



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**



ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΚΑΡΑΔΗΜΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

**ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ
ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΙΣΜΑΡΙΔΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

ΚΑΡΑΔΗΜΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ
ΙΣΜΑΡΙΔΑΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού
Προγράμματος Σπουδών «Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον»

Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 23/6/2016

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή:

Αναπληρωτής Καθηγητής Βουβαλίδης Κωνσταντίνος, **Επιβλέπων**

Αναπληρωτής Καθηγητής Συρίδης Γεώργιος, **Μέλος Τριμελούς
Συμβουλευτικής Επιτροπής**

Καθηγητής Τσούρλος Παναγιώτης, **Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής
Επιτροπής**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής επετηρίδας Τμήματος Γεωλογίας Ν°

© Καραδήμου Γεωργία, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ
ΙΣΜΑΡΙΔΑΣ

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

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

Πρόλογος

Με την ολοκλήρωση της παρούσας Διατριβής Ειδίκευσης που εκπονήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, στον Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσοι συνεισέφεραν με τον τρόπο του ο καθένας, όλο αυτό το χρονικό διάστημα που διήρκησε η μελέτη και η συγγραφή αυτής, ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατόν αποτέλεσμα.

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια έρευνας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, σε συνεργασία με τη γεωαρχαιολογική έρευνα «Molyvoti Project».

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο επιβλέποντα και εμπνευστή της διατριβής κ. Βουβαλίδη Κωνσταντίνο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου αυτή την εργασία, καθώς και για την επιστημονική καθοδήγηση, επίβλεψη και συμβουλές που μου παρείχε.

Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Συρίδη Γεώργιο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τομέα Γεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, για τις πολύτιμες επιστημονικές γνώσεις που μου προσέφερε για το θεωρητικό και πρακτικό μέρος των γνωστικών αντικειμένων της Παλαιοντολογίας και Στρωματογραφίας. Επιπλέον ευχαριστώ τον κ. Τσούρλο Παναγιώτη, Καθηγητή του Τομέα Γεωφυσικής του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, για τις γνώσεις που μου μετέδωσε και τη βοήθεια για την κατανόηση και ερμηνεία της λειτουργίας της μεθόδου της Ηλεκτρικής Τομογραφίας.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την κα Αηδονά Ελένη, Λέκτορα του Τομέα Γεωφυσικής του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για τη μέτρηση της Μαγνητικής Επιδεκτικότητας των ιζημάτων των πυρήνων της γεώτρησης και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή αυτής της μεθόδου, καθώς και τη Δρ. Κουκουσιούρα Όλγα, μέλος Ε.ΔΙ.Π του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, τόσο για την εργαστηριακή όσο και τη θεωρητική καθοδήγηση, χωρίς τη βοήθεια της οποίας πολλές από τις δυσκολίες που προέκυψαν σε διάφορους τομείς, δε θα είχαν ξεπεραστεί.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στους κ. Μουρατίδη Αντώνιο, Λέκτορα του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και κ. Δομακίνη Χρήστο, Υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Γεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του

Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την άμεση ανταπόκρισή τους και τις καίριες συμβουλές και υποδείξεις στις απορίες και τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν περιστασιακά στο αντικείμενο της Ψηφιακής Χαρτογραφίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Πέννο Χρήστο, Διδάκτορα του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, ο οποίος μαζί με τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής και τη Δρ. Κουκουσιούρα Όλγα, συμμετείχαν ενεργά και καθοριστικά στην αποτελεσματική διεξαγωγή των εργασιών υπαίθρου.

Ακόμη ευχαριστώ τον κ. Ζέρβα Δημήτριο, Μεταπτυχιακό Βιολόγο του ΕΚΒΥ, για τον προσδιορισμό φύλλων και βλαστών που εντοπίστηκαν στα δείγματα που μελετήθηκαν, το επιστημονικό προσωπικό του Εργαστηρίου Σαρωτικού Μικροσκοπίου για την παραχώρηση του στερεοσκοπίου προς φωτογράφιση των δειγμάτων, καθώς και τον κ. Κάσδαγλη Παντελή, Graphic Designer, για τη συνεισφορά του στη ψηφιακή επεξεργασία εικόνων.

Δε θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του Κέντρου Πληροφόρησης Λιμνών Βιστωνίδας - Ισμαρίδας του Φορέα Διαχείρισης Δέλτα Νέστου - Βιστωνίδας - Ισμαρίδας και τη Δρ. Κώππη Ειρήνη του Τμήματος Χημικών Μηχανικών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την έγκαιρη ανταπόκρισή τους και τις πολύτιμες πληροφορίες και δεδομένα που μου παρείχαν, συμβάλλοντας στην ολοκλήρωση της έρευνας αυτής.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον κ. Αλμπανάκη Κωνσταντίνο, Αναπληρωτή Καθηγητή και Διευθυντή του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για τις εγκαταστάσεις και τις υλικοτεχνικές υποδομές που έθεσε στη διάθεσή μου και επέτρεψε να χρησιμοποιήσω για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής ειδίκευσης, καθώς και όλους τους διδάσκοντες του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν και τις συμβουλές που μου παρείχαν στη διάρκεια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών.

Φυσικά δεν μπορώ να μην εκφράσω τις ευχαριστίες και την εκτίμηση μου για τις Δρ. Κολιαδήμου Καλλιόπη, μέλος Ε.ΔΙ.Π του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, κα Μουντουρλή Μαρία, γραμματέα του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και τη μεταπτυχιακή συμφοιτήτριά μου κα Δοάνη Σοφία, με τις οποίες τα δύο αυτά χρόνια συνεργάστηκα άριστα και μου παρείχαν τη βοήθεια, τις συμβουλές και την υποστήριξή τους όποτε τις χρειάστηκα. Πολύτιμη υπήρξε επίσης και η

συνεισφορά του κ. Τερζόπουλου Δημήτρη, Αγρονόμο και Τοπογράφο Μηχανικό και μεταπτυχιακό φοιτητή του Τμήματος Μαθηματικών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στην επίλυση τεχνικών ζητημάτων που προέκυψαν κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας διατριβής ειδίκευσης.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες στην οικογένειά μου, στους γονείς μου Δημήτρη και Αθηνά και στην αδερφή μου Γραμματική, για την ηθική και υλική υποστήριξη που μου προσέφεραν συνεχώς για όλο το διάστημα που απαιτήθηκε για την εκπόνηση αυτής της εργασίας και των έως τώρα σπουδών μου.

Περίληψη

Στην παρούσα διατριβή ειδίκευσης μελετώνται οι γεωμορφολογικές και οι περιβαλλοντικές μεταβολές της λίμνης Ισμαρίδας, κατά το Ανώτερο Ολόκαινο. Η Ισμαρίδα τοποθετείται στο νότιο τμήμα της Ροδόπης και βρίσκεται 20 km νότια της πόλης της Κομοτηνής και 5 km ΒΒΑ του αρχαιολογικού χώρου της αρχαίας Στρώμης.

Στην περιοχή νοτιοανατολικά της λίμνης πραγματοποιήθηκαν μια ηλεκτρική τομογραφία συνολικού μήκους 96 m με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ και μια δειγματοληπτική γεώτρηση, η ISMR-2, έως το βάθος των 5,80 m υπό την επιφάνεια του εδάφους.

Οι γεωμορφολογικές μεταβολές προσδιορίστηκαν από την επεξεργασία ιστορικού χάρτη της 3^{ης} Στρατιωτικής Χαρτογραφικής Υπηρεσίας της Αυστροουγγαρίας (1:200.000) και του επιτελικού χάρτη της Ελλάδας (1:100.000), χαρτών της ΓΥΣ (1:50.000), του ΙΓΜΕ (1:50.000, 1:200.000), προεπισκοπήσεων αεροφωτογραφιών της ΓΥΣ και δορυφορικών εικόνων Google Earth, των τελευταίων ~100 ετών.

Οι περιβαλλοντικές μεταβολές προσδιορίστηκαν από την ιζηματολογική (κοκκομετρικές αναλύσεις) και παλαιοντολογική (πανίδα ασπόνδυλων μακροαπολιθωμάτων) μελέτη της ISMR-2, σε συνδυασμό με την ερμηνεία των δεδομένων ηλεκτρικής διασκόπησης και μαγνητικής επιδεκτικότητας, και των αποτελεσμάτων των χρονολογήσεων ¹⁴C.

Έτσι προέκυψαν τέσσερις περιβαλλοντικές ενότητες με το περιβάλλον να μεταβάλλεται από ρηχό θαλάσσιο-λιμνοθαλάσσιο χαμηλής ενέργειας (~5400-3400 χρόνια BP) σε ρηχό θαλάσσιο-λιμνοθαλάσσιο (~3400-3000 χρόνια BP), έπειτα σε υφάλφυρο λιμνοθαλάσσιο με επιρροές γλυκών υδάτων (~3000-2000 χρόνια BP) και τέλος σε χερσαίο-ποτάμιο.

Η λίμνη Ισμαρίδα όπως είναι γνωστή σήμερα, σχηματίστηκε 2000 χρόνια BP στο απομονωμένο δυτικό τμήμα μιας προ-ολοκαινικής κοιλάδας, μεταξύ των δελταϊκών αποθέσεων των ποταμών Βοσβόζη και Φιλιούρη.

Λέξεις κλειδιά: λίμνη Ισμαρίδα, λιμναία γεωμορφολογία, παλαιογεωγραφία, παλαιοπεριβάλλον, ηλεκτρική τομογραφία, μαγνητική επιδεκτικότητα, ποταμός Βοσβόζης, ποταμός Φιλιούρης

Abstract

In this master thesis, the geomorphological and environmental changes of Ismarida Lake during Upper Holocene are studied. Ismarida is located at the south part of Rhodope, 20 km south of Komotini city and 5 km north-northeast of the archeological site of ancient Stryme.

At the southeast part of the Lake, an electrical resistivity tomography of 96 m total length with southwest-northeast direction and one borehole drilling, ISMR-2, reaching 5,80 m depth below surface, took place.

The geomorphological changes were determined by processing historical maps of the 3rd Military Mapping Survey of Austria-Hungary (1:200.000) and the Epitelikos Chartis tis Ellados (1:100.000), HMGS maps (1:50.000), IGME maps (1:50.000, 1:200.000), previews of aerial photographs of HMGS and satellite images from Google Earth for the last 100 years.

The environmental changes were determined by sedimentological (grain size distribution) and paleontological (fauna of invertebrate fossils) study of ISMR-2 borehole, in combination with the interpretation of electrical resistivity tomography and magnetic susceptibility data, and the ¹⁴C dating results.

Finally four environmental units were distinguished. The environment gradually evolved from shallow marine-open lagoonal of low energy (~5400-3400 years BP), to shallow marine-open lagoonal (~3400-3000 years BP), subsequently turned into brackish-lagoonal with fresh water inputs (~3000-2000 years BP), and finally formed to fluvial-terrestrial.

Ismarida Lake as it is known today was formed 2000 years BP on the isolated western part of a pre-Holocene valley between the deltaic deposits of Vosvozis and Filiouris rivers.

Key words: Ismarida Lake, lacustrine geomorphology, paleogeography, paleoenvironment, electrical resistivity tomography, magnetic susceptibility, Vosvozis River, Filiouris River

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1 Σκοπός της εργασίας.....	12
1.2 Ιστορικά στοιχεία για τη λίμνη Ισμαρίδα.....	12
1.3 Ο υγρότοπος - το οικοσύστημα της λίμνης Ισμαρίδας.....	13
2. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	18
2.1 Γεωγραφικά - γεωμορφολογικά στοιχεία.....	18
2.2 Γεωλογικά στοιχεία.....	20
2.2.1 Γεωτεκτονική θέση - Λιθοστρωματογραφία περιοχής μελέτης.....	20
2.2.2 Τεκτονική ευρύτερης περιοχής μελέτης.....	21
2.3 Υδρολογικά στοιχεία.....	24
2.3.1 Λεκάνη απορροής - υδρογραφικό δίκτυο.....	24
2.3.2 Ιστορικό υδρολογικής διαχείρισης της λίμνης.....	26
2.3.3 Φυσικοχημικά στοιχεία νερού της λίμνης Ισμαρίδας.....	29
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	34
3.1 Έρευνα και παραγωγή χαρτών με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.....	34
3.1.1 Επιλογή και επεξεργασία χαρτών.....	35
3.1.2 Επιλογή και επεξεργασία αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων από Google Earth.....	39
3.2 Γεωφυσική Διασκόπηση - Ηλεκτρική Τομογραφία.....	40
3.2.1 Γενικά στοιχεία.....	40
3.2.2 Εξοπλισμός.....	41
3.3 Εργασίες υπαίθρου.....	41
3.3.1 Ηλεκτρική τομογραφία.....	41
3.3.2 Δειγματοληψία πυρήνων.....	44
3.4 Εργασίες εργαστηρίου.....	47
3.4.1 Μέτρηση μαγνητικής επιδεκτικότητας πυρήνων.....	47
3.4.2 Άνοιγμα - διαχωρισμός πυρήνων.....	48
3.4.3 Επιμέρους δειγματοληψία πυρήνων.....	50
3.4.4 Προετοιμασία - συλλογή δειγμάτων.....	51
3.4.5 Ιζηματολογική ανάλυση - μηχανική ανάλυση λεπτόκοκκων υλικών.....	54
3.4.6 Χρονολόγηση ¹⁴ C.....	58

4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΑΛΑΚΙΩΝ	59
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	70
5.1 Γεωμορφολογικές μεταβολές	70
5.1.1 Επεξεργασία χαρτών, προεπισκόπησης αεροφωτογραφιών της ΓΥΣ και δορυφορικών εικόνων από Google Earth.....	72
5.2 Λιθολογία	94
5.2.1 Ιζηματολογικές αναλύσεις	95
5.3 Σύνθεση πανίδας μαλακίων	99
5.4 Ηλεκτρική Τομογραφία	105
5.4.1 Λήψη και επεξεργασία μετρήσεων	105
5.4.2 Επεξεργασία δεδομένων	106
5.4.3 Ερμηνεία αποτελεσμάτων	108
5.5 Μαγνητική επιδεκτικότητα	108
5.6 Αποτελέσματα ραδιοχρονολόγησης ¹⁴ C	109
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	110
6.1 Γεωμορφολογικές μεταβολές	110
6.2 Περιβαλλοντικές μεταβολές - παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λίμνης Ισμαρίδας	111
6.3 Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λίμνης Ισμαρίδας	116
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	117
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	119
9. ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ.....	127
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	128
10.1 Παράρτημα Ι - Στοιχεία Γεωμορφολογίας Λίμνης Ισμαρίδας.....	128
10.2 Παράρτημα ΙΙ - Στοιχεία ανάλυσης δειγμάτων ISMR-2	130
10.3 Παράρτημα ΙΙΙ - Στοιχεία Ιζηματολογίας ISMR-2	134
10.4 Παράρτημα ΙV - Στοιχεία εμφάνισης πανίδας μαλακίων ISMR-2	145
10.5 Παράρτημα V - Στατιστικά στοιχεία πανίδας μαλακίων ISMR-2.....	154
10.6 Παράρτημα VI - Καμπύλες αποτελεσμάτων ραδιοχρονολογήσεων ..	157
10.7 Παράρτημα VII - Εργασίες - εξοπλισμός εργαστηρίου	160
10.8 Παράρτημα VIII - Εργασίες - εξοπλισμός υπαίθρου.....	169

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λίμνη Ισμαρίδα ανήκει στις προστατευόμενες από τη Συνθήκη Ραμσάρ περιοχές και εντοπίζεται στο δελταϊκό πεδίο των ποταμών Βοσβόζη και Φιλιούρη. Λόγω και της ιδιαίτερης σημασίας της, τα τελευταία χρόνια, αρκετοί επιστήμονες μελέτησαν τόσο τη λίμνη όσο και τον Βοσβόζη, καλύπτοντας διαφορετικά επιστημονικά πεδία.

Ο Συρίδης (1996) ανέφερε για πρώτη φορά την παρουσία θαλάσσιων οστράκων (12 γένη/είδη) μέσα στα Ολοκαινικά ιζήματα που περιβάλλουν την λίμνη. Τα όστρακα εντοπίστηκαν τόσο επιφανειακά όσο και έως 10μέτρα βάθος μέσα σε γεωτρήσεις στις Βόρειες και ανατολικές παρυφές της λίμνης. Ακόμη, παρέθεσε ένα σκαρίφημα της παλαιογεωγραφίας της περιοχής της λίμνης η οποία παρουσιάζεται ως θαλάσσιος κόλπος.

Οι Pisinaras et al. (2007), ανέπτυξαν ένα μοντέλο υπόγειας ροής υδάτων για τη διαχείριση των υδατικών πηγών στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Ισμαρίδας και ο Γιαννόπουλος (2008) ανέπτυξε μοντέλα για την πρόληψη και παρακολούθηση μόλυνσης του ποταμού Βοσβόζη. Οι Μουστάκα κ.α. (2011), μελέτησαν το φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν της Ισμαρίδας, ενώ οι Κατσαβούνη κ.α. (2012α, 2012β) ανέλυσαν τις φυσικοχημικές παραμέτρους που επηρεάζουν την οικολογία και τη βιολογία της λίμνης. Επιπλέον, οι Τσιάρας και Νικησιάνης (2014) μελέτησαν πώς επιδρά η ανάπτυξη του τουρισμού σε προστατευόμενες περιοχές και η Κώττη (2015) πρότεινε τον σχεδιασμό ενός τεχνητού υδροβιότοπου ο οποίος θα δέχεται τα αστικής ρύπανσης νερά του Βοσβόζη, ώστε να γίνει διαχείριση και αποκατάσταση του υδάτινου δυναμικού της λίμνης Ισμαρίδας.

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια έρευνας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, σε συνεργασία με τη γεωαρχαιολογική έρευνα «Molyvoti Project» και στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκαν μια ηλεκτρική τομογραφία και μια δειγματοληπτική γεώτρηση.

Μετρήθηκε η μαγνητική επιδεκτικότητα των ιζημάτων στους πυρήνες της γεώτρησης και πραγματοποιήθηκαν ραδιοχρονολογήσεις σε κελύφη μαλακίων και σε φυτικά υπολείμματα που εντοπίστηκαν. Τα παραπάνω δεδομένα συνδυαστικά με τα αποτελέσματα από τις ιζηματολογικές και παλαιοτολογικές αναλύσεις, συνεισέφεραν στον προσδιορισμό των παλαιοπεριβαλλόντων. Επιπλέον, με τη μελέτη χαρτών, αεροφωτογραφιών (προεπισκοπήσεις Α/Φ από το αρχείο της ΓΥΣ) και δορυφορικών εικόνων Google Earth, εξήχθησαν συμπεράσματα και για την παλαιογεωγραφία της περιοχής.

1.1 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της εργασίας είναι να προσδιοριστούν και να μελετηθούν οι γεωμορφολογικές και περιβαλλοντικές μεταβολές της λίμνης Ισμαρίδας κατά το Ανώτερο Ολόκαινο.

Για τον σκοπό αυτό, συλλέχθηκαν και μελετήθηκαν θεματικοί χάρτες, αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες όπου απεικονίζεται η περιοχή μελέτης για τα τελευταία ~100 έτη, ώστε να παραχθούν χάρτες όπου αποτυπώνονται οι γεωμορφολογικές μεταβολές της λίμνης καθώς και του πλημμυρικού της πεδίου. Για τις περιβαλλοντικές μεταβολές, παραχωρήθηκαν από τους επιστημονικά υπεύθυνους του προγράμματος κ. Βουβαλίδη και κ. Συρίδη τα δεδομένα της γεώτρησης ISMR-2 η οποία πραγματοποιήθηκε νοτιοανατολικά της λίμνης, εκτός της Ζώνης Β' του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Στρώμης, καθώς και της ηλεκτρικής γεωφυσικής διασκόπησης στην ίδια περιοχή. Η γεώτρηση ISMR-2 μελετήθηκε λιθολογικά ως προς την κοκκομετρία (ποσοστά άμμου, ιλύος, αργίλου), το χρώμα και τη μαγνητική επιδεκτικότητα των ιζημάτων και παλαιοντολογικά ως προς τον εντοπισμό, διαχωρισμό και καταμέτρηση των ασπόνδυλων μακροαπολιθωμάτων αλλά και τον προσδιορισμό του είδους τους και του περιβάλλοντος διαβίωσής τους. Όλα τα παραπάνω, συνδυαστικά με τέσσερις ραδιοχρονολογήσεις σε κελύφη μαλακίων και σε φυτικά λείψανα, συνεισέφεραν στον καθορισμό τεσσάρων περιβαλλοντικών ενοτήτων για τα τελευταία 5.500 έτη.

1.2 Ιστορικά στοιχεία για τη λίμνη Ισμαρίδα

Η σύγχρονη ονομασία της λίμνης Ισμαρίδας είναι λίμνη Μητρικού ή Μάνα. Η ονομασία «Μητρικού», παραπέμπει στον παλαιό μικρό οικισμό Μητρικό, που δεν υφίσταται σήμερα και εντοπιζόταν δυτικά της λίμνης. Η αναφορά σε αυτή με τον όρο «Μάνα» σχετίζεται με τη σημαντική αξία της για τη ζωή της περιοχής. Η ανθρώπινη παρουσία στην περιοχή έχει τεκμηριωθεί από τους προϊστορικούς χρόνους (10.000 π.Χ.), ενώ επιβεβαιώνεται από ευρήματα ανασκαφών κατά τη Νεολιθική εποχή (4.500 - 3.000 π.Χ.) στην τούμπα της Παραδημής. Είναι πιθανό στις όχθες της λίμνης κατά τους ιστορικούς χρόνους να υπήρχαν κατοικίες από πασσάλους, κλαδιά και πηλό.

Ο Όμηρος αναφέρει την ύπαρξη μιας παρόχθιας πόλης, η οποία ιδρύθηκε και κατοικήθηκε από τη φυλή των Κικόνων (Ισμάρα ή Ισμαρος), ενώ αργότερα η παράδοση αναφέρει ότι καταστράφηκε από τον Οδυσσέα. Κατά τον 7^ο αιώνα π.Χ., η ευρύτερη περιοχή αποικήθηκε από Θάσιους και Χιώτες, ιδρύοντας τις ιστορικές παραλίμνιες πόλεις Στρώμη και Μαρώνεια αντίστοιχα, καθώς και από άλλους αποίκους, οι πόλεις των οποίων δεν έχουν ανασκαφεί.

1.3 Ο υγρότοπος - το οικοσύστημα της λίμνης Ισμαρίδας

Η λίμνη Ισμαρίδα αποτελεί μια φυσική αβαθή λίμνη γλυκού νερού στη Βόρεια Ελλάδα, με εισροές αλμυρού νερού. Η μέγιστη έκτασή της είναι περίπου 3 km², έχει μέσο βάθος 1 m, μέγιστο 1,5 m και ελάχιστο 0,8 m που φτάνει έως και το 0,5 m σε περιόδους ξηρασίας, με το βορειότερο τμήμα της να ξηραίνεται ενίοτε τον Αύγουστο (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1993, Γεράκης κ.α., 2007).

Η Ισμαρίδα, μαζί με τους υγροτόπους της λίμνης Βιστωνίδας, του Δέλτα του ποταμού Νέστου και των λιμνοθαλασσών Πόρτο Λάγος, Πτελέα, Έλος, Μέση ή Αλυκή, Καρατζά ή Αρωγή, και Φανάρι ή Ξηρολίμνη, αποτελούν σύμπλεγμα υγροτοπικών οικοσυστημάτων που προστατεύεται από διεθνείς συμβάσεις. Σύμφωνα με τη Σύμβαση Ραμσάρ, είναι ένας από τους δέκα υγροτόπους της Ελλάδας που περιλαμβάνονται στον Κατάλογο των Υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας. Η περιοχή εντάσσεται στο Δίκτυο Natura 2000 ως Τόπος Κοινοτικής Σημασίας και χαρακτηρίζεται ως Ζώνη Ειδικής Προστασίας (SPA) για τα πουλιά της Ελλάδας. Επίσης, η λίμνη Ισμαρίδα και η ευρύτερη περιοχή αυτής, ορίστηκε ως Καταφύγιο Άγριας Ζωής, με την ονομασία «Μαυρομάτιο-Λίμνη Μητρικού». Μαζί με το υγροτοπικό σύμπλεγμα των λιμνοθαλασσών της Θράκης και του ποταμού Φιλιούρη, χαρακτηρίζονται ως Εθνικό Πάρκο Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης (Κατσαβούνη κ.α., 2012, Εικόνα 1).

Στην επιφάνειά της επικρατεί πλούσια υδροχαρής επιπλέουσα βλάστηση η οποία αποτελείται από σπάνια και προστατευόμενα είδη όπως τα νεροκάστανα (επιστημονική ονομασία *Trapa natans*), είδος ετήσιο και μη ανθεκτικό στην αλατότητα (Μουστάκα κ.α., 2011). Οι Drossos (1992) και Papastergiadou & Babalonas (1993), αναφέρουν την εμφάνισή τους κυρίως στο βορειοανατολικό και νότιο τμήμα της λίμνης. Σύμφωνα με πληροφορίες από τον Φορέα Διαχείρισης της Ισμαρίδας, μέχρι και το καλοκαίρι του 2010, αξιοσημείωτη είναι η εξάπλωσή τους σχεδόν σε όλη την επιφάνεια της λίμνης, ενώ από τότε και έπειτα δεν έχει ξανά καταγραφεί η παρουσία τους (Εικόνα 2 και Εικόνα 3).

Μέχρι σήμερα στη λίμνη έχουν παρατηρηθεί 233 είδη πτηνών, 118 εκ των οποίων φωλιάζουν, ενώ συνολικά περιλαμβάνονται 84 είδη από αυτά στο παράρτημα της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ για την προστασία των άγριων πτηνών (Κατσαβούνη κ.α., 2012β). Επίσης, έχει παρατηρηθεί και η παρουσία της βίδρας, (κοινώς ενυδρίδα, επιστημονική ονομασία *Lutra lutra*), είδος που έχει χαρακτηριστεί από τη Διεθνή Ένωση Προστασίας της Φύσης (IUCN - International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) ως σχεδόν απειλούμενο. Τέλος, στην περιοχή παρατηρήθηκαν κατά το παρελθόν 23 είδη ερπετών και 10 είδη αμφιβίων (Μπούσμπουρας κ.α., 2010, Κουσουρή, 2014).

Εικόνα 1: Εθνικό Πάρκο Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης (Παλάσκας, 2014. *Τουριστικός Χάρτης Εθνικού Πάρκου Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης*, Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Νέστου - Βιστωνίδας - Ισμαρίδας, η λίμνη Ισμαρίδα στο κόκκινο πλαίσιο).



Εικόνα 2: Άποψη της λίμνης Ισμαρίδας τον Ιανουάριο 2010, καλυμμένη με νεροκάστανα (Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Νέστου - Βιστωνίδας - Ισμαρίδας).



Εικόνα 3: Άποψη της λίμνης Ισμαρίδας στις 6 Αυγούστου 2010, καλυμμένη με νεροκάστανα (Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Νέστου - Βιστωνίδας - Ισμαρίδας).

Ο κυρίαρχος τύπος βλάστησης στο υδροτοπικό οικοσύστημα της λίμνης είναι οι καλαμιώνες. Η διαρκής επέκτασή τους είναι ένα από τα κύρια προβλήματα της λίμνης, η οποία επιπλέον ευνοείται και από την πτώση της στάθμης του νερού της. Καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας της λίμνης μετατρέπεται σε ενιαίο καλαμιώνα, περιορίζεται ο αριθμός των πτηνών που φωλιάζουν ή τρέφονται σε αυτή, με αποτέλεσμα να επιδρά αρνητικά στην αναπαραγωγή και κατά συνέπεια στη διαβίωση της ιχθυοπανίδας. Εκτιμάται από τους Κατσαβούνη κ.α. (2012β), πως το 1974 πριν την κατασκευή του αναχώματος η έκταση του καλαμιώνα ήταν περίπου 0,8 km². Σήμερα έχει ξεπεράσει τα 1,75 km².

Η λίμνη Ισμαρίδα σήμερα δέχεται αυξημένα φορτία θρεπτικών στοιχείων, κυρίως αζώτου και φωσφόρου, και για τον λόγο αυτό χαρακτηρίζεται ως υπερεύτροφη (Γιαννακοπούλου, 1995; Pisinaras et al., 2007). Αυτά τα φορτία προέρχονται από την έκπλυση των γεωργικών εκτάσεων οι οποίες καλλιεργούνται δίπλα στη λίμνη αλλά και από την είσοδο των επεξεργασμένων λυμάτων από τον βιολογικό καθαρισμό της Κομοτηνής, μέσω του ποταμού Βοσβόζη.

Σύμφωνα με τους Πεταλά (1997) και Μουστάκα κ.α. (2011), τα φορτία αυτά ευθύνονται για την εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού, το οποίο ως αποτέλεσμα προκαλεί αλλαγές στο τροφικό πλέγμα με συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού. Επίσης παρατηρείται πως το σύνολο των φερτών υλικών που δέχεται η λίμνη από τον Βοσβόζη κατανέμεται ομοιόμορφα, με αποτέλεσμα τη μείωση του βάθους της λίμνης και του όγκου του νερού της, αλλά και την αύξηση του πλημμυρικού νερού κατά τους χειμερινούς μήνες (Πισινάρας, 2003).

Η Κώττη (2015) διερεύνησε την υδρολογική κατάσταση της λίμνης Ισμαρίδας και του ποταμού Βοσβόζη, πραγματοποιώντας δειγματοληψίες ανά μήνα στα επιφανειακά ύδατα και μετρώντας επί τόπου τις φυσικοχημικές τους παραμέτρους για την περίοδο Νοέμβριος 2014 - Οκτώβριος 2015 (εξαιρούνται οι Φεβρουάριος και Μάρτιος του 2015 λόγω πλημμυρικών φαινομένων στην περιοχή). Συνολικά επιλέχθηκαν πέντε σημεία δειγματοληψίας, δύο στη ροή του Βοσβόζη και τρία στην Ισμαρίδα. Ενώ στις εκβολές του ποταμού οι συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου, αζώτου και φωσφόρου είναι ιδιαίτερα αυξημένες από το τέλος καλοκαιριού έως και τις αρχές φθινοπώρου ξεπερνώντας τα μέγιστα νομοθετικά επιτρεπόμενα όρια, δεν ισχύει το ίδιο για την ίδια περίοδο μέσα στη λίμνη (πιθανώς λόγω της αφομοιωτικής ικανότητας των καλαμιών).

Εξαιτίας της μεταβολής της στάθμης του νερού, τόσο με την είσοδο γλυκού νερού κατά τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες όσο και με την είσοδο αλμυρού νερού κατά τους θερινούς και φθινοπωρινούς (Κώττη, 2015), δημιουργείται ένα ιδιαίτερα μεταβαλλόμενο οικοσύστημα στη λίμνη. Επίσης,

με την πτώση της στάθμης, έχει παρατηρηθεί τεράστια ανάπτυξη υδρόβιων μακρόφυτων σε όλη την έκταση της (Μουστάκα κ.α., 2011).

Παλαιότερα, η λίμνη διατηρούσε τα ύδατά της και κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, λόγω της εκφόρτισης υπόγειων υδάτων μέσα σε αυτή από τη δυτική όχθη της (Κατσαβούνη κ.α., 2012β). Ο λόγος που σημειωνόταν μικρότερες απώλειες νερού λόγω εξάτμισης και κατά τη θερινή περίοδο του έτους, είναι ότι η θερμοκρασία των υπόγειων υδάτων είναι χαμηλότερη από αυτή των επιφανειακών, με αποτέλεσμα τη διατήρηση του υγροτόπου. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες όμως παρατηρείται έντονη πτώση της στάθμης των υπόγειων υδάτων με συνέπεια η προέλευση των υδάτων της λίμνης να είναι σχεδόν εξ' ολοκλήρου από την εκροή του ποταμού Βοσβόζη μέσα σε αυτή (Πισινάρας, 2013).

Έτσι, σήμερα οι υδάτινες εκροές της λίμνης Ισμαρίδας οφείλονται στην εξάτμιση, στην άμεση επιφανειακή εκροή προς τη θάλασσα μέσω του διαύλου και στην τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα (Γεράκης κ.α., 2007).

2. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1 Γεωγραφικά - γεωμορφολογικά στοιχεία

Η λίμνη Ισμαρίδα υπάγεται διοικητικά στον Δήμο Κομοτηνής της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης. Τοποθετείται στο νότιο τμήμα του Νομού Ροδόπης, περίπου 20 km νότια της πόλης της Κομοτηνής. Βορειοδυτικά αυτής βρίσκεται ο οικισμός Παγούρια και βορειοανατολικά ο οικισμός Νέο Σιδηροχώρι, από τους οποίους υπάρχει πρόσβαση προς τη λίμνη μέσω ασφαλτοστρωμένων οδών. Νοτιοανατολικά βρίσκεται ο οικισμός Ίμερος, με πρόσβαση στη λίμνη μέσω ιρλανδικής διάβασης του ποταμού Φιλιούρη (Εικόνα 4).



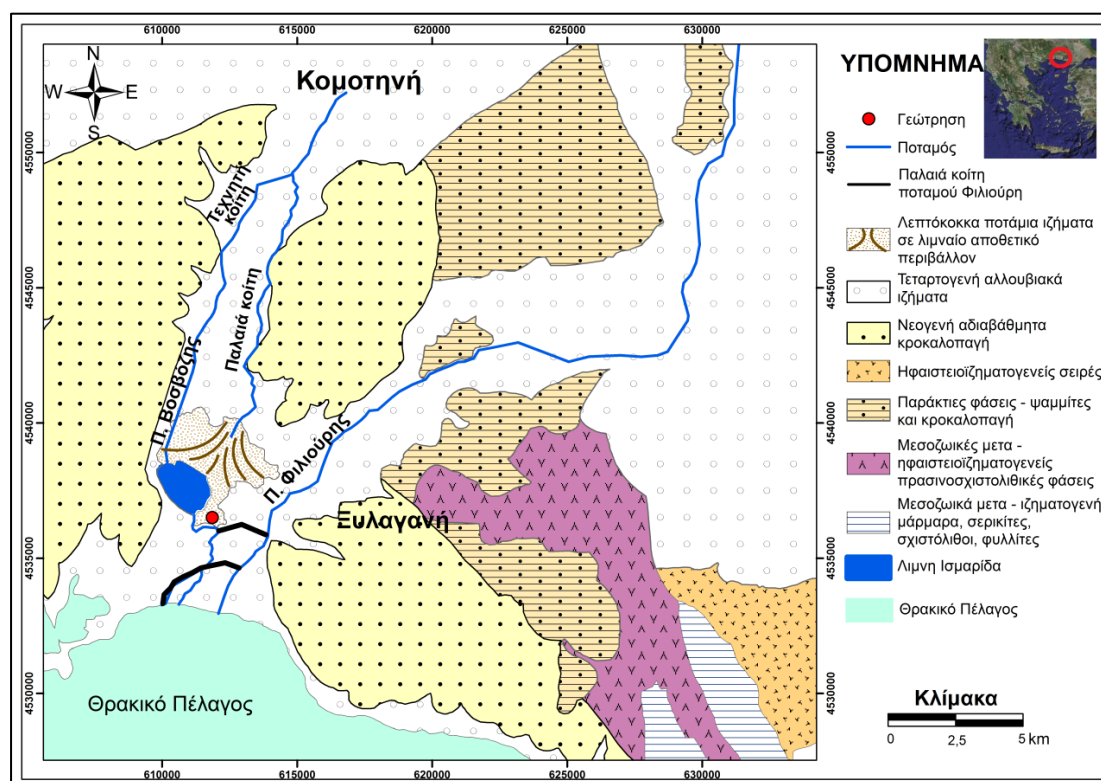
Εικόνα 4: Η γεωγραφική θέση της λίμνης Ισμαρίδας (με μπλε περίγραμμα) στην Ελλάδα (από Google Earth, 2016).

Η Ισμαρίδα βρίσκεται 5 km βόρεια-βορειοανατολικά του αρχαιολογικού χώρου της αρχαίας Στρώμης και 7 km βορειοανατολικά της χερσονήσου της Μολυβωτής. Ο ποταμός Βοσβόζης τροφοδοτεί τη λίμνη με γλυκό νερό από το βόρειο τμήμα της. Τόσο η λίμνη όσο και ο Βοσβόζης αποτελούν μέρη του 12^{ου} υδατικού διαμερίσματος χειμάρρων της Θράκης. Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του ποταμού είναι 366 km².

Τα λιμναία ιζήματα της περιοχής χρονολογούνται στο Ολόκαινο. Ο πυθμένας της λίμνης καλύπτεται από αργιλικά ιζήματα τα οποία αποτεθήκαν

σε διαφορετικές φάσεις λιμναίας ιζηματογένεσης. Στην ευρύτερη περιοχή περιμετρικά της λίμνης, συναντώνται κατά θέσεις ψαμμίτες, αμμούχες μάργες και αμμούχοι πηλοί. Σε ορισμένες θέσεις εντοπίζονται αδιαβάθμητα κροκαλοπαγή (Μπούσμπουρας κ.α., 2010).

Δυτικά της λίμνης συναντώνται Νεογενή ιζήματα, ενώ στα βόρεια και ανατολικά της, Τεταρτογενή αλλουβιακά ιζήματα, πάχους περίπου 80 m (Pisinaras et al., 2007, Εικόνα 5).



Εικόνα 5:- Γεωλογικός χάρτης της λίμνης Ισμαρίδας και της ευρύτερης περιοχής από (ΙΓΜΕ, Δημάδης και Ζάχος, 1986, τροποποιημένο).

Ακόμη, σε σύγκριση με ιστορικούς χάρτες της περιοχής, παρατηρείται πως η κοίτη του ποταμού Φιλιούρη που ρέει ανατολικά της λίμνης, παλαιότερα είχε κατεύθυνση προς τα δυτικά και δημιουργούσε το δελταϊκό του πεδίο σε όλη την ανατολική και νότια έκταση της Ισμαρίδας. Σήμερα, έπειτα από διευθέτησή της, εκτράπηκε προς τα νότια και ανατολικότερα της παλαιάς του κοίτης και εκβάλλει στο Θρακικό πέλαγος, δημιουργώντας το δελταϊκό του πεδίο ανάμεσα από την ακτογραμμή και τη λίμνη.

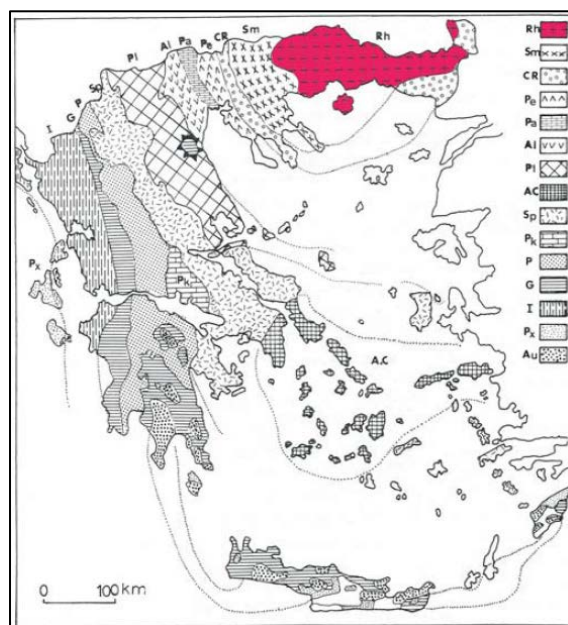
Κατά τη διάρκεια περιόδων ισχυρών βροχοπτώσεων, η κοίτη του ποταμού υπερχειλίζει και κατακλύζει τις χαμηλότερες υψομετρικά περιοχές που περιβάλλουν την Ισμαρίδα.

2.2 Γεωλογικά στοιχεία

2.2.1 Γεωτεκτονική θέση - Λιθοστρωματογραφία περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης γεωτεκτονικά ανήκει στη Μάζα της Ροδόπης η οποία περιλαμβάνει: τον ορεινό όγκο της Ροδόπης στη Θράκη και τη νότια Βουλγαρία, τμήμα της Ανατολικής Μακεδονίας με δυτικό όριο τον ποταμό Στρυμώνα καθώς και τη Θάσο. Αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα (Εικόνα 6, Μουντράκης, 2010). Βόρεια και ανατολικά της λίμνης, συναντώνται Τεταρτογενή αλλουβιακά ιζήματα (Pisinaras et al., 2007).

Ακόμη, στο λοφώδες ανάγλυφο δυτικά της λίμνης συναντώνται Νεογενή ιζήματα αποτελούμενα από στρώματα άμμων, ιλύων, ψαμμιτών με κατά θέσεις (Γλυκονέρι, Γλυφάδα) εμφανίσεις απολιθωματοφόρων ψαμμιτικών ασβεστόλιθων με *Limnocardium* και *Congerina*. Τα Νεογενή ιζήματα καλύπτονται από ερυθρού-καστανού χρώματος Πλειστοκαινικά ιζήματα (ερυθροστρώματα με εναλλαγές φακών κροκάλων) (Συρίδης, 1996; Syrides et al. 1997; Syrides, 1998).



Εικόνα 6: Η γεωτεκτονική θέση της Μάζας της Ροδόπης στην Ελλάδα (από Μουντράκη, 2010).

Ο Osswald (1938) ήταν ο πρώτος ο οποίος μελέτησε τη μάζα της Ελληνικής Ροδόπης και διαίρεσε το κρυσταλλοσχιστώδες αυτής σε τέσσερις σειρές: τη σειρά των γνευσίων της βάσης, τη σειρά των μαρμάρων, τη σειρά των μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και τη σειρά των σχιστολίθων και μαρμάρων (από τις βαθύτερες προς τις ανώτερες). Σύμφωνα με τον Osswald (1938) αλλά και άλλους Έλληνες και Βούλγαρους ερευνητές μεταγενέστερα, η ηλικία των πετρωμάτων είναι Προκάμβρια έως Κάτω Παλαιοζωική. Σύμφωνα

με τους Papanikolaou and Panagopoulos (1981), νέες μελέτες διαχώρισαν τη μάζα της Ελληνικής Ροδόπης σε δύο τεκτονικές ενότητες: την ανώτερη (Σιδηρόνερου) και την κατώτερη (Παγγαίου) (από Μουντράκη 2010).

Η ενότητα Σιδηρόνερου αποτελείται κατά βάση από ορθογνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μιγματίτες και εκτείνεται κατά μήκος των ελληνοβουλγαρικών συνόρων. Η ενότητα Παγγαίου αποτελείται από τρεις ορίζοντες: τον κατώτερο με ορθογνεύσιους, σχιστολίθους και αμφιβολίτες, τον μεσαίο με μάρμαρα μεγάλου πάχους και τον ανώτερο με εναλλαγές σχιστολίθων και μαρμάρων και καλύπτει τη νοτιοδυτική και δυτική Ροδόπη. Αν και η ενότητα Σιδηρόνερου αναφέρεται ως η ανώτερη, στην πραγματικότητα είναι η παλαιότερη, και αντίστοιχα η ενότητα Παγγαίου είναι η νεότερη (Μουντράκης 2010).

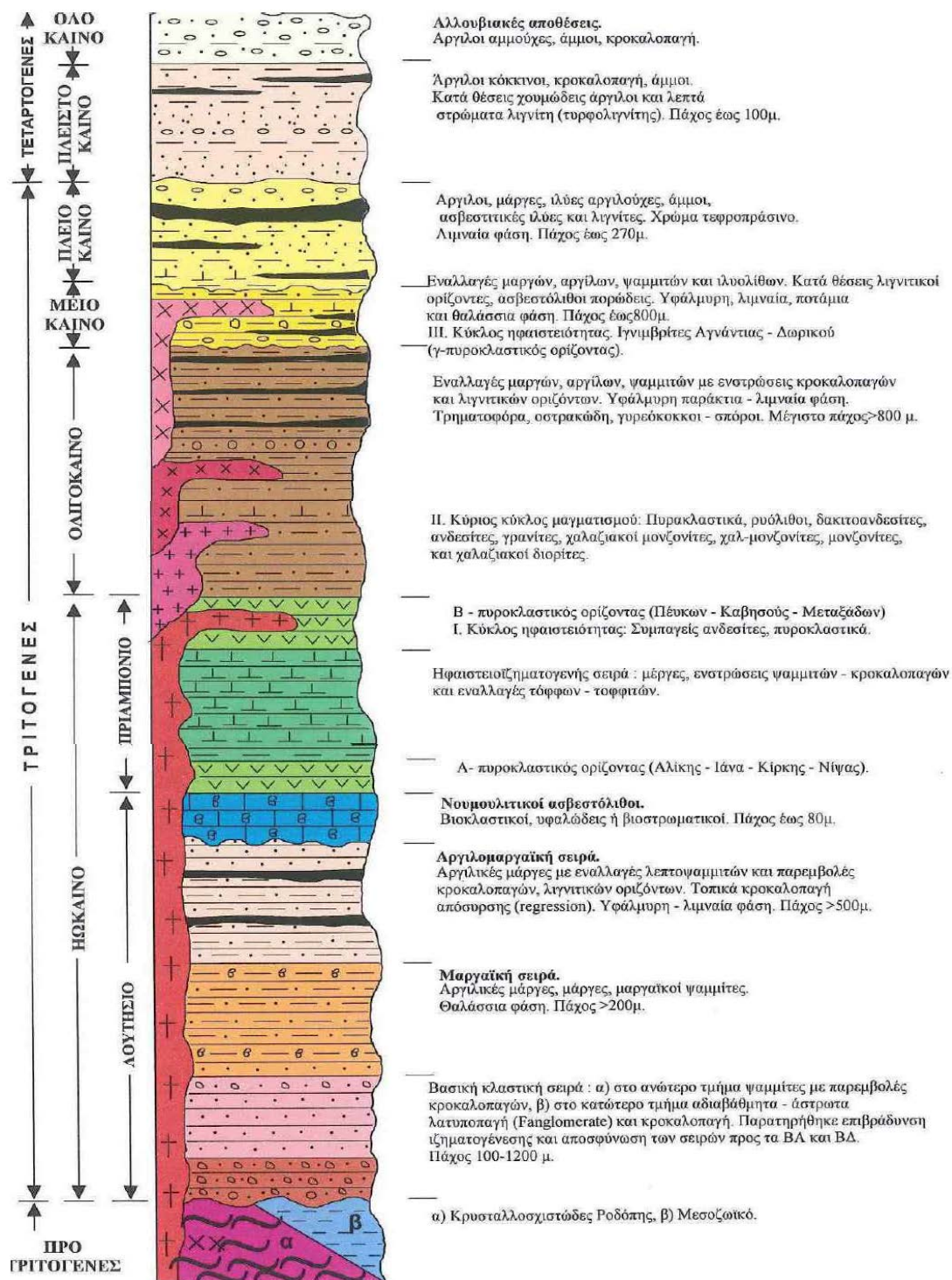
Από λεπτομερέστερες έρευνες, έγινε περαιτέρω διαίρεση της ενότητας Σιδηρόνερου σε τέσσερις μικρότερες ενότητες με βάση πετρολογικά και μεταμορφικά κριτήρια (Mroskos, 1998; Mroskos and Krohe, 2000; Krohe and Mroskos, 2002, από Μουντράκη, 2010).

Αυτές οι ενότητες από δυτικά προς ανατολικά είναι οι:

- Κυρίως Ενότητα Σιδηρόνερου: καλύπτει την περιοχή βόρεια της Δράμας και της Ξάνθης
- Ενότητα Κάρδαμου: καλύπτει την περιοχή βόρεια της Κομοτηνής
- Ενότητα Κεχριού: καλύπτει την περιοχή του χωριού Κεχρί στην ανατολική Ροδόπη μέχρι τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα
- Ενότητα Κίμης: καλύπτει τμήμα του ανατολικού άκρου της Ροδόπης στην περιοχή του Έβρου-Ορεστιάδας και τμήμα της κεντρικής Ροδόπης βορειοδυτικά της Κομοτηνής μεταξύ των ενοτήτων Σιδηρόνερου και Καρδάμου.

2.2.2 Τεκτονική ευρύτερης περιοχής μελέτης

Η τεκτονική ενότητα Σιδηρόνερου εφίππευει την τεκτονική ενότητα Παγγαίου με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Διαπιστώθηκαν τρεις φάσεις πτυχώσεων στο κρυσταλλοσχιστώδες της Μάζας της Ροδόπης. Από την πρώτη φάση προκλήθηκαν πτυχές διεύθυνσης Β-Ν Παλαιοζωικής ηλικίας, και είναι σύγχρονες με την πρώτη κύρια μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους. Από τη δεύτερη φάση προκλήθηκαν πτυχές διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ έως ΒΑ-ΝΔ Παλαιοζωικής ηλικίας με μια μεταγενέστερη σχιστότητα, και μάλιστα οι δομές αυτής της φάσης κυριαρχούν στα πετρώματα της Ροδόπης. Τέλος, από την τρίτη φάση προκλήθηκαν πτυχές διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ Ολιγοκαινικής ηλικίας, οι οποίες επαναπτύχωσαν τις προγενέστερες πτυχές (Μουντράκης 2010).



Εικόνα 8: Λιθοστρωματογραφία ευρύτερης περιοχής μελέτης (ΙΓΜΕ, από: Μπούσμπουρας κ.α., 2010).

2.3 Υδρολογικά στοιχεία

2.3.1 Λεκάνη απορροής - υδρογραφικό δίκτυο

Η λίμνη Ισμαρίδα τροφοδοτείται με γλυκά νερά από τον ποταμό Βοσβόζη (αλλιώς, Πος-Πος ή Μπόσμπος ή Μπουκλουζάς) που εκβάλλει στο βόρειο μέρος της. Η λίμνη και ο ποταμός ανήκουν στην υδρολογική λεκάνη των χειμάρρων της Κομοτηνής, που ανήκει στο 12^ο υδατικό διαμέρισμα Θράκης. Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Βοσβόζη είναι 366km². Στα ανατολικά της λίμνης βρίσκεται ο ποταμός Φιλιούρης ο οποίος εκβάλλει στη θάλασσα, στο Θρακικό πέλαγος. Σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων η κοίτη του πλημμυρίζει, με αποτέλεσμα τα νερά του να κατακλύζουν τη χαμηλότερη υψομετρική περιοχή γύρω από τη λίμνη Ισμαρίδα (Γιαννόπουλος, 2008; Κατσαβούνη κ.α., 2012β).

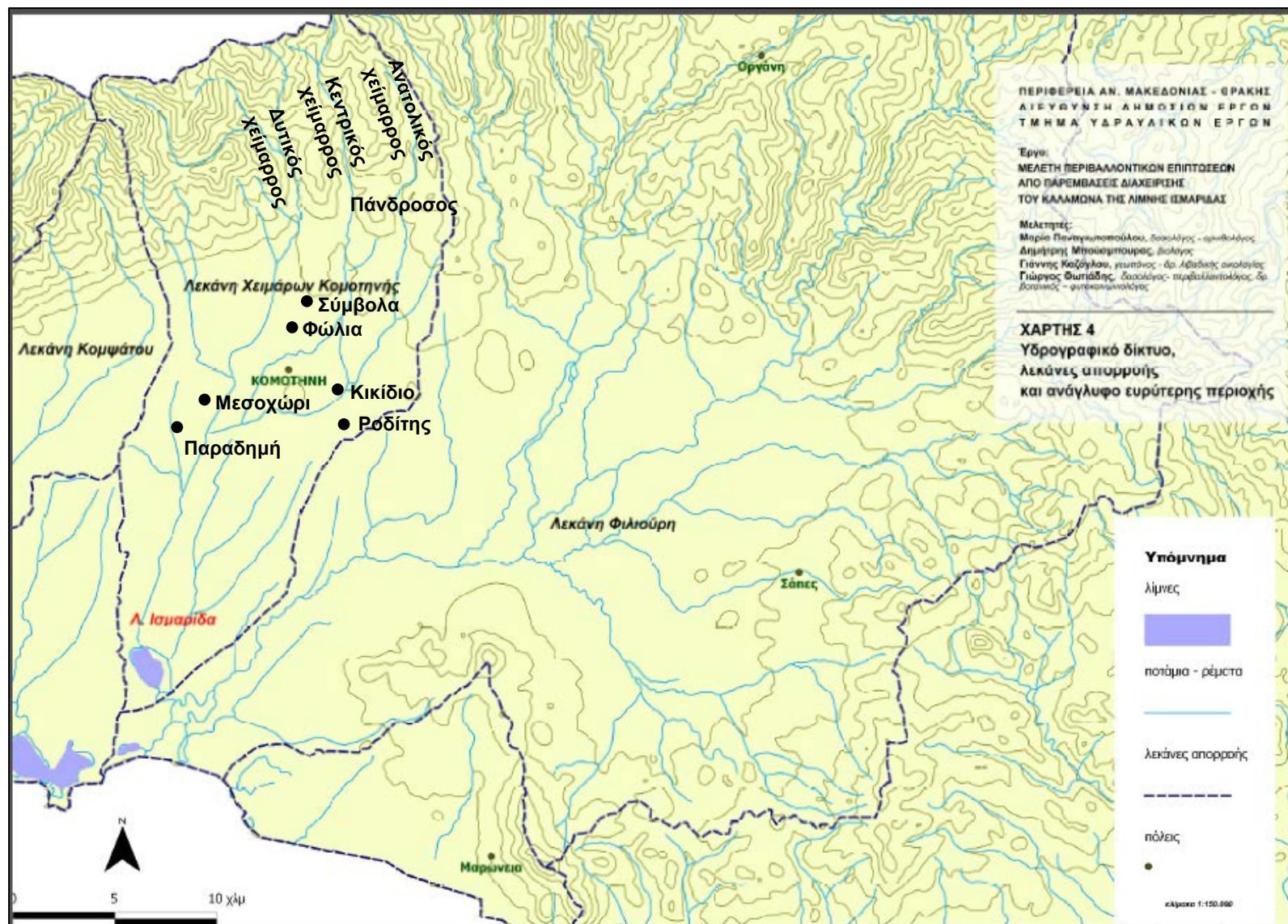
Το χειμαρρώδες σύστημα της Κομοτηνής περιλαμβάνει τρία κύρια ρέματα τα οποία και αποτελούν τις ορεινές λεκάνες απορροής των χειμάρρων της Κομοτηνής (Εικόνα 9):

- ο Δυτικός χείμαρρος (ή Χιονόρεμα),
- ο Κεντρικός χείμαρρος (ή Καρυδιά ή Μπουκλουτζάς),
- ο Ανατολικός χείμαρρος (ή Κάλχαντας ή Ρέμα Ντελή Ιμπράμ).

