

ΔΥΤ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΤΕΦ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθ. Πρωτ.: 1219
Ημερ. Παραλαβής: 7-10-08

Α.Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΡΑΜΠΑΣ ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ VULCAN 3D SOFTWARE ΚΑΙ EXPRESS ROAD PLANNER



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Μαχαιράς Δημήτριος
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Καπαγερίδης Ιωάννης

ΚΟΖΑΝΗ 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Καπαγερίδη Ιωάννη για τις ατέλειωτες ώρες συνεργασίας που περάσαμε στο γραφείο του προσπαθώντας να αποκρυπτογραφήσουμε διάφορες πτυχές των δύο λογισμικών, με στόχο την πλήρη αποσαφήνισή τους, έτσι ώστε να γίνει πιο κατανοητή η παρουσίαση αυτών στην εργασία.

Επίσης πρέπει να αποδώσω τις ευχαριστίες μου και στο κύριο Κόϊο Κύρο για την θερμή του υποστήριξη και την πολύτιμη βοήθεια του κατά τις εργάσιμες ώρες στο γραφείο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ	6
3. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ	8
3.1 Γενικά για την Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ.....	8
3.2 Μεταλλείο Αγίου Ιωάννη.....	9
4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	12
4.1 Γενικά.....	12
4.2 Μέθοδοι προγραμματισμού.....	13
4.3 Προγραμματισμός Υπαίθριου Ορυχείου.....	16
5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	19
5.1 Εισαγωγή.....	19
5.2 Βελτιστοποίηση εκσκαφής με χρήση του αλγορίθμου Lerchs-Grossman.....	21
5.3 Λειτουργία και εφαρμογή του αλγορίθμου LG.....	23
6. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΡΑΜΠΑΣ ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗ	32
6.1 Εισαγωγή.....	32
6.2 Γενικά για την κατασκευή ράμπας στα υπαίθρια ορυχεία.....	32
6.3 Περιορισμοί κατά την σχεδίαση της ράμπας.....	32
6.4 Χρήση των μεθόδων Breadth-First-Search και Depth-First-Search.....	39
6.4.1 Ανάλυση της Breadth-First-Search.....	39
6.4.2 Ανάλυση της Depth-First-Search.....	39
6.4.3 Πλεονεκτήματα εφαρμογής των μεθόδων BFS και DFS.....	43
7. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ VULCAN 3D SOFTWARE	45
7.1 Εισαγωγή.....	45
7.2 Μοντέλο μπλοκ.....	45
7.2.1 Γενικά.....	45
7.2.2 Δομή του μοντέλου μπλοκ.....	48
7.3 Δημιουργία μοντέλου μπλοκ για το μεταλλείο του Αγίου Ιωάννη.....	48
7.4 Υπολογισμός οικονομικών παραμέτρων.....	54
7.5 Εύρεση τελικών ορίων εκμετάλλευσης.....	61
8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ EXPRESS ROAD PLANNER	65
8.1 Γενικά.....	65
8.2 Τρόπος λειτουργίας του Express-Road Planner.....	65
8.3 Συμβατότητα μοντέλου μπλοκ.....	69
8.4 Εύρεση βέλτιστης λύσης.....	72
8.4.1 Εισαγωγή του μοντέλου μπλοκ.....	72
8.4.2 Περιγραφή των διαθέσιμων όψεων του μοντέλου.....	75
8.4.3 Ρυθμίσεις κατασκευαστικών παραμέτρων της ράμπας.....	87

8.4.4 Εκτέλεση διαδικασίας εύρεσης βέλτιστης διαδρομής.....	93
9. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΡΑΜΠΑΣ ΣΤΟ VULCAN 3D SOFTWARE.....	97
9.1 Εισαγωγή της βέλτιστης ευρεθείσας διαδρομής.....	97
9.2 Περιγραφή της προτεινόμενης διαδρομής.....	99
9.3 Σχεδίαση της ράμπας.....	104
9.3.1 Ορισμός αρχικού πολυγώνου σχεδίασης.....	104
9.3.2 Εκκίνηση διαδικασίας σχεδιασμού της ράμπας.....	108
10. ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΩΝ.....	119
10.1 Γενικά.....	119
10.2 Δημιουργία μοντέλων επιφανειακών τριγωνισμών.....	121
10.2.1 Μοντέλο επιφανειακού τριγωνισμού εκσκαφής.....	122
10.2.2 Μοντέλο επιφανειακού τριγωνισμού τοπογραφικού ανέγλυφου.....	127
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	131

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτή η εργασία έχει ως σκοπό την εύρεση της καταλληλότερης θέσης κατασκευής μιας διαδρομής, εντός μιας υπαίθριας εκμετάλλευσης, η οποία θα εξυπηρετεί για όλη την διάρκεια της μεταλλευτικής δραστηριότητας τις αυξημένες μεταφορικές ανάγκες των υλικών εκσκαφής, που δημιουργούνται, με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Το μεταλλείο για το οποίο θα γίνει αυτό βρίσκεται στον Αγ. Ιωάννη του Νομού Βοιωτίας υπό την εποπτεία της ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. από το οποίο η ίδια εκμεταλλεύεται λατεριτικά κοιτάσματα σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων. Από αυτά η εν λόγω εταιρεία διακρίνει το νικέλιο το οποίο αποτελεί τον ουσιαστικό και τον κύριο λόγο ύπαρξης της.

Για να μπορέσουμε να βρούμε την βέλτιστη θέση κατασκευής της ράμπας θα χρησιμοποιήσουμε δύο πακέτα μεταλλευτικής πληροφορικής, το Vulcan 3D Software και το Express Road Planner, τα οποία θα «τροφοδοτήσουμε» με ορισμένα αρχικά δεδομένα που μας παραχώρησε η εταιρία, όπως γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην εν λόγω περιοχή όπου εμφανίστηκε το μεταλλευτικό ενδιαφέρον, τοπογραφικούς χάρτες, οικονομικά και τεχνικά στοιχεία κλπ. Με μια αρκετά μεγάλη διαδικασία που αποτελεί και την κύρια δομή της εργασίας θα προτείνουμε την καλύτερη θέση διάνοιξης ενός τέτοιου οδικού συστήματος εντός της επιφανειακής εκσκαφής.

Η συγκεκριμένη διαδικασία περιγράφεται αναλυτικότερα στις σελίδες που ακολουθούν δίνοντας αρκετή βάση στις τεχνικές λεπτομέρειες της εκσκαφής καθώς και της ίδιας της ράμπας μιας και το κόστος κατασκευής της θα είναι καθοριστικό για το χρονικό υπόλοιπο της ζωής του μεταλλείου. Επειδή αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω των δύο λογισμικών που προαναφέρθηκαν η παρουσίαση πολλών εικόνων αποτελούσε μονόδρομο κατά την εκπόνηση της. Οφείλαμε να δώσουμε στους αναγνώστες της μια ολοκληρωμένη άποψη λειτουργίας των λογισμικών μιας και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο έως το τέλος της. Όλες οι εντολές και λειτουργίες των δύο προγραμμάτων αναλύθηκαν σχολαστικά τονίζοντας τον λόγο χρήση τους και το αντικείμενο δραστηριοποίησης της καθεμιάς ξεχωριστά. Τέλος πρέπει να αναφερθεί πως ο συγγραφέας της συγκεκριμένης μελέτης δεν φέρει ουδεμία ευθύνη για οποιαδήποτε χρήση των προκυψάντων αποτελεσμάτων, μιας και τα αρχικά δεδομένα έχουν παρθεί αυτούσια από την ίδια την εταιρία, χωρίς να έχει πραγματοποιηθεί κανένας έλεγχος που να επιβεβαιώνει την ορθότητα τους εφόσον αυτό δεν αποτελεί αντικείμενο δραστηριοποίησης του ιδίου.

2. ΞΠΑΙΘΡΗΣΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

Ως επιφανειακό μεταλλείο ή ορυχείο αποκαλείται ένα όρυγμα που δημιουργείται στη επιφάνεια της γης αρκετά μεγάλων διαστάσεων το οποίο αποσκοπεί στην ανάκτηση ορισμένων χρήσιμων σε εμάς ορυκτών που βρίσκονται «αποθηκευμένα» σε έναν γεωλογικό σχηματισμό το λεγόμενο «κοίτασμα». Για να καταφέρουμε να δημιουργήσουμε ένα επιφανειακό μεταλλείο θα πρέπει να εκτελέσουμε πιστά μια σειρά από βήματα-στάδια, απαραίτητα κάθε φορά, που θέτουμε σαν στόχο αυτό. Όλα τα στάδια χάριν συντομεύσεως περιγράφονται λακωνικά παρακάτω.

Αρχικά πρέπει να εντοπιστεί μια περιοχή η οποία να περιέχει το συγκεκριμένο κοίτασμα που μας ενδιαφέρει. Αυτό γίνεται ποιο πολύ με την χρήση της επιστήμης της γεωφυσικής και της γεωχημείας. Επίσης η πραγματοποίηση γεωτρήσεων στην περιοχή ενδιαφέροντος μας παρέχει τρομερά χρήσιμες πληροφορίες για την ύπαρξη κοιτάσματος, τις περιεκτικότητες των ορυκτών μέσα σε αυτό, την γεωμετρία του, το βάθος του, τα αποθέματα και άλλα γεωλογικά χαρακτηριστικά χρήσιμα σε εμάς. Στην συνέχεια πραγματοποιούμε τον λεγόμενο προγραμματισμό της εκμετάλλευσης από τον οποίο θα πάρουμε ουσιαστικά ένα οργανόγραμμα των διαδικασιών που πρόκειται να ακολουθήσουν, καθώς και μια εκτίμηση των οικονομικών παραμέτρων σχετικά με την αξία του μεταλλεύματος και το συνολικό χρόνο εξόρυξης του. Αυτό το κομμάτι αποτελεί το αρχικό στάδιο εντοπισμού ενός κοιτάσματος που θα μας οδηγήσει στην δημιουργία μιας επιφανειακής ή υπόγειας εκμετάλλευσης με στόχο την ασφαλή του απομάκρυνση από την φυσική του θέση (in situ).

Αφού συγκεκριμενοποιηθεί η θέση ύπαρξης ενός τέτοιου κοιτάσματος η εκμετάλλευση του αρχίζει με την φάση της προσπέλασης κατά την οποία διανοίγονται δρόμοι, στοές, κεκλιμένα (ράμπες) και φρέατα (στην περίπτωση των υπόγειων ορυχείων) για να μπορέσει να προσεγγίσει ο μηχανολογικός εξοπλισμός και το προσωπικό το κοίτασμα. Στην συνέχεια ακολουθεί η φάση της ανάπτυξης, κατά την οποία δημιουργούνται ορύγματα (δρόμοι, στοές, κλπ.) γύρω και μέσα από το κοίτασμα έτσι ώστε να αρχίσει η απόληψη του κοιτάσματος.

Κατά την φάση της παραγωγής αρχίζει η απομάκρυνση των στείρων υλικών και μετά από αρκετή πάροδο του χρόνου η εξόρυξη του κοιτάσματος με μεθόδους κατάλληλους για την γεωμετρία του, για την σταθερότητα αυτού και των περιβαλλόμενων πετρωμάτων και τον απαιτούμενο βαθμό παραγωγής.

Αυτή είναι η μεγαλύτερη φάση από όλες διότι διαρκεί αρκετά χρόνια λόγω τόσο των τεράστιων ποσοτήτων στείρων που πρέπει να απομακρυνθούν, των ποσοτήτων του κοιτάσματος που θα εξορυχτούν σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα, τα βέβαια αποθέματα καθώς και τις μεταβολές στην αξία του παραγόμενου ορυκτού. Αυτή η αναφορά στις μεταβολές στις τιμές πώλησης των παραγόμενων ορυκτών αποτελούν εν μέρη πρόλογο για την επόμενη φάση που είναι η φάση του κλεισίματος του μεταλλείου.

Φυσικά το κλείσιμο ενός μεταλλείου δεν οφείλεται πάντα στην οικονομική αποτυχία αυτού, κάτι που τονίστηκε και ποιο πριν, αλλά στην λογική εξάντληση των αποθεμάτων κάτι το οποίο περιλαμβάνονταν στον σωστό προγραμματισμό της εκμετάλλευσης που είχε γίνει από την αρχή. Το κλείσιμο ενός μεταλλείου πραγματοποιείται επίσης και την στιγμή όπου διαπιστώνεται ότι η εξόρυξη είναι πλέον επικίνδυνη για τους εργαζόμενους, λόγω μεταβολής των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της εκμετάλλευσης.

Τελική φάση μετά το σφράγισμα το μεταλλείου αποτελεί η μέριμνα από την ίδια την εταιρία που δραστηριοποιούνταν στο συγκεκριμένο χώρο για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος μετά από την τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή που έχει δεχθεί. Επίσης μετά το τέλος της εκμετάλλευσης οφείλει η εταιρία να παρακολουθήσει την εσκαμμένη έκταση για τυχόν εκπομπές επικίνδυνων ραδιενεργών αερίων, σκόνης καθώς για φαινόμενα όξινης απορροής κάτι το οποίο σίγουρα θα χειροτερέψει την ήδη επιβαρημένη κατάσταση του περιβάλλοντος καθώς και θα απειλήσει την υγεία των κατοίκων των γύρω περιοχών, εφόσον υπάρχουν.

3. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ

3.1 Γενικά για την Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ

Πρόκειται για μια από τις πέντε μεγαλύτερες παραγωγούς σιδηρονικελίου στον κόσμο. Καθημερινά είναι στην πρώτη γραμμή της εκμετάλλευσης, εξόρυξης, κατεργασίας και εμπορικής διάθεσης του σιδηρονικελίου. Το νικέλιο που παράγει χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή ανοξειδωτου χάλυβα μέσω του κράματος του σιδηρονικελίου (66%). Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί ανοξειδωτου χάλυβα στον κόσμο εμπιστεύονται το προϊόν της το οποίο θεωρείται μοναδικό λόγω της παντελούς απουσίας άνθρακα. Ωστόσο, χρησιμοποιείται επίσης στην παραγωγή μη σιδηρούχων κραμάτων (12%), ειδικών κραμάτων χάλυβα (5%), στην επιμετάλλωση (7%), στη χύτευση των μετάλλων (3%) και στους συσσωρευτές (2%).

Η συνολική παραγωγή της ανέρχεται σε 2.500.000 τόνους μεταλλεύματος από τους οποίους αποβαίνουν 19.000 τόνοι νικελίου όπου σε ένα ποσοστό της τάξεως του 6-7% καλύπτονται και οι ανάγκες Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η παγκόσμια παραγωγή της βρίσκεται στο 2% των συνολικά παραγόμενων ποσοτήτων νικελίου κάτι το οποίο μας κάνει να κατανοήσουμε την συμβολή την ίδιας σε αυτή την παραγωγή τεράστιας γεωγραφικής εμβέλειας. Από το σύνολο της παραγωγής της η Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ εξάγει το 1%.

Ακολουθεί μια ιστορική αναδρομή για αυτή κάτι το οποίο θα μας κάνει να κατανοήσουμε ακόμα περισσότερο το μέγεθος της συμβολής της στον μεταλλευτικό και μεταλλουργικό κλάδο της Ελλάδος και του εξωτερικού.

Η Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ:

- ✦ Ιδρύθηκε το 1963 ονομαζόμενη ΛΑΡΚΟ με στόχο την υλοποίηση των παραπάνω.
- ✦ Το 1966 άρχισε να λειτουργεί το πρώτο μεταλλείο της που ήταν αυτό του Αγίου Ιωάννη καθώς και η μεταλλουργική μονάδα αυτού.
- ✦ Το 1968 κατασκεύασε οικισμούς και υποδομές οι οποίες είχαν σαν στόχο την στέγαση και την σίτιση των εργαζομένων.
- ✦ Κατά το 1969 άρχισαν να λειτουργούν και άλλα μεταλλεία στον Νομό Ευβοίας.
- ✦ Το 1989 ιδρύθηκε η Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ.
- ✦ Το 1996 αρχίζει την λειτουργία του μεταλλείου της Καστοριάς.

Αναπτύσσει κύρια ουσιαστική μεταλλευτική δραστηριότητα σε τέσσερις περιοχές της Ελλάδος. Αυτές είναι ο Νομός Ευβοίας, ο Νομός Βοιωτίας, η περιοχή της Καστοριάς, και η περιοχή των Σερβίων στο Νομό Κοζάνης. Από του πρωταρχικούς στόχους της εταιρίας είναι η ευαισθητοποιημένη χρήση των φυσικών πόρων, συγχρόνως μέσω παραλλήλων επενδύσεων στις νέες τεχνολογίες αλλά και στους ανθρώπους της. Η ίδια θεωρεί πολύ σημαντική και χρήσιμη την ενσωμάτωση αρχών βιώσιμης αειφόρου ανάπτυξης στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων ενώ επιδιώκει ενεργά τεχνολογίες φιλικότερες προς το περιβάλλον κάτι που φαίνεται από την περιβαλλοντική αποκατάσταση την οποία εφαρμόζει πιστά σε κάθε ένα από τα μεταλλεία της στο τέλος κάθε μεταλλευτικής δραστηριότητας με μακρόχρονα προγράμματα.

Τέλος το όραμα της ΛΑΡΚΟ για το μέλλον είναι συνεχής βελτίωση της υπάρχουσας επιχειρησιακής δομής, και επέκταση σε νέους παρεμφερείς τομείς, πάντα με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη.

3.2 Μεταλλείο Αγίου Ιωάννη

Τα κοιτάσματα του Αγ. Ιωάννη (Λοκρίδας-Β. Βοιωτίας) αναπτύσσεται στην μεταξύ Ακραιφνίου, Λάρυμνας, Μαλεσίνας και Λουτσίου περιοχή. Αποτελούν από τα πρώτα κοιτάσματα που άρχισαν να αξιοποιούνται (1870). Αρχικά, το μετάλλευμα εξαγόταν στο εσωτερικό ως μετάλλευμα σιδήρου. Η παρουσία νικελίου στο κοιτάσμα του Αγ. Ιωάννη έγινε γνωστή το 1909 και έκτοτε το μετάλλευμα αποστέλλετε πλέον στην Γερμανία ως σιδηρονικελούχο.

Από το 1966 που τέθηκε σε λειτουργία η μεταλλουργική μονάδα της ΛΑΡΚΟ, το μετάλλευμα επεξεργάζεται επί τόπου στην εν λόγω μονάδα, για την παραγωγή κράματος σιδηρονικελίου. Μέχρι το 1969, που άρχισαν να αναπτύσσονται τα Μεταλλεία της Εύβοιας, το μετάλλευμα προέρχονταν αποκλειστικά από τα κοιτάσματα του Αγ. Ιωάννη. Λειτουργούν με μία υπόγειο και τρεις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις. Μια τέταρτη επιφανειακή εκμετάλλευση δημιουργήθηκε ως επέκταση σε υπάρχουσες επιφανειακές εκμεταλλεύσεις. Το πρώτο υπόγειο μεταλλείο στην περιοχή άρχισε να λειτουργεί στις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Τα μεταλλεία είναι εξοπλισμένα με σύγχρονο υπόγειο και επιφανειακό εξοπλισμό και πρόσθετες μονάδες διατηρητικών μηχανημάτων. Επιπλέον, υπάρχουν δύο εγκαταστάσεις θραύσης-κοσκίνισης καθώς και μονάδα εμπλουτισμού και μονάδα ομογενοποίησης του μεταλλεύματος. Η ετήσια παραγωγή μετά το μαγνητικό διαχωρισμό ανέρχεται σε 700.000 τόνους μεταλλεύματος περιεκτικότητας σε νικέλιο, 0,77 %.

Έχει εκτιμηθεί ότι στην περιοχή θα αναπτύσσεται μεταλλευτική δραστηριότητα για 16 ακόμα χρόνια σύμφωνα με τις βέβαιες ποσότητες μεταλλεύματος. Η εξόρυξη του μεταλλεύματος στα Μεταλλεία του Αγ. Ιωάννη πραγματοποιείται, τόσο με υπόγεια, όσο και με επιφανειακή εκμετάλλευση. Η επιφανειακή εκμετάλλευση είναι αυτή που εφαρμόζεται κυρίως και συνδυάζει ανοιχτή και κλειστή εκσκαφή. Το ύψος των βαθμίδων κυμαίνεται μεταξύ 12 και 15μέτρα, με το πλάτος να εξαρτάται από το αν είναι σε λειτουργία ή είναι κοντά στο όριο της εκσκαφής. Αρχικά το πλάτος τους είναι περίπου 25μέτρα, το οποίο όμως μειώνεται προοδευτικά περίπου στα 12μέτρα προς το όριο της τελικής εκσκαφής. Η αποκάλυψη γίνεται με τη χρήση εκρηκτικών ενώ η κοπή του μεταλλεύματος γίνεται με υδραυλική τσάπα ή προωθητή γαιών.



Εικόνα 1: Μεταλλείο της ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. στον Αγ. Ιωάννη του Νομού Βοιωτίας.

Το εξορυγμένο μέταλλευμα μεταφέρεται σε τριβεία για να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία σε όρους θραύσης και εμπλουτισμού. Το εμπλουτισμένο μέταλλευμα οδηγείται στον αποθέτη και από αυτόν στην πλατεία ομογενοποίησης. Το ομογενοποιημένο μέταλλευμα φορτώνεται και μεταφέρεται στο εργοστάσιο, όπου ζυγίζεται και τροφοδοτείται στις περιστροφικές καμίνους για περαιτέρω επεξεργασία και διαχωρισμό.

Τέλος το μαγνητικό συμπύκνωμα οδηγείται στην πλατεία ομογενοποίησης και στην συνέχεια με φορητά μεταφέρεται στο μεταλλουργικό συγκρότημα, όπου ζυγίζεται και τροφοδοτείται στις περιστροφικές καμίνους για την μεταλλουργική επεξεργασία.

4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

4.1 Γενικά

Μετά την ανάπτυξη προγραμμάτων για την μοντελοποίηση των γεωλογικών αποθεμάτων, την σχεδίαση της εκμετάλλευσης και τον υπολογισμό των εξορύσιμων αποθεμάτων, τα τελευταία χρόνια έχουν παρουσιαστεί διάφορα προγράμματα τα οποία διευκολύνουν τον μηχανικό στον προγραμματισμό της εκμετάλλευσης και των όποιων βοηθητικών δραστηριοτήτων. Τα προγράμματα αυτά διαφέρουν στον βαθμό αυτοματοποίησης της διαδικασίας προγραμματισμού και μπορεί να προσφέρουν παραπάνω από τις μεθόδους για τον σκοπό αυτό. Γενικά η διαδικασία προγραμματισμού της εκμετάλλευσης ακολουθεί την ροή του παρακάτω διαγράμματος:



Εικόνα 2 : Γενική ιδέα προγραμματισμού της εκμετάλλευσης.

Το γεωλογικό μοντέλο συνδυάζεται με την σχεδίαση της εκμετάλλευσης για την ανάπτυξη αποθεμάτων του προγραμματισμού. Δηλαδή υπολογίζονται τα αποθέματα ανά **μπλοκ*** εξόρυξης. Για να γίνει αυτό θα πρέπει πρώτα να διαιρεθεί η ίδια εκμετάλλευση σε μπλοκ εξόρυξης βάση μιας ελάχιστης μονάδας εξόρυξης (E.M.E.).

*Η δομή του μοντέλου μπλοκ καθώς και ο τρόπος λειτουργίας του αναλύονται στο 7^ο κεφάλαιο.

4.2 Μέθοδοι προγραμματισμού

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι και εργαλεία για την δημιουργία ενός προγραμματισμού εκμετάλλευσης. Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε γενικά τον χειρονακτικό προγραμματισμό και διάφορους τύπους αυτόματου προγραμματισμού. Η εικόνα 2 παραπάνω μας δείχνει ακριβώς την ροή των πληροφοριών κατά τον προγραμματισμό της εκμετάλλευσης ανεξάρτητα από την μέθοδο που χρησιμοποιείται.

Οι πιο διαδεδομένοι μέθοδοι προγραμματισμού είναι οι εξής:

1) Πρακτικός Προγραμματισμός

Παρόλο που υπάρχουν διάφορα εργαλεία αυτόματου προγραμματισμού, η πλειοψηφία των μεταλλευτικών επιχειρήσεων χρησιμοποιεί ακόμα φύλλα εργασίας (spreadsheet) για να υποστηρίξει μια διαδικασία πρακτικού προγραμματισμού. Τυπικά, παρέχονται σε ένα φύλλο πληροφορίες από ένα μοντέλο μπλοκ που περιλαμβάνουν γεωμετρικές πληροφορίες, το τονάζ και τις περιεκτικότητες. Σε ένα άλλο φύλλο δίνεται μια αναπαράσταση του προγράμματος όπου τα μπλοκ επιλέγονται χειρονακτικά και προγραμματίζονται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους.

Όταν προγραμματίζεται ένα μπλοκ, ανανεώνονται διάφορες πληροφορίες όπως σύνολο μεταλλεύματος και στείρων που εξορύχτηκαν και οι μέσες περιεκτικότητες. Για να χρησιμοποιήσει αυτά τα φύλλα εργασίας ο μηχανικός πρέπει να έχει συνήθως λεπτομερή γνώση των ορυχείων που προγραμματίζει ώστε να μπορούν να δημιουργηθούν πρακτικά εφικτά προγράμματα εκμετάλλευσης. Εάν, όμως, υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στον προγραμματισμό όπως αυτοί που σχετίζονται με την επίτευξη στόχων περιεκτικότητας, η διαδικασία προγραμματισμού μπορεί να είναι ιδιαίτερα επίπονη. Ακόμα και όταν δεν υπάρχουν αυστηροί περιορισμοί στην περιεκτικότητα, συχνά είναι σχεδόν αδύνατο να γνωρίζει εάν υπάρχει δυνατότητα για βελτίωση στην αξία ενός δεδομένου προγράμματος.

2) Αυτόματος Προγραμματισμός

Ο αυτόματος προγραμματισμός είναι ένας τρόπος υπολογισμού ενός προγράμματος εκμετάλλευσης μέσω λογισμικού. Ενώ ο αυτόματος προγραμματισμός απαλλάσσει τον μηχανικό από το πρόβλημα της ανάπτυξης και εκτίμησης προγραμμάτων εκμετάλλευσης, είναι σημαντικό να γνωρίζει πως γίνεται το πρόγραμμα. Αυτό είναι βασικό γιατί μερικές μέθοδοι αυτόματης ανάπτυξης προγραμμάτων δεν μπορούν να ικανοποιήσουν ορισμένους ή και όλους τους περιορισμούς που μπορεί να υπάρχουν λόγω του τρόπου με τον οποίο γίνεται ο αυτόματος προγραμματισμός.

3) Εμπειρικός Προγραμματισμός

Ο εμπειρικός προγραμματισμός είναι μια μορφή αυτόματου προγραμματισμού όπου ο αλγόριθμος προγραμματισμού βασίζεται σε κανόνες για την επιλογή των μπλοκ. Οι κανόνες συνήθως σχετίζονται με περιορισμούς στην περιεκτικότητα και πιθανά σε κάποιο μέτρο της αξίας των μπλοκ. Τυπικά ένα πρόγραμμα αναπτύσσεται με συνεχόμενη επιλογή μπλοκ, ένα κάθε φορά. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι η ταχύτητα στην ανάπτυξη του προγράμματος. Ένα από τα μειονεκτήματα είναι ότι δεν εγγυάται την ανάπτυξη βέλτιστων προγραμμάτων. Επιπρόσθετα, εάν είναι σημαντική η ικανοποίηση περιορισμών περιεκτικότητας, οι εμπειρικοί αλγόριθμοι δεν μπορούν να εγγυηθούν ένα πρόγραμμα που να ικανοποιεί αυτούς τους περιορισμούς ακόμα και είναι γνωστό ότι ένα τέτοιο πρόγραμμα μπορεί να υπάρχει.

Η βελτιστοποίηση του προγράμματος συχνά χρησιμοποιεί ένα μαθηματικό μοντέλο για την αναπαράσταση των περιορισμών του ορυχείου και της παραγωγής. Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης που λειτουργούν βάση αυτού του μοντέλου (simplex, δυναμικός προγραμματισμός, κλπ) χρησιμοποιούνται για να παράγουν αυτόματα ένα πρόγραμμα που όχι μόνο ικανοποιεί τους περιορισμούς παραγωγής, αλλά επίσης βελτιστοποιεί το πρόγραμμα. Συνήθως βελτιστοποιείται η τρέχουσα καθαρή αξία παρόλο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες παράμετροι.

Ο προγραμματισμός μιας εκμετάλλευσης μπορεί να θεωρηθεί μέρος της ίδιας της σχεδίασης της. Τα σχέδια εκμετάλλευσης ανανεώνονται συνεχώς, με συνεχή ανανέωση του προγράμματος εκμετάλλευσης. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα επίπονη και ένα μόνο μέρος της μπορεί να γίνει στον υπολογιστή. Ο προγραμματισμός είναι απαραίτητος για την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων παραγωγής σε υπόγεια και υπαίθρια ορυχεία. Τύποι προγραμμάτων περιλαμβάνουν:

- Πρόγραμμα ολόκληρης ζωής του ορυχείου,
- Πενταετές πρόγραμμα,
- Ετήσιο πρόγραμμα,
- Εβδομαδιαίο και / ή μηνιαία προγράμματα.



Εικόνα 3: Διάγραμμα Gantt προγράμματος εκμετάλλευσης.

Το πρόγραμμα ολόκληρης ζωής είναι θεωρητικό, περιλαμβάνοντας όλα τα ενδεικτικά αποθέματα και συχνά γύρω στο 50% των υποθετικών στα συνολικά αποθέματα προς εκμετάλλευση.

Το πενταετές θα πρέπει να βασίζεται σε αποδεδειγμένα και πιθανά αποθέματα αν και στα ορυχεία χρυσού με ακανόνιστες κατανομές περιεκτικότητας τα αποθέματα μπορεί να μην περάσουν ποτέ το ένα ή δύο χρόνια λόγω των δυσκολιών στην απόδειξη τους με γεωτρήσεις.

Το ετήσιο πρόγραμμα πρέπει να βασίζεται σε αποδεδειγμένα αποθέματα τα οποία σε ένα υπόγειο ορυχείο πρέπει να είναι ήδη προσπελάσιμα με την ανάπτυξη των προσβάσεων ολοκληρωμένη ακόμα και αν η ανάπτυξη της εξόρυξης είναι δεν είναι πλήρης.

Τέλος θα θέλαμε να αναφέρουμε ότι γενικά είναι λάθος η ανάπτυξη ενός πολύπλοκου μακροπρόθεσμου μοντέλου χρησιμοποιώντας το παλαιό σύστημα, γιατί οι αλλαγές που θα γίνουν αναπόφευκτα στη μεταλλευτική πρακτική θα κάνουν το υποκείμενο πρόγραμμα άχρηστο. Δεν έχει νόημα να προγραμματίζουμε τι θα γίνει μέσα στο ορυχείο για τα επόμενα 5 χρόνια μέτρο προς μέτρο.

4.3 Προγραμματισμός Υπαίθριου Ορυχείου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τους στόχους που θέτει ο προγραμματισμός ενός υπαίθριου ορυχείου καθώς και τις ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν για την προετοιμασία ενός τέτοιου προγράμματος. Είναι πολύ σημαντικό να ορίσουμε αυτούς σωστά έτσι ώστε να δημιουργήσουμε ένα πρόγραμμα που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του μεταλλείου και να τις καλύπτει.

Έτσι στους στόχους του προγραμματισμού ενός υπαίθριου ορυχείου περιλαμβάνονται:

- Η παροχή σταθερής τροφοδοσίας μεταλλεύματος στον εμπλουτισμό ή ένα σταθερό μείγμα προϊόντος όπως το σιδηρομετάλλευμα για άμεση μεταφορά,
- Μεγιστοποίηση της τρέχουσας καθαρής αξίας της εκμετάλλευσης με προσπέλαση των υψηλότερων περιεκτικοτήτων νωρίς και πληρώνοντας και πληρώνοντας τον εμπλουτισμό με την καλύτερη δυνατή τροφοδοσία,
- Παροχή ενός σταθερού, ισορροπημένου φόρτου εργασίας για τους στόλους εξοπλισμού εξόρυξης μεταλλεύματος και στείρων,
- Αναβολή της εξόρυξης στείρων για όσο το δυνατόν περισσότερο για την ελαχιστοποίηση της τρέχουσας αξίας του κόστους αποκάλυψης,
- Ορισμός επεκτάσεων εκμετάλλευσης για μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της εξόρυξης στείρων και / ή ελαχιστοποίηση του κόστους εξόρυξης,
- Συνδυασμός μπλοκ μεταλλεύματος και / ή στείρων για τον σχηματισμό ελαχίστου πλάτους βαθμίδων ώστε ο εξοπλισμός να μπορεί να λειτουργεί αποτελεσματικά και με ασφάλεια, και για την αποφυγή εκσκαφών που κοστίζουν πολύ,
- Διατήρηση πρόσβασης-μεταφοράς στις λειτουργικές βαθμίδες και διατήρηση ενός αποτελεσματικού χώρου απόθεσης,
- Διάθεση αρκετού πλάτους μετώπου για τον σχεδιασμένο ρυθμό παραγωγής,
- Διάθεση χρόνου στον κύκλο εξόρυξης για έλεγχο ποιότητας και για την προετοιμασία νέων βαθμίδων,
- Βελτιστοποίηση του μείγματος παραγωγής από δύο ή περισσότερα ορυχεία με παράλληλη ενεργών και χαμηλής περιεκτικότητας αποθέσεων.

Πολλοί από του παραπάνω στόχους μπορεί να βρίσκονται σε αντίφαση, ώστε να χρειάζεται κρίση και εμπειρία. Όλος ο προγραμματισμός των εξορυκτικών δραστηριοτήτων είναι πολύπλοκος. Για παράδειγμα, μεγάλη ακρίβεια χρειάζεται όταν προγραμματίζονται οι δραστηριότητες αποκάλυψης για να ελαχιστοποιηθεί το κόστος και για αυτό το σκοπό έχουν αναπτυχθεί ειδικά προγράμματα για να βοηθήσουν τον μηχανικό.

Η σειρά των ενεργειών που χρειάζονται για την προετοιμασία ενός προγράμματος υπαίθριου ορυχείου έχουν ως εξής:

- Βελτιστοποίηση του τελικού σχήματος
- Προετοιμασία ενός λεπτομερούς σχεδίου συμπεριλαμβανομένων των τελικών βαθμίδων, πρανών και δρόμου πρόσβασης
- Με αύξηση του κόστους ή μείωση της τιμής του προϊόντος, επανάληψη της βελτιστοποίησης για ένα ή δύο ενδιάμεσα ορυχεία
- Ορισμός δύο ή περισσότερων (μέγιστο τεσσάρων) φάσεων ανάπτυξης ορυχείου με περίπου ίσους όγκους μεταλλεύματος και στείρων βάση των ενδιάμεσων ορυχείων
- Περιγραφή της ελάχιστης απαιτούμενης προ-αποκάλυψης για την παροχή αρκετού μήκους μετώπου σε μετάλλευμα στην πρώτη φάση για να επιτραπεί ο προκαθορισμένος ρυθμός παραγωγής
- Προγραμματισμός εξόρυξης μεταλλεύματος και στείρων στις διάφορες φάσεις με σκοπό την ικανοποίηση των στόχων που δόθηκαν παραπάνω
- Προετοιμασία μια σειράς από σχέδια ανάπτυξης του ορυχείου που να δείχνουν πως διατηρείται η πρόσβαση, ας πούμε σε ετήσια βάση

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ορυχείο ποτέ δεν συμβαδίζει ακριβώς με την σειρά των φάσεων. Οι φάσεις είναι απλά θεωρητικές συνθήκες του ορυχείου που μας επιτρέπουν να κάνουμε τον προγραμματισμό.

Μόλις γίνει αυτό το γενικό περίγραμμα για το σύνολο ζωής του ορυχείου, ετοιμάζονται πιο λεπτομερή πρόγραμμα σε ετήσια βάση. Συνήθως μόνο ο επόμενος χρόνος προγραμματίζεται με λεπτομέρεια σε μια εβδομαδιαία ή μηνιαία βάση. Για να γίνει αυτό, το ετήσιο σχέδιο ανάπτυξης του ορυχείου συνδυάζεται με το μοντέλο μπλοκ των αποθεμάτων και υπολογίζονται ποσότητες με βάση το ύψος των βαθμίδων και άλλων παραμέτρων παραγωγής. Στην πράξη το πρόγραμμα μπορεί να δείξει τον επόμενο μήνα σε μια ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση και μετά σε μηνιαία όρια. Δεν υπάρχει λόγος να προγραμματίσουμε με λεπτομέρεια πέρα από την περίοδο στην οποία υπάρχει εμπιστοσύνη στην ικανοποίηση του προγράμματος, διότι οι αλλαγές στο πρόγραμμα θα σημαίνουν ουσιαστικά την ανάπτυξη του από την αρχή.

Σε αυτό το επίπεδο της χειρωνακτικής εργασίας ανά βαθμίδα, τα πακέτα προγραμματισμού μπορούν να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα. Για προϊόντα όπως τα σιδηρομεταλλεύματα που απαιτούν ανάμειξη από πολλαπλές αποθέσεις, ο προγραμματιστής πρέπει να παρακολουθήσει τις αποθέσεις καθώς και την εξόρυξη μέσα στο ορυχείο.

Η ανάμειξη μπορεί να βασίζεται σε λιγότερο σημαντικά στοιχεία (πχ. στο φώσφορο) παρά στην ποσοστιαία περιεκτικότητα στο κύριο προϊόν.

5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

5.1 Εισαγωγή

Η σχεδίαση της εκμετάλλευσης είναι μια πολύπλοκη και επίπονη διαδικασία. Κάθε διαδικασία εξόρυξης είναι μοναδική και εξαρτώμενη από την τοποθεσία του ορυχείου, την εμπειρία της διεύθυνσης της εκμετάλλευσης, τις οικονομικές συνθήκες, και την υπάρχουσα νομοθεσία. Στην πράξη, η μοναδικότητα ενός σχεδίου βασίζεται περισσότερο στην συγκεκριμένη σειρά εξόρυξης και τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Η όλη διαδικασία μπορεί να αποδοθεί περιληπτικά ως η καλύτερη και πιο οικονομική δυνατή μέθοδος για την εξόρυξη του μεταλλεύματος. Με άλλα λόγια, είναι η **βέλτιστη διαδικασία εξόρυξης που μπορεί να οδηγήσει στο μέγιστο κέρδος**. Για να μεγιστοποιηθεί το κέρδος, πρέπει να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος, να αυξήσουμε την ανάκτηση του μεταλλεύματος, ή και τα δύο. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να εξετάσουμε διάφορα σενάρια σε μικρό χρονικό διάστημα και να είμαστε σε θέση να αλλάξουμε τις παραδοχές που κάνουμε, σύμφωνα με νέα δεδομένα. Η σχεδίαση με υπολογιστή είναι ο καλύτερος τρόπος για να το πετύχουμε, δηλαδή να εξετάσουμε πολλές εναλλακτικές μεθόδους σε μικρό χρονικό διάστημα και να μπορούμε γρήγορα να αλλάζουμε τις παραδοχές.

Μια υπαίθρια εκμετάλλευση περιλαμβάνει τα εξής τμήματα:

4 Καθορισμός Ορίων Ορυχείου

Τα όρια του ορυχείου μπορούν να καθοριστούν είτε χειρονακτικά είτε μέσω υπολογιστή χρησιμοποιώντας ορισμένα κριτήρια. Στην πρώτη περίπτωση, ο μηχανικός χρησιμοποιεί κάποιο μέσο ψηφιοποίησης για να καθορίσει τα όρια. Τα όρια αυτά μπορεί να είναι ένας συνδυασμός επιφανειακών εμφανίσεων, ορίων ιδιοκτησίας, και των ορίων του κοιτάσματος σε κάτοψη. Τα όρια που υπολογίζονται από τον υπολογιστή μπορεί να βασίζονται σε ογκομετρικούς και οικονομικούς υπολογισμούς, ή κάποια μέθοδο βελτιστοποίησης (πχ. αλγόριθμος Lerchs-Grossman). Χρησιμοποιώντας αυτά τα όρια ως τη βέλτιστη εκσκαφή, συνεχίζει κανείς στον ορισμό των κλίσεων των πρηνών συνολικά και ανά βαθμίδα. Οι κλίσεις αυτές μπορεί να μεταβάλλονται και να εξαρτώνται από διάφορους γεωτεχνικούς παράγοντες.

4 Σχεδιασμός Βαθμίδων & Δρόμου (Ράμπας)

Η σχεδίαση των πρανών και των βαθμίδων της υπαίθριας εκμετάλλευσης μπορεί να συνδυασθεί επίσης με την σχεδίαση του δρόμου πρόσβασης, ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της όλης προσπάθειας. Μπορεί να γίνει από ένα ανώτερο υψομετρικά όριο προς τα κάτω και προς τα μέσα, ή από ένα κατώτατο υψομετρικά όριο προς τα πάνω και προς τα έξω. Η σχεδίαση μπορεί να οδηγήσει σε ένα απλό σύνολο βαθμίδων ή σε μια ιδιαίτερη πολύπλοκη διάταξη. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των βαθμίδων και του δρόμου καθορίζονται από τις διαστάσεις των οχημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν καθώς και από την συνολική γωνία κλίσης του ορυχείου σε συνδυασμό με τις κλίσεις των πρανών.

Κατά την διάρκεια της ζωής του υπαίθριου ορυχείου θα υπάρξουν πολλές επεκτάσεις οι οποίες θα οδηγήσουν την εκμετάλλευση σε μεγαλύτερο βάθος και έκταση. Τα σύγχρονα προγράμματα σχεδίασης διαθέτουν λειτουργικότητα η οποία επιτρέπει την αυτόματη διαμόρφωση τμημάτων της υπάρχουσας σχεδίασης για επέκταση του ορυχείου προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Με τις επεκτάσεις αυτές μπορούμε να φτάσουμε στο τελικό στάδιο του ορυχείου και να προχωρήσουμε πλέον στην διαδικασία αποκατάστασης.

Ειδικότερα οι κυριότεροι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον αρχικό σχεδιασμό είναι:

1.Γεωλογικοί και φυσικοί παράγοντες: γεωλογικές συνθήκες, τύπος και ποιότητες του μεταλλεύματος, υδρολογικές συνθήκες, τοπογραφία, μεταλλουργικά χαρακτηριστικά, κλίμα και περιβαλλοντικές συνθήκες.

2.Οικονομικοί παράγοντες: ποιότητα κοιτάσματος, σχέση αποκάλυψης, κόστος επένδυσης, κόστος λειτουργίας, επιθυμητό περιθώριο κέρδους, ρυθμός παραγωγής, κόστος επεξεργασίας και συνθήκες αγοράς.

3.Τεχνολογικοί παράγοντες: εξοπλισμός, γωνία πρανούς, ύψος βαθμίδας, δρόμος προσπέλασης, δυνατότητες μεταφοράς και όρια εκμετάλλευσης.

Η ομάδα η οποία ασχολείται με τον σχεδιασμό της υπαίθριας εκμετάλλευσης προσπαθεί να επιτύχει το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα βασισόμενη στους τεχνολογικούς παράγοντες κυρίως. Ο βασικός στόχος είναι να ξεκινήσει η εξόρυξη του μεταλλεύματος το συντομότερο δυνατόν, ενώ οι επί μέρους στόχοι είναι:

- Η εκμετάλλευση του κοιτάσματος πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε το κόστος παραγωγής ανά τόνο παραγόμενου μετάλλου να είναι το ελάχιστο.

- Η διατήρηση όλων των λειτουργικών παραμέτρων (ύψος και πλάτος βαθμίδας, πλάτος δρόμων προσπέλασης κλπ.)
- Η διατήρηση ικανοποιητικής ποσότητας κοιτάσματος ώστε να καλυφθούν τυχόν καθυστερήσεις από τη φάση της διάτρησης και της εξόρυξης.
- Η αναβολή της αποκάλυψης εφόσον δεν επηρεάζεται το προσωπικό, ο εξοπλισμός και το πρόγραμμα παραγωγής.
- Η υιοθέτηση ενός λογικού προγράμματος εκκίνησης (start-up), το οποίο ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο καθυστερήσεων στο πρόγραμμα χρηματικών ροών.
- Η εξέταση όλων των πιθανών σεναρίων ρυθμού παραγωγής και ποιότητας μεταλλεύματος.

5.2 Βελτιστοποίηση εκσκαφής με χρήση του αλγορίθμου Lerchs-Grossman

Οι μεταλλευτικές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν συνεχώς την πρόκληση της σχεδίασης εκμεταλλεύσεων κατά τρόπο οικονομικά βέλτιστο. Ανάλογα με την στρατηγική της επιχείρησης και το σύγχρονο οικονομικό κλίμα, οικονομικά βέλτιστο μπορεί να σημαίνει αύξηση της τρέχουσας καθαρής αξίας, ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους, μεγιστοποίηση του περιεχόμενου σε μέταλλευμα ή πιθανά κάτι άλλο.

Οι διαθέσιμες οικονομικές προβλέψεις στην μεταλλευτική βιομηχανία περιέχουν συνήθως ένα μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την ανάπτυξη σχεδίων εκμετάλλευσης που να είναι βάσιμα κάτω από ένα πλήθος οικονομικών σεναρίων. Ιδιαίτερα στις ταχέως μεταβαλλόμενες αγορές, είναι βασικό για τις μεταλλευτικές επιχειρήσεις να έχουν τα απαραίτητα εργαλεία για την υποστήριξη των διαδικασιών σχεδίασης και προγραμματισμού, ώστε να μπορούν να προσαρμοστούν άμεσα στις αλλαγές και να παραμένουν ανταγωνιστικές.

Παρόλο που η ερώτηση 'γιατί να σχεδιάζουμε την εκμετάλλευση' μπορεί να φαίνεται αφελής, είναι καλό να την εξετάσουμε. Εάν δεν σχεδιάσουμε την εκμετάλλευση πριν την εξόρυξη, υπάρχει πιθανότητα να απασχολούμε για παράδειγμα πλήρως τον εξοπλισμό μας ή και ολόκληρη την μεταλλευτική μονάδα. Όμως, από την επιχειρηματική άποψη τίθεται το ερώτημα ποια είναι η αξία που αντιστοιχεί στον τρόπο με τον οποίο εξορύσσουμε το κοιτάσμα μας; Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση θέτει ένα ακόμα ερώτημα, 'Πώς υπολογίζω την αξία ενός σχεδίου εκμετάλλευσης;' Υπάρχουν άπειροι τρόποι πιθανών σχεδίων σε κάθε μεταλλευτικό σενάριο και κάθε ένας έχει μια αντίστοιχη αξία που πρέπει να λάβουμε υπόψη.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο υπολογισμού της αξίας ενός σχεδίου εκμετάλλευσης ή ακόμα και ενός συγκεκριμένου μπλοκ εξόρυξης, υπάρχουν κάποιες βασικές μέθοδοι με τις οποίες γίνεται η επιλογή των μπλοκ εξόρυξης βάση της αξίας τους για την δημιουργία ενός πλήρους σχεδίου εκμετάλλευσης το οποίο να είναι βέλτιστο κατά τον έναν ή τον άλλο τρόπο. Μια από αυτές τις μεθόδους είναι η Lerchs-Grossman όπου πρόκειται για την πλέον διαδεδομένη μέθοδο βελτιστοποίησης εκμετάλλευσης που χρησιμοποιείται καθημερινά στην μεταλλευτική βιομηχανία.

Η μέθοδος Lerchs-Grossman εφαρμόζεται σε ένα μοντέλο μπλοκ του κοιτάσματος, και δημιουργεί σταδιακά σειρές από σχετικά μπλοκ τα οποία θα πρέπει ή δεν θα πρέπει να εξορυχτούν. Οι τελικές σειρές ορίζουν ένα σχήμα του ορυχείου που έχει την μέγιστη δυνατή συνολική αξία, σύμφωνα με τις απαιτούμενες κλίσεις των πρανών.

Το σχήμα αυτό:

- Περιλαμβάνει κάθε μπλοκ που 'αξίζει να εξορυχτεί' λαμβάνοντας υπόψη την απομάκρυνση των υπερκειμένων.
- Αποκλείει κάθε μπλοκ που 'δεν αξίζει να εξορυχτεί'.

