



ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ
ΓΕΩΛΟΓΩΝ ΚΑΙ
ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ
ΚΥΠΡΟΥ



HELLENIC
CHAPTER OF IAH

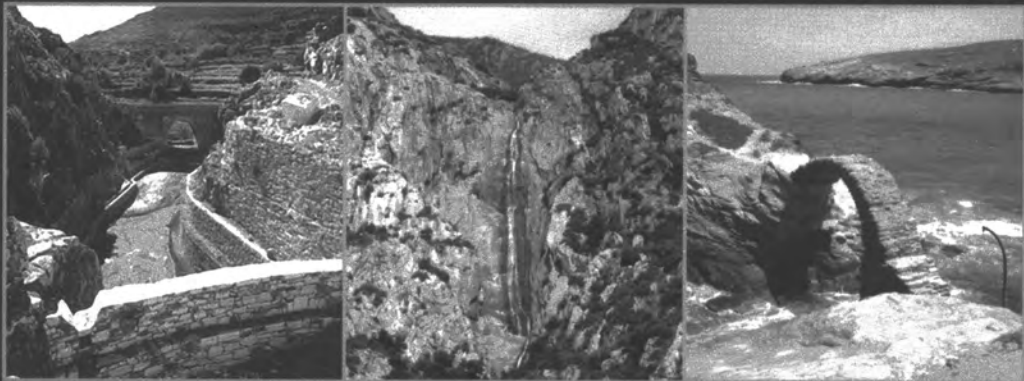
CYPRUS
ASSOCIATION OF
GEOLOGISTS
AND MINING
ENGINEERS



**8^ο ΔΙΕΘΝΕΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
8th INTERNATIONAL HYDROGEOLOGICAL
CONGRESS OF GREECE**

**3rd MEM WORKSHOP
ON FISSURED ROCKS HYDROLOGY**

**ΠΡΑΚΤΙΚΑ / PROCEEDINGS
ΤΟΜΟΣ 1 / VOLUME 1**



ΑΘΗΝΑ 2008 ATHENS

**ΕΚΔΟΤΕΣ: Γ. ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ. ΣΤΑΜΑΤΗΣ, Γ. ΣΤΟΥΡΝΑΡΑΣ
EDITORS: G. MIGIROS, G. STAMATIS, G. STOURNARAS**

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΤΗΝ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΑΣ
ΥΔΑΤΙΝΗΣ ΡΟΗΣ ΣΕ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

¹ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Ι.Δ., ²ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ ΕΜΜ., ¹ΔΙΛΑΛΟΣ Σ., ¹ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Τ. Δ.

¹ΕΚΠΑ, Τομέας Γεωφυσικής – Γεωθερμίας

²ΕΚΠΑ, Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

Λέξεις κλειδιά: Λιμνοθάλασσα, Ηλεκτρική ειδική αντίσταση, Υπόγεια ροή

Key words: Lagoon, Resistivity, Subsurface flow

Περίληψη

Στην εργασία αυτή εξετάζεται ένας παράκτιος υδροβιότοπος (λιμνοθάλασσα Κορισσίων, ΝΔ Κέρκυρα), εποχιακά μεταβαλλόμενης περιεκτικότητας σε αλατότητα και η σχέση αυτού με τις υπόγειες πλευρικές τροφοδοσίες γλυκού νερού. Η ευρύτερη περιοχή αποτελεί μία μεταλλική λεκάνη ιζηματογένεσης, όπου το αλπικό υπόβαθρο εμφανίζεται μόνο στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης (Καβαλοβούνι, λόφος Κόντρακας). Το μεγαλύτερο τμήμα καλύπτεται από μεταλλικά ιζήματα, ελαφρώς παραμορφωμένα. Τα ανώτερα στρώματα της ακολουθίας καλύπτονται από παλαιές και πρόσφατες θίνες (εναλλαγές αργίλων και ψαμμιτών). Ο τεκτονισμός που παρατηρείται φέρνει κατά τόπους στην επιφάνεια την βαθύτερη μαργαϊκή ακολουθία Μ. Πλειοκαινικής ηλικίας, που είναι ελαφρά πτυχωμένη. Στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας, απαντώνται σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις. Για τη διερεύνηση κυρίως του αναγλύφου της μάργας, διεξήχθησαν γεωηλεκτρικές βαθυσκοπήσεις με τη διάταξη *Schlumberger* στην περιοχή γύρω από τη λιμνοθάλασσα των Κορισσίων. Από τον χάρτη αναγλύφου της οροφής των μαργών αναδεικνύονται δύο διαφορετικές και ασύμμετρες παλαιό-λεκάνες ιζηματογένεσης, οι οποίες δεν έχουν καμία σχέση με το σημερινή μορφολογική εικόνα της περιοχής και τα σημερινά όρια της λιμνοθάλασσας. Επίσης στην παρούσα μελέτη εξετάζονται με λεπτομέρεια οι γεωλογικές συνθήκες που καθορίζουν τη σχέση μεταξύ του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα (ροή γλυκού νερού) και του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

CONTRIBUTION OF GEOPHYSICAL APPROACH FOR THE DEFINITION OF
SUBSURFACE FLOW PATHS AT COASTAL WETLANDS

ALEXOPOULOS J.D., VASSILAKIS EMM., DILALOS S., PAPADOPOULOS T.D.

