ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΧΡΩΜΙΤΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΡΕΒΕΝΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μποζίκης Νικόλαος

Επιβλέπων: **Μπενάρδος Ανδρέας, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π**

Αθήνα, Οκτώβριος 2021

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΧΡΩΜΙΤΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΡΕΒΕΝΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μποζίκης Νικόλαος

Επιβλέπων: **Μπενάρδος Ανδρέας, Αναπληρωτής Καθηγητής**

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις 22/10/2021

Μπενάρδος Ανδρέας, Αναπληρωτής Καθηγητής,…… (Υπογραφή)

Μενεγάκη Μαρία, Καθηγήτρια,……. (Υπογραφή)

Νομικός Παύλος, Καθηγητής,…… (Υπογραφή)

Αθήνα, Οκτώβριος 2021

Copyright©Μποζίκης Νικόλαος Οκτώβριος 2021
Μεεπιφύλαξηκάθεδικαιώματος. Allrightsreserved.

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων 4
Πίνακας Σχημάτων 6
Πίνακας Φωτογραφιών 6
Πίνακας Λίστας Πινάκων 9
ΠΡΟΛΟΓΟΣ 10
ΠΕΡΙΛΗΨΗ 11
ABSTRACT 13
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 15
1.1 Ο Χρωμίτης 15
1.2 Μεταλλουργία Χρωμίτη 20
1.3 Οικονομικά στοιχεία-Τιμή Χρωμίτη-Συμβολή στην Εθνική Οικονομία 21
1.4 Στοιχεία Εκμεταλλεύσεων και Κοιτάσματα Ανά τον Κόσμο- Μέθοδοι Εκμετάλλευσης 31
2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ-ΔΕΔΟΜΕΝΑ-insitu ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ- ΕΞΑΓΟΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 37
2.1 Θέση της Εκμετάλλευσης 37
2.2 Ιστορικά Στοιχεία Εκμετάλλευσης 39
2.3 Κοινωνικά , Μορφολογικά και Περιβαλλοντικά Δεδομένα 43
2.4 Οδικό Δίκτυο 45
2.5 Γεωλογία Υδρογεωλογία και Τεκτονική της Περιοχής 46
2.6 Έρευνα-Στοιχεία-Κοιτάσματος- Αποθέματα 56
2.7 Υφιστάμενα Έργα και Τρόπος Εκμετάλλευσης 62
2.8 Γεωτεχνικά Στοιχεία –Τεχνικογεωλογικά Στοιχεία-Σεισμικότητα 67
3 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ 80
3.1 Συστήματα Κατάταξης-Μεταλλευτική Έρευνα και Γεωτρήσεις 80
3.2 Αξιολόγηση της Αρχικής Μοντελοποίησης 86
3.3 Εκτίμηση Αποθεμάτων 93
3.4 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Εκτίμησης Αποθεμάτων 107
4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ 107
4.1 Προγραμματισμός Παραγωγής 108
4.2 Επιλογή ΜεθόδουΕκμετάλλευσης 109

4.3 Φάσεις Εκμετάλλευσης-Χρονοδιάγραμμα 116
4.3.1 Ρουτίνα 1 117
4.3.2 Ρουτίνα 2 120
4.3.3 Ρουτίνα 3 122
4.3.4 Ρουτίνα 4 123
4.3.5 Ρουτίνα 5 123
4.3.6 Πολλαπλές Διαδικασίες και Στοιχεία 124
4.4 Παραγωγική Διαδικασία 129
4.5 Κύριες Εξορυκτικές Εργασίες 135
4.5.1 Διάτρηση: 135
4.5.2 Η Γόμωση 136
4.5.3 Ανατίναξη- Σχέδιο Ανατίναξης 137
4.5.4 Αερισμός 142
4.5.5 Υποστήριξη 143
4.5.6 Αποκομιδή 145
4.6 Δευτερεύουσες Εξορυκτικές Εργασίες 146
4.7 Δυναμικό της Εκμετάλλευσης 147
4.8 Χρόνοι Εργασιών 150
4.9 Ανάδρομη Ανάλυση-Γεωτεχνικός Έλεγχος 152
4.10 Κόστη 161
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 164
Βιβλιογραφία 168
Ελληνική 168
Ξενόγλωσση 169
Ηλεκτρονικών διευθύνσεων(τελευταία ενημέρωση 20/9/2021) 174
Παράρτημα 176
Script Adonis 176
Composite αρχεία 182

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1 Διακύμανση τιμών Σιδηροκραμάτων....28
Σχήμα 2 Ανατολικό τόξο εμφάνισης Χρωμιτών Αλβανίας....32
Σχήμα 3 Δυτικό τόξο εμφάνισης Χρωμιτών Αλβανίας....32
Σχήμα 4 Το Μεταλλείο Kalimashi σε Τομή....33
Σχήμα 5 Χάρτης Περιοχών Εκμετάλλευσης Τουρκικού Χρωμίτη....34
Σχήμα 6 Κατανομή Παγκόσμιων Αποθεμάτων από την USGS....35
Σχήμα 7 Κατανομή και Είδος Παγκόσμιων Αποθεμάτων Χρωμίτη....35
Σχήμα 8 Μορφολογία της περιοχής σε σχέση με την Σχεδιαζόμενη Εκμετάλλευση και τα Όρια της Μεταλλευτικής Παραχώρησης....44
Σχήμα 9 Σύνδεση του Οδικού Δικτύου με τους χώρους της Σχεδιαζόμενης Εκμετάλλευσης....45
Σχήμα 10 Χάρτης Γεωτεκτονικών Ενοτήτων....46
Σχήμα 11 Απλοποιημένος Γεωλογικός χάρτης του Οφιολιθικού Συμπλέγματος του Βούρινου (τροπ. Από ΙΓΜΕ 1993,)....47
Σχήμα 12 Η ΣτρωματογραφικήΣτήλη του ΟφιολιθικούΣυμπλέγματος του Βούρινου (τροπ. Από Moores 1969 και Jacksonetal. 1975)....48
Σχήμα 13 Τεκτονικός Χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Βούρινου (Rassios, 2009)....50
Σχήμα 14 Απλοποιημένος Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής που χωροθετείται το Μεταλλείο....51
Σχήμα 15 Χάρτης της περιοχής Κοζάνης-Γρεβενών με τα Επίκεντρα του κύριου Σεισμού της 13/05/1995 και τους κύριους Μετασεισμούς, τα κύρια Γεωλογικά ρήγματα και τις πρόσφατες εδαφικές διαρρήξεις (Πηγή: Νεοτεκτονική Χαρτογράφηση της Ελλάδας, Φύλλο ΚΟΖΑΝΗ)....52
Σχήμα 16 Πολικό Διάγραμμα της Τεκτονικής πλησίον του Μεταλλείου Ξερολίβαδου....53
Σχήμα 17 Ροδόγραμμα Παρατάξεων Ρηγμάτων (αριστερά) και Κλίσης (δεξιά)....54
Σχήμα 18 Ροδόγραμμα Παρατάξεων Ρηγμάτων Υπόγειου Μεταλλείου από τα ΕΛΣΙ....54
Σχήμα 19 Χρωμιτοφόρος Ζώνη εντός των Οφιολίθων Βούρινου....58
Σχήμα 20 Πολικό Διάγραμμα Γράμμωσης Χρωμίτη....61
Σχήμα 21 Ροδόγραμμα Προσανατολισμού της Γράμμωσης του Κοιτάσματος Χρωμίτη....61
Σχήμα 22 Ροδόγραμμα της φοράς Βύθισης του Χρωμίτη....62
Σχήμα 23 ΔιάγραμαΤάσης-Τροπής Χρωμίτη....70
Σχήμα 24 Διάγραμμα Πόλων Ασυνεχειών....77
Σχήμα 25 Διάγραμμα Κύριων Οικογενειών (jointsset)....77
Σχήμα 26 Δυνητικές Αποσφηνώσεις εντός της Σήραγγας....77
Σχήμα 27 Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας κατά ΕΑΚ, 2003....78
Σχήμα 28 Κατανομή των Σεισμικών Επικέντρων στην Ευρύτερη Περιοχή, μεγέθους M > 4,5 για τη Περίοδο 1950-2021. ***Πηγή: USGS***....79
Σχήμα 29 Σύστημα Κατάταξης C.I.M. 2014....82
Σχήμα 30 Απεικόνιση των Γεωτρήσεων στην Βάση Δεδομένων του Surpac....84
Σχήμα 31 Δημιουργία Αξιόπιστου Composite Αρχείου....85
Σχήμα 32 Κατάληξη Τελικού Αξιόπιστου Block Model....85
Σχήμα 33 Reports του Τελικού Block Model και παρόμοιου με ίδια αποτελέσματα....86
Σχήμα 34 Βάση Δεδομένων Γεωτρήσεων Νότιος τομέας....87
Σχήμα 35 Βέλτιστο Composite αρχείο για τον Νότιο Τομέα....88
Σχήμα 36 Βέλτιστο Block Model Νότιου Τομέα....88
Σχήμα 37 Βάση Δεδομένων Γεωτρήσεων Νοτιοδυτκού Τομέα....89
Σχήμα 38 Βέλτιστο Composite Αρχείο για τον Νοτιοδυτικό τομέα....89
Σχήμα 39 Βέλτιστο Block Model Νοτιοδυτικού Τομέα....90
Σχήμα 40 Βάση Δεδομένων Νότιου και Νοτιοδυτικού τομέα....90

Σχήμα 41Βέλτιστο Composite αρχείο για τον Νότιο Νοτιοδυτικό Τομέα....91
Σχήμα 42 Βέλτιστο Block Model για τον Νότιο και Νοτιοδυτικό τομέα....91
Σχήμα 43 Report Νότιου και Νοτιοδυτικού , Νοτιοδυτικού, και Νότιου....92
Σχήμα 44 Τελικό Composite Αρχείο....93
Σχήμα 45 Αυστηροποιημένο Block Model....94
Σχήμα 46 Report Αυστηροποιημένου Block Model....95
Σχήμα 47 Αυστηροποιημένο Block Model με αύξηση της Ακτίνας Διερεύνησης....96
Σχήμα 48 Report του Αυστηροποιημένου Block Model με την Αύξηση της Ακτίνας Διερεύνησης....97
σχήμα 49 Τελικό Block Model....98
σχήμα 50 **Report τελικού Block Model**....99
Σχήμα 52 Αρχικό Ore Body....100
Σχήμα 51 Αρχικό Ore Body του Νότιου Τομέα....100
Σχήμα 53 Βελτιωμένο OreBody μετά από Πύκνωση Τομών και κατάλληλο προσανατολισμό....101
Σχήμα 54 Τελικό Ore Body των Πιθανών Πόρων με κόκκινο με καφέ οι Βέβαιοι (Γεωλογικά)....102
Σχήμα 55 Report Δεικνυόμενων και Πιθανών....103
Σχήμα56 Συνύπαρξη Block Model και Ore Body....104
Σχήμα 57 Το Block Model μετά την Τομή....105
Σχήμα 58 Report Αθροιστικά της Τομής....106
Σχήμα 59 Παράμετροι Επιλογής UBC Method για τον Α Τομέα....110
Σχήμα 60 Αποτελέσματα Α Τομέα....111
Σχήμα 61 Παράμετροι Επιλογής UBC Method για τον Β Τομέα....111
Σχήμα 62 Αποτελέσματα Β Τομέα....112
Σχήμα 63 Παράμετροι Επιλογής UBC Method για τον Γ Τομέα....112
Σχήμα 64 Αποτελέσματα Γ Τομέα....113
Σχήμα 65 Υπόγεια Εκμετάλλευση με τη Μέθοδο των Ανοιχτών Κενών με Διαδοχικούς Ορόφους....114
Σχήμα 66 Υπόγεια Εκμετάλλευση με τη Μέθοδο των Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων....116
Σχήμα 67 Εργασίες Προσπέλασης Α Τομέα....118
Σχήμα 68 Έργα Διασύνδεσης Α με Β Τομέα και Έργα Ανάπτυξης Α Τομέα....119
Σχήμα 69 Ολοκλήρωση Κύριων Προσπελαστικών Ρουτίνα 2....121
Σχήμα 70 Ολοκλήρωση Ρουτίνας 2....122
Σχήμα 71 Ολοκλήρωση Ρουτίνας 4....123
Σχήμα 72 Ολοκλήρωση Ρουτίνας 5....124
Σχήμα 73^{α} Συνολικά Όλα τα Έργα του Σχεδιασμού της Εκμετάλλευσης με τα εξελισσόμενα Έργα Παραγωγής....126
Σχήμα 74^{β} Συνολικά όλα τα Έργα του Σχεδιασμού της Εκμετάλλευσης σε σχέση με το Κοίτασμα....127
Σχήμα 75^{γ} Συνολικά όλα τα Έργα του Σχεδιασμού της Εκμετάλλευσης σε σχέση με το Κοίτασμα και το Ανάγλυφο της Θέσης Εκμετάλλευσης....128
Σχήμα 76 Διάγραμμα Ελέγχου των προσδιοριζόμενων Τιμών του Πίνακα 21....130
Σχήμα 77 Stability Graph και Έλεγχος Ανοίγματος μέσω της Εφαρμογής Shape για Διατομή Οροφής Κενού Μετώπου σε Σερμπεντινίτη 5Χ2,5 από (Fidelis 2010)....131
Σχήμα 78 2^{η} Εξέλιξη CUT AND FILL στον ίδιο Φακό μαζί με τον Χρονισμό της Αρχικής Διάνοιξης....132
Σχήμα 79 Χρονισμός των Παραγωγικών Μετώπων για την Μέθοδο Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων....133
Σχήμα 80 Διαδικασία Παραγωγής με την Μέθοδο Open Stoping που θα ακολουθηθεί....133
Σχήμα 81 Φορά Εκμετάλλευσης και Χρονισμός για την Μέθοδο Κενών Μετώπων σε Κάτοψη....134
Σχήμα 82 Δεύτερη Εξέλιξη και Χρονισμός για την Απόληψη των Open Stoping....135
Σχήμα 83 Ανάπτυξη Διατρημάτων προς τις Εξωτερικές Παρειές....138
Σχήμα 84 Διάταξη Διατρημάτων και Χρονισμός Μετώπου Cut and Fill....139
Σχήμα 85 Διάταξη Διατρημάτων και Χρονισμός Μετώπου Διευθυντικής....140

Σχήμα 86 Διάταξη Παράλληλων Διατρημάτων 140
Σχήμα 87 Υπολογισμοί Σχεδίου Ανατίναξης Open Stoping 141
Σχήμα 88 Σχέδιο Ανατίναξης και Χρονισμός Μετώπου Open Stoping 142
Σχήμα 89 Απαιτούμενα Μηχανήματα για το Έργο με την αντίστοιχη Ισχύ ανά Μηχάνημα 148
Σχήμα 90 Διατομή 3χ16 εξαλοιωμένου Δουνίτη– Σερμπετινίτη 153
Σχήμα 91 Ολικές Μετατοπίσεις Ανυποστήρικτης Διατομής 3χ16 στο 50% του Χρόνου Φόρτισης 153
Σχήμα 92 Υπολογισμός Ολικών Παραμορφώσεων μετά την Ολική Φόρτιση και την προσθήκη Λιθογόμωσης 154
Σχήμα 93 Διατομή 9χ21 εξαλοιωμένου Δουνίτη– Σερμπετινίτη 155
Σχήμα 94 Ολικές Μετατοπίσεις Ανυποστήρικτης Διατομής 9χ21 στο 50% του Χρόνου Φόρτισης 155
Σχήμα 95 Υπολογισμός Ολικών Παραμορφώσεων μετά την Ολική Φόρτιση και την προσθήκη Λιθογόμωσης 156
Σχήμα 96 Διατομή Ελικοειδούς με Υποστήριξη στο Β Τομέα Δυτικά 157
Σχήμα 97 Ολικές Μετατοπίσεις μετά την Υποστήριξη 157
Σχήμα 98 Διατομή Εισόδου των Σηράγγων Προσπέλασης με Υποστήριξη Καλωδίων 158
Σχήμα 99 Ολικές Μετατοπίσεις μετά την Υποστήριξη 158
Σχήμα 100 Διατομή πριν το σημείο συνάντησης των Σηράγγων Προσπέλασης με τα λοιπά Έργα, Υποστήριξη με Καλώδια 159
Σχήμα 101 Ολικές Μετατοπίσεις μετά την Υποστήριξη 159
Σχήμα 102 Διατομή ως προς τον Άξονα της Διευθυντικής στην συμβολή με την Στοά Προσβολής 160
Σχήμα 103 Ανυποστήρικτη Διατομή ως προς τον άξονα της Διευθυντικής στην συμβολή με την Στοά Προσβολής 160
Σχήμα 104 Υποστήριξη με απλή ύλωση, Διατομή ως προς τον άξονα της Διευθυντικής στην συμβολή με την Στοά Προσβολής 161
Σχήμα 105 Πίνακας Αποσβέσεων 163
Σχήμα 106 Πίνακας Τελικού κόστους και κατανομής του σε Ευρώ 163

Πίνακας Φωτογραφιών

Φωτ. 1 Μετάλλευμα Χρωμίτη από την περιοχή Ξερολίβαδο 16
Φωτ. 2 Εμφανίσεις Οφιολίθων στον Ευρύτερο Χώρο 17
Φωτ. 3 Η ευρύτερη περιοχή Θέσης του Έργου Πανοραμικά 38
Φωτ. 4 Είσοδος Σήραγγας 700 εξωτερικά (αριστερά) εντός (δεξιά) 63
Φωτ. 5 Ερευνητική Στοά (δίδυμη) στην περιοχή της Σκούμτσας 64
Φωτ. 6 Σήραγγα Διαφυγής στην περιοχή του Ξερολίβαδου (πάνω αριστερά) Φρέαρ Ανέλκυσης (πάνω δεξιά), Επιφανειακοί σωροί στείρων και παλαιά μονάδα Λιθογόμωσης (κάτω αριστερά) , ΦρέαρΑερισμού Καμινέτο(κάτω δεξιά) 66
Φωτ. 7 Παλαιές Εγκαταστάσεις Πλυντηρίων Εμπλουτισμού στο Ξερολίβαδο (αριστερά), Παλαιές Εγκαταστάσεις Ενδιαίτησης για τους Εργαζόμενους-Κατοίκους του Ξερολίβαδου 67
Φωτ. 8 Δοκίμια Προετοιμασμένα για την Δοκιμή Point Load που εξετάστηκαν (αριστερά) Επιτυχημένη Θραύση Ακανόνιστου Δοκιμίου Δουνίτη (δεξιά) 69
Φωτ. 9 Δοκίμιο Χρωμίτη στην Συσκευή Μονο Αξονικής (αριστερά), Ανάπτυξη Εφελκυστικών Ρωγμών κατά την Διάρκεια της Δοκιμής (επάνω δεξιά), το Δοκίμιο μετά το τέλος της Δοκιμής (κάτω κέντρο) το Δοκίμιο μετά την Διατάραξη (κάτω δεξιά) 71
Φωτ. 10 Ο Επιλεγόμενος Φορτωτής με τις Τεχνικές Προδιαγραφές 149
Φωτ. 11 Το Φορτηγό Υπογείων με τα Τεχνικά Χαρακτηριστικά του 149

Πίνακας Λίστας Πινάκων

Πίνακας 1 Πίνακας Αποθεμάτων Χρωμίτη σύμφωνα με το Study on the review of the list of Critical Raw Materials Non-critical Raw Materials Factsheets, European Commission.....21
Πίνακας 2 Τιμές ROM Νότιο Αφρικανικού Χρωμίτη (https://www.ecplaza.net/products/chrome-rom-and-concentrates_4495686).....30
Πίνακας 3 Τιμές Εμπλουτισμένου Τούρκικου Χρωμίτη από (http://www.miningtube.com/turkey-chrome-ore-prices-20-september-2021/).....30
Πίνακας 4 Οι παραγωγές των 11 κύριων Παραγωγών στον Κόσμο Χρωμίτη την Επταετία 2010-2017....36
Πίνακας 5 Παραγωγή Ελληνικού Χρωμίτη έως το έτος 1976.....41
Πίνακας 6 Παραγωγή και εξαγωγές Χρωμίτη και Σιδηροχρωμίου για το διάστημα 1980 – 1991.....42
Πίνακας 7 Κατηγορίες Συντελεστών Περατότητας κατά Terzaghi and Peck (1967) από Barnes 2005.....55
Πίνακας 8 Χημική ανάλυση Μεταλλεύματος ROM Χρωμίτη.....60
Πίνακας 9 Προσδιοριζόμενες Τιμές Αντοχών μέσω Δοκιμών Point Load.....69
Πίνακας 10 Μέσες Τιμές Αντοχών Λιθολογιών μέσω Δοκιμών Point Load.....69
Πίνακας 11 Τιμές Αντοχής Χρωμίτη.....70
Πίνακας 12 Τιμές Σχεδιασμού για τα είδη Άρρηκτου Πετρώματος.....71
Πίνακας 13 Υπολογισμός RMR με την εκάστοτε Λιθολογία.....72
Πίνακας 14 Προσδιορισμός του Λόγου Poisson.....73
Πίνακας 15 Παράμετροι Βραχόμαζας για κάθε Λιθολογία.....73
Πίνακας 16 Πίνακας Χαρακτηρισμού της κάθε Βραχόμαζας.....74
Πίνακας 17 Τρόπος Εκσκαφής και Υποστήριξης ανάλογα τον Χαρακτηρισμό του RMR.....74
Πίνακας 18 Υπολογισμός του Q (Barton).....75
Πίνακας 19 Πίνακας Χαρακτηρισμού Βραχομάζας κατά Q.....76
Πίνακας 20 Αποτελέσματα Χαρακτηρισμού της Βραχομάζας του εκάστοτε Λιθολογικού τύπου.....76
Πινακας 21 Αποτελέσματα Ασφαλών Διαστάσεων για Κρίσιμες Συνθήκες ώστε να υπάρχει Ισορροπία 130

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική ασχολείται με τον σχεδιασμό ενός υπόγειου Μεταλλείου, που από την μια επικεντρώνεται στον επανασχεδιασμό του ήδη υπάρχοντος σε αργία Μεταλλείου, και απ την άλλη την εκμετάλλευση Κοιτάσματος και την δημιουργία νέου (επέκταση) Μεταλλείου. Στο 1ºΚεφάλαιο γίνεται η γνωριμία με το προς αξιοποίηση κοίτασμα από πλευράς είδους, χαρακτηριστικών, πολιτικές, οικονομική κατάσταση και ιστορικά στοιχεία που σχετίζονται με αυτό. Στο 2ºΚεφάλαιο ουσιαστικά γίνεται η συλλογή πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων που αφορούν το συγκεκριμένο κοίτασμα, γίνεται η καταγραφή ουσιαστικών παραμέτρων πληροφόρησης και εξάγονται στοιχεία σχετικά με την παραπάνω τυποποίηση. Στο 3ºΚεφάλαιο γίνεται επέκταση αυτών των δεδομένων μέσω του υπολογιστικού πακέτου (Surpac) όπου ξεκινά η επεξεργασία και η μοντελοποίηση του κοιτάσματος και η εκτίμηση των Αποθεμάτων. Με δεδομένα όλα αυτά στο 4ºΚεφάλαιο επεξεργάζονται όλα τα μέχρι στιγμής δεδομένα, και υλοποιείται ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης, με ταυτόχρονο πλήρη γεωτεχνικό έλεγχο μέσω προγράμματος (Adonis), ενώ φυσικά εξάγεται το πολύ χρήσιμο στοιχείο της σύγκρισης η παράμετρος του τελικού κόστους. Αυτό συζητιέται στο 5ºΚεφάλαιο των Συμπερασμάτων.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω, αρχικά την Εταιρεία ΕΛΛΗΜΕΤ-ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ Α.Ε. και ιδιαίτερα τους κ. Β. Λάμπο ΜΜΜ και Γ. Πέτρου Α.Μ. για την παραχώρηση των στοιχείων, τους οικείους μου για την υπομονή και στήριξη τους, τον φίλο και σύντομα ελπίζω συνάδελφο για τις ατέλειωτες ώρες ανταλλαγών πληροφορίας και εποικοδομητικών συζητήσεων κ. Α. Τέλη. Επίσης αυτή η Διπλωματική δεν θα ολοκληρωνόταν αν δεν υπήρχε το «χέρι του Θεού» αντικατοπτριζόμενο στο πρόσωπο του Ε.ΔΙ.Π. κ. Α. Μαυρίκου που θερμά τον Ευχαριστώ. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την τριμελή επιτροπή για την υπομονή για την ανοχή τους, την κ. Μαρία Μενεγάκη για την υποστήριξη αυτών των χρόνων μου στην Σχολή, τον καθηγητή κ. Παύλο Νομικό ιδιαίτερα για το τελευταίο διάστημα που με φιλοξένησε στο εργαστήριο για τα Πειράματα της Διπλωματικής και φυσικά πολλά πολλά Ευχαριστώ στον κ. Ανδρέα Μπενάρδο, που πέρα από Καθηγητής και υποστηρικτής αυτής της Διπλωματικής σε όλα τα στάδια, επιβεβαίωσε ότι Καθηγητής= Άνθρωπος που παράγει ορθές συμπεριφορές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Σχεδιασμός μιας Εκμετάλλευσης ξεκινά λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά στοιχείων.

Για να υπάρχει Σχεδιασμός πρέπει να υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξη Κοιτάσματος. Ξεκινώντας με αυτό το δεδομένο της ύπαρξης ή των ενδείξεων του κοιτάσματος στην συνέχεια, υπάρχει φροντίδα για την συλλογή όσο των δυνατών περισσότερων στοιχείων που ταυτοποιούν και κατατάσσουν το Κοίτασμα από την μια, λαμβάνοντας όλες εκείνες τις πληροφορίες (είδος, χρήσεις), και από την άλλη το συσχετίζουν ως πυλώνα παραγωγής (σημαντικότητα, πολιτικές γύρω από αυτό).

Όπως και να έχει ο Σχεδιασμός της Εκμετάλλευσης πραγματεύεται τρόπους, ώστε σε συγκεκριμένο σημείο, να εφαρμοστούν βέλτιστες τεχνικές, οικονομικές και ασφαλείς για το έργο και τους ανθρώπους που θα είναι άμεσοι σχετιζόμενοι.

Σημαντικό σε αυτό είναι η καταγραφή και η γνωριμία του χώρου που θα πραγματοποιηθεί. Η γνωριμία αφορά την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης, την συλλογή δηλαδή άμεσων ή έμμεσων στοιχείων, την εξαγωγή αποτελεσμάτων και την ομαδοποίησης τους, ώστε να μπορούν και να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα, μεμονωμένα ή συνδυαστικά. Μέρος αυτών χρησιμεύουν και για ένα κομβικό σημείο της Εκτίμησης Αποθεμάτων που προηγείται του Σχεδιασμού.

Με την ασφαλή εκτίμηση των Αποθεμάτων, πλέον μπορούν να συνδυαστούν όλοι οι παράμετροι και να εξαχθούν όλες οι κατευθύνσεις του Σχεδιασμού. Αρχόμενες από την Ετήσια Παραγωγή και τον αντίστοιχο ρυθμό της, την επιλογή της Μεθόδου Εκμετάλλευσης, την οργάνωση της Παραγωγικής Διαδικασίας, τον τρόπο, σε τι χρόνο και σε τι βηματισμό (χρονισμό), με τι μέσα και με τι έμψυχο δυναμικό θα υλοποιηθεί, μέσα στις δεδομένες Γεωλογικές , Γεωτεχνικές συνθήκες. Αυτό πάντα έχει ένα Κόστος το οποίο πρέπει να προσδιορίζεται, να βελτιστοποιείται και να αναπροσαρμόζεται, ώστε να αποτελεί το θετικό αντίμετρο της Εκμετάλλευσης απέναντι στον ανταγωνισμό του οικονομικού και του κοινωνικοπολιτικού Περιβάλλοντος που δραστηριοποιείται η συγκεκριμένη Παραγωγική Δραστηριότητα. Με όλα αυτά από τα Ιστορικά, Οικονομικά στοιχεία, το είδος και τις χρήσεις στοιχειοθετώντας την πρώτη καταγραφή, περνώντας και περιγράφοντας την υφιστάμενη κατάσταση μέσα από συλλογή, καταγραφή και

εξαγωγή στοιχείων, η παρούσα Διπλωματική, καταλήγει στο κομβικό στοιχείο της Εκτίμησης των Αποθεμάτων.

Με χρήση σύγχρονων εργαλείων στα στάδια που προηγούνται και περιγράφονται πιο πάνω, αλλά και στην βήμα προς βήμα ανάλυση και υπολογισμό των επιμέρους παραγόντων του Σχεδιασμού και με συνδυασμό αυτών, προτείνεται ο τελικός Σχεδιασμός μιας Ορθολογικής Εκμετάλλευσης, δηλαδή η βέλτιστη Παραγωγή συγκεκριμένου Κοιτάσματος με το λιγότερο δυνατό Κόστος, διασφαλίζοντας κανόνες Ασφαλείας Ανθρώπινου Δυναμικού και Έργου. Το σύνολο όλων αυτών, μέχρι και την τελική Κοστολόγηση και την εξαγωγή χρήσιμων Συμπερασμάτων από τον προτεινόμενο Σχεδιασμό πραγματεύεται η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία.

ABSTRACT

The design of an exploitation starts by taking into consideration a range of elements.For the designing to take place, there must be indications of the existence of a deposit.

Starting with the given fact of the existence or indicators of a deposit, then comes the care for the collection of as many as possible elements which identify and categorize the deposit while collecting all that information (kind, use) and on the other hand correlate it with a production pillar (as to its importance and politics around it). Nevertheless, the design of such exploitation finds ways to implement the best techniques, safe and cost effective, for the project and manpower involved directly.

Important aspects are the recording and the acquaintance with the area that will take place. Subject acquaintance involves the recording of the existing condition, that is the collection of direct and indirect information, generating results and grouping these in order for them to be used efficiently, individually or in combination. Part of these also serve as a nodal point for the reserve assessment which precedes the design.

With the safe assessment of the reserves, all parameters can now be combined and all design directions can be exported. Starting from the annual production and its respective rhythm, the selection of the method of exploitation, the organization of the production process, the way, in what time and pace (timing), with what means and with what manpower it will be materialized within specific

geological, geothechnical conditions. This always has a cost which needs to be determined,optimized and adjusted in order for it to constitute the positive countermeasure of the exploitation against the competition of the financial and socio-political environment operating in specific productive activity.

With that said, from the historical, financial information, the type and uses substantiating the first recording, going by and describing the existing situation through the collection, recording, and data extraction, this diploma thesis leads to the key element of reserve assessment.

With the use of modern tools in the preceding stages, as described above, as well as the step by step analysis and calculation of the individual design factors and their combinations, a final design of a rational exploitation is recommended, namely the optimal production of a specific deposit with the minimal cost yet ensuring safety regulations of manpower and project. All of the above, to include the final costing and useful conclusions being drawn from the suggested design are brought together in this diploma thesis.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρατεθούν στοιχεία σχετικά με το είδος του Κοιτάσματος, την Εκμετάλλευση και την διαμόρφωση εικόνας ως προς το παραγόμενο υλικό, καθώς Κοινωνικά στοιχεία (πολιτικές) και Οικονομικά στοιχεία, που αφορούν παράγοντες για τον μετέπειτα Σχεδιασμό της Εκμετάλλευσης και την λειτουργία ενός Μεταλλείου.

1.1 Ο Χρωμίτης

Ο Χρωμίτης ($FeCr_2O_4$) είναι ορυκτό οξείδιο του Σιδήρου και του Χρωμίου (Cr), του οποίου αποτελεί το κυριότερο Μετάλλευμα. Ο γενικός τύπος Χρωμίτη είναι: $(Fe^{2+}$, Mg)O.(Cr, Al, $Fe^{3+})_2O_3$, ενώ η περιεκτικότητα των φυσικών Χρωμιτών ανέρχεται σε 40-60% Cr_2O_3

Το όνομά του προέρχεται από το συστατικό του, Χρώμιο, το οποίο ονομάστηκε έτσι επειδή προσδίδει χρώμα σε πολλά άχροα συστατικά, όταν βρίσκεται ως πρόσμιξη, ενώ έχει και πολλές άλλες χρήσεις. Ο Χρωμίτης βρίσκεται σε συμπλέγματα βασικών και υπερβασικών Μαγματικών πετρωμάτων συναντάται κυρίως εντός Δουνιτών (fresh) και εξαλοιωμένων Δουνιτώνμαζί με Ολιβίνη, Σερπεντίνη και Πυροξένους, ενώ αποτελεί τη μοναδική πηγή προέλευσης συστατικού του Χρωμίου. Φιλοξενείται σε Κοιτάσματα Ασκοειδή ή Αλπικού τύπου και σε Στρωματοειδή ***(Σκαρπέλης2002)***, τα Ελληνικά Κοιτάσματα, είναι παρόμοια με αυτά της Αλβανίας και Τουρκίας, όπως και των Φιλιππίνων .

Μορφολογικά, οι τύποι Μεταλλεύματος Χρωμίτη διακρίνονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες :

- Διάσπαρτο (disseminatedorscattered) Cr_2O_3<10%
- Ταινιωτός (schlieren) Cr_2O_3= 17 – 22%
- Συμπαγές (massif) Cr_2O_3= 30 – 55 %
- Μορφής Λεοπαρδάλεως (nodular) Cr_2O_3< 40%

Ενώ στις πιο πάνω κατηγορίες συγκαταλέγονται και οι εμφανίσεις

- Χονδρόκοκκος Χρωμίτης (Lumpy ore)
- Πλακών ή πλακοειδής (τύπου Bushveld)

Ο Χρωμίτης ανάλογα την περιεκτικότητα σε Cr_2O_3 την αναλογία Cr/Fe και την περιεκτικότητα σε SiO_2 διακρίνεται στους εξής εμπορικούς τύπους:

- Μεταλλουργικός: Cr_2O_3> 48%, Cr/Fe> 3/1, SiO_2 < 10%
- Πυρίμαχος: Cr_2O_3 30-40% , Cr/Fe 2-2.5/1, SiO_2 6%
- Χημικός : Cr_2O_3> 44%, Cr/Fe > 1,5/1, SiO_2 < 3,5%

Φωτ. 1 Μετάλλευμα Χρωμίτη από την περιοχή Ξερολίβαδο

Ο Χρωμίτης σχηματίζει συμπαγή, στιφρά ή κοκκώδη συσσωματώματα και κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Τα παγκόσμια αποθέματα χρωμίου υπολογίζονται σε 11 δισ. τόνους, που συνεπάγεται μεταλλευτική επάρκεια για αρκετές εκατοντάδες χρόνια. Τα μεγαλύτερα αποθέματα Χρωμίτη βρίσκονται στην Νότια Αφρική και την Ζιμπάμπουε (περίπου το 50% των γνωστών παγκοσμίων αποθεμάτων).

Άλλες χώρες παραγωγής είναι η Κίνα, Ρωσία, η Τουρκία, το Καζακστάν και η Ινδία.

Στην Ελλάδα κοιτάσματα βρίσκονται στο Οφιολιθικό Σύμπλεγμα του Βούρινου Κοζάνης. Εμφανίσεις έχουν εντοπισθεί σε Οφιολιθικά υπερβασικά πετρώματα στην Πίνδο, το Βέρμιο, την Χαλκιδική, την Τήνο και την περιοχή Σουφλίου και συγκεκριμένα στις Ζώνες Ολωνού – Πίνδου, στην Υποπελαγονική, Πελαγονική, και στη ζώνη Αξιού .

Υπάρχουν περισσότερες από 400 μεταλλοφόρες θέσεις(Φωτ2). Οι περισσότερες από τις γνωστές εμφανίσεις Χρωμίτη αν και στο παρελθόν έτυχαν εκμετάλλευσης δεν μπορούν σήμερα λόγω μεγέθους(Αποθεμάτων) να τύχουν οικονομικής αξιοποίησης.

Φωτ. 2 Εμφανίσεις Οφιολίθων στον Ευρύτερο Χώρο

Τρία Κοιτάσματα αποτέλεσαν κατά το παρελθόν μονάδες αυτοτελούς Μεταλλευτικής δραστηριότητας, που με τις σημερινές οικονομοτεχνικές συνθήκες μπορούν να επανεκιννήσουν :

- Ξερολίβαδο,
- Τσαγκλί
- Δομοκός.

Στο Βούρινο , που αποτελεί και την θέση του Κοιτάσματος στο παρόν πόνημα

(Ξερολίβαδο), Κοιτάσματα Χρωμίτη μεταλλουργικού τύπου εντοπίζονται στις θέσεις:

- Βοϊδόλακκας,
- Τσούκα,
- Αετοράχες,
- Χρώμιο,
- Κοκκινόδρομος
- Μουτσάρα
- Ξερολίβαδο

Το Εμπλούτισμα που μπορεί να παραχθεί (Concetrate) είναι :

59% Cr_2O_3, Cr/Fe = 3 – 3.5/1, SiO2 0,2%

ΤοΚοίτασμα Ξερολίβαδου, από καταγραφές και διάφορες πηγές ***(πχ EconomouetalIRassios 2009)***τα Δυνατά-Πιθανά Αποθέματα ξεπερνούν τα 12 εκ. tn αποτελούμενα από παράλληλα μεταλλοφόρα σώματα (κατά πλάκας) σχετικά μεγάλου μήκους και σταθερής διεύθυνσης σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (εξ΄ ου και οι γειτονικές θέσεις τόσο στο Βούρινο, όσο και σε κοντινές περιοχές πχ Δομοκός). Το πάχος των σωμάτων κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μέχρι 23m. Από άποψη εκμετάλλευσης θεωρούνται ενιαίο κοίτασμα (ROM).

Οι κύρες χρήσεις με ουσιαστική συμμετοχή Χρωμίτη είναι:

- Μεταλλουργία (ποσοστό 67-75%)

Παραγωγή Σιδηροχρωμίου, Χρωμιοχάλυβα, κραμάτων (Fe-Ni / Cu-Cr)

- Χημική Βιομηχανία (ποσοστό 11 – 15%)

(Χρωμιούχα άλατα, επιχρωμιώσεις, χρωματουργία, υφαντουργία κ.α.)

- Πυρίμαχα υλικά (ποσοστό 11 – 18%)

(π.χ. πυρίμαχα τούβλα με Mg)

- Άμμοι χυτηρίων (ποσοστό 3%)

(0.2 – 0.4 mm) (στα χυτήρια αντί ζιρκονίου)

Ο Χρωμίτης ως η μοναδική εμπορική πηγή του μετάλλου Χρωμίου, χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες Μεταλλουργίας, πυριμάχων, χυτηρίων και χημικών, συνήθως με μορφή κραμάτων Σιδήρου / Χρωμίου. Το Σιδηροχρώμιο χρησιμοποιείται στην παραγωγή ανοξείδωτου ή άλλων τύπων Χάλυβα, Χυτοσίδηρου και άλλων κραμάτων. Ο Χρωμίτης πυρίμαχου τύπου παρουσιάζει υψηλή πυριμαχότητα, αντίσταση στη θραύση και εξαιρετική μηχανική αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Ο Χρωμίτης είναι πηγή πολλών χημικών προϊόντων Χρωμίου. Οι χρωστικές του Χρωμίου παρουσιάζουν λαμπρές χροιές, υψηλές αντοχές βαφής και σταθερότητα εξαλλοίωσης. Χρωμιούχα χημικά προϊόντα, χρησιμοποιούνται ως αντιδιαβρωτικά σε πετρελαιοφόρες γεωτρήσεις κ.α.

Συνεπώς, το Χρώμιο είναι από τα βασικότερα μέταλλα για την παραγωγή κραμάτων ανοξείδωτου Χάλυβα, με συνεχή αύξηση της ζήτησής του. Χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την κατασκευή τουρμπίνων αεροσκαφών, ηλεκτρομαγνητικών ιατρικών εργαλείων κ.λπ.

1.2 Μεταλλουργία Χρωμίτη

Όπως αναφέρθηκε ο Χρωμίτης ανάλογα τον τύπο του, χρησιμοποιείται αφού υποστεί επεξεργασία (συνήθως πυρομεταλλουργική) σε διάφορες επιπλέον διεργασίες και Μεταλλουργικές διαδικασίες. Έτσι ο Μεταλλουργικός θα υποστεί επεξεργασία για γίνει κραμματικό στοιχείο στην παραγωγή χαλύβων και μετάλλων (77% της παγκόσμιας παραγωγής), ο πυρίμαχος για να φτιαχτούν κατάλληλα πυρίμαχα υλικά (11%), κυρίως μέσω αναγωγής ενώ ο χημικός (11%) θα υποστεί οξειδωτική Φρύξη. Για αυτό μιας και το σημαντικό στην επεξεργασία είναι η πυρομεταλλουργική διαδικασία θα παρατεθεί κυρίως αυτή η διεργασία. Μετά την Εξόρυξη του ο Χρωμίτης συνήθως διαχωρίζεται και Εμπλουτίζεται, το Εμπλουτισμένο μετάλλευμα – Συμπύκνωμα ονομάζεται «Concetrate». Αυτή είναι η πρώτη ύλη κυρίως μαζί με χονδρόκοκκο Χρωμίτη (Lumpryore) για την παραγωγή Σιδηροκραμάτων, το οποίο στην συνέχεια χρησιμοποιείται σε διάφορες άλλες Μεταλλουργικές χρήσεις, πχ παραγωγή ανοξείδωτου Χάλυβα. Το λεπτόκοκκο Συμπύκνωμα, για να χρησιμοποιηθεί στην μεταλλουργία θα πρέπει να περάσει μια αρχική επεξεργασία ώστε να αλλάξει μέγεθος. Έτσι με την διαδικασία της πελετοποίησης (pelletizining) , παράγεται ωμό σφαιρίδιο Σιδηροκράματος, ενώ στην συνέχεια μέσω προθέρμανσης και αρχικής αναγωγής (εντός Ορθοκαμίνου), παράγεται σφαιρίδιο συσσωματωμένο FeCr (sintered) . Για να παραχθεί το τελικό Σιδηρόκραμα περνά από την τελική διαδικασία Αναγωγής και Τήξης το sinteredσε ηλεκτρικό φούρνο Αναγωγής Εμβαπτιζόμενου Τόξου.

Ανάλογα την περιεκτικότητα του Concentrate σε Σίδηρο, την περιεκτικότητα σε Si, και το πόσο τελικά θα αναχθεί το οξείδιο του Χρωμίου Cr_2O_3 , από τον Άνθρακα ώστε να μπορεί να συμπληρωθεί στο κρυσταλλικό πλέγμα του Χάλυβα ή των κραμάτων δημιουργούνται οι βασικοί εμπορικοί εμπορεύσιμοι τύποι FeCr***(Ζευγώλης2000)***

- HC FeCr (high Carbon): 60-70% Cr, 4-6 C, Si 3%
- CHARGE CHROME: 52-55% Cr, 6-8 C, Si 5-6%
- MC FeCr (medium Carbon): 62-75% Cr, 0.5-2% C, Si 1.5%
- LC FeCr (low Carbon): 62-75% Cr, 0.01-0.5 %C,

Υπάρχουν και οι υποκατηγορίες στα LC και ανάλογα την καθαρότητα και την χρήση για το τελικό είδος Χάλυβα ή άλλου κράματος , αντίστοιχα είναι και πιο ακριβοί. Ακόμα για τον πυρίμαχο Χρωμίτη η διαφοροποίηση του είναι ότι περνά άλλου είδους πυρομεταλλουργική διαδικασία μέσω περιστροφικής κυρίως καμίνου, για την τελική παραγωγή πυρίμαχων. Τέλος το Σιδηροχρώμιο μπορεί να παραχθεί μέσω του ενδιάμεσου προϊόντος Fe-Cr-Si και την εν συνεχεία απαγωγής του Si μέσω της μεθόδου Duplex όπου χρησιμοποιείται MC Fe-Cr, και μέσω ανάκτησης Fe-Cr σκωρίας Fe-Si-Cr από την χρήση *CHARGECHROME.*

1.3 Οικονομικά στοιχεία-Τιμή Χρωμίτη-Συμβολή στην Εθνική Οικονομία

Προκειμένου να τονιστεί η σημασία της ορθολογικής διαχείρισης των ορυκτών πόρων για την οικονομία της ΕΕ και την ανάγκη διασφάλισης ασφαλούς επάρκειας, το 2008, η ΕΚ ενέκρινε την Πρωτοβουλία Πρώτων Υλών (Raw Materials Initiative- RMI), η οποία καθορίζει μια στρατηγική για την επίλυση του προβλήματος της πρόσβασης σε α' ύλες από τα Κρίσιμα Μέταλλα(ΚΜ)

Πίνακας1 Πίνακας Αποθεμάτων Χρωμίτη σύμφωνα με το Study on the review of the list of Critical Raw Materials Non-critical Raw Materials Factsheets, European Commission

Χώρα	Ποσότητα	Μονάδες μέτρησης	Βαθμός	Κωδικός τύπου αποθεμάτων
Φινλανδία	127	Mt	22% Cr_2O_3	Ιστορικά αποθέματα
Σουηδία	38,6	Mt	0,43% Cr	Ιστορικά αποθέματα
Σερβία	0,089	Mt	1,5% Cr	Συνολικά αποθέματα
Ελλάδα	2	Mt	35-40% Cr_2O_3	Μετρήσεις
Αλβανία	48,4	Mt	30 – 42% Cr_2O_3	Κατηγορία Α

Το χρώμιο δεν έχει υποκατάστατα στην διεργασία παραγωγής κραμάτων και ανοξείδωτου Χάλυβα. Σε ορισμένες περιπτώσεις στη μεταλλουργική βιομηχανία το σκραπ που περιέχει Χρώμιο μπορεί να αντικαταστήσει το Σιδηροχρώμιο***(USGS, 2016)***

Παρά το γεγονός ότι σύμφωνα με την Έκθεση του 2017, το Χρώμιο δεν αποτελεί πλέον κρίσιμη πρώτη ύλη, τονίζεται ότι η κατάταξη του εμφανίζεται οριακά μη κρίσιμη και η βιομηχανία επεξεργασίας Χρωμίου είναι εν γένει στρατηγικής σημασίας για την Ευρώπη. Επιπλέον, σύμφωνα με στοιχεία από την Παγκόσμια Βιομηχανία η Κίνα αποτελεί σημαντική χώρα - παραγωγό Σιδηροχρωμίου(FeCr) και συνεπώς μειώνεται ο κίνδυνος έλλειψης προμήθειας κατά τους υπολογισμούς. Στην πράξη η διαθεσιμότητα του υλικού στην Ευρωπαϊκή αγορά είναι υπό αμφισβήτηση δεδομένου του υψηλού εσωτερικού φόρου (20%) που εφαρμόζεται για το εν λόγω υλικό

Στις πρώτες γραμμές του εγγράφου, η ΕΕ προβαίνει στη δήλωση ότι: «οι πρώτες ύλες είναι απαραίτητες για τη βιώσιμη λειτουργία των σύγχρονων κοινωνιών». Τα RMs (raw materials- ΟΠΥ) είναι απαραίτητα για τη βιώσιμη ύπαρξη τρεχουσών και μελλοντικών γενεών, σύμφωνα με την αρχή της αειφόρου ανάπτυξης και επικεντρώνουν την έρευνα σε καινοτόμες τεχνολογίες εξόρυξης, υποκατάσταση υλικών, αποδοτικότητα πόρων και την προμήθεια δευτερογενών RM μέσω της ανακύκλωσης

Το 2010 η ΕΕ δημοσίευσε για πρώτη φορά αναφορά στην οποία καθορίζεται συγκεκριμένη μεθοδολογία για την αναγνώριση των πρώτων υλών κρίσιμης σημασίας. Η αναφορά του 2010 αναγνώρισε 41 πρώτες ύλες στρατηγικής σημασίας για την ευρωπαϊκή νομοθεσία, εκ των οποίων οι 14 χαρακτηρίσθηκαν κρίσιμες βάσει κριτηρίων. Το 2014 η σχετική λίστα επικαιροποιήθηκε και προστέθηκαν επιπλέον 6 κρίσιμες πρώτες ύλες. Στη λίστα του 2014 συμπεριλαμβάνεται και ο Χρωμίτης, κοιτάσματα του οποίου –σύμφωνα με την εν λόγω Έκθεση– βρίσκονται στο ΟφιολιθικόΣύμπλεγμα Βούρινου Κοζάνης. Το 2017 ο Χρωμίτης δεν κάλυπτε τα κριτήρια των δεικτών υπαγωγής στην λίστα των κρίσιμων ΟΠΥ.

Ο Χρωμίτης συγκαταλέγεται στη λίστα των ΜΗ ΚΡΙΣΙΜΩΝ πρώτων υλών σύμφωνα με την αντίστοιχη Έκθεση χαρακτηρισμού της ΕΕ που δημοσιεύτηκε το έτος 2017 και αφορούσε 41 πρώτες ύλες στρατηγικής σημασίας, αλλά υπήρχε ως κρίσιμο στη λίστα του 2014 και σήμερα παρότι δεν είναι κρίσιμο παραμένει υψηλής στρατηγικής σημασίας (SR = 1 SRCr = 0,9).

Το 2011, η ΕΚ δημοσίευσε τον χάρτη πορείας για μια Ευρώπη με αποδοτική χρήση των πόρων, δείχνοντας ένα συγκεκριμένο πλαίσιο για τις δράσεις που πρέπει να αναληφθούν τα επόμενα χρόνια***(European Commission 2011)***

Η Ελλάδα είναι μία από τις χώρες της ΕΕ που διαθέτει σημαντικό ορυκτό πλούτο, τόσο σε ποιότητα, όσο και σε ποσότητα και ποικιλία ορυκτών και μεταλλευμάτων, με μεγάλο βιομηχανικό ενδιαφέρον και ποικιλία εφαρμογών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις ανάγκες σε ΟΠΥ της ευρωπαϊκής αλλά και της διεθνούς κοινότητας προσφέρει συγκριτικά πλεονεκτήματα για την οικονομία της χώρας.

Ο ελληνικός εξορυκτικός κλάδος, αποτελεί σημαντικό τομέα της οικονομικής δραστηριότητας της χώρας μας (συμμετοχή 3-5% στο ΑΕΠ αν συμπεριληφθεί και ο συσχετιζόμενος μεταποιητικός τομέας) ο οποίος τροφοδοτεί με πρώτες ύλες μια σειρά άλλων επίσης σημαντικών κλάδων όπως η παραγωγή ενέργειας, η τσιμεντοβιομηχανία, η οκοδομική/κατασκευαστική Βιομηχανία, η Βιομηχανία μη Σιδηρούχων Μετάλλων (Αλουμινίου, Νικελίου, κλπ), η Βιομηχανία ανοξείδωτου Χάλυβα κ.ά.

Πρέπει να τονιστεί ότι η χώρα μας διαθέτει επάρκεια σε αδρανή δομικά υλικά ενώ παράλληλα είναι σημαντική παραγωγός βασικών μετάλλων αλλά και βιομηχανικών ορυκτών, ορισμένων εκ των οποίων χαρακτηρίζονται από μεγέθη αποθεμάτων και ύψη παραγωγής που κατέχουν υψηλότατη θέση στη παγκόσμια κατάταξη. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η Ελλάδα, σε παγκόσμια κλίμακα, είναι η μοναδική χώρα παραγωγής Χουντίτη, Υδρομαγνησίτη, πρώτη χώρα παραγωγής Περλίτη, δεύτερη χώρα παραγωγής Κίσσηρης (ελαφρόπετρας) και Μπεντονίτη καθώς και πρώτη στις εξαγωγές προϊόντων Λευκόλιθου/Μαγνησίτη στην ΕΕ.

Ο Εξορυκτικός κλάδος, είναι ισχυρά εξωστρεφής, αφού οι εξαγωγές πρωτογενών και επεξεργασμένων υλικών αντιπροσωπεύουν πάνω από το 65% των πωλήσεών του, ενώ παράλληλα εταιρείες του κλάδου κατέχουν ηγετικές θέσεις στην Ευρωπαϊκή

αλλά και στην Διεθνή αγορά σε προϊόντα όπως Βωξίτης,Αλουμίνα, Αλουμίνιο, Νικέλιο, καυστική Μαγνησία, Μπεντονίτης, Περλίτης, Ελαφρόπετρα και Μάρμαρα.

Την τελευταία δεκαετία, υπάρχει στροφή στην αξιοποίηση Βιομηχανικών Ορυκτών σε καινοτόμες, εξειδικευμένες εφαρμογές που έχουν Περιβαλλοντικό προσανατολισμό και υψηλή προστιθέμενη αξία (πχ. Μπεντονίτης, Περλίτης, Απαπουλγίτης Αμφιβολίτης, Ολιβινίτης, Ανθρακικό Ασβέστιο, Βιομηχανικοί Άργιλοι ειδικών χρήσεων κ.λπ.).

Η Εξορυκτική – Μεταλλευτική – Μεταλλουργική Βιομηχανία μεταπολεμικά απετέλεσε κινητήριο μοχλό και ήταν ένα από τα παραδείγματα της δυναμικής οικονομικής ανάπτυξης του τόπου μας. Μάλιστα τη δεκαετία του '70 η συμμετοχή του κλάδου εξόρυξης στο σύνολο των εξαγωγών της χώρας ήταν της τάξης του 20%.

Τα παραγόμενα στην Ελλάδα Βιομηχανικά Ορυκτά έχουν σημαντικές Βιομηχανικές εφαρμογές και καλύπτουν τις ανάγκες τόσο της εγχώριας Βιομηχανίας όσο και της Διεθνούς ζήτησης. Πολλά από αυτά τα προϊόντα σε όρους σημασίας και ύψους παραγωγής είναι από τα σημαντικότερα στον κόσμο (Περλίτης, Μπεντονίτης, Κίσσηρις, Ανθρακικό Ασβέστιο κλπ). Η δραστηριότητα αυτή αναπτύσσεται στους νομούς Γρεβενών, Θεσσαλονίκης, Αιτωλίας και Ακαρνανίας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας, Λαρίσης, Χαλκιδικής, Αττικής και στις περιφέρειες Κρήτης, Βορείου και Νοτίου Αιγαίου. Η συνολική ετήσια παραγωγή των υλικών αυτών ανέρχεται σε 6 εκ. τον. περίπου

Ο Ελληνικός Εξορυκτικός κλάδος είχε αποκτήσει ζωτικό ρόλο στην ανάπτυξη του τόπου, της εθνικής και ευρωπαϊκής οικονομίας και της περιφερειακής ανάπτυξης, με διεθνή αναγνώριση στην ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε σειρά παραγόντων όπως : στην υπάρχουσα δυναμική του, στο μέγεθος των Βέβαιων και Πιθανών Εκμεταλλεύσιμων Αποθεμάτων Ορυκτών και Μεταλλευμάτων, στις υποδομές και τα σημαντικά υφιστάμενα Εξορυκτικά έργα, στην αξιόλογη Μεταλλευτική εμπειρία και στην αναπτυγμένη τεχνογνωσία περί Εξορυκτικών Διαδικασιών – Μεθόδων Εκμετάλλευσης, ιδιαίτερα στα Υπόγεια Έργα, στο υπάρχον εξειδικευμένο προσωπικό και στον εξελιγμένο χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό στα ήδη λειτουργούντα έργα. Εντούτοις, την τελευταία 25ετία το ειδικό βάρος του Κλάδου φαίνεται να φθίνει σταδιακά αλλά σταθερά. Παρότι, από τη δεκαετία του '90 μέχρι την πρόσφατη Οικονομική Κρίση, η Παραγωγικότητα της Μεταλλευτικής Δραστηριότητας σημειώνει κατακόρυφη αύξηση

και απογειώνεται παγκοσμίως, στην Ελλάδα δεν είχαμε ανάλογα αποτελέσματα.

Αντίθετα είχαμε φθίνουσες πορείες, με ενδιάμεσες διακυμάνσεις, στην Παραγωγική Δραστηριότητα. Πολλές εταιρείες του κλάδου (ΕΛΣΙ, ΜΕΤΒΑ, ΕΛΕΒΜΕ, ΜΑΒΕ, ΠΟΡΣΕΛ, συγκρότημα Σκαλιστήρη, Μποδοσάκη κ.λπ.) διέκοψαν τις εργασίες τους και μεγάλα κραταιά άλλοτε Μεταλλευτικά κέντρα όπως το Μαντούδι, το Λαύριο, κ.ά. έχουν αδρανοποιηθεί. Αντίστοιχα φαινόμενα, τηρουμένων των αναλογιών, δημιουργήθηκαν από το κλείσιμο στα Μεταλλεία Χρωμίτη (στην Κοζάνη και στη Θεσσαλία), Σιδήρου (στη Σέριφο), Μαγγανίου (στη Δράμα).

Σήμερα η Εθνική Πολιτική (ΕΠ) για το στρατηγικό σχεδιασμό και την εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου αναγνωρίζει την σημασία των Ορυκτών Πρώτων Υλών (ΟΠΥ) για την πρόοδο, την διασφάλιση ενός υψηλού βιοτικού επιπέδου, τη δημιουργία ανταγωνιστικής περιφερειακής Οικονομίας και νέων θέσεων απασχόλησης. Παράλληλα πρέπει να διασφαλίζει με συνέπεια ότι η παραγωγή και η διάθεση των ΟΠΥ στην κοινωνία διενεργείται σύμφωνα με τους όρους της βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι βασικοί επιμέρους Στόχοι της Πολιτικής αυτής είναι:

- Η επαρκής και σταθερή διάθεση ΟΠΥ στην κοινωνία με οικονομικά βιώσιμο τρόπο, εναρμονισμένο με τις εθνικές τομεακές πολιτικές ανάπτυξης άλλων δραστηριοτήτων
- Η ανάδειξη και εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών που προλαμβάνουν ή μειώνουν και τελικά αποκαθιστούν, στο μέτρο του δυνατού, τις επιπτώσεις της εξόρυξης και των συναφών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον και στη ανθρώπινη υγεία.
- Η εξοικονόμηση των ΟΠΥ μέσα από βέλτιστες και αποδοτικές πρακτικές παραγωγής.
- Η διασφάλιση της χρήσης των ΟΠΥ για όσο το δυνατόν περισσότερο χρονικό διάστημα μέσα από κατάλληλες πρακτικές αποτελεσματικής χρήσης, αύξησης του κύκλου ζωή τους και ανακύκλωσης.
- Η μεγιστοποίηση του αναπτυξιακού οφέλους και η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων της εξορυκτικής δραστηριότητας.

- Η εναρμόνιση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και αναγκών των τοπικών κοινωνιών με τις αναπτυξιακές δυνατότητες που δημιουργούν οι εκμεταλλεύσεις σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.
- Η διαμόρφωση πολιτικών και μέτρων που θα μεγιστοποιούν την ωφελιμότητα των δράσεων στις τοπικές κοινωνίες με πολλαπλούς (και όχι μόνο οικονομικούς ή απασχόλησης)τρόπους.
- Η διαμόρφωση των χώρων των Λατομείων και Μεταλλείων, ώστε να είναι αυτοί δεκτικοί άλλων προγραμματισμένων χρήσεων, μετά την ολοκλήρωση των Εκμεταλλεύσεων.
- Η χωροταξική οργάνωση της μεταποίησης πρώτων υλών, όταν αυτή συντελείται εκτός των Μεταλλευτικών ή Λατομικών χώρων.

Η απαίτηση για μια ισορροπημένη προσέγγιση και σύνθεση οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων για την διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης της κοινωνίας προβάλλει πλέον ως απόλυτη αναγκαιότητα.

Η Δραστηριότητα της Εξορυκτικής Βιομηχανίας είναι από τη φύση της άρρηκτα συνδεδεμένη με την έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης καθώς αφ΄ ενός Εκμεταλλεύεται μη ανανεώσιμους φυσικούς πόρους και αφ΄ ετέρου πρέπει να εξασφαλίζει την προμήθεια αναγκαίων για την κοινωνία υλικών, σε βάθος χρόνου, με κατάλληλη διασφάλιση Αποθεμάτων για την κάλυψη των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών της, αλλά και με παράλληλες προσπάθειες ελαχιστοποίησης του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος της Δραστηριότητάς της.

Μία Εθνική Πολιτική Αξιοποίησης του Ορυκτού Πλούτου πρέπει να είναι συμβατή με την στρατηγική της Βιώσιμης Ανάπτυξης που έχει υιοθετηθεί από την ΕΕ.Η πολιτική αυτή πρέπει να επικεντρώνεται στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των Ορυκτών Πόρων, στη βελτίωση της Περιβαλλοντικής Επίδοσης, στην ασφάλεια της λειτουργίας των Εκμεταλλεύσεων και την πρόληψη των Ατυχημάτων, στην Διαχείριση των Αποβλήτων από την Εξορυκτική Βιομηχανία και στην Διαδικασία της Ανακύκλωσης.

Βασικό στοιχείο για την αποδοτική εφαρμογή μιας τέτοιας πολιτικής αποτελεί η αποδοχή της Εξορυκτικής Δραστηριότητας από τις τοπικές κοινωνίες ως παράγοντα ισόρροπης ανάπτυξής τους.

Αναλυτικότερα, οι κύριοι άξονες μιας ολοκληρωμένης πολιτικής για τις ΟΠΥ στο πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης είναι:

- Βελτίωση και διάχυση της Γεωλογικής γνώσης.
- Εξασφάλιση της πρόσβασης στα Κοιτάσματα με κατάλληλη πολιτική Χωροταξικού Σχεδιασμού
- Σύγχρονο θεσμικό πλαίσιο που θα προβλέπει σαφείς διαδικασίες αδειοδότησης οι οποίες θα υλοποιούνται σε εύλογο χρόνο, και παράλληλα θα περιλαμβάνει δεσμεύσεις για την Προστασία του Περιβάλλοντος.
- Λειτουργία αποτελεσματικών μηχανισμών παρακολούθησης της εφαρμογής των Περιβαλλοντικών Όρων σε όλη τη διάρκεια ζωής της Εκμετάλλευσης καθώς και κατά την περίοδο «μετά το κλείσιμο».
- Ορθολογική διαχείριση των υπαρχόντων Αποθεμάτων αλλά και Έρευνα και ανάπτυξη της τεχνολογίας με στόχο αποδοτικότερους τρόπους Εξόρυξης και επεξεργασίας.
- Έρευνα για ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων ΟΠΥ.
- Χρήση εναλλακτικών υλικών προς υποκατάσταση υφισταμένων, ανάπτυξη νέων χρήσεων στα ήδη γνωστά προϊόντα, Ανακύκλωση.
- Εξασφάλιση συνθηκών Ασφάλειας και Υγείας στους χώρους Εξορυκτικών Εργασιών.
- Ορθολογική Διαχείριση/Αξιοποίηση των Αποβλήτων (αποφυγή παραγωγής, ασφαλής αποθήκευση ή διάθεση ή επωφελής χρήση κλπ).
- Προστασία Περιβάλλοντος, Αποκατάσταση και φροντίδα μετά την ολοκλήρωση των Εξορυκτικών Εργασιών («σχέδιο κλεισίματος»).
- Παρακολούθηση κι έλεγχος εφαρμογής της νομοθεσίας.

Η πολιτική Βιώσιμης Ανάπτυξης για τις ΟΠΥ πρέπει συνεπώς να εξασφαλίζει την εφαρμογή των Ευρωπαϊκών οδηγιών, τους βασικούς άξονες της Ευρωπαϊκής πρωτοβουλίας για τις πρώτες ύλες (R.M.I.) και τις προτεινόμενες «καλές πρακτικές» από πλευράς Ευρωπαϊκής Επιτροπής, συνθέτοντας παράλληλα ένα νέο σύγχρονο πλαίσιο προσανατολισμού για την Έρευνα και την Αξιοποίηση του Ορυκτού Πλούτου.

Αξιολογώντας αυτήν την πολιτική και την βούληση τόσο από πλευράς πολιτικών (Ελληνική Κυβέρνηση, Ε.Ε.), όσο και το καθεστώς της Οικονομικής κατάστασης (δεκαετής κρίση στην Ελλάδα) και τις απαιτήσεις της Παγκόσμιας Κατάστασης (διαρκή αυξανόμενη ζήτηση χάλυβα σε σχέση με τα αποθέματα) την στιγμή μάλιστα όπου η Ανακύκλωση Μετάλλων γενικότερα αλλά ιδιαίτερα του Χάλυβα είναι σημαντική, η βελτιστοποίηση που επιτυγχάνεται μέσω του Σιδηροχρωμίου αποτελεί σημαντικό πυλώνα ανάπτυξης της Εθνικής Οικονομίας μέσω της Εκμετάλλευσης και της Εξόρυξης Χρωμίτη.

Συγκεκριμένα μιας έχουν ήδη αναφερθεί τόσο οι ποιότητες Χρωμίτη, όσο και των Σιδηροκραμάτων, αλλά και οι έννοιες του Συμπυκνώματος, θα παρατεθούν στην συνέχεια μερικά κρίσιμα στοιχεία.

Αρχικά οι τιμές του Σιδηροκράματος ανεξάρτητα ποιότητας την τελευταία δεκαετία παρουσιάζουν μια διαρκή αύξηση, με διαρκές «κοιλιές»(υψηλά –χαμηλά εντός της δεκαετίας) που όμως διαρκώς αυξάνουν τα επίπεδα (plateau) των καμπυλών (Σχήμα 1)

Σχήμα 1 Διακύμανση τιμών Σιδηροκραμάτων

Αυτό συνδέεται από την πολιτική Ο.Π.Υ. της Ε.Ε. ,σε σχέση με την ανάπτυξη της Κινεζικής Χαλυβουργίας και την διάθεση των Α υλών της ίδιας από την μια, ενώ απ την άλλη αυτή η ανάπτυξη παρότι τα αποθέματα επαρκούν δεν είναι διαθέσιμα την δεδομένη στιγμή ώστε να χρησιμοποιηθούν. Για τον λόγο αυτό διαρκώς η τιμή τόσο του Σιδηροχρωμίου δημιουργεί υψηλότερα plateau , ενώ απ την άλλη η ζήτηση του Χρωμίτη είναι διαρκώς αυξανόμενη.

Ένας από τους αποκλειστικούς προμηθευτές οι Αφρικανικές Χώρες πωλούν με τις πιο χαμηλές τιμές της αγοράς (από 47$ και πάνω ανάλογα την περιεκτικότητα) αυτήν την στιγμή, Μετάλλευμα ROM σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2), ενώ αντίστοιχα οι ποιοτικοί χρωμίτες της Τουρκίας (Πίνακας 3), όπως όμοιοι είναι ο Ελληνικός και ο Αλβανικός (μιας και οι τρείς αποτελούν Γεωλογικά την ίδια πηγή και τρόπο δημιουργίας του Μεταλλεύματος), αν και πιο χονδρόκοκκος πλησιάζει τα 320$ (Concentrate 315-320$, Lumpy 305-310$Sept 2021) ως εμπλουτισμένος Χρωμίτης.

Σημαντικό είναι αυτό που επιβεβαιώνει το άρθρο που περιγράφει τις πιο πάνω τιμές και τις αντίστοιχες Ν. Αφρικανικές (130-150 $/ tn), όπου στην ανάλυση του διαπιστώνεται ότι το Α΄ εξάμηνο η τιμή αυξάνεται μηνιαία έως και 5% ενώ τώρα βρίσκεται σε πτώση.