Η μέθοδος χρησιμοποιεί τις αξίες των μπλοκ και τα αποκαλούμενα δομικά τόξα ως δεδομένα εισόδου. Στην συνέχεια θα δούμε πως λειτουργεί αυτή η μέθοδος και πως εφαρμόζεται.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι το Vulcan εκτός από αυτή την μέθοδο βελτιστοποίησης LG περιλαμβάνει και άλλη μια ονομαζόμενη ως μέθοδο του κινητού κώνου. Σύμφωνα με ειδικούς στον τομέα της βελτιστοποίησης υπαίθριων εκμεταλλεύσεων (Whittle) η μέθοδο κινητού κώνου σπάνια βρίσκει την βέλτιστη εκμετάλλευση. Δύο είναι οι κύριοι λόγοι που προτιμήσαμε να χρησιμοποιήσουμε την LG όπου ταυτόχρονα αποτελούν και τα αρνητικά σημεία της μεθόδου κινητού κώνου.

- Η Lerchs-Grossman έχει την δυνατότητα να δοκιμάσει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς μπλοκ μεταλλεύματος. Οι περισσότερες υπαίθριες εκμεταλλεύσεις είναι βιώσιμες τουλάχιστον εν μέρει διότι ένα πλήθος μπλοκ μεταλλεύματος συνδυάζονται για να ξεπληρώσουν το κόστος εξόρυξης των στείρων μπλοκ που βρίσκονται στο πάνω μέρος τους, τη στιγμή που κανένα μπλοκ ή κλειστή ομάδα από μπλοκ δεν μπορεί να πετύχει. Η μέθοδος Lerchs-Grossman διατίθεται να ανιχνεύσει αυτήν την 'συνεργασία' μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του σώματος μεταλλοφορίας ανεξάρτητα αν κάποιο από τα τμήματα αυτά είναι από μόνο του βιώσιμο.

- Η Lerchs-Grossman λειτουργεί από κάτω προς τα πάνω κάτι το οποίο καθιστά ικανή την μέθοδο να επανεξετάζει τα μπλοκ μεταλλεύματος και στεφρών να επανεκτιμάει την κατάσταση στην μεταλλοφόρα περιοχή και να εντοπίζει πιθανές θετικές διακλαδώσεις. Αντιθέτως άλλες μέθοδοι όπως αυτή του κινητού κώνου η οποία δουλεύει από πάνω προς τα κάτω και σε κάθε φορά εξέτασης μετατρέπει του κώνους από μπλοκ μεταλλεύματος σε μπλοκ αέρα τους οποίους δεν επανεξετάζουν όταν προχωρούν σε βαθύτερα μπλοκ μεταλλεύματος. Αυτό έχει ως απόλυτη συνέπεια την εμφάνιση θετικών κώνων χωρίς στην πραγματικότητα να είναι και τελικά οδηγούν σε όρια που μπορεί να συνεχίζουν να δίνουν κέρδος που φυσικά δεν είναι το μέγιστο δυνατό.

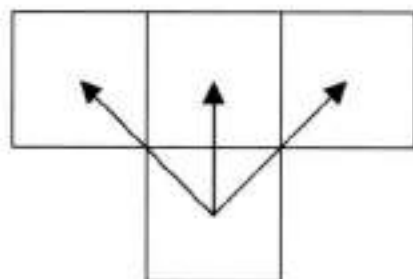
Στην περίπτωση της LG (Lerchs-Grossman) το Vulcan δίνει την δυνατότητα υπολογισμού των εσόδων, εξόδων και τελικής αξίας του κάθε μπλοκ είτε μέσω των υπολογισμών στην βάση του μοντέλου μπλοκ είτε κατά την διάρκεια της λειτουργίας βελτιστοποίησης. Η πρώτη περίπτωση δίνει περισσότερη ελευθερία στο χρήστη να αποφασίσει τι θα συμπεριλάβει στο οικονομοτεχνικό μοντέλο και τι όχι, ενώ στην δεύτερη περίπτωση είναι αναγκασμένος να κάνει χρήση των τυποποιημένων επιλογών του που παρέχονται μέσω των σχετικών παραθύρων της λειτουργίας βελτιστοποίησης.

5.3 Λειτουργία και εφαρμογή του αλγορίθμου LG

Η τρισδιάστατη μέθοδος βελτιστοποίησης Lerchs-Grossman πετυχαίνει το στόχο της χρησιμοποιώντας τις αξίες των μπλοκ, και τα δομικά τόξα για τα οποία θα μιλήσουμε στην συνέχεια. Δεν χρησιμοποιεί καμιά άλλη πληροφορία. Με άλλα λόγια, εκτός από τις πληροφορίες που δίνονται από τα τόξα, δεν 'γνωρίζει' τίποτα για τις θέσεις των μπλοκ ούτε και για την εξόρυξη. Επομένως για να δούμε το πώς λειτουργεί η μέθοδος πρέπει να δουλέψουμε με μια σειρά από μπλοκ και μια σειρά από τόξα. Το πόσο αυτά βρίσκονται σε μια, δυο ή τρεις διαστάσεις και το πόσα τόξα αντιστοιχούν σε κάθε μπλοκ είναι άσχετο με την λογική της μεθόδου, η οποία είναι εντελώς μαθηματική.

Για λόγους απλότητας, η παρουσίαση της λειτουργίας της μεθόδου θα γίνει σε δυο διαστάσεις και θα χρησιμοποιηθούν τετράγωνα μπλοκ και κλίσεις πρανών 45μοιρών, παρόλο που δεν είναι απαραίτητο στην μέθοδο Lerchs-Grossman. Τα στοιχεία αυτά μας επιτρέπουν να εργαστούμε με μόνο τρία τόξα ανά μπλοκ. Αυτά τα τρία τόξα πηγαίνουν από ένα μπλοκ στην οριζόντια γραμμή των τριών μπλοκ που βρίσκονται αμέσως επάνω αυτό, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Έτσι είναι σίγουρο ότι, όταν ένα μπλοκ εξορύσσεται, τα τρία μπλοκ αμέσως επάνω από αυτό έχουν εξορυχτεί. Καθώς τα τρία τόξα εφαρμόζονται σε κάθε ένα από τα μπλοκ, με αλυσιδωτό τρόπο γίνεται βέβαιο ότι, όποτε ένα μπλοκ εξορύσσεται, ο κώνος των 45 μοιρών πάνω από αυτό έχει επίσης εξορυχτεί.

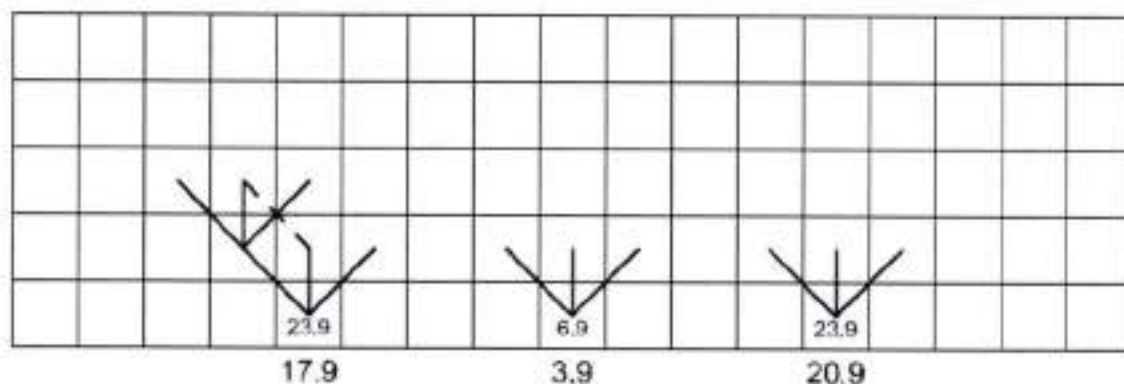


Εικόνα 4: Κατασκευή τόξων σύμφωνα με την συνολική γωνία κλίσης του ορυχείου.

Η μέθοδος βάζει δείκτη σε κάθε μπλοκ το οποίο σκοπεύουμε να εξορύξουμε. Κατά την διαδικασία εξόρυξης, αυτοί οι δείκτες σημειώνονται ή απομακρύνονται πολλές φορές. Ένα μπλοκ λαμβάνει δείκτη σημειώνονται ή απομακρύνονται πολλές φορές. Ένα μπλοκ λαμβάνει δείκτη ότι θα εξορυχτεί εάν προσωρινά ανήκει σε μια συνδεδεμένη ομάδα μπλοκ που έχουν θετική συνολική αξία. Οι ομάδες αυτές ονομάζονται ‘διακλαδώσεις’.

Η μέθοδος σαρώνει συνεχώς τα μπλοκ ψάχνοντας για εκείνα που θα λάβουν δείκτες εξόρυξης και έχουν τόξα που δείχνουν σε μπλοκ χωρίς δείκτη. Όταν βρίσκει μια τέτοια περίπτωση πρέπει να κάνει κάτι γιατί βρισκόμαστε σε μια θέση όπου σχεδιάζουμε να εξορύξουμε ένα μπλοκ χωρίς να εξορύξουμε όλα τα μπλοκ από πάνω του. Ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζεται μια τέτοια κατάσταση αποτελεί τον πυρήνα της μεθόδου Lerchs-Grossman. Τα παρακάτω σχήματα αποδίδουν βήμα προς βήμα την λειτουργία της μεθόδου.

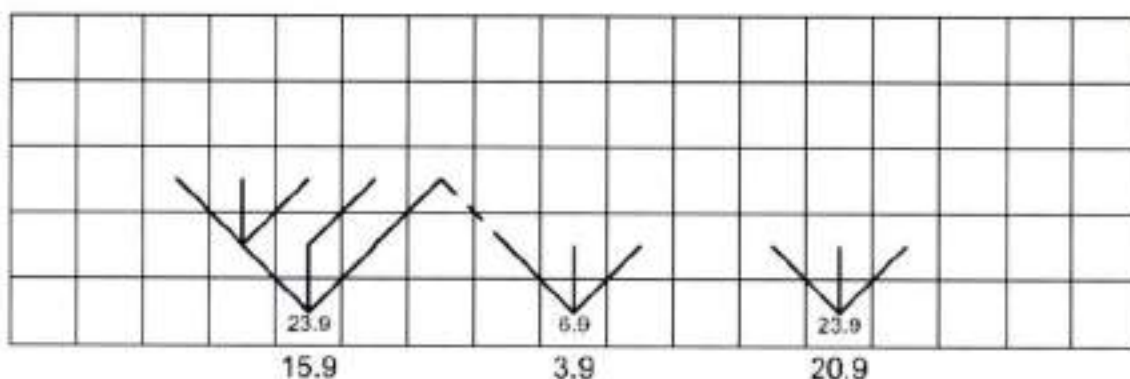
Ξεκινάμε με το παρακάτω διδιάστατο μοντέλο. Το μοντέλο είναι 17 επί 5 μπλοκ. Μόνο τρία μπλοκ περιέχουν μετάλλευμα, και έχουν τις αξίες που δίνονται. Όλα τα άλλα μπλοκ είναι στέρια και έχουν τιμή -1.0.



Δεν δημιουργούμε μια σύνδεση για αυτό το τόξο ή για το κατακόρυφο από το ίδιο μπλοκ, γιατί δεν είναι απαραίτητο.

Βήμα 6^ο

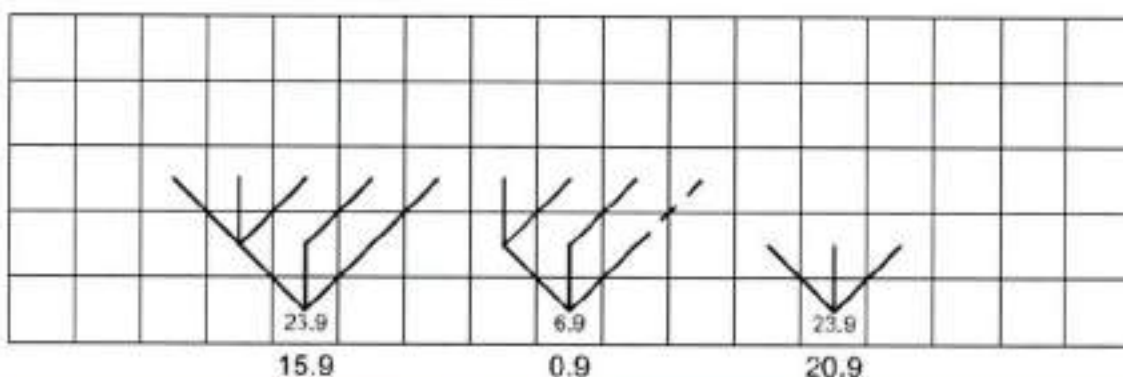
Το επόμενο τόξο από ένα μπλοκ με δείκτη σε ένα άλλο είναι μεταξύ δύο διακλαδώσεων.



Η διαδικασία παραμένει η ίδια –δεν δημιουργείται σύνδεση.

Βήμα 7^ο

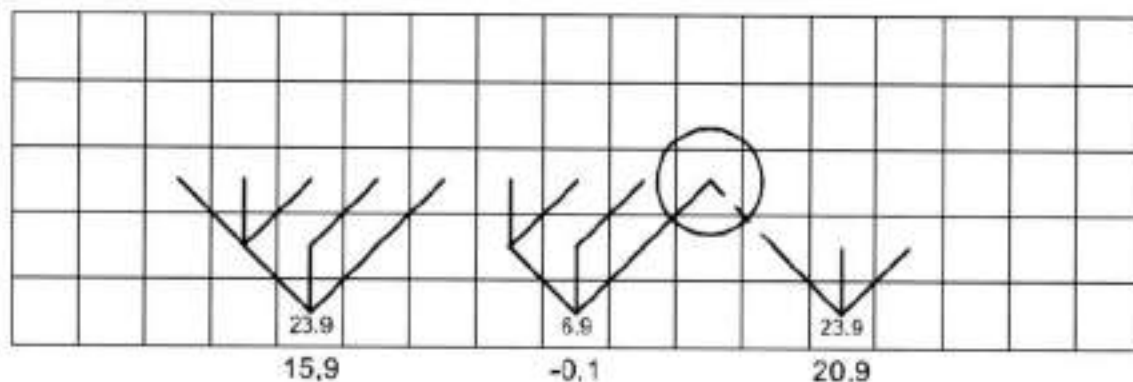
Συνεχίζουμε να προσθέτουμε συνδέσεις μέχρι να βρεθούμε στην παρακάτω κατάσταση.



Όταν προσθέσουμε αυτήν την σύνδεση, η συνολική αξία της διακλάδωσης θα γίνει -0.1 , και όλα τα μπλοκ στην διακλάδωση θα χάσουν τους δείκτες τους.

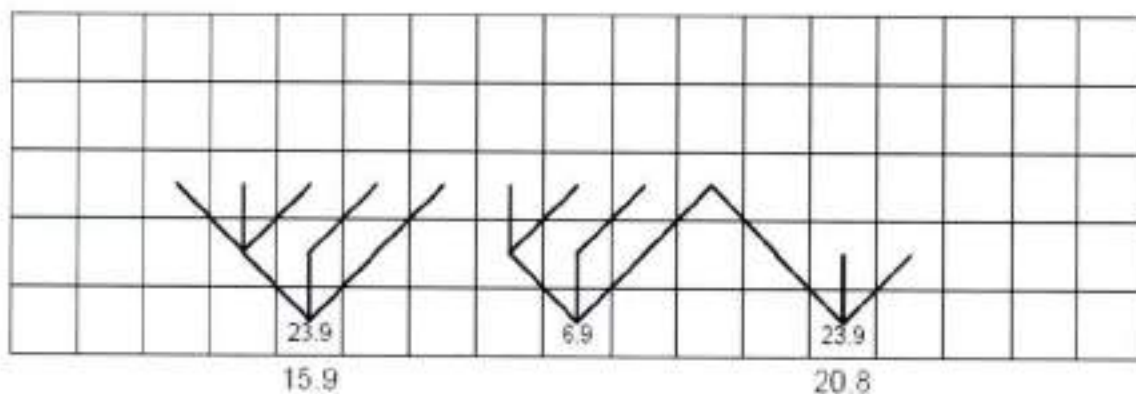
Βήμα 8°

Το επόμενο τόξο που μας ενδιαφέρει είναι από ένα μπλοκ με δείκτη σε ένα μπλοκ μέρος διακλάδωσης που δεν έχει δείκτη.



Ουσιαστικά η κεντρική και η δεξιά διακλάδωση συνεργάζονται για να ξεπληρώσουν την εξόρυξη του κοινού στείρου μπλοκ μέσα στον κύκλο.

Βήμα 9°

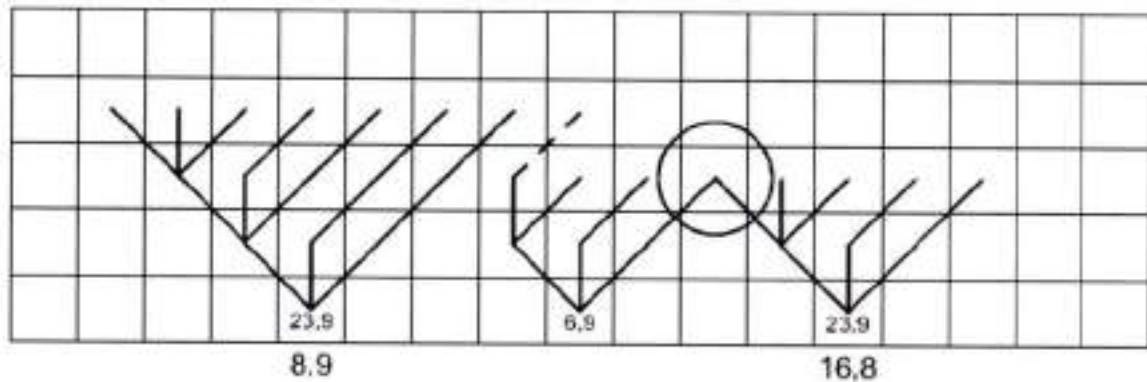


Η μέθοδος Lerchs-Grossman περιλαμβάνει μια διαδικασία για τον συνδυασμό δύο συνδεδεμένων διακλαδώσεων σε μια, με μόνο μια συνολική αξία. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Σημειώστε ότι δεν είναι απαραίτητο πάντα η διακλάδωση να γίνεται προς τα επάνω από τη ρίζα.

Βήμα 10^ο

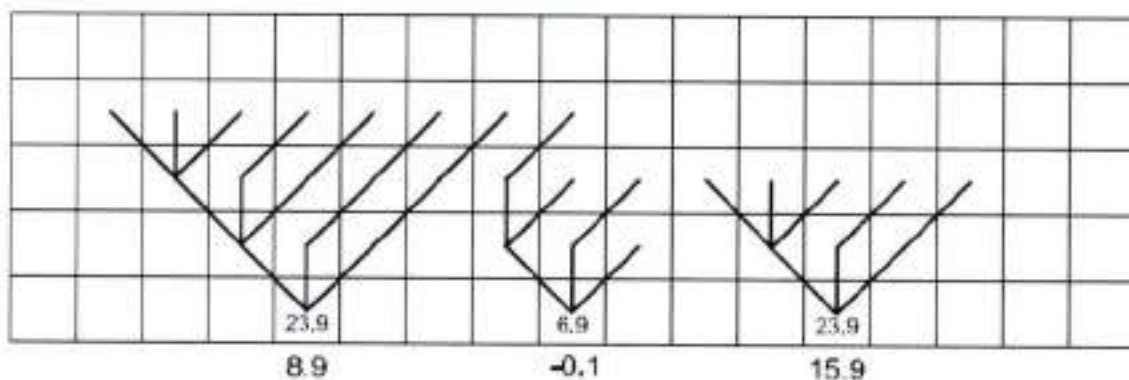
Το επόμενο τόξο που μας ενδιαφέρει είναι από ένα μπλοκ με δείκτη προς ένα στείρο μπλοκ.



Η Lerchs-Grossman αναγνώρισε ότι αυτό το έξτρα στείρο θα αφαιρέσει την δυνατότητα της κεντρικής διακλάδωσης να συνεργαστεί με την δεξιά για να ξεπληρώσουν την εξόρυξη του μπλοκ στον κύκλο.

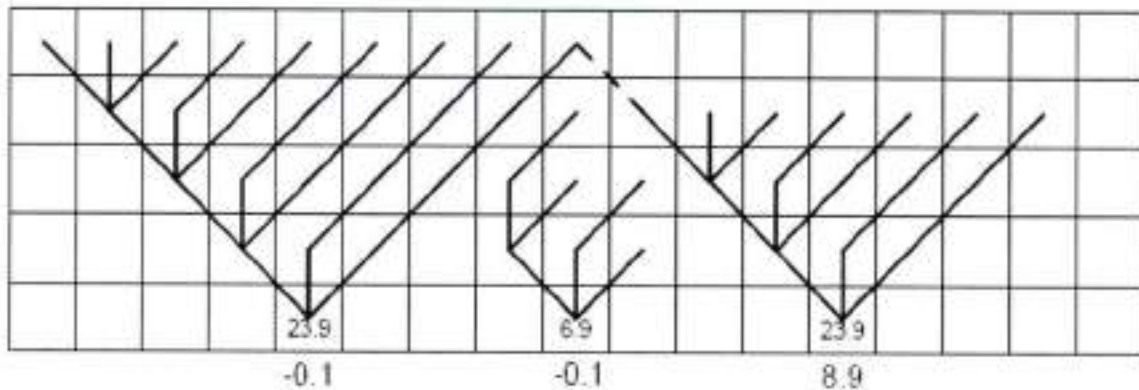
Βήμα 11^ο

Η Lerchs-Grossman περιλαμβάνει μια διαδικασία για την διάσπαση μιας διακλάδωσης σε δυο αφαιρώντας μια σύνδεση.



Βήμα 12^ο

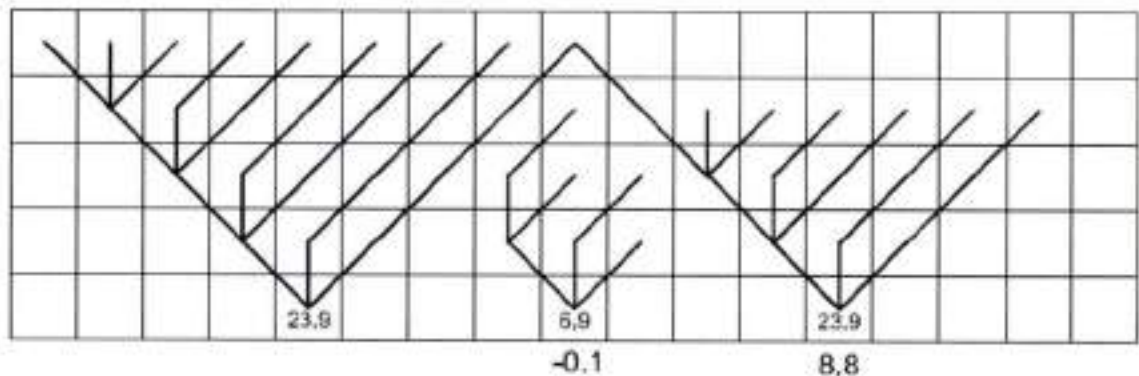
Συνεχίζουμε να προσθέτουμε συνδέσεις και, τελικά, η συνολική αξία της αριστερής διακλάδωσης γίνεται αρνητική.



Το επόμενο τόξο είναι και πάλι μεταξύ μιας θετικής και μιας αρνητικής διακλάδωσης.

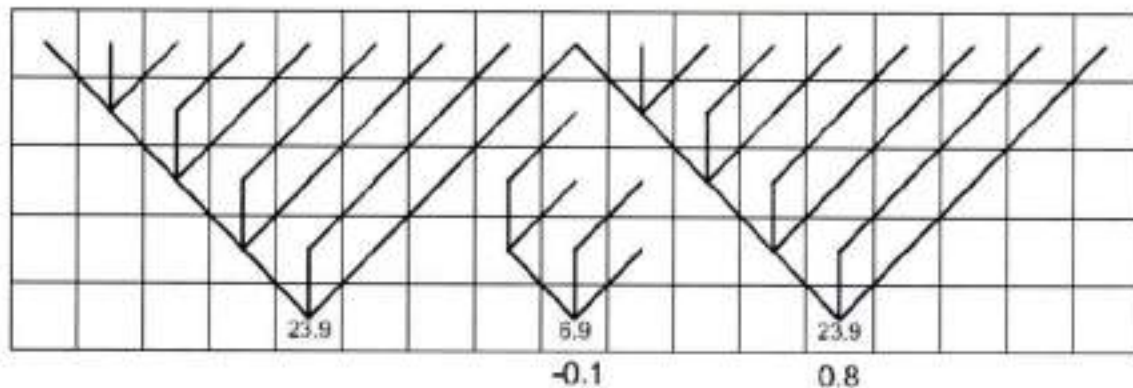
Βήμα 13°

Αυτό αντιμετωπίζεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως και πριν, και η αριστερή και δεξιά διακλάδωση συνδυάζονται σε μια, με μια συνολική αξία.

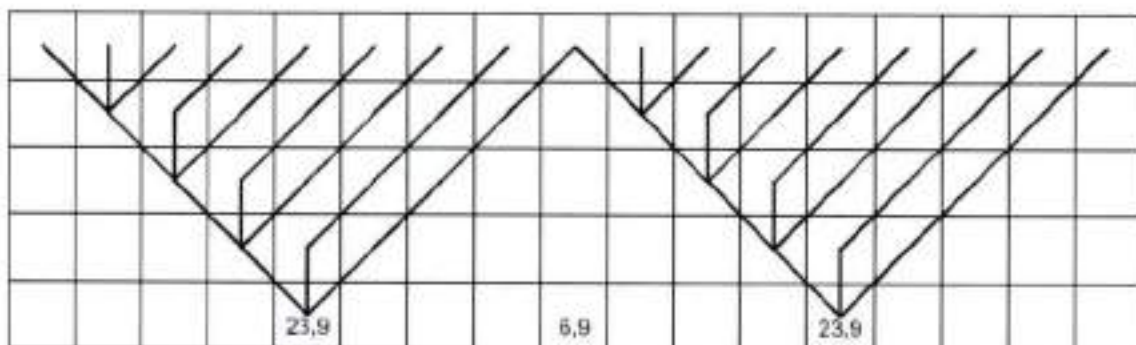


Βήμα 14°

Συνεχίζουμε να προσθέτουμε τόξα μέχρι να φτάσουμε στην παραπάνω κατάσταση. Τότε η μέθοδος φάγνει για τόξα ανά μπλοκ με δείκτη σε μπλοκ χωρίς δείκτη. Όμως, θα μπορούμε να δούμε ότι δεν θα βρει κανένα, και η βελτιστοποίηση είναι πλήρης.



Η Lerchs-Grossman έδειξε ότι, όταν δεν μπορούν να βρεθούν άλλα τόξα από μπλοκ με δείκτη προς μπλοκ χωρίς δείκτη, τότε τα μπλοκ με δείκτη συνιστούν την βέλτιστη εκμετάλλευση. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε ένα ορυχείο σε σχήμα W με αξία 0.8, και μπορούμε να δούμε ότι αυτό είναι το ορυχείο με τη μέγιστη δυνατή αξία.



Η κεντρική διακλάδωση έχει αρνητική τιμή, ώστε κανένα από τα μπλοκ της δεν έχει δείκτη και κανένα δεν εξορύσσεται. Σε πραγματικές τρισδιάστατες βελτιστοποιήσεις, θα υπάρχουν συνήθως πολλές σαρώσεις των μπλοκ για τόξα που θα πρέπει να εξεταστούν. Αυτό συνεχίζεται μέχρι μια σάρωση που θα δώσει μηδέν τέτοια τόξα, και τότε θα ξέρουμε ότι η βελτιστοποίηση έχει ολοκληρωθεί.

Η μέθοδος Lerchs-Grossman έχει καθιερωθεί εδώ και πολλά χρόνια ως η βάση για προγράμματα βελτιστοποίησης εκμετάλλευσης.

6.ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΡΑΜΠΑΣ ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗ

6.1 Εισαγωγή

Η παρούσα ανάγκη για αυξανόμενη αποδοτικότητα στις σύγχρονες μεταλλευτικές επιχειρήσεις έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός αυξημένου βαθμού εμπιστοσύνης προς την γεωλογική μοντελοποίηση και τον βέλτιστο προγραμματισμό στην ορυκτή βιομηχανία. Η χρήση των προηγμένων τεχνικών βελτιστοποίησης όπως ένας ισχυρός θεωρητικός-γραφικός βελτιστοποιητής (πχ.Whittle 4X) αποτελεί συχνά απαραίτητη προϋπόθεση για την απολαβή της κύριας χρηματοδότησης του έργου. Εντούτοις, ενώ το πρόβλημα της εξασφάλισης μιας «απόλυτης» εκσκαφής κατά ένα μεγάλο μέρος του θεωρείται λυμένο, οι διάφοροι μέθοδοι για την ενσωμάτωση ενός αντικειμένου (ράμπα) εντός της εκσκαφής έχουν παραμεληθεί σε μεγάλο βαθμό.

Μια δοσμένη εκσκαφή «απακούει» στους απαραίτητους γεωτεχνικούς και οικονομικούς περιορισμούς για να αποτραπεί θεωρητικά από την αστοχία αλλά η προσθήκη οδών πρόσβασης και ελαχίστων περιορισμών πλάτους εργασίας μπορούν να οδηγήσουν σε μια αρκετά μεγάλη υποβάθμιση της αξίας του μεταλλείου. Αυτό γίνεται διότι το πρόβλημα της οδικής δρομολόγησης δυστυχώς έχει αγνοηθεί κατά ένα μεγάλο μέρος. Οι χαρακτηριστικές μέθοδοι οδικής τοποθέτησης αποτελούνται από μια επαναληπτική διαδικασία χειρωνακτικής τοποθέτησης και επανά-βελτιστοποίησης που μπορούν να συγχύσουν ακόμα και τον πιο πεπειραμένο μηχανικό. Μια αυτοματοποιημένη μέθοδος ορισμένης μορφής βέλτιστης δρομολόγησης θα μπορούσε να απελευθερώσει τον μηχανικό από αυτό τον χρονοβόρο στόχο και να του επιτρέψει να ξοδέψει περισσότερο χρόνο σε άλλες πτυχές της διαδικασίας σχεδιασμού του ορυχείου.

6.2 Γενικά για την κατασκευή ράμπας στα υπαίθρια ορυχεία

Μια από τις κρίσιμες πτυχές του σχεδιασμού μιας υπαίθριας εκσκαφής είναι το διπλό πρόβλημα της εύρεσης ενός κοντινού βέλτιστου συστήματος των ορίων αυτής και του μεταλλευτικού προγράμματος. Κάθε μια από αυτές τις διαδικασίες αποτελέσματος οδηγεί σε ένα δοσμένο περίγραμμα εκσκαφής που τυπικά αντιπροσωπεύεται σε ένα κανονικό μοντέλο μπλοκ. Αυτή η εκσκαφή εντούτοις είναι καθαρώς μια αφηρημένη έννοια. Μια πραγματική εκσκαφή περιλαμβάνει δρόμους πρόσβασης που προστίθενται συνήθως σε μια βέλτιστη εκσκαφή σχεδιασμένη με το χέρι-όπου με αυτό τον τρόπο αφαιρούνται όλες οι αξιώσεις για την πραγματικά ευνοϊκότερη αληθινή εκσκαφή.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καθορίζει μια δοσμένη εκσκαφή αποτελείται από την προσθήκη ενός **οδικού συστήματος μεταφορών**.

Αυτό υποβιβάζει χαρακτηριστικά την αξία της εκσκαφής από 10% έως 20% της τρέχουσας αξίας όπου η κοστολόγηση επιτυγχάνεται χαρακτηριστικά με την τροποποίηση των ασφαλών κλίσεων των βαθμίδων, στα δεδομένα αζιμούθια, κάτι το οποίο θα επιτρέψει την δημιουργία ενός ή περισσότερων δρόμων.

Ο προγραμματισμός του συστήματος μεταφορών για ένα ορυχείο είναι μια επίπονη και σύνθετη διαδικασία. Οποιαδήποτε προτεινόμενη λύση πριν εγκριθεί θα πρέπει να συναντήσει όλους τους πιθανούς περιορισμούς (οικονομικούς, περιορισμούς ασφαλείας, περιορισμοί περιοχών) πριν αποδεχθεί ολοκληρωτικά η κατάλληλη. Αυτή η διαδικασία της επαλήθευσης βρίσκεται σε εξέλιξη και πρέπει να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές κατά την διάρκεια λειτουργίας του ορυχείου. Οι διαδικασίες επαλήθευσης και επικύρωσης παρέχουν ένα δυναμικό εργαλείο στον μηχανικό το οποίο επιτρέπει για ένα σύστημα μεταφορών να καθοριστεί που είναι αληθινά εφαρμόσιμο παρά απλά βέλτιστο σε κάποιο δυσνόητο μοντέλο.

Γνωρίζουμε ότι οι μεταφορικές ανάγκες γενικά στις μεταλλευτικές δραστηριότητες είναι αυξημένες κάτι το οποίο συνοδεύεται απόλυτα από την πραγματοποίηση μεγαλύτερων εκσκαφών, λόγω της εξάλειψης των επιφανειακών ή κοντινών στην επιφάνεια της γης κοιτασμάτων, και ως συνέπεια την απομάκρυνση ακόμα μεγαλύτερων ποσοτήτων σε στείρα. Επίσης η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων μεταλλεύματος καθώς και τα πειστικότερα χρονοδιαγράμματα απαιτούν την εξόρυξη του κοιτάσματος και την μεταφορά του υλικού σε ένα συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο κάτι το οποίο επιβαρύνει τις μεταφορές του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Όλα αυτά ανάγκασαν και επέφεραν την εξέλιξη και την ανάπτυξη της τεχνολογίας του χρησιμοποιούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού στον μεταλλευτικό τομέα. Πλέον για να καλυφθούν αυτές οι απαιτήσεις χρησιμοποιούνται μηχανήματα μεγάλης χωρητικότητας, υψηλής τεχνολογίας και γενικότερα υψηλότερης απόδοσης.



Εικόνα 5: Μηχάνημα μεταφοράς των υλικών εκσκαφής στον Άγιο Ιωάννη.

Για να πετύχουμε την σωστή λειτουργία αυτών θα πρέπει να κατασκευαστεί μια υψηλής ασφάλειας διαδρομή μέσω της οποίας θα έχουμε την δυνατότητα να κινηθούμε σχεδόν σε όλα τα τμήματα της εν λόγω εκσκαφής από το δάπεδο του μεταλλείου ως την κορυφή αυτού, κοντά στην επιφάνεια του τοπογραφικού ανάγλυφου.

Θα πρέπει να συνδυάσουμε απόλυτα την ασφάλεια με τους οικονομικούς παράγοντες της κατασκευής έτσι ώστε να προκύψει ένα έργο ανάπτυξης του μεταλλείου το οποίο θα μας εγγυάται την ασφαλή μετακίνηση του εξοπλισμού μας χωρίς αρνητικές επιπτώσεις τόσο σε μας όσο και σε αυτό. Όπως προαναφέρθηκε είναι ένα έργο σύνθετο το οποίο απαιτεί την μελέτη μερικών παραγόντων και χαρακτηριστικών της εκσκαφής έτσι ώστε να ενσωματωθεί ακριβώς πάνω σε αυτή. Η κλίσεις των βαθμιδών, η συνολική γωνία της εκμετάλλευσης, το ύψος και το πλάτος αυτών είναι μερικοί από παράγοντες οι οποίοι είναι καθοριστικοί για την επιλογή των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών της ράμπας. Μερικά από τα χαρακτηριστικά που πρέπει απαραίτητα να καθοριστούν για την υλοποίηση αυτής είναι η καμπυλότητα, η κλίση, το πλάτος της, το μήκος της κλπ.

Πέρα από όλα αυτά το πιο δύσκολο σημείο της κατασκευής μιας ράμπας είναι οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν σχετικά με τον τρόπο ανάπτυξης της. Πρόκειται για να ένα κρίσιμο στάδιο μιας και πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ δύο τύπων οδικών τμημάτων.

Αυτοί είναι οι εξής:

1. Ο πρώτος μας προτείνει για το οδικό σύστημά μας μια μορφή απλής σπείρας όπου και θα ανέρχεται περιμετρικά ως την επιφάνεια γύρω από τα τοιχώματα της εκσκαφής. Εδώ προσεγγίζουμε την κυρτότητα αυτών με τα ξεχωριστά μπλοκ, και όσο αφορά τις στενές και μακριές εκσκαφές που καταλήγουμε, απλά με μια κεκλιμένη ράμπα. Σε αυτή την περίπτωση η **εξαγωγική τεχνική*** (extraction technique) μπορεί να οδηγήσει εμάς σε μια προσπάθεια μεταβολής των ήδη προσδιορισμένων οδικών μπλοκ, ενώ η **τεχνική ξαναγεμισμάτων**** (refill technique) μπορεί να θάψει τα μπλοκ των πατωμάτων. Εάν ο κόνος εξαγωγής περιλαμβάνει περιοχές που έχουν προηγουμένως οριστεί ως οδικά τμήματα επειδή αναγκάζουν εμάς να παραβιάσουμε περιορισμούς των κλίσεων των πρανών των ορισμένων οδικών τμημάτων τότε αφηνόμαστε σε μια μη-μεταβλητή λύση. Οι κώνοι ξαναγεμισμάτων από την άλλη πλευρά εγγυούνται να μην παραβιάσουν το οδικό τμήμα λόγω της από κάτω προς τα πάνω στρατηγικής προγραμματισμού. Τέλος με την ευθυγράμμιση του πατώματος του μεταλλείου όπως διαμορφώνεται κατά την διάρκεια των διαδικασιών ξαναγεμισμάτων (refill procedure) μπορούμε εύκολα να διατηρήσουμε μια εφικτή λύση.
2. Ο δεύτερος τύπος περιέχει στροφές αυξημένης κυρτότητας τις λεγόμενες και ως φουρκέτες ή switch-backs. Αυτός ο τύπος περιλαμβάνει μια φουρκέτα με μεγάλη κλίση που χρησιμοποιείται για να διατηρήσει το οδικό διάνυσμα (πχ. Για να αποφύγει ένα ασταθές ή δαπανηρό τμήμα του τοίχου). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την λεγόμενη τεχνική ξαναγεμίματος (refill technique), αλλά και με την τεχνική της εξαγωγής (extraction technique), όπου αν την χρησιμοποιήσουμε πρέπει να εγγραφούμε ότι θα παραβιάσουμε ένα ανώτερο οδικό τμήμα δεδομένου ότι χτίζουμε ένα νέο. Πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά μια φουρκέτα μπορεί να εμφανιστεί σε οποιοδήποτε τμήμα του οδικού συστήματος και όχι μόνο σε διαστήματα μεγάλου ύψους βαθμίδων που αυξάνουν κατά πολύ τον διαθέσιμο αριθμό επιλογών του οδικού τμήματος σε οποιοδήποτε στάδιο της διαδικασίας προγραμματισμού.

*Η εξαγωγική τεχνική εφαρμόζεται για την απομάκρυνση στερεών μπλοκ από ένα τμήμα της εκσκαφής.

** Η τεχνική ξαναγεμίματος χρησιμοποιεί τα στερεά μπλοκ για την κάλυψη των μπλοκ αέρα ή για την τοποθέτηση τους σε ένα τμήμα δομικών ασταθειών.

Δυστυχώς οι περισσότερες λύσεις προγραμματισμού εκσκαφών δεν λαμβάνουν υπόψη το πρόβλημα οδικού προγραμματισμού. Αυτός επιτυγχάνεται συνήθως με μια διαδικασία διαφοροποίησης των κλίσεων των τοιχωμάτων για να επιτρέψει την δημιουργία μια ή περισσότερων οδικών διασταυρώσεων όπως απαιτείται. Εντούτοις αυτό σημαίνει ότι η δοκιμή πολλών λύσεων είναι μια αργή και δυσκίνητη διαδικασία και δεν παρέχει καμία απόδειξη ότι το επακόλουθο σύστημα είναι αρκετά βέλτιστο.

6.3 Περιορισμοί κατά την σχεδίαση της ράμπας

Σημαντικό ρόλο για τους μηχανικούς κατά την σχεδίαση της ράμπας σε ένα υπαίθριο ορυχείο διαδραματίζουν αρκετοί παράγοντες, οι οποίοι πρέπει να διαφοροποιηθούν σε σημαντικό βαθμό έτσι ώστε να καταφέρουν να την εφαρμόσουν ακριβώς πάνω στα υπάρχοντα χαρακτηριστικά του ορυχείου. Για να γίνει αυτό πρέπει να παρθούν σημαντικές αποφάσεις σχετικά με κάποιους περιορισμούς που πρέπει να πραγματοποιηθούν έτσι ώστε να υλοποιηθεί η κατασκευή της ράμπας χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Αυτοί οι περιορισμοί διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- ⊗ Οικονομικοί περιορισμοί
- ⊗ Περιορισμοί σχετικά με την ασφάλεια
- ⊗ Περιορισμοί σχετικοί με τις περιοχές που θα επεκταθεί το έργο

Παρακάτω αναλύεται η κάθε μια κατηγορία ξεχωριστά.

⊗ Οικονομικοί περιορισμοί

Η διάνοιξη μιας ράμπας σε ένα επιφανειακό μεταλλείο έχει αναμφισβήτητα επιπτώσεις στην συνολική αξία αυτού λόγω του ότι πραγματοποιούνται δαπάνες και έξοδα για την υλοποίηση της. Το προτεινόμενο σύστημα χορηγεί μια αυστηρή απόδειξη ότι θα βρει το φθηνότερο οδικό σύστημα μέσα από τους παρεχόμενους περιορισμούς και εγγυάται την εύρεση του πιο σύντομου οδικού συστήματος έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί και το μεταλλευτικό κόστος. Το οδικό σύστημα πρέπει να παρέχει την ελάχιστη υποβάθμιση από την τελευταία εκσκαφή σε συνδυασμό με την εύρεση οδών ελαχίστου μήκους και ίδιας κλίσεως κάτι το οποίο προκαλεί λιγότερη φθορά στα μηχανήματα.

© Περιορισμοί σχετικά με την ασφάλεια

Οι περιορισμοί σχετικά με την ασφάλεια της ράμπας βελτιστοποιούν κατά πολύ αυτή κατά την χρήση της με πολλούς και διαφόρους περιορισμούς. Ένας από αυτούς είναι η μεγιστοποίηση της γραμμής θέας παρέχοντας στους οδηγούς των οχημάτων μια μέγιστη άποψη προς τα μπρός έτσι ώστε να μπορούν να διακρίνουν σε όσο το δυνατό μεγαλύτερη απόσταση τι επικρατεί. Αυτό επιτυγχάνεται με την λεγόμενη προδιαγραφή της κυρτότητας η οποία συνήθως εξαρτάται από τον μεταφορικό εξοπλισμό σε λειτουργία.

Άλλος ένας σημαντικός περιορισμός είναι αυτός που εκπροσωπεί τις επιτρεπόμενες κλίσεις για τα τμήματα των κεκλιμένων ραμπών. Αυτοί οι περιορισμοί ονομάζονται διευκρινισμένοι βαθμοί κεκλιμένων ραμπών όπου μπορεί να είναι ενιαίες τιμές, ή μια ενιαία αξία με κάποια ανοχή. Επιπλέον μπορούν να διευκρινιστούν είτε συνολικά είτε τοπικά από την περιοχή.

Τέλος έχουμε τον περιορισμό σχετικά με την μέγιστη επιτρεπόμενη κυρτότητα κατά μήκος του οδικού συστήματος. Αυτός ελέγχει την ευθύτητα του δρόμου και είναι κρίσιμος στον καθορισμό της γραμμής αποστάσεων θέας όπως προαναφέρθηκε. Χαρακτηριστικά δύο τιμές χρησιμοποιούνται εκ των οποίων η μία είναι για ένα γενικό οδικό σύστημα (ευθύτητα) και η άλλη για την κυρτότητα στις φουρκέτες (στροφές με αυξημένη κυρτότητα). Αυτές οι τιμές μπορεί να θεωρηθούν ως σταθερές. Οποιοσδήποτε περιοχές που θεωρούνται πάρα πολύ ασταθής προς χρήση από το σύστημα μεταφορών πρέπει να αποφευχθούν εξολοκλήρου από το οδικό σύστημα με στόχο να περιοριστούν και όσον το δυνατόν περισσότερο να αποτραπούν πιθανές αστοχίες των πρανών.

© Περιορισμοί σχετικοί με τις περιοχές που θα επεκταθεί η ράμπα

Επειδή ο χώρος στο εσωτερικό ενός επιφανειακού μεταλλείου είναι πολύ περιορισμένος είναι πολύ σημαντικό να μελετηθούν σωστά τα σημεία που απαρτίζουν τις περιοχές από τις οποίες θα διέρχεται η ράμπα. Είναι σαφές ότι δεν πρέπει να γίνουν «σπατάλες» χώρου και πρέπει να χρησιμοποιηθούν μόνο οι περιοχές που μας εγγυούνται τόσο την οικονομική ορθότητα της κατασκευής καθώς και την πλήρη ασφάλεια της κατά την διέλευση των οχημάτων από αυτή. Εμείς μπορούμε να περιορίσουμε μερικά τμήματα της κάνοντας οικονομία στην έκταση που θα καταπατηθεί για την υλοποίηση της κάτι που είναι πολύ σημαντικό διότι με αυτόν τον τρόπο θα «σώσουμε» πολύτιμο υλικό το οποίο θα χάνονταν και θα επιδρούσε αρνητικά στο συνολικό οικονομικό προφίλ του μεταλλείου.



Εικόνα 6: Όψη του εσωτερικού ενός επιφανειακού ορυχείου στην Ρωσία. Διακρίνονται οι περιοχές στις βαθμίδες από όπου διέρχεται η ράμπα.

Για να δώσουμε λύση στα παραπάνω αλλά και για να πραγματοποιήσουμε καλύτερη διαχείριση του χώρου στο εσωτερικού του μεταλλείου θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο μπλοκ. Η δομή ενός μοντέλου μπλοκ αποτελείται από πολλά μικρότερα μπλοκ τα οποία εκτείνονται και στις τρεις διαστάσεις του χώρου με αποτέλεσμα να αναπαριστούν την δομική του πολυπλοκότητα με ακρίβεια. Το κάθε μπλοκ του μοντέλου περιλαμβάνει στο εσωτερικό του είτε μετάλλευμα είτε στείρα είτε ακόμα και αέρα ανάλογα με το σημείο το οποίο βρίσκεται. Αν τώρα εμείς εκτιμήσουμε τα μπλοκ από τα οποία θέλουμε να διέρχεται η ράμπα τότε σίγουρα το αποτέλεσμα θα είναι ποιο πολύ εντυπωσιακό και ακριβές. Αν και το μοντέλο μπλοκ αποτελεί αντικείμενο ανάλυσης του 7^{ου} κεφαλαίου κρίθηκε απαραίτητη η περιγραφή του για την μονομερή τουλάχιστον κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα λογισμικά επιλέγουν τις περιοχές από τις οποίες θα διέρθει η ράμπα. Έτσι για οποιοδήποτε ενιαίο μπλοκ που αποτελεί ένα τμήμα του δρόμου υπάρχουν τρεις τρόποι ενσωμάτωσής τους στο οδικό σύστημα.

Αυτοί είναι οι εξής:

- i. Εάν πρόκειται για ένα μπλοκ αέρα και υπάρχει ήδη ένα στερεό μπλοκ από κάτω του, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το μπλοκ αυτό ως τμήμα του δρόμου χωρίς τροποποίηση.