Abstract

In this paper a coastal ecosystem is examined (Korissia lagoon, SW Corfu isl., Greece), of seasonal saline content variability and its relationship with the lateral subsurface water exchange with the adjacent fresh and salty water-bodies. The broader area consists of a recently formed depositional basin where the alpine basement outcrops only at the northern part of the study area (Kavalovouni, Kontrakas hill). The major part is covered by post-alpine sediments slightly deformed. The upper layers of the series are covered by either alluvial deposits or old and recent dunes. The recent tectonic movements have deformed and sliced the area in a number of tilted fault blocks and the result is the brought up of the marly formation of M. Pleistocene age to the surface level. The significance of this formation is very high as it is impermeable and its original stratigraphic position was much deeper than the present sea level. A large number of geoelectrical soundings were carried out by using the Schlumberger configuration in order to investigate primarily the relief of these marls around the area of the lagoon. The results are shown on the subsurface relief map of the marls' top bed interpreted as two different and asymmetric old basins filled by sediments which do not seem to have any relation with the present geomorphology of the broader area as well as the coastline of the Korissia lagoon. In this paper the geological conditions which determine the water exchange between the phreatic aquifer (fresh water flow) and the seawater environment are examined in detail.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια οι ολοκληρωμένες περιβαλλοντικές μελέτες συμπεριλαμβάνουν με αυξανόμενους ρυθμούς τη γεωφυσική έρευνα, ως βασικό επιστημονικό πεδίο έρευνας, ικανό να συνεισφέρει στη διερεύνηση ρηχών φυσικο-χημικών φαινομένων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η περίπτωση της λίμνης Κορυσίων, της νήσου Κέρκυρας, όπου αφού συγχωνεύθηκαν δεδομένα από διαφορετικούς ερευνητικούς κλάδους και επεξεργάστηκαν σε ειδικά σχεδιασμένη πλατφόρμα GIS (Alexopoulos *et al.* 2007), διαπιστώθηκε ότι οι μετρήσεις ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης αποτελούν σημαντικό θεματικό επίπεδο πληροφορίας για την απεικόνιση (i) των υπόγειων συνθηκών σε τρεις διαστάσεις, αλλά και (ii) των χρονικών μεταβολών τους. Σε συνδυασμό με τα γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία, οι γεωφυσικές μέθοδοι είναι δυνατόν να εφαρμοστούν σχεδόν σε κάθε στάδιο αξιοποίησης και διαχείρισης του υπόγειου ύδατος, προσδιορίζοντας τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφορέων, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για κοκκώδεις σχηματισμούς.

Η λιμνοθάλασσα Κορυσίων (Εικόνα 1) είναι ένας παράκτιος υδροβιότοπος, μεταβαλλόμενης περιεκτικότητας σε NaCl, με μία επιμήκη ανάπτυξη ΔΒΔ-ΑΝΑ, παράλληλα προς την παράκτια ζώνη (Ιόνιο πέλαγος). Στο κεντρικό τμήμα της λίμνης υφίσταται τεχνητός διαυλος, ο οποίος επιτρέπει την υδραυλική «επικοινωνία» της με την θάλασσα επιφανειακά. Η έκταση της λίμνης εκτιμάται στα 5 km², με μέγιστο βάθος 1,5 μέτρο.

Στην συγκεκριμένη μελέτη διερευνώνται οι γεωλογικές συνθήκες που καθορίζουν την υδραυλική επικοινωνία και τη σχέση μεταξύ του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα (ροή γλυκού νερού) και του θαλάσσιου περιβάλλοντος που βρίσκεται νότια και νοτιοδυτικά της περιοχής έρευνας. Προκειμένου να διερευνηθούν οι δίοδοι ροής των υπόγειων υδάτων, πραγματοποιήθηκε (α) λεπτομερής αποτύπωση του ευρύτερου γεωλογικού περιβάλλοντος (λιθολογία, τεκτονική) και (β) γεωφυσική έρευνα με την εφαρμογή ηλεκτρικών διασκοπήσεων κατακόρυφης διερεύνησης της ειδικής αντίστασης (ηλεκτρικές βαθσκοπήσεις).

