 2016	-1,36157	-7,34565552	3,5468869
Βροχομετρικός Σταθμός 190m	193115.094	4227624.487	Μάρτιος 2016	-5,49583	-36,89236023	7,07428729
Βροχομετρικός Σταθμός 190m	193115.094	4227624.487	Απρίλιος 2016	-10,1515	-67,0698955	14,1419444
Βροχομετρικός Σταθμός 190m	193115.094	4227624.487	Μάιος 2016	-7,74571	-50,42752784	11,5381866
Βροχομετρικός Σταθμός 420m	200513.34	4229538.47	Νοέμβρης 2015	-6,35339	-31,35379459	19,4732993
Βροχομετρικός Σταθμός 420m	200513.34	4229538.47	Ιανουάριος 2016	-7,50529	-40,29279943	19,7494871

Βροχομετρικός Σταθμός 420m	200513.34	4229538.47	Φεβρουάριος 2016	-1,64433	-9,861665839	3,29299822
Βροχομετρικός Σταθμός 420m	200513.34	4229538.47	Μάρτιος 2016	-3,84614	-26,70621104	4,062945
Βροχομετρικός Σταθμός 950m	203955.433	4228080.596	Δεκέμβριος 2015	-6,83649	-38,38550648	16,3064107
Βροχομετρικός Σταθμός 950m	203955.433	4228080.596	Ιανουάριος 2016	-8,92591	-49,84009451	21,5671614
Βροχομετρικός Σταθμός 950m	203955.433	4228080.596	Φεβρουάριος 2016	-4,05873	-21,34116459	11,1286422
Βροχομετρικός Σταθμός 950m	203955.433	4228080.596	Μάρτιος 2016	-6,97176	-44,62771281	11,146369
Βροχομετρικός Σταθμός 1350m	204796.95	4227529.11	Φεβρουάριος 2016	-3,61204	-20,9180308	7,97832864
Βροχομετρικός Σταθμός 1350m	204796.95	4227529.11	Μάρτιος 2016	-6,31314	-42,50848583	7,99667227

*Πίνακας 5. δεδομένων Βροχομετρικού Σταθμού 10m*

Ημερομηνία	ml	d 180	d D	d-excess	ml_d 180	ml_dD
24/11/2015	524.6506	-2.55884	-7.19532	13.27541	-1342.5	-3775.03
25-28/11/2015	937.2874	-5.30411	-29.5728	12.86011	-4971.48	-27718.2
3-4/1/2016	443.7104	-1.60523	-11.1172	1.724617	-712.258	-4932.83
18/1/2016	43.77255	-5.45798	-32.1624	11.50144	-238.91	-1407.83
8-9/2/2016	80.48275					
12-13/2/2016	182.3918					
29/2-1/3/2016	72.25469	-3.85852	-23.6918	7.176378	-278.796	-1711.84
4-6/3/2016	113.7991	-3.9838	-20.1719	11.6985	-453.352	-2295.54
9/3/2016	97.05988	-3.85561	-22.4744	8.370459	-374.225	-2181.36
15/3/2016	271.8732	-3.83695	-21.6412	9.054397	-1043.16	-5883.67
18/3/2016	299.5414					
25/3/2016	72.25469					

*Πίνακας 6. δεδομένων Βροχομετρικού Σταθμού 190m*

Ημερομηνία	ml	d 180	d D	d-excess	ml_d 180	ml_dD
22/11/2015	191.1516	-2.34423	-10.5995	8.154325	-448.103	-2026.11
25/11/2015	244.5872	-4.85741	-24.0196	14.83965	-1188.06	-5874.89
26-28/11/2015	504.1473	-6.25286	-37.8996	12.12331	-3152.36	-19107
11-12/12/2015	88.75111					
4/1/2016	235.5764	-4.74088	-20.8092	17.11782	-1116.84	-4902.16
4-5/1/2016	308.8496	-6.24607	-8.11216	41.85637	-1929.1	-2505.44
6-7/1/2016	130.701	-4.82536	-28.3146	10.28827	-630.68	-3700.75
16-17/1/2016	139.2133	-9.59502	-62.6302	14.12997	-1335.75	-8718.96
19/1/2016	365.6024	-9.4814	-57.8959	17.95527	-3466.42	-21166.9
12/2/2016	139.2133	-1.36157	-7.34566	3.546887	-189.548	-1022.61
2/3/2016	64.06686	-4.36621	-29.5365	5.393191	-279.73	-1892.31
7/3/2016	72.25469					
12/3/2016	365.6024	-2.40746	-9.54613	9.713587	-880.175	-3490.09
13/3/2016	53.48262	-4.65949	-35.6456	1.630324	-249.202	-1906.42
15/3/2016	72.25469	-6.58037	-45.195	7.447936	-475.463	-3265.55
16/3/2016	72.25469	-7.14459	-44.9338	12.22288	-516.23	-3246.68
17-18/3/2016	629.8853	-8.2876	-59.7578	6.543016	-5220.24	-37640.5
23-24/3/2016	113.7991	-2.80854	-18.7773	3.690983	-319.609	-2136.84
10-11/4/2016	72.25469	-10.1515	-67.0699	14.14194	-733.492	-4846.11
3/5/2016	47.81142	-7.74571	-50.4275	11.53819	-370.334	-2411.01

*Πίνακας 7. δεδομένων Βροχομετρικού Σταθμού 420m*

Ημερομηνία	ml	d 180	d D	d-excess	ml_d 180	ml_dD
23/11/2015	113.7991					
25-26/11/2015	375.2127	-5.74693	-28.251	17.72441	-2156.32	-10600.1
26-27/11/2015	651.4814	-7.39195	-39.2619	19.87376	-4815.72	-25578.4
2-4/1/2016	762.251	-7.27639	-34.6285	23.58269	-5546.44	-26395.6
6-7/1/2016	208.7961	-6.35483	-43.3776	7.461078	-1326.86	-9057.06
16-18/1/2016	597.8361	-8.19893	-46.4376	19.15385	-4901.62	-27762.1
11-14/2/2016	404.3055	-1.64433	-9.86167	3.292998	-664.813	-3987.13
7/3/2016	545.3341					
9/3/2016	443.7104	-3.63128	-22.2009	6.849337	-1611.24	-9850.76
16-18/3/2016	728.5289	-8.70518	-60.9796	8.661852	-6341.98	-44425.4
3-4/5/2016	105.4092					

*Πίνακας 8. δεδομένων Βροχομετρικού Σταθμού 950m*

Ημερομηνία	ml	d 180	d D	d-excess	ml_d 180	ml_dD
1/12/2015	2262.916	-6.83649	-38.3855	16.30641	-15470.4	-86863.2
7/1/2016		-5.32936	-24.17	18.46485		
26/1/2016	877.7412	-8.92591	-49.8401	21.56716	-7834.64	-43746.7
5/2/2016	253.6402	-4.46721	-17.8167	17.92102	-1133.06	-4519.03
15/2/2016	433.7931	-3.80863	-23.499	6.970045	-1652.16	-10193.7
3/3/2016	299.5414	-7.06327	-42.3855	14.12068	-2115.74	-12696.2
10/3/2016	208.7961	-4.97921	-23.0786	16.7551	-1039.64	-4818.72
21/3/2016	998.0507	-7.43787	-50.7998	8.703175	-7423.37	-50700.8

**Πίνακας 9.** δεδομένων Βροχομετρικού Σταθμού 1350m

Ημερομηνία	ml	d 180	d D	d-excess	ml_d 180	ml_dD
1/12/2015	39.74363	-7.06622	-35.3323	21.19746	-280.837	-1404.23
7/1/2016		-4.84187	-19.4701	19.26488		
5/2/2016	651.4814	-3.55047	-20.4404	7.963357	-2313.07	-13316.6
15/2/2016	299.5414	-3.73519	-21.8732	8.008272	-1118.84	-6551.94
3/3/2016	299.5414	-7.75278	-45.1148	16.90738	-2322.28	-13513.8
10/3/2016	173.6735	-4.44897	-19.4926	16.09922	-772.669	-3385.34
21/3/2016	937.2874	-6.19483	-46.636	2.922691	-5806.34	-43711.3

**Πίνακας 10.** Εργαστηριακοί χημικοί προσδιορισμοί ιχνοστοιχείων (Οι συγκεντρώσεις δίνονται σε µg/L).

A/A	Ημερομηνία δειγματοληψί	κωδική ονομασία	X	Y	Z	Ag	Al	As	B	Ba	Be
1	Απρίλης 2016	Γ13	201209	4229415	460	0	0	0,141449	13,364856	16,32991	0,006208
2	Απρίλης 2016	Γ21	202186,1	4237062	205	0	0	0,32109	8,133842	8,533597	0,008048
3	Απρίλης 2016	Γ9	192733,3	4230207	23,342	0	0	3,069759	115,437105	48,56725	0,007472
4	Απρίλης 2016	Γ17	195806,5	4232373	235,406	0	0	0,398723	10,966481	9,061194	0,011948
5	Απρίλης 2016	Λ/Σ1	204813,7	4238757	6	111,0394	111,039435	12,29542	741,930471	21,99207	0,046484
6	Απρίλης 2016	Γ18	202456,7	4233685	485	0	0	0,117189	6,360682	6,204299	0,016409
7	Απρίλης 2016	Γ1	193405	4227035	193,292	0	0	2,098957	34,429172	101,3393	0,0081