- ii. Αν πρόκειται για ένα μπλοκ αέρα που έχει ένα μπλοκ αέρα από κάτω του, μπορούμε να το αντικαταστήσουμε με κάποιο μπλοκ που απομακρύνθηκε από την ευνοϊκότερη εκσκαφή, με την χρήση του κώνου ξαναγεμισμάτων(refill cone), έτσι ώστε να αποτελέσει ένα σταθερό μέρος του κεκλιμένου τοιχώματος του ορυχείου πάνω στο οποίο θα μπορέσει να στηριχθεί η ράμπα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται ως οικοδόμηση μιας κεκλιμένης ράμπας.
- iii. Τέλος αν έχουμε ένα στερεό μπλοκ (μετάλλευμα/στείρα), τότε το κόστος δίνεται από την αφαίρεση των μπλοκ που περιλαμβάνονται στον κώνο εξαγωγής (extraction cone) πάνω από το συγκεκριμένο μπλοκ. Αυτή η διαδικασία καλούμενη και ως διεύρυνση τοιχωμάτων δεν είναι πάντα πρακτική και συμφέρουσα ειδικά σε περιπτώσεις όπου τα τοιχώματα της εκσκαφής βρίσκονται στα όρια μισθώσεων.

Ένα γενικό τμήμα του δρόμου θα χρησιμοποιήσει έναν συνδυασμό αυτών των τεχνικών και το κόστος θα οριστεί ως εκείνο το κόστος των μπλοκ που περιλαμβάνονται στην εξαγωγή τους για χρήση ως κώνοι ξαναγεμισμάτων. Είναι πολύ σημαντικό να σημειώσουμε ότι πρέπει να εξετάζουμε και τους κατευθυντικούς περιορισμούς της κυρτότητας κάτι το οποίο μας κάνει να κατανοούμε ότι πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή στην τοπική κυρτότητα του οδικού τμήματος σε κάθε σημείο.

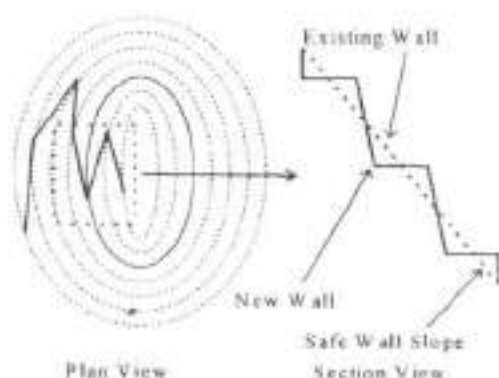
Ουσιαστικά αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να εξετάσουμε τις διαστάσεις μεταβολές του οδικού συστήματος κατά την άποψη σχεδίων (κυρτότητα του) και κατά την άποψη τμημάτων (βαθμός του).

6.4 Χρήση των μεθόδων Breadth-First-Search και Depth-First-Search

Για να σχεδιάσουμε την ράμπα στην εκσκαφή θα πρέπει να εκτιμήσουμε πρώτα μερικές πιθανές διαδρομές πάνω στο σχέδιο του ορυχείου κάτι το οποίο θα μας βοηθήσει να επιλέξουμε την πιο βέλτιστη και συνάμα πιο οικονομική λύση. Δύο τεχνικές, η Breadth-First-Search και η Depth-First -Search, περιλαμβάνονται στο σχεδιαστικό πακέτο οδών για επιφανειακά ορυχεία Express Road Planner. Το συγκεκριμένο πακέτο θα εντοπίσει, σύμφωνα με τις δικές μας προϋποθέσεις και επιλογές, μερικές πιθανές διαδρομές που θα πρέπει να διανύσει η ράμπα στο εσωτερικό της εκσκαφής από τις οποίες καλούμαστε να επιλέξουμε την καταλληλότερη για την δικιά μας περίπτωση. Η ερώτηση που προκύπτει από όλα αυτά είναι η εξής: ' Πως θα μπορέσει το Express Road Planner να το κάνει αυτό;'

Η απάντηση αποτελείται από τρία σκέλη. Πρώτον από το μοντέλο μπλοκ που θα του έχουμε εισάγει διότι με αυτόν τον τρόπο το λογισμικό «διαβάζει» το ανάγλυφο της εκσκαφής και προσαρμόζει τις λύσεις πάνω σε αυτό, δεύτερον λόγω των δύο τεχνικών που προαναφέρθηκαν τις οποίες χρησιμοποιεί για το κάνει αυτό (Breath-First-Search και Depth-First-Search) και τρίτον από τον ορισμό διαφόρων κατασκευαστικών μεγεθών της ράμπας (μήκος, πλάτος, κλίση οδού κλπ.). Στην συνέχεια θα αναλύσουμε αυτές τις τεχνικές για να αποσαφηνίσουμε καλύτερα τον τρόπο που λειτουργούν.

Το Express Road Planner κάνει χρήση ενός εύρους από δυναμικούς αλγόριθμους εύρεσης εναλλακτικά μεταξύ αλγορίθμων στις βάσεις της Breadth-First-Search και της Depth-First-Search σύμφωνα με το ισχύον εύρος που παρουσιάζουν οι λύσεις. Επίσης αυτοί οι μέθοδοι κάνουν χρήση των πληροφοριών σχετικά με το κόστος της ράμπας. Εάν φανταστούμε την δικιά μας εύρεση σαν μια σειρά από πιθανά οδικά τμήματα αρχίζοντας από τα εξωτερικά αρχικά σημεία τότε θα έχουμε πάρει ένα σχήμα σαν αυτό που φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 7: Χάρμαξη πιθανών διαδρομών εντός της εκσκαφής.

6.4.1 Ανάλυση της Breadth-First-Search

Η Breadth-First-Search είναι ένας αλγόριθμος αναζήτησης γραφικών παραστάσεων που αρχίζει στο κόμβο της ρίζας ενός δένδρου (βλέπε εικόνα 8) και εξερευνά εξαντλητικά όλους τους γειτονικούς κόμβους με στόχο την εύρεση του επιθυμητού στόχου. Ουσιαστικά πρόκειται για μια ανενημέρωτη μέθοδος αναζήτησης που στοχεύει να επεκτείνει και να εξετάσει όλους του κόμβους μιας γραφικής παράστασης συστηματικά προς αναζήτηση μιας λύσεως. Ψάχνει εξαντλητικά ολόκληρη την γραφική παράσταση χωρίς εξέταση του στόχου έως ότου τον βρει. Δεν χρησιμοποιεί ένα ευρετικό.

Από την σκοπιά του αλγορίθμου, όλοι οι κόμβοι που λαμβάνονται με την επέκταση ενός άλλου κόμβου προστίθενται σε μια σειρά αναμονής FIFO (First-In-First-Out). Στις χαρακτηριστικές εφαρμογές, οι κόμβοι που δεν έχουν εξεταστεί ακόμα για τους γειτονικούς τους τοποθετούνται σε κάποιο «κιβώτιο» (όπως σε μια σειρά αναμονής) αποκαλούμενο ως 'ανοικτό' και έπειτα αφού εξεταστούν μια φορά τοποθετούνται σε ένα κιβώτιο αποκαλούμενο ως 'κλειστό'. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την επίλυση αρκετών προβλημάτων στην θεωρία γραφικών παραστάσεων όπως:

- i. Εύρεση όλων των συνδεδεμένων συστατικών σε μια γραφική παράσταση
- ii. Εύρεση όλων των κόμβων μέσα σε μια συνδεδεμένη συνιστώσα
- iii. Συστατική αντιγραφή, αλγόριθμος Cheney
- iv. Εύρεση της κοντύτερης πορείας μεταξύ δύο κόμβων
- v. Εξέταση του γραφήματος του διαμερισμού
- vi. Αρίθμηση του πλέγματος Cuthill-McKee (αντίστροφη)

6.4.2 Ανάλυση της Depth-First-Search

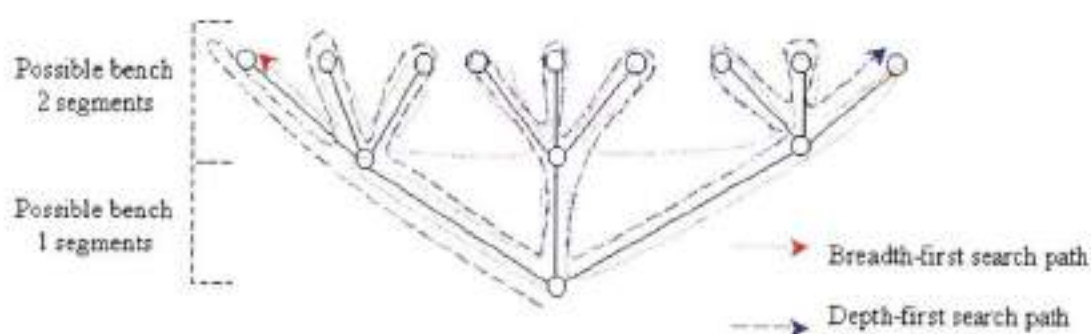
Η Depth-First-Search είναι ένας αλγόριθμος διάβασης και έρευνας ενός δένδρου, μιας δομής δένδρων ή μιας γραφικής παράστασης. Αρχίζει από την ρίζα του δένδρου (επιλέγει κάποιο κόμβο ως ρίζα στην περίπτωση γραφικών παραστάσεων) και εξερευνά όσο το δυνατόν περισσότερο **κατά μήκος του κλάδου** πριν αποφασίσει να οπισθοδρομήσει.

Τυπικά πρόκειται για μια ανενήμερωτη αναζήτηση που προχωρεί με την επέκταση του πρώτου δένδρου αναζήτησης και πηγαίνει όλο και πιο βαθιά έως ότου να βρεθεί ένας επιθυμητός στόχος. Στην συνέχεια η αναζήτηση οπισθοδρομεί, επιστρέφοντας στον πιο πρόσφατο κόμβο που δεν είχε τελειώσει την εξερεύνηση. Σε μια μη επαναλαμβανόμενη εφαρμογή, όλοι οι πρόσφατα επεκταμένοι κόμβοι προστίθενται σε ένα σωρό LIFO (Last-In-Last-Out) για την εξερεύνηση. Η πολυπλοκότητα της DFS είναι πολύ πιο χαμηλή από αυτή της BFS. Ηγείται επίσης πολύ καλύτερα στις ευρετικές μεθόδους κατά την επιλογή μιας εμφανής διακλάδωσης.

Κατά την έρευνα μεγάλων γραφικών παραστάσεων που δεν μπορούν να περιληφθούν πλήρως στην μνήμη, η DFS πάσχει από **μη-λήξη** όταν το μήκος μιας πορείας στο δένδρο αναζήτησης είναι άπειρο. Η απλή λύση «θυμάται ποιους κόμβους έχει δει» δεν δουλεύει πάντα μιας και μπορεί να υπάρξει ανεπαρκής μνήμη. Αυτό μπορεί να λυθεί με την διατήρηση ενός αυξανόμενου ορίου στο βάθος του δένδρου, το οποίο καλείται επαναληπτική DFS εμβάθυνσης.

Το φυσικότερο αποτέλεσμα της Depth-First-Search (DFS) μιας γραφικής παράστασης (εάν θεωρείτε ως λειτουργία παρά ως διαδικασία) είναι ένα εκτιμένο δένδρο από κορυφές που επιτυγχάνονται κατά την διαδικασία της αναζήτησης. Με βάση αυτό το εκτιμένο δένδρο οι άκρες της αρχικής γραφικής παράστασης μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: στις μπροστινές άκρες, στις πίσω άκρες και στις διαγώνιες άκρες η ανάλυση των οποίων είναι αρκετά χρονοβόρα και ξεφεύγει από τον θεματικό πυρήνα του κεφαλαίου.

Μια λύση της Breadth-First-Search διασχίζει εγκάρσια την δομή στην εικόνα 8 επεκτείνοντας κάθε βαθμίδα σε ένα τμήμα κάθε φορά, και ποτέ δεν ανεβαίνει πάνω σε μια βαθμίδα έως ότου όλα τα πιθανά τμήματα να έχουν εξεταστεί σε βάθος. Σε αντίθεση μια προσέγγιση της Depth-First-Search αναλαμβάνει την πρώτη διακλάδωση και θα προχωράει πάνω σε μια βαθμίδα κάθε φορά έως ότου επεκταθεί ως την επιφάνεια. Τότε θα διαλέξει μια νέα διακλάδωση και θα επαναλάβει την διαδικασία. Και στις δύο περιπτώσεις η έρευνα δεν θα τερματιστεί μέχρι όλες οι διακλαδώσεις στο δένδρο να έχουν εξεταστεί.



Εικόνα 8: Διαφορές της μεθόδου Breadth-First-Search και Depth-First-Search κατάθλιαν σε μια απλή λύση διαστήματος δύο βαθμίδων.

6.4.3 Πλεονεκτήματα εφαρμογής των μεθόδων BFS και DFS

Η χρήση αυτών των αλγορίθμων ενδυναμώνει το πακέτο αυτό που προσφέρει ένα εύρος από λύσεις όταν βελτιστοποιηθεί και όταν μεταξύ των δύο μεθόδων αναπτυχθεί μια «συνεργασία» το καθιστούν ικανό να αναγνωρίζει γρήγορα ενεργητικές διαδρομές και κρίσιμα σημεία σε τέτοιο βαθμό ως το πάτομα της εκσκαφής. Καλό θα ήταν στην συνέχεια να αναφέρουμε τα πλεονεκτήματα της κάθε μεθόδου ξεχωριστά έτσι ώστε να γίνει κατανοητός ο λόγος για τον οποίο αυτές θεωρούνται σημαντικές.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου Breadth-First-Search είναι τα εξής:

- Η Breadth-First-Search δεν θα παγιδευτεί εξερευνώντας μια τυφλή δίοδος. Αυτές οι αντιθέσεις με την Depth-First-Search ερευνούν ποιο απλό άκαρπο μονοπάτι μπορούν να ακολουθήσουν για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ίσως και για πάντα, πριν το μονοπάτι πραγματικά ολοκληρωθεί και δεν έχει επιτυχίες. Αυτό είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα στην Depth-First-Search σε περίπτωση που υπάρχουν βρόγχοι, εκτός αν μια πρόσθετη προσοχή χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει μια τέτοια κατάσταση.

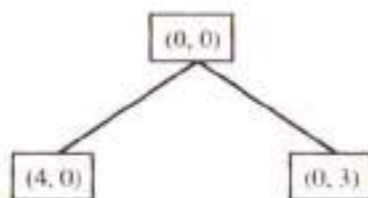
- Εάν υπάρχει μια λύση, τότε η Breadth-First-Search εγγυάται ότι θα την βρει. Επιπλέον αν υπάρχουν πολλαπλές λύσεις, τότε μια ελάχιστη λύση θα βρεθεί (πχ. μια που απαιτεί ελάχιστο αριθμό δειγμάτων). Αυτό είναι εγγυημένο από το γεγονός ότι μεγαλύτερες διαδρομές δεν θα εξερευνηθούν έως ότου όλες οι μικρότερες διαδρομές να έχουν εξερευνηθεί. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την Depth-First-Search η οποία μπορεί να βρει μια λύση σε μια μεγάλη διαδρομή ενός μέρους του δένδρου όταν υπάρχει μια μικρότερη διαδρομή σε ένα ανεξερεύνητο κομμάτι του δένδρου.

Τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα της μεθόδου Depth-First-Search είναι τα εξής:

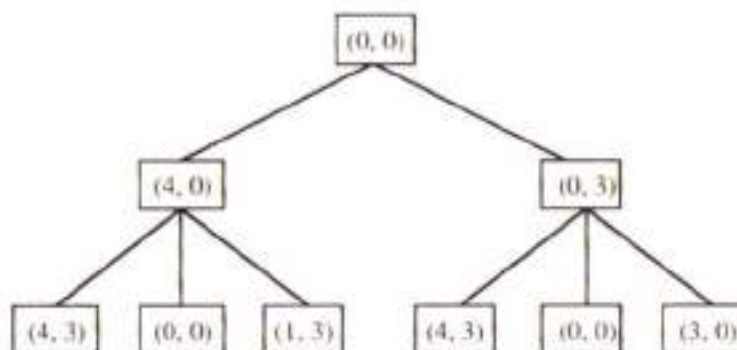
- Η Depth-First-Search σαν μέθοδος απαιτεί πολύ λιγότερη μνήμη στον προσωπικό μας υπολογιστή διότι μόνο οι κόμβοι από το συγκεκριμένο μονοπάτι είναι αποθηκευμένοι.

- Κατά τύχη η Depth-First-Search μπορεί να βρει μια λύση χωρίς να εξετάσει καθόλου ένα μεγάλο μέρος του διαστήματος αναζήτησης. Αντίθετα η Breadth-First-Search αν δεν ολοκληρώσει την εξέταση σε όλα τα μέρη του δένδρου σε ένα επίπεδο n δεν πρόκειται να προχωρήσει την εξέταση των τμημάτων δένδρου σε κάποιο άλλο ανώτερο επίπεδο $n+1$. Αυτό είναι πολύ σημαντικό σε περίπτωση που υπάρχουν πολλές αποδεκτές λύσεις. Η Depth-First-Search μπορεί να σταματήσει την διαδικασία όταν μια λύση βρεθεί.

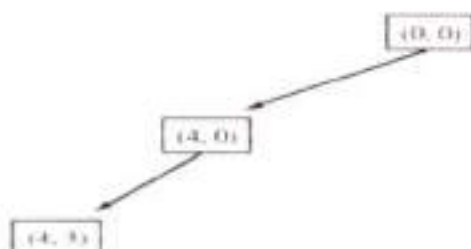
Στις εικόνες που ακολουθούν γίνεται περισσότερο κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο «λειτουργούν» αυτές οι δύο μέθοδοι.



Εικόνα 9: Ένα επίπεδο από το δένδρο της Breadth-First-Search.



Εικόνα 10: Δύο επίπεδα από το δένδρο της Breadth-First-Search.



Εικόνα 11: Ένα επίπεδο από το δένδρο της Depth-First-Search.

7. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ VULCAN 3D SOFTWARE

7.1 Εισαγωγή

Το Vulcan 3d Software κατέχει μια ηγετική θέση παγκοσμίως μιας και πρόκειται για ένα δυνατό μεταλλευτικό πακέτο που δραστηριοποιείται γύρω από την τρισδιάστατη απεικόνιση γεωλογικών μοντέλων, τοπογραφικών μοντέλων καθώς και από τον προγραμματισμό ορυχείων. Το Vulcan παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία για τις προηγμένες τρισδιάστατες χωρικές πληροφορίες, την δημιουργία μοντέλων, την απεικόνιση και ανάλυση στους τομείς που κυμαίνονται από τον προγραμματισμό και το σχέδιο ορυχείων ως την αποκατάσταση και την περιβαλλοντική διαχείριση.

Αρχικά το Vulcan ξεκίνησε ως ένα λογισμικό που ασχολούταν καθαρά μόνο με την μοντελοποίηση στρωματογραφίας καθώς και με τον προγραμματισμό ορυχείων. Με την πάροδο των ετών εξελίχθηκε στην πιο προηγμένη τρισδιάστατη συσκευασία διαμόρφωσης ορυχείων στην αγορά, που οδηγεί τους χρήστες του στην τρισδιάστατη γεωλογική μοντελοποίηση, την τοπογραφική αποτύπωση καθώς και τον προγραμματισμό ορυχείων. Οι τεράστιες δυνατότητες που περιλαμβάνει αποτελούν το πιο ισχυρότερο του επιχειρήμα έναντι σε άλλα μεταλλευτικά πακέτα. Η δημιουργία επιφανειακών και στερεών τριγωνισμών, η πολύ εύκολη και αξιόπιστη χρήση διαφόρων μοντέλων (μπλοκ, πλέγματος κλπ.), η λεπτομερής παρουσίαση των ορίων και των χαρακτηριστικών μιας υπαίθριας ή υπόγειας μεταλλευτικής δραστηριότητας, οι διάφορες μέθοδοι εκτίμησης αξιών των μοντέλων μπλοκ καθώς και οι μέθοδοι εύρεσης των βέλτιστων ορίων της εκσκαφής αποδεικνύουν τα ισχυριζόμενα.

7.2 Μοντέλο μπλοκ

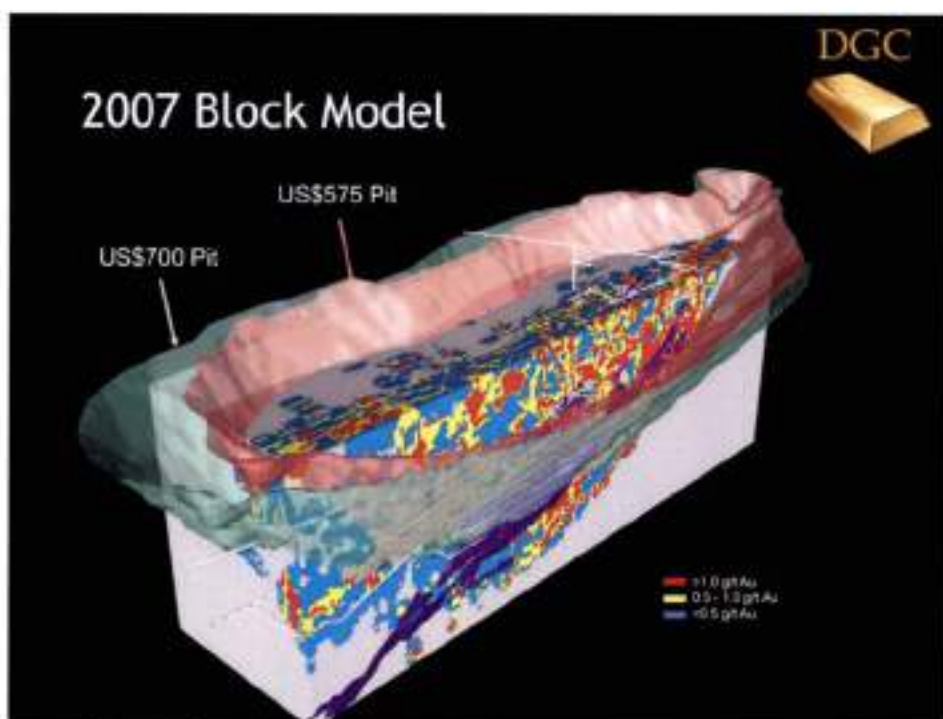
7.2.1 Γενικά

Τα μοντέλα μπλοκ χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκτίμηση αποθεμάτων και γενικά στον σχεδιασμό της εκμεταλλεύσεως, ιδιαίτερα στα μεταλλοφόρα κοιτάσματα. Υπάρχουν πολλοί τύποι μοντέλων μπλοκ εκ των οποίων τα πιο διαδεδομένα κανονικό, το στρωματογραφικό, το μεταβλητό καθώς και το αναλογικό τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους με κριτήριο την δομή του καθενός ξεχωριστά.

Η ευρεία χρήση των μοντέλων μπλοκ αντικατοπτρίζει την ευκολία με την οποία αποθηκεύονται οι πληροφορίες σε αυτά τα μοντέλα καθώς και την ευκολία στην διαχείρισή τους με του υπολογιστές.

Για παράδειγμα, τα χαρακτηριστικά ενός σημείου σε ένα δοσμένο μπλοκ μπορούν εύκολα να ανακτηθούν, καθώς και οι υπολογισμοί μεταξύ διαφόρων αποθεματικών παραμέτρων γίνονται πολύ εύκολα. Η συνέχεια και εγκυρότητα του μοντέλου είναι πολύ εύκολο να ελεγχθεί για την αποφυγή προβλημάτων, όπως κενά διαστήματα ή αντιφάσεις εντός του μοντέλου. Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν την ταυτόχρονη αποθήκευση στην ίδια δομή γεωλογικών πληροφοριών, εκτιμήσεων περιεκτικότητας, καθώς και πληροφοριών που αφορούν την ίδια την εκμετάλλευση.

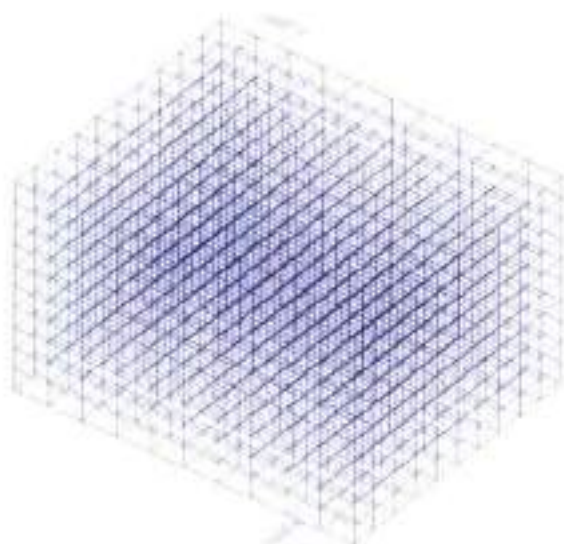
Τα σύγχρονα προγράμματα μοντελοποίησης, όπως το Vulcan 3D Software, επιτρέπουν την δημιουργία πολύπλοκων μοντέλων μπλοκ με πολλούς βαθμούς ελευθερίας στην σχεδίαση και ανάπτυξη τους. Έτσι μπορούμε να μιλάμε πλέον για μοντέλα μπλοκ με εκατοντάδες χιλιάδες μπλοκ, διαφορετικών διαστάσεων μεταξύ τους, τα οποία περιέχουν έως 500 διαφορετικές μεταβλητές και μπορούν να αναπαραστήσουν με απόλυτη συνέπεια την δομική πολυπλοκότητα. Οι απαιτήσεις φυσικά σε μνήμη και χωρητικότητα στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή καμιά φορά ξεφεύγουν ακόμα και από τις δυνατότητες των ιδιαίτερα προηγμένων σύγχρονων προσωπικών υπολογιστών και σταθμών εργασίας.



Εικόνα 12: Χρήση μοντέλου μπλοκ για την εκτίμηση αποθεμάτων σε ορυχείο χρυσού.

7.2.2 Δομή του μοντέλου μπλοκ

Λαχτά από την πολυπλοκότητα των μοντέλων μπλοκ, η βασική τους δομή παραμένει η ίδια. Ο τρισδιάστατος χώρος διαιρείται σε μικρότερα τμήματα (μπλοκ) τα οποία με την σειρά τους έχουν ένα ορισμένο όγκο. Στα κανονικά μοντέλα όλα τα μπλοκ έχουν ίδιες διαστάσεις και επομένως έχουν ένα ορισμένο όγκο. Χαρακτηριστικό των μπλοκ είναι οι συντεταγμένες του κέντρου βάρους τους (κεντροειδές), ο όγκος τους, καθώς και η σειριακή θέση τους. Το μοντέλο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα ορίζεται στο χώρο από τις συντεταγμένες της αρχής του, την κλίση, το αζιμούθιο την παράταξη των αξόνων του, τις διαστάσεις των κυρίων μπλοκ, καθώς και από τον αριθμό των κυρίων μπλοκ σε κάθε άξονα. Γνωρίζοντας όλα τα στοιχεία αυτά είμαστε να θέση να τοποθετήσουμε και να οριοθετήσουμε ένα μοντέλο μπλοκ στον τρισδιάστατο χώρο.



Εικόνα 13: Κανονικό μοντέλο μπλοκ σε τρισδιάστατη ορθογώνια απεικόνιση.

Η διαίρεση του μοντέλου στα κύρια μπλοκ είναι απλή υπόθεση και δεν χρειάζεται κάποιος ιδιαίτερος τρόπος για να επιτευχθεί. Η περαιτέρω διαίρεση των κυρίων μπλοκ σε υπό-μπλοκ όμως πρέπει να γίνει σύμφωνα με κάποια λογική. Τα υπό-μπλοκ είναι απαραίτητα όπου τα κύρια μπλοκ λόγω τους μεγέθους τους δεν μπορούν να ακολουθήσουν με λεπτομέρεια επιφάνειες με ιδιαίτερη σημασία, όπως το τοπογραφικό ανάγλυφο, τα όρια του κοιτάσματος, ή ένα ρήγμα. Στις περιπτώσεις αυτές τα κύρια μπλοκ τα οποία βρίσκονται πάνω στις επιφάνειες αυτές πρέπει να διαιρεθούν σε υπό-μπλοκ.

Τα υπό-μπλοκ μπορούν να έχουν μια ελάχιστη διάσταση σε κάθε άξονα και μια μέγιστη. Οι διαστάσεις αυτές πρέπει να είναι ακέραια υποπολλαπλάσια των διαστάσεων των κυρίων μπλοκ. Για παράδειγμα ένα κύριο μπλοκ 10x10x10 μ. μπορεί να έχει υπό-μπλοκ ελαχίστων διαστάσεων 1,2, 2,5 ή 5 μ. και μέγιστων διαστάσεων 1,2, 2,5, 5 ή 10 μ.

Στα παρακάτω σχήματα γίνεται προφανές το αποτέλεσμα της επιλογής ελαχίστων και μέγιστων διαστάσεων υπό-μπλοκ σε ένα μοντέλο το οποίο προσπαθεί να ακολουθήσει καλύτερα τα όρια του σώματος μεταλλοφορίας.

Συχνά η μέγιστη διάσταση των υπό-μπλοκ είναι ίση με την διάσταση των κυρίων μπλοκ. Η ελάχιστη διάσταση των υπό-μπλοκ είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ ακρίβειας και ευελιξίας καθώς ένας υπερβολικά μεγάλος αριθμός υπό-μπλοκ (δηλαδή πολύ μικρή ελάχιστη διάσταση) μπορεί να δώσει μεγάλη ακρίβεια στους υπολογισμούς αλλά και τεράστιες απαιτήσεις σε χρόνο υπολογισμού.

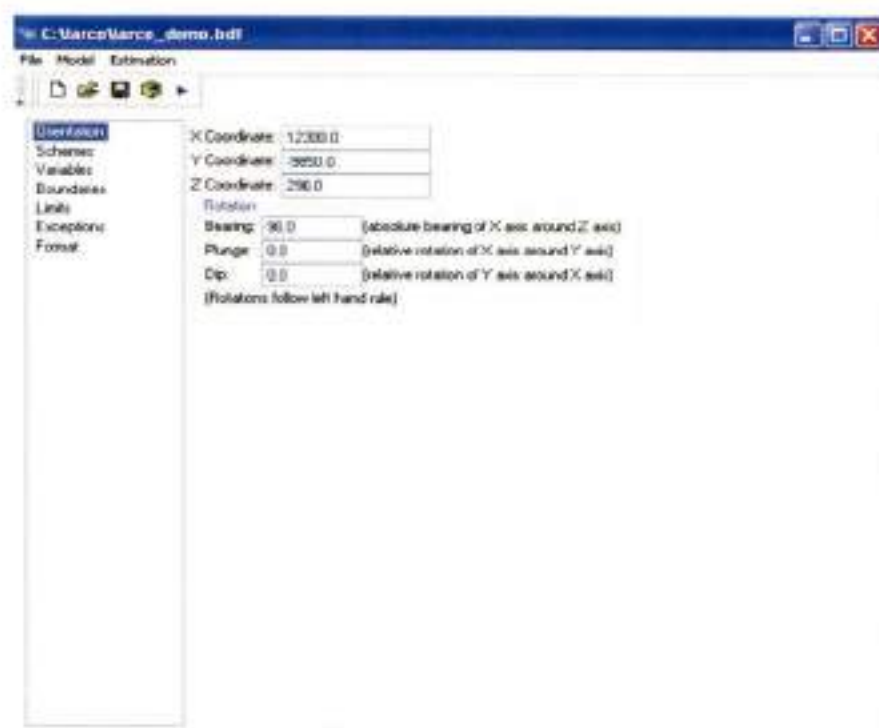
7.3 Δημιουργία μοντέλου μπλοκ για το μεταλλείο του Αγίου Ιωάννη

Από εδώ και κάτω λοιπόν ξεκινάει το πρακτικό κομμάτι της εργασίας με την χρήση των δύο λογισμικών. Έτσι ως αρχικό σημείο σε αυτή την διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης θέσης ενός οδικού συστήματος αποτελεί η δημιουργία ενός νέου μοντέλου μπλοκ καθαρά προσαρμοσμένο στις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου μεταλλείου.

Πρώτα από όλα πρέπει να δημιουργήσουμε μια νέα προδιαγραφή για το μοντέλο μας. Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι μέσα από το μενού **Block** και το υπό-μενού **Construction** να επιλέξουμε την λειτουργία **New Definition**. Με το που γίνει αυτό θα ξεκινήσει η εφαρμογή **Block Model Utility**. Αυτή αποτελείται από διάφορες καρτέλες όπως γίνεται κατανοητό στην εικόνα 14. Η πρώτη φέρει την ονομασία **Orientation**. Σε αυτή την καρτέλα καλούμαστε να δηλώσουμε την θέση του μοντέλου στο χώρο καθώς και το μέγεθος αυτού. Έτσι πρέπει να καθορίσουμε τις ακριβείς διαστάσεις του μοντέλου και γενικά όλη την δομή και γεωμετρία του. Η γεωμετρία του μοντέλου μπλοκ ορίζεται από τις εξής παραμέτρους:

1. Συντεταγμένες αρχής: 12300X, - 9850Y, 296Z
2. Διαστάσεις μοντέλου: 700X, 500Y, 312Z
3. Προσανατολισμός μοντέλου: παράλληλος στους άξονες συντεταγμένων
4. Διαστάσεις κυρίων μπλοκ: 10μ.X10μ.X12μ.
5. Ελάχιστες διαστάσεις υπό-μπλοκ: 2μ.X2μ.X2,5μ.
6. Μέγιστες διαστάσεις υπό-μπλοκ: 10μ.X10μ.X12μ.

7. Επιφάνειες για την κατασκευή υπό-μπλοκ: τοπογραφικό ανάγλυφο, κλειστά μοντέλα όγκου στρωμάτων 20,20Α,20C.



Εικόνα 14: Αήλωση συντεταγμένων αρχής μοντέλων και γωνίες περιστροφής άξονων του γύρω από τους άξονες συντεταγμένων (Block Model Utility).

Στην εικόνα 14 παρατηρούμε τις συντεταγμένες που έχουμε δηλώσει σαν αρχικά σημεία του μοντέλου έτσι ώστε να γνωρίζουμε το σημείο εκκίνησης αυτού. Οι τιμές αφορούν τις συντεταγμένες κατά X, κατά Y και κατά τον Z άξονα κάτι το οποίο μας βοηθάει να κατανοήσουμε την τοποθέτηση του μοντέλου μας στον χώρο. Επίσης έχουμε δώσει και μια τιμή για το αζιμουθίου η οποία μας περιγράφει την γωνία περιστροφής του μοντέλου γύρω από τους άξονες των αρχικών συντεταγμένων. Αυτό βοηθάει στην επιλεκτική περιστροφή του μοντέλου από μέρους μας που αποσκοπεί στην παρατήρηση του από πολλές οπτικές γωνίες.

Scheme	Start X Offset	Start Y Offset	Start Z Offset	End X Offset	End Y Offset	End Z Offset	Block X Size	Block Y Size	Block Z Size
1 parent	0.0	0.0	0.0	700.0	500.0	312.0	100	100	120

Offsets are the maximum distance from the origin

Εικόνα 15: Διαστάσεις των μπλοκ.

Στην καρτέλα *Schemes* δηλώνουμε τις διαστάσεις των μπλοκ του μοντέλου κατά τους τρεις άξονες προβολής του. Παρατηρούμε ότι πρόκειται για ένα σταθερό μοντέλο, με μια μόνο κύρια διάταξη μπλοκ, του οποίου οι αρχικές διαστάσεις είναι 700 μ. κατά τον X, 500 μ. κατά τον Y και 312 μ. κατά τον Z και οι διαστάσεις των υπό-μπλοκ είναι 10μ.X10μ.X12μ. (XYZ).

Πέρα από τις μεταβλητές που δημιουργούνται σε όλα τα μοντέλα μπλοκ του και αφορούν τις συντεταγμένες αρχής και τέλους, τις διαστάσεις και τον όγκο των μπλοκ, δημιουργήσαμε και άλλες μεταβλητές για την περιγραφή της αξιοπιστίας της εκτίμησης του μεταλλοφόρου στρώματος, τους οικονομικούς και τεχνικούς παράγοντες καθώς και τις μεθόδους εκτίμησης και βελτιστοποίησης της εκσκαφής.

Έτσι στην καρτέλα *Variables* (εικόνα 16) παρατηρούμε όλες τις μεταβλητές που περιέχονται εντός του μοντέλου μπλοκ καθώς και τι αντιπροσωπεύει η κάθε μία ξεχωριστά. Φυσικά όλες έχουν ορισθεί με βάση τις προϋποθέσεις που έχει θέσει η ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. καθεμία από τις οποίες αποτελεί μια ξεχωριστή διαδικασία παραγωγής που εκτελείται από την ίδια χωρίς να έχουμε επηρεάσει την δομή αυτών. Σε κάθε μεταβλητή αναγράφεται το όνομα αυτής, έτσι ώστε να ξεχωρίζουμε την εργασία που περιλαμβάνει καθεμία ξεχωριστά, την μορφή των δεδομένων (Data Type) πχ. Ακέραιοι αριθμοί, Όνομα, Πραγματικοί κ.α. καθώς και μια τιμή (Default Value) που ορίζει το εύρος διακύμανσης αυτής.

Variable	Data Type	Default Value	Description
1 density	Float (Real * 4)	3.3	
2 distance	Float (Real * 4)	0	
3 drills	Float (Real * 4)	0	
4 est	Integer (Integer * 4)	0	
5 estimated	Integer (Integer * 4)	99.0	
6 ll_pl	Integer (Integer * 4)	99.0	
7 lc_pl	Integer (Integer * 4)	99.0	
8 llpc	Float (Real * 4)	99.0	
9 product	Name (Termination Table)	none	
10 mining_cost	Float (Real * 4)	0	
11 rock	Float (Real * 4)	2	
12 samples	Integer (Integer * 4)	0	
13 variance	Float (Real * 4)	99.0	
14 rockal	Float (Real * 4)	0	
15 ore_fraction	Float (Real * 4)	0	
16 metallurgy_cost	Float (Real * 4)	0	
17 handle_cost	Float (Real * 4)	0	
18 process_efficiency	Float (Real * 4)	0.92	
19 element_cost	Float (Real * 4)	0	
20 prep_cost	Float (Real * 4)	0	
21 waste	Float (Real * 4)	0.05	
22 revenue	Float (Real * 4)	0	
*		99.0	

Εικόνα 16: Μεταβλητές μοντέλου μπλοκ.

Ποιο αναλυτικά έχουμε:

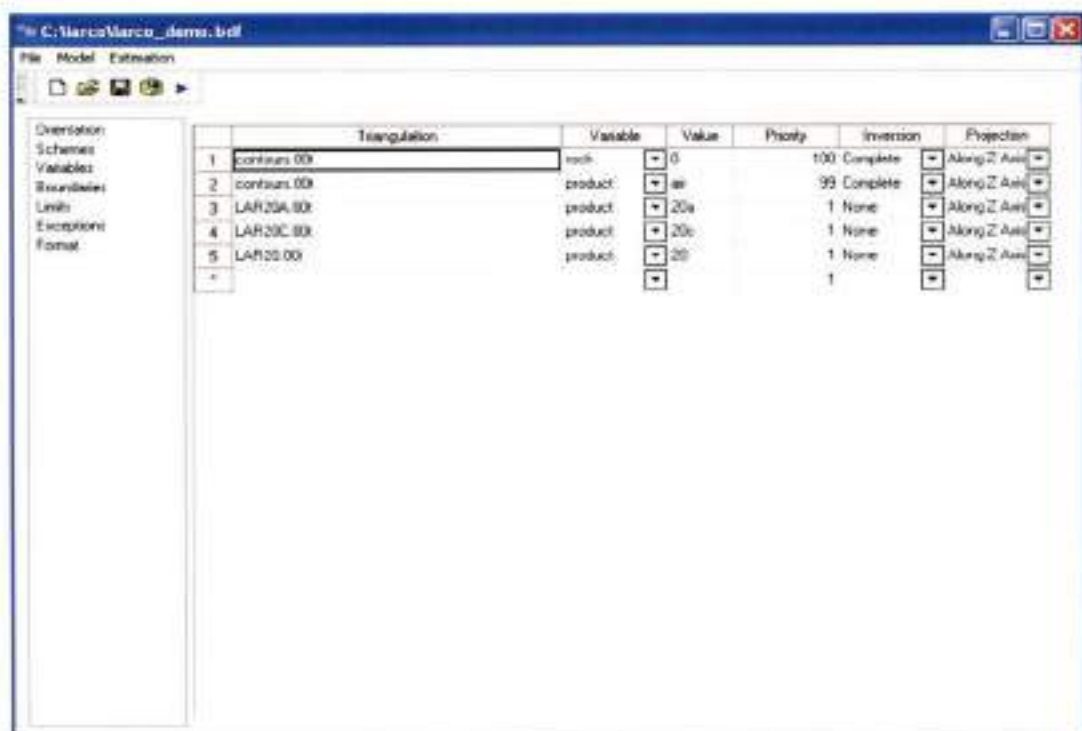
A. Μεταβλητές Αξιοπιστίας Εκτίμησης

Οι παρακάτω μεταβλητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέτρα αξιοπιστίας των εκτιμήσεων και την ταξινόμηση τους σε διάφορες κατηγορίες:

1. **Distance:** μέση απόσταση των δειγμάτων που συμμετέχουν στην κάθε εκτίμηση
2. **Drills:** πλήθος γεωτρήσεων από τις οποίες προέρχονται τα δείγματα σε κάθε εκτίμηση
3. **Estimated:** σημεία δυνατότητας ή αδυναμίας εκτίμησης
4. **Samples:** πλήθος δειγμάτων που συμμετέχουν σε κάθε εκτίμηση
5. **Variance:** διακύμανση δειγμάτων που συμμετέχουν στην κάθε εκτίμηση

B. Μεταβλητές Οικονομικών και Τεχνικών Παραμέτρων

Οι παρακάτω μεταβλητές χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και τον υπολογισμό οικονομικών και τεχνικών παραμέτρων πριν και μετά την εκτίμηση:



Εικόνα 17: Επιλογή του μοντέλου του τοπογραφικού ανάγλυφου και των προωμάτων μεταλλοφορίας.

Στην εικόνα 17 που αφορά την καρτέλα **Boundaries** δηλώνουμε το τοπογραφικό ανάγλυφο καθώς και τα μεταλλοφόρα στρώματα. Ουσιαστικά εδώ με αυτές τις επιλογές μας τονίζουμε την επιθυμία μας για απεικόνιση περισσότερων λεπτομερειών. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατασκευή μικρότερης τάξης μπλοκ. Αυτό γίνεται για παράδειγμα στα σημεία όπου τέμνονται τα κύρια μπλοκ με την επιφάνεια. Σε τέτοια σημεία επειδή θέλουμε να μας δοθεί η δυνατότητα να τα παρατηρήσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια το Vulcan κατασκευάζει ακριβώς εκεί περισσότερα υπό-μπλοκ για να ακολουθεί η υπό εξέταση επιφάνεια με πιστότητα στην αναπαράσταση της.

Με τις επόμενες καρτέλες δεν θα ασχοληθούμε καθόλου μιας και δεν αφορούν την συγκεκριμένη περίπτωση. Αυτό που θα κάνουμε τώρα είναι να αποθηκεύσουμε την προδιαγραφή μας επιλέγοντας **File>Save As** δηλώνοντας μια ονομασία της προτίμησής μας. Με την λειτουργία **Model>Create** δημιουργούμε το μοντέλο μας σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της προδιαγραφής. Επιστρέφουμε στο παράθυρο εργασίας του Vulcan και χρησιμοποιούμε την λειτουργία **Block>Open** για να ανοίξουμε τα αρχείο του μοντέλου που μόλις κατασκευάσαμε.

Πηγαίνοντας στο **Block>Manipulation>Edit Script** μας δίνεται η δυνατότητα να δημιουργήσουμε το δικό μας Script το οποίο θα υπολογίζει τις οικονομικές μεταβλητές του μεταλλείου. Με το που επιλέξουμε το **Edit script**, εάν έχουμε ήδη δημιουργήσει στο παρελθόν μερικά, θα μας ζητήσει να ανοίξει ένα από αυτά. Εμείς όμως επειδή θέλουμε να ορίσουμε νέες παραμέτρους υπολογισμών διαφορετικές από τις υπάρχουσες θα κατασκευάσουμε ένα νέο δίνοντας του την ονομασία *new_demo.bcf* (*.bcf είναι η κατάληξη των Scripts).

Εν συνεχεία θα μας ανοίξει ένα παράθυρο επεξεργασίας κειμένου όπου θα πληκτρολογήσουμε τις προϋποθέσεις για τον υπολογισμό των οικονομικών στοιχείων του ορυχείου σύμφωνα με τις επιλογές και τις απαιτήσεις της ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. Με το που τελειώσουμε απλά αποθηκεύουμε αυτό. Το συγκεκριμένο Script διατυπώθηκε από τον Δόκτορα Μεταλλευτικής Πληροφορικής κύριο Καπαγερίδη Ιωάννη για λογαριασμό της ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. και φαίνεται παρακάτω.

```
* Block value calculation script
* Based on Larco SA information
* Written by Ioannis Kapagendis 2007

IF (product eq "waste") THEN
mining_cost = 1.98 * volume * rock
revenue = 0

* two choices for transfer cost calculation based on Euclidean distance between block centroid and ramp exit or elevation change and
ramp grade
* 609.672m added between ramp exit and waste dump
* transfer_cost = (SQRT (((12960 - zworld) * (12960 - xworld)) + ((-9700 - yworld) * (-9700 - yworld)) + ((520 - zworld) * (520 -
zworld)))) * 0.28 * volume * rock / 1000

transfer_cost = (((ABS (zworld - 520)) * 100 / 7) + 609.672) * 0.28 * volume * rock / 1000

metallurgy_cost = 0

profit = revenue - mining_cost - transfer_cost

ENDIF

IF (product eq "20") THEN
mining_cost = 1.09 * volume * density * rock
revenue = (nickel / 100) * volume * density * rock * process_recovery * 0.95 * 11700
shipment_cost = (nickel / 100) * volume * density * rock * process_recovery * (1 - moisture) * 2.04

* two choices for transfer cost calculation based on Euclidean distance between block centroid and ramp exit or elevation change and
ramp grade
* 3km added between ramp exit and process plant for ore blocks
* transfer_cost = (SQRT (((12960 - zworld) * (12960 - xworld)) + ((-9700 - yworld) * (-9700 - yworld)) + ((520 - zworld) * (520 -
zworld)))) * 0.215 * volume * density * rock / 1000

transfer_cost = (((ABS (zworld - 520)) * 100 / 7) + 3000) * 0.215 * volume * density * rock / 1000

metallurgy_cost = volume * density * rock * 58
prep_cost = volume * density * rock * 4.73

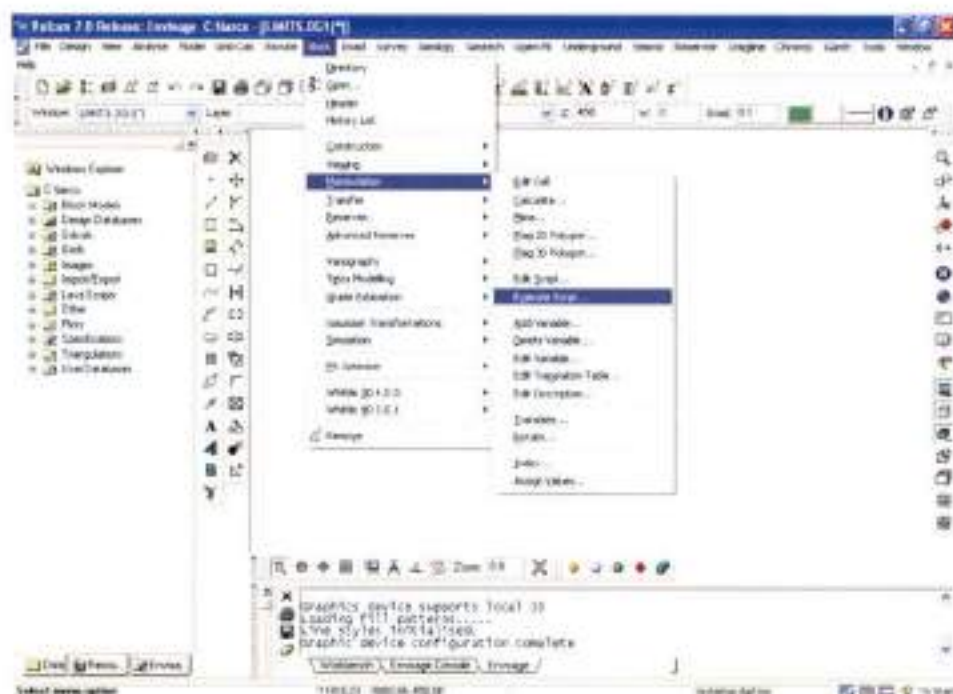
profit = revenue - mining_cost - transfer_cost - metallurgy_cost - prep_cost - shipment_cost

ENDIF
```

Εικόνα 19: Script υπολογισμοί οικονομικών παραμέτρων της εκμετάλλευσης.

