



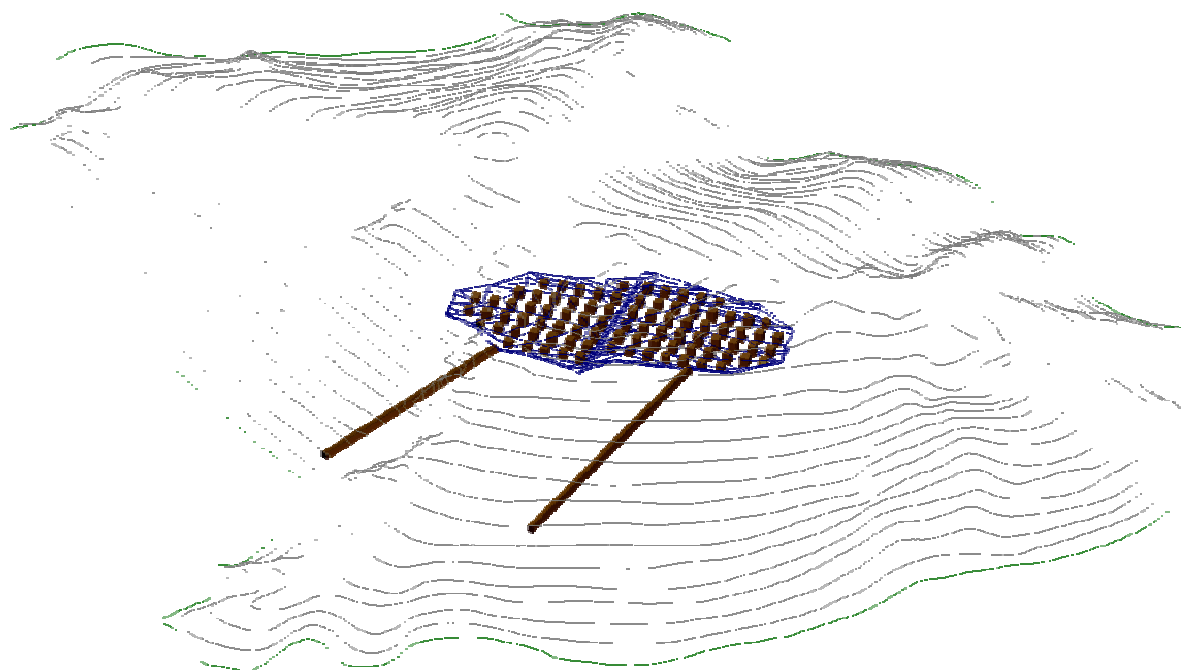
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Μηχ. Μεταλλείων - Μεταλλουργών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΒΩΞΙΤΙΚΟΥ
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΚΟΚΚΙΝΟΛΙΘΟΥ ΦΩΚΙΔΑΣ»*

ΚΑΤΩΠΟΔΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2011

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	0
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Εταιρείες εκμετάλλευσης βωξιτικών κοιτασμάτων στην Ελλάδα	10
1.1.1. ΕΛΜΙΝ Α.Ε.	10
1.1.2. S&B ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ Α.Ε.	13
1.1.3. ΔΕΛΦΟΙ ΔΙΣΤΟΜΟ Α.Μ.Ε.....	14
1.2. Η παραγωγή του βωξίτη και η συμβολή στην εθνική οικονομία.....	15
2. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ	17
2.1. Κοιτασματολογία	17
2.1.1. Βωξίτης.....	17
2.1.2. Βωξιτογένεση.....	18
2.1.3. Ορυκτολογική και χημική σύσταση βωξίτη	20
2.1.4. Ιδιότητες του βωξίτη.....	22
2.1.5. Κοιτάσματα βωξίτη στον ελλαδικό χώρο	23
2.2. Γεωλογία	25
2.2.1. Γεωλογική ζώνη.....	25
2.2.2. Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη.....	26
2.2.3. Γενικά στοιχεία υπό εξέταση κοιτάσματος.....	28
2.2.4. Γεωλογικά στοιχεία υπό εξέταση κοιτάσματος.....	29
2.2.5. Τεκτονικά στοιχεία υπό εξέταση κοιτάσματος.....	29
3. ΕΡΕΥΝΑ - ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ.....	31
3.1. Έρευνα – εντοπισμός κοιτάσματος.....	31
3.2. Οριοθέτηση κοιτάσματος.....	35
3.3. Αποθέματα	36
3.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά κοιτάσματος.....	38
4. ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ	40
4.1. Υφιστάμενο δίκτυο	40
4.2. Κύριες προσπελαστικές στοές.....	41
4.2.1. Περιγραφή – Ανάπτυξη κύριων προσπελαστικών στοών	42
4.2.2. Διάτρηση.....	46
4.2.3. Γόμωση - Πυροδότηση.....	47
4.2.4. Φόρτωση - Μεταφορά	47
4.2.5. Αερισμός.....	47
4.2.6. Υποστήριξη.....	48
4.2.7. Φωτισμός	48
5. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	49
5.1. Επιλογή μεθόδου εκμετάλλευσης	49
5.2. Υπόγεια εκμετάλλευση στα ελληνικά βωξιτικά κοιτάσματα.....	49
5.3. Επιλογή μεθόδου στο κοιτάσμα Κοκκινόλιθου	51
5.4. Γενικά περί της μεθόδου	52
5.5. Επιλογές υλοποίησης της μεθόδου θαλάμων και στύλων.....	52

5.5.1.	Εκμετάλλευση σε οριζόντιο ή σχεδόν οριζόντιο κοίτασμα.....	53
5.5.2.	Εκμετάλλευση σε κεκλιμένα κοιτάσματα.....	55
5.5.3.	Εκμετάλλευση κοιτασμάτων μεγάλου πάχους	56
5.6.	Περιγραφή μεθόδου εκμετάλλευσης στο υπό εξέταση κοίτασμα.....	58
5.6.1.	Προπαρασκευή	58
5.6.2.	Ανάπτυξη μεθόδου.....	62
5.6.3.	Εξόφληση.....	65
5.6.4.	Αριθμητικά μεγέθη εκμετάλλευσης.....	68
6.	ΚΥΡΙΕΣ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	72
6.1.	Διάτρηση	72
6.2.	Γόμωση	74
6.2.1.	Υπολογισμός ποσότητας εκρηκτικών υλών	77
6.3.	Πυροδότηση	78
6.4.	Ξεσκάρωμα	80
6.5.	Κοχλίωση οροφής	81
6.5.1.	Υπολογισμός μήκους αγκυρίων.....	84
6.5.2.	Υπολογισμός πυκνότητας αγκύρωσης.....	84
6.5.3.	Απόσταση αγκυρίων από το μέτωπο	85
6.5.4.	Λοιπά στοιχεία υποστήριξης.....	86
6.6.	Φόρτωση – Μεταφορά	86
7.	ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	88
7.1.	Προσέγγιση της περιοχής.....	88
7.2.	Προσπέλαση του κοιτάσματος.....	88
7.3.	Προπαρασκευή του κοιτάσματος.....	90
7.4.	Ανάπτυξη – εξόφληση	90
7.5.	Χρονολόγηση κύριων εξορυκτικών εργασιών.....	89
1.	Διάτρηση	89
8.	ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ.....	92
8.1.	Τύποι μηχανημάτων	92
8.2.	Προγραμματισμός φορτωτών.....	92
9.	ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ	95
9.1.	Γενικά.....	95
9.2.	Αερισμός στο βωξιτικό κοίτασμα ‘Κοκκινόλιθος’	96
9.3.	Απαιτούμενη παροχή αέρα.....	97
9.4.	Αντίσταση του μεταλλείου.....	98
9.4.1.	Υπολογισμός αντίστασης της στοάς S_1	98
9.4.2.	Υπολογισμός αντίστασης της στοάς S_2	99
9.4.3.	Υπολογισμός αντίστασης της στοάς S_3	99
9.4.4.	Υπολογισμός συνολικής αντίστασης δικτύου	100
9.4.5.	Χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου.....	100
9.4.6.	Υπολογισμός στατικής πίεσης μεταλλείου	101
9.5.	Φυσικός αερισμός	101
9.5.1.	Γενικά στοιχεία	101
9.5.2.	Υπολογισμός πίεσης φυσικού αερισμού.....	102
9.6.	Υπολογισμός ισχύος ανεμιστήρα.....	103
10.	ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	105
10.1.	Φωτισμός	105
10.2.	Υπόγεια νερά	105
10.3.	Ασφάλεια των εργαζομένων.....	106
11.	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	108

11.1.	Κόστος επένδυσης	108
11.1.1.	Κόστος εργασίας	110
11.2.	Κόστος λειτουργίας	111
11.2.1.	Κόστος εργασίας	113
11.3.	Κόστος επισκευών	113
11.4.	Κόστος αποσβέσεων.....	114
11.5.	Συνολικό κόστος – προϋπολογιζόμενα κέρδη.....	114
12.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	117
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	120
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι : ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SURPAC	122

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό, με την χρήση Η/Υ και συγκεκριμένα του μεταλλευτικού λογισμικού Surpac, του υπόγειου βωξίτικού κοιτάσματος στην θέση Κοκκινόλιθου Φωκίδας. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι να ξεπεραστεί εάν είναι δυνατόν μια συμβατική τεχνική μελέτη υπόγειας εκμετάλλευσης, τουλάχιστον στο σημείο του σχεδιασμού, και να δοθούν τόσο το κοιτάσμα όσο και τα χαρακτηριστικά της μεθόδου εκμετάλλευσης όπως προτείνεται να υλοποιηθεί με τη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού. Κάτι τέτοιο προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια, δυνατότητα δημιουργίας πολλαπλών υλοποιήσεων, πλήρως τρισδιάστατης αναπαράστασης του κοιτάσματος και των έργων.

Το κοιτάσμα Κοκκινόλιθος βρίσκεται στην ΒΑκη πλευρά του ορεινού όγκου της Γκιώνας του νομού Φωκίδας και αναπτύσσεται σε βάθος μέχρι και **82m** από την επιφάνεια. Πρόκειται για μικρό φακοειδές κοιτάσμα του τρίτου ορίζοντα το οποίο με βάση τα γεωτρητικά δεδομένα υπολογίστηκε ότι έχει γεωλογικά αποθέματα **98.099m³** in situ ή **313.916,8tn** βωξίτη.

Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος είναι η μεταλλευτική μέθοδος των «θαλάμων και στύλων».

Εξετάζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της και εκτιμάται η συνολική ευστάθεια των θαλάμων και των στύλων. Οι στύλοι υπολογίζεται να έχουν διαστάσεις **8m x 8m** με πλάτος θαλάμου **4m**. Κατά την εξόφληση οι στύλοι θα απομειωθούν σε **5m x 5m**. Τέλος σχεδιάζεται αναλυτικά η εκμετάλλευση και αναλύονται οι παράμετροι όλων των εξορυκτικών εργασιών που απαιτούνται. Υπολογίζεται ότι τα απολήψιμα αποθέματα είναι **82.822m³** in situ ή **265.030,4tn**, δηλαδή συντελεστή απόληψης **84,4%**.

Με βάση τους υπολογισμούς η εκμετάλλευση θα διαρκέσει περίπου **2 έτη**. Η όλη διαδικασία της εκμετάλλευσης κοστολογήθηκε και υπολογίστηκε ότι το κόστος για την συγκεκριμένη εκμετάλλευση θα ανέρθει στα **1.868.000 €** (μη συνυπολογίζοντας κόστη μεταφοράς-επεξεργασίας-φόρτωσης πλοίων, κλπ), και με την σημερινή τιμή του βωξίτη τα έσοδα ανέρχονται στο ποσό των **6.700.000 €** περίπου.

ABSTRACT

This thesis discusses the design, using PC and specifically the mining software ‘Surpac’, of the underground bauxite deposit of Kokkinolithos. The purpose of the thesis is to overcome, if possible, a conventional technical study of underground mining, at least at the part of the design, to show the deposit and the characteristics of the method of operation as proposed to be implemented using the mining software ‘Surpac’. This provides greater accuracy, ability to create multiple outputs, fully three - dimensional representation of the deposit and projects.

The bauxite deposit of Kokkinolithos has been found at the NE side of the mountain of Giona in the prefecture of Fokida and is developed up to **82m** depth from the surface. It is a small lenticular deposit which belongs to the third bauxite horizon. Based on drilling data has been calculated that the geological reserves are **98.099m³** in situ or **313.916tn** of bauxite.

The method chosen to exploit the ore deposit is the method of ‘Room and pillars’. Geometrical characteristics are examined and the overall stability of the rooms and the pillars is estimated. The pillars are estimated to have dimensions **8m x 8m** and the width of room is **4m**. The finally dimensions of the pillars will be **5m x 5m**. Finally the operation is planned and the parameters of all mining operations are analyzed. The usable reserves are estimated at **82.822m³** in situ or **265.030,4tn** and the extraction rate is **84,4%**.

Based to calculations the operation will take approximately 2 years.

The whole process of exploitation was charged and calculated that the cost of this operation will ascend to **1.868.000 €** (not including transportation-treatment-ship loading costs, etc.). The current bauxite ore price is about 25,3€ so the total exploitation revenues amounted to approximately **6.700.000 €**.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ανά τους αιώνες η εκμετάλλευση μεταλλευτικών κοιτασμάτων ήταν σημαντική, τόσο για την οικονομική όσο και στρατιωτική ενδυνάμωση ενός κράτους. Αρχικά με επιφανειακές εκμεταλλεύσεις και εν συνεχεία με την ανάπτυξη των υπόγειων εκμεταλλεύσεων, ο ανθρώπινος πολιτισμός άρχισε να εξελίσσεται και παράλληλα να εξελίσσει και τις τεχνολογίες γύρω από την εκμετάλλευση πάσης φύσεως κοιτασμάτων, είτε αυτά είναι επιφανειακά είτε υπόγεια. Ιδιαίτερη αξία είχαν πάντα αυτά των μετάλλων.

Ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα στην εποχή μας μέταλλα, είναι το αλουμίνιο. Η παραγωγή του αλουμινίου, καθώς δεν υπάρχει αυτοφυές, προέρχεται από την επεξεργασία του βωξίτη. Στο ελληνικό υπέδαφος και ιδιαίτερα στην ευρύτερη περιοχή Παρνασσού – Γκιώνας, όπου είναι και η κύρια βωξιτοφόρος περιοχή στην Ελλάδα, τα κοιτάσματα του βωξίτη είναι πολλά και πλούσια.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν κύριο στόχο το σχεδιασμό μιας υπόγειας εκμετάλλευσης βωξίτη και πιο συγκεκριμένα του βωξιτικού κοιτάσματος Κοκκινόλιθου Φωκίδας, το οποίο κατασκευάστηκε από το γεωλογικό τμήμα της εταιρείας ΕΛΜΙΝ. Ουσιαστικά η εργασία από το στάδιο του εντοπισμού του κοιτάσματος, της εκτίμησης των αποθεμάτων και τέλος της υλοποίησης του μεταλλευτικού σχεδιασμού με την μέθοδο των «θαλάμων και στύλων» πραγματοποιεί το σχεδιασμό με τη χρήση του μεταλλευτικού λογισμικού Surpac.

Πιο αναλυτικά, η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε 12 βασικά κεφάλαια, καθένα από τα οποία αναλύει ένα μέρος του σχεδιασμού της εκμετάλλευσης.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται τα εισαγωγικά στοιχεία σχετικά με τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης, τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο και σχετικά με τον βωξίτη οικονομικά στοιχεία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας, γίνεται εκτενής ανάλυση για το μέταλλευμα του βωξίτη και τα κοιτάσματα που υπάρχουν στον ελληνικό χώρο, εξετάζονται τα γεωλογικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής του κοιτάσματος, δηλαδή της

ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας. Στο τελευταίο μέρος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα γεωλογικά δεδομένα του υπό εξέταση κοιτάσματος.

Το τρίτο κεφάλαιο αναλύει την διαδικασία της έρευνας για τον εντοπισμό του κοιτάσματος, δημιουργείται στο Surpac η βάση δεδομένων (data base) των γεωτρήσεων, γίνεται ο σχεδιασμός του μοντέλου του κοιτάσματος (solid modeling) και μέσω αυτού υπολογίζονται τα αποθέματα in situ του κοιτάσματος, του οποίου διαπιστώνονται και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι αυτό που αναλύει τον τρόπο προσπέλασης του κοιτάσματος. Αρχικά την προσπέλαση της περιοχής από το οδικό δίκτυο και εν συνεχεία τον τρόπο ανάπτυξης των κύριων προσπελαστικών στοών και σχεδιασμός τους στο Surpac.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για τις υπόγειες εκμεταλλεύσεις κοιτασμάτων βωξίτη στην Ελλάδα, αναλύεται η επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης του υπό εξέταση κοιτάσματος, περιγράφεται εκτενώς η μέθοδος εκμετάλλευσης και οι παραλλαγές της όπως επίσης και οι προϋποθέσεις εφαρμογής της. Ακολουθεί η περιγραφή, ο υπολογισμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της μεθόδου και ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης με το λογισμικό Surpac.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται οι κύριες εξορυκτικές εργασίες (διάτρηση, γόμωση, πυροδότηση, ξεσκάρωμα και υποστήριξη οροφής και τέλος η φόρτωση και η μεταφορά). Δίνονται τα σχέδια της διάτρησης και της πυροδότησης, υπολογίζονται οι ποσότητες εκρηκτικών υλών, γίνεται υπολογισμός του μήκους των αγκυρίων, της πυκνότητας της αγκύρωσης και της απόστασή της από το μέτωπο.

Το έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στο χρονοδιάγραμμα των εργασιών. Εδώ υπολογίζεται ο χρόνος που θα διαρκέσει η κάθε φάση της εκμετάλλευσης, από την προσέγγιση της περιοχής, την διάνοιξη των προσπελαστικών έργων, την προπαρασκευή του κοιτάσματος έως και την ανάπτυξη και την εξόφλησή του.

Το όγδοο κεφάλαιο αναφέρεται στον μηχανικό εξοπλισμό του μεταλλείου. Δίνονται τα μηχανήματα που θα ενεργήσουν στις φάσεις της εκμετάλλευσης και επιπλέον γίνεται και ο προγραμματισμός των φορτωτών.

Στο ένατο κεφάλαιο περιγράφεται ο τρόπος αερισμού του μεταλλείου. Δίνονται στοιχεία περί αερισμού μεταλλείων και εν συνεχεία γίνεται η μελέτη του αερισμού για το παρόν κοίτασμα.

Το δέκατο κεφάλαιο αναφέρεται στα μέτρα ασφαλείας (φωτισμός, υπόγεια νερά, προσωπικά μέτρα ασφαλείας) που θα ληφθούν κατά την φάση της εκμετάλλευσης αλλά και με το πέρας αυτής.

Το ενδέκατο κεφάλαιο είναι ουσιαστικά και αυτό που θα απαντήσει στην οικονομικότητα του εγχειρήματος και που αποδεικνύει τελικά ότι το αποτέλεσμα της εκμετάλλευσης είναι θετικό. Υπολογίζονται αναλυτικά τα έξοδα διάνοιξης των στείρων στοών και της παραγωγής του βωξίτη.

Τέλος, στο παράρτημα αναλύεται βήμα προς βήμα όλος ο σχεδιασμός και ο τρόπος με τον οποίο έγινε στο Surpac, ενώ δίνονται χάρτες της εκμετάλλευσης και εγχειρίδια των μηχανημάτων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε με την επίβλεψη του Ανδρέα Μπενάρδου Λέκτορα Ε.Μ.Π, τον οποίο ευχαριστώ πολύ για την βοήθεια που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Οφείλω να ευχαριστήσω την εταιρεία ΕΛΜΙΝ, η οποία ανταποκρίθηκε αμέσως στην έκκληση μου για βοήθεια στο θέμα της διπλωματικής εργασίας και χωρίς καμία καθυστέρηση μου παρέδωσε τα απαραίτητα δεδομένα για την εκπόνησή της, όπως επίσης και για την φιλοξενία της, κατά τις ημέρες παραμονής μου στο εργοτάξιο.

Επιπλέον οφείλω ευχαριστίες στον κ. Μαργωμένο Θεόδωρο, Μηχανικό Μεταλλείων της ΕΛΜΙΝ, που με εδέχθη στα εργοτάξια της εταιρείας και για την βοήθεια που μου παρείχε κάθε φορά που την ζήτησα.

Επίσης τον κ. Υφαντή Βασίλειο, Γεωλόγο της ΕΛΜΙΝ, ο οποίος κατασκεύασε τα δεδομένα της παρούσης διπλωματικής και ουσιαστικά με δίδαξε τον τρόπο χειρισμού του λογισμικού Surpac, που χρησιμοποιήθηκε κατά τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης.

Ευχαριστίες οφείλω επίσης, στον κ. Μπουρμά Γεώργιο, στην κα. Ρίζου Μαρίνα, Μηχανικούς Μεταλλείων της ΕΛΜΙΝ, για την βοήθειά τους κατά την διάρκεια παραμονής μου στο εργοτάξιο της εταιρείας.

Τέλος οφείλω να ευχαριστήσω και τον Αθανάσιο Μαυρίκο για την βοήθειά του στον χειρισμό του λογισμικού Surpac.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική διπλωματική εργασία αφορά στο σχεδιασμό της υπόγειας εκμετάλλευσης του βωξιτικού κοιτάσματος Κοκκινόλιθου Φωκίδας. Εξετάζει τα χαρακτηριστικά του βωξιτικού κοιτάσματος, αναλύει τις επιλογές του σχεδιασμού και τελικά προτείνει τα βέλτιστα χαρακτηριστικά των έργων εκμετάλλευσης. Ταυτόχρονα υλοποιεί και παρουσιάζει όλα τα παραπάνω μέσω της χρήσης του μεταλλευτικού λογισμικού Surpac.

Το βωξιτικό κοιτάσμα Κοκκινόλιθου Φωκίδας ανήκει στις παραχωρήσεις της μεταλλευτικής εταιρείας ELMIN και αξίζει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα που μας εδόθησαν είναι κατασκευασμένα από το γεωλογικό τμήμα της εταιρείας.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι να ξεπεραστεί εάν είναι δυνατόν μια συμβατική τεχνική μελέτη υπόγειας εκμετάλλευσης, τουλάχιστον στο σημείο του σχεδιασμού, και να δοθούν τόσο το κοιτάσμα όσο και τα χαρακτηριστικά της μεθόδου εκμετάλλευσης όπως προτείνεται να υλοποιηθεί με τη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού. Η χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού δίνει την δυνατότητα τόσο της τρισδιάστατης γραφικής αναπαράστασης της εκμετάλλευσης, αλλά πάνω απ' όλα έχει την δυνατότητα να μας υπολογίσει τα δεδομένα του κοιτάσματος όπως γεωλογικά αποθέματα, απολήψιμα αποθέματα, όγκο στύλων και μια σειρά άλλα, κοντινότερα στην πραγματικότητα, σε σχέση με τον συμβατικό τρόπο υπολογισμού.

Επιπλέον ένας τέτοιος σχεδιασμός, με τρισδιάστατη απεικόνιση των σχεδιασθέντων τμημάτων, δίνει την δυνατότητα αρχικά, της επιλογής της καλύτερης μεθόδου για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος, καθώς γνωρίζουμε την πιθανή μορφή του στο χώρο. Εν συνεχεία την δυνατότητα απεικόνισης της τελικής μορφής του μεταλλείου ή και των ενδιάμεσων φάσεων.

Για την εκπόνηση της εργασίας ελήφθησαν υπόψη όλα τα στοιχεία που μας παρεδόθησαν από την εταιρεία ELMIN, όπως:

- Ο τοπογραφικός χάρτης της περιοχής, προκειμένου να σχεδιαστεί σε τρισδιάστατη μορφή το ανάγλυφο.

- Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις που έγιναν στην περιοχή για την ανεύρεση του κοιτάσματος.
- Στοιχεία για τις διαστάσεις των στοών της εκμετάλλευσης.
- Δεδομένα για τις εκρηκτικές ύλες.
- Στοιχεία για τον μηχανικό εξοπλισμό που χρησιμοποιεί η εταιρεία στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις.
- Οικονομικά στοιχεία σχετικά με το κόστος της υπόγειας εκμετάλλευσης.

Η όλη διαδικασία ξεκίνα με την ψηφιοποίηση των ισοϋψών του τοπογραφικού χάρτη και την τρισδιάστατη απεικόνιση του ανάγλυφου της περιοχής.

Στην συνέχεια η εισαγωγή των γεωτρητικών δεδομένων, η ανεύρεση των ορίων του κοιτάσματος και τελικά ο σχεδιασμός του μοντέλου του κοιτάσματος στο χώρο.

Ακολουθεί η επιλογή των θέσεων για την διάνοιξη των προσπελαστικών έργων και ο σχεδιασμός τους.

Η μέθοδος εκμετάλλευσης που επιλέχθηκε είναι αυτή των θαλάμων και στύλων, κοινή στα υπόγεια βωξίτικα κοιτάσματα του ελληνικού χώρου, για λόγους ασφάλειας, απόδοσης αλλά και εμπειρίας στην συγκεκριμένη μέθοδο.

Η ανάπτυξη της μεθόδου εκμετάλλευσης στο κοίτασμα του Κοκκινόλιθου, όπως και οι υπολογισμοί για την ασφάλεια και την απόδοση της είναι το επόμενο βήμα.

Μετά τον σχεδιασμό ακολουθεί ο υπολογισμός της διάρκειας της εκμετάλλευσης, η μελέτη του αερισμού του μεταλλείου και τελικά, ο προϋπολογισμός του κόστους της εκμετάλλευσης και τα πιθανά οφέλη με την ισχύουσα, την παρούσα στιγμή, τιμή ανά τόνο βωξίτη.

1.1. Εταιρείες εκμετάλλευσης βωξίτικών κοιτασμάτων στην Ελλάδα

1.1.1. ΕΛΜΙΝ Α.Ε.

Η ΕΛΜΙΝ Α.Ε. ιδρύθηκε τον Νοέμβριο του 2000 με σκοπό την εκμετάλλευση μεταλλείων και λατομείων, όλων των ειδών, στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, την επεξεργασία και εμπορεία των παραγομένων ορυκτών και μεταλλευμάτων.

Η ΕΛΜΙΝ ήταν ο επιλεγμένος πλειοδότης στην διεθνή δημοπρασία που έλαβε χώρα τον Νοέμβριο του 1999 για την πώληση της υπό εκκαθάριση εταιρίας ‘Μεταλλεία Βωξίτου

Ελευσίνοσ', που αφορά την εκμετάλλευση του βωξίτη και περιλαμβάνει συνοπτικά τα εξής:

- Ιδιότητα και ενοικιαζόμενα μεταλλεία βωξίτη στις νομαρχίες Αττικής, Βοιωτίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Εύβοιας.
- Μεταλλεία στις ως άνω νομαρχίες.
- Λιμενικές εγκαταστάσεις φόρτωσης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας βωξίτη, δικαιώματα χρήσης των παράκτιων εγκαταστάσεων στις περιοχές την Αγίας Μαρίας Φθιώτιδας και Ιτέας Φωκίδος.
- Κινούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό και μέσα μεταφοράς.
- Αποθηκευτικών χώρων βοηθητικών υλών και ανταλλακτικών.
- Αποθέματα ημι-έτοιμων βωξιτικών προϊόντων.
- Απαιτήσεων, τίτλων και επιγραφών.

Η ΕΛΜΙΝ Α.Ε. είναι μία εταιρία η οποία εξορύσσει και εμπορεύεται βωξίτη, που έχει στην κατοχή της μεταλλεία στην κεντρική Ελλάδα, ιδιότητα μέσα φόρτωσης, και εξάγει σε ποσοστό περίπου 99 % των προϊόντων της σε 3 ηπείρους, Ευρώπη, Αμερική και Αφρική.

Έχει 108 ιδιωτικές και ενοικιασμένες παραχωρήσεις σε όλη την κεντρική Ελλάδα, στην Αττική, στην Βοιωτία, στην Φθιώτιδα, στην Φωκίδα και στην Εύβοια, όπως επίσης άδειες και παραχωρήσεις για ερευνητικούς σκοπούς.

Από την ίδρυση της το έτος 2000, η ΕΛΜΙΝ έχει επενδύσει πάνω από 15 εκ. Ευρώ σε νέες τεχνολογίες και έρευνα, επιτρέποντας στην εταιρία να αυξήσει δραματικά τις πωλήσεις της ενδυναμώνοντας την παρουσία της στην παγκόσμια αγορά του βωξίτη, έχοντας επτά (7) ενεργά υπόγεια μεταλλεία.

Σκοπός και στόχος της εταιρίας είναι να υπερβεί τα standards ποιότητας, παράδοσης και κόστους που θέτουν οι πελάτες της

Για να επιτύχει τους στόχους της η εταιρία βασίστηκε:

- Στις εφαρμογές συστημάτων ποιοτικού ελέγχου που παρακολουθούν στενά όλες τις φάσεις παραγωγής και επεξεργασίας.
- Επενδύοντας σε σύγχρονο μηχανολογικό εξοπλισμό.

- Ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εργασιών της χρησιμοποιώντας φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους εκμετάλλευσης και επεξεργασίας αποβλήτων.
- Στην δημιουργία ασφαλών συνθηκών εργασίας.
- Στην επένδυση στο ανθρώπινο δυναμικό παρέχοντας συνεχή εκπαίδευση.

Το κύριο μεταλλευτικό κέντρο της ΕΛΜΙΝ βρίσκεται στην Λαμία και αποτελείται από μεταλλεία τα οποία είναι διασκορπισμένα στους ορεινούς όγκους της Γκιώνας και της Οίτης. Στα εν λόγω μεταλλεία χρησιμοποιούνται μόνο υπόγειες μέθοδοι εκμετάλλευσης, κυρίως η μέθοδος των θαλάμων και στύλων και σε μερικές περιπτώσεις οι μέθοδοι διαδοχικών ορόφων και Cut & Fill.

Ο κύριος λόγος επιλογής των συγκεκριμένων μεθόδων από την εταιρία είναι για να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης οι συγκεκριμένες μέθοδοι παρέχουν υψηλό βαθμό αποληψιμότητας και καθαρότητας του μεταλλεύματος.

Το εξορυγμένο μέταλλευμα μεταφέρεται με φορτηγά αυτοκίνητα στις ιδιόκτητες εγκαταστάσεις της εταιρίας στην Αγία Μαρίνα. Οι διαδικασίες επεξεργασίας του μεταλλεύματος περιλαμβάνουν τις εργασίες θραύσης, εμπλουτισμού (οπτική χειροδιαλογή απομάκρυνσης ασβεστόλιθου), κοσκίνησης και απόθεσης σε σωρούς.

Η μεταφορά του βωξιτικού μεταλλεύματος στους πελάτες γίνεται κυρίως δια θαλάσσης με φορτηγά πλοία. Η φόρτωση του σε αυτά διενεργείται από τις φορτωτικές εγκαταστάσεις της εταιρίας στο ιδιόκτητο λιμάνι της στην Αγία Μαρίνα. Η δυνατότητα φόρτωσης των εγκαταστάσεων είναι περίπου 500tn/ώρα και τα πλοία τα οποία μπορούν να ελλιμενιστούν είναι έως 18.000tn.

Είναι δυνατή επίσης η φόρτωση εμπορικών τρενών καθώς οι εγκαταστάσεις της εταιρίας είναι κοντά στον σταθμό της Αγίας Μαρίας.

Η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εργασιών της, η αποτελεσματική χρήση των φυσικών πόρων και η σωστή διαχείριση των αποβλήτων των διεργασιών είναι από τους κύριους στόχους για την εταιρία.

Για τον σκοπό αυτό οι μεταλλευτικές εργασίες αποτελούνται μόνο από υπόγειες εξορύξεις ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις στο τοπίο και στο περιβάλλον.

Τα αδρανή τα οποία παράγονται κατά την διαδικασία της εξόρυξης αποτίθενται εντός των στοών στις περισσότερες των περιπτώσεων, ενώ πριν από την έναρξη οποιασδήποτε

μεταλλευτικής δραστηριότητας εκτελείται μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η οποία εν συνεχεία εγκρίνεται από τις αρμόδιες αρχές και εν συνεχεία ακολουθείται από την εταιρία.

Το σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης περιλαμβάνει όλα τα στάδια των δραστηριοτήτων της εταιρίας, από την γεωλογική έρευνα, την μεταλλευτική διαδικασία και την μεταφορά των προϊόντων, έως και τα στάδια της επεξεργασίας και της φόρτωσης.

Μετρήσεις ρύπων και θορύβου διενεργούνται καθημερινά και διορθωτικά μέτρα λαμβάνονται στις περιπτώσεις που απαιτείται.

Η ετήσια παραγωγή βωξίτη της ΕΛΜΙΝ είναι περίπου 500 – 600 χιλιάδες tn με αυξητικές τάσεις και είναι πρώτη στον τομέα των εξαγωγών βωξίτη. Το υπόλοιπο της παραγωγής της διατίθεται στο εσωτερικό προς το Αλουμίνιον της Ελλάδος και προς άλλες χρήσεις.

1.1.2. S&B ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ Α.Ε.

Η εταιρία αποτελεί έναν πολυμετοχικό όμιλο εταιριών με εκτεταμένη διεθνή δραστηριότητα. Ο Όμιλος απαρτίζεται από θυγατρικές και συνδεδεμένες εταιρίες και δραστηριοποιείται σε περισσότερες από 20 χώρες και στις 5 ηπείρους.

Η εξόρυξη βωξίτη ξεκίνησε το 1934 από την εταιρία που είχε την επωνυμία Α.Ε.Μ. Βωξίται Παρνασσού. Το 1938 η παραγωγή βωξίτη έφτασε το 5% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής. Ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα μακροπρόθεσμα συμβόλαια που υπογράφηκαν την περίοδο 1956-1958 με τη Σοβιετική Ένωση και το 1963 με τη γαλλική εταιρία Pechiney, για την προμήθεια του νέου εργοστασίου της θυγατρικής της «Αλουμίνιον της Ελλάδος Α.Ε.Β.Ε.», στα Άσπρα Σπίτια Βοιωτίας.

Το 1996 η βωξιτική δραστηριότητα απορροφήθηκε μέσω συγχώνευσης από την Α.Ε.Ε. Αργυρομεταλλευμάτων και Βαρυτίνης, η οποία το 2003 μετονομάστηκε σε S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε.

Σήμερα η εταιρία αυτή, μαζί με την εξαγορασμένη Βωξίτες Ελικόνος, εκμεταλλεύεται βωξίτη στους νομούς Φωκίδας, Φθιώτιδας και Βοιωτίας. Στους νομούς Φωκίδας και Φθιώτιδας είναι μισθώτρια Δημοσίων Μεταλλείων και έχει μεταλλευτικά δικαιώματα σε ιδιόκτητες παραχωρήσεις. Η εξόρυξη βωξίτη γίνεται από μεταλλεία τα οποία βρίσκονται

στην ευρύτερη περιοχή των ορεινών όγκων Παρνασσού και Γκιώνας. Η εταιρία διαθέτει εγκαταστάσεις επεξεργασίας και φόρτωσης του μεταλλεύματος στην Ιτέα Φωκίδας.

Η S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη παραγωγός βωξίτη στην Ελλάδα και κατ' επέκταση στην Ευρώπη με ετήσια παραγωγή περί τους 1.400.000tn ετησίως. Μεγάλο μέρος της σημερινής παραγωγής βωξίτη της εξάγεται, ενώ εξακολουθεί να τροφοδοτεί το εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου στα Άσπρα Σπίτια, σύμφωνα με τη δεκαετή συμφωνία που υπογράφηκε το 2006.

Ο Όμιλος S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. παράγει πολλά προϊόντα και έχει θέσει ως πρωταρχικό στόχο την ικανοποίηση των πελατών της, με τους οποίους αναπτύσσει στενή συνεργασία.

1.1.3. ΔΕΛΦΟΙ ΔΙΣΤΟΜΟ Α.Μ.Ε.

Η εταιρία ιδρύθηκε το 1972, ως θυγατρική της «Αλουμίνιον της Ελλάδος», με την επωνυμία «Ελληνικοί Βωξίται Διστόμου» (ΕΒΔ). Το 1975 δημιουργήθηκε η εταιρία «Δελφοί – Δίστομον ΑΜΕ», για να ελέγχει τις μεταλλευτικές παραχωρήσεις της εταιρίας «Βωξίται Δελφών». Το 1989 οι εταιρίες ΕΒΔ και «Βωξίται Δελφών» συγχωνεύτηκαν στη «Δελφοί – Δίστομο ΑΜΕ».

Το 1995 η εταιρία μετέφερε το κέντρο των δραστηριοτήτων της από το Δίστομο Βοιωτίας στην Άμφισσα Φωκίδας (περιοχή Άνω Κουνουκλιά, στο Δημοτικό Διαμέρισμα Ελαιώνα).

Από το 2007 η εταιρία αποτελεί ανεξάρτητο μέλος του Ομίλου Μυτιληναίος μετά την εξαγορά της εταιρείας Αλουμίνιον της Ελλάδος από τον ομώνυμο όμιλο.

Σήμερα η εταιρία δραστηριοποιείται στους νομούς Φωκίδας και Βοιωτίας (Γκιώνα, Παρνασσό και Ελικώνα) και είναι η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός βωξίτη στην Ελλάδα με ετήσια παραγωγή περί τους 900.000tn ετησίως. Με το σύνολο της παραγωγής της τροφοδοτεί το εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου στα Άσπρα Σπίτια Βοιωτίας. Το βιομηχανικό αυτό συγκρότημα της «Αλουμίνιον ΑΕ» έχει δυναμικότητα παραγωγής 750.000tn αλουμίνιας και 160.000tn αλουμινίου και απασχολεί άμεσα 1250 άτομα, που προέρχονται από όλο τον Ελληνικό χώρο. Από το 2005 είναι μέλος του Ομίλου Μυτιληναίος.

. Το σύνολο της δραστηριότητας της Δελφοί - Δίστομον ΑΜΕ εφαρμόζει Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (πιστοποιημένο σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001:2004) και Σύστημα Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας (πιστοποιημένο σύμφωνα με το πρότυπο OHSAS 18001:2007).

1.2. Η παραγωγή του βωξίτη και η συμβολή στην εθνική οικονομία

Η παραγωγή βωξίτη τα τελευταία χρόνια είχε σταθερά ανοδική πορεία. Όμως, όπως και κάθε άλλη επιχειρηματική δραστηριότητα, επιβραδύνθηκε το 2009 λόγω οικονομικής κρίσης και η παραγωγή βωξίτη εμφάνισε μικρή πτώση. Πιο αναλυτικά, στον πίνακα 1.1. παρουσιάζονται η παραγωγή βωξίτη, καθώς και η αξία των πωλήσεων και των εξαγωγών τα τελευταία χρόνια. Τα στοιχεία ελήφθησαν από την ιστοσελίδα του Σ.Μ.Ε, και δυστυχώς δεν υπήρχαν στοιχεία πωλήσεων και εξαγωγών για το 2009. Επίσης δεν υπήρχε κανένα στοιχείο για το 2010.

Πίνακας 1.1. Παραγωγή βωξίτη στην Ελλάδα και αξία πωλήσεων.

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ	ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΣΕ €	ΕΞΑΓΩΓΕΣ ΣΕ €
2006	2.194.000	74.832.000	36.872.000
2007	2.128.000	79.978.000	42.595.000
2008	2.174.000	84.059.000	45.400.000
2009	1.935.000	-	-

Η παραγωγή του 2009 διατέθηκε προς παραγωγή αλουμίνας κατά **72%** και το υπόλοιπο σε άλλους τομείς παραγωγής προϊόντων. Συγκεκριμένα προς το εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου της εταιρείας Αλουμίνιο της Ελλάδος διατέθηκαν **1.400.000tn** βωξίτη.

Τα οικονομικά οφέλη από την εξόρυξη του βωξίτη είναι εμφανή. Τόσο σε εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο. Οι ελληνικές εταιρείες παραγωγής βωξίτη απασχολούν περίπου γύρω στα **700** άτομα ενώ ο συνολικός κύκλος παραγωγής του κλάδου της εξόρυξης του βωξίτη, παραγωγής αλουμίνας και αλουμινίου ανέρχεται σε **480.000.000€** και απασχολεί περίπου **2.000** άτομα.

Η συνεισφορά του κλάδου, από την εξόρυξη βωξίτη έως την παραγωγή αλουμίνας και αλουμινίου, στη ελληνική οικονομία ανέρχεται σε **2,3%** του Α.Ε.Π. και στο **9%** περίπου των εξαγωγών.

Σε έναν πολιτισμό όπου το αλουμίνιο έχει σταθερά ανοδική πορεία χρήσης και κατ' επέκταση ζήτησης, γίνεται κατανοητό ότι η εξόρυξη του βωξίτη είναι καίριας οικονομικής σημασίας για την χώρα.

2. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1. Κοιτασματολογία

2.1.1. Βωξίτης

Ο βωξίτης αποτελεί το κυριότερο μέταλλευμα παραγωγής αλουμινίου και έχει γαιώδη συνήθως όψη. Από χημικής πλευράς ο βωξίτης αποτελεί μίγμα από υδροξείδια του Al και υδροξείδια και οξείδια του Fe, του Ti, καθώς και άλλων ορυκτών σε πολύ μικρά ποσοστά. Μπορεί να χαρακτηριστεί και πέτρωμα που περιέχει σε ελεύθερη μορφή υδροξείδια του Al τα οποία εύκολα αποχωρίζονται από τα άλλα συνυπάρχοντα οξείδια, υδροξείδια και πυριτικές ενώσεις. Βασικά αποτελείται από υδροξείδιο του Fe και Al, μαζί με άλλα οξείδια Fe, Ti, και αργιλοπυριτικές ενώσεις.

Άλλα συνθετικά ορυκτά μπορεί να είναι θειούχες ενώσεις σε μικρά ποσοστά, με μορφή μαρκασίτη (FeS_2), συνηθέστερα και σιδηροπυρίτη (FeS) σπανιότερα.

Ο όρος ‘κοίτασμα βωξίτη’ αναφέρεται σε βωξίτες οι οποίοι είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμοι και επεξεργάσιμοι. Τα κοιτάσματα αυτά περιέχουν 40 - 50% τουλάχιστον Al_2O_3 , επίσης 3 - 5% SiO_2 σε ενώσεις και 20% το πολύ Fe_2O_3 .

Ο Berthier (1821) έδωσε την ονομασία του βωξίτη σε ιζήματα πλούσια σε αλουμίνα σε περιοχή κοντά στο Les Baux (Γαλλία).

Ο Liebich (1892) επεξέτεινε τον όρο σε λατεριτικά προϊόντα, πλούσια σε γυψίτη, τα οποία προέρχονται από βασάλτες στο Yogelsberg (Γερμανία). Ο όρος αλουμίνα αναφέρεται στο καθαρό Al_2O_3 , το οποίο περιέχει 52,9% Al και 47,1 O_2 .

Σύμφωνα με τον Bardossv (1958) οι βωξίτες διακρίνονται σε:

1. Βωξίτες, οι οποίοι προσδιορίζονται σαν το τμήμα του βωξιτικού μέλους, όπου περισσότερο από το 75% από την όλη περιεκτικότητα σε αργίλιο βρίσκεται με την μορφή υδροξειδίων.
2. Αργιλιτικούς βωξίτες, οι οποίοι περιέχουν 72 -75% του αργιλίου με την μορφή υδροξειδίων.
3. Βωξιτική άργιλο, όπου λιγότερο από το 25% του ολικού αργιλίου βρίσκεται με την μορφή υδροξειδίων.
4. Άργιλους, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από απουσία υδροξειδίων.

Πλέον ως βωξίτη χαρακτηρίζεται το πέτρωμα που προήλθε από την *in situ* διάβρωση και αποσάθρωση ανθρακικών πετρωμάτων, πλούσιων σε Al, με ταυτόχρονη απόπλυση του CaCO₃, ή από λατεριτική διάβρωση αποσάθρωση πυριγενών (κύρια οφιολιθών) και μεταμορφωμένων πετρωμάτων, που περιέχουν ορυκτά του Al.

Στη δεύτερη περίπτωση τα προϊόντα της λατεριτικής διάβρωσης ή παραμένουν *in situ* ή μεταφέρονται σε μικρή ή και μεγαλύτερες αποστάσεις που μπορεί να φθάσουν και τα 400km.

Ορυκτολογικά τον όρο ‘βωξίτης’ συνοδεύει η παρουσία χαρακτηριστικών ορυκτών, που αποτελούν την κύρια παραγένεση, όπως ο βαιμίτης, το διάσπορο, ο γκυψίτης και δευτερευόντων όπως ο καολινίτης, ο αιματίτης, ο λειμωνίτης, ο ανατάσης, το ρουτίλιο, κλπ.

2.1.2. Βωξιτογένεση

Τα διάφορα ορυκτά όταν βρεθούν στην επιφάνεια της γης σε συνθήκες διαφορετικές από αυτές που δημιουργήθηκαν, εξαλλοιώνονται. Στα θερμά και υγρά κλίματα οι εξαλλοιώσεις αυτές είναι χαρακτηριστικές και συνιστούν τη λατεριτική αποσάθρωση. Με τη λατεριτική αποσάθρωση τα πετρώματα πλούσια σε Al₂O₃ είναι δυνατόν να δώσουν βωξίτες.

Για να γίνει η λατεριτίωση και κατ’ επέκταση η βωξιτογένεση θα πρέπει να τηρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Να υπάρχουν κατάλληλα πετρώματα.

Πετρώματα δηλαδή πλούσια σε Al₂O₃ για να σχηματιστεί βωξίτης. Πλούσια σε Al₂O₃ πετρώματα είναι τα όξινα – ενδιάμεσα και βασικά μαγματογενή πετρώματα (π.χ. ανδεσίτες, γάβροι, βασάλτες), όπως και πολλά μεταμορφωμένα ή ιζηματογενή (π.χ. αργιλικόι σχιστόλιθοι, αρκόζες). Μητρικά πετρώματα βωξιτικών κοιτασμάτων είναι κατά σειρά σπουδαιότητας οι βασάλτες, διαβάσες, αρκόζες, καολινιτικές άργιλοι, αργιλικόι σχιστόλιθοι, γρανίτες κλπ.

2. Ύπαρξη τροπικού κλίματος

Η ένταση της αποσάθρωσης αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και του ποσού των βροχοπτώσεων. Έτσι η αποσάθρωση είναι πιο έντονη στις υγρές,

τροπικές ζώνες. Προκειμένου να γίνει η λατεριτίωση η μέση θερμοκρασία πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 22° C, το ύψος των βροχοπτώσεων μεγαλύτερο των 1200mm, ενώ η κατανομή των υδατοπτώσεων κατά την διάρκεια του έτους πρέπει να είναι άνιση (9-11 υγροί και 1-3 ξηροί μήνες) συνθήκες που εκπληρούνται μόνο στην τροπική ζώνη, μόνο εκεί επικρατεί κλίμα μουσώνων. Ο ελληνικός χώρος, κατά την περίοδο της γένεσης των μεγάλων λατεριτικών κοιτασμάτων είχε τροπικό κλίμα και μάλιστα κλίμα μουσώνων.

3. Ύπαρξη τροπικής βλάστησης

Η φυτοκάλυψη επιδρά στη λατεριτίωση καθώς το κάλυμμα του δάσους συγκρατεί την υγρασία του εδάφους που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την αποσάθρωση. Επίσης το ριζικό σύστημα των δένδρων ευνοεί την κατείσδυση του ύδατος διαμέσου του λατεριτικού μανδύα βοηθώντας στην αποστράγγιση. Επιπλέον οι μικροοργανισμοί που ζουν στις ρίζες συμβάλλουν στην εξαλλοίωση των αργιλοπυριτικών ορυκτών και δρουν ως καταλύτες σε ορισμένες χημικές αντιδράσεις. Το τροπικό δάσος συμβάλει στην απομάκρυνση του πυριτίου από τον λατεριτικό μανδύα καθώς το αποθηκεύεται στα φύλλα των δένδρων. Τέλος το πυκνό δάσος προστατεύει το λατεριτικό μανδύα από την αποσάθρωση. Όπου το κάλυμμα δάσους καταστρέφεται προκαλείται μηχανική αποσάθρωση του λατεριτικού μανδύα.

4. Ύπαρξη πανεπιπέδου

Οι περισσότεροι βωξίτες βρίσκονται σε πανεπίπεδα (plateaux). Στις περιοχές αυτές δημιουργούνται οι ευνοϊκές συνθήκες για λατεριτίωση. Αυτό συμβαίνει γιατί εξαιτίας του μεγάλου υψομέτρου επιβοηθείται η αποστράγγιση, βασική προϋπόθεση για την βωξιτογένεση. Επίσης η προσκομιδή και η απόθεση προϊόντων αποσάθρωσης σε αυτά τα ύψη είναι μικρή και ως εκ τούτου ο λατεριτικός μανδύας μένει στην επιφάνεια επί μακρόν. Τέλος εξαιτίας της μικρής κλίσης των πανεπιπέδων αποτρέπεται η αποκομιδή του λατεριτικού μανδύα.

5. Καλή αποστράγγιση

Βωξίτης μπορεί να δημιουργηθεί μόνο πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα υπό καλές συνθήκες αποστράγγισης. Για να επιτευχθεί ικανοποιητική διάλυση και αποκομιδή των διαλυμένων συστατικών απαιτείται καλή αποστράγγιση. Με την

καλή αποστράγγιση δημιουργείται ένας πλούσιος σε βωξίτικα ορυκτά ορίζοντας αντί ενός πλούσιου σε καολινίτη.

Ο όρος πρωτογενή κοιτάσματα ή λατεριτικοί μανδύες δηλώνει τον πρωτογενή χαρακτήρα των βωξιτών αυτών δηλαδή αυτών που απαντούν πάνω στα πετρώματα από τη λατεριτίωση των οποίων προήλθαν.

Όμως οι λατερίτες είναι δυνατόν να αποσαθρωθούν και τα προϊόντα της αποσάθρωσης να μεταφερθούν στην θάλασσα, όπου και αποτίθενται και δίνουν αλλόχθονα (δευτερογενή) λατεριτικά κοιτάσματα. Τέτοια είναι τα κοιτάσματα της Ελλάδας τα οποία έχουν αποτεθεί σε καρστ ασβεστολίθων.

2.1.3. Ορυκτολογική και χημική σύσταση βωξίτη

Στο βωξίτη ξεχωρίζουν τρία κύρια ορυκτολογικά συστατικά:

1. Υδροξείδια του αργιλίου.

- Υδροαργιλίτης ή γυψίτης ($\text{Al}(\text{OH})_3$ ή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- Βαιμίτης (γ $\text{AlO}(\text{OH})$ ή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- Διάσπορο (α $\text{AlO}(\text{OH})$ ή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Τα δύο τελευταία αυτά ορυκτά έχουν την ίδια χημική σύσταση, διαφέρουν όμως στο κρυσταλλικό πλέγμα: και τα δύο κρυσταλλώνονται στο ρομβικό σύστημα αλλά το κρυσταλλικό πλέγμα στου βαιμίτη με τη μορφή γ ενώ το διάσπορο με την μορφή α . Στη διαφορά αυτή οφείλεται και η διαφορετική συμπεριφορά κατά την διαλυτοποίηση του βωξίτη με τη μέθοδο Bayer.

Μέσα στο βωξίτη είναι δυνατό να υπάρχει καθαρό ένα από τα παραπάνω υδροξείδια, ή να συνυπάρχουν περισσότερα με τους παρακάτω συνδυασμούς:

- Γυψίτης και βαιμίτης
- Βαιμίτης και διάσπορο
- Πολύ σπάνια διάσπορο και γυψίτης

2. Υδροξείδια ή οξείδια του σιδήρου.

- Αιματίτης (Fe_2O_3)
- Γκαιτίτης (α - $\text{FeO}(\text{OH})$) ή
- Λεπιδοκροτίτης (γ - $\text{FeO}(\text{OH})$)

- Λειμωνίτης ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

Τα διάφορα χρώματα του βωξίτη οφείλονται βασικά στα παραπάνω οξείδια του σιδήρου. Ειδικότερα διακρίνουμε:

- Κόκκινους (ερυθρούς) ή καστανόχρωμους βωξίτες, που ο σχηματισμός τους οφείλεται κυρίως στον αιματίτη.
- Κίτρινους, που ο χρωματισμός τους οφείλεται στο γκαιτίτη.
- Γκριζούς, που ο χρωματισμός τους οφείλεται στο μικρό ποσοστό (2 -5 %) οξειδίου του σιδήρου.
- Ποικιλία χρωματισμών οφείλεται και στη δευτερογενή αλλοίωση διάφορων ορυκτών συστατικών του βωξίτη. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η σταχτοπράσινη απόχρωση που οφείλεται στον περιεχόμενο μαρκασίτη (FeS_2).

3. Αργιλοπυριτικά ορυκτά.

