



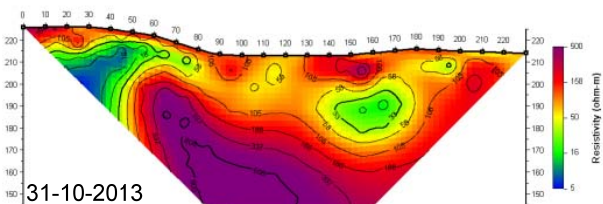
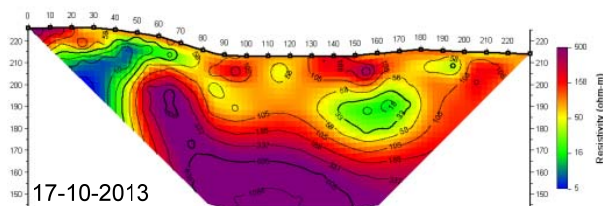
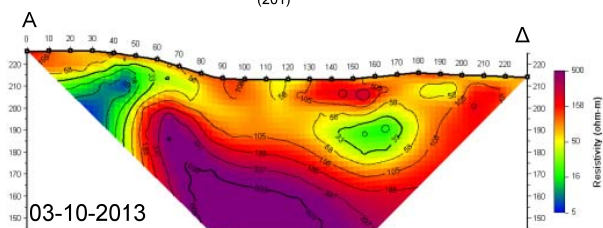
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΟΝ ΑΧΤΑ ΔΕΡΒΕΝΙΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Όνοματεπώνυμο	ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ	ΖΕΖΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
Α. Ε. Μ	4399	4135

M1
(201)



ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ

Τσούρλος Παναγιώτης Βαργεμέζης Γεώργιος
Αναπληρωτής Καθηγητής Α.Π.Θ. Επίκουρος Καθηγητής, Α.Π.Θ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

Περιεχόμενα	
1. Κεφάλαιο 1°	
1.1. Εισαγωγή.....	3
1.2. Ιστορική Αναδρομή.....	4
1.3. Γεωλογία Περιοχής.....	14
1.4. Υδρογεωλογική έρευνα στην περιοχή μελέτης.....	19
2. Κεφάλαιο 2°	
2.1. Μέθοδος Ηλεκτρικής Τομογραφίας.....	21
2.2. Βασική Μέτρηση.....	23
2.3. Ηλεκτρική Τομογραφία.....	26
2.4. Αντιστροφή Δεδομένων.....	27
2.5. Εξοπλισμός Μετρήσεων Ηλεκτρικής Τομογραφίας.....	29
2.6. Γεωηλεκτρικές Μετρήσεις σε ΧΥΤΑ.....	31
3. Κεφάλαιο 3°	
3.1 Διαχρονική Παρακολούθηση.....	34
Ηλεκτρικές τομογραφίες M1,M2,M3,M4.....	37
3.2 Σύνοψη συμπερασμάτων – προτάσεις.....	47
Βιβλιογραφία.....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ενός μεγάλου προγράμματος στον αποκατεστημένο χώρο ταφής απορριμμάτων (ΑΧΤΑ) Δερβενίου (Ν. Θεσσαλονίκης), σε κάποιες επιλεγμένες θέσεις που προέκυψαν από μελέτη, με σκοπό τη διαχρονική παρακολούθησή τους, ώστε να καταγραφούν οι αντιστάσεις του υπεδάφους καθώς και η μακροπρόθεσμη διαφοροποίησή τους (τους τελευταίους 6 μήνες). Για να πραγματοποιηθούν αυτές οι μετρήσεις, χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο της ηλεκτρικής τομογραφίας, η οποία αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνική γεωφυσικής για τις ρηχές εφαρμογές (ενδεικτικά μέχρι 250 μέτρα). Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να υπολογίσουμε την αντίσταση κάτω από την επιφάνεια, οπότε έμμεσα μπορούμε να αναγνωρίσουμε και το υλικό.

Στόχος της γενικότερης μελέτης είναι ο εντοπισμός της πηγής τροφοδοσίας των υδάτων που διέρχονται από την παλιά χωματερή και τελικά τροφοδοτούν τους αγωγούς εκτόνωσης του ΑΧΤΑ Δερβενίου. Όταν ο εντοπισμός αυτός επιτευχθεί τότε θα προταθούν τρόποι ώστε να μειωθεί η παροχή τους και με την παράλληλη εκτέλεση κατάλληλων εργασιών να αντληθεί το νερό τροφοδοσίας προ της εισόδου του στο ΑΧΤΑ και να μειωθεί έτσι σημαντικά η παροχή που καταλήγει στον αγωγό εκτόνωσης. Τελικός σκοπός ουσιαστικά είναι όλη αυτή η συλλογή και απομάκρυνση του επιβαρυμένου ύδατος να είναι οικονομικά βιώσιμη.

Οι γεωφυσικές μετρήσεις αποτελούν ενδεχομένως το πιο χρήσιμο εργαλείο για την μελέτη των ιδιοτήτων του υπεδάφους και την εξαγωγή έμμεσων συμπερασμάτων για την δομή του. Ειδικά σε χώρους ΧΥΤΑ η εφαρμογή γεωφυσικών μεθόδων, είναι απαραίτητη γιατί συνδέεται τόσο με την γενική

χαρτογράφηση της γεωλογικής τεκτονικής δομής του υπεδάφους αλλά και τον εντοπισμό διασταλλαζόντων επιβαρυμένων με στραγγίδια λόγω της πολύ υψηλής αγωγιμότητας που παρουσιάζουν.

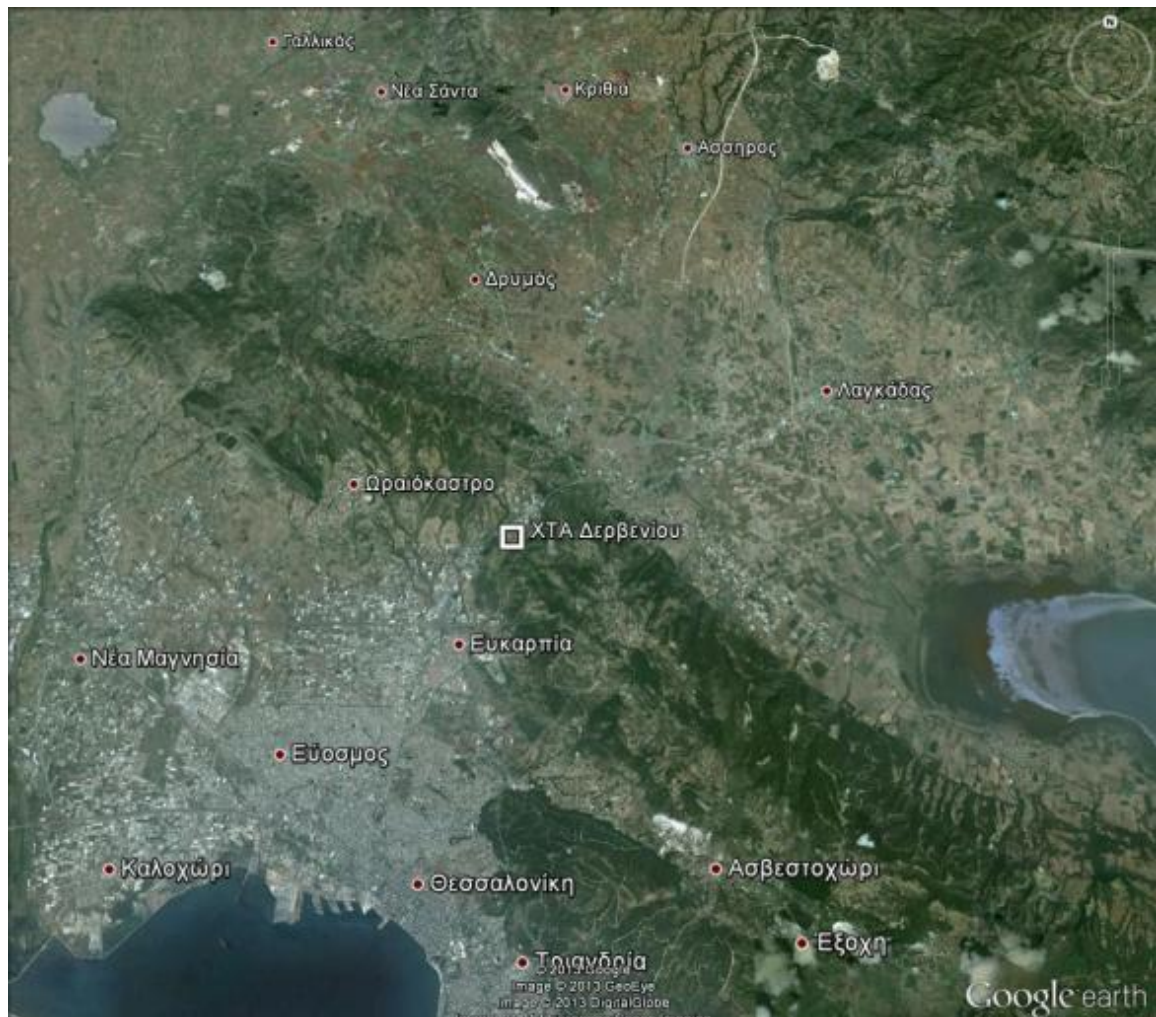
Η παρούσα εργασία αποτελεί μόνο τμήμα της συνέχειας της μελέτης στην περιοχή και επικεντρώνεται στην εφαρμογή της ηλεκτρικής τομογραφίας στη μακροχρόνια διαχρονική παρακολούθηση των γεωηλεκτρικών μεταβολών του υπεδάφους σε επιλεγμένες τομές στον ΑΧΤΑ Δερβενιού.

Η διπλωματική εργασία αυτή έγινε με την επίβλεψη του αναπληρωτή καθηγητή κ. Τσούρλου Παναγιώτη και του επίκουρου καθηγητή κ. Βαργεμέζη Γιώργου τους οποίους και ευχαριστούμε πολύ για τη βοήθεια τους.

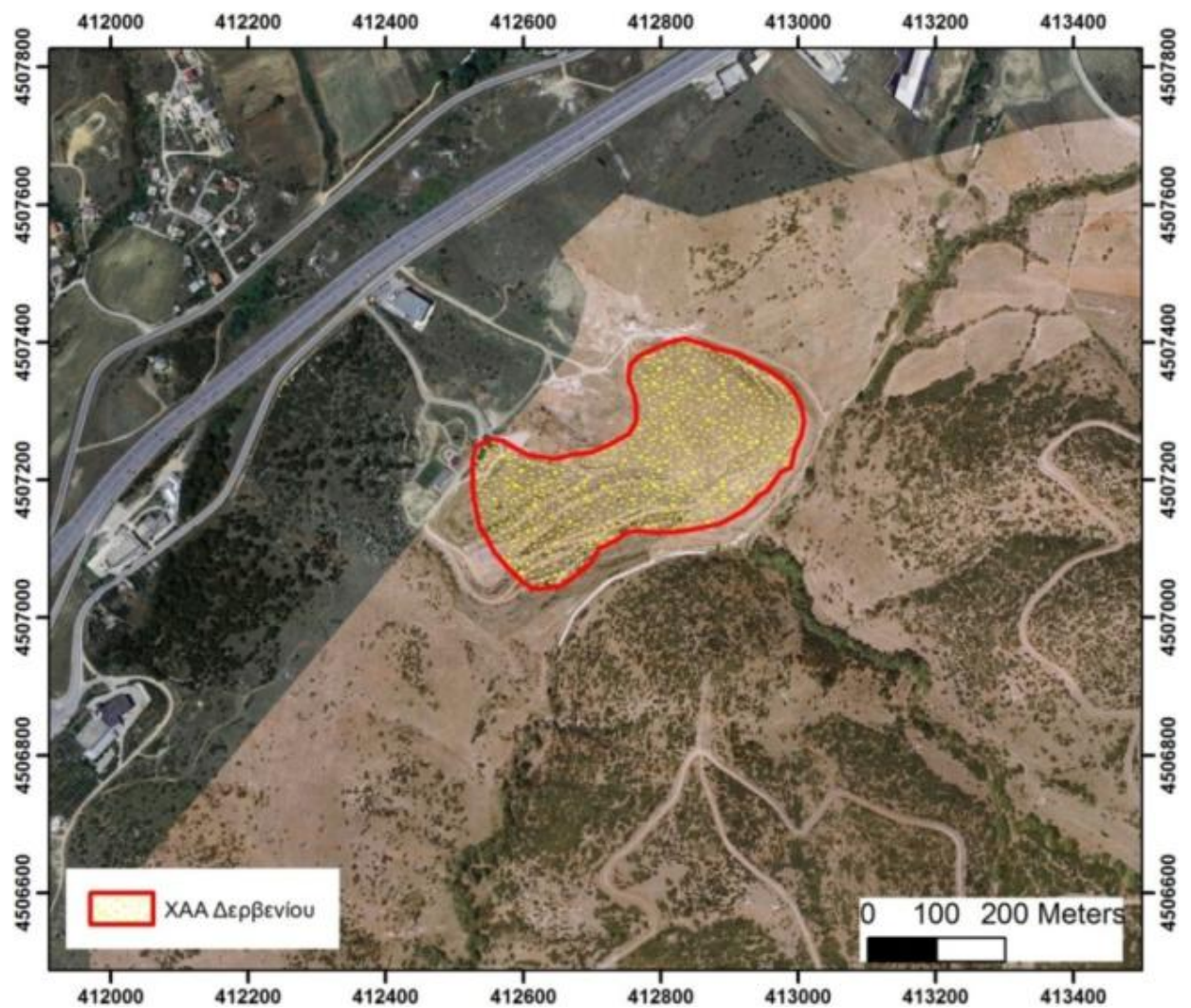
.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ-ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΕΙΚΟΝΑ

Ο ΑΧΤΑ Δερβενιού φιλοξενείται σε μια περιοχή ιδιαίτερα περίπλοκη από γεωλογικής, υδρογεωλογικής και γεωμορφολογικής άποψης. Είναι μία περιοχή στην οποία αποτίθονταν καθημερινά σκουπίδια για πάνω από μία δεκαετία, για αυτό το λόγο και η σημερινή εικόνα του υπεδάφους είναι τόσο πολύπλοκη. Βρίσκεται σε απόσταση 8,5 Km από την Θεσσαλονίκη και έχει έκταση 120 στρεμμάτων (Σχ.1.1, Σχ.1.2). Η χωματερή έκλεισε το 1984 αλλά για 4 χρόνια ακόμη συνέχισαν να απορρίπτονται απορρίμματα σε μικρή έκταση. Το 1989 έκλεισε εντελώς η χωματερή και τα σκουπίδια διαστρώθηκαν και καλύφθηκαν με χώμα. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς ο όγκος των σκουπιδιών ξεπερνά τα 600.000 Km.



Σχήμα 1.1: Δορυφορική εικόνα (GoogleEarth) της ευρύτερης περιοχής του AXTA Δερβενίου.



Σχήμα 1.2: Η θέση του ΑΧΤΑ Δερβενίου με υπόβαθρο τη γεωαναφερμένη (σύστημα ΕΓΣΑ 87)¹ δορυφορική εικόνα του Κτηματολογίου Α.Ε.

¹

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται το προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87.

