



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΟΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΟΝ
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ
ΕΓΚΟΙΛΩΝ**

**ΣΕ ΚΤΗΜΑ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ
ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ ΜΑΛΑΝΔΡΑΚΗ**

ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΡΜΟΣ ΚΟΡΘΙΟΥ Ν. ΑΝΔΡΟΥ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΕΡΓΟΠΟΥΛΟΣ

Επιτροπή εποπτείας

Ηλίας Παπαδόπουλος

Παντελής Σουπιός

Γιώργος Χλούπης

Φεβρουάριος 2009



TECHNOLOGICAL INSTITUTE OF CRETE
DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT
LABORATORY OF GEOPHYSICS AND SEISMOLOGY

PRE-GRADUATE THESIS

**GEOPHYSICAL SOUNDING WITH OBJECTIVE
LOCALIZATION CRACKS AND UNDERGROUND
CARSTS
IN ESTATE PROPERTY OF ARISTEIDI
MALANDRAKIS
AT KORTHIOY BAY OF ANDROS ISLAND**

**NIKOLAOS
VERGOPOULOS**

Examining Comitee

Hlias Papadopoulos

Pantelis Soupios

George Hlupis

February 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την παρούσα πτυχιακή εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της πτυχιακής κ. Παπαδόπουλο Ηλία Εργ. Συνεργάτης του τομέα Γεωπεριβάλλοντος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Τον ευχαριστώ θερμά για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγηση του αλλά και για τις ουσιαστικές παρατηρήσεις και συμβουλές του για να υλοποιηθεί η εργασία αυτή.

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Παντελεήμων Σουπιό, Επίκουρο Καθηγητή τομέα Γεωπεριβάλλοντος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, για τη βοήθεια και καθοδήγηση του σε επιστημονικά θέματα καθώς και για τη συνεχή παρότρυνση κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον κ. Σάλτα Βασίλειο και την κ. Κόκκινου Ελένη του τομέα Γεωπεριβάλλοντος για την βοήθεια τους σε επιστημονικά θέματα κατά την επεξεργασία των μετρήσεων.

Περίληψη

Από τον κ. Αριστείδη Μαλανδράκη ανατέθηκε στον μελετητή η έρευνα των γεωλογικών συνθηκών κτήματος ιδιοκτησίας του στον όρμο Κορθίου στην νήσο Άνδρο. Ο όρμος Κορθίου βρίσκεται στα ΝΑ του νησιού και το κτήμα εντοπίζεται στην ορεινή περιοχή του χωριού.

Η μελέτη ανατέθηκε με σκοπό τον εντοπισμό ρηγμάτων και υπόγειων εγκοίλων τα οποία εμφανίστηκαν στην ιδιοκτησία του κ. Μαλανδράκη κατά την διάρκεια εκσκαφής του οικοπέδου.

Ύστερα από τη γεωλογική χαρτογράφηση του χώρου μελέτης και την κατανόηση των τεκτονικών χαρακτηριστικών της περιοχής, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν γεωηλεκτρικές τομογραφίες σε θέσεις που να δίνουν απαντήσεις σε ερωτήματα που αφορούν α) την συνέχιση ή όχι σε βάθος των ρωγμών που έχουν επιφανειακή εμφάνιση, β) την παρουσία ή όχι άλλων υπεδάφινων ρηγμάτων που θα δημιουργήσουν προβλήματα θεμελίωσης καθώς και υπεδάφινων εγκοίλων.

Επίσης πραγματοποιήθηκαν οδεύσεις σε επιλεγμένες θέσεις του οικοπέδου εφαρμόζοντας ηλεκτρομαγνητική μέθοδο (μέθοδος VLF – Very Low Frequency), με σκοπό τον εντοπισμό ρηγμάτων και τον παραλληλισμό των αποτελεσμάτων και από τις δύο εφαρμοζόμενες μεθόδους.

Summary

By Mr. Arjstjdi Malandraki was assigned in the student the research of geological conditions of his estate property in the Korinthiu bay in the island Andros. The Korinthiu bay is at SE of the island and the property is being located in the mountainous region of the village.

The study was assigned aiming at the localization of cracks and underground carsts, which was presented in Mr. Malandraki property during the excavation of the plot.

After the geological mapping of space of study and the comprehension of tectonic characteristics of the area, it was decided to realised geoelectrical tomographies in places that would give answers in questions that concern a) the continuation or not in-depth the cracks that have surface appearance, b) the presence or not other underground cracks that will create problems of foundation as well as underground carsts. Also they were realised profiling in selected places of plot applying electromagnetic method (method VLF – Very Low Frequency), aiming at the location of cracks and the parallelism results from the two applied methods.

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Γεωλογικά στοιχεία

Η περιοχή μελέτης εντάσσεται στην Αττικοκυκλαδική Ζώνη η οποία αποτελείται από 3 κύριες ενότητες. Την ενότητα της Αττικής, την ενότητα των Βόρειων Κυκλάδων και την ενότητα των Νότιων Κυκλάδων. Η Άνδρος ανήκει στην δεύτερη ενότητα στην οποία κυριαρχούν σχηματισμοί μαρμάρων, μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, εναλλαγές λεπτών στρωμάτων μαρμάρου και μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων όπως και χλωριτικοί-επιδοιτικοί-αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι έως αμφιβολίτες. Επίσης στην Άνδρο εντοπίζονται μετα-ηφαιστειακά πετρώματα (μετα τόφφοι και μετα λάβες) και κλαστικά ιζήματα. Τοπικά στην περιοχή του Κορθίου επικρατούν μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι στα βόρεια και εναλλαγές λεπτών στρωμάτων μαρμάρου και μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων στα νότια του όρμου ενώ το κατοικήσιμο τμήμα εδρεύει σε σύγχρονες αλλουβιακές προσχώσεις (σχ. 1).

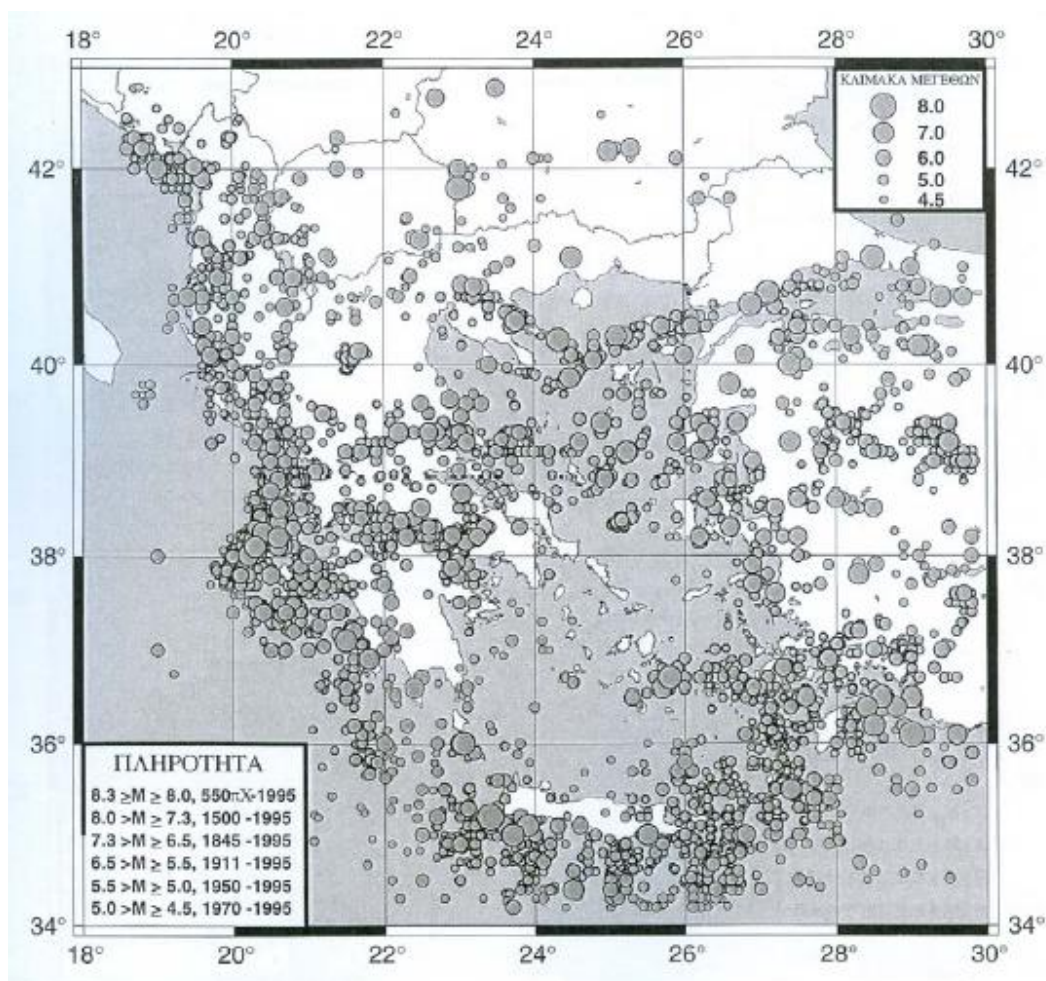
Τεκτονική της περιοχής μελέτης

Από τις μέχρι σήμερα μελέτες που έχουν γίνει στα νησιά των Κυκλάδων διαπιστώθηκαν οι παρακάτω κύριες φάσεις πτυχώσεων στα πετρώματα της Αττικοκυκλαδικής ζώνης.

- Η παλιότερη φάση πτυχώσεων με γενική διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ.
- Μια νεότερη δεύτερη φάση πτυχώσεων με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ έως Α–Δ.
- Η τελική φάση εμφανίστηκε με πτυχές οι οποίες είχαν βασική διεύθυνση Β– Ν ή ΒΔ – ΝΑ.

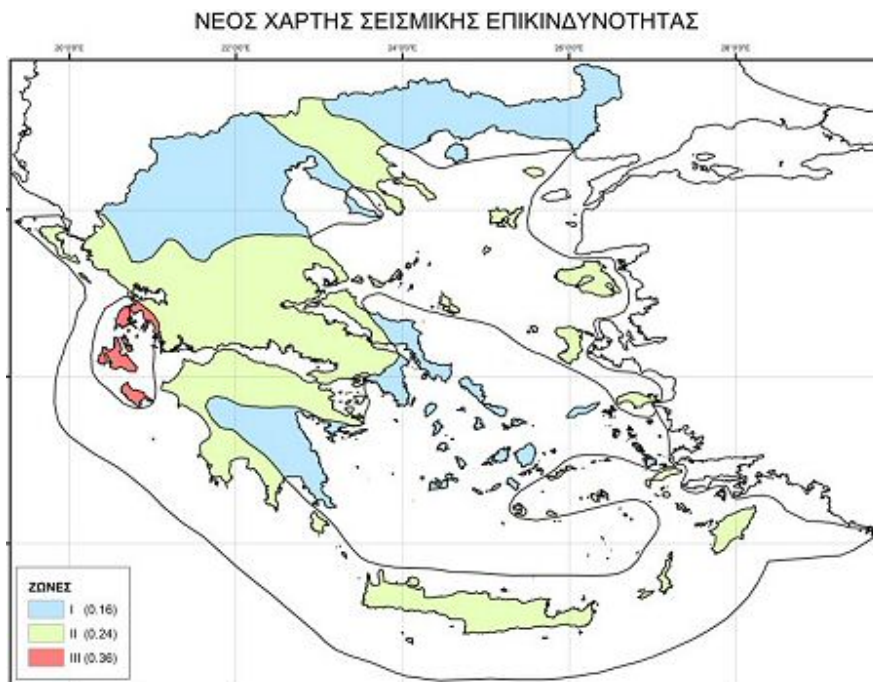
Σεισμολογικά και Σεισμοτεκτονικά Χαρακτηριστικά

Μελετώντας τα σεισμολογικά δεδομένα, προκύπτει ότι στην ευρύτερη περιοχή της Άνδρου δεν έχουν σημειωθεί επικίνδυνοι και καταστροφικοί σεισμοί όπως φαίνεται και στο παρακάτω χάρτη των επικέντρων των επιφανειακών σεισμών για την περιοχή της Ελλάδος (σχ. 2).



Σχ. 2. Χάρτης των επικέντρων των επιφανειακών σεισμών της Ελλάδος και των γύρω περιοχών (Parazachos, 1998)

Με βάση το γεγονός αυτό μπορούμε σχετικά άφοβα να θεωρήσουμε ότι η ευρύτερη περιοχή μελέτης δεν κινδυνεύει από κάποια επαναδραστηριοποίηση κάποιου ρήγματος που θα έθετε σε κίνδυνο ανθρώπους όσο και τεχνικές κατασκευές. Πράγμα που επιβεβαιώνεται από το σχήμα 3, στο οποίο παρουσιάζεται η περιοχή της Άνδρου να ανήκει στη ζώνη χαμηλότερης σεισμικότητας στον Ελλαδικό χώρο (ZONE I).



Σχ. 3. Ζώνες σεισμικότητας στον Ελλαδικό χώρο με βάση τον νέο αντισεισμικό κανονισμό (ΝΕ.Α.Κ).