- Καολινίτης ($\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$ ή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
- Αλοϋσίτης ($\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$ ή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

Η διαφορά των δύο παραπάνω μορφών βρίσκεται στην περιεκτικότητα κρυσταλλικού νερού, και στο σύστημα κρυστάλλωσης (ο καολίνης στο τρικλινές και ο αλοϋσίτης στο μονοκλινές).

Με τις δύο αυτές κύριες ορυκτολογικές συνθέσεις περιέχεται το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και σπάνια με μορφή χαλαζία ή οπαλίου.

Τέλος στη σύνθεση του βωξίτη συμμετέχουν και τα οξείδια του τιτανίου, με συνήθη αναλογία 1,5 - 3% με την μορφή ανατάση (TiO_2) κυρίως, ή ρουτιλίου σπανιότερα.

Σε μερικούς βωξίτες έχει βρεθεί μαγγάνιο με την μορφή ψιλομέλα ή πυρολουσίτη, αλλά δεν αποτελεί συνήθη πρόσμιξη.

Πολύ συχνά συναντάται άσβεστος σαν ανθρακικό ασβέστιο και μερικές φορές σαν όξινο ανθρακικό ασβέστιο.

Επίσης σε μικρές περιεκτικότητες μπορούν να υπάρχουν θειούχος σίδηρος με μορφή σιδηροπυρίτη ή μαρκασίτη, καθώς και ποικιλία από ορυκτά βαναδίου, γαλλίου, φωσφόρου, φθορίου, χρωμίου, νικελίου, ουρανίου, κ.α, σε μορφή ιχνοστοιχείων ή πάρα πολύ μικρές περιεκτικότητες.

2.1.4. Ιδιότητες του βωξίτη

Ο βωξίτης έχει ειδικό βάρος $2,7 - 3,5 \text{ gr/cm}^3$ ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε οξειδία του σιδήρου.

Η σκληρότητα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ του 1 και 3 της σκληρογραφικής κλίμακας Mohr, αν και όχι σπάνια συναντώνται και πολύ σκληρότερα είδη που φθάνουν μέχρι και τον έβδομο βαθμό της κλίμακας. Η σκληρότητα είναι συνήθως τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα σε νερό. Αυτό όμως δεν ισχύει γενικά, γιατί υπάρχουν είδη βωξίτη της ίδιας σύνθεσης, αλλά διαφορετικού βαθμού σκληρότητας.

Ο δείκτης διάθλασης του βωξίτη είναι 1,57, η απόχρωση της γραμμής ποικίλλει, ο θραυσμός είναι ακανόνιστος, η λάμψη είναι ασθενής και αδιαφανής.

Το σημείο τήξης εξαρτάται από το ποσοστό περιεχομένων προσμίξεων και κυρίως από την ποσότητα του οξειδίου του σιδήρου. Σχετικά καθαρά μεταλλεύματα έχουν σημείο τήξης $1880 - 2050 \text{ }^\circ\text{C}$.

Το χρώμα του βωξίτη ποικίλλει. Ανάλογα με το χρώμα οι βωξίτες διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, τους τεφρούς, τους ροδόχρους, και τους ερυθρούς ή καστανούς βωξίτες. Εντούτοις όμως, συναντάμε βωξίτες σε όλη τη σειρά των ενδιάμεσων χρωμάτων. Το χρώμα του βωξίτη οφείλεται κυρίως στο περιεχόμενο οξείδιο του σιδήρου.

Κατά γενικό κανόνα η περιεκτικότητα του σιδήρου είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο πιο καστανό ή ερυθρό είναι το χρώμα του βωξίτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι το χρώμα δεν εξαρτάται απόλυτα από την περιεκτικότητα του σιδήρου, γιατί υπάρχουν βωξίτες που έχουν ζωηρό ερυθρό χρώμα και μικρή περιεκτικότητα σε σίδηρο. Το ζωηρό χρώμα σε αυτήν την περίπτωση οφείλεται στο οξείδιο του σιδήρου, το οποίο επικαλύπτει επιφανειακά αργιλούχους πυρήνες, χωρίς να εισδύει ομοιόμορφα στη μάζα του μεταλλεύματος.

Ο βωξίτης πολλές φορές παρουσιάζει ιστό πisolιθικό, ωολιθικό, και μερικές φορές στιφρό. Η διαλυτότητα του σε οξέα ή αλκάλια ποικίλλει ανάλογα με την ορυκτολογική σύνθεση σε σχέση με τα ένυδρα οξείδια του αργιλίου. Η διαλυτότητα του σε καυστικό νάτριο (NaOH) παίζει σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία του για την παραγωγή αλουμίνας.

Ειδικότερα ο γυψίτης και ο βαιμίτης διαλύονται εύκολα, ενώ αντίθετα το διάσπορο απαιτεί ειδικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης για την διάλυσή του. Ο βωξίτης είναι ανθεκτικός σε υψηλές θερμοκρασίες (πυρίμαχος) και όταν θερμανθεί ως την τήξη του, παίρνει κρυσταλλική μορφή αποκτώντας υψηλή σκληρότητα, που του δίνει και λειαντικές ιδιότητες. Αυτό οφείλεται στη μετατροπή των οξειδίων του αργιλίου σε τεχνητό κορούνδιο (Al_2O_3).

2.1.5. Κοιτάσματα βωξίτη στον ελλαδικό χώρο

Τα κοιτάσματα βωξίτη της Ελλάδας είναι δευτερογενή κοιτάσματα. Προήλθαν από την αποσάθρωση πρωτογενών κοιτασμάτων (λατεριτικών μανδύων), τα οποία είχαν αναπτυχθεί πάνω στους οφιολίθους της Υποπελαγονικής Ενότητας. Τα υπό λατεριτίωση πετρώματα ήταν κυρίως τα βασικά μέλη των οφιολιθικών συμπλεγμάτων (βασάλτες, γάββροι και διαβάσες) με συμμετοχή και των υπερμαφικών πετρωμάτων των οφιολιθικών συμπλεγμάτων όπως υποδηλώνει η σημαντική περιεκτικότητα σε Ni και Cr. Το υλικό που προέκυψε από την καταστροφή των πρωτογενών κοιτασμάτων μεταφέρθηκε σε αβαθές θαλάσσιο περιβάλλον και αποτέθηκε μέσα σε ασβεστολιθικά καρστ δίνοντας έτσι τους καρστικού τύπου βωξίτες. ο ιστός του μεταλλεύματος είναι πισσολιθικού ή συμπαγούς τύπου. Το πισσολιθικού τύπου μέταλλευμα αποτελείται από κλαστικούς κόκκους (πισσόλιθοι) πλούσιους σε αιματίτη και από τη θεμελιώδη μάζα η οποία είναι πλούσια σε διάσπορο ή/και βαιμίτη.

Το συμπαγούς τύπου μέταλλευμα αποτελείται από μικροκρυσταλλικό διάσπορο ή/και βαιμίτη και έχει πηλιτική μορφή.

Κοιτάσματα βωξίτη υπάρχουν διάσπαρτα στον ελλαδικό χώρο όπως φαίνονται και στην εικόνα 2.1. Οι τρεις γεωλογικές ζώνες στις οποίες ανήκουν είναι:

- Α) Ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας
 - 1ος βωξιτικός ορίζοντας (κατώτερος) ηλικίας Μ. Ιουρασικό – Α. Ιουρασικό με 2ο βωξιτικό ορίζοντα (ενδιάμεσος) ηλικίας Α. Ιουρασικό – Κ. Κρητιδικό
 - 3ος βωξιτικός ορίζοντας ηλικίας Κενομάνιο – Τουρώνιο

Ο 3ος βωξιτικός ορίζοντας (ανώτερος) είναι και ο μεγαλύτερος σε ποσότητα κοιτάσματος.

Μεταξύ 2ου και 3ου (100m από τον 3ο) εντοπίζεται κατά θέσεις η παρουσία του ενδιάμεσου ορίζοντα.

Απ' τους 3 ορίζοντες, ο 2ος και ο 3ος είναι υπό εκμετάλλευση.

➤ Β) Ζώνη Ανατολ. Ελλάδας (Πελαγονική & Υποπελαγονική)

- 1ος βωξιτικός ορίζοντας, όπως και ο παλιότερος στη ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας, ηλικίας Α. Ιουρασικό – Κ. Κρητιδικό
- 2ος βωξιτικός ορίζοντας ηλικίας Τριαδικό – Κενομάνιο

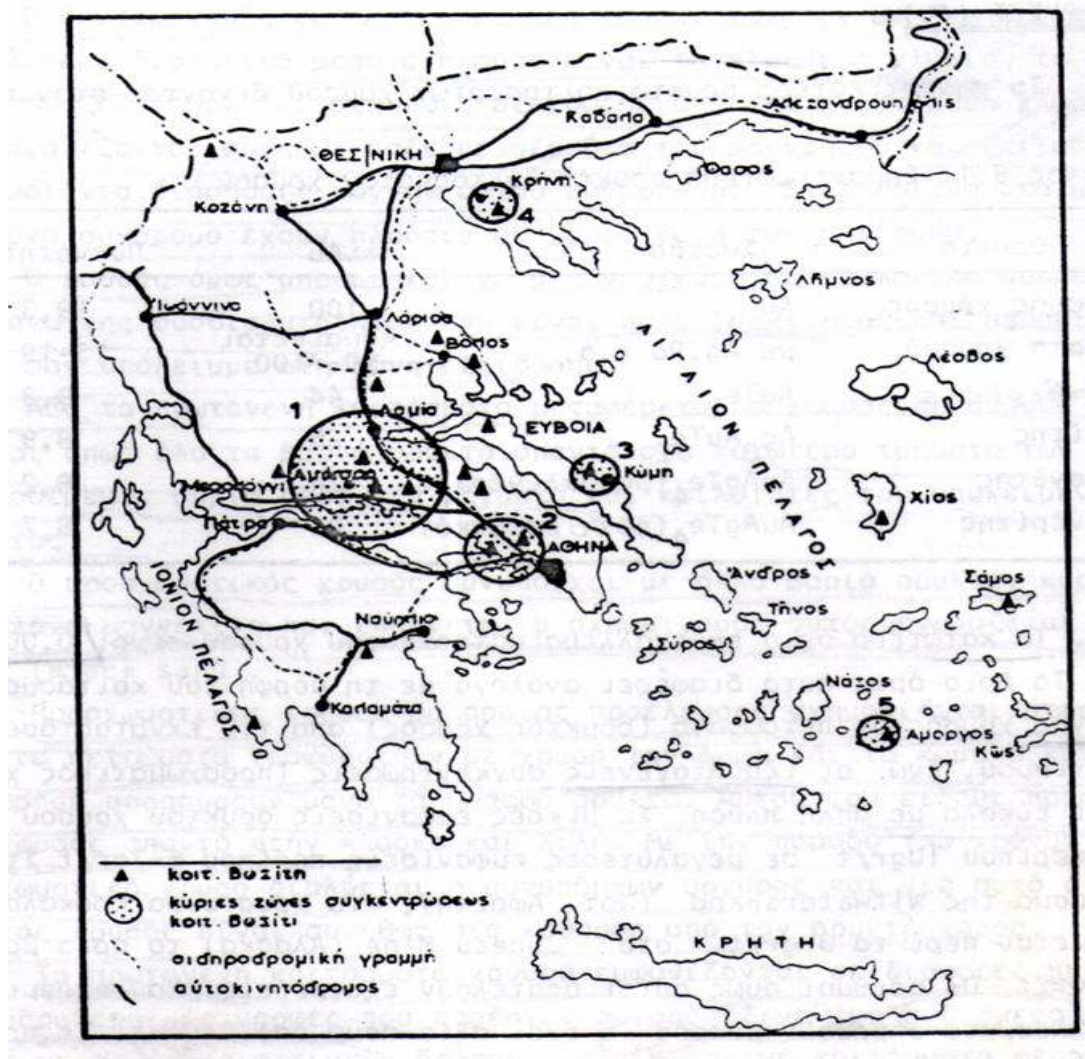
Σε αυτή τη ζώνη περιλαμβάνονται τα κοιτάσματα:

- του Καλλιδρόμου
- της Λοκρίδας
- του Δομοκού
- της Νοτιοανατολικής Θεσσαλίας
- της περιοχής Μάνδρας-Ελευσίνας
- της βορείου και κεντρικής Ευβοίας
- και της Σκοπέλου.

➤ Γ) Υπόλοιπος ελλαδικός χώρος

Τα παρακάτω κοιτάσματα βρίσκονται σε άλλες γεωλογικές ζώνες που σχηματίστηκαν κυρίως λόγω τεκτονικών φαινομένων:

- Όρος Κατσίκια Χαλκιδικής
- Νότιο τμήμα της Χίου
- Ναύπακτος – Πύλος και ανατολική Πελοπόννησος (όρη Αρτεμίσιο, Παρθένιο)
- Βροντερό της περιοχής Πρεσπών



Εικόνα 2.1. Κοιτάσματα βωξίτη στον ελλαδικό χώρο.

Τα αποθέματα βωξίτη στην Ελλάδα εκτιμώνται περίπου στους **120** εκατ. tn.

2.2. Γεωλογία

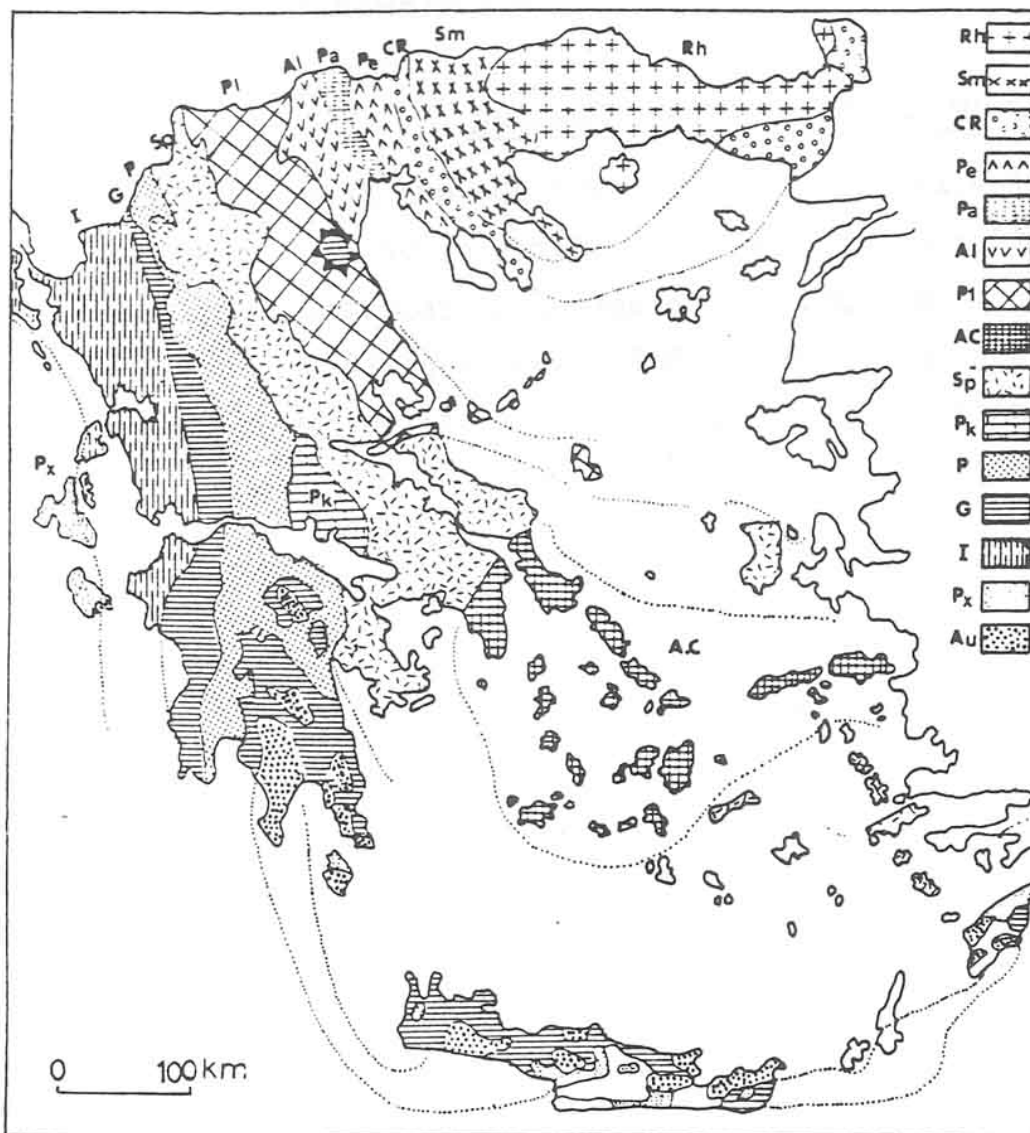
2.2.1. Γεωλογική ζώνη

Η περιοχή στην οποία βρίσκονται το υπόγειο βωξιτικό κοιτάσμα το οποίο θα μελετηθεί ανήκει στην ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας. Η ονομασία της ζώνης οφείλεται στα αντίστοιχα βουνά Παρνασσού και Γκιώνας της Στερεάς Ελλάδας τα οποία συγκροτούν την ζώνη.

Η ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας θεωρήθηκε στο δυαδικό σύστημα εναλλασσόμενων αλάκων και ράχων ως ύβωμα τοπικά παρεμβαλλόμενο μεταξύ της κατωφέρειας

Υποελαγονικής ζώνης και της αύλακας της Πίνδου. Η συγκεκριμένη ζώνη περιορίζεται στην κεντρική Ελλάδα.

Οι γεωλογικές ζώνες του ελληνικού χώρου φαίνονται στην εικόνα 2.2. Διακρίνεται στην εικόνα με την ένδειξη P_k η γεωλογική ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας στην οποία βρίσκεται και το υπό εξέταση κοίτασμα του Κοκκινόλιθου.



Εικόνα 2.2. Οι γεωλογικές ζώνες του ελληνικού χώρου

2.2.2. Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη

Το προαλπικό υπόβαθρο της ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας δεν είναι γνωστό στη Στερεά Ελλάδα. Απουσιάζουν επίσης τελείως τα μαγματικά πετρώματα.

Η αλπική ηζιματογένεση είναι βασικά ασβεστολιθική, καθαρά νηριτική, από την οποία και συμπεραίνεται η παλαιογραφική θέση της ζώνης σαν ύβωμα. Το συνολικό πάχος της ασβεστολιθικής σειράς υπολογίζεται σε 1800m.

Πρώτο αλπικό ίζημα είναι ο λευκός δολομίτης που προς τα πάνω εξελίσσεται σε τεφρό και εναλλάσσεται με λεπτές ενστρώσεις ασβεστολίθων. Η σειρά εξελίσσεται σε παχυστρωματώδη τεφρό ασβεστόλιθο ηλικίας Άνω Τριαδικού (Νόριο).

Ακολουθεί ασβεστόλιθος σκοτεινού χρώματος ηλικίας Κάτω Ιουρασικού και μετά ωολιθικοί ασβεστόλιθοι του Άνω Ιουρασικού.

Πάνω στους ωολιθικούς ασβεστόλιθους βρίσκεται ο 1^{ος} και κατώτερος βωξιτικός ορίζοντας που καλύπτεται από σκοτεινόχρωμους ασβεστόλιθους του Κιμμεριδίου (Ανώτερο Ιουρασικό).

Πάνω από τον Κιμμερίδιο ασβεστόλιθο βρίσκεται ο 2^{ος} και μεσαίος βωξιτικός ορίζοντας, που καλύπτεται από ασβεστόλιθους ηλικίας Τιθωνίου (Ανώτατο Ιουρασικό) – Κενομανίου (Μέσο Κρητιδικό). Οι τελευταίοι αυτοί ασβεστόλιθοι ονομάζονται ‘ενδιάμεσοι’ επειδή βρίσκονται μεταξύ δύο βωξιτικών οριζόντων, του 2^{ου} και του 3^{ου} ορίζοντα και είναι κυρίως λευκοί ή τεφροί.

Πάνω στη σειρά των ενδιάμεσων ασβεστολίθων βρίσκεται ο 3^{ος} βωξιτικός ορίζοντας, ο οποίος είναι και ο ανώτερος και καλύπτεται από μαύρους ρουδιστοφόρους ασβεστόλιθους του Τιθωνίου (Μέσου Κρητιδικού).

Τέλος αποτίθεται ο φλύσσης ηλικίας Παλαιοκαίνου – Μέσου Ηωκαίνου που στα κατώτερα στρώματα είναι ασβεστομαργαϊκός, εξελίσσεται σε ψαμμιτοπηλικό και κροκαλοπαγή.

Εκτός των αναφερθέντων βωξιτικών οριζόντων υπάρχουν και οι λεγόμενοι δευτερεύοντες οι οποίοι δεν παίζουν κανένα ουσιαστικό ρόλο.

Όλα τα παραπάνω καθώς και η χημική σύσταση του κάθε βωξιτικού ορίζοντα απεικονίζονται στην εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2. Στρωματογραφία ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας.

2.2.3. Γενικά στοιχεία υπό εξέταση κοιτάσματος

Το κοιτάσμα Κοκκινόλιθος βρίσκεται στην ΒΑκη πλευρά του ορεινού όγκου της Γκιώνας του νομού Φωκίδας.

Το κοιτάσμα αναπτύσσεται σε απόλυτα υψόμετρα από **1913m** έως **1880m** και σε βάθος μέχρι και **82m** από την επιφάνεια. Σε ακτίνα **1km** περιμετρικά δεν υφίστανται οικισμοί. Οι πλησιέστεροι οικισμοί της Βίνιανης και του Προσηλίου βρίσκονται σε απόσταση **5,5 – 6km** περίπου (σε ευθεία γραμμή).

Η κλίση της επιφάνειας του εδάφους κυμαίνεται από **10 - 20%** έως **40 - 60%** περίπου.

Λόγω του μεγάλου υψομέτρου η βλάστηση στην περιοχή της επέμβασης είναι περιορισμένη και περιλαμβάνει μόνο χαμηλούς θάμνους (αλπική ζώνη). Ο χώρος είναι γενικά ορεινός και χαρακτηρίζεται ως δημόσια δασική έκταση.

Στην περιοχή και σε ακτίνα **1km** περιμετρικά του κοιτάσματος δεν υπάρχουν οικισμοί ή κτίσματα, δίκτυα του ΟΤΕ ή της ΔΕΗ, αρχαιολογικοί ή οργανωμένοι τουριστικοί χώροι.

Η προσπέλαση στον ευρύτερο χώρο της περιοχής μελέτης εξασφαλίζεται από την επαρχιακή οδό Γραβιάς – Καλοσκοπής με μεταλευτικό δρόμο που ξεκινά από την Καλοσκοπή και συνδέει όλα τα μεταλλεία της Γκιώνας. Ο δρόμος αυτός έχει περίπου **30km** μήκος και διέρχεται περίπου **500m** ΒΔκα του κοιτάσματος, είναι μεταλλευτικός και έχει διανοιχθεί για την εξυπηρέτηση των μεταλλείων βωξίτη της Γκιώνας. Η κλίση του συγκεκριμένου δρόμου είναι το μέγιστο **8%** και όλος ανηφορικός, το πλάτος του **6m**, και η ακτίνες καμπυλότητας άνω των **30m** και πληρεί όλες τις προδιαγραφές του ΚΜΛΕ.

2.2.4. Γεωλογικά στοιχεία υπό εξέταση κοιτάσματος

Η περιοχή στην οποία αναπτύσσεται το κοίτασμα περιλαμβάνεται στην γεωλογική ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας. Στην ευρύτερη περιοχή του ορεινού όγκου της Γκιώνας έχει διαπιστωθεί η παρουσία δύο βωξιτικών οριζόντων μέσα στην ασβεστολιθική σειρά.

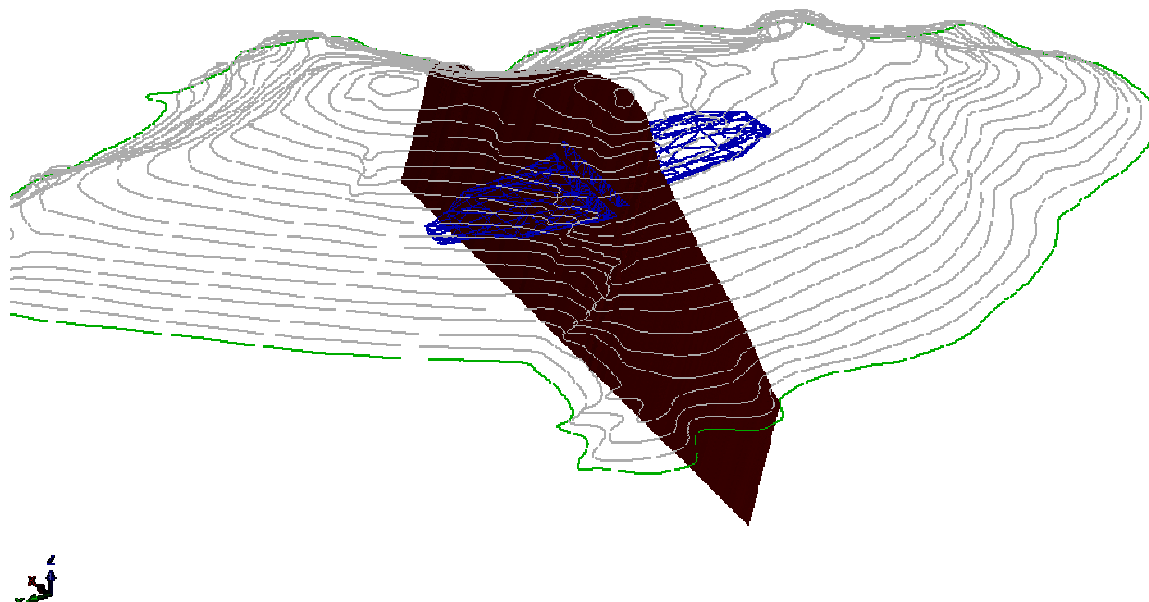
Το κοίτασμα ανήκει στον ανώτερο βωξιτικό ορίζοντα οπότε είναι διασπορικού τύπου. Οι υπερκείμενοι ασβεστόλιθοι είναι μαύροι ρουδιστοφόροι ασβεστόλιθοι του Τιθωνίου (Μέσου Κρητιδικού) ενώ οι υποκείμενοι ασβεστόλιθοι είναι λευκοί ασβεστόλιθοι Τιθωνίου (Ανώτατο Ιουρασικό) – Κενομανίου (Μέσο Κρητιδικό).

Το κοίτασμα είναι φακοειδές με ταβάνι που ακολουθεί τον υπερκείμενο ασβεστόλιθο στρωτά αλλά πάτωμα άστρωτο με αρκετά έγκυλα τα οποία δίνουν και στο κοίτασμα σε μερικά σημεία πάχος έως και 10m.

2.2.5. Τεκτονικά στοιχεία υπό εξέταση κοιτάσματος

Η περιοχή έχει επηρεαστεί τόσο από την μεταλπική κατατμητική τεκτονική όσο και από την Ηωκαινική (νεότερη μεταλπική) συμπιεστική φάση με την δημιουργία τεκτονικών ασυνεχειών που συχνά λεπιώνουν έντονα το σύνολο των σχηματισμών.

Το κοίτασμα είναι διχοτομημένο από την ύπαρξη μεταπτωτικού ρήγματος που χωρίζει το κοίτασμα στο Βόρειο και στο Νότιο τμήμα. Το ύψος μετατόπισης των τμημάτων λόγω αυτού του φαινομένου είναι 11m. Η επιφάνεια του ρήγματος που διατρέχει το κοίτασμα απεικονίζεται μέσω του λογισμικού Surpac στην εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3. Η επιφάνεια του ρήγματος.

Η κλίση των τμημάτων του κοιτάσματος είναι 5° . Η διεύθυνση του κοιτάσματος είναι 5° προς ΒΑ (παράταξη ΑΔ).

3. ΕΡΕΥΝΑ - ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

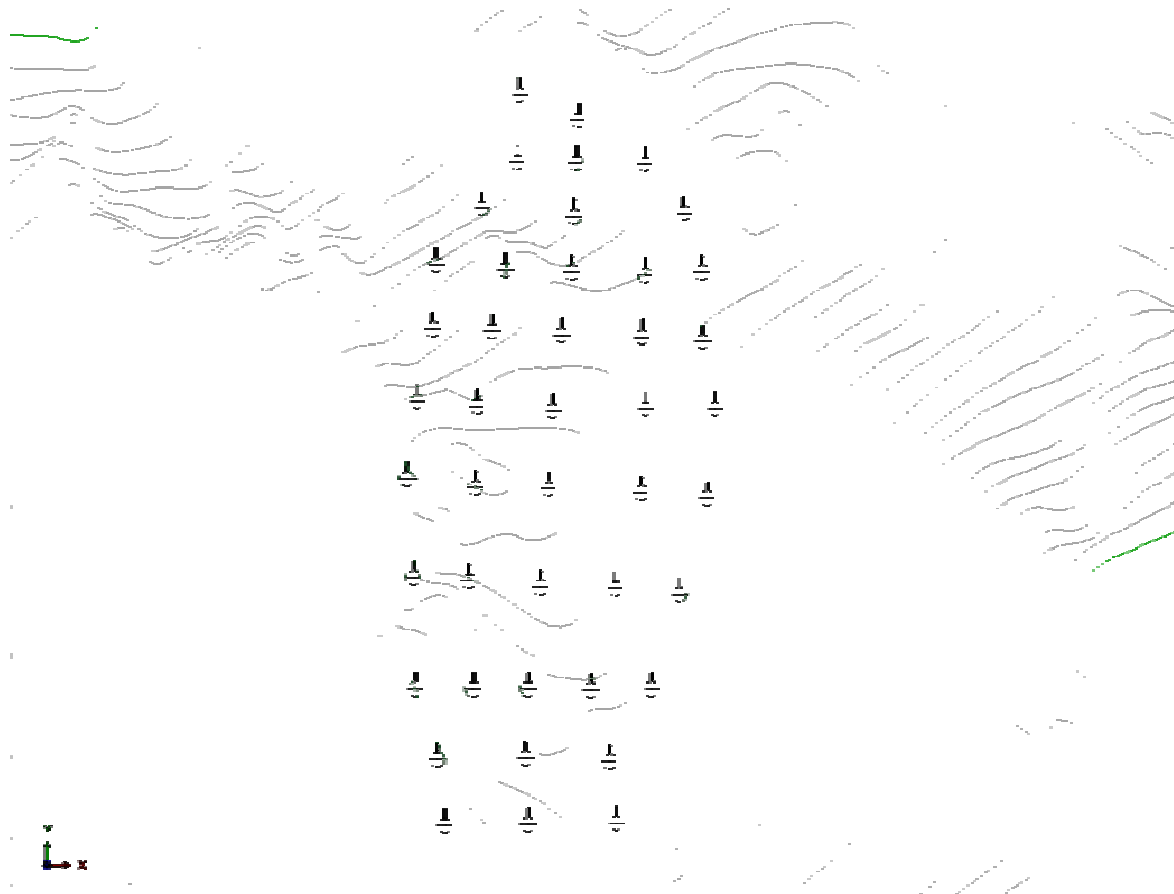
3.1. Έρευνα – εντοπισμός κοιτάσματος

Στην φάση της μεταλλευτικής έρευνας, πολλοί είναι οι παράγοντες οι οποίοι περιορίζουν τις ερευνητικές γεωτρήσεις και εν συνεχεία την δημιουργία του κατάλληλου κάρναβου γεωτρήσεων. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

- Η μεταλλευτική αξία του κοιτάσματος
- Ο τρόπος μεταλλογεννεσής του
- Το βάθος από την επιφάνεια
- Η γεωμετρία του κοιτάσματος
- Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υπερκειμένων του κοιτάσματος
- Το ανάγλυφο της περιοχής

Λαμβάνοντας όλους αυτούς τους παράγοντες υπ' όψιν, και με κριτήριο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια και οικονομικότητα, σχεδιάζεται κάρναβος γεωτρήσεων **28m x 28m**. Όπως είναι κατανοητό ο σχεδιασμός ακολουθείται όπου το επιτρέπει το ανάγλυφο. Ο κάρναβος των ερευνητικών γεωτρήσεων φαίνεται στην εικόνα 3.1.

Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έγιναν με την βοήθεια δύο περιστροφικών δειγματοληπτικών γεωτροπάνων τύπου Atlas Copco Craelius και Boyles επί ελκώθρου με μήκος στελεχών **3m**. Δυστυχώς λόγω του γεγονότος ότι οι γεωτρήσεις έγιναν από προγενέστερη της ΕΛΜΙΝ εταιρεία όπου εκμεταλλευόταν την περιοχή, δεν κατέστη δυνατόν να ανευρεθούν περισσότερα, σχετικά με τα στελέχη και τους δειγματολήπτες που χρησιμοποιήθηκαν. Αξίζει να σημειωθεί ότι καμία από τις καροταρίες δεν ήταν μικρότερη των **65mm**.



Εικόνα 3.1. Κάνναβος ερευνητικών γεωτρήσεων διαστάσεων 28m x 28m.

Κατά την διάρκεια της μεταλλευτικής έρευνας πραγματοποιήθηκαν **44** ερευνητικές γεωτρήσεις στην ευρύτερη περιοχή για την ανεύρεση του κοιτάσματος Κοκκινόλιθος, εκ των οποίων οι **21** βρέθηκαν θετικές ενώ οι υπόλοιπες **23** αρνητικές, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. Δεδομένα Ερευνητικών γεωτρήσεων.

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ(m)	ΒΩΞΙΤΗΣ(m)	ΔΙΑΤΡΗΣΗ(m)
1	KD_01	1942	Αρνητική	45
2	KD_02	1935,24	Αρνητική	45
3	KD_03	1942,58	Αρνητική	60
4	KD_04	1948,63	7	65
5	KD_05	1952,24	7	70
6	KD_06	1953,17	7	65

7	KD_07	1948,07	Αρνητική	65
8	KD_08	1938	Αρνητική	55
9	KD_09	1946,77	10	65
10	KD_10	1944,84	8	55
11	KD_11	1940,16	Αρνητική	50
12	KD_12	1944,51	Αρνητική	60
13	KD_13	1955,4	10	75
14	KD_14	1959,73	9	80
15	KD_15	1962	6	85
16	KD_16	1955,84	Αρνητική	70
17	KD_17	1952,41	6,5	70
18	KD_18	1944,18	Αρνητική	65
19	KD_19	1956,83	9	75
20	KD_20	1951_95	6	85
21	KD_21	1944,79	Αρνητική	78
22	KD_22	1954,91	6	90
23	KD_23	1954,48	Αρνητική	85
24	KD_24	1951,97	8	85
25	KD_25	1951,1	6	90
26	KD_26	1948,52	6,5	80
27	KD_27	1944,07	Αρνητική	75
28	KD_28	1947,37	8	83
29	KD_29	1950	6	85
30	KD_30	1945,87	6	80
31	KD_31	1938,58	Αρνητική	80
32	KD_32	1941,01	7	83
33	KD_33	1937,45	4,5	75
34	KD_34	1935,33	Αρνητική	75
35	KD_35	1932,27	Αρνητική	70

36	KD_36	1944,25	Αρνητική	82
37	KD_37	1946,67	Αρνητική	65
38	KD_38	1950,55	Αρνητική	86
39	KD_39	1937,32	Αρνητική	45
40	KD_40	1943,66	Αρνητική	56
41	KD_41	1949,03	Αρνητική	80
42	KD_42	1951,02	Αρνητική	90
43	KD_43	1933,11	Αρνητική	68
44	KD_44	1927,19	Αρνητική	75

Το συνολικό μήκος των γεωτρήσεων που διατρήθηκαν είναι **3166m** και το μέσο μήκος των γεωτρήσεων είναι **72m**.

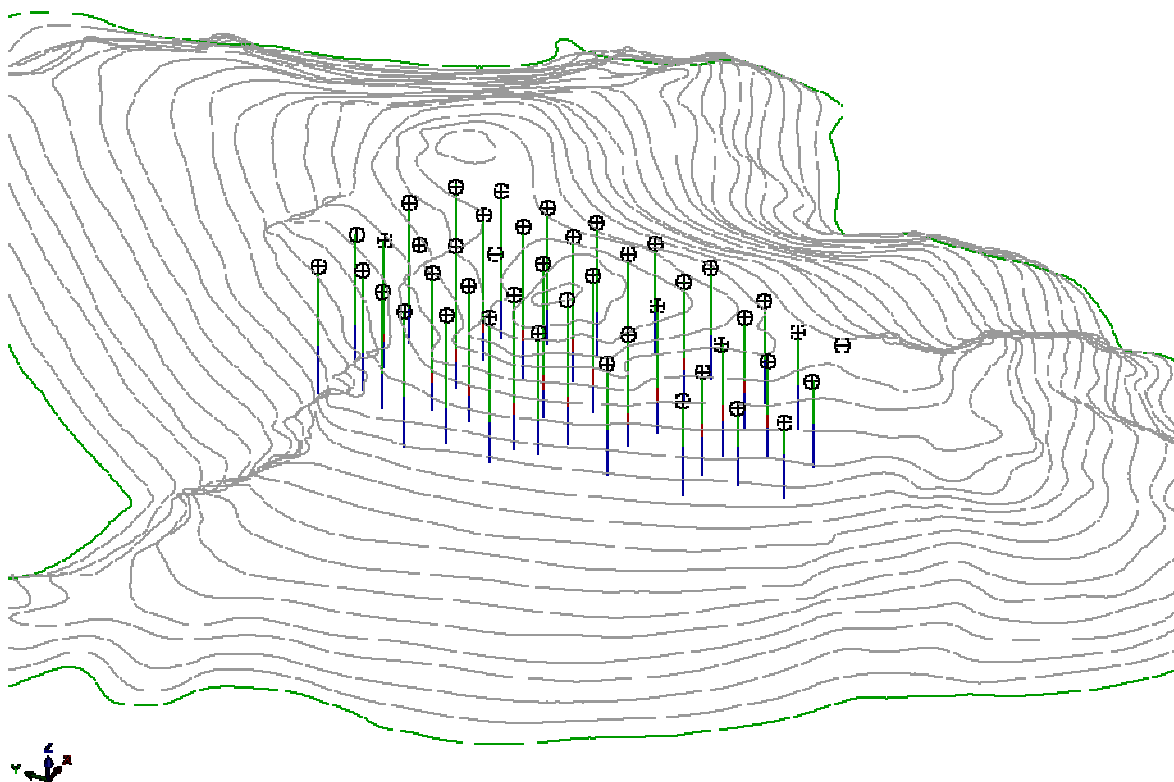
Το ανώτερο σημείο επαφής του ασβεστόλιθου του ταβανιού με το κοιτάσμα βρέθηκε στην γεώτρηση με κωδικό **KD_10** σε απόλυτο υψόμετρο **1913,84m**, σε βάθος **31m** από την επιφάνεια.

Το βαθύτερο σημείο του κοιτάσματος στην επαφή του βωξίτη με τον ασβεστόλιθο του δαπέδου βρέθηκε στην γεώτρηση με κωδικό **KD_33** σε απόλυτο υψόμετρο **1882,45m**, σε βάθος **55m** από την επιφάνεια.

Στις **21** θετικές γεωτρήσεις το πάχος του βωξίτη είναι άνω των **6m** ενώ μόνο σε μία το πάχος είναι μικρότερο από **6m**. Σε καμία των περιπτώσεων το ύψος του κοιτάσματος δεν βρέθηκε λιγότερο των **2m** όπου είναι και το όριο ύψους για τον μηχανολογικό εξοπλισμό. Το μικρότερο ύψος βρέθηκε στα **4,5m** σε μόλις μία γεώτρηση (**KD_33**).

Το μέσο πάχος του κοιτάσματος ανέρχεται περίπου σε **7,1m**, και το μεγαλύτερο πάχος το οποίο εμφάνισαν οι γεωτρήσεις είναι της τάξης των **10m** σε δύο περιπτώσεις (γεωτρήσεις **KD_09, KD_13**).

Οι ερευνητικές γεωτρήσεις απεικονίζονται μέσω του λογισμικού Surpac στην εικόνα 3.2.



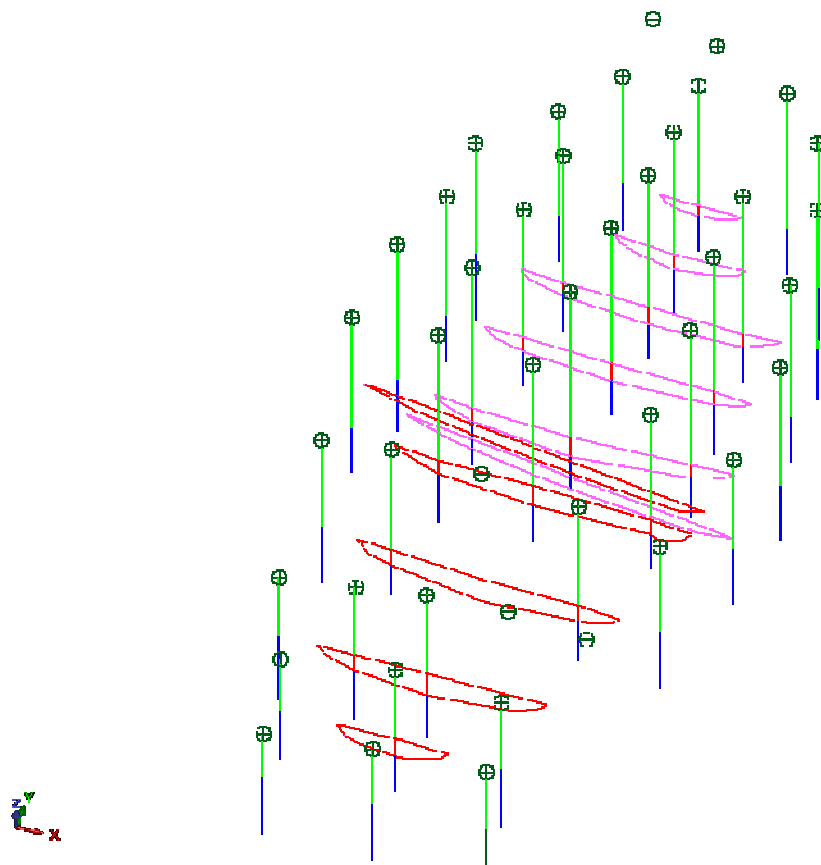
Εικόνα 3.2. Ερευνητικές γεωτρήσεις (διακρίνεται με κόκκινο χρώμα το στρώμα του κοιτάσματος, στις θετικές γεωτρήσεις).

3.2. Οριοθέτηση κοιτάσματος

Τα όρια του κοιτάσματος σχεδιάστηκαν με βάση τα στοιχεία που μας παρείχαν οι γεωτρήσεις, στο λογισμικό *surpac*. Ουσιαστικά σε αυτό το σημείο μη γνωρίζοντας ακριβώς που βρίσκονται τα όρια του κοιτάσματος ακολουθείται στον σχεδιασμό η εξής τεχνική:

Σε κάθε σειρά που περιλαμβάνει θετικές γεωτρήσεις, θεωρούμε ότι τα όρια του κοιτάσματος σε αυτό το σημείο, βρίσκονται στο μέσον της απόστασης μεταξύ της θετικής και της αρνητικής γεώτρησης, οπότε ενώνονται τα σημεία που δείχνουν την επαφή με το ταβάνι, με τα σημεία στο ενδιάμεσο της απόστασης θετικής και αρνητικής γεώτρησης και εν συνεχεία με τα σημεία των δαπέδων.

Με αυτό τον τρόπο ουσιαστικά σχεδιάζεται σε κάθε σειρά θετικών γεωτρήσεων ένα κλειστό πολύγωνο, που ενώνει τα σημεία των ταβανιών και των δαπέδων του κοιτάσματος με τα υποτιθέμενα όρια του, εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3. Τα όρια του κοιτάσματος σε κάθε σειρά θετικών γεωτρήσεων.

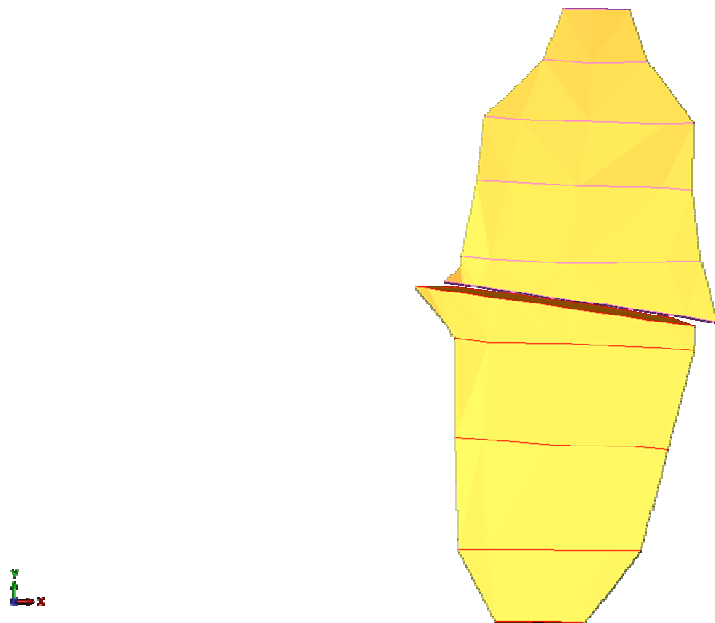
Με αυτό τον τρόπο ουσιαστικά έχει σχεδιαστεί το περίγραμμα του κοιτάσματος σε κάθε σειρά θετικών γεωτρήσεων και είναι αυτό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί προκειμένου να γίνει ο μετέπειτα σχεδιασμός του τρισδιάστατου μοντέλου του κοιτάσματος.

Με βάση τον συμβατικό κανόνα, ότι μεταξύ μιας θετικής και μιας αρνητικής γεώτρησης, το ύψος του κοιτάσματος στο μέσον της απόστασης, είναι ίσο με το μισό του ύψους του κοιτάσματος στην θετική γεώτρηση, το ύψος στα όρια του κοιτάσματος είναι περίπου $3m - 3,5m$, πράγμα που καθιστά εφικτή την μετακίνηση του μηχανολογικού εξοπλισμού εντός των στοών.

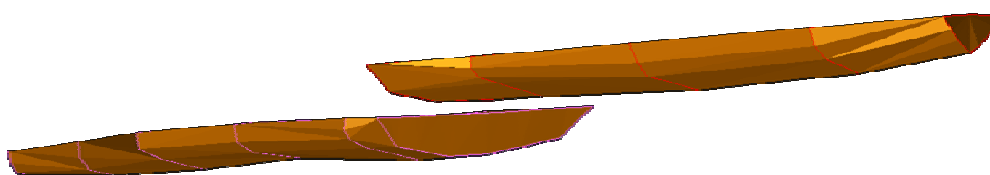
3.3. Αποθέματα

Προκειμένου να υπολογισθούν τα αποθέματα του κοιτάσματος πρέπει να σχεδιασθεί το τρισδιάστατο μοντέλο του. Σε αυτό το σημείο χρησιμοποιούνται τα κλειστά πολύγωνα τα οποία σχεδιάστηκαν παραπάνω. Πρακτικά αυτό που γίνεται σε αυτό το σημείο είναι να

ενωθούν όλα τα πολύγωνα που σχεδιάστηκαν και να σχηματισθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Με αυτό τον τρόπο το λογισμικό αναγνωρίζει το μοντέλο αυτό ως ένα συμπαγές στερεό εικόνες 3.4, 3.5 και έχει την δυνατότητα να υπολογίσει τον όγκο του, εικόνα 3.6.



Εικόνα 3.4. Η τρισδιάστατη μορφή του κοιτάσματος σε κάτοψη.



Εικόνα 3.5. Η τρισδιάστατη μορφή του κοιτάσματος.

Τα αποθέματα in situ υπολογίστηκαν σε $98.099m^3$. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι ο βωξίτης έχει ειδικό βάρος $3,2tn/m^3$ τότε το κοιτάσμα έχει γεωλογικά αποθέματα σε τόνους:

Αποθέματα σε τόνους = ειδικό βάρος $\times m^3 = 3.2 \text{tn}/m^3 \times 98.099 m^3 = 313.916,8 \text{tn in situ}$

```

kokkinolithos volume.not - Notepad
File Edit Format View Help

SOLID MODELLING OBJECT REPORT
Layer Name: union_solids.dtm

Object: 1
Trisolation: 1
Validated = true
Status = solid

Trisolation Extents
X Minimum: -13825.133 X Maximum: -13724.571
Y Minimum: -12426.570 Y Maximum: -12305.634
Z Minimum: 1894.794 Z Maximum: 1913.909
Surface area: 17975
Volume : 55734

Object: 1
Trisolation: 2
Validated = true
Status = solid

Trisolation Extents
X Minimum: -13814.132 X Maximum: -13717.030
Y Minimum: -12318.275 Y Maximum: -12206.005
Z Minimum: 1877.950 Z Maximum: 1892.204
Surface area: 15300
Volume : 42364

Totals - Object: 1
Surface area: 33275
Volume : 98099

```

Εικόνα 3.6. Η αναφορά του λογισμικού Surpac για τον όγκο του κοιτάσματος.

3.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά κοιτάσματος

Από τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις προέκυψε ότι το κοιτάσμα που απαντάται στη περιοχή μελέτης είναι ο ερυθροκαστανός διασπορικός πισολιθικός βωξίτης, αδιάλυτου τύπου του τρίτου ορίζοντα, ο οποίος ενίοτε απαντάται και ως λευκότεφρος διασπορικός, υπό μορφή φακοειδών ή φλεβικών ενδιαστρώσεων, κοντά στην επαφή με τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους. Κοντά στην περιοχή των ρηγμάτων και στην επαφή με τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους παρατηρείται η ύπαρξη κρυσταλλικού ασβεστίτη, καθώς και επικαλύψεις με ασβεστιτικό και αργιλικό υλικό το οποίο έχει προέλθει από την κατείσδυση επιφανειακών υδάτων, από την διάλυση των υπερκείμενων ασβεστολίθων. Ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος βωξίτη, αυτός είναι άριστης ποιότητας,

σχετικά μαλακός, κατάλληλος για μεταλλουργική και άλλες χρήσεις. Από τις χημικές αναλύσεις προέκυψαν τα αποτελέσματα του πίνακα 3.2 σχετικά με την περιεκτικότητα του κοιτάσματος στις παρακάτω ενώσεις.

Πίνακας 3.2. Περιεκτικότητες στοιχείων

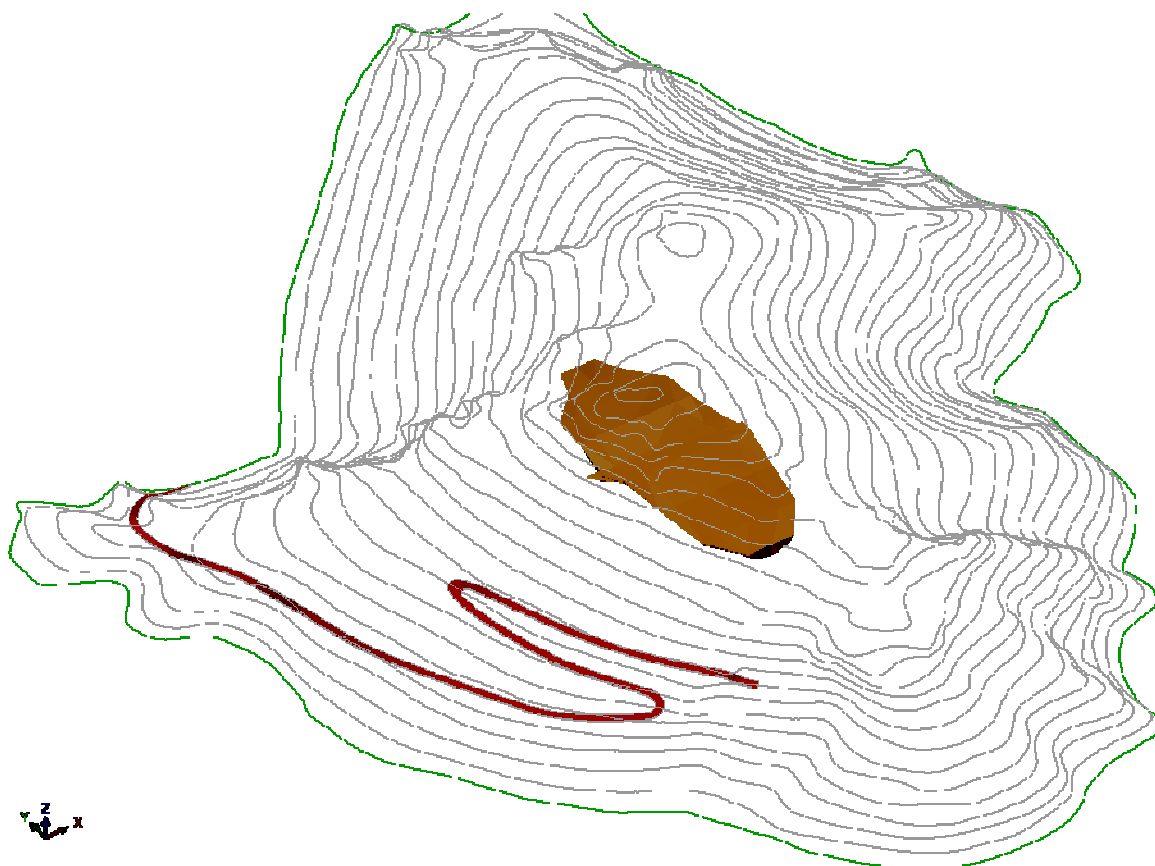
Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	L.O.I
58.0%	1.90%	1.60%	2.10%	28%	12.5%

4. ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ

4.1. Υφιστάμενο δίκτυο

Η προσπέλαση του κοιτάσματος απαιτεί αρχικά την δυνατότητα να μεταφερθεί στην περιοχή του κοιτάσματος μέσω του οδικού δικτύου ο μηχανολογικός και λοιπός εξοπλισμός που απαιτείται για τις προσπελαστικές εργασίες. Αυτό θα καταστεί εφικτό κάνοντας χρήση του ήδη υπάρχοντος μεταλλευτικού δρόμου που ξεκινά από την Καλοσκοπή και είναι μέρος του μεταλλευτικού δικτύου όπου εξυπηρετεί τα υπάρχοντα μεταλλεία στην περιοχή της Γκιώνας. Ο δρόμος αυτός είναι περίπου **30km**, και διέρχεται **500m** περίπου ΒΔ του κοιτάσματος.

