

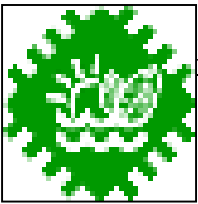
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ
ΥΠΕΔΑΦΕΙΩΝ ΔΟΜΩΝ ΣΕ ΧΩΡΟ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ
ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Νάντια Ουαχάμπ Α.Μ.289

Επιτροπή εποπτείας
Ηλίας Παπαδόπουλος
Παντελής Σουπιός
Μαρία Κούλη

Νοέμβριος 2007



Υπηρεσία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών

Technological Institute of Crete
Department of Natural Resources and Environment

PRE-GRADUATE STUDY

GEOPHYSICAL STUDY FOR DETERMINATION OF

UNDERGROUND STRUCTURES IN THE

FOUNDATIONS OF BUILDING

Nadia Wahhab A.M.289

Examination Committee

Ilias Papadopoulos

Pantelis Soupios

Maria Kouli

November 2007

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 1. Περιοχή Πτυχιακής Εργασίας.....	6
Κεφάλαιο 2. Διαθέσιμα Στοιχεία.....	8
Κεφάλαιο 3. Εφαρμοσμένη Γεωφυσική Μεθοδολογία.....	10
3.1 Ηλεκτρική Μέθοδος	10
3.2 Ηλεκτρική Τομογραφία.....	11
3.3 Ερμηνεία με Ψευδοτομή.....	12
3.4 Ερμηνεία με Αντιστροφή.....	13
Κεφάλαιο 4. Επεξεργασία Δεδομένων Γεωλογικής Τομογραφίας	15
4.1 Εξοπλισμός.....	15
4.2 Προγραμματισμός και Λήψη Γεωηλεκτρικής Τομογραφίας.....	16
4.3 Ερμηνεία Μετρήσεων	16
Κεφάλαιο 5. Νότιο Οικόπεδο.....	17
Τομές Νοτίου Οικοπέδου.....	19
Κεφάλαιο 6. Λογισμικό Τρισδιάστατης Απεικόνισης Res3Dinv.....	34
Κεφάλαιο 7. Τρισδιάστατη Απεικόνιση με Χρήση του Λογισμικού Slicer Dicer.....	36
Κεφάλαιο 8. Βόρειο Οικόπεδο.....	37
Τομές Βορείου Οικοπέδου.....	39
8.1 Τομή Εντός Σκάμματος Θεμελίωσης Οικίας Βορείου Οικοπέδου.....	61
Κεφάλαιο 9. Ηλεκτρικές Βυθοσκοπήσεις	63
Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα.....	66
Βιβλιογραφία	67

Εισαγωγή

Σκοπός της πτυχιακής είναι η γεωφυσική μελέτη στο χώρο ανέγερσης συγκροτήματος κατοικίας σε περιοχή κοντά στον οικισμό Αρχαία Κόρινθος, ιδιοκτησία του Δημήτριου Νικολάου, για την μελέτη υπεδάφινων δομών σε όσο δυνατόν μεγαλύτερο βάθος. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το χρονικό διάστημα 06 - 10 Δεκεμβρίου 2006, από εξειδικευμένη ερευνητική ομάδα υπεύθυνος της οποίας ήταν ο κ. Ηλίας Παπαδόπουλος, γεωφυσικός, με επιστημονικό υπεύθυνο τον Δρ. Φίλιππο Βαλλιανάτο, Καθηγητή του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Η ανάλυση, επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων έγινε από την Νάντια Ουαχάμπ στο Εργαστήριο Γεωφυσικής και Σεισμολογίας του Τεχνολογικού Ιδρύματος Κρήτης, Παράρτημα Χανίων, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος,

Η παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζει συνοπτικά τη γεωφυσική μέθοδο της ηλεκτρικής τομογραφίας που χρησιμοποιήθηκε με λεπτομερή αναφορά των δεδομένων που ελήφθησαν, και τέλος διεξοδικά τα αποτελέσματα των τομογραφιών σε δύο και τρεις διαστάσεις καθώς και η ανάλυση των ερμηνευτικών συμπερασμάτων της εργασίας.

Introduction

The aim of this pre-graduate study is the geophysical prospection in a place where an individual person (Mr. Dimitris Nikolaou) wanted to construct his permanent residence. The aim of the study was to have a detailed structure of subsurface, as deeper as possible. The case study was conducted during the period of 06-10 December 2006 by an expert group of Geophysicists, led by Mr. Ilias Papadopoulos, geophysicist, and supervised by Dr. Filippos Vallianatos, professor of Department of Natural Resources and Environment, Technological Institute of Crete. Processing and interpretation of data has been made by Nadia Wahhab, in the facilities of Laboratory of Geophysics and Seismology of the Department of Natural Resources and Environment, Technological Institute of Crete.

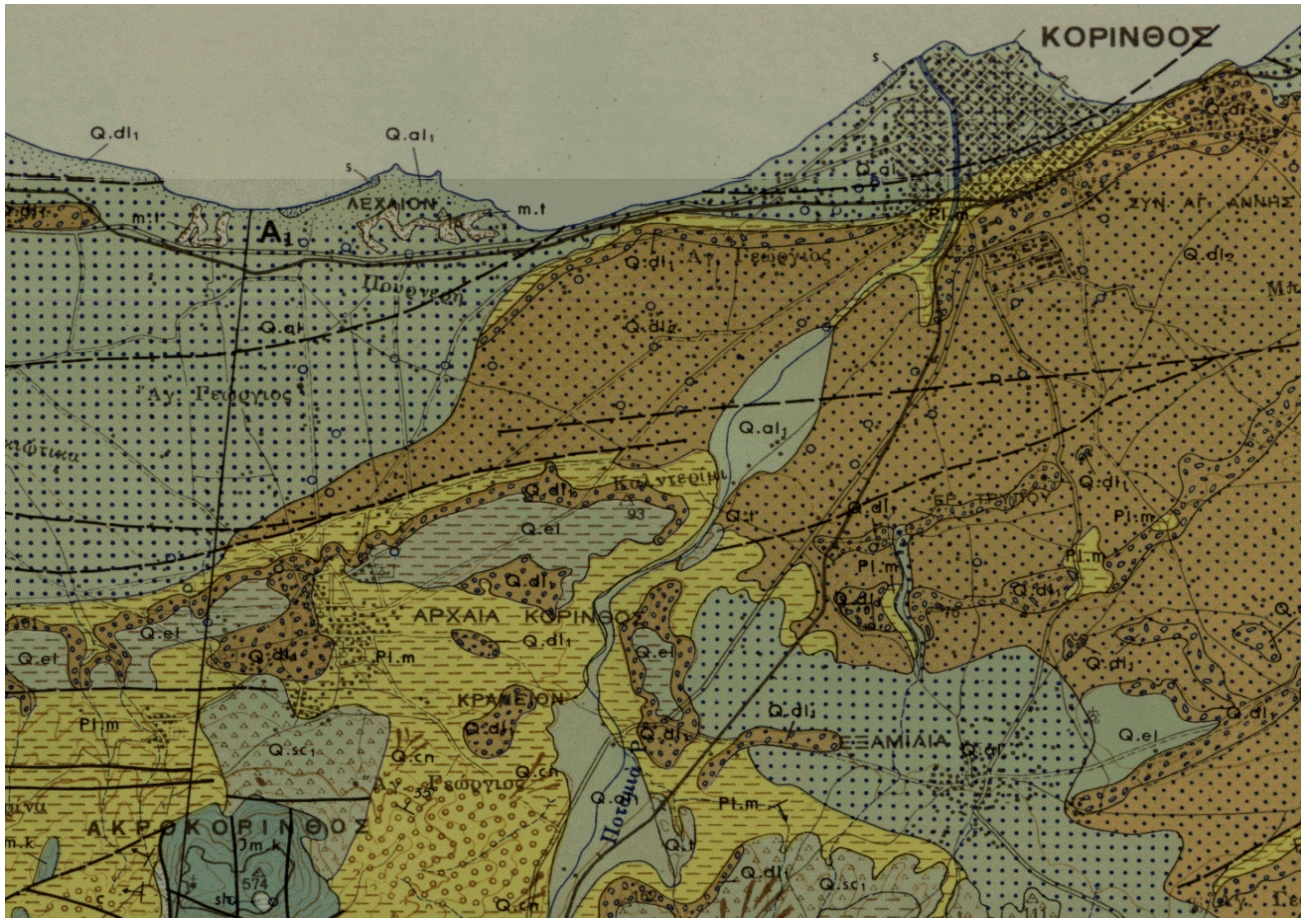
The current pre-graduate study presents compendiously the geophysical method in use (Electric Tomography, ERT), and in details the analysis of data collected. In the final chapter conclusions and results of the geophysical prospection are been presented.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών
1. Περιοχή Πτυχιακής Εργασίας

Η περιοχή της παρούσας πτυχιακής ορίζεται σε οικόπεδο κοντά στο χωριό Αρχαία Κόρινθος, ιδιοκτησίας του Δημήτριου Νικολάου, κατοίκου Κορίνθου. Το οικόπεδο είναι διαιρεμένο σε δύο τεμάχια 4 στρεμμάτων το καθένα, όπως παρουσιάζονται στο τοπογραφικό σχήμα (σχήμα 1). Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (σχήμα 2), η περιοχή καλύπτεται από μάργες, ποταμολιμνιαίες αποθέσεις, αλουβιακούς σχηματισμούς, και σύγχρονες προσχώσεις.



Σχήμα 1. Τοπογραφικό οικόπεδου ιδιοκτησίας Δημήτριου Νικολάου.



Σχήμα 2. Απόκομμα Γεωλογικού Χάρτη ΙΓΜΕ, φύλλο Κορίνθου (ΙΓΜΕ, 1972).

2.ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Από τον ιδιοκτήτη του οικοπέδου δόθηκε το τοπογραφικό σκαρίφημα του υπό ανέγερση κτιρίου στο έμπροσθεν οικόπεδο έκτασης τεσσάρων στρεμμάτων. Στον χώρο έχουν πραγματοποιηθεί αρχαιολογικές τομές στο παρελθόν από την τοπική Εφορία Αρχαιοτήτων, οι οποίες έδειξαν πως κάτω από το επιφανειακό κάλυμμα της περιοχής συναντάται συμπαγή μάρμα η οποία περιέχει κροκάλες και ποταμολιμναίες αποθέσεις.

Από περίοικους της περιοχής γνωστοποιήθηκε ότι στην κοντινή περιοχή υπάρχει πηγάδι με βάθος περίπου εικοσιπέντε μέτρων, από το οποίο αντλείται υπεδάφιο νερό σε μικρές ποσότητες (<4 κυβικών/ημέρα).



Φωτογραφία 1. Τέμαχος συμπαγούς μάρμας που προέρχεται από σκάμμα εντός του οικοπέδου.



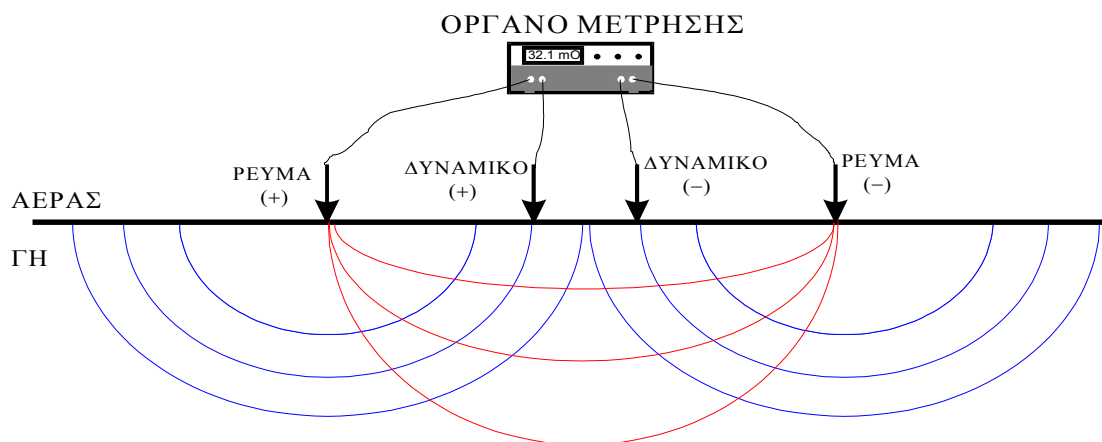
Φωτογραφία 2. Τέμαχος συμπαγούς μάργας από εκσκαφή εντός του οικοπέδου έρευνας. Διακρίνονται οι θέσεις όπου υπήρχαν κροκαλοπαγή.

3. ΕΦΑΡΜΟΖΟΜΕΝΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Ηλεκτρική Μέθοδος

Με την εφαρμογή ηλεκτρικών μεθόδων επιδιώκεται ο καθορισμός της κατανομής ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους.

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται ανήκουν στην κατηγορία του τεχνητά παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο διαβιβάζεται στο έδαφος δια μέσου ενός ζεύγους ηλεκτροδίων (Σχήμα 3). Σε ένα δεύτερο ζεύγος ηλεκτροδίων μετράται η πτώση τάσης που προκαλείται. Η ωμική αντίσταση, υπολογίζεται σαν το πηλίκο των δύο αυτών μεγεθών, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης η οποία με τη σειρά της επιτρέπει τον υπολογισμό της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.



Σχήμα 3. Η βασική διάταξη γεωηλεκτρικών μετρήσεων.

Υπεδάφινες δομές παλαιότερων ανθρώπινων κατασκευών, καθώς και έγκοιλα αναμένεται να παρουσιάσουν έντονη αντίθεση με το περιβάλλον υλικό σε ότι αφορά τις ηλεκτρικές τους ιδιότητες, δεδομένου ότι η τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης τέτοιων κατασκευών είναι πολύ υψηλή (κυρίως ασβεστολιθικές κατά την αρχαιότητα ή θεμελιώσεις από τοιμέντο κατά τα νεότερα χρόνια), οπότε αναμένεται να διακριθούν ως 'θετικές' ανωμαλίες.

Στην παρούσα πτυχιακή αξιοποιούνται οι διατάξεις τομογραφίας που επιτρέπουν την μελέτη της κατανομής της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σε δύο διαστάσεις (οριζόντια και κατακόρυφη).

3.2 Ηλεκτρική Τομογραφία

Ο όρος ηλεκτρική τομογραφία (HT) περιγράφει γενικά έναν τύπο μετρήσεων της φαινόμενης ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους. Μπορεί να θεωρηθεί ως συνδυασμός δύο “παραδοσιακών” τεχνικών μέτρησης: της όδευσης και της βυθοσκοπησης. Ειδικότερα, η ηλεκτρική τομογραφία μπορεί να περιγραφεί ως μία σειρά από συνεχόμενες ηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις κατά μήκος της γραμμής έρευνας ή ως μία σειρά από οδεύσεις πάνω από την ίδια περιοχή με διαδοχικά αυξανόμενες αποστάσεις ηλεκτροδίων. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η λήψη πληροφορίας τόσο για την κατακόρυφη όσο και για την οριζόντια μεταβολή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στην περιοχή μελέτης και έτσι λαμβάνεται μία πληρέστερη “εικόνα” του υπεδάφους.

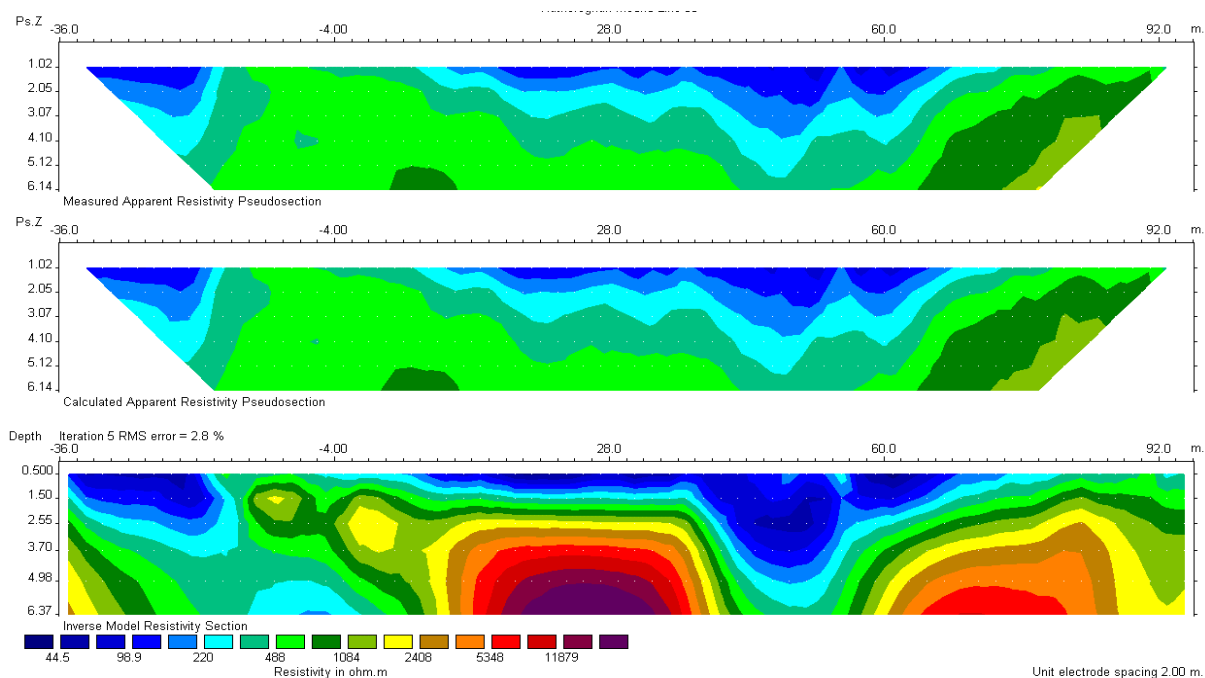
Πρόδρομος της HT είναι η μέθοδος της “ψευδοτομής” που έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στην χαρτογράφηση μεταλλευμάτων αλλά και σε διάφορες άλλες εφαρμογές (π.χ. υδρογεωλογικές). Στην διαδικασία της “ψευδοτομής” μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες διατάξεις ηλεκτροδίων (διπόλου-διπόλου, Wenner, πόλου-διπόλου). Η HT όμως είναι πιο γενικευμένος όρος που περιλαμβάνει και μετρήσεις με μη συμβατικές διατάξεις καθώς επίσης και μετρήσεις που λαμβάνονται με ηλεκτρόδια σε γεωτρήσεις.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της HT είναι ότι σε σύγκριση με τις άλλες τεχνικές λαμβάνεται ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μετρήσεων (άρα και χρήσιμης πληροφορίας). Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η διακριτική ικανότητα και ανάλυση της γεωηλεκτρικής μεθόδου.

Παράλληλα όμως, λόγω του μεγάλου αριθμού τους, οι μετρήσεις δεν μπορούν να ληφθούν με χειροκίνητη αλλαγή των ηλεκτροδίων αλλά μόνο με συστήματα αυτοματοποιημένων πολυπλεκτών. Τέτοια συστήματα έχουν αναπτυχθεί από το 1990 και μετά, γεγονός ενδεικτικό της ανάπτυξης της HT αλλά και του αναπόφευκτου κόστους εφαρμογής της μεθοδολογίας.

3.3 Ερμηνεία με Ψευδοτομή

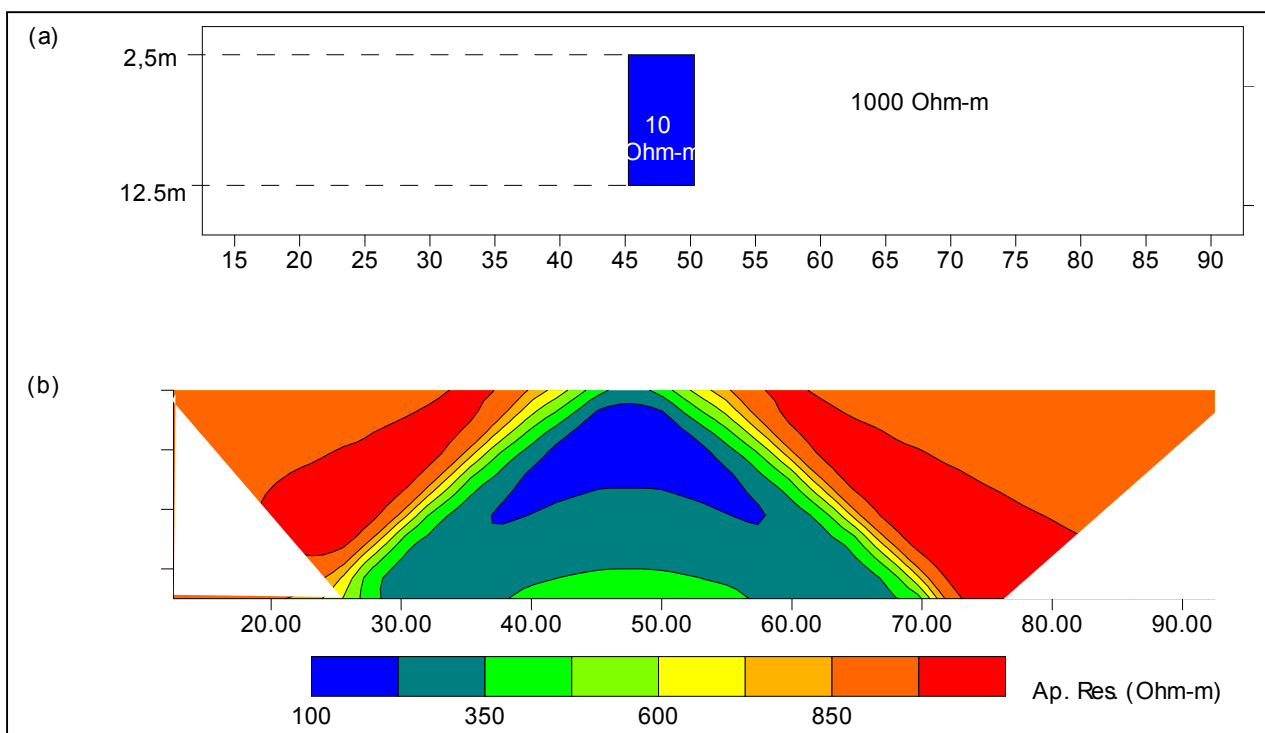
Η ερμηνεία των μετρήσεων σε πρώτο στάδιο γίνεται με τη μέθοδο της ψευδοτομής. Αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι όσο μεγαλώνει η απόσταση μεταξύ των δίπολων ρεύματος και δυναμικού, η τιμή της διαφοράς δυναμικού που μετράται επηρεάζεται από βαθύτερα στρώματα. Έτσι, στην περίπτωση της διάταξης δίπολου - δίπολου (η οποία και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή) κάθε μέτρηση της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης αποδίδεται, κατά προσέγγιση, στο σημείο τομής των δύο ευθειών που ξεκινάνε με γωνία 45° από το μέσο της απόστασης AB και το μέσο της απόστασης MN. Η ερμηνεία όμως με τη μέθοδο της ψευδοτομής είναι ιδιαίτερα δύσκολη και επισφαλής γιατί η εικόνα της κατανομής της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι μια παραμορφωμένη εικόνα της πραγματικής κατανομής της ηλεκτρικής αντίστασης στην περιοχή έρευνας. Ένα παράδειγμα της πολυπλοκότητας της εικόνας που προκύπτει με τη μέθοδο της ψευδοτομής παρουσιάζεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4. Παράδειγμα ηλεκτρικής τομογραφίας όπου στο πάνω μέρος απεικονίζονται οι μετρήσεις, στο μέσο η ψευδοτομή (η οποία μοιάζει με τις μετρήσεις), και στο κάτω μέρος το αποτέλεσμα αντιστροφής, που είναι πολύ διαφορετικό από την ψευδοτομή.

3.4 Ερμηνεία με Αντιστροφή

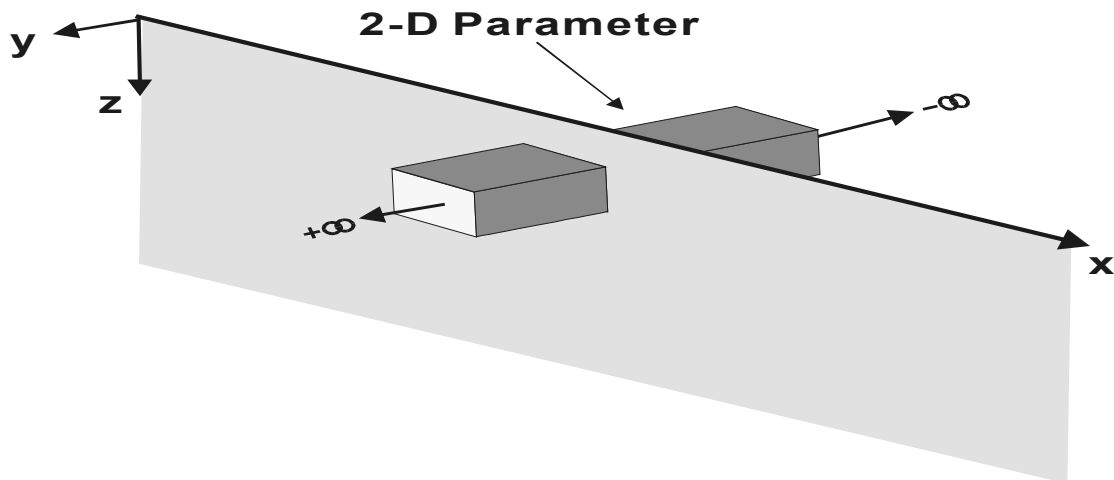
Με στόχο την αξιόπιστη ερμηνεία και επεξεργασία των ηλεκτρικών μετρήσεων, νέες τεχνικές έχουν προταθεί. Οι τεχνικές αυτές επιδιώκουν την επίλυση του αντίστροφου γεωηλεκτρικού προβλήματος είτε με χρήση προσεγγιστικών μεθόδων, π.χ. μέθοδος Zhody-Barker, μέθοδος οπισθοπροβολής, είτε με τη χρήση υπαρχόντων μη γραμμικών τεχνικών αντιστροφής που προσαρμόζονται στο πρόβλημα της HT (Tsourlos et al. 1995).



