

**9^ο ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ**

με έμφαση στην συμβολή των Γεωεπιστημών στην Ανάπτυξη

Υπό την Αιγίδα του
Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
και την υποστήριξη του Υπουργείου Πολιτισμού

**9th INTERNATIONAL CONGRESS
OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF GREECE**

with emphasis on the contribution of Geosciences to Development

Under the aegis of the
Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works
and the support of the Ministry of Culture



**ΠΡΑΚΤΙΚΑ
PROCEEDINGS**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

Π. Γ. ΜΑΡΙΝΟΣ

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Γ. ΤΣΙΑΜΒΑΟΣ

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Α. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ

Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Β. ΤΣΑΠΡΑΛΗΣ

Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών

Θ. ΡΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ

Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών

Ε. ΜΩΡΑΪΤΗ

Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών

EDITORS

P. G. MARINOS

National Technical University of Athens

G. TSIAMBAOS

National Technical University of Athens

A. ALEXOPOULOS

National & Kapodistrian University of Athens

V. TSAPRALIS

Institute of Geology & Mineral Exploration

TH. RONDOYANNI

Institute of Geology & Mineral Exploration

E. MORAITI

Institute of Geology & Mineral Exploration

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2001

ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΤΟΥ ΚΑΛΥΜΜΕΝΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ ΤΑΤΟΪΟΥ*

Ι. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ¹, Ι. ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ², Π. ΚΑΜΠΟΥΡΗΣ¹, Η. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ², Τ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ¹

ΣΥΝΟΨΗ

Έχει πολύ μεγάλη σημασία ο εντοπισμός ρηγμάτων που δεν φτάνουν στην επιφάνεια, ιδιαίτερα σε περιοχές που πρόκειται να κατασκευαστούν τεχνικά έργα ή να οικοδομηθούν. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα γεωλογικά, τεκτονικά και γεωφυσικά στοιχεία με τα οποία τεκμηριώνεται η ύπαρξη ενός ρήγματος στην περιοχή δυτικά του αεροδρομίου του Τατοΐου, το οποίο δεν φθάνει μέχρι την επιφάνεια, αφού έχει καλυφθεί με τους ανώτερους ορίζοντες των τεταρτογενών κροκαλοαυτοπαγών του κώνου των Θρακομακεδόνων.

ABSTRACT

It is very important blind faults surface localization, especially in areas where buildings will be constructed. In this paper, the combination of geological, tectonic and geophysical data suggest the presence of a blind fault in the area west of Tatoi airport. This fault is covered by the uppermost horizons of the quaternary breccia-conglomerates of the Thracomakedones talus.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τατόι, ρήγμα, θρακομακεδόνες, γεωηλεκτρικά.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το λεκανοπέδιο των Αθηνών αποτελεί ένα σύνθετο νεοτεκτονικό βύθισμα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ που έχει σχηματισθεί μεταξύ των ορέων της Πάρνηθας και του Αιγάλεω στα δυτικά και της Πεντέλης και του Υμηττού στα ανατολικά, έχει δε πληρωθεί κυρίως με λιμναίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις από το Ανώτερο Μειόκαινο μέχρι σήμερα (FREYBERG, 1951).

Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ (2000) διακρίνουν μία σειρά βυθίσματα και κέρατα μικρότερης τάξης μέσα στο τμήμα του λεκανοπέδιου των Αθηνών που βρίσκεται δυτικά του Κηφισού ποταμού. Αυτές οι νεοτεκτονικές δομές οριοθετούνται μεταξύ τους με ρήγματα οι διευθύνσεις των οποίων είναι ΔΒΔ-ΑΝΑ ή ΒΑ-ΝΔ. Το λεκανοπέδιο έχει πληρωθεί με μεταλιτικές αποθέσεις λιμναίας και χερσαίας φάσης από το Ανώτερο Μειόκαινο μέχρι σήμερα το πάχος των οποίων σύμφωνα με τον Β. V. FREYBERG (1951) υπερβαίνει κατά θέσεις τα 600 μέτρα. Η λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση της σεισμόπληκτης περιοχής του σεισμού της Πάρνηθας του 1999, σε συνδυασμό με την κατανομή των ζημιών όπως αυτές χαρτογραφήθηκαν από τους ΜΑΡΙΝΟΣ *et al.* (1999), δείχνουν ότι δεν είναι τυχαία η κατανομή των ζημιών αλλά σε ένα σημαντικό βαθμό εξαρτώνται από την παρουσία ή όχι κάποιων ρηγμάτων που δεν φθάνουν στην επιφάνεια. Αυτή ήταν η βασική σκέψη ώστε να προσανατολισούμε την έρευνα με γεωφυσικές μεθόδους προκειμένου να εντοπίσουμε αυτό ή αυτά τα ρήγματα. Επειδή ο κατοικημένος χώρος δεν ήταν εύκολα προσβάσιμος για αυτού του τύπου τις έρευνες, προσανατολιστήκαμε στην περιοχή που πρόκειται να οικοδομηθεί το Ολυμπιακό Χωριό βόρεια του Μενιδίου και δυτικά του αεροδρομίου του Τατοΐου, όπου τα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής υποδηλώνουν την πιθανή παρουσία τεκτονικών ζωνών. Για το σκοπό αυτό εκτελέστηκαν πέντε (5) γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις (Εικόνα 2). Επί πλέον, για διερεύνηση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των γεωλογικών σχηματισμών και την αξιολόγηση των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων, διεξήχθησαν 'επί τόπου' (*in situ*) μετρήσεις της ειδικής αντίστασης, τόσο σε επιφανειακές εμφανίσεις (κυρίως της μάργας) όσο και σε θέσεις παλαιών γεωτρήσεων, στην ευρύτερη περιοχή.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ-ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ένα τμήμα του λεκανοπέδιου των Αθηνών αποτελεί ένα σύνθετο νεοτεκτονικό βύθισμα διεύθυνσης ΒΑ-

