

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



Τμήμα Γεωλογίας

Τομέας Γεωφυσικής

Επιβλέπων Καθηγητής: Βαργεμέζης Γεώργιος

Επίκουρος καθηγητής ΑΠΘ

{ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ}:

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΠΙΘΑΝΩΝ
ΕΓΚΟΙΛΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ.**

Την εργασία επιμελήθηκε η φοιτήτρια του τμήματος
Γεωλογίας:

ΤΣΙΤΣΙΜΠΙΚΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗ

ΑΕΜ: 4070

Περιεχόμενα:

- 1 Πίνακας περιεχομένων
- 2 Εισαγωγή
- 3 Γεωγραφία περιοχής
- 4 Γεωφυσική έρευνα-μέθοδος
- 5 Περιγραφή της μεθόδου ηλεκτρικής τομογραφίας
 - 5.1 Γεωηλεκτρική τομογραφία ERT 1
 - 5.2 Γεωηλεκτρική τομογραφία ERT 2
 - 5.3 Γεωηλεκτρική τομογραφία ERT 3
 - 5.4 Γεωηλεκτρική τομογραφία ERT 4
- 6 Συμπεράσματα

2. Εισαγωγή

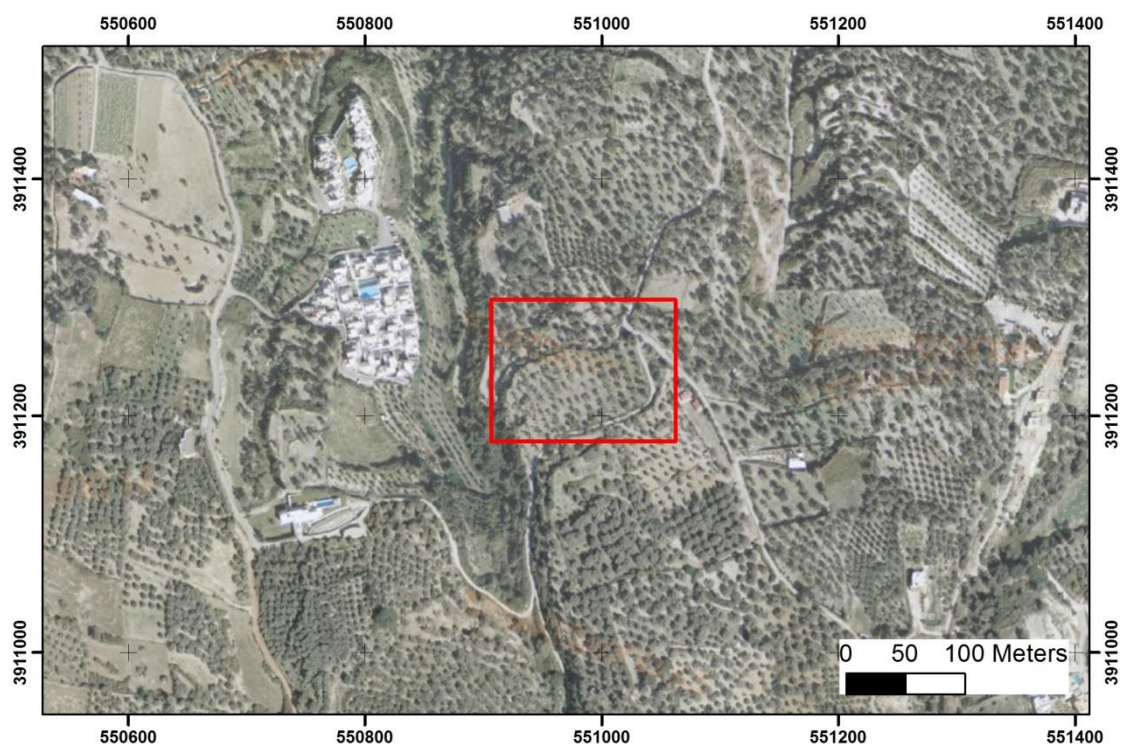
Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του τμήματος Γεωλογίας από φοιτήτρια Φωτεινή Τσιτσιμπίκου υπό την εποπτεία του επίκουρου καθηγητή του τομέα Γεωφυσικής κ. Γεωργίου Βαργεμέζη.

Διεξήχθη στην περιοχή Άδελε του Νομού Ρεθύμνου γεωφυσική έρευνα με αντικείμενο την εφαρμογή τομογραφίας για τον εντοπισμό πιθανών έγκοιλων στην περιοχή, τον καθορισμό της δομής του υποβάθρου με τη χρήση Ηλεκτρικών Μεθόδων Γεωφυσικής Διασκόπησης.

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται η μέθοδος της γεωηλεκτρικής τομογραφίας, η οποία δίνει την δυνατότητα λήψης μετρήσεων σε δύο διαστάσεις και κατασκευής δισδιάστατων γεωηλεκτρικών μοντέλων σε μία περιοχή. Τα δεδομένα αναλύονται με τη χρήση του ειδικού λογισμικού DC_2DPro Version 1.01 από όπου παράχθηκαν οι δισδιάστατες τομογραφίες της περιοχής, καθώς και οι τομογραφίες με την τεχνική της αντιστροφής για εξαγωγή συμπερασμάτων που αντιπροσωπεύουν την πραγματική εικόνα του υπεδάφους. (W. Zhou, B.F. Beck, J.B. Stephenson, 2000).