Σχήμα 5. (α) Αρχικό μοντέλο αντίστασης, (β) εικόνα ψευδοτομής δεδομένων δυσδιάστατης διασκόπησης που προέκυψαν από το μοντέλο του σχήματος (α).

Η πλέον δημοφιλής τεχνική για την αποκατάσταση της πραγματικής εικόνας της γεωηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους είναι αυτή της αντιστροφής. Σκοπός της αντιστροφής είναι να βρεθεί ένα μοντέλο αντίστασης που να δίνει μετρήσεις που είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στις πραγματικές, με προϋπόθεση την ύπαρξη μεθόδου επίλυσης του ευθέως προβλήματος, δηλαδή, να βρεθούν οι μετρήσεις δοθείσης της κατανομής της αντίστασης.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό, στην παρούσα πτυχιακή, είναι ένας αλγόριθμος πεπερασμένων στοιχείων ο οποίος λύνει τις διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ανομοιογενή γη. Η αντιστροφή μπορεί να γίνει σε δυο (δυσδιάστατη) ή τρεις (τριδιάστατη) διαστάσεις (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Γεωηλεκτρική παράμετρος δυο διαστάσεων.

Στην γεωηλεκτρική μέθοδο λόγω της μη-γραμμικής φύσης του αντιστρόφου προβλήματος, οι αλγόριθμοι αντιστροφής είναι μια αυτοματοποιημένη επαναληπτική διαδικασία. Αρχικά, η περιοχή ενδιαφέροντος διακριτοποιείται σε ένα δίκτυο από παραμέτρους στις οποίες και αποδίδεται μια αρχική τιμή ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.

Βάσει αυτού του μοντέλου υπολογίζονται τα αντίστοιχα συνθετικά δεδομένα, τα οποία και συγκρίνονται με τα πραγματικά δεδομένα. Λαμβάνεται έτσι μια εκτίμηση του λάθους $dy = (\text{πραγματικά δεδομένα} - \text{συνθετικά δεδομένα})$. Στη συνέχεια με μια διαδικασία αντιστροφής πινάκων γίνεται διόρθωση του αρχικού μοντέλου αντίστασης και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου το λάθος dy μεταξύ των πραγματικών και συνθετικών δεδομένων να ελαχιστοποιηθεί. Το τελικό μοντέλο αντίστασης θεωρείται ότι προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική κατανομή των γεωηλεκτρικών αντιστάσεων.

Η αντιστροφή είναι ένα δύσκολο μη γραμμικό πρόβλημα. Χρησιμοποιούνται ειδικές τεχνικές για την αποφυγή ασταθών λύσεων. Μια από τις πιο σύγχρονες τεχνικές είναι η εξομαλυσμένη αντιστροφή (Occam's).

4. Επεξεργασία δεδομένων γεωηλεκτρικής τομογραφίας

Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με ένα αλγόριθμο αντιστροφής (Loke, 2000, 2002). Ο αλγόριθμος αυτός είναι δυσδιάστατης μη γραμμικής αντιστροφής και εκτελεί επαναληπτική βελτιστοποίηση βασισμένος σε ένα πρόγραμμα μοντελοποίησης με πεπερασμένα στοιχεία. Ο αλγόριθμος είναι τελείως αυτοματοποιημένος και χρησιμοποιεί το σχήμα της αντιστροφής Occam (Constable et al. 1991). Η διαδικασία αντιστροφής μπορεί να επιταχυνθεί με τη χρήση τεχνικών Quasi-Newton για την ενημέρωση του Ιακωβιανού πίνακα.

Όλες οι αντιστροφές παρουσίασαν μικρό σφάλμα (R.M.S. 1.45-10%). Η έντονη μεταβολή του r.m.s σχετίζεται με τη μεγάλη μεταβλητότητα των τιμών της υπεδάφιας ηλεκτρικής αντίστασης που μεταβάλλεται από τα 1-10 Ohm.m της αργίλου, τα 30-150 Ohm.m των μαργαϊκών μέχρι τα 1800 Ohm.m των κροκάλων και πιθανών δομών. Έτσι μπορεί να θεωρηθεί ότι τα αποτελέσματα της αντιστροφής που παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες, δίνουν καλή προσέγγιση της πραγματικής αντίστασης του εδάφους, εάν λάβουμε υπόψη το εύρος μεταβολής των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.

4.1 Εξοπλισμός

Για την εκτέλεση των γεωφυσικών μετρήσεων υπαίθρου χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι επιστημονικά όργανα:

SYSCAL Jr. Switch 48 (v. 11.4++). Ένα αυτόματο πολυκαναλικό σύστημα (48 καναλιών) μέτρησης αντιστάσεων με εσωτερικό επιλογέα καναλιών (πολυπλέκτης 48 θέσεων).

2 πολύκλινα καλώδια (24 κλώνων) μεταφοράς του σήματος με 24 εξόδους το καθένα ανά 5 μέτρα.

48 ατσάλινοι πάσσαλοι και 48 καλώδια σύνδεσης αυτών με τα καλώδια μεταφοράς του σήματος.

1 μπαταρία 12V και 143Ah για μεγάλη αυτονομία στο ύπαιθρο.

Καλώδιο RS232 για μεταφορά των δεδομένων από το σύστημα καταγραφής στον υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία.

4.2 Προγραμματισμός και Λήψη μετρήσεων γεωηλεκτρικών τομογραφιών

Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται το σκαρίφημα της περιοχής του έργου όπου πραγματοποιήθηκε και η πτυχιακή εργασία. Οι μετρήσεις χωρίστηκαν σε 2 σκέλη, για τα δύο τεμάχια. Χρονικά προηγήθηκαν οι μετρήσεις στο νότιο οικόπεδο, και οριοθετήθηκαν ανάμεσα στις δύο αρχαιολογικές τομές που ήδη προϋπήρχαν. Σε αυτό το χώρο πραγματοποιήθηκαν 13 μετρήσεις ηλεκτρικής τομογραφίας.

Στο βόρειο οικόπεδο πραγματοποιήθηκαν 19 μετρήσεις ηλεκτρικής τομογραφίας, σε κάναβο 23.5x18 μέτρων. Συνολικά καλύφθηκαν τετρακόσια τετραγωνικά μέτρα επιφανείας.

Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των δεδομένων και θα παρουσιαστούν ανά τομή όπως αυτή ορίζεται στο σχήμα.

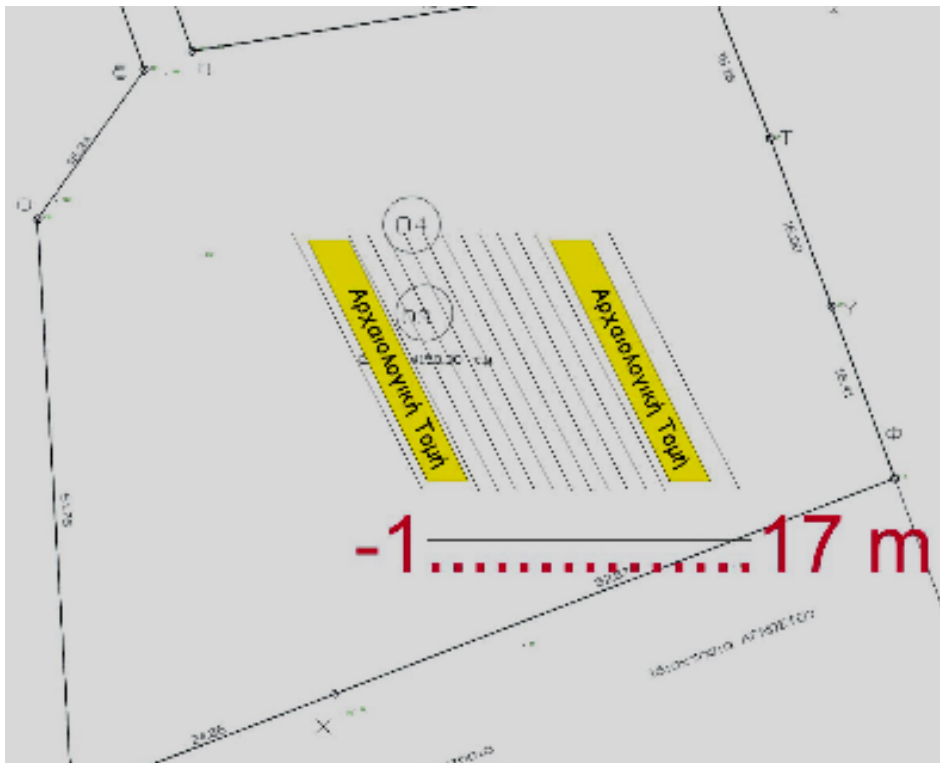
4.3 Ερμηνεία μετρήσεων γεωηλεκτρικών τομογραφιών

Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με το λογισμικό **Res2Dinv** και η συνολική ερμηνεία για την περιοχή παρουσιάζεται στα σχήματα 8 έως 20.

Στη συνέχεια έγινε εκ νέου επεξεργασία με το λογισμικό Res3Dinv, όπου αποτυπώθηκαν απεικονίσεις του υπεδάφους σε επίπεδα, παράλληλα με την επιφάνεια του εδάφους, και τέλος για λόγους καλύτερης απεικόνισης, δημιουργήθηκε απεικόνιση τριών διαστάσεων των υπό μελέτη περιοχών με το λογισμικό Slicer Dicer .

5. Νότιο Οικόπεδο

Στο νότιο οικόπεδο πραγματοποιήθηκαν 13 τομές με απόσταση μεταξύ των τομών 1 μέτρο και απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων 0.5 μέτρα. Οι τομές αυτές πραγματοποιήθηκαν παράλληλα με τις αρχαιολογικές τομές που ήδη προϋπήρχαν, και εντός των ορίων αυτών. Ακολούθως πραγματοποιήθηκαν δύο ακόμα τομές εξωτερικά των αρχαιολογικών τομών (σχήμα 7).



Σχήμα 7. Σκαρίφημα των μετρήσεων στο νότιο οικόπεδο. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται οι αρχαιολογικές τομές.

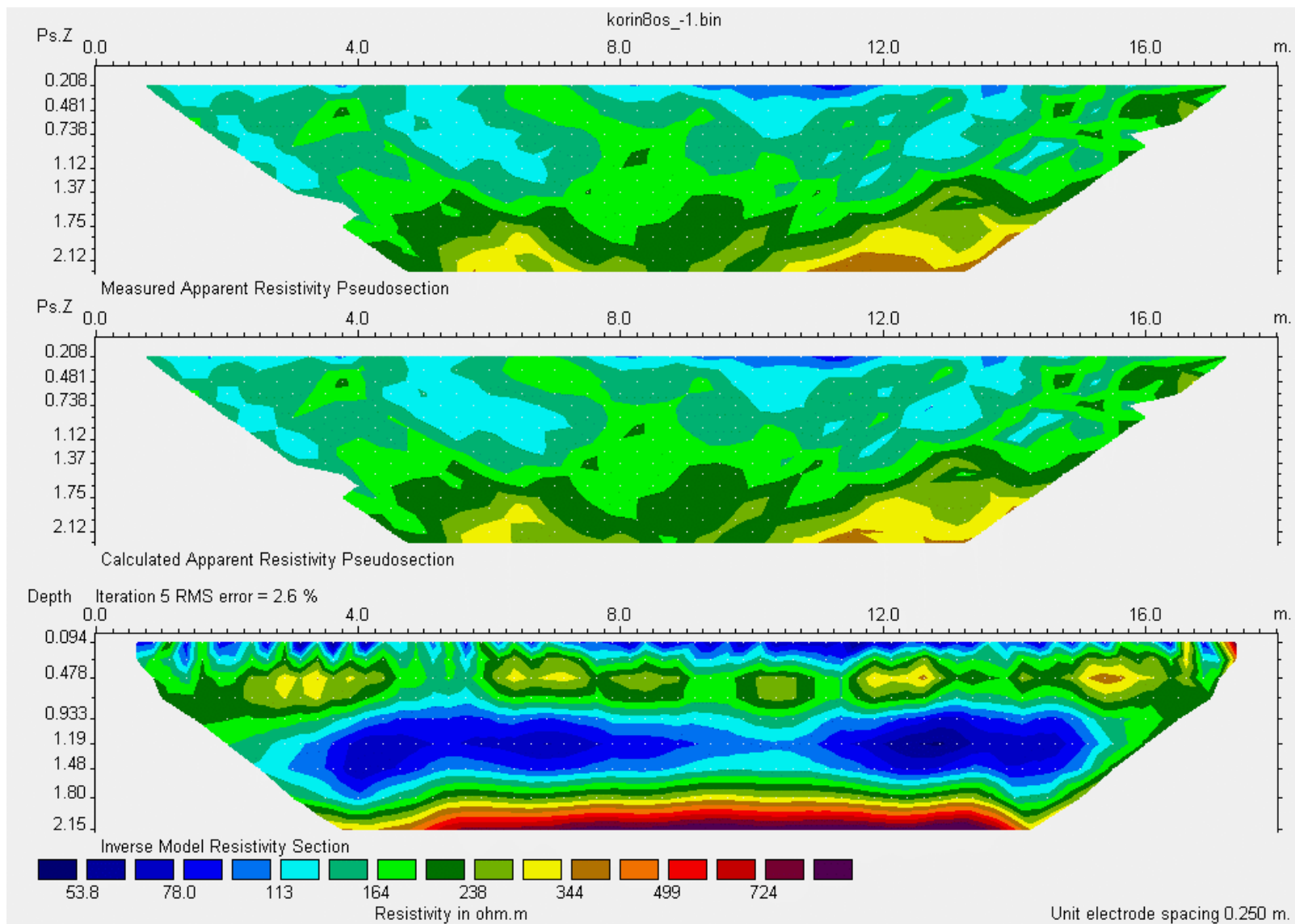


Φωτογραφία 3. Παράδειγμα τομής στο χώρο του νοτίου οικοπέδου.

Το μέγιστο βάθος έφτασε περίπου τα 2.0 μέτρα, με υψηλότερη ευκρίνεια στα βάθη 1.3 έως 2.0 μέτρα. Στα σχήματα 8 έως 20 παρουσιάζονται οι τομές κάθε μια ξεχωριστά. Στο πάνω μέρος του κάθε σχήματος απεικονίζονται οι μετρήσεις που πάρθηκαν, στο μέσο η ψευδοτομή που δημιουργείται και στο κάτω μέρος το αποτέλεσμα της αντιστροφής.

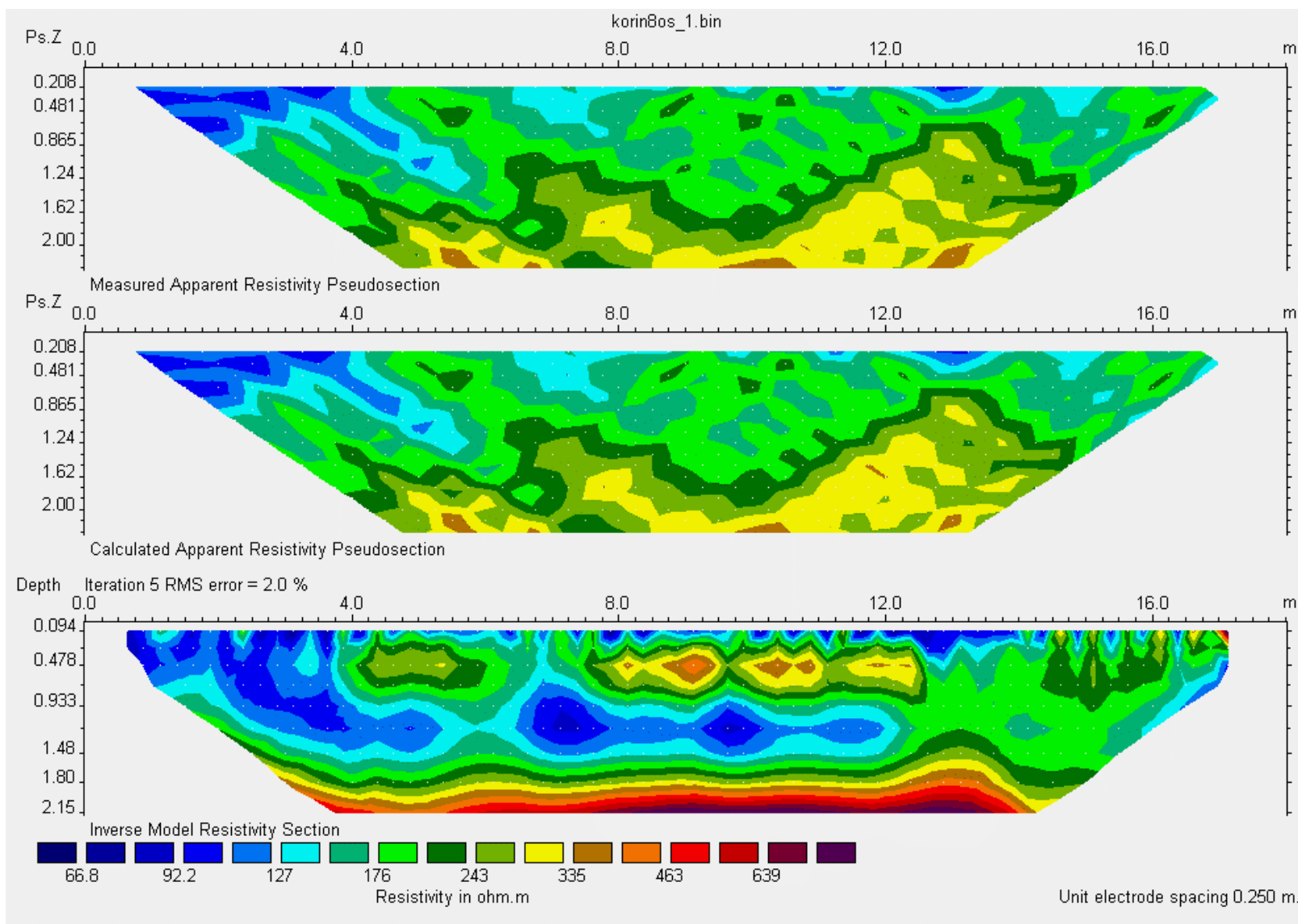
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρωματική κλίμακα μεταξύ των διαφορετικών τομών είναι σχετική. Με ψυχρά χρώματα αποτυπώνονται οι χαμηλές αντιστάσεις, και με ζεστά χρώματα οι υψηλές αντιστάσεις.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



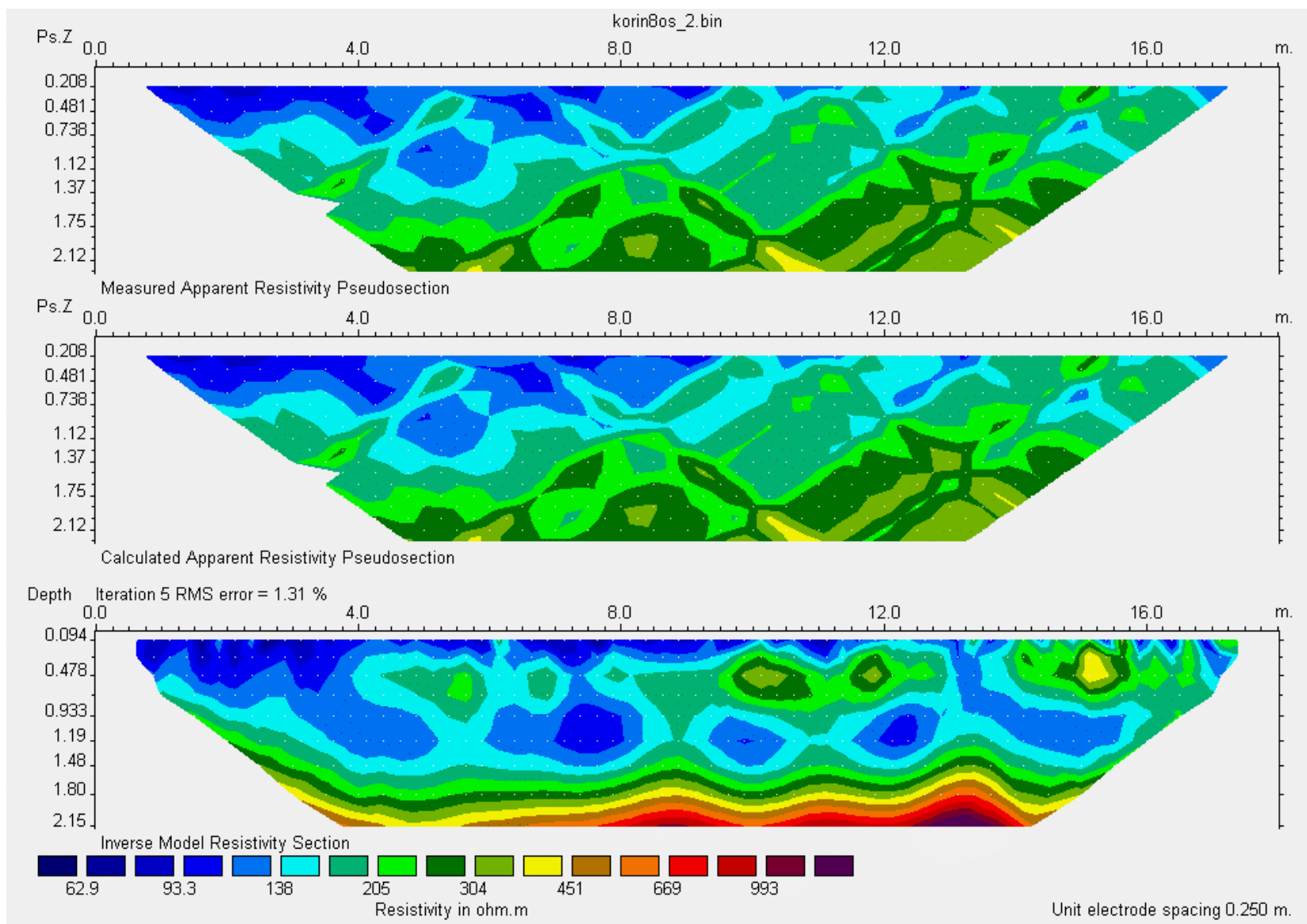
Σχήμα 8. Τομή στα -1 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



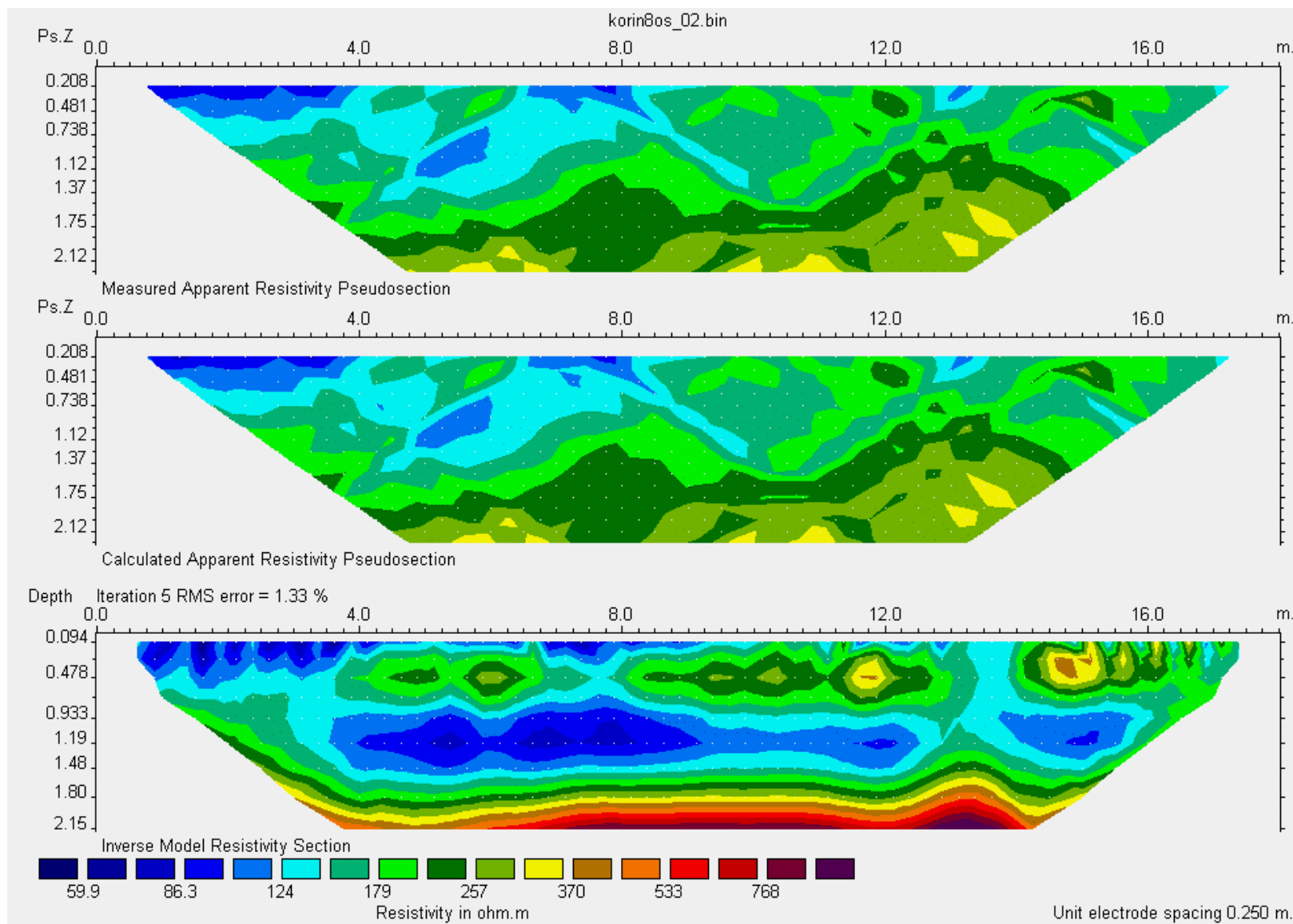
Σχήμα 9. Τομή στα 0 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