* GEOELECTRICAL SURVEY FOR TATOI (ATHENS, GREECE) BLIND FAULT

1. Εθνικό & Καποδιστριακό Παν/μο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωφυσικής-Γεωθερμίας, Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου, 157 84.
2. Γεωλογία: Εθνικού & Καποδιστριακού Παν/μιου Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου, 157 84.

ΝΔ που έχει σχηματισθεί μεταξύ των ορέων της Πάρνηθας και του Αιγάλεω στα δυτικά και του της Πεντέλης και του Υμηττού στα ανατολικά, το οποίο έχει πληρωθεί κυρίως με λιμναίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις από το Ανωτέρω Μειόκαινο μέχρι σήμερα (FREYBERG, 1951). Οι παλαιότερες μεταλλικές αποθέσεις είναι ανωμειοκαινικής ηλικίας, λιμναίας φάσης, αποτελούμενες κυρίως από μάσγες, και αργίλους με παρουσία λιγνιτών των οποίων γινόταν εκμετάλλευση στο Περιστέρι και το Ν. Ηράκλειο. Το πάχος αυτών των αποθέσεων είναι μεγάλο και σύμφωνα με τον B. V. FREYBERG (1951) είναι μεγαλύτερο των 300 μέτρων.

Κατά το Πλειόκαινο το υλικό που αποτίθεται είναι σαφώς πιο αδρομερές σε σχέση με εκείνο του Ανωτέρου Μειόκαινου. Στη βάση απαντούν άμμοι και ψαμμίτες, οι οποίοι εξελίσσονται σε κροκαλοπαγή ενώ η ιζηματογένεση κλίνει με λεπτομερές υλικό πάλι ήτοι με λευκούς ασβεστόλιθους και αργίλους που πολύ πιθανά να περνάνε και στο Πλειστόκαινο (B. V. FREYBERG, 1951). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η προέλευση των κροκαλών των κροκαλοπαγών είναι αποκλειστικά από τα μεταμορφωμένα πετρώματα. Τα κροκαλοπαγή δεν απαντούν στο ΝΔ τμήμα της λεκάνης δηλαδή στην περιοχή του Δαφνίου και του Περιστερίου, ενώ από τα νοτιοδυτικά (Δαφνί, Περιστέρι) προς τα βορειοανατολικά το πάχος τόσο των κροκαλοπαγών όσο και γενικά των πλειοκαινικών αποθέσεων αυξάνει. Για παράδειγμα το πάχος των πλειοκαινικών αποθέσεων στην περιοχή Άνω Λιουσίων - Μενιδίου υπερβαίνει τα 400 μέτρα.

Βόρεια του Μενιδίου εμφανίζονται πάλι οι ανωμειοκαινικές λιμναίες αποθέσεις, οι οποίες προς βορρά καλύπτονται διαδοχικά από χερσαίες τεταρτογενείς, ως επί το πλείστον, αδρομερείς αποθέσεις, συνιστάμενες κυρίως από τον μεγάλο κώνο κορημάτων των Θρακομακεδόνων στα βορειοδυτικά ή τις ποτάμιες αποθέσεις στα βορειοανατολικά.