Αρχικά η διάστρωση των σκουπιδιών πραγματοποιούνταν με απλό άδειασμα των σκουπιδιών στο πρανές του μετώπου της χωματερής. Η διάστρωση και επικάλυψη των απορριμμάτων ήταν προβληματική λόγω της περιορισμένης χρήσης χώματος, με αποτέλεσμα η μάζα των απορριμμάτων να είναι ελάχιστα συμπυκνωμένη με απότομα πρανή χωρία καμία πρόνοια για τα διασταλλάζοντα και το βιοαέριο που παράγεται.

Μετά το πέρας των μελετών άρχισε η πραγματοποίηση της αποκατάστασης της χωματερής. Ο νέος αποκατεστημένος χώρος εγκαινιάστηκε το 2006 (Σχ. 1.3, Σχ 1.4). Στόχος της αποκατάστασης ήταν η αντιμετώπιση παλαιών φαινομένων (βιοαέριο, διασταλλάζοντα) και η ανάπλαση του χώρου ώστε να μπορεί να λειτουργήσει ως επισκέψιμο περιβαλλοντικό πάρκο.



Σχήμα 1.3: Φωτογραφία της αποκαταστημένης πρώην χωματερής Δερβενίου (από www.anakyklosi.gr)



Σχήμα 1.4: Φωτογραφία της αποκαταστημένης πρώην χωματερής Δερβενίου (Τάτση και Βουμβουράκη, 2007)

Πιο συγκεκριμένα το έργο της αποκατάστασης περιέλαβε τα παρακάτω αντικείμενα. Αρχικά πραγματοποιήθηκε κατασκευή τελικής επικάλυψης επί των σκουπιδιών, που περιλάμβανε στρώση εξομάλυνσης, φίλτρο εκτόνωσης, βιοαέριο, αργιλικό φράγμα, φίλτρο αποστράγγισης ομβρίων και τελική εδαφική στρώση, όπως και στρώση φυτικής γης με συνολικό πάχος 1m.

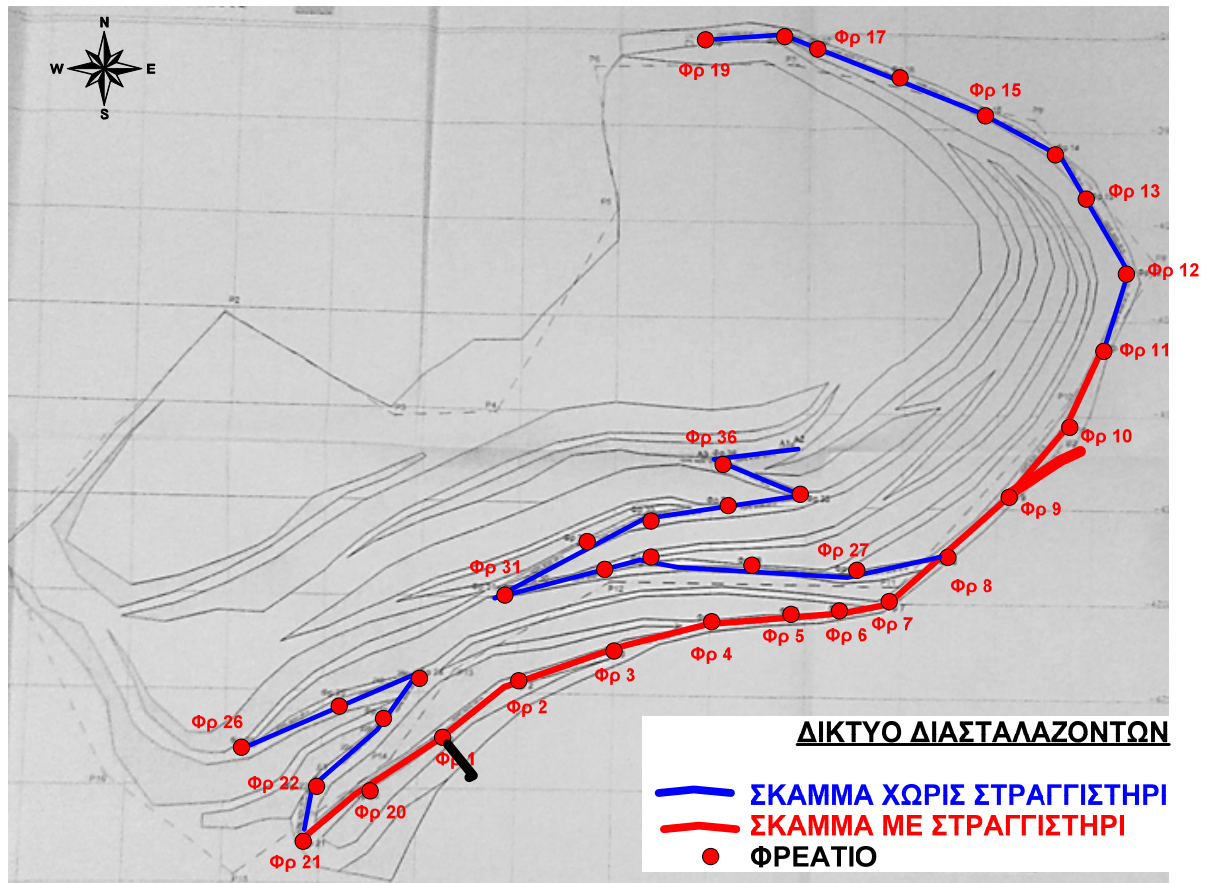
Στη συνέχεια στα πρανή έγιναν αναβαθμίδες ώστε να συγκρατηθούν τα χώματα και να αποφευχθεί η έκπληση και δημιουργία νεροφραγμάτων. Το νέο αυτό ανάγλυφο περιελάμβανε νέες κλίσεις για την αποστράγγιση των όμβριων υδάτων. Επίσης για τη βάση του πρανούς κατασκευάστηκαν έργα αντιστήριξης και προστασίας.

Ακόμη κατασκευάστηκαν φρεάτια εκτόνωσης βιοαερίου όπως επίσης κατασκευάστηκε δίκτυο συλλογής διασταλλαζόντων.

Συνάμα έγινε καθαρισμός του υδατορέματος που βρίσκεται στο νότιο όγκο της πρώην χωματερής.

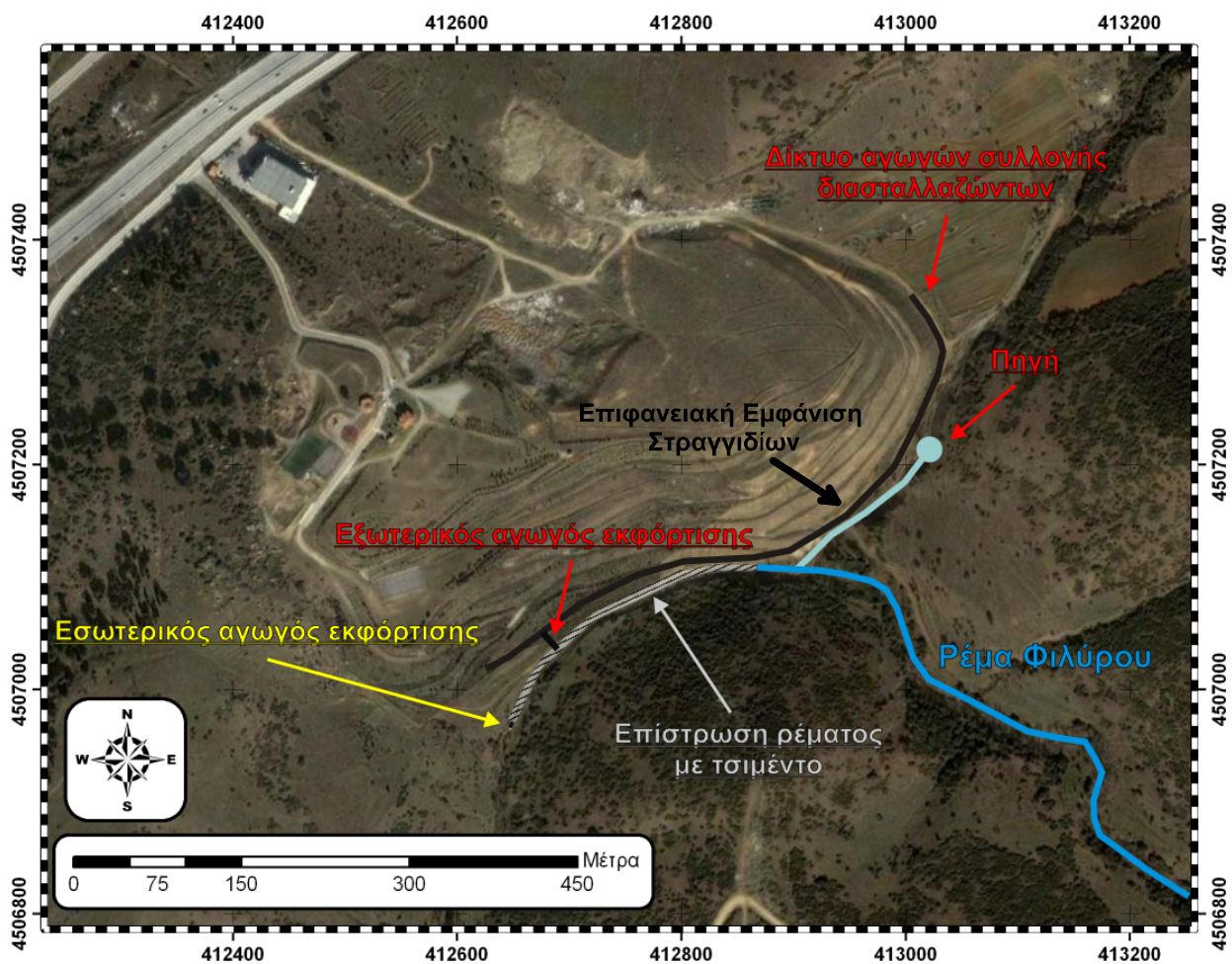
Τέλος η ανάπλαση του χώρου περιλάμβανε την δημιουργία αρδευτικού και υδρευτικού δικτύου, την φύτευση κατάλληλων φυτών και δέντρων στο πλατώ και στα πρανή. Το έργο γενικότερα περιλαμβάνει κτήριο διοίκησης parking, περίφραξη γήπεδα αθλοπαιδιών εγκαταστάσεις ανάπαυλας και αναψυχής, παιδικές χαρές κτλπ.

Επίσης έγινε σχεδιασμός δικτύου συλλογής διασταλλαζόντων της περιοχής του ΧΥΤΑ (Σχ. 1.5)



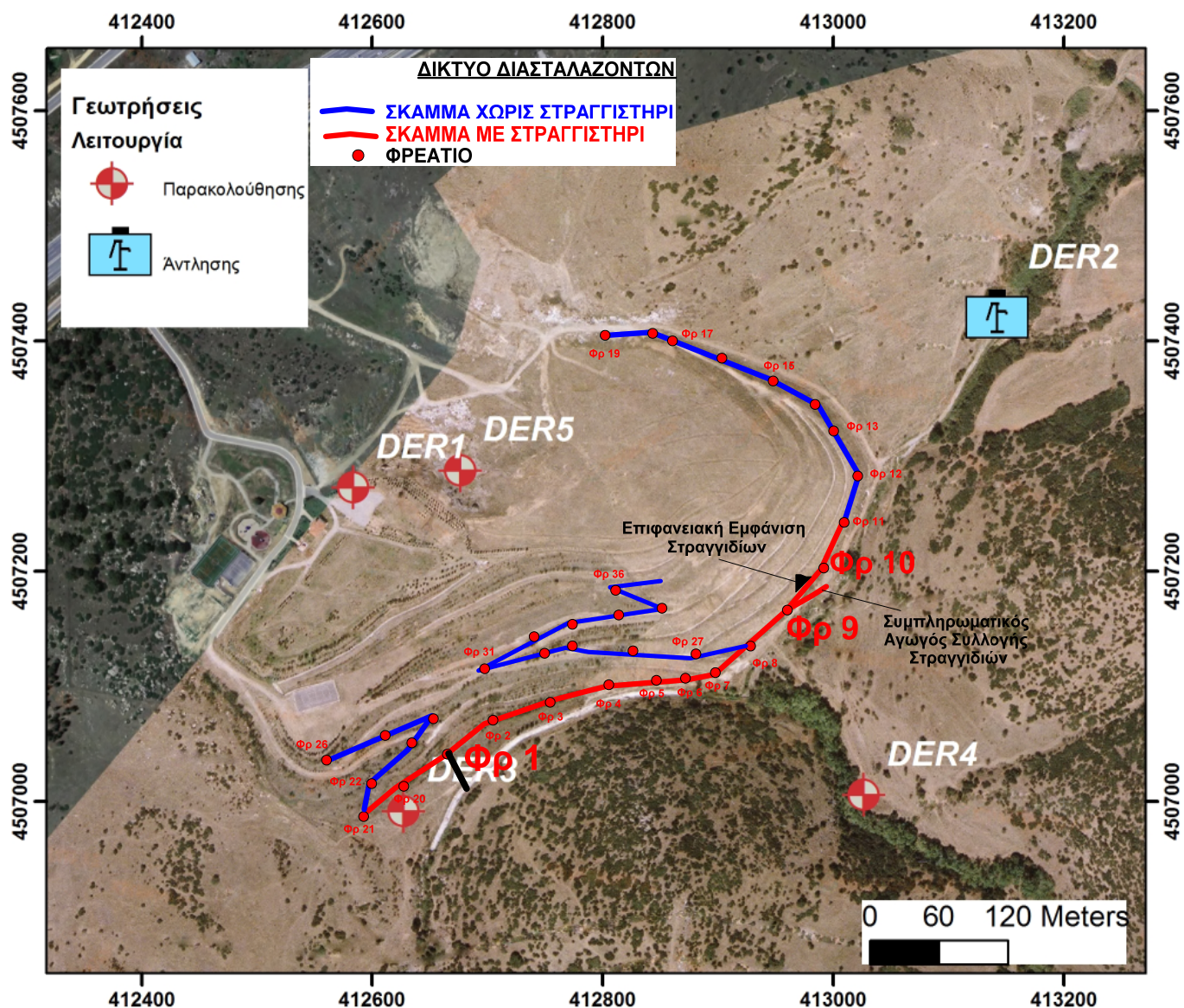
Σχήμα 1.5:Σχέδια του δικτύου συλλογής διασταλλαζόντων της περιοχής του ΧΥΤΑ (από Σχέδια Μελέτης Αποκατάστασης ΠΧ Δερβενίου, 2000, ΣΟΤΑΜΘ).

Στο παρακάτω σχήμα παρατίθεται η τρέχουσα εικόνα του ΑΧΤΑ Δερβενίου το Νοέμβριο και Δεκέμβριο 2012. (Σχ.1.6)

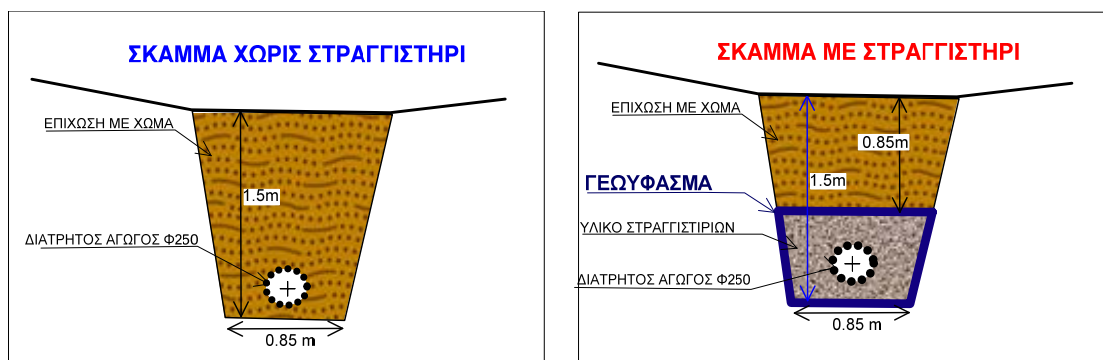


Σχήμα 1.6: Χάρτης του ΑΧΤΑ Δερβενίου με υπόβαθρο τη δορυφορική εικόνα όπου σημειώνονται οι παρατηρούμενες δομές κατά την αυτοψία.