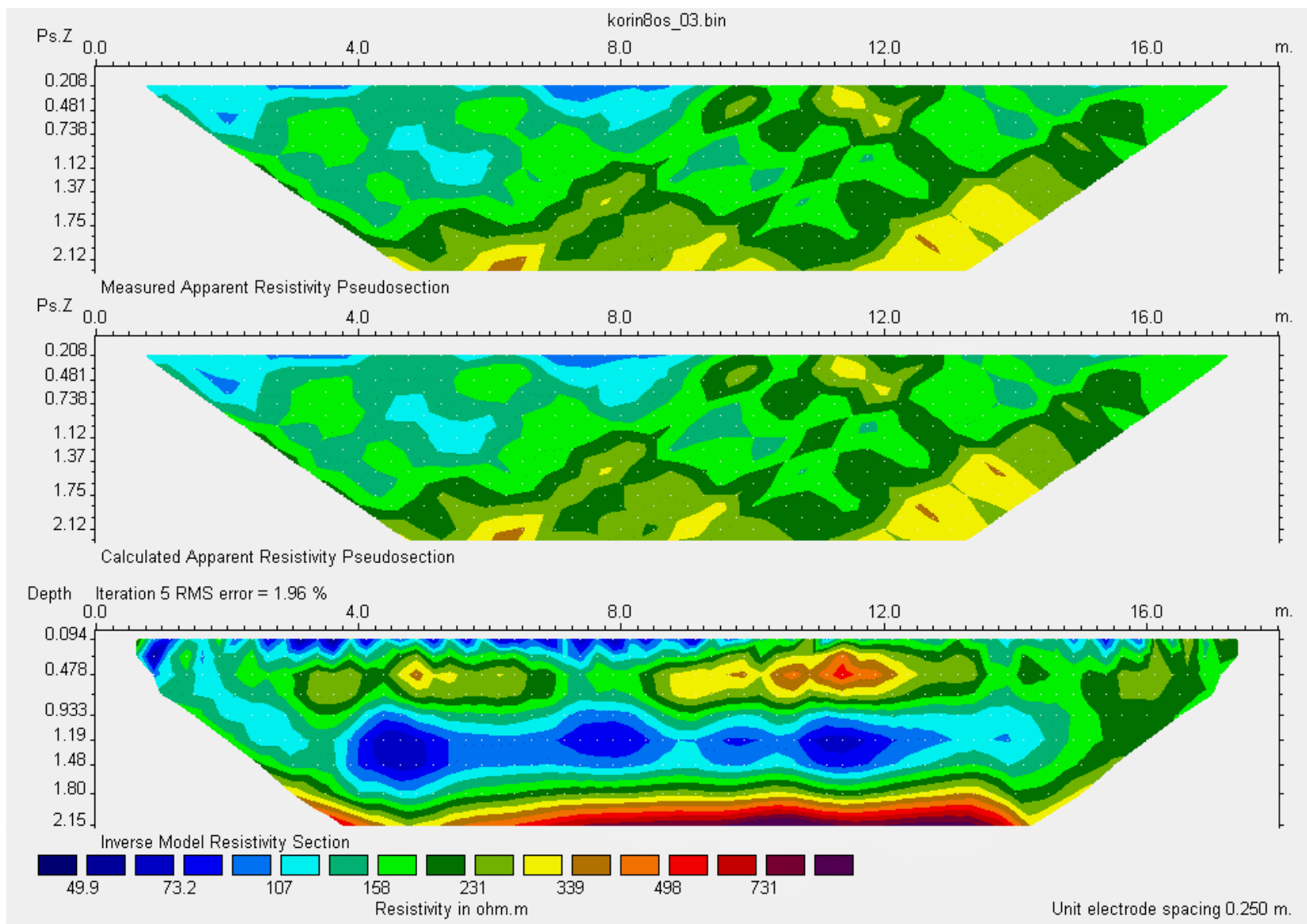
Σχήμα 10. Τομή στα 1 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



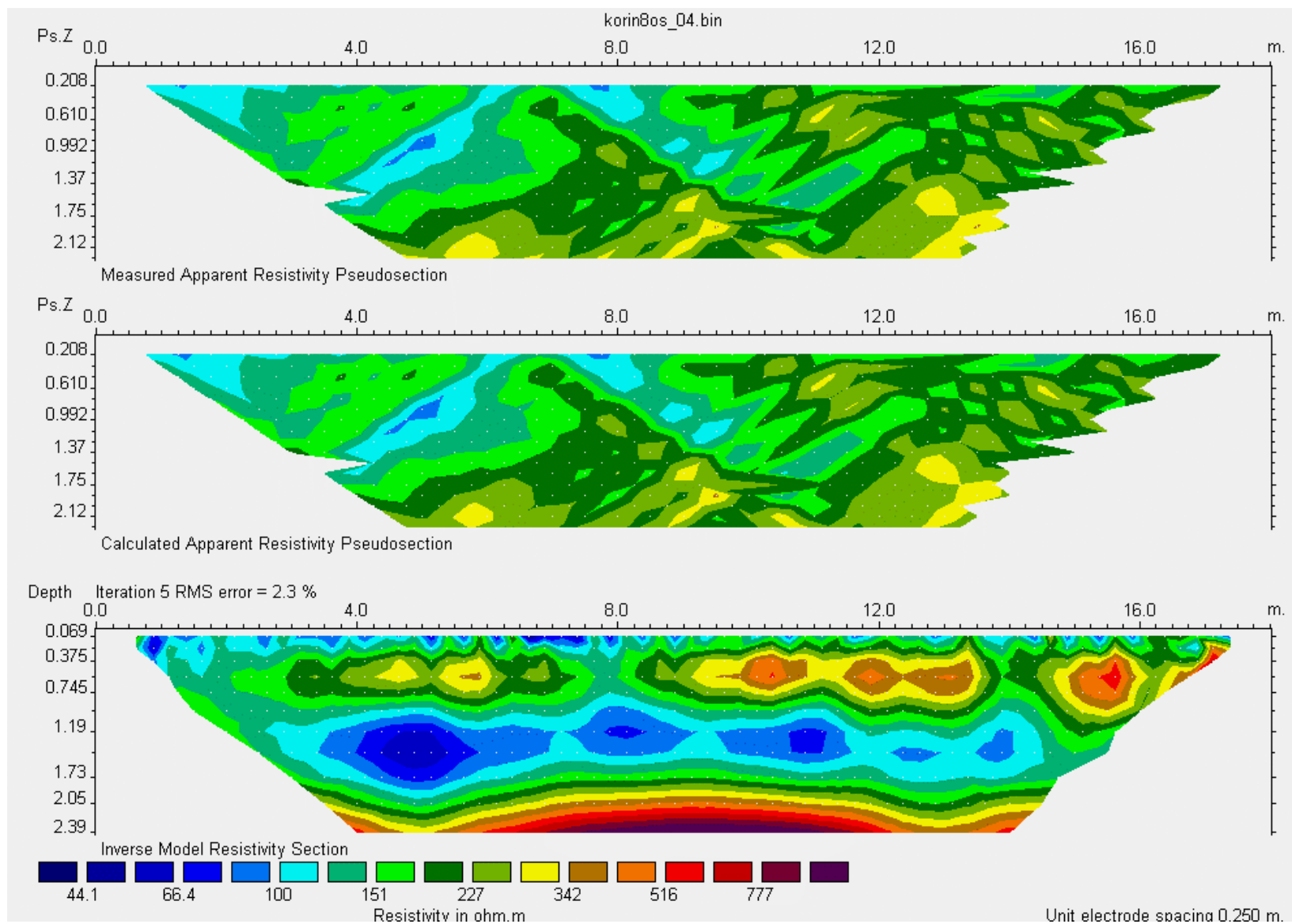
Σχήμα 11. Τομή στα 2 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



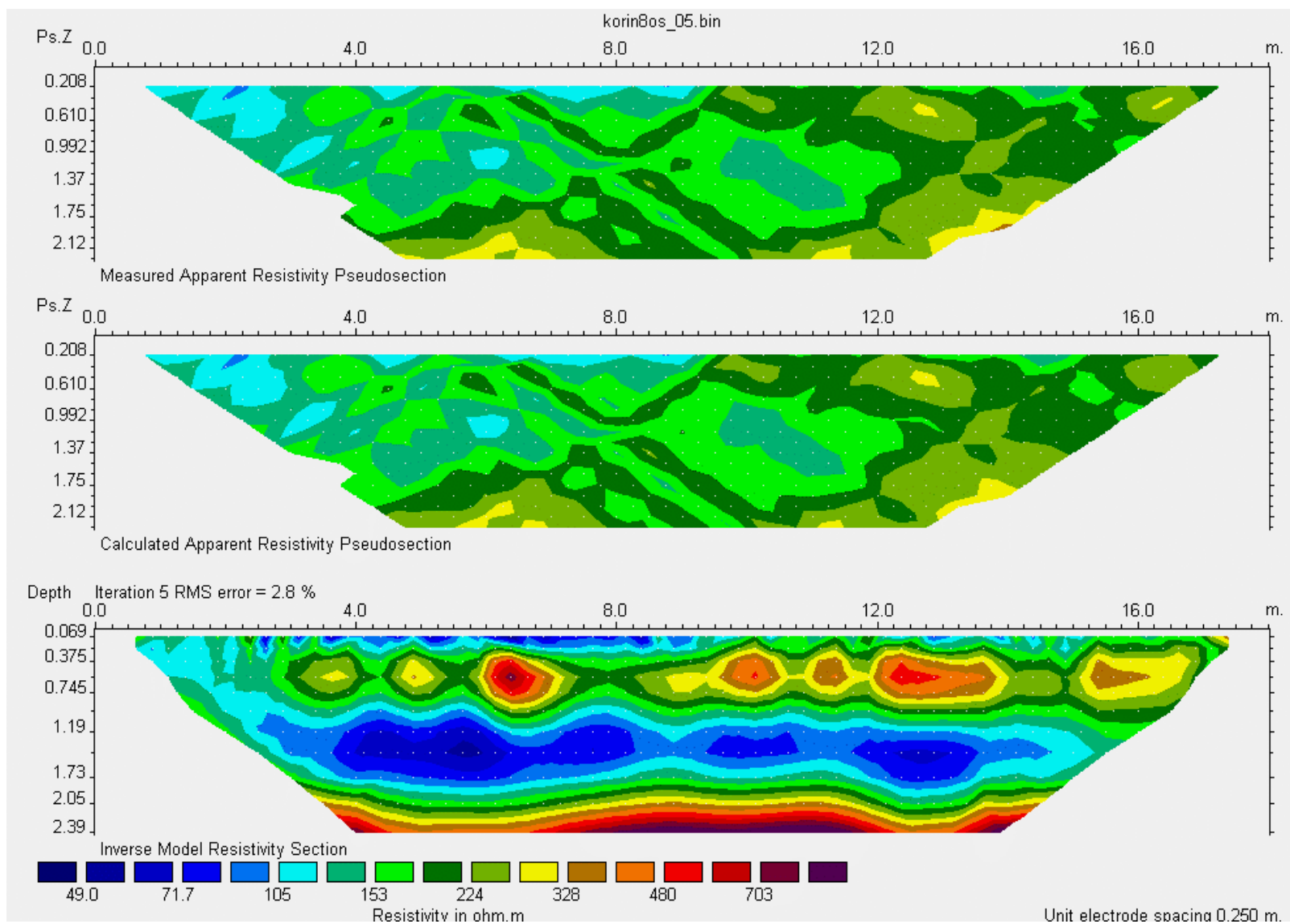
Σχήμα 12. Τομή στα 3 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



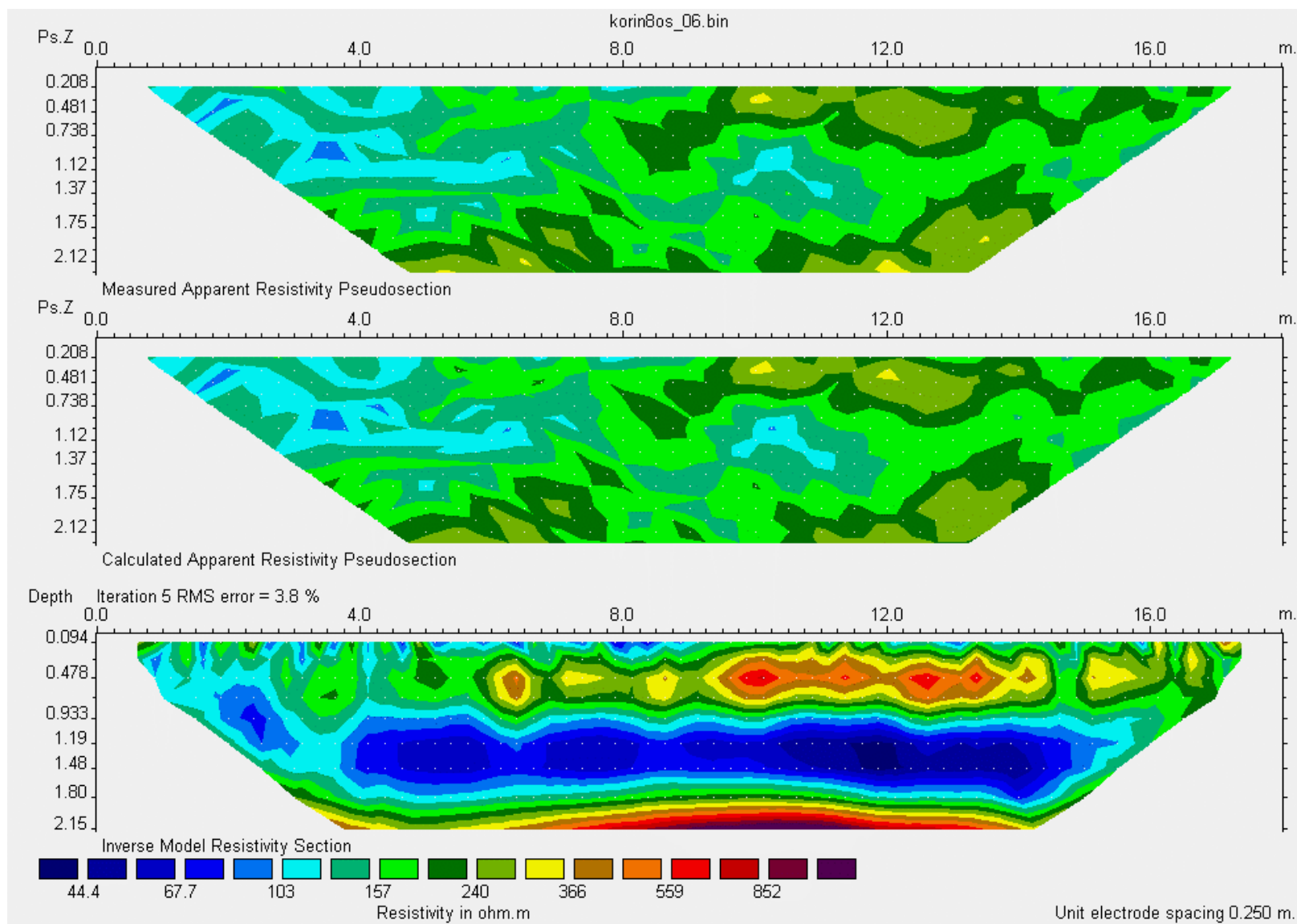
Σχήμα 13. Τομή στα 4 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



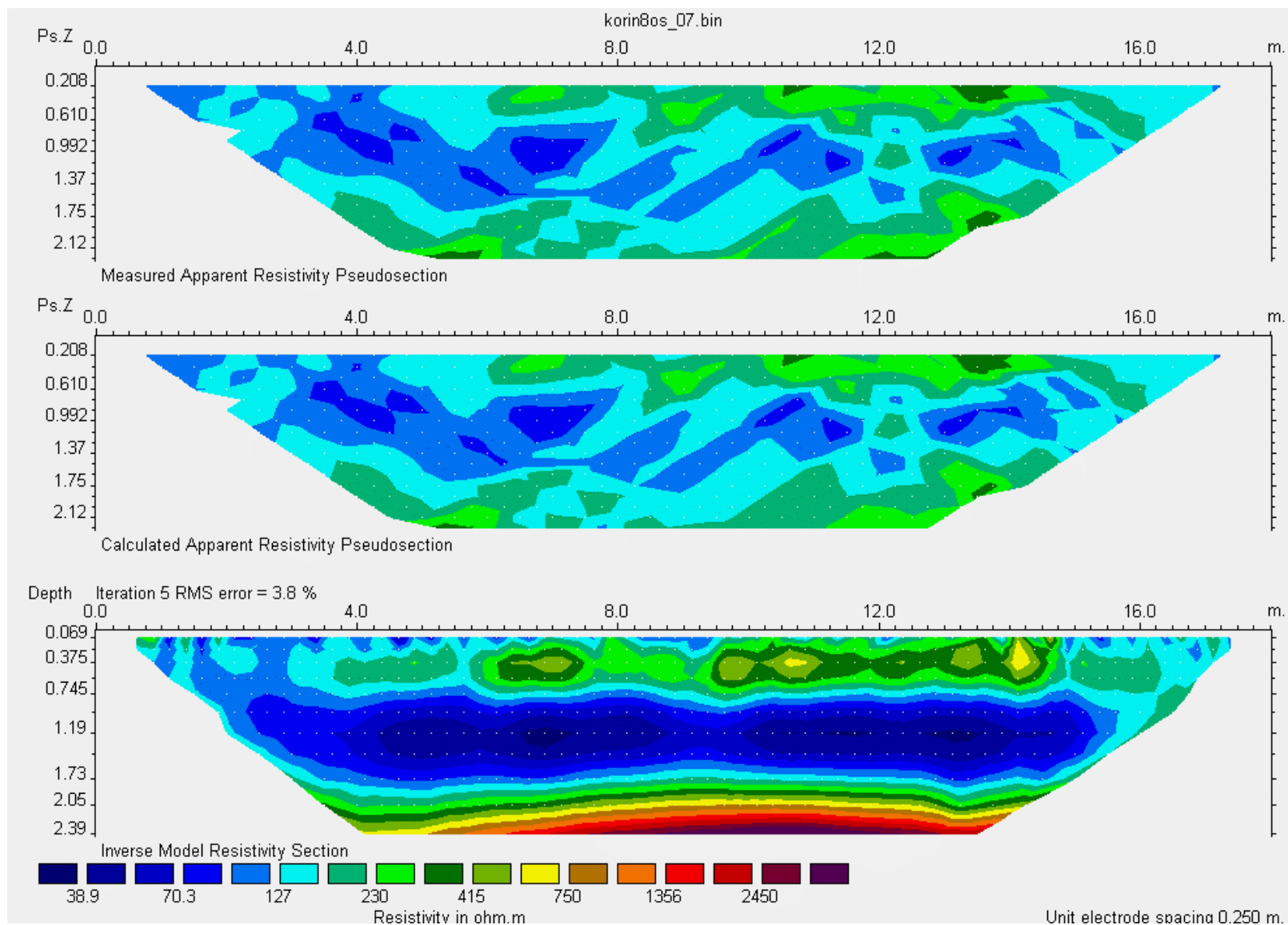
Σχήμα 14. Τομή στα 5 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



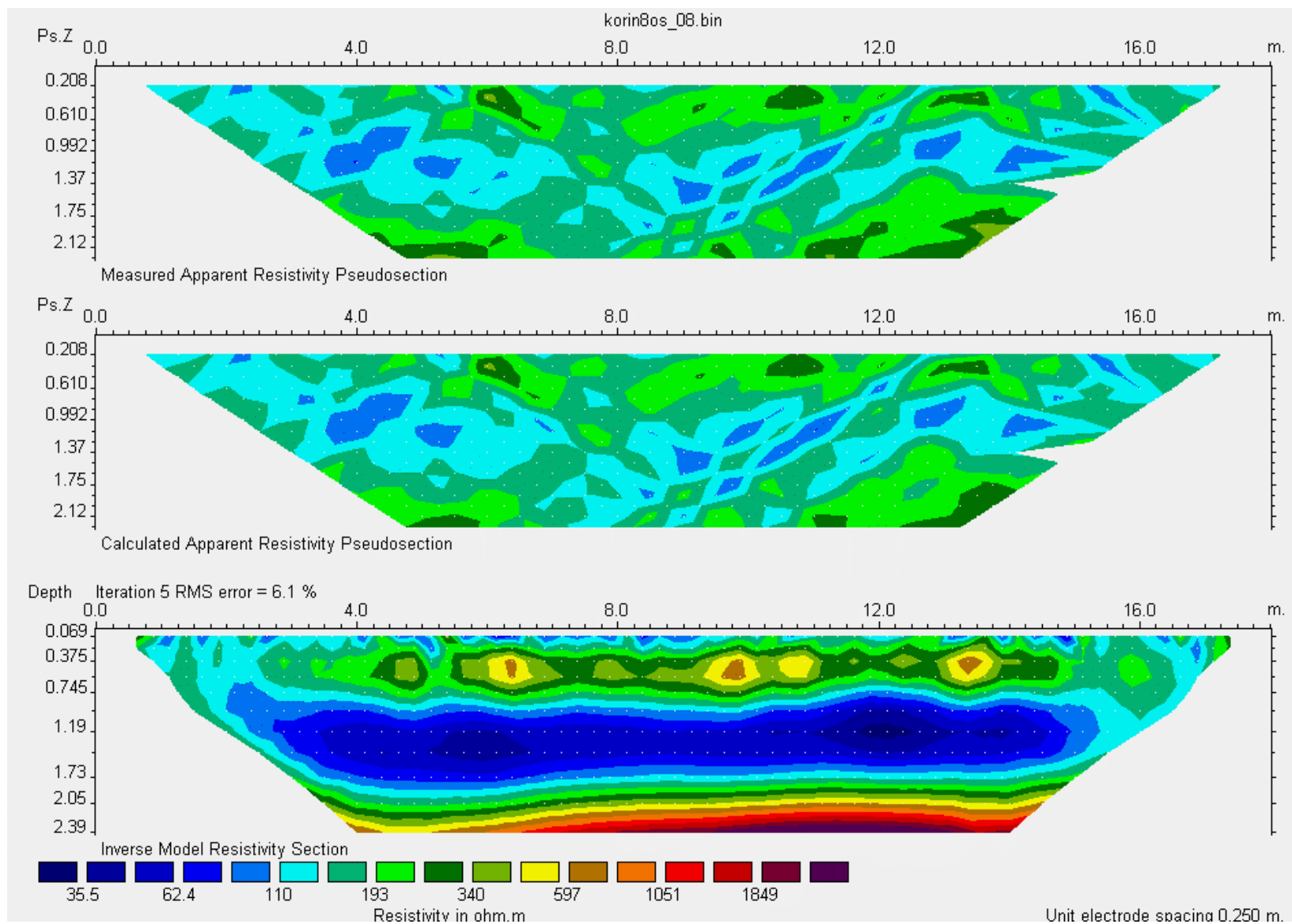
Σχήμα 15. Τομή στα 6 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