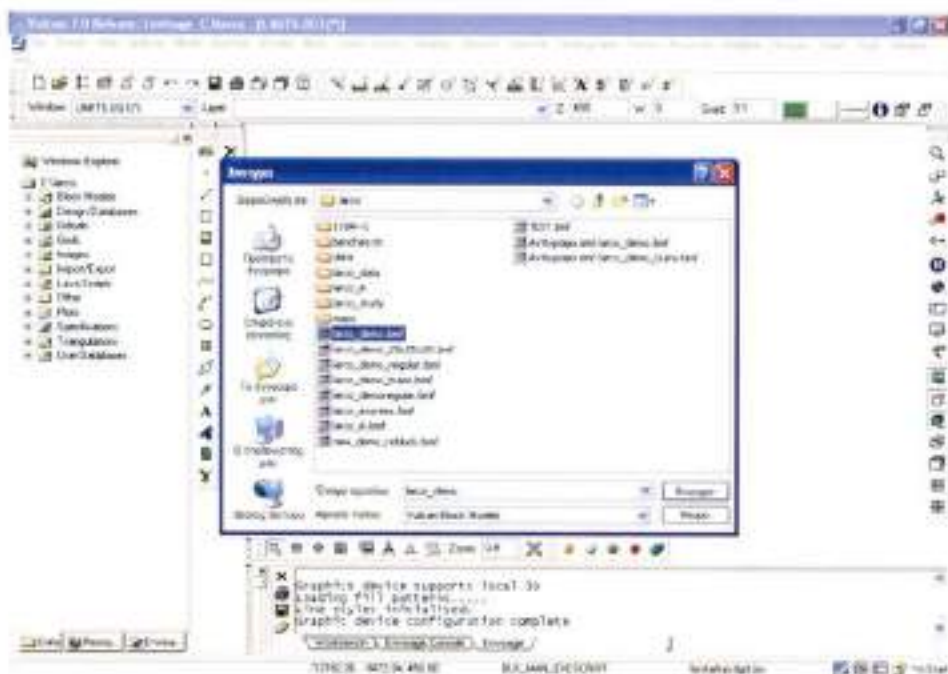
Πρόκειται για ένα απλό Script όπου το μόνο που κάνει είναι να υπολογίζει όλα τα κόστη της μεταλλευτικής δραστηριότητας με βασικό κριτήριο το αν οι ποσότητες που εξορύσσονται είναι άγονες ή μεταλλεύματα. Το τελικό προϊόν αυτών των υπολογισμών είναι η καθαρή αξία όλων των μπλοκ (μεταλλεύματος και στείρων) η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την βελτιστοποίηση των ορίων της εκμετάλλευσης στην ενότητα 7.5. Η αποθήκευση των υπολογισμών σε αντίστοιχες μεταβλητές του μοντέλου επιτρέπει τον υπολογισμό τους σε επίπεδο βαθμίδας, μπλοκ εξόρυξης, φάσης, ή και ολόκληρης της εκμετάλλευσης.

Αφού αποθηκεύσουμε αυτό πρέπει να το εκτελέσουμε έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός των παραμέτρων. Με την εντολή **Block>Manipulation>Execute Script** επιτυγχάνουμε αυτό υπολογίζοντας τις οικονομικές παραμέτρους σε σχέση με τις μεταβλητές του μοντέλου μπλοκ.



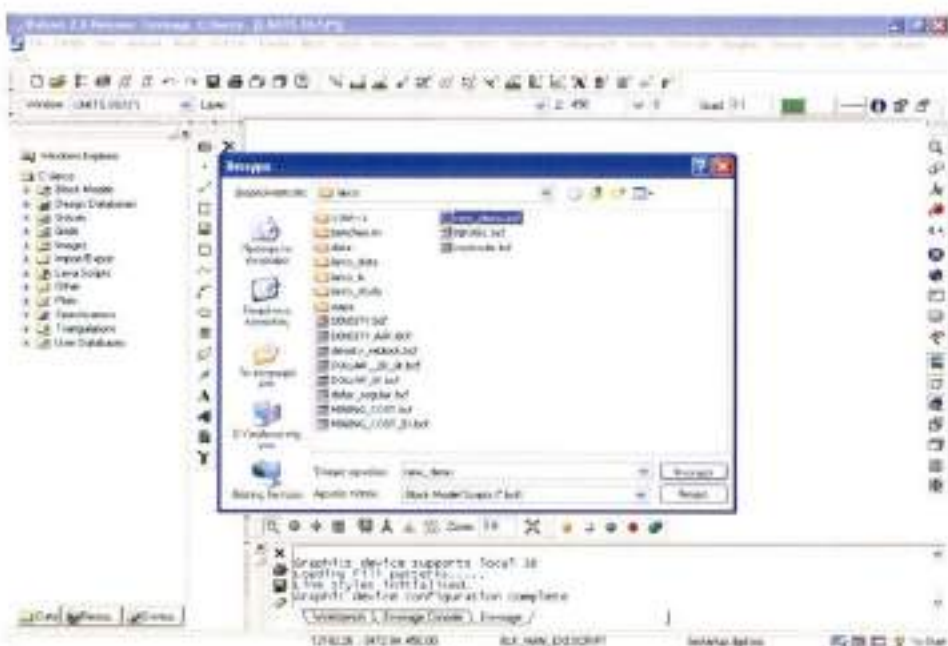
Εικόνα 20: Εντολή εκτέλεσης του Script.

Με το που επιλέξουμε την εντολή **Execute Script** τότε το Vulcan θα μας ζητήσει να επιλέξουμε το μοντέλο μπλοκ πάνω στο οποίο θα εκτελεστεί το Script έτσι ώστε να υπολογισθούν τα οικονομικά κριτήρια σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου μοντέλου. Επιλέγουμε το μοντέλο μπλοκ και προχωράμε παρακάτω.

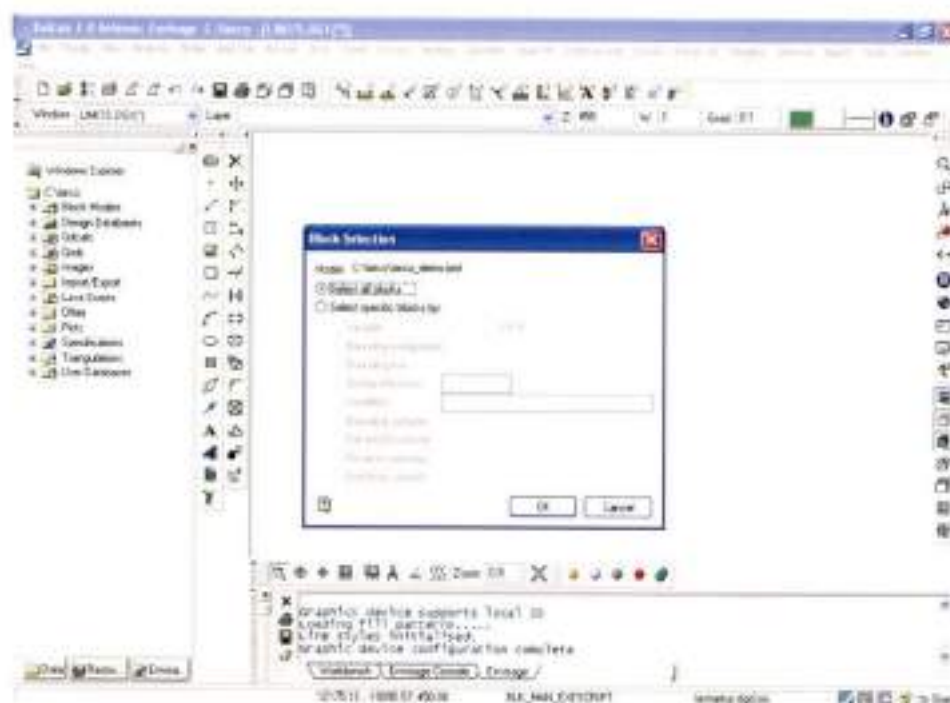


Εικόνα 21: Επιλογή μοντέλου μπλοκ για την εκτέλεση του Script.

Στην συνέχεια θα πρέπει να επιλέξουμε το μονοπάτι του σκληρού δίσκου που βρίσκεται αποθηκευμένο το συγκεκριμένο Script έτσι ώστε να υπολογισθούν οι τιμές και τα κόστη με βάση αυτό. Επιλέγουμε λοιπόν αυτό και προχωράμε στο επόμενο εμφανιζόμενο παράθυρο.

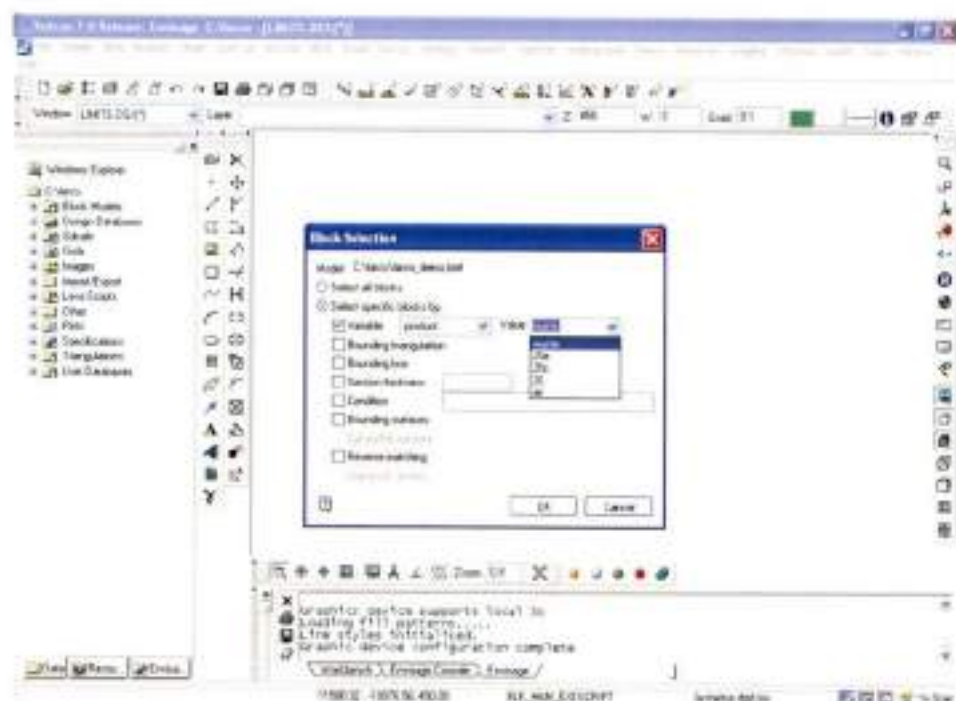


Εικόνα 22: Επιλογή του Script.



Εικόνα 23: Δυνατότητα επιλογής για συμμετοχή όλων των μπλοκ του μοντέλου στην διαδικασία υπολογισμού.

Στις εικόνες 23 και 24 το Vulcan μας δίνει την δυνατότητα να πραγματοποιήσουμε την εκτέλεση του Script είτε σε όλα τα μπλοκ του μοντέλου (μετάλλευμα, στείρα, αέρας) κάτι όπου σίγουρα δεν θα ήταν και το ποιο αποτελεσματικό, είτε επιλέγοντας ορισμένα μεμονωμένα μπλοκ κάθε φορά σύμφωνα με την τροποποίηση κάποιων συνθηκών, είτε πολύ απλά επιλέγοντας τις μεταβλητές του μοντέλου που μας ενδιαφέρουν. Συνήθως πραγματοποιούμε τον υπολογισμό για τα μπλοκ μεταλλοφόρων στρωμάτων και στείων ξεχωριστά έτσι ώστε να υπολογίσουμε το κόστος απομάκρυνσης των στείων καθώς και την αξία του μεταλλεύματος, μια διαδικασία η οποία θα αποφέρει χρήσιμα συμπεράσματα, που θα λάβουμε σοβαρά υπόψη μας, πριν συνεχίσουμε την εκμετάλλευση στο εν λόγω μεταλλείο.



Εικόνα 24: Ορισμός μπλοκ εκτέλεσης του Script.

Έτσι για παράδειγμα μπορούμε να επιλέξουμε μόνο τα μπλοκ που εκπροσωπούνται από την μεταβλητή **Product** και την τιμή **Waste** τα οποία περιέχουν μόνο στείρα και καθόλου μετάλλευμα. Το Vulcan θα εκτελέσει το Script πάνω σε αυτά υπολογίζοντας τις μεταβλητές που αφορούν το συγκεκριμένο κομμάτι όπως πχ. το κόστος απομάκρυνσης αυτών ως υπερκείμενα του μεταλλεύματος από την εκσκαφή. Το ίδιο φυσικά μπορεί να γίνει και με τα στρώματα **20**, **20A** και **20C** καθώς και με τα μπλοκ αέρα μόνο που στην περίπτωση αυτών θα δουλέψει πάνω στις προϋποθέσεις της δεύτερης επιλογής που ενδεικτικά περιλαμβάνει κόστος εμπλουτισμού, μεταφοράς με πλοίο, αξία πώλησης κλπ.

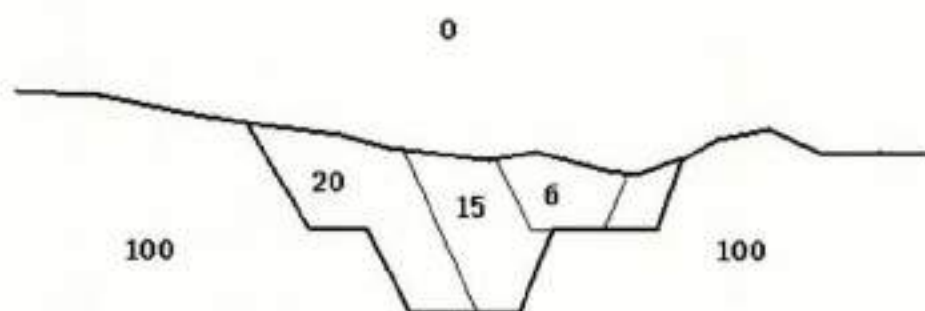
7.5 Εύρεση τελικών ορίων εκμετάλλευσης

Οι αρκετές δυνατότητες επιλογών σχετικά με τις εκσκαφές που μας παρέχει το λογισμικό επιτρέπουν σε εμάς να παράγουμε τις ισοψείς μιας εκσκαφής που περιέχονται μέσα σε ένα κανονικό μοντέλο μπλοκ. Η χάραξη των ισοψιών μιας εκσκαφής προσδοκεί οι μεταβλητές αυτής να περιέχουν έγκυρες τιμές από μια μέθοδο βελτιστοποίησης της εκμετάλλευσης.

Οι τιμές που πρέπει να κυμαίνονται οι μεταβλητές είναι οι εξής:

- Τα μπλοκ που περιέχουν αέρα λαμβάνουν την τιμή μηδέν
- Οι εκσκαφές καταγράφονται από 1 μέχρι τον αριθμό της τελικής εκσκαφής
- Τα στείρα λαμβάνουν τιμές μεγαλύτερες από τον αριθμό της τελικής εκσκαφής

Για παράδειγμα η βελτιστοποίηση μια εκσκαφής παρουσιάζει ένα εύρος τιμών από 1 έως 20. Ως εκ τούτου εφόσον εισαχθούν τα αποτελέσματα, το μοντέλο μπλοκ πρέπει να εμφανιστεί κάπως έτσι:



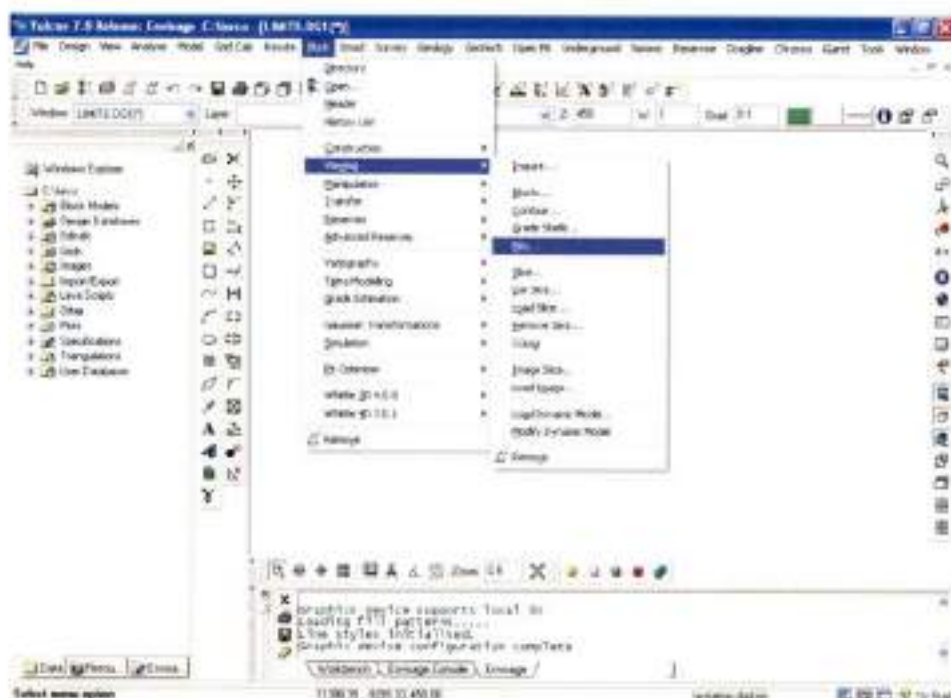
Εικόνα 26: Μοντέλο μπλοκ μετά την διαδικασία βελτιστοποίησης.

Παρατηρούμε ότι ο αέρας έχει την τιμή μηδέν, οι φάσεις εκμετάλλευσης τις τιμές από 1 έως 20, και τα στείρα μεγαλύτερες από την τιμή της τελικής φάσης εκσκαφής δηλαδή πάνω από 20. Με αυτό το μικρό παράδειγμα δώσαμε μια γενική εικόνα του τρόπου εύρεσης των βέλτιστων ορίων μια εκμετάλλευσης από τις μεταβλητές του μοντέλου μπλοκ. Έτσι μπορούμε να συνεχίσουμε την ανάλυση της δικιά μας περίπτωσης στις παραγράφους που ακολουθούν.

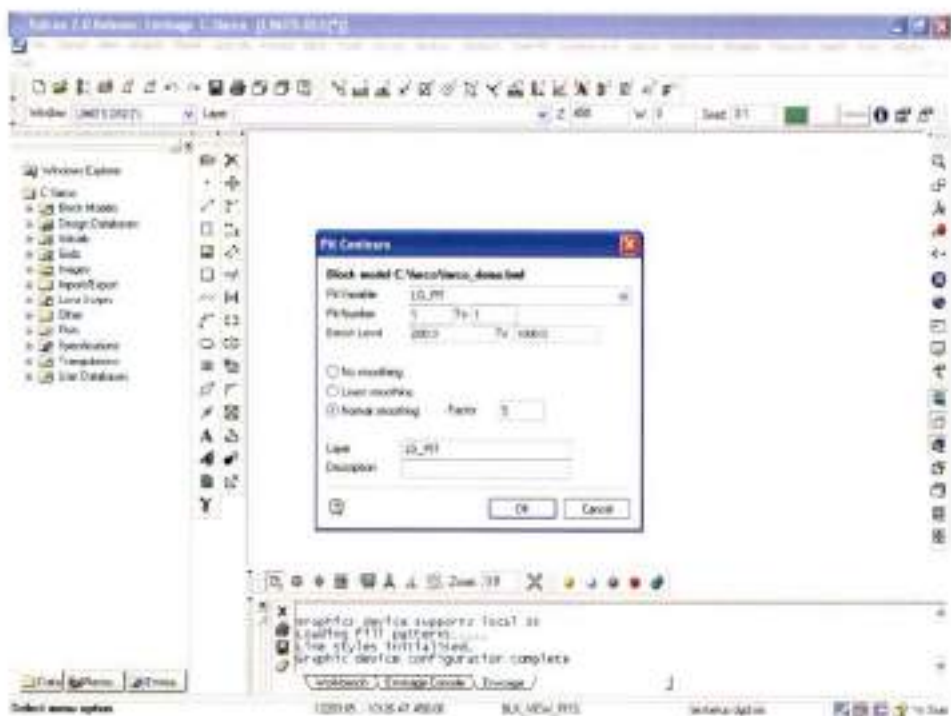
Έχοντας ήδη λοιπόν υπολογίσει τα σχετικά κόστη, τα έσοδα και την τελική αξία του κάθε μπλοκ, δίνουμε την αξία αυτή καθώς και την μεταβλητή στην οποία έχει αποθηκευτεί το αποτέλεσμα της βελτιστοποίησης*. Μπορεί να επιλεγεί και η ανάλυση πολλαπλών συγχωνευμένων εκμεταλλεύσεων οι οποίες προκύπτουν με την υποτίμηση των αξιών των μπλοκ κατά 10% που έχουν σαν αποτέλεσμα μια σειρά από ενδιάμεσες φάσεις της εκμετάλλευσης για τις οποίες υπολογίζονται όλες οι σχετικές οικονομικές παράμετροι και τα αποθέματα. Φυσικά μπορούμε να επιλέξουμε οποιαδήποτε γωνία εκμετάλλευσης θέλουμε σε κάθε επίπεδο. Αν τώρα έρθουμε στην περίπτωση της ράμπας αυτή κατά την κατασκευή της θα μεταβάλει περιμετρικά την συνολική γωνία. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα επιτρέπει τον καθορισμό της γωνίας αυτής ανά επίπεδο και τομέα ή βάση οποιουδήποτε άλλου κριτηρίου.

Το Vulcan δίνει την δυνατότητα προβολής των βέλτιστων ορίων όπως αυτά έχουν αποθηκευτεί σε μεταβλητές του μοντέλου μπλοκ. Δίνει επίσης την δυνατότητα εξομάλυνσης των γραμμών των ορίων, κάτι που θεωρείται απαραίτητο καθώς τα ίδια τα όρια αποτελούνται από τα περιγράμματα ορθογωνίων μπλοκ και η προβολή τους χωρίς εξομάλυνση δίνει ένα ιδιαίτερο οδοντωτό σχήμα. Όλα αυτά γίνονται μέσα από την λειτουργία **Block>Viewing>Pits** όπου μπορούμε να εμφανίσουμε τα βέλτιστα όρια της εκμετάλλευσης φυσικά επιλέγοντας κάποια μεταβλητή από το συγκεκριμένο μοντέλου μπλοκ. Στην δικιά μας περίπτωση για παράδειγμα η μεταβλητή *lg_pit* του μοντέλου μπλοκ *larco_demo* περιέχει τα όρια της εκσκαφής. Η διαδικασία είναι απλή και απεικονίζεται παρακάτω.

*Τα βέλτιστα όρια της εκμετάλλευσης βρίσκονται αποθηκευμένα στην μεταβλητή *lg_pit* του μοντέλου μπλοκ. Εδώ πάρθηκαν ως δεδομένα μιας και κρίθηκε άσκοπη η ανάλυση της πρακτικής διαδικασίας υπολογισμού τους (Lerchs-Grossman) λόγω έντονης απόκλισης από την θεματική ενότητα του κεφαλαίου. Στο κεφάλαιο 5 γίνεται κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας αυτής.



Εικόνα 27: Εντολή εμφάνισης των διαδοχικών φάσεων της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 28: Ρυθμίσεις σχετικά με την παρουσίαση των φάσεων.

Ουσιαστικά εδώ δηλώνουμε την μεταβλητή που είναι αποθηκευμένα τα βέλτιστα όρια της εκσκαφής όπως πάρθηκαν από την μέθοδο Lerchs-Grossman, τον αριθμό των φάσεων των εκσκαφών που επιθυμούμε να λάβουμε, τα διάφορα επίπεδα των βαθμίδων (συνήθως το χαμηλότερο και το υψηλότερο επίπεδο αυτής), καθώς και την πραγματοποίηση μια κανονικής εξομάλυνσης στα όρια έτσι ώστε να είναι να γίνει ποιο κατανοητή η διάταξη της έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί με άνεση ο σχεδιασμός της ράμπας.

Ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης εντός των βέλτιστων ορίων μπορεί να γίνει απευθείας στην τελική φάση ή διαδοχικά για επιλεγμένες ενδιάμεσες φάσεις εκμετάλλευσης. Στην δεύτερη περίπτωση θα πρέπει να γίνεται έλεγχος της ορθότητας κάθε ενδιάμεσης φάσης με την προηγούμενη ώστε να αποφευχθεί τυχόν διασταύρωση των τοιχωμάτων κάτι που θα οδηγούσε σε επικάλυψη και διπλό υπολογισμό των αποθεμάτων στο χώρο επικάλυψης. Εμείς στην συγκεκριμένη περίπτωση πήραμε κατευθείαν την τελική φάση από το αποτέλεσμα της LG η οποία απεικονίζεται στην εικόνα 29.



Εικόνα 29: Βέλτιστα όρια εκμετάλλευσης μεταλλείου Αγίου Ιωάννη.

8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ EXPRESS ROAD PLANNER

8.1 Γενικά

Αρχικά θα πούμε λίγα πράγματα για το Express Road Planner όπου πρόκειται για ένα λογισμικό δουλειά του οποίου είναι η βελτιστοποίηση της επιλογής θέσεως δημιουργίας μιας ράμπας σε ένα επιφανειακό μεταλλείο με στόχο την κάλυψη των μεταφορικών αναγκών του. Εάν εισάγουμε τις οικονομοτεχνικές πληροφορίες της δικιάς μας εκμετάλλευσης, αυτό σχεδιάζει την ευνοϊκότερη διαδρομή από το πάτωμα της εκσκαφής προς την επιφάνεια. Είναι αρμόδιο να σχεδιάζει διαδρομές σε επιτρεπτούς ορεινούς δρόμους με στροφές, σε κορυφές βουνού, πολλαπλές και ταυτόχρονες εκσκαφές εφόσον «εξαπατάει» μια ποικιλία από οικονομικούς και χωρικούς περιορισμούς συμπεριλαμβανομένου:

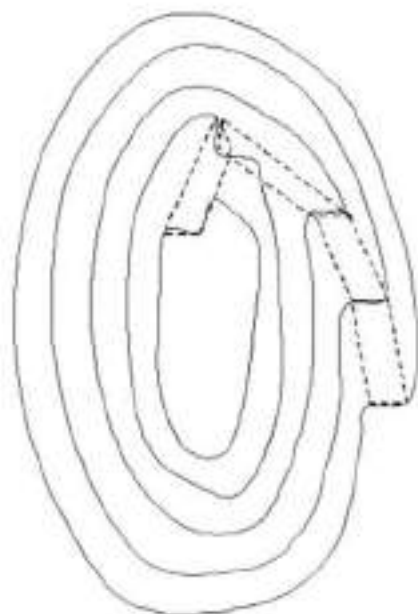
- Ελεγχόμενων σημειακών ομογενών γεωγραφικών περιοχών
- Κατεύθυνση εξόδου οδού
- Κατεύθυνση πρόσβασης δαπέδου
- Περιορισμένες περιοχές
- Μεταβλητές κλίσεις και πλάτη οδών
- Εμπόδια καμπυλότητας οδού
- Περιορισμένοι αριθμοί ορεινών δρόμων με στροφές

Το Express είναι ένα άξιο λογισμικό για τον σχεδιασμό ευνοϊκότερων διαδρομών με κάθε τρόπο στο μοντέλο μας διά μέσου αμφοτέρων κατασκευασμένων ραμπών και διαπλατυσμένων τοιχωμάτων ανάλογα με τα είδη ασφαλών κλίσεων των πρανών. Σαν συμπλήρωμα αυτό εξασφαλίζει μηχανισμούς για:

- Περικοπή του μοντέλου
- Επέμβαση στο περίγραμμα της εκσκαφής
- Ενοποίηση των μπλοκ του μοντέλου
- Μετατροπή μοντέλων υποστηριζόμενα μεταξύ τους
- Φόρτωση και αποθήκευση ραμπών, μοντέλων, εμποδίων, και κεντρικών γραμμών ραμπών ταυτόχρονα ή ξεχωριστά

8.2 Τρόπος λειτουργίας του Express Road Planner

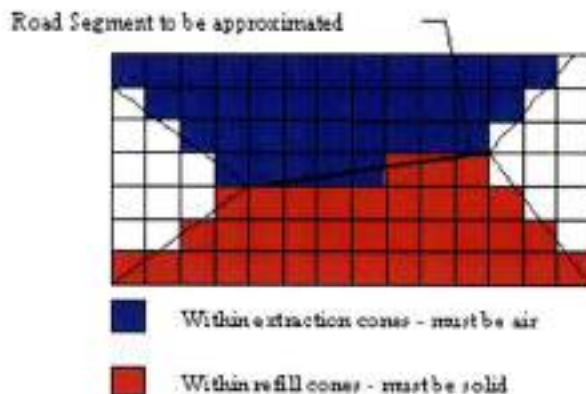
Μια κεκλιμένη ράμπα μπορεί να θεωρηθεί ως αποτελούμενη από μια ενιαία σειρά μπλοκ υψομετρικής αναβάσεως ή από οδικά τμήματα, όπου εγκαθίστανται μαζί για να επεκτείνουν το μοντέλο της εκσκαφής.



Εικόνα 30: Μια κεκλιμένη ράμπα μπορεί να διαμορφωθεί από μια σειρά επίπεδων τμημάτων.

Εάν βλέπαμε ένα ενιαίο οδικό τμήμα κατά την **Plan View***, θα παρατηρήσουμε ότι μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω ως ένα σύνολο μπλοκ σε μια μορφή «βημάτων». Με την χρήση της σειράς αυτών των βημάτων μπορούμε έπειτα να διαμορφώσουμε την κεκλιμένη ράμπα σαν μια σειρά από μπλοκ στο μοντέλο. Οι ασφαλείς κλίσεις των πρανών γύρω από τα τμήματα μπορούν να διαμορφωθούν ως κώνος εξαγωγής (πρέπει να υπάρχουν μπλοκ αέρα πάνω από το τμήμα) και ως κώνος ξαναγεμισμάτων (πρέπει να υπάρχουν στερεά μπλοκ κάτω από το τμήμα). Ένα δισδιάστατο παράδειγμα αυτού παρουσιάζεται στην εικόνα 31. Το πρόβλημα που δημιουργεί η κεκλιμένη ράμπα εμφανίζεται κατά την τροποποίηση του αρχικού σχήματος της εκσκαφής έτσι ώστε να τοποθετηθεί μια σειρά ασφαλών οδικών τμημάτων («βήματα») από το επιθυμητό σημείο εξόδου στο πάτωμα του ορυχείου.

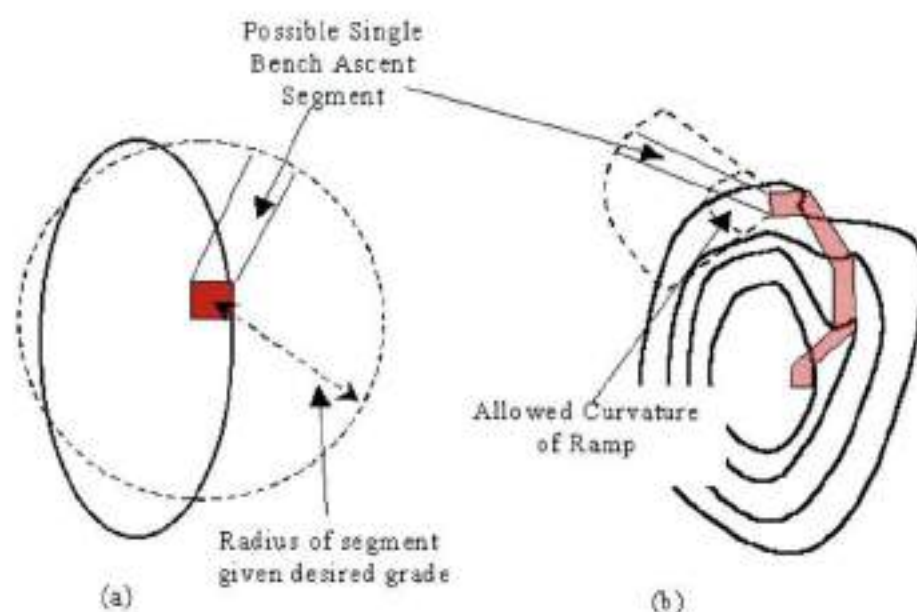
* Η **Plan View** πρόκειται μια όψη του μοντέλου μπλοκ στο Express Road Planner που απεικονίζει την κάτοψη της εκσκαφής. Αναλύεται λεπτομερέστερα στο κεφάλαιο 8.4.2.



Εικόνα 31: Δισδιάστατο μοντέλο ενός ενιαίου οδικού τμήματος.

Τώρα πλέον έχουμε καθορίσει ότι κάθε τμήμα αποτελείται από μια σειρά αλλαγών στο αρχικό μοντέλο που μπορεί έπειτα να ορίσει ένα κόστος (ίσο στα αποτελέσματα αυτών των αλλαγών). Μια κεκλιμένη ράμπα αποτελείται από μια σειρά διαδοχικών τμημάτων με ένα κόστος ίσο με την έννοια της ένωσης των μεμονωμένων αλλαγών. Η διαδικασία βελτιστοποίησης μπορεί να οριστεί ως μια αναζήτηση μέσω του διαστήματος όλων των πιθανών κεκλιμένων ραμπών. Αυτό μπορεί να εκφραστεί απλούστερα ως εξής: Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να αρχίσουμε το δρόμο σε ένα ορισμένο σημείο του μοντέλου. Δεδομένου ότι πρέπει να ανέλθουμε από το πάτωμα με μια προκαθορισμένη κλίση έχουμε έπειτα έναν πεπερασμένο αριθμό πιθανών τμημάτων διαθέσιμων σε εμάς ως πιθανό πρώτο τμήμα του δρόμου μας. Αυτό το σύνολο τμημάτων παρουσιάζεται στην εικόνα 32(a). Αντίθετα, μόλις ανέλθουμε αρκετές βαθμίδες κατά συνέπεια έχουμε ένα περιορισμένο σύνολο επιλογών από το δεδομένο ποσοστό της κυρτότητας που μπορούμε να εφαρμόσουμε στο δρόμο.

Η σειρά των σημείων εξόδων περιορίζεται τώρα από την διαδρομή που λαμβάνεται για να φτάσει σε αυτό το σημείο. Αυτή η σειρά είναι διευκρινισμένη στην εικόνα 32(b). Στην πραγματικότητα, αυτές οι σειρές είναι περαιτέρω περιορισμένες δεδομένου ότι η κεκλιμένη ράμπα δεν είναι ικανή να διασχίσει σημεία πέρα από τον εαυτό της, και μπορούν να υπάρξουν περιορισμοί λόγω των γεωτεχνικά ασταθών ή οικονομικά ανεπιθύμητων περιοχών στο μοντέλο.



Εικόνα 32: Πιθανά οδικά τμήματα: (a) στο πάτομα (ενιαίο σημείο έναρξης μόνο), (b) στο τέλος της τρέχουσας κεκλιμένης ράμπας.

Το διάστημα των πιθανών δρόμων αποτελείται από την λήψη του αρχικού συνόλου μας και της επέκτασης κάθε ενός από τα αρχικά τμήματα μέσω όλων των δυνατοτήτων έως ότου να φτάσουμε στα επιθυμητά σημεία εξόδου. Αυτό το διάστημα πάσχει από την συνδυαστική επέκταση (η πλειοψηφία των δοκιμασμένων συνόλων αποτελείται από 20-30 τμήματα σε κάθε περίπτωση παρόμοια με την εικόνα 32(b)) και περιπλέκεται περαιτέρω από την ογκώδη αλληλεξάρτηση μεταξύ των τμημάτων. Παραδείγματος χάριν, μια διαδρομή σε ένα δεδομένο σημείο μπορεί να περιλάβει τις αλλαγές που αποκλείουν μια δεδομένη επιλογή από το σημείο, ενώ άλλες διαδρομές δεν μπορούν. Αυτοί οι παράγοντες κάνουν την παραγωγή ολόκληρου του διαστήματος της λύσης μη-εφικτή. Επομένως πρέπει να στηριχτούμε στις ευφυείς τεχνικές για να μεταβεί το διάστημα λύσης σε αναζήτηση της βέλτιστης λύσης.

Οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης (Rich and Knight, 1991) είναι από καιρό διαθέσιμες για να εκτελέσουν αυστηρά αυτόν τον στόχο στις παραδοσιακές γραφικές παραστάσεις, αλλά η αλληλεξάρτηση των στοιχείων καθιστά σε αυτήν την περίπτωση αυτές τις μεθόδους ακατάλληλες για χρήση.

Η δυναμική αναζήτηση γραφικών παραστάσεων (Gill, 1997) παρέχει τις μεθόδους για να επιτρέψει την χρήση των παραδοσιακών αλγορίθμων αναζήτησης στα αλληλοεξαρτώμενα και μεταβαλλόμενα σύνολα στοιχείων. Η χρήση αυτών των τεχνικών επιτρέπει σε εμάς να συναντήσουμε με αξιοπιστία την βέλτιστη λύση σε ένα ρεαλιστικό χρονικό πλαίσιο. Επιπλέον η αυστηρή φύση των αλγορίθμων σε λειτουργία σημαίνει ότι δεν υπάρχει κανένα τυχαίο στοιχείο που να καθίσταται «ενωμένο» στις διαφορετικές τοπικά βέλτιστες λύσεις στην διαδικασία αναζήτησης.

8.3 Συμβατότητα μοντέλου μπλοκ

Το Express είναι ένα άξιο λογισμικό στην φόρτωση μοντέλων και εκσκαφών προετοιμασμένα από **Minemap***, **Whittle 3D/4D/4X***, και **Medsystem*** περιβάλλοντα. Κάθε ένα από αυτά τα πακέτα λογισμικών εξασφαλίζει μια αισιοδοξία βασισμένη πάνω στην μέθοδο Lerchs-Grossman η οποία πρόκειται για έναν γραφικό-θεωρητικό αλγόριθμο βελτιστοποίησης εκσκαφής προκειμένου να οριοθετήσει ένα βέλτιστο τελικό όριο εκσκαφής. Αυτός ο αλγόριθμος είναι ριζωμένος στην αρχή ενός οικονομικού μοντέλου μπλοκ, όπου τα αποθέματα διανέμονται μέσα σε ένα τρισδιάστατο πλέγμα από κελιά, όπου κάθε κελί είναι προσδιορισμένο για μια τιμή που αναπαριστάνεται σε ένα άξιο δίκτυο είναι εκμεταλλεύσιμο άμεσα. Το απόλυτο όριο εκσκαφής είναι ορισμένο στην αρχή των κελιών που πρόκειται να μετακινηθούν σε τέτοιο βαθμό όπου το κέρδος της εκσκαφής θα είναι το μέγιστο όταν τα πρανή θα έχουν εσωτερικά την ασφαλές οριακή κλίση. Χρήστες άλλων πακέτων θα πρέπει να εξετάσουν μεθόδους για μετασχηματισμό των δικών τους μοντέλων σε ένα από αυτές τις μορφές ή στην μορφή ASCII χρησιμοποιούμενο από κάποιους χρήστες του Whittle4X.

Από την επαναδημιουργία αυτού, το οικονομικό μοντέλο μπλοκ στο Express είναι άξιο να καθορίσει την ευνοϊκότερη διάταξη ενός δρόμου καθώς προσθέτει και μετακινεί μπλοκ από το αρχικό περίγραμμα της εκσκαφής. Επειδή αυτό χρησιμοποιεί τα ίδια βασικά οικονομικά δεδομένα όπως η αρχική βελτιστοποίηση εκσκαφής, μπορούμε επίσης να είμαστε σίγουροι ότι η διαδρομή είναι έγκυρη υπό τις αρχικές προϋποθέσεις. Έτσι όπως γίνεται κατανοητό το μοντέλο μπλοκ διαδραματίζει αρκετά σημαντικό ρόλο σε όλη την διάρκεια της διαδικασίας κάτι το οποίο αιτιολογεί την απαίτηση για ορθολογική διαχείριση του. Πρέπει να βεβαιωθούμε ότι αυτό θα «επικοινωνεί» σωστά και με τα δύο μεταλλευτικά πακέτα μιας και η πορεία του μέσα από αυτά θα είναι καθοριστική για αρκετά τμήματα της διαδικασίας.

*Διάφορα μεταλλευτικά πακέτα βελτιστοποίησης εκσκαφής.

Δυστυχώς κατά την πρόοδο αυτής εμφανίστηκε ένας περιορισμός σχετικά με την υποστηριζόμενη μορφή των αρχείων που χρησιμοποιούνε τα δύο λογισμικά. Το Vulcan επιτρέπει την δημιουργία μοντέλων μπλοκ μορφής *.bmf και *.bdf. Αντιθέτως το Express επιτρέπει την επεξεργασία και την εισαγωγή των εξής αρχείων:

- Express Binary Models (*.exp)
- MineMap Models (*.mod)
- Whittle Models (*.res, *.mod, *.par)
- Medsystems ASCII Models (*.met)

Επίσης υποστηρίζει την αποθήκευση των εξής αρχείων:

- Mine Map Models (*.mod)
- Whittle Pit Lists (*.pil)
- ASCII DEM Files (*.dem)

Όταν λοιπόν εμείς προσπαθήσαμε να φορτώσουμε το μοντέλο μπλοκ από το Vulcan κατευθείαν στο Express παρατηρήθηκε ένα πρόβλημα σχετικά με την αναγνωσιμότητα του. Επειδή όπως προαναφέρθηκε στο Vulcan το μοντέλο είναι της μορφής *.bmf όταν προσπαθήσαμε να το εισάγουμε βρεθήκαμε προ εκ πλήξεως μιας και το Express δεν επέτρεπε να γίνει αυτό. Ήμασταν αναγκασμένοι να πραγματοποιήσουμε κάποιο μετασχηματισμό μεταξύ των μοντέλων έτσι ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία.

Έτσι μελετώντας καλά τις υποστηριζόμενες μορφές αρχείων από το μενού βοήθειας του Express λάβαμε την απόφαση να το μετατρέψουμε σε Medsystem ASCII Model (*.met). Αξιόλογο θα ήταν να αναφέρουμε ότι αρκετά καλή επιλογή θα μπορούσε να θεωρηθεί και η χρήση των Express Binary Models (*.exp) μιας και αποθηκεύει μόνο τις αναγκαίες πληροφορίες αντιπροσωπεύοντας έτσι μια αρκετά έντονη αποταμίευση χώρου πέρα από το αρχικό μοντέλο.

Μια σημαντική λοιπόν διαφορά μεταξύ των *.met και των *.exp, η οποία είναι μεγίστης σημασίας, είναι ότι τα αρχεία *.met περιλαμβάνουν ενσωματωμένες τις οικονομικές παραμέτρους της εκσκαφής ενώ τα *.exp απαιτούν και ένα άλλο είδος αρχείου γνωστό και ως *.cst το οποίο περιλαμβάνει τους οικονομικούς παραμέτρους τις εκμετάλλευσης. Ωστόσο σημαντικά αρχεία για την αποθήκευση των ρυθμίσεων και των περιορισμών της ράμπας είναι τα εξής: τα προαναφερθέντα *Cost files (*.cst)*, στα οποία αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με τα οικονομικά στοιχεία για την κατασκευή της ράμπας σύμφωνα με τις υπάρχουσες κλίσεις πρανών, τις ποσοτικές και τις ποιοτικές αναλύσεις, τα *Constraints files (*.con)* στα οποία αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με τους περιορισμούς που θέτονται όσο αφορά την επιφάνεια,

τα πατόματα και τα όρια της υπό εκμετάλλευσης περιοχής και τέλος έχουμε τα *Road files (*.rpl)* τα οποία χρησιμοποιούνται για να την αποθήκευση ενός ή περισσότερων ραμπών. Τώρα για την εξαγωγή των λύσεων και την επιτυχή εισαγωγή αυτών στο Vulcan έχουμε τις εξής μορφές αρχείων σε κώδικα ASCII:

- Mine Map Survey Files (*.svy)
- Surpac String Files (*.str)
- Medsystems String Files (*.mst)

Αυτά τα αρχεία περιέχουν ένα πολύγωνο το οποίο ουσιαστικά αποτελεί την λύση, για την υπογήφια θέση τοποθέτησης της ράμπας, που έχει βρεθεί και έχει αποθηκευτεί. Με αυτά τα αρχεία έχουμε την δυνατότητα να μεταβιβάσουμε αυτή στο Vulcan και να είναι αναγνωρίσιμη από αυτό μιας και είναι κώδικα ASCII. Η διαφορά με τα *Road files* είναι ότι εκείνα χρησιμοποιούνται μόνο και μόνο για να αποθηκεύσουμε πιθανές λύσεις στο Express και να έχουμε την δυνατότητα να τις ανακτήσουμε πάλι σε αυτό. Σε καμία περίπτωση δεν μπορούμε να τα εξάγουμε προοριζόμενα για το Vulcan. Για την επίτευξη αυτού θα χρησιμοποιηθεί το αρχείο Surpac String File (*.str) εντός του οποίου θα βρίσκεται αποθηκευμένη η προτεινόμενη διαδρομή της ράμπας.

Το Express παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα όσο αφορά την δομή του μοντέλου μπλοκ. Αναφερόμαστε στο μέγεθος που πρέπει να έχει αυτό για να γίνει αποδεκτό. Το Vulcan δεν απαιτεί περιορισμούς διότι επιτρέπει την δημιουργία μοντέλων μπλοκ με αρκετά μεγάλο μέγεθος και αριθμό υπό-μπλοκ χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα διαχείρισης και επεξεργασίας. Αντιθέτως το Express θέτει περιορισμούς όσο αφορά το μέγεθος των μπλοκ πράγμα που μας υποχρεώνει να μεριμνήσουμε για την αποφυγή πολύ μικρού μεγέθους υπό-μπλοκ. Το πρόβλημα εντοπίζεται κατά την επιλογή του διαπέδου της εκσκαφής σαν αρχική περιοχή για την κατασκευή των πρώτων τμημάτων της ράμπας. Σε αυτό το κομμάτι δεν πρέπει να υπάρχουν πολύ μικρά μπλοκ διότι το Express θα δυσκολευτεί πολύ κατά την τοποθέτηση της αρχής της ράμπας. Αντίθετα όταν τα μπλοκ έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις αυτό γίνεται πολύ πιο εύκολα και αξιόπιστα. Θεωρούμε υποχρέωση μας να αναφέρουμε ότι εκτελέσαμε την διαδικασία χρησιμοποιώντας μοντέλο μπλοκ της μορφής *.met με διαστάσεις κυρίων μπλοκ 10μ. X 10μ. X 12μ.

Αιτιολόγηση αυτής της κίνησης μας και αρκετά μεγάλης σημασίας κρίνεται η αναφορά που ακολουθεί. Αρχικά εισάγαμε στο λογισμικό ένα μοντέλο διαστάσεων 5μ. X 5μ. X 6μ. φιλοδοξώντας στην απεικόνιση περισσότερων λεπτομερειών και κατά συνέπεια πιο σχολαστικών οδικών διαδρομών.

Μετά το τέλος της διαδικασίας τα αποτελέσματα ήταν άκρως απογοητευτικά. Εκτελούσαμε αυτή ξανά και ξανά χωρίς όμως να λαμβάνουμε κάτι το ουσιαστικό. Το Express παρουσίασε αδυναμία κατά την επιλογή του αρχικού οδικού τμήματος εντός της εκσκαφής. Συνεχώς ερευνούσε τις περιοχές στο πάτωμα του ορυχείου δίχως να δίνει κάποιο αποτέλεσμα. Εννοείται πως η διάρκεια της διαδικασίας ήταν αυξημένη σε σχέση με την κανονική μιας και όσο αυξάνεται ο αριθμός των μπλοκ ενός μοντέλου τόσο οι απαιτήσεις σε μνήμη του προσωπικού μας υπολογιστή παρουσιάζουν αύξουσα πορεία.

