



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

**ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΗ
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΔΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ
(ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΚΟΡΙΣΣΙΩΝ, ΝΗΣΟΣ ΚΕΡΚΥΡΑ)**

Δίλαλος Σπυρίδων

Επιβλέπων Καθηγητής: Αλεξόπουλος Ιωάννης, Λέκτορας

ΑΘΗΝΑ 2006



Στην οικογένεια μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, με τίτλο *‘ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΔΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ’*, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της γεωφυσικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του καθορισμού των υπεδαφικών γεωλογικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή της λιμνοθάλασσας Κοριτσιών (νήσος Κέρκυρα). Στη συνέχεια, συνδυάζοντας τα στοιχεία βάθους με τα επιφανειακά, έγινε προσπάθεια για τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή.

Η ανάθεση και επίβλεψη της διπλωματικής αυτής εργασίας έγινε από τον Δρ. Αλεξόπουλο Ιωάννη, Λέκτορα του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αλλά και τη συνεχή υποστήριξη και βοήθεια που μου παρείχε, καθ’ όλη τη περίοδο εκπόνησης της εργασίας μου. Η συνεργασία μας υπήρξε καθοριστική στη λήψη μετρήσεων υπαίθρου, στην επεξεργασία, στην ερμηνεία και στην αξιολόγηση των γεωφυσικών δεδομένων και γενικότερα στη διαμόρφωση της γεωλογικής μου σκέψης.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον Δρ. Παπαδόπουλο Ταξιάρχη, Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, για τις επιστημονικές συζητήσεις και συμβουλές του σε θέματα εφαρμοσμένης γεωφυσικής.

Επί πλέον, οφείλω να ευχαριστήσω:

- τον Δρ. Βούλγαρη Νικόλαο, Επικ. Καθηγητή, για τις επιστημονικές συζητήσεις σε θέματα γεωλογίας, επεξεργασίας και διαχείρισης των δεδομένων,
- τον Δρ. Πούλο Σεραφείμ, Επικ. Καθηγητή, για τις συζητήσεις και τις παρατηρήσεις του σε θέματα παράκτιας γεωμορφολογίας και παλαιογεωγραφίας και
- τον Δρ. Βασιλάκη Εμμανουήλ, για τις προσωπικές του γεωλογικές παρατηρήσεις, πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό που μου προσέφερε.

Τις ευχαριστίες μου εκφράζω στην κα Τομαρά Βασιλική, MSc γεωλόγο-περιβαλλοντολόγο, για τις προσωπικές της γεωλογικές και περιβαλλοντικές

παρατηρήσεις, το φωτογραφικό υλικό και τη βοήθεια που μου παρείχε στη διαχείριση και απεικόνιση των πληροφοριών σε ψηφιακή μορφή.

Ιδιαίτερα επιθυμώ να ευχαριστήσω και τον κ. Γκούμα Γεώργιο, MSc γεωλόγο-γεωφυσικό, για την βοήθεια του στη λήψη των μετρήσεων υπαίθρου, στη διαχείριση και απεικόνιση των αποτελεσμάτων και στην γενικότερη υποστήριξη του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου τόσο για την ηθική και οικονομική συμπαράσταση σε αυτήν την προσπάθεια μου, όσο και για την υπομονή και την κατανόηση που επέδειξε όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λιμνοθάλασσα Κορισσίων στη νήσο Κέρκυρα, είναι ένας πολύ σημαντικός παράκτιος υγρότοπος, που έχει μεγάλη βιολογική και αισθητική αξία όχι μόνο για τη νήσο, αλλά και για ολόκληρη τη δυτική Ελλάδα, αφού αποτελεί τόπο ανάπτυξης και διαβίωσης σπάνιων ειδών της πανίδας και χλωρίδας της Ελλάδας.

Ως υδροβιότοπος είναι σημαντικός, αφού εντάσσεται σε αρκετά προγράμματα προστασίας, όπως το δίκτυο Natura 2000 και η σύμβαση Ramsar. Επειδή το συγκεκριμένο περιβάλλον αποτελεί ανοιχτό σύστημα, που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, αποτελεί μία πολυπαραμετρική διεπιστημονική πρόκληση προς διερεύνηση. Για τους λόγους αυτούς, πολλές ερευνητικές ομάδες της ημεδαπής και αλλοδαπής, δραστηριοποιούνται προς την κατεύθυνση αυτή. Μία τέτοια ομάδα είναι και αυτή του Πανεπιστημίου Αθηνών, τμήμα της έρευνας της αποτελούν τα στοιχεία και αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να καθοριστούν, με τη χρήση γεωφυσικών τεχνικών, οι υπεδιαφικές γεωλογικές δομές που προσδιορίζουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής. Η διπλωματική εργασία αποτελείται από τέσσερα (4) επιμέρους κεφάλαια:

Στο *Κεφάλαιο 1*, γίνεται σύντομη αναφορά στα μορφολογικά, κλιματολογικά, περιβαλλοντικά στοιχεία καθώς και στις χρήσεις γης της περιοχής μελέτης.

Στο *Κεφάλαιο 2*, αναφέρονται τα γεωλογικά δεδομένα που συγκεντρώθηκαν για την ευρύτερη περιοχή μελέτης και παρατίθενται τα γεωλογικά στοιχεία (στρωματογραφικά, τεκτονικά, υδρογεωλογικά) που συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια της έρευνας, τόσο από προσωπικές παρατηρήσεις, όσο και από πληροφορίες γεωλόγων ερευνητών του ΕΚΠΑ, που συμμετέχουν στην μελέτη του υδροβιότοπου.

Στο *Κεφάλαιο 3*, μετά από σύντομη περιγραφή της γεωηλεκτρικής μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, παρατίθενται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας, ερμηνείας και αξιολόγησης των γεωφυσικών δεδομένων, και τέλος

Στο *Κεφάλαιο 4*, διατυπώνονται τα συμπεράσματα για τις γεωλογικές συνθήκες βάθους που επικρατούν στην περιοχή και οι ασάφειες-προτάσεις που προκύπτουν από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας.

1. ΓΕΝΙΚΑ

Στα πλαίσια μιας γεωλογικής μελέτης, είναι απαραίτητος ο καθορισμός των γεωλογικών συνθηκών πεδίου, προκειμένου να καθοριστούν οι άξονες της έρευνας. Ιδιαίτερα, εάν πρόκειται για διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών, με εφαρμογή πολυπαραμετρικών μεθοδολογιών, επιβάλλεται ο σωστός καθορισμός των στόχων της κάθε έρευνας. Μάλιστα, όταν πρόκειται να εφαρμοστούν γεωφυσικές διασκοπήσεις, είναι απαραίτητη η σαφής γνώση των επιφανειακών γεωλογικών πληροφοριών, προκειμένου να επιλεγεί, σχεδιαστεί και εκτελεστεί σωστά η πλέον κατάλληλη γεωφυσική μεθοδολογία.

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, εστιάζει το ενδιαφέρον της στην ευρύτερη περιοχή της λιμνοθάλασσας Κορισσίων, η οποία εντοπίζεται στο νοτιοδυτικό κομμάτι της νήσου Κέρκυρας. Έχει ως απώτερο σκοπό, τη εφαρμογή των γεωφυσικών τεχνικών στην περιβαλλοντική διερεύνηση της περιοχής, λόγω της ιδιαιτερότητας και σημαντικότητας της .

Η λιμνοθάλασσα Κορισσίων, είναι ένα παράκτιο οικοσύστημα ιδιαίτερης αξίας για το περιβάλλον της περιοχής, καθώς ο ρόλος της είναι καθοριστικός για την ανάπτυξη και συντήρηση σημαντικών ειδών της χλωρίδας και πανίδας, κάποια από τα οποία κρίνονται έως σπάνια. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε, η λιμνοθάλασσα θεωρείται προστατευόμενος υγρότοπος, βάσει του ευρωπαϊκού προγράμματος *Natura 2000*, της σύμβασης *Ramsar* κ.ά.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, γίνεται εύκολα αντιληπτή η περιβαλλοντική ιδιαιτερότητα του χώρου της λιμνοθάλασσας, καθώς αποτελεί ένα σύστημα το οποίο επηρεάζεται άμεσα, όχι μόνο από τις φυσικές μεταβολές στο περιβάλλον, αλλά και από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στις ακτές της, όπως οι καλλιέργειες (μόλυνση από λιπάσματα και φυτοφάρμακα) και η ρίψη απορριμμάτων.

Όλα αυτά, καθορίζονται ουσιαστικά από τις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Η γνώση των γεωλογικών συνθηκών της συγκεκριμένης περιοχής δεν είναι επαρκής, στα πλαίσια που απαιτεί μια τέτοια έρευνα. Έτσι, αποφασίστηκε και η διερεύνηση των υπεδιαφικών συνθηκών της περιοχής, με τη χρήση γεωφυσικών

τεχνικών. Για την συγκεκριμένη περιοχή, επιλέχθηκε καταρχήν η γεωηλεκτρική μέθοδος διερεύνησης της κατακόρυφης κατανομής της ειδικής αντίστασης, με τη διάταξη Schlumberger.

Ο λόγος που επιλέχθηκε αυτή η μεθοδολογία είναι η καταλληλότητα της για γεωλογικά περιβάλλοντα, όπου παρατηρούνται διαφοροποιημένες ηλεκτρικές ιδιότητες, έτσι ώστε να μπορούν να διερευνηθούν με τη μέθοδο. Πέραν αυτού, η κλίση των στρωμάτων, δεν φαίνεται από τα γεωλογικά στοιχεία επιφανείας να είναι πάνω από 15°, που είναι ένας από τους περιορισμούς της μεθόδου.

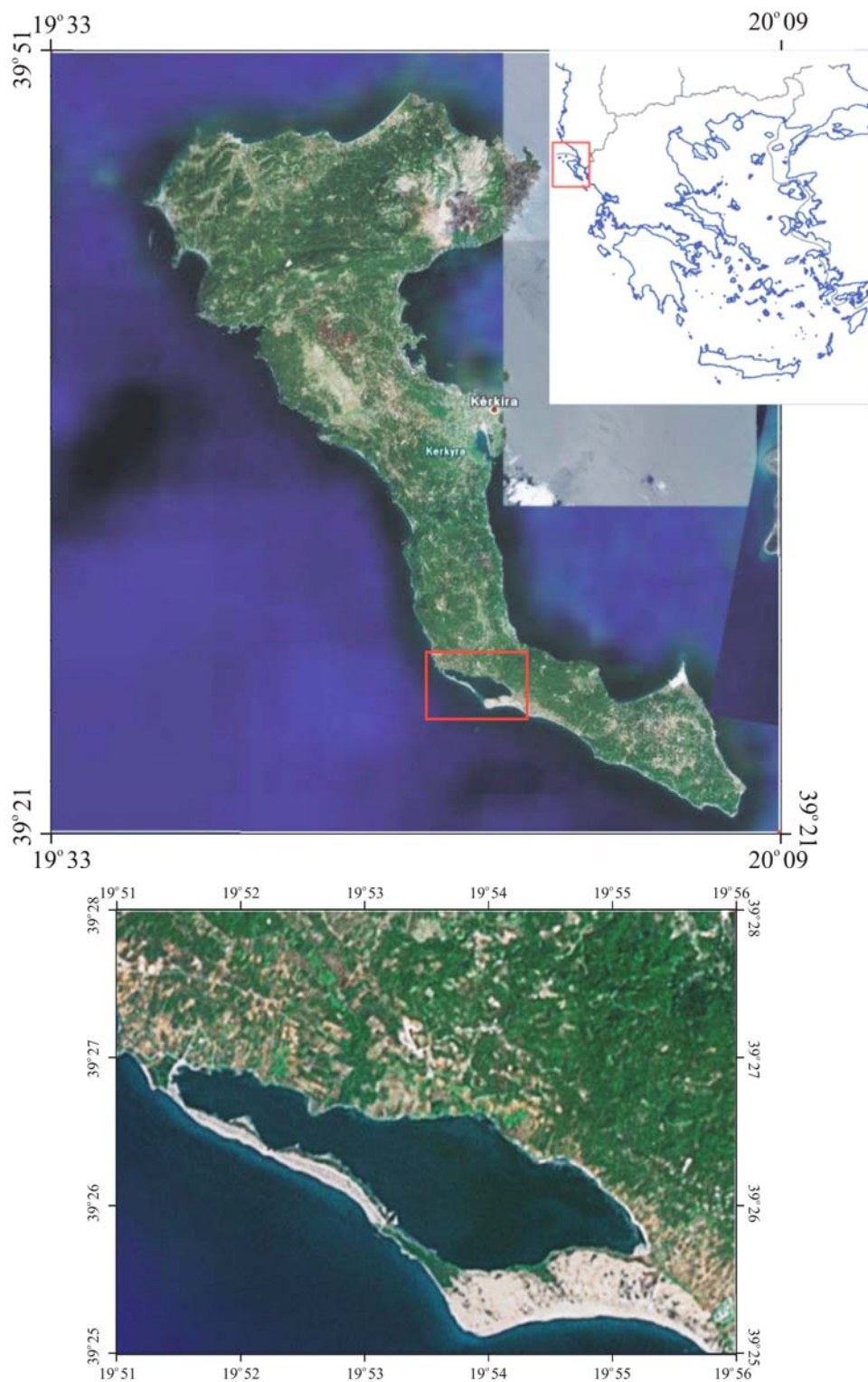
Έτσι, μετά την συγκέντρωση των απαραίτητων βιβλιογραφικών δεδομένων, ακολούθησε επίσκεψη στην περιοχή το Σεπτεμβρίου 2005. Σε αυτή την περίοδο, πραγματοποιήθηκαν συμπληρωματικές γεωλογικές παρατηρήσεις, απογραφή γεωτρήσεων και φρεάτων, μετρήσεις της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και λήψη 45 γεωφυσικών μετρήσεων (εκτέλεση γεωηλεκτρικών βαθυσκοπήσεων).

1.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

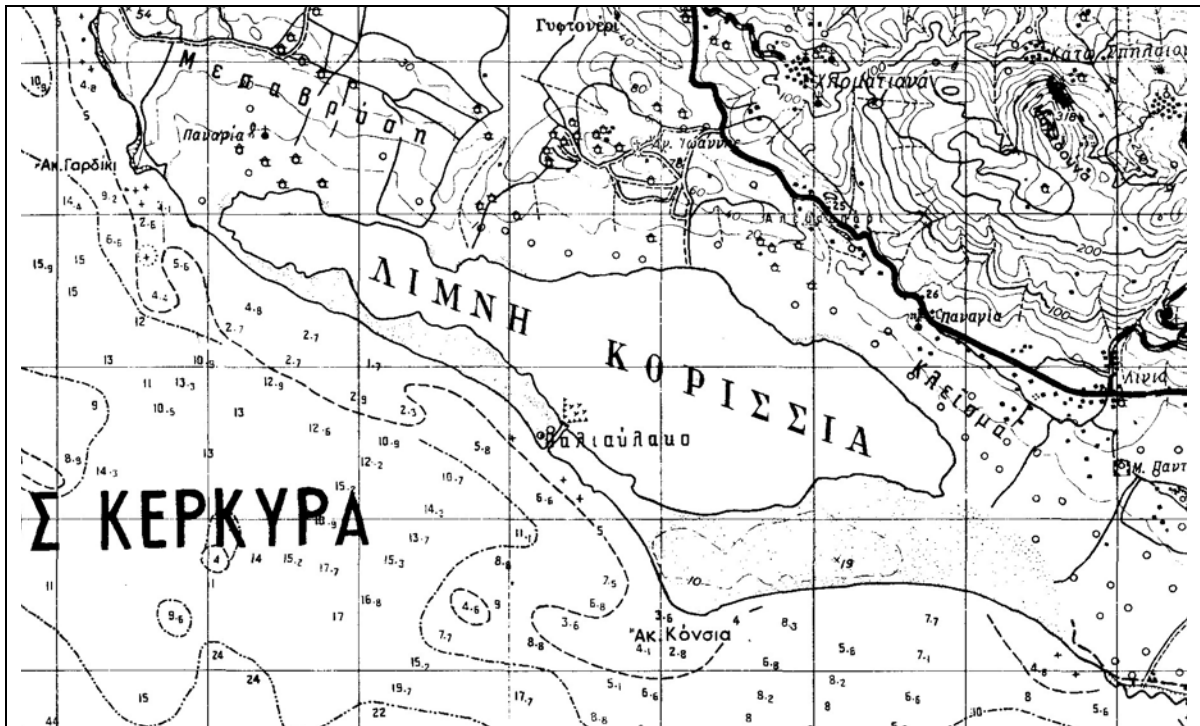
Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στη νήσο Κέρκυρα (εικόνα 1.1) και πιο συγκεκριμένα στο νοτιοδυτικό τμήμα της. Η περιοχή αυτή ανήκει γεωγραφικά στο τοπογραφικό διάγραμμα «Αγ. Ματθαίος», κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.). Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή έρευνας οριοθετείται από τις παράλληλους Β 39° 25' και Β 39° 28', καθώς και από τους μεσημβρινούς Α 19° 51' και 19° 56'.

Η περιοχή μελέτης (εικόνα 1.2 & 1.3), οριοθετείται βόρεια από την περιοχή Γυφτονέρι, περιλαμβάνοντας και την Μέσαβρύση, ενώ πιο βορειοανατολικά περιορίζεται από το βουνό Καβαλοβούνι (χωριό Χλομοσιανά και πιο νοτιοδυτικά). Ανατολικά, εκτείνεται μέχρι και το χωριό Λίνια, συνεχίζοντας πιο νότια μέχρι και τον Αγ. Γεώργιο. Στα νότια, η περιοχή οριοθετείται από την παράκτια ζώνη και πιο συγκεκριμένα, από την παραλία του Ίσου ως το ακρωτήριο Κόνσια και την Παλαιοαύλακα, συνεχίζοντας ως την παραλία του Χαλικούνα και ακόμα πιο βορειοδυτικά ως το ακρωτήριο Γαρδίκι και την παραλία Αλωνάκι.

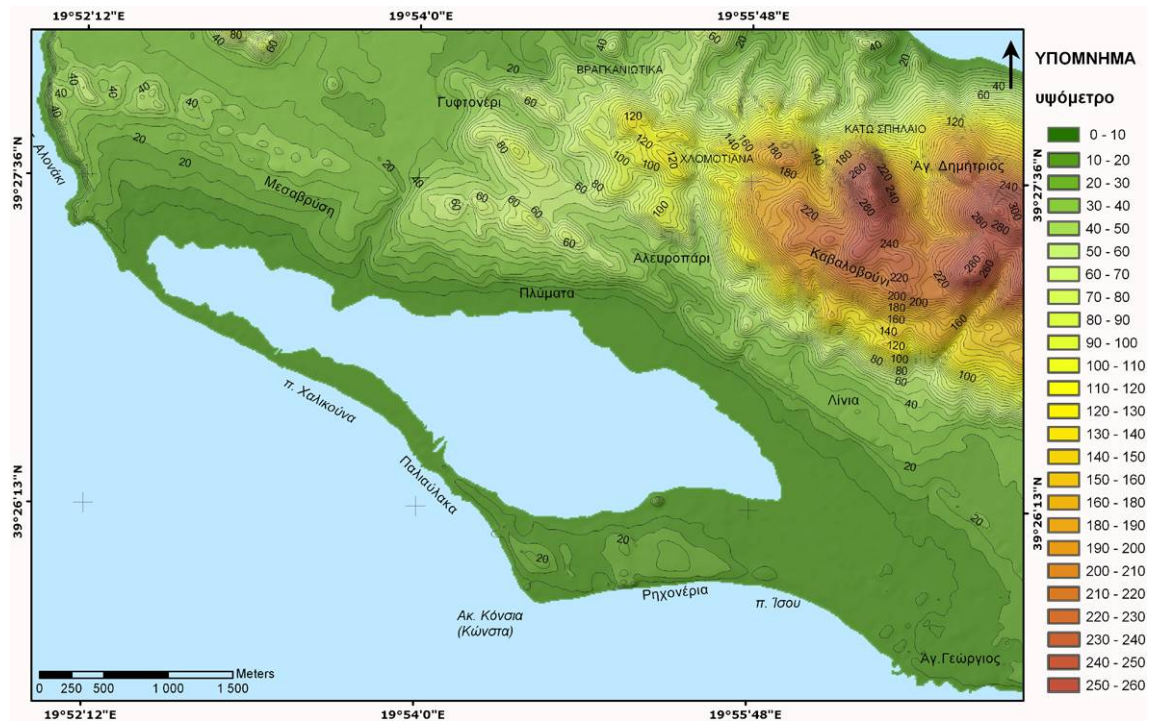
Η περιοχή έρευνας καταλαμβάνει έκταση περίπου 15 km², από τα οποία τα 4,17 km² καλύπτονται από τον υγρότοπο της λιμνοθάλασσας Κορισσίων.



Εικόνα 1.1: Περιοχή μελέτης (κόκκινο πλαίσιο) στη νήσο Κέρκυρα (πηγή *Google Earth, 2005*).



Εικόνα 1.2: Απόσπασμα Τοπογραφικού Διαγράμματος 1:50.000, Γ.Υ.Σ, της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 1.3: Ψηφιοποιημένος Τοπογραφικός-Μορφολογικός χάρτης της περιοχής της λιμνοθάλασσας Κορυσσίας (ΤΟΜΑΡΑ, 2006).

1.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή διερεύνησης, χαρακτηρίζεται γενικότερα από ήπιο ανάγλυφο με υψόμετρα που κυμαίνονται από 0-50μ. (εικόνα 1.3). Οι περιοχές γύρω από τη λιμνοθάλασσα, δεν ξεπερνούν σε υψόμετρο τα 10μ. Τα μεγαλύτερα υψόμετρα εντοπίζονται κυρίως βόρεια της λιμνοθάλασσας, εξαιτίας λόφων που έχουν δημιουργηθεί από αιολικές διεργασίες, καθώς επίσης και εξαιτίας των προπόδων του Καβαλοβουνίου. Στα νοτιοανατολικά της λιμνοθάλασσας, εντοπίζονται αυξημένα υψόμετρα λόγω της παρουσίας θινών.

1.4 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στη νήσο Κέρκυρα επικρατεί το υγρό μεσογειακό κλίμα, που χαρακτηριστικά του είναι τα θερμά και σχετικά ξηρά καλοκαίρια, αλλά και οι ήπιοι βροχεροί χειμώνες. Οι βροχοπτώσεις είναι έντονες κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους, με μέγιστη ένταση κατά τους μήνες Νοεμβρίου - Δεκέμβριο (~185mm/μήνα). Δεν λείπουν οι σύντομες βροχοπτώσεις και κατά το θέρος, που συνεισφέρουν στην αύξηση της υγρασίας. Έτσι η σχετική υγρασία στην περιοχή κατά την διάρκεια του έτους κυμαίνεται μεταξύ 60-77%. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 1.100 χιλιοστά.

Η μέση θερμοκρασία που επικρατεί κατά το χειμώνα είναι 11° C και κατά το θέρος 24° C. Το καλοκαίρι επικρατούν ΒΔ άνεμοι με χαμηλή ένταση, ενώ τους υπόλοιπους μήνες παρατηρούνται ΝΑ άνεμοι.

1.5 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ

Σύμφωνα με τη «Σύμβαση Ramsar», ο ορισμός των υγρότοπων είναι ο εξής:
«Οι υγρότοποι είναι φυσικές ή τεχνητές περιοχές, αποτελούμενες από έλη με ποώδη βλάστηση (marsh), από μη αποκλειστικώς ομβροδίαιτα έλη με τυρφώδες υπόστρωμα (fen), από τυρφώδεις γαίες ή από νερό. Οι περιοχές αυτές είναι μόνιμα ή προσωρινά κατακλυζόμενες με νερό, το οποίο είναι στάσιμο ή τρεχούμενο, γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό, και περιλαμβάνουν επίσης εκείνες που καλύπτονται από θαλασσινό νερό, το βάθος του οποίου δεν υπερβαίνει τα έξη μέτρα»

Η λιμνοθάλασσα, σύμφωνα με το Ε.Κ.Β.Υ., είναι αβαθής υδατοσυλλογή, που επικοινωνεί με τη θάλασσα μέσω ενός διαύλου. Το νερό της προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, ποταμούς ή χείμαρρους και από τη θάλασσα.

1.5.α Λιμνοθάλασσα Κορισσίων

Η λιμνοθάλασσα Κορισσίων είναι ένας ημιτεχνητός υδρότοπος παράκτιου τύπου. Αναφέρεται ως ημιτεχνητός, διότι η επικοινωνία της με τη θάλασσά γίνεται μέσω ενός τεχνητού καναλιού, το οποίο διανοίχτηκε περίπου στο 1928. Καλύπτει έκταση 4,17 km², με μέσο βάθος 1μ. Στο νότιο αμμώδες κομμάτι της, βρίσκεται ένα μικρό δάσος κέδρων σπάνιου είδους, ενώ η πανίδα που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της λιμνοθάλασσας είναι αυξημένη και πλούσια. Επίσης, φιλοξενούνται αρκετά πτηνά. Για τους λόγους αυτούς άλλωστε, η λιμνοθάλασσα Κορισσίων έχει καθοριστεί 'Εθνικό Καταφύγιο Θηραμάτων' και επιπλέον προστατεύεται κι από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα *Natura 2000*.

1.6 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Βάσει στοιχείων από την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων αλλά και επί τόπου παρατηρήσεων (TOMAPA, 2006), προέκυψαν στοιχεία για τις χρήσεις γης που επικρατούν στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Κορισσίων (εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.4: Χάρτης Κάλυψης Γης, μετά από επεξεργασία δορυφορικών εικόνων (TOMAPA, 2006).

Έτσι, υπολογίσθηκε ότι περίπου το 60% της περιοχής έρευνας καλύπτεται από βλάστηση. Από αυτό το ποσοστό ένα κομμάτι αναφέρεται σε καλλιέργειες των κατοίκων της περιοχής, που όμως εντοπίζεται κυρίως γύρω από τη λιμνοθάλασσα λόγω του ηπιότερου ανάγλυφου, ενώ το υπόλοιπο κομμάτι αντιστοιχεί στη φυσική βλάστηση της περιοχής, η οποία είναι αρκετά πυκνή. Στη φυσική αυτή βλάστηση, περιλαμβάνεται και έκταση 150 στρεμμάτων που αντιστοιχεί σε δάσος σπάνιου είδους κέδρων, στο νότιο κομμάτι της λιμνοθάλασσας, ανατολικά του διαύλου.

Το δομημένο περιβάλλον της περιοχής, αποτελούμενο από τουριστικές εγκαταστάσεις και τους οικισμούς της περιοχής, καλύπτει έκταση που αντιστοιχεί στο 2,2% του συνόλου.

Η λιμνοθάλασσα καταλαμβάνει το 17,2% της περιοχής. Το υπόλοιπο 20,2% της περιοχής καλύπτεται από αιολικές αποθέσεις, στις οποίες περιλαμβάνονται οι συνεκτικές θίνες (βόρεια της λιμνοθάλασσας) και οι σύγχρονες θίνες (νότια της λιμνοθάλασσας), τις οποίες εκμεταλλεύονται για τουριστικούς σκοπούς.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Προκειμένου να καθοριστεί η γεωλογική δομή της περιοχής έρευνας, σε πρώτη φάση συγκεντρώθηκε η απαραίτητη βιβλιογραφία. Μετά από προσωπικές μακροσκοπικές παρατηρήσεις και πληροφορίες άλλων ερευνητών, προέκυψε η τελική γεωλογική δομή της μελετούμενης περιοχής.

2.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Σε ολόκληρη τη νήσο Κέρκυρα, στην οποία εντοπίζεται και η περιοχή μελέτης, βάσει του διαχωρισμού των αλπικών σχηματισμών σε γεωτεκτονικές ενότητες, απαντάται η Ιόνιος ενότητα. Ιδιαίτερα στην περιοχή έρευνας, η παρουσία σχηματισμών της Ιόνιας ενότητας είναι περιορισμένη, λόγω της επικάλυψης της σε μεγάλο ποσοστό από μεταλλικές αποθέσεις του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς.

Στη συνέχεια παρατίθεται μια γενική περιγραφή όλων των σχηματισμών – αλπικών και μεταλλικών – από τις σχετικές βιβλιογραφικές πηγές, για την ευρύτερη περιοχή έρευνας. Οι αλπικοί σχηματισμοί που διαμορφώνουν την Ιόνιο γεωτεκτονική ενότητα (από τους αρχαιότερους προς τους νεότερους), είναι οι ακόλουθοι:

Ασβεστόλιθοι Φουσταπήδημα, μαύροι, υπολιθογραφικοί ανθρακικοί σχηματισμοί με *Cardita*, υπερκείμενοι των εβαποριτών του Καρνίου,

Λατυποπαγή και γύψος, άστρωτο σύνολο λατυποπαγούς υφής, με δολομιτικούς κυψελώδεις ασβεστόλιθους, πλακώδη τεμάχια δολομίτη. Αυτό το σύνολο σχηματίζει το διαπυρικό κάλυμμα της Κέρκυρας, ηλικία Τριαδικό,

Δολομίτες 'Haupt – Dolomit', ηλικίας Κατώτερου Νόριου – Λιάσιου,

Νηριτικοί ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα, ηλικίας Αν. Λιάσιου, παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι και λευκοί, με φύκη *Gyroporella*, *Paleodasycladus*, κοράλλια *Thecosmilium* και νηριτικά απολιθώματα, όπως *Spiniferina* και *Terebratulina*,

Σχιστόλιθοι αργιλικοί με Ποσειδώνιες, ηλικίας Δογγερίου – Κ. Μαλμίου,

Ammonitico Rosso, ερυθροειδείς κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι με αμμωνίτες (*Harpoceras* και *Hildoceras*),

Πελαγικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι Βίγλας με silex, με ηλικία Μάλμιο – Κ. Σενώνιο, που περιέχουν *Calpionelles* στη βάση και *Globotruncanes* στην οροφή, υπερκείμενοι λατυποπαγών ασβεστόλιθων με θραύσματα ρουδιστών και

Φλύσχης, ηλικίας Αν. Ηωκαίνου – Βουρδιγάλιου.

Σύμφωνα με το ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΗ (1957), ο οποίος εστίασε την έρευνά του κυρίως στην περιοχή της Λευκίμης καθώς και στην ευρύτερη περιοχή της νότιας Κέρκυρας, οι σχηματισμοί με ηλικία Πλειόκαινο είναι (από τους αρχαιότερους προς τους νεότερους) κυρίως:

- Κυανές, πλαστικές, αργλικές μάργες,
- Λεπτοπλακώδεις, συνεκτικούς ψαμμίτες,
- υποκίτρινες άμμους και
- ενστρώσεις γύψων (?) και κροκαλοπαγών (κοντά στο χωριό Αργυράδες)

Ο ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ (1965) πραγματοποίησε λεπτομερή γεωλογική και μικροπαλαιοντολογική έρευνα, στην ευρύτερη περιοχή της νότιας Κέρκυρας, από την οποία προέκυψε ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής της εικόνας 2.1. Το αλπικό υπόβαθρο της περιοχής μελέτης, συνίσταται κυρίως από έναν ιδιόμορφο σχηματισμό, καλούμενο ‘κυψελώδης λατυποπαγής δολομιτικός ασβεστόλιθος’, ηλικίας **Άνω Τριαδικού**. Πρόκειται για έναν ασβεστιτικό-δολομιτικό σχηματισμό, με διαφόρων μεγεθών κυψελίδες-έγκοιλα, τα οποία πληρώνονται είτε με σιδηρούχο ασβεστίτη, είτε με μικρές ασβεστολιθικές λατύπες και τα οποία έχουν συγκολληθεί με ασβεστιτική ύλη. Μεγάλο ποσοστό λατυπών στα έγκοιλα διαμορφώνουν ένα λατυποπαγές. Όλο το σύστημα του σχηματισμού αυτού, αποτελεί το διαπυρικό κάλυμμα της περιοχής. Επιπλέον, εμφανίζονται κάποιες υπολειμματικές εμφανίσεις λευκών ασβεστολίθων, με ενδιαστρώσεις κερατολίθων, πιθανόν ηλικίας **Κρητιδικού**.

Στην ίδια εργασία, ο ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ (1965), αναφέρει τη δημιουργία στρωμάτων ψαμμιτών και φακών κρυσταλλικής γύψου, προερχόμενα από τη μηχανική διάβρωση των Τριαδικών εβαποριτών, κατά το **Μειόκαινο**. Σε μικρή έκταση εμφανίζονται και αργλικές μάργες, Τορτόνιου ηλικίας, με χαρακτηριστικά τρηματοφόρα τα *Bolivina arta*, *Bolivina miocenica*, *Globorotalia cf. Menardii* και *Globigerinoides trilobus*.

Για το **Κατ. Πλειόκαινο**, αναφέρει την παρουσία κυανών πλαστικών αργλικών μαργών, με ενδιαστρώσεις αργιλούχου άμμου, χαλαρών ψαμμιτών, απανθρακωμένων ποωδών φυτών και φυτικής γης.

Περνώντας στο **Τεταρτογενές**, καταγράφει συμπαγείς πορώδεις ψαμμίτες, με μικρού πάχους κροκαλοπαγές στη βάση τους. Οι ψαμμίτες αυτοί στα κατώτερα στρώματα είναι χονδρόκοκκοι, ενώ στα ανώτερα λεπτόκοκκοι. Είναι αξιοσημείωτο,

είναι οι αλλουβιακές αποθέσεις που έχουν αργιλοαμμώδη ως αμμοαργιλώδη σύσταση και πάχος μέχρι και λίγα μέτρα.

Ο ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ (1967), επισημαίνει την ύπαρξη **τριών διαδοχικών επικλύσεων**:

- I. η πρώτη περίπτωση στο Μ. Μειόκαινο,
- II. η δεύτερη στο Κατ. Πλειόκαινο (μετά το τέλος της ορογεννετικής έξαρσης) και
- III. η τρίτη στο Τυρρήνιο, η οποία ακολουθήθηκε από μια περίοδο κατακόρυφων κινήσεων που διαμόρφωσαν το σημερινό ανάγλυφο.

Τονίζει την πτύχωση του μειοκαινικού συστήματος, σε τέτοιο βαθμό που εμφανίζονται ακόμα και κατακόρυφα στρώματα.

Για το Πλειόκαινο, που αντίθετα παρουσιάζεται ως μονοκλινές με κλίση 20° προς ΒΔ, αναφέρει την ύπαρξη ψαμμιτών χαλαρής συνοχής, να υπέρκεινται των κυανοπράσινων αργιλικών μαργών, με τις αμμούχες ενδιαστρώσεις. Το συνολικό πάχος της κάτω-πλειοκαινικής σειράς, θεωρεί ότι ξεπερνάει τα 500μ. Ο ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ (1967), στηριζόμενος στην ασύμφωνη απόθεση των πλειστοκαινικών ιζημάτων (οριζόντια), πάνω στα κεκλιμένα πλειοκαινικά ιζήματα, υποστηρίζει διακοπή της ιζηματογένεσης μεταξύ των δύο κύκλων, κάτι που δικαιολογεί από το ότι η Κέρκυρα ενώθηκε παροδικά με την ηπειρωτική Ελλάδα στο Κατ. Πλειστόκαινο.

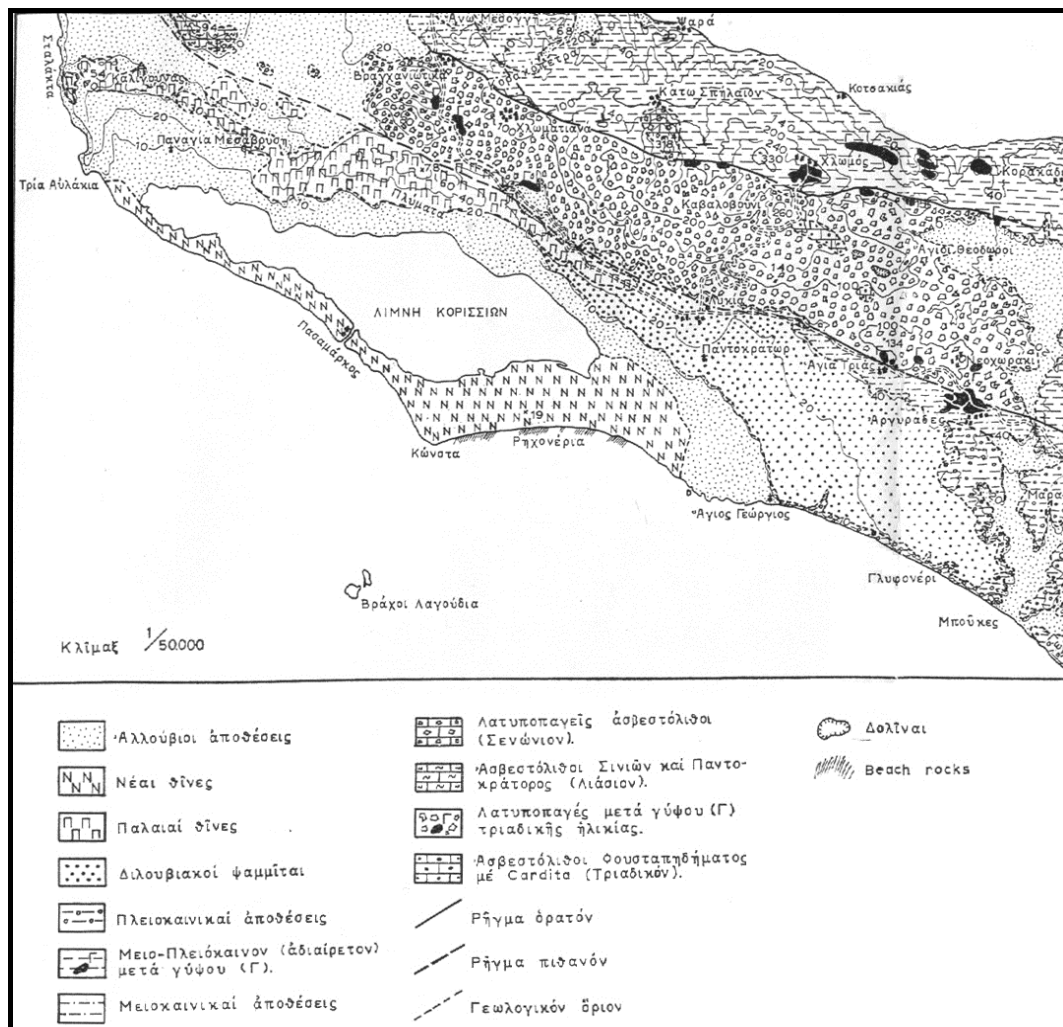
Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες διαβίωσης των ευρισκομένων απολιθωμάτων, αποτυπώνει την άποψη ότι η νότια Κέρκυρα ήταν μια αβαθής θάλασσα κατά το Κ. Πλειόκαινο.