Συγκεκριμένα τον Δεκέμβριο του 2019 η μέση τιμή πώλησης ήταν 190 $/tn τον Απρίλιο έφτασε στην τιμή 220 $/tn για να κλείσει το Δεκέμβριο του 2020 στα 240 $/tn η τιμή Συμπυκνώματος(conc).Η σημερινή τιμή μετά το ράλι καθόδου όπου τον Απρίλιο έφτασε τα 120 $/tn είναι στα 155 $ /tn (Ιούλιος 2021)

Πίνακας 2 Τιμές ROM Νότιο Αφρικανικού Χρωμίτη (https://www.ecplaza.net/products/chrome-rom-and-concentrates_4495686)

Chrome rom
36-38 = $47
38-40 = $54
40-42 = $65
43- = $70
Chrome Concentrate
42/44 = $100

Πίνακας 3 Τιμές Εμπλουτισμένου Τούρκικου Χρωμίτη από (http://www.miningtube.com/turkey-chrome-ore-prices-20-september-2021/)

Material	Spec(Cr2O3)	Origin	Prices (usd/ton)
Chrome ore	46-48% Concentrate	Turkey	315-320
Chrome ore	40-42% Lumpy	Turkey	305-310

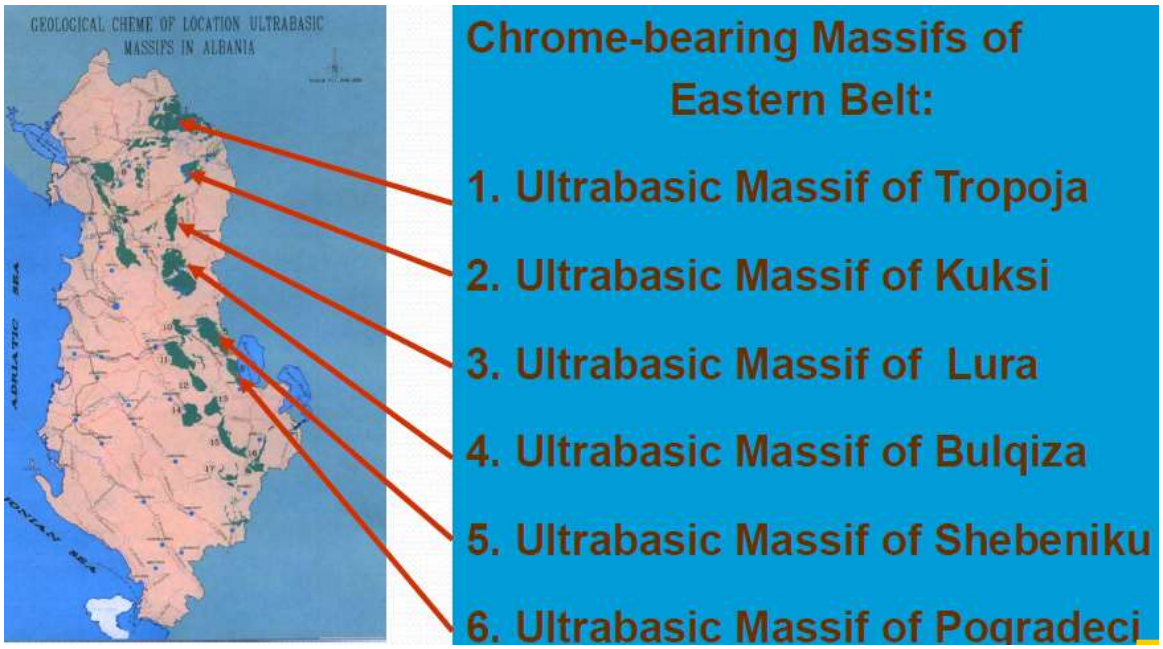
Συνεπώς η οποιαδήποτε σχετική δραστηριότητα είτε αναπτυχθεί ως καθετοποιημένη μονάδα δηλαδή Εξόρυξη-Εμπλουτισμός-Μεταλλουργία Σιδηροχρωμίου, είτε μέρος αυτής Εξόρυξη-Εμπλουτισμός, θα φέρει αρκετά κέρδη επιχειρηματικά και Εθνικά σε τέτοιες είδους επενδύσεις. Αυτό που καθιστά τον Ελληνικό, Αλβανικό, και Τουρκικό Χρωμίτη πιο ανταγωνιστικό είναι η περιεκτικότητα πυριτίου (λιγότερο τελικό παραπροϊόν σκωρίας) και η σχέση Cr/Fe3/1 που παράγει ποιοτικότερα αποτελέσματα με λιγότερο ενεργειακό κόστος. Η ανταγωνιστικότητα του Ελληνικού Χρωμίτη είναι ότι η σχέση αυτή φτάνει τα 3,5/1 και έχει ως μειονέκτημα το Εμπλουτισμένο μέγεθος ενώ αντίστοιχα ο Αλβανικός και Τουρκικός είναι στα όρια μεταξύ 3-3,2/1 αλλά πιο ικανοποιητικό μέγεθος (το μέγεθος συμβάλλει σε λιγότερες διαδικασίες προ-αναγωγής στην Μεταλλουργία και στο Ενεργειακό Κόστος).

1.4 Στοιχεία Εκμεταλλεύσεων και Κοιτάσματα Ανά τον Κόσμο-Μέθοδοι Εκμετάλλευσης

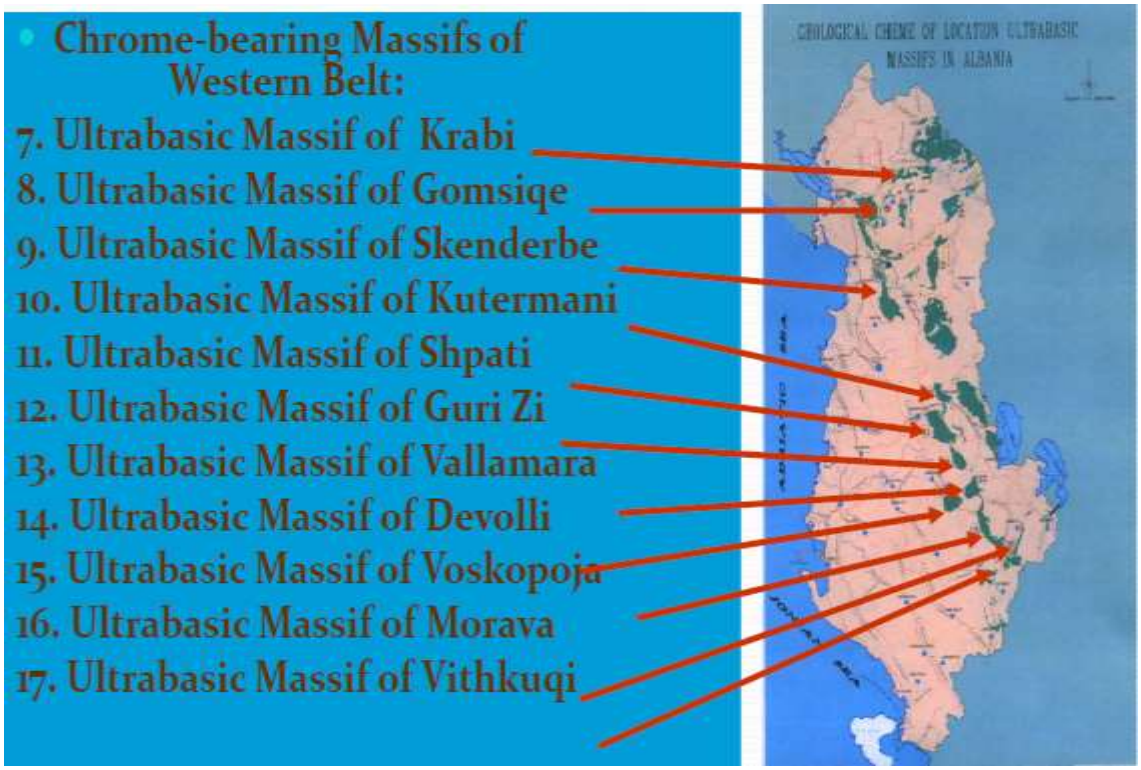
Κύρια προέλευση για την Ε.Ε. αποτελούν τα κοιτάσματα της Φιλανδίας και της Αλβανίας μιας που τα Ελληνικά είναι σε αργία. Συγκεκριμένα η Φιλανδία έχει διάφορες Μεταλλευτικές περιοχές Leipijärvi, Pitkäjärvi, Petterova, Revonsaari, Kukkola, όπου γίνεται η Εκμετάλλευση μαζί με Πλατινοειδή (PME), όμως η σημαντικότερη είναι το Μεταλλείο Kemi (κοιτάσματα Elijärvi και Viia) στην Λαπωνία το οποίο ανήκει στην εταιρεία Outokumpu.

Το επαληθευμένο κοίτασμα είναι περίπου 50.000.000 tn(πιθανά άλλα 48.000.000tn), ενώ το μεταλλείο παράγει 2.700.000tnROMΜετάλλευμα το χρόνο, το Κοίτασμα, με μέσο πάχος 40 μέτρα, είναι σχεδόν κάθετο και περίπου ένα χιλιόμετρο σε μήκος. Το βάθος του Κοιτάσματος Μεταλλεύματος παραμένει ασαφές εκτιμάται 2-3 km κατά βάθος, ενώ το Μετάλλευμα περιέχει 26% Χρωμίτη με σχέση Cr/Fe 1,6. Σύμφωνα με την έκθεση έρευνας της Γεωλογικής Υπηρεσίας της Φινλανδίας, το Κοίτασμα Χρωμίου εκτείνεται σε βάθος δύο έως τριών χιλιομέτρων, πιθανό ακόμη και σε τέσσερα χιλιόμετρα.Η Εκμετάλλευση αρχικά ήταν υπαίθρια ενώ τώρα συνεχίζεται Υπόγεια εφαρμόζοντας Μέθοδο Κατακρήμνισης Διαδοχικών Ορόφων.

Στην Αλβανία υπάρχουν δεκαεφτά (17) ενεργές Μεταλλευτικές όπως φαίνεται στους Χάρτες (Σχήμα2, Σχήμα 3)



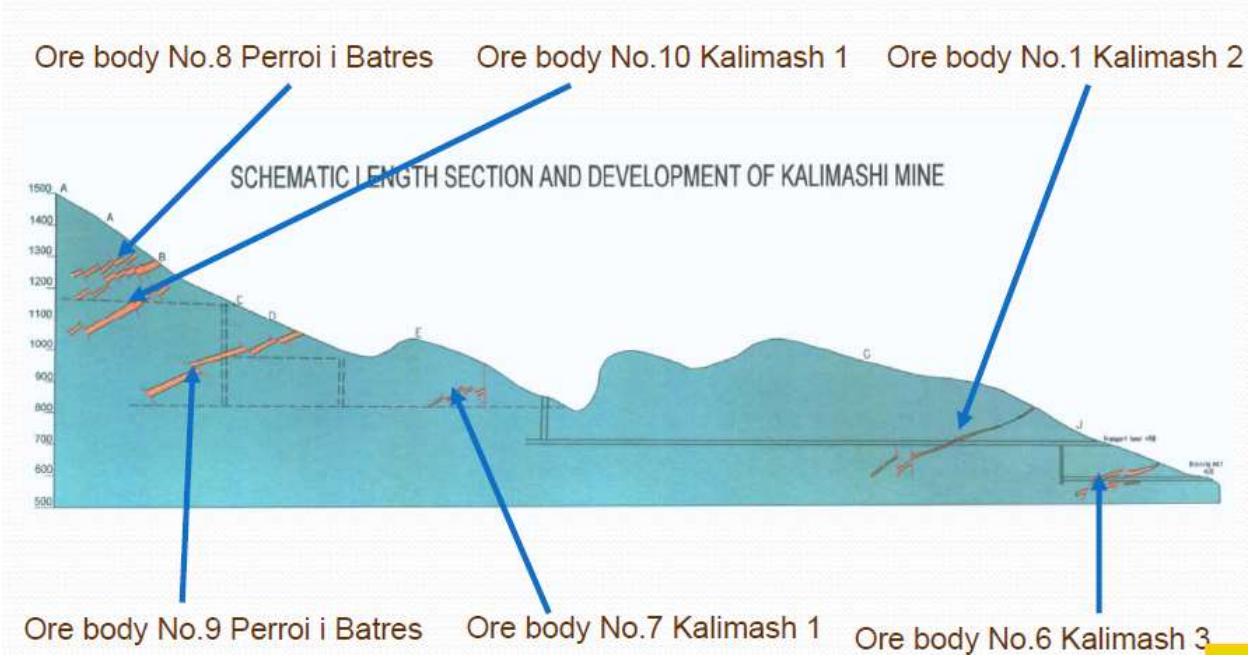
Σχήμα 2 Ανατολικό τόξο εμφάνισης Χρωμιτών Αλβανίας



Σχήμα 3 Δυτικό τόξο εμφάνισης Χρωμιτών Αλβανίας

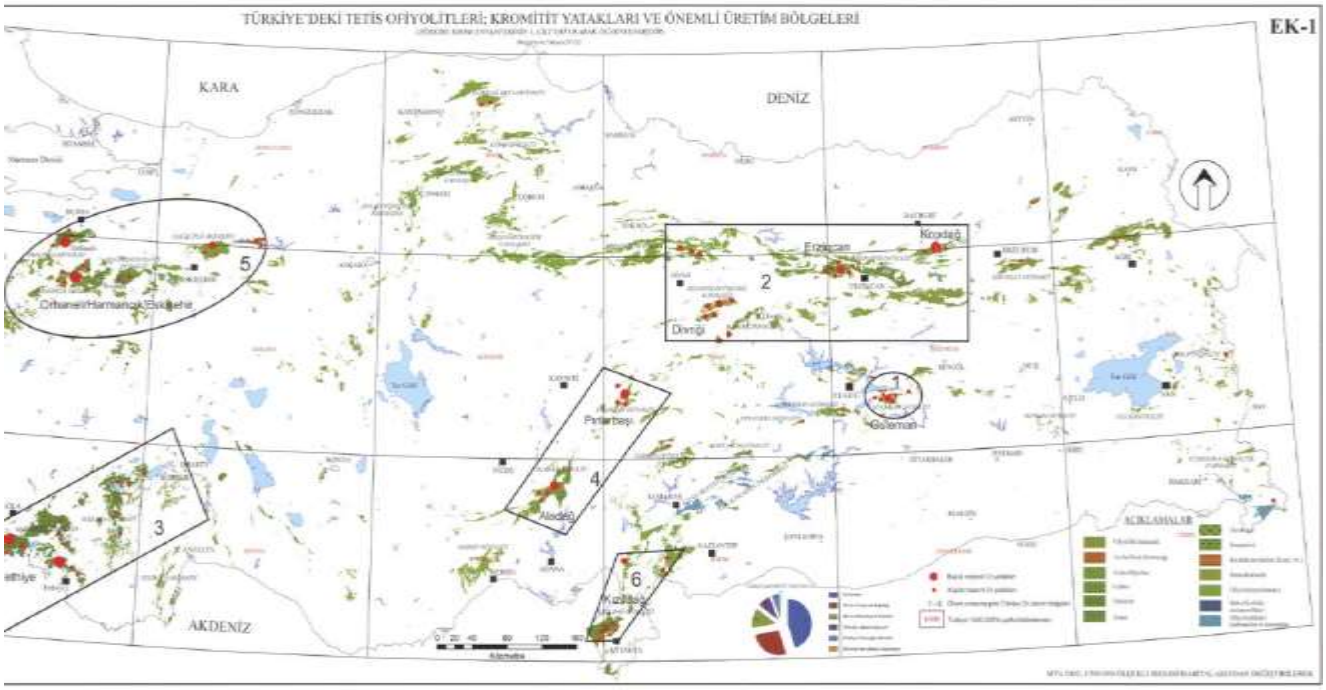
Οι Παραγωγές είναι κυμαινόμενες ανάλογα το Μεταλλείο τον τύπο του Χρωμίτη και την Περιεκτικότητα , σημαντικό είναι το Μεταλλείο Bulqiza με Ετήσια Παραγωγή το 2005 στους 200.000 tn με αποθέματα στα 20.000.000 tn (Βεβαιωμένα και Πιθανά) ενώ αυτή την στιγμή η δυναμικότητα του Αλβανικού Χρωμίτη φτάνει τις 500.000 tn.

Το μεταλλείο Kalimashi (Σχήμα 4) στην ίδια περιοχή εμφανίζει τα ίδια χαρακτηριστικά με το Κοίτασμα στο Ξερολίβαδο, με 5.100.000tn επιβεβαιωμένων αποθεμάτων μέσης Περιεκτικότητας 18-23% σε Χρωμίτη το οποίο και αυτό είναι σήμερα είναι σε αργία (το ίδιο και το Ξερολίβαδο), εξαιτίας του μικρού πάχους των φακών (1,5-2 m) έναντι του Ξερολίβαδου που έχει μεγαλύτερου πάχους (2,8 mo μικρότερος) ενώ η βύθιση του Κοιτάσματος είναι στις 25-35 μοίρες. Γενικά οι Μέθοδοι που εφάρμοζαν μέχρι πρότινος ήταν του συμπτυσσόμενου μετώπου, ενώ για τα μεγαλύτερα πάχη όπως στο Bulqizaεφαρμόζουν την Μέθοδο Διαδοχικών Ορόφων με Κενά.



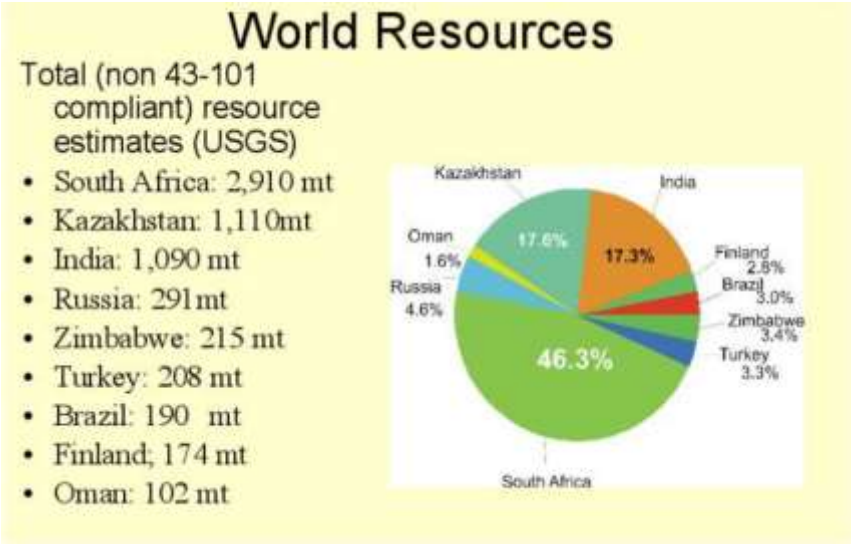
Σχήμα 4 Το Μεταλλείο Kalimashi σε Τομή

Στην Τουρκία είναι παρόμοια τα πράγματα η οποία παράγει περίπου στις 1.200.000 tnΧρωμίτη με τους 550.000 να το παράγει το μεταλλείο Guleman (σημείο1 στο Σχήμα 5) στο Elazığ της Ανατολικής Ανατολίας, έχει Επιβεβαιωμένα Αποθέματα Χρωμίτη που ανέρχονται στα 6.500.000 tn με μέση Περιεκτικότητα σε Χρωμίτη 22% και 54% σε Cr_2O_3, η Υπόγεια Εκμετάλλευση γίνεται συνήθως με την Μέθοδο Διαδοχικών Ορόφων με Κενά.



Σχήμα 5 Χάρτης Περιοχών Εκμετάλλευσης Τουρκικού Χρωμίτη

Σημαντικά κέντρα παραγωγής επίσης είναι ο Καναδάς , Καζακστάν , Κίνα, Ρωσία αλλά φυσικά η Νότια Αφρική κατέχει τα Σκήπτρα των Παγκόσμιων Αποθεμάτων Χρωμίτη όπως φαίνεται στο πίνακα κατανομής (Σχήμα 6) της USGS.



Σχήμα 6 Κατανομή Παγκόσμιων Αποθεμάτων από την USGS

Αυτή η κατανομή σε επίπεδα Χάρτη παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη (Σχήμα7) όπου τα Ελληνικά Αποθέματα συμπεριλαμβάνονται στην Παγκόσμια κλίμακα.

Σχήμα 7 Κατανομή και Είδος Παγκόσμιων Αποθεμάτων Χρωμίτη

Τέλος σημαντικό τόσο για την εξέλιξη Οικονομικά όσο και από πλευράς διαχείρισης Αποθεμάτων της Παγκόσμιας Παραγωγής Χρωμίτη αποτελεί η δυναμικότητα των χωρών και η σταθεροποίηση της ετήσιας Παγκόσμιας Παραγωγής στους 30.000.000 tnπερίπου, σύμφωνα με την Τουρκική Γεωλογική Υπηρεσία (Πίνακας 4) όπου εμφανίζει την ετήσια Παραγωγή της προηγούμενης επταετίας με μέση τιμή Εξορυκτικής ποσότητας Παγκοσμίως τους 28.000.000 tn.

Πίνακας 4 Οι παραγωγές των 11 κύριων Παραγωγών στον Κόσμο Χρωμίτη την Επταετία 2010-2017

Ülke	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Güney Afrika	13.232.281	14.193.627	13.275.578	15.599.204	15.980.957	16.864.162	15.907.023
Kazakistan	3.702.612	3.654.588	3.662.764	3.992.167	4.475.183	4.160.923	4.111.657
Hindistan	3.000.000	2.835.000	3.352.953	2.558.365	1.924.218	3.148.454	3.945.786
Türkiye	2.344.827	2.528.445	2.377.846	2.477.538	1.745.344	1.477.220	1.161.210
Finlandiya	583.120	692.527	498.769	978.698	1.034.750	946.188	1.070.314
Arnavutluk	455.505	384.411	309.954	410.622	636.003	673.990	707.059
Brezilya	762.000	597.860	587.553	484.209	520.060	532.540	457.334
İran	350.537	330.016	447.816	427.532	494.292	424.204	421.124
Pakistan	567.500	431.500	571.512	513.515	412.000	318.000	366.000
Umman	956.870	688.478	590.849	868.634	741.485	540.006	329.031
Diğer	1.924.437	2.537.097	2.208.522	1.451.593	1.053.779	607.835	539.108
Toplam (Ton)	**27.879.689**	**28.873.549**	**27.884.116**	**29.762.077**	**29.018.071**	**29.693.522**	**29.015.646**

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ-ΔΕΔΟΜΕΝΑ-insitu ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ- ΕΞΑΓΟΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η καταγραφή όλων εκείνων των στοιχείων που αφορούν τον χώρο που πρόκειται να σχεδιαστεί και να αναπτυχθεί η Εκμετάλλευση. Πρόκειται ουσιαστικά για τα δεδομένα, ώστε στην συνέχεια να επιλεγεί για παράδειγμα η θέση διάνοιξης και οριοθέτησης του έργου, σε συνάρτηση με το αν υπάρχει και σε τι κατάσταση είναι το οδικό δίκτυο για την πρόσβαση στο χώρο Εκμετάλλευσης. Ακόμα το πόσο κοντά βρίσκεται σε κεντρικούς άξονες ώστε να γίνεται η μεταφορά για την πιθανή προώθηση του Εξορυγμένου υλικού για επεξεργασία ή πώληση. Σημαντικό είναι η θέση και η Γεωμορφολογία της περιοχής, τα χαρακτηριστικά εμφάνισης των Γεωλογικών σχηματισμών η Τεκτονική της περιοχής και η πιθανή Σεισμικότητα, τα Κοιτασματολογικά ,ποιοτικά και γεωμετρικά δεδομένα του Κοιτάσματος καθώς η μορφολογία εμφάνισής του, τα Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων πετρωμάτων καθώς και το τασικό πεδίο, τα στοιχεία από την παλαιότερη εκμετάλλευση των μεταλλείων, ίδιου τύπου, ίδιου Κοιτάσματος ή Εκμεταλλεύσεις της περιοχής που θα αναπτυχθεί η Εκμετάλλευση. Σημαντικό επίσης είναι η επί τόπια επίσκεψη του Χώρου και η καταγραφή πρωτογενών δεδομένων, για την αποκόμιση της εικόνας, η οποία πραγματοποιήθηκε απ τον γράφοντα τον Σεπτέμβριο του 2020.

2.1 Θέση της Εκμετάλλευσης

Η περιοχή που θα αναπτυχθεί η δραστηριότητα χωροθετείται εντός της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας και ειδικότερα στα Ανατολικά της Περιφερειακής Ενότητας (Π.Ε.) Γρεβενών, στην περιοχή του Βούρινου σε απόσταση περί τα 20Km Ανατολικά από την πόλη των Γρεβενών και 23,5 Km Νότια από την πόλη της Κοζάνης. Αναφορικά με τους οικισμούς της περιοχής, βρίσκεται σε απόσταση 3,3 kmΒΑ της Ποντινής, 3,12 kmΝΔ του Χρωμίου, 4,5 kmΑ των Πυλωρών. Ο χώρος που ενδιαφέρει ώστε να αναπτυχθεί η Εκμετάλλευση βρίσκεται στα όρια εντός της Περιφερειακής ενότητας Γρεβενών.

Τα Μεταλλεύματα Χρωμίτη της ευρύτερης περιοχής του Βούρινου, βρίσκονται μέσα σε Δουνιτικά σώματα του Οφιολιθικού Συμπλέγματος της περιοχής και καταλαμβάνουν έκταση περί τα 450km^2.

Καταλαμβάνουν μεγάλο άξονα ανάπτυξης, με διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ από το Παλαιόκαστρο της Σιάτιστας στα Βόρεια, μέχρι και τον Αλιάκμονα ποταμό, στα Νότια.

Φωτ. 3 Η ευρύτερη περιοχή Θέσης του Έργου Πανοραμικά

Η έκταση της περιοχής δραστηριότητας, με την έννοια της ζώνης επηρεασμού, έχει συνολική επιφάνεια 58,21 km^{2}ή 58.207.723,08 m^2 ή 58.207,7 στρεμμάτων και βρίσκεται μακριά κατοικημένων περιοχών, στις θέσεις Σκούμτσα, Ξερολίβαδο του όρους Ν. Βούρινος (κατά την τοπική ονομασία όρος Φλάμπουρο). Σχεδόν το σύνολο της έκτασης βρίσκεται σε δασική έκταση εντός της Μεταλλογενετικής Χρωμιτοφόρου ζώνης του όρους Βούρινου.

Η θέση της Εκμετάλλευσης είναι συνυφασμένη με την υφιστάμενη στοά παλιάς Υπόγειας Εκμετάλλευσης στην περιοχή της Σκούμτσας καθώς και της Επιφανειακής Εκμετάλλευσης και γενικότερης Μεταλλευτικής Δραστηριότητας στην περιοχή του Ξερολίβαδου και κατ επέκταση προς Μουτσάρα.

2.2 Ιστορικά Στοιχεία Εκμετάλλευσης

Από το 1940 έως και το 1991 υπήρξε έντονη, κυρίως Υπόγεια, Μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή του Βούρινου, για παραγωγή και εμπορία Συμπυκνωμάτων Χρωμίτη(conc) και αδρομερούς Χρωμίτη (Lumpy Ore). Τα κυριότερα, ανενεργά σήμερα, Μεταλλεία στην περιοχή, είναι το Μεταλλεία του Ξερολίβαδου-Σκούμτσας και της Μουτσάρας που είναι το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής.

Στο παρελθόν έχει πραγματοποιηθεί Έρευνα με Γεωτρήσεις δειγματοληψίας και ερευνητικές Στοές στο σύνολο αυτών, ενώ επίσης υπήρξε συστηματική Υπόγεια Εκμετάλλευση στο Μεταλλείο Ξερολίβαδου-Σκούμτσας και δοκιμαστική Εκμετάλλευση στο Μεταλλείο της Μουτσάρας. Επίσης, στην περιοχή του Νότιου Βούρινου έχουν εκτελεστεί, κατά το παρελθόν, διάφορες ερευνητικές Γεωτρήσεις και ερευνητικά Φρέατα, με στόχο τον εντοπισμό Μεταλλοφόρων σωμάτων, σε περιοχές όπως: Σάκκουνα, Λιβάδι, Ντούμα Ράχη, Μουτσαροπηγή, Αετοράχες. Επιπλέον στην Περιοχή υπάρχουν μεταλλεία στην περιοχή του Βόρειου Βούρινου στις θέσεις Βοϊδόλακας, Κουρσούμια και Ριζό.

Η Εξόρυξη Χρωμίτη αποτέλεσε μια από τις παλαιότερες και μακροβιότερες (1870-1991) Μεταλλευτικές δραστηριότητες στη σύγχρονη Ελλάδα. Τα μεγαλύτερα Κοιτάσματα Μεταλλουργικού τύπου Χρωμίτη, που έτυχαν Εκμετάλλευσης, είναι αυτά του ορεινού συγκροτήματος του Βούρινου (Ν. Κοζάνης, Δ. Μακεδονία).

Η Εκμετάλλευση του Χρωμίτη είναι συνυφασμένη και με την επεξεργασία του και την Μεταλλουργική διαδικασία.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της Μεταλλουργικής Βιομηχανίας ΕΛ.ΣΙ. Α.Ε. στον Αλμυρό Βόλου 1983, που απορροφούσε το Μεταλλουργικό Χρωμίτη του Βούρινου και παρήγαγε Σιδηροχρώμιο.

Από το 1940 έως και το 1991 υπήρξε έντονη, κυρίως Υπόγεια, Μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή του Βούρινου, αρχικά για παραγωγή και εμπορία χονδρομερούς υλικού και Συμπυκνωμάτων, ενώ μετέπειτα (1981 – 1991) για παραγωγή και εμπορία Σιδηροχρωμίου.

Τα δικαιώματα Εκμετάλλευσης ανήκαν, αρχικά, στην ΕΤΒΑ, τα οποία και μεταβίβασε στη ΓΕΜΕΕ Α.Ε. το 1969. Το 1978 η ΓΕΜΕΕ Α.Ε. συνέταξε μελέτη για την κατασκευή σύγχρονης μονάδας Εμπλουτισμού στην περιοχή Σκούμτσας, η οποία και κατασκευάσθηκε το 1983. Το 1980 η ΓΕΜΕΕ Α.Ε. μεταβίβασε τα δικαιώματά της στην ΕΛΕΒΜΕ, που με τη σειρά της τα μεταβίβασε στην ΕΛΣΙ Α.Ε.

Το 1991, παρά τις βελτιώσεις Εξόρυξης και Μεταλλουργίας, η παγκόσμια κρίση και η πτώση της τιμής του Χρωμίου οδήγησε στην αναστολή κάθε δραστηριότητας Εκμετάλλευσης Χρωμίτη στον Ελλαδικό χώρο.

Πέραν όμως της συνολικής διαδικασίας η καθ αυτού Εξόρυξη Χρωμίτη στην Ελλάδα αποτελεί Μεταλλευτική δραστηριότητα εκατό περίπου ετών. Η Εκμετάλλευση Χρωμίτη στην Ελλάδα ξεκίνησε στο τέλος του 19ου αιώνα. Συγκεκριμένα η Εκμετάλλευση στο Κοίτασμα Τσαγκλί άρχισε το 1880 και συνεχίστηκε μέχρι το 1991.

Άλλα αξιόλογα και μεγάλα Ελληνικά κέντρα Εξόρυξης Χρωμίτη ήταν ο Δομοκός και το Ξερολίβαδο που ουσιαστικά πήρε την πρωτοκαθεδρία από τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο και εδώ.

Στη δεκαετία του ‘50 έγιναν Ερευνητικές κυρίως εργασίες από το Συγκρότημα Μποδοσάκη, που στη δεκαετία του ‘60 συνεχίστηκαν από τη ΓΕΜΕΕ Α.Ε. Μετά το 1976 υλοποιήθηκε στην περιοχή Ερευνητικό πρόγραμμα από το ΙΓΜΕ, που οδήγησε σε σημαντική αύξηση των Αποθεμάτων, ιδιαίτερα στο κεντρικό Ριζό.

Τη δεκαετία 1960-1970 τα Μεταλλευτικά αυτά κέντρα βρίσκονταν σε λειτουργία με Ετήσια Παραγωγή 20 – 40 χιλ. τον. (Ελλάδα στις 15 χώρες Παραγωγής Χρωμίτη).

Μετά το 1970 το Τσαγκλί διατηρεί Ετήσια Παραγωγή 15 – 20 χιλ. τόνους. Το Μεταλλείο Βούρινου μπαίνει σε νέα φάση Ανάπτυξης με πρόσθετα έργα υποδομής, εγκαταστάσεων και χρηματοδότησης για εντοπισμό νέων αποθεμάτων. Συγκεντρωτικά η δραστηριότητα μέχρι το 1976 αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας5).

Πίνακας 5 Παραγωγή Ελληνικού Χρωμίτη έως το έτος 1976

Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΡΩΜΙΤΗ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 1976		
Ερέτρεια Φαρσάλων (Τσαγκλί)	660,000 t	
Δομοκός	450,000 t	Πυρίμαχος
Ροδιανή Κοζάνης	45,000 tn	Πυρίμαχος
Ξερολίβαδο Βούρινου	3.000.000 t	Μεταλουργικός
Βοϊδολάκκας Βούρινου	250,000 t	Μεταλλουργικός
Βέροια (Χαμηλά Πιέρια)	25,000 t	Μεταλλουργικός
Χαλκιδική	60,000 t	Πυρ + Μετ

Στα τέλη της δεκαετίας του ‘80 η ΕΛ.ΣΙ. Α.Ε. ξεκίνησε την Επιφανειακή Εκμετάλλευση του Κοιτάσματος στο κεντρικό Ριζό. Παράλληλα καταρτίστηκε νέο Ερευνητικό πρόγραμμα από το ΙΓΜΕ, που προέβλεπε Τρανσέρες και Γεωτρήσεις στην ευρύτερη περιοχή Ριζό, με σκοπό την περεταίρω αύξηση των Αποθεμάτων. Το μέρος αυτού του προγράμματος που πρόλαβε να υλοποιηθεί πριν την αναστολή των δραστηριοτήτων Χρωμίτη επιβεβαίωσε την επέκταση της Μεταλλοφορίας Δυτικά των υφιστάμενων Εκσκαφών. Έκτοτε, δεν υφίσταται Μεταλλευτική δραστηριότητα στη περιοχή.

Η μονάδα Ελληνικά Σιδηροκράματα (ΕΛΣΙ) άρχισε να λειτουργεί το 1983 απορροφώντας τον Μεταλλουργικό Χρωμίτη του Βούρινου και τον Πυρίμαχο αρχικά από το Τσαγκλί και αργότερα από το Δομοκό. Οι ανάγκες σε Α΄ ύλες συμπληρώνονταν με εισαγωγές.

Η Μεταλλουργική Εταιρεία στον Αλμυρό Μαγνησίας παρήγαγε Σιδηροχρώμιο κατά την περίοδο 1983-1991.Συγκεντρωτικά οι παραγωγή των ΕΛ.ΣΙ. σε Μετάλλευμα Χρωμίτη εως και Σιδηροκραμμάτα δίνεται στο πίνακα (Πίνακας 6).Οι εισροές σε συνάλλαγμα (1989 – 1991) από τις εξαγωγές Εμπλουτίσματος και Σιδηροχρωμίου ξεπέρασαν τα 5 δις. Δρχ (βλέπε Πίνακα 6).

Το 1992 παρά τις βελτιώσεις Εξόρυξης και Μεταλλουργίας αναστέλλεται κάθε δραστηριότητα λόγω της Παγκόσμιας κρίσης των τιμών Ορυκτών Πρώτων Υλών.

Η κατάσταση παραμένει στάσιμη έως και σήμερα παρά τον εντοπισμό νέων Αποθεμάτων και την ύπαρξη της σύγχρονης Μεταλλουργικής μονάδας (ΕΛΣΙ).

Οι λόγοι για το κλείσιμο των Μεταλλείων Χρωμίτη και της Μεταλλουργικής μονάδας Σιδηροκράματος το 1991 ήταν :

- η κρίση στην τιμή του Χρωμίου και των Μετάλλων γενικότερα (προ λειτουργίας 0,7 $/lb με την έναρξη 0,55$/lb)
- ο εξ ολοκλήρου σε δολάρια ΗΠΑ δανεισμός υλοποίησης της επένδυσης με ισοτιμία 1 $= 32 δραχμές και η αποπληρωμή με ισοτιμία 1 $ = 130 δραχμές.
- η μεγάλη δαπάνη για την καταναλισκόμενη ενέργεια σε αντίθεση με την Μεταλλουργία του Αλουμινίου της Ελλάδος η οποία και σήμερα και χάρη σε αυτό συνεχίζει την δραστηριότητά της.
- η εφαρμογή υπερευαίσθητης κοινωνικής πολιτικής με απασχόληση πολλαπλάσιου του απαιτούμενου εργατοτεχνικού προσωπικού.

Πίνακας 6 Παραγωγή και εξαγωγές Χρωμίτη και Σιδηροχρωμίου για το διάστημα 1980 – 1991

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΕΣ ΧΡΩΜΙΤΗ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΧΡΩΜΙΟΥ (ΣΕ ΤΟΝΝΟΥΣ)											
α.ΠΑΡΑΓΩΓΗ	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1988	1989	1990	1991
Χρωμίτης μετάλλευμα	76.611	40.411	59.483	83.202	123.186	214.031	217.979	188.360	187.323	177.430	99.384
Χρωμίτης εμπλούτισμα	33.614	20.856	24.817	20.517	50.363	58.948	60.063	49.335	47.324		28.108
Σιδηροχρώμιο	-	-	-	18.000	32.976	34.400	38.259	44.147	43.597	30.345	
β. ΕΞΑΓΩΓΕΣ											
Χρωμίτης - εμπλούτισμα	21.658	18.844	15.405	10.8767	8.184	6.580	9.127	6.574	18.316	9.969	
Σιδηροχρώμιο	-	-	-	16.000	25.000	34.600	39.564	42.493	39.240	30.225	

Τα μεγαλύτερα εναπομείναντα Αποθέματα Χρωμίτη είναι αυτά του Βούρινου Κοζάνης, τα οποία ήταν υπό Εκμετάλλευση έως το 1991, και συγκεκριμένα της ευρύτερης περιοχής του υπό αργία Μεταλλείου Ξερολίβαδου-Σκούμτσας.

2.3 Κοινωνικά , Μορφολογικά και Περιβαλλοντικά Δεδομένα

Κατάντη του πλησιέστερου σημείου που εμφανίζεται η προϋπάρχουσα Μεταλλευτική υποδομή και σε απόσταση μεγαλύτερη του χιλιομέτρου, βρίσκεται ο ταμιευτήρας του φράγματος Ιλαρίωνα του ποταμού Αλιάκμονα. Υπάρχει νομοθετημένο καθεστώς το οποίο δεν επιτρέπει σε ακτίνα 500m από τις εκβολές του ποταμού την οποιαδήποτε δραστηριότητα.

Όμορα των δραστηριοτήτων της υπάρχουσας Στοάς Προσπέλασης Σ700 της προηγούμενης Μεταλλευτικής δραστηριότητας και των εγκαταστάσεων Εμπλουτισμού βρίσκεται εν ενεργεία μονάδα Εξόρυξης και Επεξεργασίας Ολιβίνη (Thermolith) που χρησιμοποιεί μέρος των παλαιότερων εγκαταστάσεων Εμπλουτισμού Χρωμίτη. Επίσης υπάρχουν σε ετοιμόρροπη κατάσταση διάφορα κτίρια εξυπηρέτησης των προηγούμενων Εκμεταλλεύσεων Χρωμίτη κυρίως στην περιοχή του οροπεδίου «Ξερολίβαδο». Τέλος, ΝΝΑ και σε απόσταση άνω των 500m, υπάρχει κτηνοτροφική μονάδα βοοειδών και γενικότερη κτηνοτροφική δραστηριότητα στην περιοχή.

Το ανάγλυφο (Σχήμα 8) εμφανίζει ήπιες κλίσεις κυρίως στην περιοχή της Σχεδιαζόμενης Εκμετάλλευσης ενώ στην περιοχή του Ξερολίβαδου υπάρχει το ομώνυμο οροπέδιο. Μεταξύ των Περιοχών της Σκούμτσας, του Ξερολίβαδου σχηματίζεται το όρος Φλάμπουρο με πιο μέτριες προς έντονες κλίσεις, ενώ η σύνδεση προς Χρώμιο χαρακτηρίζεται με πιο έντονο ανάγλυφο ως προς την προσέγγιση του.

Σχήμα 8 Μορφολογία της περιοχής σε σχέση με την Σχεδιαζόμενη Εκμετάλλευση και τα Όρια της Μεταλλευτικής Παραχώρησης

Όπως αναφέρθηκε η περιοχή Χρώμιο έχει πάρει το όνομα του από την δραστηριότητα και την εμφάνιση του Χρωμίτη και δημιουργήθηκε μετά την Μικρασιατική Καταστροφή κυρίως από Πόντιους αλλά και τους εργάτες των γειτονικών περιοχών που μετεγκαταστάθηκαν ώστε να είναι κοντά οι οικογένειες τους στον αρχικό Μεταλλευτικό χώρο στο Οροπέδιο του Ξερολίβαδου (μέχρι τον 2ο Παγκοσμιο δεν υπήρχε οδός Σύνδεσης ενώ και η μεταφορά του μεταλλεύματος γινόταν με εναέρια lift). Τόσο λοιπόν το χωριό όσο και κοντινές Κωμοπόλεις όπως η Αιανή αλλά και η ευρύτερη Περιοχή των Νομών Κοζάνης και Γρεβενών είναι συνυφασμένες και θετικά προσκείμενες στην Μεταλλευτική Δραστηριότητα. Σε αυτό έρχεται να συνηγορήσει και τα ποσοστά Ανεργίας τόσο που μετά το κλείσιμο των ΕΛ.ΣΙ. ερήμωσε την γύρω περιοχή όσο και γενικότερα λόγω της κρίσης όπου σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ (Μάρτιος 2021) , η συγκεκριμένη περιοχή έχει το 2ο μεγαλύτερο ποσοστό Ανεργίας της Ελλάδας, και αναμένεται να αυξηθεί εξαιτίας της απολιγνιτοποίησης (Αρκετός πληθυσμός μετά τα ΕΛ.ΣΙ. απορροφήθηκε στην Δ.Ε.Η).

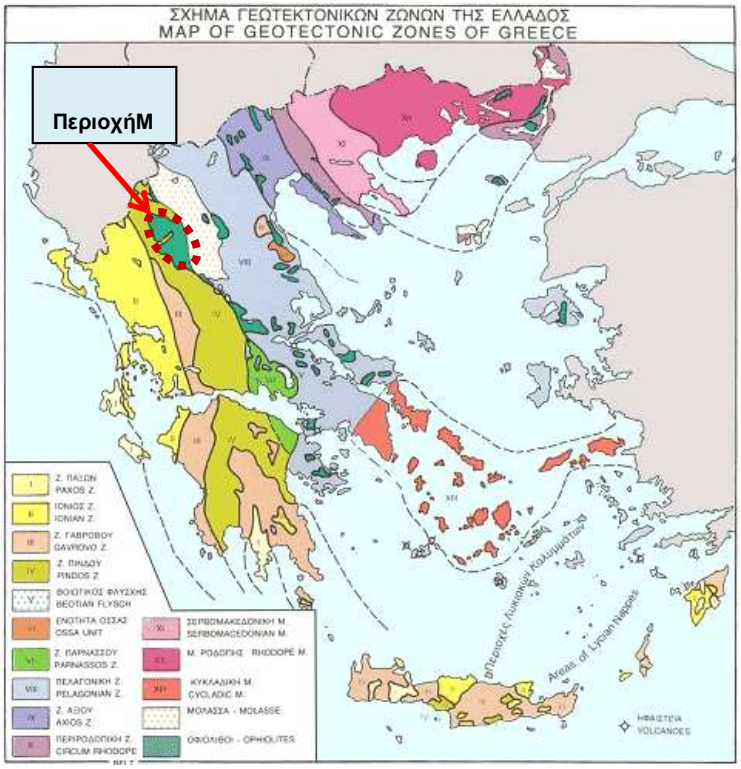
2.4 Οδικό Δίκτυο

Η προσπέλαση στο χώρο της Σκούμτσας (Σήραγγα-Στοά 700) γίνεται με υφιστάμενο χωματόδρομο από το 12ο km της Ε.Ο Αιανής-Χρωμίου Κοζάνης, μήκους 14km. Η προσπέλαση από την Σκούμτσα στο χώρο των εγκαταστάσεων Λιθογόμωσης, φρεάτων Αερισμού των υφιστάμενων Μεταλλευτικών Υποδομών γίνεται από υφιστάμενη οδό σε καλή κατάσταση ,μήκους 4km, που κατά το παρελθόν εξυπηρετούσαν τις ίδιες εγκαταστάσεις και σκοπούς. Στο σχήμα (Σχήμα 9) με κίτρινο χρώμα εμφανίζεται το επαρχιακό οδικό δίκτυο, ενώ με τα λοιπά χρώματα οι δασικοί και υπάρχοντες χωματόδρομοι σύνδεσης των περιοχών της Σχεδιαζόμενης Εκμετάλλευσης.

Σχήμα 9 Σύνδεση του Οδικού Δικτύου με τους χώρους της Σχεδιαζόμενης Εκμετάλλευσης

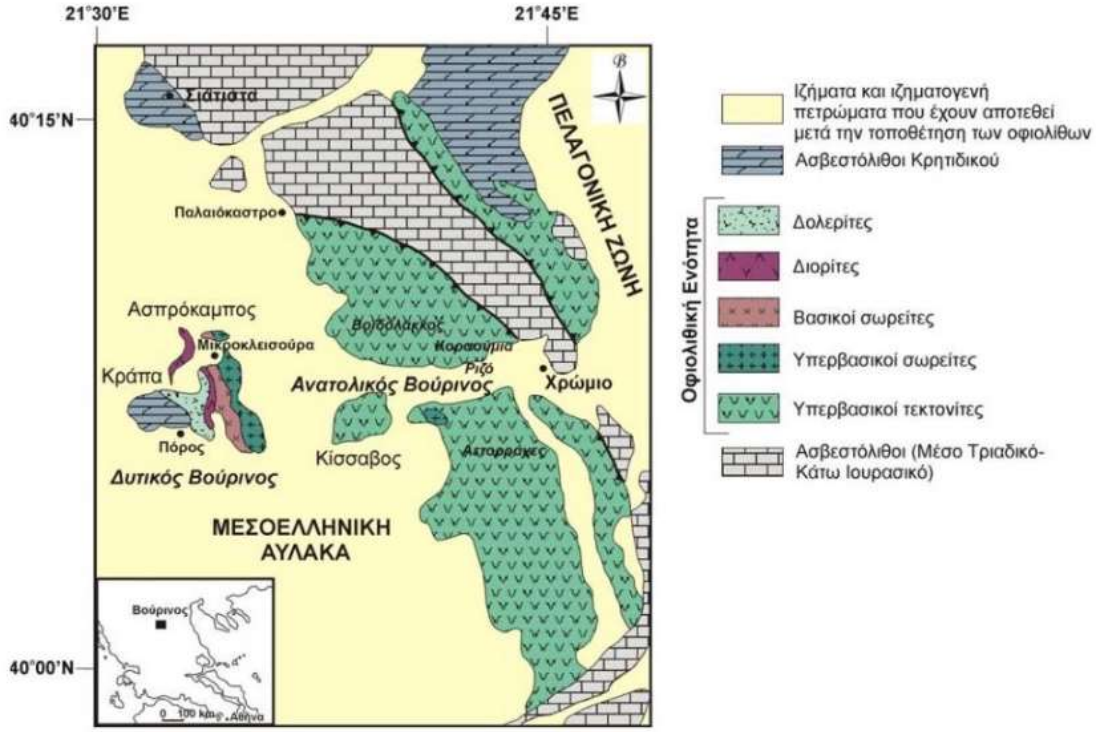
2.5 Γεωλογία Υδρογεωλογία και Τεκτονική της Περιοχής

Τα πετρώματα στον Ελλαδικό χώρο ανάλογα με την ηλικία της Απόθεσης και του Τεκτονισμού τους μπορούν να διακριθούν σε τρεις μεγάλες ομάδες: τα προαλπικά, τα οποία αποτέθηκαν στην διάρκεια του Παλαιοζωικού και συμμετείχαν στον Ερκύνειο ορογενετικό κύκλο, τα Αλπικά που αποτέθηκαν την περίοδο του Τριαδικού έως και του Κάτω Μειοκαίνου, τα οποία συμμετείχαν, μαζί με τα προηγούμενα, στην Αλπική ορογένεση και τέλος τα μεταλπικά με ηλικία νεότερη του Κάτω Μειοκαίνου που αποτέθηκαν ασύμφωνα πάνω στο σύνολο των προαναφερθέντων πετρωμάτων. Η εμφάνιση και εξάπλωση των προαλπικών σχηματισμών στον Ελλαδικό χώρο δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική. Αντίθετα οι Αλπικοί σχηματισμοί μαζί με τα μεταλπικά ιζήματα είναι αυτοί που καθορίζουν και διαμορφώνουν το ανάγλυφο της Ελλάδας. Η Ελλάδα σύμφωνα με το Ε.Α.Γ.Μ.Ε. ***(Μουντράκης 2008)*** χωρίζεται στις παρακάτω Γεωτεκτονικές Ενότητες (Σχήμα 10)



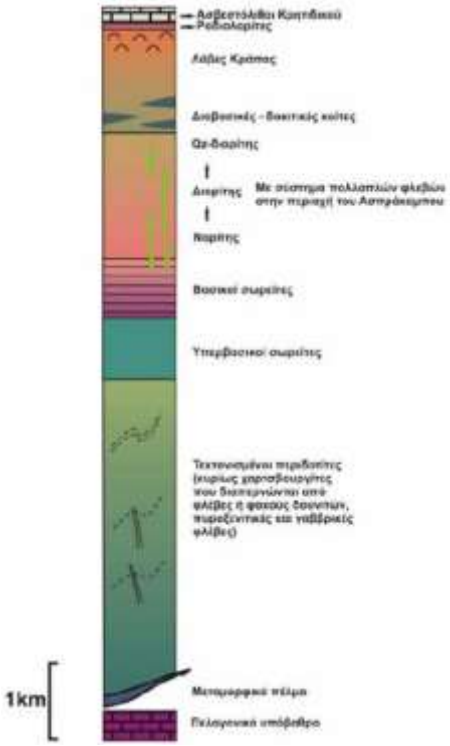
Σχήμα 10 Χάρτης Γεωτεκτονικών Ενοτήτων

Το Οφιολιθικό Σύμπλεγμα του Βούρινου (Σχήμα 11), στο οποίο προσδιορίζεται το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση, καλύπτει συνολική έκταση περί τα 450 km^2 και εντάσσεται στη δυτική Οφιολιθική λωρίδα του Συμπλέγματος. Αποτελείται κυρίως από μανδυακά πετρώματα, καθώς και από μια μαγματική ακολουθία με κλίση ως προς τα δυτικά. Το Οφιολιθικό Σύμπλεγμα του Βούρινου είναι επωθημένο προς τα ΒΑ επάνω στην μεταϊζηματογενή ακολουθία του Τριαδικού, αποτελούμενη από ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα ηπειρωτικής πλατφόρμας και από έναν Σχιστοποιημένο ιζηματογενή σχηματισμό, ο οποίος «παγιδεύτηκε» κατά την επώθηση του Βούρινου και αποτελείται από Αργίλους, Αργιλοψαμμίτες, Τόφους, Κερατόλιθους, Φυλλίτες και Ολιθοστρώματα. Ραδιολαρίτες του Άνω Ιουρασικού επικαλύπτουν το Σύμπλεγμα στα Δυτικά, ενώ ακολουθούνται στρωματογραφικά από επικλυσιγενείς Ασβεστολίθους του Ανώτερου Κρητιδικού. Τέλος, οι ανώτεροι στρωματογραφικοί σχηματισμοί αποτελούνται από πελαγικά και νηριτικά ιζήματα, τα οποία υποδεικνύουν περιβάλλον ηπειρωτικής κατωφέρειας πριν από την Άνω Κρητιδική επίκλυση και την απόθεση της Μόλασσας.



Σχήμα 11 Απλοποιημένος Γεωλογικός χάρτης του Οφιολιθικού Συμπλέγματος του Βούρινου (τροπ. Από ΙΓΜΕ 1993,)

Η Στρωματογραφία του Οφιολιθικού Συμπλέγματος του Βούρινου παρουσιάζεται στη Στρωματογραφική Στήλη που ακολουθεί (Σχήμα 12).



Σχήμα 12 Η ΣτρωματογραφικήΣτήλη του ΟφιολιθικούΣυμπλέγματος του Βούρινου (τροπ. Από Moores 1969 και Jacksonetal. 1975)

Το πετρολογικό ΜΟΗΟ εμφανίζεται στο Βούρινο ***(Jackson κ.α. 1975)*** και αποτελείται από μία απότομη επαφή διείσδυσης μεταξύ των υπολειμματικών Χαρτζβουργιτικών και Σωρειτικών Δουνιτών ***(Markins κ.α. 1980)***. Όλα τα πετρώματα πάνω από την επαφή αυτή δεν έχουν την μανδυακή υφή και περιλαμβάνουν υπερβασικούς και βασικούς Σωρείτες σε κυκλικές ενότητες (***Jackson κ.α. 1975, Ράσσιου κ.α. 1983***), Δουνιτικά σώματα με Χρωμιτικές εμφανίσεις, μία σειρά Γαββρονοριτών-Διοριτών πάχους 1000 m. και σύστημα πολλαπλών φλεβών πάχους τουλάχιστον 1,5 km.

Ροές λάβας υπάρχουν στην κορυφή του συστήματος πολλαπλών φλεβών και περιλαμβάνουν μικρότερα στρώματα Pillowλαβών. Η ζωνώδης μεταμόρφωση όπως και σε πολλούς Οφιολίθους διαβαθμίζεται μεταξύ της χαμηλής - Αμφιβολιτικής φάσης στους ανώτερους σωρείτες και της Πρασινοσχιστολιθικής και Ζεολιθικής φάσης στις φλέβες.

Η υδροθερμική Μεταμόρφωση έχει σχηματίσει Επίδοτα και εμφανίσεις Θειούχων στον Διαβάση, Πρασινοσχιστολιθικής φάσης καθώς και μικρά σώματα Ίασπη μέσα στην Ζεολιθική φάση.

Τα ανώτερα τμήματα του Οφιόλιθου υπόκεινται δύο ασυνεχών επαφών ***(Μαυρίδης 1980)***. Η παλιά επαφή χωρίζει τους Ασβεστολίθους με Καλπιονέλλες του Αν. Ιουρασικού από τις Λάβες Ζεολιθικής φάσης και η νεώτερη επαφή υπόκειται Κρητιδικών Ασβεστολίθων πλατφόρμας και διαβρώνει μέσω των Ασβεστολίθων με καλπιονέλλες την λάβα και τα Διοριτικά πετρώματα. Η Οφιολιθική σειρά έχει περιστραφεί τουλάχιστον 70° πριν την απόθεση των Κρητιδικών Ασβεστολίθων ***(Ράσσιου 1981)***. Έτσι το πλήρες πάχος του Οφιόλιθου δεν μπορεί να εκτιμηθεί αφού έχει έντονα διαβρωθεί στην κορυφή του πριν το Κρητιδικό.

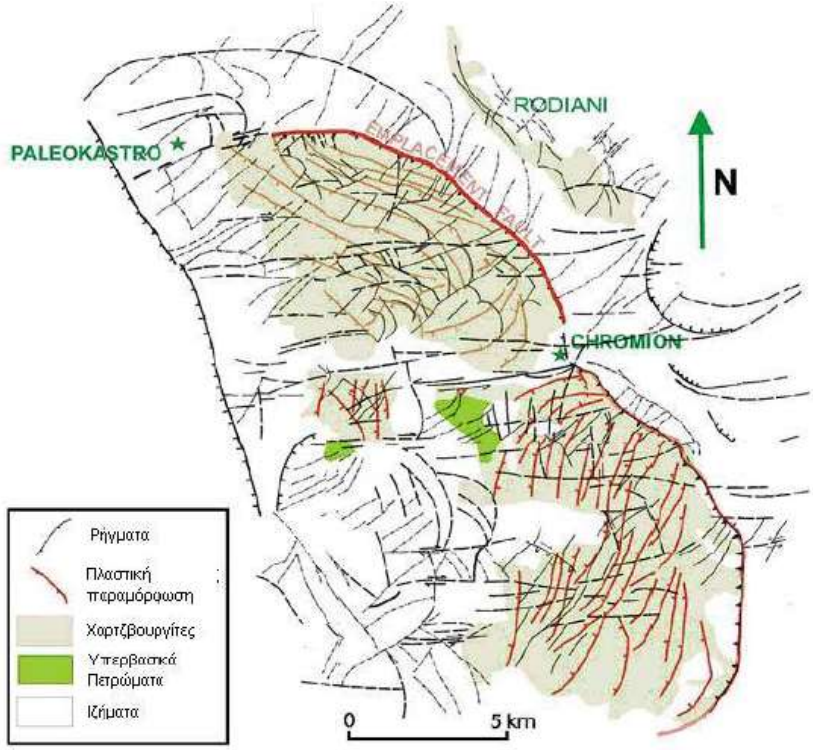
Η Στρωματογραφία του Βούρινου δείχνει ότι είναι ένας δυναμικός ξενιστής Χρωμίτη, Ολιβινίτη, Τιτανο-Μαγνητίτη, Χρυσού, Πλατινοειδών και Αντιολισθηρών αδρανών. Η διάβρωση υπερβασικών πετρωμάτων οδήγησε στην δημιουργία στρώσεων Νι-Λατεριτών στους πρόποδες του Βουρίνου.

Στον Νότιο Βούρινο ο Δουνίτης εμφανίζεται με μικρότερη σκληρότητα αφού δεν είναι Ολιβινικός, ενώ η Μεταλλοφορία εμφανίζεται πάντα schlierenμε χονδρόκοκκο Χρωμίτη και πληθώρα αναδιπλώσεων αποτέλεσμα της πλαστικής κατάστασης του υλικού . Αυτό οφείλεται στην σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας του υλικού σε σχέση με τον Βόρειο Βούρινο, όπου πιστεύεται ότι αναδύθηκε πρώτος με απότομη πτώση αυτής. Η παράταξη πάντα ΒΑ και η κλίση προς τα ΒΔ και ΝΑ σχηματίζοντας αντικλινικές και συγκλινικές δομές.

Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος χαρακτηρίζεται από έντονη πλαστική, αλλά και Θραυσιγενής Τεκτονική Παραμόρφωση. Η πλαστική παραμόρφωση απεικονίζεται με Ζώνες Μυλονιτίωσης, οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις τέμνουν τις επαφές Χαρτσβουργίτη-Δουνίτη. Οι Ζώνες αυτές είναι γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ με μικρές έως πολύ μικρές κλίσεις προς τα ΒΔ και τα ΝΑ. Οι ζώνες αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές καθώς αποτελούν τους ορίζοντες στους οποίους εντοπίζονται τα κοιτάσματα Χρωμίτη.

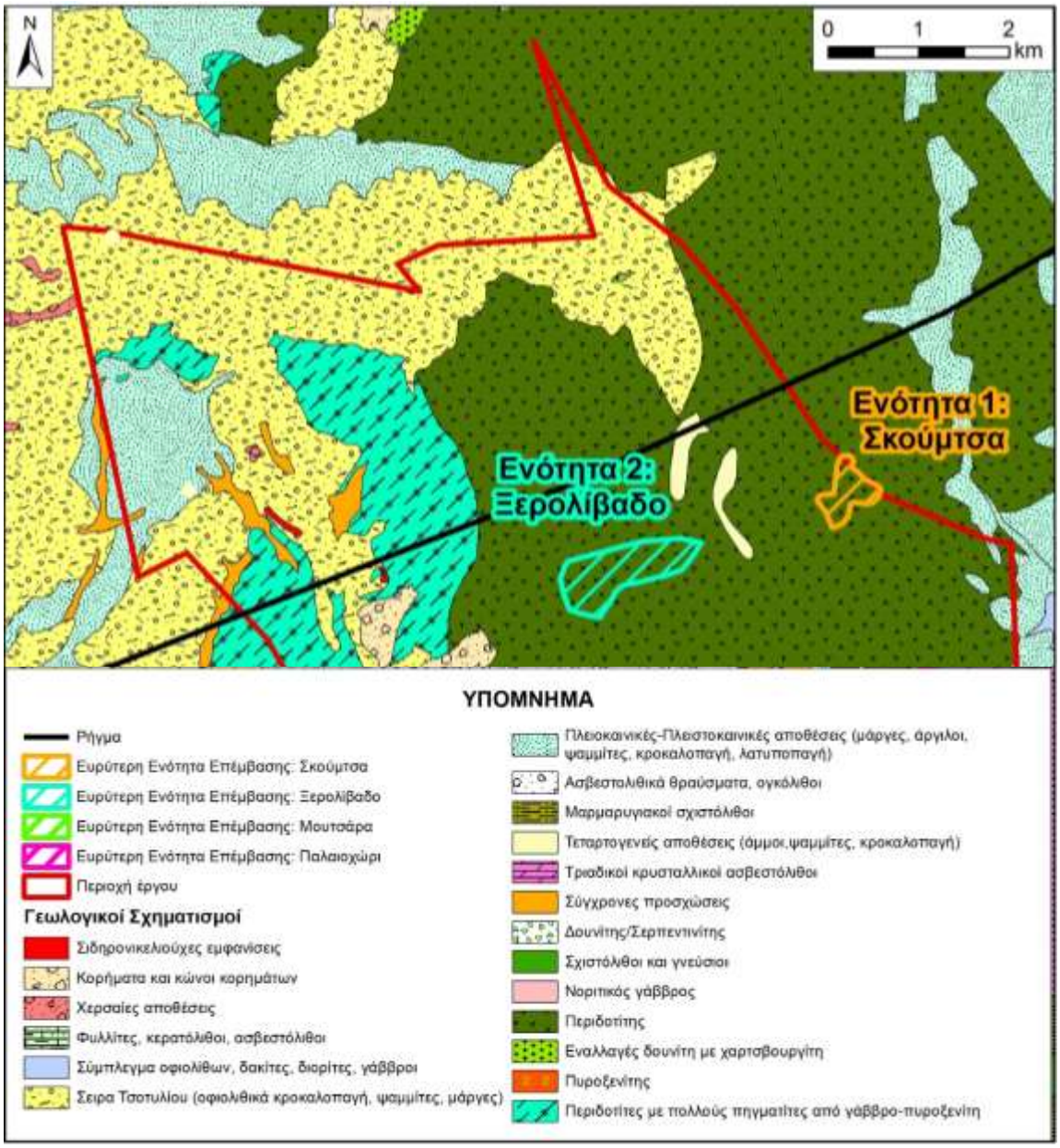
Όσον αφορά τη Θραυσιγενή Παραμόρφωση, οι ρηξιγενείς επιφάνειες ακολουθούν τρεις κύριες διευθύνσεις: μια ΒΒΔ-ΝΝΑ με σχεδόν κατακόρυφες κλίσεις, μια ΑΒΑ-ΔΝΔ με κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ ΝΝΑ ή ΒΒΔ, και τέλος μια ΔΒΔ-ΑΝΑ με κλίσεις προς τα ΝΝΔ. Τα Ρήγματα γενικής διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ συνοδεύονται από κατακλαστικές ζώνες σημαντικού πάχους. Οι Διακλάσεις που τέμνουν τους Περιδοτίτες ακολουθούν τις ακόλουθες κύριες διευθύνσεις: μια ΒΔ-ΝΑ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ με κλίσεις προς τα ΝΔ έως ΝΝΔ, μια ΒΑ-ΝΔ με κλίση προς τα ΒΔ, και τέλος μια ΒΒΔ-ΝΝΑ με κλίση προς τα ΑΒΑ.

Οι ρηξιγενείς δομές της ευρύτερης περιοχής παρουσιάζονται στο χάρτη που ακολουθεί (Σχήμα 13).



Σχήμα 13 Τεκτονικός Χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Βούρινου (Rassios, 2009)

Εντός της περιοχής σύμφωνα με το Γεωλογικό χάρτη του Ε.Α.Γ.Μ.Ε.(***Φύλλα ΚΝΙΔΗ & ΛΙΒΑΔΕΡΟ, Κλίμακα 1:50000)*** (Σχήμα 14), διακρίνονται οι ενσωματωμένα περιγραφόμενοι Γεωλογικοί σχηματισμοί.



Σχήμα 14 Απλοποιημένος Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής που χωροθετείται το Μεταλλείο

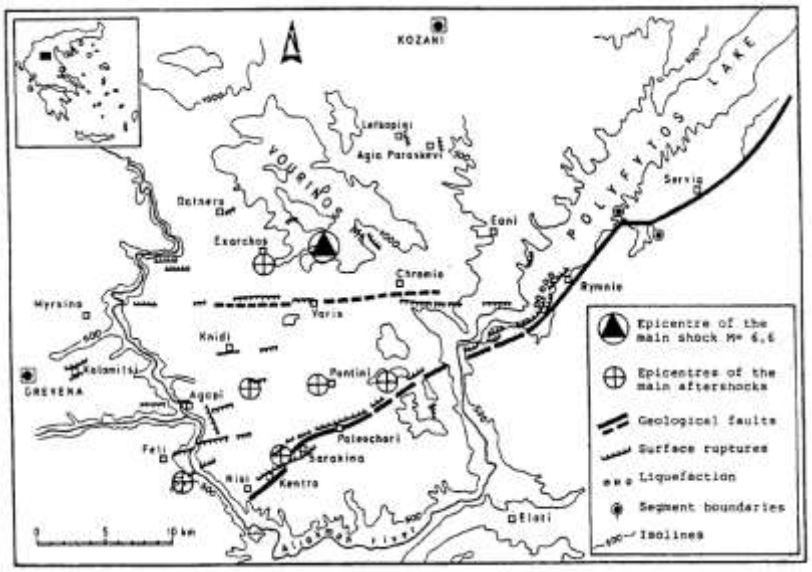
Όσον αφορά το Τεκτονικό καθεστώς, η κανονικής ολίσθησης Ρηξιγενής ζώνη του Αλιάκμονα, συνολικού μήκους 64 km διασχίζει την περιοχή της σχεδιαζόμενης δραστηριότητας και ειδικότερα το χώρο της υφιστάμενης προϋπάρχουσας Μεταλλευτικής Δραστηριότητας. Όπως φαίνεται και στο χάρτη που ακολουθεί (Σχήμα15), η συγκεκριμένη ζώνη διακρίνεται σε τρία τμήματα: το Ρήγμα του Παλαιοχωρίου, του Ρύμνιου και των Σερβίων.

Οι δύο πρώτες Ρηξιγενείς επιφάνειες είναι υπεύθυνες επίσης για τον καταστροφικό Σεισμό της Κοζάνης, στις 13/05/1995 **(μεγέθους M = 6,6)**.

Το Ρήγμα του Παλαιοχωρίου επαναδραστηριοποιήθηκε στο σύνολο του μήκους του, σε αντίθεση με το Ρήγμα του Ρύμνιου το οποίο επαναδραστηριοποιήθηκε μόνο κατά ένα τμήμα του. Τα δύο τεμάχη αυτά διαχωρίζονται από ένα σχετικά γωνιώδη όριο καθώς και από τη παρουσία μορφολογικών διαφοροποιήσεων μεταξύ τους.

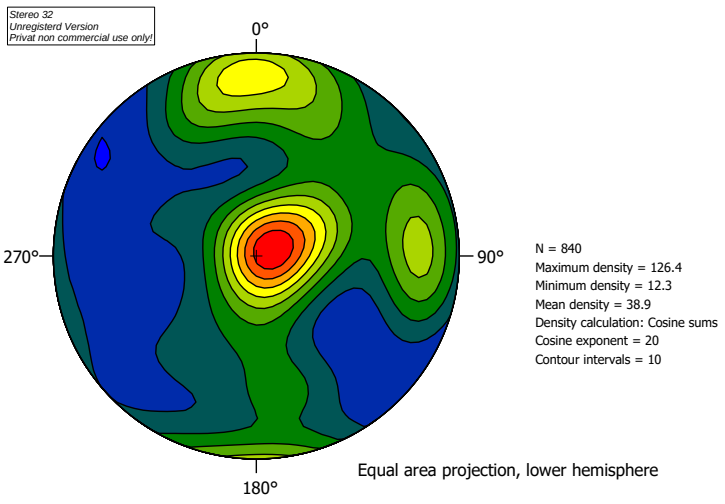
Αντιθέτως, το Ρήγμα των Σερβίων παρουσιάζει τα πιο διακριτά μορφολογικά χαρακτηριστικά που μαρτυρούν αρκετά πρόσφατη σεισμική δραστηριότητα. Παρ' όλα αυτά, κατά τη διάρκεια του Σεισμικού γεγονότος του 1995 το Ρήγμα αυτό παρέμεινε ανενεργό. Το όριο του συγκεκριμένου τεμάχους δεν έχει οριστεί μόνο Σεισμικά, αλλά και Γεωλογικά, με τον σχηματισμό μιας δεξιόστροφης γεωμετρίας και με ταυτόχρονη αλλαγή στη Διεύθυνση του.

Η ζώνη αυτή είναι γενικής διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ με μεγάλη γωνία κλίσης στην επιφάνεια και μετάπτωση του ΒΒΔ τεμάχους. Υπολογίστηκε παρ' όλα αυτά ότι η κλίση της ζώνης στο βάθος γίνεται μικρότερη, φτάνοντας περίπου τις 30-35°, και έτσι χαρακτηρίζεται ως Λιστρικό.

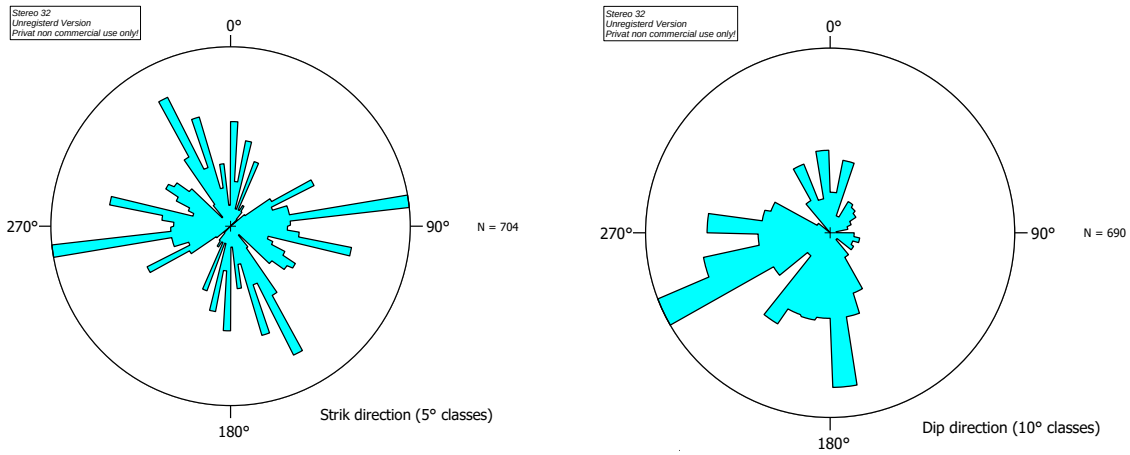


Σχήμα 15 Χάρτης της περιοχής Κοζάνης-Γρεβενών με τα Επίκεντρα του κύριου Σεισμού της 13/05/1995 και τους κύριους Μετασεισμούς, τα κύρια Γεωλογικά ρήγματα και τις πρόσφατες εδαφικές διαρρήξεις (Πηγή: Νεοτεκτονική Χαρτογράφηση της Ελλάδας, Φύλλο ΚΟΖΑΝΗ)

Από επιτόπιες παρατηρήσεις Βόρεια απ το χώρο του Μεταλλείου διαπιστώθηκε η ύπαρξη κανονικών και αντιθετικών ρηγμάτων που αναπτύσσονται σε διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και με κλίσεις 60ο-90ο προς τα ΝΔ. Επίσης παρατηρήθηκαν ζώνες αποκόλλησης (πιθανά σύστημα Επώθησης) με στοιχεία ανάπτυξης (ΒΒΑ-ΝΝΔ) και κλίσεις από 15ο εως 40ο (οι κλίσεις αυξάνονται προς τα υψηλότερα υψόμετρα).Αυτό πρόκειται ως αποτέλεσμα της προϋπάρχουσας Τεκτονικής η οποία σύμφωνα με τα Διαγράμματα (Σχήμα 16, Σχήμα 17) είναι διεύθυνσης Β-Ν και της στρέψης της Περιοχής, λόγω Νεοτεκτονικής Δράσης και πρόσφατων σεισμών (1995). Η συστηματικότητα της εμφάνισης των κανονικών ρηγμάτων δίνουν καθ ύψος μετατοπίσεις, που βυθίζουν την περιοχή προς τα ΝΔ και την ανυψώνουν προς τα ΒΑ. Οι μετατοπίσεις τοπικά φτάνουν περίπου τα 2 μέτρα, και η διαδοχική μετατόπιση, μετατοπίζει αρκετά μέτρα την περιοχή προς τα Δυτικά αριστερόστροφα, ενώ ενεργοποιεί και τις προϋπάρχουσες επιφάνειες των κανονικών και αντιθετικών ρηγμάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανύψωση και μετατόπιση του Κεντρικού και Ανατολικού τμήματος προς τα ΒΑ την ταπείνωση και βύθιση του Κεντρικού και Δυτικού Τμήματος προς τα ΝΔ. Η ζώνη κοντά στο Μεταλλείο δείχνουν έντονο κατακερματισμό των πετρωμάτων. Έντονη επιρροή της Τεκτονικής συναντάται στο Νοτιο,Νότιο- ΝοτιοΑνατολικό, και λιγότερο Νότιο-ΝοτιοΔυτικό τμήμα της Περιοχής του Μεταλλείου, που εντοπίζονται κώνοι κορημάτων, και έντονη διάβρωση με απότομη και υψηλών κλίσεων ανύψωση.