Με βάση σεισμοτεκτονικούς χάρτες παρουσιάζονται παράλληλα ρήγματα με διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και άλλα με διευθύνσεις περίπου κάθετα στα προηγούμενα (Α-Δ) (σχ. 1).

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Όπως προαναφέρθηκε, στην περιοχή μελέτης εντοπίστηκαν ρωγμώσεις πλάτους μερικών εκατοστών και μήκους μερικών μέτρων. Επίσης εντοπίστηκαν υπόγεια έγκοιλα τα οποία έχουν επιφανειακή εμφάνιση διαμέτρου μερικών εκατοστών. Στόχος της διασκόπησης ήταν ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των δομών αυτών, όπως συνέχεια των δομών που εντοπίστηκαν με το βάθος και πλήρωση αυτών με υλικά πλήρωσης, αναγνώριση άλλων ρηγματώσεων σε βάθος όπως και ο εντοπισμός υπόγειων εγκοίλων. Τελικός στόχος ήταν ο εντοπισμός κατάλληλης θέσης θεμελίωσης μέσα στην περιοχή μελέτης αποφεύγοντας θέσεις με ανώμαλες εδαφικές συνθήκες.

Για το λόγο αυτό κρίθηκε καλύτερη η εφαρμογή της γεωηλεκτρικής τομογραφίας υψηλής διακριτικής ικανότητας και η εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικής μεθόδου VLF.

Περιγραφή Γεωηλεκτρικής Τομογραφίας

Οι τεχνικές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια σε ευρεία κλίμακα για να επιλύσουν μια σειρά προβλημάτων υπεδάφιας διασκόπησης που αφορούν σε γεωλογικές, γεωτεχνικές και περιβαλλοντολογικές μελέτες.

Ο σκοπός της γεωηλεκτρικής μεθόδου είναι να μετρηθεί στην επιφάνεια της γης η διαφορά δυναμικού που προκαλείται από την εισαγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στη γη. Η μετρούμενη διαφορά δυναμικού αντικατοπτρίζει την δυσκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα στο υπέδαφος, δίνοντας έτσι μια ένδειξη για την ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους.

Εφόσον διαφορετικοί γεωλογικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν και διαφορετικές ηλεκτρικές αντιστάσεις η γνώση της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της γεωλογικής δομής και δομών ενδιαφέροντος.

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση ως ιδιότητα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως από την περιεκτικότητα σε νερό, καθώς και από την παρουσία ασυνεχειών (ρήγματα-ρωγμές) στην υπό μελέτη περιοχή. Αυτό το γεγονός την καθιστά ευμετάβλητη: δυο ίδιοι γεωλογικοί σχηματισμοί μπορούν να παρουσιάζουν κάτω από διαφορετικές συνθήκες διαφορετικές τιμές ηλεκτρικής αντίστασης. Επομένως ο ακριβής γεωλογικός χαρακτηρισμός των υπαρχόντων υπεδάφιας γεωηλεκτρικών σχηματισμών μπορεί να γίνει με ακρίβεια μόνον εφόσον υπάρχουν εκ των προτέρων πληροφορίες για το τη γεωλογία της περιοχής (γεωλογικοί χάρτες, γεωτρήσεις, ανοικτές γεωλογικές τομές).

Κατά τη μέθοδο της υπεδάφιας ηλεκτρικής αντίστασης για τη λήψη μιας μέτρησης χρησιμοποιούνται τέσσερα ηλεκτρόδια (δύο ρεύματος και δύο δυναμικού). Το βάθος μέχρι το οποίο μπορεί να “δει” μια μέτρηση ρυθμίζεται από τις αποστάσεις των ηλεκτροδίων: όσο μεγαλώνει η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων τόσο αυξάνει και το βάθος της διασκόπησης (το βάθος στο οποίο “βλέπουμε”).

Με βάση αυτή την αρχή είναι δυνατό να πάρουμε σειρές από προφίλ μετρήσεων με αυξανόμενες αποστάσεις ηλεκτροδίων έτσι ώστε να αποκτήσουμε πληροφορίες για τη μεταβολή της υπεδάφιας ηλεκτρικής αντίστασης της περιοχής ενδιαφέροντος τόσο σε μήκος όσο και σε βάθος (δισδιάστατη διασκόπηση). Όπως σε κάθε γεωφυσική τεχνική η κάθε μια μέτρηση δεν παρέχει απευθείας την ηλεκτρική αντίσταση σε ένα συγκεκριμένο σημείο του υπεδάφους αλλά είναι συνολικό αποτέλεσμα των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους.

Παραδοσιακά τα δισδιάστατα γεωηλεκτρικά δεδομένα που συλλέγονται με αυτό τον τρόπο παρουσιάζονται και ερμηνεύονται με τη μέθοδο της ψευδοτομής. Αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι όσο μεγαλύτερο είναι το άνοιγμα των ηλεκτροδίων τόσο περισσότερο η μετρούμενες αντιστάσεις αντιστοιχούν σε μεγαλύτερα βάθη. Έτσι κάθε μέτρηση προβάλλεται κάτω από το κέντρο της ηλεκτροδιακής διάταξης κάθε μέτρησης σε βάθος ανάλογο με το άνοιγμα των ηλεκτροδίων. Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνεται μια δισδιάστατη ψευδοτομή των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους.

Η ραγδαία ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών επέτρεψε την ανάπτυξη πλήρως αυτοματοποιημένων μαθηματικών αλγορίθμων ερμηνείας που μπορούν να

παράγουν “ακριβείς” εικόνες των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους δοθέντων των μετρήσεων. Αυτοί οι αλγόριθμοι ονομάζονται “αλγόριθμοι αντιστροφής” και η όλη διαδικασία που μπορεί να παράγει υψηλής ποιότητας τομογραφικές εικόνες του υπεδάφους λέγεται “ηλεκτρική τομογραφία” (σε αναλογία με την ιατρική τομογραφία).

Περιγραφή ηλεκτρομαγνητικής μεθόδου VLF

Κατά την εφαρμογή των ηλεκτρομαγνητικών (ΗΛΜ) μεθόδων γεωφυσικής διασκόπησης, παράγεται στην επιφάνεια της γης ένα πρωτεύον ηλεκτρομαγνητικό κύμα το οποίο όχι μόνο φτάνει σε ένα δέκτη στην επιφάνεια, αλλά διαδίδεται και μέσα στη γη, όπου αν συναντήσει ένα ηλεκτρικά αγώγιμο σώμα επάγει ηλεκτρικό ρεύμα στο αγώγιμο αυτό σώμα με συνέπεια τη γένεση ενός δευτερογενούς ηλεκτρομαγνητικού κύματος το οποίο επίσης φτάνει στον δέκτη και συμβάλλει με το πρωτεύον κύμα. Το δευτερογενές αυτό κύμα είναι της ίδιας συχνότητας με το πρωτεύον, φτάνει στο δέκτη από διαφορετική διεύθυνση και παρουσιάζει μια διαφορά φάσης σε σχέση με το πρωτεύον. Τον πομπό των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, το αγώγιμο ηλεκτρικά σώμα μέσα στη γη και το δέκτη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μπορούμε να τα θεωρήσουμε ως πηνία.

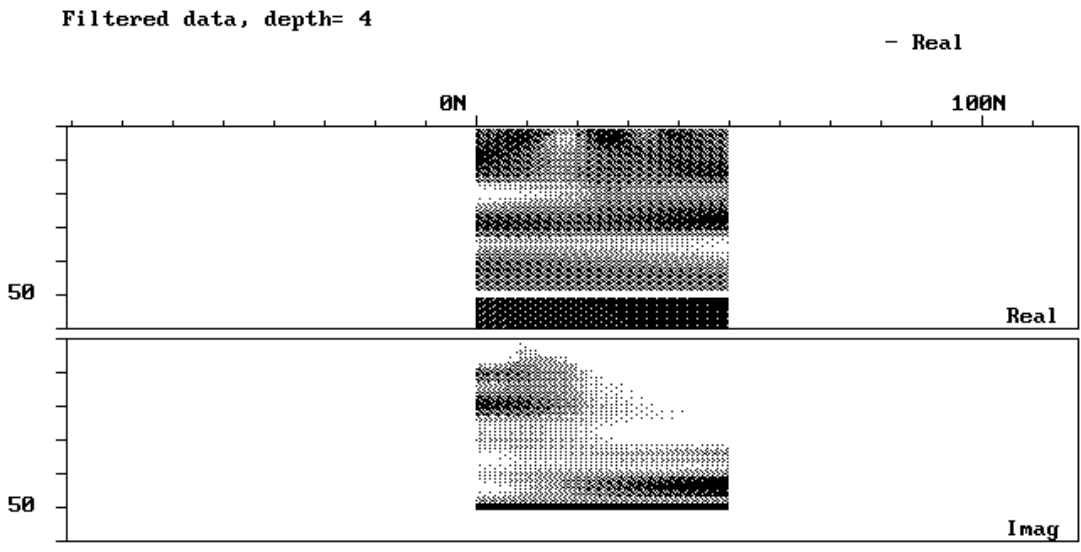
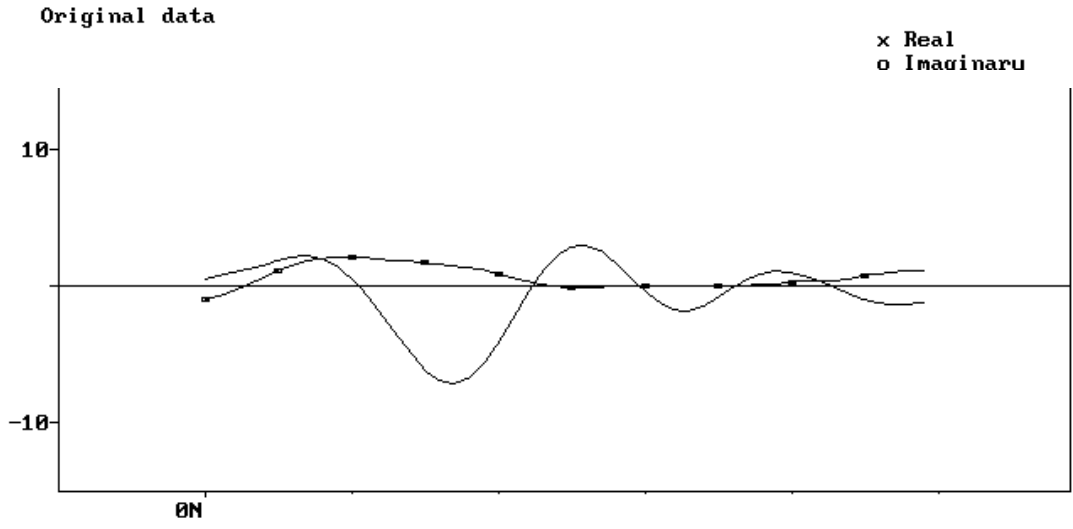
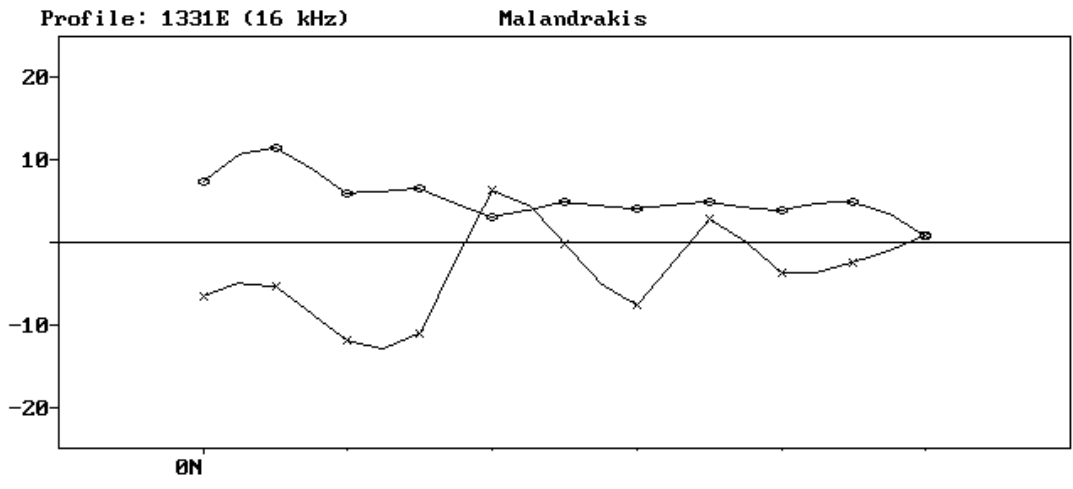
Η μέθοδος VLF που εφαρμόστηκε, διακατέχεται από τις παρακάτω αρχές:

Οι διάφοροι οργανισμοί επικοινωνιών και ναυσιπλοΐας χρησιμοποιούν ισχυρούς πομπούς οι οποίοι εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην περιοχή από 15 έως 25 KHz, δηλαδή στην περιοχή πολύ χαμηλών συχνοτήτων, τα οποία παριστάνονται με το σύμβολο VLF (*Very Low Frequency*), που λαμβάνονται από δέκτες σε αποστάσεις αρκετών χιλιάδων χιλιομέτρων και χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρομαγνητική διασκόπηση.