3. Θέση περιοχής έρευνας

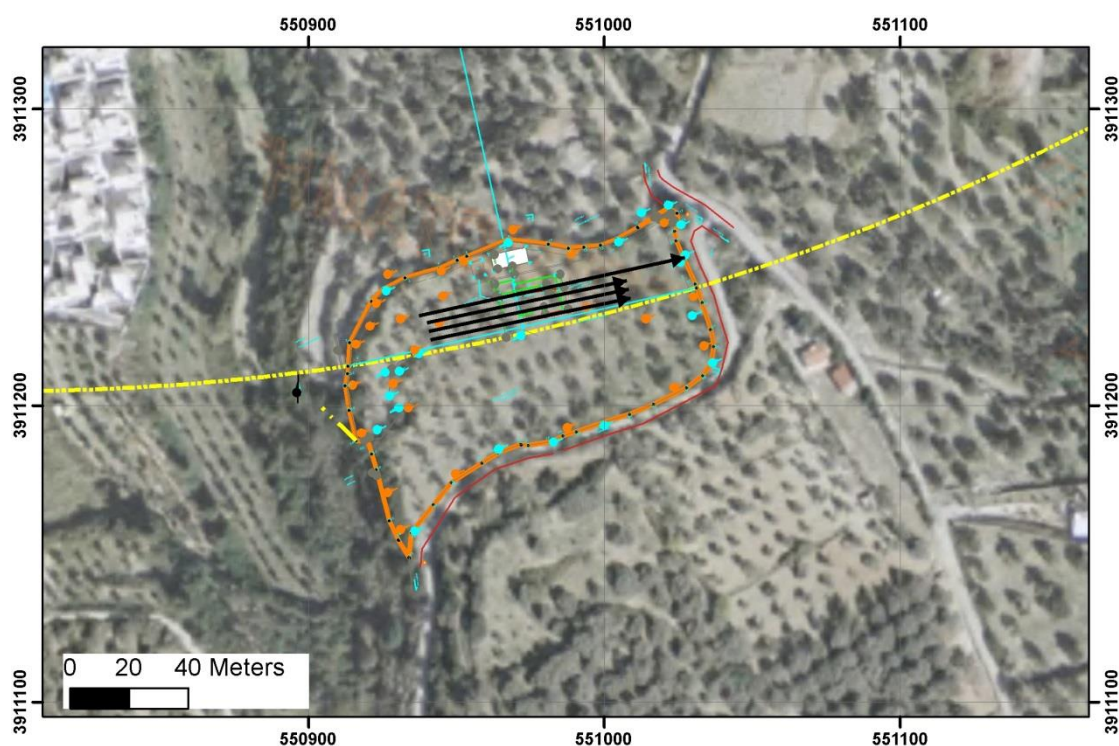
Η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται στη περιοχή Άδελε στο Ρέθυμνο Κρήτης σε απόσταση περίπου 14 χιλιομέτρων.



Εικόνα 1. Δορυφορική εικόνα της περιοχής Άδελε του Ρεθύμνου. Το κόκκινο πλαίσιο δείχνει την περιοχή μελέτης όπου πραγματοποιήθηκε η γεωφυσική έρευνα. (Google earth 2014)

4. Γεωφυσική μέθοδος

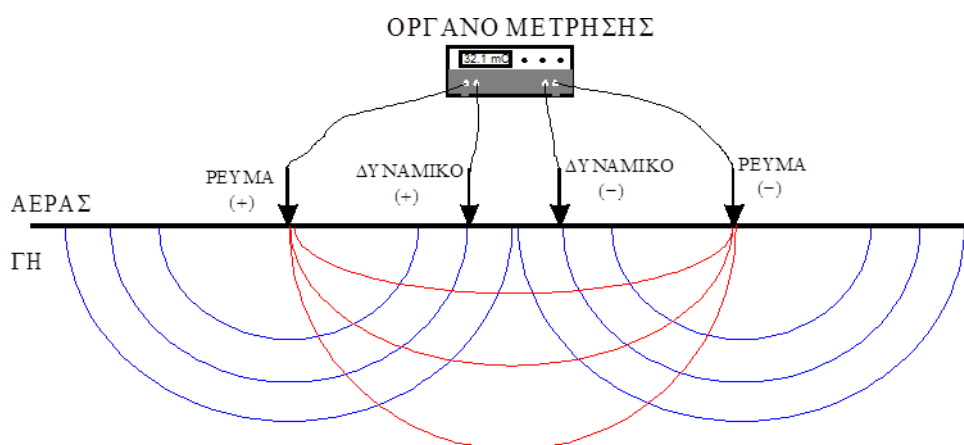
Στη συνέχεια περιγράφεται η γεωφυσική μέθοδος που επιλέχθηκε σαν η πλέον κατάλληλη για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος, οι μετρήσεις που υλοποιήθηκαν στην περιοχή έρευνας, η ερμηνεία και η αξιολόγησή τους με βάση τον στόχο της μελέτης. Τέλος, περιγράφονται τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η γεωφυσική έρευνα.



Εικόνα 2. Θέσεις εκτέλεσης γεωηλεκτρικών τομογραφιών.

5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

Με την εφαρμογή ηλεκτρικών μεθόδων επιδιώκεται ο καθορισμός της κατανομής των 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 2). Σε ένα δεύτερο ζεύγος ηλεκτροδίων μετράται η πτώση τάσης που προκαλείται. Η ωμική αντίσταση που υπολογίζεται σαν το πηλίκο των δύο αυτών μεγεθών χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης η οποία με τη σειρά της μας επιτρέπει τον υπολογισμό της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Στην παρούσα έρευνα αξιοποιούνται οι διατάξεις τομογραφίας που μας επιτρέπουν τη μελέτη της κατανομής της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σε δύο διαστάσεις (οριζόντια και κατακόρυφη). (Παπαζάχος Κ.Β. 1986).