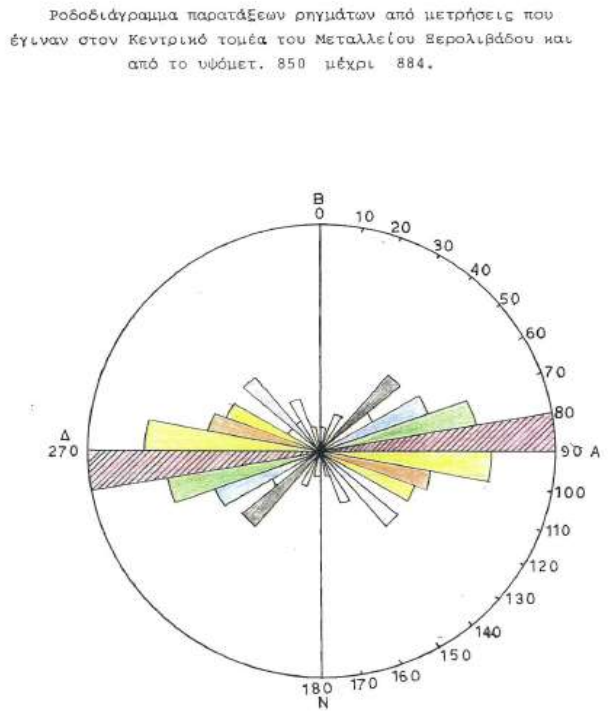


Σχήμα 16 Πολικό Διάγραμμα της Τεκτονικής πλησίον του Μεταλλείου Ξερολίβαδου



Σχήμα 17 Ροδόγραμμα Παρατάξεων Ρηγμάτων (αριστερά) και Κλίσης (δεξιά)

Αυτά έρχονται σε συνάφεια με τα βιβλιογραφικά δεδομένα όσο και με τα Ροδογράμματα των παρατάξεων των ρηγμάτων από τα ΕΛ.ΣΙ το 1991 (πριν το σεισμό του 1995) και τα οποία φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 18)



Σχήμα 18 Ροδόγραμμα Παρατάξεων Ρηγμάτων Υπόγειου Μεταλλείου από τα ΕΛΣΙ

Η διερεύνηση των Υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής γίνεται προκειμένου να εντοπισθούν πιθανά αναμενόμενα προβλήματα στα προβλεπόμενα έργα λόγω δράσης του Υπόγειου Νερού. Οι Γεωλογικοί Σχηματισμοί, που απαντώνται στην περιοχή της δραστηριότητας, παρουσιάζουν αναλυτικά την ακόλουθη Υδρολιθολογική συμπεριφορά.

Η ταξινόμηση των Γεωλογικών σχηματισμών ως προς την κατηγορία του Συντελεστή Περατότητας k έγινε με βάση την ταξινόμηση κατά Terzaghi and Peck (1967) και παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 7).

Πίνακας7 Κατηγορίες Συντελεστών Περατότητας κατά Terzaghi and Peck (1967) από Barnes 2005

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ k (m/sec)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
$10^{-3} \leq k$	ΥΨΗΛΗ
$10^{-5} \leq k < 10^{-3}$	ΜΕΤΡΙΑ
$10^{-7} \leq k < 10^{-5}$	ΧΑΜΗΛΗ
$10^{-9} \leq k < 10^{-7}$	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
$k < 10^{-9}$	ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Η ταξινόμηση των Γεωλογικών σχηματισμών στις κατηγορίες αυτές γίνεται κατ' εκτίμηση, σύμφωνα με μακροσκοπικές παρατηρήσεις και βιβλιογραφικά στοιχεία.

Όπως φαίνεται και στο χάρτη που ακολουθεί, στην περιοχή της δραστηριότητας διακρίνονται οι ακόλουθες βασικές κατηγορίες.

Αδιαπέρατοι Σχηματισμοί: Πρόκειται κυρίως για Μεταμορφωμένα και Ηφαιστειακά πετρώματα, πολύ χαμηλής ($10^{-9} \leq k < 10^{-7}$) έως ασήμαντης Υδροπερατότητας ($k < 10^{-9}$). Κατά θέσεις, η Περατότητα των σχηματισμών αυτών μπορεί να μεταβάλλεται, καθώς εξαρτάται επίσης από το βαθμό διάρρηξης και αποσάθρωσης τους.

Καρστικοί Σχηματισμοί: Ασβεστόλιθοι και Μάρμαρα εκτεταμένης ανάπτυξης, μέτριας ($10^{-5} \leq k < 10^{-3}$) έως υψηλής Υδροπερατότητας ($10^{-3} \leq k$).

Πορώδεις Σχηματισμοί (1): Κοκκώδεις Προσχωματικές Αποθέσεις κυμαινόμενης Υδροπερατότητας.

Πορώδεις Σχηματισμοί (2): Κοκκώδεις μη Προσχωματικές Αποθέσεις μέτριας ($10^{-5} \leq k < 10^{-3}$) έως πολύ μικρής Υδροπερατότητας.

Πορώδεις Σχηματισμοί (3): Κοκκώδεις Μολασσικές Αποθέσεις σχετικά μικρής Υδροπερατότητας ($10^{-7} \leq k < 10^{-5}$).

Να σημειωθεί ότι το Οφιολιθικό Σύμπλεγμα, αν και πρωτογενώς αποτελεί έναν αδιαπέρατο σχηματισμό, παρουσιάζει υψηλό δευτερογενές πορώδες λόγω των έντονων Τεκτονικών διεργασιών που αναπτύχθηκαν στην περιοχή της δραστηριότητας. Έτσι, οι σχηματισμοί των Οφιολίθων παρουσιάζουν υψηλό Συντελεστή Κατείσδυσης και μεγάλη Υδροπερατότητα.

Από παρατηρήσεις και καταγραφές κατά την διάρκεια της δραστηριότητας***(Επίσκεψη σχολής Μηχ.Μετ.Μετ 1976)*** στο Μεταλλείο του Ξερολίβαδου από τις κατεισδύσεις και τα Υπόγεια νερά τον χειμώνα οι Παροχές είναι της τάξης των 70 m^3/h και το καλοκαίρι 5-10 m^3/h.

2.6 Έρευνα-Στοιχεία-Κοιτάσματος- Αποθέματα

Τα Χρωμιτικά σώματα αναπτύσσονται εντός του σχηματισμού του Δουνίτη, σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και με κλίση είτε προς τα ΒΔ είτε προς τα ΝΑ, γεγονός που φαίνεται να συμφωνεί με την πολυπτυχωμένη δομή του Κοιτάσματος ***(Καψιώτης 2008)***.

Τα Κοιτάσματα Χρωμίτη εμφανίζονται είτε σε στρωματόμορφες διεισδύσεις, είτε σε διάφορα τμήματα Οφιολιθικών Συμπλεγμάτων που συναντώνται σε Παλαιοζωικές και Μεσοζωικές ζώνες Αλπικού τύπου. Οι Χρωμίτες που εντοπίζονται εντός των Οφιολιθικών Συμπλεγμάτων, παρατηρούνται συνήθως εντός της μανδυακής ενότητας των Οφιολίθων, ενώ σπανιότερα εμφανίζονται εντός της υπερβασικής σωρειτικής ακολουθίας. Μία Χρωμιτική «Μεταλλοφόρος Ζώνη» παρουσιάζεται στο μέσο περίπου της μανδυακής σειράς καθ' όλο το μήκος του Οφιόλιθου (σχήμα 16).

Έχει πάχος περίπου 0,5 - 1 kmκαι εκτός της υψηλής συγκέντρωσης Χρωμίτη χαρακτηρίζεται και από την ύπαρξη πολλών Δουνιτικών σωμάτων, καθώς επίσης και από δομές «εύθραυστης παραμόρφωσης» που προσανατολίστηκαν κατά την τοποθέτησή του Οφιόλιθου με τη μορφή αποκολλημένων τεμαχίων ***(Γρίβας κ.α. 1986)***.

Η Μεταλλοφόρος αυτή ζώνη (Σχήμα 19) είναι παράλληλη προς τις δομές υψηλής θερμοκρασίας «ράχης» στους Χαρτζβουργίτες. Οι υψηλής θερμοκρασίας δομές καλύπτονται από τη Μυλωνιτική παραμόρφωση ***(Ross κ.α.)***, η οποία δημιουργείται από την αποκόλληση του τεμάχους, καθώς και από την παραμόρφωση κατά την διάρκεια τοποθέτησης του Οφιόλιθου ***(Roberts κ.α. 1988, Γρίβας κ.α. 1993, Ράσσιου κ.α. 1994).***

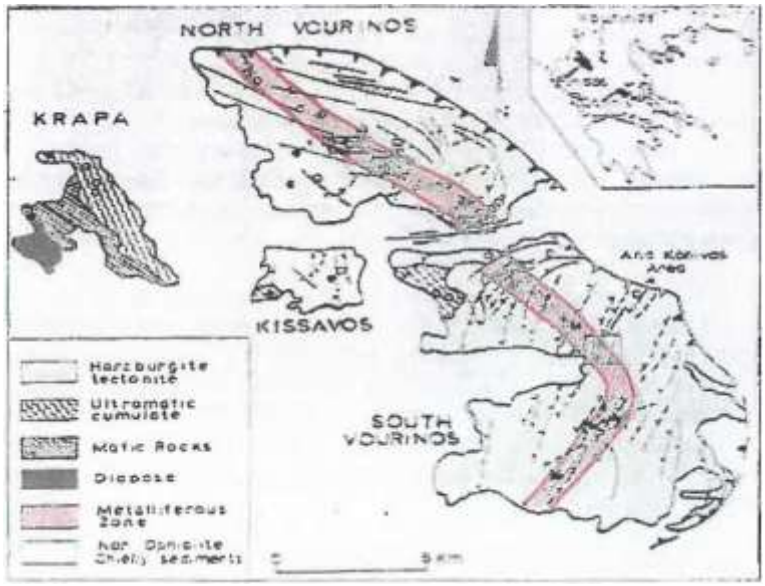
Η Μεταλλοφορία Χρωμίτη απαντά μέσα στο δουνίτη σε ποικιλία σχήματος, μεγέθους και υφής (Συμπαγής, Σλήρεν, Διάσπαρτος, Λεοπαρδάλεως). Τα Κοιτάσματα που έχουν εντοπιστεί είναι κατά βάση Σλήρεν(«schlieren») με περιεκτικότητα σε Χρωμίτη, κυμαινόμενη από 12-38%. Η χημική σύσταση του ίδιου Χρωμίτη κυμαίνεται από 45% Cr_2O_3ως 71% Cr_2O_3.

Στο Οφιολιθικό Σύμπλεγμα του Βούρινου έχουν περιγράφει πάνω από 700 εμφανίσεις Χρωμιτών ***(Βραχάτης και Γρίβας, 1980)***. Η πιο σημαντική Μεταλλοφορία εμφανίζεται στο νότιο Βούρινο και αναφέρεται στο γνωστό Μεταλλείο του Ξερολίβαδου (Σκούμτσα). Στο Νότιο Βούρινο υπάρχει επίσης το Μεταλλείο Αετοράχες, ενώ μικρότερης σημασίας είναι οι Μεταλλοφορίες στις περιοχές Μουτσάρα, Σκούμτσα (Π25), Ποταμιά και στο Δημόσιο Μεταλλείο Κονιβό.

Η Μεταλλοφορία εντός της περιοχής ενδιαφέροντος είναι ταινιωτής μορφής, όπου οι Μεταλλοφόρες ταινίες εμφανίζουν πάχος μεταξύ 1-20 cm η κάθε μια, και εμφανίζονται σχεδόν οριζόντιες ή και πτυχωμένες. Ο Χρωμίτης, στις ταινίες Χρωμίτη, εμφανίζεται συνήθως Συμπαγής, αν και μπορεί να εντοπιστεί και Διάσπαρτος. Αντιθέτως, στις ταινίες Σερπεντινίτη εμφανίζεται Διάσπαρτος. Το σύνολο του Μεταλλοφόρου σχηματισμού είναι έντονα Τεκτονισμένο και αυτό παρατηρείται και στα Χρωμιτικά σώματα, τα οποία είναι πολυπτυχωμένα και κατακερματισμένα, όπου η παρουσία μικρών Ρηγμάτων και διακλάσεων τα τεμαχίζει και τα μετατοπίζει.

Στην περιοχή της Σκούμτσας, οι ταινίες Χρωμίτη εμφανίζονται αρκετά λεπτές (< 2 cm) ***(Καψιώτης 2008)*** και εναλλάσσονται γρήγορα με τις ταινίες Σερπεντινίτη. Αντιθέτως, στην περιοχή του Ξερολίβαδου οι ταινίες Χρωμίτη είναι παχύτερες και οι εναλλαγές με τις ταινίες Σερπεντινίτη λιγότερο ρυθμικές. Λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από πετρολογικές, μορφολογικές, χημικές και άλλες παραμέτρους, ασφαλή συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν για το μοντέλο γένεσης των κοιτασμάτων της περιοχής μελέτης.

Αρχικά, δημιουργείται το πέτρωμα ξενιστής (Χαρτσβουργίτης) με μερική τήξη και αφαίρεση του Θολεϊτικού Τήγματος σε ώριμη περιοχή επέκτασης (μεσοωκεάνια ράχη). Στη συνέχεια, η διαδικασία της ενδο-ωκεάνιας διάρρηξης αποκολλά ένα τμήμα του ωκεάνιου πυθμένα, στο πλαίσιο ενός ευρύτερου συμπιεστικού καθεστώτος. Έτσι, ξεκινά η ενδο-ωκεάνια επώθηση των Οφιολίθων του Βούρινου και δημιουργείται ένα περιβάλλον νησιωτικού τόξου επάνω από τη ζώνη καταβύθισης. Στη συνέχεια, η υψηλού βαθμού μερική τήξη του ήδη εκχυμωμένου Χαρτσβουργίτη, λόγω της προσφοράς ρευστών από την πλάκα που υποβυθίζεται, συντελεί στη γένεση μανδυακού τήγματος. Το Τήγμα αυτό διαχωρίζεται από την πηγή και μέσω διαρρήξεων του πετρώματος, ανεβαίνει σε μικρότερα βάθη όπου και δημιουργείται ένα σύστημα παράλληλων μαγματικών θαλάμων. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες, στους θαλάμους αυτούς γίνεται η αποβολή του Χρωμίτη ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης τήγματος και πετρώματος. Τέλος, το επόμενο στάδιο του μοντέλου γένεσης αποτελείται από την άνοδο μέρους του μάγματος και τη γένεση των Σωρειτικών και Ηφαιστειακών πετρωμάτων της Οφιολιθικής ακολουθίας. Η κυκλοφορία του νερού προκαλεί μεταμόρφωση των βασικών πετρωμάτων, Σερπεντινίωση των Περιδοτιτών ξενιστών του Κοιτάσματος και την εξαλλοίωση των Χρωμιτών, ενώ φαινόμενα παραμόρφωσης και κατάκλασης των Χρωμιτών παρατηρούνται λόγω της ηπειρωτικής τοποθέτησης που ακολουθεί.



Σχήμα 19 Χρωμιτοφόρος Ζώνη εντός των Οφιολίθων Βούρινου

Η περιοχή του Νότιου Βούρινου έχει προκαλέσει στο παρελθόν έντονο Ερευνητικό ενδιαφέρον, λόγω ύπαρξης σημαντικών κοιτασμάτων Χρωμίτη που έχουν εντοπιστεί στην περιοχή. Από τις έρευνες που έχουν γίνει από την εταιρεία ΕΛΣΙ Α.Ε., αλλά και από Γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από το ΙΓΜΕ και τη ΓΕΜΕΕ Α.Ε. στο παρελθόν αλλά κυρίως από την Εκμετάλλευση που διακόπηκε το 1991 ,τα Βέβαια εναπομείναντα Απολήψιμα Αποθέματα προς Εκμετάλλευση στην περιοχή του Νότιου Βούρινου, και συγκεκριμένα στον Νότιο τομέα της προ υπάρχουσας Εκμετάλλευσης με βάση ιστορικά στοιχεία ***(Σταμούλης 1991 , ΕΛ.ΣΙ)***και συντηρητικές προσεγγίσεις, ανέρχονται σε 850.000tn (από βέβαια αποθέματα A+B=1.214.000 tn ***Σταμούλης 1991***), με μέση περιεκτικότητα σε Χρωμίτη25%.

Αντίστοιχα στα σύνορα του Νότιου με τον Κεντρικό τομέα πλησίον του ρήγματος F2 που οριοθετεί τομείς Εκμετάλλευσης, υπάρχουν εναπομείναντα Απολήψιμα Αποθέματα περίπου 150.000tn. Στους ίδιους δύο πιο πάνω τομείς υπάρχουν Πιθανοί Πόροι περί τις 700.000 tn οι οποίοι δεν έχουν περιχαρακωθεί (C1+C2)

Επομένως τα συνολικά απολήψιμα αποθέματα είναι στο Ν.Βούρινο είναι 1.700.000tn.

Αντίστοιχα στην περιοχή του Νοτιο-Δυτικού τομέα (υπέρ-Νότιου), τα υπολογισμένα με βάση προηγούμενες Ερευνητικές Γεωτρήσεις τα υπολογιζόμενα αποθέματα ανέρχονται σε, C1+C2=2.500.000tn με μέση περιεκτικότητα 20%.

Συνεπώς το Συνολικό δυναμικό του Μεταλλείου ανέρχεται στα 4.200.000 tn περίπου.

Το κοίτασμα αποτελείται από παράλληλα στρώματα, διαστάσεων 250 x150x2,8(m,),έχει παράταξη 35°-60°, ελάχιστο πάχος 3m και μέση περιεκτικότητα 20-25%. Η Μεταλλοφορία αναπτύσσεται από το υψόμετρο +800 έως το +350. Ως προς τα Ποιοτικά χαρακτηριστικά του Κοιτάσματος, με βάση τα στοιχεία της Εκμετάλλευσης κατά το παρελθόν, πρόκειται για άριστης ποιότητας Χρωμίτη. Οι μέσες τιμές των περιεκτικοτήτων του Χρωμίτη από χημικές αναλύσεις που έχουν γίνει κατά το παρελθόν, δίδονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 8). Σημαντικό είναι Θυσανοποίηση που εξελίσσεσαι στα άκρα των φακών η οποία συχνά διακόπτεται η συνέχεια τους με αποτέλεσμα τον διαχωρισμό τους σε επιμέρους φακούς ***(Σταμούλης 1991)***

Το ειδικό βάρος του Χρωμίτη κυμαίνεται 4,5-4,8 gr/cm^3, η σκληρότητά του θεωρείται 5,5,ενώ το χρώμα του ποικίλει σιδηρομέλαν - καστανομέλαν - πρασινομέλαν. Το ROM μετάλλευμα αναμένεται να έχει ειδικό βάρος 3,2-4,5 gr/cm^3 , ανάλογα με την επί τοις εκατό (%) περιεκτικότητα σε Χρωμίτη.

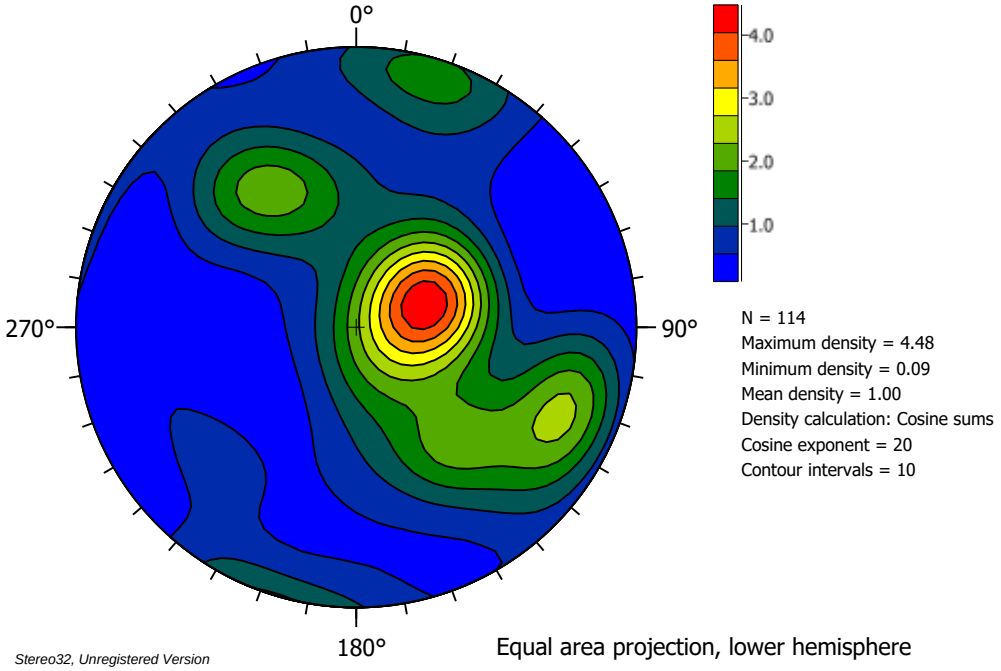
Στην περιοχή έχουν πραγματοποιηθεί περισσότερες από εκατό (100) γεωτρήσεις, συνολικού μήκους περί τα 12.500m. Στοιχεία της μεγαλύτερης ποσότητας εξ αυτών διατέθηκαν από την Εταιρεία ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ Α.Ε για την Μοντελοποίηση του Κοιτάσματος.

Πίνακας 8 Χημική ανάλυση Μεταλλεύματος ROM Χρωμίτη

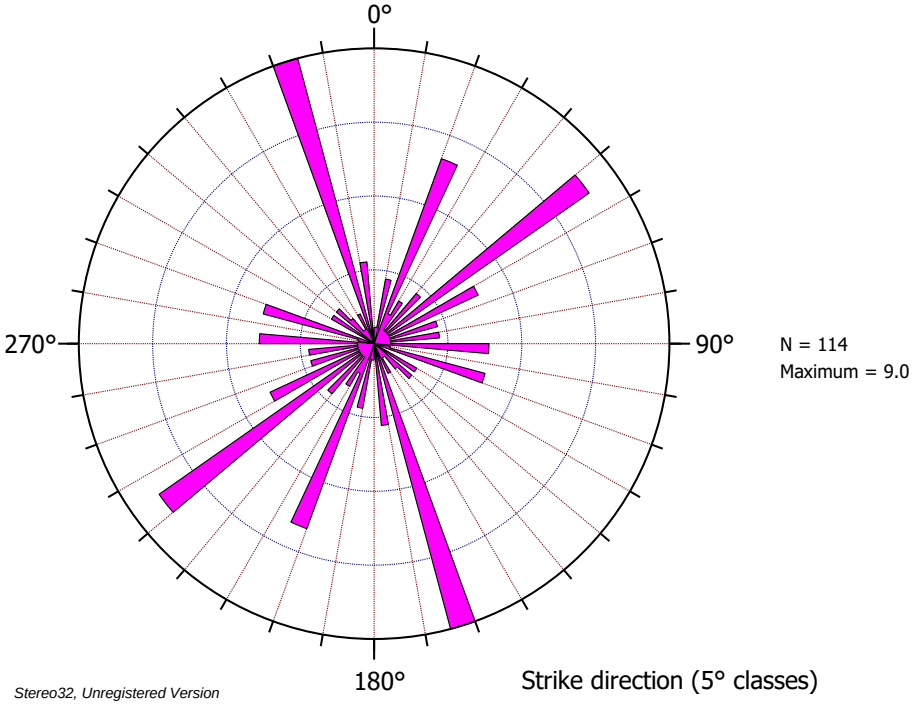
Συστατικό	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Cr_2O_3	NiO	ΣΥΝΟΛΟ
Ποσοστό (%)	0,22	0,24	9,18	19,71	0,83	9,57	0,19	58,90	0,35	99,19

Από την επιτόπια καταγραφή που πραγματοποιήθηκε εξήχθηκε ότι μέρος των Φακών εμφανίζεται έντονα κατακερματισμένο λόγω της Τεκτονικής της Περιοχής, και σε ακανόνιστα σώματα, ενώ πλέον η έντονη Σερμπεντινίωση που έχει επιδράσει, αλλάζει την εμφάνιση του Χρωμίτη κυρίως σε συμπαγής μάζες συσσωματωμάτων και κόκκων. Υπάρχουν εμφανίσεις του ίδιου τύπου, αλλά μαζί και με Σερπεντινιωμένου Δουνίτη (αρκετές φορές εως και Σερπεντινίτης) καθώς και Σερπεντινιωμένου Χαρτζβουργίτη. Η διεύθυνσης εμφάνισης και ανάπτυξης του Χρωμίτη παραμένει σχεδόν η ίδια με στρέψη του άξονα (ΒΒΑ-ΝΝΑ) προς την Α-Δ. Οι υψηλές συγκεντρώσεις Χρωμίτη συναντώνται κοντά στις Σερμπεντινιώμενες ζώνες και έντονα Τεκτονισμένες περίπου στα ίδια υψόμετρα και προς τα ΝΔ. Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν φακοί πάχους 5m, 8m, 11m, 12m, σε υψόμετρα από 500 εως 750 m.

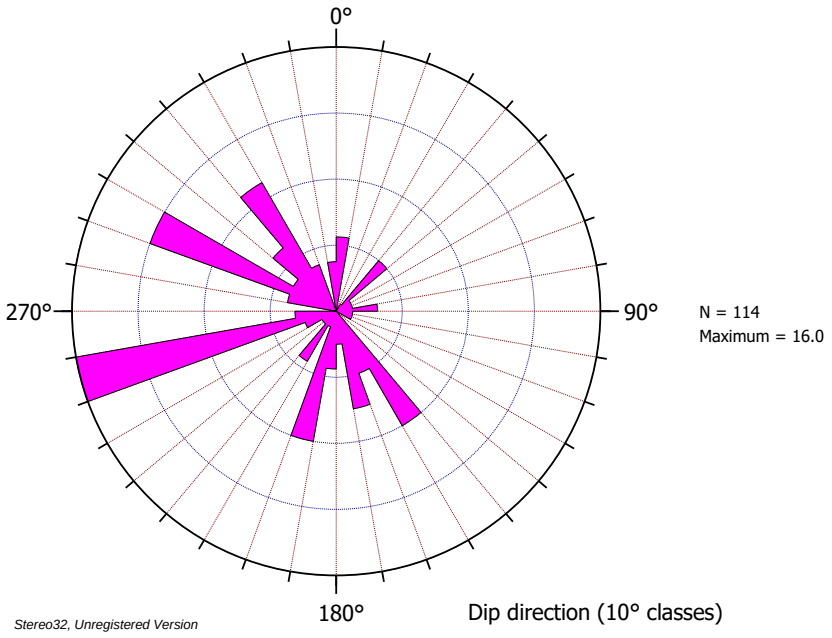
Επιπλέον σε σχέση με αυτές τις ενδείξεις πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της Γράμμωσης του Χρωμίτη που επιβεβαιώνει τα παραπάνω βιβλιογραφικά δεδομένα σε αρκετό βαθμό καθώς και επιπλέον πληροφορίες που χρησιμοποιήθηκαν για την Μοντελοποίηση του Κοιτάσματος. Αυτά απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 20, Σχήμα 21, Σχήμα 22) των Στερεογραφικών Προβολών.



Σχήμα 20 Πολικό Διάγραμμα Γράμμωσης Χρωμίτη



Σχήμα 21 Ροδόγραμμα Προσανατολισμού της Γράμμωσης του Κοιτάσματος Χρωμίτη



Σχήμα 22 Ροδόγραμμα της φοράς Βύθισης του Χρωμίτη

2.7 Υφιστάμενα Έργα και Τρόπος Εκμετάλλευσης

Το Μεταλλείο Ξερολίβαδου-Σκούμτσας βρίσκεται στις ΟΠ31 ΟΠ42 του Νομού Γρεβενών και τα Μεταλλευτικά δικαιώματα σήμερα ανήκουν στην εταιρεία ΕΛΛΗΜΕΤ-ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ Α.Ε. Η περιοχή της Σκούμτσας είχε τόσο Επιφανειακούς όσο και Υπόγειους χώρους. Πρακτικά η Εκμετάλλευση ξεκίνησε με αφορμή την κατασκευή της Στοάς 700 για την πρόσβαση και μεταφορά των υλικών του κοιτάσματος του Ξερολίβαδου που μέχρι πρότινος γινόταν από Κεκλιμένο Φρέαρ στο Ξερολίβαδο. Ο χώρος της περιοχής της Σκούμτσας, χρησιμοποιήθηκε κυρίως ως χώρος Προσπέλασης-Πρόσβασης των Κοιτασμάτων, καθόσον λειτουργούσε σχεδόν στην έξοδο της Σήραγγας 700 , το παλιό εργοστάσιο Εμπλουτισμού.

Φωτ. 4 Είσοδος Σήραγγας 700 εξωτερικά (αριστερά) εντός (δεξιά)

Στην Σκούμτσα οι εξωτερικοί χώροι ήταν περίπου 312.803m^2. Η Εκμετάλλευση του Κοιτάσματος έγινε κατά το διάστημα αρχές της δεκαετίας 1980 έως το 1991,οπότε και σταμάτησε.

Τα υφιστάμενα Μεταλλευτικά έργα που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν, στην περιοχή Σκούμτσας είναι:

- Μία (1) Σήραγγα- Στοά προσπέλασης από τα 700m
- Ερευνητική Στοά η οποία αποτελεί και κλάδο (Στοά Διαφυγής) της παραπάνω, νότια της Σήραγγας 700 (Φωτ.5).
- Περισσότερες από είκοσι (20) μικρές Ερευνητικές Εκσκαφές, Βόρεια και Νότια της θέσης της Στοάς Προσπέλασης.
- Επιπλέον, στην περιοχή έχουν πραγματοποιηθεί πλήθος Γεωτρήσεων κυρίως Υπόγεια.

Φωτ. 5 Ερευνητική Στοά (δίδυμη) στην περιοχή της Σκούμτσας

Στην περιοχή του Ξερολίβαδου η Επιφανειακή προϋπάρχουσα Μεταλλευτική δραστηριότητα καλύπτει έκταση περίπου 692.557 m^2. Η Εκμετάλλευση ξεκίνησε Επιφανειακά στην περιοχή του Ξερολίβαδου στο υψόμετρο άνω των 1000 μ, εξελίχθηκε σε Υπόγεια με Φρέατα Αερισμού, μονάδα Λιθογόμωσης, Κεκλιμένο Μεταφοράς Εξορυσσόμενου υλικού ενώ στη συνέχεια η δραστηριότητα συνεχίστηκε σε κατώτερα υψόμετρα μέσω της Στοάς 700 και έξοδο προς την Σκούμτσα.

Στην Δεκαετία όπου ξεκίνησε η Μεταλλευτική δραστηριότητα στο Ξερολίβαδο, μέχρι και την Δεκαετία του 1960 υπήρχε εναέρια κυκλοφορία του Μεταλλεύματος, ενώ από την Δεκαετία του 1960 αντικαταστάθηκε με μεταφορά φορτηγών επί κατασκευαζόμενου και σήμερα υφιστάμενου οδικού δικτύου, ενώ το 1981 κατασκευάστηκε και ξεκίνησε να λειτουργεί η μονάδα Λιθογόμωσης.

Στην περιοχή υπήρξε και μεμονωμένη Επιφανειακή Εκμετάλλευση, ενώ ταυτόχρονα υπήρχε και Μονάδα Εμπλουτισμού που στην συνέχεια μετεγκαταστάθηκε στην Σκούμτσα, καθώς και οικισμοί διαμονής Εργαζομένων. Με την διάνοιξη και λειτουργία της Στοάς 700 τα παραπάνω εγκαταλείφθηκαν εκτός της μονάδας Λιθογόμωσης η οποία λειτούργησε ως το 1991 και από τότε παραμένει ανενεργή, ενώ τα Φρέατα τα Κεκλιμένα παρέμειναν ως έργα Αερισμού μέχρι την παύση λειτουργίας του Μεταλλείου.

Το Μετάλλευμα που Εξορύχθηκε Υπόγεια σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα ξεπερνούν το 2.500.000 tn. Το Μεταλλείο βρίσκεται στην παραχώρηση ΟΠ 42 των Νομών Κοζάνης και Γρεβενών και τα Μεταλλευτικά δικαιώματα σήμερα ανήκουν στην ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΑΕ. Η πρόσβαση στο μεταλλείο γίνεται από χωματόδρομο μήκους περίπου 18kmαπό τον επαρχιακό δρόμο Χρωμίου – Βάρης μέσω της Σκούμτσας (Σκούμτσα- Ξερολίβαδο 4 Km) ή από την επαρχιακή Πάλιουρας-Κνίδης και από χωματόδρομο μήκους περίπου 9,5km .

Τα Μεταλλευτικά Έργα που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή του Ξερολίβαδου αφορούν τα κάτωθι και φαίνονται στις φωτογραφίες (Φωτ.6, Φωτ.7):

- Επιφανειακές Εκσκαφές και Αποθέσεις Στείρων.
- Τα Π1-Π2-Π3-Π4-Π5 κύρια 2ΦρεάταΑερισμού, 1 Φρέαρ Λιθογόμωσης, 2 Κεκλιμένα Αποκομιδής
- Μονάδα Λιθογόμωσης
- Δύο (2) στοές μικρού μήκους, 10 - 50m, οι οποίες έχουν αποκαλυφθεί, και λειτούργησαν ως οδοί διαφυγής κάτω από το υψόμετρο των πιο πάνω (Π1-Π2-Π3-Π4-Π5)
- Διάφορα μικρά Καμινέτα Αερισμού κατά μήκος της στοάς 700 και σε ακτίνα 2 Km από τον άξονα της
- Εγκαταστάσεις Εμπλουτισμού και αντίστοιχα παλιά πλυντήρια Μεταλλεύματος
- Υποστηρικτικές εγκαταστάσεις κυρίως διαμονής και ενδιαίτησης Εργαζομένων

Φωτ. 6 Σήραγγα Διαφυγής στην περιοχή του Ξερολίβαδου (πάνω αριστερά) Φρέαρ Ανέλκυσης (πάνω δεξιά), Επιφανειακοί σωροί στείρων και παλαιά μονάδα Λιθογόμωσης (κάτω αριστερά) , ΦρέαρΑερισμού Καμινέτο(κάτω δεξιά)

Φωτ. 7 Παλαιές Εγκαταστάσεις Πλυντηρίων Εμπλουτισμού στο Ξερολίβαδο (αριστερά), Παλαιές Εγκαταστάσεις Ενδιαίτησης για τους Εργαζόμενους-Κατοίκους του Ξερολίβαδου

Από τα στοιχεία κατά την Υπόγεια Εκμετάλλευση του παρελθόντος έχουν κατά θέσεις εφαρμοστεί δυο Μέθοδοι Εκμετάλλευσης, ανάλογα κυρίως με το πάχος του Κοιτάσματος. Σε θέσεις με μεγάλα πάχη εφαρμόστηκε η Μέθοδος των Κενών Μετώπων (open stoping), ενώ σε θέσεις με μικρότερα πάχη εφαρμόστηκε η Μέθοδος των Γομούμενων Μετώπων (Διαδοχικών Κοπών και Λιθογομώσεων ή με Συμπτυσσόμενο Μέτωπο). Σε κάθε περίπτωση η Εκμετάλλευση γινόταν σε Διαδοχικούς Ορόφους ανά 10 μέτρα.

2.8 Γεωτεχνικά Στοιχεία –Τεχνικογεωλογικά Στοιχεία-Σεισμικότητα

Στην περιοχή ο Χρωμίτης βρίσκεται μέσα σε Δουνίτες, ενώ ο κύριος όγκος των πετρωμάτων είναι Χαρτσβουργίτες. Το είδος του Κοιτάσματος είναι μορφής Schlieren και έχει αναπτυχθεί στην κορυφή του Σύγκλινου, κυρίως κατά την κατεύθυνση του άξονά του.

Το Κοίτασμα διακόπτεται και ελέγχεται Τεκτονικά πάνω σε ρήγματα Α-Δ. (F1, F2, Fm), τα οποία τα ίχνη τους εμφανίζονται έως την επιφάνεια, ενώ εσωτερικά μεταξύ ρηγμάτων (F2-Fm), υπάρχουν δευτερεύοντα Ρήγματα που προκαλούν μικρές κατά άλμα μετακινήσεις σε υψόμετρο 700-900m εντός του ορεινού όγκου.

Στις περιοχές κοντά στα Ρήγματα παρατηρούνται εμφανίσεις έντονα Μυλονιτιομένες ή κατακερματισμένες και Σερμπεντινιομένες, ενώ τις περισσότερες φορές η εμφάνιση του Χρωμίτη είναι σε εξ αλλοιωμένους Δουνίτες.

Για τα Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων πετρωμάτων όπως αναφέρθηκε παρατηρείται έντονος Κατακερματισμός και Μυλονιτίωση κοντά στις ζώνες Ρηγμάτων, ενώ παρατηρούνται Ασυνέχειες χωρίς υλικό ή πληρωμένες με Ασβεστιτικό υλικό ή και με Λευκόλιθο ενώ αρκετές φορές δημιουργούνται δευτερογενής Ασυνέχειες λόγω ύπαρξης φλεβών Πυροξενίτη.

Από την επιτόπια επίσκεψη συλλέχτηκαν δοκίμια κατάλληλου μεγέθους από τα πετρώματα που απαντώνται τόσο εξωτερικά όσο και εντός των Μεταλλείων, καθώς πραγματοποιήθηκαν επί τόπου καταγραφή της ποιότητας Βραχομάζας καθώς και στοιχείων όπως Κλίσεις Στρωμάτων, προσανατολισμό Ασυνεχειών και Ρηγμάτων που εντοπίστηκαν και μετρήσεις insitu σημείων Δειγματοληψίας.

Από την καταγραφή των Ασυνεχειών σε σχέση και με την είσοδο του Μεταλλείου προσδιορίστηκαν κατάλληλα στοιχεία για την κατάταξη της Βραχομάζας των διαφόρων Λιθολογιών. Με δεδομένα τα RQD των Γεωτρήσεων τα οποία εν μέρει επιβεβαιώθηκαν από την επί τόπου καταγραφή, αλλά και στοιχεία των Ασυνεχειών μιας και δεν υπήρχαν σαφή στοιχεία στις Γεωτρήσεις έγινε επιφανειακή καταγραφή όσο ήταν δυνατό και αποσαφήνιση της εικόνας.

Από τα δείγματα που συλλέχθηκαν πραγματοποιήθηκαν δοκιμές Point Load (Φωτ. 8), και Μοναξονικής Θλίψης στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Σηράγγων της Σχολής Μ.Μετ.Μετ του Ε.Μ.Π.

Από τις δοκιμές του Point Load εξήχθη ο παρακάτω πίνακας(Πίνακας 9) Αντοχών σε σχέση με την βιβλιογραφία και με διάφορους ερευνητές. Επίσης οι δοκιμές επειδή αφορούσαν τόσο διαφορετικές λιθολογίες όσο και διάφορους προσανατολισμούς αδυναμίας που εντοπίστηκαν από την μακροσκοπική παρατήρηση οι τελικές τιμές που εξήχθησαν ως μέσες τιμές ανά Λιθολογία εμφανιζόμενες στον επόμενο πίνακα (Πίνακα 10)

Πίνακας 9 Προσδιοριζόμενες Τιμές Αντοχών μέσω Δοκιμών Point Load

sample	direction	type	isrm(Mpa)	bienawski(Mpa)	ref(Mpa)	Average (Mpa)	Average (Mpa)	Is(50)[Mpa]
dun	abse	irreg	217.31	204.22	244.47	222.00	212.11	9.05
dun	vert	irreg	226.93	231.56	255.29	237.93	224.55	9.46
ser	abse	irreg	9.00	7.80	7.50	8.10	8.24	0.38
ser	parall	irreg	13.44	12.60	11.20	12.41	12.46	0.56
dun alt	vert	irreg	6.74	6.68	7.58	7.00	6.63	0.28
Cr disp	abse	irreg	33.02	28.62	37.15	32.93	31.83	1.38
Cr sli	paral	form	38.51	34.15	43.32	38.66	37.25	4.94
Cr sli	vert	form	6.93	6.99	7.80	7.24	6.84	0.29

Πίνακας 10 Μέσες Τιμές Αντοχών Λιθολογιών μέσω Δοκιμών Point Load

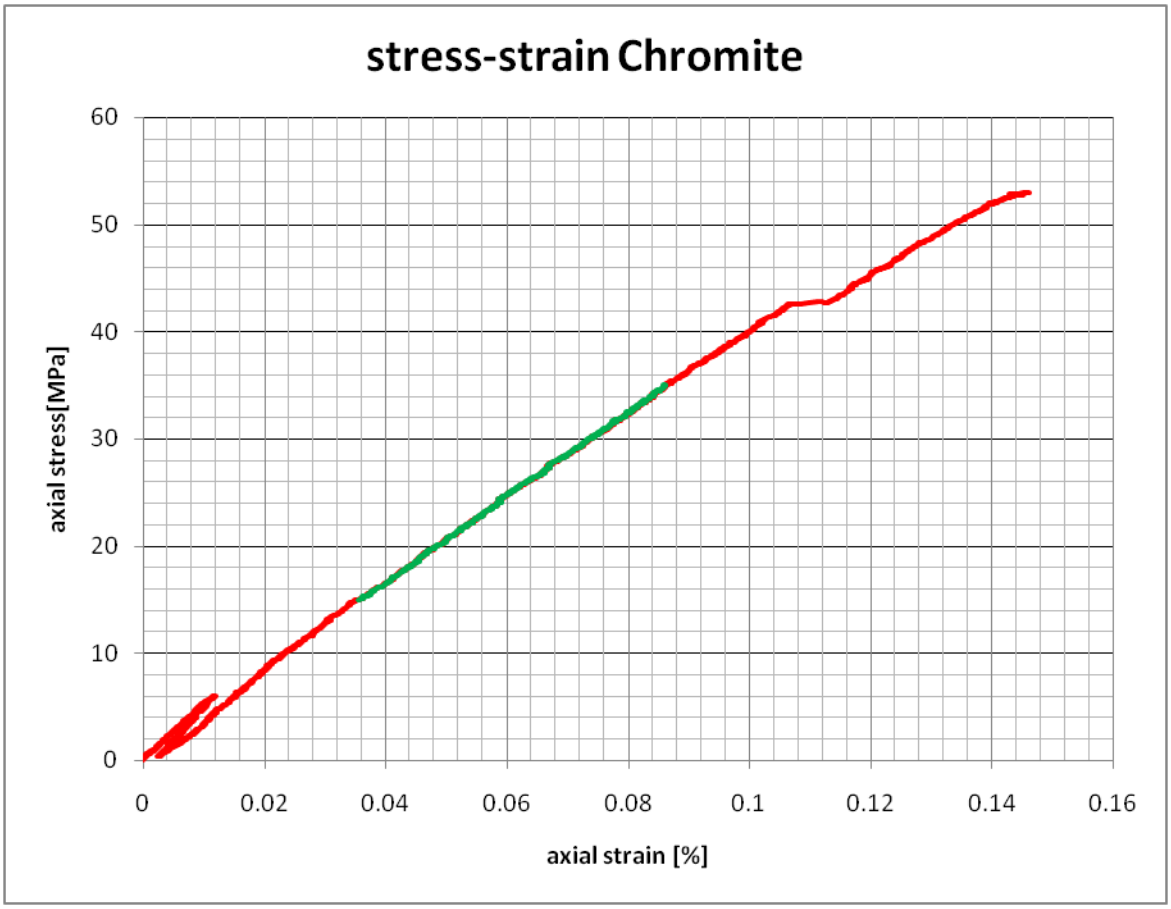
sample	strength(Mpa)	Is(50)[Mpa]
dun	218.33	9.25
ser	10.35	0.47
dun alt	6.63	0.28
Cr	25.31	2.20

Φωτ. 8 Δοκίμια Προετοιμασμένα για την Δοκιμή Point Load που εξετάστηκαν (αριστερά) Επιτυχημένη Θραύση Ακανόνιστου Δοκιμίου Δουνίτη (δεξιά)

Ενώ για την συσχέτιση των δοκιμών και την Αντοχή του Κοιτάσματος πραγματοποιήθηκε δοκιμή Μοναξονικής Θλίψης, όπου τα αποτελέσματα της φαίνονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 11) και σχήμα (Σχήμα 23)

Πίνακας 11Τιμές Αντοχής Χρωμίτη

max stress (MPa)		
53.03332		
		Gpa
Eav	39527.05	39.52705
Es	36668.87	36.66887
Et	38095.24	38.09524



Σχήμα 23 Διάγραμα Τάσης-Τροπής Χρωμίτη

Μέσω αυτών και των παρατηρήσεων Εξήχθη ο πίνακας (Πίνακας 12) του υπολογισμού του Άρρηκτου πετρώματος για την κάθε συναντώμενηΛιθολογία ως τιμές σχεδιασμού

Φωτ. 9 Δοκίμιο Χρωμίτη στην Συσκευή Μονο Αξονικής (αριστερά), Ανάπτυξη Εφελκυστικών Ρωγμών κατά την Διάρκεια της Δοκιμής (επάνω δεξιά), το Δοκίμιο μετά το τέλος της Δοκιμής (κάτω κέντρο) το Δοκίμιο μετά την Διατάραξη (κάτω δεξιά)

Πίνακας 12 Τιμές Σχεδιασμού για τα είδη Άρρηκτου Πετρώματος

ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΡΡΗΚΤΟΥ				
sample	strength(Mpa)	E[Gpa]	RSS-MI	
dun	240	60	250	STRONG
ser	52	28	538.4615	WEAK
dun alt	60	21	350	MODER
Cr	53	38	716.9811	MODER

Με βάσει όλων αυτών των υπολογισμών προσδιορίζεται το RMR για την κάθε Βραχόμαζα σύμφωνα με τον επόμενο πίνακα (Πίνακας 13)

Πίνακας 13 Υπολογισμός RMR με την εκάστοτε Λιθολογία

		RQD	ΑΠΟ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	
	dun	ser	dun alt	Cr
	88	37.35	74	59
	dun	ser	dun alt	Cr
A1	12	2	2	7
A2	17	8	13	13
A3	20	10	15	5
A4	28	20	23	23
A5	10	4	7	10
B	-7	-7	-7	-7
RMR_{basic}	87	44	60	58
RMR_{89}	92	55	68	63
GSI	87	50	63	58
$RMR_{\pi\rho}$	80	37	53	51

Από αυτά και σύμφωνα με τους Bieniawski και Serafim&Pereiraπροσδιορίστηκε το C(συνοχή) , φ (φωνία τριβής), και μέτρο ελαστικότητας της Βραχομάζας σύμφωνα με τους τύπους :

- $c = 0.005 \cdot RMR \quad [MPa]$
- $\varphi = 0.5 \cdot RMR + 5 \quad [\deg]$
- Bieniawski $E = 2RMR - 100,\ RMR > 50\,[GPa]$
- Serafim&Pereira $E = 10^{\frac{RMR-10}{40}},\ RMR < 50\,[GPa]$

Ενώ με βάση τον πίνακα (Πίνακας 14) για τον προσδιορισμό του λόγου Poisson

Πίνακας14 Προσδιορισμός του Λόγου Poisson

Τύπος βραχομάζας	ν
Τεμαχώδης με καλή αλληλεμπλοκή των κόκκων, χωρίς διαταραχή	0.20 – 0.25
Τεμαχώδης ελαφρώς διαταραγμένη	0.30 – 0.35
Διαταραγμένη, πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχη	0.35 – 0.40
Πολύ διαταραγμένη με με γωνιώδη και στρογγυλεμένα τεμάχη	0.30 – 0.35
Τελείως εξαλλοιωμένη βραχομάζα	0.25 – 0.30

σχηματίστηκε ο πίνακας (Πίνακας 15) για την κάθε βραχόμαζα και ο χαρακτηρισμός σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης RMR (Πίνακας 16). Επιπλέον σύμφωνα με αυτόν (πίνακας 16) και του αμέσως επόμενου πίνακα (Πίνακα 17) θα αντιμετωπιστούν διάφορα θέματα σχεδιασμού γιατί ανάλογα το βάθος και το σημείο αναμένεται διαφορετική συνάντηση λιθολογίας της Βραχόμαζας σύμφωνα με τις Γεωτρήσεις.

Πίνακας15 Παράμετροι Βραχόμαζας για κάθε Λιθολογία

	DUN			
	E[Gpa]	C[Mpa]	Φ[o]	ν
RMR_{basic}	74	0.435	48.5	0.25
RMR_{89}	84	0.46	51	0.25
$RMR_{\pi\rho}$	60	0.4	45	0.25
	SER			
	E[Gpa]	C[Mpa]	Φ[o]	ν
RMR_{basic}	7.079458	0.22	27	0.35
RMR_{89}	13.33521	0.275	32.5	0.35
$RMR_{\pi\rho}$	4.731513	0.185	23.5	0.35
	DUN ALT			
	E[Gpa]	C[Mpa]	Φ[o]	ν
RMR_{basic}	20	0.3	35	0.3
RMR_{89}	36	0.34	39	0.3
$RMR_{\pi\rho}$	6	0.265	31.5	0.3
	CR			
	E[Gpa]	C[Mpa]	Φ[o]	ν
RMR_{basic}	15.84893	0.29	34	0.25
RMR_{89}	21.13489	0.315	36.5	0.25
$RMR_{\pi\rho}$	10.59254	0.255	30.5	0.25

Πίνακας 16 Πίνακας Χαρακτηρισμού της κάθε Βραχόμαζας

	dun	ser	dun alt	Cr
RMRbasic	87	44	60	58
RMR89	92	55	68	63
GSI	87	50	63	58
RMRπρ	80	37	53	51
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ-ΠΤΩΧΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ

Πίνακας17 Τρόπος Εκσκαφής και Υποστήριξης ανάλογα τον Χαρακτηρισμό του RMR

Rock mass class	Excavation	Rock bolts (20 mm diameter, fully grouted)	Shotcrete	Steel sets
I - Very good rock *RMR*: 81-100	Full face, 3 m advance.	Generally no support required except spot bolting.		
II - Good rock *RMR*: 61-80	Full face , 1-1.5 m advance. Complete support 20 m from face.	Locally, bolts in crown 3 m long, spaced 2.5 m with occasional wire mesh.	50 mm in crown where required.	None.
III - Fair rock *RMR*: 41-60	Top heading and bench 1.5-3 m advance in top heading. Commence support after each blast. Complete support 10 m from face.	Systematic bolts 4 m long, spaced 1.5 - 2 m in crown and walls with wire mesh in crown.	50-100 mm in crown and 30 mm in sides.	None.
IV - Poor rock *RMR*: 21-40	Top heading and bench 1.0-1.5 m advance in top heading. Install support concurrently with excavation, 10 m from face.	Systematic bolts 4-5 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh.	100-150 mm in crown and 100 mm in sides.	Light to medium ribs spaced 1.5 m where required.
V – Very poor rock *RMR*: < 20	Multiple drifts 0.5-1.5 m advance in top heading. Install support concurrently with excavation. Shotcrete as soon as possible after blasting.	Systematic bolts 5-6 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh. Bolt invert.	150-200 mm in crown, 150 mm in sides, and 50 mm on face.	Medium to heavy ribs spaced 0.75 m with steel lagging and forepoling if required. Close invert.

Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε και για το Σύστημα Κατάταξης Q, όπου εδώ θα πρέπει να επισημανθεί η ιδιαίτερη μνεία για Διασταυρώσεις Σημείων Υπογείων Ανοιγμάτων και τις Εισόδους Προσπελαστικών Έργων ή την αλλαγή της Διατομής σύνδεσης που ουσιαστικά απομειώνουν τον δείκτη Q . Έτσι εκτός από τον Βασικό υπολογισμό υπολογίστηκαν και οι Απομειωμένες τιμές σύμφωνα με τον πίνακα(Πίνακας 18) ενώ ο χαρακτηρισμός της αντίστοιχης Βραχόμαζας έγινε μέσω του πίνακα (Πίνακας 19), όπου και εμφανίζεται στον πίνακα (Πίνακας 20).

Πίνακας18 Υπολογισμός του Q (Barton)

ΒΑΣΙΚΟ				
	dun	ser	dun alt	Cr
RQD	88	37.35	74	59
Jn	4	15	6	12
Jr	5	1.5	4	4
Ja	0.75	4	1	1
Jw	1	0.5	0.66	0.66
SRF	5	5	5	5
Q	29.33	0.09	6.51	2.60
RQD/Jn	22.00	2.49	12.33	4.92
Jr/Ja	6.67	0.38	4.00	4.00
Jw/SRF	0.20	0.10	0.13	0.13
ΕΙΔΟΔΟΙ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΤΙΚΩΝ-ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΙΣ				
	dun	ser	dun alt	Cr
RQD	88	37.35	74	59
Jn	8	30	12	24
Jr	5	1.5	4	4
Ja	0.75	4	1	1
Jw	1	0.5	0.66	0.66
SRF	5	5	5	5
Q	14.67	0.05	3.26	1.30
RQD/Jn	11.00	1.25	6.17	2.46
Jr/Ja	6.67	0.38	4.00	4.00
Jw/SRF	0.20	0.10	0.13	0.13
ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ				
	dun	ser	dun alt	Cr
RQD	88	37.35	74	59
Jn	12	45	18	36
Jr	5	1.5	4	4
Ja	0.75	4	1	1
Jw	1	0.5	0.66	0.66
SRF	5	5	5	5
Q	9.78	0.03	2.17	0.87
RQD/Jn	7.33	0.83	4.11	1.64
Jr/Ja	6.67	0.38	4.00	4.00
Jw/SRF	0.20	0.10	0.13	0.13

Πίνακας 19 Πίνακας Χαρακτηρισμού Βραχομάζας κατά Q

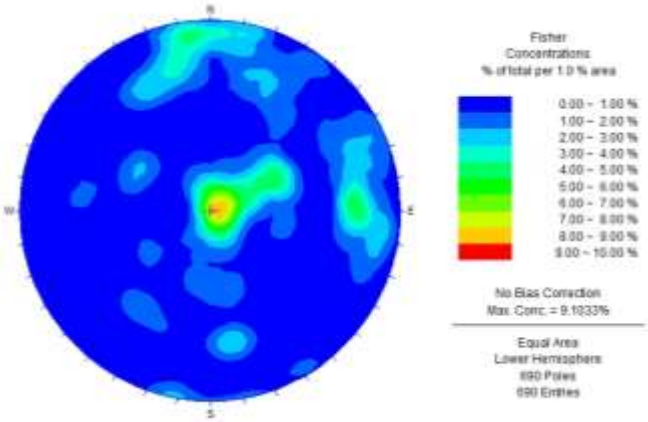
Q	P (kg/cm²)	Χαρακτηρισμός ποιότητας για σήραγγες
0,001-0,01	12,0	Εξαιρετικά πτωχή
0,01-0,1	6,0	Πάρα πολύ πτωχή
0,1-1,0	2,25-3,0	Πολύ πτωχή
1-4	1,5	Πτωχή
4-10	1,0	Μέτρια
10-40	0,5	Καλή
40-100	0,25	Πολύ καλή
100-400	0,05	Πάρα πολύ καλή
400-1000	0,01	Εξαιρετικά καλή

.

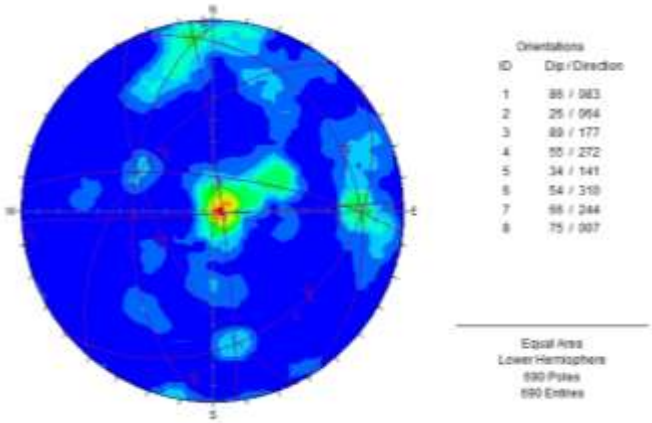
Πίνακας20 Αποτελέσματα Χαρακτηρισμού της Βραχομάζας του εκάστοτε Λιθολογικού τύπου

ΒΑΣΙΚΟ				
	dun	ser	dun alt	Cr
RQD	88.00	37.35	74.00	59.00
Jn	4.00	15.00	6.00	12.00
Jr	5.00	1.50	4.00	4.00
Ja	0.75	4.00	1.00	1.00
Jw	1.00	0.50	0.66	0.66
SRF	5.00	5.00	5.00	5.00
Q	29.33	0.09	6.51	2.60
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΚΑΛΗ	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΤΩΧΗ

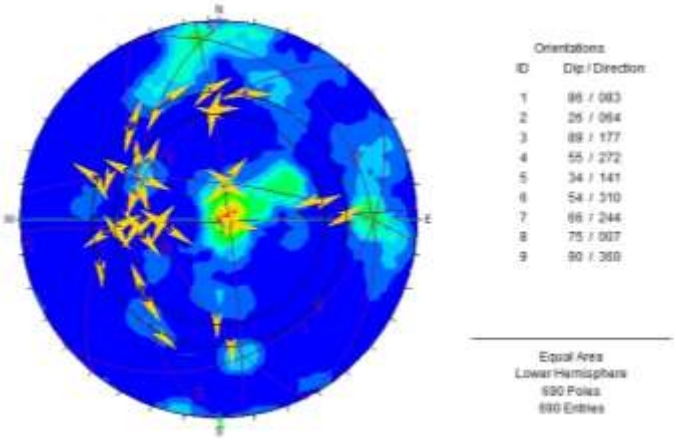
Επίσης αποτυπώθηκε μέσω δικτύου Schmidt το Διάγραμμα Ασυνεχειών (Σχήμα 24), το Διάγραμμα Κύριων Ασυνεχειών με βάση τον Άξονα της Σήραγγας(Σχήμα 25) και εξετάστηκε ως προς αυτό και για κρίσιμες γωνίες όπως αυτές του Χρωμίτη για 35° η δυνατότητα Δυνητικών Αποσφηνώσεων (Σχήμα 26). Σε αυτά παρατηρείται μια εως δυο περιπτώσεις Αποσφηνώσεων οροφής, ενώ οι περισσότερες αντιστοιχούν σε πλευρικές.



Σχήμα 24 Διάγραμμα Πόλων Ασυνεχειών

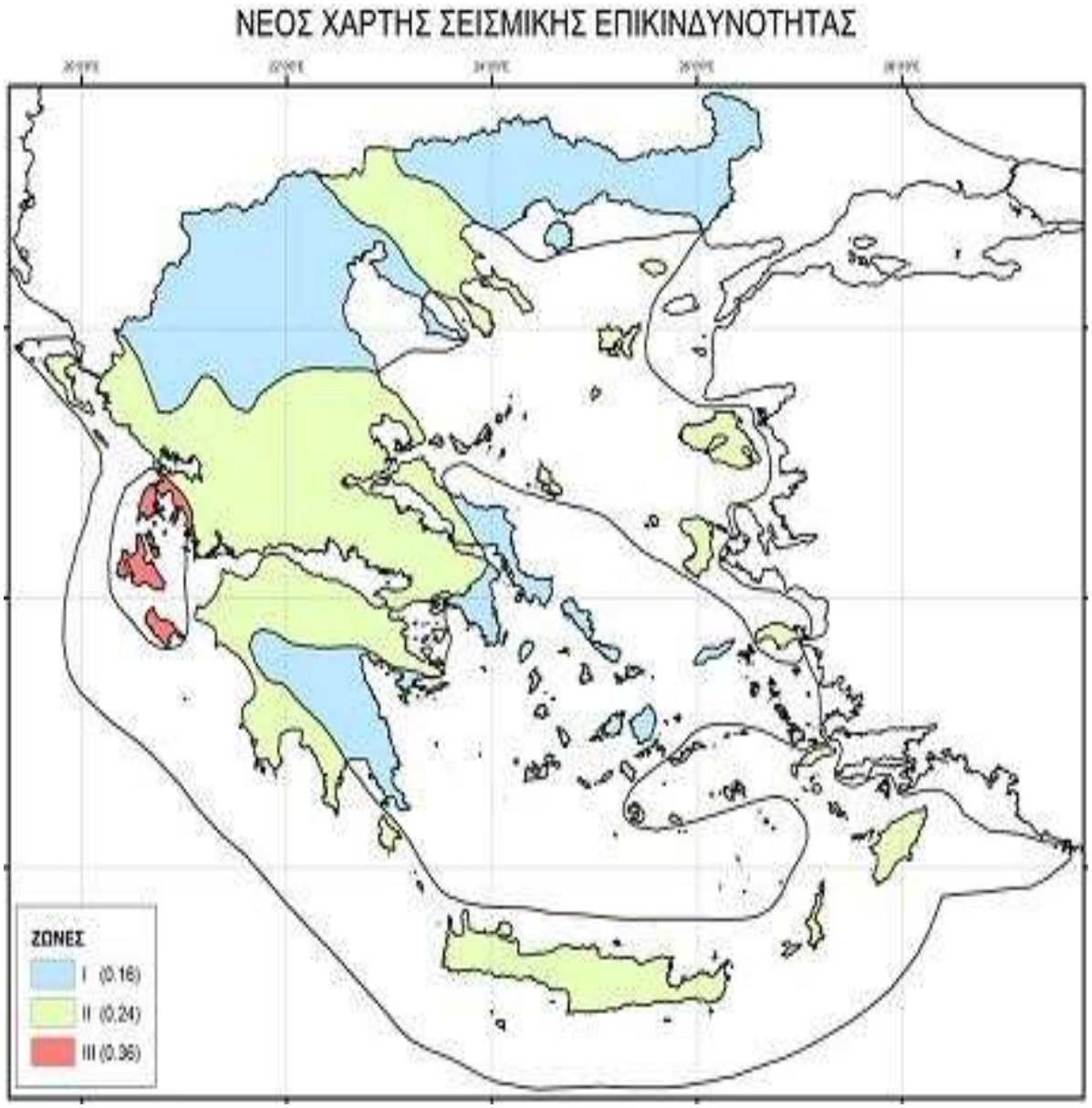


Σχήμα 25 Διάγραμμα Κύριων Οικογενειών (jointsset)

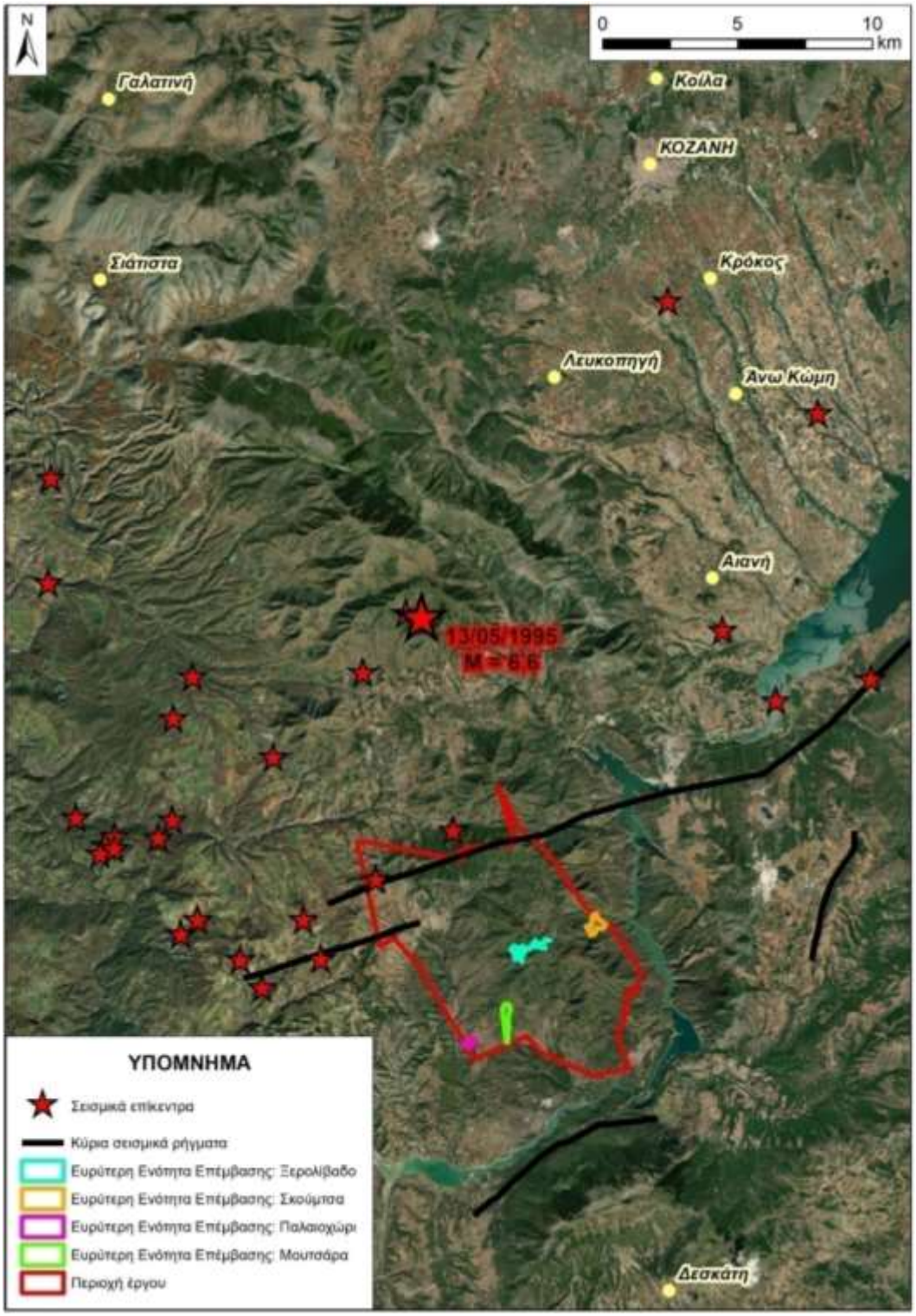


Σχήμα 26 Δυνητικές Αποσφηνώσεις εντός της Σήραγγας

Τέλος για την συμπλήρωση των στοιχείων δίνεται ο χάρτης της Σεισμικής Επικινδυνότητας (Σχήμα 27) με υπολογιζόμενη Εδαφική Επιτάχυνση I = 0,16g καθώς και ο Χάρτης με τα Επίκεντρα των Σεισμών και των Ενεργών Ρηγμάτων της τελευταίας 50 ετιας από την *usgs* (Σχήμα 28)



Σχήμα 27 Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας κατά ΕΑΚ, 2003



Σχήμα 28 Κατανομή των Σεισμικών Επικέντρων στην Ευρύτερη Περιοχή, μεγέθους M > 4,5 για τη Περίοδο 1950-2021. ***Πηγή: USGS***

3 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναπτυχθεί η μεθοδολογία προσέγγισης και εμφάνισης του κοιτάσματος μέσω του εργαλείου Surpac που διαθέτει η σχολή. Επίσης θα αποτυπωθεί η προσπάθεια για την εκτίμηση των αποθεμάτων καθώς και της αξιολόγησης του σε σύγκριση με τα Κοιτασματολογικά δεδομένα, την Γεωλογία και την Τεκτονική της περιοχής και την βιβλιογραφία που παρατέθηκε στις αντίστοιχες ενότητες του προηγούμενου κεφαλαίου (Βλέπε κεφάλαιο Υφιστάμενης Κατάστασης). Για την συγκεκριμένη διαδικασία και ανάλυση κατασκευάστηκαν 6 Βάσεις Δεδομένων, 27 Composite 27 αρχεία, και 26 Block Model που προέκυψαν ως τελική περίπτωση μετά από τον συνδυασμό των παραμέτρων της εισαγωγής στα Block΄s Model και αντίστοιχη αλλαγή με συνδυασμούς δυο και τριών composite αρχείων απ τα παραπάνω.