Ο ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ (1976), ασχολήθηκε κυρίως με τον σχηματισμό των θινών και τη σχέση τους με τη δημιουργία της λιμνοθάλασσας Κορισσίων, αλλά και με τα ψηφιδοψαμμιτοπαγή και τον πιθανό τρόπο απόθεσης τους, παραθέτοντας παράλληλα ένα γεωλογικό και γεωμορφολογικό χάρτη της περιοχής (εικόνα 2.2).

Αναφερόμενος στους διουβιακούς σχηματισμούς του Πλειστοκαινού, περιγράφει τους συμπαγείς ψαμμίτες ηλικίας Τυρρήνιο, με κροκαλοπαγές στη βάση τους, ενώ σημειώνει και την κατά θέσεις ασύμφωνη τοποθέτηση των ψαμμιτών αυτών επί των πλειοκαινικών μαργών. Οι ψαμμίτες αυτοί, κατά τόπους καλύπτονται από τις παλαιές θίνες ψαμμιτικής σύστασης, βόρεια της λιμνοθάλασσας.

Η ανάπτυξη τους φτάνει πολύ κοντά στην σημερινή στάθμη της θάλασσας. Στις αλλούβιες αποθέσεις, αναφέρει υλικά της διάβρωσης των αργιλικών μαργών και

ψαμμιτών. Επισημαίνει και την ύπαρξη των σύγχρονων θινών πυριτικής σύστασης, με συμμετοχή αργιλομαργαϊκών υλικών, στα ΝΑ της λιμνοθάλασσας.



Εικόνα 2.2: Γεωλογικός και Γεωμορφολογικός χάρτης της λίμνης Κορυσίων («Ι.Γ.Ε.Υ. μετά προσθηκών υπό Σωτηρίου Λεοντάρη», 1976).

Όσον αφορά τη λιμνοθάλασσα, διαπίστωσε ότι ο πυθμένας της αποτελείται από τις στεγανές αργιλικές μάργες, που συγκρατούν τα υφάλμυρα νερά της. Μάλιστα αποδίδει την δημιουργία της, σε ανοδικές κινήσεις που απομόνωσαν ένα κύριο όγκο της θάλασσας και στην δημιουργία των θινών, που συνετέλεσαν στη συγκράτηση των νερών στη λεκάνη αυτή.

Υποστηρίζει ότι στην περιοχή, οι θίνες δημιουργήθηκαν λόγω αποθέσεως άμμου πίσω από φυσικά εμπόδια, που απέκοπταν την δύναμη του ανέμου. Για τις παλαιές θίνες, διευκρινίζει ότι η θάλασσα έφτανε μέχρι τις νότιες παρυφές τους, κατά την

περίοδο απόθεσης τους (Αν.Πλειστόκαινο), σημειώνοντας και την ύπαρξη μικρορηγμάτων σε αυτές.

Η σύσταση των ψηφιδοψαμμιτοπαγών, είναι κυρίως αμμώδης, με λίγες κροκάλες και λατύπες, συγκολλημένα με ασβεστιτικό ή αραγωνιτικό υλικό, το οποίο βάσει του συγγραφέως, προέρχεται από την καθίζηση CaCO₃ από το θαλασσινό νερό, πιθανόν και με τη συμβολή βιοχημικής δράσης φυκών.

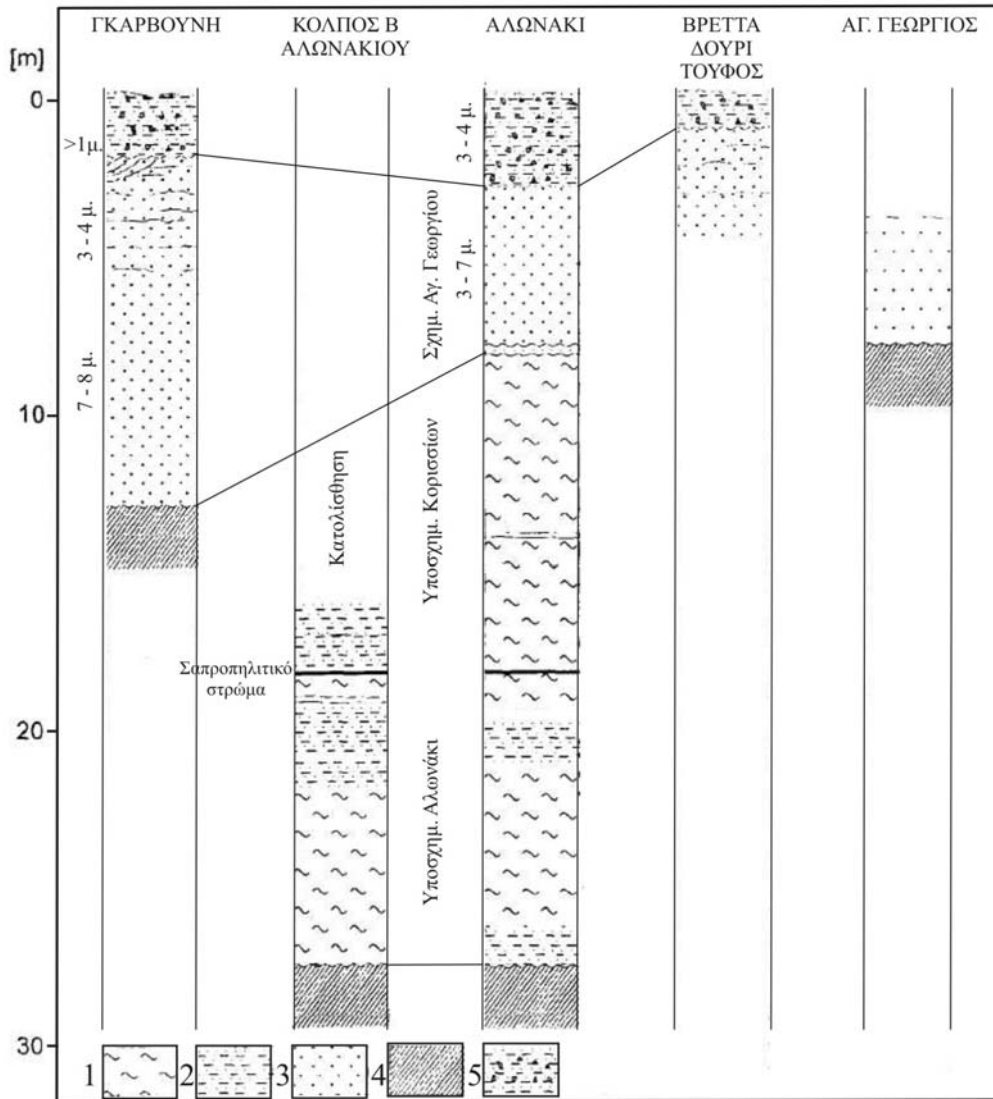
Στα πλαίσια υδρογεωλογικής μελέτης του Ι.Γ.Μ.Ε. (ΓΚΙΩΝΗ-ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ Γ., 1990), για την κατασκευή εργοστασίου εμφιαλώσεως νερού στο χωριό Χλομοτιανά (Βόρεια της λιμνοθάλασσας Κορισσίων), αναφέρει συνοπτικά τα επικρατούντα γεωλογικά στρώματα στην περιοχή (από τα αρχιότερα προς τα νεότερα). Σημειώνει την ύπαρξη μικρής εμφάνισης των ασβεστόλιθων του Παντοκράτορα και των λατυποπαγών δολομιτικών ασβεστόλιθων. Τις αδιαίρετες μάργες Μειο-πλειοκαίνου και Μ-Ανωτ. Μειόκαινου, τις θεωρεί μολαστικούς σχηματισμούς, με πάχος αρκετές εκατοντάδες μέτρα. Αυτές οι μάργες, αναφέρει ότι είναι είτε κυανές πλαστικές, είτε ψαμμούχες μάργες, είτε ψαμμιτικές με ενδιαστρώσεις κροκαλοπαγών. Επιπλέον, αναφέρει την παρουσία των ασβεστιτικών ψαμμιτών στα ΒΑ της λιμνοθάλασσας, ως συνέχεια των υπερκείμενων συνεκτικών θινών, υποστηρίζοντας την συνεχή ακολουθία τους, με μόνη διαφοροποίηση τις φυσικές συνθήκες κατά την απόθεση τους.

Σε μια εκτενή εργασία οι ROGL F. *et al* (1997), ασχολήθηκαν με την διερεύνηση των θαλάσσιων κύκλων του Αν. Πλειστοκαίνου στη Νότια Κέρκυρα, μελετώντας λεπτομερώς τη στρωματογραφική διάρθρωση (εικόνα 2.3) και το παλαιοντολογικό υλικό που συλλέχθηκε από φυσικές τομές στις περιοχές Αλωνάκι, Γκαρβούνη, Αγ. Γεώργιος, Βρέττα, Δουρί και Τούφος, προσπαθώντας να αποδώσουν μια παλαιογεωγραφική ερμηνεία για την απόθεση των Πλειστοκαινικών σχηματισμών.

Στην εργασία, διαχωρίζεται το **Πλειστοκαινικό** σύστημα στον υποκείμενο (αρχαιότερο) και μερικώς πτυχωμένο σχηματισμό 'Αλωνάκι', που εμφανίζεται μόνο στην περιοχή του ομώνυμου κόλπου, και στον υπερκείμενο (νεότερο) σχηματισμό 'Αγ. Γεωργίου', λόγω της απόθεσης τους κατά τη διάρκεια *δύο διαφορετικών επικλυσιγενών κύκλων μέσα στο Πλειστόκαινο*.

- ✓ Ο σχηματισμός 'Αλωνάκι', διαχωρίζεται περαιτέρω στον κατώτερο υποσχηματισμό 'Αλωνάκι', που αποτελείται από αδρομερή κλαστικά στη βάση,

μάργες και ασβεστόλιθους «πακστόουν» και στον ανώτερο υποσηματισμό ‘Κορισίων’, αποτελούμενος (από αρχαιότερους προς νεότερους) από αργίλους, ιλυώδεις αργίλους, ψαμμίτες και έναν σαπροπηλικό ορίζοντα στη βάση του.



Εικόνα 2.3: Στρωματογραφική διάρθρωση φυσικών τομών, στην περιοχή λιμνοθάλασσας Κορισίων (ROGL *et al*, 1997). *Υπόμνημα:* 1. Υποσηματισμός Αλωνάκι, με άργιλους, μάργες και ασβεστόλιθους «πακστόουν», 2. Υποσηματισμός Κορισίων, με αδρομερή κλαστικά, άμμους και αργιλώδεις άμμους, 3. Σηματοτισμός Αγ. Γεωργίου, με ασβεστίτες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, 4. Μάργες και ψαμμίτες Πλειοκαίνου, 5. Αλλούβιες αποθέσεις και ιλύς.

- ✓ Ο σηματοτισμός ‘Αγ. Γεωργίου’, περιλαμβάνει (από αρχαιότερους προς νεότερους): πυριτοκλαστικούς ψαμμίτες με άμμο, ασβεστολιθικούς ψαμμίτες «πακστόουν» με ενστρώσεις άμμου, μικρούς ορίζοντες άμμου και κροκαλοπαγών και ασβεστολιθικούς και πυριτοκλαστικούς ψαμμίτες.

Οι ερευνητές, αναφέρουν την υπερκείμενη τοποθέτηση των πλειστοκαινικών-ολοκαινικών παλαιών θινών πάνω από τους σχηματισμούς ‘Αλωνάκι’ και ‘Αγ. Γεωργίου’, στα βόρεια της λιμνοθάλασσας.

Με την εφαρμογή μεθόδων ραδιοχρονολόγησης και ισότοπων, προσδιόρισαν την ηλικία του σχηματισμού του Αγ. Γεωργίου στα 40.000 – 32.000 χρόνια BP, που αποτέθηκε σε παράκτιο περιβάλλον απόθεσης. Ο υποσχηματισμός ‘Κορισσίων’, διαμορφώνει έναν ανεξάρτητο κύκλο υφάλμυρων φάσεων, που μεταβαίνουν σε ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον μειωμένης αλατότητας, κάτι που υποδηλώνει την έναρξη διαμόρφωσης της λιμνοθάλασσας.

Στα πλαίσια της μεταπτυχιακής της διατριβής, η ΤΟΜΑΡΑ (2006) μελέτησε τις επικρατούσες περιβαλλοντικές και γεωλογικές συνθήκες στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Κορισσίων. Ως κύριο αλπικό σχηματισμό στην περιοχή μελέτης αναφέρει τους εβαπορίτες Τριαδικής ηλικίας, οι οποίοι έρχονται σε τεκτονική επαφή με τους μεταλπικούς σχηματισμούς (κυανές μάργες, ψαμμίτες, συνεκτικές και σύγχρονες θίνες και αλλούβιες αποθέσεις), μέσω ρήγματος διεύθυνσης Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ. Τέλος, αναφέρει την ύπαρξη ακτολίθων στις νότιες ακτές της περιοχής μελέτης (εικόνα 2.5).

Στο γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε., κλίμακας 1:50.000, (απόσπασμα αυτού, εικόνα 2.4) αναφέρονται οι παρακάτω σχηματισμοί της Ιόνιου Ενότητας:

Ασβεστόλιθοι Φουσταπήδημα (Tk) με *Cardita*, πλακώδεις ή άστρωτοι, με πάχος περίπου 400μ., ηλικία Τριαδικό,

Γύψοι (Tg) και δολομιτικοί κυψελοειδείς ασβεστόλιθοι και λατυποπαγή (Tb) του διαπυρικού καλύμματος, ηλικία Τριαδικό,

Ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα (Ji k, d), άστρωτοι με φύκη *Palaeodasycladus*,

Σχιστόλιθοι με Ποσειδώνιες (J sh), πάχους 20 – 30μ., ηλικία Ανωτ. Ιουρασικό,

Ασβεστόλιθοι Βίγλας (Js Ks k), με ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων και

Λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι (Ks k), με θραύσματα ρουδιστών.

Οι σχηματισμοί του Νεογενούς που αναφέρονται για την περιοχή ενδιαφέροντος, είναι:

Ψαμμούχες μάργες (M-Pl m), ηλικία Μειο-πλειόκαινο,

Ψαμμίτες και λατυποπαγή (M-Pl st sc), ηλικία Μειο-πλειόκαινο,

Εναλλαγές ψαμμούχων μαργών και ψαμμιτών, με λατυποπαγές βάσης (M m-st sc)

Ορίζοντες γύψων (M g),

Μάργες, με στρώσεις μικρολατυποπαγούς ψαμμίτη, σ' εναλλαγή με ιλυούχες μάργες (Pl m-st),

Ψαμμιτοκροκαλοπαγές (Pl c-st), ηλικία Πλειόκαινο,

Πλαστικές κυανότεφρες μάργες (Pl m2), ηλικία Πλειόκαινο,

Τέλος, για τους σχηματισμούς του Τεταρτογενούς στον χάρτη αναφέρονται:

Ασβεστιτικοί ψαμμίτες (dl), ηλικία Πλειστόκαινο,

Παλαιές συνεκτικές θίνες (al θ2), ηλικία Πλειστόκαινο,

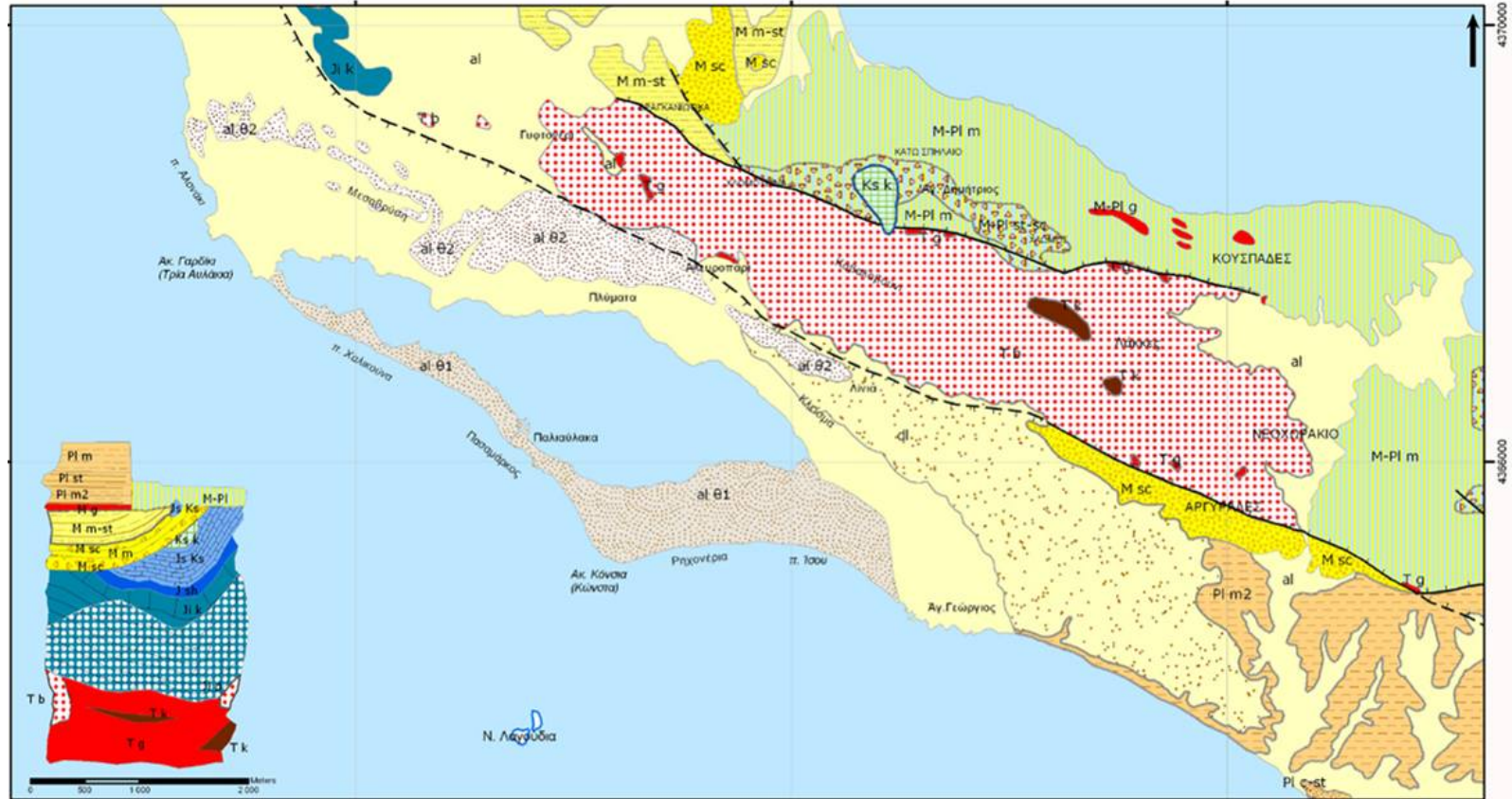
Σύγχρονες θίνες (al θ1), ηλικία Ολόκαινο,

Παλαιά κορήματα κλιτύων (al sc2), ηλικία Ολόκαινο,

Σύγχρονα κορήματα κλιτύων (al sc1), ηλικία Ολόκαινο,

Σύγχρονες παράκτιες αποθέσεις (al sc), ηλικία Ολόκαινο και

Σύγχρονες αποθέσεις κοιλάδων (al), ηλικία Ολόκαινο.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Τεκτονικές Επαφές ▲ Επώθηση — Ρήγμα -·- Πιθανό ρήγμα — Ολισθήλιθος

Σχηματισμοί

al: Σύγχρονες αποθέσεις κοιλάδων, al sc: Σύγχρονα κορήματα κλιτύων, al sc2: Παλαιά κορήματα κλιτύων, al θ1: Σύγχρονες θίνες, al θ2: Παλαιές συνεκτικές θίνες, dl: Ψαμίτες ασβεστίτικοι κοχυλιοφόροι, σχηματίζοντες επίπαγον, Πλειστόκαινο (10-20μ), Pl m2: Μάργες πλαστικές κυανότερες, Μικροπανίδα άφθονη στη βάση: *Globototalia hirsuta*, *Gl. Pruvenciculata*, *Globosquadrina altispira globosa*, Πλειόκαινο, Pl c-st: Ψαμμοκοκκοκατοπαγής πλειόκαινο, Pl m-st: Μάργες με χαρακτηριστική πανίδα και μικρολατιτοπαγείς ψαμίτες σε τράπεζες, εναλλασσόμενη με ιλιούχες μάργες, Παρουσία λιγνίτη, μαρμαρυγία, μικρών σωματίων γύφου 20γενούς συγκέντρωσης (400μ), Πλειόκαινο, M g: Ορίζοντες γύφου, Μειόκαινο, M m-st, sc: Εναλλαγές ψαμμούχων μαργών και ψαμιτών με λατιτοπαγείς στη βάση, Μειόκαινο, M-Pi st, sc: Ψαμίτες και λατιτοπαγή (μειο-πλειόκαινο αδιαίρετο), M-Pi m: Ψαμμούχες μάργες (μειο-Πλειόκαινο αδιαίρετο), Ks k: Ασβεστόλιθοι λατιτοπαγείς, υποκίτρινοι με μεγάλες λατίτες και θραύσματα ρουδιστών, με συνδετικό υλικό από μικροκρυσταλλικό ασβεστόλιθο με *Globotrituncapidae*, Μαιστρίχιο-Καμπάνιο, (200μ), Js Ks k: Ασβεστόλιθοι Βελγίων, υπολιθωγραφικοί, ανοιχτού κίτρινου χρώματος σε μικρές τράπεζες με ενστρώσεις πυριτολίθων (Κ. Σενώνιο-Τιβώνιο), J sh: Σχητόλιθοι με *Rosoidonia adiaireto* με εναλλαγές ενστρώσεων πυρρόχρωμων ιασιδίων με ακτινόζωα κ. πυριτοκων αργίλων, Κατά θέσεις στη βάση υπάρχουν ασβεστόλιθοι με filaments, Av, Ιουραϊκό, (20-30μ), Ji k,d: Ασβεστόλιθοι Παντοκράτορος άστρωτοι, λευκοί ως γαλακτώδες, με κρυσταλλικό συνδετικό υλικό, με φύκη *Liasioi*, κατά τόπους δολομιτικοί, με φύκη *Palaeodasycladus* (300μ στο όρος Παντοκράτορας) και δολομιτές άστρωτοι, συμπαγείς ή καταρρέοντες σε δολομιτική άμμο, τερφοί, φαοί ή μελανόχρωμοι, Λιάσιο, Tb: Λατιτοπαγή με στοιχεία μελανού κ. πυρρόχρωμου δολομιτή μελανούς δολομιτικούς κυμελώδες κ. σπέρρους υπολιθωγραφικούς ασβεστόλιθους κ. καρινώδες, σχηματίζοντας το διάπυρο κάλυμμα της Κέρκυρας, Τριαδικό, T g: Γύφος, μικροκρυσταλλική, άστρωτη, τεφρή ως μελανόχρωμη, εμφανίζεται τοπικά μέσα στα λατιτοπαγής, Tk: Ασβεστόλιθοι Φουστατηδής, με *Cardita*, σπέρροι, υπολιθωγραφικοί, μελανές, πλακώδες ή άστρωτοι, με τομές ελασματοβραγχίων *Cardita*, Τριαδικό (300-400μ)

Εικόνα 2.4: Ψηφιοποιημένο απόσπασμα γεωλογικού χάρτη και λιθοστρωματογραφική στήλη από Ι.Γ.Μ.Ε., Φύλλο Νοτ. Κέρκυρα, κλίμακα : 50.000, 1970

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η γεωλογική δομή η οποία παρατίθεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελεί συνδυασμό βιβλιογραφικών δεδομένων και στοιχείων (βλ. §2.1), προσωπικών παρατηρήσεων και πληροφοριών που μου παρείχαν οι Δρ. Βούλγαρης Νικόλαος, Δρ. Βασιλάκης Εμμανουήλ και Τομαρά Βασιλική, τους οποίους και ευχαριστώ.

Τα γεωλογικά αυτά στοιχεία αποτυπώνονται στο χάρτη της εικόνας 2.7 και αποτελούν τα δεδομένα για την αξιολόγηση των γεωφυσικών στοιχείων. Στη συνέχεια ακολουθεί περιγραφή των σχηματισμών από τους αρχαιότερους προς τους νεώτερους.

2.2.α Αλπικοί Σχηματισμοί

Οι αλπικοί σχηματισμοί της περιοχής ανήκουν στην Ιόνια γεωτεκτονική Ενότητα. Στην περιοχή μελέτης, παρατηρούνται μόνο ελάχιστες εμφανίσεις αλπικών σχηματισμών. Πιο συγκεκριμένα:

Εβαπορίτες (Tb, Tg) Τριαδικού

Ο αλπικός αυτός σχηματισμός, καταλαμβάνει ολόκληρη την κεντρική και βορειοανατολική περιοχή (βλ. εικ. 2.7), χωρίς να παρατηρείται στρώση, λόγω της διαδικασίας του διαπυρισμού.



Εικόνα 2.5: Λατυποποιημένος ασβεστόλιθος.



Εικόνα 2.6: Φακός τριαδικού γύψου.

Λιθολογικά, πρόκειται για έναν ασβεστιτικό–δολομιτικό σχηματισμό γκριζοκιτρινωπού χρώματος, με δευτερογενώς πληρωμένα κυψελοειδή εγκλείσματα (εικόνα 2.5). Σε περιοχές με αυξημένο ποσοστό λατυπών στα εγκλείσματα, δημιουργείται ουσιαστικά ένα λατυποπαγές, ενώ εντοπίζονται και φακοειδείς εμφανίσεις των υποκείμενων γύψων μέσα στον σχηματισμό (εικόνα 2.6). Μέρος της γύψου, υπέστη μηχανική αποσάθρωση, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται υπό μορφή φακών και ενστρώσεων στους νεότερους μεταλλικούς σχηματισμούς. Η ηλικία έχει προσδιοριστεί έμμεσα, από τα υπερκείμενα στρώματα απολιθωματοφόρου ασβεστόλιθου, με *Cardita* του Κάρνιου (ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1967).

Ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα (Ji K) Ιουρασικού

Μια μικρή υπολειμματική εμφάνιση του σχηματισμού αυτού παρατηρείται στο ΒΔ άκρο της περιοχής μελέτης. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί φαίνεται να έρχονται σε τεκτονική επαφή με τα αλλούβια ιζήματα, μέσω ρήγματος διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ (εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8: Άστροτοι νηριτικοί ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα (ηλ. Λιάσιο). Επιφάνεια ρήγματος που καθορίζει την επαφή τους με τις αλλουβιακές αποθέσεις.

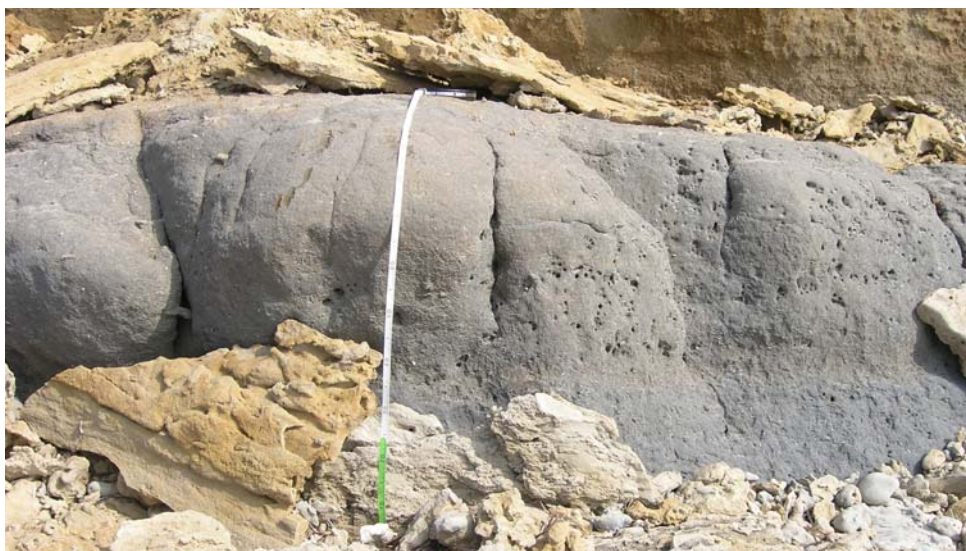
Πρόκειται για λευκούς έως γαλακτόχρωμους, άστροτους και νηριτικούς ασβεστόλιθους, που κατά θέσεις είναι δολομιτιωμένοι. Η ηλικία τους είναι Λιάσιο, ενώ περιέχουν και φύκη *Paleodasycladus* (Ι.Γ.Μ.Ε., 1970).

2.2.β Μεταλλικοί Σχηματισμοί

Η μεγαλύτερη έκταση της μελετούμενης περιοχής, καλύπτεται από τις μεταλλικές αποθέσεις, πάνω στις οποίες έχει πραγματοποιηθεί και το σύνολο των γεωηλεκτρικών μετρήσεων. Οι σχηματισμοί αυτοί, από τους αρχαιότερους προς τους νεότερους, περιγράφονται παρακάτω:

Αργιλικές Μάργες (Pl m) Πλειοκαίνου

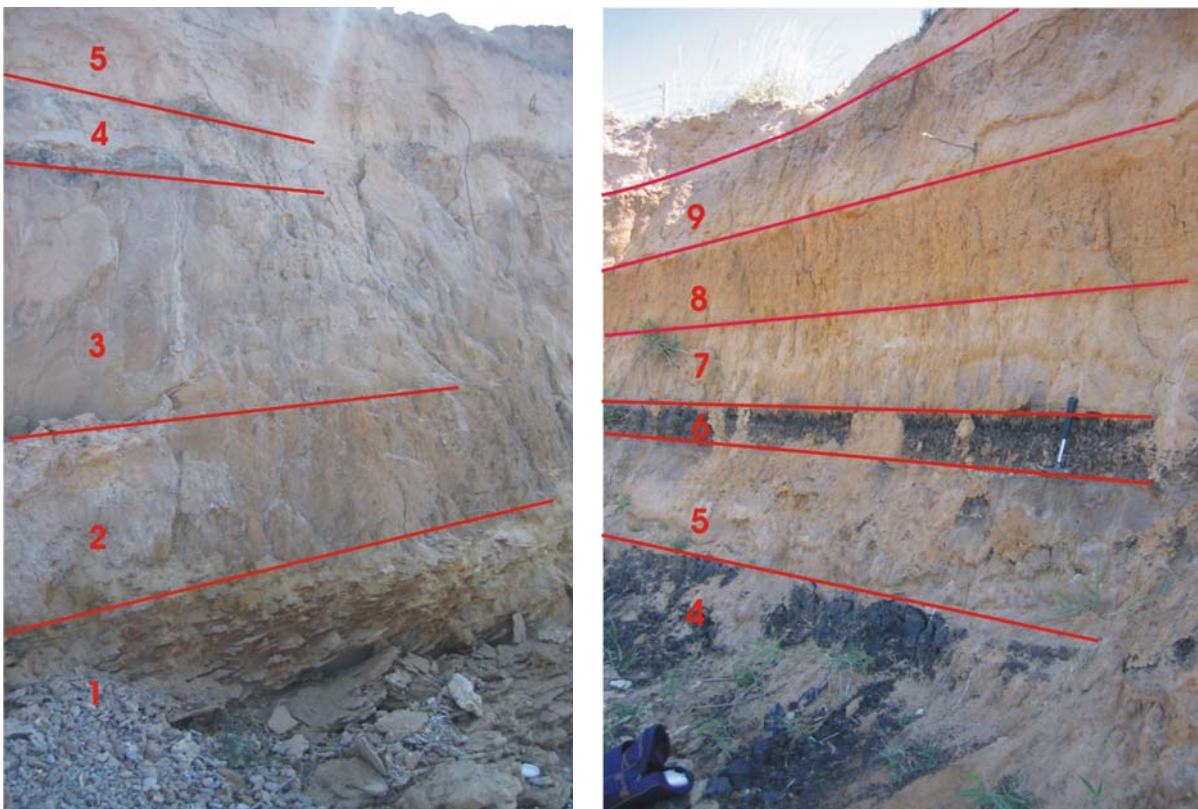
Οι επιφανειακές εμφανίσεις των αργιλικών μαργών, εντοπίζονται κυρίως στην παράκτια ζώνη (εικόνα 2.9) και στο κεντρικό τμήμα, σε μία επιμήκη διάταξη διεύθυνσης Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ. Ο σχηματισμός αυτός, παρουσιάζει κυμαινόμενες κλίσεις προς ΒΑ (5° – 20°). Η ηλικία του σχηματισμού, προσδιορίζεται βιβλιογραφικά στο Κατώτερο Πλειόκαινο.



Εικόνα 2.9: Κυανές αργιλικές μάργες, στην παραλία του Πασαμάρκου (κλίση 5° προς ΒΑ).

Πρόκειται για κυανές, αργιλικές μάργες μεγάλου πάχους, στις οποίες παρατηρούνται κατά τόπους διαδοχικές ενστρώσεις αργιλικής άμμου ή και χαλαρών ψαμμιτών, με βαθμιαία επικράτηση των ψαμμιτών προς τα κάτω, σε ποσοστό τουλάχιστον 50%. Επίσης, εντοπίζονται οργανικοί ορίζοντες που προήλθαν είτε από τεμάχια ξύλου, είτε από ποώδη φυτά, καθώς και ορίζοντες κρυσταλλικής γύψου. Στην φυσική τομή εδάφους, στην παραλία νότια του ακρωτηρίου Γαρδίκι, εντοπίζεται ο σχηματισμός αυτός με τους ορίζοντες (εικόνα 2.10) ως εξής:

1. Χονδρόκοκκος ψαμμίτης, με πληρωμένα από άμμο διάκενα
2. Μαλακή άμμος, με μικρολατύπες
3. Συνεκτική διαγεννητική άμμος, με λίγο οργανικό υλικό
4. Ορίζοντας φυτικής γης
5. Γκρι άμμος
6. Οργανικός ορίζοντας
7. Συνεκτικός ψαμμίτης
8. Σχετικά συνεκτικός ψαμμίτης, με οργανικά συσσωματώματα
9. Σχετικά συνεκτικός ψαμμίτης



Εικόνα 2.10: Τομή νότια του ακρωτηρίου Γαρδίκι, όπου φαίνονται οι αργιλικές μάργες του Πλειοκαίνου και οι διάφορες ενδιαστρώσεις τους (ΤΟΜΑΡΑ, 2006).

Ψαμμίτες Πλειστοκαίνου

Ο σχηματισμός αυτός δεν εμφανίζεται επιφανειακά πουθενά στην περιοχή μελέτης, αλλά εντοπίζεται να επικάθεται ασύμφωνα σε οριζόντια στρώση, με την παρεμβολή ενός στρώματος λεπτόκοκκης κιτρινωπής άμμου, πάνω στις κεκλιμένες πλειοκαινικές μάργες, σε παράκτιες φυσικές τομές στον Πασαμάρκο (εικόνα 2.11).

Αυτή η ασύμφωνη τοποθέτησή του, καταδεικνύει τη διακοπή της ιζηματογένεσης και την επίκλυση κατά το Πλειστόκαινο, για την έναρξη ενός νέου κύκλου ιζηματογένεσης, όπου αποτέθηκαν οι ψαμμίτες. Πρόκειται πιθανότατα για το κατώτερο τμήμα του ενιαίου πλειστοκαινικού ψαμμίτη και για ένα σχηματισμό στον οποίο εντοπίζονται και διαστρώσεις ή/και έγκοιλα άμμου.



Εικόνα 2.11: Παράκτια φυσική τομή στην περιοχή Πασαμάρκος, με τις πλειοκαινικές μάργες στη βάση, ασύμφωνα από πάνω ένα στρώμα άμμου και ακολούθως οι πλειστοκαινικοί ψαμμίτες.

Ασβεστιτικοί ψαμμίτες (Q st) Πλειστοκαίνου

Ο σχηματισμός αυτός, παρατηρείται στα βόρεια και βορειοανατολικά της λιμνοθάλασσας και αποτελεί το ανώτερο τμήμα του ενιαίου πλειστοκαινικού ψαμμίτη. Η επαφή του προς νότο, με τις αλλούβιες αποθέσεις, φαίνεται να είναι τεκτονική και πιο συγκεκριμένα ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ – ΝΑ (εικόνα 2.12), ενώ προς



Εικόνα 2.12: Ασβεστιτικός ψαμμίτης και κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος που τον φέρνει σε επαφή με τις αλλουβιακές αποθέσεις.