Ο Δυτικός χείμαρρος πηγάζει από το όρος Παπίκιο με αρχική κατεύθυνση προς τα ΝΝΑ, έπειτα στρέφεται νότια περνώντας από τους οικισμούς Σύμβολα και Φώλια και τέλος διέρχεται δυτικά της Κομοτηνής. Μετά από συνολική διαδρομή 40 km με κατεύθυνση προς τα ΝΝΔ, εκβάλλει στη λίμνη Ισμαρίδα. Συνολικά συμβάλλουν 54 κλάδοι. Από τον χείμαρρο αυτόν υδροδοτείται η πόλη της Κομοτηνής, καθώς μέρος της παροχής του συλλέγεται στον οικισμό των Συμβόλων.

Ο Κεντρικός χείμαρρος πηγάζει από την ορεινή ζώνη βόρεια του οικισμού της Πανδρόσου και ακολουθώντας κατεύθυνση προς νότια διέρχεται ανατολικά της Κομοτηνής. Ενώνεται με τον Ανατολικό χείμαρρο στο ύψος του οικισμού της Ιτέας έπειτα από περίπου 12 km διαδρομή και διατηρεί πορεία νότια της Κομοτηνής προς τα δυτικά.

Ο Ανατολικός χείμαρρος είναι ο μικρότερος χείμαρρος του συστήματος της Κομοτηνής, μήκους 6,5 km, διέρχεται του οικισμού Ροδίτη και ενώνεται με τον Κεντρικό στα ανατολικά του οικισμού του Κικιδίου. Παρουσιάζει συνεχή παροχή εκτός της περιόδου Αυγούστου-Σεπτεμβρίου (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1993). Οι δύο χείμαρροι συμβάλλουν νότια του οικισμού του Μεσοχωρίου σχηματίζοντας τον ποταμό Βοσβόζη που μετά από διαδρομή 12 km εκβάλλει στη λίμνη Ισμαρίδα (Γιαννόπουλος, 2008; Μπούσμπουρας κ.α., 2010).



Εικόνα 9: Υδρογραφικό δίκτυο και λεκάνες απορροής ευρύτερης περιοχής (Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από Παρεμβάσεις Διαχείρισης του Καλαμιώνα της Λίμνης Ισμαρίδας, από Φορέα Διαχείρισης Δέλτα Νέστου - Βιστωνίδας - Ισμαρίδας, τροποποιημένο).

Ο ποταμός Βοσβόζης σχηματίζεται ανάμεσα από τους οικισμούς Μεσοχώρι και Παραδημή, αφού πρώτα δεχθεί πολλά ρέματα, τα οποία ενώνονται τεχνητά και έχει συνολική διαδρομή μήκους περίπου 40 km. Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ, η παροχή των τριών χειμάρρων διαμορφώνεται ως εξής στον Πίνακα 1:

	Ελάχιστη (m ³ /sec)	Μέση (m ³ /sec)	Μέγιστη (m ³ /sec)
Δυτικός	0,181	3,2	184,04
Κεντρικός	0,023	1,87	181,12
Ανατολικός	0,018	1,03	112,35

Πίνακας 1: Η ελάχιστη, μέση και μέγιστη παροχή των τριών χειμάρρων της Κομοτηνής (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1993).

2.3.2 Ιστορικό υδρολογικής διαχείρισης της λίμνης

Η υδρολογική διαχείριση της Ισμαρίδας, αναφέρεται εκτενώς στις μελέτες των Μπούσμπουρα κ.α. (2010), Κατσαβούνη κ.α. (2012β) και Κουσουρή (2014). Τμήματα αυτών, παρατίθενται στη συνέχεια.

2.3.2.1 Το φυσικό σύστημα

Η λίμνη Ισμαρίδα μέχρι το 1950 επικοινωνούσε με τη θάλασσα μέσω ενός αβαθούς φυσικού διαύλου, μήκους περίπου 5,5 km, ώστε τα πλεονάζοντα ύδατα της να καταλήγουν στη θάλασσα και ο δίαυλος αυτός διαπλατύνθηκε το 1950 (Κουσουρή, 2014). Την περίοδο 1985 - 1986 εκβαθύνθηκε ώστε να λειτουργήσει σαν στόμιο εισόδου για ευρύαλα είδη ψαριών που θα εισέρχονταν στη λίμνη, όπως τσιπούρες, κεφαλόπουλα, και λαυράκια, με σκοπό να αυξηθεί η ετήσια ιχθυοπαραγωγή της λίμνης. Για τον λόγο αυτό, το 1999 κατασκευάστηκε και ένας νέος ιχθυοσυλληπτικός φραγμός και ανάντη αυτού, κατασκευάστηκε ένας θυροφραγμός στον δίαυλο για να ρυθμίζεται η στάθμη της λίμνης. Η κίνηση του νερού ρυθμίζεται με ξύλινες τάβλες οι οποίες τοποθετούνται και αφαιρούνται από τους τοπικούς αλιείς, αναλόγως τις απαιτήσεις. Η κατασκευή αυτή όμως είναι αρκετά πρόχειρη και συχνά υπάρχουν παρεμβάσεις από τρίτους, όπως λαθραλιείς (Μπούσμπουρας κ.α., 2010; Κατσαβούνη κ.α., 2012β, Εικόνα 10).

2.3.2.2 Ανθρωπογενείς επεμβάσεις

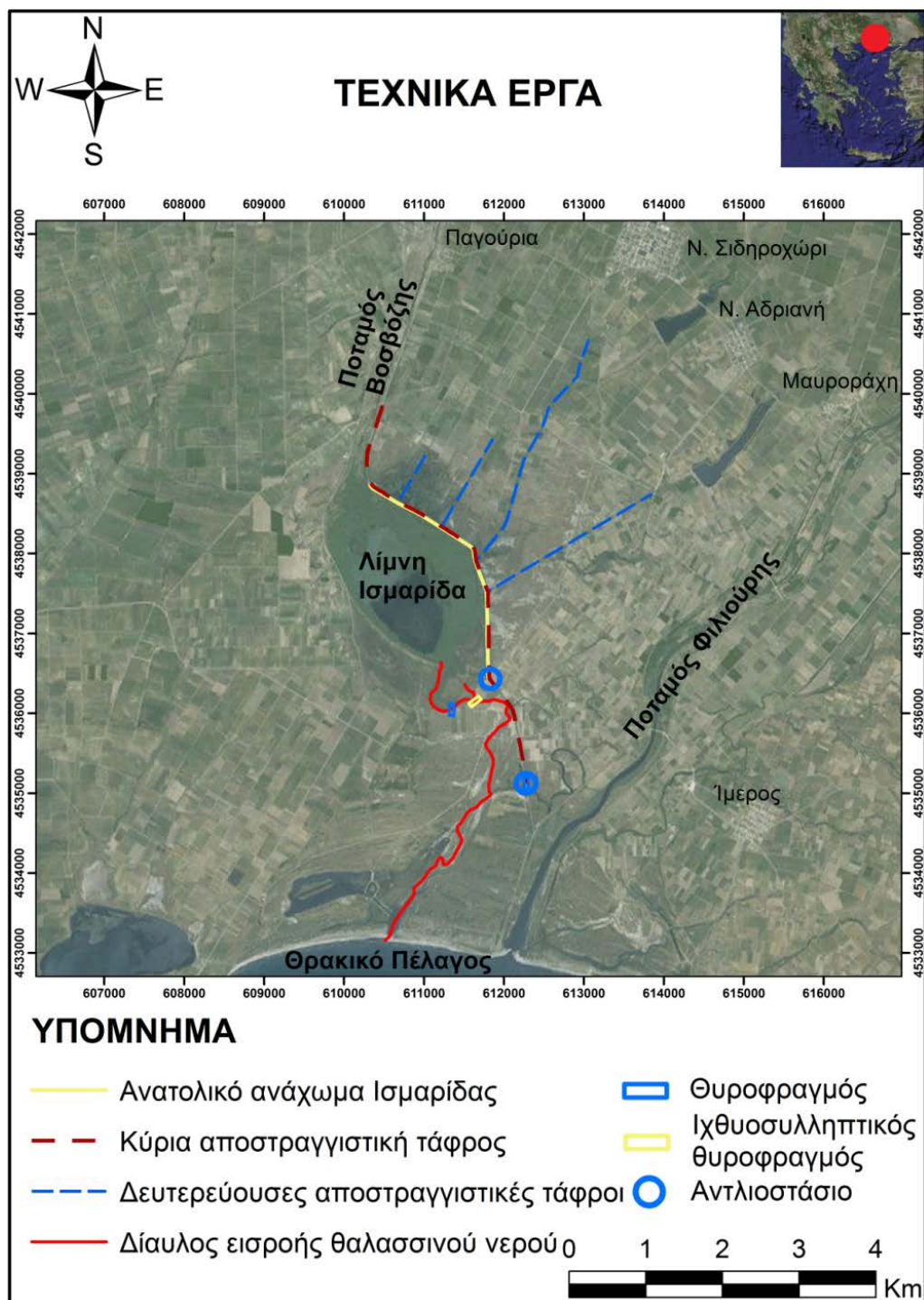
Κατά την περίοδο 1976 - 1985 (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1986, από Μπούσμπουρας κ.α., 2010) κατασκευάστηκε στην ανατολική όχθη της λίμνης ένα περιφερειακό ανάχωμα, και στη συνέχεια εξωτερικά αυτού κατασκευάστηκε και μία αποστραγγιστική τάφρος για να προστατεύονται οι καλλιέργειες που βρίσκονται στα ανατολικά της λίμνης από πλημμυρικά επεισόδια. Για την καλύτερη αποστράγγιση της περιοχής αυτής, δημιουργήθηκαν τέσσερις δευτερεύουσες αποστραγγιστικές τάφροι, εγκάρσια στο ανάχωμα, οι οποίες συλλέγουν τα νερά, τα διοχετεύουν στην κεντρική αποστραγγιστική τάφρο και καταλήγουν στη θάλασσα μέσω του διαύλου της λίμνης (Εικόνα 10).

Το ανατολικό ανάχωμα και η αποστραγγιστική τάφρος, επεκτείνονται προς τα νότια ώσπου να συναντήσουν το δυτικό ανάχωμα του ποταμού Φιλιούρη. Το σημείο στο οποίο ενώνονται η τάφρος με τον δίαυλο βρίσκεται πάνω στο περιφερειακό ανάχωμα νοτίως της παραλιακής οδού Ιμέρου - Φαναριού και λίγο πριν το σημείο τομής της με το ανάχωμα του Φιλιούρη. Στη θέση αυτή κατασκευάστηκε επιπλέον και ένα αντλιοστάσιο, με σκοπό να συγκεντρώνονται τα νερά από την ανατολική περιοχή της λίμνης μέσω της αποστραγγιστικής τάφρου και να οδηγούνται στον δίαυλο της λίμνης που επικοινωνεί με τη θάλασσα προκειμένου να εκφορτίζονται τα πλημμυρικά νερά των καλλιεργειών. Στο ίδιο σημείο, υπάρχει και ένας θυροφράχτης μέσω του οποίου επικοινωνεί η τάφρος με τον δίαυλο της λίμνης. Επίσης, κατασκευάστηκε ακόμη ένα αντλιοστάσιο, βορειότερα του αρχικού, αλλά δεν έχει τεθεί σε λειτουργία.

Η κατασκευή του αναχώματος πολύ κοντά στη λίμνη και στα αντλιοστάσια, επέφερε επιπτώσεις στην υδρολογία της λίμνης. Όλη η ανατολική έκταση που πλημμύριζε τακτικά από τον κύριο όγκο της λίμνης, αποκόπηκε. Ο στόχος της κατασκευής των έργων αυτών ήταν να αποξηρανθεί όλη η ανατολική έκταση της λίμνης και να μετατραπεί σε καλλιεργήσιμη. Για τον λόγο αυτό, είχε προταθεί παλαιότερα η μετατόπιση του αναχώματος πιο ανατολικά, σε απόσταση 1 km από τη σημερινή του θέση, ώστε να μπορεί να ενώνεται με τη λίμνη η τακτικά πλημμυριζόμενη έκταση.

Τα αντλιοστάσια αποστράγγισης όμως δε βρίσκονται σε λειτουργία, με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται εποχιακή επιφανειακή συγκέντρωση υδάτων σε μεγάλη έκταση στα βορειοανατολικά, στην ίδια περιοχή που ήταν το πλημμυρικό πεδίο της λίμνης πριν την κατασκευή του αναχώματος. Επιπλέον, λόγω της μη σωστής αποστράγγισης, οι εκτάσεις που καλλιεργούνταν στα βορειοανατολικά του αναχώματος έχουν εγκαταλειφθεί, επειδή υπέστησαν υφαλμύρωση (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1986).

Η κατασκευή των αναχωμάτων στη βόρεια και ανατολική πλευρά της λίμνης, μπορούσε να αυξήσει το βάθος της τουλάχιστον κατά 2 m. Όταν όμως η στάθμη υπερβαίνει το 1,5 m, υπερχειλίζουν τα ύδατα κατά μήκος της νότιας πλευράς, και σε συνδυασμό με την ανεξέλεγκτη εκροή του διαύλου της λίμνης, κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό. Έτσι, η λίμνη σήμερα παραμένει ρηχή, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται γρήγορα και να σημειώνονται μεγάλες απώλειες λόγω εξάτμισης (Κατσαβούνη κ.α., 2012β, Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Τεχνικά έργα που κατασκευάστηκαν στη λίμνη Ισμαρίδα.

2.3.2.3 Βιολογικός καθαρισμός Κομοτηνής

Το 1994 τέθηκε σε λειτουργία αφού ολοκληρώθηκε η κατασκευή του Βιολογικού Καθαρισμού Κομοτηνής ή αλλιώς Μονάδα Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων Κομοτηνής (ΜΕΑΑ). Βρίσκεται στη θέση «Λιβιάδι», 2 km μακριά από τα όρια της πόλης και καταλαμβάνει έκταση περίπου 40 km². Εξυπηρετεί τους 53.000 κατοίκους της Κομοτηνής, επεξεργαζόταν συνολικά περίπου 11.000 m³/ημέρα, με πρόβλεψη έως το 2013 να είχε επεκταθεί και αναβαθμιστεί ώστε να εξυπηρετεί 79.500 κατοίκους (πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης, από Μπούσμπουρα κ.α., 2010).

Τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού καθαρισμού έχουν ως αποδέκτη τον ποταμό Βοσβόζη και τελικά τη λίμνη Ισμαρίδα. Τα λύματα εισέρχονται στον Βοσβόζη, 15 km περίπου πριν την εκβολή του στη λίμνη. Το 1999 κατασκευάστηκε και νέα Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), η οποία θα εξυπηρετεί τον νέο οικισμό Παγουριών, με 274 κατοίκους. Τα επεξεργασμένα λύματα αυτού καταλήγουν επίσης στον Βοσβόζη, 2 km από τη βόρεια πλευρά της λίμνης. Επιπλέον, ο βιολογικός καθαρισμός δέχεται και όλα τα υγρά απόβλητα της βιομηχανικής περιοχής της Κομοτηνής που έχουν ομοειδή σύσταση με αυτή των αστικών λυμάτων, ενώ τα υπόλοιπα μετά από κατάλληλη επεξεργασία διοχετεύονται στον ποταμό Φιλιούρη και τελικά στη θάλασσα (Μπούσμπουρας κ.α., 2010). Έπειτα από προσωπική επικοινωνία με τον Φορέα Διαχείρισης της λίμνης, επιβεβαιώθηκε πως η ΕΕΛ σήμερα είναι εκτός λειτουργίας και τα λύματα που δέχεται μεταφέρονται με ειδικά οχήματα και αποτίθενται σε άλλες περιοχές.

2.3.3 Φυσικοχημικά στοιχεία νερού της λίμνης Ισμαρίδας

Από παλαιότερες μετρήσεις αλατότητας στα ύδατα της λίμνης (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1993) αλλά και από νεότερες (Μουστάκα κ.α., 2011; Κατσαβούνη, 2012α), αποδεικνύεται πως από τον δίαυλο μέχρι τον ιχθυοσυλληπτικό σταθμό εισέρχεται αλμυρό νερό. Στα νότια της λίμνης, τα επιφανειακά ύδατα χαρακτηρίζονται υφάλμυρα, με την αλατότητα να διακυμαίνεται διαρκώς. Σε περιόδους που επικρατούν ισχυροί νότιοι άνεμοι, αυξημένη παλίρροια, ανομβρία και χαμηλή στάθμη της λίμνης, κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, το αλμυρό νερό που εισέρχεται ανεβάζει επικίνδυνα τα επίπεδα της αλατότητας σε όλη την έκταση της (Μαλιώκας και συνεργάτες ΕΠΕ, 2008). Επίσης, αλμυρό νερό εισέρχεται σχεδόν καθημερινά και στην παράλληλα με το ανατολικό ανάχωμα αποστραγγιστική τάφρο που συνδέεται με τον δίαυλο της λίμνης. Κατά τη χειμερινή περίοδο όμως, λόγω των μεγάλων εισροών γλυκού νερού από τον Βοσβόζη, τόσο στη λίμνη όσο και σε

μεγάλη απόσταση μέσα στον δίαυλό της, επικρατούν τα γλυκά ύδατα (Μπούσμπουρας κ.α., 2010).

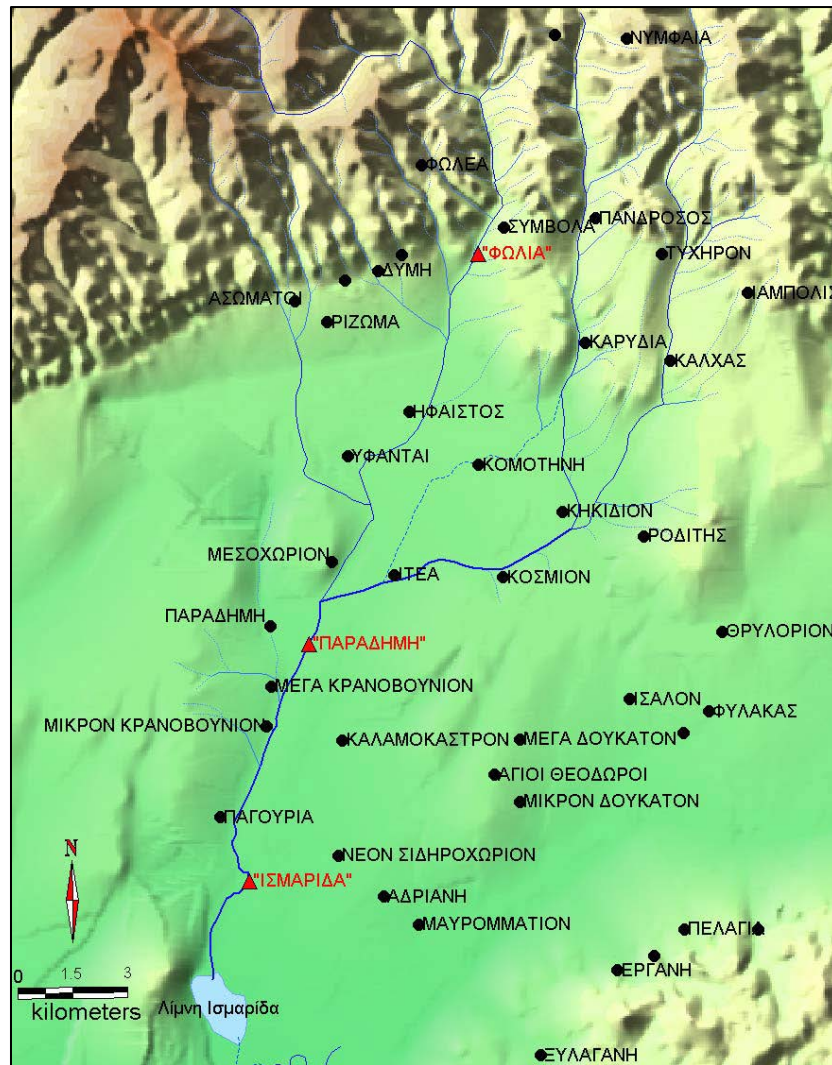
Την περίοδο 1985 - 1986 εισήλθε μαζικά αλμυρό νερό στη λίμνη από τον διανοιγμένο και εκβαθυμένο δίαυλο εξαιτίας της μη λειτουργίας του θυροφραγμού, με αποτέλεσμα τον θάνατο των περισσότερων ειδών ψαριών γλυκού νερού, την καταστροφή της υδρόβιας βλάστησης από νούφαρα και νεροκάστανα και την πλήρη αναπαραγωγική αποτυχία μίας μεγάλης μικτής αποικίας από γλαρόνια. Το 1987, έπειτα από έντονες διαμαρτυρίες κατοίκων της περιοχής και οικολογικών οργανώσεων, επιβλήθηκε να διατηρηθεί κλειστός ο θυροφραγμός ώστε να εμποδιστεί εντελώς η είσοδος θαλασσινού νερού στη λίμνη. Το 1988, λόγω ενός πολύ βροχερού χειμώνα εκπλύθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό θαλασσινού νερού, με αποτέλεσμα να επιστρέψουν στη λίμνη ορισμένα είδη πουλιών που είχαν πάψει να φωλιάζουν όπως η λαγγόνα και να επανέλθουν τμήματα της βλάστησης (Jerrentrup et al., 1988).

Σύμφωνα με μετρήσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ (1993), την περίοδο Αύγουστος 1991 - Σεπτέμβριος 1992 διαπιστώθηκε ότι η αλατότητα της λίμνης κυμαίνονταν σε υψηλά επίπεδα (17.0‰ - 35‰).

Πολύ υψηλές τιμές αλατότητας μέτρησε επίσης και η Ζιαγκλιαβού (2005), πραγματοποιώντας αναλύσεις υδάτων για τη χρονική περίοδο Ιούλιος 2003 - Ιούλιος 2004, ανάντη της λίμνης, μέσα στη λίμνη και στο κανάλι εκροής της λίμνης. Χαρακτηριστικά, ενώ ανάντη της λίμνης, η μέση τιμή της αγωγιμότητας είναι 217 $\mu\text{S}/\text{cm}$, μόνο για τον Ιούλιο του 2003, η τιμή της ανήλθε στα 798 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Επίσης, κατά τους μήνες Σεπτέμβριο - Οκτώβριο 2003 και μόνο, τόσο μέσα στη λίμνη όσο και στο κανάλι εκροής, οι τιμές κυμάνθηκαν σε πάρα πολύ υψηλά επίπεδα (40.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 58.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Το 2008, ο Γιαννόπουλος παρουσίασε τα αποτελέσματα των μετρήσεων και δειγματοληψιών, από την παροχή του ποταμού Βοσβόζη, το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα, το διαλελυμένο οξυγόνο και τη θερμοκρασία ύδατος που πραγματοποιήθηκαν σε τρεις διαφορετικούς σταθμούς κατά μήκος του ποταμού Βοσβόζη, στις εξής θέσεις (Εικόνα 11):

- 1) Σταθμός «Φωλιά»: Πληροφορίες για την ποιότητα του νερού, όταν αυτό εξέρχεται από το ορεινό δίκτυο της λεκάνης απορροής.
- 2) Σταθμός «Παραδημή»: Πληροφορίες για την ποιότητα του νερού στο πεδινό κομμάτι στο μέσο περίπου της λεκάνης.
- 3) Σταθμός «Ισμαρίδα»: Πληροφορίες για την ποιότητα του νερού πριν αυτό εισέλθει στη λίμνη.



Εικόνα 11: Θέση των σταθμών μετρήσεων και δειγματοληψιών (από Γιαννόπουλος, 2008).

Ο Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Νέστου - Βιστωνίδας - Ισμαρίδας, έχει τοποθετήσει έναν τηλεμετρικό σταθμό στα πρώτα μέτρα του διαύλου εξόδου των υδάτων από τη λίμνη, 150 m περίπου δυτικά του ιχθυοσυλληπτικού θυροφραγμού, ώστε να καταγράφονται κάποιες παράμετροι για το νερό της λίμνης. Στον σταθμό αυτόν μετρούνται ανά 15 λεπτά της ώρας (όποτε αυτό είναι δυνατό), η στάθμη του νερού, η θερμοκρασία του νερού, η αγωγιμότητα, η αλατότητά του και τα ολικά διαλυμένα στερεά σε αυτό.

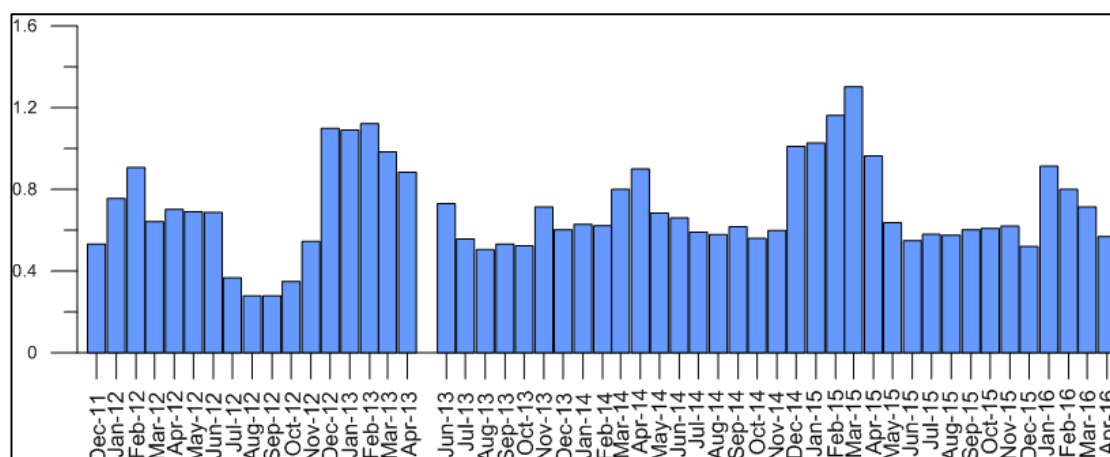
Το Κέντρο Πληροφόρησης Λιμνών Βιστωνίδας - Ισμαρίδας, έπειτα από επικοινωνία με τον Φορέα, προσέφερε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας τις μετρήσεις που έχουν καταγραφεί έως σήμερα, για την περίοδο 20 Δεκεμβρίου 2011 έως 22 Απριλίου 2016, με εξαίρεση την περίοδο 16 Απριλίου 2013 έως 2 Φεβρουαρίου 2013, οπότε και ήταν εκτός λειτουργίας το καταγραφικό όργανο.

Έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία των συνολικά σχεδόν 115.000 καταγραφών, δημιουργήθηκαν ιστογράμματα στα οποία απεικονίζονται ανά μήνα οι μέσες τιμές της στάθμης του νερού (Σχήμα 1), της θερμοκρασίας του νερού (Σχήμα 2), της αγωγιμότητάς (Σχήμα 3) και της αλατότητας του (Σχήμα 4).

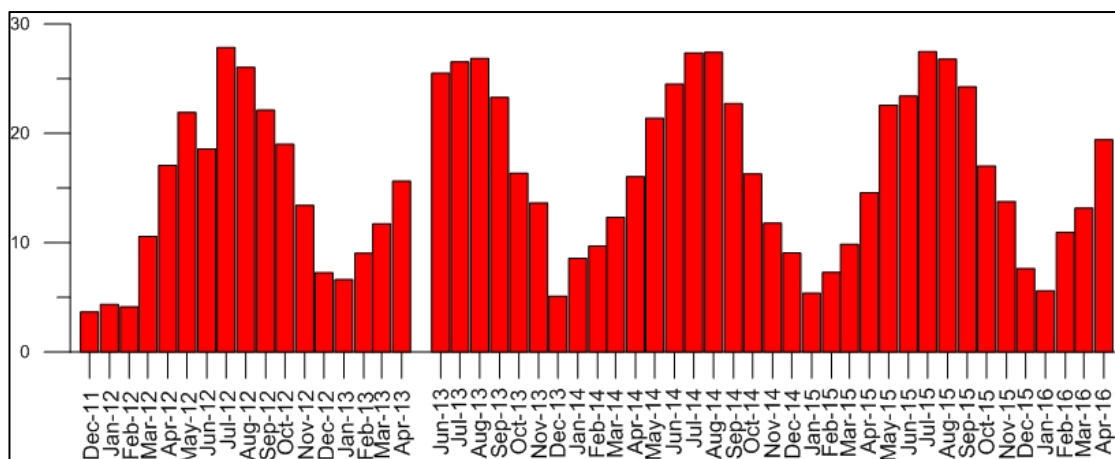
Από τα ιστογράμματα, παρατηρείται πως η στάθμη των υδάτων της λίμνης διατηρείται πάνω από τη μέση στάθμη της κατά τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες, ενώ τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς αγγίζει συνήθως την κατώτατη στάθμη της λίμνης, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την περίοδο Ιούλιος - Οκτώβριος 2012.

Επιπλέον, παρατηρείται ομαλή κατανομή στις τιμές θερμοκρασίας, αγωγιμότητας και αλατότητας, με τις πιο υψηλές να επικρατούν τους θερινούς και φθινοπωρινούς μήνες, οπότε είναι και χαμηλότερη και η στάθμη των υδάτων της λίμνης.

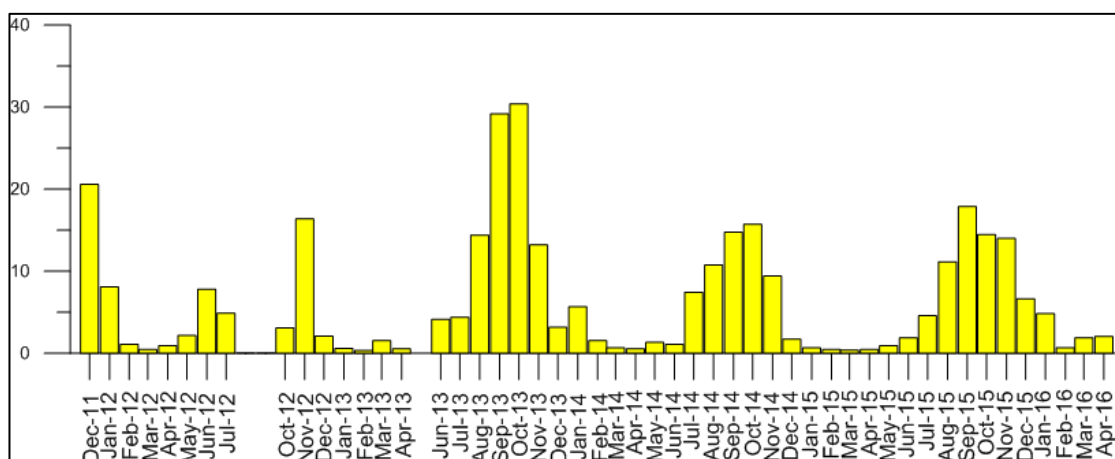
Συνδυάζοντας όλα τα δεδομένα, αποδεικνύεται πως αλμυρό νερό εισέρχεται στην Ισμαρίδα κυρίως την περίοδο Αύγουστο - Νοέμβριο, ενώ το υπόλοιπο έτος το γλυκό νερό της λίμνης εξέρχεται στη θάλασσα. Εξαίρεση αποτελούν ενίοτε κάποιες ημέρες του χειμώνα που επικρατούν ισχυροί νότιοι άνεμοι και διευκολύνεται η είσοδος του θαλασσινού νερού στη λίμνη μέσω του διαύλου.



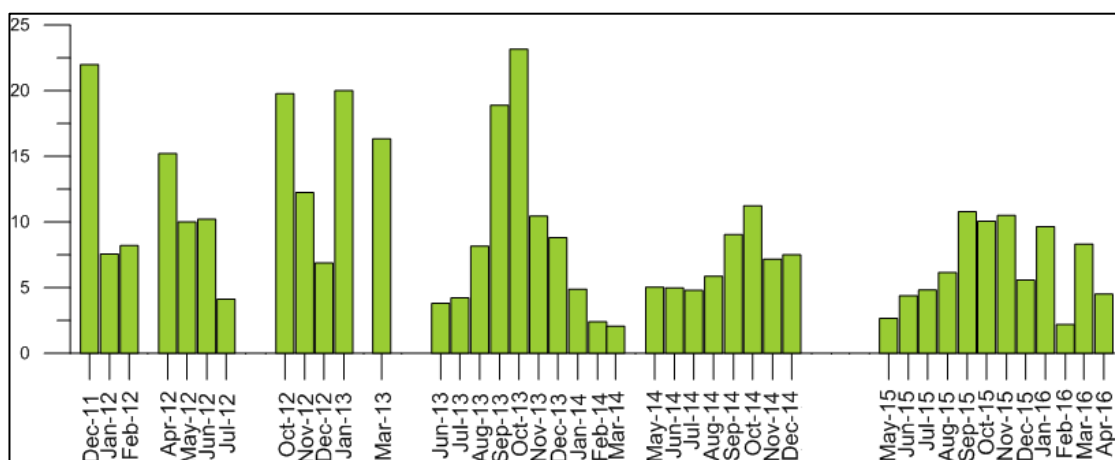
Σχήμα 1: Μέση στάθμη υδάτων στην αρχή της εξόδου του διαύλου της λίμνης Ισμαρίδας ανά μήνα.



Σχήμα 2: Μέση θερμοκρασία υδάτων στην αρχή της εξόδου του διαύλου της λίμνης Ισμαρίδας ανά μήνα.



Σχήμα 3: Μέση τιμή αγωγιμότητας στην αρχή της εξόδου του διαύλου της λίμνης Ισμαρίδας ανά μήνα.



Σχήμα 4: Μέση τιμή αλατότητας στην αρχή της εξόδου του διαύλου της λίμνης Ισμαρίδας ανά μήνα.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη βιβλιογραφική έρευνα και τις εργασίες, υπαίθρου και εργαστηρίου, καθώς και τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων.

Η παραγωγή χαρτών όπου και απεικονίζονται οι γεωμορφολογικές μεταβολές της λίμνης Ισμαρίδας και της ευρύτερης περιοχής τα τελευταία ~100 έτη πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού GIS (ArcGIS 10) και χρησιμοποιήθηκαν ιστορικοί και γεωλογικοί χάρτες, προεπισκοπήσεις αεροφωτογραφιών της ΓΥΣ και δορυφορικές εικόνες από το Google Earth.

Στις εργασίες υπαίθρου περιλαμβάνονται η γεωφυσική διασκόπηση, η γεώτρηση και οι μετρήσεις της θέσης τους με GPS. Η διασκόπηση πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το όργανο SYSCAL-PRO, της εταιρείας IRIS INSTRUMENTS και η επεξεργασία των δεδομένων με τα προγράμματα Surfer και DC_2DPRO. Η γεώτρηση πραγματοποιήθηκε με κρουστικό γεωτρήπανο, τύπου Atlas Corco (Cobra MK 1), και η ακριβής θέση των σημείων καταγράφηκε με τον γεωδαιτικό δέκτη Trimble-R6 σε εξάρτηση από το ΕΓΣΑ87 με τη χρήση του δικτύου HEPOS.

Στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις στην πανίδα των ασπόνδυλων μακροαπολιθωμάτων και επιλέχθηκαν κελύφη οστράκων και φυτικά υπολείμματα από τους πυρήνες της γεώτρησης ISMR-2 προς ραδιοχρονολόγηση. Επίσης, μετρήθηκε η μαγνητική επιδεκτικότητα των ιζημάτων των πυρήνων, μελετήθηκε η στρωματογραφία τους και μελετήθηκαν ιζηματολογικά. Σκοπός αυτών είναι ο προσδιορισμός των περιβαλλοντικών μεταβολών της λίμνης και της ευρύτερης περιοχής.

Όλα τα γραφήματα σχεδιάστηκαν με το λογισμικό Grapher 9, τα σχήματα επεξεργάστηκαν και απεικονίστηκαν με το CorelDRAW X7 και το Adobe Illustator CC 2015. Τα φωτογραφικά δεδομένα προήλθαν από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές τύπων Sony και Canon Power Shot A640 και η ψηφιακή επεξεργασία των εικόνων και φωτογραφιών έγινε με το Adobe Photoshop CC 2015. Η φωτογραφική καταγραφή των απολιθωμάτων έγινε με τη χρήση στερεοσκοπίου τύπου STEMI 2000-C.

3.1 Έρευνα και παραγωγή χαρτών με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Οι χάρτες που παράχθηκαν για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας προέκυψαν από την επεξεργασία χαρτών (ιστορικών, γεωλογικών),

προεπισκοπήσεων αεροφωτογραφιών της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) και δορυφορικών εικόνων του Google Earth, με τη βοήθεια του προγράμματος ArcGIS.

Όλοι οι χάρτες παράχθηκαν σε προβολή ΕΓΣΑ87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς) με προβολή Εγκάρσια Μερκατορική, Datum ΕΓΣΑ 87 με αφετηρία το βάθρο Διονύσου, ελλειψοειδές GRS'80 και πρώτο μεσημβρινό του Greenwich. Στις περιπτώσεις των χαρτών οι οποίοι αποδίδονταν από κάποια άλλη προβολή, έγιναν οι απαραίτητοι μετασχηματισμοί ώστε να αποκτήσουν την επιθυμητή προβολή.

3.1.1 Επιλογή και επεξεργασία χαρτών

Οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για την περιοχή μελέτης είναι οι εξής:

- 1 ιστορικός της 3^{ης} Στρατιωτικής Χαρτογραφικής Υπηρεσίας της Αυστροουγγαρίας: Φύλλο χάρτη - «Xanthi 43-41», Κλίμακα - 1:200.000, Έτος - 1907.
- 1 επιτελικός χάρτης της Ελλάδας: Φύλλο χάρτη - «MARONIA», Κλίμακα – 1:100.000, Έτος - 1930.
- 2 γεωλογικοί του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ): Φύλλο χάρτη - «Μέση-Ξυλαγανή», Κλίμακα - 1:50.000, Έτος - 1980.

Φύλλο χάρτη - «Geological map of Rhodope Massif», Κλίμακα 1:200.000, Έτος - 1986.

Η 3^η Στρατιωτική Χαρτογραφική Υπηρεσία της Αυστροουγγαρίας, χαρτογράφησε ένα μεγάλο μέρος της Ευρώπης το 1907 και εξέδωσε τους χάρτες το 1910.

Το φύλλο χάρτη «Xanthi 43-41» (Εικόνα 12), ανήκει στη συλλογή χαρτών *Generalkarte*, της 3^{ης} Στρατιωτικής Χαρτογραφικής Υπηρεσίας της Αυστροουγγαρίας. Σύμφωνα με τους Bretterbauer and Weber (2003); Timar and Molnar (2013) και Affek (2013), αυτοί οι χάρτες παράχθηκαν στο προβολικό σύστημα MGI Ferro που χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Bessel 1841 και ως πρώτο μεσημβρινό αυτόν του Ferro, 17,666666666667° δυτικά του Greenwich.

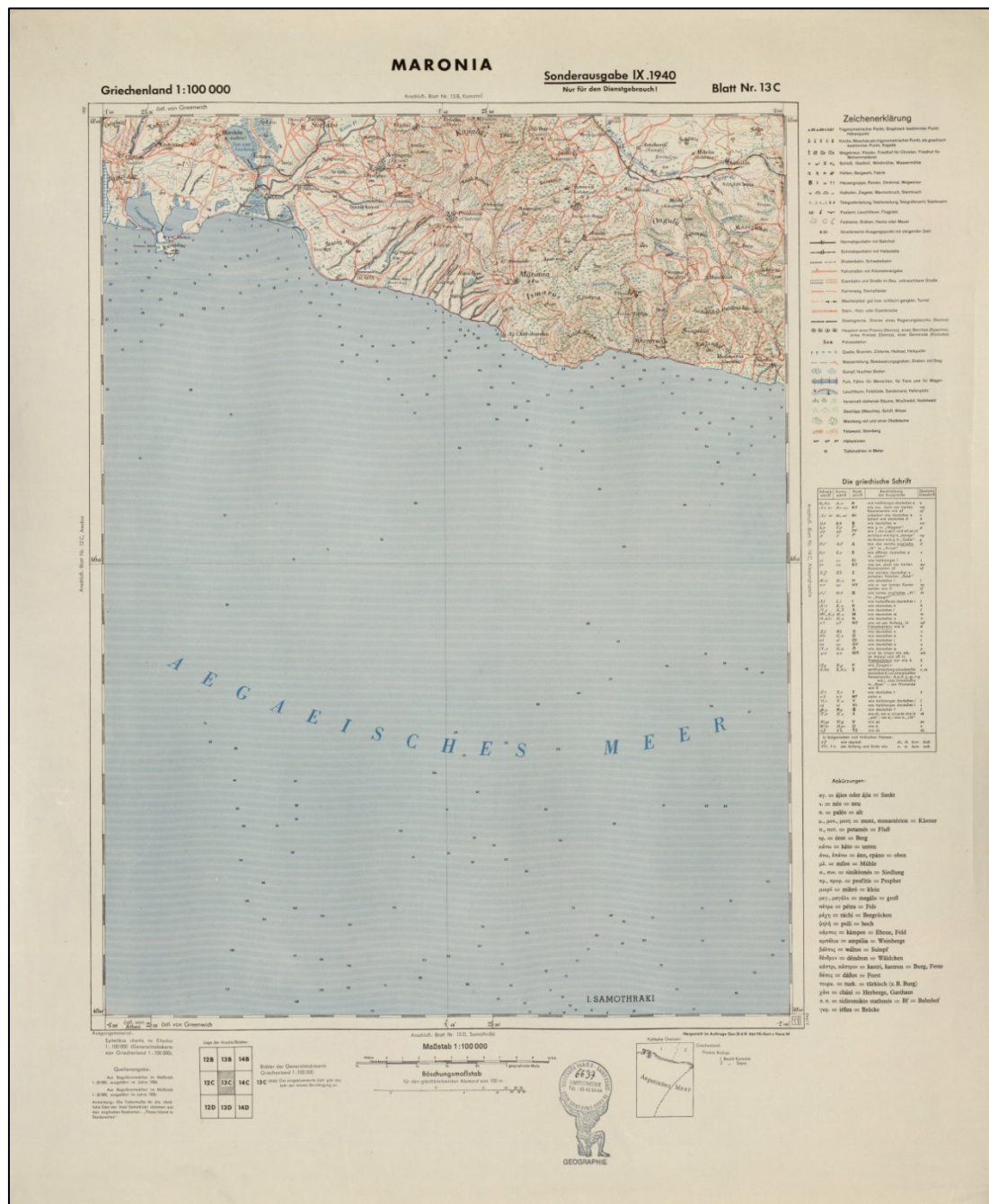
Αρχικά ο χάρτης γεωαναφέρθηκε στο MGI Ferro με τη βοήθεια λογισμικού GIS, στη συνέχεια μετασχηματίστηκε στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984 (WGS 84) και τέλος σε ΕΓΣΑ 87. Ο τελικός χάρτης προέκυψε έπειτα από δύο μετασχηματισμούς λόγω μη ύπαρξης εξίσωσης που να υποστηρίζει απευθείας μετατροπή από την προβολή MGI Ferro στην προβολή ΕΓΣΑ 87.



Εικόνα 12: Φύλλο χάρτη «Xanthi 43-41», 1:200.000 της 3^{ης} Στρατιωτικής Χαρτογραφικής Υπηρεσίας της Αυστροουγγαρίας, 1907.

Το φύλλο του επιτελικού χάρτη της Ελλάδας «MARONIA» (Εικόνα 13), παράχθηκε το 1930 και επανεκδόθηκε το 1940. Παράχθηκε στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Greek_Athens) που χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Bessel 1841 και ως πρώτο μεσημβρινό αυτόν της Αθήνας, 23,7163375° ανατολικά του Greenwich.

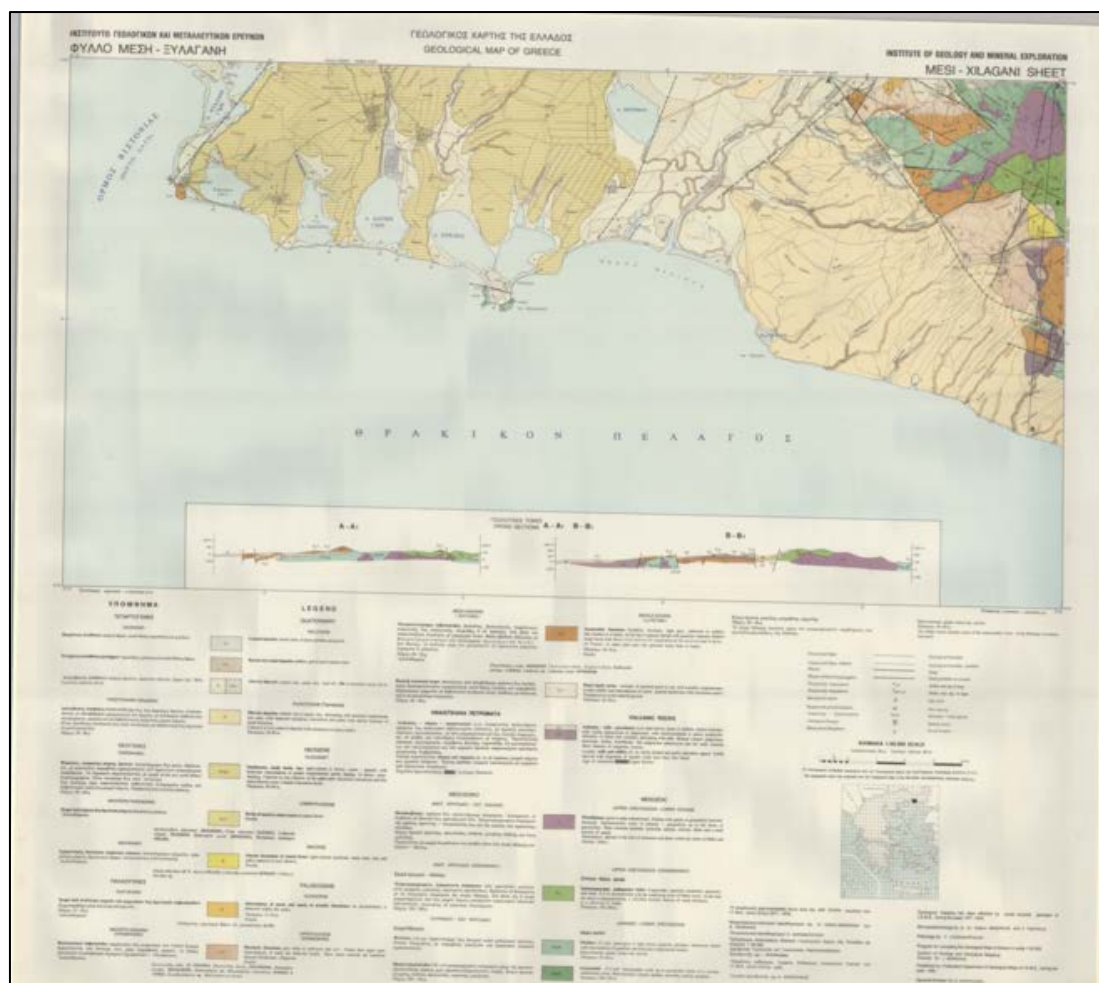
Αρχικά ο χάρτης γεωαναφέρθηκε στο Greek_Athens με τη βοήθεια λογισμικού GIS, και στη συνέχεια μετασχηματίστηκε σε ΕΓΣΑ87.



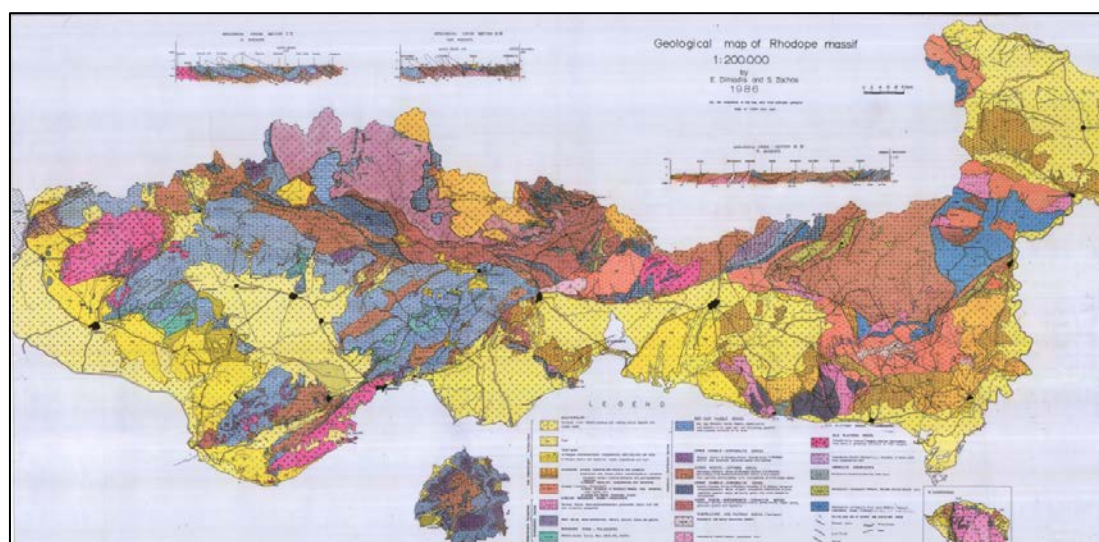
Εικόνα 13: Φύλλο χάρτη «MARONIA», 1:100.000, Επανέκδοση του Επιτελικού χάρτη της Ελλάδας, 1930.

Τα γεωλογικά φύλλα χάρτη «Μέση-Ξυλαγανή» (Εικόνα 14) και «Geological map of Rhodope Massif» (Εικόνα 15), χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της λίμνης Ισμαρίδας και της ευρύτερης περιοχής αυτής, αντίστοιχα.

Οι χάρτες αυτοί παράχθηκαν σε ΕΓΣΑ87 και γεωαναφέρθηκαν με τη βοήθεια λογισμικού GIS.



Εικόνα 14: Φύλλο χάρτη «Μέση-Ξυλαγανή», 1:50.000 (ΙΓΜΕ, 1980).



Εικόνα 15: Γεωλογικός χάρτης της Μάζας της Ροδόπης, 1:200.000 (ΙΓΜΕ, 1986).

3.1.2 Επιλογή και επεξεργασία αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων από Google Earth

Οι διαθέσιμες προεπισκοπήσεις αεροφωτογραφιών από τη ΓΥΣ στις οποίες απεικονίζεται η λίμνη Ισμαρίδα, παρατίθενται με τα χαρακτηριστικά τους στον Πίνακα 2.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	ΚΛΙΜΑΚΑ	ΠΛΗΘΟΣ
13/8/2002	1:10.000	3
17/6/1991	1:30.000	2
27/6/1985	1:40.000	2
5/6/1984	1:35.000	1
14/12/1977	1:25.000	3
11/8/1976	1:15.000	4
6/11/1974	1:20.000	3
1969	1:40.000	2
11/7/1968	1:40.000	4
1945	1:42.000	2

Πίνακας 2: Ημερομηνίες λήψης, κλίμακα και πλήθος των διαθέσιμων αεροφωτογραφιών από τη ΓΥΣ στις οποίες απεικονίζεται η λίμνη Ισμαρίδα.

Οι διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες από το Google Earth στις οποίες απεικονίζεται η λίμνη Ισμαρίδα, παρατίθενται στον Πίνακα 3.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ	
17/4/2016	7/9/2012
3/9/2013	15/9/2010
11/8/2013	27/8/2010
3/8/2013	15/8/2006
23/1/2013	9/5/2003

Πίνακας 3: Ημερομηνίες λήψης των διαθέσιμων δορυφορικών εικόνων από το Google Earth στις οποίες απεικονίζεται η λίμνη Ισμαρίδα.

Για κάθε έτος ως καταλληλότερη αεροφωτογραφία επιλέχθηκε αυτή στην οποία απεικονίζεται πλήρως η Ισμαρίδα, εκτός από το έτος 2002, για το οποίο προκειμένου να απεικονίζεται πλήρως η λίμνη, έγινε σύνθεση δύο αεροφωτογραφιών.

Η γεωαναφορά των αεροφωτογραφιών πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας μετρήσεις συντεταγμένων σημείων στο ύπαιθρο με συσκευή

GPS, τα οποία επαληθεύτηκαν στον χάρτη. Επιλέχθηκαν ανθρώπινες κατασκευές (κτίρια, γέφυρες, διασταυρώσεις δρόμων) που είναι αναγνωρίσιμες στις αεροφωτογραφίες και έχουν παραμείνει αμετάβλητες έως σήμερα.

Οι συντεταγμένες που ελήφθησαν στους σταθμούς για τη γεωαναφορά των αεροφωτογραφιών αναφέρονται στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87 και στη συνέχεια παράχθηκαν οι τελικοί χάρτες με τη βοήθεια λογισμικού GIS.

Οι συντεταγμένες από τα σημεία που επιλέχθηκαν για τη γεωαναφορά των δορυφορικών εικόνων μετασχηματίστηκαν από το Παγκόσμιο Εγκάρσιο Μερκατορικό Σύστημα σε ΕΓΣΑ87 και στη συνέχεια παράχθηκαν οι τελικοί χάρτες με τη βοήθεια λογισμικού GIS.

3.2 Γεωφυσική Διασκόπηση - Ηλεκτρική Τομογραφία

3.2.1 Γενικά στοιχεία

Η χρήση της τεχνικής της Τομογραφίας Ηλεκτρικής Αντίστασης (Electrical Resistivity Tomography - ERT), είναι ευρέως διαδεδομένη στη χαρτογράφηση και τον καθορισμό των ηλεκτρικών αντιστάσεων του υπεδάφους, τόσο σε δύο όσο και σε τρεις διαστάσεις (Dahlin, 1996, 2001). Συγκριτικά με άλλες γεωφυσικές μεθόδους είναι πιο απλή, χαμηλότερου κόστους και παρέχει πολύ άμεση και αξιόπιστη αναπαράσταση των πραγματικών ιδιοτήτων του εδάφους κάτω από την επιφάνεια.

Η μέθοδος της Ηλεκτρικής Τομογραφίας (HT), βρίσκει εφαρμογή σε πολλά επιστημονικά πεδία. Με αυτή τη μέθοδο μπορούν να εντοπιστούν παλαιές κοίτες ποταμών, υδροφόρα στρώματα, το υπόβαθρο, γεωλογικές ασυνέχειες (έγκοιλα), μεταλλεύματα καθώς και υπολείμματα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος.

Οι τιμές της αντίστασης του υπεδάφους εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους όπως οι υδρογεωλογικές συνθήκες, η χημική σύσταση του υπόγειου νερού, το ποσοστό των διαλελυμένων ιόντων, οι διαρρήξεις του μητρικού πετρώματος, η πίεση, η θερμοκρασία και το τοπογραφικό ανάγλυφο. Για τους παραπάνω λόγους, ο προσδιορισμός των λιθολογικών τύπων γίνεται πάντα λαμβάνοντας υπόψη και τη γεωλογία της ευρύτερης περιοχής.

Στο ύπαιθρο, οι μετρήσεις των τιμών της ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους πραγματοποιούνται με τη χρήση ηλεκτροδίων που διατάσσονται σε συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους, ανάλογα με το επιθυμητό βάθος διερεύνησης.