3.1 Συστήματα Κατάταξης-Μεταλλευτική Έρευνα και Γεωτρήσεις

Σύμφωνα με την μεθοδολογία που ακλουθούσαν την εποχή εκείνη, τα ΕΛ.ΣΙ εφάρμοζαν για τον υπολογισμό των αποθεμάτων το Σύστημα Κατάταξης Σοβιετικής Ένωσης (Μόδης Κ. και Σταματάκη Σ.2015).

Σύμφωνα με αυτή τα Αποθέματα Κοιτασμάτων, ταξινομούνται σε τέσσερις (4) κατηγορίες:

Κατηγορία Α - Βέβαια Αποθέματα: Σε αυτή περιλαμβάνονται Αποθέματα Κοιτασμάτων, των οποίων το μέγεθος, η μορφή και η θέση έχουν καθορισθεί βάσει στοιχείων Επιφανειακής Ανάπτυξης, Υπογείων Έργων και Γεωτρήσεων. Στους υπολογισμούς των Αποθεμάτων της κατηγορίας αυτής, τα επιτρεπόμενα σφάλματα δεν πρέπει να υπερβαίνουν το ± 10% σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90%.

Κατηγορία Β - Βέβαια Αποθέματα: Σε αυτή περιλαμβάνονται Αποθέματα Κοιτασμάτων, που υπολογίσθηκαν βάσει στοιχείων από επιφανειακές εμφανίσεις, Υπόγεια Μεταλλευτικά Έργα και Γεωτρήσεις, καθώς και από λογική επέκταση της συνέχειας αυτών, βάσει Γεωλογικών δεδομένων και της εμπειρίας του μελετητή. Τα επιτρεπόμενα σφάλματα είναι ± 20%, σε επίπεδα εμπιστοσύνης μεταξύ 70% και 90%.

Κατηγορία C1 - Ενδεικτικά Αποθέματα: Σε αυτή περιλαμβάνονται Αποθέματα Κοιτασμάτων προσδιορισθέντα βάσει στοιχείων από Επιφανειακές Ενδείξεις και Ερευνητικές εργασίες, τα οποία όμως, παρ' όλο που θεμελιώνουν μια λογική επέκταση, δεν εξασφαλίζουν τη συνέχεια του Κοιτάσματος. Τα επιτρεπόμενα σφάλματα είναι ± 30%, σε επίπεδα εμπιστοσύνης μεταξύ 50 και 70 %.

Κατηγορία C2 - Δυνατά Αποθέματα: Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται Κοιτάσματα, των οποίων η παρουσία εκτιμάται από περιορισμένα στοιχεία, όπως πχ: σποραδικές εμφανίσεις, Γεωλογικές συνθήκες και πολύ αραιά Ερευνητικά Έργα, σε συνδυασμό με συγκριτικές εκτιμήσεις, βάσει της αποκτηθείσης πείρας από τη Γεωλογία και του διάφορους συντελεστές Μεταλλοφορίας της ευρύτερης περιοχής. Ακόμα στην κατηγορία αυτή, μπορούν να συμπεριληφθούν και υποτιθέμενα πλήρως καλυμμένα Κοιτάσματα. Τα περιθώρια σφαλμάτων είναι πολύ μεγάλα, της τάξεως του ± 30%, για επίπεδα εμπιστοσύνης μεταξύ 30% και 50 %.

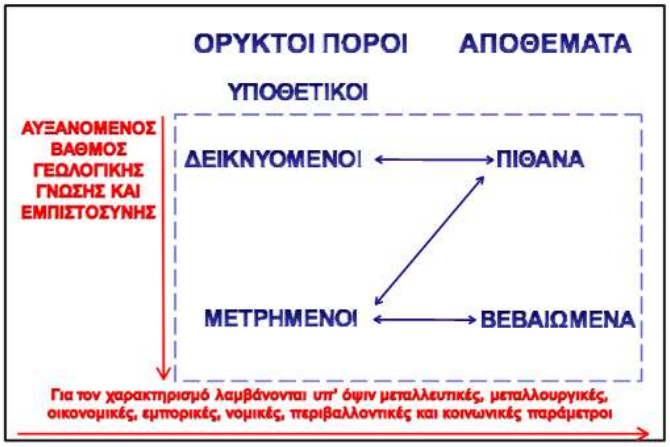
Κατά την Εκμετάλλευση επί ΕΛΣΙ το Κοίτασμα που περιχαρακώθηκε και υπολογίστηκε για μελλοντική Εκμετάλλευση ήταν 4.200.000 tnΜετάλλευμα ROM.

Σήμερα σύμφωνα με το Ε.Α.Γ.Μ.Ε. η Ελλάδα εφαρμόζει το Σύστημα Κατάταξης των Ηνωμένων Εθνών (1996), όμως η Διεθνής Μεταλλευτική Πρακτική είναι διαφορετική. Όλες οι χώρες με αξιοποιήσιμα Κοιτάσματα και διαχρονική εξέλιξη στην Μεταλλευτική δραστηριότητα, συνάμα με την (αιώνια) πρακτική Εκμεταλλεύσεων, όπως ο Καναδάς η Νότια Αφρική και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός έχουν συστήσει τον CRIRSCO (Committee for MineraL Reserves International Reporting Standards) που ασχολείται με την έκδοση των διεθνών προτύπων κατάταξης, έτσι ώστε να υπάρχει αντικειμενικότητα στο προσδιορισμό.

Σύμφωνα λοιπόν με αυτόν η ισχύουσα κατάταξη είναι η τροποποίηση του συστήματος JORC (2012) από την CIM (2014) (Canadian Institute of Mining). Σύμφωνα με αυτό τα Αποθέματα αποτελούν ένα τροποποιημένο υποσύνολο των Δεικνυόμενων και Μετρημένων Ορυκτών Πόρων.

Η ταξινόμησή τους απαιτεί την αξιολόγηση των παραγόντων που επηρεάζουν την Οικονομικότητα της Εξόρυξης, όπως οι Μεταλλευτικοί, οι Μεταλλουργικοί, οι Οικονομικοί και άλλους ειδικευμένους αλληλοσχετιζόμενους παράγοντες (πχ εμπορική πολιτική). Όλα καταλήγουν σε μια βασική Αρχή που παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα(Σχήμα 29).

Έτσι οι μετρημένοι Ορυκτοί Πόροι μπορεί να θεωρηθούν ως Πιθανά Αποθέματα εξαιτίας αβεβαιοτήτων που συνδέονται με τους παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψιν και επηρεάζουν την επαναταξινόμηση των Ορυκτών Πόρων σε Αποθέματα. Πάντως, σε καμία περίπτωση οι Δεικνυόμενοι Ορυκτοί Πόροι δεν μπορούν να μετατραπούν απευθείας σε βεβαιωμένα Αποθέματα και για το λόγο αυτό απουσιάζει η σχετική σύνδεση στο διάγραμμα. Η επαναταξινόμηση των Αποθεμάτων ενδέχεται να είναι το αποτέλεσμα αναμενόμενων αλλαγών βραχυπρόθεσμου ή προσωρινού χαρακτήρα, ή σκόπιμης απόφασης της επιχείρησης. Παραδείγματα αλλαγών του τύπου αυτού αποτελούν, για παράδειγμα, η πτώση της τιμής του προϊόντος η οποία όμως αναμένεται να έχει βραχεία διάρκεια, μια έκτακτη ανάγκη του ορυχείου μη μόνιμου χαρακτήρα, μια απεργία του προσωπικού κ.λ.π.



Σχήμα 29 Σύστημα Κατάταξης C.I.M. 2014

Για να μετρηθούν τα Αποθέματα χρειάζεται ένα πλήθος αποδεκτών στοιχείων έτσι ώστε τα Μετρούμενα Αποθέματα απ την μια να έχουν συνάφεια τα Πιθανά, αλλά απ την άλλη να είναι μέρος αυτών.

Τα στοιχεία που επιβεβαιώνουν κυρίως την Γεωμετρία που είναι και το Βασικό Κριτήριο είναι οι Γεωτρήσεις και ο προσδιορισμός της Περιχαράκωσης, ενώ η γεωστατιστική ανάλυση πρέπει να μπορεί να ενσωματωθεί με την γεωλογική προσέγγιση και με την ταύτιση των ενδεικνυόμενων οριζόντων και μεγεθών. Μάλιστα για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, όσο και των πρακτικών που ακολουθούνται από την δειγματοληψία των Γεωτρήσεων και τις Χημικές Αναλύσεις μέχρι και τον τελικό υπολογισμό, υπάρχουν διεθνή πιστοποιημένα εργαστήρια από τον αντίστοιχο οργανισμό, ενώ το πρωτογενές δεδομένο αν η εταιρεία θέλει να ισχυριστεί τα αντίστοιχα αποτελέσματα πρέπει να έχει το πιστό αντίγραφο (αντίγραφο του μισού πυρήνα της Γεώτρησης για επαναπιστοποίηση).

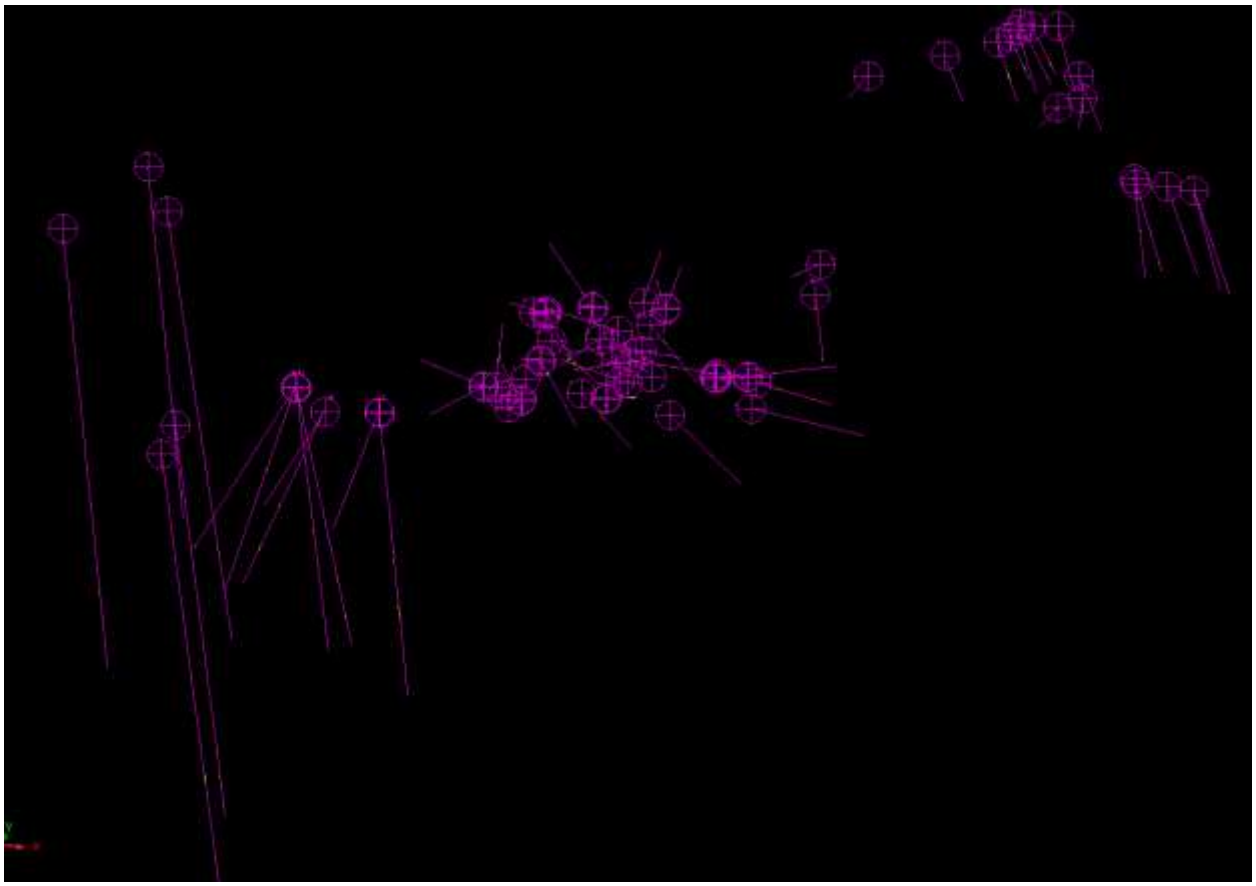
Από την εταιρεία λοιπόν παραδόθηκαν τα τότε «κληρονομούμενα» δεδομένα των ΕΛ.ΣΙ., χωρίς φυσικά να μπορεί να αποδείξει κάτι (έχουν χαθεί στοιχεία και πυρήνες αλλά όχι από υπαιτιότητα της). Έτσι τα δεδομένα αντλήθηκαν από καταγραφές των Γεωτρήσεων, με τα τότε Γεωδαιτικά δεδομένα και με την όποια πληρότητα και συγκρότηση μπορεί να αποτυπώθηκαν και στα ίδια.

Άνετα θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι όλα αυτά τα Βεβαιωμένα Αποθέματα κατά ΕΛ.ΣΙ. σύμφωνα με το C.I.M. είναι Δεικνυόμενοι Πόροι, έως και Πιθανοί. Επομένως σίγουρα είναι αναγκαιότητα σύγχρονης δειγματοληψίας, παρόλα αυτά στηριζόμενοι στο γεγονός, ότι από την μια είχε ακολουθηθεί πιστοποιημένο σύστημα κατάταξης και απ την άλλη είχε σύμφωνα με αυτήν ανάλογες παραγόμενες ποσότητες, θα θεωρηθούν ως Μετρημένοι και κατ επέκταση Βεβαιωμένοι μιας και σύμφωνα με τον πίνακα (πίνακας1) είναι Μετρημένοι τουλάχιστον 2.000.000 tn.

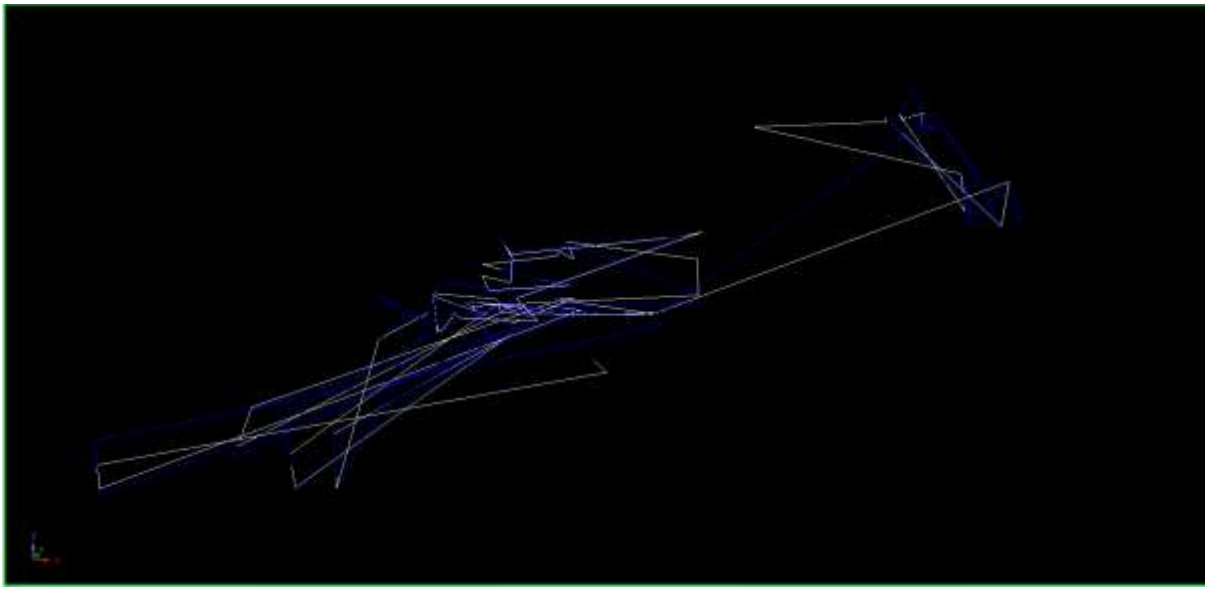
Από τις πάνω από 100 γεωτρήσεις που υπάρχουν οι αξιοποιήσιμες ήταν οι 67 με βάση αυτές φτιάχτηκαν οι αντίστοιχοι πίνακες στο surpac ώστε να δημιουργηθεί η Βάση Δεδομένων (Σχήμα 30).

Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν και δοκιμάστηκαν διαφορα αρχείαComposite με απόκλιση των απορριπτέων τμημάτων του που δεν ξεπερνούσε το 10% όπως φαίνεται στο σχήμα (Σχήμα 31) (μήκος Composite, ποσοστό ενσωμάτωσης 65%,70%,75% κλπ) και δημιουργήθηκαν διάφορα Block Model, όπου τροποποιούνταν κάθε φορά παράμετροι (Ακτίνα Επηρεασμού, Συσχετιζόμενες Γεωτρήσεις, μήκος Δειγματοληψίας, Διαστάσεις Blockκλπ).

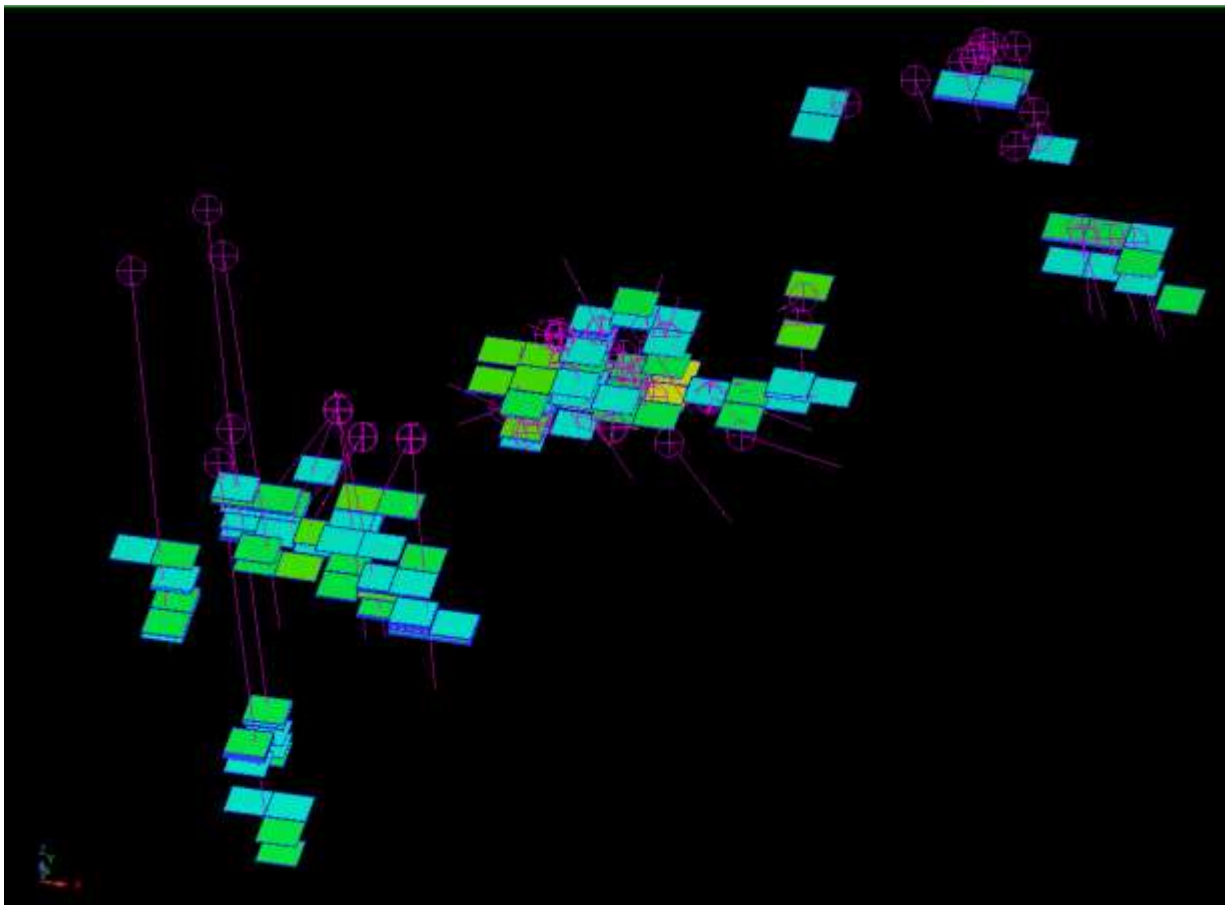
Το πιο αντιπροσωπευτικό, σύμφωνα με τα Εξορυσσόμενα δεδομένα, προέκυψε το μοντέλο που εμφανίζεται στο σχήμα (Σχήμα 32).Προέκυψε, για Ακτίνα με 2 Γεωτρήσεις επηρεασμού, με 3 αλληλοσχετιζόμενες κοντινές, για διαστάσεις Block 70x70x0.5 τα Report που φαίνονται στο σχήμα (Σχήμα 33) που είναι με διαφορετικές Γεωτρήσεις επηρεασμού και με την χρήση διαφορετικών composite αρχείων έβγαλαν ίδια αποτελέσματα.



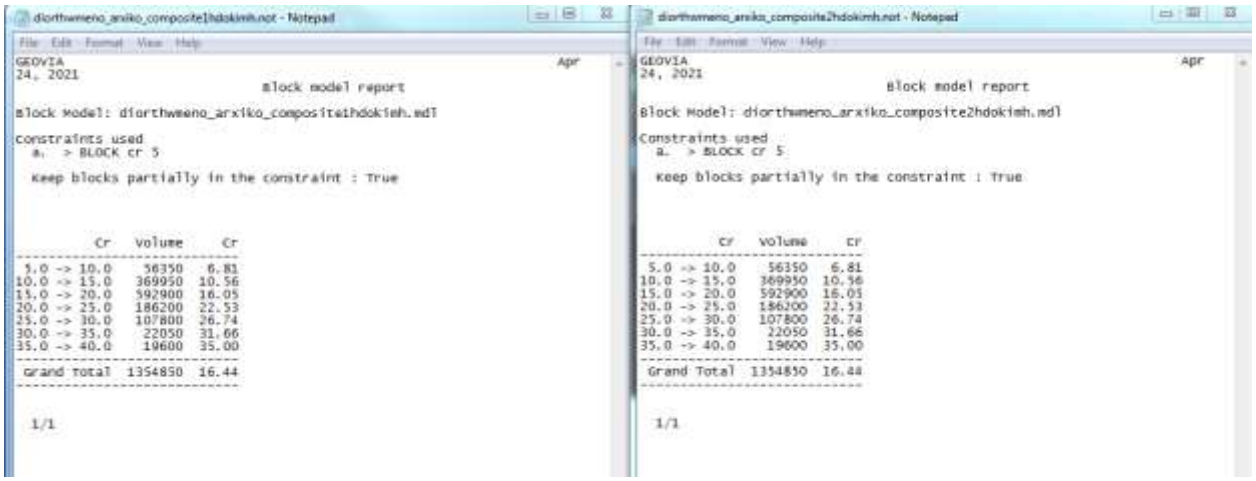
Σχήμα 30 Απεικόνιση των Γεωτρήσεων στην Βάση Δεδομένων του Surpac



Σχήμα 31 Δημιουργία Αξιόπιστου Composite Αρχείου



Σχήμα 32 Κατάληξη Τελικού Αξιόπιστου Block Model



diorthwmeno_arxiko_composite1hdokimh.txt - Notepad

File Edit Format View Help

GEOVIA Apr
24, 2021

Block model report

Block Model: diorthwmeno_arxiko_composite1hdokimh.mdl

Constraints used
a. > BLOCK cr 5

Keep blocks partially in the constraint : True

Cr	Volume	Cr
5.0 -> 10.0	56350	6.81
10.0 -> 15.0	369950	10.56
15.0 -> 20.0	592900	16.05
20.0 -> 25.0	186200	22.53
25.0 -> 30.0	107800	26.74
30.0 -> 35.0	22050	31.66
35.0 -> 40.0	19600	35.00
Grand Total	1354850	16.44

1/1

diorthwmeno_arxiko_composite2hdokimh.txt - Notepad

File Edit Format View Help

GEOVIA Apr
24, 2021

Block model report

Block Model: diorthwmeno_arxiko_composite2hdokimh.mdl

Constraints used
a. > BLOCK cr 5

Keep blocks partially in the constraint : True

Cr	Volume	Cr
5.0 -> 10.0	56350	6.81
10.0 -> 15.0	369950	10.56
15.0 -> 20.0	592900	16.05
20.0 -> 25.0	186200	22.53
25.0 -> 30.0	107800	26.74
30.0 -> 35.0	22050	31.66
35.0 -> 40.0	19600	35.00
Grand Total	1354850	16.44

1/1

Σχήμα 33 Reports του Τελικού Block Model και παρόμοιου με ίδια αποτελέσματα

Με το σκεπτικό αυτό της επιβεβαίωσης μέσω του Γεωστατιστικού μοντέλου αφενός με τις παραμέτρους που υπολογίζει 1.354.850m^3 που ισοδυναμεί με 4.335.520 tn με βάσει το ειδικό βάρος (3,2 t/m^3) ή 6.232.500 tn με βάσει το ειδικό βάρος που χρησιμοποιούσαν τα ΕΛ.ΣΙ (4,5 t/m^3).Σε συνδυασμό ότι τα Εκμεταλλευμένα Αποθέματα είναι 2.214.000 tn, τα Μετρούμενα κατά ΕΛ.ΣΙ εναπομείναντα είναι 2.121.520 ή 4.018.500 tn, έναντι των 4.200.000 tn που ανάμεναν τα ΕΛ.ΣΙ. Επομένως διαπιστώνεται ένα άλμα υπολογισμού που από τα υπάρχοντα δεδομένα δεν προκύπτει ασφαλής προσδιορισμός.

3.2 Αξιολόγηση της Αρχικής Μοντελοποίησης

Σημαντικό τόσο για την μοντελοποίηση όσο και για τον υπολογισμό των Αποθεμάτων μέσω της χρήσης Γεωστατιστικού Μοντέλου είναι η χρήση του σωστού ειδικού βάρους του Μεταλλεύματος. Από την Βιβλιογραφία που αναζητήθηκε το ROM μετάλλευμα υπολογίζεται από την περιεκτικότητα σε Χρωμίτη ($FeCr_2O_4$),που προκύπτει ή μετριέται κατά την αναλογία με το πέτρωμα που φιλοξενείται, και όχι από την περιεκτικότητα σε καθαρό οξείδιο του Χρωμίου Cr_2O_3 όπως υπολογιζόταν από τα ΕΛ.ΣΙ.

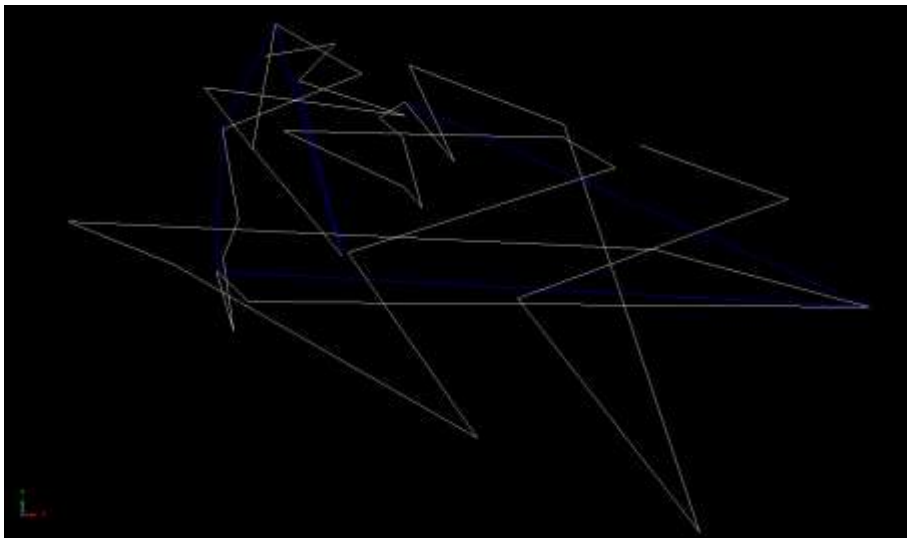
Επίσης για την αξιοπιστία των Composite αρχείων που για την δημιουργία Block Model με την μέθοδο inverse distance,δεν λαμβάνει υπόψη την γεωλογική αβεβαιότητα,που όμως δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα σε σχέση με το πρωταρχικό Kriking, το οποίο για διαχεόμενο υλικό όπως ο Χρωμίτης δεν μπορεί να το προσεγγίσει.

Έτσι επιλέχτηκε ο διαχωρισμός του πιο πάνω αρχικού μοντέλου σε «υπομοντέλα», σύμφωνα με την διαπιστωμένη και επιβεβαιωμένη Τεκτονική της περιοχής.

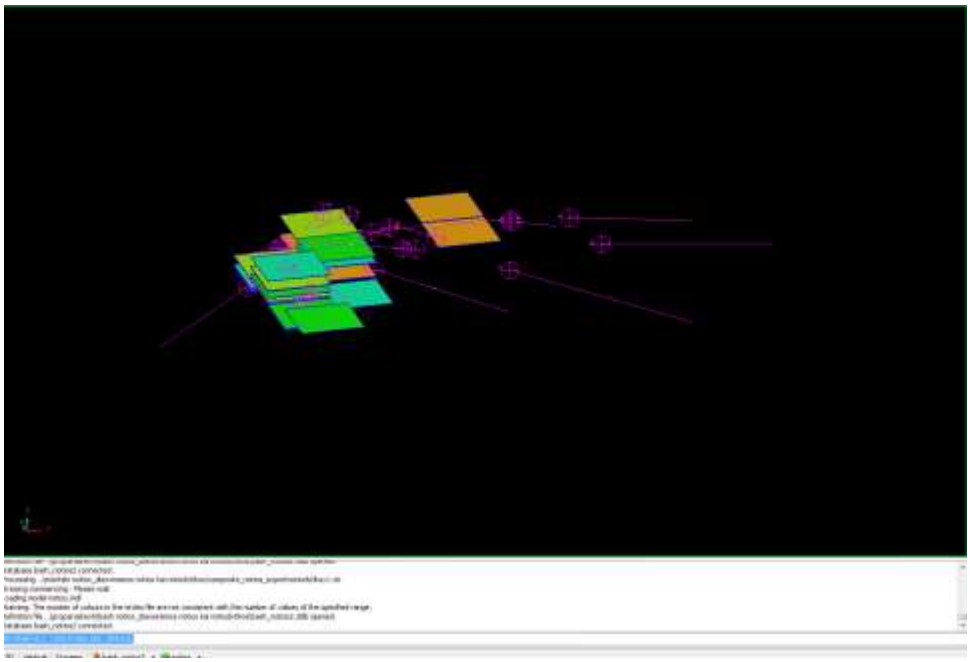
Ακόμα ένα Block Μοντέλο για να προσεγγίζει με αρκετά μεγάλο ποσοστό βεβαιότητας τα αποτελέσματα που εμφανίζει, θα πρέπει η πραγματικότητα (μήκη γεωτρήσεων) να ταυτίζονται σε μεγάλο ποσοστό. Αυτό μεν παρατηρήθηκε αλλά η εμφάνιση αρκετών σημείων (κενών) δεν δίνει την πλήρη αυτοπεποίθηση εξού και οδηγούμαστε στην πιο πάνω περιγραφόμενη λύση.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία δημιουργήθηκαν τρεις Βάσεις δεδομένων,Νότιος (Σχήμα 34), Νοτιοδυτικός (Σχήμα 35), Νότιος και Νοτιοδυτικός (Σχήμα 36) δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα Composite αρχεία, Νότιος (σχήμα 37), Νοτιοδυτικός (Σχήμα 38), Νότιος και Νοτιοδυτικός (Σχήμα 39) με τα δεδομένα της καλύτερης προσέγγισης του προηγούμενου βήματος εξέτασης (δηλαδή το κριτήριο του 10%) και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα BlockModel, Νότιος(Σχήμα 40), Νοτιοδυτικός(Σχήμα41), Νότιος και Νοτιοδυτικός(Σχήμα 42).

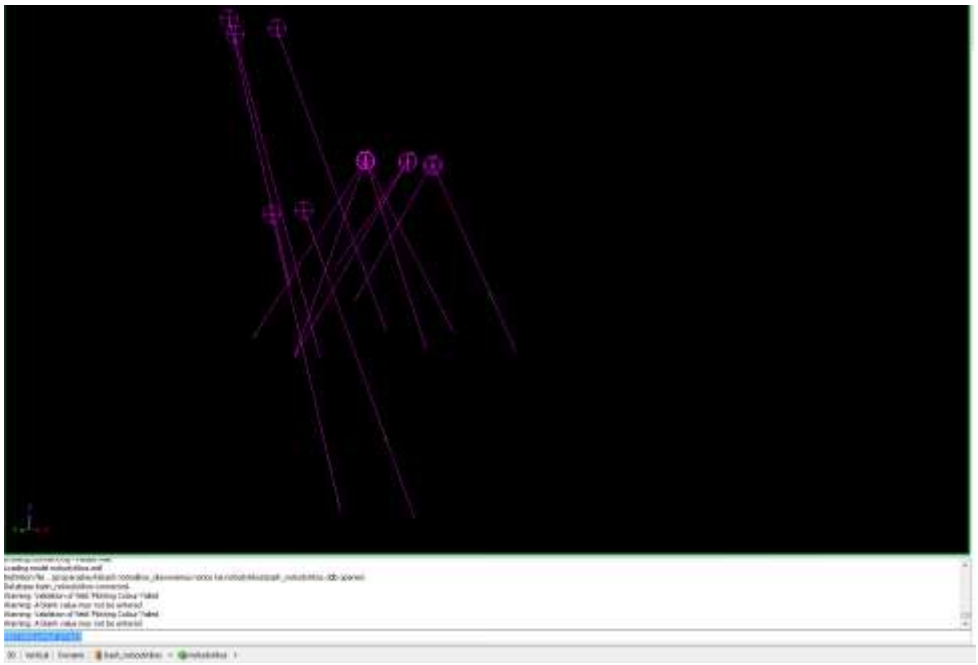
Σχήμα 34 Βάση Δεδομένων Γεωτρήσεων Νότιος τομέας



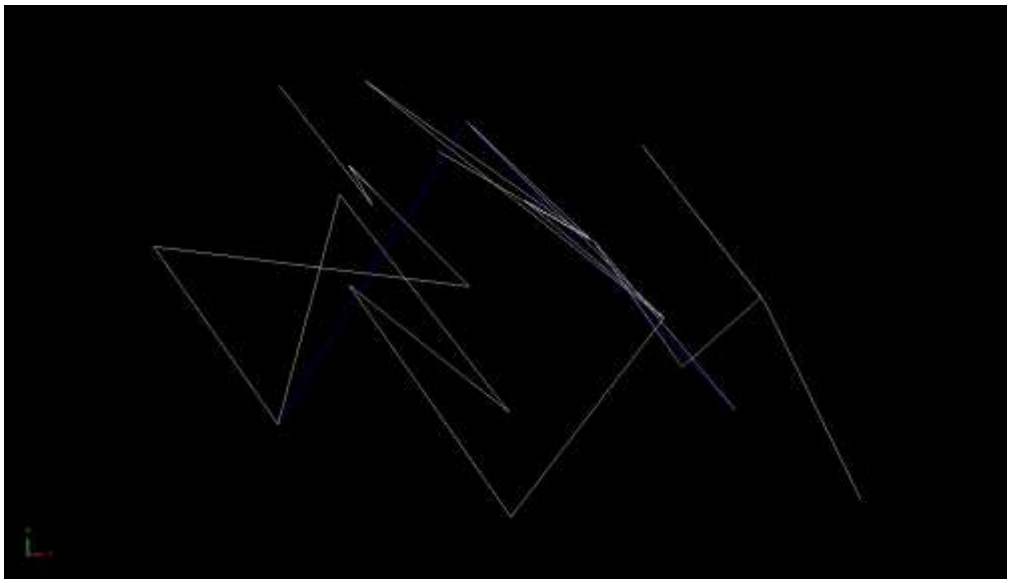
Σχήμα 35 Βέλτιστο Composite αρχείο για τον Νότιο Τομέα



Σχήμα 36 Βέλτιστο Block Model Νότιου Τομέα

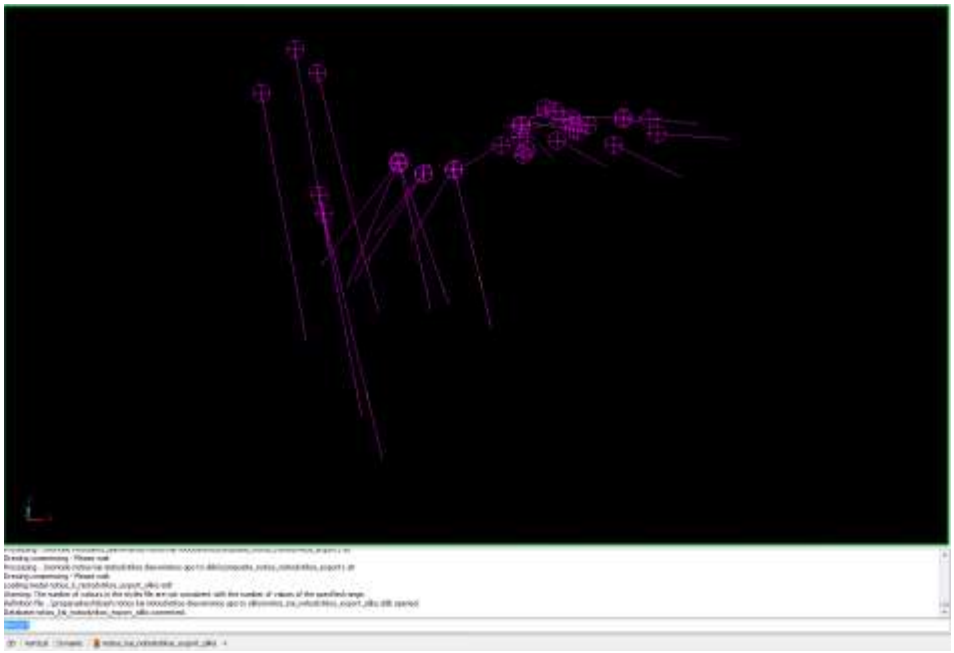


Σχήμα 37 Βάση Δεδομένων Γεωτρήσεων Νοτιοδυτκού Τομέα

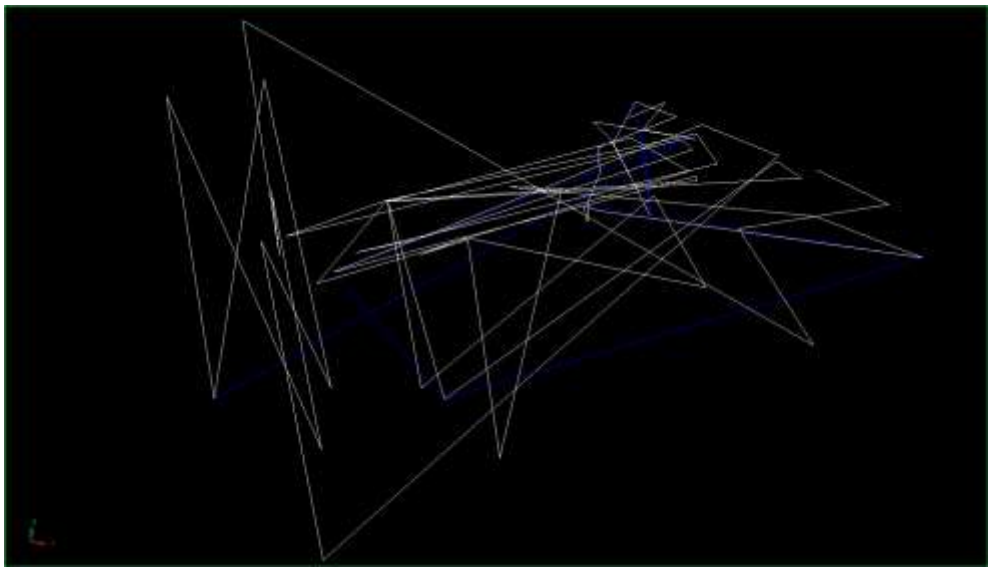


Σχήμα 38 Βέλτιστο Composite Αρχείο για τον Νοτιοδυτικό τομέα

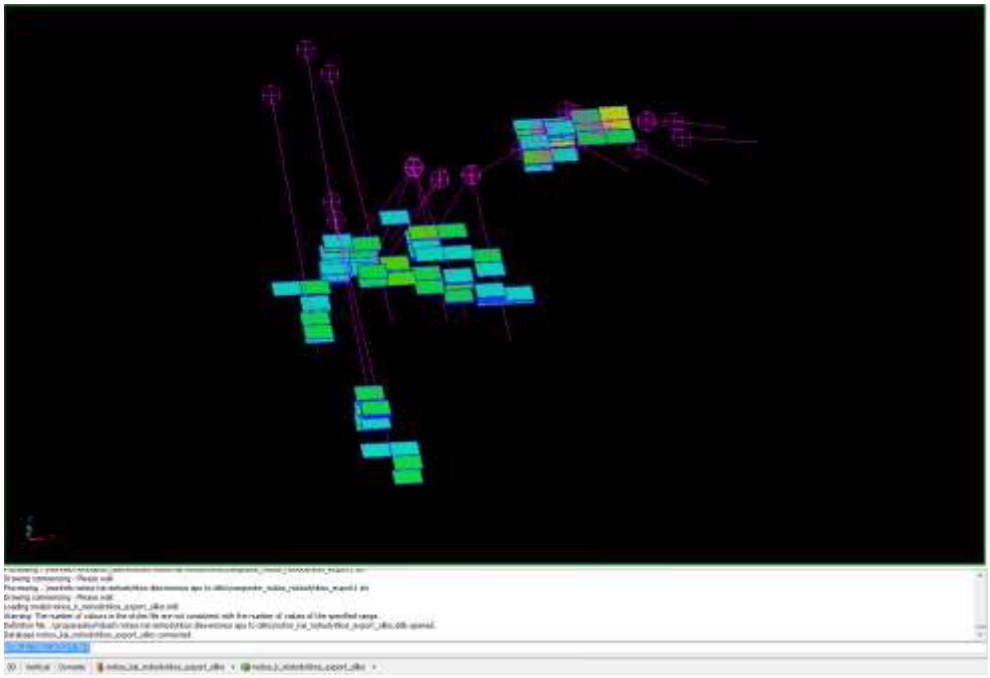
Σχήμα 39 Βέλτιστο Block Model Νοτιοδυτικού Τομέα



Σχήμα 40 Βάση Δεδομένων Νότιου και Νοτιοδυτικού τομέα

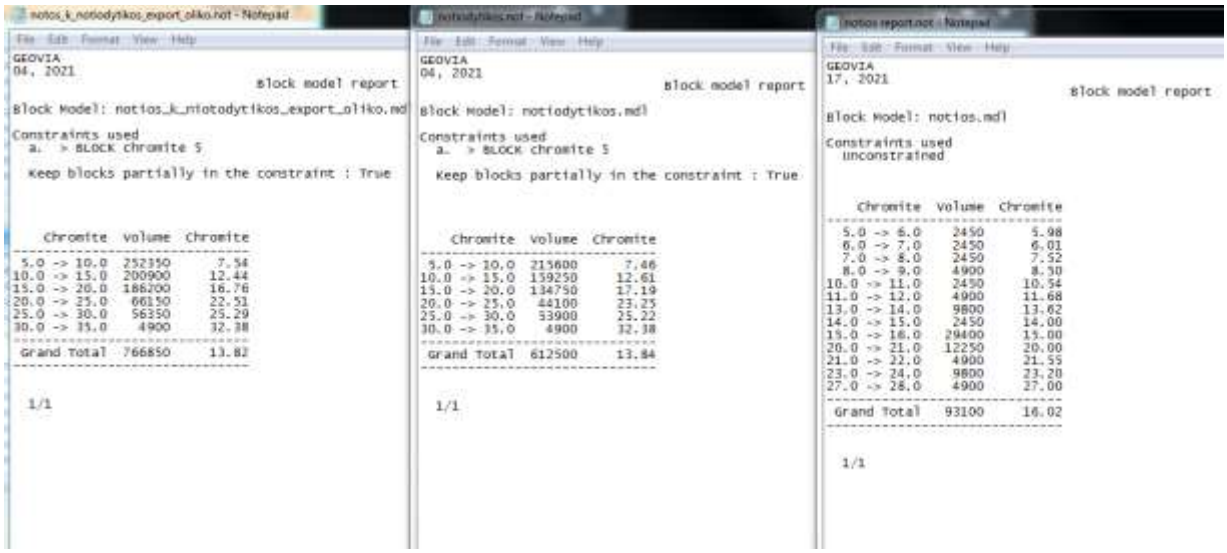


Σχήμα 41Βέλτιστο Composite αρχείο για τον Νότιο Νοτιοδυτικό Τομέα



Σχήμα 42 Βέλτιστο Block Model για τον Νότιο και Νοτιοδυτικό τομέα

Με την κατασκευή των επιμέρους Block Model παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο της μη πλήρης ταύτισης των Blocks με τις γεωτρήσεις όπως και στο αρχικό, αλλά σε μικρότερο Βαθμό. Υπάρχουν κενοί χώροι ιδιαίτερα σε σημεία όπως στο Ανατολικό τμήμα όλων των Μοντέλων που μάλιστα κατά το παρελθόν υπήρξε Εκμετάλλευση. Παράδοξο είναι ότι όλα τα Block Model εμφανίζουν αυτό το κενό. Επίσης ο υπολογισμός που έγινε από τα τρία Report προσδιορίζουν πάλι την ίδια τάξη μεγέθους των Αποθεμάτων, όπως φαίνεται στο σχήμα (Σχήμα 43), με εμφανή την μείωση των επιμέρους διαχωρισμένων τομέων κατά 61.250m^3 ως προς αυτό του συνολικού Νότιου και Νοτιοδυτικού που αντιστοιχεί σε 275.625 tn. Ενώ με αυτά τα δεδομένα το επιμέρους συνολικό μοντέλο Νότιος και Νοτιοδυτικός αγγίζει τα 3.500.000 tn περίπου. Σημαντικό επίσης είναι ότι στους μέχρι τώρα προσδιορισμούς τα ποσοστά Χρωμίτη, είναι κάτω από αυτές που προσδιορίζονται τόσο από τις Γεωτρήσεις, κάθε αυτού σαν στοιχεία όσο και απ την Βιβλιογραφία ως Εκμεταλλεύσιμα Κοιτάσματα (τουλάχιστον 20-22% μέση περιεκτικότητα σε Χρωμίτη). Επομένως η διάσπαση επιβεβαιώνει ότι τα εναπομείναντα είναι της τάξης των 3.200.000 tn και όχι 4.050.000 tnσύμφωνα με τα δεδομένα από τα ΕΛ.ΣΙ για τους αντίστοιχους τομείς. Συνεπώς είτε το μοντέλο δεν έχει τυποποιήσει πλήρως την εικόνα των δεδομένων, ή κάτι δεν έχει γίνει σωστά από τους υπολογισμούς από πλευράς ΕΛ.ΣΙ, παρότι για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκε το ειδικό βάρος που χρησιμοποιούταν απ τα ΕΛ.ΣΙ (για 4,5t/m^3).



GEOVIA
04, 2021
Block model report
Block Model: notios_k_notiodytikos_export_oliko.mdl
Constraints used
a. > BLOCK chromite 5
Keep blocks partially in the constraint : True

Chromite	Volume	Chromite
5.0 -> 10.0	252350	7.54
10.0 -> 15.0	200900	12.44
15.0 -> 20.0	186200	16.76
20.0 -> 25.0	66150	22.51
25.0 -> 30.0	56350	25.29
30.0 -> 35.0	4900	32.38
Grand Total	766850	13.82

1/1

GEOVIA
04, 2021
Block model report
Block Model: notiodytikos.mdl
Constraints used
a. > BLOCK chromite 5
Keep blocks partially in the constraint : True

Chromite	Volume	Chromite
5.0 -> 10.0	215600	7.46
10.0 -> 15.0	159250	12.61
15.0 -> 20.0	134750	17.19
20.0 -> 25.0	44100	23.25
25.0 -> 30.0	53900	25.22
30.0 -> 35.0	4900	32.38
Grand Total	612500	13.84

1/1

GEOVIA
17, 2021
Block model report
Block Model: notios.mdl
Constraints used
unconstrained

Chromite	Volume	Chromite
5.0 -> 6.0	2450	5.98
6.0 -> 7.0	2450	6.01
7.0 -> 8.0	2450	7.52
8.0 -> 9.0	4900	8.50
10.0 -> 11.0	2450	10.54
11.0 -> 12.0	4900	11.68
13.0 -> 14.0	9800	13.62
14.0 -> 15.0	2450	14.00
15.0 -> 16.0	29400	15.00
20.0 -> 21.0	12250	20.00
21.0 -> 22.0	4900	21.55
23.0 -> 24.0	9800	23.20
27.0 -> 28.0	4900	27.00
Grand Total	93100	16.02

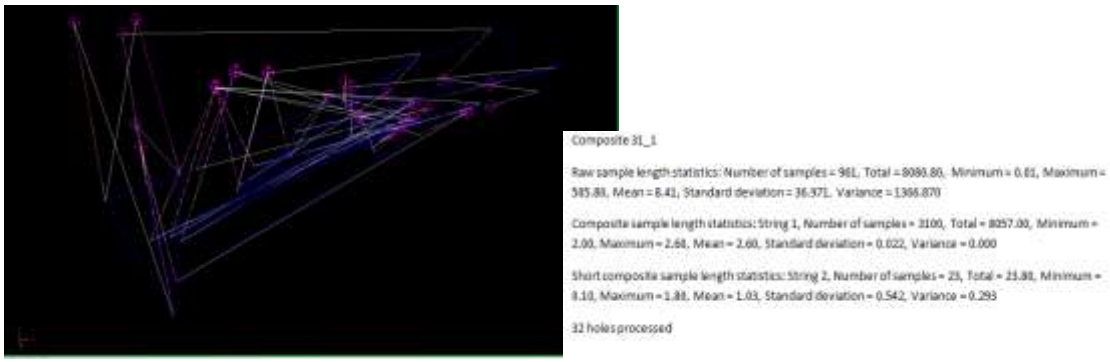
1/1

Σχήμα 43 Report Νότιου και Νοτιοδυτικού , Νοτιοδυτικού, και Νότιου

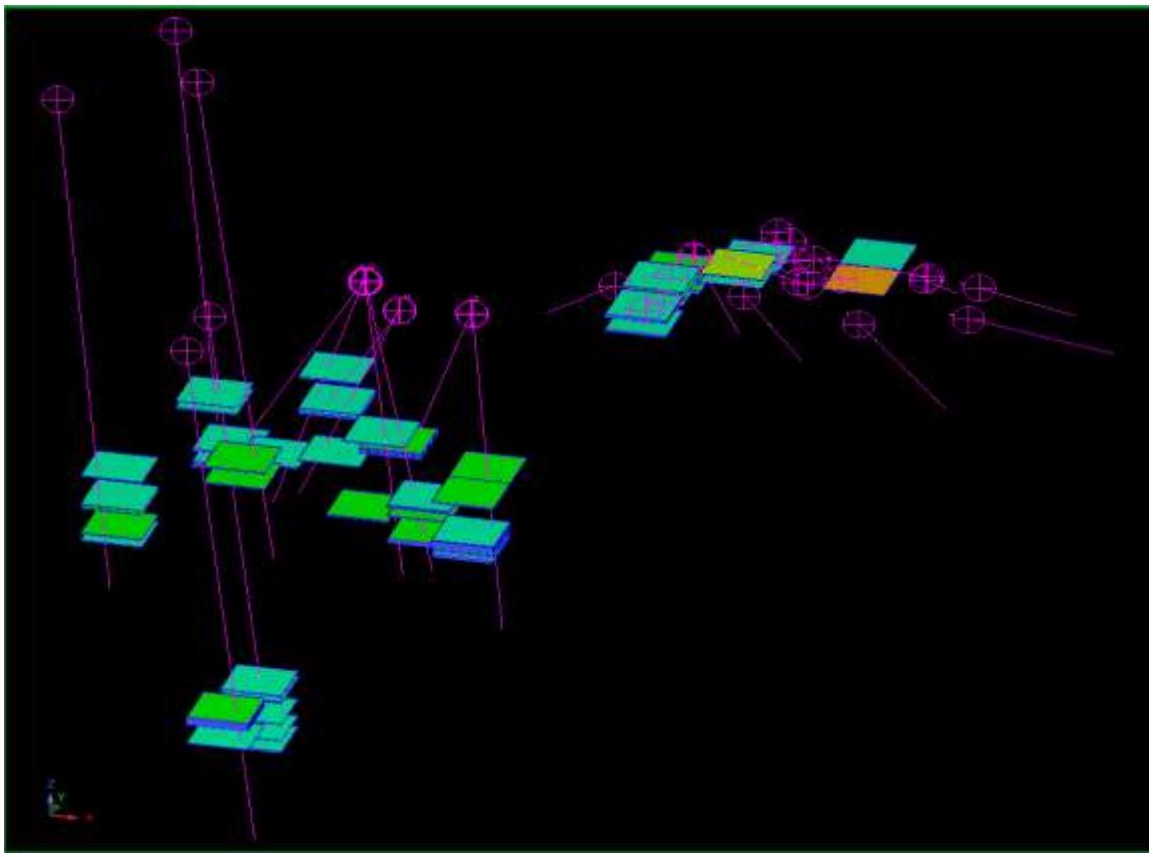
3.3 Εκτίμηση Αποθεμάτων

Με τα μέχρι τώρα αποτελέσματα αφενός και αφετέρου των δεδομένων ότι έχειΕκμεταλλευτεί ένα μεγάλο τμήμα του Κοιτάσματος, αποφασίστηκε ο προσδιορισμός των Αποθεμάτων να γίνει επικεντρωμένα στο Νότιο και Νοτιοδυτικό τμήμα, αφού όπως έδειξε ο διαχωρισμός (ακόμα και των επιμέρους τμημάτων) θα βγάλει πιο αυστηρά αποτελέσματα. Για τον σκοπό της ακρίβειας πέρα από την θέση επιλέχθηκε,επιλέχτηκαν μέσω του προγράμματος πιο αυστηροί παράμετροι. Συγκεκριμένα μείωση της ακτίνας επηρεασμού κατά το 28,6% δηλάδη από τα 70 πήγε στα 50m, μείωση της ποσότητας των αλληλοσχετιζόμενων γεωτρήσεις (μια βασική μια αλληλοεπηρεαζόμενες), δοκιμές με διαφορετικά Composite αρχεία ως προς το βαθμό συμπεριλαμβάνομένων ποσοτήτων (75%),έτσι το μέγεθος του Blockμειώθηκε συνολικάπερίπου στο 50% σε όλες τις διαστάσεις. Οπότε οι διαστάσεις του Blockέγιναν 50x50x0,5(εξαρχής το 0,5 επιλέχθηκε ως minimum μέση τιμή εμφάνισης δειγματοληψίας Χρωμίτη από την στατιστική επεξεργασία που προήγηθηκε πριν την εισαγωγή στοιχείων στο Surpac)

Ετσι με όλη αυτήν την επεργασία δημιουργήθηκε το πιο αξιόπιστο Composite αρχείο με σχεδόν 1%λάθος δείγματα (Σχήμα 44), βάζοντας επιπλέον παραμέτρους τον προσανατολισμό του Ελλειψοειδούς σύμφωνα με την ανάπτυξη του Κοιτάσματος απ τα στοιχεία που είχαν συλλεχθεί,οριστικοποιήθηκε το αυστηροποιημένο BlockModel(Σχήμα 45).

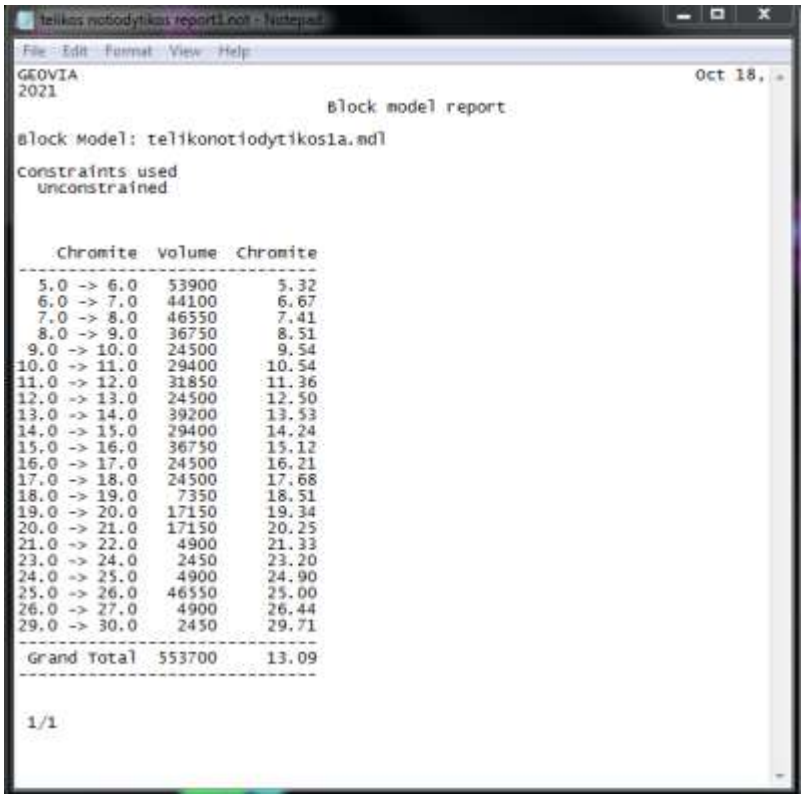


Σχήμα 44 Τελικό Composite Αρχείο



Σχήμα 45 Αυστηροποιημένο Block Model

Σύμφωνα με αυτό παρατηρείται ότι το μέγεθος των Block's είναι σωστό αφήνοντας τα ίδια κενά περίπου αλλά με ταύτιση της ποσόστωσης που περιέγραφαν οι Γεωτρήσεις στην σωστή θέση. Ενώ αντίστοιχα τα Αποθέματα μειώνονται ακόμη περισσότερο όπως αντίστοιχα και η μέση Περιεκτικότητα, όπως φαίνεται στο σχήμα (σχήμα 46) και φτάνει τα 1.856.002,4 tn, ενώ συνεχίζει να μην εμφανίζει Περιεκτικότητα άνω των 30%.



GEOVIA Oct 18,
2021

Block model report

Block Model: telikonotiodytikos1a.mdl

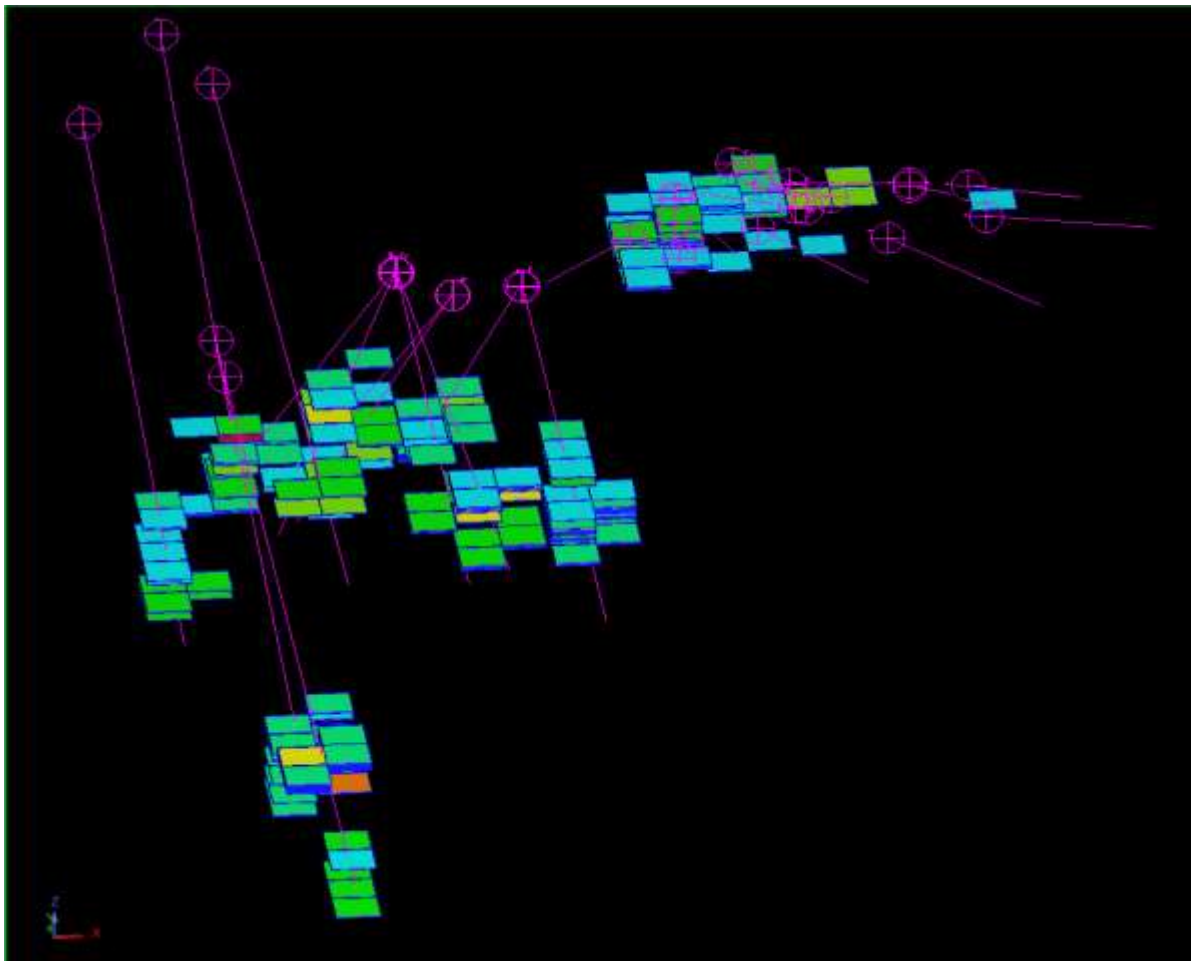
Constraints used
unconstrained

Chromite	Volume	Chromite
5.0 -> 6.0	53900	5.32
6.0 -> 7.0	44100	6.67
7.0 -> 8.0	46550	7.41
8.0 -> 9.0	36750	8.51
9.0 -> 10.0	24500	9.54
10.0 -> 11.0	29400	10.54
11.0 -> 12.0	31850	11.36
12.0 -> 13.0	24500	12.50
13.0 -> 14.0	39200	13.53
14.0 -> 15.0	29400	14.24
15.0 -> 16.0	36750	15.12
16.0 -> 17.0	24500	16.21
17.0 -> 18.0	24500	17.68
18.0 -> 19.0	7350	18.51
19.0 -> 20.0	17150	19.34
20.0 -> 21.0	17150	20.25
21.0 -> 22.0	4900	21.33
23.0 -> 24.0	2450	23.20
24.0 -> 25.0	4900	24.90
25.0 -> 26.0	46550	25.00
26.0 -> 27.0	4900	26.44
29.0 -> 30.0	2450	29.71
Grand Total	553700	13.09

1/1

Σχήμα 46 Report Αυστηροποιημένου Block Model

Με το σκεπτικό ότι το μέγεθος των Block's είναι σωστό αποφασίστηκε η αύξηση της ακτίνας επιρροής και διερεύνησης στα 70m όσο ήταν αρχικά, από την ελάχιστη απόσταση μεταξύ Γεωτρήσεων που παρατηρήθηκε , στο μισό της , λόγω ακανόνιστου Καννάβου των Γεωτρήσεων.



Σχήμα 47 Αυστηροποιημένο Block Model με αύξηση της Ακτίνας Διερεύνησης

Με αυτό το αποτέλεσμα επιτυγχάνεται η ταύτιση στο Block Model, της εμφάνισης των Block's στην σωστή θέση και με τις αντίστοιχες σωστές Περιεκτικότητες ακόμα σωστότερα(Σχήμα47), εμφανίζει πλέον Block'sκαι στο ακραίο Ανατολικό τμήμα οπότε η ταύτιση με τις Γεωτρήσεις είναι ακόμη πιο ορθή, ενώ όπως φαίνεται και στο Report (Σχήμα 48) αυξάνεται και η μέση Περιεκτικότητα (παρότι δεν αντιπροσωπεύει την ταύτιση στο 18% περίπου).

Τα Αποθέματα όμως παραμένουν μειωμένα και ανέρχονται στα 2.828.250 tn ενώ πλέον δεν συνεχίζει να μην εμφανίζει την Περιεκτικότητα άνω των 30%.

telikos nitiodytikos 2 report.not - Notepad

File Edit Format View Help

Block Model: telikos notiodytikos2.mdl

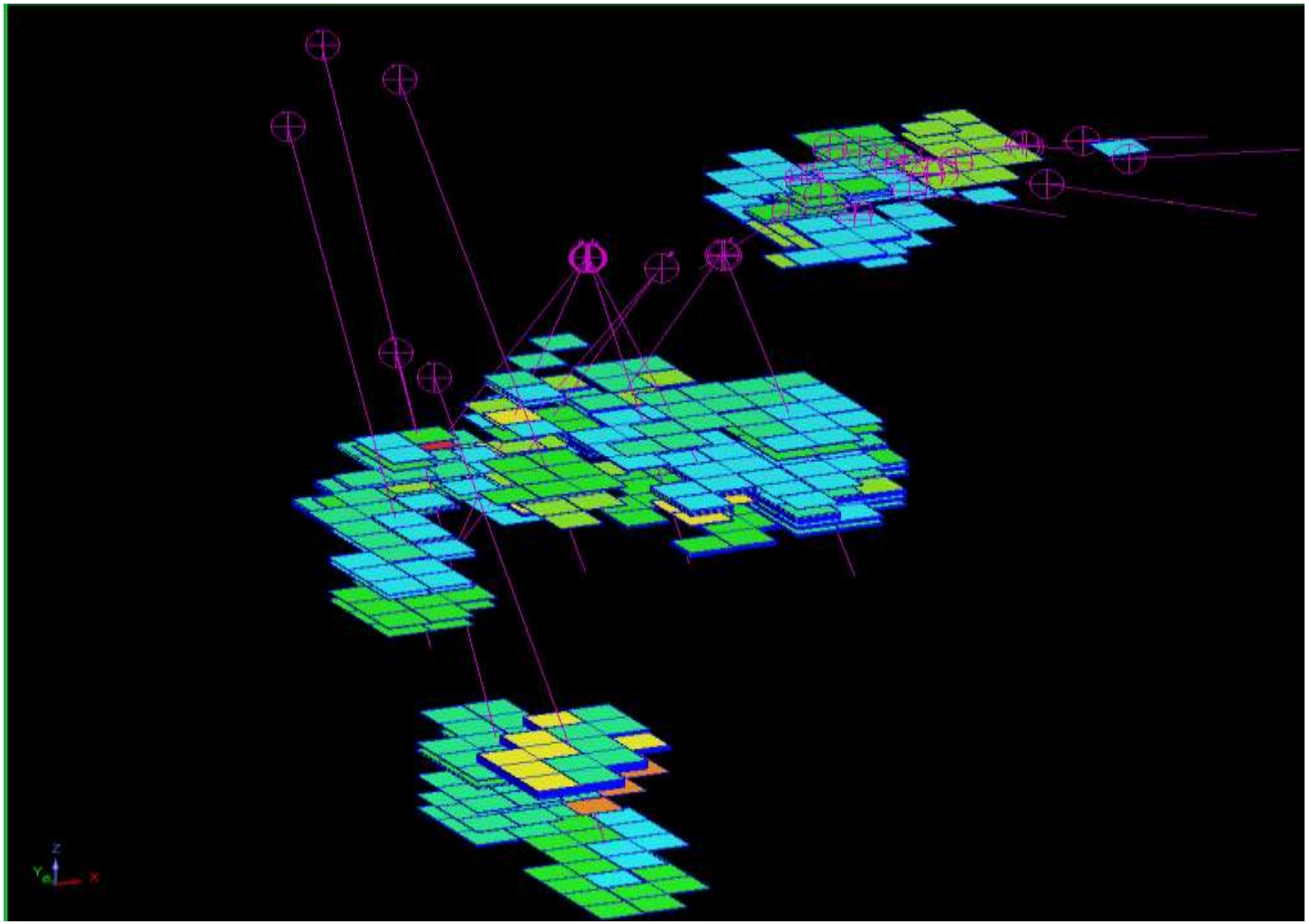
Constraints used
  Unconstrained

Chromite	Volume	Chromite
5.0 -> 6.0	42500	5.11
6.0 -> 7.0	16250	6.70
7.0 -> 8.0	33750	7.38
8.0 -> 9.0	37500	8.47
9.0 -> 10.0	13750	9.33
10.0 -> 11.0	20000	10.63
11.0 -> 12.0	18750	11.30
12.0 -> 13.0	10000	12.32
13.0 -> 14.0	57500	13.42
14.0 -> 15.0	56250	14.28
15.0 -> 16.0	125000	15.16
16.0 -> 17.0	47500	16.29
17.0 -> 18.0	45000	17.73
18.0 -> 19.0	40000	18.38
19.0 -> 20.0	20000	19.46
20.0 -> 21.0	33750	20.16
21.0 -> 22.0	13750	21.02
22.0 -> 23.0	7500	22.00
23.0 -> 24.0	28750	23.50
24.0 -> 25.0	41250	24.65
25.0 -> 26.0	108750	25.00
26.0 -> 27.0	8750	26.41
27.0 -> 28.0	5000	27.40
28.0 -> 29.0	1250	28.80
29.0 -> 30.0	1250	29.20
30.0 -> 31.0	1250	30.00
33.0 -> 34.0	6250	33.00
35.0 -> 36.0	2500	35.30
Grand Total	843750	16.66

1/1

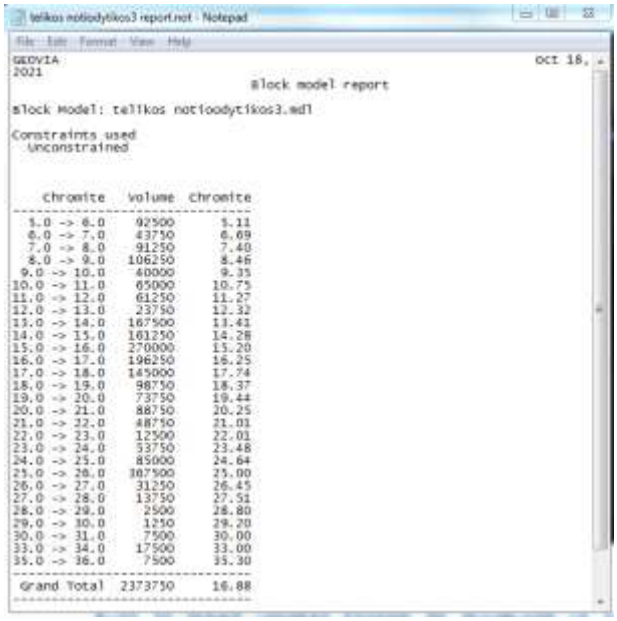
Σχήμα 48 Report του Αυστηροποιημένου Block Model με την Αύξηση της Ακτίνας Διερεύνησης

Εφόσον διαπιστώθηκε ότι και το μέγεθος των Block's είναι σωστό και η αύξηση της Ακτίνας δίνει ορθότερα αποτελέσματα αποφασίστηκε να διπλασιαστεί η Ακτίνα σε σχέση με το προηγούμενο ή σχεδόν να τριαπλασιαστεί σε σχέση με το Αυστηροποιημένο Μοντέλο, εισάγοντας ουσιαστικά μειωμένη την μέση τιμή της Απόστασης των Γεωτρήσεων (που είναι 180m) και να επιλεγεί ακτίνα 140m. Έτσι προέκυψε το τελικό μοντέλο του σχήματος (Σχήμα 49) που είναι και το Τελικό.