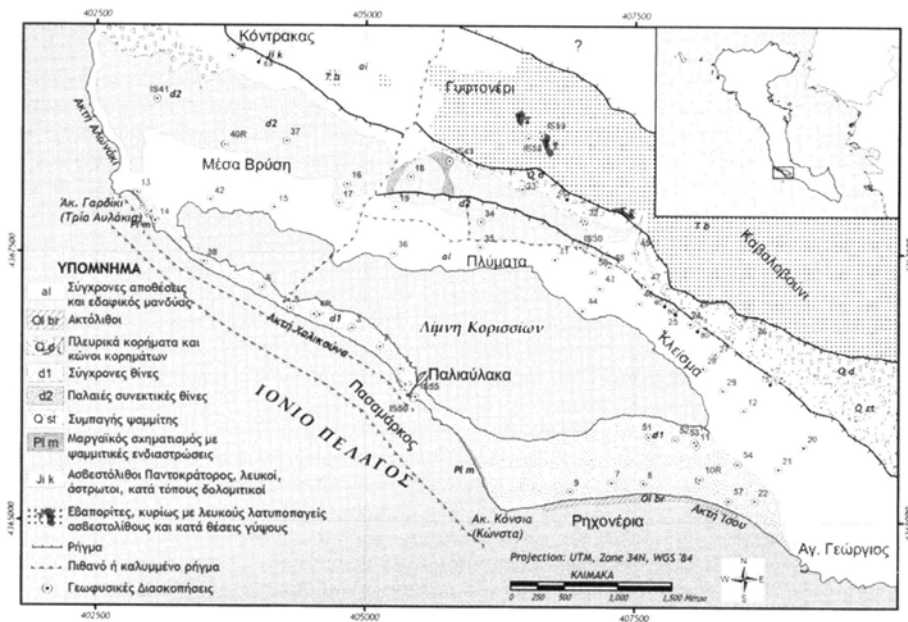
2. Γεωλογική δομή

Στη περιοχή ενδιαφέροντος το αλκικό υπόβαθρο εμφανίζεται μόνο στα όρια της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης (Καβαλοβούνι, Εικόνα 1) και αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από εβαπορίτες τριαδικής ηλικίας [T.b] που εντάσσονται στη στρωματογραφική κολώνα της Ιόνιας ενότητας (Jacobshagen 1986, Papanikolaou 1997). Μικρή αλλά σημαντική είναι η εμφάνιση των ασβεστολίθων Παντοκράτορα [Ji.k], ιουρασικής ηλικίας (Aubouin 1959), στο λόφο Κόντρακα, στα ΒΔ της περιοχής, όπου το ανάγλυφο είναι σαφώς πιο χαμηλό από ότι στο Καβαλοβούνι. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό και με άλλες παρατηρήσεις στην ευρύτερη περιοχή, αποτελεί ένδειξη για διαπυρικές κινήσεις μεγάλου μεγέθους κατά την μεταλλική περίοδο.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του αλκικού υποβάθρου καλύπτεται από μεταλλικά ιζήματα (Marangoudakis 1967), τα οποία έχουν επίσης παραμορφωθεί είτε από τις διαπυρικές κινήσεις είτε από ρήγματα κανονικού χαρακτήρα. Οι κινήσεις αυτές φέρνουν στην επιφάνεια την βαθύτερη μαργαϊκή ακολουθία Μ. Πλειοκαινικής ηλικίας και συγκεκριμένα της περιόδου Πιατσέντζιο [Pl.m] (Rögl *et al.* 1997). Πρόκειται για λεπτο-στρωματώδεις εναλλαγές από μάρμας με μπλε - γκρι αποχρώσεις και ψαμμίτες, ελαφρά πτυχωμένες με άζονες ΒΑ-ΝΔ, που έχουν αποθεθεί αρχικά σε εξωτερικό τμήμα υφαλοκρηπίδας και σήμερα αποτελούν ρηξιτεμάχη που έχουν περιστραφεί προς τα ΒΑ μέχρι και 20° (Εικόνα 2β). Τα ρήγματα που έχουν προκαλέσει αυτήν την περιστροφή βρίσκονται πιο ανατολικά από τις εμφανίσεις των Πλειοκαινικών στρωμάτων και συγκεκριμένα στις νοτιοδυτικές πλαγιές του Καβαλοβουνίου, έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και κλίσεις μεταξύ 60°-80° προς τα νοτιοδυτικά (Εικόνα 2α). Πιθανότατα πρόκειται για ζώνη από ρήγματα ληστρικού τύπου, τα οποία σε βάθος καταλήγουν στην ίδια ρηξιγενή επιφάνεια.

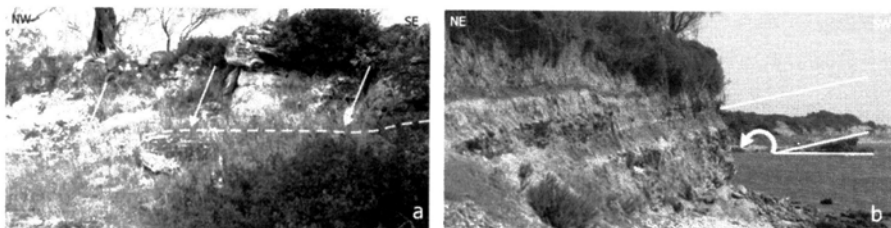
Τα ανώτερα στρώματα της μαργαϊκής ακολουθίας καλύπτονται από σχηματισμό με εναλλαγές αργίλων και ψαμμιτών [Pst.s] - ηλικίας Άνω Πλειστόκαινο (40-32 Κα, Τριανταφύλλου 1996) - του οποίου τα ανώτερα μέλη εξελίσσονται στις παλαιές θίνες [d2] με χαρακτηριστικές

σταυρωτές στρώσεις, γεγονός που αποτελεί ένδειξη για ανάδυση της ευρύτερης περιοχής, από θαλάσσιο περιβάλλον σε λιμνοθαλάσσιο και με συνθήκες παρόμοιες με τις σημερινές.



Εικόνα 1. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας, με τις θέσεις των γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων.

Figure 1. The geological map of the study area, with VES sites.



Εικόνα 2. Η σημερινή εικόνα της ευρύτερης περιοχής οφείλεται σε νεοτεκτονικές κινήσεις από την ενεργοποίηση ρηγμάτων που διακόπτουν τη συνέχεια ακόμα και των πρόσφατων ψαμμιτικών οριζώντων (a), προκαλώντας την περιστροφή ρηξίτευμαχών προς τα ΒΑ (b).

Figure 2. Neotectonic movements are responsible for the present appearance of the wider coastal area, as several activated faults cut the continuity of the recent sandstone beds (a) and causing block tilting towards to NE (b).

Οι πρόσφατες θίνες [d1] που καλύπτουν τον παράκτιο χερσαίο βραχίονα (Leontaris 1976), αποτελούν το φυσικό διαχωριστικό όριο μεταξύ των λιμναίων και των θαλάσσιων υδάτων και οριοθετούν το αντίστοιχο περιβάλλον κατά την άνω-πλειστοκαινική περίοδο. Στη βάση των πρόσφατων θινών και κατά μήκος της ακτογραμμής παρατηρούνται οριζόντες ψαμμιτών που σχετίζονται με ζώνες ανάμειξης γλυκού και αλμυρού νερού, σχηματίζοντας ακτολίθους [Ol.br] (Tomara 2006).

Εκτός των παραπάνω, απαντώνται και αλλουβιακές αποθέσεις [a1] στην περιμετρική περιοχή ΒΑ της λίμνης, αλλά και κορήματα [Q.d] υπό μορφή κώνων, ιδιαίτερα κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης νοτιοδυτικά του Καβαλοβουνίου.

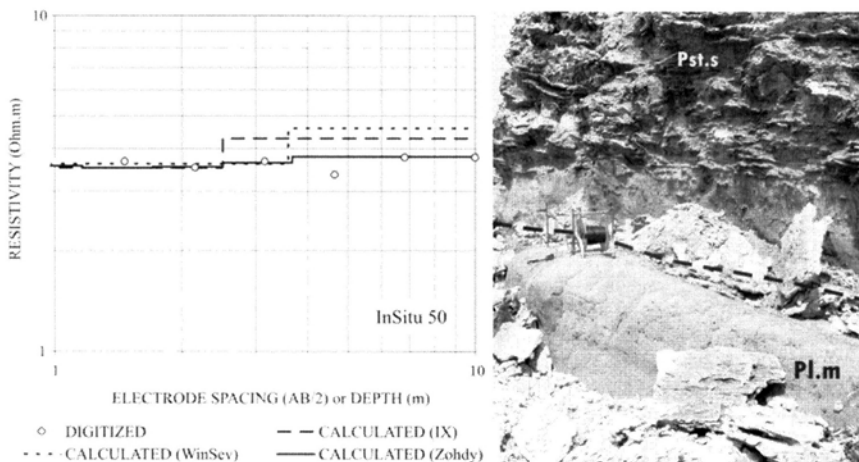
3. Γεωφυσική έρευνα.