3.2.2 Εξοπλισμός

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το όργανο SYSCAL-PRO, της εταιρείας IRIS INSTRUMENTS. Αποτελείται από έναν δεκακάναλο μετρητή ηλεκτρικής αντίστασης και μια ενσωματωμένη μονάδα πολυπλεξίας 48 καναλιών. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η διάταξη διπόλου - διπόλου, λόγω υψηλής διακριτικότητας. Η τελική εικόνα προέκυψε από την αναστροφή των αποτελεσμάτων (Tsourlos, 1995).

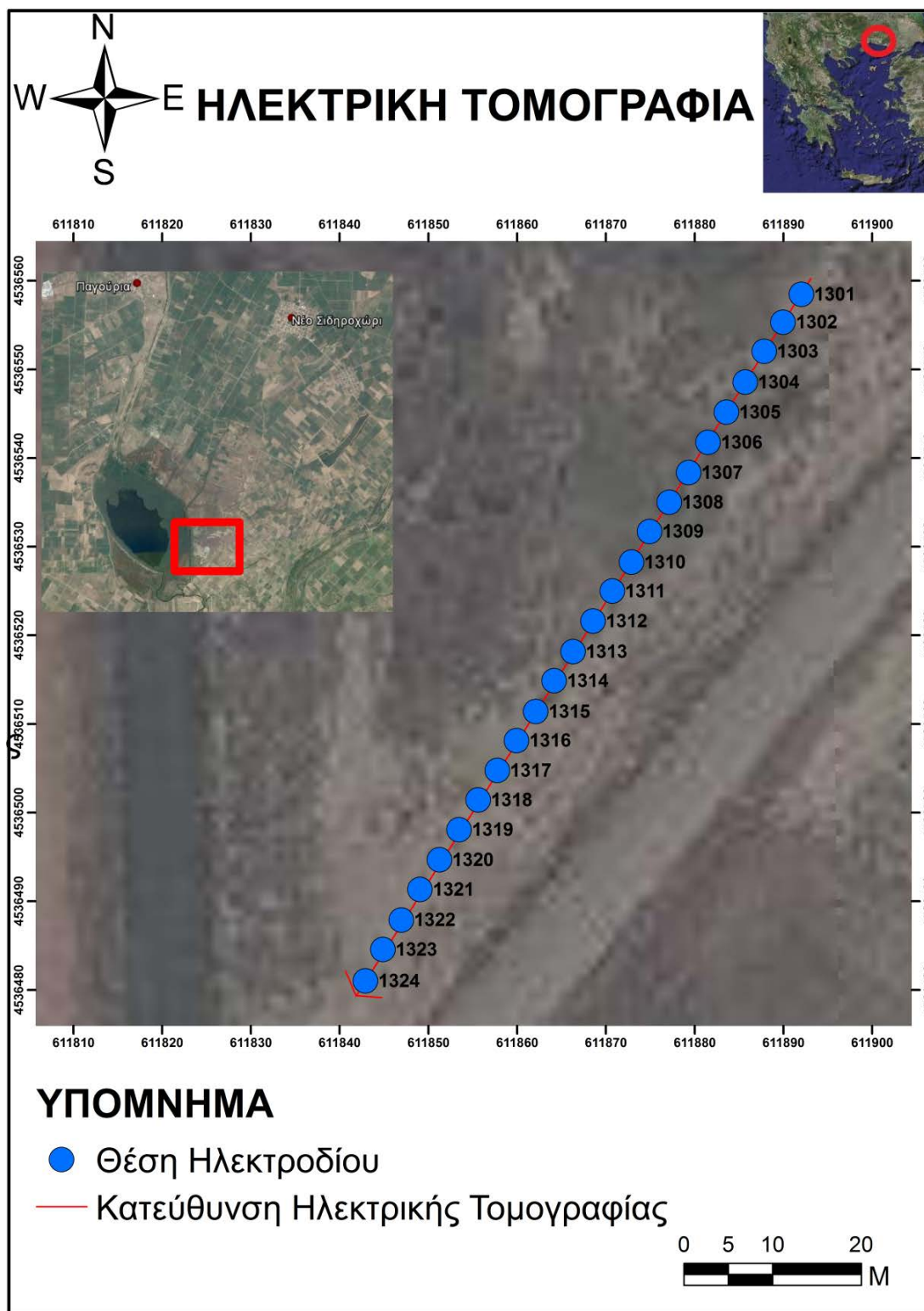
3.3 Εργασίες υπαίθρου

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την πραγματοποίηση αυτής της διατριβής, έλαβαν χώρα εργασίες στο ύπαιθρο, νοτιοανατολικά της λίμνης Ισμαρίδας κατά τον Αύγουστο του 2014. Οι εργασίες αυτές έγιναν σε δύο φάσεις: στην πρώτη, μετρήθηκε η ειδική ηλεκτρική αντίσταση του υπεδάφους ώστε να προσδιοριστεί ο τύπος των ιζημάτων σε βάθος έως και 24m, ενώ στη δεύτερη έγινε δειγματοληψία πυρήνων κατά μήκος της ηλεκτρικής τομογραφίας (Εικόνα 16). Καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών τηρήθηκε αναλυτικό ημερολόγιο υπαίθρου.

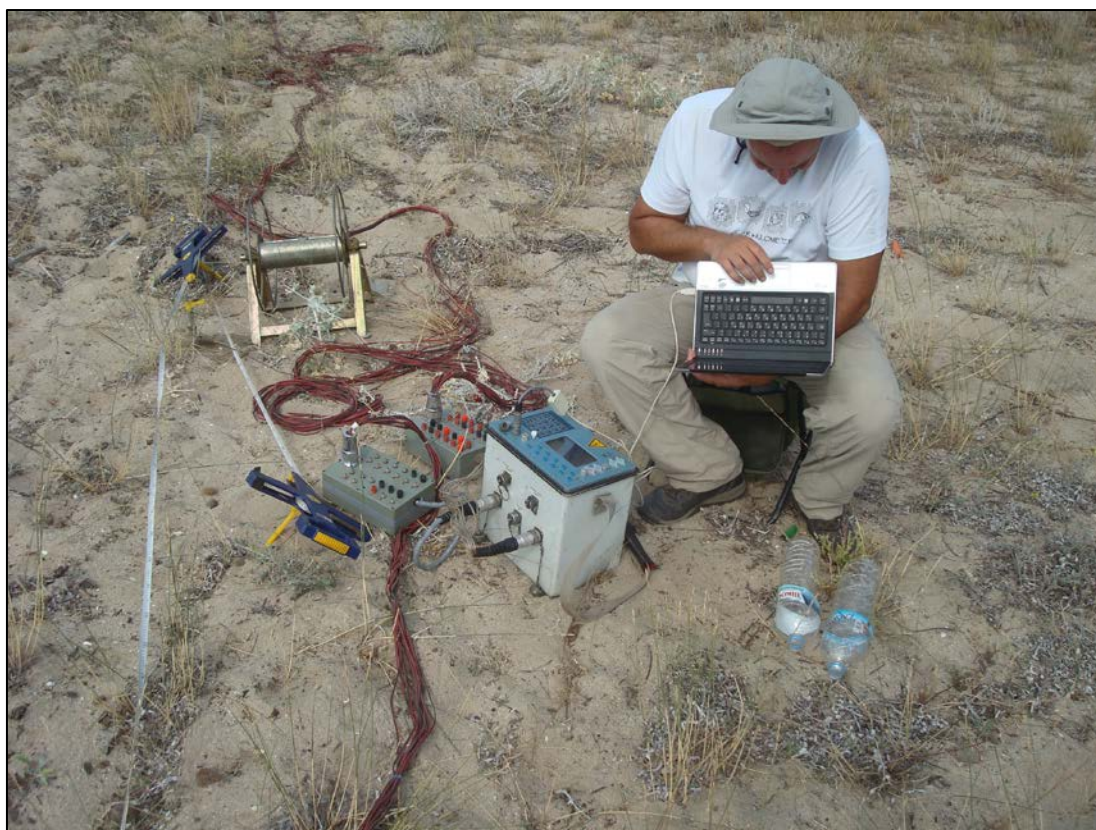
3.3.1 Ηλεκτρική τομογραφία

Η ηλεκτρική τομογραφία που εκτελέστηκε κατά τον Αύγουστο του 2014, είχε κατεύθυνση από ΒΑ προς ΝΔ, και συνολικό μήκος 92 m. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν 24 ηλεκτρόδια τα οποία διατάχθηκαν σε ευθεία γραμμή με βήμα 4 m. Τα ηλεκτρόδια είναι από χαλκό και ατσάλι, σε κάθε ένα από αυτά συνδέθηκε ένα καλώδιο από το πολυκάναλο σύστημα με μονωτική ταινία και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η μέτρηση των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης (Εικόνα 17).

Τα ληφθέντα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή ώστε να επεξεργαστούν περαιτέρω και να προκύψει η τελική εικόνα του υπεδάφους. Τέλος, μετρήθηκαν με γεωδαιτικό δέκτη Trimble-R6 (Εικόνα 18) οι συντεταγμένες του κάθε ηλεκτροδίου ώστε να προσδιοριστεί η ακριβής θέση τους στον χάρτη.



Εικόνα 16: Χάρτης με τις θέσεις των ηλεκτροδίων της διασκόπησης.



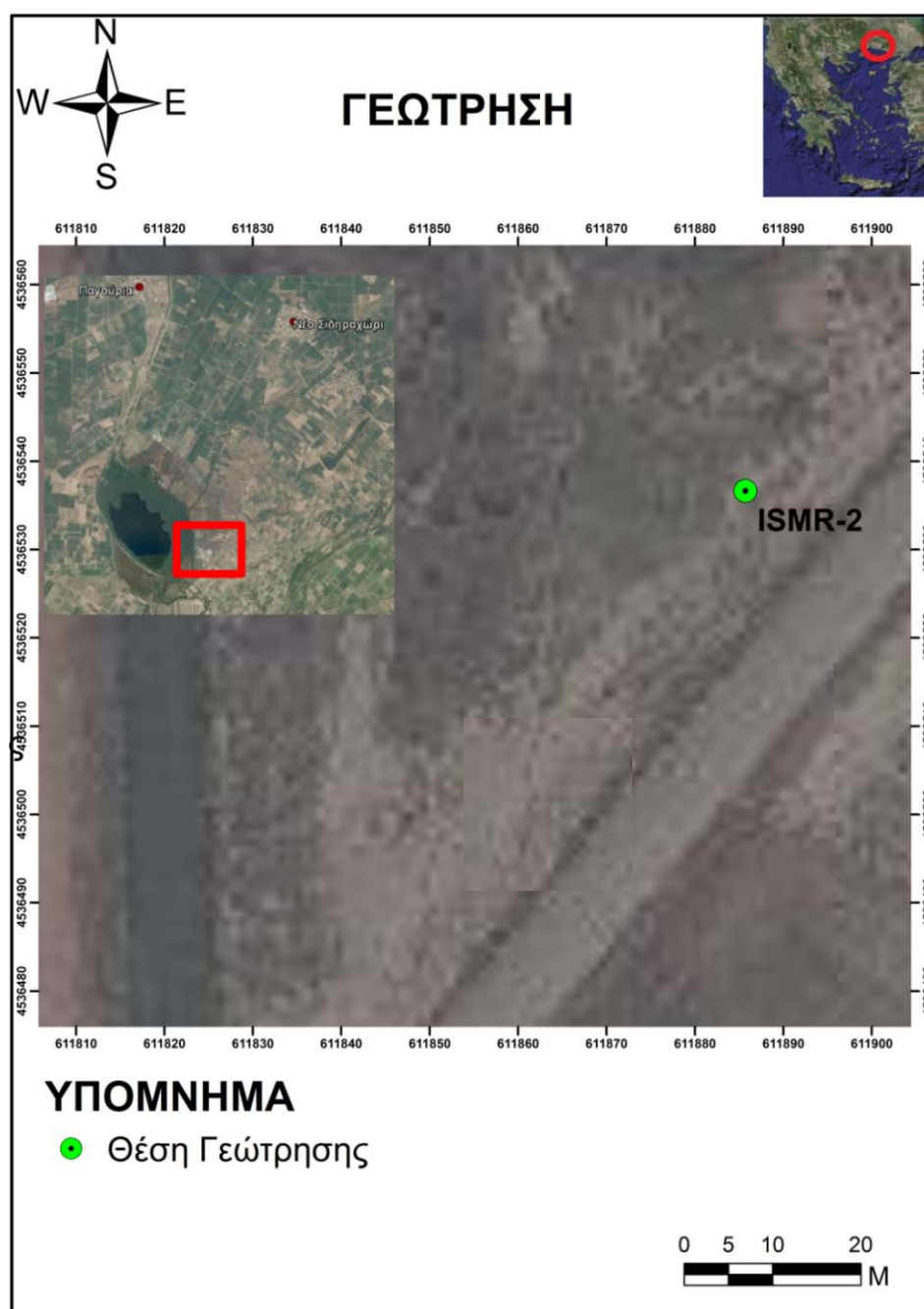
Εικόνα 17: Μέτρηση ηλεκτρικής αντίστασης με το όργανο SYSCAL-PRO.



Εικόνα 18: Μέτρηση συντεταγμένων του κάθε ηλεκτροδίου με τον γεωδαιτικό δέκτη Trimble-R6 (φωτ. Συρίδης Γ.).

3.3.2 Δειγματοληψία πυρήνων

Στην περιοχή μελέτης, τον Αύγουστο του 2014, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία πυρήνων στη νοτιοανατολική πλευρά της λίμνης κατά μήκος του άξονα της ηλεκτρικής τομογραφίας (Εικόνα 19). Η κωδική ονομασία είναι ISMR-2 (0,807 m πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας, 5,80 m βάθος, x: 611885,718, y:4536536,64). Οι συντεταγμένες της θέσης λήφθηκαν με τον γεωδαιτικό δέκτη Trimble-R6.



Εικόνα 19: Γεωγραφική θέση της γεώτρησης ISMR-2.

Αν και υπάρχει μεγάλη ποικιλία σε γεωτρύπανα και τεχνικές για τα διάφορα πετρώματα, για πηρηνοληψίες μικρών βαθών (0-15 m) σε μαλακά ιζήματα του Ολοκαίνου, η “Vibracoring” είναι η συνηθέστερη μέθοδος. Έτσι μπορούμε να λάβουμε συνεχή δείγματα από τα στρώματα κάτω από την επιφάνεια σε κυλινδρική μορφή.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας τη βενζινοκίνητη μηχανική Σφύρα της Atlas Corco (Cobra MK 1), (Εικόνα 20) που τροφοδοτείται από κινητήρα βενζίνης. Η τεχνική της μεθόδου είναι να καρφώνεται ένας χαλύβδινος κυλινδρικός δειγματολήπτης στο έδαφος μέχρι το κατάλληλο βάθος (στη συγκεκριμένη περίπτωση 1 m), ώστε να γεμίσει το εσωτερικό του με μια συνεχή στήλη δείγματος από το υλικό στο οποίο έχει διεισδύσει.

Στη συνέχεια, ο δειγματολήπτης εξάγεται με έναν γρύλο (χειροκίνητο ή υδραυλικό), ο πυρήνας αφαιρείται από τον δειγματολήπτη και αποθηκεύεται κατάλληλα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται ξανά και ξανά, σε διαδοχικά βήματα, μέχρι το επιτρεπόμενο από το υλικό βάθος διάτρησης, προσθέτοντας επιπλέον ράβδους διάτρησης (1 m κάθε φορά).

Το κατώτερο τμήμα του δειγματολήπτη είναι εξοπλισμένο με ένα κοπτικό άκρο (σγρόβια) και έναν συγκρατητήρα υλικού/πυρήνα (καλαθάκι). Χρησιμοποιήθηκε δειγματολήπτης μήκους 1 m, εξοπλισμένος με εσωτερικό δειγματοληπτικό σωλήνα PVC μήκους 1 m και διαμέτρου 40 mm. Κατά την διάτρηση το δείγμα εισέρχεται και γεμίζει τον εσωτερικό σωλήνα PVC ο οποίος στη συνέχεια αφαιρείται από τον δειγματολήπτη. Σφραγίζεται με πώματα και πλαστική κολλητική ταινία, ενώ αναγράφονται προσεκτικά τα στοιχεία του πυρήνα (κωδικό όνομα γεώτρησης, βάθη, φορά διάτρησης). Οι σωλήνες PVC χρησιμοποιούνται για την αποφυγή της μόλυνσης των δειγμάτων του πυρήνα, και στη συνέχεια αποθηκεύονται κατάλληλα για περαιτέρω ανάλυση.

Καθ' όλη τη διάρκεια της γεώτρησης, κρατήθηκαν σημειώσεις πεδίου, με το ακριβές βάθος του κάθε βήματος δειγματοληψίας και τη σκληρότητα ή μαλακότητα των διαφόρων στρωμάτων κατά τη διάρκεια της διάτρησης. Σε κάθε βήμα της δειγματοληψίας, περίπου 5 cm δείγματος από το κατώτερο τμήμα του πυρήνα, συγκρατείται μέσα στο κοπτικό άκρο και τον συγκρατητήρα υλικού. Το δείγμα αυτό ελέγχεται προσεκτικά και αποθηκεύεται χωριστά, αφού είναι καλά τεκμηριωμένο σε βάθος, και επιτρέπει την άμεση τεκμηρίωση των ιζημάτων. Μια πρώτη περιγραφή του ιζήματος με μια ακριβή τιμή του χρώματος από το "Διάγραμμα χρώματος εδαφών Munsell", σημειώνεται στο ημερολόγιο πεδίου (Εικόνα 21).



Εικόνα 20: Διάτρηση πυρήνων με κρουστικό γεωτρήπανο Atlas Copco (Cobra MK 1).



Εικόνα 21: Καταγραφή στοιχείων και αποθήκευση πυρήνα.

3.4 Εργασίες εργαστηρίου

Μετά τη λήψη των πυρήνων από το ύπαιθρο, ακολουθήθηκε μια σειρά εργαστηριακών εργασιών, ώστε να μελετηθούν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν και να προκύψουν αποτελέσματα από την ανάλυσή τους. Τα επιμέρους στάδια μελέτης παρουσιάζονται στη συνέχεια.

3.4.1 Μέτρηση μαγνητικής επιδεκτικότητας πυρήνων

Αρχικά, πριν το άνοιγμα των δειγματοληπτικών πυρήνων, μετρήθηκε η μαγνητική επιδεκτικότητα των δειγμάτων, για τον προσδιορισμό του βαθμού μαγνήτισης των ιζημάτων. Χρησιμοποιήθηκε η συσκευή MS2C Core Logging Sensor Ring Sensor, της εταιρείας Bartington, διαμέτρου 46 mm. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με βήμα 2 cm (Εικόνα 22) και συνολικά ελήφθησαν 288 μετρήσεις για την ISMR-2.

Στη συνέχεια και έπειτα από τις απαραίτητες διορθώσεις, τα δεδομένα των μετρήσεων απεικονίστηκαν σε διάγραμμα, για το συνολικό μήκος των πυρήνων της γεώτρησης.



Εικόνα 22: Μέτρηση βαθμού μαγνήτισης των ιζημάτων με τη συσκευή MS2C Core Logging Sensor Ring Sensor.

3.4.2 Άνοιγμα - διαχωρισμός πυρήνων

Μετά την διάτρηση, οι PVC σωλήνες ανοίγονται για να αποκαλυφθεί το εσωτερικό του πυρήνα δειγματοληψίας. Χρησιμοποιήθηκε ένας ηλεκτρικός κινητήρας με ένα δίσκο κοπής, για την κοπή μόνο του τοιχώματος του σωλήνα, κατά μήκος της επιφάνειας του σωλήνα σε δύο απέναντι άξονες (Εικόνα 23). Στη συνέχεια, με ένα μικρό μαχαίρι ο πυρήνας του δείγματος κόβεται ρηχά και αναγκάζεται να ανοίξει και χωρίζεται στη μέση σε δύο ίσα μέρη. Αποφεύχθηκε η χρήση λεπτού σύρματος για την κοπή του δείγματος, δεδομένου ότι μπορεί να προκαλέσει μόλυνση. Επίσης, ούτε το μαχαίρι έκοψε το σύνολο του πυρήνα σε βάθος, επειδή επισκιάζονται οι μικρές λεπτομέρειες της δομής και υφής των ιζημάτων. Μόνο το ένα μισό χρησιμοποιήθηκε για περαιτέρω αναλύσεις (ιζηματολογία, παλαιοντολογία, ραδιοχρονολόγηση), ενώ το άλλο φυλάχθηκε για μελλοντική αναφορά ή χρήση.

Πριν από οποιαδήποτε περαιτέρω εργασία τα δύο μισά τεκμηριώθηκαν προσεκτικά με λεπτομερειακή φωτογράφιση καθώς και στρωματογραφική περιγραφή. Προσδιορίστηκαν οι εναλλαγές της λιθολογίας, το χρώμα των ιζημάτων με βάση τον χρωματικό πίνακα Munsell και σημειώθηκε η ύπαρξη απολιθωμάτων στο ημερολόγιο καταγραφής (Εικόνα 24).

Η λεπτομερής φωτογράφιση με κλίμακα mm, το ακριβές βάθος, και (αν είναι δυνατόν) ένα γράφημα με τις τιμές χρωμάτων είναι απαραίτητα, δεδομένου ότι μετά το άνοιγμα των πυρήνων είναι οι μόνες οπτικές πληροφορίες που μένουν για την περιγραφή τους και για μελλοντική αναφορά. Λίγο μετά το άνοιγμα, το υλικό του πυρήνα χάνει την υγρασία του, συρρικνώνεται, αποκτά ρωγμές, και το χρώμα και η υφή μπορεί να αλλάξουν δραματικά. Για τον λόγο αυτό, όλοι οι πυρήνες τυλίχθηκαν προσεκτικά με πλαστική μεμβράνη και αποθηκεύτηκαν. Μετά τη μελέτη και της στρωματογραφίας, σχεδιάστηκε μια λεπτομερής στήλη.

Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στη μακροσκοπική περιγραφή του πυρήνα του δείγματος. Δεδομένου ότι τα τελευταία 5 cm του υλικού έχουν συγκρατηθεί μέσα στο κοπτικό άκρο και τον συγκρατητήρα υλικού, το εσωτερικό του σωλήνα PVC αντιπροσωπεύει 95 cm του μήκους του δείγματος αντί για 100 cm. Σε πολλές περιπτώσεις πλαστικών αργίλων ή τύρφης, ο σωλήνας PVC περιέχει λιγότερο δείγμα από το 1 m που έχει διεισδύσει. Αυτό το κενό τμήμα αντιπροσωπεύει τη συμπίεση του δείγματος και θα πρέπει να επεξεργαστεί στους υπολογισμούς δεδομένου ότι τροποποιείται έντονα το ακριβές βάθος.

Κάθε μέτρο της γεώτρησης συνοδεύτηκε από ένα καρτελάκι, στο οποίο αναγράφονται τα στοιχεία του (κωδική ονομασία γεώτρησης και βάθος). Με την ολοκλήρωση της επιμέρους περιγραφής και φωτογράφισης κάθε πυρήνα, φωτογραφήθηκαν συνολικά όλοι οι πυρήνες της γεώτρησης (Εικόνα 25).



Εικόνα 23: Κοπή του τοιχώματος των δειγματοληπτικών πυρήνων με κοπτικό τροχό.



Εικόνα 24: Καταγραφή ιζηματολογίας και πανίδας πυρήνα - φωτογραφικό αρχείο.



Εικόνα 25: Φωτογραφική καταγραφή του συνόλου των πυρήνων της γεώτρησης (ISMR-2).

3.4.3 Επιμέρους δειγματοληψία πυρήνων

Για την περαιτέρω μελέτη των πυρήνων, επιλέχθηκαν όλα τα αντιπροσωπευτικά δείγματα των πυρήνων της γεώτρησης και τοποθετήθηκαν σε αριθμημένα σακουλάκια. Συνολικά, συλλέχθηκαν 191 δείγματα με βήμα 2,5 cm ή και πυκνότερα όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο (Εικόνα 26).



Εικόνα 26: Δειγματοληψία με βήμα 2,5 cm και τοποθέτηση δειγμάτων σε αριθμημένα σακουλάκια.

3.4.4 Προετοιμασία - συλλογή δειγμάτων

Τα δείγματα ξηράθηκαν σε φούρνο στους 40 °C για 3 ημέρες. Στη συνέχεια, αφού ζυγίστηκαν, διαχωρίστηκαν και ζυγίστηκε τμήμα περίπου 10 g από κάθε δείγμα, για παλαιοντολογική μελέτη ασπόνδυλων απολιθωμάτων (Εικόνα 27). Όλα τα δείγματα αποσυσσωματώθηκαν με τη χρήση 30% H₂O₂ σε 500 ml κανονικού νερού (Εικόνα 28) και στη συνέχεια πλύθηκαν σε ανοξειδωτο κόσκινο με πλέγμα διαμέτρου 0,063 mm (Εικόνα 29).

Το παραμένον υπόλειμμα στο κόσκινο, ξηράθηκε σε διηθητικό χαρτί σε φούρνο στους 40 °C για μια ημέρα. Το λεπτόκοκκο υλικό που διαπέρασε το κόσκινο, συλλέχθηκε για περαιτέρω ιζηματολογική μελέτη της ιλύος και της αργίλου με τη μέθοδο του σιφωνίου (Εικόνα 30).



Εικόνα 27: Ζύγιση 10 g ιζήματος προς παλαιοντολογική μελέτη.



Εικόνα 28: Αποσυσσωμάτωση δειγμάτων με τη χρήση 30% H_2O_2 σε 500 ml κανονικού νερού.



Εικόνα 29: Πλύσιμο δειγμάτων σε ανοξείδωτο κόσκινο με πλέγμα διαμέτρου 0,063 mm.



Εικόνα 30: Συλλογή λεπτόκοκκου υλικού (ιλύς - άργιλος) για ιζηματολογική μελέτη με τη μέθοδο του σιφωνίου.

Το πλυμένο, αποξηραμένο κλάσμα του κόσκινου 0,063 mm, ζυγίστηκε και διαχωρίστηκε σε δύο κλάσματα με κόσκινο πλέγματος διαμέτρου 0,5 mm. Στη συνέχεια, ζυγίστηκε το καθαρό βάρος που έμεινε από το αρχικό δείγμα, διαχωρίστηκε σε δύο μέρη και το αδρομερέστερο χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη ασπόνδυλων μακροαπολιθωμάτων. Όλα τα δείγματα μελετήθηκαν σε στερεοσκόπιο τύπου JENA, πραγματοποιήθηκε διαλογή όλων των απολιθωμάτων (γαστερόποδα, δίθυρα, κλπ.) με λεπτή λαβίδα και αποθηκεύτηκαν σε μικρά γυάλινα και πλαστικά φιαλίδια (Εικόνα 31).



Εικόνα 31: Ζύγιση καθαρού βάρους πλυμένου, αποξηραμένου κλάσματος, διαχωρισμός του σε δύο μέρη σε κόσκινο με πλέγμα διαμέτρου 0,25 mm και αποθήκευσή τους σε φιαλίδια.

Στη συνέχεια, μετρήθηκε ο αριθμός των ακέραιων ατόμων των μαλακίων που περιέχονταν σε κάθε δείγμα, προσδιορίστηκε το γένος τους, σε όποια από αυτά ήταν δυνατό, και υπολογίστηκε ο συνολικός τους αριθμός και η πυκνότητα/10 g ξηρού υλικού (αριθμός ατόμων/10 g).

Για την παλαιοντολογική ανάλυση, ερμηνεία και τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών φάσεων, λήφθηκαν υπόψη όλα τα πλήρη άτομα των γαστεροπόδων, ο αριθμός των μεμονωμένων θυρίδων των δίθυρων και τα χαρακτηριστικά θραύσματα μαλακίων. Τα υπόλοιπα θραύσματα οστράκων που υπήρχαν σε μεγάλο βαθμό σε κάποια δείγματα αλλά ήταν αδύνατος ο προσδιορισμός τους, δε λήφθηκαν υπόψη.

Τέλος, τα πιο χαρακτηριστικά άτομα μαλακίων που συλλέχθηκαν και προσδιορίστηκαν, φωτογραφήθηκαν με τη χρήση στερεοσκοπίου σε μιλιμετρέ χαρτί.

3.4.5 Ιζηματολογική ανάλυση - μηχανική ανάλυση λεπτόκοκκων υλικών

Το λεπτόκοκκο υλικό (<0,063 mm) από την πλύση των δειγμάτων της γεώτρησης που διαπέρασε το κόσκινο, συλλέχθηκε σε λευκούς πλαστικούς κάδους και τα επιμέρους δείγματα ομαδοποιήθηκαν κατά στρώμα προέλευσης (συνολικά 15 ομάδες στρωμάτων). Ξηράνθηκαν σε φούρνο στους 105 °C - 110 °C για μία ημέρα σε προζυγισμένα ποτήρια ζέσεως και έπειτα τοποθετήθηκαν στον αφυγραντήρα για 30 λεπτά (Εικόνα 32). Στη συνέχεια ζυγίστηκαν και υπολογίστηκε το καθαρό τους βάρος.

Από τις 15 ομάδες, μόνο οι 12 μελετήθηκαν με τη μέθοδο του σιφωνίου, καθώς και ήταν οι μόνες που πληρούσαν την προϋπόθεση το βάρος της ιλύος και της αργίλου να είναι περισσότερο από 10% του συνολικού αρχικού βάρους των δειγμάτων (Παράρτημα VI). Για κάθε ομάδα επιλέχθηκαν προς ανάλυση τουλάχιστον 20 g ξηρού ιζήματος, όπου αυτό ήταν δυνατό. Πριν την εφαρμογή της μεθόδου του σιφωνίου, απομακρύνθηκαν τα οργανικά υλικά που περιείχαν τα δείγματα με τη διαδικασία που αναφέρεται στη συνέχεια (Ψιλοβίκος, 2010).

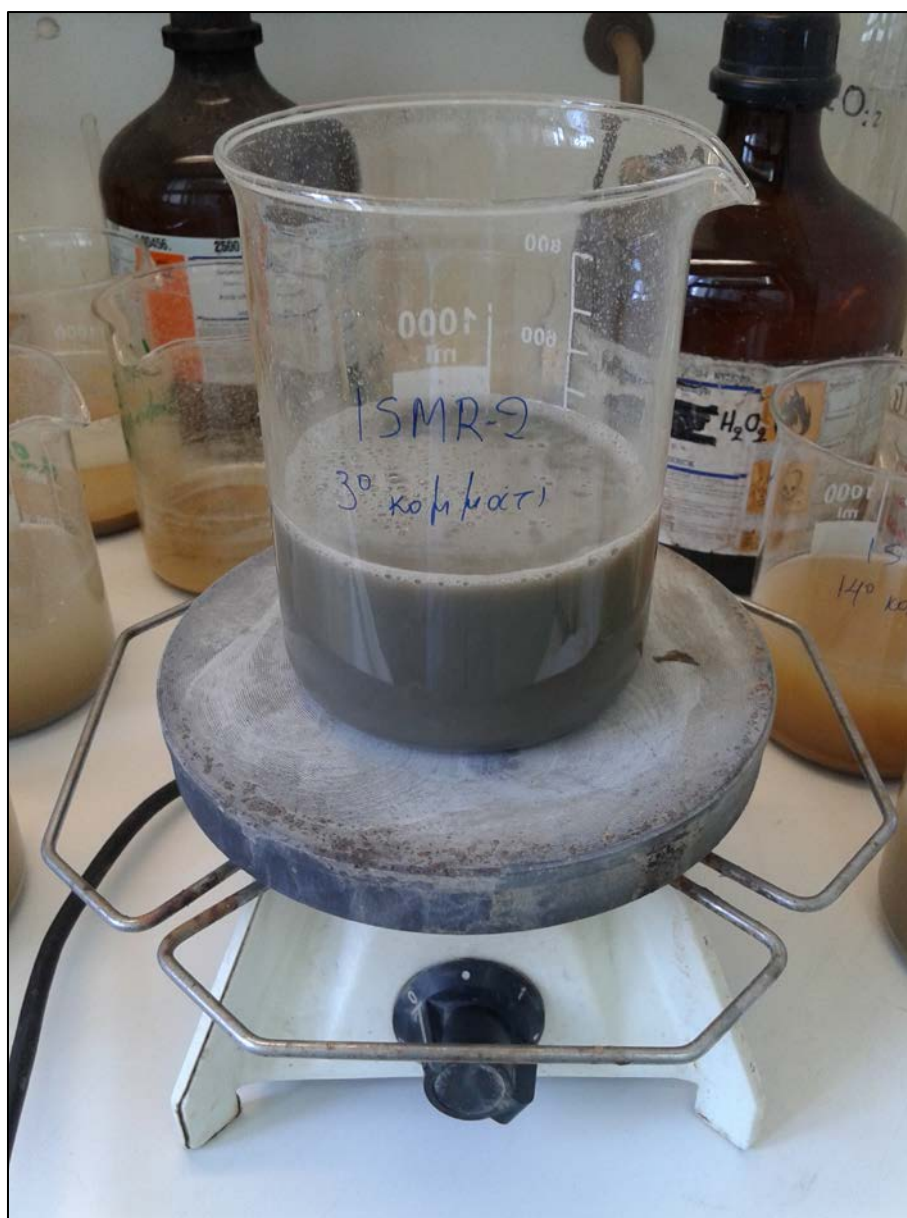


Εικόνα 32: Τοποθέτηση δειγμάτων στον αφυγραντήρα έπειτα από ξήρανση στον φούρνο.

Απομάκρυνση οργανικών υλικών

Το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε ποτήρι ζέσεως των 1000 ml, και προστέθηκε απιονισμένο νερό. Το κάθε ποτήρι ζέσεως τοποθετήθηκε σε θερμαινόμενη εστία στους 60 °C, όπου πραγματοποιούνταν σταδιακή προσθήκη 5 ml από 30% H_2O_2 . Κάθε φορά γινόταν ανάδευση του περιεχομένου και μόλις σταματούσε ο αναβρασμός, προσθέτονταν τα επόμενα 5 ml (Εικόνα 33).

Με το πέρας του αναβρασμού τα δείγματα αποπλύθηκαν με απιονισμένο νερό με συνεχείς αναρροφήσεις, ώστε να απομακρυνθούν τυχόν υπολείμματα H_2O_2 και τοποθετήθηκαν ξανά σε φούρνο στους 105 °C - 110 °C για μία ημέρα προς ξήρανση. Έπειτα, απομακρύνθηκε η υγρασία τους παραμένοντας για 30 λεπτά στον αφυγραντήρα, ζυγίστηκε το νέο βάρος τους και προσδιορίστηκε το ποσοστό των οργανικών υλικών (Ψιλοβίκος, 2010, Παράρτημα VI).



Εικόνα 33: Απομάκρυνση οργανικών υλικών σε θερμαινόμενη εστία στους 60 °C με σταδιακή προσθήκη 5 ml από 30% H₂O₂.

Μέθοδος του σιφωνίου

Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου χρησιμοποιείται μια ζυγαριά ακριβείας, ένας ογκομετρικός κύλινδρος των 1000 ml, ένα σιφώνιο των 20 ml σημειωμένο στα 5 cm και 10 cm από την άκρη του στομίου του με μια αντλία εισροής-εκροής στην άλλη του πλευρά, ένας αναδευτήρας, απιονισμένο νερό, διάλυμα εξαμεταφωσφορικού νατρίου (εμπορική ονομασία Calgon), ένα δοχείο για ανάμειξη του δείγματος με το διάλυμα Calgon, ένα χρονόμετρο ακριβείας και 6 προζυγισμένα ποτήρια ζέσεως.

Σε κάθε ποτήρι σημειώνεται το μέγεθος της διαμέτρου των κόκκων που θα ληφθούν από κάθε δειγματοληψία. Οι πρώτες τέσσερις αντιστοιχούν στα κλάσματα της ιλύος με κόκκους διαμέτρου $<0,0625\text{ mm}$, $<0,0312\text{ mm}$, $<0,0154\text{ mm}$ και $<0,0078\text{ mm}$ και οι δύο τελευταίες αντιστοιχούν σε κλάσματα αργίλου με κόκκους διαμέτρου $<0,0039\text{ mm}$ και $<0,0019\text{ mm}$. Σημαντική παράμετρος για αυτή τη διαδικασία είναι η θερμοκρασία, η οποία πρέπει να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, ώστε να μη μεταβάλλεται η ταχύτητα καθίζησης των κόκκων, με βάση τον νόμο του Stokes.

Προκειμένου να γίνει η ανάλυση με τη μέθοδο του σιφωνίου, ζυγίστηκαν 20 g ξηρού ιζήματος, σε όποια δείγματα αυτό ήταν δυνατό. Μαζί με απιονισμένο νερό και 20 ml διαλύματος Calgon, τοποθετήθηκαν σε ένα δοχείο και αναμείχθηκαν σε αναδευτήρα για 2 λεπτά. Το διάλυμα Calgon χρησιμοποιείται ως παράγοντας διασποράς και δεν επιτρέπει τους κόκκους να συσσωματωθούν. Στη συνέχεια, το υλικό μεταφέρθηκε στον ογκομετρικό κύλινδρο και προστέθηκε απιονισμένο νερό έως τη γραμμή των 1000 ml. Σφραγίστηκε το στόμιο του κυλίνδρου και ανακινήθηκε βιαίως μέχρι όλοι οι κόκκοι του ιζήματος να βρεθούν σε αιώρηση (Ψιλοβίκος, 2010).

Με τη διακοπή της ανακίνησης και την τοποθέτηση του ογκομετρικού κυλίνδρου στον εργαστηριακό πάγκο, τίθεται σε λειτουργία το χρονόμετρο. Οι δειγματοληψίες με το σιφώνιο γίνονται σε προκαθορισμένο χρόνο, ο οποίος εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Για τις πρώτες τέσσερις δειγματοληψίες λήφθηκε δείγμα από βάθος 10 cm της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού, ενώ για τις δύο τελευταίες από βάθος 5 cm. Κάθε ποσότητα δείγματος που αναρροφήθηκε, μεταφέρθηκε στο αντίστοιχο ποτήρι ζέσεως και πριν από κάθε επόμενη δειγματοληψία το σιφώνιο ξεπλύθηκε με απιονισμένο νερό, το οποίο επίσης μεταφέρθηκε στο ίδιο ποτήρι (Εικόνα 34).

Τα ποτήρια ζέσεως με τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ για μία ημέρα προς ξήρανση. Την επόμενη, παραμένοντας για 30 λεπτά στον αφυγραντήρα απομακρύνθηκε η υπολειμματική υγρασία τους, ζυγίστηκαν και υπολογίστηκε το συνολικό βάρος. Το καθαρό βάρος ξηρού ιζήματος προέκυψε αφαιρώντας από το συνολικό βάρος το απόβαρο, καθώς και το βάρος του διαλύματος Calgon (0,0064 g) που χρησιμοποιήθηκε.



Εικόνα 34: Μηχανική ανάλυση λεπτόκοκκων ιζημάτων με τη μέθοδο του σιφωνίου.

3.4.6 Χρονολόγηση ^{14}C

Τα αποτελέσματα των χρονολογήσεων παραχωρήθηκαν από τους επιστημονικά υπεύθυνους του προγράμματος Βουβαλίδη και Συρίδη. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις ραδιοχρονολογήσεις σε θαλάσσια όστρακα και φυτικά υπολείμματα της γεώτρησης ISMR-2, με την τεχνική της φασματομετρίας επιταχυντή μάζας (AMS). Όλα τα δείγματα αναλύθηκαν από τη BETA ANALYTIC INC., Μαϊάμι, Φλόριντα, ΗΠΑ. Οι συμβατικές ηλικίες της ραδιοχρονολόγησης των κελυφών βαθμονομήθηκαν σε ημερολογιακά έτη με το IntCal13, χρησιμοποιώντας την καμπύλη MARINE13 για θαλάσσια δεδομένα (Reimer et al., 2013, Πίνακας 4).

Sample Code/ Lab. number	Depth (m) b.m.s.l.	Material	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratio (‰)	Conventional R/C Age	2 σ Calibrated age
12-ISMR2-155/ Beta - 397441	0,74	<i>Cerastoderma glaucum</i>	-1.4	2490 +/- 30 BP	Cal BC 145 - AD 100 (Cal BP 2095-1850)
13-ISMR2-373/ Beta - 397442	2,92	<i>Ruppia maritima</i>	-14.4	2960 +/- 30 BP	Cal BC 1065-1055 (Cal BP 3015-3005)
14-ISMR2-459/ Beta - 397443	3,78	<i>Ruppia maritima</i>	-13	3150 +/- 30 BP	Cal BC 1460-1390 (Cal BP 3410-3340)
15-ISMR2-564/ Beta - 397444	4,83	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	+1.4	5210 +/- 30 BP	Cal BC 3605-3345 (Cal BP 5555-5295)

Πίνακας 4: Στοιχεία χρονολογήσεων ^{14}C των δειγμάτων ISMR-2 στη λίμνη Ισμαρίδα βαθμονομημένα με IntCal13 (Reimer et al., 2013).

4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΑΛΑΚΙΩΝ

Ο προσδιορισμός της συλλεχθείσας πανίδας πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο γένους, χρησιμοποιώντας βιβλιογραφικά στοιχεία από τους Σακελλαρίου (1957), Συρίδης (1996), Syrides (1998, 2008), Gosling (2003), Gerald and Claudi (2010), Manousis et al. (2010), Dame (2012), Manousis et al. (2012) και Gordillo et al. (2014).

Συνολικά, μετρήθηκαν 5.276 κελύφη εκ των οποίων τα 3.601 ανήκουν σε γαστερόποδα και τα 1.675 σε θυρίδες δίθυρων. Τα τμήματα και θραύσματα κελυφών από σκαφόποδα, εχινόδερμα και καρκινοειδή που εντοπίστηκαν, δεν μετρήθηκαν.

Στις εικόνες των μαλακίων ίδιου γένους, διατηρήθηκε ίδιας κλίμακας μεγέθυνση ώστε να είναι τα κελύφη συγκρίσιμα μεταξύ τους.

Γαστερόποδα

Bittium spp., Gray, 1847

Φύλλο: Mollusca

Ομοταξία: Gastropoda

Υφομοταξία: Caenogastropoda

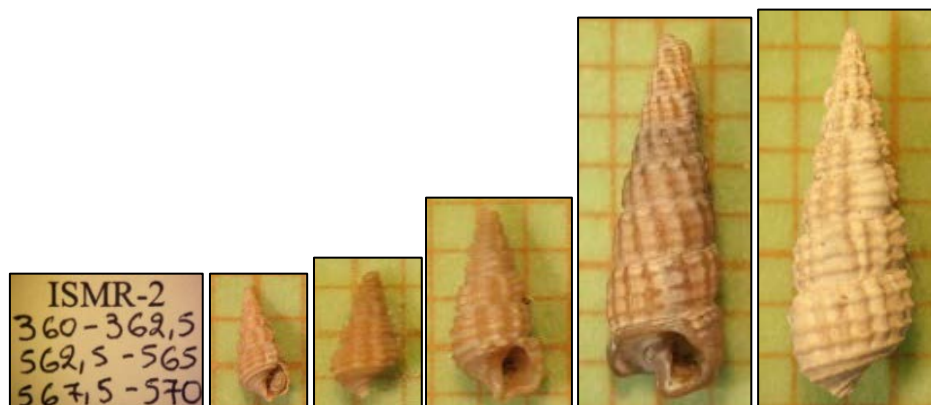
Τάξη: Caenogastropoda

Υπεροικογένεια: Cerithioidea

Οικογένεια: Cerithiidae

Γένος: *Bittium*

Το γένος *Bittium*, συναντάται σε μαλακά υποστρώματα σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον, παρουσιάζει άτομα με ποικίλσεις και διακόσμηση στο κέλυφός του και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 2 mm - 9 mm.

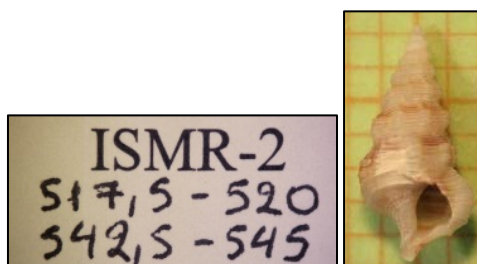


Εικόνα 35: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Bittium*.

Cerithium spp., Bruquière, 1789

Γένος: *Cerithium*

Το γένος *Cerithium* συναντάται σε θαλάσσιο περιβάλλον, έχουν χαρακτηριστικό στοματικό άνοιγμα και τα άτομά του παρουσιάζουν ποικίλη διακόσμηση στο κέλυφός τους. Εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 4 mm - 9 mm.



Εικόνα 36: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Cerithium*.

Potamides sp., Brongniart, 1810

Οικογένεια: Potamididae

Γένος: *Potamides*

Το γένος *Potamides*, συναντάται σε μαλακό πυθμένα σε θαλάσσιο περιβάλλον, και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 5 mm - 8 mm.

Rissoa spp., Desmarest, 1814

Τάξη: Littorinimorpha

Υπεροικογένεια: Rissoidae

Οικογένεια: Rissoidae

Γένος: *Rissoa*

Το γένος *Rissoa*, συναντάται σε ιλυώδη υποστρώματα σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον, εντοπίστηκαν ενήλικα άτομα με κελύφη μεγέθους 3 mm - 8 mm αλλά και αρκετά εμβρυακά.



Εικόνα 37: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Rissoa*.

Cyclope sp., Risso, 1826

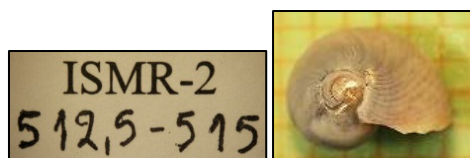
Τάξη: Neogastropoda

Υπεροικογένεια: Buccinoidea

Οικογένεια: Nassariidae

Γένος: *Cyclope*

Το γένος *Cyclope*, συναντάται σε μαλακά υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους διαμέτρου 5 mm - 7 mm.



Εικόνα 38: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Cyclope*.

Caecum spp., Fleming, 1813

Τάξη: Littorinimorpha

Υπεροικογένεια: Truncatelloidea

Οικογένεια: Caecidae

Γένος: *Caecum*

Το γένος *Caecum*, συναντάται σε αμμώδη - ιλυώδη υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον σε ακτές και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 0,5 mm - 4 mm.



Εικόνα 39: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Caecum*.

Hydrobia sp., Hartmann, 1821

Οικογένεια: Hydrobiidae

Γένος: *Hydrobia*

Το γένος *Hydrobia* συναντάται σε υφάλμυρο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 1 mm - 5 mm, καθώς και κάποια εμβρυακά.

Retusa spp., T. Brown, 1827

Υφομοταξία: Heterobranchia

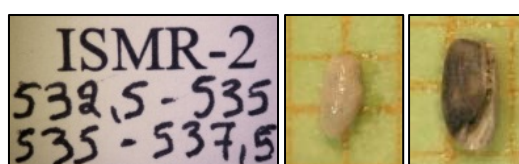
Τάξη: Cephalaspidea

Υπεροικογένεια: Bulloidea

Οικογένεια: Retusidae

Γένος: *Retusa*

Το γένος *Retusa*, συναντάται σε υποστρώματα άμμου - ιλυώδους άμμου σε θαλάσσιο περιβάλλον, παρουσιάζει άτομα με πολλές ποικίλσεις και διακόσμηση στο κέλυφός του και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 0,5 mm - 2 mm.



Εικόνα 40: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Retusa*.

Planorbis sp., O. F. Müller, 1773

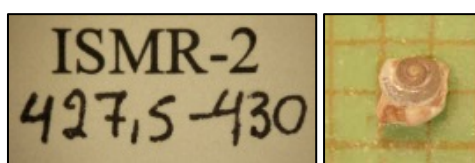
Υφομοταξία: Hygrophila

Υπεροικογένεια: Planorboidea

Οικογένεια: Planorbidae

Γένος: *Planorbis*

Το γένος *Planorbis*, συναντάται σε περιβάλλον γλυκού νερού και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 1 mm - 2 mm.



Εικόνα 41: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Planorbis*.

Gibbula sp., Risso, 1826

Υφομοταξία: Vetigastropoda

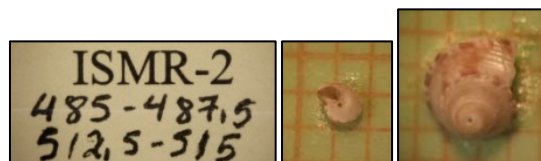
Τάξη: Vetigastropoda

Υπεροικογένεια: Trochoidea

Οικογένεια: Trochidae

Γένος: *Gibbula*

Το γένος *Gibbula* συναντάται σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 1 mm - 4 mm.



Εικόνα 42: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Gibbula*.

Δίθυρα

Loripes sp., Poli, 1791

Φύλλο: Mollusca

Ομοταξία: Bivalvia

Υφομοταξία: Heterodonta

Τάξη: Lucinida

Υπεροικογένεια: Lucinoidea

Οικογένεια: Lucinidae

Γένος: *Loripes*

Το γένος *Loripes* συναντάται σε άμμο σε θαλάσσιο περιβάλλον, παρουσιάζει άτομα με πολλές ποικίλσεις και διακόσμηση στο κέλυφός του και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 1 mm - 3 mm.

Parvicardium sp., Monterosato, 1884

Τάξη: Cardiida

Υπεροικογένεια: Cardioidea

Οικογένεια: Cardiidae

Γένος: *Parvicardium*

Το γένος *Parvicardium*, συναντάται σε αμμοϊλυώδη υποστρώματα σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 1 mm - 4 mm.

Venus spp., Linnaeus, 1758

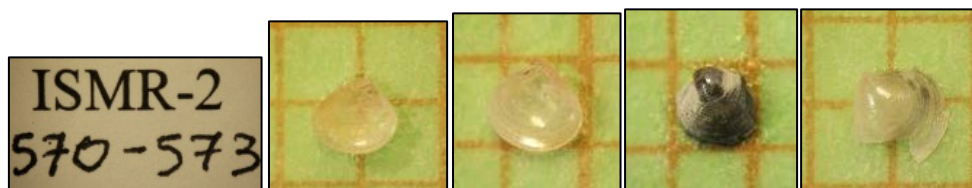
Τάξη: Veneroida

Υπεροικογένεια: Veneroidea

Οικογένεια: Veneridae

Γένος: *Venus*

Το γένος *Venus*, συναντάται σε αμμώδη - ιλυοαμμώδη υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 0,5 mm - 3 mm.



Εικόνα 43: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Venus*.

Tapes sp., Megerle von Mühlfeld, 1811

Γένος: *Tapes*

Το γένος *Tapes* συναντάται σε χονδρόκοκκη άμμο σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 1 mm - 2,5 mm.

Donax sp., Linnaeus, 1758

Τάξη: Cardiida

Υπεροικογένεια: Tellinoidea

Οικογένεια: Donacidae

Γένος: *Donax*

Το γένος *Donax*, συναντάται σε αμμώδη υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 4 mm - 11 mm.



Εικόνα 44: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Donax*.

Plagiocardium sp., Cossmann, 1886

Τάξη: Cardiida

Υπεροικογένεια: Cardioidea

Οικογένεια: Cardiidae

Γένος: *Plagiocardium*

Το γένος *Plagiocardium* συναντάται σε μαλακά υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 2 mm - 4 mm.

Glycymeris sp., Lamarck, 1799

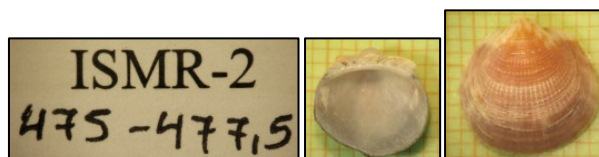
Τάξη: Adapedonta

Υπεροικογένεια: Hiatelloidea

Οικογένεια: Hiatellidae

Γένος: *Glycymeris*

Το γένος *Glycymeris*, συναντάται σε ιλυοαμμώδη ιζήματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 4 mm - 15 mm.

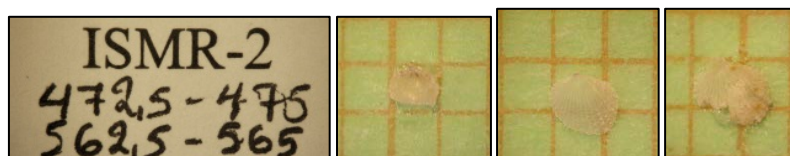


Εικόνα 45: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Glycymeris*.

Cerastoderma spp., Poli, 1795

Γένος: *Cerastoderma*

Το γένος *Cerastoderma*, συναντάται σε αμμώδη υποστρώματα σε υφάλμυρο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 1 mm - 3 mm.



Εικόνα 46: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Cerastoderma*.

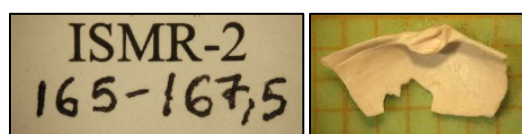
Abra sp., Lamarck, 1818

Υπεροικογένεια: Tellinoidea

Οικογένεια: Semelidae

Γένος: *Abra*

Το γένος *Abra*, συναντάται σε μαλακά υποστρώματα σε υφάλμυρο περιβάλλον, έχει πολύ χαρακτηριστικό κλείθρο και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 4 mm - 9 mm.



Εικόνα 47: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Abra*.

Mactra sp., Linnaeus, 1767

Υπεροικογένεια: Mactroidea

Οικογένεια: Mactridae

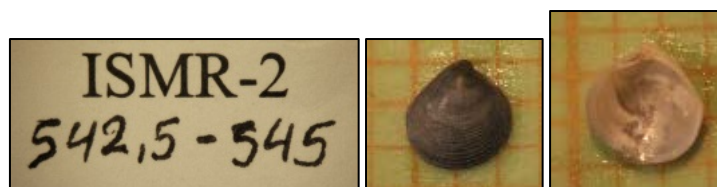
Γένος: *Mactra*

Το γένος *Mactra*, συναντάται σε άμμους σε υφάλμυρο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 0,5 mm - 3 mm.

Dosinia sp., Scopoli, 1777

Γένος: *Dosinia*

Το γένος *Dosinia* συναντάται σε ιλυοαμμώδη υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 2 mm - 4,5 mm.

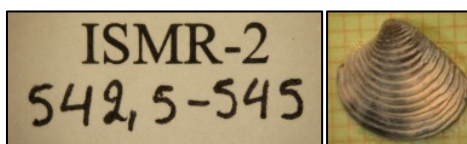


Εικόνα 48: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Doshia*.

Clausinella sp., Gray, 1851

Γένος: *Clausinella*

Το γένος *Clausinella*, συναντάται σε αμμώδη υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 5 mm - 13 mm.



Εικόνα 49: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Clausinella*.