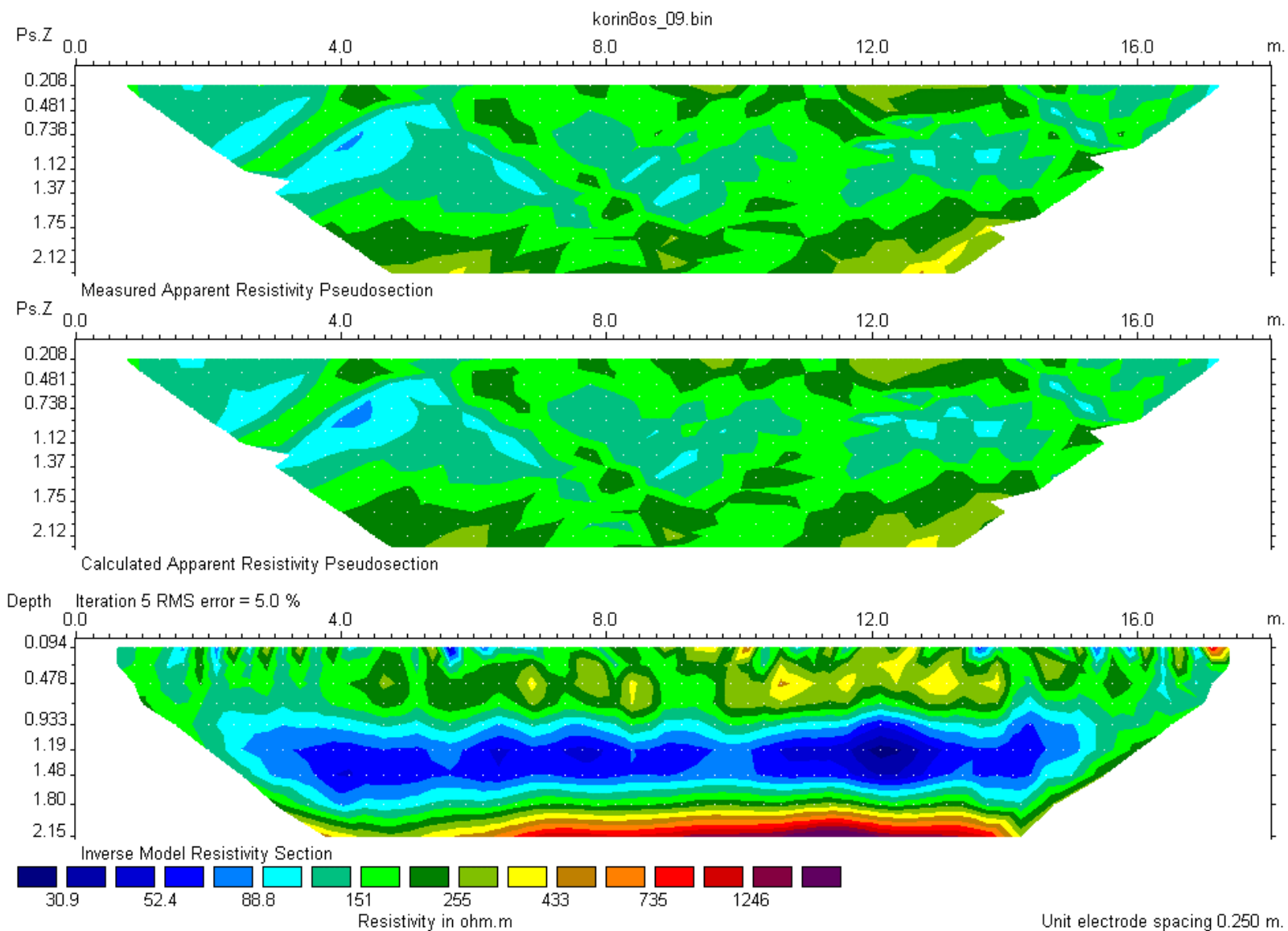
Σχήμα 16. Τομή στα 7 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



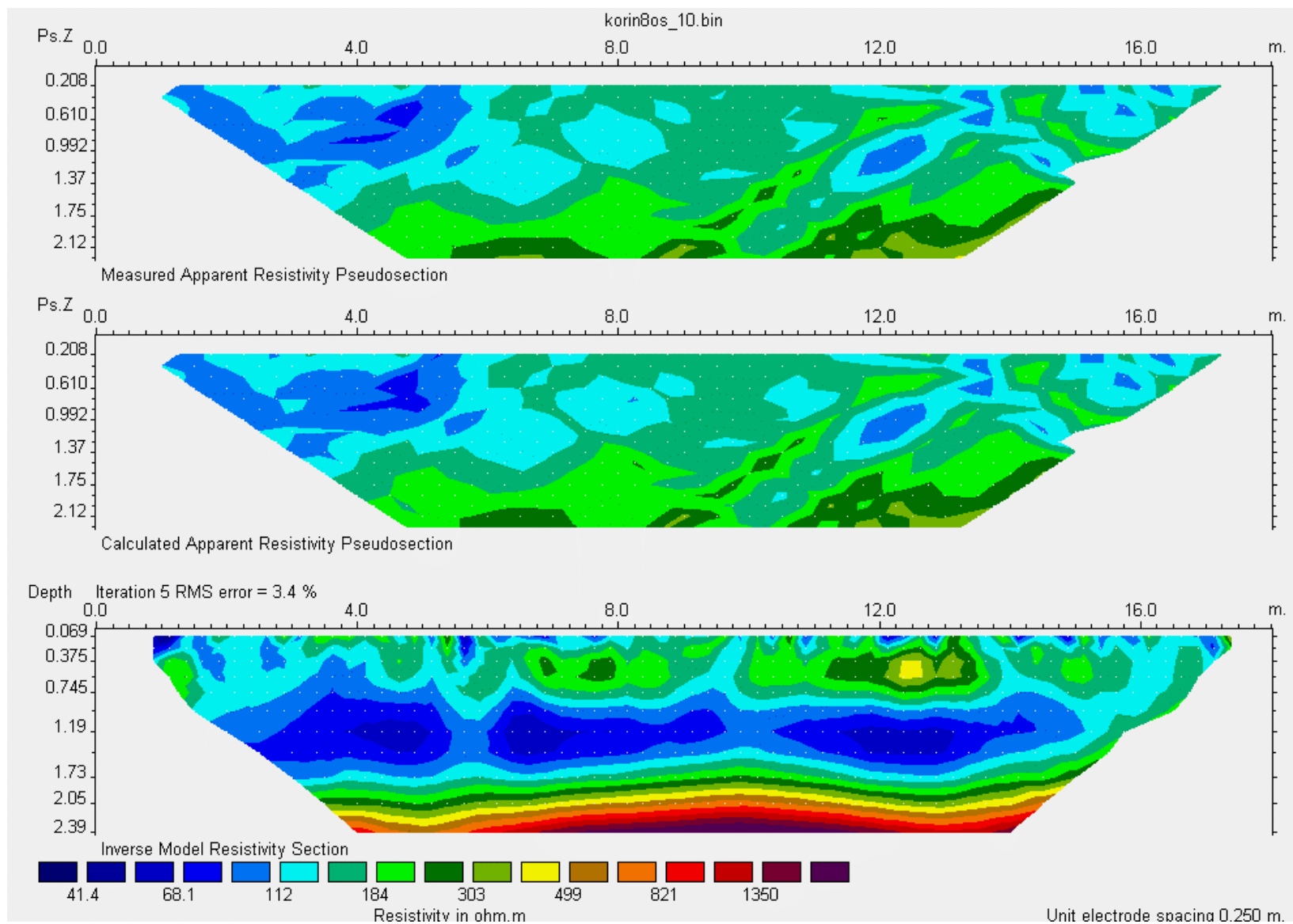
Σχήμα 17. Τομή στα 8 μέτρα του κανάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



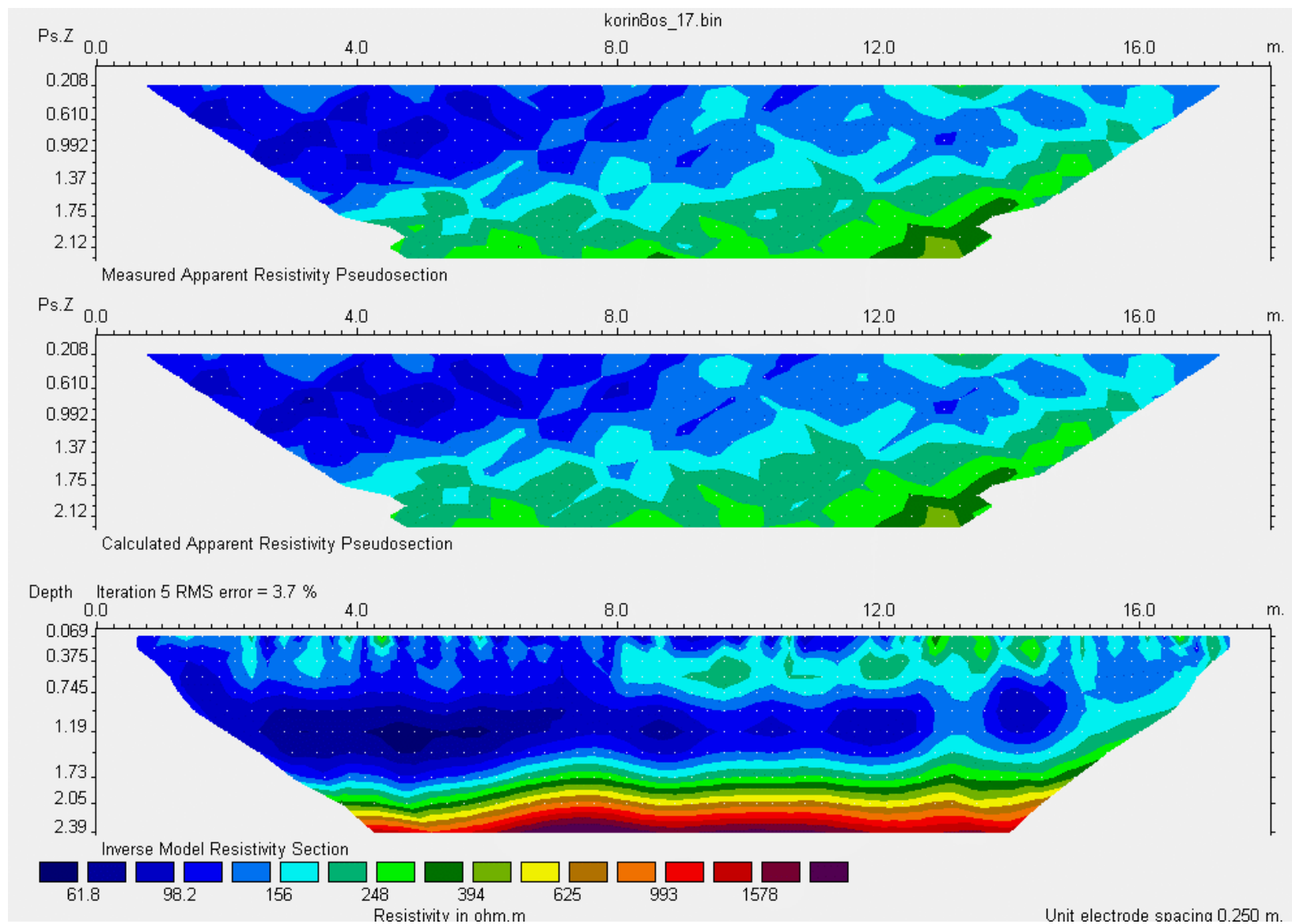
Σχήμα 18. Τομή στα 9 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



Σχήμα 19. Τομή στα 10 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



Σχήμα 20. Τομή στα 11 μέτρα του καννάβου

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών

Παρατηρείται σε όλες τις τομές ότι το επιφανειακό κάλυμμα των πρώτων 0.60 μέτρων είναι χαλαρά υλικά που αποτελούν το επιφανειακό κάλυμμα της περιοχής, με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης περίπου 50 Ohm.m.

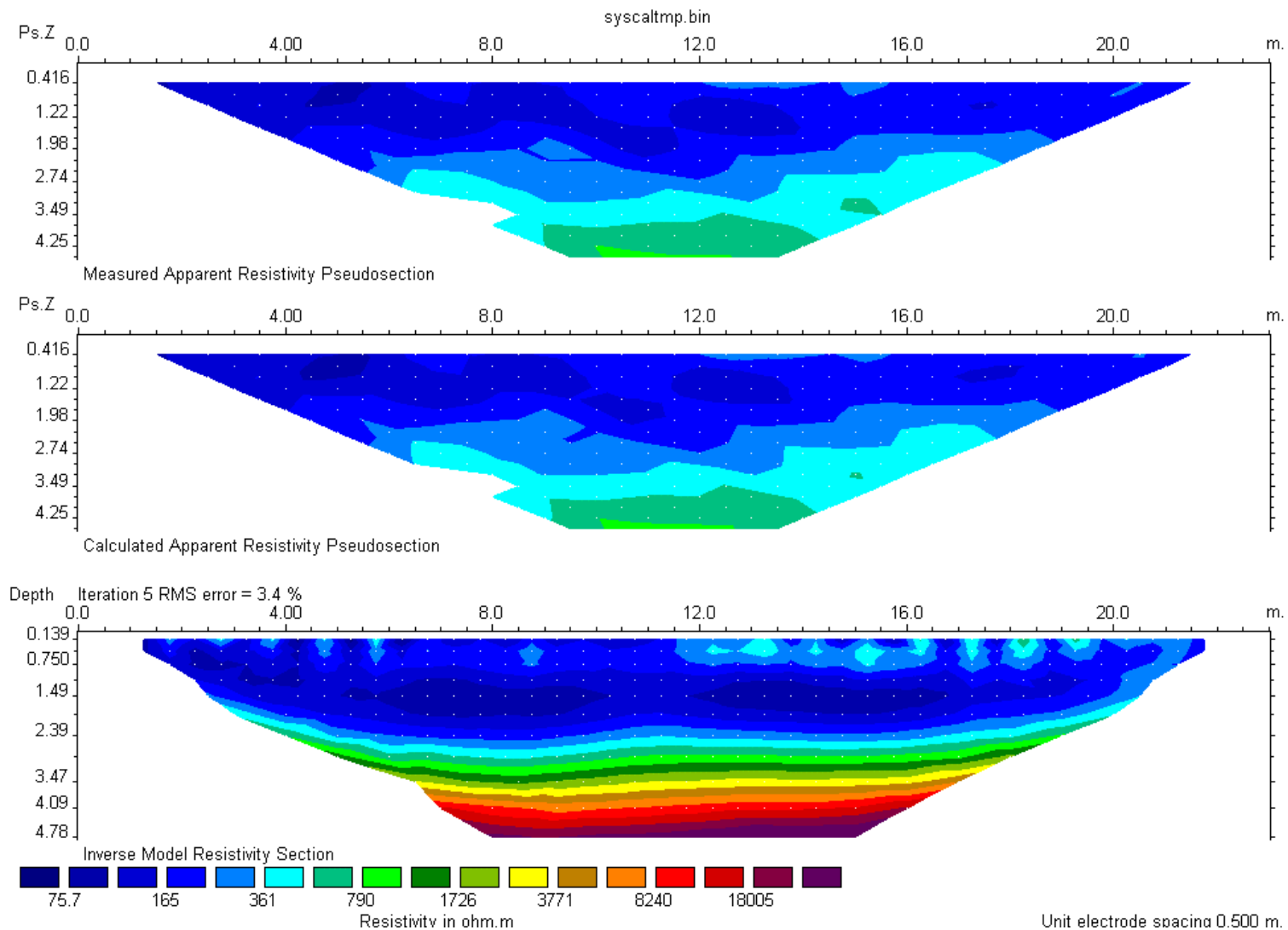
Κάτω από το επιφανειακό κάλυμμα της περιοχής υπάρχει μια αντιστατική ζώνη με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που κυμαίνονται μεταξύ 400-1000 Ohm.m. Το στρώμα αυτό εικάζεται ότι αποτελείται από συμπαγή μάργα με προσχώσεις κροκαλοπαγών, η οποία δεν περιέχει καθόλου νερό.

Έπειτα κάτω από το στρώμα της άνυδρης μάργας με προσχώσεις κροκαλοπαγών, εμφανίζεται μια περιοχή χαμηλότερων τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, με τιμές που κυμαίνονται από 30-100 Ohm.m. αυτό το στρώμα αποτελείται από μάργα, που μπορεί να περιέχει και νερό, και δεν είναι τόσο συμπαγής ώστε να δώσει υψηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Το στρώμα αυτό φτάνει μέχρι τα 1.80 μέτρα περίπου.

Τέλος, στο χώρο μεταξύ των 1.80 -2.0 μέτρων εμφανίζεται μια ζώνη πολύ υψηλών τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, με τιμές που ξεπερνούν τα 1000 Ohm.m. Οι τιμές αυτές είναι συγκεντρωμένες στο κέντρο περίπου του καννάβου, και γεωλογικά θα μπορούσαν να υποδηλώνουν την ύπαρξη συμπαγούς στρώματος άνυδρης μάργας.

Για να επιβεβαιωθεί ότι δεν επρόκειτο για ανθρωπογενή κατασκευή, πραγματοποιήθηκε μια ακόμα τομή στο μέσο ακριβώς του καννάβου, με απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων 1 μέτρο, και 24 ηλεκτρόδια. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 21 και επιβεβαίωσαν την άποψη πως το στρώμα αυτό είναι γεωλογικής και όχι ανθρωπογενούς προέλευσης.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



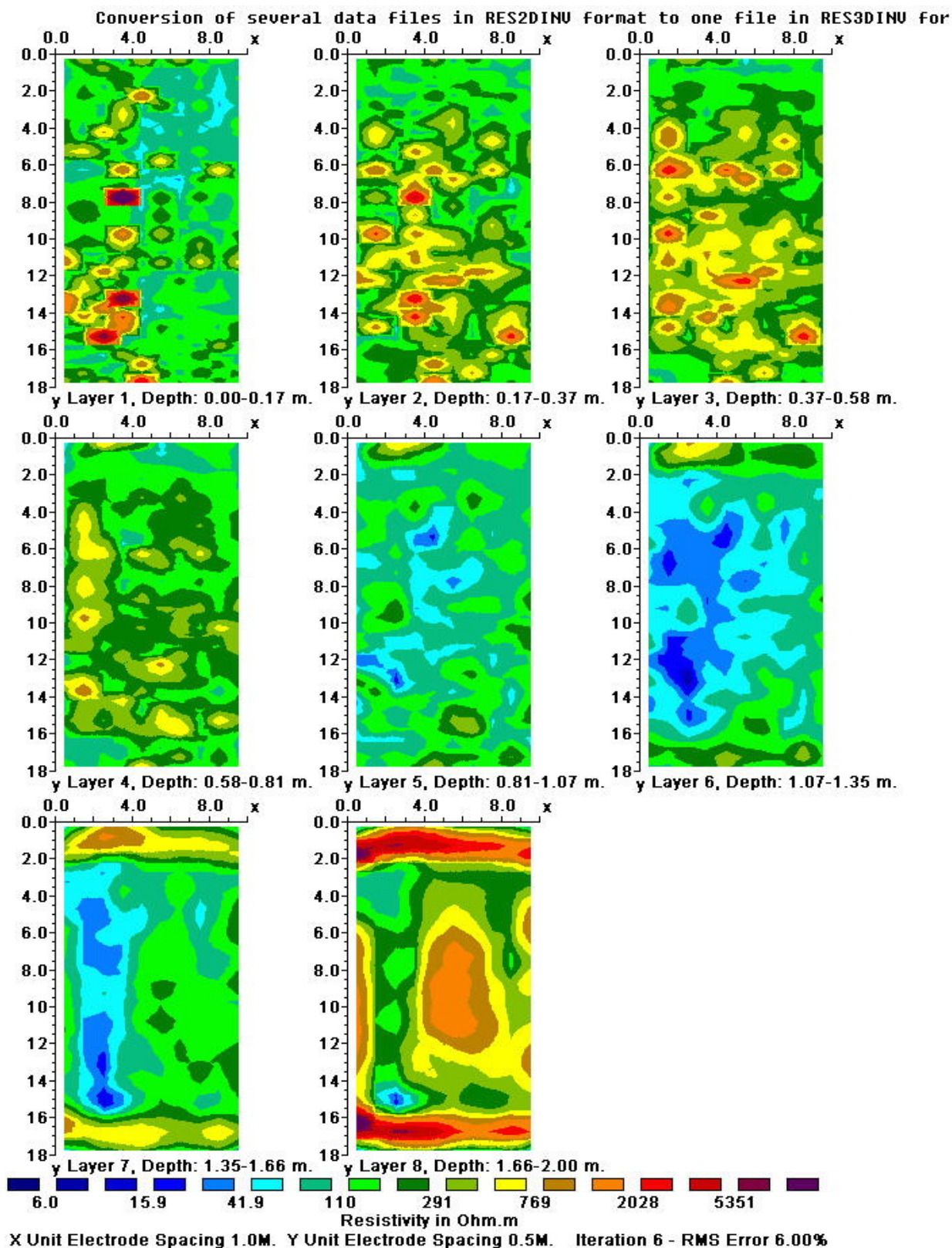
Σχήμα 21. Αποτελέσματα ηλεκτρικής τομογραφίας στο μέσο του καννάβου για τον προσδιορισμό του στρώματος υψηλής τιμής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.

6. Λογισμικό τρισδιάστατης αντιστροφής Res3Dinv

Τα δεδομένα των δυσδιάστατων τομογραφιών εισάχθηκαν στο λογισμικό τρισδιάστατης αντιστροφής Res3Dinv, όπου εκ νέου λύθηκε το πρόβλημα της αντιστροφής, με ταυτόχρονη επεξεργασία όλων των τομών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό τη μορφή κατόψεων (slices), παράλληλων με την επιφάνεια του εδάφους και αντικατοπτρίζουν την κατανομή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης με το βάθος σε όλο το μήκος και πλάτος του καννάβου (σχήμα 23).

Για ευκολία ανάγνωσης, παρουσιάζεται μόνο το τελικό μοντέλο αντιστροφής, όπου σε κάθε επίπεδο αναγράφεται το βάθος στο οποίο αντιστοιχεί, και η κλίμακα των τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι κοινή. Το σφάλμα της αντιστροφής είναι πολύ μικρό, της τάξης του 6%.

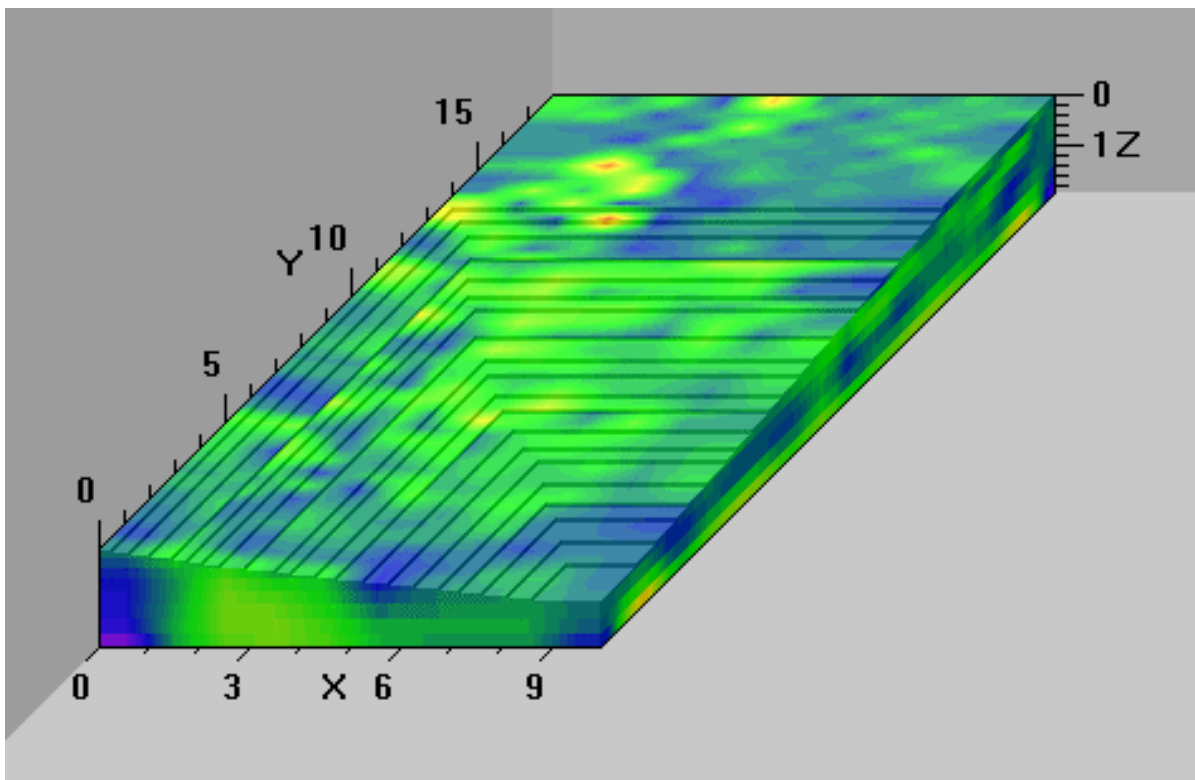
Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



Σχήμα 22. Αποτελέσματα τριδιάστατης αντιστροφής των δυσδιάστατων τομογραφιών στο νότιο οικόπεδο.