Στόχο της γεωφυσικής έρευνας αποτελεί ο προσδιορισμός της υπόγειας λιθολογίας, το βάθος, η έκταση και τα χαρακτηριστικά του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και το ανάγλυφο της οροφής της μάργας. Εξήντα (60) συνολικά γεωηλεκτρικές βαθσκοπήσεις (VES) πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή γύρω από τη λιμνοθάλασσα (Εικόνα 1), με εφαρμογή της διάταξης *Schlumberger*. Το μέγιστο μήκος ηλεκτροδίων ρεύματος (AB) έφθασε τα 430 μέτρα. Η ευθύγραμμη ανάπτυξη της διάταξης των ηλεκτροδίων συνάντησε αρκετές δυσκολίες λόγω του κατά περίπτωση έντονου μορφολογικού αναγλύφου και της πυκνότητας βλάστησης που επικρατούσε στην περιοχή. Για τις μετρήσεις υπαίθρου χρησιμοποιήθηκε η συσκευή *Terrameter SAS300C* μαζί με την μονάδα *Booster 2000* της *ABEM*. Αν και η επεξεργασία των γεωφυσικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή της αυτόματης μεθόδου των *Zohdy* και *Bisdorf* (*Zohdy* 1989), καθώς και με τα λογισμικά πακέτα *IX1D* της *Interpex Ltd* και *WinSev* της *W-GeoSoft*, εντούτοις η ερμηνεία στηρίχθηκε στο λογισμικό *IX1D*.

3.1 "In situ" μετρήσεις ηλεκτρικών ειδικών αντιστάσεων

Προκειμένου να βαθμονομηθούν και αξιολογηθούν καλύτερα τα γεωηλεκτρικά αποτελέσματα, λόγω της απουσίας στοιχείων γεωτρήσεων, εκτελέστηκαν οι παρακάτω εργασίες:

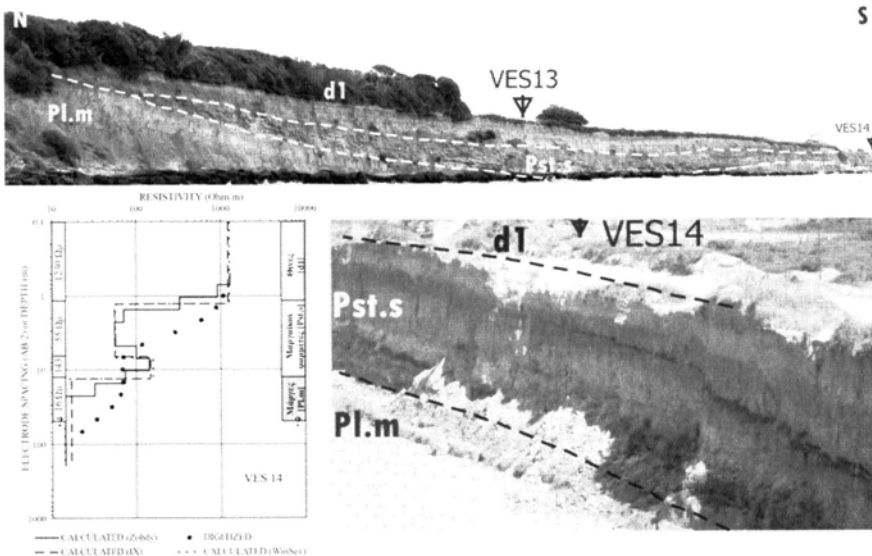
- α) Έξι (6) "in situ" μετρήσεις της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης σε επιφανειακές εμφανίσεις των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής έρευνας, εφαρμόζοντας τη διάταξη *Schlumberger* και μέγιστο μήκος ηλεκτροδίων ρεύματος (AB) 50 μέτρα. Ειδικότερα, οι μετρήσεις VES 23 και VES 26 έγιναν σε συμπαγείς ψαμίτιες [Pst.s], όπου οι τιμές των ειδικών αντιστάσεων τους υπολογίστηκαν από 300-500 Ohm.m. Οι μετρήσεις VES 30 και VES 41 διεξήχθησαν σε επιφανειακές εμφανίσεις παλαιών συνεκτικών θινών [d2], όπου οι τιμές των ειδικών αντιστάσεών τους υπολογίστηκαν >1000 Ohm.m. Αντίστοιχα, υψηλές τιμές (>500 Ohm.m) υπολογίστηκαν και σε επιφανειακούς σχηματισμούς σύγχρονων θινών [d1].



Εικόνα 3. Θέση επιφανειακής εμφάνισης μαργών [Pl.m] (δεξιά) και αποτελέσματα τη διεξαχθείσας «in situ» διασκόπησης VES 50 (αριστερά).
Figure 3. Outcrop of marl formation [Pl.m] (right) and the interpretation results of the 'in situ' sounding VES 50 (left).

Οι μετρήσεις VES 49 και VES 50 (Εικόνα 3) διεξήχθησαν σε επιφανειακές εμφανίσεις μαργών [Pl.m], οι οποίες αποτελούν το βαθύτερο σχηματισμό της μεταλλικής ακολουθίας αφενός και το υδρογεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής έρευνας, αφετέρου. Οι τιμές των ειδικών αντιστάσεων τους κυμαίνονται από 5-17 Ohm.m.