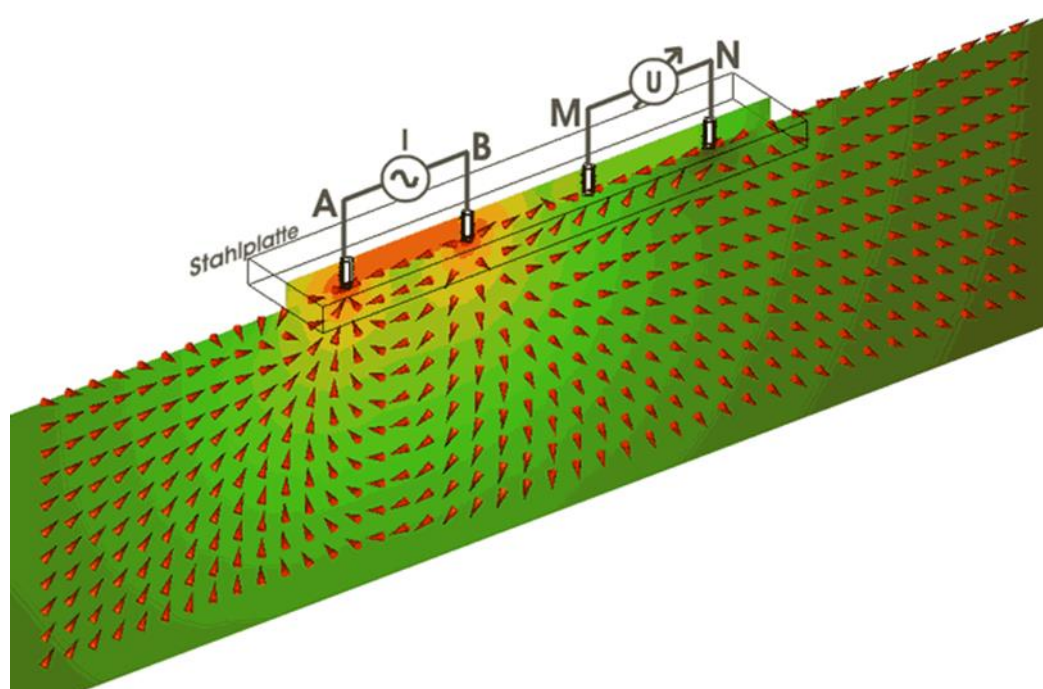
Σχήμα 1. Η βασική διάταξη γεωηλεκτρικών μετρήσεων. (Βαργεμέζης Γεώργιος 2008)

Ο όρος ηλεκτρική τομογραφία (ΗΤ) περιγράφει γενικά έναν τύπο μετρήσεων της φαινόμενης ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους. Μπορεί να θεωρηθεί ως συνδυασμός δύο “παραδοσιακών” τεχνικών μέτρησης: της όδευσης και της βυθοσκόπησης. 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.

Στην διαδικασία της τομογραφίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες διατάξεις ηλεκτροδίων (δίπολου-δίπολου, Wenner, πόλου-δίπολου).

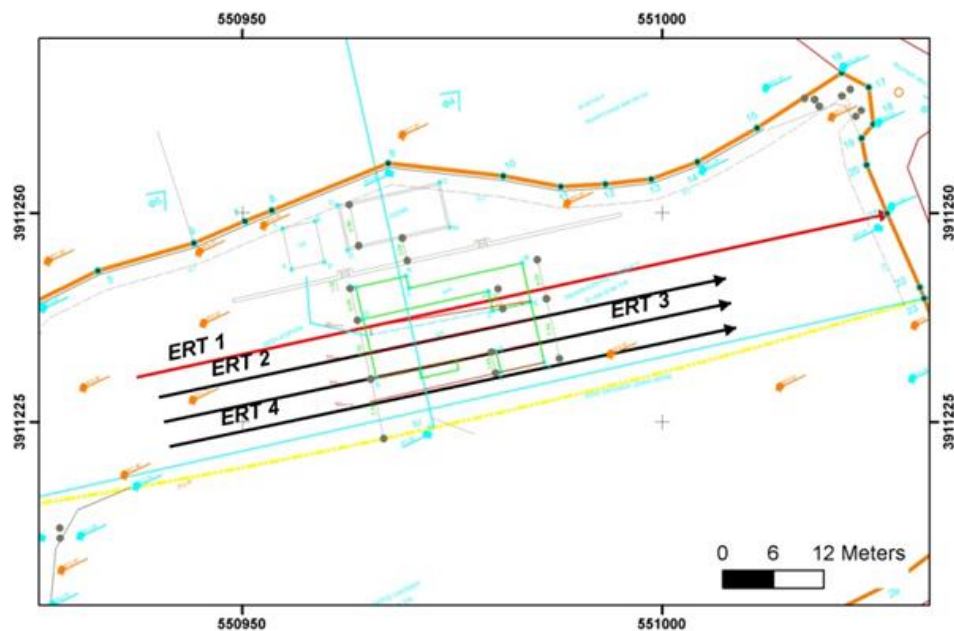
Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της ΗΤ είναι ότι σε σύγκριση με τις άλλες τεχνικές λαμβάνεται ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μετρήσεων (άρα και χρήσιμης πληροφορίας). Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η διακριτική ικανότητα και ανάλυση της γεωηλεκτρικής μεθόδου. Παράλληλα όμως, λόγω του μεγάλου αριθμού τους, οι μετρήσεις είναι δύσκολο να ληφθούν με χειροκίνητη αλλαγή των ηλεκτροδίων, και για αυτό χρησιμοποιούνται συστήματα αυτοματοποιημένων πολυπλεκτών.

Κατά την λήψη των μετρήσεων η απόσταση a μεταξύ του δίπολου δυναμικού MN παραμένει σταθερή και η ίδια όδευση επαναλαμβάνεται αυξάνοντας κάθε φορά την απόσταση $n \cdot a$ μεταξύ του διπόλου ρεύματος AB και του ηλεκτροδίου δυναμικού M (ο n είναι ακέραιος). Η μέγιστη απόσταση $n_{\max} \cdot a$ εξαρτάται από τη μέγιστη ένταση που μπορεί να δώσει η πηγή μας και από τη γεωλογία (γεωηλεκτρικές αντιστάσεις) της περιοχής σε συνάρτηση με το επιθυμητό βάθος έρευνας. (W. Zhou, B.F. Beck, J.B. Stephenson, 2000)