τα βόρεια έρχεται σε επαφή με κορήματα που πιθανότατα καλύπτουν την τεκτονική επαφή του με τους διαπυρικούς κυψελώδεις ασβεστόλιθους. Ουσιαστικά πρόκειται για καρστικοποιημένους ασβεστιτικούς ψαμμίτες.



Εικόνα 2.13: Επιφανειακή εμφάνιση ασβεστιτικού ψαμμίτη.

Παλαιές Συνεκτικές Θίνες ή Αιολιανίτες (al θ2) Πλειστοκαίνου

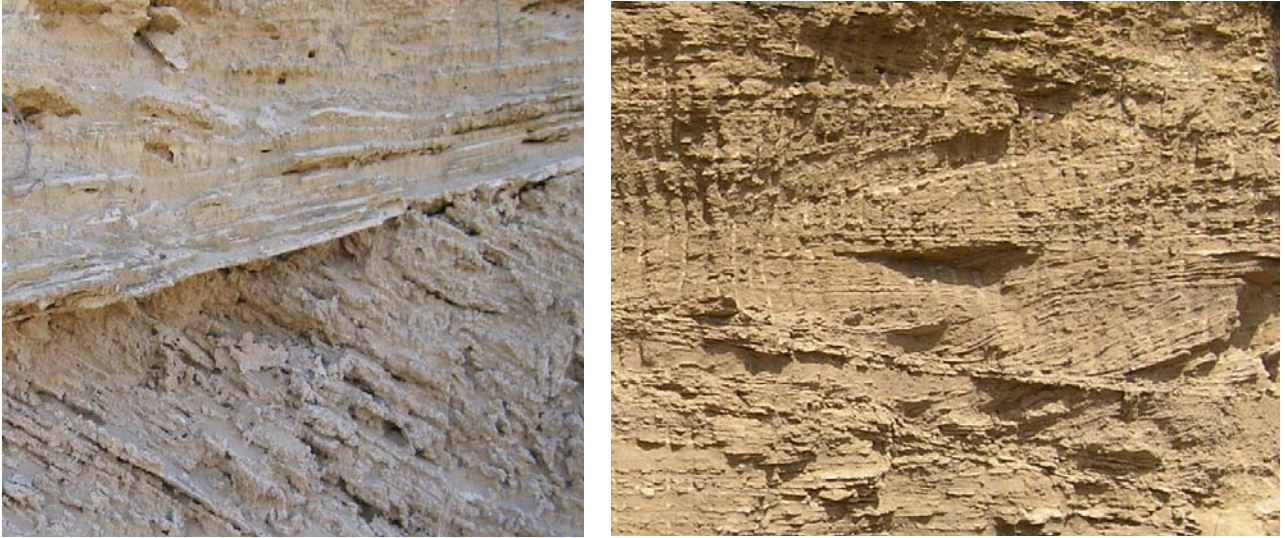
Ο σχηματισμός αυτός διαμορφώνει και εμφανίζεται κυρίως σε μια λοφοειδή διάταξη διεύθυνσης περίπου Δ.ΒΔ–Α.ΝΑ (εικόνα 2.14.), βόρεια της λιμνοθάλασσας. Τα υψόμετρα των λόφων αυτών φτάνουν ως τα 70μ.



Εικόνα 2.14 α, β: Χώροι απόληψης αδρανών υλικών, από τις παλαιές συνεκτικές θίνες.

Οι θίνες είναι σχηματισμοί αιολικής απόθεσης και η ηλικία τους προσδιορίζεται περίπου στο Ανώτερο Πλειστόκαινο. Η παρουσία τους υποδηλώνει την ύπαρξη μιας παλαιοακτής, στις νότιες παρυφές της λοφώδους σειράς των παλαιών θινών.

Το αιολικό υλικό τους, που είναι κυρίως ψαμμιτικής σύστασης, έχει συγκολληθεί ισχυρά και μάλιστα κατά τόπους η μάζα των θινών έχει διαρραγεί, με αποτέλεσμα την παρουσία σχεδόν κατακόρυφων ρωγμών, πληρωμένων δευτερογενώς με ασβεστίτικο υλικό. Χαρακτηριστικές είναι οι ακανόνιστες διασταυρούμενες στρώσεις (εικόνα 2.15), που απεικονίζουν τον τρόπο της αιολικής τους προέλευσης.



Εικόνα 2.15 α, β: Διασταυρούμενες στρώσεις παλαιών συνεκτικών θινών.

Πλευρικά Κορήματα (Q d) Πλειστοκαίνου

Ο σχηματισμός αυτός, υπέρκειται του πλειστοκαινικού ψαμμίτη στο βόρειο περιθώριο του και κατά τόπους εντοπίζεται να καλύπτει τη ρηξιγενή ζώνη μεταξύ του ασβεστιτικού αυτού ψαμμίτη και των εβαποριτών. Πρόκειται για πλευρικά κορήματα (εικόνα 2.16), που προέρχονται από τη μηχανική αποσάθρωση των παρακείμενων εβαποριτών και η συγκόλλησή τους είναι ισχυρή.



Εικόνα 2.16: Πλευρικά κορήματα.

Σύγχρονες Θίνες (al θ1) Ολοκαίνου

Οι σύγχρονες θίνες, εμφανίζονται αποκλειστικά νότια της λιμνοθάλασσας (Χαλικούνα, Πασαμάρκος και Ρηγονέρια), διαμορφώνοντας το χερσαίο επίμηκες όριο μεταξύ αυτής και της θάλασσας. Πρόκειται για σχηματισμό αιολικής απόθεσης, που



Εικόνα 2.17: Σύγχρονες θίνες στο χερσαίο διαχωριστικό όριο θάλασσα-λιμνοθάλασσας (παραλία Ίσου).

δημιουργεί χαμηλούς λόφους, με υψόμετρα μικρότερα από 5 μέτρα, εκτός της περιοχής μεταξύ Πασαμάρκου και Ρηγονερίων, όπου ξεπερνούν τα 15 μέτρα.

Οι σύγχρονες θίνες (εικόνα 2.17), αποτελούνται από πυριτική άμμο, καθώς και αργιλομαργαϊκά υλικά, που προέρχονται από την διάβρωση των μαργών και των ψαμμιτών του Νεογενούς της περιοχής.

Αλλούβιες Αποθέσεις (al) Ολοκαίνου

Το αλλουβιακό σύνολο, καταλαμβάνει μεγάλο ποσοστό της ερευνώμενης περιοχής και ειδικά στα βόρεια, ανατολικά και δυτικά τμήματα της λιμνοθάλασσας. Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται κυρίως από μαργαϊκό υλικό, άμμο και μικρές λατύπες ψαμμιτών.

Ακτόλιθοι ή Ψηφιδοψαμμιτοπαγείς αιγιαλοί (ΟΙ br) Ολοκαίνου

Εμφανίσεις αυτών των ιδιόμορφων σχηματισμών παρατηρούνται στην παραλιακή ζώνη, από τα Ρηχονέρια μέχρι και την παραλία του Ίσου (εικόνα 2.18). Οι σχηματισμοί αυτοί, έχουν κλίση περίπου 5° προς Νότο (προς τη θάλασσα), είναι ταινιοειδείς, πλακώδεις και εμφανίζονται κοντά στην ακτογραμμή με σχεδόν παράλληλη ανάπτυξη προς αυτήν.



Εικόνα 2.18: Ακτόλιθοι ή ψηφιδοψαμμιτοπαγείς αιγιαλοί.

Λιθολογικά, αποτελούνται κατά 90% από άμμο και το υπόλοιπο 10% από κροκάλες και λατύπες μικρού μεγέθους, που συγκολλούνται με ασβεστιτικό υλικό, καθιστώντας το σχηματισμό αυτόν ισχυρά συμπαγή.

2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Από τα στρωματογραφικά και τεκτονικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, διαφαίνεται ότι η περιοχή μελέτης είναι τεκτονικά ενεργή, διότι εντοπίζονται ρήγματα τα οποία έχουν διαρρήξει σχετικά πρόσφατους σχηματισμούς, ηλικίας Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου (εικόνα 2.7). Αυτά τα ρήγματα συμμετέχουν στη διαμόρφωση του σημερινού ανάγλυφου της περιοχής μελέτης, ιδιαίτερα στα βόρεια της λιμνοθάλασσας.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση παράλληλων τεκτονικών ζωνών (κανονικών ρηγμάτων), διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, παίζει ο διαπυρισμός των εβαποριτών του Τριαδικού (εικόνα 2.7). Λόγω του διαπυρισμού, οι εβαπορίτες, έρχονται σε τεκτονική επαφή με τους παρακείμενους σχηματισμούς των ασβεστιτικών ψαμμιτών (προς τα νότια). Ο διαπυρισμός αυτός πιθανόν αποδίδεται στις μεγάλες πιέσεις των υποκείμενων αποθέσεων γύψου.

Επιπλέον, εντοπίζεται μια ρηξιγενής ζώνη, νότια και υποπαράλληλα αυτής των εβαποριτών με τους ασβεστιτικούς ψαμμίτες, που βυθίζει το σχηματισμό των ασβεστιτικών ψαμμιτών, οι οποίοι βρίσκονται στα ΝΔ και οριοθετεί τις αλλουβιακές αποθέσεις της περιοχής (εικόνα 2.7). Αυτή η ρηξιγενής ζώνη, είναι πιθανό να εκτείνεται και πιο δυτικά, φέρνοντας σε τεκτονική επαφή τις παλαιές συνεκτικές θίνες με τους ψαμμίτες, οι οποίοι καλύπτονται από τις αλλουβιακές αποθέσεις.

Κατά το Μέσο Μειόκαινο, στη διάρκεια του οποίου παρατηρείται η παροξυσμική φάση των αλπικών πτυχώσεων της Δυτικής Ελλάδας, αναφέρεται θαλάσσια επίκλυση που φαίνεται να επηρέασε την ιζηματογένεση της περιοχής μελέτης, αλλά και γενικότερα την ευρύτερη έκταση της νήσου Κέρκυρας, με βάση σχηματισμούς (κροκαλοπαγή Μειοκαινικής ηλικίας) που εμφανίζονται εκτός της περιοχής μελέτης και ιδιαίτερα στις ΒΑ παρυφές του όρους Καβαλοβούνι (ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1967).

Στη συνέχεια, μετά τον τερματισμό του ορογεννητικού παροξυσμού της ευρύτερης περιοχής του Ελληνικού τόξου, οριοθετείται χρονικά, μια δεύτερη επίκλυση κατά το Κατ. Πλειόκαινο (ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1967). Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αποτέθηκαν οι μάργες που εντοπίζονται στα ΝΔ της περιοχής έρευνας, σε περιβάλλον αβαθούς θάλασσας, της οποίας το βάθος ελλατωνόταν συνεχώς. Παράλληλα φαίνεται να διατηρείται σταθερή και ανεμπόδιστη η επικοινωνία της με την ανοικτή θάλασσα (Ιόνιο πέλαγος), όπως μαρτυρεί το πλήθος των

περιλαμβανόμενων πλαγκτονικών απολιθωμάτων (ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1967). Η προοδευτική βύθιση της ΝΔ περιοχής φαίνεται να συνδέεται με τη δράση της μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης που οριοθετεί τους εβαπορίτες προς τα ΝΔ.

Μια τρίτη θαλάσσια επίκλυση στο Ανωτ. Πλειστόκαινο (ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1967), οδήγησε στην ασύμφωνη απόθεση των ψαμμιτών πάνω στις πλειοκαινικές μάργες, οι οποίες είχαν αποκτήσει κλίση λόγω της στρέψης του νοτιοδυτικού ρηξιτεμάχους το οποίο συνθέτουν, προς τα ΒΑ. Μετά την απόθεση των ψαμμιτών ακολουθεί ανάδυση της περιοχής και κατά πάσα πιθανότητα η έναρξη της λειτουργίας των παράλληλων ρηγμάτων που τους οριοθετούν. Έτσι, η περιοχή μελέτης τεμαχίζεται σε μικρότερα ρηξιτεμάχη, χαρακτηριστικό των οποίων είναι η γενικότερη βύθισή της περιοχής και παράλληλα η στρέψη των ρηξιτεμαχών προς τα ΒΑ, σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η ερμηνεία αυτή, φαίνεται να συμφωνεί με τα αποτελέσματα των ROGL *et al* (1997), οι οποίοι υποδεικνύουν δυο επιμέρους επικλυσιογενείς κύκλους στο Ανωτ. Πλειστόκαινο (ο τελευταίος πριν από 40.000-32.000 χρόνια). Οι δύο επικλυσιογενείς κύκλοι κατά το Ανωτ. Πλειστόκαινο δικαιολογούνται από την μεσολάβηση μιας τεκτονικά ενεργής περιόδου στην περιοχή, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αναδιάταξη των ρηξιτεμαχών που τη συνθέτουν, μέσω κυρίως παράλληλων και κλιμακωτών κανονικών ρηγμάτων, με τελικό επακόλουθο τη διαμόρφωση της σημερινής μορφολογίας της περιοχής.

Συνεπώς, οι αυξομειώσεις της στάθμης της θάλασσας στην παράκτια περιοχή δε φαίνεται να οφείλονται μόνο σε ευστατικές κινήσεις, αλλά και στο ενεργό τεκτονικό καθεστώς. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία των απαραίτητων συνθηκών για την έναρξη της λειτουργίας της λίμνης Κορισσίων, απομονώνοντας μια σημαντική υδάτινη μάζα, σε μια προϋπάρχουσα (?) κλειστή υδρογεωλογική λεκάνη, της οποίας το στεγανό υπόβαθρο αποτελούν οι κυανές μάργες, πλειοκαινικής ηλικίας. Η κλίση των μαργαϊκών οριζόντων (προς ΒΑ) καθώς και το θετικό υψόμετρο της εμφάνισής τους στην παράκτια περιοχή (+2μ), αποτελεί το φυσικό εμπόδιο εισροής του θαλάσσιου ύδατος στην λίμνη, η οποία δέχεται τις ποσότητες των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων αλλά και της υπόγειας ροής των υδροφορέων από την ανάντη περιοχή (ΒΑ).

2.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Οι σχηματισμοί στην περιοχή έρευνας παρουσιάζουν διαφορετική υδρογεωλογική συμπεριφορά. Λαμβάνοντας υπόψη τη λιθολογική τους σύσταση, οι σχηματισμοί της περιοχής κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Υδατοπερατοί σχηματισμοί, στους οποίους ανήκουν α) οι σύγχρονες τεταρτογενείς αποθέσεις που είναι οι παλιές και σύγχρονες θίνες, οι ψαμμίτες, τα πλευρικά κορήματα, οι αλλούβιες αποθέσεις και β) οι αλπικοί σχηματισμοί, δηλαδή οι ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα καθώς και οι εβαπορίτες του Τριαδικού.

Υδατοστεγανοί / Αδιαπέρατοι σχηματισμοί, στους οποίους κατατάσσονται μόνο οι σχηματισμοί των μαργών.

Στην περιοχή εντοπίζεται υδροφόρος μέσα στους ψαμμίτες και τις παλαιές συνεκτικές θίνες, λόγω και του στεγανού υπόβαθρου των υποκείμενων μαργών, με σχετικά καλής ποιότητας νερό, ενώ οι εβαπορίτες του Τριαδικού γενικά επιβαρύνουν το υπόγειο νερό με θειικά άλατα των γύψων.

Θα πρέπει να αναφερθεί, ότι η τροφοδοσία του υδροφόρου ορίζοντα των τεταρτογενών σχηματισμών, μπορεί προέρχεται από:

Απευθείας κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων

Κατείσδυση μέρους των επιφανειακών υδατοροών

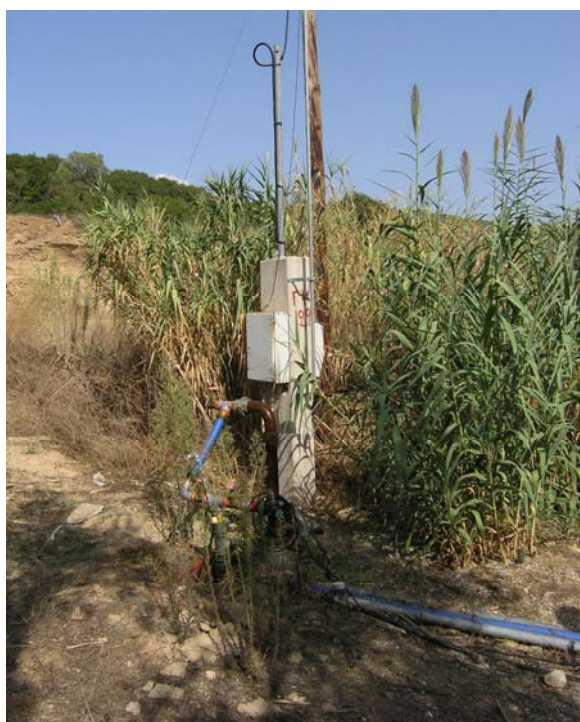
Πλευρική τροφοδοσία από τους λατυποποιημένους ασβεστόλιθους, μέσω του ρήγματος που τα φέρνει σε επαφή.

Στην περιοχή πραγματοποιείται εκμετάλλευση της φρεάτιας υδροφορίας με:

- i. μεγάλο αριθμό φρεάτων, μέσου βάθους 4-6 μέτρα και
- ii. λίγων γεωτρήσεων μικρού βάθους (~20-25 μέτρα) (εικόνα 2.19).

Τα υδροληπτικά αυτά έργα αναπτύσσονται στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας. Το αντλούμενο νερό των φρεάτων, χρησιμοποιείται κυρίως για την άρδευση των τοπικών καλλιεργειών και κατά περίπτωση (περιοχή Μέσα Βρύση) για ύδρευση.

Στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Πλύματα), την τελευταία τριετία αναπτύχθηκαν υδρευτικές γεωτρήσεις από το Δήμο Μελιτειών, για την ύδρευση των παρακείμενων οικισμών. Οι γεωτρήσεις αυτές είναι μικρού βάθους (~20-25 μέτρα) και εκμεταλλεύονται τον υδροφόρο ορίζοντα που αναπτύσσεται κυρίως στις παλαιές συνεκτικές θίνες, με εκτιμώμενη παροχή της τάξης των 10 μ³/ώρα.



Εικόνα 2.19: Υδρευτική γεώτρηση Δήμου Μελιτειέων, στην περιοχή Αλευροπάρι.

3. ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Για να προσδιοριστούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής, είναι απαραίτητος ο καθορισμός του γεωλογικού περιβάλλοντος. Οι επιφανειακές γεωλογικές συνθήκες, αποτυπώθηκαν σε χάρτη (βλ. εικ. 2.7), ενώ για τον καθορισμό των γεωλογικών συνθηκών βάθους πραγματοποιήθηκε γεωφυσική έρευνα. Για τη γεωφυσική αυτή έρευνα, επελέγη η μέθοδος της γεωηλεκτρικής διασκόπησης, διότι:

- το γεωλογικό περιβάλλον αναδεικνύει διαφοροποιήσεις στις ηλεκτρικές ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών που απαντώνται,
- οι γεωμορφολογικές συνθήκες και η έκταση του πεδίου, απαιτούν μια ευέλικτη και γρήγορη μέθοδο,
- απαιτείτο δυνατότητα επιτόπου ποιοτικού ελέγχου των μετρήσεων και
- η δαπάνη των εργασιών υπαίθρου, σε σχέση με την έκταση της περιοχής, είναι σχετικά μικρή.

Στη περιοχή έρευνας, πραγματοποιήθηκαν σαράντα (40) γεωηλεκτρικές βαθοσκοπήσεις, μέγιστου ημι-αναπτύγματος ηλεκτροδίων ρεύματος $AB/2 = 215\mu.$, και πέντε (5) 'επί τόπου' (in situ) μετρήσεις της ειδικής αντίστασης σε επιφανειακές εμφανίσεις των γεωλογικών σχηματισμών, προκειμένου να αξιολογηθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα αποτελέσματα των διασκοπήσεων.

Οι θέσεις των γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων, επελέγησαν έτσι ώστε να παρέχουν την πληρέστερη κάλυψη της περιοχής και τη δυνατότητα κατασκευής γεωηλεκτρικών τομών και χαρτών. Από την επεξεργασία των μετρήσεων, κατέστη δυνατή η μελέτη της κατανομής της ειδικής αντίστασης τόσο με το βάθος όσο και πλευρικά, με σκοπό τη συγκέντρωση πληροφοριών για το πάχος, τη λιθολογία και τη φύση των γεωλογικών σχηματισμών, τα οποία θα αναδείξουν τις υπεδαφικές συνθήκες και θα συμπληρώσουν τη γεωλογική γνώση για την περιοχή γύρω από τη λιμνοθάλασσα.

3.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Γεωηλεκτρική βαθοσκόπηση (ή βυθοσκόπηση ή βαθομέτρηση ή βυθομέτρηση), ονομάζεται η διαδικασία της κατακόρυφης διερεύνησης της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης.

Η μέθοδος της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης, κατατάσσεται στην κατηγορία των ηλεκτρικών μεθόδων που χρησιμοποιούν τεχνητή πηγή. Ειδικότερα, η τεχνική της βασίζεται στη διέλευση ελεγχόμενου συνεχούς ρεύματος ή εναλλασσόμενου, χαμηλής συχνότητας (μικρότερης των 5 Hz), μέσω δυο μεταλλικών πασσάλων (*ηλεκτρόδια ρεύματος*) και την ταυτόχρονη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού μέσω δύο άλλων μεταλλικών πασσάλων (*ηλεκτρόδια δυναμικού*). Στηριζόμενοι στο ότι η μετρούμενη διαφορά δυναμικού εξαρτάται από την αγωγιμότητα των υπεδαφικών στρωμάτων που διαρρέει το ρεύμα, είναι δυνατό να υπολογιστεί η ειδική αντίσταση, χρησιμοποιώντας την *ωμική αντίσταση*.

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί για διάφορους σκοπούς, όπως ο προσδιορισμός του καλύμματος των μεταλλικών ιζημάτων, ο προσδιορισμός τεκτονικών ζωνών, ο προσδιορισμός υδροφόρων οριζόντων καθώς και της διαφοροποίησης γλυκού και αλμυρού νερού (μέτωπα υφαλμύρυνσης), κ.ά. εφαρμογών.

Η ειδική αντίσταση των γεωλογικών υλικών εξαρτάται από:

Το *πορώδες*, αφού έλλειψη πόρων σημαίνει συμπαγείς σχηματισμοί, που έχουν υψηλή ειδική αντίσταση.

Την *περιεκτικότητα σε νερό*, όπου σχηματισμοί με έλλειψη νερού στους πόρους έχουν υψηλή ειδική αντίσταση, σε αντίθεση με τους διαποτισμένους.

Την *ποιότητα του νερού*, όπου σχηματισμός διαποτισμένος με αλμυρό νερό (ιόντα αλάτων), παρουσιάζει χαμηλότερη ειδική αντίσταση από τον αντίστοιχο με γλυκό νερό.

Την *περιεκτικότητα σε αργίλους*, γιατί η παρουσία αργιλικών ορυκτών ελαττώνει την ειδική αντίσταση (περιέχουν νερό και ελεύθερα ιόντα).

Τη *θερμοκρασία*, με το παγωμένο έδαφος να έχει υψηλότερη ειδική αντίσταση από το έδαφος που βρίσκεται σε κανονική θερμοκρασία.

3.1.α Διάδοση ηλεκτρικού ρεύματος στο έδαφος

Το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να διαδοθεί, στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς, με τρεις τρόπους: *ηλεκτρονικά* (ωμικά), *ηλεκτρολυτικά* και *διηλεκτρικά*.

Ο πρώτος τρόπος (ηλεκτρονικά) είναι και ο πλέον συνηθισμένος σε υλικά που έχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια, όπως είναι τα μέταλλα. Ηλεκτρολυτικά, το ρεύμα μεταφέρεται από τα ιόντα, τα οποία όμως μετακινούνται με χαμηλό ρυθμό. Τέλος, διηλεκτρικά μεταδίδεται το ρεύμα σε φτωχούς αγωγούς ή μονωτές, στους οποίους οι ελεύθεροι φορείς είναι ελάχιστοι έως και μηδενικοί. Γενικά σε γεωλογικά περιβάλλοντα, ο τρόπος διάδοσης του ηλεκτρικού ρεύματος είναι εκείνος της ηλεκτρονικής – ωμικής μετάδοσης.

Σε έναν κυλινδρικό αγωγό μήκους L , διατομής A , που παρουσιάζει ωμική αντίσταση R , εάν εφαρμοστεί συνεχή διαφορά δυναμικού ΔV , προκαλώντας συνεχή ροή ρεύματος έντασης I , η ωμική του αντίσταση, από το γνωστό νόμο του Ohm, θα δίνεται από τη σχέση:

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

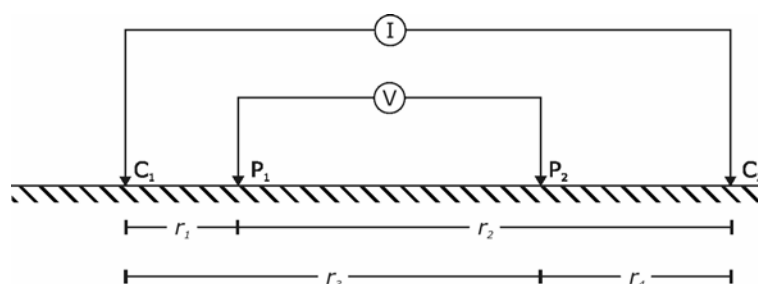
Η ηλεκτρική ειδική αντίσταση, ρ , του υλικού, είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του, που μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$\rho = R \frac{A}{L}$$

όπου A σε μ^2 , L σε μ . και η ειδική αντίσταση υπολογίζεται σε μονάδες Ohm.m. Η αγωγιμότητα είναι το αντίστροφο μέγεθος της ειδικής αντίστασης.

3.1.β Φαινόμενη ειδική αντίσταση

Στην εικόνα 3.1 φαίνεται η γεωμετρία μιας γεωηλεκτρικής διάταξης, που



Εικόνα 3.1: Γεωηλεκτρική διάταξη, με δυο ηλεκτρόδια ρεύματος και δυο ηλεκτρόδια δυναμικού, στην επιφάνεια ομογενούς και ιστροπικού εδάφους ειδικής αντίστασης ρ (TELFORD et al, 1988).

αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια ρεύματος (C_1 και C_2) και δύο ηλεκτρόδια δυναμικού (P_1 και P_2).

Η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται μεταξύ των ηλεκτροδίων P_1 και P_2 , δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]$$

Επιλύοντας τη σχέση αυτή, ως προς ρ , έχουμε τη σχέση:

$$\rho = \frac{2\pi\Delta V}{I} \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} = \left(\frac{2\pi\Delta V}{I} \right) k$$

στον οποίο ο παράγοντας k εξαρτάται από την γεωμετρία της διάταξης και δίδεται από τη σχέση:

$$k = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \quad \text{ή} \quad \square$$

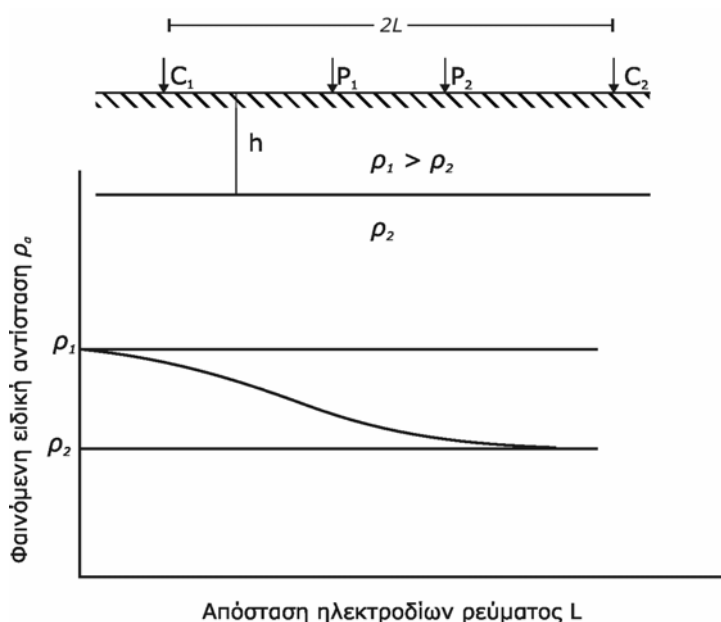
Από τις παραπάνω σχέσεις, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία της διάταξης (αποστάσεις ηλεκτροδίων), μπορεί να υπολογιστεί η ειδική αντίσταση, ρ .

Αν πρόκειται για **ένα** μέσο ομογενές, ισότροπο και απείρου βάθους, η τιμή της μετρούμενης ειδικής αντίστασης, ρ , θα είναι σταθερή, ανεξάρτητα της τιμής του γεωμετρικού παράγοντα k . Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα από την ένταση του παρεχόμενου ρεύματος, αν μεταβληθεί η γεωμετρία της διάταξης θα πρέπει να μεταβληθεί ο λόγος $k \frac{\Delta V}{I}$, ώστε να παραμένει πάντα σταθερός και η τιμή ρ πάντα ίδια. Στην περίπτωση όμως, **πολλών** στρωματοποιημένων, οριζοντίων και ομογενών μέσων, ο λόγος αυτός θα μεταβάλλεται με αποτέλεσμα τη λήψη διαφορετικών τιμών ειδικής αντίστασης, ρ , σε κάθε θέση των ηλεκτροδίων, λόγω της παραμόρφωσης των γραμμών ροής ρεύματος και των ισοδυναμικών γραμμών του πεδίου. Εξαιτίας αυτού του φαινομένου, χρησιμοποιείται ο όρος φαινόμενη ειδική αντίσταση, ρ_a , ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\rho_a = \frac{2\pi\Delta V}{I} k$$

Έτσι, η ρ_a θα ισούται με την ειδική αντίσταση του ανώτερου σχηματισμού, ρ_l , όταν η απόσταση των ηλεκτροδίων είναι μικρή σχετικά με το πάχος του, όπου το ποσοστό του ρεύματος που διέρχεται στο κατώτερο στρώμα είναι το ελάχιστο

δυνατό. Σε μεγάλες όμως αποστάσεις ηλεκτροδίων, συγκριτικά με το πάχος του πρώτου σχηματισμού, η φαινόμενη ειδική αντίσταση πλησιάζει την πραγματική ειδική αντίσταση του δεύτερου στρώματος, ρ_2 , αφού σε αυτή την περίπτωση η διερχόμενη ποσότητα ρεύματος από το ανώτερο στρώμα είναι ελάχιστη.



Εικόνα 3.2: Σχηματικό διάγραμμα της σχέσης της φαινόμενης ειδικής αντίστασης με την απόσταση των ηλεκτροδίων, για περίπτωση δύο οριζοντίων στρωμάτων (Dobrin, Savit, 1988).

3.1.γ Γεωηλεκτρικές παράμετροι

Ένας σημαντικός παράγοντας στις μεθόδους προσδιορισμού της ειδικής αντίστασης είναι η ανισοτροπία του υλικού στις διάφορες διευθύνσεις, κάτι σύνηθες στα στρωματοποιημένα πετρώματα, τα οποία είναι περισσότερο αγωγίμα παράλληλα προς τη στρώση τους παρά κάθετα προς αυτήν. Γι' αυτό ορίζεται ο συντελεστής ανισοτροπίας λ , που είναι ο λόγος της μέγιστης ειδικής αντίστασης, ρ_t , προς την ελάχιστη, ρ_L , η οποία κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 1-1,2. Φυσικά όταν πρόκειται για ισότροπο μέσο, θα είναι $\lambda=1$.

Η σχέση που αναδεικνύει την ανισοτροπία ενός σχηματισμού είναι: $\lambda = \sqrt{\frac{\rho_t}{\rho_L}}$.

Γνωρίζοντας ότι ένα γεωηλεκτρικό στρώμα προσδιορίζεται από δυο θεμελιώδεις παράμετρος, την ειδική αντίσταση, ρ , και το πάχος, h , θα πρέπει να αναφερθούν οι γεωηλεκτρικές παραμέτροι, που είναι:

Η διαμήκης αγωγιμότητα, $S=h/\rho$

Η εγκάρσια αντίσταση, $T=h \cdot \rho$

Η διαμήκης ειδική αντίσταση, $\rho_L=h/S$

Η εγκάρσια ειδική αντίσταση, $\rho_i=T/h$

Όταν πρόκειται για συνθήκες v στρωμάτων, τα παραπάνω υπολογίζονται από τους παρακάτω τύπους:

$$S = \sum_{i=1}^v \frac{h_i}{\rho_i} = \frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2} + \dots + \frac{h_v}{\rho_v}$$

$$T = \sum_{i=1}^v h_i \cdot \rho_i = h_1 \cdot \rho_1 + h_2 \cdot \rho_2 + \dots + h_v \cdot \rho_v$$

$$\rho_L = \frac{H}{S} = \frac{\sum_1^v h_i}{\sum_1^v \frac{h_i}{\rho_i}}$$

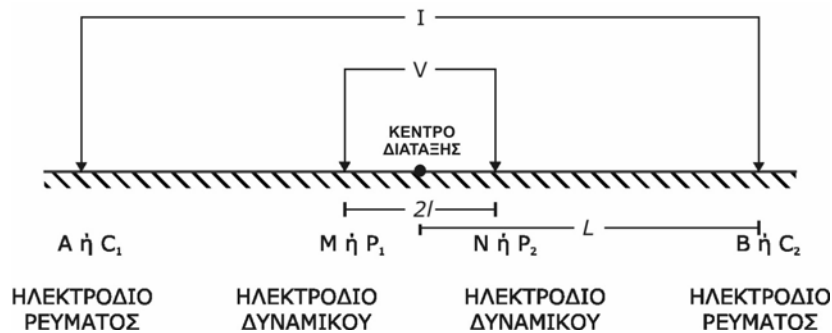
$$\rho_i = \frac{T}{H} = \frac{\sum_1^v h_i \rho_i}{\sum_1^v h_i}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_i}{\rho_L}} = \frac{\sqrt{TS}}{H}$$

3.1.δ Διάταξη Schlumberger

Η διάταξη που προτείνει ο Schlumberger (εικόνα 3.3), είναι ευρέως διαδεδομένη στη γεωηλεκτρική έρευνα της κατακόρυφης μεταβολής της ειδικής αντίστασης. Τα τέσσερα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε μια ευθεία γραμμή, πάνω στην οποία μετακινούνται καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.

Τα ηλεκτρόδια ρεύματος και δυναμικού είναι συμμετρικά τοποθετημένα, ως προς το σημειακό κέντρο της διάταξης. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων πρέπει η απόσταση των ηλεκτροδίων δυναμικού MN (P_1P_2) να είναι μικρότερη του 40% της ημι-απόστασης των ηλεκτροδίων ρεύματος, AB/2 ($C_1C_2/2$), για τη διατήρηση του θορύβου σε χαμηλά επίπεδα (*signal to ratio*).



Εικόνα 3.3: Διάταξη Schlumberger

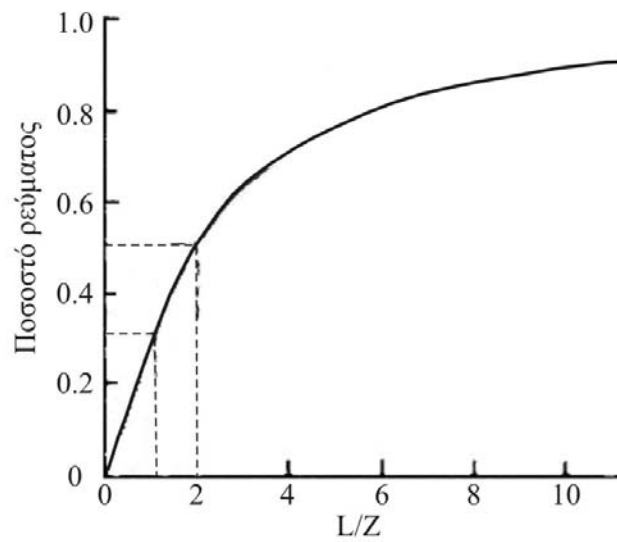
Στηριζόμενοι στους γενικούς τύπους για τον υπολογισμό του γεωμετρικού παράγοντα, k , και της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, ρ_a (βλ. §1.2), προκύπτουν οι εξής τύποι για τη διάταξη Schlumberger:

$$k = \frac{L^2 - l^2}{4l} \quad \text{για το γεωμετρικό παράγοντα } k$$

$$\rho_a = \pi \frac{L^2 - l^2}{4l} \frac{\Delta V}{I} \quad \text{για τη φαινόμενη ειδική αντίσταση}$$

3.1.ε Βάθος έρευνας

Το βάθος έρευνας κατά τη διάρκεια μιας γεωηλεκτρικής διασκόπησης, εξαρτάται από το βάθος διείσδυσης του ηλεκτρικού ρεύματος στο έδαφος. Το ρεύμα ακολουθεί τοξοειδείς διαδρομές μεταξύ των δυο ηλεκτροδίων ρεύματος και αν πρόκειται για ένα ομογενές στρώμα, τουλάχιστον το 50% του ηλεκτρικού ρεύματος, ρέει σε ένα βάθος μικρότερου της απόστασης των ηλεκτροδίων (AB). Με την αύξηση της απόστασης των ηλεκτροδίων ρεύματος (AB ή L), αυξάνεται το βάθος διείσδυσης (Z) του ηλεκτρικού ρεύματος στο υπέδαφος, οπότε και το βάθος διερεύνησης (εικόνα 3.4). Η απόσταση AB, πρέπει να είναι πάντα τέτοια, ώστε να μπορεί να κλείνει το κύκλωμα του ρεύματος, δηλαδή εξαρτάται από τη δυνατότητα παροχής ρεύματος της πηγής και τη διακριτική ικανότητα του οργάνου μέτρησης που χρησιμοποιείται.