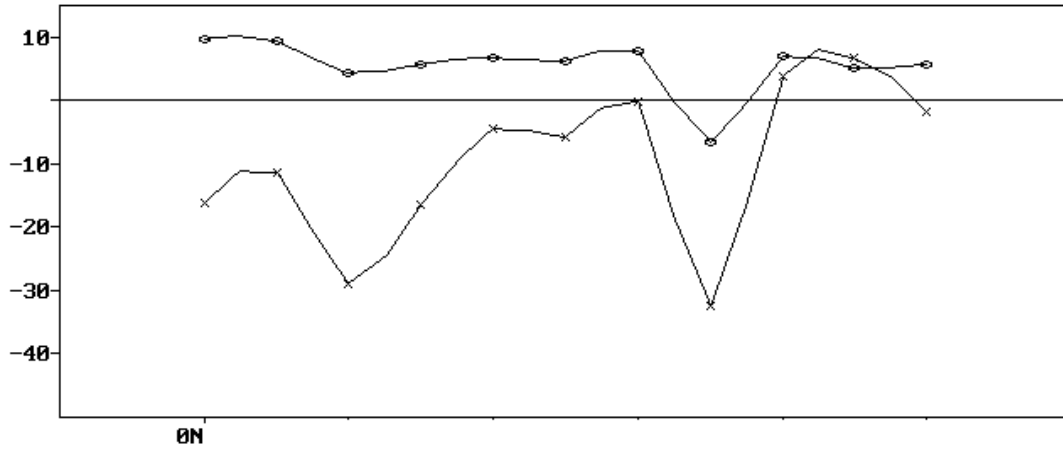
Ο δέκτης VLF είναι ένα όργανο που αποτελείται από δύο πηνία κάθετα μεταξύ τους τα οποία συντονίζονται στις συχνότητες των πομπών. Αφού καθοριστεί η διεύθυνση του πομπού λαμβάνονται οι μετρήσεις της γωνίας κλίσης σε διάφορα σημεία διατεταγμένα σε τομή που έχει χαραχθεί στην υπό μελέτη περιοχή, κάθετη προς την διεύθυνση διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Το μέγεθος της γωνίας κλίσης αναφέρεται στην γωνία που σχηματίζει ο μέγιστος άξονας της έλλειψης πόλωσης με την διεύθυνση της έντασης του πρωτογενούς πεδίου πάνω στο επίπεδο πόλωσης.

Οι τιμές των γωνιών αυτών (που μετριοούνται σε τομές σχεδιασμένες κάθετα προς την κύρια διεύθυνση της γεωλογικής δομής), χαρτογραφούνται κατά μήκος κάθε αντίστοιχης τομής. Ανώμαλες μεταβολές των τιμών των γωνιών κλίσης υποδηλώνουν δομές υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

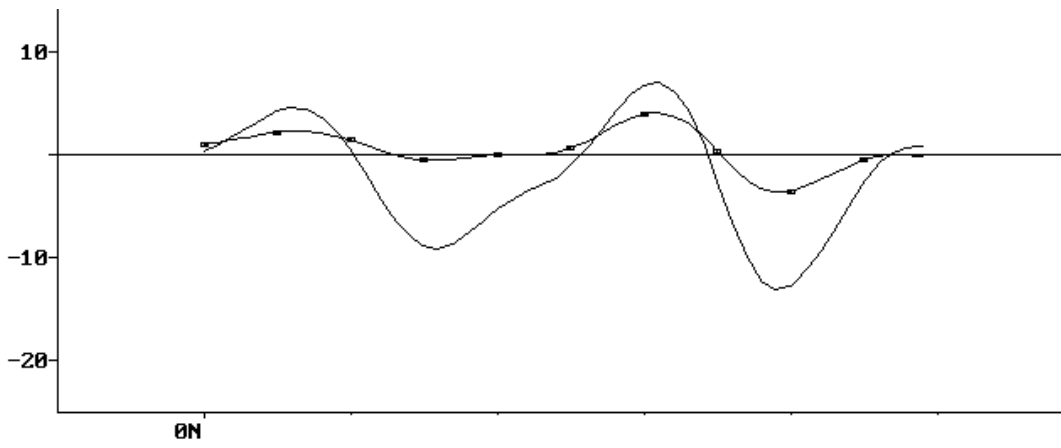


Profile: 1332E (16 kHz) Malandrakis



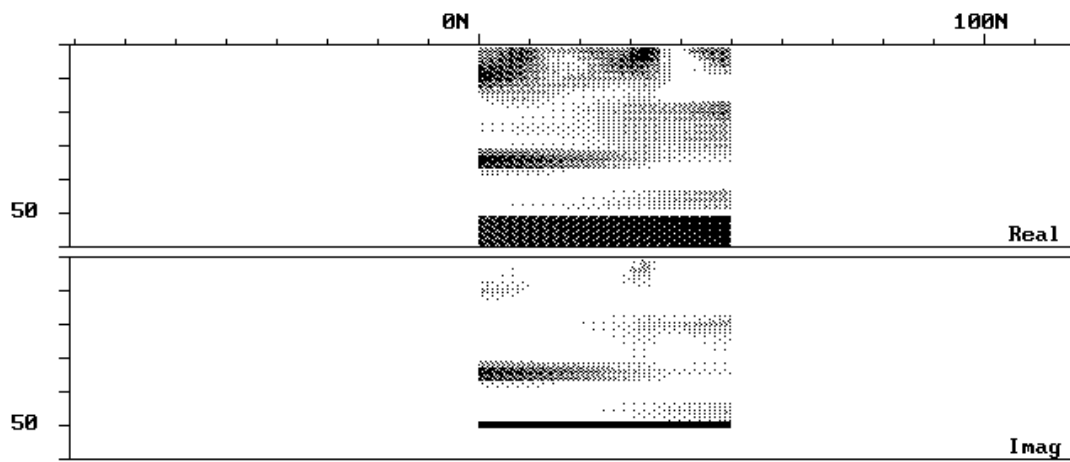
Original data

x Real
o Imaginaru

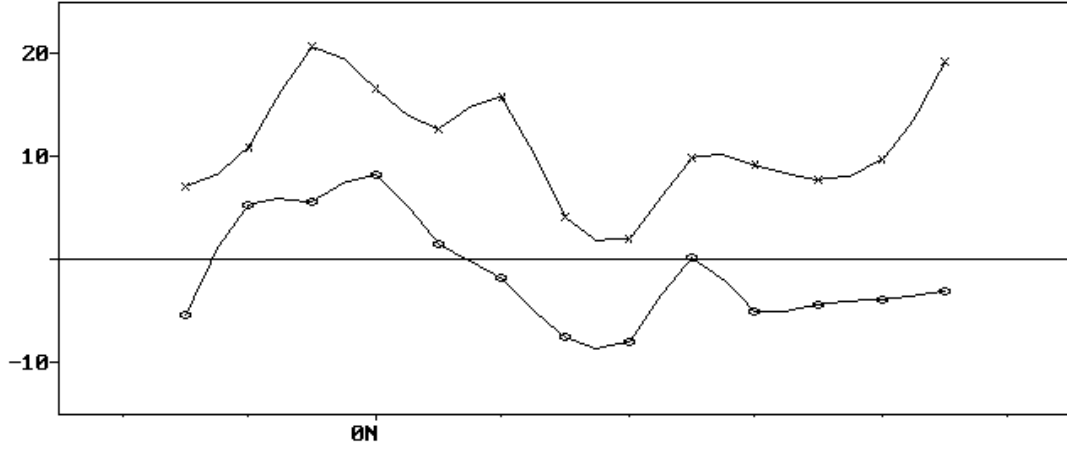


Filtered data, depth= 4

- Real
o Imaginaru

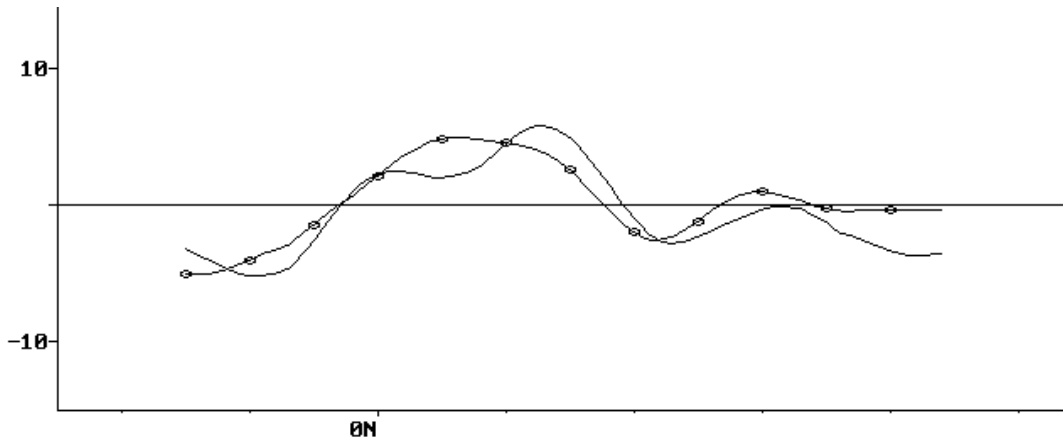


Profile: 1333E (16 kHz) Malandrakis



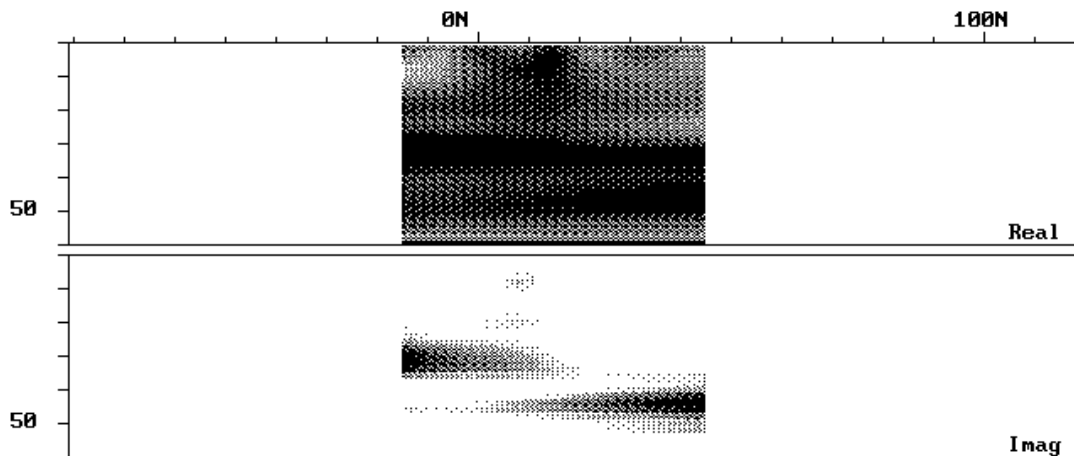
Original data

x Real
o Imaginaru



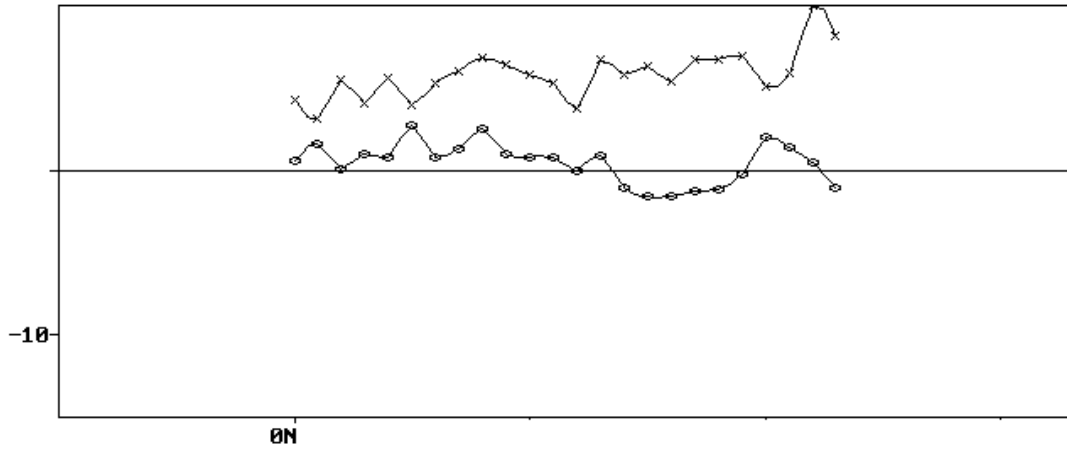
Filtered data, depth= 4

- Real
o Imaginaru



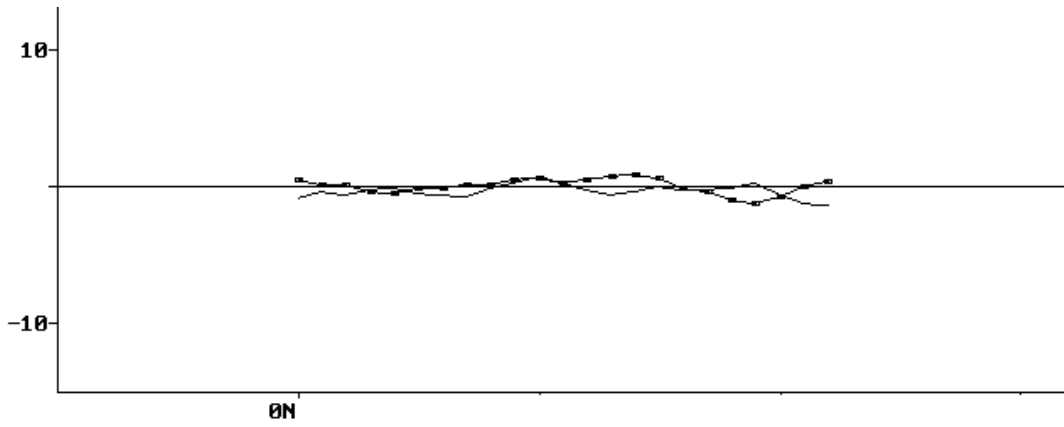
Profile: 1334E (16 kHz)