Corbula sp., Bruguière, 1797

Τάξη: Myida

Υπεροικογένεια: Myoidea

Οικογένεια: Corbulidae

Γένος: *Corbula*

Το γένος *Corbula* συναντάται σε αμμώδη υποστρώματα σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 2,5 mm - 5 mm.



Εικόνα 50: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Corbula*.

Barbatia sp., Gray, 1842

Υφομοταξία: Pteromorphia

Τάξη: Arcida

Υπεροικογένεια: Arcoidea

Οικογένεια: Arcidae

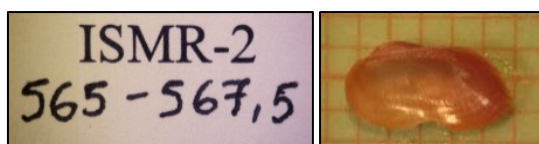
Γένος: *Barbatia*

Το γένος *Barbatia*, συναντάται σε σκληρά υποστρώματα σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 2 mm - 4 mm.

Arca sp., Linnaeus, 1758

Γένος: *Arca*

Το γένος *Arca*, συναντάται σε σκληρά υποστρώματα σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 4 mm - 8 mm.



Εικόνα 51: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Arca*.

Pecten sp., O. F. Müller, 1776

Τάξη: Pteriida

Υπεροικογένεια: Pterioidea

Οικογένεια: Pectinidae

Γένος: *Pecten*

Το γένος *Pecten*, συναντάται σε αμμώδη υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 4 mm - 9 mm.

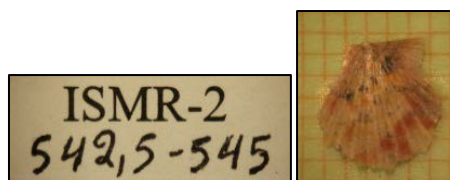
Chlamys sp., Röding, 1798

Υπεροικογένεια: Pectinoidea

Οικογένεια: Pectinidae

Γένος: *Chlamys*

Το γένος *Chlamys*, συναντάται σε αμμώδη υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 4 mm - 9 mm.



Εικόνα 52: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του γένους *Chlamys*.

Mytilus sp., Linnaeus, 1758

Τάξη: Mytilida

Υπεροικογένεια: Mytiloidea

Οικογένεια: Mytilidae

Γένος: *Mytilus*

Το γένος *Mytilus* συναντάται σε μαλακά υποστρώματα σε θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 1 mm - 7 mm.

Σκαφόποδα

Dentalium sp., Linnaeus, 1758

Ομοταξία: Scaphopoda

Τάξη: Dentaliida

Οικογένεια: Dentaliidae

Γένος: *Dentalium*

Το γένος *Dentalium*, συναντάται σε αμμώδη υποστρώματα σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον και εντοπίστηκαν κελύφη μεγέθους 3 mm - 8 mm.



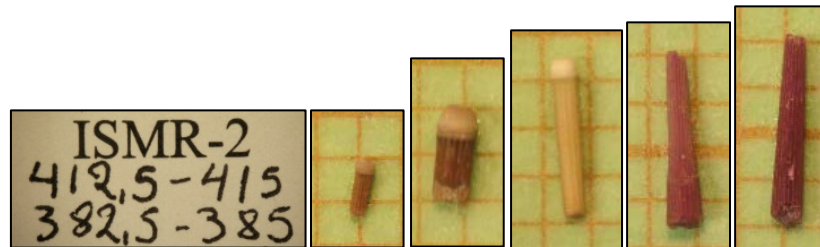
Εικόνα 53: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση του σκαφόποδου *Dentalium*.

Echinoidea, Leske, 1778

Φύλλο: Echinodermata

Τάξη: Echinoidea

Σε αρκετά δείγματα επίσης βρέθηκαν βελόνες αχινών, κανονικών και ακανόνιστων. Συναντώνται σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον.

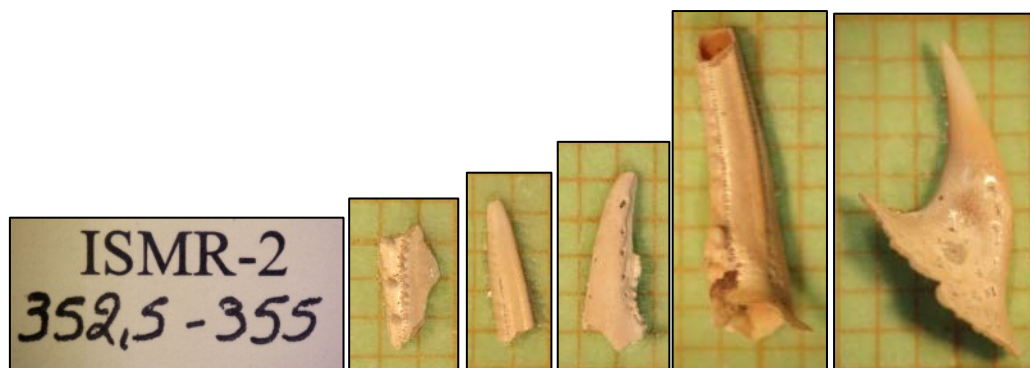


Εικόνα 54: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση των Echinoidea.

Crustacea, Brünnich, 1772

Φύλλο: Arthropoda

Τέλος, σε δείγματα βρέθηκαν τμήματα από καβούρια, που συναντώνται σε ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον.



Εικόνα 55: Βάθος εντοπισμού σε cm και φωτογραφική αποτύπωση των Crustacea.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γεωμορφολογικές μεταβολές στην περιοχή μελέτης για τα τελευταία ~100 έτη, καθώς και τα αποτελέσματα από τις ιζηματολογικές και παλαιοντολογικές αναλύσεις κατά το Ανώτερο Ολόκαινο. Επιπλέον, αναφέρονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων της ηλεκτρικής διασκόπησης, της μαγνητικής επιδεκτικότητας των ιζημάτων και των ραδιοχρονολογήσεων.

5.1 Γεωμορφολογικές μεταβολές

Τόσο η λίμνη Ισμαρίδα όσο και η ευρύτερη περιοχή, έχουν μεταβληθεί σημαντικά κατά το Ανώτερο Ολόκαινο. Οι παράγοντες που έπαιξαν ρόλο στην εξέλιξη της λίμνης και της πεδιάδας ήταν αρκετοί και στο πρόσφατο παρελθόν, με πιο σημαντικούς την κατασκευή ενός αναχώματος στα ανατολικά της λίμνης το 1976, τη διευθέτηση του ποταμού Βοσβόζη και την κατασκευή της τεχνητής κοίτης στα δυτικά της παλιάς κοίτης του, αλλά και την εκτροπή της κοίτης του ποταμού Φιλιούρη.

Πριν την κατασκευή των τεχνικών έργων στην περιοχή, η κοίτη του Βοσβόζη βρισκόταν περίπου 1,5 km - 2 km ανατολικότερα της σημερινής και το δελταϊκό πεδίο που δημιουργούνταν, σχηματιζόταν βορειοανατολικά της λίμνης. Έτσι, το πλημμυρικό πεδίο της λίμνης τροφοδοτούνταν με λεπτόκοκκα ιζήματα.

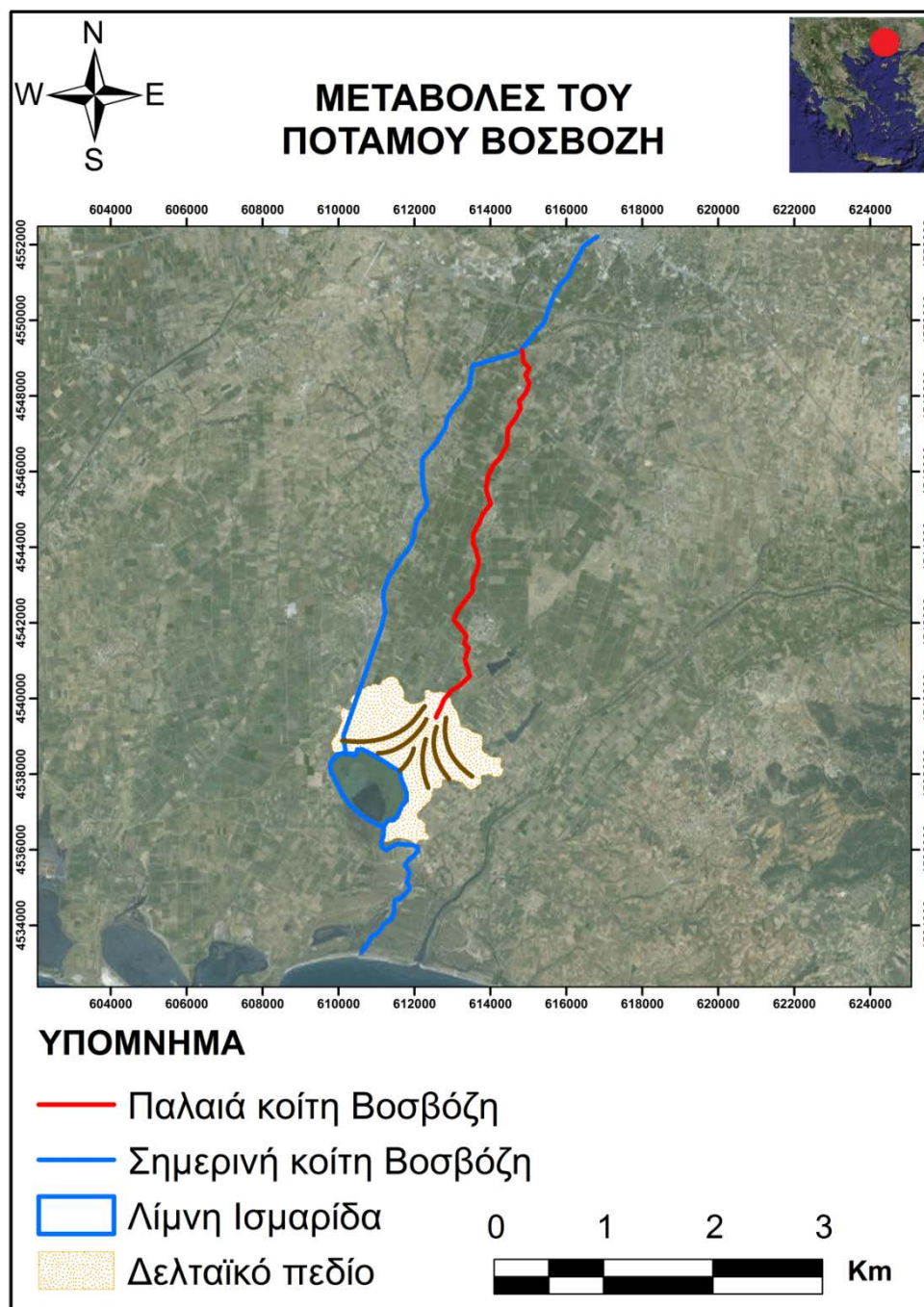
Από το 1976 που κατασκευάστηκε η τεχνητή κοίτη του Βοσβόζη και έπειτα, ο ποταμός παρεκκλίνει από την αρχική του πορεία και εισέρχεται στη λίμνη από τη βόρεια πλευρά της. Συνεπώς έχει εγκαταλειφθεί το παλιό δελταϊκό πεδίο, η ιζηματοπόθεση γίνεται μέσα στη λίμνη και το πλημμυρικό πεδίο της δεν τροφοδοτείται πλέον με λεπτόκοκκα ιζήματα (Εικόνα 56).

Ο ποταμός Φιλιούρης παλαιότερα, αφού διένυε το μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής του, βορειοδυτικά του οικισμού Ίμερος, διαχωριζόταν σε δύο κοίτες. Η μία κατευθυνόταν απευθείας νότια προς το Θρακικό Πέλαγος, όπου βρίσκεται πλέον σήμερα η μοναδική του κοίτη και η άλλη βρισκόταν δυτικότερα, με αποτέλεσμα να αποθέτει λεπτόκοκκα υλικά στο ανατολικό και νότιο τμήμα γύρω από την Ισμαρίδα.

Έπειτα από την εκτροπή της κοίτης του, περιορίστηκε μόνο στην παλιά ανατολική και πλέον το τότε τροφοδοτούμενο τμήμα της Ισμαρίδας στερείται απόθεσης υλικών, εκτός από περιπτώσεις όπου υπερχειλίζει η κοίτη του Φιλιούρη (Εικόνα 57).

Ακόμη παρατηρούμε πως ο οικισμός Ιμέρος, μετεγκαταστάθηκε μετά το 1930 προς τα νοτιοανατολικά. Παλαιότερα, βρισκόταν περίπου 800 m - 1000 m βορειοδυτικά της σημερινής του θέσης (Εικόνα 57).

Στη συνέχεια παρατίθενται χρονολογικά οι γεωμορφολογικές μεταβολές της λίμνης και του πλημμυρικού πεδίου της από το 1907 έως και σήμερα, όπως προέκυψαν από την επεξεργασία χαρτών, προεπισκοπήσεων αεροφωτογραφιών της ΓΥΣ και δορυφορικών εικόνων από το Google Earth, καθώς και ένα γράφημα όπου απεικονίζονται.



Εικόνα 56: Χάρτης απεικόνισης των μεταβολών της κοίτης του ποταμού Βοσβόζη και του δελταϊκού πεδίου.

1,84 km² και το πλημμυρικό της πεδίο 3,35 km² (Εικόνα 58). Ο Βοσβόζης έρεε στην παλαιά του κοίτη, τροφοδοτούσε το πλημμυρικό πεδίο με λεπτόκοκκα ιζήματα από το δέλτα του και ο Φιλιούρης διερχόταν νότια της Ισμαρίδας.

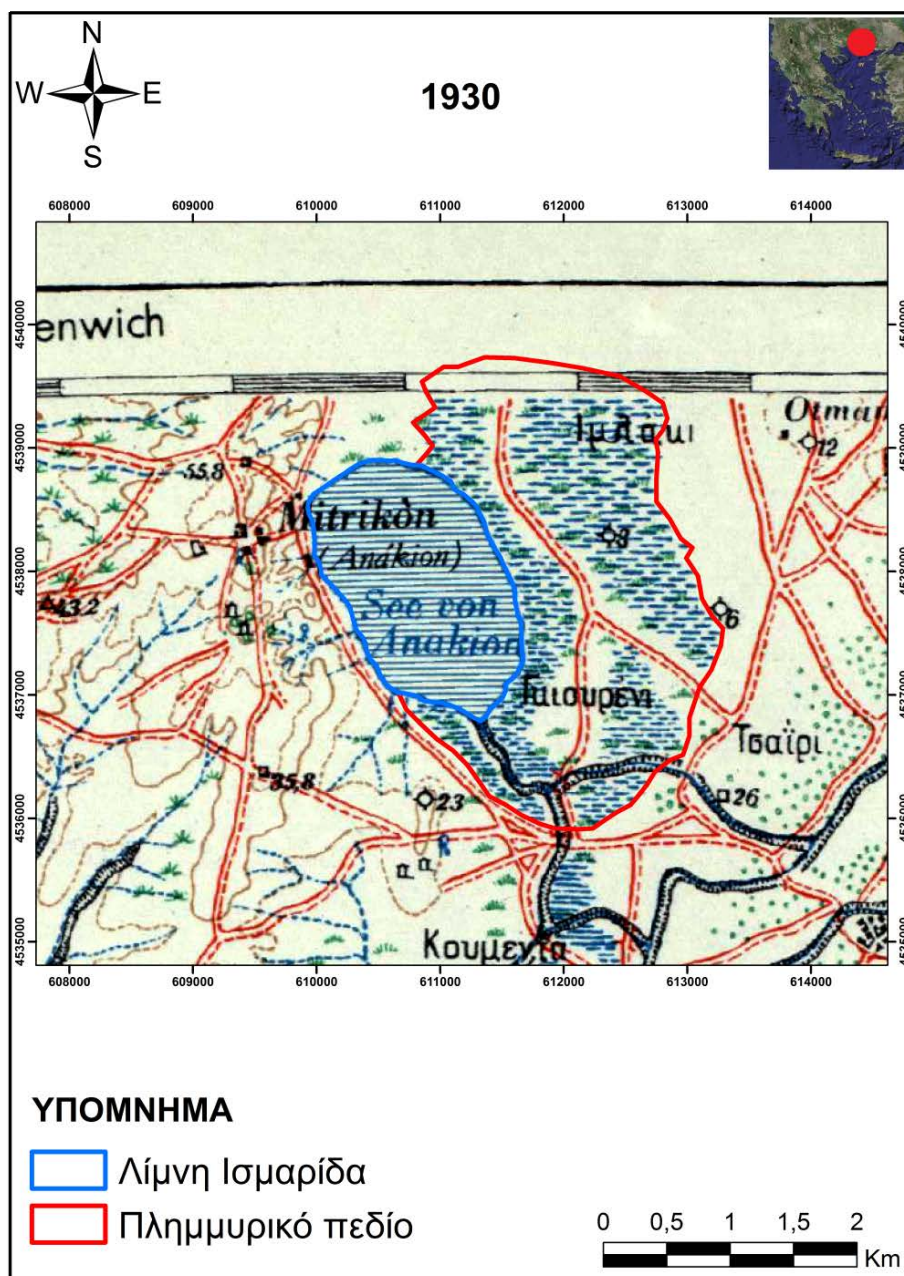
Η ακρίβεια και η αξιοπιστία του χάρτη δεν είναι μεγάλη, ενδεχομένως λόγω των αρχικών δεδομένων και της κλίμακας κατασκευής του. Η λίμνη είναι σχετικά παραμορφωμένη, φαίνεται να είναι μετατοπισμένη προς τα βορειοδυτικά και περιστρεμμένη προς τα βορειοανατολικά, σε σύγκριση με τη σημερινή της θέση. Τα αποτελέσματα της έκτασης της λίμνης και του πλημμυρικού πεδίου, προτείνεται να μη ληφθούν υπόψη.



Εικόνα 58: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1907 από τον χάρτη της 3^{ης} Στρατιωτικής Χαρτογραφικής Υπηρεσίας της Αυστροουγγαρίας.

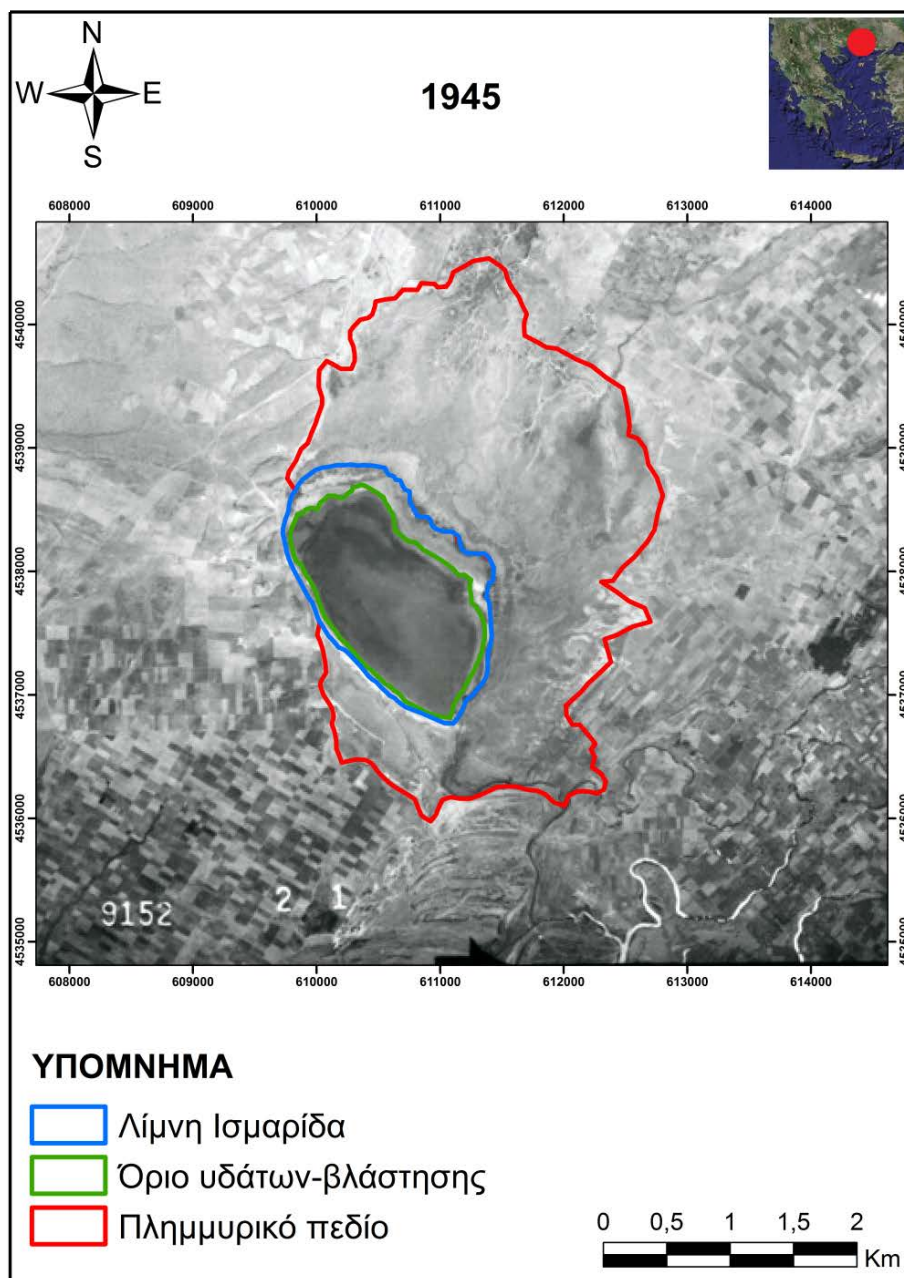
Από την επεξεργασία του επιτελικού χάρτη της Ελλάδας, προκύπτει πως το 1930 η λίμνη είχε έκταση 2,44 km² και το πλημμυρικό της πεδίο 6,08 km² (Εικόνα 59).

Ο Βοσβόζης έρεε στην παλαιά του κοίτη δημιουργώντας το δελταϊκό του πεδίο στη βορειοανατολική πλευρά της λίμνης, τροφοδοτούσε το πλημμυρικό της πεδίο με λεπτόκοκκα ιζήματα και ο Φιλιούρης διερχόταν νότια της Ισμαρίδας αποθέτοντας λεπτόκοκκα ιζήματα στην ανατολική και νότια περιοχή γύρω από την Ισμαρίδα.



Εικόνα 59: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1930 από τον επιτελικό χάρτη της Ελλάδας.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1945 η λίμνη είχε έκταση $2,32 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $0,64 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο και το δελταϊκό πεδίο του Βοσβόζη που το τροφοδοτεί, από τη στιγμή που δεν είχε διευθετηθεί ακόμη η κοίτη του Βοσβόζη και δεν είχε κατασκευαστεί το ανατολικό ανάχωμα, εκτείνεται σε $6,08 \text{ km}^2$ (Εικόνα 60).



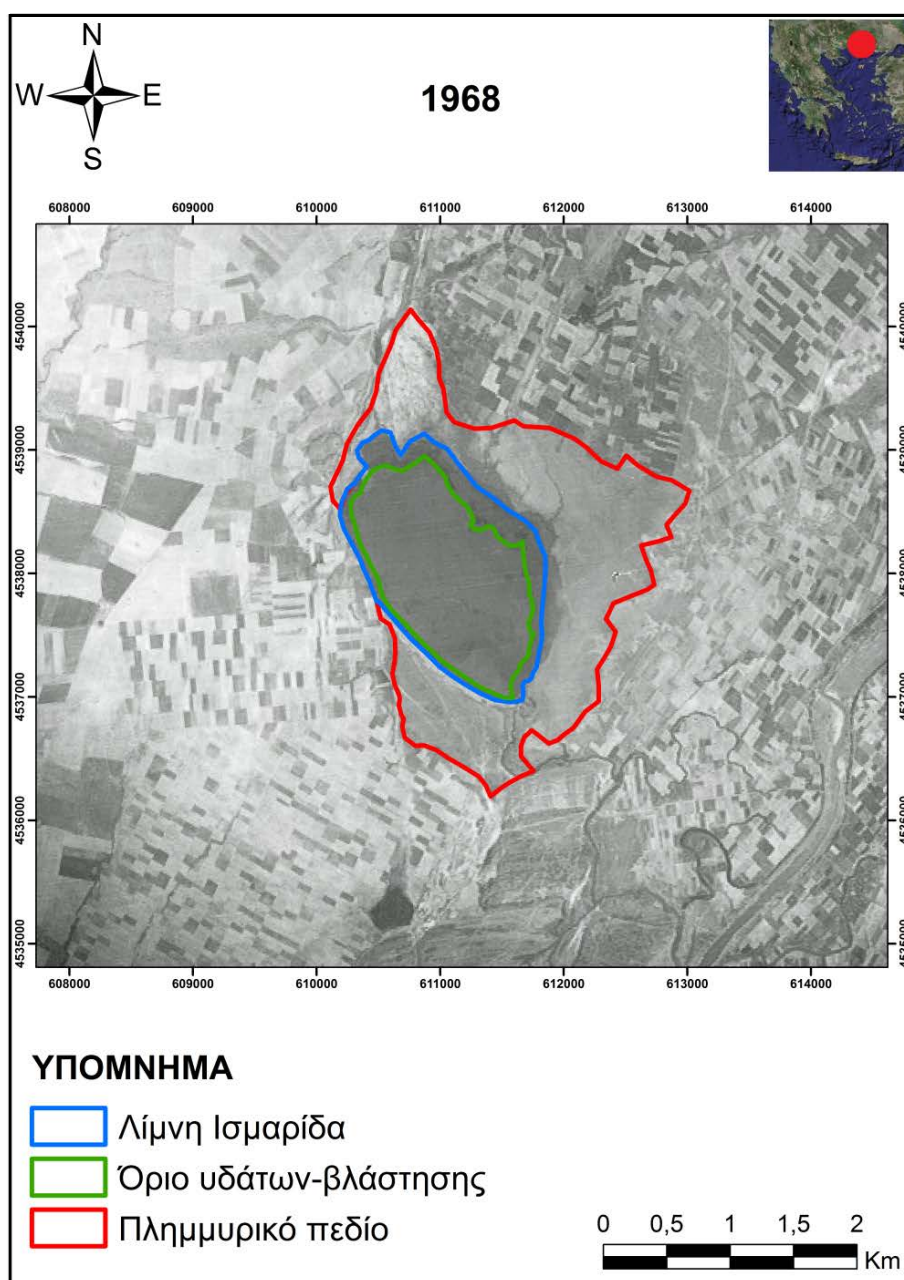
Εικόνα 60: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1945 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1968 η λίμνη είχε έκταση $2,58 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $0,89 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της

πεδίο από τη στιγμή που δεν είχε διευθετηθεί ακόμη η κοίτη του Βοσβόζη και δεν είχε κατασκευαστεί το ανατολικό ανάχωμα, εκτείνεται σε 3,51 km² (Εικόνα 61).

Παρατηρείται πως αυξήθηκε η έκταση της υπερυδατικής βλάστησης στη λίμνη, μειώθηκε αυτή του δελταϊκού πεδίου του Βοσβόζη, μετατράπηκε σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις και δεν τροφοδοτεί πλέον το πλημμυρικό πεδίο της λίμνης.

Το πιο πιθανό σενάριο είναι η αύξηση της βλάστησης να οφείλεται στην ανθρωπογενή επέμβαση, η οποία προκάλεσε αλλαγές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υδάτων της Ισμαρίδας.

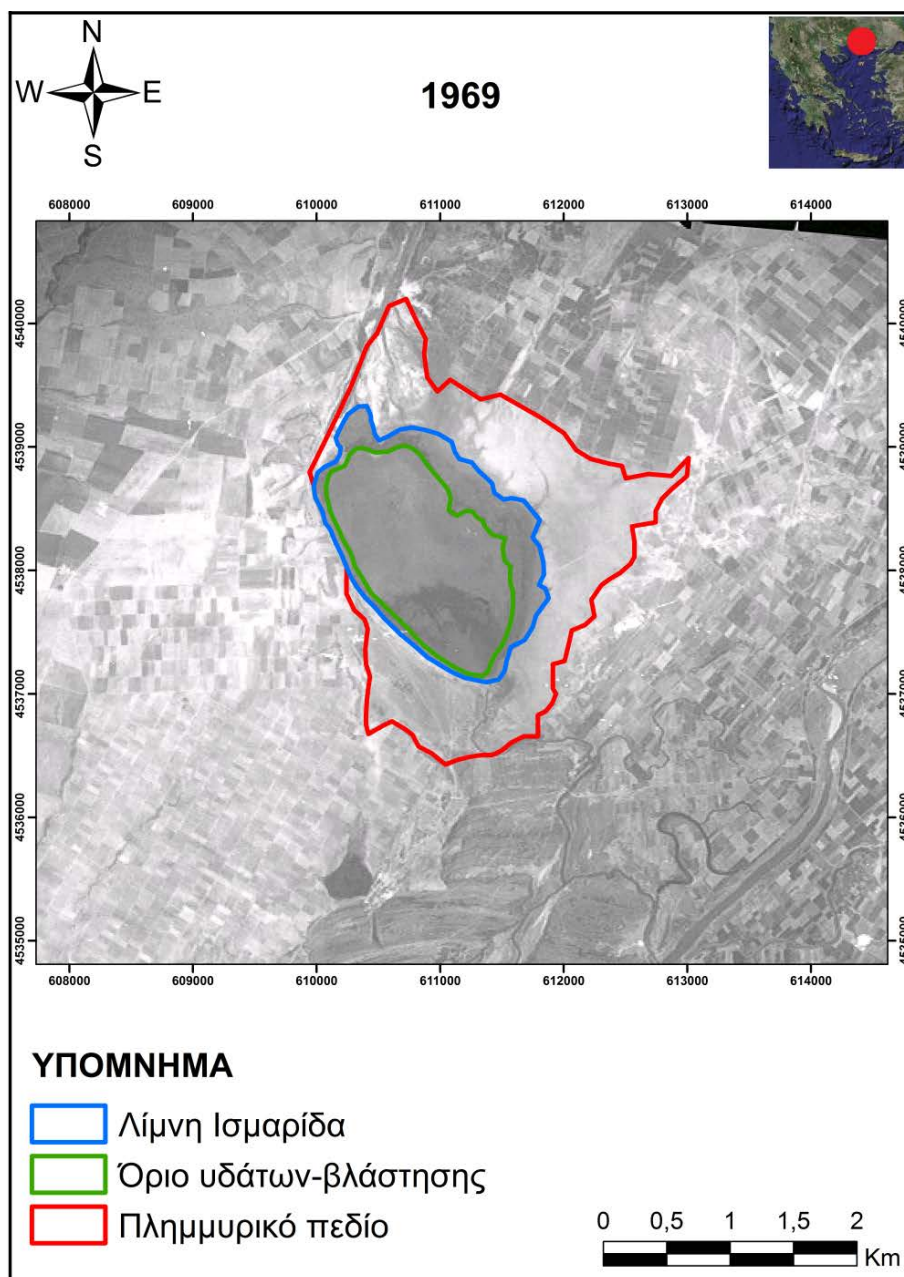


Εικόνα 61: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1968 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1969 η λίμνη είχε έκταση 2,58 km², εκ των οποίων τα 0,88 km² αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών.

Το πλημμυρικό της πεδίο από τη στιγμή που δεν είχε διευθετηθεί ακόμη η κοίτη του Βοσβόζη και δεν είχε κατασκευαστεί το ανατολικό ανάχωμα, εκτείνεται σε 3,38 km² (Εικόνα 62).

Δεν παρατηρούνται ιδιαίτερες μεταβολές ούτε στη λίμνη, ούτε στην έκταση της βλάστησης, ούτε στο πλημμυρικό πεδίο σε σύγκριση με το 1968.

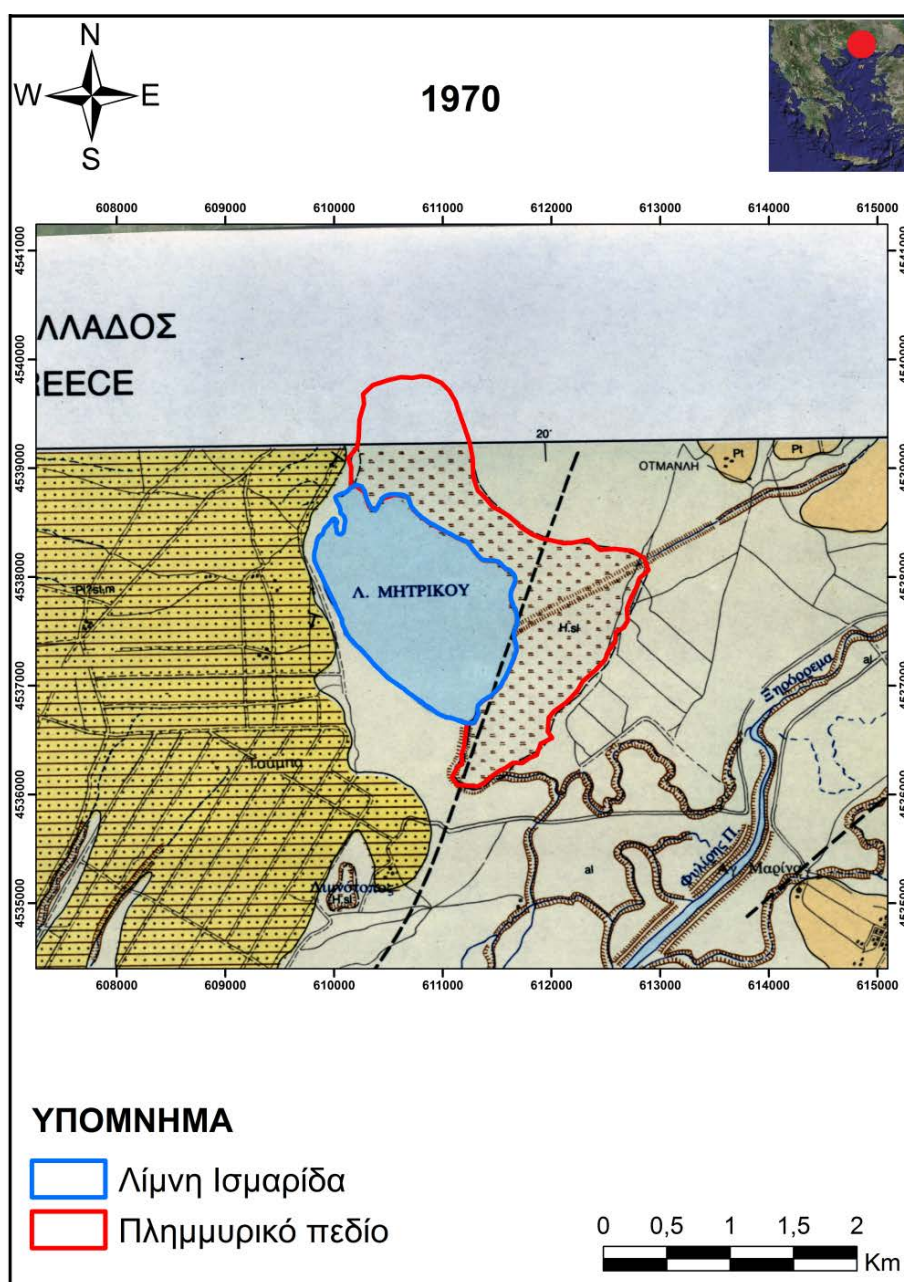


Εικόνα 62: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1969 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ που χρησιμοποιεί ως βάση τους τοπογραφικούς χάρτες της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1970 (έτος έκδοσης, πιθανώς το αρχικό τοπογραφικό υπόβαθρο είναι παλαιότερο της περιόδου χαρτογράφησης) η έκταση της λίμνης ήταν 2,54 km² και η έκταση της περιοχής του δέλτα της λίμνης ήταν 3,35 km² (Εικόνα 63).

Όταν χαρτογραφήθηκε η περιοχή δεν είχε κατασκευαστεί ακόμη ούτε το ανατολικό ανάχωμα στη λίμνη ούτε η τεχνητή κοίτη του Βοσβόζη.

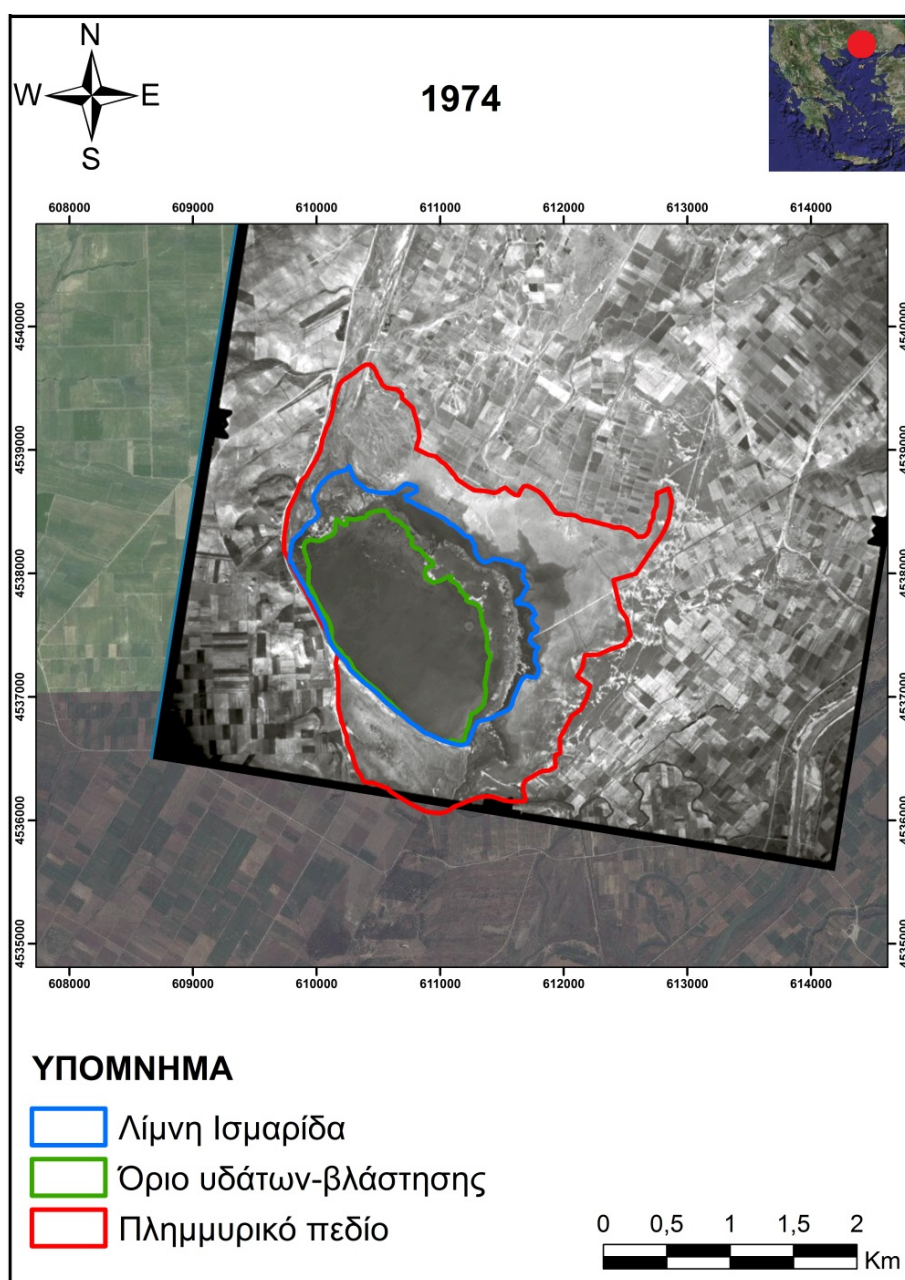
Ακόμη, απεικονίζεται και τμήμα της κοίτης του Φιλιούρη, πριν τη διευθέτησή του.



Εικόνα 63: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1970 από τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1974 η λίμνη είχε έκταση $2,73 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,04 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο από τη στιγμή που δεν είχε διευθετηθεί ακόμη η κοίτη του Βοσβόζη και δεν είχε κατασκευαστεί το ανατολικό ανάχωμα, εκτείνεται σε $3,50 \text{ km}^2$ (Εικόνα 64).

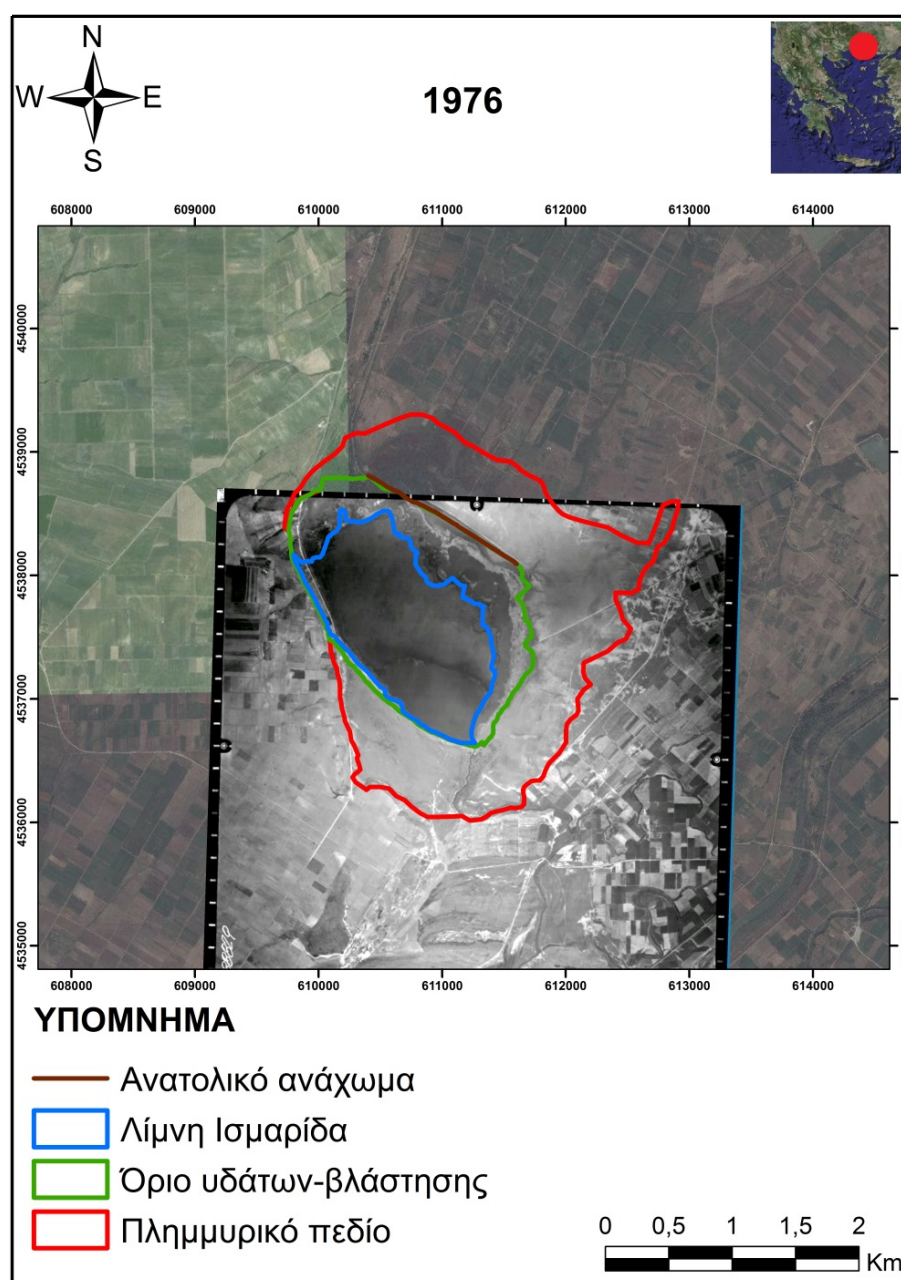
Παρατηρείται πως η έκταση του πλημμυρικού πεδίου της λίμνης παραμένει σταθερή όπως το 1968, ενώ η έκταση της υδατικής βλάστησης έχει αυξηθεί σε σύγκριση με τα παλαιότερα έτη.



Εικόνα 64: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1974 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1976 η λίμνη είχε έκταση $2,78 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,15 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο από τη στιγμή που δεν είχε διευθετηθεί ακόμη η κοίτη του Βοσβόζη και δεν είχε κατασκευαστεί το ανατολικό ανάχωμα, εκτείνεται σε $3,49 \text{ km}^2$ (Εικόνα 65).

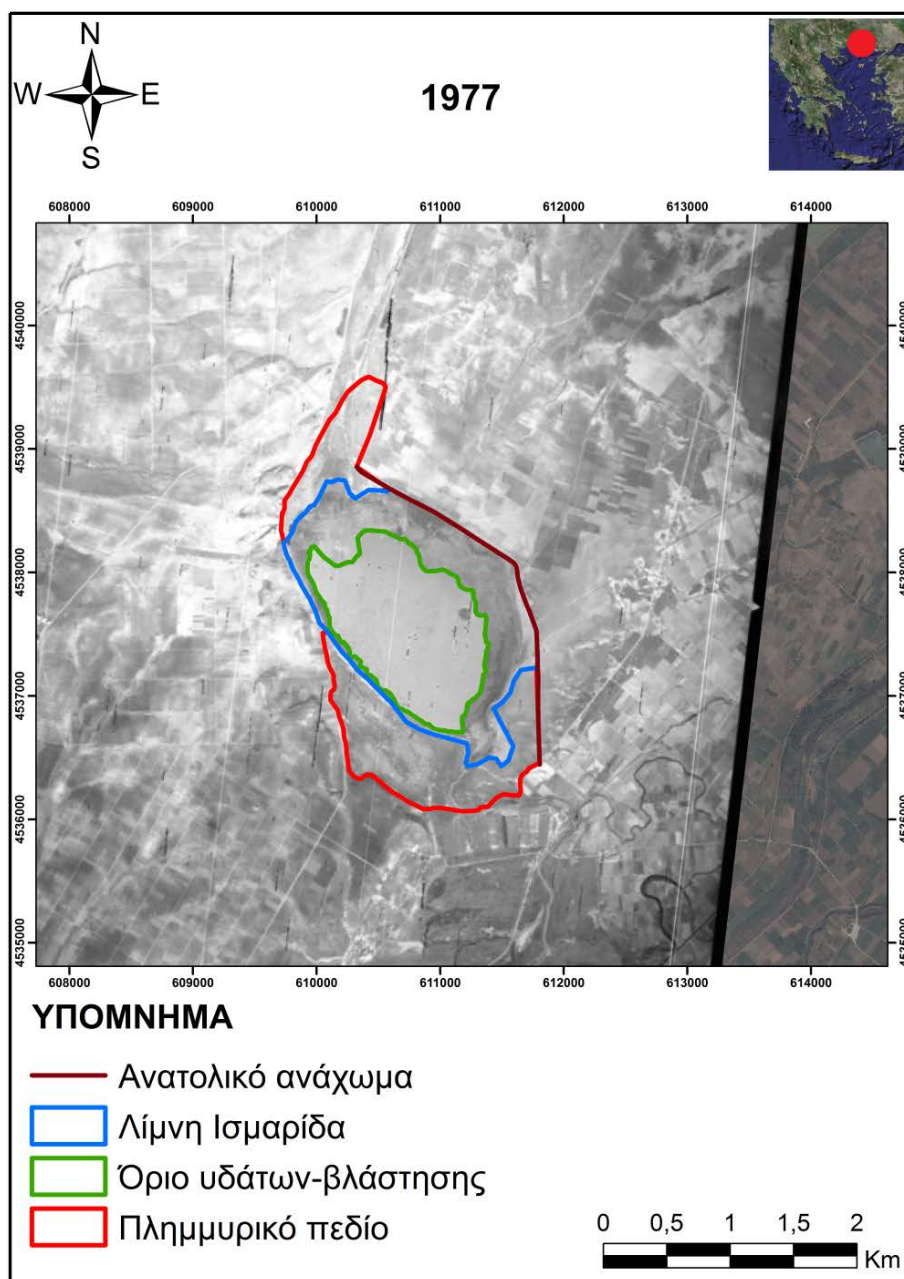
Παρατηρείται πως η έκταση του πλημμυρικού πεδίου της λίμνης παραμένει σταθερή, ενώ η έκταση της υδατικής βλάστησης συνεχίζει να αυξάνεται σε σύγκριση με τα παλαιότερα έτη. Επίσης, σημειώνεται πως έχει κατασκευαστεί τμήμα του ανατολικού αναχώματος της λίμνης.



Εικόνα 65: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1976 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1977 η λίμνη είχε έκταση 2,80 km², εκ των οποίων τα 1,37 km² αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε 1,50 km² (Εικόνα 66).

Το 1977, έχει ολοκληρωθεί πλήρως η κατασκευή του αναχώματος σε όλο του το μήκος και επιπλέον έχει κατασκευαστεί και η τεχνητή κοίτη του Βοσβόζη, με τη λίμνη να υπερχειλίζει πλέον μόνο από τη νότια πλευρά της. Παρατηρείται πως η έκταση του πλημμυρικού πεδίου της λίμνης έχει μειωθεί σε ποσοστό πάνω από το 50% λόγω των τεχνικών έργων, ενώ η έκταση της υδατικής βλάστησης αυξήθηκε κι άλλο με πολύ γρήγορο ρυθμό.

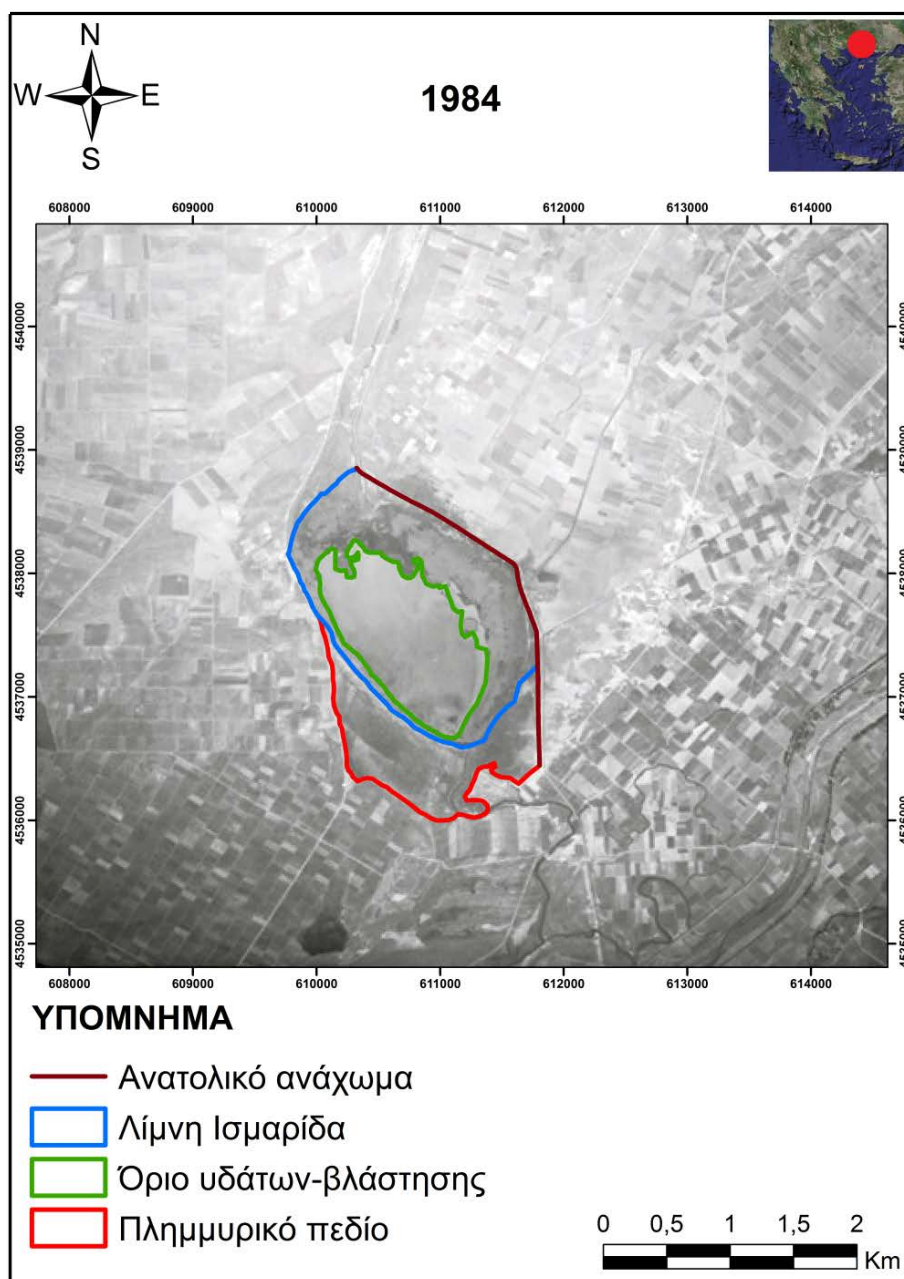


Εικόνα 66: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1977 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1984 η λίμνη είχε έκταση $2,79 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,58 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών.

Το πλημμυρικό της πεδίο έπειτα από την κατασκευή του ανατολικού αναχώματος περιορίστηκε κι άλλο, και 7 έτη μετά, εκτείνεται σε μόλις $1,07 \text{ km}^2$, με την εκτόνωσή της να γίνεται μόνο από τη νότια πλευρά της (Εικόνα 67).