Επίσης στους χάρτες που ακολουθούν παρουσιάζεται ο χάρτης ΑΧΤΑ Δερβενίου με υπόβαθρο την δορυφορική εικόνα που αποτυπώνεται το υπάρχον δίκτυο συλλογής διασταλλαζόντων (Σχ.1.7) και σχεδιάγραμμα (Σχ. 1.8) με τη δομή των σκαμμάτων του δικτύου συλλογής διασταλλαζόντων



Σχήμα 1.7: Χάρτης του ΑΧΤΑ Δερβενίου με υπόβαθρο τη δορυφορική εικόνα όπου αποτυπώνεται το υπάρχον δίκτυο συλλογής διασταλαζόντων



Σχήμα 1.8: Σχεδιάγραμμα με τη δομή των σκαμμάτων του δικτύου συλλογής διασταλαζόντων

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε στη γενική μελέτη του χώρου ήταν η εξής:

Συλλέχτηκαν στοιχεία της περιοχής μελέτης και έγινε καταγραφή του τεκτονικού και γεωλογικού περιβάλλοντος της περιοχής.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε απογραφή των γεωτρήσεων παρακολούθησης του ΑΧΤΑ και των γεωτρήσεων της γύρο περιοχής. Μετρήθηκε η στάθμη της διαθέσιμης γεώτρησης και βγήκαν συμπεράσματα σε σχέση με την πιεζομετρία.

Εν συνεχεία μετρήθηκε η παροχή των ρευμάτων και των διασταλαζόντων υγρών που εκφορτίζονται στο ρέμα της Ευκαρπίας. Πραγματοποιήθηκε εκτέλεση πυκνών μετρήσεων με την χρήση της ηλεκτρικής τομογραφίας στον χώρο του ΑΧΤΑ με στόχο να διερευνηθεί τόσο η γεωλογική δομή του εδάφους αλλά και να εντοπιστούν ζώνες διάρρηξης οι οποίες να συνδέονται με περιοχές που γίνεται εκφόρτιση της περιοχής του ΑΧΤΑ όπου παρατηρείται επιφανειακή εκφόρτιση στραγγιδίων με την λήψη πυκνών μετρήσεων ηλεκτρικής τομογραφίας υψηλής ανάλυσης.

Επίσης με τη χρήση της μεθόδου του φυσικού δυναμικού λήφθηκαν πρόσθετες μετρήσεις. Με την χρήση ειδικού λογισμικού επεξεργασίας 2 και 3ων διαστάσεων πραγματοποιήθηκε ερμηνεία των μετρήσεων. Η καταχώρηση των μετρήσεων αυτών έλαβε χώρα σε σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών για την ακριβή γεωαναφορά τους και την καλύτερη συσχέτισή τους έτσι ώστε να έχουν μία συνολική εικόνα για την περιοχή μελέτης.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων καθώς και χημικές αναλύσεις στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα. Έγινε ιχνηθέτηση στη γεώτρηση και στο δίκτυο των αγωγών.

Τέλος έγινε εξαγωγή αποτελεσμάτων και διατύπωση συγκεκριμένων προτάσεων.

Όπως έχει αναφερθεί, η εργασία αποτελεί μόνο τμήμα της συνέχειας της μελέτης στην περιοχή και επικεντρώνεται στην εφαρμογή της ηλεκτρικής τομογραφίας στη μακροχρόνια διαχρονική παρακολούθηση των γεωηλεκτρικών μεταβολών του υπεδάφους σε επιλεγμένες τομές στον ΑΧΤΑ Δερεβενίου.

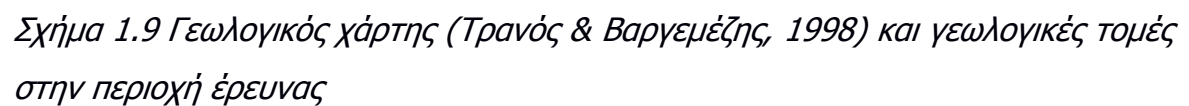
1.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Σε ότι έχει να κάνει με τα γενικά στοιχεία της περιοχής παρατηρούμε ότι η περιοχή βρίσκεται στο όριο των γεωλογικών ζωνών της Παιονίας και της Σερβομακεδονικής ζώνης όπου παρατηρείτε έντονος τεκτονισμός των πετρωμάτων. Το μεγαλύτερο τμήμα του ΑΧΤΑ εδράζεται πάνω σε γενέσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες παλαιοζωικής ηλικίας, ενώ το βόρειο δυτικό κομμάτι βρίσκεται πάνω σε ασβεστίτικο φλύσχη με ηλικία Τριαδικό- Μέσο Ιουρασικό. Ένα μικρό τμήμα με τον ΑΧΤΑ στα βόρεια εντοπίζεται πάνω σε ιζηματογενή σχηματισμούς οι οποίοι βρίσκονται κυρίως στο βορειοανατολικό κομμάτι της περιοχής έρευνας. Πρόκειται για τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις και παρακάτω θα γίνει περιγραφή από τις νεότερες στις παλαιότερες:

- Αλλουβιακές αποθέσεις στις κοίτες των χειμάρρων που αποτελούνται από κροκάλες, χαλίκια, άμμους και άργιλο ηλικίας Ολόκαινου
- Χερσαίες και ποτάμιες αναβαθμίδες αποτελούμενες από χαλίκια, άμμους και αργίλους ηλικίας Πλειστόκαινο
- Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά που αποτελείται από εύθρυπτους ψαμμίτες έως πολύ συμπαγείς ψαμμίτες άμμους και μάργες ηλικίας Ανωτ. Μειόκαινο- Κατ. Πλειόκαινο
- Τη σειρά των ερυθρών αργίλων που αποτελείται από ερυθρές αργίλους, ιλυώδεις αργίλους με ασβεστίτικά συγκρίματα ηλικίας Ανωτ. Μειόκαινο- Κατ. Πλειόκαινο

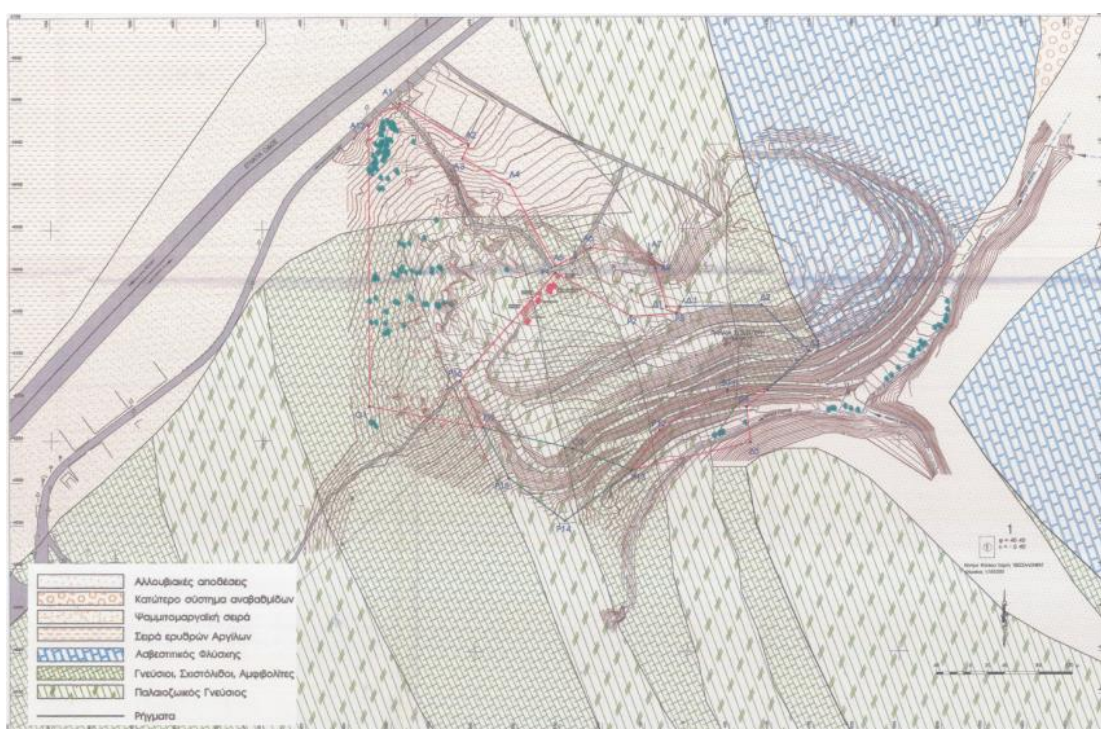
Στην περιοχή πραγματοποιήθηκε γεωλογική χαρτογράφηση από τους Τρανό και Βαργεμέζη (1998) τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στο σχήμα 1.9. Σύμφωνα με το χάρτη ο ΑΧΤΑ βρίσκεται πάνω στην τομή κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, Β-Ν και ΒΒΑ-ΝΝΔ. Επίσης η ΑΧΤΑ τοποθετείται

Στο Σχήμα 1.10 παρουσιάζεται φωτογραφία με τις Ποταμοχειμάρριες αποθέσεις στο ρέμα ανατολικά του ΑΧΤΑ

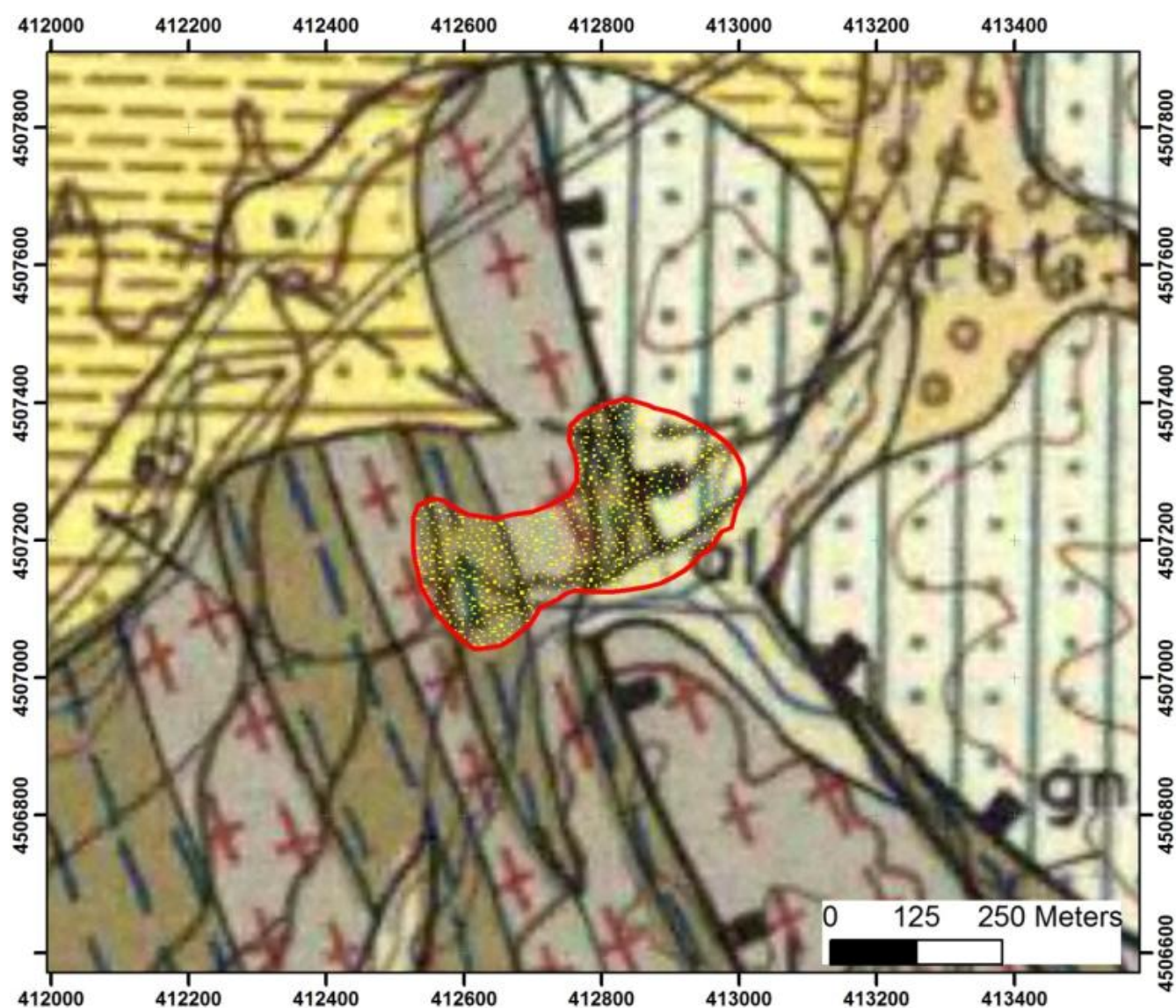




Σχήμα 1.10 Ποταμοχειμάρριες αποθέσεις στο ρέμα ανατολικά του ΑΧΤΑ



Σχήμα 1.11 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας σε κλίμακα 1:2000.



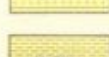
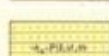
Κατώτερο σύστημα άναβαθμίδων: χαλίκια και άμμος κάτω από άργιλλώδες κάλυμμα της άναβαθμίδας.

Ψαμμιτομαργακική σειρά: ψαμμίτες εύθραυστοι έως πολύ συμπαγείς, τοπικά μικροκροκωδωστές με διαστρωσμένη στρώση. Κατά θέσεις υπάρχουν όριζόντες από μάργες.

Ιερά έρυθρών άργιλων: έρυθρές έως κεραμώχρωμες, πλαστικές άργιλοι, με μαρμαρυγία και άσβεστικά συτρώματα.

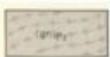
Ο F. Stephanoú (1962) βρήκε ΒΔ το άνω όριο της θραύσης όταν Μαστοφόρων που άνήκουν στην Πικερμική πανίδα.

Άσβεστικός φάσχος: έναλλογής κλαστικών ή ψαμμιτικών άσβεστολίθων ή καστανόσφραγ, σκληρόσαν άσβεστικών ψαμμιτών, με κεραιώδεις έως μαύρους άργιλικούς σχιστόλιθους, περιφερβόλιοντιόλοισθ, από άνωκότερο στρώμα, συμπαγή, καθαρό άσβεστολίθ, λαμνοκατη άσβεστολίθ, και θραυσμένα άσβεστολίθων με Φύκη και κεραιόλινους. Με αϊζανόμενη μεταμόρφωση, ή σειρά προς τα ΝΑ μεταπίπτει σε μαύρους φάλλινες και άσβεστικούς χαλαζιτες. Οι όλοισθόλιθοι περιέχουν πανίδα Τερματοφόρων και Φυκών, ήλικίας Μέσου - Άνώτερου Τριώικου (φάλλο «Κύκας»).