Malandrakis



Original data

x Real
o Imaginaru

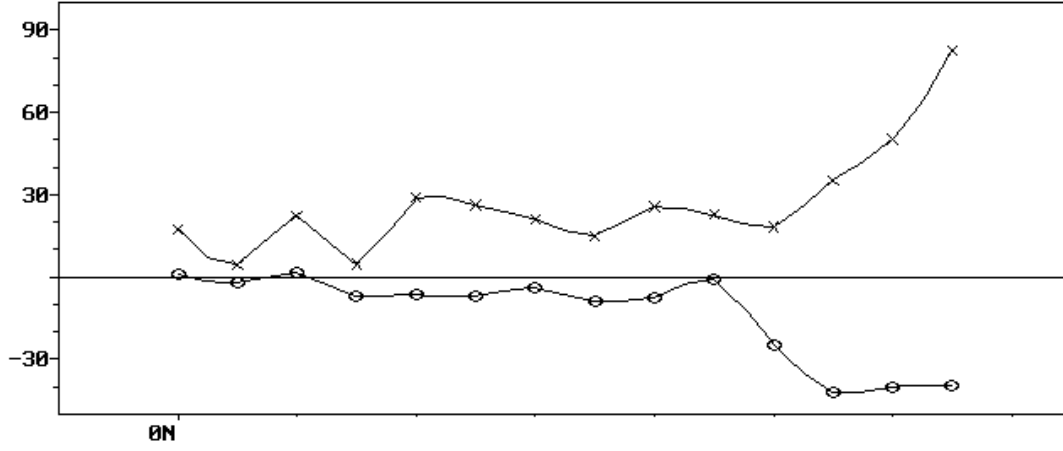


Filtered data, depth= 1

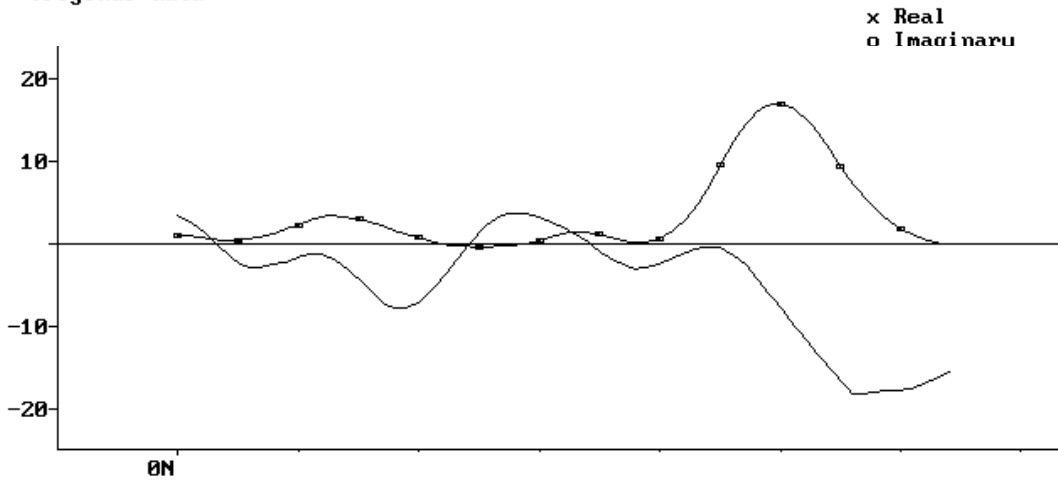
- Real
o Imaginaru

Profile: 1431E (16 kHz)

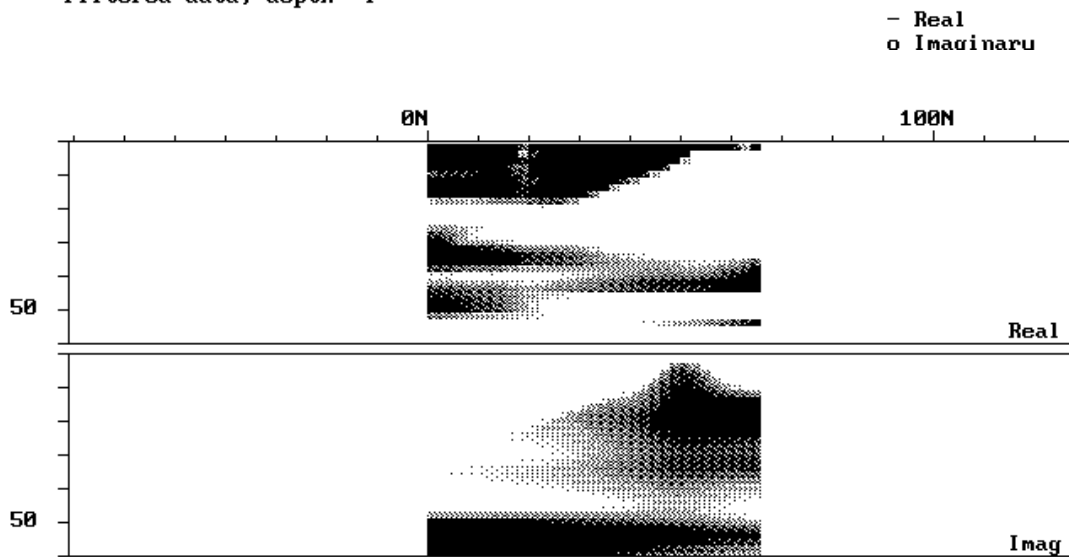
Malandrakis



Original data



Filtered data, depth= 4

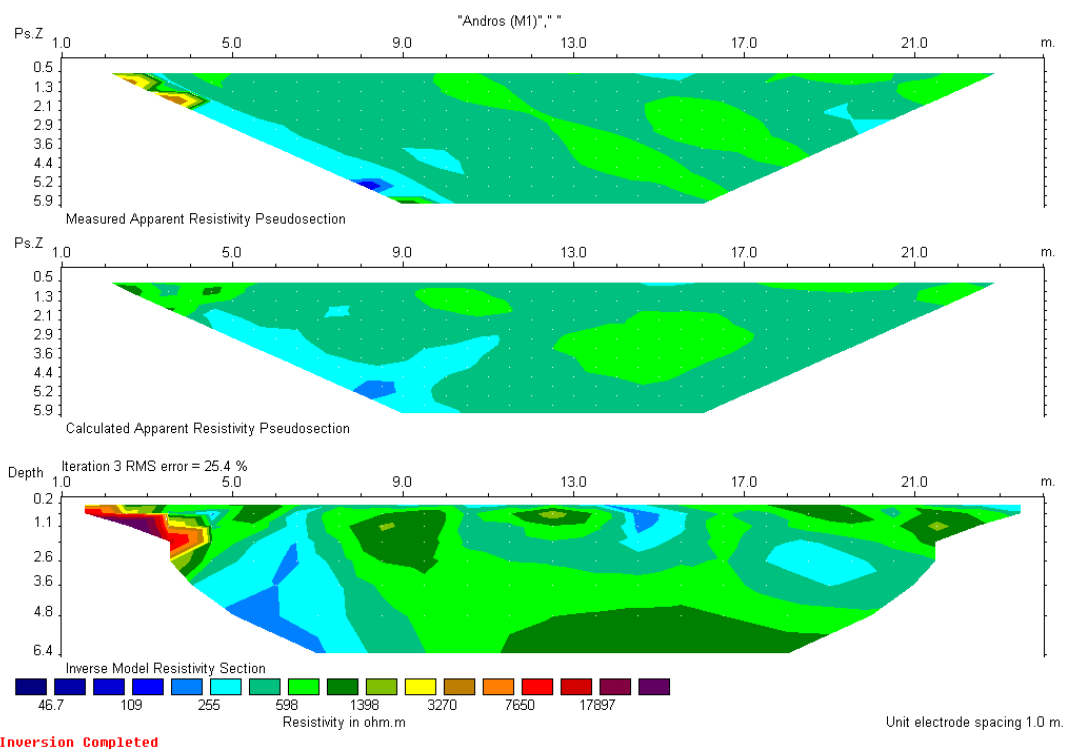


Λήψη μετρήσεων και ερμηνεία των ηλεκτρικών τομογραφιών

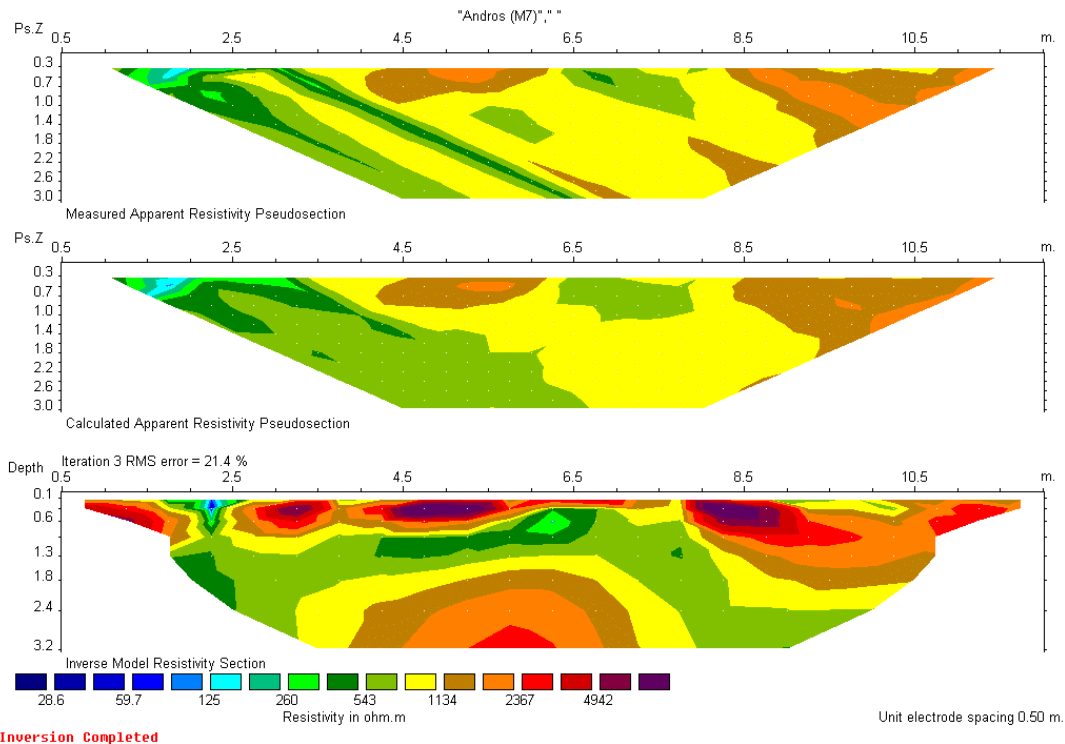
Η χρήση της ηλεκτρικής τομογραφίας έχει ως σκοπό την εύρεση της ρηχής γεωλογικής δομής στην περιοχή έρευνας. Συγκεκριμένα ενδιαφέρον παρουσιάζουν ρωγμές και τα έγκοιλα που εντοπίστηκαν στην ενότητα των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων.

Βάση των παραπάνω δεδομένων η μετρήσεις σχεδιάστηκαν ως εξής.

- Χρησιμοποιήθηκε η διάταξη ηλεκτροδίων Πόλου-Διπόλου. Η διάταξη επιλέχθηκε για την υψηλή ανάλυση που προσφέρει τόσο σε οριζόντια όσο και σε κατακόρυφη διεύθυνση σε συνδυασμό με υψηλό σήμα σε σχέση με το θόρυβο.
- Η γεωμετρία της διάταξης ήταν η ακόλουθη: Η αποστάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων στις τομές 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 ήταν 1m (μήκος διπόλου) (φωτογραφία 2) ενώ στην τομή 7 (φωτογραφία 3) επιλέχθηκε απόσταση ηλεκτροδίων 0.5 m με σκοπό την υψηλότερη διακριτική ικανότητα, φυσικά σε βάρος του βάθους διείσδυσης. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 24 ηλεκτρόδια. Το μέγιστο άνοιγμα ηλεκτροδίων ήταν 15 μήκη διπόλου επιτυγχάνοντας έτσι ένα βάθος διείσδυσης περίπου 7 μέτρα.