Όσο αφορά τώρα την επιστροφή του μοντέλου στο Vulcan, διότι θα χρειαστεί για την χάραξη της ράμπας πάνω στην εκτίμηση που έκανε το Express, πρέπει να τονίσουμε ότι αυτό υποστηρίζει την εισαγωγή αρχείων ASCII χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα κάτι που θα αναλυθεί καλύτερα στην συνέχεια.

8.4 Εύρεση της βέλτιστης λύσης

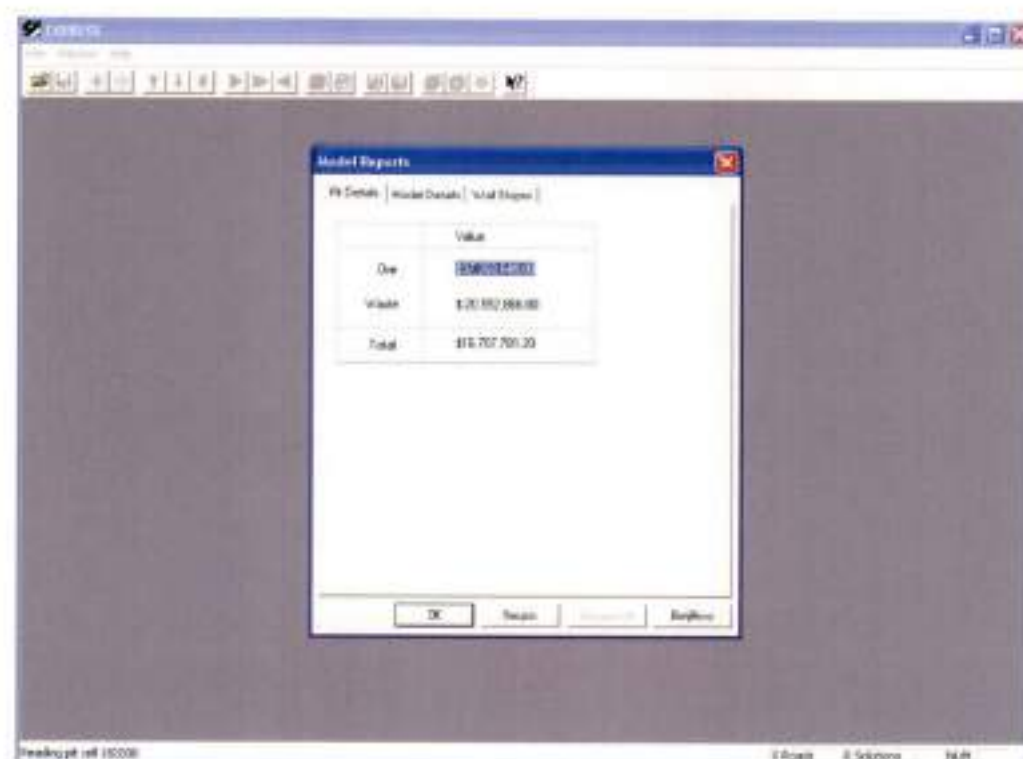
Πλέον από εδώ και πέρα θα αρχίσουμε να περιγράφουμε βήμα προς βήμα ολόκληρη την διαδικασία που υλοποίησε το Express έως ότου να φτάσει στο τελικό αποτέλεσμα αυτής που είναι φυσικά η προτεινόμενη διαδρομή της ράμπας εντός του ορυχείου. Θα εισάγουμε το μοντέλο μπλοκ που δημιουργήσαμε στο Vulcan έτσι ώστε να δώσουμε στο Express την δυνατότητα να κατανοήσει τις μεταβολές του εδάφους καθώς και τις διαστάσεις του ορυχείου κάτι το οποίο αποσκοπεί στην καλύτερη λήψη αποφάσεων από μέρος του. Οι προσωπικές μας επιλογές σε διάφορα τεχνικά θέματα της ράμπας κρίνεται απαραίτητη μιας και θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο κατά την διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης θέσης αυτής. Αυτές οι επιλογές καθώς και ολόκληρη η διαδικασία κατά την σειρά την οποία εκτελέστηκαν αναλύεται στα υποκεφάλαια που ακολουθούν.

Επισημαίνεται ότι οι παράμετροι υλοποίησης της ράμπας καθώς και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες επιλέχθηκαν ως απόλυτη συνέπεια των αρχικών δεδομένων και των προϋποθέσεων της Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ.

8.4.1 Εισαγωγή του μοντέλου μπλοκ

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνουμε όταν τρέξουμε το συγκεκριμένο λογισμικό είναι να του φορτώσουμε το μοντέλο μπλοκ το οποίο θα είναι μορφής *.met . Η φόρτωση του μοντέλου γίνεται από την επιλογή **File>Open Model**. Όταν φορτωθεί θα εμφανιστεί ένα παράθυρο όπου στην καρτέλα **Pit Details** θα μας δείχνει ακριβώς την οικονομική αξία του μοντέλου μπλοκ σε μετάλλευμα όσο και σε στείρα καθώς και το κέρδος που θα έχουμε από την εκμετάλλευση του συγκεκριμένου μεταλλοφόρου στρώματος (ore-waste=revenue).

Όλα αυτά υπολογίστηκαν κατά την εκτέλεση του Script που δημιουργήσαμε στο Vulcan και κατά συνέπεια μεταφέρθηκαν και στο Express Road Planner κατά την φόρτωση το μοντέλου μπλοκ. Έτσι βλέπουμε ότι το μεταλλοφόρο στρώμα έχει συνολική 23.739.690 ευρώ, το κόστος απομάκρυνσής των στειρών κυμαίνεται στα 13.094.744 ευρώ και τελικά η συνολική κερδοφορία της εκμετάλλευσης αγγίζει τα 10.644.946 ευρώ. Πρέπει να αναφερθεί ότι στο κέρδος δεν περιλαμβάνονται τα έξοδα υλοποίησης της ράμπας. Επίσης οι τιμές στα παράθυρα του λογισμικού είναι δοσμένες σε δολάρια και από μέρους μας μετατράπηκαν σε ευρώ για την καλύτερη παρουσίαση αυτών στην εργασία.

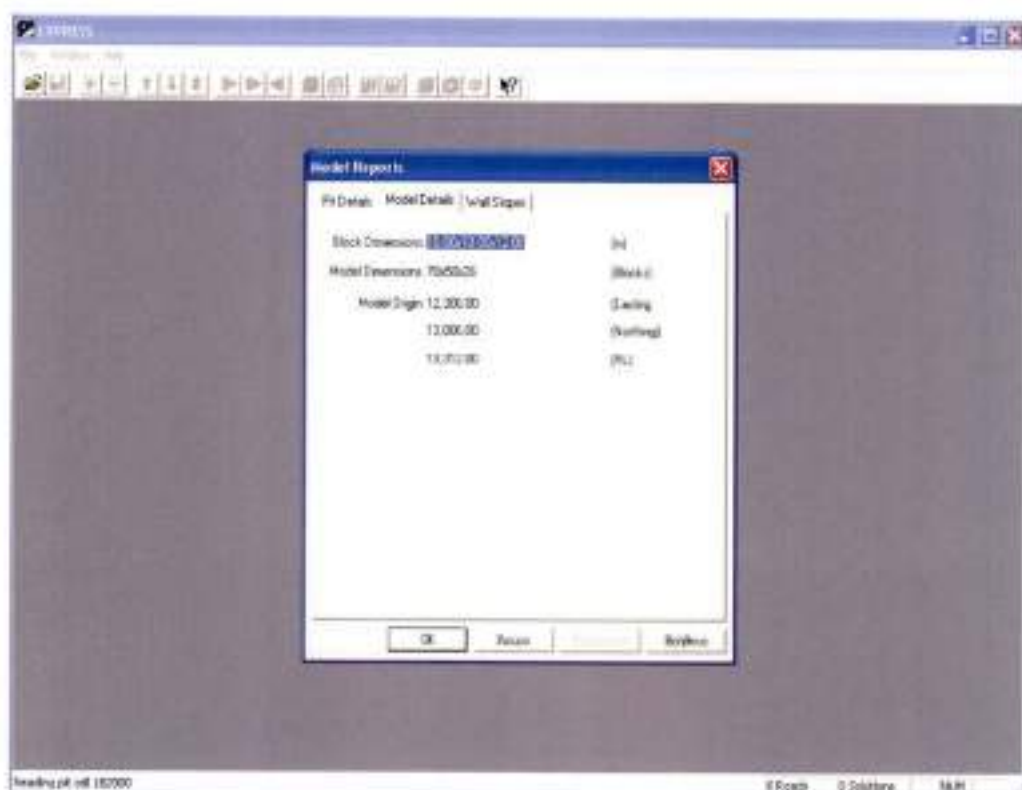


Εικόνα 33: Λεπτομέρειες Εκσκαφής.

Αυτό το παράθυρο αποτελείται και από δύο άλλες καρτέλες με τις εξής ονομασίες:

Την καρτέλα που φέρει το όνομα **Model Details** η οποία μας ενημερώνει για τις διαστάσεις του μοντέλου, για τον αριθμό των μπλοκ που αποτελείται αυτό καθώς και για τις συντεταγμένες του (X, Y, Z) έτσι ώστε να γνωρίζουμε τον προσανατολισμό του στο χώρο. Επίσης αναφέρονται οι διαστάσεις των μπλοκ κάτι το οποίο μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο λήψης αποφάσεων.

Ως παράδειγμα θα αναφέρουμε την ενημέρωση που μας παρέχει αυτό σχετικά με τις διαστάσεις τις διαστάσεις των βαθμίδων του μεταλλείου. Όπως είναι οφθαλμοφανές το ύψος αυτών δεν θα ξεπερνάει τα 12μέτρα. Αυτό επιβεβαιώνεται μελετώντας το στρώμα που βρίσκονται αποθηκευμένες οι ισοϋψείς της εκμετάλλευσης στο Vulcan 3D Software. Εκεί επιβεβαιώνουμε ότι η ισοδιάσταση αυτών βρίσκεται όντως στα 12 μέτρα.



Εικόνα 34: Αναφορές του μοντέλου μπλοκ.

Η δεύτερη καρτέλα με την ονομασία *Wall Slopes* στην οποία φαίνονται πληροφορίες σχετικά με την κλίση των πρανών. Μπορούμε να δούμε στην κορυφή του παραθύρου ότι στο μοντέλο μας υπάρχει μόνο μια περιοχή πάνω στην οποία θα γίνει η εκτίμηση θέσης ράμπας μιας και θα ληφθεί υπόψη ότι περικλείεται εντός του μοντέλου. Αυτό επιβεβαιώνεται από τον συνολικό αριθμό των μπλοκ που αναγράφονται στην συγκεκριμένη καρτέλα (70X50X26). Μπορούμε να εισάγουμε το διαθέσιμο εύρος βαθμίδων πατώντας στο **Add a New Region**. Επίσης έχουμε την δυνατότητα να επεξεργαστούμε καθώς και να διαγράψουμε ήδη δοσμένα εύρη. Τέλος πρέπει να προσδιορίσουμε την τελική γωνία της εκμετάλλευσης καθώς και το αζιμούθιο κάτι το οποίο θα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην βέλτιστη επιλογή θέσης της ράμπας μας.



Εικόνα 35: Επιλογές σχετικά με την κλίση των βαθμίδων της εκμετάλλευσης.

8.4.2 Περιγραφή των διαθέσιμων όψεων του μοντέλου

Η **Plan View** είναι η προεπιλεγμένη όψη του μοντέλου και παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα, από πάνω έως κάτω, της τρέχουσας επιφάνειας της εκσκαφής. Αυτή η όψη επιτυγχάνεται από την εντολή **View>Plan View**. Αυτή η επιφάνεια αντιπροσωπεύεται ως ένας χρωματιστός χάρτης των μπλοκ του μοντέλου, στον οποίο τα χρώματα παρουσιάζουν τις υψομετρικές μεταβολές της. Οι χρωματικές αντιθέσεις μπορούν να ορισθούν από την επιλογή **Colours Option** μέσα από το **Options Menu** (εικόνα 36). Αυτό παρέχεται ποιο πολύ λόγω της έλλειψης δυνατότητας περιστροφής του μοντέλου κάτι το οποίο μας αποκόπτει από την τρισδιάστατη παρατήρηση του. Με την χρήση χρωματικού εικονισμού των μπλοκ μπορούμε να κατανοήσουμε ποιο εύκολα την διάταξη αυτών μέσα στην εκσκαφή καθώς και την ίδια την δομή της.

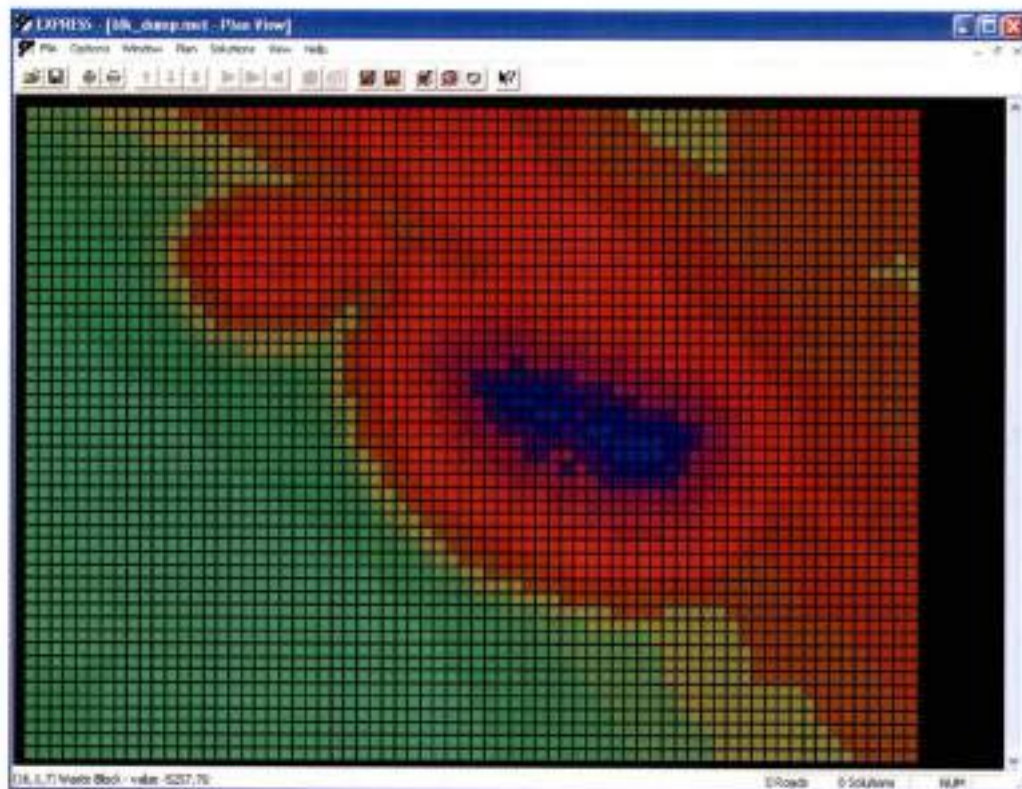
Έτσι στην εικόνα 36 παρατηρούμε ότι η επιφάνεια του τοπογραφικού ανάγλυφου εμφανίζεται με πράσινο χρώμα ενώ καθώς διερχόμαστε προς το εσωτερικό της εκσκαφής το πράσινο γίνεται κόκκινο και με την αύξηση του βάθους φτάνοντας στον πάτο του μεταλλείου γίνεται μπλε.

Η εκσκαφή παρουσιάζεται στην επιφάνεια εργασίας του λογισμικού είτε αυτούσια στην αρχική της μορφή, είτε όπως τροποποιήθηκε κατά την διάρκεια της διαδικασίας λόγω των περιορισμών και των παρεμβολών που δέχθηκε για την πιο εύκολη ενσωμάτωση της ράμπας στο εσωτερικό της. Όπου υπάρχουν παρεμποδίσεις της πορείας αυτής, όπως πχ. κατά την μεταβίβαση της από βαθμίδα σε βαθμίδα, τα μπλοκ σκιαγραφούνται με μαύρο πλαίσιο, αν και αυτό αφαιρείται, είτε κατά την μεγέθυνση του μοντέλου, είτε από την επιλογή **Display Grid** από το **Options Menu**. Το σώμα της ράμπας απεικονίζεται με άσπρα μπλοκ. Σημειώνεται ότι αν το μοντέλο λόγω του μεγέθους του δεν χωρεί στην οθόνη μας παρέχονται τα γνωστά σε όλους μας Scroll bars μέσα από τα οποία μπορούμε να μετακινήσουμε την όψη αυτού αναλόγως.

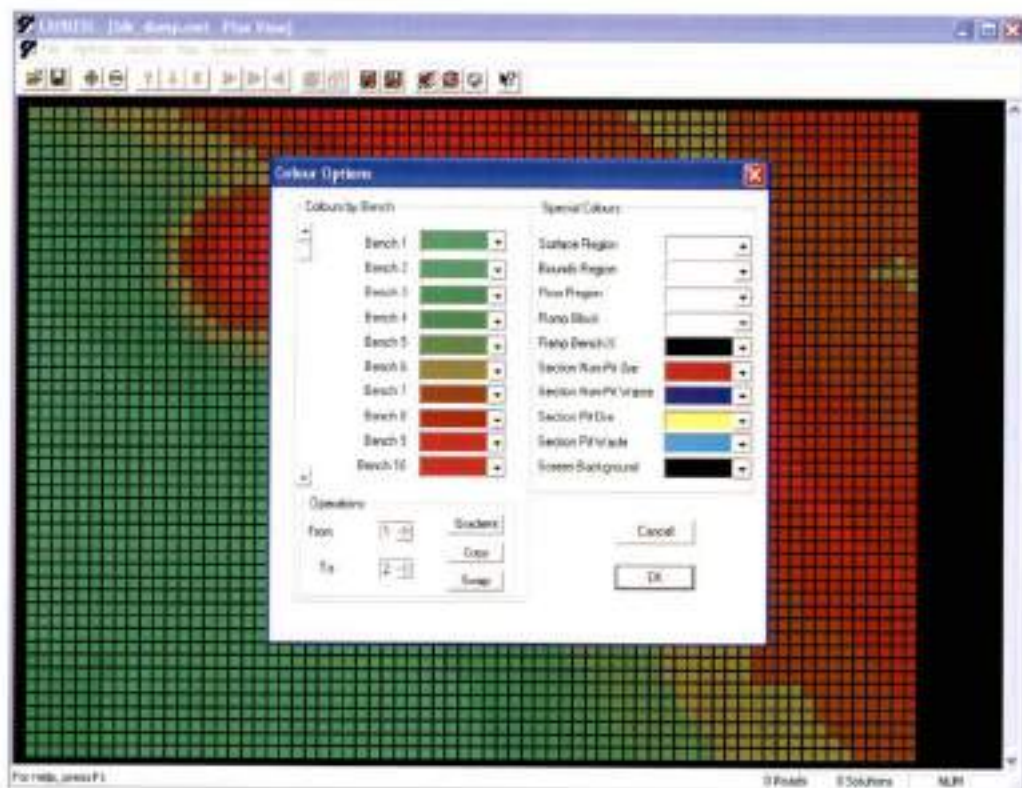
Αν μετακινήσουμε τον κέρσορα του ποντικιού πάνω από κάποιο μπλοκ θα παρατηρήσουμε ότι στο κάτω δεξιά μέρος του λογισμικού αναγράφεται η θέση του στο χώρο (χρήση συντεταγμένων) καθώς και η αξία του υψηλότερου **στερεού** μπλοκ (δεδομένου ότι ένα μπλοκ αέρα δεν μπορεί να περιέχει κάποια τιμή πέρα από το μηδέν). Το υψηλότερο μπλοκ του μοντέλου είναι ένα μπλοκ το οποίο απαρτίζει την επιφάνεια πχ. ένα μπλοκ που η θέση του αναφέρεται στην βαθμίδα 10 σημαίνει ότι η επιφάνεια εκτίνεται εντός των ορίων μεταξύ της 9 και 10 βαθμίδας (στην οροφή της 10 βαθμίδας). Σε περίπτωση ενός μοντέλου που αναπαριστά μια εκσκαφή, η οποία έχει υποστεί έντονου βαθμού μεταλλευτική δραστηριότητα, το υψηλότερο μπλοκ θα αναφερθεί ένα μπλοκ αέρα μιας και δεν υπάρχει τίποτα κάτω από την επιφάνεια.

Η μορφή του μοντέλου μπλοκ, όπως αυτή φαίνεται στην **Plan View**, αποτελεί το αρχικό δεδομένο τροφοδοσίας και για τις υπόλοιπες διαθέσιμες όψεις του λογισμικού. Σε όποιο View αυτού θελήσουμε να ορίσουμε τις ρυθμίσεις και τις επιλογές μας θα αναγκαστούμε να δουλέψουμε πάνω στην ίδια απaráλλακτη μορφή χωρίς τροποποιήσεις. Οποιαδήποτε παρέμβαση στο αρχικό μοντέλο μας αποθηκεύεται στην συγκεκριμένη όψη, που πραγματοποιήθηκε αυτή, χωρίς να προκαλεί μόνιμες αλλοιώσεις που θα μετέδιδε από όψη σε όψη κάτι το οποίο θα ήταν σίγουρα καταστροφικό.

Κατά την εκτέλεση της διαδικασίας εύρεσης του βέλτιστου οδικού συστήματος, θα διακρίνουμε στο **Plan View** την πρόοδο αυτής καθώς και μετά το τέλος της να παρουσιάζεται η τρέχουσα βέλτιστη λύση για την εκσκαφή, σύμφωνα με την αξία της στην επιλογή **Display Road Option**.



Εικόνα 36: Επιφάνεια εργασίας του Express Road Planner.



Εικόνα 37: Κατασκευή χρωματικού υπονημάτων στο Express Road Planner.

Εκτός από την **Plan View** που είδαμε ποιο πριν το Express Road Planner περιλαμβάνει και άλλες όψεις. Αυτές είναι οι **Floor View**, **Surface View**, **XZ Section View**, **YZ section View**, **Bounds View** και η **Edit View**. Καθεμία από αυτές διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην διαδικασία. Ας τις δούμε όμως ξεχωριστά :

Η **Floor View** μας επιτρέπει να καθορίσουμε ένα σύνολο έγκυρων σημείων στο πάτωμα της εκσκαφής για το οδικό σύστημα. Κανονικά αυτά πρέπει να βρίσκονται μόνο στο δάπεδο της εκσκαφής χωρίς να αποκλείουμε την δυνατότητα συμμετοχής στην διαδικασία οποιουδήποτε μπλοκ του μοντέλου. Όπως είναι λογικό μέσα στην εκσκαφή αυτά θα είναι τα χαμηλότερα υψομετρικά σημεία μας και η ράμπα δεν μπορεί να ξεκινήσει από κάπου αλλού όπως γνωρίζουμε από τις τεχνικές σχεδίασης των υπαίθριων εκσκαφών. Έτσι η ράμπα θα ξεκινήσει από χαμηλά και θα ανέρχεται από τα τοιχώματα του ορυχείου προς την επιφάνεια. Σημειώνουμε ότι μπορούν να ορισθούν όσα δάπεδα κρίνουμε απαραίτητα ότι πρέπει να λάβει υπόψη το Express κατά τον σχεδιασμό του αρχικού τμήματος της ράμπας.

Επισημαίνεται ότι ένας δρόμος μπορεί να ταξινομηθεί ως λύση μόνο όταν αυτός:

- Ελεγκτείται σε δύο ορόφους, ή
- Διανύει ένα σημείο του πατώματος προς ένα σημείο της επιφάνειας.

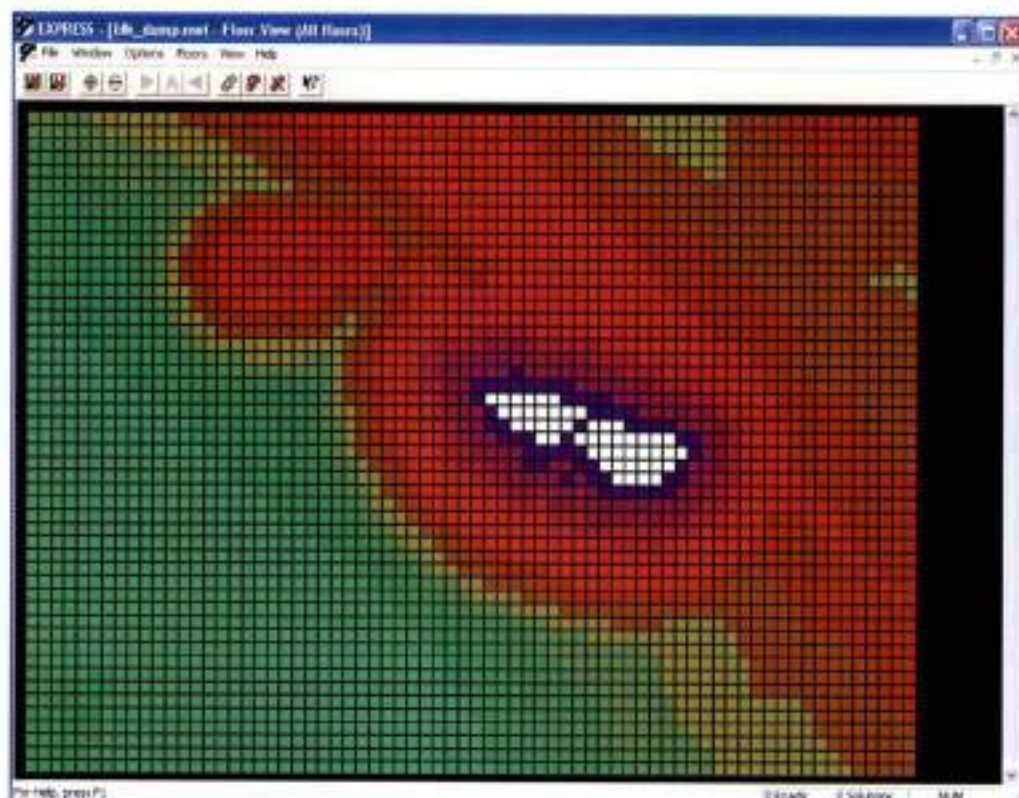
Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο περιπτώσεων είναι ότι δρόμοι με μεγαλύτερο πλάτος μπορούν να παραχθούν από ένα σημείο του πατώματος, κάνοντας αυτή μια πιο χρήσιμη επιλογή για την κατασκευή των κοινών σημείων μεταξύ δύο εφαπτόμενων εκσκαφών τις λεγόμενες και ως ράχες.

Η **Floor View** όπως αναφέρθηκε, κάνει χρήση των ίδιων ισοϋψών της επιφάνειας καθώς και των οικονομικών αξιών των μπλοκ, με την **Plan View**, αλλά τα σημεία στο δάπεδο επιδεικνύονται με το προκαθορισμένο χρώμα αυτού. Αυτό το χρώμα είναι διαμορφώσιμο από την χρήση της εντολής **Colours Option** στο **Options Menu**. Εξορισμού όλες οι περιοχές των πατωμάτων επιδεικνύονται ταυτόχρονα, αλλά αυτό μπορεί να αλλάξει έτσι ώστε να επιδειχθεί κάθε περιοχή ξεχωριστά. Εμείς έχουμε επιλέξει να διακρίνεται αυτή η περιοχή με άσπρα μπλοκ.

Κατά την **Floor View** μπορούμε να:

- Εξετάσουμε τις διάφορες περιοχές των πατωμάτων
- Προσθέσουμε νέα πατώματα
- Διαγράψουμε κάποια ήδη υπάρχοντα
- Τροποποιήσουμε ορισμένα

- Φορτώνουμε και να σώσουμε αρχεία περιορισμών



Εικόνα 38: Ορισμός πατώματος του μεταλλείου στο Floor View.

Η **Surface View** μας καθιστά ικανούς να ενσωματώσουμε σημεία της επιφάνειας στο οδικό σύστημα. Εισερχόμαστε σε αυτή από την επιλογή **View >Surface View**. Τα σημεία της επιφάνειας αποτελούν τα έγκυρα αρχικά σημεία για το κέντρο της ράμπας. Κανονικά αυτά αποτελούν επιφανειακά σημεία ποιο κοντά στις αποθέσεις των στείων υλικών εκτός εάν οποιοδήποτε μπλοκ από το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ένας δρόμος μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σαν μια λύση εάν αυτός βρίσκεται:

- Σε διάστημα δύο ορόφων, ή
- Διανυόμενος από ένα σημείο του δαπέδου σε ένα σημείο της επιφάνειας.

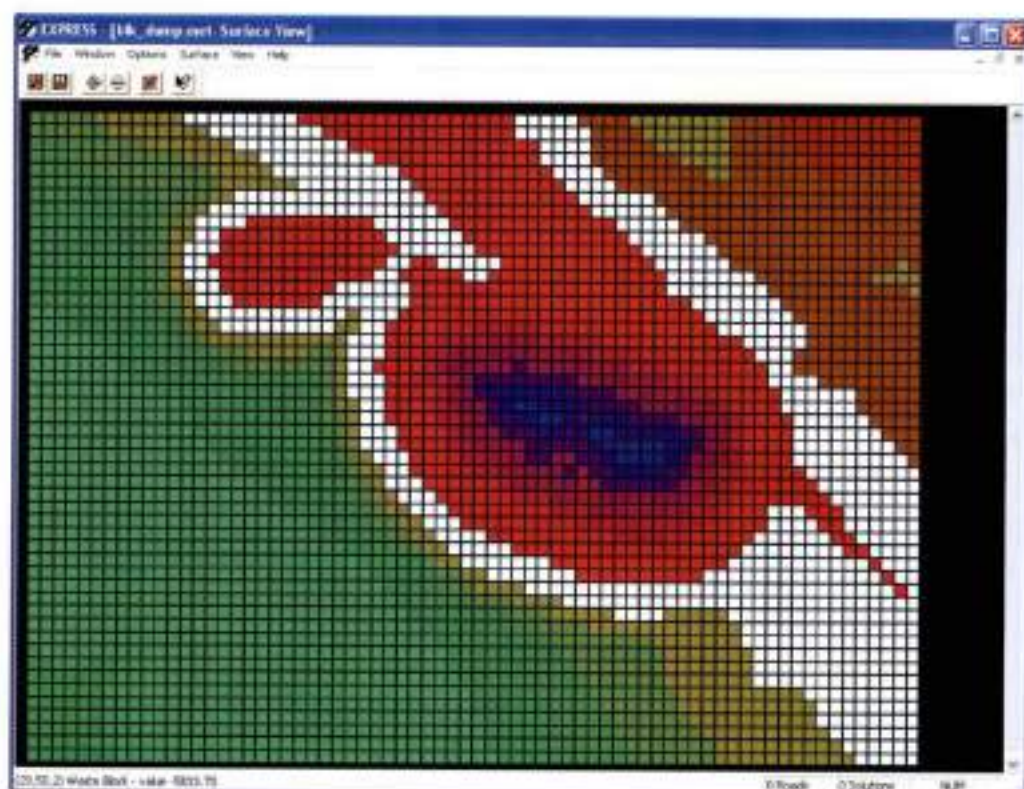
Η διαφορά μεταξύ των δύο περιπτώσεων είναι ότι κανένας δρόμος δεν μπορεί να παραχθεί από ένα σημείο επιφάνειας. Η **Surface View** χρησιμοποιεί τις ίδιες εικονιζόμενες ισοϋψείς της επιφάνειας με την **Plan View**, με τα σημεία αυτά να επιδεικνύονται στο επιλεγμένο χρώμα της επιφάνειας. Φυσικά έχουμε την δυνατότητα διαμόρφωσης του ήδη υπάρχοντος χρώματος με την χρήση της εντολής **Colours Option** του **Option Menu**.

Επίσης στη Surface View μπορούμε να εφαρμόσουμε τις εξής ενέργειες:

- Τροποποίηση των τρεχόντων επιφανειακών σημείων
- Εκκαθάριση των τρεχόντων επιφανειακών σημείων
- Φόρτωση και αποθήκευση στα αρχεία περιορισμών

Πιο πρακτικά τώρα, καλούμαστε να δηλώσουμε τις περιοχές από τις οποίες προτιμούμε να διέρθει η ράμπα καθώς εξέρχεται από το εσωτερικό του μεταλλείου. Εδώ η απόφαση μας πρέπει να παρθεί με σύνεση και τρομερή προσοχή μιας και η θέση εξόδου της ράμπας είναι ένα θέμα μείζονος σημασίας. Θα ήταν προτιμότερο η έξοδος αυτή να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στις αποθέσεις των στείων υλικών διότι με αυτό τον τρόπο θα μειώναμε τις διαδρομές των μεταφορικών μηχανημάτων, τις ποσότητες των απαιτούμενων καυσίμων και ως απόλυτη συνέπεια τα έξοδα του μεταλλείου

Πλέον μπορούμε μετακινώντας το ποντίκι να επιλέξουμε τα μπλοκ τις αρεσκείας μας που θα συμμετάσχουν στον ορισμό των περιοχών επιφανείας. Η επιλογή αυτών τονίζεται με άσπρο χρώμα κάτι το οποίο φαίνεται καθαρά στην εικόνα 39.



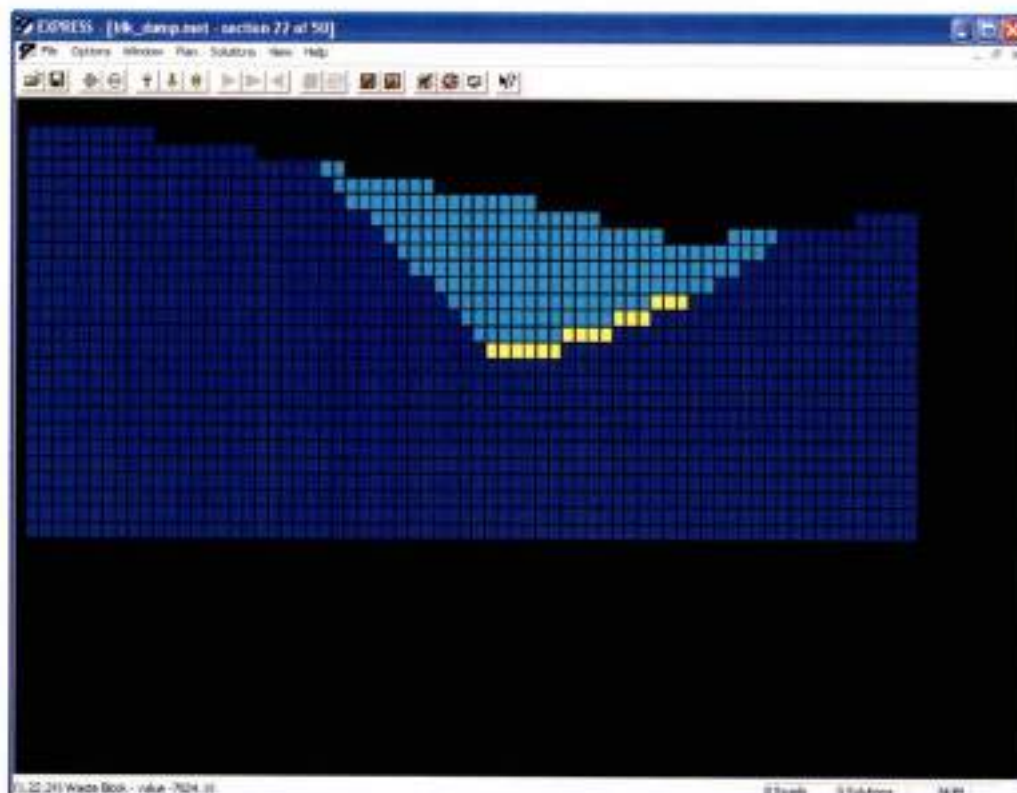
Εικόνα 39: Επιλογή υποψηφίων περιοχών για την έξοδο της ράμπας στο Surface View.

Το Express Road Planner παρέχει δύο όψεις τομών του μοντέλου με τις οποίες εξετάζει τα στοιχεία μας. Η πρώτη φέρει την ονομασία **XZ Section View** και δεν πρόκειται για τίποτα άλλο παρά από μια τομή κατά τον Δυτικό-Ανατολικό άξονα εντός του μοντέλου μπλοκ. Η αρχική τομή που διακρίνεται βρίσκεται αρκετά βόρεια το μοντέλου ($y=1$), και με την χρήση των λειτουργιών μετακίνησης αυτού (κίτρινα βελάκια στην εικόνα 40) μπορούμε να μεταφέρουμε αυτό προς τον βορρά ή προς τον νότο αντίστοιχα. Καθένα από τα μπλοκ κωδικοποιείται σύμφωνα με την αποδοτικότητα και τον συνυπολογισμό του μέσα στην τρέχον μορφή της εκσκαφής. Τα χρώματα είναι διαμορφώσιμα με την χρήση της εντολής **Colours Option** του **Option Menu**. Επιπλέον οι διασταυρώσεις βαθμίδων της τρέχουσας κεκλιμένης ράμπας (εάν παρευρίσκονται) θα χρωματιστούν επίσης αναλόγως.

Οι όψεις των τομών είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στο να αποφασίζουν το που να τοποθετήσουν τα πατώματα των εκσκαφών δεδομένου ότι επιτρέπουν σε μας να εντοπίσουμε ποιες περιοχές του μοντέλου περιέχουν ανεκμετάλλευτο κοίτασμα, το οποίο έπειτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντισταθμίσει τις δαπάνες εξαγωγής κατά την καθιέρωση των ελαχίστων πλατών μεταλλείας. Επιτρέπουν επίσης την γρήγορη απομόνωση πιθανών οδών συντόμευσης στο πάτωμα και στις οδικές επιφάνειες.

Έτσι στην **XZ Section View** παρατηρούμε ποια μπλοκ από την εκσκαφή μας περιέχουν μέταλλευμα, ποια στείρα υλικά και ποια είναι αέρας. Όλα αυτά για να διαφοροποιούνται μεταξύ τους και να γίνονται αντιληπτά και κατανοητά σε εμάς απεικονίζονται με διαφορετικό χρώμα. Η τομή μπορεί να θεωρηθεί μια χρήσιμη όψη των βαθμίδων της εκσκαφής διότι πρώτον βλέπουμε τι περιέχει το μοντέλο μπλοκ και μας δίνεται η δυνατότητα να σχηματίσουμε μια οικονομική άποψη για την εκμετάλλευση και δεύτερον μπορούμε να κρίνουμε καλύτερα την αρχική θέση δημιουργίας της ράμπας από βαθμίδα σε βαθμίδα και να την προσαρμόσουμε στο **Floor View**.

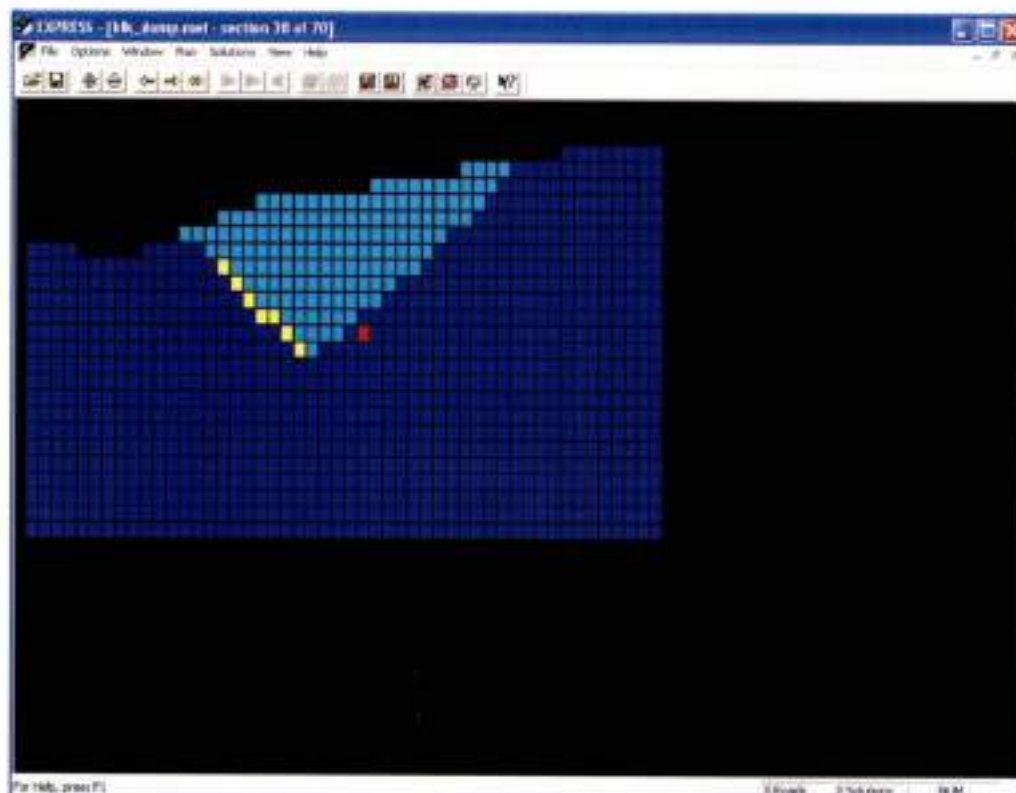
Όσα μπλοκ στην τομή απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα αποτελούν μπλοκ μεταλλεύματος που βρίσκονται εντός της εκσκαφής, όσα έχουν κόκκινο χρώμα αποτελούν μέταλλευμα εκτός χώρου εκσκαφής, τα γαλάζια μπλοκ αποτελούν στείρα εντός χώρου εκσκαφής και τα μπλε μπλοκ εκφράζουν την ύπαρξη στειρών εκτός του χώρου εκσκαφής. Έτσι με ένα απλό χρωματικό υπόμνημα το Express μας καλεί να κατανοήσουμε πλήρως την κατανομή στειρών και μεταλλεύματος στο χώρο.



Εικόνα 40: Τομή του μοντέλου μπλοκ κατά τον άξονα των XZ.

Εννοείται πως τα χρώματα που διατυπώθηκαν δεν είναι απόλυτα και ο κάθε χρήστης του λογισμικού μπορεί να το προσαρμόσει ο ίδιος στις δικιές του αισθητικές αντιλήψεις κάτι το οποίο θα τον βοηθήσει να αποκτήσει μια σφαιρική εικόνα της εκμετάλλευσης. Η δεύτερη που ονομάζεται **YZ Section View** μας δείχνει μια τομή του μοντέλου προς τον Βόριο-Δυτικό άξονα αυτού. Το αρχικό τμήμα που διακρίνεται βρίσκεται δυτικά του μοντέλου ($x=1$) και με την χρήση των λειτουργιών μετακίνησης που προαναφέραμε πραγματοποιείται η μεταφορά αυτού προς την Δύση ή την Ανατολή αντίστοιχα. Γενικά ισχύουν ακριβώς τα ίδια πράγματα που ειπώθηκαν για την περίπτωση της **XZ Section View** όπου το μόνο ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην διαφορετική κατεύθυνση υλοποίησης της τομής.


Καλό θα ήταν να παρατηρήσουμε και τις δύο τομές και κατά X και κατά Y σε σχέση με την Z διάσταση έτσι ώστε να διαμορφωθεί μια καλύτερη άποψη τόσο για τα μεταλλοφόρα στρώματα όσο και για τις ποσότητες απομάκρυνσης στείρων που θα απαιτηθούν.



Εικόνα 41: Τομή του μοντέλου μπλοκ κατά των άξονα των YZ.

Σειρά έχει η **Bounds View**.

Η **Floor view** μας καθιστά ικανούς να καθορίσουμε ένα κομμάτι από απαγορευμένες περιοχές στο μοντέλο. Αυτό αντιπροσωπεύει μπλοκ που δεν μπορούν να τροποποιηθούν καθώς σχεδιάζεται ο δρόμος. Πιθανά παραδείγματα αυτού είναι γεωτεχνικά ασταθής περιοχές, κτιριακές τοποθεσίες, ή τοπικά όρια για ενδυνάμωση των κατευθύνσεων του δρόμου στα κρίσιμα σημεία.

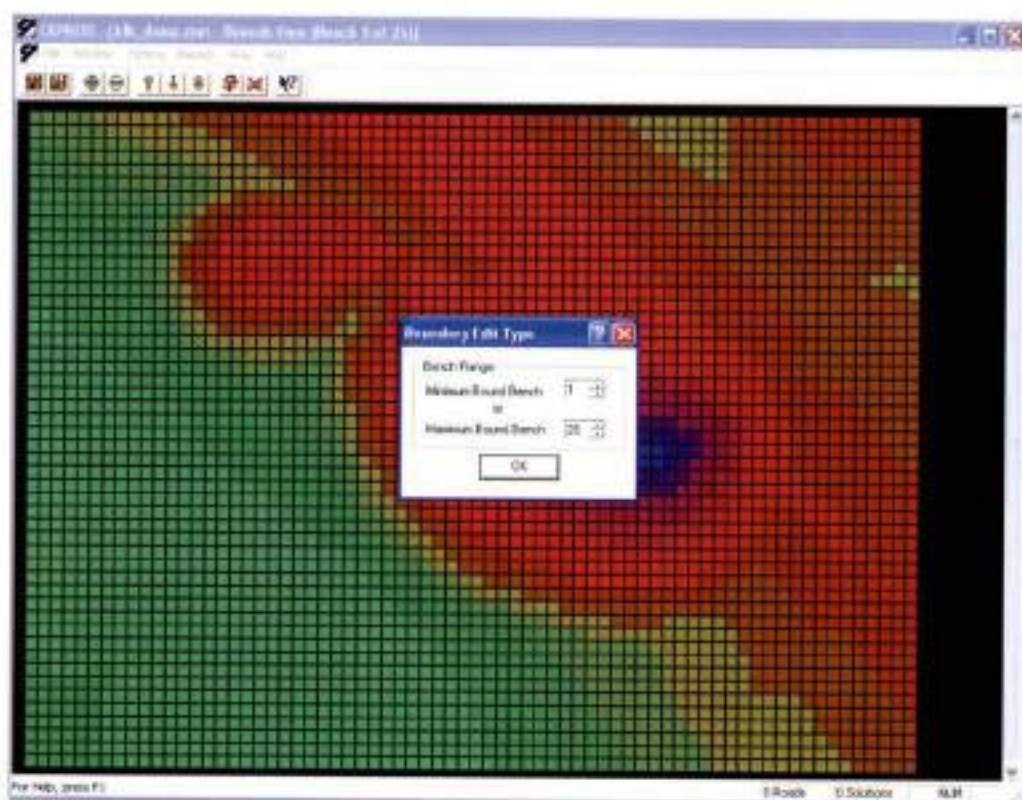
Η πρώτη εργασία που ολοκληρώνεται καθώς εισερχόμαστε στην **Bounds View** είναι ο προσδιορισμός του εύρους των ορίων της περιοχής. Αυτό εκπροσωπεί το εύρος των μπλοκ που θα επιλεγεί στην Z διάσταση καθώς επιλέγουμε την επιθυμητή περιοχή στο **Plan View**. Για παράδειγμα αν επιλέξουμε το μπλοκ στο σημείο (3,4) με ένα εύρος ορίων από 3 έως 5 θα τοποθετούσαμε όρια στα σημεία (3,4,3), (3,4,4) και (3,4,5). Αυτό το εύρος μπορεί να διαφοροποιηθεί οποιαδήποτε στιγμή από την χρήση του **Edit Bounds** στο **Bounds Menu** ή επιλέγοντας αυτό το εικονίδιο  που βρίσκεται στο κεντρικό μενού του λογισμικού. Εξαιτίας της τρισδιάστατης φύσης των οριακών περιοχών, είναι δύσκολο να αναπαραστήσουμε αυτές σε δύο διαστάσεις στην **Plan View**.

Το Express για αυτό διασφαλίζει ένα μηχανισμό προσαρμογής της επιθυμητής βαθμίδας απεικόνισης των ορίων. Σε οποιοδήποτε δάπεδο, τα όρια της δοσμένης βαθμίδας, απεικονίζονται αρκετά εντυπωσιακά ως άσπρα μπλοκ πάνω από την φαινόμενη πανοραμική όψη του μοντέλου.