σχήμα 49 Τελικό Block Model

Αυτό το Τελικό Μοντέλο έρχεται σε συμφωνία με τις παραμέτρους, δηλαδή κάθε Γεώτρηση που εμφανίζει ποσότητα Χρωμίτη έχει και Block, εκτός από μια στο Ανατολικό άκρο που ούτως η άλλως αυτό έχει Εκμεταλλευτεί. Η ποσόστωση της περιεκτικότητας ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα όπως φαίνεται στο report (Σχήμα 50) και τα αποθέματα πλησιάζουν τα 7.956.810 tn (με ειδικό βάρος 3.352 t/m^3) ενώ πλέον συνεχίζει να εμφανίζει την Περιεκτικότητα άνω των 30%.



telikos notioodytikos3 report.txt - Notepad

File Edit Format View Help

GEOVIA 2021 Oct 18,

Block model report

Block Model: telikos notioodytikos3.mdl

Constraints used
Unconstrained

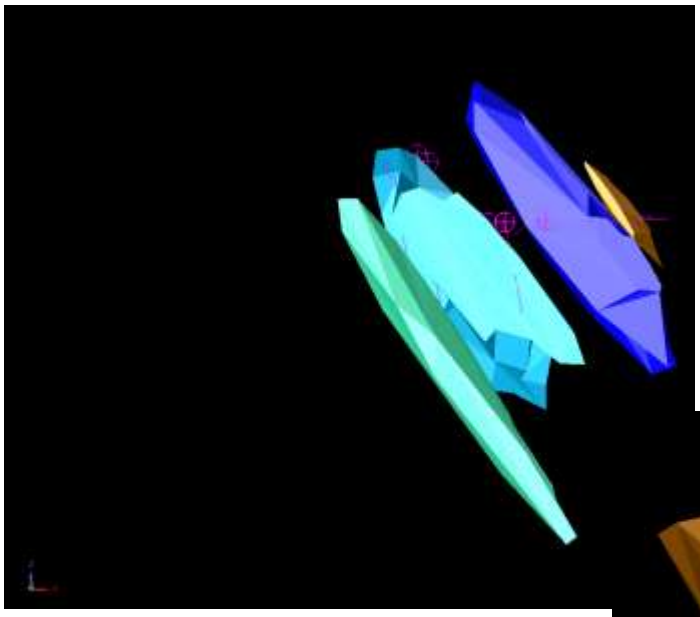
Chromite	Volume	Chromite
5.0 -> 6.0	92500	5.11
6.0 -> 7.0	43750	6.69
7.0 -> 8.0	91250	7.40
8.0 -> 9.0	106250	8.46
9.0 -> 10.0	40000	9.35
10.0 -> 11.0	65000	10.75
11.0 -> 12.0	61250	11.27
12.0 -> 13.0	23750	12.32
13.0 -> 14.0	167500	13.41
14.0 -> 15.0	161250	14.28
15.0 -> 16.0	270000	15.20
16.0 -> 17.0	196250	16.25
17.0 -> 18.0	145000	17.74
18.0 -> 19.0	98750	18.37
19.0 -> 20.0	73750	19.44
20.0 -> 21.0	88750	20.25
21.0 -> 22.0	48750	21.01
22.0 -> 23.0	12500	22.01
23.0 -> 24.0	53750	23.48
24.0 -> 25.0	85000	24.64
25.0 -> 26.0	307500	25.00
26.0 -> 27.0	31250	26.45
27.0 -> 28.0	13750	27.51
28.0 -> 29.0	2500	28.80
29.0 -> 30.0	1250	29.20
30.0 -> 31.0	7500	30.00
33.0 -> 34.0	17500	33.00
35.0 -> 36.0	7500	35.30
Grand Total	2373750	16.88

σχήμα 50 **Report τελικού Block Model**

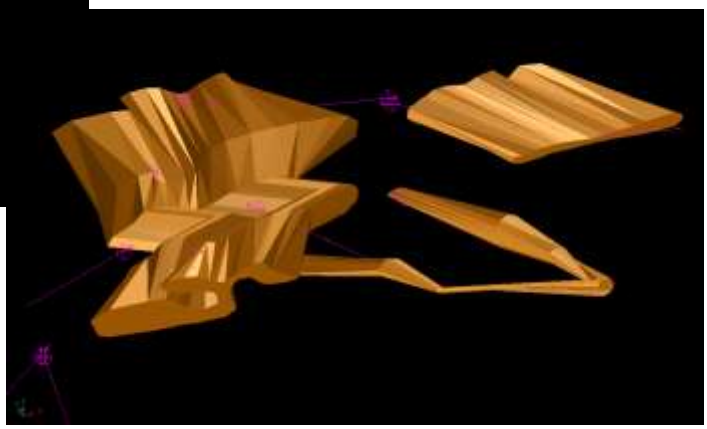
Με αυτά τα αποτελέσματα παρότι προβληματίζει το ύψος των Αποθεμάτων το Γεωσταστικό μοντέλο δείχνει να είναι ορθό, και μάλιστα με ασφάλεια θα μπορούσε να δικαιολογηθεί ότι ο υπολογισμός των αποθεμάτων αποτελούν ΠΙΘΑΝΟΥΣ πόρους σύμφωνα με το Σύστημα Κατάταξης.

Προφανώς για τον τελικό προσδιορισμό των Βέβαιων Αποθεμάτων δεν αρκεί αυτό. Για αυτό με βάσει τα γεωμετρικά στοιχεία των καταγραφών που ήταν διαθέσιμα, της Τεκτονικής και της Κοιτασματολογίας της περιοχής, όπως και των εμφανίσεων των Γεωτρήσεων κατασκευάστηκε ο γραφικός προσδιορισμός του Μοντέλου Κοιτάσματος μέσω του Surpac. Για τον γραφικό προσδιορισμό εφαρμόζεται η μέθοδος των διαδοχικών τομών εμφάνισης των Γεωτρήσεων μέσω της εντολής Planes ή του View. Για το προσδιορισμό επιλέγεται ως ένα βαθμό ο βηματισμός της τομής σε σχέση με την αναμενόμενη ανάπτυξη, και στην συνέχεια προσεγγίζεται η Περιχαράκωση και ο προσδιορισμός της εξάπλωσης του Κοιτάσματος.

Σε πολύ πρωτόλειο στάδιο έγινε προσπάθεια της σύνδεσης ως ενιαίο Ore Body με τα αποτελέσματος του σχημάτων (Σχήμα 51, Σχήμα 52) .



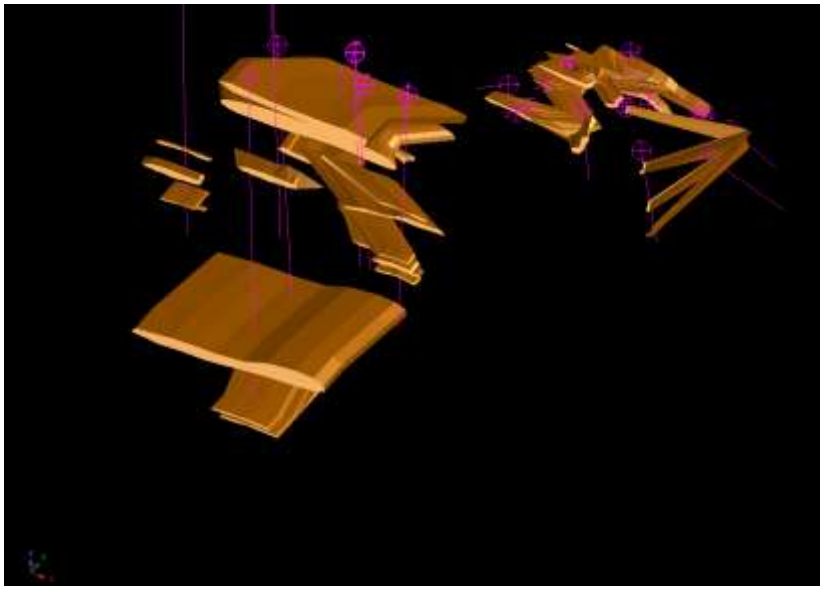
Σχήμα 52 Αρχικό Ore Body



Σχήμα 51 Αρχικό Ore Body του Νότιου Τομέα

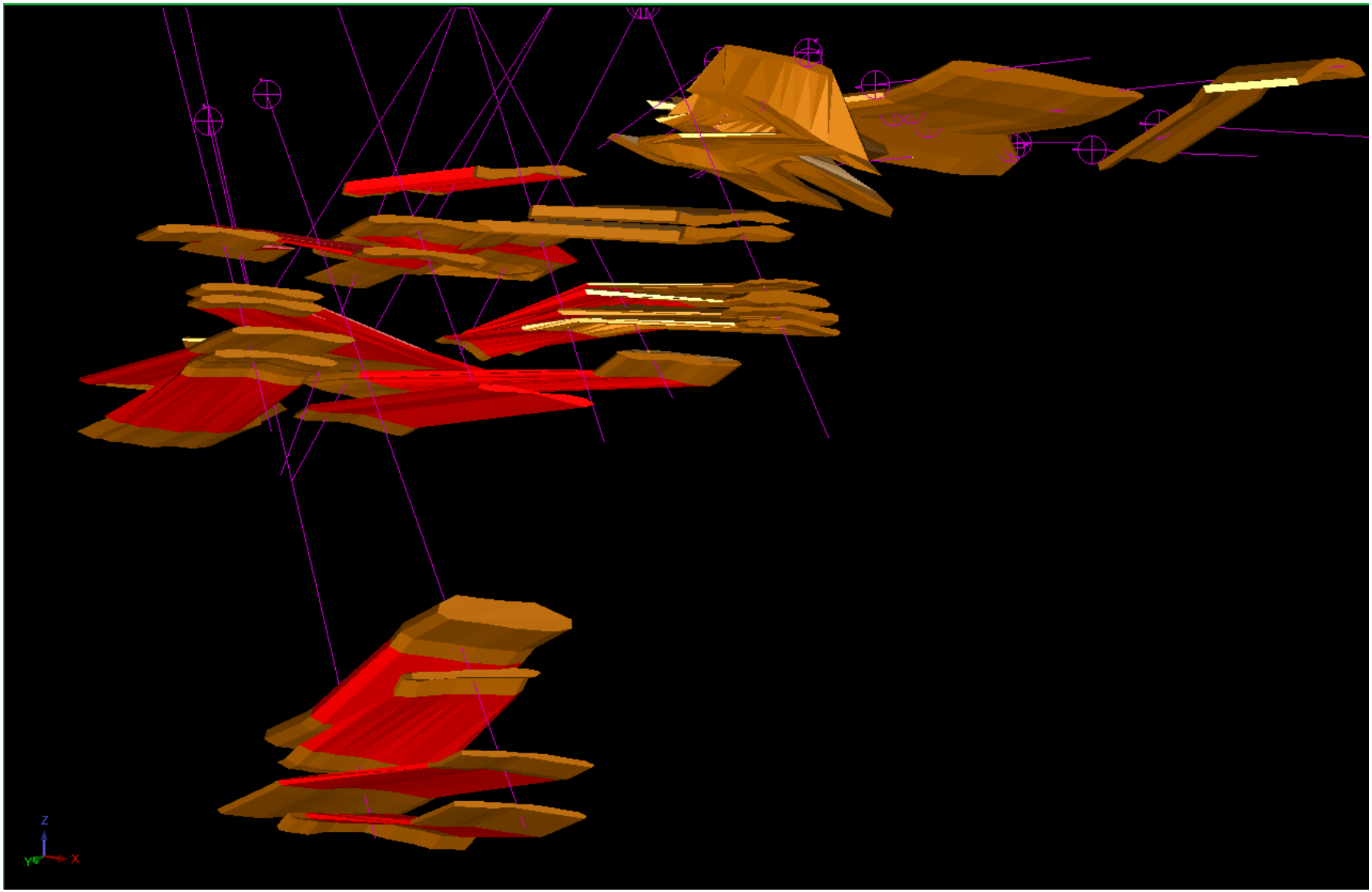
Αυτά πέρα ότι δεν κάλυπταν τμήματα των Γεωτρήσεων (βλέπε σχήμα 51) εξαιτίας της αραιής πυκνότητας τομών, επιπλέον δεν έκαναν εύκολα επιβεβαίωση(Validation).

Η αντιμετώπιση σε όλο αυτό έγινε αφενός με την πύκνωση αλλά και με τον προσανατολισμό της διεύθυνσης των τομών σύμφωνα με την ανάπτυξη του κοιτάσματος. Οπότε κατασκευάστηκε Ore Body (Σχήμα 53) που αφενός έκανε Validate και Solid, αλλά συνέχισε να μην έχει ταύτιση απόλυτη με τις Γεωτρήσεις και μεγάλη Γεωλογική Αβεβαιότητα.



Σχήμα 53 Βελτιωμένο OreBody μετά από Πύκνωση Τομών και κατάλληλο προσανατολισμό

Ύστερα από επισταμένες προσπάθειες προσέγγισης επιτεύχθηκε ο τελικός προσδιορισμός του Ore Body (Σχήμα 54) ως σύνολο ΔΕΙΚΝΥΟΜΕΝΩΝ (Πιθανών και Βέβαιων Γεωλογικών Αποθεμάτων), το οποίο κατάφερε να γίνει Έγκυρο (Validate) και Συνεκτικό - Συνεχές (solid),ενώ υπολογίστηκαν και οι σχετικοί επιμέρους όγκοι (Σχήμα 55), όντας ταυτιζόμενες οι τομές με την εμφάνιση των Γεωτρήσεων. **Να σημειωθεί ότι ακόμα και η ένωση και δημιουργία Γεωλογικού Μεταλλευτικού σώματος έχει πολλά ποσοστά αβεβαιότητας. Είναι μια πρόταση αξιολογώντας τα δεδομένα και εισάγοντας τα, και αυτό μόνο η πύκνωση των Γεωτρήσεων με την Περιχαράκωση του Κοιτάσματος και οι τελικές Εκσκαφές μπορούν να το επιβεβαιώσουν.**



Σχήμα 54 Τελικό Ore Body των Πιθανών Πόρων με κόκκινο με καφέ οι Βέβαιοι (Γεωλογικά)

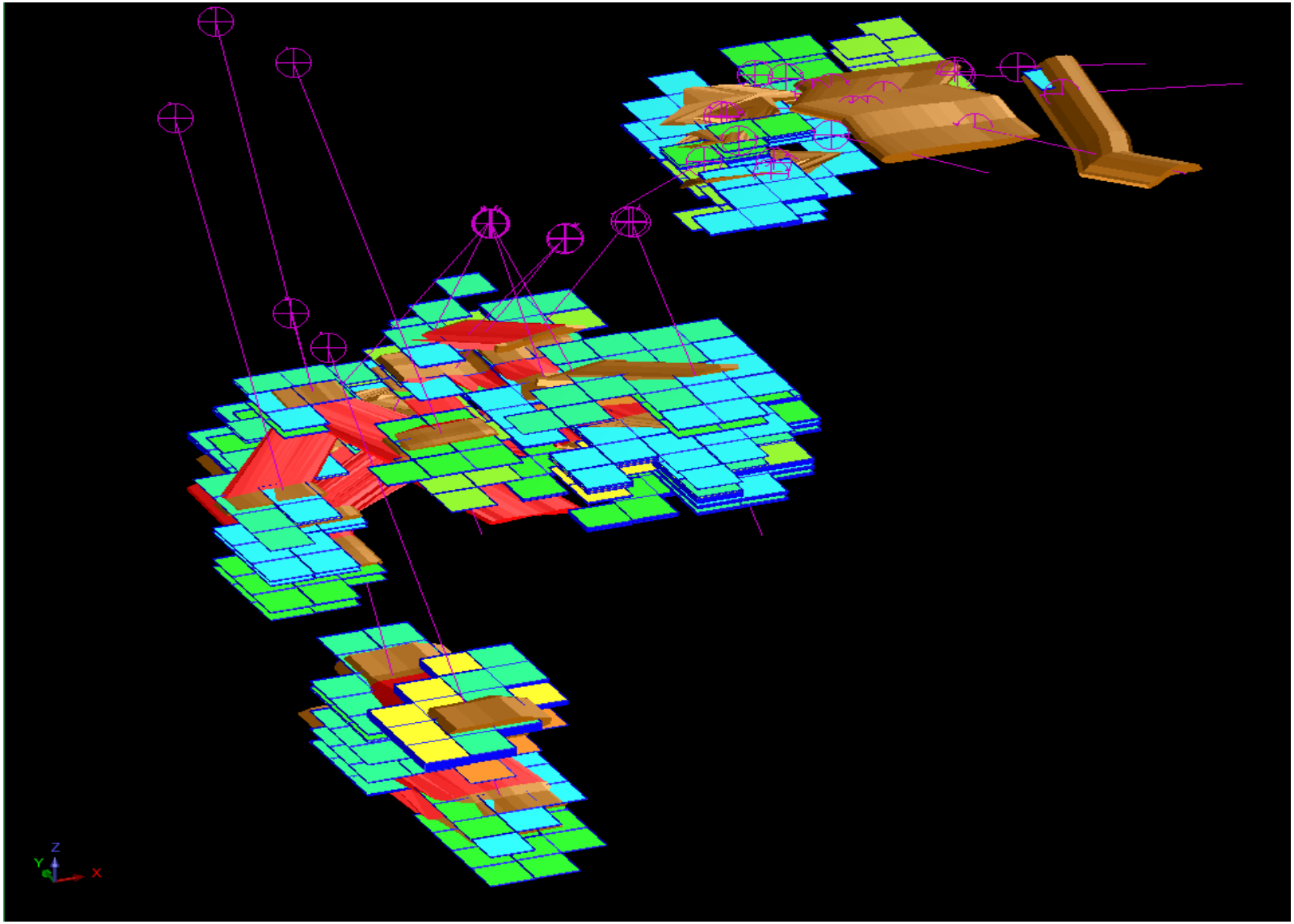
```
Totals - Object: 8
Surface area: 556596
Volume : 1436915
```

```
Totals - Object: 1
Surface area: 815964
Volume : 2499132
```

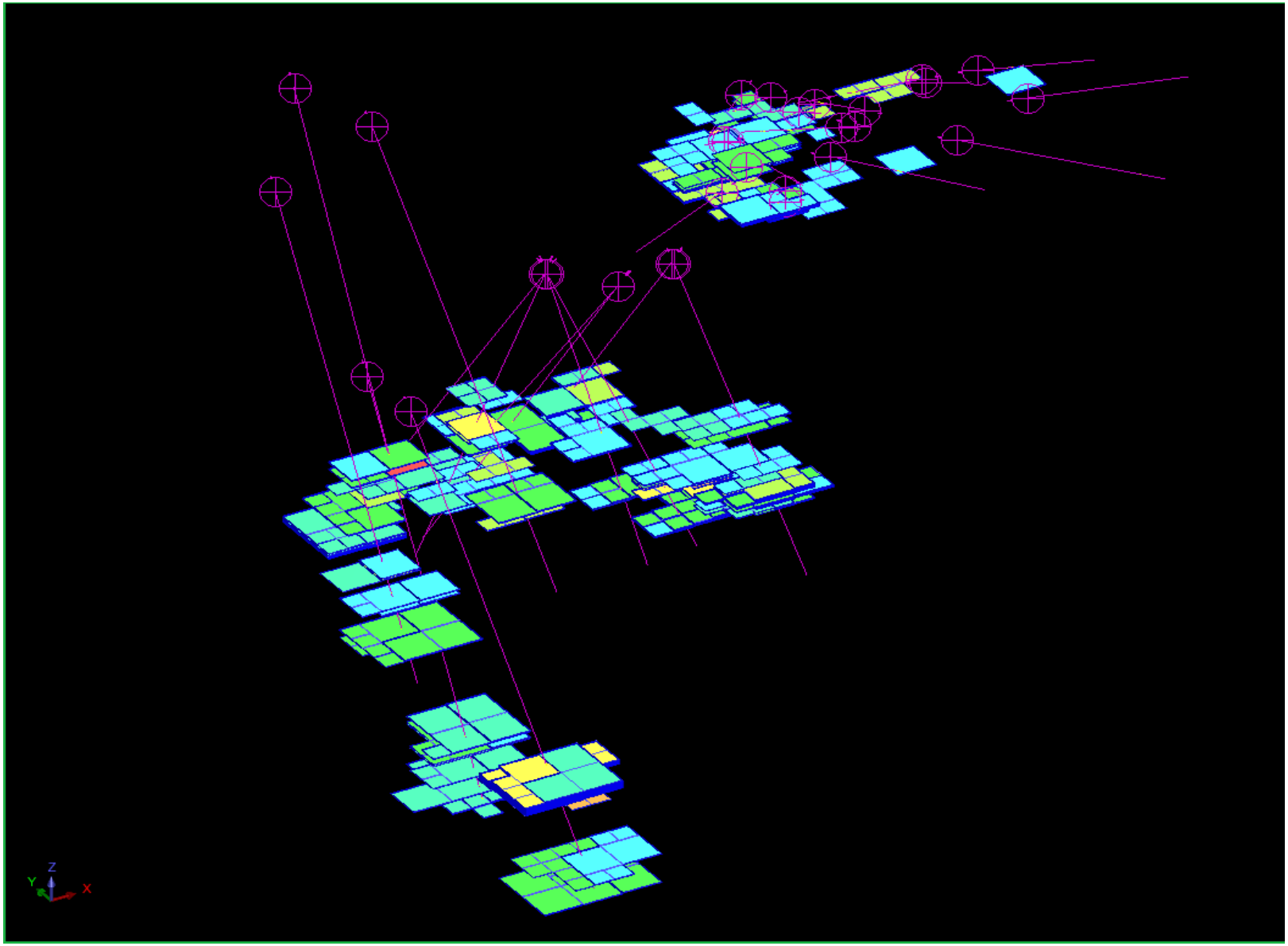
Σχήμα 55 Report Δεικνυόμενων και Πιθανών

Το καφέ χρώμα (object1) δίνει αποθέματα 8.377.090 tn ,το κόκκινο (object 8) 4.816539.54 tn, ενώ το σύνολο τους 13,193,629.54 tn και μπορεί να θεωρηθούν ως ΔΕΙΚΝΥΟΜΕΝΟΙ ΠΟΡΟΙ. Επειδή οι συγκεκριμένοι τόνοι προέκυψαν από την ογκομέτρηση στην οποία δεν υπάρχει καμία πληροφορία (ως προς το object 8) αν υπάρχει ή δεν υπάρχει Χρωμίτης (πρακτικά μερική ή ολική απουσία), αποφασίστηκε να συνυπάρχουν(σχήμα 56), και να γίνει τομή (υπολογιστική) ανάμεσα στο Block Model και στο Orebody, θεωρώντας τα κενά ως μέρος του ROM μεταλλεύματος (σχήμα 57).

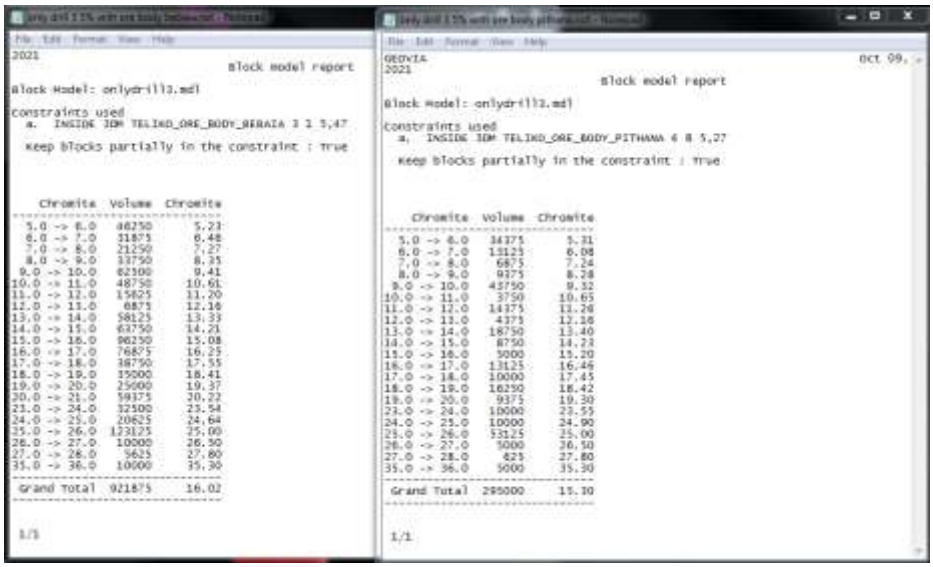
Από την τομή(Σχήμα 57)με τα Constraintου Block Model και του ψηφιακού ανάγλυφου του Ore Body (αθροίζοντας τα επιμέρους Πιθανό και Βέβαιο Ore Body), και με επιλογή να συμπεριλαμβάνονται τα ακραία τμήματα του Block για την άθροιση που προκύπτουν από τις τομές(με το σκεπτικό ότι η ποσότητα που συμπεριλαμβάνεται αντιστοιχεί στην ποσότητα του πιθανά Γεωλογικού [κόκκινου] και θεωρώντας το ως συνέχεια του Κοιτάσματος) (Σχήμα 58), δίνουν με ασφάλεια ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ Αποθέματα 3.507.033,4tn με ειδικό βάρος 3,352 t/m^3.



Σχήμα56 Συνύπαρξη Block Model και Ore Body



Σχήμα 57 Το Block Model μετά την Τομή



2021 Block model report

Block Model: onlydrill2.mdl

constraints used
a. INSIDE IDM TELIKO_ORE_BODY_BERAIA 3 1 5,47

Keep blocks partially in the constraint : true

Chromite	Volume	Chromite
5.0 -> 6.0	46250	5.23
6.0 -> 7.0	31875	6.48
7.0 -> 8.0	21250	7.27
8.0 -> 9.0	13750	8.35
9.0 -> 10.0	82500	9.41
10.0 -> 11.0	48750	10.61
11.0 -> 12.0	15625	11.20
12.0 -> 13.0	8875	12.18
13.0 -> 14.0	58125	13.33
14.0 -> 15.0	63750	14.21
15.0 -> 16.0	96250	15.08
16.0 -> 17.0	76875	16.25
17.0 -> 18.0	38750	17.55
18.0 -> 19.0	35000	18.41
19.0 -> 20.0	25000	19.37
20.0 -> 21.0	59375	20.22
21.0 -> 24.0	32500	23.54
24.0 -> 25.0	20625	24.64
25.0 -> 26.0	123125	25.00
26.0 -> 27.0	10000	26.50
27.0 -> 28.0	5625	27.80
35.0 -> 36.0	10000	35.30
Grand Total	921875	16.02

1/1

GEOVIA Oct 09,
2021 Block model report

Block Model: onlydrill2.mdl

constraints used
a. INSIDE IDM TELIKO_ORE_BODY_PITHANA 4 8 5,27

Keep blocks partially in the constraint : true

Chromite	Volume	Chromite
5.0 -> 6.0	34375	5.31
6.0 -> 7.0	13125	6.08
7.0 -> 8.0	6875	7.24
8.0 -> 9.0	9375	8.28
9.0 -> 10.0	43750	9.32
10.0 -> 11.0	3750	10.65
11.0 -> 12.0	14375	11.28
12.0 -> 13.0	4375	12.18
13.0 -> 14.0	18750	13.40
14.0 -> 15.0	8750	14.23
15.0 -> 16.0	5000	15.20
16.0 -> 17.0	13125	16.46
17.0 -> 18.0	10000	17.45
18.0 -> 19.0	16250	18.42
19.0 -> 20.0	9375	19.30
23.0 -> 24.0	10000	23.55
24.0 -> 25.0	10000	24.90
25.0 -> 26.0	53125	25.00
26.0 -> 27.0	5000	26.50
27.0 -> 28.0	625	27.80
35.0 -> 36.0	5000	35.30
Grand Total	295000	15.30

1/1

Σχήμα 58 Report Αθροιστικά της Τομής

Με αυτή την διαδικασία αφενός υπολογίζονται Ασφαλή Μετρούμενα Αποθέματα απ την άλλη μπορεί να θεωρηθεί ο έγκυρο το Ore Body ώστε να γίνει ο Σχεδιασμός της Εκμετάλλευσης με τα συγκεκριμένα Αποθέματα. Σίγουρα πάντως είναι πιο ασφαλή και πιο συγκεκριμένα απ τα ΕΛ.ΣΙ. Επίσης αν έπρεπε να γίνει μια επιπλέον προσέγγιση τους ΒΕΒΑΙΩΜΕΝΟΥΣ πόρους που θα εκλέγοταν ως Αποθέματα για τον Σχεδιασμό θα ήταν μόνο η τομή του Ore Body (object 1) και χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα άκρα έτσι θα λαμβανόταν αποθέματα. 2.676.364.18 tn. Για λόγους όμως ότι τα 4.050.000 tn των ΕΛ.ΣΙ. στον συγκεκριμένο χώρο (Νότιο και Νοτιοδυτικό) είναι μια εκτίμηση που πάει να πλησιάσει τους συγκεκριμένους υπολογισμούς , ενώ απ την άλλη μόνο οι Επιβεβαιωτικές Γεωτρήσεις μπορούν να ταυτοποιήσουν τους υπολογισμούς, όντας υπαρχόντων ενδείξεων για την συνέχεια του Κοιτάσματος όπως προσδιορίστηκε, θα θεωρηθούν οι ΜΕΤΡΗΜΕΝΟΙ πόροι απ το Τελικό Μοντέλο και ως ΒΕΒΑΙΩΜΕΝΟΙ για τον περαιτέρω Σχεδιασμό της Εκμετάλλευσης.

3.4 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Εκτίμησης Αποθεμάτων

Από τον Υπολογισμό και Επιβεβαίωση των Αποθεμάτων προκύπτει ότι τόσο η ανάπτυξη όσο και ο προσανατολισμός του Κοιτάσματος συνάδει με την Βιβλιογραφία. Οι Φακοί εμφάνισης είναι παραπάνω σε πάχος που ξεκινούν από τα 3m και φτάνουν ως και τα 21 m. Η μετατόπιση των φακών ελέγχεται από την Τεκτονική της περιοχής. Αυτό ουσιαστικά δημιουργεί και τρεις Τομείς εμφάνισης σε διαφορετικά βάθη, ένα σε βάθος από τα 680 έως τα 714 m, έναν Τομέα από τα 563 m έως 376 m , και ένα Τομέα από το βάθος 156m έως 0m, απόλυτων υψομέτρων. Το μέσο πάχος φακών στον 1ο Τομέα είναι στα 12,5 m περίπου , στον 2ο υπάρχουν δυο εμφανίσεις μια με μέση τιμή 5,6 m και άλλη 12,5 m, στον 3ο παρόμοια με τον 2ο μόνο που εκεί οι μεγάλοι φακοί μπορούν να φτάνουν και τα 21m. Οι αποστάσεις των Φακών καθ ύψος ποικίλουν από τα 2,5 έως και τα 15 m κατά θέση, ενώ σε οριζόντια απόσταση μπορούν να απέχουν από 5 έως και 180 m. Η Κλίση των Φακών είναι οριζόντια έως 30ο ως προς την διεύθυνση ανάπτυξης του Κοιτάσματος, ενώ το ίδιο το Κοίτασμα έχει μια μέση κλίση 35-40ο. Η μέση Περιεκτικότητα είναι κοντά στο 18% σε περιεχόμενο Χρωμίτη, που ανάλογα το όριο που επιθυμητό να Εκμεταλλευτεί μπορεί να πιάσει και το 20-25% μέση Περιεκτικότητα.

4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ

Για τον Σχεδιασμό μια Υπόγειας Εκμετάλλευσης σημαντικό ρόλο παίζει ο προγραμματισμός της παραγωγής, σε σχέση με τους περιορισμούς (τεχνικούς-Κοίτασμα-Περιβάλλον) τα Οικονομικά δεδομένα (της Αγοράς και της Προσφοράς Ζήτησης) και της Μεθόδου Εκμετάλλευσης.

Αυτός με την σειρά θα καθορίσει τον ρυθμό Παραγωγής και εν συνεχεία όλα τα υπόλοιπα κριτήρια (εξοπλισμός, εγκαταστάσεις κλπ) και το κόστος που καθορίζουν την Βιωσιμότητα της Επένδυσης ***(Τερεζόπουλος 2003)***. Παρακάτω θα αναπτυχθούν όλα τα στάδια από τον ρυθμό Παραγωγής περνώντας στον Σχεδιασμό και την υλοποίηση των κατάλληλων Μεθόδων, ως και την κατάληξη του Κόστους μιας που υπόλοιποι Παράγοντες είναι καταγεγραμμένοι ή προσδιορισμένοι στα προηγούμενα κεφάλαια.

4.1 Προγραμματισμός Παραγωγής

Ο προγραμματισμός της παραγωγής εξαρτάται από την συνάφεια της εκμετάλλευσης (ανεξάρτητη λειτουργία, η μέρος παραγωγικής διαδικασίας). Με δεδομένο τα Αποθέματα αν εφαρμοστεί ο κανόνας του Taylor για $L=0,2 * R^{0,25}$ (1) , όπου R τα Αποθέματα προκύπτει μια Δυνατότητα Παραγωγής 8,65 έτη, αυτός είναι πάρα πολύ μικρός για την λειτουργία ενός Μεταλλείου αξιολογώντας τις προϋπάρχουσες συνθήκες, και τα σχετικά κόστη μιας και οι Αποσβέσεις του εξοπλισμού δεν θα προλάβουν να Αποσβεστούν. Μια ασφαλής εκτίμηση είναι με το να διπλασιαστεί ο κανόνας του Taylor οπότε θα προκύψουν 17, 3 έτη διάρκεια Ζωής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα $2L=2*0,2 * R^{0,25} =2R/Q$ (2), με δεδομένο πάλι από τον ότι το Q (ετήσια παράγωγή) = $5 *R^{0,75}$ (3) , λύνοντας ως προς Q καταλήγει το $Q=2,5* R^{0.75}$, δηλαδή μια ετήσια παραγωγή 202.297, 75 tn. Που σε 300 μέρες λειτουργίας αντιστοιχεί σε 675, 99 tn/day.

Με δεδομένα την προηγούμενη λειτουργία των ΕΛ.ΣΙ. και τις αναγκαιότητες της, μια εταιρεία πρέπει να πουλά εμπλούτισμα (concentrate) 50.000tn ή να την διοχετεύει σε εξαρτώμενη εταιρεία. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να έχει και άμεσο stock ασφαλείας ώστε να μπορεί να αντεπεξέρχεται στους ρυθμούς της. Αυτές οι ποσότητες αντιστοιχούν σε 156.500 tn περίπου ROMΜεταλλεύματος και 48.500 tn ασφάλειας ROM. Η ποσότητα της ασφάλειας θα εξυπηρετήσει και την Εκμετάλλευση σε περίπτωση δύσκολων Γεωτεχνικών συνθηκών που αναμένεται να συναντήσει και εξασφαλίζει επάρκεια 3,2 μηνών.

Επομένως χρειάζονται 205.000 tn ROM, το Μετάλλευμα αν θα περισσεύει κάθε 2ο έτος θα μπορεί να πωλείται απευθείας (αν και δεν συμφέρει η απ απευθείας πώληση εκτός από σπάνιες περιπτώσεις)ή θα γίνεται η μείωση της παραγωγής το επόμενο έτος.

Άρα είτε μέσω Taylor, είτε πρακτικής, είτε προηγούμενης εμπειρίας μια Παραγωγή σε Ετήσια Βάση 205.000 tn είναι αποδεκτή. Για να οριστικοποιηθεί ο αναγκαίος ρυθμός παραγωγής, θεωρείται ότι μέσα στο έτος με Αργίες , Άδειες προσωπικού κλπ, οι μέρες εργασίας είναι 278. Αυτό δίνει μια απαιτούμενη ημερήσια παραγωγή σε 737,43 tn , ή 220 m^3 που αναλογούν σε 151,72m^3 σε Εξόρυξη in situ (διορθωμένη με τον συντελεστή επιπλήσματος 1,45 για αυτά τα πετρώματα ***(Καζάκος 2014)***).

4.2 Επιλογή Μεθόδου Εκμετάλλευσης

Για να επιλεχθεί η Μέθοδος λαμβάνεται υπόψη η προϋπάρχουσα εμπειρία στο συγκεκριμένο χώρο. Αυτή έχει δείξει ότι τρεις Μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν. Η Μέθοδος των Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων (Cut and Fill), Μέθοδος Κενών με Διαδοχικούς ορόφους (Sub Level Open Stoping) και του Συμπτυσσόμενου Μετώπου (Shrinkage), η οποία πλέον είναι επισφαλής.

Η επιλογή της Υπόγειας Μεθόδου Εκμετάλλευσης ενός Κοιτάσματος επηρεάζεται από συγκεκριμένους παράγοντες που αφορούν το σχεδιασμό όπως:

- τη μορφολογία της περιοχής
- τα χαρακτηριστικά εμφάνισης των Γεωλογικών σχηματισμών και την Τεκτονική της περιοχής
- τα Κοιτασματολογικά ,ποιοτικά και γεωμετρικά δεδομένα του Κοιτάσματος
- τα Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων πετρωμάτων , καθώς και το Τασικό πεδίο
- τα στοιχεία από την παλαιότερη Εκμετάλλευση των Μεταλλείων
- τα Υδρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής
- τα κοινωνικά και Περιβαλλοντικά κριτήρια
- τον απαιτούμενο ρυθμό Παραγωγής
- Οικονομικά στοιχεία (τιμής πώλησης, σημαντικότητα κοιτάσματος κλπ)

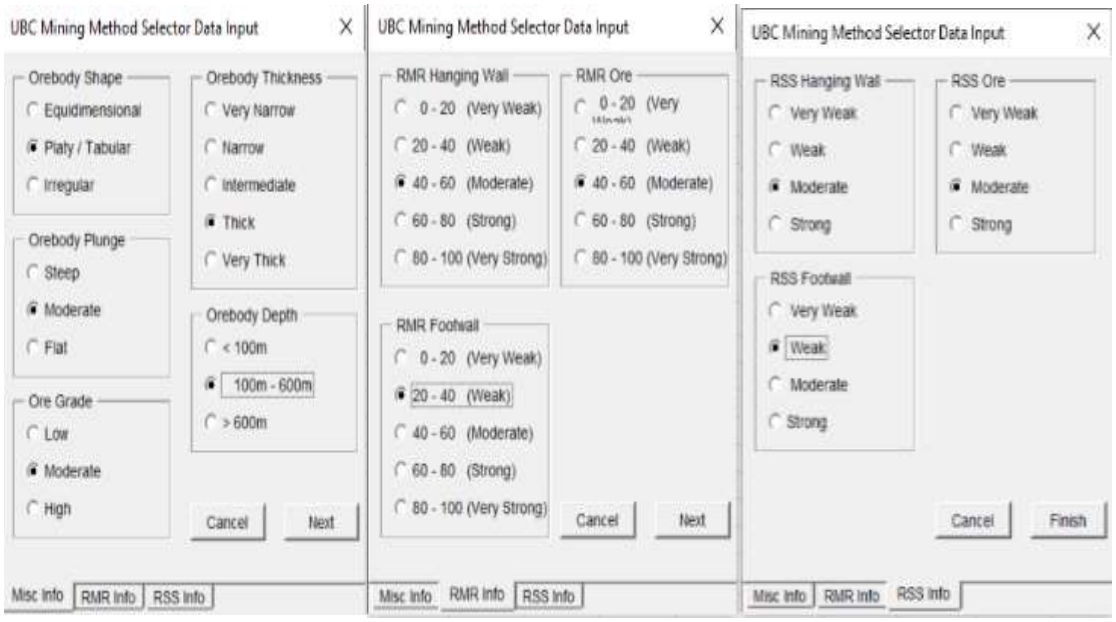
Με βάση αυτά και ότι Κοιτασματολογικά υπάρχουν τρεις περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων πετρωμάτων διαφορετικά βάθη και γεωμετρίες φακών, θα πρέπει να επιλεγεί η Βέλτιστη για την κάθε περιοχή. Για να αρχίσει πλέον να ξεχωρίζει το κοίτασμα θα ονομάζονται Α τομέας (υψόμετρο περί τα 700) , Β τομέας (563 m έως 376 m), Γ τομέας (υψόμετρο 156m έως 0m) ανάλογα τον χώρο που βρίσκεται.

Με βάση την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε από τους ***Miller-Tait, L., Pakalnis, R. and Poulin, R., (1995),*** ως UBC Mining Method Selection, η οποία συνδυάζει κυρίως το βάθος, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του Κοιτάσματος , των περιβαλλόντων πετρωμάτων όπως και την σχετική κατάταξη τους, καθώς και δείκτες Αντοχής. Προτείνουν ένα αλγόριθμο επιλογής. Τον αλγόριθμο τον υλοποίησε ο ***Jeff Breadner (1999).***

Αν επιλεχτούν τα κατάλληλα στοιχεία σύμφωνα με τα όσα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια και ενότητες, ο αλγόριθμος δίνει:

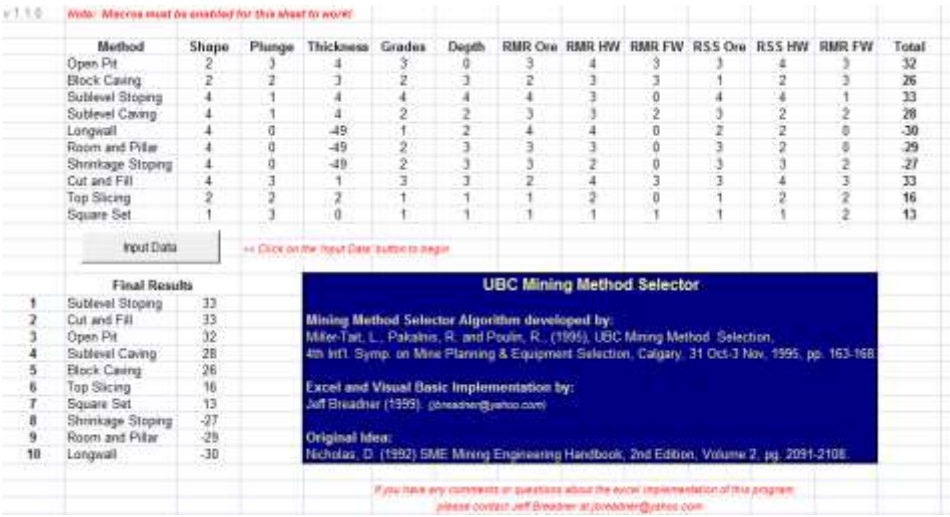
- <u>Για τον Α τομέα</u>

  Αν επιλεγούν τα χαρακτηριστικά σύμφωνα με το σχήμα (Σχήμα 59) πχ 100-600mγια το βάθος του Ore Body γιατί το υψόμετρο επιφάνειας κυμαίνεται από τα 900-1100mκαι το υψόμετρο εμφάνισης του είναι στα 700m



Σχήμα 59 Παράμετροι Επιλογής UBC Method για τον Α Τομέα

Τότε τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 60)



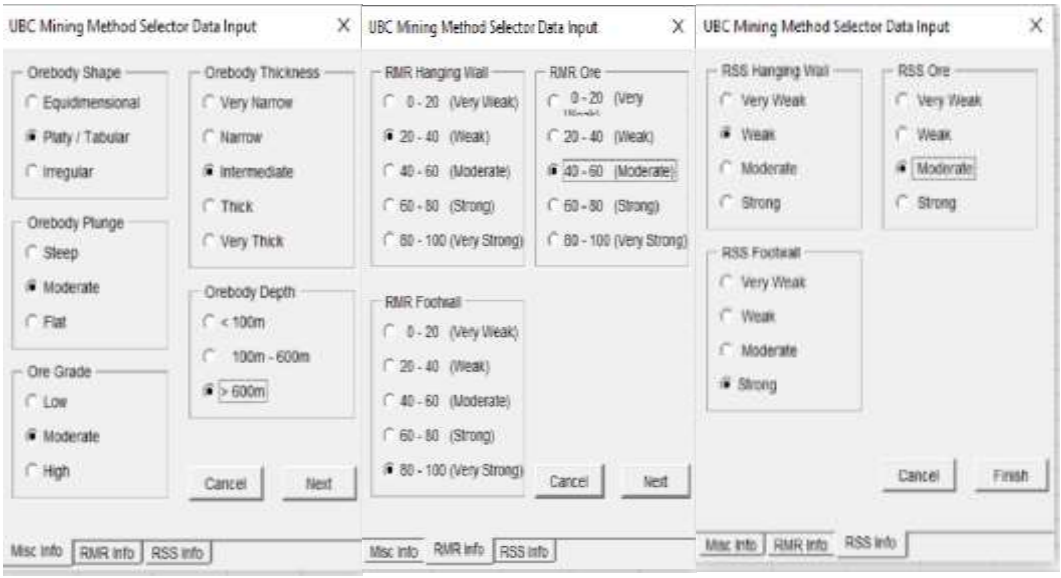
Method	Shape	Plunge	Thickness	Grades	Depth	RMR Ore	RMR HW	RMR FW	RSS Ore	RSS HW	RMR FW	Total
Open Pit	2	3	4	3	0	3	4	3	3	4	3	32
Block Caving	2	2	3	2	3	2	3	3	1	2	3	26
Sublevel Stoping	4	1	4	4	4	4	3	0	4	4	1	33
Sublevel Caving	4	1	4	2	2	3	3	2	3	2	2	28
Longwall	4	0	-49	1	2	4	4	0	2	2	0	-30
Room and Pillar	4	0	-49	2	3	3	3	0	3	2	0	-29
Shrinkage Stoping	4	0	-49	2	3	3	2	0	3	3	2	-27
Cut and Fill	4	3	1	3	3	2	4	3	3	4	3	33
Top Slicing	2	2	2	1	1	1	2	0	1	2	2	16
Square Set	1	3	0	1	1	1	1	1	1	1	2	13

Σχήμα 60 Αποτελέσματα Α Τομέα

Με βάση αυτά προτείνεται το Sub Level Open Stoping, και το Cut and Fill

- <u>Για τον Β τομέα</u>

Αν επιλεγούν τα χαρακτηριστικά σύμφωνα με το σχήμα (Σχήμα 61)



Σχήμα 61 Παράμετροι Επιλογής UBC Method για τον Β Τομέα

Τότε τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 62)

v 1.1.0 Note: Macros must be enabled for this sheet to work!

Method	Shape	Plunge	Thickness	Grades	Depth	RMR Ore	RMR HW	RMR FW	RSS Ore	RSS HW	RMR FW	Total
Open Pit	2	3	3	3	-49	3	3	4	3	3	4	-18
Block Caving	2	2	0	2	3	2	3	2	1	3	1	21
Sublevel Stoping	4	1	3	4	2	4	0	3	4	1	3	29
Sublevel Caving	4	1	0	2	2	3	4	3	3	3	2	27
Longwall	4	0	0	1	3	4	5	0	2	5	0	24
Room and Pillar	4	0	1	2	2	3	0	0	3	0	0	15
Shrinkage Stoping	4	0	0	2	2	3	0	3	3	1	3	21
Cut and Fill	4	3	4	3	4	2	5	2	3	5	2	37
Top Slicing	2	2	0	1	1	1	0	2	1	2	1	13
Square Set	1	3	2	1	2	1	4	0	1	2	0	17

Input Data << Click on the 'Input Data' button to begin

	Final Results	
1	Cut and Fill	37
2	Sublevel Stoping	29
3	Sublevel Caving	27
4	Longwall	24
5	Block Caving	21
6	Shrinkage Stoping	21
7	Square Set	17
8	Room and Pillar	15
9	Top Slicing	13
10	Open Pit	-18

UBC Mining Method Selector

Mining Method Selector Algorithm developed by:
Miller-Tait, L., Pakalnis, R. and Poulin, R., (1995). UBC Mining Method Selection, 163-168.

Excel and Visual Basic Implementation by:
Jeff Broadner (1999). (jbroadner@yahoo.com)

Original Idea:
Nicholas, D. (1992) SME Mining Engineering Handbook, 2nd Edition, Volume 2, pg. 2091-2108.

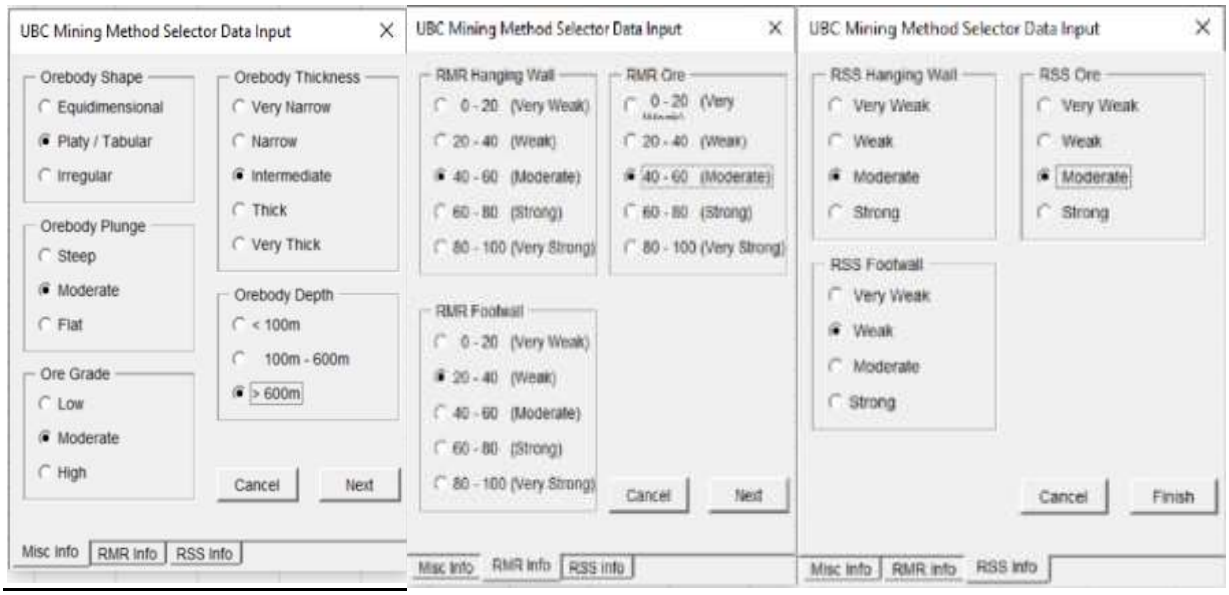
If you have any comments or questions about the excel implementation of this program, please contact Jeff Broadner at jbroadner@yahoo.com

Σχήμα 62 Αποτελέσματα Β Τομέα

Με βάση αυτά προτείνεται το Cut and Fill και ως δεύτερη επιλογή το Sub Level Open Stoping

- <u>Για τον Γ τομέα</u>

Αν επιλεγούν τα χαρακτηριστικά σύμφωνα με το σχήμα (Σχήμα 63)



Σχήμα 63 Παράμετροι Επιλογής UBC Method για τον Γ Τομέα

Τότε τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 64)

v 1.1.0 *Note: Macros must be enabled for this sheet to work!*

Method	Shape	Plunge	Thickness	Grades	Depth	RMR Ore	RMR HW	RMR FW	RSS Ore	RSS HW	RMR FW	Total
Open Pit	2	3	3	3	-49	3	4	3	3	4	3	18
Block Caving	2	2	0	2	3	2	3	3	1	2	3	23
Sublevel Stoping	4	1	3	4	2	4	3	0	4	4	1	30
Sublevel Caving	4	1	0	2	2	3	3	2	3	2	2	24
Longwall	4	0	0	1	3	4	4	0	2	2	0	20
Room and Pillar	4	0	1	2	2	3	3	0	3	2	0	20
Shrinkage Stoping	4	0	0	2	2	3	2	0	3	3	2	21
Cut and Fill	4	3	4	3	4	2	4	3	3	4	3	37
Top Slicing	2	2	0	1	1	1	2	0	1	2	2	14
Square Set	1	3	2	1	2	1	1	1	1	1	2	16

Input Data << Click on the 'Input Data' button to begin

	Final Results	
1	Cut and Fill	37
2	Sublevel Stoping	30
3	Sublevel Caving	24
4	Block Caving	23
5	Shrinkage Stoping	21
6	Longwall	20
7	Room and Pillar	20
8	Square Set	16
9	Top Slicing	14
10	Open Pit	-18

UBC Mining Method Selector

Mining Method Selector Algorithm developed by:
Miller-Tait, L., Pakalnis, R. and Poulin, R., (1995), UBC Mining Method Selection, 4th Int'l. Symp. on Mine Planning & Equipment Selection, Calgary, 31 Oct-3 Nov, 1995, pp. 163-168.

Excel and Visual Basic Implementation by:
Jeff Breadner (1999). (jbreadner@yahoo.com)

Original Idea:
Nicholas, D. (1992) SME Mining Engineering Handbook, 2nd Edition, Volume 2, pg. 2091-2108.

If you have any comments or questions about the excel implementation of this program, please contact Jeff Breadner at jbreadner@yahoo.com

Σχήμα 64 Αποτελέσματα Γ Τομέα

Με βάση αυτά προτείνεται το Cut and Fill και ως δεύτερη επιλογή το Sub Level Open Stoping

Σύμφωνα με την γεωμετρία και τον πλήθος Φακών από την μια, καθώς και την ιστορικότητα των Μεθόδων που έχουν εφαρμοστεί, υιοθετείται και ευσταθεί η συγκεκριμένη πρόταση. Στον Α τομέα θα εφαρμοστεί κυρίως Sub Level Open Stoping εκεί που οι Φακοί ξεπερνούν τα 5,6m και κάτω από αυτό το όριο Cut and Fill. Αντίστοιχα αλλά αντίστροφα λόγω της μορφολογίας των Φακών θα εφαρμοστεί πιο πολύ το Cut and Fill και όπου μπορεί να εφαρμοστεί το Sub Level Open Stoping στους τομείς Β και Γ. Επίσης οι όροφοι για την πρόσβαση μπορούν να υλοποιηθούν σύμφωνα με τις κατακόρυφες αποστάσεις των Φακών (πχ σε περιοχές με καθ ύψος απόσταση φακών 2 mκαι πάχη αυτών των δυο 3-4 m ο καθένας μπορεί να υλοποιηθεί το Cut and Fill).

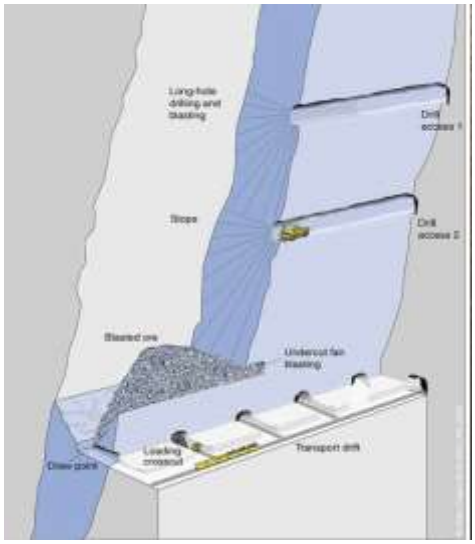
Γενικά η Μέθοδος των Διαδοχικών Ορόφων με Κενά Μέτωπα (Sub Level Open Stoping) (Σχήμα 65) η οποία ενδείκνυται για κοιτάσματα στα οποία η μεταλλοφορία αναπτύσσεται με μεγάλες κλίσεις, αναπτύσσεται επιτρέποντας την ανόρυξη με Ανυποστήρικτους Θαλάμους.

Σε περιπτώσεις Γεωτεχνικής αστάθειας των περιβαλλόντων πετρωμάτων, συνίσταται η χρήση μεγάλων συρματόσχοινων, η ξηρή τοποθέτηση Λιθογόμωσης από τα στείρα ή συνδυασμός ξηρής και σε πάστα (past fill) , η και συνδυασμός τους.

Η Εξόρυξη λαμβάνει χώρα μέσα στην μάζα του κοιτάσματος που διαμορφώνουν διαδοχικοί, η οποία οπισθοχωρώντας προς την Διευθυντική Στοά, το υλικό κατακρημνίζεται και διαδοχικά, μέσω της βαρύτητας, συγκεντρώνεται σε Στοά Βάσης (χώρο συγκέντρωσης) και από κει μεταφέρεται στην επιφάνεια.

Κατά την διάνοιξη των αρχικών Στοών Προσβολής χρειάζεται ενίοτε μικρή υποστήριξη κυρίως των παρειών της Στοάς Προσβολής.

Εφαρμόζεται σε Κοιτάσματα μεγάλης κλίσης, εναλλασσόμενου ή μεγάλου πάχους (2-20m) όπως στην περίπτωση του Ξερολίβαδου, και με μεγάλη ανθεκτικότητα της αντοχής του ίδιου του μεταλλεύματος. Ταυτόχρονα προσφέρει μεγάλη παραγωγικότητα, ενώ προσφέρεται για κοιτάσματα με ιδιαίτερη ανάμιξη και διασπορά του χρήσιμου συστατικού όπως στην περίπτωση του συγκεκριμένου κοιτάσματος.



Σχήμα 65 Υπόγεια Εκμετάλλευση με τη Μέθοδο των Ανοιχτών Κενών με Διαδοχικούς Ορόφους

Η δεύτερη Μέθοδος Εκμετάλλευσης Κοιτάσματος είναι των Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων(Σχήμα 66). Γενικά η Μέθοδος αυτή ενδείκνυται σε περιπτώσεις όπου η Βραχομάζα εμφανίζεται έντονα Τεκτονισμένη και ισχυρά Σερπεντινιωμένη (ειδικά κοντά σε μεγάλες Τεκτονικές επαφές όπως των Ρηγμάτων).

Η μέθοδος αυτή απαιτεί ισχυρά μέτρα υποστήριξης και μεγάλες ποσότητες Λιθογόμωσης με αποτέλεσμα το αυξημένο λειτουργικό κόστος.

Το υλικό Λιθογόμωσης που απαιτείται κατά τη μέθοδο αυτή, θα προέρχεται από τα Στείρα, Εξορυκτικά υλικά των Στοών Προσπέλασης, Προσβολής και από τα Τέλματα των Εργοστασίων Εμπλουτισμού.

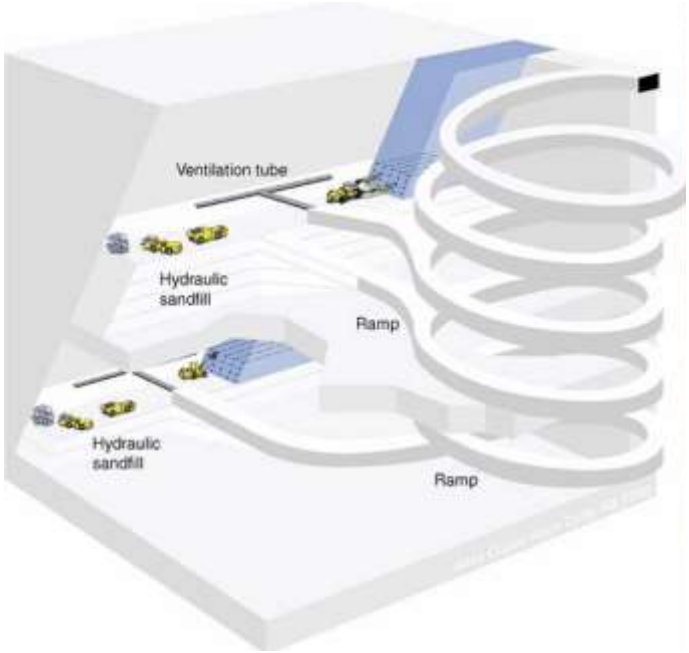
Κατά τις εργασίες της Μεθόδου των Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων, βασικό χαρακτηριστικό και διαφοροποίηση της, σε σχέση με την προαναφερθείσα μέθοδο, είναι η αντικατάσταση του πετρώματος που αποσπάται κατά την Εκμετάλλευση, με νέο φερτό υλικό χαμηλής αξίας, γεμίζοντας τα κενά που δημιουργούνται.

Ο κύκλος εργασιών στη Μέθοδο αυτή το Μετάλλευμα να Εξορύσσεται σε λωρίδες 3m, αρχίζοντας από το χαμηλότερο σημείο του πατώματος και προχωρώντας προς τα πάνω (ανερχόμενη λιθογόμωση). Έτσι, κατά την εφαρμογή της μεθόδου περιλαμβάνεται η αφαίρεση μιας στρώσης του Μεταλλεύματος από το δάπεδο, γίνεται η αποκομιδή του και εν συνεχεία η υποστήριξη των παρειών(η της οροφής αν θα γίνει σε μια στρώση η κοπή).

Στη συνέχεια το δάπεδο γεμίζει με υλικό Λιθογόμωσης, το οποίο ουσιαστικά αποτελεί το νέο δάπεδο εργασίας και αρχίζει ένας νέος κύκλος Εκμετάλλευσης στην ανώτερη νέα υψομετρικά λωρίδα.

Η αντίστοιχη διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί και ως κατερχόμενη λιθογόμωση, όπου πραγματοποιείται η αντίστοιχη διαδικασία, μόνο που πλέον η φορά Εκμετάλλευσης είναι προς τα κάτω. Αυτό σημαίνει ότι μετά την λιθογόμωση της λωρίδας Εκμετάλλευσης, η νέα Εκμετάλλευση αρχίζει κάτω από τη Λιθογομωμένη περιοχή (μαζί με υποστήριξη)

με αποτέλεσμα να υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις στο υλικό Λιθογόμωσης, καθώς πλέον πρέπει να φέρει τις τάσεις που δημιουργούνται στην οροφή, από τη διάταξη της στοάς εκμετάλλευσης.



Σχήμα 66 Υπόγεια Εκμετάλλευση με τη Μέθοδο των Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων

Αυτές οι Μέθοδοι με ελαφριές τροποποιήσεις, πχ η Μέθοδος των Κενών με Διαδοχικούς Ορόφους θα εφαρμόζεται καθ ύψος για μεμονωμένο Φακό, η σε μικρής κατακόρυφης απόστασης δυο Φακών πχ το 1mαλλά με πάχος των εκάστοτε Φακών 3 και 5 mαντίστοιχα, ώστε να μην χρειάζεται επιπλέον μέτρα διάνοιξης και «κουβέρτες». Επίσης μπορεί να υπάρχει μόνο μια λωρίδα στην Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων γιατί το πάχος να είναι 3,6 mτου Φακού οπότε θα Εξορύσσεται σε μια Φάση και πιθανά αν δεν χρειάζεται να μην γίνεται Λιθογόμωση, ανάλογα τις εκάστοτε Γεωτεχνικές Συνθήκες.

4.3 Φάσεις Εκμετάλλευσης-Χρονοδιάγραμμα

Για όλες τι εργασίες θα ακολουθηθεί ο συνήθης κύκλος εργασιών της Διάτρησης-Γόμωσης-Ανατίναξης- Αερισμού-Αποκομιδής-Υποστήριξης με ένα συμβατικό βήμα προχώρησης των 3m/βάρδια/και ανά μέτωπο. Κατά την πλήρη Ανάπτυξη του Μεταλλείου θα πρέπει για κάθε μέτρο Προσπέλασης-Ανάπτυξης να υπάρχει αντίστοιχη προχώρηση δέκα μέτρων προχώρησης Παραγωγής.

Οι πλέον σύγχρονες Υπόγειες Εκμεταλλεύσεις χρησιμοποιούν στο μεγαλύτερο ή και στο σύνολό τους μηχανοποιημένα συστήματα με ηλεκτροκίνητο ή ντιζελοκίνητο εξοπλισμό.

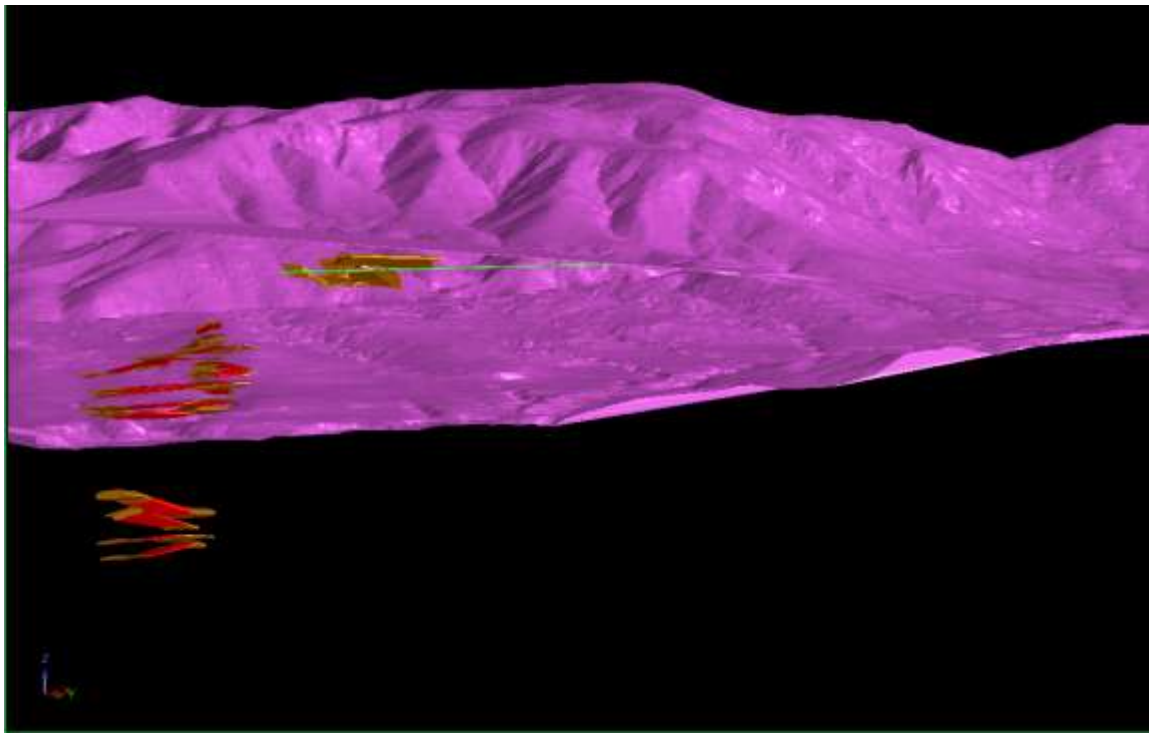
Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπου θα γίνει η επαναχρησιμοποίηση των υφιστάμενων Στοών και Εγκαταστάσεων, μεγάλο τμήμα των Εξορυκτικών εργασιών δεν είναι πλέον δυνατόν να γίνει μηχανοποιημένα σ' αυτά τα τμήματα του Κοιτάσματος, αφού υπάρχει ήδη εκτεταμένο δίκτυο Στοών μικρής διατομής (<6m^2), συνοδευόμενο από φρέατα Αερισμού και κεκλιμένα επίπεδα αποκομιδής Μεταλλεύματος, γεγονός που δεν υπάρχει ανάλογος εξοπλισμός ώστε να μηχανοποιηθούν. Από την άλλη η επιλογή της διεύρυνσης και συγκεκριμένων διατομών (πεταλοειδής) αποσκοπεί στο να υπάρχει κατάλληλο ανεμπόδιστο ύψος για τις παροχές και τα δίκτυα που θα τοποθετηθούν στην οροφή και επιθυμητό άνοιγμα για την κίνηση Μηχανημάτων.