Η κλίση του δρόμου είναι περίπου **8%** και όλος ανηφορικός. Το πλάτος του είναι **6m**, η κλίση καμπυλότητας του είναι άνω των **30m** και πληρεί όλες τις προϋποθέσεις του ΚΜΛΕ. Απαιτείται μία μικρή διάνοιξη δρόμου εξωτερικής προσπέλασης έως τα σημεία ενάρξεως των στοών, και συντήρηση – βελτίωση του υπάρχοντος, ο οποίος λόγω της παρατεταμένης μη χρήσης του, σε ορισμένα σημεία έχει διαβρωθεί λόγω βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων, εικόνα 4.1.



Εικόνα 1. Ο μεταλλευτικός δρόμος της περιοχής.

4.2. Κύριες προσπελαστικές στοές

Η ανάπτυξη των προσπελαστικών στοών είναι καίριας σημασίας για κάθε υπόγειο μεταλλευτικό έργο. Είναι ουσιαστικά και πρακτικά το ‘μέσο’ που οδηγεί στο κοίτασμα και δημιουργεί το κύκλωμα για τον αερισμό του μεταλλείου.

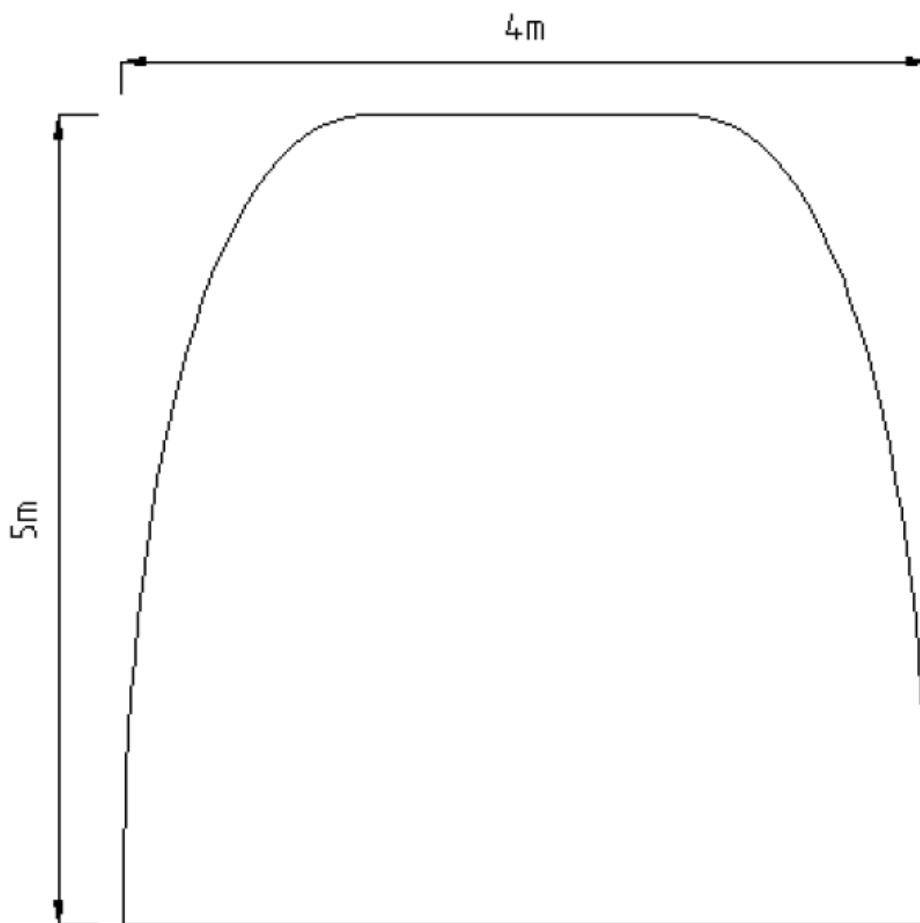
Επιπλέον οι προσπελαστικές στοές συνδέονται άμεσα με τον μηχανολογικό εξοπλισμό, καθώς θα πρέπει να είναι ικανών διαστάσεων για να μην παρουσιάζονται προβλήματα στην κίνηση του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Βέβαια παράλληλα την σημαντικότητά τους στην εκμετάλλευση πρέπει να υπόκεινται σε περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί έχουν να κάνουν τόσο με το μήκος τους όσο και με τις διαστάσεις τους γιατί ορύσσονται εντός στείων πετρωμάτων. Το γεγονός αυτό αυξάνει το κόστος και γι’ αυτό πρέπει να γίνει σωστή επιλογή των θέσεων έναρξης των προσπελαστικών στοών.

Είναι προφανές ότι στόχος είναι η προσπέλαση να γίνει με όσο το δυνατόν μικρότερες σε μήκος και διαστάσεις προσπελαστικές στοές, οι οποίες όμως να πληρούν τις προϋποθέσεις του μηχανολογικού εξοπλισμού.

4.2.1. Περιγραφή – Ανάπτυξη κύριων προσπελαστικών στοών

Η προτεινόμενη διατομή είναι η αψιδωτή, καθώς προσφέρει ευνοϊκότερη διανομή των τάσεων γύρω από την εκσκαφή, έχοντας όμως σαν μειονέκτημα την μικρότερη ωφέλιμη επιφάνεια που προσφέρει σε σχέση με την τραπεζοειδή μορφή. Οι δύο στοές προσπέλασης θα έχουν πλάτος (**D**) **4m** και μέγιστο ύψος (**H**) **5m**, εικόνα 4.2.



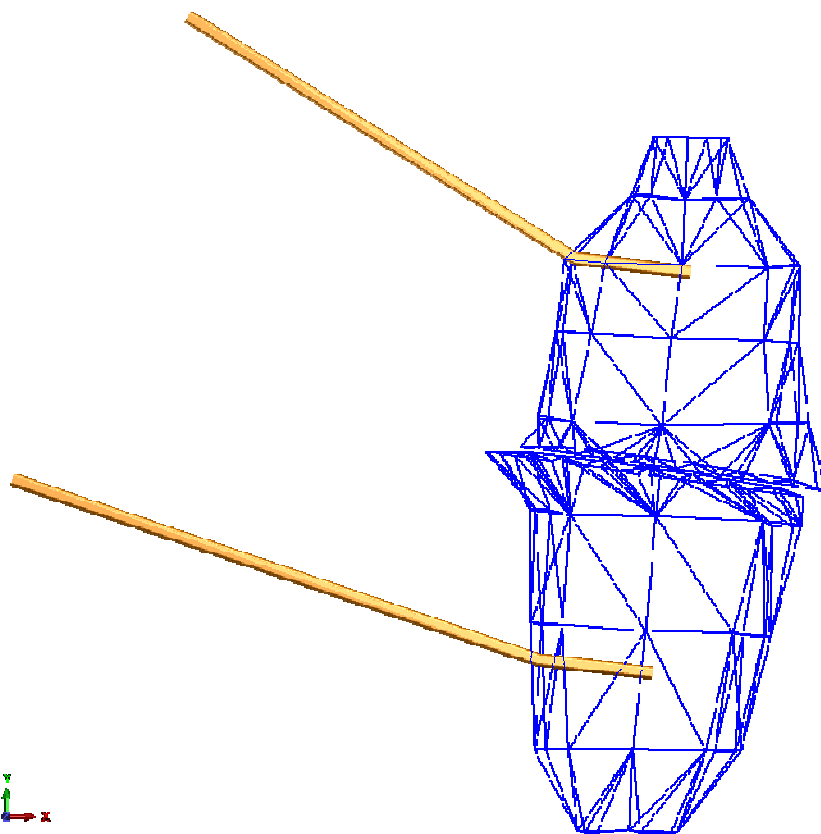
Εικόνα 4.2. Η προτεινόμενη διατομή των στοών προσπέλασης.

Οι δύο προσπελαστικές στοές πρέπει να ορυχθούν όσο το δυνατόν μικρότερες σε μήκος, ώστε να αποφευχθεί αύξηση του κόστους όρυξης τους. Επιπλέον πρέπει να είναι κοντά στον μεταλλευτικό δρόμο ώστε να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος ο δρόμος που θα διανοιχθεί.

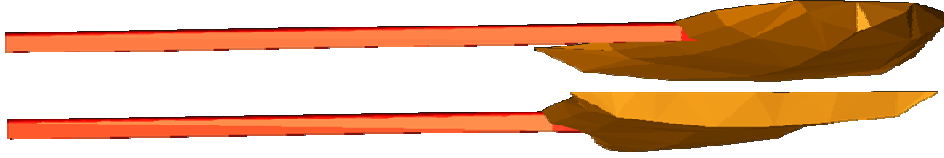
Οι δύο στοές θα ορυχθούν με κλίση προς τα έξω για να βοηθηθεί η αποστράγγιση των υπόγειων υδάτων προς την είσοδο της στοάς, να αποφευχθεί όσο το δυνατόν η κατείσδυσή τους από το συγκεκριμένο σημείο του μεταλλείου στα κατώτερα και να μην επιτρέπεται η είσοδος των όμβριων υδάτων προς το μεταλλείο από την είσοδο των στοών. Επίσης η διάνοιξη των στοών με κλίση προς τα έξω προσφέρει το πλεονέκτημα στα έμφορτα μηχανήματα αποκομιδής του μεταλλείου, που θα εξέρχονται αυτού, της κατηφορικής διαδρομής.

Για να πραγματοποιηθούν οι συγκεκριμένες προσπελαστικές στοές θα πρέπει αρχικά να διαμορφωθεί το ανάγλυφο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολυνθούν οι εργασίες και η πρόσβαση των μηχανημάτων στα σημεία ενάρξεως των στοών.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω οι δύο προσπελαστικές στοές που ορύσσονται είναι η S_1 και η S_2 , εικόνες 4.3, 4.4.

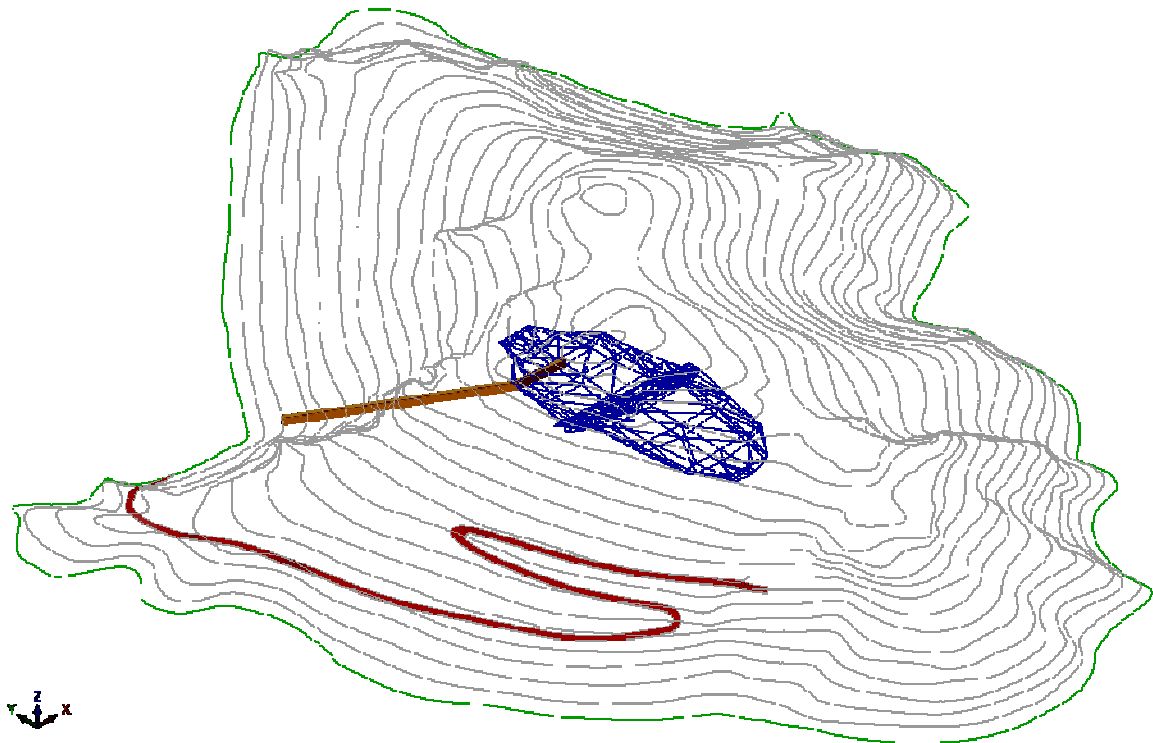


Εικόνα 4.3. Οι προσπελαστικές στοές S_1 και S_2 .



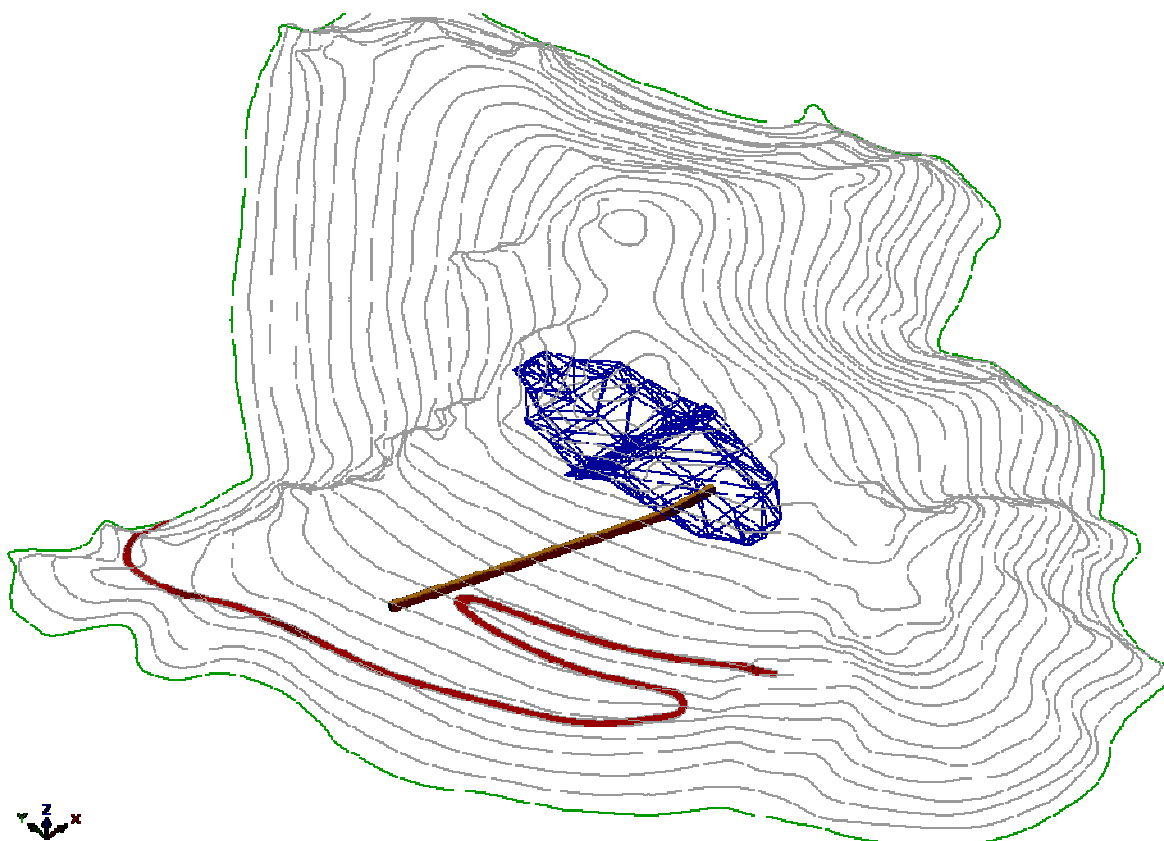
Εικόνα 4.4. Οι προσπελαστικές στοές S_1 και S_2 .

Η στοά S_1 (εικόνα 4.5) ξεκινά από το υψόμετρο **1881m** δυτικά του βόρειου κοιτάσματος και συναντά το βόρειο κείτασμα στο απόλυτο υψόμετρο **1882,5m**. Το συνολικό μήκος της στοάς, έως το κεντροβαρικό σημείο, είναι **181,2m** και η κλίση της είναι **1,1%**. Η στοά S_1 θα χρησιμοποιηθεί ως στοά αποκομιδής.

Εικόνα 4.5. Η στοά προσπέλασης S_1 .

Στην εικόνα 4.5 φαίνεται η στοά προσπέλασης να αλλάζει διεύθυνση στο σημείο που εφάπτεται με το κοίτασμα. Σχεδιάστηκε κατ' αυτό τον τρόπο ώστε να γίνει όσο το δυνατόν μικρότερη διάνοιξη εντός των στείρων πετρωμάτων. Με την αλλαγή διεύθυνσης η στοά κατευθύνεται προς το κεντροβαρικό σημείο του βόρειου κοιτάσματος.

Η στοά S_2 (εικόνα 4.6) ξεκινά από υψόμετρο **1901m** δυτικά του νότιου κοιτάσματος και εφάπτεται του νότιου κοιτάσματος στο απόλυτο υψόμετρο **1904m**. Το συνολικό μήκος της στοάς, έως το κεντροβαρικό σημείο, είναι **212,3m** και η κλίση της είναι **1,72%**. Η στοά S_2 θα χρησιμοποιηθεί ως στοά αερισμού.

Εικόνα 5. Η στοά προσπέλασης S₂.

Όπως και στην στοά S₁ έτσι και στην S₂ παρατηρείται αλλαγή στην διεύθυνση της στοάς στο σημείο επαφής με το κοίτασμα. Σε αυτή την περίπτωση ο σχεδιασμός έγινε κατ' αυτόν τον τρόπο προκειμένου να αποφευχθεί η επαφή της προσπελαστικής στοάς με τον μεταλλευτικό δρόμο και κατ' επέκταση για να γίνει πιο απλός ο μετέπειτα σχεδιασμός των στύλων.

4.2.2. Διάτρηση

Για την διάτρηση θα χρησιμοποιηθεί ντιζελο-υδραυλικό ελαστικοφόρο διατρητικό φορείο (jumbo) της Atlas Corco, το DCS Boomer 281DH. Το jumbo διαθέτει μονό τηλεσκοπικό βραχίονα (μούμα), διατρητικό στέλεχος (μακάπι) μέγιστου μήκους **3,6m** και κοπτικό άκρο (κορώνα) διαμέτρου **45mm**. Κατά την διάτρηση τα θραύσματα απομακρύνονται με συνδυασμό πεπιεσμένου αέρα και νερού. Περισσότερα στοιχεία σχετικά με την διάτρηση αναφέρονται στο κεφάλαιο 6 που περιγράφονται οι εξορυκτικές εργασίες.

4.2.3. Γόμωση - Πυροδότηση

Για την γόμωση των διατρημάτων χρησιμοποιείται συνδυασμός ζελατινοδυναμίτιδας και πετρελαιοαμμωνίτη (ANFO) όταν κοντά στο μέτωπο υπάρχει δίκτυο πεπιεσμένου αέρα ή ζελατινοδυναμίτιδας και εκρηκτικού γαλακτώματος στην αντίθετη περίπτωση.

Η γόμωση των διατρημάτων στην προσπελαστική στοά γίνεται με συνδυασμό ζελατινοδυναμίτιδας και ANFO. Ειδικότερα στα μπουσόν, στα βοηθητικά και τα περιμετρικά χρησιμοποιείται ένα φυσίγγιο ζελατινοδυναμίτιδας ως εκρηκτικό βάσης μαζί με το καψύλλιο και το υπόλοιπο διάτρημα πληρώνεται με ANFO. Οι κορώνες πληρώνονται αποκλειστικά με φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας, ενώ στα ντούκια τοποθετούνται δύο φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας και το υπόλοιπο διάτρημα πληρώνεται με ANFO.

Περισσότερα στοιχεία σχετικά με την πυροδότηση αναφέρονται εκτενώς στο κεφάλαιο 6 όπου περιγράφονται οι εξορυκτικές εργασίες.

4.2.4. Φόρτωση - Μεταφορά

Η φόρτωση του χαλαρωμένου πετρώματος κατά την διάνοιξη των προσπελαστικών στοών αλλά και του μεταλλεύματος κατά την εκμετάλλευση του μεταλλείου γίνεται με την βοήθεια ελαστικοφόρων φορτωτών ST1030 της Atlas Copco. Ο συγκεκριμένος φορτωτής φέρει κάδο $5m^3$, περίπου, και στην περίπτωση του βωξίτη έχει χωρητικότητα υπερπλήρωσης $10tn$.

Κατά το στάδιο της προσπέλασης η μεταφορά και αποκομιδή των στείρων θα γίνεται απευθείας στην πλατεία συγκέντρωσης των στείρων με τον φορτωτή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις στοές προσπέλασης ανά $50m$ θα αναπτυχθούν αναμονές που θα επιτρέπουν τους ελιγμούς των μηχανημάτων στην περίπτωση διασταύρωσης τους, ως καταφύγια για τους εργαζομένους που κυκλοφορούν. Περισσότερα στοιχεία δίδονται στο κεφάλαιο 6.

4.2.5. Αερισμός

Όσον αφορά τον αερισμό των προσπελαστικών στοών κατά την φάση της διάνοιξής τους θα εξασφαλιστεί με την προσωρινή εγκατάσταση φυσικών ανεμιστήρων. Οι ποσότητες

αέρα οι οποίες απαιτούνται κατά την διάνοιξη θα μεταφέρονται μέσω πλαστικών εύκαμπτων αεραγωγών στο μέτωπο. Εκτενέστερη αναφορά για το θέμα του αερισμού γίνεται στο κεφάλαιο 9, τόσο για την φάση της προσπέλασης όσο και για την φάση την εκμετάλλευσης.

4.2.6. Υποστήριξη

Η υποστήριξη των στοών προσπέλασης θα γίνει με κοχλίωση οροφής σε κάνναβο και σε σημεία υψηλού κινδύνου πτώσεις τεμαχών της οροφής θα γίνεται χρήση μεταλλικού πλέγματος. Περισσότερα σχετικά με το θέμα της υποστήριξης, τόσο στις στοές προσπέλασης όσο και στις στοές κατά την φάση της εκμετάλλευσης, αναφέρονται στο κεφάλαιο 6 όπου περιγράφονται πλήρως οι εξορυκτικές εργασίες.

4.2.7. Φωτισμός

Πέραν του ατομικού θα αναπτυχθεί στις προσπελαστικές στοές και κεντρικός φωτισμός καθώς οι συγκεκριμένες θα είναι και οι βασικές στοές του μεταλλείου. Στο κεφάλαιο 10 αναπτύσσεται πλήρως το θέμα του φωτισμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι κεντρικός φωτισμός θα αναπτυχθεί μόνο στις προσπελαστικές στοές.

5. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

5.1. Επιλογή μεθόδου εκμετάλλευσης

Η επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης ενός κοιτάσματος επηρεάζεται από συγκεκριμένους παράγοντες όπως:

- Την θέση του κοιτάσματος στον χώρο και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του (σχήμα, μέγεθος, κλίση).
- Τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος και των περιβαλλόντων πετρωμάτων
- Την ποιότητα και την αξία του μεταλλεύματος
- Τους επιθυμητούς ρυθμούς παραγωγής
- Το κόστος του παραγόμενου προϊόντος
- Την προστασία του περιβάλλοντος

Η μέθοδος όμως που θα επιλεγεί θα πρέπει να διασφαλίζει τρία βασικά κριτήρια:

- Την ασφάλεια των εργαζομένων
- Την οικονομικότητα του κοιτάσματος
- Την μέγιστη δυνατή απόληψη του κοιτάσματος

5.2. Υπόγεια εκμετάλλευση στα ελληνικά βωξίτικα κοιτάσματα

Η πλέον συνήθης μέθοδος σε βωξίτικα κοιτάσματα στην Ελλάδα είναι η μέθοδος των θαλάμων και στύλων. Σημειώνεται ότι οι μέθοδοι εκμετάλλευσης είναι πολλές, αν θεωρήσουμε ότι κάθε κοιτάσμα αποτελεί μοναδική περίπτωση και η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι προσαρμοσμένη στα χαρακτηριστικά του, στην περίπτωση όμως του βωξίτη χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο η μέθοδος των θαλάμων και στύλων με διάφορες παραλλαγές και η μέθοδος διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση οροφής.

Η μέθοδος των θαλάμων και στύλων είναι μέθοδος με κενά και υποστήριξη της οροφής με στύλους βωξίτη. Εφαρμόζεται σε κοιτάσματα βωξίτη με κλίση 30° , πάχος μέχρι $7m - 8m$ και σχετικά ανθεκτικά υπερκείμενα πετρώματα. Σε περίπτωση που το πάχος του βωξίτη

είναι μεγαλύτερο των **8m** τότε χρησιμοποιείται η μέθοδος θαλάμων και στύλων με ξηρή λιθογόμωση.

Στις περιπτώσεις κοιτασμάτων των οποίων η κλίση υπερβαίνει τις **60°** εφαρμόζεται η μέθοδος των διαδοχικών ορόφων με κατακρήμνιση οροφής που αφορά όμως πολύ μικρό αριθμό εκμεταλλεύσεων.

Γενικά πάντως στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εκμετάλλευσης ενός βωξιτικού κοιτάσματος συνεκτιμώνται η γεωλογική του εικόνα, καθώς και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του βωξίτη και των περιβαλλόντων πετρωμάτων προκειμένου να υπάρξει η μεγαλύτερη δυνατή απόληψη και η μικρότερη δυνατή αραιώση του μεταλλεύματος.

Η περιχάραξη γίνεται με στοές ανάλογες των στοών προσπέλασης. Σκοπός της φάσης αυτής είναι η οριοθέτηση μεγάλων τμημάτων της εκμετάλλευσης, η επιβεβαίωση της γεωλογικής εικόνας του κοιτάσματος και η δειγματοληψία των ποιοτικών χαρακτηριστικών του βωξίτη. Οι στοές περιχάραξης ορύσσονται με καθοδηγητικό στοιχείο την ανώτερη επαφή του βωξίτη με τον υπερκείμενο ασβεστόλιθο.

Κατά την φάση της ανάπτυξης ορύσσονται θάλαμοι με αφετηρία τις στοές περιχάραξης. Η απόσταση των αξόνων των θαλάμων είναι περίπου **12m** και ορύσσονται μέχρι τα όρια του κοιτάσματος.

Στη φάση της εξόφλησης οι θάλαμοι που είναι σχεδόν παράλληλοι μεταξύ τους ενώνονται με εγκάρσιες στοές που διευρύνονται τόσο ώστε στο τέλος να εγκαταλειφθούν στύλοι σε απόσταση **12m** (κέντρο με κέντρο στύλου) και προϋπολογιζόμενες διαστάσεις **5m x 5m** περίπου. Η οπισθοχώρηση γίνεται προς το σημείο εισόδου.

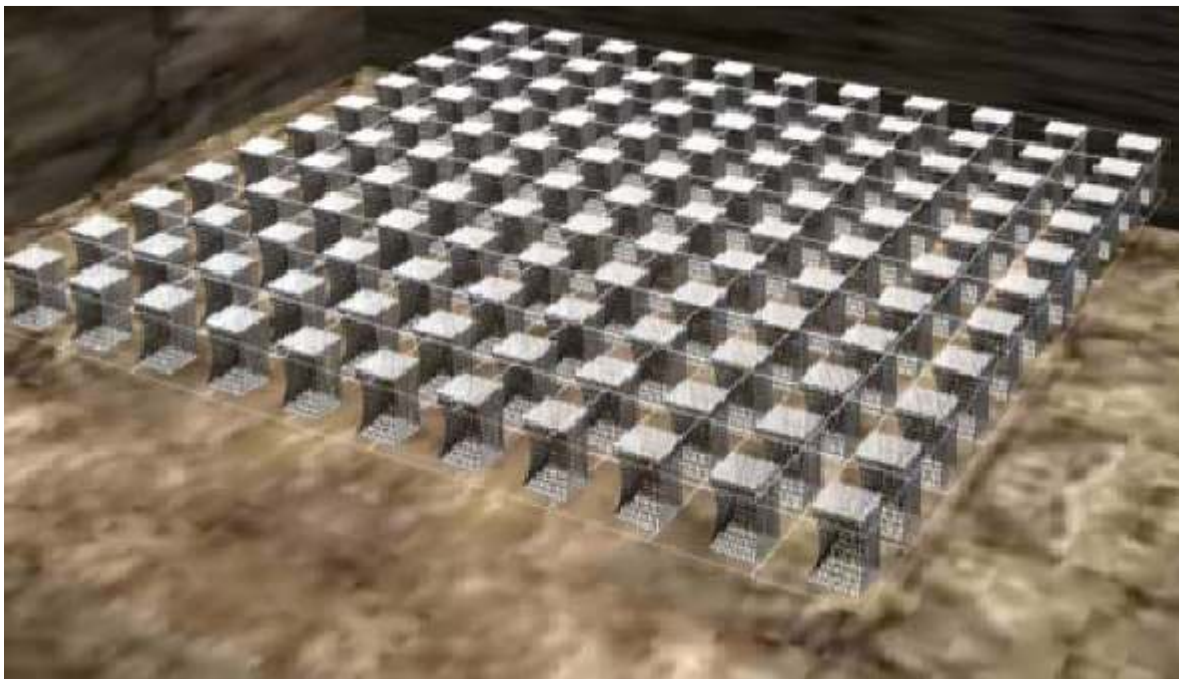
Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ανωτέρω ισχύουν για πάχος κοιτάσματος **5m – 5,5m**. Αν το πάχος του κοιτάσματος κυμαίνεται από **5,5m - 8m** τότε ακολουθείται η εξής τεχνική:

Ορύσσονται κατά τα παραπάνω οι στοές ανάπτυξης στο ταβάνι με ύψος θαλάμου περίπου **5,5m** και κατά την φάση της οπισθοχώρησης λαμβάνεται ο υποκείμενος βωξίτης στις θέσεις όπου το πάχος υπερβαίνει τα **5,5m**. Στο τέλος και πάλι αφήνονται οι στύλοι με διαστάσεις ανάλογες των συνθηκών που αναφέρθησαν παραπάνω.

5.3. Επιλογή μεθόδου στο κοιτάσμα Κοκκινόλιθου

Στο υπό εξέταση κοιτάσμα η μέθοδος εκμετάλλευσης που επιλέγεται είναι η μέθοδος των θαλάμων και στύλων (εικόνα 5.1). Αυτό που οδήγησε στην επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου είναι τα παρακάτω:

- Η κλίση του κοιτάσματος είναι μικρή της τάξης των 5°
- Το πάχος του κοιτάσματος δεν ξεπερνά τα $10m$
- Η μέθοδος παρέχει μεγάλη ασφάλεια και την δυνατότητα εντατικής μηχανοποίησης και άρα μεγάλες αποδόσεις
- Η μέθοδος αυτή έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποδοτική στα βωξίτικα κοιτάσματα του ελληνικού χώρου και υπάρχει τεχνογνωσία στην εφαρμογή της στα συγκεκριμένα κοιτάσματα.
- Η μεταλλευτική εταιρεία ΕΛΜΙΝ χρησιμοποιεί την μέθοδο αυτή στην πλειοψηφία των κοιτασμάτων υπό την κατοχή της και το προσωπικό είναι ιδιαίτερα έμπειρο στην εφαρμογή της μεθόδου
- Τα περιβάλλοντα πετρώματα όπως και ο βωξίτης είναι ανθεκτικά και δεν αναμένονται προβλήματα από την εφαρμογή της μεθόδου



Εικόνα 5.1. Τυπική μορφή ανάπτυξης μεθόδου θαλάμων και στύλων.

5.4. Γενικά περί της μεθόδου

Η μέθοδος των θαλάμων και στύλων αποτελεί εξέλιξη της μεθόδου Breast stope. Στην μέθοδο των θαλάμων και στύλων οι εγκαταλελειμένοι στύλοι κατανέμονται με συμμετρική διάταξη, σε αντίθεση με την προηγούμενη μέθοδο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ομαλή κατανομή των τάσεων και κατά συνέπεια καλύτερο έλεγχο της οροφής και μεγαλύτερη ασφάλεια.

Στην μέθοδο των θαλάμων και στύλων το μετάλλευμα εξορύσσεται όσο το δυνατόν περισσότερο αφήνοντας συγχρόνως τμήματα υπό μορφή στύλων για την υποστήριξη της οροφής. Οι διαστάσεις των ανοιγμάτων και των στύλων εξαρτώνται από τις εξής παραμέτρους:

- Το πάχος του κοιτάσματος
- Τις μηχανικές ιδιότητες του υπερκείμενου σχηματισμού (οροφής)
- Τις μηχανικές ιδιότητες του μεταλλεύματος
- Το εντατικό πεδίο στην ευρύτερη περιοχή

Οι στύλοι μεταλλεύματος τοποθετούνται γενικώς όσο το δυνατόν σε κανονικό σχέδιο και η διατομή τους μπορεί να είναι κυκλικού ή τετράγωνου σχήματος ή να είναι μορφής τοίχων μεγάλου πάχους οι οποίοι διαχωρίζουν τα μέτωπα παραγωγής. Το μετάλλευμα που εγκαταλείπεται στους στύλους μπορεί να απολυφθεί κατά ένα ποσοστό, κατά το τελευταίο στάδιο της εξόφλησης, γενικώς όμως θεωρείται απολεσθέν μετάλλευμα.

5.5. Επιλογές υλοποίησης της μεθόδου θαλάμων και στύλων

Για την υλοποίηση της μεθόδου των θαλάμων και στύλων διακρίνονται τρία διαφορετικά συστήματα ανάπτυξης:

1. Εκμετάλλευση σε οριζόντιο ή σχεδόν οριζόντιο κοίτασμα
2. Εκμετάλλευση σε κεκλιμένα κοιτάσματα (20° - 30°)
3. Εκμετάλλευση κοιτάσματος μεγάλου πάχους

5.5.1. Εκμετάλλευση σε οριζόντιο ή σχεδόν οριζόντιο κοίτασμα

Στην εκμετάλλευση οριζόντιων ή παραοριζόντιων κοιτασμάτων δεν απαιτούνται πολλά προπαρασκευαστικά έργα. Αρχικά η προσπέλαση των κοιτασμάτων γίνεται μέσω δύο τουλάχιστον στοών ή φρεάτων ή οποιουδήποτε συνδυασμού αυτών με σκοπό τόσο την εξυπηρέτηση της μεταφοράς του μεταλλεύματος όσο και την δημιουργία κατάλληλου κυκλώματος αερισμού.

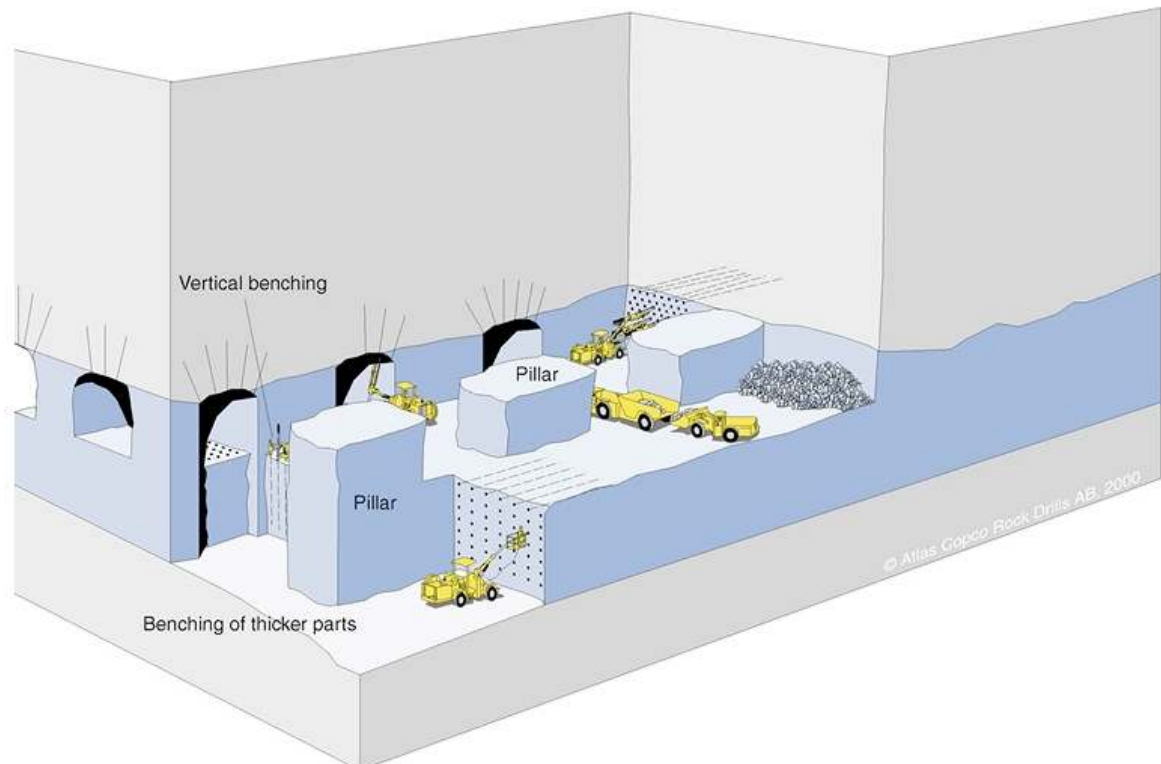
Για την περιχάραξη και την ανάπτυξη της εκμετάλλευσης, αρχικά ορύσσονται ορισμένες στοές για την επικοινωνία του τμήματος εκμετάλλευσης με τις στοές βάσης με σκοπό την εξυπηρέτηση στην μεταφορά του μεταλλεύματος, αλλά στην συνέχεια το ρόλο αυτό εξυπηρετούν οι θάλαμοι που ορύσσονται κατά την εκμετάλλευση.

Η εξόρυξη είτε ακολουθεί συμβατικό κύκλο διάτρησης, ανατίναξης, φόρτωσης, μεταφοράς, και τοπική υποστήριξη με κοχλίες και πλέγματα, είτε πραγματοποιείται με μηχανικά μέσα συνεχούς εξόρυξης- αποκομιδής. Κατά την εξέλιξη των εργασιών εγκαταλείπονται αρχικά κουβέρτες προστασίας του μεταλλεύματος, όπου στη συνέχεια μέσω της διάνοιξης εγκάρσιων αφήνονται στύλοι αρχικά μεγάλης διαμέτρου που κατά το στάδιο της εξόφλησης γίνεται μερική εξόφλησή τους με σκοπό την αύξηση του ποσοστού ανάκτησης. Η διάταξη των στύλων γίνεται με κανονικό τρόπο και το σχήμα των στύλων δύναται να είναι τετράγωνο, ορθογώνιο ή και κυκλικό καθώς και το μέτωπο της εξόφλησης σχηματίζει συνήθως γωνία 45° με την κύρια στοά μεταφοράς για λόγους πρόληψης και ελέγχου της ευστάθειας της οροφής.

Γενικά για κοιτάσματα μεγάλης εκτάσεως υπάρχουν δύο επιλογές. Η πρώτη είναι να η εκμετάλλευση να αρχίσει από τα όρια του κοιτάσματος και η δεύτερη η εκμετάλλευση να αρχίσει από το κέντρο του κοιτάσματος. Η επιλογή του ενός από τους δύο τρόπους εξαρτάται από τις ανάγκες για αερισμό και παραγωγή. Για παράδειγμα εάν αρχίσει η εκμετέλευσή από το μέσον του κοιτάσματος τότε θα υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα και αυξημένες απατήσεις σε αερισμό, αλλά παράλληλα θα επιτευχθεί μεγαλύτερη παραγωγή και καλύτερο έλεγχο αυτής από ότι στην πρώτη περίπτωση.

Σε κοιτάσματα μέτριου πάχους ($5m - 10m$), όπως και στην περίπτωση του εξεταζόμενου κοιτάσματος του Κοκκινόλιθου, εφαρμόζεται πολύ συχνά η μέθοδος θαλάμων και στύλων με ορθές βαθμίδες, που μοιάζει με την αντίστοιχη επιφανειακή εκμετάλλευση και χαρακτηρίζεται από την σταδιακή εγκατάλειψη στύλων μεγάλου μήκους μετά την εξόρυξη

των βαθμίδων. Η μεθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου η οροφή είναι ανθεκτικότερη από το κοίτασμα (εικόνα 5.2).

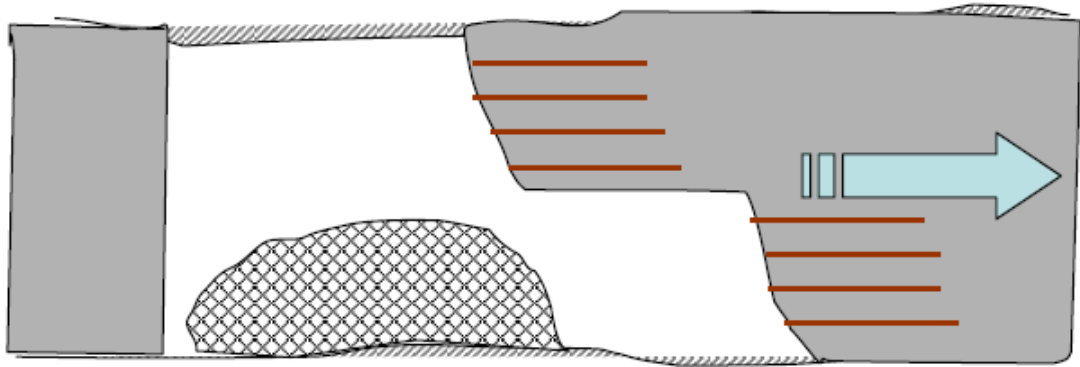


Εικόνα 5.2. Εφαρμογή μεθόδου θαλάμων και στύλων σε κοίτασμα μετρίου πάχους (5-10m).

Διακρίνονται οι ορθές βαθμίδες.

Η μεταφορά του μεταλλεύματος κατά τον συμβατικό κύκλο εξόρυξης γίνεται με ντιζελοκίνητα οχήματα τύπου LHD που λειτουργούν είτε αυτόνομα είτε σε συνδυασμό με φορητά αν αυτό είναι επιτρεπτό από τις διαστάσεις των ανοιγμάτων. Στην περίπτωση των ανθρακορυχείων τα μηχανήματα μηχανικής εξόρυξης συνδυάζονται με μεταφορικές ταινίες ώστε να μην υπάρχουν καθυστερήσεις στην μεταφορά.

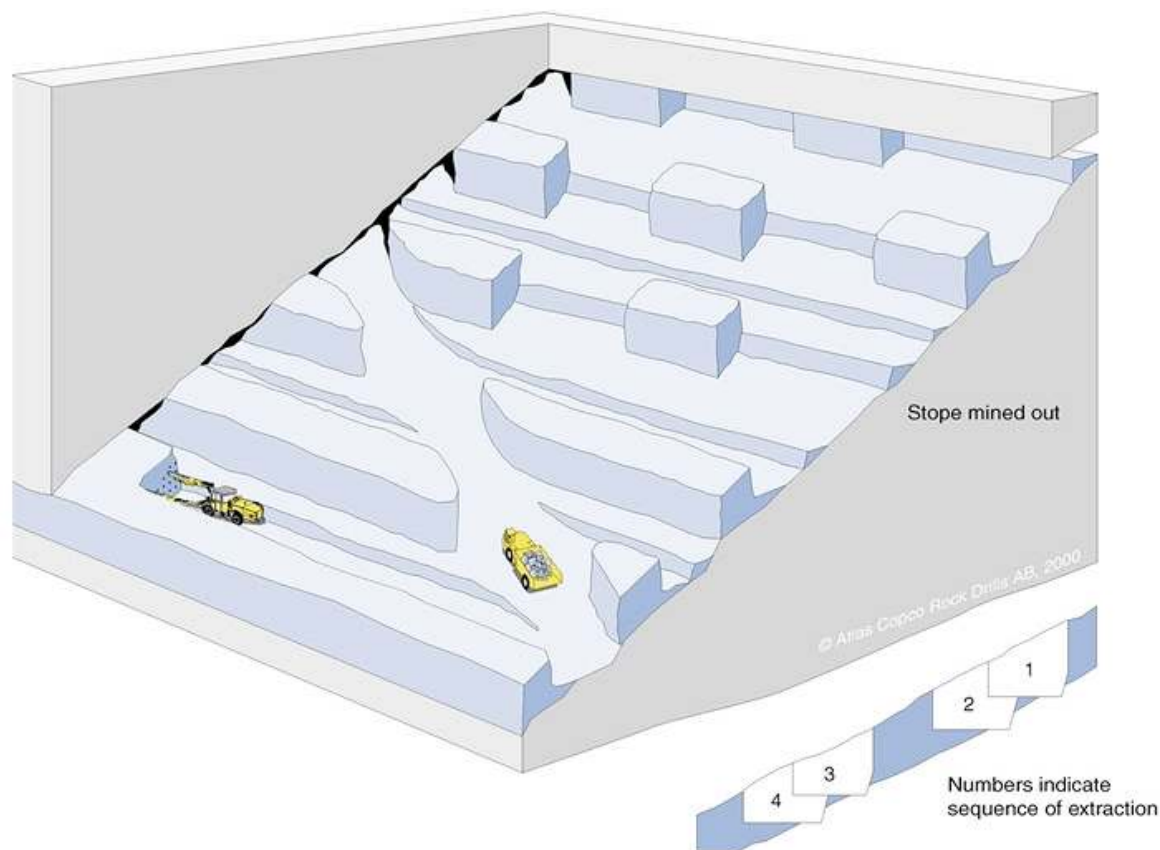
Στην περίπτωση όπου το μέταλλευμα είναι ανθεκτικότερο από την οροφή τότε εφαρμόζεται η μέθοδος των ανεστραμένων βαθμίδων. Η συγκεκριμένη μέθοδος χαρακτηρίζεται από μεγάλο κόστος. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός διάτρησης προσεγγίζει το μέτωπο με την βοήθεια ράμπας που διαμορφώνεται από το σωρό με το θραυσμένο μέταλλευμα (εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3. Μέθοδος ανεστραμμένων βαθμίδων. Διακρίνεται η χρήση ράμπας από θραυσμένο μέταλλευμα για την όρυξη της οροφής.

5.5.2. Εκμετάλλευση σε κεκλιμένα κοιτάσματα

Στις εκμεταλλεύσεις κεκλιμένων κοιτασμάτων εφαρμόζεται η μέθοδος εκμετάλλευσης με βαθμίδες πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο, η οποία επιτρέπει την λειτουργία αυτοκινούμενου εξοπλισμού στα μέτωπα εργασίας. Για τον σκοπό αυτό από την βάση ορύσσονται ανωφερικές διαγώνιες στοές μέχρι το ανώτατο σημείο του τμήματος εκμετάλλευσης. Εν συνεχεία η εξόφληση γίνεται μέσω διευθύντικων στοών που ορύσσονται από τις αρχικές διαγώνιες. Η εκμετάλλευση προχωρεί από το ανώτερο στο κατώτερο σημείο του τμήματος όπου βρίσκεται η κύρια στοά μεταφοράς και γίνεται η αποκομιδή του προϊόντος (εικόνα 5.4).



Εικόνα 5.4. Εφαρμογή μεθόδου θαλάμων και στύλων σε κεκλιμένο επίπεδο με βαθμίδες.

5.5.3. Εκμετάλλευση κοιτασμάτων μεγάλου πάχους

Αυτή η παραλλαγή της μεθόδου των θαλάμων και στύλων εφαρμόζεται σε κοιτάσματα με μέτρια κλίση με την διαφορά ότι τα πάχη τους ξεπερνούν τα **10m**.

Η περιχάραξη και η ανάπτυξη του κοιτάσματος γίνεται από τα βαθύτερα σημεία του κοιτάσματος.

Οι στύλοι δεν αφήνονται ελεύθεροι να στηρίζουν την οροφή αλλά γίνεται λιθογόμωση προς αύξηση της αντοχής τους και για να δημιουργηθεί νέο ανυψωμένο πάτωμα για την διεύρυνση των θαλάμων προς τα πάνω.

Έτσι σε γενικές γραμμές ορύσσονται οι θάλαμοι με ύψος περίπου **6m**, ακολουθεί η πλευρική διεύρυνσή τους, η τελική μείωση των διαστάσεων των στύλων και τέλος γίνεται μερική λιθογόμωση σε τέτοιο ύψος ώστε να μπορούν να κινηθούν άνετα τα μηχανήματα εξόρυξης. Έπειτα με όρυξη διατηρημάτων σε σχήμα βεντάλιας στην οροφή επιτυγχάνεται η άνοδος της εκμετάλλευσης καθώς χρησιμοποιείται ως πάτωμα η λιθογόμωση. Το μήκος

της εκμετάλλευσης και το πάχος του βωξίτη που λαμβάνεται κάθε φορά είναι περίπου **2m - 2,5m**.

Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να συναντηθεί η επαφή του βωξίτη με τον υπερκείμενο ασβεστόλιθο, οπότε είτε εφαρμόζεται η μέθοδος στην τυπική της μορφή αφήνοντας δηλαδή τους στύλους ελεύθερους είτε συνεχίζεται η λιθογόμωση μέχρι την οροφή για καλύτερη προστασία της.

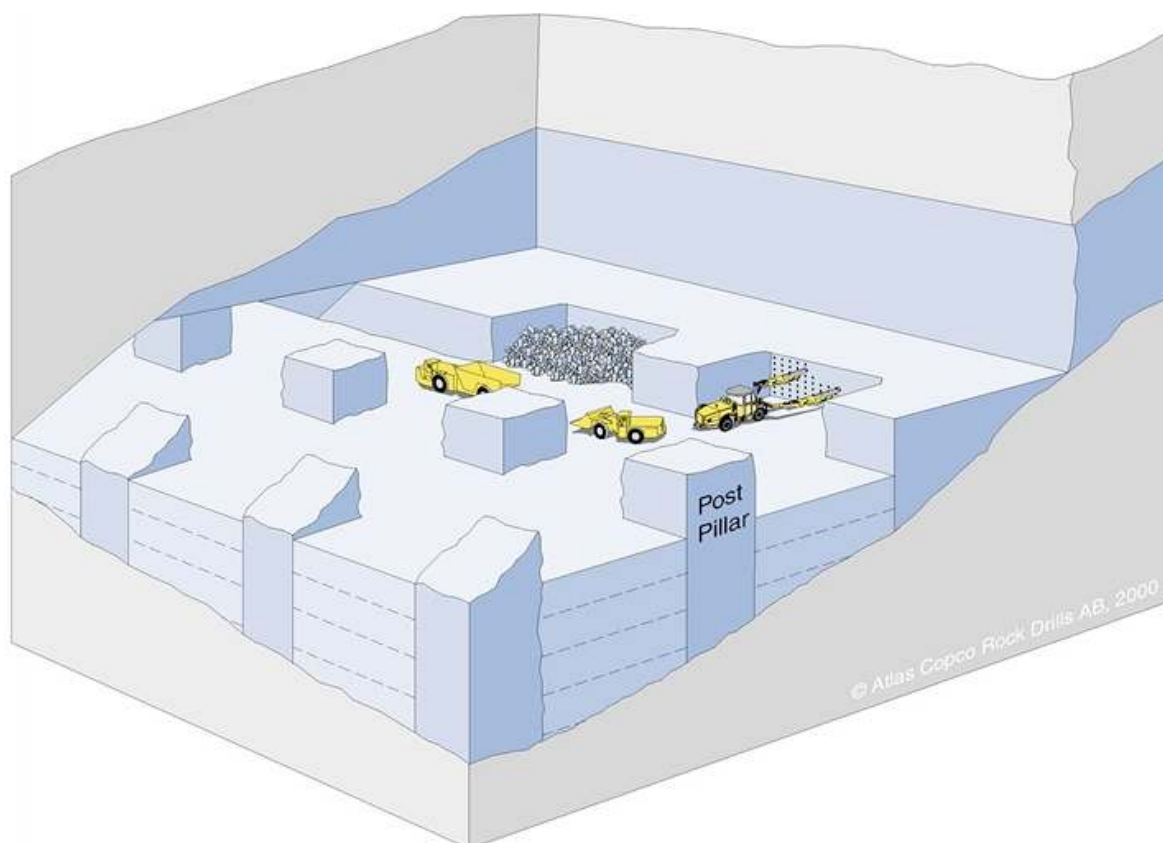
Η προσπέλαση στο κάτω μέρος του κοιτάσματος γίνεται είτε με ράμπα, είτε με κεκλιμένη στοά που έχει πάντα σαν αφετηρία την κεντρική στοά προσπέλασης. Η κλίση των στοών αυτών είναι περίπου **10%** για να εξυπηρετείται η μεταφορά.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η στοά περιχάραξης ορύσσεται με κλίση **-10%** ώστε με την άνοδο της εκμετάλλευσης σε υψηλότερα επίπεδα και με κατάλληλες εργασίες (προσχώσεις με στείρα) να επιτυγχάνεται αύξηση της κλίσης μέχρι και **+10%**.