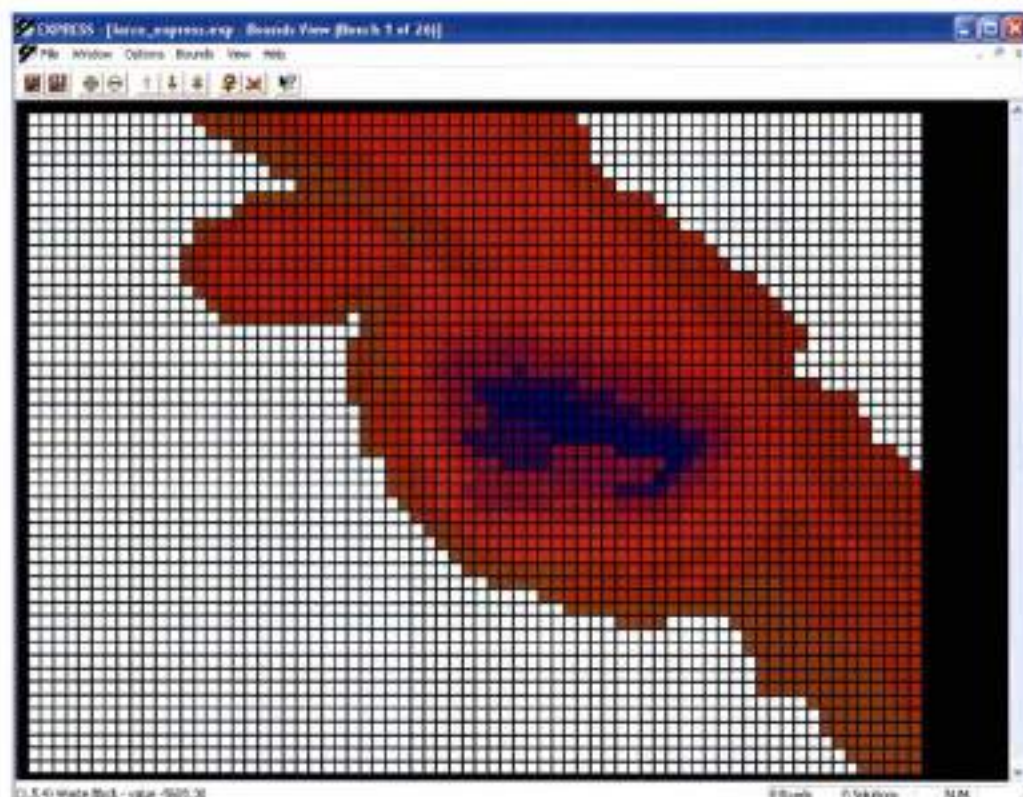
Οι κύριες λειτουργίες που εμπεριέχονται στο **Plan View** κατά εξαίρεση για τις οριακές περιοχές συνίστανται από εντολές σχετικά με:

- Τροποποίηση των επικρατουσών ορίων
- Εξάλειψη των ισχύον ορίων
- Φόρτωμα και αποθήκευση αρχείων περιορισμών

Στην πράξη τώρα αυτό που έχουμε να κάνουμε είναι να δηλώσουμε τις περιοχές μέσα από τις οποίες θα αποτρέπεται οποιαδήποτε περαιτέρω ανάπτυξη της ράμπας λόγω της δυσκολίας που απαιτείται για την τροποποίηση των μπλοκ μέσα σε αυτές. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι υπάρχει ένα σημείο τομής ανάμεσα σε αυτό και στο **Surface View** μιας και οι απαγορευμένες περιοχές του ενός διαχωρίζονται από τις επιτρεπόμενες το άλλου κάτι το οποίο παίζει πρωταρχικό ρόλο κατά την διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης λύσης.



Εικόνα 42: Ορισμός ελάχιστης και μέγιστης οριακής βαθμίδας.



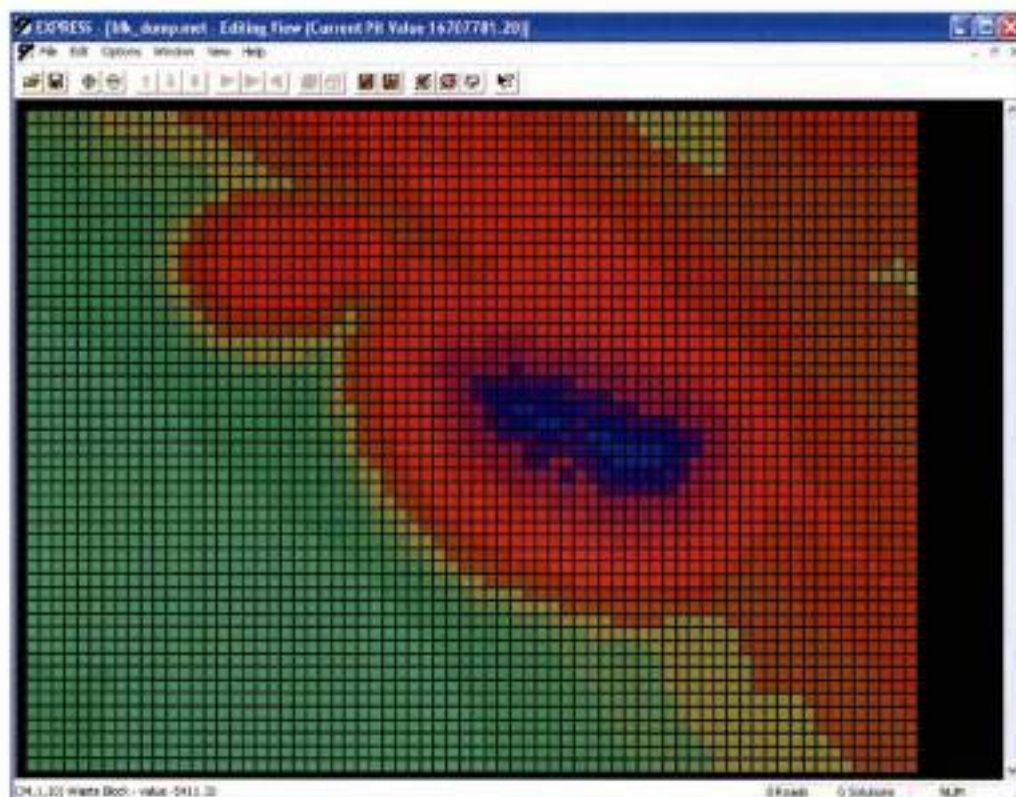
Εικόνα 43: Ορισμός περιοχών αποκλεισμού όδευσης της ράμπας.

Τελευταία είναι η **Edit View** όπου μας επιτρέπει να τροποποιήσουμε την εκσοαφή στο μοντέλο μπλοκ. Τα μπλοκ έχουν την δυνατότητα να αυξηθούν ή να μειωθούν (υψομετρικά), και οι κλίσεις των τοιχωμάτων να προσαρμοστούν στους υφιστάμενους περιορισμούς σχετικά με τις ασφαλές κλίσεις αυτών. Συνδεδεμένη με την διαδικασία της ανατροφοδότησης ως προς τα οικονομικά αποτελέσματα αυτών των αλλαγών, η **Edit View** γίνεται ένα ισχυρό εργαλείο για την επίτευξη των στόχων όπως η δημιουργία πατωμάτων, κατασκευή ραχών και ελάχιστου πλάτους μεταλλευτικές τροποποιήσεις. Αυτή χρησιμοποιεί την απεικόνιση των επιφανειακών μπλοκ καθώς και τις μεθόδους αναφοράς των αξιών μπλοκ στο **Plan View**. Σε οποιαδήποτε βαθμίδα μπορούμε να αναπτύξουμε δραστηριότητες στην τρέχουσα επιφάνεια και δεδομένου ότι πραγματοποιούμε ορισμένες αλλαγές αυτές θα απεικονίζονται και στις άλλες διαθέσιμες όψεις του λογισμικού.

Οι κύριες λειτουργίες που περιλαμβάνονται στην **Edit View** είναι οι εξής:

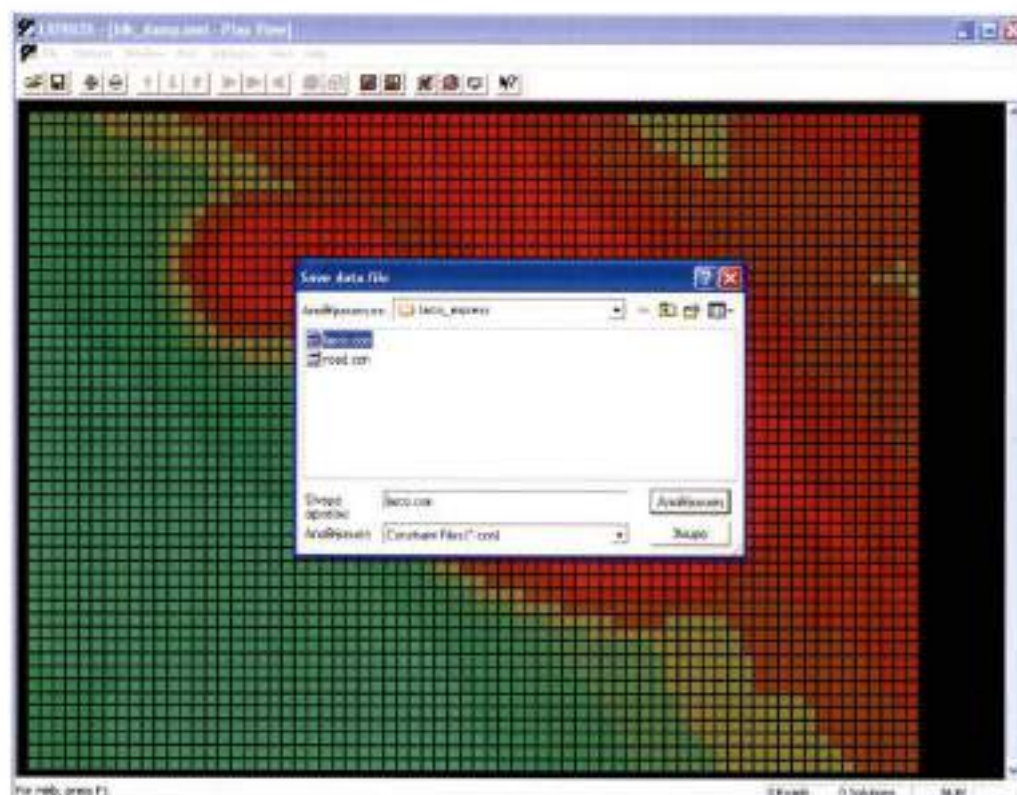
- Υψομετρική ανύψωση των μπλοκ
- Υψομετρικό χαμήλωμα των μπλοκ
- Προσαρμογή κλίσεων τοιχωμάτων

- Φόρτωση και αποθήκευση στα αρχεία περιορισμών



Εικόνα 44: Δυνατότητα υψομετρικής ανύψωσης ή υποβιβασμού των μπλοκ στο Edit View.

Αφού λοιπόν αναλύσαμε και ολοκληρώσαμε τις ρυθμίσεις στις διαθέσιμες όψεις του λογισμικού πρέπει να αποθηκεύσουμε τις αλλαγές στο αρχείο των περιορισμών *Constraint File (*.con)* έτσι ώστε να λάβει υπόψη αυτές και να τις συμπεριλάβει κατά τον σχεδιασμό της ράμπας. Θεωρείται σημαντικό κομμάτι κάθε φορά που πραγματοποιούμε αλλαγές σε κάθε όψη στο μοντέλο μας έτσι ώστε να μειώσουμε οποιαδήποτε πιθανότητα για απώλεια αυτών κατά την εκτέλεση της τελικής διαδικασίας. Σε περίπτωση που δεν έχουμε κάποια υποψήφια λύση είμαστε αναγκασμένοι να αλλάξουμε τις ρυθμίσεις μας και να ξαναεκτελέσουμε την διαδικασία.



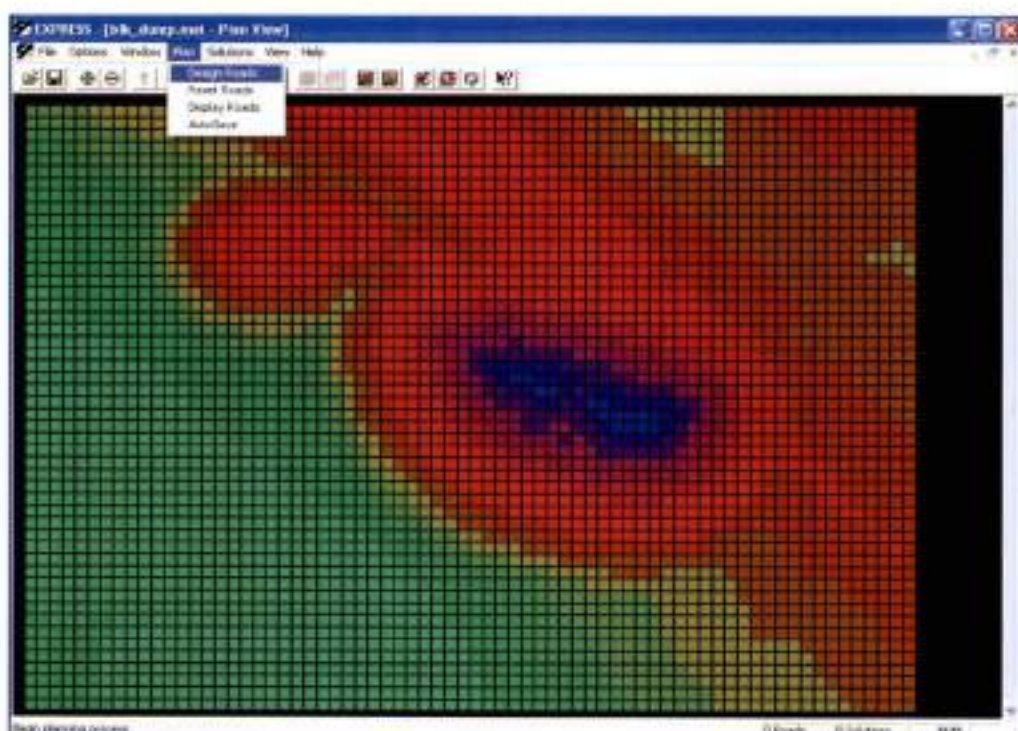
Εικόνα 45: Αποθήκευση προϋποθέσεων και περιορισμών.

8.4.3 Ρυθμίσεις κατασκευαστικών παραμέτρων της ράμπας

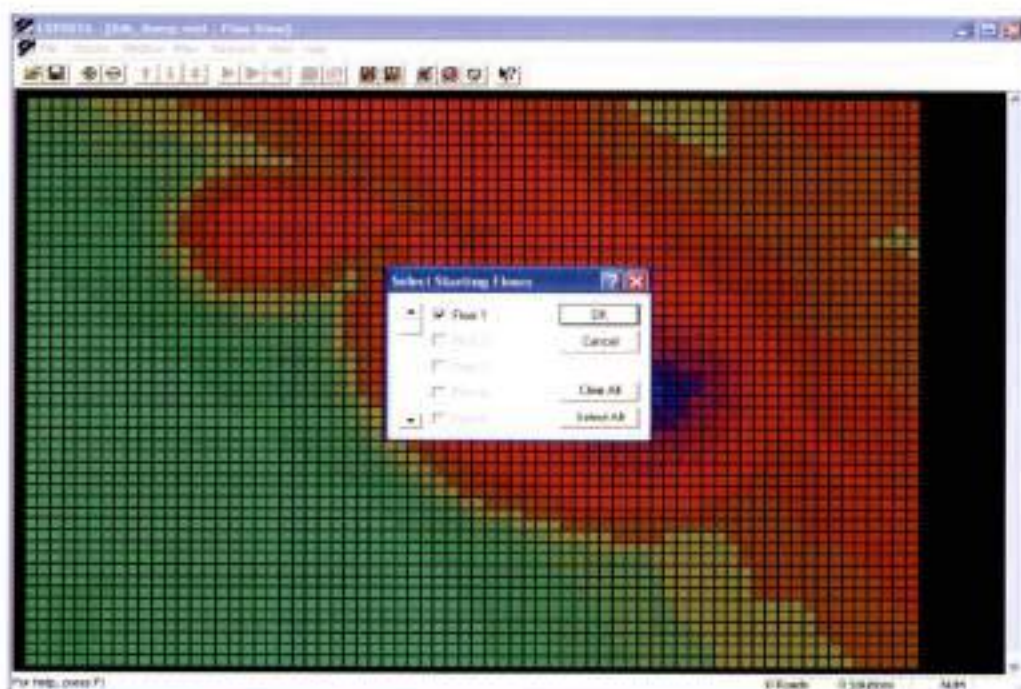
Σε αυτή την ενότητα θα περιγράψουμε τις αποφάσεις που πήραμε σχετικά με τις κατασκευαστικές παραμέτρους της ράμπας. Πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η ράμπα θα εναρμονιστεί πλήρως με τα δομικά μέρη της εκσκαφής και ότι σε καμιά περίπτωση δεν θα τους προκαλέσει σοβαρές αλλοιώσεις κάτι το οποίο θα μας στοιχίζε σοβαρά. Ακόμα και αν προκληθούν αλλαγές στην εκσκαφή πρέπει να γίνουν με προσοχή και να είναι μειωμένου βαθμού χωρίς έντονα χαρακτηριστικά αποφεύγοντας τον αρνητικό χαρακτηρισμό τόσο της ασφάλειας όσο και των οικονομικών παραμέτρων του ορυχείου. Το γεωμετρικό σχήμα του, τα βέβαια αποθέματα σε εκμεταλλεύσιμο ορυκτό, η συνολική γωνία εκμετάλλευσης, το ύψος και το πλάτος των βαθμίδων αποτελούν μερικούς από τους παράγοντες πάνω στους οποίους οφείλουμε να συντονίσουμε τα χαρακτηριστικά της ράμπας.

Ας περάσουμε όμως να τα δούμε όλα αυτά και να τα κατανοήσουμε μέσα από τα παράθυρα εργασίας του Express. Πριν ξεκινήσουμε την διαδικασία θα πρέπει να έχουμε καθορίσει το λιγότερο ένα πάτωμα και μια επιφάνεια εκσκαφής.

Ξεκινάμε επιλέγοντας την εντολή **Design Road** από το μενού **Plan** όπως φαίνεται στην εικόνα 46 που ακολουθεί.



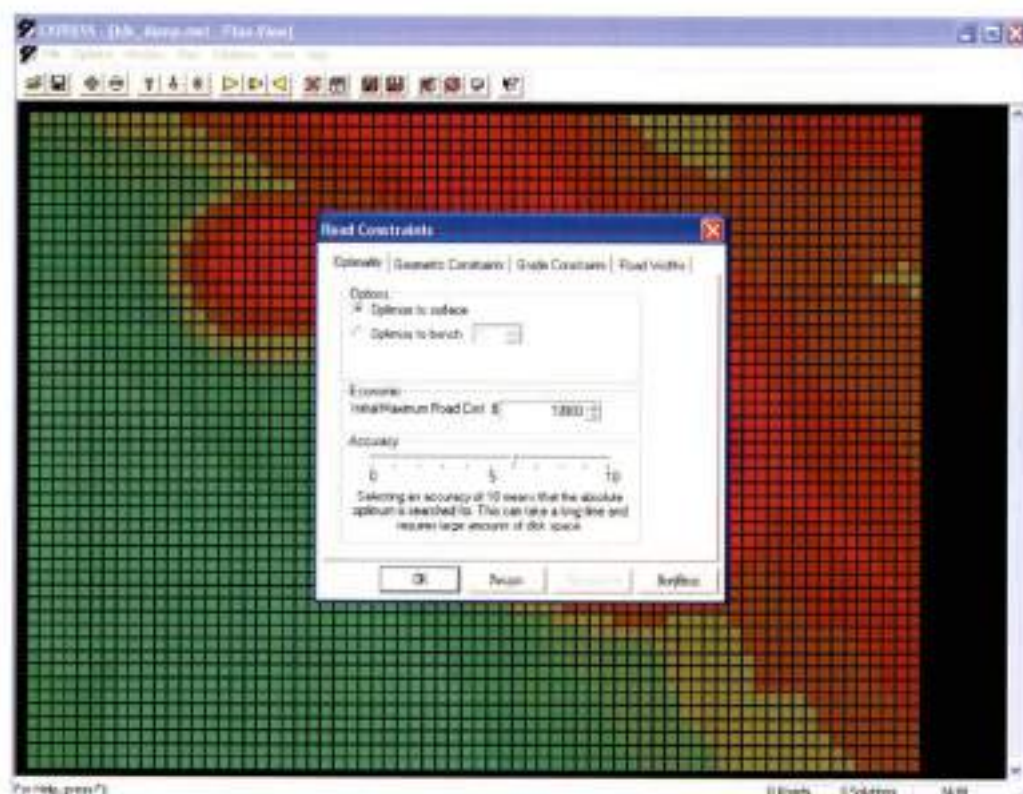
Εικόνα 46: Εντολή εκκίνησης διαδικασίας εύρεσης υποψήφιας θέσης της ράμπας.



Εικόνα 47: Επίλογή ορισμένου πατόματος οριχείου.

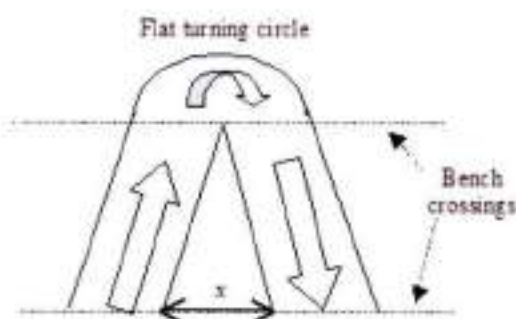
Στο πρώτο εμφανιζόμενο παράθυρο πρέπει να επιλέξουμε ποια από τα ορισμένα πατώματα θέλουμε να χρησιμοποιηθούν για την αρχική θέση ανέγερσης της ράμπας. Έχουμε την δυνατότητα να εισάγουμε πολλά σημεία σε ένα πάτωμα ή να δημιουργήσουμε ανεξάρτητα πατώματα με ανεξάρτητα σημεία το καθένα. Αν γυρίσουμε πίσω στο **Floor View** και στην εικόνα 36 θα ξαναθυμηθούμε ακριβώς σε ποιο πάτωμα αναφερόμαστε. Εμείς λοιπόν αφού έχουμε μόνο αυτό το επιλέγουμε και προχωράμε παρακάτω.

Το επόμενο παράθυρο που φέρει την ονομασία **Road Constraints** περιλαμβάνει τους οικονομικούς και τεχνικούς περιορισμούς πρέπει να ληφθούν υπόψη. Στην καρτέλα **Optimality** επιλέγουμε να γίνει η βελτιστοποίηση της ράμπας προς την επιφάνεια, το κόστος να μην ξεπερνάει τα 10000 δολάρια δηλαδή περίπου 6.371 ευρώ καθώς και δηλώνουμε το βαθμό στον οποίο θέλουμε να αναπαριστάται η ακρίβεια σχεδιασμού της ράμπας κάτι το οποίο θα επιτευχθεί με περισσότερο χρόνο και αυξημένες απαιτήσεις χωρητικότητας στο σκληρό δίσκο του προσωπικού υπολογιστή.



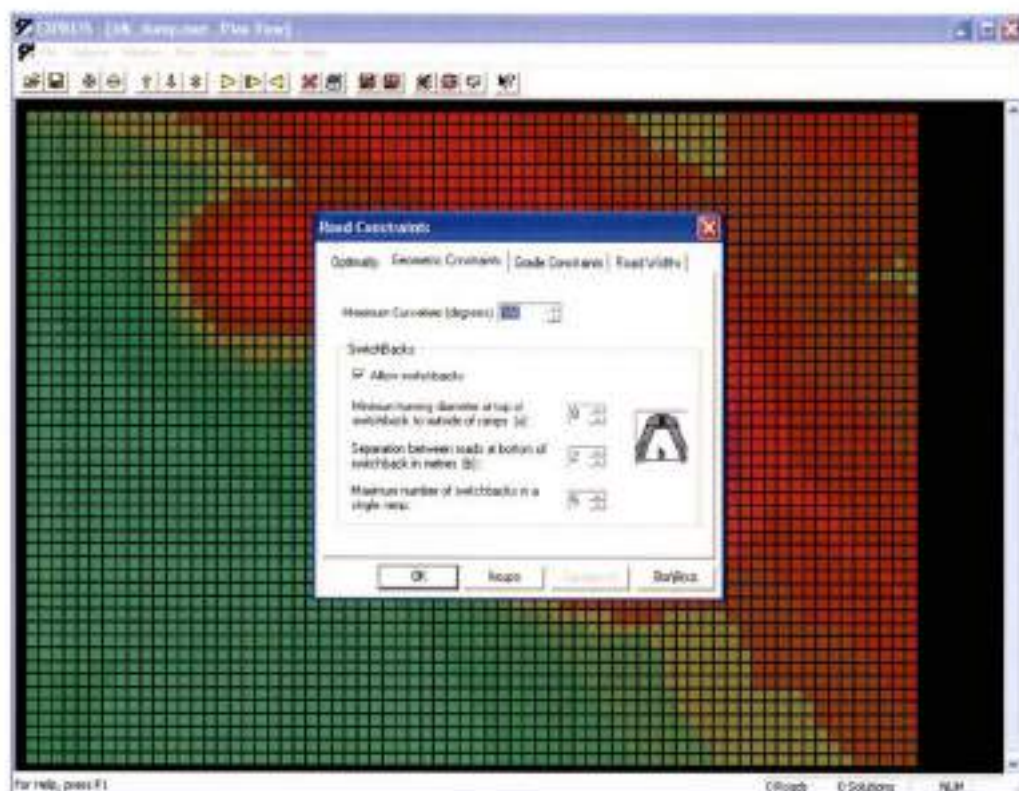
Εικόνα 48: Επιλογές ανοικτότερης εύρωστης βέλτιστης θέσης της ράμπας.

Στην επόμενη καρτέλα που ονομάζεται *Geometric Constraints* συγκεντρωνόμαστε περισσότερο στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ράμπας. Η επιλογή της καμπυλότητας αυτής καθώς και η προσθήκη στροφών με μεγάλη κυρτότητα αποτελούν απαραίτητα χαρακτηριστικά για την βελτιστοποίηση της. Η μέγιστη καμπυλότητα των στροφών περιορίζεται από εμάς στις 160 μοίρες κάτι το οποίο δίνει μεγάλη δυνατότητα στο λογισμικό να εκτιμήσει και να δοκιμάσει στροφές χωρίς αυστηρούς περιορισμούς. Εδώ μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι αποδεχόμαστε την χρήση των switch-backs κάτι το οποίο επιβάλλει τον ορισμό μερικών παραμέτρων για την σωστή ενσωμάτωση αυτών κατά την σχεδίαση της ράμπας.



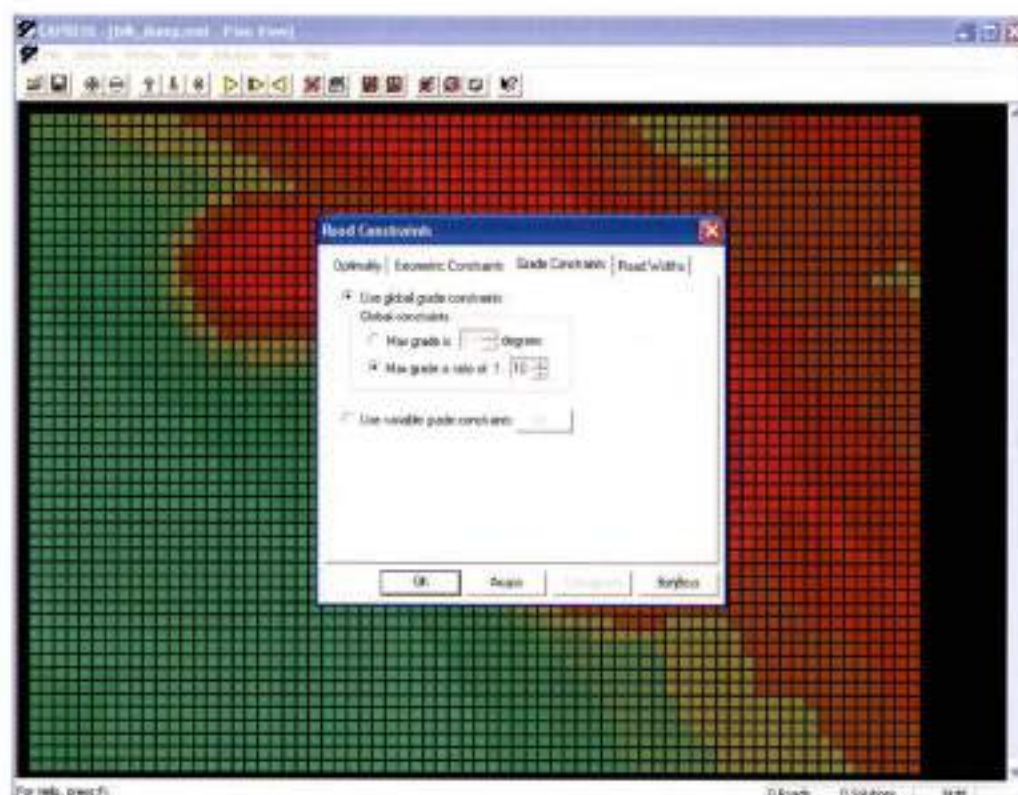
Εικόνα 49: Σχεδιαστικές λεπτομέρειες ενός switch-back.

Η ελάχιστη διάμετρο στροφής, ο μέγιστος αριθμός τους που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε καθώς και ο διαχωρισμός μεταξύ των τμημάτων του δρόμου στο κατώτατο σημείο ενός switch-back είναι μερικά από τα μεγέθη που πρέπει να ορίσουμε. Οι προσωπικές μας επιλογές φαίνονται στην εικόνα 50.



Εικόνα 50: Γεωμετρικοί περιορισμοί της ράμπας.

Η τρίτη καρτέλα με την ονομασία **Grade Constraints** αφορά τους υφισταμένους περιορισμούς σχετικά με την κλίση του δρόμου. Δεν τίθεται ερώτημα σχετικά με την διεύθυνση αυτής μιας και είναι σαφές ότι θα ακολουθήσει ανοδική πορεία. Η κλίση μπορεί να την οριοθετηθεί είτε χρησιμοποιώντας ένα καθαρό αριθμό (μοίρες) είτε μια σχέση. Εμείς προτιμήσαμε να το δηλώσουμε ως μια σχέση της τάξης του 1:10 έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσουμε και όσο περισσότερο τις «εξαντλητικές» για τα μεταφορικά μηχανήματα ανωφέρειες. Με αυτό επιτυγχάνουμε και την ελαχιστοποίηση του μεταφορικού κόστους λόγω της μείωσης των ποσοτήτων καυσίμων που καταναλώνονται από τα μηχανήματα.

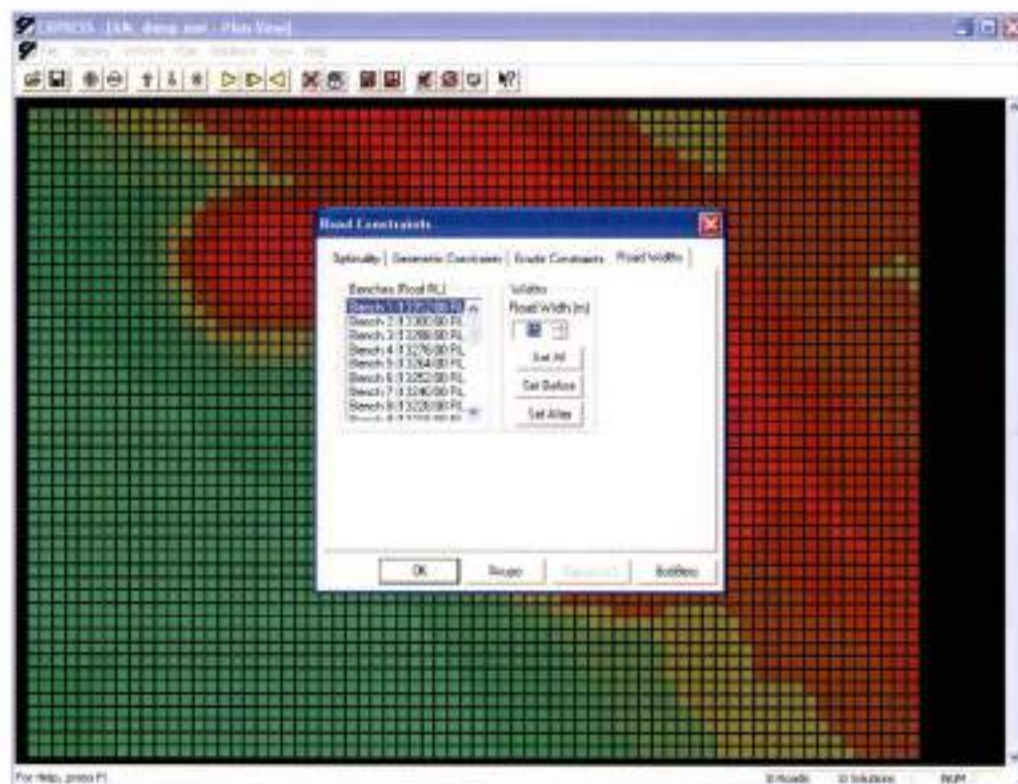


Εικόνα 51: Περιορισμοί σχετικά με την κλίση της ράμπας.

Τέλος ακολουθεί ο προσδιορισμός του πλάτους της ράμπας. Δουλειά μας είναι να μελετήσουμε καλά τις προδιαγραφές σχετικά με αυτό και να το θέσουμε έτσι ώστε να είναι επιτρεπτή και ασφαλής η μετακίνηση του μηχανολογικού εξοπλισμού χωρίς προβλήματα περιορισμένου χώρου ή πιθανής σύγκρουσης διερχόμενων οχημάτων. Το Express εδώ μας επιτρέπει να επιλέξουμε ακριβώς το πλάτος της ράμπας σε κάθε βαθμίδα ξεχωριστά κάτι το οποίο είναι πολύ χρήσιμο ειδικά σε σημεία περιορισμένου χώρου όπου είναι δύσκολο να αλλοιώσουμε την εκσκαφή και κατά συνέπεια μειώνουμε το πλάτος της ράμπας. Εννοείται ότι ο ρόλος του Express για άλλη μια φορά είναι καθοριστικός. Οφείλει να αποδεχθεί τις επιλογές μας και να προσαρμόσει την ράμπα πάνω στην εκσκαφή πραγματοποιώντας οποιαδήποτε αλλοίωση των τμημάτων της αποφεύγοντας την εμφάνιση αρκετά έντονων παρεκκλίσεων από τις αρχικές δηλωμένες τιμές.

Εμείς πάντως επιλέξαμε το πλάτος της ράμπας να διατηρείται σταθερό στα 15 μέτρα σε όλες τις βαθμίδες έτσι ώστε να υπάρχει αρκετός χώρος που θα εγγυάται την ασφαλή διέλευση των οχημάτων ακόμα και σε οριακές καταστάσεις όπως πχ. ταυτόχρονη κίνηση δύο οχημάτων πάνω στην ίδια κατεύθυνση αλλά σε αντίθετες διευθύνσεις.

Το παραγόμενο αποτέλεσμα προσδοκούμε να είναι ένα οδικό σύστημα το οποίο να ικανοποιεί τις απαιτήσεις μας αντιμετωπίζοντας κάθε φορά τους εμφανιζόμενους κατασκευαστικούς περιορισμούς παρέχοντας υπηρεσίες ανάλογες των προσδοκιών μας.



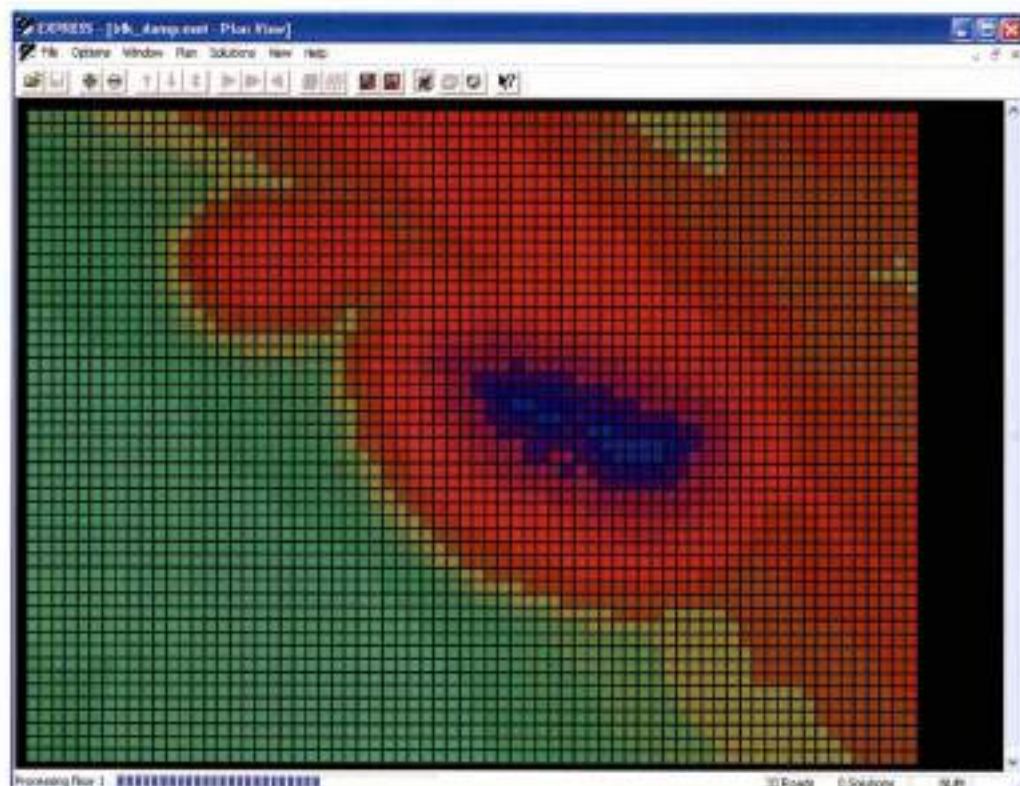
Εικόνα 52: Μεταβολή του πλάτους της ράμπας συνολικά καθώς και σε κάθε βαθμίδα μεμονομένα.

8.4.4 Εκτέλεση διαδικασίας εύρεσης της βέλτιστης διαδρομής

Όταν τελειώσουμε με όλες τις ρυθμίσεις επιβεβαιώνουμε αυτές και ξεκινάμε την διαδικασία εύρεσης βέλτιστης θέσης της ράμπας. Από το δάπεδο του ορυχείου το Express προσπαθεί να ανεβάσει την ράμπα από βαθμίδα σε βαθμίδα νάχνοντας την πιο σύντομη και οικονομική συνάμα διαδρομή μέχρι την έξοδο της στην επιφάνεια. Αν βρισκόμαστε στο **Plan View** μπορούμε να παρατηρήσουμε την πρόοδο της διαδικασίας.

Στην εικόνα 53 βλέπουμε το Express ότι αρχίζει και προβληματίζεται δοκιμάζοντας διάφορες διόδους από τις οποίες πρέπει να διασχίσει τις βαθμίδες και να εξέρθει στην επιφάνεια. Πάνω στο παράθυρο παρατηρούμε ότι μας αναφέρει την αξία κατασκευής της συγκεκριμένης υποψήφιας λύσης που εξετάζεται αυτή τη στιγμή. Στην κάτω μπάρα του λογισμικού βλέπουμε να αναγράφεται η λειτουργία *Processing Floors*.

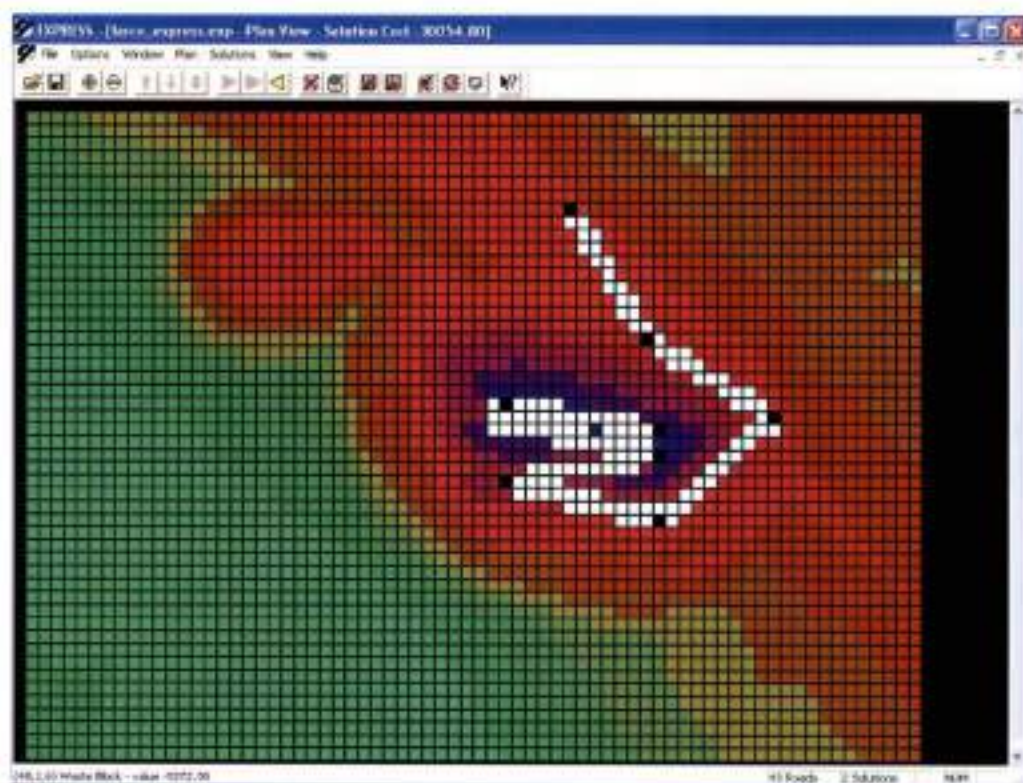
Με αυτή το λογισμικό μας ενημερώνει ότι επεξεργάζεται τα διαθέσιμα πατόματα του ορυχείου και προσπαθεί να εντοπίσει τα αρχικά σημεία ανέγερσης της ράμπας. Εξυπαικούεται πως ανάλογα με το μέγεθος του μοντέλου και του ορισμένου πατόματος προσαρμόζεται και η διάρκεια εκτέλεσης της διαδικασίας. Μίσα από αυτό θα βρει μερικές λύσεις από τις οποίες καλούμαστε να επιλέξουμε την αποδοτικότερη για την περίπτωση μας.



Εικόνα 53: Διεύρυνση διαπύλου κατά την αρχή της διαδικασίας.

Δουλειά μας από εδώ και πέρα είναι να ακολουθήσουμε σχεδιαστικά αυτόν τον ιχνηλάτη, γιατί στην ουσία για αυτό πρόκειται, και στα σημεία όπου τα πράγματα απαιτούν παραχωρήσεις να τις πραγματοποιήσουμε ακολουθώντας πάντα την βασική διαδρομή αποφεύγοντας τις έντονες αλλοιώσεις.

Εξάλλου σε καμιά περίπτωση αυτή δεν αποτελεί πιστό αντίγραφο της πραγματικής ράμπας σε κανονικές συνθήκες για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. Πρόκειται για μια εκτίμηση των καταστάσεων και όλων των παραμέτρων που θα προσπαθήσουμε να αναπαράγουμε όσο πιο καλά γίνεται. Η προτεινόμενη διαδρομή που λάβαμε από το Express Road Planner θα αναλυθεί εξονυχιστικά στο κεφάλαιο που ακολουθεί.



Εικόνα 55: Τελική λύση για την συγκεκριμένη εκσκαφή.

Με το που επιλέξουμε την λύση της αρεσκείας μας από τις προτεινόμενες, αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να την αποθηκεύσουμε έτσι ώστε να μας δοθεί αργότερα η δυνατότητα της εύκολης και γρήγορης ανάκτησης. Το Express «σώζει» τις λύσεις σε ένα αρχείο μορφής *.str (Surface String File). Αυτό θεωρεί την λύση ως μια γραμμή που καταγράφει τις ακριβείς της συντεταγμένες του κάθε σημείου ξεχωριστά. Έτσι κατά την χρήση του από τα δύο λογισμικά η λύση προσαρμόζεται ακριβώς στην κανονική της θέση στο χώρο.

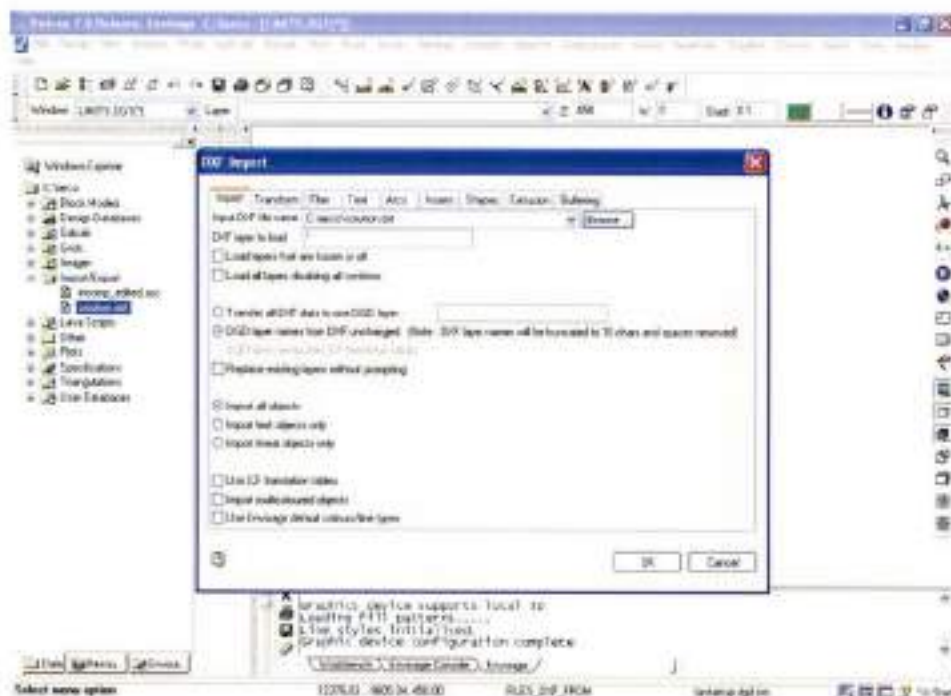
9. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΡΑΜΠΑΣ ΣΤΟ VULCAN 3D SOFTWARE

9.1 Εισαγωγή της βέλτιστης ευρείσας διαδρομής

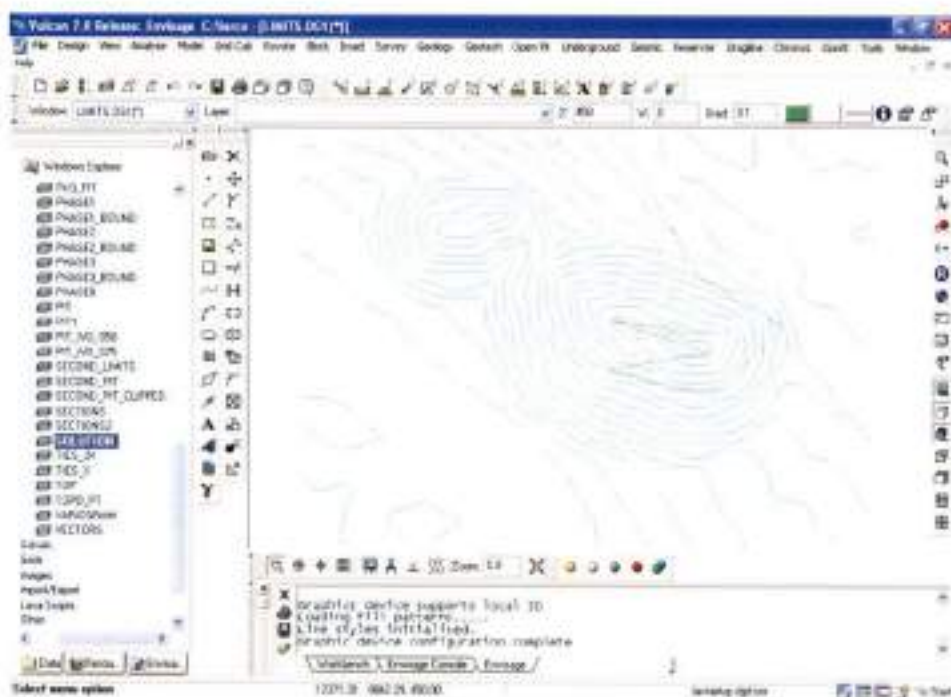
Από εδώ και πέρα λοιπόν θα ασχοληθούμε μόνο με το Vulcan μιας και ο ρόλος του Express και ο στόχος χρήσης του έχουν ολοκληρωθεί. Αυτή την στιγμή έχουμε στα χέρια μας ένα αρχείο*.srt, που περιέχει τον ιχνηλάτη, δουλειά του οποίου είναι η συνεχής παροχή βοήθειας σε μας έτσι ώστε να σχεδιάσουμε την ράμπα όσο πιο πιστά γίνεται. Φορτώνοντας αυτόν καθώς και τα βέλτιστα όρια της εκσκαφής στο Vulcan 3D Software μας παρέχεται η δυνατότητα να παρατηρήσουμε την πιθανή διαδρομή της ράμπας εντοπίζοντας τα αδύναμα σημεία της και παρεμβαίνοντας εκεί που πρέπει.