8	Απρίλης 2016	Γ14	193409,6	4232425	54,825	0	0	4,608551	162,67257	18,52191	0,017043
9	Απρίλης 2016	Π4	207035,9	4239207	6,5	0	0	0,674267	19,931055	98,11841	0,010455
10	Απρίλης 2016	Γ10	195214,2	4230206	129,025	0	0	2,337346	109,42127	16,0697	0,008305
11	Απρίλης 2016	Γ11	197654,7	4229504	296	0	0	0,461827	18,497114	16,16672	0,007645
12	Απρίλης 2016	Γ19	207437,5	4233334	134,919	0	0	0,264353	47,560182	86,0437	0,002283
13	Απρίλης 2016	Π5_Καραβόμυλος	204934,7	4239220	0	178,7921	178,792114	14,58462	1654,507194	20,01915	0,06722
14	Απρίλης 2016	Γ2	196258	4226010	143,6	0	0	1,902516	59,830744	52,26126	0,006274
15	Απρίλης 2016	Λ1	211754,5	4229609	279	0	0	0,157484	8,954768	8,381165	0,003512
16	Απρίλης 2016	Π1	194134,4	4229803	2	0	0	6,006561	218,647837	29,33456	0,012895
17	Απρίλης 2016	Καταβόθρες	191075,4	4232939	0	0	0	91,94544	5988,330585	12,3368	0,246854
18	Απρίλης 2016	Λ/Σ2	204408,6	4239441	27	0	0	30,51796	1016,44372	15,81344	0,011924
19	Απρίλης 2016	Γ22	205719,2	4237727	26	0	0	8,777964	520,689802	40,50762	0,062157
20	Απρίλης 2016	Γ5	194829,3	4228741	7,023	0	0	2,745466	103,798627	16,07891	0,005643
21	Απρίλης 2016	Γ23	205561,5	4237904	11,117	0	0	4,847574	180,550324	70,03541	0,005897
22	Απρίλης 2016	Γ8	193105,4	4229641	7	0	0	3,184237	154,040365	57,13996	0,013481
23	Απρίλης 2016	Γ4	194588,8	4228656	5	0	0	1,329836	56,757949	39,62988	0,007317
24	Απρίλης 2016	Γ6	192446,9	4228675	125	0	0	2,516776	54,010462	99,97898	0,004558
25	Απρίλης 2016	Γ3	198408,3	4226567	174	0	0	0,720555	30,249391	27,96336	0,012238
26	Απρίλης 2016	Λ/Σ3	205385,7	4238110	22	0	0	1,026325	74,210205	12,22826	0,006867
27	Απρίλης 2016	Γ16	195456,5	4232684	194	0	0	0,419802	14,116638	20,04026	0,013032

28	Απρίλης 2016	Γ15	194074,2	4231971	102	0	0	0,409894	15,41246	13,42631	0,001819
29	Απρίλης 2016	Γ7	192449,9	4229165	100	0	0	1,305897	19,381586	14,40258	0,014016
30	Απρίλης 2016	Π2	203172,9	4235508	280	0	0	0,195233	8,146188	9,129059	0,006594
31	Απρίλης 2016	Γ12	200810,1	4229406	394	0	0	0,118842	8,580938	19,48864	0,009694
32	Απρίλης 2016	Π3	206016,3	4237330	23	0	0	0,112894	6,096273	7,717141	0,009404
33	Απρίλης 2016	Γ20	203393,7	4235575	219,5	0	0	0,108241	7,469243	11,90262	0,007405

**Πίνακας 11.** Εργαστηριακοί χημικοί προσδιορισμοί ιχνοστοιχείων (Οι συγκεντρώσεις δίνονται σε µg/L).

A/A	κωδική ονομασία	Bi	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Ga	Ge
1	Γ13	0,254394	0,015313	0,127763	0,612922	2,283	7811,804	7,811804	0,286773	0,001273
2	Γ21	0	0,009153	0,089753	3,221805	0	0	285,1616	0,138916	0,000284
3	Γ9	0	0,063909	0,188731	11,14714	6,029	4891,984	489,5031	0,718778	0
4	Γ17	0	0,007919	0,119652	3,098945	1,732	0	358,4969	0,147908	0
5	Λ/Σ1	0,002781	-0,06473	0,186079	139,3712	66,998	0	756,4707	0,618111	0
6	Γ18	0,000942	0,003212	0,094719	0	1,767	0	289,8072	0,111719	0,000815
7	Γ1	0	0,018959	0,105669	7,503432	8,744	50141,31	328,7654	1,551908	0,002764
8	Γ14	0	0,015884	0,216756	16,12198	32,603	171,199	550,0569	0,179281	0
9	Π4	0	0,013287	0,158674	1,004155	1,852	0	462,891	1,477404	0,005626
10	Γ10	0	0,221143	0,173935	12,08016	179,12	0	530,8897	0,250871	0
11	Γ11	0	0,017197	0,151379	1,548688	10,305	32170,07	446,6565	0,247292	0



12	Γ19	0	0,029032	0,196989	0,847751	3,463	0	592,3466	1,285062	0,017864
13	Π5_Καραβό- μυλος	0,042477	0	0,849235	142,7452	86,86	0	1029,134	0,570185	0
14	Γ2	0	0,004381	0,118978	5,943305	74,172	0	368,428	0,794949	0,013348
15	Λ1	0,055146	0,00884	0,090828	0	1,995	0	282,9901	0,155626	0,001227
16	Π1	0	0,01125	0,199255	27,83251	133,786	777,562	516,1978	0,479627	0
17	Καταβόθρες	0,116977	0,017087	1,007403	671,9803	287,123	107164	3090,065	1,093577	0
18	Λ/Σ2	0	0,03954	0,806258	143,3618	151,795	49693,54	897,2505	0,444034	0
19	Γ22	0,071206	0	0,221193	129,3101	38,684	0	660,0821	0,957454	0
20	Γ5	0	0,026023	0,188468	27,27253	79,936	0	528,9288	0,309973	0,003279
21	Γ23	0	0,079101	0,261556	18,70659	6,459	9293,434	669,6654	1,731686	0
22	Γ8	0	0,023056	0,183086	13,1861	1,333	0	540,2559	0,863507	0
23	Γ4	0	0,111996	0,208127	7,921846	11,616	0	605,1526	0,59095	0
24	Γ6	0	0,01908	0,142015	7,050622	25,073	13866,99	418,334	1,489984	0,005478
25	Γ3	0	0,184198	0,16597	3,56764	10,541	0	511,2275	0,41891	0,002286
26	Λ/Σ3	0	0,03627	0,07586	5,016463	6,474	0	207,0743	0,204793	0
27	Γ16	0	0,023123	0,140222	1,396933	0,621	9376,982	410,1992	0,304656	0,000693
28	Γ15	0	0,013146	0,132588	1,295756	0,965	9376,982	395,765	0,204229	0,000507
29	Γ7	0	0,010074	0,070177	1,950788	4,8234	0	220,2215	0,219681	0,008149
30	Π2	0	0,011159	0,111933	0	2,274	0	339,5271	0,144072	0,000701
31	Γ12	0	0,01998	0,112369	0,682431	0,494	106352,4	361,5421	0,305336	0,00018

32	Π3	0	0,0587	0,091753	0	1,002	16743,42	284,5377	0,130335	0
33	Γ20	0,433459	0,018567	0,10141	0	4,239	0	323,6264	0,259765	0,00154

**Πίνακας 12.** Εργαστηριακοί χημικοί προσδιορισμοί ιχνοστοιχείων (Οι συγκεντρώσεις δίνονται σε µg/L).

A/A	κωδική ονομασία	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Re	Rb	Se	Sr
1	Γ13	0,21989	0	0,077683	0	0	0,001634	0,698625	0,576612	92,936
2	Γ21	0,119164	0,046166	0,334949	0	0	0,007935	0,212658	0,43882	136,6047
3	Γ9	6,389567	0,071867	0,550539	11,99793	0,061715	0,009957	1,368367	5,053705	591,668
4	Γ17	0,202668	0,079986	0,069487	0	0	0,000728	0,272737	0,882767	114,3761
5	Λ/Σ1	41,78708	-0,86953	1,706759	0	0	0,000936	15,941378	48,421706	1290,092
6	Γ18	1,858244	0	0,127025	0	0	0,00091	0,157161	0,310996	96,49869
7	Γ1	2,248074	0,116139	0,261664	0	1,447147	0,002081	0,516577	2,110468	309,3956
8	Γ14	4,579488	2,468893	0,29029	0,465242	0	0,003329	3,323763	2,893573	297,7367
9	Π4	10,06746	0,033491	0,249622	0	0	0,002579	0,378371	0,675987	1097,45
10	Γ10	5,77488	3,052282	0,178059	0	0,167269	0,001604	2,488275	5,736774	314,8892
11	Γ11	0,304824	0,054898	0,07357	1,592421	0,33636	0,001647	0,449018	1,085729	133,1365
12	Γ19	10,52345	0,217492	0,993893	1,555205	0	0,007595	1,129759	1,318404	1142,441
13	Π5_Καραβό- μυλος	55,63327	0	3,64859	0	0	0,007287	20,929961	62,206077	1612,8
14	Γ2	5,545	0,214329	0,955665	0	0	0,007029	1,28747	2,787709	440,1804
15	Λ1	2,535323	0	0,237204	0	0	0,001195	0,163853	0,400286	484,4438

16	Π1	26,27504	0	0,428662	0	0	0,003342	4,441728	6,729397	772,3353
17	Καταβόθρες	370,2164	0	14,461572	0	0	0,01935	137,409834	409,746625	9720,202
18	Λ/Σ2	80,20967	0,175228	2,991013	4,240294	0	0,004015	35,98178	0	2606,604
19	Γ22	24,82687	0,795774	1,36783	0,60706	0	0,003193	9,727498	29,205012	951,1167
20	Γ5	11,0747	3,047586	0,157412	0	0	0,001604	1,764094	4,344461	337,2041
21	Γ23	6,769897	5,25003	0,436073	3,294629	0	0,00455	3,127532	5,295297	882,1611
22	Γ8	8,506142	0,135873	0,598378	0	0	0,003714	1,04743	6,503359	570,711
23	Γ4	1,149796	1,750441	0,113734	0,02295	0	0,003197	0,412236	3,042622	233,2789
24	Γ6	3,677811	0,380795	0,373921	2,120608	0,330416	0,00582	0,987642	3,167629	0,380795
25	Γ3	0,666835	2,207385	0,090973	15,50732	0	0,001244	0,71657	1,487085	138,4888
26	Λ/Σ3	1,152367	0	0,691324	0	0	0,001335	1,707045	2,446805	133,8257
27	Γ16	0,175227	0,058077	0,066178	0	0	0,001307	0,255255	0,672091	108,6619
28	Γ15	0,221582	0,103142	0,07642	0	0	0,001102	0,264799	0,719562	115,2061
29	Γ7	2,332126	0,151388	0,606282	0	0	0,006158	0,857365	1,225354	175,4738
30	Π2	0,132943	0	0,204912	0	0	0,002314	0,221113	0,410395	115,6942
31	Γ12	0,209197	0	0,053886	0	1,207763	0,000904	0,471445	0,641722	0,01998
32	Π3	0,147527	0,036186	0,073	3,161102	0,666243	0,000724	0,17531	0,377785	0,0587
33	Γ20	0,282386	0,068774	0,326293	0	0	0,003502	0,338141	0,424012	0,018567