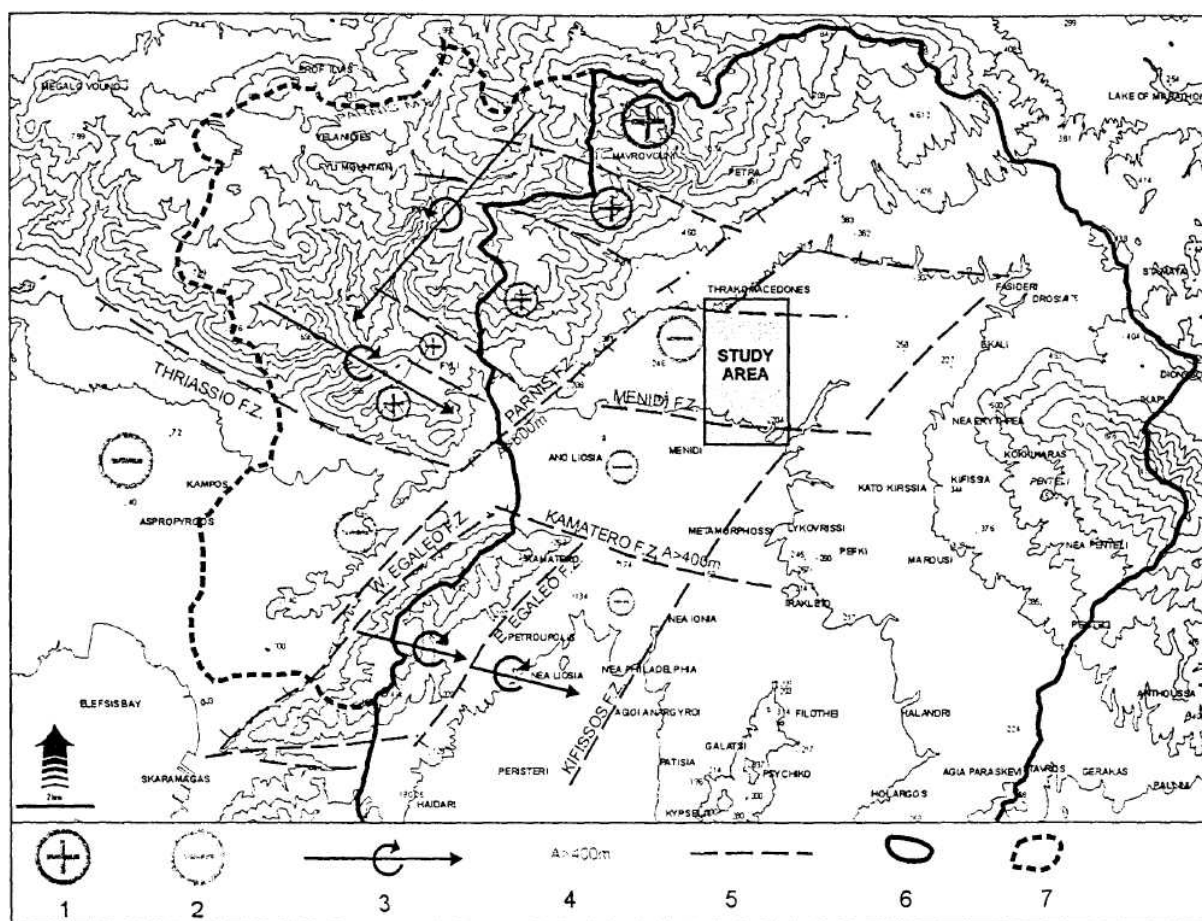
Τέλος οι νεογενείς αποθέσεις καλύπτονται από ποτάμιες αποθέσεις και κώνους κορημάτων. Η προέλευση του κλαστικού υλικού είναι αποκλειστικά από τα αμεταμόρφωτα πετρώματα της Πάρνηθας, σχηματίζοντας ένα πολύ χαρακτηριστικό κώνο στην περιοχή των Θρακομακεδόνων.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω για τις μεταλλικές αποθέσεις του λεκανοπέδιου των Αθηνών, οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ (2000) καταλήγουν στα ακόλουθα συμπεράσματα, σχετικά με την περίοδο απόθεσης των ιζημάτων:

- Σήμερα βλέπουμε τα υπολείμματα αποθέσεων μιας μεγάλης λίμνης, δεδομένου ότι αντίστοιχης ηλικίας λιμναίοι σχηματισμοί απαντούν τόσο βόρεια της Πάρνηθας (περιοχή Μαλακάσας, Αυλώνα, κλπ.), όσο και νότια στη λεκάνη των Μεγάρων. Αυτό σημαίνει ότι ο ευρύτερος χώρος της Πάρνηθας περιβαλλόταν από μία μεγάλη ενιαία(?) λίμνη ή από λίμνες και πρέπει να ήταν μακριά από θάλασσα αφού δεν απαντούν ίχνη θαλάσσιας επίδρασης, ενώ υπάρχουν ορισμένες ενδειξεις που υποδηλώνουν ότι η στάθμη της τότε λίμνης δεν θα πρέπει να είχε μεγάλη υψομετρική διαφορά, από τη στάθμη της τότε θάλασσας.
- Την τεκτονική ηρεμία του Ανωτέρου Μειόκαινου, διαδέχεται μία φάση τεκτονικής δραστηριότητας του Πλειόκαινου, η οποία φαίνεται ότι θίγει μόνο το ανατολικό τμήμα της λεκάνης, καθώς οι κροκάλες προέρχονται μόνο από τις μεταμορφωμένες ενότητες. Η Πάρνηθα επομένως κατά το Πλειόκαινο θα πρέπει να είχε μικρότερη ενέργεια αναγλύφου από την Πεντέλη και τον Υμηττό, ώστε να μην τροφοδοτεί με υλικό, αφού ανάμεσα στις κροκάλες των πλειοκαινικών κροκαλοπαγών δεν έχουν παρατηρηθεί κροκάλες που να προέρχονται από τη Πάρνηθα.

3. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Ο ευρύτερος χώρος της Αττικής παρουσιάζει μία σύνθετη μεταλλική μορφοτεκτονική δομή, η οποία αποτελείται από τα εξής μεγάλα ρηξιτεμάχη 1^{ης} τάξης: τα τεκτονικά κέρατα της Πάρνηθας, του Αιγάλεω, του Υμηττού και της Πεντέλης και τα τεκτονικά βυθίσματα του Θριάσιου πεδίου και του λεκανοπέδιου των Αθηνών. Μέσα σ' αυτές τις 1^{ης} τάξης δομές απαντώνται 2^{ης}, 3^{ης} κλπ. μικρότερης τάξης βυθίσματα και κέρατα. Ολόκληρη η περιοχή επομένως είναι κατακερματισμένη σε πολλά ρηξιτεμάχη. Η γεωμετρία αυτών ρηξιτεμαχών είναι σύνθετη με επικρατούσες διευθύνσεις ΔΒΔ-ΑΝΑ και ΒΑ-ΝΔ (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Σχηματικός χάρτης στον οποίο φαίνονται οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες του ευρύτερου χώρου της περιοχής μελέτης. 1. ανύψωση, 2. βύθιση, 3. άξονας περιστροφής, 4. εκτιμώμενο κατακόρυφο άλμα, 5. ρηξιγενής ζώνη, 6. υδροορίτης λεκάνης Κηφισού π., 7. υδροορίτης λεκάνης Γιαννούλα π. (MARIOLAKOS & FOUNTOULIS, 2000).

Figure 1. Sketch map depicting the major fault zones of the earthquake affected area: 1: uplift, 2. subsidence, 3. rotational axis, 4. estimated vertical throw, 5. fault zone, 6. watershed of Kifissos R. basin, 7. watershed of Giannoulas R. basin. The relative size of the markers for uplift or subsidence indicates respective rate (after MARIOLAKOS & FOUNTOULIS, 2000).

Λαμβάνοντας υπόψη τα γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία, την λεπτομερή γεωλογική χαρτογράφηση των Νεογενών σχηματισμών (FREYBERG, 1951) και τη μορφοτεκτονική μελέτη (MARIOLAKOS & FOUNTOULIS, 2000), εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

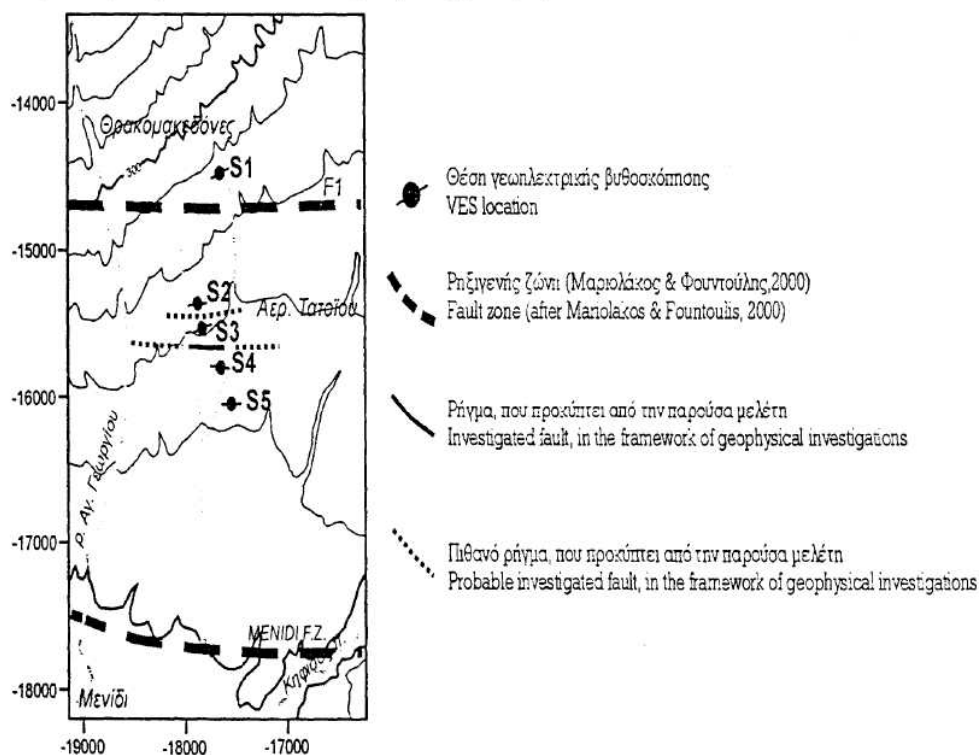
- Τα άλματα των ρηγμάτων που οριοθετούν τα επιμέρους ρηξιτεμάχη ποικίλουν. Έτσι μεταξύ των ρηξιτεμαχών της Πετρούπολης και Μενιδίου το άλμα, από το Πλειόκαινο μέχρι σήμερα, είναι μεγαλύτερο από 400 μέτρα, ενώ το άλμα μεταξύ των ρηξιτεμαχών Μενιδίου και Φυλής, από το Πλειόκαινο μέχρι σήμερα, είναι μεγαλύτερο από 600 μέτρα.
- Η περιοχή Άνω Λιοσίων – Μενιδίου, ανήκει σε ένα ρηξιτέμαχος (τεκτονικό βύθισμα), το οποίο παρουσιάζει διαχρονικά μεγαλύτερη βύθιση τα τελευταία 5 Ma περίπου, μέσα σε μία περιοχή που περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ προς τα ΒΑ, περιορίζοντας προοδευτικά την έκταση της τότε λίμνης προς τα ΒΑ. τμήμα της οποίας αποτελεί υπόλειμμα αφού παραμένει μέχρι και σήμερα περιοδικά λίμνη (βλέπε στάση Λίμνη στα Άνω Λιόσια).
- Το υπόβαθρο πολλών ρηξιτεμαχών βρίσκεται σήμερα πολύ χαμηλότερα από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας, γεγονός υποδηλωτικό της συνεχούς βύθισης παρότι στο σύνολό της η περιοχή ανέρχεται.
- Το μεγαλύτερο υψόμετρο εμφάνισης των λιμναίων αποθέσεων (περίπου 600 μέτρα), βρίσκεται στην περιοχή των Θρακομακεδόνων δηλαδή στο περιθώριο της Πάρονηθας όπου παρουσιάζονται και τα μεγαλύτερα απόλυτα υψόμετρα (περίπου 1.100 μέτρα) του ορεινού όγκου. Σ' αυτή την περιοχή οι κλίσεις των λιμναίων

