

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΟΡΥΚΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΗΝ
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΙΚΟΥ
ΚΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΛΟΥΤΣΑ
ΡΕΜΕΡΙ, ΝΟΜΟΥ ΒΟΙΩΤΙΑΣ**

ΚΑΡΑΠΤΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΑΝΤΩΝΗΣ ΒΑΦΕΙΔΗΣ, Καθηγητής(επιβλέπων)

ΜΑΝΟΥΤΣΟΓΛΟΥ ΕΜΑΝΟΥΗΛ, Καθηγητής

ΣΟΥΠΙΟΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Καθηγητής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.....	5
1.4 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	6
1.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ.....	8
1.6 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	13
2.ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	14
2.1ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ 2012-2014.....	15
2.2 ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ 2015	22
3. ΣΥΝΔΙΑΣΤΙΚΗ ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ.....	28
3.1 ΤΟΜΕΣ 2012-2014	28
3.2 ΤΟΜΕΣ 2015.....	31
4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ-ΣΧΟΛΙΑ.....	32
5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	33

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή και επιμονή τους όλα αυτά τα χρόνια , τον κ. Αντώνη Βαφείδη επιβλέποντα Καθηγητή για την ανάθεση της εργασίας και την πλήρη καθοδήγηση του καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της. Τον κύριο Ανδρονικίδη Νικόλαο επιστημονικό συνεργάτη και υποψήφιο Διδάκτορα για την πολύτιμη του βοήθεια . Τον κ. Εμμανουήλ Μανούτσογλου, Καθηγητή και Κοσμήτορα της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης και τον κ. Σουπιό Παντελή, Καθηγητή της Σχολής Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης, για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ηλεκτρική τομογραφία (ΗΤ) είναι μια διαδεδομένη γεωφυσική μέθοδος λόγω του χαμηλού κόστους έρευνας και φθηνού σχετικά εξοπλισμού. Στην συγκεκριμένη μέθοδο ηλεκτρικό ρεύμα διαχέεται στο έδαφος και εμείς μετράμε την αντίσταση τους. Ανάλογα με το πώς αλλάζουμε τις διατάξεις του ρέματος μπορούμε να επηρεαστεί είτε το βάθος της διασκόπησης (να μεγαλώσει) είτε το πλευρικό άνοιγμα (αντίστοιχα). Η ηλεκτρική τομογραφία μπορεί να έχει πολλές και διαφορετικές εφαρμογές. Σε αρχαιολογικούς χώρους, όπως έγινε στον αρχαιολογικό χώρο της Ιτάνου Λασιθίου, όπου κατασκευάστηκε τρισδιάστατος χάρτης του ανάγλυφου του βραχώδους γεωλογικού σχηματισμού, σε ανεγέρσεις κτιριακών εγκαταστάσεων (Έκθεση Γεωφυσικής Έρευνας. Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής. Πολυτεχνείο Κρήτης), για τον πλήρη έλεγχο των γεωλογικών σχηματισμών σε περίπτωση έγκοιλων ή καρστικών πετρωμάτων και την ασφαλή διεκπεραίωση της ανέγερσης, όπως έγινε για τις κτιριακές εγκαταστάσεις του Μη.Περ (Γανταδάκη). Για την ανέγερση οδικού άξονα μελετώντας το υπέδαφος έτσι ώστε να βρεθεί το βάθος των υγιών γεωλογικών σχηματισμών στους οποίους θα εδραστεί ο επικείμενος δρόμος, (οδικός άξονας Ε55 στο όρος Κλόκοβα Αιτολοακαρνανίας) (Βλαχοδημητρόπουλος και Παρασχούδης, 2010) Χαρτογράφηση – ανίχνευση φαινομένου υφαλμύρωσης παράκτιων υδροφορέων

Με όλα αυτά βλέπουμε πως η ΗΤ είναι πολύ σημαντική, έχει άμεση επίπτωση στην ανάπτυξη και διατήρηση της ποιότητας μιας κοινωνίας καθώς και πάρα πολλές εφαρμογές.

1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αναφέρεται στην εφαρμογή της μεθόδου της ηλεκτρικής τομογραφίας για στρωματογραφικό έλεγχο στον λατομικό χώρο “ΛΟΥΤΣΑ ΡΕΜΕΡΙ” Δ.Δ. Σκουρτών, Δήμου Δερβενοχωρίων, Ν. Βοιωτίας. Η πόλγη των Σκουρτών είναι πληρωμένη με αργιλικό υλικό το οποίο αποτελεί την πρώτη ύλη στην τσιμεντοβιομηχανία.

Δίπλα στον χώρο εξόρυξης του λατομείου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ηλεκτρικής τομογραφίας βόρεια και ανατολικά. Διασκοπήθηκαν συνολικά 14 γραμμές μήκους 270 μ και 370 μ με τις διατάξεις διπόλου – διπόλου, Gradient και Wenner-Schlumberger. Η επεξεργασία των μετρήσεων που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά Res2Dinv και RockWorks.

Από τη ηλεκτρική διασκόπηση προέκυψαν 2 γεωηλεκτρικά στρώματα. Το πρώτο χαρακτηρίζεται από ανομοιογένεια (ειδική ηλεκτρική αντίσταση από 5-20 Ωm) και αποδίδεται σε Terra Rosa κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Το δεύτερο, με ειδική ηλεκτρική αντίσταση μεγαλύτερη από 70 Ωm, αποδίδεται σε καρστικούς ανθρακικούς σχηματισμούς. Το πάχος των υπερκείμενων του ανθρακικού υποβάθρου σχηματισμών στις θέσεις διασκόπησης στην πόλγη των Σκουρτών κυμαίνεται από 20- 50 μέτρα.

1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι να παρουσιάσει και να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της γεωφυσικής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε γεωφυσική διασκόπηση συνδυάζοντας μετρήσεις που πάρθηκαν το 2012 το 2014 (περιοχή Α) και το 2015(περιοχή Β) έχοντας σαν στόχο την εκτίμηση του πάχους του αργιλικού σχηματισμού ανατολικά και βόρεια του λατομικού χώρου.

1.4 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

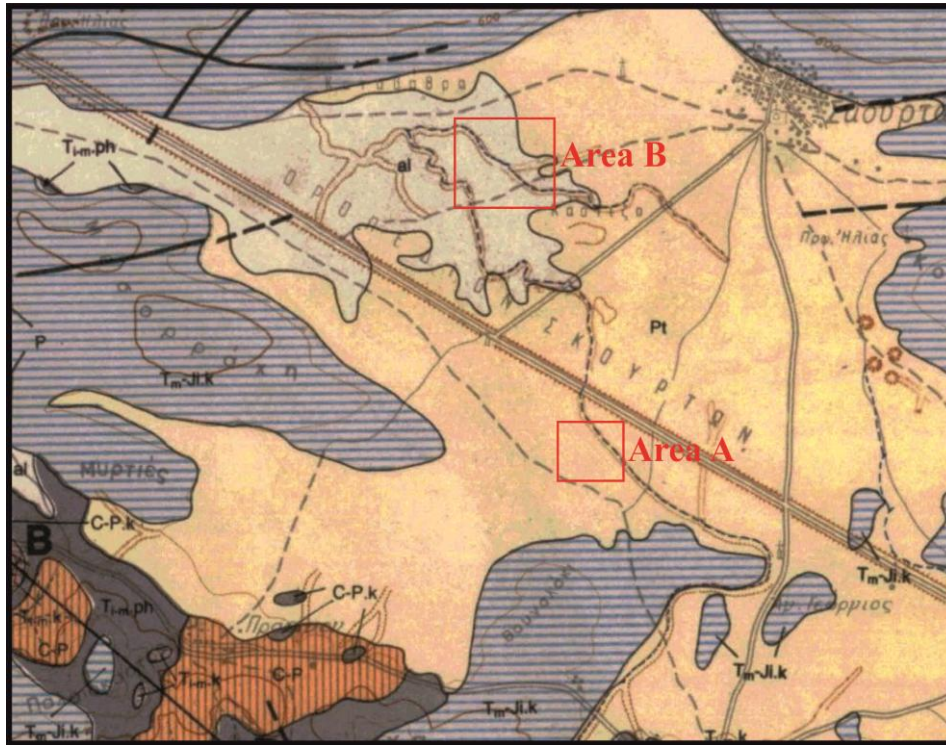
Η περιοχή του λατομείου βρίσκεται εντός του οροπεδίου των Σκούρτων νοτιοδυτικά του οικισμού και σε υψόμετρο περί τα 530 m. Η ευρύτερη περιοχή του λατομείου ανήκει γεωλογικά στην ενότητα της Υποπελαγονικής. Δομείται από τους ακόλουθους σχηματισμούς.

- Αλλουβιακές προσχώσεις (al) από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, ασύνδετα υλικά από άμμους και κροκαλολατύπες στις κοίτες των χειμάρρων.
- Αποθέσεις κλειστής λεκάνης Σκούρτων (Pt) από αργιλοαμμώδη υλικά με ασβεστιτικά συγκρίματα και διάσπαρτες κροκαλολατύπες, μικρής συνεκτικότητας, χρώματος καστανοκόκκινου. Μέγιστο πάχος 40 m. περίπου. (Σχηματισμός ενδιαφέροντος).

Στο υποκείμενο :

Εμφανίζονται αργιλικοί σχιστόλιθοι και ψαμμίτες, στα 400μ πάχος περίπου, που εναλλάσσονται με κροκαλοπαγή με φακοειδής ενστρώσεις ασβεστολίθων κατά θέσεις. Τοπικά παρουσιάζουν ασθενή μεταμόρφωση (φυλλίτες – χαλαζίτες)

Σε πιο μεγάλα βάθη περι τα 700 μ χαρακτηρίζεται από ασβεστόλιθους δολομιτικούς ασβεστόλιθους έντονα κερματισμένους μικροκρυσταλλικούς και κατά θέσεις πολύ κρυσταλλικούς. Κατά βάση όμως είναι λεπτοστρωματώδεις και έχουν χρώμα τεφρόμαυρο ή κόκκινο.



Σχήμα.1.1 Απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη της υπό μελέτη περιοχής (Φύλλο Αθήναι – Ελευσίς, κλίμακα 1:50.000, Έκδοση ΙΓΜΕ 1986, Δρ. Κ.Παπαβασιλείου).

Η γενική διεύθυνση ανάπτυξης της λεκάνης των Σκουρτών είναι Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ, παράλληλη με τον επιφανειακό υδροκρίτη που ορίζει την κίνηση του νερού προς βορρά (Ασωπός) και προς νότο (Σαρανταπόταμος) αντίστοιχα.