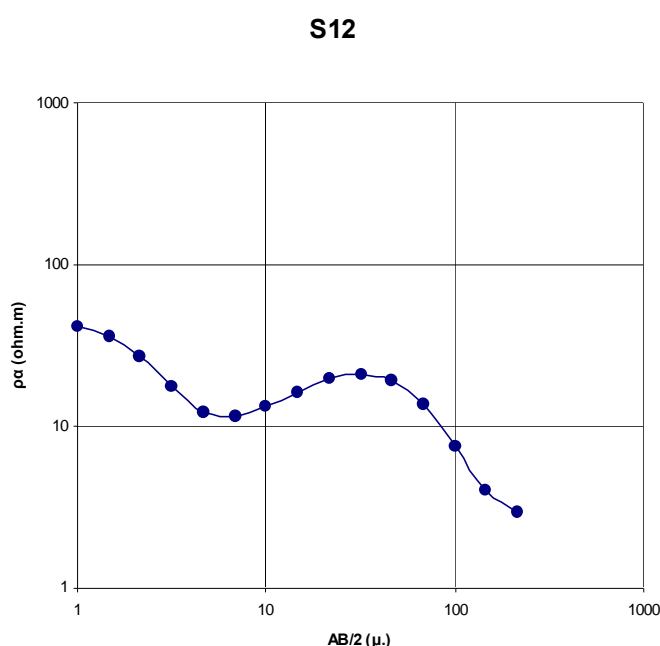


Εικόνα 3.4: Αναλογία ρεύματος που ρέει σε βάθος Z (σε μέτρα), όπου L η απόσταση των ηλεκτροδίων ρεύματος (Telford, W., M., et al., 1988).

Αναφέρεται ότι εμπειρικά και ειδικά για τις γεωηλεκτρικές βαθυσκοπήσεις με τη διάταξη Schlumberger, το βάθος διερεύνησης, θεωρείται ίσο με το $1/4 - 1/5$ της απόστασης AB των ηλεκτροδίων ρεύματος.

3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Οι μετρήσεις των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων με τη διάταξη Schlumberger, προβάλλονται γραφικά σε ένα δι-λογαριθμικό διάγραμμα. Οι τιμές του ημι-αναπτύγματος $AB/2$ των ηλεκτροδίων ρεύματος, τοποθετούνται στον οριζόντιο άξονα, ενώ οι τιμές της φαινόμενης ειδικής αντίστασης που έχουν καταγραφεί σε κάθε ημι-ανάπτυγμα, τοποθετούνται στον κατακόρυφο άξονα. Έτσι, προκύπτουν οι γεωηλεκτρικές καμπύλες φαινόμενης ειδικής αντίστασης ($\rho_a=f(AB/2)$) (εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5: Διάγραμμα απεικόνισης των στοιχείων γεωηλεκτρικής βαθοσκοπήσης.

Τα πλεονεκτήματα της προβολής των στοιχείων σε *διλογαριθμική κλίμακα*, είναι: Διευκόλυνση της σύγκρισης των καμπύλων υπαίθρου, με τις αντίστοιχες θεωρητικές της επεξεργασίας και ερμηνείας.

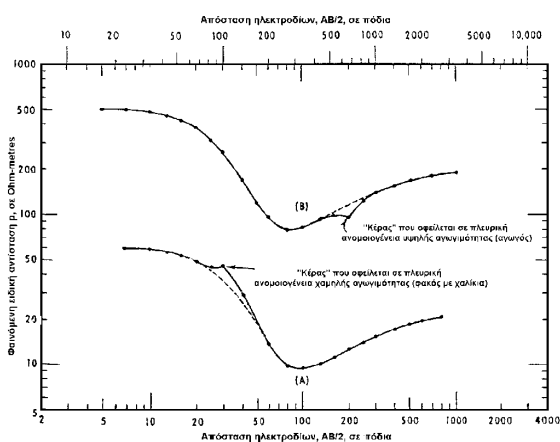
Όταν υπάρχει μεταβολή των τιμών της ειδικής αντίστασης και του πάχους, αλλά οι λόγοι ρ_i/ρ_1 και h_i/h_1 ($i=2,3,\dots,n$) παραμένουν σταθεροί, η καμπύλη θα μετατοπίζεται κατακόρυφα, για μεταβολή της ειδικής αντίστασης και οριζόντια, για μεταβολή του βάθους. Οπότε, δύο καμπύλες με διαφορετικές τιμές ρ και h , αλλά με ίσους λόγους, μπορούν να ταυτιστούν αν μετατοπιστεί η μια πάνω στην άλλη.

Μείωση της επίδρασης της μεταβολής του πάχους των στρωμάτων για μεγάλα βάθη και της μεταβολής των υψηλών τιμών ειδικής αντίστασης. Επίσης, ενισχύεται η μεταβολή του πάχους των στρωμάτων για μικρά βάθη και η μεταβολή των χαμηλών τιμών ειδικής αντίστασης.

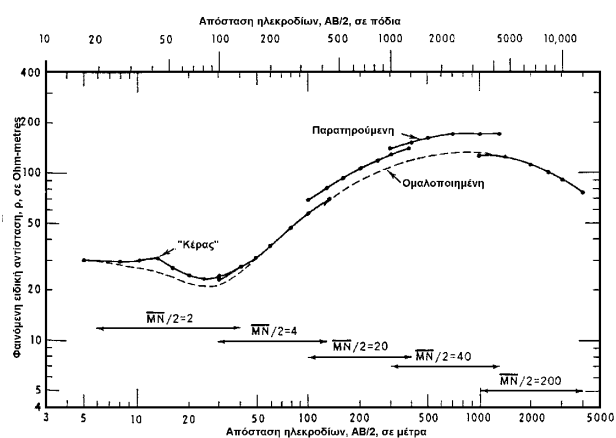
Το μεγάλο φάσμα τιμών ειδικής αντίστασης των γεωλογικών σχηματισμών, καθώς και τα μεγάλα αναπτύγματα ηλεκτροδίων ρεύματος, που απαιτούνται για τη διερεύνηση μεγάλων βαθών.

Η μονοσήμαντη ποιοτική και ποσοτική ερμηνεία μιας γεωηλεκτρικής βαθοσκόπησης, είναι πολύ σπάνια και γι' αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται σύγκριση των κοινών χαρακτηριστικών, γειτονικών γεωηλεκτρικών βαθομετρήσεων, σε συνδυασμό με την κατασκευή γεωηλεκτρικών τομών και χαρτών που περιορίζουν τις επιλογές ερμηνείας.

Στις γεωηλεκτρικές καμπύλες, πολλές φορές, παρουσιάζονται φαινόμενα που χρίζουν ιδιαίτερης προσοχής. Ένα τέτοιο φαινόμενο, είναι η εμφάνιση ενός ή περισσοτέρων 'κεράτων' (cusps) (εικόνα 3.6α). Πρόκειται για υψίσυχη ανωμαλία



Εικόνα 3.6α: Παράδειγμα 'παρामορφωμένης' γεωηλεκτρικής καμπύλης από την παρουσία πλευρικών ανομοιογενειών - κεράτων (A) λόγω αγώγιμου σώματος και (B) λόγω μη-αγώγιμου σώματος (ZOHDY, 1974).



Εικόνα 3.6β: Παράδειγμα ασυνεχούς γεωηλεκτρικής καμπύλης και διαδικασία επαναφοράς (ZOHDY, 1974).

της γεωηλεκτρικής καμπύλης και μπορεί να οφείλεται είτε σε τοπική γεωλογική ανομοιογένεια, είτε σε μεγάλη αντίσταση επαφής ή ακόμα και σε λανθασμένη μέτρηση. Αυτή η ανωμαλία, συνήθως αντιμετωπίζεται με εξομάλυνση της καμπύλης. Επιπλέον, ίσως εντοπίζονται κατακόρυφες παράλληλες μετατοπίσεις ενός τμήματος της καμπύλης σε σχέση με το υπόλοιπο (εικόνα 3.6β), κάτι που υποδηλώνει πιθανή

πλευρική ανομοιογένεια ευρείας κλίμακας, η οποία τοποθετείται μετά από αυτή τη μετατόπιση. Μπορεί να οφείλεται ακόμη και σε διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από κατακόρυφο ρήγμα, που βρίσκεται περίπου στο σημείο που ξεκινά η παράλληλη μετατόπιση.

3.2.α Ποιοτική παρουσίαση και ερμηνεία γεωηλεκτρικών δεδομένων.

Προκειμένου να ελεγχθεί η πλευρική ανομοιογένεια των γεωλογικών σχηματισμών μιας περιοχής, κατασκευάζονται τομές και χάρτες (ή οριζοντιογραφίες) κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτών των απεικονίσεων, είναι ότι χρησιμοποιούνται τα πρωτογενή δεδομένα των μετρήσεων, χωρίς την επέμβαση κάποιου αλγορίθμου ποσοτικής ερμηνείας, αποδίδοντας έτσι μια καλύτερη εικόνα της στρωματογραφικής δομής της περιοχής.

Αναφερόμενοι στις *τομές*, αν προκύψουν σχεδόν οριζόντιες και παράλληλες ισότιμες καμπύλες φαινόμενης ειδικής αντίστασης (εικόνα 3.7), καταδεικνύεται μια πιθανά οριζόντια στρωματοποιημένη δομή, ενώ αν στην τομή υπάρχει απότομη βύθιση των ισότιμων καμπύλων της φαινόμενης ειδικής αντίστασης (εικόνα 3.8), αναμένεται πιθανή πλευρική ανομοιογένεια στην περιοχή αυτή, όπως για παράδειγμα μια ρηξιγενής ζώνη. Έτσι, αντλείται μια πρώτη εκτίμηση της γεωλογικής δομής.

Για να κατασκευαστούν οι τομές κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

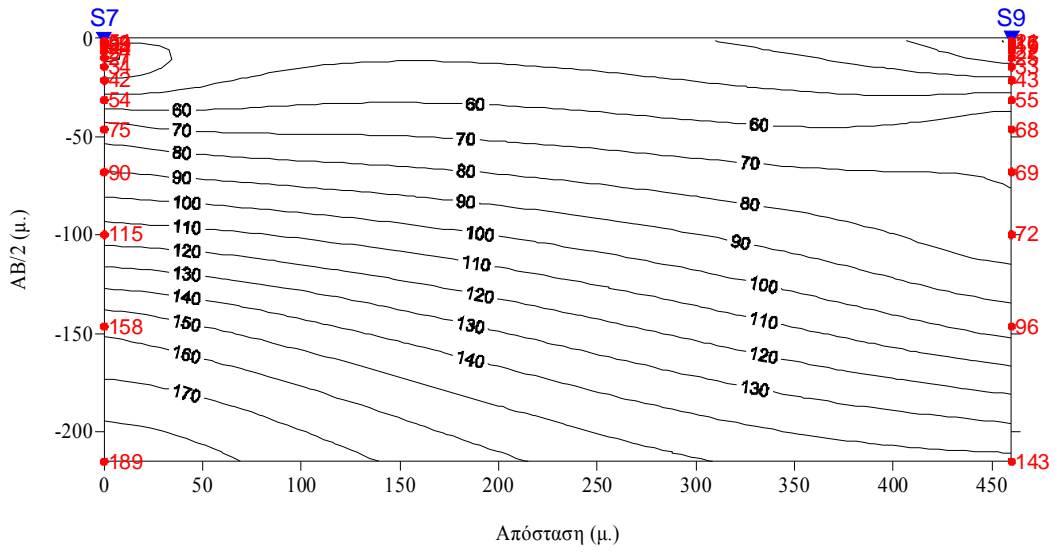
Στον οριζόντιο άξονα τοποθετούνται, σε γραμμική κλίμακα, οι θέσεις των συννευθιακών κέντρων διάταξης (ΚΔ) των γεωηλεκτρικών βαθυσκοπήσεων της τομής.

Στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούνται, σε γραμμική κλίμακα, οι υπολογισθείσες τιμές των φαινόμενων ειδικών αντιστάσεων, σε σχέση με τις ημι-αποστάσεις των ηλεκτροδίων ρεύματος ($AB/2$).

Στη συνέχεια, χαράσσονται οι ισότιμες καμπύλες ρ_a , σκιαγραφώντας έτσι την κατανομή της ρ_a (ψευδό-βάθος).

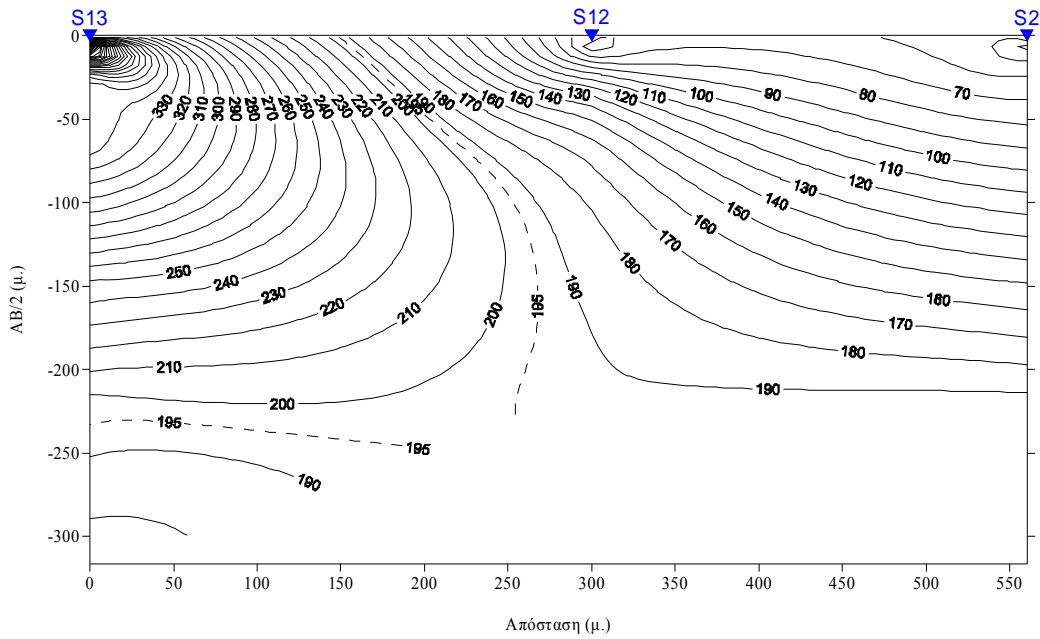
Να σημειωθεί ότι το τοπογραφικό ανάγλυφο, δεν λαμβάνεται υπόψη στις τομές κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, αφού έτσι κι αλλιώς το ανάγλυφο θεωρείται ομαλό, ενώ χρησιμοποιείται η γραμμική κλίμακα για μεγαλύτερη λεπτομέρεια της κατανομής της ρ_a , αντί για τη λογαριθμική. Το $AB/2$ να σημειωθεί ότι δεν πρέπει να συγχέεται με το βάθος.

ΤΟΜΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ



Εικόνα 3.7: Τομή κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, που υποδηλώνει σχεδόν οριζόντια στρωματοποιημένη δομή.

ΤΟΜΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ



Εικόνα 3.8: Τομή κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, που υποδηλώνει πλευρική ανομοιογένεια (μεταξύ των θέσεων S13 και S12).

Οι χάρτες απεικονίζουν την κατανομή της ρ_a για διαφορετικά ημι-αναπτύγματα ηλεκτροδίων ρεύματος, θεωρώντας την επιφάνεια επίπεδη. Παραθέτοντας κατακόρυφα και παράλληλα τους χάρτες για τα αυξανόμενα ημι-αναπτύγματα, διαμορφώνεται μια ψευδό-απεικόνιση της κατανομής της ρ_a σε τρεις διαστάσεις. Να

σημειωθεί ότι ο χάρτης, για ένα συγκεκριμένο ημι-ανάπτυγμα, δεν δίνει πληροφορίες για το αντίστοιχο βάθος.

Για να κατασκευαστεί ένας χάρτης (ή οριζοντιογραφία) κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης (εικόνα 3.9), ακολουθείται η εξής διαδικασία:

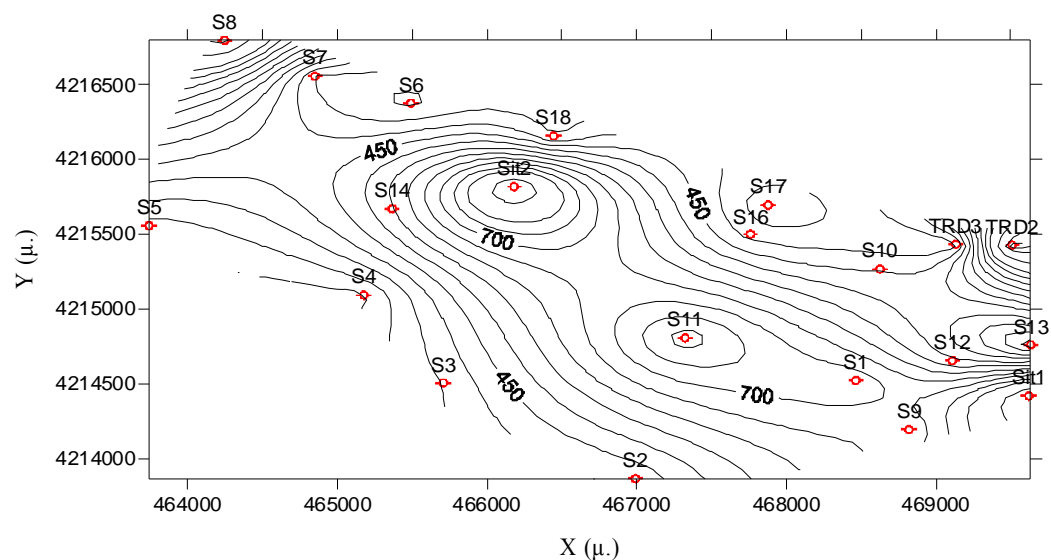
Τοποθετούνται οι θέσεις των κέντρων διάταξης (ΚΔ) των γεωηλεκτρικών βαθυσκοπήσεων, βάσει των συντεταγμένων τους, έχοντας στον οριζόντιο άξονα τις συντεταγμένες X και στον κατακόρυφο τις συντεταγμένες Y.

Τοποθετούνται οι τιμές της φαινόμενης ειδικής αντίστασης όλων των βαθυσκοπήσεων, για το συγκεκριμένο ημι-ανάπτυγμα AB/2 του κάθε χάρτη.

Χαράσσονται, βάσει των προηγούμενων σημείων, οι ισότιμες καμπύλες φαινόμενης ειδικής αντίστασης στον κάθε χάρτη.

Τέλος, για την αίσθηση της ψευδο-3D απεικόνισης, που επιθυμείται, τοποθετούνται οι οριζοντιογραφίες, με αυξανόμενο ημι-ανάπτυγμα από πάνω προς τα κάτω, με σκοπό την παρουσίαση του ψευδο-βάθους.

ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ AB/2=10μ.



Εικόνα 3.9: Χάρτης κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, για ημι-ανάπτυγμα AB/2=10μ.

Όλες οι τομές και οι χάρτες κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης στην παρούσα εργασία, κατασκευάστηκαν με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος Surfer (Golden Software) και ως μέθοδος χάραξης των ισότιμων καμπύλων επελέγη η μέθοδος *kriging*, που χρησιμοποιείται σε τέτοιες εφαρμογές (ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Ι., 1998).

Η μέθοδος *kriging*, χρησιμοποιήθηκε για την προβολή της χωρικής κατανομής και συνέχειας των γεωηλεκτρικών παραμέτρων. Είναι μια γεωστατιστική μέθοδος, που αναφέρεται στη στατιστική επεξεργασία μεταβλητών που παρουσιάζουν συνέχεια από σημείο σε σημείο. Εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας το κανονικοποιημένο άθροισμα των σημείων μιας ζώνης επιρροής, βάσει συντελεστών βαρύτητας.

Η μέθοδος *kriging* λαμβάνει υπόψη κατά την εφαρμογή της, τρεις παραμέτρους:

την απόσταση

την ομαδοποίηση και

τη χωρική συσχέτιση, καθοριζόμενη από συντελεστές.

Όλες αυτές οι διαδικασίες στηρίζονται σε πολύπλοκες εξισώσεις, που αποσκοπούν στην καλύτερη δυνατή χάραξη των ισότιμων καμπύλων.

3.2.β Ποσοτική ερμηνεία

Μετά την ποιοτική ερμηνεία, ακολουθεί η ποσοτική ερμηνεία των γεωηλεκτρικών δεδομένων, με τη χρήση υπολογιστικών μεθόδων, γραφικών και ηλεκτρονικών. Μέσω αυτής της ποσοτικοποίησης, παίρνουμε μονοδιάστατα, διδιάστατα και τρισδιάστατα μοντέλα, που ικανοποιούν τις μετρήσεις υπαίθρου. Σε ένα μονοδιάστατο γεωηλεκτρικό μοντέλο, το οποίο ουσιαστικά αποτελείται από το πάχος και την τιμή της (πραγματικής) ειδικής αντίστασης των γεωηλεκτρικών στρωμάτων τα οποία διερευνάει κάθε βαθοσκόπηση, θεωρείται ότι η ειδική αντίσταση δεν μεταβάλλεται απότομα πλευρικά.

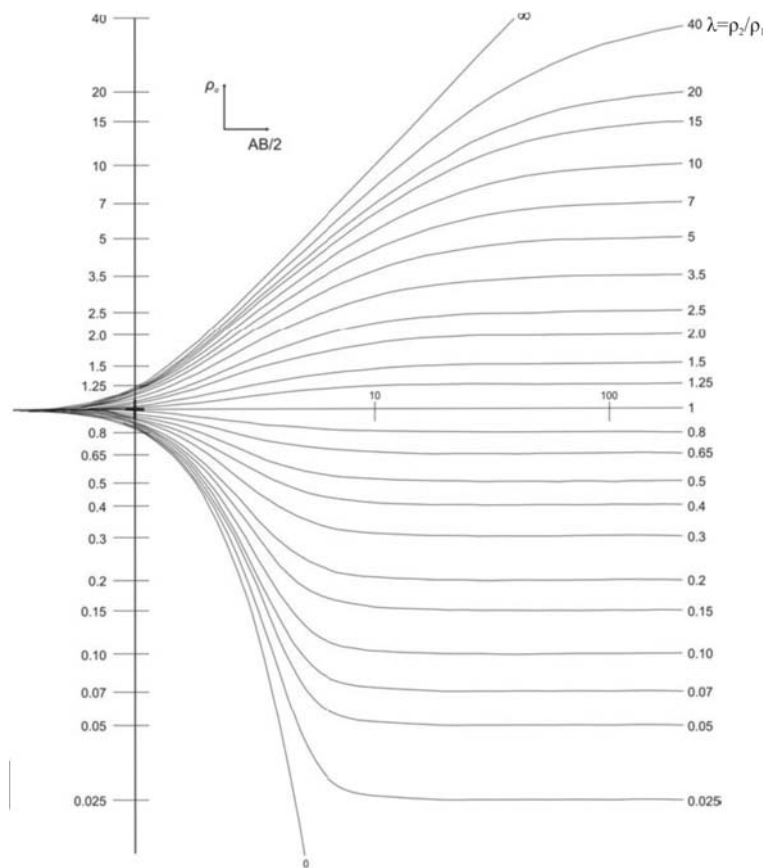
Στην παρούσα εργασία, η ποσοτική ερμηνεία πραγματοποιήθηκε με τους εξής τρόπους:

Γραφικά, με τη μέθοδο του βοηθητικού σημείου και τη χρήση των πρότυπων καμπύλων δυο στρωμάτων και των βοηθητικών καμπύλων των ORELLANA & MOONEY (1966) και

Ηλεκτρονικά, με τη χρήση δυο διαφορετικών λογισμικών, διαφορετικής λογικής ποσοτικοποίησης, του *SCHLINV* (MERRICK, 1977) και του *ATO* (ZOHDY & BILDORF, 1989), που αναλύονται παρακάτω.

3.2.α.1 Γραφική μέθοδος ποσοτικής ερμηνείας

Η γραφική μέθοδος της ποσοτικής ερμηνείας, γίνεται με τη χρήση των πρότυπων καμπύλων δυο στρωμάτων (εικόνα 3.10) και των τεσσάρων βοηθητικών καμπύλων των ORELLANA & MOONEY (εικόνες 3.11-3.14).

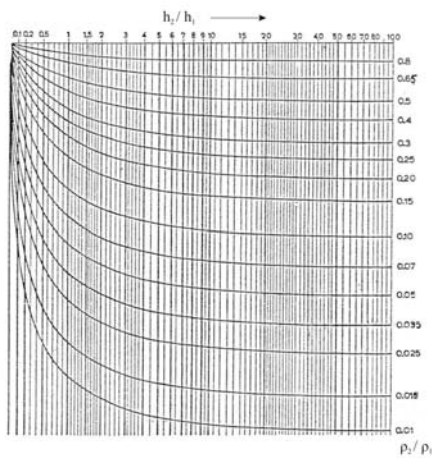


Εικόνα 3.10: Πρότυπες καμπύλες δύο στρωμάτων (ORELLANA & MOONEY, 1966)

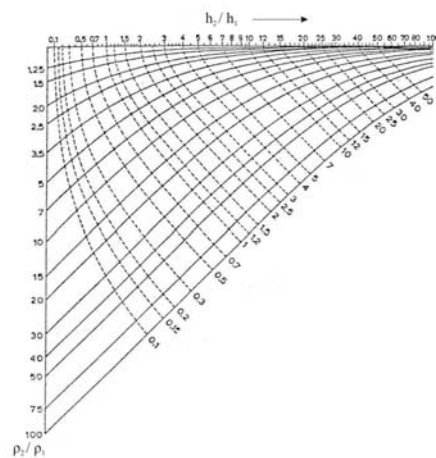
Αρχικά, γίνεται προσπάθεια ανάλυσης του πρώτου, αριστερού τμήματος της καμπύλης υπαίθρου, που έχει χαραχθεί σε διλογαριθμικό χαρτί. Τοποθετώντας το διαφανές διλογαριθμικό χαρτί, πάνω στις πρότυπες καμπύλες δυο στρωμάτων και μετακινώντας το πάνω-κάτω και αριστερά-δεξιά (διατηρώντας τη παραλληλία των αξόνων), γίνεται προσπάθεια ταύτισης της καμπύλης με κάποια από τις πρότυπες καμπύλες δυο στρωμάτων. Μετά την ταύτιση, σημειώνεται η θέση του πρώτου σταυρού και ο αριθμός λ_1 . Από την προβολή του σταυρού, μπορεί να υπολογισθεί η ειδική αντίσταση, ρ_1 , του πρώτου στρώματος και από την τεταγμένη του, το πάχος, h_1 , του. Επίσης, υπολογίζεται και η ειδική αντίσταση του δεύτερου στρώματος, ρ_2 , από τη σχέση $\rho_2 = \lambda_1 \cdot \rho_1$.

Εάν η γεωηλεκτρική καμπύλη υπαίθρου αποτυπώνει τρία ή περισσότερα στρώματα, η ερμηνεία της συνεχίζεται με την επιλογή και χρήση της κατάλληλης βοηθητικής καμπύλης (εικόνες 3.11-3.14). Στην περίπτωση, που για τις ειδικές αντιστάσεις των τριών στρωμάτων ισχύει $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$, θα χρησιμοποιηθεί η καμπύλη τύπου Η (εικόνα 3.11), συνδυάζοντας τα δυο πρώτα στρώματα σε ένα ισοδύναμο (φανταστικό). Αυτό,

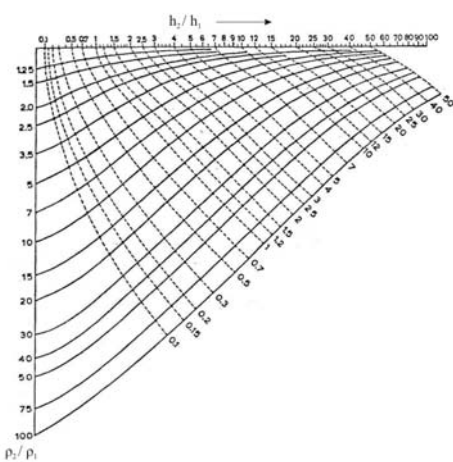
επιτυγχάνεται θεωρώντας ότι το ρεύμα ρέει στα δυο επιφανειακά στρώματα παράλληλα προς τη στρώση τους. Αν ισχύει η σχέση $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$, θα χρησιμοποιηθεί η καμπύλη τύπου Α (εικόνα 3.12), όπου το ισοδύναμο στρώμα είναι παχύτερο του συνδυασμού των δυο στρωμάτων, λόγω του συντελεστή ανισοτροπίας. Εάν ισχύει $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$, θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος Κ (εικόνα 3.13), όπου το ισοδύναμο στρώμα έχει εκτιμηθεί ότι είναι παχύτερο από το άθροισμα των δύο επιφανειακών. Τέλος, για την περίπτωση όπου $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$, υπάρχει ο τύπος Q (εικόνα 3.14) με το ισοδύναμο στρώμα να εκτιμάται ότι είναι μικρότερο των δύο συμβαλλόμενων στρωμάτων.



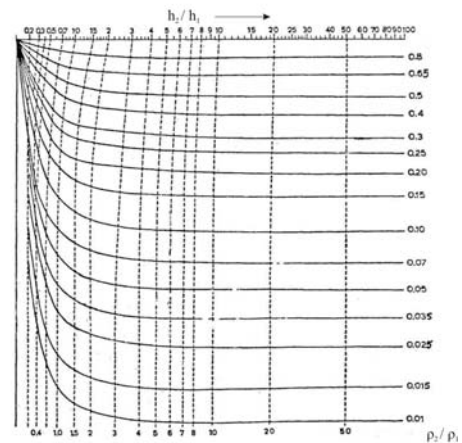
Εικόνα 3.11: Βοηθητική καμπύλη τύπου Η.



Εικόνα 3.12: Βοηθητική καμπύλη τύπου Α.



Εικόνα 3.13: Βοηθητική καμπύλη τύπου Κ.



Εικόνα 3.14: Βοηθητική καμπύλη τύπου Q.

Αφότου επιλεγεί κατά περίπτωση η αντίστοιχη βοηθητική καμπύλη, τοποθετείται η καμπύλη υπαίθρου πάνω στη βοηθητική, έτσι ώστε ο πρώτος σταυρός (λ_1) να βρίσκεται στην αρχή των αξόνων, για τους τύπους Q και H ή στον κατακόρυφο άξονα στην

αντίστοιχη τιμή, λ_1 , για τους τύπους A και K. Με διακεκομμένη γραμμή χαράσσεται η βοηθητική καμπύλη για το συγκεκριμένο λ_1 .

Στη συνέχεια, ακολουθεί η ταύτιση του τμήματος του τρίτου στρώματος της καμπύλης, με τις πρότυπες καμπύλες δυο στρωμάτων, όπως και στην πρώτη φάση (μετακινώντας παράλληλα προς τους άξονες), αλλά αυτή τη φορά μετακινώντας τη διακεκομμένη βοηθητική γραμμή πάνω στο σταυρό των πρότυπων καμπύλων. Μόλις ταυτιστεί και αυτό το τμήμα, χαράσσεται ο δεύτερος σταυρός, του οποίου οι προβολές στους άξονες μας δίνουν τα ρ_f και h_f του ισοδύναμου στρώματος. Από τη σχέση $\rho_f = \lambda_2 * \rho_3$ υπολογίζεται το ρ_3 .

Επιστρέφοντας στη βοηθητική καμπύλη που χρησιμοποιήθηκε και τοποθετώντας τον πρώτο σταυρό στη σωστή θέση, από τη θέση του δεύτερου σταυρού και με τη βοήθεια των κάθετων (τύποι H, Q) ή παραβολικών γραμμών (τύποι A, K) της αντίστοιχης βοηθητικής καμπύλης, υπολογίζουμε το μ_1 . Από τη σχέση $\mu_1 = h_2 / h_1 \Rightarrow h_2 = \mu_1 \cdot h_1$, υπολογίζεται το πάχος του δεύτερου στρώματος. Με την ίδια λογική και τις ίδιες διαδικασίες, συνεχίζεται η ερμηνεία της καμπύλης, αν αποτελείται από τέσσερα ή και παραπάνω γεωηλεκτρικά στρώματα.

Μετά από αυτή τη διαδικασία, που εξαρτάται από τον αριθμό n των γεωηλεκτρικών στρωμάτων, έχει υπολογισθεί το πλήρες γεωηλεκτρικό μοντέλο της καμπύλης υπαίθρου, το οποίο αποτελείται από τις ειδικές αντιστάσεις $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ και τα πάχη h_1, h_2, \dots, h_{n-1} .

3.2.α.2 Ηλεκτρονική μέθοδος ποσοτικής επεξεργασίας.

Λογισμικό SCHLINV

Το λογισμικό αυτό, απαιτεί σαν πρωτογενή στοιχεία, ένα αρχικό μοντέλο ερμηνείας, που συνήθως προέρχεται από τη γραφική μέθοδο ποσοτικής ερμηνείας της 'εξομαλυσμένης' γεωηλεκτρικής καμπύλης υπαίθρου.

Με τη διαδικασία των διαδοχικών προσεγγίσεων, υπολογίζονται οι μετασχηματισμοί της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, της γεωηλεκτρικής καμπύλης και του μοντέλου που έχει εισαχθεί, υπολογίζοντας τις θεωρητικές τιμές των φαινομένων ειδικών αντιστάσεων για το μοντέλο αυτό. Συγκρίνει τους δύο αυτούς μετασχηματισμούς, μέχρι η θεωρητική καμπύλη του μοντέλου να συμφωνεί με αυτήν της καμπύλης υπαίθρου, με σφάλμα απόκλισης λιγότερο του 2%, τροποποιώντας τα πάχη και τις ειδικές αντιστάσεις του μοντέλου.

Στο πρόγραμμα επεξεργασίας, εισάγονται τα παρακάτω στοιχεία, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.15, μέσω ενός επεξεργαστή κειμένου:

Όνομα βαθοσκόπησης, ημερομηνία εκτέλεσης, διεύθυνση αναπτύγματος, υψόμετρο και όνομα περιοχής που πραγματοποιήθηκε.

Η μικρότερη απόσταση AB/2

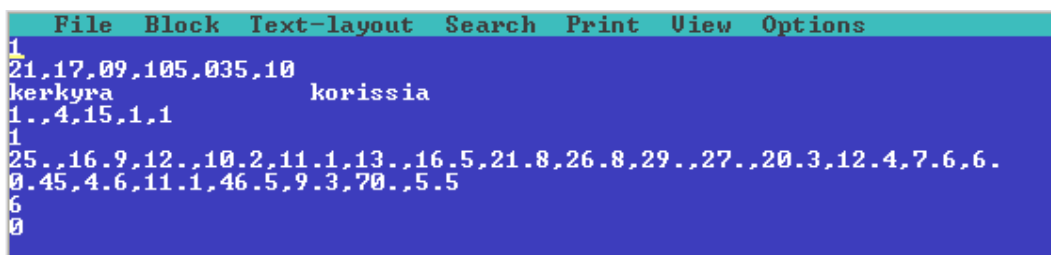
Ο αριθμός των γεωηλεκτρικών στρωμάτων του εισαχθέντος γεωηλεκτρικού μοντέλου

Το σύνολο των εισαχθέντων τιμών φαινόμενης ειδικής αντίστασης

Το σύνολο των παραμέτρων, που επιθυμούμε να κρατήσουμε σταθερούς (προαιρετικό)

Οι τιμές φαινόμενης ειδικής αντίστασης της εξομαλυμένης γεωηλεκτρικής καμπύλης

Τα πάχη και οι ειδικές αντιστάσεις του γεωηλεκτρικού μοντέλου.



```
File Block Text-layout Search Print View Options
1
21.17.09.105.035.10
kerkyra korissia
1. 4.15.1.1
1
25. 16.9.12. 10.2.11.1.13. 16.5.21.8.26.8.29. 27. 20.3.12.4.7.6.6.
0.45.4.6.11.1.46.5.9.3.70. 5.5
6
0
```

Εικόνα 3.15: Εισαγωγή δεδομένων για το λογισμικό SCHLINV.