**Πίνακας 13.** Εργαστηριακοί χημικοί προσδιορισμοί ιχνοστοιχείων (Οι συγκεντρώσεις δίνονται σε µg/L).

A/A	κωδική ονομασία	Ti	U	V	W	Zn	Zr
1	Γ13	0,562915	0,065885	0,154378	0,001933	3,775249	0,000769
2	Γ21	0,253331	0,387994	1,655908	0,014511	4,062365	0,002239
3	Γ9	1,525361	1,361007	4,012203	0	33,78365	0,003363
4	Γ17	0,217464	0,017262	1,089531	0,000111	0,37761	0
5	Λ/Σ1	0,615655	0,039243	42,112027	0,012757	0	0,006308
6	Γ18	0,075987	0,293859	0,409966	0,001866	0,584502	0
7	Γ1	1,093291	0,695056	4,441914	0	42,8221	0
8	Γ14	0,564481	0,129247	5,003596	0,001401	213,3276	0,000646
9	Π4	1,113024	0,417659	1,273115	0,001863	9,175567	0,006566
10	Γ10	0,44393	0,071492	3,596761	0,000739	261,729	0
11	Γ11	0,418605	0,046328	0,660585	0,001897	16,65756	0,000964
12	Γ19	1,068455	1,408169	0,340625	0	87,25153	0,006991
13	Π5_Καραβό- μυλος	2,361195	0,01509	43,103472	0,01882	5,940099	0,014593
14	Γ2	1,023786	1,291418	2,730713	0,000006	0,330028	0,001301
15	Λ1	0,329501	0,14261	0,406735	0	5,683418	0
16	Π1	1,087625	0,565546	9,000059	0	3,728517	0
17	Καταβόθρες	6,885209	2,461408	195,451102	0,041735	89,29347	0,078616
18	Λ/Σ2	1,788644	0,899142	42,1859	0,001384	41,35878	0,009632
19	Γ22	0,702144	0,0164	39,651585	0,012068	98,82155	0

20	Γ5	0,759843	0,135881	8,236812	0	7,064501	0,00017
21	Γ23	1,003068	0,869219	5,360228	0,012197	179,4245	0,001363
22	Γ8	1,221584	1,058043	4,662591	0,000761	16,51077	0,002608
23	Γ4	1,620635	0,72812	2,483066	0,003276	18,04866	0,011931
24	Γ6	1,146148	0,933099	4,158205	0,000804	319,56	0,001278
25	Γ3	0,53705	0,063092	1,18823	0	920,2758	0,002784
26	Λ/Σ3	0,510364	0,557186	3,429597	0,00305	3,691	0,002501
27	Γ16	0,452081	0,027446	0,770948	0,000405	66,87869	0,000665
28	Γ15	0,521402	0,019362	1,058012	0,00051	12,45359	0
29	Γ7	1,232949	0,845501	1,67117	0	1,49066	0
30	Π2	0,174907	0,463183	1,058012	0,000598	8,512734	0,013885
31	Γ12	0,640123	0,025475	0,060388	0,068556	34,59001	0
32	Π3	0,068503	0,279014	0,510196	0,000422	22,33839	0
33	Γ20	0,219196	0,564089	0,382911	0	58,59544	0,003153

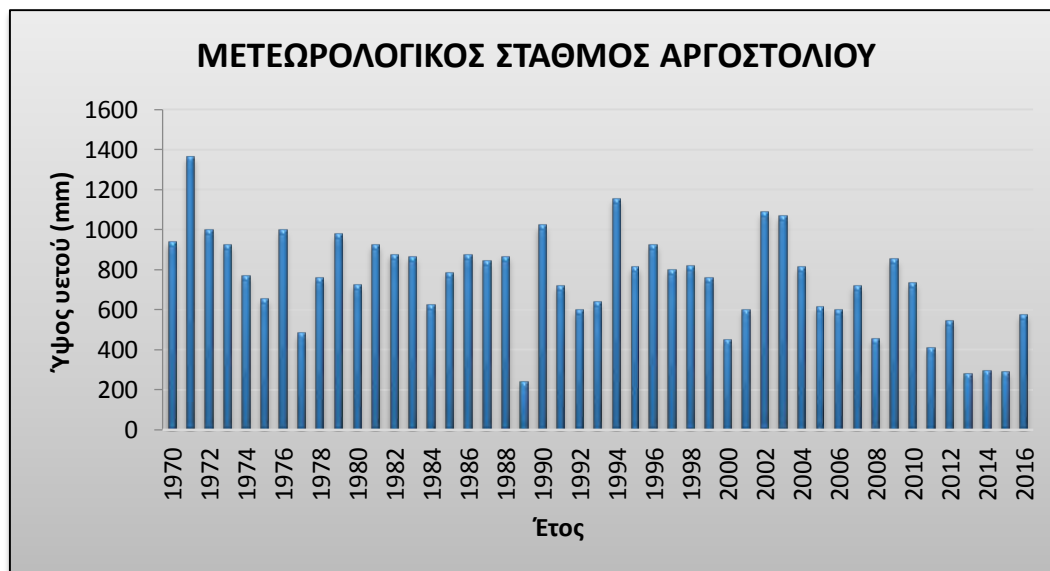
**Πίνακας 14.** Ισοτοπικών αναλύσεων υδροφόρου

A/A	Αριθμός απογραφής	X	Y	Z	δ18O	δD	Ημερομηνία Δειγματοληψίας
1	Γ13	201209	4229415	460	-6,48107	-32,7356	27/4/2016
2	Γ21	202186,1	4237062	205	-6,12078	-33,1598	25/4/2016
3	Γ9	192733,3	4230207	23,342	-6,26645	-30,0431	26/4/2016
4	Γ17	195806,5	4232373	235,406	-6,42572	-39,7022	25/4/2016
5	Λ/Σ1	204813,7	4238757	6	-5,71144	-29,7957	24/4/2016
6	Γ18	202456,7	4233685	485	-6,70007	-34,8066	25/4/2016
7	Γ1	193405	4227035	193,292	-5,43661	-28,3347	27/4/2016
8	Γ14	193409,6	4232425	57	-5,24094	-32,4845	25/4/2016
9	Π4	207035,9	4239207	6,5	-5,67162	-30,2681	25/4/2016
10	Γ10	195214,2	4230206	129,025	-5,82167	-29,2985	26/4/2016
11	Γ11	197654,7	4229504	296	-5,98774	-37,5897	27/4/2016
12	Γ19	207437,5	4233334	134,919	-5,01078	-33,5004	24/4/2016
13	Π5_Καραβόμυλος	204934,7	4239220	0	-5,46671	-30,1595	24/4/2016
14	Γ2	196258	4226010	143,6	-5,49052	-34,9866	26/4/2016
15	Λ1	211754,5	4229609	279	-6,67288	-36,6284	24/4/2016
16	Π1	194134,4	4229803	2	-5,47595	-29,2956	26/4/2016
17	Καταβόθρες	191075,4	4232939	0	1,409726	7,396432	26/4/2016
18	Λ/Σ2	204408,6	4239441		-5,12906	-29,1937	24/4/2016
19	Γ22	205719,2	4237727	26	-6,02318	-32,9818	24/4/2016
20	Γ5	194829,3	4228741	7,023	-5,57112	-30,7184	27/4/2016
21	Γ23	205561,5	4237904	11,117	-5,83721	-31,6476	24/4/2016
22	Γ8	193105,4	4229641	7	-5,45797	-30,5468	27/4/2016
23	Γ4	194588,8	4228656	5	-4,97143	-25,5389	27/4/2016

24	Γ6	192446,9	4228675	125	-5,57839	-31,3946	27/4/2016
25	Γ3	198408,3	4226567	174	-5,58034	-31,3418	27/4/2016
26	Λ/Σ3	205385,7	4238110	22	-4,50288	-19,3132	24/4/2016
27	Γ16	195456,5	4232684	194	-5,67939	-30,8812	26/4/2016
28	Γ15	194074,2	4231971	102	-5,6522	-31,9432	26/4/2016
29	Γ7	192449,9	4229165	100	-5,55314	-31,5178	26/4/2016
30	Π2	203172,9	4235508	280	-6,22809	-30,7257	24/4/2016
31	Γ12	200810,1	4229406	394	-6,35628	-38,0542	27/4/2016
32	Π3	206016,3	4237330	23	-6,82194	-35,3705	24/4/2016
33	Γ20	203393,7	4235575	219,5	-6,07562	-32,2337	24/4/2016
34	Γ25	207724,6	4234407	186	-5,49804	-27,9033	24/4/2016
35	Γ32	195466,3	4228215		-6,35156	-34,2556	27/4/2016
36	Γ34	195978	4231720		-6,64772	-33,398	26/4/2016
37	Π6	209082,9	4232690	488	-6,34379	-33,5535	24/4/2016
38	Π7	208225,9	4234135		-6,04083	-33,1594	24/4/2016
39	Γ35	194942,2	4228845	7	-5,5194	-29,2964	27/4/2016
40	ΦΡ2	205772,2	4238263	2	-5,31452	-30,0679	24/4/2016
41	Λ2	208734,9	4232869	212	-6,01929	-31,0455	24/4/2016
42	Π8 (πηγή Φρύδι)	204685,4	4239580		-5,5012	-31,3446	4/5/2016
43	θ1	191062,3	4233010		1,388363	7,67117	26/4/2016
44	θ2	205049,1	4239281		-5,13391	-28,1614	26/4/2016