είναι 35' προς τα ΒΑ. Τούτο σημαίνει ότι οι ανοδικές κινήσεις της Πάρνηθας θα πρέπει να έχουν γίνει μετά την απόθεση πλειοκαινικών λιμναίων αποθέσεων κατά το Πλειστόκαινο, κάτι που είχε ως συνέπεια την δημιουργία του μεγάλου κώνου κορημάτων στην περιοχή, ο οποίος είχε αποκλειστική τροφοδοσία από την Πάρνηθα.

4. ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η γεωηλεκτρική μέθοδος γενικά παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα, σε περιπτώσεις οριζόντιων γεωλογικών σχηματισμών και ομαλών τοπογραφικών αναγλύφων (ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Τ., 1985, ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ *et al.*, 1987, ΗΑΕΝΙ, 1995, LARSON, 1995, ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Ι., 1998, ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Ι. *et al.*, 1999). Οι μετρήσεις υπαίθρου διεξήχθησαν με όργανα υψηλής τεχνολογίας και πιστότητας (*Terrameter SAS 300C & SAS 2000 Booster*).

Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκε η διάταξη Schlumberger με μέγιστο ανάπτυγμα ηλεκτροδίων ρεύματος (ΑΒ) 1000 μέτρων και βάθος έρευνας μεγαλύτερο των 200 μέτρων. Εκτελέστηκαν 5 γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις (Εικόνα 2). Η οικιστική ανάπτυξη στην ευρύτερη περιοχή, δεν επέτρεπε τη διεξαγωγή περισσότερων βυθοσκοπήσεων, για τα βάθη που απαιτούσε η συγκεκριμένη έρευνα.

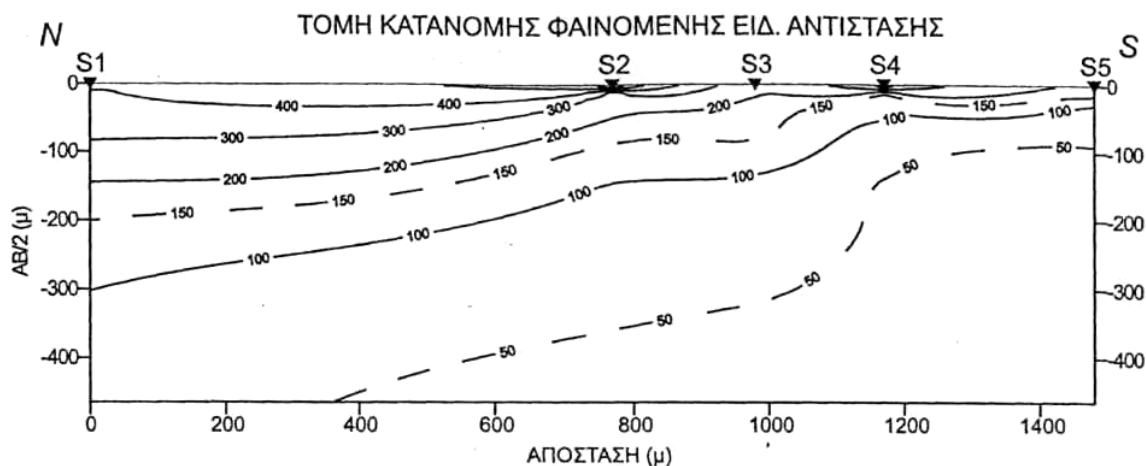


Εικόνα 2. Χάρτης της περιοχής μελέτης.

Figure 2. Location map of the area under investigation.

Η μελέτη των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων στην περιοχή έρευνας πραγματοποιήθηκε με την εκτέλεση 'επί τόπου' (*in situ*) μετρήσεων της ειδικής αντίστασης, σε θέσεις εμφάνισης των μεταλλικών αποθέσεων που απαντούν στην ευρύτερη περιοχή έρευνας. Από τις μετρήσεις αυτές προέκυψε ότι οι τιμές της ειδικής αντίστασης της μάργας κυμαίνονται από 25-65 Ohm.m, ανάλογα με την περιεκτικότητα της σε αργιλικά και ψαμμιτικά υλικά, αντίστοιχα. Από μετρήσεις της ειδικής αντίστασης, σε θέσεις παλαιών γεωτρήσεων, προέκυψαν τιμές από 350-500 Ohm.m και 70-250 Ohm.m, για τα συνεκτικά και τα χαλαρά κροκαλολατυποπαγή, αντίστοιχα.