Μετά την επεξεργασία αυτών των δεδομένων, το λογισμικό παρουσιάζει τα παρακάτω (εικόνα 3.16):

Τα στοιχεία της βαθοσκόπησης

Τον αριθμό των διαδοχικών προσεγγίσεων που πραγματοποίησε (*iterations*)

Το υπολογιζόμενο γεωηλεκτρικό μοντέλο (πάχη και ειδικές αντιστάσεις στρωμάτων)

Τις αποστάσεις AB/2 που έχουν χρησιμοποιηθεί

Τις θεωρητικές τιμές της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, που προήλθαν από το μετασχηματισμό του εισαγόμενου γεωηλεκτρικού μοντέλου

Τις τιμές της φαινόμενης ειδικής αντίστασης που εισήχθησαν, και τέλος

Την απόκλιση μεταξύ των πειραματικών (*field rho*) και των υπολογιζόμενων (*model rho*) τιμών ρ_a .

```

#
Resistivity Inversion Program
Schlumberger Array
Sounding No      21
Date            17- 9-2005
Province        kerkyra
Site            korissia
Orientation      35 Degrees
Height          10 Metres

iteration no. 15

layer no.        thickness      resistivity      thick*res      thick/res
                  in metres      in ohm*m
-----
1                .5             40.2             20.7           .013
-----
2                3.9            8.6              33.2           .449
-----
3                13.5           70.0             946.4          .193
-----
4                5.3
-----

spacing          model rho      field rho
1.000            24.952        25.000
1.468            16.993        16.900
2.154            11.902        12.000
3.162            10.307        10.200
4.642            10.909        11.100
6.813            13.176        13.000
10.000           17.003        16.500
14.678           21.767        21.800
21.544           26.244        26.800
31.623           28.522        29.000
46.416           26.540        27.000
68.129           20.139        20.300
100.000          12.530        12.400
146.780          7.644         7.600
215.443          5.928         6.000

rms error = 1.405

```

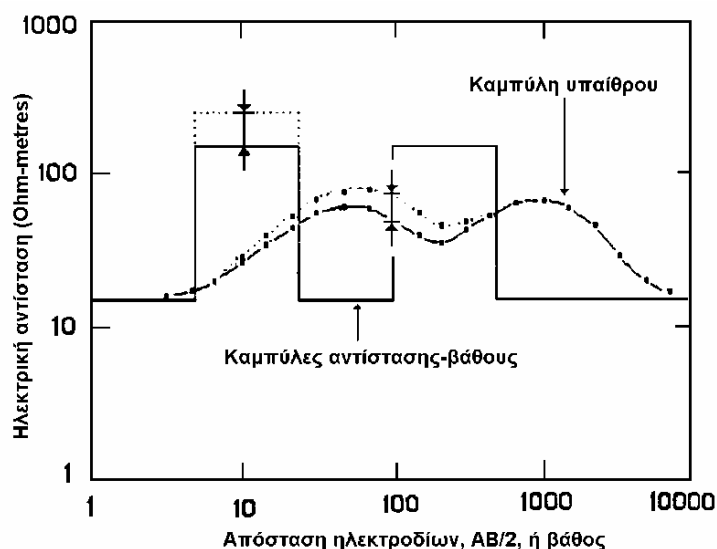
Εικόνα 3.16: Αποτέλεσμα επεξεργασίας του λογισμικού *SCHLINV*.

Ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων του προγράμματος αυτού με της γραφικής μεθόδου, περιορίζει αρκετά τις λύσεις της καμπύλης, πλησιάζοντας πιο πολύ στην έννοια του μονοσήμαντου μοντέλου.

Λογισμικό ATO

Το λογισμικό αυτό χρησιμοποιεί μια μοναδική μέθοδο αντιστροφής, η οποία καθορίζει τόσα στρώματα όσα είναι τα ψηφιοποιημένα σημεία της γεωηλεκτρικής καμπύλης υπαίθρου. Είναι μια ευφυής μέθοδος αξιόπιστων αποτελεσμάτων, που χρησιμοποιείται κυρίως για περιβάλλοντα ιζηματογενών λεκανών (YUNGUL, 1996). Βασίζεται στις παρατηρούμενες μορφολογικές σχέσεις μεταξύ των καμπύλων, που προκύπτουν από τη σχέση της ειδικής αντίστασης με το βάθος και της φαινόμενης ειδικής αντίστασης με το ημι-ανάπτυγμα $AB/2$ των ηλεκτροδίων ρεύματος. Δηλαδή μπορεί να είναι παράλληλες αυτές, αλλά κάποια χαρακτηριστικά τους σημεία να

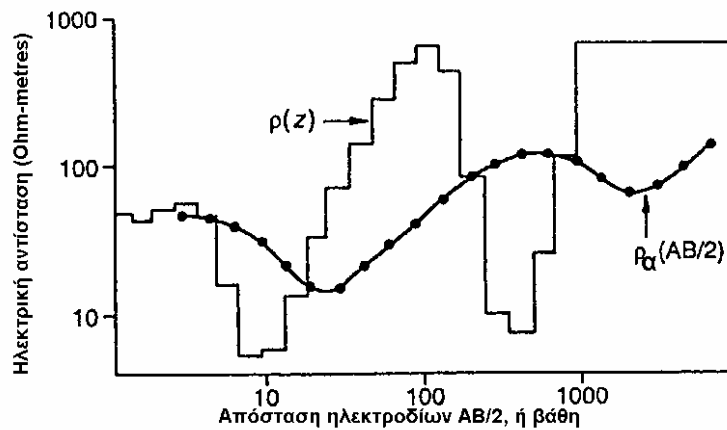
μετατοπίζονται οριζόντια ή κατακόρυφα μεταξύ τους (εικόνα 3.17). Οι διαδοχικές προσεγγίσεις τροποποιούν το μοντέλο σε τέτοιες διευθύνσεις.



Εικόνα 3.17: Δύο καμπύλες Schlumberger πέντε στρωμάτων και διάταξη των στρωμάτων, απεικονίζουν τη σχέση μεταξύ των αποστάσεων των ηλεκτροδίων, των φαινόμενων αντιστάσεων, βαθών και πραγματικών αντιστάσεων. Τα διαγράμματα, δείχνουν επίσης ότι η μέγιστη αλλαγή στη φαινόμενη αντίσταση, είναι περίπου ίση με τη μεταβολή στην πραγματική αντίσταση (ZOHDY, 1989).

Μάλιστα, το συγκεκριμένο λογισμικό, δεν απαιτεί την εισαγωγή κάποιου αρχικού γεωηλεκτρικού μοντέλου, αλλά το λαμβάνει αυτόματα κατά την έναρξη του, από την ψηφιοποίηση της καμπύλης υπαίθρου. Έτσι, δεν είναι απαραίτητη η προέκταση ούτε του αρχικού, ούτε του τελικού κλάδου της καμπύλης, στις αντίστοιχες ασύμπτωτες καμπύλες. Τα ψηφιοποιημένα στρώματα που προκύπτουν – που είναι όσα τα σημεία της ψηφιοποιημένης καμπύλης – τοποθετούνται ομοιόμορφα σε μια λογαριθμική κλίμακα βάθους.

Ο υπολογισμός του μοντέλου από την καμπύλη υπαίθρου, γίνεται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Από μια τέτοια εφαρμογή, προέκυψε η κλιμακωτή (step) συνάρτηση της εικόνας 3.18. Τα ‘ανώμαλα’ στρώματα λόγω θορύβου, απαλείφονται πολύ καλά με αυτό το πρόγραμμα. Η ακολουθία των στρωμάτων που δίνεται, παρέχει τη δυνατότητα τροποποίησης τους, βάσει και των γεωλογικών δεδομένων.



Εικόνα 3.18: Τελική διάταξη, μετά από αρκετές επαναλήψεις, με την υπολογισμένη καμπύλη να ταιριάζει με την παρατηρούμενη καμπύλη (ZOHDY, 1989).

3.2.γ Ποσοτική παρουσίαση γεωηλεκτρικών δεδομένων.

Μετά την ποσοτική ανάλυση των γεωηλεκτρικών δεδομένων και των καμπύλων υπαίθρου, με τη γραφική μέθοδο αλλά και με τα λογισμικά πακέτα, προκύπτει ένα κοινό ή πολύ κοντινό γεωηλεκτρικό μοντέλο, από όλους τους τρόπους. Αυτό το κοινό γεωηλεκτρικό μοντέλο, αφού έχει προέλθει από τρεις διαφορετικές μεθόδους, που επεξεργάζονται τα δεδομένα με διαφορετικό τρόπο, τείνει να γίνει μονοσήμαντο.

Για την ποσοτική παρουσίαση των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων, χρησιμοποιούνται τα μονοδιάστατα γεωηλεκτρικά μοντέλα, τα οποία προκύπτουν έπειτα από την προαναφερόμενη ποσοτική ανάλυση (γραφική και ηλεκτρονική), για την κατασκευή τομών και χαρτών κατανομής της ειδικής αντίστασης, συναρτήσε του βάθους. Αυτό δίνει την απεικόνιση της κατανομής της ειδικής αντίστασης, σε δύο (ψευδό-2D) και σε τρεις (ψευδό-3D) διαστάσεις αντίστοιχα, ελέγχοντας έτσι την πλευρική και την κατακόρυφη κατανομή της ρ .

Για την κατασκευή των τομών και χαρτών της ποσοτικής ερμηνείας, χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, το λογισμικό Surfer (*Golden Software*) και η μέθοδος *kriging* (βλ. § 3.2.α).

3.2.γ.1 Κατασκευή τομών ειδικής αντίστασης.

Στην παρούσα εργασία, έχουν κατασκευαστεί δυο ειδών τομές ποσοτικής παρουσίασης των γεωηλεκτρικών δεδομένων.

Αρχικά, κατασκευάστηκαν τομές κατανομής της (πραγματικής) ειδικής αντίστασης (εικόνα 3.19), εκμεταλλευόμενοι τα αποτελέσματα της ηλεκτρονικής μεθόδου του λογισμικού *ATO*, που λόγω του τρόπου επεξεργασίας του (τόσα

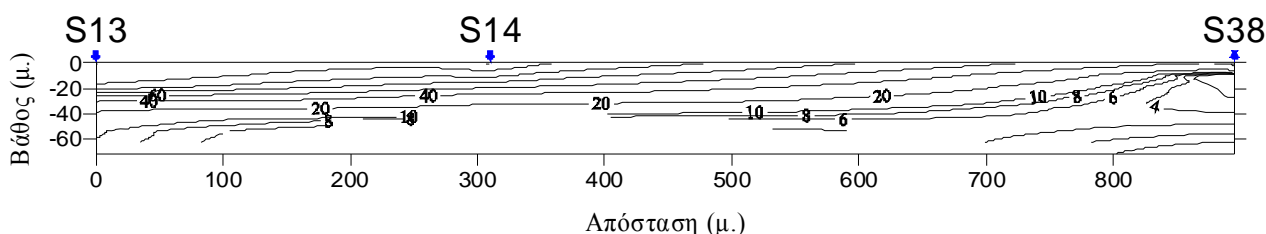
στρώματα όσα τα ψηφιοποιημένα σημεία της καμπύλης υπαίθρου), υπολογίζονται οι 'πραγματικές' ειδικές αντιστάσεις, συναρτήσεϊ του βάθους. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

Στον οριζόντιο άξονα τοποθετούνται, σε γραμμική κλίμακα, οι θέσεις των συννευθιακών κέντρων διάταξης (ΚΔ) των γεωηλεκτρικών βαθοσκοπήσεων της τομής.

Στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούνται, σε γραμμική κλίμακα, οι υπολογισθείσες τιμές των ειδικών αντιστάσεων σε σχέση με το βάθος.

Στη συνέχεια χαράσσονται οι ισότιμες καμπύλες ρ , σκιαγραφώντας έτσι την κατανομή της ρ (ψευδό-βάθος).

ΤΟΜΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ



Εικόνα 3.19: Τομή κατανομής της ειδικής αντίστασης, από τα αποτελέσματα του λογισμικού ΑΤΟ.

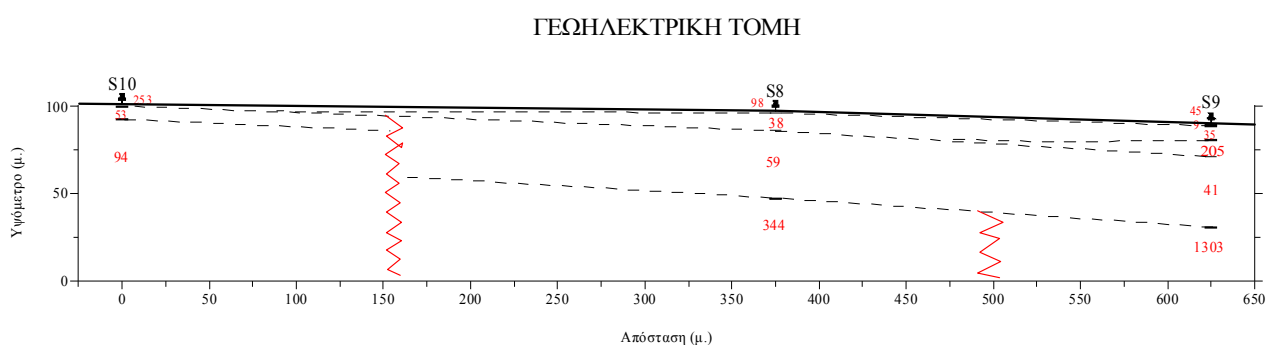
Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν τομές ποσοτικής παρουσίασης (γεωηλεκτρικές τομές) (εικόνα 3.20), στις οποίες λαμβάνονται υπόψη όλα τα υπολογισθέντα γεωηλεκτρικά μοντέλα από τη γραφική και ηλεκτρονική διαδικασία επεξεργασίας. Οι απεικονίσεις αυτές αποδίδουν τη δομή των γεωηλεκτρικών σχηματισμών, σε δυο διαστάσεις (ψευδό-2D), βάσει των υπολογισθέντων γεωηλεκτρικών μοντέλων. Δηλαδή, γίνεται μια προσπάθεια πλευρικής ενοποίησης των κοινών – πιθανώς – γεωηλεκτρικών σχηματισμών των βυθοσκοπήσεων, στηριζόμενοι στις τιμές των ειδικών αντιστάσεων που παρουσιάζουν, καθώς και στον εντοπισμό πιθανών πλευρικών γεωηλεκτρικών ασυνεχειών.

Για την κατασκευή των γεωηλεκτρικών τομών ακολουθείται η κάτωθι διαδικασία: Στον οριζόντιο άξονα τοποθετούνται, σε γραμμική κλίμακα, οι θέσεις των συννευθιακών κέντρων διάταξης (ΚΔ) των γεωηλεκτρικών βαθοσκοπήσεων της τομής, λαμβάνοντας υπόψη και το απόλυτο υψόμετρο της κάθε θέσης.

Στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούνται, κάτω από κάθε θέση βαθσοκόπησης, τα σημεία που αντιστοιχούν στο βάθος z του κάθε γεωηλεκτρικού στρώματος, που προέκυψαν από την ποσοτική ερμηνεία.

Αναγράφονται οι τιμές της ειδικής αντίστασης του κάθε γεωηλεκτρικού στρώματος, που προέκυψαν από την ποσοτική ερμηνεία.

Στη συνέχεια, παρατηρώντας τη σχέση των τιμών ρ και της χωρικής τοποθέτησης τους, χαράσσονται τα όρια των γεωηλεκτρικών στρωμάτων, ενώ πιθανές πλευρικές ασυνέχειες, που προέρχονται από τη διαφοροποίηση της ρ , κατά μήκος της τομής, χαράσσονται με κατακόρυφη διακεκομμένη γραμμή.



Εικόνα 3.20: Γεωηλεκτρική τομή, από τα υπολογισθέντα γεωηλεκτρικά μοντέλα με τη γραφική και ηλεκτρονική διαδικασία επεξεργασίας (με μαύρη εστιγμένη γραμμή καθορίζονται τα γεωηλεκτρικά στρώματα, ενώ με κόκκινη τεθλασμένη γραμμή οι εκτιμώμενες πλευρικές ασυνέχειες).

3.2.γ.2 Κατασκευή χαρτών ειδικής αντίστασης.

Η κατασκευή των γεωηλεκτρικών χαρτών ή οριζοντιογραφιών κατανομής της ειδικής αντίστασης συναρτήσεως του βάθους (εικόνα 3.21), πραγματοποιήθηκε από τα στοιχεία της επεξεργασίας του λογισμικού ATO, χρησιμοποιώντας το λογισμικό *PICKDEPTH* (ZOHDY & BISDORF, 1989), που παρέχει τις τιμές της ειδικής αντίστασης για συγκεκριμένα βάθη. Θεωρώντας την επιφάνεια επίπεδη, τοποθετούνται κατακόρυφα και παράλληλα οι χάρτες για τα αυξανόμενα βάθη, παρέχοντας έτσι μια ψευδό-απεικόνιση της κατανομής της ρ σε τρεις διαστάσεις.

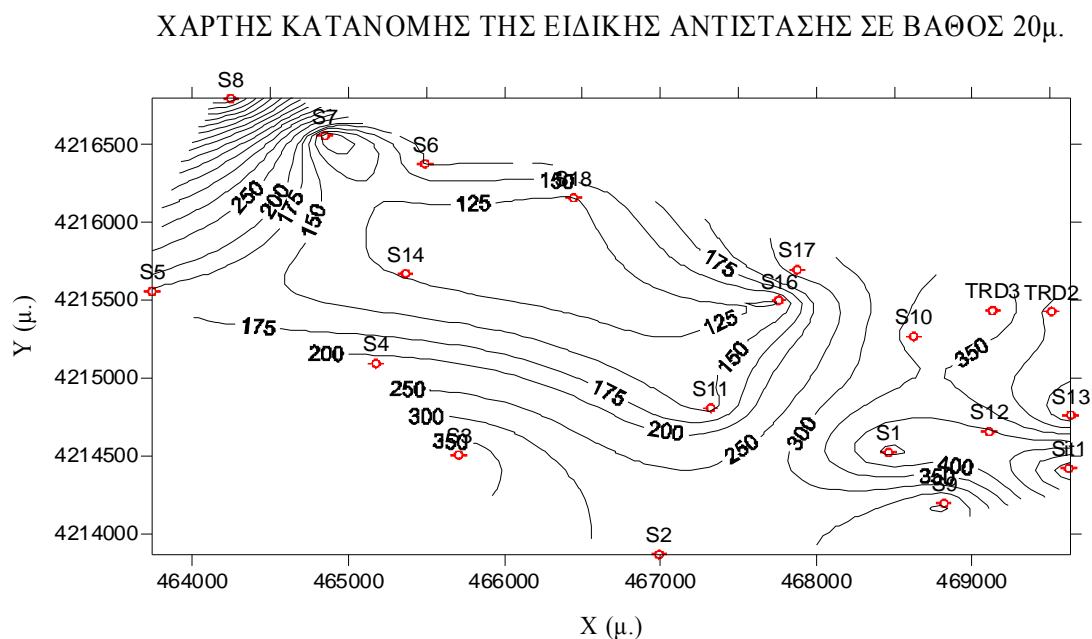
Για την κατασκευή των χαρτών κατανομής της ειδικής αντίστασης, ακολουθείται η κάτωθι διαδικασία:

Τοποθετούνται οι θέσεις των κέντρων διάταξης (ΚΔ) των γεωηλεκτρικών βαθσοσκοπήσεων, βάσει των συντεταγμένων τους, έχοντας στον οριζόντιο άξονα τις συντεταγμένες X και στον κατακόρυφο τις συντεταγμένες Y .

Τοποθετούνται οι τιμές της (πραγματικής) ειδικής αντίστασης, όλων των βαθσοσκοπήσεων, για το συγκεκριμένο βάθος του κάθε χάρτη.

Χαράσσονται, βάσει των προηγούμενων σημείων, οι ισότιμες καμπύλες της ειδικής αντίστασης στον κάθε χάρτη.

Τέλος, για την ψευδό-3D απεικόνιση, τοποθετούνται οι οριζοντιογραφίες κατά αυξανόμενο βάθος απεικόνισης, από πάνω προς τα κάτω, με σκοπό την παρουσίαση του ψευδό-βάθους.



Εικόνα 3.21: Χάρτης κατανομής της ειδικής αντίστασης, για βάθος 20 μέτρων.

3.2.δ Περιορισμοί της μεθόδου

Όπως έχει προαναφερθεί, η ερμηνεία της γεωηλεκτρικής καμπύλης δεν είναι μονοσήμαντη, από τη στιγμή που μπορεί να αντιστοιχεί σε παραπάνω του ενός συνδυασμούς παχών και αντιστάσεων γεωηλεκτρικών στρωμάτων. Από τις γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις, ουσιαστικά ορίζονται η *εγκάρσια αντίσταση*, T και η *διαμήκης αγωγιμότητα*, S , ως κύριες γεωηλεκτρικές παράμετροι (βλ. § 3.1.γ).

3.2.δ.1 Αρχές της ισοδυναμίας και της επικάλυψης

Η *αρχή της ισοδυναμίας*, αναφέρεται σε μοντέλα τριών στρωμάτων και στις καμπύλες τύπου K (εικόνα 3.13) και H (εικόνα 3.11), όπου εντοπίζεται ένα αντιστατικό στρώμα, μεταξύ δυο αγωγίμων και αντίστοιχα ένα αγωγίμο στρώμα, μεταξύ δυο αντιστατικών. Στην καμπύλη τύπου K, το αντιστατικό στρώμα παρουσιάζεται μέσω της *εγκάρσιας αντίστασης του*, T , ενώ στην καμπύλη τύπου H το αγωγίμο στρώμα εμφανίζεται λόγω της *διαμήκου αγωγιμότητας του*, S . Έτσι, μπορεί να διαμορφώνονται όμοιες καμπύλες τύπου K, όταν τα γινόμενα του πάχους και της

αντίστασης (*εγκάρσια αντίσταση*, T) του ενδιάμεσου αντιστατικού στρώματος είναι ίσα. Ανάλογα μπορεί να διαμορφώνονται όμοιες καμπύλες τύπου H, όταν οι λόγοι των παχών προς τις αντιστάσεις (*διαμήκης αγωγιμότητα* S) των ενδιάμεσων αγωγίμων στρωμάτων, είναι ίσοι. Αυτοί οι λόγοι, καθιστούν πολύ δύσκολη τη διάκριση τέτοιων στρωμάτων, με διαφορετικές αντιστάσεις και πάχη, όταν οι αντίστοιχες ‘προβληματικές’ γεωηλεκτρικές παράμετροι είναι ίσες.

Η αρχή της επικάλυψης, σχετίζεται με στρώματα μικρού πάχους, των οποίων οι αντιστάσεις είναι ενδιάμεσες των περιβαλλόντων στρωμάτων και των οποίων η επίδραση στην καμπύλη είναι ελάχιστη. Πρόκειται για τις καμπύλες τύπου A (εικόνα 3.12) ή Q (εικόνα 3.14), όπου οι αντιστάσεις των στρωμάτων αυξάνονται ή μειώνονται διαδοχικά. Τα στρώματα είναι δύσκολα αναγνωρίσιμα, ακόμα και στην περίπτωση που αρχίζει να αυξάνεται το πάχος τους, κάτι που θα επηρεάσει την καμπύλη. Αυτό συμβαίνει, γιατί πριν αναγνωρισθεί η επίδραση τους, θα παραμένει απροσδιόριστη, λόγω της μεταβολής του πάχους ή των αντιστάσεων των περιβαλλόντων σχηματισμών.

3.2.δ.2 Σχετικό πάχος στρωμάτων

Η ευκολία διερεύνησης ενός γεωηλεκτρικού στρώματος, γνωστής ειδικής αντίστασης, εξαρτάται από το ‘σχετικό πάχος’, το οποίο ορίζεται ως ο λόγος του πάχους του στρώματος, προς το βάθος στο οποίο εντοπίζεται. Μικρότερο σχετικό πάχος ενός στρώματος, συνεπάγεται μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης του στην γεωηλεκτρική καμπύλη. Για ένα μοντέλο τεσσάρων ή περισσότερων στρωμάτων, η παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη είναι το ‘ενεργό σχετικό πάχος’ ενός στρώματος (FLATHE, 1963), που ορίζεται ως ο λόγος του πάχους του προς το γινόμενο της τιμής ανισοτροπίας, επί το ολικό πάχος των υπερκείμενων στρωμάτων.

Κάποιοι τρόποι που μπορούν να εξασφαλίσουν μεγαλύτερη αξιοπιστία και ακρίβεια στα αποτελέσματα των επεξεργασιών είναι οι εξής:

Καλή γνώση της γεωλογίας της περιοχής.

Γνώση των γεωηλεκτρικών παραμέτρων των σχηματισμών της περιοχής.

Εκμετάλλευση γεωτρητικών στοιχείων, για συσχετισμό των γεωηλεκτρικών παραμέτρων.

Συσχέτιση γεωηλεκτρικών καμπύλων.

Διεξαγωγή βυθοσκοπήσεων σε διαφορετικές διευθύνσεις (συνήθως κάθετες).

3.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ – ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

3.3.α Εξοπλισμός και όργανα μέτρησης

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, είναι υψηλής πιστότητας και αξιοπιστίας. Για τη μέτρηση των αντιστάσεων, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα TERRAMETER SAS του οίκου ABEM, αποτελούμενο από τη βασική του μονάδα *Terrameter SAS 300B* (εικόνα 3.22) και τη συνοδευτική βοηθητική μονάδα



Εικόνα 3.22: Η γεωηλεκτρική συσκευή Terrameter SAS 300B.

Terrameter SAS 2000 Booster, του Εργαστηρίου Γεωφυσικής, του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος. Το σύστημα αυτό, έχει τη δυνατότητα πολλαπλών, αυτόματων διαδοχικών μετρήσεων κάθε φορά, υπολογίζοντας την ωμική αντίσταση μέσω της αυτόματης μεθόδου προσδιορισμού της μέσης τιμής (που υποδηλώνεται και από τα αρχικά της SAS), που καθιστά το σύστημα αξιόπιστο.

Η μονάδα *Terrameter SAS 300B*, υπολογίζει αυτόματα την αντίσταση, δηλαδή το λόγο $\Delta V/I$, μέσω ενός μικροεπεξεργαστή, αφού διοχετεύσει την επιθυμητή ποσότητα συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος και μετρήσει τη διαφορά δυναμικού, διαχωρίζοντας το θόρυβο, που προέρχεται από τα τελλουρικά ρεύματα, τα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος ή και τις ηλεκτροχημικές μεταβολές ηλεκτροδίων δυναμικού. Η μονάδα *Terrameter SAS 2000 Booster* χρησιμοποιείται για την αύξηση του διοχετευόμενου ρεύματος και της δυνατότητας μέτρησης των διαφορών δυναμικού, κάτι απαραίτητο για μεγάλα αναπτάγματα (μεγάλο βάθος διερεύνησης) ή κατά τη διερεύνηση εξαιρετικά αγώγιμων στρωμάτων.

Ο υπόλοιπος εξοπλισμός, που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη των μετρήσεων αποτελείται (εικόνα 3.23) από τα εξής:

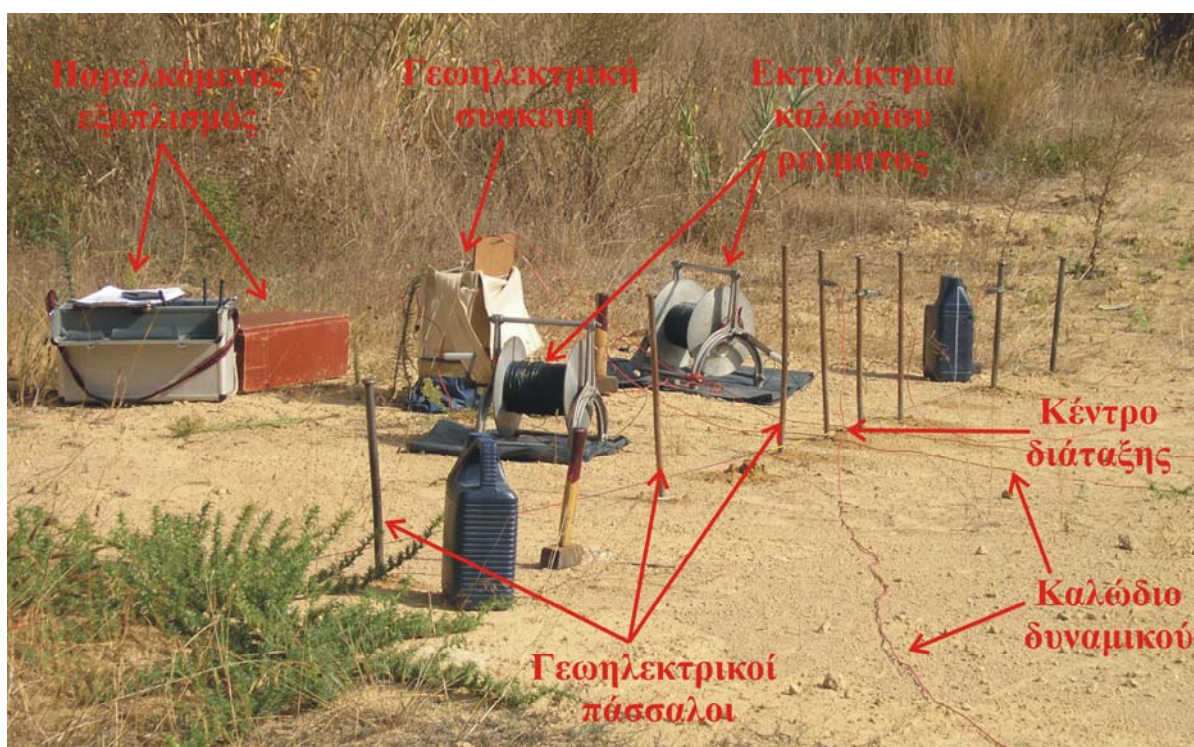
Μεταλλικοί επιχαλκωμένοι πάσσαλοι-ηλεκτρόδια, με πυρήνα χάλυβα, για τη διοχέτευση του ηλεκτρικού ρεύματος και τη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού.

Δύο εκτυλίκτριες και δυο μονοπολικά καλώδια υψηλής αντοχής, μονωμένα με ισχυρό πλαστικό, μήκους περίπου 1.000 μέτρων το καθένα, για τη διοχέτευση του ηλεκτρικού ρεύματος.

Δυο μονοπολικά καλώδια, μήκους 150 μέτρων το καθένα, για τη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού.

Καλώδιο 'αναφοράς', μήκους 100 μέτρων, με προσημειωμένες τις πρώτες θέσεις των ηλεκτροδίων ρεύματος και δυναμικού, για την ταχύτερη λήψη των μετρήσεων, αλλά και τη διευκόλυνση του προσδιορισμού της διεύθυνσης ανάπτυξης.

Συσκευές φορητών ασυρμάτων, για την επικοινωνία και το συντονισμό των μελών της ερευνητικής ομάδας.



Εικόνα 3.23: Ανάπτυξη γεωηλεκτρικής βαθυσκοπήσης στην ύπαιθρο.

Φορητή συσκευή GPS, για τον προσδιορισμό των θέσεων των κέντρων διάταξης των βαθυσκοπήσεων.

Βαριοπούλες, για την πάκτωση των ηλεκτροδίων, δοχεία μεταφοράς αλατούχου νερού για τη διαπότιση των σημείων επαφής των ηλεκτροδίων με το έδαφος, ώστε να μειωθεί η αντίσταση επαφής και παρελκόμενος εξοπλισμός (πυξίδα, μετροταινίες, ανταλλακτικά εξαρτήματα και εργαλεία).

3.3.β Διεξαγωγή εργασιών υπαίθρου

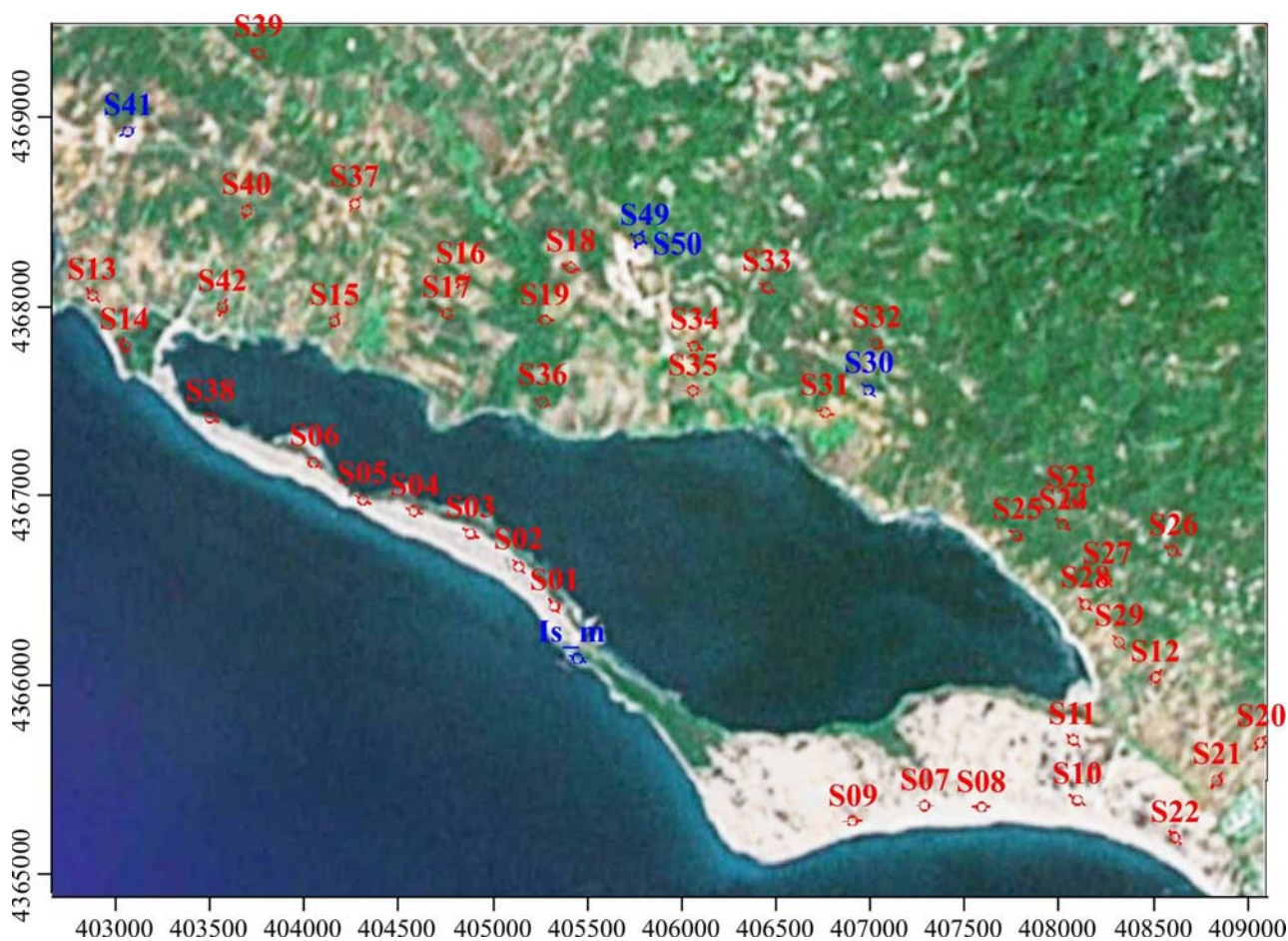
Η πρώτη και βασικότερη μέριμνα, κατά την εκτέλεση της γεωηλεκτρικής έρευνας, ήταν ο εντοπισμός και η επιλογή των κατάλληλων σημείων για την τοποθέτηση του κέντρου της διάταξης, έτσι ώστε η ανάπτυξη της βυθοσκόπησης να μην συναντά φυσικά ή τεχνητά εμπόδια, για το επιθυμητό ημι-ανάπτυγμα AB/2 και να διατηρείται η ευθύγραμμη ανάπτυξη της διάταξης. Η αποφυγή εμποδίων δεν ήταν πάντα προβλέψιμη, με αποτέλεσμα την αντιμετώπιση διαφόρων δυσκολιών, εξαιτίας κυρίως της πυκνής βλάστησης, των οικιών, των περιφράξεων, του οδικού δικτύου και των, κατά θέσεις, έντονων τοπογραφικών αναγλύφων. Όλα αυτά τα εμπόδια, δυσχέραιναν και καθυστερούσαν χρονικά την ομαλή ανάπτυξη της μεθόδου, αλλά εκτιμάται ότι τηρήθηκαν σε μεγάλο βαθμό οι προδιαγραφές της διάταξης και τα σφάλματα που εισήχθησαν ήταν πολύ μικρά.

3.4 ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Όπως έχει αναφερθεί, στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Κορισσίων πραγματοποιήθηκαν γεωηλεκτρικές μετρήσεις, με τη διάταξη Schlumberger, για τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, έγιναν με γνώμονα όλα τα θεωρητικά και πρακτικά στοιχεία, που έχριζαν προσοχής και έχουν ήδη αναφερθεί.

