



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

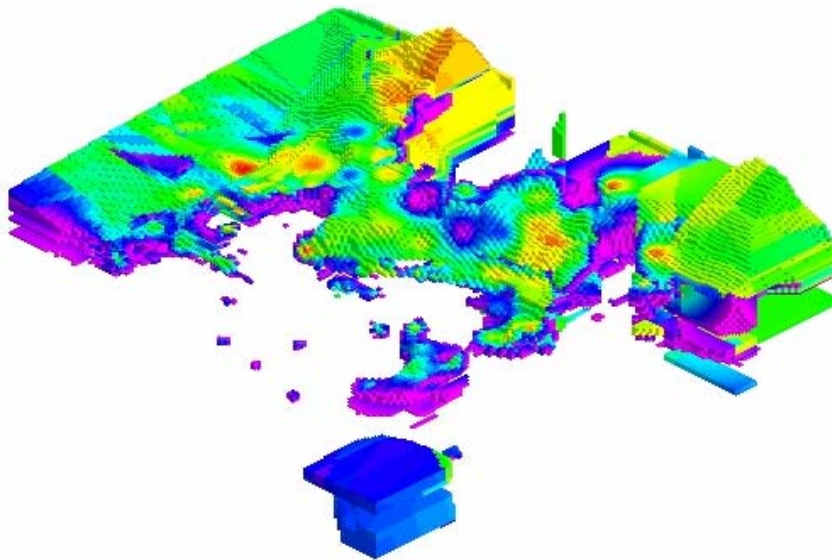
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

**Τρισδιάστατη κατανομή ανυδρίτη και γύψου
στο γυψορυχείο στην περιοχή Αλτσι της Ανατολικής Κρήτης**



Ταυρής Κωνσταντίνος

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Αναπληρωτής Καθηγητής Μανούτσουλου Εμμανουήλ (επιβλέπων)

Αναπληρωτής Καθηγητής Χρησιδης Γεώργιος

Καθηγητής Περδικάκης Βασίλειος

Μάιος 2008

Χανιά

***Αφιερωμένο
στους γονείς μου...***

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η οριοθέτηση και χωρική απεικόνιση της κατανομής γύψου και ανυδρίτη του κοιτάσματος θεικών της περιοχής Αλτσι στην ανατολική Κρήτη. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν αφ' ενός τα στοιχεία της υπάρχουσας βάσης δεδομένων του κοιτάσματος που περιλαμβάνει, γεωχημικά και λιθολογικά δεδομένα πυρήνων 14 ερευνητικών γεωτρήσεων που ελήφθησαν το 1982 κατά την φάση αναγνώρισης του κοιτάσματος, δεδομένα που προέκυψαν από τις αναλύσεις 101 επιφανειακών δειγμάτων που ελήφθησαν το 2007 σε κάναβο 40X40 μέτρων και αφ'ετέρου γεωχημικά και λιθολογικά δεδομένα πυρήνων τεσσάρων νέων ερευνητικών γεωτρήσεων που ελήφθησαν πρόσφατα.

Το σύνολο των ανωτέρω στοιχείων χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των τελικών χωρικών μοντέλων κατανομής της γύψου και του ανυδρίτη στον ενεργό λατομικό χώρο, με την χρήση του λογισμικού προγράμματος Rockwork 2006.

Επιπρόσθετα για τον έλεγχο της ζώνης μετάβασης γύψου – ανυδρίτη χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα ερμηνευμένων γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων που διενεργήθηκαν στον λατομικό χώρο.

Πρόλογος

Η εργασία αυτή αποτελεί τμήμα του ερευνητικού προγράμματος « Γεωλογική – Γεωτρητική έρευνα στο γυψορυχείο Αλτσι Σητείας» που διενεργήθηκε στο λατομείο της θέσεως Αλτσι στην επαρχία Σητείας στη ανατολική Κρήτη. Η ανάθεση του προγράμματος έγινε από την εταιρεία INTERBETON Α.Ε. στην Ερευνητική Μονάδα Γεωλογίας του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας είχα την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια από αρκετούς ανθρώπους τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω από αυτό εδώ το σημείο.

Πρώτον από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον δάσκαλο μου και επιβλέποντα της εργασίας αυτής, Αναπληρωτή Καθηγητή κ.Μανούτσογλου Εμμανουήλ, για την συμπαράσταση και την βοήθεια που μου έδωσε κατά την διάρκεια της συλλογής των δεδομένων, στην ύπαιθρο, καθώς και κατά την συγγραφή του παρόντος κειμένου. Η συνεργασία μαζί του με εφοδίασε με αρκετές γνώσεις πάνω στον γεωλογικό τομέα, αλλά κυρίως μου έδειξε τον τρόπο της σκέψης και της μεθοδικής εργασίας, για την εύρεση αξιόπιστων αποτελεσμάτων, πάνω σε πραγματικά προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει ένας μηχανικός μεταλλείων πάνω στην εργασία του.

Ευχαριστώ τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ.Χρηστίδη Γεώργιο καθώς και τον Καθηγητή κ.Περδικάτση Βασίλειο, διευθυντή του Εργαστηρίου Ανόργανης και Οργανικής Γεωχημίας και Οργανικής Πετρογραφίας, οι οποίοι δέχτηκαν να συμμετάσχουν στην εξεταστική επιτροπή, καθώς και για την βοήθεια που προσέφεραν για να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία, μέσω των επισημάνσεων και των παρατηρήσεων πάνω σε αυτή.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Σπυριδάκη Νικόλαο, μεταλλειολόγο μηχανικό στο λατομείο Αλτσι για την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά την επίσκεψη μας στο λατομικό χώρο, καθώς και για τα στοιχεία και δεδομένα που μας προσέφερε για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Πολλές ευχαριστίες πρέπει να δοθούν στον διδακτορικό φοιτητή κύριο Hamdan Hamdan για την βοήθεια του κατά την πραγματοποίηση και ερμηνεία των γεωφυσικών διασκοπίσεων

Επίσης ευχαριστώ πολύ τους συνεργάτες μου και φίλους : τον Γεωλόγο κ. Παναγόπουλο Γεώργιο, τον μεταπτυχιακό φοιτητή Βάχλα Γεώργιο και την μεταπτυχική φοιτήτρια Σταθογιάννη Φωτεινή για την πολύτιμη βοήθεια τους και για την άψογη συνεργασία μας στις υπαίθριες δραστηριότητες αλλά και κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην συμφοιτήτρια μου και τελειόφοιτη φοιτήτρια της σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος Πανακούλια Σωτηρία για την ψυχολογική κυρίως υποστήριξη και συμπαράσταση σε αυτή την προσπάθεια μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Πρόλογος	4
Περιεχόμενα	6
Κατάλογος Σχημάτων	8
Κατάλογος πινάκων	9
Κατάλογος εικονών	Error! Bookmark not defined.
Εισαγωγή	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εβαπορίτες	12
1.1 Γενικά στοιχεία	12
1.2 Μοντέλα γένεσης εβαποριτών	14
1.2.1 Μη θαλάσσια περιβάλλοντα	15
1.2.2 Ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα	16
1.2.3 Περιβάλλον Βαθείας Λεκάνης	18
1.2.4 Περιβάλλον υδάτινων στρωμάτων	20
1.3 Διαγένεση Εβαποριτών	20
1.3.1 Η ενεργή φρεατική ζώνη	22
1.3.2 Μηχανική συμπίεση και ροή λόγω συμπίεσης	22
1.3.3 Αρχική συγκόλληση	24
1.3.4 Μεγάλης κλίμακας υποεπιφανειακή διάλυση	25
1.3.5 Θερμοβαρυτική ροή και αλλαγή φάσεων εβαποριτικών ορυκτών	25
1.3.6 Εκταφιασμός βυθισμένων εβαποριτών	26
1.4 Αλατούχος τεκτονική	26
1.4.1 Διαπειρισμός – Αλατοκίνηση	26
1.4.2 Τύποι αλατούχων δομών	30
1.4.3 Διαπειρισμός στον Ελλαδικό χώρο	34
1.5 Γύψος-ανυδρίτης	36
1.6 Χρήσεις εβαποριτών και η οικονομική τους σημασία	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Στοιχεία Γεωλογίας	41
2.1 Γεωλογικά στοιχεία της Κρήτης	41
2.2 Τα κοιτάσματα γύψου - ανυδρίτη της Κρήτης	46
2.3 Το γεωλογικό καθεστώς στο κοιτάσμα Αλτσι	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εκμετάλλευση	54
3.1 Η πορεία και εξέλιξη του κοιτάσματος γύψου – ανυδρίτη στη θέση Αλτσι	54
3.2 Το λατομείο σήμερα	55
3.3 Εκμετάλλευση	57
3.4 Φόρτωση – Μεταφορά	58

3.5 Συγκρότημα θραύσης.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Γεωφυσική.....	61
4.1 Σκοπός της γεωφυσικής έρευνας	61
4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
4.3 Μέθοδος Ειδικής Ηλεκτρικής Αντίστασης.....	62
4.3.1 Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	63
4.3.2 Ροή ηλεκτρικού ρεύματος σε ομογενή γη	64
4.3.3 Ειδική ηλεκτρική αντίσταση ορυκτών και πετρωμάτων.....	67
4.3.4 Φαινόμενη ειδική αντίσταση	71
4.3.5 Διατάξεις Ηλεκτροδίων	71
4.4 Μέθοδος της ηλεκτρικής τομογραφίας.....	73
4.4.1 Επεξεργασία δεδομένων ηλεκτρικής τομογραφίας.....	74
4.4.2 Τρόπος πραγματοποίησης μετρήσεων	75
4.4.3 Περιγραφή γραμμών διασκόπησης.....	76
Κεφάλαιο 5: Περιήγηση στο RockWorks.....	88
5.1 Έναρξη.....	88
5.2 Borehole Manager	91
5.3 Project Dimensions.....	93
5.4 Geological Utilities	95
5.5 Tables.....	96
5.6 Εισαγωγή δεδομένων	101
5.7 Φόρμα Excel	104
5.7.1 Location	106
5.7.2 Lithology	107
5.7.3 I-Data	108
5.8 I-Data	110
5.8.1 I-Data Profile	113
5.8.2 I-Data section	123
5.8.3 I-Data Fence	126
5.8.4 I-Data Plan Map	132
5.8.5 I-Data Model.....	135
Κεφάλαιο 6: Επεξεργασία	144
6.1 Δημιουργία μοντέλου στο Rockwork 2006.....	145
6.2 παρουσίαση αποτελεσμάτων, συγκρίσεις	152
6.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων	152
6.3 Διασταυρούμενες τομές.....	162
6.4 Συμπεράσματα	163
Παράρτημα	165
1. δημιουργία φύλου αναφοράς γεωτρήσεων στο Excel	165
2. Παράδειγμα της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των μοντέλων.....	171
Βιβλιογραφία.....	172

Ξένη:.....	172
Ελληνική:.....	173
Διαδίκτυο:.....	174

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου.....	16
Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου	18
Σχήμα 3: Λατυποπαγή κατάρρευσης	23
Σχήμα 4: Δομές αρχικής συγκόλλησης.....	24
Σχήμα 5: Απλοποιημένο μοντελο διαπειρισμου (από Μαριολάκο & Φουντούλη, 2000)	29
Σχήμα 6: εξέλιξη μιας οικογενιας αλατουχων δομων (από Μαριολάκο & Φουντούλη, 2000).....	34
Σχήμα 7: Σχηματική ακολουθία της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων, του Φυλλιτικού Καλύμματος και του Καλύμματος της Τρίπολης μαζί με τις κυριότερες λιθολογίες. Τα βέλη αντιπροσωπεύουν τους κύριους τεκτονικούς ορίζοντες αποκόλλησης που διαχωρίζουν τις ενότητες και υποενότητες(Dornsiepen et al., 2001).....	46
Σχήμα 8: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (από Κανάρη 1989)	50
Σχήμα 9: Γεωλογική τομή Α - Α ' (από Κανάρη 1989)	50
Σχήμα 10 Σχηματική απεικόνιση του νόμου του Ohm (http://galitzin.mines.edu).	63
Σχήμα 11: Τυπική διάταξη ηλεκτροδίων. (http://galitzin.mines.edu).	64
Σχήμα 12: Ομοιόμορφη ροή ηλεκτρικών φορτίων προς όλες τις κατευθύνσεις σε ομογενές μέσο (Γκανιάτσος, 2000, Σούρλας, 2000).	65
Σχήμα 13: Απεικόνιση του δυναμικού πεδίου με δυναμικές γραμμές.....	66
Σχήμα 14: Σχήμα: Διατάξεις ηλεκτροδίων (κατά Reynolds, 1997).....	72
Σχήμα 15: Θέση γραμμών διασκόπησης 1 & 2 στο γεωλογικό χάρτη του λατομείου.	77
Σχήμα 16: Γραμμή διασκόπησης 1 με διάταξη τη Schlumberger – Wenner.....	79
Σχήμα 17: Γραμμή διασκόπησης 1 με διάταξη διπόλου – διπόλου.....	79
Σχήμα 18: Γραμμή διασκόπησης 2 με διάταξη τη Schlumberger – Wenner.....	80
Σχήμα 19: Γραμμή διασκόπησης 2 με διάταξη διπόλου – διπόλου.....	81
Σχήμα 20: Η θέση της 3ης γραμμής διασκόπησης.	82
Σχήμα 21: Γραμμή διασκόπησης 3.	83
Σχήμα 22: Η θέση της 4ης γραμμής διασκόπησης στο γεωλογικό χάρτη του λατομείου.	84
Σχήμα 23: Γραμμή διασκόπησης 4.	84
Σχήμα 24: Η θέση της 5ης γραμμής διασκόπησης	86
Σχήμα 25Σχήμα: Γραμμή διασκόπησης 5.....	86

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: χαρακτηριστικές τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.....	70
Πίνακας 2: Στοιχεία γραμμών μελέτης.....	76
Πίνακας 3: Λειτουργίες του RockWorks.....	92
Πίνακας 4: Τμήμα της βάσης δεδομένων	171
Πίνακας 5: Τμήμα της βάσης δεδομένων για εισαγωγή στο RockWorks	171

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η οριοθέτηση και χωρική απεικόνιση της κατανομής γύψου και ανυδρίτη του κοιτάσματος θεικών της περιοχής Αλτσι στην ανατολική Κρήτη. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε μια βάση δεδομένων με στοιχεία που ελήφθησαν από μια σειρά γεωτρήσεων καθώς και από επιφανειακά δείγματα της περιοχής. Η βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό πρόγραμμα Rockwork 2006 για την παραγωγή τρισδιάστατων χωρικών μοντέλων κατανομής της γύψου και του ανυδρίτη.

Τέλος για τον έλεγχο της ζώνης μετάβασης γύψου – ανυδρίτη χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα ερμηνευμένων γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων που διενεργήθηκαν στον λατομικό χώρο.

Συνοπτικά η διάρθρωση της ύλης στην παρούσα διπλωματική είναι η εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες γενικές γνώσεις για τους εβαπορίτες που αφορούν την γένεση, τους μηχανισμούς απόθεσης, την διαγένεση, καθώς και την χρησιμότητα αυτών στην εποχή μας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίδονται γενικά γεωλογικά στοιχεία της Κρήτης, καθώς και το γεωλογικό καθεστώς της περιοχής που βρίσκεται το λατομείο.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίδονται ιστορικά στοιχεία για το κοιτάσμα και η διαχρονική πορεία εκμετάλλευσής του. Τέλος δίδονται πληροφορίες για την ανάπτυξη του λατομικού χώρου και στοιχεία για το ανθρώπινο δυναμικό και τον μηχανολογικό εξοπλισμό.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο 4 γίνεται μια σύντομη περιγραφή της μεθόδου της ηλεκτρικής τομογραφίας, παρατίθενται οι γεωηλεκτρικές διασκοπίσεις που έγιναν στο λατομείο και τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται λεπτομερώς λειτουργίες του λογισμικού πακέτου RockWorks για την κατασκευή χωρικών

μοντέλων που τροφοδοτούνται από δεδομένα μέσω διαστημάτων (I-Data).

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία επεξεργασίας των δεδομένων και παρουσιάζονται τα τρισδιάστατα χωρικά μοντέλα κατανομής γύψου - ανυδρίτη του κοιτάσματος. Επίσης παρατίθεται η σύγκριση των χωρικών μοντέλων που δημιουργήθηκαν με επαλληλία δεδομένων (παλαιές, νέες γεωτρήσεις και επιφανειακά δείγματα).

Στο τελευταίο κεφάλαιο τα συνοψίζονται συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εργασία αυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εβαπορίτες

1.1 Γενικά στοιχεία

Με τον όρο εβαπορίτες, αναφερόμαστε σε αποθέσεις ορυκτών τα οποία σχηματίζονται απ'την καθίζηση αλάτων σε αποκλεισμένα υδάτινα σώματα, όπως ενδοηπειρωτικές θάλασσες, ημιαπομονωμένες υδάτινες μάζες κοντά σε ακτές, ή λιμνοθάλασσες και λίμνες τύπου PLAYA. Όταν τέτοια υδάτινα σώματα υπόκεινται σε εξάτμιση η οποία δεν μπορεί να εξισορροπηθεί απ'το νερό που παρέχεται από βροχοπτώσεις, υπόγεια υδατορροή η από την ανοικτή θάλασσα, τα άλατα στο διάλυμα αποκτούν μεγαλύτερη συγκέντρωση και επομένως αυξάνει η αλμυρότητα. Τελικά θα σχηματιστεί αλμυρό νερό απ'το οποίο θα αρχίσουν να καθιζάνουν άλατα.

Η καθίζηση των αλάτων από αλμυρό νερό για το σχηματισμό εβαποριτών εξαρτάται κυρίως από τη διαλυτότητα των αλάτων, από τη θερμοκρασία και από τη σύσταση των αλμυρών νερών.

Η πρώτη έρευνα για τη σειρά καθίζησης των αλάτων απ' το θαλάσσιο περιβάλλον έγινε απ' το Γάλλο χημικό USIGLIO.J ,ο οποίος εξάτμισε ένα δείγμα νερού από τη Μεσόγειο θάλασσα και ανέλυσε την καθίζησηση των ορυκτών και το υπολλειματικό νερό. Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων βρήκε ότι σε μείωση 50% του αρχικού όγκου του δείγματος αρχίζει να καθιζάνει CaCO_3 , σε μείωση 15% έως 20% από τον αρχικό όγκο αρχίζει να καθιζάνει το CaSO_4 . Μόνο μετά από μείωση 10% του αρχικού όγκου καθιζάνει το NaCl , ακόμα μεγαλύτερη εξάτμιση οδηγεί στο διαχωρισμό MgSO_4 και MgCl_2 ακολουθούν το NaBr και KCl . Τα αποτελέσματα του USIGLIO.J δεν συμφωνούν απόλυτα με τη συχνότητα των ορυκτών που παρατηρούνται σε μερικές αποθέσεις εβαπόριτων. Πολλά από τα προαναφερθέντα ορυκτά δεν είναι απίθανο να συνυπάρχουν.

Αλλά η απόθεση των εβαποριτών στη φύση δεν είναι τόσο απλή διαδικασία όσο η συνεχή εξάτμιση ενός δείγματος θαλασσινού νερού στο εργαστήριο.

Αλλαγές στη θερμοκρασία, αλμυρότητα και σύσταση του αλμυρού νερού στη φύση μπορούν να παρατηρηθούν και οφείλονται σε πολλές αιτίες. Τέτοιες αλλαγές μπορούν να οδηγήσουν στην επαναδιάλυση (ή μετατροπή) προηγούμενα αποτιθέμενων ορυκτών και στο σχηματισμό νέων και διαφορετικών. Τα αποθέματα εβαποριτών μπορεί να αποτελούνται από επαναλαμβανόμενες σειρές, από ένα, δύο ή τρία συνηθισμένα ορυκτά, όπως ασβεσίτη, αλίτη ή από μία τεράστια και πολύπλοκη περιοχή από 30 ή παράπάνω ιδιαίτερους τύπους ορυκτών.

Περισσότερα από 80 ορυκτά έχουν αναγνωριστεί σε εβαπιρίτες θαλάσσιας προέλευσης. Αυτά είναι κυρίως ανθρακικά, σουλφίδια και χλωρικά με μερικά βορικά, πυριτικά και άλλες ομάδες ορυκτών. Εβαπορίτες που δεν σχηματίστηκαν σε θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να περιλαμβάνουν πολλά από το ίδιο είδος ορυκτά, αλλά σαν μία γενίκευση επιδεικνύουν μια μεγαλύτερη ποικιλία από εκείνους που αποτίθενται σε θαλάσσιο περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει γιατί η σύνθεση του θαλάσσιου νερού είναι σχεδόν παντού, περισσότερο σταθερή απ' αυτή των νερών που τροφοδοτούν λίμνες τύπου PLAYA, τα οποία αντανακλούν τη σύσταση των γειτονικών περιοχών στις οποίες βρίσκονται οι πηγές των νερών αυτών. Βορικά, νιτρικά, θειικά και ανθρακικά ορυκτά παρατηρούνται πιο συχνά σε όχι θαλάσσια περιβάλλον.

Μια θεωρία για την απόθεση των εβαποριτών διατυπώθηκε το 1864 για να εξηγήσει τα παχιά αποθέματα των εβαποριτών που συναντάμε σ' ορισμένες περιοχές. Τα βασικά σημεία αυτής της θεωρίας είναι η ύπαρξη ενός εμποδίου που δεν επιτρέπει την ελεύθερη κυκλοφορία μεταξύ των νερών της ανοικτής θάλασσας και μιας λιμνοθάλασσας. Το εμπόδιο αυτό επιτρέπει την εισχώρηση του θαλάσσιου νερού στη λιμνοθάλασσα ώστε να αναπληρωθεί το εξατμιζόμενο νερό.

Το βασικό σημείο της παραπάνω θεωρίας είναι ο συνεχής ανεφοδιασμός αλμυρού νερού, ο οποίος μειώνει στο ελάχιστο την ανάγκη για ένα αρχικό υδάτινο σώμα, το οποίο είναι σχεδόν ωκεανικό στο μέγεθος.

Όπως διαπιστώνεται με τα παραπάνω οι εβαπορίτες αποτελούν παλαιογεωγραφικούς δείκτες με μεγάλη σημασία, όμως εκτός απ' αυτή τους την ιδιότητα οι εβαπορίτες έχουν και πιθανή παλαιοκλιματολογική σημασία. Παρατηρούνται σε κάθε γεωλογικό σύστημα, αρχίζοντας απ' το Κάμβριο, 570.000.000 χρόνια πριν. Είναι παντού εξαπλωμένοι, παρατηρούνται σε κάθε ήπειρο, αλλά ένας βαθμιαίος περιορισμός προς τον Ισημερινό είναι δεδομένος αν σκεφτούμε τη διανομή τους μέσα στο χρόνο. Αυτό το γεγονός συνδιασμένο με την ανάγκη για υψηλούς βαθμούς εξάτμισης έχει οδηγήσει πολλούς επιστήμονες να πιστεύουν ότι οι εβαπορίτες είναι καλοί δείκτες παλαιοκλίματος. Παραδείγματος χάριν, η εμφάνιση τους επίσημαίνει την ύπαρξη ενός γενικώς ξηρού κλίματος κατά τη διάρκεια του σχηματισμού τους (Σαραντοπούλου & Τούντα 1991).

1.2 Μοντέλα γένεσης εβαποριτών

Ο τρόπος σχηματισμού των εβαποριτών καθώς και το παλαιογεωγραφικό περιβάλλον απόθεσης είναι ακόμα θέματα που δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως. Εκτός από τους εβαπορίτες που αποτέθηκαν σε καθαρά ηπειρωτικό περιβάλλον, όπως είναι οι εβαπορίτες τύπου PLAYA, η συσχέτιση μερικών εβαποριτών με αποθέσεις κοραλλιογενών υφάλων, κόκκινους ορίζοντες ή ποτάμιες δομές υποδεικνύουν ρηχά νερά ή χερσαίο περιβάλλον απόθεσης. Ωστόσο πολλοί ερευνητές για να ερμηνεύσουν εβαποριτικές αποθέσεις μεγάλου πάχους υιοθετούν μοντέλα γένεσης σε βαθιές λεκάνες. Τέλος μια τρίτη ιδέα αναφέρει ένα υδάτινο σύστημα δύο στρωμάτων, στο οποίο ένα στρώμα αλμυρού νερού εκτίθεται

περιοδικά σε εξάτμιση. Κατά συνέπεια τα περιβάλλοντα γένεσης εβαποριτών συνοψίζονται στις εξής κατηγορίες :

- Μη θαλάσσια περιβάλλοντα.
- Ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα.
- Περιβάλλον Βαθείας Λεκάνης.
- Περιβάλλον υδάτινων στρωμάτων.

1.2.1 Μη θαλάσσια περιβάλλοντα

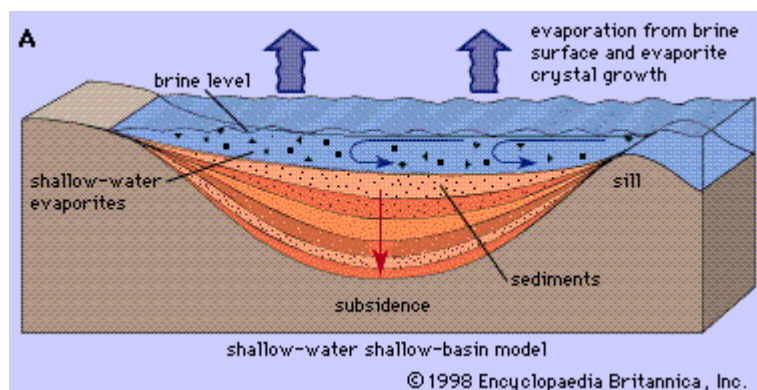
Απόθεση εβαποριτών σε μη θαλάσσια περιβάλλοντα παρατηρείται σε κλειστές λίμνες που βρίσκονται σε ξηρές περιοχές. Τέτοιες λίμνες σχηματίζονται σε κλειστές εσωτερικές λεκάνες ή ρηχά σημεία κατάπτωσης στο έδαφος από όπου η απορροή της υδάτινης μάζας δεν φτάνει στη θάλασσα. Αν τα νερά είναι ρηχά ο όρος PLAYA ή λίμνη τύπου PLAYA χρησιμοποιείται συχνά.

Για την υδάτινη εισροή σε κλειστές λίμνες συντελεί κυρίως η βροχόπτωση και η επιφανειακή απορροή και τα δύο εκ των οποίων είναι μικρά σε όγκο και συχνότητα σε ξηρές περιοχές. Επίσης μικρό ποσοστό στον εισρεόμενο όγκο ύδατος σε μια κλειστή λίμνη προσθέτει η ροή του υπεδάφικου νερού. Ωστόσο σε αυτές τις κλιματικές συνθήκες οι ρυθμοί εξάτμισης είναι πάντα μεγαλύτεροι από τους ρυθμούς εισροής λόγω επιφανειακής απορροής ή βροχόπτωσης. Η αλμυρότητα αυτών των λιμνών είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τιμή των θαλασσών. Επίσης η σύσταση του νερού των λιμνών αυτών εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη σύσταση των πετρωμάτων που βρίσκεται η λίμνη και από τη σύσταση των πετρωμάτων που διασχίζουν τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, σε αντίθεση με το νερό της θάλασσας που έχει σε μεγάλο βαθμό σταθερή σύσταση. Η αλμυρότητα σε κλειστές λίμνες επηρεάζεται πολύ συχνά αλλά για μικρό χρονικό διάστημα από τις βροχοπτώσεις οδηγώντας έτσι σε διαλυτοποίηση των αποτεθέντων εβαποριτικών ορυκτών και

επαναπόθεσή τους. Η ακολουθία απόθεσης των εβαποριτικών ορυκτών σε αυτό το περιβάλλον ξεκινά με απόθεση ανθρακικού ασβεστίου, ακολούθως γύψου και ανυδρίτη, αλίτη και σε τελικό στάδιο θεικού μαγνήσιου και χλωριούχου κάλιου.

1.2.2 Ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα

Απόθεση εβαποριτών σε ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα παρατηρείται ιδιαίτερα κατά μήκος των περιθωρίων ημιαποκλεισμένων υδάτινων σωμάτων όπως η Ερυθρά Θάλασσα και ο Περσικός Κόλπος. Ο περιορισμός του υδάτινου όγκου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την απόθεση εβαποριτών, γιατί ελεύθερη και απεριόριστη ανάμιξη των υδάτων με την ανοικτή θάλασσα θα οδηγούσε σε εξισορρόπηση του υψηλού ρυθμού εξάτμισης των ξηρών περιοχών και θα επανέφερε την αλμυρότητα σε κανονικά επίπεδα.



Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου ρηχής λεκάνης. (www.britannica.co.uk)

Ο Περσικός Κόλπος είναι τυπικό και αρκετά μελετημένο περιβάλλον ρηχής θάλασσας. Ένα δίκτυο μικρών νησιών κοντά στις ακτές, που σχηματίζουν κράσπεδα, λειτουργεί ως μέσο περιορισμού των νερών του κόλπου σε παραλιακές λιμνοθάλασσες. Η αλατότητα σε αυτές τις λιμνοθάλασσες είναι περίπου διπλάσια από αυτή του κανονικού θαλασσινού νερού.

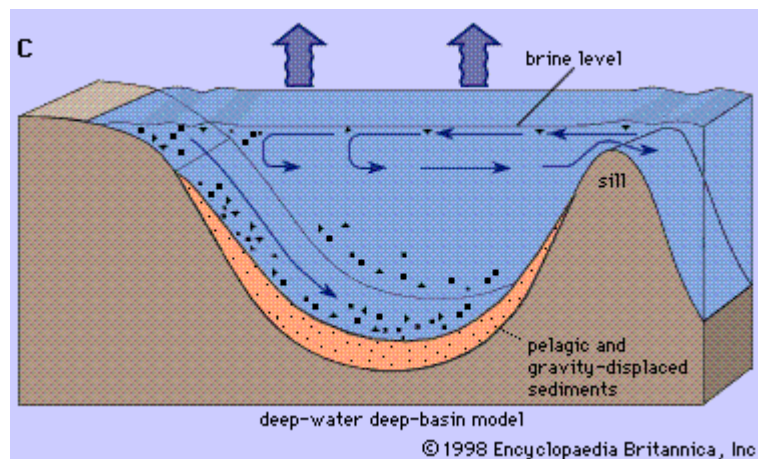
Ένα από τα τρία στοιχεία που συνθέτουν τα ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα που συνδέονται με απόθεση εβαποριτών είναι οι κλειστές λιμνοθάλασσες. Το δεύτερο είναι το επίπεδο των φυκών, μια μεσοπαλιρροιακή ζώνη κοντά στο υψηλότερο σημείο της στάθμης του νερού και το τρίτο στοιχείο είναι το παραλιακό επίπεδο αλάτων ή SABKHA, μια υπερπαλιρροιακή ζώνη όπου η επίδραση του νερού της θάλασσας είναι περιστασιακή.

Τα ιζήματα της λιμνοθάλασσας είναι κυρίως ανθρακικές άμμοι και πηλοί, πλούσιοι σε εγκλείσματα κοραλλιών και άλλων κόκκων βιοκλαστών. Θεωρείται τα φύκη της ζώνης αυτής παίζουν σημαντικό ρόλο στη μετατροπή των ανθρακικών ιζημάτων και στην καθίζηση αραγωνίτη παρά ασβεσίτη σε πολλές περιπτώσεις. Οι περιοχές αυτή λειτουργεί ως παγίδα σε ανθρακικά ιζήματα και τείνουν να τα διατηρούν ως ξεχωριστά στρώματα σε κατακόρυφες ιζηματογενείς σειρές.

Οι αποθέσεις εβαποριτών σε περιοχές τύπου SABKHA κατά μήκος των ακτών περιλαμβάνει πλάτη από οκτώ ως δώδεκα χιλιόμετρα και η θερμοκρασία και η αλατότητα λαμβάνουν τιμές παραπλήσιες των ηπειρωτικών λιμνών παρά εκείνες των λιμνοθαλασσών. Εξάτμιση υπεδαφικού νερού και νερού που προέρχεται από περιοδικές πλημμύρες λόγω βροχοπτώσεων οδηγεί στο σχηματισμό αλμόλοιπου στο εσωτερικό των πόρων των ιζημάτων της περιοχής SABKHA. Η αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στο αλμόλοιπο οδηγεί στην απόθεση εβαποριτών, κυρίως με τη μορφή γύψου και ανυδρίτη στους πόρους των ιζημάτων της SABKHA. Επίσης αποτίθεται δολομίτης με διάφορους μηχανισμούς καθώς και αλίτης στην επιφάνεια της SABKHA. Πολύ συχνά παρατηρείται μετατροπή και αντικατάσταση των αρχικών ιζημάτων λόγω αντίδρασης του αλμόλοιπου με τα ιζήματα.

1.2.3 Περιβάλλον Βαθείας Λεκάνης

Όπως σε όλα τα μοντέλα απόθεσης εβαποριτών, έτσι και στο μοντέλο της βαθιάς λεκάνης, είναι απαραίτητη προϋπόθεση ο ρυθμός εξάτμισης να υπερβαίνει τον ρυθμό εισροής νερού από βροχόπτωση, επιφανειακή ή υπεδαφική ροή καθώς και την εισροή νερού από την ανοικτή θάλασσα. Η κύρια μορφολογική αναγκαιότητα είναι η ύπαρξη ενός φραγμού για να εμποδίζεται η ελεύθερη και απεριόριστη ανάμειξη του νερού της λεκάνης με αυτό της ανοικτής θάλασσας.



Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου Βαθείας Λεκάνης. (www.britannica.co.uk)

Αυτό το μοντέλο είναι όμοιο με αυτό της Μεσογείου, με τα περισσότερα Νορβηγικά φιόρδ και την Ερυθρά Θάλασσα.

Η διαδικασία απόθεσης εβαποριτών σε περιβάλλον βαθιάς θάλασσας δεν έχει αποκρυπτογραφηθεί πλήρως. Μια πιθανή αλληλουχία γεγονότων που καταλήγει στην απόθεση εβαποριτών είναι η ακόλουθη:

- Στάδιο 1. Νερό της ανοικτής θάλασσας, πυκνότητας $1,02 \text{ gr/cm}^3$ εισέρχεται στη λεκάνη και αυξάνει την πυκνότητα του νερού εντός αυτής σε $1,025 \text{ gr/cm}^3$, εξαιτίας επιφανειακής εξάτμισης. Η πυκνότητα προς τα περιθώρια της λεκάνης

αυξάνει περισσότερο και η κυκλοφορία που προκαλεί η βύθιση του πυκνότερου νερού ακολουθεί τα όρια της λεκάνης. Οι συνθήκες αυτές μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με τις συνθήκες που επικρατούν σήμερα στη Μεσόγειο.

- Στάδιο 2. Η συνεχής βύθιση του αλμυρού νερού που σχηματίστηκε στην επιφάνεια και είναι πυκνό, τελικά μεταθέτει όλο το νερό με κανονική πυκνότητα μέσα στη λεκάνη και σχηματίζεται στάσιμο νερό στον πυθμένα με έλλειψη οξυγόνου. Αυτό είναι το όξινο στάδιο, όπου η κανονική απόθεση ανθρακικών σταματάει και αντικαθίστανται από την συσσώρευση σκούρων οργανικών πηλών. Η πυκνότητα του νερού του πυθμένα κυμαίνεται στα $1,08 \text{ gr/cm}^3$.
- Στάδιο 3. Η συνεχής επιφανειακή εξάτμιση θα οδηγήσει στη καθίζηση του πρώτου εβαποριτικού ορυκτού, της γύψου. Αυτό συμβαίνει στα πιο απόκεντρα μέρη της λεκάνης και όταν έχουν επιτευχθεί πυκνότητες περίπου $1,10 \text{ gr/cm}^3$. Οι κρύσταλλοι της γύψου θα διαλυτοποιηθούν καθώς καθιζάνουν προς τον πυθμένα δια μέσου νερού με μικρότερη πυκνότητα ($1,08 \text{ gr/cm}^3$) το οποίο δεν είναι πλήρως κορεσμένο σε θειικό ασβέστιο.
- Στάδιο 4. Σε αυτό το στάδιο σχεδόν όλη η λεκάνη είναι γεμάτη με νερό πυκνότητας $1,25 \text{ gr/cm}^3$. Αποτίθενται ταυτόχρονα γύψος, ανυδρίτης και αλίτης χωρίς να υφίστανται επαναδιαλυτοποίηση ενώ τυχόν μικροδιακυμάνσεις της αλατότητας μεταβάλλουν την ποσότητα και το είδος των αποτιθέμενων ορυκτών. Πλέον βρισκόμαστε στη φάση συνεχούς απόθεσης εβαποριτών.
- Στάδιο 5. Όταν πλέον η λεκάνη γεμίσει πλήρως με εβαποριτικά άλατα στην επιφάνεια η κανονική ιζηματογένεση που σχετίζεται με κινήσεις της ακτογραμμής θα καλύψει τους εβαπορίτες και θα διατηρήσει τα στρώματα αυτά. Εναλλακτικά αν το επίπεδο της θάλασσας κατέβει ή λόγω τεκτονικών κινήσεων ανυψωθεί η

λεκάνη, η εισροή θαλασσινού νερού θα σταματήσει διατηρώντας έτσι τους εβαποριτικούς σχηματισμούς.

1.2.4 Περιβάλλον υδάτινων στρωμάτων

Σε μερικές περιπτώσεις, έχουμε τη συσσώρευση εβαποριτών χωρίς εμφανείς ενδείξεις ξηρού κλίματος. Επειδή η ύπαρξη στρωμάτων πυκνότητας υπάρχει σε κάποια μορφή σε όλες τις λίμνες και θάλασσες, ένα απλό υδάτινο σύστημα δύο στρωμάτων έχει προταθεί ως βασικό μοντέλο στο σχηματισμό του παραπάνω είδους εβαποριτών. Βασικά το σύστημα αποτελείται από ένα στρώμα αλμυρού νερού, που υπόκειται ενός αραιού σχετικά στρώματος νερού και χωρίζεται από αυτό από μια πυκνογραμμή, ένα όριο κατά μήκος του οποίου η διάχυση των αλάτων είναι αργή.

Το μοντέλο αυτό δικαιολογείται και από τα προηγούμενα μοντέλα που αναφέρονται σε στρώματα νερού διαφορετικής πυκνότητας και αλατότητας.

Τα κυριότερα σημεία της θεωρίας των στρωμάτων είναι δύο. Πρώτον το αλμόλοιπο, κάτω από την πυκνογραμμή, διατηρείται από την εισροή αλμυρού νερού από ολόκληρη την περιοχή διοχέτευσης. Δεύτερον, για να υπάρξει καθίζηση εβαποριτών πρέπει το αλμόλοιπο να υφίσταται περιστασιακά επιφανειακή εξάτμιση (Σαραντοπούλου & Τούντα 1991) .

1.3 Διαγένεση Εβαποριτών

Οι εβαπορίτες σύμφωνα με τις αλλαγές που έχουν υποστεί στην πρωτογενή τους δομή και σύσταση, μπορούν να διαχωριστούν ως ακολούθως (Warren,1999):

- Πρωτογενείς εβαπορίτες. Σχηματίζονται από αλμόλοιπα λόγω εξάτμισης σε κανονικές θερμοκρασίες.

- Δευτερογενείς εβαπορίτες. Αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των παλιών εβαποριτικών αποθέσεων και διαχωρίζονται σε τρεις υποκατηγορίες:

1. Υποεπιφανειακή απόθεση αλάτων ελάχιστου βάθους. Η αιτία δημιουργίας τους εξακολουθεί να είναι η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (Sabkha κόνδυλοι).
2. Εβαπορίτες που έχουν επηρεαστεί από την διαγένεση. Τα αρχικά εβαποριτικά ορυκτά αντικαθίστανται μερικώς από άλλες ορυκτολογικές φάσεις.
3. Υποεπιφανειακή εβαποριτική απόθεση με την μορφή συγκολλητικής ύλης ή αντικατάστασης μη εβαποριτικών υλικών.

- Τριτογενείς εβαπορίτες. Σχηματίζονται κατά την άνοδο των δευτερογενών εβαποριτών που είχαν βρεθεί σε μεγάλα βάθη, οπότε έρχονται σε επαφή με αλμόλοιπα που είναι εμπλουτισμένα με διαλελυμένο υλικό από την διάλυση προϋπαρχόντων εβαποριτικών στρώσεων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στις ζώνες φρεάτιας κυκλοφορίας των ρευστών (phreatic circulation zone). Οι εβαπορίτες αυτοί έχουν υποστεί σημαντικές αλλαγές στην δομή τους, καταστρέφοντας σχεδόν εξ' ολοκλήρου τα πρωτογενή χαρακτηριστικά τους.

Οι πρωτογενείς εβαποριτικές αποθέσεις υφίστανται έντονες διεργασίες διαγένεσης. Η μορφή της διαγένεσης εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το καθεστώς ροής που επικρατεί στα διάφορα βάθη. Αυτά τα καθεστώτα είναι τα ακόλουθα:

- Ροή στην ενεργή φρεατική ζώνη του μετεωρικού νερού ή του αλμόλοιπου μέσα ή κάτω από τις εβαποριτικές αποθέσεις.
- Ροή λόγω συμπίεσης που καθορίζεται από την αποβολή νερού από τους πόρους των ιζημάτων.

- Θερμοβαρυτική ροή που προκαλείται από τις διαφορετικές πιέσεις και τροφοδοτείται από την αφυδάτωση των εβαποριτικών και αργιλικών ορυκτών.
- Ρευστά πόρων στη ζώνη μεταμόρφωσης ($T > 200\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Οι διεργασίες που σχετίζονται με την δημιουργία, καταστροφή ή αντικατάσταση των πρωτογενών ορυκτών είναι οι ακόλουθες :
 - Συγκόλληση.
 - Αντικατάσταση προϋπάρχοντων ορυκτών.
 - Υποεπιφανειακή διάλυση.
 - Μεταβολή των φάσεων των ορυκτών και αποβολή νερού.

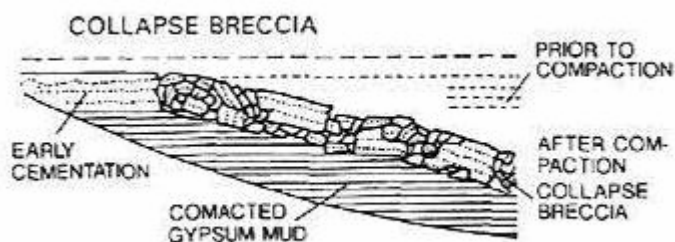
1.3.1 Η ενεργή φρεατική ζώνη

Η εισροή θαλασσινού νερού στη λεκάνη, το μετεωρικό νερό καθώς και η κυκλοφορία – εκροή αλμόλοιπου οδηγεί στο σχηματισμό ρευστών διαφορετικής σύστασης. Τα ρευστά αυτά κυκλοφορούν διαμέσου των εβαποριτικών αποθέσεων καθώς και κάτω από αυτές. Οι βυθιζόμενοι εβαπορίτες αποτελούν ένα υδατοστεγές στρώμα με αποτέλεσμα να διαχωρίζουν τις ρηχές από τις βαθιές οδούς ροής. Κατά τη διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα διάλυση πρωτογενών ορυκτών, αντικατάσταση προϋπάρχοντων ορυκτών και σχηματισμός νέων. Ενδεικτικά όταν στα κεντρικά τμήματα της λεκάνης σχηματίζεται αλμόλοιπο υψηλής συγκέντρωσης πραγματοποιείται αντικατάσταση πρωτογενούς γύψου από ψευδόμορφο αλίτη ή αντικατάσταση ασβεστίτη από δευτερογενή δολομίτη.

1.3.2 Μηχανική συμπίεση και ροή λόγω συμπίεσης

Η μηχανική συμπίεση των εβαποριτικών σχηματισμών είναι εξαιρετικά σημαντική διότι μειώνει σημαντικά το πάχος των εβαποριτικών στρωμάτων. Ειδικότερα η απόθεση λεπτοκρυστάλλων που σχηματίστηκαν στην διεπιφάνεια νερού – αέρα και στη συνέχεια

καθίζησαν στον πυθμένα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ιζημάτων με υψηλό πορώδες. Η διαφορική συμπίεση των αποθέσεων θεικών του ασβεστίου, που ενδέχεται να είναι μερικώς συμπαγοποιημένες, οδηγεί στο σχηματισμό λατυποπαγών κατάρρευσης (collapse breccia). Συνηθέστερα είναι τα λατυποπαγή που προκύπτουν από βαρυτικές ροές από τα υψηλότερα σημεία της λεκάνης προς τα βαθύτερα.



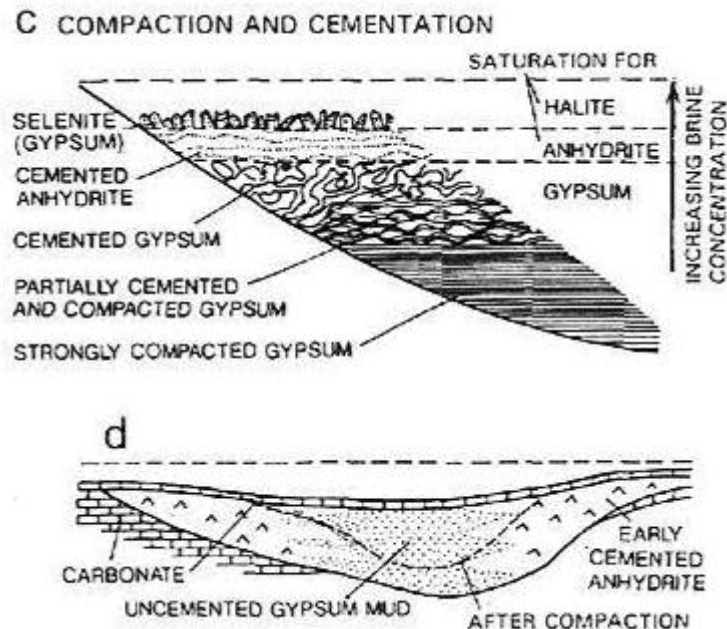
Σχήμα 3: Λατυποπαγή κατάρρευσης
(collapse breccia) (από Einsele 2000)

Η συμπίεση των ιζημάτων έχει ως αποτέλεσμα την αποβολή νερού από τους πόρους των εβαποριτών και των άλλων ιζημάτων που αποτίθενται ταυτόχρονα. Εάν έχουμε ένα υπερκείμενο υλικό διαπερατό από το νερό τότε η ροή συμπίεσης έχει κατεύθυνση προς τα πάνω. Ωστόσο άλατα όπως ο αλίτης συμπαγοποιούνται από τα πρώτα μέτρα της βύθισης τους σχηματίζοντας υδατοστεγείς ορίζοντες οδηγώντας τη ροή συμπίεσης σε πλευρικές κατευθύνσεις.

Κατά τη ροή τους τα ρευστά διαλυτοποιούν προϋπάρχοντα εβαποριτικά ορυκτά, τροποποιούν παλαιότερα ιζήματα και αποθέτουν καινούρια ορυκτά με τη μορφή συγκολλητικής ύλης. Η διεργασία αυτή αφήνει πίσω διάφορα προϊόντα όπως εβαποριτικά λατυποπαγή διάλυσης, ραουβάκες, πυριτωμένους και ασβεστιωμένους εβαποριτικούς κονδύλους. Η αντίδραση των ρευστών με τα ιζήματα μπορεί να προκαλέσει, για παράδειγμα, την δολομιτίωση ασβεστιτικού υλικού ή την ασβεστίωση δολομιτοποιημένων στρώσεων.

1.3.3 Αρχική συγκόλληση

Η ύπαρξη αρχικής συγκόλλησης από εβαποριτικά ορυκτά της γύψου, ανυδρίτη και αλίτη είναι μια χαρακτηριστική δομή που εμφανίζεται σε πολλούς εβαπορίτες.



Σχήμα 4: Δομές αρχικής συγκόλλησης σε εβαπορίτες. (από Einsele 2000)

Εάν η αρχική ιζηματογένεση πραγματοποιηθεί πλήρως τότε οι πρωτογενείς δομές συγκόλλησης διατηρούνται καλύτερα. Σε αντίθετη περίπτωση σχηματίζονται κονδυλώδεις και flaser ανυδρίτες. Στρώματα γύψου ή ανυδρίτη που έχουν υποστεί εκτεταμένη παραμόρφωση εμφανίζουν μικροπτυχές οι οποίες δεν δημιουργούνται λόγω ολίσθησης αλλά εξαιτίας ανάπτυξης θεικού στρώματος στην υποεπιφάνεια που μετατοπίζει τα περιβάλλοντα. Μερικές από τις δομές αυτές σχετίζονται με τις μεταβάσεις γύψου και ανυδρίτη.

1.3.4 Μεγάλης κλίμακας υποεπιφανειακή διάλυση

Οι στρωματογραφικοί συσχετισμοί και η παλαιογεωγραφική ερμηνεία των παλαιών μεγάλων εβαποριτικών αποθέσεων είναι εξαιρετικά δύσκολη εξαιτίας της σημαντικής υποεπιφανειακής διάλυσης που λαμβάνει χώρα στην ενεργή φρεατική ζώνη κυκλοφορίας υδάτων σε συνδυασμό με την ροή λόγω μηχανικής συμπίεσης. Ευδιάλυτα ορυκτά διαλυτοποιούνται κυρίως στην περιφέρεια της λεκάνης. Εξαιτίας αυτού του μηχανισμού μια αρχικά κανονική ακολουθία μετατρέπεται σε μια φαινομενικά διαβρωσιγενή ασυμφωνία. Η διάλυση των περιφερειακών αλάτων κυρίως αλίτη και αλάτων του καλίου έχει ως συνέπεια τον εμπλουτισμό του αλμολοίπου στα συγκεκριμένα άλατα και επαναπόθεσή τους στο κέντρο της λεκάνης.

1.3.5 Θερμοβαρυτική ροή και αλλαγή φάσεων εβαποριτικών ορυκτών

Με την σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας και τη πίεσης επιταχύνεται η αλλαγή φάσης πολλών εβαποριτικών ορυκτών. Τα αργιλικά και τα ένυδρα ορυκτά αποβάλλουν νερό το οποίο δημιουργεί ένα καθεστώς ροής προς την επιφάνεια αρχικά. Αυτό το είδος ροής λέγεται θερμοβαρυτική ροή. Σε θερμοκρασίες 35 - 45 °C και εφόσον τα ρευστά που κυκλοφορούν στους πόρους πλησιάζουν τη συγκέντρωση κορεσμού σε αλίτη, έχουμε μετατροπή της πρωτογενούς γύψου σε ανυδρίτη. Εάν τα ρευστά παρουσιάζουν χαμηλότερη συγκέντρωση απαιτούνται θερμοκρασίες 50 – 60 °C για την μετατροπή της γύψου σε ανυδρίτη και βάθος ταφής μερικών εκατοντάδων μέτρων. Το νερό που απελευθερώνεται εφόσον δεν βρει διεξόδους διαφυγής, προκαλεί αύξηση της πίεσης πόρων και οδηγεί στην παραμόρφωση των σχηματισμών που το εγκλωβίζουν. Εάν η απώλεια όγκου που προκαλείται από τις παραπάνω διεργασίες λαμβάνει χώρα ταυτόχρονα με ιζηματογένεση τότε η λεκάνη βυθίζεται

με αποτέλεσμα να αποτίθενται εβαπορίτες μεγαλύτερου πάχους στις περιοχές βύθισης της λεκάνης.

1.3.6 Εκταφιασμός βυθισμένων εβαποριτών

Η άνοδος και η διάβρωση (εκταφιασμός) των εβαποριτών που έφτασαν σε μεγάλο βάθος επιφέρει μια σειρά από αλλαγές στα εβαποριτικά ορυκτά. Κατά την άνοδο των εβαποριτών και εφόσον έρθουν σε επαφή με νερό προκαλείται διαλυτοποίηση των πιο ευδιάλυτων αλάτων. Αυτή η διεργασία μπορεί να λάβει χώρα σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων στη βαθιά φρεατική ζώνη. Επιπρόσθετα όταν ο ανυδρίτης έρθει σε επαφή με νερό τείνει να το προσλάβει σχηματίζοντας πορφυροβλαστική ή λεπτοκοκκώδη αλαβάστρινη γύψο. Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε διόγκωση του σχηματισμού και πιθανή διάρρηξή του. Οι ασυνέχειες που δημιουργούνται πληρώνονται από ινώδη γύψο ή αλίτη που καθιζάνει από κορεσμένο αλμόλοιπο. Όταν η άνοδος των εβαποριτών φτάσει στη πιεζομετρική επιφάνεια όπου κυκλοφορούν μετεωρικά νερά τότε οι εβαπορίτες υφίστανται έντονη διάλυση, με χαρακτηριστικότερη την καρστικοποίηση των θεικών. Από το σημείο αυτό και πέρα, ο όγκος των θεικών που διαλύεται είναι μεγαλύτερος από τον όγκο που χρειάζεται η μετάβαση του ανυδρίτη σε γύψο (Einsele 2000).

1.4 Αλατούχος τεκτονική

1.4.1 Διαπειρισμός – Αλατοκίνηση

Εν αντιθέσει προς τα πυριτικά πετρώματα (π.χ. γρανίτες, βασάλτες, κλπ.) οι εβαπορίτες μπορούν να παραμορφωθούν κάτω από συνθήκες χαμηλότερων τάσεων θλίψης και εφελκυσμού. Τα διάφορα ορυκτά από τα οποία αποτελούνται οι εβαπορίτες κατέχουν

διαφορετικές ιδιότητες και επομένως, συμπεριφέρονται διαφορετικά στην πλαστική ή διαρροϊκού τύπου παραμόρφωση.

Οι εβαπορίτες είναι χημικά ιζήματα που χαρακτηρίζονται από χαμηλή πυκνότητα (2.2 g/cm^3) και μικρό ιζώδες (1048-1021 P). Εξαιτίας ακριβώς αυτών των ιδιοτήτων τους παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην τεκτονική γεωλογία, γιατί σχηματίζουν ειδικές τεκτονικές δομές διαφόρων μορφών, με αποτέλεσμα να γίνεται λόγος για ιδιαίτερο είδος τεκτονικής, που ο H. STILLE (1923) αποκάλεσε αλατούχο τεκτονική. Σ αυτήν εντάσσονται παραμορφώσεις που είναι δυνατόν να οδηγήσουν ακόμη και στη δημιουργία ολόκληρων όρεων, ενώ δεν εντάσσονται μετατοπίσεις και άλλα φαινόμενα που συνδέονται με την διάλυση των εβαποριτών. Στην αλατούχο τεκτονική επομένως, υπάγονται κύρια τα φαινόμενα που συνδέονται με την αλατοκίνηση.

Η αλατοκίνηση και τα φαινόμενα που συνδέονται με αυτή οφείλονται στην διαφορετική πυκνότητα που υφίσταται μεταξύ των εβαποριτών και των γειτονικών τους πετρωμάτων, καθώς και στις διαφορετικές φυσικομηχανικές τους ιδιότητες και κύρια στην πλαστικότητα που δείχνουν. Αποτέλεσμα της αλατοκίνησης είναι ο σχηματισμός των αλατοδομών. Σαν αλατοδομές χαρακτηρίζονται όλες εκείνες οι δομές του εσωτερικού της γης, στις οποίες παθητικά ή ενεργητικά συμμετέχουν οι εβαπορίτες. Στις αλατούχες δομές εξαιτίας της πλαστικότητας των αλάτων έναντι των δύσκαμπτων γειτονικών πετρωμάτων υφίσταται μια δυσαρμονία μεταξύ τους επειδή οι ευκίνητοι εβαπορίτες παραμορφώνονται εντονότερα από τα γειτονικά πετρώματα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφορετικού τύπου δομές, όπως επιμήκεις αποφύσεις, διαρροϊκές πτυχές, μυκητοειδούς μορφής, βυθιζόμενες πτυχές κλπ.

Έτσι κάτω από την λιθοστατική πίεση που ασκούν τα υπερκείμενα όρη οι εβαπορίτες μεταπίπτουν σ' ένα ενεργό μέσο. Κατά την έναρξη της αλατοκίνησης, για παράδειγμα η βάση των αλάτων του Zechstein στην Β. Γερμανία βρισκόταν σε βάθος τουλάχιστον 1.500 m.

Προϋπόθεση για την έναρξη της δημιουργίας μιας αλατοδομής είναι ακόμη η παρουσία μιας διαφορικής τάσης που δημιουργείται από μια διαφορά, για παράδειγμα στο πάχος των υπερκείμενων στρωμάτων. Επειδή κατά την παραμόρφωση αυτού του είδους τα εύκαμπτα και πλαστικά πετρώματα μπορούν να διεισδύσουν δηλ. να διαπεράσουν τα γειτονικά, το όλο φαινόμενο ονομάζεται διαπειρισμός, ενώ η μάζα του πετρώματος που μετακινείται και αποτελεί κατά κάποιο τρόπο αυτόνομη ενότητα ονομάζεται διάπειρος.

Οι διάπειροι, επομένως, είναι ουσιαστικά διεισδύσεις υλικού από βαθύτερα σημεία σε στρώματα που βρίσκονται στα ανώτερα τμήματα του φλοιού. Η διαδικασία του διαπειρισμού είναι δυναμική, που οδηγεί σε δομές ποικίλων μορφών και σχημάτων.

Τα στάδια του διαπειρισμού που προηγούνται της διείσδυσης ονομάζονται incipient διαπειρισμός. Οι διαστάσεις των διαπείρων ποικίλλουν από εκατοστά μέχρι χιλιόμετρα. Ο διαπειρισμός στις λεπτομέρειες του δεν είναι απόλυτα γνωστός, πάντως υπάρχει γενικά σύμφωνη άποψη μεταξύ των διαφόρων ερευνητών όσων αφορά τους κύριους παράγοντες που οδηγούν σ' αυτό, έστω και αν υπάρχει διάσταση απόψεων σχετικά με τη σημασία κάθε παράγοντα. Οι σπουδαιότεροι από τους παράγοντες αυτούς είναι οι εξής:

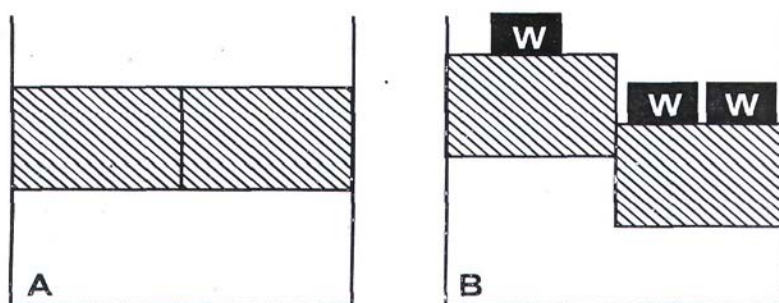
- το σχετικά μικρό ιξώδες του υλικού σε σχέση με τα υπερκείμενα και υποκείμενα πετρώματα
- το βάρος πάνω στη μητρικό πέτρωμα και η μεταβολή του βάρους στο χώρο και στο χρόνο
- η πυκνότητα του διαπειρικού υλικού σε σχέση με την πυκνότητα των υπερκειμένων στρωμάτων
- το πάχος του μητρικού στρώματος

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι κανένας από τους παράγοντες αυτούς μόνος του δεν οδηγεί απαραίτητα σε διαπειρισμό, ενώ είναι γνωστό ότι δεν παρουσιάζουν διαπειρικά φαινόμενα όλα τα αλατούχα στρώματα, ούτε επίσης άλλης λιθολογικής σύστασης, πετρώματα που

παρουσιάζουν αναστροφή πυκνότητας σε μεγάλα βάθη ανάλογη μ' εκείνη που παρατηρείται στα αλατούχα στρώματα και τα υπερκείμενα αυτών.