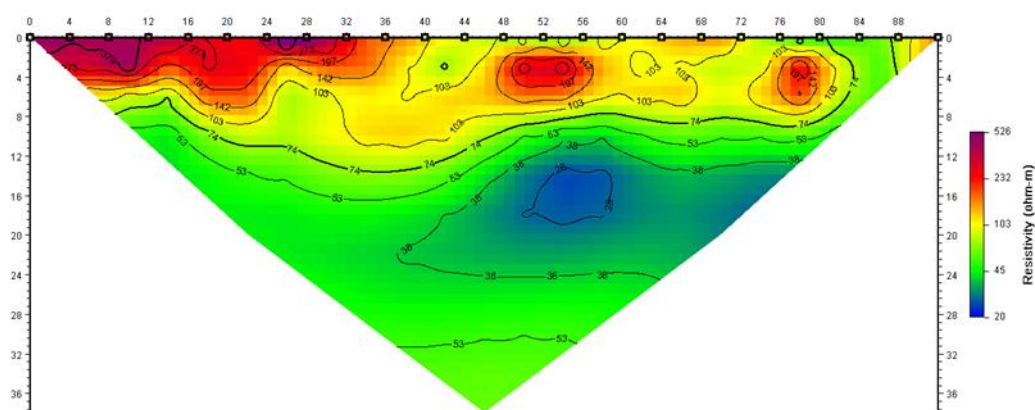


Σχήμα 2. Η διάταξη μέτρησης διπόλου διπόλου

5.1 ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΕΡΤ 1



Εικόνα 3. Θέση γεωηλεκτρικής τομογραφίας ΕΡΤ 1.



Εικόνα 4. Απεικόνιση της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους.

Στο πάνω σχήμα φαίνεται η τομογραφία ERT 1 (βέλος με κόκκινο χρώμα). Στο κάτω μέρος παρουσιάζεται το γεωηλεκτρικό μοντέλο στη θέση αυτή. Το τμήμα της τομογραφίας που αντιστοιχεί στην υπό ανέγερση οικία βρίσκεται μεταξύ του 28ου και 48ου μέτρου και είναι σημειωμένο με πράσινο παραλληλόγραμμο.

Στην εικόνα της αντιστροφής παρατηρούνται τα παρακάτω:

- Το εύρος των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι από 20 μέχρι 526 Ohm.m. Οι τιμές αυτές χαρακτηρίζονται ως φυσιολογικές και συμφωνούν με τη φύση των σχηματισμών που δομούν την γεωλογία της περιοχής έρευνας.

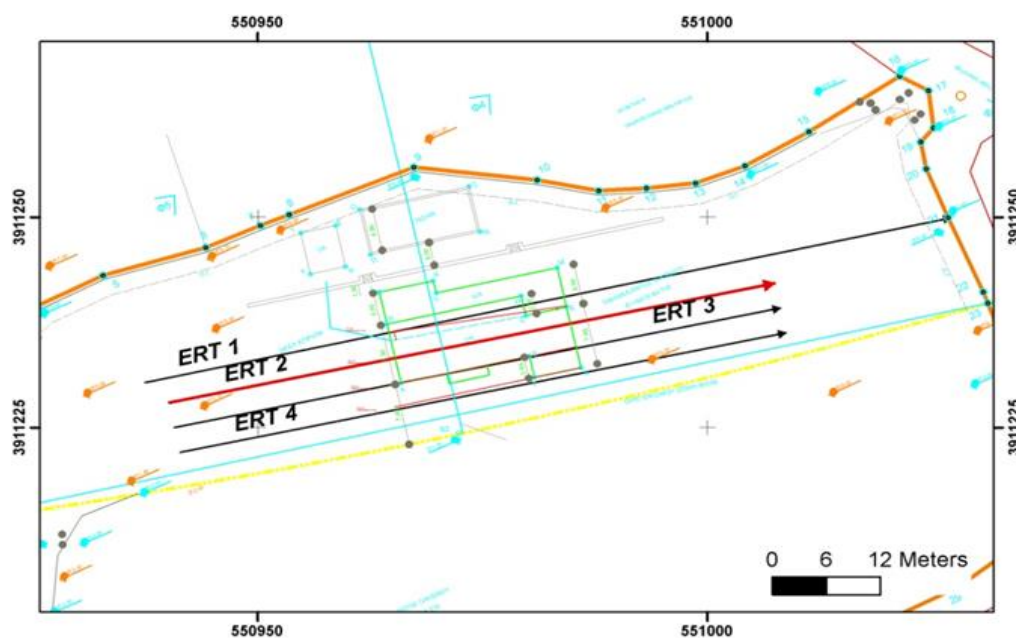
- Η περιοχή με αντίσταση από 20 έως 50 περίπου Ohm.m (μπλε χρώμα) αντιστοιχεί σε σχηματισμό με αρκετά αργιλώδη σύσταση.

- Από 50 έως 100 Ohm.m αναμένεται μαργαϊκός σχηματισμός κυρίως ασβεστιτικής σύστασης (πράσινο έως κίτρινο χρώμα).

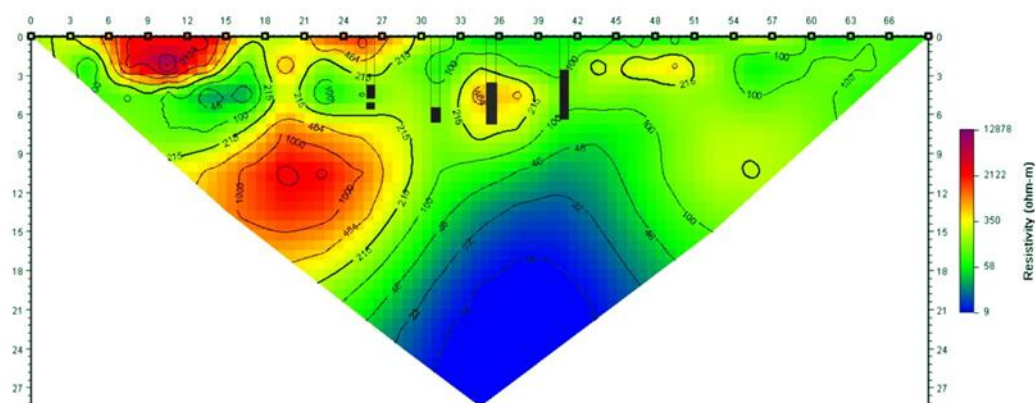
- Η περιοχή με χρώμα πορτοκαλί έως βαθύ κόκκινο αντιστοιχεί σε βραχώδη τμήμα μαργαϊκού ασβεστόλιθου μεγαλύτερης σκληρότητας.