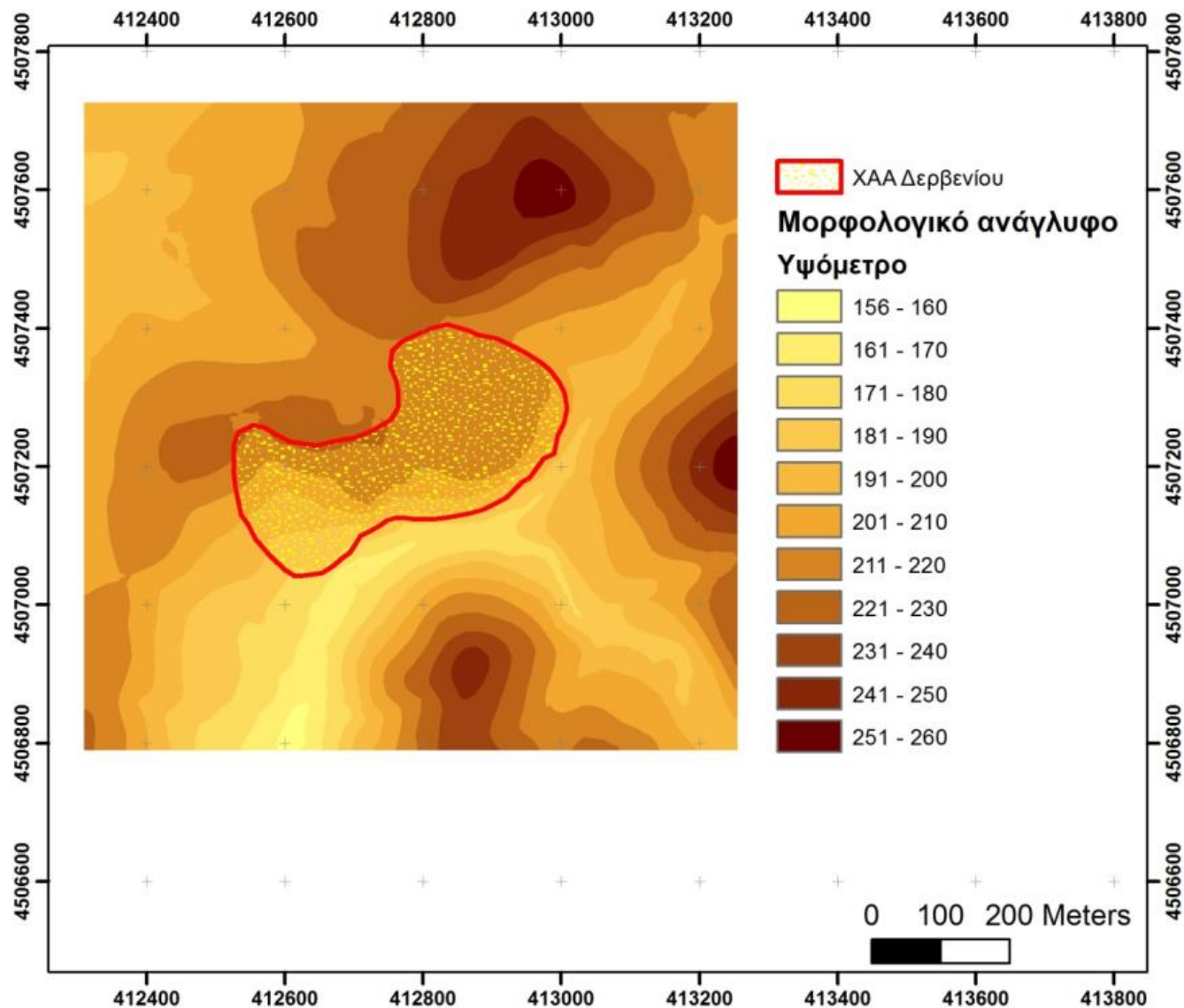
Διμαρμαρυγακοί γενεύοισι, διμαρμαρυγακοί και μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι και άμφισθλίτες: συχνή ηχηματοειδή τοπική άποματμόρφωση σε χλαφντικούς σχιστόλιθους με (πολλάκις) πλαγιόκλασιον. Παρέισακτες κοίτες και φλέβες ούραλτιμμένου δολαρίτη και άποφισεις γάβρου (β₂) είναι συχνές. Μικροί φακοί σερπεντινίτη με διαχωρισμένοι.

Πλασιόκλαστικός-μικροκλινικός γενεύοισι: βλαστογενετικός (πλαγιόκλασιον, περήνιος, καλοσχος άπηνος, μικροκλινής, ± μαρμαρυγίτης και έκουσσιδή όγκοτά).



Σχήμα 1.12 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας ΙΓΜΕ, 1998, Φύλλο Θεσσαλονίκης, κλίμακας 1:50.000

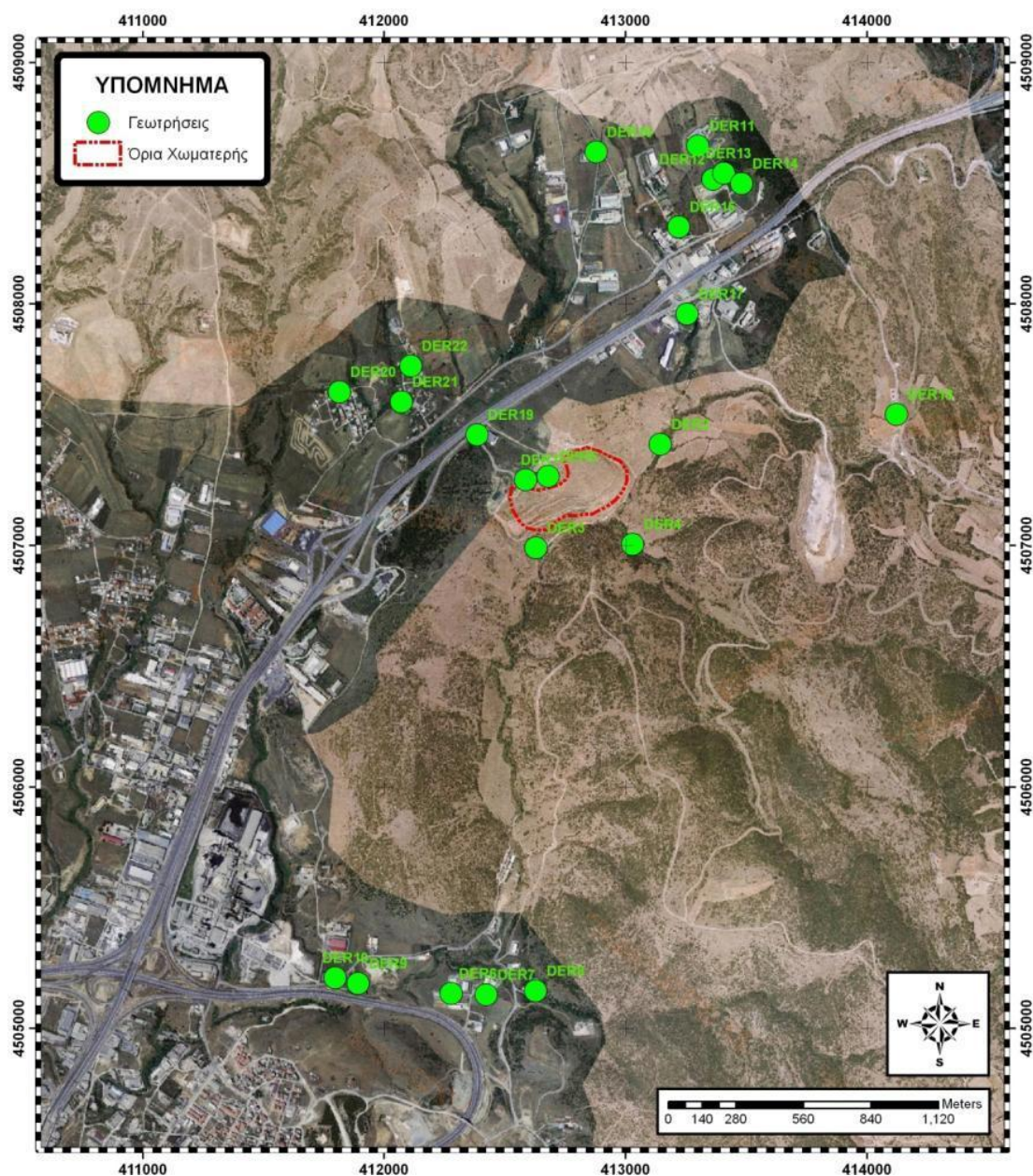
Τέλος στο Σχ. 1.13 παρουσιάζεται το ψηφιοποιημένο ανάγλυφο της περιοχής έρευνας.



Σχήμα 1.13 Ψηφιοποιημένος χάρτης του ανάγλυφου της περιοχής έρευνας. Η ψηφιοποίηση έγινε στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης

1.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σύμφωνα με τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή, (Τσούρλος κ.α, 2012) οι σχηματισμοί της περιοχής έρευνας είναι θεωρητικά αδιαπέρατοι καθώς έχουν πολύ μικρό έως καθόλου ενεργό πορώδες. Ο έντονος τεκτονισμός που έχουν υποστεί έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία δευτερογενούς πορώδους εντός των ρηγμάτων, των ρωγμών και των διακλάσεων τους. Συνεπώς η υδροφορία αναπτύσσεται σε διερρηγμένους σχηματισμούς και καθορίζεται πρωτίστως από τη διεύθυνση των ρηγμάτων.



Σχήμα 1.14 Θέσεις γεωτρήσεων παρακολούθησης στο χώρο του ΑΧΤΑ

Από την απογραφή των γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του έργου: «γεωφυσική έρευνα στον χώρο του αναπλασμένου χώρου ταφής απορριμμάτων Δερβενίου» προέκυψε ότι στον ΑΧΤΑ υπάρχει ένα δίκτυο παρακολούθησης του χώρου από πέντε γεωτρήσεις (Σχ.1.14).

Η ροή στην περιοχή του ΑΧΤΑ μπορεί να χαρακτηριστεί σύνθετη καθώς συγκλίνουν οι ροές από τα βορειοανατολικά και βορειοδυτικά στην επαφή του ασβεστιτικού φλύσχη με το γνεύσιο και οφείλεται τόσο στην διαφορά της περατότητας των σχηματισμών όσο και στην παρουσία ρηγμάτων. Στο χώρο του ΑΧΤΑ η ροή έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, γεγονός που αποδεικνύεται και από την εκφόρτιση των διασταλαζόντων υγρών στο ρέμα του Φιλύρου.

Από τον πιεζομετρικό χάρτη της ευρύτερης περιοχής διαπιστώνεται ότι η ροή του υπόγειου νερού είναι ΒΑ-ΝΔ στο ανατολικό τμήμα και ΒΒΑ-ΝΝΔ στο δυτικό. Οι ροές συγκλίνουν στην περιοχή του ΑΧΤΑ και διαμορφώνεται σε ΒΑ-ΝΔ προς το νότο.

Με βάση την πιεζομετρία της περιοχής και τις θέσεις των γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή αποτυπώθηκε η ροή που δημιουργείται από τα αντλητικά πεδία των γεωτρήσεων, η οποία έχει διεύθυνση προς τα ανατολικά και προς τα βόρεια. Οι περιοχές αυτές είναι πιθανό λόγω υπερεκμετάλλευσης του υπόγειου νερού να αντιστρέψουν τη ροή και να δημιουργήσουν υδραυλική κλίση ικανή ώστε να αντλήσουν διασταλλάζοντα υγρά από την ΑΧΤΑ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

2.1 Μέθοδος Ηλεκτρικής Τομογραφίας

Γενικότερα οι ηλεκτρικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται όταν χρησιμοποιούμε να προσδιορίσουμε την κατανομή των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για την εικόνα του υπεδάφους δηλαδή την γεωλογική του τομή. Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται υπάγονται στην κατηγορία του τεχνικά παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο εισχωρεί στο έδαφος διαμέσου ζεύγους ηλεκτροδίων. Σε ένα δεύτερο ζεύγος ηλεκτροδίων μετράται η πτώση τάσης που προκαλείται.

Η ωμική αντίσταση που υπολογίζεται ως 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. Διαφορετικοί γεωλογικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν και διαφορετικές ηλεκτρικές αντιστάσεις οπότε η γνώση της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έμμεση εύρεση της γεωλογικής δομής και τον εντοπισμό ειδικών στόχων.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η ποσότητα η οποία επηρεάζει κατά κύριο λόγο την ειδική ηλεκτρική αντίσταση των σχηματισμών του υπεδάφους, οπότε η ειδική ηλεκτρική αντίσταση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες που έχουν να κάνουν με ποσότητα, όπως η συγκέντρωση και η σύσταση του νερού στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα οι υδρογεωλογικές συνθήκες, η χημική σύσταση του νερού, το μέγεθος των πόρων των σχηματισμών, όπως και τα πιθανά του ρήγματα, είναι παράγοντες που την επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό. Άλλη επίσης σημαντικοί παράγοντες, είναι η

θερμοκρασία και η πίεση των σχηματισμών. Πρέπει όμως πάντα να λαμβάνουμε υπόψη μας και όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες που έχουμε για την περιοχή που μελετάμε και να μην στηριζόμαστε αποκλειστικά στις ηλεκτρικές μεθόδους προκειμένου να πάρουμε πιο ασφαλή και αξιόπιστα συμπεράσματα. Τέτοιες πληροφορίες μπορούμε να πάρουμε από αναλύσεις γεωτρήσεων, γεωλογικούς χάρτες κ.τ.λ.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, προκειμένου να διεκπεραιώσουμε την μελέτη της περιοχής του ΑΧΤΑ, χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρική μέθοδος της ηλεκτρικής τομογραφίας με πυκνές μετρήσεις τόσο μέσα στον χώρο του ΑΧΤΑ, όσο και στην γειτονική περιοχή. Στόχος μας ήταν να διαμορφωθεί μια γενικότερη εικόνα των γεωφυσικών ιδιοτήτων του υπεδάφους, να μελετηθεί η γεωτεκτονική και η υδρογεωλογική δομή του (εντοπισμός ζωνών διάρρηξης οι οποίες μέσα από την αυξημένη υδροπερατότητά τους έρχονται σε επαφή με το νερό που εισέρχεται στον ΑΧΤΑ και ενδεχομένων επιμολύνεται από τα στραγγίδια). Σε όλη την περιοχή του ΑΧΤΑ εμφανίστηκαν επιφανειακές εκροές στραγγισμάτων και εκτελέστηκαν πυκνές τοπογραφικές μετρήσεις σχετικά υψηλής ανάλυσης. Περιμετρικά του ΑΧΤΑ ελήφθησαν πρόσθετες μετρήσεις με την μέθοδο του φυσικού δυναμικού για επαλήθευση των αποτελεσμάτων της ηλεκτρικής μεθόδου που προαναφέρθηκε.

2.2 Βασική Μέτρηση

Η βασική διαδικασία μέτρησης είναι η εξής: χρησιμοποιούνται τέσσερα ηλεκτρόδια (συνήθως μεταλλικοί πάσσαλοι) τα οποία εισάγονται στο έδαφος σε ένα βάθος μερικών εκατοστών (~10cm) και σε αποστάσεις μεταξύ τους που ποικίλουν από μερικά μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα.