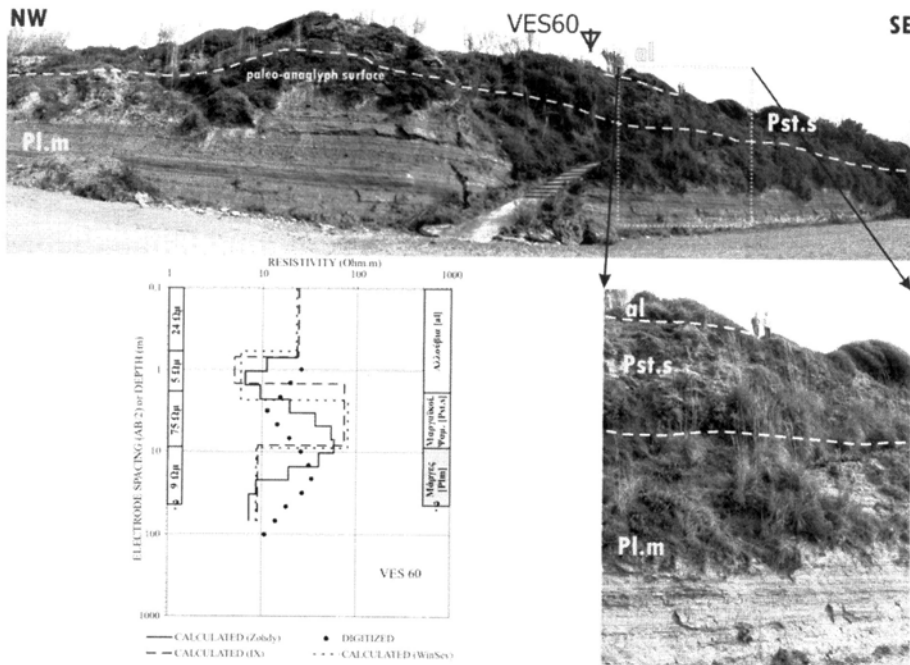
- β) Τρεις (3) γεωηλεκτρικές βαθοσκοπήσεις πάνω από φυσικές τομές εδάφους (Εικόνα 1), δύο (2) στην περιοχή Αλωνάκι (VES 14 & 13) και μία (VES 60) στην περιοχή Άγιος Γεώργιος (δεν εμφανίζεται στην περιοχή του χάρτη της Εικόνας 1 και τοποθετείται ~1 χλμ. ΝΑ της περιοχής μελέτης). Στις Εικόνες 5 και 6 παρουσιάζονται τα γεωφυσικά αποτελέσματα επεξεργασίας και τα αποτελέσματα της αξιολόγησής τους, σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα γεωλογικά δεδομένα (αντίστοιχες φωτογραφίες φυσικών τομών). Αναλυτικότερα, η βαθοσκόπηση VES 14 αναπτύχθηκε στην περιοχή Αλωνάκι (Εικόνα 4), όπου επιφανειακά εμφανίζεται ο σχηματισμός των σύγχρονων θινών [d1], πάχους ~1 m και με τιμές ειδικής αντίστασης ~1200 Ohm.m. Στην συνέχεια εντοπίστηκε σχηματισμός με τιμές ειδικής αντίστασης 55-140 Ohm.m και πάχος ~11 m, ο οποίος αντιστοιχεί σε μαργαϊκούς ψαμμίτες [Pst.s]. Σε βάθος ~12 μέτρων (-5 απόλυτο υψόμετρο) εντοπίστηκε γεωηλεκτρικός σχηματισμός ~16 Ohm.m, οποίος αντιστοιχεί στις υποκείμενες μάργες [Pl.m]. Τα παραπάνω αποτελέσματα βρίσκονται σε συμφωνία με τα γεωλογικά δεδομένα της τομής εδάφους, δεδομένου ότι οι μάργες βρίσκονται σε ρηξιτέμαχος που έχει περιστραφεί και παρουσιάζουν κλίση 15° προς ΒΑ ενώ η θέση της βαθοσκόπησης βρίσκεται στο ίδιο ρηξιτέμαχος και σε απόσταση ~60 m από την φυσική τομή. Τα αποτελέσματα της VES 13 ταυτίζονται σε καλό βαθμό με τα γεωλογικά δεδομένα της αντίστοιχης τομής εδάφους (Εικόνα 4), συσχετίζοντας το σχηματισμό των σύγχρονων θινών [d1] με επιφανειακές τιμές ειδικής αντίστασης ~600 Ohm.m και τους βαθύτερους μαργαϊκούς ψαμμίτες [Pst.s] με τιμές 90-200 Ohm.m και τις υποκείμενες μάργες [Pl.m] με τιμές ~9 Ohm.m.



Εικόνα 4. Αποτελέσματα της βαθοσκόπησης VES 14 (αριστερά) στην περιοχή Αλωνάκι (δεξιά).
Figure 4. Interpretation results of VES 14(left) at Alonaki area (right).

Τέλος, η βαθοσκόπηση VES 60 αναπτύχθηκε στην περιοχή του Αγ. Γεωργίου (Εικόνα 5), όπου επιφανειακά εμφανίζονται αλλουβιακοί σχηματισμοί [al] πάχους ~2 m και με τιμές ειδικής

αντίστασης 5-24 Ohm.m. Στη συνέχεια εντοπίστηκε σχηματισμός πάχους ~7 m και ειδικής αντίστασης ~70 Ohm.m, ο οποίος αντιστοιχεί σε μαργαίτους ψαμμίτες [Pst.s] που εμφανίζονται σε παρακείμενη φυσική τομή. Ολοκληρώνοντας την περιγραφή των αποτελεσμάτων της βαθσοσκόπησης VES 60, στο βάθος των ~6 m (+1m απόλυτο υψόμετρο), διερευνήθηκε γεωηλεκτρικός σχηματισμός ~9 Ohm.m, ο οποίος αντιστοιχεί στις υποκείμενες μάργες [Pl.m]. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε απόλυτη συμφωνία με τα γεωλογικά δεδομένα της τομής εδάφους, δεδομένου ότι οι μάργες παρουσιάζουν κλίση 20° προς ΒΒΑ και η θέση της βαθσοσκόπησης απέχει ~130 m από την φυσική τομή.



Εικόνα 5. Αποτελέσματα της βαθσοσκόπησης VES 60 (αριστερά) στην περιοχή Αγ. Γεώργιος (δεξιά).

Figure 5. Interpretation results of VES 60 (left) in Ag. Georgios area (right).