Για τον έλεγχο της πλευρικής ανομοιογένειας των γεωλογικών σχηματισμών σε δύο διαστάσεις (ψευδο2-D), κατασκευάστηκε η τομή της φαινόμενης ειδικής αντίστασης της Εικόνας 3. Η κατασκευή τέτοιων παραστάσεων από στοιχεία που έχουν προκύψει από την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, χωρίς την μεσολάβηση αλγόριθμων ποσοτικής ερμηνείας που χρησιμοποιούνται στα λογισμικά πακέτα, δίνει μία καλύτερη εικόνα της στρωματογραφικής διάρθρωσης.

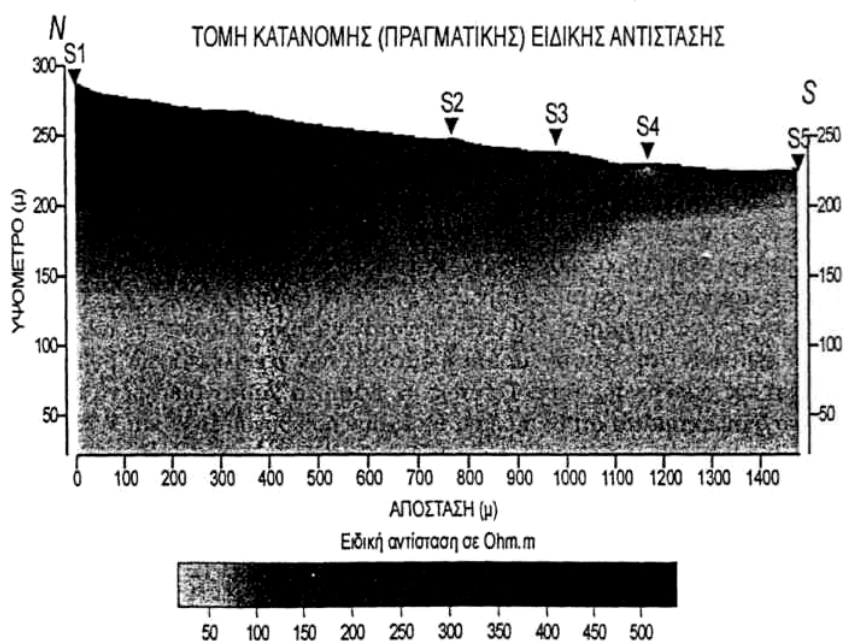


Εικόνα 3. Τομή κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης.
Figure 3. Apparent resistivity cross-section.

Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιήθηκε μία πρώτη προσέγγιση (ποιοτική) των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων και εκτιμήθηκε η αξιοπιστία της ποσοτικής ανάλυσης των βυθοσκοπήσεων, που έχει προκύψει από 1-D επεξεργασία και ερμηνεία. Από την τομή αυτή προκύπτει:

- μία προοδευτική μείωση των τιμών των φαινόμενων ειδικών αντιστάσεων από 600 Ohm.m σε 25 Ohm.m, από την επιφάνεια (μικρές αποστάσεις AB/2) προς μεγαλύτερα βάθη (μεγάλες αποστάσεις AB/2).
- μία γενικότερη βύθιση των ισότιμων καμπύλων φαινόμενης ειδικής αντίστασης από νότο προς βορρά, δηλαδή από τη θέση της βυθοσκόπησης S5 προς την S1.
- μία απότομη βύθιση των ισότιμων καμπύλων στην περιοχή των βυθοσκοπήσεων S3 και S4, γεγονός που αξιολογείται ως πλευρική ασυνέχεια των γεωηλεκτρικών σχηματισμών στην περιοχή.

Για την ποσοτική ερμηνεία των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της αντιστροφής που επινόησε ο Α. Α. R. ZOHDY (1989), η οποία καθορίζει τόσα στρώματα όσα είναι τα ψηφιοποιημένα σημεία της καμπύλης υπαίθρου ρ_a (AB/2). Είναι μία θεωρητικά απλή και ευφυής μέθοδος, η οποία παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα



Εικόνα 4. Τομή κατανομής της (πραγματικής) ειδικής αντίστασης μετά του βάθους, σε κλίμακα 1:2.
Figure 4. Resistivity cross-section, in scale 1:2.