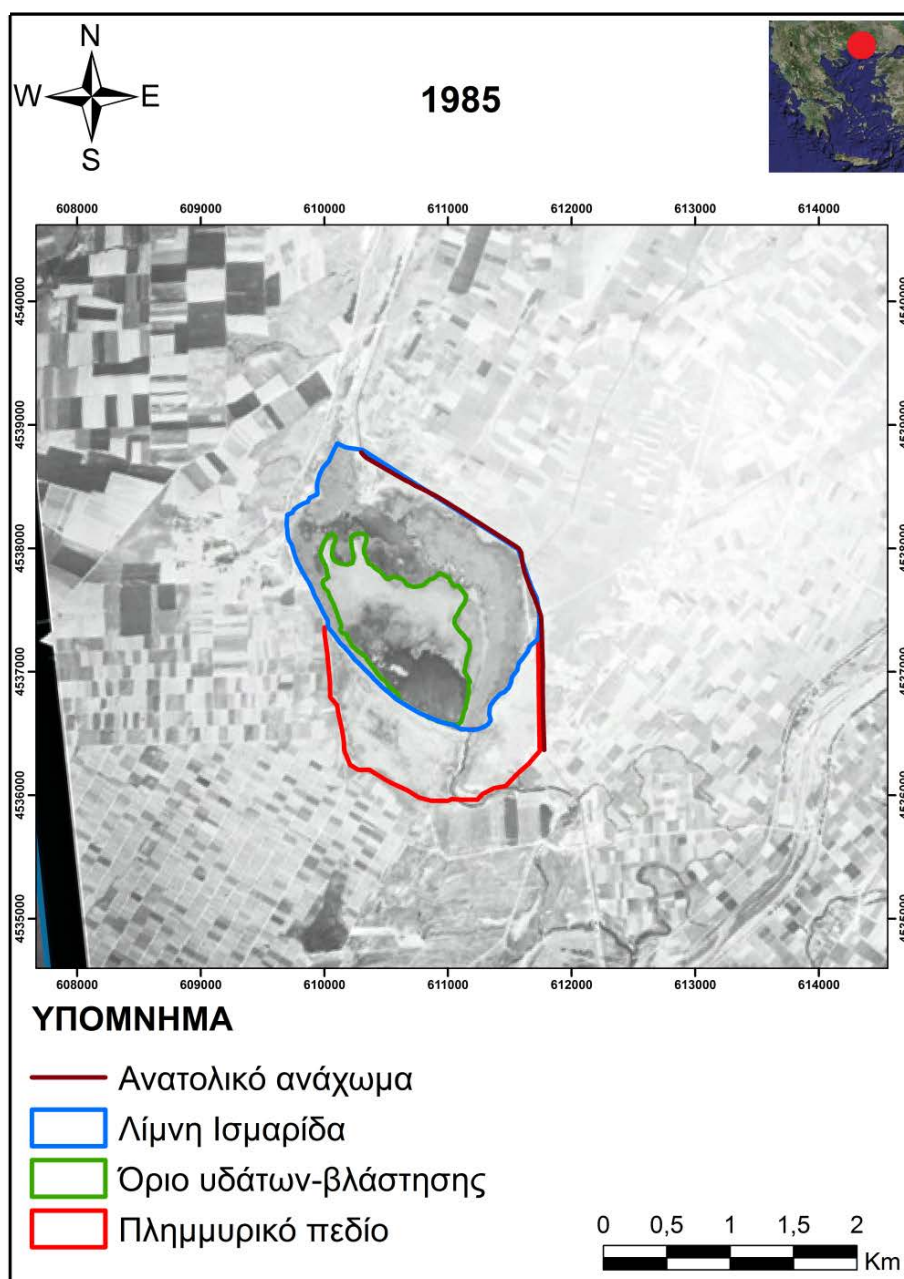
Η έκταση του πλημμυρικού πεδίου της λίμνης μειώθηκε κι άλλο, ενώ η έκταση της βλάστησης συνεχίζει να αυξάνεται.



Εικόνα 67: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1984 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1985 η λίμνη είχε έκταση $2,89 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,26 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε $1,22 \text{ km}^2$ (Εικόνα 68).

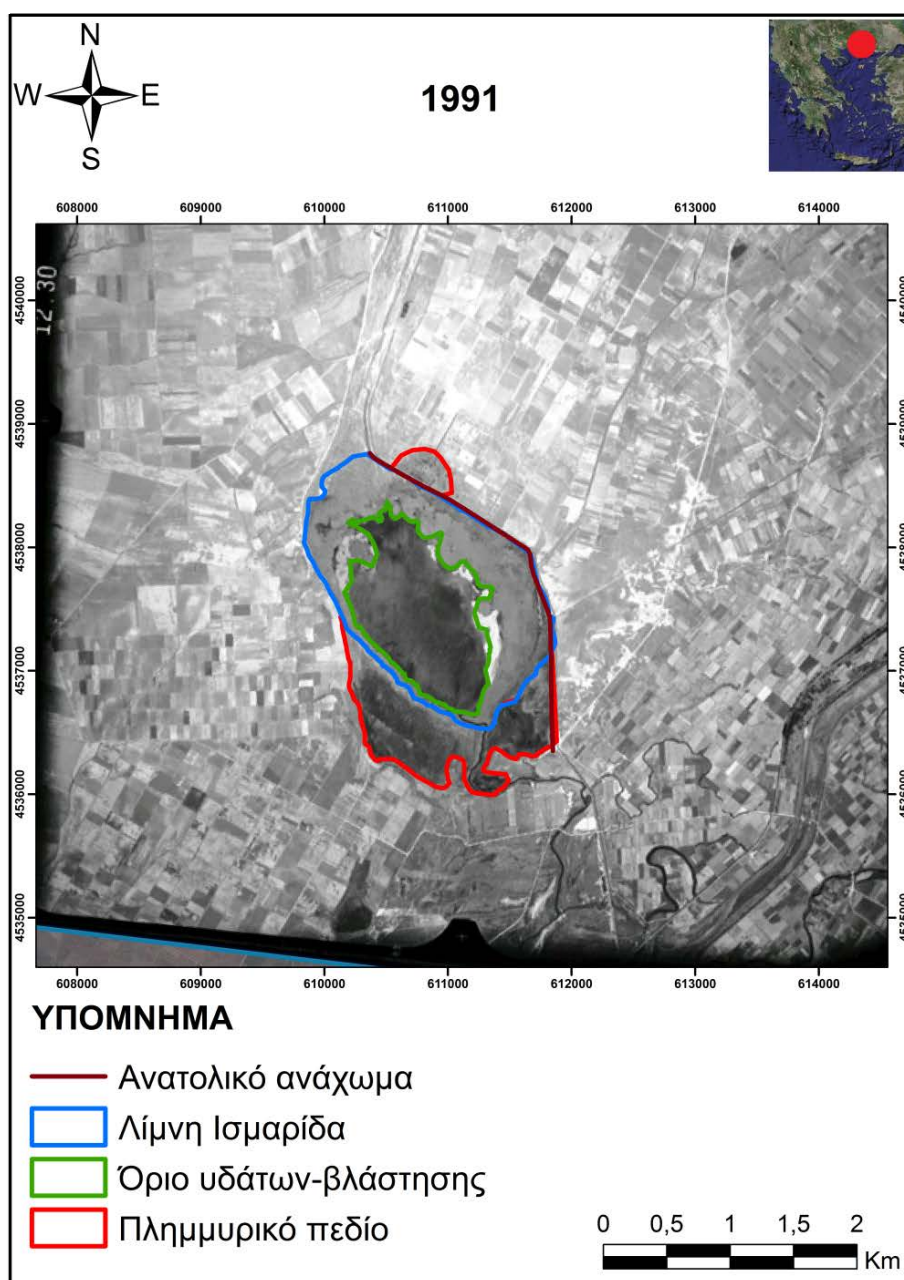
Η έκταση της βλάστησης συνεχίζει να αυξάνεται και να καταλαμβάνει για το συγκεκριμένο έτος εμφανώς μεγαλύτερη έκταση σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη.



Εικόνα 68: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1985 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1991 η λίμνη είχε έκταση 2,75 km², εκ των οποίων τα 1,55 km² αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε 1,09 km² (Εικόνα 69).

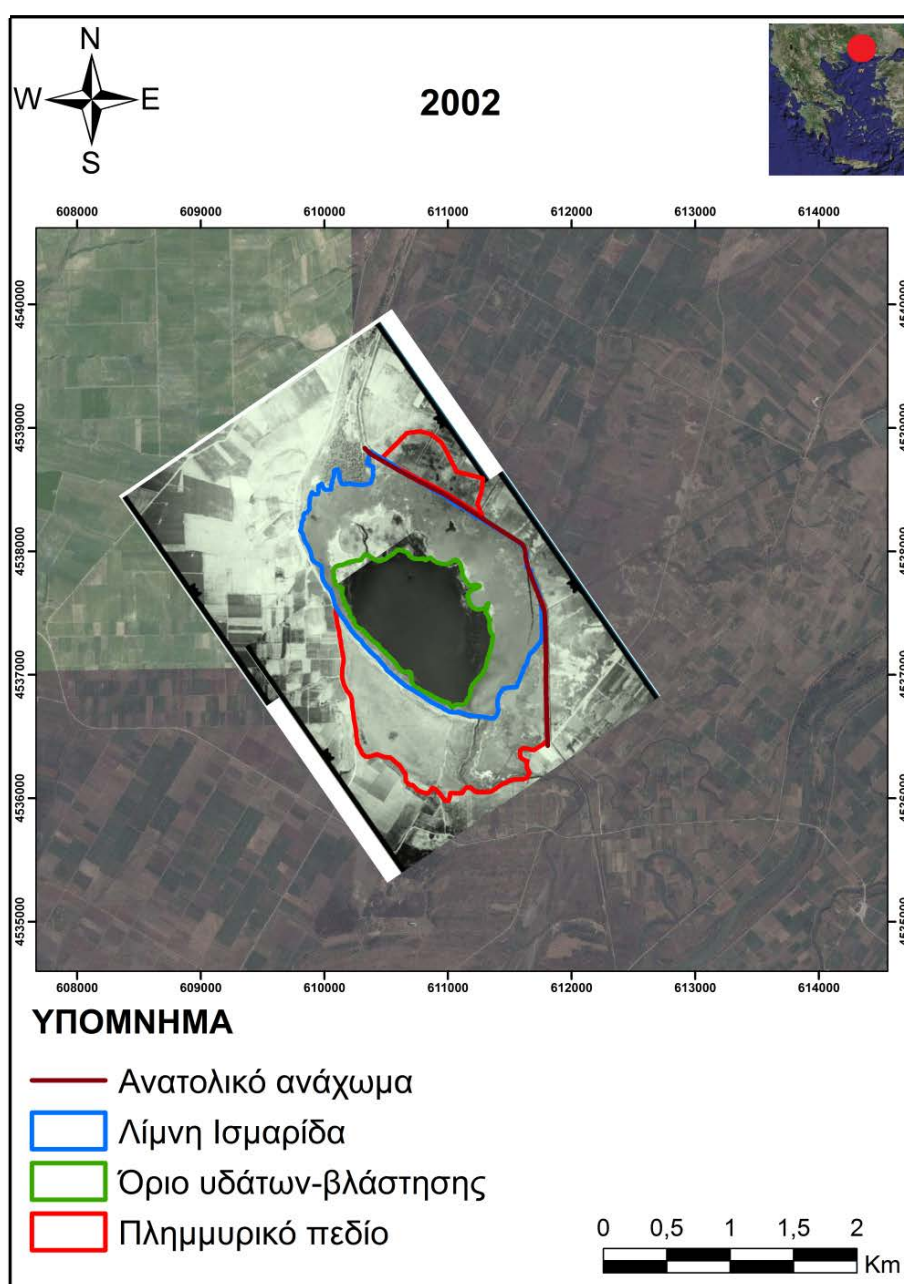
Από το 1991 και έπειτα παρατηρείται πως το ανατολικό ανάχωμα έχει αρχίσει να εμφανίζει προβλήματα στη συγκράτηση των υδάτων της λίμνης, με αποτέλεσμα να εκτονώνονται προς τη βόρεια πλευρά της, όπως ακριβώς και πριν την κατασκευή του αναχώματος.



Εικόνα 69: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1991 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της αεροφωτογραφίας της ΓΥΣ, προκύπτει πως το 1985 η λίμνη είχε έκταση $2,63 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,40 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε $1,43 \text{ km}^2$ (Εικόνα 70).

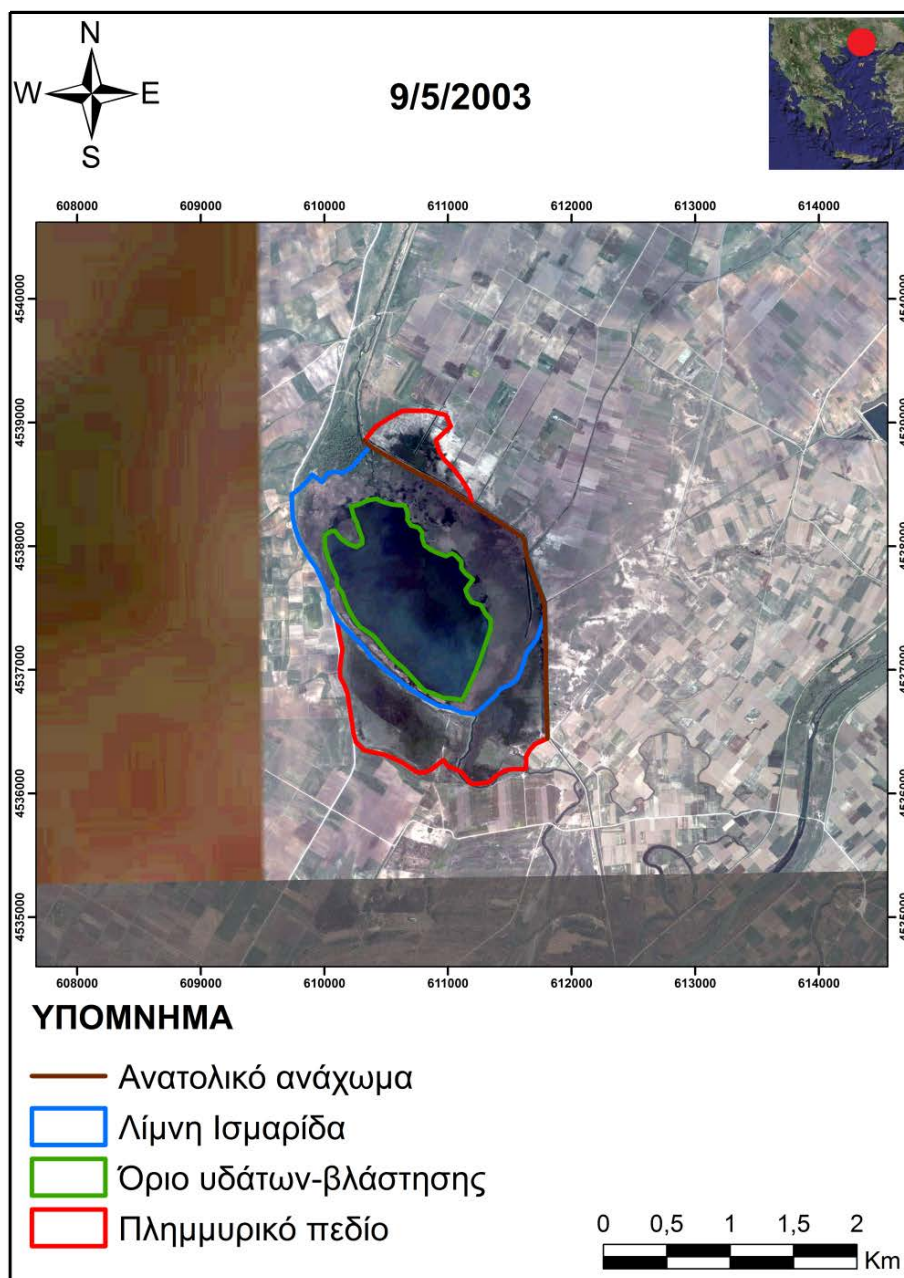
Παρατηρείται πως τμήμα του ανατολικού αναχώματος συνεχίζει να μη λειτουργεί και τα ύδατα της λίμνης κατακλύζουν ολοένα και μεγαλύτερη έκταση εξωτερικά αυτού, καταστρέφοντας τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Για το παρόν έτος, παρατηρήθηκε μείωση στην έκταση της βλάστησης.



Εικόνα 70: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για το έτος 1945 από την αεροφωτογραφία της ΓΥΣ.

Από την επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας του Google Earth με ημερομηνία 9/5/2003, προκύπτει πως η λίμνη είχε έκταση $2,76 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,53 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε $1,37 \text{ km}^2$ (Εικόνα 71).

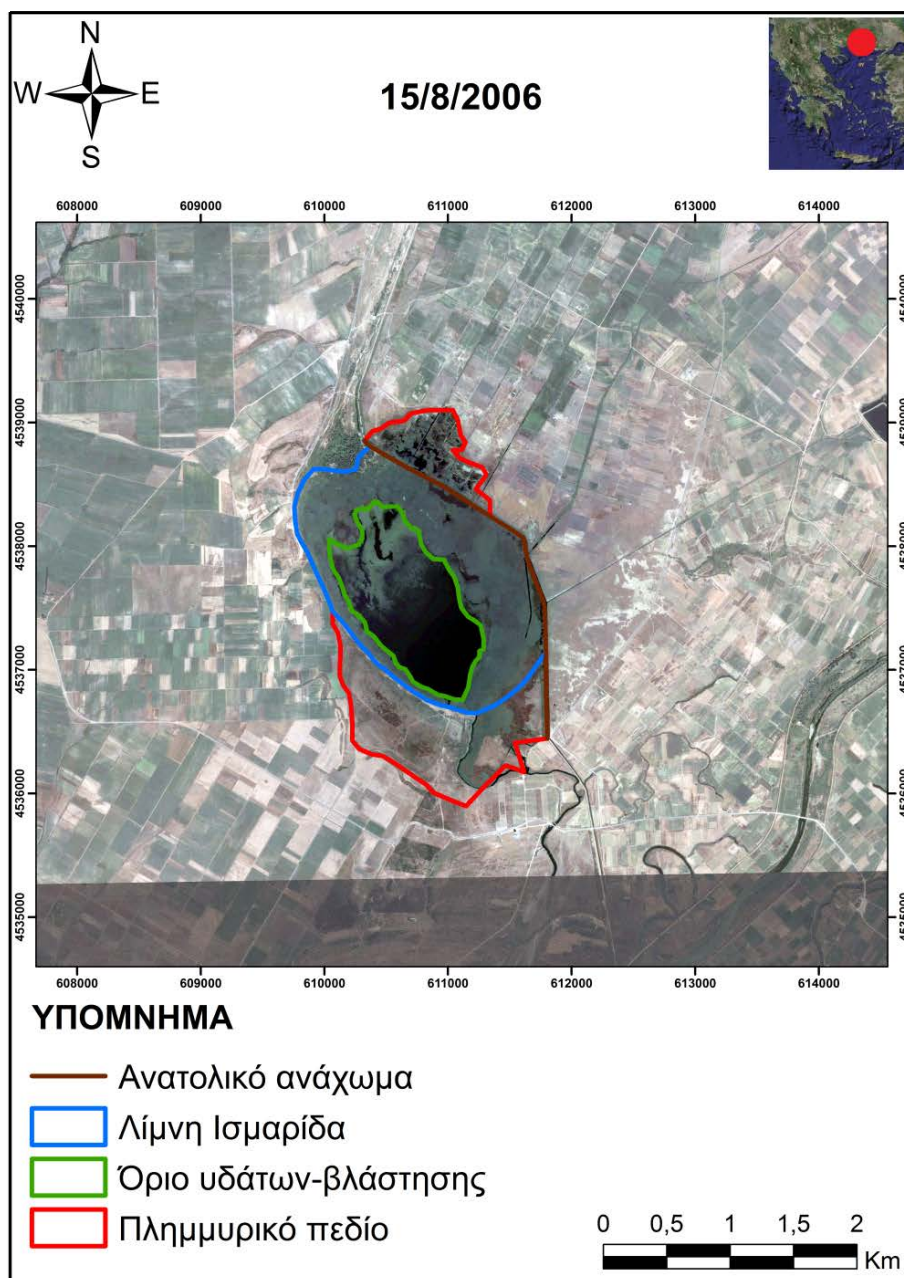
Το τμήμα του αναχώματος εξωτερικά του οποίου λιμνάζουν ύδατα λόγω εκτόνωσης, συνεχίζει να καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση, ενώ η έκταση της βλάστησης παρουσίασε μια μικρή μείωση.



Εικόνα 71: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για την ημερομηνία 9/5/2003 από δορυφορική εικόνα του Google Earth.

Από την επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας του Google Earth με ημερομηνία 15/8/2006, προκύπτει πως η λίμνη είχε έκταση $2,83 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,75 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε $1,52 \text{ km}^2$ (Εικόνα 72).

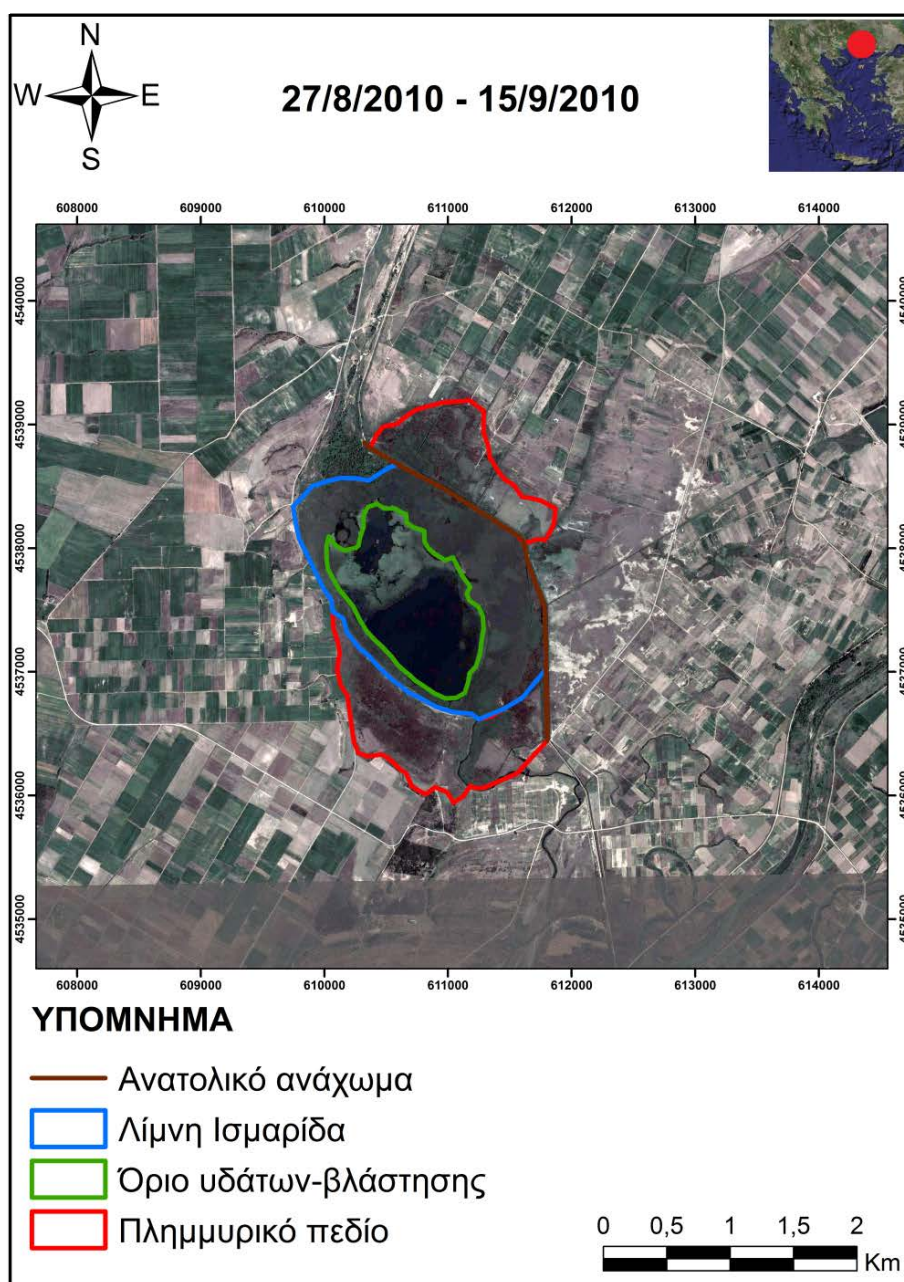
Το τμήμα του αναχώματος εξωτερικά του οποίου λιμνάζουν ύδατα λόγω εκτόνωσης, συνεχίζει να καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση, όπως και η βλάστηση.



Εικόνα 72: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για την ημερομηνία 15/8/2006 από δορυφορική εικόνα του Google Earth.

Από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων του Google Earth με ημερομηνίες 27/8/2010 και 15/9/2010, προκύπτει πως η λίμνη είχε έκταση $2,79 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,65 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε $1,82 \text{ km}^2$ (Εικόνα 73).

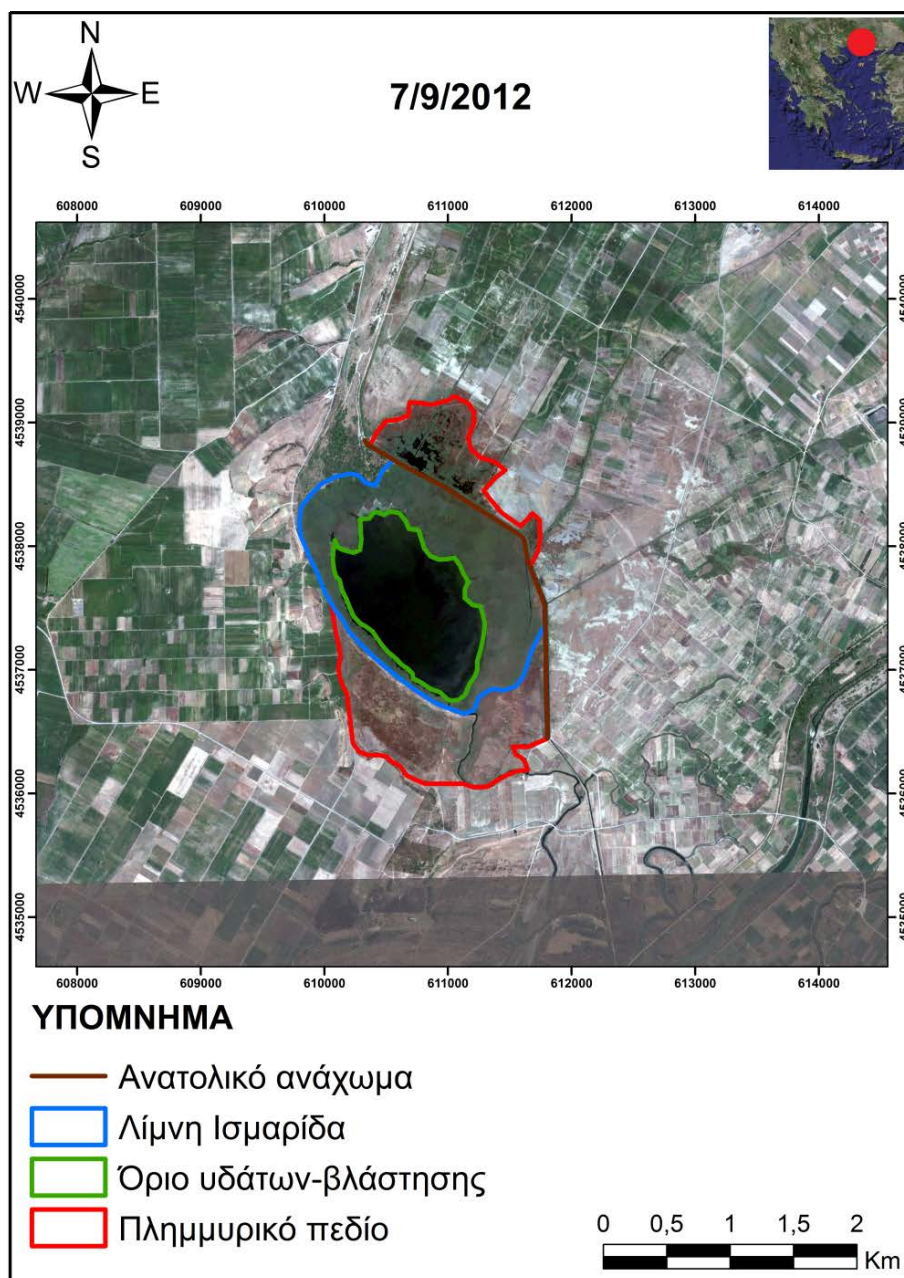
Το τμήμα του αναχώματος εξωτερικά του οποίου λιμνάζουν ύδατα λόγω εκτόνωσης, συνεχίζει να καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση, ενώ η έκταση της βλάστησης παρουσίασε μια μικρή μείωση.



Εικόνα 73: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για τις ημερομηνίες 27/8/2010 και 15/9/2010 από δορυφορικές εικόνες του Google Earth.

Από την επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας του Google Earth με ημερομηνία 7/9/2012, προκύπτει πως η λίμνη είχε έκταση $2,63 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,54 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε $1,76 \text{ km}^2$ (Εικόνα 74).

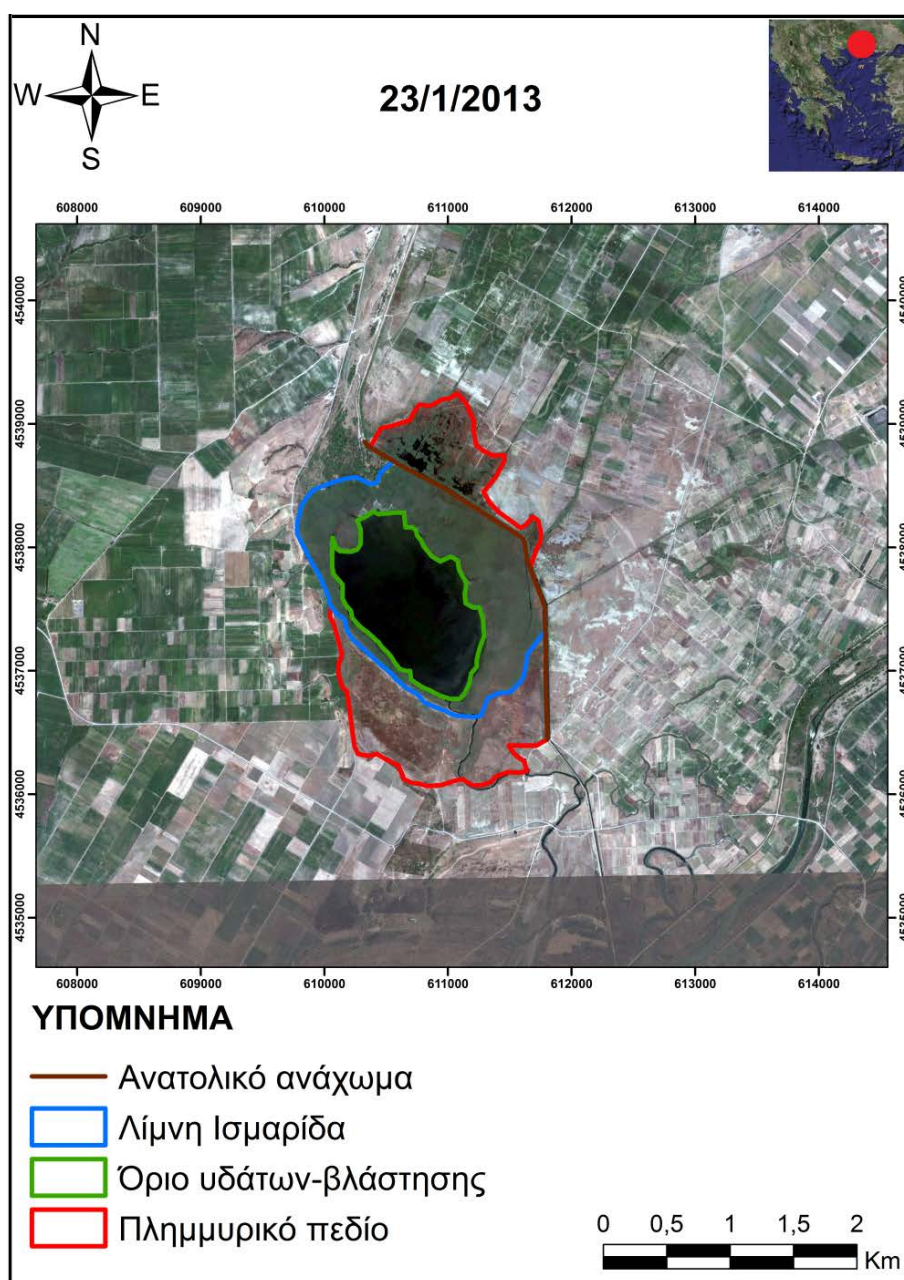
Το τμήμα του αναχώματος εξωτερικά του οποίου λιμνάζουν ύδατα λόγω εκτόνωσης, έχει λίγο μικρότερη έκταση σε σύγκριση με το 2010, και μικρή μείωση παρατηρήθηκε και στην έκταση της βλάστησης.



Εικόνα 74: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για την ημερομηνία 7/9/2012 από δορυφορική εικόνα του Google Earth.

Για το έτος 2013 υπήρχαν διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες στη βάση του Google Earth για τέσσερις διαφορετικές ημερομηνίες. Αυτή του Ιανουαρίου μελετήθηκε χωριστά, ενώ οι υπόλοιπες τρεις του Αυγούστου και Σεπτεμβρίου ομαδοποιήθηκαν μιας και δεν υπήρχαν διαφοροποιήσεις στα μεταξύ τους αποτελέσματα.

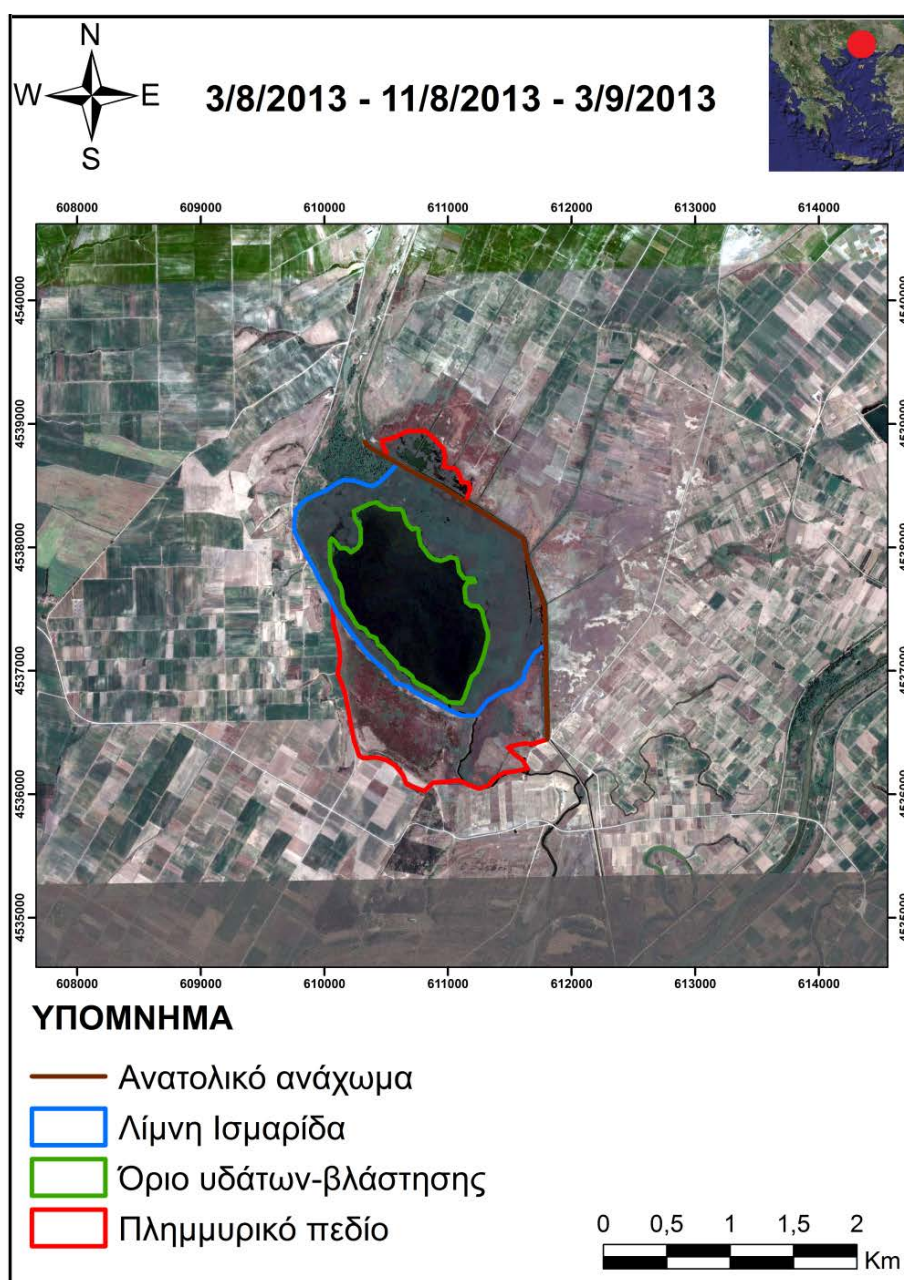
Από την επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας του Google Earth με ημερομηνία 23/1/2013, προκύπτει πως η λίμνη είχε έκταση $2,67 \text{ km}^2$, εκ των οποίων τα $1,56 \text{ km}^2$ αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε $1,52 \text{ km}^2$ (Εικόνα 75).



Εικόνα 75: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για την ημερομηνία 23/1/2013 από δορυφορική εικόνα του Google Earth.

Από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων του Google Earth με ημερομηνίες 3/8/2013, 11/8/2013 και 3/9/2013, προκύπτει πως η λίμνη είχε έκταση 2,66 km², εκ των οποίων τα 1,49 km² αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε 1,33 km² (Εικόνα 76).

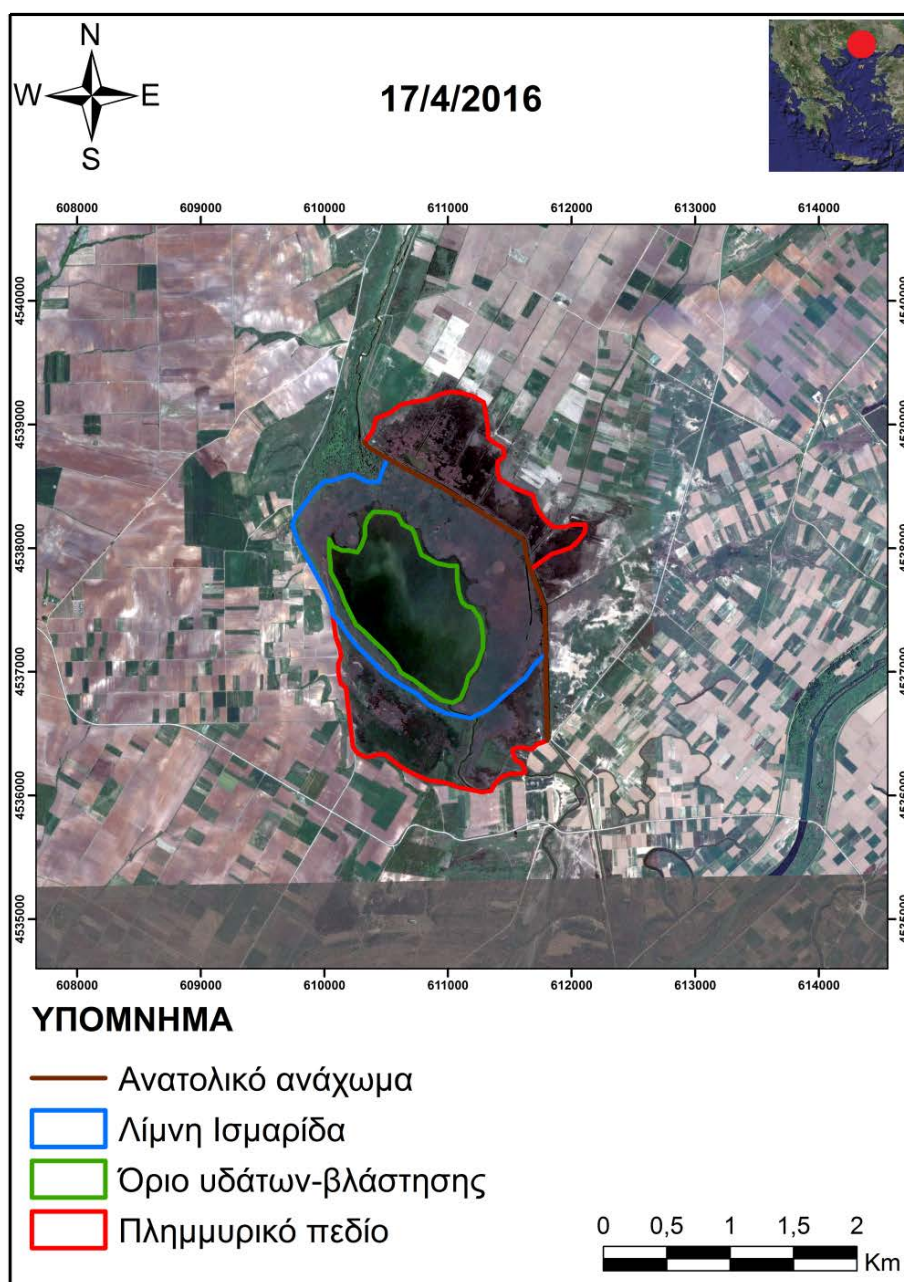
Το τμήμα του αναχώματος εξωτερικά του οποίου λιμνάζουν ύδατα λόγω εκτόνωσης, είναι αρκετά μικρότερο για αυτή την περίοδο, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών στην περιοχή.



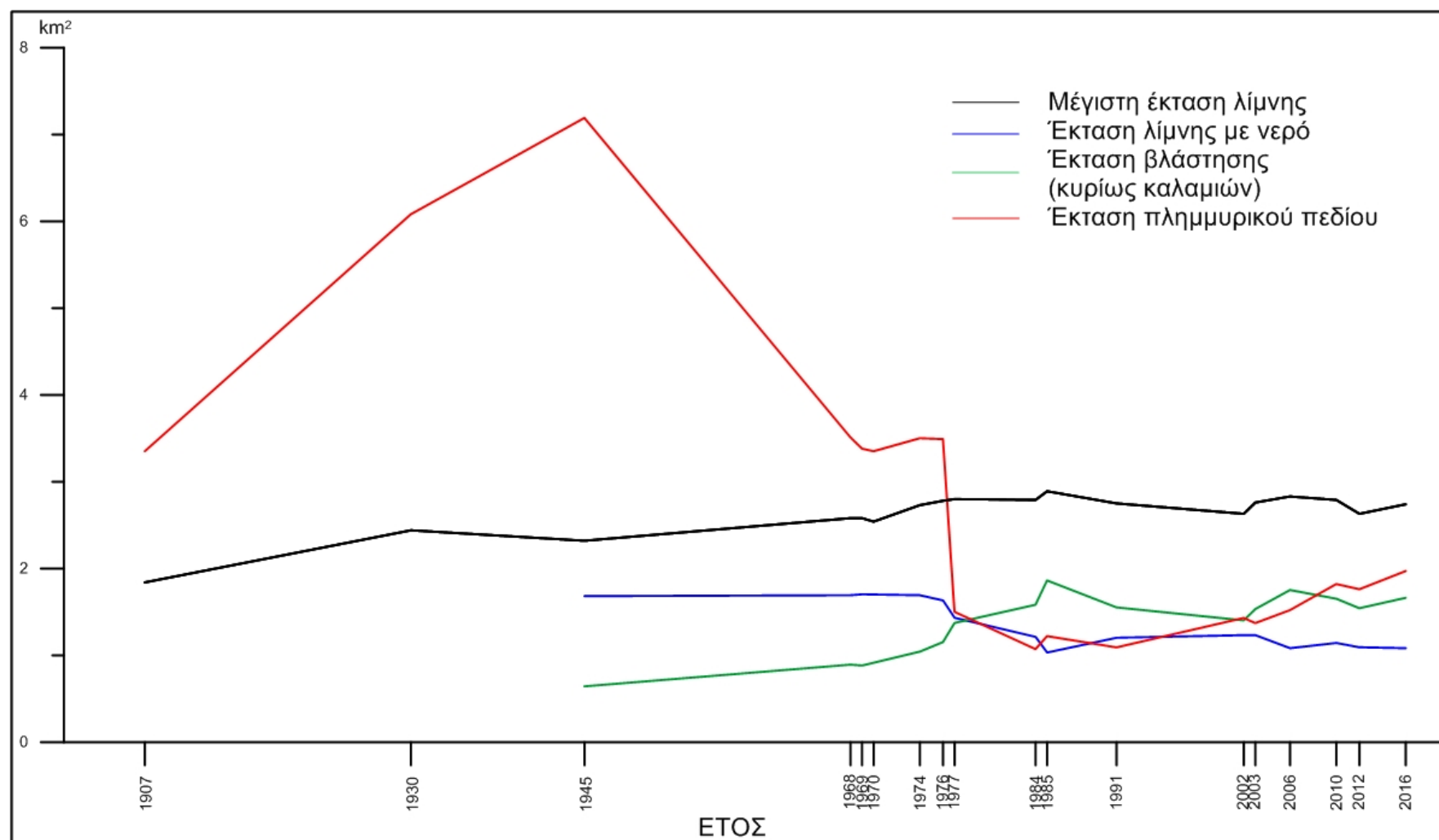
Εικόνα 76: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για τις ημερομηνίες 3/8/2013, 11/8/2013 και 3/9/2013 από δορυφορικές εικόνες του Google Earth.

Τέλος, από την επεξεργασία της πιο πρόσφατης δορυφορικής εικόνας του Google Earth που περιγράφει την κατάσταση της περιοχής σήμερα, με ημερομηνία 17/4/2016, προκύπτει πως η λίμνη έχει έκταση 2,74 km², εκ των οποίων τα 1,66 km² αποτελούν έκταση με υπερυδατική βλάστηση, κυρίως καλαμιών. Το πλημμυρικό της πεδίο εκτείνεται σε 1,97 km² (Εικόνα 77).

Σημαντική είναι πλέον η έκταση που κατακλύζουν τα ύδατα της λίμνης εξωτερικά του ανατολικού αναχώματος, μαρτυρώντας την κακή κατάσταση στην οποία βρίσκεται σήμερα το ανάχωμα στην περιοχή. Ακόμη, παρατηρείται συνεχής επέκταση της βλάστησης (κυρίως των καλαμιών), μέσα στη λίμνη.



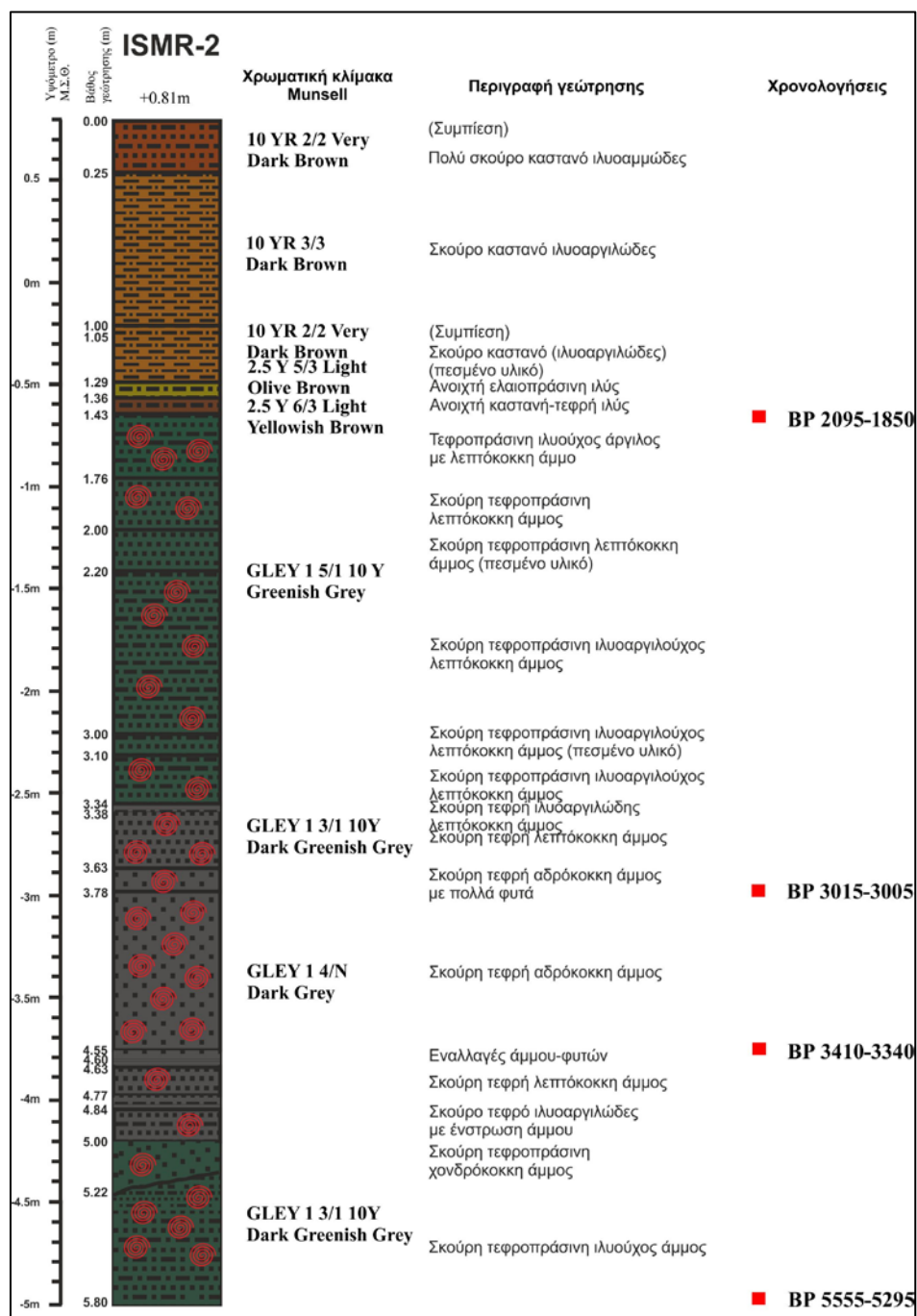
Εικόνα 77: Έκταση λίμνης Ισμαρίδας, της υπερυδατικής βλάστησης και του πλημμυρικού της πεδίου για την ημερομηνία 17/4/2016 από δορυφορική εικόνα του Google Earth.



Σχήμα 5: Απεικόνιση των μεταβολών της λίμνης, της βλάστησης και του πλημμυρικού πεδίου της.

5.2 Λιθολογία

Πριν τις ιζηματολογικές αναλύσεις, περιγράφηκαν μακροσκοπικά τα ιζήματα της γεώτρησης, προσδιορίστηκε το χρώμα τους σύμφωνα με τη χρωματική κλίμακα Munsell και σχεδιάστηκε η στρωματογραφική στήλη. Στη συνέχεια, παρατίθεται η γεώτρηση με την περιγραφή, τη θέση και την ηλικία των δειγμάτων που χρονολογήθηκαν (Εικόνα 78).



Εικόνα 78: Περιγραφή γεώτρησης ISMR-2.

5.2.1 Ιζηματολογικές αναλύσεις

Για τον λιθολογικό χαρακτηρισμό της γεώτρησης, έγινε διαίρεση της σε 15 ιζηματολογικές ομάδες κατά στρώμα προέλευσης. Από αυτές, μόνο οι 12 μελετήθηκαν με τη μέθοδο του σιφωνίου, μιας και μόνο σε αυτές το ποσοστό της ιλύος και της αργίλου ήταν πάνω από 10% του συνολικού βάρους των δειγμάτων τους (Παράρτημα IV). Το υπόλοιπο υλικό ανήκει σε κλάσματα άμμου, χωρίς χάλικες.

Στη γεώτρηση, τα ιζήματα που κυριαρχούν για βάθος 0 m - 1,77 m είναι πολύ λεπτόκοκκα και σύμφωνα με τις αναλύσεις, χαρακτηρίζονται λιθολογικά ως πηλοί έως αμμούχοι πηλοί.

Για βάθος 1,77 m - 1,93m, συναντώνται πιο αδρόκοκκα ιζήματα και χαρακτηρίζονται ως ιλυούχοι άμμοι.

Έπειτα, για βάθος 2,20 m - 3,72 m, τα ιζήματα είναι λεπτόκοκκα και χαρακτηρίζονται ως αμμούχοι πηλοί.

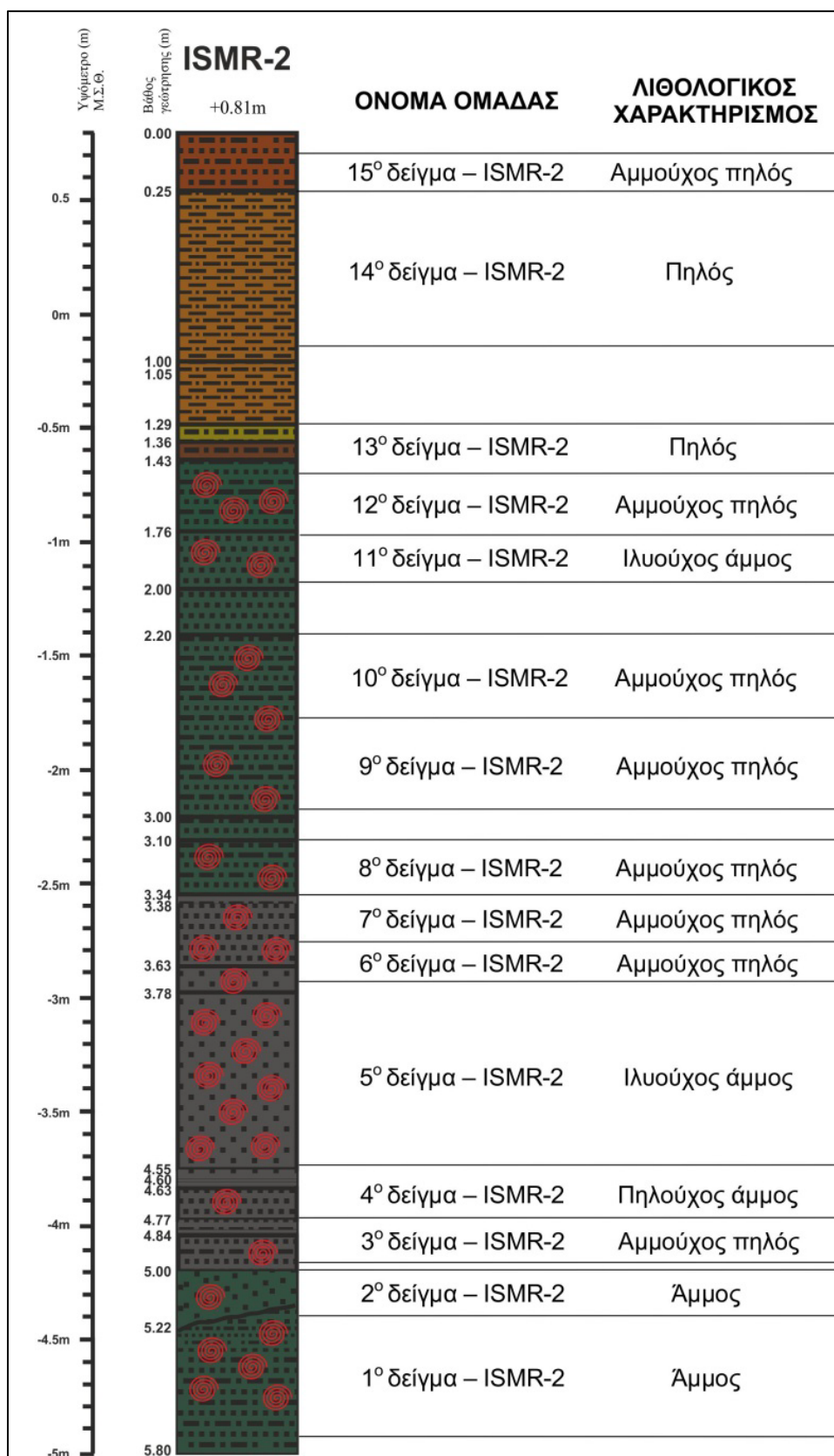
Από 3,72 m βάθος έως 4,77 m, η γεώτρηση έχει πάλι αδρόκοκκα ιζήματα που χαρακτηρίζονται ιλυούχοι - πηλούχοι άμμοι.