Στην τομή αυτή δεν αναμένονται έγκοιλα ή άλλης μορφής κενά.

5.2 ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΕΡΤ 2



Εικόνα 5. Θέση γεωηλεκτρικής τομογραφίας ERT 2.



Εικόνα 6. Απεικόνιση της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους.

Στο πάνω σχήμα φαίνεται η τομογραφία ERT 2 (βέλος με κόκκινο χρώμα). Στο κάτω μέρος παρουσιάζεται το γεωηλεκτρικό μοντέλο στη θέση αυτή. Το τμήμα της τομογραφίας που αντιστοιχεί στην υπό ανέγερση οικία βρίσκεται μεταξύ του 26ου και 46ου μέτρου και είναι σημειωμένο με πράσινο παραλληλόγραμμο.

Στην εικόνα της αντιστροφής παρατηρούνται τα παρακάτω:

- Παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση στο εύρος των τιμών από την πρώτη τομογραφία. Το εύρος των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι από 9 μέχρι 13000 Ohm.m. Το μέγιστο όριο (13000) χαρακτηρίζεται ως μη φυσιολογικό σε σχέση με τις αναμενόμενες τιμές που παρατηρήθηκαν στην πρώτη τομογραφία. Τιμές μεγαλύτερες των 1000 Ohm.m χαρακτηρίζονται ως πιθανές περιοχές εγκοίλων.

- Η περιοχή με αντίσταση από 9 έως 50 περίπου Ohm.m (μπλε χρώμα) αντιστοιχεί σε σχηματισμό με αρκετά αργιλώδη σύσταση.

- Από 50 έως 100 Ohm.m αναμένεται μαργαϊκός σχηματισμός κυρίως ασβεστιτικής σύστασης (πράσινο χρώμα).

- Η περιοχή με χρώμα κίτρινο έως πορτοκαλί αντιστοιχεί σε βραχώδη τμήμα μαργαϊκού ασβεστόλιθου μεγαλύτερης σκληρότητας.

- Οι περιοχές που περικλείονται από την καμπύλη αντίστασης 1000 Ohm.m με χρώμα κόκκινο έως μωβ είναι πιθανές περιοχές εγκοίλων.

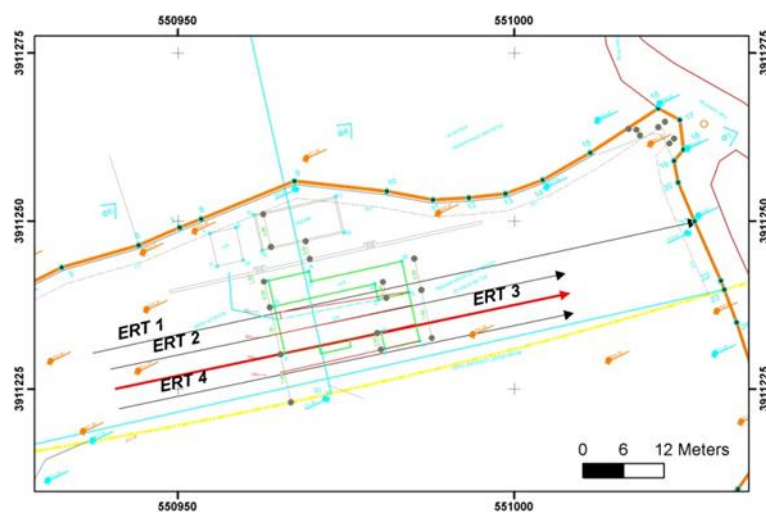
- Στην τομογραφία τοποθετήθηκαν οι γεωτρήσεις και τα κενά που εντοπίστηκαν από αυτές. Σχεδιάστηκαν οι στήλες των γεωτρήσεων Γ5, Γ4, Γ3 και Γ2 αντίστοιχα στις αποστάσεις 26, 32, 35 και 41 μέτρων.

Παρατηρούμε ότι τα μικρού πάχους κενά που στις γεωτρήσεις συναντήθηκαν στις θέσεις Γ5 και Γ4 δεν φαίνονται καθόλου στη τομογραφία αφού στις θέσεις αυτές η ειδική ηλεκτρική αντίσταση έχει τιμές 100 και 126 Ohm.m. Χαρακτηριστικά φαίνεται το κενό στη γεώτρηση Γ3 (35 μέτρα της τομογραφίας). Αντιστοιχεί στη περιοχή με κίτρινο πορτοκαλί χρώμα και τιμές αντίστασης περίπου 700 Ohm.m.