Πάντως, έχουν κατασκευαστεί τόσο φυσικά όσο και μαθηματικά πρότυπα που έχουν αναπαράγει τις πιο σημαντικές διαπειρικές δομές, παρ' όλα τα προβλήματα κλίμακας που έχουν προκύψει κατά την κατασκευή των φυσικών μοντέλων.

Ένα από τα μοντέλα αυτά απεικονίζεται παρακάτω. Πρόκειται για ένα δοχείο γεμάτο μ' ένα πυκνότερο υγρό το οποίο κλείεται από δύο όμοια καθ' όλα έμβολα που εφάπτονται μεταξύ τους. Η επιφάνεια μεταξύ του υγρού και των εμβόλων είναι επίπεδη, όταν η κατακόρυφη δύναμη που δρα στα δύο έμβολα είναι ίση. Εάν τώρα η κατακόρυφη δύναμη που δρα στο ένα έμβολο γίνει διπλάσια, αν δηλ. στο ένα έμβολο προστεθεί ένα βάρος B και στο άλλο $2B$, τότε το έμβολο που φέρει το μεγαλύτερο βάρος θα βυθιστεί σε σχέση με το έμβολο που φέρει το μικρότερο φορτίο, ενώ συγχρόνως το υποκείμενο υγρό θα μετακινηθεί από την πλευρά του εμβόλου με το μεγαλύτερο φορτίο προς την πλευρά του εμβόλου με το μικρότερο φορτίο, το οποίο μάλιστα θα ανυψωθεί σε σχέση με την αρχική θέση ισορροπίας του.



Σχήμα 5: Απλοποιημένο μοντέλο διαπειρισμού (από Μαριολάκο & Φουντούλη, 2000)

Με τον τρόπο αυτό γίνεται προσπάθεια να εξηγηθεί η μεγαλύτερη διαφορά πάχους των ιζημάτων που παρατηρείται κατά το νεογενές σε μια και την ίδια λεκάνη. Ως αλατοδομές χαρακτηρίζονται

όλες εκείνες οι δομές του εσωτερικού της γης, στις οποίες παθητικά ή ενεργητικά συμμετέχουν οι εβαπορίτες.

Στις αλατούχες δομές εξαιτίας της πλαστικότητας των αλάτων έναντι των δύσκαμπτων γειτονικών πετρωμάτων υφίσταται μια δυσαρμονία μεταξύ τους, επειδή οι ευκίνητοι εβαπορίτες παραμορφώνονται εντονότερα από τα γειτονικά πετρώματα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφορετικού τύπου δομές, όπως επιμήκεις αποφύσεις, διαρροϊκές πτυχές, μυκητοειδούς μορφής, βυθιζόμενες πτυχές κλπ (Μαριολάκος & Φουντούλης 2000) .

1.4.2 Τύποι αλατούχων δομών

Αλατούχα κοιτάσματα που δεν έχει διαταραχθεί η αρχική τους θέση δεν χαρακτηρίζονται απλά ως αλατούχα στρώματα και δεν θεωρούνται ιδιαίτερες δομές. Εάν όμως, έχει λάβει χώρα μετακίνηση από την αρχική τους κατάσταση απόθεσης, τότε σχηματίζονται δευτερογενείς αλατούχες συγκεντρώσεις που οδηγούν αρχικά σε αλατούχες ασιδοειδείς ή προσκεφαλοειδείς δομές.

Η μετακίνηση αυτή προς τις διάφορες περιοχές συγκέντρωσης οδηγεί στην δημιουργία στην επιφάνεια ταπεινώσεων ή βυθισμάτων που είναι γνωστά ως περιθωριακά βυθίσματα στις περιοχές από τις οποίες απομακρύνθηκε το αλάτι.

Η μετακίνηση του άλατος στο υπόβαθρο προκαλεί τον σχηματισμό χελωνοειδών δομών που μαζί με τα αλατούχα προσκέφαλα αποκαλούνται συχνά ενδιάμεσες δομές (αλατούχες μεσοδομές). Εάν στον σχηματισμό των αλατούχων δομών δεν συμμετέχουν τεκτονικές δυνάμεις ή γενικότερα οι δομές αυτές δεν συνδέονται με άλλα τεκτονικά γεγονότα, γίνεται λόγος για αλατοκινητικές δομές, ενώ στην περίπτωση που συμμετέχουν και τεκτονικά γεγονότα, τότε μιλάμε για αλατοτεκτονικές (ή αλοτεκτονικές) δομές. Αλατοδομές με απότομες κλίσεις (ή σκέλη) με μορφή ρυτίδων ονομάζονται αλατοαντίκλινα.

Στα αλατοαντίκλινα παρουσιάζεται συμφωνία γενικά μεταξύ των αλατούχων στρωμάτων και των υπερκειμένων σχηματισμών. Αν δεν υφίσταται αυτή η συμφωνία, τότε μιλάμε για διαπειρικές δομές. Τα αλατούχα αντίκλινα σχηματίζουν πολλές φορές επιμήκεις δομές που χαρακτηρίζονται ως διαπειρικά ή αλατούχα τείχη.

Αλατούχο τείχος σχηματίζεται εκεί όπου στο υπέδαφος υπάρχουν ιδιαίτερα μεγάλες μάζες εβαποριτών, οπότε κατά την άνοδο τους δεν αναπτύσσονται πλέον μεμονωμένα αλατούχοι δόμοι αλλά επιμήκεις δομές που υπερβαίνουν τα 100 χλμ. μήκος.

Τέτοιες μεγάλες δομές βρίσκονται στην περιοχή της Β. Γερμανίας που η βάση τους φθάνει σε βάθος 6.000 μ. Πρόκειται για αλάτι ηλικίας κυρίως Zechstein. Μεταξύ των πραγματικών διαπειρικών δομών και των αλατούχων αντικλίνων υπάρχουν ποικίλες μεταβατικές δομές. Εάν η τεκτονική παραμόρφωση είναι έντονη, τότε είναι δυνατόν να οδηγήσει σε σύνθλιψη και προώθηση των εβαποριτών προς τα υπερκείμενα πετρώματα, οπότε γίνεται λόγος για αλατούχο διείσδυση.

Οι αλατούχοι δόμοι είναι οι πιο ενδιαφέρουσες διαπειρικές δομές, αφού συνδέονται με την πετρελαιοφορία μιας περιοχής. Έτσι χαρακτηρίζονται διεισδύσεις αλατούχων πετρωμάτων που προέρχονται από το βάθος και που παρουσιάζουν μεγάλη κατακόρυφη ανάπτυξη.

Σε οριζοντιογραφία είναι στρογγυλές ή ελλειψοειδείς αλατούχες δομές που αποτελούν τις πιο αντιπροσωπευτικές διαπειρικές δομές που έχουν διεισδύσει και διαπεράσει τα επικείμενα πετρώματα.

Η πλευρική διείσδυση της διαπειρικής μάζας στα γειτονικά πετρώματα δημιουργεί την μυκητοειδή μορφή των αλατούχων δόμων. Τα γειτονικά προς τον αλατούχο δόμο ιζηματογενή πετρώματα τόσο τα πλευρικά όσο και τα υπερκείμενα εξαιτίας της διείσδυσης, παρουσιάζονται έντονα διερρηγμένα, ενώ ο ίδιος ο αλατούχος δόμος παρουσιάζει συνήθως συνεχή παραμόρφωση καίτοι είναι δυνατόν ακόμα και στον κύριο όγκο του διαπειρικού σώματος να παρατηρηθεί

διακοπή, της συνέχειας των στρωμάτων παρά το γεγονός ότι η παραμόρφωση είναι διαρροϊκού τύπου.

Οι αλατούχοι δόμοι φέρουν στην κορυφή τους ένα στέγαστρο, που αποτελείται από ασβεστο λίθους, ανυδρίτη, ή άλλα ιζηματογενή πετρώματα έντονα τεκτονισμένα, που είναι γνωστά σαν *cap rock*. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο τεκτονισμός είναι τόσο έντονος ώστε μεταπίπτουν σε λατυποπαγή.

Στην Δ. Ελλάδα υπάρχουν πάρα πολλές θέσεις (Αδριατικοϊόνιος ζώνη) που τέτοια λατυποπαγή βρίσκονται στην επιφάνεια. Τα λατυποπαγή αυτά που παλαιότεροι ερευνητές τα θεωρούσαν νεογενή ανήκουν στην τριαδική ακολουθία εβαποριτών. Πολλές διαπειρικές δομές παρουσιάζουν ένα σαφές ασύμμετρο σχήμα π.χ. μια κεκλιμένη γενική θέση στον ευρύτερο χώρο, ενώ σε προχωρημένο στάδιο του σχηματισμού των αλατουχων δόμων είναι δυνατόν η σύνδεση μεταξύ του μητρικού αλατούχου σχηματισμού και της μετακινηθείσας αλατούχου μάζας να διακοπεί, οπότε γίνεται λόγος για αλατούχο λακκόλιθο που έχει εγκλωβιστεί μέσα στους υπερκείμενους σχηματισμούς που έχουν συνήθως τεκτονιστεί. Όταν οι αλατούχες μάζες ρέουν είτε προς την επιφάνεια, είτε στον πυθμένα της θάλασσας μιλάμε για αλατούχο εκροή, που πολλές φορές έχουν την μορφή παγετώνων. Στις αλπικού τύπου οροσειρές οι αλατούχες συγκεντρώσεις δείχνουν πολύ σύνθετες μορφές ενώ συμμετέχουν στην λεπίωση και στις επωθήσεις που χρησιμεύουν μάλιστα ως λιπαντικό υλικό.

Πολλές φορές οι συγκεντρώσεις αυτές είναι δυνατόν να σχηματίσουν μεγάλους ογκους που λέγονται αλατούχα βουνά. Σχετικά με τα αίτια που προκαλούν την έναρξη της κίνησης υπάρχουν οι ακόλουθες απόψεις-υποθέσεις:

- Κατά την πρώτη άποψη τα αίτια είναι τεκτονικά και μάλιστα κύρια επακόλουθο της θλίψης στην οποία υπόκειται ο ευρύτερος χώρος. Στο συμπέρασμα αυτό οδηγείται κανείς από τις διαρρήξεις που παρατηρούνται στην πτυχωμένη αλατούχο μάζα. Ο ρόλος του αλατιού, σύμφωνα με την άποψη αυτή, για

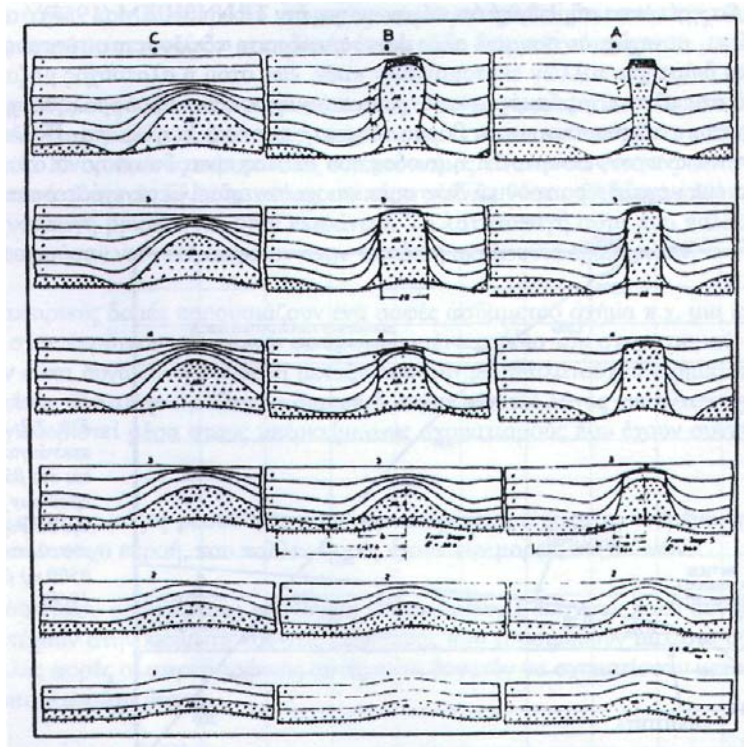
την κινητοποίηση του είναι εντελώς δευτερεύουσας σημασίας. Έτσι παραλαμβάνει τις προσανατολισμένες τεκτονικές τάσεις που τις μετατρέπει σε θλιπτικές τάσεις προς όλες τις διευθύνσεις.

- Σύμφωνα με την δεύτερη άποψη η άνοδος του άλατος είναι επακόλουθο της διαφορετικής σύνθεσης ενός ανομοιογενούς πολυστρωματικού γεωλογικού σώματος που αποτελείται από δύσκαμπτες λιθολογικές σειρές που εναλλάσσονται με εξαιρετικά εύκαμπτες αλατούχες αποθέσεις. Η λιθοστατική πίεση που εξασκούν πάνω στα πλαστικά αλατούχα σώματα του βάθους τα υπερκείμενα όρη προκαλούν αυτή την κινητικότητα, έτσι το αλάτι προχωρεί προς τα πάνω, είτε μέσα από υπάρχουσες, είτε μέσα από νέο-δημιουργημένες ασθενείς ζώνες ή θέσεις.
- Σύμφωνα με την τρίτη άποψη, η άνοδος του αλατιού συνδέεται με την ανάστροφη πυκνότητα που παρουσιάζουν τα στρώματα και συγκεκριμένα το ελαφρύτερο αλάτι που έχει πυκνότητα περίπου $2,2 \text{ g/cm}^3$ έχει αποτεθεί κάτω από βαρύτερα πετρώματα με πυκνότητα $2,6-2,8 \text{ g/cm}^3$ (π.χ. ασβεστόλιθοι» δολομίτες) των υπερκείμενων σχηματισμών.

Όπως φαίνεται και από τα πιο πάνω η δεύτερη και η τρίτη υπόθεση είναι συγγενικές.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τον TRUNSHEIM (1957) όταν η αλατοκίνηση αρχίσει, συνεχίζεται ως μια αλυσιδωτή αντίδραση εξελίσσεται συνεχώς και μάλιστα για χρονικό διάστημα πολλών εκατομμυρίων ετών, έως ότου η αλατούχος μάζα βρει στην επιφάνεια ή στις αλατούχες δομές αρκετό χώρο και μέχρις ότου εξισορροπηθεί η άνοδος προς τις τάσεις που αναπτύσσουν με το βάρος τους τα γειτονικά πετρώματα.

Πολλές δομές μας επιτρέπουν να αναγνωρίσουμε, ότι η άνοδος του άλατος είναι δυνατόν να σταματήσει προσωρινά για ένα χρονικό διάστημα και να συνεχίσει μεταγενέστερα ανανεωμένη (Μαριολάκος & Φουντούλης 2000).



Σχήμα 6: εξέλιξη μιας οικογενίας αλατουχων δομων (από Μαριολάκο & Φουντούλη, 2000)

1.4.3 Διαπειρισμός στον Ελλαδικό χώρο

Στην Ελλάδα εβαπορίτες είναι γνωστοί από το Τριαδικό της Αδριατικοϊόνιας Ζώνης, που όπως είναι γνωστό εκτείνεται στην Δ. Ελλάδα και στα νησιά του Ιονίου, καθώς επίσης και από σχηματισμούς του Μεσσηνίου (Δυτική Ελλάδα, Ιόνια νησιά και Κρήτη κυρίως). Οι τριαδικοί εβαπορίτες παρουσιάζουν μεγάλο πάχος, όπως έχουν αποδείξει γεωτρήσεις που έχουν γίνει σε διάφορες περιοχές, συνίστανται δε από ορυκτό αλάτι, ανυδρίτη, γύψο και λίγο πολυαλίτη. Οι στρωματογραφικές στήλες από βαθιές δειγματοληπτικές γεωτρήσεις που έγιναν στον ευρύτερο χώρο της Δ. Ελλάδας στα πλαίσια της έρευνας για πετρέλαια δείχνουν ότι το πάχος των εβαποριτών είναι διαφορετικό από περιοχή σε περιοχή, όπως επίσης και το βάθος στο οποίο απαντούν. Το διαφορετικό βάθος συνδέεται τόσο με τον αλπικό όσο και με τον με-ταλπικό τεκτονισμό.

Η μεγαλύτερη εμφάνιση εβαποριτών στην Στερεά Ελλάδα εκτείνεται από την Κοιλιάδα του Κάτω Αχελώου μέχρι τον Αμβρακικό κόλπο και φαίνεται ότι έχει σχέση με την γνωστή "επώθηση Μαχαλά". Στους εβαπορίτες υπέρκεινται Δολομίτες και ασβεστόλιθοι. Η τεκτονική σ' αυτή την περιοχή της Δ. Ελλάδας είναι πολύ σύνθετη, τόσο η αλπική (πτυχές, εφίππευση Μαχαλά, εφίππευση Μπουμιστού) αλλά και η μεταλπική-νεοτεκτονική που εκδηλώνεται κυρίως με τα ρήγματα Λουτρακίου και Αμφιλοχίας.

Σε πολλές περιοχές, όπως στην λιμνοθάλασσα Αιτωλικού, Κεφαλονιά, Λευκάδα εμφανίζονται λατυποπαγή που περιέχουν μάζες σκοτεινού χρώματος, ασβεστόλιθους και γύψους. Δύο γεωτρήσεις που εκτελέστηκαν από την BP στην περιοχή Αστακού και Αιτωλικού αποκάλυψαν ότι στον Αστακό ο αλίτης αποτελεί το 60% της ακολουθίας σε βάθος κάτω από τα 1500 μ. και τα 8% στα βάθη μεταξύ 2700 και 3323 μ. που είναι και το τελικό βάθος της γεώτρησης. Αντίθετα το ποσό αλίτη στην περιοχή του Αιτωλικού είναι μικρό, αλλά είναι άγνωστο αν αυτό συνδέεται με πρωτογενή ή δευτερογενή αίτια εξαιτίας μετανάστευσης λόγω διαπειρισμού που έχει προηγηθεί.

Εξαιτίας του εφαιπτομενικού τεκτονισμού (επωθήσεις, εφίππευσεις) και άλλων ρηγμάτων οι εβαπορίτες φθάνουν στην επιφάνεια και εμφανίζονται είτε στην βάση ως λατυποπαγή αλλά και σαν αποφύσεις.

Μια τέτοια ωραία διαπειρική απόφυση παρατηρείται στην περιοχή του χωριού Μονολίθι στην Ήπειρο. Ωραίες διαπειρικές δομές από την Δ. Ελλάδα περιγράφονται και από τον ΝΙΚΟΛΑΟΥ (1984) και συγκεκριμένα από την Ζάκυνθο. Έτσι από την περιοχή του Σκοπού Ζακύνθου και συγκεκριμένα από τις περιοχές Αγίας Δυνατής και Νεραντζούλας περιγράφει 2 "διαπειρικές γλώσσες" που προέρχονται από μια κύρια μάζα τροφοδοσίας τριαδικής ηλικίας και η οποία στην περίπτωση αυτή είναι οι εβαπορίτες της περιοχής του Σκοπού.

Οι διαπειρικές γλώσσες της Νεραντζούλας παρουσιάζονται με κλίση 45°, η οποία συμπίπτει με την κλίση της ρηξιγενούς

επιφάνειας κατά μήκος της οποίας κινήθηκε η διαπειρική μάζα. Εκεί που ο διάπειρος τέμνει τα υπερκείμενα στρώματα, αυτά έχουν την τάση να αναστρέφονται, δημιουργώντας δομές που είναι γνωστές σαν *rimsynclines*, όπως αυτό που σχηματίζεται μπροστά από την διαπειρική μάζα της Νεραντζούλας. Η κινητοποίηση και η άνοδος των εβαποριτών στο Σκοπό φαίνεται ότι άρχισε μετά την απόθεση μέρους ιζημάτων του Μειοκαίνου στις γύρω περιοχές και μάλιστα η άνοδος ήταν ταχύτερη από την καθίζηση της περιοχής ιζηματογένεσης. Η άνοδος πρέπει να σταμάτησε κάπου στο όριο Αν. Μειοκαίνου - Κ. Πλειόκαινου. Ενώ μια δεύτερη φάση διαπειρισμού δέχονται ότι εκδηλώθηκε κατά το Αν. Πλειόκαινο - Πλειστόκαινο.

Διάπειρες μάζες δεν παρατηρούνται μόνο στην ξηρά, αλλά έχουν διαπιστωθεί και στο θαλάσσιο χώρο. Έτσι στην περιοχή του διαύλου Ζακύνθου-Πελοποννήσου φαίνεται από τα σεισμικά η παρουσία ενός τέτοιου διάπειρου (Δ. ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ - Α. BRUNETON, 1982).

Φυσικά τα προηγούμενα διαπειρικά φαινόμενα δεν είναι τα μόνα, αλλά παρατηρούνται και αναφέρονται και από άλλες περιοχές της Ελλάδας και ιδιαίτερα της Δ. Ελλάδας.

Ενεργή διαπειρική δομή είναι και αυτή που εμφανίζεται στην περιοχή της Κυλλήνης, όπου η εμφάνιση στην επιφάνεια των αλπικών ανθρακικών στην περιοχή του Κάστρου, η ακτινωτή διάταξη του υδρογραφικού δικτύου στον ευρύτερο χώρο γύρω από το Κάστρο και η περικλινική διάταξη των Τυρρηνίων στρωμάτων είναι ενδεικτική του ενεργού χαρακτήρα των διαπειρικών φαινομένων (Μαριολάκος & Φουντούλης 2000).

1.5 Γύψος-ανυδρίτης

Η γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ή αλλιώς διυδρίτης, και ο ανυδρίτης (CaSO_4) αποτελούν τις φυσικές μορφές του θειικού ασβεστίου. Η γύψος, στην καθαρή της μορφή, είναι από διαφανής ως λευκή και

παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις στην χημική της σύσταση. Εκφράζοντας την σύσταση υπό μορφή οξειδίων, η γύψος περιέχει 32.5% CaO, 46.6% SO₃ και 20.9% H₂O. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της είναι ο τέλειος σχισμός και η σκληρότητα 1.5-2 της κλίμακας Mohs. Οι εμπορικά εκμεταλλεύσιμες αποθέσεις γύψου σπάνια παρουσιάζουν την προαναφερόμενη καθαρή σύσταση. Συνήθως περιέχουν κυμαινόμενα ποσοστά ανυδρίτη, ασβεστόλιθου, δολομίτη, αργίλου, σιδηρούχων ενώσεων και πυριτίου. Μια τέτοιου είδους γύψος εμφανίζει χρώματα γκρι, καφέ, κόκκινα ή ροζ, ανάλογα με τις προσμίξεις που παρουσιάζει. Είναι ελαφρά διαλυτή στο νερό και κατά τα λοιπά χαρακτηρίζεται ως αδρανές ορυκτό που αντιστέκεται στις χημικές αλλαγές και που παρουσιάζει εξαιρετική αντίσταση στην φωτιά εξαιτίας της απομάκρυνσης του περιεχόμενου νερού με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η διαλυτότητα αυξάνεται όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 42°C και η γύψος μετατρέπεται σε ανυδρίτη. Αυτή είναι η αιτία δημιουργίας μιας σκληρής κρούστας στα τοιχώματα των σκευών όπου βράζει νερό που περιέχει θειικό ασβέστιο. Ο ανυδρίτης, στην καθαρή μορφή του, περιέχει 58.8% SO₃, που ισοδυναμεί με 23.5% S, και 41.2% CaO. Δεν περιέχει καθόλου κρυσταλλικό νερό και διαλύεται στο νερό με μικρότερους ρυθμούς από την γύψο. Το τελικό αποτέλεσμα της έκθεσης του ανυδρίτη στο νερό είναι η ενυδάτωση του και η μετατροπή του σε γύψο. Η ταχύτητα αυτής της μετατροπής αυξάνεται όσο πιο λεπτομερής είναι ο ανυδρίτης. Τα χρώματα με τα οποία εμφανίζεται ο ανυδρίτης είναι το λευκό με τόνους του γκρι, μπλε, καφέ ή κόκκινοι. Η σκληρότητα του είναι 3-3.5, της κλίμακας Mohs, και παρουσιάζει τρεις διευθύνσεις σχισμών κάθετες μεταξύ τους.

Η γύψος παρουσιάζεται με διάφορες σε ποικιλίες. Ο σελενίτης αποτελεί την διαφανή μορφή της γύψου. Το αλάβαστρο είναι η λεπτοκοκκώδης, συμπαγής μορφή της γύψου που προσομοιάζει με το μάρμαρο. Η ινώδης, μεταξώδης μορφή αποκαλείται satin-spar. Το μίγμα γύψου-αργίλου-άμμου ονομάζεται γυψίτης. Σε θερμοκρασίες 150 °C - 165°C η γύψος αποβάλλει σχεδόν τα 3/4 του νερού

παρακράτησης της. Το προϊόν αυτής της θέρμανσης είναι ο ημιυδρίτης ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), ο οποίος με την προσθήκη νερού μετατρέπεται σε γύψο, Σε ακόμα υψηλότερες θερμοκρασίες η γύψος μετατρέπεται σε ανυδρίτη. Οι παραπάνω μετατροπές αποτυπώνονται στην ακόλουθη αντίδραση:



Ο ημιυδρίτης αποκαλείται επίσης και ως γυψοκονίαμα του Παρισιού, ενώ συγκεκριμένα η μορφή του που απαντάται στην φύση αποκαλείται βασσανίτης. Υπάρχουν δύο τύποι ημιυδρίτη, γνωστοί ως α-ημιυδρίτης και β-ημιυδρίτης. Ο πρώτος είναι πιο σταθερός από τον δεύτερο και παρουσιάζει διαφορετικές φυσικές ιδιότητες εξαιτίας του μεγαλύτερου μεγέθους των κρυστάλλων του. Ο φυσικός ημιυδρίτης, ή αλλιώς β-ημιυδρίτης, ή αλλιώς βασσανίτης, είναι σταθερός σε θερμοκρασίες της τάξης των 1200°C , παρόλο που η διάλυση του μπορεί να ξεκινά από τους 900°C . Ο α-ημιυδρίτης είναι η μορφή του άνυδρου θειικού ασβεστίου που παρατηρείται σε θερμοκρασίες πάνω από τους 1200°C .

Η γύψος και ο ανυδρίτης αποτελούν τα πρώτα από τα θειικά ορυκτά που αποτίθενται από εξατμιζόμενο νερό που περιέχει 0.14% κ.β. θειικό ασβέστιο. Ακολουθούν κατά σειρά ο αλίτης και τα άλλα μαγνησιούχα και καλιούχα ορυκτά. Το ορυκτό που αποτίθεται κάθε φορά καθορίζεται από την θερμοκρασία και από την συγκέντρωση κάθε ορυκτού στο διάλυμα. Δεν είναι απολύτως ξεκάθαρο ποιο από τα ορυκτά γύψος ή ανυδρίτης αποτίθεται πρώτο. Από πειράματα έχει παρατηρηθεί ότι η γύψος αποτίθεται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 42°C , ενώ ο ανυδρίτης σχηματίζεται πάνω από 42°C . Όταν το θαλασσινό νερό εξατμίζεται σε θερμοκρασία 30°C , τότε περίπου το 1/2 της ποσότητας του θειικού ασβεστίου που περιέχεται στο νερό αποτίθεται υπό μορφή γύψου. Στη συνέχεια, μόλις η συγκέντρωση των αλάτων αυξηθεί στο πενταπλάσιο της συγκέντρωσης του κανονικού θαλασσινού νερού τότε αποτίθεται υπό μορφή ανυδρίτη η

εναπομείνουσα ποσότητα του θειικού ασβεστίου. Επομένως αν μια απόθεση ανυδρίτη αποδειχθεί ότι σχηματίστηκε σε θερμοκρασία χαμηλότερη από 42°C, τότε πρέπει να θεωρηθεί ότι τουλάχιστον κάποιο τμήμα αυτής της απόθεσης είναι δευτερογενές.

Ο ανυδρίτης είναι η επικρατούσα μορφή σε μεγάλα βάθη, εξαιτίας της αφυδάτωσης της γύψου. Η αντίθετη διαδικασία μετατροπής του ανυδρίτη σε γύψο, ή αλλιώς γυψοποίηση του ανυδρίτη, λαμβάνει χώρα όταν ο ανυδρίτης ανέλθει από τα μεγάλα βάθη σε μικρότερα, όπου επηρεάζεται από την κυκλοφορία του υπεδάφικου νερού, καθώς επίσης και σε εκείνα τα βάθη όπου ο ανυδρίτης βρίσκεται σε επαφή με πετρώματα που φέρουν νερό (Μαριολάκος & Φουντούλης 2000).

1.6 Χρήσεις εβαποριτών και η οικονομική τους σημασία

Οι εβαπορίτες είναι μια σημαντική κατηγορία βιομηχανικών ορυκτών με μεγάλη οικονομική σημασία. Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα εβαποριτών είναι συνήθως κοιτάσματα γύψου – ανυδρίτη και αλίτη (χλωριούχου νατρίου) και βρίσκουν αξιοποίηση για μια πληθώρα εφαρμογών. Τα περισσότερα κοιτάσματα γύψου – ανυδρίτη τροφοδοτούν τις τσιμεντοβιομηχανίες καθώς η γύψος είναι βασικό συστατικό των τσιμέντων τύπου Πόρτλαντ (Portland). Χρησιμοποιείται για την ρύθμιση του χρόνου πήξης του τσιμέντου.

Επίσης σημαντικό μέρος της παραγωγής γύψου χρησιμοποιείται στην γεωργία ως βελτιωτικό των εδαφών. Βρίσκει επίσης χρήση στις γεωτρήσεις πετρελαίου ως συστατικό των πολφών. Στη βιομηχανία χρωμάτων καθώς και στη χαρτοβιομηχανία η γύψος χρησιμοποιείται ως πληρωτικό υλικό. Στη χημική βιομηχανία η γύψος χρησιμοποιήθηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα για την παραγωγή θειικού οξέος (H_2SO_4). Το μεγαλύτερο ποσοστό της

εξορυσσόμενη γύψου χρησιμοποιείται σήμερα στην παραγωγή γυψοσανίδων και πολλών ειδών κονιαμάτων.

Πέρα όμως από τις βιομηχανικές χρήσεις των εβαποριτών η μεγάλη οικονομική τους σημασία έγκειται στο γεγονός ότι συμμετέχουν ουσιαστικά λόγω των ιδιοτήτων τους (πλαστικότητα, πολύ μικρό ενεργό πορώδες) στη δημιουργία «παγίδων πετρελαίου» γεγονός που τους καθιστά πρωταρχικούς στόχους στην έρευνα κοιτασμάτων πετρελαίου (Δρούγας & Χάγιου 1980) .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Στοιχεία Γεωλογίας

2.1 Γεωλογικά στοιχεία της Κρήτης

Οι τεκτονικά κατώτεροι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την Κρήτη είναι οι Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι. Το όνομα «Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι» (Plattenkalk) δόθηκε για πρώτη φορά από τον L.CHALIKIOPOULOS το 1903 σε μια σειρά μαρμάρων μεγάλου πάχους, που μελέτησε στην Ανατολική Κρήτη, τα οποία εμφανίζονται σε στρώματα μικρού πάχους και φέρουν συνήθως λεπτές διαστρώσεις πυριτόλιθων.

Οι σχηματισμοί των Πλακωδών Ασβεστολίθων απαντώνται και σε πολλές άλλες περιοχές της Κρήτης όπως στα Λασιθιώτικα Όρη, στην Ίδη, στα Λευκά Όρη κ.α . Επίσης οι σχηματισμοί αυτοί εντοπίζονται στον Ταΰγετο, στον Πάρνωνα, στα Κύθηρα, στην Κάσο, στη Ρόδο και στην Κάρπαθο. Στις περιοχές αυτές οι Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι κατέχουν, σχεδόν πάντοτε, την κατώτερη τεκτονική ενότητα στο οικοδόμημα των τεκτονικών καλυμμάτων των περιοχών και συνιστούν κατά κανόνα μια ομοιόμορφη σειρά ανθρακικών, κυρίως από πελαγικούς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους ή μάρμαρα, με πυριτόλιθους, ανωιουρασικής (~ 145 εκατ. χρόνια) έως και ηωκαινικής – κατωλιγοκαινικής (~ 25 εκατ. χρόνια) ηλικίας. Η διαπίστωση ότι κάτω από τους Πλακώδεις Ασβεστόλιθους υπάρχει κανονική ανάπτυξη στρωμάτων καθόρισε ένα ενιαίο στρωματογραφικό σύνολο κατωπερμικής (~ 280 εκατ. χρόνια) έως κατωλιγοκαινικής (~ 25 εκατ. χρόνια) ηλικίας. Το σύστημα αυτό θεωρείται από σχεδόν όλους τους ερευνητές ότι αποτελεί το σχετικά αυτόχθονο σύστημα πάνω στο οποίο αναπτύσσονται τα κρητικά καλύμματα.

Ολόκληρη η ενότητα των Πλακωδών ασβεστολίθων έχει υποστεί μια χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση, με αποτέλεσμα να έχει αλλοιωθεί ένα σημαντικό μέρος από τον αρχικό ιζηματογενή χαρακτήρα της. Επιπρόσθετα η επικράτηση των ανθρακικών

πετρωμάτων εξαφάνισε τα χαρακτηριστικά διαγνωστικά ορυκτά με αποτέλεσμα να είναι δύσκολος ο προσδιορισμός του τύπου και του βαθμού της μεταμόρφωσης. Ο EPTING et al. (1972) μελετώντας υλικό που προερχόταν από το λατεριτικό ορίζοντα των «Στρωματολιθικών Δολομιτών των Ταλαίων Όρεων» προσδιόρισε μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Στην θεμελιώδη μάζα του λατεριτικού ορίζοντα προσδιόρισε σερικήτη, χλωρίτη, χαλαζία και χλωριτοειδές, αιματίτη, βαιμίτη, ρουτίλιο και πισολίθους διασπόρου. Στους «Πλακώδεις Ασβεστόλιθους» προσδιόρισε τρεμολίτη. Αργότερα ο SEIDEL (1978) προσδιόρισε στον ίδιο λατεριτικό ορίζοντα πυροφυλλίτη, παραγονίτη, πυρίτη, γαληνίτη, και καθαρό Mg-καρφολίτη μαζί με μοσχοβίτη, πυροφυλλίτη, διάσπορο και γκαιτίτη. Η παρουσία του Mg-καρφολίτη μαζί με την παραγένεση πυροφυλλίτη – διασπόρου μαρτυρούν μια μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων – χαμηλών θερμοκρασιών.

Παρά την μεταμόρφωση των Πλακωδών Ασβεστολίθων, με βάση τους ιζηματογενείς χαρακτήρες που έχουν διατηρηθεί καθώς επίσης από το είδος της πανίδας που έχει βρεθεί σε πολλούς στρωματογραφικούς ορίζοντες, διαπιστώθηκε ότι η ιζηματογένεσή τους έλαβε χώρα σε σχετικά βαθιά θάλασσα. Επίσης, με βάση τα παραπάνω στοιχεία, βρέθηκε ότι η λιθοστρωματογραφική επαλληλία της σειράς των Πλακωδών Ασβεστολίθων παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τη σειρά των μη μεταμορφωμένων σχηματισμών της Ιόνιας Ζώνης, οι οποίες αν εξεταστούν συνολικά δικαιολογούν την συσχέτιση των δύο αυτών σειρών. Ωστόσο υπάρχουν και σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο σειρές όπως είναι η αναντιστοιχία του Περμοτριάδικου που στην μεν σειρά των Plattenkalk είναι ανθρακικό στη δε Ιόνια Ζώνη είναι εβαπορίτες. Οι περισσότεροι ερευνητές σήμερα δέχονται πως η μεταμορφωμένη ενότητα των Πλακωδών Ασβεστολίθων αποτελεί την προς τα νότια προέκταση της μη μεταμορφωμένης σειράς σχηματισμών της Ιόνιας Ζώνης, που εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα της Ηπειρωτικής Ελλάδας και τα Ιόνια νησιά. Εκτός, όμως από την άποψη της ταύτισης της Ιόνιας Ζώνης με

την σειρά των Πλακωδών Ασβεστολίθων, υπάρχουν και ορισμένοι ερευνητές που θεωρούν ότι ο παλαιογεωγραφικός χώρος των Πλακωδών Ασβεστολίθων δεν ταυτιζόταν εξ ολοκλήρου με αυτόν της Ιόνιας Ζώνης, αλλά ότι αυτός βρισκόταν κυρίως μεταξύ του χώρου της ζώνης των Παξών και της Ιόνιας Ζώνης ή ότι ταυτιζόταν με το χώρο της ζώνης των Παξών.

Η ενότητα των Πλακωδών Ασβεστολίθων είναι παραδεκτό από όλους τους ερευνητές ότι είναι πτυχωμένη. Ισοκλινείς ημιανεστραμμένες πτυχές, των οποίων το μέγεθος κυμαίνεται μεταξύ εκατοστών και χιλιομέτρων, παρατηρούνται σ' ολόκληρη την Κρήτη. Οι άξονες των πτυχών έχουν διεύθυνση $A - \Delta$, τα δε αξονικά επίπεδα κλίνουν προς τα βόρεια. Σε ορισμένες περιοχές παρατηρούνται πτυχές με άξονα $B - N$. Κοντά σε επιφάνειες επώθησης παρατηρείται μια ακόμα φάση παραμόρφωσης που εκφράζεται με τη δημιουργία φακοειδών δομών. Ο τεκτονικός ιστός της ενότητας συνδέεται με την προέλαση των καλυμμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι HALL et al. (1982, 1984) αμφισβητούν την ύπαρξη μεγάλης κλίμακας πτυχών. Η ενότητα των Πλακωδών ασβεστολίθων υπόκειται της σειράς των φυλλιτών κανονικά και άμεσα.

Οι σχηματισμοί της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς στην Κρήτη είναι επωθημένοι πάνω στην Ενότητα Τρυπάλι ή πάνω στους ανώτερους ορίζοντες της Ενότητας των Πλακωδών Ασβεστολίθων ή στο μεταφλύσχη της ενότητας αυτής. Αντίθετα στην περιοχή των Ταλαίων Όρεων η Φυλλιτική – Χαλαζιτική σειρά είναι επωθημένη πάνω στους Περμικούς σχηματισμούς της ανεστραμμένης σειράς της Ενότητας των Πλακωδών Ασβεστολίθων.

Η προς τα πάνω επαφή της σειράς των Φυλλιτών – Χαλαζιτών είναι επίσης τεκτονική, χωρίς όμως να είναι δυνατή η ακριβής παρακολούθηση της τεκτονικής αυτής στο υπαίθρο και η εκτίμηση του μεγέθους της. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πάνω στη Φυλλιτική – Χαλαζιτική σειρά βρίσκεται τεκτονικά η ανθρακική σειρά της Ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης με το σχιστολιθικό κατά κανόνα υπόβαθρό της. Κατά συνέπεια γίνεται δύσκολη η διάκριση της τεκτονικής επαφής

αφού αυτή γίνεται μεταξύ σχιστολιθικών εν γένει πετρωμάτων, του υποβάθρου της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης και της Φυλλιτικής – Χαλαζιακής σειράς.

Το κατώτερο τμήμα της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς αποτελείται από δολομιτικούς ασβεστόλιθους, μαύρους αργλικούς σχιστόλιθους, σχιστοψαμμίτες και ραουβάκες με κοιτάσματα γύψου – ανυδρίτη, όπως είναι τα κοιτάσματα : Αλτσι, Κάβο Σίδερο, Στομίου και πολλά άλλα. Αντίθετα, το ανώτερο τμήμα της σειράς αποτελείται κυρίως από εναλλασσόμενους σχιστολίθους και χαλαζίτες, με παρεμβολές λεπτοστρωματωδών μαρμάρων και μετακροκαλοπαγών καθώς και σωμάτων μεταβασαλτών (N.CREUTZBURG & E. SEIDEL, 1975 κ.ά.). Το πάχος της Φυλλιτικής – Χαλαζιακής σειράς υπολογίζεται στην Δυτική Κρήτη 2150 έως 2800 μ. (KRAHL et al. 1983) στην Κεντρική Κρήτη 700 μ. (EPTING et al. 1973) και στην Ανατολική Κρήτη 600 μ. (WACHENDORF et al. 1974).

Σχετικά με την παλαιογεωγραφική θέση και την τεκτονική τοποθέτηση των σχηματισμών της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς υπάρχουν ερευνητές που θεωρούν ότι οι σχηματισμοί της σειράς αυτής αποτελούσαν το υπόβαθρο της ανθρακικής σειράς της ζώνης του Γαβρόβου – Τρίπολης και ότι αυτοί με τεκτονισμό, έχουν αποκολληθεί από αυτήν. (K KOPP & E. OTT 1977 και 1982, V. KARAKITSIOS 1979 κ.ά.). Επίσης, υπάρχουν ερευνητές που υποστηρίζουν ότι σχηματισμοί της εν λόγω σειράς έχουν αποτεθεί σε διαφορετικό παλαιογεωγραφικό χώρο από το χώρο της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης και ότι αυτοί, ως σύνολο, αποτελούν μια ιδιαίτερη τεκτονική ενότητα. (V. JACOBSHAGEN et al. 1978 και 1979, Ν. ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ 1980 κ.ά.).

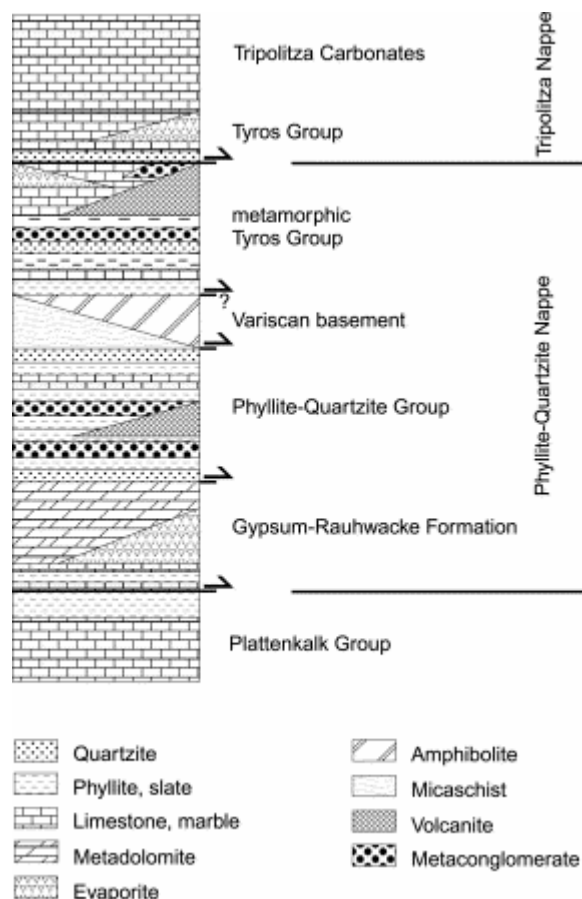
Επίσης, η ύπαρξη μεταμόρφωσης HP – LT (υψηλών πιέσεων – χαμηλών θερμοκρασιών) στους σχηματισμούς της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς, σε συνδυασμό και με το ότι η υπερκείμενη ανθρακική σειρά της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης δε φαίνεται να έχει υποστεί μια τέτοια μεταμόρφωση, οδήγησε ορισμένους ερευνητές (R. ALTHERR & E. SEIDEL, 1979 κ.ά.) να υποστηρίξουν ότι οι

σχηματισμοί της σειράς αυτής αποτελούν ένα ξεχωριστό τεκτονικό κάλυμμα, ανεξάρτητο από τις άλλες ενότητες, και ότι το κάλυμμα αυτό αποτελεί ένα τμήμα μιας ωκεάνιας περιοχής που καταβυθίστηκε μεταξύ των παλαιογεωγραφικών χώρων της Ιόνιας Ζώνης και της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης.

Κατά τους E. SEIDEL et al. (1979), η Φυλλιτική – Χαλαζιτική σειρά στην Κρήτη αποτελείται από δυο επί μέρους σειρές. Από τις σειρές αυτές, η πρώτη απαντάται σε ολόκληρη την Κρήτη και στους σχηματισμούς της έχουν βρεθεί απολιθώματα περμικής (280 – 230 εκατ. χρόνια) και τριαδικής (230 – 195 εκατ. χρόνια). Επίσης, οι σχηματισμοί της σειράς αυτής χαρακτηρίζονται από μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων και χαμηλών θερμοκρασιών. Αντίθετα, η δεύτερη σειρά απαντάται μόνο στην Ανατολική Κρήτη και χαρακτηρίζεται από αμφιβολίτες με πράσινη κεροσίλβη και μοσχοβιτικούς σχιστόλιθους. Η ηλικία της παραμόρφωσης υπολογίστηκε από ραδιοχρονολογήσεις σε ολιγοκαινική – κατωμειοκαινική (~ 23 εκατ. χρόνια).

Από τις παραπάνω απόψεις, σχετικά με την παλαιογεωγραφική θέση της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς, φαίνεται ότι επικρατέστερη είναι αυτή με την οποία υποστηρίζεται ότι οι σχηματισμοί της σειράς αυτής αποτελούν το υπόβαθρο της ανθρακικής σειράς της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης. Η άποψη αυτή ενισχύθηκε πρόσφατα και από τον V. KARAKITSIOS (1987), ο οποίος εργάστηκε στην Κεντρική Κρήτη. Κατά τον ερευνητή αυτόν οι σχηματισμοί της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς αποτελούν την προς τα κάτω κανονική στρωματογραφική μετάβαση της ανθρακικής σειράς της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης, με την μεσολάβηση ενός μεταβατικού ορίζοντα μαργαϊκών ασβεστολίθων με παρεμβολές κλαστικών στρωμάτων στη βάση του, που έχει ονομαστεί Σχηματισμός Ραβδούχων. Επίσης από τον ίδιο ερευνητή αναφέρεται ότι στην Κρήτη οι σχηματισμοί της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς έχουν μεταμορφωθεί σε συνθήκες μέσων έως υψηλών πιέσεων και θερμοκρασίας 300 – 400 °C και ότι τα ευρεθέντα, κατά καιρούς, απολιθώματα δίνουν στους σχηματισμούς της σειράς αυτής

ανωπερμική – τριαδική (Κάρνιο ~ 210 εκατ. χρόνια) ηλικία. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται σχηματικά η ακολουθία των Πλακωδών Ασβεστολίθων , της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς και του καλύμματος της Τρίπολης μαζί με τις υποενότητες που τα συνθέτουν.



Σχήμα 7: Σχηματική ακολουθία της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων, του Φυλλιτικού Καλύμματος και του Καλύμματος της Τρίπολης μαζί με τις κυριότερες λιθολογίες. Τα βέλη αντιπροσωπεύουν τους κύριους τεκτονικούς ορίζοντες αποκόλλησης που διαχωρίζουν τις ενότητες και υποενότητες (Dornsiepen et al., 2001).

2.2 Τα κοιτάσματα γύψου - ανυδρίτη της Κρήτης

Με βάση τις εργασίες του Παπασταματίου τα κοιτάσματα γύψου – ανυδρίτη μέσα στους κατώτερους φυλλίτες είναι όχι Τριαδικής ηλικίας αλλά Περμικής, που αποτέθηκαν σε λιμνοθάλασσες της εποχής εκείνης, στο νησιωτικά διαμορφωμένο χώρο της νοτιότατης αυτής περιοχής της Ελλάδας. Διαπιστώθηκε ακόμη ότι στα κοιτάσματα περμικής γύψου συμμετέχει σταθερά το ορυκτό ανυδρίτης.

Η περμική γύψος είναι σιφρή έως μικροκρυσταλλική, κοκκώδους υφής, σακχαρώδους όψεως, χρώματος λευκού και σπανιότερα υποκύνου. Ο ανυδρίτης είναι αδροκρυσταλλικός με υποκύνου χρώμα.

Δολομίτης ή δολομιτικός ασβεστόλιθος και συχνά ωλιθικός βρίσκεται πάντα σε μικρά σώματα μέσα σε κοιτάσματα γύψου. Συχνότερα βρίσκεται μαύρος, σιφρός ωλιθικός δολομίτης, που αναδίδει βιτουμενιούχο οσμή κατά την θραύση.

Ποιοτικά η περμική γύψος είναι πολύ καλή. Η μέση περιεκτικότητα σε $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ κυμαίνεται γύρω στο 90% στα περισσότερα κοιτάσματα. Από την άλλη μεριά τα αποθέματα είναι πολύ σημαντικά. Γενικά εβαπορίτες του Περμίου και του Τριαδικού αποτελούν το 35% περίπου των παγκόσμιων εβαποριτικών πόρων. Μερικά κοιτάσματα είναι πραγματικά προνομιούχα όχι μόνο για το μέγεθος των αποθεμάτων και για την ανώτερη ποιότητα γύψου αλλά και γιατί βρίσκονται στην ακτή ή κοντά σε αυτή, που είναι διαμορφωμένη σε ορμίσκους και επιτρέπει την προσέγγιση και φόρτωση πλοίων. Πρόκειται για τα κοιτάσματα στο Αλτσιό, στο Στόμιο και στο Κάβο Σίδερο.

Η περμική γύψος προέκυψε από ενυδάτωση ανυδρίτη και γι' αυτό εμφανίζεται στα ανώτερα μέρη του κοιτάσματος ενώ στο βάθος επικρατεί ανυδρίτης. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης οι μεταναστεύσεις των κοιτασμάτων γύψου – ανυδρίτη υπό την επίδραση ισχυρών τεκτονικών πιέσεων. Τέτοια μετανάστευση φαίνεται να έχει γίνει στο κοιτάσμα Αλτσιό και σε άλλα μικρότερα κοιτάσματα στη Σφάκα Σητείας. Η μετατροπή γύψου σε ανυδρίτη συνοδευόμενη από διόγκωση ήταν αιτία δημιουργίας μικροπυλών τόσο στο κοιτάσμα όσο και στους γειτονικούς φυλλίτες. Συνηθισμένη επίσης είναι η σχιστοποίηση της γύψου λόγω τεκτονικών πιέσεων.

Στην Κρήτη εμφανίζεται και δεύτερη κατηγορία κοιτασμάτων γύψου, πολύ νεώτερης ηλικίας. Η γένεση τους ανάγεται στο Πλειόκαινο (~ 2,5 εκατομμύρια χρόνια) και παρεμβάλλονται μέσα σε πλειοκαινικές μάργες.

Τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά αυτής της γύψου διαφέρουν πολύ από αυτά της περμιτριάδικης γύψου. Η πλειοκαινική γύψος εμφανίζεται σε δύο τύπους. Ο πρώτος τύπος περιλαμβάνει γύψο αδροκρυσταλλική με μέσο μέγεθος κρυστάλλων 3 cm. Η ποιότητα είναι άριστη και δεν υπάρχει ανυδρίτης. Κατά θέσεις μέσα στο κοιτάσμα εμφανίζεται γύψος διαυγέστατη σε μεγάλους κρυστάλλους, που το μήκος τους ξεπερνά τα 50 cm. Η γύψος αυτή είναι δευτερογενής και άριστης ποιότητας.

Η γύψος του δεύτερου τύπου είναι στιφρή με αυξημένη διαφάνεια. Είναι παραπλήσιος τύπος αλάβαστρου. Συνήθως όμως έχει ελαφρά υποκίτρινη απόχρωση.

Κοιτάσματα αδροκρυσταλλικής γύψου υπάρχουν πολλά. Τα περισσότερα ενδιαφέροντα βρίσκονται κοντά στο χωριό Μύρτος Ιεράπετρας. Τα αποθέματα είναι μεγάλα και η ποιότητα άριστη ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \approx 95\%$). Άλλα μικρότερα κοιτάσματα βρίσκονται στις πλειοκαινικές μάργες κατά μήκος παράκτιας ζώνης από τη Βιάννο μέχρι το ανατολικότερο άκρο της νήσου καθώς και νότια του Ηρακλείου. Κοιτάσματα στιφρής αλαβαστροειδούς γύψου εμφανίζονται νότια του Ηρακλείου (Κρουσώνας, Φαιστός). Στερούνται ενδιαφέροντος, λόγω ποιότητας, ποσότητας και κυρίως λόγω της απόστασης από λιμάνια.

2.3 Το γεωλογικό καθεστώς στο κοιτάσμα Αλτοί

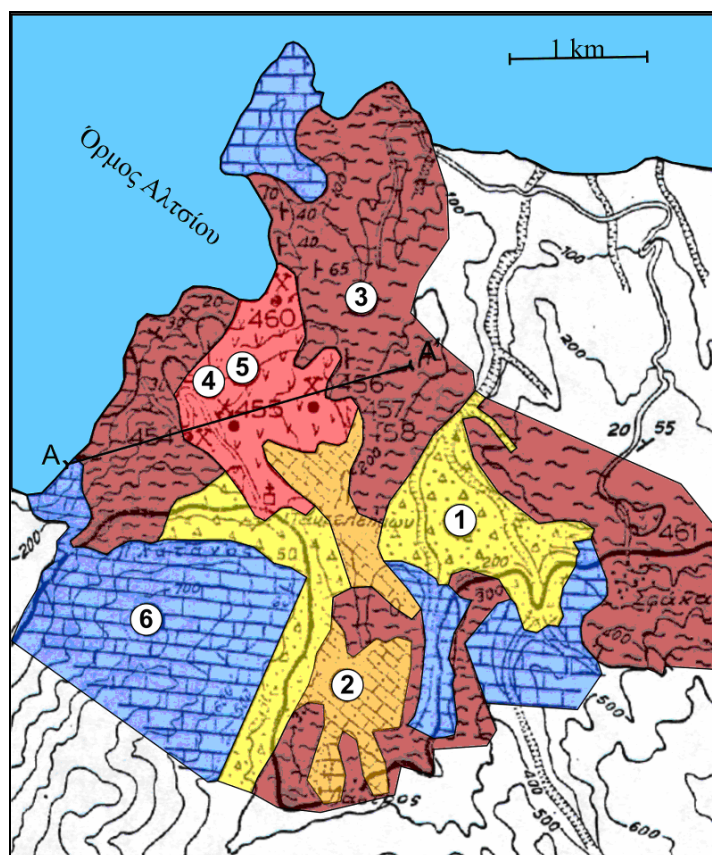
Το μεγαλύτερο κοιτάσμα γύψου – ανυδρίτη της Κρήτης, αλλά και όλης της Ελλάδας βρίσκεται στο Νομό Λασιθίου, στην επαρχία Σητείας, στην κοινότητα Λάστρου και ακριβέστερα στη θέση Αλτοί στην τοποθεσία Σχοινοσελίνου. Η κύρια εμφάνιση του κοιτάσματος γύψου – ανυδρίτη έχει ελλειπτικό σχήμα. Κατά τη διεύθυνση ΒΒΔ – ΝΝΑ έχει μήκος εμφανίσεως 1500 μέτρα περίπου. Το πλάτος του κοιτάσματος κυμαίνεται από 400 μέχρι 1000 μέτρα. Εκτείνεται από την κεντρική οδό στη νότια παρυφή του μέχρι τη θάλασσα στο όρμο

«Ψείρα» στη βόρεια παρυφή. Τα αποθέματα υπολογίζονται σε 340.000.000 τόνους.

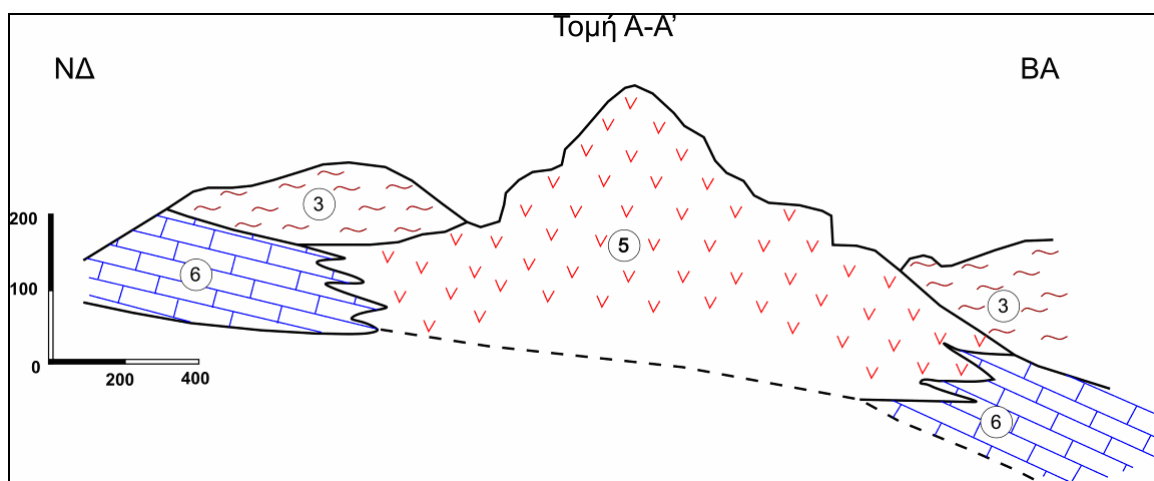
Το ανώτερο τμήμα του κοιτάσματος αποτελείται κυρίως από γύψο ενώ το κατώτατο από ανυδρίτη. Σε μερικά τμήματα του κοιτάσματος συναντάμε μόνο ανυδρίτη, σε άλλα μόνο γύψο και αρκετές θέσεις έχουμε όγκους ανυδρίτη μέσα στη γύψο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η γύψος προήλθε από ενυδάτωση του ανυδρίτη. Η επιζωνική μεταμόρφωση που έχει υποστεί το κοίτασμα έχει εξαφανίσει τα αρχικά στοιχεία που θα καθόριζαν εάν είχαμε αρχικά απόθεση ανυδρίτη ή γύψου. Αν είχε αποθεθεί γύψος λόγω της μεταμόρφωσης αυτή μετατράπηκε σε ανυδρίτη. Όπως αναφέρθηκε ήδη η γύψος προήλθε από ενυδάτωση ανυδρίτη για αυτό και εμφανίζονται όλα τα ενδιάμεσα στάδια μετάβασης από ανυδρίτη σε γύψο.