Στη συνέχεια για βάθος 4,77 m - 4,94 m, τα ιζήματα της γεώτρησης είναι λεπτόκοκκα και χαρακτηρίζονται λιθολογικά ως αμμούχοι πηλοί.

Τέλος, στο κατώτερο τμήμα της γεώτρησης, από 5,00 m έως και 5,73 m βάθος, συναντώνται άμμοι.

Προέκυψαν λοιπόν μια εικόνα όπου παρουσιάζονται ο λιθολογικός χαρακτηρισμός της γεώτρησης ISMR-2 ανά ομάδα σε αντιστοιχία με τη στρωματογραφική στήλη (Εικόνα 79), καθώς και ένας συγκεντρωτικός πίνακας απεικόνισης της ομαδοποίησης των δειγμάτων της γεώτρησης και των αποτελεσμάτων ιζηματολογικής ανάλυσης (Πίνακας 5).

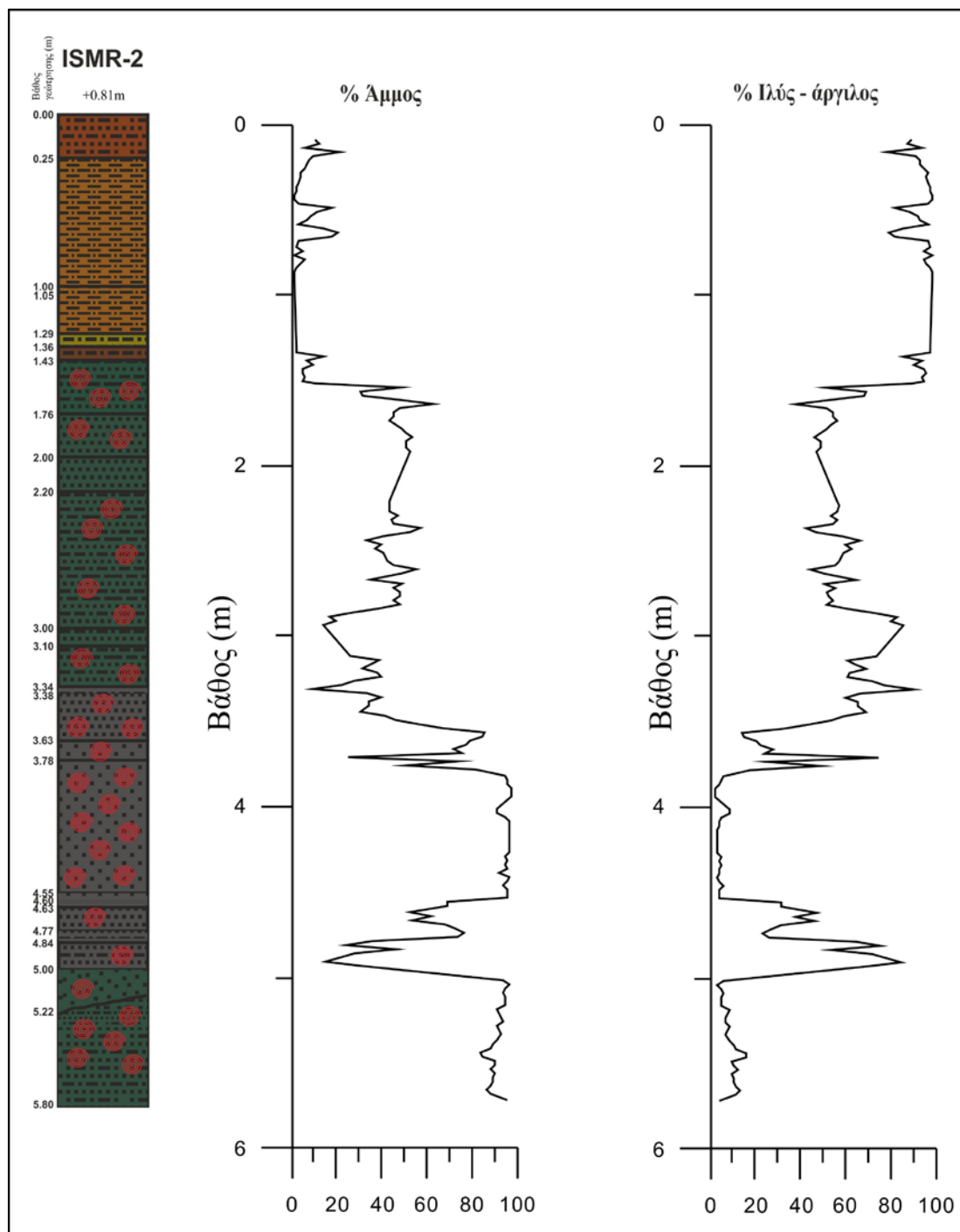
Επιπλέον, παρατίθενται μια εικόνα με τα ποσοστά άμμου και ιλύος - αργίλου των επιμέρους δειγμάτων σε σύγκριση με τη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης ISMR-2, όπως προέκυψαν μετά το πλύσιμο σε κόσκινο διαμέτρου 0,063 mm (Εικόνα 80) και μια ακόμη, όπου απεικονίζονται τα ποσοστά άμμου, ιλύος και αργίλου των ομαδοποιημένων δειγμάτων (Εικόνα 81).



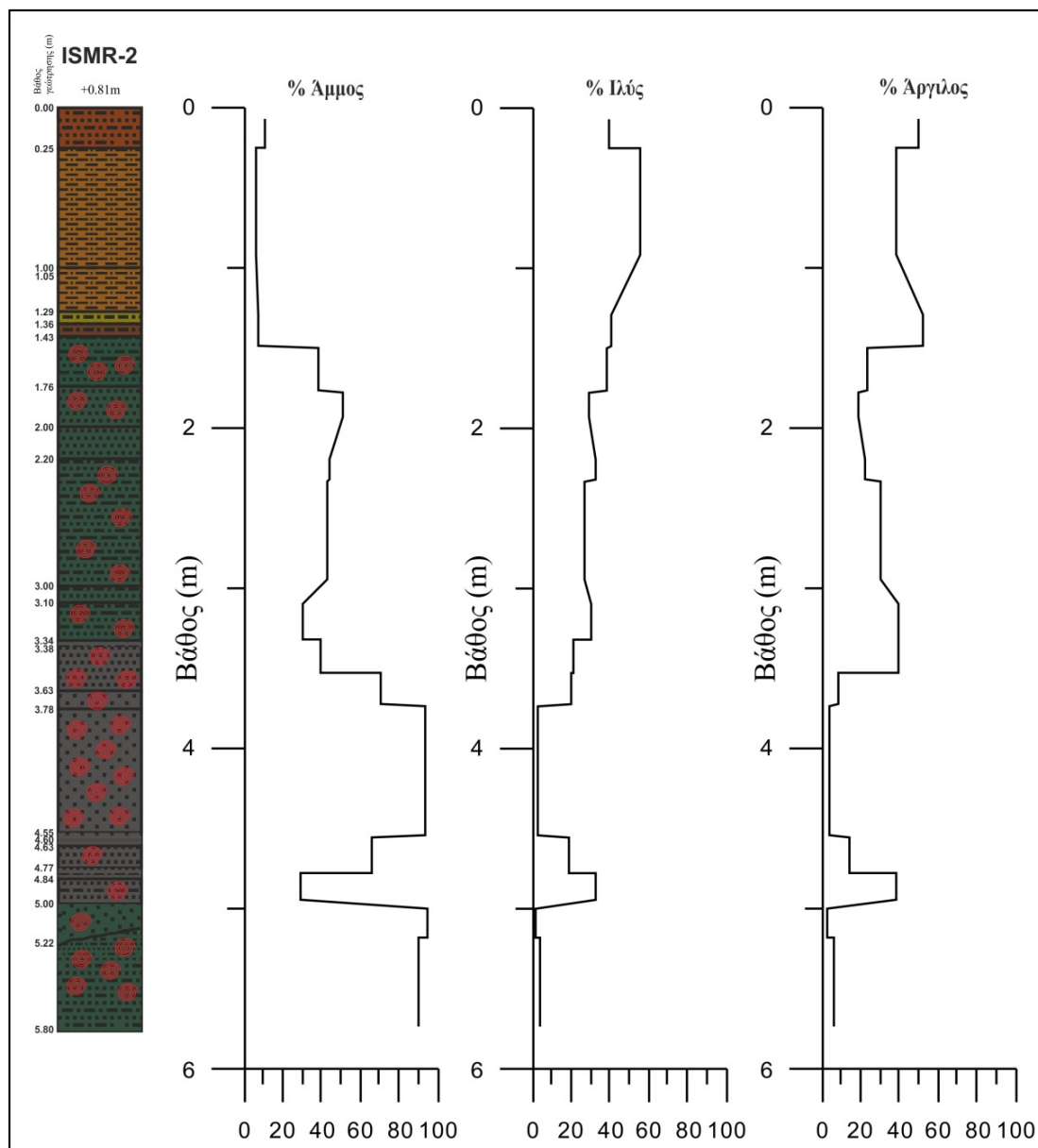
Εικόνα 79: Λιθολογικός χαρακτηρισμός της γεώτρησης ISMR-2 ανά ομάδα.

ΟΝΟΜΑ ΟΜΑΔΑΣ	ΒΑΘΟΣ ΣΕ (cm) ΑΠΟ:	ΒΑΘΟΣ ΣΕ (cm) ΕΩΣ:	ΠΟΣΟΣΤΟ % ΑΜΜΟΥ	ΠΟΣΟΣΤΟ % ΙΛΥΟΣ-ΑΡΓΙΛΟΥ	ΠΟΣΟΣΤΟ % ΙΛΥΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ % ΑΡΓΙΛΟΥ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
15° δείγμα - ISMR-2	7,5 - 10	22,5 - 25	10,59	89,41	39,95	49,46	Αμμούχος πηλός
14° δείγμα - ISMR-2	25 - 27,5	90 - 92,5	5,74	94,26	56,22	38,04	Πηλός
13° δείγμα - ISMR-2	129 - 132,5	147 - 149	7,09	92,91	40,51	52,40	Πηλός
12° δείγμα - ISMR-2	149 - 151	175 - 177	38,75	61,25	37,93	23,32	Αμμούχος πηλός
11° δείγμα - ISMR-2	177 - 180	190 - 193	51,18	48,82	29,42	19,40	Ιλυούχος άμμος
10° δείγμα - ISMR-2	220 - 222,5	230 - 232,5	44,14	56,66	33,05	22,81	Αμμούχος πηλός
9° δείγμα - ISMR-2	232,5 - 235	292,5 - 295	43,20	56,80	26,80	30,00	Αμμούχος πηλός
8° δείγμα - ISMR-2	310 - 312,5	330 - 332	29,92	70,08	30,14	39,94	Αμμούχος πηλός
7° δείγμα - ISMR-2	332 - 335	350 - 352,5	39,58	60,43	21,21	39,22	Αμμούχος πηλός
6° δείγμα - ISMR-2	352,5 - 355	370 - 372,5	70,93	29,07	20,03	9,04	Αμμούχος πηλός
5° δείγμα - ISMR-2	372,5 - 375	452,5 - 454	93,06	6,94	3,20	3,74	Ιλυούχος άμμος
4° δείγμα - ISMR-2	454 - 457	475 - 477,5	66,37	33,63	18,80	14,83	Πηλούχος άμμος
3° δείγμα - ISMR-2	477,5 - 480	492 - 494	28,91	71,09	32,89	38,20	Αμμούχος πηλός
2° δείγμα - ISMR-2	500 - 502,5	515 - 517,5	94,91	5,09	1,80	3,29	Άμμος
1° δείγμα - ISMR-2	517,5 - 520	570 - 573	90,05	9,95	3,70	6,25	Άμμος

Πίνακας 5: Ομαδοποίηση των δειγμάτων της γεώτρησης και αποτελέσματα ιζηματολογικής ανάλυσης.



Εικόνα 80: Απεικόνιση των ποσοστών άμμου και ιλύος - αργίλου των επιμέρους δειγμάτων σε σύγκριση με τη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης ISMR-2, όπως προέκυψαν μετά το πλύσιμο σε κόσκινο διαμέτρου 0,063 mm.



Εικόνα 81: Απεικόνιση των ποσοστών άμμου, ιλύος και αργίλου των ομαδοποιημένων δειγμάτων σε σύγκριση με τη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης ISMR-2.

5.3 Σύνοψη πανίδας μαλακίων

5.3.1 Πανίδα

Μελετήθηκαν παλαιοντολογικά και τα 191 δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 και εντοπίστηκε πανίδα ασπόνδυλων απολιθωμάτων στα 148 από αυτά, σε βάθη από 1,49 m έως 5,73 m.

Η πανίδα των γαστεροπόδων αποτελείται από *Bittium* spp., *Cerithium* spp., *Rissoa* spp., *Cyclopes* sp., *Caecum* spp., *Hydrobia* sp., *Retusa* spp., *Planorbis* sp., *Potamides* sp. και *Gibbula* sp., και η πανίδα των δίθυρων από *Loripes* sp., *Parvicardium* sp., *Venus* spp., *Tapes* sp., *Donax* sp., *Plagiocardium* sp., *Glycymeris* sp., *Cerastoderma* sp., *Abra* sp., *Mactra* sp., *Dosinia* sp., *Clausinella* sp., *Corbula* sp., *Barbatia* sp., *Arca* sp., *Pecten* sp., *Chlamys* sp. και *Mytilus* sp..

Ακόμη, συλλέχθηκαν και κάποια επιπλέον είδη μαλακίων, τα οποία όμως δεν έχουν προσδιοριστεί. Σε κάποια από αυτά τα δείγματα εντοπίστηκαν σκαφόποδα όπως *Dentalium* sp., εχινοειδή, καρκινοειδή, τρηματοφόρα, οστρακώδη, βρυόζωα, οργανικό υλικό, φύλλα και βλαστοί φυτών και σπόροι.

Εκτός από τα μαλάκια, απομονώθηκαν και μελετήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής ειδικευσης φύλλα και βλαστοί που εντοπίστηκαν σε βάθος 4,57 m - 4,60 m σε δείγμα της ISMR-2. Ο Ζέρβας Δημήτρης, MSc βιολόγος του ΕΚΒΥ, προσδιόρισε πως ανήκουν στο φυτό *Ruppia maritima*. Η ύπαρξη ενδεχομένως και κάποιου άλλου είδους, δεν αποκλείεται (Εικόνα 82).



Εικόνα 82: Φύλλα και βλαστοί του φυτού *Ruppia maritima* από δείγμα της ISMR-2 σε βάθος 4,57 m - 4,60 m.

Σε όλα τα δείγματα που μελετήθηκαν, μετρήθηκαν τα πλήρη άτομα γαστεροπόδων, ο αριθμός των θυρίδων των δίθυρων και προέκυψε το πλήθος των απολιθωμάτων για κάθε ένα ξεχωριστά (Εικόνα 83). Τα θραύσματα οστράκων παρότι ήταν αρκετά, δε μετρήθηκαν και δε λήφθηκαν υπόψη, παρά μόνο χαρακτηριστικά τμήματα κελυφών μαλακίων.

Προκειμένου να καθοριστούν περιβαλλοντικές ενότητες στη γεώτρηση ISMR-2, προσδιορίστηκαν το περιβάλλον και οι συνθήκες διαβίωσης και

αναπαραγωγής των μαλακίων που εντοπίστηκαν στα δείγματα. Το ίδιο έγινε και για τα φυτά που συλλέχθηκαν.

Σύμφωνα με τη Σακελλαρίου (1957), τα Veneridae αναπαράγονται και ζουν σε συνθήκες ευρείας αλατότητας μεν, αυξημένης δε, συνεπώς δηλώνουν θαλάσσιο περιβάλλον.

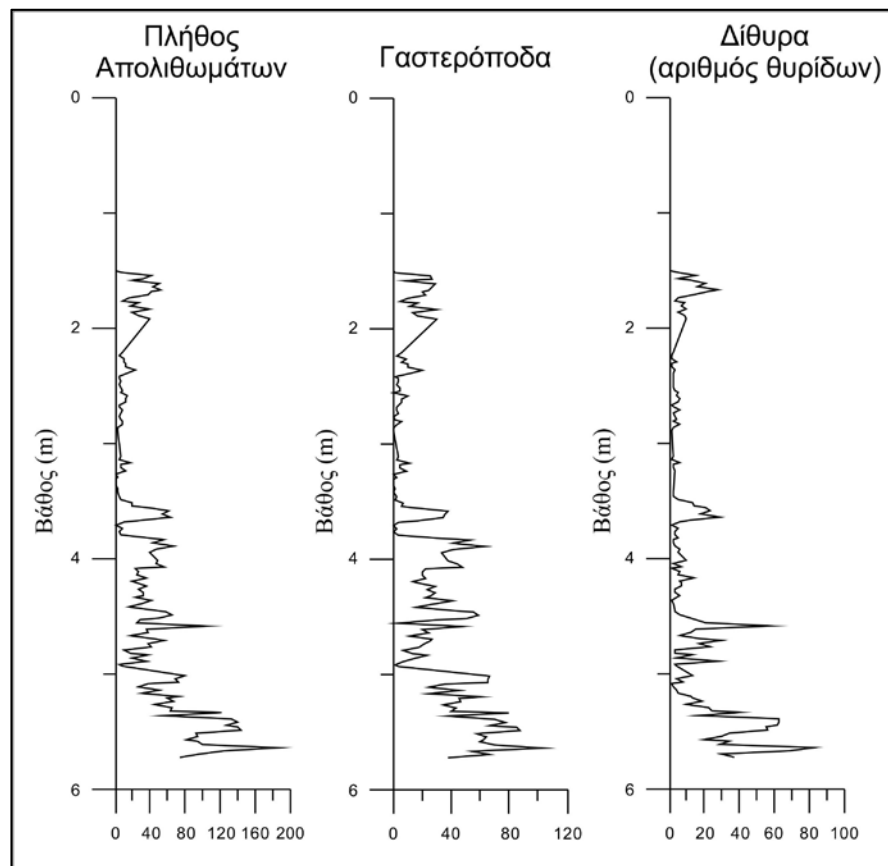
Τα *Bittium* spp. και *Parvicardium* sp. προτιμούν επίσης νερό υψηλής αλατότητας, αλλά έχουν πολύ μεγαλύτερο εύρος στην τιμή διακύμανσής της. Έτσι συναντώνται σε περιβάλλον που χαρακτηρίζεται ευρύαλο θαλάσσιο έως λιμνοθαλάσσιο.

Τέλος, τα δίθυρα *Cerastoderma* sp., *Abra* sp. και *Mactra* sp., αναπαράγονται σε υφάλμυρο-λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον με το *Cerastoderma* sp. να εμφανίζει ιδιαίτερη ευαισθησία στην αλλαγή ενεργειακής κατάστασης του περιβάλλοντός του. Μπορεί να αναπαραχθεί μόνο σε ήρεμες συνθήκες, όταν δεν υπάρχουν κυματισμοί στην περιοχή.

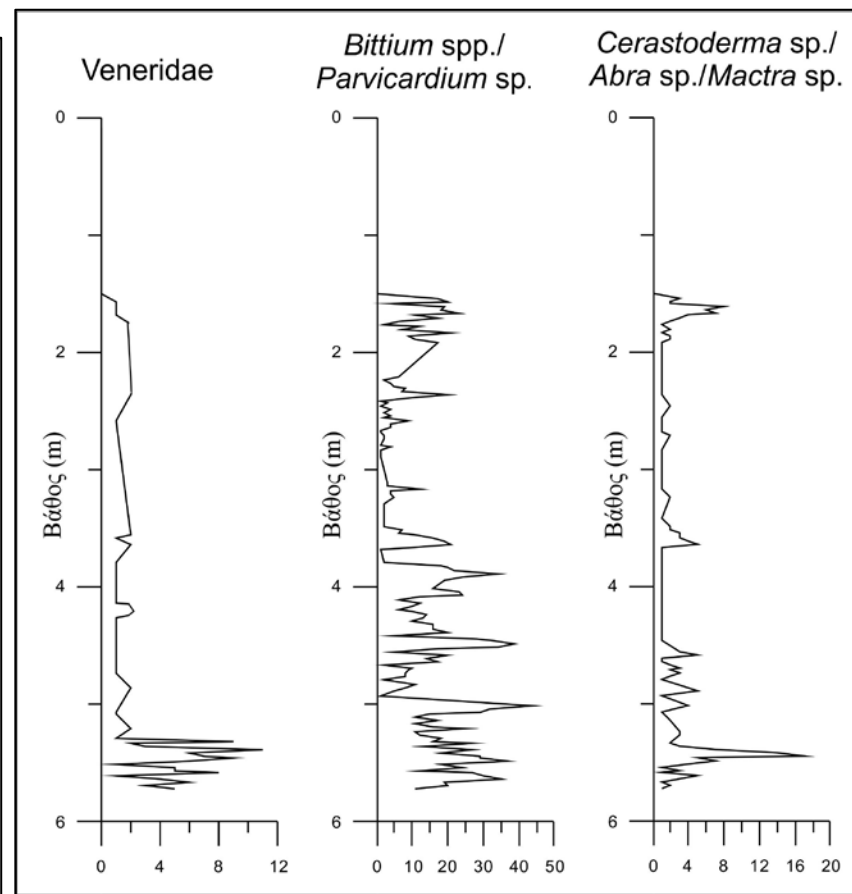
Επίσης, το φυτό *Ruppia maritima*, που βρέθηκε στα δείγματα της γεώτρησης, σύμφωνα με τον Ζέρβα Δημήτρη, MSc βιολόγο του ΕΚΒΥ αλλά και τους Ailstock, Shafer and Magoun (2010), ζει αποκλειστικά σε υφάλμυρο-λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον και είναι πάρα πολύ ευαίσθητο στις μεταβολές της αλατότητας. Ακόμη και ελάχιστα αν αυξηθεί ή μειωθεί η αλατότητα του περιβάλλοντος, εξαφανίζεται.

Ζει στην επιφάνεια του νερού και έχει ριζικό σύστημα μήκους συνήθως έως 20 cm. Όταν επικρατεί κυματισμός στην περιοχή, συσσωματώνεται όπως φαίνεται στην Εικόνα 82 και αποτίθεται στην ακτή.

Με βάση τα μαλάκια και τα διαφορετικά περιβάλλοντα που μπορούν να προσδιοριστούν, μετρήθηκε ξεχωριστά για κάθε μια από τις τρεις κατηγορίες και για κάθε ένα δείγμα της γεώτρησης το πλήθος όλων των Veneridae για θαλάσσιο περιβάλλον, των *Bittium* spp. και *Parvicardium* sp., για ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον και το πλήθος των *Cerastoderma* sp., *Abra* sp. και *Mactra* sp. για υφάλμυρο περιβάλλον (Εικόνα 84).



Εικόνα 83: Πλήθος απολιθωμάτων, πλήρη άτομα γαστεροπόδων και αριθμός θυρίδων των διθύρων της γεώτρησης ISMR-2.



Εικόνα 84: Πλήθος των γαστεροπόδων *Bittium* spp. και των διθύρων *Veneridae*, *Parvicardium* sp., *Cerastoderma* sp., *Abra* sp. και *Mactra* sp. της γεώτρησης ISMR-2.

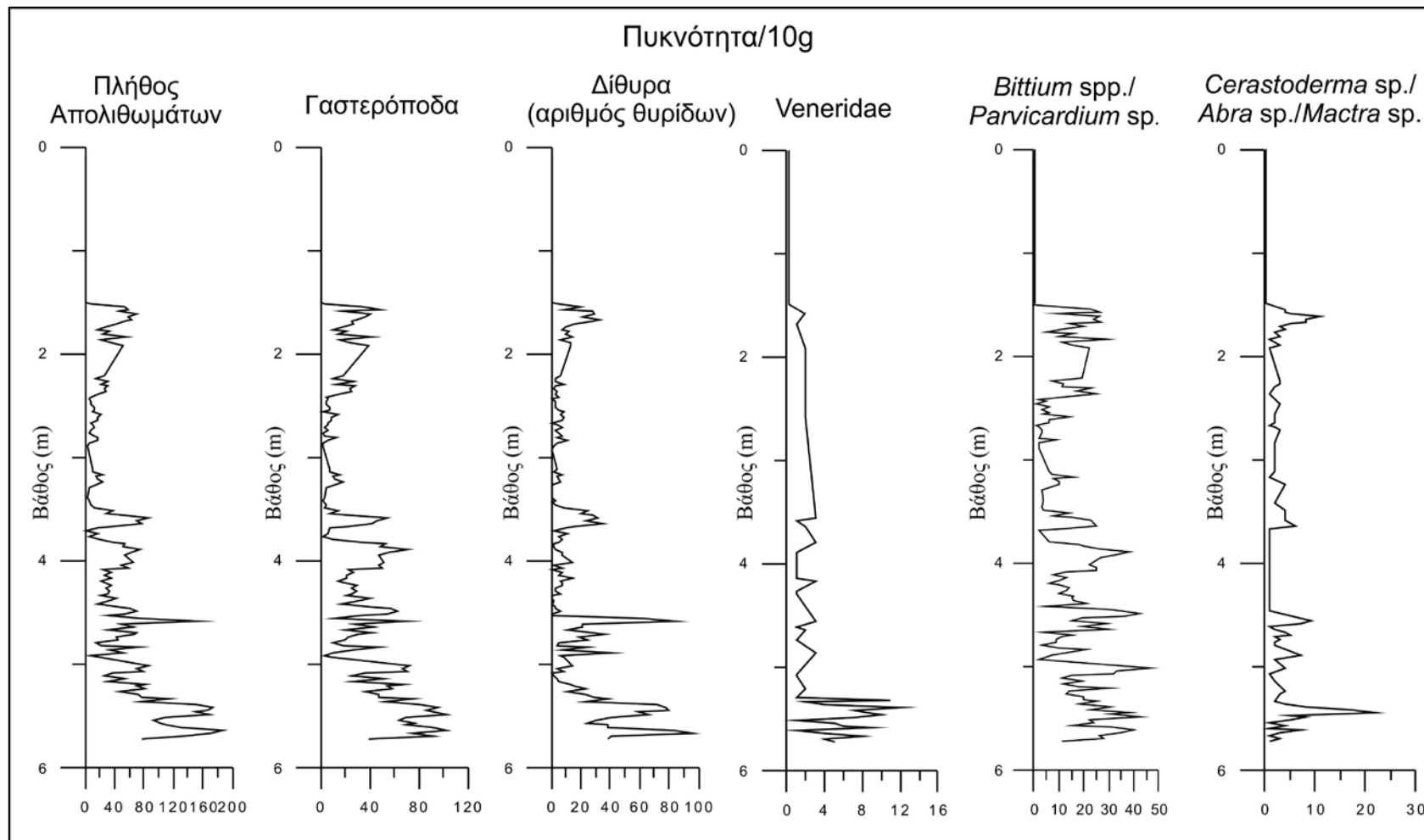
Αναλυτικότερα, στο ανώτερο τμήμα της γεώτρησης ISMR-2 βάθους 0,00 m - 1,49 m από την επιφάνεια, απουσιάζει τόσο η πανίδα ασπόνδυλων όσο και φυτών.

Στο μεσαίο τμήμα βάθους 1,49 m - 3,68 m, εμφανίζεται πανίδα μαλακίων η οποία περιέχει σε αφθονία *Cerastoderma* sp., *Abra* sp., *Mactra* sp. και *Bittium* spp., η οποία συνοδεύεται από την ύπαρξη *Rissoa* spp., *Caecum* spp., *Loripes* sp., *Parvicardium* sp., εχινοειδών, καθώς και θραυσμάτων καρκινοειδών. Η μέγιστη πυκνότητα αριθμού θυρίδων για *Mactra* sp. είναι 11/10g και για πλήρη άτομα *Bittium* spp. 29/10g. Επίσης, σε όλο αυτό το βάθος, εμφανίζονται φύλλα και βλαστοί του φυτού *Ruppia maritima*.

Στο επόμενο τμήμα της γεώτρησης και σε βάθος 3,68 m - 4,54 m, η πανίδα των μαλακίων που εμφανίζεται, αντιπροσωπεύεται κυρίως από τα γένη *Bittium* spp. και *Parvicardium* sp., *Loripes* sp., και *Dosinia* sp., ενώ σε μικρότερη πυκνότητα εμφανίζονται τα *Cerithium* spp., *Rissoa* spp., *Caecum* spp., *Tapes* sp., *Donax* sp.. Ακόμη παρατηρείται η παρουσία εχινοειδών, καρκινοειδών και επίσης μικρή συγκέντρωση αντιπροσώπων της οικογένειας Veneridae. Σε αυτό το τμήμα, η μέγιστη πυκνότητα πλήρων ατόμων *Bittium* spp. είναι 42/10g, ενώ παρατηρείται πως τα *Cerastoderma* sp., *Abra* sp. και *Mactra* sp., απουσιάζουν παντελώς. Επίσης, απουσιάζουν φύλλα και βλαστοί του φυτού *Ruppia maritima*, εκτός από τα 12 πρώτα εκατοστά του τμήματος.

Τέλος, στο κατώτερο τμήμα βάθους 4,54 m - 5,80 m, η πανίδα των μαλακίων συνίσταται κυρίως από *Bittium* spp., Veneridae, *Cerastoderma* sp. και *Mactra* sp., συνοδευόμενη από *Cerithium* spp., *Rissoa* spp., *Caecum* spp., *Hydrobia* sp., *Parvicardium* sp., *Donax* sp., *Plagiocardium* sp., *Dosinia* sp., *Clausinella* sp., *Arca* sp., *Mytilus* sp. εχινοειδή και καρκινοειδή. Σε αυτό το τμήμα, παρατηρήθηκε η υψηλότερη συγκέντρωση από Veneridae από ότι σε όλο το μήκος της γεώτρησης. Η μέγιστη πυκνότητα για πλήρη άτομα *Bittium* spp. είναι 47/10g, ενώ για αριθμό θυρίδων Veneridae και *Mactra* sp. είναι 12/10g και 22/10g αντίστοιχα. Επίσης και σε αυτό το τμήμα απουσιάζουν φύλλα και βλαστοί του φυτού *Ruppia maritima*, εκτός από τα 12 πρώτα εκατοστά του.

Ακολουθεί εικόνα όπου φαίνονται αναλυτικά η πυκνότητα και η σχετική συνάθροιση/10 g της πανίδας μαλακίων σε όλο το μήκος της γεώτρησης ISMR-2 (Εικόνα 85).

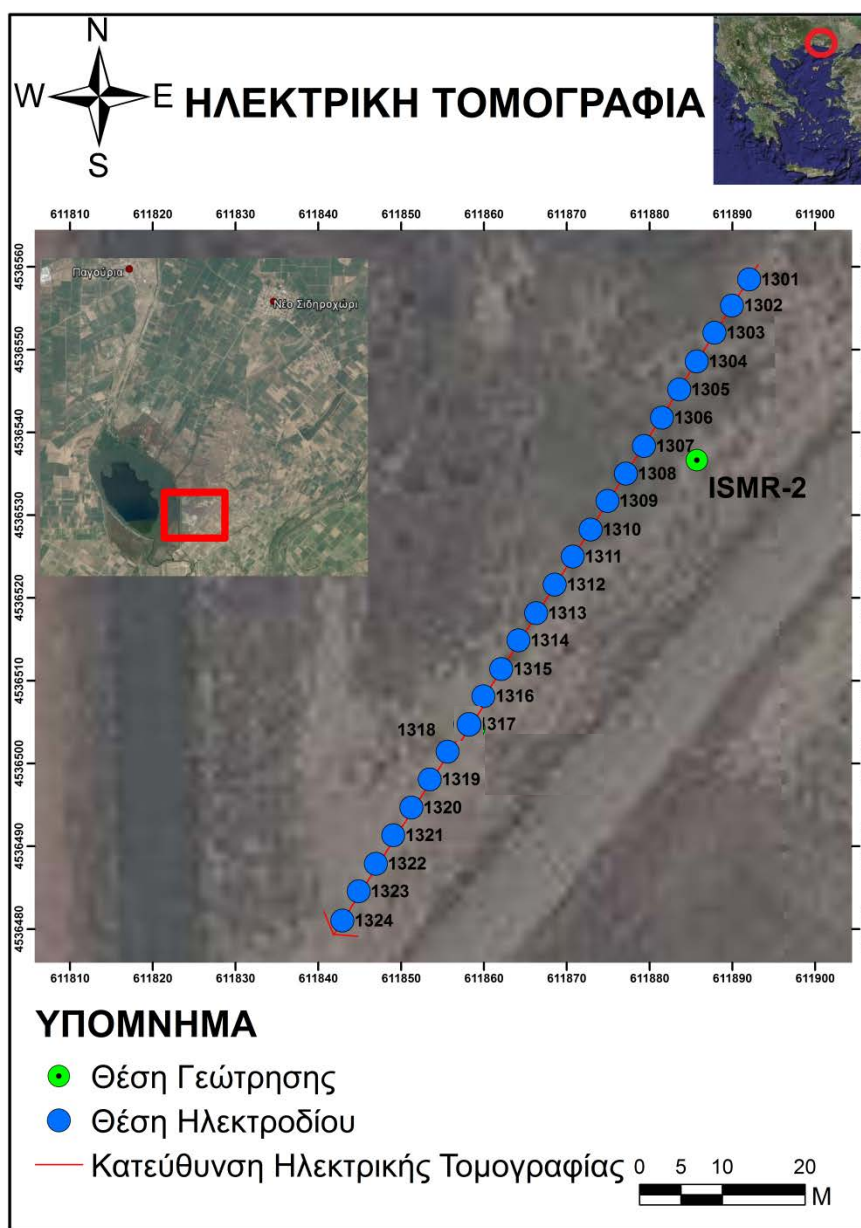


Εικόνα 85: Έκφραση της πυκνότητας και των σχετικών συναθροίσεων/10 g της πανίδας μαλακίων της γεώτρησης ISMR-2.

5.4 Ηλεκτρική Τομογραφία

5.4.1 Λήψη και επεξεργασία μετρήσεων

Η ηλεκτρική τομογραφία που εκτελέστηκε στην περιοχή μελέτης νοτιοανατολικά της λίμνης Ισμαρίδας, είχε κατεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και συνολικό μήκος 96m. Χρησιμοποιήθηκαν 24 ηλεκτρόδια τα οποία τοποθετήθηκαν σε απόσταση 4m το ένα από το άλλο (Εικόνα 86). Η διάταξη που επιλέχθηκε είναι η διπόλου-διπόλου, η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλή διακριτική ικανότητα τόσο στις πλευρικές όσο και στις κατακόρυφες μεταβολές της υπεδάφειας αντίστασης.



Εικόνα 86: Η ηλεκτρική τομογραφία που εκτελέστηκε στην περιοχή μελέτης με κατεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και η θέση της γεώτρησης.

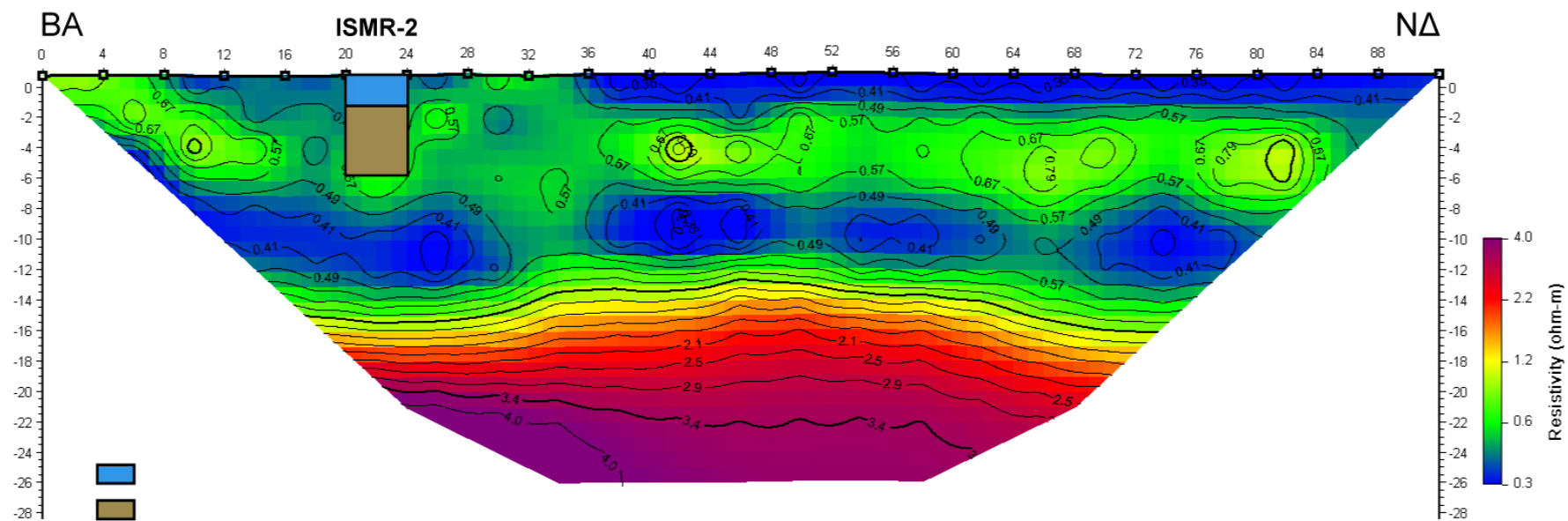
Z (m)	X (m)	Y (m)	code
0,731	611892,043	4536558,475	1301
0,781	611889,973	4536555,334	1302
0,754	611887,835	4536552,034	1303
0,719	611885,702	4536548,56	1304
0,695	611883,581	4536545,172	1305
0,738	611881,524	4536541,77	1306
0,757	611879,33	4536538,357	1307
0,82	611877,154	4536535,021	1308
0,713	611874,929	4536531,724	1309
0,821	611872,894	4536528,266	1310
0,795	611870,743	4536525,004	1311
0,822	611868,566	4536521,619	1312
0,89	611866,313	4536518,164	1313
0,97	611864,182	4536514,88	1314
0,925	611862,104	4536511,413	1315
0,843	611859,944	4536508,136	1316
0,839	611857,769	4536504,754	1317
0,813	611855,613	4536501,438	1318
0,789	611853,468	4536498,079	1319
0,778	611851,261	4536494,673	1320
0,786	611849,06	4536491,335	1321
0,86	611846,958	4536487,895	1322
0,847	611844,882	4536484,564	1323
0,83	611842,922	4536481,021	1324

Πίνακας 6: Απόλυτο υψόμετρο (Z), συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ 87 (X, Y) και κωδική ονομασία της θέσης κάθε ηλεκτροδίου (code).

5.4.2 Επεξεργασία δεδομένων

Η απεικόνιση των μετρήσεων έγινε με τη μορφή ψευδοτομής, αφού ελέγχθηκαν πρώτα, ώστε να απορριφθούν μετρήσεις με τυχόν μεγάλο σφάλμα. Έπειτα, τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε δισδιάστατη αντιστροφή (Tsourlos, 1995), με τα αποτελέσματα να είναι αρκετά αξιόπιστα (Εικόνα 87).

Οι χαμηλότερες τιμές της ηλεκτρικής αντίστασης απεικονίζονται οπτικά με μπλε χρώμα, ενώ οι υψηλότερες με κόκκινο ως ιώδες. Οι ενδιάμεσες τιμές ακολουθούν τις χρωματικές διαβαθμίσεις της κλίμακας μπλε-ιώδους.



Εικόνα 87: Απεικόνιση των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας με τη μορφή ψευδοτομής, καθώς και της θέσης της γεώτρησης σε αυτή.

5.4.3 Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Από τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση της ηλεκτρικής τομογραφίας, παρατηρούνται χαμηλές ηλεκτρικές αντιστάσεις σε όλο το μήκος της για τα πρώτα 4 m - 4,5 m βάθος από την επιφάνεια, με τιμές 0,3 ohm·m - 0,5 ohm·m. Οι τιμές αυτές υποδηλώνουν σχετικά συνεκτικά ιλυοαργιλώδη ιζήματα, γεγονός που βρίσκεται σε γενικές γραμμές σε συμφωνία με τον λιθολογικό χαρακτηρισμό της γεώτρησης, δεδομένης της έως 0,5 m διακριτικής ικανότητας.

Από το βάθος των 4 m - 4,5 m και για περίπου 3,5 m πάχος ως το βάθος των 7 m - 8 m, παρατηρούνται υψηλότερες τιμές ηλεκτρικών αντιστάσεων που κυμαίνονται από 0,5 ohm·m έως 0,8 ohm·m. Οι τιμές αυτές υποδηλώνουν λιγότερο συνεκτικά-αδρόκοκκα ιζήματα, γεγονός που βρίσκεται σε συμφωνία με τον λιθολογικό χαρακτηρισμό της γεώτρησης έως τα 5,80 m, όπου και ολοκληρώθηκε η διάτρηση.

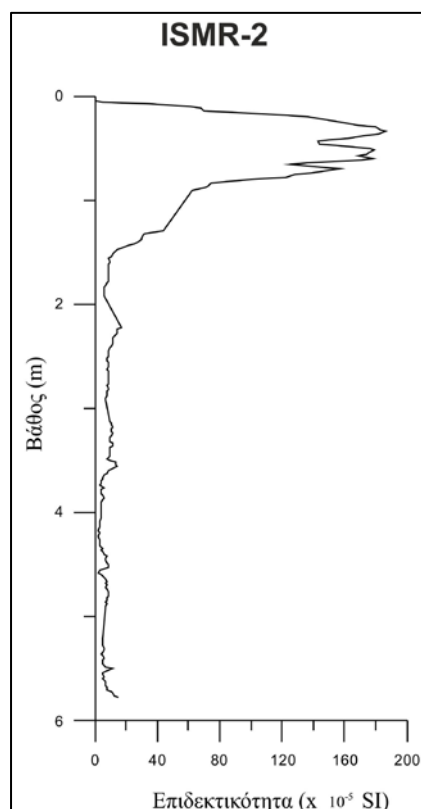
Για τα επόμενα 6 m ως το βάθος των 13m - 14 m συναντώνται ξανά χαμηλές αντιστάσεις με τιμές 0,3 ohm·m - 0,5 ohm·m, και υποδηλώνουν και πάλι πιο συνεκτικά-ιλυοαργιλώδη ιζήματα.

Από αυτό το βάθος έως και τα 24 m που μας δίνεται η δυνατότητα ερμηνείας από την τομογραφία, οι τιμές των ηλεκτρικών αντιστάσεων αυξάνονται σταδιακά και συνεχώς ως και τα 4 ohm·m, τιμές που αντιστοιχούν σε σχηματισμούς υποβάθρου.

5.5 Μαγνητική επιδεκτικότητα

Κατά βάθος των ληφθέντων πυρήνων, παρατηρείται διαβάθμιση στις τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας των ιζημάτων.

Για τη γεώτρηση ISMR-2, οι υψηλότερες τιμές συναντώνται στο ανώτερο τμήμα της σε βάθος 0,00 m - 1,49 m, με τη μέγιστη τιμή να φτάνει $186,2 \times 10^{-5}$ SI. Στο υπόλοιπο τμήμα της γεώτρησης, για βάθος 1,49 m - 5,80 m, οι τιμές διαφοροποιούνται και κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα, από $2,1 \times 10^{-5}$ SI έως $17,2 \times 10^{-5}$ SI, με τη μέγιστη τιμή να συναντάται στο βάθος των 2,22 m (Εικόνα 88).



Εικόνα 88: Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας για τη γεώτρηση ISMR-2.

5.6 Αποτελέσματα ραδιοχρονολόγησης ^{14}C

Τέσσερα δείγματα θαλάσσιων οστράκων και φυτικών υπολειμμάτων από τη γεώτρηση ISMR-2, χρονολογήθηκαν με τη μέθοδο ^{14}C - AMS. Τα χρονολογημένα δείγματα, το βάθος που εντοπίστηκαν υπό τη σημερινή μέση στάθμη της θάλασσας, καθώς και η βαθμονομημένη ηλικία τους, παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Sample Code/ Lab. number	Depth (m) b.m.s.l.	Material	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratio (‰)	Conventional R/C Age	2 σ Calibrated age
12-ISMR2-155/ Beta - 397441	0,74	<i>Cerastoderma glaucum</i>	-1.4	2490 +/- 30 BP	Cal BC 145 - AD 100 (Cal BP 2095-1850)
13-ISMR2-373/ Beta - 397442	2,92	<i>Ruppia maritima</i>	-14.4	2960 +/- 30 BP	Cal BC 1065-1055 (Cal BP 3015-3005)
14-ISMR2-459/ Beta - 397443	3,78	<i>Ruppia maritima</i>	-13	3150 +/- 30 BP	Cal BC 1460-1390 (Cal BP 3410-3340)
15-ISMR2-564/ Beta - 397444	4,83	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	+1.4	5210 +/- 30 BP	Cal BC 3605-3345 (Cal BP 5555-5295)

Πίνακας 7: Αποτελέσματα ραδιοχρονολόγησης των δειγμάτων ISMR-2 στη λίμνη Ισμαρίδα, βαθμονομημένα με IntCal13 (Reimer et al., 2013).

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για τον εντοπισμό των γεωμορφολογικών μεταβολών της λίμνης Ισμαρίδας επεξεργάστηκαν ιστορικοί και γεωλογικοί χάρτες, αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες από το Google Earth και παράχθηκαν νέοι χάρτες. Σε κάθε έναν, μετρήθηκε η μέγιστη έκταση της λίμνης, η περιοχή της λίμνης με νερό, η περιοχή της με υπερυδατική βλάστηση (κυρίως καλαμιών), όπου αυτό ήταν δυνατό, και τέλος η έκταση του πλημμυρικού της πεδίου.

Η έρευνα και οι εργασίες πεδίου που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της λίμνης Ισμαρίδας, περιλαμβάνουν μια γεώτρηση και μια ηλεκτρική διασκόπηση. Από τη μελέτη της γεώτρησης εξήχθησαν συμπεράσματα για την πανίδα ασπόνδυλων απολιθωμάτων (μαλακίων) και την ιζηματολογία της περιοχής, σε συνδυασμό με τις τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας των ιζημάτων και των ραδιοχρονολογήσεων. Η ηλεκτρική διασκόπηση, μας επιτρέπει τον διαχωρισμό των ιζημάτων πριν τη διάτρηση, σε αδρόκοκκα ή λεπτόκοκκα και κορεσμένα σε νερό ή μη. Από τη σύνθεση όλων των παραπάνω αποτελεσμάτων, προέκυψαν οι περιβαλλοντικές μεταβολές της λίμνης.

6.1 Γεωμορφολογικές μεταβολές

Ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρέασε και μετέβαλε την περιοχή, είναι τα τεχνικά έργα που πραγματοποιήθηκαν. Η κατασκευή της τεχνητής κοίτης του ποταμού Βοσβόζη, του ανατολικού αναχώματος της λίμνης και της αποστραγγιστικής τάφρου με δύο αντλιοστάσια, συνέβαλαν στη διαμόρφωση των συνθηκών όπως είναι σήμερα ως εξής:

Λόγω της διευθέτησης του Βοσβόζη, διεκόπη η τροφοδοσία του παλαιού βόρειου πλυμμηρικού πεδίου της Ισμαρίδας με λεπτόκοκκα ιζήματα από το δέλτα του, με αποτέλεσμα όλα τα λεπτόκοκκα υλικά του να αποτίθενται μέσα στη λίμνη και να την πληρώνουν σταδιακά. Αυτή η κατασκευή, σε συνδυασμό με το ανατολικό ανάχωμα του 1974 που την περιόρισε στο βορειοανατολικό της τμήμα, άλλαξαν τις φυσικοχημικές συνθήκες της λίμνης.

Οι φυσικοχημικές συνθήκες της λίμνης όμως άλλαξαν και λόγω της μεταβολής της συχνότητας και του όγκου εισόδου θαλασσινού νερού σε αυτή. Το 1950 διανοίχθηκε ο δίαυλος επικοινωνίας της με τη θάλασσα και την περίοδο 1985 - 1986 εκβαθύνθηκε και διαπλατύνθηκε περαιτέρω για ιχθυοκαλλιεργητικούς σκοπούς.

Από το 1974 και έπειτα, έως και σήμερα αυξάνεται η υπερυδατική βλάστηση στη λίμνη. Παρατηρείται συνεχής αύξηση των καλαμιών και κατ' επέκταση μείωση της έκτασης με νερό. Εξαιτίας της μη σωστής συντήρησης του αναχώματος και της μη αποτελεσματικής του απόδοσης για τον σκοπό που είχε κατασκευαστεί, το 1991 παρατηρήθηκε εκτόνωση της λίμνης στο βόρειο τμήμα της, περνώντας πάνω από το ανάχωμα. Η έκταση που καλύπτει η λίμνη όταν εκτονώνεται στη βόρεια πλευρά της, με την πάροδο των ετών γίνεται όλο και μεγαλύτερη. Επειδή όμως δε λειτουργούν τα δύο αντλιοστάσια, δε λειτουργεί και η αποστραγγιστική τάφρος που κατασκευάστηκε εξωτερικά του αναχώματος. Έτσι το νερό λιμνάζει στην περιοχή και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχουν εγκαταληφθεί, επειδή έχουν υποστεί υφαλμύρωση.

Η έκταση τόσο της λίμνης όσο και του πλημμυρικού της πεδίου που παλαιότερα καταλάμβαναν μια συγκεκριμένη έκταση, με την πάροδο των ετών τείνουν να μειώνονται συνεχώς και επίσης επεκτείνεται διαρκώς ο καλαμιώνας.

6.2 Περιβαλλοντικές μεταβολές - παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λίμνης Ισμαρίδας

Στην παρούσα εργασία, η γεώτρηση ISMR-2, μελετήθηκε ως προς την πανίδα ασπόνδυλων μαλακίων σε όλο της το μήκος. Από κάθε δείγμα επιλέχθηκαν όλα τα πλήρη άτομα γαστεροπόδων, οι θυρίδες των δίθυρων καθώς και χαρακτηριστικά τμήματα θραυσμάτων δίθυρων. Επίσης, συλλέχθηκαν άτομα και τμήματα σκαφόποδων, καρκινοειδών και εχινοειδών. Όλα αυτά καταμετρήθηκαν και απεικονίζεται το πλήθος όλων των μαλακίων, των γαστερόποδων και του αριθμού των θυρίδων των δίθυρων στο Παράρτημα V.

Από την πανίδα μαλακίων που προσδιορίστηκε, επιλέχθηκαν μαλάκια ώστε να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το περιβάλλον διαβίωσής τους. Ομαδοποιώντας τα λοιπόν, διακρίθηκαν τρεις κατηγορίες και μετρήθηκαν τα παρακάτω: ο αριθμός θυρίδων των *Veneridae*, που υποδηλώνουν θαλάσσιο περιβάλλον (Σακελλαρίου, 1957), ο αριθμός θυρίδων του *Parvicardium* sp. και των πλήρων ατόμων *Bittium* spp., που υποδηλώνουν ευρύαλο θαλάσσιο περιβάλλον (Σακελλαρίου, 1957) και ο αριθμός θυρίδων *Cerastoderma* sp., *Abra* sp. και *Mactra* sp., που υποδηλώνουν ευρύαλο υφάλμυρο περιβάλλον (Σακελλαρίου, 1957), με το είδος *Cerastoderma* sp. να είναι πιο ευαίσθητο στις μεταβολές της αλατότητας και των συνθηκών της ενεργειακής κατάστασης (Παράρτημα V).

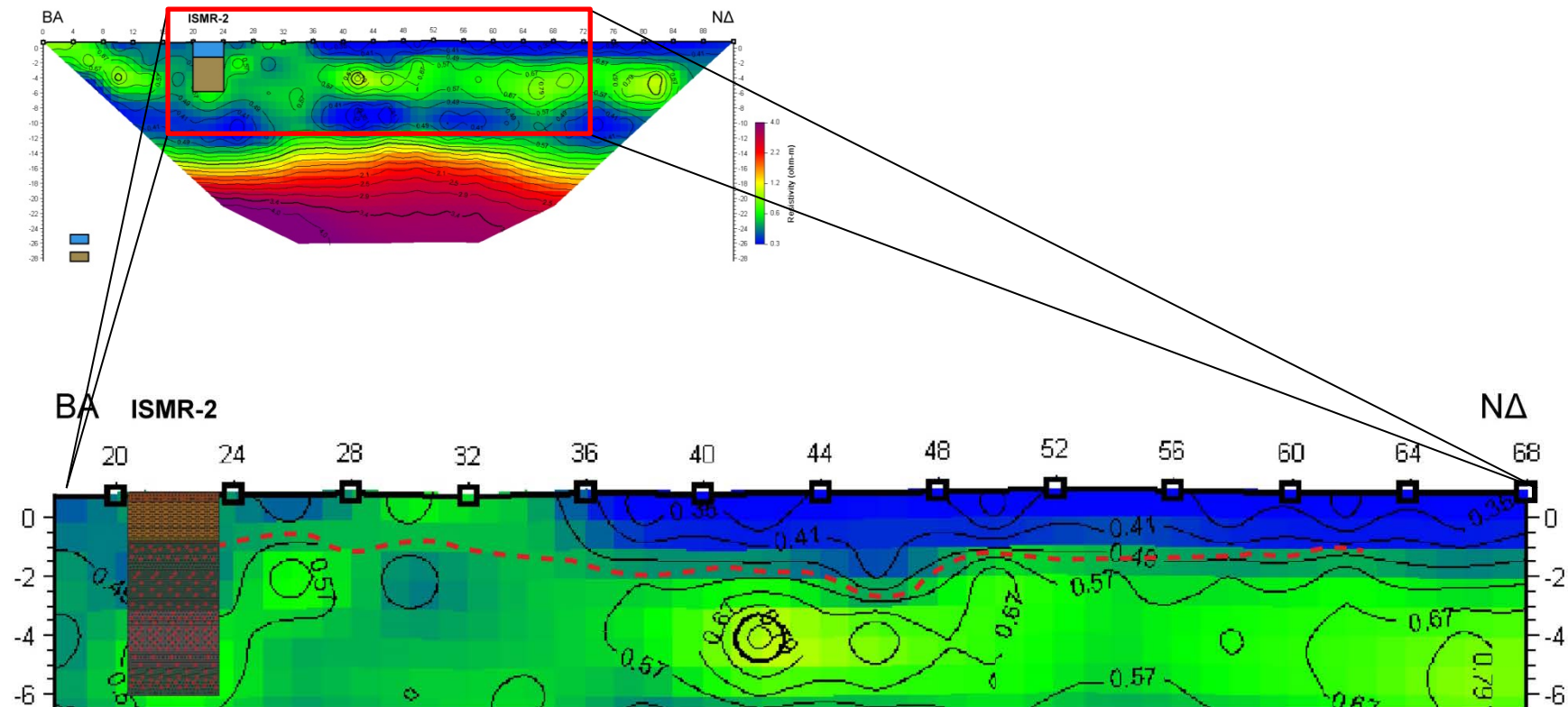
Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις ιζηματολογικές αναλύσεις των δειγμάτων στη γεώτρηση ISMR-2 με τη μέθοδο του σιφωνίου, παρατηρούμε ότι μπορεί να γίνει ομαδοποίηση ως εξής:

Το ανώτερο τμήμα της γεώτρησης, βάθους 0,00 m - 1,49 m, αποτελείται από ιζήματα πηλού και αμμούχου πηλού. Το μεσαίο τμήμα βάθους 1,49 m - 3,70 m, αποτελείται από ιζήματα αμμούχου πηλού και ιλυούχου άμμου. Το επόμενο τμήμα βάθους 3,70 m - 4,54 m, αποτελείται από ιζήματα ιλυούχων άμμων και το κατώτερο τμήμα, 4,54 m - 5,80 m, αποτελείται από ιζήματα πηλούχων άμμων έως άμμων με έναν ορίζοντα 15 cm, αμμούχου πηλού.