Χρησιμοποιείται όργανο μέτρησης το οποίο συνδέεται με τα ηλεκτρόδια μέσω καλωδίων. Διαβιβάζεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα έντασης IAB (ποικίλλει από μερικά milli-Ampere έως μερικά Ampere) μέσα στη γη με δυο ηλεκτρόδια ρεύματος που στη βιβλιογραφία ονομάζονται A, B και μετράται σε διάφορες θέσεις η διαφορά δυναμικού VMN μεταξύ δυο ηλεκτροδίων δυναμικού που στη βιβλιογραφία ονομάζονται M, N. Βρίσκεται έτσι για κάθε μέτρηση η ηλεκτρική αντίσταση R.

Το βάθος διείσδυσης του ρεύματος (άρα και το βάθος της διασκόπησης) είναι ανάλογο με την απόσταση των ηλεκτροδίων. Επειδή η γη είναι γεωηλεκτρικά ανομοιογενής, η μετρούμενη ηλεκτρική αντίσταση είναι συνάρτηση:

Καταρχάς της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους και δεύτερον της γεωμετρίας της μέτρησής μας (Θέσεις A, B, M, N)

Για να λάβουμε υπόψη την επίδραση της γεωμετρίας εισάγεται ο όρος της Φαινόμενης Ειδικής Ηλεκτρικής Αντίστασης ρ_a .

Όπου K είναι ο λεγόμενος γεωμετρικός παράγοντας – παράγοντας που εξαρτάται από τις αποστάσεις AB , AM , BM , BN .

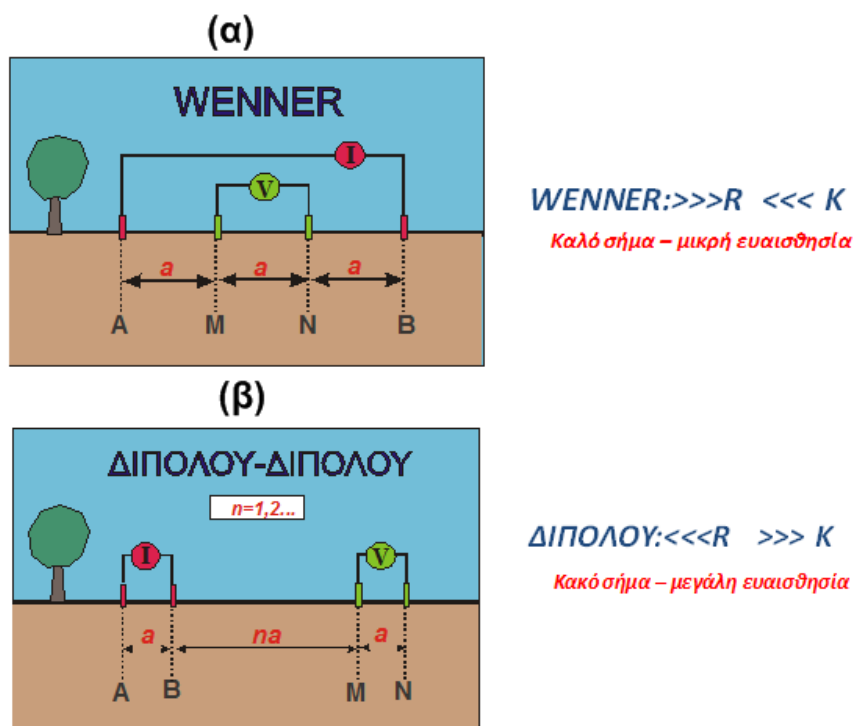
Στην πράξη, η φαινόμενη αντίσταση R_a αποτελεί (σε μια πρώτη προσέγγιση) ένα είδος «μέσου όρου» των ηλεκτρικών αντιστάσεων του ανομοιογενούς υπεδάφους. Άρα δεν δίνει ακριβώς την πραγματική αλλά μια «παραμορφωμένη» εικόνα της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους. Η πραγματική αντίσταση μπορεί να βρεθεί μόνο μετά από κατάλληλη επεξεργασία.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι διάταξης των τεσσάρων ηλεκτροδίων A , B , M , N στην επιφάνεια του εδάφους. Έχουν προταθεί πάρα πολλές διατάξεις με σχετικά θεωρητικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στην πράξη χρησιμοποιούνται διατάξεις που έχουν εσωτερική συμμετρία και ελαχιστοποιούν τις μετρήσεις καλωδίων στο ύπαιθρο. Τυπικές διατάξεις παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.1

Στις μετρήσεις κατά κύριο λόγο χρησιμοποιήθηκαν οι διατάξεις διπόλου διπόλου και Wenner. Στη διάταξη διπόλου-διπόλου (Σχ. 2.1β), το δίπολο ρεύματος AB ξεχωρίζει από το δίπολο δυναμικού MN . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η διάταξη να έχει σχετικά αδύναμο σήμα και γενικά μεγάλο γεωμετρικό παράγοντα σε σχέση με άλλες ισοδύναμες διατάξεις. Παρουσιάζει όμως πολύ καλή διακριτική ικανότητα στις πλευρικές μεταβολές της αντίστασης και για αυτό είναι δημοφιλής για τον εντοπισμό δισδιάστατων στόχων.

Η διάταξη Wenner (Σχ. 2.1α) είναι χαρακτηριστική καθώς τα ηλεκτρόδια δυναμικού MN εμπερικλείονται στα ηλεκτρόδια ρεύματος AB . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η διάταξη να έχει ισχυρό σήμα και γενικά μικρό γεωμετρικό παράγοντα σε σχέση με άλλες ισοδύναμες διατάξεις. Επίσης δεν παρουσιάζει τόσο

καλή διακριτική ικανότητα στις πλευρικές μεταβολές της αντίστασης όμως εμφανίζει πολύ καλή κατακόρυφη ανάλυση.



Σχήμα 2.1 Τυπικές διατάξεις ηλεκτροδίων στις μεθόδους wenner και διπόλου.

2.3 Ηλεκτρική Τομογραφία

Στην συγκεκριμένη μέθοδο χρησιμοποιούνται οι διατάξεις τομογραφίας που μας επιτρέπουν την μελέτη της κατανομής της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης οριζόντια και κατακόρυφα (2 διαστάσεις). Με αυτό τον όρο (ΗΤ) περιγράφεται ένας τύπος μετρήσεων της φαινόμενης ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να περιγράψουμε σαν μία σειρά από συνεχόμενες ηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις κατά μήκος γραμμής έρευνας. Έτσι παίρνουμε πληροφορίες τόσο για την οριζόντια όσο και για την κατακόρυφη μεταβολή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στην υπό μέτρηση περιοχή, παίρνοντας τελικά μια πληρέστερη εικόνα του υπεδάφους. Η ΗΤ είναι ο πιο γενικευμένος όρος της μεθόδου της ψευδοτομής που χρησιμοποιούνταν κυρίως στην χαρτογράφηση μεταλλευμάτων, όμως περιλαμβάνει και μετρήσεις με μη συμβατικές διατάξεις όπως αυτές που λαμβάνονται με ηλεκτρόδια. (Τα χρώματα τα οποία αποτυπώνονται στη μέθοδο αυτή, μας βοηθούν στο να γνωρίζουμε και τις αντιστάσεις του υπεδάφους. Με κόκκινο χρώμα είναι οι μεγάλες αντιστάσεις και με μπλε οι μικρότερες. Έτσι, γνωρίζοντας τις αντιστάσεις, έχουμε καλύτερη εικόνα του υπεδάφους.)

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της ΗΤ είναι η διακριτικής της ικανότητα καθώς κατά την διεκπεραίωση της λαμβάνετε ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μετρήσεων. Αυτό βέβαια αποτελεί και μειονέκτημα καθώς είναι δύσκολο τόσες μετρήσεις να ληφθούν με χειροκίνητη αλλαγή των ηλεκτροδίων. Άρα χρησιμοποιούνται συστήματα αυτοματοποιημένων πολυπλεκτών με πολυκάναλα καλώδια.(Σχ. 2.2)



Σχήμα 2.2 Πολυκάναλο σύστημα λήψης μετρήσεων ηλεκτρικής τομογραφίας

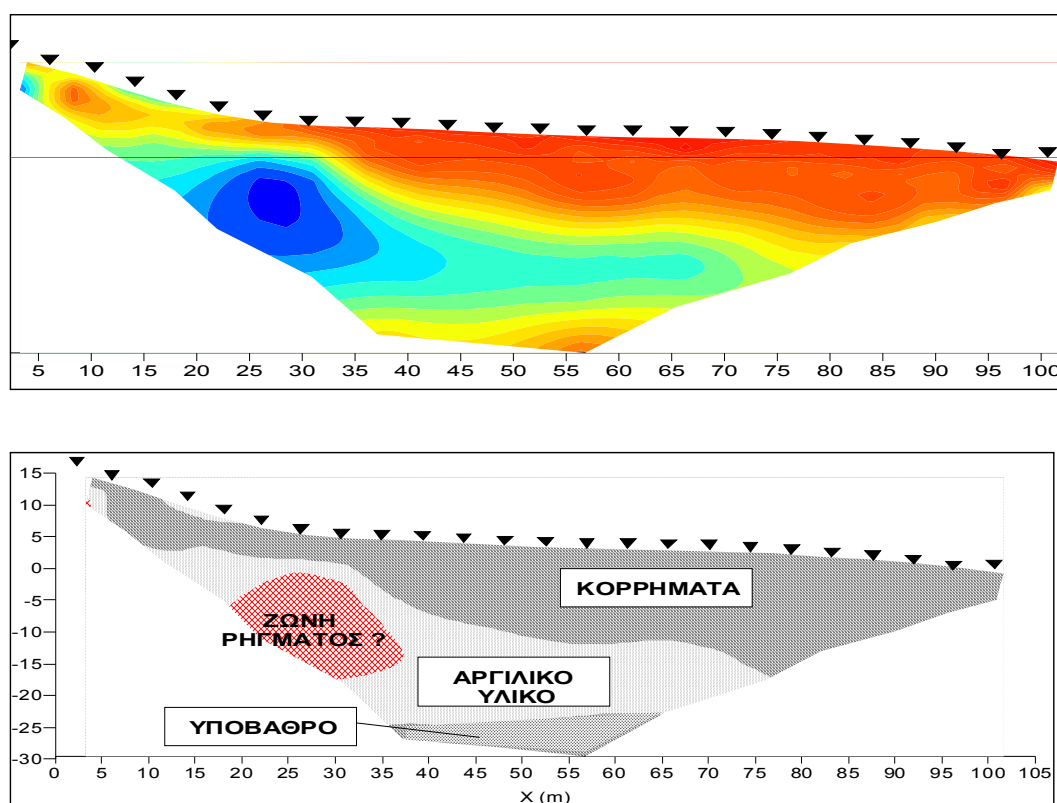
Τέλος η χρήση αυτών των οργάνων είναι προφανές ότι αυξάνει το κόστος εφαρμογής της μεθόδου.

2.4 Αντιστροφή Δεδομένων

Επειδή οι μετρήσεις της ΗΤ δεν αποτελούν μια εικόνα των πραγματικών ηλεκτρικών αντιστάσεων του υπεδάφους, αλλά μια παραμορφωμένη, πρέπει να υποστούν κάποια επεξεργασία προκειμένου να βρεθεί ένα μοντέλο αντίστασης που να δίνει μετρήσεις οι οποίες να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις πραγματικές. Αυτή της διαδικασία την ονομάζουμε αντιστροφή και είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Προϋπόθεση για την ύπαρξη μεθόδου επίλυσης του ευθέως προβλήματος, είναι να βρεθούν οι μετρήσεις διείσδυσης της κατανομής της αντίστασης. Για αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιείτε ένας αλγόριθμος πεπερασμένων στοιχείων ο οποίος βρίσκει λύσεις στις διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν την ροή ηλεκτρικού ρεύματος σε ανομοιογενή γη.

Στην γεωηλεκτρική μέθοδο οι αλγόριθμοι αντιστροφής είναι αυτοματοποιημένη επαναληπτική διαδικασία, λόγω της μη γραμμικής φύσης του αντίστροφου προβλήματος. Αρχικά, η περιοχή ενδιαφέροντος διαφοροποιείται 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 $\Delta y = (\text{πραγματικά δεδομένα} - \text{συνθετικά δεδομένα})$. Στη συνέχεια με μια διαδικασία αντιστροφής πινάκων γίνεται διόρθωση του αρχικού μοντέλου αντίστασης και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου το λάθος Δy μεταξύ των πραγματικών και συνθετικών δεδομένων ελαχιστοποιηθεί. Το τελικό μοντέλο αντίστασης θεωρείται ότι προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική κατανομή των γεωηλεκτρικών αντιστάσεων και με βάση τις υπάρχουσες γεωλογικές συνθήκες ερμηνεύεται ώστε οι αντιστάσεις να μετατραπούν σε λιθολογικές και τεκτονικές τομές του υπεδάφους (Σχ. 2.3).



Σχήμα 2.3 Παράδειγμα γεωλογικής τομής (κάτω) που προκύπτει από την ερμηνεία αποτελεσμάτων αντιστροφής δεδομένων ηλεκτρικής τομογραφίας (πάνω).

2.5 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

Για την εκτέλεση των γεωφυσικών μετρήσεων υπαίθρου χρησιμοποιήθηκε το όργανο SYSCALPro (Σχ. 2.4) της εταιρείας IRISINSTRUMENTS. Πρόκειται για πλήρως αυτοματοποιημένο όργανο μέτρησης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σχεδιασμένο για έρευνα με μεθόδους συνεχούς ρεύματος. Ο αυτοματοποιημένος έλεγχος της αντιστάθμισης του φυσικού δυναμικού, η ψηφιακή υπέρθεση για την ενίσχυση του σήματος και η προβολή του σφάλματος κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων που προσφέρονται από το συγκεκριμένο όργανο, εξασφαλίζουν μετρήσεις υψηλής ακρίβειας. Έχει τη δυνατότητα σύγχρονης καταγραφής 10 διαφορών δυναμικού καθιστώντας ταχύτατη τη διαδικασία μέτρησης. Το συγκεκριμένο όργανο έχει μέγιστη τάση εξόδου 800 V και επιτυγχάνει τη δημιουργία ρεύματος με ένταση που τυπικά ξεπερνάει τα 1000 mA, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις επιτρέπει και σημαντικά μεγαλύτερες εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος (έως 1500mA).



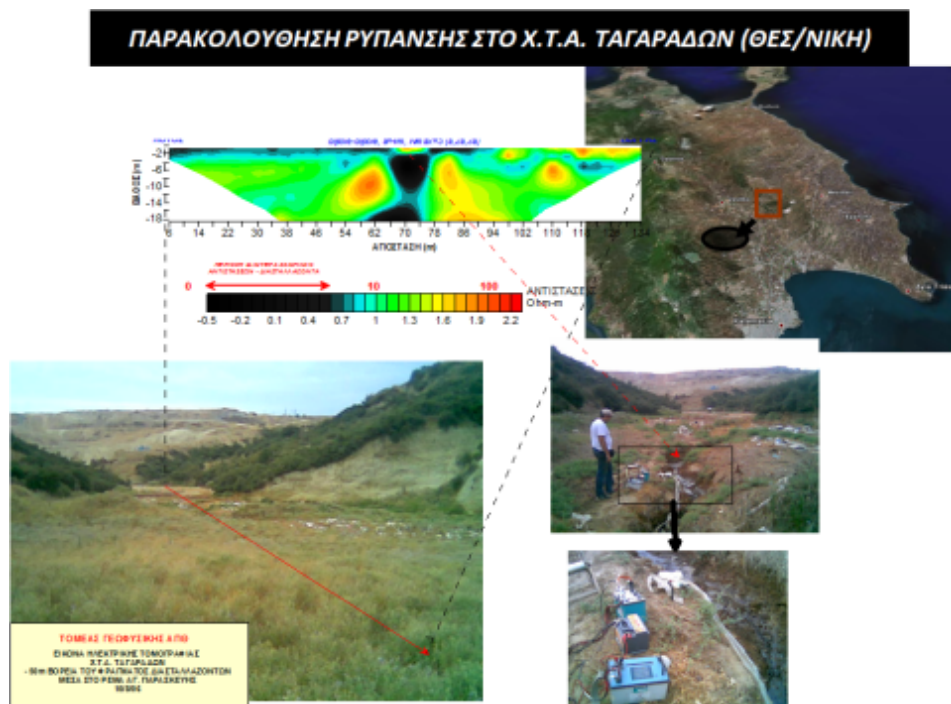
Σχήμα 2.5 Το γεωηλεκτρικό όργανο SYSCAL-Pro της εταιρείας IRISINSTRUMENTS που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη των μετρήσεων. (αριστερά). Ο εξοπλισμός με τη συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της μέτρησης (δεξιά).