Με τον τρόπο αυτό και σε συνδυασμό με το μήκος της στοάς μπορεί να επιτευχτεί και εξυπηρέτηση του κοιτάσματος με μια μόνο στοά και για κοιτάσματα με πάχος μεγαλύτερο των **20m**.

Η λιθογόμωση γίνεται με τους συνήθεις φορτωτές του μεταλλείου. Στα πλαίσια όμως της περαιτέρω μηχανοποίησης των εργασιών έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ειδικό μηχάνημα μεταφοράς και εκτόξευσης του υλικού της λιθογόμωσης. Τέλος ως υλικό λιθογόμωσης χρησιμοποιείται το στείρο προϊόν της εξόρυξης (ασβεστόλιθος). Η δε λιθογόμωση γίνεται είτε παράλληλα με την διεύρυνση του θαλάμου είτε με την ολοκλήρωση της διεύρυνσης.

Η εφαρμογή της μεθόδου θαλάμων και στύλων για την περίπτωση μεγάλου πάχους κοιτάσματος φαίνεται στην εικόνα 5.5.



Εικόνα 5.5. Εκμετάλλευση κοιτάσματος μεγάλου πάχους με την μέθοδο θαλάμων και στύλων. Διακρίνεται η λιθογόμωση με τις διακεκομμένες γραμμές.

5.6. Περιγραφή μεθόδου εκμετάλλευσης στο υπό εξέταση κοιτάσμα

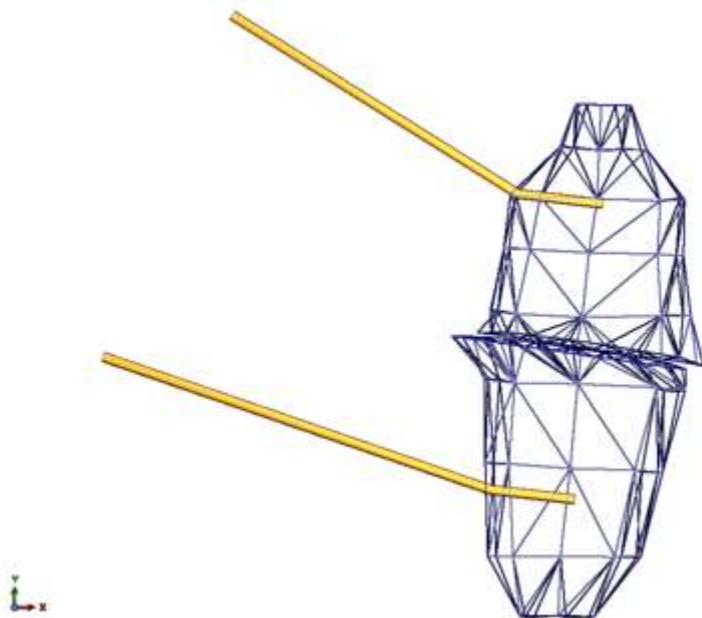
5.6.1. Προπαρασκευή

Στο υπό εξέταση κοιτάσμα η παραλλαγή της μεθόδου που θα εφαρμοσθεί, είναι η μέθοδος θαλάμων και στύλων σε οριζόντιο ή σχεδόν οριζόντιο κοιτάσμα.

Το υπό εξέταση κοιτάσμα έχει πάχος το οποίο κυμαίνεται από **4,5m** στο πιο ρηχό σημείο του, έως **10m** στο βαθύτερο σημείο. Ο μέσος όρος βάθους δεν ξεπερνά τα **7,2m**. Το κοιτάσμα λοιπόν θεωρείται μέτριου πάχους (**5m – 10m**) και θα εφαρμοσθεί όπου χρειάζεται λόγω βάθους η μέθοδος των ορθών βαθμίδων.

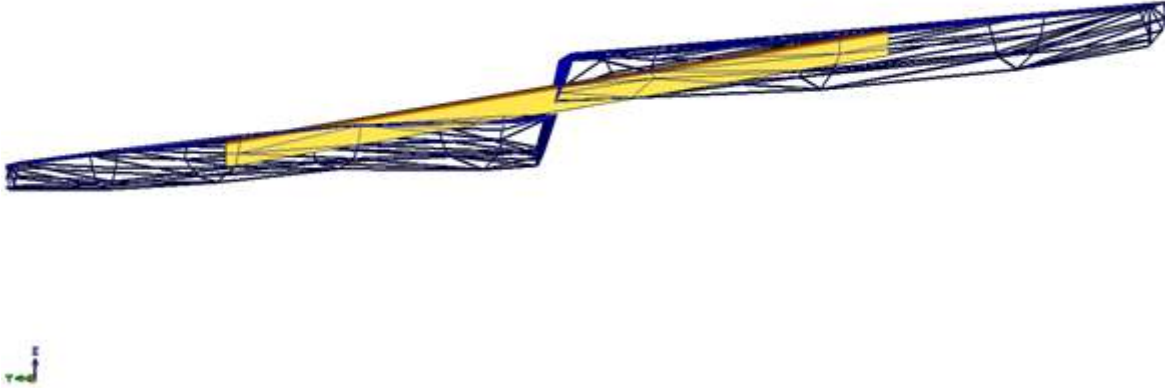
Με την όρυξη των προσπελαστικών στοών, στην επαφή τους με το κοιτάσμα αρχίζει ουσιαστικά η εκμετάλλευση του κοιτάσματος, καθώς οποιαδήποτε όρυξη στοάς εντός αυτού υποδηλώνει αυτόματα και παραγωγή βωξίτη.

Στο σημείο επαφής με το κοιτάσμα αρχίζει η φάση της περιχάραξης αυτού, αρχικά με την προχώρηση των προσπελαστικών εντός του κοιτάσματος, έως το κέντρο περίπου των δύο μερών του κοιτάσματος (εικόνα 5.6).



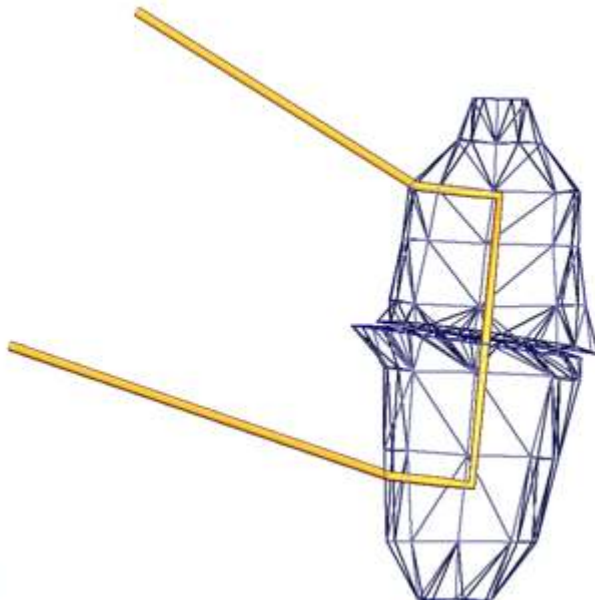
Εικόνα 5.6. Οι προσπελαστικές στοές του κοιτάσματος S_1 και S_2 .

Στο σημείο αυτό ξεκινά η όρυξη της στοάς S_3 , της οποίας οι διαστάσεις είναι όμοιες με αυτές των προσπελαστικών δηλαδή $4m \times 5m$. Το μήκος της στοάς είναι $127,6m$. Η στοά S_3 ουσιαστικά θα ενώσει τα δύο μέρη του κοιτάσματος περίπου στο κέντρο τους. Η κλίση της βασικής στοάς θα είναι περίπου 17% όπου είναι και το μέγιστο αποδεκτό ποσοστό κλίσης. Δυστυχώς δεν υπήρχε περαιτέρω δυνατότητα εξομάλυνσης της κλίσης καθώς το άλμα του ρήγματος περίπου $10m$ δεν το επέτρεπε. Βέβαια υπάρχει και η περίπτωση να γίνει αν τελικά χρειαστεί διαμόρφωση με μικρό ελικοειδές κεκλιμένο για να μειωθεί η κλίση. Η στοά S_3 φαίνεται στην εικόνα 5.7.

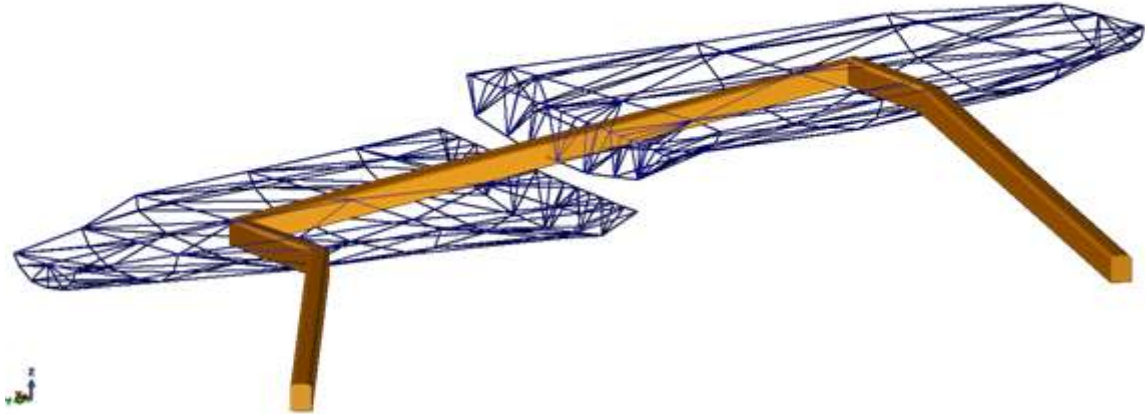


Εικόνα 5.7. Η στοά S₃.

Με το πέρας των εργασιών ένωσης της στοάς S₃, ουσιαστικά έχουν τελειώσει όλα τα προπαρασκευαστικά έργα, και επιπλέον έχει αναπτυχθεί και το βασικό σύστημα αερισμού του μεταλλείου όπως φαίνεται και στις εικόνες 5.8, 5.9.

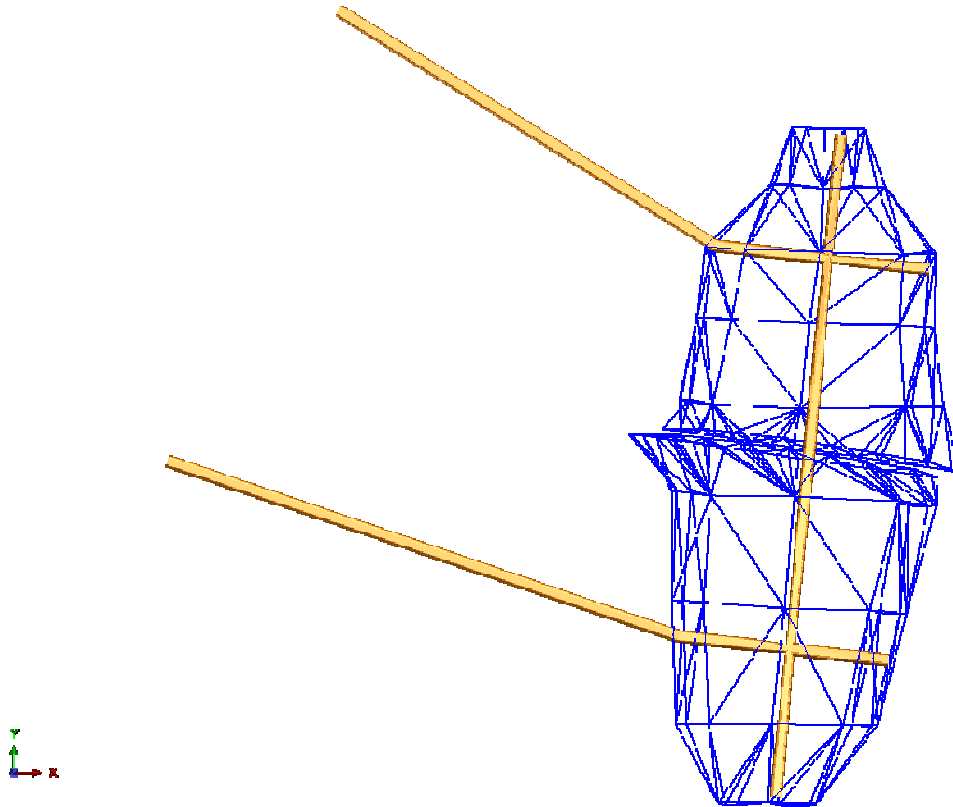


Εικόνα 5.8. Τα βασικά προπαρασκευαστικά έργα.



Εικόνα 5.9. Τα βασικά προπαρασκευαστικά έργα.

Από τα κεντρικά σημεία όπου οι προσπελαστικές στοές έστριψαν προκειμένου να ενωθούν το άνω και το κάτω μέρος του κοιτάσματος δημιουργώντας και την βασική στοά, συνεχίζει η όρυξη των στοών αυτών, έως ότου απαντηθούν τα όρια του κοιτάσματος κατά μήκος και κατά πλάτος. Στο σημείο αυτό το άνω και κάτω μέρος του κοιτάσματος έχουν χωρισθεί σε τέσσερα κομμάτια, τα όρια του κοιτάσματος έχουν πλέον αποσαφηνισθεί και είμαστε σε θέση να ξεκινήσουμε την εφαρμογή της μεθόδου εκμετάλλευσης (εικόνα 5.10).

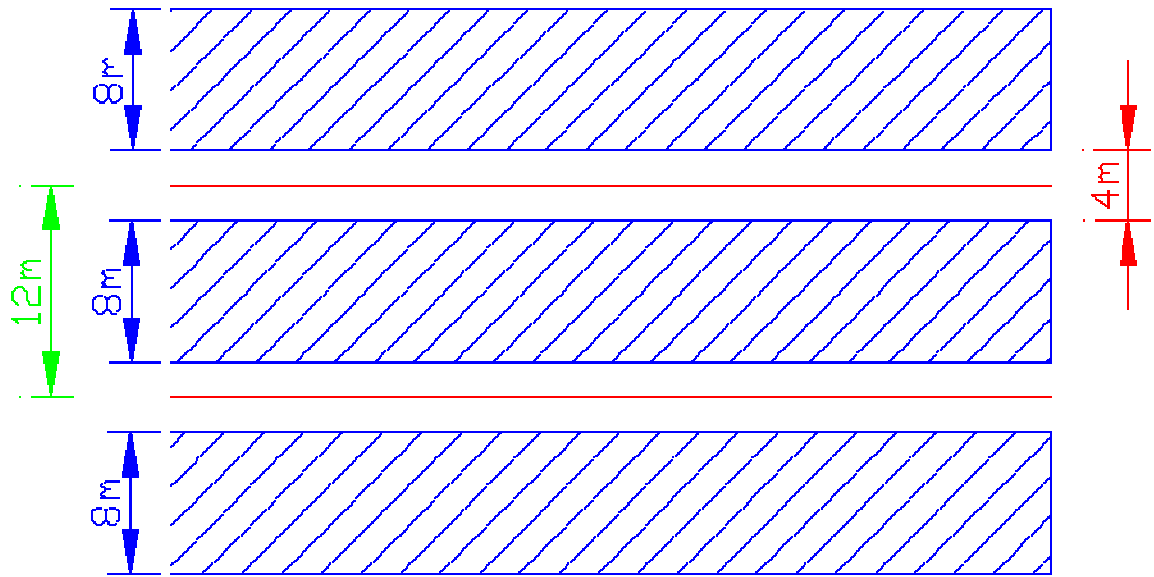


Εικόνα 5.10. Οι προσπελαστικές στοές επεκτείνονται έως ότου απαντηθούν τα όρια του κοιτάσματος.

5.6.2. Ανάπτυξη μεθόδου

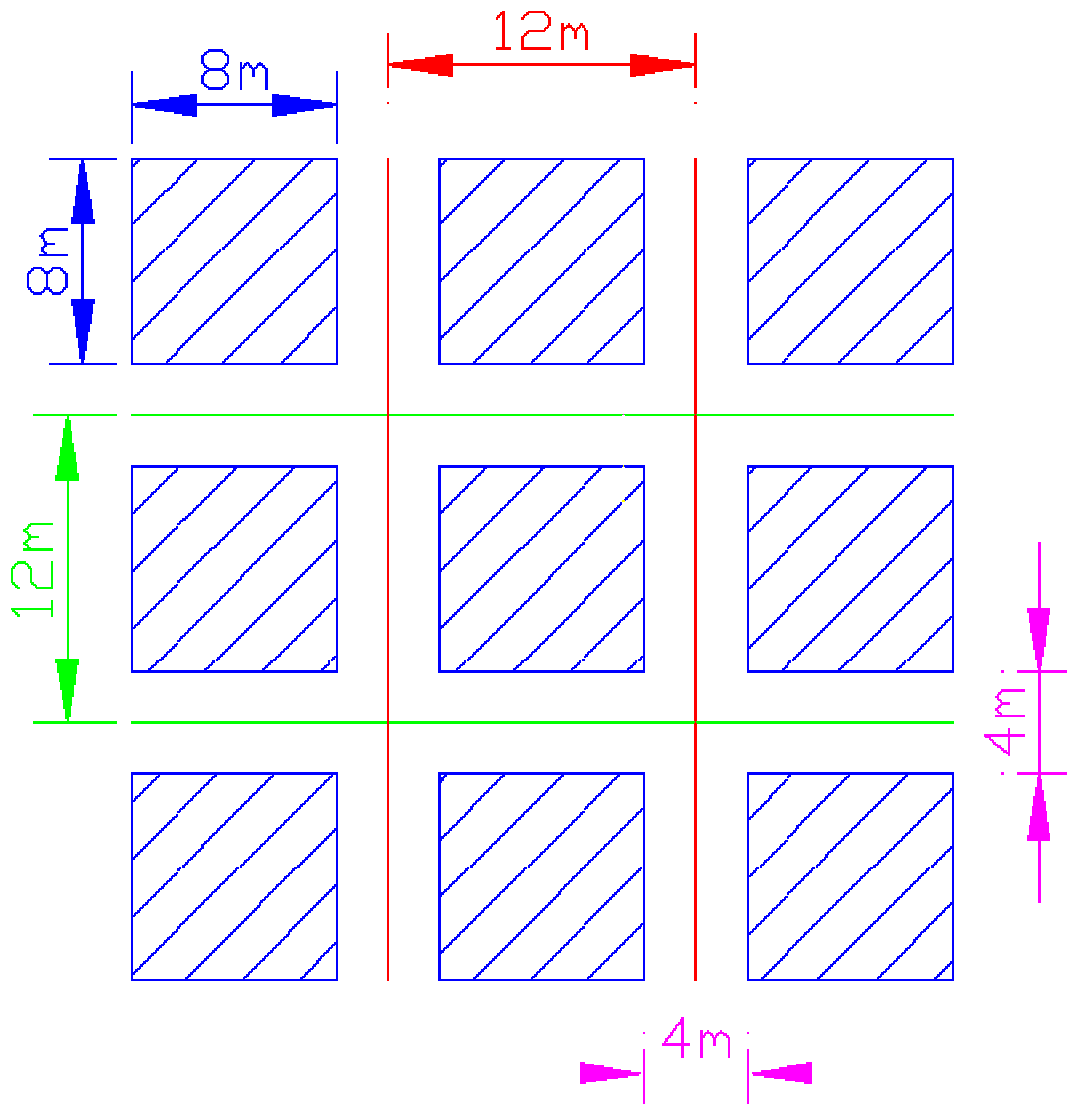
Με το πέρας των προπαρασκευαστικών εργασιών ξεκινά και το βασικό τμήμα της εκμετάλλευσης, αυτό της ανάπτυξης των θαλάμων και των στύλων.

Αρχικά θα ξεκινήσει η παράλληλη με την βασική στοά όρυξη στοών. Η απόσταση μεταξύ των αξόνων τους είναι **12m**. Με αυτό τον τρόπο θα δημιουργηθούν επιμήκης στύλοι πλάτους **8m** και ύψους **5m**. Η απόσταση μεταξύ τους θα είναι όσο και το άνοιγμα μιας στοάς δηλαδή **4m** (εικόνα 5.11).



Εικόνα 5.11. Δημιουργία επιμηκών στύλων πλάτους 8m. Η απόσταση μεταξύ τους ίση με το πλάτος μιας στοάς δηλαδή 4m.

Εν συνεχεία θα ορυχθούν οι εγκάρσιες στοές όπου οι άξονες τους θα απέχουν μεταξύ τους **12m**. Με αυτό τον τρόπο θα δημιουργηθούν στύλοι με διαστάσεις **8m x 8m** οι οποίοι από κέντρο σε κέντρο θα απέχουν μεταξύ τους **12m** (εικόνα 5.12).



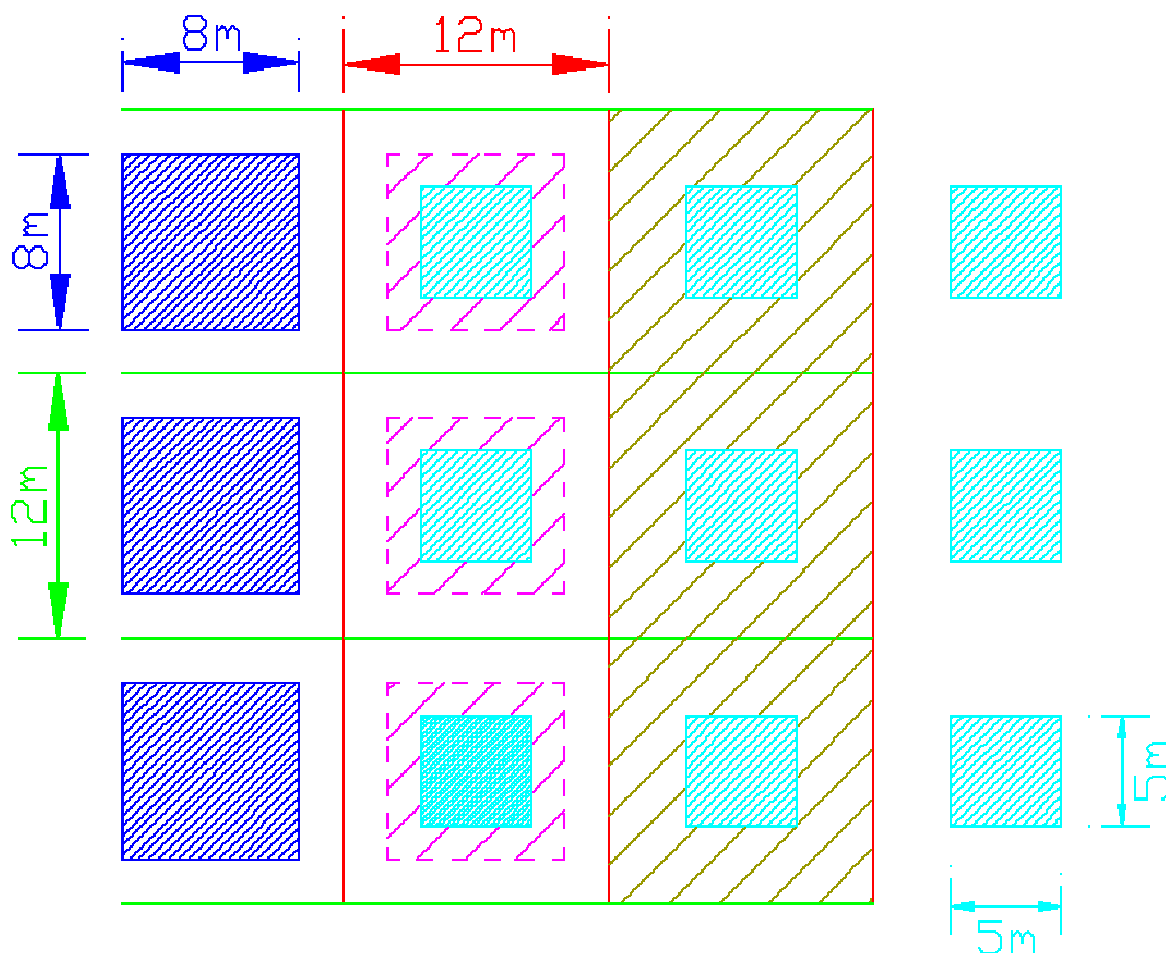
Εικόνα 5.12. Δημιουργία στύλων διαστάσεων 8m x 8m με την όρυξη εγκάρσιων στοών, που οι άξονες τους απέχουν μεταξύ τους 12m.

Επιπλέον θα αναπτύσσεται και η στοά περιχάραξης του μεταλλείου προκειμένου να διασαφηνιστούν και τα όρια του κοιτάσματος.

Παράλληλα με την όρυξη των θαλάμων θα διενεργείται και η υποστήριξη της οροφής όπως αυτή περιγράφεται στο κεφάλαιο 6 των εξορυκτικών εργασιών.

5.6.3. Εξόφληση

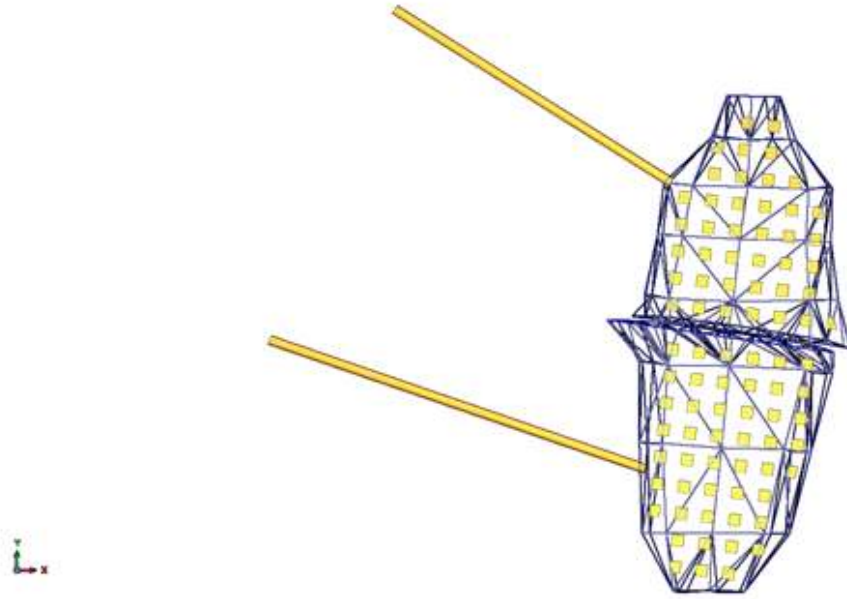
Κατά την φάση της εξόφλησης θα αρχίσει η απομείωση των στύλων σε διαστάσεις $5m \times 5m$ και η εξόρυξη των τμημάτων όπου ξεπερνούν τα $5m$ σε πάχος με την όρυξη των κατώτερων τμημάτων (εικόνα 5.13).



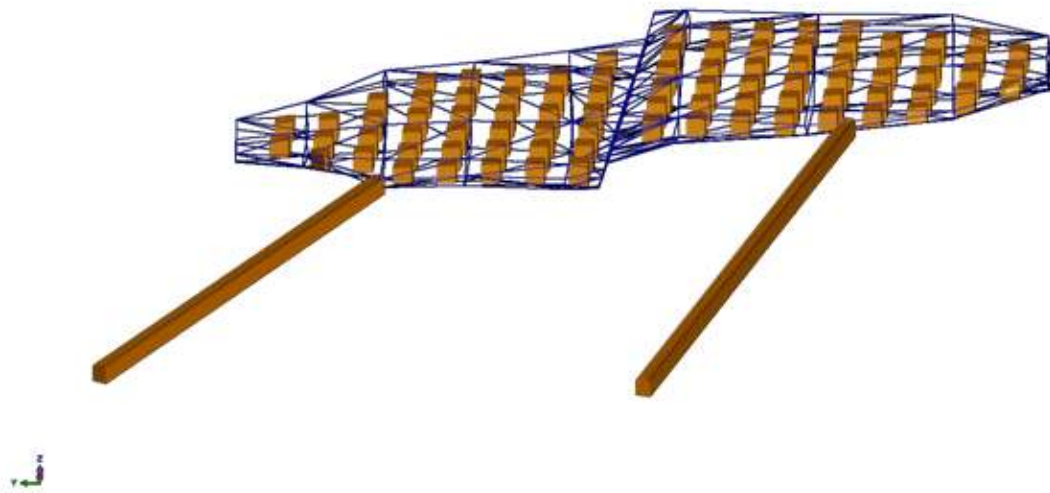
Εικόνα 5.13. Η φάση της εξόφλησης. Στην πρώτη φάση διακρίνεται η απομείωση των στύλων σε διαστάσεις $5m \times 5m$, και ακολουθεί η όρυξη των κατώτερων τμημάτων.

Η εξόφληση θα ξεκινήσει από τα άκρα του κοιτάσματος οπισθοχωρώντας προς την βασική στοά.

Με το πέρας όλων των εργασιών το μεταλλείο θα είναι όπως φαίνεται στις εικόνες 5.14, 5.15.

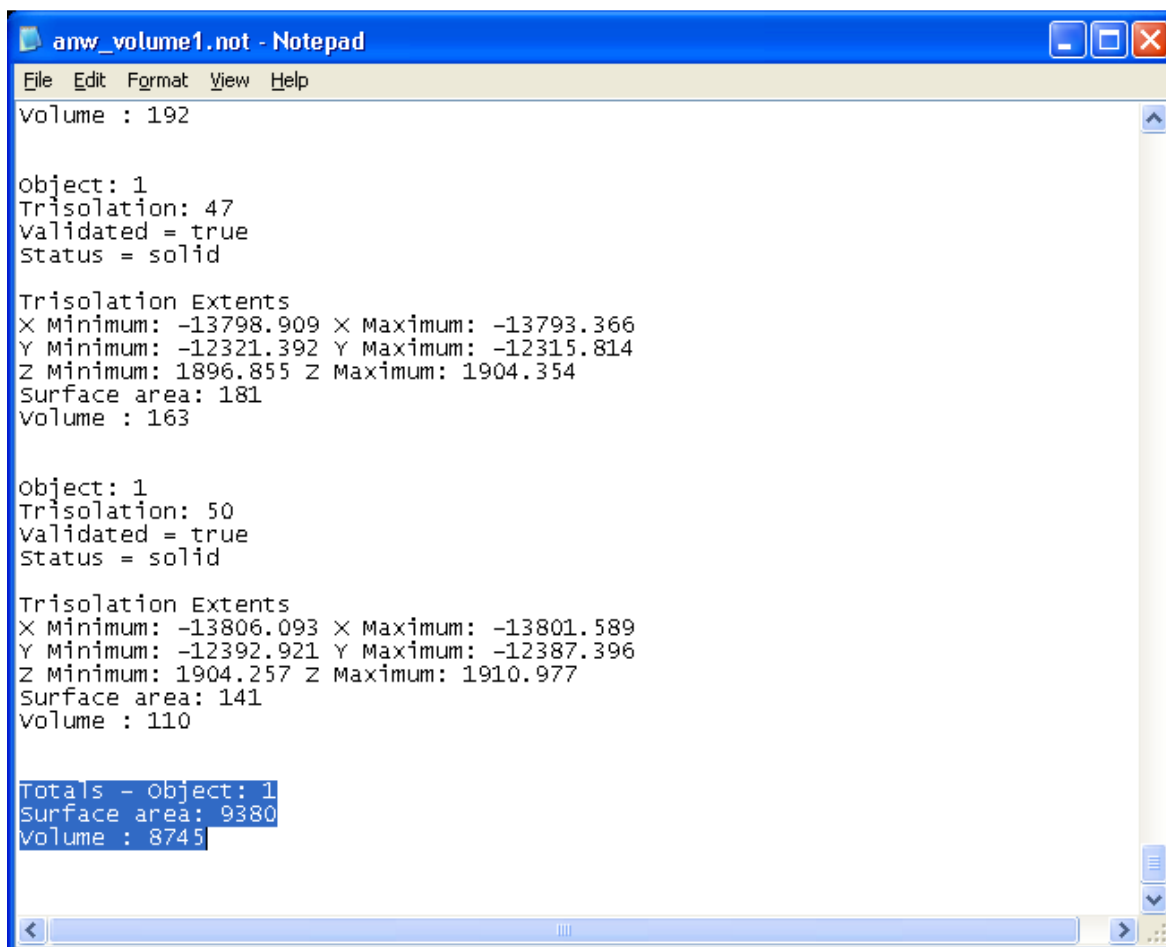


Εικόνα 5.14. Η τελική μορφή του μεταλλείου.



Εικόνα 5.15. Η τελική μορφή του μεταλλείου.

Με το πέρας του σχεδιασμού ελέγχουμε μέσω του λογισμικού *surpac* τον συντελεστή απόληξης. Σύμφωνα με το σχεδιασμό το βόρειο και το νότιο τμήμα του κοιτάσματος δίνει αποτέλεσμα όγκου εναπομεινάντων στύλων $15.277m^3$. Οι αναφορές του λογισμικού για το βόρειο και το νότιο τμήμα αντίστοιχα φαίνονται στις εικόνες 5.16 και 5.17.



```
anw_volume1.not - Notepad
File Edit Format View Help
Volume : 192

Object: 1
Trisolation: 47
Validated = true
Status = solid

Trisolation Extents
X Minimum: -13798.909 X Maximum: -13793.366
Y Minimum: -12321.392 Y Maximum: -12315.814
Z Minimum: 1896.855 Z Maximum: 1904.354
Surface area: 181
Volume : 163

Object: 1
Trisolation: 50
Validated = true
Status = solid

Trisolation Extents
X Minimum: -13806.093 X Maximum: -13801.589
Y Minimum: -12392.921 Y Maximum: -12387.396
Z Minimum: 1904.257 Z Maximum: 1910.977
Surface area: 141
Volume : 110

Totals - Object: 1
Surface area: 9380
Volume : 8745
```

Εικόνα 5.16. Αναφορά λογισμικού surface για τον όγκο των στύλων του νότιου τμήματος.


```

katw_volume_1.not - Notepad
File Edit Format View Help
Volume : 101

Object: 1
Trisolation: 41
Validated = true
Status = solid

Trisolation Extents
X Minimum: -13765.652 X Maximum: -13760.108
Y Minimum: -12220.950 Y Maximum: -12215.372
Z Minimum: 1878.066 Z Maximum: 1884.127
Surface area: 157
Volume : 133

Object: 1
Trisolation: 50
Validated = true
Status = solid

Trisolation Extents
X Minimum: -13733.999 X Maximum: -13729.417
Y Minimum: -12260.769 Y Maximum: -12255.248
Z Minimum: 1882.871 Z Maximum: 1888.182
Surface area: 115
Volume : 79

Totals - Object: 1
Surface area: 7247
Volume : 6532

```

Εικόνα 5.17. Αναφορά λογισμικού surpac για τον όγκο των στύλων του βόρειου τμήματος.

Τα γεωλογικά αποθέματα όπως είχαν υπολογισθεί από την έρευνα ανέρχονται στα $98.099m^3$. Άρα ο αναμενόμενος, σύμφωνα με τον σχεδιασμό, όγκος μεταλλεύματος προς εξόρυξη είναι:

$$V_{εξ} = 98099m^3 - 15277m^3 \Rightarrow V_{εξ} = 82822m^3$$

Άρα σύμφωνα με τον σχεδιασμό ο συντελεστής απόληξης ανέρχεται στα **84,4%**.

5.6.4. Αριθμητικά μεγέθη εκμετάλλευσης

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο θα εξετασθούν τα αριθμητικά δεδομένα και εάν είναι δυνατός ο σχεδιασμός του έργου με τις διαστάσεις των στύλων και των θαλάμων που έχουν επιλεγεί.

Για να εκτιμηθεί η ευστάθεια του έργου χρειάζεται να εξεταστούν οι συντελεστές ασφαλείας που προκύπτουν τόσο για τους ίδιους τους στύλους, όσο και για την οροφή.

Σε πρώτη φάση πρέπει να υπολογισθεί η **κατακόρυφη τάση (S_v)** που ασκείται σε ένα τμήμα του κοιτάσματος:

$$S_v = \gamma \cdot H \Rightarrow S_v = 3,2 \text{ t/m}^3 \cdot 66\text{m} = 211,2 \text{ t/m}^2 \Rightarrow S_v = 2,11 \text{ MPa}$$

Όπου γ το ειδικό βάρος του βωξίτη ($3,2\text{tn/m}^3$) και H το μέγιστο ύψος των υπερκειμένων (66m).

Εν συνεχεία θα πρέπει να υπολογισθεί η **τάση** που αναπτύσσεται σε κάθε στύλο, η οποία δίνεται στην περίπτωση των τετραγωνικών στύλων από την εξίσωση:

$$\sigma_p = S_v \cdot (1 + W_R / W_p)^2 \Rightarrow \sigma_p = 2,11 \text{ MPa} \cdot (1 + (7\text{m} / 5\text{m}))^2 \Rightarrow \sigma_p = 12,17 \text{ MPa}$$

Όπου W_R το πλάτος του θαλάμου μεταξύ δύο διαδοχικών στύλων (7m) και W_p το πλάτος του στύλου (5m).

Για τον υπολογισμό της **αντοχής του στύλου σε θλίψη (C_p)** χρησιμοποιείται ο τύπος των Obert και Duvall (1967). Για λόγους ασφαλείας οι υπολογισμοί γίνονται θεωρώντας ως τιμή **αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (C_1)** τα 60 MPa που είναι και το κατώτερη τιμή αντοχής του βωξίτη σε μονοαξονική θλίψη.

$$C_p = C_1 \cdot (0,778 + 0,222 \cdot (W_p / H_p)) \Rightarrow C_p = 60\text{MPa} \cdot (0,778 + 0,222 \cdot (5\text{m} / 5\text{m})) \Rightarrow C_p = 60 \text{ MPa}$$

Όπου H_p το ύψος του στύλου.

Αντίστοιχα για το μέγιστο ύψος στύλου (H_p) το οποίο θα παρατηρηθεί στην εκμετάλλευση δηλαδή τα 10m η αντοχή του στύλου (C_p) υπολογίζεται στα 30 MPa .

Επομένως σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς, ο **συντελεστής ασφαλείας (F)** είναι:

$$F = C_p / \sigma_p = 60 \text{ MPa} / 12,17 \text{ MPa} \Rightarrow F = 4,93$$

Αντιστοίχως για αντοχή στύλου (C_p) 30 MPa ο συντελεστής ασφαλείας (F) μειώνεται σε $2,46$. Φαίνεται επομένως ότι ο συντελεστής ασφαλείας (F) κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα καθώς έχει τιμή ανώτερη του 2.

Για τον σχεδιασμό των θαλάμων η εξέταση γίνεται με συντελεστή ασφαλείας σε εφελκυσμό $F_t = 4$. Ο συντελεστής F_t έχει εύρος τιμών 4 – 8.

$$L = \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma_{max} \cdot t}{\gamma \cdot Ft}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 600 \frac{t}{m^2} \cdot 0,6m}{2,7 \frac{t}{m^3} \cdot 4}} \Rightarrow L = 8,16 \text{ m}$$

Όπου σ_{max} είναι η μέγιστη εφελκυστική τάση και λαμβάνεται ως το $1/10$ της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη ($600tn/m^2$) και t το πάχος του στρώματος της οροφής ($0,6m$).

Όπως γίνεται αντιληπτό ο σχεδιασμός μας για τελικό πλάτος θαλάμου $7m$, βρίσκεται εντός των ορίων ασφαλείας, με συντελεστή ασφαλείας $F_t = 4$.

Σύμφωνα με τα παραπάνω γεωμετρικά χαρακτηριστικά ο *συντελεστής απόληψης (R)* του κοιτάσματος είναι:

$$R = 1 - \frac{W_p^2}{(W_p + W_R)^2} = 1 - \frac{(5m)^2}{(5m + 7m)^2} = 1 - \frac{25m^2}{144m^2} \Rightarrow R = 0,826$$

Χάρτης εκμετάλλευσης

6. ΚΥΡΙΕΣ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Ο κύκλος των κύριων εξορυκτικών εργασιών ακολουθεί τον κλασικό κύκλο εργασίας που εφαρμόζεται σε όλες τις υπόγειες εξορυκτικές εργασίες, ήτοι, διάτρηση – γόμωση – πυροδότηση – ξεσκάρωμα – αποκομιδή – υποστήριξη.

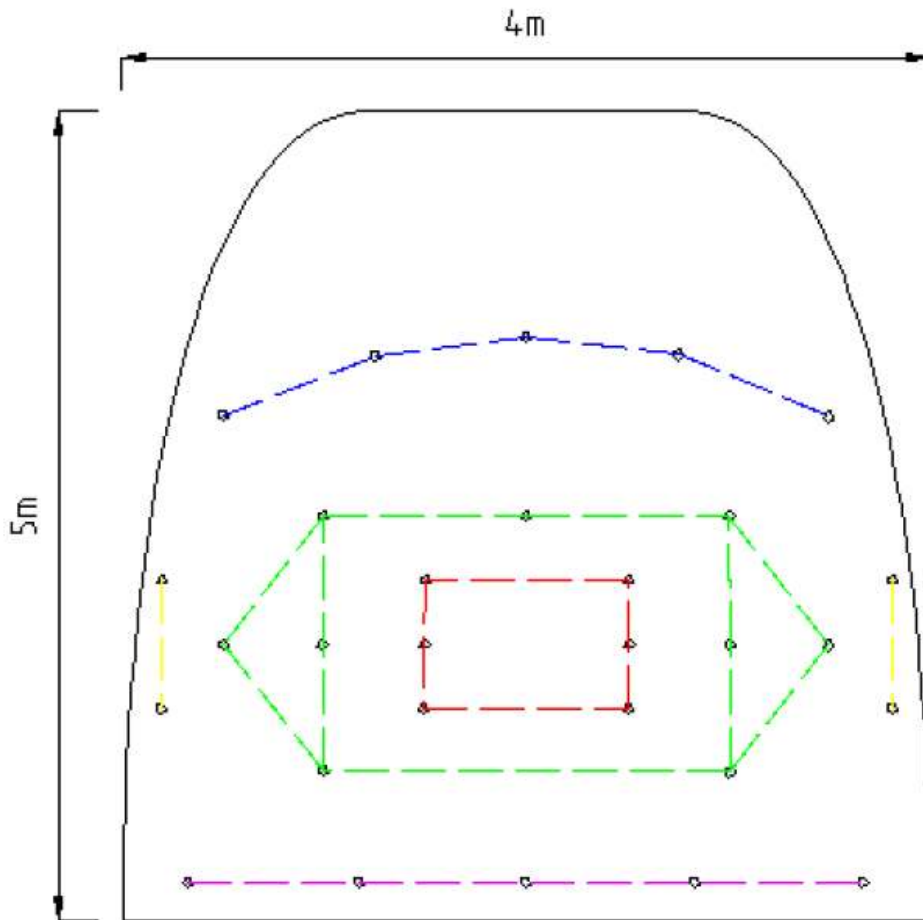
6.1. Διάτρηση

Για την διάτρηση θα χρησιμοποιηθεί νιζελο-υδραυλικό ελαστικοφόρο διατρητικό φορείο (jumbo) της Atlas Copco, το DCS Boomer 281DH φαίνεται στην εικόνα 6.1. Το jumbo διαθέτει μονό τηλεσκοπικό βραχίονα (μπούμα), διατρητικό στέλεχος (μακάπι) **3,6m** και κοπτικό άκρο (κορώνα) διαμέτρου **45mm**. Κατά την διάτρηση τα θραύσματα απομακρύνονται με συνδυασμό πεπιεσμένου αέρα και νερού.



Εικόνα 6.1. Το διατρητικό φορείο DCS Boomer 281DH της Atlas Copco.

Το σχέδιο της διάτρησης αποτελείται από **29** διατρήματα, καθένα εκ των οποίων έχει διάμετρο **45mm** και μήκος **3,1m** (εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2. Το σχέδιο για την όρυξη των διατηρημάτων.

Τα διατηρήματα σε σχέση με την θέση τους στο μέτωπο χαρακτηρίζονται ως εξής:

- Μπουσόν (κόκκινη διακεκομμένη): ορύσσονται οριζόντια με κατάλληλη κλίση, ώστε να χαράσσεται μία σφήνα πετρώματος (μέθοδος κοπής V Cut).
- Βοηθητικά (πράσινη διακεκομμένη): ορύσσονται σχεδόν οριζόντια και με κλίση λίγο μικρότερη αυτής των μπουσόν.
- Περιμετρικά (κίτρινη διακεκομμένη): ορύσσονται οριζόντια και με κατάλληλη κλίση ώστε να εισχωρούν στις παρειές της στοάς (παραμέντα).
- Κορώνες (μπλε διακεκομμένη): γενικά έχουν ανοδική κλίση ώστε η ανατίναξη να χαλαρώσει την στέψη της στοάς με τον ελάχιστο αριθμό διατηρημάτων.
- Ντούκια (μωβ διακεκομμένη): ορύσσονται με καθοδική κλίση ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα σχηματισμού πόδα (πάγκου) στο δάπεδο της στοάς.

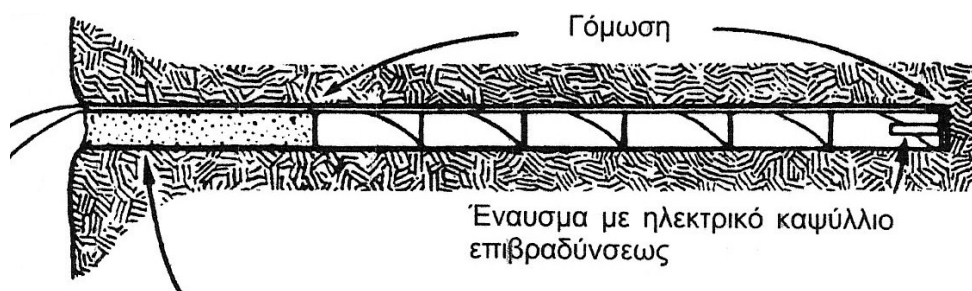
6.2. Γόμωση

Για την γόμωση των διατρημάτων χρησιμοποιείται συνδυασμός φυσίγγιου ζελατινοδυναμίτιδας και πετρελαιοαμμωνίτη (ANFO) όταν κοντά στο μέτωπο υπάρχει δίκτυο πεπιεσμένου αέρα ή ζελατινοδυναμίτιδας και εκρηκτικού γαλακτώματος στην αντίθετη περίπτωση.

Η γόμωση των διατρημάτων γίνεται με συνδυασμό ζελατινοδυναμίτιδας και ANFO. Ειδικότερα στα μπουσόν, στα βοηθητικά και τα περιμετρικά χρησιμοποιείται ένα φυσίγγιο ζελατινοδυναμίτιδας ως εκρηκτικό βάσης μαζί με το καψύλλιο και το υπόλοιπο διάτρημα πληρώνεται με ANFO. Οι κορώνες πληρώνονται αποκλειστικά με φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας, ενώ στα ντούκια τοποθετούνται δύο φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας και το υπόλοιπο διάτρημα πληρώνεται με ANFO.

Στην περίπτωση όπου δεν έχουμε κοντά στο μέτωπο δίκτυο πεπιεσμένου αέρα τότε γίνεται συνδυασμός ζελατινοδυναμίτιδας και εκρηκτικού γαλακτώματος. Σε αυτή την περίπτωση τα μπουσόν, τα περιμετρικά και τα βοηθητικά πληρώνονται με δύο φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας το ένα ως εκρηκτικό βάσης μαζί με το καψύλλιο και το υπόλοιπο διάτρημα πληρώνεται με φυσίγγια εκρηκτικού γαλακτώματος. Οι κορώνες πληρώνονται αποκλειστικά με φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας και στα ντούκια 3 φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας και το υπόλοιπο με φυσίγγια εκρηκτικού γαλακτώματος.

Με την χρήση ειδικού εργαλείου καθαρίζεται το εσωτερικό του διατρήματος και εν συνεχεία αρχίζει η γόμωση. Στο βάθος της οπής τοποθετείται το πρώτο φυσίγγιο ζελατινοδυναμίτιδας το οποίο στο άκρο του έχει τοποθετημένο το ηλεκτρικό καψύλλιο. Στην συνέχεια με την βοήθεια ξύλινης ράβδου που καταλήγει σε κοφτερή άκρη από το ίδιο υλικό ή από μπρούτζο (τακαδόρος) τοποθετούνται ένα ένα τα επόμενα φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας ή εκρηκτικού γαλακτώματος, ή χύμα ANFO το οποίο εισπνέζεται στην οπή πνευματικά με χρήση ANFOνιέρας. Το διάτρημα γομώνεται μέχρι περίπου **0.5m** από την επιφάνεια του μετώπου. Κατά την γόμωση θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε ο αγωγός του ηλεκτρικού καψυλλίου να ακολουθεί την διαδρομή της οπής. Η γόμωση φαίνεται στην εικόνα 6.3.

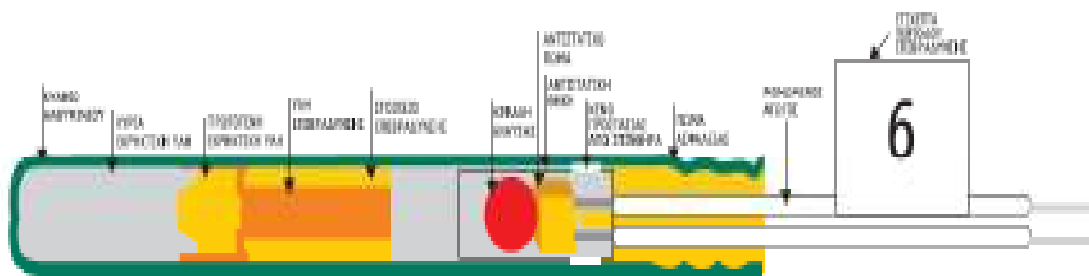


Εικόνα 6.3. Η γόμωση του διατρήματος. Διακρίνεται στο βάθος του διατρήματος το καψύλλιο και η πλήρωση του υπόλοιπου διατρήματος με τα εκρηκτικά.

Τα καψύλλια τα οποία χρησιμοποιούνται είναι ηλεκτρικά καψύλλια με επιβράδυνση χρόνου. Το ηλεκτρικό καψύλλιο αποτελείται από ένα μικρό κάλυκα από αλουμίνιο διαμέτρου **6,5mm** και μήκους **4cm - 5cm** εντός του οποίου βρίσκονται σε σειρά **4** διαφορετικές χημικές ουσίες ή μίγματα χημικών ουσιών.

Η διέγερση του καψυλλίου επιτυγχάνεται με την βοήθεια ζεύγους μεμονωμένων ηλεκτρικών αγωγών οι οποίοι καταλήγουν εντός του μίγματος αναφλέξεως, που έχει διαμορφωθεί σε σπιρτοκεφαλή, ή βρίσκεται σε κοκκώδη μορφή γομώσεως (κεφαλή έναυσης (εικόνα 6.4). Μέσα στο μίγμα αυτό, οι αγωγοί ενώνονται μεταξύ με λεπτό γυμνό νήμα, συνήθως χρομονικελίνης, σχηματίζοντας γέφυρα.

Με την διοχέτευση ρεύματος μέσω των αγωγών η γέφυρα ερυθροπυρώνεται και αναφλέγει το μίγμα που την περιβάλλει δηλαδή το στοιχείο ελεγχόμενης επιβραδύνσεως (στοιχείο επιβράδυνσης, εικόνα 6.4). Με την σειρά του αυτό πυροδοτεί το μίγμα έναυσεως (πρωτογενής εκρηκτική ύλη, εικόνα 6.4), που με το παραγόμενο ασθενές κρουστικό κύμα προκαλεί την έκρηξη του μίγματος εκρήξεως (κύρια εκρηκτική ύλη, εικόνα 6.4).