Το κοίτασμα είναι έντονα τεκτονισμένο και τμήματά του έχουν σχιστοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό. Η κατάσταση αυτή επικρατεί και στα περιβάλλοντα φυλλιτικά πετρώματα. Γεωλογικά είναι τοποθετημένο στους κατώτερους ορίζοντες του ημιμεταμορφωμένου Φυλλιτικού Καλύματος, περιβαλλόμενο από πολυπτυχωμένους σχιστόλιθους του ίδιου Καλύματος και νεώτερα ιζήματα όπως φαίνεται στο υπόμνημα που ακολουθεί και αντιστοιχεί στην εικόνα

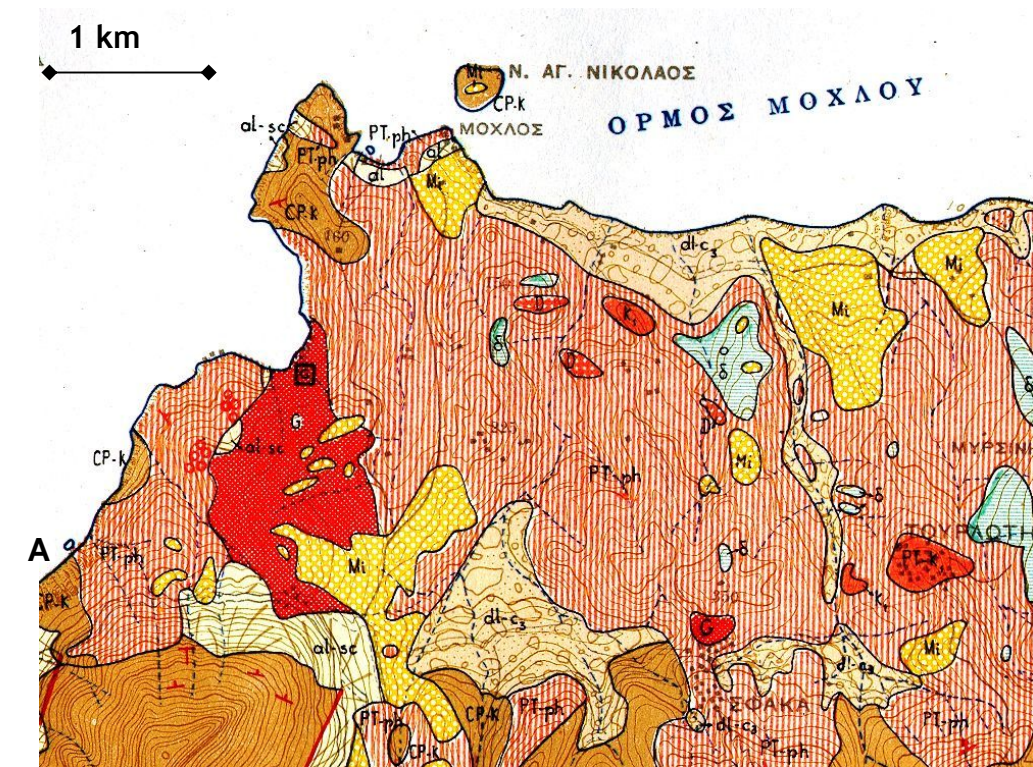
1. Σύγχρονα πλευρικά κορήματα
2. Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή του Μειοκαίνου.
3. Πολυπτυχωμένοι σχιστόλιθοι του ημιμεταμορφωμένου Καλύματος των φυλλιτών (Περμοτριάδικό.)
4. Κυσελώδεις τεφροί σκούροι δολομίτες που ανήκουν στους κατώτερους ορίζοντες του ημιμεταμορφωμένου Φυλλιτικού Καλύματος
5. Εβαπορίτες (γύψος-ανυδρίτης) (Περμοτριάδικό).
6. Νεοπαλαιοζωϊκοί πλακώδεις κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι με πυριτολίθους.



Σχήμα 8: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (από Κανάρη 1989)



Σχήμα 9: Γεωλογική τομή Α - Α' (από Κανάρη 1989)



al Σύγχρονοι προσχώσεις.
Recent alluvial deposits.

al-sc Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων.
Colluvial deposits. Talus and slope fan debris.

al-sc Ποταμία άνασθμής 20—25 μ. Χειμαρνώδεις αποθέσεις κυρίως εκ μεγάλων ή πολύ μεγάλων κροκαλών, έρυθρών ή τεφρών άμμου και άλλου εκ μεταφοράς υλικού ποικίλης σύστασης (c₂).
Fluvial alluvium. Elevation 20—25 m. Torrential deposits of boulders, gravels and pebbles, red or gray sands and other transported materials (c₂) of various composition.

Mi Μή διαχωριζόμενοι θαλάσσιοι σχηματισμοί εκ μαργών, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών κ.ά.
Marine formations undivided. Marl, sandstone, conglomerate etc.

G Λατομείον γύψου.
Quarry of gypsum.

PT-ph

CP-k

CP-k

Φυλλίται κυρίως σερικιτικοί, σκοτεινόταφροι, ύποπράσινοι ή βοσινώχρους εις διάφορα στάδια μεταμορφώσεως έπιζώντες. Περιέχουν έντοναίσεις ψαμμιτών, χαλαζιτών (q), κροκαλοπαγών, σκοτεινόχρωων πλακωδών κρυσταλλικών άσβεστόλιθων (k₁) και δολομιτών (D). Κατά περιοχές έγκλειουν σημαντικά σώματα εκρηξιγενών πετρωμάτων. Έντός των κατωτέρων όριζόντων τοῦ συστήματος τούτου και παρά τό χωρίον Σάφα (Σηλείας) άνευρέθη τό άρβεστοσκόκος *Mizria velebitana* Schubert, χαρακτηρίζον τό πέριμον της 'Ανατολικής Μεσογείου. Έντός των άνωτέρων όριζόντων, έξ άλλου, τοῦ συστήματος τούτου, άνευρέθησαν εις δυτ. Κρήτην άπολιθώματα χαρακτηρηστικά τοῦ άνωτέρου τριαδικού.
Phyllites, mainly sericitic of a dark gray, greenish, or maroon colour, in various grade of epizone metamorphism, containing intercalations of sandstone, quartzite/conglomerate and dark coloured thin-bedded crystalline limestone (k₁) and dolomite (D). In some places noticeable eruptive bodies are included. In the lower strata of phyllitic series, near the village Sfaka, the algae *Mizria velebitana* Schubert was found, a fossil characteristic for the Permian outcrops in the East Mediterranean basin. In the upper layers of the same system, in western Crete, were found characteristic fossils of the upper Triassic.

G. Κοιτάσματα γύψου άνυδρίτου έντός των κατωτέρων όριζόντων τοῦ φυλλινικού συστήματος. **D.** Κυψελώδεις δολομίται έξ άπολίθωσης της έμπριχυμένης γύψου. **R.** Υπολείμματα εκ δυσδιαλυτών συστατικών άποκομισθείσης γύψου.
G. Gypsum-anhydrite deposits in the lower part of the phyllitic series. **D.** cellular dolomite which were disseminated in washed out parts of gypsum deposits. **R.** Residue of undissolved gypsum materials.

Πλακώδεις κρυσταλλικοί άσβεστόλιθοι συνήθως ύποκίτρινοι με λεπτά διαστρώσεις ή βολβούς εκ πυριτολίθου λίαν λεπτοκόκκινου. Υπόκεινται συμφώνως των φυλλιτών με κανονικές μεταβάσεις.
Average bedded, usually bluish, crystalline limestone, with flaggy intercalations or nodules of very fine grained chert. They gradually fall into the overlying-in conformity-phyllite.

Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής μελέτης με το αντίστοιχο υπόμνημα μεταλλογενετικών χάρτης 1:1.000.000, έκδοσης Ι.Γ.Ε.Υ. (1965),

Ένα από τα βασικά ερωτήματα σχετικά με τον τεκτονισμό του κοιτάσματος είναι στο κατά πόσο αυτός αποτελεί ένα διάπυρο ή όχι. Όπως φαίνεται από την δορυφορική φωτογραφία (εικόνα 1) το κοιτάσμα που μελετήθηκε αποτελεί ένα μόνο τμήμα του συνολικού κοιτάσματος.



Εικόνα 1: Άποψη του κοιτάσματος γύψου – ανυδρίτη στο Αλτσί (Μήκος της γραμμής 1 χιλιόμετρο).

Παρατηρήσεις πεδίου έδειξαν ότι συνολικό κοιτάσμα εξελίσσεται τεκτονικά πάνω από κόκκινους φυλλίτες όπως φαίνεται στις εικόνες 2 και 3.



Εικόνα 2: Εμφανίσεις κόκκινων σχιστολίθων στα κατώτερα τμήματα του λατομικού χώρου.

Οι κατά θέσεις παρατηρούμενες μικρού μεγέθους ζώνες κατάκλασης πιθανώς να οφείλονται σε φαινόμενα διόγκωσης κατά της μετατροπή του ανυδρίτη σε γύψο (εικόνα 4). Δεν παρατηρήθηκε καμμία σχέση μεταξύ του κοιτάσματος και των υποκείμενων στρωματογραφικά στην ευρύτερη περιοχή μεταφορφωμένων Πλακωδών Ασβεστολίθων.



Εικόνα 4: Τεκτονική επαφή μεταξύ γύψου και σχιστολίθων στην ανατολική περιοχή του κοιτάσματος.



Εικόνα 5: Τεκτονική επαφή μεταξύ γύψου και σχιστολίθων στην ανατολική περιοχή του κοιτάσματος. Διακρίνεται μικρού μεγέθους ζώνη κατάκλασης ου οφείλεται πιθανών σε φαινόμενα διόγκωσης κατά της μετατροπή του ανυδρίτη σε γύψο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εκμετάλλευση

3.1 Η πορεία και εξέλιξη του κοιτάσματος γύψου – ανυδρίτη στη θέση Αλτσι

Η εξορυκτική δραστηριότητα στο κοιτάσμα γύψου-ανυδρίτη στην θέση «Αλτσι» του δήμου Σητείας του νομού Λασιθίου, άρχισε την δεκαετία του 1950, με μικρές παραθαλάσσιες εκμεταλλεύσεις μέσα στον ομώνυμο όρμο. Η μεταφορά της παραγωγής στα εργοστάσια τσιμέντου γινόταν με καϊκια, που αγκυροβολούσαν μέσα στον όρμο και φόρτωναν μικρούς όγκους γύψου, που οι εργάτες φόρτωναν σε βάρκες και στην συνέχεια κωπηλατούσαν μέχρι τα καϊκια. Στην δεκαετία του 1960 η εκμετάλλευση άρχισε να γίνεται με μηχανικά μέσα και καθοριστική ήταν η εξόφληση του κοιτάσματος γύψου στην περιοχή «Κάβο Σίδερο» (στο ανατολικό ακρωτήριο της Κρήτης), που ανάγκασε τον αποκλειστικό προμηθευτή της τσιμεντοβιομηχανίας ΗΡΑΚΛΗΣ να μεταφερθεί στο κοιτάσμα του Αλτσι.

Στην ίδια περίπου εποχή ο Μ. ΜΑΣΣΑΡΟΣ, που είχε μικρή εκμετάλλευση μέσα στον όρμο και ήταν αποκλειστικός προμηθευτής της τσιμεντοβιομηχανίας ΤΙΤΑΝ μετακινείται στην σημερινή θέση λειτουργίας του λατομείου γύψου του Ομίλου ΤΙΤΑΝ ΑΕ, αγοράζει γυψοφόρες εκτάσεις ή εξασφαλίζει δικαιώματα εκμετάλλευσης και χρήσης, εγκαθιστά ντιζελοκίνητη γεννήτρια για την λειτουργία σπαστήρα, διαμορφώνει στην απόκρημνη παραλία χώρο συγκέντρωσης του θραυσμένου υλικού, διαμορφώνει μια υποτυπώδη σκάλα φόρτωσης πλοίων με την εγκατάσταση μιας ντιζελοκίνητης μεταφορικής ταινίας και δημιουργεί μια εκμετάλλευση δυναμικότητας 50.000 τόνων ετησίως. Στο τέλος της δεκαετίας του 1960 έρχεται το ηλεκτρικό ρεύμα στην περιοχή, ο σπαστήρας μεταφέρεται κοντά στο κοιτάσμα, η παραγωγή του μεταφέρεται με αυτοκίνητα σε χώρο συγκέντρωσης στο χείλος της απόκρημνης ακτής και δημιουργείται το σύστημα φόρτωσης πλοίων στην τελική θέση

λειτουργίας. Η δυναμικότητα της μονάδας αυξάνεται στους 100.000 τόνους περίπου ετησίως.

Ο Όμιλος TITAN ΑΕ με την μορφή της θυγατρικής εταιρίας ΕΛΜΜΕ ΑΕ αγοράζει το 1981 την ιδιοκτησία και την εκμετάλλευση ΜΑΣΣΑΡΟΥ και αυξάνει τα αποθέματα γύψου με την αγορά όμορης γυψοφόρου έκτασης. Το 1988 ενοικιάζει όμορη γυψοφόρο έκταση, η οποία εντάσσεται μέσα στον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης και αυξάνονται ακόμη περισσότερο τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα γύψου. Με βελτιώσεις στον κινητό μηχανολογικό εξοπλισμό λειτουργεί την εκμετάλλευση μέχρι το 1989, οπότε το συγκρότημα θραύσης εκσυγχρονίζεται και μεταφέρεται στον χώρο συγκέντρωσης του θραυσμένου γύψου, ο οποίος σταδιακά διευρύνεται και αποκτά χωρητικότητα 15.000 τόνων περίπου, το σύστημα φόρτωσης πλοίων αναμορφώνεται και γίνεται αποδοτικότερο και ασφαλέστερο, ενώ ολόκληρος ο κινητός μηχανολογικός εξοπλισμός ανανεώνεται, μεγεθύνεται και σταδιακά εκσυγχρονίζεται. Το 1994 τέλος δημιουργείται η θυγατρική εταιρία του Ομίλου TITAN η INTERMPIETON ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΑΕ, η οποία απορροφά μαζί με άλλες θυγατρικές εταιρίες και την ΕΛΜΜΕ ΑΕ .

Σήμερα η δυναμικότητα της εκμετάλλευσης είναι περίπου 300.000 τόνοι ανά έτος, φορτώνονται πλοία χωρητικότητας μέχρι 3.000 τόνων και εργάζονται 13 εργαζόμενοι διαφόρων ειδικοτήτων (.

3.2 Το λατομείο σήμερα

Το Γυψορυχείο του Αλτσι είναι μια υπαίθρια εκσκαφή και η μέθοδος εκμετάλλευσης που χρησιμοποιείται είναι αυτή των ορθών βαθμιδών. Η αποκόλληση των εκμεταλλεύσιμων όγκων γίνεται με την χρήση εκρηκτικών υλών. Οι βαθμίδες του κοιτάσματος όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι ορθές και το ύψος τους κυμαίνεται περίπου στα 15 μέτρα, ενώ το πλάτος τους εξαρτάται από το εάν είναι ενεργές η όχι. Το κατώτερο σημείο της εκσκαφής βρίσκεται στο υψόμετρο 180

μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας και φτάνει μέχρι τα 385 μέτρα στο ανώτερο σημείο της. Επίσης στο χώρο εκσκαφής έχουν δημιουργηθεί τέσσερις πλατείες όπου διευκολύνουν τις εργασίες, φόρτωσης, στις υπάρχουσες ενεργές βαθμίδες. Η μεγαλύτερη από αυτές τις πλατείες βρίσκεται στο κατώτερο σημείο της εκσκαφής (200 μέτρα) και οι υπόλοιπες τρεις μικρότερες 317 μέτρων, 294 μέτρων και 214 μέτρων. Μια άποψη της πλατείας 317 παρουσιάζεται από την ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 6: Άποψη της πλατείας σε υψόμετρο 317

Στα κατώτερα τμήματα της εκμετάλλευσης (200 μέτρα υψόμετρο) έχουν εγκατασταθεί το συνεργείο του μηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και τα γραφεία του υπευθύνου μηχανικού. Εκτός του μηχανικού εκμετάλλευσης στο λατομείο όπως αναφέρθηκε απασχολούνται άλλα 13 άτομα προσωπικού. Το προσωπικό αυτό καλύπτει τις ειδικότητες εργοδηγού, συντηρητών εγκαταστάσεων, μηχανολογικού εξοπλισμού, και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων, χειριστή διατηρητικού εξοπλισμού, γομωτή, χειριστών σκαπτικών μηχανημάτων, οδηγών φορτηγών και εργατών στο λατομείο. Τέλος πλησίον της θάλασσας λειτουργεί το συγκρότημα θραύσεως με την εγκατεστημένη εκεί σκάλα φόρτωσης (120 μέτρα υψόμετρο).

3.3 Εκμετάλλευση

Η εξόρυξη της γύψου πραγματοποιείται όπως αναφέρθηκε παραπάνω με την όρυξη διατρημάτων και την χρήση εκρηκτικών υλών. Τα διατρήματα διανοίγονται με την χρήση διατρητικού φορείου Atlas Corcco TC110, το οποίο φέρει στο πίσω μέρος του ανεξάρτητο υπερσυμπιεστή Atlas Corcco XAHS 235, και χρησιμοποιεί αερόσφυρα των 3,5”(εικόνα 2).



Εικόνα 7: Το διατρητικό μηχάνημα Atlas Corcco TC110, με τον υπερσυμπιεστή Atlas Corcco XAHS 235

Το βάθος της διάτρησης είναι περίπου 15,5 μέτρα ανά διατρήμα έτσι ώστε να αφήνετε λειτουργικό ύψος 14 μέτρων στις ενεργές βαθμίδες του λατομείου και 15 μέτρα σε αυτές που βρίσκονται σε φάση εξόφλησης, μετά την επικάλυψη τους με χώμα για την περιβαλλοντική τους αποκατάσταση. Τα διατρήματα κατά την φάση της εξόρυξης διατάσσονται συνήθως σε μονή σειρά των 10 έως 12 διατρημάτων με απόσταση 3,5 μέτρα μεταξύ αυτών και 3,5 μέτρα από το μέτωπο της βαθμίδας. Υπάρχουν βέβαια και περιπτώσεις μετώπων, όπως αυτών που βρίσκονται στην φάση εξόφλησης, όπου τα διατρήματα διατάσσονται σε δυο ή μέχρι το πολύ τρεις σειρές. Τέλος λόγω του ότι το λατομείο βρίσκεται σε περιοχή με έντονη κλίση στα

άκρα της εκμετάλλευσης διανοίγονται παραοριζόντια διατρήματα (ντούκια) μήκους περίπου 9 μέτρων έτσι ώστε η εκλυόμενη ενέργεια από την έκρηξη να έχει κατακόρυφη κατεύθυνση και κατά συνέπεια τα υλικά της ανατίναξης να εκτινάσσονται προς τα πάνω και όχι στο πλάι όπου και θα χάνονταν στα πλαϊνά πρανή που περιβάλλουν το χώρο του λατομείου.

Η γόμωση των διατρημάτων γίνεται με αμμωνίτη ο οποίος είναι συσκευασμένος σε φουίγγια των 65mm καθώς και με ANFO χύδην. Η έναυση γίνεται μέσω ακαριαίας εκρηκτικής θριαλίδας η οποία συνδέει τα διατρήματα και εκτείνεται μέχρι των πυθμένα αυτών, επίσης τοποθετούνται και επιβραδυντές ακαριαίας θριαλίδας είτε ανά διατμήμα είτε ανά σειρά διατρημάτων. Τέλος η πυροδότηση γίνεται με θριαλίδα ασφαλείας και κοινό καψίλιο.

3.4 Φόρτωση – Μεταφορά

Η παραγωγή των μετώπων μετά την ανατίναξη, αφού προετοιμασθεί με την βοήθεια ερπυστριοφόρου εκσκαφέα με υδραυλική σφύρα φορτώνεται με ελαστικοφόρους φορτωτές τύπου Caterpillar CAT980G (εικόνα 3) σε τετραξονικά ανατρεπόμενα φορτηγά μικτού βάρους 33 τόνων (εικόνα4).



Εικόνα 8: Φορτωτής CATERPILLAR 980G

Υπάρχουν δύο φορτωτές εκ των οποίων ο ένας απασχολείται στα μέτωπα για την φόρτωση του υλικού στα φορτηγά και ο άλλος στο συγκρότημα θραύσης για την φόρτωση της θραυσμένης γύψου στο σύστημα φόρτωσης των πλοίων. Όταν παραστεί ανάγκη για ταχύτερη φόρτωση των πλοίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο δεύτερος φορτωτής.



Εικόνα 9: Τετραξονικό φορτηγό SCANIA 124C 360

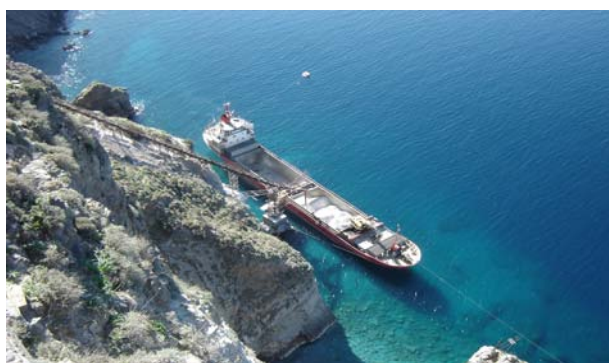
3.5 Συγκρότημα θραύσης

Το συγκρότημα θραύσης, βρίσκεται πλησίον της θάλασσας σε υψόμετρο 120 μέτρων (εικόνα 5), και είναι σχεδιασμένο για ετήσια παραγωγή της τάξεως των 300.000 τόνων.



Εικόνα 10: Άποψη σπαστήρα

Ο σπαστήρας είναι περιστροφικός τύπου impact με τέσσερα «μαχαίρια» τα οποία μπορούν να αναστραφούν και να αντικατασταθούν. Διαθέτει δύο ρυθμιζόμενους θώρακες και το άνοιγμα εξόδου ρυθμίζεται στα 50mm. Έτσι η κοκκομετρία παραγωγής είναι περίπου 90% -50mm και 10% -100mm. Τέλος, στο συγκρότημα που βρίσκεται ο σπαστήρας βρίσκεται και η σκάλα φόρτωσης των πλοίων όπου μεταφέρουν το κονιορτοποιημένο προϊόν του σπαστήρα στα εργοστάσια επεξεργασίας της γύψου που διαθέτει η εταιρία. Η σκάλα ακολουθεί το φυσικό προανές της περιοχής και με το ελαστικό ακροφύσιο που διαθέτει τροφοδοτεί το πλοίο το οποίο δένει στον όρμο κοντά στην περιοχή του σπαστήρα (εικόνα 6) (Σπυριδάκης Ν., προσωπική επικοινωνία).



Εικόνα 11: Άποψη της σκάλας φορτώσεως των πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Γεωφυσική

4.1 Σκοπός της γεωφυσικής έρευνας

Η γεωφυσική έρευνα στο κοίτασμα Αλτσι πραγματοποιήθηκε με σκοπό την καλύτερη και πληρέστερη αξιολόγηση των συνθηκών που επικρατούν, από άποψη δόμων, στο εσωτερικό του. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε ήταν αυτή των ηλεκτρικών διασκοπήσεων, με την εύρεση της ηλεκτρικής αντίστασης των πετρωμάτων στο ηλεκτρικό ρεύμα.

Οι ηλεκτρικές διασκοπήσεις πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία με τον συνάδελφο Βάχλα Γεώργιο καθώς και με την πλήρη, τεχνική και υλική υποστήριξη του τμήματος εφαρμοσμένης γεωφυσικής του πολυτεχνείου Κρήτης. Σημαντική ήταν επίσης και η υλικοτεχνική βοήθεια που προσφέρθηκε από τον κύριο Σπυριδάκη Ν., με την οποία ξεπεραστήκαν οι όποιες δυσκολίες παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

Η επιλογή των γραμμών όπου πραγματοποιήθηκαν οι διασκοπήσεις έγινε σύμφωνα με την χαρτογράφηση του κοιτάσματος έτσι ώστε να επιλεγούν περιοχές όπου υπήρχε εμφανής επαφή μεταξύ γύψου και ανυδρίτη καθώς και επαφή του κοιτάσματος με τους σχιστόλιθους για την οριοθέτηση του κοιτάσματος

Παρακάτω περιγράφεται η μέθοδος της ηλεκτρικής τομογραφίας, η χωροθέτηση των γραμμών μελέτης, καθώς και τα αποτελέσματα που τελικά προκύπτουν. Στην συνέχεια τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής τομογραφίας συγκρίνονται με αυτά της χαρτογράφησης του κοιτάσματος καθώς και με τα τρισδιάστατα γεωχημικά μοντέλα που προέκυψαν από το RockWork

4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ηλεκτρικές μέθοδοι έχουν ως στόχο τον προσδιορισμό των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της

Γης. Η μετρούμενη ποσότητα είναι η ηλεκτρική τάση, από την οποία επιδιώκεται ο καθορισμός της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης και της κατανομής των τιμών της μέσα στα επιφανειακά στρώματα του φλοιού της Γης.

Οι ηλεκτρικές μέθοδοι της γεωφυσικής διασκόπησης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Η πρώτη κατηγορία βασίζεται σε μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών φυσικών ηλεκτρικών ρευμάτων ή πεδίων, και περιλαμβάνει:
 - Μέθοδο του φυσικού δυναμικού
 - Μέθοδο των τελλουρικών ρευμάτων
2. Η δεύτερη κατηγορία βασίζεται σε μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών τα οποία εξαρτώνται από παραγόμενα τεχνητά ηλεκτρικά ρεύματα ή πεδία, και περιλαμβάνει:
 - Μέθοδο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης
 - Μέθοδο της επαγόμενης πολικότητας
 - Μέθοδο των ισοδυναμικών γραμμών

Οι ηλεκτρικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται κυρίως στην αναζήτηση μεταλλευμάτων και γεωθερμικών πεδίων, στην Υδρογεωλογία, και στην Τεχνική Γεωλογία.

4.3 Μέθοδος Ειδικής Ηλεκτρικής Αντίστασης

Η μέθοδος της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι η πιο διαδεδομένη από τις ηλεκτρικές μεθόδους τόσο από την λειτουργική πλευρά όσο και από την θεωρητική πλευρά.

Έχει σκοπό τον καθορισμό της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους, ή καλύτερα την κατανομή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος που ονομάζεται γεωηλεκτρική δομή. Αυτό επιτυγχάνεται με την δημιουργία τεχνητών ηλεκτρικών πεδίων. Το ηλεκτρικό πεδίο επηρεάζεται από τη δομή του υπεδάφους, και

επομένως από τις μετρήσεις του δυναμικού είναι δυνατός ο καθορισμός της δομής.

4.3.1 Ειδική ηλεκτρική αντίσταση

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ , είναι η ηλεκτρική ιδιότητα των πετρωμάτων που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την ηλεκτρική διασκόπηση. Ο υπολογισμός της στηρίζεται στο νόμο του ohm (σχήμα 10): Αν μια ορθογώνια ράβδος με διατομή A και μήκος L διαρρέεται από ρεύμα έντασης I , η τάση V ανάμεσα στις άκρες της ράβδου θα είναι :

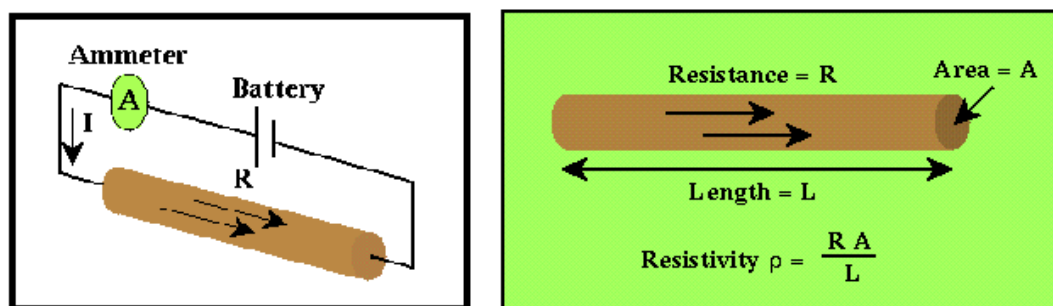
$$V = IR$$

Όπου R η ηλεκτρική αντίσταση (Ω).

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ υπολογίζεται από την σχέση:

$$\rho = \frac{RA}{L}$$

Όπου ρ η ηλεκτρική αντίσταση (Ωm), R η ηλεκτρική αντίσταση (Ω), A το εμβαδό της διατομής, και L το μήκος του αγωγού.



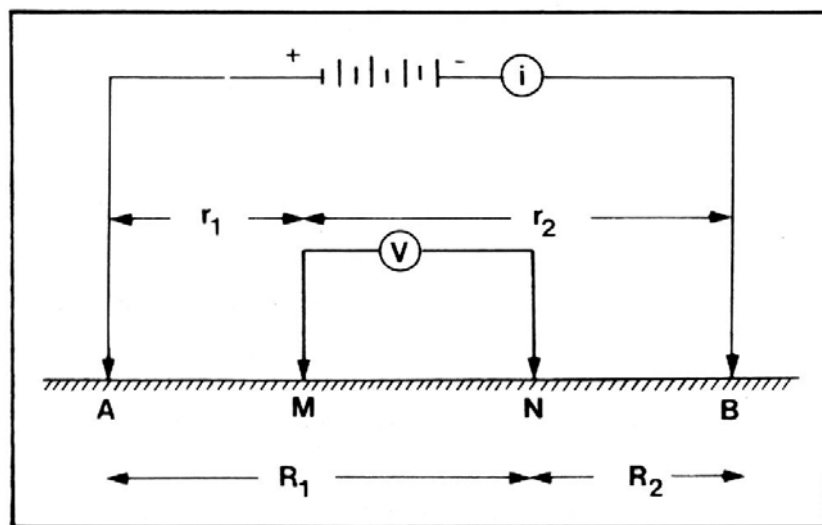
Σχήμα 10 Σχηματική απεικόνιση του νόμου του Ohm (<http://galitzin.mines.edu>).

Η μονάδα μέτρησης της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο διεθνές σύστημα μονάδων, SI, είναι το Ωm , μερικές φορές χρησιμοποιείται και η μονάδα $1 \Omega cm$ όπου $1 \Omega m = 100 \Omega cm$.

Το αντίστροφο, $\sigma = 1/\rho$, της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ονομάζεται ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα του πετρώματος, με μονάδα μέτρησης στο διεθνές σύστημα το siemens/m.

Το σχήμα αντιπροσωπεύει μια τυπική διάταξη που χρησιμοποιείται στη μέθοδο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Υπάρχουν τα ηλεκτρόδια ρεύματος AB που είναι συνδεδεμένα με ένα αμπερόμετρο για τον υπολογισμό της έντασης του ρεύματος που εισάγεται στο έδαφος, ενώ τα ηλεκτρόδια MN είναι τα ηλεκτρόδια τάσης, που συνδέονται με βολτόμετρο για τη μέτρηση της τάσης. Εφαρμόζοντας το νόμο του ohm προκύπτει ότι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\rho = 2\pi \frac{V_{MN}}{I} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} \quad (1)$$



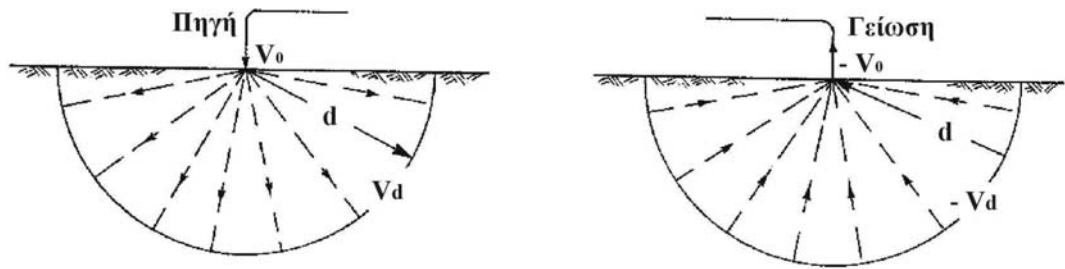
Σχήμα 11: Τυπική διάταξη ηλεκτροδίων. (<http://galitzin.mines.edu>).

4.3.2 Ροή ηλεκτρικού ρεύματος σε ομογενή γη

Έστω ότι συνδέουμε τη Γη με το θετικό και τον αρνητικό πόλο μιας μπαταρίας (Σχήμα 12). Επειδή εφαρμόζουμε διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων ρεύμα εμφανίζεται στο υπέδαφος με κατεύθυνση από το θετικό (source) προς το αρνητικό

ηλεκτρόδιο (sink) σύμφωνα με τη συμβατική φορά του ρεύματος. Ας εξετάσουμε ξεχωριστά τη ροή ρεύματος για τα δύο ηλεκτρόδια.

Είναι αυτονόητο ότι το ηλεκτρόδιο που συνδέθηκε με το θετικό πόλο απέκτησε θετικό φορτίο και διοχετεύει ρεύμα στη Γη. Για ευκολία θεωρούμε τη Γη ομογενές μέσο με αποτέλεσμα την ομοιόμορφη ροή ηλεκτρικών φορτίων προς όλες τις κατευθύνσεις. Σε επόμενες παραγράφους θα εξετάσουμε το γενικότερο πρόβλημα όπου



Σχήμα 12: Ομοιόμορφη ροή ηλεκτρικών φορτίων προς όλες τις κατευθύνσεις σε ομογενές μέσο (Γκανιάτσος, 2000, Σούρλας, 2000).

η ειδική αντίσταση στο υπέδαφος εμφανίζει χωρική μεταβολή, δηλαδή

$\rho = \rho(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z})$ όπου x, y, z οι συντεταγμένες της θέσης.

Τώρα θα εξετάσουμε τι συμβαίνει σε απόσταση d από το θετικό ηλεκτρόδιο. Τα ηλεκτρικά φορτία κινούνται από το ηλεκτρόδιο και κατανέμονται σε ημισφαίριο ακτίνας d . Το εμβαδόν του είναι $S=2\pi d^2$. Αν στην αντίσταση ενός κυλινδρικού αγωγού αντικαταστήσουμε το εμβαδόν έχουμε:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{\rho d}{2\pi d^2} = \frac{\rho}{2\pi d} \quad (2)$$

Από την σχέση $\mathbf{R}=\mathbf{V}/\mathbf{I}$ έχουμε

$$V = IR = \frac{I\rho}{2\pi d} = V_0 - V_d \quad (3)$$

Η (3) εκφράζει τη διαφορά μεταξύ του δυναμικού V_0 στο θετικό ηλεκτρόδιο και του δυναμικού V_d σε οποιοδήποτε σημείο που βρίσκεται στο υπέδαφος και σε απόσταση d από το ηλεκτρόδιο. Ισοδυναμική επιφάνεια ονομάζεται η επιφάνεια όπου το δυναμικό

παραμένει σταθερό. Στην περίπτωση ομογενούς μέσου σύμφωνα με την παραπάνω σχέση(3), οι ισοδυναμικές επιφάνειες είναι σφαιρικές.

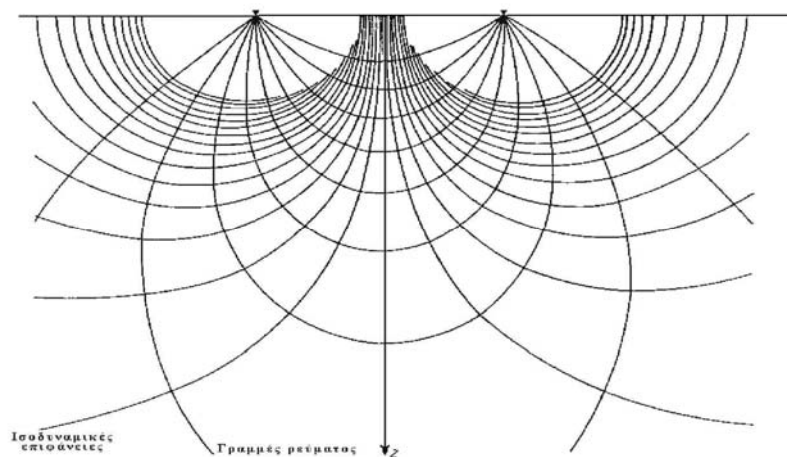
Στο αρνητικό ηλεκτρόδιο ισχύουν αντίστοιχα φαινόμενα μόνο που το ρεύμα έχει φορά προς το ηλεκτρόδιο (Σχήμα 6.3). Έτσι ισχύει η σχέση:

$$-V = IR = \frac{I\rho}{2\pi d} = V_d - V_0 \quad (4)$$

Το δυναμικό είναι μονόμετρο μέγεθος. Το δυναμικό σε σημείο Μ του ηλεκτρικού πεδίου που οφείλεται στα δύο ηλεκτρόδια ρεύματος ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των δυναμικών κάθε ηλεκτρόδιου. Για τη διάταξη του Σχήματος το δυναμικό V σε σημείο που απέχει d2 και d1 από το θετικό και το αρνητικό ηλεκτρόδιο αντίστοιχα, είναι:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) \quad (5)$$

Η (5) περιγράφει το δυναμικό σε κάθε σημείο του υπεδάφους. Ενώνοντας σημεία ίδιου δυναμικού λαμβάνουμε τις ισοδυναμικές επιφάνειες (Σχήμα 13). Το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει πάντα κάθετα προς τις ισοδυναμικές επιφάνειες.



Σχήμα 13: Απεικόνιση του δυναμικού πεδίου με δυναμικές γραμμές

4.3.3 Ειδική ηλεκτρική αντίσταση ορυκτών και πετρωμάτων

Οι ηλεκτρικές ιδιότητες των ορυκτών και πετρωμάτων αποτελούν αντικείμενο μελέτης για σχεδόν δύο αιώνες. Η ειδική αντίσταση, ρ , είναι η ηλεκτρική ιδιότητα των πετρωμάτων που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Το αντίστροφο, $\sigma = 1/\rho$, της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης λέγεται ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Τα περισσότερα ορυκτά και πετρώματα δεν είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Μόνο τα μεταλλικά ορυκτά και τα πετρώματα με σημαντική συγκέντρωση σε αυτά τα ορυκτά παρουσιάζουν αυξημένη ηλεκτρική αγωγιμότητα λόγω της αγωγής του ηλεκτρισμού από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια των μετάλλων (ηλεκτρονική αγωγή).

Τα πυριγενή και τα μεταμορφωμένα πετρώματα συνήθως παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές του ρ σε σχέση με τα ιζηματογενή. Αυτό οφείλεται στο ότι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση των ιζηματογενών κυρίως πετρωμάτων επηρεάζεται από το πορώδες και τη περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα (ηλεκτρολυτική αγωγή). Η ακόλουθη εμπειρική σχέση συνδέει την ειδική αντίσταση ρ των ιζηματογενών πετρωμάτων και το πορώδες ϕ :

$$\rho = a \rho_w \phi^{-m} \quad (6)$$

όπου ρ_w η ειδική αντίσταση του νερού που περιέχεται στους πόρους του πετρώματος, ϕ ο λόγος του όγκου των πόρων προς τον ολικό όγκο του πετρώματος (πορώδες) και a , m σταθερές (με τιμές κατά προσέγγιση 0,5-2,5 για το a και 1,3-2,5 για το m (Telford et al 1976, Grant and West 1965, Παπαζάχος 1986). Η σχέση αυτή γνωστή και ως νόμος του Archie, δείχνει ότι η ειδική αντίσταση αυξάνει όταν ελαττώνεται το πορώδες του πετρώματος.

Η λιθολογία και η γεωλογική ηλικία των πετρωμάτων παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο. Με το πέρασμα του χρόνου, το συνολικό

πάχος των υπερκείμενων στρωμάτων μεγαλώνει με αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης που ασκούν τα στρώματα αυτά στα υποκείμενα. Άρα τα μεγαλύτερης ηλικίας υποκείμενα στρώματα παρουσιάζουν αυξημένη συνοχή, μικρό πορώδες και μεγάλη ειδική ηλεκτρική αντίσταση.

Ο γενικός αυτός κανόνας δεν ισχύει πάντα και ιδιαίτερα για τα τριτογενή ιζήματα τα οποία έχοντας σχηματιστεί σε γλυκό νερό, κατά κύριο λόγο, έχουν μεγαλύτερες ειδικές αντιστάσεις από τα μεσοζωικά ιζήματα τα οποία σχηματίστηκαν σε αλμυρό νερό, αφού η περιεκτικότητα σε ιόντα παίζει ως γνωστό αποφασιστικό ρόλο στη διέλευση του ρεύματος.

Για τα πετρώματα που είναι διαποτισμένα με νερό υπάρχει έμμεση σχέση μεταξύ της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης και της λιθολογίας ή της γεωλογικής ηλικίας καθώς οι δύο παράγοντες αυτοί καθορίζουν το πορώδες. Στα κρυσταλλικά πετρώματα των οποίων το πορώδες είναι εξαιρετικά χαμηλό, η ηλεκτρική αγωγιμότητα οφείλεται αποκλειστικά σχεδόν, στις ρωγμές που υπάρχουν στα πετρώματα αυτά.

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση των ηλεκτρολυτών είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας:

$$\rho_{\theta} = \frac{\rho_{18}}{1 + \alpha_{\theta}(\theta - 18^{\circ})} \quad (7)$$

όπου ρ_{θ} : η ειδική ηλεκτρική αντίσταση σε θερμοκρασία $\theta^{\circ}\text{C}$

ρ_{18} : η ειδική ηλεκτρική αντίσταση σε θερμοκρασία 18°C

α_{θ} : ο θερμικός συντελεστής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης (για τους περισσότερους ηλεκτρολύτες $\alpha_{\theta} = 0,025/^{\circ}\text{C}$).

Συνοψίζοντας, η ειδική ηλεκτρική αντίσταση των υδροφόρων και μη σχηματισμών ελαττώνεται με την αύξηση:

- του όγκου του νερού στο πέτρωμα

- της περιεκτικότητας σε χλωριόντα ή ελεύθερα ιόντα του υπόγειου ύδατος
- της θερμοκρασίας (αύξηση της ευκινησίας των ιόντων)
- της περιεκτικότητας σε αργίλους
- του βαθμού κορεσμού του διαλύματος στους πόρους του πετρώματος
- της καρστικοποίησης
- της εξαλλοίωσης.

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται χαρακτηριστικές τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που προέκυψαν από γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις αναφοράς σε θέσεις όπου τα πετρώματα εμφανίζονται επιφανειακά στην Κρήτη.

Στις διασκοπήσεις μικρού βάθους, η αγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος στο έδαφος επιτυγχάνεται κυρίως από διαλυμένα άλατα όπως το ανθρακικό ασβέστιο και ανθρακικό νάτριο που υπάρχουν στο ίδιο το έδαφος – κυρίως για αργιλώδη εδάφη – ή προέρχονται από τα υποκείμενα γεωλογικά στρώματα, βροχοπτώσεις, σύγχρονα γεωργικά λιπάσματα ή άλλες ανθρωπογενείς διαδικασίες. Επίσης συγκεντρώσεις ριζών και κολλοειδών στο νερό επηρεάζουν την αγωγιμότητα.

Εδώ θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι σε περίπτωση κορεσμού του εδάφους σε νερό η ειδική ηλεκτρική αντίσταση επηρεάζεται από τη σύνδεση μεταξύ των πόρων. Όταν πρόκειται για ξηρά εδάφη ακόμα και οι ελάχιστες ποσότητες νερού που συγκρατούνται σε πολύ μικρούς πόρους είναι σημαντική.

Συνήθως το μέγεθος των ανωμαλιών είναι μεγαλύτερο μετά από μία μακρά περίοδο ξηρού και θερμού καιρού, με την παρατήρηση ότι σημαντικό ρόλο παίζει η συγκεκριμένη περιοχή μελέτης (Al Chalabi και Rees, 1962). Διακρίνοντας τα εδάφη σε κοκκώδη, και συμπαγή (Carr 1982) παρατηρήθηκε διαφορετική μεταβολή στις τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μεταξύ περιόδων διαφορετικής υγρασίας. Κατά τη διάρκεια λοιπόν της υγρής

περιόδου, το επίπεδο της υγρασίας είναι μέγιστο και γι' αυτό η ειδική ηλεκτρική αντίσταση γίνεται ελάχιστη στα κοκκώδη εδάφη, ενώ στα συμπαγή εδάφη η υγρασία παραμένει μικρή και η ειδική ηλεκτρική αντίσταση μεγάλη. Αντίθετα την ξηρή περίοδο μόνο οι μικροί πόροι είναι πληρωμένοι με νερό με αποτέλεσμα τα αργιλώδη να είναι πιο αγωγίμα από τα κοκκώδη εδάφη.

Είναι φανερό ότι συμπαγή πετρώματα όπως ο γρανίτης είναι ελάχιστα αγωγίμα, οι πιο πορώδεις δολομίτες είναι πολύ περισσότερο, ενώ ακόμη καλύτεροι αγωγοί είναι η άμμος και η άργιλος.

Πίνακας 1: χαρακτηριστικές τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης

ΕΙΔΟΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (Ωm)
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΠΡΟΣΧΩΣΕΙΣ	80-250
ΝΕΟΓΕΝΗ ΙΖΗΜΑΤΑ	
Μάργες	2-20
Άμμοι και Χαλίκια κορεσμένα	20-60
Εβαπορίτες (Γύψοι)	50-500
Μαργαϊκοί Ασβεστόλιθοι	200
Κροκαλοπαγή βάσεως	150-500
Ψαμμίτες	200-300
Συμπαγής δολομίτης	50-70
Πορώδης δολομίτης	>104
	100-1000
ΑΛΠΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΑ	
Φλύσξης	70-80
Σχιστόλιθοι-Οφιόλιθοι	100-300
Ασβεστόλιθοι	>500
ΠΥΡΙΓΕΝΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	102 –106

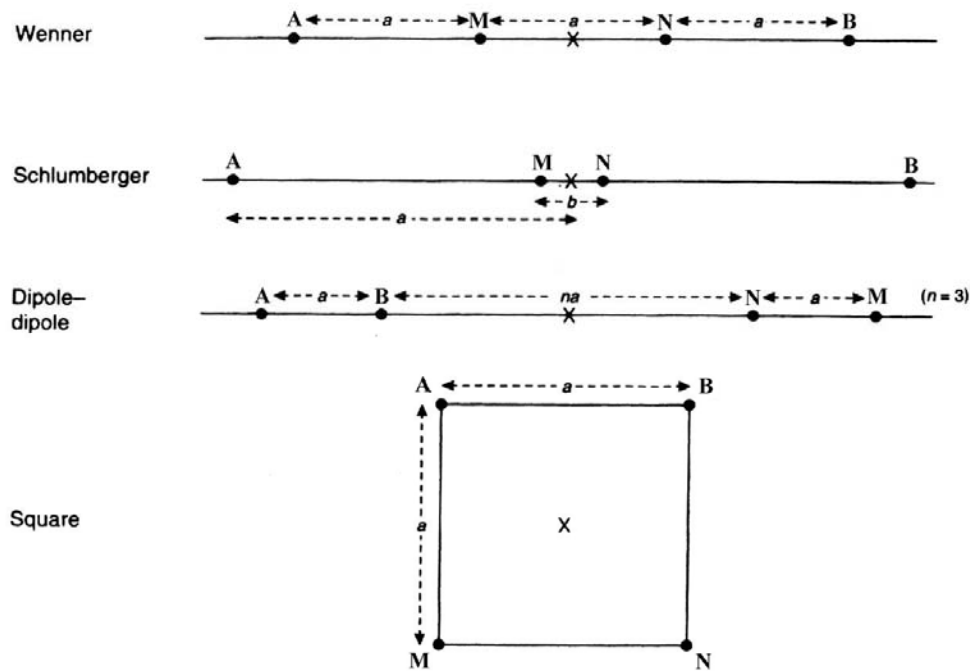
4.3.4 Φαινόμενη ειδική αντίσταση

Η παραπάνω σχέσεις προέκυψαν θεωρώντας ότι τα επιφανειακά στρώματα της Γης είναι ομογενή, αυτό όμως δεν ισχύει και συνεπώς η ειδική ηλεκτρική αντίσταση δεν είναι σταθερή σε αυτά. Η αντίσταση που υπολογίζεται από την προηγούμενη σχέση εκφράζει το μέσο όρο των τιμών των αντιστάσεων των διαφόρων υλικών που βρίσκονται στα επιφανειακά στρώματα, και ονομάζεται φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση (ρ_a).

Η τιμή της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης εξαρτάται από την κατανομή της ειδικής αντίστασης στο υπέδαφος και από τη γεωμετρία των ηλεκτροδίων. Ο υπολογισμός της είναι πολύ σημαντικός και οδηγεί στον καθορισμό της πραγματικής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους. Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός διαφορετικών διατάξεων ηλεκτροδίων.

4.3.5 Διατάξεις Ηλεκτροδίων

Υπάρχουν πολλές διατάξεις ηλεκτροδίων που εφαρμόζονται σήμερα στην ύπαιθρο, ανάλογα με την περιοχή, το μέγεθος των δομών που αναμένονται, τον εξοπλισμό και την εξοικείωση του προσωπικού. Στο Σχήμα απεικονίζονται οι πιο συνηθισμένοι τύποι. Οι διατάξεις τεσσάρων ηλεκτροδίων είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές επειδή ελαχιστοποιούν τα αποτελέσματα της αντίστασης επαφής, δηλαδή της ηλεκτρικής αντίστασης στην θέση του ηλεκτροδίου.



Σχήμα 14: Σχήμα: Διατάξεις ηλεκτροδίων (κατά Reynolds, 1997).

Στη διάταξη Wenner ισχύει $AM = MN = NB = a$ δηλαδή τα ηλεκτρόδια διατάσσονται σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις (Σχήμα 6.5). Η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση δίνεται από τη σχέση

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

όπου ο γεωμετρικός συντελεστής ισούται με $2\pi a$.

Οι κυριότεροι παράγοντες κατά την επιλογή της διάταξης στην ηλεκτρική βυθοσκόπηση είναι το μέγιστο βάθος διασκόπησης και η διακριτική ικανότητα τους.

Οι διατάξεις στις οποίες χρησιμοποιούνται δίπολα (twin-probe, πόλου – διπόλου) έχουν μεγαλύτερο βάθος διασκόπησης για συγκεκριμένο ανάπτυγμα ηλεκτροδίων (Tsourlos, 1995) σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους. Οι διατάξεις Wenner, Schlumberger και διπόλου – διπόλου έχουν καλύτερη διακριτική ικανότητα στο ίδιο βάθος σε σχέση με τις υπόλοιπες διατάξεις.

4.4 Μέθοδος της ηλεκτρικής τομογραφίας.

Η ηλεκτρική τομογραφία ανήκει στις ηλεκτρικές μεθόδους γεωφυσικής διασκόπησης και συμβάλλει στη λεπτομερή απεικόνιση του υπεδάφους, καθώς είναι μέθοδος υψηλής διακριτικής ικανότητας και τα αποτελέσματά της μπορούν να συγκριθούν σε ακρίβεια με τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων. Στην ηλεκτρική τομογραφία, η περιγραφή της γεωλογικής δομής βασίζεται στη μελέτη των μεταβολών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης κατά την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση. Με αυτό τον τρόπο εντοπίζονται ασυνέχειες κατά την οριζόντια ανάπτυξη των σχηματισμών, όπως π.χ. μεταπτώσεις καθώς και τυχόν αλλαγές στη στρωματογραφία.

Πολύ σημαντικός είναι ο καθορισμός της απόστασης των ηλεκτροδίων ρεύματος πριν να ξεκινήσει η χαρτογράφηση, καθώς από αυτή την απόσταση εξαρτάται το βάθος μέχρι το οποίο οι σχηματισμοί στο υπέδαφος επιδρούν στη διαμόρφωση της τιμής της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ρ_a .

Επειδή δεν είναι εύκολος ο άμεσος υπολογισμός της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος από μετρήσεις στην επιφάνεια της γης, υπολογίζεται αρχικά η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ_a , η οποία χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της πραγματικής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος. Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ , σε αντίθεση με τη φαινόμενη που είναι φυσικώς ανύπαρκτη ποσότητα, είναι ιδιότητα των πετρωμάτων και των ορυκτών.

Η τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης εξαρτάται από τις ιδιότητες του πετρώματος όπως:

- α) την ορυκτολογική σύσταση
- β) το πορώδες, τη φύση και τη θερμοκρασία των περιεχόμενων ρευστών
- γ) τη κατάσταση ρηγμάτωσης
- δ) το πάχος των υπερκείμενων στρωμάτων.

4.4.1 Επεξεργασία δεδομένων ηλεκτρικής τομογραφίας

Τα δεδομένα που συλλέγονται με την τομογραφία αποτελούν την ψευδοτομή του υπεδάφους. Το επόμενο βήμα είναι η αναστροφή των δεδομένων, δηλαδή ο υπολογισμός της πραγματικής ηλεκτρικής αντίστασης ρ .

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

Κάνοντας διαδοχικές επαναλήψεις μειώνεται συνεχώς το σφάλμα. Τελικά επιλέγεται ένα μοντέλο με μικρό σφάλμα όταν οι επόμενες επαναλήψεις δεν μειώνουν σημαντικά το σφάλμα αυτό, δηλαδή όταν η επαναληπτική διαδικασία παρουσιάζει σύγκλιση. Τα βήματα της επεξεργασίας είναι τα εξής:

- Ανοίγουμε το πρόγραμμα RES2DIV και χρησιμοποιώντας την εντολή «read data file – file» καταχωρούνται τα δεδομένα στο πρόγραμμα.
- Η αναστροφή των δεδομένων (από τιμές της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στις αντίστοιχες τιμές της πραγματικής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης) επιτυγχάνεται με την εντολή «least_squares inversion – Inversion».
- Προκύπτουν τρία μοντέλα, όπου το τελευταίο παρουσιάζει την κατανομή της πραγματικής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, δηλαδή την γεωηλεκτρική δομή του υπεδάφους.
- Αν το σφάλμα (RMS) που προκύπτει από την σύγκριση των δύο πρώτων μοντέλων (μοντέλα μετρούμενης και υπολογιζόμενης φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης)

δεν είναι ικανοποιητικό, τότε γίνεται προσπάθεια να μειωθεί το σφάλμα διώχνοντας κάποια σημεία που θεωρούνται ως μην αξιόπιστα δεδομένα χρησιμοποιώντας την εντολή (exterminate bad data points – edit).

- Το τελικό μοντέλο αποθηκεύεται χρησιμοποιώντας την εντολή (save screen as BMP file – print)

4.4.2 Τρόπος πραγματοποίησης μετρήσεων

Η διαδικασία της γεωφυσικής έρευνας περιελάμβανε την πραγματοποίηση πέντε ηλεκτρικών τομογραφιών σε επιλεγμένες θέσεις του λατομείου. Οι δύο πρώτες τομογραφίες έγιναν με συνδυασμό των διατάξεων διπόλου – διπόλου και Wenner – Schlumberger ενώ οι υπόλοιπες τρεις μόνο με διάταξη Wenner – Schlumberger. Η διαφοροποίηση αυτή έγινε επειδή με τις δύο πρώτες γραμμές διασκόπησης θέλαμε να εντοπίσουμε μια πλευρική μετάβαση γύψου σε ανυδρίτη. Η διάταξη διπόλου – διπόλου δίνει πολύ καλύτερη πλευρική ανάλυση σε σχέση με τη διάταξη Wenner – Schlumberger η οποία υπερτερεί σε κατακόρυφη ανάλυση. Η διακριτική ικανότητα της διάταξης Wenner – Schlumberger είναι α πλευρικά και 1,6α σε βάθος ενώ της διάταξης διπόλου – διπόλου είναι 1,7α και 1,1α αντίστοιχα. Οι επόμενες δύο γραμμές διασκόπησης είχαν σαν σκοπό να εντοπίσουν την επαφή του κοιτάσματος με τον υποκείμενο σχηματισμό των σχιστολίθων σε δύο θέσεις στα χαμηλότερα επίπεδα του λατομείου ενώ η τελευταία είχε ως σκοπό να εντοπίσει πιθανή μετάβαση σε ανυδρίτη σε θέση που από την γεωλογική χαρτογράφηση είχε διαπιστωθεί ύπαρξη γύψου. Χρησιμοποιήθηκαν 27 «έξυπνα» ηλεκτρόδια, τα οποία εναλλάσσονται αυτόματα από ηλεκτρόδια ρεύματος σε ηλεκτρόδια τάσης χωρίς να χρειάζεται να επέμβει ο χρήστης. Οι συντεταγμένες των θέσεων των γραμμών μελέτης στο σύστημα αναφοράς HATT, το υψόμετρο, η

διάταξη που χρησιμοποιήθηκε καθώς και το βάθος έρευνας της κάθε γραμμής μελέτης παρατίθενται στον πίνακα

Πίνακας 2: Στοιχεία γραμμών μελέτης

Γραμμή μελέτης	x αρχής (m)	y αρχής (m)	x τέλους (m)	y τέλους (m)	υψόμετρο (m)	Βάθος έρευνας (m)	Διάταξη ηλεκτροδίων
Γραμμή 1	-7109.362	-9625.655	-7064.676	-9591.527	242	14.4	dipole - dipole / Wenner - Schlumberger
Γραμμή 2	-7063.578	-9586.548	-7134.274	-9570.274	242	9.6	dipole - dipole / Wenner - Schlumberger
Γραμμή 3	-7149.681	-9691.876	-7076.096	-9916.387	200	48	Wenner - Schlumberger
Γραμμή 4	-7120.162	-9868.505	-7224.346	-9876.451	185	24	Wenner Schlumberger
Γραμμή 5	-6876.964	-9912.315	-6842.699	-9950.001	318	9.6	Wenner - Schlumberger

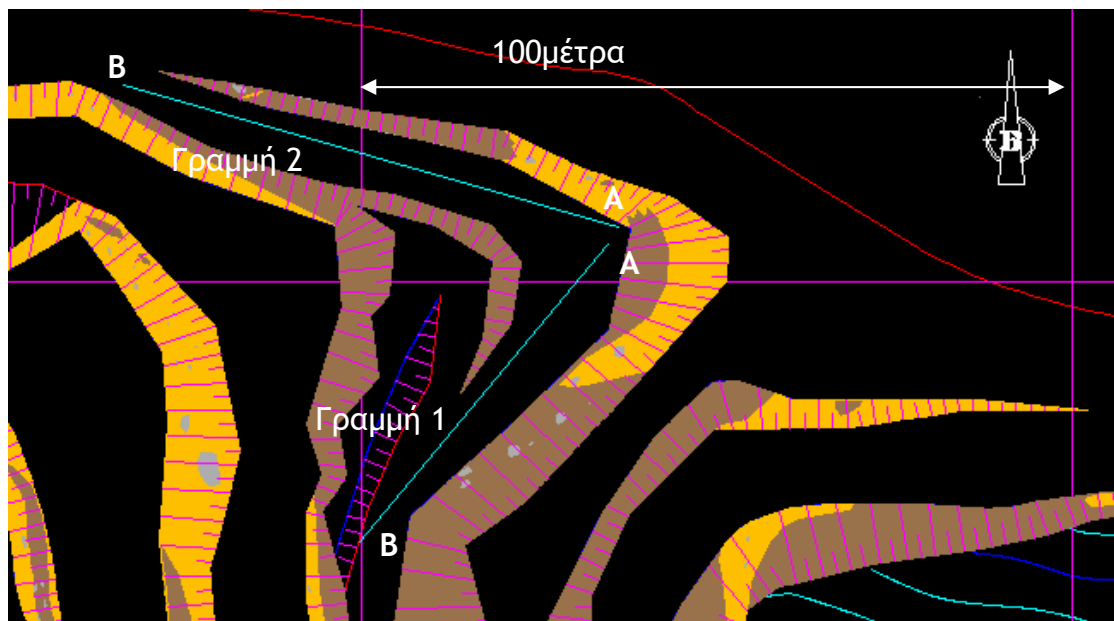
4.4.3 Περιγραφή γραμμών διασκόπησης.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 5 γραμμές διασκόπησης σε επιλεγμένες θέσεις μέσα στο λατομείο. Στη συνέχεια θα περιγραφούν αναλυτικά οι γραμμές διασκόπησης και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη γεωφυσική έρευνα.