Από τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των "in situ" μετρήσεων, προέκυψε ο παρακάτω πίνακας τιμών ειδικών αντιστάσεων (Πίνακας 1) και η αντιστοίχισή τους με τους λιθολογικούς σχηματισμούς που απαντούν στην περιοχή.

3.2 Γεωφυσικο – Γεωλογικές συσχετίσεις

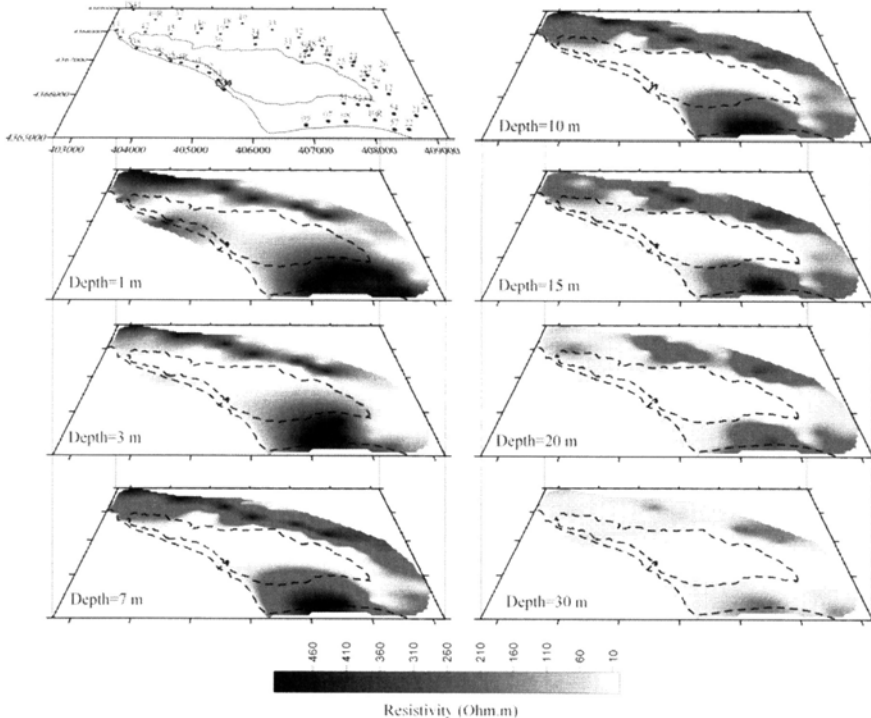
Με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από τη γεωηλεκτρική έρευνα, ακολούθησε ποιοτική και ποσοτική συσχέτιση αυτών και κατασκευάστηκαν γεωηλεκτρικές τομές και χάρτες κατανομής της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης. Στη συνέχεια λήφθηκαν υπόψη τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής και έγινε μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της γεωφυσικο-γεωλογικής δομής της περιοχής έρευνας. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά προέκυψε ότι:

- i Σε ολόκληρο το επιφανειακό τμήμα νότια της λιμνοθάλασσας εικρατεί ο σχηματισμός των σύγχρονων θινών [d1], ενώ βόρεια και ΒΑ-κα οι σχηματισμοί των παλαιών [d2] θινών, σχηματισμοί που αντιπροσωπεύονται από ειδικές αντιστάσεις >500 Ohm.m. Στις υπόλοιπες

- περιοχές, διερευνήθηκαν αλλουβιακοί σχηματισμοί με τιμές ειδικών αντιστάσεων 10-70 Ohm.m, και με κυμαινόμενο πάχος από 0,5-2,0 μέτρα.
- ii Εντοπίστηκε σε αρκετές θέσεις ο γεωλογικός σχηματισμός των ψαμμιτών [Pst.s], ο οποίος στην περιοχή ΒΑ-κα της λιμνοθάλασσας (Λίνια) χαρακτηρίζεται ως συμπαγής ψαμμίτης με τιμές ειδικής αντίστασης 300-500 Ohm.m, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές αποτελείται από μαργαϊκούς ψαμμίτες με αντιπροσωπευτικές τιμές 50-200 Ohm.m.
 - iii Σε όλες τις θέσεις των ηλεκτρικών διασκοπήσεων ανιχνεύθηκε ως κατώτερος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, με τιμές ειδικής αντίστασης μεταξύ 5-25 Ohm.m, ο σχηματισμός των μαργών [Pl.m].

Πίνακας 1. Τιμές ειδικών αντιστάσεων των λιθολογικών σχηματισμών.
 Table 1. Resistivity values of lithological formations.

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ		Ειδ. Αντίσταση (σε Ohm.m)
Αλλούβια-Alluvial [al]		10-70
Θίνες-Dunes	Σύγχρονες-Recent [d1]	>500
	Παλαιές-Old [d2]	
Ψαμμίτες-Sandstones [Pst.s]	Συμπαγείς ψαμμίτες-Massive sandstone	300-500
	Μαργαϊκοί ψαμμίτες-Marly sandstone	50-200
Μάργες-Marls [Pl.m]		<25



Εικόνα 6. Ψευδο-τριδιάστατη απεικόνιση αντιπροσωπευτικών τομών βάθους.
 Figure 6. Resistivity pseudo-3D presentation, based on VES interpretation.