Φωτογραφία 2: Διάταξη Pole-Dipole κατά την εφαρμογή της μεθόδου γεωηλεκτρικής τομογραφίας (απόσταση ηλεκτροδίων 1m).



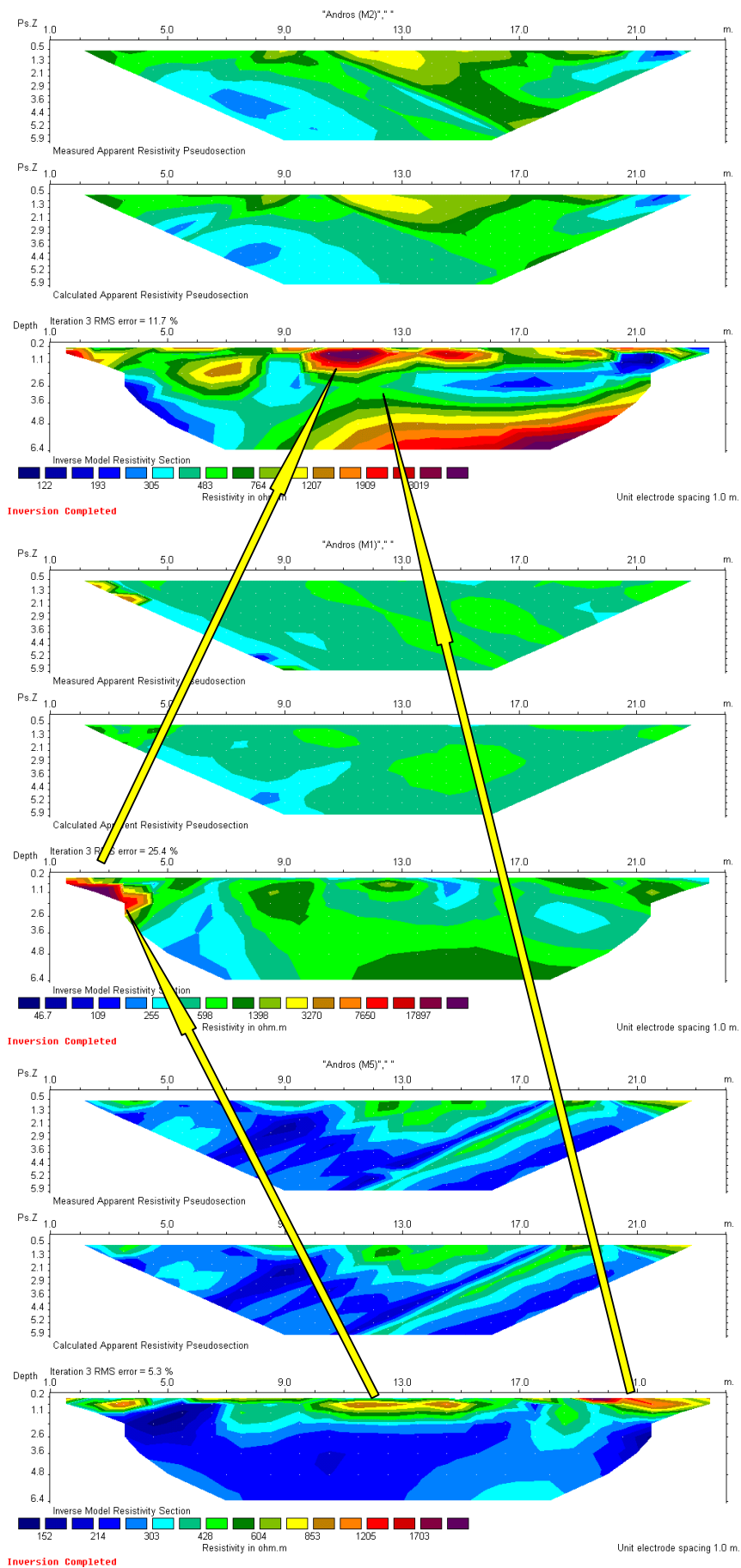
Φωτογραφία 3: Διάταξη Pole-Dipole κατά την εφαρμογή της μεθόδου γεωηλεκτρικής τομογραφίας (απόσταση ηλεκτροδίων 0.5m - τομή M7).

- Οι μετρήσεις πάρθηκαν με το όργανο SAS της Terrameter και οι αλλαγές ηλεκτροδίων έγιναν κατάλληλο όργανο επιλογής ηλεκτροδίων.
- Τα δεδομένα αντιστράφηκαν με το πρόγραμμα 2DINVS [Τσούρλος, (1995) Διδακτορική Διατριβή] το οποίο βασίζεται σε έναν αλγόριθμο εξομαλυσμένης αντιστροφής με τη βοήθεια πεπερασμένων στοιχείων, ενώ πραγματοποιήθηκαν και τοπογραφικές διορθώσεις με βάση το σχετικό υψόμετρο των σημείων μέτρησης. Οι εικόνες αντιστροφής είναι οι εικόνες της πραγματικής υπεδάφιας αντίστασης. Όλες οι αντιστροφές έδωσαν μικρό RMS. λάθος (<10%) ενδεικτικό της καλής ποιότητας μετρήσεων και αποτελεσμάτων. Με σκοπό τη πληρέστερη μελέτη των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε και δεύτερος αλγόριθμος αντιστροφής και ερμηνείας των δεδομένων [ABEM – 2DRESINV].

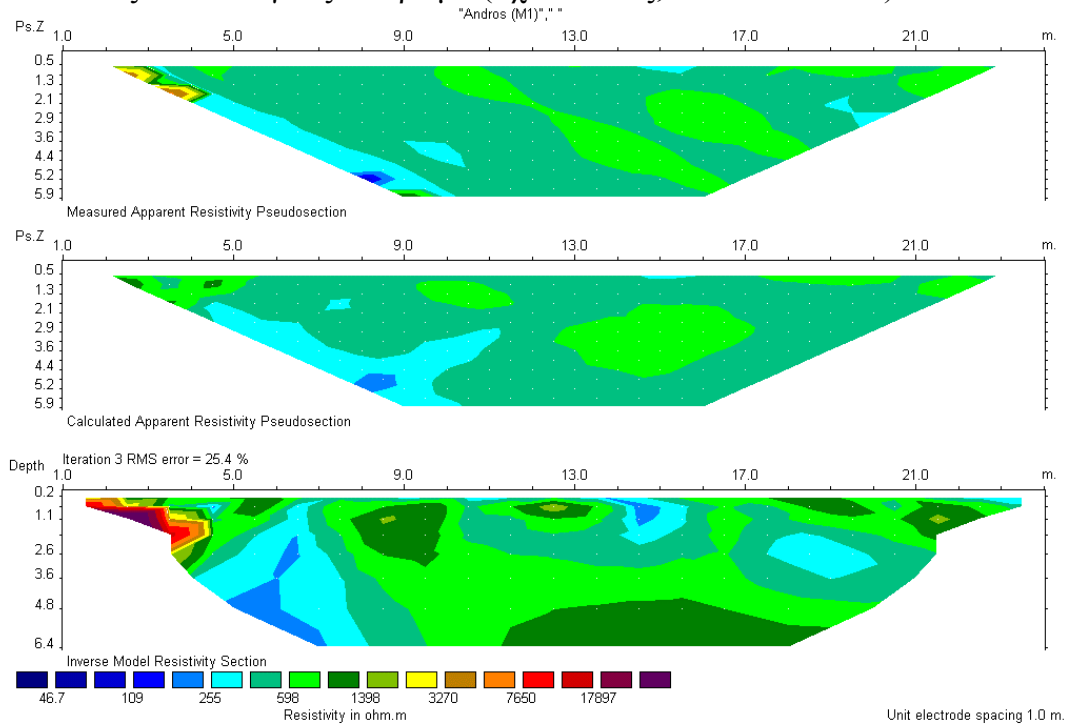
Τα αποτελέσματα της γεωηλεκτρικής τομογραφίας παρουσιάζονται στα σχήματα 4, 5 και 6.

Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των τομών M2, M1 και M5.

Σχήμα 4. Από πάνω προς τα κάτω παρουσιάζονται οι τομές M2, M1, και M5.



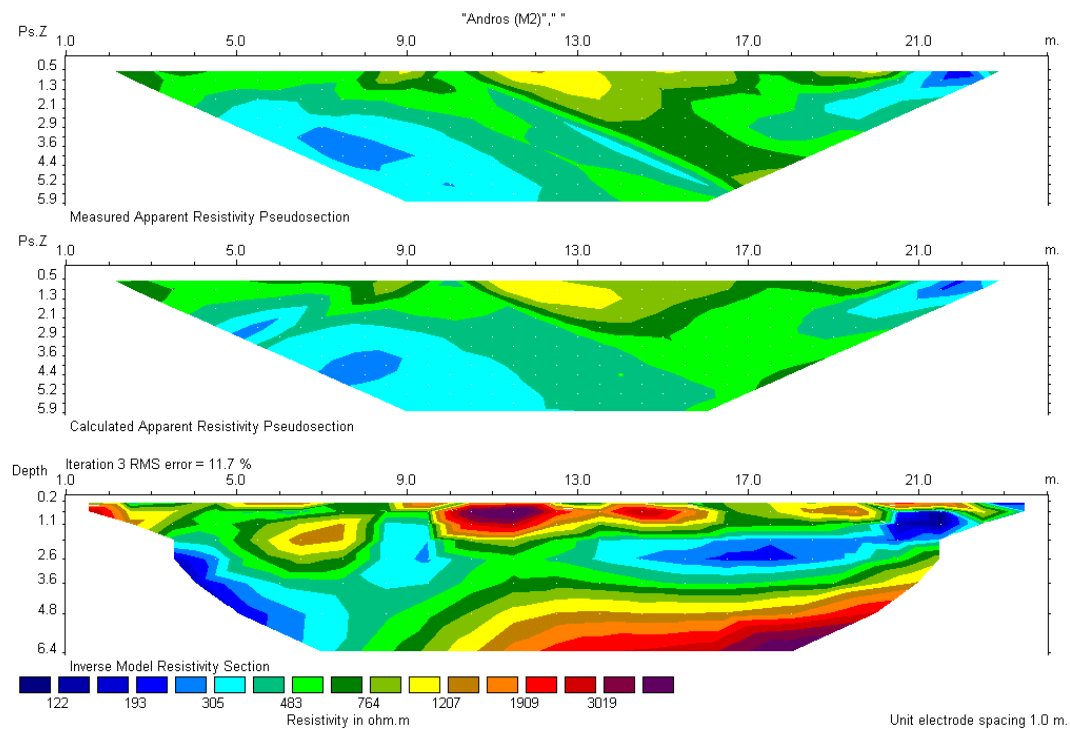
- Στην τομή **M1**, εμφανίζεται μια μικρή επιφανειακή ζώνη υψηλών αντιστάσεων (σημείο 7 στο σκαρίφημα περιοχής) ενώ σε όλη την υπόλοιπη γραμμή μελέτης εντοπίζεται το ‘υγιές’ πέτρωμα (σχιστόλιθος, 600 – 1000 Ωm).



Inversion Completed

Τομή M1

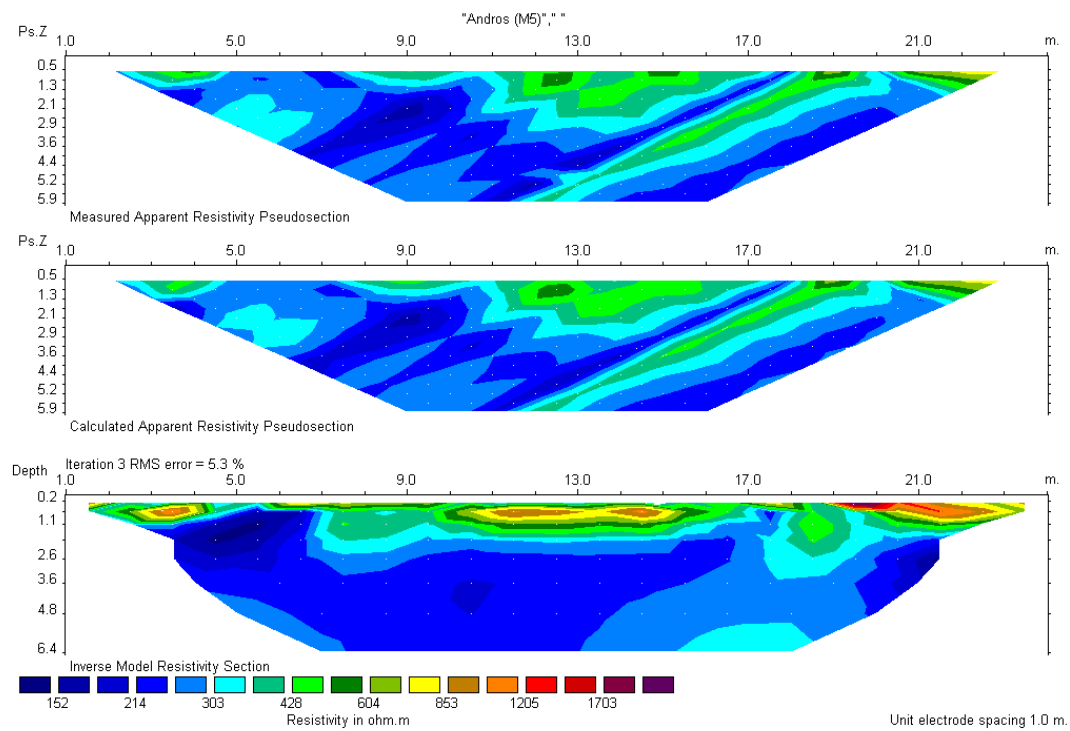
- Στην τομή **M2** η οποία βρίσκεται στα 10 μέτρα απόσταση από την M1 και προς τα βόρεια, εντοπίστηκε μια μικρή ανωμαλία υψηλών αντιστάσεων που συνδέεται άμεσα με την ίδια ανωμαλία της τομής M1. Εντοπίστηκε στο 11 μέτρο από το σημείο 5 του σκαριφήματος. Στο βάθος των 6 μέτρων εντοπίστηκε μια ακόμη ανωμαλία υψηλών αντιστάσεων που πιθανόν να είναι η ανωμαλία που εμφανίζεται στο επιφανειακό αριστερό μέρος της τομής M7.