7. Τρισδιάστατη απεικόνιση με τη χρήση του λογισμικού Slicer Dicer

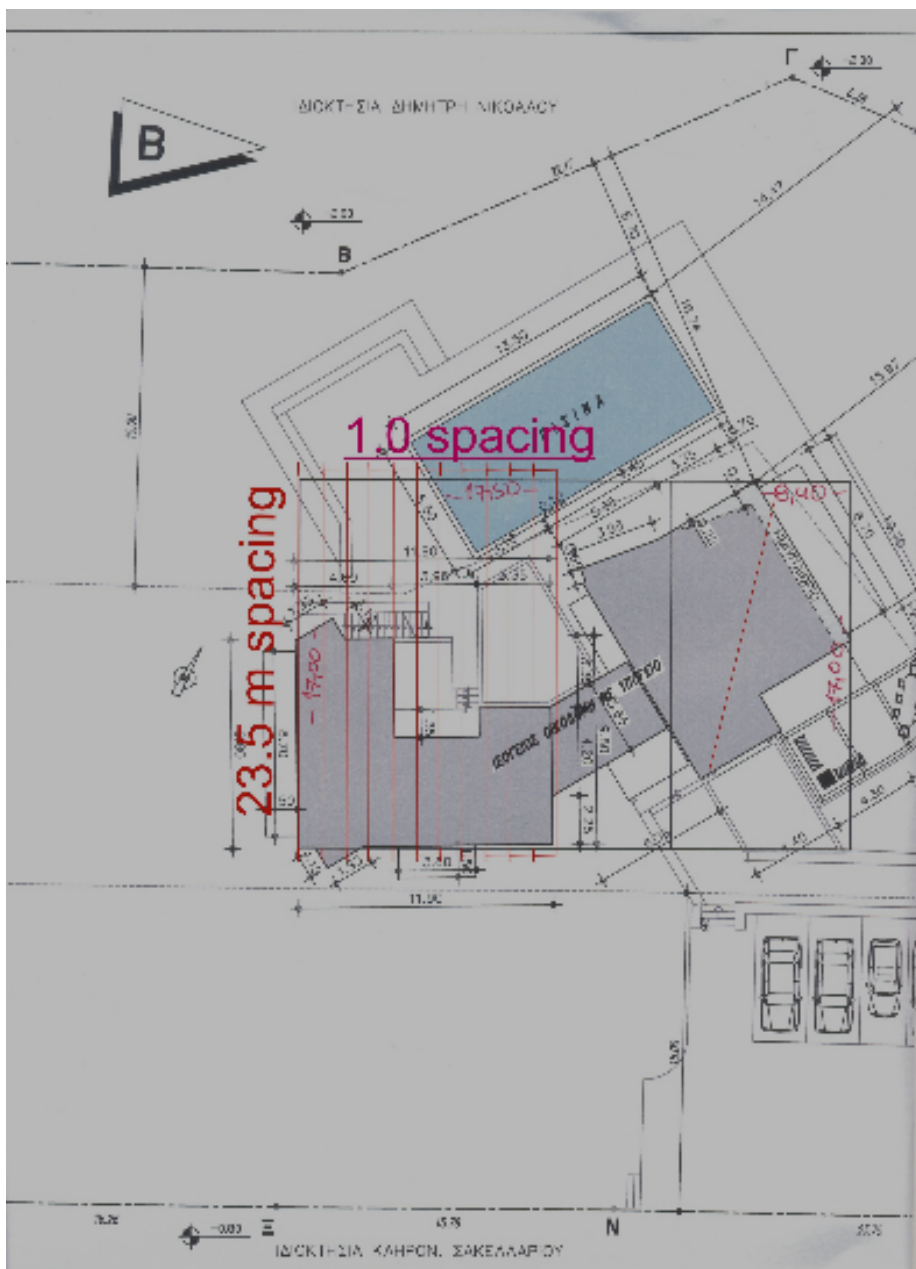
Με στόχο την ακόμα καλύτερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων, δημιουργήθηκε μια τρισδιάστατη εικόνα του καννάβου, όπως φαίνεται στο σχήμα 23. Η αρχή των αξόνων (σημείο $xyz=0,0,0$) βρίσκεται στην Νότια-Νοτιοδυτική πλευρά του καννάβου. Από τον όγκο που εξερευνήθηκε έχουν αφαιρεθεί κομμάτια για καλύτερη κατανόηση του χώρου διασκόπησης.



Σχήμα 23. Τρισδιάστατη απεικόνιση των αποτελεσμάτων της τρισδιάστατης επεξεργασίας των δεδομένων του νοτίου οικοπέδου.

8. Βόρειο Οικόπεδο

Στο βόρειο οικόπεδο, και στη θέση που υπεδείχθη ο χώρος του υπό ανέγερση κτιρίου, πραγματοποιήθηκαν 19 τομογραφίες. Εξαιτίας του γεγονότος ότι προγενέστερα είχαν ανοιχθεί τα θεμέλια ενός μέρους της υπό ανέγερσης οικίας, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε κάρναβο όπως φαίνεται στο σχήμα 24. Η απόσταση μεταξύ των τομογραφιών ήταν 1 μέτρο, και η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων 0.5 μέτρα, με χρήση 48 ηλεκτροδίων.



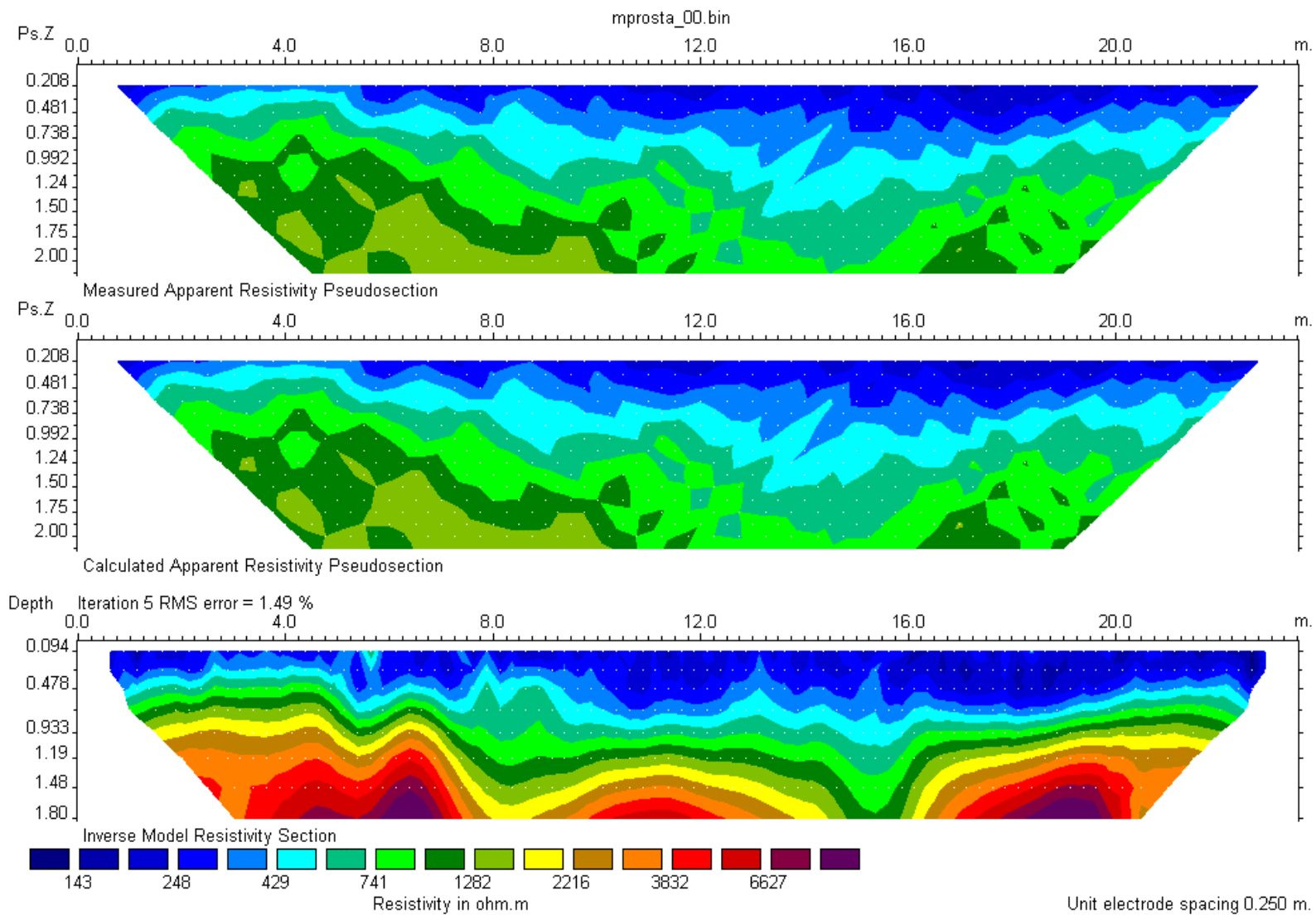
Σχήμα 24. Σκαρίφημα των μετρήσεων ηλεκτρικής τομογραφίας στο βόρειο οικόπεδο.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε μια τομή ακόμα μέσα στο σκάμμα της θεμελίωσης του υπό ανέγερση κτιρίου, με 0.5 μέτρα απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων και 17 ηλεκτρόδια.

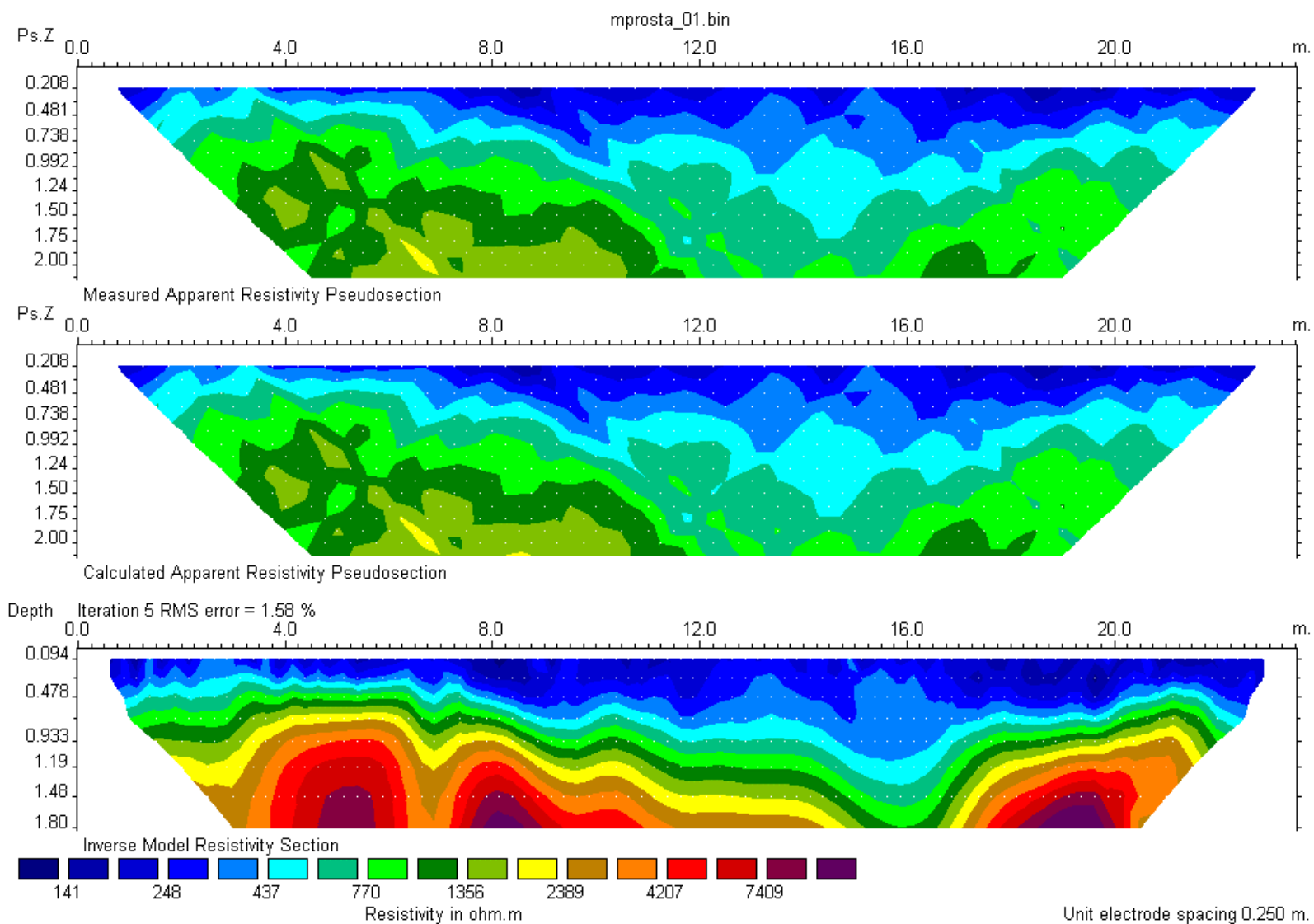
Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας παρουσιάζονται στα σχήματα 25 έως 43 με τον ίδιο τρόπο όπως και του νοτίου οικοπέδου. Να σημειωθεί πως η χρωματική κλίμακα είναι σχετική σε κάθε τομή.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



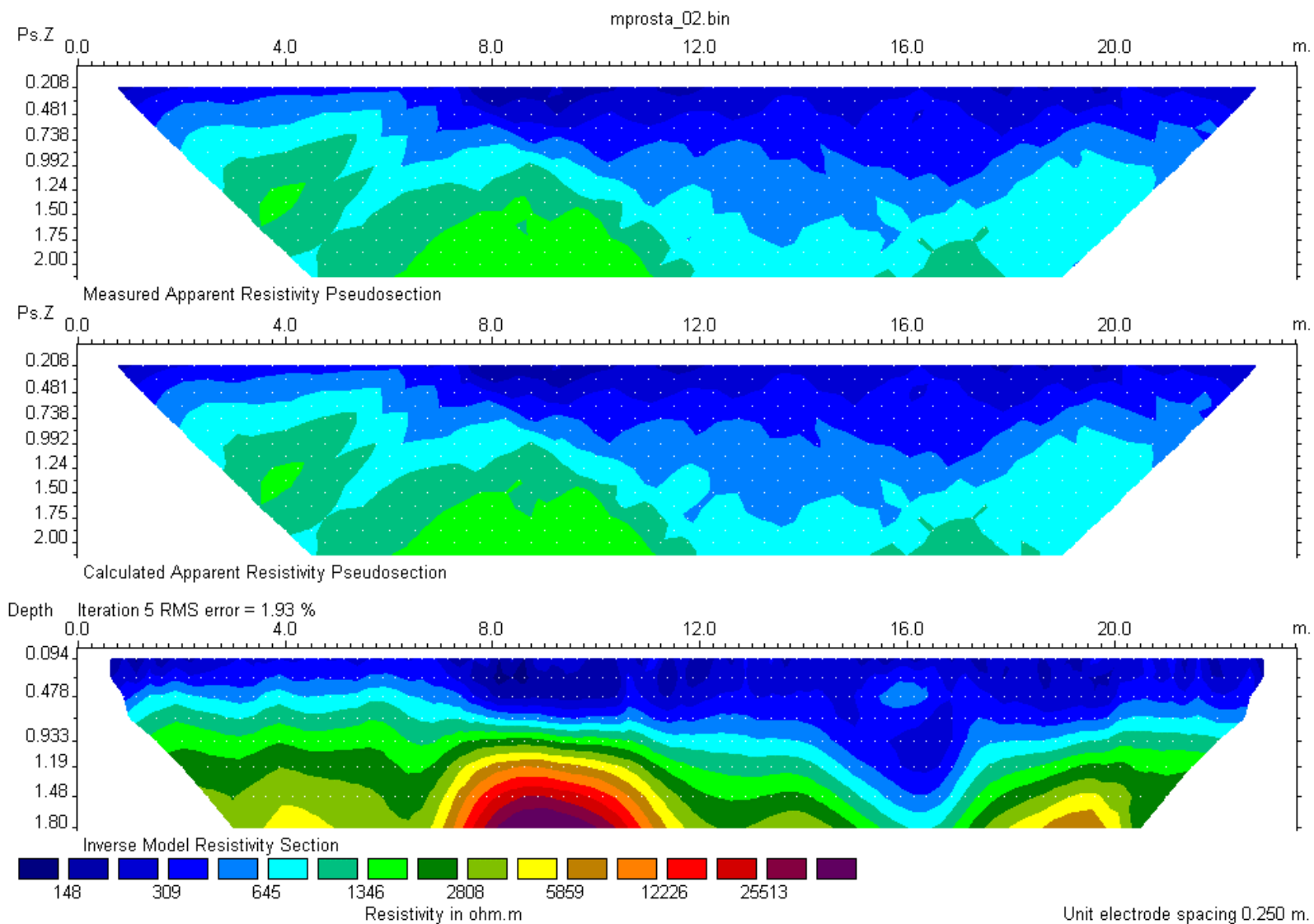
Σχήμα 25. Τομή στα 0 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



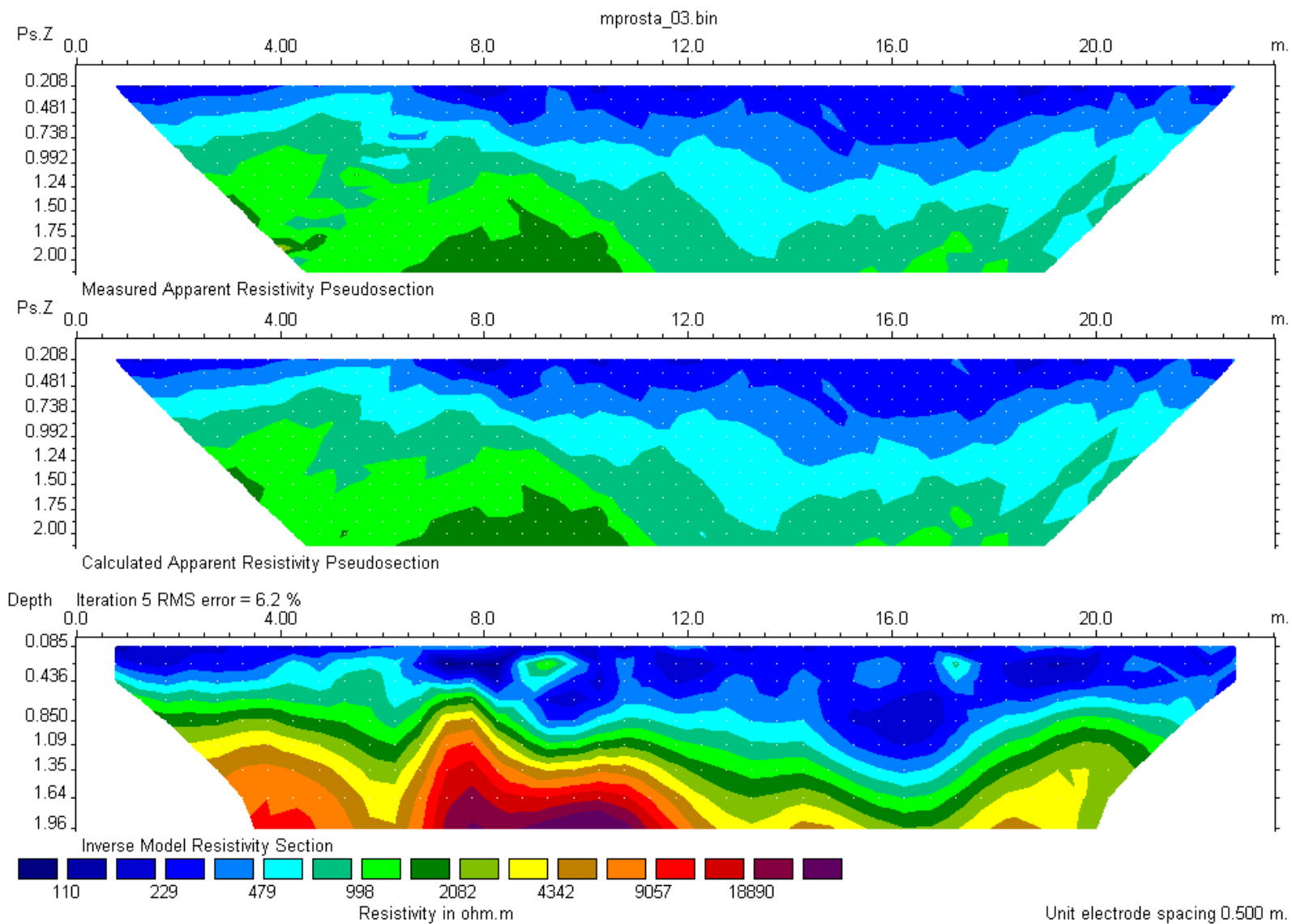
Σχήμα 26. Τομή στα 1 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



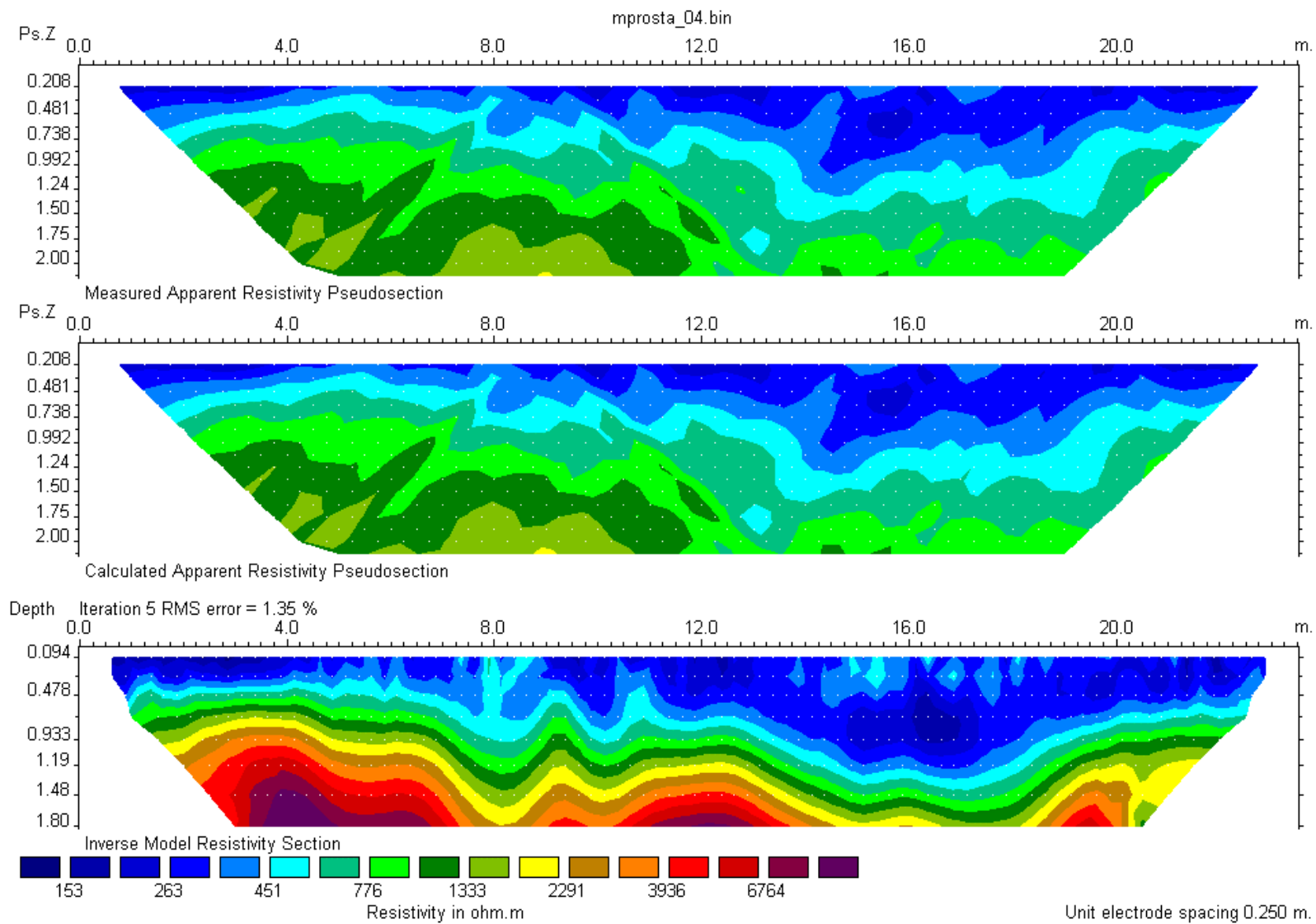
Σχήμα 27. Τομή στα 2 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