Στην περιοχή έρευνας πραγματοποιήθηκαν συνολικά (εικόνα 3.24 & 3.25):

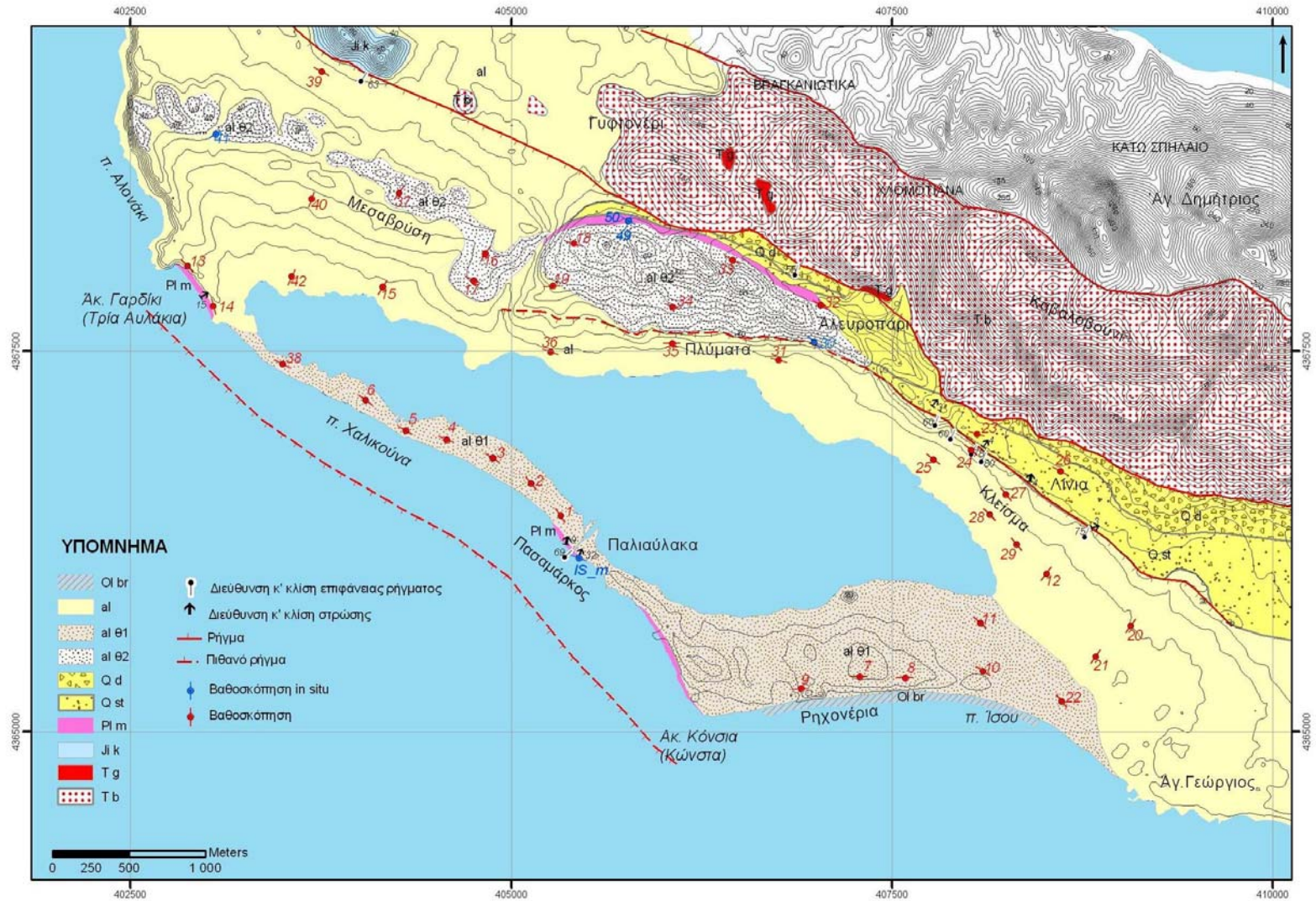
- Σαράντα (40) γεωηλεκτρικές βαθυσκοπήσεις, μέγιστου ημι-αναπτύγματος $AB/2 = 215$ μέτρων, στην περιοχή γύρω από τη λιμνοθάλασσα Κορισσίων.
- Πέντε (5) ‘επιτόπου’ (in situ) μετρήσεις της ειδικής αντίστασης σε επιφανειακές εμφανίσεις των μαργών και των παλαιών συνεκτικών θινών (αιολιανίτες).



Εικόνα 3.24: Θέσεις γεωφυσικών εργασιών (με κόκκινο συμβολισμό οι γεωηλεκτρικές βαθυσκοπήσεις και μπλε ‘επιτόπου’ μετρήσεις της ειδ. αντίστασης).

Μετά την επεξεργασία όλων των γεωηλεκτρικών στοιχείων υπαίθρου (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ–Γεωηλεκτρικά Δεδομένα) και την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων, επελέγησαν και κατασκευάστηκαν:

- Έξι (6) τομές (κατανομής ρ_a , κατανομής ρ και γεωηλεκτρικές), οι θέσεις των οποίων απεικονίζονται στο χάρτη της εικόνας 3.32, ήτοι:
 - i) Τομή Α (S01, S02, S03, S04, S05 και S06),
 - ii) Τομή Β (S07, S08, S09, S10 και S22),
 - iii) Τομή Γ (S12, S21, S25, S28 και S29),
 - iv) Τομή Δ (S16, S19 και S3),
 - v) Τομή Ε (S23, S24 και S25) και
 - vi) Τομή ΣΤ (S33, S34 και S35).
- Χάρτες-οριζοντιογραφίες (ρ_a και ρ), σε δύο (2) περιοχές (εικόνα 3.32):
 - i) Περιοχή Ι (S23, S24, S25, S26, S27, S28 και S29) και
 - ii) Περιοχή ΙΙ (S15, S16, S17, S18, S19, S31, S32, S33, S34, S35, S36, S37, S40 και S42).



Εικόνα 3.25: Ο γεωλογικός χάρτης που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, με τις θέσεις των γεωφυσικών εργασιών.

3.4.α Ηλεκτρικές ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής έρευνας

Γενική παραδοχή των γεωεπιστημόνων διεθνώς, είναι ότι για την αξιόπιστη ερμηνεία των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων μιας έρευνας, απαραίτητη είναι η γνώση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή. Αυτό, επιτεύχθηκε με την πραγματοποίηση πέντε (5) ‘επιτόπου’ (in situ) μετρήσεων της ειδικής αντίστασης, σε επιφανειακές εμφανίσεις των γεωλογικών σχηματισμών.

Δύο (2) μετρήσεις, οι S30 και S41 (εικόνα 3.25), πραγματοποιήθηκαν στο σχηματισμό των παλαιών θινών, σε χώρους απόληξης αδρανών υλικών (εικόνα 3.26 α & β).

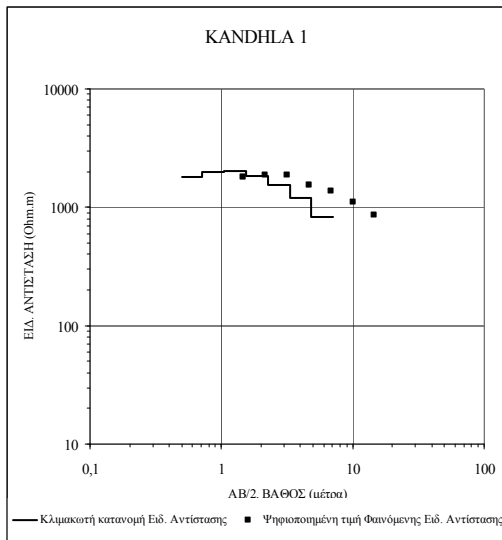


Εικόνα 3.26α: Μέτρηση της ειδικής αντίστασης στις παλαιές θίνες (θέση S30).

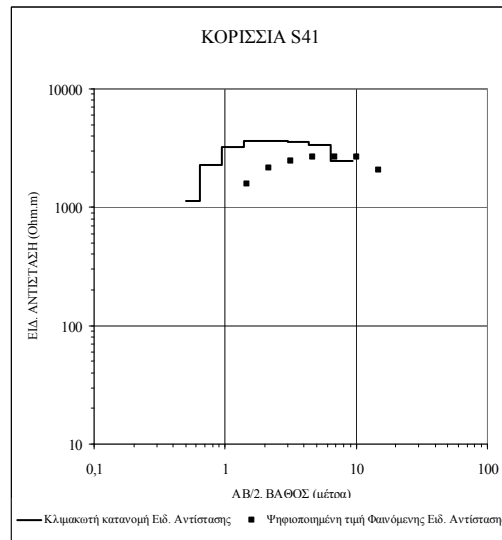


Εικόνα 3.26β: Μέτρηση της ειδικής αντίστασης στις παλαιές θίνες (θέση S41).

Και οι δύο μετρήσεις έχουν διερευνήσει το σχηματισμό των πλειστοκαινικών συνεκτικών άνυδρων θινών (αιολιανίτες, βλ. § 2.2.β), όπου η ειδική τους αντίσταση προσδιορίστηκε σε $>1.000 \text{ Ohm.m}$ (εικόνα 3.27 α & β).



Εικόνα 3.27α: Διάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της ηλεκτρονικής επεξεργασίας με το λογισμικό *ATO*, για τη θέση S30.



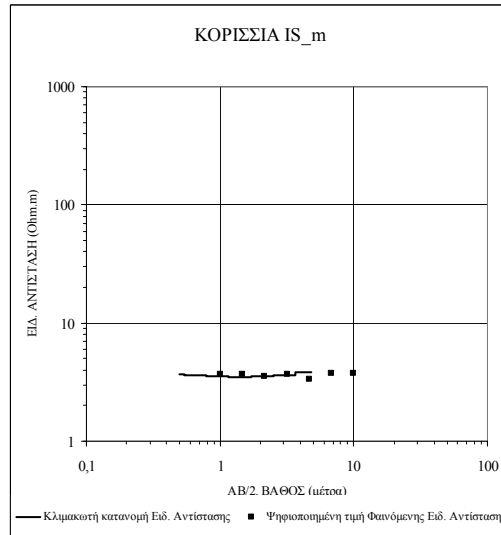
Εικόνα 3.27α: Διάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της ηλεκτρονικής επεξεργασίας με το λογισμικό *ATO*, για τη θέση S41.

Μια (1) μέτρηση, η Is_m (εικόνα 3.25), πραγματοποιήθηκε σε εμφάνιση του στρώματος των μαργών, στην ανατολική μεριά του δίαυλου της λιμνοθάλασσας, πλησίον της παράκτιας ζώνης (εικόνα 3.28).



Εικόνα 3.28: Μέτρηση ειδικής αντίστασης στο σχηματισμό των πλειοκαινικών μαργών (θέση Is_m).

Μετά την επεξεργασία των στοιχείων της μέτρησης με το λογισμικό *ATO* (εικόνα 3.29), προέκυψε ότι η τιμή της ειδικής αντίστασης των κατωπλειοκαινικών μαργών κυμαίνεται σε 3,0-4,0 Ohm.m.



Εικόνα 3.29: Διάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της ηλεκτρονικής επεξεργασίας με το λογισμικό *ATO*, για τη θέση *Is_m*

Τέλος, δυο (2) μετρήσεις, οι *S49* και *S50*, πραγματοποιήθηκαν στην ίδια θέση (εικόνα 3.25), με διαφορετική διεύθυνση ανάπτυξης (έλεγχος ανισοτροπίας), σε κατωπλειοκαινικές αργιλικές μάργες. Η μια μέτρηση, πραγματοποιήθηκε σε διεύθυνση παράλληλη με αυτή των διακλάσεων και η άλλη κάθετη σε αυτή (εικόνα 3.30 α & β).

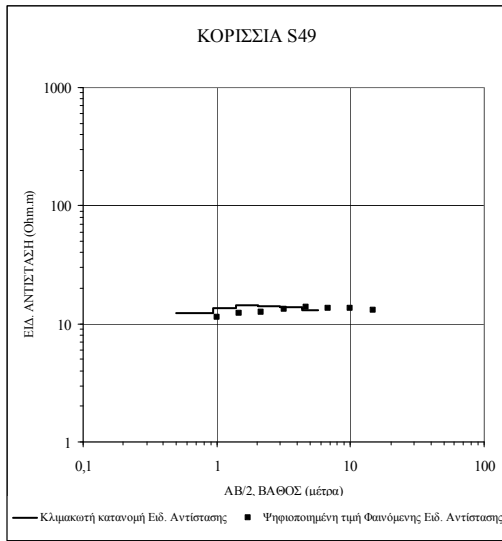


Εικόνα 3.30 α: Μέτρηση της ειδικής αντίστασης στις κατωπλειοκαινικές μάργες, παράλληλα με τη διεύθυνση των διακλάσεων (θέση *S49*).

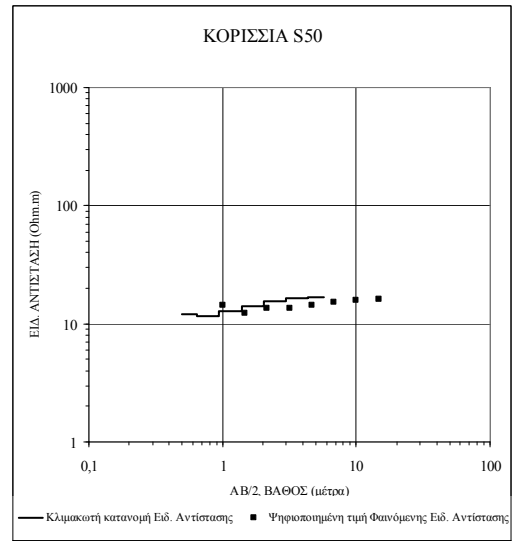


Εικόνα 3.30 β: Μέτρηση της ειδικής αντίστασης στις κατωπλειοκαινικές μάργες, κάθετα με τη διεύθυνση των διακλάσεων (θέση *S50*).

Μετά την επεξεργασία των στοιχείων της μέτρησης με το λογισμικό *ATO*, προέκυψε ότι η τιμή της ειδικής αντίστασης των κατωπλειοκαινικών μαργών κυμαίνεται από 12,0 έως 18,0 Ohm.m (εικόνα 3.31 α & β).



Εικόνα 3.31 α: Διάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της ηλεκτρονικής επεξεργασίας με το λογισμικό *ATO*, για τη θέση S49.



Εικόνα 3.31 β: Διάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της ηλεκτρονικής επεξεργασίας με το λογισμικό *ATO*, για τη θέση S50.

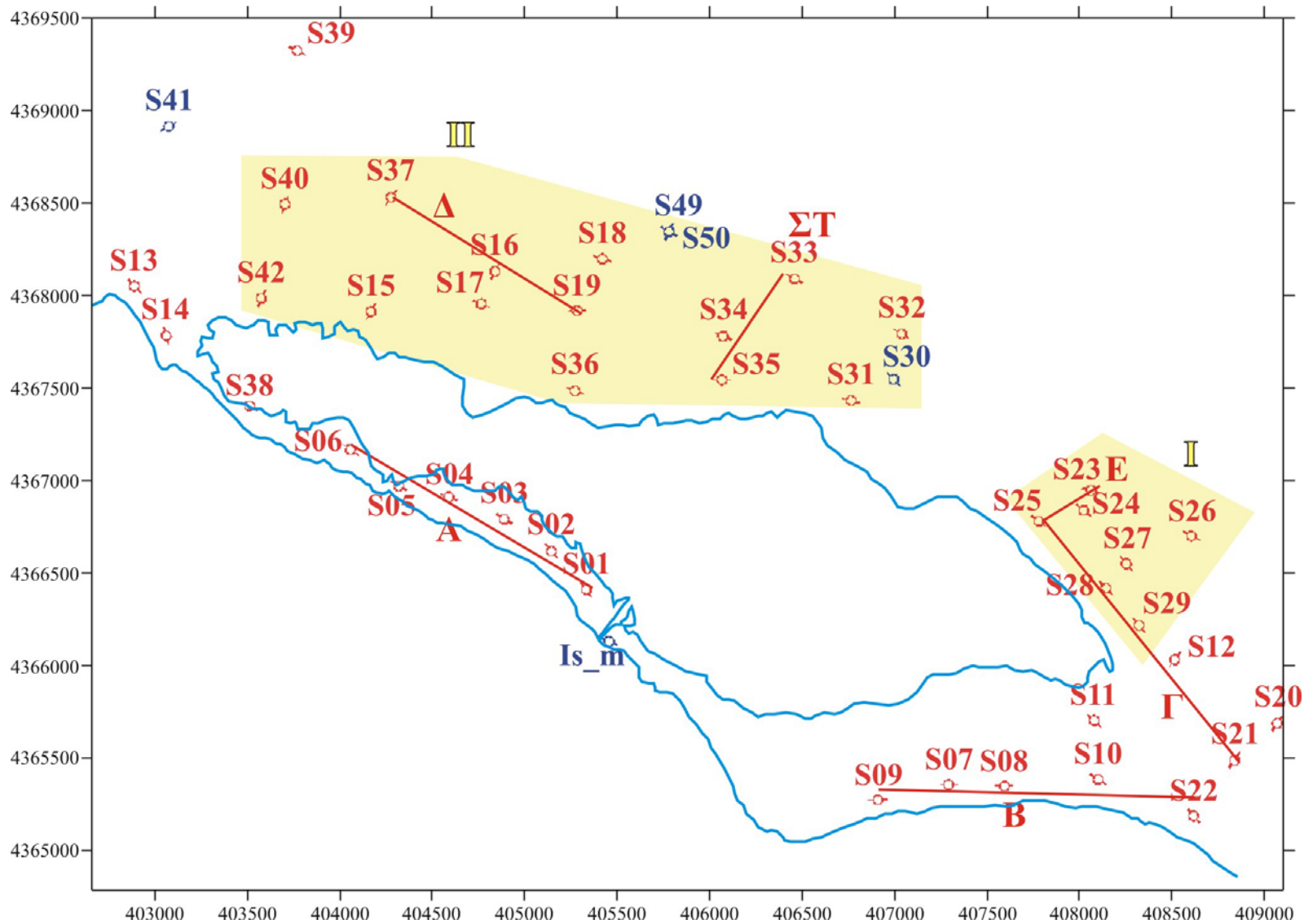
Για τους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς που επιφανειακά απαντώνται στην περιοχή μελέτης, χρησιμοποιούνται τα στοιχεία των βαθοσκοπήσεων που αναπτύχθηκαν σε αυτούς.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα γεωφυσικά στοιχεία (μετρήσεις ηλεκτρικής αντίστασης και αποτελέσματα επεξεργασία βαθοσκοπήσεων) καταλήγουμε στον παρακάτω Πίνακα Τιμών Ηλεκτρικών Ειδικών Αντιστάσεων των σχηματισμών της περιοχής ενδιαφέροντος (Πίνακας I).

ΠΙΝΑΚΑΣ I

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	Ειδική Αντίσταση (σε Ohm.m)
Σύγχρονες θίνες	>1.000
Αλλούβια	10-80
Παλαιές συνεκτικές θίνες (αιολιανίτες)	>1.000
Ασβεστιτικοί ψαμμίτες	300-400
Αργιλικές μάργες	<25



Εικόνα 3.32: Απεικόνιση επιλεγμένων θέσεων τομών (A, B, Γ, Δ, E και ΣΤ) και περιοχών χαρτών (I και II).

3.4.β Παρουσίαση ποιοτικών αποτελεσμάτων

Μετά την επεξεργασία όλων των γεωηλεκτρικών στοιχείων υπαίθρου (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ–Γεωηλεκτρικά Δεδομένα), επελέγησαν και κατασκευάστηκαν **Τομές και Χάρτες κατανομής της Φαινόμενης Ειδικής Αντίστασης** (εικόνα 3.32).

3.4.β.1 Τομές κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης.

Επελέγησαν έξι (6) τομές (κατανομής ρ_a , κατανομής ρ και γεωηλεκτρικές), οι θέσεις των οποίων απεικονίζονται στο χάρτη της εικόνας 3.32, ήτοι:

- i) Τομή Α (S01, S02, S03, S04, S05 και S06),
- ii) Τομή Β (S07, S08, S09, S10 και S22),
- iii) Τομή Γ (S12, S21, S25, S28 και S29),
- iv) Τομή Δ (S16, S19 και S3),
- v) Τομή Ε (S23, S24 και S25) και
- vi) Τομή ΣΤ (S33, S34 και S35).

Τομή Α κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

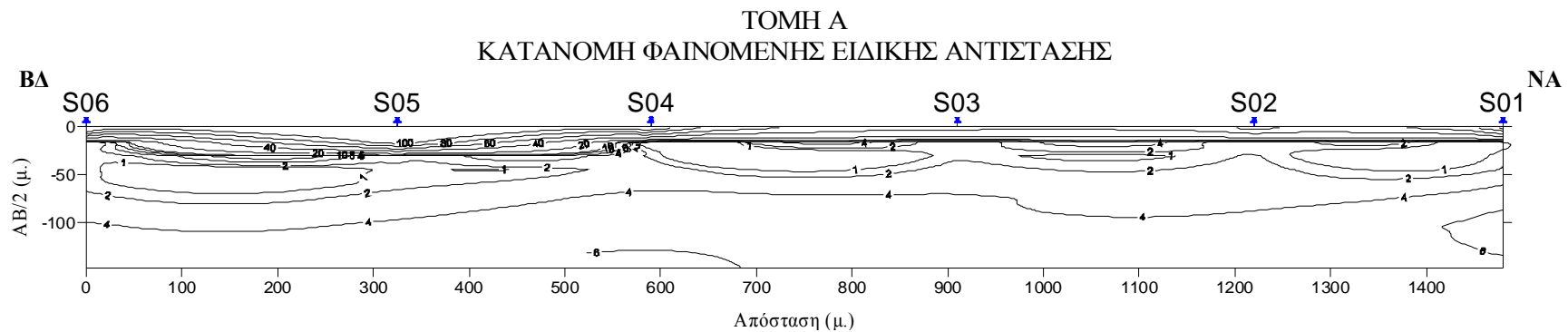
Η τομή Α τοποθετείται στο τμήμα του νότιο-δυτικού χερσαίου διαχωριστικού ορίου μεταξύ θάλασσας και λιμνοθάλασσας (παραλία Χαλικούνα), έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μήκος περίπου 1.500 μέτρα (εικόνα 3.32).

Για μικρά AB/2 (μικρά σχετικά βάθη), παρατηρούνται σχετικά αυξημένες τιμές φαινόμενης ειδικής αντίστασης (έως 100 Ohm.m), με τις ισότιμες να αποτυπώνουν μια ομαλή κατανομή της ρ_a , υποδηλώνοντας στρωματοποιημένη δομή οριζόντιων σχηματισμών (εικόνα 3.33). Για AB/2 μεγαλύτερα των 20μ., παρατηρείται μείωση των τιμών μέχρι έως το 1,0 Ohm.m και σε τιμές AB/2>70μ. αύξηση έως τα 5 Ohm.m, γεγονός που καταδεικνύει τη διερεύνηση αντιστατικότερου σχηματισμού.

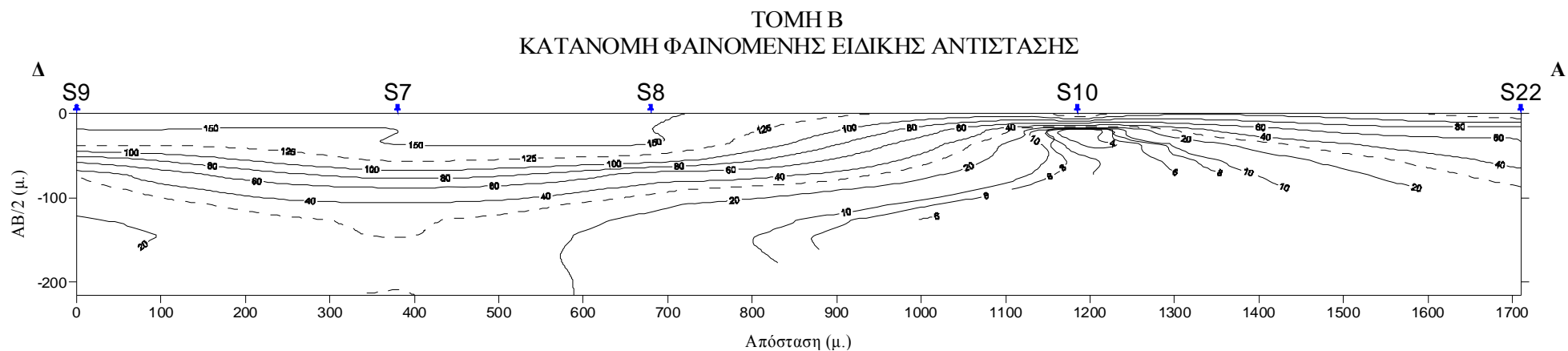
Τομή Β κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

Η τομή Β τοποθετείται στο τμήμα του νότιο-ανατολικού χερσαίου διαχωριστικού ορίου μεταξύ θάλασσας και λιμνοθάλασσας (παραλία Ίσου), έχει διεύθυνση Α-Δ και μήκος περίπου 1.700 μέτρα (εικόνα 3.32).

Γενικά, από τη μορφή των ισότιμων καμπύλων στην τομή αυτή (εικόνα 3.34), παρατηρείται μία ομαλή μείωση των τιμών ρ_a (από ~150 σε ~10 Ohm.m), από μικρά AB/2 (μικρά σχετικά βάθη) σε μεγαλύτερα, υποδηλώνοντας οριζόντια



Εικόνα 3.33 Τομή Α κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης.



Εικόνα 3.34: Τομή Β κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης.

στρωματοποιημένη δομή. Εξαίρεση αποτελεί η θέση της βαθοσκόπησης S10, όπου η ίδια κατανομή των τιμών ρ_a παρατηρείται σε μικρότερα AB/2, γεγονός που καταδεικνύει τη διερεύνηση μη αντιστατικού σχηματισμού σε μικρότερα βάθη. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι στην κατασκευή της τομής δεν ελήφθησαν υπόψη τα απόλυτα υψόμετρα των θέσεων (βλ. § 3.4.β.1).

Τομή Γ κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

Η τομή Γ τοποθετείται στο ανατολικό τμήμα της λιμνοθάλασσας (περιοχή Κλείσμα), έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μήκος περίπου 1.700 μέτρα (εικόνα 3.32).

Παρατηρώντας την τομή (εικόνα 3.35), οι ισότιμες καμπύλες παρουσιάζουν ομαλή μορφή μεταξύ των θέσεων S25 και S29, με τιμές ρ_a να μειώνονται (από 60 σε 4,0 Ohm.m) προς μεγαλύτερα AB/2 (100μ.). Από τη θέση της βαθοσκόπησης S29 έως την S21, οι ισότιμες καμπύλες παρουσιάζουν την ίδια σχεδόν κατανομή τιμών ρ_a , με μια κλίση προς τα ΝΑ.

Τομή Δ κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

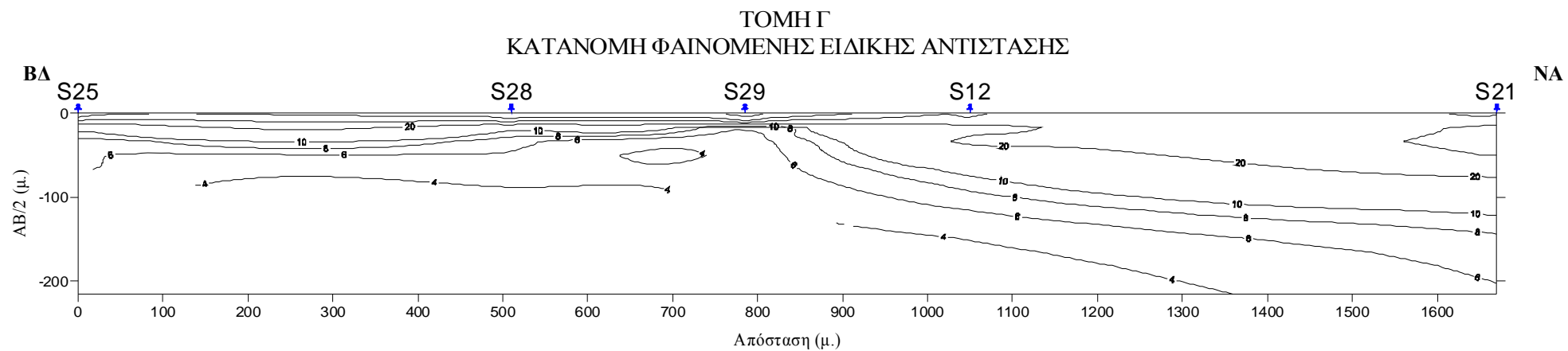
Η τομή Δ τοποθετείται στο δυτικό τμήμα της λιμνοθάλασσας (περιοχή Μέσα Βρύση), έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μήκος περίπου 1.300 μέτρα (εικόνα 3.32).

Οι ισότιμες καμπύλες (εικόνα 3.36) παρουσιάζουν ομαλή μορφή μεταξύ των θέσεων S37 και S16, υποδηλώνοντας στρωματοποιημένη δομή των σχηματισμών, με ομαλή μείωση των τιμών ρ_a (από ~125 σε ~2,0 Ohm.m), από μικρά AB/2 σε μεγαλύτερα. Μεταξύ των θέσεων S16 και S19, η ίδια περίπου κατανομή των τιμών ρ_a παρατηρείται σε μικρότερα AB/2, γεγονός που καταδεικνύει τη διερεύνηση αγωγίμου σχηματισμού σε μικρά βάθη.

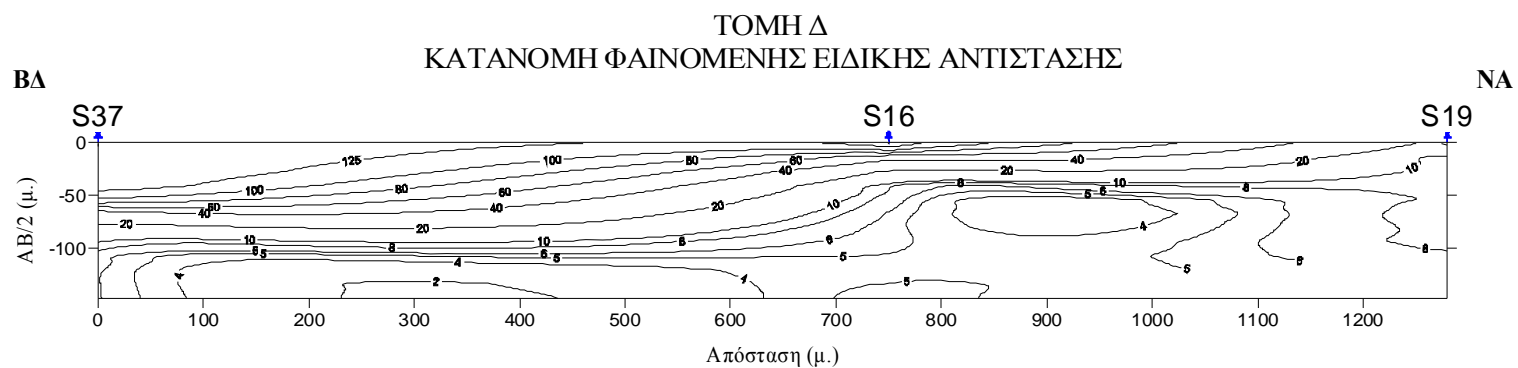
Τομή Ε κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

Η τομή Ε τοποθετείται στο ανατολικό τμήμα της λιμνοθάλασσας (περιοχή Κλείσμα), έχει διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ και μήκος περίπου 350 μέτρα (εικόνα 3.32).

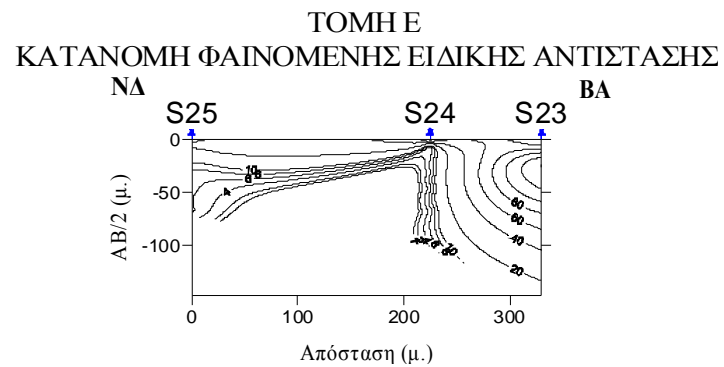
Γενικά, από τη μορφή των ισότιμων καμπύλων της τομής (εικόνα 3.37), παρατηρείται στη θέση S24 απότομη βύθιση των ισότιμων καμπύλων ρ_a (με τιμές από 30 έως 2,0 Ohm.m), καταδεικνύοντας μία πλευρική ασυνέχεια της δομής των γεωηλεκτρικών σχηματισμών στην περιοχή αυτή.



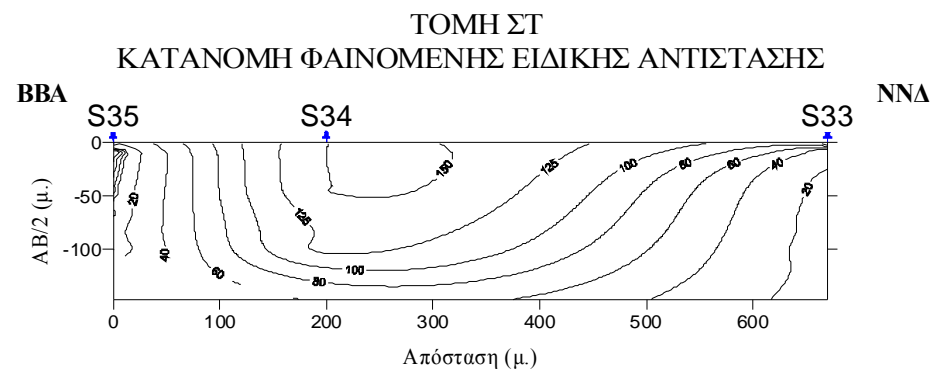
Εικόνα 3.35: Τομή Γ κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης.



Εικόνα 3.36: Τομή Δ κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης.



Εικόνα 3.37: Τομή Ε κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης



Εικόνα 3.38: Τομή ΣΤ κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

Τομή ΣΤ κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

Η τομή ΣΤ τοποθετείται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής έρευνας (περιοχή Πλύματα), έχει διεύθυνση Β.ΒΑ-Ν.ΝΔ και μήκος περίπου 700 μέτρα (εικόνα 3.32).

Μεταξύ των θέσεων S35 και S34 της τομής (εικόνα 3.38), η μορφή των ισότιμων καμπύλων ρ_a που βυθίζονται απότομα (με τιμές 20-150 Ohm.m), υποδηλώνει πλευρική γεωηλεκτρική ασυνέχεια, λόγω της διερεύνησης αντιστατικότερου σχηματισμού στη θέση S34, σε σχέση με τις θέσεις των βυθοσκοπήσεων S35 και S33.

3.4.β.2 Χάρτες κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης.

Επελέγησαν δύο (2) περιοχές (εικόνα 3.32) προκειμένου να κατασκευαστούν χάρτες-οριζοντιογραφίες κατανομής της ρ_a για διαφορετικά AB/2 (βάθη), ήτοι:

- i) Περιοχή I (S23, S24, S25, S26, S27, S28 και S29) και
- ii) Περιοχή II (S15, S16, S17, S18, S19, S31, S32, S33, S34, S35, S36, S37, S40 και S42).

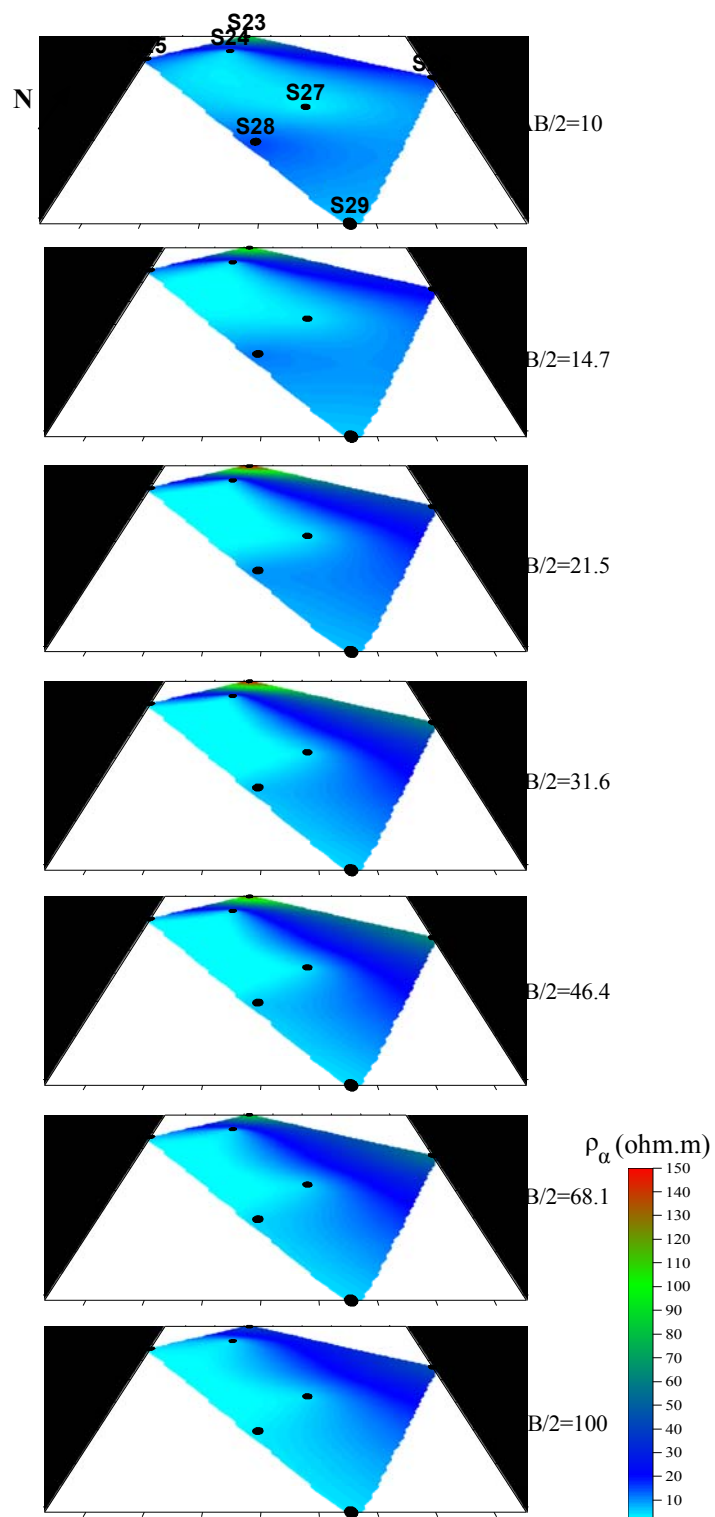
Για την καλύτερη κατανόηση της κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, στις δύο αυτές περιοχές, χρησιμοποιήθηκε ίδια χρωματική κλίμακα απεικόνισης.