Γραμμή διασκόπησης 1 & 2.

Οι δύο πρώτες γραμμές αναφέρονται μαζί διότι πραγματοποιήθηκαν για να οριοθετήσουν μια πλευρική μετάβαση γύψου σε ανυδρίτη. Αναπτύχθηκαν στην ίδια βαθμίδα σε υψόμετρο 242 μέτρων αλλά σε διαφορετική διεύθυνση. Η γραμμή 1 (σχήμα 15) έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μήκος 81 μέτρα ενώ η γραμμή 2 έχει διεύθυνση ΔΝΔ – ΑΒΑ και μήκος 54 μέτρα. Στόχος ήταν να οριοθετήσουν μια πλευρική «σφήνα» ανυδρίτη μέσα σε γύψο η οποία είχε αρχικά εντοπιστεί κατά την γεωλογική χαρτογράφηση του λατομικού χώρου. Στο σχήμα 15 απεικονίζεται η θέση της «σφήνας» ανυδρίτη όπως καταγράφηκε κατά την γεωλογική χαρτογράφηση. Με κίτρινο χρώμα συμβολίζεται η γύψος, με καφέ ο ανυδρίτης, με γκρι

συμβολίζονται δολομιτικοί όγκοι ενώ με γαλάζιο απεικονίζονται οι γραμμές διασκόπησης.

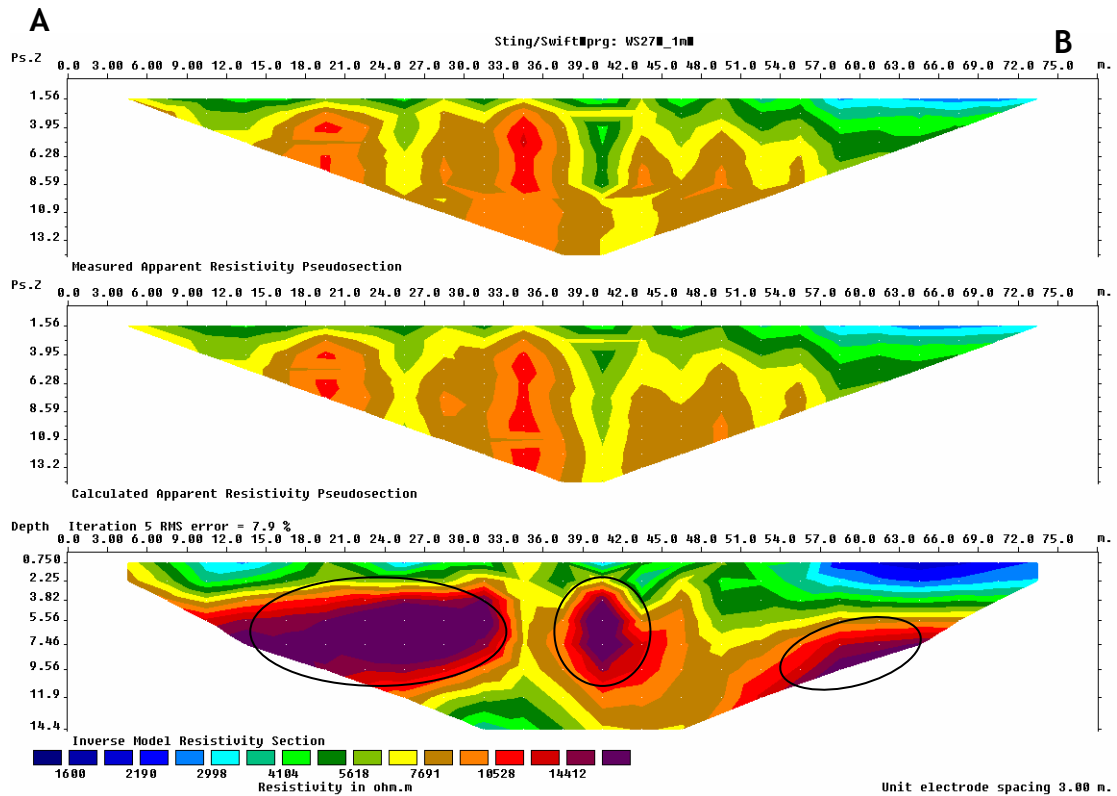


Σχήμα 15: Θέση γραμμών διασκόπησης 1 & 2 στο γεωλογικό χάρτη του λατομείου.

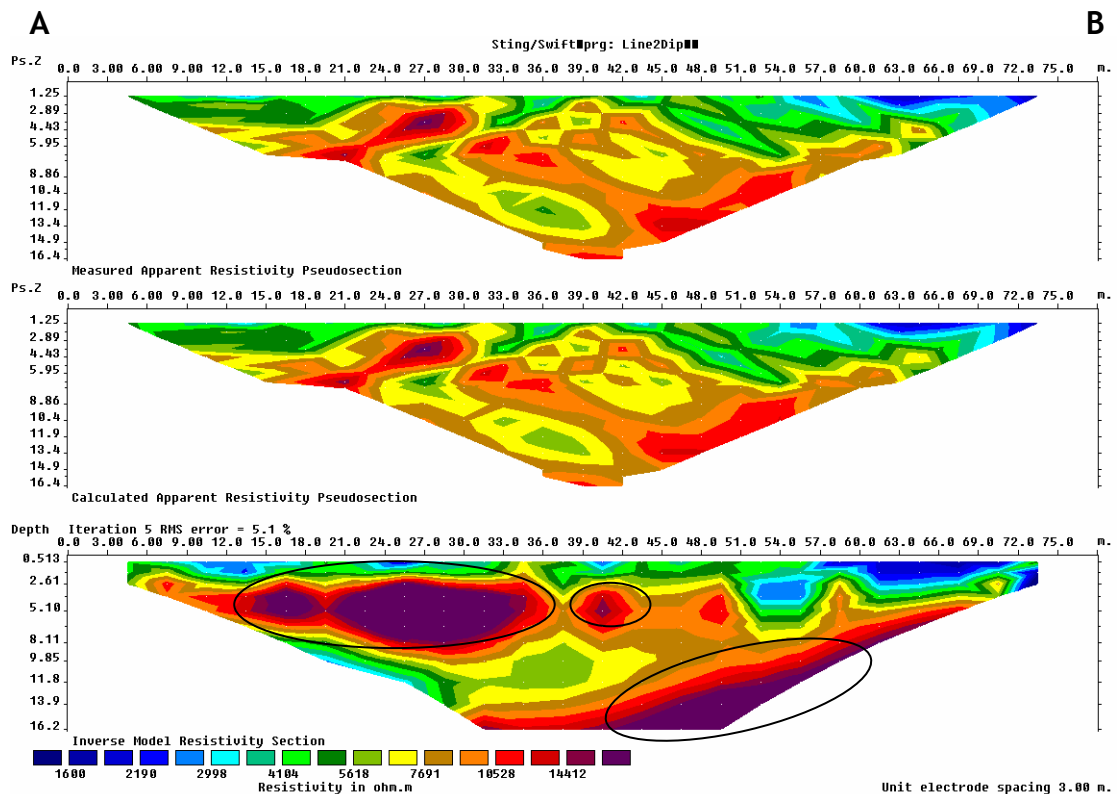


Εικόνα 1: Αποψη της γραμμής διασκόπησης 1.

Στο (σχήμα16) απεικονίζεται η κατανομή της ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος για την γραμμή διασκόπησης 1 σύμφωνα με τις μετρήσεις που προέκυψαν από τη διάταξη Schlumberger – Wenner . Οι υψηλές τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης (μωβ χρώμα) αντιστοιχούν στον ανυδρίτη ενώ οι ενδιάμεσες στη γύψο. Οι χαμηλές τιμές που εμφανίζονται σε πολύ μικρά βάθη, έως 2,5 μέτρα μέγιστο, αντιστοιχούν σε θέσεις με αυξημένη εδαφική εργασία. Στην εικόνα παρατίθεται η κατανομή της ηλεκτρικής αντίστασης για την ίδια γραμμή διασκόπησης αλλά με τη μέθοδο διπόλου – διπόλου. Παρατηρούμε ότι και οι δύο διατάξεις εντοπίζουν 3 κύριους ανυδριτικούς όγκους. Η μέθοδος Schlumberger – Wenner οριοθετεί ακριβέστερα το βάθος μέχρι το οποίο εκτείνονται τα ανυδριτικά σώματα ενώ η μέθοδος διπόλου – διπόλου εντοπίζει καλύτερα τις πλευρικές μεταβάσεις των όγκων. Η διαφορά στη διακριτική ικανότητα των δύο μεθόδων φαίνεται χαρακτηριστικά στο ανυδριτικό σώμα που εμφανίζεται στη μέση περίπου της γραμμής μελέτης όπου η μέθοδος Schlumberger – Wenner υπολογίζει μεγαλύτερο ύψος από τη μέθοδο διπόλου – διπόλου.

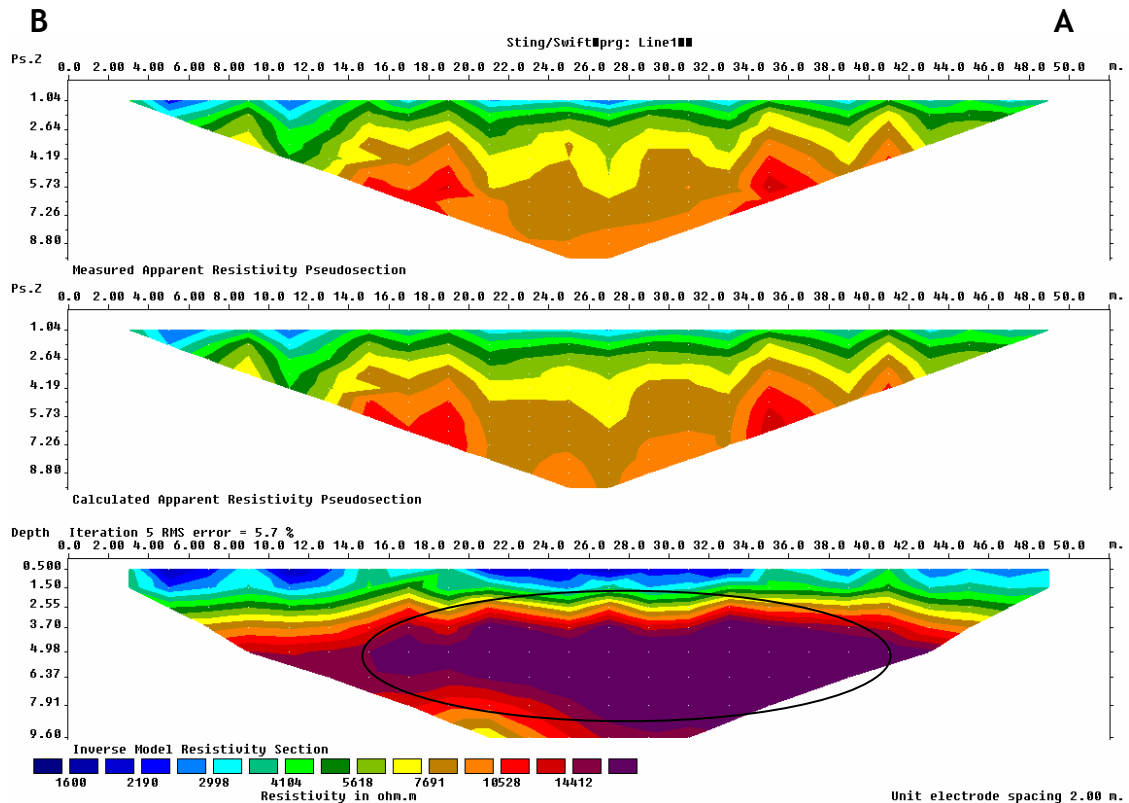


Σχήμα 16: Γραμμή διασκόπησης 1 με διάταξη τη Schlumberger – Wenner.



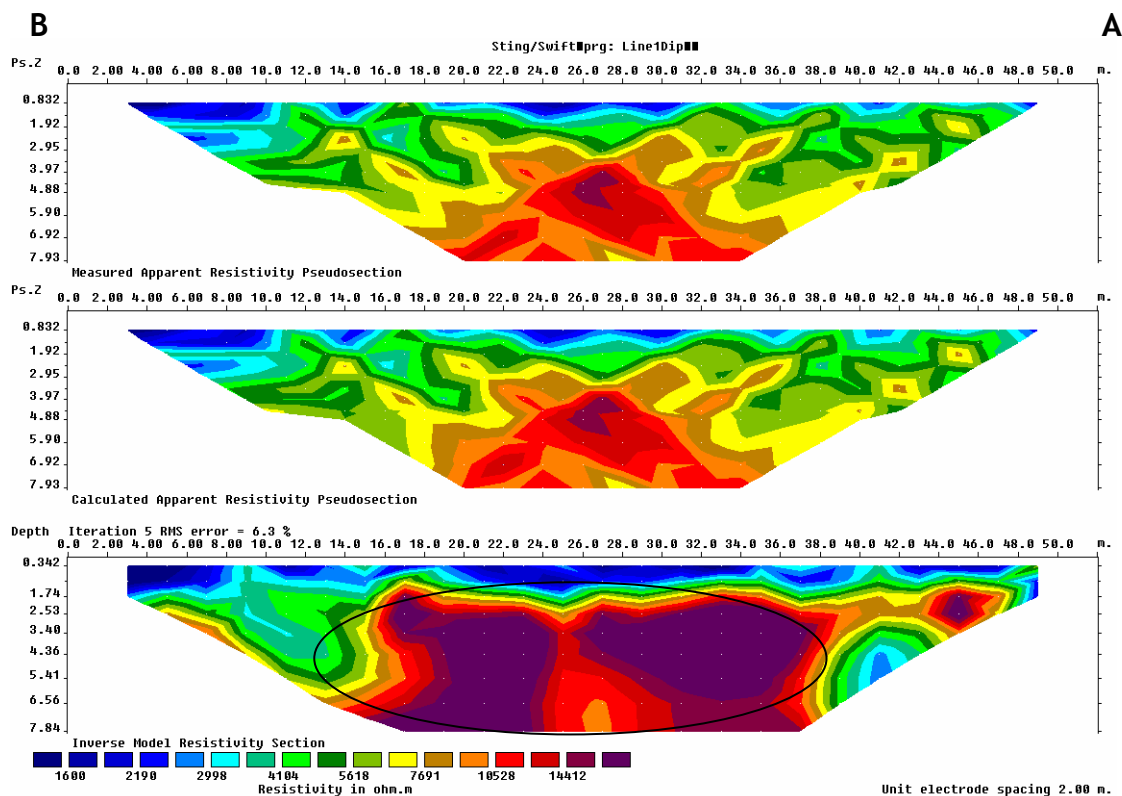
Σχήμα 17: Γραμμή διασκόπησης 1 με διάταξη διπόλου – διπόλου.

Ο ανυδριτικός όγκος εντοπίζεται όπως αναμενόταν στο ΒΔ άκρο της γραμμής διασκόπησης επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα της γεωλογικής χαρτογράφησης. Σε συνδυασμό και με τα αποτελέσματα της δεύτερης γραμμής βλέπουμε πως ο ανυδριτικός όγκος αποσφηνώνεται με κατεύθυνση ΒΔ. Τα αποτελέσματα της γραμμής 2 με την μέθοδο Schlumberger – Wenner παρατίθενται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 18: Γραμμή διασκόπησης 2 με διάταξη τη Schlumberger – Wenner.

Στο σχήμα 18 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την ίδια γραμμή διασκόπησης αλλά με τη μέθοδο διπόλου – διπόλου. Ο ανυδριτικός όγκος εμφανίζεται στην ίδια περίπου θέση ωστόσο δεν εμφανίζεται να αποσφηνώνεται ομαλά όπως στην προηγούμενη διάταξη.



Σχήμα 19: Γραμμή διασκόπησης 2 με διάταξη διπόλου – διπόλου.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν κρίνονται ως αξιόπιστα μιας και στις δυο γραμμές μελέτης και για τις δυο διατάξεις το σφάλμα (RMS error) είναι κάτω από 10% που είναι και το όριο αξιοπιστίας για την συγκεκριμένη μέθοδο.

Γραμμή διασκόπησης 3

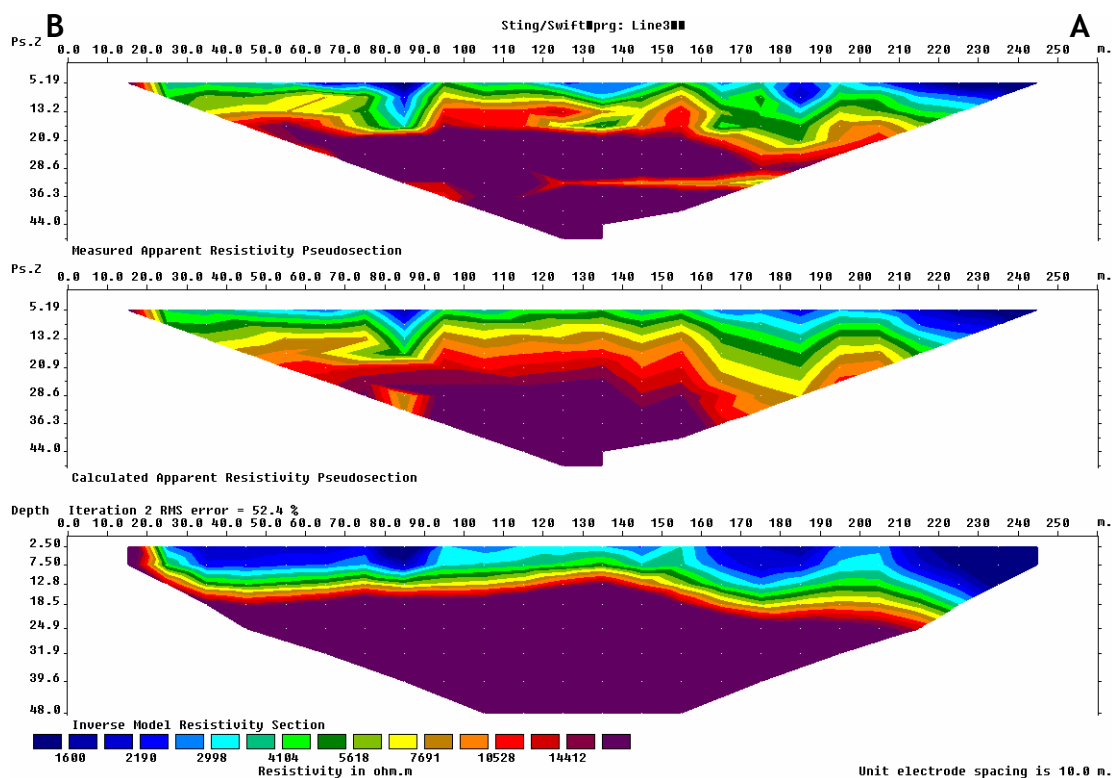
Η τρίτη γραμμή διασκόπησης πραγματοποιήθηκε στη μεγάλη πλατεία του λατομείου σε υψόμετρο 200 μέτρων και είχε διεύθυνση σχεδόν Β - Ν. Ήταν η μεγαλύτερη σε μήκος (270 μέτρα) γραμμή διασκόπησης και πραγματοποιήθηκε με στόχο να εντοπίσει την επαφή του κοιτάσματος με τον υποκείμενο σχηματισμό των οχιστολίθων. Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Wenner – Schlumberger και το μέγιστο βάθος ανίχνευσης που επετεύχθη ήταν 48 μέτρα. Από την γεωλογική χαρτογράφηση του χώρου είχε εντοπιστεί στην αμέσως χαμηλότερη βαθμίδα στα 185 μέτρα μικρή εμφάνιση των οχιστολίθων του υποβάθρου. Στο σχήμα 20 φαίνεται η θέση της γραμμής διασκόπησης πάνω στο γεωλογικό χάρτη του

λατομείου. Με κόκκινο χρώμα συμβολίζεται ο σχηματισμός των σχιστολίθων.



Σχήμα 20: Η θέση της 3ης γραμμής διασκόπησης.

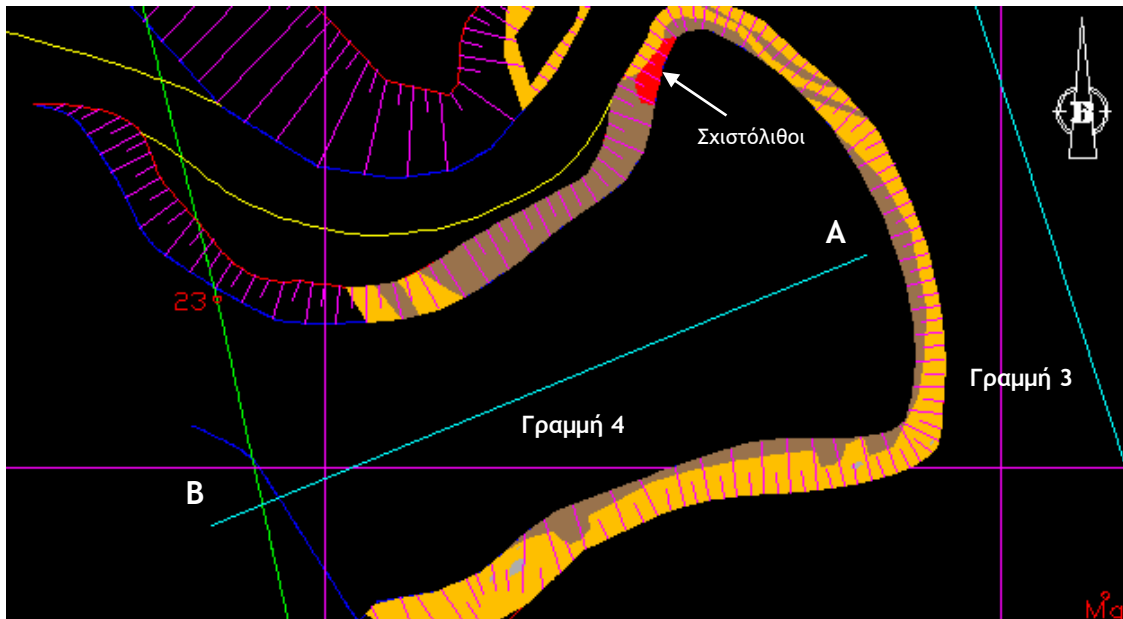
Αρχικά τα αποτελέσματα από την 3^η γραμμή διασκόπησης όπως φαίνεται από το σχήμα δείχνουν την ύπαρξη ενός ομογενούς ανυδριτικού όγκου, βάσει της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που μετρήθηκε. Επίσης παρατηρείται και ένα επιφανειακό στρώμα με πολύ χαμηλή τιμή ηλεκτρικής αντίστασης που φτάνει μέχρι τα 14 μέτρα (μέγιστο) σε βάθος. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη υδροφορίας στην θέση μελέτης σε διάφορες σημεία. Το νερό που αναβλύζει έχει αυξήσει κατά θέσεις την υπεδαφική υγρασία με αποτέλεσμα να εμφανίζονται χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αντίστασης. Το σφάλμα από την επεξεργασία των δεδομένων είναι εξαιρετικά μεγάλο και τα αποτελέσματα δεν είναι δυνατό να χαρακτηρισθούν ως αξιόπιστα για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.



Σχήμα 21: Γραμμή διασκόπησης 3.

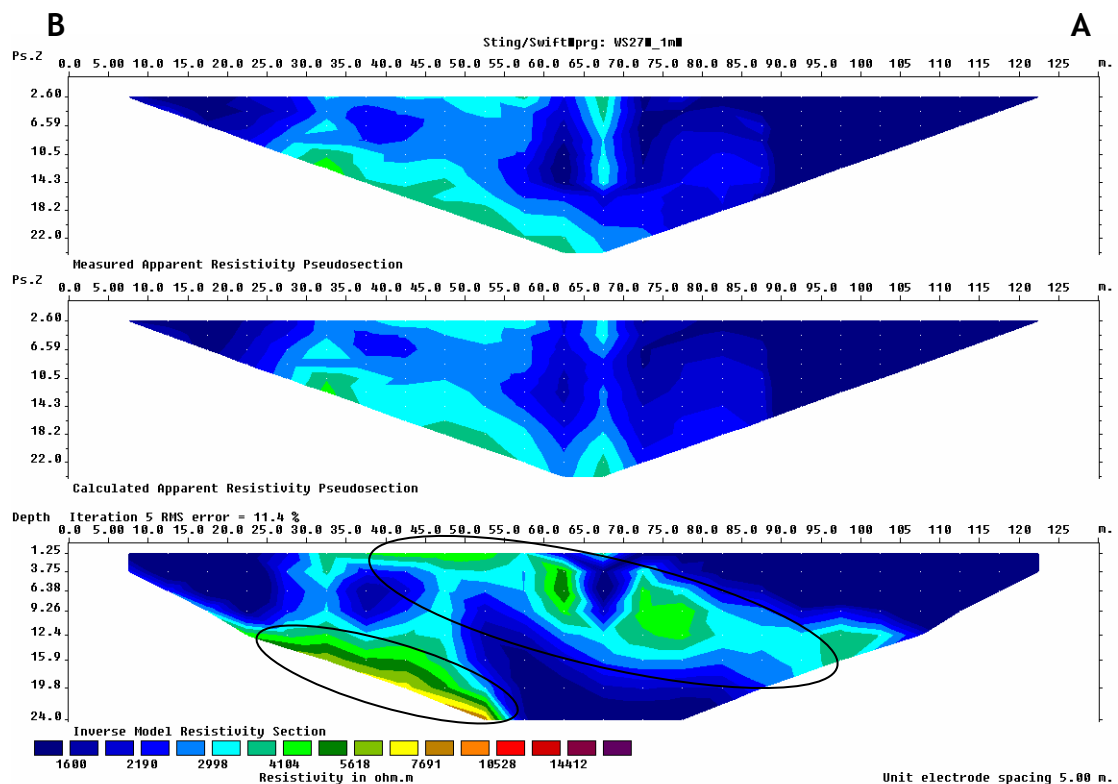
Γραμμή διασκόπησης 4

Η τέταρτη γραμμή διασκόπησης πραγματοποιήθηκε στο κατώτερο σημείο του λατομικού χώρου σε υψόμετρο 185 μέτρων και είχε μήκος 135 μέτρα. Η θέση αυτή επιλέχθηκε με κριτήριο το γεγονός ότι εκεί είχαμε εμφάνιση της υποκείμενης ενότητας των σχιστολίθων σε επαφή με το κοίτασμα γύψου – ανυδρίτη επομένως θα ήταν δυνατή η οριοθέτηση της επαφής αυτής σε μεγαλύτερη κλίμακα πέρα από την επιφανειακή της εμφάνιση. Στο σχήμα φαίνεται η θέση της γραμμής διασκόπησης στο γεωλογικό χάρτη του λατομείου.



Σχήμα 22: Η θέση της 4ης γραμμής διασκόπησης στο γεωλογικό χάρτη του λατομείου.

Η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από την 4η γραμμή διασκόπησης έδωσε τα αποτελέσματα που φαίνονται στην επόμενη εικόνα.



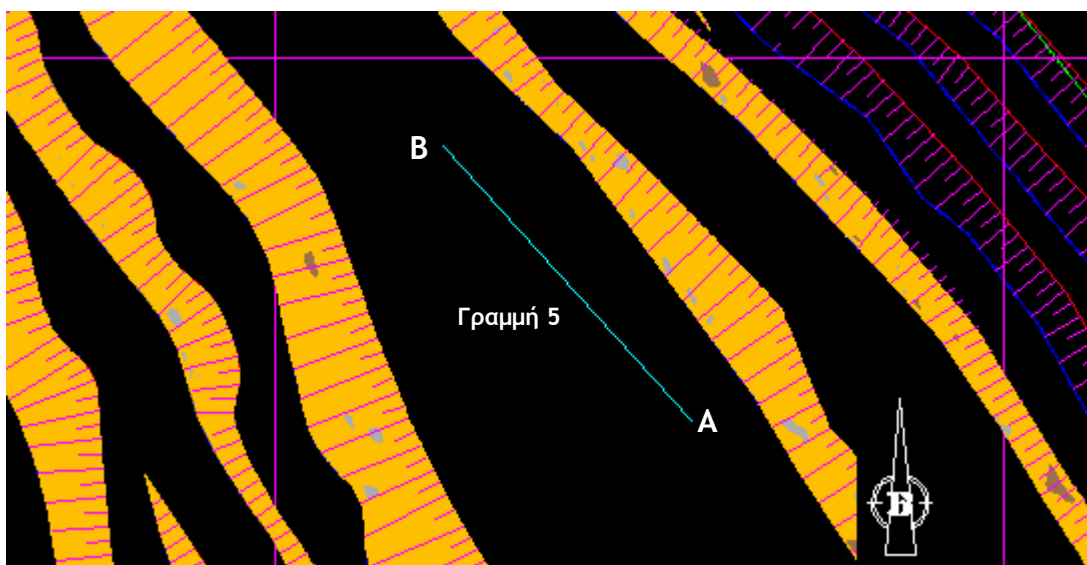
Σχήμα 23: Γραμμή διασκόπησης 4.

Παρατηρείται η ύπαρξη ενός κεκλιμένου οριζοντα με μέση τιμή ηλεκτρικής αντίστασης που αντιστοιχεί στη γύψο. Ο οριζοντας αυτός

περιβάλλεται από έναν σχηματισμό χαμηλότερης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ο οποίος κατά πάσα πιθανότητα είναι ο σχιστολίθος του υποβάθρου. Το σενάριο αυτό ενισχύουν και οι παρατηρήσεις που έγιναν κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση του λατομείου. Η εμφάνιση των σχιστολίθων εκτός από το πρηνές της βαθμίδας που έγινε η διασκόπηση αυτή εμφανίζονται και στην πλατεία που έγινε η διασκόπηση Νο3. Επιπρόσθετα τα γεωτρητικά δεδομένα που είχαμε επιβεβαιώνουν την ύπαρξη σχιστολιθικού ορίζοντα στα βάθη αυτά. Πιο συγκεκριμένα στη γεώτρηση Γ2 που βρίσκεται 150 μέτρα ΒΔ της θέσης μελέτης σε βάθος 10 μέτρων από την κορυφή της έχουμε εμφάνιση σχιστολίθων με συνεχείς παρεμβολές γύψου υπό μορφή φλεβών και λεπτών στρωμάτων.

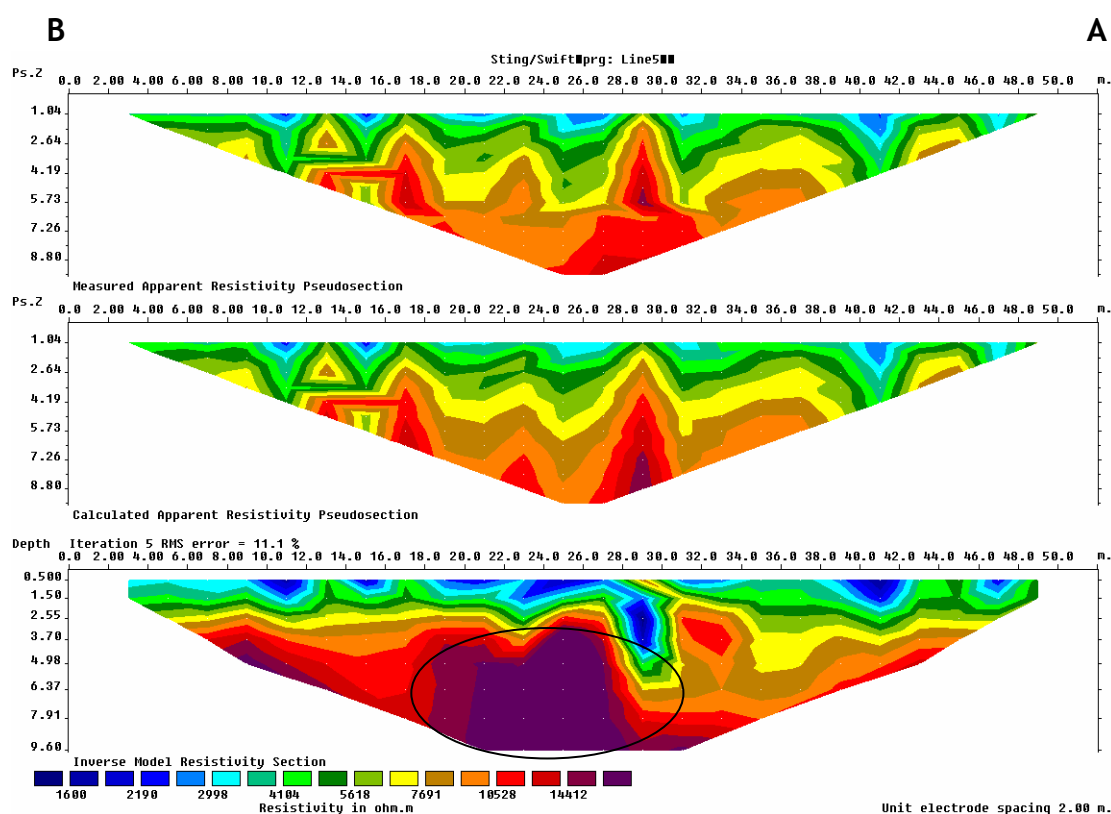
Γραμμή διασκόπησης 5

Η πέμπτη και τελευταία γραμμή διασκόπησης έγινε σε ενεργή βαθμίδα του λατομείου σε υψόμετρο 318 μέτρων και είχε μήκος 54 μέτρα. Στόχος της ήταν να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα της γεωλογικής χαρτογράφησης σύμφωνα με τα οποία στη θέση αυτή είχαμε εμφάνιση σχεδόν αποκλειστικά γύψου μαζί με μικρά διάσπαρτα τεμάχια δολομίτη. Χρησιμοποιήθηκε διάταξη Wenner – Schlumberger ούτως ώστε να επιτύχουμε το μέγιστο δυνατό βάθος εντοπισμού. Η θέση της γραμμής διασκόπησης στο γεωλογικό χάρτη του λατομείου φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



Σχήμα 24: Η θέση της 5ης γραμμής διασκόπησης

Η κατανομή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων της γραμμής 5 παρατίθεται στο σχήμα.



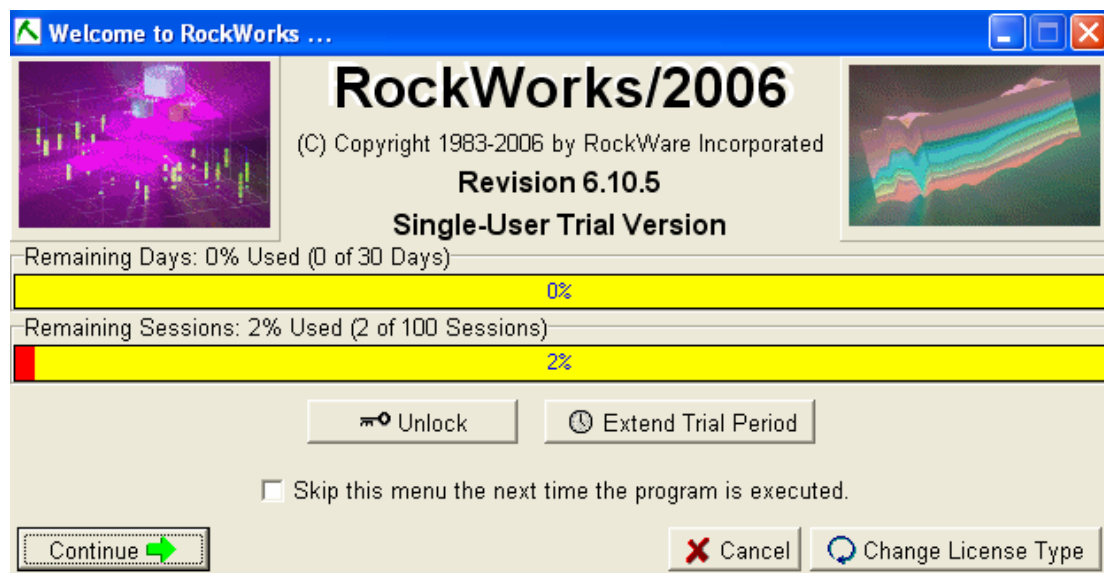
Σχήμα 25 Σχήμα: Γραμμή διασκόπησης 5.

Όπως γίνεται αντιληπτό στο μέσο περίπου της γραμμής διασκόπησης εντοπίζεται μια δομή υψηλής ειδικής ηλεκτρικής

αντίστασης. Πρόκειται πιθανότατα για μια ανυδριτική μάζα μέσα στο κύριο σώμα της γύψου που δομεί την συγκεκριμένη θέση του λατομείου.

Κεφάλαιο 5: Περιήγηση στο RockWorks

5.1 Έναρξη



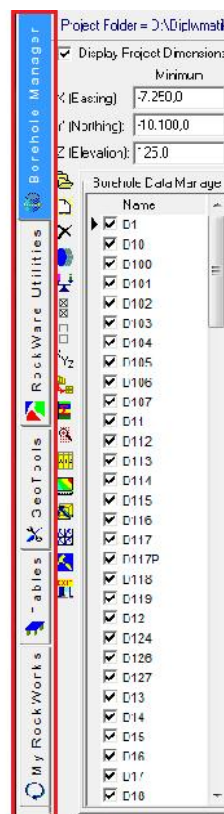
Το πρόγραμμα **“RockWorks”** ενεργοποιείται επιλέγοντας με διπλό πάτημα το αρχείο **exe.** με το όνομα **RockWorks2006**(ή οποία άλλη έκδοση υπάρχει διαθέσιμη), έπειτα εμφανίζεται το παράθυρο υποδοχής (στο **RockWorks2006** γίνεται αυτόματη εισαγωγή στην επιφάνεια εργασίας του προγράμματος και τα επόμενα περιγράφουν το τρόπο εισαγωγής σε προγενέστερες εκδόσεις) του προγράμματος όπου γίνεται και ο έλεγχος της άδειας λειτουργίας του.

Πατώντας το πλήκτρο continue εμφανίζεται μια καρτέλα όπου το πρόγραμμα ζητά να του καθοριστεί ο φάκελος στον οποίο θα εισαχθούν τα δεδομένα της εργασίας που επιθυμεί ο χρήστης.

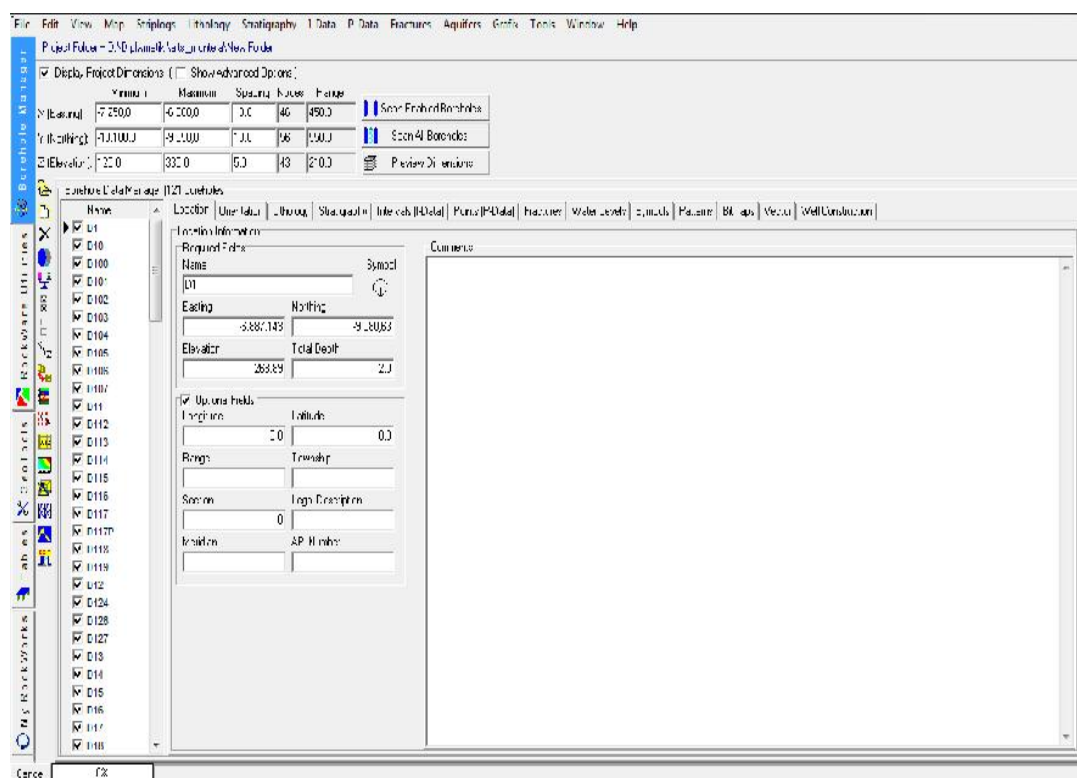
Όπως φαίνεται στην παραπάνω την εικόνα, πάνω από το **Project Folder**, βρίσκεται το μενού εργαλείων η οποία παρέχει επιλογές που αφορούν στην εισαγωγή, επεξεργασία και εξαγωγή δεδομένων (**File, Edit, View, Maps, Strip logs, Lithology, Stratigraphy, I-Data** κ.α.). Η επεξεργασία των δεδομένων σχετίζεται κυρίως με την δημιουργία δισδιάστατων και τρισδιάστατων απεικονίσεων. Επίσης παρέχεται και ένας πολύ εύχρηστος οδηγός εκμάθησης (**Help>Tutorial**) για την επίλυση οποιασδήποτε απορίας κατά την λειτουργία του προγράμματος.

Η επιφάνεια εργασίας του **RockWork 2006** υποδιαιρείται σε πέντε υποσελίδες:

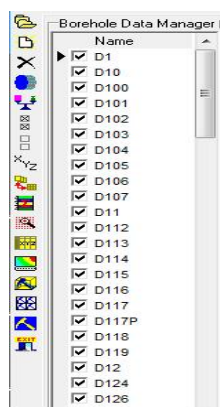
- Borehole Manager
- Rockware Utilities
- Geotools
- Tables
- My Rockworks , όπως φαίνεται και παρακάτω:



5.2 Borehole Manager



















Η υποσελίδα με το όνομα **“Borehole Manager”** αποτελεί μια από τις τέσσερις υποσελίδες που υπάρχουν στην αριστερή πλευρά της οθόνης. Εδώ εισάγονται τα δεδομένα των γεωτρήσεων. Κάθε γεώτρηση που εισάγεται εμφανίζεται στο αριστερό τμήμα αυτής της υποσελίδας, όπου υπάρχει μια λίστα με τις ονομασίες των γεωτρήσεων. Με την χρήση του κέρσορα δίνεται η δυνατότητα ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης κάθε γεώτρησης (επιλεγμένο ή όχι, αντίστοιχα).

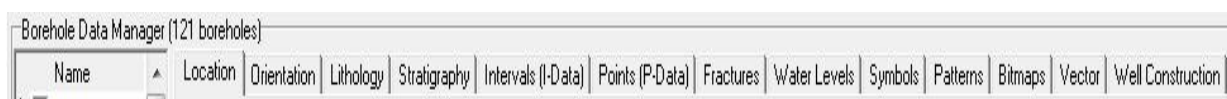


Οι απενεργοποιημένες γεωτρήσεις δεν λαμβάνονται υπόψη κατά την διαδικασία επεξεργασίας. Η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση μπορεί να γίνει και από τα δύο μικρά παράθυρα ακριβώς δίπλα από τις γεωτρήσεις. Στο ίδιο σημείο υπάρχουν και άλλα παράθυρα που επιτρέπουν την δημιουργία νέας γεώτρησης, την διαγραφή μιας ήδη υπάρχουσας καθώς επίσης και άλλες λειτουργίες που δίδονται παρακάτω .

Πίνακας 3: Λειτουργίες του RockWorks

	➤ Δημιουργία νέας γεώτρησης
	➤ Διαγραφή γεώτρησης
	➤ Δημιουργία Backup της βάσης δεδομένων
	➤ Εξετάζει την ακεραιότητα της βάσης δεδομένων
	➤ Ενεργοποίηση όλων των γεωτρήσεων
	➤ Απενεργοποίηση όλων των γεωτρήσεων
	➤ Υπολογισμός των τιμών XYZ
	➤ Εκδίδει τα δεδομένα σε ξεχωριστό φύλλο
	➤ Δημιουργεί σύνοψη της επιλεγμένης γεώτρησης
	➤ Ενεργοποίηση/ Απενεργοποίηση γεωτρήσεων
	➤ Εμφάνιση των τιμών XYZ
	➤ Ενεργοποίηση του Rockplot 2D
	➤ Ενεργοποίηση του Rockplot 3D
	➤ Ενεργοποίηση του ReportWorks
	➤ Εμφάνιση του παραθύρου για ρύθμιση της γλωσσάς εντολών του RockWorks
	➤ Απενεργοποίηση του προγράμματος.

Αφού εισαχθεί μια καινούρια γεώτρηση, ακολουθεί η εισαγωγή των επιμέρους στοιχείων της. Συγκεκριμένα, στην επιφάνεια εργασίας του **Borehole Manager** υπάρχουν διαφορετικές καρτέλες, κάθε μια από τις οποίες φιλοξενεί τα αντίστοιχα δεδομένα της εκάστοτε ενεργοποιημένης γεώτρησης.



Η πρώτη καρτέλα (**Location**) συμπληρώνεται με στοιχεία που αφορούν την ονομασία, τις γεωγραφικές συντεταγμένες και το μέγιστο βάθος κάθε γεώτρησης. Αυτή η καρτέλα πρέπει υποχρεωτικά να είναι συμπληρωμένη. Οι υπόλοιπες καρτέλες συμπληρώνονται προαιρετικά, ανάλογα της φύσεως των δεδομένων. Για παράδειγμα, αν τα διαθέσιμα στοιχεία είναι λιθολογικές καταγραφές γεωτρήσεων, ή γεωχημικές αναλύσεις, ή γεωφυσικές καταγραφές τότε συμπληρώνεται η καρτέλα **“Lithology”**, **“Intervals (I-Data)”**, **“Points (P-Data)”** αντίστοιχα.

5.3 Project Dimensions

Η λειτουργία αυτή αφορά τον καθορισμό των διαστάσεων σύμφωνα με τις οποίες θα δημιουργηθεί η νέα δισδιάστατη ή τρισδιάστατη απεικόνιση και συμπληρώνεται υποχρεωτικά. Η διαχείριση του **Project Dimensions** πραγματοποιείται από την οθόνη του **Borehole Manager**.

	Minimum	Maximum	Spacing	Nodes	Range
X (Easting):	-7.250,0	-6.800,0	10,0	46	450,0
Y (Northing):	-10.100,0	-9.550,0	10,0	56	550,0
Z (Elevation):	125,0	335,0	5,0	43	210,0

Project Folder = D:\Diplwmatiki\altsi_montela\New Folder

☒ Display Project Dimensions (☐ Show Advanced Options)

☒ Scan Enabled Boreholes

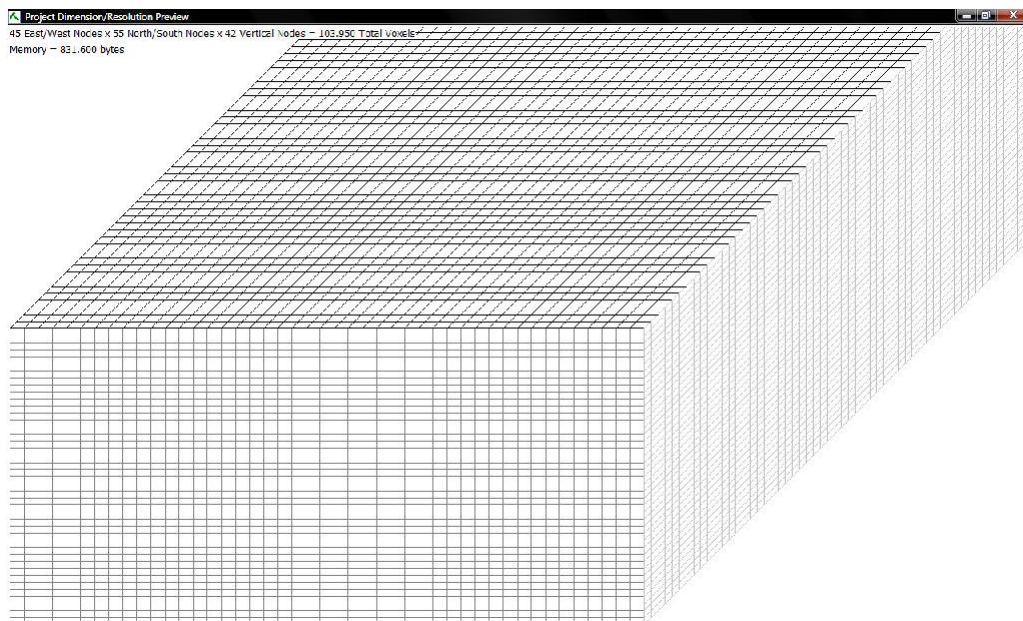
☐ Scan All Boreholes

☐ Preview Dimensions

Στα αντίστοιχα κενά συμπληρώνονται οι ελάχιστες x, y, z τιμές, οι μέγιστες x,y,z τιμές και καθορίζεται η λεπτομέρεια/πυκνότητα (**spacing**) του μοντέλου στις τρεις διαστάσεις. Η συμπλήρωση αυτών των στοιχείων μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους.

Απευθείας πληκτρολόγηση των τιμών στα κενά, με πάτημα του **“Enable Boreholes”** ή του **“All Boreholes”** όταν πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα από το **“Borehole Manager”**. Στην πρώτη περίπτωση υπολογίζονται αυτόματα οι


διαστάσεις μόνο από τις γεωτρήσεις που είναι ενεργοποιημένες, ενώ στην δεύτερη περίπτωση από το σύνολο των γεωτρήσεων που υπάρχουν στο **Borehole Manager** δηλαδή και από τις ενεργοποιημένες και από τις απενεργοποιημένες, με πάτημα του **“Preview Dimensions”**, εμφανίζεται ένα σκαρίφημα με το οποίο δίδονται οπτικά οι διαστάσεις που θα καταλάβει το μοντέλο με τις υπάρχουσες ρυθμίσεις του **Project Dimensions**, καθώς και κάποιες γενικές πληροφορίες με την κατανάλωση των πόρων του συστήματος.



Μετά την συμπλήρωση των διαστάσεων εμφανίζεται αυτόματα ο αριθμός των κόμβων (**nodes**) για κάθε διάσταση.

Xnodes	Ynodes	Znodes
13	14	31

Ο αριθμός των κόμβων είναι το πηλίκο της διαφοράς της μέγιστης και ελάχιστης τιμής για κάθε διάσταση προς το αντίστοιχο μεσοδιάστημα (**spacing**) της κάθε διάστασης. Για παράδειγμα:

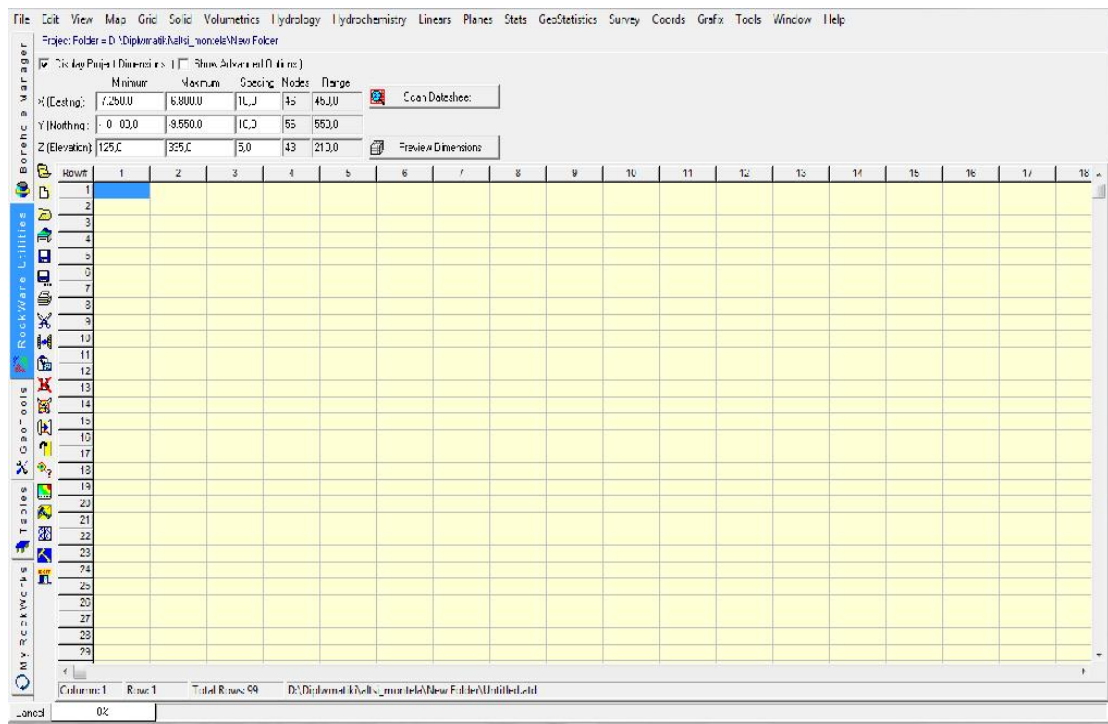
$Z_{nodes} = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{Z_{spacing}} = \frac{280 - 125}{5} = 31$	
--	---

Είναι προφανές ότι όσο πιο μικρή είναι η τιμή του μεσοδιαστήματος (**spacing**), τόσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του μοντέλου, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η λεπτομέρειά του και τόσο μεγαλύτερη μνήμη θα καταλαμβάνει το δημιουργηθέν αρχείο.

Η λειτουργία αυτή, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, πρέπει να ρυθμιστεί υποχρεωτικά και να ανανεώνεται κάθε φορά που αλλάζουν ή προστίθενται νέα δεδομένα. Σε διαφορετική περίπτωση η δισδιάστατη/τρισδιάστατη απεικόνιση δεν θα συνάδει με τις καθορισμένες διαστάσεις.

5.4 Geological Utilities

Ενεργοποιώντας την υποσελίδα **Geological Utilities** η επιφάνεια εργασίας μετατρέπεται όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σε αυτή την σελίδα γίνεται η διαχείριση των τοπογραφικών δεδομένων για την εκπόνηση άλλου είδους μοντέλων που δεν αφορούν στην συγκεκριμένη εργασία και έτσι δεν θα γίνει περαιτέρω περιγραφή αυτής.

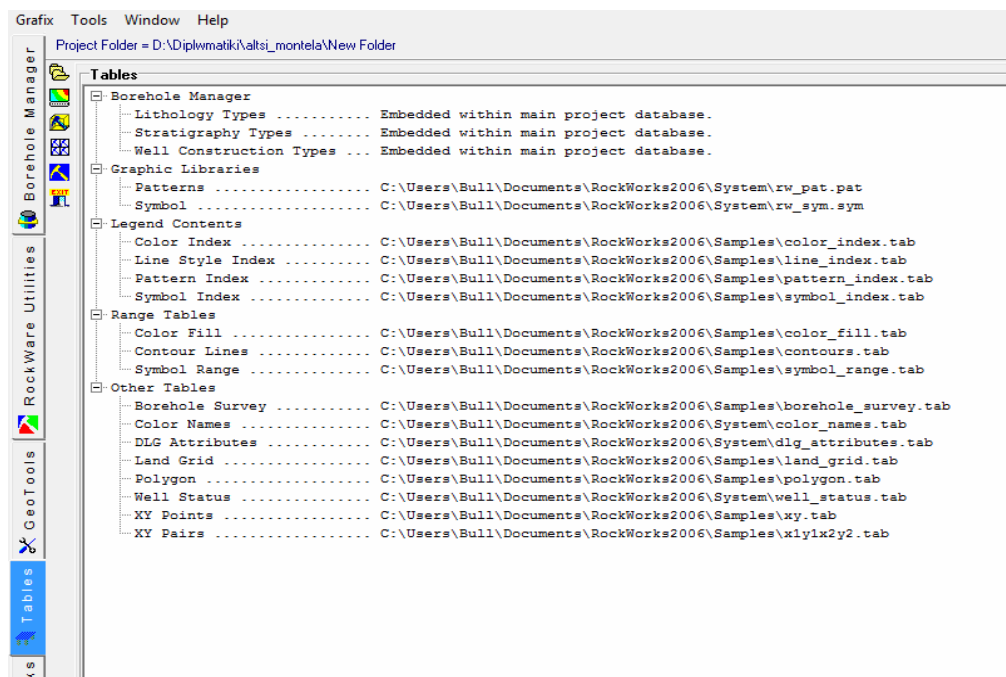
5.5 Tables

Η υποσελίδα αυτή επιλογή σχετίζεται με πίνακες παραμέτρων που χρησιμεύουν στην επεξεργασία των δεδομένων. Οι πίνακες **“Lithology”** και **“Stratigraphy”** σχετίζονται με τα αντίστοιχα δεδομένα που έχουν εισαχθεί στο **“Borehole Manager”**. Στην περίπτωση που τα αρχικά δεδομένα είναι λιθολογικές περιγραφές γεωτρήσεων συμπληρώνεται ο λιθολογικός πίνακας και στην περίπτωση που τα δεδομένα είναι στρωματογραφικά συμπληρώνεται ο στρωματογραφικός πίνακας. Είναι σαφές πως η ρύθμιση των συγκεκριμένων πινάκων είναι υποχρεωτική μόνο όταν είναι συμπληρωμένες οι αντίστοιχες καρτέλες του **“Borehole- Manager”**.