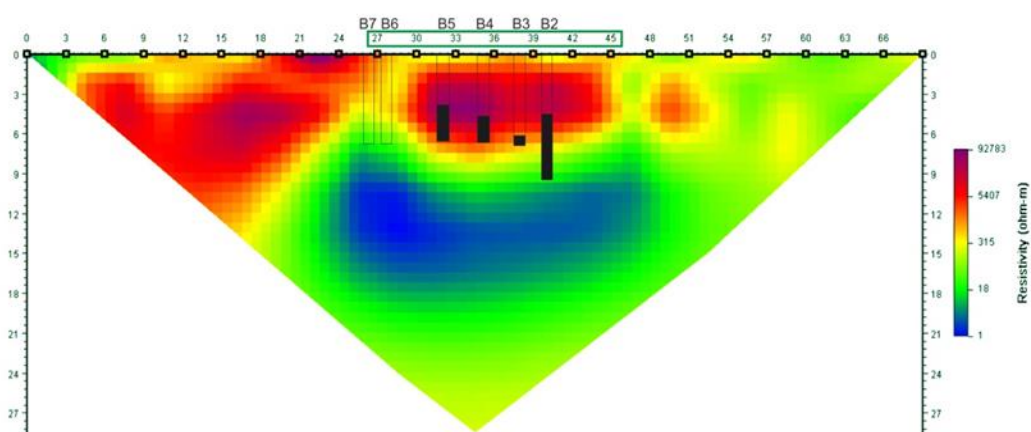
Επισημαίνεται ότι στη γεώτρηση Γ2 που εμφανίζεται μεγαλύτερου πάχους κενό στην τομογραφία δεν εμφανίζεται ιδιαίτερη ανωμαλία αφού η αντίσταση χαρτογραφείται στην τιμή των 120 Ohm.m και η περιοχή παραμένει με ερωτηματικά.

- Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, σημειώνεται η θέση το 46ο μέτρο της τομογραφίας (άκρη του σπιτιού) σαν ύποπτη για κενό στο βάθος από 1.5 έως 3 μέτρο.

5.3 ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΕΡΤ 3



Εικόνα 7. Θέση γεωηλεκτρικής τομογραφίας ERT3.



Εικόνα 8. Απεικόνιση της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους.

Στο πάνω σχήμα φαίνεται η τομογραφία ERT 3 (βέλος με κόκκινο χρώμα). Στο κάτω μέρος παρουσιάζεται το γεωηλεκτρικό μοντέλο στη

θέση αυτή καθώς και οι γεωτρήσεις που έχουν γίνει στον άξονα αυτό. Το τμήμα της τομογραφίας που αντιστοιχεί στην υπό ανέγερση οικία βρίσκεται μεταξύ του 26ου και 46ου μέτρου και είναι σημειωμένο με πράσινο παραλληλόγραμμο.

Στην εικόνα της αντιστροφής παρατηρούνται τα παρακάτω:

- Παρατηρείται ακόμα μεγαλύτερη διαφοροποίηση στο εύρος των τιμών από την πρώτη τομογραφία. Το εύρος των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι από 0 μέχρι 93000 Ohm.m. Και εδώ βέβαια ισχύει ότι το μέγιστο όριο (93000) χαρακτηρίζεται ως μη φυσιολογικό σε σχέση με τις αναμενόμενες τιμές που παρατηρήθηκαν στην πρώτη τομογραφία. Η μεγάλη τιμή μάλιστα είναι ενδεικτική του μεγαλύτερου μεγέθους που έχουν τα κενά στην τομογραφία αυτή.

Σημειώνεται ότι οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται στην περιοχή από τα 33 μέχρι τα 36 μέτρα της τομής και σε βάθος περίπου 4 μέτρων. Τονίζεται επίσης ότι και οι πολύ μικρές τιμές (κοντά στο 0) δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα αλλά είναι αποτέλεσμα της μεγάλης αντίθεσης των τιμών στο υπέδαφος λόγω των κενών.

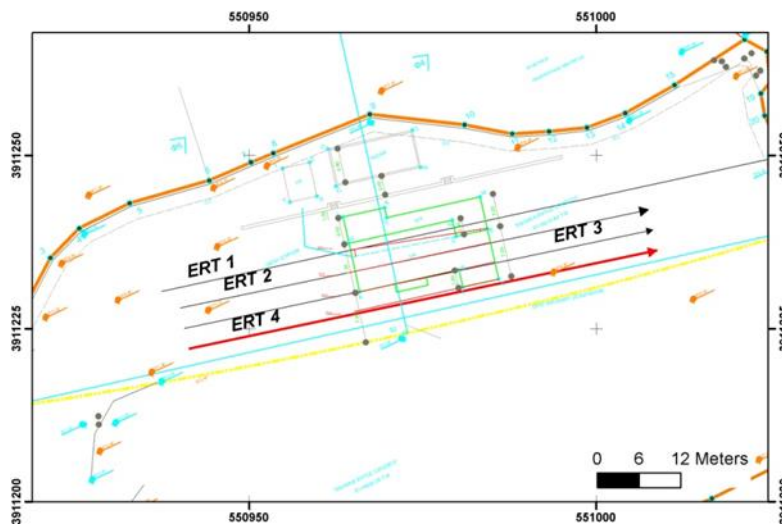
- Η περιοχή που ορίζεται από το κίτρινο χρώμα και προς το κόκκινο αντιστοιχεί σε περιοχή εγκοίλων με δεδομένο ότι πιστοποιούνται και από τις γεωτρήσεις.
- Στην τομογραφία τοποθετήθηκαν οι γεωτρήσεις και τα κενά που εντοπίστηκαν από αυτές. Σχεδιάστηκαν οι στήλες των γεωτρήσεων B7, B6, B5, B4, B3 και B2 αντίστοιχα στις αποστάσεις 26, 28, 32, 35, 38 και 41 μέτρων. Παρατηρούμε ότι στις B7 και B6 παρότι οι γεωτρήσεις δεν έχουν συναντήσει κενά, οι αντιστάσεις είναι αρκετά μεγάλες. Το

γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της αντιστροφής δεδομένου ότι η περιοχή βρίσκεται μεταξύ δύο μεγάλων εγκοίλων που επηρεάζουν την αντιστροφή. Σημειώνεται ότι παρόλα αυτά εμφανίζεται σαν ασυνέχεια μικρότερης αντίστασης μεταξύ των δύο περιοχών αυτών.