Inversion Completed

Τομή M2

- Η τομή **M5** έχει διεύθυνση Β-Ν και τέμνει τη τομή M1 στα 12 μέτρα και την M2 στα 22 μέτρα. Παρατηρείται ότι στα αντίστοιχα μέτρα τα οποία αναφέρθηκαν, παρουσιάζονται δυο μικρής κλίμακας επιφανειακές ανωμαλίες υψηλών αντιστάσεων που σχετίζονται άμεσα με τις αντίστοιχες ανωμαλίες που εντοπίστηκαν στις τομές M1, M2. Γενικά, στην τομή επικρατούν χαμηλές αντιστάσεις που πιθανόν να σχετίζονται και με την ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα σε μικρά βάθη.

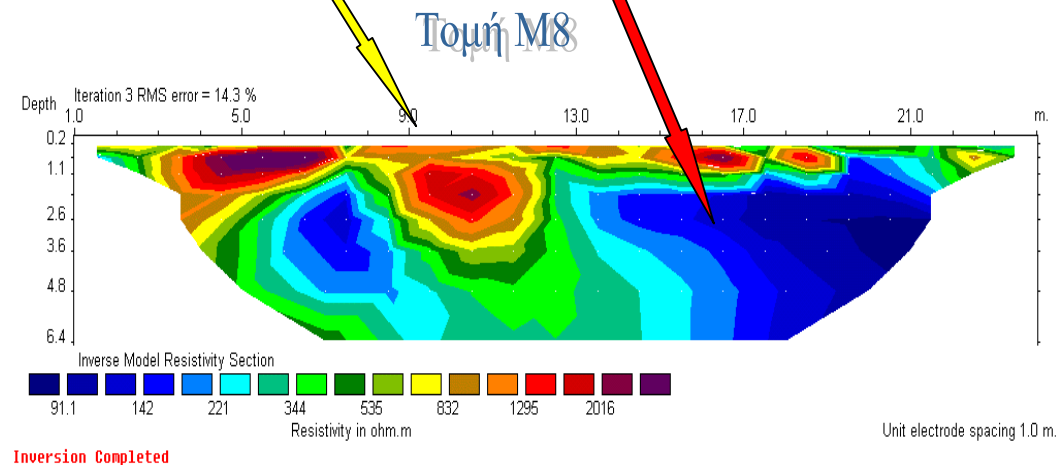
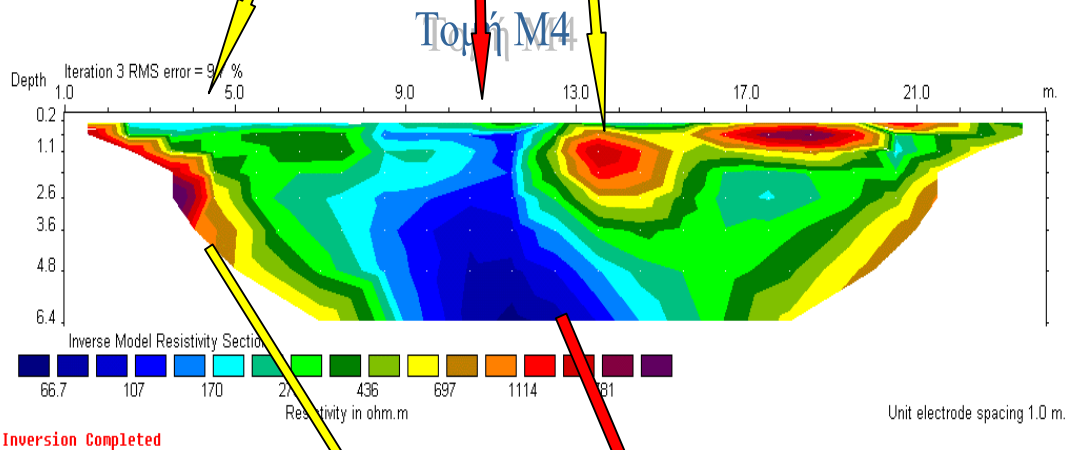
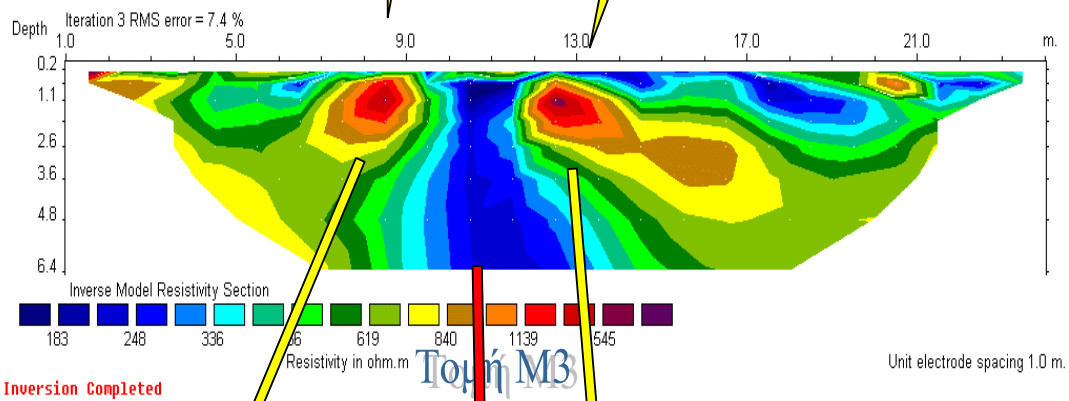
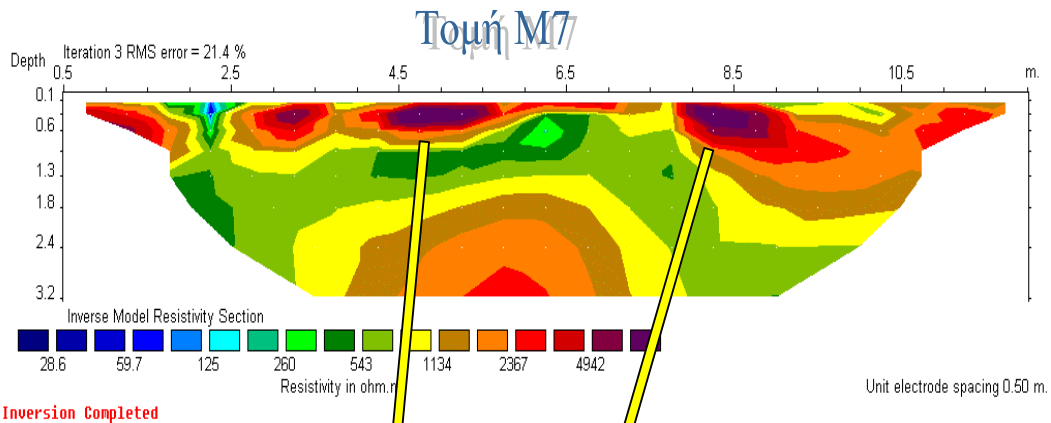


Inversion Completed

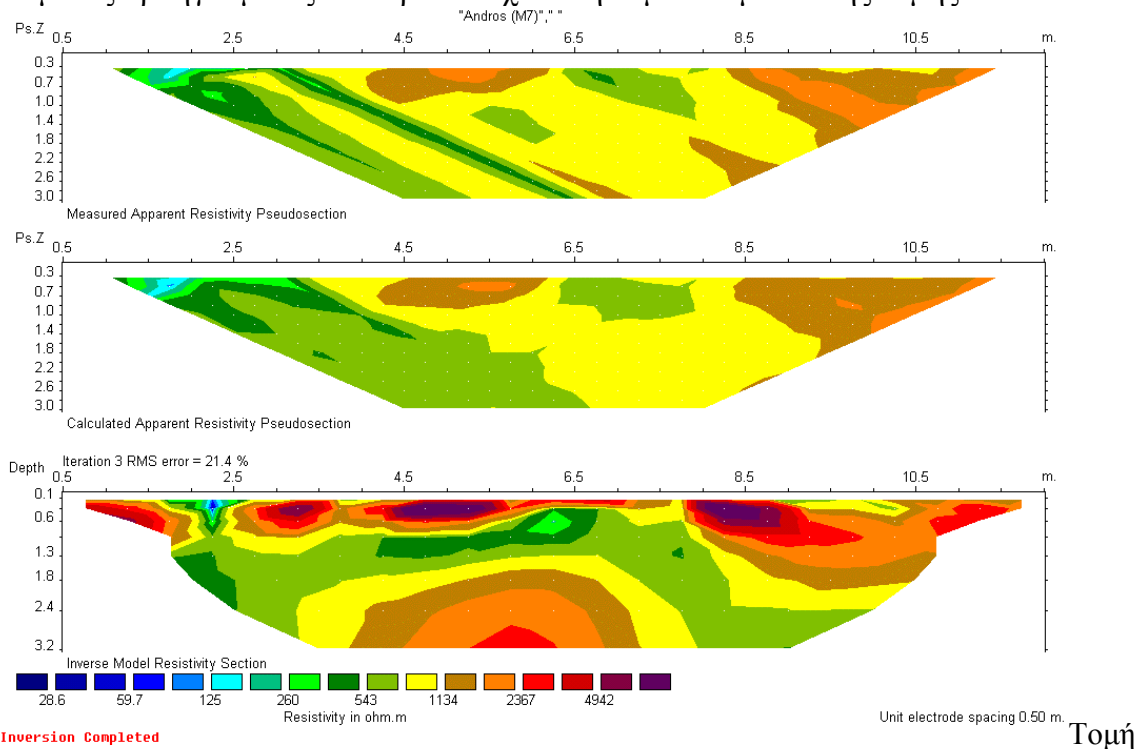
Τομή Μ5

Στο σχήμα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των τομών Μ7, Μ3, Μ4 και Μ8.

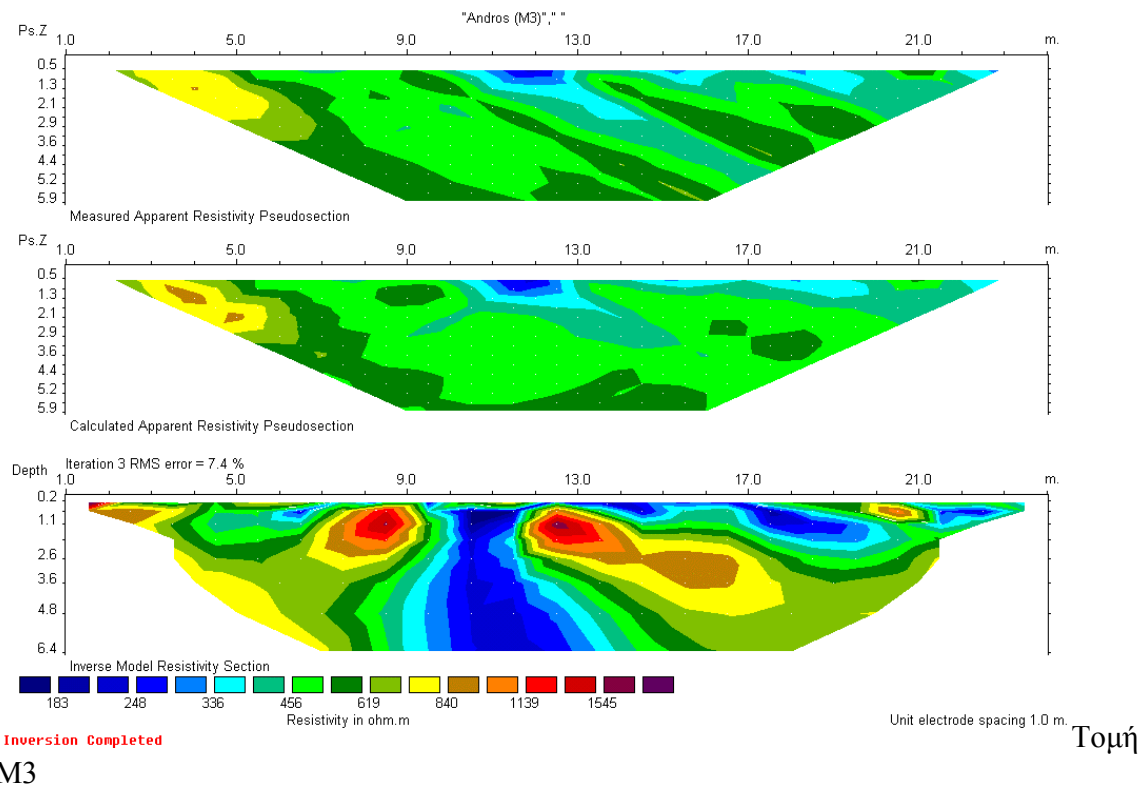
Σχήμα 5. Παρουσίαση των τομών Μ7, Μ3, Μ4 και Μ8 με φορά από τα πάνω προς τα κάτω.