Από τις μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας στη γεώτρηση ISMR-2, παρατηρούμε πως για βάθος ως 1,49 m, επικρατούν πάρα πολύ υψηλές τιμές, υποδηλώνοντας χερσαία - ποτάμια ιζήματα. Από αυτά τα βάθη και έπειτα, οι τιμές κυμαίνονται σε πάρα πολύ χαμηλά επίπεδα υποδηλώνοντας πιο υφάλμυρα - αλμυρά ιζήματα (Liu *et al.*, 2012).

Στην ηλεκτρική τομογραφία που έγινε στην περιοχή μελέτης, οι χαμηλές αντιστάσεις για τα πρώτα 4 m - 4,5 m βάθος σχεδόν σε όλο της το μήκος, υποδηλώνουν την επικράτηση λεπτόκοκκων (αργιλικών) ιζημάτων υφάλμυρου περιβάλλοντος. Για τα επόμενα 3,5 περίπου μέτρα, ως το βάθος των 7 m - 8 m, οι τιμές των αντιστάσεων είναι υψηλότερες υποδηλώνοντας πιο αδρόκοκκο (αμμώδη) σχηματισμό, αλλά πάλι σε περιβάλλον υψηλής αλατότητας, υφάλμυρο - αλμυρό, θαλάσσιο. Στη συνέχεια ως το βάθος των 13 m - 14 m, ακολουθεί αργιλικός σχηματισμός υφάλμυρου περιβάλλοντος, ενώ από αυτό το βάθος και έπειτα, οι συγκριτικά μεγάλες αντιστάσεις φανερώνουν την επικράτηση πιο αδρόκοκκων υλικών (υπόβαθρο) (Εικόνα 89).

Λόγω της σχετικά περιορισμένης ανάλυσης της ηλεκτρικής μεθόδου, το πάχος του σχηματισμού που έχουμε καλή διακριτική ικανότητα δεν ξεπερνά το μισό μέτρο. Από την ηλεκτρική διασκόπηση λαμβάνουμε τη γενική πληροφορία των σχηματισμών του υπεδάφους και για πιο λεπτομερή ανάλυση, χρησιμοποιούμε ιζηματολογικά και παλαιοντολογικά αποτελέσματα.



Εικόνα 89: Λεπτομέρεια απεικόνισης της στρωματογραφίας της γεώτρησης στην ηλεκτρική τομογραφία. Με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή ο διαχωρισμός λεπτόκοκκων – αδρόκοκκων ιζημάτων κατά μήκος της τομογραφίας.

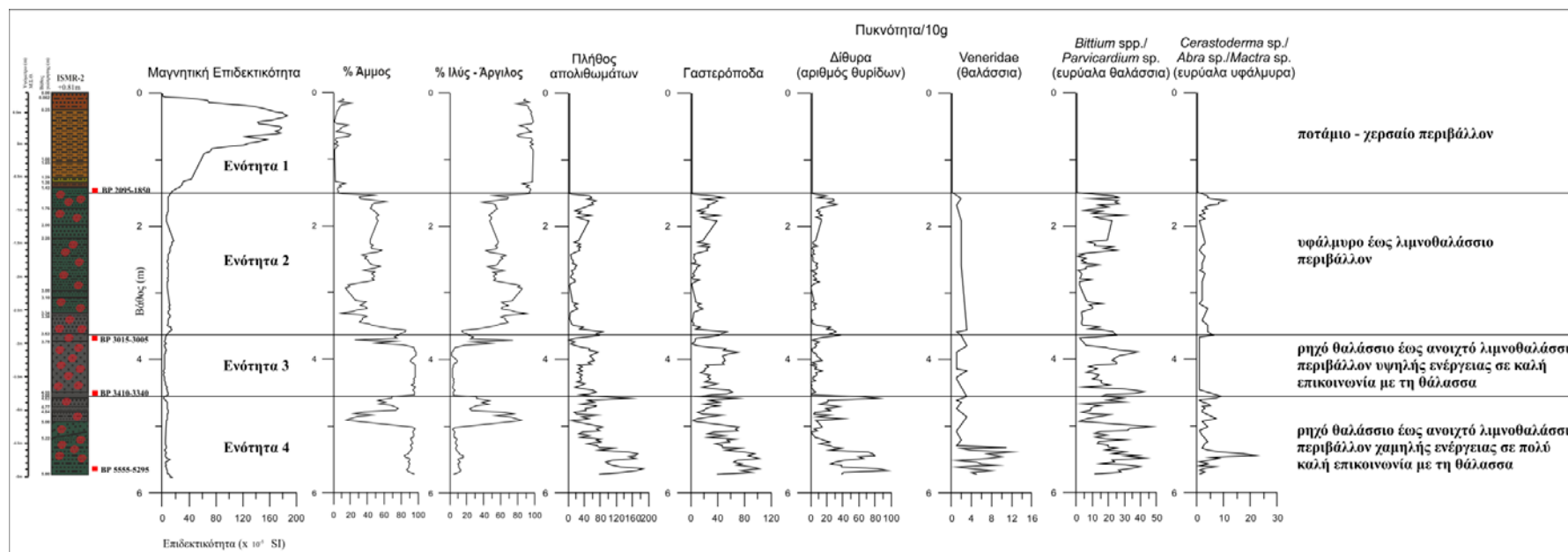
Οι παλαιοντολογικές και ιζηματολογικές αναλύσεις, η συσχέτιση τους με τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής τομογραφίας, της μαγνητικής επιδεκτικότητας και των ραδιοχρονολογήσεων της γεώτρησης ISMR-2, βρίσκονται σε συμφωνία. Μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερις ενότητες στο προφίλ της, οι οποίες αναφέρονται στη συνέχεια με σειρά από την παλαιότερη χρονολογικά (μεγαλύτερα βάθη) προς τη νεότερη (μικρότερα βάθη).

Ενότητα 4 (4,54 m - 5,80 m βάθος): σε αυτή την ενότητα, εμφανίζονται ιζήματα πηλούχων άμμων έως άμμων με χαμηλές τιμές και ηλεκτρικών αντιστάσεων και μαγνητικής επιδεκτικότητας. Αυτά τα αποτελέσματα, σε συνδυασμό με την αφθονία της ευρύαλης υφάλμυρης πανίδας μαλακίων *Cerastoderma* sp. και *Mactra* sp., των ευρύαλων θαλάσσιων μαλακίων *Bittium* spp. και των θαλάσσιων μαλακίων Veneridae, υποδηλώνουν ένα περιβάλλον ρηχής θάλασσας με ανοιχτή λιμνοθάλασσα, χαμηλής ενέργειας, σε πολύ καλή επικοινωνία με τη θάλασσα. (Σακελλαρίου, 1957; Syrides, 2008; Liu *et al.*, 2012; Simyrdanis *et al.*, 2015).

Ενότητα 3 (3,68 m - 4,54 m βάθος): αυτή η ενότητα αποτελείται από ιζήματα ιλυούχων άμμων, με χαμηλές τιμές και ηλεκτρικών αντιστάσεων και μαγνητικής επιδεκτικότητας. Η αφθονία πανίδας των ευρύαλων θαλάσσιων μαλακίων *Bittium* spp. και *Parvicardium* sp., η απουσία των ευράλων υφάλμυρων μαλακίων *Cerastoderma* sp. και *Abra* sp., η μικρή συγκέντρωση Veneridae, καθώς και ο γρήγορος ρυθμός απόθεσης ιζημάτων, υποδηλώνουν ένα περιβάλλον ρηχής θάλασσας ως ανοιχτή λιμνοθάλασσα, αμμώδους πυθμένα, σε επικοινωνία με τη θάλασσα.

Ενότητα 2 (1,49 m - 3,68 m βάθος): στην ενότητα 2, αφθονεί η πανίδα ευρύαλων υφάλμυρων μαλακίων *Cerastoderma* sp., *Abra* sp., και *Mactra* sp., ευρύαλων θαλάσσιων μαλακίων *Bittium* spp. και *Parvicardium* sp., καθώς και φύλλα και βλαστοί του φυτού *Ruppia maritima*. Σε συνδυασμό με τα ιζήματα αμμούχων πηλών και ιλυούχων άμμων με χαμηλές τιμές ηλεκτρικών αντιστάσεων και μαγνητικής επιδεκτικότητας, υποδεικνύεται ένα υφάλμυρο λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον.

Ενότητα 1 (0,00 m - 1,49 m βάθος): σε αυτή την ενότητα συναντώνται ιζήματα πηλού και αμμούχου πηλού, με σχετικά χαμηλές τιμές ηλεκτρικών αντιστάσεων και υψηλές μαγνητικής επιδεκτικότητας, υποδηλώνοντας ένα ποτάμιο - χερσαίο περιβάλλον (Εικόνα 90).



Εικόνα 90: Συσχέτιση της στρωματογραφικής στήλης της γεώτρησης ISMR-2, των ραδιοχρονολογήσεων, της μαγνητικής επιδεκτικότητας, των αποτελεσμάτων των ιζηματολογικών αναλύσεων, των αποτελεσμάτων των παλαιοντολογικών αναλύσεων της πανίδας εκφρασμένα σε Πυκνότητα/10g, διάκριση τεσσάρων ενοτήτων στο προφίλ της γεώτρησης και διάκριση περιβαλλόντων, τροποποιημένο από Karadimou *et al.*, 2016.

6.3 Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λίμνης Ισμαρίδας

Από την αξιολόγηση όλων των αποτελεσμάτων που προαναφέρθηκαν (γεωμορφολογικών, παλαιοντολογικών, λιθολογικών - ιζηματολογικών, ηλεκτρικής γεωφυσικής διασκόπησης, μαγνητικής επιδεκτικότητας καθώς και ραδιοχρονολογήσεων, προκύπτει η παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λίμνης Ισμαρίδας.

Η περιοχή μελέτης πριν από ~5.400 με ~3.400 χρόνια, βρισκόταν σε καλή επικοινωνία με τη θάλασσα και το περιβάλλον ήταν ρηχό θαλάσσιο έως ανοιχτό λιμνοθαλάσσιο, χαμηλής ενέργειας. Πιθανώς, η περιοχή να ήταν το εσωτερικό μέρος του κόλπου που δημιουργήθηκε από την εισχώρηση της θάλασσας στην ξηρά, καλύπτοντας την παλαιοεπιφάνεια των προ-Ολοκαινικών κοιλάδων των ποταμών Βοσβόζη και Φιλιούρη.

Στη συνέχεια, η περιοχή σε ~3.400 χρόνια BP με ~3.000 χρόνια BP, παρέμεινε σε καλή επικοινωνία με τη θάλασσα σε ένα ρηχό θαλάσσιο με ανοιχτό λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον, αλλά αυτός ο κόλπος ήταν εκτεθειμένος στη θάλασσα από τον νότο, επιτρέποντας στα υψηλής ενέργειας κύματα με προσανατολισμό B-N να φτάνουν στην παραλιακή περιοχή, δημιουργώντας μια ακτή όπου κυριαρχούσαν έντονοι κυματισμοί. Αυτό αποδεικνύεται από την έλλειψη των μαλακίων *Cerastoderma* sp. και τον πολύ γρήγορο ρυθμό ιζηματογένεσης.

Το ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον σταδιακά μετατράπηκε σε υφάλμυρο ως λιμνοθαλάσσιο και παρέμεινε έτσι για 1.000 χρόνια. Το γεγονός αυτό συνέβη, λόγω της επέκτασης του δέλτα του ποταμού Φιλιούρη. Η περιοχή της λίμνης απομονώθηκε και η ανοιχτή επικοινωνία με τη θάλασσα διακόπηκε.

Τέλος, στα ~2.000 χρόνια BP, σχηματίστηκε μια λίμνη γλυκού νερού, η οποία υπάρχει μέχρι και σήμερα. Το δελταϊκό πεδίο του ποταμού Φιλιούρη αναπτύχθηκε περαιτέρω προς τα νότια, απομονώνοντας την περιοχή από τη θάλασσα. Η περιοχή μετατράπηκε σε ένα ποτάμιο - χερσαίο περιβάλλον περικλειόμενο από λεπτόκοκκα ιζήματα που προέρχονται από τον ποταμό Βοσβόζη και τις υπερχειλίσσεις της κοίτης του ποταμού Φιλιούρη.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η λίμνη Ισμαρίδα γεωμορφολογικά, έχει εξελιχθεί σημαντικά τα τελευταία ~100 έτη, ως προς το μέγεθός της, την έκτασή της που καλύπτεται με νερό, την έκταση της υπερυδατικής βλάστησης και την έκταση του πλημμυρικού της πεδίου.
- Ανέκαθεν βρισκόταν σε επικοινωνία με τη θάλασσα, αλλά από το 1950 και έπειτα που επενέβη ο άνθρωπος στον δίαυλο, μεταβλήθηκε η ισορροπία του φυσικού της συστήματος.
- Τα αδρόκοκκα ιζήματα του Βοσβόζη ακόμη και σήμερα αποτίθενται αρκετά βορειότερα από την περιοχή μελέτης και μόνο τα λεπτόκοκκα ιζήματα μεταφέρονται και αποτίθενται στη λίμνη.
- Οι περαιτέρω επεμβάσεις με τεχνικά έργα κυρίως από το 1974 και μετά, προκάλεσαν αλλαγές στις φυσικοχημικές συνθήκες του νερού της λίμνης, καθώς και του όγκου και είδους των ιζημάτων που αποτίθενται σε αυτή.
- Στα πλαίσια της παλαιοντολογικής μελέτης της γεώτρησης ISMR-2, διαλέχθηκαν και απομονώθηκαν όλα τα μαλάκια από όλο το μήκος της, μετρήθηκαν, ταξινομήθηκαν και προσδιορίστηκαν σε επίπεδο γένους, λαμβάνοντας ποσοτική πληροφορία και όχι απλώς ποιοτική όπως αθονία ή απουσία κάποιου γένους.
- Επιπλέον κατηγοριοποιήθηκε η πανίδα των μαλακίων ανάλογα με το περιβάλλον διαβίωσής τους και μετρήθηκαν ξανά ανά ομάδα, ώστε να προκύψει ποσοτικοποιημένη πληροφορία για τον προσδιορισμό του περιβάλλοντος.
- Από τα παλαιοντολογικά αποτελέσματα προέκυψαν διαφορετικά περιβάλλοντα και ανάχθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές περιβαλλοντικές ενότητες. Οι ενότητες αυτές, ταυτίζονται με την εμφάνιση και εξαφάνιση του φυτού *Ruppia maritima*, και επίσης έρχονται σε συμφωνία με τα ιζηματολογικά αποτελέσματα και τα αποτελέσματα των δεδομένων μαγνητικής επιδεκτικότητας και ηλεκτρικής διασκόπησης.
- Οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας των ιζημάτων και των δύο γεωτρήσεων φανερώνουν πως το ανώτερο τμήμα τους, όπου σημειώνονται υψηλές τιμές αποτελείται από χερσαία ιζήματα, ενώ το υπόλοιπο που χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές, προσδιορίζει ένα υφάλμυρο περιβάλλον.
- Η ηλεκτρική τομογραφία που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή, ολοκλήρωσε την εικόνα δίνοντας πληροφορίες για τη γενική παλαιογεωγραφία της περιοχής. Τα αποτελέσματά της βρίσκονται σε απόλυτη συσχέτιση με τη λιθολογία που προέκυψε από τη γεώτρηση ISMR-2, με τις σχετικά χαμηλές αντιστάσεις που καταγράφηκαν να επιβεβαιώνουν το υφάλμυρο περιβάλλον.

- Λόγω της ολοκλήρωσης της διάτρησης σε βάθος 5,80 m, προτείνεται η συνέχιση της έρευνας μελλοντικά, αφού από τα δεδομένα προκύπτει πως ο αμμώδης σχηματισμός συνεχίζεται περίπου ως τα 7 m - 8 m βάθος, πριν την έναρξη των αργιλικών ιζημάτων.
- Η περιοχή μελέτης εξελίχθηκε σταδιακά από το Ανώτερο Ολόκαινο έως σήμερα, από ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον σε ποτάμιο - λιμναίο.
- Στις ~3.000 χρόνια BP η επικοινωνία των υδάτων της λίμνης με τη θάλασσα διεκόπη, εξαιτίας της ποτάμιας δράσης του ποταμού Φιλιούρη.
- Η λίμνη όπως είναι στη σημερινή της μορφή σχηματίστηκε αρκετά χρόνια αργότερα, όταν αποκόπηκε η επικοινωνία της με τη θάλασσα λόγω της επέκτασης του δελταϊκού πεδίου του ποταμού Φιλιούρη, το οποίο σήμερα βρίσκεται στα νότια της.
- Η λίμνη σχηματίστηκε στο απομονωμένο δυτικό τμήμα της προ-Ολοκαινικής πεδιάδας μεταξύ των υπερυψωμένων δελταϊκών αποθέσεων του ποταμού Φιλιούρη και του αλλουβιακού ριπιδίου του ποταμού Βοσβόζη προς τα βόρεια.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ailstock, S., Shafer, D. and Magoun, D., 2010. Effects of Planting Depth, Sediment Grain Size, and Nutrients on *Ruppia maritima* and *Potamogeton perfoliatus* Seedling Emergence and Growth. *Restoration Ecology* Vol. 18, No. 4, pp. 574–583.
- Christopoulou, O. G. and Tsachalidis, E., 2002. A Contribution To The Management Of Protected Areas: Comparative Study Of Wetlands Residents' Opinions In Northern Greece, *Proceedings of the International Conference "Protection and Restoration of the Environment VI"*, Skiathos. pp. 563-570.
- Coe, A.L., 2003. The Sedimentary Record of Sea-Level Change. Cambridge University Press, The Open University, Cambridge, United Kingdom. 288pp.
- Dame R.F., 2012. Ecology of Marine Bivalves An Ecosystem Approach, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton. 274pp.
- Dearing, J., 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System*, Second edition, Bartington Instruments Limited, Oxford, England. 54 pp.
- Doulgeris, C. and Papadimos, D., 2009. *Coupling FEFLOW and MIKE 11 modeling systems in Ismarida Lake, Prefecture of Rodopi, Greece*, 2nd International FEFLOW User Conference, Berlin/Potsdam, Germany.
- Drossos, E., 1992. *A floristic study of Mitrikou Lake and the Lagoons of Nomos Rhodopi in W Thrace (N Greece)*. Willdenowia, 22: 97-117.
- Folk, R.L., 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, USA, 183pp.
- Gerald, L. M., Claudi, R., 2010. *Monitoring and Control of Macrofouling Mollusks in Fresh Water Systems*, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton. 552pp.
- Gordillo, S., Bayer, S. M., Boretto, G., Charó, M., 2014. *Mollusk Shells as bio-geo-archives Evaluating Environmental Changes During the Quaternary*. Springer. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht London. 86pp.
- Gosling, E., 2003. *Bivalve Molluscs, Biology, Ecology and Culture*, Fishing

News Books, Oxford, United Kingdom. 455 pp.

- Hamdan, H., 2010. *Ανάπτυξη Τεχνικών Συνδυασμένης Επεξεργασίας Γεωφυσικών Δεδομένων (Ειδικής Ηλεκτρικής Αντίστασης και Ταχύτητας Διάδοσης των Σεισμικών Κυμάτων) για την Απεικόνιση της Υφαλμύρισης σε Παράκτιους Υδροφορείς*, Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά. 198 σελ.
- Karadimou, G., Vouvalidis, K., Syrides, G., Koukousioura, O. and Aidona, E., 2016. Geomorphological and Paleoenvironmental Changes of Ismarida Lake During Holocene (N. Greece), *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. L, Proceedings of the 14th International Conference, Thessaloniki, Greece.
- Koukousioura, O., Triantaphyllou, M.V., Dimiza, M.D., Pavlopoulos, K., Syrides, G. and Vouvalidis, K., 2012. Benthic foraminiferal evidence and paleoenvironmental evolution of Holocene coastal plains in the Aegean Sea (Greece), *Quaternary International*, 261, 105-117.
- Liu, Q., Roberts, A., Larrasoana, J., Banerjee, S., Guyodo, Y., Tauxe, L. and Oldfield, F., 2012. Environmental Magnetism: Principles and applications, *Reviews of Geophysics*, 50, 393-442.
- Manousis, T., Mpardakis, G., Paraskevopoulos, C., and Galinou-Mitsoudi, S., 2010. The Bivalvia Mollusca of Thessaloniki & Thermaikos Gulfs (North Aegean Sea, Greece) with emphasis on new species for Hellenic waters, *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 14: 161–179, 2010.
- Manousis, T., Mpardakis, G., Zamora Silva, A., Paraskevopoulos, K., Manios, D. and Galinou-Mitsoudi, S., 2012. New findings of Gastropods in the Hellenic seas with emphasis on their origin and distribution status, *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 18: 249 – 264, 2012.
- Osswald, K., 1938. *Geologische Geschichte von Griechisch-Nord Makedonien*. Nationale Druckerei. Athen.
- Papanikolaou, D. and Panagopoulos, A., 1981. *On the structural style of Southern Rhodope*, Greece. *Geol. Balc*, 11.3, 13-22.
- Papastergiadou, E. & Babalonas, D., 1993. *Aquatic flora of N Greece I Hydrophytes*. *Willdenowia*, 23: 137-142.
- Pisinaras, V., Petalas, C., Tsihrintzis V. A. and Zagana E., 2007. A groundwater flow model for water resources management in the

Ismarida plain, North Greece, *Environmental Modeling and Assessment*, Springer, 12, 75-89.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP, *Radiocarbon*, 55 (4), 1869-1887.

Stefanopoulos, K., Yang, H., Gemitzi, A., Tsagarakis, K. P., 2014. Application of the Multi-Attribute Value Theory for engaging stakeholders in groundwater protection in the Vosvozis catchment in Greece, *Science of the Total Environment* 470–471 (2014) 26–33.

Syrides, G., 2008. Marine mollusk fauna and Holocene stratigraphy of the marsh of Agia Paraskevi, (Lamia, Fthiotida) Greece., *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. ---, 2008.

Syrides, G., Albanakis, K., Tsourlos, P., Vouvalidis, K. & Matsas, D., 2004. Geo-archaeological research in the area of the prehistoric settlement *Mikro Vouni*, Samothrace, Greece. *5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*. Thessaloniki, Greece.

Syrides, G., Albanakis, K., Vouvalidis, K., Pilali-Papasteriou, A., Papaefthimiou-Papanthimou, A., Ghilardi, M., Fouache, E., Paraschou, T. and Psomiadis, D. 2009a. Holocene Palaeogeography of the Northern Margins of Giannitsa Plain in relation to the Prehistoric Site of Archontiko (Macedonia-Greece), *Z. Geomorph. N.F.*, 53, 71-82.

Syrides, G., Vouvalidis, K., Albanakis, K., Tsourlos, P. and Matsas, D., 2009b. Palaeogeographical Evolution and Sea Level Changes during Holocene in the Prehistoric Settlement of Mikro Vouni (Samothrace Island, Greece), *Z. Geomorph. N.F.*, 53, 39-45.

Triantaphyllou, M.V., Kouli, K., Tsourou, T., Koukousioura, O., Pavlopoulos, K. and Dermitzakis, M.D., 2010. Paleoenvironmental changes since 3000 BC in the coastal marsh of Vravron (Attica, SE), Greece, *Quaternary International*, 216, 14–22.

Tsourlos, P., 1995. *Modelling, interpretation and inversion of multielectrode resistivity survey data*. University of York.

Vouvalidis, K., Syrides, G., Pavlopoulos, K., Papakonstantinou, M. and

Tsourlos, P., 2010. Holocene palaeoenvironmental changes in Agia Paraskevi prehistoric settlement, Lamia, Central Greece, *Quaternary International*, 216, 64–74.

3^η Χαρτογραφική Υπηρεσία της Αυστροουγγαρίας, 1907. Φύλλο χάρτη «Xanthi 43-41», Κλίμακα 1:200.000.

Αθανασίου, Ε., 2009. *Ανάπτυξη Αλγορίθμων Για Τη Βέλτιστη Στρατηγική Μέτρησης Και Αντιστροφής Δεδομένων Ηλεκτρικής Τομογραφίας*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη. 179 σελ.

Αποστολάκης, Α., 2009. ΠΒ1.1 Τεχνική Έκθεση – Τόμος Ι: «Σύνθεση καλλιεργειών έτους 2009 στο Νομό Ροδόπης». Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). Θέρμη. 39 σελ. + 1 Παράρτημα.

Αποστολάκης, Α., 2011. ΠΒ1.1 Τεχνική Έκθεση – Τόμος Ι: «Σύνθεση καλλιεργειών έτους 2010 στο Νομό Ροδόπης». Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). Θέρμη. 27 σελ. + 1 Παράρτημα.

Γεράκης, Π. Α., Τσιούρης, Σ., Τσιαούση, Β., (Συντονιστές έκδοσης). 2007. *Υδατικό καθεστώς και βιωτή υγροτόπων - Προτεινόμενη ελάχιστη στάθμη λιμνών και παροχή ποταμών Μακεδονίας και Θράκης*. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας/Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων. Θέρμη. 256 σελ.

Γιαννακοπούλου, Τ., 1995. *Πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών της λίμνης Ισμαρίδας*. Πολυτεχνική Σχολή Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Ξάνθη. 28 σελ.

Γιαννόπουλος, Π. Χ., 2008. *Ανάπτυξη Μεθοδολογιών Χαμηλού Κόστους για Ταχεία Πρόβλεψη και Παρακολούθηση Ρύπανσης Ποταμών*. Έργο: Πυθαγόρας II – Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα Πανεπιστήμια, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εργαστήριο Τεχνολογίας του Περιβάλλοντος, Πάτρα. 173 σελ.

Δημητράκος, Α. 2009. *Παλαιογεωγραφική – Παλαιοπεριβαλλοντική Εξέλιξη της Λιμνοθάλασσας του Κίτρου Πιερίας*, Διατριβή Ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη. 199 σελ.

Δρόσος, Ε., 1986. *Πρόγραμμα Οριοθέτησης Υδροβιοτόπων Σύμβασης RAMSAR – Υγροβιότοπος: Λίμνη Μητρικού*. ΥΠΕΧΩΔΕ.

Επιτελικός Χάρτης της Ελλάδας, 1930. Φύλλο χάρτη «MARONIA», Κλίμακα 1:100.000.

- Ζιαγκλιαβού, Σ., 2005. *Μετρήσεις παροχών και φυσικοχημικών παραμέτρων στο υδάτινο σύστημα Βοσβόζη-Ισμαρίδας*. Διπλωματική εργασία. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.
- ΙΓΜΕ, 1980. Φύλλο χάρτη «Μέση-Ξυλαγανή», Κλίμακα 1:50.000.
- ΙΓΜΕ, 1986. Γεωλογικός χάρτης της Μάζας της Ροδόπης, 1:200.000, Δημάδης Ε. και Ζάχος Σ.
- ΙΓΜΕ, Δημάδης και Ζάχος, 1988. Φύλλο χάρτη «Geological map of Rhodope Massif», Κλίμακα 1:200.000.
- Καραούλης, Μ., 2009. *Ανάπτυξη Αλγορίθμων Αντιστροφής Διαχρονικών Γεωηλεκτρικών Δεδομένων*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη. 234 σελ.
- Κατσαβούνη, Σ., 2012. *Καθορισμός του Ιδεότυπου της λίμνης Ισμαρίδας*. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας - Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). Θέρμη, 10 σελ.
- Κατσαβούνη, Σ., και Παπαδήμος, Δ., 2012α. *Εκτίμηση των λειτουργιών και αξιών της λίμνης Ισμαρίδας*. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας - Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). Θέρμη. 46 σελ.
- Κατσαβούνη, Σ., Παπαδήμος, Δ., Δουλγέρης, Χ., 2012β. *Αναγνώριση των μεταβολών στις χρήσεις γης, στις γεινιάζουσες με τη λίμνη Ισμαρίδα εκτάσεις*. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας - Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). Θέρμη. 26 σελ.
- Κατσιάπη, Μ., 2012. *Εκτίμηση της ποιότητας νερού σε λίμνες και ταμιευτήρες πόσιμου νερού της Ελλάδας με τη χρήση οικολογικών και μοριακών δεικτών*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Βιολογίας, Θεσσαλονίκη. 161 σελ.
- Κίρκου, Σ. Γ., 2012. *Φυσικογεωγραφικά και Ιζηματολογικά Χαρακτηριστικά του Επίπεδου Ακρωτηρίου Μύτικας Επανομής, Ν. Θεσσαλονίκης*. Διατριβή Ειδίκευσης. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη. 2012. 187 σελ.
- Κουσουρή, Θ. Σ., 2014. *Οι Λίμνες στην Ελλάδα 4/6. Θράκη & Θεσσαλία "Λιμνών Καταγραφές & Μαρτυρίες"*, Αθήνα. 83 σελ.
- Κώπη Ε.Π. 2015. *Ετήσια παρακολούθηση υδάτινου δυναμικού λίμνης Ισμαρίδας & ποταμού Βοσβόζη*, ΑγροΕΤΑΚ, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ (Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας), Καβάλα.

- Μαλιώκας, Β. και Συνεργάτες Ε.Π.Ε. 2008. *Μελέτη για την αντιμετώπιση προβλημάτων διαχείρισης στερεοπαροχής υδάτινου συστήματος λίμνης Βιστωνίδας και ποταμών και χειμάρρων ευρύτερης περιοχής*. Τεύχος Γ. Αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης λόγω του προβλήματος της στερεοπαροχής- Διευκρίνιση τοπικών συνθηκών απαιτούμενων έργων.
- Μουντράκης, Μ.Δ., 2010. *Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας*. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.
- Μουστάκα, Μ., Μιχαλούδη, Ε., Κατσιάπη, Μ., Γενίσαρης, Σ., Χαραλάμπους, Ε., Βούρκα, Κ., 2011. *Παρακολούθηση της λίμνης Ισμαρίδας και διερεύνηση στοιχείων του τροφικού πλέγματος στο πλαίσιο των δράσεων αποκατάστασης της λίμνης*. Τελική έκθεση. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Βιολογίας-Τομέας Βοτανικής. Θεσσαλονίκη. 90 σελ.
- Μουστάκα, Μ., Μιχαλούδη, Ε., Κατσιάπη, Μ., Γενίσαρης, Σ., Χαραλάμπους, Ε., Βούρκα, Κ., 2011. *Παρακολούθηση της λίμνης Ισμαρίδας και Διερεύνηση στοιχείων του τροφικού πλέγματος στο πλαίσιο των δράσεων αποκατάστασης της λίμνης*. Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Γουλανδρή Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Βιολογίας. Θεσσαλονίκη. 94 σελ.
- Μπούσμπουρας Δ., Παναγιωτοπούλου, Μ., Καζόγλου, Γ., Φωτιάδης, Γ., Κλάδος Γ., 2010. *Μελέτη Καθορισμού και περιγραφής των απαιτούμενων παρεμβάσεων για τη βέλτιστη διαχείριση του Καλαμιώνα της λίμνης Ισμαρίδας*. 144 σελ., χάρτες. Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης.
- Παλάσκας, Δ., 2014. *Τουριστικός Χάρτης Εθνικού Πάρκου Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Νέστου - Βιστονίδας - Ισμαρίδας*.
- Παναγιωτοπούλου, Μ., Μπούσμπουρας, Δ., Καζόγλου, Γ., Φωτιάδης, Γ., 2011. *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου: Παρεμβάσεις Διαχείρισης του Καλαμιώνα της λίμνης Ισμαρίδας*. Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, Τμήμα Υδραυλικών Έργων.
- Παπανικολάου, Μ., Παπανικολάου, Δ., Βασιλάκης, Ε., 2011. *Μεταβολές Της Στάθμης Της Θάλασσας Και Επιπτώσεις Στις Ακτές*, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα. 29 σελ.
- Πεταλάς, Χ. 1997. *Ανάλυση υδροφόρων συστημάτων στο ετερογενές και παράκτιο πεδίο Ν. Ροδόπης*. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Πολιτικών

Μηχανικών - Πολυτεχνική Σχολή Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
288 σελ.

Πισινάρας, Β., 2003. *Συνθήκες διαχείρισης και προσομοίωση υπόγειου υδροφόρου συστήματος Νέου Σιδηροχωρίου, Ν. Ροδόπης*. Διπλωματική εργασία. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Σακελλαρίου, Ε., 1957. Αρτίγονα μαλάκια του κόλπου της Θεσσαλονίκης και η συμβολή τους στη στρωματογραφία. Αθήνα. *Geological Annals of Greek territory*, 8, 135-221.

Συλαίος, Γ., Κόκκος, Ν., 2009. *Συλλογή και Αξιολόγηση Υπαρχουσών Περιβαλλοντικών Μελετών & Ερευνητικών Αποτελεσμάτων Περιοχής Δέλτα Νέστου – Βιστωνίδας – Ισμαρίδας*, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Ξάνθη. 73 σελ.

Συρίδης, Γ. (1996). Γεωμορφολογικά - Γεωλογικά στοιχεία περιοχής λίμνης Ισμαρίδας, Δ. Θράκη, Ελλάδα. (7p. Internal report for the Research Project: "Characterization of the aridity processes on Mediterranean Europe. Protection and Management guidelines, ARIDUSEUROMED")

Συρίδης, Γ., Μάτσας, Δ., Αλμπανάκης, Κ., Βουβαλίδης, Κ., Τσούρλος, Π., 2003. *Γεωαρχαιολογική Έρευνα στον Προϊστορικό Οικισμό Μικρό Βουνί Σαμοθράκης*.

Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (GR12), Κοινοπραξία Σχεδίων Διαχείρισης Υδατικών Διαμερισμάτων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας Και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Αθήνα, 2013.

Τσιάρας, Δ. και Νικήσιανης, Ν., 2014. *Σύνταξη προδιαγραφών που να εξασφαλίζουν τη μη παρενόχληση της άγριας ζωής και γενικότερα την ακεραιότητα των προστατευτέων αντικειμένων*. Παραδοτέο 11 του Έργου: «Ανάπτυξη του τουρισμού και διαχείριση επισκεπτών στην προστατευόμενη περιοχή του Εθνικού Πάρκου Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης». Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Νέστου - Βιστωνίδας - Ισμαρίδας. Αυτοτελής έκδοση, Θεσσαλονίκη. 34 σελ.

Υπουργείο Ανάπτυξης, 2003. *Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων*, Αθήνα.

- Φίκος, Η., 2010. *Αντιστροφή Γεωηλεκτρικών Τομογραφιών Δεδομένων: Εφαρμογή Στη Λεκάνη Ανθεμούντα*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη. 226 σελ.
- Χατζηιορδάνου, Λ., 2010. *Μελέτη ανάλυσης αναγκών τελικών χρηστών για τον σχεδιασμό της ανάπτυξης Υποδομής Χωρικών Δεδομένων σε επίπεδο Περιφέρειας*. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). Θέρμη. 41 σελ. + 2 Παραρτήματα.
- Ψιλοβίκος, Α. και Ψιλοβίκος, Α., 2010. *Ιζηματολογία*. Εκδόσεις Τζιόλα. Θεσσαλονίκη.
- Ψωμιάδης, Δ. Δ., 2011. *Παλαιοπεριβαλλοντικές και ιζηματολογικές συνθήκες σχηματισμού των ακτόλιθων (ψηφιδοπαγών αιγιαλών) του Βορειο-Αιγαιακού χώρου*. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη, 303 σελ.

9. ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ

<http://fd-nestosvistonis.gr/>

<http://geodata.gov.gr/>

<http://geomaps.wr.usgs.gov/>

<http://ikee.lib.auth.gr/>

<http://nemertes.lis.upatras.gr/>

<http://phdtheses.ekt.gr/>

<http://repository.biodiversity-info.gr/>

<http://search.lib.auth.gr/>

<http://www.eox-rodopi.gr/>

<http://www.gastropods.com/>

<http://www.komotini.gr/>

<http://www.malv.gr/>

<http://www.okxe.gr/>

<http://www.ramsar.org/>

<http://www.ypeka.gr/>

<https://el.wikipedia.org>

<https://www.everodopi.gr>

10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

10.1 Παράρτημα Ι - Στοιχεία Γεωμορφολογίας Λίμνης Ισμαρίδας

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΚΤΑΣΗ ΛΙΜΝΗΣ (km ²)	ΕΚΤΑΣΗ ΛΙΜΝΗΣ ΜΕ ΝΕΡΟ (km ²)	ΕΚΤΑΣΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (ΚΥΡΙΩΣ ΚΑΛΑΜΙΩΝ) (km ²)	ΕΚΤΑΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (km ²)
1907	1,84			3,35
1930	2,44			6,08
1945	2,32	1,68	0,64	7,19
1968	2,58	1,69	0,89	3,51
1969	2,58	1,70	0,88	3,38
1970	2,54			3,35
1974	2,73	1,69	1,04	3,50
1976	2,78	1,63	1,15	3,49
1977	2,80	1,43	1,37	1,50
1984	2,79	1,21	1,58	1,07
1985	2,89	1,03	1,86	1,22
1991	2,75	1,20	1,55	1,09
2002	2,63	1,23	1,40	1,43
2003	2,76	1,23	1,53	1,37
2006	2,83	1,08	1,75	1,52
2010	2,79	1,14	1,65	1,82
2012	2,63	1,09	1,54	1,76
Ιαν-13	2,67	1,11	1,56	1,72
Αυγ-13	2,66	1,17	1,49	1,33
2016	2,74	1,08	1,66	1,97

Πίνακας στοιχείων μέγιστης έκτασης λίμνης Ισμαρίδας, έκτασης της με νερό, έκτασης με βλάστηση και του πλημμυρικού της πεδίου.

10.2 Παράρτημα II - Στοιχεία ανάλυσης δειγμάτων ISMR-2

ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ cm	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr	ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ cm	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr
7,5-10	6,107	1,817	0,189	142,5-145	10,531	4,567	0,216
10-12,5	8,923	4,007	0,49	145-147	9,463	5,489	0,252
12,5-15	11,063	6,508	0,402	147-149	9,964	6,3	0,365
15-17,5	14,815	6,778	1,486	149-151	9,778	3,569	0,181
17,5-20	14,43	6,131	0,564	151-153	13,956	7,819	0,817
20-22,5	22,652	8,356	0,616	153-156	11,883	7,433	3,556
22,5-25	13,063	5,483	0,376	156-158	12,591	5,563	1,695
25-27,5	19,285	8,111	0,449	158-160	10,621	4,292	1,344
27,5-30	17,161	9,146	0,342	160-162,5	13,892	7,285	3,477
30-32,5	21,115	9,912	0,396	162,5-165	14,308	7,442	4,647
32,5-35	18,657	8,314	0,25	165-167,5	14,841	8,372	4,033
35-37,5	19,963	7,565	0,155	167,5-170	13,96	7,76	3,538
37,5-40	16,296	5,995	0,117	170-172,5	14,338	8,656	3,963
40-42,5	16,743	7,109	0,108	172,5-175	12,779	5,241	2,304
42,5-45	16,106	6,474	0,101	175-177	11,486	4,378	2,024
45-47,5	15,49	7,999	0,265	177-180	12,761	7,658	3,728
47,5-50	18,921	8,662	1,52	180-182,5	12,664	7,282	3,713
50-52,5	18,864	7,303	0,857	182,5-185	12,836	7,144	3,808
52,5-55	18,498	9,462	0,788	185-187,5	14,65	8,565	4,357
55-57,5	14,062	6,185	0,43	187,5-190	12,298	7,174	3,626
57,5-60	15,79	7,251	0,259	190-193	13,774	7,689	4,053
60-62,5	18,64	7,931	1,103	220-222,5	8,536	3,115	1,35
62,5-65	15,367	7,387	1,53	222,5-225	8,927	2,929	1,263
65-67,5	17,075	7,831	1,374	225-227,5	9,79	3,36	1,458
67,5-70	15,597	6,103	0,217	227,5-230	9,822	4,641	2,17
70-72,5	17,181	7,494	0,159	230-232,5	9,18	3,532	1,557
72,5-75	15,597	7,144	0,376	232,5-235	11,077	4,206	1,919
75-77,5	14,593	6,479	0,069	235-237,5	13,332	7,876	4,486
77,5-80	15,304	7,051	0,391	237,5-240	11,29	7,191	3,767
80-82,5	17,682	8,556	0,354	240-242,5	11,542	4,32	1,749
82,5-85	15,757	6,88	0,135	242,5-245	10,552	6,262	2,104
85-87,5	16,19	8,771	0,144	245-247,5	12,244	7,359	2,92
87,5-90	14,841	6,855	0,081	247,5-250	10,491	6,574	2,451
90-92,5	12,874	5,139	0,085	250-252,5	9,673	6,04	2,457
129-132,5	13,396	8,189	0,16	252,5-255	9,719	6,425	2,703
132,5-135	14,711	6,837	0,138	255-257,5	9,756	5,68	2,424
135-137,5	11,723	6,611	0,951	257,5-260	12,598	6,497	2,924
137,5-140	14,422	5,889	0,379	260-262,5	9,958	6,635	3,704
140-142,5	13,528	7,906	0,766	262,5-265	9,843	6,432	3,18

ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ cm	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr		ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ cm	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr
265-267,5	10,496	6,749	2,406		377,5-380	6,375	3,624	2,984
267,5-270	10,75	5,001	2,438		380-382,5	22,367	9,974	9,418
270-272,5	11,301	7,706	3,459		382,5-385	21,514	10,054	9,587
272,5-275	10,204	6,655	3,221		385-387,5	17,058	8,425	8,087
275-277,5	9,574	6,469	3,089		387,5-390	18,486	8,936	8,724
277,5-280	8,77	5,05	2,298		390-392,5	14,549	7,306	7,16
280-282,5	10,882	4,685	2,27		392,5-395	15,007	7,086	6,921
282,5-285	9,091	5,398	2,104		400-402,5	15,61	7,322	6,7
285-287,5	9,817	5,216	1,41		402,5-405	19,545	9,354	8,543
287,5-290	7,191	4,593	0,789		405-407,5	19,129	9,518	9,023
290-292,5	8,773	4,89	0,97		407,5-410	19,887	9,493	9,139
292,5-295	7,246	4,819	0,69		410-412,5	15,275	7,502	7,22
310-312,5	8,699	5,389	1,427		412,5-415	21,05	9,286	8,971
312,5-315	10,617	4,1	1,594		415-417,5	21,142	9,871	9,531
315-317,5	10,458	7,496	2,623		417,5-420	21,215	9,361	9,088
317,5-320	11,322	5,071	1,581		420-422,5	22,919	9,548	9,273
320-322,5	11,027	4,009	1,529		422,5-425	22,79	9,864	9,509
322,5-325	12,325	5,04	1,986		425-427,5	22,021	9,735	9,394
325-327,5	9,663	3,935	1,115		427,5-430	20,887	9,665	9,204
327,5-330	9,579	6,325	1,416		430-432,5	21,024	9,905	9,514
330-332	6,955	4,13	0,391		432,5-435	28,267	10,735	10,2
332-335	9,371	5,247	1,759		435-437,5	22,17	10,017	9,626
335-337,5	10,07	4,116	1,646		437,5-440	19,441	9,459	9,105
337,5-340	8,246	4,786	1,644		440-442,5	19,714	9,543	-2,271
340-342,5	10,305	6,088	2,086		442,5-445	19,292	9,687	9,261
342,5-345	8,38	3,235	0,989		445-447,5	20,834	9,58	9,04
345-347,5	9,808	5,84	2,411		447,5-450	20,011	9,344	8,941
347,5-350	9,61	5,535	2,568		450-452,5	18,988	9,505	9,113
350-352,5	10,743	5,113	2,875		452,5-454	16,651	9,018	8,615
352,5-355	12,186	7,087	4,787		454-457	6,121	3,376	2,324
355-357,5	13,718	7,592	6,511		457-460	9,738	6,92	4,756
357,5-360	12,367	7,095	6,013		460-463	11,251	7,203	3,815
360-362,5	14,807	7,854	6,246		463-465	11,604	5,669	3,498
362,5-365	16,282	8,266	6,378		465-467,5	11,022	5,384	2,883
365-367,5	11,539	7,258	5,222		467,5-470	12,59	6,489	4,449
367,5-370	9,768	5,945	4,503		470-472,5	16,04	8,415	6,124
370-372,5	8,124	5,545	1,386		472,5-475	15,589	9,08	6,972
372,5-375	7,128	4,694	3,461		475-477,5	17,354	9,21	6,766
375-377,5	10,453	6,559	3,334		477,5-480	13,799	6,334	2,266

ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ cm	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ ΣΕ gr
480-482,5	13,7	7,737	1,905
482,5-485	12,305	5,16	2,385
485-487,5	10,953	5,595	1,585
487,5-490	13,05	6,866	1,485
490-492	9,035	5,364	0,802
492-494	8,765	4,29	1,322
500-502,5	19,408	9,368	8,791
502,5-505	25,037	9,748	9,402
505-507,5	19,685	9,147	8,65
507,5-510	24,059	9,714	9,151
510-512,5	19,127	10,06	9,58
512,5-515	18,277	9,088	8,636
515-517,5	17,933	9,317	8,853
517,5-520	19,895	9,039	8,238
520-522,5	17,172	8,463	7,803
522,5-525	16,345	8,003	7,448
525-527,5	19,646	9,488	8,87
527,5-530	18,098	9,085	8,285
530-532,5	17,257	8,333	7,712
532,5-535	22,304	10,617	9,893
535-537,5	15,009	7,208	6,589
537,5-540	17,382	8,805	7,894
540-542,5	17,886	8,033	7,093
542,5-545	15,344	7,707	6,486
545-547,5	19,12	9,363	7,9
547,5-550	18,079	8,506	7,665
550-552,5	17,082	8,326	7,478
552,5-555	20,872	10,046	8,846
555-557,5	16,658	8,046	7,257
557,5-560	17,867	8,626	7,712
560-562,5	15,221	7,591	6,772
562,5-565	21,928	10,022	8,832
565-567,5	14,309	7,186	6,211
567,5-570	14,896	7,264	6,456
570-573	21,085	9,692	9,324

Συγκεντρωτικός πίνακας με το βάθος των δειγμάτων σε cm, το αρχικό βάρος των δειγμάτων, το βάρος δειγμάτων για πλύσιμο και το βάρος δειγμάτων μετά το πλύσιμο σε gr.

10.3 Παράρτημα III - Στοιχεία Ιζηματολογίας ISMR-2

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		3 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C				
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)		20,651		ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		29/5/2015		ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ		31/5/2015		ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon				
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ h min sec			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
4	2,508	2,863	0,355			25	10	0,3486
5	2,538	2,806	0,268		1	40	10	0,2616
6	2,515	2,739	0,224		6	39	10	0,2176
7	2,506	2,700	0,194		26	38	10	0,1876
8	2,515	2,679	0,164		53	12	5	0,1576
9	2,512	2,642	0,130	3	33		5	0,1236

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «3^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		4 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C				
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)		13,823		ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		29/5/2015		ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ		31/5/2015		ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon				
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ h min sec			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
4	2,523	2,746	0,223			25	10	0,2166
5	2,509	2,687	0,178		1	40	10	0,1716
6	2,507	2,649	0,142		6	39	10	0,1356
7	2,536	2,654	0,118		26	38	10	0,1116
8	2,517	2,612	0,095		53	12	5	0,0886
9	2,515	2,589	0,074	3	33		5	0,0676

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «4^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			6 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C		
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)			9,571			ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ			29/5/2015			ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ			31/5/2015			ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon		
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
				h	min	sec		
4	2,542	2,700	0,158			25	10	0,1516
5	2,521	2,650	0,129		1	40	10	0,1226
6	2,511	2,626	0,115		6	39	10	0,1086
7	2,512	2,609	0,097		26	38	10	0,0906
8	2,520	2,601	0,081		53	12	5	0,0746
9	2,508	2,582	0,074	3	33		5	0,0676

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «6^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			7 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C		
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)			17,559			ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ			29/5/2015			ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ			31/5/2015			ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon		
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
				h	min	sec		
4	2,517	2,839	0,322			25	10	0,3156
5	2,512	2,769	0,257		1	40	10	0,2506
6	2,505	2,715	0,210		6	39	10	0,2036
7	2,508	2,684	0,176		26	38	10	0,1696
8	2,515	2,659	0,144		53	12	5	0,1376
9	2,513	2,636	0,123	3	33		5	0,1166

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «7^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		8 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C				
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)		20,216		ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		31/5/2015		ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ		1/6/2015		ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon				
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ h min sec			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
4	2,527	2,906	0,379			25	10	0,3726
5	2,510	2,849	0,339		1	40	10	0,3326
6	2,410	2,677	0,267		6	39	10	0,2606
7	2,406	2,653	0,247		26	38	10	0,2406
8	2,426	2,630	0,204		53	12	5	0,1976
9	2,410	2,578	0,168	3	33		5	0,1616

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «8^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		9 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C				
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)		20,010		ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		2/6/2015		ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ		3/6/2015		ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon				
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ h min sec			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
4	2,535	2,893	0,358			25	10	0,3516
5	2,510	2,820	0,310		1	40	10	0,3036
6	2,516	2,784	0,268		6	39	10	0,2616
7	2,521	2,738	0,217		26	38	10	0,2106
8	2,508	2,692	0,184		53	12	5	0,1776
9	2,511	2,659	0,148	3	33		5	0,1416

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «9^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		10 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C				
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)		8,176		ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		2/6/2015		ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ		3/6/2015		ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon				
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ h min sec			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
4	2,424	2,553	0,129			25	10	0,1226
5	2,413	2,518	0,105		1	40	10	0,0986
6	2,425	2,505	0,080		6	39	10	0,0736
7	2,436	2,508	0,072		26	38	10	0,0656
8	2,427	2,482	0,055		53	12	5	0,0486
9	2,418	2,467	0,049	3	33		5	0,0426

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «10^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		11 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C				
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)		18,512		ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		31/5/2015		ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ		1/6/2015		ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon				
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ h min sec			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
4	2,522	2,813	0,291			25	10	0,2846
5	2,518	2,694	0,176		1	40	10	0,1696
6	2,521	2,650	0,129		6	39	10	0,1226
7	2,529	2,635	0,106		26	38	10	0,0996
8	2,515	2,605	0,090		53	12	5	0,0836
9	2,535	2,617	0,082	3	33		5	0,0756

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «11^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			12 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C		
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)			20,016			ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ			1/6/2015			ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ			2/6/2015			ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon		
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
				h	min	sec		
4	2,524	2,896	0,372			25	10	0,3656
5	2,513	2,801	0,288		1	40	10	0,2816
6	2,509	2,718	0,209		6	39	10	0,2026
7	2,537	2,716	0,179		26	38	10	0,1726
8	2,512	2,670	0,158		53	12	5	0,1516
9	2,528	2,664	0,136	3	33		5	0,1296

Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «12^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			13 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C		
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)			20,007			ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ			2/6/2015			ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ			3/6/2015			ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon		
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
				h	min	sec		
4	2,419	2,775	0,356			25	10	0,3496
5	2,430	2,749	0,319		1	40	10	0,3126
6	2,423	2,686	0,263		6	39	10	0,2566
7	2,423	2,659	0,236		26	38	10	0,2296
8	2,420	2,628	0,208		53	12	5	0,2016
9	2,415	2,589	0,174	3	33		5	0,1676

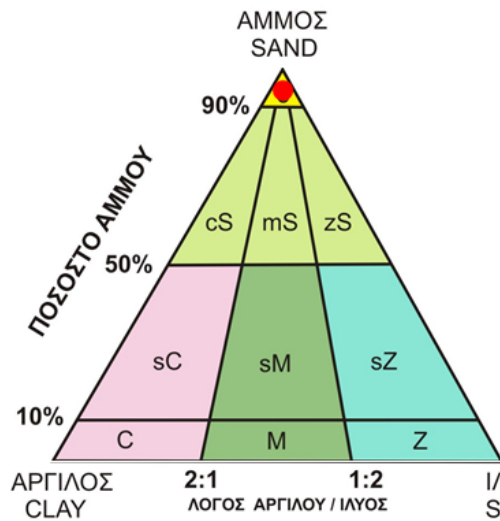
Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «13^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		14 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C				
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)		20,034		ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		2/6/2015		ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ		3/6/2015		ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon				
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ h min sec			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
4	2,427	2,809	0,382			25	10	0,3756
5	2,423	2,753	0,330		1	40	10	0,3236
6	2,450	2,705	0,255		6	39	10	0,2486
7	2,433	2,631	0,198		26	38	10	0,1916
8	2,432	2,591	0,159		53	12	5	0,1526
9	2,424	2,552	0,128	3	33		5	0,1216

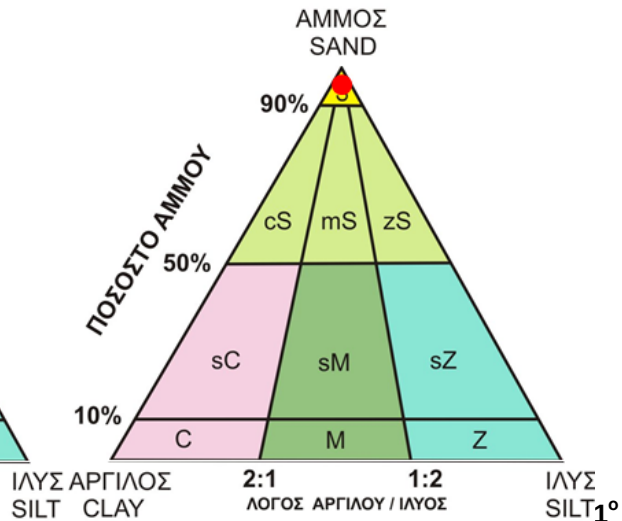
Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «14^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		15 ^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26^ο C				
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)		23,008		ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		2/6/2015		ΣΙΦΩΝΙΟ: 20ml				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ		3/6/2015		ΠΡΟΣΘΗΚΗ: 20ml Calgon				
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (g)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	ΧΡΟΝΟΙ h min sec			ΒΑΘΗ (cm)	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ 0,0064g Calgon
4	2,516	2,885	0,369			25	10	0,3626
5	2,516	2,873	0,357		1	40	10	0,3506
6	2,512	2,821	0,309		6	39	10	0,3026
7	2,516	2,765	0,249		26	38	10	0,2426
8	2,518	2,725	0,207		53	12	5	0,2006
9	2,510	2,673	0,163	3	33		5	0,1566

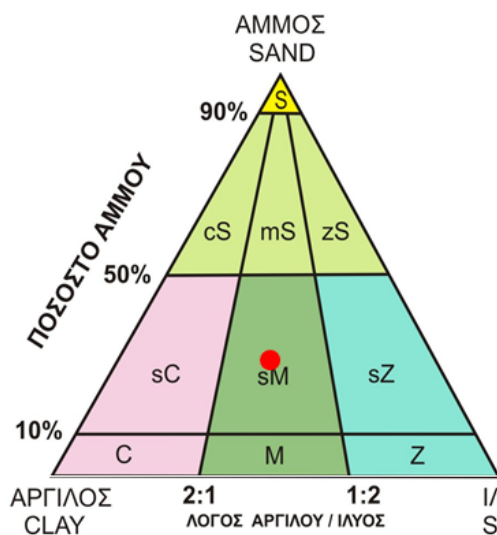
Στοιχεία ιζηματολογικής ανάλυσης του δείγματος «15^ο ΔΕΙΓΜΑ ISMR-2», με τη μέθοδο του σιφωνίου.