Οι Φάσεις Εκμετάλλευσης επειδή πρόκειται για επαναλειτουργία και επανασχεδιασμό θα λειτουργήσουν λίγο διαφορετικά. Στην συγκεκριμένη κατάσταση για να μπορούν να διαχωριστούν οι φάσεις Εκμετάλλευσης(Προσπέλαση, Περιχάραξη, Εξόφληση) και τομείς του Μεταλλεύματος που θα συμβαίνουν ταυτόχρονα θα επιμεριστούν και θα ονομαστούν «Ρουτίνες» και θα εμπεριέχουν όλους του συνδυασμούς φάσεων Εκμετάλλευσης, Προσπέλασης, Ανάπτυξης, Κύκλων Εργασιών, και Παραγωγής. Επίσης σημαντική παράμετρος Σχεδιασμού αποτέλεσε η απόσταση από τον ταμιευτήρα του φράγματος Ιλαρίων, (μεγαλύτερη των 1000 μ, έναντι του περιοριστικού όρου προστασίας του ταμιευτήρα για αποστάσεις 500μ και άνω). Αυτό σε σχέση με την επιλογή της θέσης 2^{ης} Προσπελαστικής Στοάς.

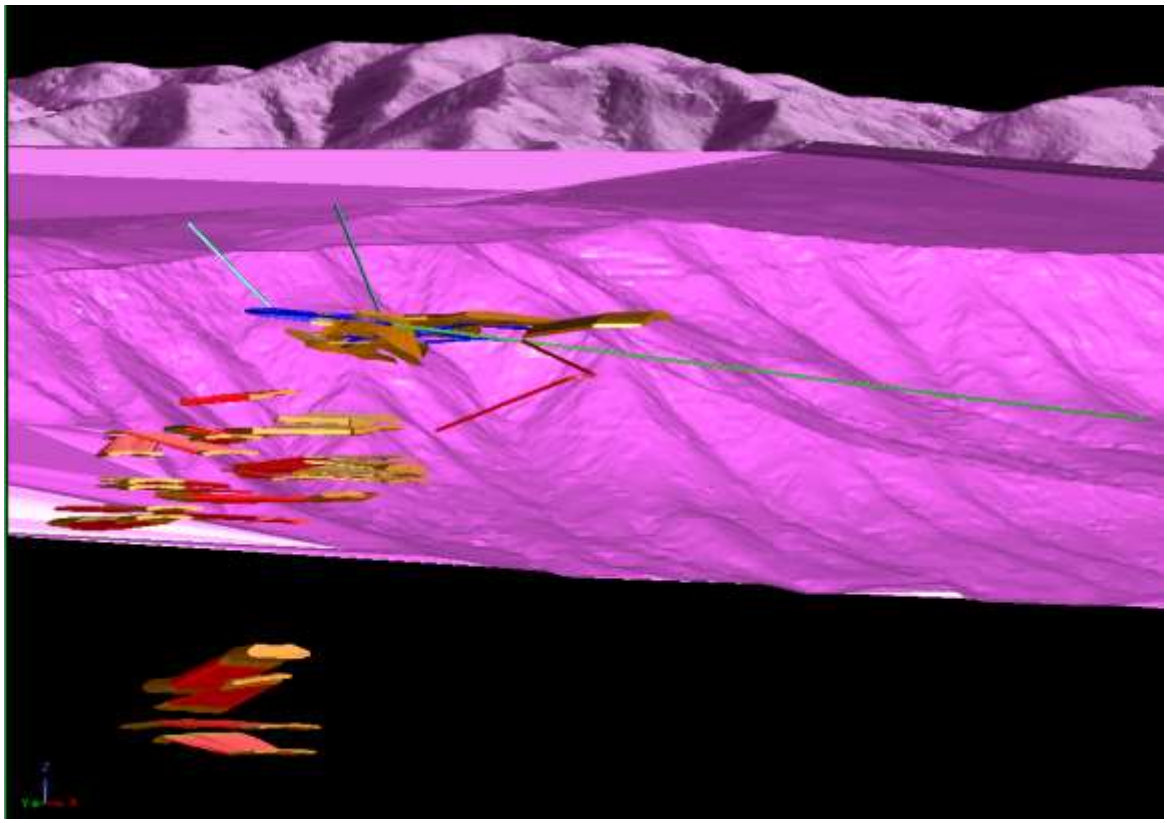
4.3.1 Ρουτίνα 1

Λόγω των τριών Τομέων Κοιτάσματος του οποίου το ένα, εν μέρει είναι Περιχαρακωμένο, θα χρησιμοποιηθεί η αρχική Προσπέλαση της Σήραγγας 700 και τα υπάρχοντα Φρέαρ Αερισμού, τα οποία θα ελεγχθούν, και θα υποστηριχθούν κατάλληλα. Επίσης η Σήραγγα θα διευρυνθεί και από 3Χ4 διατομή θα γίνει 5Χ5 ώστε να μπορούν τα Μηχανήματα να κινούνται εύκολα. Αυτό το στάδιο της Διεύρυνσης και της συντήρησης αναμένεται να κρατήσει περίπου 10 μήνες για τα 2000m σήραγγας(Σχήμα 67).

Στην συνέχεια θα ξεκινήσει η συντήρηση-Ανάπτυξη του Α τομέα ενώ ταυτόχρονα θα ξεκινήσουν τα έργα σύνδεσης-Προσπέλασης του Α τομέα με τον Β με διασύνδεση μέσω ράμπας όπου θα ξεκινάει από την αναβαθμισμένη σήραγγα 700 στην απόσταση + 1800m (Σχήμα 68) .



Σχήμα 67 Εργασίες Προσπέλασης Α Τομέα



Σχήμα 68 Έργα Διασύνδεσης Α με Β Τομέα και Έργα Ανάπτυξης Α Τομέα

Οι εργασίες συντήρησης της Περιχαρακωματικής Σήραγγας του Α τομέα μέχρι τις πρώτες θέσεις των φακών θα κρατήσουν 2 μήνες όπου θα πραγματοποιηθεί αλλαγή διατομής της υπάρχουσας και από 3Χ4 θα γίνει 5Χ4 για ένα μήκος κοντά στα 200m, όπου θα ξεκινήσει η Εκμετάλλευση του 1ου φακού (κυρίως με ανοιχτά μέτωπα). Τα έργα διασύνδεσης-Προσπέλασης Α-Β τομέα αναμένεται να κρατήσουν περίπου 11 μήνες ενώ η διατομή τους θα είναι Πεταλοειδή 5Χ5 για ένα μήκος 1200 m. Ενώ ταυτόχρονα στο ίδιο διάστημα θα γίνει συντήρηση των υπαρχόντων Φρεάτων Αερισμού, και Λιθογόμωσης, όπου θα εγκατασταθεί και η αντίστοιχη μονάδα στο οροπέδιο του Ξερολίβαδου.

Στο επόμενο στάδιο η Εκμετάλλευση θα βρίσκεται στο πιο μικτό της σημείο, όπου με στοές σχεδόν εγκάρσιες από την Περιχαρακωματική του Α τομέα θα αναπτυχθούν Διευθυντικές στοές 4Χ4 περίπου 2000 m,

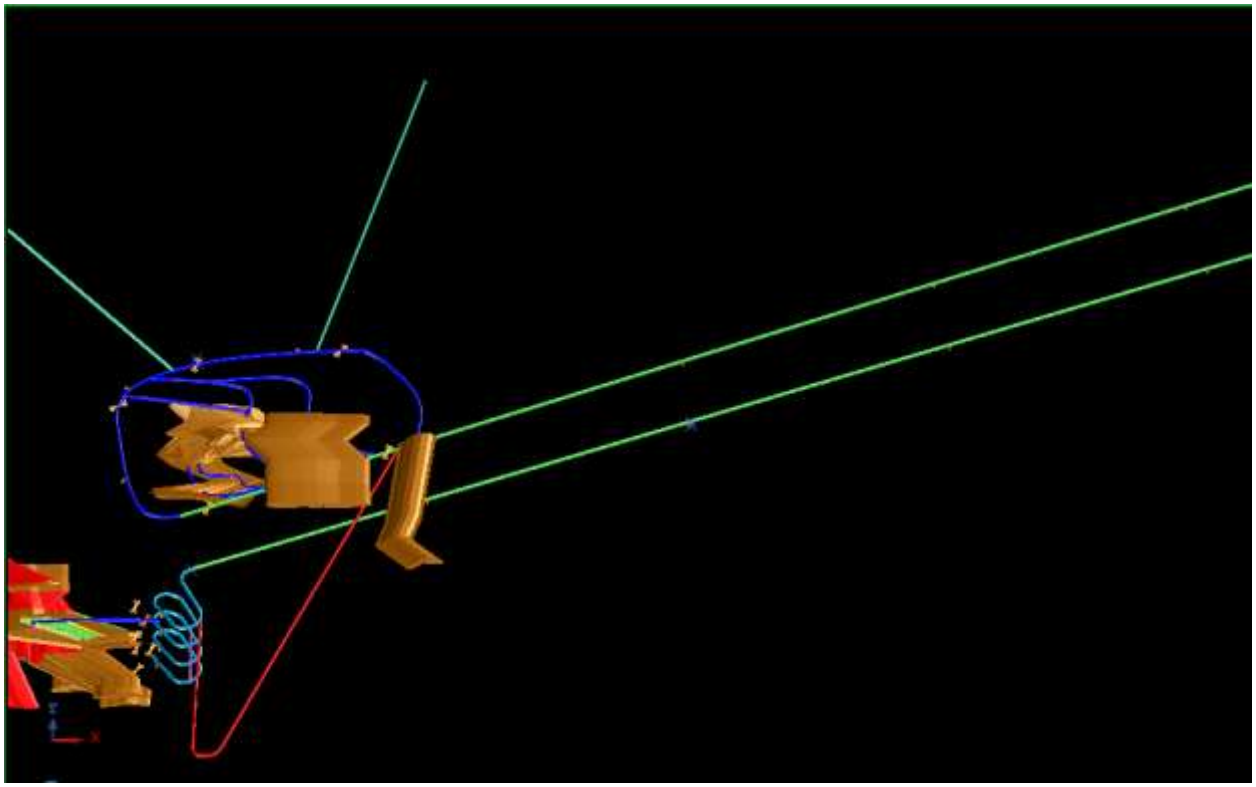
ενώ ανά τμήμα φακού θα υπάρχει δεύτερη εγκάρσια Προσβολή(πρόσβαση)με μέσο μήκος τα 50 m,με πεταλοειδή σήραγγα 3Χ4 και εν συνεχεία τρίτη στην σειρά Παραγωγική στοά σχεδόν όσο το μισό του πλάτους κάθε φακού, για την διάνοιξη του μετώπου με την Μέθοδο των Ανοιχτών Κενών.

Ο Χρόνος πρόσβασης στο Μετάλλευμα (επαφή) δεν θα ξεπερνάει τις 10 μέρες, ενώ για τις στοές Προσβολής(παραγωγής) εξαρτάται από πλάτος του φακού. Και στις δυο περιπτώσεις όπως θα αναλυθεί παρακάτω στην Παραγωγική διαδικασία οι στοές 3Χ4 και 3Χ3 θα παράγουν ,Μετάλλευμα. Ταυτόχρονα θα ξεκινήσει από την Ράμπα σύνδεσης του Β τομέα με τον Α , η κατασκευή του Ελικοειδούς κεκλιμένου περίπου 1000 m για την Φάση Προσπέλασης του Β τομέα ως συνδετικό έργο κύριας πρόσβασης Σήραγγας΄700 και Ράμπας Α-Β με τον Β τομέα ενώ για το κάθε Ελικοειδές προβλέπεται φρέαρ Ασφαλείας-διαφυγής στην κατακόρυφο. Η συγκεκριμένη κατασκευή για την συγκεκριμένη Ρουτίνα θα είναι μόνο για τα πρώτα 200m.

4.3.2 Ρουτίνα 2

Σε αυτή την στιγμή η φάση της Προσπέλασης θα ξεκινήσει αντίστροφα.

Ολοκληρώνοντας τα πρώτα 200m του πρώτου Ελικοειδές του Β Τομέα Εκμετάλλευσης, θα ξεκινήσει από το συγκεκριμένο Μέτωπο η κατασκευή, της 2ης Προσπελαστικής Σήραγγας προς το υψόμετρο το 670 m, ενώ ταυτόχρονα θα ξεκινήσει από την από την έξοδο της Σήραγγας 670 που θα κατασκευαστεί δεύτερο μέτωπο διάνοιξης προς το Ελικοειδές ώστε να συναντηθούν στην μέση περίπου (Σχήμα 69).

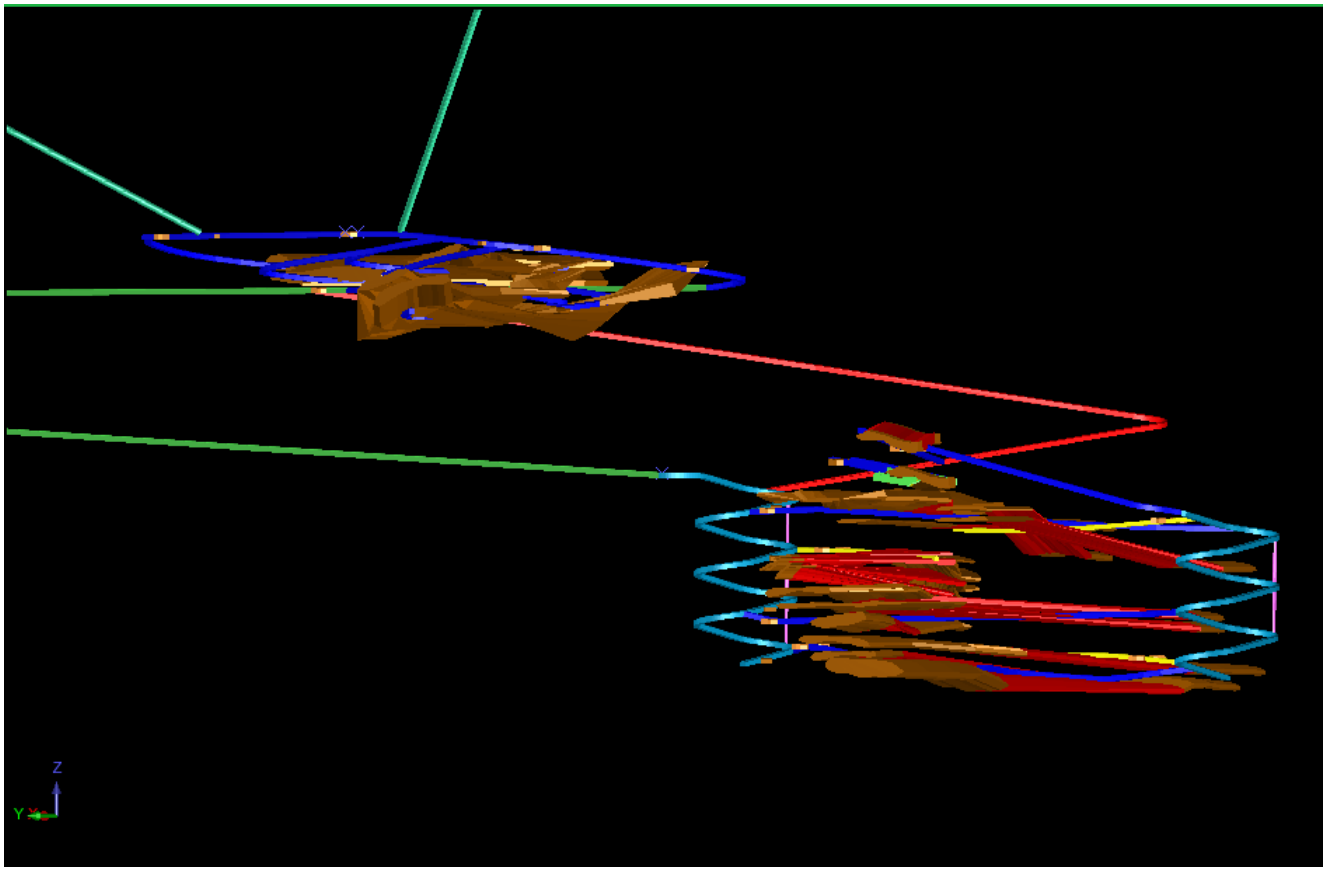


Σχήμα 69 Ολοκλήρωση Κύριων Προσπελαστικών Ρουτίνα 2

Με την ολοκλήρωση της Σήραγγας 670 οι εργασίες θα επικεντρωθούν στην Περιχάραξη του Β τομέα του Κοιτάσματος, ενώ θα συνεχίζεται η Εκμετάλλευση-Εξόφληση του Α τομέα του Κοιτάσματος.

Συγκεκριμένα θα ολοκληρωθούν τα υπόλοιπα 800m του Ελικοειδούς τμηματικά ανά όροφο (περίπου 200m /όροφο), ενώ ταυτόχρονα για την δημιουργία ορόφου από την Ράμπα σύνδεσης Α-Β τομέων θα ξεκινήσει περιχαρακωματική σήραγγα που θα καταλήγει και θα συνδέει το 2ο κεκλιμένο του Β τομέα Κοιτάσματος.

Τελειώνοντας κάθε 200 m του 1ου ελικοειδούς, θα ξεκινάνε Περιχαρακωματικές Ορόφων ενώ το ίδιο θα συμβαίνει και από το 2ο ελικοειδές ώστε να συναντώνται τα δυο Μέτωπα στο μέσο περίπου. Ενώ ταυτόχρονα θα συνεχίζεται η Εκμετάλλευση στον Α τομέα. Η Ρουτίνα 2 θα ολοκληρωθεί σε ένα χρονικό διάστημα 4 ετών όπου θα εξοφλείται ο Α τομέας Κοιτάσματος (Σχήμα 70).



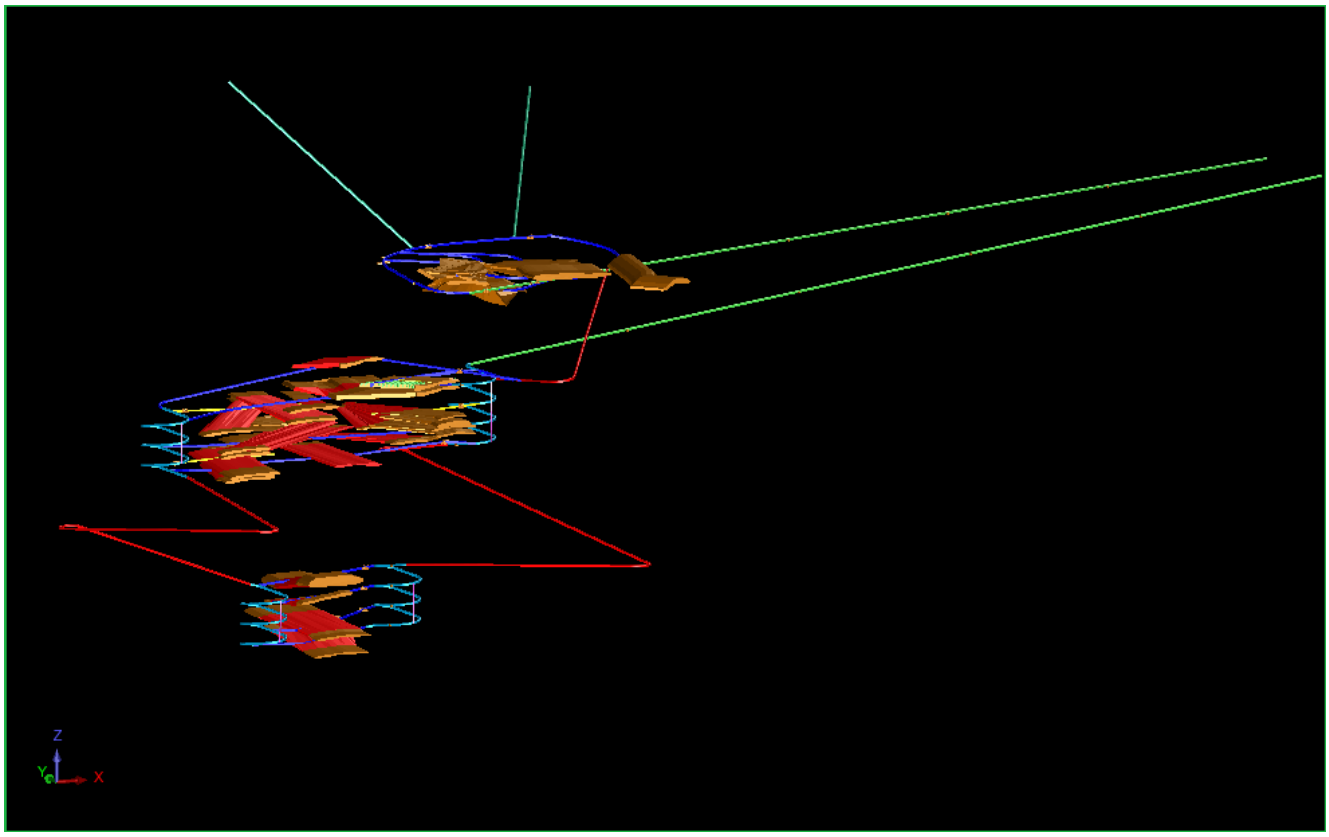
Σχήμα 70 Ολοκλήρωση Ρουτίνας 2

4.3.3 Ρουτίνα 3

Στην δεδομένη στιγμή ο κύριος όγκος εργασιών θα μεταφερθούν στον Β τομέα Κοιτάσματος. Εκεί θα αναπτύσσονται οι Διευθυντικές Σήραγγες, οι Στοές Προσβολής, και οι Στοές Παραγωγής του Κοιτάσματος, ενώ μόνο ένα συνεργείο θα ασχολείται, με έργα Ανάπτυξης του Γ τομέα του Κοιτάσματος που αναμένεται να φτάσει να τα ολοκληρώσει σε 8 έτη. Σε αυτή την Ρουτίνα θα κατασκευαστούν αρχικά οι Ράμπες και η πρώτη Περιχαρακωματική 1ου ορόφου του Γ τομέα Κοιτάσματος ώστε να συνδεθούν, που θα διαρκέσουν 4 -5 έτη, ενώ κυρίως θα εφαρμόζεται η Μέθοδος Cut and Fill.

4.3.4 Ρουτίνα 4

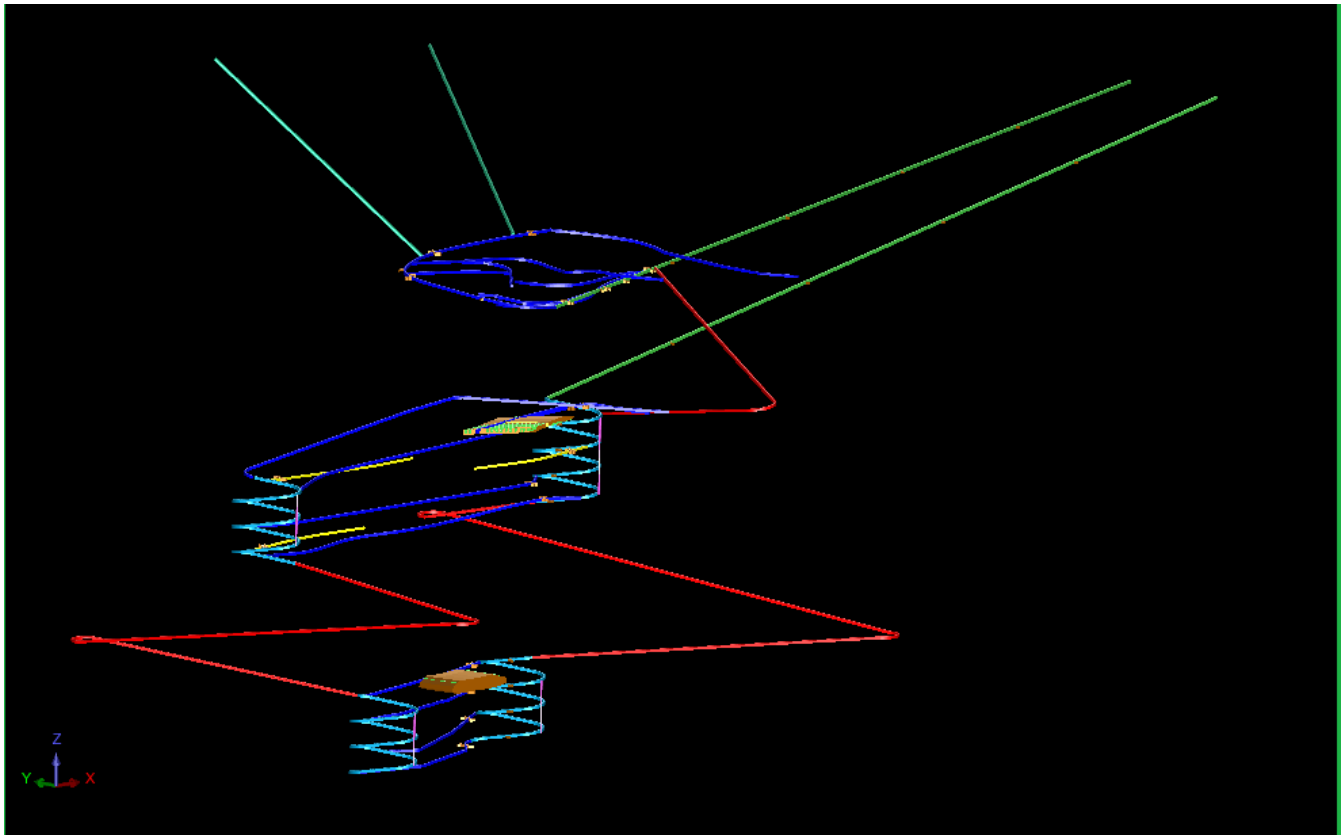
Σε αυτή την χρονική στιγμή θα επαναλαμβάνεται η φάση Ανάπτυξης ανά όροφο με εναλλάξ κατευθύνσεις από ένα συνεργείο, κατασκευάζοντας τμήμα των Ελικοειδών και σύνδεσης τους με Περιχαρακωματική Σήραγγα, η διάρκεια αυτών των έργων 4-3 χρόνια. Ενώ η Εκμετάλλευση θα είναι στα ¾ της εξόφλησης του Β τομέα (Σχήμα 71).



Σχήμα 71 Ολοκλήρωση Ρουτίνας 4

4.3.5 Ρουτίνα 5

Υπάρχει επανάληψη της Ρουτίνας 3, αλλά για τον Γ τομέα Κοιτάσματος, μόνο που θα απουσιάζουν τα έργα Ανάπτυξης και Προσπέλασης μιας που με την Εκμετάλλευση στο Γ τομέα, η παραγωγή μπαίνει στην φάση τελικής Εξόφλησης του Κοιτάσματος. Πιθανό αν η Μεταλλευτική έρευνα έχει αποδώσει να επικρατεί, ο Επανασχεδιασμός της Εκμετάλλευσης και η συνέχιση της (Σχήμα72).



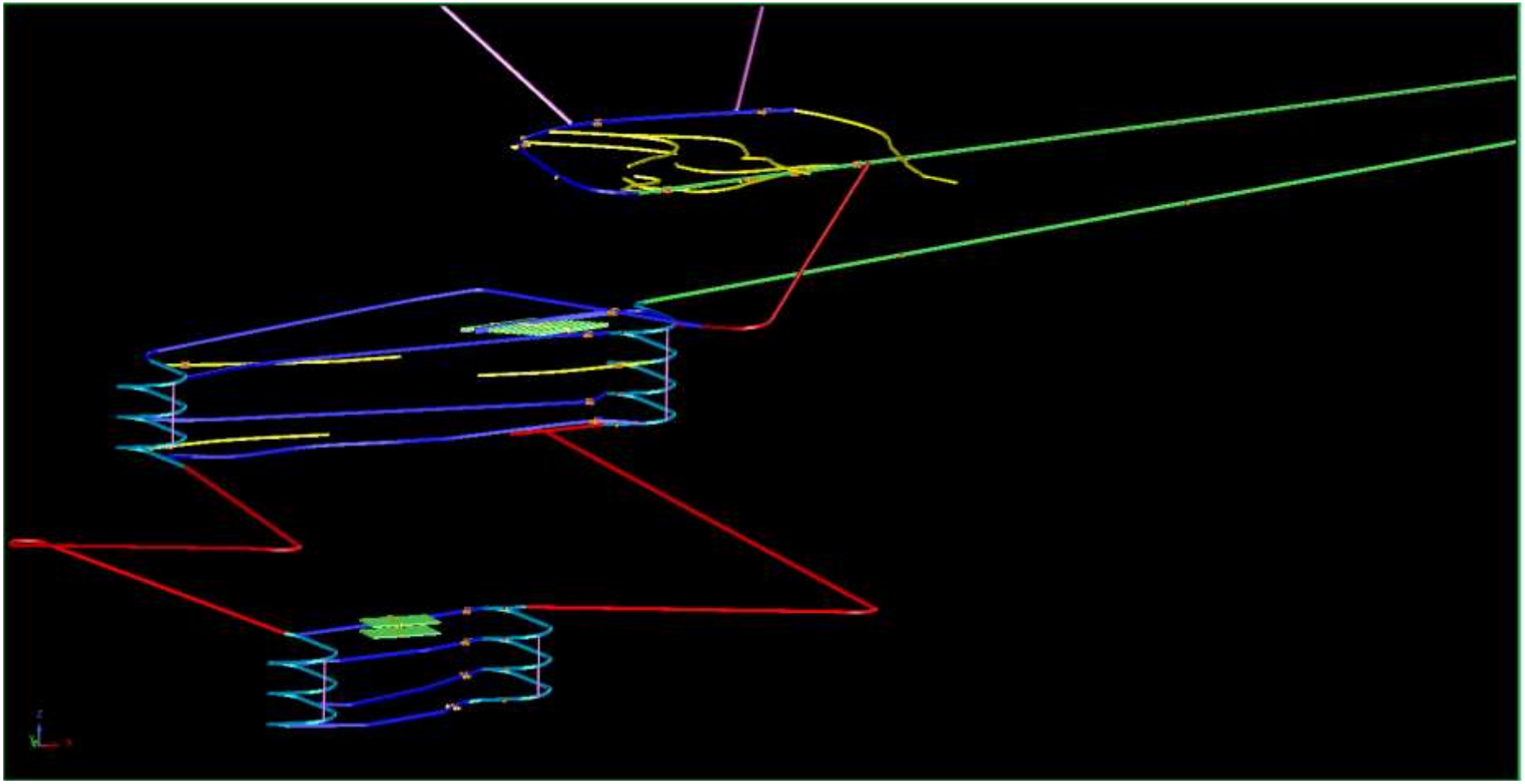
Σχήμα 72 Ολοκλήρωση Ρουτίνας 5

4.3.6 Πολλαπλές Διαδικασίες και Στοιχεία

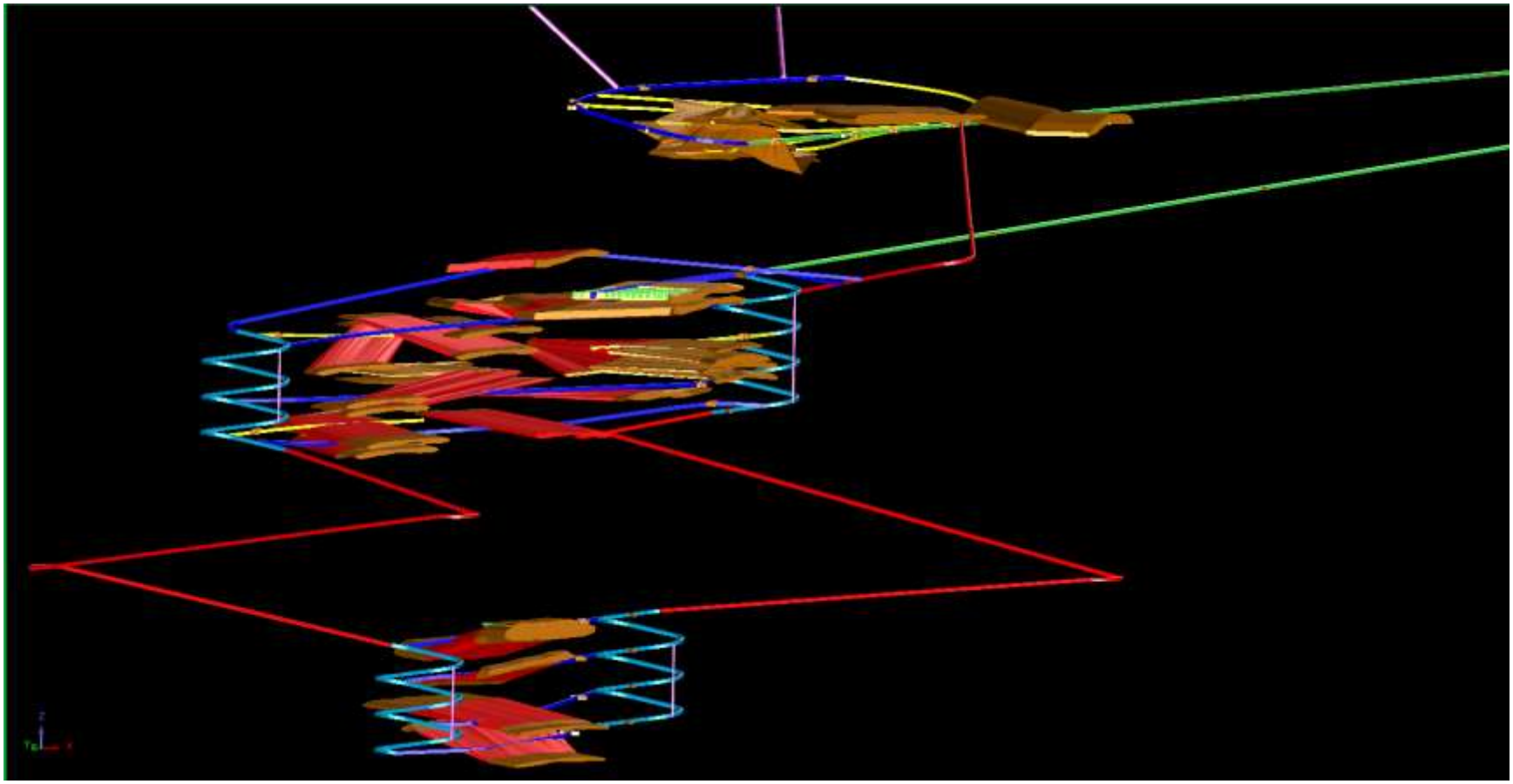
Καθ όλη την διάνοιξη του Έργου, προβλέπεται ότι θα υπάρχουν αναμονές στα Προσπελαστικά Έργα (σήραγγες Προσπέλασης, Ράμπες, Ελικοειδή) με Αναμονές ανά 500m εγκάρσιας (διαγώνιας) τοποθέτησης. Αυτά θα χρησιμεύουν και ως σημεία συγκέντρωσης και Καταφυγίων, ενώ θα υπάρχει επαρκής χώρος για την προσωρινή αναμονή οχημάτων σε περίπτωση διασταύρωσης, όπως επίσης και σαν χώρος εγκαταστάσεων (πχ Αντλιοστάσια). Επίσης για την υποστήριξη της Παραγωγικής διαδικασίας θα κατασκευάζονται ανά όροφο εκμετάλλευσης Αποθήκες (λούκια) για την ομαλή αποκομιδή και αποθήκευση υλικών (πχ αναμονή για λιθογομώσεις , stockΜεταλλεύματος). Συνολικά για τα έργα Προσπέλασης και Ανάπτυξης (Σχήμα 73^{α}, Σχήμα 73^{β}, Σχήμα 73^{γ}) τα στοιχεία είναι:

- Στοές Προσπέλασης μήκος περίπου 2,2 Km/ στοά , διατομή 5Χ5, κλίσεις 6% η μέγιστη
- Ράμπες μήκος περίπου 1,2 km/ ράμπα, διατομή 5Χ5 , μέγιστη κλίση 15%
- Ελικοειδή μήκος περίπου 1500m/ελικοειδές, διατομή 5Χ5, μέγιστη κλίση 15%
- Περιχαρακωματικές μήκος από 200m-1.500m , διατομή 5Χ4, κλίσεις εως 5%
- Διευθυντικές μήκος από 50m – 250m, διατομή 3Χ4 κλίσεις έως 15%
- Στοές Προσβολής και Παραγωγικές, μήκος έως200 ανάλογα το πλάτος Φακού , διατομή 3Χ3 και κλίσεις έως και 15%
- Αποθήκες και Αναμονές μήκος 10-15 m/ ανά έργο, διατομή 4Χ4, κλίσεις 0-10%

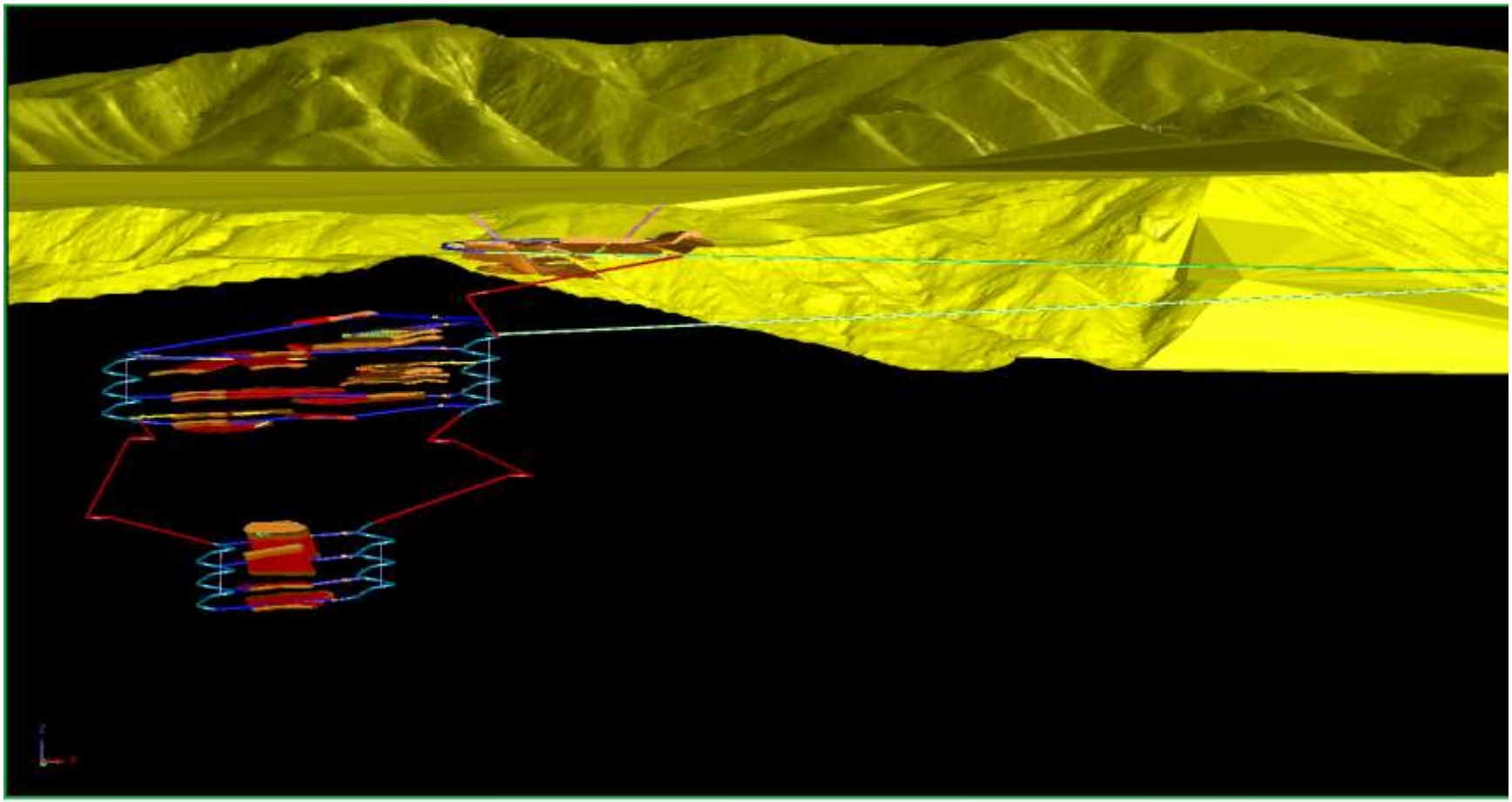
Όλα τα Έργα θα κατασκευαστούν με ακτίνες καμπυλότητας 25m.



Σχήμα 73α Συνολικά Όλα τα Έργα του Σχεδιασμού της Εκμετάλλευσης με τα εξελισσόμενα Έργα Παραγωγής



Σχήμα 74$^{\beta}$ Συνολικά όλα τα Έργα του Σχεδιασμού της Εκμετάλλευσης σε σχέση με το Κοίτασμα



Σχήμα 75$^{\gamma}$ Συνολικά όλα τα Έργα του Σχεδιασμού της Εκμετάλλευσης σε σχέση με το Κοίτασμα και το Ανάγλυφο της Θέσης Εκμετάλλευσης

4.4 Παραγωγική Διαδικασία

Σύμφωνα με τα Αποτελέσματα της επιλογής Μεθόδου Εκμετάλλευσης θα χρησιμοποιηθεί συνδυαστική Μέθοδο Εκμετάλλευσης. Εκεί που υπάρχουν μεγάλα πάχη Φακών θα χρησιμοποιηθεί η Μέθοδος Διαδοχικών Ορόφων με Κενά, και εκεί που έχουμε μικρό πάχος την Μέθοδο Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων.

Για να προσδιοριστεί η Παραγωγική Διαδικασία, θα πρέπει να προσδιοριστούν αρχικά οι γεωμετρίες που θα εφαρμοστούν οι συγκεκριμένες μέθοδοι.

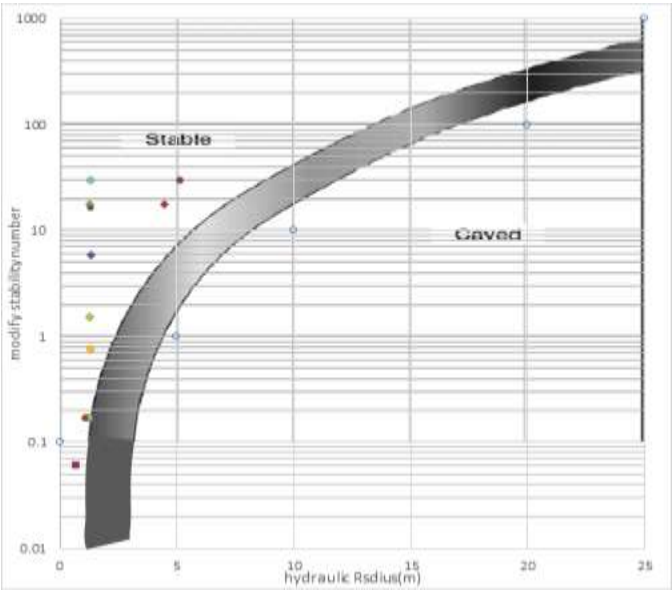
Αρχικά για το Cut and Fill είναι εύκολα τα πράγματα, ένα βήμα 3m (+0,2 m για την υποδιάτρηση) με πεταλοειδή Στοά Προσβολής, ακολουθεί την συνηθισμένη πρακτική, ενώ δοκιμαστικές προχωρήσεις, θα εφαρμοστούν, ειδικά σε περιπτώσεις καλών πετρωμάτων, για την διερεύνηση μικρότερου ή αρκετά μεγαλύτερου μήκους Προχώρησης. Το ίδιο θα συμβεί και με την ύλωση της οροφής, πότε ή όχι ή κατά ποια διαστήματα, θα χρησιμοποιηθεί ύλωση, που συνήθως θα γίνεται με διατρυόμενα αγκύρια και ρητίνες (κυρίως αυτό θα καθοριστεί απ τα περιβάλλοντα πετρώματα).

Τα πράγματα αλλάζουν όμως στο Open Stoping, και συγκεκριμένα τι διαστάσεις θα επιλεγούν. Για να επιλεγεί η τελική γεωμετρία θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του Stability Graph ***(Potvin 1988)***. Σε αυτό λαμβάνοντας υπόψη την κατάταξη της Βραχόμαζας κατά Q, υπολογίζεται ένα Q΄ το οποίο προκύπτει αν ο λόγοςJw/SRF στο αρχικό Q θεωρηθεί μονάδα. Στην συνέχεια το Q΄ πολλαπλασιάζεται με συντελεστές A, B. C οι οποίοι προκύπτουν από τα διαγράμματα του **Potvin**, και έχουν να κάνουν με την Αντοχή του πετρώματος σε σχέση με το τασικό πεδίο, την γωνία-γωνίες της Κρίσιμης Ασυνέχειας σε σχέση με την γεωμετρία που εξετάζεται (διαστάσεις οροφής, παρειών, μετώπου) και αν τελικά, οι αστοχίες οφείλονται σε Καταπτώσεις ή σε Ολίσθηση.

Απ τα δεδομένα των Γεωτρήσεων, την κατάταξη της Βραχόμαζας, τις Εργαστηριακές δοκιμές και τις υπαίθριες παρατηρήσεις, διαπιστώθηκαν ορίζοντες βάθους με διαφορετικά στοιχεία Βραχόμαζας και περιβαλλόντων πετρωμάτων. Για παράδειγμα ο Χρωμίτης στον Α τομέα Κοιτάσματος μπορεί να φιλοξενείται μέσα σε εξ αλλοιωμένο Δουνίτη και στο πάτωμα του φακού να υπάρχει Σερμπετινίτης, στον Β Τομέα να έχει οροφή και παρειές Σερμπετινίτη και πάτωμα από φρέσκο Δουνίτη

ή στον Γ τομέα να έχει μόνο Δουνίτη γύρω απ τον Φακό. Με βάση αυτά προσδιορίστηκαν μετά από πλήθος δοκιμών ότι η επισφαλής κατάσταση μπορεί να προκληθεί για γωνία κοιτάσματος Χρωμίτη (εξαιτίας της ζώνωσης-band) 55° , ή γωνία Σερμπεντινίτη αντίστοιχα. Αυτό πιο επισφαλές είναι κυρίως κοντά σε διασταυρώσεις Παραγωγικών Στοών όπου υπάρχει κίνδυνος Ολισθήσεων (αυτό το επιβεβαιώνει και ο ***Σταμούλης 1991*** στις Τεκτονικές παρατηρήσεις [Γ τεύχος]).

Για αυτές τις τιμές και παραμέτρους δοκιμάστηκαν διάφορες γεωμετρίες κυρίως καθ ύψος του Φακού, ώστε να προσδιοριστούν οι ευσταθείς ανυποστήρικτες Υδραυλικές Ακτίνες. Από αυτό προέκυψε ότι οι ασφαλείς διαστάσεις του ανοίγματος μπορεί να είναι, 3Χ3Χ16 για τον Α και Β τομέα, ενώ για τον Γ 3Χ3Χ21 , σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα (Πίνακας 21) και το σχετικό διάγραμμα (Σχήμα 74), για τις πιο δυσμενές συνθήκες. Αυτό θα ελεγχτεί στην συνέχεια και με πεπερασμένα στοιχεία (βλέπε ενότητα ανάδρομη ανάλυση). Σε περίπτωση πάντως που από άποψης συνθηκών μπορεί να η Εκμετάλλευση να μεταβληθεί, το άνοιγμα του μετώπου θα παραμένει και θα αυξάνεται το μήκος των παρειών, ώστε να είναι σαν να εκμεταλλεύονται δυο ή και τρία πρίσματα όγκων μαζί.

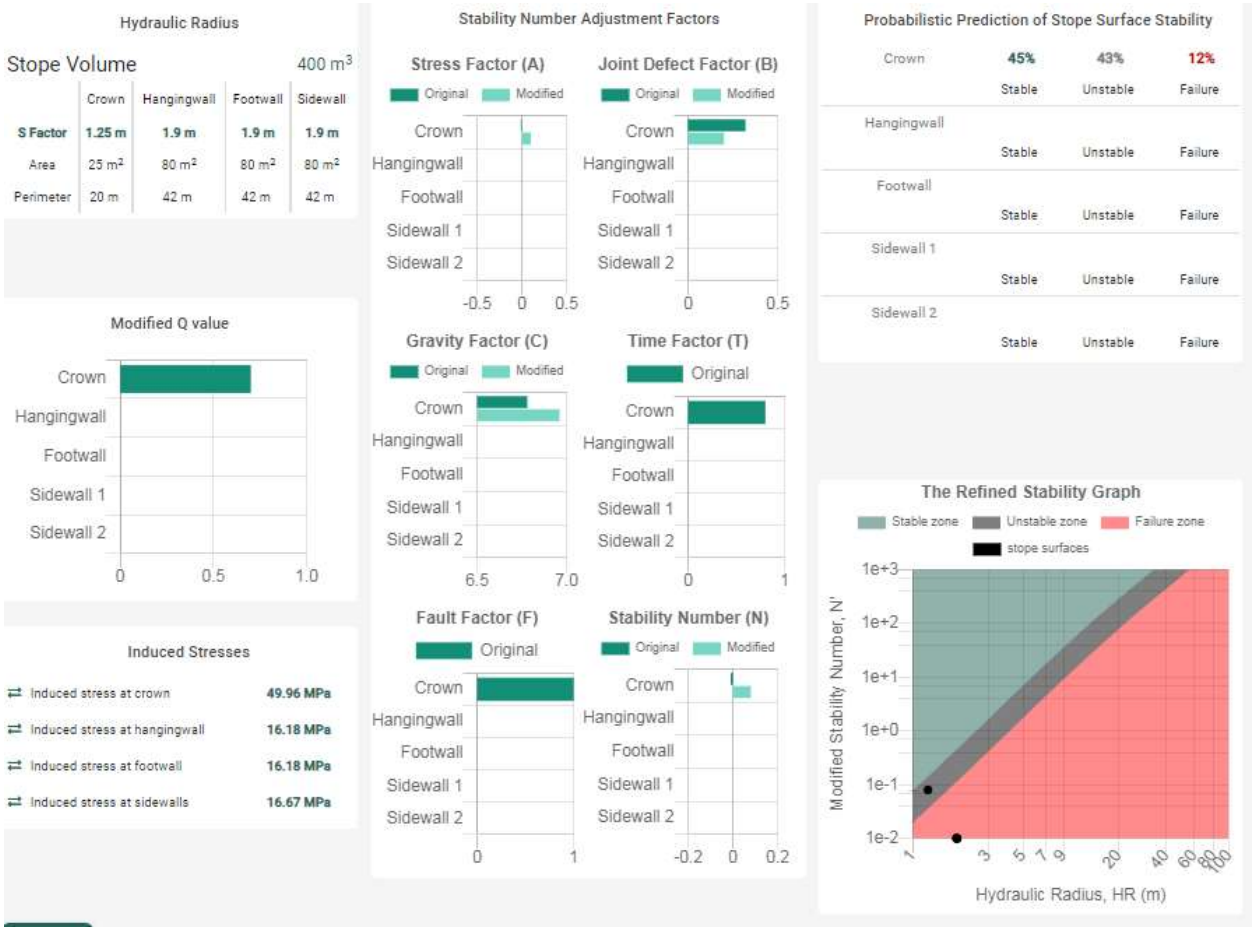


Σχήμα 76 Διάγραμμα Ελέγχου των προσδιοριζόμενων Τιμών του Πίνακα 21

Πινακας21 Αποτελέσματα Ασφαλών Διαστάσεων για Κρίσιμες Συνθήκες ώστε να υπάρχει Ισορροπία

ελεγχος	rock	HR	N
α τομέας διαστασεις (w=3) X (L=3) X (h=16) 600m	alt dun Crown	1.304348	5.92
	alt dun Hanging	4.444444	17.51333
	alt dun side	1.263158	17.51333
	cr hanging 55	1.263158	1.534
	cr Side 55	1.263158	1.534
β τομέας διαστασεις (w=3) X (L=3) X (h=16) 600m	ser Crown 55	0.681818	0.05976
	serHanging 55	1.081081	0.168075
	ser side 55	1.263158	0.168075
	cr hanging 55	1.263158	1.534
	cr Side 55	1.263158	1.534
γ τομέας διαστασεις (w=3) X (L=3) X (h=21) 1000m	dun Crown 65	1.304348	16.13333
	dun Hanging 65	5.121951	29.33333
	dun side 65	1.3125	29.33333
	cr hanging 55	1.3125	0.747333
	cr Side 55	1.3125	0.747333

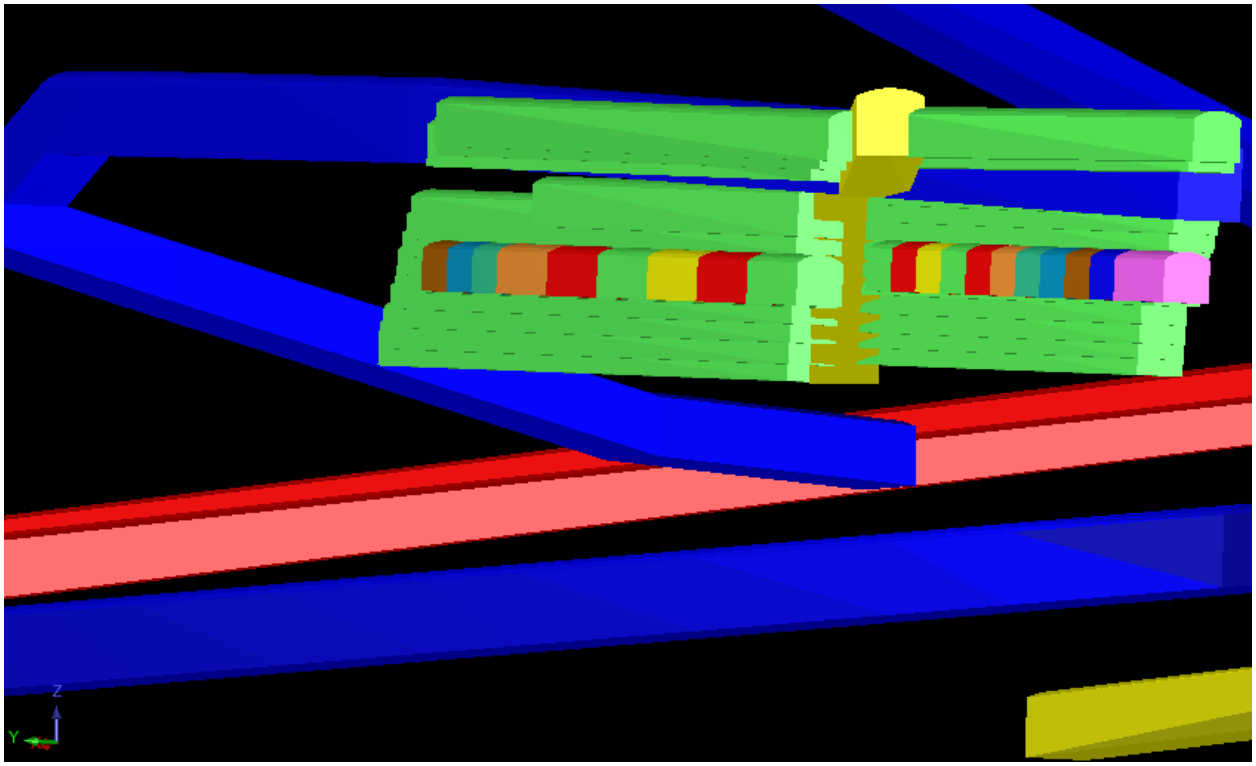
Επειδή αυτές οι προσεγγίσεις έχουν προσεγγιστεί και από άλλη οπτική***(Fidelis 2010)***που εισάγει κάποιος Βάθη, μέτρα Ελαστικότητας κλπ, δηλαδή παρόμοια αλλά πιο εξελιγμένη παραμετροποίηση από αυτή του **Potvin,** από το έλεγχο που πραγματοποιήθηκε μέσω του Shape ***(Fidelis 2010)***, τα αρχικά αποτελέσματα που εξήχθησαν μέσω της υπόθεσης δείχνουν ότι ταυτίζονται και με την σύγχρονη οπτική, παράδειγμα ότι το 2,5Χ5 οροφή είναι ασταθής όπως φαίνεται στο (Σχήμα 75).



Σχήμα 77 Stability Graph και Έλεγχος Ανοίγματος μέσω της Εφαρμογής Shape για Διατομή Οροφής Κενού Μετώπου σε Σερμπεντινίτη 5Χ2,5 από (Fidelis 2010)

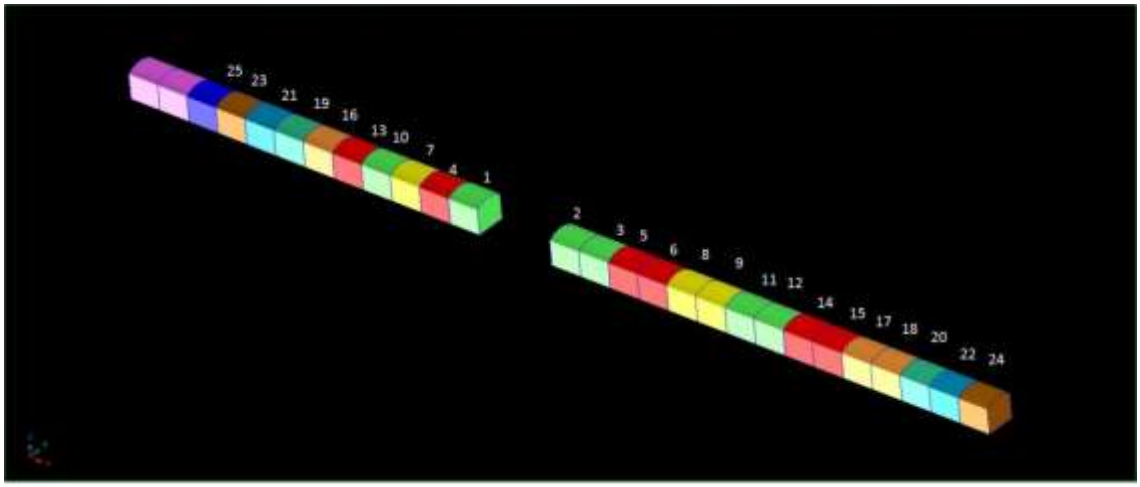
Εφόσον λοιπό οριστικοποιήθηκαν οι γεωμετρίες παραγωγής δηλαδή 3Χ3Χ3,2 για τις Εναλλασσόμενες Κοπές και Λιθογομώσεις , και του 3Χ3Χ16 ή 3Χ3Χ21 στα Κενά Μέτωπα , πρέπει αυτό να ταυτιστεί με την ημερήσια παραγωγή και να προσδιορίσει τον τρόπο.

Αν υποτεθεί ότι εκμεταλλεύεται ο Α τομέας για την περίπτωση της Εκμετάλλευσης με Cut and Fill αν υπάρχει ένα ύψος Φακού 5,8 m τότε θα διανοίγεται στοά παραγωγής. Αρχόμενη από την Στοά Προσβολής, εγκάρσια ακολουθώντας και έχοντας ως πάτωμα το Στείρο. Μόλις ολοκληρώνεται θα Λιθογομώνεται όλη η Στοά Παραγωγής, και ακολούθως θα αποτελεί πάτωμα της καινούργιας στοάς Παραγωγής από πάνω (Σχήμα 76). Οι διαδικασίες κοπής θα εξελίσσονται απ τα άκρα των φακών που θα έχει οριοθετήσει η εκάστοτε Στοά Προσβολής του Κοιτάσματος.



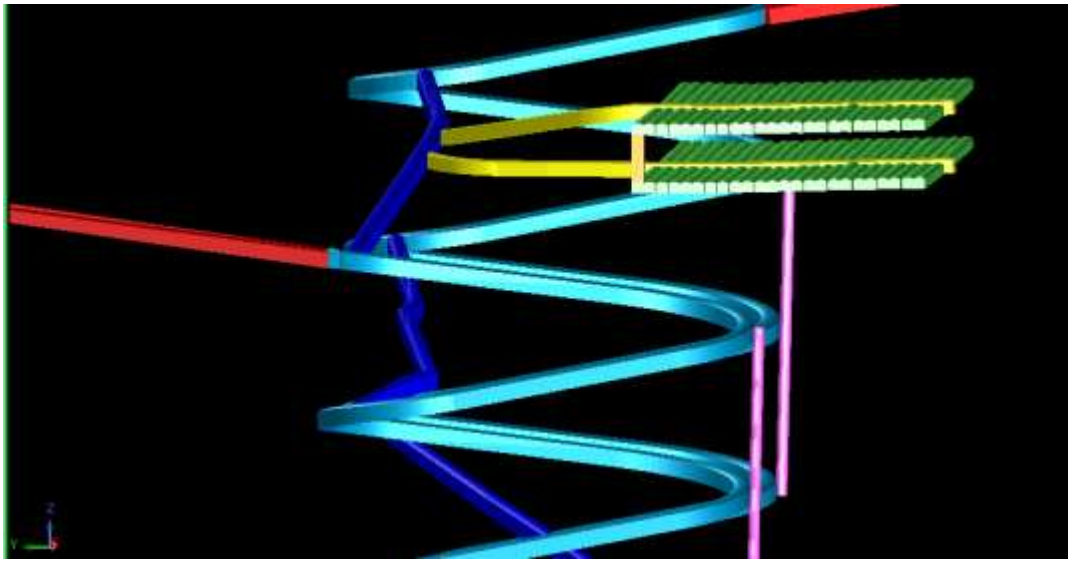
Σχήμα 78 2η Εξέλιξη CUT AND FILL στον ίδιο Φακό μαζί με τον Χρονισμό της Αρχικής Διάνοιξης

Στην αρχική 1η στοά αν χρειάζεται, αυτή θα υποστηρίζετε επι πλέον με Αγκύρια. Το ίδιο θα συμβαίνει και με την από πάνω όπου σε κάποιες περιπτώσεις οι οροφή θα είναι από μέρος στείρου. Ο χρονισμός που θα ακολουθούν τα Μέτωπα για θέμα ασφάλειας θα είναι σύμφωνα με το σχήμα(Σχήμα 77) όπου η Λιθογόμωση θα ξεκινά αντίστροφα μόλις εξοφλείται η στοά παραγωγής. Όπως φαίνεται ο χρονισμός θα είναι της μορφής **1,4,7** με εναλλαγή διπλού **3,6,9.**



Σχήμα 79 Χρονισμός των Παραγωγικών Μετώπων για την Μέθοδο Εναλλασσόμενων Κοπών και Λιθογομώσεων

Αντίστοιχα αν υποτεθεί ότι η Εκμετάλλευση βρίσκεται εντός φακού 12,66 m, από την Διευθυντική στοά, θα δημιουργούνται με αλλαγή κλίσης ράμπες-Στοές Προσβολής, που θα καταλήγουν εντός του Κοιτάσματος. Από τις αντίστοιχες Στοές-Ράμπες που οριοθετούν και τα άκρα των φακών, η κάτω με πάτωμα στείρο και η επάνω οροφή στείρο, ακολουθώντας την από τα άκρα του φακού και προς την Διευθυντική, θα εκμεταλλεύονται σειρές Πρισμάτων. Απ τις Στοές-Ράμπες ανοίγονται Στοές Παραγωγής που φτάνουν επίσης μέχρι τα άκρα των Φακών, παράλληλη η μια πάνω απ την άλλη (Σχήμα 78).



Σχήμα 80 Διαδικασία Παραγωγής με την Μέθοδο Open Stoping που θα ακολουθηθεί

Αν θεωρηθεί ότι το ωφέλιμο ύψος Φακού είναι 12,66m, με τις Στοές παραγωγής με 3m και 3m θα εξορυχτούν κατά ύψος 6m, επομένως υπάρχει διάστημα (δημιουργείται κουβέρτα 6,66m), όσο το παραγωγικό πρίσμα που θα Ανατιναχθεί στην συνέχεια. Η διαδικασία (φορά Εκμετάλλευσης) προδιαγράφει την από τα άκρα του φακού και προς τα μέσα αρχικά των Παραγωγικών Στοών προς τις Στοές Προσβολής, Εκμεταλλευόμενα σειρές Stope από τα άκρα των Στοών Προσβολών και προς τα πίσω, με φορά προς τις Διευθυντικές όπως φαίνονται στο σχήμα (Σχήμα 79). Η διαδικασία λοιπόν ακολουθεί τον χρονισμό 1,4,7, αρχικά αριστερά, έπειτα δεξιά και τέλος στο κέντρο. Επίσης ανάμεσα από τον Κάνναβο των 9 Πρισμάτων είτε κατά πλάτος είτε κατά μήκος του Φακού θα αφήνονται Στύλοι Ασφαλείας (barriers).

9	29	35		44	57	158		165										167		159	117	104		95	89	69
6	21	33		39	51	154		162	170								171	163		155	111	99		93	81	66
3	12	24		28	41	46		151	157	166			169	172		168	160	152		106	101	88		84	72	63
8	17	26		37	50	59		131	141	147			161	164		148	142	132		119	110	97		86	77	68
5	14	30		32	43	54		122	137	144			153	156		145	138	123		114	103	92		90	74	65
2	11	20		25	34	38		58	127	133			149	150		134	128	118		85	94	98		80	71	62
7	16	23		36	49	52		55	124	136			143	146		139	125	115		112	109	96		83	76	67
4	13	19		31	42	47		48	60	130			135	140		129	120	108		107	102	91		79	73	64
1	10	15		18	22	27		40	45	53			121	126		113	105	100		87	82	78		75	70	61

Σχήμα 81 Φορά Εκμετάλλευσης και Χρονισμός για την Μέθοδο Κενών Μετώπων σε Κάτοψη

Κατά αυτή την διαδικασία τα κενά θα Λιθογομώνονται με συνδυασμό υγρής και ξηρής Λιθογόμωσης. Μετά το πέρας, σε 2η εξέλιξη θα μπορούσαν να αποληφθούν, από όλα εως το μεγαλύτερο μέρος, σύμφωνα με το σχήμα (σχήμα 80) τμημάτων stope από τους Στύλους (barriers) ασφαλείας. Το αν θα αποληφθούν όλα ή κάποια ή θα αφεθούν εξαρτάται από την συμπεριφορά της Λιθογόμωσης και των Καθιζήσεων που μπορούν να εξελιχθούν και τις Γεωτεχνικές συνθήκες, πάντως καλό θα ήταν για να είναι και σύμφωνο με τους με τον Κ.Μ.Λ.Ε να αφήνονται Στύλοι Ασφαλείας. Το ίδιο προτείνει και ο ***Villaescuza (2014)***ο οποίος προτείνει και την αντίστοιχη τακτική των δυο φάσεων. Αντίστοιχα η Εκμετάλλευση θα ακολουθήσει την λογική σύμφωνα με το σχήμα (Σχήμα 80) όπου σε αυτή την περίπτωση η Αποληψιμότητα με τα επιπλέον πρίσματα αναμένεται να φτάσει συνολικά στο 92% περίπου και για τις δύο Φάσεις Απόληψης.

			28								53								29							
			32								52								33							
			35								51								36							
3	7	11	38	40	42	44		46	48	50			49	47		45	43	41	39	25	23	18		12	8	4
			22								34								37							
			19								30								31							
			15								27								26							
	2	5		10		13		17		21				24		20		16		14		9		6	1	

Σχήμα 82 Δεύτερη Εξέλιξη και Χρονισμός για την Απόληψη των Open Stoping

4.5 Κύριες Εξορυκτικές Εργασίες

Το στάδιο της Εξόρυξης ακολουθεί έναν συνεχή διαδοχικό κύκλο Παραγωγής, που περιλαμβάνειΔιάτρηση-Γόμωση-Ανατίναξη-Αερισμό-Υποστήριξη-Αποκομιδή.

Αναλυτικότερα η Εξόρυξη είναι η απόσπαση του πετρώματος από τη φυσική του θέση και στην περίπτωση της συγκεκριμένης Εκμετάλλευσης θα γίνεται με τη χρήση Εκρηκτικών υλών.

Παρακάτω αναλύονται αυτά τα στάδια συνολικά ανά εργασία ανεξάρτητα της φάσης Προσπέλασης-Ανάπτυξης ή Εξόφλησης στην οποία για κάθε εργασία το περιεχόμενο θα παρατεθεί αναλυτικά.

4.5.1 Διάτρηση:

Για το σκοπό της Εξόρυξης ορύσσονται Διατρήματα (η εργασία αυτή αποκαλείται Διάτρηση), Ειδικότερα για τις εργασίες Διάτρησης θα χρησιμοποιηθούν αυτοκινούμενα Διατρητικά Μηχανήματα τύπου Jumbo, ικανής Διατρητικής ικανότητας, Στελέχη, και Διατρητικές κεφαλές. Η συνήθης πρακτική της επιλογής των Διαμέτρων εξαρτάται από τον διαθέσιμο εξοπλισμό, η ποια είναι η επιθυμία και ο συνδυασμός που θέλει να επιδιωχθεί στην Εκμετάλλευση.