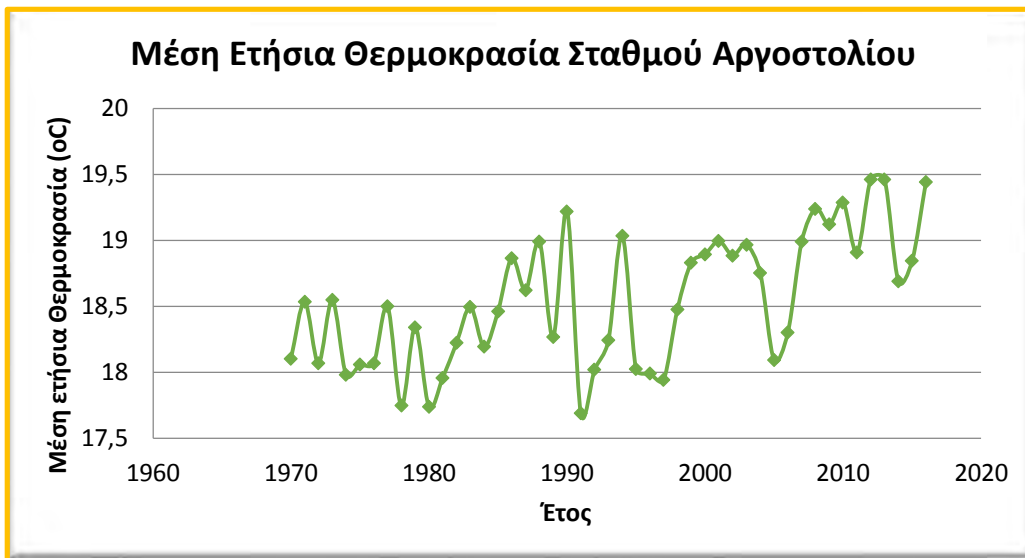
### Δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού Αργοστολίου

Όνομα Σταθμού	Κωδικός Σταθμού	Γεωγραφικό Πλάτος Σταθμού	Γεωγραφικό Μήκος Σταθμού	Ύψος Σταθμού (m)
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	16685	38.13	20.50	10



**Εικόνα 2. Ετήσιο ύψος υετού μετεωρολογικού σταθμού Αργοστολίου (1970 – 2016)**





***Εικόνα 3. Διάγραμμα διακύμανσης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (1970 – 2016)***

**Πίνακας 15. Καταγραφή υδροσημείων της νήσου Κεφαλληνίας**

Α/Α	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ Ι.Γ.Μ.Ε		ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΥΔΡΟΣΗΜΕΙΟΥ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΘΕΣΗ		ΤΟΠΟΓΡ/ΚΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ	ΧΡΗΣΗ ΥΔΡΟΣΗΜΕΙΟΥ
					Γ. ΜΗΚΟΣ (Ψ)	Γ. ΠΛΑΤΟΣ (Χ)		ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ ή ΠΕΡΙΟΧΗ		
1	ΠΑΡ1		ΠΗΓΗ	ΠΗΓΗ ΝΕΡΟΜΑΝΑΣ	20°30'38.66"A	38°10'0.13"B	5	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΟΥΤΑΒΟΣ	ΠΑΡΑΚΤΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
2	ΠΑΡ2		ΠΗΓΗ	ΠΗΓΕΣ ΠΑΠΠΑΔΑΤΟΥ	20°30'35.98"A	38°10'10.70"B	12	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΟΥΤΑΒΟΣ	ΠΑΡΑΚΤΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
3	ΓΑΡ3		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΛΑΙΚΩΝ	20°29'43.24"A	38° 9'55.28"B	25	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΛΑΙΚΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	ΕΝΤΟΣ ΠΟΛΗΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
4	ΓΑΡ4		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΧΑΡΑΒΟΝΤΑΣ 1	20°29'41.50"A	38° 9'22.90"B	84	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΣΗΛΑΙΩΝ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
5	ΓΑΡ5		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΧΑΡΑΒΟΝΤΑΣ 2	20°29'30.44"A	38° 9'34.95"B	91	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΣΗΛΑΙΩΝ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
6	ΓΑΡ6		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΜΠΟΘΕΚΡΑΤΩΝ	20°30'10.67"A	38° 8'31.42"B	195	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΟΜΠΟΘΕΚΡΑΤΑ	ΚΟΡΥΦΗ ΛΟΦΟΥ	ΥΔΡΕΥΣΗ
7	ΓΑΡ7		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΚΚΟΛΑΤΑ 1	20°32'13.52"A	38° 7'56.02"B	145	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΟΚΚΟΛΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
8	ΓΑΡ8		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΚΚΟΛΑΤΑ 2	20°31'56.61"A	38° 7'57.39"B	133	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΟΚΚΟΛΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
9	ΓΑΡ9		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΚΚΟΛΑΤΑ 3	20°31'58.23"A	38° 8'22.35"B	118	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΟΚΚΟΛΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
10	ΓΑΡ10		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΗΝΙΕΣ	20°30'53.38"A	38° 7'21.00"B	96	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΣΑΡΛΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
11	ΓΑΡ11		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΤΡΩΙΑΝΝΑΤΩΝ	20°33'3.69"A	38° 9'55.50"B	288	ΤΡΩΙΑΝΝΑΤΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
12	ΓΑΡ12	Γ37	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΚΟΙΛΟΣ-ΚΥΚΛΩΠΕΙΑ	20°31'37.20"A	38°10'18.72"B	131	ΦΑΡΑΚΛΑΤΑ	ΡΑΖΑΤΑ - ΚΥΚΛΩΠΕΙΑ ΤΕΙΧΗ	ΧΑΜΗΛΟ ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΥΔΡΕΥΣΗ

13	ΓΑΡ13		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΝΕΑ ΓΕΩΤΡ. ΡΑΖΑΤΩΝ -ΑΣΠΡΗ	20°31'55.44"A	38°11'23.87"B	237	ΦΑΡΑΚΛΑΤΑ	ΡΑΖΑΤΑ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
14	ΓΑΡ14	Γ38	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΦΑΡΑΚΛΑΤΩΝ	20°31'24.64"A	38°11'36.15"B	192	ΦΑΡΑΚΛΑΤΑ	ΜΙΛΙ	ΧΑΜΗΛΟ ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΥΔΡΕΥΣΗ
15	ΓΑΡ15		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. "ΚΑΜΠΟΣ"	20°30'28.22"A	38°13'3.07"B	251	ΔΙΛΙΝΑΤΑ	ΛΑΝΟΥ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
16	ΓΑΡ16		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΔΙΛΙΝΑΤΩΝ "ΚΑΛΟΓΕΡΙΚΟ"	20°30'14.03"A	38°12'47.45"B	206	ΔΙΛΙΝΑΤΑ	ΔΡΟΜΟΣ ΛΑΓΚΑΔΑΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
17	ΓΑΡ17		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΚΟΥΡΟΥΚΛΑΤΩΝ	20°28'36.38"A	38°14'28.31"B	200	ΚΟΥΡΟΥΚΛΑΤΑ	ΚΟΥΡΟΥΚΛΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
18	ΓΑΡ18		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΑΓ ΣΠΥΡΙΔΩΝΑ	20°27'52.07"A	38°14'57.33"B	91	ΚΟΥΡΟΥΚΛΑΤΑ	ΑΓ ΣΠΥΡ/ΝΑΣ ΚΟΥΡ/ΚΛΑΤΩΝ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
19	ΓΑΡ19		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΝΤΟΓΟΥΡΑΤΑ	20°27'46.14"A	38°15'40.24"B	195	ΘΗΝΑΙΑ	ΚΟΝΤΟΓΟΥΡΑΤΩΝ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
20	ΓΑΡ20		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΕΤΡΙΚΑΤΩΝ ΑΝΩ	20°28'14.91"A	38°16'27.35"B	382	ΘΗΝΑΙΑ	ΠΕΤΡΙΚΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
21	ΓΑΡ21		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΕΤΡΙΚΑΤΩΝ ΚΑΤΩ	20°28'16.40"A	38°16'40.98"B	329	ΘΗΝΑΙΑ	ΠΕΤΡΙΚΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
22	ΓΑΡ22		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΝΥΦΙΟΥ	20°28'40.89"A	38°17'7.96"B	290	ΝΥΦΙ	ΝΥΦΙ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
23	ΓΑΡ23		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΓ.ΣΩΣΤΗΣ	20°27'25.85"A	38°17'13.96"B	191	ΖΟΛΩΝ	ΖΟΛΑ	ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΥΔΡΕΥΣΗ
24	ΓΑΡ24		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΓ.ΣΩΣΤΗΣ 2	20°27'25.48"A	38°17'13.85"B	191	ΖΟΛΩΝ	ΖΟΛΑ	ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
25	ΓΑΡ25		ΦΡΕΑΡ	ΖΟΛΑ-ΑΓΚΩΝΑΣ	20°28'44.51"A	38°17'55.47"B	102	ΑΓΚΩΝΑΣ	ΑΓΚΩΝΑΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
26	ΓΑΡ26		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΖΟΛΑ	20°27'54.85"A	38°18'6.92"B	102	ΖΟΛΩΝ	ΖΟΛΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
29	ΓΟΜ1		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΡΑΖΑΤΑ- ΚΟΛΛΕΣ	20°32'6.17"A	38°10'59.45"B	188	ΦΑΡΑΚΛΑΤΑ	ΡΑΖΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
30	ΓΟΜ2		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΟΜΑΛΑ-ΑΓ. ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ	20°35'24.83"A	38°9'56.66"B	401	ΟΜΑΛΩΝ	ΑΓ. ΓΕΡΑΣΙΜΟΥ	ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΥΔΡΕΥΣΗ
31	ΓΟΜ3		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΟΜΑΛΑ-ΒΑΛΣΑΜΑΤΑ	20°35'13.43"A	38°11'0.20"B	402	ΟΜΑΛΩΝ	ΒΑΛΣΑΜΑΤΑ	ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
32	ΓΟΜ4		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΟΜΑΛΑ-ΜΙΧΑΤΑ	20°35'45.34"A	38°9'52.58"B	459	ΟΜΑΛΩΝ	ΜΙΧΑΤΑ	ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
33	ΓΣΑ1		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΓΑΛΗ ΒΟΛΤΑ - ΕΠΑΝΩ ΜΕΓΑΛΗ	20°36'14.19"A	38°12'17.66"B	443	ΧΑΛΙΩΤΑΤΩΝ	ΜΕΓΑΛΗ ΒΟΛΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ

34	ΓΣΑ2	Γ120	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΓ.ΒΟΛΤΑ -ΚΑΤΩ ΜΙΚΡΗ	20°36'22.27"A	38°12'18.87"B	424	ΧΑΛΙΩΤΑΤΩΝ	ΜΕΓΑΛΗ ΒΟΛΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
35	ΓΣΑ3		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΓ.ΒΟΛΤΑ - ΑΠΟΤΥΧΟΥΣΑ	20°36'23.14"A	38°12'18.87"B	424	ΧΑΛΙΩΤΑΤΩΝ	ΜΕΓΑΛΗ ΒΟΛΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
36	ΓΣΑ4		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΑΜΗ-ΛΟΥΤΡΟ1	20°39'17.71"A	38°15'24.19"B	25	ΣΑΜΗ	ΛΟΥΤΡΟ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
36	ΓΣΑ5		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΑΜΗ-ΛΟΥΤΡΟ2	20°39'16.62"A	38°15'23.95"B	25	ΣΑΜΗ	ΛΟΥΤΡΟ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
37	ΓΣΑ6		ΠΗΓΗ	ΣΑΜΗ-ΛΟΥΤΡΟ	20°39'13.47"A	38°15'21.10"B	19	ΣΑΜΗ	ΛΟΥΤΡΟ	ΠΡΑΝΕΣ	ΜΗ ΠΟΣΙΜΟ
38	ΓΣΑ7		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΑΜΗ-ΛΟΥΤΡΟ/ΑΝΤΩΝΑΤΟΥ	20°39'11.81"A	38°15'10.07"B	44	ΣΑΜΗ	ΛΟΥΤΡΟ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
39	ΓΣΑ8		ΦΡΕΑΡ	ΣΑΜΗ-ΠΗΓΑΔΙΑ 1	20°38'19.65"A	38°14'49.71"B	4	ΣΑΜΗ	ΠΗΓΑΔΙΑ ΣΑΜΗΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΡΕΥΣΗ
40	ΓΣΑ9		ΦΡΕΑΡ	ΣΑΜΗ-ΠΗΓΑΔΙΑ 2	20°38'20.08"A	38°14'49.72"B	4	ΣΑΜΗ	ΠΗΓΑΔΙΑ ΣΑΜΗΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΡΕΥΣΗ
41	ΓΣΑ10		ΦΡΕΑΡ	ΣΑΜΗ-ΠΗΓΑΔΙΑ 3	20°38'20.54"A	38°14'49.76"B	4	ΣΑΜΗ	ΠΗΓΑΔΙΑ ΣΑΜΗΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΡΕΥΣΗ
42	ΛΠ.ΣΑ11		ΛΙΜΝΟΠΗΓΗ	ΜΕΓΑΛΗ ΑΒΥΘΟΣ	20°42'38.59"A	38°10'16.38"B	307	ΠΥΡΓΙ	ΜΕΓΑΛΗ ΑΒΥΘΟΣ	ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΥΔΡΕΥΣΗ
43	ΓΣΑ12		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ-ΑΗ ΛΙΑΣ	20°37'41.40"A	38°12'50.47"B	177	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ	ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ	ΧΑΜΗΛΟ ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
44	ΠΣΑ13		ΠΗΓΗ	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ-ΚΟΙΛΟΥ ΒΡΥΣΗ	20°36'0.18"A	38°12'58.82"B	433	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ	ΚΟΙΛΟΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
45	ΓΣΑ14		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ-ΚΟΙΛΟΥ ΒΡΥΣΗ	20°36'1.83"A	38°13'2.84"B	382	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ	ΚΟΙΛΟΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
46	ΓΣΑ15		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ-ΚΟΙΛΟΥ ΒΡΥΣΗ 2	20°36'5.37"A	38°13'6.36"B	366	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ	ΚΟΙΛΟΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
47	ΓΣΑ16		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ-ΚΟΙΛΟΥ ΒΡΥΣΗ 3	20°36'27.80"A	38°13'9.59"B	287	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ	ΚΟΙΛΟΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
48	ΓΣΑ17		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ-ΚΟΙΛΟΣ	20°37'44.00"A	38°13'48.19"B	49	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ	ΚΟΙΛΟΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
49	ΓΣΑ18		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ-ΚΟΙΛΟΣ	20°36'38.06"A	38°13'17.25"B	240	ΧΑΛΙΩΤΑΤΑ	ΚΟΙΛΟΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
50	ΓΣΑ19		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΟΥΛΤΑ - ΠΑΛΙΟ ΧΩΡΙΟ	20°38'0.56"A	38°14'7.98"B	28	ΠΟΥΛΑΤΑ	ΠΑΛΙΟ ΧΩΡΙΟ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
51	ΓΣΑ20		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΟΥΛΑΤΑ - ΦΑΣΑ	20°36'42.53"A	38°14'5.82"B	79	ΠΟΥΛΑΤΑ	ΠΟΥΛΑΤΑ-ΦΑΣΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
52	ΓΣΑ21		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΟΥΛΑΤΑ-ΑΓΓΑΛΑΚΙ	20°37'1.20"A	38°14'6.38"B	55	ΠΟΥΛΑΤΑ	ΑΓΓΑΛΑΚΙ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
53	ΦΡ.ΣΑ22		ΦΡΕΑΡ	ΚΑΡΑΒΟΜΥΛΟΥ- ΠΗΓΑΔΙΑ	20°38'6.65"A	38°14'46.75"B	4	ΣΑΜΗ	ΠΗΓΑΔΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΡΕΥΣΗ
54	ΦΡ.ΣΑ23		ΦΡΕΑΡ	ΚΑΡΑΒΟΜΥΛΟΥ- ΠΗΓΑΔΙΑ	20°38'9.80"A	38°14'45.92"B	4	ΣΑΜΗ	ΠΗΓΑΔΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΡΕΥΣΗ

54	ΠΣΑ24		ΠΗΓΗ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ-ΜΙΧΑΛΙΤΣΑ	20°40'19.78"A	38°11'50.96"B	205	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΡΔΡΕΥΣΗ
55	ΛΠ.ΣΑ25		ΛΙΜΝΟΠΗΓΗ	ΜΙΚΡΗ ΑΒΥΘΟΣ	20°40'32.22"A	38°11'57.65"B	227	ΠΥΡΓΙ	ΜΙΚΡΗ ΑΒΥΘΟΣ	ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟ	ΚΑΜΙΑ
56	ΓΣΑ26		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΑΛΙΑ ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ-ΠΑΛΑΤΙ	20°39'51.80"A	38°11'33.76"B	214	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
57	ΓΣΑ27		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΑΛΙΑ ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ-ΠΑΛΑΤΙ	20°40'6.50"A	38°11'18.57"B	209	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
58	ΓΣΑ28		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΑΛΙΑ ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ-ΠΑΛΑΤΙ -ΑΥΛΑΚΙ (2)	20°40'7.84"A	38°11'18.80"B	206	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
59	ΓΣΑ29		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ-ΚΑΚΑΤΣΙ	20°39'30.19"A	38°12'13.02"B	132	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
60	ΦΡ.ΣΑ30		ΦΡΕΑΡ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ-ΚΑΚΑΤΣΙ	20°39'29.28"A	38°12'12.15"B	132	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
61	ΦΡ.ΣΑ31		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ-ΚΑΚΑΤΣΙ	20°39'31.50"A	38°12'12.09"B	134	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
62	ΦΡ.ΣΑ32		ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ-ΑΓ. ΑΝΔΡΕΑΣ	20°39'57.87"A	38°12'35.56"B	216	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΚΟΥΛΟΥΡΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
63	ΦΡ.ΣΑ33		ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗ	ΖΕΡΒΑΤΑ-ΛΙΜΝΗ	20°39'34.32"A	38°12'38.75"B	218	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΖΕΡΒΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
64	ΓΣΑ34		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΖΕΡΒΑΤΑ-ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ	20°39'4.27"A	38°12'58.37"B	160	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΖΕΡΒΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ ??
65	ΓΣΑ35		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΖΕΡΒΑΤΑ-ΝΕΚΡΟΤΑΦΕΙΟ	20°39'0.64"A	38°12'38.00"B	109	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΖΕΡΒΑΤΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
66	ΓΣΑ36		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΖΕΡΒΑΤΑ (ΑΝΑΝΤΙ ΟΙΚΙΣΜΟΥ)	20°38'45.33"A	38°13'39.88"B	115	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΖΕΡΒΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
67	ΓΣΑ37		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΖΕΡΒΑΤΑ (ΑΝΑΝΤΙ ΟΙΚΙΣΜΟΥ)	20°38'7.04"A	38°13'24.26"B	59	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΖΕΡΒΑΤΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
68	ΓΣΑ38		ΛΙΜΝΟΠΗΓΗ	ΚΑΡΑΒΟΜΥΛΟΣ	20°37'45.70"A	38°15'17.23"B	0	ΓΡΙΖΑΤΩΝ	ΖΕΡΒΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
69	ΦΡ.ΠΥ1		ΦΡΕΑΡ	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ-ΓΚΥΑΝΗΣ	20°34'26.84"A	38°18'14.63"B	78	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
70	ΦΡ.ΠΥ2		ΦΡΕΑΡ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ-ΓΕΡΟΥΛΜΑΤΟΥ	20°34'3.30"A	38°18'3.60"B	240	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
71	ΓΠΥ3		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΡΗΝΗ-ΑΥΛΑΚΙ	20°33'58.00"A	38°18'59.00"B	99	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΦΕΡΕΝΤΙΝΑΤΑ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
72	ΓΠΥ4		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ-ΡΙΓΑΝΑΔΑ	20°34'36.00"A	38°18'37.00"B	100	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
73	ΓΠΥ5		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ-ΜΑΡΚΑΝΤΩΝΑΤΟΥ	20°34'43.00"A	38°18'33.00"B	51	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ

74	ΦΡ.ΠΥ6		ΦΡΕΑΡ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ- ΠΗΓΑΔΙ - ΜΑΝΙΑΣ	20°35'31.76"A	38°18'42.00"B	54	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
75	ΓΠΥ7		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ- ΑΥΛΑΚΙ	20°34'20.00"A	38°18'51.00"B	83	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
76	ΓΠΥ8		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΦΕΡΕΝΤΙΝΑΤΑ- ΣΩΤΗΡΑΣ	20°34'28.00"A	38°19'6.00"B	235	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΦΕΡΕΝΤΙΝΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
77	ΓΠΥ9		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΠΕΚΑΤΩΡΑΤΑ - ΜΑΡΑΤΟΥ	20°33'27.00"A	38°19'11.00"B	142	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΜΠΕΚΑΤΩΡΑΤΑ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
78	ΓΠΥ10		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΛΟΥΚΑΤΑ- ΠΑΛΟΣΤΗ	20°33'40.00"A	38°19'19.00"B	157	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ	ΛΟΥΚΑΤΑ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
79	ΓΠΥ11		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΛΟΥΚΑΤΑ	20°32'34.49"A	38°19'11.18"B	276	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ	ΛΟΥΚΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
80	ΓΠΥ12		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΦΑΛΑΡΗ- ΣΤΑΜΟΥΛΕΙΚΑ	20°31'8.00"A	38°17'7.00"B	560	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ	ΛΟΥΚΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
81	ΓΠΥ13		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΤΡΙΑΥΛΑΚΟ - ΚΕΦΑΛΩΜΑ	20°32'38.00"A	38°17'34.00"B	338	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ	ΤΡΙΑΥΛΑΚΟ	ΣΤΕΝΗ ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
82	ΓΠΥ14		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ- ΑΜΠΕΛΑΤΟΣ	20°32'56.56"A	38°18'2.38"B	305	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ	ΑΜΠΕΛΑΤΟΣ	ΣΤΕΝΗ ΚΟΙΛΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
83	ΓΠΥ15		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ- ΧΟΛΟΛΙΟΣ	20°33'14.00"A	38°18'23.28"B	244	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ	ΑΜΠΕΛΑΤΟΣ	ΣΤΕΝΗ ΚΟΙΛΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
84	ΓΠΥ16		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ- ΑΗ ΓΙΑΝΝΗΣ	20°33'14.00"A	38°18'23.28"B	173	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ	ΑΗ ΓΙΑΝΝΗΣ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
85	ΓΠΥ17		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ- ΑΗ ΨΕΥΔΗΣ	20°33'32.65"A	38°18'36.00"B	180	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ	ΚΩΝΤΑΝΤΩΝΕΙΚΑ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
86	ΓΠΥ18		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ- ΓΚΥΑΝΗ	20°34'26.23"A	38°18'14.61"B	81	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΓΚΥΑΝΗ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
87	ΓΠΥ19		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΑΤΑ- ΑΥΛΑΚΙ	20°34'48.00"A	38°17'59.00"B	140	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΑΤΑ- ΑΥΛΑΚΙ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
88	ΓΠΥ20		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ- ΚΑΛΑΝΤΑΡΙΑ	20°35'57.00"A	38°17'53.00"B	45	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ- ΚΑΛΑΝΤΑΡΙΑ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
89	ΓΠΥ21		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΑΤΑ- ΑΣΤΡΙΤΗΣ	20°35'27.00"A	38°18'8.00"B	27	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΑΤΑ- ΑΣΤΡΙΤΗΣ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
90	ΓΠΥ22		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΑΚΡΥΩΤΙΚΑ- ΓΗΠΕΔΟ	20°33'54.19"A	38°18'39.42"B	138	ΑΓ. ΕΥΦΗΜΙΑ	ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΑΤΑ- ΑΣΤΡΙΤΗΣ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
91	ΓΕΡ1		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΣΣΟΥ-ΑΓΡΑΠΙΔΑΚΙ	20°33'21.87"A	38°22'0.46"B	341	ΑΣΣΟΥ	ΑΓΡΑΠΙΔΑΚΙ ΑΣΣΟΥ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
92	ΓΕΡ2		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΣΣΟΥ	20°32'39.03"A	38°22'38.15"B	42	ΑΣΣΟΥ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΑΣΣΟΥ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
93	ΓΕΡ3		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΜΠΟΣ ΑΣΣΟΥ	20°32'39.19"A	38°22'42.31"B	43	ΑΣΣΟΥ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΑΣΣΟΥ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
94	ΓΕΡ4		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΥΡΝΗΣ	20°33'49.90"A	38°22'22.45"B	369	ΚΟΘΡΕΑΣ	ΚΟΥΡΝΗ	ΠΡΑΝΕΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ

92	ΓΕΡ5		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΘΡΕΑΣ-ΔΕΑΦΑΡΑΝΑΤΑ	20°33'40.11"A	38°22'57.00"B	340	ΚΟΘΡΕΑΣ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΑΣΣΟΥ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
93	ΓΕΡ6		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΤΟΥΛΙΑΤΑ-ΚΑΤΣΑΡΑΤΑ	20°33'32.19"A	38°26'53.57"B	209	ΤΟΥΛΙΑΤΑ	ΚΑΤΣΑΡΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
94	ΓΕΡ7		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΦΙΣΚΑΡΔΟ 1	20°34'32.87"A	38°27'27.91"B	33	ΦΙΣΚΑΡΔΟ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΦΙΣΚΑΡΔΟΥ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ
95	ΓΕΡ8		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΦΙΣΚΑΡΔΟ 2	20°34'32.97"A	38°27'27.92"B	33	ΦΙΣΚΑΡΔΟ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΦΙΣΚΑΡΔΟΥ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ
96	ΓΠΑ1		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΡΙΑΤΑ- ΛΑΜΙΑ Γ1	20°22'8.21"A	38°10'44.16"B	59	ΧΑΒΡΙΑΤΑ	ΛΑΜΙΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
97	ΓΠΑ2		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΡΙΑΤΑ- ΛΑΜΙΑ Γ5	20°22'5.79"A	38°10'53.71"B	66	ΧΑΒΡΙΑΤΑ	ΛΑΜΙΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
98	ΓΠΑ3		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΡΙΑΤΑ- ΛΑΜΙΑ Γ2	20°21'58.19"A	38°10'56.55"B	75	ΧΑΒΡΙΑΤΑ	ΛΑΜΙΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
99	ΓΠΑ4		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΡΙΑΤΑ- ΛΑΜΙΑ Γ3	20°21'51.91"A	38°10'58.90"B	82	ΧΑΒΡΙΑΤΑ	ΛΑΜΙΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
100	ΓΠΑ5		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΡΙΑΤΑ-ΛΑΓΚΑΔΑΚΙΑ 1				ΧΑΒΡΙΑΤΑ	ΛΑΜΙΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
101	ΓΠΑ6		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΡΙΑΤΑ-ΛΑΓΚΑΔΑΚΙΑ 2				ΧΑΒΡΙΑΤΑ	ΛΑΜΙΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
102	ΓΠΑ7		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΡΙΑΤΑ-ΛΑΓΚΑΔΑΚΙΑ 3				ΧΑΒΡΙΑΤΑ	ΛΑΜΙΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
103	ΓΠΑ8		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΔΑΤΑ - ΜΠΑΣΙΑ	38°11'48.90"B	38°11'48.90"B	102	ΧΑΒΔΑΤΑ	ΚΤΗΜΑ ΜΠΑΣΙΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
104	ΓΠΑ9		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΦΑΒΑΤΑΤΑ 1	20°23'27.20"A	38°12'31.05"B	192	ΦΑΒΑΤΑΤΩΝ	ΟΙΚ. ΦΑΒΑΤΑΤΩΝ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
105	ΓΠΑ10		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΦΑΒΑΤΑΤΑ 2	20°23'23.72"A	38°12'35.29"B	199	ΦΑΒΑΤΑΤΩΝ	ΟΙΚ. ΦΑΒΑΤΑΤΩΝ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
106	ΓΠΑ11		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΧΑΒΔΑΤΑ- ΦΑΒΑΤΑΤΑ	20°23'23.72"A	38°12'35.29"B	157	ΧΑΒΔΑΤΩΝ	ΧΑΒΔΑΤΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
107	ΓΠΑ12	Γ47	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡ. ΚΑΜΙΝΑΡΑΤΩΝ	20°23'19.91"A	38°13'10.53"B	218	ΚΑΜΙΝΑΡΑΤΑ	ΚΑΜΙΝΑΡΑΤΑ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
108	ΓΠΑ13	Γ48	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΥΛΟΥΜΑΚΙ 1	20°23'29.10"A	38°13'14.07"B	192	ΚΑΜΙΝΑΡΑΤΑ	ΝΤΑΜΑΡΙ - ΚΟΥΛΟΥΜΑΚΙ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
109	ΓΠΑ14		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΥΛΟΥΜΑΚΙ 2	20°23'27.64"A	38°13'21.92"B	208	ΚΑΜΙΝΑΡΑΤΑ	ΝΤΑΜΑΡΙ - ΚΟΥΛΟΥΜΑΚΙ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
110	ΓΠΑ15		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	20°25'43.85"A	38°13'52.35"B	31	ΛΗΞΟΥΡΙ	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
111	ΓΠΑ16		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΘΕΡΑ	20°24'48.65"A	38°19'35.89"B	72	ΑΘΕΡΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΑΓ. ΣΠΥΡΙΔΩΝΑ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ

112	ΓΠΑ17		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΛΙΒΑΔΙ	20°25'20.11"A	38°15'23.05"B	28	ΚΟΥΒΑΛΑΤΩΝ	ΛΙΒΑΔΙ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
113	ΓΠΑ18		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΟΥΥΚΕΣ	20°23'10.85"A	38°15'29.98"B	236	ΑΓΙΑ ΘΕΚΛΗ	ΒΟΥΥΚΕΣ	ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΥΔΡΕΥΣΗ
114	ΓΠΑ19	Γ49	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΟΝΤΟΓΕΝΑΔΑ	20°23'37.43"A	38°14'56.40"B	230	ΚΟΝΤΟΓΕΝΑΔΑ	ΜΥΛΟΣ	ΛΟΦΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
115	ΓΠΑ20		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΚΗΝΕΑ	20°23'15.60"A	38°15'7.28"B	229	ΣΚΗΝΕΑΣ	ΣΚΗΝΕΑΣ	ΛΟΦΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
116	ΓΠΑ21		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΓ ΘΕΚΛΗΣ	20°23'1.99"A	38°14'55.93"B	238	ΑΓ ΘΕΚΛΗΣ	ΑΓ ΘΕΚΛΗΣ	ΟΡΟΠΕΔΙΟ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
117	ΓΠΑ22	Γ77	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΘΕΡΑ	20°25'1.01"A	38°18'48.88"B	221	ΑΘΕΡΑΣ	ΑΘΕΡΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
118	ΓΛΕΙΒ1		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΛΑΧΑΤΑ - ΚΟΥΤΟΥΠΙ	20°37'12.49"A	38° 7'47.95"B	292	ΒΛΑΧΑΤΑ	ΚΟΥΤΟΥΠΙ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
119	ΓΛΕΙΒ2		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΛΑΧΑΤΑ - ΜΩΡΟΣ	20°37'52.57"A	38° 7'21.85"B	190	ΒΛΑΧΑΤΑ	ΜΩΡΟΣ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
120	ΓΛΕΙΒ3		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΛΑΧΑΤΑ - ΦΑΓΙΑΣ	20°37'14.63"A	38° 7'49.52"B	308	ΒΛΑΧΑΤΑ	ΦΑΓΙΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
121	ΓΛΕΙΒ4		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΡΑΒΑΔΟΥ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	20°35'42.11"A	38° 7'30.94"B	81	ΚΑΡΑΒΑΔΟΥ	ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
122	ΓΛΕΙΒ5		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΡΑΒΑΔΟΥ - ΠΟΤΑΜΙΕΣ	20°34'57.86"A	38° 7'13.86"B	75	ΚΕΡΑΜΕΙΕΣ	ΠΟΤΑΜΙΕΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
123	ΓΛΕΙΒ6		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΡΑΜΕΙΕΣ - ΓΕΦΥΡΙ	20°33'18.72"A	38° 7'22.76"B	127	ΚΕΡΑΜΕΙΕΣ	ΓΕΦΥΡΙ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
124	ΓΛΕΙΒ7		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΛΑΚΗΘΡΑ - ΜΑΜΙΑΝΑ	20°31'29.32"A	38° 7'47.42"B	140	ΛΑΚΗΘΡΑ	ΜΑΜΙΑΝΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
125	ΓΛΕΙΒ8		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΛΟΥΡΔΑΤΑ - ΛΑΓΓΑΔΑΚΙ	20°38'14.79"A	38° 7'6.32"B	122	ΛΟΥΡΔΑΤΩΝ	ΛΑΓΓΑΔΑΚΙ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
126	ΓΛΕΙΒ9		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΛΟΥΡΔΑΤΑ - ΞΟΦΩΛΙΕΣ	20°38'7.62"A	38° 7'0.75"B	90	ΛΟΥΡΔΑΤΩΝ	ΞΟΦΩΛΙΕΣ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
127	ΓΛΕΙΒ10		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΤΑΞΑΤΑ - ΜΠΟΝΩΡΗ	20°32'38.73"A	38° 7'39.82"B	165	ΜΕΤΑΞΑΤΑ	ΜΠΟΝΩΡΗ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
128	ΓΛΕΙΒ11		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΤΑΞΑΤΑ - ΣΟΥΛΗΝΑΤΟ	20°32'14.78"A	38° 7'36.85"B	176	ΜΕΤΑΞΑΤΑ	ΣΟΥΛΗΝΑΤΟ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
129	ΓΛΕΙΒ13		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΟΥΣΑΤΑ - ΚΟΜΠΙ	20°36'20.20"A	38° 7'45.86"B	141	ΜΟΥΣΑΤΑ	ΚΟΜΠΙ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
131	ΓΛΕΙΒ14		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΕΡΑΤΑΤΑ - ΚΑΜΠΟΣ	20°33'14.70"A	38° 7'55.98"B	145	ΠΕΡΑΤΑΤΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ



132	ΓΛΕΙΒ15		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΕΡΑΤΑΤΑ - ΜΑΓΟΥΛΑΤΑ	20°33'44.06"A	38° 8'20.42"B	173	ΠΕΡΑΤΑΤΑ	ΜΑΓΟΥΛΑΤΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
133	ΓΛΕΙΒ16		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΕΣΣΑΔΑ - ΚΟΚΚΙΝΟΧΩΡΑΦΑ	20°34'33.59"A	38° 6'59.11"B	101	ΠΕΣΣΑΔΑ	ΚΟΚΚΙΝΟΧΩΡΑΦΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
134	ΓΛΕΙΒ17		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΒΟΡΩΝΑΤΑ - ΛΑΓΚΑΔΙ	20°31'35.66"A	38° 7'1.73"B	83	ΣΒΟΡΩΝΑΤΑ	ΛΑΓΚΑΔΙ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
135	ΓΛΕΙΒ18		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΒΟΡΩΝΑΤΑ - ΣΑΡΛΑΤΑ	20°31'6.82"A	38° 7'19.73"B	127	ΣΒΟΡΩΝΑΤΑ	ΣΑΡΛΑΤΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
136	ΓΛΕΙΒ19		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΠΑΡΤΙΑ - ΠΛΑΤΩΝΑΣ	20°32'47.15"A	38° 6'32.79"B	82	ΣΠΑΡΤΙΑ	ΠΛΑΤΩΝΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
137	ΓΛΕΙΒ20		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΠΑΡΤΙΑ - ΜΠΕΚΑΤΑ	20°33'36.46"A	38° 6'41.16"B	152	ΣΠΑΡΤΙΑ	ΜΠΕΚΑΤΑ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
138	ΠΛΕΙΒ21		ΠΗΓΗ	ΒΛΑΧΑΤΑ - ΠΑΡΑΔΕΙΣΙ	20°39'19.26"A	38° 5'54.50"B	28	ΒΛΑΧΑΤΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΣΙ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
139	ΓΛΕΙΒ22		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΤΑΞΑΤΑ - ΚΑΛΙΓΑΤΑ	20°32'22.57"A	38° 6'41.77"B	64	ΜΕΤΑΞΑΤΑ	ΚΑΛΙΓΑΤΑ	ΠΛΑΓΙΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
140	ΓΛΕΙΒ23		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΒΟΡΩΝΑΤΑ	20°31'27.22"A	38° 6'52.06"B	48	ΣΒΟΡΩΝΑΤΑ	ΣΒΟΡΩΝΑΤΑ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
141	ΓΛΕΙΒ24		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΡΑΒΑΔΟΣ - ΑΗ ΛΙΑΣ	20°34'37.27"A	38° 7'39.73"B	135	ΚΑΡΑΒΑΔΟΣ	ΑΗ ΛΙΑΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
142	ΓΛΕΙΒ25		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΡΑΜΕΙΕΣ - ΔΗΜΟΣΙΑΡΗΣ	20°33'37.39"A	38° 7'1.29"B	106	ΚΕΡΑΜΕΙΕΣ	ΔΗΜΟΣΙΑΡΗΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
143	ΓΛΕΙΒ26		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΠΕΣΣΑΔΑ - ΑΓ ΠΑΥΛΟΣ	20°34'32.51"A	38° 6'52.01"B	109	ΠΕΣΣΑΔΑ	ΑΓ ΠΑΥΛΟΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
144	ΓΛΕΙΒ27		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΤΑΞΑΤΑ - ΚΑΛΙΓΑΤΑ	20°31'58.82"A	38° 6'54.89"B	84	ΜΕΤΑΞΑΤΑ	ΚΑΛΙΓΑΤΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
145	ΠΕΠΡ1		ΠΗΓΗ	ΑΡΓΙΝΙΑ - ΠΗΓΗ	20°43'25.64"A	38° 5'46.83"B	515	ΑΡΓΙΝΙΑ	ΠΗΓΗ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
146	ΓΕΠΡ2		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΤΩ ΠΛΑΤΕΙΕΣ	20°41'35.14"A	38° 5'26.67"B	225	ΒΑΛΕΡΙΑΝΟΥ	ΚΑΤΩ ΠΛΑΤΕΙΕΣ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
147	ΓΕΠΡ3		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΩ ΠΛΑΤΕΙΕΣ	20°41'26.66"A	38° 5'31.10"B	241	ΒΑΛΕΡΙΑΝΟΥ	ΑΝΩ ΠΛΑΤΕΙΕΣ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
148	ΠΕΠΡ4		ΠΗΓΗ	ΠΛΑΤΕΙΕΣ ΠΗΓΗ	20°40'35.90"A	38° 5'28.21"B	117	ΒΑΛΕΡΙΑΝΟΥ	ΠΛΑΤΕΙΕΣ ΠΗΓΗ	ΠΛΑΓΙΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
149	ΓΕΠΡ5		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΕΛΕΙΟΥ	20°45'24.94"A	38° 4'41.78"B	75	ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	ΑΝΩ ΚΑΤΕΛΕΙΟΥ	ΠΛΑΓΙΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ

150	ΓΕΠΡ6		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΕΛΕΙΟΥ	20°44'12.73"A	38° 4'17.36"B	126	ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	ΑΝΩ ΚΑΤΕΛΕΙΟΥ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
151	ΓΕΠΡ7		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΤΩ ΓΕΩΤΡ. ΚΑΤΕΛΕΙΟΥ	20°44'33.41"A	38° 4'30.41"B	55	ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	ΚΑΤΩ ΚΑΤΕΛΕΙΟΥ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
152	ΓΕΠΡ8		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΤΩ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	20°44'29.11"A	38° 4'44.73"B	121	ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	ΚΑΤΩ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
153	ΠΕΠΡ9		ΠΗΓΗ	ΠΗΓΗ ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ	20°43'26.72"A	38° 8'2.89"B	262	ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ	ΠΗΓΗ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
154	ΓΕΠΡ10		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΔΡΙΟΛΑΤΑ	20°42'59.59"A	38° 9'24.83"B	225	ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ	ΓΕΩΤΡ. ΑΝΔΡΙΟΛΑΤΩΝ	ΠΛΑΓΙΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
155	ΠΕΠΡ11		ΠΗΓΗ	ΠΗΓΗ ΠΑΣΤΡΑΣ	20°45'23.10"A	38° 5'55.98"B	269	ΠΑΣΤΡΑΣ	ΠΗΓΗ ΠΑΣΤΡΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
156	ΠΕΠΡ12		ΠΗΓΗ	ΠΗΓΗ ΚΟΛΟΚΑΣΙ	20°46'54.68"A	38° 8'21.42"B	133	ΠΟΡΟΣ	ΠΗΓΗ ΚΟΛΟΚΑΣΙ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
157	ΓΕΠΡ13		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΤΡ. ΚΑΜΠΙΤΣΑΤΩΝ	20°44'2.56"A	38° 8'8.83"B	135	ΠΟΡΟΣ	ΓΕΩΤΡ. ΚΑΜΠΙΤΣΑΤΩΝ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
158	ΓΕΠΡ14		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΜΠΙΤΣΑΤΩΝ ΔΡΟΜΟΣ ΠΡΟΣ ΑΝΔΡΙΟΛΑΤΑ	20°44'2.56"A	20°44'9.09"A	122	ΠΟΡΟΣ	ΚΑΜΠΙΤΣΑΤΩΝ ΔΡΟΜΟΣ ΠΡΟΣ ΑΝΔΡΙΟΛΑΤΑ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
159	ΓΕΠΡ15		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΚΑΛΑΣ ΑΓΡΑΠΙΔΟΥΛΑ	20°47'28.04"A	38° 5'36.32"B	135	ΣΚΑΛΑΣ	ΑΓΡΑΠΙΔΟΥΛΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
160	ΓΕΠΡ16		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΚΑΛΑΣ ΛΑΓΚΑΔΑ	20°47'24.20"A	38° 4'25.20"B	35	ΣΚΑΛΑΣ	ΛΑΓΚΑΔΑ - ΔΕΝΤΡΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ
161	ΓΕΠΡ17		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΚΑΛΑΣ ΛΑΓΚΑΔΑ- ΒΡΟΜΟΥΛΑ	20°47'24.00"A	38° 4'25.34"B	37	ΣΚΑΛΑΣ	ΛΑΓΚΑΔΑ - ΒΡΟΜΟΥΛΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
162	ΓΕΠΡ18		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΚΑΛΑΣ ΔΕΝΤΡΑ (2)	20°47'15.97"A	38° 4'18.75"B	54	ΣΚΑΛΑΣ	ΔΕΝΤΡΑ(2)	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
163	ΓΕΠΡ19		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΚΑΛΑΣ ΕΥΤΑΛΙΑ	20°47'37.41"A	38° 4'33.14"B	43	ΣΚΑΛΑΣ	ΕΥΤΑΛΙΑ	ΟΙΚΙΣΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ
164	ΓΕΠΡ20		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΑΤΩ ΠΑΛΙΑ ΣΚΑΛΑ	20°46'45.45"A	38° 4'44.35"B	154	ΣΚΑΛΑΣ	ΚΑΤΩ ΠΑΛΙΑ ΣΚΑΛΑ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
165	ΓΕΠΡ21		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΩ ΠΑΛΙΑ ΣΚΑΛΑ	20°46'44.86"A	38° 4'47.40"B	192	ΣΚΑΛΑΣ	ΑΝΩ ΠΑΛΙΑ ΣΚΑΛΑ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
166	ΠΕΠΡ22		ΠΗΓΗ	ΣΠΑΘΙ ΣΚΑΛΑΣ	20°46'19.39"A	38° 5'12.41"B	234	ΣΚΑΛΑΣ	ΣΠΑΘΙ ΣΚΑΛΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
163	ΓΕΠΡ23		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΚΑΛΑΣ ΔΕΝΤΡΑ (3)	20°47'13.85"A	38° 4'18.43"B	53	ΣΚΑΛΑΣ	ΔΕΝΤΡΑ (3)	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ

164	ΛΔ.ΕΠΡ24		ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ	Λ1 - ΑΓΙΑΣ ΕΙΡΗΝΗΣ	20°45'18.19"A	38° 8'0.23"B	50	ΑΓΙΑΣ ΕΙΡΗΝΗΣ	ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΗ Λ1	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΥΔΡΕΥΣΗ
165	ΛΔ.ΕΠΡ25		ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ	Λ2 - ΑΓΙΑΣ ΕΙΡΗΝΗΣ	20°45'2.26"A	38° 8'3.54"B	60	ΑΓΙΑΣ ΕΙΡΗΝΗΣ	ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΗ Λ2	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ

**Πίνακας 16.** Καταγραφή υδροσημείων της νήσου Κεφαλληνίας (Ιδιωτικές Γεωτρήσεις)

	ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ										
1	ΓΛΕΙΒ28		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°33'53.24"A	38° 6'10.59"B	106	ΣΠΑΡΤΙΑ	ΣΠΑΡΤΙΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
2	ΓΑΡ27		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'35.14"A	38° 9'10.12"B	24	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
3	ΓΑΡ28		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°32'38.83"A	38° 8'32.37"B	150	ΤΡΩΙΑΝΝΑΤΑ	ΑΛΕΠΟΥΝΙΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
4	ΓΛΕΙΒ29		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°34'32.76"A	38° 8'0.56"B	155	ΚΑΡΑΒΑΔΟΣ	ΒΑΜΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
5	ΓΑΡ29		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°30'3.53"A	38°11'28.18"B	57	ΦΑΡΑΚΛΑΤΩΝ	ΛΑΓΓΑΔΑ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΒΙΟΜ. ΧΡΗΣΗ
6	ΓΑΡ30		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°30'41.53"A	38° 9'8.04"B	18	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
7	ΓΛΕΙΒ30		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°35'47.90"A	38° 7'11.05"B	57	ΚΑΡΑΒΑΔΟΣ	ΒΑΜΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
8	ΓΑΡ31		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°30'13.81"A	38°12'16.94"B	128	ΦΑΡΑΚΛΑΤΩΝ	ΛΑΓΓΑΔΑ	ΚΟΙΛΑΔΑ	ΒΙΟΜ. ΧΡΗΣΗ
9	ΓΛΕΙΒ31		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'36.08"A	38° 6'31.60"B	43	ΣΒΟΡΩΝΑΤΩΝ	ΜΑΥΡΗ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
10	ΓΛΕΙΒ32		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°36'12.91"A	38° 7'8.98"B	39	ΚΑΡΑΒΑΔΟΣ	ΛΑΓΚΑΔΙΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
11	ΓΣΑ39		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°38'14.63"A	38°14'36.94"B	7	ΣΑΜΗΣ	ΦΟΥΣΑΚΑΤΟ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
12	ΓΑΡ32		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°30'40.91"A	38° 9'22.86"B	10	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ- ΛΙΟΤΑΤΟ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
13	ΓΛΕΙΒ33		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°32'47.61"A	38° 6'2.73"B	65	ΣΠΑΡΤΙΑ	ΣΠΑΡΤΙΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
14	ΓΑΡ33		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°29'51.71"A	38° 9'3.76"B	132	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ- ΧΕΛΜΑΤΑ	ΧΕΛΜΑΤΑ	ΠΛΑΓΙΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
15	ΓΑΡ34		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'33.57"A	38° 9'16.59"B	15	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
16	ΓΑΡ35		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°30'22.11"A	38° 9'4.48"B	35	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ

17	ΓΛΕΙΒ34		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°34'12.27"A	38° 7'9.56"B	89	ΠΕΣΣΑΔΑ	ΚΙΜΙΛΙΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
18	ΓΠΑ23		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°23'47.66"A	38°12'26.65"B	137	ΦΑΒΑΤΑΤΑ	ΦΑΒΑΤΑΤΑ	ΠΡΑΝΕΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
19	ΓΛΕΙΒ35		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°34'21.66"A	38° 7'23.91"B	118	ΠΕΣΣΑΔΑ	ΜΩΡΟΥ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
20	ΓΠΑ24		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°25'15.99"A	38°14'31.36"B	130	ΚΟΥΒΑΛΑΤΩΝ	ΛΙΒΑΔΙ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
21	ΓΛΕΙΒ36		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'46.80"A	38° 6'45.86"B	49	ΣΒΟΡΩΝΑΤΩΝ	ΚΟΝΤΑΤΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
22	ΓΑΡ36		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'28.06"A	38° 9'11.53"B	13	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
23	ΓΑΡ37		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°29'20.04"A	38° 9'20.21"B	92	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΛΑΣΣΗ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
24	ΓΛΕΙΒ37		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°33'39.00"A	38° 7'18.70"B	116	ΚΕΡΑΜΕΙΩΝ	ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
25	ΓΛΕΙΒ38		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'42.53"A	38° 6'48.52"B	49	ΣΒΟΡΩΝΑΤΩΝ	ΛΑΧΟΙ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
26	ΓΛΕΙΒ39		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°30'38.42"A	38° 7'11.56"B	52	ΣΒΟΡΩΝΑΤΩΝ	ΓΑΛΑΤΙ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
27	ΓΑΡ38		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'7.34"A	38° 9'8.55"B	15	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΟΚΥΛΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
28	ΓΣΑ40		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°38'3.58"A	38°13'27.67"B	53	ΓΡΙΖΑΤΑ	ΜΥΛΟΣ ΖΕΡΒΟΥ	ΡΕΜΑΤΙΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
29	ΓΛΕΙΒ40		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°35'26.43"A	38° 7'15.82"B	62	ΚΑΡΑΒΑΔΟΣ	ΠΟΤΑΜΙΕΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
30	ΓΠΑ24		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°25'18.74"A	38°15'41.85"B	7	ΚΟΥΒΑΛΑΤΩΝ	ΛΙΒΑΔΙ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
31	ΓΛΕΙΒ41		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°36'7.95"A	38° 7'52.60"B	148	ΜΟΥΣΑΤΩΝ	ΡΑΧΟΥΛΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
32	ΓΛΕΙΒ42		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°32'47.77"A	38° 6'23.72"B	78	ΣΠΑΡΤΙΩΝ	ΧΩΡΕΣ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
33	ΓΛΕΙΒ30		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°35'24.21"A	38° 7'22.62"B	75	ΚΑΡΑΒΑΔΟΣ	ΒΑΜΑ	ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΔΕΥΣΗ
34	ΓΑΡ39		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°30'42.73"A	38° 9'9.60"B	17	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
35	ΓΑΡ40		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'28.10"A	38° 9'26.84"B	12	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ
36	ΓΑΡ41		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	-	20°31'27.37"A	38° 9'26.67"B	12	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ	ΚΡΑΝΙΑ	ΠΕΔΙΑΔΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ