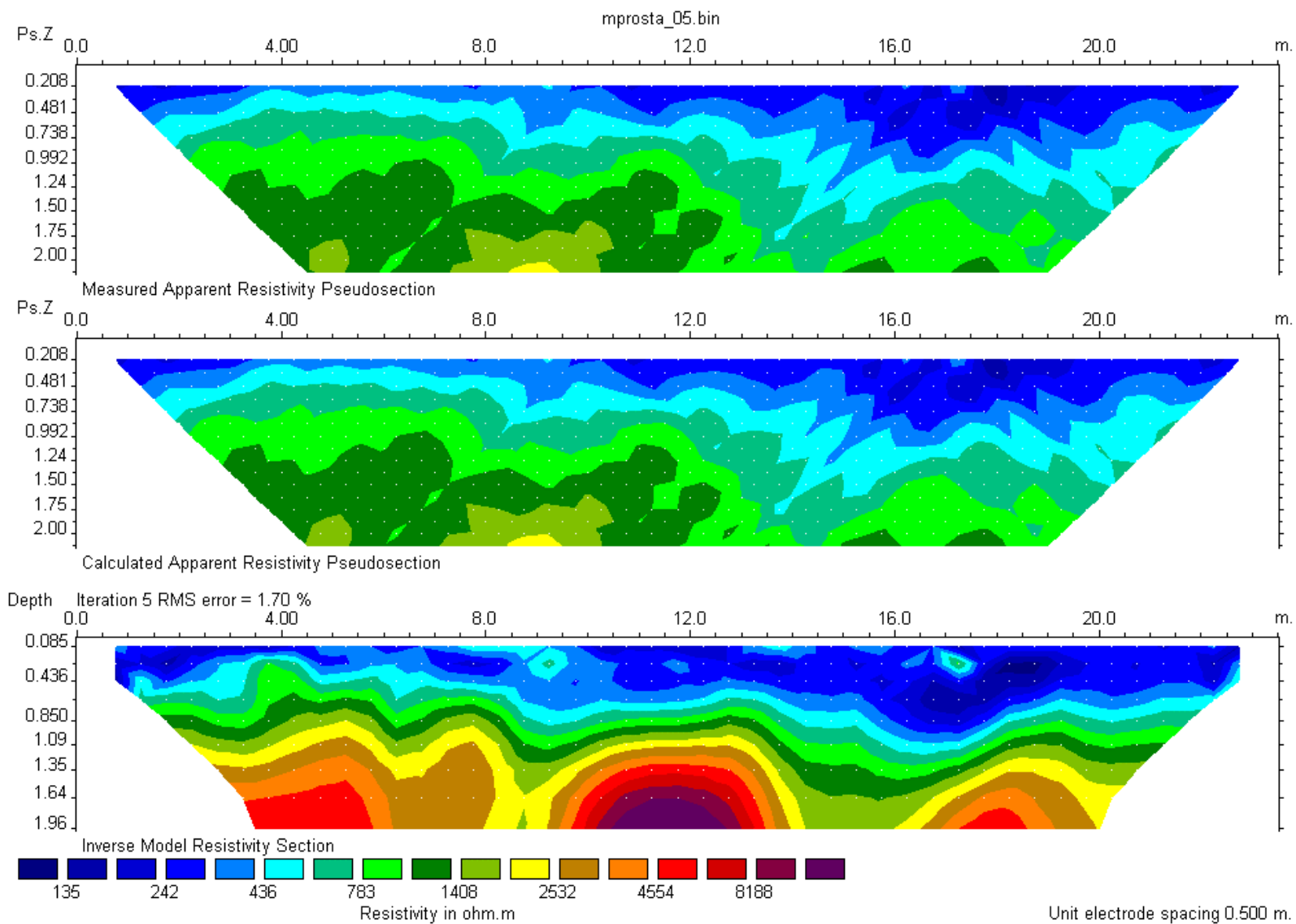
Σχήμα 28. Τομή στα 3 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



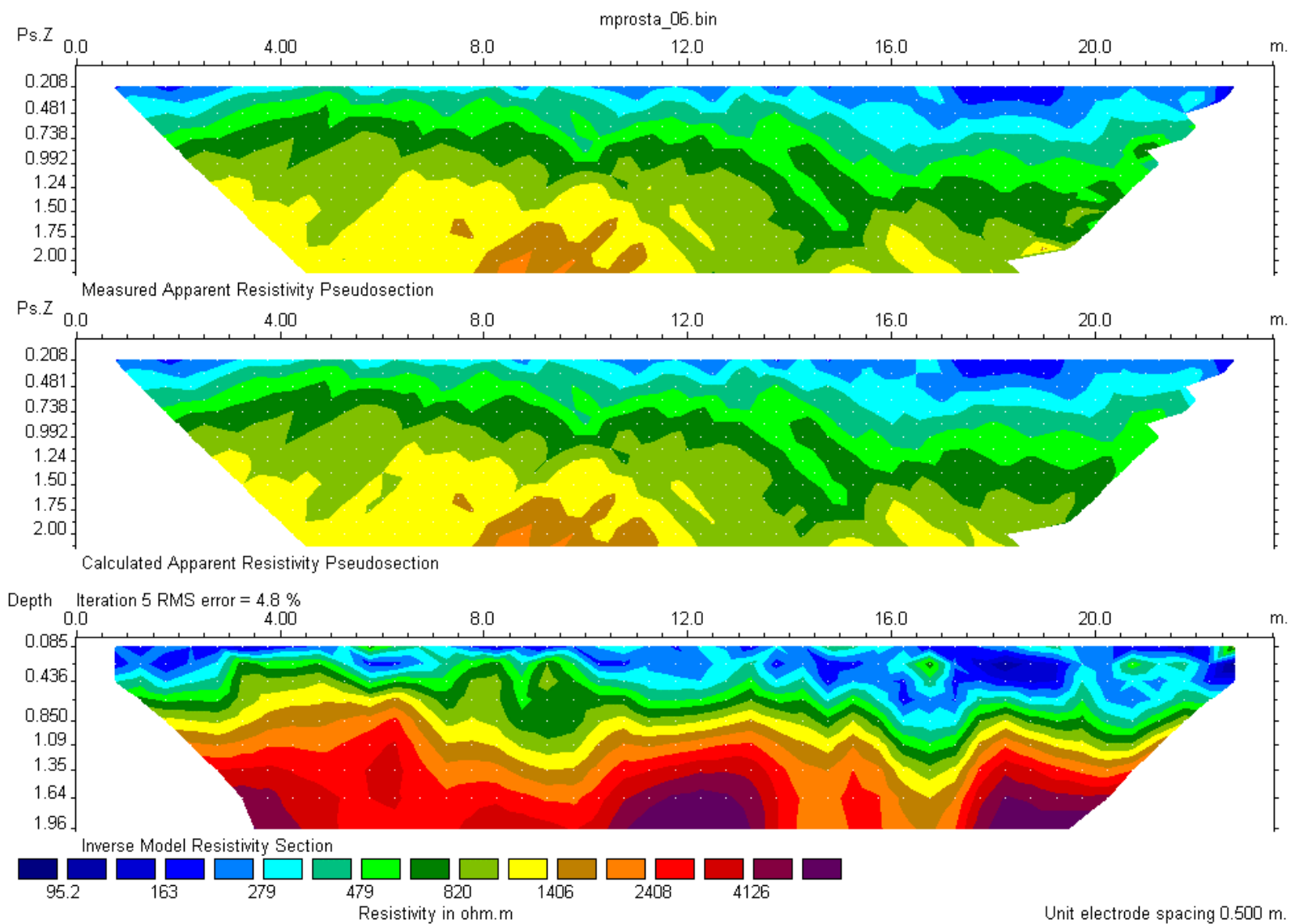
Σχήμα 29. Τομή στα 4 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



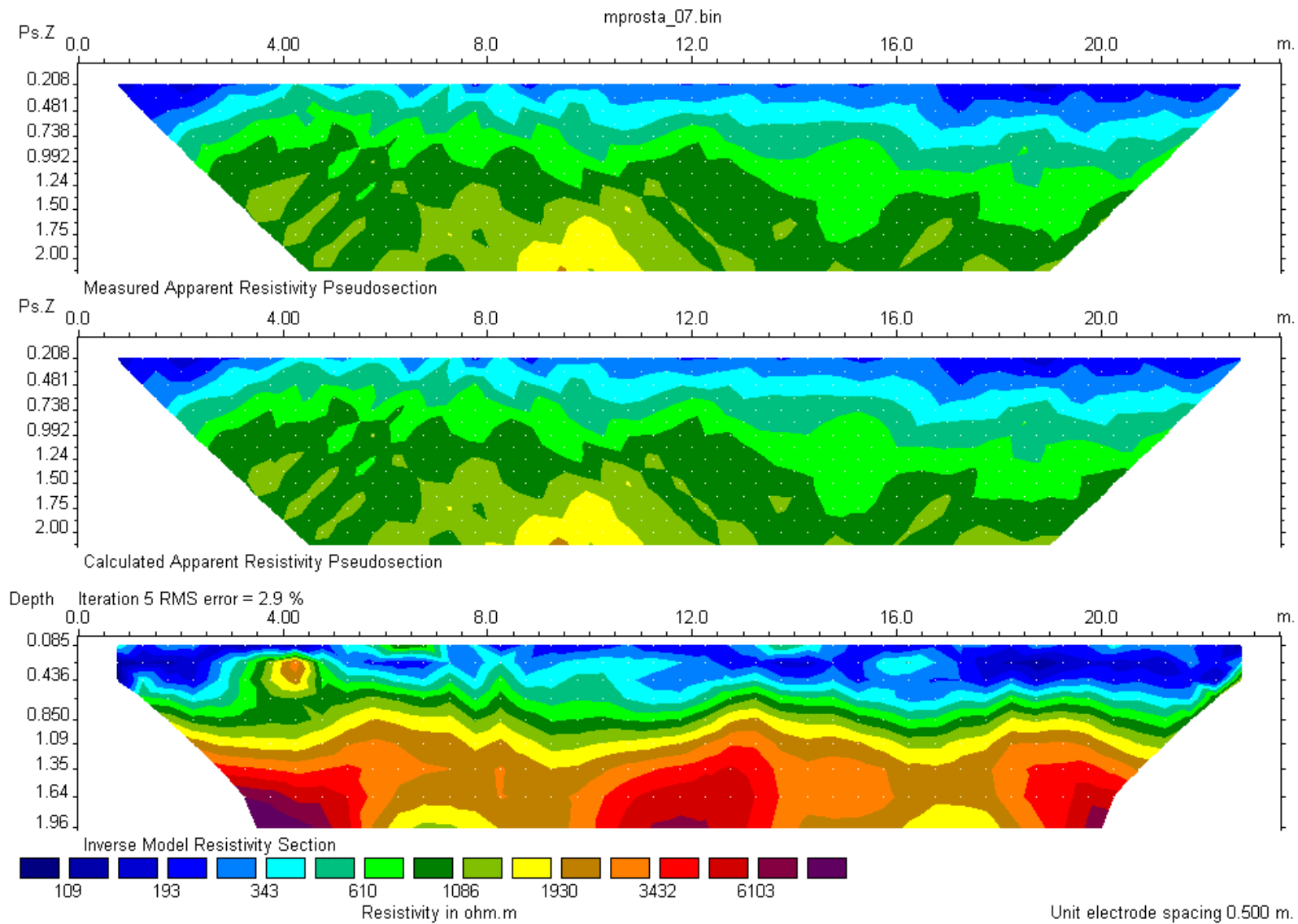
Σχήμα 30. Τομή στα 5 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



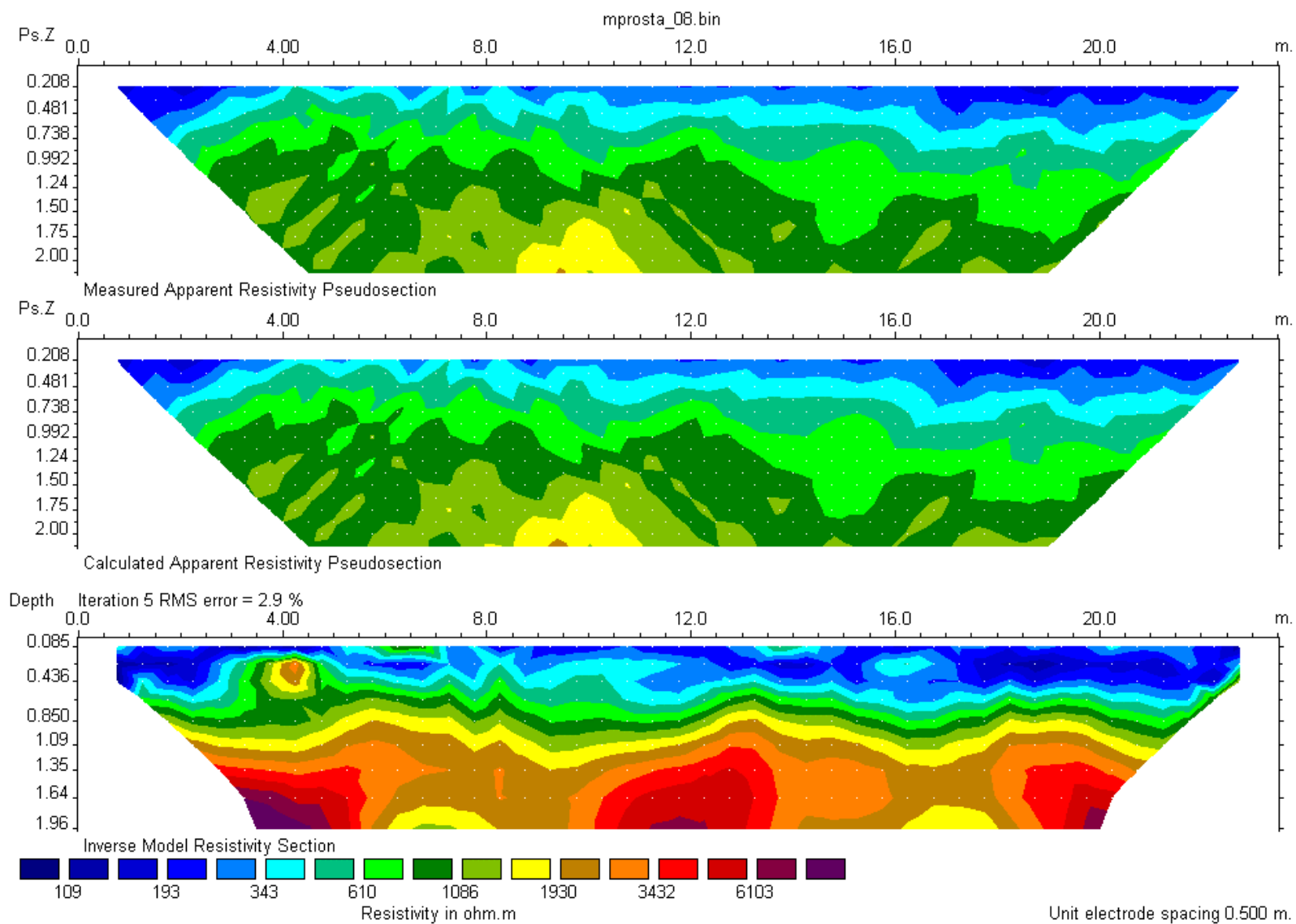
Σχήμα 31. Τομή στα 6 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφιων δομών



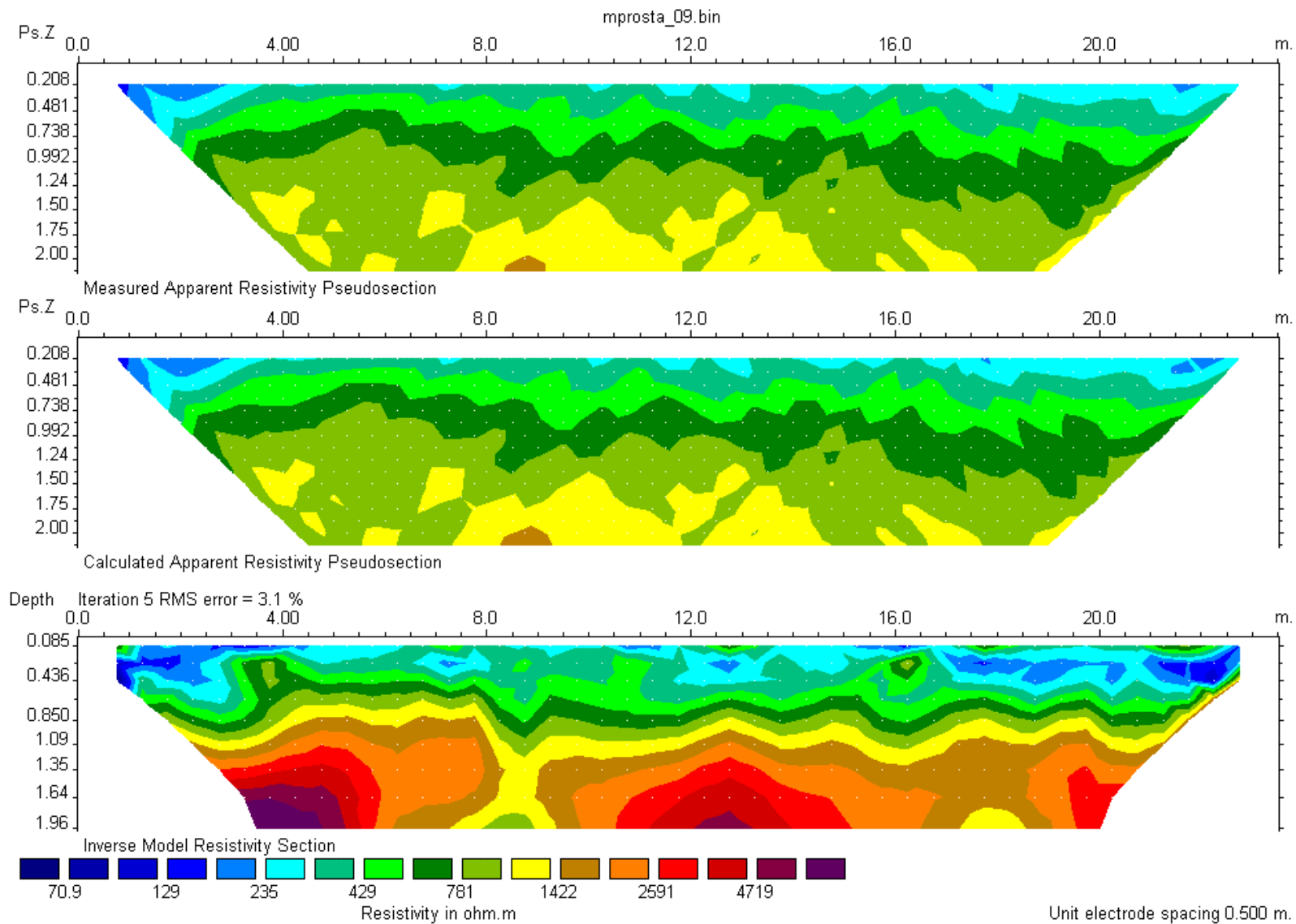
Σχήμα 32. Τομή στα 7 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφιων δομών



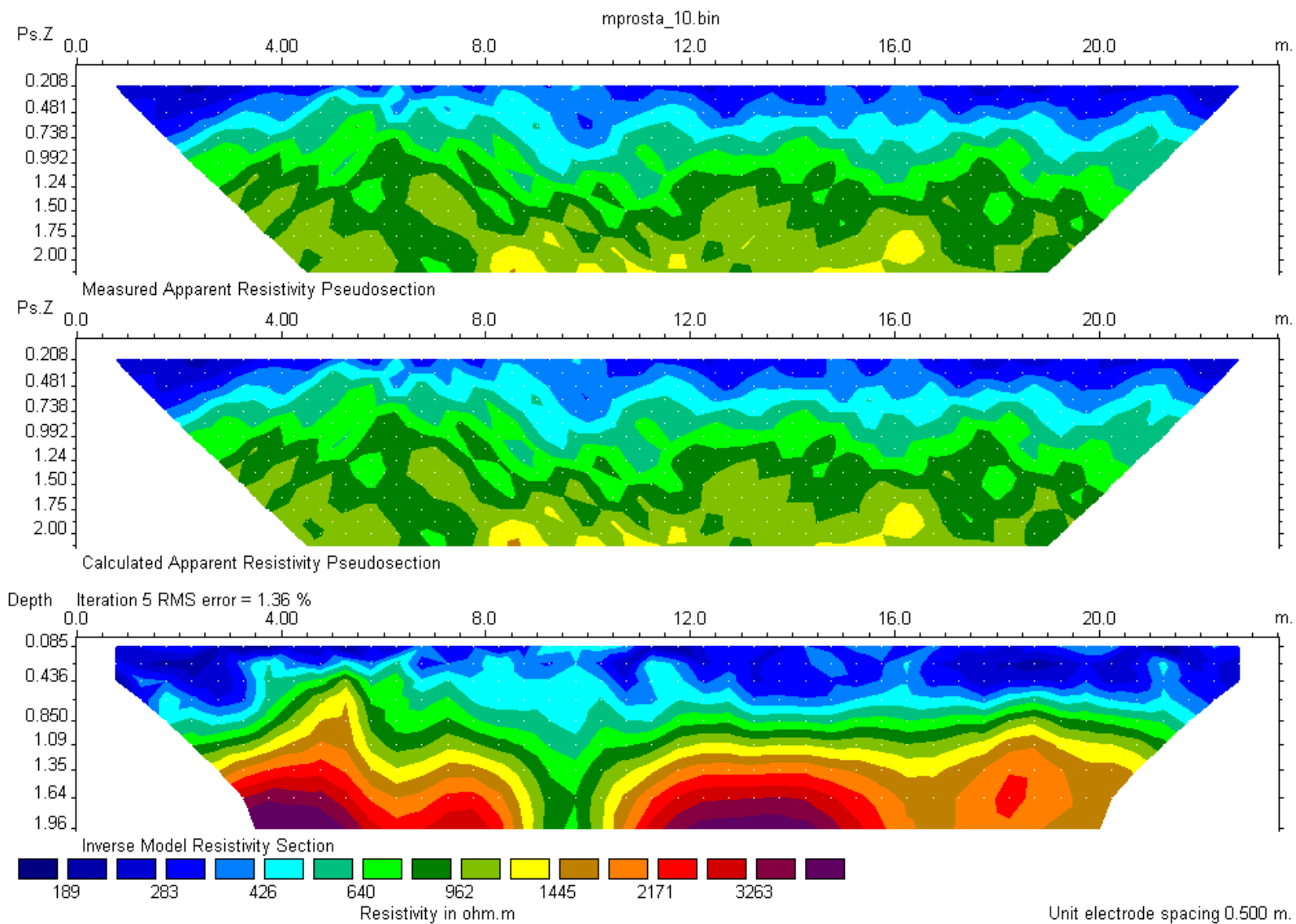
Σχήμα 33. Τομή στα 8 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



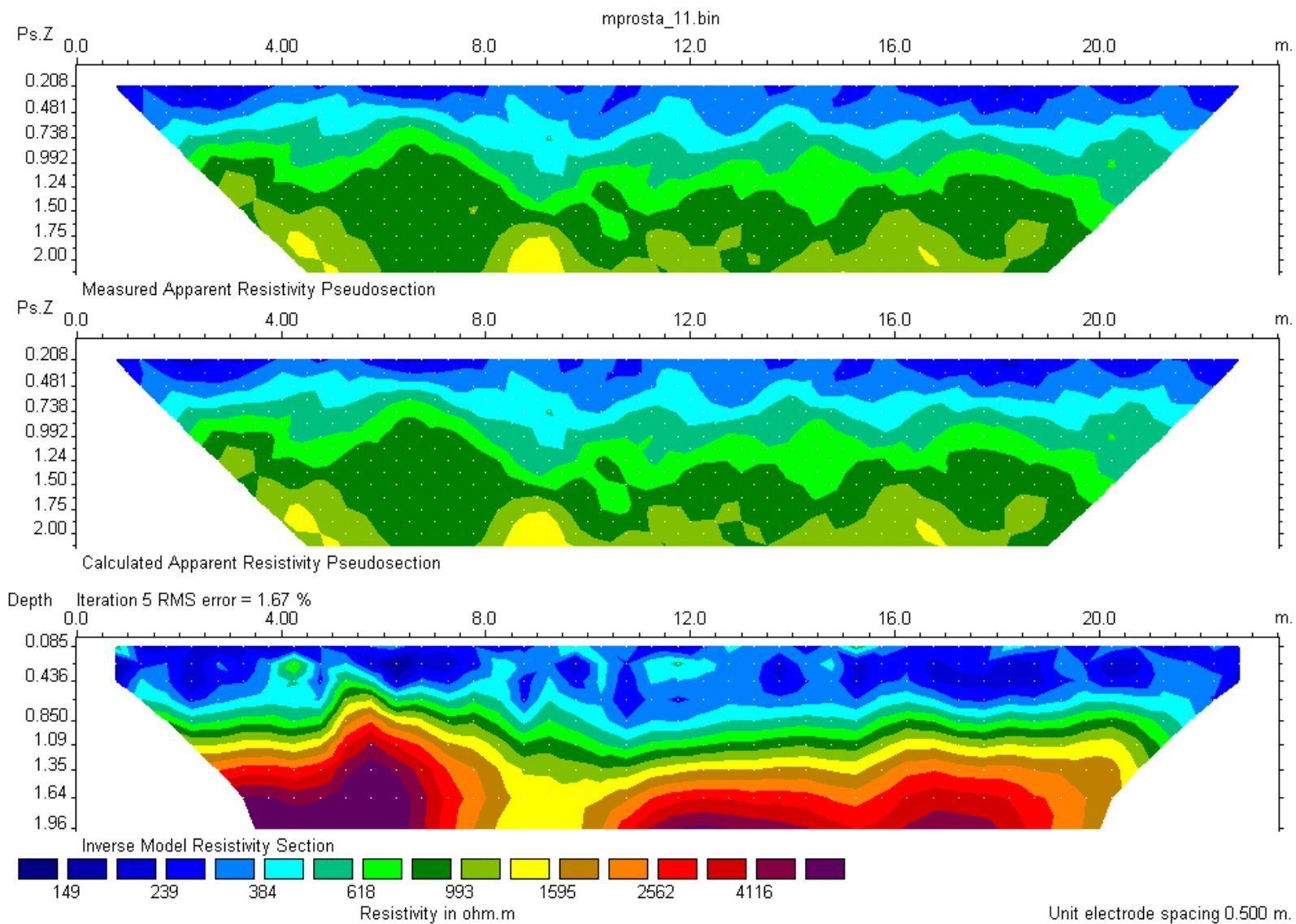
Σχήμα 34. Τομή στα 9 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