Αρχικά θα εισάγουμε το αρχείο *.srt που περιέχει την λύση στο Vulcan. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: πρώτον να οδηγηθούμε μέσα από τα παράθυρα του λογισμικού σε μια εντολή η οποία επιτρέπει την εισαγωγή τέτοιας μορφής αρχείων (Surpac String Files) έτσι ώστε να καταφέρουμε να εισάγουμε αυτή με μορφή πολυγώνου, γιατί στην ουσία για αυτό πρόκειται, και δεύτερον να μετατρέψουμε το αρχείο *.srt σε τύπου DXF (Drawing Interchange Format), όπου πρόκειται για μια μορφή αρχείου που μας είναι πολύ πολύ γνωστό από το μεγάλο εύρος εφαρμογής του και την συχνή του χρήση στο σχεδιαστικό πακέτο AUTOCAD, και να το εισάγουμε ως έχει. Το Vulcan έχει την δυνατότητα να δεχθεί τέτοιο τύπου αρχείου μιας και όπως αναφέραμε το διακρίνει μια ευρεία χρήση σε πολλές εφαρμογές και διάφορα λογισμικά. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι το αρχείο τύπου DXF είναι συμβατό και υποστηρίζει αρχεία του κώδικα ASCII καθώς και μορφής Binary αρχεία που χρησιμοποιούνται και από τα δύο λογισμικά. Εμείς πάντως επιλέξαμε να το εισάγουμε ως DXF.

Έτσι ακολουθώντας το μονοπάτι **File>Import Export** θα βρούμε μια εντολή η οποία ακούει στο όνομα **Import DXF**. Εφαρμόζοντας αυτή μπορούμε, με πολύ εύκολο τρόπο, να εισάγουμε την λύση μας στην επιφάνεια εργασίας του Vulcan. Δηλώνοντας το μονοπάτι του σκληρού μας δίσκου, όπου είναι αποθηκευμένη και επιβεβαιώνοντας την επιλογή μας πραγματοποιείται η φόρτωση όπως γίνεται αντιληπτό στην εικόνα 56.



Εικόνα 56: Εισαγωγή λύσης στο Vulcan ως αρχείο DXF (Drawing Exchange File).



Εικόνα 57: Ταυτόχρονη απεικόνιση λύσης και εκσκαφής με επικολαρη στρωμάτων.

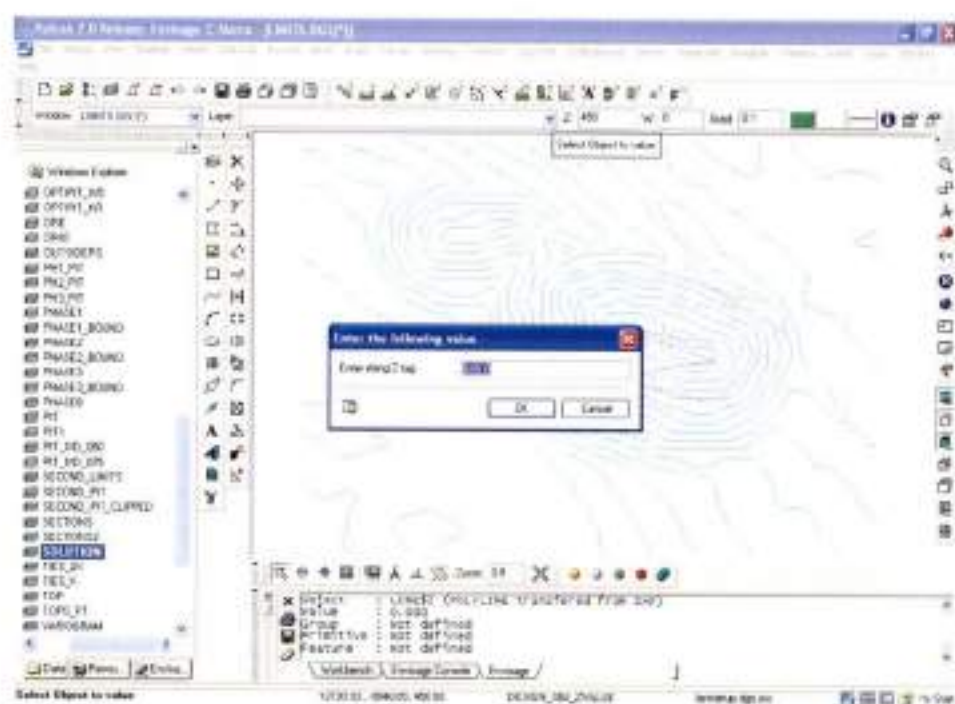
9.2 Περιγραφή της προτεινόμενης διαδρομής

Αφού λοιπόν φορτώσουμε τα όρια της εκσκαφής σε συνδυασμό με τον ιχνηλάτη μπορούμε πλέον να αρχίσουμε να πιθανολογούμε και να επεξεργαζόμαστε διάφορες ιδέες σχετικά με το πώς θα μπορούσε να σχεδιαστεί η ράμπα. Πρέπει η τελική μορφή της σχεδίασης να περιορίζει την ράμπα αρχικά στις βαθμίδες της μιας πλευράς της εκσκαφής και στην συνέχεια να ανέρχεται περιμετρικά προς την έξοδο του ορυχείου όπως είδαμε στο Express Road Planner.

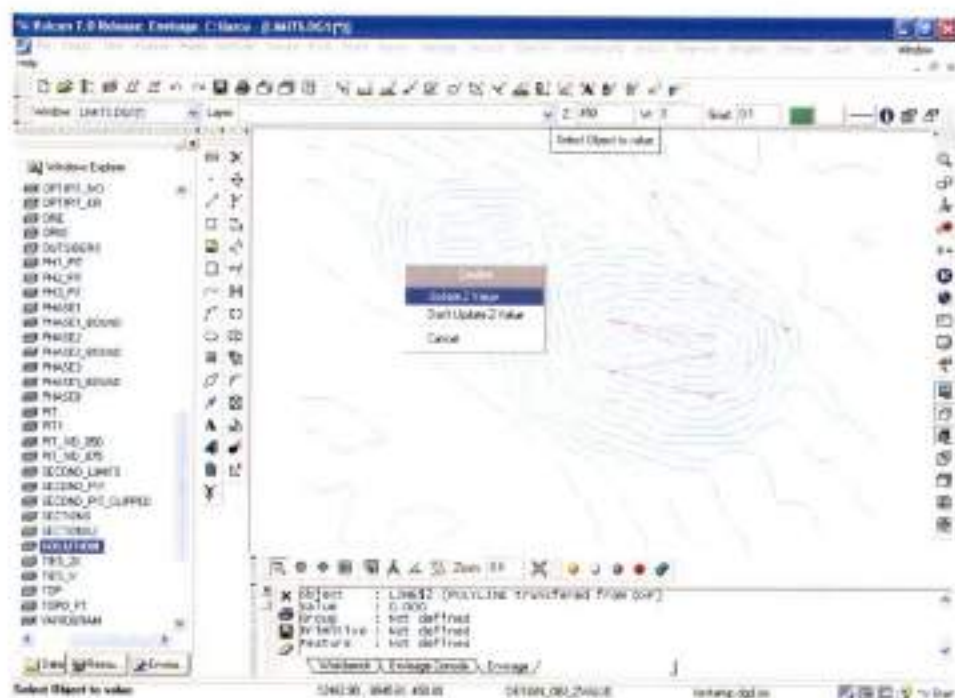
Ουσιαστικά αυτό μας προτείνει να πραγματοποιήσουμε δύο switch-backs εκ των οποίων τα ένα μέχρι την ισοψή των 476 μέτρων και τα δύο περιορισμένα στην μια πλευρά της εκσκαφής και από εκεί και πάνω η ράμπα θα ανέρχεται περιμετρικά στα τοιχώματα της. Αυτό συντέλεσε στο να εντοπιστεί μια δυσλειτουργία του Vulcan που θα ήταν καλό να αναφερθεί. Καθώς πραγματοποιεί την σχεδίαση των υπόλοιπων τμημάτων της ράμπας δεν παρουσιάζει προβλήματα. Όταν όμως έρθει η στιγμή να σχεδιάσει τα switch-backs εκεί τα πράγματα γίνονται πιο πολύπλοκα. Αν και δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μείζων σημασίας πρόβλημα, σε αυτό το σημείο πρέπει να πραγματοποιήσουμε εμείς χειροκίνητα την ενσωμάτωση των συγκεκριμένων οδικών τμημάτων στο σύστημα διότι το Vulcan αδυνατεί να προσεγγίσει την πραγματική θέση και δομή του switch-back. Όπως είπαμε δεν μπορεί να θεωρηθεί ως σημαντική ιδιαιτερότητα του λογισμικού μιας και για αυτό το ίδιο έχει φροντίσει για την αντιμετώπιση του. Υπάρχουν ξεχωριστές επιλογές για την σχεδίαση ενός τέτοιου τμήματος. Η πολυπλοκότητα της δομής αυτού είναι ένας παράγοντας που συμβάλει σε αυτή την δυσλειτουργία. Πάντως εμείς χρησιμοποιήσαμε τα εργαλεία του λογισμικού για την χειροκίνητη σχεδίαση των switch-backs και τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά.

Σημαντικό κομμάτι όλης της υπόθεσης, προτού ξεκινήσουμε την διαδικασία, είναι να παρατηρήσουμε εμείς οι ίδιοι και να εξετάσουμε κάθε τμήμα του ιχνηλάτη που καταλήγει και τι διασχίζει. Ειδικότερα αποκλείουμε οποιαδήποτε πιθανότητα να ακολουθήσουμε αυτόν πίστα σε όλα του τα σημεία, χωρίς να πραγματοποιήσουμε εξομαλύνσεις και διορθώσεις μεταβαλλόμενου βαθμού. Αυτή τη στάση μας μπορεί να την κατανοήσει κανείς παρατηρώντας σχολαστικά την πορεία του αυτού.

Όταν αποφασίσαμε να περιστρέψουμε τα αντικείμενα για να τα παρατηρήσουμε καλύτερα ήταν οφθαλμοφανές ότι υπήρχε μια τεράστια υψομετρική διαφορά μεταξύ τους. Οι τιμές των συντεταγμένων που είχε η ράμπα κατά τον Z άξονα διέφερε κατά πολύ από τις τιμές των ορίων της εκσκαφής με αποτέλεσμα αυτά τα δύο να μην συμπίπτουν μεταξύ τους.



Εικόνα 59: Ορισμός συντεταγμένης κατά τον άξονα Z.



Εικόνα 60: Αποδοχή της υψομετρικής αλλαγής.

Ένας ακόμα τρόπος με τον οποίο μπορούμε να βελτιώσουμε την ορατότητα του ιχνηλάτη και της εκσκαφής είναι η χρήση του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου γνωστό και ως Digital Elevation Model (DEM). Ουσιαστικά δημιουργεί ένα σύνολο σημείων στο χώρο, με βάση τα δεδομένα στρώμα, το οποίο απεικονίζει με ακρίβεια όλες τα χαρακτηριστικά αυτού. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι προσεγγίζει αρκετά την φιλοσοφία και την χρηστικότητα ενός μοντέλου τριγωνισμού λόγω της τρισδιάστατης απεικόνισης των αντικειμένων ως ένα ενιαίο σώμα. Μπορεί να αποκαλεστεί και ως πλέγμα μιας και το σύνολο των σημείων από το οποίο απαρτίζεται αποδίδει αυτή την εντύπωση.

Εμείς φορτώσαμε στην επιφάνεια εργασίας τα όρια της εκσκαφής και δημιουργήσαμε ένα DEM που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Ο ιχνηλάτης είναι σαφές ότι δεν θα συμμετάσχει στην διαδικασία δημιουργίας του μοντέλου αλλά θα προστεθεί αργότερα για να περιγραφεί και να παρατηρηθεί σχετικά με την πορεία που διανύει. Επιλέγοντας την εντολή **Load DEM** από το μενού **Grid Calc>Data** μας να ανοίγει ένα παράθυρο εντός του οποίου καλούμαστε να οριοθετήσουμε το μοντέλο αυτό στο χώρο. Δίνοντας ορισμένες τιμές σχετικά με τις συντεταγμένες του στρώματος, το μέγεθος του πλέγματος, ένα εύρος υψομέτρου καθώς και μιας ονομασία για να το διακρίνουμε δημιουργούμε το μοντέλο που φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 61: Ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο μεταλλείου Αγίου Ιωάννη.

Παραδεχόμαστε ότι σε γενικές γραμμές ο ιχνηλάτης παρείχε κατά το μεγαλύτερο μέρος του πραγματικά «βέλτιστα» τμήματα διαγράφοντας μια πραγματικά ικανοποιητική πορεία. Αυτό όμως δεν μπορεί να αναιρέσει τις ασάφειες που εντοπίστηκαν σε μερικά σημεία. Βρέθηκαν περιοχές μέσα στην εκσκαφή όπου το οδικό σύστημα δεν συμπίπτει με αυτές με αποτέλεσμα μερικά τμήματα του, να βρίσκονται κυριολεκτικά στον «αέρα» χωρίς να διέρχονται σε κάποιο στερεό τμήμα των τοιχωμάτων αυτής.

Το θέμα είναι ότι η διαδρομή αυτών των ανακριβή τμημάτων ήταν σωστή ανεξαρτήτως της θέσεων τους στο χώρο αυτό κάτι που μας οδήγησε στην κανονική σχεδίαση των οδικών τμημάτων θεωρώντας ότι αυτά αναπτύσσονται σε κάποιο σταθερό τμήμα της εκσκαφής, αποφεύγοντας την λήψη ακραίων διαστάσεων του θέματος. Αμφιβολίες για ουσιαστική αύξηση των οικονομικών παραγόντων δεν υπάρχουν μιας και σοβαρές αλλοιώσεις της μορφής της διαδρομής και των ορίων του ορυχείου δεν πραγματοποιήθηκαν.

Πάντως καλό θα ήταν να πραγματοποιήσουμε μια εξομάλυνση του ιχνηλάτη και να παρέμβουμε όπου κρίνουμε απαραίτητο πραγματοποιώντας μερικές τεχνικές διαφοροποιήσεις. Στόχος μας είναι να μπορέσουμε να εγγυηθούμε την πλήρης επαναφορά της ορθότητας και της απόλυτης λειτουργικότητας της κατασκευής. Εξάλλου ένα εύρος ανοχών στο κατασκευαστικό κομμάτι είναι επιτρεπτό για λόγους ασφάλειας και αντοχής της ράμπας για όλη την διάρκεια ζωής του μεταλλείου χωρίς να αυξάνουμε κατά πολύ το κόστος, αποφεύγοντας έτσι τον αρνητικό χαρακτηρισμό του αρχικού κεφαλαίου υλοποίησης και του δεδομένου προϋπολογισμού.

Όπως προείπαμε περιπτώσεις μηδενικής επέμβασης από μέρους μας θα συναντούσαμε μόνο σε ιδανικές συνθήκες χάραξης της διαδρομής από το Express, η εμφάνιση του οποίου αποτελεί «σπάνιο φαινόμενο» ακόμα και στις μέρες με την χρήση τεραστίων δυνατοτήτων προσωπικών υπολογιστών καθώς και ισχυρών πακέτων μεταλλευτικής πληροφορικής.

Αυτό φυσικά οφείλεται στην αυξημένου βαθμού πολυπλοκότητα που εμφανίζει μια σημερινή εκσκαφή, στον αρκετά μεγάλο αριθμό παραγόντων από την οποία επηρεάζεται η διάταξη της και στην ραγδαία εξέλιξη των τεχνικών και μεθόδων υλοποίησης μιας εκμετάλλευσης. Όλο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πραγματοποίηση απεγνωσμένων προσπαθειών από τις εταιρίες παραγωγής ειδικευμένων λογισμικών για ποιο λεπτομερείς και σχολαστική προσομοίωση της πραγματικότητας κάτι το οποίο εμπεριέχει ανακριβείες, ακόμα και από ισχυρά πακέτα, που έχουν ως αποτέλεσμα τις προαναφερθείσες ατέλειες των αποτελεσμάτων.

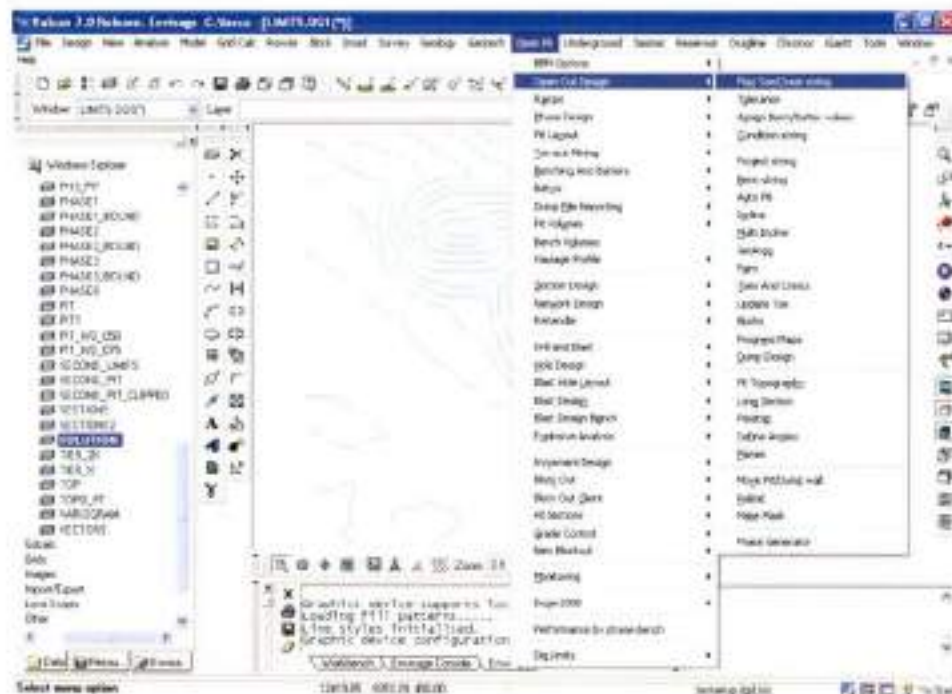
Πάντως αν εξαιρεθούν αυτές, οι λύσεις που παρουσιάζονται από αυτά βοηθούν αρκετά τον μηχανικό όπου σε συνδυασμό με την εμπειρία και της γνώσεις του προκύπτουν αρκετά εντυπωσιακά και ικανοποιητικά αποτελέσματα που καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις μας. Ως γενικό συμπέρασμα θα μπορούσαμε να πούμε ότι η πιθανή μορφή της ράμπας που προτείνεται από το Express καλύπτει ικανοποιητικά τις ανάγκες μας, κάτι το οποίο αν συνδυαστεί με τις δικές μας παρεμβάσεις παράγει κάτι το πραγματικά το αξιόπιστο και το εντυπωσιακό.

9.3 Σχεδίαση της ράμπας

9.3.1 Ορισμός αρχικού πολυγώνου σχεδίασης

Πρώτα από όλα πρέπει να ορίσουμε το δάπεδο του ορυχείου κάτι το οποίο αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την αρχική θέση της ράμπας και κατά συνέπεια και της σχεδίασης της. Αυτό γίνεται απλά από την επιλογή **Open Cut Design > Flag Toe / Crest String** η οποία απεικονίζεται παρακάτω. Συνήθως κατά τον ορισμό του πατώματος ενός μεταλλείου στο Vulcan, στα βέλτιστα όρια αυτού, επιλέγουμε πάντα ένα-δύο πολύγωνα ποιο πάνω από το τελευταίο της εκσκαφής. Αυτό το κάνουμε διότι το τελευταίο πολύγωνο χαρακτηρίζεται συνήθως από σημαντική έλλειψη χωρικής έκτασης. Κύριο χαρακτηριστικό του πατώματος ενός μεταλλείου είναι η ελάχιστη επιτρεπόμενη έκταση που μπορεί να διαθέτει.

Στο πάτωμα βρίσκεται το αρχικό σημείο ανέγερσης της ράμπας, πραγματοποιούνται εργασίες από τα μεταφορικά μηχανήματα, καταλήγουν τα νερά από τις βρόχινες περιόδους κ.α. Από αυτά γίνεται κατανοητό ότι πρέπει να εκμεταλλευτούμε όσο το δυνατόν περισσότερο χώρο γίνεται, εντός των πλαισίων πάντα, έτσι ώστε να εγγυηθούμε την εξασφάλιση των παραπάνω με ασφάλεια. Αφού επιλέξουμε την εντολή θα πρέπει να ορίσουμε ένα πολύγωνο που θα δηλωθεί ως το κατώτερο πόδι ή φρύδι του ορυχείου έτσι ώστε να γνωρίζει το Vulcan ακριβώς ποια περιοχή θα λάβει υπόψη ως αρχική κατά τον σχεδιασμό της ράμπας. Η επιλογή του αυτό τονίζεται με ένα χρώμα (συνήθως κόκκινο) έτσι ώστε να γίνεται εμφανές κατά τον σχεδιασμό.



Εικόνα 62: Εντολή ορισμού πατόματος μεταλλείου για την σχεδίαση της ράμπας.

Αν και πάντα σχεδόν κατά την διάρκεια του σχεδιασμού ορίζουμε ως πάτωμα του ορυχείου κάποιο από τα πιο χαμηλά εδώ κάναμε κάτι τελείως το διαφορετικό. Επιλέξαμε το τέταρτο από το τέλος αφηρώντας εντελώς την πραγματική θέση του διαπέδου. Αυτό έγινε με την λογική της ορθότερης αντιμετώπισης της εμφανής πολυπλοκότητας της σχεδίασης της ράμπας. Με αυτό τον τρόπο ορίσαμε θεωρητικά το δάπεδο του ορυχείου στην μέση της εκσκαφής έτσι ώστε να έχουμε την δυνατότητα να «χωρίσουμε» εικονικά αυτή σε δύο τμήματα και να σχεδιάσουμε το καθένα ξεχωριστά από το ίδιο κοινό πολύγωνο αποτρέποντας τον ορισμό ενός άλλου, κάτι που θα έκανε πολύ πιο απλά τα πράγματα.

Εφόσον σχεδιαστεί σωστά αυτό, από εκεί και πέρα χωρίζουμε εικονικά την ράμπα σε δύο μέρη, ένα προς τα πάνω και ένα προς κάτω. Όσο αφορά το προς τα πάνω τα πράγματα είναι πολύ απλά αφού το μόνο που έχουμε να κάνουμε είναι να πραγματοποιήσουμε μια περιμετρική ανέγερση αυτής, γύρω από τις βαθμίδες, έως όπου συναντήσουμε την θέση εξόδου στην επιφάνεια. Το τμήμα της ράμπας από την μέση και κάτω απαιτεί περισσότερη προσοχή μιας και πρέπει να σχεδιάσουμε άλλα δύο switch-backs και να καταλήξουμε την ράμπα με κατεύθυνση παράλληλη προς στο πολύγωνο και όχι κάθετη σε αυτό.

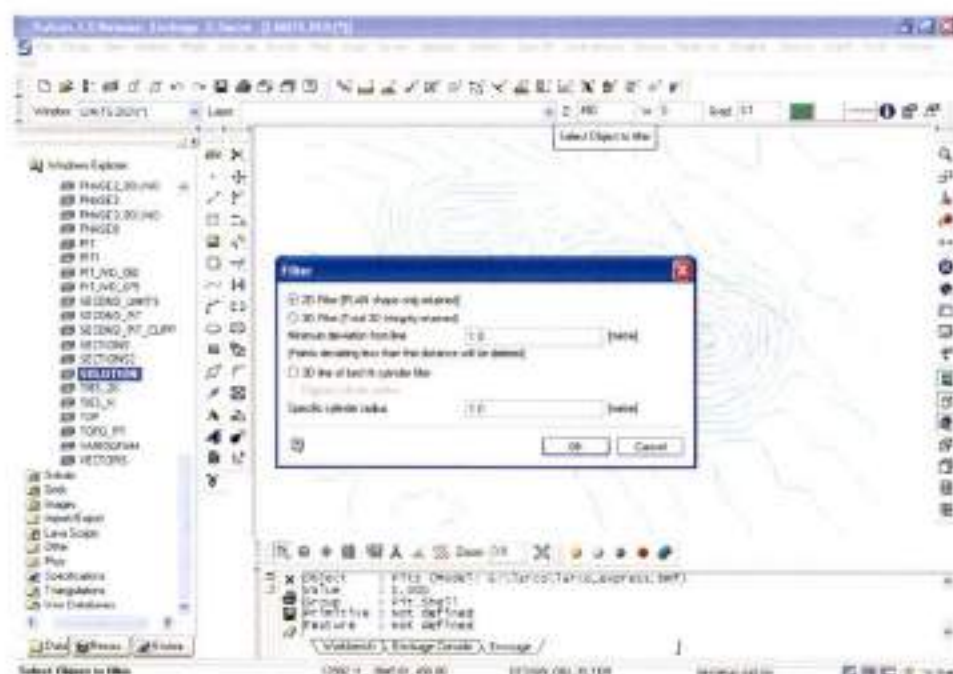
Ο λόγος είναι ότι αν καταλήγαμε ή ξεκινάγαμε την ράμπα τοποθετημένη κάθετα στο πολύγωνο τότε αυτό θα μας εξαντλούσε ακόμα περισσότερο τον περιορισμένο χώρο που έχουμε στην διάθεση μας και κατά συνέπεια θα δυσκόλευε τις μετακινήσεις του μηχανολογικού εξοπλισμού. Γενικά κοιτάμε να αξιοποιήσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα την διαθέσιμη έκταση εντός του μεταλλείου. Με μια βελτιστοποίηση διαχείρισης του χώρου επιτυγχάνουμε την μείωση του κόστους των απαιτούμενων καυσίμων για τα μηχανήματα εφόσον μειώνονται τα άσκοπα δρομολόγια και οι χρονικές καθυστερήσεις που θα μπορούσαν να προκληθούν από την συσσώρευση μεταφορικών μηχανημάτων σε ένα σημείο του πατώματος καθώς και στις παραγωγικές βαθμίδες του μεταλλείου.

Πάντως ο σχεδιαστής πρέπει να είναι αρκετά ευαισθητοποιημένος και προσεκτικός κατά την σχεδίαση των οδικών τμημάτων της ράμπας έτσι ώστε να απορρεύσει ένα τεχνικά ορθό και ικανοποιητικό αποτέλεσμα που θα μπορεί να καλύψει τις προκύψαντες μεταφορικές ανάγκες. Το τονίζουμε ιδιαίτερα διότι λάθη από απροσεξία δεν θεωρούνται αποδεκτά μιας και τα έξοδα κατά την αποκατάσταση αυτών αυξάνονται ραγδαία καθώς παρατηρείται και μια έντονη τροποποίηση του χρονοδιαγράμματος, όπου ειδικά στα μεταλλεία θεωρείται καταστροφικό.

Ας περάσουμε όμως τώρα να δούμε όλα αυτά απεικονιζόμενα από τα παράθυρα του Vulcan 3D Software για να γίνουν τα λεγόμενα ποιο κατανοητά και να καθοριστούν καλύτερα οι λεπτομέρειες.

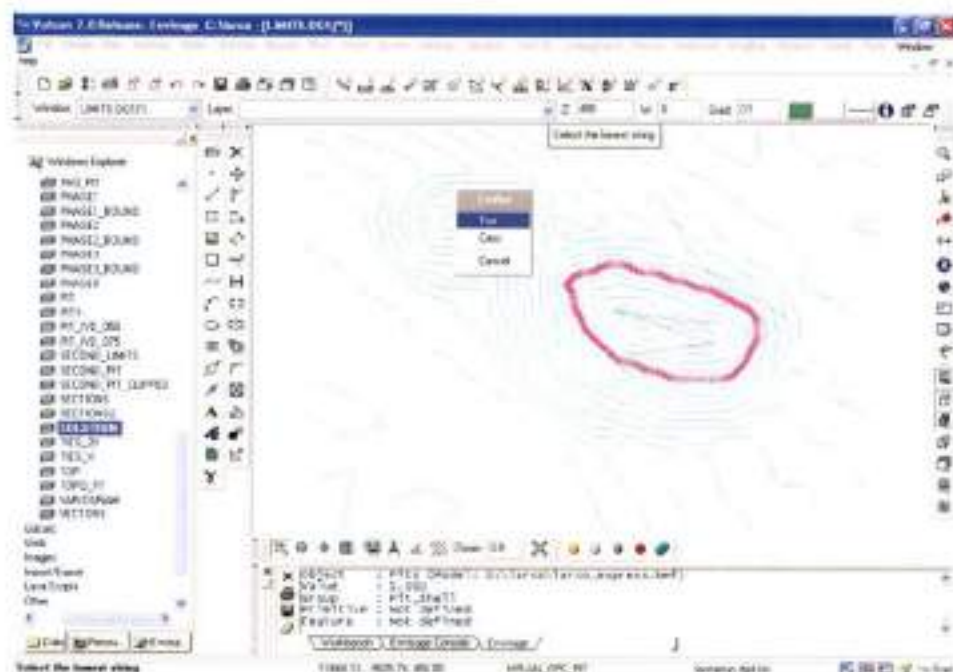
Πρώτα από όλα θα πραγματοποιήσουμε την εξομάλυνση του πολυγώνου που αναφέραμε ποιο πριν. Αυτό γίνεται μέσα από την εντολή **Filter** που βρίσκουμε από το μενού **Design** και το υπό-μενού **Object Edit**. Επιλέγουμε το αντικείμενο πάνω στο οποίο θέλουμε να εφαρμόσουμε το «φίλτρο» και τροποποιούμε τις ρυθμίσεις για αυτό.

Στην εικόνα 63 βλέπουμε τις δυνατότητες εξομάλυνσης των ορίων του πολυγώνου διαθέτουμε. Εμείς θα εφαρμόσουμε ένα δυσδιάστατο φίλτρο μιας και το πολύγωνο επεκτείνεται στις δύο διαστάσεις. Φυσικά υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής του φίλτρου και σε αντικείμενα τριών διαστάσεων κάτι το οποίο δεν θα εφαρμοστεί εδώ μιας και δεν απαιτείται. Συγκεκριμένα θα ορίσουμε μία τιμή ελάχιστης απόκλισης από μια γραμμή έτσι ώστε το πολύγωνο μας να γίνει ποιο «ομαλό». Εμείς βάλαμε 1 μέτρο μιας και το παραγόμενο αποτέλεσμα κάλυπτε τη θέση εκκίνησης της ράμπας.



Εικόνα 63: Εξομαλυνση πολυγώνου για ευνοϊκότερη τοποθέτηση της ράμπας.

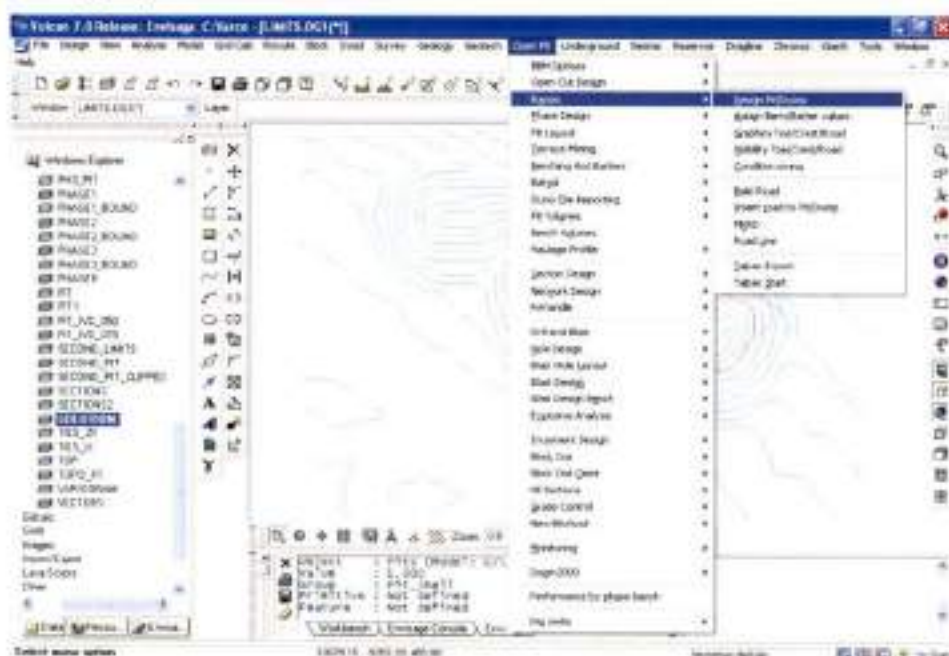
Αρχικά το Vulcan απαιτεί από μας να προσδιορίσουμε διάφορα χαρακτηριστικά της ράμπας. Η κλίση αυτής, το πλάτος της, το ύψος των βαθμίδων από τις οποίες θα διέρθει καθώς και η συνολική γωνία εκμετάλλευσης είναι μερικοί από τους παράγοντες που χρήζουν καθορισμό και είναι υπεύθυνοι για την τελική εικόνα της εκσκαφής γενικότερα.



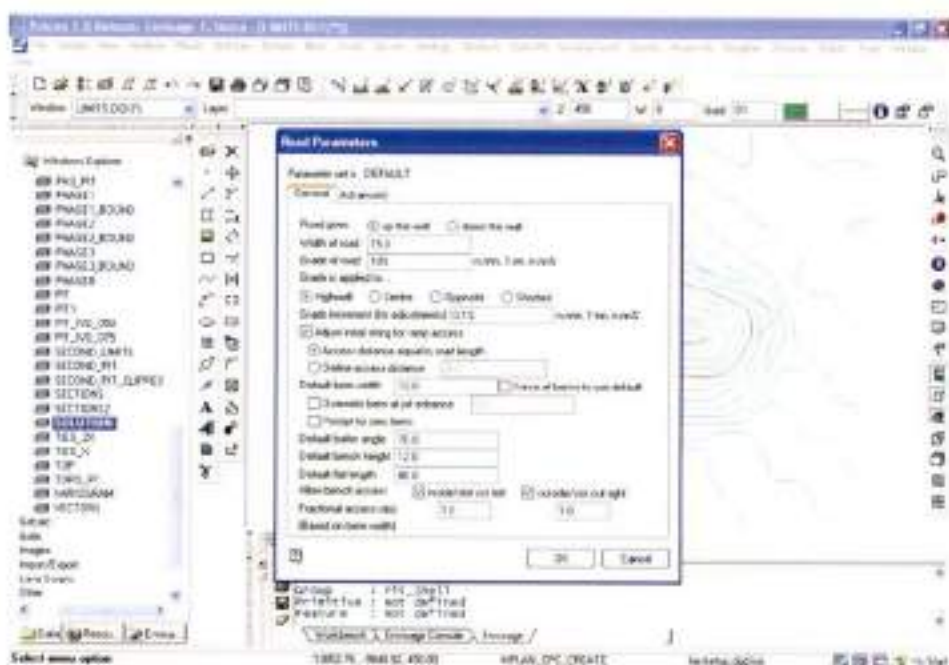
Εικόνα 64: Επιλογή πολυγώνου ως υποτιθέμενο πάτωμα του μεταλλείου.

9.3.2 Εκκίνηση διαδικασίας σχεδιασμού της ράμπας

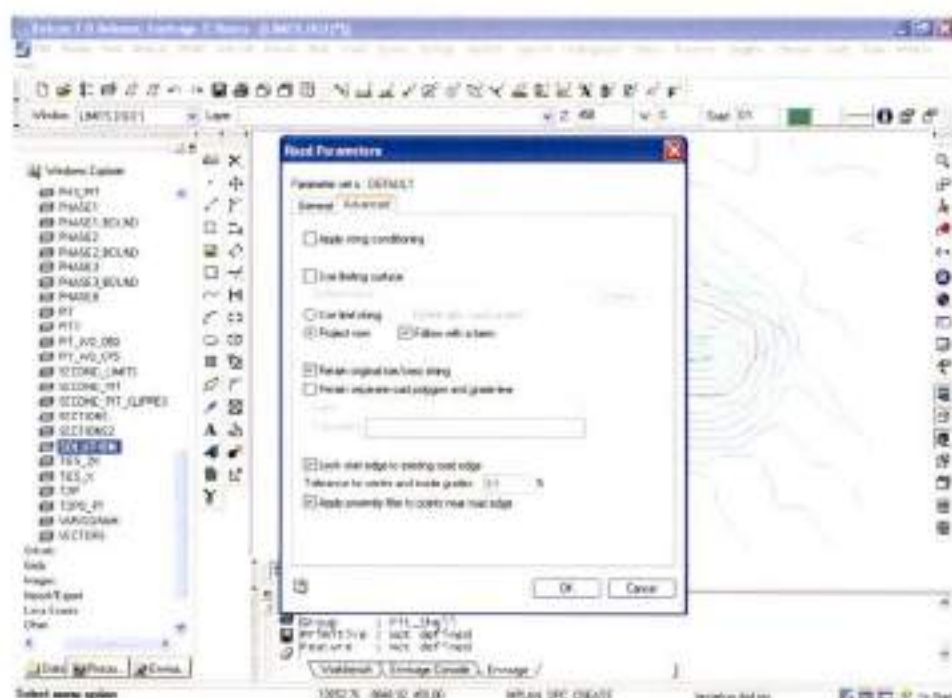
Τώρα πλέον θα ξεκινήσουμε την σχεδίαση επιλέγοντας την λειτουργία **Design Road/Dump** μέσα από το μενού **Ramps** και έχοντας ήδη φορτώσει τα όρια της εκσκαφής καθώς και τον ιχνηλάτη κοιτάζοντας την κάθε φορά και εκτιμώντας τις υποψήφιες θέσεις προσπέλασης της.



Εικόνα 65: Εντολή εκκίνησης σχεδιασμού ράμπας.



Εικόνα 66: Γενικές ρυθμίσεις οδικών παραμέτρων.

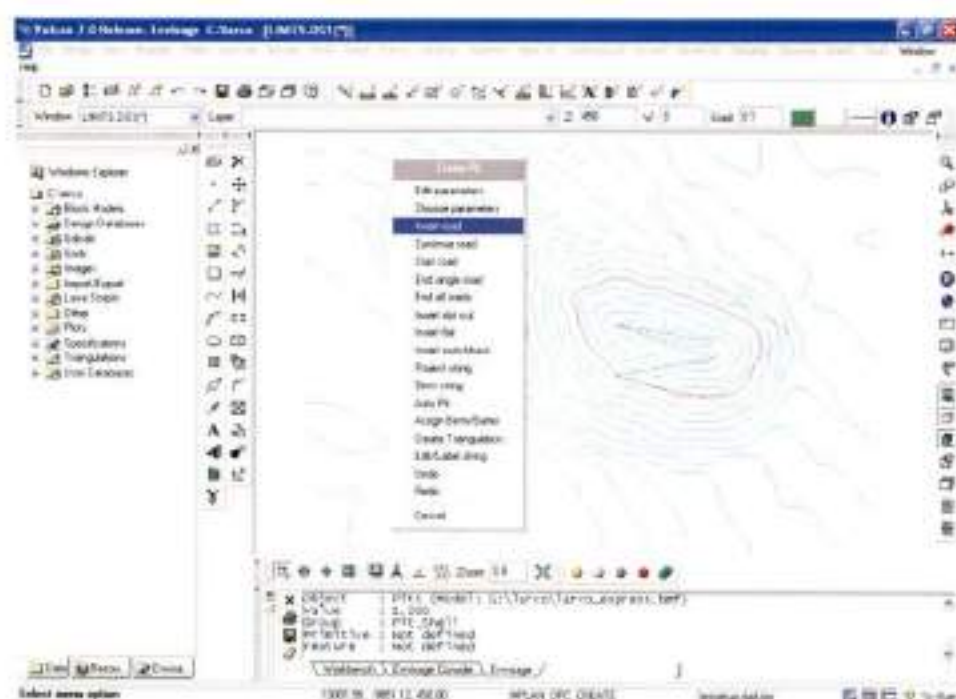


Εικόνα 67: Ειδικευμένες ρυθμίσεις οδικών παραμέτρων.

Με το που επιλέξουμε την εντολή εμφανίζονται τα παράθυρα στις παραπάνω εικόνες. Αφορούν διάφορες ρυθμίσεις σχετικά τα χαρακτηριστικά της ράμπας. Στην εικόνα 66 βλέπουμε ότι έχουμε επιλέξει να ανέρχεται προς την επιφάνεια, το πλάτος της να περιορίζεται στα 15 μέτρα και η κλίση της να είναι 10%. Πρέπει να αναφέρουμε ότι το πλάτος της ράμπας οφείλει να καλύπτει τις χωρικές ανάγκες δύο τουλάχιστον μηχανημάτων τόσο για την ασφαλή διεύθυνση αυτών προς τις αντίθετες κατευθύνσεις όσο και σε περίπτωση ατυχήματος. Επίσης ορίζουμε το πλάτος της βαθμίδας στα 12 μέτρα, την γωνία πρηνούς βαθμίδας στις 70 μοίρες, το ύψος της βαθμίδας στα 12 μέτρα, το προεπιλεγμένο μήκος επιπέδου στα 70 μέτρα καθώς αποδεχόμαστε την όδευση της ράμπας προς τις βαθμίδες ορίζοντας τον λόγο, σχετικά με την πρόσβαση σε αυτές, στο 1.

Μετά από αυτά πλέον οι τεχνικές ρυθμίσεις σχετικά με τη σχεδίαση της ράμπας έχουν πραγματοποιηθεί και το μόνο που απομένει είναι η εκκίνηση της διαδικασίας που περιγράφεται στην ενότητα που ακολουθεί. Σε περίπτωση που το αποτέλεσμα δεν θα ικανοποιεί της προϋποθέσεις και τις απαιτήσεις μας τονίζεται ότι θα παρέμβουμε προσαρμόζοντας αυτές έως ότου παρθεί κάτι το ουσιαστικό.

Με το που επιλέξουμε την παραπάνω εντολή εμφανίζεται στην οθόνη μας ένα παράθυρο, που φέρει την ονομασία **Create Pit**, και περιλαμβάνει διάφορες εντολές που έχουν ως στόχο την πιο εύκολη και πιο αποτελεσματική κατάληξη της διαδικασίας. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 68 οι εντολές είναι αρκετές και καλύπτουν μια πληθώρα εφαρμογών.



Εικόνα 68: Μενού επιλογών για τον σχεδιασμό της ράμπας.

Ποιο χαρακτηριστικές από αυτές είναι:

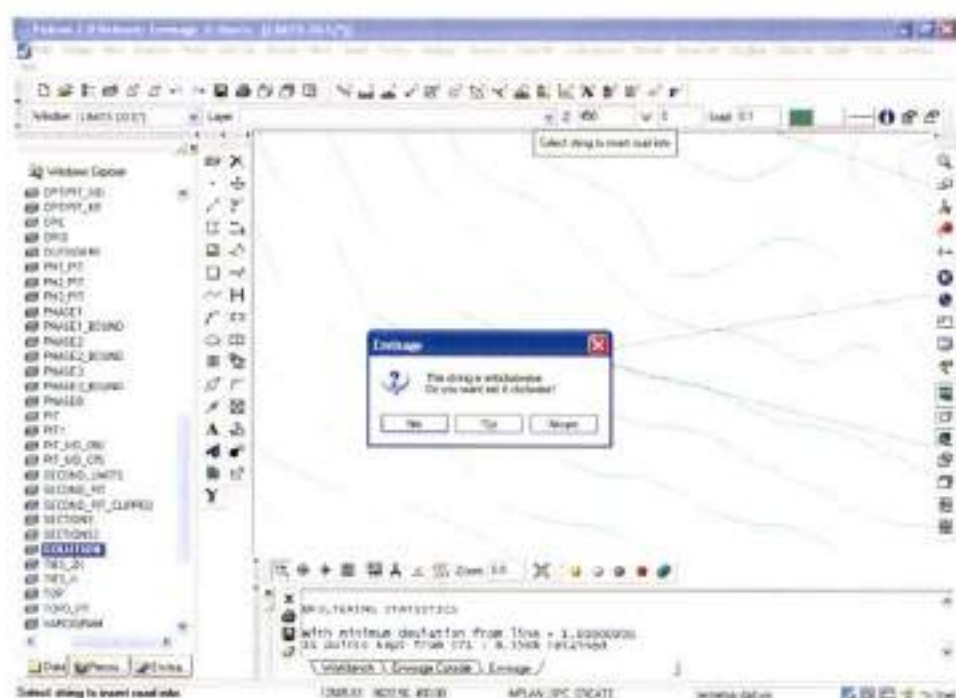
Η **Insert road** η οποία ξεκινά τη ράμπα από κάποιο σημείο του αρχικού πολυγώνου και επιτρέπει την συνέχιση του σχεδιασμού της παράλληλα με την κατασκευή των βαθμίδων.

Η **Edit/Label string** αντικείμενο της οποίας αποτελεί η τροποποίηση ορισμένων πολυγώνων έτσι ώστε να ακολουθούν καλύτερα τα βέλτιστα όρια της εκμετάλλευσης καθώς και η διόρθωση κάποιων σφαλμάτων που δημιουργούνται κατά την προβολή των πολυγώνων από επίπεδο σε επίπεδο.

Η **Insert Switchback** η οποία επιτρέπει την εισαγωγή αναστροφής ράμπας.

Η **Edit parameters** όπου τροποποιεί τις ήδη ορισμένες παραμέτρους και αρκετές ακόμα όπως είναι η **Continue road** για την συνέχιση της ράμπας, η **End single road** για τον τερματισμό αυτής κ.α.

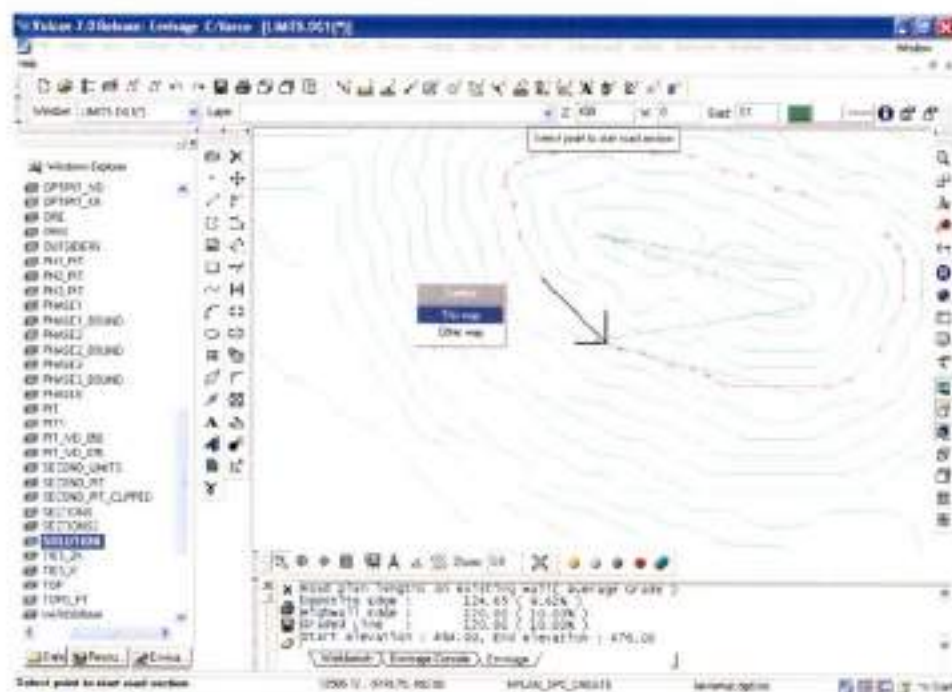
Τις περισσότερες φορές αναγκαζόμαστε να χρησιμοποιήσουμε τις πιο πολλές από αυτές αναπτύσσοντας μια συνεργασία μεταξύ τους η οποία μας παρέχει τρομερές δυνατότητες σχεδίασης. Έτσι για το τμήμα της ράμπας από την μέση της εκσκαφής και πάνω έχουμε: Ξεκινώντας την λειτουργία **Insert road** κάνουμε κλικ στο αρχικό πολύγωνο. Με το που εμφανιστούν τα σημεία του τότε επιλέγουμε αυτό από το οποίο θα ξεκινήσει η ράμπα.