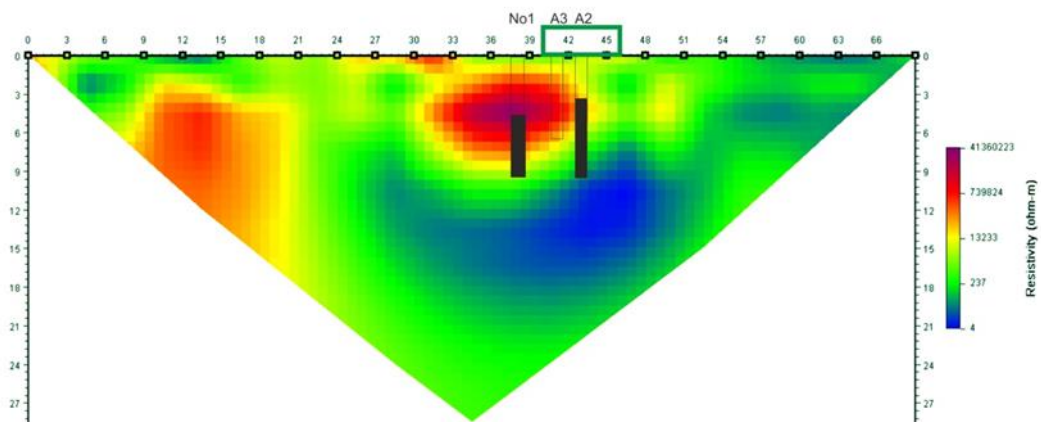
- Η πρώτη περιοχή με έγκοιλα ορίζεται από την αρχή της τομογραφίας μέχρι τα 25 μέτρα και φτάνει μάλιστα σε πολύ μεγάλο βάθος. Το μέγιστο παρατηρούμενο είναι 12 μέτρα στο 15ο μέτρο της τομής.
- Η δεύτερη περιοχή που είναι και αυτή που μας ενδιαφέρει αφού βρίσκεται στην περιοχή θεμελίωσης της οικίας ορίζεται από τα 28 μέχρι τα 54 μέτρα της τομογραφίας με μία ασυνέχεια στα 46.5 μέτρα (ακριβώς στο ανατολικό όριο της οικίας).
- Στον χώρο της οικίας εμφανίζεται έγκοιλο σε όλο το μήκος της οικίας με την μορφή δύο επί μέρους εγκοίλων με κέντρα τα 33 και 40 μέτρα της τομογραφίας. Το βάθος των εγκοίλων φαίνεται να φτάνει τα 9.2 στα 33 μέτρα της τομογραφίας και 8.5 στα 41 μέτρα. Σημειώνεται ότι η γεώτρηση B2 (στα 40.6 μέτρα) μέχρι τα 9.5 μέτρα βάθους ήταν σε κενό που μάλλον είναι και το όριο.

Τονίζεται ότι το έγκοιλο συνεχίζεται μέχρι και μετά το ανατολικό όριο της οικίας.

5.4 ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΕΡΤ 4



Εικόνα 9. Θέση γεωηλεκτρικής τομογραφίας ERT 4.



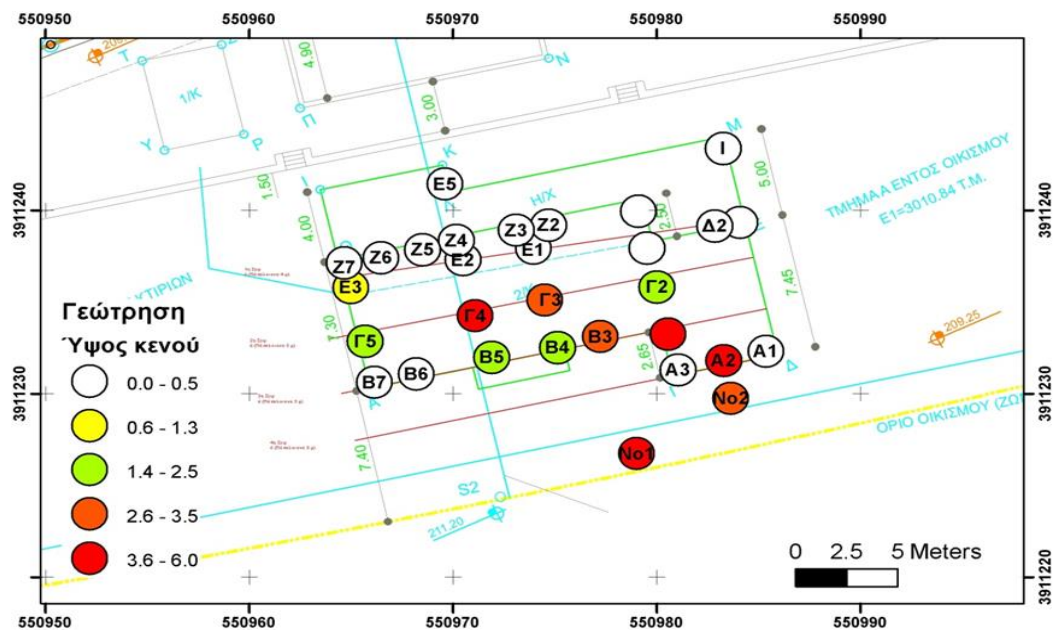
Εικόνα 10. Απεικόνιση της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους.

Στην τομογραφία αυτή που είναι και η νοτιότερη (τελευταία) που μετρήθηκε, παρατηρούμε ότι το εύρος γίνεται ακόμα μεγαλύτερο φτάνοντας την τάξη τιμών των εκατομμυρίων, μέγεθος που είναι μη υπαρκτό και αποτελεί προϊόν καθαρά της αντιστροφής και είναι αποτέλεσμα του κενού που δεν έχει στηλοειδείς ενδιάμεσες μορφές που συνδέουν κατά κάποιο τρόπο τα επιμέρους έγκοιλα.