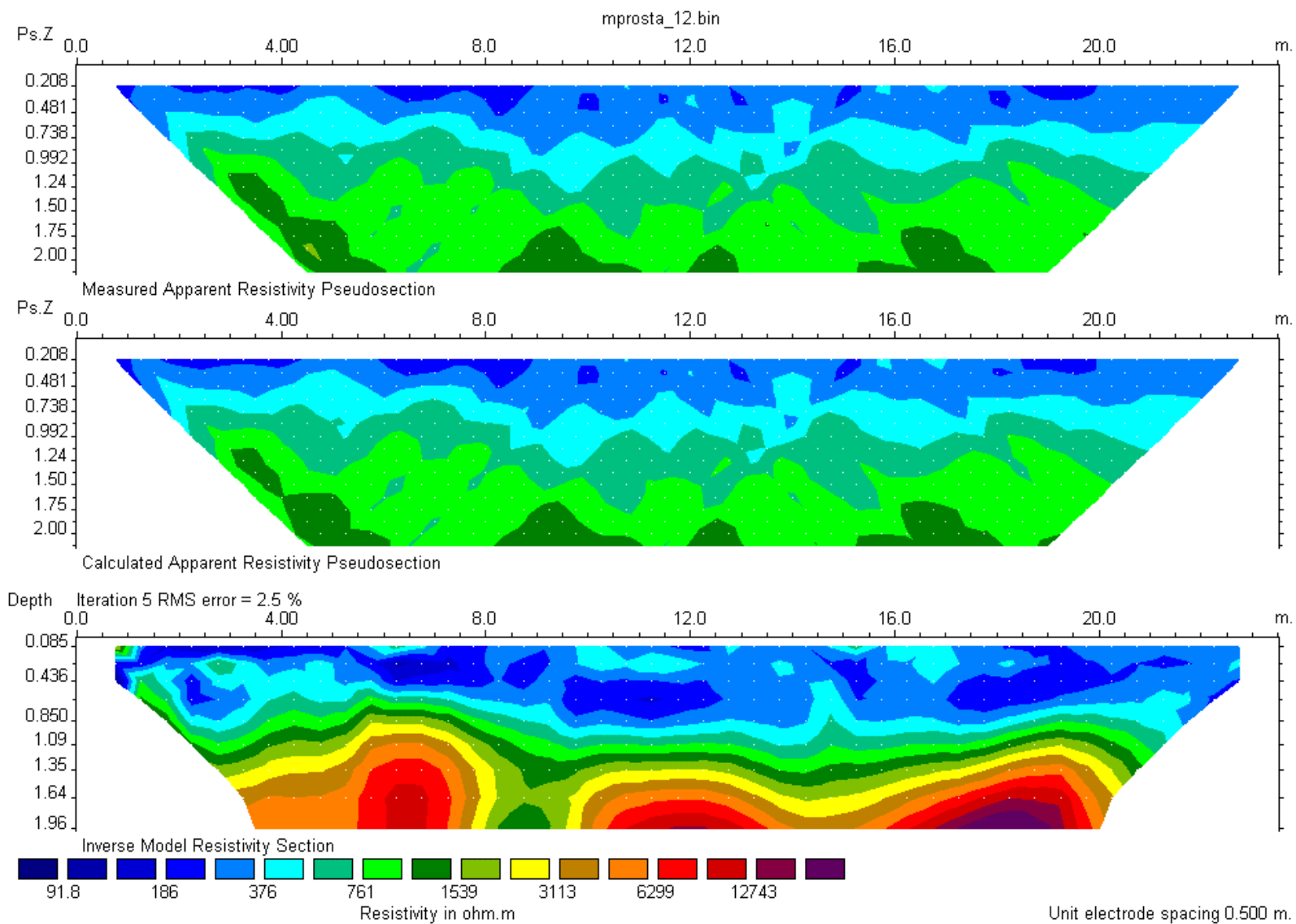
Σχήμα 35. Τομή στα 10 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



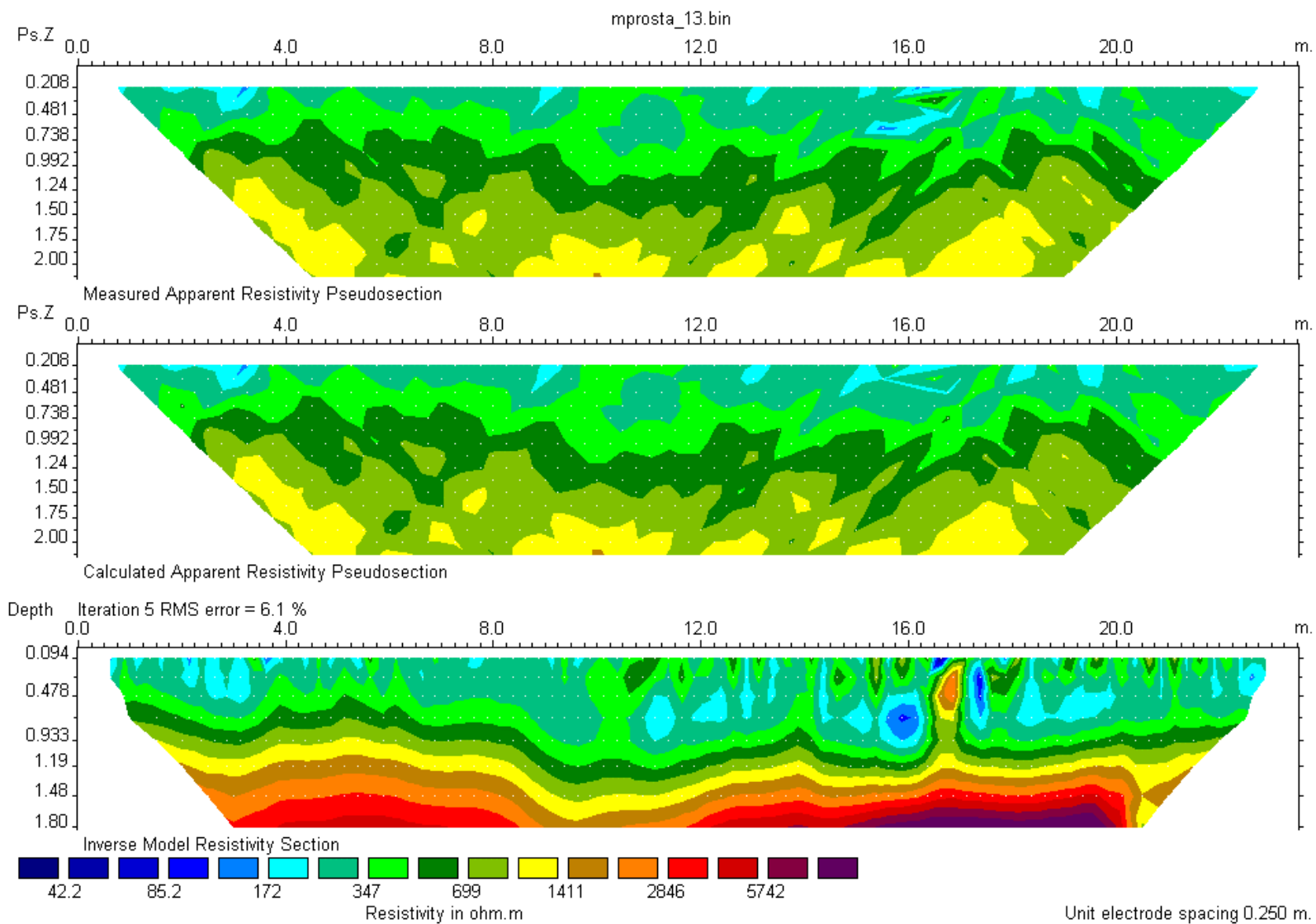
Σχήμα 36. Τομή στα 11 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφιων δομών



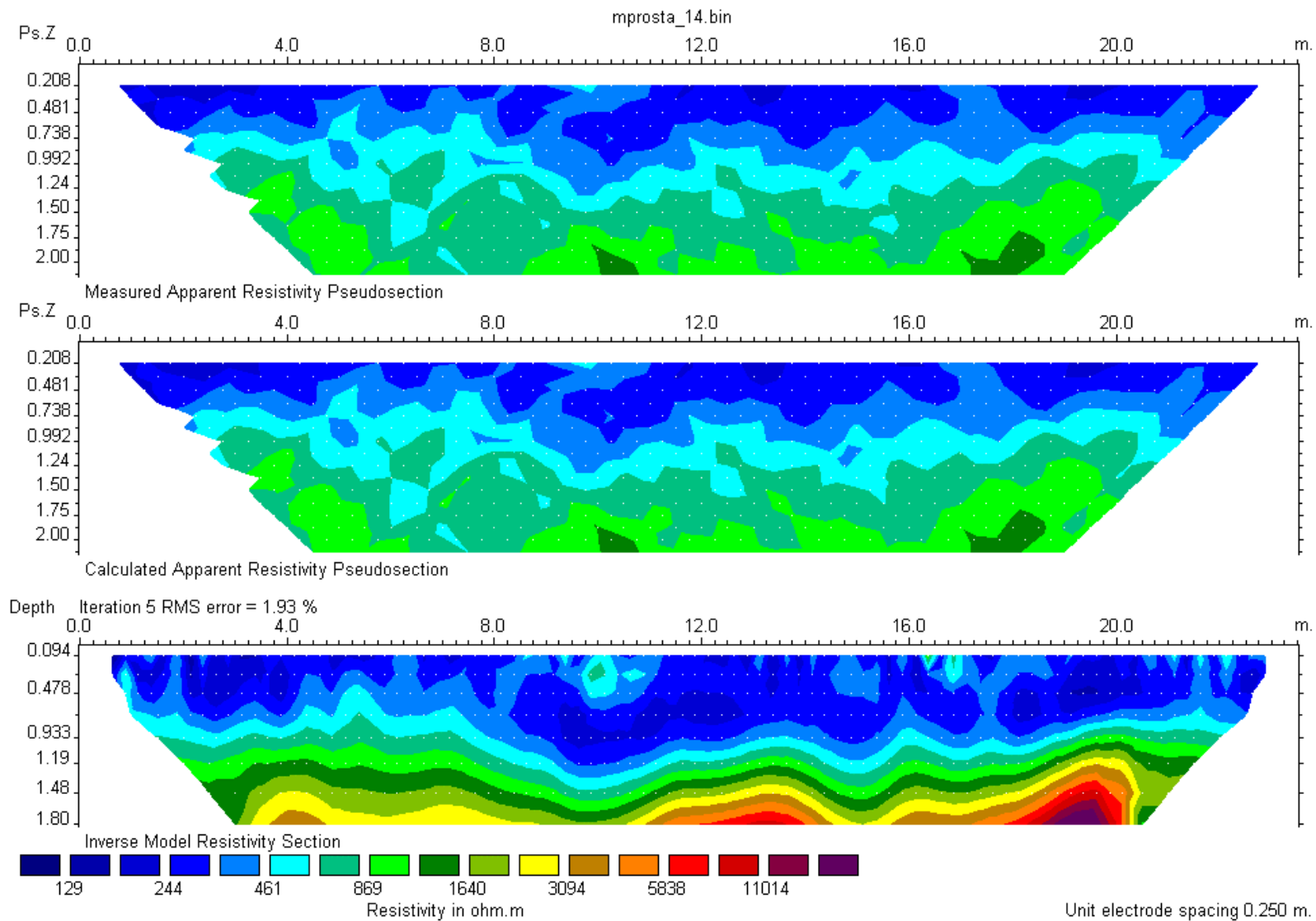
Σχήμα 37. Τομή στα 12 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



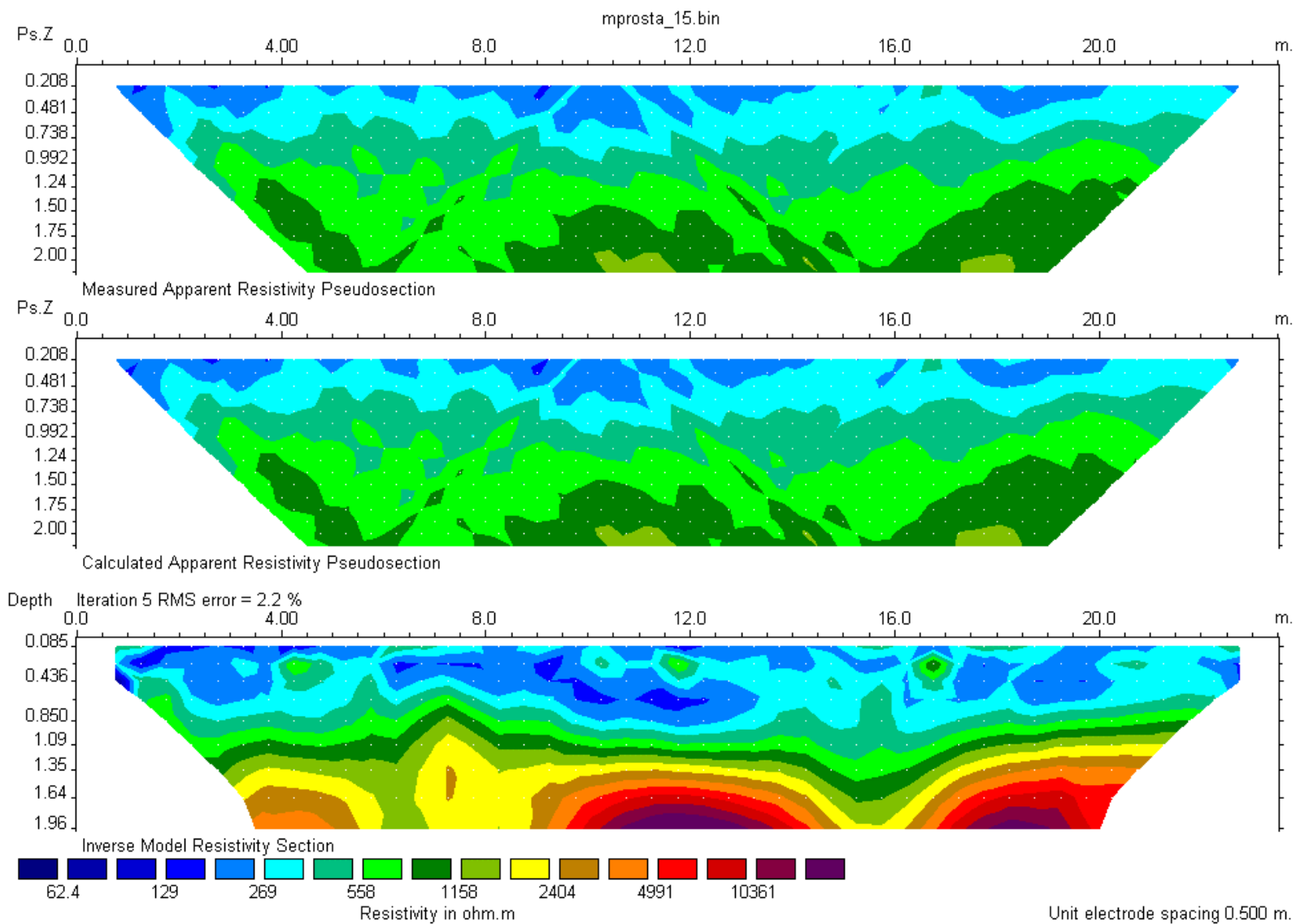
Σχήμα 38. Τομή στα 13 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



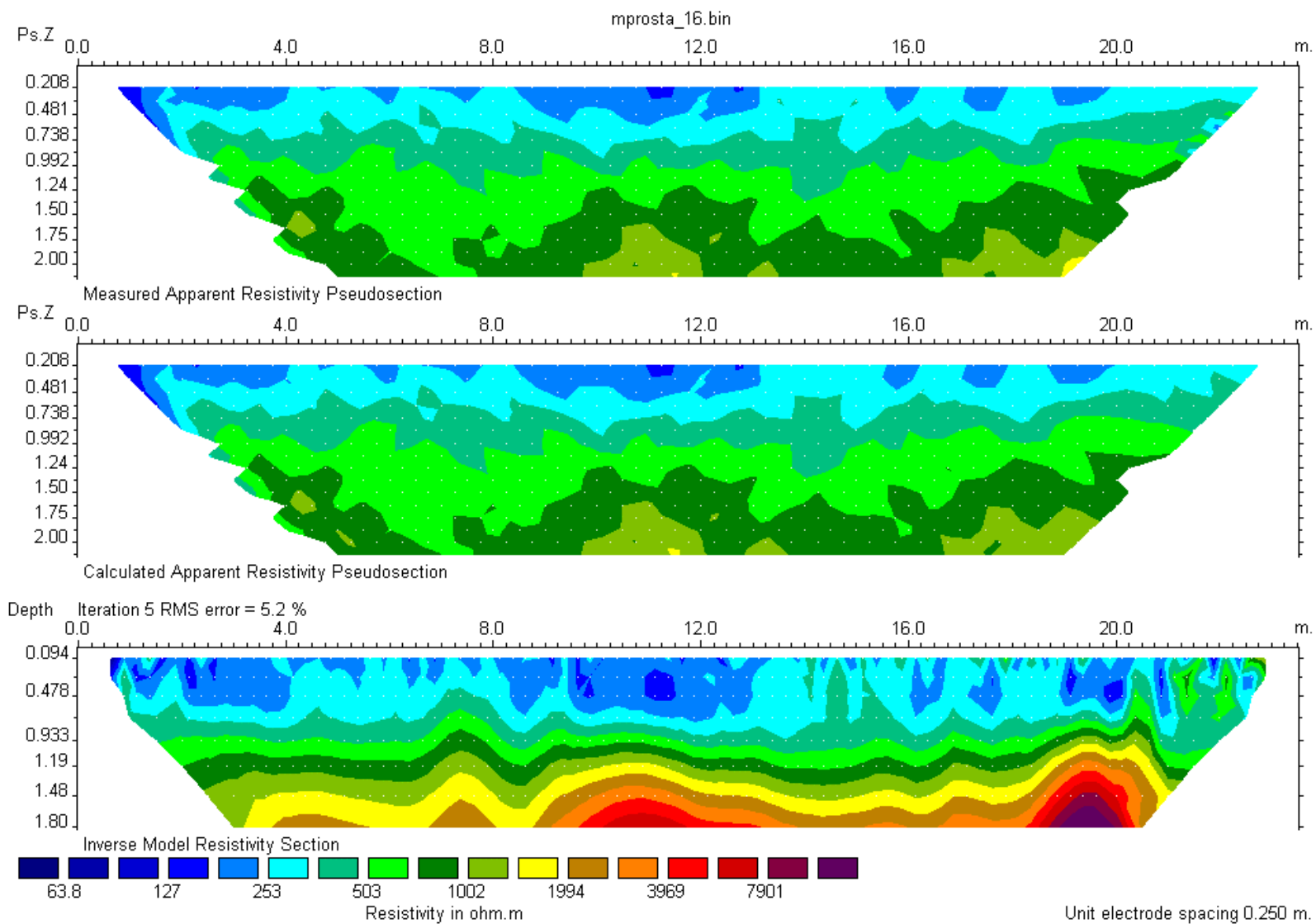
Σχήμα 39. Τομή στα 14 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



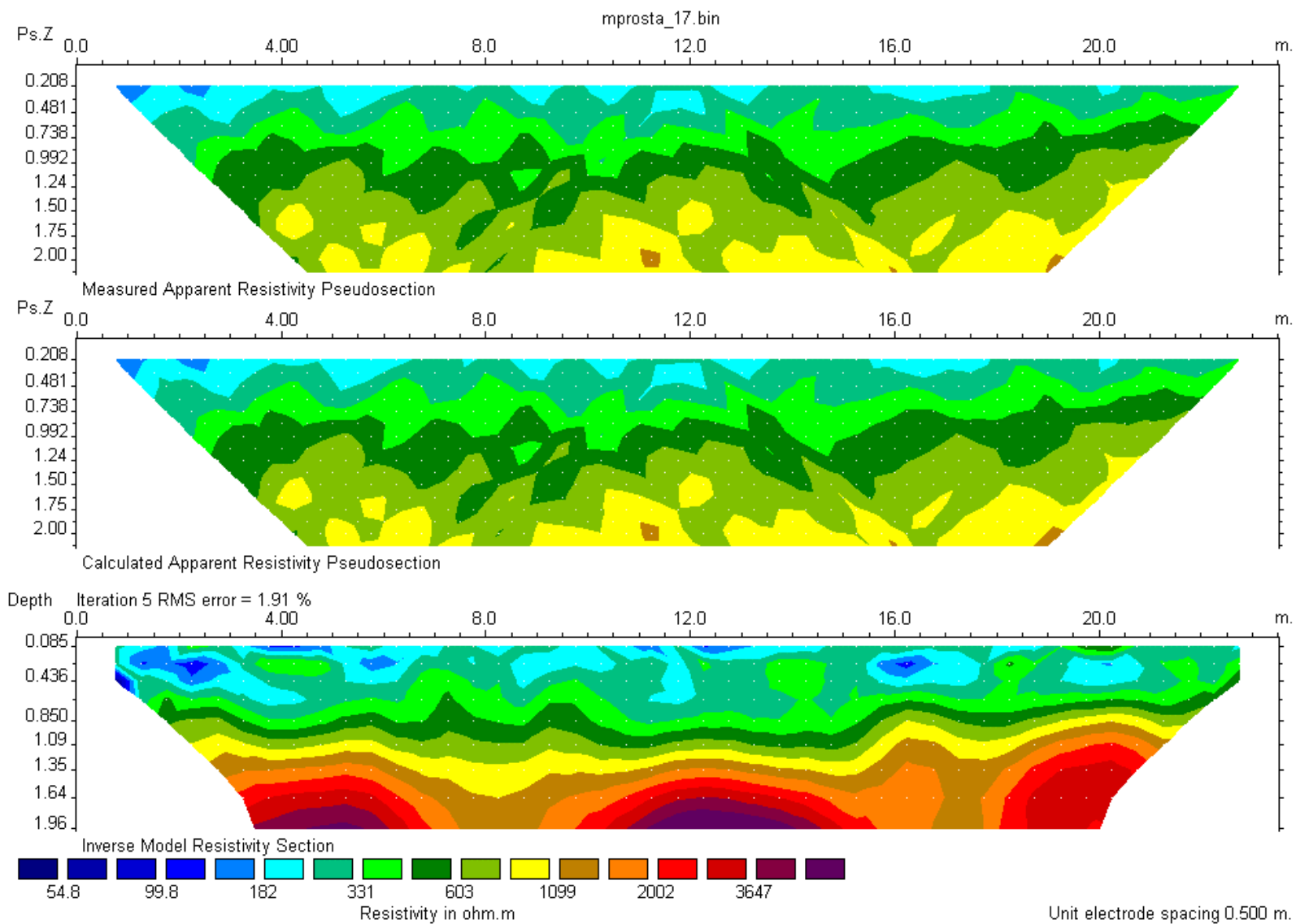
Σχήμα 40. Τομή στα 15 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



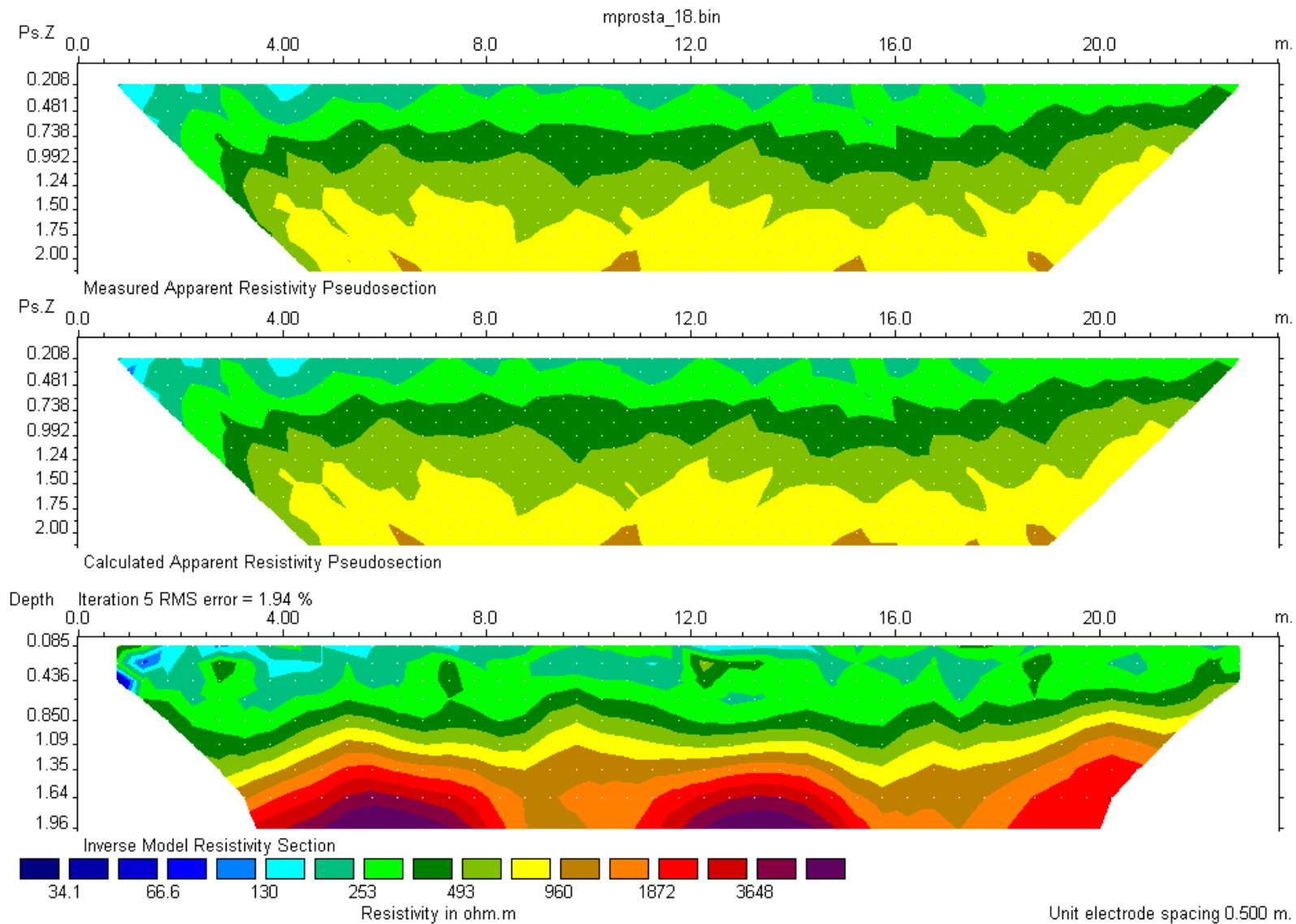
Σχήμα 41. Τομή στα 16 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



Σχήμα 42. Τομή στα 17 μέτρα του καννάβου.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υλεδάφινων δομών



Σχήμα 43. Τομή στα 18 μέτρα του καννάβου.