Στην περίπτωση που ενώ υπάρχουν λιθολογικά ή/και στρωματογραφικά δεδομένα δεν είναι συμπληρωμένος ο αντίστοιχος πίνακας τότε το πρόγραμμα αδυνατεί να δημιουργήσει την απεικόνιση που ορίσαμε και μας ενημερώνει με τις παρακάτω ειδοποιήσεις:



Η υποσελίδα “**Tables**” εμφανίζεται, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

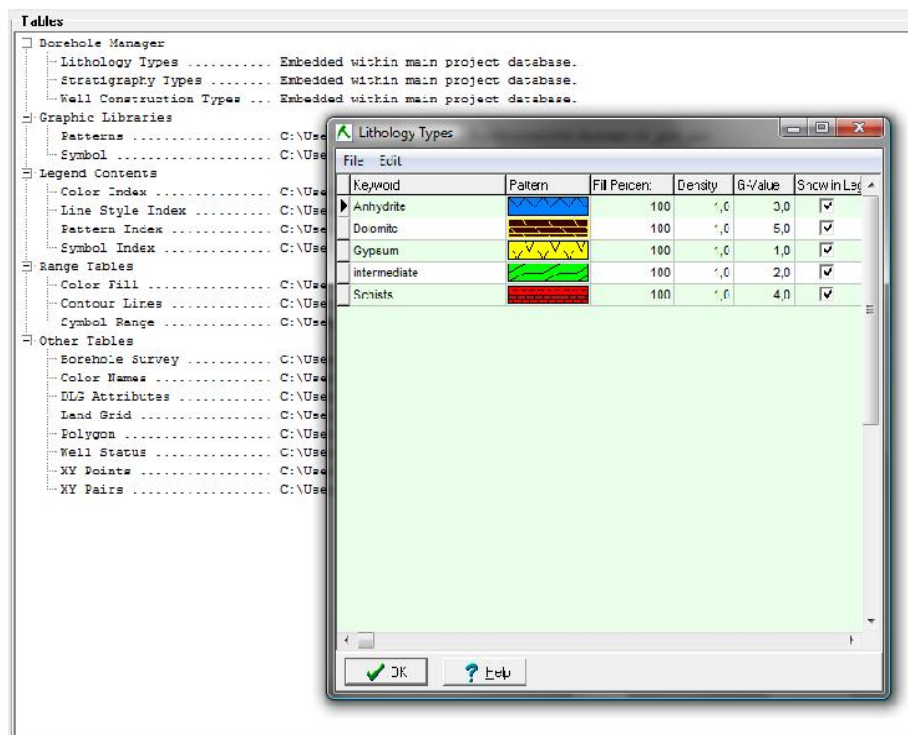


Όπως φαίνεται και από την απεικόνιση οι πίνακες είναι χωρισμένοι σε πέντε κατηγορίες :

- Borehole manager
- Graphic libraries
- Legent contents

- Range tables
- Other tables

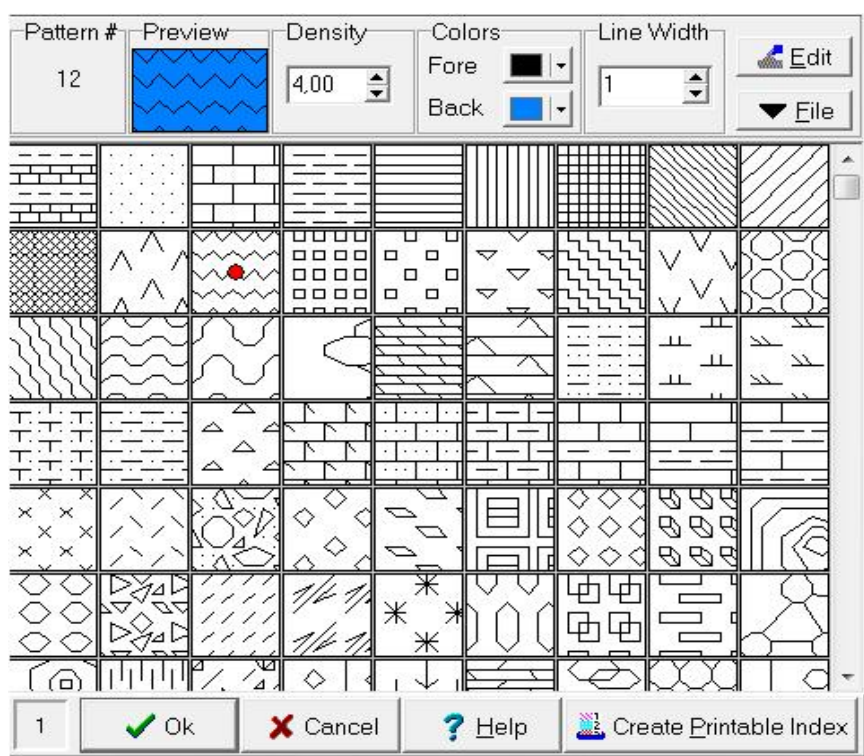
Επιλέγοντας το όνομα ενός πίνακα προς επεξεργασία εμφανίζεται το παράθυρο ρυθμίσεων του συγκεκριμένου πίνακα. Στο παράδειγμα που ακολουθεί έχει επιλεγεί ο πίνακας που ρυθμίζει την απεικόνιση των λιθολογικών στοιχείων μέσα στο μοντέλο



Τα στοιχεία αυτά σχετίζονται με το συγκεκριμένο αρχείο που έχουμε ανοίξει από την έναρξη του προγράμματος (**Project Folder**) και πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για την επεξεργασία των δεδομένων του συγκεκριμένου αρχείου. Στην περίπτωση που θέλουμε να εισάγουμε νέα δεδομένα τότε πρέπει να δημιουργηθεί νέος πίνακας. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε πατώντας **File>New**, οπότε ξεκινά από την αρχή η δημιουργία του πίνακα, είτε τροποποιώντας τον πίνακα που ανοίξαμε. Και στις δύο περιπτώσεις ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία.

Κάθε γραμμή αναφέρεται σε μία και μόνο λιθολογική ή στρωματογραφική μονάδα. Για να ορίσουμε τα στοιχεία σε

οποιοδήποτε κελί, πρέπει να επιλεχθεί διπλά το εκάστοτε κελί. Στην πρώτη στήλη (**Name**) καταγράφεται η ονομασία της μονάδας (π.χ. **“Limestone”**). Στην δεύτερη στήλη (**Pattern**) επιλέγεται ο συμβολισμός και ο χρωματισμός της μονάδας. Αυτό πραγματοποιείται πατώντας με το ποντίκι το συγκεκριμένο κελί οπότε εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο που παρουσιάζει πληθώρα συμβολισμών και χρωμάτων για να επιλέξουμε.



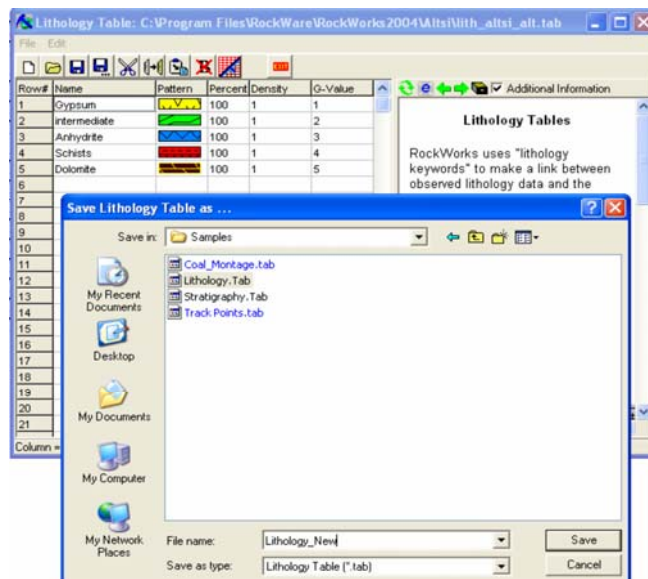
Στο πάνω μέρος του παραθύρου υπάρχει μια επιλογή που αναφέρεται στην πυκνότητα (**Density**) του συμβολισμού. Γενικά προτείνεται η τιμή πυκνότητας να βρίσκεται μεταξύ 2-3. Για τιμές μικρότερες του 2 ο συμβολισμός ενδέχεται να μην διαχωρίζεται, ενώ για τιμές μεγαλύτερες του 3 ο συμβολισμός πιθανώς να μην χωράει σε λιθολογικές ή στρωματογραφικές μονάδες που έχουν πολύ μικρή έκταση στην τελική απεικόνιση.

Στην τρίτη και τέταρτη στήλη (**Percent, Density**) αναγράφονται τιμές που σχετίζονται με την ευκολία διάβρωσης της μονάδας. Οι στήλες αυτές αφορούν μόνο στο πώς θα παρουσιάζει το

“RockWorks” την λιθολογική / στρωματογραφική στήλη κατά την δημιουργία της δισδιάστατης ή τρισδιάστατης απεικόνισης και δεν έχουν καθοριστικό ρόλο. Στην περίπτωση, λοιπόν, που δεν μας αφορά ιδιαίτερα αυτό το στοιχείο, επιλέγονται ως τιμές το 1 και το 100% αντίστοιχα.

Η πέμπτη στήλη (**G-Value**) είναι πολύ σημαντική και αφορά την εισαγωγή τιμών “G”. Η τιμή “G” είναι ένας θετικός ακέραιος αριθμός που αντιστοιχεί σε μία και μόνο μία λιθολογική / στρωματογραφική μονάδα και δεν επαναλαμβάνεται σε καμία άλλη. Με άλλα λόγια, η τιμή “G” αποτελεί την ταυτότητα κάθε μονάδας και πρέπει να είναι μοναδική. Σε κάθε κελί αυτής της στήλης, λοιπόν, πληκτρολογείται μία τιμή οποιαδήποτε τιμή “G” από τον χρήστη, αρκεί να μην επαναλαμβάνεται. Η σημασία της τιμής “G” έγκειται στο ότι κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων, ο υπολογιστής προκειμένου να κάνει τους υπολογισμούς και τις συσχετίσεις, θα ανακαλεί τις τιμές “G” και όχι την ονομασία κάθε λιθολογικής / στρωματογραφικής μονάδας. Συνιστάται κατά τον καθορισμό των τιμών “G”, η αρίθμηση να αρχίζει από το πρώτο κελί με το 1 και να αυξάνεται προς τα κάτω κατεβαίνοντας στις επόμενες σειρές.

Αφού συμπληρωθούν τα απαραίτητα κελιά, σώζουμε τις ρυθμίσεις σε όποιον φάκελο επιθυμούμε με την εντολή **File>Save As**. Κατά προτίμηση να αποθηκεύονται στον ίδιο φάκελο με αυτόν που επιλέχθηκε στην έναρξη του προγράμματος **“RockWorks”**. Τα αρχεία που περιέχουν στοιχεία πινάκων έχουν επέκταση **“.tab”**.



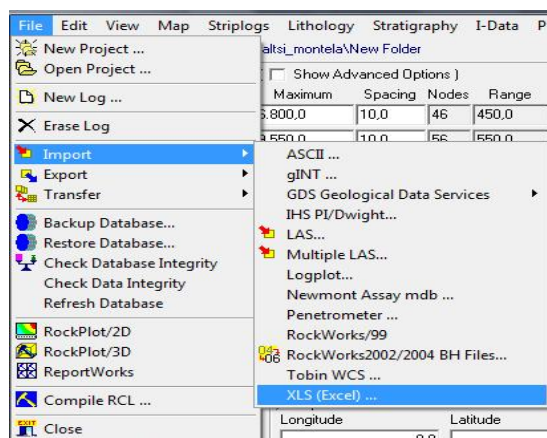
5.6 Εισαγωγή δεδομένων

Η ευκολία στην επεξεργασία των δεδομένων σε περιβάλλον **“RockWorks”** είναι μεγάλη. Από την στιγμή που η υποσελίδα **Borehole Manager** ή/και **Geological Utilities** είναι συμπληρωμένη/νες τότε η δημιουργία της επιθυμητής απεικόνισης είναι απλούστατη διαδικασία εφόσον τα δεδομένα έχουν εισαχθεί σωστά. Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων είναι μείζονος σημασίας για την εύρυθμη επεξεργασία τους αργότερα.

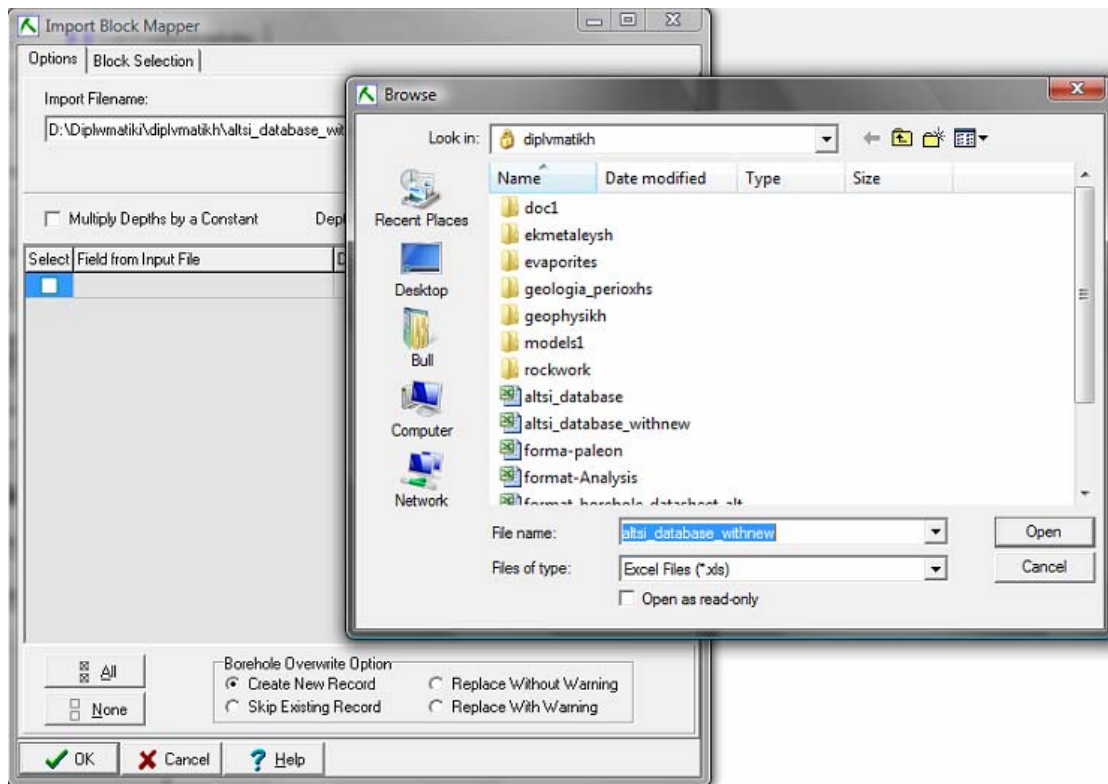
Δύο είναι οι κύριοι τρόποι εισαγωγής δεδομένων. Ο ένας τρόπος αφορά στην συμπλήρωση με απλή πληκτρολόγηση κάθε απαραίτητου πεδίου, όπως ακριβώς αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Ο τρόπος αυτός είναι ο απλούστερος. Μπορεί να αποδειχθεί, όμως, ιδιαίτερα χρονοβόρος όταν πρόκειται να χειριστούμε μεγάλο αριθμό δεδομένων.

Ο δεύτερος τρόπος εισαγωγής δεδομένων σχετίζεται με την εισαγωγή δεδομένων από κάποιο άλλο λογισμικό, που είναι συμβατό με το **“RockWorks”**. Σε αυτή τη περίπτωση πρέπει τα δεδομένα που βρίσκονται στο «συνεργαζόμενο» λογισμικό να έχουν συγκεκριμένη

μορφή (**format**), για να μπορεί το “**RockWorks**” να τα αναγνωρίσει κατά την εισαγωγή τους. Εισαγωγή δεδομένων γίνεται τόσο στην υποσελίδα του **Borehole Manager** όσο και του **Geological Utilities** με τις εντολές **File>Import>**. Στην συνέχεια του κειμένου θα γίνει εκτενή αναφορά στην εισαγωγή δεδομένων στο **Borehole Manager** σε μορφή **Excel**.



Για την εισαγωγή στο **Borehole Manager** μιας φόρμας σε αρχείου τύπου **Excel** επιλέγεται με το ποντίκι, όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, **File>Import> XLS (Excel)**. Έπειτα το πρόγραμμα εμφανίζει ένα μήνυμα εάν είναι επιθυμητό να δημιουργήσει **Backup** της βάσης δεδομένων που υπάρχει ήδη επιλέγεται **OK**. Κατόπιν εμφανίζεται ένα παράθυρο από όπου γίνεται η επιλογή της θέσεως του αρχείου που βρίσκεται ο φάκελος με τα επιθυμητά δεδομένα (**Browse**). Κατόπιν επιλέγεται το αρχείο των δεδομένων και πατάτε **Open**.

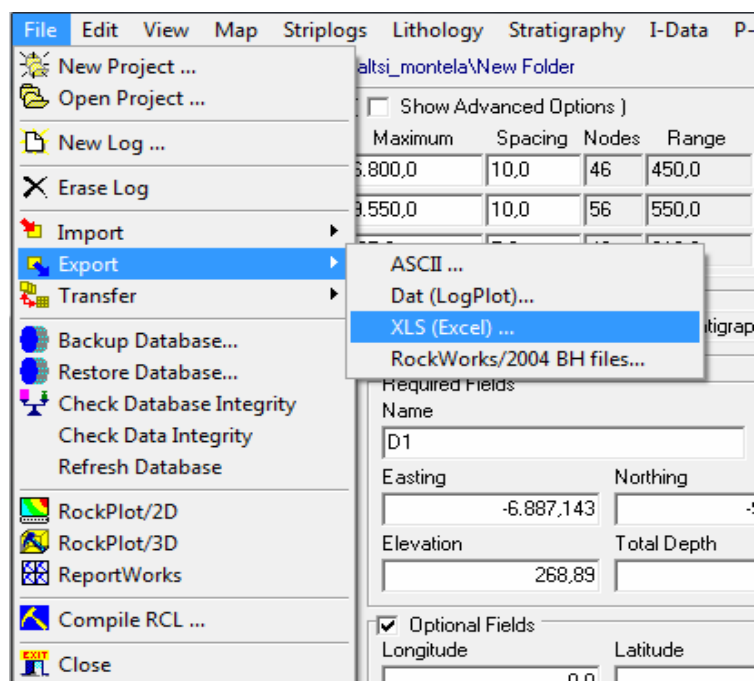


Στην σελίδα **Import Block Mapper** δίδεται επίσης η επιλογή εάν επιθυμεί ο χρήστης να είναι ενεργοποιημένες η απενεργοποιημένες οι γεωτρήσεις μέσα στο **Borehole Manager**. Στο **Overwrite Options** δίνονται διάφορες επιλογές για τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων. Δηλαδή αν η υποσελίδα “**Borehole Manager**” είναι κενή πριν την εισαγωγή, τότε στο **Overwrite Options** επιλέγεται **Create New Record**. Στην περίπτωση που υπάρχουν ήδη δεδομένα πριν την εισαγωγή, τότε αν είναι επιθυμητό τα καινούρια δεδομένα να αντικαταστήσουν εξ’ ολοκλήρου τα προϋπάρχοντα δεδομένα επιλέγεται **Replace Without Warning** ή **Replace With Warning**, ενώ στην περίπτωση που είναι επιθυμητό τα καινούρια δεδομένα να συμπληρώσουν τα ήδη υπάρχοντα τότε επιλέγεται **Skip Existing Record**. Τέλος ενεργοποιείται το **OK**.

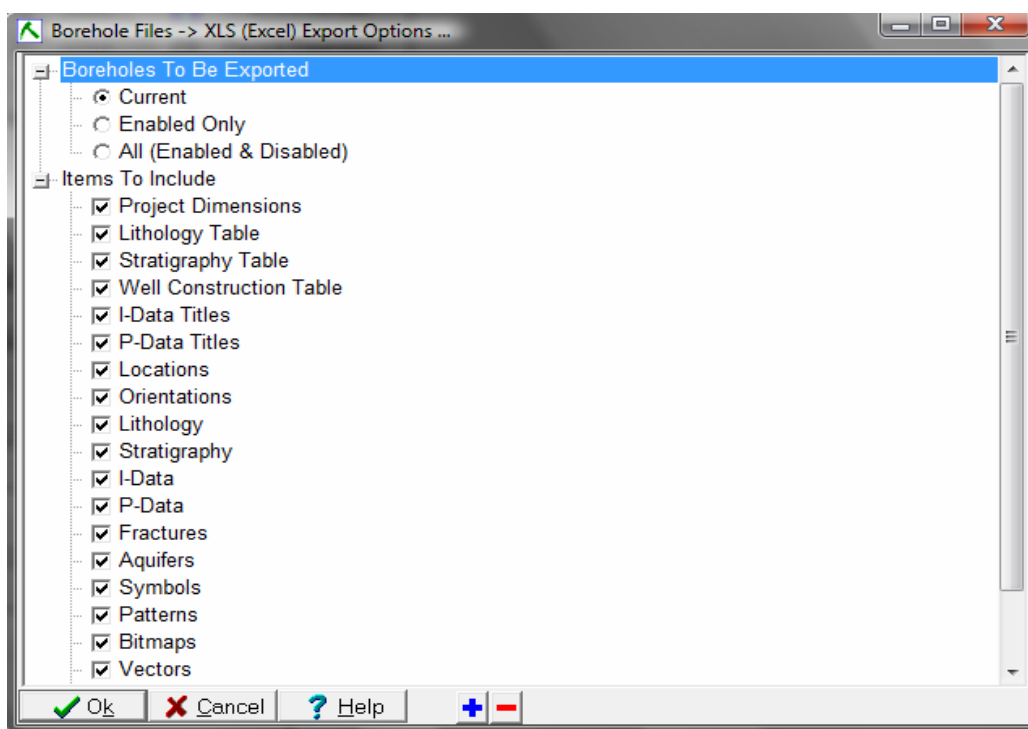
Κατόπιν το πρόγραμμα εισάγει τα δεδομένα των γεωτρήσεων και ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει τις διαστάσεις μέσω του **Project Dimensions** όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω.

5.7 Φόρμα Excel

Αυτή η παράγραφος θα αφιερωθεί στον τρόπο δημιουργίας του **Excel**. Το πρόγραμμα παρέχει υποδείγματα (**Samples**) εργασιών για να μπορέσει ο χρήστης να εξοικειωθεί με το **RockWorks** κάνοντας εφαρμογές με αυτά. Μέσω του **Borehole Manager** μπορεί να γίνει εξαγωγή δεδομένων σε μορφή **Excel** και **ASCII** επιλέγοντας με το ποντίκι **File->Export->Excel**.



Κάνοντας το παραπάνω εμφανίζεται η παρακάτω σελίδα



Σε αυτή την σελίδα προσφέρονται επιλογές για τον τρόπο εξαγωγής των δεδομένων. Δηλαδή, εάν είναι επιθυμητή η εξαγωγή όλου του όγκου των δεδομένων επιλέγεται από το **‘Boreholes To Be Exported’** την επιλογή **‘All (Enabled & Disabled)’**, εάν δεν χρειάζονται όλες οι γεωτρήσεις και αρκούν μόνο οι επιλεγμένες τότε επιλέγεται **‘Enabled Only’** επίσης προσφέρεται και η επιλογή **Current** εάν είναι επιθυμητή η εξαγωγή των δεδομένων όπως στην μορφή που υπάρχει κατά την επεξεργασία από το πρόγραμμα, ακόμα μπορεί να επιλεγεί μέσω του **Items To Include** μόνο οι επιθυμητές κατηγορίες δεδομένων να εμφανισθούν ως φόρμα στο **Excel**. Τέλος επιλέγεται **OK** και εμφανίζεται το παρακάτω φύλλο εργασίας **Excel** όπου εάν ο χρήστης κρατήσει την μορφή του και αντικαταστήσει τα υπάρχοντα δεδομένα με αυτά που επιθυμεί θα δημιουργήσει μια νέα φόρμα έτοιμη για εισαγωγή και επεξεργασία από το **RockWorks**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Bore	Range	Township	Section	Legal	Longitude	Latitude	Easting	Northing	Elevation	TD	Symbol	Color	
2	G1				0		0	0	671993,9	3892367	199	70	14	0
3	G2				0		0	0	671863	3892422	205,2	40	14	0
4	G3				0		0	0	671887,7	3892506	216	40	14	0
5	G4				0		0	0	671891,1	3892633	236,3	48,5	14	0
6	G5				0		0	0	671958,4	3892560	246	100	14	0
7	G6				0		0	0	671974,6	3892509	248,5	90	14	0
8	G7				0		0	0	672020,5	3892427	268,8	70,5	14	0
9	G8				0		0	0	672084,5	3892385	274	61	14	0
10	G8a				0		0	0	672057,9	3892388	272,3	36	14	0
11	G8b				0		0	0	672083,3	3892358	276,1	40	14	0
12	G9				0		0	0	671987,6	3892668	253,8	61	14	0
13	G9a				0		0	0	671919,3	3892680	241,4	36	14	0
14	G10				0		0	0	672061,9	3892649	261	130	14	0
15	G12				0		0	0	672158,7	3892650	273,2	60,5	14	0
16														

Όπως φαίνεται από την εικόνα, το φύλο εργασίας του **Excel** είναι χωρισμένο σε καρτέλες (**Tabs**) με τα ονόματα: **Location**, **Orientation**, **Lithology**, **Stratigraphy**, **I-Data**, **P-Data**, **fractures**, **Aquifers**, **Symbols**, **Patterns**, **Bitmaps**, **I-Data titles**, και **P- Data titles**.

Σε κάθε μια από αυτές τις υποσέλιδες θα πρέπει ο χρήστης (όπως εξηγείται αναλυτικά και παρακάτω) να τοποθετήσει τα δεδομένα του ανάλογα με το τι μέγεθος εκφράζουν π.χ Όλες οι πληροφορίες που εκφράζουν τοπογραφικές θέσεις πάνε στην υποσέλιδα **location**, τα λιθολογικά δεδομένα στο **Lithology** κ.λ.π.

Στις παρακάτω σελίδες θα αναφερθεί αναλυτικά η φιλοσοφία συμπλήρωσης των καρτελών **Location**, **Lithology**, και **I-Data** όπου θεωρούνται βασικές για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Όλες οι υπόλοιπες σελίδες δεν χρειάζεται να συμπληρωθούν και έτσι δεν θα σχολιασθούν καθόλου.

5.7.1 Location

Σε αυτή την σελίδα όπως δείχνει και η παραπάνω εικόνα τοποθετούνται τα ονόματα των γεωτρήσεων στις στήλες **Bore** και **File**,

(στην προκειμένη περίπτωση του παραδείγματος G1,G2,G3 κλπ). Οι στήλες **Range**, **Township**, και **Legal** παραμένουν κενές και δεν χρειάζονται κάποιο περιεχόμενο για τις ανάγκες της παρούσης εργασίας. Για τις στήλες **Section**, **Longitude**, **Latitude**, **Symbol**, και **color** το περιεχόμενο σε κάθε γεώτρηση παραμένει σταθερό και είναι το ίδιο με αυτό που παρουσιάζεται στην εικόνα δηλ: 0,0,0,14,και 0 αντίστοιχα. Επίσης από τις πιο σημαντικές στήλες που απαιτούν και την μεγαλύτερη προσοχή κατά την συμπλήρωση τους είναι οι: **Easting**, και **Northing** οι οποίες εκφράζουν το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της θέσεως που βρίσκεται κάθε γεώτρηση. Εδώ πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε ποιο γεωδαιτικό σύστημα έχει μετρηθεί η κάθε γεώτρηση, διότι μετά το πέρας της καταγραφής τους στην φόρμα όλα τα σημεία (γεωτρήσεις) πρέπει να ανήκουν στο ίδιο σύστημα. Τέλος η στήλη **Elevation** εκφράζει το απόλυτο υψόμετρο, του σημείου που βρίσκεται η κάθε γεώτρηση και το **TD** δηλώνει το μέγιστο βάθος κάθε γεώτρησης.

5.7.2 Lithology

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1 Bore	Depth-1	Depth-2	Lithology	Description										
2 G1	0	3	Intermediet											
3 G1	3	6	Intermediet											
4 G1	6	9	Anhydrite											
5 G1	9	12	Anhydrite											
6 G1	12	14	Anhydrite											
7 G1	14	21	Intermediet											
8 G1	21	24	Anhydrite											
9 G1	24	27	Anhydrite											
10 G1	27	30	Anhydrite											
11 G1	30	33	Intermediet											
12 G1	33	36	Anhydrite											
13 G1	36	40	Anhydrite											
14 G1	40	43	Intermediet											
15 G1	43	46	Intermediet											
16 G1	46	49	Anhydrite											
17 G1	49	53	Intermediet											
18 G1	53	56	Intermediet											
19 G1	56	59	Intermediet											
20 G1	59	62	Intermediet											
21 G1	62	65	Intermediet											
22 G1	65	68	Intermediet											
23 G1	68	70	Tyros											
24 G2	0	2,5	Tyros											
25 G2	2,5	4	Gypsum											
26 G2	4	6	Intermediet											
27 G2	6	7,5	Intermediet											
28 G2	7,5	9	Intermediet											
29 G2	9	15	Tyros											
30 G2	15	25	Intermediet											
31 G2	25	26	Intermediet											
32 G2	26	40	Intermediet											
33 G3	0	4	Intermediet											
34 G3	4	7	Gypsum											
35 G3	7	10	Intermediet											

Σε αυτή την σελίδα όπως γίνεται αντιληπτό και από την ονομασία της ο χρήστης πρέπει να εισάγει εκείνα τα στοιχεία που αφορούν τη λιθολογία της κάθε γεώτρησης. Η μορφή αυτής της υποσελίδας δίνεται παρακάτω.

Όπως μπορεί να δει κανείς από την εικόνα τέσσερις είναι οι στήλες που πρέπει να συμπληρωθούν και έχουν τις ονομασίες **Bore**, **Depth-1**, **Depth-2**, και **Lithology**. Στην πρώτη στήλη τοποθετείτε το όνομα της γεώτρησης που σχολιάζεται, στην τελευταία στήλη γράφεται ο χαρακτηρισμός του πετρώματος και στις στήλες **Depth-1**, **Depth-2** δίδεται το μήκος στήλης καρότου για τον οποίο ισχύει ο εκάστοτε χαρακτηρισμός. π.χ Στην γραμμή 6 για την γεώτρηση G1 από τα 12 έως τα 14m της στήλης του καρώτου το πέτρωμα χαρακτηρίζεται ως ανυδρίτης κ.ο.κ.

5.7.3 I-Data

Όπως φαίνεται παρακάτω, στην πρώτη στήλη (**Bore**) αναγράφεται το όνομα της γεώτρησης την οποία αφορούν τα δεδομένα που βρίσκονται στην κάθε γραμμή. Στην δεύτερη στήλη (**Type**) αναγράφεται το όνομα του πετρώματος στο οποίο αντιστοιχεί η τιμή της συγκέντρωσης που αναγράφεται στην πέμπτη στήλη (**Value**), και η οποία τιμή έχει προκύψει από τις χημικές αναλύσεις που διαθέτει ο χρήστης. Η τρίτη και τέταρτη στήλη περιέχουν το βάθος κάθε διαστήματος στην οποία αντιστοιχεί κάθε τιμή της συγκέντρωσης.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Bore	Type	Depth-1	Depth-2	Value										
2	G1	Gypsum	0	3	55.3										
3	G1	Gypsum	3	6	29.4										
4	G1	Gypsum	6	9	1.1										
5	G1	Gypsum	9	12	3.1										
6	G1	Gypsum	12	14	7.3										
7	G1	Gypsum	14	21	9.8										
8	G1	Gypsum	21	24	9.3										
9	G1	Gypsum	24	27	4.5										
10	G1	Gypsum	27	30	6.7										
11	G1	Gypsum	30	33	37.7										
12	G1	Gypsum	33	36	7.5										
13	G1	Gypsum	36	40	3										
14	G1	Gypsum	40	43	13.8										
15	G1	Gypsum	43	46	19.3										
16	G1	Gypsum	46	49	4.5										
17	G1	Gypsum	49	53	41.1										
18	G1	Gypsum	53	56	47.5										
19	G1	Gypsum	56	59	43.1										
20	G1	Gypsum	59	62	35.2										
21	G1	Gypsum	62	65	50.8										
22	G1	Gypsum	65	68	31.7										
23	G1	Gypsum	68	70	29.7										
24	G1	Anhydrite	0	3	29.1										
25	G1	Anhydrite	3	6	41.2										
26	G1	Anhydrite	6	9	79										
27	G1	Anhydrite	9	12	79.3										
28	G1	Anhydrite	12	14	76.2										
29	G1	Anhydrite	14	21	64.5										
30	G1	Anhydrite	21	24	65.8										
31	G1	Anhydrite	24	27	70.9										
32	G1	Anhydrite	27	30	75										
33	G1	Anhydrite	30	33	45.5										
34	G1	Anhydrite	33	36	72.4										
35	G1	Anhydrite	36	40	70.9										
36	G1	Anhydrite	40	43	62.4										
37	G1	Anhydrite	43	46	56.1										
38	G1	Anhydrite	46	49	67.5										
39	G1	Anhydrite	49	53	37.4										
40	G1	Anhydrite	53	56	28.3										
41	G1	Anhydrite	56	59	29.5										
42	G1	Anhydrite	59	62	31.4										
43	G1	Anhydrite	62	65	2.5										
44	G1	Anhydrite	65	68	0										
45	G1	Anhydrite	68	70	0										
46	G1	Schists	0	3	1.5										
47	G1	Schists	3	6	8.32										

Από την παραπάνω φόρμα το πρόγραμμα αντλεί τα αριθμητικά δεδομένα για την κατασκευή των μοντέλων **I-Data**. Όσον αφορά στους χαρακτηρισμούς των πετρωμάτων (**Gypsum, Anhydrite, Schists**), για να αναγνωριστούν από το πρόγραμμα πρέπει να συμπληρωθεί από τον χρήστη η φόρμα που βρίσκεται στην καρτέλα με το όνομα **I-Data Titles**. Όπως φαίνεται και παρακάτω το μόνο που χρειάζεται να γίνει είναι να συμπληρωθεί η πρώτη στήλη με τα επιθυμητά ονόματα των πετρωμάτων

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Gypsum														
2	Anhydrite														
3	Schists														
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															

5.8 I-Data

Η επιλογή **I-Data** χρησιμοποιεί μαθηματικά μοντέλα της στατιστικής για να αποδώσει σχηματικά την κατανομή ενός στοιχείου σε μια περιοχή μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη διαστήματα (**Intervals**) με γνωστή περιεκτικότητα τα οποία έχουν εισαχθεί από τον χρήστη. Για να μπορέσει ο χρήστης να χρησιμοποιήσει τις επιλογές που προσφέρει το **I-Data**, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, θα πρέπει πρώτα να εισάγει τα γεωχημικά δεδομένα που διαθέτει από κάποια εργασία του. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στην υποσελίδα **Borehole Manager** στην καρτέλα **Intervals (I-Data)**.

Borehole Data Manager (121 boreholes)

Name	Location	Orientation	Lithology	Stratigraphy	Intervals (I-Data)	Points (P-Data)	Fractures	Water Levels	Symbols	Patterns	Bitmaps	Vector	Well Construction
	Depth to Top	Depth to Base	Anhydrite	Benzene	Calcite	Clay	Dolomite	Gold	Gravel	Gypsum	Porosity	Sand	Schists
D80	0,0	3,0	0,5		0,0		2,457			96,5			
D85													
D86	3,0	6,0	0,0		0,0		2,0			97,9			
D87													
D88	6,0	9,0	1,795		0,0		3,885			94,32			
D89													
D9	9,0	12,0	0,127		0,0		3,297			96,576			
D90													
D91	12,0	15,0	0,417		0,0		2,583			97,0			
D92													
D93	15,0	18,0	4,75		0,0		3,906			91,344			
D94													
G1	18,0	21,0	0,0		0,0		3,4			96,48			
G10													
G12	21,0	24,0	86,14		0,0		1,428			12,432			
G1N													
G2	24,0	27,0	53,02		0,0		2,436			44,544			
G2N													
G3	27,0	30,0	12,616		0,0		3,864			83,52			
G3N													
G4	30,0	33,0	0,358		0,0		2,73			96,912			
G4N													
G5	33,0	36,0	31,3		0,0		11,676			57,024			
G6													
G7	36,0	39,0	89,311		0,0		3,633			7,056			
G8													
G8a	39,0	42,0	91,945		0,0		3,591			4,464			
G8b													
G9	42,0	45,0	88,795		0,0		2,709			8,496			
G9a													
G9b	45,0	48,0	76,534		0,0		18,522			4,944			
G9c													
G9d	48,0	51,0	83,338		0,0		3,99			12,672			
G9e													
G9f	51,0	54,0	77,308		0,0		15,54			7,152			
G9g													
G9h	54,0	57,0	86,59		0,0		2,898			10,512			
G9i													
G9j	57,0	60,0	94,693		0,0		3,339			1,968			

Η καρτέλα αυτή είναι χωρισμένη σε στήλες. Στην πρώτη στήλη φαίνεται ο αύξοντας αριθμός. Η δεύτερη και τρίτη στήλη καθορίζουν το βάθος του διαστήματος όπου υπάρχουν τα συγκεκριμένα δεδομένα για την συγκέντρωση των υπό μελέτη πετρωμάτων. Τέλος, οι υπόλοιπες στήλες αφορούν τα πετρώματα για τα οποία υπάρχουν δεδομένα και σε αυτές τις στήλες παρουσιάζεται η συγκέντρωση των πετρωμάτων που είναι μετρημένη για τα αντίστοιχα διαστήματα. Π.χ. Στην εικονιζόμενη γεώτρηση (G4N.) το μήκος της είναι χωρισμένο σε δέκα διαστήματα,. Για κάθε διάστημα αναγράφεται αντίστοιχα η μετρημένη συγκέντρωση της γύψου, του δολομίτη, του ανυδρίτη, καθώς των σχιστόλιθων. Η καρτέλα συμπληρώνεται αυτόματα όταν γίνει η εισαγωγή των δεδομένων από αρχείο τύπου **Excel**, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη παράγραφο.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Bore	Type	Depth-1	Depth-2	Value										
2	G1	Gypsum	0	3	55.3										
3	G1	Gypsum	3	6	29.4										
4	G1	Gypsum	6	9	1.1										
5	G1	Gypsum	9	12	3.1										
6	G1	Gypsum	12	14	7.3										
7	G1	Gypsum	14	21	9.8										
8	G1	Gypsum	21	24	9.3										
9	G1	Gypsum	24	27	4.5										
10	G1	Gypsum	27	30	6.7										
11	G1	Gypsum	30	33	37.7										
12	G1	Gypsum	33	36	7.5										
13	G1	Gypsum	36	40	3										
14	G1	Gypsum	40	43	13.8										
15	G1	Gypsum	43	46	19.3										
16	G1	Gypsum	46	49	4.5										
17	G1	Gypsum	49	53	41.1										
18	G1	Gypsum	53	56	47.5										
19	G1	Gypsum	56	59	43.1										
20	G1	Gypsum	59	62	35.2										
21	G1	Gypsum	62	65	50.8										
22	G1	Gypsum	65	68	31.7										
23	G1	Gypsum	68	70	29.7										
24	G1	Anhydrite	0	3	29.1										
25	G1	Anhydrite	3	6	41.2										
26	G1	Anhydrite	6	9	79										
27	G1	Anhydrite	9	12	79.3										
28	G1	Anhydrite	12	14	76.2										
29	G1	Anhydrite	14	21	64.5										
30	G1	Anhydrite	21	24	65.8										
31	G1	Anhydrite	24	27	70.9										
32	G1	Anhydrite	27	30	75										
33	G1	Anhydrite	30	33	45.5										
34	G1	Anhydrite	33	36	72.4										
35	G1	Anhydrite	36	40	70.9										
36	G1	Anhydrite	40	43	62.4										
37	G1	Anhydrite	43	46	56.1										
38	G1	Anhydrite	46	49	67.5										
39	G1	Anhydrite	49	53	37.4										
40	G1	Anhydrite	53	56	28.3										
41	G1	Anhydrite	56	59	29.5										
42	G1	Anhydrite	59	62	31.4										
43	G1	Anhydrite	62	65	2.5										
44	G1	Anhydrite	65	68	0										
45	G1	Anhydrite	68	70	0										
46	G1	Schists	0	3	1.5										
47	G1	Schists	3	6	8.32										

Όπως παρατηρείται στην παραπάνω εικόνα, στην πρώτη στήλη (**Bore**) αναγράφεται το όνομα της γεώτρησης την οποία αφορούν τα δεδομένα που βρίσκονται στην κάθε γραμμή. Στην δεύτερη στήλη (**Type**) αναγράφεται το όνομα του πετρώματος στο οποίο αντιστοιχεί η τιμή της συγκέντρωσης που αναγράφεται στην πέμπτη στήλη (**Value**), και η οποία τιμή έχει προκύψει από τις χημικές αναλύσεις που διαθέτει ο χρήστης. Η τρίτη και τέταρτη στήλη περιέχουν το βάθος κάθε διαστήματος στην οποία αντιστοιχεί κάθε τιμή της συγκέντρωσης.

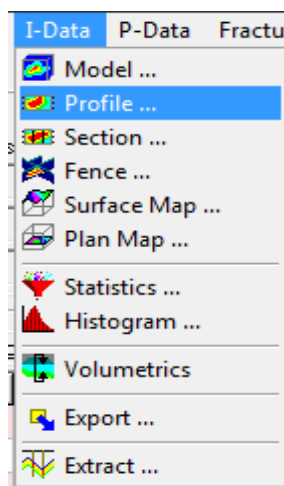
Από την παραπάνω φόρμα το πρόγραμμα αντλεί τα αριθμητικά δεδομένα για την κατασκευή των μοντέλων **I-Data**. Όσων αφορά τους χαρακτηρισμούς των πετρωμάτων (**Gypsum, Anhydrite, Schists**), για να αναγνωριστούν από το πρόγραμμα πρέπει να συμπληρωθεί από τον χρήστη η φόρμα που βρίσκεται στην καρτέλα με το όνομα **I-Data Titles**. Όπως φαίνεται και παρακάτω το μόνο που χρειάζεται να γίνει είναι να συμπληρωθεί η πρώτη στήλη με τα επιθυμητά ονόματα των πετρωμάτων.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Gypsum														
2	Anhydrite														
3	Schists														
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															

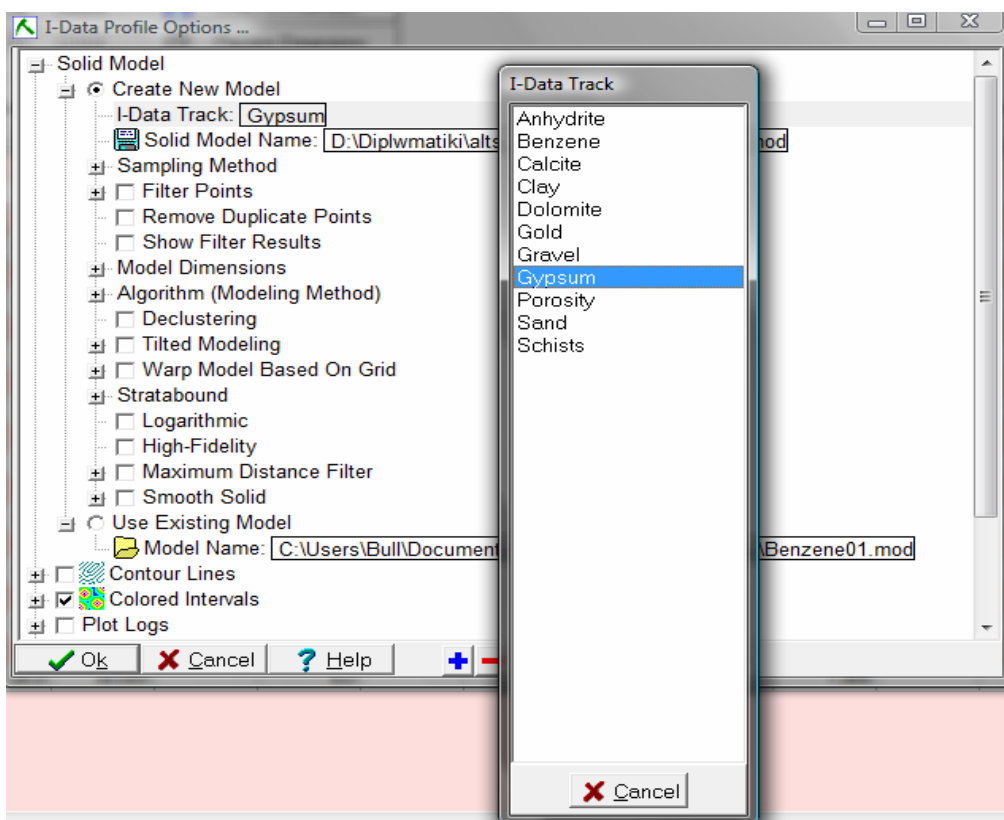
Μετά την συμπλήρωση των **I-Data** και την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα ο χρήστης είναι έτοιμος να χρησιμοποιήσει το πακέτο των επιλογών που προσφέρει αυτό. Παρακάτω δίνονται παραδείγματα της κατανομής γύψου της περιοχής Αλτσι με την χρήση μοντέλων που αφορούν το **I-Data**.

5.8.1 I-Data Profile

Με την επιλογή αυτή το πρόγραμμα κατασκευάζει δισδιάστατα διαγράμματα με την κατανομή ενός επιλεγμένου ορυκτού ή στοιχείου. Τα διαγράμματα αυτά αποτελούν το προφίλ μιας τομής της οποίας ο προσανατολισμός επιλέγεται από τον χρήστη πάνω στον χάρτη. Οι διαστάσεις του χάρτη έχουν καθοριστεί στην υποσελίδα **‘Project Dimensions’**. Το **I-Data Profile** ενεργοποιείται όπως φαίνεται παρακάτω:

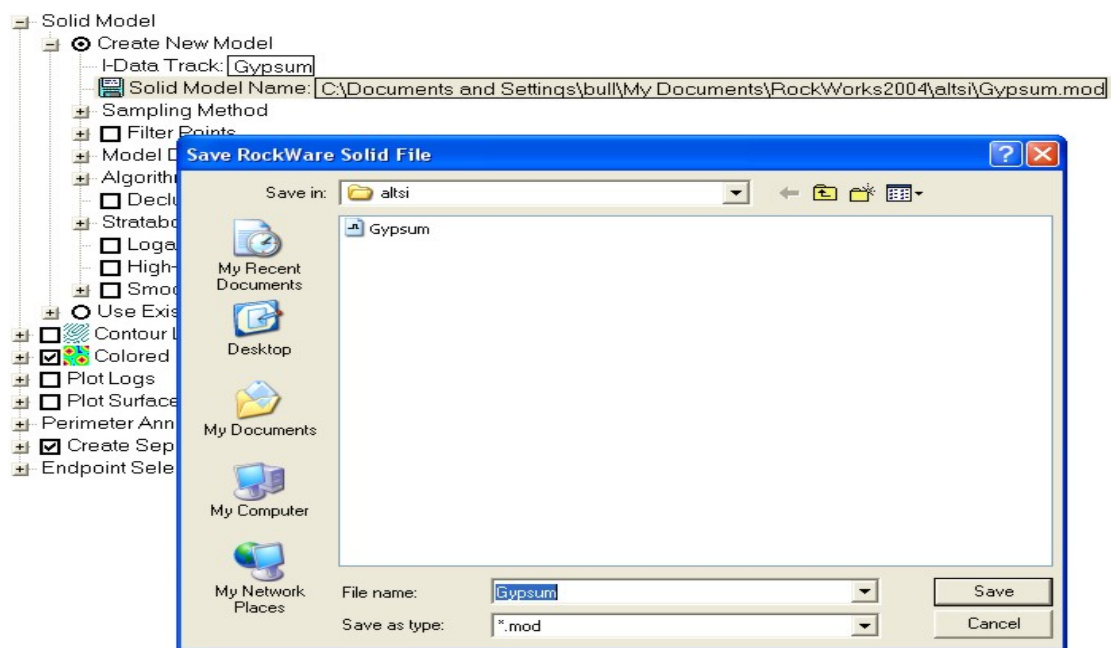


Αμέσως μετά την επιλογή του Profile, ανοίγει το παράθυρο ρυθμίσεων, όπου επιλέγονται οι απαραίτητες ρυθμίσεις για την κατασκευή του επιθυμητού μοντέλου.



Αρχικά καθορίζεται το ορυκτό ως προς το οποίο θα γίνει η απεικόνιση (π.χ. γύψος) με την επιλογή του **I-Data Track** με το ποντίκι και επιλέγοντας από την λίστα που θα εμφανισθεί το ορυκτό

γύψος (**Gypsum**). Το επόμενο βήμα είναι η αποθήκευση του αρχείου μέσα στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή πατώντας την επιλογή **Solid Model Name**. Με την επιλογή αυτή εμφανίζεται μια νέα καρτέλα, όπου εκεί πληκτρολογείται το όνομα του αρχείου που θα υποθηκευθεί. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα το όνομα του αρχείου είναι **Gypsum** και βρίσκεται στο φάκελο με την διεύθυνση που φαίνεται παρακάτω.



Κατόπιν γίνεται η ενεργοποίηση των επιλογών:

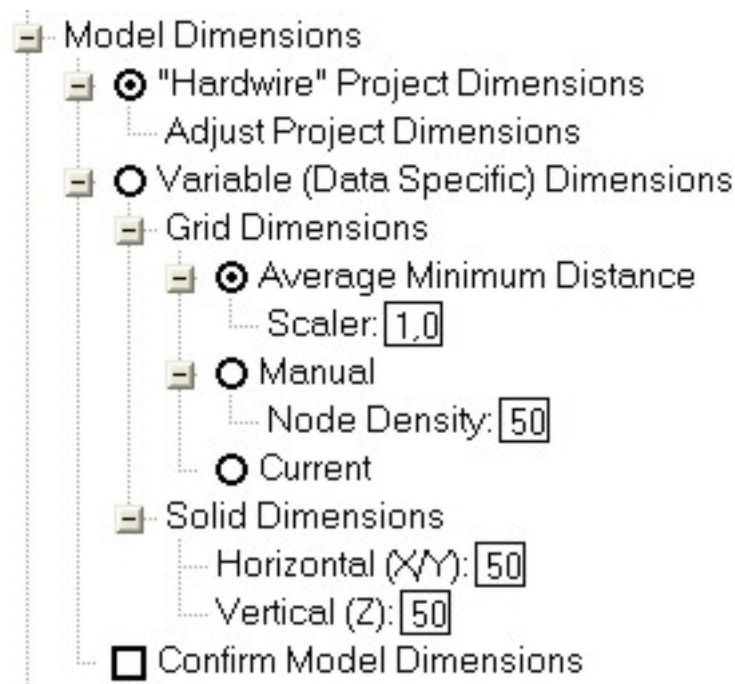
- Sampling Method: Original Points:



Με αυτή την επιλογή ο χρήστης διαλέγει το αριθμό των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα για την δημιουργία του μοντέλου. Η επιλογή **Original Points**, που έχει επιλεγεί και για

το παράδειγμα, δηλώνει ότι το πρόγραμμα θα χρησιμοποιήσει όλο τον όγκο των δεδομένων που βρίσκονται στο **I-Data**. Αυτό βέβαια απαιτεί προσοχή διότι παρά πολύ μεγάλος αριθμός δεδομένων θα έχει ενδεχομένως ως αποτέλεσμα μεγάλες καθυστερήσεις κατά την δημιουργία του μοντέλου από τον υπολογιστή. Με την επιλογή **Regular spacing** το πρόγραμμα θα χρησιμοποιήσει για τους υπολογισμούς του συγκεκριμένα διαστήματα τα οποία καθορίζονται από τον χρήστη. Κάνοντας επέκταση του **Regular spacing** παρατηρείται η ύπαρξη της επιλογής **Point Spacing**, από εκεί εισάγεται το βάθος από το οποίο το πρόγραμμα θα λαμβάνει υπόψη τα δεδομένα για την κατασκευή του μοντέλου. Για παράδειγμα αν εισαχθεί ο αριθμός '10' τότε το πρόγραμμα θα χρησιμοποιεί τα δεδομένα που υπάρχουν κάθε δέκα μέτρα μέσα στην γεώτρηση.

- Model Dimensions: "Hardwire" Project dimensions:



Από εδώ γίνεται η επιλογή της μεθόδου διαστασιολόγησης του μοντέλου. Η μέθοδος **"Hardwire" Project dimensions** χρησιμοποιείται εάν είναι επιθυμητό το μοντέλο να διαστασιολογηθεί

σύμφωνα με τις ρυθμίσεις που έχουν γίνει στο **Project Dimensions**. Εάν χρειάζεται να γίνει επαλήθευση των ρυθμίσεων ή κάποια διαφοροποίηση τους, τότε επεκτείνοντας την επιλογή **”Hardwire” Project dimensions** και πατώντας στο **Adjust Project Dimensions** θα εμφανισθεί στην οθόνη η υποσελίδα του **Project Dimensions**, όπου η λειτουργία της παρατίθεται σε προηγούμενη παράγραφο του κειμένου.

X (Easting)		Y (Northing)	Z (Elevation)		
Xmin (Western Border)	671.850,0	Ymin (Southern Border)	3.892.350,0	Zmin (Base)	125,0
Xmax (Eastern Border)	672.175,0	Ymax (Northern Border)	3.892.700,0	Zmax (Top)	280,0
Xspacing	25,0	Yspacing	25,0	Zspacing	5,0
Xnodes	13	Ynodes	14	Znodes	31

☐ Show advanced properties.

Η μέθοδος **Variable (Data Specific) Dimensions** χρησιμοποιείται όταν σε ένα ήδη υπάρχον μοντέλο, με διαστάσεις ρυθμισμένες από το **Project Dimensions**, ο χρήστης επιθυμεί να κάνει κάποιες αλλαγές όσον αφορά στην πυκνότητα των κόμβων (**nodes**). Αυτό πραγματοποιείται όταν επιλεγεί και επεκταθεί η επιλογή **Solid** ή **Grid Dimensions** και γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις σε αυτά.

- Algorithm: Inverse –Distance/Isotropic:

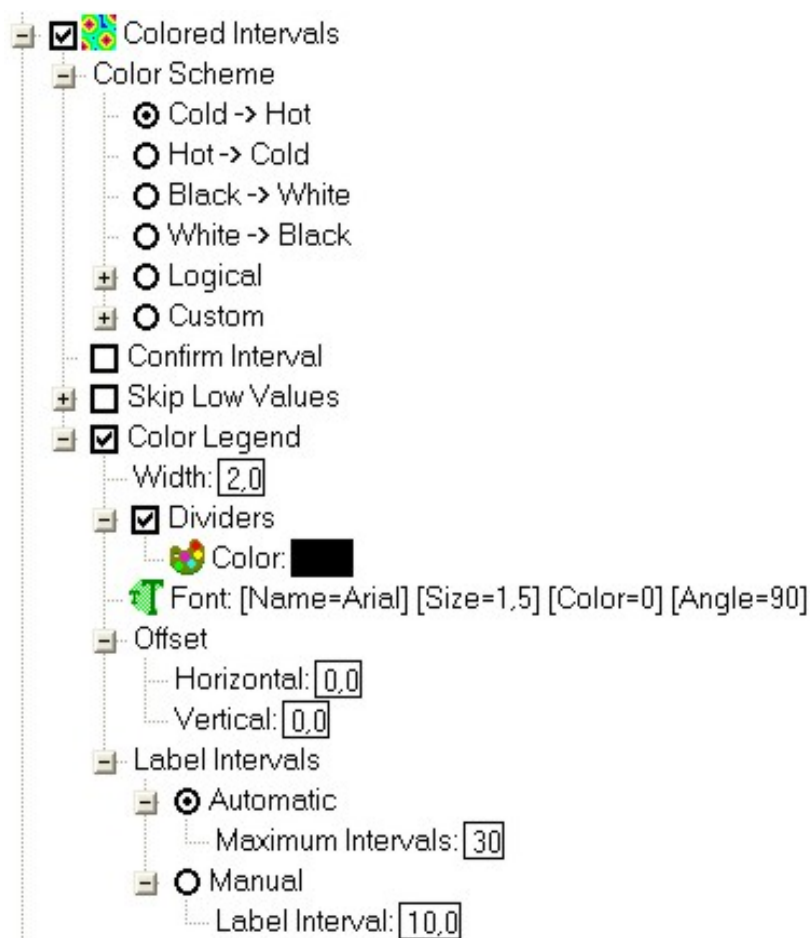
Algorithm (Modeling Method)

- ☐ Closest Point
- ☐ Distance-to-Point
- ☒ Inverse-Distance Weighting
- ☐ Inverse-Distance/Anisotropic
- ☒ Inverse-Distance/Isotropic
- ☐ Directional Weighting
- ☐ Horizontal Biasing

Σε αυτή την παράμετρο καθορίζεται το μαθηματικό μοντέλο με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία από το πρόγραμμα των δεδομένων. Η τελική μορφή και ακρίβεια του τελικού μοντέλου εξαρτάται άμεσα από αυτή τη παράμετρο. Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη ο χρήστης καλό θα είναι να δοκιμάζει σε κάποιο μοντέλο του όλες τις επιλογές που προσφέρονται από το πρόγραμμα έτσι ώστε να δει και να αποφασίσει ποια μέθοδος εκφράζει και ερμηνεύει καλύτερα τα δεδομένα του κάθε φορά.

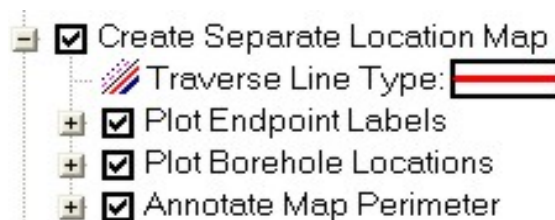
Η επιλογή της μεθόδου γίνεται πατώντας με το ποντίκι μέσα στον κύκλο που υπάρχει στα αριστερά του ονόματος κάθε επιλογής. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει επιλεγεί το μαθηματικό μοντέλο Inverse –Distance/Isotropic.