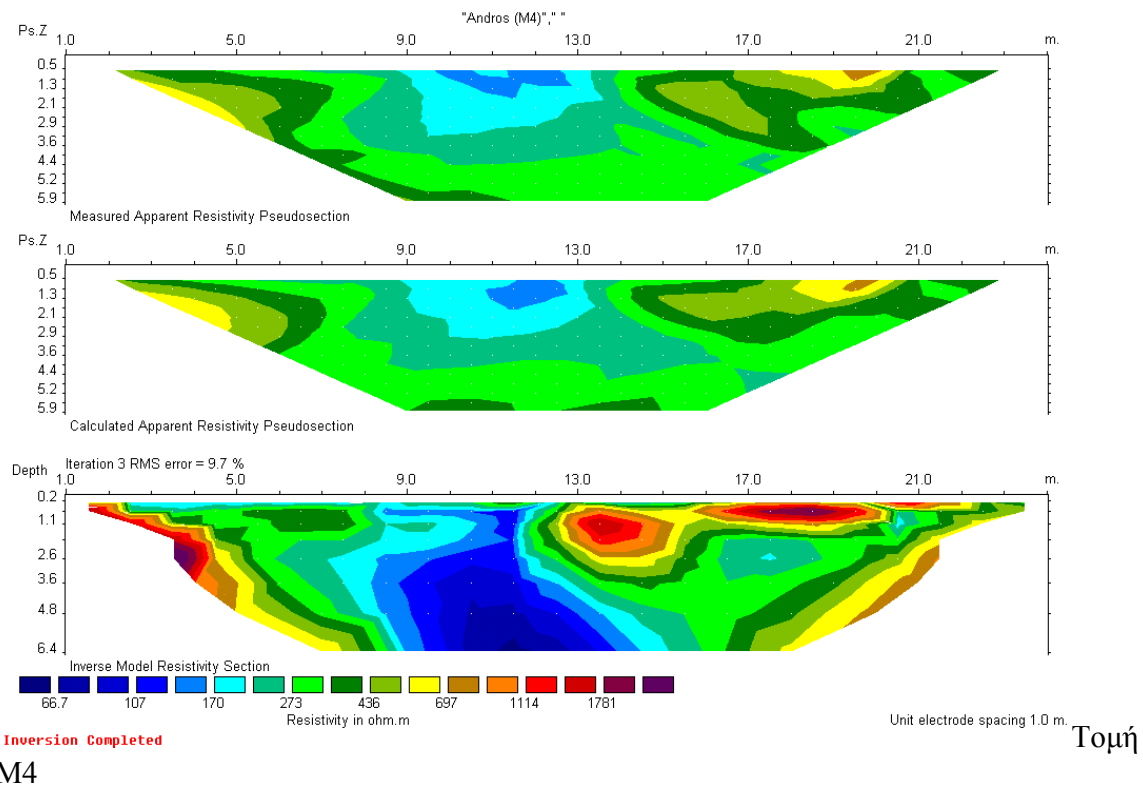
- Στη τομή **M7** εμφανίζεται γενικά ένα υπόβαθρο που χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές αντιστάσεων. Στο 5 μέτρο και 8 μέτρο παρουσιάζονται δύο ανωμαλίες υψηλών αντιστάσεων μικρής κλίμακας που σχετίζονται άμεσα με τα σημεία 16 και 17 του σκαριφήματος της περιοχής που αντιστοιχούν στη μεγάλη και μικρή επιφανειακή διάρρηξη, αντίστοιχα. Επίσης στο 1 μέτρο υπάρχει μια ίδια ανωμαλία με τις προηγούμενες που πριν συσχετίστηκε με ανωμαλία της τομής M2



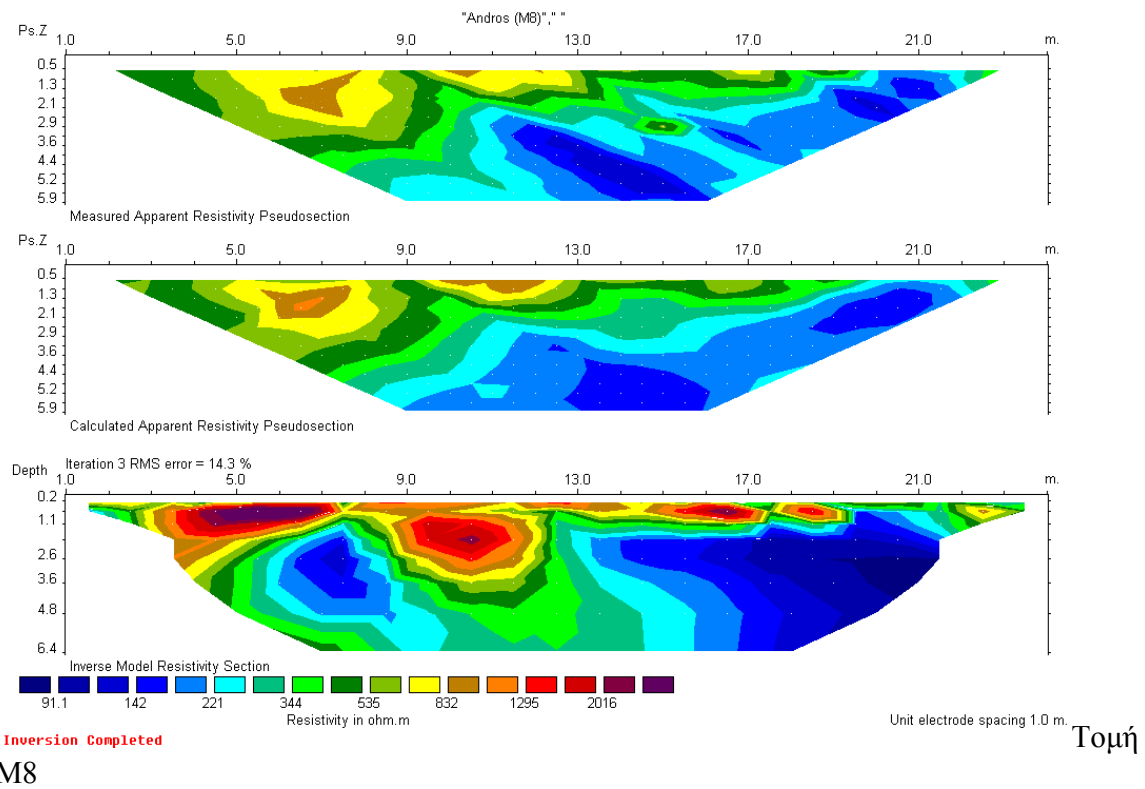
- Στη τομή **M3** στο 11ο μέτρο, εμφανίζεται μια μεγάλη ανωμαλία χαμηλών αντιστάσεων που μπορεί να θεωρηθεί ότι πρόκειται για μια έντονα ρηγματωμένη ζώνη η οποία όμως υδροφορεί λόγω πλήρωσής της με φερτό υλικό. Εκατέρωθεν αυτής, εντοπίζονται δύο ανωμαλίες υψηλών αντιστάσεων που όπως φαίνεται και από το σχήμα 5 (κίτρινα βέλη) σχετίζονται με τις δύο κύριες επιφανειακές ρωγματώσεις.



- Στη τομή **M4** στο 11ο μέτρο παρατηρείται η ίδια ανωμαλία χαμηλών αντιστάσεων με αυτήν της τομής **M3**, μόνο που σαν ζώνη ρωγμάτωσης έχει διευρυνθεί μιας και οι μετρήσεις πάρθηκαν σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό της τομής **M3**, άρα και σε μεγαλύτερο βάθος. Επίσης, εντοπίστηκαν οι ίδιες ανωμαλίες υψηλών αντιστάσεων.

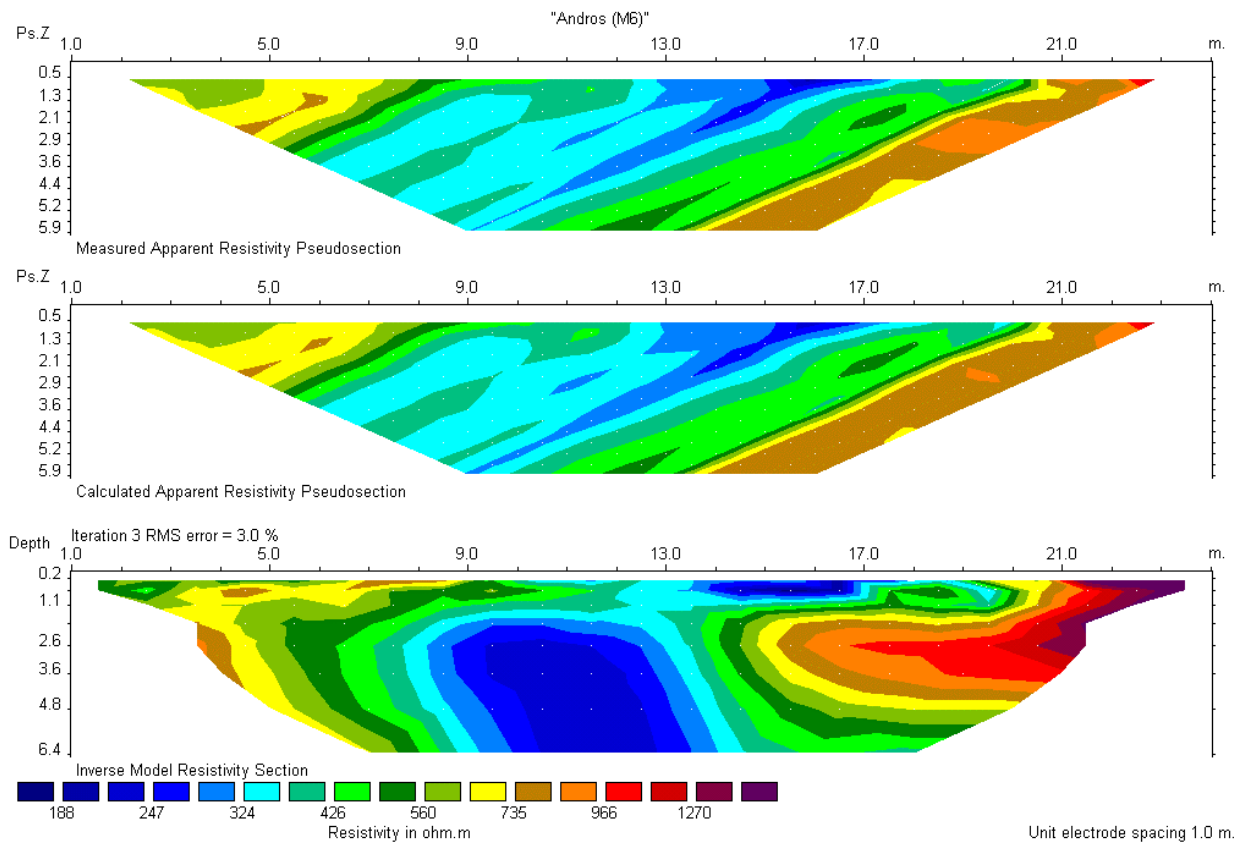


- Στη τομή **M8** παρατηρείται ότι στο τέλος της τομής (16-20 μέτρα) εμφανίζεται η γνωστή ζώνη χαμηλών αντιστάσεων και εμφανίστηκε με τα ίδια χαρακτηριστικά στις τομές M3 και M4. Πιο αριστερά στο 10 μέτρο εμφανίζεται μια μικρή ανωμαλία υψηλών αντιστάσεων που πιθανόν να πρόκειται για τη ασυνέχεια 16 (κίτρινο βέλος).