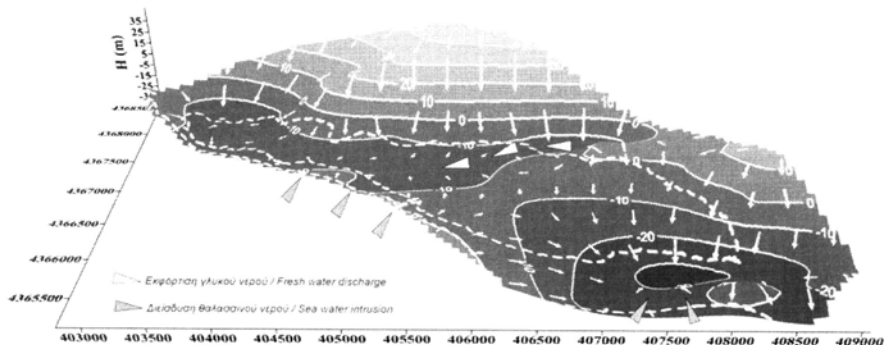
Στην εικόνα 6 παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές ψευδο-τριδιάστατες κατανομές της ειδικής αντίστασης, για βάθη 1, 3, 7, 10, 15, 20 και 30 m. Από τις απεικονίσεις αυτές είναι φανερό ότι οι γενικά υψηλές τιμές ειδικών των αντιστάσεων (>300 Ohm.m) που επικρατούν σε μικρά βάθη (<15 m), αντιστοιχούν στους σχηματισμούς των σύγχρονων [d1] και παλαιών [d2] θινών και των συμπαγών ψαμμιτών [Pst.s], μειώνονται δε σε μικρότερες τιμές (50-200 Ohm.m) σε βάθη ~20 m (μαργαϊκοί ψαμμίτες [Pst.s]) και μεταβαίνουν σε ακόμα μικρότερες τιμές (<25 Ohm.m) σε βάθη >20 m που σχετίζονται με την ύπαρξη των μαργών [Pl.m].

Νοτιοδυτικά της λιμνοθάλασσας (εικόνα 1) και σε όλο το τμήμα του παράκτιου χερσαίου βραχίονα (ακτή Χαλκούνας) καθώς και σε τμήμα της νοτιοανατολικής περιοχής έρευνας (ακτή Ίσου -VES 10, 51, 52 & 53), προσδιορίστηκε γεωηλεκτρικός σχηματισμός με τιμές ειδικής αντίστασης 0,5-1,5 Ohm.m και μεταβαλλόμενου κατά θέσεις πάχους (5-15 m), υπερκείμενος των μαργών ειδικής αντίστασης 5-7 Ohm.m, γεγονός που σχετίζεται με τη διείσδυση αλμυρού νερού προς τη λιμνοθάλασσα, κατά μήκος του βραχίονα.

Στο μεγαλύτερο τμήμα της βορειοανατολικής περιοχής, ανάντη της λιμνοθάλασσας, διερευνήθηκε γεωηλεκτρικός σχηματισμός με τιμές ειδικής αντίστασης 3,0-15,0 Ohm.m και μεταβαλλόμενου κατά θέσεις πάχους (2-5 m), υπερκείμενος είτε ψαμμιτών είτε μαργών, γεγονός που συνηγορεί στην ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα κορεσμένου σε γλυκό νερό, που επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη πλήθους αρδευτικών φρεατών στην περιοχή αυτή (Alexopoulos *et al.* 2007).

4. Υπόγεια ροή – Συμπεράσματα

Από την αξιολόγηση των γεωφυσικών και γεωλογικών δεδομένων, σε όλη την έκταση της περιοχής έρευνας εντοπίστηκε ο σχηματισμός των μαργών [Pl.m], ως ο κατώτερος γεωηλεκτρικός σχηματισμός (5-25 Ohm.m). Από τα αποτελέσματα αυτά κατασκευάστηκε ο χάρτης του αναγλύφου της οροφής της μαργών (σε απόλυτα υψόμετρα) και η 3-D απεικόνισή του δίδεται στην Εικόνα 7. Ο χάρτης αυτός αναπαριστά την οροφή των μαργών, που υδρογεωλογικά αποτελούν το αδιαπέρατο υπόβαθρο, με μια διακύμανση αναγλύφου +40 (βόρεια περιοχή) έως -30 m (ΝΑ-κη περιοχή) απόλυτου υψόμετρου. Στην Εικόνα 7 έχουν χαραχθεί με βέλη οι μέγιστες κλίσεις της οροφής της μάργας (διεύθυνση και μέτρο), που δείχνουν τη δυνατότητα ανάπτυξης υπόγειας ροής. Τα λευκά τρίγωνα δείχνουν τις θέσεις και τη διεύθυνση εκφόρτισης γλυκού νερού προς τη λιμνοθάλασσα, ενώ τα γκρι τρίγωνα δείχνουν τις θέσεις διείσδυσης του θαλασσινού νερού προς τη λιμνοθάλασσα.



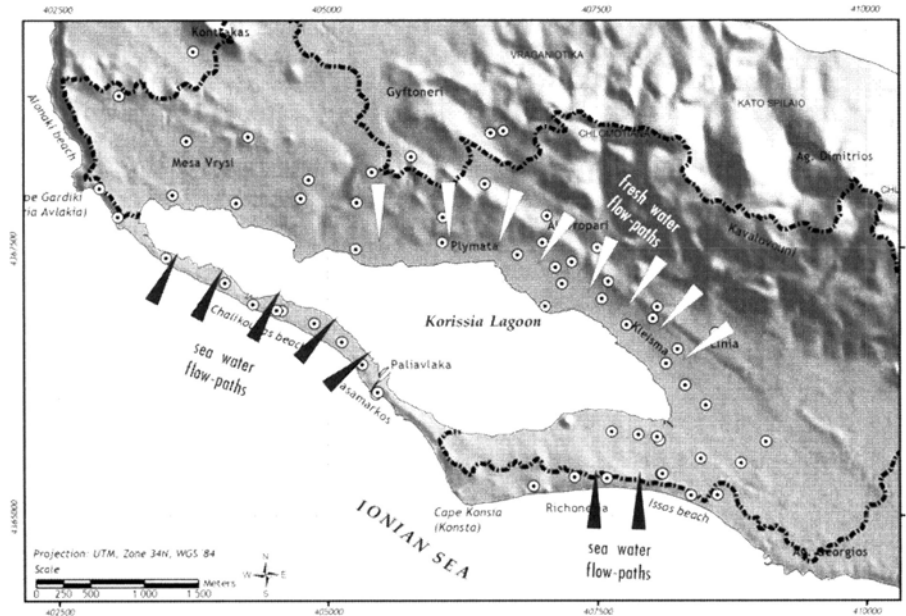
Εικόνα 7. Τριδιάστατη απεικόνιση του αναγλύφου της οροφής της μαργών και της κατανομής της μέγιστης της κλίσης.

Figure 7. 3-D presentation of the top of the marl and the distribution of its maximum slopes.