- Color Intervals



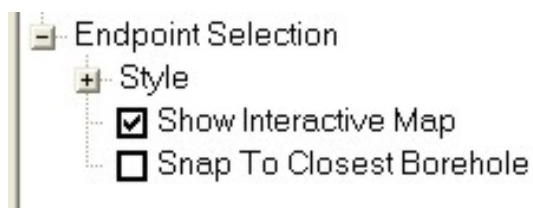
Η επιλογή ενεργοποιείται κάνοντας κλικ με το ποντίκι στο τετραγωνάκι που βρίσκεται στα αριστερά της. Κάνοντας επέκταση αυτής (πατώντας το κουτάκι με το ‘+’ αριστερά από την επιλογή) βλέπουμε ποιες παράμετροι υπάρχουν και καθορίζουν την χρωματική διαβάθμιση των τιμών τόσο στο τελικό διάγραμμα όσο και στο υπόμνημα. Επίσης υπάρχουν επιλογές για την μορφή του υπομνήματος (**Width, Dividers, Offset, Label Intervals**). Το **Width** καθορίζει το πλάτος του υπομνήματος σαν κάποιο ποσοστό του πλάτους του διαγράμματος. Με το **Dividers** τοποθετούνται οριζόντιες γραμμές πάνω στο υπόμνημα ως διαχωριστικό κάθε φορά όπου υπάρχει αλλαγή χρώματος. Το **Offset** δίνει την επιλογή για κάθετη ή οριζόντια τοποθέτηση του υπομνήματος. Τέλος το **Label Intervals** καθορίζει την εμφάνιση των τιμών πάνω στο υπόμνημα (1-100%, ή 0,00-10,0 κ.α) Οι εργοστασιακές προεπιλογές που υπάρχουν σε όλα τα παραπάνω είναι αρκετά ικανοποιητικές και χρησιμοποιούνται και σε αυτό το παράδειγμα.

- Create Separate Location Map

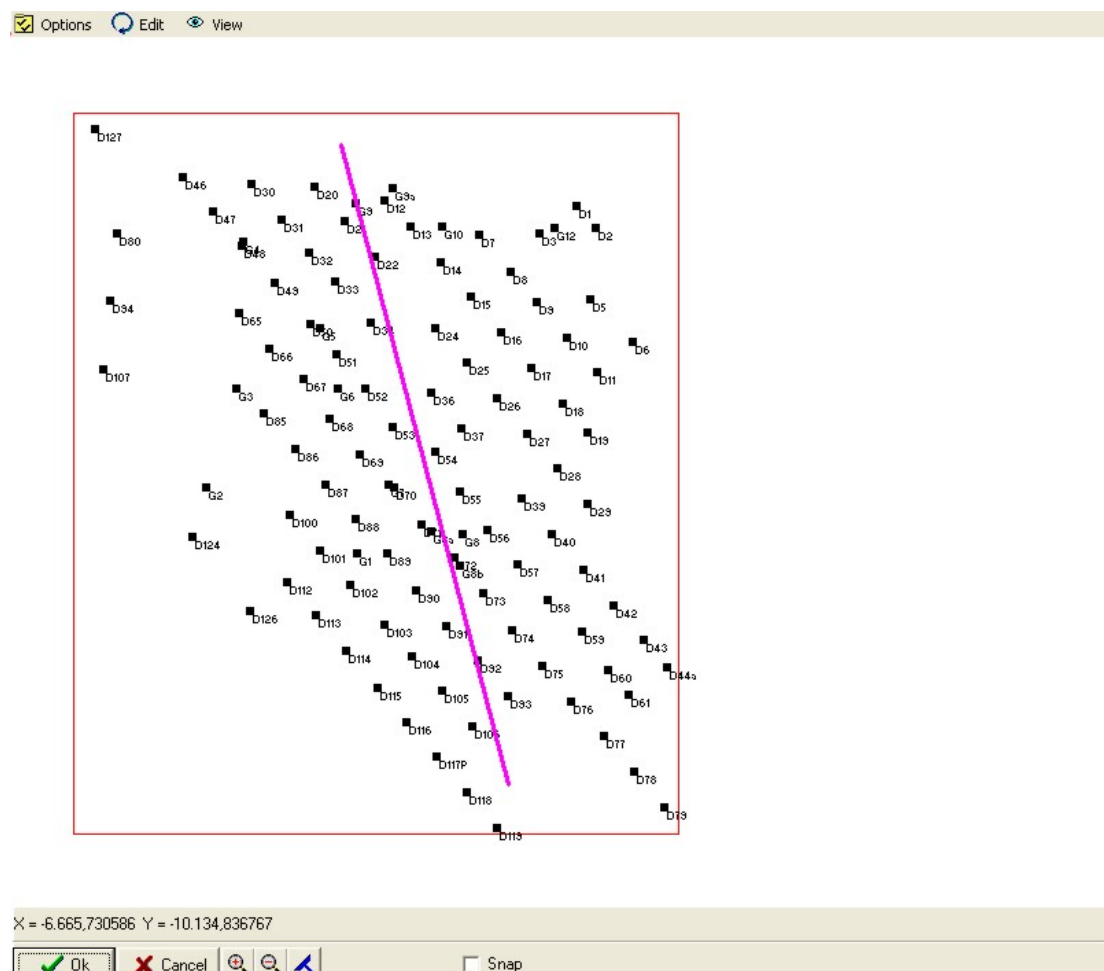


Η επιλογή αυτή δημιουργεί έναν χάρτη με τις γεωτρήσεις με χαραγμένη πάνω του την τομή που έχει σχεδιαστεί από τον χρήστη σε προηγούμενο στάδιο της διαδικασίας. Οι περαιτέρω επιλογές που προσφέρονται αφορούν την εμφάνιση των γεωτρήσεων πάνω στο χάρτη καθώς και της γραμμής (χρώμα, κλπ)

- Endpoint Selection: Show interactive Map:

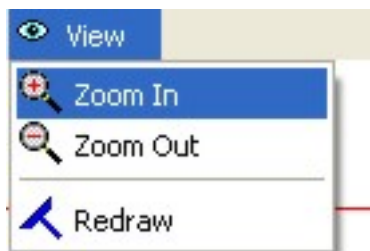


Με την επιλογή αυτή εμφανίζεται ο χάρτης των γεωτρήσεων όπου ο χρήστης χαράσσει με το ποντίκι την τομή που επιθυμεί. Κάνοντας τις παραπάνω ρυθμίσεις και πατώντας **OK** εμφανίζεται η οθόνη με τον χάρτη των γεωτρήσεων όπου και χαράσσεται η τομή.



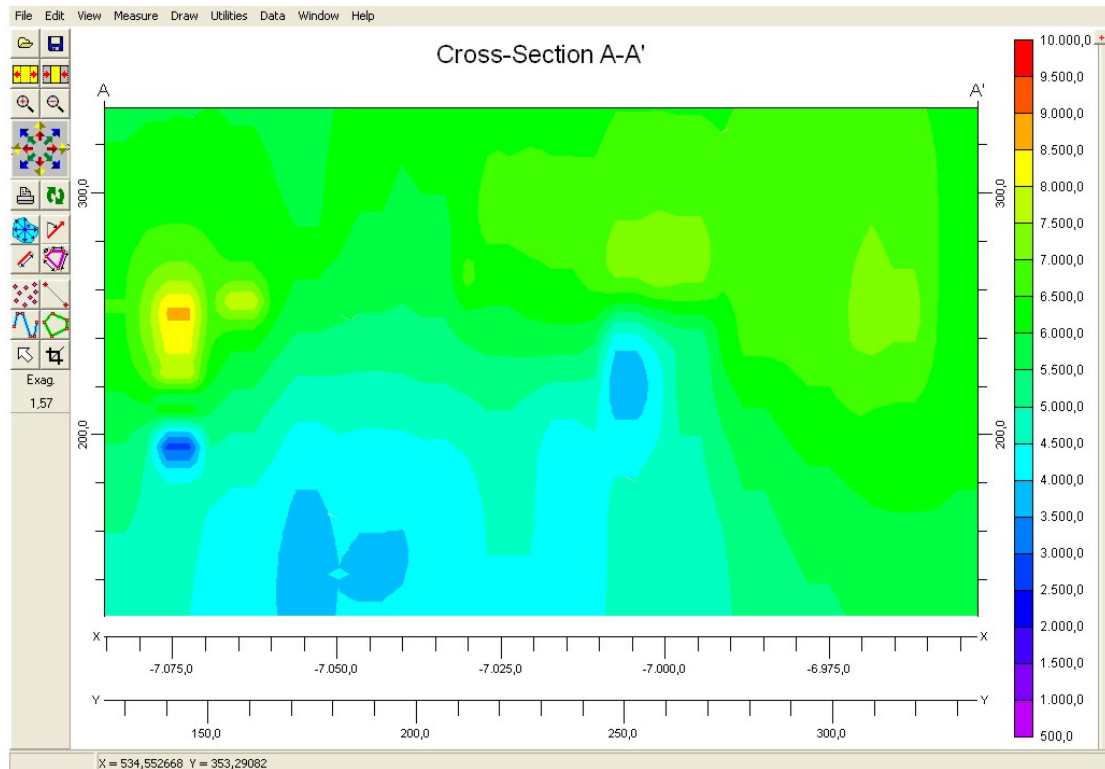
Σε περίπτωση λανθασμένης επιλογής της τομής, η διόρθωση είναι πάρα πολύ απλή, επιλέγοντας δυο άλλα σημεία πάνω στο χάρτη.

Η επιλογή **View** προσφέρει δυνατότητα εστίαση στο χάρτη για την ακριβέστερη επιλογή των σημείων.

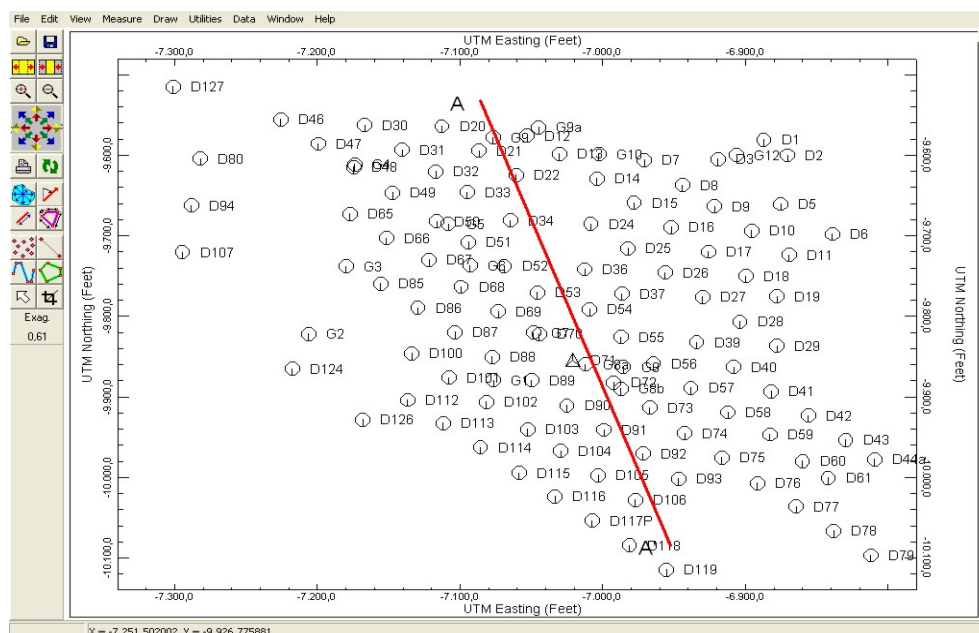


Για να γίνει ζουμ πρέπει να επιλεγεί η εντολή **Zoom In** και με το δεξί πλήκτρο του ποντικιού να γίνει κλικ πάνω στον χάρτη. Η επιλογή **Zoom Out** επαναφέρει τον χάρτη στην αρχική του διάσταση. Χαράσσοντας την επιθυμητή τομή κάνοντας κλικ σε δυο σημεία του χάρτη. Επιλέγεται το πλήκτρο **OK**.

Το πρόγραμμα αρχίζει να επεξεργάζεται τα στοιχεία που του έχουν δοθεί και κατόπιν παρουσιάζει το διάγραμμα με την κατανομή της γύψου κατά μήκος της τομής καθώς επίσης και ένα χάρτη των γεωτρήσεων με χαραγμένη την υπό εξέταση τομή . Όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς στην εικόνα του διαγράμματος υπάρχει ένα μοτίβο μπερδεμένων χρωμάτων και διπλά ακριβώς ένα βαθμονομημένο υπόμνημα που ξεκινά από την τιμή μηδέν (ιώδες χρώμα) μέχρι την τιμή εκατό (κόκκινο χρώμα). Το χρώμα αναπαριστά το ποσοστό της γύψου μέσα στην περιοχή μελέτης και, όπως βλέπει κανείς, οι υψηλές τιμές βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια με μια τάση να μειώνονται όσο αυξάνεται το βάθος.



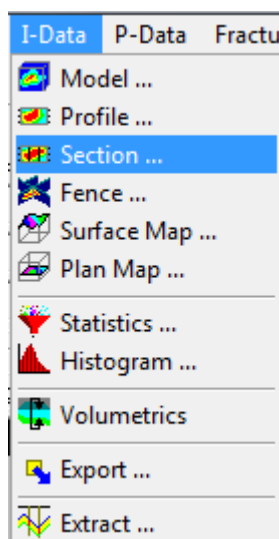
Για την αποφυγή συγχύσεων και προβλημάτων το πρόγραμμα δημιουργεί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, έναν χάρτη της περιοχής των γεωτρήσεων ο οποίος έχει σχεδιασμένη πάνω του την υπό μελέτη τομή, έτσι ώστε ο χρήστης να έχει εποπτεία του χώρου στον οποίο βρίσκονται οι τομές που παρουσιάζει.



Οι πάνω επιλογές είναι ουσιαστικά αυτές που χρησιμοποιήθηκαν σε όλη την διάρκεια της εργασίας και γι'αυτό αναλύθηκαν. Το πρόγραμμα όμως προσφέρει πολύ περισσότερες και η δοκιμή αυτών αφήνονται στην ευχέρεια του χρήστη και δεν αναλύονται περαιτέρω.

5.8.2 I-Data section

Με την επιλογή **I-Data Section** μπορούν να δημιουργηθούν διαγράμματα αντίστοιχα με τα προηγούμενα, με την διαφορά ότι η γραμμή της τομής μπορεί να είναι, εκτός από ευθεία, και τεθλασμένη σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες απεικόνισης. Τα παραπάνω γίνονται πιο κατανοητά δίδοντας το παρακάτω παράδειγμα. Αρχικά ενεργοποιείται η συγκεκριμένη επιλογή, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

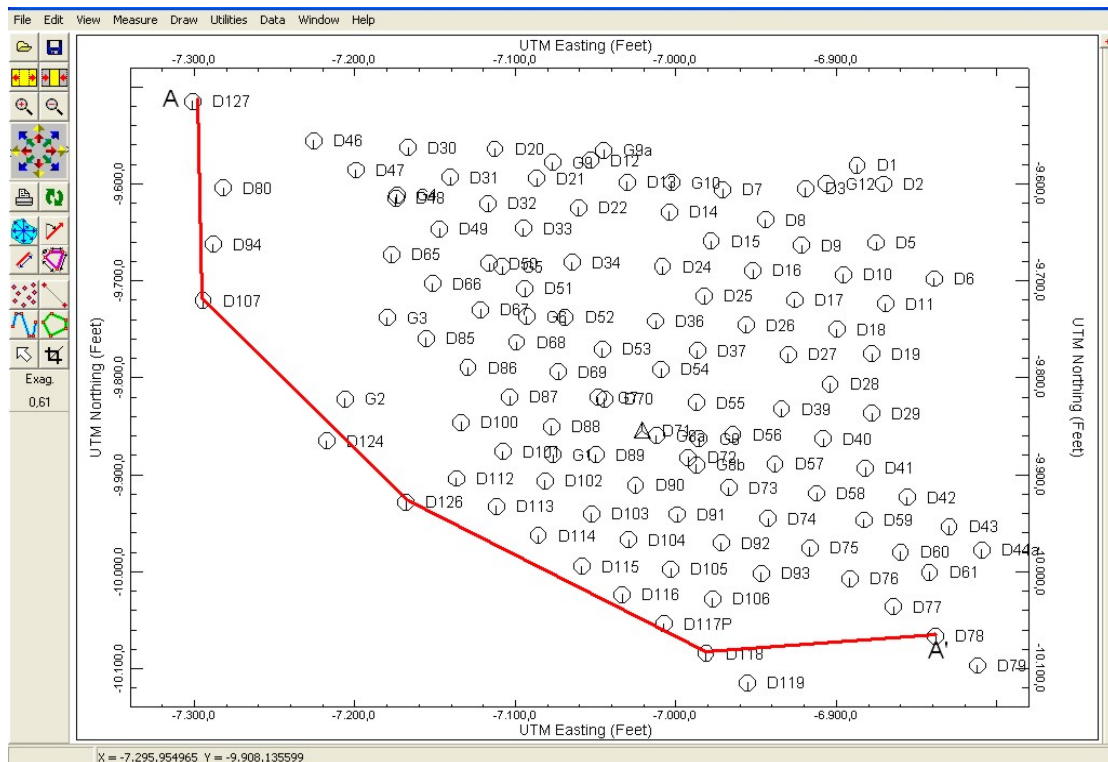


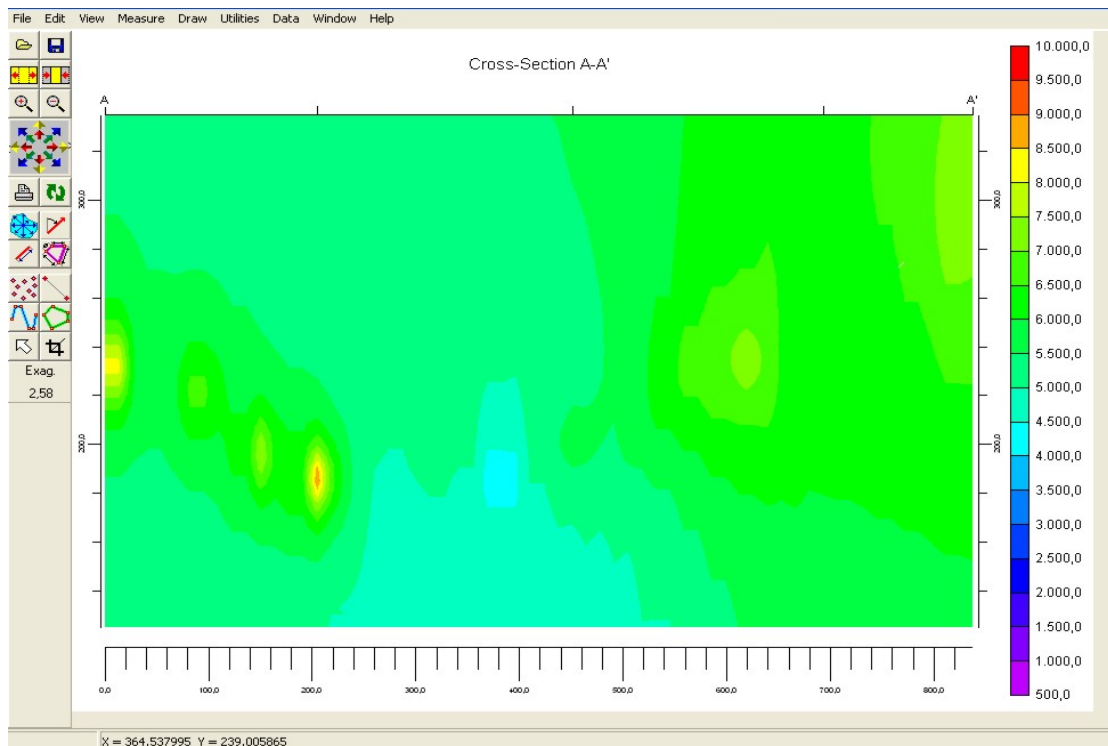
Κατόπιν το πρόγραμμα εμφανίζει το παράθυρο των ρυθμίσεων όπως και προηγουμένως. Οι ρυθμίσεις σε αυτήν την περίπτωση είναι ακριβώς οι ίδιες με αυτές που έγιναν στο **I Data-Profile**. Έτσι ακολουθώντας βήμα προς βήμα τις επιλογές που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, ο χρήστης είναι έτοιμος να ενεργοποιήσει το **OK**, και θα ανοίξει το παράθυρο με τον χάρτη των

The screenshot displays the QGIS desktop environment. At the top, a menu bar contains 'Options', 'Edit', and 'View'. Below it is a toolbar with icons for opening files, saving, zooming, and other standard GIS functions. The main workspace shows a map with a dense collection of black square points, each labeled with a code (e.g., D127, D46, D30, D20, G3, D12, G3a, D1, D3, G12, D2, D47, D31, D21, D13, G10, D7, D3, D14, D8, D15, D9, D5, D48, D32, D22, D43, D33, D24, D16, D10, D6, D65, D66, D51, D25, D17, D11, D67, D52, D36, D26, D18, D19, G3, D85, D68, D53, D37, D27, D28, D23, D86, D63, D54, D30, D55, D33, D40, D100, D88, D89, D8a, D56, D57, D41, D101, G1, D83, D8b, D73, D58, D42, D112, D102, D90, D74, D59, D43, D113, D103, D91, D75, D60, D44, D114, D104, D32, D76, D61, D115, D105, D33, D77, D116, D106, D117, D118, D119, D120, D121, D122, D123, D124, D125, D126, D127, D128, D129, D130, D131, D132, D133, D134, D135, D136, D137, D138, D139, D140, D141, D142, D143, D144, D145, D146, D147, D148, D149, D150, D151, D152, D153, D154, D155, D156, D157, D158, D159, D160, D161, D162, D163, D164, D165, D166, D167, D168, D169, D170, D171, D172, D173, D174, D175, D176, D177, D178, D179, D180, D181, D182, D183, D184, D185, D186, D187, D188, D189, D190, D191, D192, D193, D194, D195, D196, D197, D198, D199, D200, D201, D202, D203, D204, D205, D206, D207, D208, D209, D210, D211, D212, D213, D214, D215, D216, D217, D218, D219, D220, D221, D222, D223, D224, D225, D226, D227, D228, D229, D230, D231, D232, D233, D234, D235, D236, D237, D238, D239, D240, D241, D242, D243, D244, D245, D246, D247, D248, D249, D250, D251, D252, D253, D254, D255, D256, D257, D258, D259, D260, D261, D262, D263, D264, D265, D266, D267, D268, D269, D270, D271, D272, D273, D274, D275, D276, D277, D278, D279, D280, D281, D282, D283, D284, D285, D286, D287, D288, D289, D290, D291, D292, D293, D294, D295, D296, D297, D298, D299, D300, D301, D302, D303, D304, D305, D306, D307, D308, D309, D310, D311, D312, D313, D314, D315, D316, D317, D318, D319, D320, D321, D322, D323, D324, D325, D326, D327, D328, D329, D330, D331, D332, D333, D334, D335, D336, D337, D338, D339, D340, D341, D342, D343, D344, D345, D346, D347, D348, D349, D350, D351, D352, D353, D354, D355, D356, D357, D358, D359, D360, D361, D362, D363, D364, D365, D366, D367, D368, D369, D370, D371, D372, D373, D374, D375, D376, D377, D378, D379, D380, D381, D382, D383, D384, D385, D386, D387, D388, D389, D390, D391, D392, D393, D394, D395, D396, D397, D398, D399, D400, D401, D402, D403, D404, D405, D406, D407, D408, D409, D410, D411, D412, D413, D414, D415, D416, D417, D418, D419, D420, D421, D422, D423, D424, D425, D426, D427, D428, D429, D430, D431, D432, D433, D434, D435, D436, D437, D438, D439, D440, D441, D442, D443, D444, D445, D446, D447, D448, D449, D450, D451, D452, D453, D454, D455, D456, D457, D458, D459, D460, D461, D462, D463, D464, D465, D466, D467, D468, D469, D470, D471, D472, D473, D474, D475, D476, D477, D478, D479, D480, D481, D482, D483, D484, D485, D486, D487, D488, D489, D490, D491, D492, D493, D494, D495, D496, D497, D498, D499, D500, D501, D502, D503, D504, D505, D506, D507, D508, D509, D510, D511, D512, D513, D514, D515, D516, D517, D518, D519, D520, D521, D522, D523, D524, D525, D526, D527, D528, D529, D530, D531, D532, D533, D534, D535, D536, D537, D538, D539, D540, D541, D542, D543, D544, D545, D546, D547, D548, D549, D550, D551, D552, D553, D554, D555, D556, D557, D558, D559, D560, D561, D562, D563, D564, D565, D566, D567, D568, D569, D570, D571, D572, D573, D574, D575, D576, D577, D578, D579, D580, D581, D582, D583, D584, D585, D586, D587, D588, D589, D590, D591, D592, D593, D594, D595, D596, D597, D598, D599, D600, D601, D602, D603, D604, D605, D606, D607, D608, D609, D610, D611, D612, D613, D614, D615, D616, D617, D618, D619, D620, D621, D622, D623, D624, D625, D626, D627, D628, D629, D630, D631, D632, D633, D634, D635, D636, D637, D638, D639, D640, D641, D642, D643, D644, D645, D646, D647, D648, D649, D650, D651, D652, D653, D654, D655, D656, D657, D658, D659, D660, D661, D662, D663, D664, D665, D666, D667, D668, D669, D670, D671, D672, D673, D674, D675, D676, D677, D678, D679, D680, D681, D682, D683, D684, D685, D686, D687, D688, D689, D690, D691, D692, D693, D694, D695, D696, D697, D698, D699, D700, D701, D702, D703, D704, D705, D706, D707, D708, D709, D710, D711, D712, D713, D714, D715, D716, D717, D718, D719, D720, D721, D722, D723, D724, D725, D726, D727, D728, D729, D730, D731, D732, D733, D734, D735, D736, D737, D738, D739, D740, D741, D742, D743, D744, D745, D746, D747, D748, D749, D750, D751, D752, D753, D754, D755, D756, D757, D758, D759, D760, D761, D762, D763, D764, D765, D766, D767, D768, D769, D770, D771, D772, D773, D774, D775, D776, D777, D778, D779, D780, D781, D782, D783, D784, D785, D786, D787, D788, D789, D790, D791, D792, D793, D794, D795, D796, D797, D798, D799, D800, D801, D802, D803, D804, D805, D806, D807, D808, D809, D810, D811, D812, D813, D814, D815, D816, D817, D818, D819, D820, D821, D822, D823, D824, D825, D8



Δημιουργώντας την επιθυμητή γραμμή μπορεί να γίνει κλικ στο πλήκτρο **OK** και να αρχίσει η επεξεργασία από το πρόγραμμα. Μετά το τέλος αυτής, το πρόγραμμα παρουσιάζει δυο διαγράμματα που δίνονται παρακάτω. Το πρώτο διάγραμμα είναι ο χάρτης με τις γεωτρήσεις όπου πάνω του υπάρχει σχεδιασμένη η τομή μελέτης. Το δεύτερο διάγραμμα αναπαριστά την τομή που με τις χρωματικές εναλλαγές δίνει μια ποιοτική και ποσοτική εικόνα της κατανομής της γύψου κατά μήκος της γραμμής.



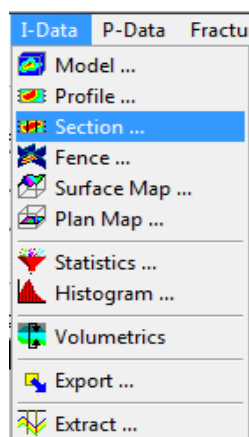


5.8.3 I-Data Fence

Με το **I-Data Fence** δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να χαράξει πάνω στον χάρτη των γεωτρήσεων πολλαπλές τομές προς οποιαδήποτε κατεύθυνση και όλες αυτές μαζί να αναπαρασταθούν σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο που έχει την μορφή «φράχτη».

Η δημιουργία ενός τέτοιου μοντέλου είναι χρήσιμη διότι δίνει μια αρκετά καλή εικόνα της κατανομής της γύψου στο χώρο.

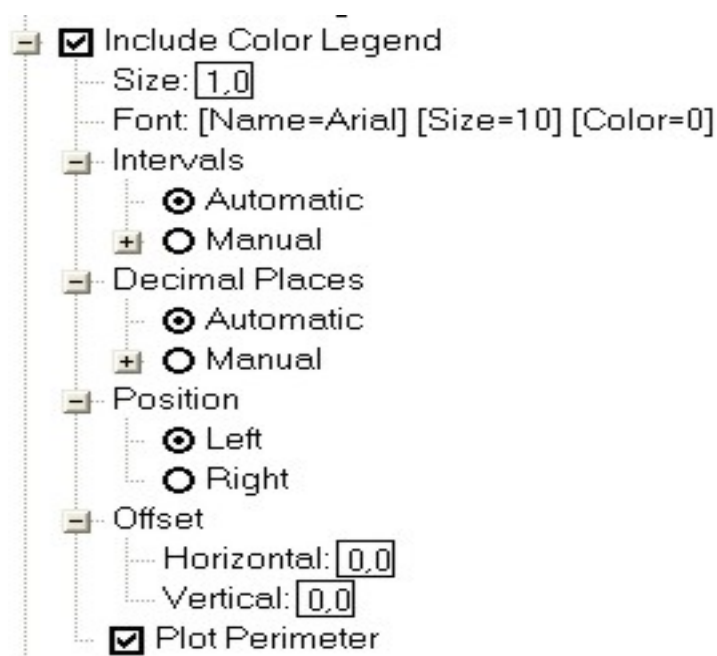
Η επιλογή αυτής της λειτουργίας παρουσιάζεται παρακάτω:



Το πρόγραμμα εμφανίζει το καθιερωμένο παράθυρο ρυθμίσεων. Οι ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν για αυτού του είδους τα μοντέλα είναι οι εξής:

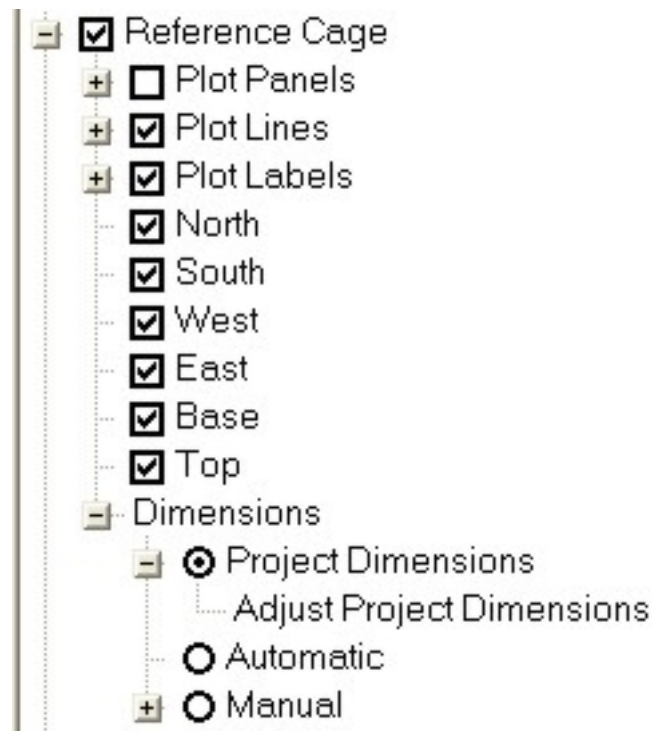
Καταρχήν επιλέγεται το επιθυμητό ορυκτό και γίνεται αποθήκευση του αρχείου. Κάνοντας τα παραπάνω γίνεται επιλογή των:

- Sampling Method: Original Points
- Model Dimensions: "Hardwire" Project dimensions
- Algorithm: Inverse -Distance/Isotropic
- Include Color Legend



Αν και είναι τρισδιάστατο το μοντέλο αυτή την φορά το Color Legend έχει την ίδια φιλοσοφία με αυτό στις δυο διαστάσεις και δεν θα αναλυθεί περεταίρω.

- Reference Cage



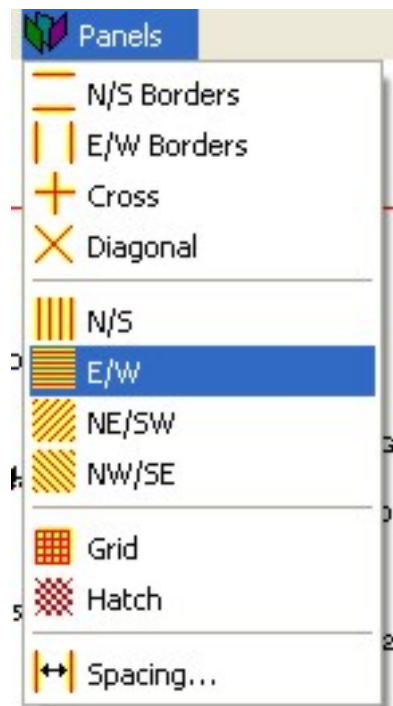
Η επιλογή αυτή δημιουργεί ένα κελίο αναφοράς γύρω από το μοντέλο. Οι διαστάσεις του κελίου ορίζονται ίσες με τις διαστάσεις της περιοχής μελέτης όπως αυτές έχουν καθοριστεί από την καρτέλα **Project Dimensions**. Εάν γίνει επιλογή του **Adjust Project Dimensions** τότε εμφανίζεται υποσελίδα **Project Dimensions** όπου ο χρήστης μπορεί να κάνει τις ρυθμίσεις του.

X (Easting)	Y (Northing)	Z (Elevation)
Xmin (Western Border)	Ymin (Southern Border)	Zmin (Base)
671.850,0	3.892.350,0	125,0
Xmax (Eastern Border)	Ymax (Northern Border)	Zmax (Top)
672.175,0	3.892.700,0	280,0
Xspacing	Yspacing	Zspacing
25,0	25,0	5,0
Xnodes	Ynodes	Znodes
13	14	31

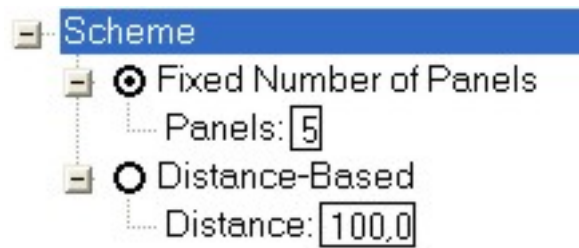
☐ Show advanced properties.

- Create Separate Location Map
- Endpoint Selection: Show interactive Map

Αφού γίνουν αυτές οι ρυθμίσεις και πατηθεί το **OK**, το πρόγραμμα εμφανίζει τον γνωστό χάρτη των γεωτρήσεων. Σε αυτό τον χάρτη με την βοήθεια του ποντικιού μπορούν να χαραχθούν όσες τομές επιθυμεί ο χρήστης και σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Σε περίπτωση λάθους μέσω του **Edit** δίδεται η δυνατότητα για διόρθωση. Στην επιλογή **Fences** το πρόγραμμα προσφέρει μια επιπλέον δυνατότητα μέσω της επιλογής Panels. Εκεί, υπάρχουν προκαθορισμένες διευθύνσεις τομών που μπορούν να επιλεγθούν.

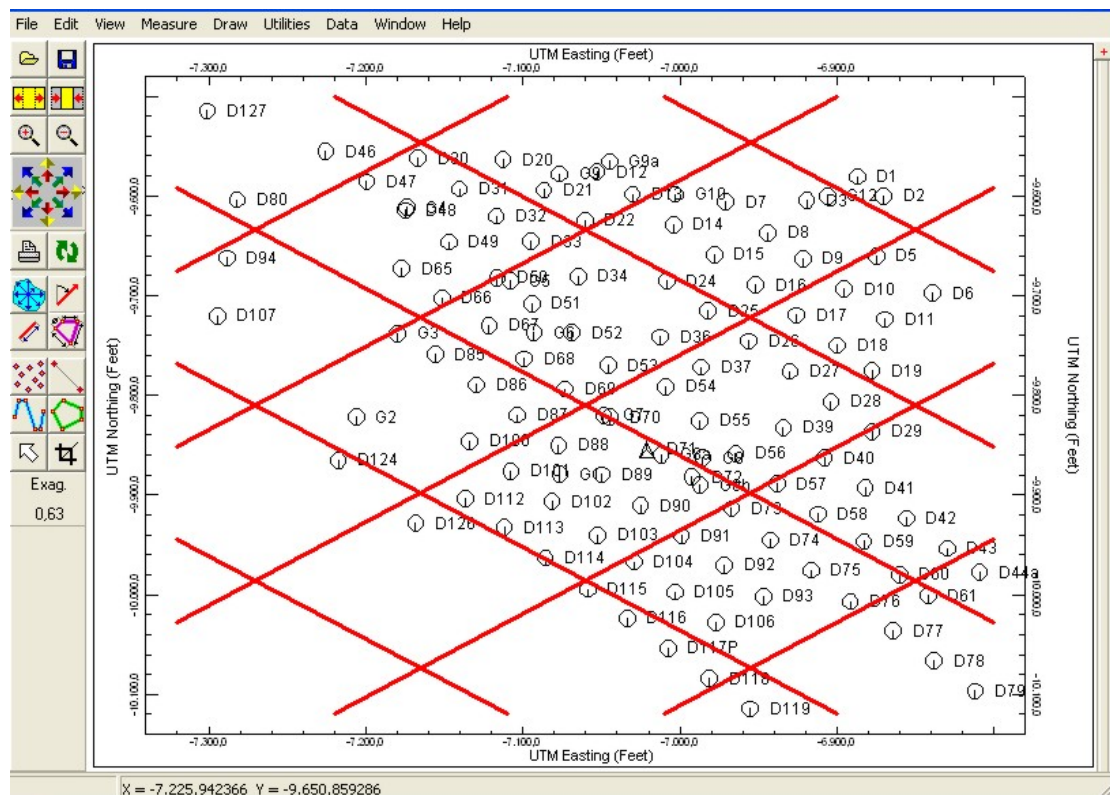


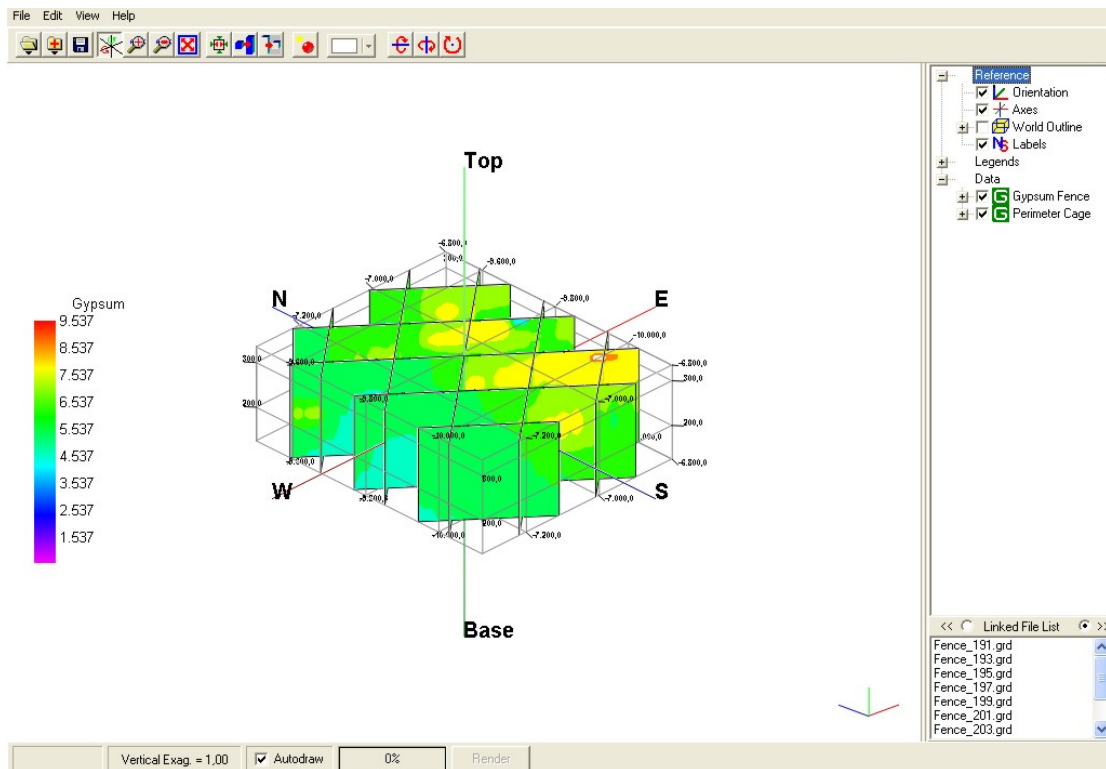
Η επιλογή **Spacing** επιτρέπει την ρύθμιση της απόστασης μεταξύ των τομών.



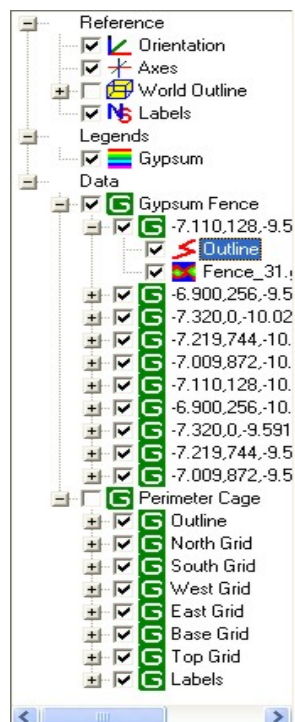
Φαίνεται παραπάνω ότι μπορεί να καθοριστεί είτε ο αριθμός των τομών ανά κατεύθυνση (εδώ πέντε), είτε να καθοριστεί η απόσταση ανά τομή. Η πρώτη λειτουργία ρυθμίζεται μέσω της επιλογής **Fixed Number of Panels** ενώ η δεύτερη από την **Distance-Based**.

Έστω στο παράδειγμα ότι χρησιμοποιείται η επιλογή Hatch με καθορισμένο αριθμό πέντε τομών ανά κατεύθυνση. Τότε, πατώντας το **OK** εμφανίζεται πρώτα ο χάρτης με σχεδιασμένες τις τομές πάνω του και ακολουθεί το τρισδιάστατο μοντέλο.





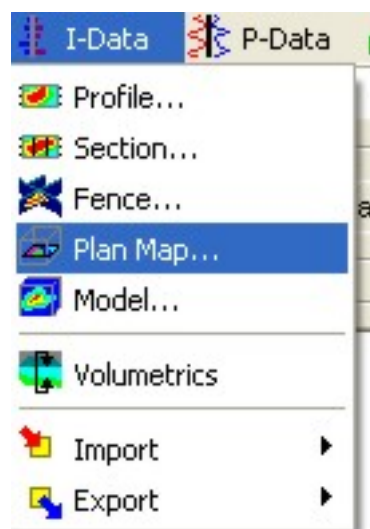
Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη για περαιτέρω επεξεργασία του μοντέλου για την καλύτερη εσοπεύα του. Οι σημαντικότερες λειτουργίες που προσφέρει δίδονται παρακάτω.



Όπως φαίνεται παραπάνω από το **Reference** δίνει την δυνατότητα να ενεργοποιηθούν ή όχι τα σύμβολα που αφορούν τον προσανατολισμό, δηλ. τους άξονες, τις ενδείξεις για Βορά, Νότο κλπ. Από το **Legend** ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται το υπόμνημα που δηλώνει το ποσοστό γύψου ανάλογα με το χρώμα. Από το **Gypsum Fence** μπορούν να απενεργοποιηθούν όλες οι τομές της γύψου ή ορισμένες επιλεκτικά. Τέλος από το **Perimeter Cage** απενεργοποιείτε το κελί που οριοθετεί την περιοχή μελέτης, είτε ολόκληρο είτε τμηματικά.

5.8.4 I-Data Plan Map

Με το **I-Data Plan Map** το πρόγραμμα παρουσιάζει οριζόντιες τομές του στερεού που αντιπροσωπεύει την περιοχή μελέτης, δίνοντας στον χρήστη την δυνατότητα να την κόψει στο ύψους που επιθυμεί, για να παρουσιαστεί η κατανομή της γύψου.



Μετά την ενεργοποίηση της εντολής, πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις αφού πρώτα επιλεγεί το ορυκτό και αποθηκευτεί το αρχείο όπως έχει ειπωθεί. Οι απαραίτητες ρυθμίσεις σε αυτή την περίπτωση είναι:

- Sampling Method: Original Points
- Model Dimensions: “Hardwire” Project dimensions
- Algorithm: Inverse –Distance/Isotropic
- Map Dimensions
-

Κάνοντας κλικ στο **Adjust Project** dimensions το πρόγραμμα οδηγείται στην καρτέλα του Project dimensions όπου εκεί μέσω του **Spacing** καθορίζεται ανά ποσό ύψους το πρόγραμμα θα μπορεί να δημιουργεί τομές , δηλ:

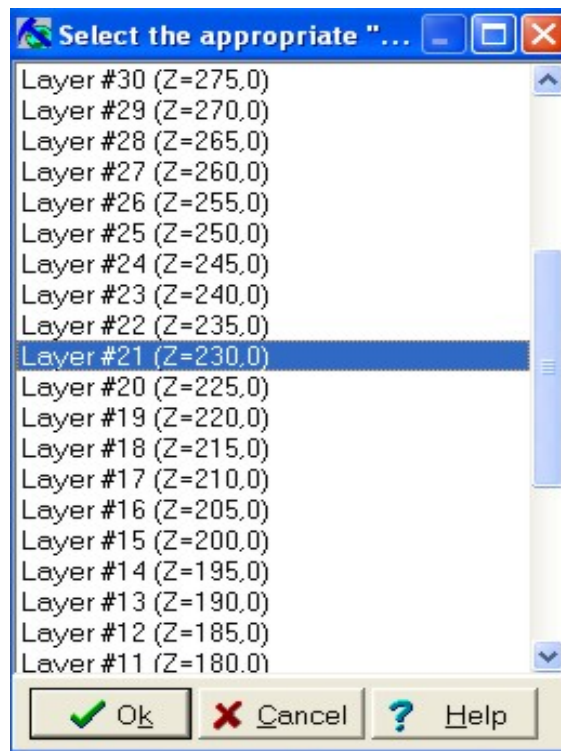
X (Easting)		Y (Northing)		Z (Elevation)	
Xmin (Western Border)	671.850,0	Ymin (Southern Border)	3.892.350,0	Zmin (Base)	125,0
Xmax (Eastern Border)	672.175,0	Ymax (Northern Border)	3.892.700,0	Zmax (Top)	280,0
Xspacing	25,0	Yspacing	25,0	Zspacing	5,0
Xnodes	13	Ynodes	14	Znodes	31

☐ Show advanced properties.

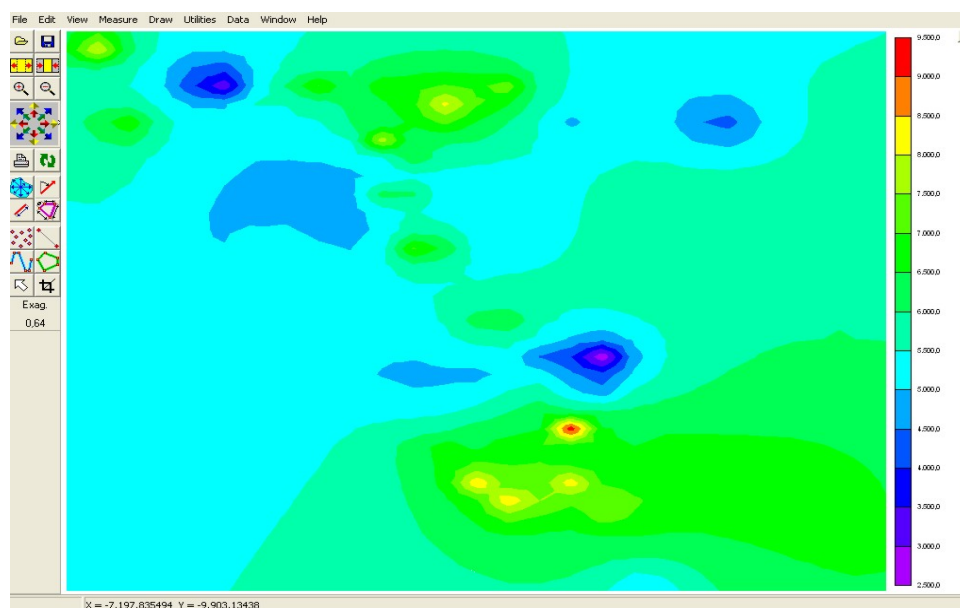
Όπως βλέπουμε από την εικόνα το Spacing είναι 5 άρα το πρόγραμμα μπορεί να χωρίσει το μοντέλο ανά πέντε μέτρα από κάτω μέχρι επάνω, έτσι ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει την επιθυμητή πυκνότητα των τομών. Στο παρόν παράδειγμα θα μείνει ως έχει.

- Color Intervals

Κάνοντας αυτές τις ρυθμίσεις και πατώντας OK το πρόγραμμα εμφανίζει το εξής:

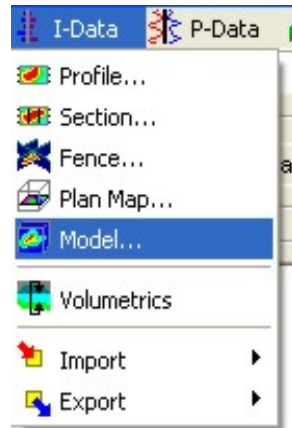


Από αυτήν την καρτέλα επιλέγεται σε ποιο υψόμετρο, από την κατώτερη επιφάνεια του κοιτάσματος έως την ανώτερη, επιθυμεί ο χρήστης να δημιουργηθεί η επίπεδη τομή. Έστω ότι επιλέγεται η επίπεδη τομή 21 με ύψος $Z=230$ μέτρα τότε πατώντας το **OK** εμφανίζεται το διάγραμμα με την κάτοψη της επίπεδης τομής στα 230 μέτρα.



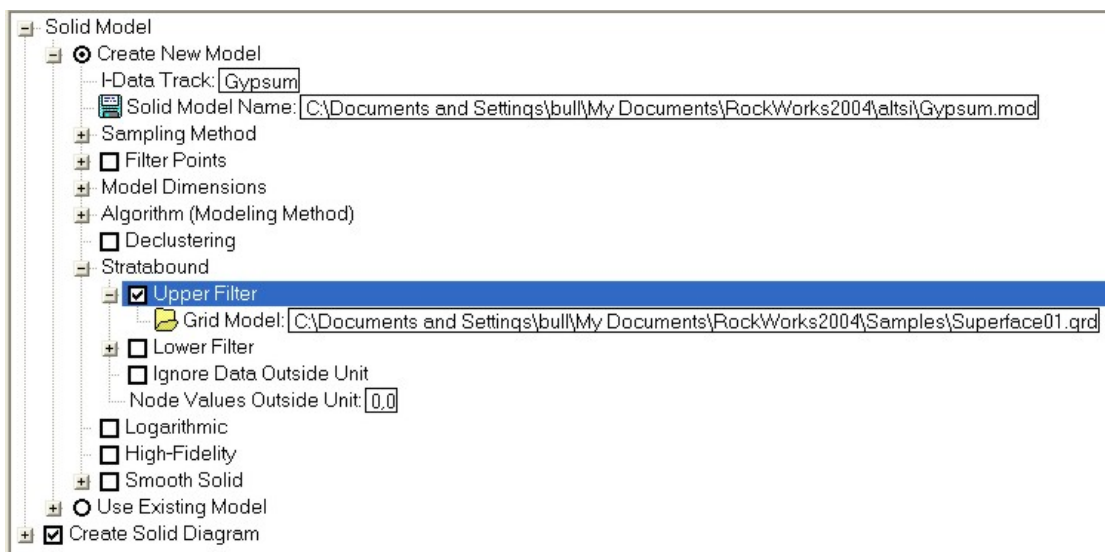
5.8.5 I-Data Model

Με το **I-Data Model** κατασκευάζεται ένα τρισδιάστατο στερεό μοντελο με την συγκέντρωση ενός επιθυμητού πετρώματος. Γίνεται ενεργοποίηση της εντολής:



Κατόπιν γίνονται οι ρυθμίσεις. Πρώτον επιλέγεται η γύψος ως το προς μελέτη ορυκτό, δεύτερον αποθηκεύεται το αρχείο, και τρίτον ακολουθείται διαδοχικά η παρακάτω σειρά ρυθμίσεων:

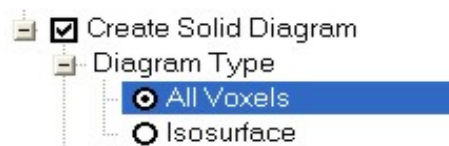
- Sampling Method: Original Points
- Model Dimensions: “Hardwire” Project dimensions
- Algorithm: Inverse –Distance/Isotropic
- Stratabound: Upper Filter



Με την επιλογή αυτή το μοντέλο στο επάνω μέρος του περιορίζεται από μια τοπογραφική επιφάνεια και έτσι δίνει την ψευδαίσθηση ενός τρισδιάστατου τοπιού. Πατώντας με το ποντίκι επάνω στο Grid Model εισάγεται η τοπογραφική επιφάνεια που πρέπει να διαθέτει έτοιμη ο χρήστης στο υπολογιστή.

Σημείωση. Είναι πάρα πολύ σημαντικό το μοντέλο της επιφανείας καθώς και το στερεό να έχουν ακριβώς τι ίδιες X, Y διαστάσεις καθώς και ίδιο διάκενο των node, ειδάλλως το μοντέλο ενδέχεται να μην λειτουργεί.

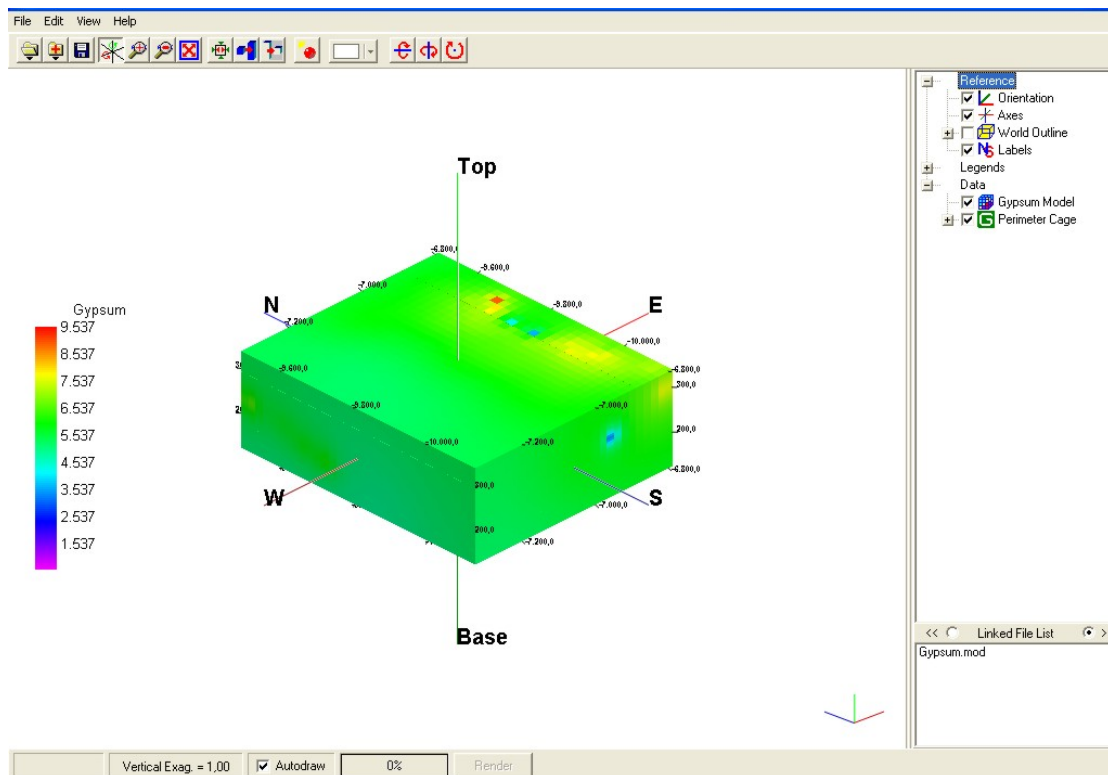
- Create Solid Diagram



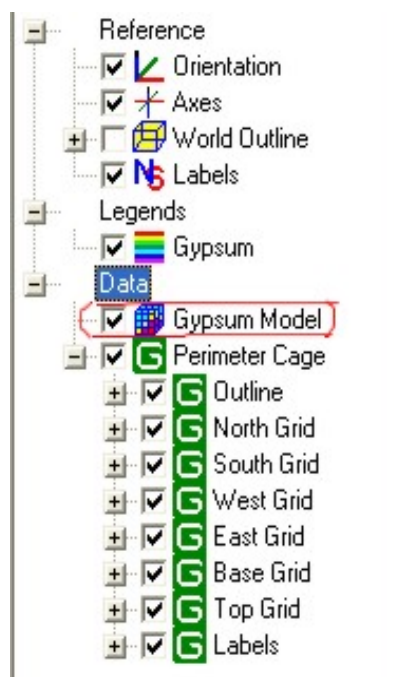
Για την δημιουργία του στερεού υπάρχουν δυο επιλογές. Η **All Voxels** που έχει επιλεγεί και στο παράδειγμα έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός στερεού που η τρισδιάστατη απεικόνιση του μοιάζει με μια στοίχιση από διαφορετικού χρώματος κυψέλες. Η επιλογή Isosurface παράγει στερεά που η απεικόνιση τους μοιάζει να περικλείονται από μια επιφάνεια ως φλοιός (**skin**).