Τέλος έχει τη δυνατότητα να εκτελεί συμπληρωματικά μετρήσεις επαγόμενης πόλωσης. Το όργανο μέτρησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.5. Για τη λήψη των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα πολυκάναλα καλώδια και ειδικά ηλεκτρόδια ατσαλιού (υψηλής μηχανικής αντοχής και υψηλής αγωγιμότητας).

2.6 Γεωλογικές Μετρήσεις σε ΧΥΤΑ

Σε χώρους ταφής απορριμμάτων, οι ηλεκτρικές μέθοδοι μαζί με τις ηλεκτρομαγνητικές είναι με διαφορά οι πιο διαδεδομένες λόγω της ιδιαίτερα μικρής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που παρουσιάζουν τα στραγγίδια, λόγω της πολύ μεγάλης τους ηλεκτρικής τους αγωγιμότητας. Αυτό κάνει αυτές τις μεθόδους ιδιαίτερα χρήσιμες καθώς η γεωηλεκτρική υπογραφή που αφήνουν τα στραγγίδια είναι ιδιαίτερα έντονη.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα από την Ελλάδα παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα (Σχ. 2.6)



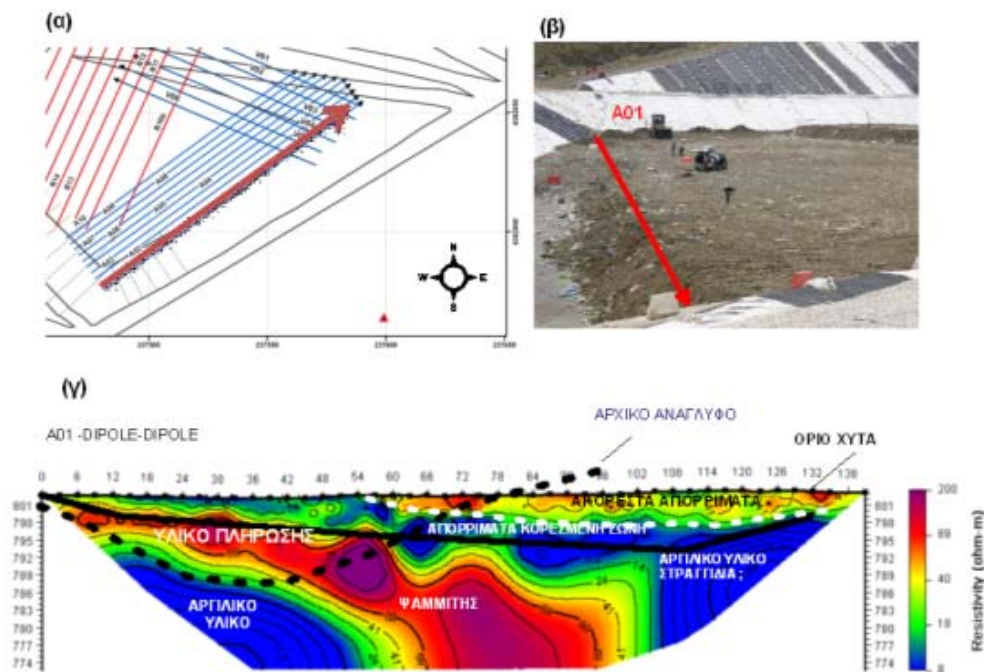
Σχήμα 2.6 Γεωηλεκτρική τομή όπου παρατηρείται η διείσδυση των διασταλλαζόντων σε βαθύτερα στρώματα (65-75 μ της τομής)

Όπου εμφανίζεται η γεωηλεκτρική τομή στο ρέμα της Αγίας Παρασκευής στους Ταγαράδες Θεσσαλονίκης μετά από μεγάλη διαρροή στραγγισμάτων το 2006 (Βαριεμέζης Τσούρλος 2006). Παρατηρείται εμφανώς η διείσδυση των διασταλλαζόντων σε βαθύτερα στρώματα. Το μαύρο χρώμα που εμφανίζουν στο σχήμα είναι λόγω της ιδιαίτερα μικρής αντίστασής τους.

Άλλο χρήσιμο παράδειγμα και πιο πρόσφατο σε ΧΥΤΑ έγινε στο ελληνικό των Ιωαννίνων το 2012 (Τσούρλος κ.α. 2012) και παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα (Σχ. 2.7)

Η μέθοδος ΗΤ εφαρμόζεται για ποικίλους σκοπούς σε περιοχές ΧΥΤΑ με τον προσδιορισμό της γενικής δομής τους και τον εντοπισμό πιθανής διαρροής η διάχυσης των εκκριμάτων στα βαθύτερα γεωλογικά στρώματα. Οι μετρήσεις

αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε σύγχρονα ΧΥΤΑ καθώς η γεωμεμβράνη δεν απομονώνει ηλεκτρικά την περιοχή λόγω της μικρής αγωγιμότητας που εμφανίζει, με αποτέλεσμα να μπορεί να χαρτογραφηθούν γεωηλεκτρικά οι δομές και ότι βρίσκεται «από κάτω της».



Σχήμα 2.7 Γεωηλεκτρική τομή από τον ΧΥΤΑ Ελληνικού Ιωαννίνων (Τσούρλος κ.α. 2012) (α) Η θέση της ηλεκτρικής τομής Α01 (β) φωτογραφία όπου φαίνεται η θέση της τομής Α01. (γ) ερμηνευμένη εικόνα αντιστροφής της τομής Α01 για τη διάταξη διπόλου-διπόλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Διαχρονική Παρακολούθηση

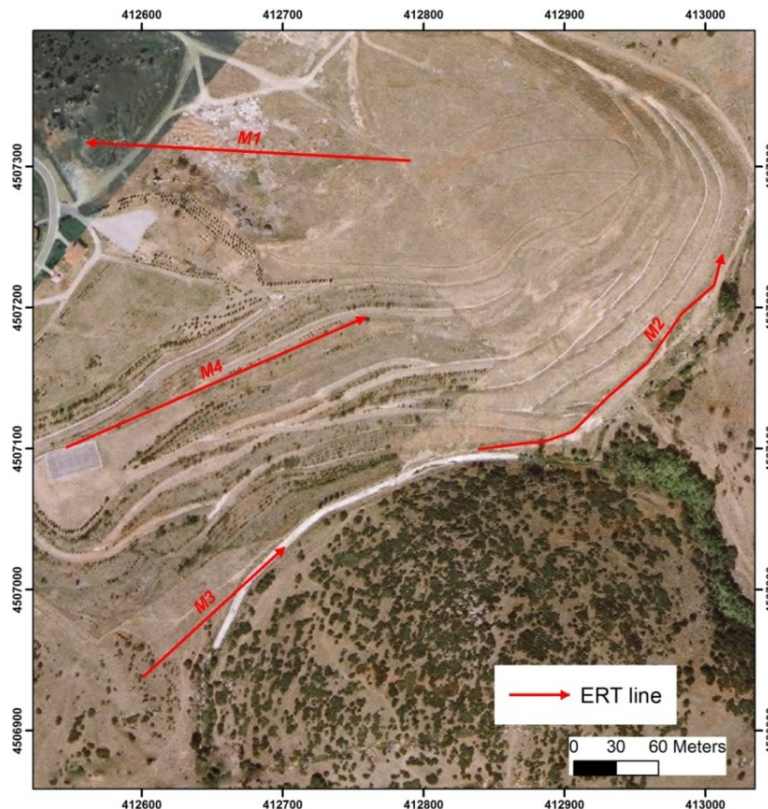
Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην εφαρμογή της ηλεκτρικής τομογραφίας στη διαχρονική παρακολούθηση των σχετικά μακροχρόνιων (βραδέων) γεωηλεκτρικών μεταβολών του υπεδάφους σε επιλεγμένες τομές στον ΑΧΤΑ Δερβενίου.

Βραδεία μεταβολή ορίζεται η ποσοτική και ποιοτική διακύμανση των υπόγειων νερών σε κλίμακα χρόνου τουλάχιστον ενός υδρολογικού έτους. Η συγκεκριμένη, που πραγματοποιήθηκε σε βάθος χρόνου ενός έτους προϋποθέτει τον υπολογισμό του γεωηλεκτρικού μοντέλου, τουλάχιστον τεσσάρων εποχών του έτους που να συγχρονίζονται με αντίστοιχες μεταβολές των συνθηκών υπόγειας υδροφορίας. Για να είναι δυνατή η συσχέτιση των μετρήσεων μεταξύ τους θα πρέπει να λαμβάνονται με τις ίδιες συνθήκες κάθε φορά. Γι τον λόγο αυτό δημιουργήθηκαν τέσσερις γραμμές διαφορετικού μήκους στις οποίες τοποθετήσαμε σταθερά ηλεκτρόδια αλουμινίου (Σχ. 3.1) ώστε να αποφύγουμε φαινόμενα οξείδωσης και οι συνθήκες μέτρησης να είναι οι ίδιες κάθε φορά



Σχήμα 3.1 Ηλεκτρόδιο αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα διαχρονικής παρακολούθησης

Οι τομές που σχεδιάστηκαν παρουσιάζονται στον χάρτη που ακολουθεί (Σχ. 3.2)



Σχήμα 3.2 . Γεωηλεκτρικές τομογραφίες στο πρόγραμμα διαχρονικής παρακολούθησης.

Τα κριτήρια επιλογής για κάθε μία από αυτές τις θέσεις είναι τα παρακάτω:

M1: Η τομογραφία έχει διεύθυνση σχεδόν Ανατολής-Δύσης και στόχο έχει να μελετηθούν μεταβολές που σχετίζονται με την τροφοδοσία του χώρου σε υπόγεια νερά με διεύθυνση ροής από Βορρά προς Νότο.

M2: Καλύπτει το ανατολικό τμήμα του όγκου των απορριμμάτων και ιδιαίτερα την περιοχή που σχετίζεται με την πηγή και τις επιφανειακές εμφανίσεις διασταλλαζόντων.

M3: Είναι παράλληλη με το ρέμα και βρίσκεται μεταξύ της DER3 που εμφανίζει σταθερά στάθμη διασταλλαζόντων και του ρέματος, οπότε επιτρέπει την παρακολούθηση της ποιοτικής και ποσοτικής μεταβολής των διασταλλαζόντων.

M4: Βρίσκεται μέσα στον χώρο των απορριμμάτων και θα επιτρέψει τον εντοπισμό οποιασδήποτε μεταβολής της στάθμης και της αγωγιμότητας του εκκρίματος αν συμβούν σε μεγάλη κλίμακα.

Στις τομογραφίες M1, M2 και M4 η ενδιάμεση απόσταση των ηλεκτροδίων είναι 10 μέτρα ενώ στην τομογραφία M3 η αντίστοιχη απόσταση είναι 6 μέτρα.



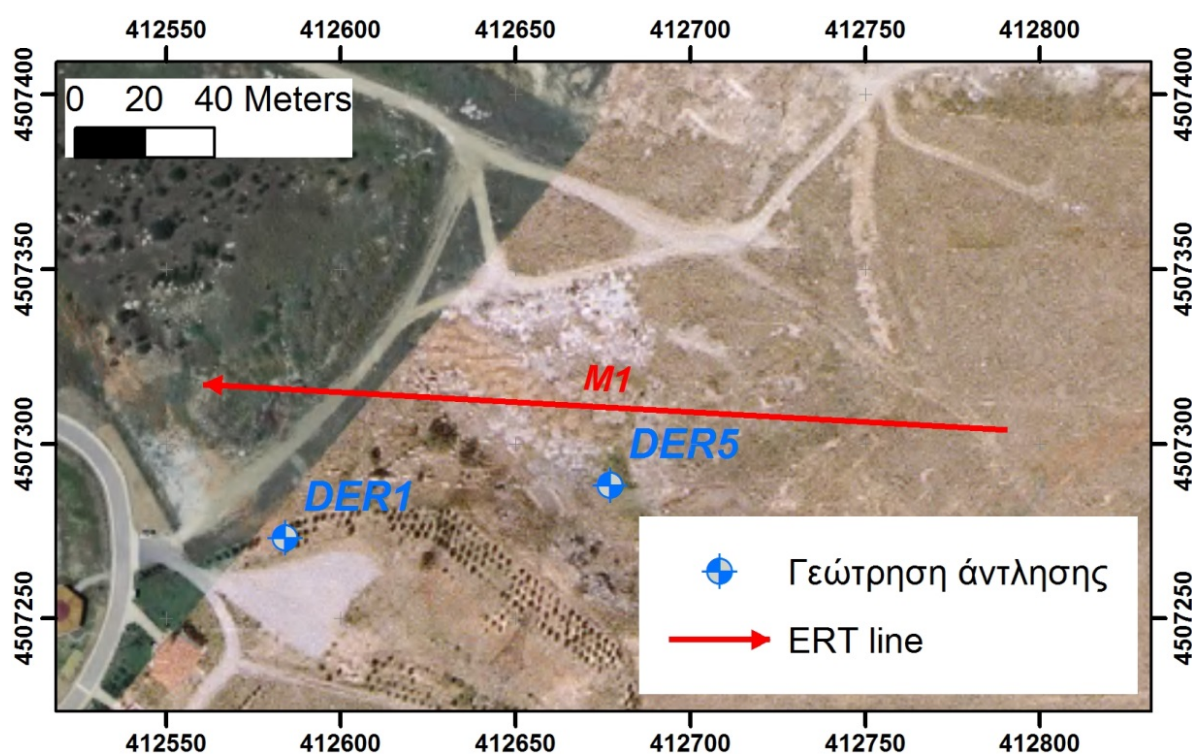
Σχήμα 3.3 Φωτογραφίες από τη συλλογή γεωφυσικών μετρήσεων στο χώρο του ΑΧΤΑ Δερβενίου.

Ηλεκτρικές τομογραφίες M1,M2,M3,M4

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται οι γεωηλεκτρικές εικόνες στις τομογραφίες παρακολούθησης μακρόχρονων μεταβολών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.