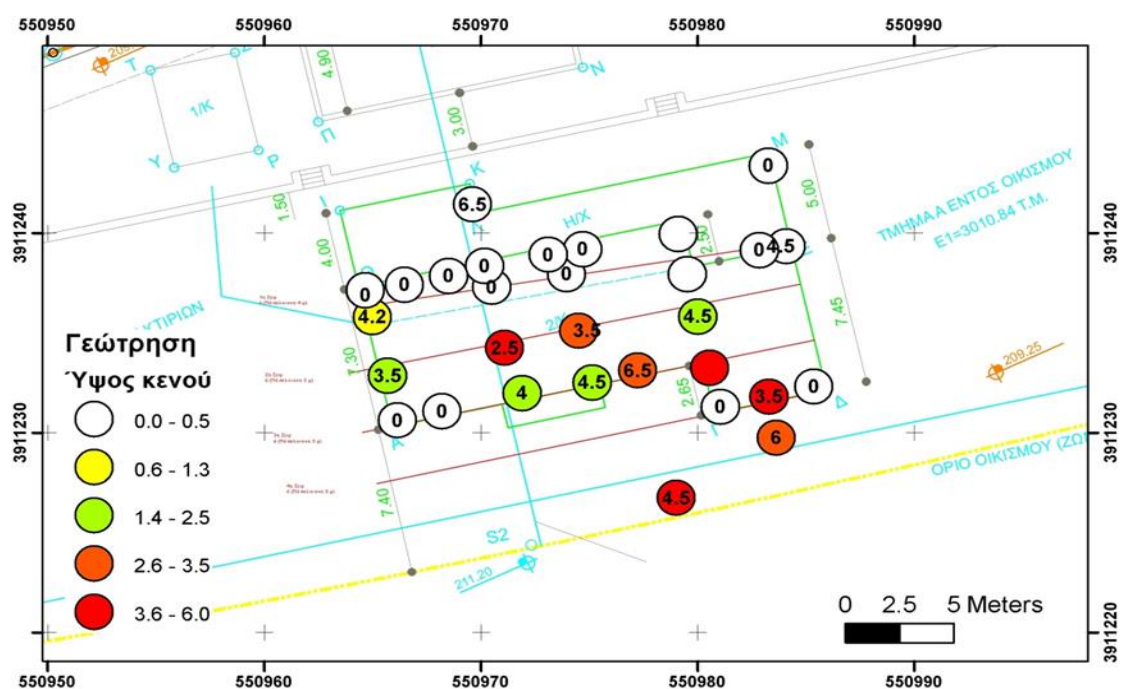
6. Συμπεράσματα

Αναλυτικά παρατηρούμε τα εξής:

- Παρατηρούνται δύο έγκοιλα
- Το πρώτο (δυτικό) ορίζεται στη θέση μεταξύ του 7ου και 23 μέτρου της τομογραφίας. Βρίσκεται εκτός της περιοχής της οικίας. Το κέντρο του βρίσκεται στα 13 μέτρα της τομής και σε βάθος περίπου 5 μέτρων.
- Το δεύτερο βρίσκεται στη θέση μεταξύ του 30ού και 45ου μέτρου και είναι αυτό που εμφανίζει τιμές της τάξης των εκατομμυρίων. Ο χώρος αυτός που φαίνεται να φτάνει μέχρι το βάθος των 10 μέτρων είναι το κύριο έγκοιλο, είναι πολύ πιθανό όμως να συνδέεται με το προηγούμενο με μικρά συνεχή έγκοιλα με στηλοειδείς δομές που λειτουργούν σαν υποστυλώματα.
- Επισφαλής στην περίπτωση αυτή είναι η συσχέτιση με τις γεωτρήσεις δεδομένου ότι η γεώτρηση A3 που σύμφωνα με το σκαρίφημα έγινε στη θέση των 43 μέτρων της τομογραφίας και σύμφωνα με την τομογραφία θα έπρεπε να βρει κενό δεν το συνάντησε καθόλου. Θα πρέπει θα ελεγχθεί η θέση της γεώτρησης, αλλιώς θα πρέπει να υποθέσουμε ότι συνάντησε στηλοειδή μορφή μάργας που δεν μπορεί να εντοπιστεί από την τομογραφία.
- Στο ύψος του 38ου μέτρου της τομογραφίας αλλά 3 μέτρα νότια έγινε η γεώτρηση Νο1 η οποία συνάντησε κενό από το βάθος των 4.5 μέτρων μέχρι τα 9.5 μέτρα.
- Μεγάλη πιθανότητα εγκοίλου υπάρχει και μέχρι της απόστασης των 52 μέτρων της τομογραφίας και σε βάθος 7 μέτρων.



Εικόνα 11. Απεικόνιση των γεωτρήσεων που αξιοποιήθηκαν. Σε κάθε γεώτρηση φαίνεται η κωδική της ονομασία και με χρωματική κλίμακα το πάχος του κενού όπως το κατέγραψε η γεώτρηση.



Εικόνα 12. Απεικόνιση των γεωτρήσεων που αξιοποιήθηκαν. Σε κάθε γεώτρηση φαίνεται η κωδική της ονομασία και με χρωματική κλίμακα το πάχος του κενού όπως το κατέγραψε η γεώτρηση. Μέσα στο κύκλο κάθε γεώτρησης σημειώνεται το βάθος που συναντήθηκε το κενό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Παπαζάχος Κ.Β.(1986) : Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Γεωφυσική, 1986, Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη
- Βαργεμέζης Γεώργιος (2013) : Διερεύνηση για τον εντοπισμό πιθανών εγκοίλων στην περιοχή μετεγκατάστασης του οικισμού Ποντοκώμη, Ερευνητικό πρόγραμμα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Βαργεμέζης Γεώργιος Κεσόγλου Ολυμπία (2011) : «Εντοπισμός υφάλμυρων υδροφόρων στρωμάτων με τη χρήση γεωφυσικών μεθόδων:Εφαρμογή στην περιοχή Αγγελοχωρίου Θεσσαλονίκης», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμ. Γεωλογίας.
- Dr. M.H.Loke. Copyright (1997, 1999) : Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies (A practical guide to 2-D and 3-D surveys)
- W. Zhou, B.F. Beck, J.B. Stephenson. (May 2000): Reliability of dipole-dipole electrical resistivity tomography for defining depth to bedrock in covered karst terranes (Environmental Geology 39 (7)

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

www.maps.google.com