- Reference cage
- Include Color Legend

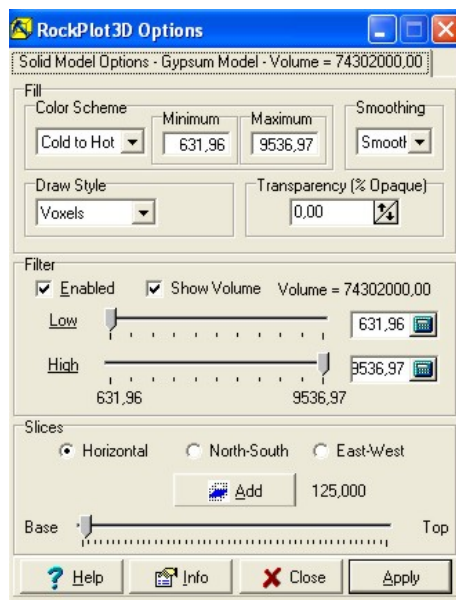
Όταν γίνουν οι ρυθμίσεις και πατηθεί το **OK** εμφανίζεται το παρακάτω μοντέλο



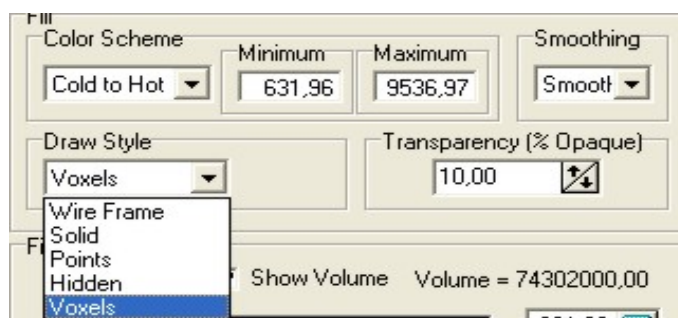
Παρατηρώντας κανείς το παραπάνω μοντέλο καταλαβαίνει ότι δεν αποκτά σαφή εικόνα για την κατανομή της γύψου σε ολόκληρο το κοίτασμα. Για το λόγο αυτό το πρόγραμμα προσφέρει κάποιες επιλογές που μπορούν να βοηθήσουν τον χρήστη να ‘δει’ στο εσωτερικό του στερεού.



Εκτός από τις επιλογές ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης του προσανατολισμού, του υπομνήματος, και του **Perimeter Cage**, όπως παρατηρεί κανείς, υπάρχει ακόμα μια επιλογή με το όνομα **Gypsum Model**. Κάνοντας, στην τελευταία, διπλό κλικ με το ποντίκι εμφανίζεται η παρακάτω καρτέλα:

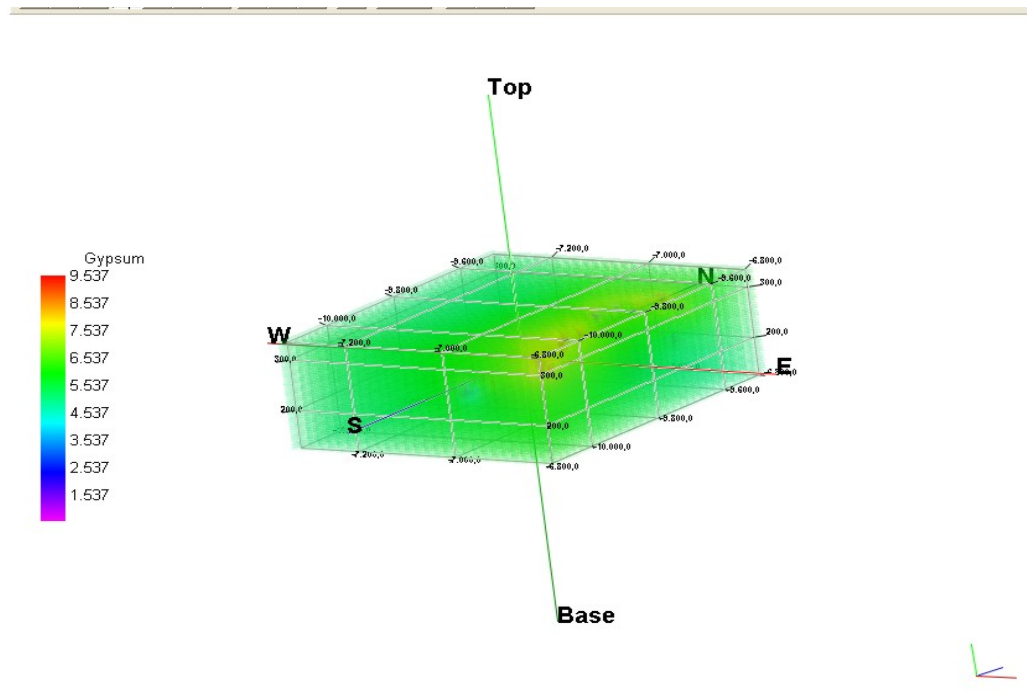


Μέσω αυτής της καρτέλας ο χρήστης μπορεί να κάνει διάφορα πράγματα στο μοντέλο του. Καταρχήν όπως παρατηρεί κανείς η καρτέλα αυτή αποτελείται από τρία βασικά μέρη. Το πρώτο μέρος ρυθμίζει την εμφάνιση του μοντέλου.

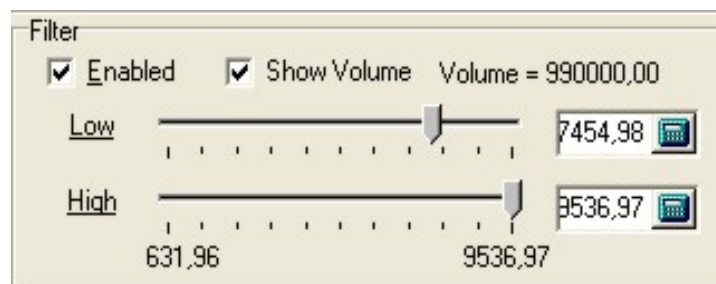


Από το **Color Scheme** επιλέγεται ο τρόπος χρωματισμού της απεικόνισης, το Smoothing καθορίζει την υφή του στερεού, από το **Draw Style** ρυθμίζεται ο τρόπος απεικόνισης του στερεού, δηλαδή αν

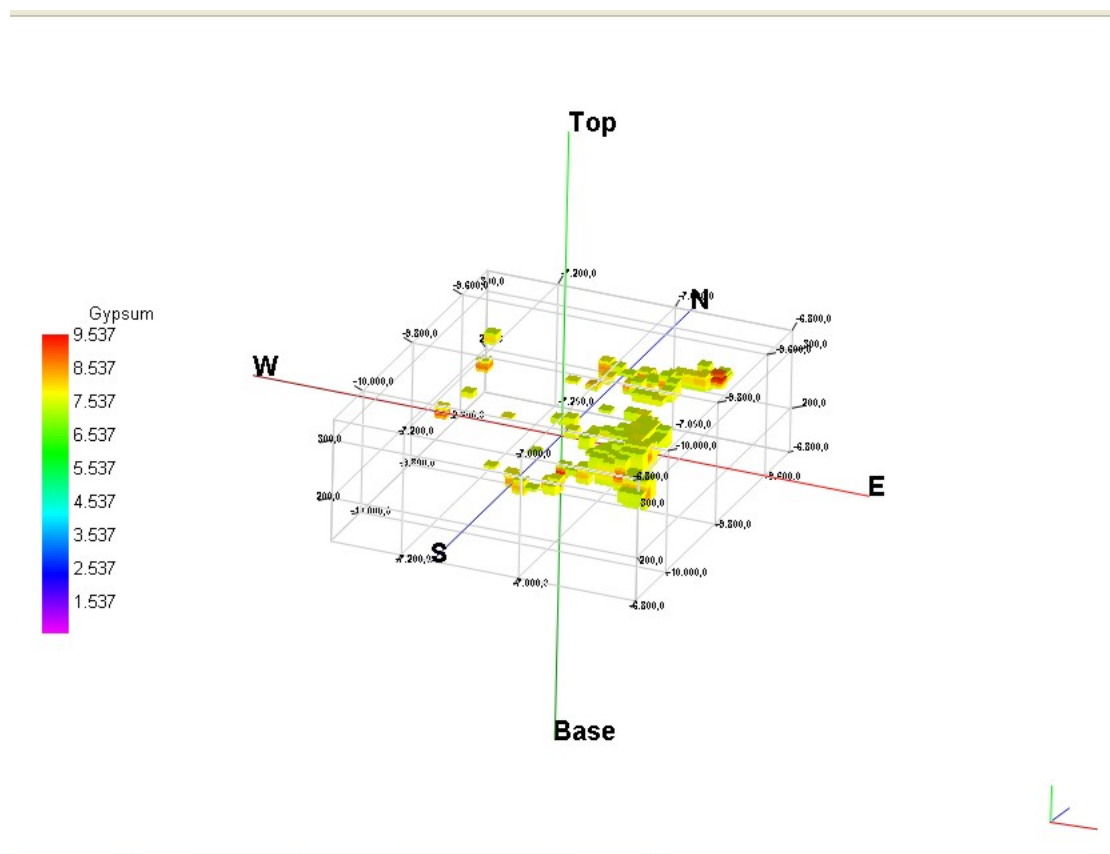
θα έχει την μορφή τρισδιάστατου πλέγματος (**Wire Frame**), στερεού (**Solid**), κ.α. Τέλος το **Transparency** ελέγχει το ποσοστό διαφάνειας του μοντέλου. Έστω ότι το μοντέλο ρυθμίζεται όπως υποδυκνύεται στην παραπάνω εικόνα. Τότε το μοντέλο θα απεικονίζεται όπως φαίνεται παρακάτω.



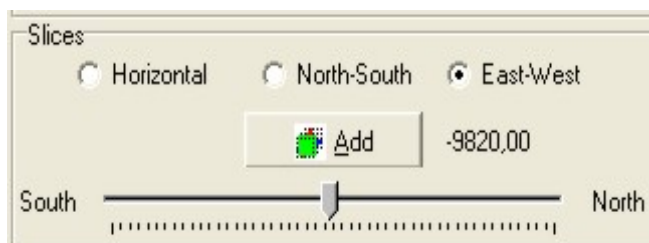
Από το δεύτερο μέρος της καρτέλας με το όνομα **Filter** ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει το εύρος του ποσοστού της συγκέντρωσης της γύψου που θέλει να εμφανίζεται στην απεικόνιση του.



Επιλέγοντας με το ποντίκι το κουτάκι με την ένδειξη **Enabled** τότε ενεργοποιούνται οι δυο μπάρες με ονόματα **Low** και **High**. Από αυτές τις μπάρες καθορίζεται το ανώτερο και κατώτερο όριο της συγκέντρωσης της γύψου που θα απεικονίζεται στο στερεό. Έστω ότι το κατώτερο όριο ρυθμίζεται στην τιμή 7454,98 και το ανώτερο 9536,97 τότε η απεικόνιση θα είναι η εξής παρακάτω:



Το τρίτο και τελευταίο μέρος της παραπάνω καρτέλας επιτρέπει την δημιουργία τομών μέσα στο στερεό.



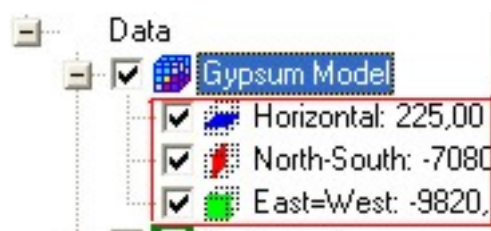
Αρχικά για την δημιουργία μιας τομής πρέπει να επιλεχθεί ο προσανατολισμός της. Δηλαδή, αν θα γίνει οριζόντια τομή,

προσανατολισμού Βορά – Νότου, προσανατολισμού Δύσης – Ανατολής. Έπειτα μέσω της μπάρας στο κάτω μέρος επιλέγεται το σημείο από όπου θα διέρχεται η τομή. Όταν πρέπει να δημιουργηθεί μια οριζόντια τομή με την μπάρα επιλέγεται το ύψος στο οποίο θα είναι τοποθετημένη η τομή. Όταν είναι προσανατολισμένη τομή π.χ. **North – South** τότε με την μπάρα επιλέγεται η τιμή **Y (Northing)** από την οποία θα διέρχεται η τομή. Για τον προσανατολισμό **West – East**, αντίστοιχα, επιλέγεται η τιμή **X (Easting)**. Μετά την επιλογή της θέσης της τομής γίνεται ενεργοποίησή της μέσω του πλήκτρου **Add**. Παρόλα αυτά όμως, δεν παρουσιάζεται η καινούρια τομή στην απεικόνιση. Αυτό εξηγείται επειδή η τομή καλύπτεται από το υπόλοιπο μοντέλο. Επομένως, πρέπει να κρυφτεί το μοντέλο για να παρουσιαστεί η τομή που δημιουργήθηκε. Αυτό γίνεται με το **transparency** του στερεού θέτοντας το στο 0,00%.

Για να ενεργοποιηθεί οποιαδήποτε αλλαγή στο μοντέλο πρέπει μετά τις ρυθμίσεις που πραγματοποιήθηκαν να επιλεγεί το πλήκτρο **Apply**, που φαίνεται παρακάτω, και έπειτα **Close**.

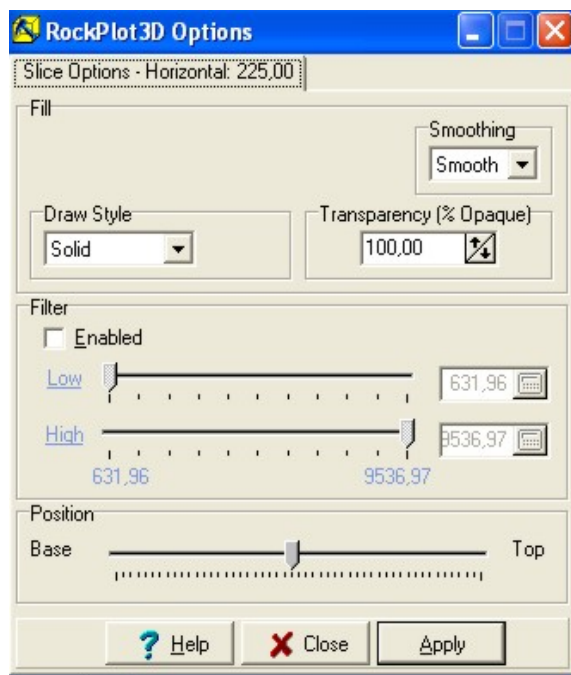


Έστω στο συγκεκριμένο παράδειγμα ότι δημιουργείται μια τομή για κάθε προσανατολισμό. Τότε, μετά την εφαρμογή αυτών (**Apply- Close**) θα εμφανισθούν στο **Gypsum Model** τα εξής:

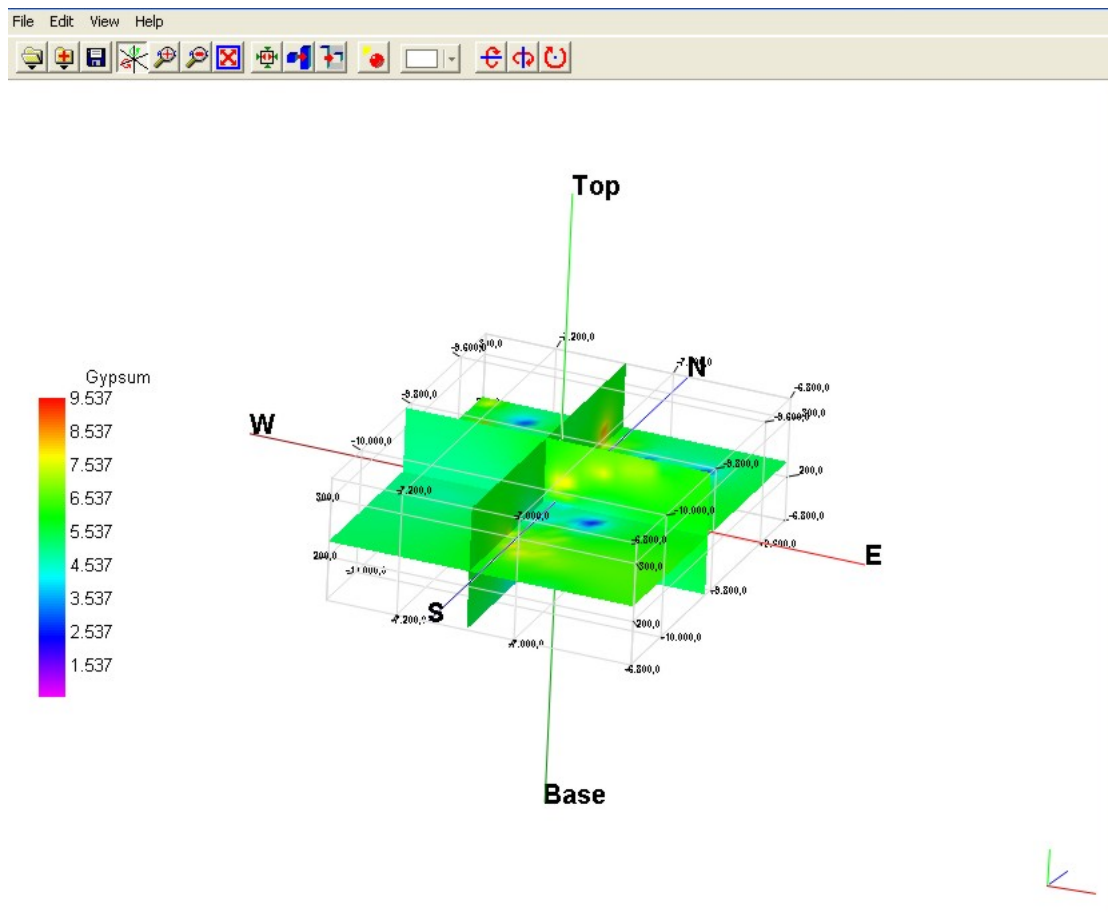


Κάθε μια από τις παραπάνω επιλογές αποτελεί ένα μενού της κάθε τομής που επιτρέπει την οποία δυνατή τροποποίηση αυτής ή ακόμα και κατάργηση της.

Το παρακάτω μενού εμφανίζεται όταν πατηθεί με διπλό κλικ κάποια από τις τομές. Για να εμφανιστεί μια τομή ρυθμίζεται το **Transparency** στο 100% και επιλέγεται **Apply- Close**.



Μια απεικόνιση και με τις τρεις τομές διαφορετικού προσανατολισμού δίνεται παρακάτω:



Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει η εξής παρατήρηση. Ο χρήστης μπορεί να συνδυάσει με οποιοδήποτε τρόπο τις τομές, τα φίλτρα, και τις χρωματικές διαφοροποιήσεις για την επίτευξη της επιθυμητής απεικόνισης (Manual RockWorks 2006).

Κεφάλαιο 6: Επεξεργασία

Όπως έχει ειπωθεί σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η οριοθέτηση και χωρική απεικόνιση της κατανομής γύψου και ανυδρίτη του κοιτάσματος της περιοχής Αλτσι στην ανατολική Κρήτη.

Το πρώτο στάδιο της εργασίας ήταν η συλλογή των γεωχημικών στοιχείων για την δημιουργία της βάσης δεδομένων. Τα στοιχεία που χρησιμοποιηθήκαν περιλαμβάνουν γεωχημικά και λιθολογικά δεδομένα πυρήνων 14 ερευνητικών γεωτρήσεων που ελήφθησαν το 1982 κατά την φάση αναγνώρισης του κοιτάσματος, δεδομένα που προέκυψαν από τις αναλύσεις 101 επιφανειακών δειγμάτων που ελήφθησαν το 2007 σε κάναβο 40X40 μέτρων και αφ' ετέρου γεωχημικά και λιθολογικά δεδομένα πυρήνων τεσσάρων νέων ερευνητικών γεωτρήσεων που ελήφθησαν πρόσφατα.

Κατόπιν έγινε κατηγοριοποίηση των γεωχημικών δεδομένων σε λιθολογικές φάσεις. Το μοτίβο που ακολουθήθηκε για να γίνει ο χαρακτηρισμός είναι το εξής: Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε θειικά όταν η συγκέντρωση της γύψου είναι πάνω από 85% τότε ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως «γύψος». Για περιεκτικότητες ανυδρίτη πάνω από 30% ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως «ανυδρίτης». Τα τμήματα των πυρήνων των γεωτρήσεων με περιεκτικότητες κάτω από 85% σε γύψο και κάτω από 30% σε ανυδρίτη χαρακτηρίστηκαν ως «ενδιάμεσα» στρώματα. Σε περιπτώσεις που η απώλεια πύρωσης ήταν μεγάλη (>30%) τότε το συγκεκριμένο τμήμα της γεώτρησης, ανεξάρτητα από τη συγκέντρωση των θεικών, χαρακτηρίζεται ως «δολομίτης». Υψηλή παρουσία πυριτίου, αλκαλίων ή και αργιλίου, αποτέλεσαν τους δείκτες για το χαρακτηρισμό τμήματος της γεώτρησης ως «οχιστόλιθος».

Το επόμενο στάδιο, μετά την συγκέντρωση των στοιχείων και της δημιουργίας της βάσης δεδομένων, ήταν η τελευταία να τροποποιηθεί κατάλληλα έτσι ώστε να είναι συμβατή, και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το λογισμικό πακέτο Rockwork 2006 για την

κατασκευή I-Data μοντέλων. Η διαδικασία κατασκευής κατάλληλης φόρμας στο Excel περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 4 στην παράγραφο που πραγματεύεται την εισαγωγή δεδομένων στο Rockwork.

Τέλος για την κατασκευή των τρισδιάστατων μοντέλων που ακολουθούν έγινε χρήση των ψηφιοποιημένων χαρτών εδάφους του λατομείου. Οι χάρτες αυτοί δημιουργήθηκαν στο λογισμικό AUTOCAD απο τον μεταπτυχιακό φοιτητή Βάχλα Γεώργιο στα πλαίσια της εκπόνησης της δικής του διπλωματικής εργασίας. Η ψηφιοποίηση των χαρτών είχε ως σκοπό την χρήση τους στο λογισμικό Rockwork 2006 για την απεικόνιση του ανάγλυφου του λατομείου στα τρισδιάστατα μοντέλα κατανομής που θα ακολουθούσαν.

6.1 Δημιουργία μοντέλου στο Rockwork 2006

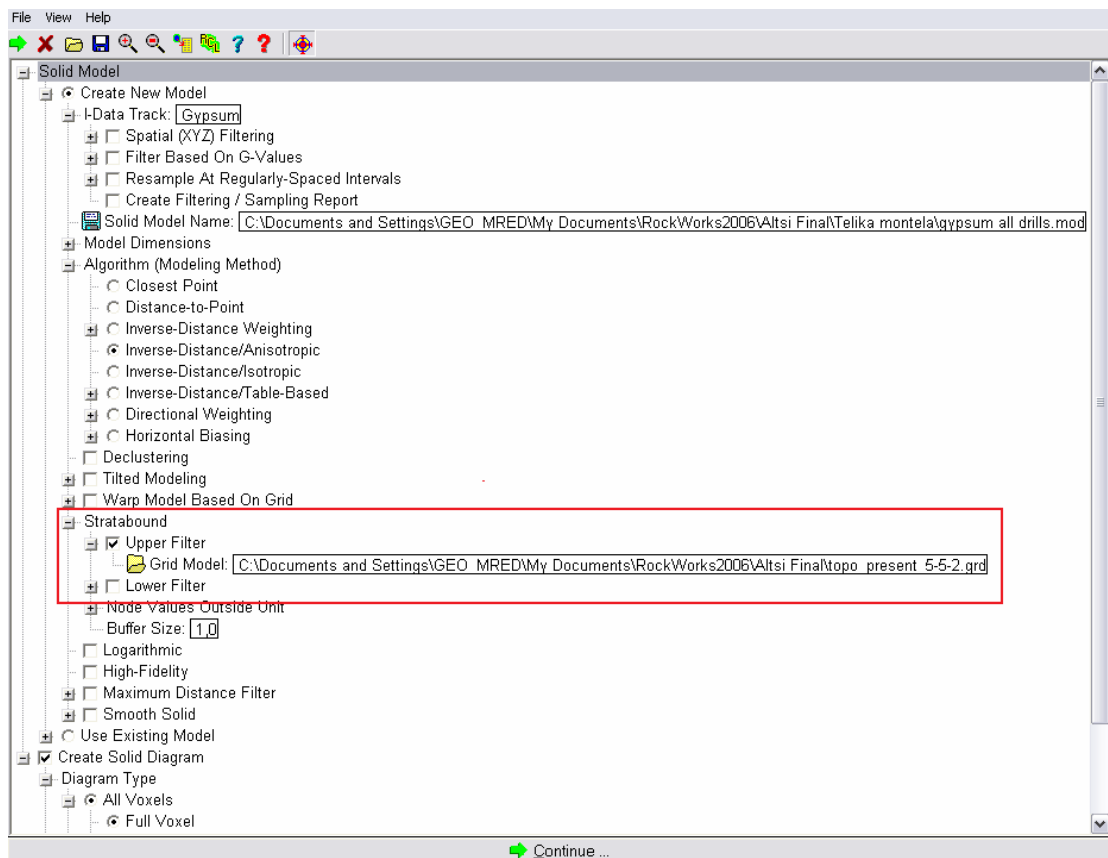
Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία παραγωγής των τρισδιάστατων μοντέλων χωρικής κατανομής με το λογισμικό πακέτο Rockwork 2006.

Το μοντέλα που θα κατασκευαστούν ακολουθούν μια συγκεκριμένη τεχνική κατασκευής που στηρίζεται σε απλές μαθηματικές πράξεις μεταξύ των τρισδιάστατων μοντέλων. Σκοπός της τεχνικής είναι η ακριβής απεικόνιση συγκεκριμένων πληροφοριών που επιθυμεί ο χρήστης να παρουσιάζονται οπτικά στο μοντέλο του, και να αποκόπτονται όλα εκείνα τα στοιχεία που ενδεχομένως εμποδίζουν ή κάνουν δυσνόητη την παρουσίαση.

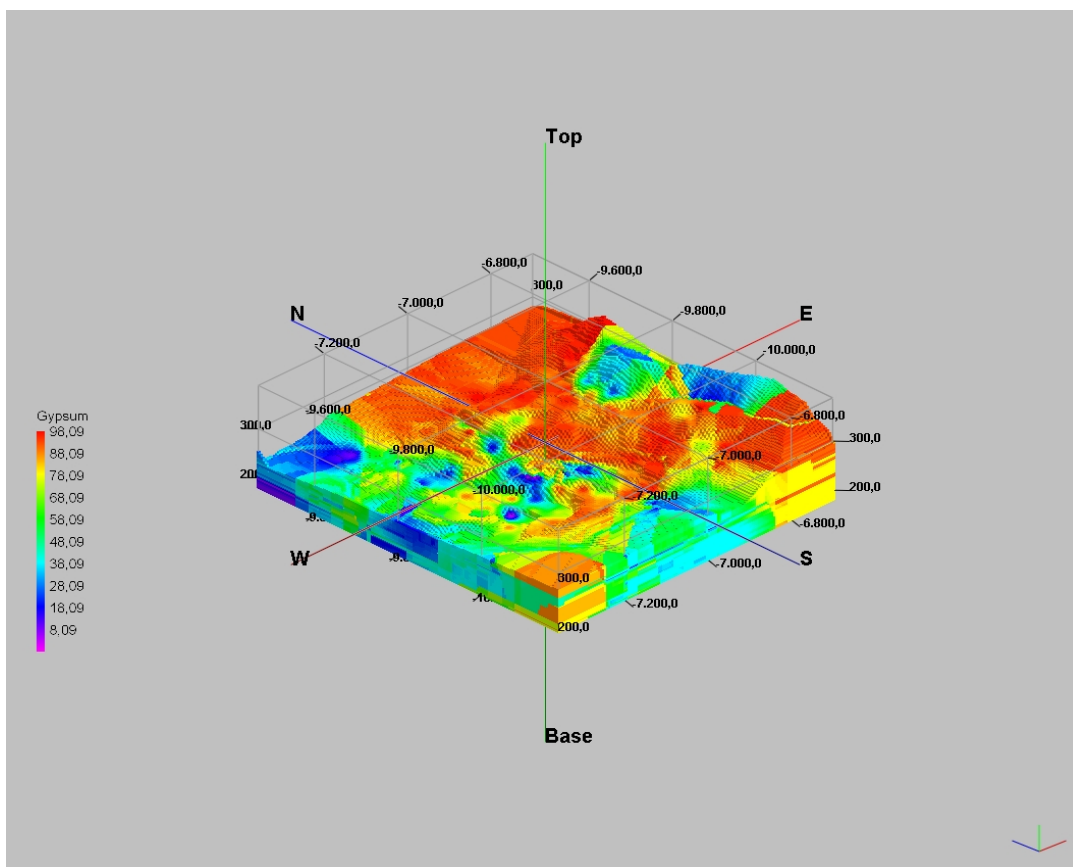
Στο παράδειγμα που ακολουθεί γίνεται η παρουσίαση ενός μοντέλου που δείχνει την περιεκτικότητα σε γύψο και χρησιμοποιεί το όλα τα στοιχεία της βάσης δεδομένων.

Μέσω του borehole manager γίνεται η εισαγωγή της βάσης δεδομένων όπως έχει παρουσιαστεί και προηγουμένως.

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων πραγματοποιείται η κατασκευή ενός τρισδιάστατου μοντέλου μέσω της επιλογής I-Data, όπως ακριβώς έχει περιγραφή σε προηγούμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 4) με την διαφορά να έγκειται στο ότι στην προκειμένη περίπτωση γίνεται επιπλέον και χρήση ενός ψηφιοποιημένου χάρτη εδάφους για την αναπαράσταση του ανάγλυφου του λατομείου. Η εισαγωγή του χάρτη γίνεται απο τις ρυθμίσεις παραμέτρων του μοντέλου μέσω της επιλογής **Stratabound>> Upper Filter>>** και επιλογή του επιθυμητού αρχείου της τελικής τοπογραφίας με κατάληξη **.dxf**, όπως φαίνεται και παρακάτω.

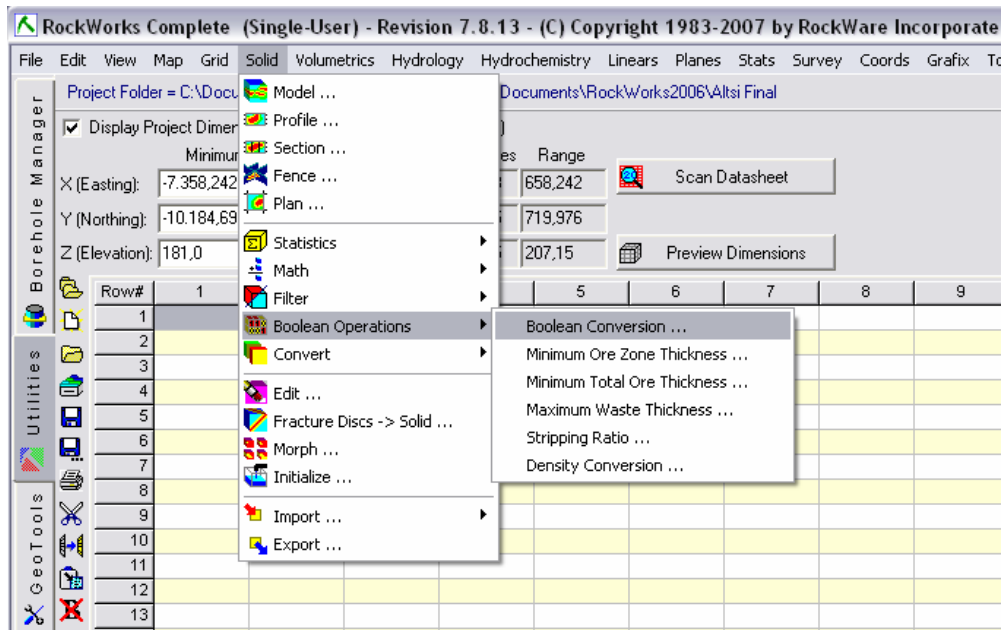


Πατώντας continue οδηγούμαστε στην παρακάτω απεικόνιση:

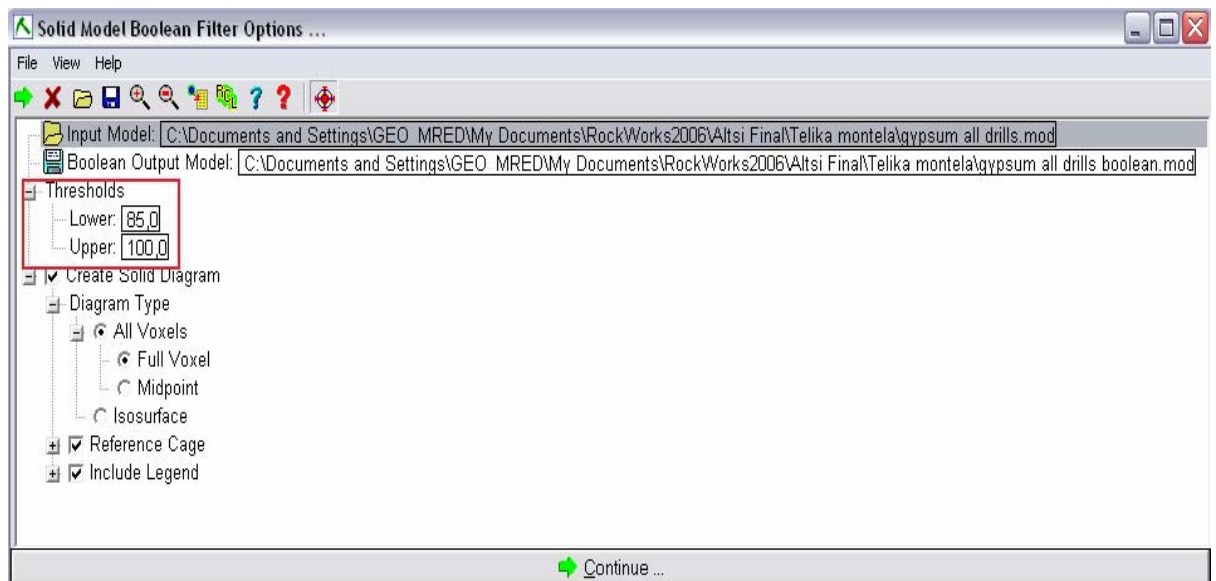


Γίνεται αποθήκευση του μοντέλου και το οποίο για τις πράξεις που θα ακολουθήσουν θα αναφέρεται σαν 'Μοντέλο Α'.

Κατόπιν μέσω του Borehole Manager γίνεται ενεργοποίηση της επιλογής: Solid>>Boolean Operations>>Boolean Conversion. Όπως παρακάτω:



Κάνοντας την παραπάνω επιλογή οδηγούμαστε στην παρακάτω οθόνη ρυθμίσεων των παραμέτρων της συγκεκριμένης λειτουργίας :

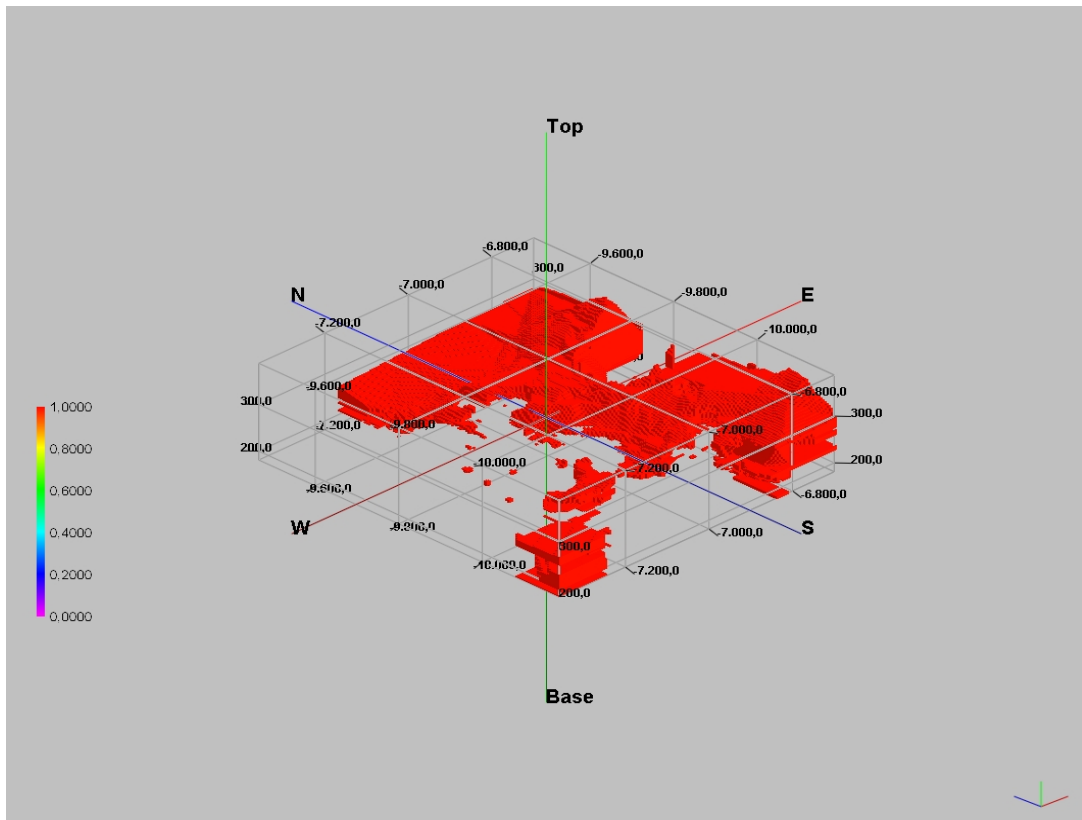


Σε αυτήν καρτέλα πραγματοποιούνται οι εξής ρυθμίσεις:

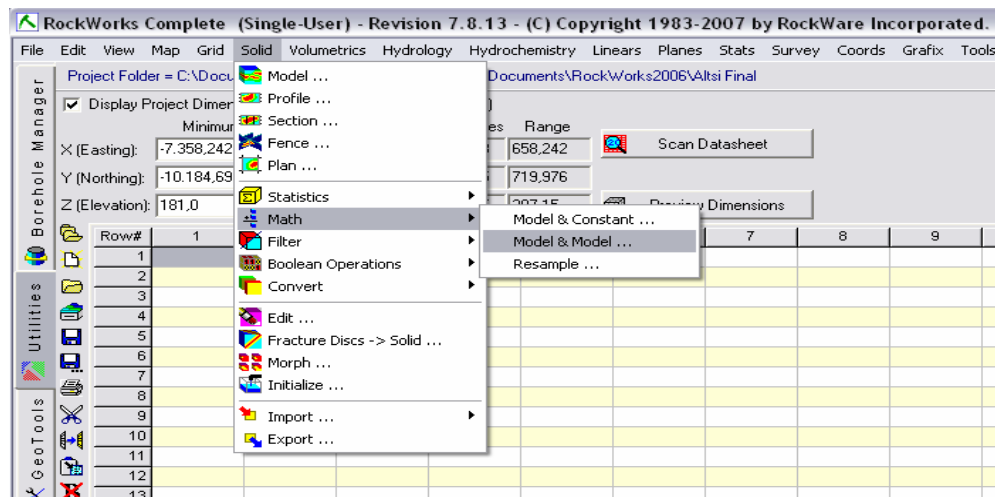
- **Input Model:** γίνεται εισαγωγή του μοντέλου του οποίου θα γίνει επεξεργασία, στην συγκεκριμένη περίπτωση το μοντέλο A.
- **Boolean Output Model:** αποθηκεύεται το αποτέλεσμα της επεξεργασίας.
- **Thresholds:** απο εδώ καθορίζονται τα όρια της περιεκτικότητας της γύψου που είναι επιθυμητό να απεικονίζονται στο μοντέλο.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα απεικονιστεί η γύψος με περιεκτικότητα 85% έως 100%.

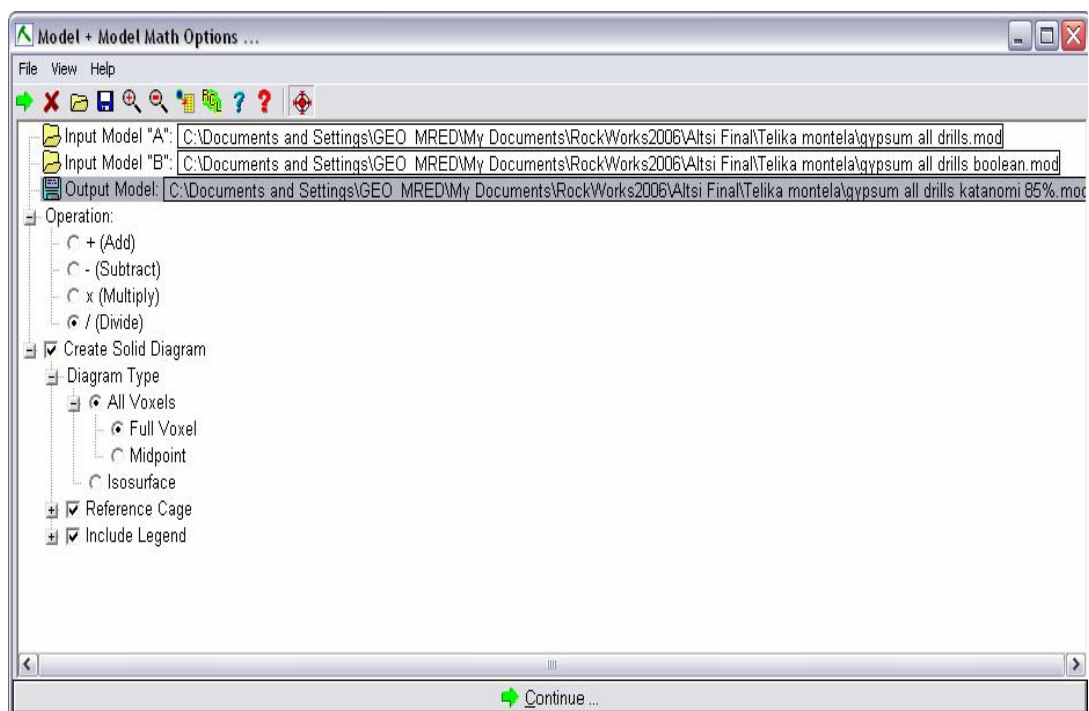
- Οι υπόλοιπες επιλογές είναι ίδιες με άλλες περιπτώσεις και έχουν παρουσιαστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Με επιλογή του continue οδηγούμαστε στο παρακάτω μοντέλο το οποίο στο εξής θα αναφέρεται σαν 'μοντέλο Β':



Στην συνέχεια επιλέγοντας Solid>>Math>>Model & Model όπως παρακάτω:



Το πρόγραμμα μεταβαίνει στην οθόνη ρυθμίσεων των παραμέτρων της επιλογής:

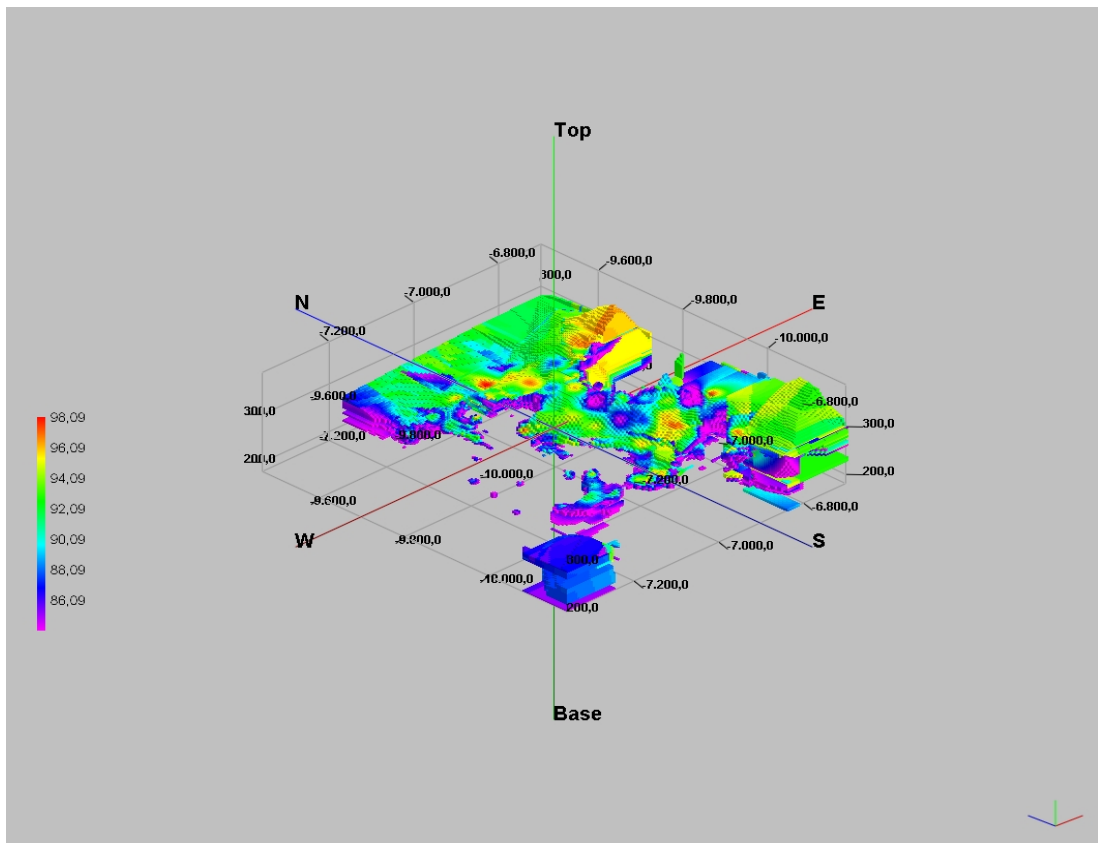


Οι επιλογές στις ρυθμίσεις που προσφέρονται είναι οι εξής:

- Input Model “A”: Εισαγωγή του πρώτου μοντέλου που κατασκευάστηκε ή ‘μοντέλο A’
- Input Model “B”: Εισαγωγή του δεύτερου μοντέλου που κατασκευάστηκε ή ‘μοντέλο B’

- Output Model: Αποθήκευση του μοντέλου που θα εξαχθεί από την διαδικασία
- Operation: Επιλογή της μαθηματικής πράξης που θα συντελεστεί μεταξύ των δυο επιλεγμένων μοντέλων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αλλά και γενικά στην κατασκευή των μοντέλων της εργασίας χρησιμοποιείτε διαίρεση (/ , Divine).
- Οι υπόλοιπες παράμετροι έχουν ήδη αναλυθεί.

Με επιλογή του Continue τελικά προκύπτει:



Παραπάνω φαίνεται η απεικόνιση της ποσοστιαίας χωρικής κατανομής της γύψου στον συνολικό λατομικό χώρο σύμφωνα με τα δεδομένα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα.

Στις επόμενες παραγράφους όλα τα μοντέλα που παρουσιάζονται έχουν κατασκευαστεί με τον τρόπο που περιγράφηκε ανωτέρω.

6.2 παρουσίαση αποτελεσμάτων, συγκρίσεις

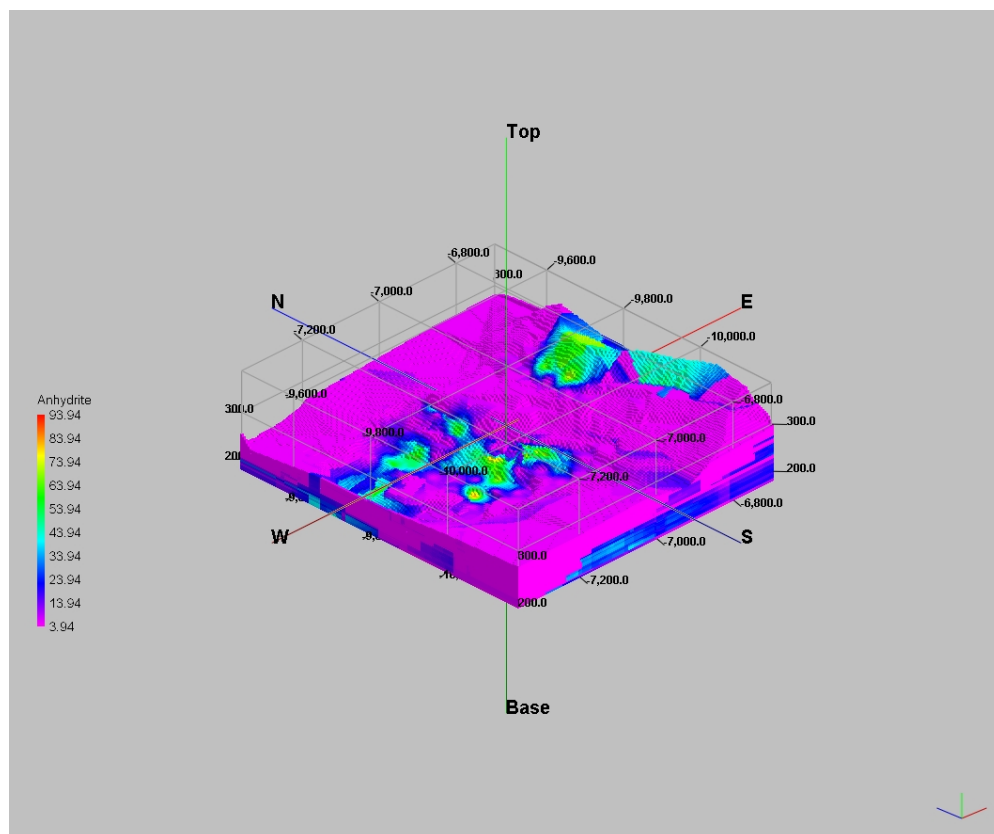
6.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Οι παραμετροί που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των παρακάτω χωρικών μοντελών είναι οι εξής:

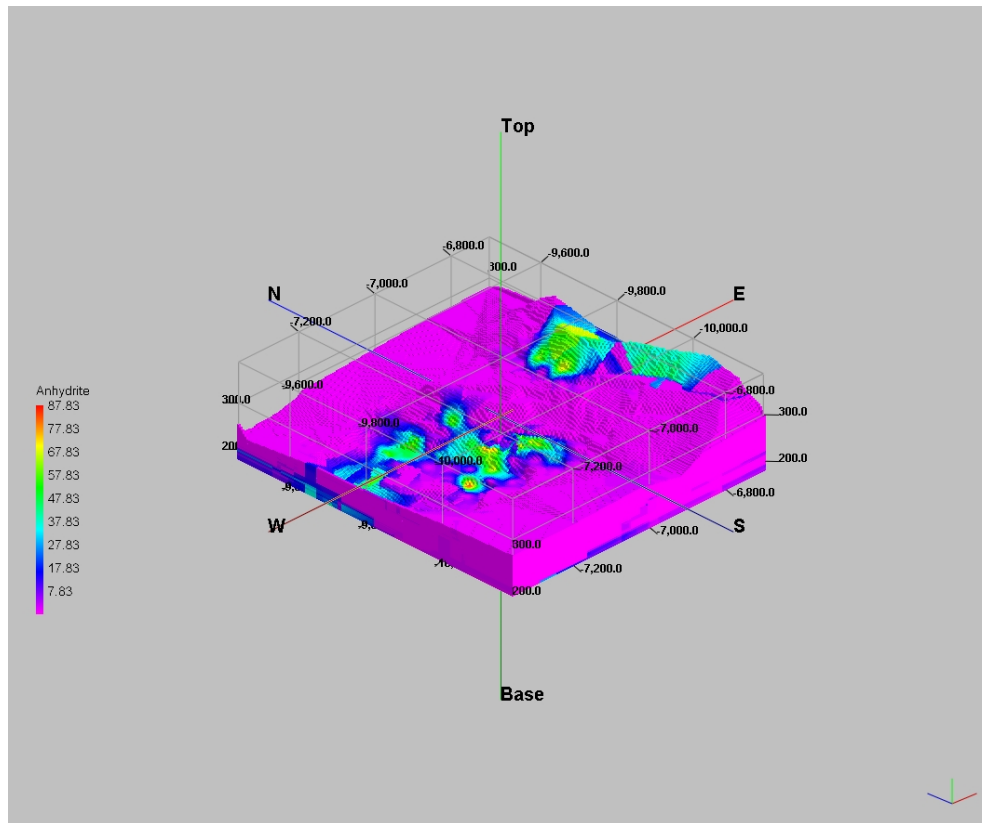
- Stratabound
- Upper grid surface topo
- Inverse distance anisotropic

Οι υπολοιπές παραμετροί ρυθμίζονται όπως έχουν αναφερθεί στο πεμπτο κεφάλαιο που πραγματεύεται την κατασκευή I-Data μοντελών στο RockWorks.

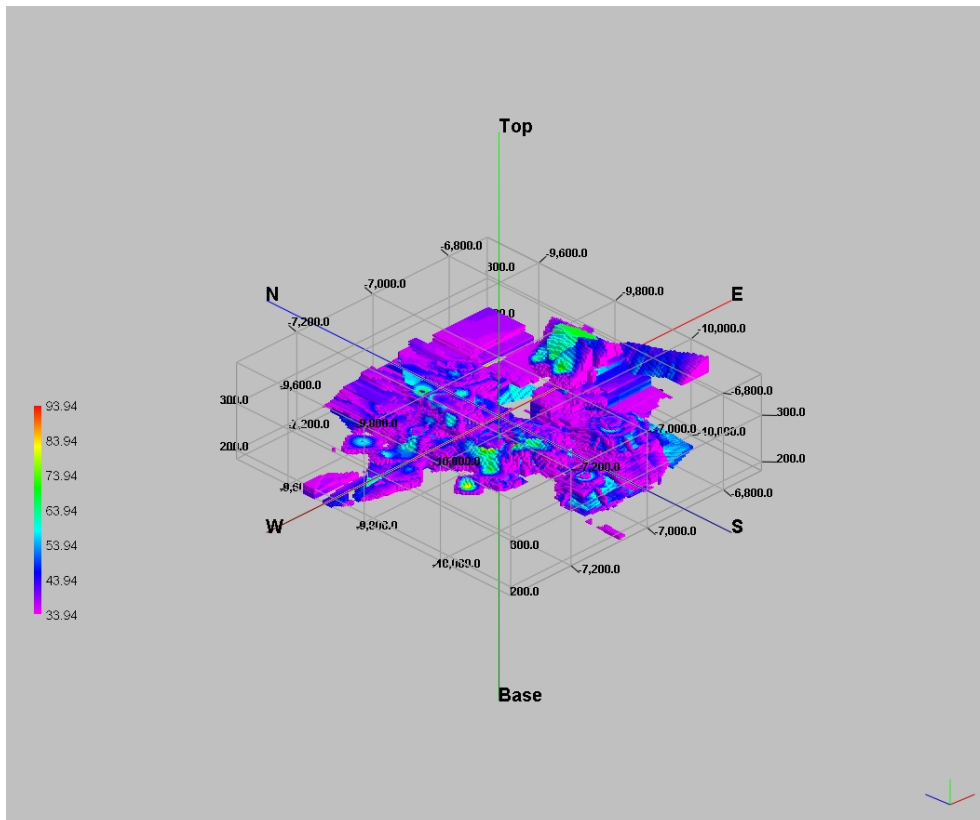
Παρακάτω παρατηθούν οι απεικονίσεις των μοντελών της ποσοστιαίας κατανομής της περιεκτικότητας του ανυδρίτη και της γύψου στον λατομικό χώρο.