Εικόνα 6.4. Η εσωτερική σύσταση του καψυλλίου.

Τα εκρηκτικά καψύλλια επιβραδύνσεως (εικόνα 6.5) κατασκευάζονται σε δύο τύπους ανάλογα με την ακρίβειά τους και το χρόνο επιβραδύνσεως. Οι δύο τύποι των καψυλλίων είναι ο MS (millisecond) και ο LP ή HS (Long period ή Half second).



Εικόνα 6.5. Ηλεκτρικά καψύλλια επιβραδύνσεως. Διακρίνονται με κόκκινο χρώμα ηλεκτρικού αγωγού τα LP και με μπλε χρώμα τα MS.

Ο τύπος καψυλλίου που θα χρησιμοποιηθεί για την παρούσα εκμετάλλευση είναι ο MS (millisecond) καθώς έχει υψηλή χρονική ακρίβεια, δίνει καλό θρυμματισμό, παράγει μικρής τάξης δονήσεις στο έδαφος καθώς και μειωμένο θόρυβο στην ατμόσφαιρα.

Οι αγωγοί των καψυλλίων συνδέονται σε σειρά έτσι ώστε οι συνδέσεις να μην έρχονται σε επαφή με το πέτρωμα του οποίου η υγρασία μπορεί να προκαλέσει βραχυκύκλωμα και αφλογιστία. Δεδομένου ότι η ωμική αντίσταση είναι λίγο μεγαλύτερη του 1Ω , η συνολική αντίσταση ενός σωστά συνδεδεμένου κυκλώματος οφείλει να κυμαίνεται στο διπλάσιο του αριθμού των διατηρημάτων, συνυπολογίζοντας και τους αγωγούς του κεντρικού δικτύου. Αυτός ο έλεγχος γίνεται με ειδικό ωμόμετρο του οποίου η τάση δεν μπορεί να προκαλέσει ακούσια πυροδότηση. Το ωμόμετρο φαίνεται στην εικόνα 6.6.



Εικόνα 6.6. Ωμόμετρο.

6.2.1. Υπολογισμός ποσότητας εκρηκτικών υλών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί για την γόμωση των διατρημάτων θα χρησιμοποιείται ANFO σε ποσοστό περίπου **90%** και ζελατινοδυναμίτιδα σε ποσοστό περίπου **10%**, χωρίς να αποκλείεται η χρήση κάποιου άλλου τύπου εκρηκτικής ύλης, εφόσον αποδειχθεί ότι είναι κατάλληλο για την εκμετάλλευση, οικονομικότερο και καλύπτει τις ισχύουσες προδιαγραφές ασφαλείας π.χ. γαλακτώματα.

Η ποσότητα των εκρηκτικών που θα καταναλώνεται ανά διάτρημα υπολογίζεται από τον εμπειρικό τύπο $c = k \cdot T^3$, όπου c η ποσότητα των εκρηκτικών σε **kgr**, $k = 0,15$ και $T = 3,1m$ το μήκος του διατρήματος. Από τα παραπάνω υπολογίζεται:

$$c = k \cdot T^3 = 0,15 \times 29,8m \Rightarrow c = 4,47kgr$$

Αναλογικά θα καταναλώνεται ανά διάτρημα:

$$ANFO = 90\% \times 4,47kgr = 4,023kgr$$

$$Ζελατινοδυναμίτιδα = 10\% \times 4,47kgr = 0,447kgr$$

Αυτό σημαίνει ότι σε μέτωπο με **29** διατρήματα θα υπάρξει συνολική κατανάλωση **129,6kgr** εκρηκτικής ύλης.

6.3. Πυροδότηση

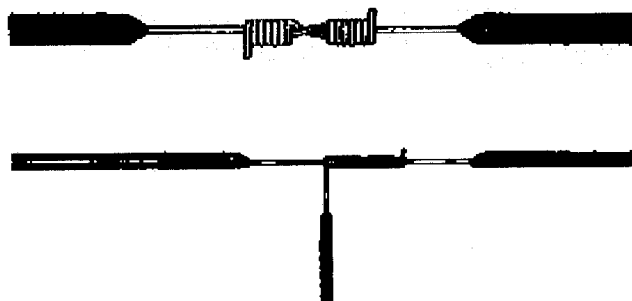
Η τρόπος πυροδότησης που επιλέγεται είναι η ηλεκτρική πυροδότηση. Με την ηλεκτρική πυροδότηση επιτυγχάνεται η πυροδότηση πολλών υπονόμων από ασφαλή απόσταση με ένα μόνο χειρισμό της πηγής ενέργειας. Για την πυροδότηση χρησιμοποιούνται μηχανές πυροδοτήσεως. Η μηχανή πυροδοτήσεως είναι μια γεννήτρια στρεφόμενου τύπου. Στον τύπο αυτό με την κατάλληλη περιστροφή της χειρολαβής παράγεται ρεύμα από μικρή γεννήτρια συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος, που διοχετεύεται προς τη γραμμή πυροδοτήσεως μόνο στο τέλος της περιστροφής. Όσο ταχύτερη είναι η περιστροφή τόσο περισσότερο είναι το ρεύμα το οποίο παράγεται. Η παρεχόμενη ενέργεια από αυτές τις μηχανές κυμαίνεται μεταξύ **1 - 6 Ws**. Η μηχανή πυροδοτήσεως φαίνεται στην εικόνα 6.5.



Εικόνα 6.5. Η μηχανή πυροδοτήσεως.

Για την κατασκευή του κυκλώματος πυροδότησης χρησιμοποιούνται χάλκινοι μονόκλωνοι αγωγοί με μόνωση από πλαστικό υλικό. Όλες οι ενώσεις του κυκλώματος θα πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή. Όταν γίνεται σύνδεση των αγωγών των καψυλλίων με τον αγωγό κατασκευής του κυκλώματος, τότε οι πρώτοι απογυμνώνονται από την γόμωση τους σε μήκος **8cm - 10cm** και στη συνέχεια περιτυλίγονται σφιχτά σε μήκος **2cm - 3cm** επί του αγωγού κατασκευής του κυκλώματος, από τον οποίο έχει απομακρυνθεί η μόνωση.

Οι ενώσεις δεν πρέπει να έρθουν σε επαφή με το έδαφος, με νερό ή άλλους καλούς αγωγούς του ηλεκτρικού ρεύματος και γι' αυτό θα πρέπει να μονώνονται κατάλληλα με μονωτική ταινία. Ο τρόπος ενώσεως των ηλεκτρικών αγωγών φαίνεται στην εικόνα 6.6.



Εικόνα 6.6. Η συνδεσμολογία των ηλεκτρικών αγωγών.

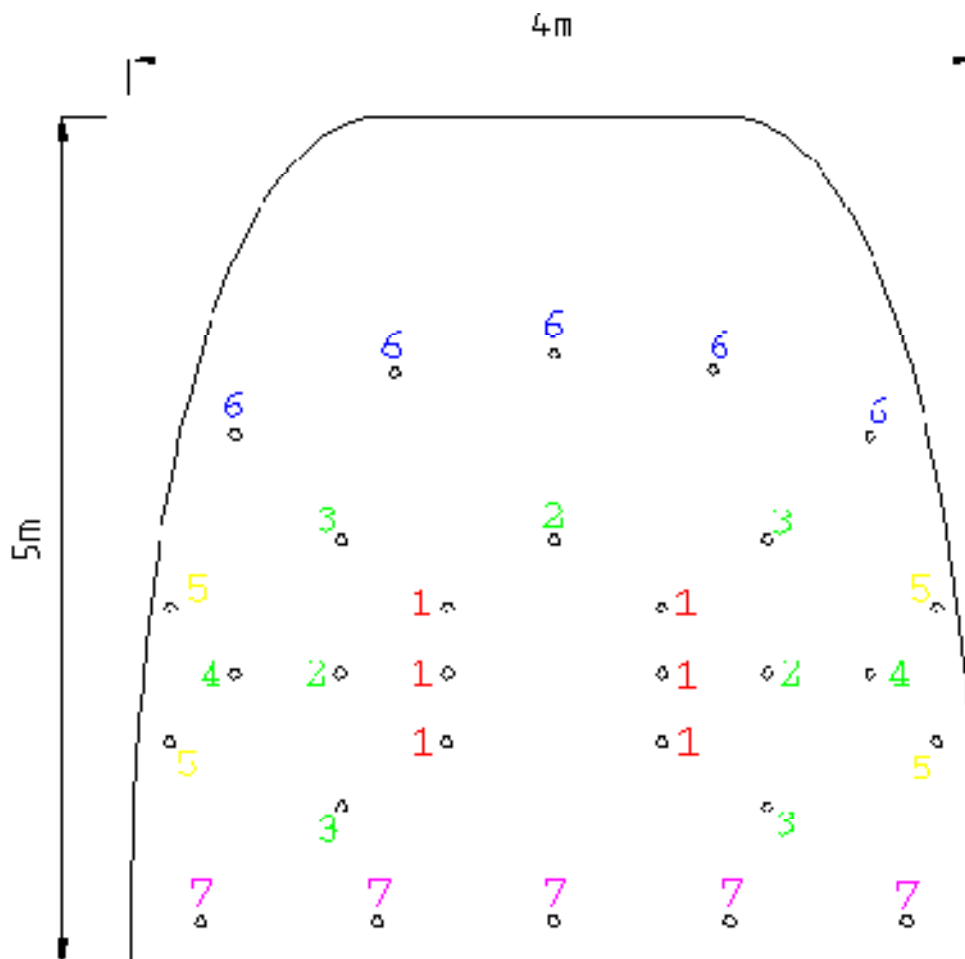
Η γραμμή πυροδοτήσεως δεν πρέπει να εκτείνεται έως το μέτωπο εργασίας διότι υπάρχει περίπτωση να καταστραφεί λόγω των εκρήξεων. Γι' αυτό το λόγω χρησιμοποιείται για την σύνδεση των δύο αγωγών των καψυλλίων με τους αγωγούς πυροδοτήσεως ο αγωγός συνδέσεως. Ο αγωγός συνδέσεως είναι σύρμα διαμέτρου **0,6mm** από χαλκό της ίδιας μόνωσης όπως και ο αγωγός των καψυλλίων. Οι αγωγοί αυτοί αντικαθίστανται σε κάθε νέο κύκλο εργασιών καθώς καταστρέφονται λόγω της ανατίναξης. Βέβαια το κόστος τους είναι μηδαμινό οπότε δεν τίθεται κανένα θέμα από οικονομικής άποψης.

Οι κύριες γραμμές πυροδοτήσεως πρέπει να έχουν την μικρότερη δυνατή αντίσταση και επαρκή μηχανική αντοχή ώστε να μην κόβονται από τους λίθους των ανατινάξεων. Η μόνωσή τους θα πρέπει να παρουσιάζει αντοχή έναντι της υγρασίας και να είναι αντιστατική. Οι γραμμές πυροδοτήσεως απαιτούν προσοχή καθώς παραμένουν για πολύ χρόνο και αν είναι ελαττωματικές προκαλούν προβλήματα στην ανατίναξη. Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή τους με υγρό πέτρωμα ή με μεταλλικά αντικείμενα, ενώ σε υγρούς χώρους δεν πρέπει να εφάπτονται μεταξύ τους. Τα γυμνά άκρα των αγωγών θα πρέπει να καλύπτονται με μονωτική ταινία.

Με το πέρας των συνδέσεων πραγματοποιείται έλεγχος του κυκλώματος που αποσκοπεί στην διαπίστωση τυχόν διακοπών στο κύκλωμα, ηλεκτρικής επαφής του κυκλώματος και του εδάφους ή ύπαρξη βραχυκυκλώματος. Ο έλεγχος γίνεται με κατάλληλο ωμόμετρο.

Πλην της σύστασης της εκρηκτικής ύλης καθοριστικός παράγοντας για μια επιτυχημένη ανατίναξη είναι η γεωμετρική κατανομή των εναυσματικών μέσων βάσει χρονοκαθυστερήσης. Η συνήθης διαδικασία είναι:

Αρχικά ανατινάζονται τα bouchon, ώστε να δημιουργηθεί η απαραίτητη ελεύθερη επιφάνεια και το αντίστοιχο φορτίο. Ακολουθεί η ανατίναξη των βοηθητικών διατρημάτων, των περιμετρικών, της κορώνας, και η ανατίναξη στα ντούκια (εικόνα 6.7).



Εικόνα 6.7. Η ακολουθία της ανατίναξης. Αρχικά με τον αριθμό 1 ανατινάζονται τα μπουσόν, 2,3,4 τα βοηθητικά, 5 τα περιμετρικά, 6 της κορώνας, 7 τα ντούκια.

6.4. Ξεσκάρωμα

Πρώτη και αναγκαία δουλειά με το πέρας της πυροδοτήσεως και πριν αρχίσει η αποκομιδή και μεταφορά του εξορυχθέντος πετρώματος το ξεσκάρωμα της οροφής.

Ο χειριστής του jumbo μαζί με τον εργοδηγό παρατηρούν προσεκτικά την οροφή και τα παραμέντα (πλαϊνά τοιχώματα). Όσα κομμάτια πετρώματος φαίνονται να είναι ανοικτά από την ανατίναξη τα ξεσκαρώνουν. Το ξεσκάρωμα γίνεται είτε με την χρήση του jumbo, με μέγεθος μακαπιού περίπου **2,5m** και μόνο με την χρήση της περιστροφής, είτε χειρονακτικά από ειδικευμένους μεταλλωρύχους που διαθέτουν την άδεια ξεσκαρωτή. Για την εργασία αυτή χρησιμοποιούνται μεταλλικές ράβδοι με ειδικά διαμορφωμένα άκρα και με ικανό μήκος και αντοχή, έτσι ώστε να γίνεται με ασφάλεια η αποκόλληση των επισφαλών τεμαχίων ή όγκων. Εν συνεχεία αφού εμφανισθεί γερό ταβάνι ακολουθεί η κοχλίωση.

6.5. Κοχλίωση οροφής

Πρωταρχικός ρόλος της υποστήριξης είναι τόσο η προστασία των εργαζομένων όσο και των μηχανημάτων από τυχόν πτώσεις της οροφής και δευτερεύοντας ρόλος αλλά εξίσου σημαντικός, είναι να προστατευτεί η ποιότητα του μεταλλεύματος ώστε να μην μολύνεται από τις πτώσεις στείρων από την οροφή, εφόσον βρίσκεται σε μέτωπο όπου ακολουθείται η επαφή με τον υπερκείμενο ασβεστόλιθο.

Από τη μέχρι σήμερα εκμετάλλευση κοιτασμάτων του ανώτερου βωξιτικού ορίζοντα έχει διαπιστωθεί ότι ο υπερκείμενος του βωξίτη ασβεστόλιθος είναι ανθεκτικός. Όμως πέραν αυτού είναι απαραίτητη η υποστήριξη των στοών. Η μέθοδος υποστήριξης που θα χρησιμοποιηθεί είναι αυτή της κοχλίωσης της οροφής η οποία είναι δοκιμασμένη και έχει αποδειχτεί ότι είναι ασφαλής σε όμοιου τύπου σχηματισμούς.

Ο κύριος σκοπός της υποστήριξης είναι η επιβράδυνση και ανάσχεση της αναπόφευκτης σύγκλισης και ο περιορισμός της έκτασης της ζώνης χαλάρωσης, η οποία δημιουργείται ως αποτέλεσμα της διάνοιξης της εκσκαφής.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η μέθοδος της κοχλίωσης της οροφής με την χρήση αγκυρίων, τα οποία μας οδήγησαν και στην επιλογή αυτή είναι:

- Τοποθετούνται σε οποιοδήποτε γεωμετρικό σχήμα εκσκαφής. (ιδανικό χαρακτηριστικό για την μέθοδο θαλάμων και στύλων)
- Δεν μειώνουν το μέγεθος της διατομής της υπόγειας εκσκαφής
- Έχουν μικρό βάρος, περίπου **2kg**

- Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τόσο για τωρινή όσο και για μόνιμη υποστήριξη
- Συνδυάζονται αποτελεσματικά με άλλα συστήματα υποστήριξης
- Μπορούν να τοποθετηθούν πολύ κοντά στο μέτωπο προχώρησης
- Η διαδικασία τοποθέτησής τους είναι σχετικά απλή και γρήγορη
- Είναι επιδεκτικά πλήρους εκμηχάνισης
- Το κόστος υπό ορθολογικές συνθήκες εφαρμογής είναι σχετικά χαμηλό
- Απαιτούν μικρό χώρο για αποθήκευση
- Βελτιώνουν σημαντικά τις συνθήκες αερισμού
- Είναι αρκετά ευέλικτα ώστε να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά ένα ευρύ φάσμα διευθύνσεων και μεγεθών των τάσεων, αλλά και διαφορετικών προσανατολισμών των ασυνεχειών της μάζας του πετρώματος.

Τα αγκύρια που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι τα αγκύρια τριβής διαιρούμενου τύπου (Split type) VFB 46 της Videx (εικόνα 6.8), των οποίων οι προδιαγραφές παρατίθενται στον πίνακα 6.1.



Εικόνα 6.8. Το αγκύριο τριβής διαιρούμενου τύπου VFB 46 της Videx.

Πίνακας 6.1. Οι προδιαγραφές του αγκυρίου.

Τύπος ράβδου	Ελάχιστο φορτίο θραύσεως	Αντοχή στον εφέλκυσμό	Όριο διαρροής	Επιμήκυνση σε κανονικό μήκος	Αρχική ικανότητα παραλαβής φορτίων (για οπή 41 mm)
	MPa	MPa	MPa	%	tn
VFB-46	180 – 200	520	490	20	10 – 11

Τα συγκεκριμένα αγκύρια έχουν διάμετρο **46mm** και η διάμετρος της οπής όπου θα τοποθετηθούν είναι **41mm**.

Στη βάση των αγκυρίων τοποθετείται μεταλλικό πλακίδιο διαστάσεων **150mm x 150mm** ή **200mm x 200mm** (εικόνα 6.9).

Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου αγκυρίου είναι:

- Έχει την ικανότητα να διαρρέει αντί να θραύεται
- Προσφέρει ολόσωμη ενεργή υποστήριξη
- Ασκεί θλιπτικά φορτία στο πέτρωμα
- Προσφέρει άμεση υποστήριξη
- Η ικανότητα υποστήριξης του αγκυρίου αυξάνεται με τον χρόνο
- Η ικανότητα αγκύρωσης αυξάνεται με τις μετακινήσεις του πετρώματος
- Η οξείδωση του αγκυρίου συμβάλει στην ικανότητα υποστήριξης
- Διατηρεί την υποστήριξη ακόμα και αν το πλακίδιο εδράσεως αποτύχει
- Η απόδοση των συγκεκριμένων αγκυρίων έχει αποδειχθεί διεθνώς μέσω σειράς δοκιμών και τοποθετήσεων
- Τοποθετείται γρήγορα και εύκολα
- Δεν απαιτείται ιδιαίτερος εξοπλισμός για την τοποθέτηση του
- Η τοποθέτηση του μπορεί να γίνει με όλους τους τύπους αεροσφυρών χειρός και μηχανημάτων αυτόματης αγκύρωσης

- Ο έλεγχος της τοποθέτησης του αγκυρίου γίνεται οπτικά (έλεγχος του ανοίγματος της εγκαπής του διαιρούμενου σωλήνα)
- Μετά την τοποθέτηση δεν απαιτούνται επιπρόσθετες ενέργειες όπως τάνυση, ενεμάτωση κλπ.
- Ο απλός σχεδιασμός ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο συγκέντρωσης φορτίων
- Διατηρεί τη φόρτιση του πλακιδίου εδράσεως
- Προσφέρει αποτελεσματική υποστήριξη υπό οποιαδήποτε γωνία τοποθέτησης

6.5.1. Υπολογισμός μήκους αγκυρίων

Το μήκος των αγκυρίων (L) υπολογίζεται από τον εμπειρικό κανόνα του Hoek (1995). Θα πρέπει να υπολογισθούν αντίστοιχα για τις προσπελαστικές και για στοές εντός του μεταλλείου. Για τις προσπελαστικές στοές υπολογίζουμε:

$$L = 2 + 0,15 \cdot (B / ESR) = 2 + 0,15 \cdot (4m/1,2) \Rightarrow L = 2,5 m$$

Για τις στοές εντός του μεταλλείου υπολογίζουμε:

$$L = 2 + 0,15 \cdot (B / ESR) = 2 + 0,15 \cdot (4m/2) \Rightarrow L = 2,3m$$

Όπου B το πλάτος της εκσκαφής, ESR ο συντελεστής εξαρτώμενος από τη χρήση του υπογείου έργου.

6.5.2. Υπολογισμός πυκνότητας αγκύρωσης

Η πυκνότητα με την οποία θα τοποθετηθούν τα αγκύρια εξαρτάται κυρίως από την ζώνη επιρροής του κοχλίου, δηλαδή την έκταση του πετρώματος που είναι ικανό να υποστηρίξει το αγκύριο. Η ζώνη επιρροής του αγκυρίου (E) εξαρτάται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά του αγκυρίου καθώς και τα χαρακτηριστικά του πετρώματος. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E = (\sigma \cdot S_k) / (f \cdot h \cdot \gamma) = (2000 \text{ kpa/cm}^2 \cdot 7,22 \text{ cm}^2) / (3 \cdot 2,0m \cdot 2700 \text{ kgr/m}^3) \Rightarrow E \approx 0,9m^2$$

Όπου σ η τάση θραύσης του κοχλίου, S_k η διατομή της ράβδου του κοχλίου, f ο συντελεστής ασφαλείας ίσος με 3, h το ύψος της ζώνης χαλάρωσης, γ το ειδικό βάρος του πετρώματος.

Όπως γίνεται κατανοητό το ανωτέρω αποτέλεσμα αφορά τις στοές εντός του ασβεστόλιθου καθώς έχουμε λάβει $\gamma = 2,7 \text{ tn/m}^3$. Στην περίπτωση εντός κοιτάσματος σε θέσεις όπου η κοχλίωση γίνεται σε βωξιτική και όχι ασβεστολιθική οροφή το ανωτέρω αποτέλεσμα κατέρχεται στα $0,7\text{m}^2$ καθώς το ειδικό βάρος του είναι $3,2 \text{ tn/m}^3$.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα μας πληροφορούν ότι όσο αφορά τις προσπελαστικές στοές θα πρέπει να τοποθετείται ένα αγκύριο ανά 1m περίπου. Για στοές εντός κοιτάσματος σε βωξιτική οροφή πρέπει να τοποθετείται ένα αγκύριο ανά $0,85\text{m}$ περίπου.

Ένα ενδεικτικό στοιχείο που μας δείχνει εάν η αγκύρωση είναι ικανοποιητική, αποτελεί και ο λόγος του μήκους του αγκυρίου προς την απόσταση μεταξύ των αγκυρίων. Αν ο λόγος αυτός υπερβαίνει την τιμή $1,6$ η αγκύρωση θεωρείται ότι πληρεί όλες τις απαιτούμενες προϋποθέσεις. Στην περίπτωση των ασβεστολιθικών στοών ο λόγος είναι:

$$\frac{2,5\text{m}}{0,9\text{m}} = 2,7$$

Στην περίπτωση των στοών εντός του κοιτάσματος ο λόγος είναι:

$$\frac{2,3\text{m}}{0,82} = 2,8$$

Όπως είναι φανερό και στις δύο περιπτώσεις ο λόγος υπερβαίνει την τιμή $1,6$ που μας ικανοποιεί.

6.5.3. Απόσταση αγκυρίων από το μέτωπο

Η απόσταση (α) από το μέτωπο όπου πρέπει να βρίσκεται το τελευταίο αγκύριο δίδεται από τον τύπο:

$$\alpha \leq 0,75 \cdot D = 0,75 \cdot 4\text{m} \Rightarrow \alpha = 3\text{m}$$

Όπου D το πλάτος της στοάς.

6.5.4. Λοιπά στοιχεία υποστήριξης

Στις διασταυρώσεις των στοών και όπου υπάρχει ανάγκη προβλέπεται η χρησιμοποίηση μεταλλικού πλέγματος το οποίο συνήθως αποτελείται από χαλύβδινο σύρμα διαμέτρου 3mm.

Ιδιαίτερη μέριμνα θα καταβληθεί για την εξασφάλιση των εισόδων των στοών όπου τα πετρώματα είναι συνήθως διαταραγμένα. Στα σημεία αυτά θα λαμβάνει χώρα τοποθέτηση μεταλλικών πλαισίων τύπου 120, σχήματος **Π** και διατομής **H**, με μεταξύ τους απόσταση από **0,5m – 2m**. Τα μεταλλικά πλαίσια θα επενδύονται με ξυλεία κατάλληλης διαμέτρου και αντοχής.

Δεν αποκλείεται και η κατασκευή μικρών τεχνικών έργων (τοιχία από οπλισμένο σκυρόδεμα), η τοποθέτηση μεταλλικών πλεγμάτων για την συγκράτηση των χαλαρών πρανών δεξιά και αριστερά των εισόδων των στοών.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα αγκύρια θα πρέπει να τοποθετούνται κάθετα στις στρώσεις της οροφής.

6.6. Φόρτωση – Μεταφορά

Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 (Προσπέλαση) η φόρτωση των προϊόντων της ανατίναξης θα γίνεται με την χρήση ντιζελοκίνητου ελαστικοφόρου φορτωτή Scooptram ST1030 της Atlas Copco. Ο συγκεκριμένος φορτωτής φέρει κάδο $5m^3$ και στην περίπτωση του βωξίτη έχει χωρητικότητα υπερπλήρωσης **10mt**. Ο συγκεκριμένος φορτωτής φαίνεται στην εικόνα 10.



Εικόνα 10. Ο φορτωτής Scooptram ST1030 της Atlas Copco.

Η μεταφορά του προϊόντος θα εξεταστεί εάν θα γίνεται με την χρήση φορτηγών υπογείων (dumper) της Wagner χωρητικότητας **25mt** περίπου **8m³** ή απευθείας με τον φορτωτή. Στην περίπτωση όπου χρειαστεί φορτηγό υπογείων τότε ο φορτωτής θα μεταφέρει το προϊόν στην κοντινότερη αναπέταση από την οποία εν συνεχεία με την χρήση άλλου φορτωτή θα φορτώνεται στα φορτηγά υπογείων απ' όπου θα μεταφέρεται εκτός μεταλλείου.

7. ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξεταστεί και θα υπολογισθεί ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου να περατωθούν οι εργασίες προσέγγισης της περιοχής, ανάπτυξης των προσπελαστικών στοών, προπαρασκευής του κοιτάσματος, ανάπτυξης και εξόφλησης του κοιτάσματος.

7.1. Προσέγγιση της περιοχής

Η προσέγγιση της περιοχής έχει εν μέρει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, επιτευχθεί μέσω του μεταλλευτικού δρόμου που ήδη υπάρχει στην περιοχή και εξυπηρετεί τα υπάρχοντα μεταλλεία στην περιοχή. Αυτό που χρειάζεται να γίνει είναι η επέκταση του συγκεκριμένου δρόμου προς την είσοδο των προσπελαστικών στοών και η εξομάλυνση σε κάποια σημεία της περιοχής κοντά στην είσοδο της στοάς S_1 προκειμένου να δημιουργηθεί και η πλατεία απόθεσης των εξορυχθέντων υλικών. Εν τέλει υπολογίζεται ότι οι συγκεκριμένες εργασίες θα διαρκέσουν περίπου ένα μήνα.

$$T_{\text{προσ}} = 1 \text{ μήνας}$$

7.2. Προσπέλαση του κοιτάσματος

Η προσπέλαση του κοιτάσματος, όπως έχει αναφερθεί, θα επιτευχθεί μέσω των στοών S_1 και S_2 συνολικού μήκους $393,5 \text{ m}$.

Η διάρκεια διάνοιξης των προσπελαστικών έργων είναι συνάρτηση των μέτρων προχώρησης που πετυχαίνουμε ανά πυροδότηση. Βέβαια τα μέτρα προχώρησης με την σειρά τους εξαρτώνται από την διατηρητική ικανότητα του διατηρητικού φορείου.

Το μέγιστο μήκος του στελέχους φθάνει τα $3,6 \text{ m}$, το μέσο μήκος των διατηρημάτων είναι $3,1 \text{ m}$ και κατά μέσο όρο το μήκος της προχώρησης είναι 3 m .

Η ικανότητα προχώρησης που προσφέρει το συγκεκριμένο διατηρητικό φορείο, δουλεύοντας 3 βάρδιες ημερησίως, υπολογίζεται:

$$3 \text{ m (ανά βάρδια)} \times 3 \text{ (βάρδιες / ημέρα)} \times 250 \text{ (ημέρες / έτος)} = 2250 \frac{\text{m}}{\text{έτος}} .$$

Άρα η διάρκεια των έργων προσπέλασης υπολογίζεται:

$$T_{\text{προσπ}} = \frac{(\text{συνολικά μέτρα προαπελαστικών έργων})}{(\text{ικανότητα προχώρησης})} = \frac{393,5\text{m}}{2250 \frac{\text{m}}{\text{έτος}}} \Rightarrow T_{\text{προσπ}} = 0,175$$

έτη.

Ο χρόνος ο οποίος υπολογίστηκε αφορά την περίπτωση εργασίας μόνο ενός διατρητικού φορείου. Στην παρούσα περίπτωση εργάζονται ταυτόχρονα δύο διατρητικά φορεία του ίδιου τύπου. Άρα ο χρόνος περάτωσης των προσπελαστικών έργων μειώνεται σε **0,0875 έτη**.

7.3. Χρονολόγηση κύριων εξορυκτικών εργασιών

1. Διάτρηση

Το διατρητικό φορείο που θα χρησιμοποιηθεί έχει δυνατότητα διάτρησης **1,4m/min**. Το συνολικό μήκος των **29** διατρημάτων είναι **90m**. Οπότε το διατρητικό χρειάζεται **65 min** για να ολοκληρώσει την διάτρηση.

2. Γόμωση - πυροδότηση

Σύμφωνα με χρονομετρήσεις που έγιναν οι γομωτές της ΕΛΜΙΝ για την γόμωση και την πυροδότηση **29** διατρημάτων χρειάζονται περίπου **40 min**.

3. Αερισμός μετώπων

Ο χρόνος που απαιτείται για την απαγωγή των αερίων που εκλύονται, εκτιμάται στα **20 min** περίπου.

4. Ξεσκάρωμα

Για το ξεσκάρωμα των επισφαλών όγκων ο χρόνος που απαιτείται υπολογίζεται στα **15 min**.

5. Κοχλίωση οροφής

Το μέγιστο μήκος αγκυρίων που τοποθετούνται είναι **2,5m**. Ανά προχώρηση απαιτούνται **12** κοχλίες (τοποθέτηση ενός ανά 1 m και μέση προχώρηση 3m σε στοά πλάτους 4m). Για την διάτρηση ενός διατρήματος απαιτούνται **1,8min**. Οπότε τα **12** διατρήματα χρειάζονται **25min** περίπου για να ορυχθούν. Για την τοποθέτηση τους απαιτούνται επιπλέον άλλα **15min**. Άρα για την κοχλίωση χρειάζονται περίπου **40min**.

6. Φόρτωση – μεταφορά

Σε κάθε πυροδότηση παράγονται **207,36tn** εξορυχθέντος υλικού (στη περίπτωση των στοών εντός του βωξίτη καθώς στην περίπτωση των προσπελαστικών μειώνεται στους **174,96tn**). Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του κεφαλαίου 8 ο φορτωτής έχει δυνατότητα **45,6tn/h**. Οπότε για την φόρτωση και μεταφορά τους απαιτούνται **270min**.

Συνεπώς, φαίνεται ότι ένας παραγωγικός κύκλος πραγματοποιείται σε:

$$65+40+20+15+40+270 = 450 \text{ min ή } 7,5 \text{ hr περίπου.}$$

7.4. Προπαρασκευή του κοιτάσματος

Η προπαρασκευή του κοιτάσματος περιλαμβάνει την διάνοιξη της στοάς S_3 , η οποία έχει συνολικό μήκος **127,6m**. Με δεδομένο το γεγονός ότι η ικανότητα προχώρησης που προσφέρει το διατρητικό φορείο είναι **2250m/έτος**, η όρυξη της στοάς S_3 θα διαρκέσει:

$$T_{\text{προπ}} = \frac{127,6m}{2250 \frac{m}{\text{έτος}}} \Rightarrow T_{\text{προπ}} = 0,0567 \text{ έτη}$$

7.5. Ανάπτυξη – εξόφληση

Σε στοές με διαστάσεις **4m x 5m** και με ταυτόχρονη ανάπτυξη **6** παραγωγικών μετώπων δίδεται η δυνατότητα εργασιών υποστήριξης – διάτρησης – γόμωσης – πυροδότησης σε **3** μέτωπα κάθε μέρα. Για κάθε ένα παραγωγικό μέτωπο ισχύει η σχέση:

$$P \times Y \times M \times E \times \Delta = 4m \times 5m \times 3,6m \times 3,2tn/m^3 \times 0,9 = 207,36tn$$

όπου P το πλάτος του μετώπου, Y το ύψος του μετώπου, M το μήκος του στελέχους, E το ειδικό βάρος του βωξίτη, Δ συντελεστής διόρθωσης. Από την σχέση αυτή προκύπτει ότι ανά έκρηξη παράγονται **207,36tn** εξορυγμένου βωξίτη.

Υπολογίζεται λοιπόν ότι ημερησίως παράγονται:

$$Q_{\text{ημ}} = 207,36tn \times 3 \Rightarrow Q_{\text{ημ}} = 622,08tn$$

Άρα στο έτος με **250** ημέρες εργασίας:

$$Q_{ετ} = 622,08tn \times 250 \Rightarrow Q_{ετ} = 155.520 \frac{tn}{έτος}$$

Από τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι με συνολικά απολήψιμα αποθέματα $82822m^3$ δηλαδή $265030,4tn$, προκύπτει ότι ο χρόνος ανάπτυξης και εξόφλησης του μεταλλείου θα είναι:

$$T_{αν-εξ} = \frac{(Απολήψιμα αποθέματα)}{(ετήσια παραγωγή)} = \frac{265.030,4tn}{155.520 \frac{tn}{έτος}} \Rightarrow T_{αν-εξ} = 1,7 \text{ έτη.}$$

Τελικά όλες οι εργασίες θα διαρκέσουν:

$$T_{ολ} = T_{προσ} + T_{προσπ} + T_{προπ} + T_{αν-εξ} = 0,083έτη + 0,0875έτη + 0,0567έτη + 1,7έτη \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_{ολ} \approx 2έτη$$

8. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

8.1. Τύποι μηχανημάτων

Κατά την εκμετάλλευση του κοιτάσματος Κοκκινόλιθου θα χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω τύποι μηχανημάτων οι οποίοι ανήκουν στον στόλο της εταιρείας.

- Διατρητικά φορεία: θα χρησιμοποιηθεί το ντιζελο-υδραυλικό διατρητικό φορείο DCS Boomer 281DH της Atlas Copco. Το ίδιο διατρητικό θα χρησιμοποιηθεί και για την κοχλίωση όπως επίσης και για το ξεσκάρωμα επισφαλών όγκων της οροφής.
- Φορτωτές: Ντιζελοκίνητος ελαστικοφόρος φορτωτής Scooptram ST1030 της Atlas Copco με χωρητικότητα κάδου $5m^3$.

8.2. Προγραμματισμός φορτωτών

Το μήκος των στοών μεταφοράς και της απόστασης της στοάς βάσης από το πιο απομακρυσμένο σημείο του κοιτάσματος είναι περίπου $365,8m$. Αυτό επιτρέπει να εξεταστεί εάν είναι απαραίτητη η χρήση φορητών αυτοκινήτων υπογείων.

Η γενική παραδοχή πληροφορεί ότι ένας φορτωτής δεν πρέπει να διανύει αποστάσεις μεγαλύτερες των $500m - 600m$. Τα $365,8m$ των στοών μεταφοράς επιτρέπουν αυτόν τον έλεγχο.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του προηγούμενου κεφαλαίου η ετήσια παραγωγή μπορεί να ανέλθει στους $155.520tn$ ετησίως. Θα πρέπει να ελεγχθεί λοιπόν εάν είναι ικανός από μόνος του ο φορτωτής να ανταπεξέλθει σε αυτή την παραγωγή.

Η δυναμικότητα του φορτωτή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q = C \times F \times W \times v \text{ (κύκλοι/h)}$$

Όπου C η χωρητικότητα του κάδου σε κυβικά μέτρα (m^3). Στον συγκεκριμένο φορτωτή ισούται με $5m^3$, F ο συντελεστής πλήρωσης του κάδου ίσος με $0,9$, W το βάρος μονάδας όγκου του βωξίτη το οποίο είναι ίσο με το πηλίκον του ειδικού βάρους προς τον συντελεστή επιπλύματος (για τον βωξίτη $1,7$). Άρα:

$$Wv = \frac{\gamma}{1,7} = \frac{3,2 \text{tn}/\text{m}^3}{1,7} \Rightarrow Wv = 1,88 \text{tn}$$

Ο λόγος *κύκλοι/h* δίνει τον αριθμό των κύκλων φόρτωσης που πραγματοποιούνται σε χρονική διάρκεια μιας ώρας. Ο αριθμός αυτός ισούται με $3.600 \text{sec}/t_{\text{ολ}}$ όπου $t_{\text{ολ}}$ ο συνολικός χρόνος που διαρκεί ο κύκλος φόρτωσης. Ο χρόνος που διαρκεί ο κύκλος φόρτωσης δίδεται ως άθροισμα των επιμέρους χρονικών φάσεων που τον απαρτίζουν. Άρα:

$$t_{\text{ολ}} = t_{\text{μετ}} + t_{\text{επ}} + t_{\text{εκφ}} + t_{\text{φορ}}$$

Όπου $t_{\text{φορ}}$ ο χρόνος πλήρωσης του κάδου και που για τους κλασικούς φορτωτές των $4 \text{m}^3 - 5 \text{m}^3$ είναι περίπου ίσος με 60sec . Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι ο χρόνος πλήρωσης του κάδου δεν είναι χαρακτηριστικό που αφορά μόνο τα τεχνικά στοιχεία του φορτωτή αλλά εξαρτάται και από εξωγενείς παράγοντες όπως την εμπειρία και την ικανότητα του χειριστή, $t_{\text{εκφ}}$ είναι ο χρόνος που απαιτείται για την κένωση του κάδου και που για την συγκεκριμένη κατηγορία φορτωτών υπολογίζεται σε 15sec περίπου, $t_{\text{μετ}}$ είναι ο χρόνος που θα χρειαστεί ο φορτωτής για να διανύσει τα $365,8 \text{m}$ όπου είναι και το μέγιστο μήκος (S_{max}) από το πιο απομακρυσμένο μέτωπο έως την έξοδο του μεταλλείου όπου θα υπάρχει και η πλατεία απόθεσης. Σαν μέση ταχύτητα (u_{μ}) λαμβάνονται τα 4km/h που αντιστοιχεί στην ταχύτητα του συγκεκριμένου φορτωτή γεμάτου και με την πρώτη σχέση στο κιβώτιο ταχυτήτων. Έτσι τελικώς βρίσκουμε ότι

$$t_{\text{μετ}} = \frac{S_{\text{max}}}{u_{\mu}} = \frac{365,8 \text{m}}{4 \text{km/h}} \Rightarrow t_{\text{μετ}} = 329 \text{sec}$$

ως $t_{\text{επ}}$ είναι ο χρόνος που απαιτείται για την επιστροφή του φορτωτή στο μέτωπο και υπολογίζεται να είναι περίπου το 80% του $t_{\text{μετ}}$. Άρα:

$$t_{\text{επ}} = 0,8 \times 329 \text{sec} \Rightarrow t_{\text{επ}} = 263 \text{sec}$$

Επομένως το $t_{\text{ολ}}$ ισούται με:

$$t_{\text{ολ}} = 329 \text{sec} + 263 \text{sec} + 15 \text{sec} + 60 \text{sec} \Rightarrow t_{\text{ολ}} = 667 \text{sec}$$

Άρα ο λόγος *κύκλοι/h* ισούται με:

$$\text{κύκλοι} / h = \frac{3600 \text{sec}}{667 \text{sec}} \Rightarrow \text{κύκλοι} / h = 5,4$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω η δυναμικότητα του φορτωτή Q είναι ίση με:

$$Q = 5m^3 \times 0.9 \times 1.88tn \times 5,4 \Rightarrow Q = 45,6 \text{ tn/h}$$

Σημειώνεται ότι αποφασίστηκε να μειωθούν οι ώρες εργασίας, καθαρά για οικονομικούς λόγους, σε **6h** καθώς καμία εργασία δεν ξεπερνά τις **4,5h**.

Η δυναμικότητα του φορτωτή ανά βάρδια είναι:

$$Q_{\beta\alpha\rho} = Q \times 6 = 45,6 \text{ tn/h} \times 6 \Rightarrow Q_{\beta\alpha\rho} = 273,6 \text{ tn}$$

Η ημερήσια δυναμικότητα του φορτωτή είναι:

$$Q_{\eta\mu} = Q_{\beta\alpha\rho} \times 3 = 273,6 \times 3 \Rightarrow Q_{\eta\mu} = 820,8 \text{ tn}$$

Η ετήσια δυναμικότητα του φορτωτή είναι:

$$Q_{\epsilon\tau} = Q_{\eta\mu} \times 250 = 820,8 \times 250 \Rightarrow Q_{\epsilon\tau} = 205200 \text{ tn}$$

Η συγκεκριμένη δυναμικότητα ξεπερνά την ετήσια παραγωγή του μεταλλείου που είναι **155.520tn** και επομένως η παραγωγή μπορεί να καλυφθεί με την χρήση μόνο του φορτωτή χωρίς την χρησιμοποίηση των φορτηγών υπογείων.

9. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

9.1. Γενικά

Ένα από τα βασικότερα στάδια στον σχεδιασμό των μεταλλείων είναι ο σχεδιασμός του κυκλώματος του αερισμού.

Ενδεικτικά της σημαντικότητας της συγκεκριμένου σχεδιασμού είναι το γεγονός ότι το βάρος του αέρα διοχετεύεται και κυκλοφορεί στις υπόγειες μεταλλευτικές εργασίες είναι κατά την διάρκεια μιας χρονικής περιόδου, κατά κανόνα, μεγαλύτερο από το βάρος του εξορυσόμενου μεταλλεύματος στην ίδια περίοδο.

Η ενέργεια που καταναλώνεται για την εξασφάλιση του αερισμού των μεταλλείων είναι σημαντική και μπορεί να φθάσει μέχρι και τις **8Kwh/tn** στην περίπτωση των ανθρακορυχείων.

Από αναλύσεις σε μεταλλεύτικές εκμεταλεύσεις προκύπτει ότι το κόστος που αφορά τον αερισμό είναι περίπου σε ποσοστό **0,5 – 2%** του συνολικού κόστους του παραγόμενου προϊόντος. Το συγκεκριμένο ποσοστό δείχνει αρχικώς μικρό και δεν αντανakλά πλήρως την σοβαρότητα και την αναγκαιότητα για επαρκή αερισμό στο μεταλλείο προκειμένου να εξυπηρετηθεί η εξαγωγή του μεταλλεύματος.

Οι κύριοι λόγοι που καθιστούν αναγκαίο τον αποτελεσματικό αερισμό του μεταλλείου είναι οι εξής:

- Εξασφάλιση ατμόσφαιρας μέσα στην οποία το προσωπικό και μηχανήματα θα μπορούν να εργάζονται άνετα και αποδοτικά.
- Αραίωση και απαγωγή των επικίνδυνων αερίων και κονιορτών
- Ταπείνωση της θερμοκρασίας στις εκμεταλεύσεις μεγάλου βάθους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αερισμός των μεταλλείων απαιτεί συνεχή έλεγχο καθώς οι ανάγκες μεταβάλλονται τοπικά και χρονικά. Επίσης κάθε επένδυση στον αερισμό αποτελεί μια άριστη επένδυση που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ασφάλειας και την βελτίωση της παραγωγικότητας εργαζομένων και μηχανημάτων, γεγονός που οδηγεί προοδευτικά στην μείωση του κόστους του παραγόμενου προϊόντος.

Κατά γενικό κανόνα θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι το ποσοστό οξυγόνου στις στοές επιστροφής αέρα του μεταλλείου δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο του **20%**.

9.2. Αερισμός στο βωξιτικό κοίτασμα ‘Κοκκινόλιθος’

Το παρόν κοίτασμα το οποίο εξετάζεται είναι βωξιτικό οπότε τόσο από το ίδιο το κοίτασμα όσο και από τα περιβάλλοντα πετρώματα δεν εκλύονται τοξικά ή εκρηκτικά αέρια. Επίσης ο βωξίτης είναι αδρανής και δεν υπόκειται σε διεργασίες οξειδώσεως ή αυταναφλέξεως. Επομένως ο ρόλος του αερισμού περιορίζεται:

- Στην εξασφάλιση της απαραίτητης ποσότητας αέρα για την αναπνοή και μεταβολισμό των εργαζομένων
- Στην ομαλή λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης που λειτουργούν εντός του μεταλλείου
- Στην αραίωση και απομάκρυνση των καυσαερίων που παράγονται από την λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης
- Στην αραίωση και απομάκρυνση των αερίων που παράγονται κατά την πυροδότηση των εκρηκτικών υλών λόγω της αποσύνθεσής τους.

Στο συγκεκριμένο κοίτασμα θα εργάζονται ανά βάρδια **6** άτομα. Συγκεκριμένα θα απασχολούνται:

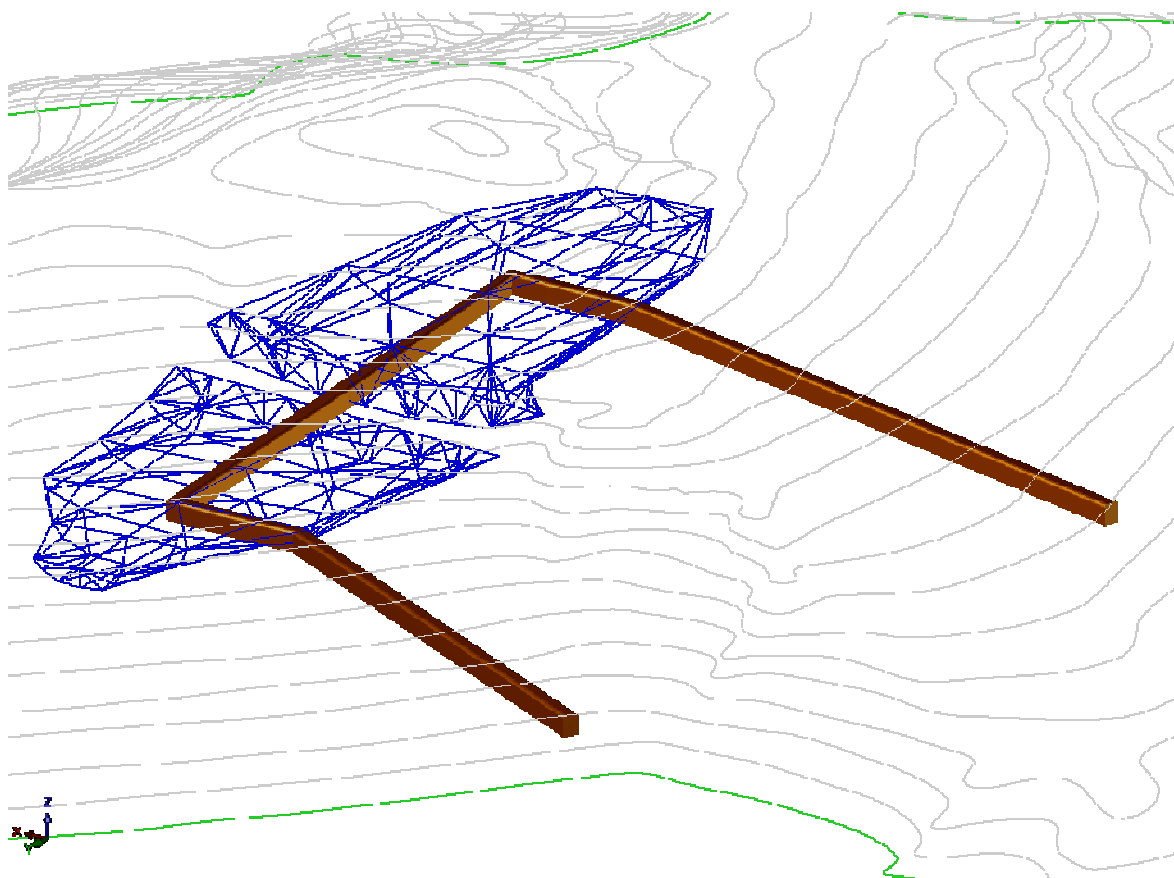
- 1 μηχανικός
- 1 εργοδηγος
- 1 γομωτής - ξεσκαρωτής
- 1 χειριστής διατρητικού
- 1 βοηθός χειριστή διατρητικού
- 1 χειριστής φορτωτή

Επιπλέον θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η είσοδος στο μεταλλείο ακόμα **2** ατόμων οι οποίοι είναι ο γεωλόγος καθώς και ο τοπογράφος του έργου.

Συνολικά λοιπόν θα εξεταστεί ο αερισμός για είσοδο στο μεταλλείο **8** ατόμων και **2** μηχανημάτων.

Τα μηχανήματα είναι το διατρητικό φορείο DCS Boomer 281DH το οποίο φέρει κινητήρα diesel, Deutz 5-cylinder, F5912W **146hp**, όπως και στο φορτωτή Scooptram ST1030 ο οποίος φέρει κινητήρα diesel, Cummins QSL9 C250 **350hp**. Επίσης θα προστεθούν και οι **280hp** του φορτηγού υπογείων όπως και ο οδηγός του, αν και όπως έχει αναφερθεί δεν θα χρειαστεί αλλά για λόγους ασφαλείας θα το υπολογισθεί.

Τελικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι ως κύριο κύκλωμα αερισμού θα λαμβάνεται το δίκτυο που συνθέτουν οι προσπελαστικές στοές S_1 , S_2 και η στοά S_3 όπως φαίνεται στην εικόνα 1.



Εικόνα 1. Το κύριο κύκλωμα αερισμού.

9.3. Απαιτούμενη παροχή αέρα

Η παροχή του αέρα που θα υπολογισθεί αναφέρεται στην χρονική περίοδο όπου το μεταλλείο θα είναι στη φάση της εκμετάλλευσης. Η απαιτούμενη παροχή αέρα υπολογίζεται με βάση τον συνολικό αριθμό εργαζομένων στο μεταλλείο, καθώς και από την συνολική ιπποδύναμη των μηχανημάτων που λειτουργούν σε αυτό.

Με βάση τις διατάξεις του Κ.Μ.Λ.Ε. η απαιτούμενη παροχή ανά εργαζόμενο είναι τα $2m^3/min$. Για τα μηχανήματα λαμβάνεται το ποσό των $2,5m^3/min$ ανά Hp δυναμικότητας.

Η συνολική ιπποδύναμη των μηχανημάτων ανέρχεται στους $776Hp$ εκ των οποίων οι $350Hp$ προέρχονται από τον φορτωτή και οι υπόλοιποι $146Hp$ από το διαρτητικό φορείο,

και οι **280Hp** από το φορτηγό υπογείων. Επίπλέον στο μεταλλείο θα εργάζονται 9 άτομα ανά βάρδια.

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω η απαιτούμενη παροχή Q_{ap} υπολογίζεται:

$$Q_{ap} = (9εργαζόμενοι \times 2m^3/min) + (776Hp \times 2,5m^3/min) = 18m^3/min + 1940m^3/min \Rightarrow Q_{ap} = 1958m^3/min \Rightarrow Q_{ap} \approx 32,6m^3/sec$$

Για λόγους ασφαλείας όπως, υπαρξη διαρροών, αντιστροφή ρεύματος φυσικού ελκυσμού, αύξηση αντίστασης του μεταλλείου λόγω αναπτύξεως του, το συγκεκριμένο ποσό της παροχής, θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή ασφαλείας $f = 1,5$. Με αυτήν την διορθωτική κίνηση το ποσό της απαιτούμενης παροχής ανέρχεται:

$$Q_{ap} = 32,6m^3/sec \times 1,5 \Rightarrow Q_{ap} = 48,95m^3/sec$$

9.4. Αντίσταση του μεταλλείου

Το βασικό κύκλωμα αερισμού του μεταλλείου αποτελείται από τις στοές S_1 , S_2 , S_3 . Οι συγκεκριμένες στοές είναι συνδεδεμένες σε σειρά και αποτελούν τους κλάδους του δικτύου. Προκειμένου να υπολογίσουμε την συνολική αντίσταση του δικτύου θα πρέπει αρχικά να υπολογισθούν οι αντιστάσεις των επιμέρους κλάδων. Η αντίσταση τους R θα υπολογισθεί με την βοήθεια του τύπου:

$$R = \frac{0,0156 \times \lambda \times (L + L_e) \times \Pi}{S^3}$$

Όπου λ , ο συντελεστής ο οποίος αφορά το γεωμετρικό σχήμα το μέγεθος της εκσκαφής και το είδος των χρησιμοποιούμενων μέσων υποστήριξης. L , το μήκος της στοάς. L_e , το ισοδύναμο μήκος του αγωγού, δηλαδή η προσαύξηση πραγματικού μήκους αγωγού τέτοια ώστε να αντιστοιχεί στις απώλειες πίεσης λόγω αλλαγής διεύθυνσης του αγωγού ή λόγω διαφοροποίησης των διαστάσεων της διατομής του. Π , η περίμετρος του αγωγού. S , το εμβαδόν της διατομής του αγωγού.