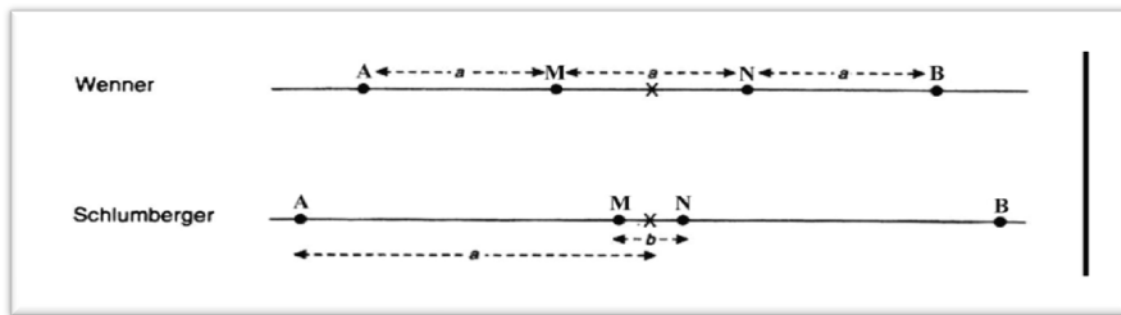
Η δημιουργία της λεκάνης δεν οφείλεται αποκλειστικά στις διαδικασίες της καρστικοποίησης, αλλά και σε τεκτονικά αίτια, αφού εμφανίζονται ρήγματα διεύθυνσης περίπου Α-Δ, τόσο στο βόρειο όσο και στο νότιο περιθώριο. Η καρστικοποίηση ακολουθεί την τεκτονική, γι' αυτό και δεν είναι τυχαία η διεύθυνση ανάπτυξης της λεκάνης.

1.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

Η ηλεκτρική τομογραφία ανήκει στις ηλεκτρικές μεθόδους γεωφυσικής διασκόπησης και συμβάλλει στη λεπτομερή απεικόνιση του υπεδάφους, καθώς είναι μέθοδος υψηλής διακριτικής ικανότητας. Στην ηλεκτρική τομογραφία, η περιγραφή της γεωλογικής δομής βασίζεται στη μελέτη των μεταβολών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης κατά την οριζόντια και την κατακόρυφη διεύθυνση, εντοπίζοντας έτσι ασυνέχειες κατά την οριζόντια ανάπτυξη των σχηματισμών, όπως ρήγματα ή έγκοιλα. Η τιμή της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης εξαρτάται από την κατανομή της ειδικής αντίστασης στο υπέδαφος και από τη γεωμετρία των ηλεκτροδίων. Ο υπολογισμός της είναι πολύ σημαντικός και οδηγεί στον καθορισμό της πραγματικής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους.

Γενικά υπάρχουν πολλές διατάξεις ηλεκτροδίων που εφαρμόζονται ανάλογα με την περιοχή τον εξοπλισμό κλπ. Οι κυριότεροι παράγοντες επιλογής της διάταξης είναι το μέγιστο βάθος διασκόπησης και η διακριτική ικανότητα. Οι διατάξεις διπόλου διπόλου ή πόλου διπόλου έχουν μεγάλη πλευρική διακριτική ικανότητα (οριζόντια διεύθυνση) ενώ οι διατάξεις Wenner-Schlumberger έχουν καλύτερη διακριτική ικανότητα στην κατακόρυφη διεύθυνση σε σχέση με τις υπόλοιπες.

Στην συγκεκριμένη γεωφυσική έρευνα επιλέχθηκαν 3 διατάξεις Wenner – Schlumberger Gradient και διπόλου διπόλου. Στη διάταξη Wenner – Schlumberger στην πρώτη μέτρηση τα δύο ηλεκτρόδια δυναμικού (M, N) απέχουν μεταξύ τους απόσταση a , καθώς και τα δύο ηλεκτρόδια ρεύματος (A, B), όπως στη διάταξη Wenner. Η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση, για αυτή τη μέτρηση, λαμβάνεται από τη σχέση: $\rho_a = 2\pi a \Delta V / I$.

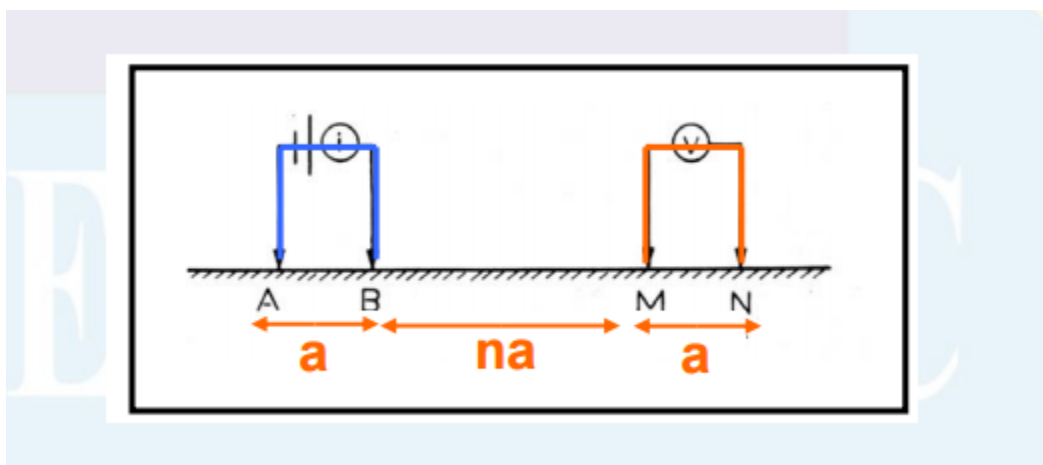


Σχήμα.1.2 Διατάξεις Wenner κ Schlumberger

Από την επόμενη μέτρηση μετακινούνται τα ηλεκτρόδια ρεύματος, ενώ τα ηλεκτρόδια δυναμικού παραμένουν σταθερά με μεταξύ τους απόσταση a . Συνεχίζοντας με την ίδια διαδικασία η διάταξη εξελίσσεται σε Schlumberger και η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση λαμβάνεται από τη σχέση: $\rho_a = \pi n(n+1)a\Delta V/I$, όπου ΔV είναι η διαφορά δυναμικού στα δύο ηλεκτρόδια, I είναι η ένταση του ρεύματος, L ($L = na$) είναι η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων ρεύματος και a είναι η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού.

Οι μετρήσεις με την διάταξη Διπόλου-Διπόλου γίνονται τοποθετώντας τα ηλεκτρόδια ρεύματος συμμετρικά ως προς το κέντρο της διάταξης.

Σε αυτή την διάταξη η απόσταση ανάμεσα στα ηλεκτρόδια του ρεύματος είναι ίση με a . Ομοίως a είναι και το διάστημα μεταξύ του δυναμικού. Η απόσταση μεταξύ των ζευγαριών ηλεκτροδίων είναι ίση με ένα ακέραιο πολλαπλάσιο του a (na)

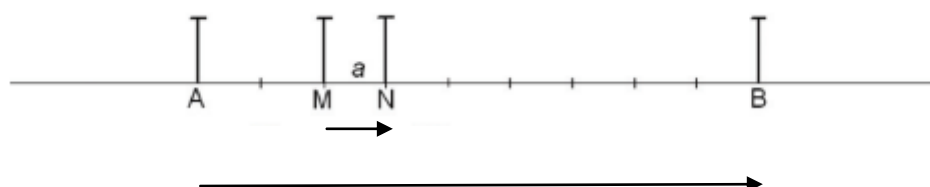


σχημα.1.3 Διάταξη διπόλου διπόλου

Αυτή η διάταξη έχει το πλεονέκτημα στο ότι εμφανίζει μεγάλη ευαισθησία στις πλευρικές μεταβολές της φαινόμενης ηλεκτρικής αντίστασης αλλά έχει το μειονέκτημα ότι παρουσιάζει μικρό λόγο σήματος προς θόρυβο καθώς και την ανάγκη μετακίνησης και των τεσσάρων ηλεκτροδίων, το οποίο σημαίνει μεγαλύτερο χρόνο διεξαγωγής των μετρήσεων .

ΜΕΘΟΔΟΣ GRADIENT

Οι μετρήσεις με την μέθοδο Gradient γίνονται έχοντας σταθερά τα ηλεκτρόδια ρεύματος (AB) και κινούμενο το δυναμικό (MN) σαρώνοντας όλο το μήκος.



σχημα.1.4

Σε περίπτωση που το 'AB' έχει μικρή απόσταση λόγω πχ ελλειπή εξοπλισμού (λίγα ηλεκτρόδια, μικρό μήκος καλωδίων) τότε μετακινείται όλη η διάταξη κατά μήκος.

Για να επιτευχθεί μεγαλύτερο βάθος μεγαλώνει η απόσταση των ηλεκτροδίων ρεύματος AB.

Όταν το δυναμικό ισαπέχει από τα 2 ακριανά ηλεκτρόδια ρεύματος, βρίσκεται δηλαδή στο κέντρο του AB, η διάταξη μοιάζει με την Schlumberger.

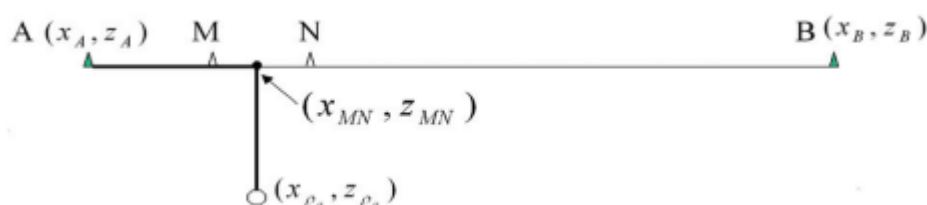
ΒΑΘΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Το βάθος επιπέδου μέτρησης βρίσκεται από τον τύπο :

$$x_{\rho_a} = x_{MN},$$

$$z_{\rho_a} = \min\{(x_{MN} - x_A), (x_B - x_{MN})\} / 3,$$

Όπου x_{MN} είναι το κεντρικό σημείο των δυνητικών ζεύγος ηλεκτροδίων δυναμικού M, N, και x_A και x_B είναι οι τρέχουσες θέσεις των ηλεκτροδίων ρεύματος A, B



Παρακάτω παραθέτεται πίνακας (πίνακας 1.5) σύγκρισης μεταξύ Wenner, Gradient(ισοδύναμη με διάταξη Schlumberger),Dipole-Dipole στον οποίο συγκρίνεται το βάθος.

Array	a	s	n	Median depth
Wenner	0,3333	-	-	0,1730
Gradient	0,0909	9	5	0,1902
Dipole-dipole	0,1		8	0,2236

Πίνακας 1.5 Μέσο βάθος διασκόπησης τυπικών διατάξεων

Το βάθος υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το Median depth με την απόσταση των ηλεκτροδίων ρεύματος ή των διπόλων, πχ για μια απόσταση 270μ η Wenner φτάνει σε βάθος 46μ, η Gradient 51μ ενώ η Διπόλου Διπόλου 60μ.

Γενικά η μέθοδος Gradient έχει αρκετά πλεονεκτήματα όσον αφορά την δυνατότητα ανάλυσης και αναλογία σήματος προς θόρυβο καθώς και την λήψη πολυκάναλων δεδομένων αυξάνοντας την ταχύτητα των μετρήσεων στην ίδια χρονική στιγμή το οποίο είναι πολύ πρακτικό για το πεδίο. Για περαιτέρω βελτιστοποίηση της ανάλυσης μπορεί να συνδυαστεί με άλλες μεθόδους όπως η διπολου διπολου

1.6 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το επόμενο βήμα μετά την συλλογή των μετρήσεων είναι η αντιστροφή των τιμών της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σε πραγματικές τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης για την ορθή ερμηνεία και ακριβές προσδιορισμό επιθυμητών βαθών.

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται από το εργαστήριο εφαρμοσμένης γεωφυσικής είναι το RES2DINV. Το πρόγραμμα αυτό χωρίζει το υπέδαφος σε έναν αριθμό παραλληλογράμμων και θεωρεί σταθερή την πραγματική ειδική αντίσταση σε κάθε ορθογώνιο. Ξεκινώντας από αρχικό μοντέλο το οποίο προκύπτει θέτοντας κάποια τιμή για την πραγματική ειδική ηλεκτρική αντίσταση υπολογίζει τις τιμές της φαινόμενης ειδικής αντίστασης που αντιστοιχούν στο μοντέλο αυτό και τις συγκρίνει με τις μετρημένες τιμές της φαινόμενης αντίστασης.

Κάνοντας διαδοχικές επαναλήψεις μειώνεται συνεχώς το σφάλμα. Τελικά επιλέγεται ένα μοντέλο με μικρό σφάλμα όταν οι επόμενες επαναλήψεις δεν μειώνουν σημαντικά το σφάλμα αυτό, δηλαδή όταν η επαναληπτική διαδικασία παρουσιάζει σύγκλιση.

Προκύπτουν τρία μοντέλα, όπου το πρώτου παρουσιάζει το τις τιμές της μετρούμενης φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, το δεύτερο τις υπολογιζόμενες τιμές από το πρόγραμμα, ενώ το τελευταίο παρουσιάζει την κατανομή της πραγματικής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, δηλαδή την γεωηλεκτρική δομή του υπεδάφους.

Έπειτα τα αποτελέσματα που παίρνουμε από το RES2DINV πρέπει να τα απεικονίσουμε στο χώρο. Αυτό επιτυγχάνεται με το πρόγραμμα ROCKWORKS. Εκεί ορίζουμε ένα χώρο και εισάγουμε την εικόνα με την κατανομή της πραγματικής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης για την κάθε γραμμή μαζί με τις συντεταγμένες της, το μέγιστο βάθος καθώς και το υψόμετρο, εάν υπάρχει.

Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα και να δώσουμε μια πιο έγκυρη ερμηνεία της γεωλογικής δομής.

2.ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα των γεωφυσικών διασκοπήσεων που πραγματοποιήθηκαν το 2012, 2014(Περιοχή Α) (Σχήμα 2.0.1) και 2015(παριοχή Β) (Σχήμα 2.0.2). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 13 γραμμές μελέτης, αλλά 12 χρησιμοποιήθηκαν, λόγω κακής μέτρησης της Τα5, με την μέθοδο της ηλεκτρικής τομογραφίας ανατολικά και βόρεια του λατομικού χώρου εκ των οποίων 4 το 2012 4 το 2014 και 5 το 2015.



Εικόνα 2.1 Χώρος μετρήσεων το 2012 (περιοχή Α)



Εικόνα 2.2 Χώρος μετρήσεων 2015 (περιοχή Β)

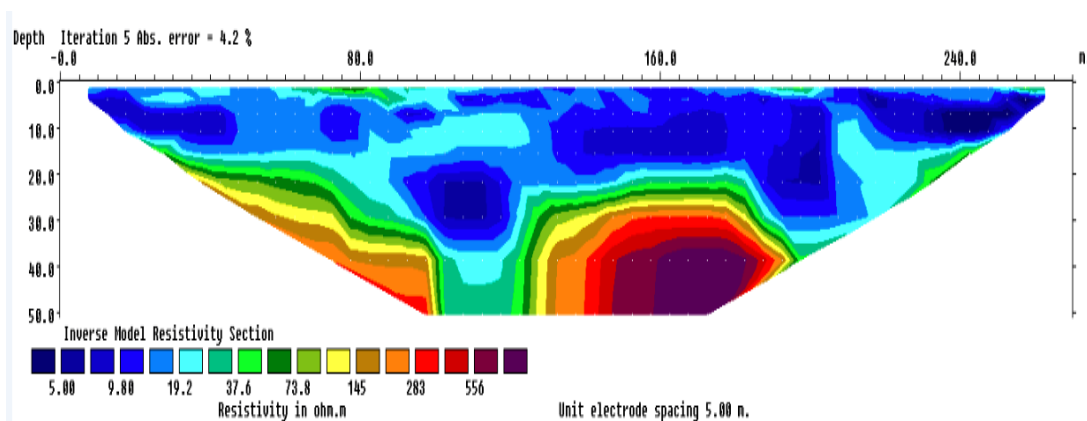
2.1 ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ 2014-2012

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν το 2012 (Ta1,Ta2,Ta3) και το 2014 (Line1,2,3,4) με την μέθοδο Wenner- Schlumberger και ισαπόσταση ηλεκτροδίων 5 m. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων χρησιμοποιώντας την μέθοδο αντιστροφής η οποία ελαχιστοποιεί την L_1 νόρμα (Robust) καθώς και ο σχολιασμός τους.

Line 1

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν από δυτικά προς ανατολικά 270 μ μήκος και 50 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής . Σύμφωνα με τις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας και της γεωλογίας της περιοχής έχω 2 γεωηλεκτρικά στρώματα (σχήμα 2.1):

- Επιφανειακό με χαμηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Το ελάχιστο πάχος εκτιμάται στα 15μ περίπου και αποδίδεται σε **αργιλικούς σχηματισμούς**.
- Υποκείμενο του πρώτου με τιμές ηλεκτρικής αντίστασης $>70 \text{ ohm}$ το οποίο αποδίδεται σε **άργιλο με ασβεστολιθικές κροκάλες**

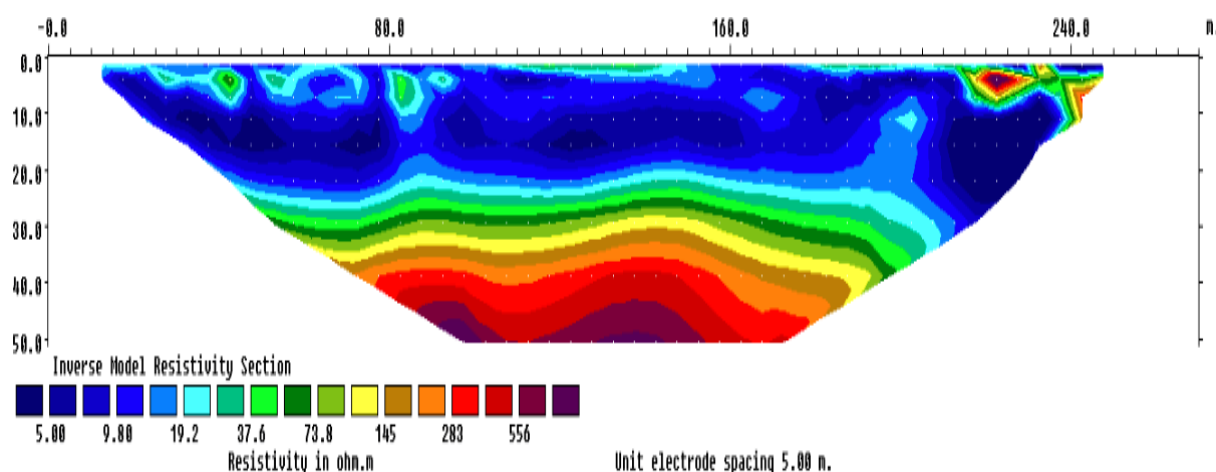


Σχήμα.2.1 Γεωηλεκτρική τομή (Line1)

Line 2

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν από δυτικά προς ανατολικά 270 μ μήκος και 50 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Σύμφωνα με τις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας και της γεωλογίας της περιοχής έχω 2 γεωηλεκτρικά στρώματα(σχήμα 2.2):

- Επιφανειακό με χαμηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Το ελάχιστο πάχος εκτιμάται στα 25 μ περίπου και αποδίδεται σε **αργιλικούς σχηματισμούς**.
- Υποκείμενο του πρώτου με τιμές ηλεκτρικής αντίστασης >70 ohm το οποίο αποδίδεται σε **άργιλο με ασβεστολιθικές κροκάλες**

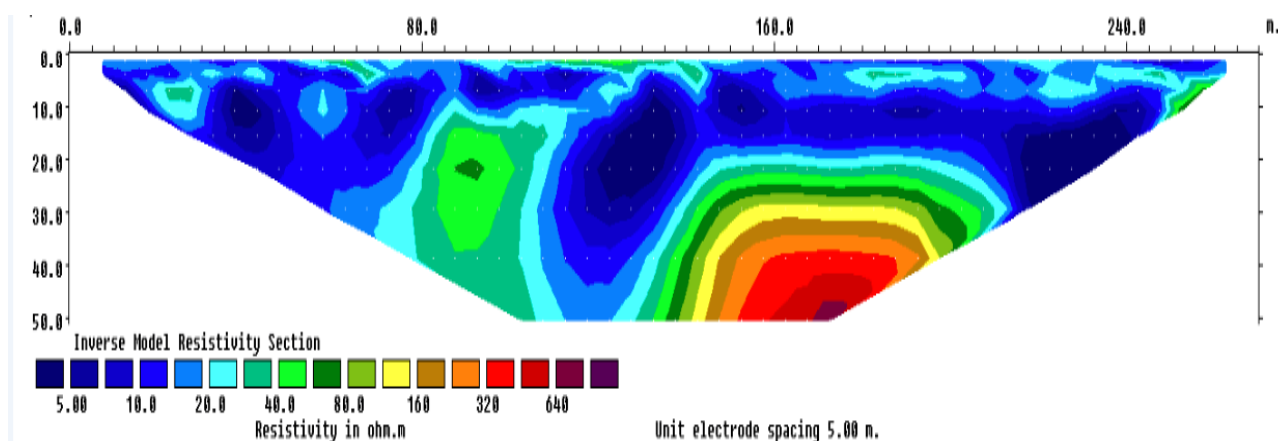


Σχήμα.2.2 Γεωηλεκτρική τομή(Line2)

Line 3

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν από δυτικά προς ανατολικά 270 μ μήκος και 50 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Σύμφωνα με τις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας και της γεωλογίας της περιοχής έχω 2 γεωηλεκτρικά στρώματα (σχήμα 2.3):

- Επιφανειακό με χαμηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Το ελάχιστο πάχος εκτιμάται στα 27-28 μ περίπου και αποδίδεται σε **αργιλικούς σχηματισμούς**
- Υποκείμενο του πρώτου με τιμές ηλεκτρικής αντίστασης >70 ohm το οποίο αποδίδεται σε **άργιλο με ασβεστολιθικές κροκάλες**

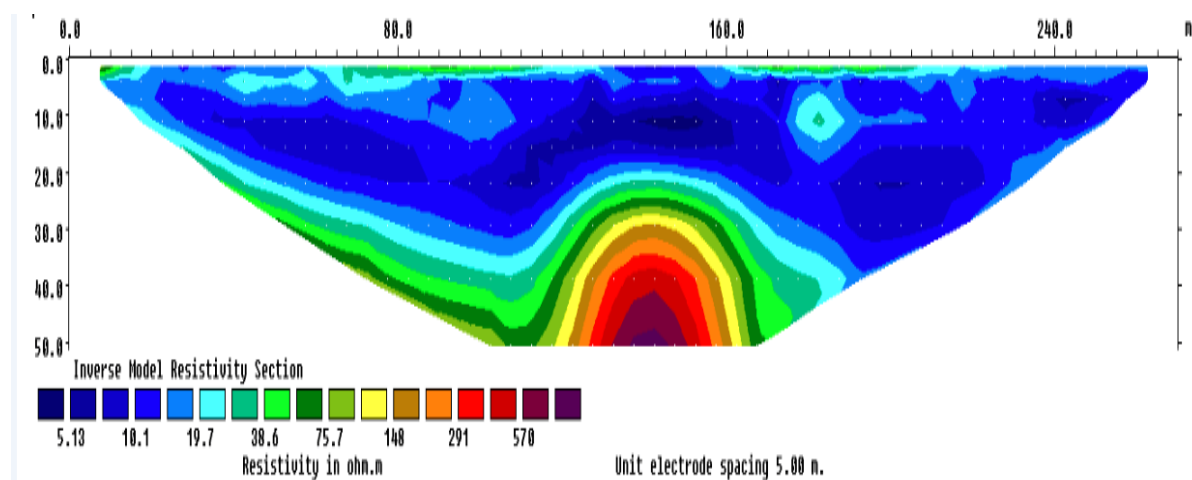


Σχήμα.2.3 Γεωηλεκτρική τομή (Line3)

Line 4

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν από δυτικά προς ανατολικά 270 μ μήκος και 50 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Σύμφωνα με τις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας και της γεωλογίας της περιοχής έχω 2 γεωηλεκτρικά στρώματα (σχήμα 2.4):

- Επιφανειακό με χαμηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Το ελάχιστο πάχος εκτιμάται στα 25 μ περίπου και αποδίδεται σε **αργιλικούς σχηματισμούς**
- Υποκείμενο του πρώτου με τιμές ηλεκτρικής αντίστασης $>70 \text{ ohm}$ το οποίο αποδίδεται σε **άργιλο με ασβεστολιθικές κροκάλες**



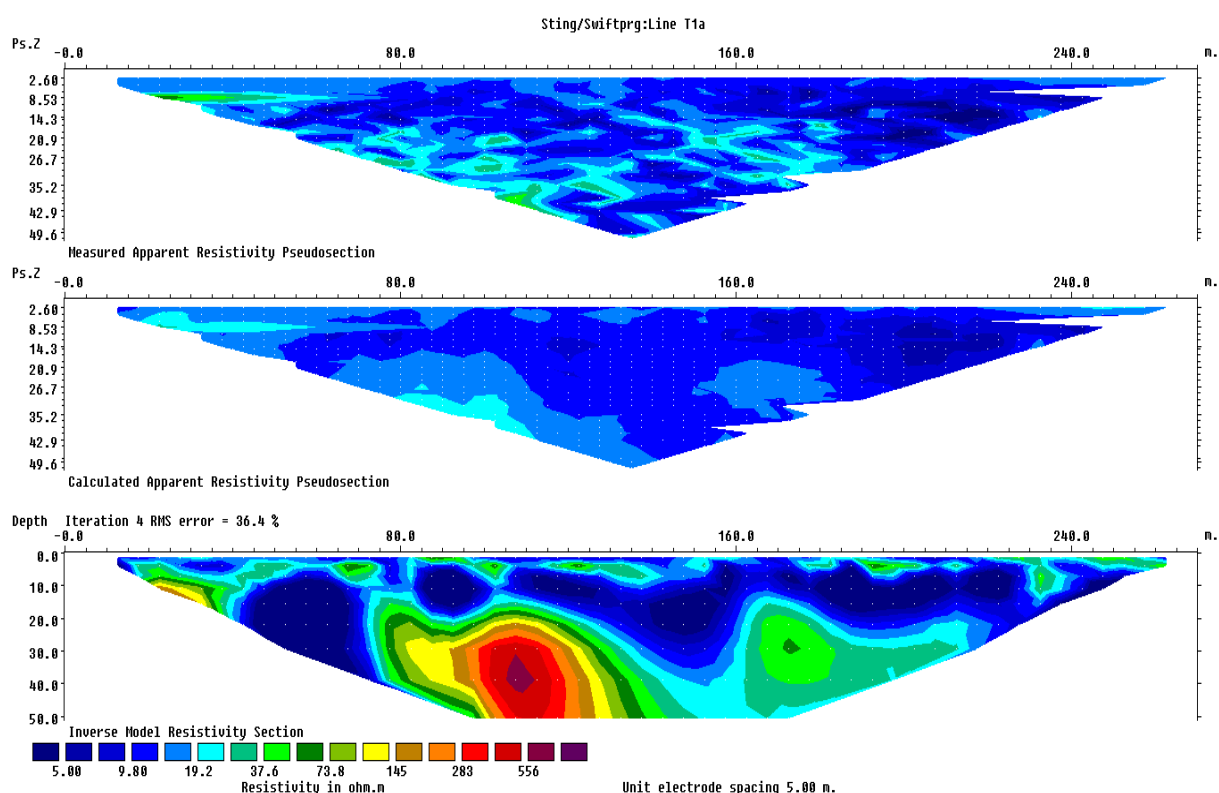
Σχήμα.2.4 Γεωηλεκτρική τομή (Line4)

ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ 2012

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν από βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά 270 μ μήκος και 50 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Σύμφωνα με τις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας και της γεωλογίας της περιοχής έχω 2 γεωηλεκτρικά στρώματα:

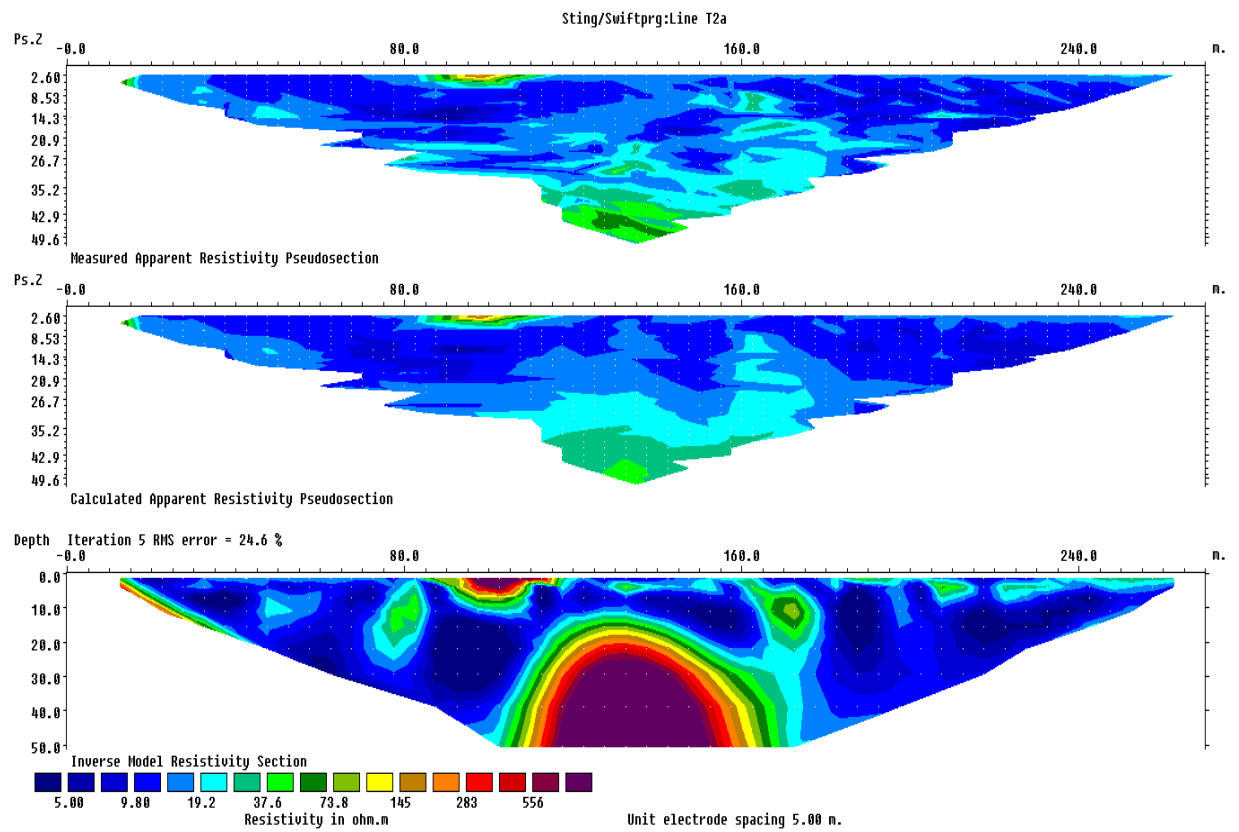
- Επιφανειακό με χαμηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Το ελάχιστο πάχος κυμαίνεται από 10 έως 15 μ περίπου και αποδίδεται σε **αργιλικούς σχηματισμούς**
- Υποκείμενο του πρώτου με τιμές ηλεκτρικής αντίστασης $>70 \text{ ohm}$ το οποίο αποδίδεται σε **άργιλο με ασβεστολιθικές κροκάλες**

Ta1



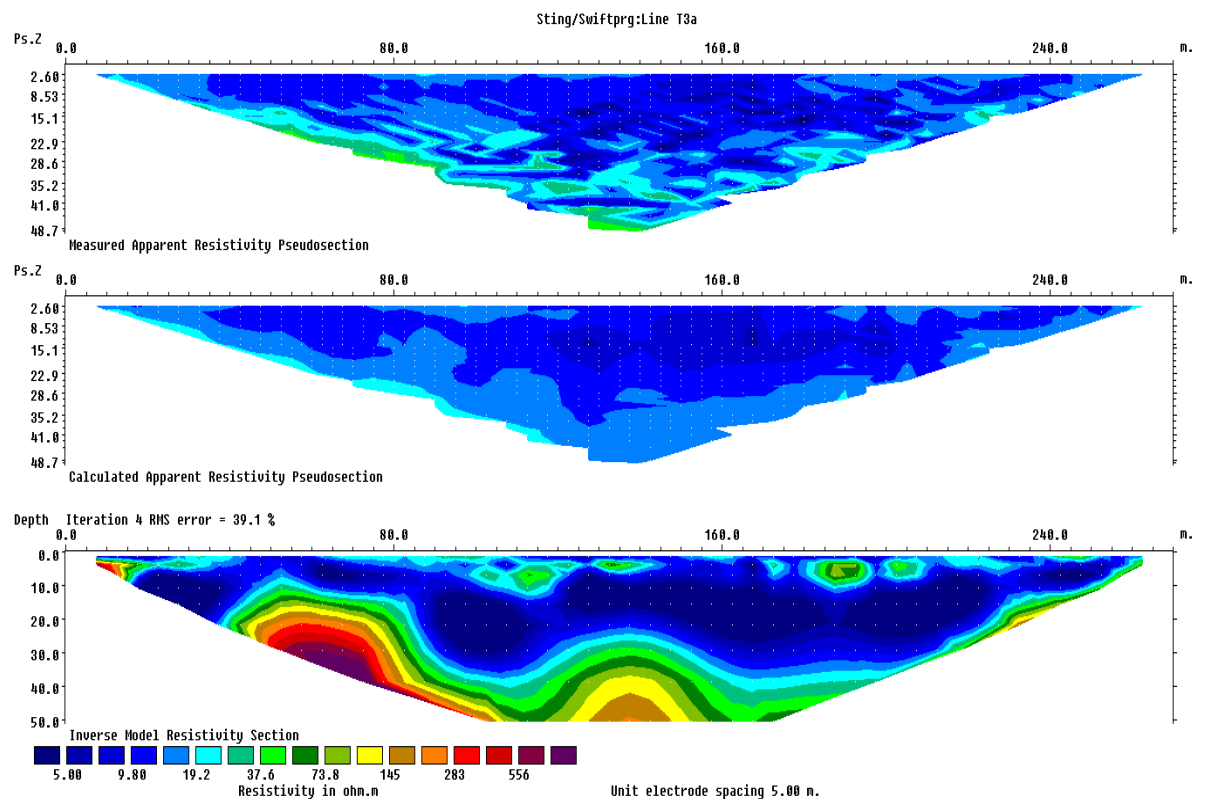
Σχήμα 2.5 Γεωηλεκτρική τομή Ta1

Ta2



Σχήμα 2.6 Γεωηλεκτρική τομή Ta2

Ta3



Σχήμα 2.7 Γεωηλεκτρική τομή Ta3

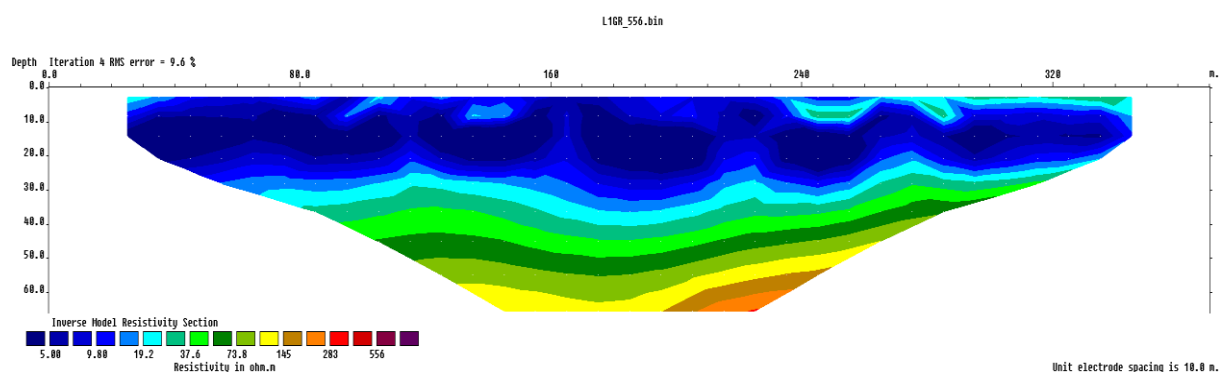
2.2 ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ 2015

Το 2015 οι μετρήσεις έγιναν με την μέθοδο Gradient και Διπόλου διπόλου και ισαπόσταση ηλεκτροδίων 5 m. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων χρησιμοποιώντας την μέθοδο αντιστροφής η οποία ελαχιστοποιεί την L_1 νόρμα ((Robust) καθώς και ο σχολιασμός τους.

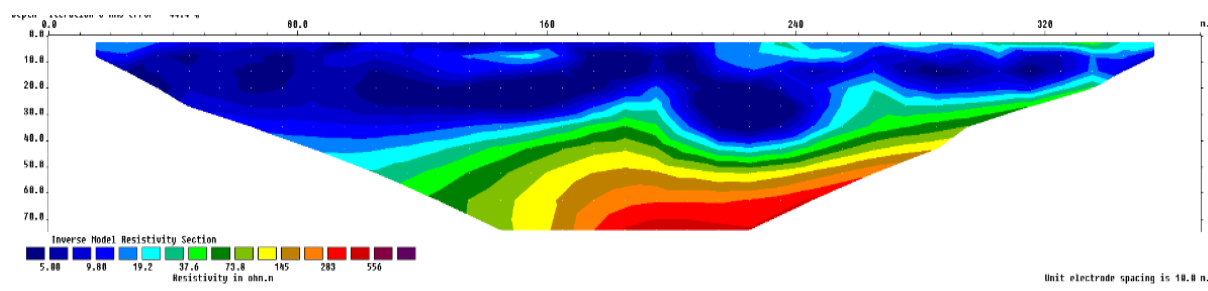
L1

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν νότιο δυτικά προς βόριο ανατολικά 370 μ μήκος και 60 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Σύμφωνα με τις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας και της γεωλογίας της περιοχής έχω 2 γεωηλεκτρικά στρώματα:

- Επιφανειακό με χαμηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Το ελάχιστο πάχος εκτιμάται στα 21 μ περίπου και αποδίδεται σε **αργιλικούς σχηματισμούς**
- Υποκείμενο του πρώτου το οποίο αποδίδεται σε **άργιλο με ασβεστολιθικές κροκάλες**



Σχήμα.2.8 Γεωηλεκτρική τομή Gradient

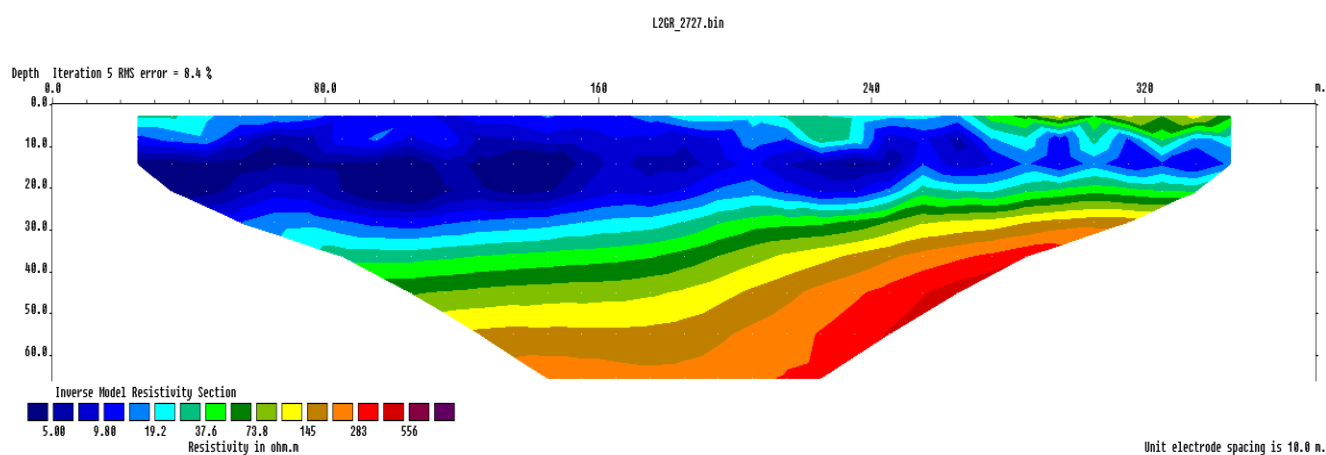


Σχήμα.2.9 Γεωηλεκτρική τομή Διπόλου-Διπόλου

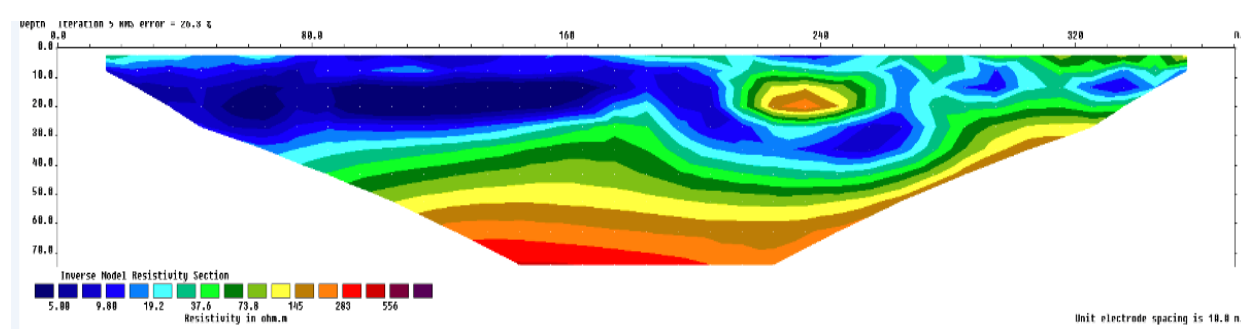
L2

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν νότιο δυτικά προς βόριο ανατολικά 370 μ μήκος και 60 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Σύμφωνα με τις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας και της γεωλογίας της περιοχής έχω 2 γεωηλεκτρικά στρώματα:

- Επιφανειακό με χαμηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Το ελάχιστο πάχος εκτιμάται στα 17 μ περίπου και αποδίδεται σε **αργιλικούς σχηματισμούς**
- Υποκείμενο του πρώτου το οποίο αποδίδεται σε **άργιλο με ασβεστολιθικές κροκάλες**



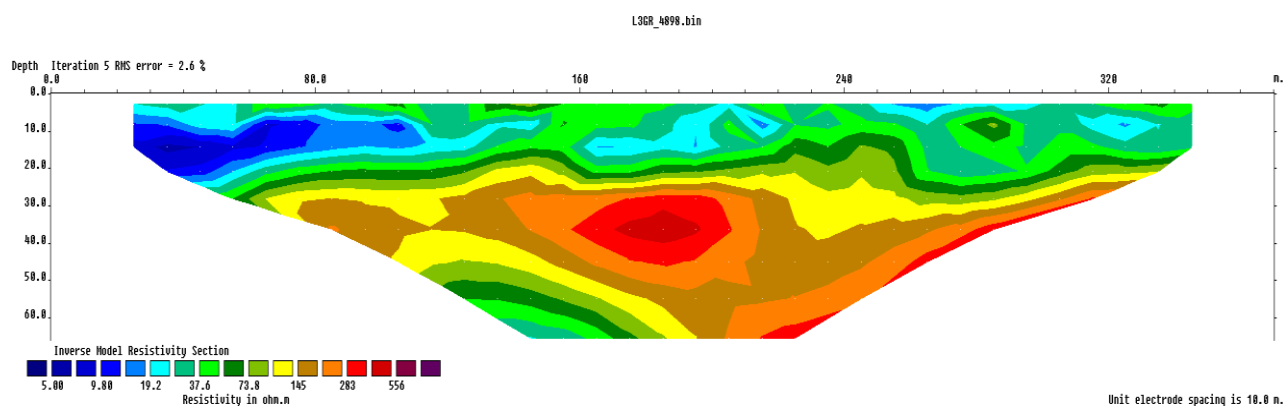
Σχήμα.2.10 Γεωηλεκτρική τομή Gradient



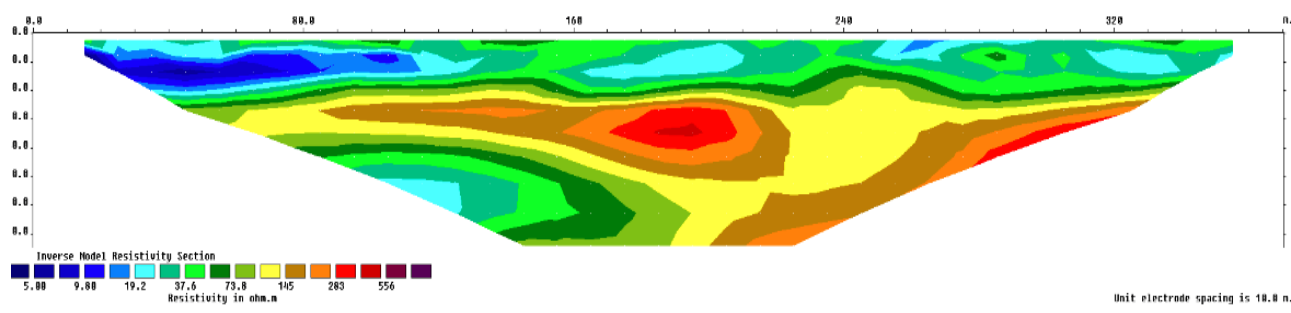
Σχήμα.2.11 Γεωηλεκτρική τομή Διπόλου-Διπόλου

L3

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν νότιο δυτικά προς βόριο ανατολικά 370 μ μήκος και 60 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Διακρίνουμε αυξημένη αντίσταση σε όλο το μήκος της γραμμής το οποίο οφείλεται στη ύπαρξη χονδροκόκκων υλικών. Διακρίνεται βέβαια αριστερά ένα εκμεταλλεύσιμο στρώμα με 20μ ελάχιστο πάχος



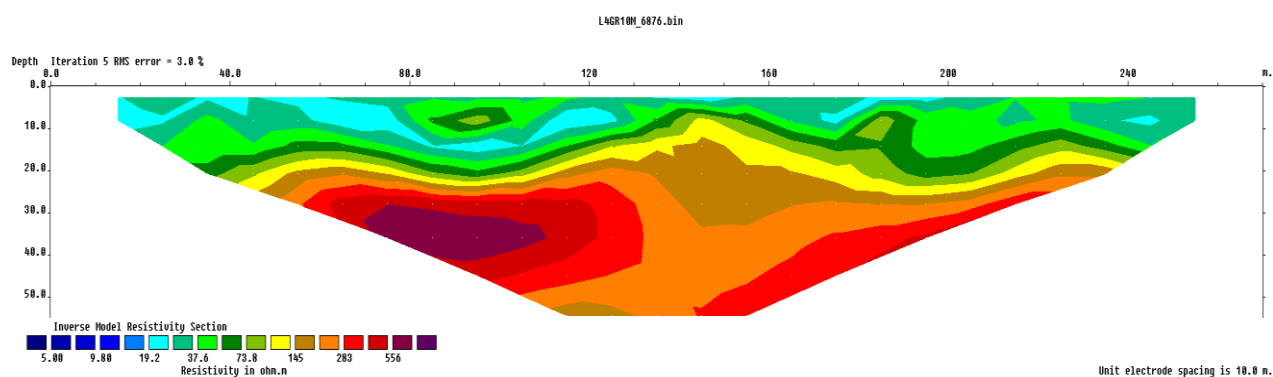
Σχήμα.2.12 Γεωηλεκτρική τομή Gradient



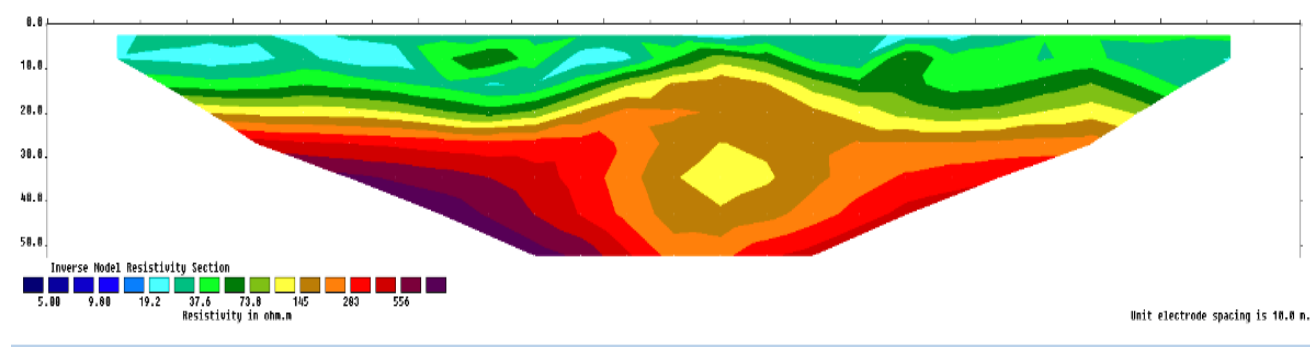
Σχήμα.2.13 Γεωηλεκτρική τομή Διπόλου-Διπόλου

L4

Η διεύθυνση της γραμμής ήταν από νότιο δυτικά προς βόριο ανατολικά 270 μ μήκος και 60 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Διακρίνουμε αυξημένη αντίσταση σε όλο το μήκος της γραμμής το οποίο οφείλεται στη ύπαρξη χονδρόκοκκων υλικών.



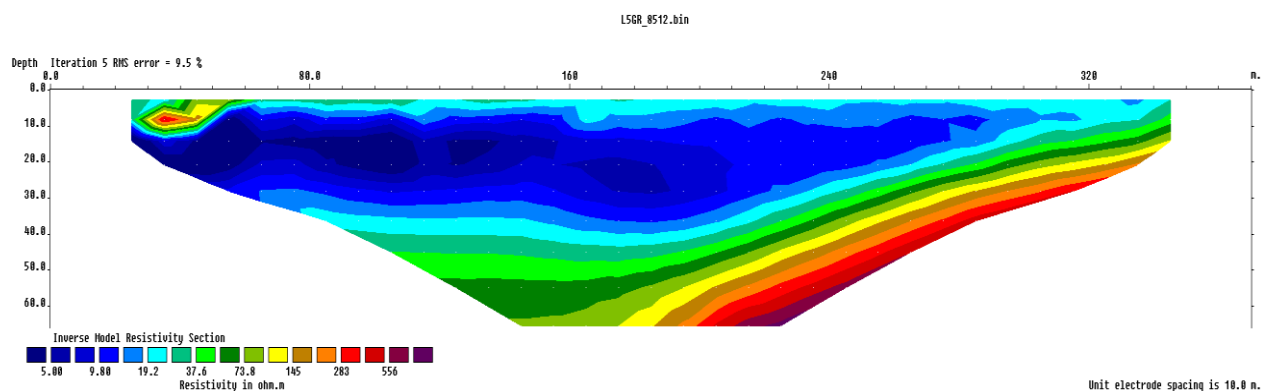
Σχήμα.2.14 Γεωηλεκτρική τομή Gradient



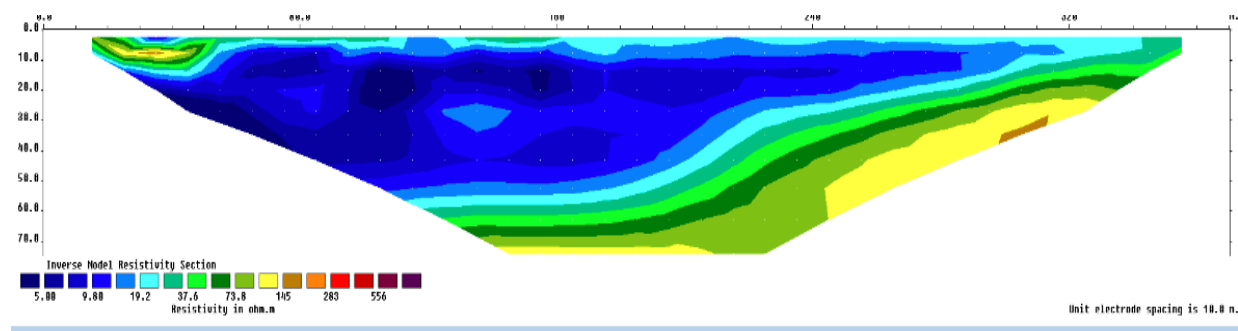
Σχήμα.2.15 Γεωηλεκτρική τομή Διπόλου-Διπόλου

L5

Η διεύθυνση γραμμής είναι Νοτιοανατολικά προς Βοριοδυτικά 370 μ μήκος και 60 μ μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής. Διακρίνουμε το αργιλικό στρώμα να έχει 10μ ελάχιστο πάχος στα δεξιά της γραμμής και υποκείμενα χονδρόκοκκα ασβεστολιθικά.



Σχήμα.2.16 Γεωηλεκτρική τομή Gradient

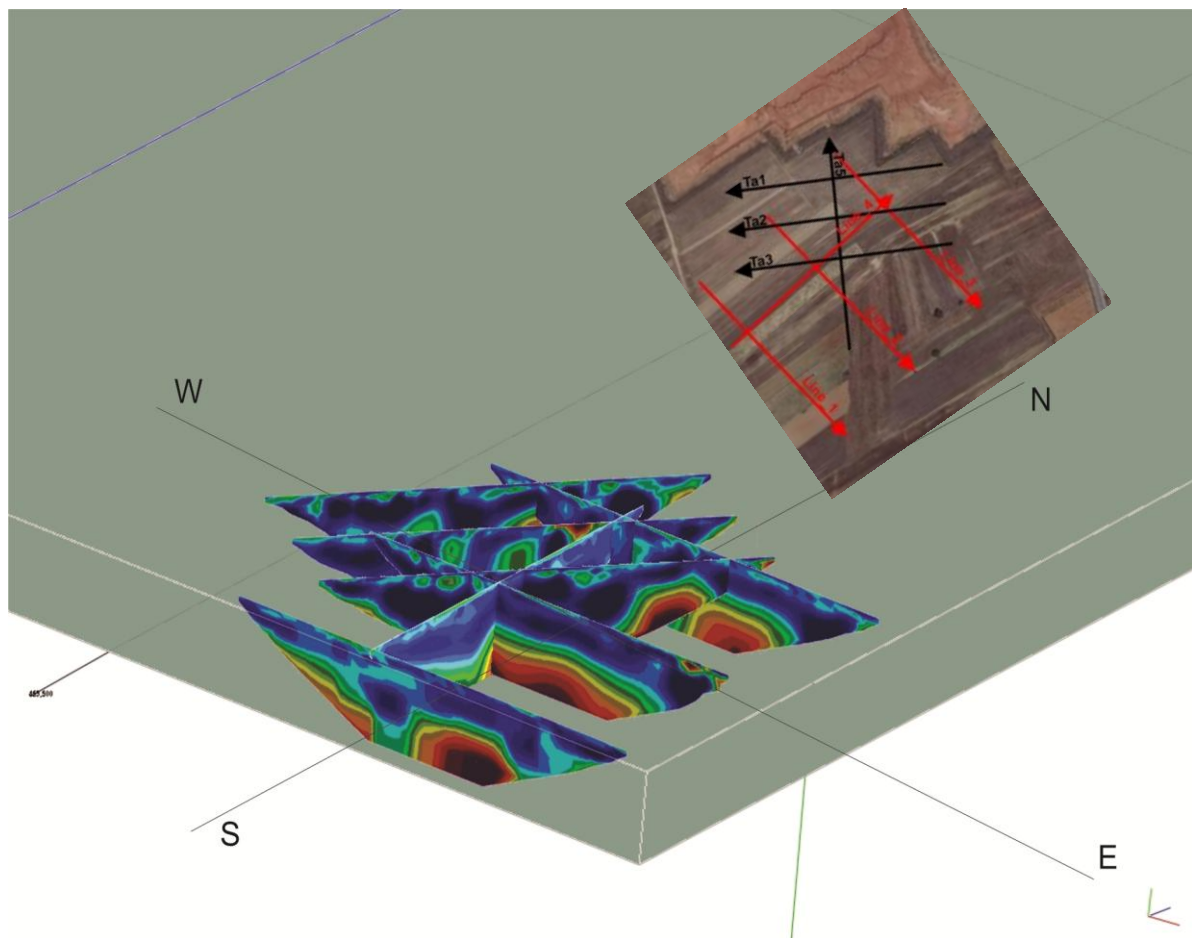


Σχήμα.2.17 Γεωηλεκτρική τομή Διπόλου-Διπόλου

3. ΣΥΝΔΙΑΣΤΙΚΗ ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

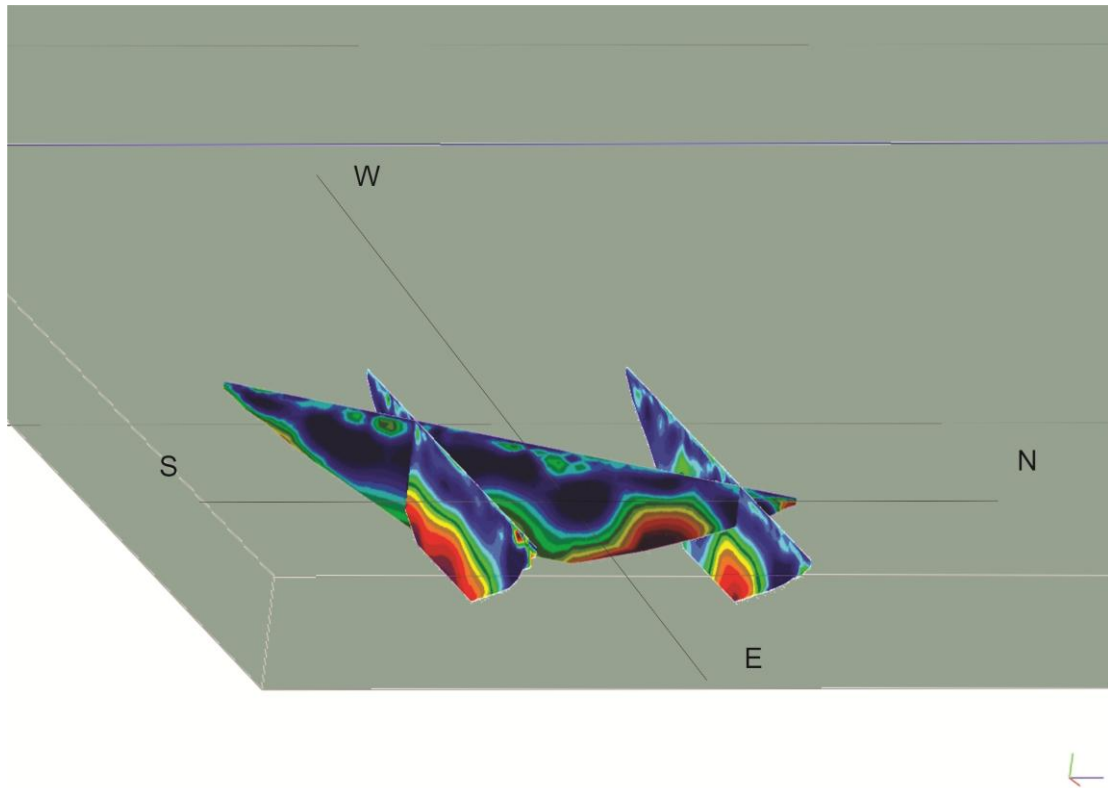
3.1 ΤΟΜΕΣ 2012-2014

Οι τομές του 2014 είναι με προσανατολισμό Δ-Α(line1,2,3) κ Ν-Β(line4) ενώ του 12 ΒΑ-ΝΔ



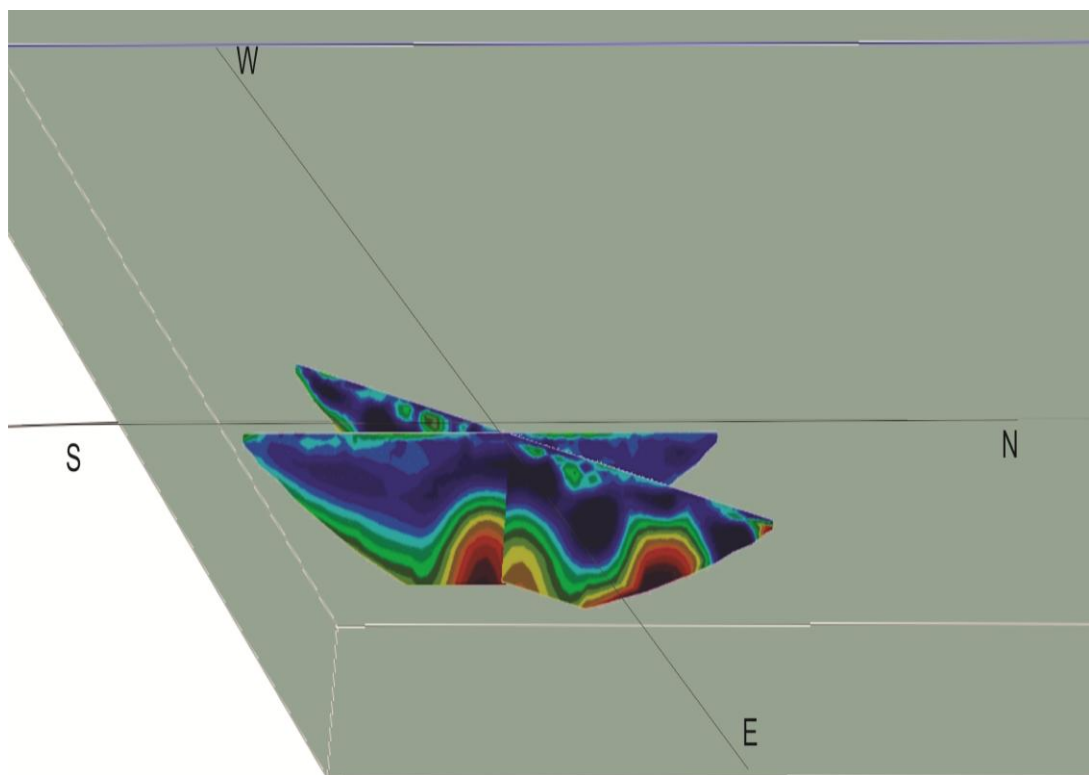
Σχήμα.3.1 Χωρική απεικόνιση των γεωηλεκτρικών τομών με καλή συμφωνία στα σημεία τομής τους. Άποψη ΝΑ