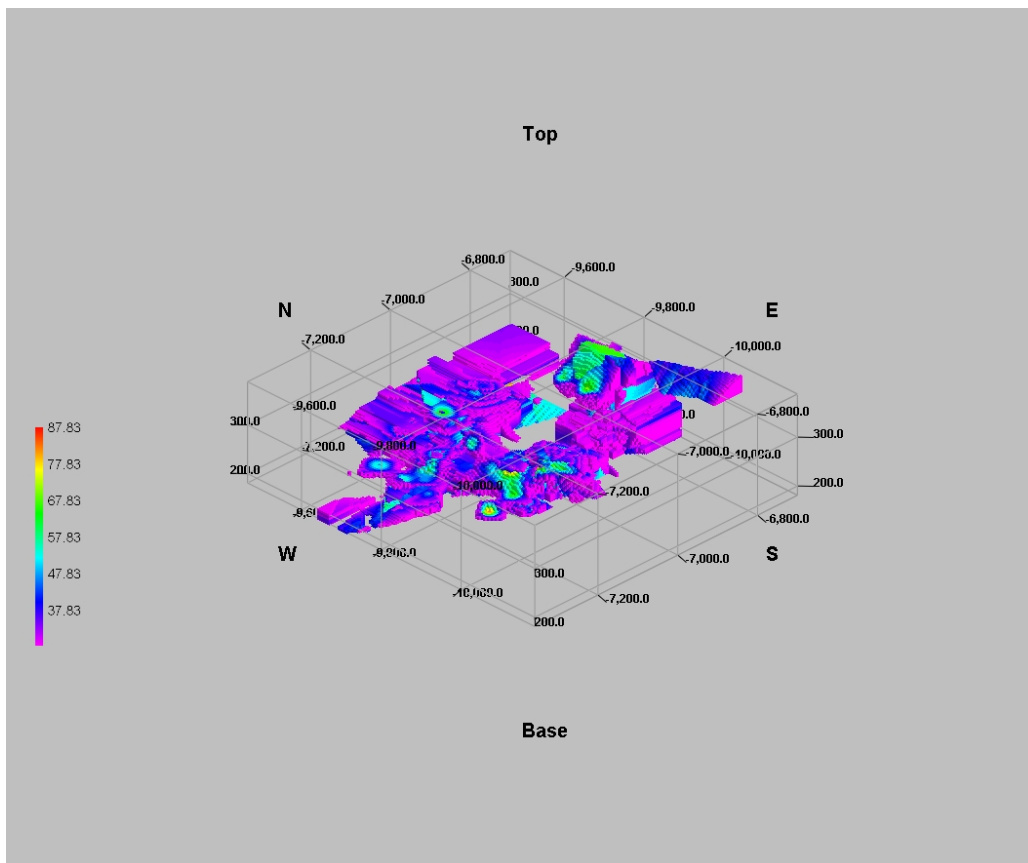
Μοντέλο 1: Ποσοστιαία κατανομή της περιεκτικότητας του ανυδρίτη στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση του συνόλου των γεωχημικών δεδομένων (14 αρχικές γεωτρήσεις, 101 δείγματα από θέσεις καννάβου και 4 νέες γεωτρήσεις)



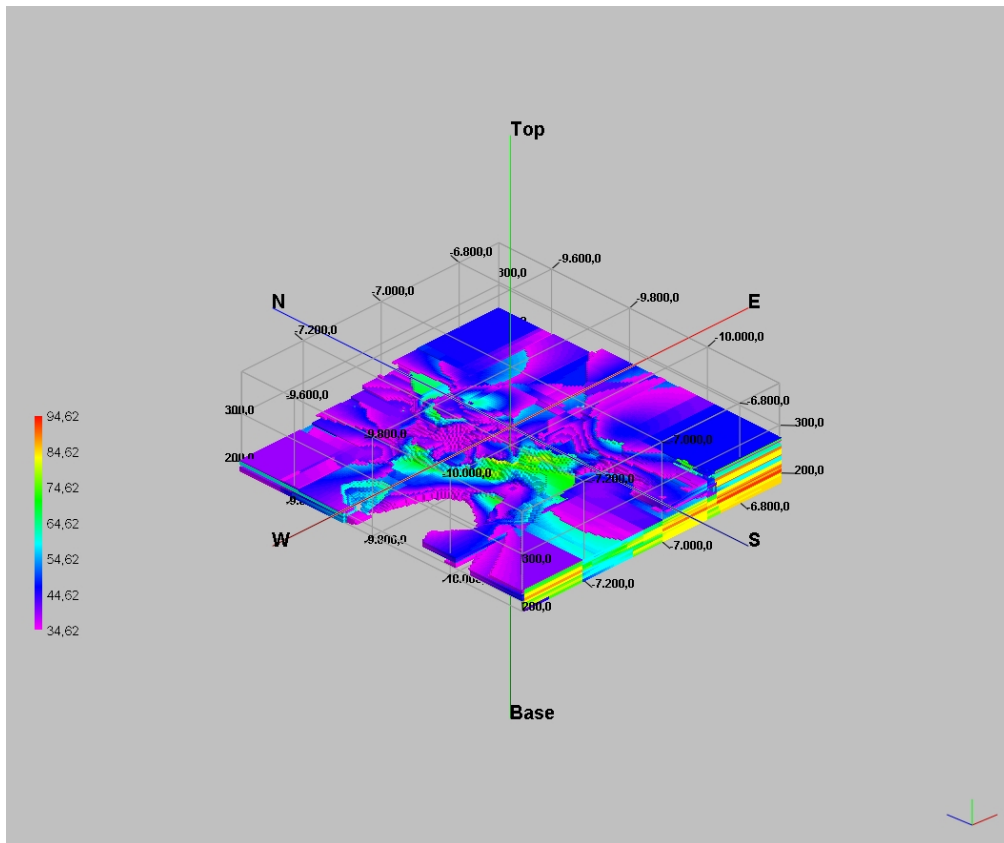
Μοντέλο 2: Ποσοστιαία κατανομή της περιεκτικότητας του ανυδρίτη στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση τμήματος της βάσης δεδομένων (μόνο 14 αρχικές γεωτρήσεις)



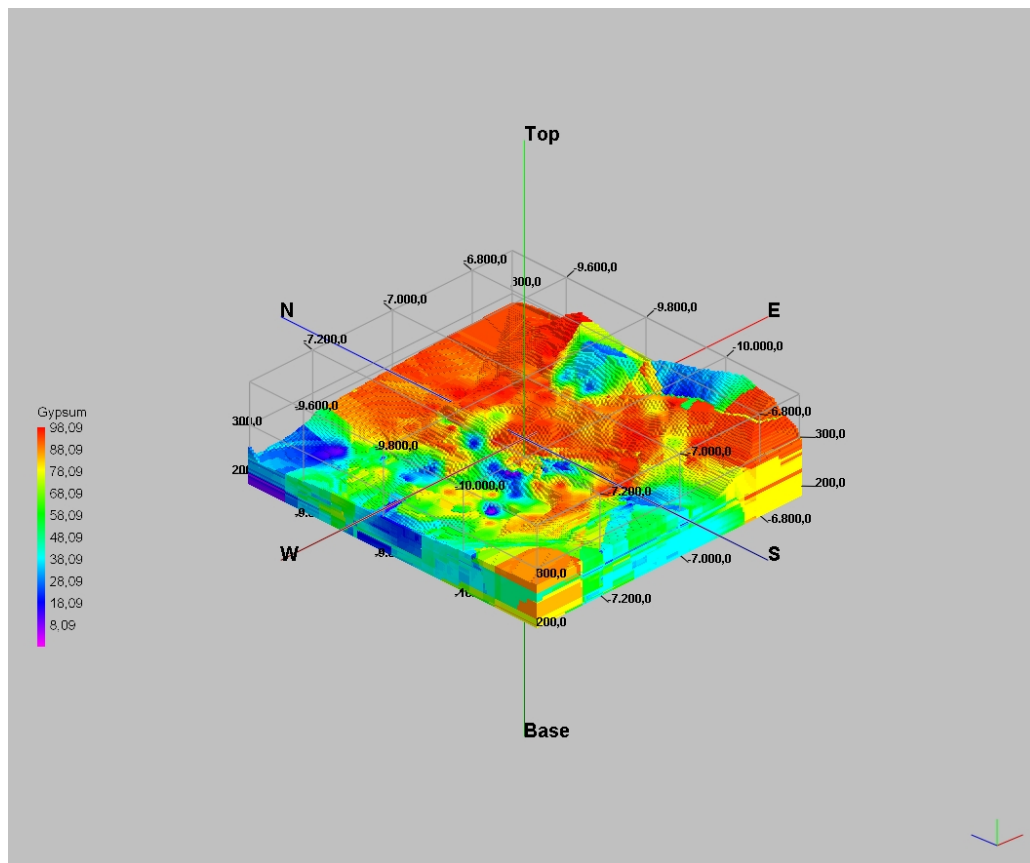
Μοντέλο 3: Ποσοστιαία κατανομή του ανυδρίτη (όπως ορίστηκε, >30% για τις μεταλλευτικές ανάγκες) στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση του συνόλου των γεωχημικών δεδομένων (14 αρχικές γεωτρήσεις, 101 δείγματα από θέσεις καννάβου και 4 νέες γεωτρήσεις)



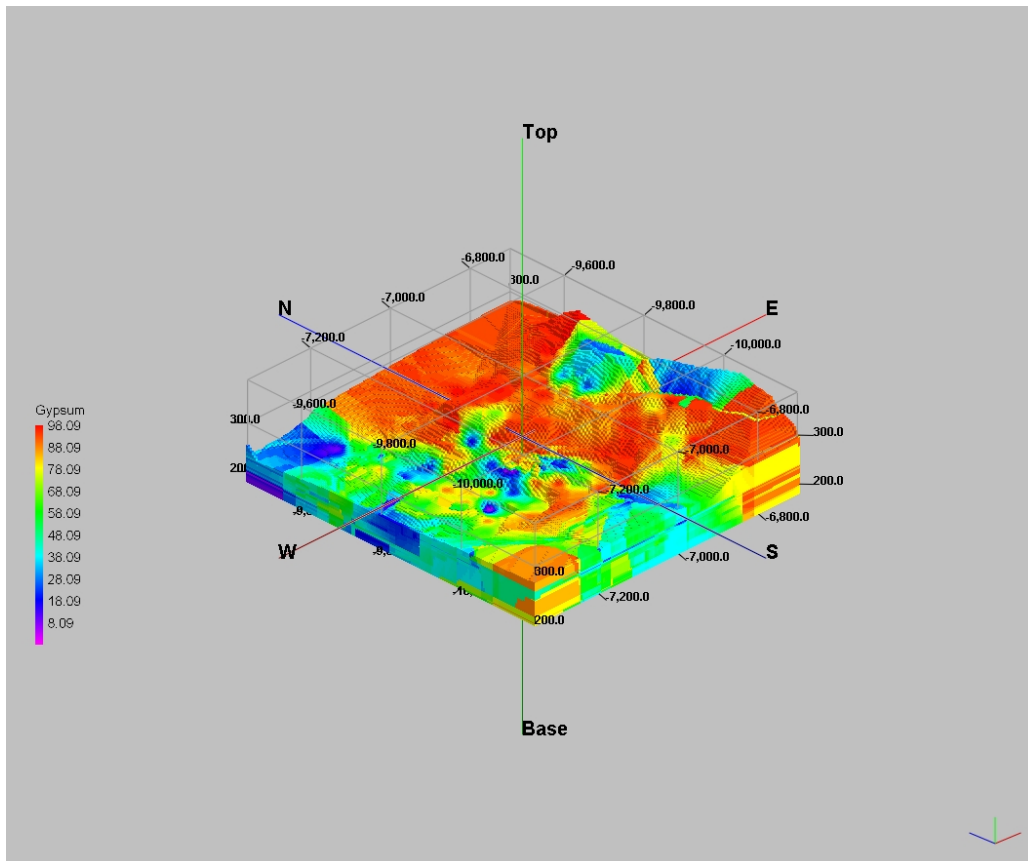
Μοντέλο 4: Ποσοστιαία κατανομή του ανυδρίτη (όπως ορίστηκε, >30% για τις μεταλλευτικές ανάγκες) στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση των στοιχείων των αρχικών 14 γεωτρήσεων.



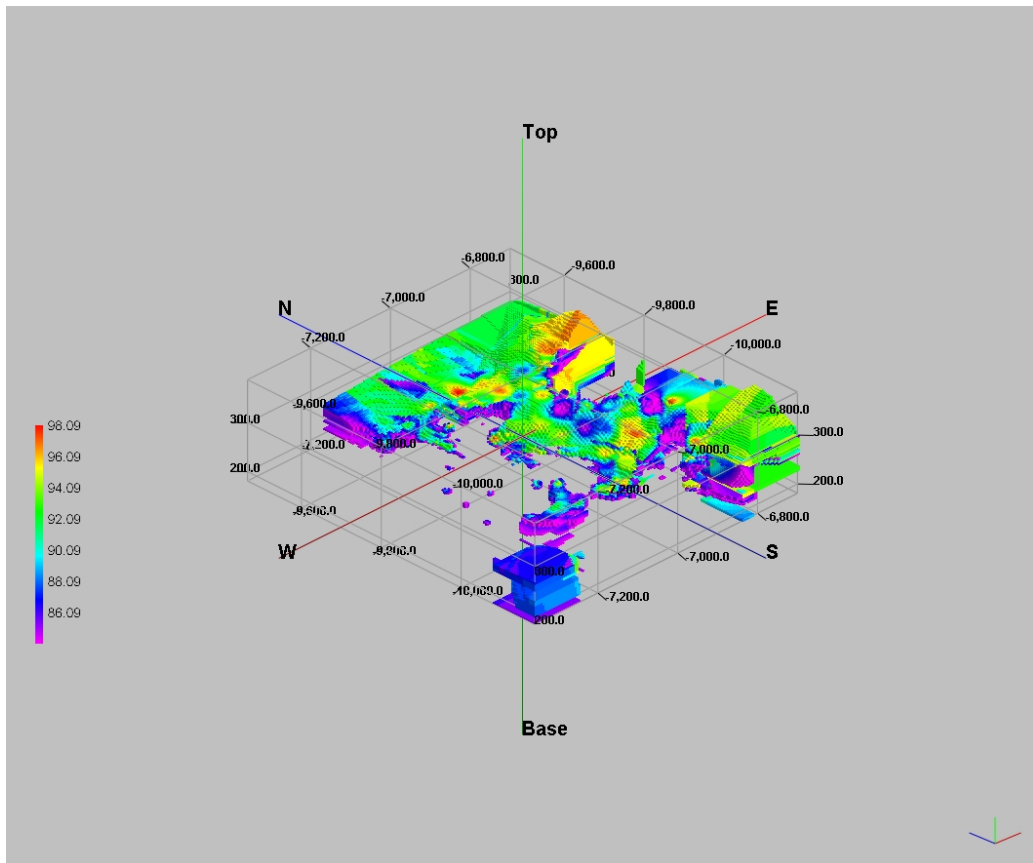
Μοντέλο 5: Ποσοστιαία κατανομή του ανυδρίτη (όπως ορίστηκε, >30% για τις μεταλλευτικές ανάγκες) στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση των στοιχείων των αρχικών και νέων (σύνολο 18) γεωτρήσεων.



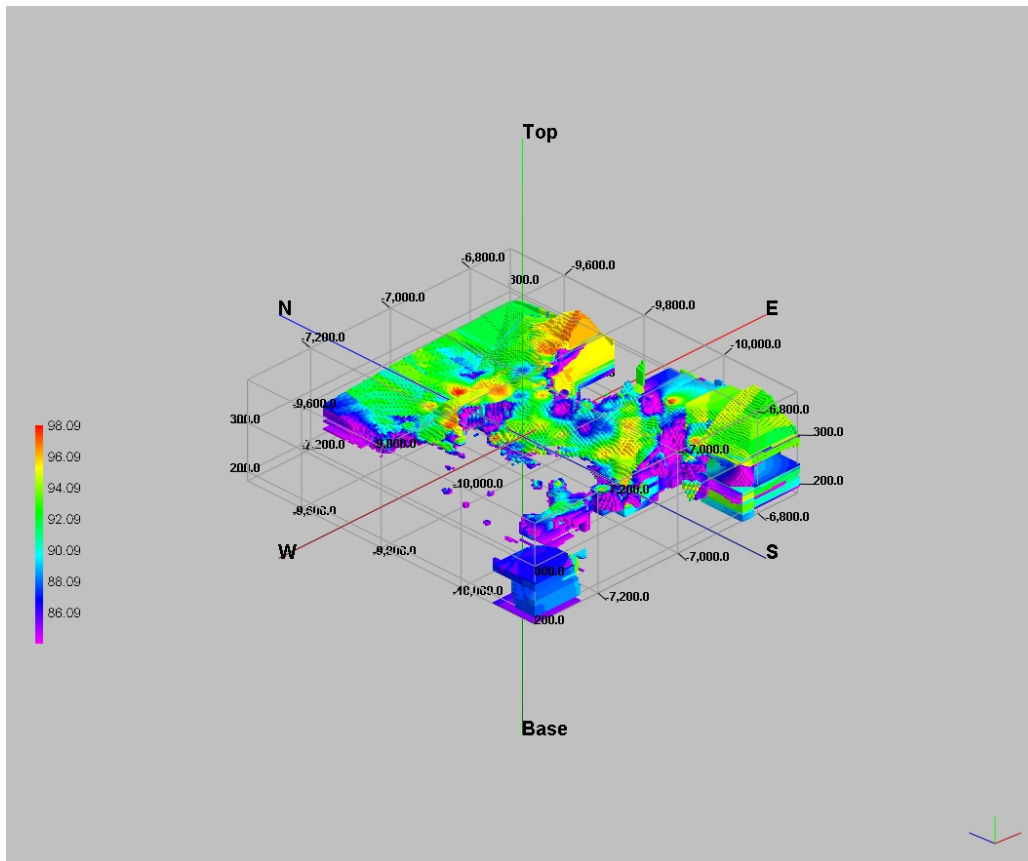
Μοντέλο 6: Ποσοστιαία κατανομή της περιεκτικότητας της γύψου στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση του συνόλου των γεωχημικών δεδομένων (14 αρχικές γεωτρήσεις, 101 δείγματα από θέσεις καννάβου και 4 νέες γεωτρήσεις)



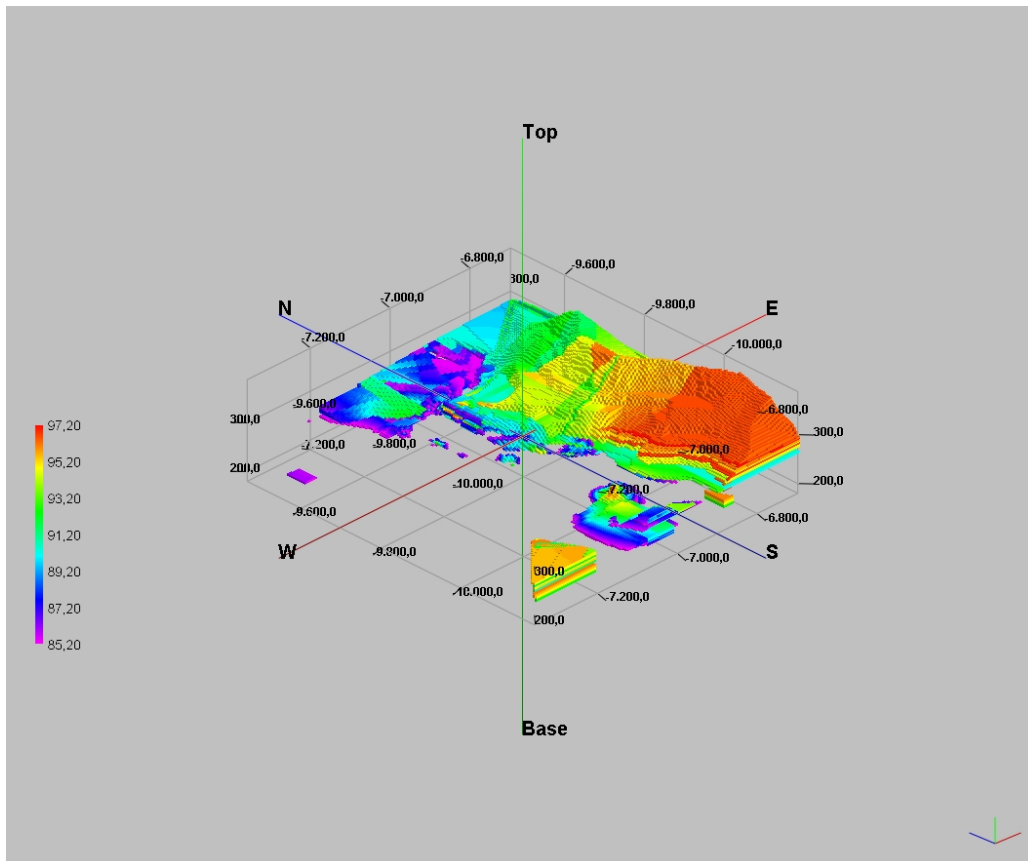
Μοντέλο 7: Ποσοστιαία κατανομή της περιεκτικότητας της γύψου στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση τμήματος της βάσης δεδομένων (μόνο 14 αρχικές γεωτρήσεις)



Μοντέλο 8: Ποσοστιαία κατανομή του ανυδρίτη (όπως ορίστηκε, >85% για τις μεταλλευτικές ανάγκες) στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση του συνόλου των γεωχημικών δεδομένων (14 αρχικές γεωτρήσεις, 101 δείγματα από θέσεις καννάβου και 4 νέες γεωτρήσεις)

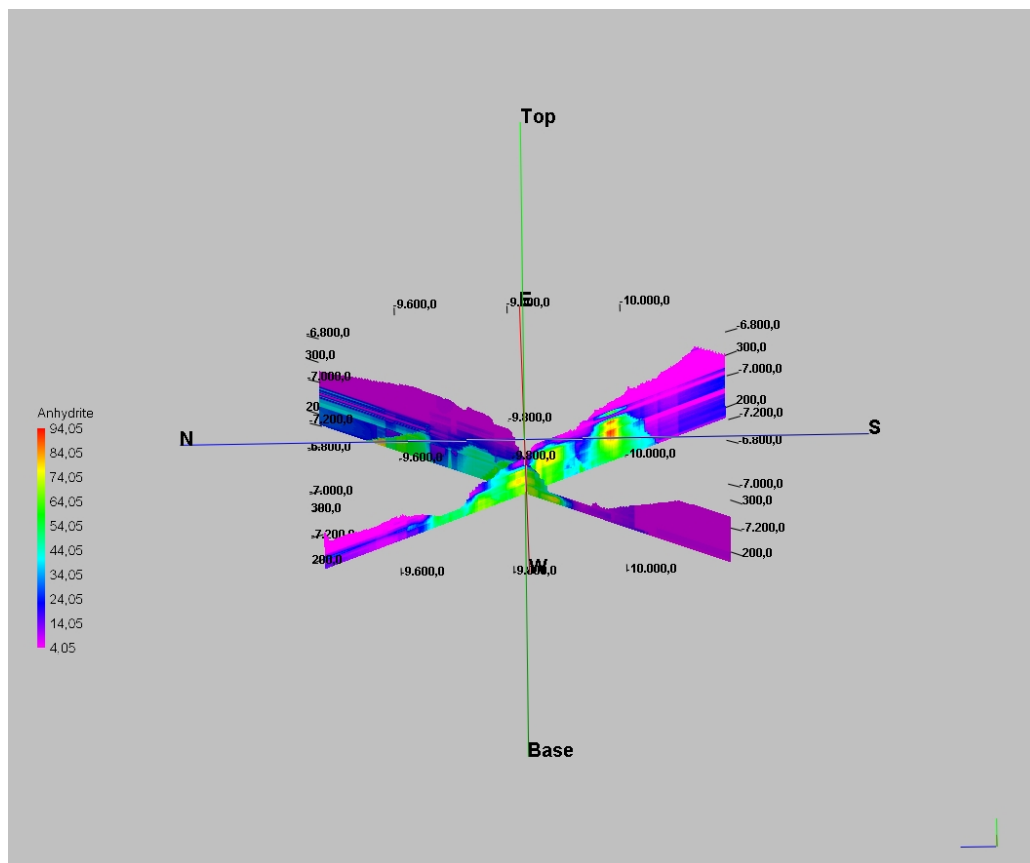


Μοντέλο 9: Ποσοστιαία κατανομή της γύψου (όπως ορίστηκε, >85% για τις μεταλλευτικές ανάγκες) στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση των στοιχείων των αρχικών 14 γεωτρήσεων.

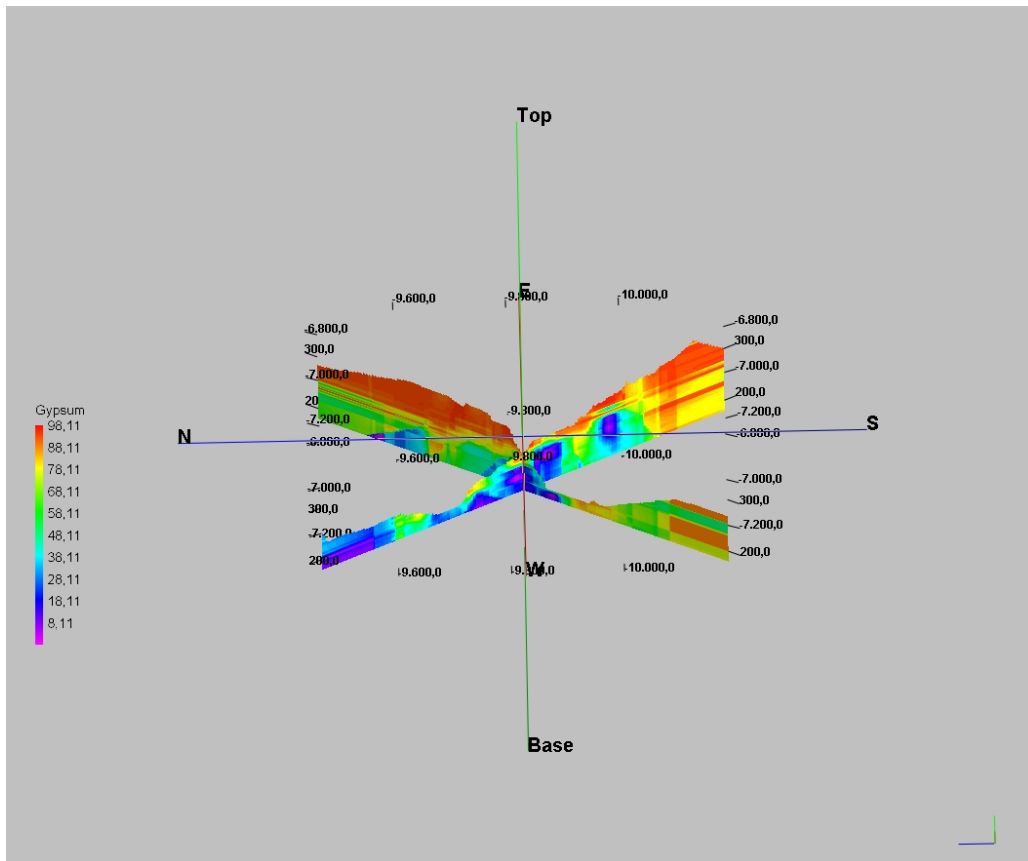


Μοντέλο 10: Ποσοστιαία κατανομή της γύψου (όπως ορίστηκε, >85% για τις μεταλλευτικές ανάγκες) στον λατομικό χώρο όπως προέκυψε με την χρήση των στοιχείων των αρχικών και νέων (σύνολο 18) γεωτρήσεων.

6.3 Διασταυρούμενες τομές



Τομή 1: Διασταυρούμενη τομή στο μοντέλο ανυδρίτη που δημιουργήθηκε από τα στοιχεία των 18 γεωτρήσεων.



Τομή 2: Διασταυρούμενη τομή στο μοντέλο γύψου που δημιουργήθηκε από τα στοιχεία των 18 γεωτρήσεων.

6.4 Συμπεράσματα

Από τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν προκύπτει ότι το κοιτάσμα αποτελείται από ένα κάλυμμα γύψου στα ανώτερα στρώματα το οποίο μεταβαίνει σε ανυδρίτη, όσο αυξάνεται το βάθος, και μεταξύ τους παρεμβάλλονται στρώματα ενδιάμεσης σύστασης σε γύψο και ανυδρίτη. Ο ανυδρίτης βρίσκεται σε επαφή με το υπόβαθρο του κοιτάσματος που είναι οι σχιστόλιθοι. Τα μοντέλα ουσιαστικά επιβεβαιώνουν την αντίληψη που υπήρχε μέχρι πρόσφατα για το κοιτάσμα σύμφωνα με την οποία το κοιτάσμα αποτελείται από ένα μανδύα γύψου ο οποίος καλύπτει ένα κύριο ανυδριτικό σώμα το οποίο βρίσκεται σε επαφή με τους σχιστόλιθους του υποβάθρου.

Επίσης από τα παραπάνω μοντέλα προκύπτει, ότι κατά την φάση εξόφλησης, οι σχιστολίθοι του υποβάθρου εμφανίζονται στα δυτικά όρια των κατώτερων βαθμίδων εξόφλησης γεγονός που σημαίνει ότι στα τελικά στάδια της εκμετάλλευσης δεν θα εμποδίσουν την εξορυκτική διαδικασία υποβαθμίζοντας την ποιότητα του εξορυσσόμενου υλικού.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις γεωφυσικές διασκοπίσεις μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία:

Διαπιστώθηκε ότι με άνοιγμα ηλεκτροδίων έως 2,5 μέτρα επιτυγχάνεται διακριτική ικανότητα ικανή να εντοπίσει πλευρικές μεταβάσεις ανυδρίτη σε γύψο σε μικρό βάθος.

Έγινε άμεση σύγκριση των υφισταμένων στοιχείων από τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις με τα στοιχεία που προέκυψαν από την αναστροφή των δεδομένων της ηλεκτρικής τομογραφίας. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την ύπαρξη σχιστολίθων σε υψόμετρο 185 μέτρων.

Περιχαράκώθηκε ανυδριτικός όγκος μήκους 10 μέτρων και ύψους τουλάχιστον 6 μέτρων μέσα σε τομέα του λατομείου που θεωρείται ότι αποτελείται κυρίως από γύψο.

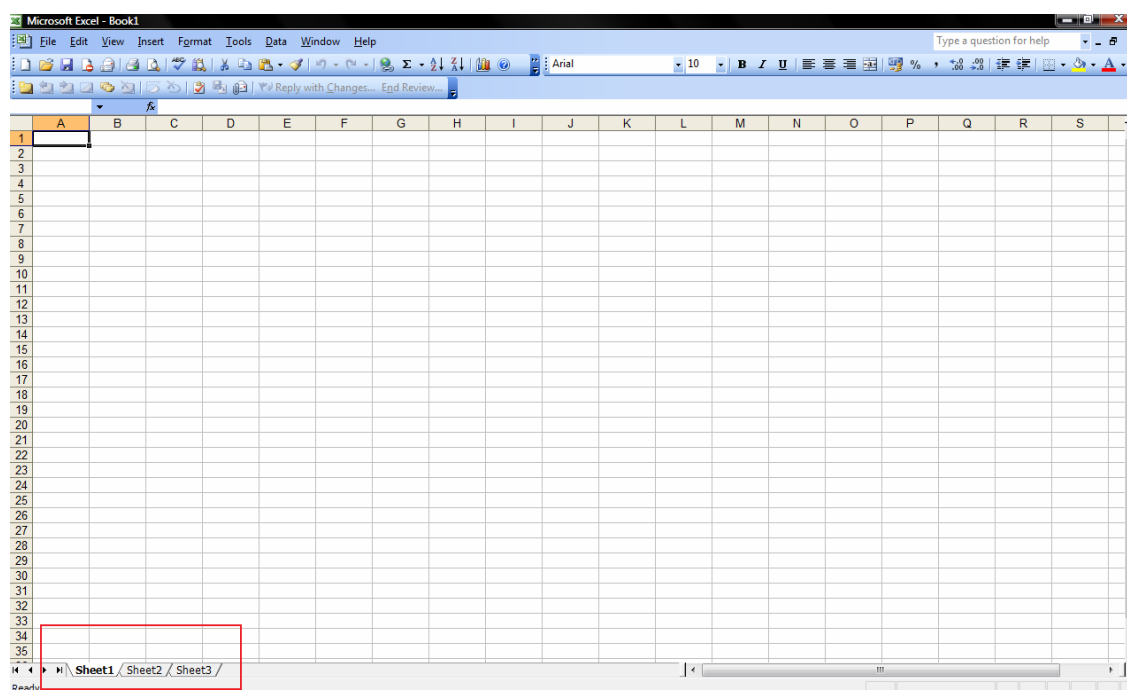
Διαπιστώθηκε επίσης σημαντική διαφοροποίηση των μετρούμενων τιμών ηλεκτρικής αντίστασης για τους σχηματισμούς της γύψου, του ανυδρίτη και των σχιστολίθων, σε σχέση με τις τιμές που δίνονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Παράρτημα

1. δημιουργία φύλου αναφοράς γεωτρήσεων στο Excel

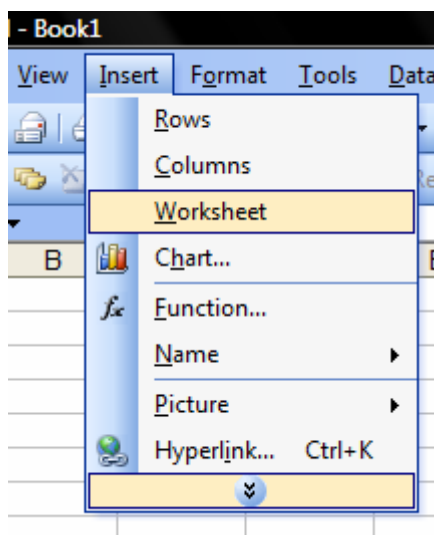
Το φύλο αναφοράς γεωτρήσεων, του οποίου η κατασκευή θα περιγραφεί παρακάτω, είναι ένα βολικό και ευέλικτο εργαλείο, καθώς μπορεί να προσφέρει στον ενδιαφερόμενο άμεση πρόσβαση στα δεδομένα της ανάλυσης των γεωτρήσεων. Επίσης είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να δει ακόμα και φωτογραφικά ντοκουμέντα από τα καρτά των γεωτρήσεων οποτε επιθυμεί. Η ευκολία και η χρησιμότητα μιας τέτοιας μορφής φύλου αναφοράς έγκειται στο ότι ο χρήστης έχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία των γεωτρήσεων σε μια μόνο εφαρμογή, και αυτό είναι κάτι που προσφέρει ευελιξία και πρακτικότητα.

Η κατασκευή του φύλου αναφοράς πραγματοποιείτε στο λειτουργικό πρόγραμμα Excel. Κάνοντας ενεργοποίηση του προγράμματος, με διπλό πάτημα του ποντικιού, αυτό αυτόματα μεταφέρεται στην επιφάνεια εργασίας. Καταρχήν όπως φαίνεται και παρακάτω το κάθε φύλο Excel είναι χωρισμένο σε τρία ξεχωριστά φύλα με ονόματα Sheet1, Sheet2, Sheet3.

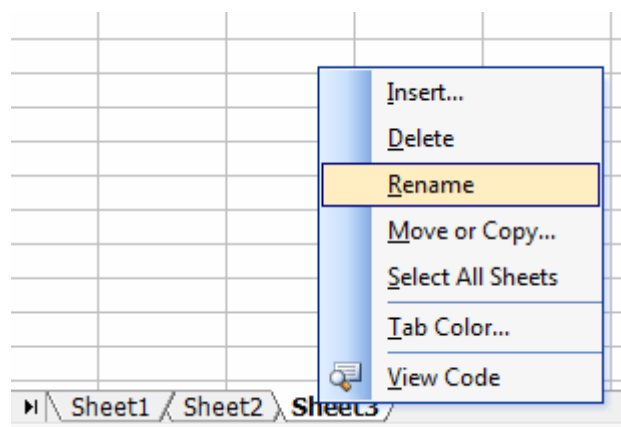


Κατά τη κατασκευή του φύλου αναφοράς, το φύλο Excel θα πρέπει να χωριστεί σε τόσες σελίδες όσες είναι και οι γεωτρήσεις, που θα καταχωρηθούν σε αυτό, και στην συνέχεια να ονομαστούν για την διευκόλυνση του χρήστη. Τα παραπάνω γίνονται ως εξής:

- Για την εισαγωγή επιπλέον φύλων επιλέγετε με το ποντίκι Insert>>Worksheet όπως φαίνεται παρακάτω.



- Για την ονομασία του φύλου επιλέγεται με δεξί πάτημα του ποντικιού πάνω στο υπάρχων όνομα του φύλου και μετά με αριστερό πάτημα στην επιλογή Rename. Κατόπιν πληκτρολογείτε η επιθυμητή ονομασία της γεώτρησης.



Εφόσον τελειώσει η παραπάνω διαδικασία ο χρήστης μπορεί να τοποθετήσει σε στήλες τα στοιχεία κάθε γεώτρησης σε κάθε ένα φύλο ξεχωριστά. Κάθε στήλη πρέπει να έχει στην κορυφή της ένα τίτλο με

το είδος των δεδομένων που θα εισαχθούν. Ένα παράδειγμα δίνεται στην παρακάτω εικόνα.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			DATA									
2			LOI500oC	LOI950oC	GYPS%	DOLOM%	ANHYDR%	MgCO3%	SO3%	CaO%	MgO%	SiO2+AL2O3+Fe2O3%
3	ΚΔ											
4												
5												
6												
7	6751	Γ1 0-3	20,01	21,88	96,05	3,93	0,03		44,69	32,48	0,85	<1%
8	6752	Γ1 3-6	17,1	24,8	82,08	16,17	1,75		39,21	32,37	3,52	<1%
9	6753	Γ1 6-9	18,54	23,35	88,99	10,10	0,91		41,93	32,42	2,20	<1%
10												
11	6754	Γ1 9-12	17,34	24,94	83,23	15,96	0,81		39,19	32,29	3,47	<1%
12												
13	6755	Γ1 12-15	20,04	21,49	96,19	3,05	0,76		45,19	32,56	0,66	<1%
14												
15	6756	Γ1 15-18	20,9	23	96,00	4,00	0,00		44,65	32,47	0,87	<1%
16												
17	6757	Γ1 18-21	16,02	26,53	76,90	22,07	1,03		36,37	32,18	4,80	<1%
18												
19	6758	Γ1 21-24	19,94	21,79	95,71	3,89	0,40		44,75	32,51	0,84	<1%
20												
21	6759	Γ1 24-27	17,59	24,29	84,43	14,07	1,50		40,15	32,39	3,06	<1%
22												
23	6760	Γ1 27-30	3,39	5,7	16,27	4,85	78,88		53,97	39,25	1,05	<1%
24												
25	6761	Γ1 30-33	1,52	2,86	7,30	2,81	89,89		56,27	40,25	0,61	<1%

Όπως φαίνεται το παραπάνω φύλο περιέχει τα δεδομένα της γεώτρησης NF-1 και υπάρχουν στοιχεία όπως η ποσοστιαία περιεκτικότητα σε γύψο κλπ.

Το επόμενο βήμα της διαδικασίας είναι η εισαγωγή συνδέσμων (Hyperlinks) για την εισαγωγή των φωτογραφιών. Πριν από αυτό όμως θα πρέπει να προετοιμαστούν οι φωτογραφίες. Έστω λοιπόν ότι οι φωτογραφίες οι οποίες είναι διαθέσιμες είναι όπως η παρακάτω:



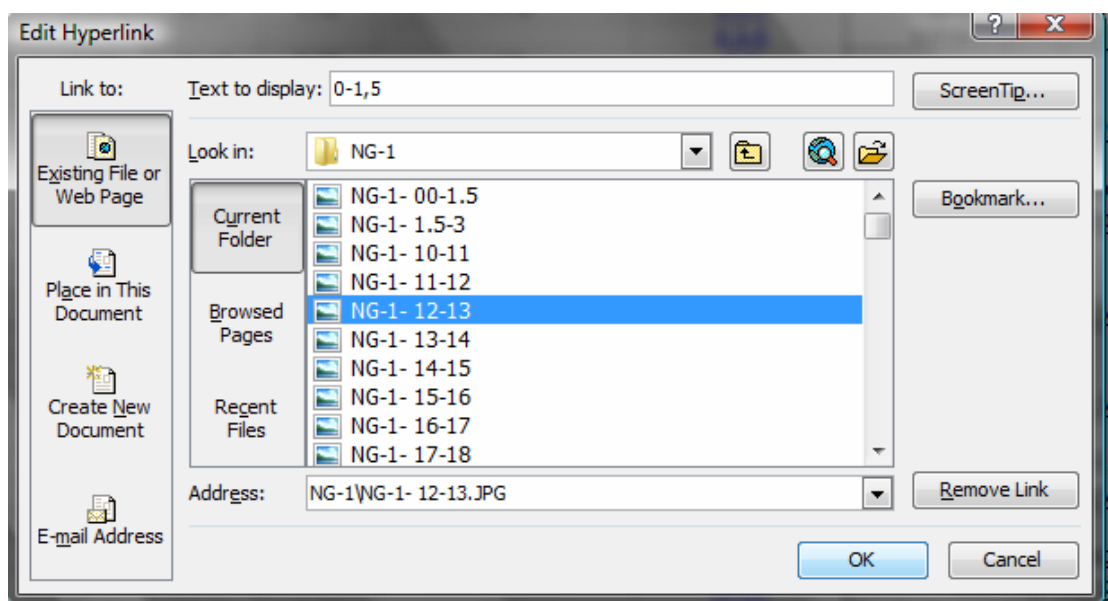
Η οποία δείχνει ένα κιβώτιο το οποίο περιέχει 4 μέτρα πυρήνα γεώτρησης χωρισμένο σε 4 τμήματα του ενός μέτρου. Ο χρήστης θα πρέπει να κόψει την φωτογραφία σε τέσσερα τμήματα του ενός μέτρου, με κάποιο πρόγραμμα επεξεργασίας φωτογραφίας (όπως το paint.), και στο τέλος τα τμήματα να έχουν την εξής μορφή:



Στην συνέχεια η φωτογραφία αποθηκεύεται με όνομα το της γεώτρησης και σε ποιο βάθος ανήκει (πχ. NG-1,35-36).

Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των φωτογραφιών στο Excel. Αυτό γίνεται ως εξής:

Πρώτον θα πρέπει να επιλεγεί η στήλη που είναι επιθυμητό να μπει ο κατάλογος των φωτογραφιών και σε κάθε κελί επιλέγουμε με δεξί πάτημα του ποντικιού την εντολή Hyperlink. Τότε εμφανίζεται η παρακάτω καρτέλα:



Από εδώ επιλέγεται η φωτογραφία με την απεικόνιση του μέτρου του πυρήνα γεώτρησης που είναι επιθυμητό να εμφανισθεί. Κάνοντας το παραπάνω με όλες τις φωτογραφίες το φύλο αναφοράς θα πρέπει να έχει την εξής μορφή:

M7	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1			DATA										
2			LOI500oC	LOI950oC	GYPS%	DOLOM%	ANHYDR%	MgCO3%	SO3%	CaO%	MgO%	SiO2+AL2O3+Fe2O3%	
3	KΔ												
4													
5													
6													
7	6751	Γ1 0-3	20,01	21,88	96,05	3,93	0,03		44,69	32,48	0,85	<1%	0-1,5
8													1,5-3
9	6752	Γ1 3-6	17,1	24,8	82,08	16,17	1,75		39,21	32,37	3,52	<1%	3-4,5
10													4,5-6
11	6753	Γ1 6-9	18,54	23,35	88,99	10,10	0,91		41,93	32,42	2,20	<1%	6-7
12													7-8
13													8-9
14	6754	Γ1 9-12	17,34	24,94	83,23	15,96	0,81		39,19	32,29	3,47	<1%	9-10
15													10-11
16													11-12
17	6755	Γ1 12-15	20,04	21,49	96,19	3,05	0,76		45,19	32,56	0,66	<1%	12-13
18													13-14
19													14-15
20	6756	Γ1 15-18	20,9	23	96,00	4,00	0,00		44,65	32,47	0,87	<1%	15-16
21													16-17
22													17-18
23	6757	Γ1 18-21	16,02	26,53	76,90	22,07	1,03		36,37	32,18	4,80	<1%	18-19
24													19-20
25													20-21
26	6758	Γ1 21-24	19,94	21,79	95,71	3,89	0,40		44,75	32,51	0,84	<1%	21-22
27													22-23
28													23-24
29	6759	Γ1 24-27	17,59	24,29	84,43	14,07	1,50		40,15	32,39	3,06	<1%	24-25
30													25-26
31													26-27
32	6760	Γ1 27-30	3,39	5,7	16,27	4,85	78,88		53,97	39,25	1,05	<1%	27-28
33													28-29
34													29-30
35	6761	Γ1 30-33	1,52	2,86	7,30	2,81	89,89		56,27	40,25	0,61	<1%	30-31

Όπως παρατηρεί κανείς οι σύνδεσμοι έχουν μπλε χρώμα και αν ο χρήστης επιθυμεί να δει την φωτογραφία κάποιου τμήματος του πυρήνα της γεώτρησης απλά το επιλέγει με το ποντίκι.

Τέλος στο φύλο αναφοράς θα πρέπει να δημιουργηθεί μια τελευταία στήλη που θα περιέχει τον πετρογραφικό χαρακτηρισμό όπως αυτός παρατηρήθηκε στην ύπαιθρο. Στην προκειμένη περίπτωση ο χαρακτηρισμός έχει γίνει ανά τρία μετρά γεώτρησης και εμφανίζεται στο φύλο αναφοράς ως εξής:

0-1.5												Χαρακτηρισμός		
B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	LOI500oC	LOI950oC	GYPS%	DOLOM%	ANHYDR%	MgCO3%	SO3%	CaO%	MgO%	SiO2+AL2O3+Fe2O3%				
7	Γ1 0-3	20,01	21,88	96,05	3,93	0,03		44,69	32,48	0,85	<1%	0-1.5		
8												1.5-3		
9	Γ1 3-6	17,1	24,8	82,08	16,17	1,75		39,21	32,37	3,52	<1%	3.4-5		
10												4.5-6		
11	Γ1 6-9	18,54	23,35	88,99	10,10	0,91		41,93	32,42	2,20	<1%	6-7		
12												7-8		
13												8-9		
14	Γ1 9-12	17,34	24,94	83,23	15,96	0,81		39,19	32,29	3,47	<1%	9-10		
15												10-11		
16												11-12		
17	Γ1 12-15	20,04	21,49	96,19	3,05	0,76		45,19	32,56	0,66	<1%	12-13		
18												13-14		
19												14-15		
20	Γ1 15-18	20,9	23	96,00	4,00	0,00		44,65	32,47	0,87	<1%	15-16		
21												16-17		
22												17-18		
23	Γ1 18-21	16,02	26,53	76,90	22,07	1,03		36,37	32,18	4,80	<1%	18-19		
24												19-20		
25												20-21		
26	Γ1 21-24	19,94	21,79	95,71	3,89	0,40		44,75	32,51	0,84	<1%	21-22		
27												22-23		
28												23-24		
29	Γ1 24-27	17,59	24,29	84,43	14,07	1,50		40,15	32,39	3,06	<1%	24-25		
30												25-26		
31												26-27		
32	Γ1 27-30	3,39	5,7	16,27	4,85	78,88		53,97	39,25	1,05	<1%	27-28		
33												28-29		
34												29-30		
35	Γ1 30-33	1,52	2,86	7,30	2,81	89,89		56,27	40,25	0,61	<1%	30-31		
36												31-32		

Λευκή Γύψος με πολύ λεπτές εστρώσεις δολομίτη

Γύψος με 40 περίπου εκατοστά δολομίτη κατακτηματισμένο με μορφές διάλυσης

Γύψος λευκή με κατα θέσεις δολομιτών, κλάστες

Στο πρώτο μέτρο υπάρχει γύψος με λαμινές και κατα θέσεις δολομιτών κλάστες

Γυψός με λαμινές (Ref3)

Γυψός με λαμινές (Ref3)

Γυψός με λαμινές στο 13,25, 15cm μεγάλα τεμάχια δολομίτη

Γκριζα μαλακή Γύψος με λαμινές, με μικρούς διάσπαρτους κόκκους δολομίτη

Γκριζα Γύψος διαστάσεων 0,90m και στην συνέχεια δολομιτών κλάστες στα 25,30m (15cm) και στα 26,20m (25cm), στην συνέχεια ακολουθεί ανδρίτης

Γρίζος ανδρίτης με δολομιτικούς κλάστες (Ref1)

2. Παράδειγμα της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των μοντέλων.

Πίνακας 4: Τμήμα της βάσης δεδομένων

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1					Ερευνητική	Γεώτρηση	Γ1					
2	Ημερομ.	Απο 2/8/1982							Συντεταγμένες	x= -7076,50m	y= -9879,20m	
3		Εως 10/8/1982							Υψόμετρο	z= 199,0m		
4												
5												
6	METPA	CaSo4+2H2O	CaSo4	SiO2	Al2O3+Fe2O3	MgO	CaO	SO3	H2O(Κρυστ)	Υπολ	CaCo3	CaSO4.2H2O+CaSO4
7	0 3	55,3	29,1	1,26	0,84	2,38	30,82	42,8	11,57	10,36	1,5	84,4
8	3 6	29,4	41,2	3,47	1,57	5,48	31,21	37,9	6,16	14,23	8,32	70,6
9	6 9	1,1	79	1,55	0,82	4,25	34,45	47	0,23	11,7	2,73	80,1
10	9 12	3,1	79,3	1,91	0,93	3,35	33,96	48,1	0,65	11,12	0,48	82,4
11	12 14	7,3	76,2	0,99	0,63	2,44	34,17	48,2	1,53	12,09	0,73	83,5
12	14 21	9,8	64,5	4,4	2,06	4,13	32,37	42,5	2,04	12,47	4,64	74,3
13	21 24	9,3	65,8	4,24	1,9	4,23	37,59	43	1,94	12,32	4,41	75,1
14	24 27	4,5	70,9					43,8	0,94		-	75,4
15	27 30	6,7	75	1,44	0,79	2,99	34,16	47,2	1,4	12,03	1,96	81,7
16	30 33	37,7	45,5					44,3	7,89		-	83,2
17	33 36	7,5	72,4	2,03	0,98	3,69	33,4	46,1	1,57	12,19	1,98	79,9
18	36 40	3	70,9					43,1	0,63		-	73,9
19	40 43	13,8	62,4	3,71	1,7	4,6	31,13	43,1	2,89	12,98	1,68	76,2
20	43 46	19,3	56,1					42	4,04		-	75,4
21	46 49	4,5	67,5	4,06	1,91	4,97	32,63	41,8	0,95	13,26	5,98	72
22	49 53	41,1	37,4					41,1	8,6		-	78,5
23	53 56	47,5	28,3	3,99		3,73	29,26	38,7	8,83	13,66	3,84	75,9
24	56 59	43,1	29,5					37,4	9,02		-	72,6
25	59 62	35,2	31,4	3,96	1,92	5,87	31,71	34,8	7,36	14,32	13,1	66,6
26	62 65	50,8	2,5	13,52	7,51	4,02	24,92	25,1	10,64	14,3	13,1	53,3
27	65 68	31,7		18,57	13,3	5,01	23,48	14,7	6,64	18,33	23,5	31,7
28	68 70	29,7		19,03	13,5	5,08	23,36	13,8	6,22	19	24,45	29,7
29												

Πίνακας 5: Τμήμα της βάσης δεδομένων για εισαγωγή στο RockWorks

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Bore	File	Range	Township	Section	Legal	Longitude	Latitude	Easting	Northing	Elevation	TD	Symbol	Color	Comments
2	G1	G1			0		0	0	-7076,5	-9879,2	199	70	14	0	
3	G2	G2			0		0	0	-7206,25	-9622	205,2	40	14	0	
4	G3	G3			0		0	0	-7179,9	-9738,05	216	40	14	0	
5	G4	G4			0		0	0	-7174	-9611,35	236,3	48,5	14	0	
6	G5	G5			0		0	0	-7108,1	-9685,3	246	100	14	0	
7	G6	G6			0		0	0	-7093	-9737	248,5	90	14	0	
8	G7	G7			0		0	0	-7048,7	-9819,9	268,8	70,5	14	0	
9	G8	G8			0		0	0	-6985,5	-9862,9	274	61	14	0	
10	G8a	G8a			0		0	0	-7012,1	-9859,6	272,3	36	14	0	
11	G8b	G8b			0		0	0	-6987,3	-9890	276,1	40	14	0	
12	G9	G9			0		0	0	-7076,8	-9578	253,8	61	14	0	
13	G9a	G9a			0		0	0	-7044,9	-9565,4	241,4	36	14	0	
14	G10	G10			0		0	0	-7002,9	-9598,4	261	130	14	0	
15	G12	G12			0		0	0	-6906,07	-9599,94	273,2	60,5	14	0	
16	D9	D9			0		0	0	-6921,66	-9663,146	296	2	14	0	
17	D10	D10			0		0	0	-6895,55	-9693,454	313	2	14	0	
18	D12	D12			0		0	0	-7052,96	-9575,759	252	2	14	0	
19	D13	D13			0		0	0	-7030,28	-9598,327	257	2	14	0	
20	D15	D15			0		0	0	-6978,07	-9658,943	287	2	14	0	
21	D20	D20			0		0	0	-7112,79	-9563,816	245	2	14	0	
22	D28	D28			0		0	0	-6903,96	-9806,278	318,31	2	14	0	
23	D31	D31			0		0	0	-7140,51	-9592,933	222	2	14	0	
24	D33	D33			0		0	0	-7095	-9645,765	242	2	14	0	
25	D42	D42			0		0	0	-6855,96	-9923,305	317,55	2	14	0	
26	D48	D48			0		0	0	-7174,67	-9614,558	222,23	2	14	0	
27	D53	D53			0		0	0	-7045,8	-9770,072	265,81	2	14	0	
28	D60	D60			0		0	0	-6860,16	-9979,717	317,67	2	14	0	
29	D61	D61			0		0	0	-6842,03	-10000,76	317,8	2	14	0	
30	D67	D67			0		0	0	-7151,51	-9702,744	201	2	14	0	
31	D68	D68			0		0	0	-7121,63	-9729,805	211	2	14	0	
32	D70	D70			0		0	0	-7073,2	-9793,667	235,15	2	14	0	
33	D75	D75			0		0	0	-6942,68	-9945,205	266,13	2	14	0	
34	D79	D79			0		0	0	-6838,26	-10066,44	300,2	2	14	0	
35	D87	D87			0		0	0	-7129,61	-9789,463	201,04	2	14	0	

Location / Orientation / Lithology / Stratigraphy / I-Data / P-Data / Fractures / Aquifers / Symbols / Patterns / Bitmaps / I-Data Titles / P-Data Titles /

Ready

Βιβλιογραφία

Ξένη:

1. Al Chalabi M. & Rees A. (1962): *An experiment on the effect of rainfall on electrical resistivity anomalies in the near surface*. - Bonner Jahrbucher
2. Aubouin J. & Dercourt J. (1965) : Un element externe de la zone du Pinde: La serie d'Ethia (Crete, Grece). Bull. Soc. Geol. France, (7), 7, 753-757, Paris
3. Bauman et al., (1978)
4. Bonneau (1973) : *Sur les affinités ioniennes des "calcaires en plaquettes" epimétamorphiques de la Crète, le charriage de la série de Gavrovo-Tripolitza et la structure de l' arc égéen*. - C. R. Acad. Sc. Paris, 277: 2453-2456, Paris
5. Carr C. (1982): *Handbook of soil resistivity surveying*, - Evaston, Illinois: Center for American Archaeology Press
6. Cayeux L. (1902): *Sur la composition et l'âge des terrains métamorphiques de la Crète*. - C. R. Acad. Sc. Paris, 134: 1117-1119; Paris
7. Creutzburg (1958)
8. Creutzburg & Papastamatiou (1966) : *Νέα συμβολή εις την Γεωλογία της νήσου Κρήτης*. - Ι.Γ.Ε.Υ. Γεωλογικά και Γεωφυσικά Μελέται, τ. XI, No 2, σ.173-185, Αθήνα
9. Creutzburg N. & Seidel E. (1975) : *Zum Stand der Geologie des Präneogens auf Kreta*. - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 149: 363-383; Stuttgart
10. Dercourt et al 1980
11. Dornsiepen & Manutsoglu (1998)
12. Dorsiepen & Manutsoglu 1990
13. Dorsiepen et al, (2001): *Permian-Triassic palaeogeography of the external Hellenides*. Palaeogeography-Palaeoclimatology-Palaeoecology, 172, pp. 327-338.
14. Einsele G. (2000): *Sedimentary Basins. Evolution, Facies and Sediment Budget*. Springer Verlag ,Berlin
15. Gerolymatos, E. & Jacobshagen, V. (1986): *Die Phyllit-Quarzit-Serie im Fenster von Feneos (Nord-Peloponnes)*. - Inst. Geol. Mineral. Res., Papastamatiou, J., memor. Issue: 99-105; Athens
16. Grant F. and West G. (1965): *Interpretation theory in Applied Geophysics*, -McGraw Hill Book Comp.Inc., new York
17. Kopp, K.O. & Ott, E. (1977): *Spezialkartierungen im Umkreis neuer Fossilfunde in Trypali- und Tripolitzakalken Westkretas*. - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1977: 228-253; Stuttgart
18. Kopp K.O & Wernado G.(1983): *Über eine intra-triadische Deckenbewegung auf Kreta*. - Geol. Rdsch., 72: 894-910; Stuttgart.

19. Krahel et al. (1986) : *Neue Fossilfunde in der Phyllit-Gruppe Ostkretas (Griechenland)*. - Z. dt. geol. Ges., 137: 523-536; Hannover
20. Krahel et al., (1982): *Neue Daten zur Biostratigraphie und zur Lagerung der Phyllit-Gruppe und der Trypali-Gruppe auf der Insel Kreta (Griechenland)*. - Geol. Rdsch., 72: 1147-1166; Stuttgart
21. Krahel et al., (1981)
22. Kuss & Thorbecke (1974)
23. Papastamatiou & Reichel (1956): *Sur l'âge des Phyllades de l'île de Crète*. - Eclogae geol. Helv., 49: 147-149; Basel.
24. Raulin (1869): *Description physique de l'île de Crète*. Actes. Soc. Linn. Bordeaux, T.23, p 1-157, 321-444, Bordeaux
25. Reynolds J. (1997): *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. - John Wiley and Sons Inc., England.
26. Sanneman W. & Seidel E. (1976): *Die Triassschichten von Roudoucha/NW-Kreta. Ihre Stellung im kretischen Deckenbau*. - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1976: 221-228; Stuttgart.
27. Seidel et al., (1982) : *A Late Oligocene/Early Miocene high pressure belt in the External Hellenides*. - Geol. Jb., 23: 165-206; Hannover.
28. Telford et al (1976): *Applied geophysics*. - Cambridge University Press.
29. Thorbecke (1987)
30. Trappe J. (2000): *Pangea: extravagant sedimentary resource formation during supercontinent configuration, an overview*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 161, pp. 35-48
31. Tsourlos P. (1995): *Modelling interpretation and inversion of multielectrode resistivity survey data*. - Ph.D Thesis, University of York
32. Wachendorf et al., (1974) : *Die "Phyllit-serie" Ostkretas: Eine Melange*. Z.d.t.geol.Ges., 125, 237-251, Hannover
33. Wachendorf et al., (1980)
34. Warren J. (1999): *EVAPORITES Their Evolution and Economics*. Blackwell Science
35. Wurm (1950): *Zur Kenntnis des Metamorphikums der Insel Kreta*. - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1950: 206-239; Stuttgart

Ελληνική:

1. Βάχλας Γεώργιος (2007): *Τρισδιάστατο γεωλογικό μοντέλο του κοιτάσματος γύψου και ανυδρίτη στη θέση Αλτσί της επαρχίας Σητείας στην Ανατολική Κρήτη*. Διπλωματική, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά.
2. Γκανιάτσος Α. Ι (2000): *Γεωηλεκτρική τομογραφία σε τρεις διαστάσεις*. - Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά.
3. Δρούγας Ι & Χάγιου Ε.Κ. (1980): *Οικονομοτεχνική προμελέτη για τη δυνατότητα κάθετης αξιοποίησης των κοιτασμάτων γύψου*

- της Κρήτης. - Οικονομοτεχνικές Μελέτες Αρ.3, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα 1980
4. Ι.Γ.Ε.Υ (1965): *Επεξηγηματικό τεύχος μεταλλογενετικού χάρτη 1.1.000.000*, - Ι.Γ.Ε.Υ, Αθήνα
 5. Κανάρης Ι. (1989): *Τα κοιτάσματα γύψου της νήσου Κρήτης*. - Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα
 6. Μαριολάκος Ηλίας & Φουντούλης Ι. (2000): *Γεωλόγια πετρελαίων*. Σημειώσεις, Αθήνα
 7. Παπαζάχος Β. Κ. (1986): *Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Γεωφυσική*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
 8. Παπασταματίου κ. α.. (1956): *Γεωλογικός χάρτης φύλλο «Ιεράπετρα» 1:50.000*
 9. Παπασταματίου (1958): *Περί του κοιτάσματος γύψου Αλτσί - Αν. Κρήτης*, Ι.Γ.Ε.Υ, Αθήνα
 10. Σαραντοπούλου Ε. & Τούντα Δ. (1991): *Ορυκτολογική, Πετρολογική και Γεωχημική μελέτη εβαποριτικών εμφανίσεων της περιοχής Αλτσί - Κρήτης*. - Διπλωματική εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
 11. Σούρλας Ν. Γ. (2000): *Συμβολή της γεωφυσικής διασκόπησης στην αναζήτηση θαμμένων αρχαιοτήτων στην Ίτανο Λασιθίου*, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
 12. Φυτρολάκης (1972) : *Η επίδραση ορογενετικών τινών κινήσεων και ο σχηματισμός της γύψου εις την Ανατολικήν Κρήτην (επαρχία Σητείας)*. - Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., 9/1: 81-100, Αθήνα
 13. Φυτρολάκης (1980): *Η γεωλογική δομή της Κρήτης*. Διατριβή επί υφηγεσία, Ε.Μ.Π., σελ. 54-54.
 14. Χαμντάν Χ. (2004): *Ασκήσεις Υπαίθρου IV, Η μέθοδος της ηλεκτρικής τομογραφίας*, Χανιά

Διαδίκτυο:

1. www.britannica.co.uk
2. http://galitzin.mines.edu/INTROGP/notes_template.jsp?url=RES%2FNOTES%2Frockres.html&page=DC%20Resistivity%3A%20Notes%3A%20Rock%20Resistivities