Ηλεκτρική τομογραφία M1

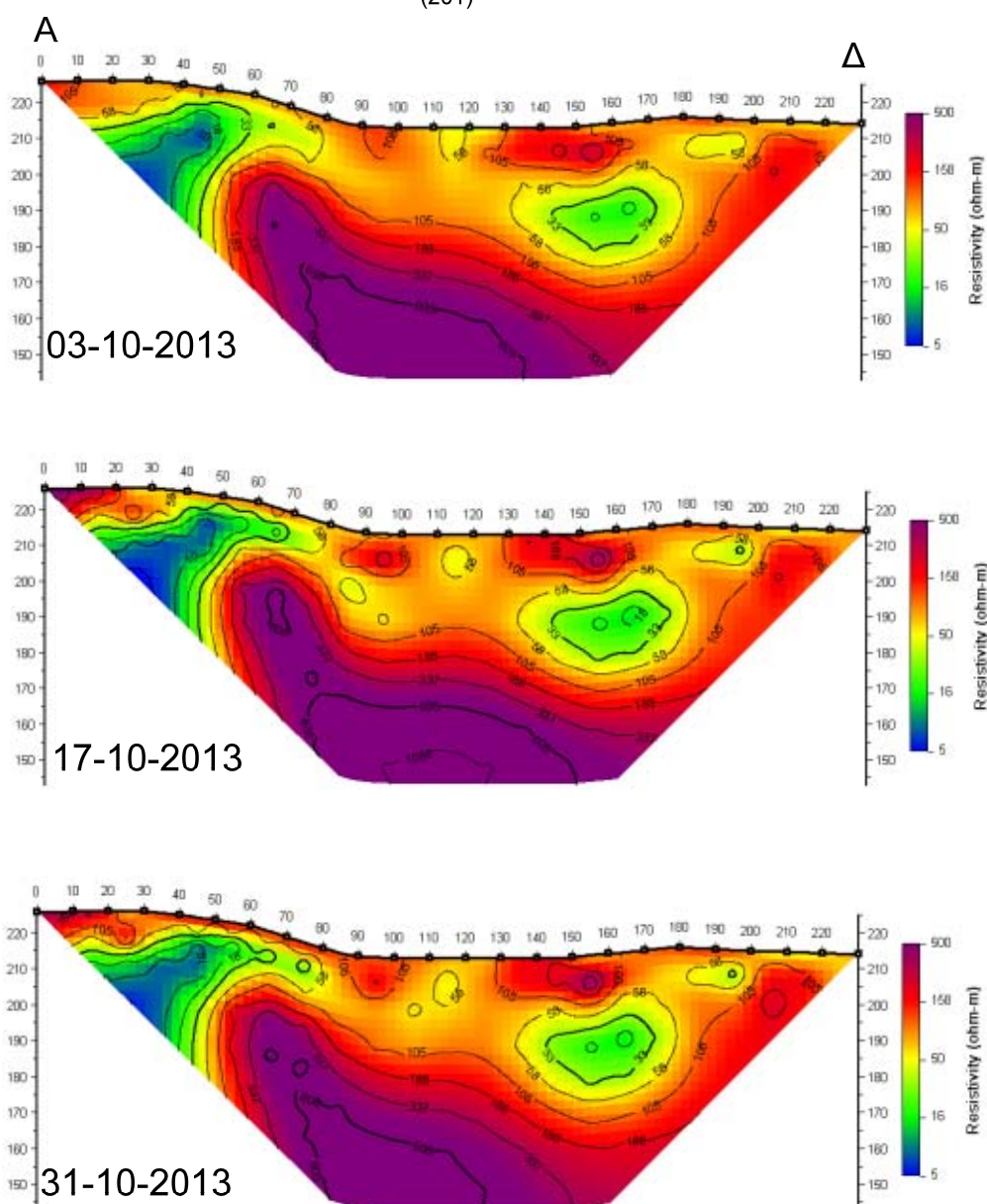
Έχει μήκος 230 μέτρα και το ανατολικό τμήμα της εισέρχεται στον χώρο των απορριμμάτων. (Σχ 3.4)



Σχήμα 3.4 Θέση τομογραφίας M1.

Τα αποτελέσματα των αντιστροφών της τομογραφίας M1 παρουσιάζονται στο Σχ. 3.5.

M1
(201)

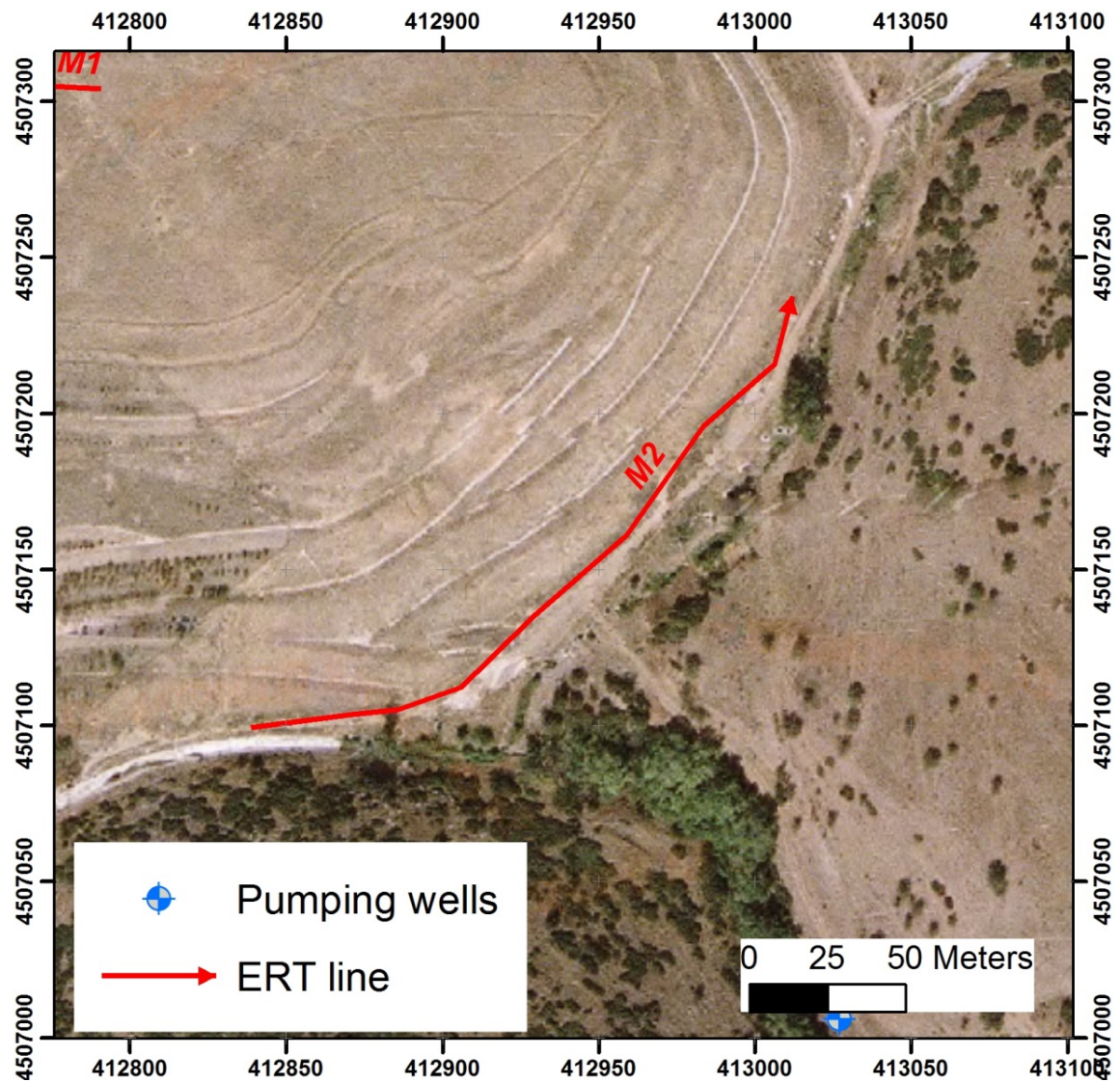


Σχήμα 3.5 Εικόνες αντιστροφής της τομογραφίας M2 σε τρεις διαφορετικές χρονικές φάσεις.

Στο αριστερό τμήμα της τομογραφίας που αντιστοιχεί στην ανατολική πλευρά της παρατηρείται περιοχή με μπλε χρώμα. Η περιοχή αυτή αντιστοιχεί στον όγκο των απορριμμάτων που εμφανίζουν ιδιαίτερα χαμηλή αντίσταση λόγω της μεγάλης αγωγιμότητας των διασταλλαζόντων.

Στη θέση 50-60 μέτρων της τομογραφίας παρατηρείται σημαντική πλευρική μεταβολή στις αντιστάσεις με σχεδόν κατακόρυφη επιφάνεια που διαχωρίζει τις χαμηλές αντιστάσεις (απορρίμματα) στο ανατολικό τμήμα και τις πολύ ψηλές που αντιστοιχούν στο βραχώδες υπόβαθρο, υποδηλώνοντας την παρουσία ρήγματος.

Ηλεκτρική τομογραφία M2

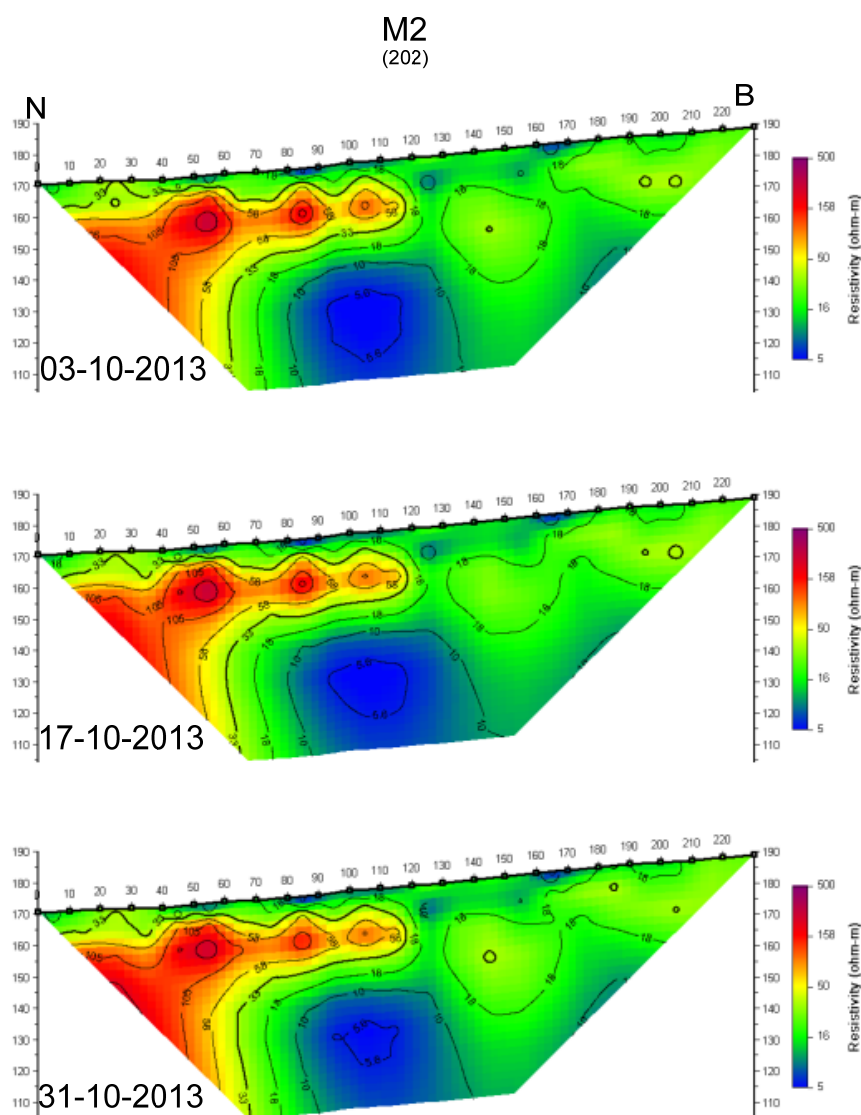


Σχήμα 3.6 Θέση τομογραφίας M2

Θέση τομογραφίας M2

Η τομογραφία M2 βρίσκεται στο ανατολικό όριο του Χ.Τ.Α. (Σχ. 3.6) και διέρχεται από την περιοχή που στο παρελθόν είχε παρατηρηθεί επιφανειακή εκδήλωση των διασταλλάζοντων.

Τα αποτελέσματα των αντιστροφών την τομογραφίας M2 παρουσιάζονται στο σχήμα 3.7



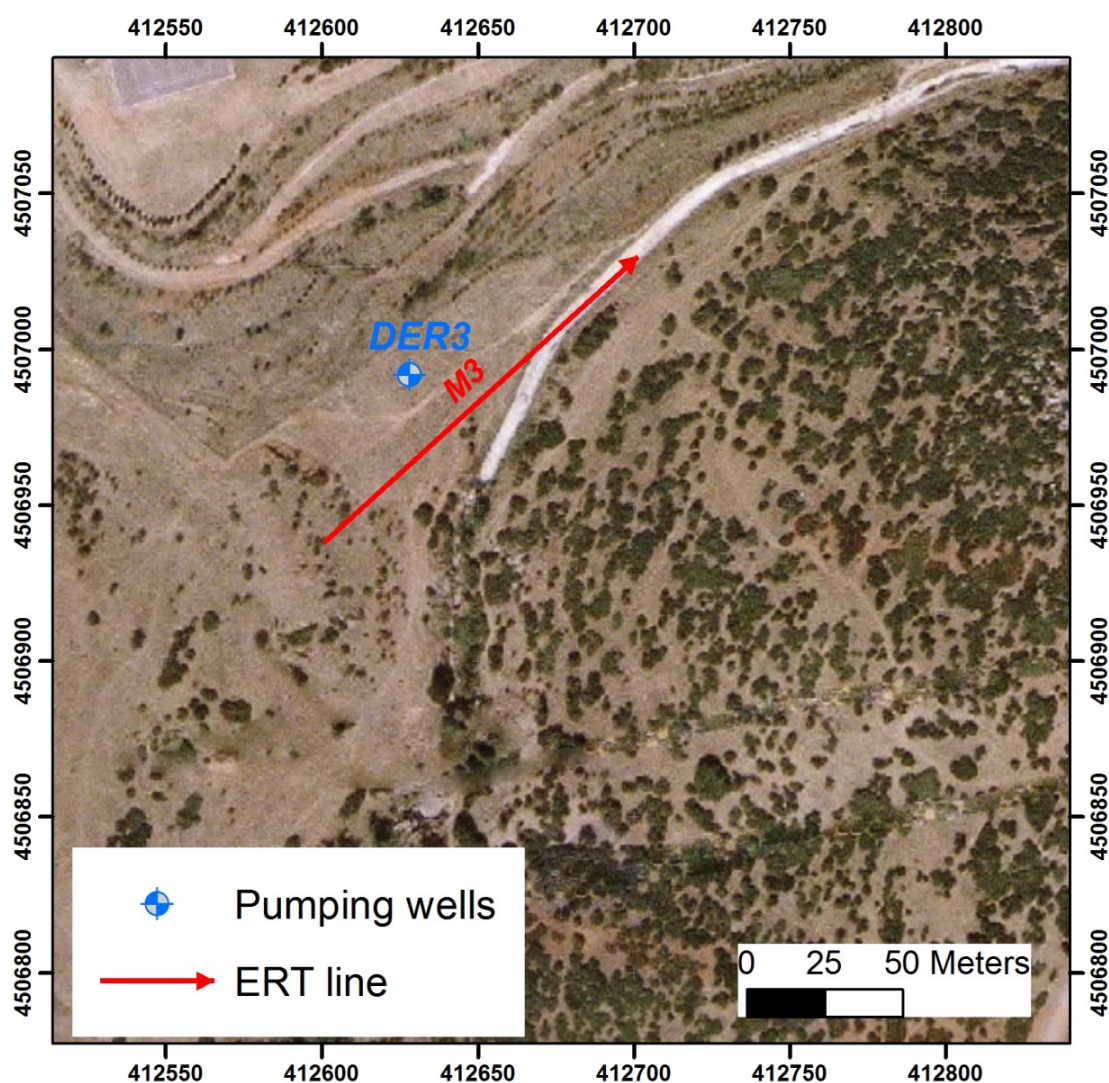
Σχήμα 3.7 Εικόνες αντιστροφής της τομογραφίας M2 σε τρεις διαφορετικές χρονικές φάσεις.