Περιοχή I κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

Η Περιοχή I τοποθετείται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στην ευρύτερη περιοχή Κλείσμα-Λίνια (εικόνα 3.32).

Κατασκευάστηκαν επτά (7) χάρτες κατανομής της ρ_a , για AB/2 10,0μ., 14,7μ., 21,5μ., 31,6μ., 46,4μ., 68,1μ. και 100μ. (εικόνα 3.39).

Σε όλους τους χάρτες που κατασκευάστηκαν, οι τιμές ρ_a κυμαίνονται από 4,0 έως 150 Ohm.m. Οι μικρότερες τιμές (<10 Ohm.m) παρατηρούνται στην περιοχή των βαθοσκοπήσεων S25, S27, S28 σε όλους τους χάρτες AB/2 και φαίνεται να παρουσιάζονται και στη θέση της S29 για AB/2>46,4μ. Η εμφάνιση τέτοιων τιμών ρ_a , καταδεικνύει την ύπαρξη αγωγικών υλικών, από μικρά βάθη σε μεγαλύτερα. Εξάιρεση αποτελεί η θέση της S23, που παρουσιάζει τιμές $\rho_a >80$ Ohm.m για AB/2=10,0-...-68,1μ., γεγονός που σκιαγραφεί την ύπαρξη αντιστατικού σχηματισμού, ο οποίος φαίνεται να επεκτείνεται προς τη θέση της S26.



Εικόνα 3.39: Χάρτες κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης (για διαφορετικά $AB/2$), στην περιοχή I.

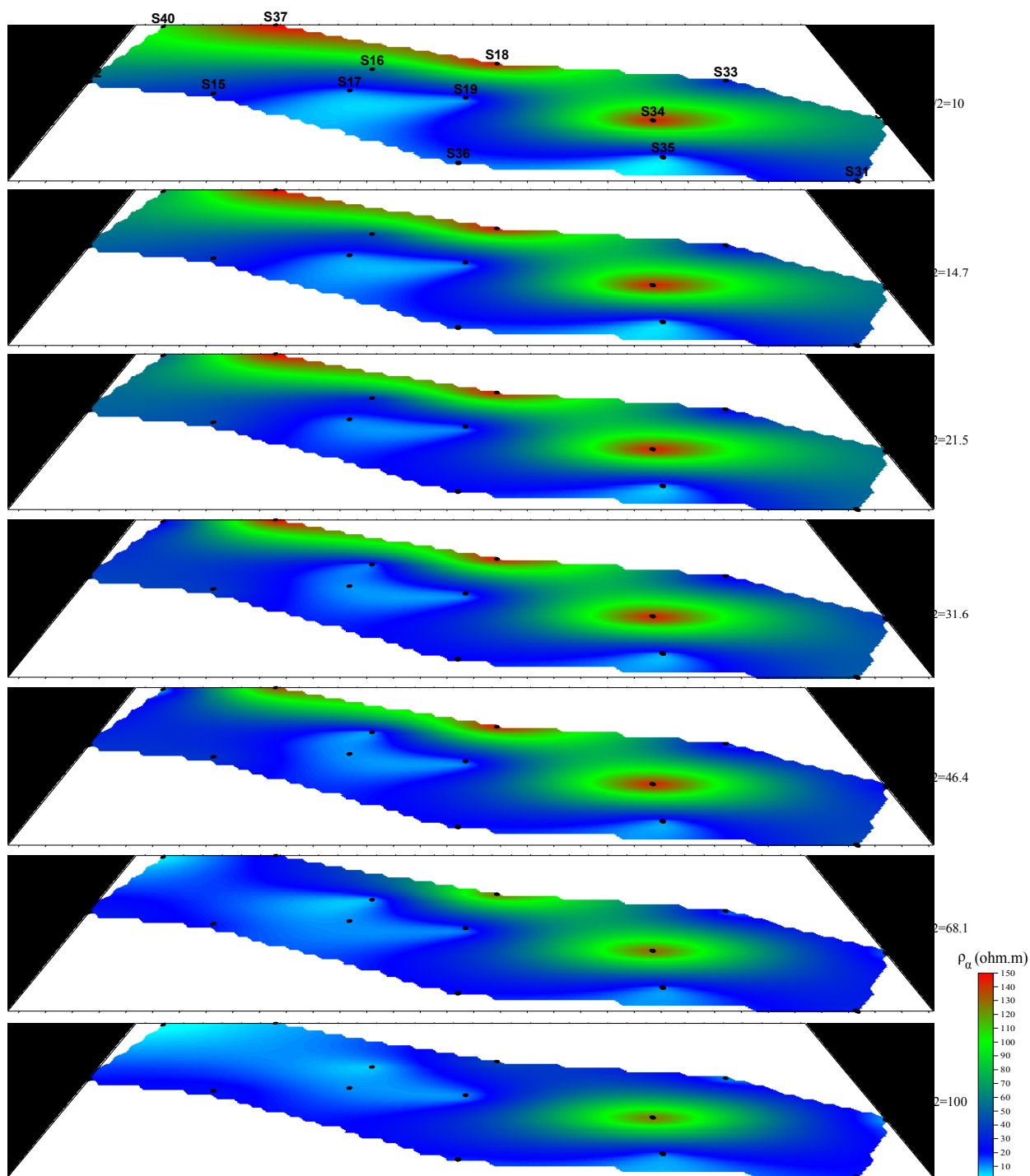
Περιοχή II κατανομής φαινόμενης ειδικής αντίστασης

Η Περιοχή II τοποθετείται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής έρευνας, στις περιοχές Μέσα Βρύση και Πλύματα (εικόνα 3.32).

Κατασκευάστηκαν επτά (7) χάρτες κατανομής της ρ_a , για $AB/2$ 10,0μ., 14,7μ., 21,5μ., 31,6μ., 46,4μ., 68,1μ. και 100μ. (εικόνα 3.40).

Οι τιμές ρ_a σε όλους τους χάρτες, κυμαίνονται μεταξύ 2,0 και 150 Ohm.m. Παρατηρούνται δύο περιοχές διαφοροποιημένων τιμών φαινόμενης ειδικής αντίστασης. Στο δυτικό τμήμα της περιοχής των χαρτών, που εντοπίζονται οι θέσεις των βαθοσκοπήσεων S42, S15, S17, S16, S19 και S36, παρουσιάζονται τιμές $\rho_a < 40$ Ohm.m, σε όλα τα $AB/2$. Η έκταση αυτού του αγώγιμου σχηματισμού, επεκτείνεται προς τα νοτιοανατολικά της περιοχής (θέσεις S35 και S31), ενώ για $AB/2 > 68\mu$. φαίνεται να διερευνάται σχεδόν σε όλη την περιοχή. Ο δεύτερος αντιστατικότερος σχηματισμός (τιμές $\rho_a > 70$ Ohm.m), εντοπίζεται στην περιοχή των βαθοσκοπήσεων S34, S18, S37 και S40. Για $AB/2 > 68\mu$., φαίνεται να περιορίζεται μόνο στη θέση της βαθοσκόπησης S34.

Η διαφοροποίηση των τιμών της ρ_a που απεικονίζεται στους χάρτες της Περιοχής II, καταδεικνύει την ύπαρξη πλευρικής γεωηλεκτρικής ασυνέχειας, στο κεντρικό τμήμα της έκτασης των χαρτών.



Εικόνα 3.40: Χάρτες κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης (για διαφορετικά $AB/2$), στην περιοχή II.

3.4.γ Παρουσίαση ποσοτικών αποτελεσμάτων.

Μετά την επεξεργασία των γεωηλεκτρικών στοιχείων υπαίθρου (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ–Γεωηλεκτρικά Δεδομένα) και την ποιοτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων (βλ. §3.4.β), κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχες **Τομές και Χάρτες κατανομής της Ειδικής Αντίστασης** (εικόνα 3.32).

3.4.γ.1 Τομές κατανομής της ειδικής αντίστασης.

Όπως έχει αναφερθεί (βλ. § 3.2.α.2 και 3.2.γ.1), από την επεξεργασία των δεδομένων με το λογισμικό ΑΤΟ, κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχες με της ποιοτικής ερμηνείας *τομές κατανομής της (πραγματικής) ειδικής αντίστασης*.

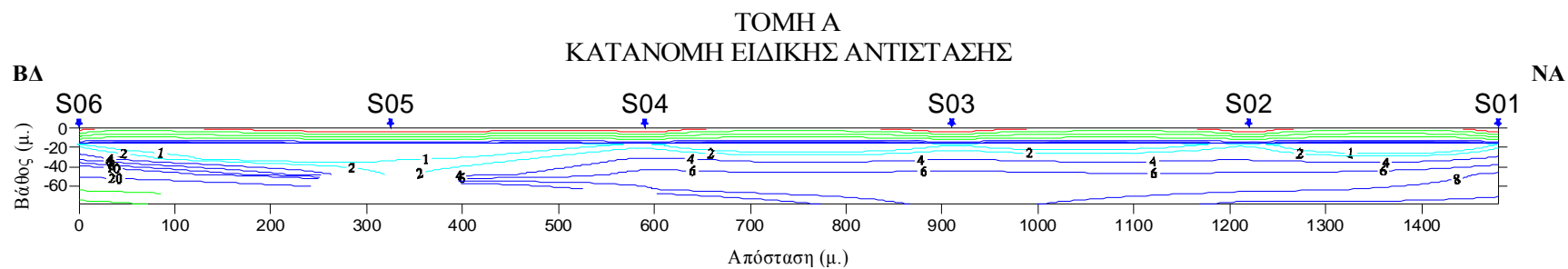
Για την καλύτερη κατανόηση της κατανομής της ειδικής αντίστασης, στις τομές αυτές, υιοθετήθηκε ίδιας χρωματικής κλίμακας απεικόνιση των ισότιμων καμπύλων για όλες τις τομές, χρησιμοποιώντας γαλάζιο χρωματισμό για τιμές ρ ίσες με 1,0-2,0 Ohm.m, μπλε για 4,0-20,0 Ohm.m, πράσινο για τιμές 40-80 Ohm.m και κόκκινο για τιμές >100 Ohm.m.

Τομή Α κατανομής ειδικής αντίστασης

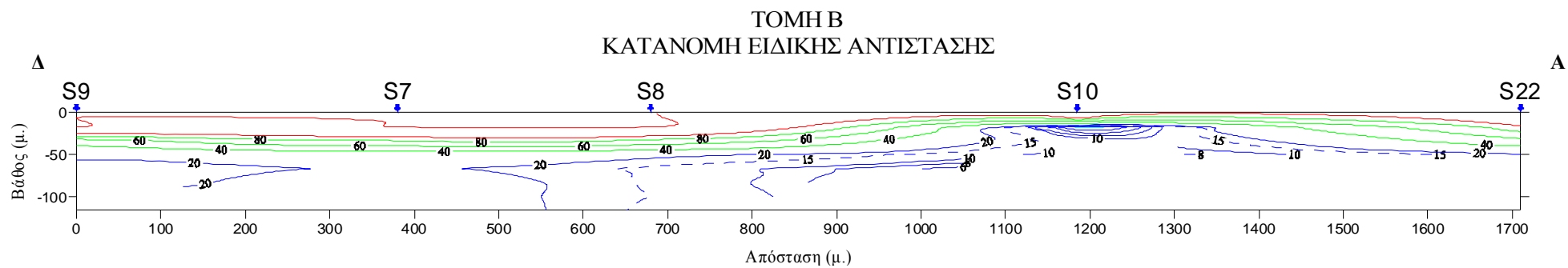
Στην τομή αυτή (εικόνα 3.41), παρατηρείται μέχρι το βάθος των $\sim 25\mu$. μια σχετικά ομαλή κατανομή των ισότιμων καμπύλων ρ , γεγονός που καταδεικνύει μια οριζόντια στρωματοποίηση των γεωηλεκτρικών σχηματισμών, με τις ειδικές αντιστάσεις να μειώνονται από ~ 100 Ohm.m σε 2,0 Ohm.m. Πέραν του βάθους αυτού, οι ειδικές αντιστάσεις, ρ , αυξάνονται και λαμβάνουν τιμές >10 Ohm.m.

Τομή Β κατανομής ειδικής αντίστασης

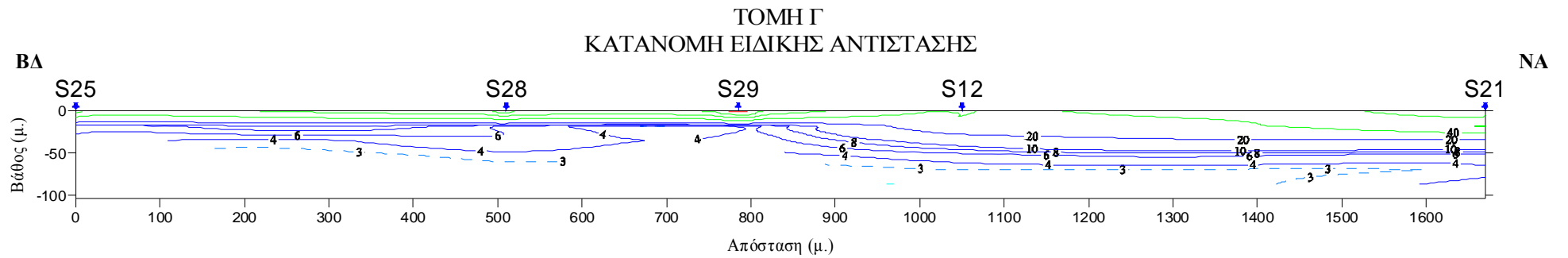
Από τη μορφή των ισότιμων καμπύλων στην τομή αυτή (εικόνα 3.42), παρατηρείται ομαλή μείωση των τιμών ρ (από 150 έως 20 Ohm.m) από μικρά βάθη σε μεγαλύτερα, υποδηλώνοντας στρωματοποίηση οριζόντιων σχηματισμών. Εξαίρεση στη δομή αυτή αποτελεί η θέση S10, όπου παρατηρείται η ίδια περίπου μεταβολή των τιμών ρ αλλά σε μικρότερα βάθη.



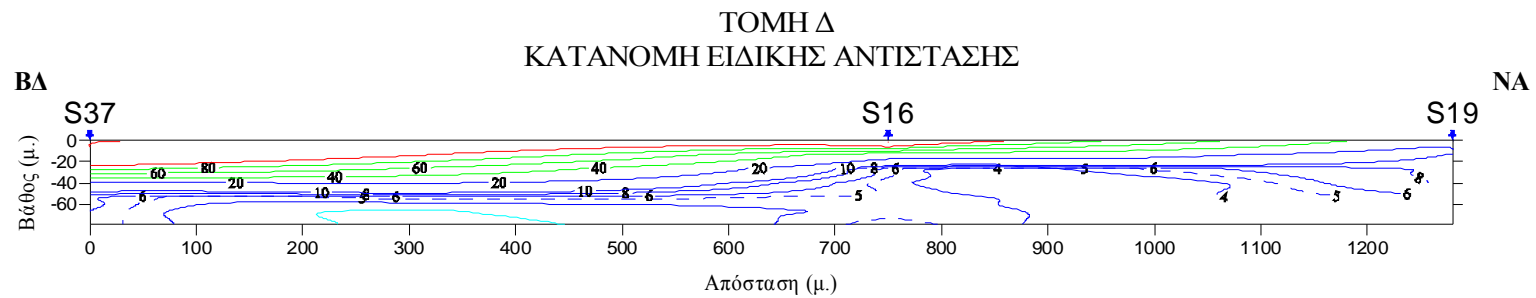
Εικόνα 3.41: Τομή Α κατανομής της ειδικής αντίστασης (αποτελέσματα του λογισμικού ΑΤΟ).



Εικόνα 3.42: Τομή Β κατανομής της ειδικής αντίστασης (αποτελέσματα του λογισμικού ΑΤΟ).



Εικόνα 3.43: Τομή Γ κατανομής της ειδικής αντίστασης (αποτελέσματα του λογισμικού ΑΤΟ).



Εικόνα 3.44: Τομή Δ κατανομής της ειδικής αντίστασης (αποτελέσματα του λογισμικού ΑΤΟ).

Τομή Γ κατανομής ειδικής αντίστασης

Σε αυτή την τομή (εικόνα 3.43), οι ισότιμες καμπύλες παρουσιάζουν ομαλή μορφή, με τις τιμές της ρ να μειώνονται σταδιακά σε μεγαλύτερα βάθη, από 50 σε $\sim 3,0 \text{ Ohm.m}$. Για την περιοχή μεταξύ των θέσεων S12 και S21, η κατανομή αυτή εντοπίζεται σε μεγαλύτερα βάθη.

Τομή Δ κατανομής ειδικής αντίστασης

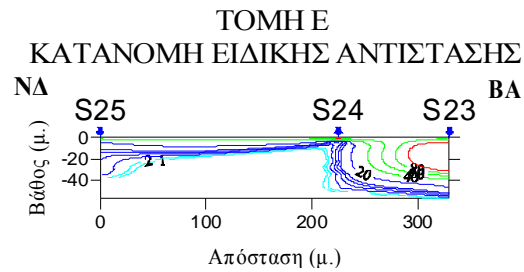
Παρατηρώντας την τομή της εικόνας 3.44, οι ισότιμες καμπύλες αναδεικνύουν ομαλή στρωματοποιημένη δομή των σχηματισμών, με μείωση των τιμών της ρ από $\sim 150 \text{ Ohm.m}$ (σε μικρά βάθη) έως $\sim 4,0 \text{ Ohm.m}$ (σε μεγαλύτερα). Για την περιοχή μεταξύ των θέσεων S16 και S19, η κατανομή αυτή, παρατηρείται σε μικρότερα βάθη.

Τομή Ε κατανομής ειδικής αντίστασης

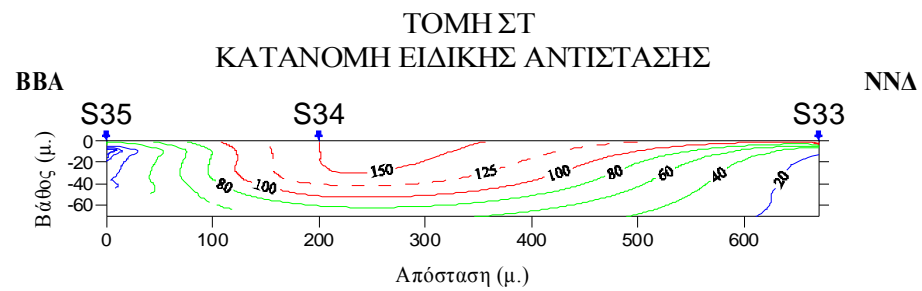
Στην τομή αυτή (εικόνα 3.45), μεταξύ των θέσεων S25 και S24 απεικονίζονται ισότιμες καμπύλες των οποίων η μορφή καταδεικνύει στρωματοποιημένη δομή, με σταδιακή μείωση των τιμών ρ ($\sim 20 \text{ Ohm.m} \rightarrow \sim 1,0 \text{ Ohm.m}$). Στη θέση της S24, παρουσιάζεται απότομη βύθιση των ισότιμων καμπύλων, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη πλευρικής γεωηλεκτρικής ασυνέχειας (όπως και στην αντίστοιχη της ποιοτικής ερμηνείας-εικόνα 3.37), λόγω της διερεύνησης αντιστατικότερου σχηματισμού μεταξύ των θέσεων S24 και S23.

Τομή ΣΤ κατανομής ειδικής αντίστασης

Τέλος, οι ισότιμες καμπύλες στην τομή της εικόνας 3.46, παρουσιάζουν μείωση των τιμών της ρ με την αύξηση του βάθους (από ~ 150 σε $\sim 40 \text{ Ohm.m}$). Μεταξύ των θέσεων S35 και S34, παρατηρείται απότομη βύθιση των ισότιμων καμπύλων ρ (όπως και στην αντίστοιχη της ποιοτικής ερμηνείας-εικόνα 3.38), που καταδεικνύει τη παρουσία πλευρικής ασυνέχειας των γεωηλεκτρικών σχηματισμών.



Εικόνα 3.45: Τομή Ε κατανομής της ειδικής αντίστασης (αποτελέσματα του λογισμικού ΑΤΟ).



Εικόνα 3.46: Τομή ΣΤ κατανομής της ειδικής αντίστασης (αποτελέσματα του λογισμικού ΑΤΟ).

3.4.γ.2 Χάρτες κατανομής ειδικής αντίστασης.

Αντίστοιχα με τους χάρτες κατανομής της φαινόμενης ειδικής αντίστασης (βλ. §3.4.β.2), κατασκευάστηκαν οι χάρτες κατανομής της ρ , για διαφορετικά βάθη (10μ., 15μ., 20μ., 30μ., 45μ. και 70 μ.), για τις δύο (2) περιοχές (εικόνα 3.32), ήτοι:

- i) *Περιοχή I* (S23, S24, S25, S26, S27, S28 και S29) και
- ii) *Περιοχή II* (S15, S16, S17, S18, S19, S31, S32, S33, S34, S35, S36, S37, S40 και S42).

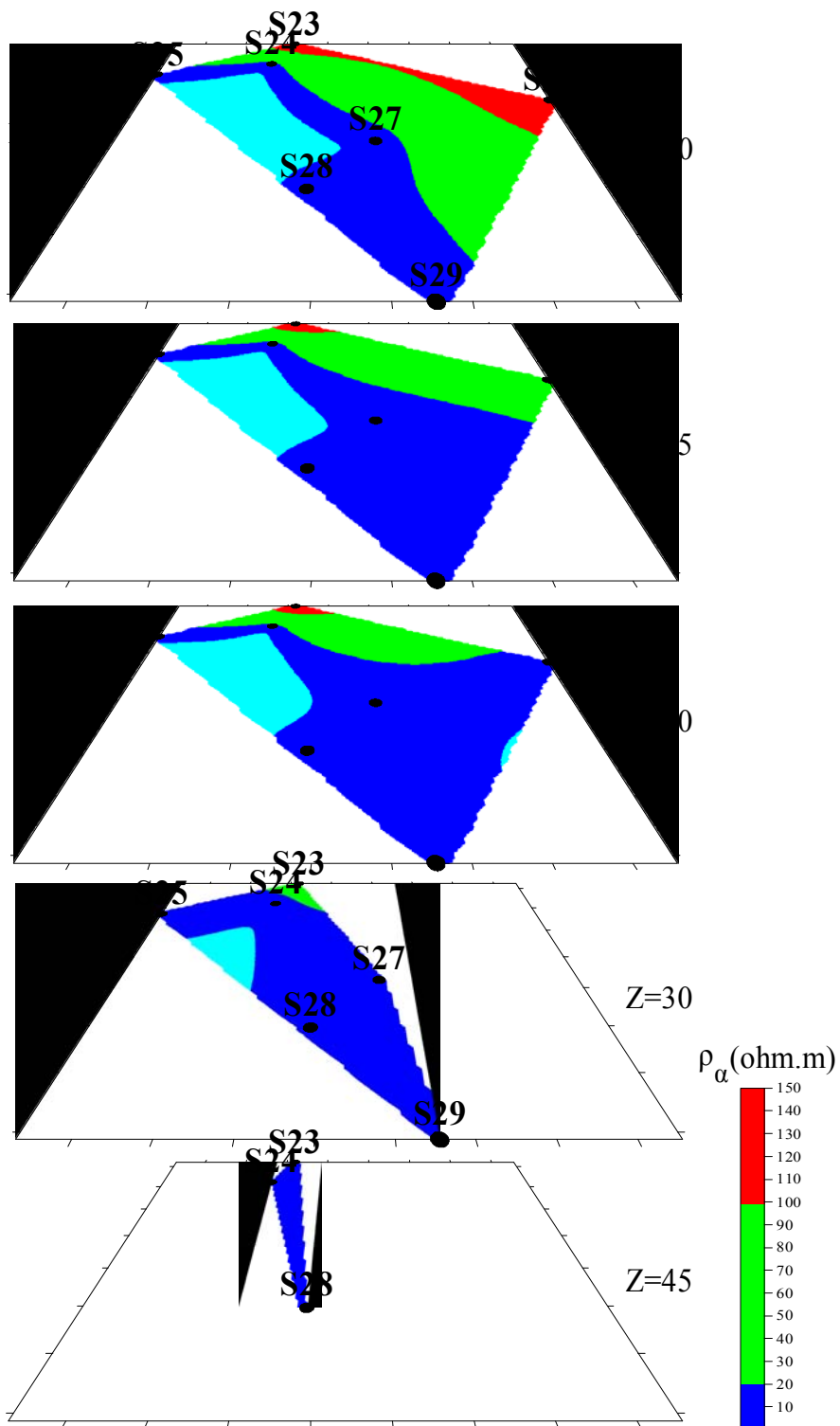
Όπως έχει αναφερθεί (βλ. § 3.2.γ.2), χρησιμοποιώντας το λογισμικό *PICKDPTH*, που παρέχει τις τιμές της (πραγματικής) ειδικής αντίστασης για συγκεκριμένα βάθη, κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες των δύο περιοχών.

Η ενιαία χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των χαρτών αυτών, είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού της ποιοτικής ερμηνείας των δεδομένων και των τιμών της ειδικής αντίστασης που προέκυψαν από τις μετρήσεις σε εμφανίσεις των γεωλογικών σχηματισμών (βλ. §3.4.α). Έτσι, επελέγη το γαλάζιο χρώμα για τιμές ρ από 1,0 έως 2,0 Ohm.m, το μπλε για ρ 2,5-20,0 Ohm.m, το πράσινο για ρ 21–100 Ohm.m και το κόκκινο για $\rho > 100$ Ohm.m.

Περιοχή I κατανομής ειδικής αντίστασης

Κατασκευάστηκαν πέντε (5) χάρτες κατανομής της ρ , για βάθη 10μ., 15μ., 20μ., 30μ. και 45μ. (εικόνα 3.47). Στο χάρτη βάθους 30μ. δεν υπάρχει πληροφορία από τα δεδομένα της θέσης S26 και στο χάρτη βάθους 45μ. δεν υπάρχει πληροφορία για τις θέσεις S25, S26, S27 και S29.

Από τη συνθετική αυτή απεικόνιση των ειδικών αντιστάσεων σε σχέση με το βάθος, χαρακτηριστική είναι η εμφάνιση γεωηλεκτρικού σχηματισμού ειδικής αντίστασης < 20 Ohm.m, του οποίου η έκταση αυξάνεται μετά το βάθος των 15 μέτρων. Ένας σχηματισμός μεγαλύτερης ειδικής αντίστασης (> 20 Ohm.m) εμφανίζεται σε μικρό βάθος (~10μ.) στη βόρεια και ανατολική πλευρά της περιοχής (S23 και S26), ο οποίος όμως περιορίζεται σε έκταση πέραν του βάθους των ~17 μέτρων.



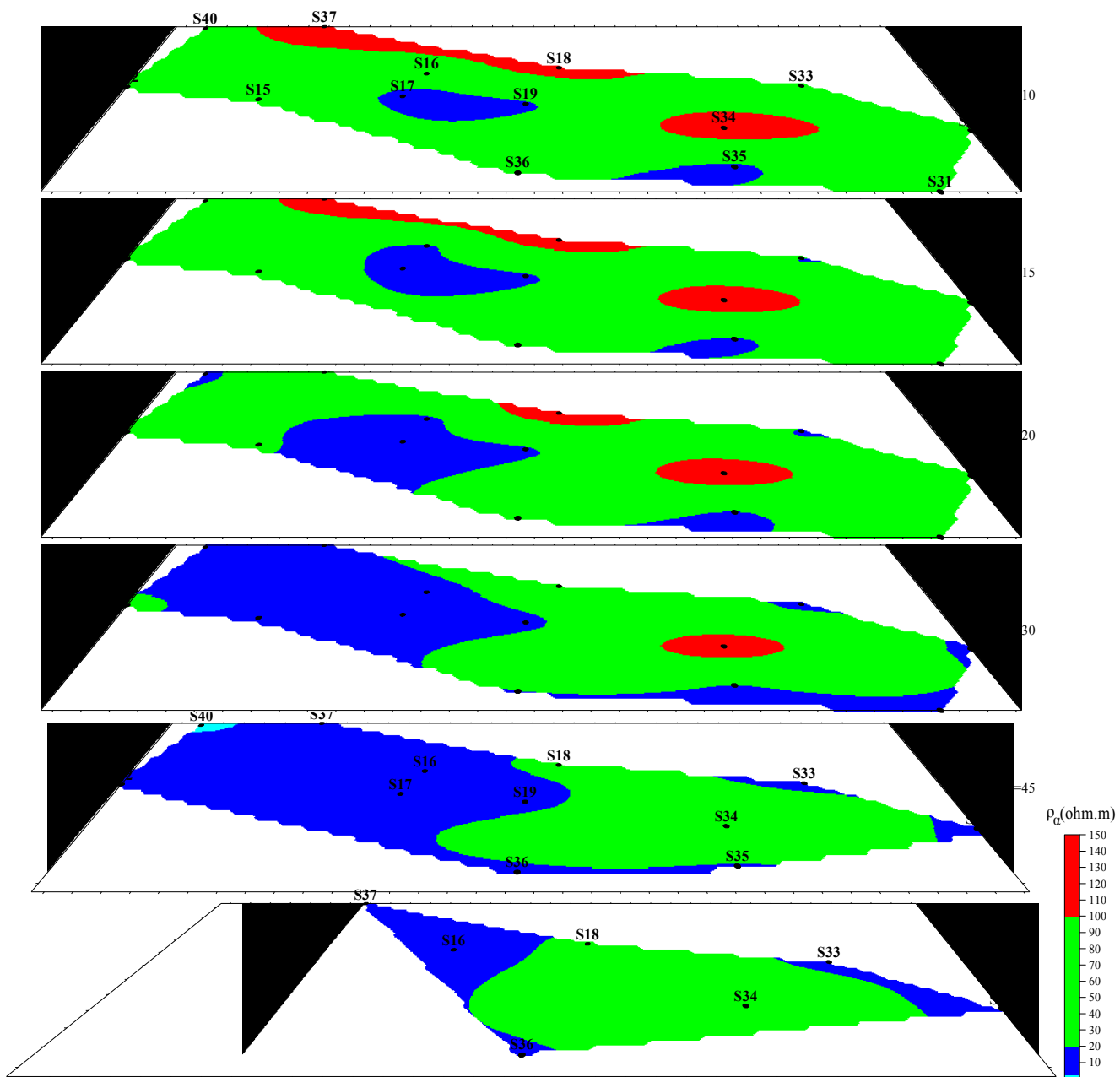
Εικόνα 3.47: Χάρτες κατανομής της ειδικής αντίστασης (για διαφορετικά βάθη) στην περιοχή I (αποτελέσματα του λογισμικού *PICKDPHTH*).

Περιοχή II κατανομής ειδικής αντίστασης

Κατασκευάστηκαν έξι (6) χάρτες κατανομής της ρ , για βάθη 10μ., 15μ., 20μ., 30μ., 45μ. και 70μ. (εικόνα 3.48). Στο χάρτη βάθους 45μ. δεν υπάρχουν στοιχεία από τα δεδομένα των θέσεων S15 και S31, ενώ στο χάρτη βάθους 70μ. δεν υπάρχουν στοιχεία για τις θέσεις S15, S31, S35, S19, S17, S40 και S42.

Σε όλους τους χάρτες παρατηρείται ένας αντιστατικός σχηματισμός, με τιμές $\rho > 25$ Ohm.m. Η έκταση αυτού φαίνεται να περιορίζεται σταδιακά με την αύξηση του βάθους, όπου για βάθη $> 30\mu$. εμφανίζεται μόνο στην ευρύτερη περιοχή των θέσεων S18 και S34. Στην περιοχή των θέσεων S16, S17 και S19 διερευνάται αγωγίμος σχηματισμός με τιμές $\rho < 20$ Ohm.m, ο οποίος για βάθη $> 30\mu$. φαίνεται να επεκτείνεται δυτικότερα, προς τις θέσεις των βυθοσκοπήσεων S37, S40 και S42.

Η διαφοροποίηση των τιμών της ρ που παρατηρείται στους χάρτες της Περιοχής II, υποδηλώνει την παρουσία πλευρικής γεωηλεκτρικής ασυνέχειας στο κεντρικό τμήμα της περιοχής, η οποία εντοπίζεται κυρίως σε βάθη $> 30\mu$.



Εικόνα 3.48: Χάρτες κατανομής της ειδικής αντίστασης (για διαφορετικά βάθη) στην περιοχή II (αποτελέσματα του λογισμικού *PICKDPTH*).

3.4.γ.3 Γεωηλεκτρικές τομές.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα υπολογισθέντα γεωηλεκτρικά μοντέλα, από τη γραφική και ηλεκτρονική διαδικασία επεξεργασίας, κατασκευάστηκαν τομές ποσοτικής παρουσίασης (γεωηλεκτρικές τομές), αντίστοιχες με εκείνες της ποιοτικής (βλ. § 3.4.β.1) και ποσοτικής (βλ. § 3.4.γ.1) ερμηνείας.

Οι γεωηλεκτρικές αυτές τομές, αναδεικνύουν την υπεδαφική δομή των γεωηλεκτρικών στρωμάτων, δηλαδή στρωμάτων που υπολογίστηκαν με παρόμοια ειδική αντίσταση, ρ , χωρίς απαραίτητα να ταυτίζονται με γεωλογικά στρώματα.

Γεωηλεκτρική τομή A

Σε αυτή την τομή διερευνήθηκαν (εικόνα 3.49):

Επιφανειακός γεωηλεκτρικός σχηματισμός, υψηλής ειδικής αντίστασης 550-3.000 Ohm.m, πολύ μικρού πάχους (< 2μ.).

Γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης ~20 Ohm.m, που εντοπίζεται μόνο στις θέσεις των S04 και S03, με πάχος περίπου 3μ. και 7μ., αντίστοιχα.

Υποκείμενος πολύ αγώγιμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης ~1,0 Ohm.m, πάχους ~9μ., ~10μ., ~7μ., ~4μ., ~6μ. και ~12μ. για τις θέσεις S06, S05, S04, S03, S02 και S01, αντίστοιχα.

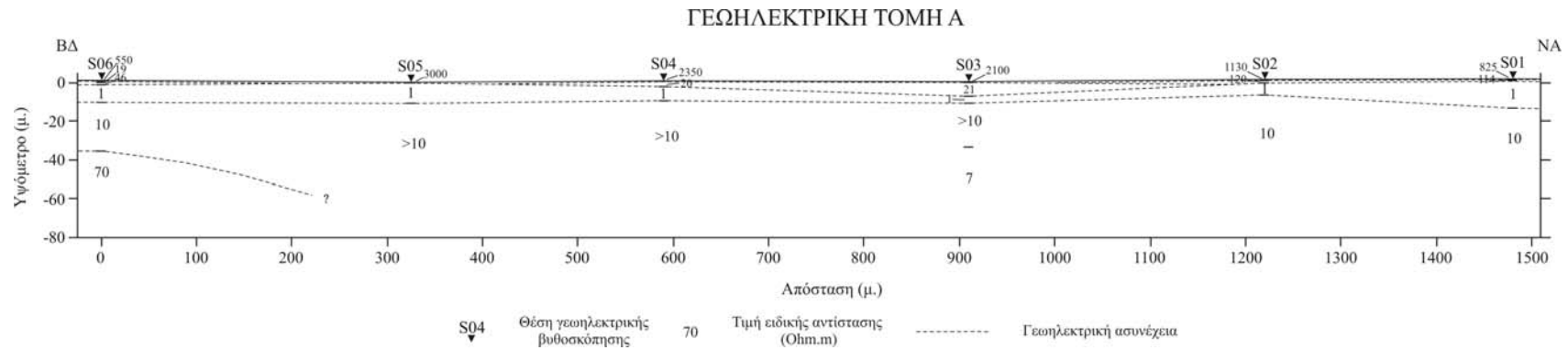
Ένας επίσης αγώγιμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης 7,0-15,0 Ohm.m, ο οποίος φαίνεται να αποτελεί το γεωηλεκτρικό υπόβαθρο για όλες τις θέσεις, εκτός αυτής της S06. Το πάχος του, για τις θέσεις S04, S03, S02 και S01 εκτιμάται τουλάχιστον στα 55μ., ενώ για τη θέση S05 εκτιμάται τουλάχιστον στα 30μ. Στη θέση της S06, διερευνήθηκε γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης ~70 Ohm.m.

Γεωηλεκτρική τομή B

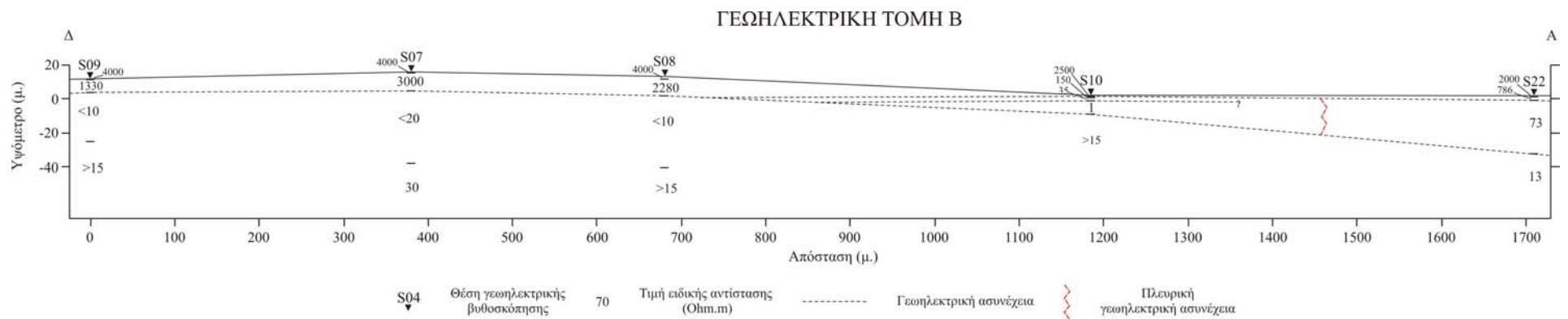
Στην τομή αυτή διερευνήθηκαν (εικόνα 3.50):

Επιφανειακός αντιστατικός γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης 785-4.000 Ohm.m, που εντοπίζεται με πάχη ~8μ., ~10μ., ~11μ., ~ 1μ. και ~3μ. για τις θέσεις S09, S07, S08, S10 και S22, αντίστοιχα.

Γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης ~35 Ohm.m, ο οποίος εντοπίζεται μόνο στη θέση S10, με πάχος ~2,0μ.



Εικόνα 3.49: Γεωηλεκτρική τομή Α, σε κλίμακα 1:2.



Εικόνα 3.50: Γεωηλεκτρική τομή Β, σε κλίμακα 1:2.

Πολύ αγώγιμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης $\sim 1,0 \text{ Ohm.m}$, που διερευνάται μόνο στη θέση S10, έχει πάχος τουλάχιστον 8μ. και δεν φαίνεται να επεκτείνεται ανατολικότερα.

Γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης $\sim 73 \text{ Ohm.m}$, που διερευνάται μόνο στη θέση S22, με πάχος $\sim 31\mu$.

Ως υπόβαθρο σε όλη την τομή, διερευνήθηκε γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης $> 5,0 \text{ Ohm.m}$, σε απόλυτο υψόμετρο $\sim 1,0$ μέτρο στις θέσεις των S09, S07 και S08, ο οποίος φαίνεται να βυθίζεται ανατολικότερα στα $-9,0\mu$ και -30μ στις θέσεις των S10 και S22, αντίστοιχα.

Γεωηλεκτρική τομή Γ

Στην τομή αυτή διερευνήθηκαν (εικόνα 3.51):

Επιφανειακός γεωηλεκτρικός σχηματισμός, πολύ μικρού πάχους και ειδικής αντίστασης $40-400 \text{ Ohm.m}$.

Στις θέσεις των S25 και S28 και με πάχος $\sim 3,0\mu$ και $\sim 1,0\mu$ αντίστοιχα, διερευνάται γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης $\sim 30 \text{ Ohm.m}$.

Αγώγιμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης $8,0-10,0 \text{ Ohm.m}$, για τις θέσεις S12 και S21 πάχους $\sim 5,0\mu$ και $\sim 3,0\mu$, αντίστοιχα.

Γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης $70-160 \text{ Ohm.m}$, υποκείμενος του προηγούμενου στις θέσεις των S12 και S21. Το πάχος του εκτιμήθηκε στα $5,0\mu$ και $12,0\mu$, αντίστοιχα.

Ως γεωηλεκτρικό υπόβαθρο της τομής αυτής, διερευνήθηκε αγώγιμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης $> 5,0 \text{ Ohm.m}$, καθ' όλο το μήκος αυτής.

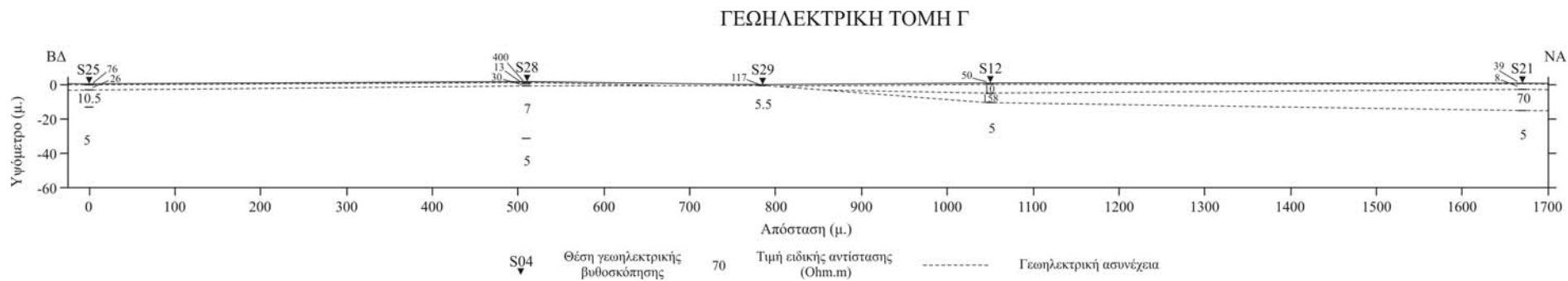
Γεωηλεκτρική τομή Δ

Σε αυτή την τομή διερευνήθηκαν (εικόνα 3.52):

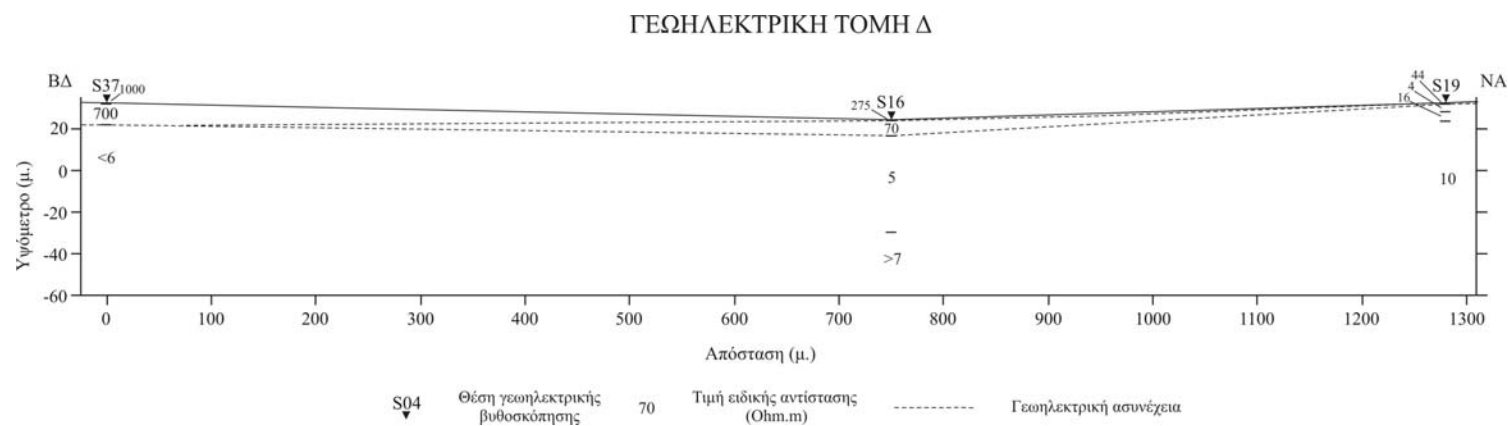
Επιφανειακός αντιστατικός γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης $275-1.000 \text{ Ohm.m}$, για τις θέσεις S37 και S16. Το πάχος του προσδιορίστηκε σε περίπου 10μ και $1,0\mu$, αντίστοιχα.

Στις θέσεις S16 και S19 και με πάχος $7,5\mu$ και $1,0\mu$ αντίστοιχα, διερευνάται γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης $45-70 \text{ Ohm.m}$.

Ως γεωηλεκτρικό υπόβαθρο της τομής αυτής, διερευνάται σε όλες τις θέσεις, αγώγιμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, με τιμές ρ $5,0-15,0 \text{ Ohm.m}$.



Εικόνα 3.51: Γεωηλεκτρική τομή Γ, σε κλίμακα 1:2.



Εικόνα 3.52: Γεωηλεκτρική τομή Δ, σε κλίμακα 1:2.

Γεωηλεκτρική τομή E

Κατά μήκος της τομής αυτής διερευνήθηκαν (εικόνα 3.53):

Επιφανειακός γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης 70-90 Ohm.m, μέγιστου πάχους 2,0μ. (στη θέση της S23).

Στη θέση της S25 εντοπίζεται γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης ~25 Ohm.m και πάχους ~3,0μ.

Γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης ~320 Ohm.m, που διερευνάται μόνο στη θέση S23, με πάχος ~10μ.

Ένας πολύ αγωγίμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης 5,0-10,0 Ohm.m., που φαίνεται να αποτελεί το γεωηλεκτρικό υπόβαθρο των θέσεων S25 και S24, με πάχος που εκτιμάται σε τουλάχιστον 30μ. και 50μ., αντίστοιχα. Για τη θέση S23 ως γεωηλεκτρικό υπόβαθρο διερευνήθηκε γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης ~35 Ohm.m. και πάχους τουλάχιστον 50μ.

Γεωηλεκτρική τομή ΣΤ

Στην τομή αυτή διερευνήθηκαν (εικόνα 3.54):

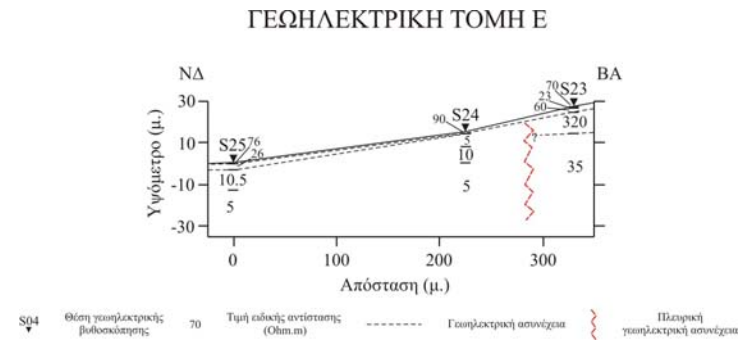
Επιφανειακός γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης 20-50 Ohm.m, που εμφανίζεται στις θέσεις S35 και S33 με πάχη ~1,0μ και ~7,0μ., αντίστοιχα.

Στη θέση S34 διερευνάται αντιστατικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης >2.500 Ohm.m, με πάχος 4,0μ. τουλάχιστον.

Πολύ αγωγίμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης ~2,0 Ohm.m, διερευνάται στη θέση S35, πάχους περίπου 5,0μ.

Γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης ~110 Ohm.m και πάχους ~19μ., που διαφαίνεται στη θέση S34.

Ως γεωηλεκτρικό υπόβαθρο για τη θέση S34, διερευνάται γεωηλεκτρικός σχηματισμός ειδικής αντίστασης ~60 Ohm.m, με το πάχος του να εκτιμάται σε 60μ. τουλάχιστον. Στις θέσεις S35 και S33, ως γεωηλεκτρικό υπόβαθρο, εντοπίζεται αγωγίμος γεωηλεκτρικός σχηματισμός, ειδικής αντίστασης 12-20 Ohm.m. Το πάχος του εκτιμάται σε 30μ. και 75μ., αντίστοιχα για τις θέσεις S35 και S33.



Εικόνα 3.53: Γεωηλεκτρική τομή Ε, σε κλίμακα 1:2.



Εικόνα 3.54: Γεωηλεκτρική τομή ΣΤ, σε κλίμακα 1:2.

3.4.δ Αξιολόγηση των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων.

Λαμβάνοντας υπόψη:

- τη γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής μελέτης (βλ. §2.2),
- τις μετρήσεις της ειδικής αντίστασης σε γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής έρευνας (βλ. §3.4.α) και
- τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και ερμηνείας των γεωηλεκτρικών βαθυσκοπήσεων (ποιοτική και ποσοτική),

κατασκευάστηκαν έξι (6) *Γεωλογικές-Γεωφυσικές Τομές* (εικόνα 3.32), αντίστοιχες με εκείνες της ποιοτικής (βλ. §3.4.β.1) και ποσοτικής (βλ. §3.4.γ.1 & 3.4.γ.3) ερμηνείας.

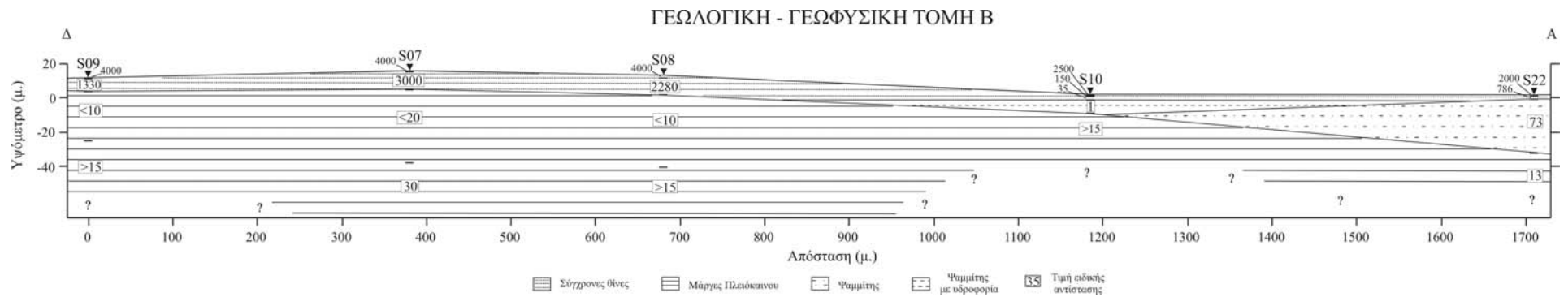
Σε όλες σχεδόν τις *Γεωλογικές-Γεωφυσικές Τομές* που κατασκευάστηκαν (εικόνες 3.55-3.60), είναι χαρακτηριστικό ότι διερευνάται ως υπόβαθρο, ο αγώγιμος σχηματισμός των κατωπλειοκαινικών μαργών, με τιμές ειδικής αντίστασης $<30 \text{ Ohm.m}$. Παρατηρώντας τις τομές, διαφαίνεται ότι το υπόβαθρο των μαργών εντοπίζεται σε διαφορετικά βάθη, ανάλογα με την περιοχή που τοποθετείται η κάθε τομή. Εξαιρέση αποτελούν η Τομή E (εικόνα 3.59) και η Τομή ΣΤ (εικόνα 3.60), κατά μήκος των οποίων, δεν εμφανίζεται μόνο ο σχηματισμός των μαργών ως υπόβαθρο, αλλά και ένας αντιστατικότερος σχηματισμός. Πιο συγκεκριμένα, στην Τομή E (θέση S23) και στην Τομή ΣΤ (θέση S34), φαίνεται να διερευνάται ως υπόβαθρο ο σχηματισμός των ψαμμιτών, με τιμές $\rho >35 \text{ Ohm.m}$, ο οποίος γενικά στην περιοχή μελέτης εντοπίζεται να υπέρκειται του σχηματισμού των μαργών.

Παρατηρώντας τις *Γεωλογικές-Γεωφυσικές Τομές*, διαφαίνεται η επικάλυψη των κατωπλειοκαινικών μαργών, είτε από θίνες (παλαιές και σύγχρονες), είτε από ψαμμίτες ή/και από αλλουβιακές αποθέσεις. Οι υπερκείμενοι αυτοί σχηματισμοί, ως υδατοπερατοί, φαίνεται να υδροφορούν κατά τόπους (βλ. εικ. 3.55 & 3.56), λόγω του στεγανού υποβάθρου των μαργών. Στην τομή A (εικόνα 3.55), φαίνεται να διερευνάται τέτοιου είδους υδροφόρος ορίζοντας ($\rho \sim 1,0 \text{ Ohm.m}$), υπερκείμενος των μαργών, οι οποίες εντοπίζονται σε αυτή την περιοχή, σε βάθος $\sim 10\mu$.

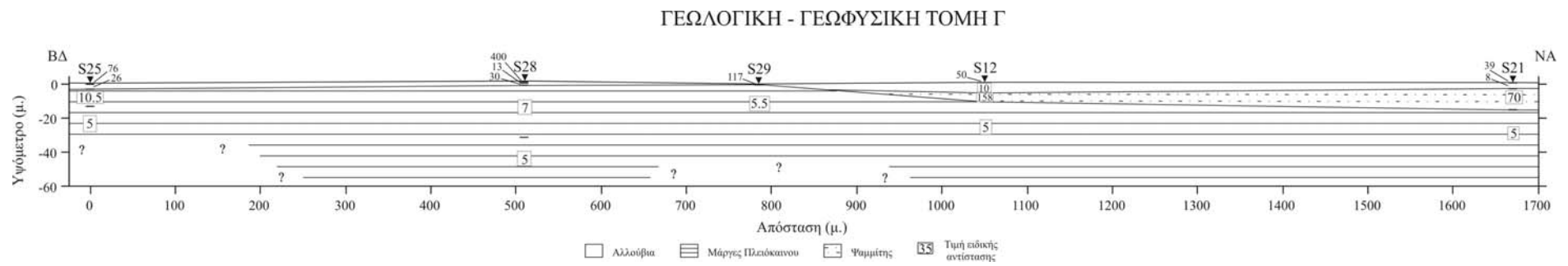
Χαρακτηριστικό των *Γεωλογικών-Γεωφυσικών Τομών* E (εικόνα 3.59) και ΣΤ (εικόνα 3.60), είναι η ύπαρξη τριών (3), πιθανών κανονικών ρηγμάτων, τα οποία καλύπτονται από τις συνεκτικές θίνες ή τις αλλουβιακές αποθέσεις. Αυτά τα ρήγματα, είναι πιθανό να συμβάλλουν στην παρουσία των ψαμμιτών ως υποβάθρου, στις θέσεις S23 και S34, όπου δεν κατέστη δυνατόν να διερευνηθούν οι υποκείμενες μάργες για τα αντίστοιχα AB/2 που αναπτύχθηκαν.



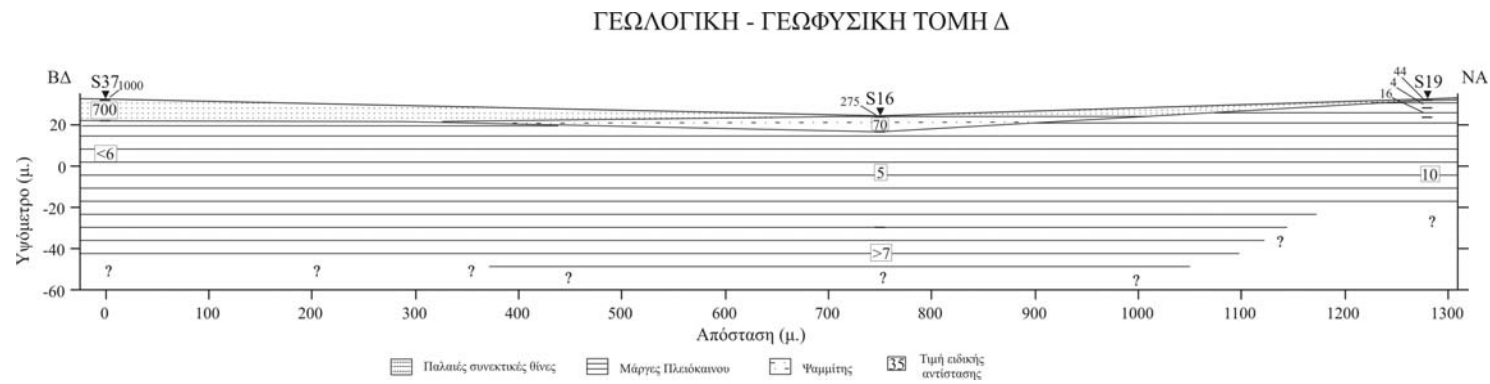
Εικόνα 3.55: Γεωλογική – Γεωφυσική τομή Α, σε κλίμακα 1:2.



Εικόνα 3.56: Γεωλογική – Γεωφυσική τομή Β, σε κλίμακα 1:2.

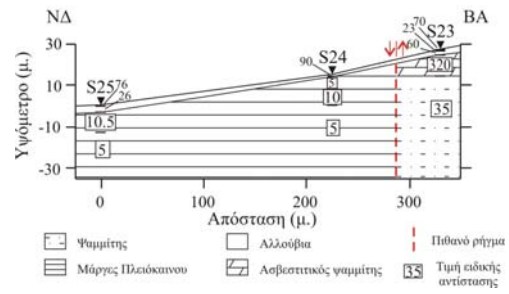


Εικόνα 3.57: Γεωλογική – Γεωφυσική τομή Γ, σε κλίμακα 1:2.



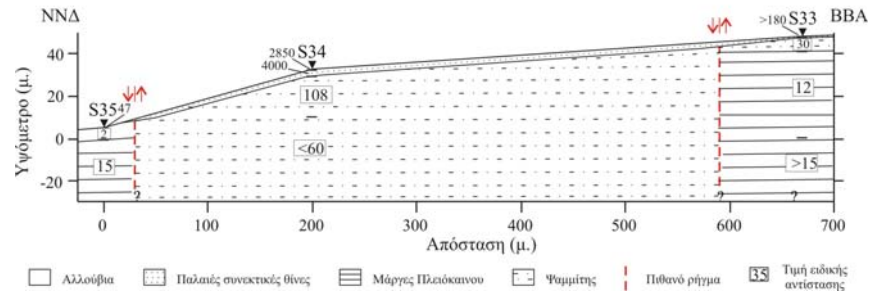
Εικόνα 3.58: Γεωλογική – Γεωφυσική τομή Δ, σε κλίμακα 1:2.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΗ Ε



Εικόνα 3.59: Γεωλογική – Γεωφυσική τομή Ε, σε κλίμακα 1:2.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΗ ΣΤ



Εικόνα 3.60: Γεωλογική – Γεωφυσική τομή ΣΤ, σε κλίμακα 1:2.

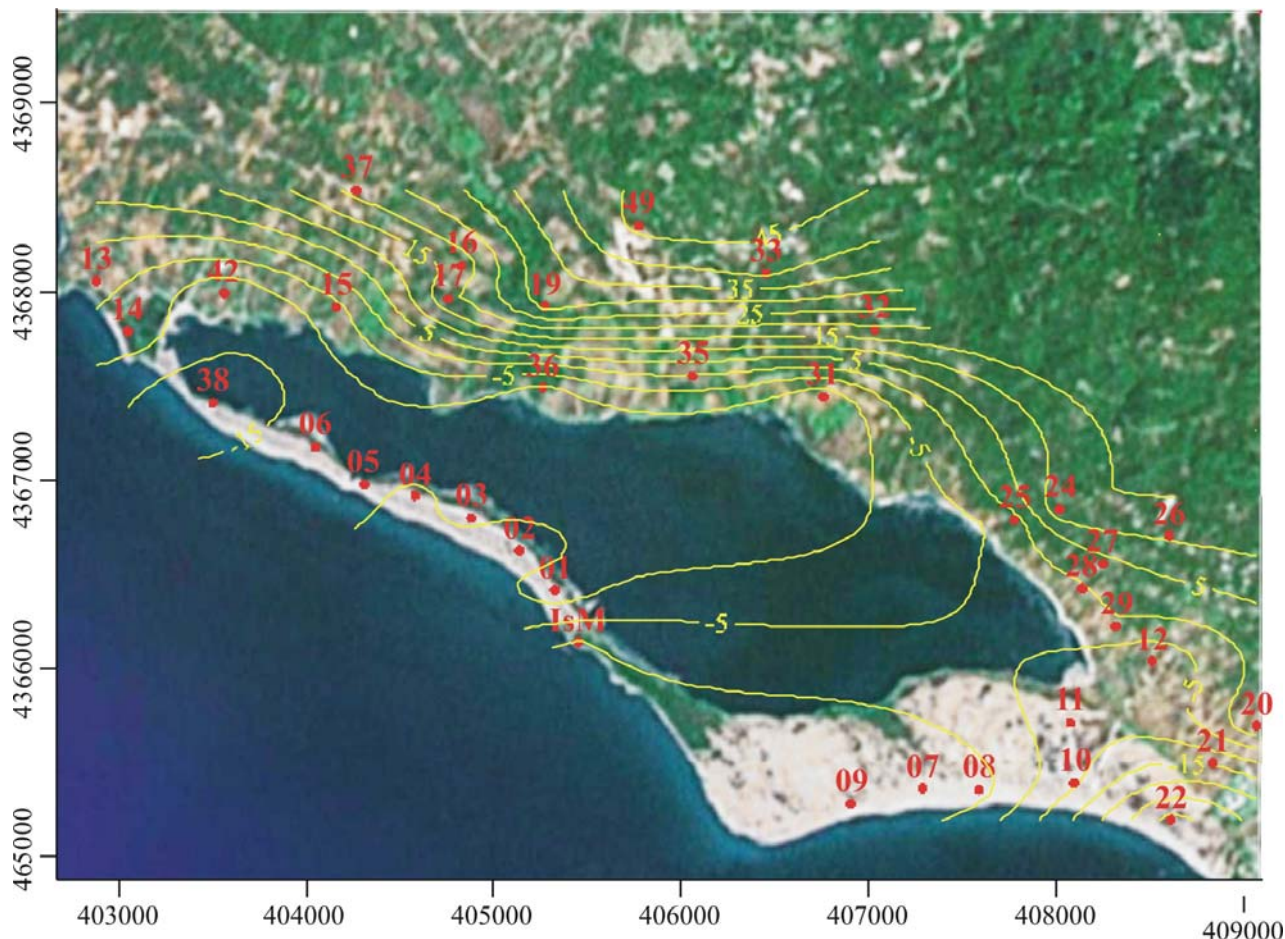
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η ποιοτική επεξεργασία, η ποσοτική ερμηνεία και η αξιολόγηση των σαράντα (40) γεωηλεκτρικών βαθοσκοπήσεων και των πέντε (5) 'επί τόπου' μετρήσεων της ειδικής αντίστασης, που ελήφθησαν στην περιοχή μελέτης, κατέδειξαν σημαντικά στοιχεία για τον καθορισμό των υπεδαφικών γεωλογικών συνθηκών της παρακείμενης περιοχής της λιμνοθάλασσας Κορισσίων, προκειμένου να προσδιοριστούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες της.

Αναλυτικότερα:

- Σε όλες τις θέσεις των βαθοσκοπήσεων, διερευνήθηκε ο σχηματισμός των **κατωπλειοκαινικών μαργών**, οι οποίες αποτελούν το υπόβαθρο της περιοχής, με τιμές ειδικής αντίστασης, ρ , 3,0-25,0 Ohm.m. Οι μόνες θέσεις που δεν έχει διερευνηθεί ως υπόβαθρο ο σχηματισμός αυτός, είναι εκείνες των S18, S23 και S34. Στις θέσεις αυτές, δεν κατέστη δυνατό να διερευνηθεί ο σχηματισμός των μαργών, ενδεχομένως λόγω του μικρού (για το βάθος ύπαρξης) ημι-αναπτύγματος AB/2 τους (147μ.).
- Ο σχηματισμός των **πλειστοκαινικών ψαμμιτών** (40-120 Ohm.m), διερευνάται στις περισσότερες θέσεις των βαθοσκοπήσεων, υπερκείμενος των μαργών. Εξαιρέση αποτελεί η ανατολική περιοχή μελέτης (περιοχή Κλείσμα-Ίσου), όπου ο σχηματισμός των μαργών φαίνεται να αποτελεί το υπόβαθρο κάτω από τις αλλουβιακές αποθέσεις ή τις σύγχρονες θίνες.
- Ο σχηματισμός των **παλαιών συνεκτικών θινών** (αιολιανίτες), διερευνάται στο κεντρικό και βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής (σε λοφοειδή διάταξη), παρουσιάζοντας ειδικές αντιστάσεις >500 Ohm.m.
- Οι **αλλουβιακές αποθέσεις**, εντοπίζονται με κυμαινόμενες ειδικές αντιστάσεις, από 40 έως 90 Ohm.m, ανάλογα από τη θέση τους και τη λιθολογική τους σύσταση.
- Τέλος, ο σχηματισμός των **σύγχρονων θινών**, που απαντάται στο νότιο χερσαίο διαχωριστικό όριο μεταξύ θάλασσας και λιμνοθάλασσας, εμφανίζει τιμές ειδικής αντίστασης >500 Ohm.m.

Λαμβάνοντας υπόψη τα γεωλογικά και γεωφυσικά στοιχεία, κατασκευάστηκε ο **υπεδαφικός χάρτης της οροφής** (σε απόλυτο υψόμετρο) **των κατωπλειοκαινικών μαργών**, της εικόνας 4.1. Στην κατασκευή του χάρτη αυτού, ελήφθησαν υπόψη μόνο τα στοιχεία των βαθυσκοπήσεων που διερευνήθηκε ως υπόβαθρο ο σχηματισμός των μαργών.



Εικόνα 4.1: Υπεδαφικός χάρτης οροφής των μαργών.

Από την απεικόνιση αυτή παρατηρείται ότι η οροφή των μαργών ακολουθεί το σημερινό τοπογραφικό ανάγλυφο σε ολόκληρο σχεδόν το βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας. Τα μεγαλύτερα βάθη (-10μ. απόλυτο υψόμετρο) φαίνεται να εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα της και λαμβάνουν τις μέγιστες τιμές τους (-20μ.) στην περιοχή της βυθοσκόπησης S38. Στη θέση αυτή, άλλωστε, παρατηρούνται και τα μικρότερα υψόμετρα (+0,5μ.) και υπάρχει επικοινωνία με τη θάλασσα κατά τους χειμερινούς κυρίως μήνες, σε συνθήκες έντονου κυματισμού.

Από την εφαρμογή των γεωφυσικών διασκοπήσεων και την επεξεργασία των στοιχείων τους, επιβεβαιώνεται η ύπαρξη τεκτονικής ζώνης (ρήγμα) στην περιοχή Λίνια-Κλείσμα, μεταξύ του σχηματισμού των ασβεστιτικών ψαμμιτών και των αλλουβιακών αποθέσεων. Επιπλέον, η ρηξιγενής αυτή ζώνη, φαίνεται να επεκτείνεται προς τα δυτικά μεταξύ των θέσεων της S33 και της S34, όπου καλύπτεται από το σχηματισμό των συνεκτικών θινών. Επιπλέον, διερευνήθηκε και δεύτερη ζώνη, παράλληλη προς την προηγούμενη, μεταξύ των θέσεων της S35 και της S34, η οποία φαίνεται να επεκτείνεται δυτικότερα μεταξύ των θέσεων της S18 και της S19. Προς περαιτέρω τεκτονική διερεύνηση, χρήζει η ανατολική περιοχή (Ισος-Αγ. Γεώργιος), εκεί όπου η οροφή της μάργας φαίνεται να κλίνει προς νοτιοανατολικά.

Υδρογεωλογικά, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει η ύπαρξη του σχηματισμού των αδιαπέρατων κατωπλειοκαινικών μαργών. Από το χάρτη της εικόνας 4.1, διαφαίνεται η αδιαπέρατη επιφάνεια των μαργών να είναι η αιτία (α) της δημιουργίας γλυκών υδροφόρων οριζόντων, πλησίον της βόρειας ακτής της λιμνοθάλασσας (ΤΟΜΑΡΑ, 2006) και (β) της μη εισροής θαλασσινού νερού από το χερσαίο διαχωριστικό όριο (Χαλικούνας, Πασαμάρκος, Ρηγονέρια), προς τη λιμνοθάλασσα. Αυτό επιβεβαιώνεται με την πολύ υψηλή αλατότητα, που παρουσιάζουν τα ύδατα της λιμνοθάλασσας κατά το τέλος της καλοκαιρινής περιόδου, σε αντίθεση με την πολύ χαμηλή που παρουσιάζουν κατά το τέλος της χειμερινής, όπου η τροφοδοσία της από την υδρογεωλογική της λεκάνη είναι έντονη.

Τα γεωφυσικά αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελούν το πρώτο (αναγνωριστικό) στάδιο της γεωφυσικής έρευνας στην περιοχή. Περαιτέρω γεωφυσική μελέτη χρήζουν:

- i) η περιοχή νότια του Αλευροπάρι,
- ii) η περιοχή Μέσα Βρύση και
- iii) η περιοχή Αγίου Γεωργίου.

Επιπλέον πληροφορίες κατακόρυφης κατανομής της ειδικής αντίστασης (σε πρώτη φάση) και πλευρικής κατανομής (σε δεύτερη φάση), θα έδιναν σαφέστερα στοιχεία για τη στρωματογραφική και τεκτονική υπεδαφική διάρθρωση των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής. Οι πληροφορίες αυτές πιθανόν θα οδηγήσουν σε εφαρμογή και μίας άλλης γεωφυσικής μεθοδολογίας, σε συγκεκριμένες θέσεις-περιοχές (ηλεκτρομαγνητική), μεγαλύτερης διακριτικής ικανότητας, για τον προσδιορισμό και διαχωρισμό ζωνών πολύ

υψηλής αγωγιμότητας (στρώματά κορεσμένα με θαλασσινό νερό) με χαμηλής (μη υδροφόρα στρώματα).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Ι., (1998). Συμβολή των γεωφυσικών μεθόδων στη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών του οροπέδιου της Τρίπολης. *Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας*, 310σ., Αθήνα.
- 2) ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Ι., (2003). Ηλεκτρική μέθοδος διασκόπησης. *Σημειώσεις Εργαστηρίου Γεωφυσικής*. 30σ., Αθήνα.
- 3) ΓΚΙΩΝΗ – ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ, Γ., (1990). Έκθεση υδρογεωλογικής αναγνώρισεως κτήματος ιδιοκτησίας Κ. Παναγόπουλου στην κοινότητα Χλωμοτιανά Κέρκυρας με σκοπό την εγκατάσταση μονάδας εμφιαλώσεως νερού. *Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών – Διεύθυνση Υδρογεωλογίας*, 8σ., Αθήνα.
- 4) DORBIN, B.M., SAVIT H.C. (1988). Introduction to geophysical prospecting. *McGraw-Hill International Editions*, 846p.
- 5) FLATHE, H., (1963). Five-layer master curves for the hydrogeological interpretation of geoelectrical resistivity measurements above a two-storey aquifer. *Geophysical Prospecting*, XI, 4, pp. 471-508.
- 6) ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ, Σ., (1976). Περί της προελεύσεως και εξελίξεως των θινών της Νοτίου Κέρκυρας και της σχέσεως αυτών μετά της λίμνης Κορισσίων. *Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών, Τόμος 1976*, σελ. 522-539, Αθήνα.
- 7) ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, Ν., (1965). Γεωλογικά και μικροπαλαιοντολογικά παρατηρήσεις επί της νήσου Κέρκυρας. *Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Τόμος VI, Τεύχος 1*, σελ. 1-13, Αθήνα.
- 8) ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, Ν., (1967). Γεωλογία και μικροπαλαιοντολογία της Νοτίου Κέρκυρας. *Γεωλογικά και Γεωφυσικά Μελέται, Τόμος XII, Vol. 1*, 119σ., Αθήνα.
- 9) MERRICK, N.P., (1977). A computer program for the inversion of Schlumberger sounding curves in the apparent resistivity domain. *New South Wales Water Resources Commission, Hydrological report No 1977/5*, 36p., Sydney.
- 10) ORELLANA, E. & MOONEY, H.M, (1966). Master table and curves for vertical electrical sounding over layered structures. *Interciencia*, 193p., Madrid.
- 11) ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Τ., (2004). Σημειώσεις επί των γεωηλεκτρικών μεθόδων διασκόπησης. 68σ., Αθήνα.
- 12) ROGL F., ANTL-WEISER W., BRANDSTATTER F., DERMITZAKIS M.D., PAPESCH W., PILLER W.E., SCHULTZ O., SYMEONIDIS N.K.,

- TRIANTAPHYLLOU M.V. & TSAPRALIS V., (1997). Late Pleistocene marine cycles in Southern Corfu, *Annales Geol. Pays Hell.*, Vol. XXXVII, pp.663-767.
- 13) TELFORD, W.M., GELDART, L.P., SHERIFF, R.E., KEYS, D.A., (1976). Applied Geophysics. *Cambridge Univ. Press*, 843p.
- 14) ΤΟΜΑΡΑ, Β., (2006). Διερεύνηση των γεωπεριβαλλοντικών συνθηκών της λίμνης Κορισσίων (v. Κέρκυρα) με την υποστήριξη Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. *Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία*, 194σ., Αθήνα.
- 15) YUNGUL, S.H., (1966). Electrical methods in geophysical exploration of deep sedimentary basin. *Chapman & Hall*, 197p.
- 16) ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΑΚΗΣ, Σ.Ν., (1957). Το Πλειόκαινον της Λευκίμης (Κέρκυρα). *Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών, Τόμος 1957*, σελ. 337-345.
- 17) ZOHDY, A.A.R., (1974). Automatic interpretation of Schlumberger sounding curves. *Geol. Sur. Bull. 1313E. U.S. Government Printing Office*, 71 pp., Washington.
- 18) ZOHDY, A.A.R., (1989). A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner soundings curves. *Geophysics*, vol.54, 2: pp.245-253.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Γεωηλεκτρικά Δεδομένα