Συνήθως τα 38 έως 50 mm είναι μια συνήθης πρακτική. Η οποία φυσικά εξαρτάται και αυτή με το , τι και πως θέλει να Εξορύξει η Εκμετάλλευση, από το σχέδιο Ανατίναξης. Με δεδομένα τα παραδείγματα που παρατέθηκαν για την Παραγωγή και την Προσπέλαση με τα αντίστοιχα μήκη Προσπέλασης η διαδικασία θα παρατεθεί παρακάτω (βλέπε ανατίναξη, σχέδιο κλπ). Αναλυτικά θα χρησιμοποιηθούν Διατρήματα 50 mm και για τα Κενά Διατρήματα της αρχικής διάνοιξης (2 χ 50) ή ένα ισοδύναμο των 102 mm που θα εφαρμοστεί στα παρακάτω μέτωπα:

- Μέτωπο παραγωγής Cut and Fill 3x3, μήκος προχώρησης 3,2 m ,1 κενό ισοδύναμο Διάτρημα , 28 των 50mm με κλίσεις
- Μέτωπο Open Stoping (θεωρείται το παραγωγικό πρίσμα) 3χ3, μέσο μήκος Διάτρησης 5,66 m1 κενό ισοδύναμο, 8 παράλληλων Διατρημάτων
- Διατομή Προσπελαστικής-Ραμπών-Ελικοειδούς 5χ5 , μέσο μήκος Διάτρησης 3,2m 1 κενό ισοδύναμο, 57 Διατρήματα των 50mm με κλίσεις
- Διατομή Περιχαρακωματικών 5 Χ4 , μέσο μήκος διάτρησης 3,2m, 1 κενό ισοδύναμο, 50 Διατρήματα των 50mm με κλίσεις
- Διατομή Διευθυντικών 4Χ3, μέσο μήκος διάτρησης 3,2m 1 κενό ισοδύναμο, 30 Διατρήματα των 50mm με κλίσεις
- Διατομές Αποθηκών Αναμονών 4Χ4 μέσο μήκος διάτρησης 3,2m 1 κενό ισοδύναμο, 40Διατρήματα των 50mm με κλίσεις

4.5.2 Η Γόμωση

Η διαδικασία πλήρωσης των Διατρημάτων μέσα στα οποία τοποθετούνται οι Εκρηκτικές ύλες (η εργασία αυτή αποκαλείται Γόμωση), αυτή θα γίνει με κατάλληλες Εκρηκτικές ύλες (π.χ. , γαλακτώματα ή εναλλακτικά ζελατοδυναμίτιδα),και ΑΝ.FO.

Η διαδικασία της Γόμωσης απαιτεί καθαρισμό των Διατρημάτων (συνήθως με αέρα).Το «αρμάτωμα» η σύνδεση δηλαδή των Εναυσματικών μέσων (καψύλλια), γίνεται με την τοποθέτηση αυτών μέσα στο Φυσίγγιο (της πυροδοτούμενης ισχυρής Εκρηκτικής ύλης), ενώ ο σωλήνας που συνοδεύει το Καψύλλι θα περισσεύει έξω από το Διάτρημα.

Η Πυροδότηση θα γίνει με τη Μεθοδολογία των μη-Ηλεκτρικών Καψυλλίων (non-Electric Caps) για Υπόγεια. Για την Γόμωση να χρησιμοποιηθεί καλάθι- πλατφόρμα εργασίας (ανυψωτικό μηχάνημα Υπογείων). Συγκεκριμένα οι ποσότητες ανά Διατομή της Γόμωσης είναι:

- Μέτωπο Παραγωγής Cut and Fill 3x3, Γόμωση 14kg Γαλακτώματος , 72.9 kg AN.FO. συνεχή Γόμωση Πυθμένα
- Μέτωπο Open Stoping (θεωρείται το Παραγωγικό Πρίσμα) 3χ3 Διπλή Διακεκομμένη Γόμωση, συνολικής ποσότητας 33,36 Kg Γαλακτώματος , 100,08 Kg AN.FO.
- Διατομή Προσπελαστικής-Ραμπών-Ελικοειδούς 5χ5 , Γόμωση 28,5kg Γαλακτώματος , 148.44kg AN.FO. συνεχή Γόμωση Πυθμένα
- Διατομή Περιχαρακωματικών 5 Χ4 , Γόμωση 24kg Γαλακτώματος , 139kg AN.FO. συνεχή Γόμωση Πυθμένα
- Διατομή Διευθυντικών 4Χ3, Γόμωση 15 kg Γαλακτώματος , 79.2 kg AN.FO. συνεχή Γόμωση Πυθμένα
- Διατομές Αποθηκών-Αναμονών 4Χ4 Γόμωση 20 kg Γαλακτώματος , 105,6 kg AN.FO. συνεχή Γόμωση Πυθμένα

4.5.3 Ανατίναξη- Σχέδιο Ανατίναξης

Η Έναυση και στην συνέχεια Πυροδότηση των Γομούμενων Διατρημάτων, η εργασία αυτή αποκαλείται Ανατίναξη. Σαν κύκλος είναι ο πιο γρήγορος που όμως θέλει πολύ προετοιμασία, πριν την υλοποίηση της φάσης στο συγκεκριμένο Κύκλο, που όταν φτάσει να υλοποιηθεί είναι ταχύτατη.

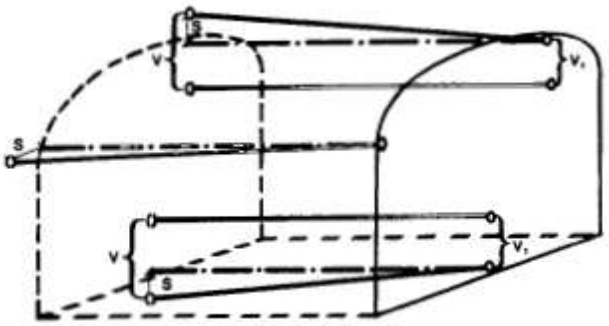
Σημαντικό είναι τα μέτρα Ασφαλείας που πρέπει να τηρούνται κατά την διαδικασία. Επομένως κρίνεται σκόπιμο, εδώ να παρατατεθεί το σχέδιο που ουσιαστικά σηματοδοτεί τον κύκλο Εξόρυξης.

Αρχικά ανάλογα την Διατομή την επιφάνεια και το μήκος Προχώρησης ή καλύτερα ποιος είναι ο όγκος Εξόρυξης και ο σκοπός της επιδιωκόμενης εργασίας, αντίστοιχα προσανατολίζει και την κατεύθυνση υπολογισμού.

Με δεδομένο την επιφάνεια που πρέπει να διαμορφωθεί υπάρχει ο πρακτικός κανόνας του 1,5-2,5 Διατρήματα ανά m^2 ***(Πολυχρονόπουλος 1993)*** ανάλογα της σκληρότητας των πετρωμάτων και το Διάτρημα επιλογής (κρίση μηχανικού). Επιλέγεται λοιπόν ως 2 ο κανόνας μερικώς στρογγυλοποιούμενος προς τα πάνω οπότε ο Αριθμός των διατρημάτων που θα Γομωθούν και παρατέθηκαν στην Διάτρηση ως χαρακτηριστικά, υπολογίζονται με αυτό τον τρόπο. Αυτό ταυτίζεται και από τον ***Bandari (1997)*** και τα σχετικά νομογράμματα που εφάρμοσε.

Τώρα ανάλογα τον σκοπό και την φύση μπορεί να επιλεγούν διάφοροι τρόποι και τύποι διατρημάτων σε κάθε σχέδιο μέρος που θα επιλεγεί, πχ της Πρότμησης , των Κύριων του Μετώπου, τα Περιμετρικά (Οροφής, Δαπέδου, Παρειών), ένα δυο τετράγωνα , αρχικής διάνοιξης, με ή χωρίς κλίση, v-cut κλπ.

Για την συγκεκριμένη ανατίναξη εφαρμόζεται η κοινή πρακτική της «βεντάλιας» για όλες τις διατομές (πλην Open Stoping) με Διατρήματα στο κέντρο, δυο τετραγώνων, Ένα ισοδύναμο ή δυο κενών ***(Αγιουτάντης 2019)***, για την αρχική αποφόρτιση, τα οποία Διατρήματα ενώ συναντιούνται στο κέντρο τα διπλανά τους αποκλίνουν προς το εξωτερικό μέρος της Διατομής, όπως στο παρακάτω σχήμα(Σχήμα 81)



Σχήμα 83 Ανάπτυξη Διατρημάτων προς τις Εξωτερικές Παρειές

Η διάταξη γίνεται μέσω της απόστασης και του φορτίου που έχει να αντιμετωπίσει το κάθε Διάτρημα, ενώ ακολουθούμενη πρακτικούς κανόνες, πχ 10 cm άκρα της διατομής που είναι να εξορυχτεί, σχηματίζεται ο Κάνναβος Διάταξης.

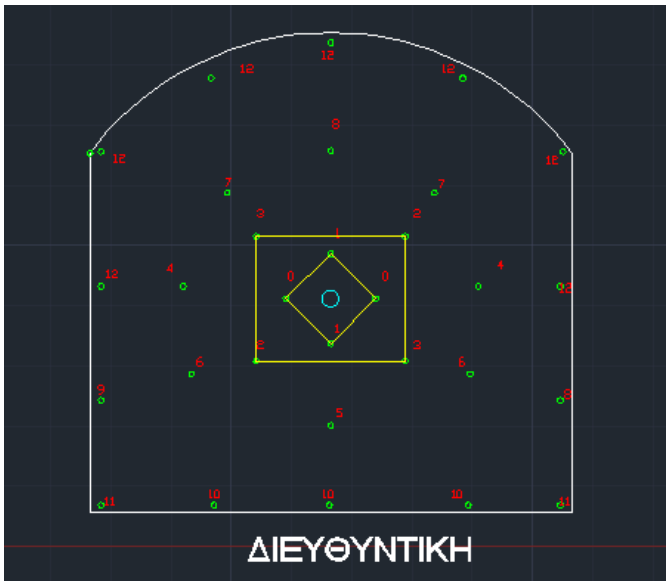
Αυτό όπως ειπώθηκε προαπαιτούμενο είναι η Ειδική Γόμωση που προκύπτει πάλι από ημιεμπειρικούς κανόνες και υπολογισμούς ανάλογα το Διάτρημα και το μήκος κλπ, το ίδιο περίπου ακολούθειται και για το ύψος της Συγκεντρωμένης Γόμωσης και την Γόμωση της Κύριας Στήλης.

Αντίστοιχα σημαντικό είναι ο Χρονισμός ώστε η εκτόνωση να έχει ελεύθερη επιφάνεια εκτόνωσης. Με κατάλληλο Χρονισμό και σε σχέση με την διάταξη, μπορεί να επιτευχθεί αυτό.

Με αυτό το σκεπτικό υπολογίστηκαν τα διατρήματα και οι ποσότητες των εκρηκτικών που παρατέθηκαν στις δυο προηγούμενες παραγράφους.

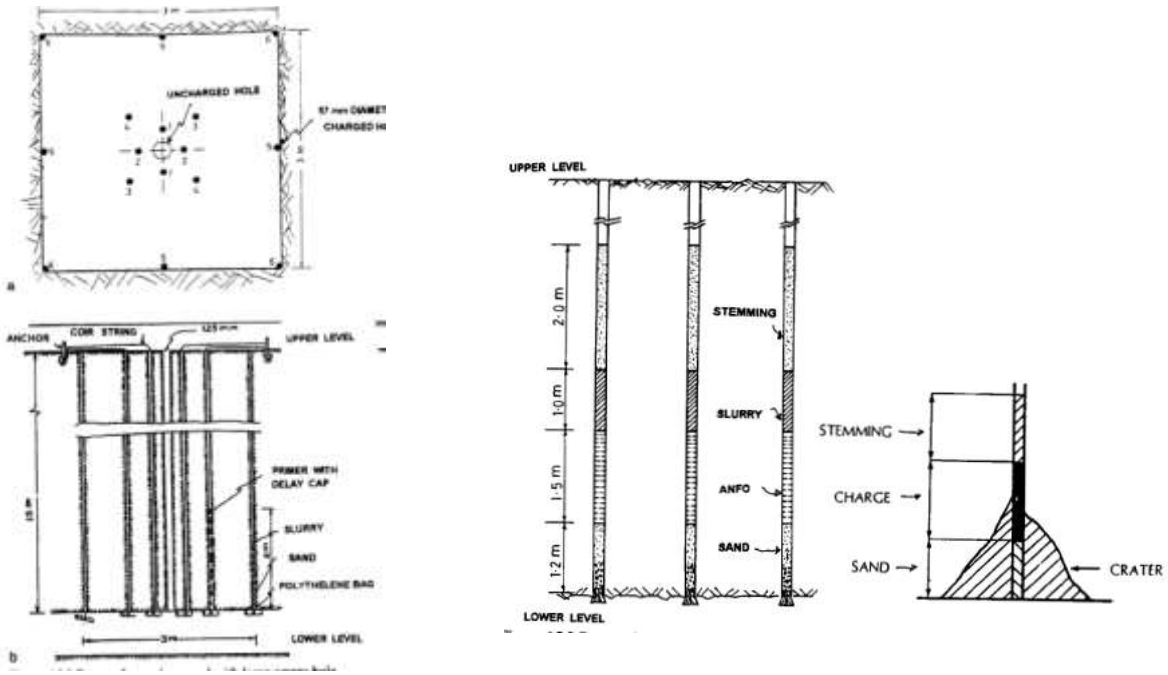
Συνολικά Παρατίθενται αντιπροσωπευτικά σχέδια (πλην του Open Stoping που θα παρατεθεί ξεχωριστά) μιας και όλα περίπου εφαρμόζουν την ίδια λογική της Παραγωγικής διατομής του Cut and Fill (Σχήμα 82)και της Διευθυντικής προς το κοίτασμα (Σχήμα 83).

Σχήμα 84 Διάταξη Διατρημάτων και Χρονισμός Μετώπου Cut and Fill



Σχήμα 85 Διάταξη Διατρημάτων και Χρονισμός Μετώπου Διευθυντικής

Αντίστοιχα για το Open Stoping επειδή η λογική θα είναι των παράλληλων κατά μήκος διατρημάτων, θα εφαρμοστεί διακεκομμένη Γόμωση με την λογική και την διάταξη του σχήματος (Σχήμα 84)

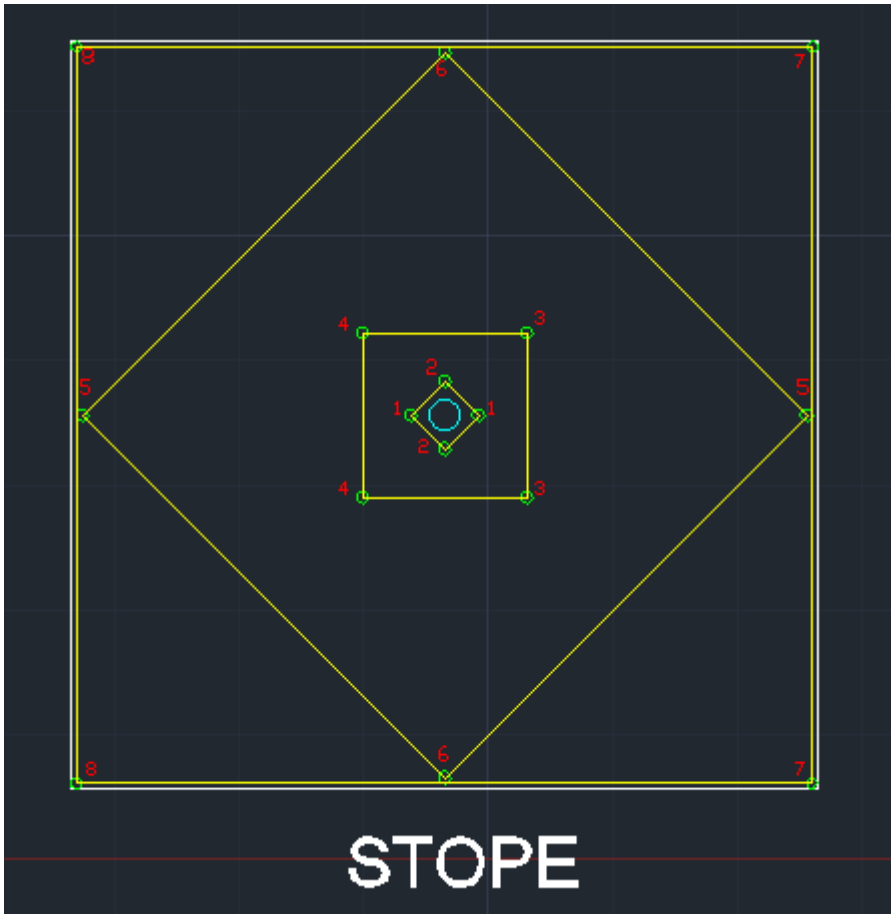


Σχήμα 86 Διάταξη Παράλληλων Διατρημάτων

όμως για να επιτευχθεί σε μικρότερο ύψος του Stope (το σχήμα περιγράφει 15m) πραγματοποιήθηκε υπολογισμός (Σχήμα 85) και έδωσε το Σχέδιο Ανατίναξης (Σχήμα 86). Σημείωση επιπλέον διαφοροποίησης είναι ότι θα χρησιμοποιηθεί 50% απομειωμένη Γόμωσης στα Περιμετρικά της μέσης, ενώ θα γίνει με διακεκομμένη Γόμωση.

Ανατίναξη			
open stope			
κύρια διάμετρος κοπτικού		[mm]	0.051
γραμμική πυκνότητα		[kg/m]	2.44
απόσταση κενού-γομούμενου από άκρα		[m]	2.12132
διάμετρος κενού		[m]	0.115
ισοδύναμη διάμετρος		[m]	0.115
αριθμός κενών διατρηματων (=Do')			5
1ο τετράγωνο			
μεγιστο φορτίο Bm		[m]	0.196
υποδιάτρηση διατρήματος		[%]	10
μήκος διατρήματος		[m]	6.0
απόκλιση διατρήματος [a]		[m/m]	0.01
απόκλιση κολάρου [β]		[m]	0
φορτίο 1ου τετραγώνου B1		[m]	0.136
σταθερά πετρωματος			0.2
σχετική ισχύς ANFO			1.2
επαλήθευση γραμμικής πυκνότητας		[kg/m]	0.36
απόσταση A1		[m]	0.192
2ο τετράγωνο			
διόρθωση απόστασης Αε		[m]	0.107
μεγιστο φορτίο Bm		[m]	0.488
υποδιάτρηση διατρήματος		[%]	10
μήκος διατρήματος		[m]	6.0
απόκλιση διατρήματος [a]		[m/m]	0.01
απόκλιση κολάρου [β]		[m]	0
φορτίο 2ου τετραγώνου B2		[m]	0.428
σταθερά πετρωματος			0.2
σχετική ισχύς ANFO			1.2
επαλήθευση γραμμικής πυκνότητας		[kg/m]	0.56
απόσταση A2		[m]	0.740
3ο τετράγωνο			
διόρθωση απόστασης Αε		[m]	1.043
μεγιστο φορτίο Bm		[m]	1.523
υποδιάτρηση διατρήματος		[%]	10
μήκος διατρήματος		[m]	6.0
απόκλιση διατρήματος [a]		[m/m]	0.01
απόκλιση κολάρου [β]		[m]	0
φορτίο 3ου τετραγώνου B3		[m]	1.463
σταθερά πετρωματος			0.2
σχετική ισχύς ANFO			1.2
επαλήθευση γραμμικής πυκνότητας		[kg/m]	3.10
απόσταση A3		[m]	2.593

Σχήμα 87 Υπολογισμοί Σχεδίου Ανατίναξης Open Stoping



Σχήμα 88 Σχέδιο Ανατίναξης και Χρονισμός Μετώπου Open Stoping

4.5.4 Αερισμός

Αμέσως μετά την Ανατίναξη και πριν το ξεσκάρωμα προηγείται χρόνος Αερισμού-αποκονίωσης, από τα εκλυόμενα αέρια και τον κονιορτό της Ανατίναξης με το υπάρχον σύστημα Αερισμού ενώ, μετά το ξεσκάρωμα γίνεται η προσθήκη συμπληρωματικών υλικών (προσθήκη εύκαμπτων αεραγωγών, προσθήκη ανεμιστήρων κλπ) στο κύκλωμα αερισμού.

Για τον εξαερισμό των θέσεων εργασίας θα χρησιμοποιηθούν Ηλεκτρικοί Αξονικοί ανεμιστήρες, που θα λειτουργούν με ρεύμα από τον κεντρικό υποσταθμό και θα είναι μέρος του δικτύου Αερισμού του Μεταλλείου (φυσικός αερισμός). Αυτός θα προέλθει από τα Φρέατα Αερισμού που θα επισκευαστούν. Σε κάθε Τομέα θα υπάρχει κύκλωμα το οποίο η διεύθυνση της παροχής θα ρυθμίζεται με φράγματα. Υιοθετώντας ειδικά τις απαιτήσεις του ***άρθρου 75 του Κ.Μ.Λ.Ε,*** παρακάτω δίνεται μια προσέγγιση για την συνολική ισχύ του κυκλώματος Αερισμού που θα χρειαστεί, ο Συγκεκριμένος Σχεδιασμός.

Συγκεκριμένα με την υπόθεση ενός μετώπου διάνοιξης Μετώπου Περιχαρακωματικής Στοάς το μήκος από την θέση φυσικού αερισμού είναι L=8.000 m , που με τις διακλαδώσεις τις αλλαγές διατομών ισοδυναμεί με ένα ισοδύναμο μήκος 8.052m.Στο Μέτωπο συγκεκριμένη χρονική διάρκεια θα βρίσκονται 8 εργαζόμενοι κα μηχανήματα με συνολική ισχύ 519 ίππους, θεωρητικά χωρίς να υπάρχουν διαφυγές απ τα θυροφράγματα οι απαιτήσεις σύμφωνα με τον ***Κ.Μ.Λ.Ε.*** είναι 20,9 m^3/sec , αντίστοιχα για αυτές τις τιμές hολ= 1192,5 mmH_2O , εφαρμόζοντας τον Τύπο: N=($q_{ολ}$* $h_{ολ}$) / (75*n), προκύπτει ισχύ 443 HP. Με διπλασιασμό της τιμής λόγω ότι στην πραγματικότητα υπάρχουν διαφυγές προκύπτουν 886 HP, ενώ το συνολικό μήκος του Μεταλλείου μπορεί να φτάσει τα 16.000 m άρα επιπλέον διπλασιασμός. Τότε οι ανάγκες σε ισχύ είναι της τάξης των 1800 HP περίπου, αυτό θα γίνει με μονάδα παραγωγής αέρα και δίκτυο κατάλληλο ώστε να μειωθούν τα κόστη συνδυασμοί ανεμιστήρων σε σειρά κλπ.

4.5.5 Υποστήριξη

Είναι οι εργασίες διασφάλισης του μετώπου που πρέπει να προηγηθούν του νέου κύκλου Εξόρυξης.

Σε κάθε περίπτωση, γίνεται έλεγχος και «Ξεσκάρωμα» (απομάκρυνση επισφαλών και επί κρεμάμενων τεμαχών και στη συνέχεια αποφασίζονται πρόσθετες φάσεις Υποστήριξης, όπως για παράδειγμα η κοχλίωση της οροφής (τοποθέτηση πλέγματος αγκυρίων κλπ). Στην συνέχεια πραγματοποιούνται οι εργασίες Υποστήριξης (κατά το Ξεσκάρωμα έχουν εντοπιστεί τα επισφαλή τμήματα).

Οι ανωτέρω εργασίες είναι οι ίδιες και για την Όρυξη Στοών μέσα στα περιβάλλοντα πετρώματα του Κοιτάσματος, ή μέσα στο Κοίτασμα που αυτό ουσιαστικά περιλαμβάνεται στο κύκλο Εξόρυξης της Παραγωγής. Για λόγους ασφάλειας από την διεύρυνση των υφιστάμενων Έργων (λόγω χρήσης σύγχρονου εξοπλισμού), θα ελεγχθούν και θα υποστηριχθούν επιπλέον. Πιθανά να χρησιμοποιηθεί καλάθι-πλατφόρμα εργασίας (ανυψωτικό μηχάνημα Υπογείων) για το αρχικό έλεγχο του ξεσκαρώματος όπως και της ύλωσης πχ για το πλέγμα.

Από την άλλη υπάρχουν σημεία όπως συμβολής με αλλαγή διατομής (πχ διασταύρωση Διευθυντικής με Περιχαρακωματική) που θα χρειαστεί επιπλέον Υποστήριξη με συρματόσχοινα.

Συγκεκριμένα θα χρειαστούν με την απαίτηση άμεσης υποστήριξης 1 αγκύριο ανα m^2 για 3m άνοιγμα στην στοά Παραγωγής πχ (στοά Cut and Fill) με 3 m προχώρηση 9 m^2 επομένως 9 αγκύρια

Το σκεπτικό για τα Συρματόσχοινα είναι πιο επιστάμενοι από υπολογισμούς που έγιναν και επιβεβαιώθηκαν στην ανάδρομη επιβεβαίωση των Γεωτεχνικών, τα συρματόσχοινα είναι 10/ mΔιατομή Προχώρησης (spacing).

Ειδικότερα για την περίπτωση που η Υποστήριξη συμπεριλαμβάνει και την Λιθογόμωση θα είναι συνδυασμός ξηρή και Past Fill με τσιμέντο από τα υπολείμματα εργοστασίου Εμπλουτισμού που θα διατίθεται το ROMΜετάλλευμα

Η εργασία αυτή, υλοποιείται από φορτωτές και από το δίκτυο της Λιθογόμωσης από την επιφάνεια. Τα στείρα υλικά θα αποτελούν το 80-85% της παραγόμενης και προς διάθεση Λιθογόμωσης, είτε ως χήδην υλικό το μεγαλύτερο ποσοστό είτε ως πολφός Λιθογόμωσης(past fill).

Έτσι θα μειωθεί και το Περιβαλλοντικό αποτύπωμα της διάθεσης των στείρων και της γενικότερης δραστηριότητας και απαιτούμενης Αποκατάστασης (Περισσότερα των 80-85% των παραγόμενων στείρων και τελμάτων θα χρησιμοποιηθούν και θα χωροθετηθούν εντός της Υπόγειας Εκμετάλλευσης).

Η δυνατότητα της μονάδας Λιθογόμωσης είναι περίπου στα 200m^3/h.Η εγκατάσταση Λιθογόμωσης τοποθετείται στο χώρο που υπήρχε παρόμοια δραστηριότητα κατά την τελευταία φάση λειτουργίας των Μεταλλείων.

Αποτελείται από τα σιλό αδρανών (σιλό τελμάτων και σιλό στείρων Εκμετάλλευσης), το κάθε ένα όγκου 15m^3., το σιλό τσιμέντου, 80tn, το μίξερ 2m^3 και συστήματα ταινιών , σωληνώσεων και αντλιών (πρέσες) Σκυροδέματος. Η απαιτούμενη ενέργεια μίξης και άντλησης παρέχεται από ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος 250 kW.

Συγκεκριμένα οι αναλογίες του συνδυασμού της ξηρής με την Past Fill Λιθογόμωσης δίνεται παρακάτω. Η ποσότητα των αδρανών θα είναι κατά κύριο λόγο από μεγαλύτερο από 75% ;Αγονα. Από αυτό το 75% θα χωριστεί σε 25%-50% (θα προμηθεύεται από τα στείρα επεξεργασίας εργοστασίου Εμπλουτισμού αφού το υλικό θα περνάει από αρχικό προδιαλογέα και σπαστήρα), όπου το 50% θα ρίχνεται χήδην με φορτωτή στο κενό του Open Stoping. Από το 25%(λεπτόκοκκα στείρα) θα παρασκευάζεται πολφός με χρήση τσιμέντου με αναλογίες βάρους 1άγονο :1,8 τσιμέντο :2,16 νερό. Αυτό θα διοχετεύεται μέσω Σωληνώσεων 150mmσε κάθε όροφο σε αναμονές, όπου θα γεμίζονται μηχανήματα εισπίεσης. Το Open Stoping θα πληρώνεται με ταυτόχρονη ρίψη ξηρού υλικού και εισπίεσης μέσω αντλίας από το μηχάνημα με αναλογία ξηρού προς τσιμεντοπολτό 2:1. Το κάτω μέρος του Open Stoping Θα σφραγίζεται με Μεταλλικό πάνελ θυρίδα (3,5χ3,5) με τένοντες αντιστήριξης όπου θα πακτώνονται. Τέλος τα χαρακτηριστικά της Λιθογόμωσης θα είναι: συνοχή C=2 MPa, $\varphi=20^o$,Μέτρο Ελαστικότητας 13 GPa , v=0,2

4.5.6 Αποκομιδή

Είναι η απομάκρυνση του Εξορυγμένου πετρώματος από το μέτωπο της Εξόρυξης. Αποκαλείται και Φόρτωση-Μεταφορά και συνήθως γίνεται με ντιζελοκίνητους ελαστικοφόρους Φορτωτές Υπογείων ή σε συνδυασμό με Φορτηγά Αυτοκίνητα (dumper) Υπογείων όταν οι αποστάσεις μεταφοράς είναι μεγάλες.

Η διαδικασία που αφορά την αποκομιδή από το μέτωπο προϋποθέτει , και θα εφαρμοστεί και στην συγκεκριμένη Εκμετάλλευση, την ύπαρξη οχετών (Λουκιών-Αποθήκες) όπου αυτοί θα είναι μέρος κατάλληλου δικτύου συγκέντρωσης (Μεταλλεύματος) εντός του Υπογείου χώρου, ενώ το ίδιο θα γίνεται με τα στείρα μέχρι την επαναχρησιμοποίηση τους ως υλικό Λιθογόμωσης.

Από τα μέτωπα Παραγωγής(Μετάλλευμα) ή Προσπελάσεων (Στείρα) οι Φορτωτές (6 tn) θα φορτώνουν στα dumper Υπογείων (10tn). Αυτοί με την σειρά τους θα ξεφορτώνουν στις αποθήκες. Από το κύριο δίκτυο Προσπέλασης Ράμπες Ελικοειδή Στοές Προσπέλασης θα διακινούνται Φορτηγά (Τετραξονικά) τα οποία θα φορτώνονται μέσω Φορτωτή (τύπου επιφανείας) από τις αποθήκες συγκέντρωσης. Αυτό αφορά το Μετάλλευμα γιατί τα στείρα θα επαναχρησιμοποιηθούν στην Λιθογόμωση. Τα Φορτηγά θα μεταφέρουν στο τελικό προορισμό που θα είναι το εργοστάσιο Εμπλουτισμού το Μετάλλευμα, ή σε προσωρινές πλατείες εκτός του Μεταλλείου για την δημιουργία του Stock ασφαλείας(αυτό μέχρι να υπάρχει αρκετός χώρος αποθηκών μέσα στο Μεταλλείο).

Για την αποκομιδή με τον εξοπλισμό που έχει επιλεγεί

- ενός Μετώπου Cut and Fill θα χρειαστεί 17 διαδρομές ο φορτωτής να φορτώσει το υλικό απ το Μέτωπο , το dumper αντίστοιχα για να μεταφέρει αυτό το υλικό θα χρειαστεί 2,4 δρομολόγια
- ενός Open Stoping από 58-72 διαδρομές ο φορτωτής ανάλογα το μέγεθος του stope από 7,4-12,2 διαδρομές το dumper Υπογείων αντίστοιχα.

4.6 Δευτερεύουσες Εξορυκτικές Εργασίες

Αυτές αποτελούνται από:

- την Υποστήριξη Δικτύων
- Παροχών Νερού
- Φωτισμού
- Αντικατάστασης και συμπλήρωσης Αερισμού (πανιά)

- Συντήρηση και επισκευή μηχανημάτων
- Συντήρηση και επισκευή υποδομών (πχ αντλιοστάσια)

Ενδεικτικά να αναφερθεί ότι για τις ανάγκες φωτισμού του Μεταλλείου πρέπει να τοποθετείται στις Στοές Περιχάραξης, Προσπελάσεων, χώροι Αποθήκευσης, και Εγκαταστάσεων, ένα Φωτιστικό σώμα ανά 7.5 m, φωτεινής ροής 132.000 lm , ισχύς 150 V και κώνο φωτός 90°

4.7 Δυναμικό της Εκμετάλλευσης

Στο Δυναμικό της Εκμετάλλευσης συγκαταλέγεται το Έμψυχο δυναμικό και τα Μηχανήματα. Συγκεκριμένα επειδή θα χρειαστούν δυο βάρδιες σύμφωνα με τους υπολογισμούς των χρόνων(βλέπε επόμενα) κα τον όγκο εργασιών για την ημερησία Παραγωγή. Αυτό διαρθρώνεται ανά βάρδια ως εξής:

- Συνεργείο Διάτρησης 6 ατόμων
- Συνεργείο Γόμωσης 6 ατόμων
- Συνεργείο Αποκομιδής 7 ατόμων
- Συνεργείο Δικτύων και Λιθογόμωσης 7 ατόμων (5 τεχνίτες , 2 εργάτες)

Τα συνεργεία θα έχουν κατάλληλα άτομα με άδειες χειρισμού μηχανημάτων, άδεια χρήσης Εκρηκτικών κλπ. , ενώ θα υπάρχουν δυο βάρδιες και 6 μέτωπα εργασίας (Παραγωγής και Διανοίξεων).

Επίσης για τον συντονισμό και οργάνωση, τις εργασίες ανά βάρδια θα την υποστηρίζει ένας επιστάτης και θα την επιβλέπει ένας Μηχανικός Μεταλλείων. Ενώ το συντονισμό μεταξύ των βαρδιών και των υπολοίπων εργασιών θα την έχει ένας Εργοδηγός και ο Υπεύθυνος Εκμετάλλευσης Μηχανικός Μεταλλείων, ενώ σύμφωνα με τον Κ.Μ.Λ.Ε χρειάζεται λοιπό προσωπικό όπως Γεωλόγος, Γραφείο Ασφάλειας, κλπ άλλα 10 άτομα.

Το σύνολο το μηχανημάτων με τους αναγκαίους ίππους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Σχήμα 87)

		ποσότητα	ίπποι
ξεσκαρωτής		3	163
φορτωτές LHD		3	270
φορτηγά Υπογείων		2	315
τετραξονικά φορτηγά		2	280
Jumbo υπογείων (μονό)		3	160
καλαθοφόρα με ANFO		2	120
Διατρητικό υπογείων		3	173
φορτωτής αποθηκών		1	150
δίκτυο αερα		1	1800
μονάδα λιθογόμωσης		1	450
γεννήτριες		2	100
αντλίες		6	10
αυτοκινητα 4χ4		4	120
σύνολο		33.00	4,111.00

Σχήμα 89 Απαιτούμενα Μηχανήματα για το Έργο με την αντίστοιχη Ισχύ ανά Μηχάνημα

ενδεικτικά δίνονται οι φορτωτές(Φωτ.10), τα dumper φορτηγά υπογείων(Φωτ11), που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

- Φορτωτής SANDVIK LH307

Τεχνικάδεδομένα	
Διάσταση (LWH)	8,7 x 2,3 x 2,3 m
Χωρητικότητα	6,7 μετρικόςτόνος
Ικανότητακάδου	2,7 - 3,7 m^3
Βάρος (λειτουργικό)	18.020 κιλά
Υδραυλική δύναμη διάσπασης - ανύψωση	13.700 κιλά
Υδραυλική δύναμη διάσπασης - κλίση	11.300 κιλά
Ισχύςκινητήρα	160 kW
Ταχύτητα (φορτωμένο)	24,7 km/h

Φωτ. 10 Ο Επιλεγόμενος Φορτωτής με τις Τεχνικές Προδιαγραφές

- SANDVIK TH430

Τεχνικάδεδομένα	
Διάσταση (LWH)	10,3 x 2,7 x 2,7 m
Χωρητικότητα	30 μετρικούςτόνους
Βάρος (λειτουργικό)	28.830 κιλά
Ισχύςκινητήρα	310 kW
Ταχύτητα (φορτωμένο)	36,6 km/h

Φωτ. 11 Το Φορτηγό Υπογείων με τα Τεχνικά Χαρακτηριστικά του

4.8 Χρόνοι Εργασιών

Συνολικά οι χρόνοι που υπολογίστηκαν σε σχέση με τα παραπάνω γεωμετρικά δεδομένα και την ικανότητα των μηχανημάτων δίνονται παρακάτω ανάλογα με το τομέα του Κοιτάσματος ανά μέτωπο εργασίας

Διάτρηση

- Μέτωπο Παραγωγής Cut and Fill 3x3, μήκος Διάτρησης 3,2m, 2ώρες
- Μέτωπο Open Stoping (θεωρείται το παραγωγικό Πρίσμα) 3χ3 μέσο μήκος Διάτρησης 5,66 m, 1 ώρα
- Διατομή Προσπελαστικής-Ραμπών-Ελικοειδούς 5χ5 , μέσο μήκος Διάτρησης 3,2m 4 ώρες
- Διατομή Περιχαρακωματικών 5 Χ4 , μέσο μήκος Διάτρησης 3,2m 3,5 ώρες
- Διατομή Διευθυντικών 4Χ3, μέσο μήκος Διάτρησης 3,2m 2 ώρες
- Διατομές Αποθηκών Αναμονών 4Χ4 μέσο μήκος Διάτρησης 3,2m, 2,5 ώρες

Γόμωση

- Μέτωπο Παραγωγής Cut and Fill 3x3, μήκος Γόμωσης 3,2m 1ώρα
- Μέτωπο Open Stoping (θεωρείται το παραγωγικό Πρίσμα) 3χ3 μέσο μήκος Γόμωσης 5,66 m, 3,5 ώρες
- Διατομή προσπελαστικής-Ραμπών-Ελικοειδούς 5χ5 , μέσο μήκος Γόμωσης 3,2m2 ώρες
- Διατομή Περιχαρακωματικών 5 Χ4 , μέσο μήκος Γόμωσης 3,2m1 ώρα
- Διατομή Διευθυντικών 4Χ3, μέσο μήκος Γόμωσης 3,2m1 ώρα
- Διατομές αποθηκών αναμονών 4Χ4 μέσο μήκος Γόμωσης 3,2m, 1,5 ώρες

Ανατίναξη-Αερισμός

Σύμφωνα με τον ***Κ.Μ.Λ.Ε.*** για την ασφάλεια πριν και μετά την Ανατίναξη χρειάζεται η απομάκρυνση του Προσωπικού, ενώ η επαναπροσέγγιση είναι 15-30 min ανάλογα το είδος καψυλλίων.

Η Πυροδότηση προγραμματίζεται 1 ώρα στο τέλος της κάθε Βάρδιας ώστε να υπάρχει και κατάλληλος χρόνος Αερισμού, ενώ μεταξύ της μιας με την άλλη βάρδια θα υπάρχει κενό μισής ώρας. Συνολικός χρόνος ανά βάρδια για την όλη διαδικασία 1 ώρα

Αποκομιδή

Υπολογίζεται από το μέτωπο στην εργοστάσιο απευθείας ή τις αποθήκες ή τις Λιθογομώσεις

- Μέτωπο Παραγωγής Cut and Fill 3x3, μήκος Προχώρησης 3,2m 1,5 ώρα
- ΜέτωποOpen Stoping (θεωρείται το παραγωγικό πρίσμα) 3χ3 μέσο μήκος Προχώρησης 5,66 m, 3 ώρες
- Διατομή προσπελαστικής-Ραμπών-Ελικοειδούς 5χ5 , μέσο μήκος Προχώρησης 3,2m4 ώρες
- Διατομή Περιχαρακωματικών 5 Χ4 , μέσο μήκος Προχώρησης 3,2m3 ώρες
- Διατομή Διευθυντικών 4Χ3, μέσο μήκος Προχώρησης 3,2m 1,5 ώρα
- Διατομές αποθηκών αναμονών 4Χ4 μέσο μήκος Προχώρησης 3,2m 1 κενό, 1,5 ώρα

Υποστήριξη

Ανάλογα το είδος υποστήριξης, την εργασία (ξεσκάρωμα, ύλωση, λιθογόμωση) υπολογίζονται οι μέσοι χρόνοι ανά μέτωπο

- Μέτωπο Παραγωγής Cut and Fill 3x3, μήκος Προχώρησης 3,2 1,5 ώρα (αγκύρωση και λιθογόμωση)
- Μέτωπο Open Stoping (θεωρείται το παραγωγικό πρίσμα) 3χ3 μέσο μήκος Προχώρησης 5,66 m, 3 ώρες(κυρίως ως εργασία Λιθογόμωσης)
- Διατομή Προσπελαστικής-Ραμπών-Ελικοειδούς 5χ5 , μέσο μήκος Προχώρησης 3,2m 4 ώρες
- Διατομή Περιχαρακωματικών 5 Χ4 , μέσο μήκος Προχώρησης 3,2m 3,5 ώρες
- Διατομή Διευθυντικών 4Χ3, μέσο μήκος Προχώρησης 3,2m2 ώρα

- Διατομές Αποθηκών Αναμονών 4Χ4 μέσο μήκος Προχώρησης 3,2m 1 κενό, 2 ώρες

Με τους υπολογιζόμενους χρόνους, την αλληλουχία των εργασιών ανά μέτωπο προσδιορίστηκε η ανάγκη για δυο Βάρδιες και 5-6 μέτωπα Εργασίας για την κάλυψη της ημερήσιας Παραγωγής.

4.9 Ανάδρομη Ανάλυση- Γεωτεχνικός Έλεγχος

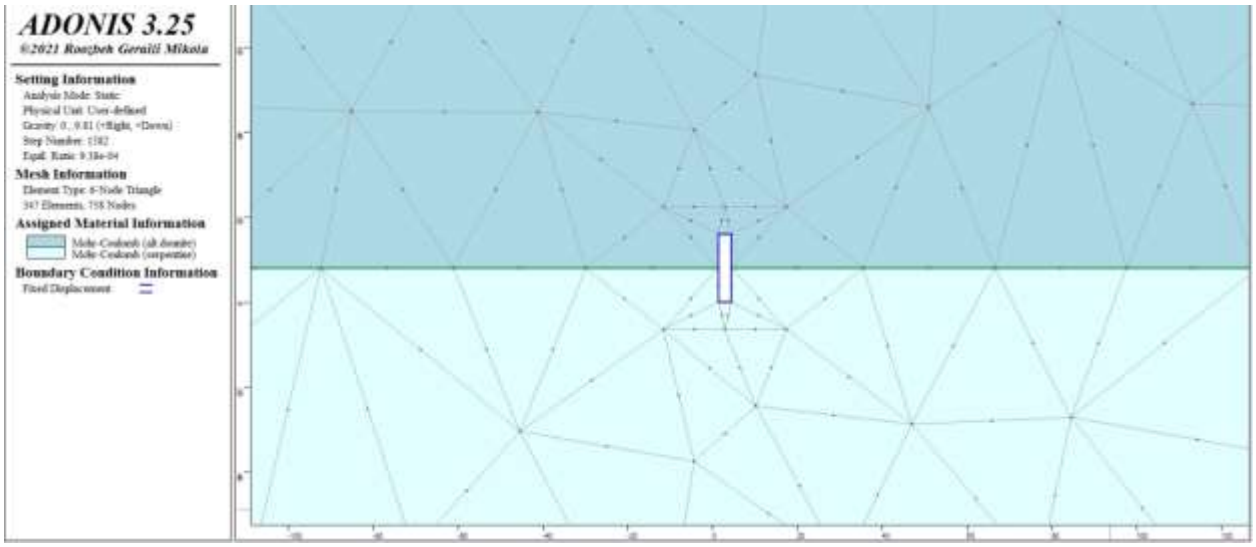
Με βάση αυτά που έχουν υπολογιστεί και προσδιοριστεί ως δεδομένα (πχ Κατάταξη Αντοχές), την απαίτηση Παραγωγής, διαμορφώθηκε ένα πλαίσιο γεωμετρίας και Εξορύξεων, όπως και ο Σχεδιασμός συνολικά .

Αυτό για να υπάρχει ένας συνολικός έλεγχος και μεγαλύτερη ασφάλεια απ την μια (πχ έλεγχος διατομών Ελικοειδούς που δεν υπάρχει κάποια νόρμα αλλά και ασφαλής υπολογισμός των καλωδίων) αλλά και για προσδιοριστεί η δυνατότητα ευελιξίας και αναπροσαρμογή της Εκμετάλλευσης (πχ άλλος ρυθμός με την ανακάλυψη προέκτασης του Κοιτάσματος, μπορεί να χρειαστεί με τον ίδιο εξοπλισμό κάνοντας τις βάρδιες τρεις και Εκμεταλλευόμενα πιο μεγάλα πρίσματα (πχ 3Χ9Χ16) να μπορεί η Εκμετάλλευση εύκολα να αναπροσαρμοστεί).

Για να προσδιοριστούν αυτές οι περιπτώσεις ασφάλειας και αναπροσαρμογής, θα χρησιμοποιηθεί πρόγραμμα Πεπερασμένων Στοιχείων ελεύθερου λογισμικού (ADONIS 3.25)

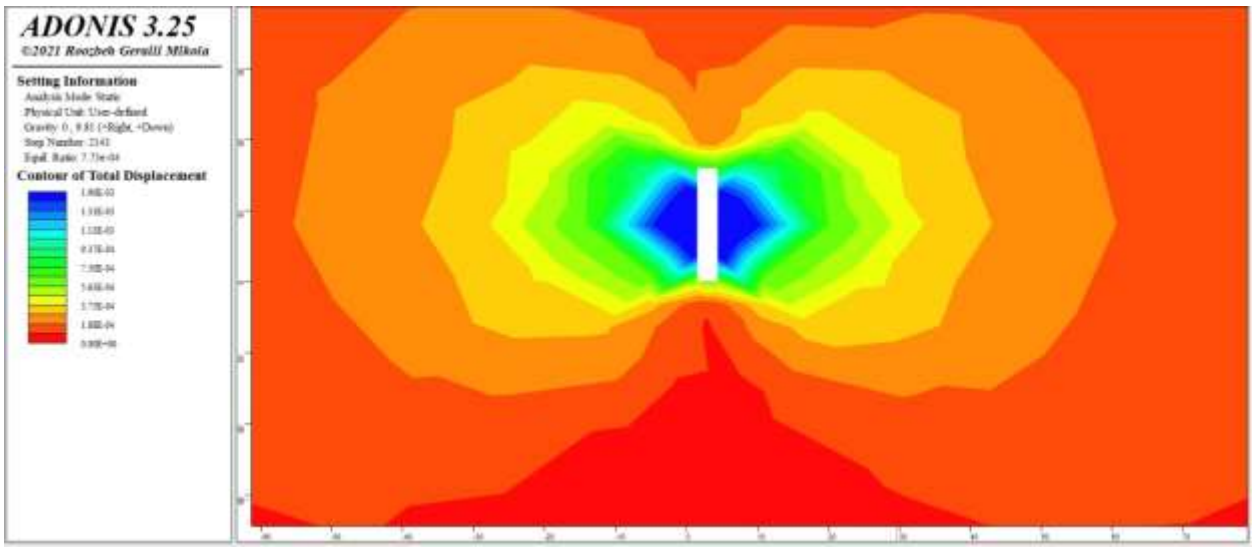
Αρχικά διαμορφώθηκε η διατομή, τα συνοριακά στοιχεία, και επιλέχθηκε κατάλληλος χωρισμός κόμβων και διακριτοποίησης. Στην συνέχεια εισήχθησαν οι ιδιότητες των υλικών (ανάλογο των περιβαλλόντων πετρωμάτων), διενεργήθηκε ισορροπία του Μοντέλου, και στην συνέχεια αφαιρέθηκε το υλικό Εξόρυξης. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η ανάλυση σε βήματα (relax), η απευθείας ως μόνιμη κατάσταση Κενού. Ενώ πραγματοποιήθηκε και έλεγχος με και χωρίς υποστήριξη (πχ με καλώδια, αγκύρια, λιθογόμωση, πλαίσια). Ο έλεγχος έγινε με το κριτήριο **mohr-coulomb**

Αρχικά εξετάστηκε η διατομή του πρίσματος 3Χ16 (Σχήμα 88) για τις συνθήκες υλικών εξαλοιωμένου Δουνίτη και Σερμπεπινίτη.



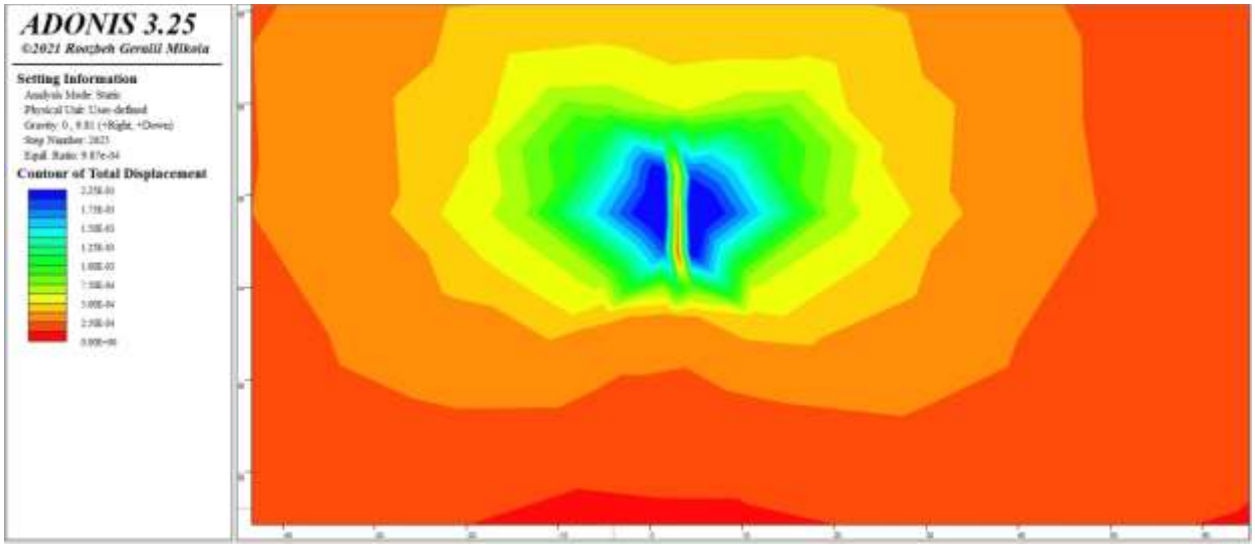
Σχήμα 90 Διατομή 3χ16 εξαλοιωμένου Δουνίτη– Σερμπετινίτη

το βηματικό κενό (50% του χρόνου που θα μείνει ανυποστήρικτο) έδωσε μέγιστες ολικές μετατοπίσεις στις παρειές της διατομής 1,9 mm τα οποία είναι ανεκτά για διατομές και συγκλίσεις τέτοιου μεγέθους (Σχήμα 89). Το κριτήριο προκύπτει από την πρόταση του Sakurai 1983 ***(Σοφιανός 2015)*** 1% παραμορφώσεις της διατομής ανοίγματος.



Σχήμα 91 Ολικές Μετατοπίσεις Ανυποστήρικτης Διατομής 3χ16 στο 50% του Χρόνου Φόρτισης

Ενώ μετά την ολοκλήρωση και με την προσθήκη Λιθογόμωσης οι παραμορφώσεις έφτασαν 2,25 mm επίσης ανεκτό (Σχήμα 90).

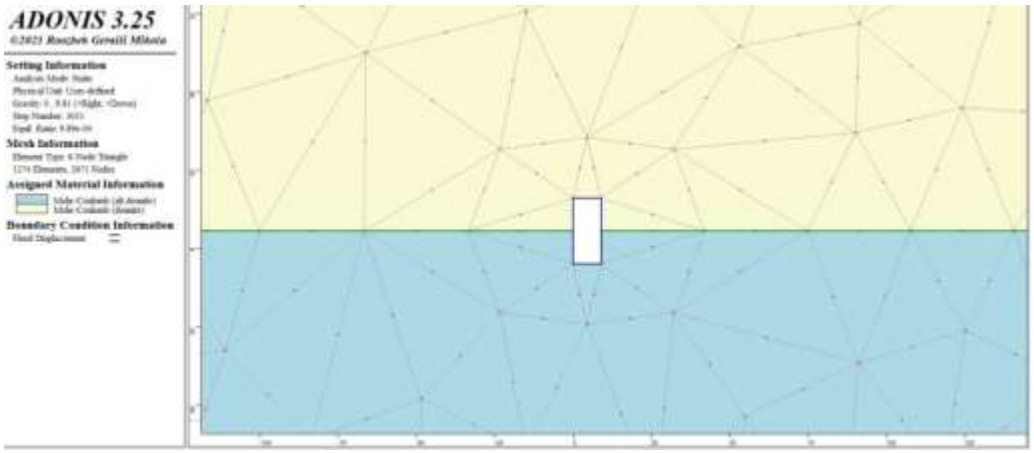


Σχήμα 92 Υπολογισμός Ολικών Παραμορφώσεων μετά την Ολική Φόρτιση και την προσθήκη Λιθογόμωσης

Η ίδια διαδικασία έγινε για όλες τις διατομές και για όλες τις συναντόμενες στρώσεις και Λιθολογίες, και έδειξαν ότι οι διαστάσεις 3χ16 έως 3χ21 (αλλαγή του ύψους του πρίσματος) έχει παρόμοια συμπεριφορά και δεν υπάρχει κίνδυνος.

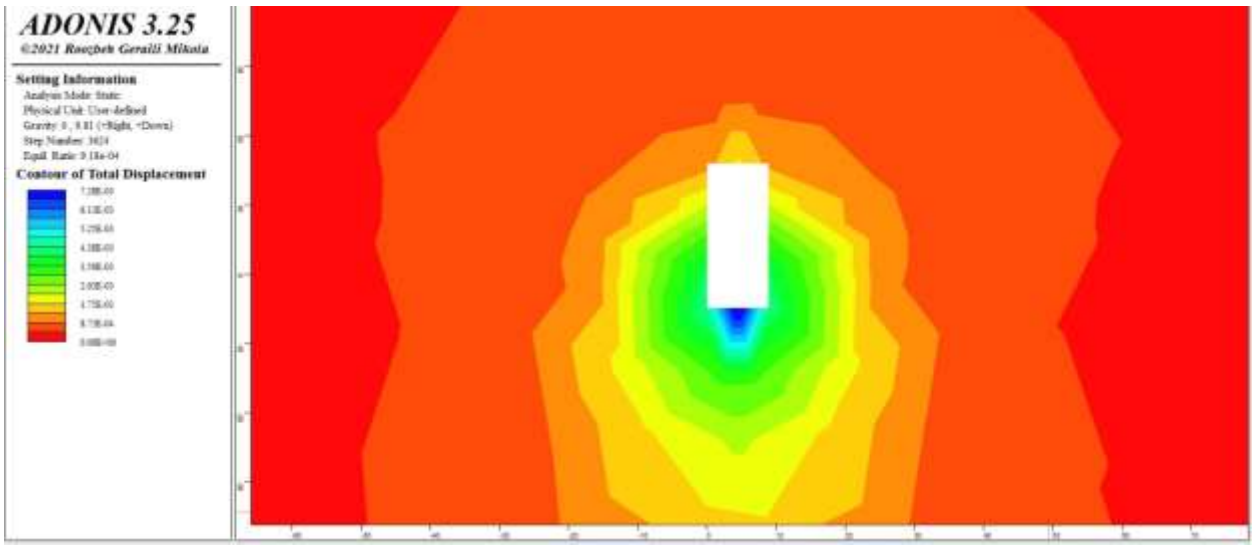
Επίσης έγινε αύξηση της διατομής για τον έλεγχο της περίπτωσης Εκμετάλλευσης μεγαλύτερων Ανοιγμάτων (πχ αύξηση των παρειών κατά μήκος σαν Εκμεταλλευόταν 3 Πρίσματα ταυτόχρονα από το κενό που θα δημιουργούνταν)

Με παράδειγμα την ίδια διαστρωμάτωση και για διατομή 9χ21 διαμορφώνεται το μοντέλο του σχήματος (Σχήμα 91)



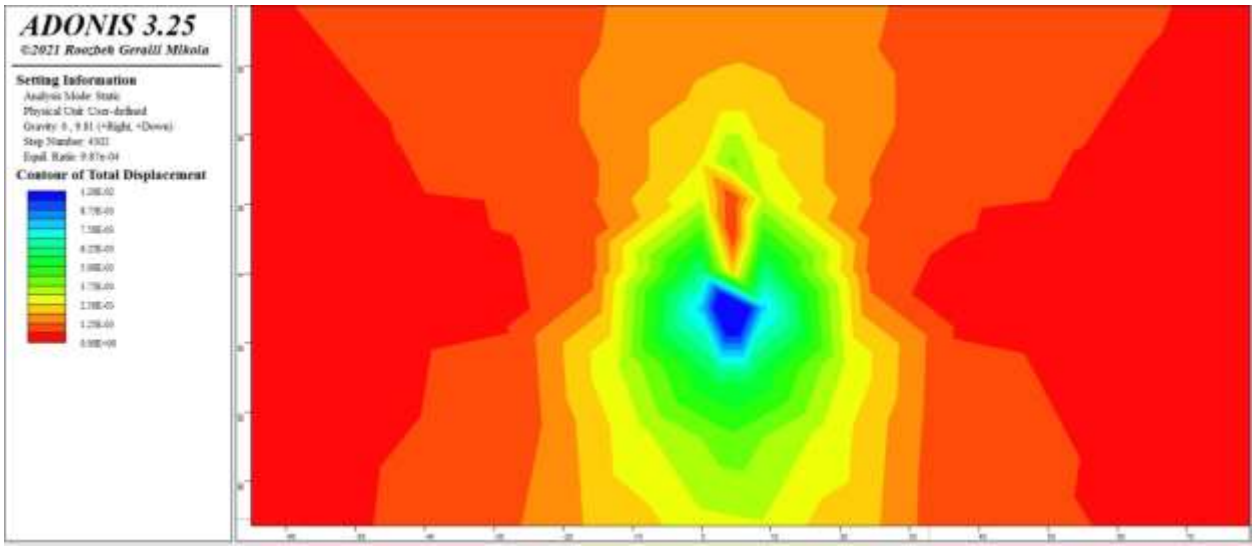
Σχήμα 93 Διατομή 9χ21 εξαλοιωμένου Δουνίτη– Σερμπετινίτη

αντίστοιχα για βηματικό κενό (50% του χρόνου που θα μείνει ανυποστήρικτο) έδωσε μέγιστες ολικές μετατοπίσεις στις παρειές της διατομής 7,28 mm τα οποία είναι ανεκτά για διατομές και συγκλίσεις τέτοιου μεγέθους (Σχήμα 92).



Σχήμα 94 Ολικές Μετατοπίσεις Ανυποστήρικτης Διατομής 9χ21 στο 50% του Χρόνου Φόρτισης

Ενώ μετά την ολοκλήρωση και με την προσθήκη Λιθογόμωσης οι παραμορφώσεις έφτασαν 12,20 mm επίσης ανεκτό (Σχήμα 93).



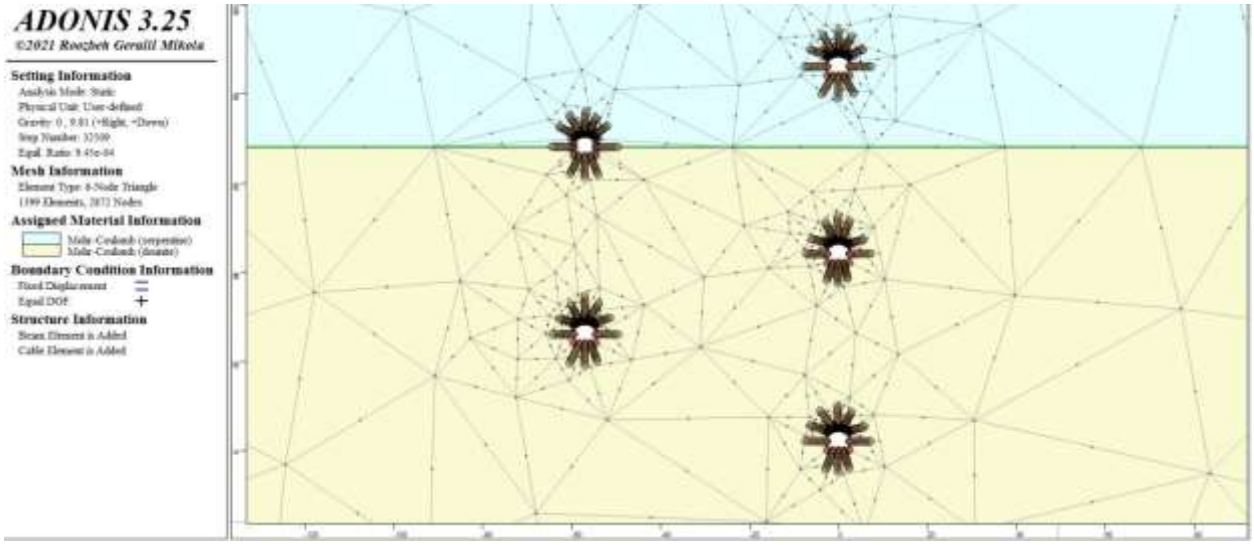
Σχήμα 95 Υπολογισμός Ολικών Παραμορφώσεων μετά την Ολική Φόρτιση και την προσθήκη Λιθογόμωσης

Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα και ότι η πιθανή αύξηση των μπλοκ Εκμετάλλευσης δεν θα δημιουργήσει πρόβλημα, ενώ η πιθανή περίπτωση πλήρους Εξόρυξης μπορεί να καταστεί ικανή με ελάχιστους Στύλους Ασφαλείας.

Στην συνέχεια στην ίδια λογική του ελέγχου ελέγχτηκαν για όλες τις περιπτώσεις του Ελικοειδούς, των Ραμπών, των Προσπελάσεων και Διατομών από την Διασταύρωση σημείων πχ μιας Διευθυντικής με μια Στοά Προσβολής.

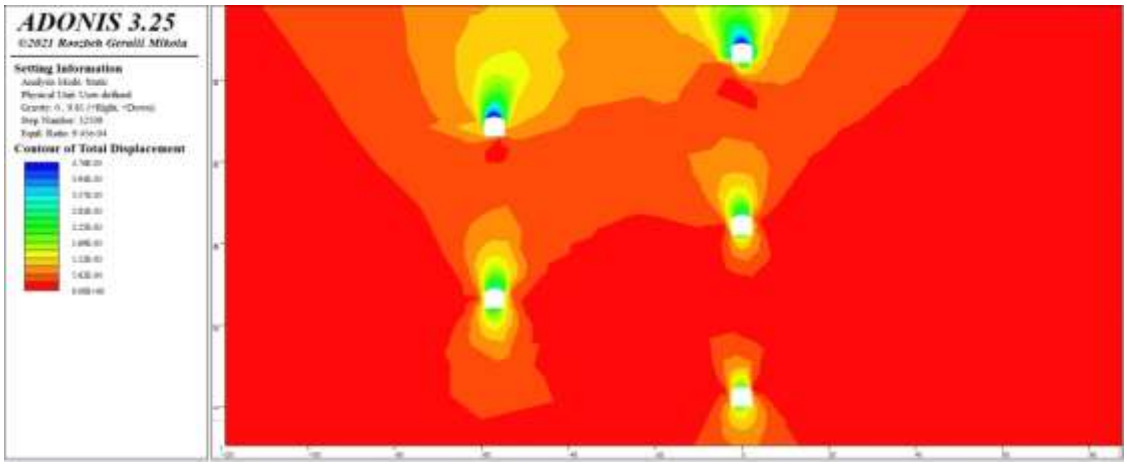
Ενδεικτικά παρατίθεται ένα από τα Ελικοειδές, Διατομή των Προσπελάσεων στο άνοιγμα και στο τέλος τους, και η διατομή της συμβολής της Διευθυντικής ως προς την στοά Προσβολής.

Η διατομή για το Ελικοειδές προσθέτοντας υποστήριξη καλωδίων όπως στο σχήμα (Σχήμα 94)



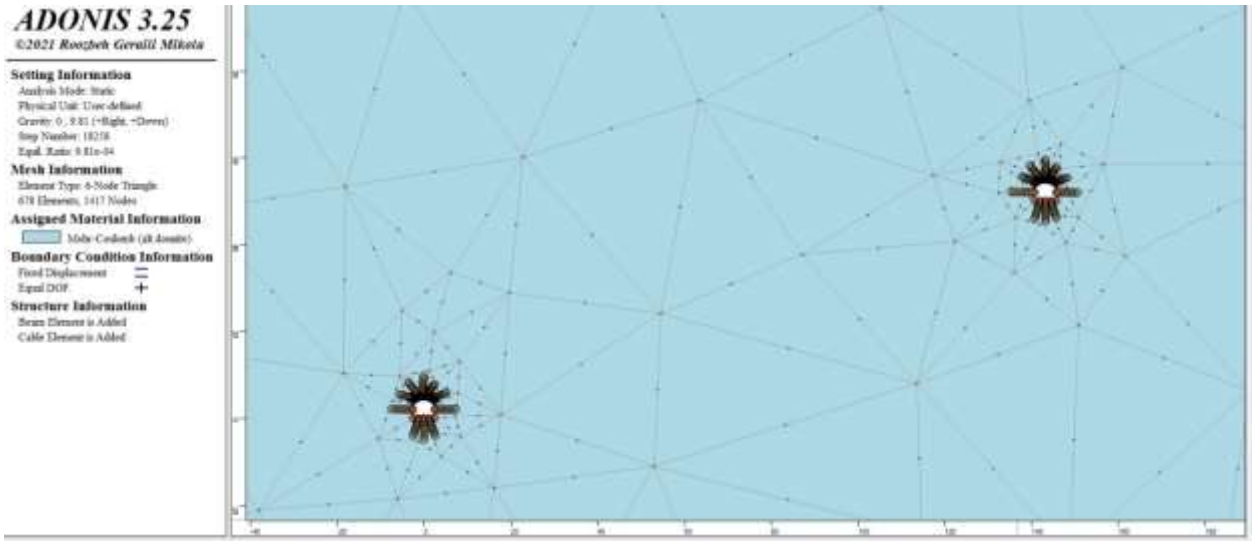
Σχήμα 96 Διατομή Ελικοειδούς με Υποστήριξη στο Β Τομέα Δυτικά

έδωσε μέγιστες μετατοπίσεις 4,76 mm οι οποίες είναι ανεκτές (Σχήμα 95)

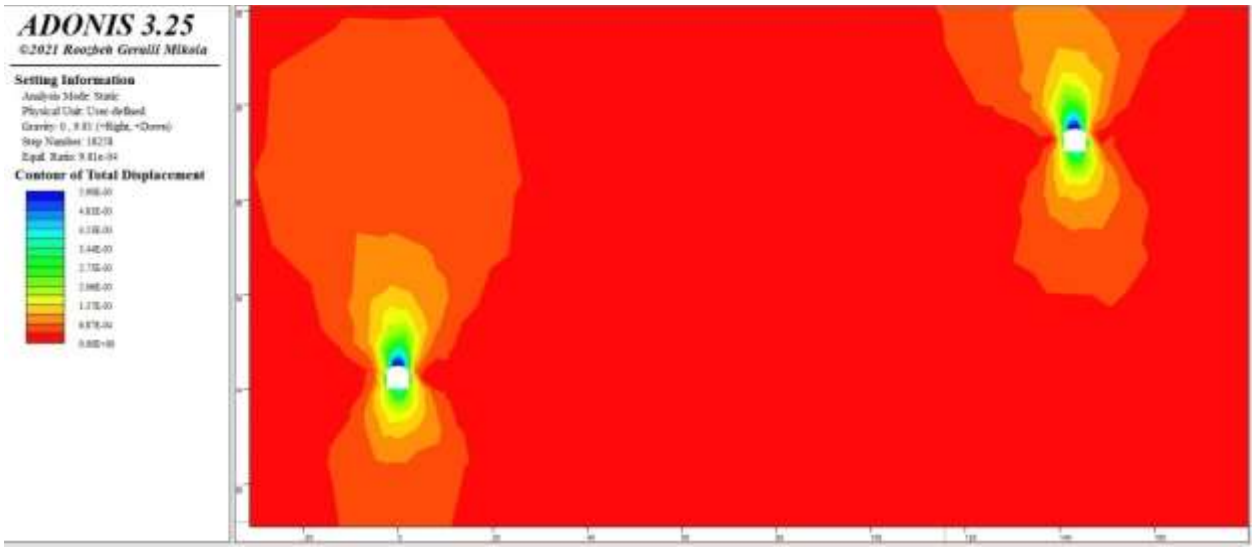


Σχήμα 97 Ολικές Μετατοπίσεις μετά την Υποστήριξη

η διατομή των Προσπελάσεων με Υποστήριξη Καλωδίων στην είσοδο της Σήραγγας (Σχήμα 96), δίνει ολικές παραμορφώσεις στην Σήραγγα 5,9mm (Σχήμα 97) το οποίο είναι ανεκτό.