Το επιφανειακό κάλυμμα του οικοπέδου είναι όμοιο με αυτό του νοτίου μέρους, με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που κυμαίνονται μεταξύ 50 και 100 Ohm.m.

Ο πρώτος γεωλογικός σχηματισμός, που εμφανίζεται από τα 0.40 μέχρι και το 1.0 περίπου μέτρα, έχει τιμές ειδικής αντίστασης που κυμαίνονται μεταξύ 400 και 800 Ohm.m. οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στη συμπαγή μάργα που καλύπτει την ευρύτερη περιοχή.

Αμέσως μετά τη συμπαγή μάργα, εμφανίζεται ένα στρώμα υψηλότερης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, με τιμές που κυμαίνονται από 1200 έως 3000 Ohm.m, και υποδηλώνουν την ύπαρξη πολύ συμπαγούς και άνυδρης μάργας, με επιχώσεις κροκαλλοπαγών και ποταμολιμναίες αποθέσεων. Το στρώμα αυτό αρχίζει να εμφανίζεται από τα 1.0 μέχρι τα 1.60 περίπου μέτρα.

Τελευταίο στρώμα το οποίο αποκαλύφθηκε, είναι ένα στρώμα πολύ υψηλών τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, που κυμαίνονται από τις 3000 έως και 10.000 Ohm.m. Οι τιμές αυτές υποδηλώνουν τιμές μαργαϊκού ασβεστολίθου, ο οποίος δεν είναι κερματισμένος. Πολύ πιθανόν αυτό το στρώμα να αποτελεί και το υπόβαθρο της συγκεκριμένης περιοχής.

Res3Dinv

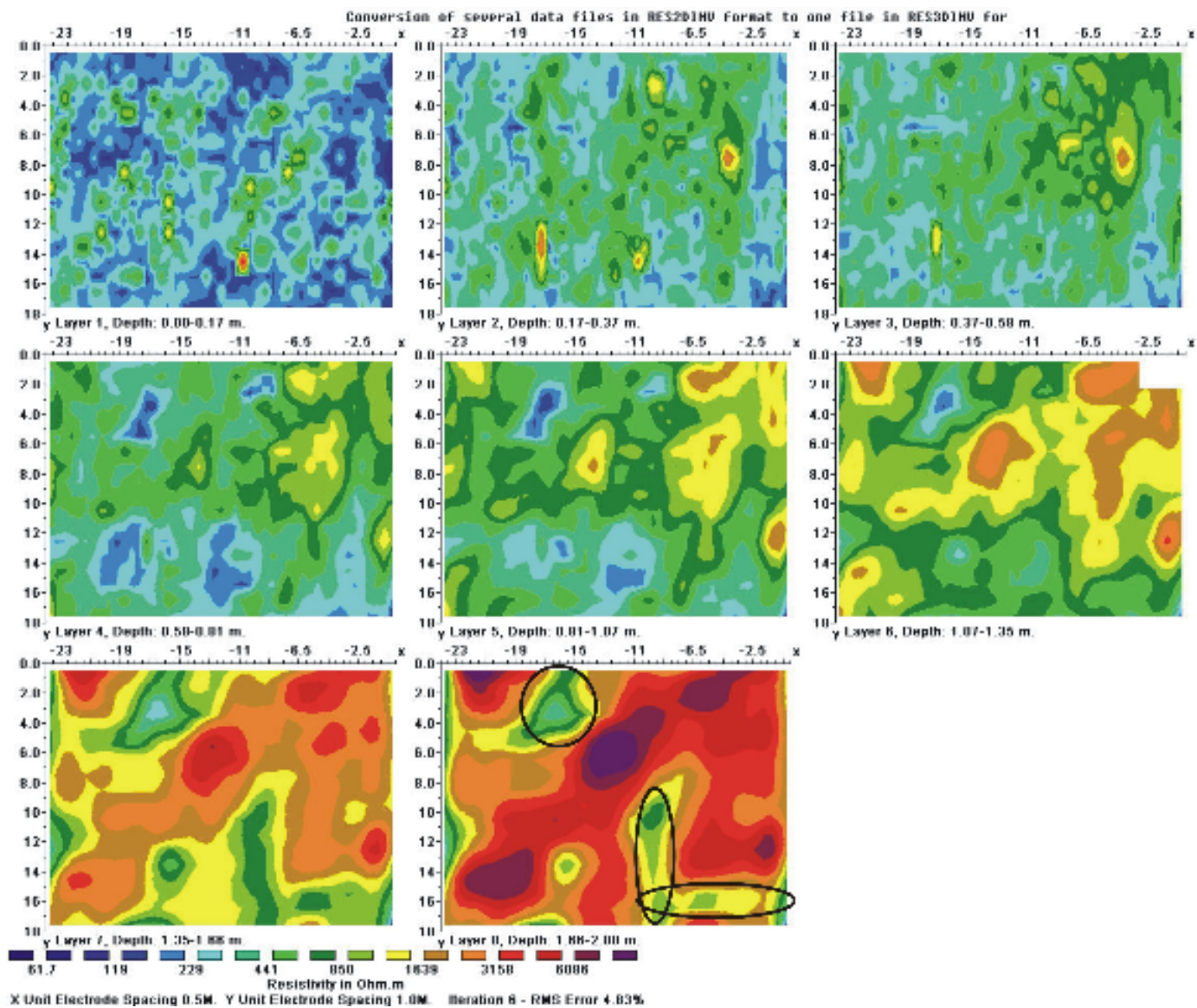
Τα δεδομένα των δυσδιάστατων τομογραφιών εισαχθήκανε στο λογισμικό τρισδιάστατης αντιστροφής Res3Dinv, όπου εκ νέου λύθηκε το πρόβλημα της αντιστροφής, με ταυτόχρονη επεξεργασία όλων των τομών, όπως και στην περίπτωση του νοτίου οικοπέδου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό τη μορφή κατόψεων (slices), παράλληλων με την επιφάνεια του εδάφους και αντικατοπτρίζουν την κατανομή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης με το βάθος σε όλο το μήκος και πλάτος του καννάβου.

Για ευκολία ανάγνωσης, παρουσιάζεται μόνο το τελικό μοντέλο αντιστροφής, όπου σε κάθε επίπεδο αναγράφεται το βάθος στο οποίο αντιστοιχεί, και η κλίμακα των τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι κοινή. Το σφάλμα της αντιστροφής είναι πολύ μικρό, κάτω του 5%.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 44, υπάρχουν δύο περιοχές του βορείου οικοπέδου που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Οι περιοχές αυτές είναι σημειωμένες με μαύρες ελλείψεις. Σε παρακείμενο οικόπεδο, πρόσφατα οι αρχαιολόγοι ανακάλυψαν, μετά από έρευνα εκσκαφής, περιοχές πάνω στο μαργαϊκό ασβεστόλιθο όπου κατά την αρχαιότητα οι κάτοικοι της περιοχής προμηθεύονταν τεμάχια βράχου για οικιστικούς σκοπούς.

Οι περιοχές του σχήματος 44 θα μπορούσαν να θεωρηθούν ανθρωπογενείς κατασκευές, σμιλήματα μέσα στο βράχο για τον ίδιο σκοπό με τις περιοχές που απεκαλύφθησαν στο παρακείμενο οικόπεδο.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφινων δομών



Σχήμα 44. Αποτελέσματα τριδιάστατης αντιστροφής των δυσδιάστατων τομογραφιών στο βόρειο οικόπεδο.

8.1 Τομή Εντός Σκάμματος Θεμελίωσης Οικίας Βορείου Οικοπέδου

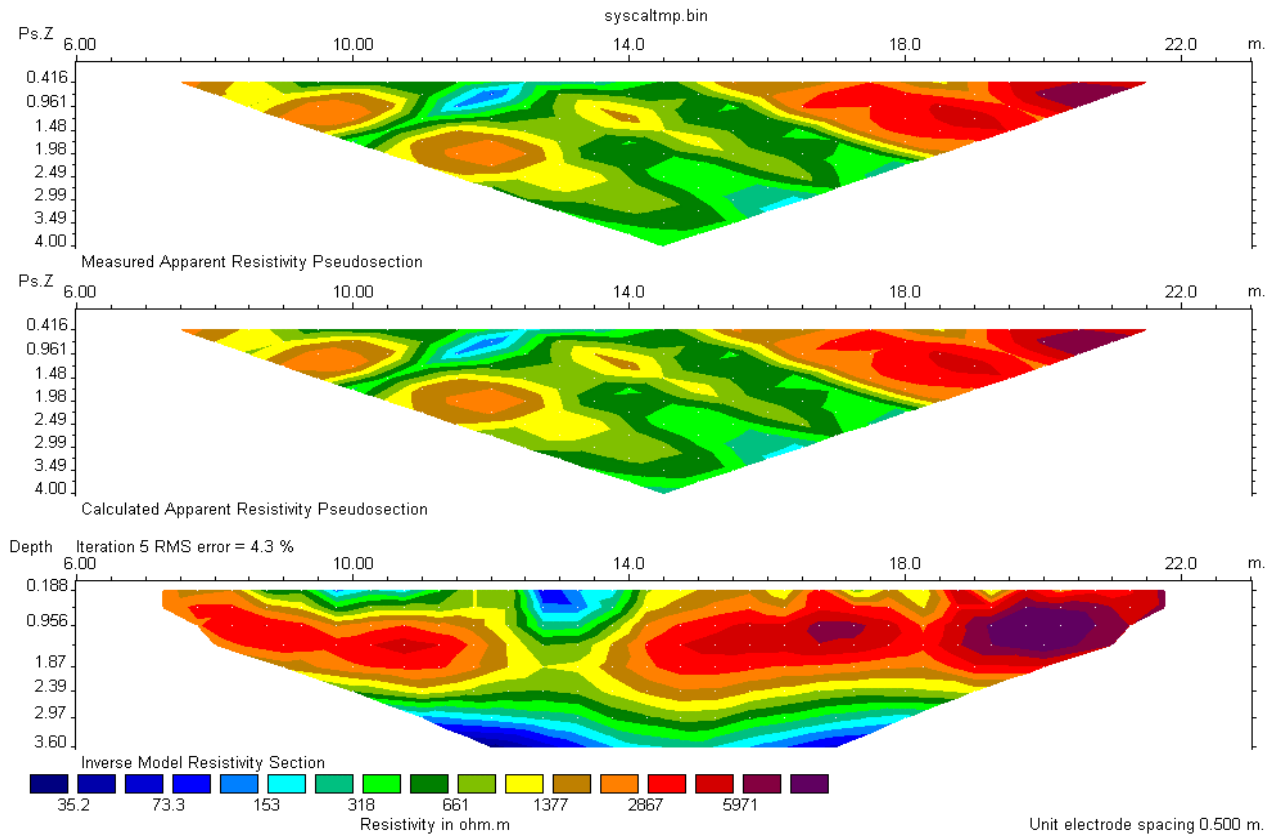
Όπως προαναφέρθηκε, πραγματοποιήθηκε μια ηλεκτρική τομογραφία εντός του σκάμματος που είχε ήδη εκσκαφεί για τη θεμελίωση του βόρειου τμήματος της οικίας. Το βάθος διασκόπησης δεν ξεπέρασε τα 4 μέτρα, και σκοπός της διενέργειας της τομής είναι να προσδιοριστεί το υπόβαθρο θεμελίωσης του κτιρίου.

Στο σχήμα 45 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της επεξεργασίας της μέτρησης. Σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους, η τομή βρίσκεται περίπου δύο μέτρα χαμηλότερα. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι 0.5 μέτρα και χρησιμοποιήθηκαν 18 ηλεκτρόδια.

Από τα αποτελέσματα διακρίνουμε ότι στα -2.0 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι και τα -4.0 μέτρα περίπου, διακρίνεται το στρώμα του μαργαϊκού ασβεστόλιθου με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που κυμαίνονται από 3.000 έως 8.000 Ohm.m.

Στον ημιχώρο η τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μειώνεται κατά πολύ, κάτι που μπορεί να υποδηλώνει ότι ο μαργαϊκός ασβεστόλιθος δεν είναι το στερεό υπόβαθρο της περιοχής. Λόγω όμως του ότι στις θέσεις κάτω από τα 3.2 μέτρα δεν υπάρχει αρκετός όγκος δεδομένων, ίσως αυτή η πτώση στις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης να είναι «απομεινάρια» εξαιτίας της διαδικασίας της αντιστροφής.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



Σχήμα 45. Τομή εντός του σκάμματος θεμελίωσης του βόρειου μέρους της οικίας στο βόρειο οικόπεδο.

9. Ηλεκτρικές Βυθοσκοπήσεις

Εντός του χώρου του οικοπέδου πραγματοποιήθηκαν δύο ηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις, με σκοπό τη διερεύνηση ύπαρξης υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα για την εκμετάλλευση του μέσω γεωτρήσεων θερμότητας ή γεωτρήσεων άντλησης προς άρδευση. Λόγω έλλειψης διαθέσιμου γραμμικού ελεύθερου χώρου, το άνοιγμα των ηλεκτροδίων AB/2 δεν ξεπέρασε τα 90 μέτρα, και το βάθος διασκόπησης τα 50 μέτρα. Από την επεξεργασία των δεδομένων, όπως φαίνεται και στα σχήματα 46 και 47 προκύπτουν τα εξής:

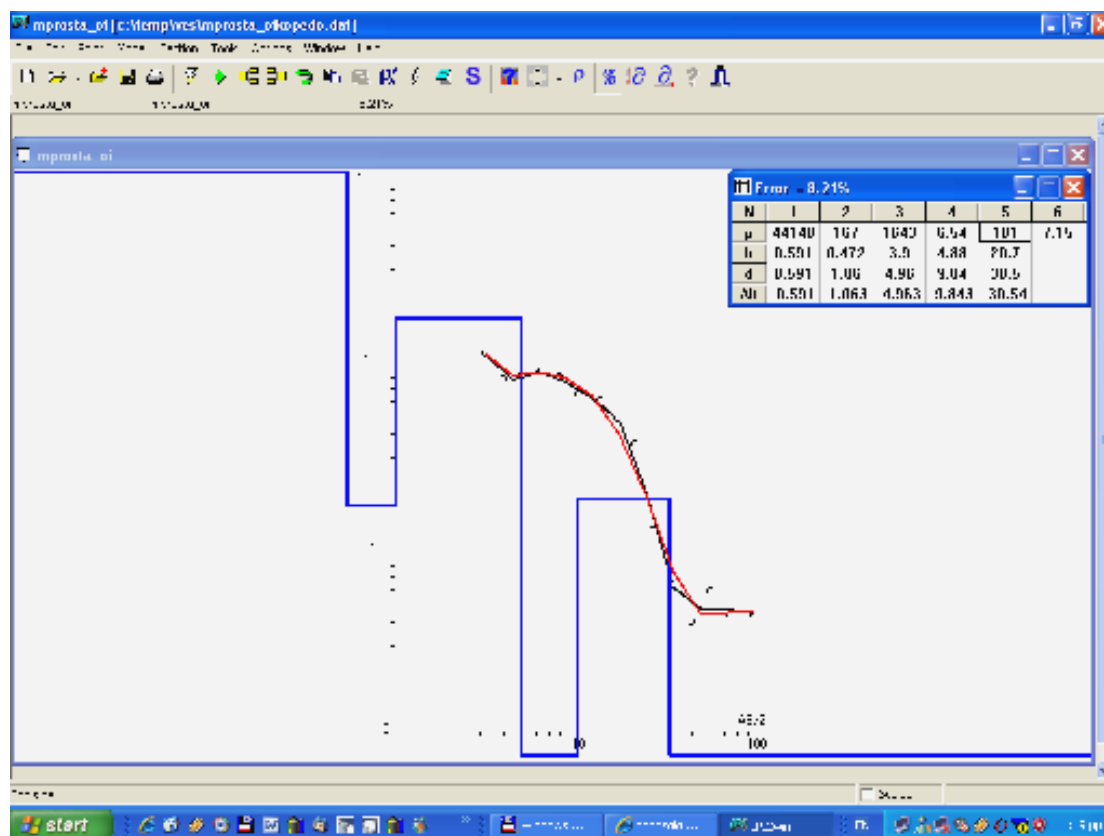
Για τη βυθοσκόπηση στο βόρειο οικόπεδο, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωλογία της περιοχής, και τα αποτελέσματα των ηλεκτρικών τομογραφιών, το ανώτερο στρώμα με τιμή ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης 1600 Ohm.m αποτελείται από συμπαγή μάργα με προσχώσεις κροκαλλοπαγών και ποταμολιμναίες αποθέσεων, που φτάνει σε βάθος μέχρι και τα 5 περίπου μέτρα.

Στη συνέχεια εμφανίζεται ένα στρώμα πέντε περίπου μέτρων με χαμηλή τιμή ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που ίσως να είναι μάργα με μικρές ποσότητες ύδατος, χωρίς άλλα γεωλογικά υλικά. Στη συνέχεια η τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης αυξάνεται περίπου στα 180 Ohm.m, τιμή που θα μπορούσε να αντιστοιχιστεί σε μάργα χωρίς την παρουσία ύδατος.

Στα 30 περίπου μέτρα η τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μειώνεται, υποδηλώνοντας ίσως την παρουσία υδροφορέα. Δυστυχώς λόγω έλλειψης διαθέσιμου ελεύθερου γραμμικού χώρου, η ηλεκτρική βυθοσκόπηση δεν κατάφερε να διεισδύσει βαθύτερα, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

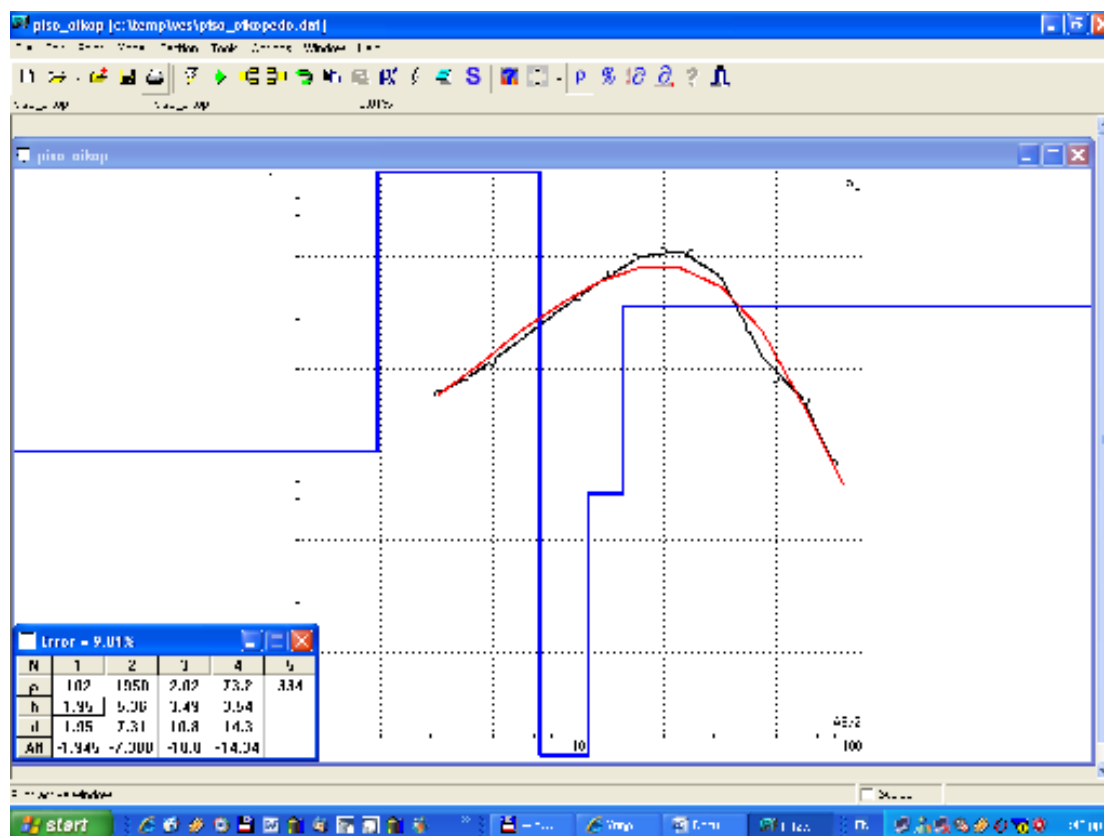
Η βυθοσκόπηση που πραγματοποιήθηκε στο νότιο οικόπεδο, δεν έδειξε να συναντά υδροφόρο ορίζοντα μέχρι το βάθος των 50 μέτρων. Δυστυχώς λόγω έλλειψης και σε αυτή την περίπτωση διαθέσιμου γραμμικού ελεύθερου χώρου, δεν είναι εφικτή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



Σχήμα 46. Αποτέλεσμα ηλεκτρικής βυθοσκόπησης στο βόρειο οικόπεδο.

Πτυχιακή εργασία για τον προσδιορισμό υπεδάφιων δομών



Σχήμα 47. Αποτέλεσμα ηλεκτρικής βυθοσκόπησης στο νότιο οικόπεδο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα για τον χώρο της μελέτης :

- Γενικότερα η περιοχή καλύπτεται από νεογενή υλικά, πολλά από τα οποία είναι φερτά, κροκαλλοπαγή, ποταμολιμναίες αποθέσεις και μάργες.
- Στο νότιο οικόπεδο, η σύσταση του εδάφους αποτελείται από επιφανειακό κάλυμμα, ένα λεπτό στρώμα μάργας συμπαγούς και άνυδρης με προσχώσεις κροκαλλοπαγών, και στη συνέχεια στρώμα συμπαγούς κίτρινης μάργας.
- Δεν εντοπίστηκαν ίχνη ανθρωπογενών κατασκευών (οικίες, τοίχοι, ταφικά μνημεία) σε όλο το χώρο μετρήσεων του νοτίου οικοπέδου.
- Στο βόρειο οικόπεδο η σύσταση του εδάφους είναι παρόμοια με αυτή του νοτίου, με τη διαφορά ότι τα στρώματα παρουσιάζουν βάθυνση σε σχέση με το νότιο τμήμα. Η ύπαρξη συμπαγούς καθαρής κίτρινης και άνυδρης μάργας δεν εμφανίζεται στα 2 μέτρα που έφτασε το μέγιστο βάθος διερεύνησης.
- Στο χώρο διερεύνησης του βορείου οικοπέδου δεν παρατηρήθηκαν ανθρωπογενείς κατασκευές. Υπάρχουν δύο περιοχές παρόλα αυτά, στις οποίες θα μπορούσαν να δημιουργηθούν υποψίες, και οι οποίες θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω με άλλες μεθόδους.
- Οι ηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις έδειξαν την πιθανότητα ύπαρξης υδροφορέα στο βόρειο οικόπεδο και σε βάθος περίπου τριάντα μέτρων. Δυστυχώς λόγω έλλειψης διαθέσιμου χώρου δεν κατέστη δυνατό η διασκόπηση να εισχωρήσει σε μεγαλύτερα βάθη, ώστε να δωθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα για το πάχος του υδροφορέα και τη διαθέσιμη ποσότητα ύδατος προς εκμετάλλευση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.Loke, M. H.**, 2002, RES2DMOD, Rapid 2D Resistivity Forward Modeling Using Finite-Difference and Finite-Element Methods, published at www.geoelectrical.com
- 2.Loke, M. H.**, 2000, A Practical Guide to 2D & 3D Electrical Imaging Surveys, published at www.geoelectrical.com
- 3. Tsourlos, P., Szymanski, J. and Tsokas G.**, 1999, The effect of terrain topography on commonly used resistivity arrays: Geophysics, 64, 1357-1363.