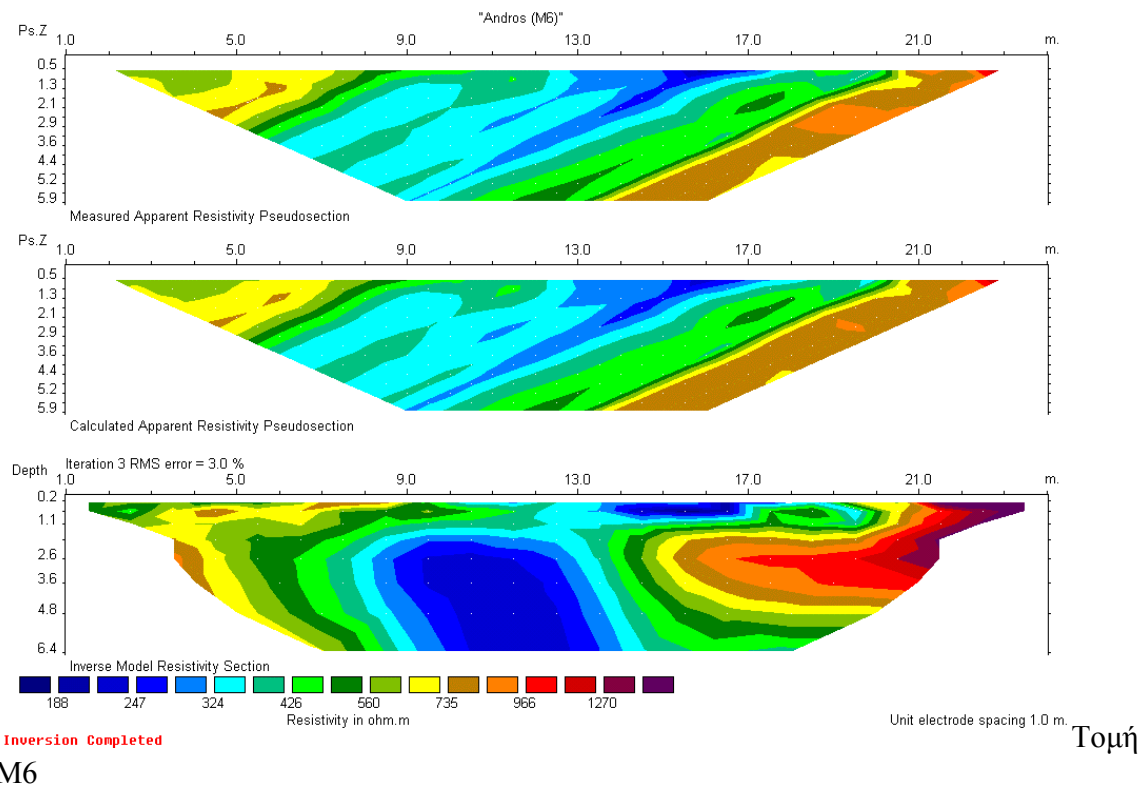
Στο σχήμα 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των τομών Μ5 και Μ6. Και οι δύο τομές έχουν διεύθυνση Β-Ν. Έτσι αναμένεται να χαρτογραφήσουν ασυνέχειες με διεύθυνση κάθετη αυτής των τομών (Α-Δ).

Σχήμα 6. Παρουσίαση της τομής Μ6.

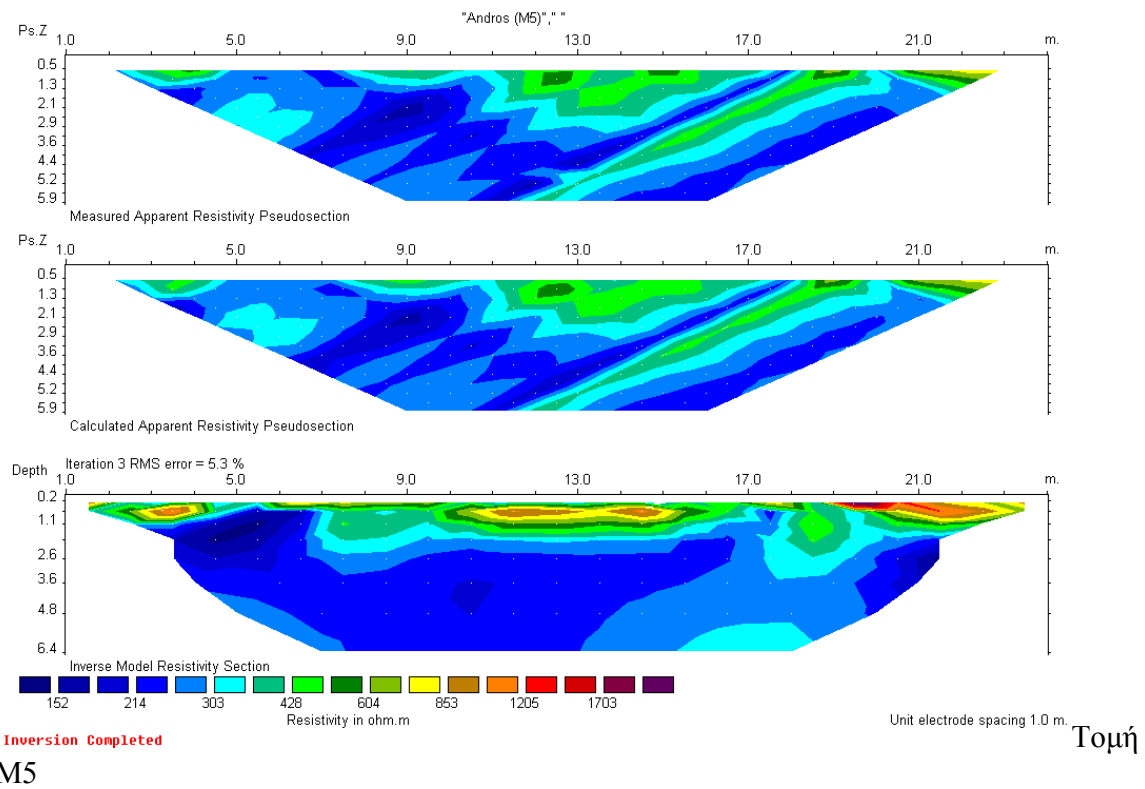


Inversion Completed

- Στη τομή **M6** στο 9 έως το 13 μέτρο παρατηρείται μια μεγάλη ζώνη διάρρηξης (ασυνέχεια) η οποία και πιθανόν να υδροφορεί προκειμένου να δικαιολογηθούν οι χαμηλές τιμές αντιστάσεων. Μια τέτοια ζώνη πολύ πιθανόν να σχετίζεται με τα ρήγματα διευθύνσεων Α-Δ που τέμνουν την μεγάλη επιφανειακή ρωγμάτωση (σημείο 16). Στο 22 μέτρο παρατηρείται μια ζώνη υψηλών αντιστάσεων που σχετίζεται άμεσα με τη μεγάλη επιφανειακή ρωγμάτωση (σημείο 16).

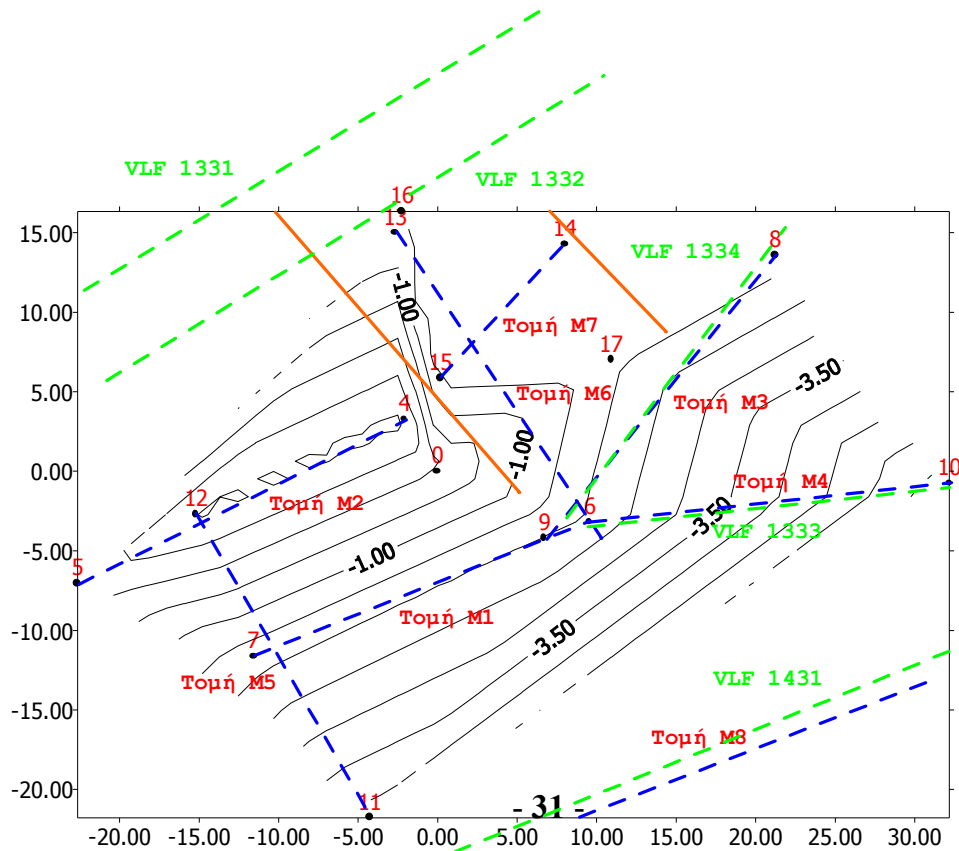


- Η τομή **M5** έχει διεύθυνση Β-Ν και τέμνει τη τομή M1 στα 12 μέτρα και την M2 στα 22 μέτρα. Παρατηρείται ότι στα αντίστοιχα μέτρα τα οποία αναφέρθηκαν, παρουσιάζονται δυο μικρής κλίμακας επιφανειακές ανωμαλίες υψηλών αντιστάσεων που σχετίζονται άμεσα με τις αντίστοιχες ανωμαλίες που εντοπίστηκαν στις τομές M1, M2. Γενικά, στην τομή επικρατούν χαμηλές αντιστάσεις που πιθανόν να σχετίζονται και με την ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα σε μικρά βάθη.



Εφαρμογή μεθόδου VLF

Πραγματοποιήθηκαν 5 τομές (οδεύσεις) VLF. Οι θέσεις των μετρήσεων αυτών παρουσιάζεται στο σκαρίφημα της περιοχής μελέτης.



Παρακάτω παρουσιάζονται γραφικά τα αποτελέσματα της ερμηνείας των ηλεκτρομαγνητικών τομών όπως προκύπτουν από την επεξεργασία των δεδομένων με το πρόγραμμα SECTOR της ABEM.

Στα σχήματα που ακολουθούν τα πάνω διαγράμματα δείχνουν τις μεταβολές της πραγματικής και της φανταστικής συνιστώσας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου όπως προκύπτουν ύστερα από τη κατάλληλη εφαρμογή φίλτρων. Οι ανωμαλίες της πραγματικής συνιστώσας οριοθετούν την ύπαρξη αγώγιμης ζώνης («ρηγματωμένης ζώνης»). Στο κάτω μέρος των σχημάτων, παρουσιάζεται σε αποχρώσεις του γκρι η κατανομή των ίδιων ποσοτήτων σε τομή βάθους 60 μέτρων που προκύπτει από εφαρμογή του φίλτρου σε διαφορετικά βάθη.

Από την αξιολόγηση των τομών προκύπτουν τα εξής:

- Στις τομές 1331 και 1332 οι οποίες όπως φαίνεται και στο σκαρίφημα είναι παράλληλες οδεύσεις ακριβώς πάνω (βόρεια) από το σκάμμα του οικοπέδου και με απόσταση περίπου 10 μέτρων μεταξύ τους, εντοπίζεται η ρηματογενής ζώνη (σημείο 16) που διατρέχει το οικόπεδο. Επίσης εντοπίστηκε μια ακόμα ζώνη μικρότερης φυσικά σπουδαιότητας που δε προκαλεί ανησυχία.
- Στην τομή 1333 εντοπίστηκε μια μεγάλη ζώνη η οποία πιθανόν να συνδέεται με τη ρωγμάτωση που εντοπίζεται στο σημείο 17.
- Στην τομή 1334 δεν εμφανίζεται καμιά ανωμαλία και αυτό έχει σχέση με το μήκος κύματος της ανωμαλίας. Αυτό προέκυψε από το γεγονός ότι στην συγκεκριμένη τομή οι μετρήσεις πάρθηκαν με βήμα δειγματοληψίας 1 μέτρο.
- Τέλος, στη τομή 1431 εντοπίστηκαν δυο ανωμαλίες οι οποίες συσχετίζονται με τις ρωγματώσεις που χαρτογραφήθηκαν από τα σημεία 16 και 17. Παρατηρείται ότι προς τα νότια υπάρχει μια διεύρυνση της ρωγμής 17 το οποίο εμφανίζεται με την έντονη ανωμαλία που εντοπίζεται στη τομή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την ερμηνεία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, προκύπτει ότι η περιοχή που καλύπτεται από τις τομές M6, M7, M3, M4 και M8 χαρακτηρίζεται από διαρρήξεις οι οποίες είναι επιφανειακές και δεν εκτείνονται σε μεγάλο βάθος, ενώ εμφανίζεται ακόμα και μια μεγάλη αγωγίμη ζώνη η οποία εκτείνεται σε βάθος. Με βάση την επεξεργασία των τομών M1, M2 και M5 παρατηρείται ότι η περιοχή νότια της M2 – δηλαδή η περιοχή που καλύπτεται από την M1 και M5- παρουσιάζει χαρακτηριστικά υγειούς βραχομάζας και προτείνεται ως κατάλληλη θέση για εκσκαφή και θεμελίωση.