9.4.1. Υπολογισμός αντίστασης της στοάς S_1

Η S_1 έχει συνολικό μήκος $L = 181,2m$, περίμετρο $\Pi = 17,1m$, εμβαδόν διατομής $S = 19,5m^2$. Το ισοδύναμο μήκος $L_e = 5m$ λόγω μιας αλλαγής διεύθυνσεως υπό αμβλεία γωνία. Ο συντελεστής λ υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$\lambda = (0,7 \times \lambda_{\pi}) + (0,3 \times \lambda_{\delta}) = (0,7 \times 0,084) + (0,3 \times 0,084) = 0,0588 + 0,0252 \Rightarrow \lambda = 0,084$$

Όπου λ_{π} ο συντελεστής τριβής για τις παρειές και την οροφή και λ_{δ} ο συντελεστής τριβής για το δάπεδο. Συγκεκριμένα ο λ_{π} λήφθηκε από σχετικούς πίνακες ίσος με **0,084** τιμή που αναφέρεται σε στοά διατομής $10m^2$ με παρειές και οροφή μετρίως ανώμαλες και υποστηριζόμενες με κοχλίωση. Ο λ_{δ} λήφθηκε από σχετικούς πίνακες (βλ. βιβλιογραφία 'Ο ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ') ίσος με **0,084** τιμή που αναφέρεται σε δάπεδο με βάθος ανωμαλιών $10cm$.

Λόγω του γεγονότος ότι ο συντελεστής λ_{π} αναφέρεται σε στοά διατομής $10m^2$, πρέπει να γίνει η σχετική διόρθωση του συντελεστή λ ως προς την υφιστάμενη διατομή η οποία είναι $19m^2$. Η διόρθωση γίνεται μέσω του τύπου:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{(0,75 + 0,25 \times \log S)^2} = \frac{0,084}{(0,75 + 0,25 \times \log 19,5)^2} \Rightarrow \lambda_1 = 0,073$$

Οπότε η αντίσταση της στοάς S_1 υπολογίζεται:

$$R_1 = \frac{0,0156 \times 0,073 \times (181,2 + 5) \times 17,1}{19,5^3} \Rightarrow R_1 = 0,00049Kmu$$

9.4.2. Υπολογισμός αντίστασης της στοάς S_2

Όσον αφορά την S_2 το συνολικό της μήκος $L = 212,3m$, τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της είναι πανομοιότυπα με την S_1 . Οπότε η αντίσταση της στοάς S_2 υπολογίζεται:

$$R_2 = \frac{0,0156 \times 0,073 \times (212,2 + 5) \times 17,1}{19,5^3} \Rightarrow R_2 = 0,00057Kmu$$

9.4.3. Υπολογισμός αντίστασης της στοάς S_3

Η στοά S_3 είναι και η βασική στοά του μεταλλείου. Το μήκος της είναι $L = 127,6m$, περίμετρος – διατομή είναι όμοια με τις προσπελαστικές S_1 και S_2 . Το ισοδύναμο μήκος $L_e = 40m$ καθώς παρουσιάζει δύο αλλαγές διεύθυνσης υπό ορθή γωνία. Συγκεκριμένα στα σημεία όπου ενώνεται με τις προσπελαστικές στοές. Για τον υπολογισμό του συντελεστή λ θα ληφθούν οι τιμές των $\lambda_{\pi} = 0,130$ που αντιστοιχεί στην περίπτωση οροφής υποστηριζόμενης με κοχλίες και πλέγμα και $\lambda_{\delta} = 0,108$ που αντιστοιχεί σε δάπεδο με

βάθος ανωμαλιών **30cm**. Αν και όπως έχει σημειωθεί δεν χρειάζεται περαιτέρω υποσρήριξη με πλέγμα πέραν της κοχλιάσεως παρ' όλα αυτά σχεδιάζουμε ο σχεδιασμός γίνεται για την χειρότερη των περιπτώσεων.

$$\lambda = (0,7 \times \lambda_{\pi}) + (0,3 \times \lambda_{\delta}) = (0,7 \times 0,130) + (0,3 \times 0,108) = 0,091 + 0,032 \Rightarrow \lambda = 0,123$$

Αναγόμενος ο συγκεκριμένος στην διατομή της στόας μας δίνει:

$$\lambda_I = \frac{\lambda}{(0,75 + 0,25 \times \log S)^2} = \frac{0,123}{(0,75 + 0,25 \times \log 19,5)^2} \Rightarrow \lambda_I = 0,107$$

Οπότε η αντίσταση της S_3 υποορίζεται:

$$R_3 = \frac{0,0156 \times 0,107 \times (127,6 + 40) \times 17,1}{19,5^3} \Rightarrow R_3 = 0,00065 \text{Kmu}$$

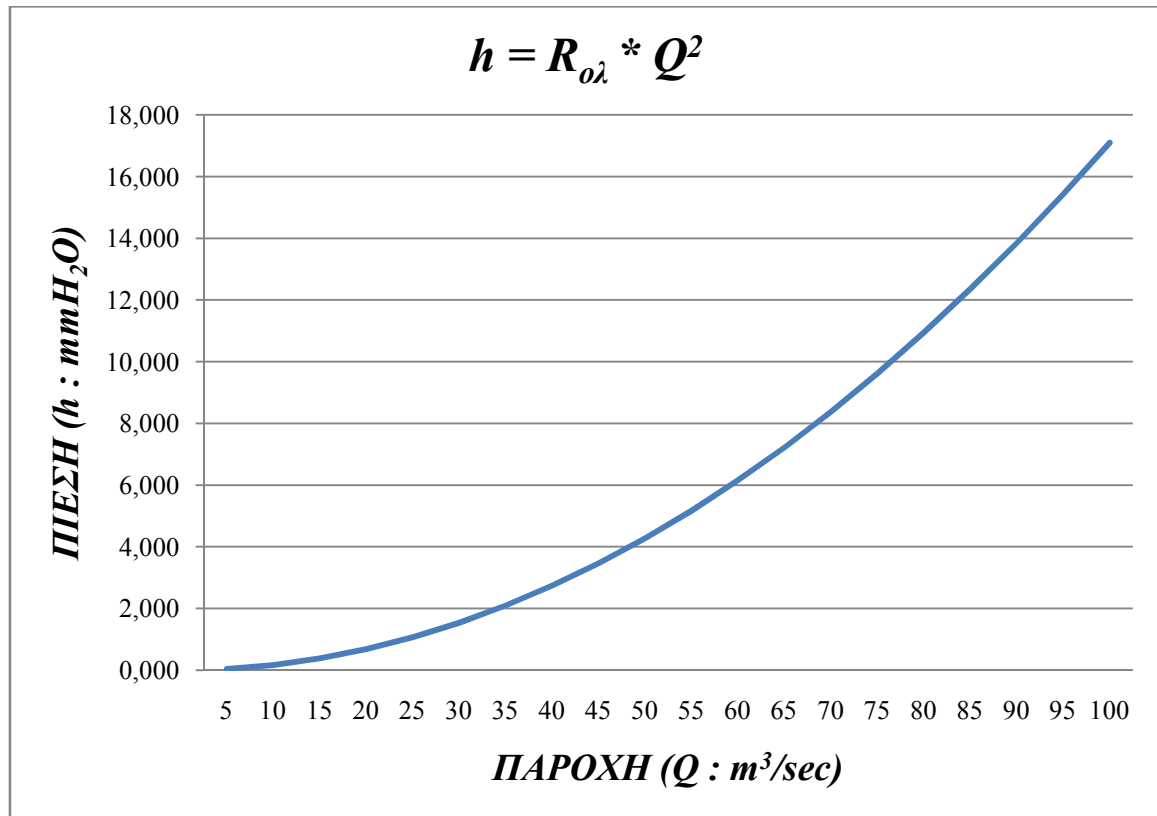
9.4.4. Υπολογισμός συνολικής αντίστασης δικτύου

Όπως έχει προαναφερθεί το δίκτυο αποτελείται από τρεις κλάδους, τις 2 προσπελαστικές στόες και την βασική στοά. Έχοντας υπολογίσει την αντίσταση των επιμέρους αυτών κλάδων δεν μένει παρά να υπολογίσουμε την συνολική αντίσταση του δικτύου:

$$R_{o\lambda} = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow R_{o\lambda} = 0,00171 \text{Kmu}$$

9.4.5. Χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου

Η χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου προκύπτει από την θεμελειώδη εξίσωση του αερισμού $h = R \times Q^2$ σύμφωνα με την οποία οι απώλειες πίεσης μεταβάλλονται ανάλογα με το τετράγωνο της παροχής. Συνεπώς για δεδομένο σύστημα υφίσταται μια σταθερή αναλογία μεταξύ πιέσεων και παροχών και επομένως εάν το μέγεθος h καθοριστεί για συγκεκριμένη παροχή Q , είναι εύκολο να προκύψουν οι τιμές ισοδύναμο ζεύγους Q, h αφού ουσιαστικά η αντίσταση αποτελεί ένα συντελεστή αναλογίας. Συνήθως στην χάραξη του της καμπύλης αυτής χρησιμοποιείται η στατική πίεση του μεταλλείου $h_{στ}$. Η χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλείου φαίνεται στην εικόνα 2.



Εικόνα 2. Χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλείου

9.4.6. Υπολογισμός στατικής πίεσης μεταλλείου

Η στατική πίεση $h_{στ}$ του μεταλλείου υπολογίζεται μέσω της θεμελιώδους εξίσωσης του αερισμού $h_{στ} = R_{ολ} * Q^2$ και ισούται με:

$$h_{στ} = R_{ολ} * Q^2 = 0.00171 \text{Kmu} \times (49 \text{m}^3)^2 \Rightarrow h = 4.1 \text{mmH}_2\text{O}$$

9.5. Φυσικός αερισμός

9.5.1. Γενικά στοιχεία

Όπως είναι γνωστό δεν μπορεί να επιτευχθεί ροή αέρα μέσα στο υπόγειο μεταλλευτικό δίκτυο εάν δεν εξασφαλισθεί η χορήγηση ενέργειας στο σύστημα υπό μορφής πίεσης για την υπερνίκηση των απωλειών.

Οι απαιτούμενες για την πρόκληση ροής διαφορές πίεσεως είναι δυνατόν να δημιουργηθούν είτε από μηχανικά μέσα (ανεμιστήρες), είτε από φυσική δύναμη. Η συνιθισμένη φυσική δύναμη οφείλεται στις διαφορές θερμοκρασίας και συνεπώς στις

διαφορές πυκνότητας των στηλών αέρα μέσα στο μεταλλείο. Ουσιαστικά η θερμική ενέργεια που προστίθεται στο σύστημα μετατρέπεται σε πίεση που είναι ικανή να προκαλέσει ροή. Η ροή αυτή ενδέχεται να εξασφαλίζει επαρκή και αποτελεσματικό αερισμό στο μεταλλείο χωρίς την ανάγκη προσφυγής σε μηχανικά μέσα. Αυτός είναι ουσιαστικά και ο λόγος που σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να εξετάζεται το ζήτημα του φυσικού αερισμού. Στην περίπτωση όπου η ροή εξασφαλίζει επαρκή αερισμό στο μεταλλείο, ο αερισμός αυτός ονομάζεται φυσικός και η πίεση που αντιστοιχεί σε αυτόν καλείται πίεση φυσικού αερισμού ή ελκυσμού.

Γενικά ο αέρας ρέει από την ψυχρή προς την θερμή στήλη. Μεταβολές της θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα προκαλούν εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας και στα υπόγεια, που περιορίζονται κυρίως στο ανώτερο τμήμα της στήλης εισόδου. Οι μεταβολές αυτές είναι συνήθως ικανές να αντοστρέψουν την διεύθυνση της ροής, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κατά τις οποίες το επιφανειακό τμήμα της στήλης είναι μεγάλο ή το μεταλλείο είναι συγκριτικά αβαθές.

Οι πιέσεις του φυσικού αερισμού είναι σημαντικό να εξετάζονται και στα μηχανικώς αεριζόμενα μεταλλεία, καθώς σε περίπτωση συνυπαρξής τους, είναι πιθανόν η πίεση του φυσικού αερισμού να δρα υπέρ ή κατά της μηχανικής πίεσεως. Επομένως οι συνθήκες πρόκλησης του φυσικού ελκυσμού θα πρέπει να είναι γνωστές και να εξετάζονται με προσοχή πριν την οριστική λήψη απόφασης για την δομή του αερισμού στο μεταλλείο.

Όμως εν τέλει πρέπει να τονισθεί ότι είναι απαραίτητο να καταβάλεται κάθε δυνατή και συστηματική προσπάθεια για να ελεγχθεί έστω και μερικώς ο φυσικός αερισμός. Δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να εγκατελείπεται το μεταλλείο όσον αφορά τον αερισμό στην διάθεση του φυσικού ρεύματος και δια μέσω κατάλληλων ρυθμίσεων, πρέπει να επιτευχθεί έστω και σε κάποια σημεία ικανοποιητικός έλεγχος του φυσικού αερισμού προς όφελος της ασφάλειας της εκμετάλλευσης.

9.5.2. Υπολογισμός πίεσης φυσικού αερισμού

Για το συγκεκριμένο κοίτασμα αναμένεται μια διαφορά θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες μεταξύ επιφανείας και υπογείων της τάξης των $15^{\circ} C$.

Η πίεση του φυσικού ελκυσμού h_{ϕ} υπολογίζεται από τον τύπο:

$$h_{\phi} = 0.0044 \times L \times \Delta T = 0,0044 \times 20m \times 15^{\circ}C \Rightarrow h_{\phi} = 1,32mmH_2O$$

Όπου L είναι η υψομετρική διαφορά των εισόδων των δύο προσπελαστικών στοών και ΔT είναι η θερμοκρασιακή διαφορά της τάξης των $15^{\circ} C$.

Όπως γίνεται κατανοητό η συγκεκριμένη πίεση φυσικού αερισμού αναφέρεται μόνο στην περίπτωση όπου η διαφορά θερμοκρασίας θα είναι $15^{\circ} C$ το οποίο θα είναι δυνατόν μόνο κατά τους χειμερινούς μήνες. Το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι αποτέλεσμα μιας παραδοχής όσο αφορά την διαφορά θερμοκρασίας οπότε και θα πρέπει να ελεγχθεί στην πράξη.

9.6. Υπολογισμός ισχύος ανεμιστήρα

Όπως αναφέρθηκε και υπολογίστηκε ανωτέρω θα πρέπει να εγκατασταθεί ανεμιστήρας ο οποίος να μπορεί να δίνει παροχή $49m^3$. Βέβαια θα πρέπει να ελεγχθεί εάν είναι αρκετή αυτή η παροχή προκειμένου να καθαριστεί το μέτωπο από τα αέρια που θα εκλύονται κατά την αποσύνθεση των εκρηκτικών υλών.

Ο επιθυμητός χρόνος καθαρισμού του μετώπου είναι $30min$. Σε κάθε ανατίναξη θα αποσυντίθεται περίπου $130kgr$ εκρηκτικής ύλης.

Από την διάσπαση $1kgr$ εκρηκτικής ύλης θεωρείται ότι μολύνονται $200m^3$ αέρα. Οπότε αναλογικά τα $130kgr$ μολύνουν $26.000m^3$ αέρα, τα οποία θα πρέπει να απομακρυνθούν σε $30min$. Οπότε η απαιτούμενη παροχή Q υπολογίζεται:

$$26.000m^3 / 1.800sec = 14,4m^3/sec$$

Επομένως από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι με τον ανεμιστήρα παροχής $49m^3/sec$ είναι δυνατός ο καθαρισμός των μετώπων σε $30min$ και η είσοδος του προσωπικού της επόμενης βάρδιας σε $30min$ από την πυροδότηση των διατρημάτων.

Η απαιτούμενη ισχύς του ανεμιστήρα υπολογίζεται μέσω του τύπου:

$$N = \frac{h \cdot Q}{75} = \frac{4,1 \cdot 49}{75} = 2,6Hp$$

Η πραγματική ισχύς του ηλεκτροκινητήρα υπολογίζεται:

$$N = \frac{2,6}{0,8 \cdot 0,6} = 5,4 Hp$$

Προκειμένου να μην υπάρχουν προβλήματα θα χρησιμοποιηθεί ανεμιστήρας από τον υπάρχον εξοπλισμό της εταιρείας, ελάχιστης ισχύος **16,5kw** και ιπποδύναμης **25Hp**.

Το σύστημα αερισμού που θα χρησιμοποιηθεί είναι το μυζητικό και θα εγκατασταθεί στην στοά S₂ του νοτίου τμήματος.

10. ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Στο παρόν κεφάλαιο θα περιγραφούν τα μέτρα που θα ληφθούν έχοντας κύριο σκοπό την ασφάλεια εργαζομένων και μηχανημάτων εντός του μεταλλείου.

10.1. Φωτισμός

Για τον φωτισμό των υπογείων έργων προβλέπεται η εγκατάσταση σταθερών λαμπτήρων, τόσο στις κεντρικές στοές, όσο και κοντά στα παραγωγικά μέτωπα. Το ρεύμα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί εντός των υπογείων θα είναι χαμηλής τάσης ($42V$) και για το σκοπό αυτό θα εγκατασταθούν ανάλογοι μετασχηματιστές.

Στις κεντρικές στοές η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σταθερών λαμπτήρων δεν θα υπερβαίνει τα 20m κοντά στα μέτωπα εργασίας θα υπάρχει εγκατεστημένος σταθερός φωτισμός, ενώ επί των μετώπων κατά τη διάρκεια της εργασίας του προσωπικού θα χρησιμοποιούνται οι ατομικές λυχνίες κεφαλής και ο φωτισμός των μηχανημάτων.

Στις περιοχές των εξοφλήσεων, σε σημεία με μεγάλα ύψη και γενικά όπου κρίνεται απαραίτητο από την επίβλεψη θα τοποθετούνται ειδικοί φορητοί προβολείς.

Στις εισόδους των λουκιών προβλέπεται η τοποθέτηση ερυθρών προειδοποιητικών λαμπτήρων για την ασφάλεια όσων κυκλοφορούν πεζοί ή εποχούμενοι πλησίον αυτών.

Πλην του σταθερού φωτισμού, το προσωπικό των υπογείων θα είναι εφοδιασμένο με ειδικές ατομικές λυχνίες με συσσωρευτή, τέτοιας ικανότητας διάρκειας ώστε να επαρκούν για την πλήρη κάλυψη ενός οκταώρου εργασίας.

10.2. Υπόγεια νερά

Κατά την διάρκεια των εργασιών δεν αναμένεται η εμφάνιση υπόγειων υδάτων πλην των αναμενόμενων μικρών ποσοτήτων που θα προκύψουν κατά την διάρκεια του φθινοπώρου, όταν παρατηρούνται έντονες βροχοπτώσεις. Παρόλα αυτά όμως δεν θα υπάρξει δυσχέρεια στην εκτέλεση των εργασιών.

Για την αποφυγή εισροής υδάτων από την επιφάνεια θα ορυχθούν στις εισόδους των δύο κύριων στοών αύλακες συλλογής υδάτων. Επίσης προς αυτή την κατεύθυνση είναι και ο γενικότερος σχεδιασμός τους με την ανηφορική τους κλίση.

Σε ενδεχόμενη περίπτωση συγκέντρωσης υδάτων στο χώρο της υπόγειας εκμετάλλευσης θα γίνεται απομάκρυνσή τους με την χρήση αντλίας.

10.3. Ασφάλεια των εργαζομένων

Για την ασφάλεια των εργαζομένων λαμβάνονται όλα τα προβλεπόμενα από τον Κ.Μ.Λ.Ε. μέτρα. Γίνεται χορήγηση όλων των προβλεπόμενων μέσων ατομικής προστασίας και ειδικότερα:

- Κράνη ασφαλείας με εσωτερικό πλαστικό δικτυωτό
- Άρβυλα και μπότες ασφαλείας
- Φόρμες εργασίας
- Αδιάβροχες επενδύσεις
- Ατομικές λάμπες κεφαλής
- Γάντια εργασίας
- Διηθητικό κάνιστρο (μάσκες προσώπου με ειδικά φίλτρα)
- Γυαλιά εργασίας
- Ωτοασπίδες

Η χορήγηση των υλικών γίνεται στα χρονικά διαστήματα που ορίζονται από τον Κ.Μ.Λ.Ε., αλλά και συχνότερα, όταν αυτό επιβάλλεται.

Για την επιπλέον ασφάλεια των εργαζομένων αλλά και για την σωστή τους κατάρτιση γίνονται σεμινάρια από τους μηχανικούς της εταιρείας που αφορούν τον ορθό τρόπο εκτέλεσης των εργασιών.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο υποκεφάλαιο 6.4.6 (Λοιπά στοιχεία υποστήριξης) για την υποστήριξη, οι εισοδοί των στοών θα εξασφαλισθούν με την τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος για την συγκράτηση χαλαρών τεμαχίων, ενώ προβλέπεται η τοποθέτηση μεταλλικών πλαισίων τύπου Π και τοποθέτηση επί αυτών ανθεκτικών κορμών καστανιάς.

Σε περίπτωση που κριθεί σκόπιμο οι εισοδοί των στοών θα ενισχυθούν με κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Ειδικά στις εισόδους των προσπελαστικών στοών για την αποφυγή εισόδου ατόμων κατά τις περιπτώσεις μη λειτουργίας του εργοταξίου αλλά και για την υποβοήθηση του κυκλώματος αερισμού, όταν απαιτηθεί, μπορούν να τοποθετηθούν πόρτες ή πετάσματα με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό ανοίγματος και κλεισίματος αυτών.

Επιπλέον στις εισόδους των στοών θα τοποθετηθούν προειδοποιητικές απαγορευτικές πινακίδες. Για την επιπλέον ασφάλεια των εργαζομένων στα υπόγεια προβλέπεται και εκεί η τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων, κυρίως στα επικίνδυνα σημεία, καθώς και η φωτεινή σήμανσή τους. Ερυθρή φωτεινή σήμανση θα υπάρχει όπως αναφέρεται και παραπάνω στις εισόδους των λουκιών.

Για την επικοινωνία των υπογείων εργασιών με την επιφάνεια προβλέπεται η τοποθέτηση τηλεφωνικού δικτύου. Η τοποθέτηση των τηλεφωνικών συσκευών θα γίνει σε κομβικά σημεία.

Τέλος θα επιβάλλεται για λόγους ασφαλείας η απενεργοποίηση των κινητών τηλεφώνων σε όσους εργάζονται ή εισέρχονται για οποιοδήποτε λόγο στις υπόγειες στοές.

Με κατάλληλα ξύλινα φράγματα, ασφαλιζονται οι προσβάσεις προς εξοφλημένα τμήματα της εκμετάλλευσης ή άλλα επικίνδυνα σημεία, στα οποία τοποθετούνται και προειδοποιητικές σημάσεις. Σε καίρια σημεία και σε διασταυρώσεις εντός των υπογείων θα τοποθετούνται πινακίδες επισήμανσης της εξόδου.

Για την ασφάλεια του προσωπικού και του έργων, τα χρησιμοποιούμενα μηχανήματα προβλέπονται να συντηρούνται κανονικά, σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών. Κυρίως θα ελέγχονται και θα συντηρούνται τα συστήματα ασφαλείας, δηλαδή φρένα, φώτα, υδραυλικά και ηχητικά συστήματα καθώς και τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων.

Για λόγους ασφαλείας απαγορεύεται η απασχόληση μεμονωμένων ατόμων εντός των υπογείων. Οι διάφορες εργασίες προβλέπεται να εκτελούνται από άτομα νηφάλια τα οποία θα διαθέτουν τα απαραίτητα ουσιαστικά και τυπικά προσόντα.

11. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

Στο παρόν κεφάλαιο να υπολογίζεται το συνολικό κόστος της εκμετάλλευσης. Το κόστος αυτό διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους κόστη, το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας.

Ως κόστος επένδυσης υπολογίζονται οι δαπάνες διάνοιξης των στείρων στοών και το κόστος εγκατάστασης των υποδομών του εργοταξίου.

Ως κόστος λειτουργίας υπολογίζεται το κόστος για την παραγωγή ενός τόνου βωξίτη.

11.1. Κόστος επένδυσης

Ως κόστος επένδυσης, υπολογίζονται οι δαπάνες για την διάνοιξη των στείρων στοών και το κόστος εγκατάστασης των υποδομών του εργοταξίου.

Δεν υπολογίζεται στο κόστος επένδυσης η αγορά των μηχανημάτων που χρειάζονται καθώς θα χρησιμοποιηθούν ήδη υπάρχοντα από τον στόλο της εταιρείας.

Τα συνολικά μέτρα στείρων στοών είναι **302,5m** με διαστάσεις **4m x 5m**. Σύμφωνα με τις διαστάσεις προκύπτει ότι ο όγκος των στείρων είναι **6.050m³** δηλαδή **16.335tn**. Ανά ημέρα παράγονται **524,88tn** στείρου υλικού. Το κόστος διάνοιξης των στείρων στοών υπολογίζεται:

1. Διάτρηση

- Κορώνες

$$N = a/L_k = 37,5m/100m \Rightarrow N = 0,4 \text{ κορώνες/ημέρα}$$

$$K_k = N \times C_k / \Pi = 0,4 \times 47\text{€} / 524,88(\text{tn}/\eta\mu) \Rightarrow K_k = 0,036(\text{€}/\text{tn})$$

Όπου a τα μέτρα (m) διάτρησης ανα ημέρα, L_k η διάρκεια ζωής της σε m, N ο αριθμός των κοπτικών που απαιτούνται ανά ημέρα, C_k το κόστος αγοράς της κορώνας, Π η ημερήσια παραγωγή και K_k το κόστος αγοράς της κορώνας.

- Στελέχη

$$N = a/L_\Sigma = 37,5m / 100m \Rightarrow N = 0,4 \text{ στελέχη}$$

$$K_\Sigma = N \times C_\Sigma / \Pi = 0,4 \times 197 / 524,88(\text{tn}/\eta\mu) \Rightarrow K_\Sigma = 0,15(\text{€}/\text{tn})$$

Όπου a τα μέτρα (m) διάτρησης ανά ημέρα, L_k η διάρκεια ζωής του σε m, N ο αριθμός των στελεχών που απαιτούνται ανά ημέρα, C_Σ το κόστος αγοράς του στελέχους, Π η ημερήσια παραγωγή και K_k το κόστος αγοράς του στελέχους.

- Κόστος διατηρητικού

$$K_{KA} = W \times 0,2lt \times n \times T \times C_o / \Pi = 146hp \times 0,2lt \times 0,8 \times 6(hr/\eta\mu) \times 1,30(€/lt) / 524,88(tn/\eta\mu) \Rightarrow K_{KA} = 0,35(€/tn)$$

Όπου W η συνολική ιπποδύναμη, T οι ώρες λειτουργίας, C_o το κόστος του καυσίμου, n ο συντελεστής φορτίου, Π η ημερήσια παραγωγή.

Άρα, συνολικά η διάτρηση κοστίζει: $(0,036+0,15+0,35)€/tn \times 16.335tn = 8.755€$.

2. Υποστήριξη

- Κόστος κοχλιών

$$K_v = N_k \times C_R / \Pi = 36 \times 14€ / 524,88tn \Rightarrow K_v = 0,96(€/tn)$$

Όπου N_k ο αριθμός των κοχλιών που τοποθετούνται ανά ημέρα (12/μέτωπο), C_R το κόστος του κάθε κοχλία, Π η ημερήσια παραγωγή.

Σημειώνεται ότι το κόστος όρυξης των διατρημάτων έχει συμπεριληφθεί στο κόστος διάτρησης.

Συνολικά η υποστήριξη κοστίζει: $1,2€/tn \times 16.335tn = 15.682€$.

3. Γόμωση – Πυροδότηση

- ANFO

$$K_{ANFO} = 0,5(€/kgr) \times 4,023(kgr/\delta\acute{\iota}\alpha\tau\rho\eta\mu\alpha) \times 29(\delta\iota\alpha\tau\rho\acute{\eta}\mu\alpha\tau\alpha) \times 3(\alpha\upsilon\alpha\tau\iota\nu\acute{\alpha}\zeta\epsilon\iota\varsigma/\eta\mu) / 524,88(tn/\eta\mu) \Rightarrow K_{ANFO} = 0,33 €/tn$$

Συνολικό κόστος: $0,33€/tn \times 16.335tn = 5.390€$.

- Ζελατινοδυναμίτιδα

$$K_{\zeta\epsilon\lambda} = 1,85(\text{€/kgr}) \times 0,4(\text{kgr/διάτρημα}) \times 29(\text{διάτρηματα/ανατίναξη}) \times 3(\text{ανατινάξεις/ημ}) / 524,88(\text{tn/ημ}) \Rightarrow K_{\zeta\epsilon\lambda} = 0,22\text{€/tn}$$

$$\text{Συνολικό κόστος: } 0,22\text{€/tn} \times 16.335\text{tn} = \mathbf{3.594\text{€}}$$

- Καψύλλια

$$K_{\kappa\alpha\psi} = 1,00(\text{€/τεμ}) \times 1(\text{τεμάχιο/διάτρημα}) \times 29(\text{τεμάχια/ανατίναξη}) \times 3(\text{ανατινάξεις/ημ}) / 524,88(\text{tn/ημ}) \Rightarrow K_{\kappa\alpha\psi} = 0,16 \text{ €/tn}$$

$$\text{Συνολικό κόστος: } 0,16\text{€/tn} \times 16.335\text{tn} = \mathbf{2.614\text{€}}$$

4. Φόρτωση – Μεταφορά

- Κόστος φορτωτή

Ο τύπος είναι ο ίδιος με του διατρητικού. Αλλάζουν η ιπποδύναμη (320hp) και οι ώρες εργασίας (13,5hr).

$$K_{\phi} = W \times 0,2\text{lt} \times n \times T \times C_o / \Pi = 320\text{hp} \times 0,2\text{lt} \times 0,8 \times 13,5(\text{hr/ημ}) \times 1,30(\text{€/lt}) / 524,88(\text{tn/ημ}) \Rightarrow K_{\phi} = 1,71 \text{ €/tn}$$

Όπου W η συνολική ιπποδύναμη, T οι ώρες λειτουργίας, C_o το κόστος του καυσίμου, n ο συντελεστής φορτίου, Π η ημερήσια παραγωγή.

$$\text{Το συνολικό κόστος φόρτωσης–μεταφοράς είναι: } 1,71\text{€/tn} \times 16.335\text{tn} = \mathbf{27.933\text{€}}$$

11.1.1. Κόστος εργασίας

- Προσωπικό

$$K_{\pi\rho} = 7(\text{άτομα/βάρδια}) \times 3(\text{βάρδιες/ημ}) \times 6(\text{hr/βάρδια}) \times 16,1(\text{€/hr}) / 524,88(\text{tn/ημ}) \Rightarrow K_{\pi\rho} = 3,86\text{€}$$

Άρα το συνολικό κόστος είναι: **63.053€**.

Συνολικά η διάνοιξη των στείρων στοών κοστίζει **127.021 €**, ή **419,9 € ανά m μήκους** στοάς ή **7,8 € ανά tn (21,0 €/m³)** εξορυσσόμενου υλικού.

Το συνολικό ποσό του κόστους επένδυσης για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος εκτιμάται στο ύψος των **170.000€** και δίνεται αναλυτικά στον Πίνακα 11.1.

Πίνακας 11.1. Υπολογισμός κόστους επένδυσης.

<i>ΕΡΓΑΣΙΑ</i>		<i>ΚΟΣΤΟΣ</i>
Διάνοιξη στείρων στοών	=	127.021 €
Ηλεκτρολογική εγκατάσταση	=	4.500 €
Δίκτυο παροχής νερού	=	700 €
Αγωγοί αερισμού	=	5.500 €
Τηλεφωνικό δίκτυο – συσκευές	=	500 €
Προκατασκευασμένος οικίσκος iso box, εργασίες εγκατάστασης	=	5.000 €
Βελτίωση – συντήρηση δρόμου προσπέλασης	=	2.500 €
Αποκατάσταση περιβάλλοντος	=	20.000 €
Διάφορα απρόβλεπτα – στρογγυλοποίηση	=	4.279 €
Σύνολο	=	170.000€

11.2. Κόστος λειτουργίας

Ως κόστος λειτουργίας υπολογίζεται το κόστος ανά τόνο παραγόμενου μεταλλεύματος. Έχοντας υπολογίσει ότι ανά ημέρα παράγονται **622,08tn** και τα συνολικά απολήψιμα αποθέματα είναι **265.030,4tn** το κόστος για την παραγωγή τους υπολογίζεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

1. Διάρθρωση

- Κορώνες

$$N = a/L_k = 37,5m/100m \Rightarrow N = 0,4\text{κορώνες/ημέρα}$$

$$K_k = N \times C_k / \Pi = 0,4 \times 47€ / 622,08tn \Rightarrow K_k = 0,030€/tn$$

Όπου a τα μέτρα (m) διάρθρωσης ανα ημέρα, L_k η διάρκεια ζωής της σε m, N ο αριθμός των κοπτικών που απαιτούνται ανά ημέρα, C_k το κόστος αγοράς της κορώνας, Π η ημερήσια παραγωγή και K_k το κόστος αγοράς της κορώνας.

- Στελέχη

$$N = a/L_\Sigma = 37,5m / 100m \Rightarrow N = 0,4\text{στελέχη}$$

$$K_\Sigma = N \times C_\Sigma / \Pi = 0,4 \times 197 / 622,08tn \Rightarrow K_\Sigma = 0,13€/tn$$

Όπου a τα μέτρα (m) διάτρησης ανά ημέρα, L_k η διάρκεια ζωής του σε m, N ο αριθμός των στελεχών που απαιτούνται ανά ημέρα, C_Σ το κόστος αγοράς του στελέχους, Π η ημερήσια παραγωγή και K_k το κόστος αγοράς του στελέχους.

- Διατηρητικό

$$K_{KA} = W \times 0,2lt \times n \times T \times C_o / \Pi = 146hr \times 0,2lt \times 0,8 \times 6(hr/\eta\mu) \times 1,30(€/lt) / 622,08(tn/\eta\mu) \Rightarrow K_{KA} = 0,29€/tn$$

Όπου W η συνολική ιπποδύναμη, T οι ώρες λειτουργίας, C_o το κόστος του καυσίμου, n ο συντελεστής φορτίου, Π η ημερήσια παραγωγή.

Άρα, συνολικά η διάτρηση κοστίζει: $(0,03+0,13+0,29)€/tn \times 265.030tn = 119.264€$

2. Υποστήριξη

- Κοχλίες

$$K_b = N_k \times C_R / \Pi = 36 \times 14€ / 622,08tn \Rightarrow K_b = 0,81€/tn$$

Όπου N_k ο αριθμός των κοχλιών που τοποθετούνται, C_R το κόστος του κάθε κοχλία, Π η ημερήσια παραγωγή.

Το συνολικό κόστος εκτιμάται σε: $0,81€/tn \times 265.030tn = 214.675€$

3. Γόμωση – Πυροδότηση

- ANFO

$$K_{ANFO} = 0,5(€/kgr) \times 4,023(kgr/διάτρημα) \times 29(διατρήματα) \times 3(ανατινάξεις/ημ) / 622,08(tn/\eta\mu) \Rightarrow K_{ANFO} = 0,28€/tn$$

- Ζελατινοδυναμίτιδα

$$K_{ζελ} = 1,85(€/kgr) \times 0,4(kgr/διάτρημα) \times 29(διατρήματα/ανατίναξη) \times 3(ανατινάξεις/ημ) / 622,08(tn/\eta\mu) \Rightarrow K_{ζελ} = 0,10€/tn$$

- Καψύλλια

$$K_{καψ} = 1(€/τεμ) \times 1(τεμάχιο/διάτρημα) \times 29(τεμάχια/ανατίναξη) \times 3(ανατινάξεις/ημ) / 622,08(tn/\eta\mu) \Rightarrow K_{καψ} = 0,13€/tn$$

Το συνολικό κόστος εκτιμάται σε: $(0,28+0,10+0,13) €/tn \times 265.030tn = 135.065€$

4. Φόρτωση – μεταφορά

- Κόστος φορτωτή

$$K_{\phi} = W \times 0,2 \text{ lt} \times n \times T \times C_o / \Pi = 320 \text{ hp} \times 0,2 \text{ lt} \times 0,8 \times 13,5 (\text{hr}/\eta\mu) \times 1,30 (\text{€}/\text{lt}) / 622,08 (\text{tn}/\eta\mu) \Rightarrow K_{\phi} = 1,44 \text{ €}/\text{tn}$$

Όπου W η συνολική ιπποδύναμη, T οι ώρες λειτουργίας, C_o το κόστος του καυσίμου, n ο συντελεστής φορτίου, Π η ημερήσια παραγωγή.

Το συνολικό κόστος εκτιμάται σε: $0,81 \text{ €}/\text{tn} \times 265.030 \text{ tn} = 214.675 \text{ €}$

11.2.1. Κόστος εργασίας

- Προσωπικό

$$K_{\pi\rho} = 7 (\text{άτομα}/\text{βάρδια}) \times 3 (\text{βάρδιες}/\eta\mu) \times 6 (\text{hr}/\text{βάρδια}) \times 16,1 (\text{€}/\text{hr}) / 622,08 (\text{tn}/\eta\mu) \Rightarrow K_{\pi\rho} = 3,26 \text{ €}/\text{tn}$$

Το συνολικό κόστος εκτιμάται σε: $3,26 \text{ €}/\text{tn} \times 265.030 \text{ tn} = 863.998 \text{ €}$

Σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος των εργασιών παραγωγής βωξίτη από το υπόγειο μεταλλείο εκτιμάται σε: **1.547.677€**.

11.3. Κόστος επισκευών

Στην φάση της προσπέλασης:

1. Διατηρητικό

$$K_E = 0,4 \times C_{\Delta} \times T / L_{\Delta} \times \Pi = 0,4 \times 300.000 \text{ €} \times 6 (\text{hr}/\eta\mu) / 25.000 \text{ hr} \times 524,88 (\text{tn}/\eta\mu) \Rightarrow K_E = 0,054 \text{ €}/\text{tn}$$

Όπου C_Δ το κόστος αγοράς, T οι ώρες εργασίας, L_Δ ο χρόνος ζωής του μηχανήματος, Π η ημερήσια παραγωγή.

2. Φορτωτής

$$K_E = 0,4 \times C_{\Delta} \times T / L_{\Delta} \times \Pi = 0,4 \times 275.000 \text{ €} \times 13,5 (\text{hr}/\eta\mu) / 25.000 \text{ hr} \times 524,88 (\text{tn}/\eta\mu) \Rightarrow K_E = 0,11 \text{ €}/\text{tn}$$

Όπου C_Δ το κόστος αγοράς, T οι ώρες εργασίας, L_Δ ο χρόνος ζωής του μηχανήματος, Π η ημερήσια παραγωγή.

$$\text{Σύνολο } (0,054 + 0,11) \text{ €/tn} \times 16.335 \text{tn} = \mathbf{2.680\text{€}}$$

Στη φάση της ανάπτυξης του μεταλλείου:

1. Διατηρητικό

$$K_E = 0,4 \times C_A \times T / L_A \times \Pi = 0,4 \times 300.000\text{€} \times 6(\text{hr}/\eta\mu) / 25.000\text{hr} \times 622,08(\text{tn}/\eta\mu) \\ \Rightarrow K_E = 0,046\text{€}$$

2. Φορτωτής

$$K_E = 0,4 \times C_A \times T / L_A \times \Pi = 0,4 \times 275.000\text{€} \times 13,5(\text{hr}/\eta\mu) / 25.000(\text{hr}) \times 622,08(\text{tn}/\eta\mu) \\ \Rightarrow K_E = 0,095\text{€}$$

Το συνολικό ποσό που δαπανάται για την επισκευή των μηχανημάτων είναι: $(0,046 + 0,095)\text{€/tn} \times 265.030\text{tn} = \mathbf{37.370\text{€}}$.

Άρα το συνολικό κόστος επισκευών του εξοπλισμού εκτιμάται σε **40.050 €**

11.4. Κόστος αποσβέσεων

1. Διατηρητικό

Ο χρόνος ζωής του διατηρητικού L_T είναι 25.000hr και το κόστος του C είναι 300.000€. Οι ώρες λειτουργίας T_Y είναι 3.000hr. Το κόστος αποσβέσεων δίνεται από τον τύπο:

$$A_A = C \times T_Y / L_T = 300.000 \times 3.000 / 25.000 \Rightarrow A_K = \mathbf{36.000\text{€}}$$

2. Φορτωτής

Ο χρόνος ζωής του φορτωτή L_T είναι 25.000hr και το κόστος του C είναι 275.000€. Οι ώρες λειτουργίας T_Y 6.750hr. Το κόστος αποσβέσεων δίνεται από τον τύπο:

$$A_\Phi = C \times T_Y / L_T = 275.000 \times 6.750 / 25.000 \Rightarrow A_\Phi = \mathbf{74.250\text{€}}$$

Συνολικά το κόστος αποσβέσεων: $A_K = \mathbf{110.250\text{€}}$

11.5. Συνολικό κόστος – προϋπολογιζόμενα κέρδη

Το συνολικό κόστος για την εκμετάλλευση υπολογίζεται με την άθροιση των επιμέρους εξόδων δηλαδή του κόστους επένδυσης και του συνολικού κόστους παραγωγής. Άρα:

$$K_{\text{συν}} = K_{\text{επ}} + K_{\pi} + K_{\text{συντ}} + A_K = 170.000\text{€} + 1.547.677\text{€} + 40.050 \text{€} + 110.250 \Rightarrow K_{\text{συν}} = 1.867.977\text{€} \text{ ή } 1.868.000 \text{€ περίπου.}$$

Το κόστος ανά τόνο παραγόμενου βωξίτη είναι:

$$K = 1.868.000 \text{€} / 265.030,4\text{tn} \Rightarrow K = 7,05\text{€/tn}$$

Τα υπόλοιπα κόστη που σχετίζονται με την μεταφορά, επεξεργασία, φόρτωση σε πλοία, κ.α. του βωξίτη, σύμφωνα με τα στοιχεία που λήφθηκαν από την εταιρεία ΕΛΜΙΝ ΑΕ, δίνονται στον πίνακα 11.2.

Πίνακας 11.2. Ανάλυση κόστους ανά τόνο παραγόμενου βωξίτη.

A/A	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	€
1.	Κόστος μεταφοράς	Αμοιβές – ημερομίσθια Φόρτωση μεταλλεύματος Δαπάνες οχημάτων Δαπάνες υπέρ τρίτων Διάφορα – απρόβλεπτα	4,70
2.	Κόστος επεξεργασίας	Αμοιβές – ημερομίσθια Ενέργεια Δαπάνες κινητού εξοπλισμού Δαπάνες εγκαταστάσεων Δαπάνες υπέρ τρίτων Διάφορα – απρόβλεπτα	3,80
3.	Κόστος φόρτωσης πλοίων	Αμοιβές – ημερομίσθια Ενέργεια Δαπάνες κινητού εξοπλισμού Δαπάνες εγκαταστάσεων Δαπάνες υπέρ τρίτων Διάφορα – απρόβλεπτα	0,50
4.	Μη κατανεμηθέντα έξοδα	Αποσβέσεις Έρευνα Δαπάνες υπέρ τρίτων Διάφορα – απρόβλεπτα	2,60
5.	Μισθώματα		1,00
	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ		12,60

Συνεπώς το τελικό κόστος του βωξίτη διαμορφώνεται σε **19,65 €/tn** περίπου.

Αν συνυπολογιστεί ότι η μέση τιμή του βωξίτη ανά τόνο είναι της τάξης των **35 \$/tn** δηλαδή **25,3 €/tn**, τα έσοδα υπολογίζονται σε:

$$E = 25,3€/tn * 265.030,4tn \Rightarrow E = 6.705.269,12 \text{ €}$$

Εκτιμάται συνεπώς ότι τα κέρδη από την εκμετάλλευση του κοιτάσματος ανέρχονται σε: - **1.500.000 €** περίπου.

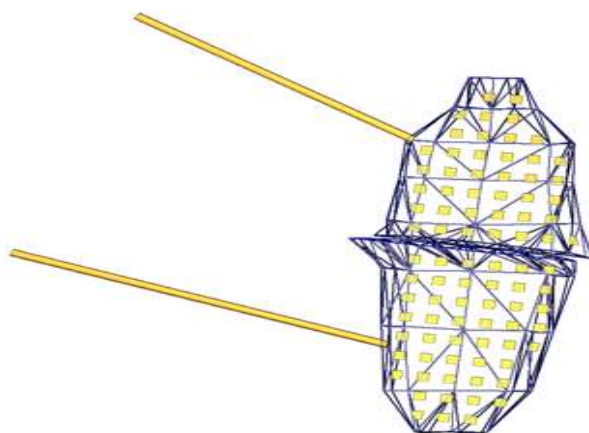
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκμετάλλευση βωξιτών στην Ελλάδα είναι ένας σημαντικός κλάδος τόσο για τον μεταλλευτικό κλάδο όσο και για την εθνική οικονομία. Η παραγωγή βωξίτη ανήλθε το 2009 σε **1.935.000tn**. Η συνεισφορά του κλάδου γενικά της επεξεργασίας βωξίτη ανέρχεται στο **2,3%** του Α.Ε.Π και είναι περίπου το **9%** των εξαγωγών.

Λόγω της σημαντικότητας της εκμετάλλευσης των βωξιτικών κοιτασμάτων, η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τον σχεδιασμό του υπόγειου βωξιτικού κοιτάσματος του Κοκκινολιθού. Ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης έγινε με την χρήση Η/Υ και του μεταλλευτικού λογισμικού Surpac. Η χρήση Η/Υ στον σχεδιασμό προσφέρει αρκετές πληροφορίες σχετικά με το κοιτάσμα, όπως για παράδειγμα τον συνολικό του όγκο αρκετά κοντά στην πραγματικότητα, την δυνατότητα ελέγχου του πάχους του σχεδόν σε όλη την έκτασή του καθιστά πιο εύκολη την εκλογή της σωστής μεθόδου εκμετάλλευσης για το κοιτάσμα που εξετάζεται.

Επιπλέον η τρισδιάστατη αναπαράσταση του σχεδιασμού μέσω του λογισμικού προσφέρει μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου των σχεδιασθέντων για εντοπισμό λαθών και δίνει την δυνατότητα πολλαπλών υλοποιήσεων.

Επίσης η δυνατότητα σχεδιασμού κάθε φάσης της εκμετάλλευσης, προσφέρει το πλεονέκτημα καλύτερου προγραμματισμού των εργασιών. Έτσι για παράδειγμα στην εικόνα 12.1 φαίνεται η τελική μορφή του μεταλλείου πριν ακόμα γίνει η υλοποίηση της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 12.1. Η τελική μορφή του μεταλλείου.

Το υπόγειο βωξιτικό κοιτάσμα Κοκκινόλιθου Φωκίδας, είναι ένα μικρό φακοειδές κοιτάσμα τρίτου ορίζοντα, τα γεωλογικά αποθέματα του οποίου είναι **98.099m³** in situ. Το πάχος του κοιτάσματος είναι **7,1m** κατά μέσο όρο, η κλίση του είναι 5° ΒΑ και το μέγιστο ύψος υπερκειμένων που ευρέθησαν είναι **66m**.

Τα έργα προσπέλασης του κοιτάσματος σχεδιάστηκαν με γνώμονα την μικρότερη δυνατή διάνοιξη εντός στείων πετρωμάτων που παράλληλα όμως να εξυπηρετεί την απαραίτητη κλίση των προσπελαστικών στοών και το τελικό τους μήκος είναι **302,5m** εντός στείου πετρώματος. Επιπλέον οι προσπελαστικές στοές έπρεπε να κατευθυνθούν προς τα κεντροβαρικά σημεία των δύο τεμαχίων του κοιτάσματος χωρίς αυτό να αυξάνει το μήκος ή την κλίση τους.

Η μέθοδος εκμετάλλευσης των θαλάμων και στύλων επιλέχθηκε έπειτα από συνυπολογισμό όλων των παραμέτρων, όπως για παράδειγμα το μικρό πάχος του κοιτάσματος, η σχεδόν οριζόντια θέση του.

Οι στύλοι θα είναι τετραγωνικοί και κατά την φάση της ανάπτυξης θα έχουν διαστάσεις **8m x 8m** και **5m** ύψος, με πλάτος θαλάμου **4m**. Κατά την φάση της εξόφλησης οι διαστάσεις τους θα μειωθούν στα **5m x 5m** και μέγιστο ύψος στύλου τα **10m**.

Με την εφαρμογή της μεθόδου των θαλάμων και στύλων ο συντελεστής απόληψης ανήρθε στο ποσοστό **84,4%**. Βέβαια είναι σίγουρο ότι στην εφαρμογή σε κανονικές συνθήκες τα πράγματα θα είναι πιο περίπλοκα. Με βάση αυτόν τον συντελεστή απόδοσης τα απολήψιμα αποθέματα υπολογίζονται σε **82.822m³**.

Η προχώρηση που επιτυγχάνεται είναι **3m** ανά ανατίναξη και έχοντας 3 βάρδιες ημερησίως η προχώρηση είναι **9m** ημερησίως. Η γόμωση των διατρημάτων θα γίνεται με την χρήση ANFO και ζελατινοδυναμίτιδας.

Κατά την φάση της πλήρους ανάπτυξης του μεταλλείου θα υπάρχουν **6** παραγωγικά μέτωπα σε ανάπτυξη εκ των οποίων στα **3** θα γίνονται εξορυκτικές εργασίες. Χρονομετρήθηκαν όλες οι εξορυκτικές εργασίες. Η διάτρηση θα διαρκεί ανά μέτωπο **65min**, για την υποστήριξη, η γόμωση και η πυροδότηση **40min**, η απαγωγή των αερίων **20min**, το ξεσκάρωμα **15min**, η κοχλίωση **40min** και η φόρτωση – αποκομιδή **4,5hr**.

Για κάθε παραγωγικό μέτωπο υπολογίζεται παραγωγή ανά πυροδότηση **207,36tn**, οπότε αυτό σημαίνει ότι ημερησίως με **3** πυροδοτήσεις θα υπάρχει παραγωγή **622,08tn**.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς ο χρόνος ζωής του μεταλλείου είναι περίπου **2 έτη**.

Τα οικονομικά στοιχεία υπολογίσθηκαν με βάση τα δεδομένα που ελήφθησαν από την εταιρία ΕΛΜΙΝ. Υπολογίσθηκαν ξεχωριστά οι εργασίες για κάθε φάση της εκμετάλλευσης τόσο στην διάνοιξη των προσπελαστικών στοών εντός των στείρων όσο και στην φάση της ανάπτυξης.

Το συνολικό προϋπολογιζόμενο κόστος της εκμετάλλευσης εκτιμάται ότι είναι **1.868.000 €** ή **7,05€/tn** παραγόμενου βωξίτη (μη συνυπολογίζοντας κόστη μεταφοράς-επεξεργασίας-φόρτωσης πλοίων). Σε αυτό περιλαμβάνονται όλα τα επιμέρους κόστη που θα προκύψουν κατά την διάρκεια ζωής του μεταλλείου. Βέβαια είναι σημαντικό το γεγονός ότι η μέση τιμή πώλησης του βωξίτη είναι της τάξης των **35 \$/tn** δηλαδή **25,3 €/tn**, τα έσοδα που θα αποκομίσει η εταιρεία από την εκμετάλλευση του κοιτάσματος θα ανέρθουν στα **6.700.000 €** περίπου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- «ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ», Δημοσθένης Μουντράκης, Θεσσαλονίκη 1985
- «ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ», Νικολ. Γ. Τερεζόπουλου καθηγητής Ε.Μ.Π, Αθήνα 2003
- «ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ», Δ. Καλιαμπάκος επ. καθηγητής Ε.Μ.Π, Αθήνα 2003
- «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΟΡΤΩΣΗΣ – ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ», Γεωργιος Ν. Παναγιώτου καθηγητής. Ε.Μ.Π – Θεόδωρου Ν. Μιχαλακόπουλου λεικτορας Ε.Μ.Π, Αθήνα 2004
- «ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ», Ανδρέας Μπενάρδος,
- «Ο ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ», Ιωάννου Ν. Οικονομόπουλου καθηγητής Ε.Μ.Π., Αθήνα 2002
- «ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ», Αναστασία Μανουσάκη – Ορφανουδάκη αναπλ. καθηγήτρια Ε.Μ.Π, Αθήνα 2005
- «ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ», Γ. Ε. Εξαδάκτυλος, Χανιά 2005
- «ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ ‘ΚΑΜΑΡΑ’ ΤΗΣ Α.Ε.Μ. ΒΩΞΙΤΑΙ ΠΑΡΝΑΣΟΥ», Παινέσης Μιχάλης, Ε.Μ.Π Αθήνα 1994
- «ΜΕΓΑΛΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ», Νικόλαος Ι. Σκονδρέας, Ε.Μ.Π. Αθήνα 1990
- «ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ – ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΑ – ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ», Ιωαννίδου Ευαγγελία – Πολυχρονιάδης Κων/νος, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη 2004
- «ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΒΩΞΙΤΗ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ‘ΤΣΙΜΠΟΓΙΑΝΝΟΣ’», Ελληνικές Μεταλλευτικές Επιχειρησεις Α.Ε., Αθήνα 2008
- «GUIDE TO UNDERGROUND MINING METHODS AND APPLICATIONS», Atlas Copco

www.oryktosploutos.net, Άρθρο του Δρ. Ιωάννη Ζαφειράτου ‘Ο τομέας του βωξιτη – αλουμινίου’

www.atlascopco.com

www.elebor.gr

www.extraco.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SURPAC

Στην παρούσα εργασία ο σχεδιασμός έγινε με την βοήθεια των σχεδιαστικών προγραμμάτων Surpac minex και Autocad. Με την βοήθεια του Autocad έγινε η ψηφιοποίηση του γεωλογικού χάρτη. Οι υπόλοιπες σχεδιαστικές εργασίες έγιναν με την βοήθεια του Surpac.

ΒΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

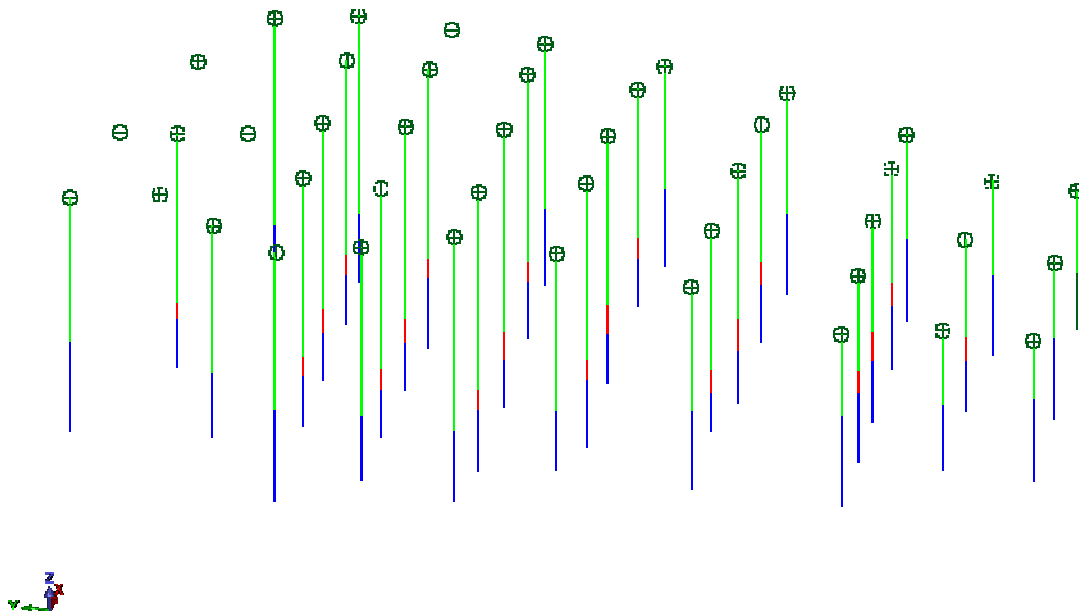
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ DATABASE

Το πρώτο βήμα για τον σχεδιασμό είναι να προσδιορίσουμε τον φάκελο στον οποίο θα δουλέψουμε. Αυτό γίνεται διαλέγοντας τον φάκελο που θέλουμε στα αριστερά της οθόνης μας και κάνοντας δεξί κλικ και εω συνέχεια διαλέγοντας το Set as work directory έχοντας πρώτα ανοίξει το Surpac. Ακολουθεί η εισαγωγή των δεδομένων των γεωτρήσεων στο περιβάλλον του Surpac. Για να γίνει αυτό ακολουθήθηκαν τα εξής:

1. 'Database'/'Database'-> 'Open/New'
2. 'Database Name' (Δίνουμε όνομα στην Database μας).
3. 'Apply' (δημιουργείται η Database)
4. 'Database type' δίνουμε τον τύπο 'access' και τσεκάρουμε το 'CALCULATED'.
5. Στο παράθυρο 'Choose Optional Tables for New Database' στο πεδίο Table name γράφουμε 'geology', και πατάμε apply.
6. Στο παράθυρο 'DEFINE ALL FIELDS FOR ALL TABLES' δίνουμε στους πίνακες collar, survey, geology τον τύπο και το μήκος των χαρακτήρων.
7. Στον πίνακα 'geology' στο 'Optional Fields' στο 'Field' γράφουμε 'lithology' και δίνουμε μήκος χαρακτήρων. Εν συνέχεια 'Apply' και δημιουργούμε την Database.

8. Κλείνουμε το Surpac και ανοίγουμε την Database που μόλις δημιουργήσαμε και η οποία βρίσκεται στον φάκελο που έχουμε ως Work directory.
9. Δίνουμε στοιχεία στους πίνακες ‘collar’, ‘survey’, ‘geology’ σύμφωνα με τα στοιχεία των γεωτρήσεων μας.
10. Κλείνουμε την Database μας. (η access δεν χρειάζεται save)
11. Ανοίγουμε εκ νέου το Surpac και ενεργοποιούμε την Database μας κάνοντας διπλό κλικ στο αρχείο ‘ονομα.ddb’.
12. Database/ Display-> Drillholes
13. Στο παράθυρο ‘Draw Holes’: στις επιλογές του ‘Colour traces by’ επιλέγουμε στο Table ‘geology’ και στο Field ‘lithology’. Στο ίδιο παράθυρο στο ‘Collar Styles’ στο ‘Field’ επιλέγουμε ‘hole_id’ και εν συνεχεία Apply και Apply. Μετά από αυτό το βήμα θα πρέπει να εμφανιστούν στην οθόνη του Surpac οι γεωτρήσεις.
14. Ακολουθούμε Database/ Display-> Drillholes display styles
15. Επιλέγουμε ‘+’ στο ‘geology’ και ανοίγει η λίστα.
16. Δεξί κλικ στο ‘lithology’
17. Επιλέγουμε το ‘Get field codes’
18. Αφού εμφανιστεί το ‘+’ στο ‘lithology’ το επιλέγουμε ανοίγει η λίστα. Στην συνέχεια επιλέγουμε τον εκάστοτε ορίζοντα και δίνουμε διαφορετικό χρώμα.
19. Επιλέγουμε το ‘Apply’
20. Στην οθόνη μας θα πρέπει να εμφανιστούν οι γεωτρήσεις μας με διαφορετικό χρώμα για κάθε ορίζοντα τον οποίο τέμνουν.

Οι γεωτρήσεις όπως φαίνονται στην εικόνα .1.



Εικόνα .1. Οι γεωτρήσεις.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ SOLID ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

Το επόμενο βήμα στο σχεδιασμό μας είναι να δημιουργήσουμε το solid του κοιτάσματος με την βοήθεια των γεωτρήσεων. Το πρώτο βήμα σε αυτή την διαδικασία είναι για κάθε σειρά γεωτρήσεων που βρίσκονται στην ίδια σειρά, σύμφωνα με τον κάναβο που υπάρχει, κατά πλάτος ή και κατά μήκος, να δημιουργηθεί το περίγραμμα του κοιτάσματος. Ανάμεσα από μία εσωτερική γεώτρηση, όπου υπάρχει βωξίτης και μία εξωτερική όπου δεν υπάρχει, για να κλείσουμε το κοιτάσμα κατά προσέγγιση, θα επιλέξουμε το μέσον της απόστασης αυτής σαν το όριο του κοιτάσματος. Το μέσον της απόστασης θα μας το δώσει το Surpac με συγκεκριμένη εντολή.

Τα βήματα του σχεδιασμού στο Surpac είναι:

1. Ακολουθούμε τα βήματα 11, 12, 13 του 1.1.1. και εμφανίζονται οι γεωτρήσεις μας.
2. Για να διευκολύνουμε τον σχεδιασμό θα για κάθε σειρά γεωτρήσεων θα κάνουμε και μία τομή όπου θα φαίνονται μόνο οι γεωτρήσεις που θέλουμε. Στην γραμμή εργαλείων διαλέγουμε ως άξονες προβολής τους X, Y. Διαλέγουμε την εντολή

‘Define section’ από την γραμμή εργαλείων και στις επιλογές ‘distance forward of plane’ και ‘backward of plane’ βάζουμε τον αριθμό των μέτρων προβολής μπροστά και πίσω από τις γεωτρήσεις μας. Στην περίπτωση μας 5 και 5. Στο ‘step distance’ βάζουμε το διπλάσιο των μέτρων δηλ 10. Πατάμε ‘apply’. Στην συνέχεια μας ζητά να χαράξουμε την τομή μας. Χαράσσουμε όσο μπορούμε πιο κοντά στις γεωτρήσεις μας και σιγουρευόμαστε αφού το πράξουμε ότι όλες οι γεωτρήσεις μας είναι εντός της τομής που εμφανίστηκε. Στην οθόνη μας απομένουν μόνο οι γεωτρήσεις που είναι εντός του βήματος. Προσπαθούμε κάθε φορά να έχουμε μόνο μία σειρά γεωτρήσεων για να μην έχουμε πρόβλημα στο σχεδιασμό.

3. Διαλέγουμε ως άξονες τους Z,X. ο σχεδιασμός καλό είναι να γίνει από αριστερά προς τα δεξιά αρχίζοντας από την πάνω μεριά. Στην εντολή ‘snap mode’ επιλέγουμε ‘point’.
4. Επιλέγουμε την εντολή ‘digitise a point at the midpoint of two points’. Επιλέγουμε την στην αριστερή γεώτρηση το σημείο επαφής των ασβεστολίθων και στη συνέχεια το σημείο επαφής του βωξίτη με τον υπερκείμενο ασβεστόλιθο. Εμφανίζεται το κεντρικό σημείο. Πατάμε ‘esc’.
5. Επιλέγουμε το ‘select a point to digitise’ και εν συνέχεια τα σημεία επαφής του κοιτάσματος με τον υπερκείμενο ασβεστόλιθο σε κάθε γεώτρηση. Πατάμε ‘esc’.
6. Επαναλαμβάνουμε το βήμα ‘4’ στην προτελευταία και την τελευταία γεώτρηση. Επιλέγοντας αυτή την φορά σαν αρχικό σημείο την επαφή κοιτάσματος υπερκείμενου της προτελευταίας γεώτρησης και σαν τελικό σημείο την επαφή των ασβεστολίθων της τελευταίας γεώτρησης. Πατάμε ‘esc’.
7. Στην εντολή ‘snap mode’ επιλέγουμε ‘no snap’.
8. Επιλέγουμε την εντολή ‘digitise a point at cursor location’ και σχεδιάζουμε μία κεκλιμένη προς το κάτω σημείο επαφής του κοιτάσματος με τον υποκείμενο ασβεστόλιθο. Δεν ενώνω τα σημεία επιλέγω μια μέση απόσταση.
9. επιλέγω την εντολή ‘select a point to digitise’ και ενώνω τώρα το σημείο του βήματος ‘8’ με το σημείο επαφής κοιτάσματος και υποκείμενου ασβεστόλιθου.
10. Συνεχίζω να ενώνω με την ίδια εντολή και τα υπόλοιπα σημεία επαφής του κοιτάσματος με τον υποκείμενο ασβεστόλιθο.
11. Επιλέγω πάλι την εντολή ‘digitise at a cursor location’ και σχεδιάζω πάλι κεκλιμένη προς το ενδιάμεσο σημείο πρώτης και δεύτερης γεώτρησης.

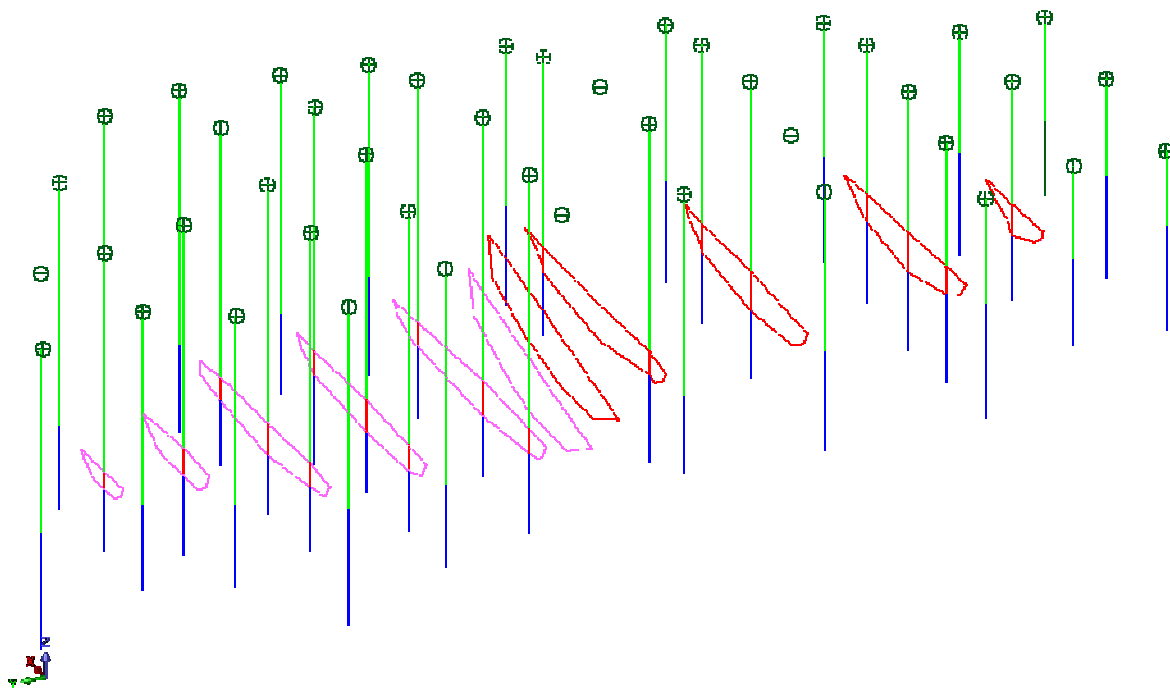
12. Επιλέγω την εντολή ‘close the current segment being digitised’ και πατάω στο αρχικό σημείο. Πατάω ‘esc’.

Με αυτά τα βήματα έχω μόλις σχεδιάσει το περίγραμμα του κοιτάσματος στις συγκεκριμένες γεωτρήσεις όπου έγινε η τομή.

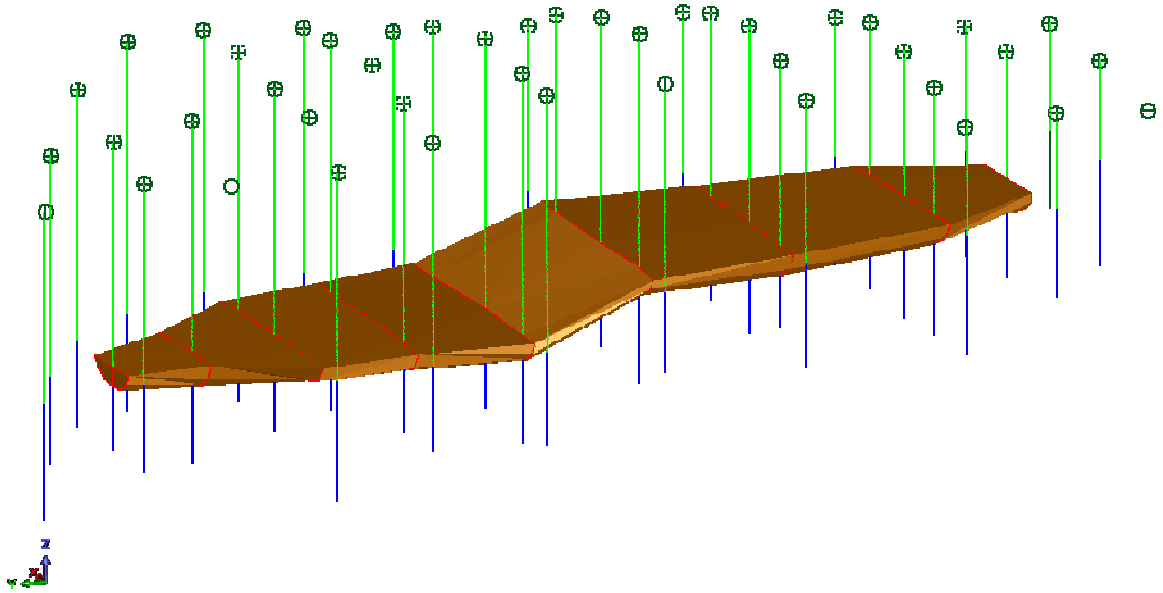
Αφού εξακολουθήσουμε και περιχαραχτούν όλες οι γεωτρήσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα 2, τότε είμαστε έτοιμοι να δημιουργήσουμε το **solid** του κοιτάσματος με τα ακόλουθα βήματα:

1. Στην γραμμή εργαλείων, Solids/ triangulate-> inside a segment. Στο παράθυρο ‘Define the trisolation to be created’ στα πεδία ‘Object’ και ‘Trisolation’ εισάγουμε τον ίδιο αριθμό πχ 1. Πατάμε ‘apply’.
2. Επιλέγουμε το πρώτο πατάμε ‘esc’ και επαναλαμβάνουμε το βήμα ‘1’ για το τελευταίο segment.
3. Για τα ενδιάμεσα segments: Solids/ triangulate-> between segments. Στο παράθυρο ‘Define the trisolation to be created’ στα πεδία ‘Object’ και ‘Trisolation’ εισάγουμε τον ίδιο αριθμό με προηγουμένως. Πατάμε ‘apply’.
4. Επιλέγουμε το αρχικό segment και όλους τους υπόλοιπους με την σειρά μέχρι τον τελευταίο. Αφού κλείσει όλο, τότε πατάμε ‘esc’.

Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήσαμε το solid του κοιτάσματος. Το solid που μόλις δημιουργήσαμε, όπως φαίνεται στην εικόνα 3, δεν είναι το τελικό καθώς θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν το ρήγμα.



Εικόνα 2. Περίγραμμα κοιτάσματος.



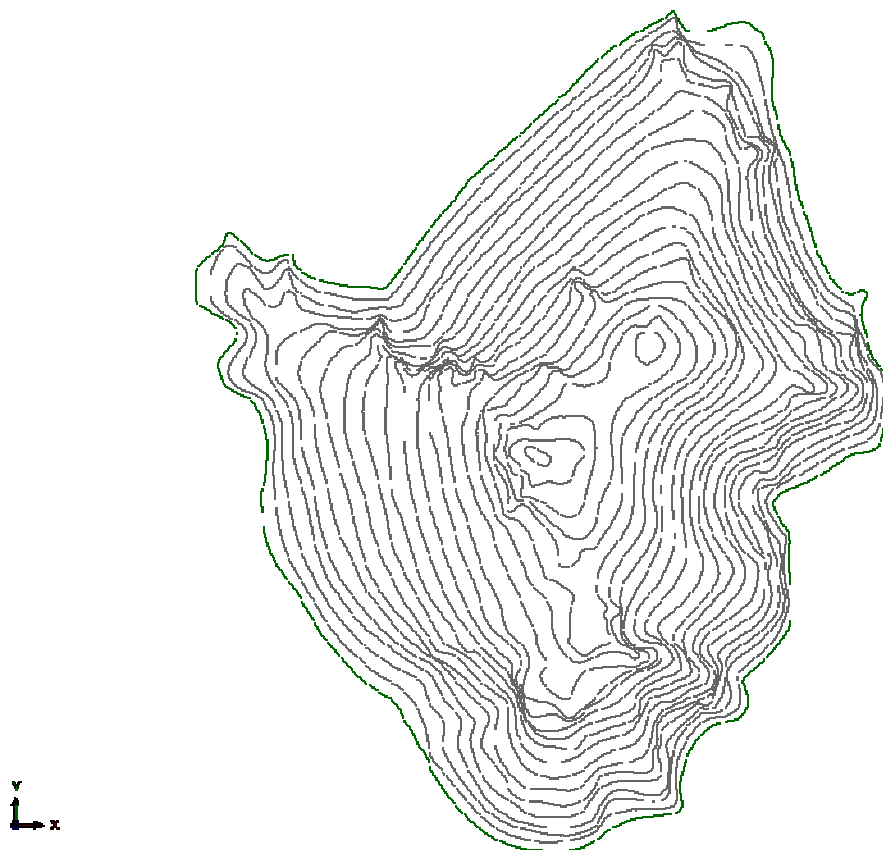
Εικόνα 3. Το solid του κοιτάσματος. Διακρίνονται οι γεωτρήσεις και η περιχάραξη.

Δημιουργία ανάγλυφου επιφανείας

Εισάγουμε από το Autocad στο Surpac τις ψηφιοποιημένες ισουψείς του ανάγλυφου και εν συνεχεία από την γραμμή επιλέγουμε:

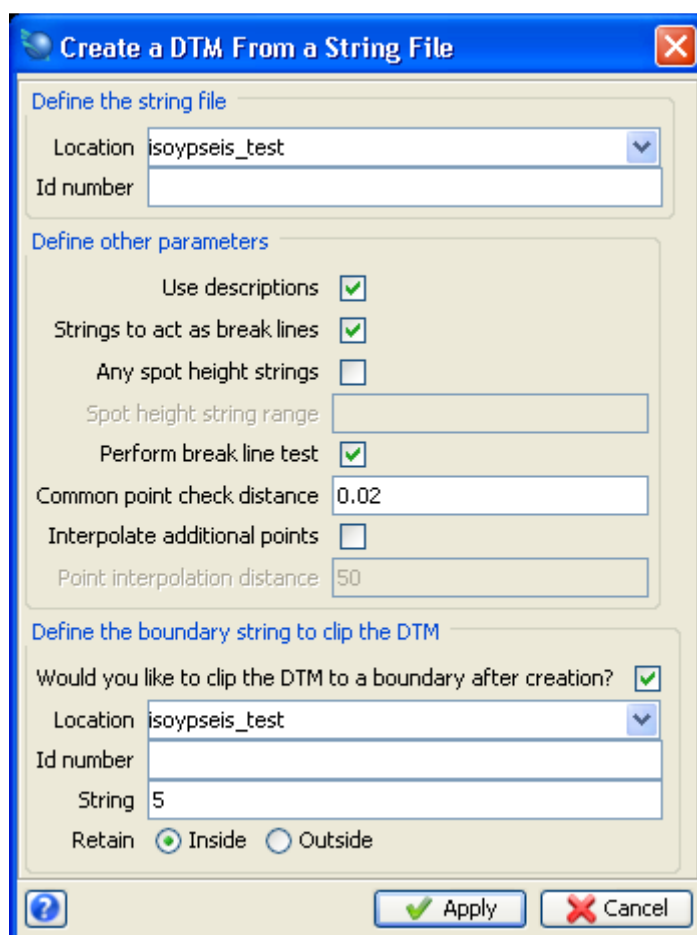
1. Edit-> Segment -> Reverse και επιλέγοντας το κάθε segment διαδοχικά τα θέτουμε με φορά clockwise.
2. Edit -> String -> Clean και στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε τα εξής:
 - Function -> Duplicate Point
 - Action -> Remove
 - Target -> String
 - Max trap distance -> 0.05
 - Apply
3. Edit -> Segment -> Renumber, επιλέγουμε την πρώτη ισουψή και αλλάζουμε αριθμό.

Μετά από αυτά το αποτέλεσμα είναι όπως στην εικόνα 4.



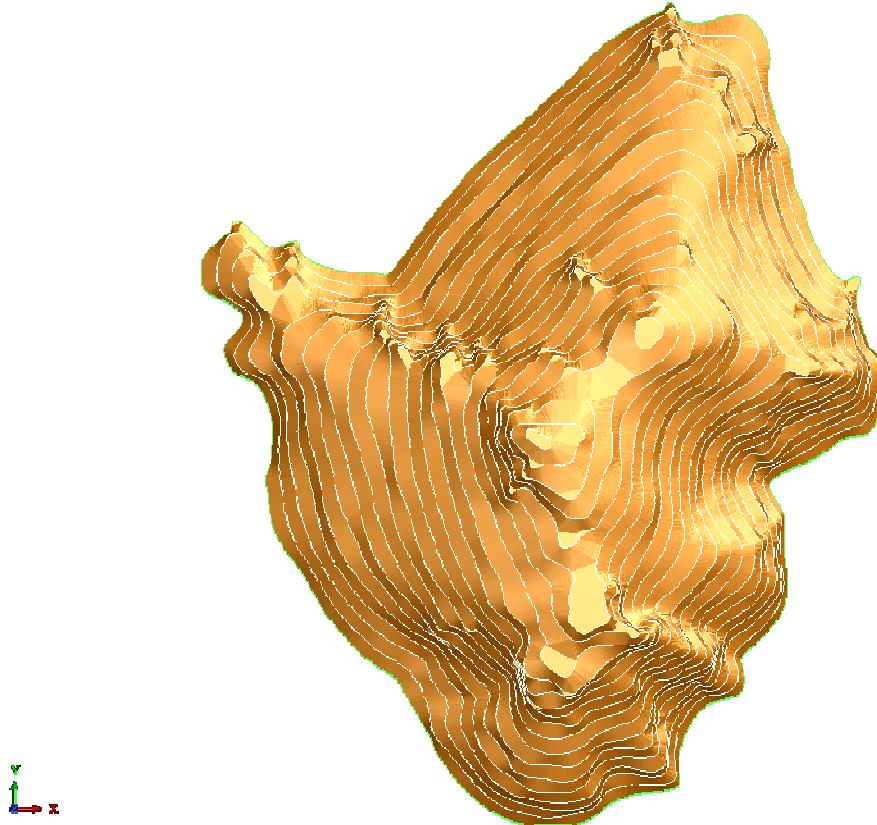
Εικόνα 4. Ισοϋψείς αναγλύφου.

4. Αποθήκευση
5. Surface -> DTM File functions -> Create DTM from string file και επιλέγουμε όπως στην εικόνα 5 με τα αντίστοιχα ονόματα και αρίθμηση των strings που έχουμε ορίσει.



Εικόνα 5.

Το αποτέλεσμα θα πρέπει να είναι αντίστοιχο της εικόνας 6.



Εικόνα 6. Το ανάγλυφο επιφανείας.

6. Η αποθήκευση του DTM γίνεται αυτόματα από το πρόγραμμα.

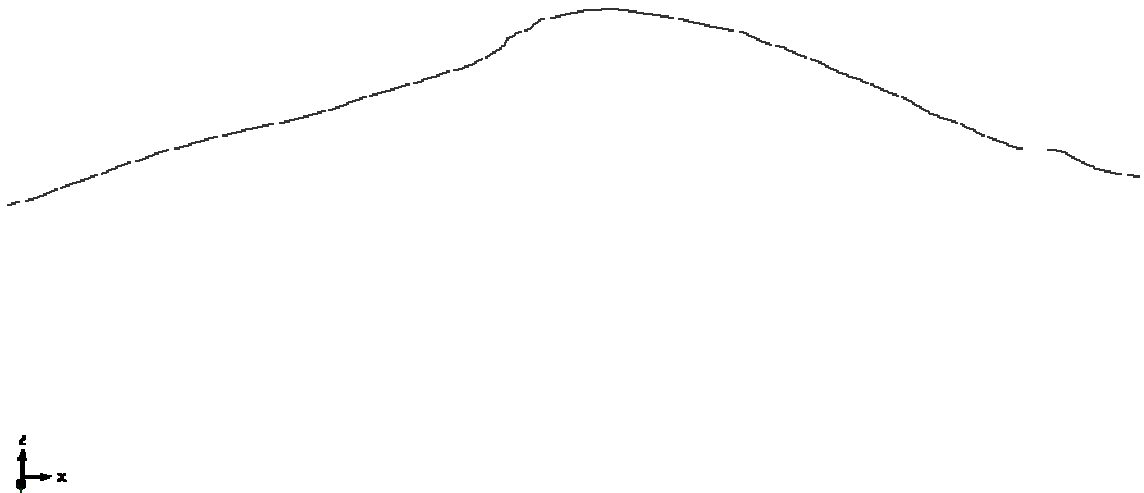
Σχεδιασμός επιφάνειας ρήγματος

Για να ξεκινήσει ο σχεδιασμός του ρήγματος θα πρέπει αρχικά να εισαχθεί στο λογισμικό Surpac η ψηφιοποιημένη γραμμή του ρήγματος από το αρχείο του Autocad που έχει ήδη δημιουργηθεί. Αφού εισάγουμε την ψηφιοποιημένη γραμμή κάνουμε save στο Work directory που έχουμε ορίσει. Επιλέγουμε την εντολή 'reset graphics'. Εν συνεχεία ανοίγουμε το string file της γραμμής του ρήγματος και το DTM file του ανάγλυφου. Ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα για να την προβάσουμε πάνω στο ανάγλυφο.

1. Surfaces -> Drape string over DTM έχοντας ενεργοποιημένο το layer της γραμμής. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε το DTM του αναγλύφου και 'Apply'.
2. Απενεργοποιούμε το layer του αναγλύφου.
3. Display -> Point markers.

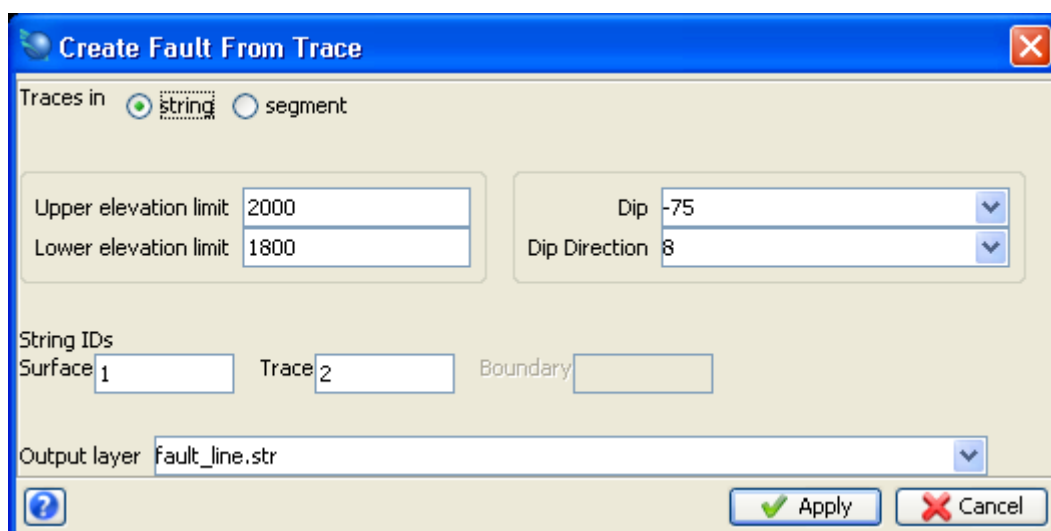
4. Με την εντολή 'Delete points' διαγράφουμε τα σημεία εκτός αναγλύφου.
5. Edit -> String -> Clean και με επιλογές όπως παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο βήμα (Βήμα 2^ο σχεδιασμού αναγλύφου).
6. Αποθήκευση

Το νέο string file θα πρέπει να είναι όπως στην εικόνα 7.



Εικόνα 7.

7. Surfaces -> Fault modeling -> Generate Fault from trace επιλέγουμε την string και στις επιλογές όπως στην εικόνα 8.

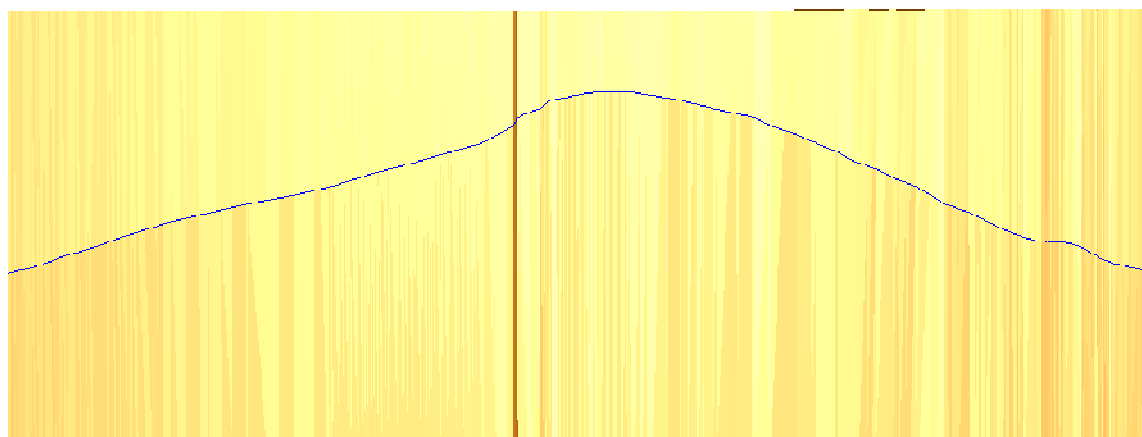


Εικόνα 8.

8. Apply

9. Αποθήκευση με διαφορετικό όνομα.

Το επίπεδο μας θα πρέπει να είναι όπως στην εικόνα 9.

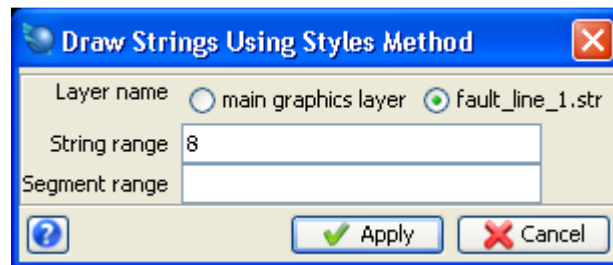


Εικόνα 9.

10. Ανοίγουμε το καινούριο string file και επιλέγουμε την εντολή Edit -> Segment -> Renumber. Διαλέγουμε με το ποντίκι την εσωτερική καμπύλη, δίνουμε νέο αριθμό και ομοίως για την κάτω γραμμή – όριο.

11. Display -> Hide everything

12. Display -> String -> Using styles και στο παράθυρο όπως στην εικόνα 10.



Εικόνα 10.

13. Apply

Εμφανίζεται στην οθόνη μόνο το string με αριθμό 8.

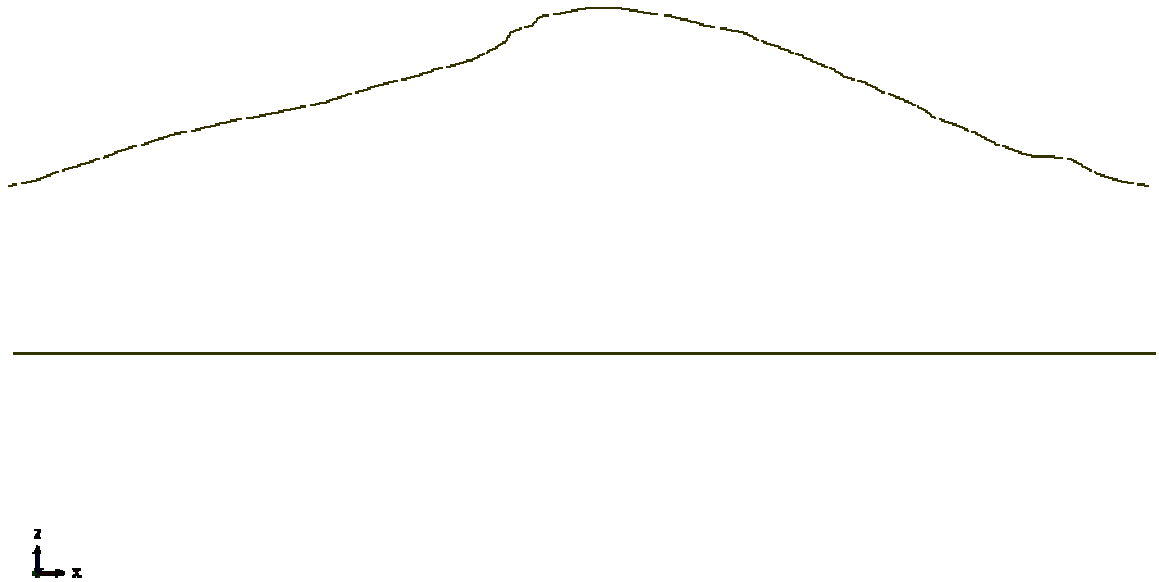
14. Δημιουργία νέου layer, δίνουμε όνομα,

15. Edit -> Segment -> Copy και επιλέγουμε τα segment της οθόνης. Ορίζουμε αριθμό για το string ίδιο και στα δύο.

16. Αποθήκευση με το όνομα του νέου layer.

17. Reset graphics

18. Ανοίγουμε μόνο το καινούριο string file που μόλις δημιουργήσαμε. Θα πρέπει να είναι όπως στην εικόνα 11.



Εικόνα 11.

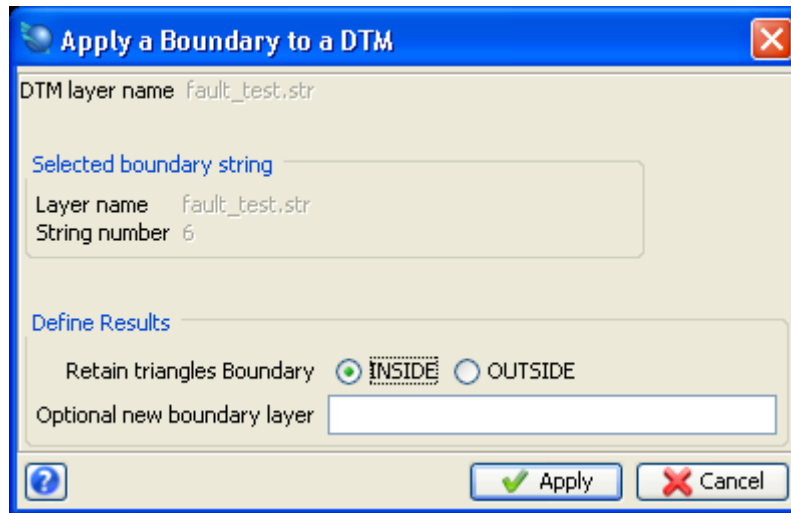
19. Επιλέγουμε εντολή 'Join the end of one segment to the beging of an other' και διαλέγουμε δύο άκρες στην ίδια πλευρά. (Εάν μας ενώσει με την απέναντι πλευρά απλά κάνουμε 'reverse' κάποιο από τα δυο segment). Πατάμε 'esc'
20. Επιλέγουμε εντολή 'close segment' στην μία από τις δύο γραμμές και αυτές ενώνονται. Πατάμε 'esc'.

Το αποτέλεσμα θα πρέπει να είναι όπως στην εικόνα 12.



Εικόνα 12.

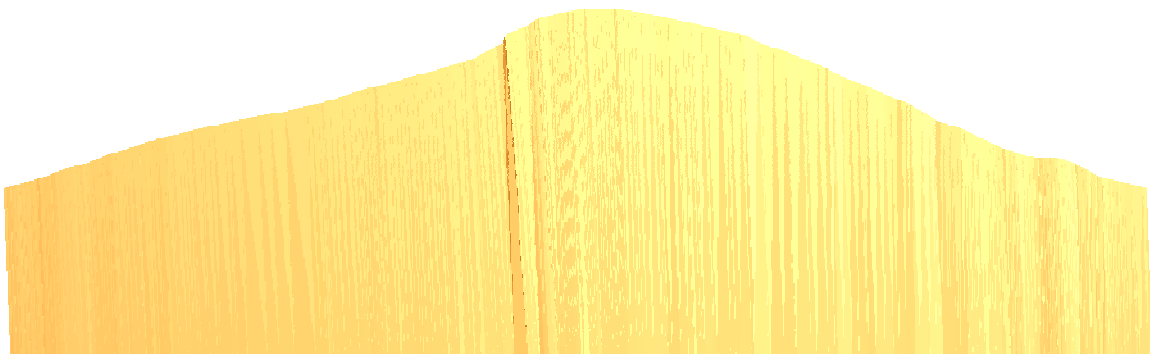
21. Edit -> String -> Clockwise
22. Edit -> String -> Clean όπως προηγούμενα
23. Αποθήκευση
24. Surfaces -> DTM File functions -> Create DTM from layer, και 'Apply'
25. Surfaces -> Clip or intersect DTMs -> Clip DTM with string, και επιλέγουμε το string μέσα στην οθόνη εργασίας.
26. Στο παράθυρο 'Apply a Boundary to a DTM' επιλέγουμε όπως στην εικόνα 13.



Εικόνα 13.

27. Apply

Το αποτέλεσμα είναι και η τελική επιφάνεια του ρήγματος και θα πρέπει να είναι όπως στην εικόνα 14.



Εικόνα 14. Η επιφάνεια του ρήγματος

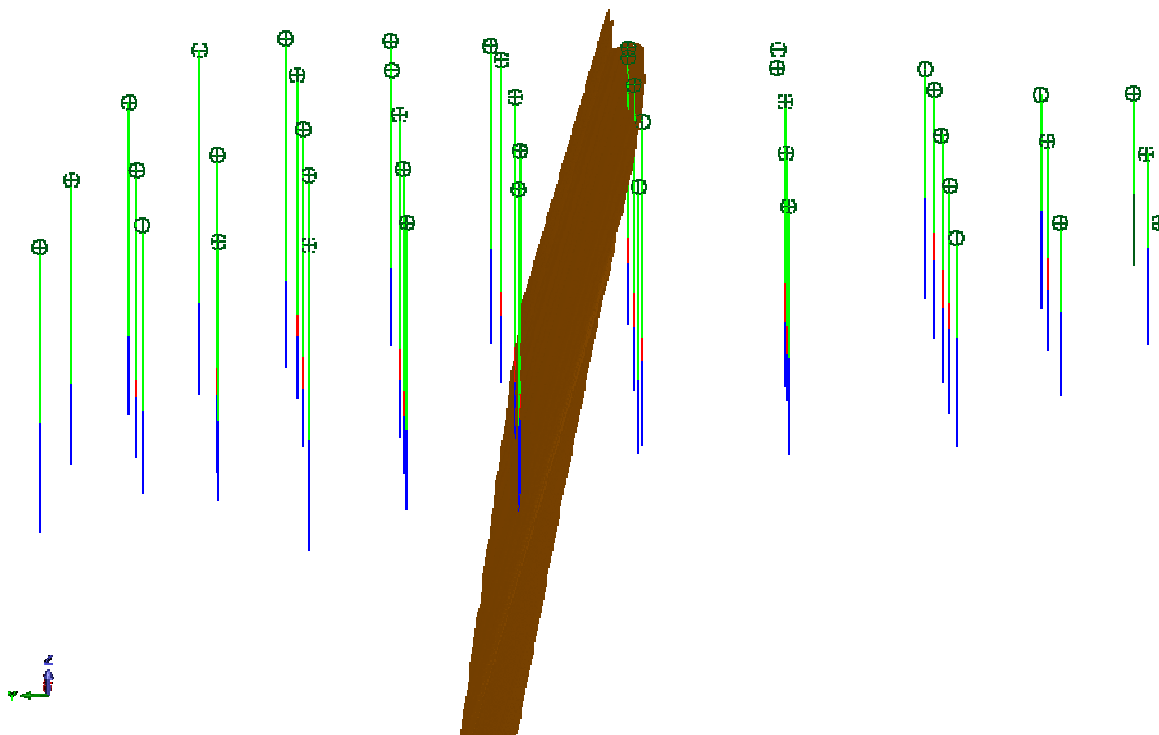
28. Αποθήκευση.

Τελικός σχεδιασμός κοιτάσματος

Εφόσον το ρήγμα έχει σχεδιαστεί περνάμε στο επόμενο στάδιο όπου είναι ο σχεδιασμός του κοιτάσματος λαμβάνοντας όμως υπόψιν και το ρήγμα, πράγμα το οποίο δεν έγινε κατά τον πρώτο σχεδιασμό του.

Τα βήματα είναι τα εξής:

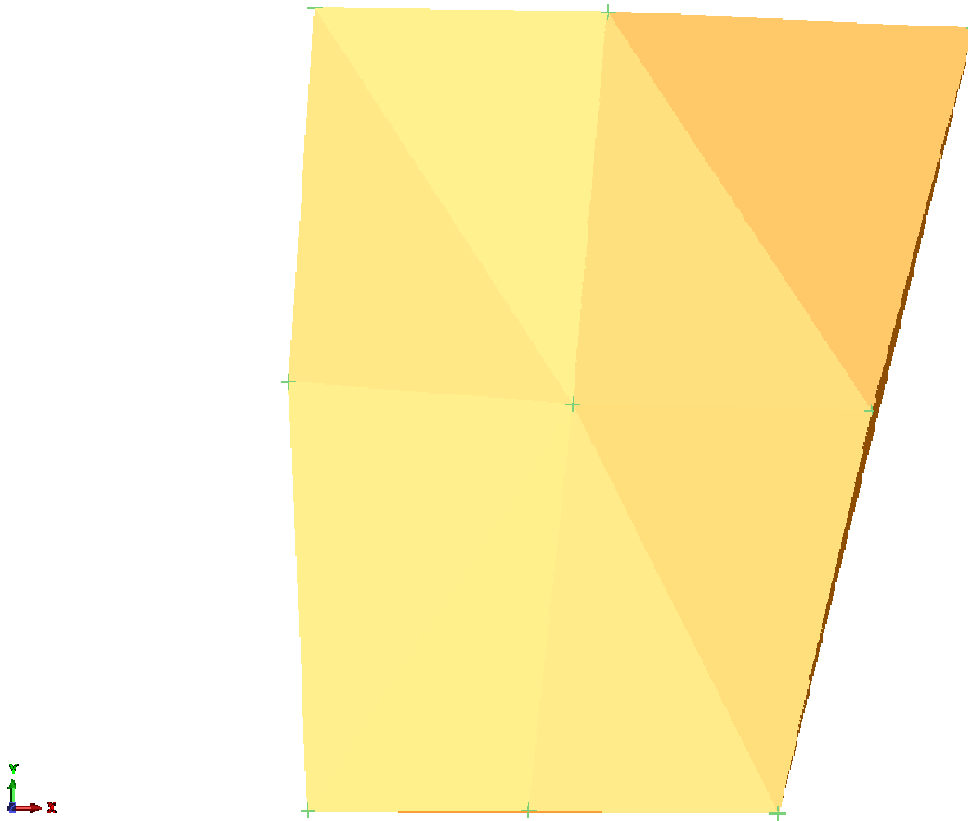
1. Εμφανίζουμε κατά τα γνωστά τις γεωτρήσεις στην οθόνη.
2. Επιλέγουμε το αρχικό μέρος όπου θα δουλέψουμε έστω το άνω μέρος των άνω γεωτρήσεων.(δεξιά του ρήματος κατά την εικόνα 15).



Εικόνα 15.

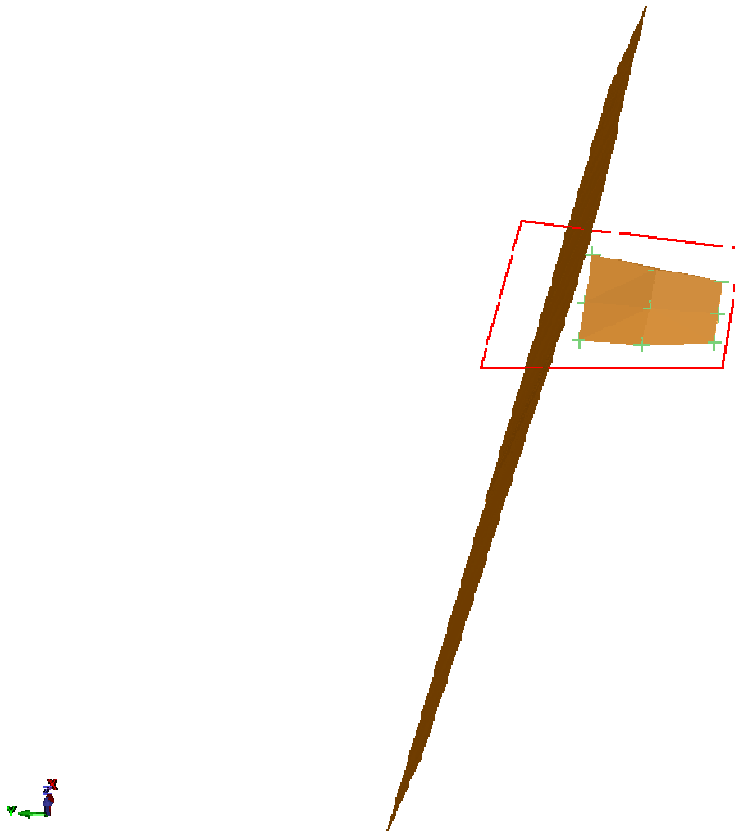
3. Με την εντολή “select a point to digitize” επιλέγουμε το άνω όριο της επαφής του βωξίτη με τον υπερκείμενο όπως ασβεστόλιθο.
4. Εν συνεχεία επιλέγουμε την εντολή “start a new segment for digitizing”. Με αυτό τον τρόπο απλά δημιουργούμε ένα σημείο/segment.
5. Εξακολουθούμε με τα υπόλοιπα σημεία του άνω μέρους των άνω γεωτρήσεων.

6. Όταν τελειώσουμε δημιουργούμε το DTM. Surfaces -> create DTM from layer.
Το αποτέλεσμα είναι όπως στην εικόνα 16.



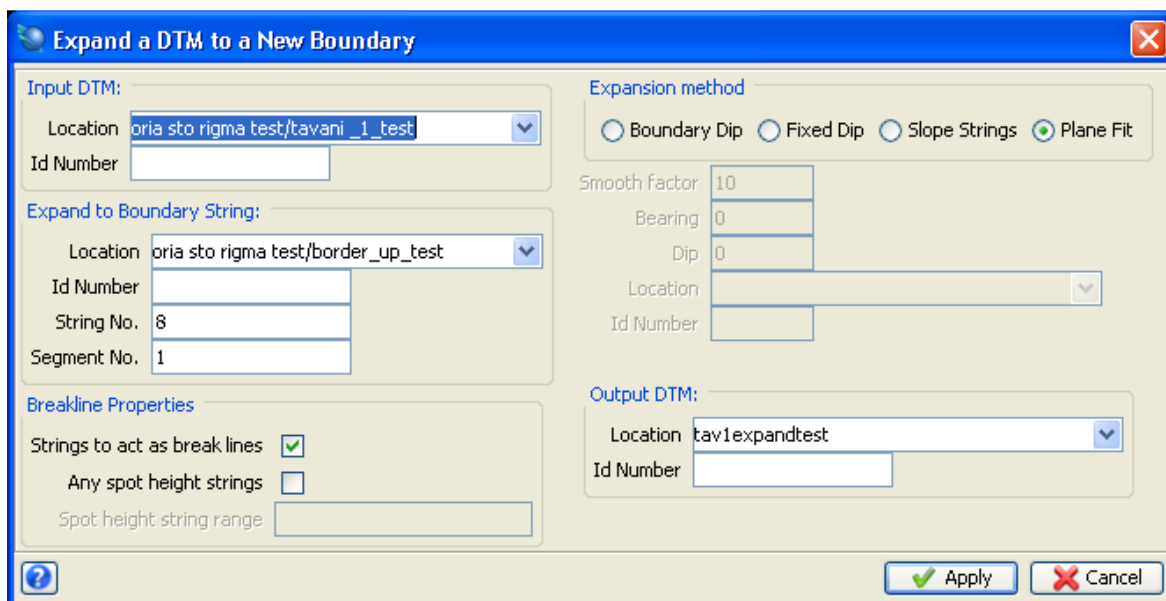
Εικόνα 16.

7. Εν συνεχεία δημιουργούμε ένα όριο το οποίο να κυκλώνει το DTM το οποίο μόλις σχεδιάσαμε και παράλληλα να τέμνει και το ρήγμα. Το δημιουργούμε με την εντολή “digitise a point at cursor location” και τελικά για να το κλείσουμε αυτό το επίπεδο επιλέγουμε την εντολή “close the current segment being digitised”. Το επίπεδο αυτό όπως φαίνεται στην εικόνα 17(κόκκινη γραμμή).