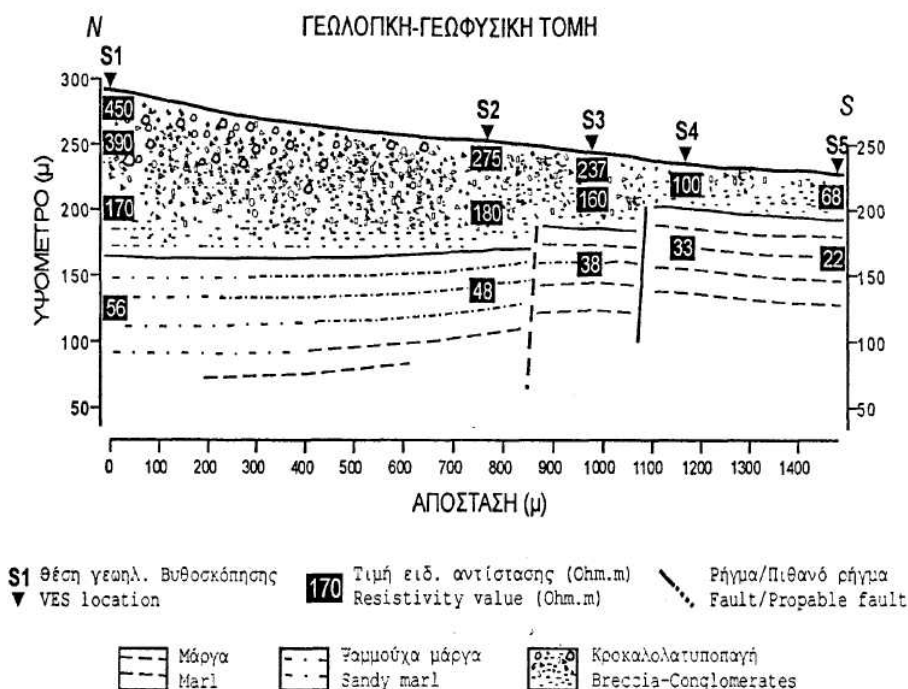
σε περιβάλλοντα ιζηματογενών λεκανών (YUNGUL, 1996). Μετά την ποιοτική παρουσίαση της φαινόμενης ειδικής αντίστασης και την αδρή οικιαγράφηση της στρωματογραφικής διάρθρωσης, χαράχθηκε η τομή της κατανομής της (πραγματικής) ειδικής αντίστασης με το βάθος, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης 1-D (Εικόνα 4). Η κατασκευή τέτοιων παραστάσεων αποδίδει πληρέστερη εικόνα σε δύο (ψευδο2-D απεικόνιση) διαστάσεις, της κατανομής της ειδικής αντίστασης με το βάθος και εξήχθησαν συμπεράσματα για τη φύση και τη δομή των υπεδαφικών σχηματισμών που διερευνήθηκαν. Από την τομή αυτή προκύπτει η ίδια περίπου εικόνα με εκείνη της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, με μία γενικότερη βύθιση των ισότιμων καμπύλων (πραγματικής) ειδικής αντίστασης από νότο προς βορά και μία απότομη βύθιση τους στην περιοχή των βυθοσκοπήσεων S3 και S4.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα υπάρχοντα γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία καθώς και τα γεωφυσικά δεδομένα, κατασκευάστηκε η γεωλογική-γεωφυσική τομή της Εικόνας 5.

Από την τομή φαίνεται ότι:

- Ο σχηματισμός των κροκαλολατυποπαγών καλύπτει επιφανειακά το σύνολο της περιοχής.
- Από τις τιμές των ειδικών αντιστάσεων, αδρομερή υλικά με έντονο το ανθρακικό στοιχείο (300-500 Ohm.m) πάχους ~50-85 μέτρα, απαντώνται στις βόρειες και κεντρικές περιοχές του πεδίου έρευνας, αντίστοιχα (βυθοσκοπήσεις S1, S2 και S3). Τα υλικά αυτά εξελίσσονται βαθύτερα σε λεπτομερέστερα (170-180 Ohm.m).
- Ο επιφανειακός αδρομερής σχηματισμός των βορείων και κεντρικών περιοχών, προς νότο εξελίσσεται προοδευτικά σε λεπτομερέστερο (70-100 Ohm.m) (βυθοσκοπήσεις S4 και S5).
- Ως υπόβαθρο στην περιοχή έρευνας διερευνήθηκε σχηματισμός 25-65 Ohm.m, που αποδίδεται στη μάργα με αργιλικά και ψαμμιτικά υλικά, αντίστοιχα. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο σχηματισμός αυτός εμφανίζεται επιφανειακά νοτιότερα στο ρέμα Χελιδονούς και σε φυσικές τομές στον ποταμό Κηφισό και βορειότερα στην περιοχή των Θρακομακεδόνων.
- Η μάργα προσδιορίστηκε στις θέσεις των βυθοσκοπήσεων S5 και S4 (νότια) σε βάθος ~35 μέτρων, στην S3 σε βάθος ~60 μέτρων και στις S2 και S1 σε βάθος ~85 & ~130 μέτρων αντίστοιχα. Η προοδευτική αύξηση των τιμών της ειδικής αντίστασης, 25-65 Ohm.m, που υπολογίστηκαν βορειότερα, αποδίδεται στην ύπαρξη άμμων και ψαμμιτών, αντίστοιχα, μέσα στο σχηματισμό του υποβάθρου.
- Η οροφή της μάργας, ενώ στις θέσεις των βυθοσκοπήσεων S5 και S4, προσδιορίζεται σε απόλυτο υψόμετρο ~190 μέτρα και ~205 μέτρα, αντίστοιχα, στη βυθοσκόπηση S3 προσδιορίζεται σε απόλυτο υψόμετρο ~180 μέτρων, στην S2 σε ~170 μέτρα και στην S1 σε ~165 μέτρα.
- Λαμβάνοντας υπόψη τα γεωλογικά, τεκτονικά και νεοτεκτονικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης σεισμοληκτικής περιοχής Πάρνηθας-λεκανοπεδίου Αθηνών (Εικόνα 1), τις γεωλογικές παρατηρήσεις στην περιοχή Θρακομακεδόνων - Μενιδίου, την ποιοτική (Εικόνα 3) και την ποσοτική (Εικόνα 4) ερμηνεία των γεωφυσικών διασκοπήσεων, προκύπτει ότι στην περιοχή μεταξύ των βυθοσκοπήσεων S3 και S4 (δυτικά του αεροδρομίου Τατοΐου) εντοπίστηκε ρήγμα, με κατακόρυφο άλμα περίπου 25 μέτρα (Εικόνα 2). Το ρήγμα αυτό δεν εμφανίζεται στην επιφάνεια, αλλά «σβήνει» μέσα στους ανώτερους ορίζοντες των τεταρτογενών κροκαλολατυποπαγών. Το ρήγμα αυτό του Τατοΐου, βρίσκεται πλησίον της ρηξιγενούς ζώνης F1 (Εικόνα 2) και πιθανόν να ανήκει στη ζώνη αυτή. Παρατηρείται επίσης μία μικρή βύθιση της οροφής της μάργας (περίπου 10 μέτρα), μεταξύ των βυθοσκοπήσεων S2 και S3, η οποία πιθανόν να αποκαλύπτει την ύπαρξη ενός δεύτερου ρήγματος, που ανήκει και αυτό στην ίδια ρηξιγενή ζώνη F1.
- Η διεύθυνση των παραπάνω ρηγμάτων δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με ακρίβεια, δεδομένου ότι τα ρήγματα αυτά δεν φθάνουν στην επιφάνεια και η διάταξη των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων δεν βοηθά στον προσδιορισμό της διεύθυνσης τους. Πάντως με βάση τα χαρτογραφημένα ρήγματα στον ευρύτερο χώρο του λεκανοπεδίου εκτιμάται ότι θα πρέπει να έχουν διεύθυνση E-W και WNW-ESE.
- Είναι γεγονός ότι μία πυκνότερη κάλυψη με γεωφυσικά στοιχεία της περιοχής έρευνας, με την εφαρμογή και άλλων μεθοδολογιών (βαρυτικές μετρήσεις), θα έδινε περισσότερα στοιχεία για το τεκτονικό καθεστώς της περιοχής και αποτελεί μελλοντικό στόχο των συγγραφέων.



Εικόνα 5. Γεωλογική τομή, όπως προέκυψε μετά την εκτέλεση των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων, σε κλίμακα 1:2.
Figure 5. Geological section based on geophysical results, in scale 1:2.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Ι., 1998, Συμβολή των γεωφυσικών μεθόδων στη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών του οροπεδίου της Τρίπολης. *Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας* σ. 310, Αθήνα.
- ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Ι., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Τ. & ΛΕΚΚΑΣ Σ., 1999, Η παλαιογεωγραφική εξέλιξη του οροπεδίου βόρεια της Τρίπολης, από το Α. Πλειόκαινο έως σήμερα. 5^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, 11-13 Νοεμβρίου, Αθήνα.
- FREYBERG, B. V., 1951, Das Neogen – Gebiet nordwestlich Athen. *Annal Geol. Pays Hellen.* III, s. 65-86.
- HAENI, F.P., 1995, Application of surface-geophysical methods to investigations of sand and gravel aquifers in the glaciated northeastern United States. *US Geological Survey Professional Paper*, 1415(A), 70pp.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., ΜΕΤΤΟΣ, Α., ΒΙΔΑΚΗΣ, Μ., ΔΟΥΝΑΣ, Α., 1986, Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, κλίμακα 1/50.000, Φύλλο «Αθήναι-Ελευσίς». Έκδοση *IGME*.
- MARINOS, P., BOUKOVALAS, G., TSIAMBAOS, G., PROTONOTARIOS, G., SABATAKAKIS, N., & Collaborators, 1999, Damage distribution in the Western part of Athens after the 7-9-99 earthquake, In European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes Newsletter, December 1999, Issue No 3, 37-39.
- MARIOLAKOS, I. & FOUNTOULIS, I., 2000, The Athens earthquake September 7, 1999: the neotectonic regime of the affected area *Ann. Geol. D. Pays Hellen.* 38, fasc B, 165-174, ISSN: 1105-0004.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΟΥΗΣ, Ι. & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Τ., 1987, Γεωμορφολογία του Αλπικού υποβάθρου της νεοτεκτονικής λεκάνης της Άνω Μεσσηνίας & η μορφοτεκτονική της ερμηνεία. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου.* τ. Β, 53-67.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Τ., 1985, Γεωφυσικές Έρευνες στην Περιοχή της Λεκάνης Μεγαλόπολης. *Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας* σ. 205, Αθήνα.
- YUNGUL, S.H., 1996, Electrical Methods in Geophysical Exploration of Deep Sedimentary Basin. *Chapman & Hall*, 197p.
- ZOHDY, A.A.R., 1989, A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner soundings curves. *Geophysics*, vol. 54, 2: 245-253.