Τα χαμηλότερα απόλυτα υψόμετρα της οροφής των μαργών συναντώνται στο δυτικό τμήμα της περιοχής (-19 m) κοντά στη VES 38 και στο ανατολικό κοντά στις VES 51, 52 & 53 (~ -32m), διαμορφώνοντας έτσι δύο διαφορετικές και ασύμμετρες παλαιο-λεκάνες ιζηματογένεσης (οριοθετούνται από της ισότιμη καμπύλη των -10m), οι οποίες δεν έχουν καμία σχέση με τη σημερινή μορφολογική εικόνα της περιοχής και τα σημερινά όρια της λιμνοθάλασσας.

Ο γεωηλεκτρικός σχηματισμός με τιμές ειδικής αντίστασης 0,5-1,5 Ohm.m και μεταβαλλόμενου κατά θέσεις πάχους (5-15 m) που προσδιορίστηκε στο παράκτιο χερσαίο βραχίονα ΝΔ-κα της λιμνοθάλασσας (ακτή Χαλκούνας) (Εικόνα 1) και στην ΝΑ-κη περιοχή (ακτή Ίσου-VES 10, 51, 52 & 53), σχετίζεται με την ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα κορεσμένου σε αλμυρό νερό. Οι περιοχές αυτές αποτελούν τους υπόγειους 'διαύλους' ροής θαλασσινού νερού προς την λιμνοθάλασσα (Εικόνα 7 και 8). Η επιφανειακή εμφάνιση των αδιαπέρατων μαργών κοντά στο επίπεδο της θάλασσας, από την περιοχή του τεχνητού διαύλου (Πασαμάρκος) μέχρι το ακρωτήριο Κόνστα (Εικόνα 8), εμποδίζει την είσοδο θαλασσινού νερού προς την λιμνοθάλασσα.

Γενικότερα, σε όλη την βόρεια περιοχή της λιμνοθάλασσας, το ανάγλυφο της οροφής της μάργας (Εικόνα 7) δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης φρεάτιας υδροφορίας, αλλά και υπόγειων διαύλων ροής γλυκού νερού προς τη λιμνοθάλασσα. Ειδικότερα, στο μεγαλύτερο τμήμα βόρεια και ΒΑ-κα της περιοχής της λιμνοθάλασσας (Πλύματα, Αλευροπάρι, Κλείσμα και Λίνια) ο γεωηλεκτρικός σχηματισμός των 3,0-15,0 Ohm.m, σχετίζεται με την ύπαρξη υδροφόρων σχηματισμών κορεσμένων με γλυκό νερό (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου όπου σημειώνονται οι υπόγειοι διαύλοι ροής των υδάτων από τη θάλασσα και από το φρεάτιο υδροφόρο ορίζοντα, προς τη λιμνοθάλασσα και τα όρια της υδρολογικής λεκάνης.

Figure 8. Shaded relief map showing the subsurface water flow paths of sea water intrusion and the fresh water discharge towards the lagoon.

Ευχαριστίες

Η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και Εθνικούς πόρους, στο πλαίσιο του προγράμματος ΕΠΕΑΚ-Πυθαγόρας II (ΚΕ 70/3/8031). Οι συγγραφείς θα ήθελαν να εκφράσουν τις ευχαριστίες τους στο Δήμο Μελιτιαίων, στους κατοίκους τις περιοχής και στους συναδέλφους, Δρ. Βούλγαρη Νικόλαο, Τομαρά Βασιλική, Γκούμα Γεώργιο, Πυρλή Ερμή και στους φοιτητές του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Ντούφα Βασίλειο και Σαββίδη Νικόλαο, για τη συνεργασία τους στις εργασίες υπαίθρου.

Βιβλιογραφία

- Alexopoulos J.D., Tomara V., Vassilakis Emm., Papadopoulos T., Dassenakis M., Poulos S., Voulgaris N., Dilalos S., Ghionis G., Goumas G. and Pirlis E. 2007. Environmental Research of the Korissia Coastal Wetland (Corfu isl., Greece), with the Application of Combined Geological and Geophysical Methods supported by Geographic Information Systems. *Bulletin of Geological Society of Greece* 40(4): 1892-1903.
- Aubouin J. 1959. Contribution a l' etude geologique de la Grece septentrionale, les confins de l' Epire et de la Thessalie. *Ann. Geol. Pays Hell.*, 10: 526.
- Jacobshagen V. 1986. Geologie von Griechenland. *Beitr. z. region. Geol. d. Erde*, pp.363
- Leontaris S. 1976. Sur la provenance et l' evolution des dunes de Corfu du Sud et sur leur relation avec le lac de Corission. *Praktika tes Akadimias Athinon* 522-539 (in Greek).
- Marangoudakis N. 1967. Geology and micropalaeontology of southern Corfu. *Geological Geophysical Res., Inst. Geology Subsurface Research Athens*, 12(1): 132p.
- Papanikolaou D. 1997. The tectonostratigraphic terranes of the Hellenides. *Ann. Geol. de Pays Hell.* 37: 495-514.
- Rögl F., Antl-Weiser W., Brandstätter F., Dermitzakis M.D., Papesch W., Piller W.E., Schultz O., Symeonidis N.K., Triantafyllou M.V. and Tsarpalis V. 1997. Late Pleistocene marine circles in Southern Corfu. *Ann. Geol. de Pays Hell.* 37: 667-715.
- Tomara V. 2006. Geoenviromental research of the Korissia Lagoon, supported by Geographic Information Systems. Msc Thesis, N.K.U.A., Faculty of Geology and Geoenviroment, pp.189.
- Τριανταφύλλου Μ. 1996. Βιοστρωματογραφικές και οικοστρωματογραφικές παρατηρήσεις με βάση τα ασβεστολιθικά νανοαπολιθώματα, των πλειο-πλειστοκαινικών ιζημάτων της ανατολικής Μεσογείου. Διδακτορική διατριβή, ΓΑΙΑ, 1:209, ΕΚΠΑ.
- Zohdy A.A.R. 1989. A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner soundings curves. *Geophysics* 54(2): 245-253.