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ LINE2-LINE3-Ta3



Σχήμα.3.2 Χωρική απεικόνιση των γεωηλεκτρικών τομών Line 2 (νότια), Line3 (βόρεια) και Ta3 διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ. με αρκετά καλή συμφωνία στα σημεία τομής τους και ίδιο βάθος
Άποψη Α-ΝΑ

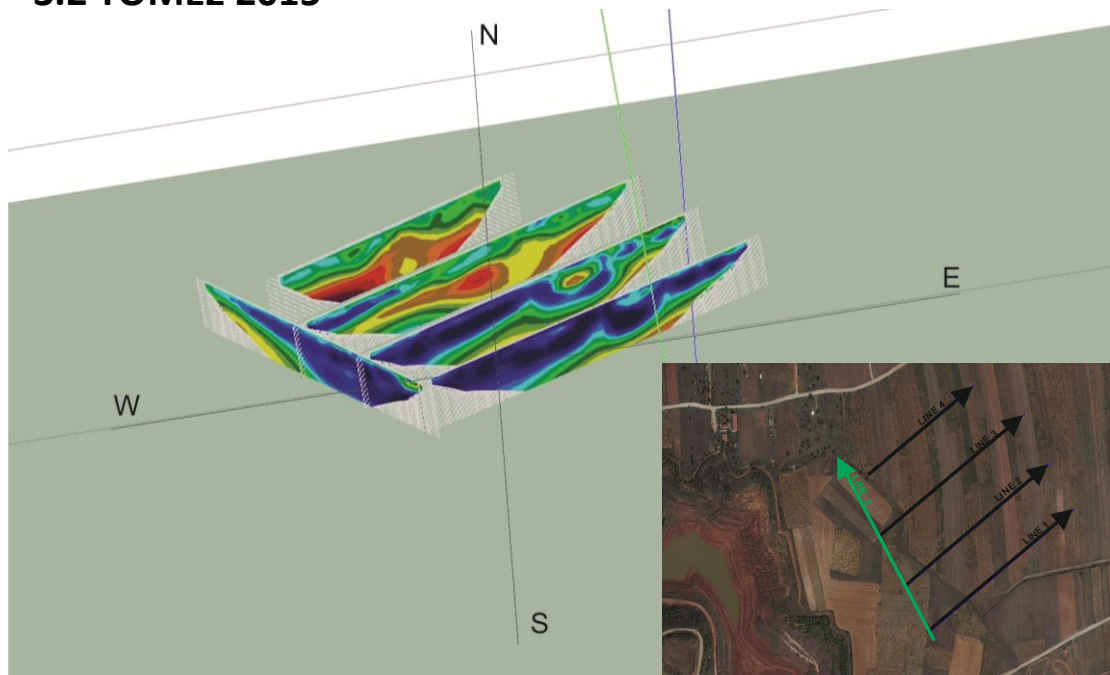
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ Ta3(NΔ-BA) – LINE4(N-B)



Σχήμα.3.3 Χωρική απεικόνιση των γεωηλεκτρικών τομών Ta3 και Line 4 με αρκετά καλά σημεία τομής και ίδιο βάθος.

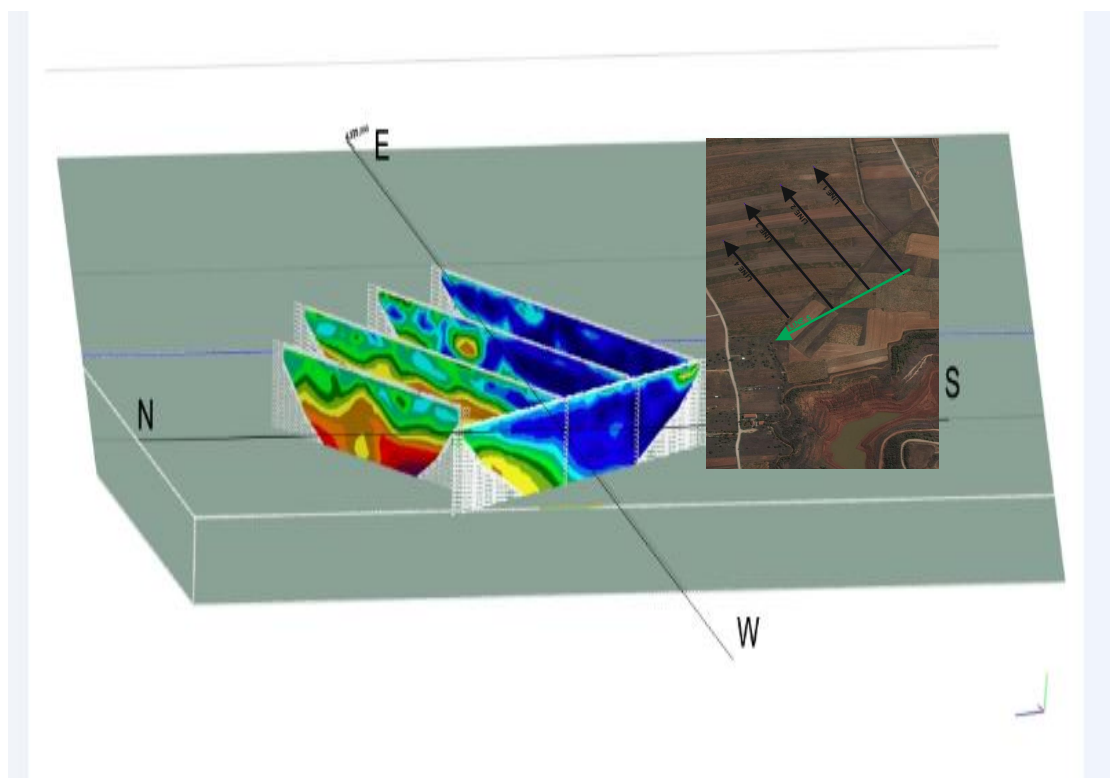
Άποψη A-NA

3.2 ΤΟΜΕΣ 2015



Σχήμα 3.4_Χωρική απεικόνιση των γεωηλεκτρικών τομών L1,L2,L3,L4,L5

Άποψη N και ΒΔ



Σχήμα 3.5 Χωρική απεικόνιση των γεωηλεκτρικών τομών L1,L2,L3,L4,L5

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ-ΣΧΟΛΙΑ

Η μέθοδος απεικόνισε και εκτίμησε το πάχος των αργιλικών αποθέσεων των υπερκειμένων ανθρακικού υπόβαθρου αρκετά καλά με αρκετά καλή συμφωνία στα σημεία ελέγχου

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων συνδυάζονται οι γεωηλεκτρικές τομές 2012-2014 οι οποίες έγιναν στον ίδιο χώρο καθώς και του 2015 που έγιναν βορειότερα.

Στην περιοχή Α (2012-2014) το μέσο πάχος των αργιλικών στρωμάτων είναι 35 μ . Το μέγιστο (50 μ) και ελάχιστο (10μ) πάχος παρατηρείται στην γραμμή (Τα2).

Στην περιοχή Β (2015) παρατηρείται βύθιση του υποβάθρου προς τα νότια.με το μέσο πάχος των αργιλικών στρωμάτων να είναι 30 μ. Το μέγιστο (40 μ) και ελάχιστο (10μ) πάχος παρατηρείται στην γραμμή L5.

Προτείνεται η εκτέλεση νέων γεωηλεκτρικών γραμμών νότια της περιοχής Β προκειμένου να χαρτογραφηθεί το βάθος που εμφανίζεται το υπόβαθρο.

Επιπλέον μια τρισδιάστατη επεξεργασία όλων των μετρήσεων (υφιστάμενων και προτεινόμενων) θα δώσει πιο λεπτομερή εικόνα για το υπόβαθρο της περιοχής μελέτης

5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.Φύλλο Αθήναι–Ελευσίς, κλίμακα 1:50.000, Έκδοση ΙΓΜΕ 1986, Δρ. Κ.Παπαβασιλείου
2. ‘Multiple-gradient array measurements for multichannel 2D resistivity imaging’ Torleif Dahlin and Bing Zhou
- 3.’ A modified pseudosection for resistivity and induced-polarization. Geophysics’ Edwards L.S. 1977
4. Εφαρμοσμένη Γεωφυσική ΙΙ. ‘Σημειώσεις μαθήματος’. Χανιά Βαφείδης Α. (2001).
5. ‘Γεωφυσική έρευνα με γεωηλεκτρικές και σεισμικές διασκοπήσεις στον οικισμό Άνω Μέρους, Ν. Ρεθύμνης’ Βαφείδης, Α. και Αμολοχίτης, Γ., (1992),
6. ‘Γεωφυσική διασκόπηση στον αρχαιολογικό χώρο των Απτέρων Χανίων’. Έκθεση Γεωφυσικής Έρευνας. Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά Βαφείδης Α. (2007).
- 7.’ Τρισδιάστατη ηλεκτρική τομογραφία στον αρχαιολογικό χώρο Απτέρας, Χανίων’ / Μούγιου Βασιλική. επιβλ. καθηγ. Βαφείδης Αντώνιος
8. ‘Σεισμική και ηλεκτρική τομογραφία στο όρος Κλόκοβα Αιτωλοακαρνανίας’ Βλαχοδημητρόπουλος , Αλέξιος Παρασχούδης , Παναγιώτης , Βαφείδης , Αντώνιος ,-2010
9. ‘Γεωφυσική διασκόπηση στα Φαλάσαρνα με την μέθοδο της τρισδιάστατης ηλεκτρικής τομογραφίας’ Πλιάμπας Γεώργιος επιβλ. καθηγ. Βαφείδης Αντώνιος
- 10 Εντοπισμός αρχαιοτήτων με γεωφυσικές έρευνες ένα πρόγραμμα του Πολυτεχνείου Κρήτης. <http://www.patris.gr/archive/2000/2/15/5th.html>
11. ’ Γεωφυσική διασκόπηση με τη μέθοδο της ηλεκτρικής τομογραφίας σε χώρο ανέγερσης των κτιριακών εγκαταστάσεων του Τμήματος ΜΗ.ΠΕΡ. του Πολυτεχνείου Κρήτης’ Γανταδάκη Άννα επιβλ. καθηγ. Βαφείδης Αντώνιος