Εικόνες αντιστροφής της τομογραφίας M2 σε τρεις διαφορετικές χρονικές φάσεις

Ο στόχος της τομογραφίας M2 είναι εμφανής και αντιστοιχεί στην μπλε περιοχή της. Η ιδιαίτερα χαμηλή αντίσταση στην περιοχή αυτή οφείλεται στην ύπαρξη διασταλλαζόντων που έχουν πληρώσει το ενεργό πορώδες από το βάθος των 30 μέτρων και συναντώνται ακόμα και βαθύτερα.

Στόχος της έρευνας είναι ακριβώς να προταθούν τα έργα αυτά που σαν αποτέλεσμα θα έχουν την αύξηση της αντίστασης στη περιοχή αυτή, γεγονός που θα είναι ενδεικτικό της μείωσης τροφοδοσίας σε διασταλλάζοντα.

Ηλεκτρική τομογραφία M3



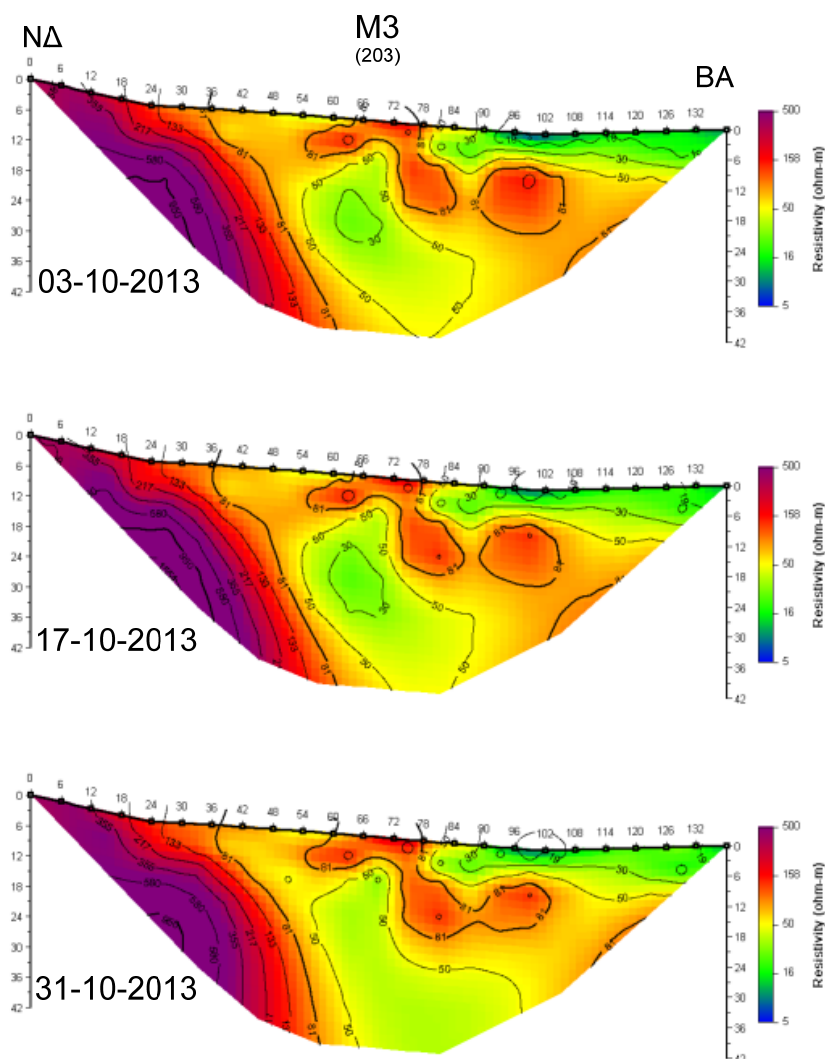
Σχήμα 3.8 Θέση τομογραφίας M3.

Θέση τομογραφίας M3.

Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων στη τομογραφία M3(Σχ. 3.8) είναι 6 μέτρα και το συνολικό μήκος της είναι 138 μέτρα. Η τομογραφία αυτή συσχετίζεται με την γεώτρηση παρακολούθησης DER3 στην οποία παρατηρήθηκαν διασταλλάζοντα και ελέγχεται η πιθανή υπόγεια ροή προς το ρέμα.

Επιπρόσθετα, στη θέση αυτή είχε εντοπιστεί ρήγμα του υποβάθρου από την προηγούμενη γεωφυσική έρευνα.

Η αντιστροφή των δεδομένων στη τομογραφία M3 απέδωσε τις παρακάτω γεωηλεκτρικές εικόνες (Σχ. 3.9) .

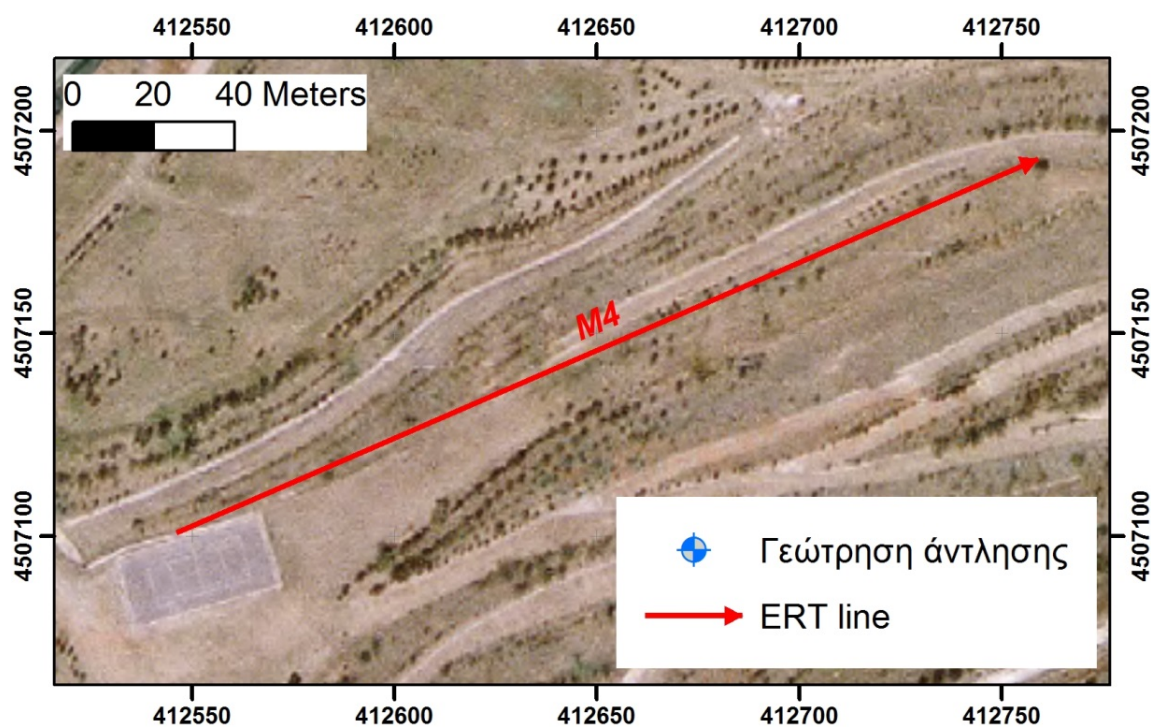


Σχήμα 3.9 Εικόνες αντιστροφής της τομογραφίας M3 σε τρεις διαφορετικές χρονικές φάσεις.

Είναι εμφανές το ρήγμα του βραχώδους υποβάθρου στο νοτιοδυτικό τμήμα της τομογραφίας (στο 60ό μέτρο).

Η υπόλοιπη τομογραφία χαρακτηρίζεται από τεκτονισμένο και αποσαθρωμένο υλικό σε συνδυασμό με κλαστικά υλικά όπου αναμένεται και υπόγεια υδροφορία.

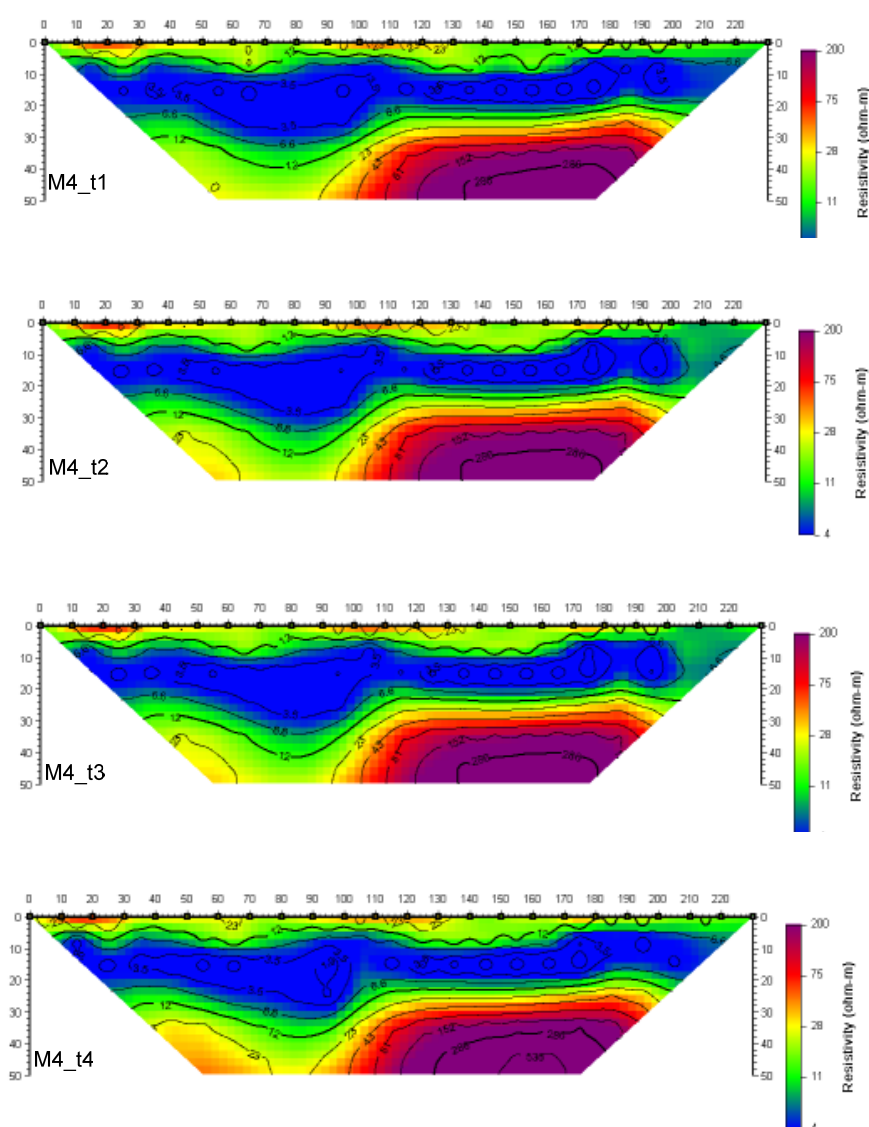
Ηλεκτρική τομογραφία M4



Σχήμα 3.10 Θέση τομογραφίας M4.

Το συνολικό μήκος της είναι 240 μέτρα(Σχ. 3.10) και η αρχή της βρίσκεται στο ύψος του γηπέδου τένις και σε όλο τον χώρο των απορριμμάτων.

Τα αποτελέσματα των αντιστροφών την τομογραφίας M4παρουσιάζονται στο σχήμα 3.11



Σχήμα 3.11 Εικόνες αντιστροφής τομογραφίας M4 σε τέσσερις διαφορετικές χρονικές φάσεις.

Στόχος της χωροθέτησης της τομογραφίας είναι να μελετήσει οποιαδήποτε μεταβολή της αντίστασης μέσα στον όγκο των απορριμμάτων αλλά και την ζώνη του ρήγματος που εντοπίζετε στο εκατοστό μέτρο της τομογραφίας.

Οι αντιστάσεις μέσα στον γεωλογικό σχηματισμό είναι μεγάλες για να υποδηλώνουν κατείσδυση διασταλλαζόντων σε μεγαλύτερα βάθη.

3.2. ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα εργασία ως τμήμα της γενικότερης μελέτης της περιοχής του ΑΧΤΑ Δερβενίου έγινε καταγραφή της βραδείας μεταβολής της ηλεκτρικής αντίστασης σε 4 επιλεγμένες τομές της περιοχής μελέτης.

Έγινε λήψη των δεδομένων σε 3 περιόδους και ακολούθησε η διαχρονική τους επεξεργασία η οποία και ανέδειξε σχετικές γεωηλεκτρικές μεταβολές όχι όμως ιδιαίτερα έντονες.

Απαιτείται η συνέχιση των μετρήσεων σε βάθος χρόνου ώστε να αποτυπωθεί ακριβέστερα η αλλαγή των γεωηλεκτρικών συνθηκών του υπεδάφους στην περιοχή του ΑΧΤΑ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Athanasίου, Ε., Tsourlos P., Papazachos C and Tsokas G., 2006. Combined weighted inversion of electrical resistivity data arising from different array types", J. Appl. Geophys., vol. 62, issue 2, pp 124-140.
- Βαργεμέζης Γ., Τσούρλος, Π, 2006. Διερεύνηση Γεωλογικών Συνθηκών Περιοχής Νότια Του Χ.Υ.Τ.Α. Ταγαράδων με εφαρμογή Γεωηλεκτρικών Τομογραφιών. Έκθεση ΑΠΘ.
- Soupios P, Papadopoulos N, Papadopoulos I, Kouli M, Vallianatos F, Sarris A, Manios Thr, 2007, Application of Integrated Methods in Mapping Waste Disposal Areas, Environ Geol., Vol. 53(3), pp.661-675
- Τσούρλος Π. Βαργεμέζης Γ., Φίκος Ι και Δερέκας Ν., (2012). Διερεύνηση του ΧΥΤΑ Ιωαννίνων για πιθανές διαρροές εκκρίματος στο υπέδαφος με τη χρήση γεωφυσικών μεθόδων. Έκθεση αποτελεσμάτων ερευνητικού έργου ΕΛΚΕ ΑΠΘ
- Παπαζάχος Βασίλης., Εισαγωγή Στην Εφαρμοσμένη Γεωφυσική
- Τσούρλος, Π, Βαργεμέζης Γ., Καζάκης Ν., «Γεωφυσική Έρευνα Αναπλασμένου Χώρου Ταφής Απορριμμάτων Δερβενίου»
- Τσούρλος, Π, Βαργεμέζης Γ., Καζάκης Ν., Φίκος Η., Βουδούρης Κ., Βενετσάνου Μ., Μητράκας Μ., Καρπαρά Ε, Τρενσίτση Σ., «Έλεγχος εισρεόντων και εκκρεόντων υπογείων υδάτων στον όγκο απορριμμάτων του Χ.Τ.Α. Δερβενίου»