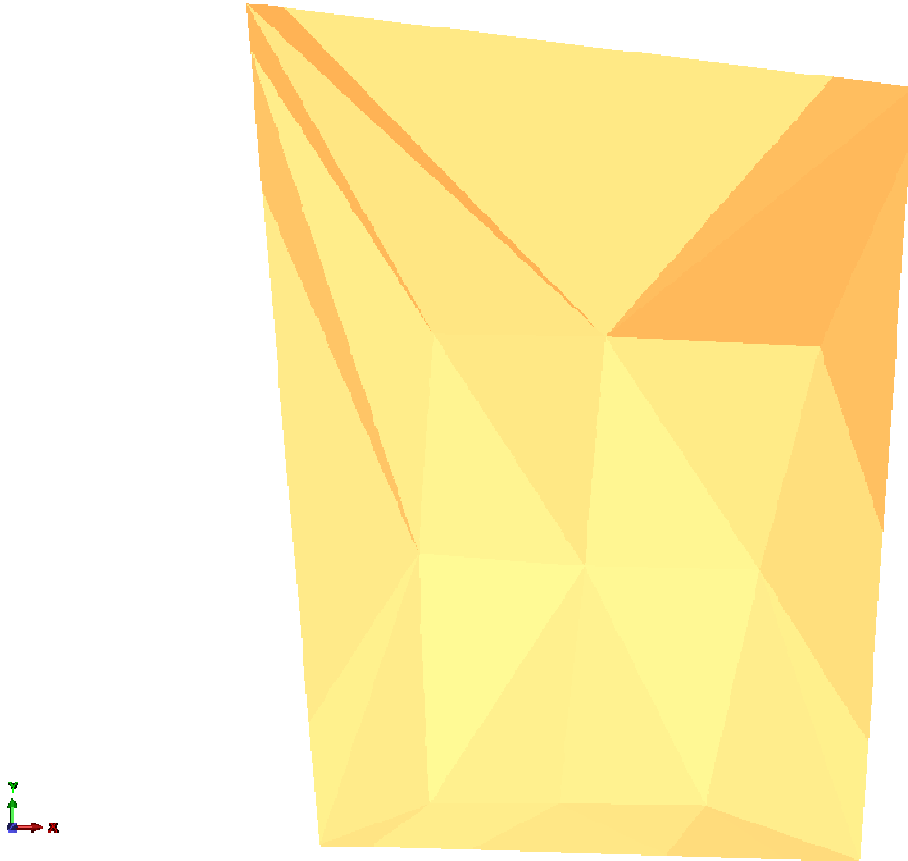
Εικόνα 17.

8. Κάνουμε extend το ήδη υπάρχον DTM στα όρια τα οποία φτιάξαμε προκειμένου να τμήσουμε το ρήγμα. Surfaces -> Advanced options -> Extend to surface boundary. Στον πίνακα όπου εμφανίζεται όπως φαίνεται και στην εικόνα 18 επιλέγουμε το DTM μας, την boundary string δλδ το όριο, στην μέθοδο plane fit, και το όνομα του νέου DTM.



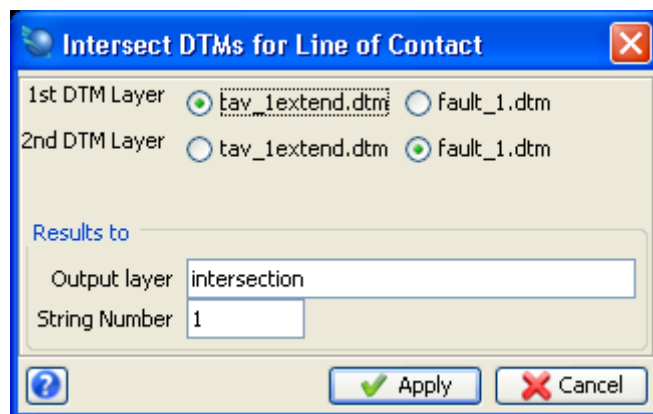
Εικόνα 18.

9. Το αποτέλεσμα είναι όπως στην εικόνα 19.



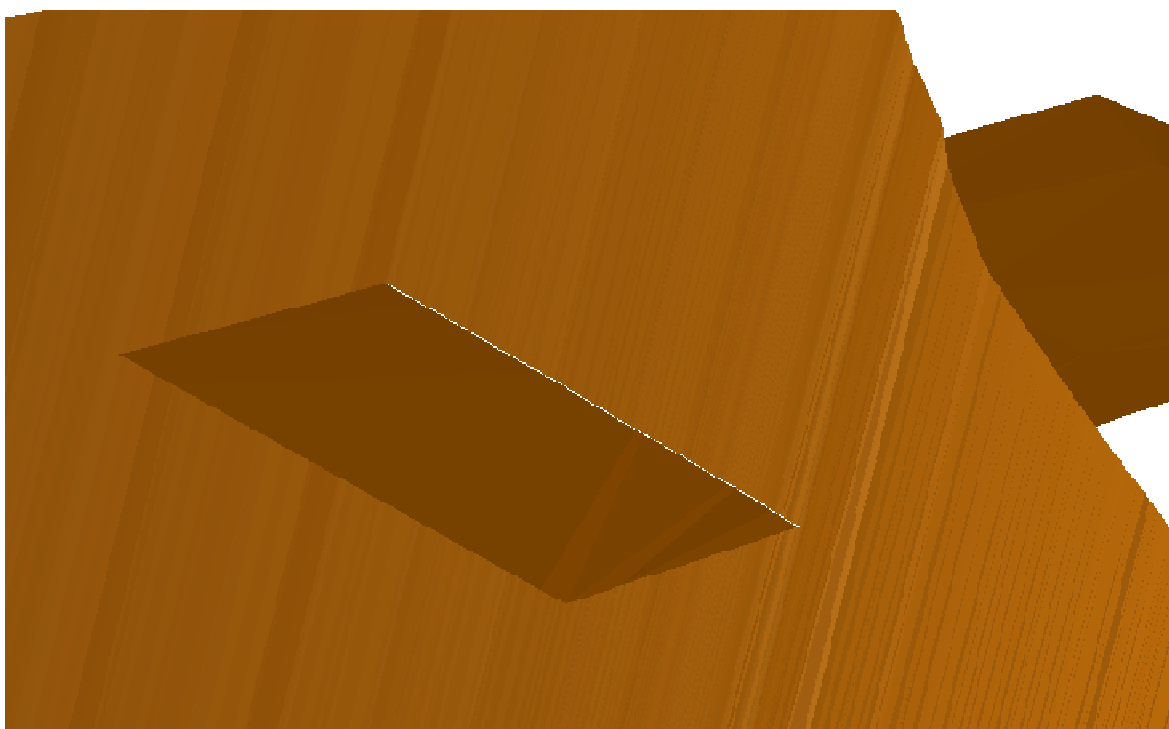
Εικόνα 19.

10. Το επόμενο βήμα είναι να λάβουμε την γραμμή η οποία τέμνει τα DTM του ρήγματος και αυτού που μόλις φτιάξαμε, ας το ονομάσουμε “expand”. Για να συμβεί αυτό ακολουθούμε τα βήματα: Surfaces -> Clip or intersect DTM's -> line of intersection between DTM's.
11. Στον πίνακα όπου ακολουθεί επιλέγουμε τα DTM του ρήγματος και του expand. Επιπλέον επιλέγουμε το όνομα του νέου αρχείου και το string number όπως φαίνεται στην εικόνα 20.



Εικόνα 20.

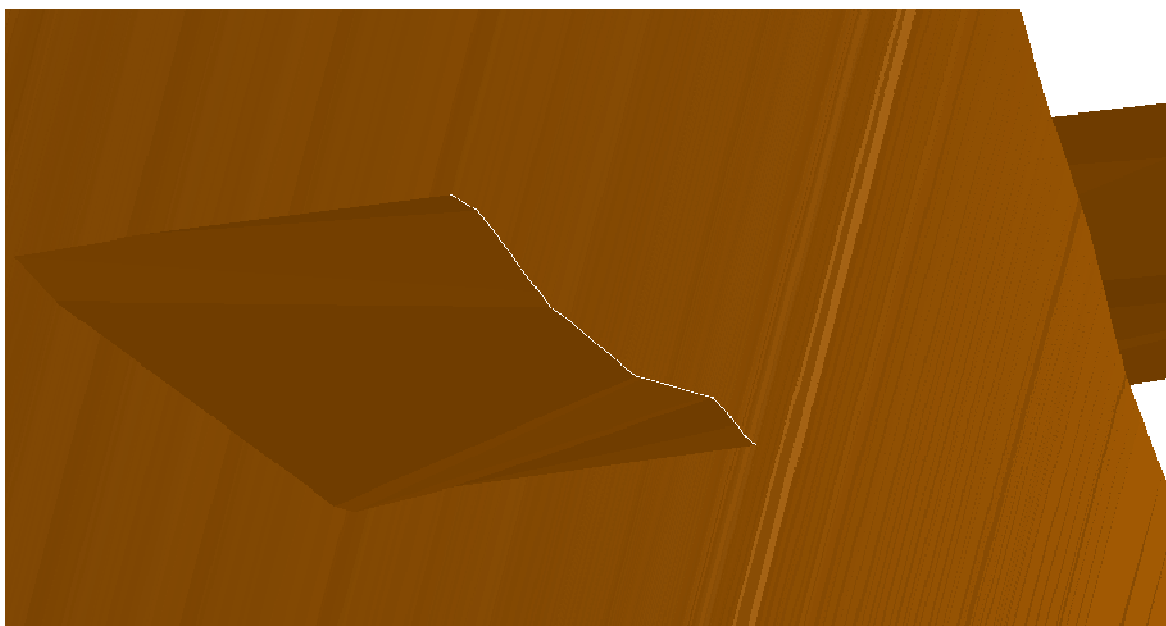
12. Το αποτέλεσμα είναι να λάβουμε την γραμμή όπου τέμνονται τα δύο DTM όπως φαίνεται στην εικόνα 21.



Εικόνα 21.

13. Αποθηκεύουμε δίνοντας όνομα στο νέο string αρχείο.
14. Ενεργούμε κατά τον ίδιο τρόπο και με το ίδιο όριο για τα κάτω σημεία επαφής βωξίτη και πατώματος αυτή τη φορά. Εν τέλει θα λάβουμε ακόμα μία γραμμή

αυτή την φορά για το πάτωμα του κοιτάσματος όπως φαίνεται και στην εικόνα 22.



Εικόνα 22.

15. Αποθηκεύουμε και δίνουμε όνομα στο νέο string αρχείο.
16. Κλείνουμε τα πάντα με την εντολή “reset graphics”
17. Με το “control” πατημένο επιλέγουμε τα δύο string files και τα ανοίγουμε μαζί τραβώντας τα μέσα στον χώρο σχεδιασμού. Με αυτό τον τρόπο ανοίξαμε σε ένα layer και τα δυο αρχεία.
18. Αλλάζουμε σε ίδιο αριθμό segment και τις δυο γραμμές. Edit -> Segment -> Renumber, κατά τα γνωστά.
19. Τώρα θα πρέπει να ενώσουμε τα δύο segment. Αρχικά επιλέγουμε: Display -> Point -> Markers και εμφανίζουμε τα σημεία πάνω στις δύο γραμμές.
20. Με την εντολή “select a point o digitise” αρχίζουμε να ενώνουμε τα σημεία (όχι απαραίτητα με την ίδια πυκνότητα όπως στο αρχικό). Την άνω γραμμή από άκρη σ’ άκρη. Το τέλος της άνω το ενώνουμε με το τελευταίο ανηφορικό σημείο της κάτω κόβοντας ουσιαστικά το τελευταίο ευθύγραμμο τμήμα της. Συνεχίζουμε μέχρι την άλλο αντίστοιχο σημείο της κάτω γραμμής ενώνοντας τα ενδιάμεσα σημεία και κλείνουμε το segment με την εντολή “close the current segment being degitised. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 23.

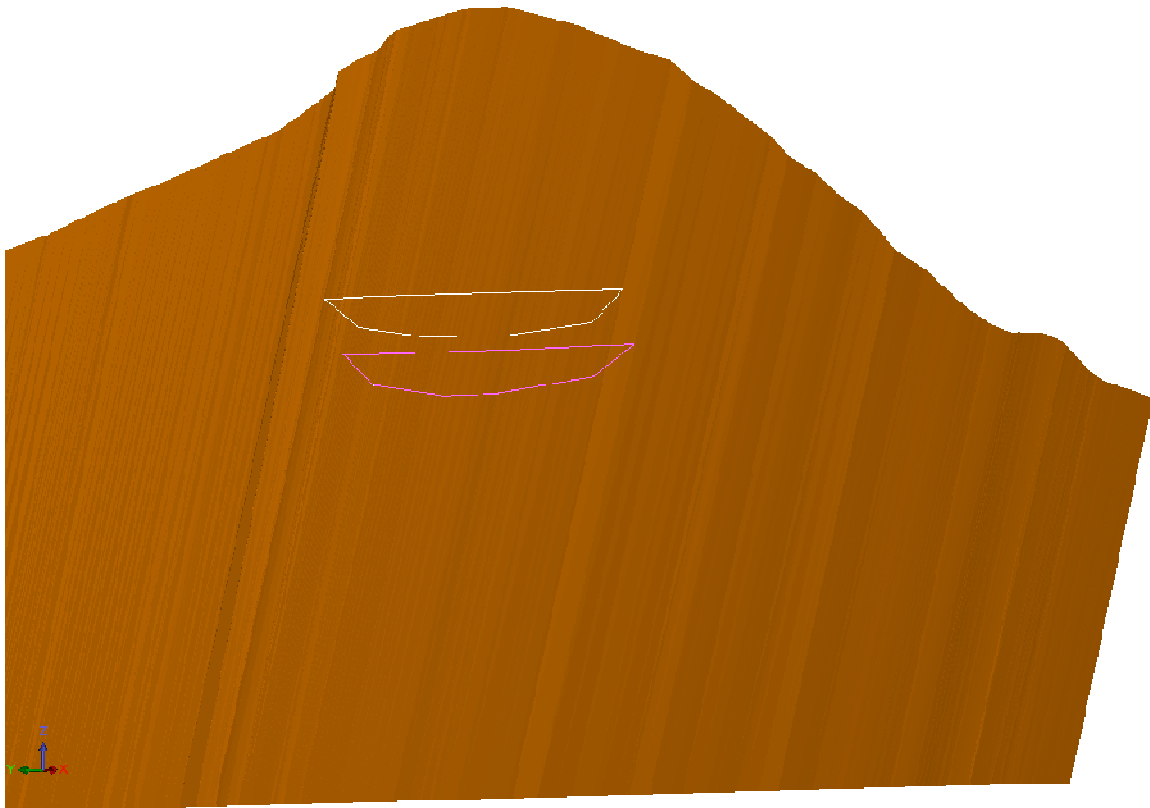


Εικόνα 23.

21. Στο νέο segment που δημιουργήσαμε αλλάζουμε αρίθμηση αν τυχαίνει να είναι ο ίδιος και κάνουμε delete τις αρχικές γραμμές.

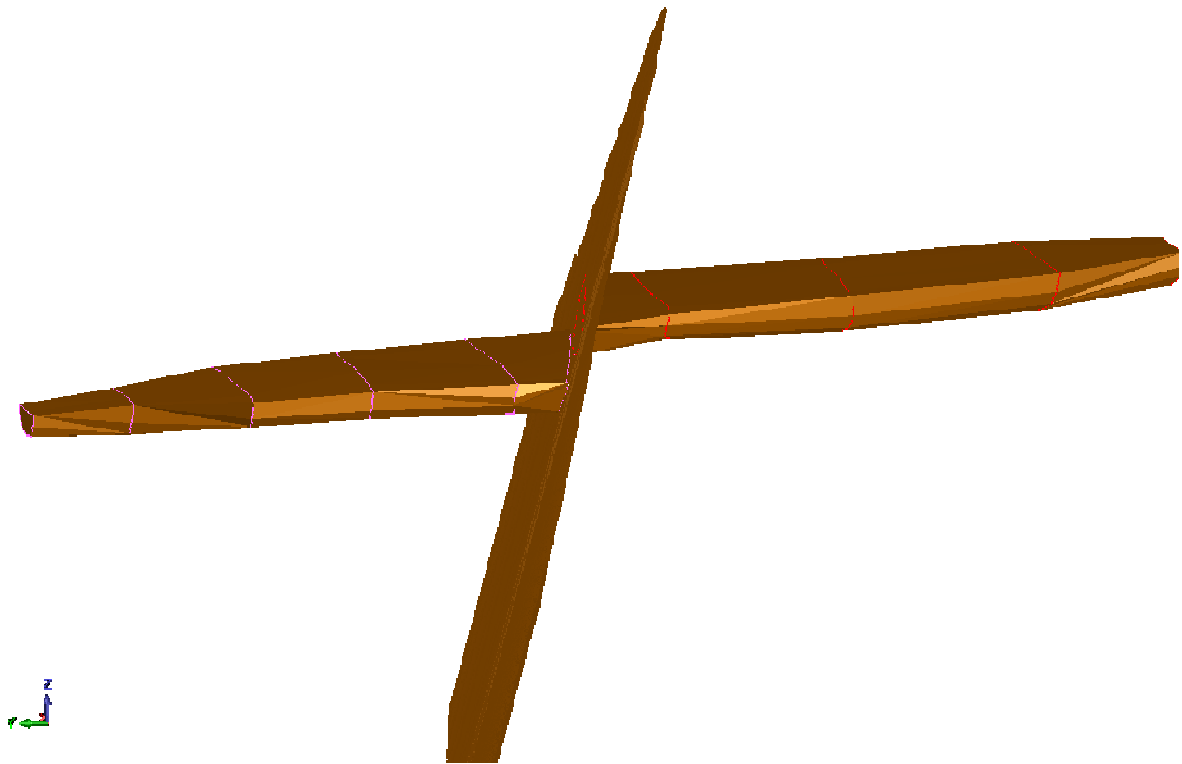
22. Αποθηκεύουμε το νέο μας string αρχείο.

Ομοίως εργαζόμαστε και για τις γεωτρήσεις όπου είναι αριστερά του ρήγματος. Αυτό που μόλις δημιουργήσαμε είναι ουσιαστικά η επαφή του άνω και του κάτω κομματιού του κοιτάσματος με το ρήγμα όπως φαίνεται στην εικόνα 24.



Εικόνα 24.

Τώρα για να δημιουργήσω το κοιτάσμα δεν μένει παρά να εισάγω σε με πατημένο το “control” το αρχείο όπου δημιουργήσαμε ενώνοντας τα σημεία των γεωτρήσεων στο κεφάλαιο 1.1.2. και των αρχείων των επαφών με το ρήγμα. Για κάθε κομμάτι του κοιτάσματος θα αλλάξω αρίθμηση στα segment και θα τα δουλέψω ξεχωριστά προκειμένου να πάρω δύο ξεχωριστά DTM στο τέλος. Ο τρόπος δημιουργίας των DTM σε αυτό το σημείο είναι ο ίδιος που περιγράφεται στο Κεφ. 1.1.2. Εν τέλει λαμβάνουμε τα δύο κομμάτια του κοιτάσματος όπου είναι όπως στην εικόνα 25.



Εικόνα 25.

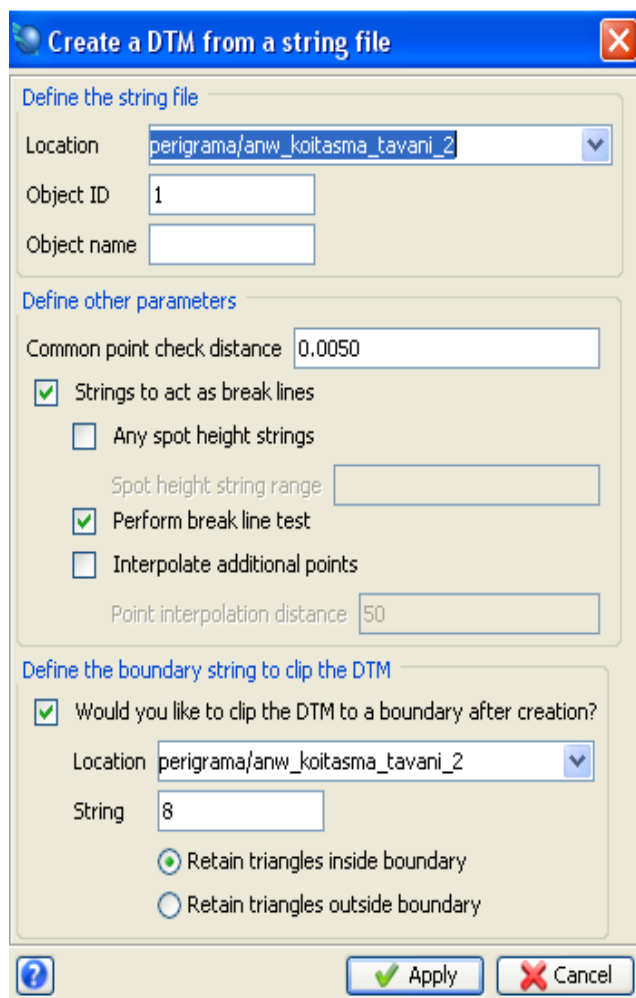
Δημιουργία στύλων και στοών στο κοίτασμα

Προκειμένου να ξεκινήσουμε τον τελικό σχεδιασμό θα πρέπει αρχικά να σχεδιάσουμε το περίγραμμα της οροφής και να δημιουργήσουμε το DTM του και εν συνεχεία να κάνουμε το αντίστοιχο για το πάτωμα του κοιτάσματος.

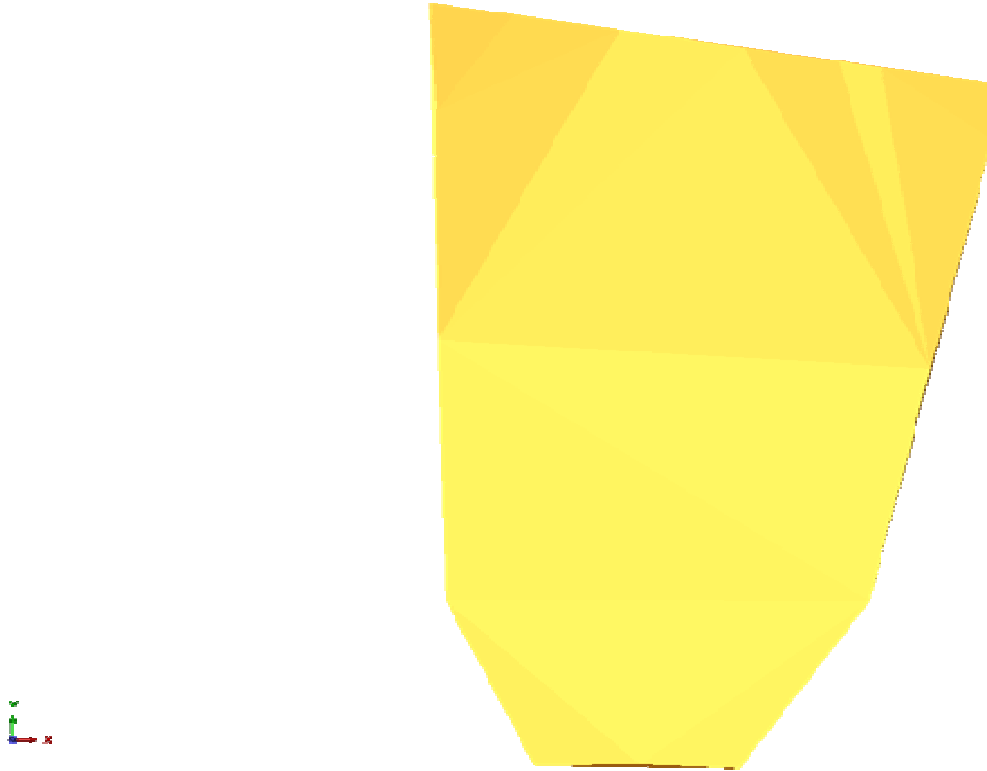
Τα βήματα για την οροφή είναι τα εξής:

1. Ανοίγουμε το string file του άνω κοιτάσματος.
2. Από την γραμμή εργαλείων επιλέγουμε ‘Display -> Point -> Markers’ με αυτή την εντολή εμφανίζουμε τα σημεία πάνω στα segments.
3. Αλλάζουμε layer στο main graphics.
4. Με ενεργοποιημένο το snap mode επιλέγουμε την εντολή ‘select a point to digitise’ ενώνουμε τα άνω περιμετρικά σημεία των segments.
5. Όταν φτάσουμε στο πρότελευταίο σημείο επιλέγουμε την εντολή ‘close the current segment being digitised’ και έτσι κλείνει το νέο μας segment.

6. Κάνουμε 'save'.
7. Κλείνουμε όλα τα ενεργά layers με την εντολή 'Reset graphics'.
8. Ανοίγουμε εκ νέου το string file του περιγράμματος προκειμένου να δημιουργήσουμε το DTM του περιγράμματος μέσω της εντολής 'Surfaces -> DTM file functions -> Create DTM from string file'. Στο παράθυρο που ανοίγει, εικόνα 26, στο πεδίο 'Location' του Define the string file' επιλέγουμε το string file του περιγράμματος και επίσης τσεκάρουμε το πεδίο 'Would you like to clip the DTM to a boundary after creation' και στο πεδίο 'Location' επιλέγουμε πάλι το ίδιο string file. Επιλέγουμε την επιλογή 'Retain triangles inside boundary'. Πατάμε apply και δημιουργείται το DTM όπως φαίνεται στην εικόνα 27.



Εικόνα 26.



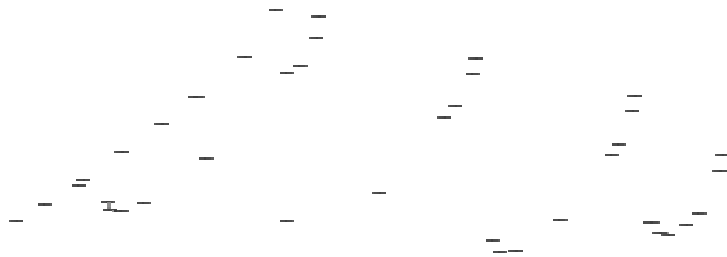
Εικόνα 27.

9. Κάνουμε save το αρχείο.

Εν συνεχεία θα πρέπει να δημιουργήσουμε το DTM της βάσης του κοιτάσματος. Τα βήματα που ακολουθούμε είναι τα εξής:

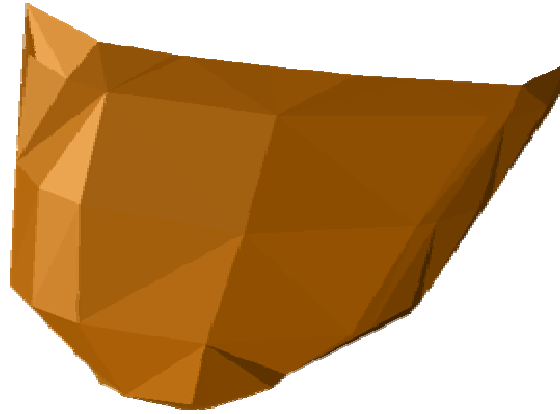
1. Ανοίγουμε το string file του άνω κοιτάσματος.
2. Από την γραμμή εργαλείων επιλέγουμε 'Display -> Point -> Markers' με αυτή την εντολή εμφανίζουμε τα σημεία πάνω στα segments.
3. Αλλάζουμε layer στο main graphics.
4. Σκοπός μας είναι να δημιουργήσουμε σημεία προκειμένου να δημιουργηθεί ουσιαστικά το κοίλο της βάσης του κοιτάσματος. Με ενεργοποιημένο το snap mode επιλέγουμε την εντολή 'select a point to digitise' και επιλέγουμε το άνω αριστερό σημείο του πρώτου segment.
5. Με την εντολή 'start a new segment for digitising' ουσιαστικά δημιουργούμε ένα σημείο/segment.

6. Συνεχίζουμε την εναλλαγή των δύο εντολών για όλα τα κάτω σημεία του segment. Εξαιρούμε τα ανω σημεία εκτός των δύο άνω στις γωνίες όπου αρχίζουμε και τελειώνουμε. Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζουμε και για τα υπόλοιπα segment.
7. Εν τέλει δημιουργείτε ένα string file όπως στην εικόνα 28.



Εικόνα 28.

8. Εν συνεχεία δημιουργούμε το DTM του αρχείου με την εντολή ‘Surfaces -> Create DTM from layer’. Το DTM είναι όπως στην εικόνα 29.



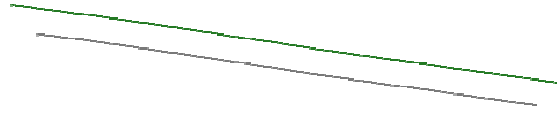
Εικόνα 29.

Ομοίως δουλεύουμε και για το κάτω μέρος του κοιτάσματος. Όπως φαίνεται από τις εικόνες 27, 29 το DTM πρέπει να είναι επίπεδο στην οροφή ενώ στη βάση να είναι κοίλο.

Το επόμενο βήμα είναι να δημιουργήσουμε το string file των στύλων.

Τα βήματα είναι τα εξής:

1. Ανοίγουμε το string file του περιγράμματος του ταβανιού.
2. Αλλάζουμε το layer στο main graphics.
3. Επιλέγουμε την εντολή 'Edit -> Segment -> Expand/Contract'.
4. Επιλέγουμε το segment.
5. Στο παράθυρο που μας ανοίγει επιλέγουμε 'By -> Distance', και στο 'Offset amount' γράφουμε -4, προκειμένου να δημιουργηθεί νέο segment 4 m προς το εσωτερικό του αρχικού, δηλ όσο και το πλάτος της στοάς μας. Το νέο segment είναι όπως φαίνεται στην εικόνα 30 με την άσπρη γραμμή.



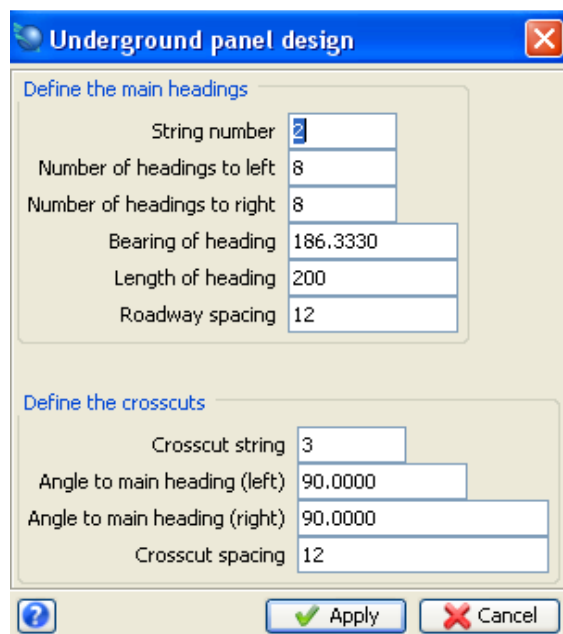
Εικόνα 30.

6. Κάνουμε save.

Το νέο αυτό string file είναι και το όριο μας για τον σχεδιασμό των στύλων.

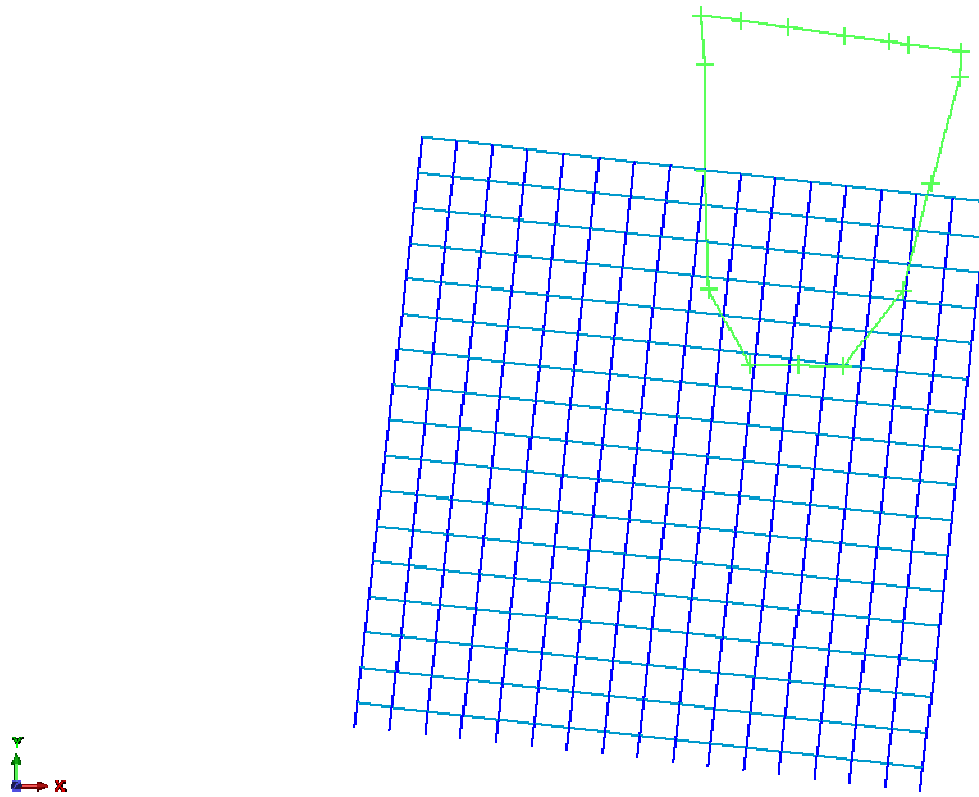
Reset graphics και ξανανοίγουμε το αρχείο.

1. 'Display -> Point -> Markers', εμφανίζονται τα σημεία του segment.
2. Desing -> Underground tools -> Underground Panel layout' και επιλέγουμε το σημείο όπου θέλουμε να αρχίσει ο σχεδιασμός. (προσωπικά επέλεξα το σημείο όπου τελείωνε η προσπελαστική).
3. Στο παράθυρο που εμφανίζεται, εικόνα 31, επιλέγουμε string number για τις οριζόντιες και τις κάθετες, αριθμό αξόνων προς τα δεξιά και τα αριστερά, τη διεύθυνσή τους, το μήκος τους, και την απόσταση μεταξύ των αξόνων.



Εικόνα 31.

4. Apply. Δημιουργούνται οι άξονες των στοών όπως στην εικόνα 32.

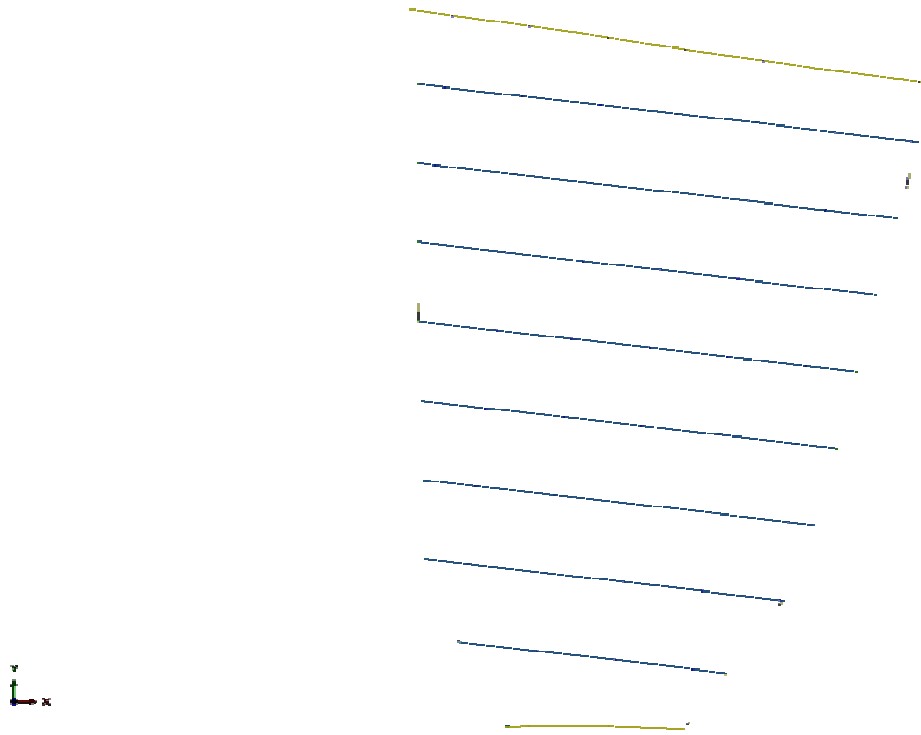


Εικόνα 32.

5. Με το point ενεργοποιημένο στο snap mode μετακινούμε τους άξονες μέσω της εντολής 'Edit -> String -> Move' ώστε να καλύψουμε το περίγραμμα.
6. Με την εντολή 'Edit -> Trim -> Clip by selected segment' και επιλέγοντας 'Clip segments -> outside the boundary', εικόνα 33, δημιουργείται ο τελικός σχεδιασμός των αξόνων όπως στην εικόνα 34.



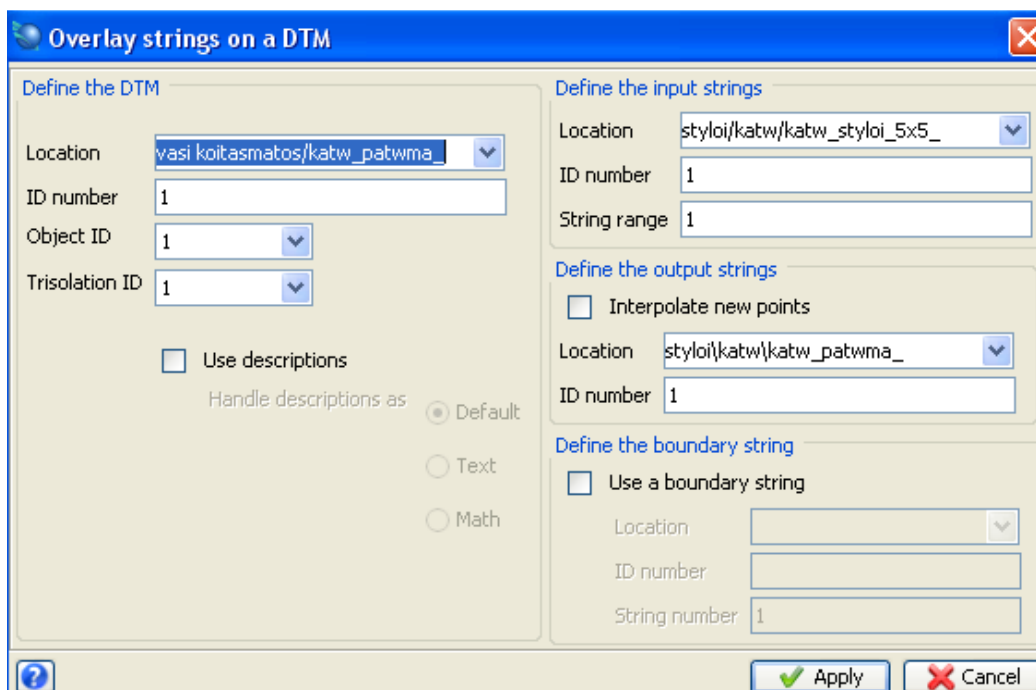
Εικόνα 33



Εικόνα 34.

Οι άξονες οι οποίοι δημιουργήθηκαν δεν είναι στο ίδιο επίπεδο με το ταβάνι και για αυτό θα γίνει μέσω της εντολής ‘Surfaces -> DTM file functions -> Drape strings over a DTM’.

Στο παράθυρο που εμφανίζεται, εικόνα 35, επιλέγουμε το DTM file, και το string file όπου θέλουμε να έρθει στο ίδιο επίπεδο, και τέλος καθορίζουμε και το όνομα του νέου αρχείου.



Εικόνα 35.

Πατάμε 'Apply'. Το αποτέλεσμα είναι όπως στην εικόνα 34, αλλά αυτή την φορά είναι στο ίδιο επίπεδο.

Εφόσον τελειώσαμε με την δημιουργία των αξόνων προχωράμε για την δημιουργία του string file για τους στύλους.

Για να δημιουργηθεί το συγκεκριμένο string file επιλέγουμε την εντολή 'Design -> Underground tools -> Room and pillars from centerlines', εικόνα 36.



Εικόνα 36.

Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε το πλάτος της τελικής στοάς (7m στην προκειμένη περίπτωση) και το string range όπου εισάγουμε τους αριθμούς των strings των αξόνων. Το τελικό φαίνεται στην εικόνα 37.



Εικόνα 37.

Στα σημεία όπου οι στύλοι δεν είναι σωστοί είτε τους διαγράφουμε είτε τους κλείνουμε προς ένα πιο ομαλό σχήμα.

Αφού διορθώσουμε τότε κάνουμε copy το string των στύλων σε διαφορετικό layer και κάνουμε save.

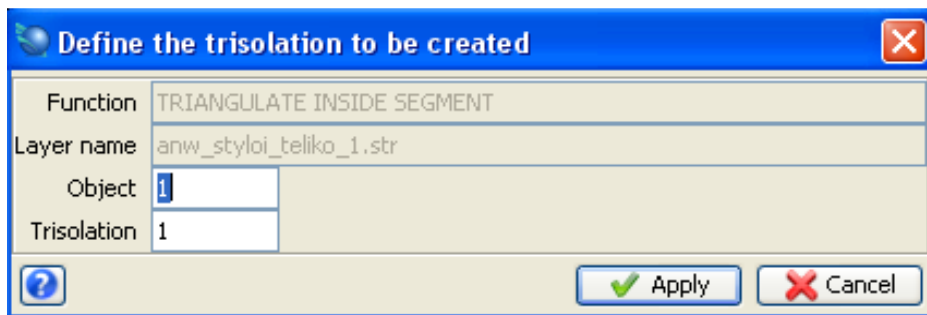
Reset graphics και ξανανοίγουμε το αρχείο των στύλων μόνο. Στην παρούσα φάση έχουμε μόνο την αποτύπωση των στύλων στην οροφή του κοιτάσματος. Το συγκεκριμένο string file το ‘αντιγράφουμε’ πάνω στο πάτωμα μέσω της εντολής ‘Surfaces -> DTM file functions -> Drape strings over a DTM’. Ορίζουμε νέο όνομα αρχείου.

Σε αυτό το σημείο έχουμε και την αποτύπωση των στύλων στο ταβάνι αλλά και στο πάτωμα του κοιτάσματος.

Reset graphics.

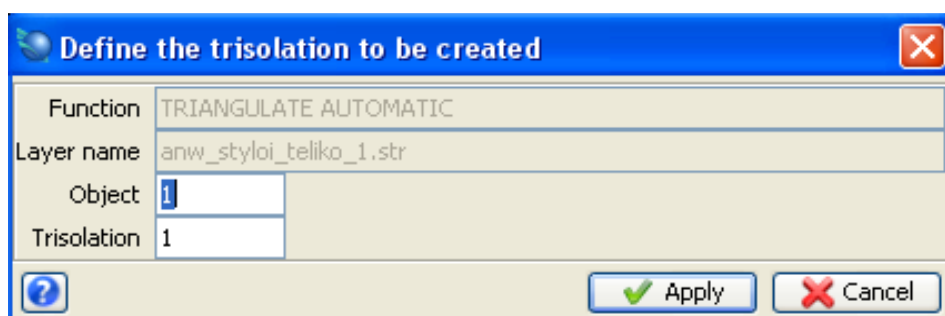
Τώρα για να δημιουργήσουμε τους στύλους ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. Έχοντας πατημένο το CTRL επιλέγουμε τα δύο αρχεία των στύλων(ταβάνι και πάτωμα) και τα σύρουμε στην επιφάνεια εργασίας.
2. Με την εντολή ‘Solids -> Triangulate -> Inside a segment’,εικόνα 38, κλείνουμε τα segments του ταβανιού και της οροφής για τον πρώτο στύλο.



Εικόνα 38.

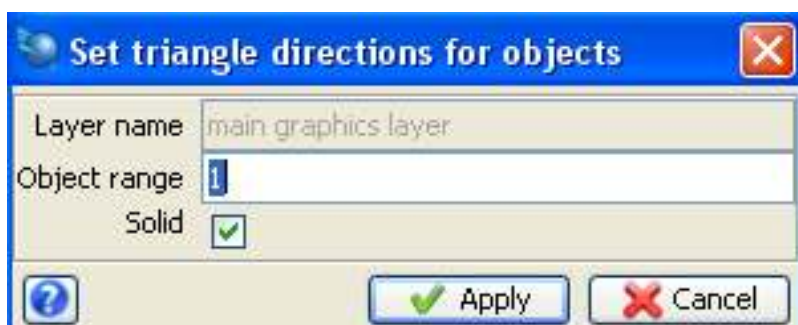
3. Με την εντολή ‘Solids -> Triangulate -> Between segments’, εικόνα 39, κλείνουμε τις πλευρές του στύλου. Εάν σε αυτό το σημείο έχουμε πρόβλημα τότε επιλέγουμε την εντολή ‘Triangulate Shape Tool’ και επιλέγοντας τα σημεία που θέλουμε κλείνει η πλευρά. Σε αυτή την περίπτωση φροντίζουμε να αλλάξουμε το trisolation μέσω της εντολής ‘Solids -> Edit trisolation -> Renumber’ και θέτουμε το ίδιο trisolation για όλο το στύλο.



Εικόνα 39.

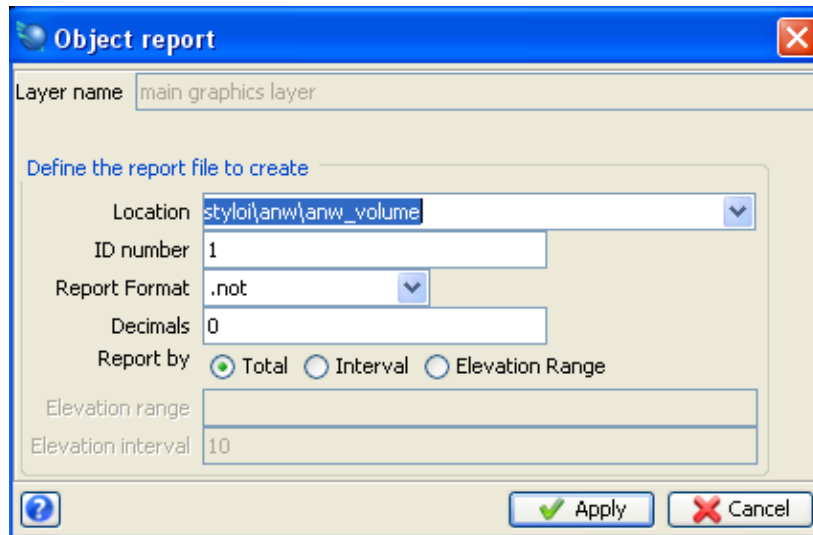
Για κάθε στύλο επιλέγουμε το ίδιο object number αλλά διαφορετικό trisolation. Εφόσον όλοι οι στύλοι έχουν κλείσει τότε επιλέγουμε την εντολή:

4. 'Solids -> Validation -> Validate object'. Εάν όλα τα κομμάτια στο .not που ανοίξει είναι 'true και solid' τότε προχωράμε στο επόμενο βήμα.
5. 'Solids -> Validation -> Set object to solid or void', εικόνα 40. Στο παράθυρο που ανοίγει γράφουμε τον αριθμό του object επιλέγουμε το 'solid' και πατάμε 'Apply'. Με αυτή την εντολή ουσιαστικά το πρόγραμμα αναγνωρίζει τον κάθε στύλο σαν αντικείμενο το οποίο είναι γεμάτο.



Εικόνα 40.

Το επόμενο και τελευταίο βήμα είναι να μετρηθεί ο όγκος του αντικειμένου που δημιουργήθηκε με την εντολή 'Solids -> Solids tools -> Report volume of solids', εικόνα 41. Στο αρχείο .not που δημιουργείται αναγράφονται οι πληροφορίες όλων των διαφορετικών trisolations καθώς και ο όγκος του καθενός στύλου καθώς και όλου του αντικειμένου.



Εικόνα 41.

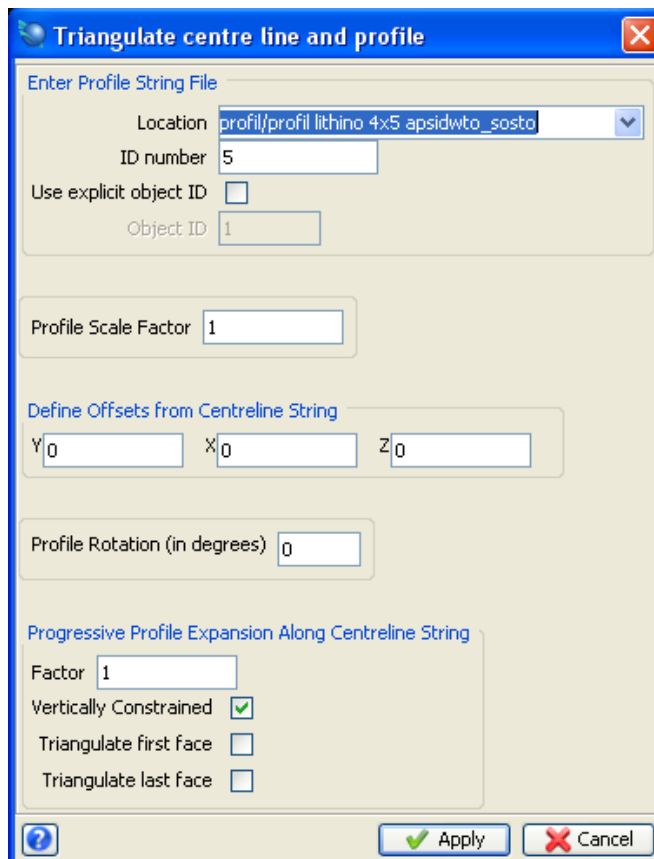
Το αποτέλεσμα είναι όπως φαίνεται στην εικόνα 42.



Εικόνα 42.

Το τελευταίο βήμα είναι να δημιουργηθούν οι στοές προσπέλασης, η βασική στοά, και η στοά περιχάραξης του κοιτάσματος.

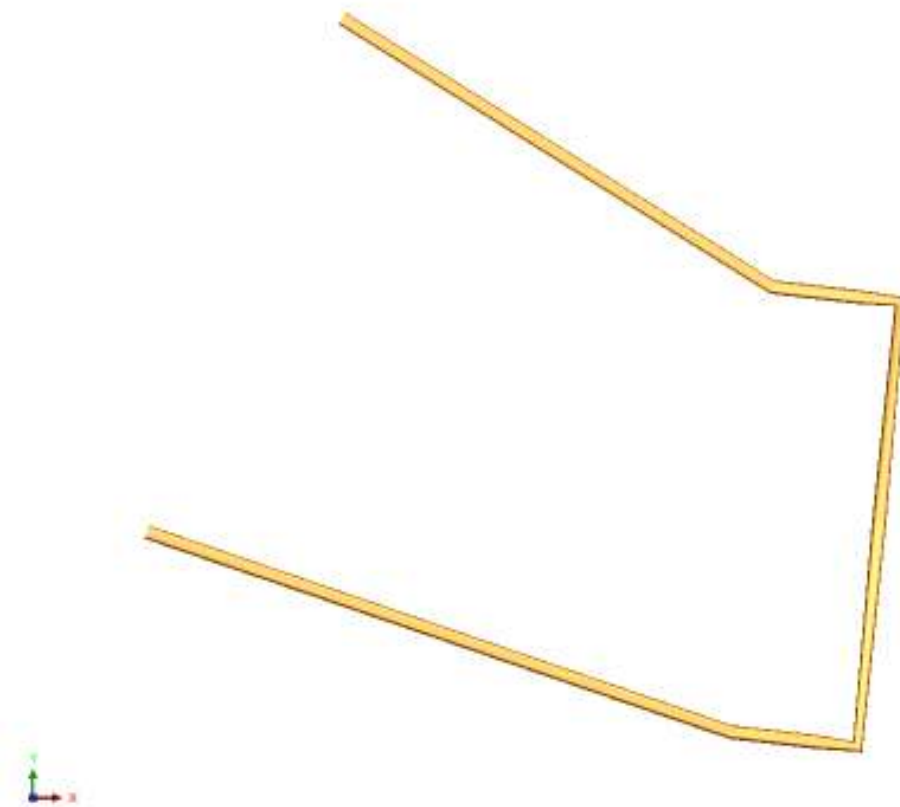
Οι στοές δημιουργούνται μέσω της εντολής ‘Design -> Underground tools -> Triangulate using center line and profile’, εικόνα 43.



Εικόνα 43.

Εδώ επιλέγουμε το προφίλ της στοάς, επιλέγουμε το ‘Vertically Constrained’ προκειμένου η στοά να είναι πάντα κάθετη ως προς τη γραμμή, και επίσης επιλέγουμε και τα ‘Triangulate first & last face’ προκειμένου να κλείσουν και τα δύο ‘πρόσωπα’ της στοάς. Εν συνεχεία επιλέγουμε το την center line και δημιουργείται η στοά. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να προσέξουμε τα σημεία στο προφίλ να μην είναι πολύ κοντά ώστε να μην έχουμε πρόβλημα στο σχεδιασμό όπως και τα σημεία πάνω στην center line επίσης.

Το αποτέλεσμα για τις προσπελαστικές στοές φαίνεται στην εικόνα 44.



Εικόνα 44.