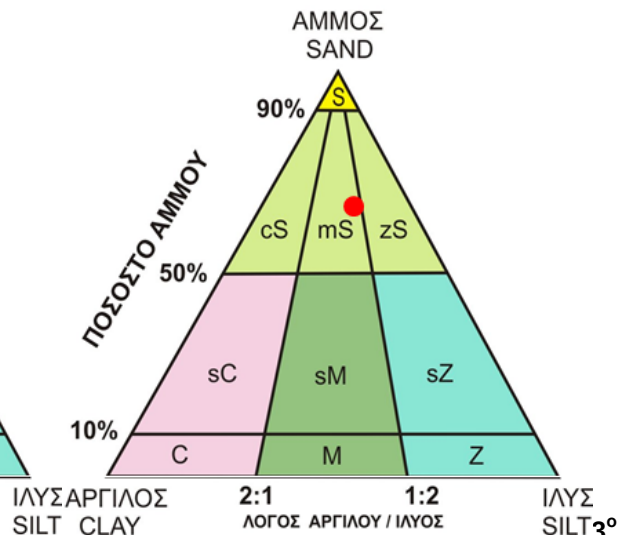
δείγμα - ISMR-2: άμμος



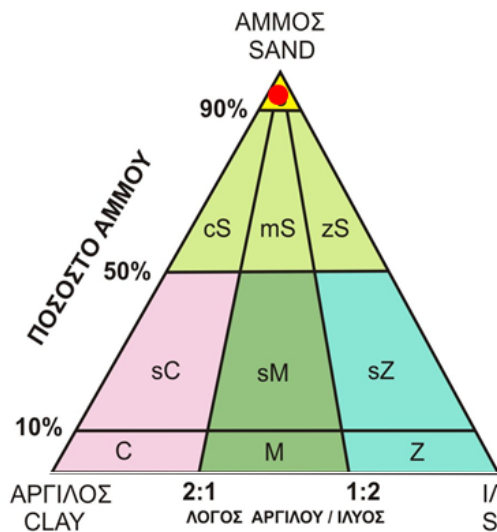
2° δείγμα - ISMR-2: άμμος



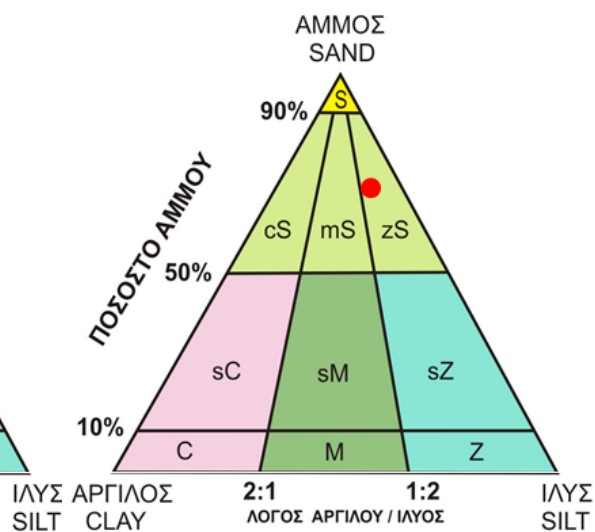
δείγμα - ISMR-2: αμμούχος πηλός



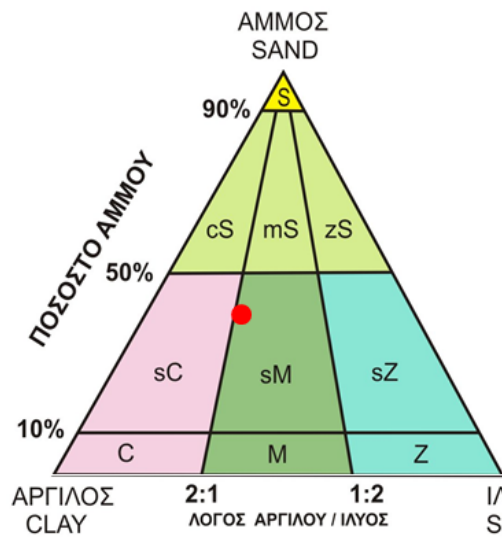
4° δείγμα - ISMR-2: πηλούχος άμμος



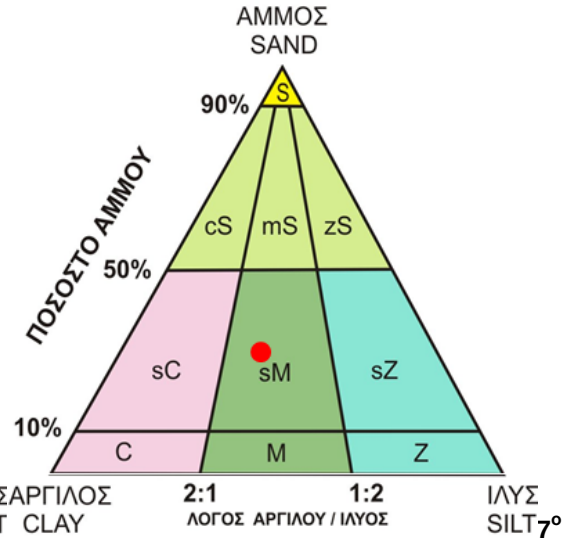
5° δείγμα - ISMR-2: άμμος



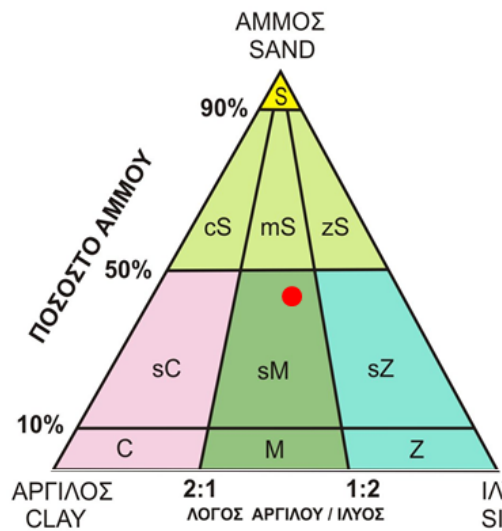
6° δείγμα - ISMR-2: ιλυούχος άμμος



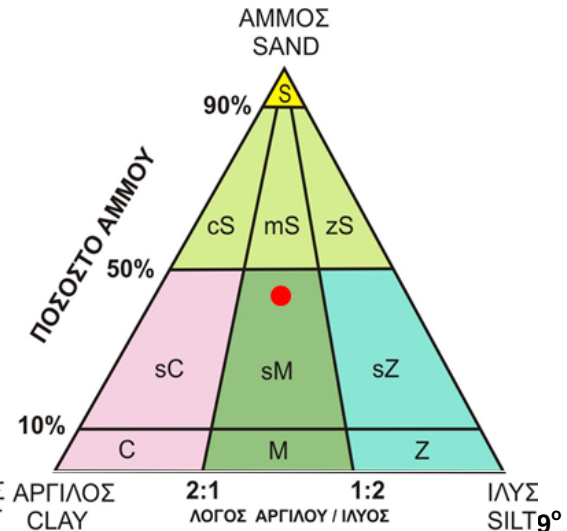
δείγμα - ISMR-2: αμμούχος πηλός



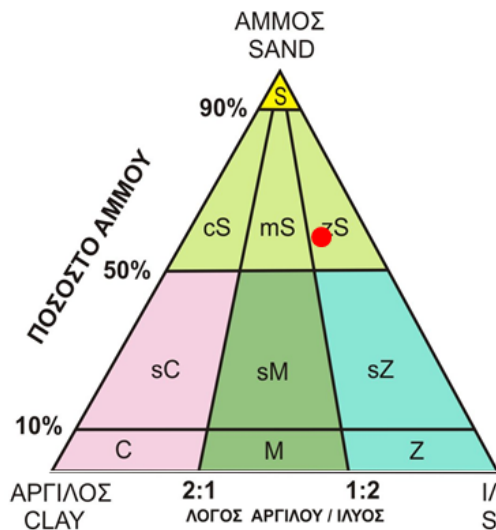
8^ο δείγμα - ISMR-2: αμμούχος πηλός



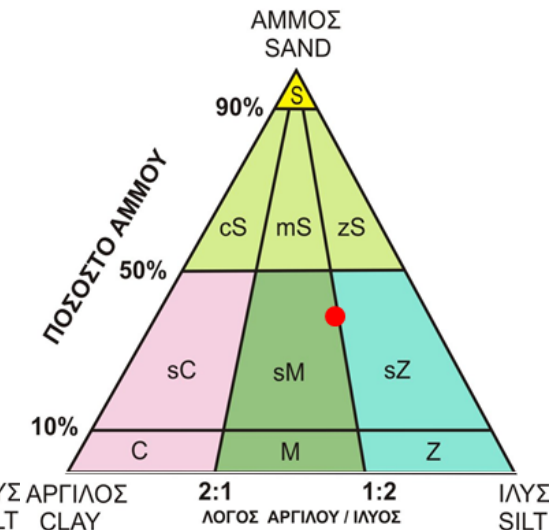
δείγμα - ISMR-2: αμμούχος πηλός



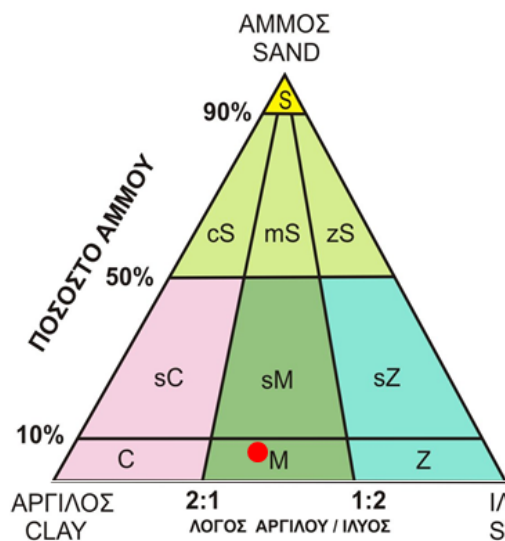
10^ο δείγμα - ISMR-2: αμμούχος πηλός



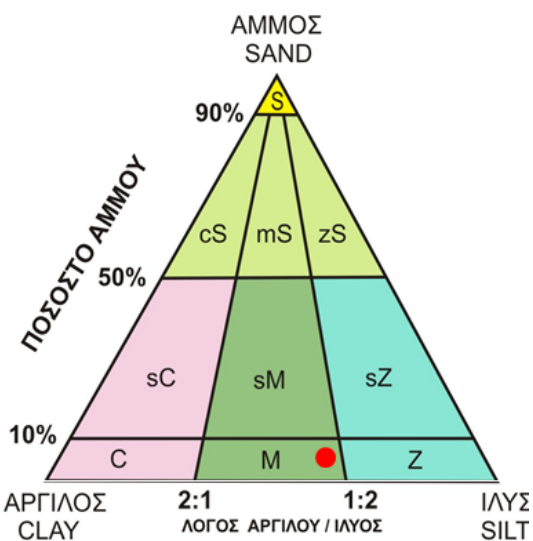
11^ο δείγμα - ISMR-2: ιλυούχος άμμος



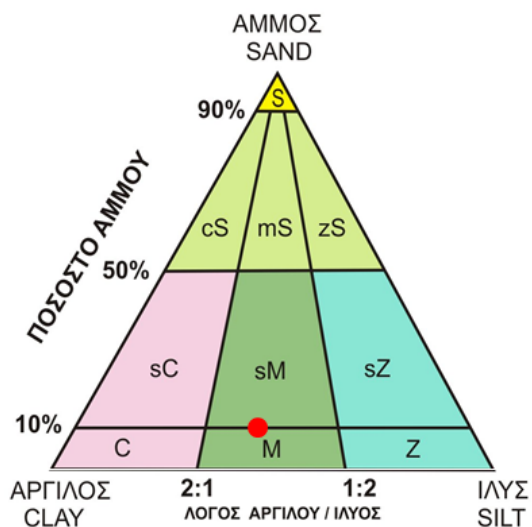
12^ο δείγμα - ISMR-2: αμμούχος πηλός



13^ο δείγμα - ISMR-2: πηλός



14^ο δείγμα - ISMR-2: πηλός



15^ο δείγμα - ISMR-2: αμμούχος πηλός

δείγμα- ISMR-2	Αρχικό βάρος δείγματος σε g για απομάκρυνση οργανικών	Βάρος δείγματος σε g μετά την απομάκρυνση των οργανικών	Βάρος οργανικών σε g που απομακρύνθηκε	Βάρος οργανικών σε % που απομακρύνθηκε	ml H ₂ O ₂ προς απομάκρυνση οργανικών							
					1	2	3	4	5	6	7	ΣΥΝΟΛΟ
3°	21,344	20,651	0,693	3,25	5	5	5					15
4°	14,448	13,823	0,625	4,33	5	5	5					15
6°	9,892	9,571	0,321	3,25	5	5						10
7°	18,223	17,559	0,664	3,64	5	5	5					15
8°	24,465	23,637	0,828	3,38	5	5	5	5	5	5		30
9°	25,166	24,498	0,668	2,65	5	5	5	5	5			25
10°	8,379	8,176	0,203	2,42	5	5	5	5	5	5	5	35
11°	19,042	18,512	0,53	2,78	5	5	5	5	5	5		30
12°	30,017	29,652	0,365	1,22	5	5	5	5	5			25
13°	22,847	22,644	0,203	0,89	5	5	5	5				20
14°	28,388	28,234	0,154	0,54	5	5	5	5	5			25
15°	24,097	23,78	0,317	1,32	5	5	5	5	5			25

Πίνακας αποτελεσμάτων από τη διαδικασία απομάκρυνσης των οργανικών υλικών.

10.4 Παράρτημα IV - Στοιχεία εμφάνισης πανίδας μαλακίων ISMR-2

Βάθος δειγματοληψίας (m)	Γαστερόποδα									Δίθυρα																				
	<i>Bittium</i> spp.	<i>Cerithium</i> spp.	<i>Rissoa</i> spp.	<i>Cyclope</i> sp.	<i>Caecum</i> spp.	<i>Hydrobia</i> sp.	<i>Retusa</i> spp.	<i>Planorbis</i> sp.	<i>Potamides</i> sp.	<i>Gibula</i> sp.	<i>Loripes</i> sp.	<i>Parvicardium</i> sp.	<i>Venus</i> spp.	<i>Tapes</i> sp.	<i>Donax</i> sp.	<i>Plagiocardium</i> sp.	<i>Glycymeris</i> sp.	<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Abra</i> sp.	<i>Mactra</i> sp.	<i>Dosinia</i> sp.	<i>Clausinella</i> sp.	<i>Corbula</i> sp.	<i>Barbatia</i> sp.	<i>Arca</i> sp.	<i>Pecten</i> sp.	<i>Mytilus</i> sp.	<i>Dentalium</i> sp.	Εχινοειδή	Καρκινοειδή
1,52	*										*								*											
1,545	*				*						*								*									*	*	
1,57	*				*																							*		
1,59	*										*								*	*								*		
1,6125	*				*							*							*	*	*									
1,6375	*				*						*	*						*											*	
1,6625	*		*								*	*	*					*	*											
1,6875	*		*								*		*					*	*											
1,7125	*		*		*						*	*						*	*											
1,7375	*		*		*							*						*	*											
1,76																														
1,785	*		*		*							*	*			*														
1,8125	*		*		*							*			*															
1,8375	*		*		*						*	*			*			*											*	
1,8625	*				*			*				*						*												
1,8875	*		*					*				*						*		*									*	
1,915	*		*								*	*	*						*											
2,2125	*				*							*								*										
2,2375	*																				*								*	

Πίνακας εμφάνισης πανίδας απολιθωμάτων ανά βάθος δειγματοληψίας στα δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 (1/8).

Βάθος δειγματοληψίας (m)	Γαστερόποδα										Δίθυρα																			
	<i>Bittium</i> spp.	<i>Cerithium</i> spp.	<i>Rissoa</i> spp.	<i>Cyclope</i> sp.	<i>Caecum</i> spp.	<i>Hydrobia</i> sp.	<i>Retusa</i> spp.	<i>Planorbis</i> sp.	<i>Potamides</i> sp.	<i>Gibula</i> sp.	<i>Loripes</i> sp.	<i>Parvicardium</i> sp.	<i>Venus</i> spp.	<i>Tapes</i> sp.	<i>Donax</i> sp.	<i>Plagiocardium</i> sp.	<i>Glycymeris</i> sp.	<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Abra</i> sp.	<i>Mactra</i> sp.	<i>Dosinia</i> sp.	<i>Clausinella</i> sp.	<i>Corbula</i> sp.	<i>Barbatia</i> sp.	<i>Arca</i> sp.	<i>Pecten</i> sp.	<i>Mytilus</i> sp.	<i>Dentalium</i> sp.	Εχινοειδή	Καρκινοειδή
2,2625	*		*		*																									
2,2875	*		*								*																			
2,3125	*				*							*																		*
2,3375	*		*								*																			
2,3625	*		*									*						*		*										*
2,3875	*		*				*				*																			*
2,4125	*										*																			
2,4375	*		*																											
2,4625	*			*	*																*									
2,4875	*											*									*									*
2,5125	*		*			*						*									*									
2,5375	*		*																											
2,5625	*										*	*					*													
2,5875	*		*								*	*								*	*						*	*	*	*
2,6125	*				*							*						*		*										
2,6375	*		*								*																			*
2,6625	*		*																											
2,6875	*										*						*		*		*									
2,7125	*							*			*									*										

Πίνακας εμφάνισης πανίδας απολιθωμάτων ανά βάθος δειγματοληψίας στα δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 (2/8).

Βάθος δειγματοληψίας (m)	Γαστερόποδα									Δίθυρα																					
	<i>Bittium</i> spp.	<i>Cerithium</i> spp.	<i>Rissoa</i> spp.	<i>Cyclope</i> sp.	<i>Caecum</i> spp.	<i>Hydrobia</i> sp.	<i>Retusa</i> spp.	<i>Planorbis</i> sp.	<i>Potamides</i> sp.	<i>Gibula</i> sp.	<i>Loripes</i> sp.	<i>Parvicardium</i> sp.	<i>Venus</i> spp.	<i>Tapes</i> sp.	<i>Donax</i> sp.	<i>Plagiocardium</i> sp.	<i>Glycymeris</i> sp.	<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Abra</i> sp.	<i>Macra</i> sp.	<i>Dosinia</i> sp.	<i>Clausinella</i> sp.	<i>Corbula</i> sp.	<i>Barbatia</i> sp.	<i>Arca</i> sp.	<i>Pecten</i> sp.	<i>Mytilus</i> sp.	<i>Dentalium</i> sp.	Εχινοειδή	Καρκινοειδή	
2,7375	*		*		*						*																				
2,7625			*								*																				
2,7875			*		*							*						*													
2,8125	*		*				*				*																				
2,8375	*		*																	*											
2,8625	*										*																				
2,8875	*																														
2,9125																															
2,9375																															
3,1125	*				*															*											
3,1375	*		*																												
3,1625	*		*												*			*													
3,1875	*										*				*																
3,2125	*										*																			*	
3,2375	*		*		*													*													
3,2625																															
3,2875	*		*																												
3,31																															
3,335																															

Πίνακας εμφάνισης πανίδας απολιθωμάτων ανά βάθος δειγματοληψίας στα δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 (3/8).

Βάθος δειγματοληψίας (m)	Γαστερόποδα	Δίθυρα	
	<i>Bittium</i> spp. <i>Cerithium</i> spp. <i>Rissoa</i> spp. <i>Cyclope</i> sp. <i>Caecum</i> spp. <i>Hydrobia</i> sp. <i>Retusa</i> spp. <i>Planorbis</i> sp. <i>Potamides</i> sp. <i>Gibula</i> sp.	<i>Loripes</i> sp. <i>Parvicardium</i> sp. <i>Venus</i> spp. <i>Tapes</i> sp. <i>Donax</i> sp. <i>Plagiocardium</i> sp. <i>Glycymeris</i> sp. <i>Cerastoderma</i> sp. <i>Abra</i> sp. <i>Macra</i> sp. <i>Dosinia</i> sp. <i>Clausinella</i> sp. <i>Corbula</i> sp. <i>Barbatia</i> sp. <i>Arca</i> sp. <i>Pecten</i> sp. <i>Mytilus</i> sp.	<i>Dentalium</i> sp. Εχινοειδή Καρκινοειδή
3,3625			
3,3875	*		
3,4125		*	
3,4375			
3,4625	*		
3,4875	*		
3,5125	*		
3,5375	*	*	*
3,5625	*	*	*
3,5875	*	*	*
3,6125	*	*	*
3,6375	*	*	*
3,6625	*	*	*
3,6875	*	*	*
3,7125		*	
3,7375	*		
3,7625	*		
3,7875	*	*	*
3,8125	*	*	*

Πίνακας εμφάνισης πανίδας απολιθωμάτων ανά βάθος δειγματοληψίας στα δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 (4/8).

Βάθος δειγματοληψίας (m)	Γαστερόποδα										Δίθυρα																			
	<i>Bittium</i> spp.	<i>Cerithium</i> spp.	<i>Rissoa</i> spp.	<i>Cyclope</i> sp.	<i>Caecum</i> spp.	<i>Hydrobia</i> sp.	<i>Retusa</i> spp.	<i>Planorbis</i> sp.	<i>Potamides</i> sp.	<i>Gibula</i> sp.	<i>Loripes</i> sp.	<i>Parvicardium</i> sp.	<i>Venus</i> spp.	<i>Tapes</i> sp.	<i>Donax</i> sp.	<i>Plagiocardium</i> sp.	<i>Glycymeris</i> sp.	<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Abra</i> sp.	<i>Mactra</i> sp.	<i>Dosinia</i> sp.	<i>Clausinella</i> sp.	<i>Corbula</i> sp.	<i>Barbatia</i> sp.	<i>Arca</i> sp.	<i>Pecten</i> sp.	<i>Mytilus</i> sp.	<i>Dentalium</i> sp.	Εχινοειδή	Καρκινοειδή
3,8375	*	*			*						*															*		*	*	*
3,8625	*	*			*						*																		*	*
3,8875	*	*			*						*										*								*	*
3,9125	*	*			*						*										*								*	*
3,9375	*	*			*						*										*	*							*	*
4,0125	*	*			*						*										*	*							*	*
4,0375	*	*			*						*																		*	*
4,0625	*	*	*		*		*				*																		*	*
4,0875	*	*			*					*	*			*															*	*
4,1125	*	*	*		*						*	*		*	*						*								*	*
4,1375	*		*		*						*		*						*										*	*
4,1625	*		*		*						*		*	*	*														*	*
4,1875	*				*						*			*							*							*	*	*
4,2125	*		*		*						*			*	*												*		*	*
4,2375	*		*		*						*			*	*						*	*		*					*	*
4,2625	*		*		*						*		*					*											*	*
4,2875	*	*	*					*	*		*				*				*		*	*							*	*
4,3125	*	*	*		*						*		*	*															*	*
4,3375	*	*	*		*						*		*	*															*	*

Πίνακας εμφάνισης πανίδας απολιθωμάτων ανά βάθος δειγματοληψίας στα δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 (5/8).

Βάθος δειγματοληψίας (m)	Γαστερόποδα										Δίθυρα																		
	<i>Bittium</i> spp.	<i>Cerithium</i> spp.	<i>Rissoa</i> spp.	<i>Cyclope</i> sp.	<i>Caecum</i> spp.	<i>Hydrobia</i> sp.	<i>Retusa</i> spp.	<i>Planorbis</i> sp.	<i>Potamides</i> sp.	<i>Gibula</i> sp.	<i>Loripes</i> sp.	<i>Parvicardium</i> sp.	<i>Venus</i> spp.	<i>Tapes</i> sp.	<i>Donax</i> sp.	<i>Plagiocardium</i> sp.	<i>Glycymeris</i> sp.	<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Abra</i> sp.	<i>Macra</i> sp.	<i>Dosinia</i> sp.	<i>Clausinella</i> sp.	<i>Corbula</i> sp.	<i>Barbatia</i> sp.	<i>Arca</i> sp.	<i>Pecten</i> sp.	<i>Mytilus</i> sp.	<i>Dentalium</i> sp.	Εχινοειδή
4,3625	*	*	*		*																								*
4,3875	*				*							*									*								*
4,4125	*	*	*		*																								*
4,4375	*	*	*									*																*	
4,4625	*	*	*						*			*																*	
4,4875	*	*	*		*																							*	
4,5125	*	*	*		*																							*	
4,5325	*	*	*		*																							*	
4,555	*										*	*		*	*													*	
4,585	*	*	*		*	*					*	*		*	*		*											*	
4,615	*				*				*		*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*						*	
4,64	*		*		*						*		*	*			*	*										*	
4,6625	*				*		*				*									*									
4,6875	*	*			*		*						*	*	*		*				*								*
4,7125	*		*										*		*		*	*	*	*	*		*				*	*	
4,7375	*		*		*								*	*		*	*	*									*	*	
4,7625	*	*	*		*									*		*				*							*	*	
4,7875	*																*				*						*	*	
4,8125	*	*	*	*									*														*	*	

Πίνακας εμφάνισης πανίδας απολιθωμάτων ανά βάθος δειγματοληψίας στα δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 (6/8).

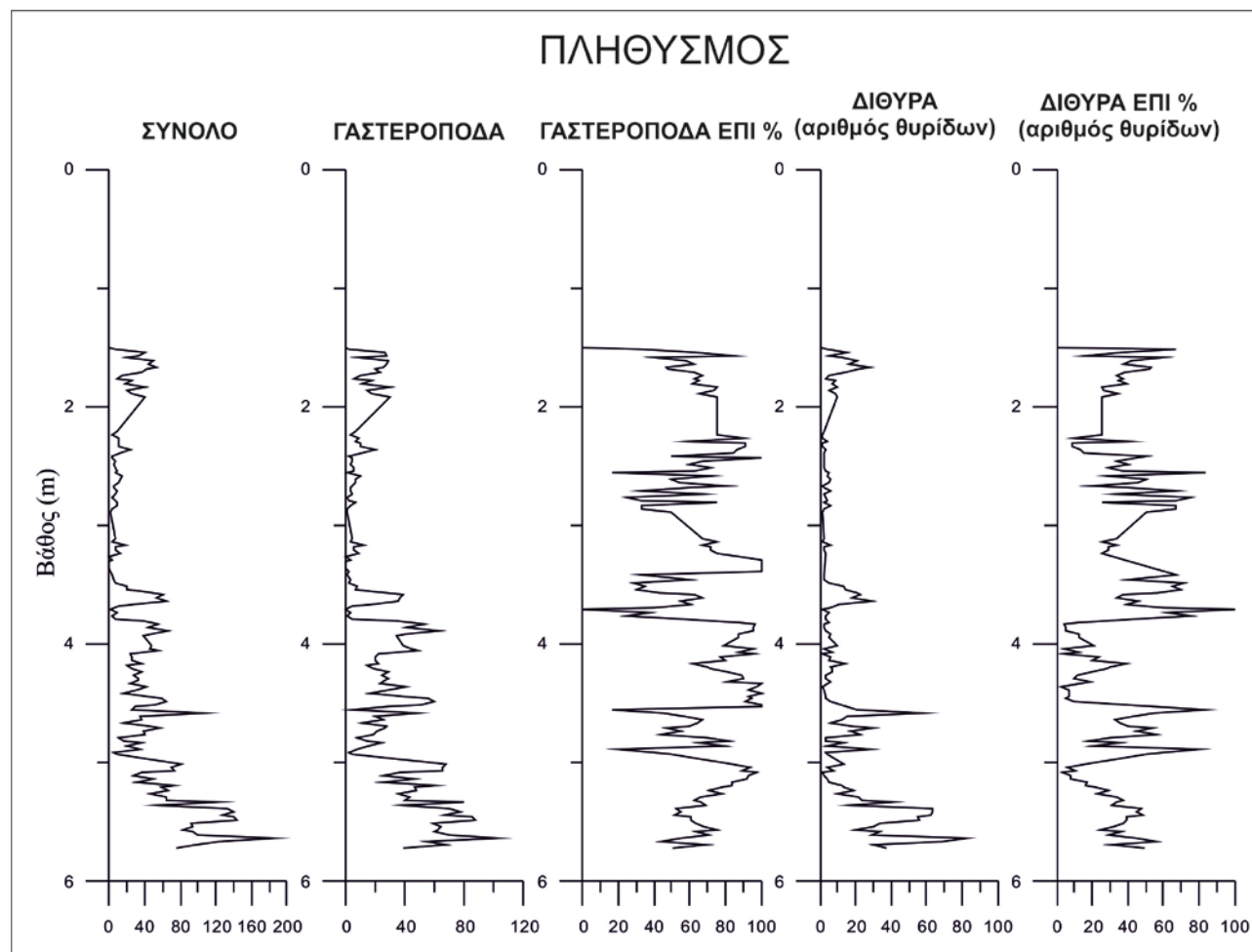
Βάθος δειγματοληψίας (m)	Γαστερόποδα									Δίθυρα																				
	<i>Bittium</i> spp.	<i>Cerithium</i> spp.	<i>Rissoa</i> spp.	<i>Cyclope</i> sp.	<i>Caecum</i> spp.	<i>Hydrobia</i> sp.	<i>Retusa</i> spp.	<i>Planorbis</i> sp.	<i>Potamides</i> sp.	<i>Gibula</i> sp.	<i>Loripes</i> sp.	<i>Parvicardium</i> sp.	<i>Venus</i> spp.	<i>Tapes</i> sp.	<i>Donax</i> sp.	<i>Plagiocardium</i> sp.	<i>Glycymeris</i> sp.	<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Abra</i> sp.	<i>Mactra</i> sp.	<i>Dosinia</i> sp.	<i>Clausinella</i> sp.	<i>Corbula</i> sp.	<i>Barbatia</i> sp.	<i>Arca</i> sp.	<i>Pecten</i> sp.	<i>Mytilus</i> sp.	<i>Dentalium</i> sp.	Εχινοειδή	Καρκινοειδή
4,8375	*	*										*								*							*			*
4,8625				*	*		*	*		*																				
4,8875	*		*	*								*	*					*											*	
4,91	*												*																	
4,93	*				*								*																	*
5,0125	*	*	*	*	*							*								*									*	*
5,0375	*	*	*		*		*																						*	*
5,0625	*		*		*				*																	*			*	*
5,0875	*				*																								*	*
5,1125	*				*				*									*									*		*	*
5,1375	*			*	*					*																			*	*
5,1625	*		*		*										*							*							*	*
5,1875	*		*																		*							*		*
5,2125	*		*	*	*							*		*														*	*	*
5,2375	*		*		*								*	*								*								*
5,2625	*		*		*	*									*		*		*	*									*	*
5,2875	*	*	*		*	*							*		*		*	*	*	*	*	*	*					*	*	*
5,3125	*	*	*		*	*							*		*		*	*	*	*	*	*	*					*	*	*
5,3375	*	*	*	*	*	*							*		*		*	*	*	*	*	*	*					*	*	*

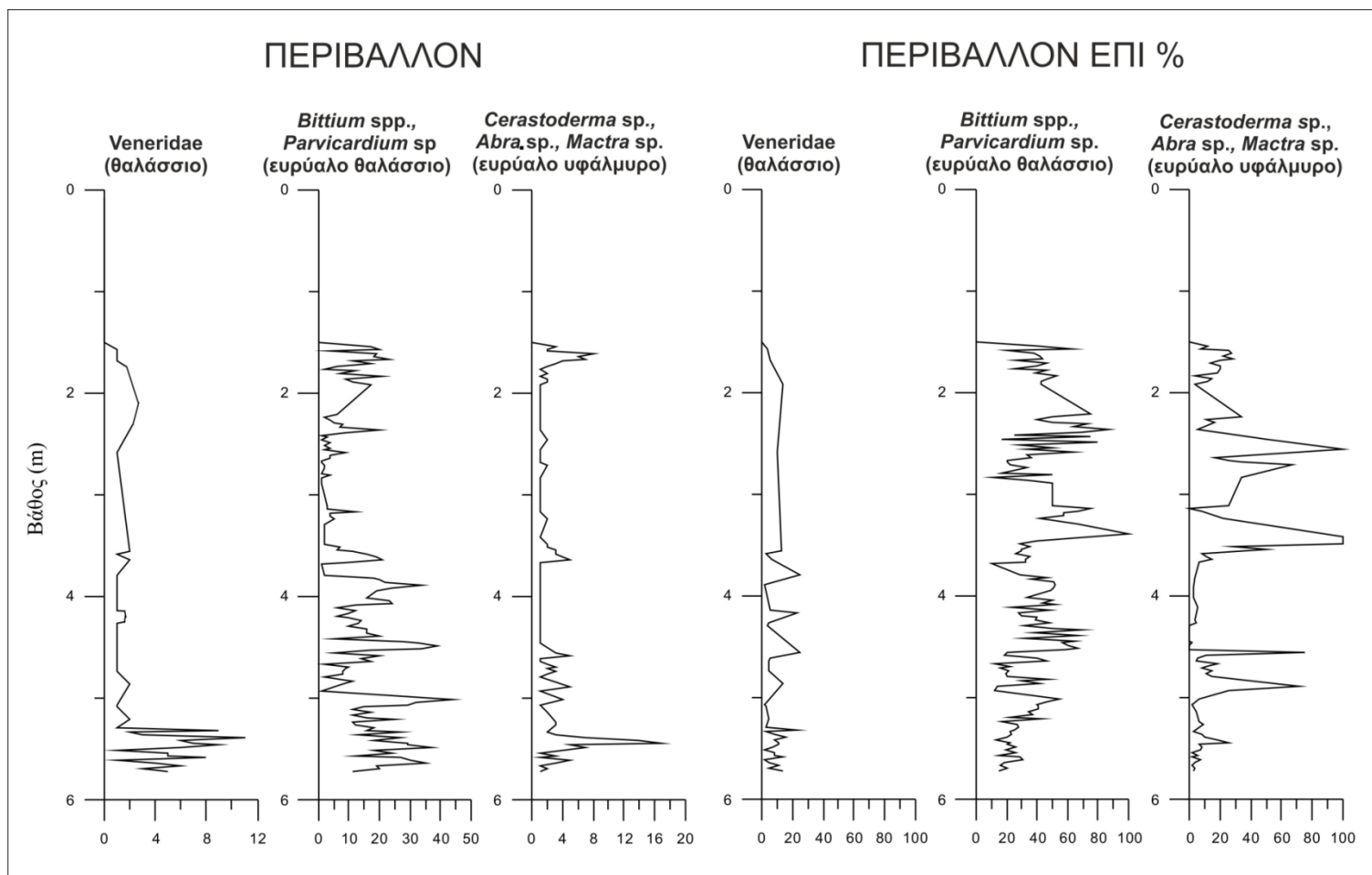
Πίνακας εμφάνισης πανίδας απολιθωμάτων ανά βάθος δειγματοληψίας στα δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 (7/8).

Βάθος δειγματοληψίας (m)	Γαστερόποδα										Δίθυρα																			
	<i>Bittium</i> spp.	<i>Cerithium</i> spp.	<i>Rissoa</i> spp.	<i>Cyclope</i> sp.	<i>Caecum</i> spp.	<i>Hydrobia</i> sp.	<i>Retusa</i> spp.	<i>Planorbis</i> sp.	<i>Potamides</i> sp.	<i>Gibula</i> sp.	<i>Loripes</i> sp.	<i>Parvicardium</i> sp.	<i>Venus</i> spp.	<i>Tapes</i> sp.	<i>Donax</i> sp.	<i>Plagiocardium</i> sp.	<i>Glycymeris</i> sp.	<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Abra</i> sp.	<i>Mactra</i> sp.	<i>Dosinia</i> sp.	<i>Clausinella</i> sp.	<i>Corbula</i> sp.	<i>Barbatia</i> sp.	<i>Arca</i> sp.	<i>Pecten</i> sp.	<i>Mytilus</i> sp.	<i>Dentalium</i> sp.	Εχινοειδή	Καρκινοειδή
5,3625	*	*	*		*	*							*		*			*		*	*	*						*	*	*
5,3875	*	*	*		*	*							*		*			*		*	*	*						*	*	*
5,4125	*	*	*		*	*							*		*			*		*	*	*						*	*	*
5,4375	*	*	*		*	*	*						*		*	*		*	*	*	*	*						*	*	*
5,4625	*		*									*	*		*	*	*	*		*	*						*	*	*	
5,4875	*		*									*	*		*	*	*	*		*	*							*	*	*
5,5125	*		*								*		*		*		*	*		*	*						*			
5,5375	*		*								*	*	*		*			*		*	*									
5,5625	*		*								*	*	*		*		*	*		*	*							*	*	
5,5875	*		*								*	*	*	*	*	*	*	*											*	
5,6125	*		*								*	*	*	*	*		*	*		*	*	*					*	*	*	
5,6375	*		*		*						*	*	*		*		*	*					*				*	*	*	*
5,6625	*		*		*						*	*	*		*		*	*	*	*			*	*	*				*	
5,6875	*	*	*		*						*	*	*		*				*		*	*	*					*	*	*
5,715	*		*		*		*				*	*	*		*				*	*							*		*	*

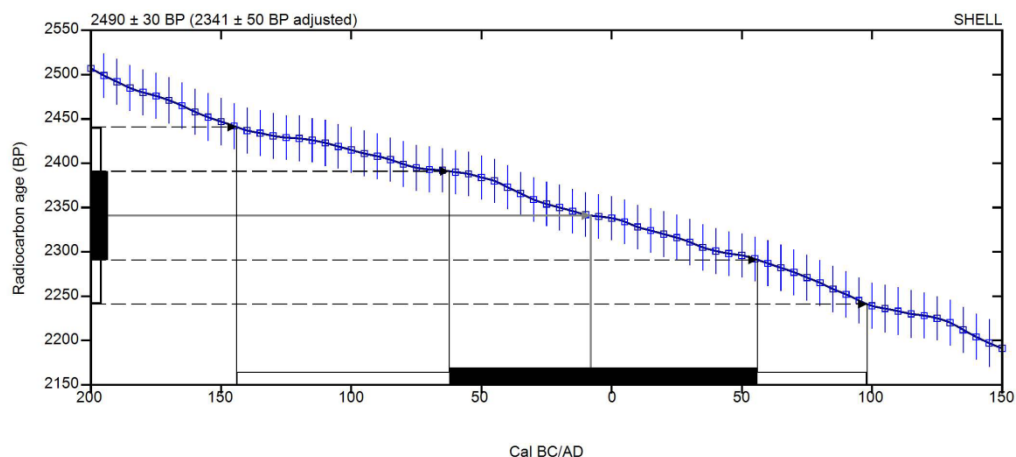
Εμφάνιση πανίδας απολιθωμάτων ανά βάθος δειγματοληψίας στα δείγματα της γεώτρησης ISMR-2 (8/8).

10.5 Παράρτημα V - Στατιστικά στοιχεία πανίδας μαλακίων ISMR-2

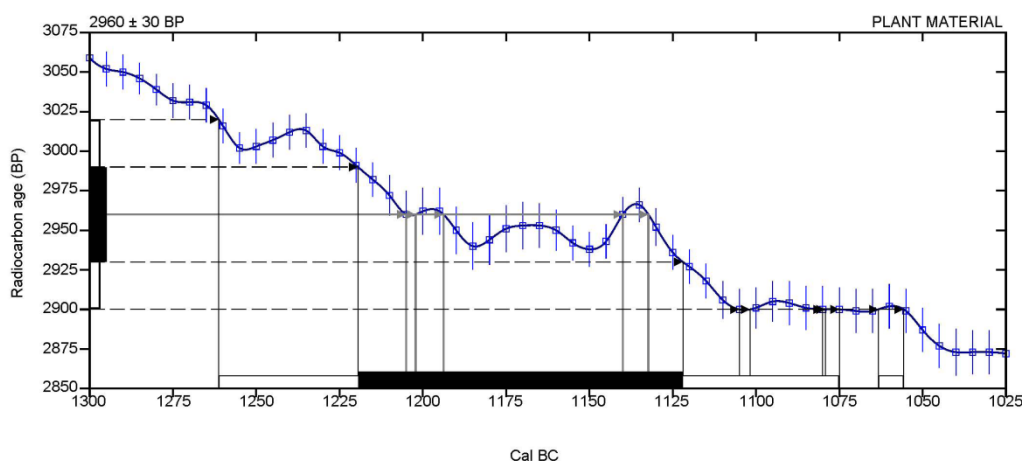




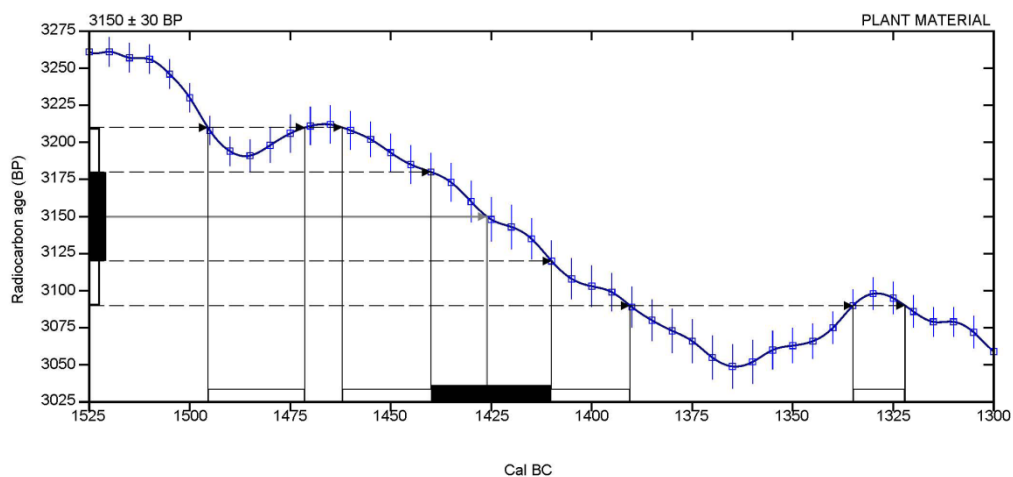
10.6 Παράρτημα VI - Καμπύλες αποτελεσμάτων ραδιοχρονολογήσεων



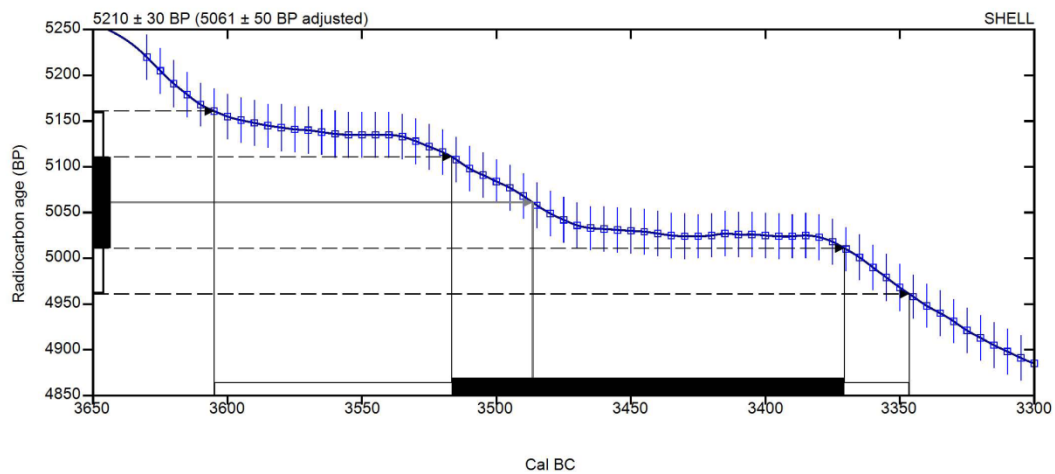
Καμπύλη βαθμονόμησης ετών ραδιοχρονολόγησης σε ημερολογιακά έτη για το δείγμα με κωδικό 12-ISMR2-155/Beta – 397441.



Καμπύλη βαθμονόμησης ετών ραδιοχρονολόγησης σε ημερολογιακά έτη για το δείγμα με κωδικό 13-ISMR2-373/Beta – 397442.



Καμπύλη βαθμονόμησης ετών ραδιοχρονολόγησης σε ημερολογιακά έτη για το δείγμα με κωδικό 14-ISMR2-459/Beta – 397443.



Καμπύλη βαθμονόμησης ετών ραδιοχρονολόγησης σε ημερολογιακά έτη για το δείγμα με κωδικό 15-ISMR2-564/Beta – 397444.

10.7 Παράρτημα VII - Εργασίες - εξοπλισμός εργαστηρίου



Μέτρηση μαγνητικής επιδεκτικότητας πυρήνων της γεώτρησης ISMR-2.



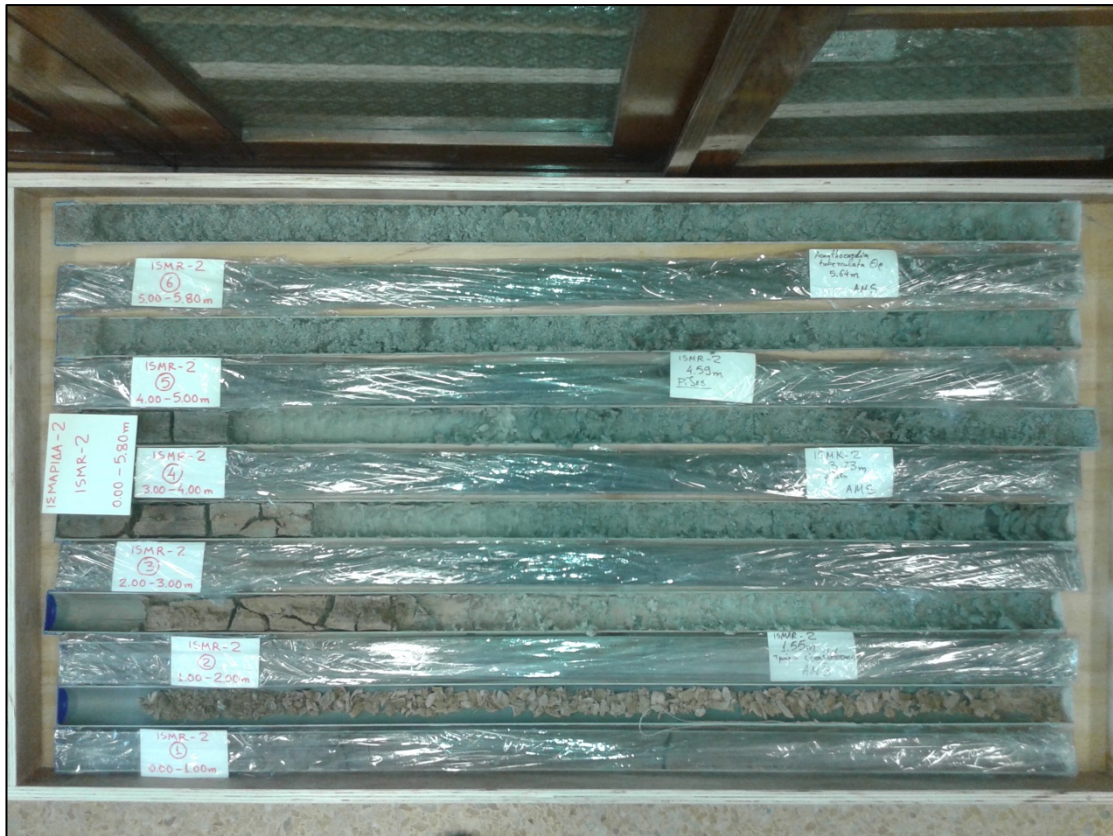
Διχοτόμηση και άνοιγμα πυρήνων.



Στρωματογραφική περιγραφή και αρχείο φωτογραφικής καταγραφής.



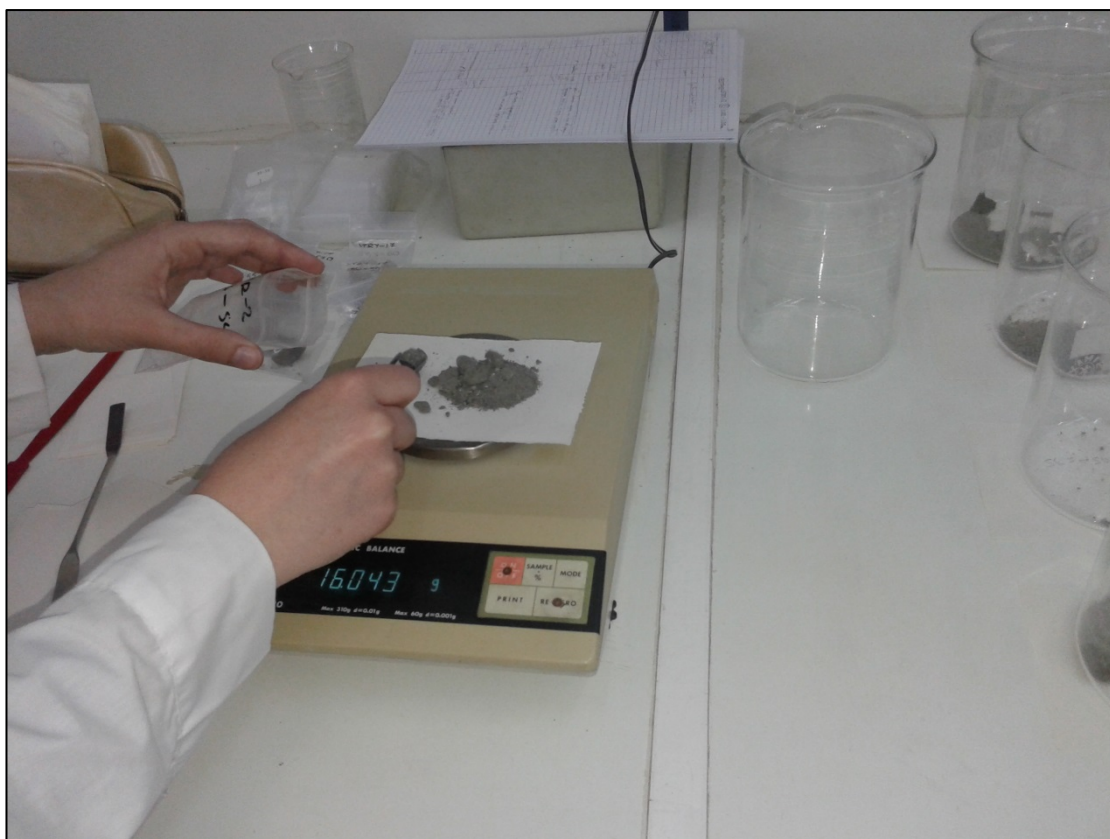
Δειγματοληψία των πυρήνων με βήμα 2,5 cm του μη διαταραγμένου τμήματος.



Αποθήκευση πυρήνων της γεώτρησης ISMR-2 μετά τη δειγματοληψία.



Τα δείγματα της ISMR-2 έπειτα από ξήρανση στον φούρνο, σε αριθμημένα σακουλάκια.



Επιμέρους δειγματοληψία ~10 g ιζήματος από κάθε δείγμα για παλαιοντολογική και ιζηματολογική μελέτη.



Προσθήκη νερού και H_2O_2 προς αποσυσσωμάτωση των κόκκων.



Μεταφορά του κάθε δείγματος σε κόσκινο διαμέτρου 0,063 mm, πλύση του και συλλογή λεπτομερέστερου υλικού που διαπερνά το κόσκινο.



Συλλογή λεπτόκοκκου υλικού μετά το πλύσιμο των δειγμάτων.



Καύση οργανικών υπολειμμάτων κάθε δείγματος προς ιζηματολογική ανάλυση με H_2O_2 , σε θερμαινόμενη εστία και έλεγχος ολοκλήρωσης αναβρασμού.



Προετοιμασία εξοπλισμού για τις αναλύσεις των δειγμάτων με τη μέθοδο του σιφωνίου.



Χρήση πιπέτας - δειγματοληψία υλικού κατά την ανάλυση λεπτόκοκκων ιζημάτων.



Φωτογραφική καταγραφή των απολιθωμάτων που προσδιορίστηκαν (φωτ.Συρίδης Γ.).



Λεπτομερέστερη φωτογραφική καταγραφή των απολιθωμάτων που προσδιορίστηκαν με τη χρήση στερεοσκοπίου STEMI-2000 C.

10.8 Παράρτημα VIII - Εργασίες - εξοπλισμός υπαίθρου



Γεωφυσική διασκόπηση στην περιοχή μελέτης με βήμα ηλεκτροδίων 4 m.



**Θέση και πραγματοποίησης της γεώτρησης ISMR-2 στην περιοχή μελέτης
(φωτ.ΣυρίδηςΓ.).**



Αποθήκευση πυρήνων μετά τη διάτρηση και περιγραφή των διαδικασιών υπαίθρου.



Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση της γεώτρησης ISMR-2 (επάνω και κάτω).



Η αποστραγγιστική τάφρος στα νοτιοανατολικά της λίμνης Ισμαρίδας.



Αποψη της λίμνης Ισμαρίδας τον Δεκέμβριο του 2008 (επάνω) και τον Ιανουάριο του 2010 (κάτω), (Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Νέστου και Λιμνών Βιστωνίδας - Ισμαρίδας).



Άποψη της λίμνης Ισμαρίδας στις 3 Ιουλίου 2012, (Φορέας Διαχείρισης Δέλτα Νέστου και Λιμνών Βιστωνίδας - Ισμαρίδας).