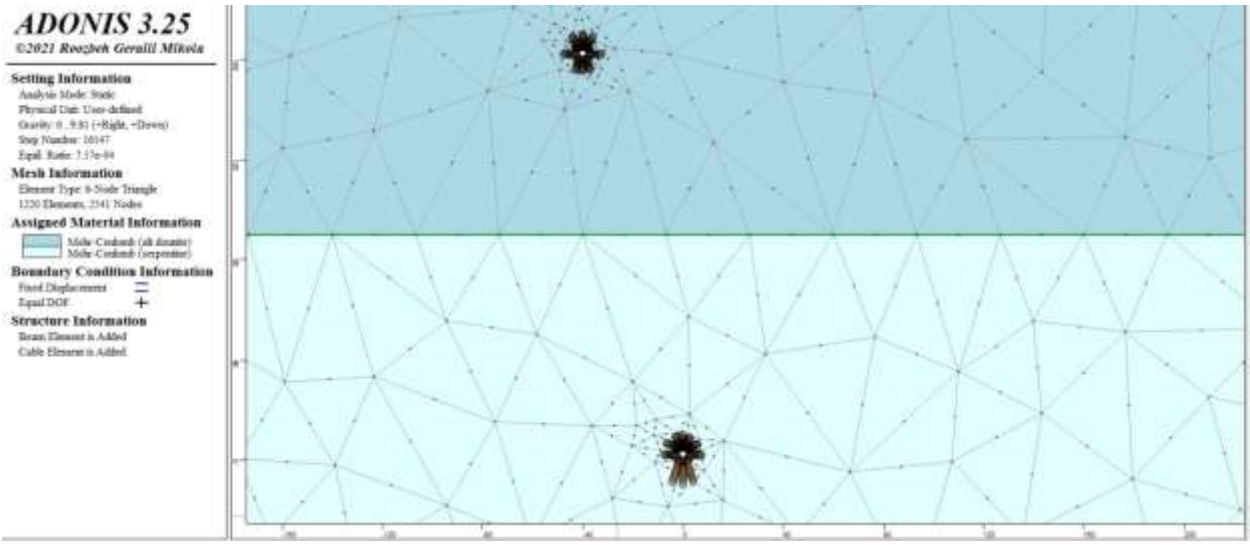


Σχήμα 98 Διατομή Εισόδου των Σηράγγων Προσπέλασης με Υποστήριξη Καλωδίων

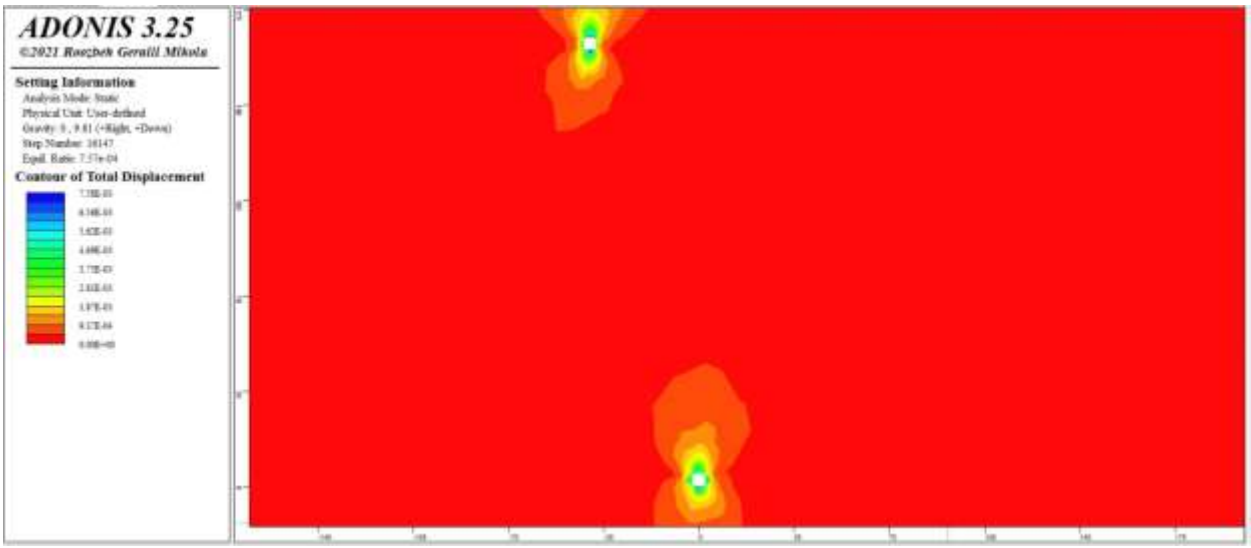


Σχήμα 99 Ολικές Μετατοπίσεις μετά την Υποστήριξη

ενώ αντίστοιχα πριν την συμβολή με την Περιχαρακωματική και το Ελικοειδές ίδιας διατομής (Σχήμα 98) , έδωσε 7,58 mm το οποίο είναι ανεκτό (Σχήμα 99).

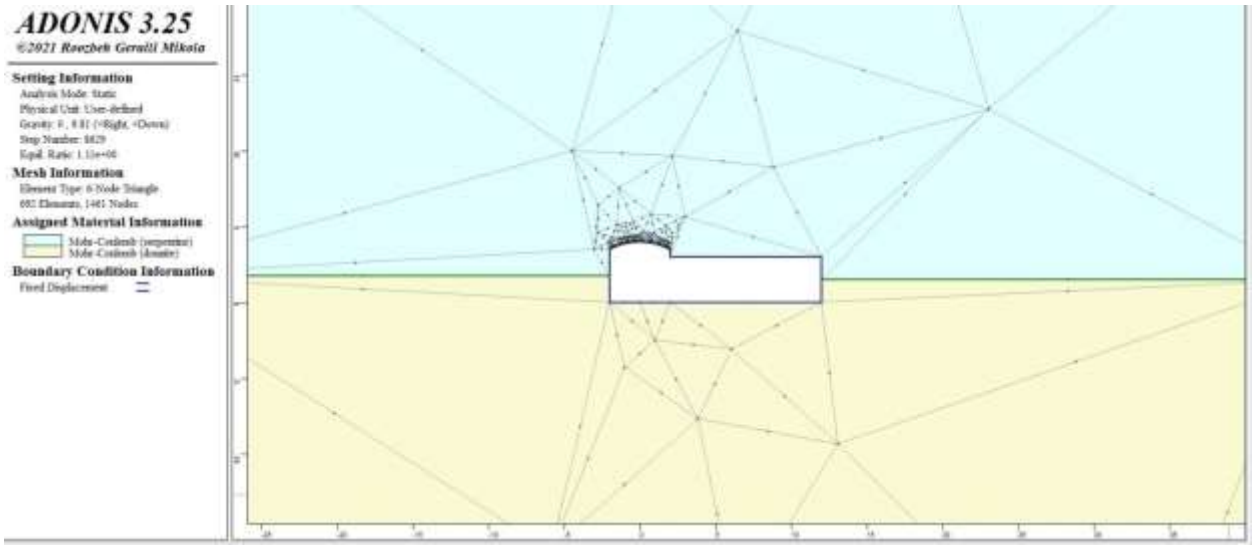


Σχήμα 100 Διατομή πριν το σημείο συνάντησης των Σηράγγων Προσπέλασης με τα λοιπά Έργα, Υποστήριξη με Καλώδια

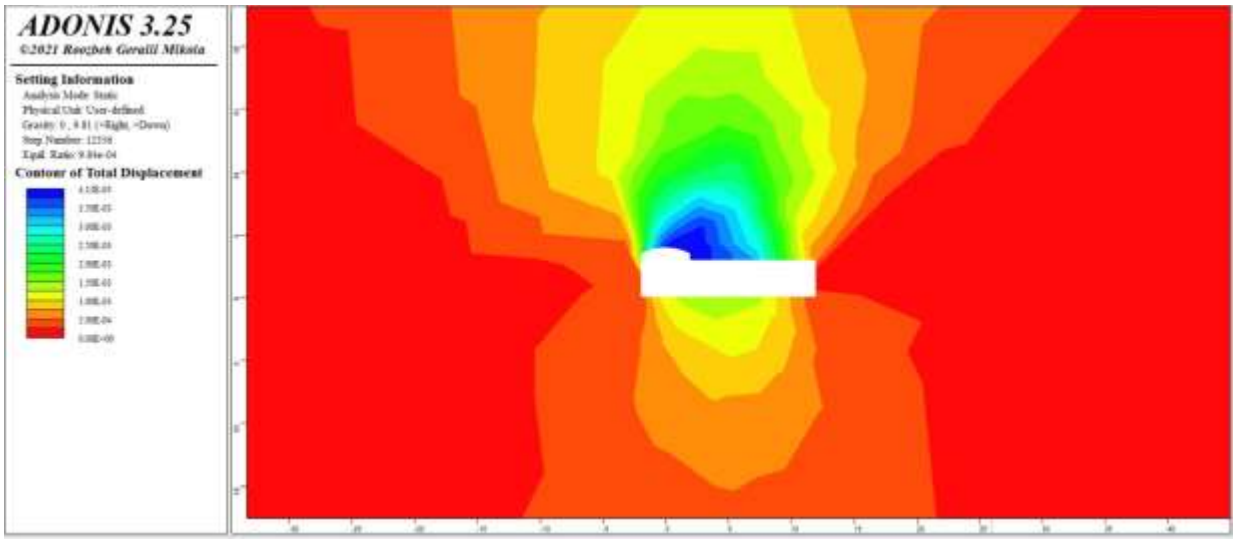


Σχήμα 101 Ολικές Μετατοπίσεις μετά την Υποστήριξη

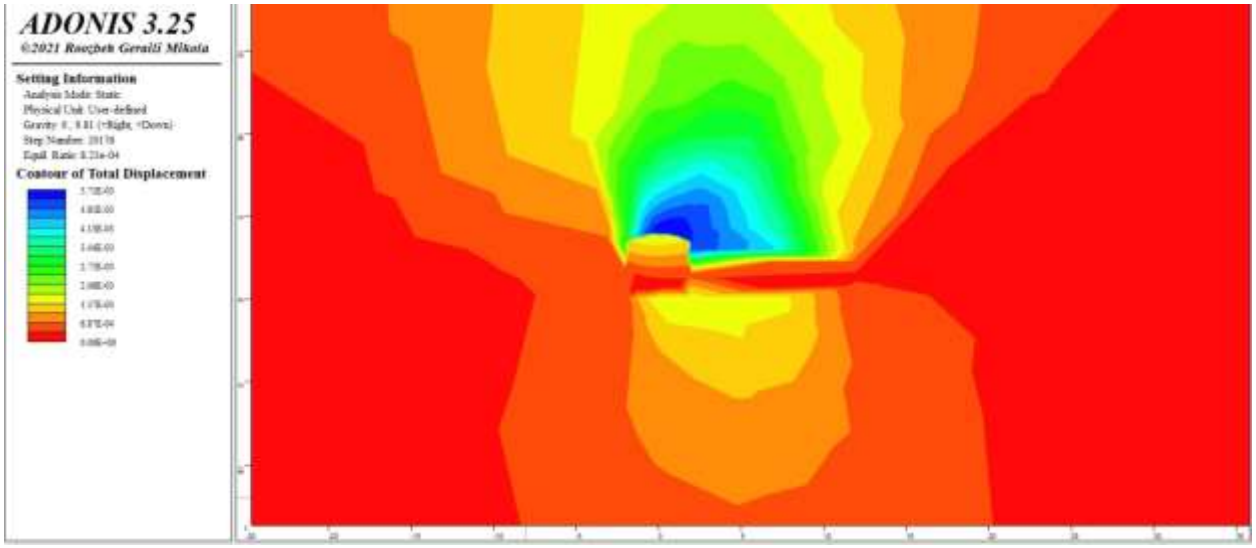
Αντίστοιχα για την συμβολή των Διευθυντικών ως προς τον άξονα της Διευθυντικής με την Στοά Προσβολής (Σχήμα 100),με βηματικό κενό (50% του χρόνου που θα μείνει ανυποστήρικτο) έδωσε μέγιστες ολικές μετατοπίσεις στις παρειές της διατομής 4,13 mm τα οποία είναι ανεκτά για διατομές και συγκλίσεις τέτοιου μεγέθους (Σχήμα 101), ενώ μετά την υποστήριξη με απλή Ύλωση και ολική επίλυση (Σχήμα 102) έδωσε μετατοπίσεις 5,17mm



Σχήμα 102 Διατομή ως προς τον Άξονα της Διευθυντικής στην συμβολή με την Στοά Προσβολής



Σχήμα 103 Ανυποστήρικτη Διατομή ως προς τον άξονα της Διευθυντικής στην συμβολή με την Στοά Προσβολής



Σχήμα 104 Υποστήριξη με απλή ύλωση, Διατομή ως προς τον άξονα της Διευθυντικής στην συμβολή με την Στοά Προσβολής

Συμπερασματικά διαπιστώνεται ότι ο Σχεδιασμός που έχει επιλέχθει είναι ασφαλής ενώ πιθανή μεταβολή της Παραγωγής δεν διατρέχει κίνδυνο.

4.10 Κόστη

Τα κόστη για να μπορούν να υπολογιστούν και να αναλυθούν χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες,

- Λειτουργικές Δαπάνες
- Δαπάνες Προσωπικού
- Δαπάνες αποσβέσεων εξοπλισμού
- Απρόβλεπτα

Οι Λειτουργικές Δαπάνες σχετίζονται με τις καταναλώσεις ενέργειας και χρήσης υλικών για την διαδικασία της Εκμετάλλευσης. Συγκεκριμένα μετά από υπολογισμούς που προέκυψε με βάσει τον Σχεδιασμό της Εκμετάλλευσης, τους χρόνους και της χρησιμοποίησης των μηχανημάτων, παρατίθενται τα παρακάτω κόστη:

- Κόστος Διάτρησης**520,22** ευρώ και αφορά τα στελέχη, τα κοπτικά και την λειτουργία του μηχανήματος, για δυο Βάρδιες ημερήσιας Παραγωγής 737,43t
- Κόστος Γόμωσης **729,7** ευρώ και αφορά το Κόστος εκρηκτικών, καψυλίων, καλωδίων σύνδεσης και χρήσης μηχανημάτων για δυο Βάρδιες ημερήσιας Παραγωγής 737,43t
- Κόστος Απομιδής **5.882,5** και αφορά το Κόστος χρήσης (πχ ελαστικά), λειτουργίας (πχ πετρέλαια) και συντήρησης (λάδια) των Μηχανημάτων για δυο Βάρδιες ημερήσιας Παραγωγής 737,43t
- Κόστος Αερισμού **432** ευρώ και αφορά την λειτουργία της μονάδας Αερισμού και των Ανεμιστήρων για δυο Βάρδιες ημερήσιας Παραγωγής 737,43t
- Κόστος Υποστήριξης **3.586,63** ευρώ και αφορά την χρήση των μηχανημάτων (διατρητικού, πλατφόρμας, ξεσκαρωτή) , στελεχών και κοπτικών άκρων διάτρησης, αγκύρια, πλακάκια, μπουλόνια, ρητίνες, τσιμέντα, σετ καλωδίων, πλέγμα, Λιθογόμωσης, λειτουργία μονάδος Λιθογόμωσης, για δυο Βάρδιες ημερήσιας Παραγωγής 737,43t
- Κόστος Δευτερευόντων Εργασιών **1.440** ευρώ και περιλαμβάνει τις καταναλώσεις δικτύων(ηλ. Ρεύμα), χρήσης και συντήρησης δικτύων, φωτισμού, συντήρησης και χρήσης αυτοκινήτων μεταφοράς προσωπικού για δυο Βάρδιες ημερήσιας Παραγωγής 737,43t

Αυτό δίνει ένα συνολικό κόστος λειτουργίας **12.591,05** ευρώ, που ανά τόνο παραγωγής υπολογίζεται σε **17,07** ευρώ/tn

Οι δαπάνες προσωπικού σχετίζονται με τις αμοιβές τα ημερομίσθια κλπ

Συνολικά χρειάζονται 26 άτομα ανά Βάρδια, συν την επίβλεψη και την επικουρική βοήθεια, Αυτό μας δίνει 68 άτομα άμεσα εμπλεκόμενους με την Εκμετάλλευση.

Η κατανομή των δαπανών σε ημερήσια Βάση

- Προσωπικό Ανώτερης Εκπαιδευτικής Βαθμίδας **620** ευρώ ανά μέρα
- Μεσαίας Εκπαιδευτικής Βαθμίδας **2.850** ευρώ ανά ημέρα

- Κατώτερης Εκπαιδευτικής Βαθμίδας **246** ευρώ ανά ημέρα

Το σύνολο των δαπανών Προσωπικού είναι **3.716** ευρώ ανά ημέρα και για ημερήσια Παραγωγή 737,43 tn , ανάγεται σε **5,04** ευρώ/tn

Αντίστοιχα οι δαπάνες των Αποσβέσεων αφορά την κόστος για την προμήθεια των μηχανημάτων, σύμφωνα με αυτό και υπολογιζόμενες τις αποσβέσεις για κάθε μηχάνημα για 15 έτη και επιτόκιο 12% προκύπτει σύμφωνα με τον πίνακα (Σχήμα 103) με αναγωγή **3,93** ευρώ/tn

	ποσότητα	ίπποι	αξία/μηχ	κόστος κτήσης	επιτόκιο	έτη απόσβεσης	ετήσιο κόστος α	ημερήσιο	αναγωγή tn
ξεσκαρωτής	3	163	150,000.00	450,000.00	12	15	66,070.91	237.67	0.32
φορτωτές LHD	3	270	250,000.00	750,000.00	12	15	110,118.18	396.11	0.54
φορτηγά Υπογείων	2	315	300,000.00	600,000.00	12	15	88,094.54	316.89	0.43
τετραξονικά φορτηγά	2	280	250,000.00	500,000.00	12	15	73,412.12	264.07	0.36
Jumbo υπογείων (μονό)	3	160	330,000.00	990,000.00	12	15	145,356.00	522.86	0.71
καλαθοφόρα με ANFO	2	120	120,000.00	240,000.00	12	15	35,237.82	126.75	0.17
Διατρητικό υπογείων	3	173	250,000.00	750,000.00	12	15	110,118.18	396.11	0.54
φορτωτής αποθηκών	1	150	85,000.00	85,000.00	12	15	12,480.06	44.89	0.06
δίκτυο αερα	1	1800	800,000.00	800,000.00	12	15	117,459.39	422.52	0.57
μονάδα λιθογόμωσης	1	450	200,000.00	200,000.00	12	15	29,364.85	105.63	0.14
γεννήτριες	2	100	20,000.00	40,000.00	12	15	5,872.97	21.13	0.03
αντλίες	6	10	3,000.00	18,000.00	12	15	2,642.84	9.51	0.01
αυτοκινητα 4χ4	4	120	15,000.00	60,000.00	12	15	8,809.45	31.69	0.04
σύνολο	33.00	4,111.00	2,773,000.00	5,483,000.00			805,037.31	2895.82	3.93

Σχήμα 105 Πίνακας Αποσβέσεων

Σύμφωνα με τα τρία πρώτα Κόστη που υπολογίστηκαν προκύπτει ένα συνολικό Αρχικό Κόστος Παραγωγής **26,04 ευρώ/tn,** για να θεωρείται ασφαλές αυτό υπολογίζοντας 10% Απρόβλεπτα Έξοδα προκύπτει ένα συνολικό Κόστος Παραγωγής **28,64 ευρώ/tn**. Σε όλα αυτά αν συνυπολογιστεί ένα 15% απόκλιση, από παραλήψεις υπολογισμών και μεταβολές αγορές κλπ, προκύπτει ως ΣΥΝΟΛΙΚΟ Ημερήσιο Τελικό Κόστος **32,94 ευρώ/tn**. Συνολικά Συνοψίζονται στον πίνακα (Σχήμα 104)

λειτουργικές	17.07
προσωπικού	5.04
αποσβέσεων	3.93
συνολο	26.04
απροβ 10%	2.60
σύνολο	28.64
απόκλιση 15%	4.30
Γενικό σύνολο	32.94

Σχήμα 106 Πίνακας Τελικού κόστους και κατανομής του σε Ευρώ

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση όλα αυτά που παρατέθηκαν από την Αρχή έως τον τελικό Σχεδιασμό εξάγονται τα παρακάτω Συμπεράσματα:

Ο Ελληνικός Χρωμίτης είναι ανταγωνιστικός λόγω των ιδιοτήτων του (σχέση Cr/Fe =3,5) και εξαιτίας αυτού με μεγάλο περιθώριο διείσδυσης στην αγορά αλλά και κέρδος σε όλους του τομείς. Συγκεκριμένα το ενδιαφέρον εστιάζεται πέρα από την πρωτογενή παραγωγή του Ανοξείδωτου Χάλυβα, κυρίως στην παραγωγή από ανακύκλωση όχι μόνο για παραγωγή Ανοξείδωτου Χάλυβα αλλά και στην παραγωγή δευτερόγχυτου Αλουμινίου. Αυτά συντελούν ότι μπορεί να συμβάλει και στην Εθνική Οικονομία (ανεργία, ισοζύγιο εξαγωγών κλπ) αλλά και στην γενικότερη Αναπτυξιακή Πολιτική των ΟΠΥ της ΕΕ.

Επίσης ο Σχεδιασμός της Εκμετάλλευσης έγινε με γνώμονα την Προστασία του Περιβάλλοντος, εξού και η επιλεγόμενη Θέση Προσπέλασης, η οποία είναι εκτός των απαγορεύσεων που ισχύον για την περιοχή του Αλιάκμονα. Επιπλέον η επιλογή των Μεθόδων Εκμετάλλευσης και ο τρόπος διάθεσης στείρων (Λιθογόμωση) και αποθήκευσης του Μεταλλεύματος (εσωτερικές αποθήκες) μειώνουν δραστικά το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα της Εκμετάλλευσης.

Οι παρατηρήσεις Υπαίθρου συμβαδίζον γενικά με τα Γεωλογικά και Μηχανικά βιβλιογραφικά Δεδομένα. Παρόλα αυτά η Γεωλογική Αβεβαιότητα είναι καθοριστικός παράγοντας για την Μοντελοποίηση του Κοιτάσματος (Ore Body) και του Δημιουργούμενου Block Model. Αυτό οφείλεται και στο ότι το συνολικό Κοίτασμα ελέγχεται Τεκτονικά (και σε ορισμένες περιπτώσεις Νεοτεκτονικά).

Αποτέλεσμα αυτών είναι ότι οι Γεωτρήσεις για την δημιουργία των Block Model, την εκτίμηση των Αποθεμάτων αλλά και την ποιοτική ανάλυση Ανάπτυξης του κοιτάσματος χρειάζονται επιβεβαίωση, τόσο για την περιχάραξη αυτού, όσο και της πραγματικής εικόνας, διότι ο Κάνναβος ήταν ακανόνιστος. Επιπλέον δεν υπήρχε πλήρη εικόνα και αποτύπωση στοιχείων σε αυτές (Για αυτό χρησιμοποιήθηκαν Βιβλιογραφικά δεδομένα και επιτόπιες παρατηρήσεις που ήταν αναγκαίες).

Ακόμα ο συγκεκριμένος Κάνναβος δεν μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για τον Κοίτασμα και ως προς τις Γεωτεχνικές συνθήκες και τις συνθήκες Βάθους λόγω μη συστηματικής καταγραφής και έλλειψης στοιχείων.

Παρόλα αυτά με την λογική της τομής (Γεωστατιστικού και Κοιτασματολογικού Μοντέλου) που εφαρμόστηκε η προσέγγιση των 3.500.000 tn ROM δείχνει να είναι ασφαλής και σύμφωνα με τα πρότυπα C.I.M., ενώ ταυτόχρονα η προσέγγιση τόσο του Block Model όσο και του Ore Body , καθιστούν την συγκεκριμένη αποτύπωση Ρεαλιστική. Πάντως αξίζει να σημειωθεί ότι το Γεωστατιστικό Μοντέλο επιβεβαιώνεται ως προς τους πόρους που έχουν απολληφθεί κατά το παρελθόν αλλά δεν συμβαδίζει με τους υπολογισμούς των ΕΛ.ΣΙ ως προς τα εναπομείναντα, εξού και αναφέρονται ως ασφαλή Μετρούμενα Αποθέματα τα 3.500.000 tn. Επιπλέον είναι σημαντικό ο έλεγχος μέσω παραμετροποίησης του Block Model (ακτίνα επιρροής, σχετιζόμενες Γεωτρήσεις, διαστάσεις και ταύτιση των επιμέρους Block) στην οριστικοποίηση της ποσότητας των Αποθεμάτων, καθώς και της ταύτισης των παρατηρήσεων και των Αναφορών για την δημιουργία του Ore Body, ώστε να θεωρούνται ασφαλή τα αποτελέσματα για τα Μετρήσιμα Αποθέματα (διαφορετικός συνδυασμός παραμέτρων να καταλήγουν στην ίδια τάξης μεγέθους Αποθεμάτων).

Τα ημι-εμπειρικά μοντέλα, της Γεωτεχνικής πρακτικής Εκμεταλλεύσεων έχουν κενά σε ένα βαθμό προδιαγραφών, παρότι εν μέρει επιβεβαιώνεται από την ανάλυση τους, μέχρι κάποιο σημείο, μέσω της ανάδρομης Ανάλυσης. Συγκεκριμένα η εκτίμηση των Γεωτεχνικών Συνθηκών έγινε για τις δυσμενέστερες συνθήκες ειδικά κοντά σε ρήγματα όπου η κρίσιμες γωνίες Ασυνεχειών προσδιορίστηκαν στην τιμή των 55° ως προς την κλίση του Κοιτάσματος. Οι τιμές των Αντοχών δίνουν μια σχετική καλή εικόνα των άρρηκτων πετρωμάτων που απαντώνται στην περιοχή αλλά η Βραχομάζα υποβιβάζει την όλη εικόνα εξαιτίας του έντονου και ενεργού Τεκτονισμού. Αυτό συνυπολογίστηκε και κατά τον Σχεδιασμό και πρέπει να ληφθεί ειδικής προσοχής τόσο για τον εντοπισμό και την περιχάραξη του Κοιτάσματος αλλά κυρίως για τα μέτρα Υποστήριξης, μιας που το Μεταλλείο είναι «περικυκλωμένο» από ενεργά Ρήγματα που έχουν δώσει Σεισμό.

Πάντως οι αναλύσεις έδειξαν ότι δεν αναμένονται σημαντικές αποσφηνώσεις εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων στην οροφή των Σηράγγων και στα «παραμέντα» των ανοιγμάτων. Αυτό αναμένεται κυρίως στις περιπτώσεις των κρίσιμων ασυνεχειών(γωνίες που προαναφέρθηκαν) με τις απαντώμενες λιθολογίες, αυτές του κοιτάσματος αλλά και του Σερμπετινίτη ή Σερμπετινιωμένου –Εξαλοιωμένου Δουνίτη. Τέλος τα πετρώματα παρουσιάζουν ελαστική (κυρίως το ROM) και ελαστοπλαστική συμπεριφορά (οι υπόλοιπες λιθολογίες), ειδικά ο «φρέσκος» Δουνίτης οποίος έχει σχεδόν την συμπεριφορά ελαστικού-τέλεια πλαστικού υλικού.

Ο Σχεδιασμός της Εκμετάλλευσης δείχνει να είναι ευέλικτος τόσο στην εξέλιξη του όσο και από την αναπροσαρμογή του ως προς διάφορους παράγοντες, μεγαλύτερης ζήτησης, νέο Κοίτασμα κλπ. Συγκεκριμένα η χρησιμοποίηση των υφιστάμενων έργων βοηθάει στην γρήγορη ανάπτυξη της Εκμετάλλευσης του νέου Κοιτάσματος.

Ταυτόχρονα η αναπροσαρμογή στην εξίσωση Taylor που χρησιμοποιήθηκε με το κριτήριο του χρόνου απόσβεσης, δίνει ασφαλή προσέγγιση για την Εκμετάλλευση του συγκεκριμένου κοιτάσματος, των αποσβέσεων και της διάρκειας Ζωής του Μεταλλείου. Η επιλογή μιας και μόνο Μεθόδου δεν μπορεί να επιτευχτεί σύμφωνα με την μορφολογία και το είδος του Κοιτάσματος. Ο συνδυασμός Μεθόδων καθώς και η μερική τροποποίηση τους δίνουν μια ασφαλή και παραγωγική Εκμετάλλευση σύμφωνα με τις ετήσιες και ημερήσιες Ανάγκες. Ο έλεγχος σχετικά με αυτό, με σύγχρονες μεθοδολογίες και ημί-εμπειρικά μοντέλα, μέσω εφαρμογών , επιβεβαιώνουν όπως αναπτύχθηκε την απαίτηση για συνδυασμό Μεθόδων Εκμετάλλευσης καθώς και συγκεκριμένων Γεωμετριών οι οποίες ακολουθήθηκαν κατά τον Παρόντα Σχεδιασμό.

Αυτό με την σειρά του επιβάλλει συγκεκριμένες απαιτήσεις σε Εξοπλισμό, Ανθρώπινο δυναμικό και συνδυασμό διαδικασιών, οι οποίες προσεγγίστηκαν και προτάθηκαν. Πάντως ο συγκεκριμένος Σχεδιασμός όπως προσεγγίστηκε δίνει την ευελιξία της αναπροσαρμογής του Ρυθμού και των διαδικασιών στην ίδια την Εκμετάλλευση και Παραγωγική Διαδικασία. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τον ανάδρομο Γεωτεχνικό Έλεγχο των Γεωμετριών των Μεθόδων Εκμετάλλευσης που προτείνονται ως και σαν αναπροσαρμογή.

Σε όλες τις περιπτώσεις (προτεινόμενου ή αναπροσαρμοζόμενου) Σχεδιασμού η Απολληψιμότητα αγγίζει το 92% που είναι μια πάρα πολύ ικανοποιητική συνθήκη. Για αυτό σε ορισμένες περιπτώσεις καλών Γεωτεχνικών Συνθηκών προτείνεται η αναπροσαρμογή μέσω δοκιμαστικής Εκμετάλλευσης (πχ αύξηση του μήκους προχώρησης, μεγαλύτερα πρίσματα κλπ) για περαιτέρω επιβεβαίωση. Τέλος ο προσδιορισμός του τελικού κόστους Εκμετάλλευσης δείχνει και δίνει πλεονέκτημα ώστε να εφαρμοστεί και να υλοποιηθεί η συγκεκριμένη Εκμετάλλευση.

Εν κατακλείδι ο προτεινόμενος Σχεδιασμός με την χρήση διαφόρων εργαλείων και από διάφορες οπτικές, συνδυαστικά ή μεμονωμένα δείχνει να είναι ορθός, και να καλύπτει το τρίπτυχο βέλτιστο αποτέλεσμα-μικρότερο δυνατό κόστος-μέγιστη ασφάλεια.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Ζ. Αγιουτάντης Στοιχεία Διάτρησης Ανατίναξης εκδόσεις Ιων 2η Έκδοση, Αθήνα 2019

BarnesGE. Εδαφομηχανική Αρχές και εφαρμογές, εκδόσεις Κλειδαριθμος 2ηεκδοση, 2005

Ζευγώλης Ε. Μεταλλουργία Σιδήρου , εκδόσεις Ιων , Αθήνα 2014

Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Χαρτη Κοζάνη

Ι.Γ.Μ.Ε νεοτεκτονικός Χάρτης Φύλλο κοζάνη

Καζάκος Λ., Η χρήση των Εκρηκτικών Στα Τεχνικά Έργα. Αθήνα 2014

Κεφάλας Α, Μπούρας Λ, Παπαδημητρίου Δ, Στεφανάκης Μ , Μεγάλες Ασκήσεις Εκμεταλλέυσεως Μεταλλείων, ΕΜΠ, Αθήνα 1976

ΚΜΛΕ, ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 / 14/6/2011, Αθήνα

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΟΥ – ΧΑΓΙΟΥ και ΓΟΥΔΕΛΗ 1988 και υπό έκδοση

Κούκης Γ, Σαμπατακάκης Ν., Τεχνική Γεωλογία , Εκ. Παπασωτηρίου Αθήνα 2002

Μενεγάκη Μαρία, Σχεδιασμός Υπαίθριων εκμεταλλεύσεων, Ε.Μ.Π. Αθήνα 2010

Μόδης Κ, Σταματάκη Σ,Εισαγωγή στην Μεταλλευτική έρευνα ΕΜΠ ΣΕΑΒ, Αθήνα 2015

Α. Μπενάρδος- Δ. Καλιαμπάκος, Υπόγεια Έργα , ΕΜΠ ,Αθήνα 2010

ΙΩΑΝΝΟΥ Ν.ΟΙΚΟΝΟΜΟΠΟΥΛΟΥ, ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ , ΕΜΠ (ΑΘΗΝΑ 2002)

ΙΩΑΝΝΟΥ Ν. ΟΙΚΟΝΟΜΟΠΟΥΛΟΥ, ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΥΣΙΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ, ΕΜΠ (ΑΘΗΝΑ 1989)

Π. Νομικός , Εισαγωγή στην Μηχανική Πετρωμάτων, ΕΜΠ ΣΕΒ Αθήνα 2015

Εισαγωγή στην ΚοίτασματολογίαΣκαρπέλης , ΕΚΠΑ 2002

Αλέξανδρος Σοφιανός , Υποστήριξη Υπογείων Εργων, ΕΜΠ ΣΕΑΒ , Αθήνα 2015

Αλέξανδρος Σοφιανός, Διάνοιξη Σηράγγων, ΕΜΠ Αθήνα ,2018

Σταμούλης Κ. νΠαρατηρήσεις επί της ανάπτυξης των Χρωμιτικών Σωμάτων ΜεταλλείουΞερολίβαδου, Α, Β, Γ τεύχη. ΕΛ.ΣΙ. 1990

Πολυχρονόπουλος Γ, Εκρηκτικές ύλες,τεχνική εξορύξεως των πετρωμάτων , καθαίρεση κατασκευών, Αθήνα 1993 Β έκδοση

ΝΙΚΟΛ.Γ.ΤΕΡΕΖΟΠΟΥΛΟΥ, ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ, ΕΜΠ ΑΘΗΝΑ 2003)

Τζάμος Ι. Ε. 2016. Ορυκτολογία, Πετρολογία και ΚοίτασματολογίαΟφιολίθωνΞερολίβαδου, Βούρινου της Δυτικής Μακεδονίας. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΓεωργιοςΤσιαμπάος, Σεμινάρια Βραχομηχανικής , ΤΕΕ, Αθήνα 1984

Ξενόγλωση

Anonymous (1972) Penrose Field Conference on ophiolites. Geotimes 17 v12: 24-25.

Anonymous(2021) Chrome in Albania

Z. T. Bieniawski - Engineering Rock Mass Classifications_ A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering-Wiley-Interscience (1989)

Bhandari S, Enginnering rock Blasting Orerationsm A.A. Balkema, Rotterdam 1997

Brady_B.,_Brown_E._Rock_mechanics , springers, 2005

E._Hoek,__E.T._Brown_Underground_Excavations_in_Rock, London 1996 2nd edition Institution Mining and Metallurgy

Carras N, Fazzuoli M, Photiades A (2004) Transition from carbonate platform to pelagic deposition (Mid Jurassic-Late Cretaceous), Vourinos massif, northern Greece. Revistaltaliana di Paleontologia e Stratigrafica v110 n1: 345-355.

Dilek, Y., Moores, E. M., Elthon, D., and Nicolas, A., eds., Ophiolites and oceanic crust: new insights from field studies and ocean drilling program. Geol Soc Am Spec Publ: 473-483.

Economou M, Dimou E, Economou G, MigirosG ,Vacondios I, Grivas E, Rassios A, Dabitzias S (1986) Chromite deposits of Greece. in Karamata, S., ed., UNESCO's IGCP 197: Metallogeny of Ophiolites, Theophrastus, Athens: 129-159.

EconomouM (1979) Αι Εμφανίσεις Μαγνητίτου εντός Ελληνικών Υπερβασικών Πετρωμάτων και η Γένεσις αυτών. PhD Dissertation, University of Athens: 170pp.

EIT Raw Materials. 2014.: eitrawmaterials.eu (accessed on 3 May 2020).

European Commission. European Innovation Partnership on Raw Materials: Annual Monitoring Report 2017; EUR 29443 EN; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2018. [GoogleScholar]

European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Communication No. 571, 2011. Roadmap to a Resource Efficient Europe; (COM no. 571, 2011); Commission of European Communities: Brussels, Belgium, 2011. [GoogleScholar]

Fidelis Tawiah Suorineni stability graph after three decades in use: Experiences and the way forwardDecember 2010International Journal of Mining, Reclamation and Environment Reclamation and Environment(4):307-339

Alfred Frasheri,LigorLubonja,PerparimAlikaj On the application of geophysics in the exploration for copper and chrome ores in Albania, August 1995

Ghikas C (2007) Structure and Tectonics of a Subophiolitic Mélange (Zavordas Mélange) of the Vourinos Ophiolite (Greece) and Kinematics of Ophiolite Emplacement. MSc Dissertation, Miami University, OH: 47 pp.

Gkikas I., Georgakakis N., Inventory and evaluation of the present condition in the chromite mines of Vourinos. Report of I.G.M.E., Athens, 1997 (in Greek)

Ghikas C, Dilek Y, Rassios A (2010) Structure and tectonics of subophiolitic mélanges in the western Hellenides (Greece): Implications for ophiolite emplacement tectonics. Intl Geol Rev 52 issue 4 & 6: 423-453.

Grivas E, Rassios A, Konstantopoulou G, Vacondios I, and Vrahatis G (1993) Drilling for “blind” podiform chrome orebodies at Voidolakkos in the Vourinos ophiolite complex, Greece. Econ Geol 88: 461-468.

Gundewar C.S etall ,Mongraph of Chromite, India Bureau of Mines, 2013

Industrial expert, 2016

Jones G, 1990. Tectono-stratigraphy and Evolution of the Mesozoic Pindos Ophiolite and Associated Units, Northwest Greece. PhD Thesis, University of Edinburgh. 394 pp.

Jones G, Robertson A (1991) Tectono-stratigraphy and evolution of the Pindos ophiolite and associated units. J Geol Soc London. 148; 267-268.

Jones G, Robertson A (1996) Rift-drift subduction and emplacement history of the early Mesozoic Pindos ocean; evidence from the AbdellaMelange, North Greece. Bull. Geol. Soc. Greece 45-58.

Liati A, Gebauer D, Fanning C (2004) The age of ophiolitic rocks of the Hellenides (Vourinos, Pindos, Crete): first U-Pb ion microprobe (SHRIMP) zircon ages. Chem Geol 207 (3-4): 171-188.

Mavrides A, Kelepertzi A (1994) Geologic Map of Greece Knidi Sheet. Inst Geol Min Expl Greece.

Mehmet Yilmaz, KROM Calistaly, TMMOB, ADANA 2018

Memou G, Skianis G (1993) Interpretation of aeromagnetic data in the Pindos-Vourinos region --Part One: qualitative analysis. Inst Geol Min Expl Greece:11 pp.

Miller-Tait, L., Pakalnis, R. and Poulin, R., (1995), UBC Mining Method Selection, 4th Int'l. Symp. on Mine Planning & Equipment Selection, Calgary, 31 Oct-3 Nov, 1995, pp. 163-168.

mining_methods_underground_mining , atlas copco 2nd editon 2007

Moores E (1969) Petrology and structure of the Vourinos ophiolitic complex of northern Greece: Geol Soc Am Spec Paper 118: 74pp.

Mountrakis D (1985) Geology of Greece (in Greek). University Studio Press Thessaloniki: 207 pp.

Nicholas, D. (1992) SME Mining Engineering Handbook, 2nd Edition, Volume 2, pg. 2091-2108.

S. Nickson, Cable Support Guidelines Underground Hard Rock Mine operations. University British Columbia , 1992

A Papaioanou , F.T. Souorineni,.Development of a generalized Dilution Based stability graph for open stope design, Mining education Australia, 2015

Pomonis P, Tsikouras B, Hatzipanagiotou K (2002) Origin, evolution and radiometric dating of subophiolitic metamorphic rocks from the Koziakas ophiolite (W. Thessaly, Greece). NeuesJahrbuchfürMineralogie - Abhandlungen 177 3:255-276.

Y.Potvin. M Hudyma, the stability graph method for open stope design, University British Columbia , 1988

Rassios A (1981) Geology and Evolution of the Vourinos Complex, Northern Greece. PhD Dissertation, University of California (Davis): 499 pp.

Rassios A (1989) The geology and ore environment of the Limogardi copper deposit, Othris ophiolite. Inst Geol Min Expl Greece: 169 p.

Rassios A (1990) Geology and copper mineralization of the Vrinena area, east Othris ophiolite, Greece. Ofioliti 15 n2: 287–304.

Rassios A (1991) Internal structure and pseudostratigraphy of the Dramala peridotite massif, Pindos Mountains, Greece. Bull. Geol. Soc. Greece XXV/I: 293-305.

Rassios A (1994) ed. Tectonic and geochemical methods for chrome exploration in ophiolites. Inst Geol Min Expl Greece: 98 p.

Rassios A (2008) The Aliakmon Legacy Project, Greece: International Initiative to Document a Plate Tectonic “type” Locality. (abst) Geol. Soc. Am. Paper 149352; 2008 Meeting Geol. Soc. Am. Houston, Texas USA.

Rassios A, Dilek Y (2008) Rotational deformation in the Jurassic Mesohellenic ophiolites, Greece, and its tectonic significance. Lithos 108; 207-223.

Rassios A, Grivas E (1999) Geologic and Metallogenetic Map of the Pindos Imbricated Ophiolite and Associated Units (twelve 1:20,000 sheets; ~1000 sq km). Inst Geol Min Expl Greece.

Rassios A, Grivas E (2001) The Metallogenetic Potential of the Pindos/Vourinos Ophiolite of West Macedonia (in Greek). Inst Geol Min Expl Greece: 51pp; 12 maps.

Rassios A, Konstantopoulou D (1992) Emplacement tectonics and the position of chrome ores in the Mega Isoma Peridotites, S.W. Othris, Greece. Bull Geol Soc Greece 28 n2: 463–474.

Rassios A, Moores E (2006) Heterogeneous mantle complex, crustal processes, and obduction kinematics in a unified Pindos-Vourinos ophiolitic slab (northern Greece). Spec PublGeol Soc London 260: 237-266.

Rassios A, Smith A (2000) Constraints on the formation and emplacement age of western Greek ophiolites (Vourinos, Pindos and Othris) inferred from deformation structures in peridotites, in

Rassios A, Vacondios I, eds (1991) The Application of a Multidisciplinary Concept for Chromite Exploration (Greece). Inst Geol Min Expl Greece: 350 pp.

Rassios A, Beccaluva L, Bortolotti V, Mavrides A, Moores E (1983) The Vourinos ophiolitic complex: a field excursion guidebook. Ofioliti 8 n3: 275–292.

Rassios A, Grivas E, Konstantopoulou G, Vacondios I (1994) The geometry of structures forming around the ductile-brittle transition in the Vourinos-Pindos-Othris oceanic slab. Bull Geol Soc Greece XXX(2): 109–121.

Rassios A, Konstantopoulou G, Vakondios I, eds (1991) Tectonic Controls on Chrome Ore Localization n Ophiolites, Greece. Inst Geol Min Expl Greece:228pp.

Rassios A, Roberts S, Vacondios I, eds, (1986) The Application of a Multidisciplinary Concept for Chromite Exploration in the Vourinos Complex (N. Greece). Inst Geol Min Expl Greece: 409 pp.

Roberts S, Rassios A, Wright L, Vacondios I, Vrahatis G, Grivas E, Nesbitt R, Neary C, Moat T, Konstantopoulou G (1988) Structural controls on the location and form of the Vourinos chromite deposits. In Boissonas J, and Omenetto P, eds, Mineral Deposits within the European Community, Springer-Verlag, Berlin: 249-266.

Agne_Rustan_Rock_Blasting_Terms_and_Symbols_A_Dictionary_of_Symbols_and_Terms_in_Rock_Blasting_and_Related_Areas_like_Drilling,_Mining_and_Rock_Mechanics ., Amsterdam 1988

M. Sheshpari ,Failures in Backfilled stopes and Barricades in Underground Mines, EJGE, 2015

Smith A, Rassios A (2003) The evolution of ideas for the origin and emplacement of the western Hellenic ophiolites. Geol Soc Am Spec Paper 373: 337-350.

Smol, M.; Kulczycka, J. Towards innovations development in the European raw material sector by evolution of the knowledge triangle. Resour. Policy 2019, 62, 453–462. [Google Scholar] [CrossRef]

E Villaescuza, Geotechnical Design for Sublevel open stoping , CRC Press Taylor and Francis, 2014

Vrahatis G, Grivas E (1980) Geological mapping in Vourinos, 1:10,000 scale. Inst Geol Min Expl Greece: 80 p

Ηλεκτρονικών διευθύνσεων(τελευταία ενημέρωση 20/9/2021)

Α. Μπενάρδος ηλεκτρονικές σημειώσεις Σχεδιασμού Υπόγειων Εκμεταλλεύσεων , ΕΜΠ Αθήνα
http://mycourses.ntua.gr/courses/METAL1019/document/Parousiaseis_Mathimaton/ τελευταία ενημέρωση 12/8/2021

https://www.atlascopco.com/ τελευταία ενημέρωση 12/8/2021

https://www.home.sandvik/en/products-services/mining-and-construction-equipment-and-tools/ τελευταία ενημέρωση 12/8/2021

http://www.openstope.com/

http://www.miningtube.com/turkey-chrome-ore-prices-20-september-2021/

https://www.ecplaza.net/products/chrome-rom-and-concentrates_4495686

https://www.bimco.org/cargo/solid-bulk-cargo/solid-bulk-cargo-database/solid_cargo_database-0519/chromite_ore

https://roskill.com/news/chromium-ferrochrome-prices-back-up-but-for-how-long/

https://www.metalbulletin.com/Article/2098979/chromite-prices

https://www.statistics.gr/documents/20181/b17db220-2a75-5e89-efcb-4eb03ddf7cca

www.usgs.com

Παράρτημα

Script Adonis

```
3x16 A

newmodel()

set("unit","user-defined")

line("startPoint",1.5,16,"endPoint",1.5,0)

line("startPoint",1.5,16,"endPoint",4.5,16)

line("startPoint",1.5,0,"endPoint",4.5,0)

line("startPoint",4.5,16,"endPoint",4.5,0)

line("startPoint",1.5,8,"endPoint",-248.5,8)

line("startPoint",-248.5,8,"endPoint",-248.5,-142)

line("startPoint",-248.5,-142,"endPoint",3,-142)

line("startPoint",3,-142,"endPoint",253,-142)

line("startPoint",253,-142,"endPoint",253,8)

line("startPoint",253,8,"endPoint",4.5,8)

line("startPoint",-248.5,8,"endPoint",-248.5,358)

line("startPoint",-248.5,358,"endPoint",253,358)

line("startPoint",253,358,"endPoint",253,8)

discretize("maxarea",500)

triangle("maxarea",500)

triangle("elemtype","T6")

set("gravity",0,9.81)

applybc("xyfix","xlim",-271.276,348.783,"ylim",-149.960,-134.795)
```

```
applybc("xfix","xlim",-293.180,-241.789,"ylim",-168.494,389.222)

applybc("xfix","xlim",246.002,401.859,"ylim",-156.700,388.379)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",1,"matname","alt.dounite","density",3124,"shear",8.07692e+09,"b
    ulk",1.75e+10,"coh",265000,"fric",31.5)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",2,"matname","chromite","density",4487,"shear",1.52e+10,"bulk",2.
    53333e+10,"coh",250000,"fric",30.5)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",3,"matname","serpentine","density",2620,"shear",1.03704e+10,"b
    ulk",3.11111e+10,"coh",185000,"fric",23.5)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",4,"matname","dounite","density",4079,"shear",2.4e+10,"bulk",4e+
    10,"coh",400000,"fric",45)

material("assign","matid",1,"region",91.8294,150.802)

material("assign","matid",3,"region",132.268,-93.5143)

material("assign","matid",2,"region",4.21236,7.58224)

solve()

initial("xydisp",0.0)

excavate("region",4.21236,6.73977)

solve("relax","relaxFactor",0.5,"xlim",-10.952,16.007,"ylim",-5.055,30.329)

plot("contour","ydisp")

backfill("region",2.52741,7.58224)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",5,"matname","litho","density",3300,"shear",5.41667e+09,"bulk",7.
    22222e+09,"coh",2e+06,"fric",30,"dil",0,"tens",0)

material("assign","matid",5,"region",2.84695,4.27043)
```

```
solve()
plot("contour","ydisp")
3x16 B
newmodel()
set("unit","user-defined")
line("startPoint",-6e-16,8,"endPoint",-250,8)
line("startPoint",-250,8,"endPoint",-250,-142)
line("startPoint",-250,-142,"endPoint",256,-142)
line("startPoint",256,-142,"endPoint",256,8)
line("startPoint",256,8,"endPoint",256,508)
line("startPoint",256,508,"endPoint",-250,508)
line("startPoint",-250,508,"endPoint",-250,8)
line("startPoint",9e-16,16,"endPoint",-6e-16,8)
line("startPoint",-6e-16,8,"endPoint",-2.1e-15,9e-16)
line("startPoint",9e-16,16,"endPoint",3,16)
line("startPoint",3,16,"endPoint",3,0)
line("startPoint",3,0,"endPoint",-2.1e-15,0)
line("startPoint",3,8,"endPoint",256,8)
set("gravity",0,9.81)
discretize("maxarea",500)
triangle("maxarea",500)
triangle("elemtype","T6")
material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",1,"matname","alt.dounite","density",3124,"shear",8.07692e+09,"b
    ulk",1.75e+10,"coh",265000,"fric",31.5)
```

```
material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",2,"matname","chromite","density",4487,"shear",1.52e+10,"bulk",2.
    53333e+10,"coh",250000,"fric",30.5)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",3,"matname","serpentine","density",2620,"shear",1.03704e+10,"b
    ulk",3.11111e+10,"coh",185000,"fric",23.5)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",4,"matname","dounite","density",4079,"shear",2.4e+10,"bulk",4e+
    10,"coh",400000,"fric",45)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",5,"matname","litho","density",3300,"shear",5.41667e+09,"bulk",7.
    22222e+09,"coh",2e+06,"fric",30,"dil",0,"tens",0)

applybc("xyfix","xlim",-277.745,488.524,"ylim",-164.671,-128.443)

applybc("xfix","xlim",-340.320,-243.713,"ylim",-171.258,550.001)

applybc("xfix","xlim",243.713,338.124,"ylim",-193.214,529.143)

material("assign","matid",3,"region",81.2377,194.312)

material("assign","matid",4,"region",143.813,-30.7386)

material("assign","matid",2,"region",1.30917,7.20045)

solve()

initial("xydisp",0.0)

excavate("region",1.55543,8.55485)

solve("relax","relaxFactor",0.5,"xlim",-1.966,3.933,"ylim",-1.966,17.546)

backfill("region",0.756286,7.26035)

material("assign","matid",5,"region",1.09781,8.78245)

solve()

plot("contour","ydisp")
```

```
9x16
newmodel()
set("unit","user-defined")
line("startPoint",1.5,16,"endPoint",1.5,0)
line("startPoint",1.5,8,"endPoint",-248.5,8)
line("startPoint",-248.5,8,"endPoint",-248.5,-142)
line("startPoint",-248.5,-142,"endPoint",3,-142)
line("startPoint",3,-142,"endPoint",253,-142)
line("startPoint",253,-142,"endPoint",253,8)
line("startPoint",-248.5,8,"endPoint",-248.5,358)
line("startPoint",-248.5,358,"endPoint",253,358)
line("startPoint",253,358,"endPoint",253,8)
line("startPoint",1.5,16,"endPoint",10.5,16)
line("startPoint",10.5,16,"endPoint",10.5,0)
line("startPoint",10.5,0,"endPoint",1.5,1.8e-15)
line("startPoint",10.5,8,"endPoint",253,8)
discretize("maxarea",500)
triangle("maxarea",500)
triangle("elemtype","T6")
set("gravity",0,9.81)
applybc("xyfix","xlim",-271.276,348.783,"ylim",-149.960,-134.795)
applybc("xfix","xlim",-293.180,-241.789,"ylim",-168.494,389.222)
applybc("xfix","xlim",246.002,401.859,"ylim",-156.700,388.379)
```

```
material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",1,"matname","alt.dounite","density",3124,"shear",8.07692e+09,"b
    ulk",1.75e+10,"coh",265000,"fric",31.5)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",2,"matname","chromite","density",4487,"shear",1.52e+10,"bulk",2.
    53333e+10,"coh",250000,"fric",30.5)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",3,"matname","serpentine","density",2620,"shear",1.03704e+10,"b
    ulk",3.11111e+10,"coh",185000,"fric",23.5)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",4,"matname","dounite","density",4079,"shear",2.4e+10,"bulk",4e+
    10,"coh",400000,"fric",45)

material("assign","matid",1,"region",-21.9043,129.741)

material("assign","matid",3,"region",10.9521,-64.8703)

material("assign","matid",2,"region",4.21236,7.58224)

solve()

initial("xydisp",0.0)

excavate("region",5.8973,7.58224)

solve("relax","relaxFactor",0.5,"xlim",-0.842,14.322,"ylim",-5.055,21.904)

plot("contour","ydisp")

backfill("region",6.73977,2.52741)

material("create","Mohr-
    Coulomb","matid",5,"matname","litho","density",3300,"shear",5.41667e+09,"bulk",7.
    22222e+09,"coh",2e+06,"fric",30,"dil",0,"tens",0)

material("assign","matid",5,"region",9.26719,5.8973)

solve()

plot("contour","ydisp")
```

plot("contour","xdisp")

Composite αρχεία

1ηδοκιμή

Raw sample length statistics: Number of samples = 1547, Total = 8074.20, Minimum = 0.01, Maximum = 302.00, Mean = 5.22, Standard deviation = 10.963, Variance = 120.198

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 215, Total = 211.65, Minimum = 0.80, Maximum = 1.00, Mean = 0.98, Standard deviation = 0.051, Variance = 0.003

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 218, Total = 84.30, Minimum = 0.01, Maximum = 0.70, Mean = 0.39, Standard deviation = 0.184, Variance = 0.034

Total length of raw samples 8074.200 differs from total composite length of 211.650 + total short composite length of 84.300 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

67 holes processed

Composite 1h dokimh

Raw sample length statistics: Number of samples = 1547, Total = 8074.20, Minimum = 0.01, Maximum = 302.00, Mean = 5.22, Standard deviation = 10.963, Variance = 120.198

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 1399, Total = 279.63, Minimum = 0.15, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.002, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 203, Total = 16.32, Minimum = 0.00, Maximum = 0.12, Mean = 0.08, Standard deviation = 0.038, Variance = 0.001

Total length of raw samples 8074.200 differs from total composite length of 279.630 + total short composite length of 16.320 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

67 holes processed

Composite 2h dokimh

Warning: The minimum composite length of 65% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 1547, Total = 8074.20, Minimum = 0.01, Maximum = 302.00, Mean = 5.22, Standard deviation = 10.963, Variance = 120.198

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 1399, Total = 279.63, Minimum = 0.15, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.002, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 203, Total = 16.32, Minimum = 0.00, Maximum = 0.12, Mean = 0.08, Standard deviation = 0.038, Variance = 0.001

Total length of raw samples 8074.200 differs from total composite length of 279.630 + total short composite length of 16.320 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

67 holes processed

Composite3hdokimh

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 1547, Total = 8074.20, Minimum = 0.01, Maximum = 302.00, Mean = 5.22, Standard deviation = 10.963, Variance = 120.198

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 215, Total = 211.65, Minimum = 0.80, Maximum = 1.00, Mean = 0.98, Standard deviation = 0.051, Variance = 0.003

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 218, Total = 84.30, Minimum = 0.01, Maximum = 0.70, Mean = 0.39, Standard deviation = 0.184, Variance = 0.034

Total length of raw samples 8074.200 differs from total composite length of 211.650 + total short composite length of 84.300 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

67 holes processed

Composite 1 olikoy1

Raw sample length statistics: Number of samples = 1661, Total = 13133.20, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 7.91, Standard deviation = 29.888, Variance = 893.287

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 65652, Total = 13130.40, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 28, Total = 2.80, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

78 holes processed

Composite oliko diagrafi703705sta

Raw sample length statistics: Number of samples = 1635, Total = 12305.20, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 7.53, Standard deviation = 29.005, Variance = 841.301

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 61513, Total = 12302.60, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 26, Total = 2.60, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

76 holes processed

Composite notios kai niotydytikosexport(απόολικό)

File successfully loaded using external application

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 40399, Total = 8079.80, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 10, Total = 1.00, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

32 holes processed

Composite niotydytikosexport(νοτιος +νοτιοδυτικος)

Raw sample length statistics: Number of samples = 512, Total = 6140.50, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 11.99, Standard deviation = 50.039, Variance = 2503.883

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 30701, Total = 6140.20, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 3, Total = 0.30, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

13 holes processed

Composite niotiosexport(νοτιος +νοτιοδυτικος)

Raw sample length statistics: Number of samples = 449, Total = 1940.30, Minimum = 0.01, Maximum = 43.89, Mean = 4.32, Standard deviation = 6.449, Variance = 41.589

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 9698, Total = 1939.60, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 7, Total = 0.70, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

19 holes processed

Composite telikoy

Composite1

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 82, Total = 213.20, Minimum = 2.60, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 95, Total = 246.20, Minimum = 1.80, Maximum = 2.60, Mean = 2.59, Standard deviation = 0.082, Variance = 0.007

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 213.200 + total short composite length of 246.200 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

32 holes processed

Composite 21

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 0.000 + total short composite length of 0.000 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

Warning: No drill holes found in the database

Composite 31_1

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 3100, Total = 8057.00, Minimum = 2.00, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.022, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 23, Total = 23.80, Minimum = 0.10, Maximum = 1.80, Mean = 1.03, Standard deviation = 0.542, Variance = 0.293

32 holes processed

Composite 31_2

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 3093, Total = 8041.80, Minimum = 2.60, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 30, Total = 39.00, Minimum = 0.10, Maximum = 2.40, Mean = 1.30, Standard deviation = 0.684, Variance = 0.468

32 holes processed

Composite 4a_1

Warning: The minimum composite length of 65% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 5607, Total = 8070.76, Minimum = 0.96, Maximum = 1.44, Mean = 1.44, Standard deviation = 0.014, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 19, Total = 10.04, Minimum = 0.20, Maximum = 0.92, Mean = 0.53, Standard deviation = 0.197, Variance = 0.039

32 holes processed

Composite 4a_2

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 5604, Total = 8067.80, Minimum = 1.14, Maximum = 1.44, Mean = 1.44, Standard deviation = 0.009, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 22, Total = 13.00, Minimum = 0.20, Maximum = 1.02, Mean = 0.59, Standard deviation = 0.244, Variance = 0.059

32 holes processed

Composite 4a_3

Warning: The minimum composite length of 85% of the specified composite length may result in many composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 5598, Total = 8060.70, Minimum = 1.24, Maximum = 1.44, Mean = 1.44, Standard deviation = 0.003, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 28, Total = 20.10, Minimum = 0.20, Maximum = 1.22, Mean = 0.72, Standard deviation = 0.328, Variance = 0.108

32 holes processed

Composite 4a_4

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 5595, Total = 8056.76, Minimum = 1.40, Maximum = 1.44, Mean = 1.44, Standard deviation = 0.001, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 31, Total = 24.04, Minimum = 0.20, Maximum = 1.36, Mean = 0.78, Standard deviation = 0.359, Variance = 0.129

32 holes processed

Composite 4b_1

Warning: The minimum composite length of 65% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 3104, Total = 8064.10, Minimum = 1.70, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.037, Variance = 0.001

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 19, Total = 16.70, Minimum = 0.10, Maximum = 1.60, Mean = 0.88, Standard deviation = 0.459, Variance = 0.211

32 holes processed

Composite 4b_2

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 3100, Total = 8057.00, Minimum = 2.00, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.022, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 23, Total = 23.80, Minimum = 0.10, Maximum = 1.80, Mean = 1.03, Standard deviation = 0.542, Variance = 0.293

32 holes processed

Composite 4e_2

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16160, Total = 8079.90, Minimum = 0.40, Maximum = 0.50, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.001, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 5, Total = 0.90, Minimum = 0.10, Maximum = 0.30, Mean = 0.18, Standard deviation = 0.084, Variance = 0.007

32 holes processed

Processing composite_notios_exportnotiodytikoy4e2.str

Composite 4e_4

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16159, Total = 8079.50, Minimum = 0.50, Maximum = 0.50, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 6, Total = 1.30, Minimum = 0.10, Maximum = 0.40, Mean = 0.22, Standard deviation = 0.117, Variance = 0.014

32 holes processed

Composite 4e_1

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16159, Total = 8079.50, Minimum = 0.50, Maximum = 0.50, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 6, Total = 1.30, Minimum = 0.10, Maximum = 0.40, Mean = 0.22, Standard deviation = 0.117, Variance = 0.014

32 holes processed

Composite 4e_1bestfit1

Warning: The minimum composite length of 65% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16160, Total = 8079.90, Minimum = 0.40, Maximum = 0.50, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.001, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 5, Total = 0.90, Minimum = 0.10, Maximum = 0.30, Mean = 0.18, Standard deviation = 0.084, Variance = 0.007

32 holes processed

Composite 4e_1bestfit2

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16161, Total = 8080.69, Minimum = 0.50, Maximum = 0.51, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 8080.693 + total short composite length of 0.000 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

32 holes processed

Processing composite_notios_exportnotiodytikoy4ebestfit1.str

Drawing commencing - Please wait

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16161, Total = 8080.69, Minimum = 0.50, Maximum = 0.51, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 8080.693 + total short composite length of 0.000 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

32 holes processed

Processing composite_notios_exportnotiodytikoy4e2.str

Composite 61

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 40409, Total = 8081.80, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 8081.800 + total short composite length of 0.000 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

32 holes processed

1ηδοκιμή

Raw sample length statistics: Number of samples = 1547, Total = 8074.20, Minimum = 0.01, Maximum = 302.00, Mean = 5.22, Standard deviation = 10.963, Variance = 120.198

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 215, Total = 211.65, Minimum = 0.80, Maximum = 1.00, Mean = 0.98, Standard deviation = 0.051, Variance = 0.003

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 218, Total = 84.30, Minimum = 0.01, Maximum = 0.70, Mean = 0.39, Standard deviation = 0.184, Variance = 0.034

Total length of raw samples 8074.200 differs from total composite length of 211.650 + total short composite length of 84.300 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

67 holes processed

Composite 1h dokimh

Raw sample length statistics: Number of samples = 1547, Total = 8074.20, Minimum = 0.01, Maximum = 302.00, Mean = 5.22, Standard deviation = 10.963, Variance = 120.198

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 1399, Total = 279.63, Minimum = 0.15, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.002, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 203, Total = 16.32, Minimum = 0.00, Maximum = 0.12, Mean = 0.08, Standard deviation = 0.038, Variance = 0.001

Total length of raw samples 8074.200 differs from total composite length of 279.630 + total short composite length of 16.320 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

67 holes processed

Composite 2h dokimh

Warning: The minimum composite length of 65% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 1547, Total = 8074.20, Minimum = 0.01, Maximum = 302.00, Mean = 5.22, Standard deviation = 10.963, Variance = 120.198

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 1399, Total = 279.63, Minimum = 0.15, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.002, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 203, Total = 16.32, Minimum = 0.00, Maximum = 0.12, Mean = 0.08, Standard deviation = 0.038, Variance = 0 .001

Total length of raw samples 8074.200 differs from total composite length of 279.630 + total short composite length of 16.320 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

67 holes processed

Composite3hdokimh

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 1547, Total = 8074.20, Minimum = 0. 01, Maximum = 302.00, Mean = 5.22, Standard deviation = 10.963, Variance = 120.198

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 215, Total = 211.65, Minimum = 0.80, Maximum = 1.00, Mean = 0.98, Standard deviation = 0.051, Variance = 0. 003

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 218, Total = 84.30, Minimum = 0.01, Maximum = 0.70, Mean = 0.39, Standard deviation = 0.184, Variance = 0.034

Total length of raw samples 8074.200 differs from total composite length of 211.650 + total short composite length of 84.300 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

67 holes processed

Composite 1 olikoy1

Raw sample length statistics: Number of samples = 1661, Total = 13133.20, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 7.91, Standard deviation = 29.888, Variance = 893.287

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 65652, Total = 13130.40, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 28, Total = 2.80, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

78 holes processed

Composite oliko diagrafi703705sta

Raw sample length statistics: Number of samples = 1635, Total = 12305.20, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 7.53, Standard deviation = 29.005, Variance = 841.301

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 61513, Total = 12302.60, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 26, Total = 2.60, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

76 holes processed

Composite notios kai niotydytikos export(απόολικό)

File successfully loaded using external application

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 40399, Total = 8079.80, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 10, Total = 1.00, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

32 holes processed

Composite niotydytikosexport(νοτιος +νοτιοδυτικος)

Raw sample length statistics: Number of samples = 512, Total = 6140.50, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 11.99, Standard deviation = 50.039, Variance = 2503.883

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 30701, Total = 6140.20, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 3, Total = 0.30, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

13 holes processed

Composite niotιosexport(νοτιος +νοτιοδυτικος)

Raw sample length statistics: Number of samples = 449, Total = 1940.30, Minimum = 0.01, Maximum = 43.89, Mean = 4.32, Standard deviation = 6.449, Variance = 41.589

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 9698, Total = 1939.60, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 7, Total = 0.70, Minimum = 0.10, Maximum = 0.10, Mean = 0.10, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

19 holes processed

Composite telikoy

Composite1

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 82, Total = 213.20, Minimum = 2.60, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 95, Total = 246.20, Minimum = 1.80, Maximum = 2.60, Mean = 2.59, Standard deviation = 0.082, Variance = 0.007

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 213.200 + total short composite length of 246.200 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

32 holes processed

Composite 21

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 0.000 + total short composite length of 0.000 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

Warning: No drill holes found in the database

Composite 31_1

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 3100, Total = 8057.00, Minimum = 2.00, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.022, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 23, Total = 23.80, Minimum = 0.10, Maximum = 1.80, Mean = 1.03, Standard deviation = 0.542, Variance = 0.293

32 holes processed

Composite 31_2

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 3093, Total = 8041.80, Minimum = 2.60, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 30, Total = 39.00, Minimum = 0.10, Maximum = 2.40, Mean = 1.30, Standard deviation = 0.684, Variance = 0.468

32 holes processed

Composite 4a_1

Warning: The minimum composite length of 65% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 5607, Total = 8070.76, Minimum = 0.96, Maximum = 1.44, Mean = 1.44, Standard deviation = 0.014, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 19, Total = 10.04, Minimum = 0.20, Maximum = 0.92, Mean = 0.53, Standard deviation = 0.197, Variance = 0.039

32 holes processed

Composite 4a_2

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 5604, Total = 8067.80, Minimum = 1.14, Maximum = 1.44, Mean = 1.44, Standard deviation = 0.009, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 22, Total = 13.00, Minimum = 0.20, Maximum = 1.02, Mean = 0.59, Standard deviation = 0.244, Variance = 0.059

32 holes processed

Composite 4a_3

Warning: The minimum composite length of 85% of the specified composite length may result in many composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 5598, Total = 8060.70, Minimum = 1.24, Maximum = 1.44, Mean = 1.44, Standard deviation = 0.003, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 28, Total = 20.10, Minimum = 0.20, Maximum = 1.22, Mean = 0.72, Standard deviation = 0.328, Variance = 0.108

32 holes processed

Composite 4a_4

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 5595, Total = 8056.76, Minimum = 1.40, Maximum = 1.44, Mean = 1.44, Standard deviation = 0.001, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 31, Total = 24.04, Minimum = 0.20, Maximum = 1.36, Mean = 0.78, Standard deviation = 0.359, Variance = 0.129

32 holes processed

Composite 4b_1

Warning: The minimum composite length of 65% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 3104, Total = 8064.10, Minimum = 1.70, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.037, Varian ce = 0.001

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 19, Total = 16.70, Minimum = 0.10, Maximum = 1.60, Mean = 0.88, Standard deviation = 0.459, Variance = 0.211

32 holes processed

Composite 4b_2

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 3100, Total = 8057.00, Minimum = 2.00, Maximum = 2.60, Mean = 2.60, Standard deviation = 0.022, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 23, Total = 23.80, Minimum = 0.10, Maximum = 1.80, Mean = 1.03, Standard deviation = 0.542, Variance = 0.293

32 holes processed

Composite 4e_2

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16160, Total = 8079.90, Minimum = 0.40, Maximum = 0.50, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.001, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 5, Total = 0.90, Minimum = 0.10, Maximum = 0.30, Mean = 0.18, Standard deviation = 0.084, Variance = 0.007

32 holes processed

Processing composite_notios_exportnotiodytikoy4e2.str

Composite 4e_4

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16159, Total = 8079.50, Minimum = 0.50, Maximum = 0.50, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 6, Total = 1.30, Minimum = 0.10, Maximum = 0.40, Mean = 0.22, Standard deviation = 0.117, Variance = 0.014

32 holes processed

Composite 4e_1

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16159, Total = 8079.50, Minimum = 0.50, Maximum = 0.50, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 6, Total = 1.30, Minimum = 0.10, Maximum = 0.40, Mean = 0.22, Standard deviation = 0.117, Variance = 0.014

32 holes processed

Composite 4e_1bestfit1

Warning: The minimum composite length of 65% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16160, Total = 8079.90, Minimum = 0.40, Maximum = 0.50, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.001, Variance = 0.000

Short composite sample length statistics: String 2, Number of samples = 5, Total = 0.90, Minimum = 0.10, Maximum = 0.30, Mean = 0.18, Standard deviation = 0.084, Variance = 0.007

32 holes processed

Composite 4e_1bestfit2

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16161, Total = 8080.69, Minimum = 0.50, Maximum = 0.51, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 8080.693 + total short composite length of 0.000 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

32 holes processed

Processing composite_notios_exportnotiodytikoy4ebestfit1.str

Drawing commencing - Please wait

Warning: The minimum composite length of 95% of the specified composite length may result in far too many short composites to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 16161, Total = 8080.69, Minimum = 0.50, Maximum = 0.51, Mean = 0.50, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 8080.693 + total short composite length of 0.000 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

32 holes processed

Processing composite_notios_exportnotiodytikoy4e2.str

Composite 61

Warning: The minimum composite length of 75% of the specified composite length may result in a number of composites too short to use for geostatistics

Raw sample length statistics: Number of samples = 961, Total = 8080.80, Minimum = 0.01, Maximum = 505.80, Mean = 8.41, Standard deviation = 36.971, Variance = 1366.870

Composite sample length statistics: String 1, Number of samples = 40409, Total = 8081.80, Minimum = 0.20, Maximum = 0.20, Mean = 0.20, Standard deviation = 0.000, Variance = 0.000

Total length of raw samples 8080.800 differs from total composite length of 8081.800 + total short composite length of 0.000 because of null or negative values for the first element or because of geology zones splitting raw samples.

32 holes processed