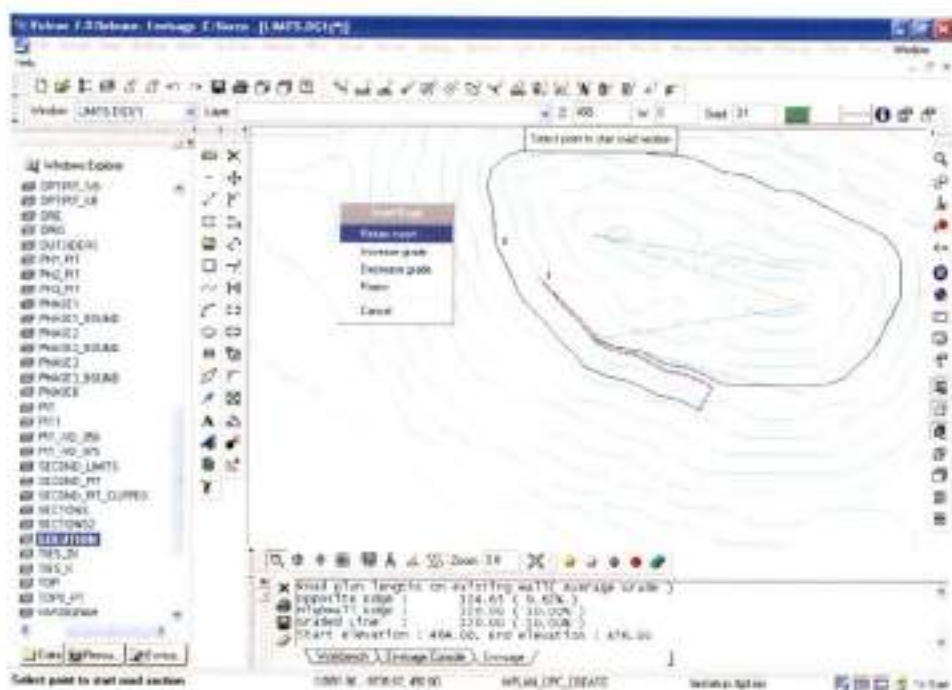
Εικόνα 69: Ρύθμιση φοράς σημείων πολύγωνου.

Αμέσως το σύστημα μας προειδοποιεί ότι το πολύγωνο που επιλέξαμε έχει φορά σημείων αντίθετη από αυτή του ρολογιού (αριστερόστροφη) και μας δίνει την δυνατότητα επιλογής να το αλλάξουμε. Επειδή θέλουμε να προβάλλονται τα πολύγωνα προς τα επάνω και προς τα έξω επιλέγουμε να αλλάξουμε αυτή και να την κάνουμε σύμφωνη με την φορά των δεικτών του ρολογιού (δεξιόστροφη). Μετά από την επιλογή του σημείου, ως αρχικού για τον σχεδιασμό της ράμπας, στο πολύγωνο ορίζουμε ποια θα προτιμούσαμε να είναι η φορά της ράμπας. Ένα βελάκι πάνω από το σημείο μας και με φορά προς το επόμενο μας επισημαίνει αυτή (εικόνα 70). Αφού επιλέξουμε τη φορά εμφανίζεται το πρώτο τμήμα της ράμπας. Σε περίπτωση που είναι οπτικά σωστό επιλέγουμε το **Retain Insert** στο μενού με τον τίτλο *insert road*, που εμφανίζεται. Έτσι προβάλλεται το φρύδι της πρώτης και το πόδι της επόμενης βαθμίδας όπου μαζί με το οδικό τμήμα αποτελούν το πρώτο ολοκληρωμένο κομμάτι της ράμπας.

Επικυρόνουμε την διαδικασία και πατάμε το **Continue road** για να συνεχίσουμε με τον ίδιο τρόπο και τα υπόλοιπα κομμάτια αυτής έως ότου εξάγουμε την ράμπα στην επιφάνεια.

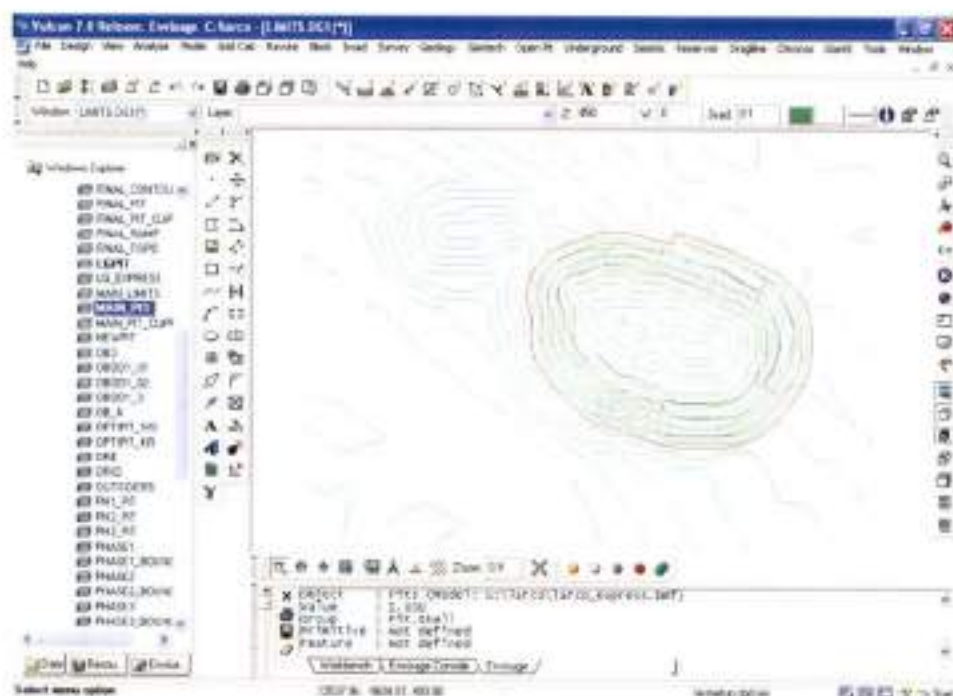


Εικόνα 70: Κατεύθυνση σχεδίασμού της ράμπας.



Εικόνα 71: Σχεδίαση του πρώτου τμήματος της ράμπας.

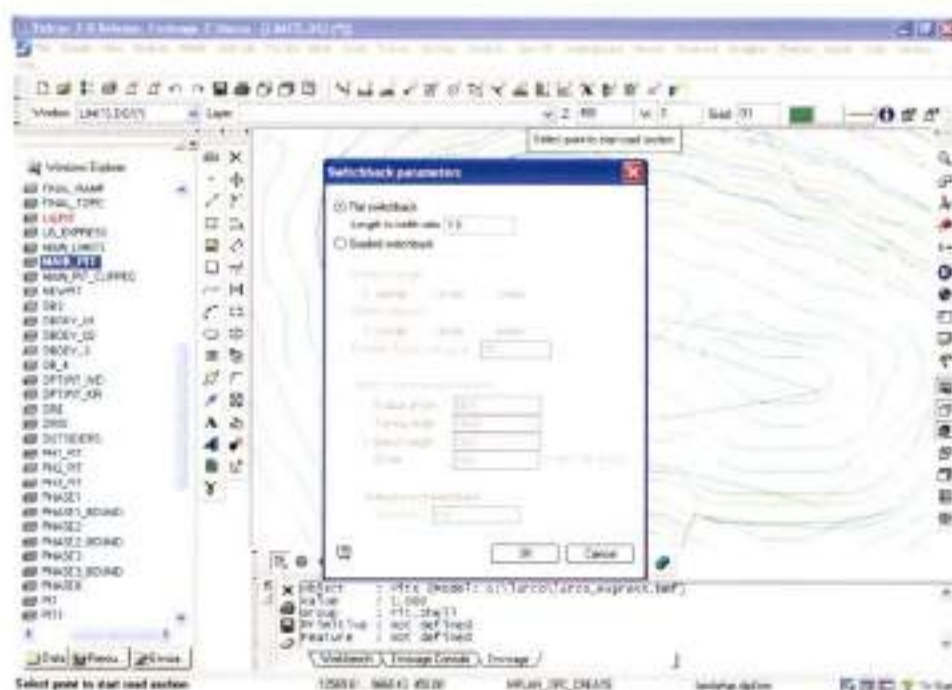
Αν και σε εμάς από την μέση και πάνω δεν έτυχε, σε περίπτωση που διαπιστώσουμε ότι η ράμπα δεν ακολουθεί την πορεία του ιχνηλάτη μπορούμε να παρέμβουμε σταματώντας αυτή και να πραγματοποιήσουμε διαφοροποιήσεις εκεί που χρειάζεται. Αυτό γίνεται αν κατά την διάρκεια της διαδικασίας στην ερώτηση για συνέχιση του σχεδιασμού εμείς κάνουμε δεξί κλικ και από το αρχικό μενού επιλέξουμε την λειτουργία **Edit/Label string**. Θα εμφανιστεί ένα ακόμα μενού στο οποίο θα επιλέξουμε την εντολή **Replace String**. Ουσιαστικά αυτή αντικαθιστά τμήμα του ποδιού της βαθμίδας με ένα τμήμα από το βέλτιστο όριο. Με μια απλή διαδικασία επιλογής και αντικατάστασης σημείων παρεμβαίνουμε στο επιθυμητό τμήμα και το αλλάζουμε. Μετά από την τροποποίηση, κάνουμε δεξί κλικ για να σταματήσουμε την λειτουργία αντικατάστασης και επιλέγουμε την λειτουργία **Don't interpolate Z** και **Retain**. Με ακόμα μια φορά δεξί κλικ επιστρέφουμε στο μενού επιλογών σχεδιασμού και συνεχίζουμε την σχεδίαση αυτής επιλέγοντας **Continue road** καθώς και πάλι πρέπει να αντικαταστήσουμε το τμήμα του τελευταίου ποδιού για να ακολουθεί σε εκείνο το επίπεδο. Αφού ολοκληρώσουμε τον σχεδιασμό αποθηκεύουμε το στρώμα και το παρατηρούμε στην εικόνα 72.



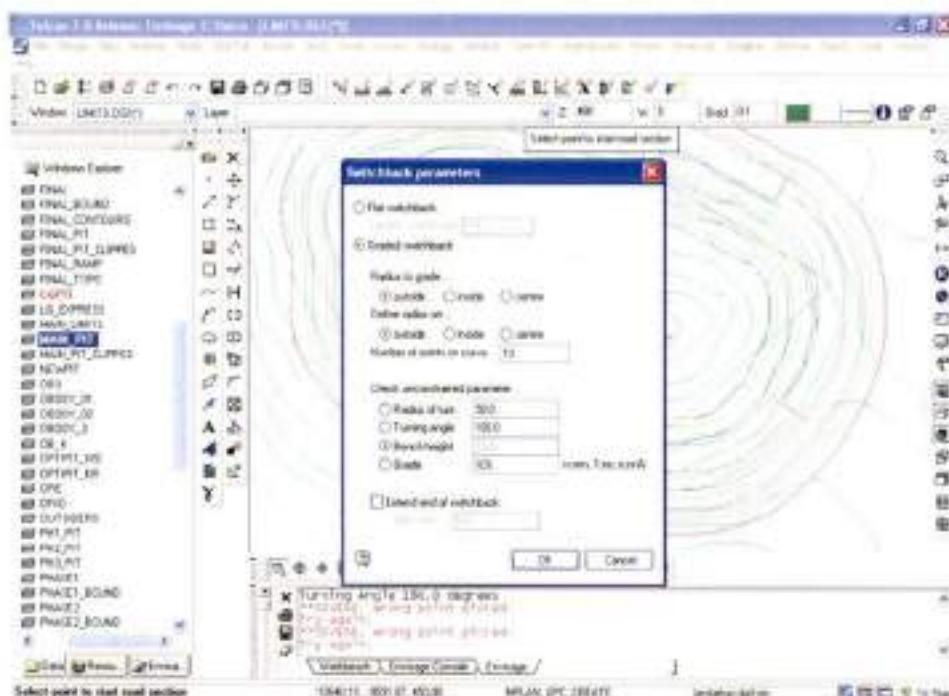
Εικόνα 72: Τελικό σχέδιο της ράμπας από την μέση του μεταλλείου ως την επιφάνεια.

Απομένει το πιο δύσκολο κομμάτι του σχεδιασμού που δεν είναι άλλο από την σχεδίαση της ράμπας από την μέση και κάτω. Πρέπει να ενσωματώσουμε δύο switch-backs σε αυτή. Αυτό γίνεται από την εντολή **Insert switchback** του μενού *Create pit* που αναλύσαμε πιο πάνω.

Μετά την επιλογή του, εμφανίζεται το παράθυρο στην εικόνα 73. Γίνεται ορατή η δυνατότητα σχεδίασης δύο τύπων switch-back: ενός επίπεδου και ενός υπό κλίση. Στην πρώτη μορφή το μόνο που έχουμε να κάνουμε είναι να καθορίσουμε μια τιμή του μήκους στην αναλογία πλάτους που θα εφαρμοστεί στην τελευταία απόσταση του τελευταίου προβαλλόμενου δρόμου και του τοίχου. Στην δεύτερη πρέπει να δηλώσουμε αρκετές τιμές σχετικά με την ακτίνα στροφής του, με την συνολική γωνία στροφής του, με την κλίση του, καθώς και με τον απαραίτητο αριθμό σημείων της καμπύλης που θα σχηματίζει κάθε φορά. Εμείς χρησιμοποιήσαμε και τους δύο σχεδιαστικούς τύπους. Το switch-back που βρίσκεται κοντά στο δάπεδο το σχεδιάσαμε με χρήση της κεκλιμένης μορφής και το δεύτερο στις βαθμίδες με χρήση της επιπέδου μορφής.



Εικόνα 73: Επιλογή επίπεδου switch-back.



Εικόνα 74: Επιλογές κεκλιμένου switch-back.

Σχετικά με τον δεύτερο τύπο θα ήταν καλό να αναφέρουμε ότι γενικά ο βαθμός κυρτότητας ενός switch-back ορίζεται από την εξής σχέση: $H=A \cdot R \cdot \tan(G)$

όπου: H= ύψος βαθμίδας

A= γωνία στροφής

R= ακτίνα στροφής

G= κλίση της ράμπας

Επομένως κατά τον σχεδιασμό της καμπυλότητας των switch-back μπορούμε να διευκρινίσουμε τρεις από τις ανωτέρω παραμέτρους, χωρίς να υπάρχει ανάγκη δήλωσης και της τέταρτης, μιας και θα την συμπληρώσει από μόνο του το λογισμικό ως άμεση συνέπεια των αρχικών ορισμών. Ουσιαστικά μπορούμε να επιλέξουμε ποια παράμετρο θέλουμε να υπολογίσει το λογισμικό. Η αξία της παραμέτρου για τον επιλεγμένο τομέα σκιαάζεται έτσι ώστε να γίνεται ορατή η παρεμβολή του συστήματος. Πρέπει να τονιστεί ότι αν η ακτίνα στροφής επιλέγεται ως αβίαστη παράμετρος και δεν μπορούμε να επιλέξουμε ακριβώς το σημείο που θα εφαρμοστεί. Το ίδιο ισχύει και για την κλίση. Τέλος μας παρέχεται μια επιλογή σχετικά με το αν θέλουμε να επεκτείνουμε το switch-back σε μια ορισμένη ανύψωση.

Όταν οι παράμετροι που θα δημιουργηθούν παρατίθενται στο παράθυρο αναφορών του Vulcan 3D Software. Έτσι σχεδιάζουμε και τα δύο switch-back τοποθετώντας ενδιάμεσα τους ευθύγραμμα οδικά τμήματα μέχρι την κατάληξη της ράμπας στο δάπεδο. Η συνολική μορφή της ράμπας γίνεται κατανοητή στις εικόνες 75 και 76.

Γενικότερα εξυπακούεται πως η ενσωμάτωση ενός τέτοιου οδικού τμήματος στο σύστημα είναι 'δύσκολη υπόθεση' μιας και η πολυπλοκότητα αυτού καθώς και ο περιορισμένος χώρος του εσωτερικού του μεταλλείου αποτελούν τεράστια εμπόδια κατά την διαδικασία υλοποίησης του.

Ως γενικό πόρισμα πρέπει να αναφέρουμε ότι η διαδικασία σχεδιασμού δεν μπορεί να κατανοηθεί πλήρως από την ανάγνωση ενός κειμένου όσο αναλυτικά και να περιέχει αυτή. Για να καταφέρει κανείς να παρουσιάσει ένα σοβαρό-αντάξιο των απαιτήσεων αποτέλεσμα χρειάζονται αρκετές ώρες «πειραματισμού» με τα διάφορα χαρακτηριστικά, την πορεία, καθώς και την μορφή της ράμπας. Πρέπει ο ίδιος ο σχεδιαστής να εναρμονιστεί την λειτουργία των προγραμμάτων, να τα κατανοήσει σε μεγάλο βαθμό και να σπαταλήσει ατέλειωτες χρονικές περιόδους στην οθόνη ενός υπολογιστή έως ότου να τα κάνει «κτήμα» του. Σαφέστατα η λύση που παραχωρήθηκε σε εμάς από το Express βοηθάει στην διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος αλλά το ότι δεν αποτελεί αυτούσια την τελική μορφή και διάταξη της ράμπας προϋποθέτει αρκετή μελέτη και δουλειά από μέρους μας. Είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί ανέπαφο το πλάτος και η κλίση του δρόμου σε συνδυασμό με την εναλλαγή από βαθμίδα σε βαθμίδα. Όπως είδαμε στο 8^ο κεφάλαιο το Express μας τονίζει που ακριβώς γίνεται αυτό.

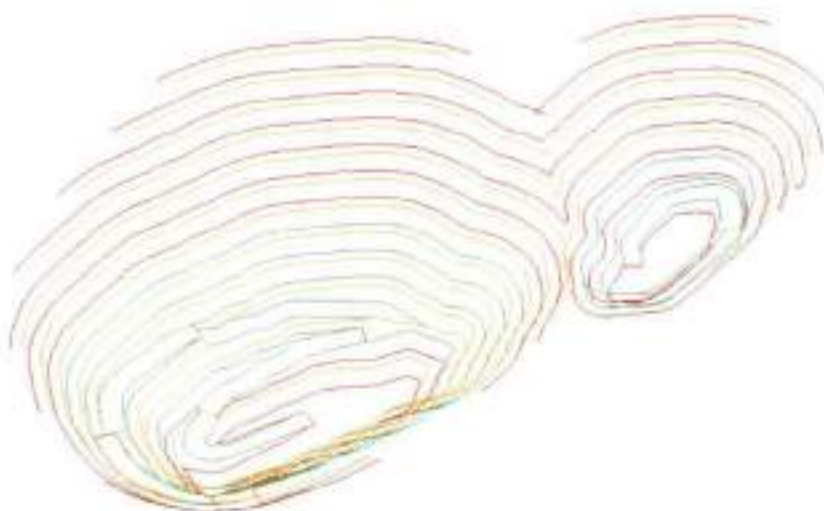
Με το που τελειώσει ο σχεδιασμός παρατηρούμε ότι τα όρια του ορυχείου ξεφεύγουν πολύ σε σχέση με το τοπογραφικό ανάγλυφο. Εμείς επιλέξαμε σκόπιμα να τα κάνουμε να εξέρχονται πάνω από αυτό έτσι ώστε στην συνέχεια να μπορέσουμε αφενός να τα διαχωρίσουμε οπτικώς και αφετέρου να εφαρμόσουμε την λειτουργία **Clip by Poly**.

Πηγαίνοντας στο μενού **Design** και επιλέγοντας την κατηγορία **Layer Edit** βρίσκουμε αυτή. Αυτή η λειτουργία έχει την ιδιότητα να «κόβει» ακριβώς τα όρια του ορυχείου στα σημεία τομής με το ανάγλυφο έτσι ώστε να ταιριάζει απόλυτα με αυτό. Αρχικά μας ζητάει να επιλέξουμε το πολύγωνο πάνω στο οποίο θα γίνει ο διαχωρισμός. Επιλέγοντας αυτό το οποίο βρίσκεται στα όρια επιφάνειας - εκσκαφής πραγματοποιείται η κοπή και διώχνοντας αυτά τα οποία ξεπερνούν κατά πολύ την επιφάνεια του εδάφους επιτυγχάνουμε τον επιθυμητό σχεδιασμό. Έτσι έχουμε καταφέρει να ενσωματώσουμε ακριβώς την εκσκαφή πάνω στο ανάγλυφο της περιοχής χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα και εμφανείς ατέλειες.



Εικόνα 75: Ολοκληρωμένη σχεδίαση της ράμπας και στις δύο εκσκαφές.

Στην εικόνα 75 παρατηρούμε την τελική μορφή της ράμπας στην κυρίως εκσκαφή καθώς και μια πιο μικρή ράμπα για την μικρότερη εκσκαφή που πραγματοποιήθηκε για την εκμετάλλευση ενός μικρότερου μεταλλοφόρου στρώματος, του 20c. Καλό θα ήταν και οι δύο έξοδοι των ραμπών από την εκσκαφή να καταλήγουν σε ένα κοινό σημείο σχετικά κοντά στην εκσκαφή όπου θα πραγματοποιείται η απόθεση των στείων υλικών.



Εικόνα 76: Όψη των εκσκαφών σε περιστροφή.

Στην εικόνα 76 βλέπουμε μια όψη της εκσκαφής η οποία έχει επιτευχθεί με την δυνατότητα που έχουμε στο συγκεκριμένο λογισμικό να περιστρέφουμε το αντικείμενο μας γύρω από έναν συγκεκριμένο άξονα, που ορίζουμε εμείς ανάλογα, με τα τμήματα και τις περιοχές του μεταλλείου που θέλουμε να παρατηρήσουμε. Επίσης μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μεγέθυνση της εκσκαφής εστιάζοντας την προσοχή μας και εκφράζοντας την επιθυμία μας για περισσότερη λεπτομέρεια σε όποιο σημείο θέλουμε. Έτσι γίνονται πιο ευκρινή τα όρια του ορυχείου, οι βαθμίδες αυτού καθώς και η διαδρομή που διασχίζει η ράμπα. Επίσης χρήσιμη είναι και η όψη του ορυχείου χωρίς το τοπογραφικό υπόβαθρο κάτι που τονίζει ακόμα περισσότερο την διάταξη και την δομή αυτού.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται τα μοντέλα επιφανειακών τριγωνισμών των αποθηκευμένων στρωμάτων της εκσκαφής και του τοπογραφικού ανάγλυφου.

10. ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΩΝ

10.1 Γενικά

Ο τριγωνισμός είναι μία σειρά από σημεία στον τρισδιάστατο χώρο που συνδέονται δημιουργώντας ένα σύνολο τριγωνικών επιπέδων τα οποία ορίζουν μια επιφάνεια (επιφανειακός-ανοικτός τριγωνισμός) ή περιβάλλουν έναν όγκο (στερεός-κλειστός τριγωνισμός). Χρησιμοποιώντας μια τέτοια δομή ορίζεται με ακρίβεια οποιαδήποτε επιφάνεια στον τρισδιάστατο χώρο. Η επιφάνεια αυτή μπορεί να είναι ένα τοπογραφικό ανάγλυφο ή όγκος ενός στερεού σώματος.

Οι τριγωνισμοί αποδίδουν με ακρίβεια τα παρατηρούμενα σημεία καθώς καθένα συμμετέχει στην δομή του τριγωνισμού. Οι γραμμές διακοπής που ανυπαριστούν στοιχεία όπως ρήγματα ή την γεωμετρία ενός υπαίθριου ορυχείου μπορούν να τηρηθούν ακριβώς. Όμως οι απλοί τριγωνισμοί δεν προσθέτουν εκτιμήσεις του σχήματος της επιφάνειας μεταξύ των αρχικών δεδομένων σημείων. Έτσι, εάν τα δεδομένα αυτά βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους ο τριγωνισμός που δημιουργείτε δεν είναι πυκνός ή και το αντίστροφο. Πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνικές τριγωνισμού δημιούργησαν νέους αλγορίθμους που κάνουν εκτιμήσεις μεταξύ των σημείων και δίνουν πιο πλήρες σχήμα στην επιφάνεια του τριγωνισμού. Η ευελιξία στην δομή του τριγωνισμού επιτρέπει την χρήση του για πολλούς σκοπούς. Όμως, η κατανόηση της δομής του τριγωνισμού είναι σημαντική όταν εφαρμόζεται σε γεωλογικές και μεταλλευτικές περιπτώσεις.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης των τριγωνισμών είναι ότι μπορούν να αποδίδουν με ακρίβεια μια επιφάνεια. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ορίσουν γεωλογικά, γεωγραφικά ή μεταλλευτικά στοιχεία όπως:

- Τοπογραφικό ανάγλυφο
- Σχεδιασμένες ή πραγματικές εκμεταλλεύσεις
- Γεωλογικές επιφάνειες
- Μεταλλοφόρα σώματα
- Υπόγεια έργα
- Μέτωπα εξόρυξης
- Αυθαίρετα μοντέλα μεταβλητών
- Επίπεδα υδροφόρων οριζόντων

Με την δημιουργία ενός επιφανειακού τριγωνισμού μπορούμε να μετατρέψουμε έναν χάρτη, από μια απλή αποτύπωση του εδάφους, σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο αναπαράστασης της επικρατούσας κατάστασης στην απεικονίζουσα περιοχή. Δηλαδή με απλά λόγια θα βλέπουμε στην οθόνη του προσωπικού μας υπολογιστή πως είναι στην πραγματικότητα η περιοχή ενδιαφέροντος μας χωρίς να χρειαστεί να την επισκεφτούμε καν! (τουλάχιστον όσον αφορά τον τομέα του εδαφικού ανάγλυφου της). Αυτό γίνεται διότι το Vulcan παίρνει ως αρχικά σημεία τις ισοψηφείς καμπύλες του τοπογραφικού χάρτη και με βάση αυτές δημιουργεί τρίγωνα όπου το ένα με το άλλο εφάπτονται μεταξύ τους. Το αποτέλεσμα είναι μια πληθώρα τριγώνων τα οποία όλα μαζί δημιουργούν την τρισδιάστατη απεικόνιση. Αναφέρεται ότι το συγκεκριμένο λογισμικό επιτρέπει την δημιουργία τόσο επιφανειακών τριγωνισμών (ανοικτοί) όσο και στερεών τριγωνισμών (κλειστοί). Παράδειγμα επιφανειακού τριγωνισμού αποτελεί ένα τοπογραφικό ανάγλυφο μιας περιοχής ή μια υψιθρία εκσκαφή, ενώ ένα μεταλλοφόρο σώμα αποτελεί παράδειγμα ενός στερεού τριγωνισμού.

Πλέον προβληματισμοί σχετικά με δυσνόητα σχέδια, παλιούς τοπογραφικούς χάρτες και γενικότερα λάθη κατά την αποτύπωση του χώρου έχουν ελαχιστοποιηθεί και έχουν αντικατασταθεί με ένα πλήρως ψηφιακό μοντέλο το οποίο αν δημιουργηθεί σωστά μας εγγυάται μια ικανοποιητική κατανόηση της επικρατούσας κατάστασης.

10.2 Δημιουργία μοντέλων επιφανειακών τριγωνισμών

Αφού λοιπόν εξηγήσαμε τι είναι ο τριγωνισμός θα επιχειρήσουμε να δημιουργήσουμε τρεις δικούς μας. Πρόκειται να κατασκευάσουμε τρεις επιφανειακούς τριγωνισμούς εκ των οποίων ο πρώτος θα περιλαμβάνει την μεγαλύτερη εκσκαφή μαζί με την κυρίως ράμπα, ο δεύτερος την μικρότερη εκσκαφή με την δευτερεύουσα ράμπα και ο τρίτος το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής που δραστηριοποιείται το εν λόγω μεταλλείο. Από την στιγμή που έχουμε σχεδιάσει τόσο το μεταλλείο όσο και την ράμπα και τα έχουμε αποθηκεύσει σε στρώματα η διαδικασία τριγωνισμού σε σχέση με αυτά δεν είναι τίποτα παρά από μια διαδικασία ρουτίνας, ειδικότερα όταν το χρησιμοποιούμενο λογισμικό δίνει σαφέστατες οδηγίες για το πώς θα υλοποιηθεί αυτό.

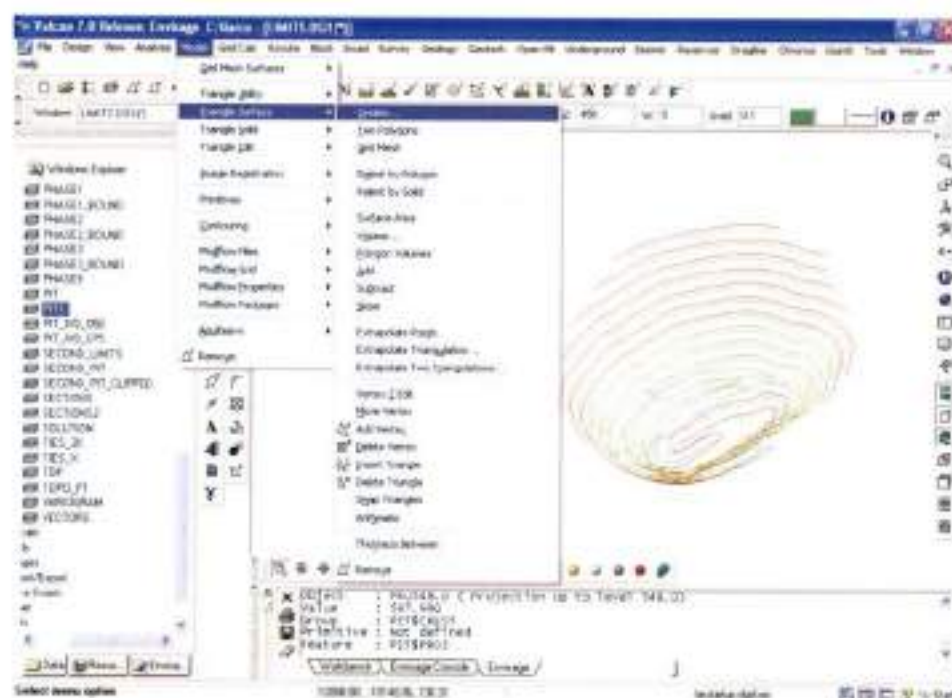
Λέξει να αναφερθεί ότι ένα από τα «ισχυρά πλεονεκτήματα» του μοντέλου τριγωνισμού είναι η δυνατότητα πρόσθεσης χρωματικών αντιθέσεων. Ειδικά όταν πραγματοποιείται μια συνεργασία μεταξύ της δομής του αντικείμενου που αναπαριστά καθώς και της χρωματικής του φύσεως τότε το αποτέλεσμα προσεγγίζει την πραγματικότητα.

Έτσι εμείς στην εκσκαφή θα προσδώσουμε ένα καφέ χρώμα που θα υποδηλώνει το εκσκαμμένο έδαφος και στο τοπογραφικό ανάγλυφο αντιθέσεις πράσινου χρώματος που θα αντιστοιχούν στο επιφανειακό έδαφος και στην χλωρίδα που το απαρτίζει. Όπως γίνεται κατανοητό πρόκειται για μια διαδικασία η οποία παράγει εντυπωσιακά αποτελέσματα και διαθέτει το πλεονέκτημα να συγκεντρώνει τον θαυμασμό και την πλήρη προσήλωση ακόμα και σε άτομα που δεν δραστηριοποιούνται άμεσα με αυτό.

10.2.1 Μοντέλο επιφανειακού τριγωνισμού εκσκαφής

Επιλέγοντας την λειτουργία **Model>Triangle Surface>Create** θα ξεκινήσουμε την δημιουργία του τριγωνισμού της κύριας εκσκαφής. Όλη η διαδικασία που θα ακολουθήσει περιγράφεται και απεικονίζεται αναλυτικά παρακάτω.

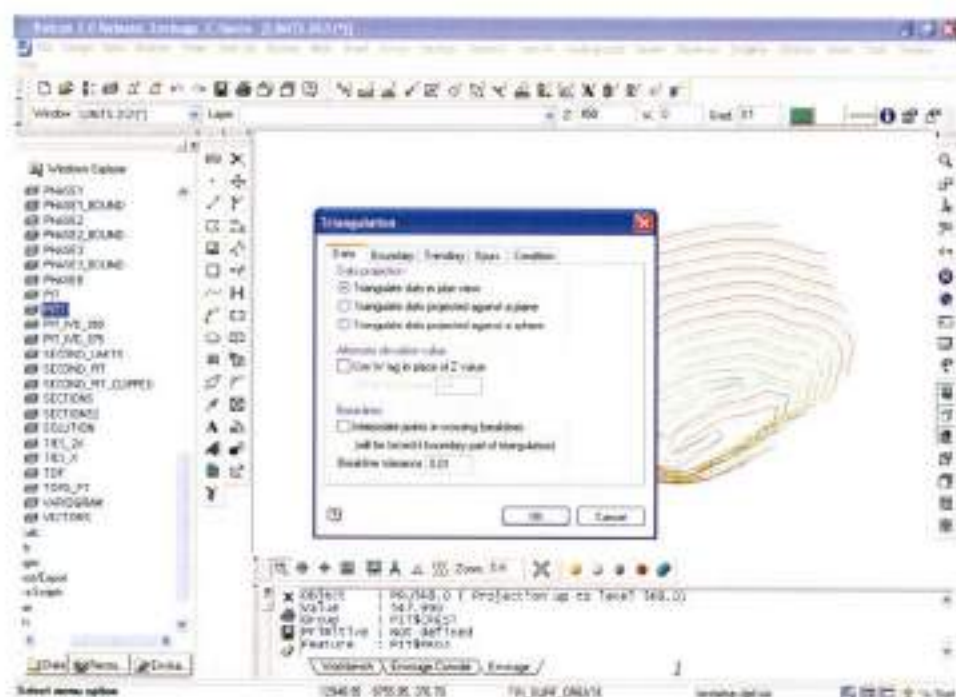
Αρχικά επιλέγουμε την προαναφερθείσα εντολή από το περιβάλλον εργασίας του Vulcan. Με το που το κάνουμε αυτό εμφανίζεται αμέσως ένα παράθυρο με την ονομασία **Triangulation** που περιέχει διάφορες επιλογές σχετικά με τον τρόπο διεκπεραίωσης της διαδικασίας.



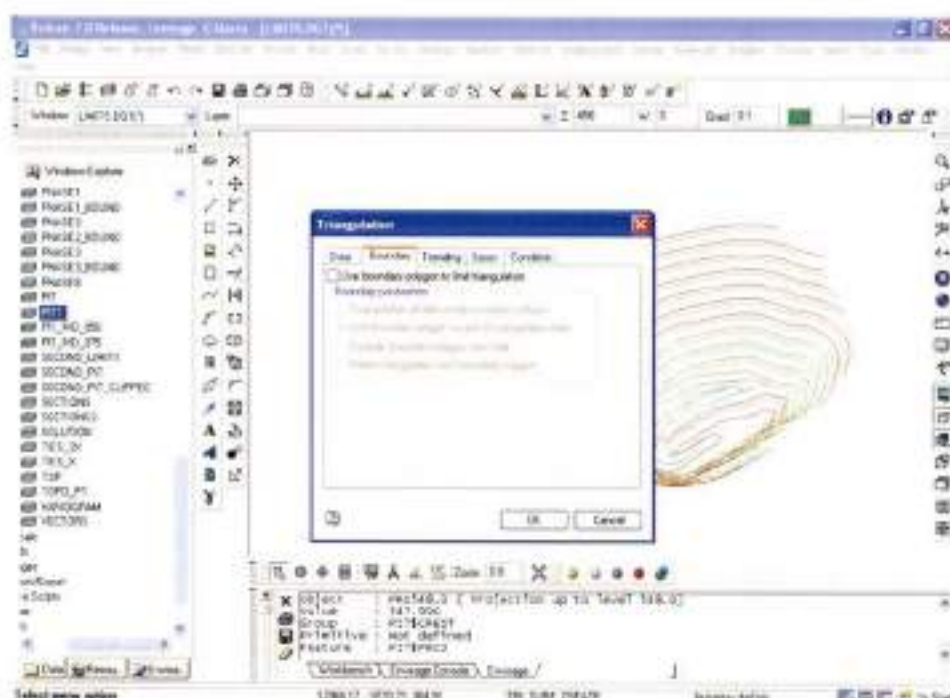
Εικόνα 77: Εντολή δημιουργίας επιφανειακών τριγωνισμών.

Συγκεκριμένα οι πιο βασικές λειτουργίες και επιλογές που μπορούμε να εκτελέσουμε είναι οι εξής:

- Δήλωση των στρωμάτων που επιθυμούμε να συμμετάσχουν στην διαδικασία του τριγωνισμού
- Χρήση πολυγώνου περιορισμού το οποίο θα εμπεριέχει όλα τα διαθέσιμα αντικείμενα που προορίζονται να συμμετάσχουν στην διαδικασία όπως πχ. οι ισοϋψείς ενός τοπογραφικού χάρτη
- Δυνατότητα επιλογής των δεδομένων με την βοήθεια της υψομετρικής μεταβολής
- Εισαγωγή των δεδομένων με κριτήριο την μορφή του καθενός όπως πχ. ένα αντικείμενο ξεχωριστά, ένα στρώμα, μια ομάδα αντικειμένων κλπ.



Εικόνα 78: Επιλογές σχετικά με την διαδικασία του τριγωνισμού.

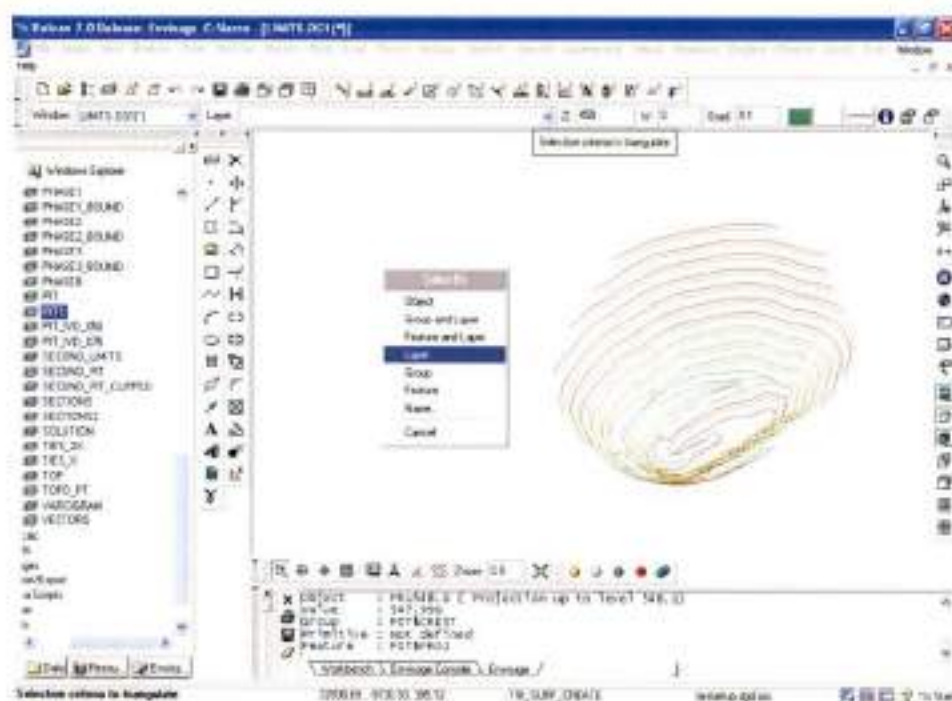


Εικόνα 79: Δυνατότητα χρήσης παλινγώνου περιορισμού.

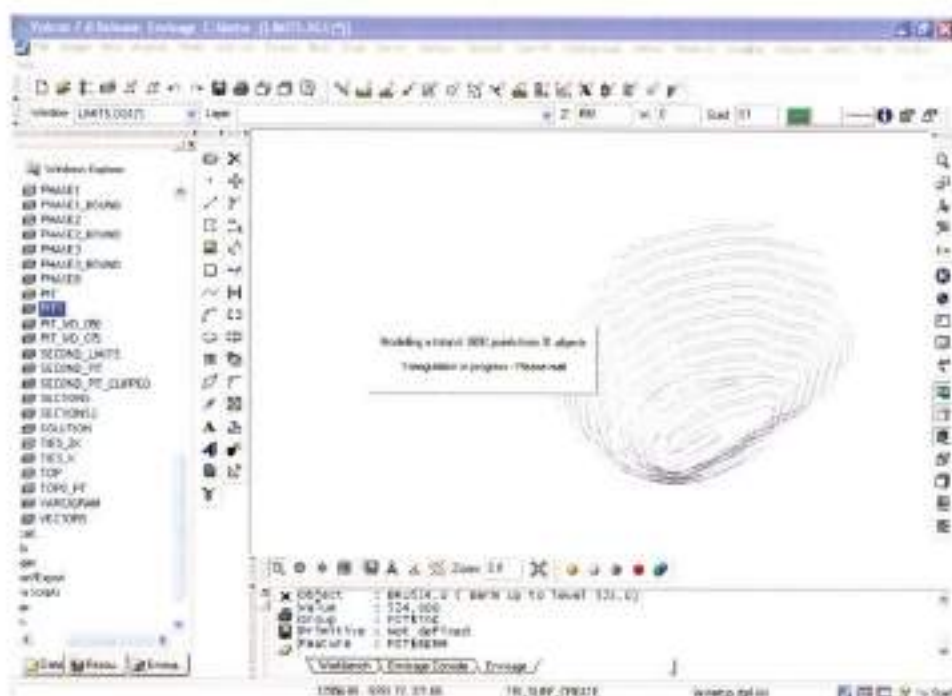
Στις εικόνες 77,78 και 79 γίνεται πλέον κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο δηλώνουμε τα αντικείμενα που προβλέπεται να συμμετάσχουν στην διαδικασία τριγωνισμού. Μας παραχωρούνται αρκετές δυνατότητες επιλογής αυτών. Έχουμε την δυνατότητα να επιλέξουμε είτε το **Object** για να δηλώσουμε τα δεδομένα ως κάθε αντικείμενο ξεχωριστά, είτε σαν ενιαίο στρώμα επιλέγοντας το **Layer**, είτε ως ομάδα με το **Group**, είτε με χρήση του ονόματος του συγκεκριμένου στρώματος με το **Name** κλπ. Εμείς πάντως θα επιλέξουμε το **Layer** μιας και θέλουμε να μοντελοποιήσουμε ολόκληρη την εκσκαφή.

Το Vulcan μας επιβεβαιώνει την επιλογή μας αναγράφοντας στην επιφάνεια το όνομα του συγκεκριμένου στρώματος που έχει επιλεγθεί. Στη δικιά μας περίπτωση αυτό είναι το *“Main Pit Clipped”*. Η συγκεκριμένη ονομασία που έχει το στρώμα δεν αποβαίνει σε κάτι το ιδιαίτερο απλά την παραχωρήσαμε εμείς για να ξεχωρίζουμε την κύρια εκσκαφή από την δευτερεύουσα καθώς και ότι πρόκειται για το «περικομμένο» στρώμα αυτής. Η ονομασίες των στρωμάτων είναι καθαρά στην κρίση του σχεδιαστή και στην προσωπική του επιλογή. Πάντως θα ήταν καλό οι ετικέτες των στρωμάτων να υποδηλώνουν το περιεχόμενο αυτών για να αποφευχθούν τυχόν παρεξηγήσεις και επερχόμενοι προβληματισμοί κατά την εκτέλεση των διαδικασιών. Μετά και από αυτή την επιλογή ξεκινάμε την διαδικασία τριγωνισμού επιλέγοντας το **Triangulate**.

Όταν ολοκληρωθεί εμφανίζεται και ένα παράθυρο μέσα στο οποίο αναγράφεται ο συνολικός αριθμός των τριγώνων που δημιουργήθηκαν.

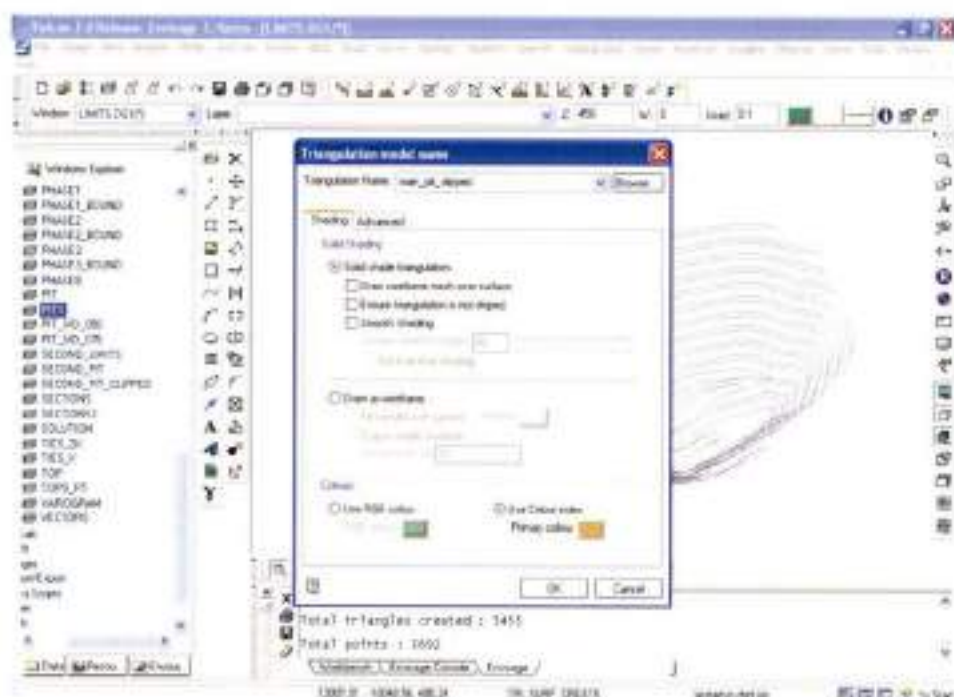


Εικόνα 80: Τρόπος εισαγωγής των δεδομένων προς τριγωνισμό.



Εικόνα 81: Εκτέλεση διαδικασίας τριγωνισμού.

Με το που ολοκληρωθεί η διαδικασία ανοίγει ένα παράθυρο που αποσκοπεί στην αποθήκευση του παραγόμενου τριγωνισμού. Πρέπει να δώσουμε μια ονομασία για λόγους διάκρισης το συγκεκριμένου από τους υπόλοιπους. Επίσης μπορούμε να ορίσουμε τον βαθμό εξομάλυνσης του για βελτίωση της απεικόνισης. Αρκετά σημαντικό κομμάτι όπως τονίστηκε και πιο πριν είναι η προσθήκη χρωματικών αντιθέσεων. Ένα καφέ χρώμα για το μεταλλείο που δηλώνει το εκσκαμμένο έδαφος και ένα πράσινο στο ανάγλυφο της περιοχής βελτιώνει ακόμα περισσότερο την όψη αυτών. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 83.



Εικόνα 82: Επιλογές αποθήκευσης τριγωνισμού.

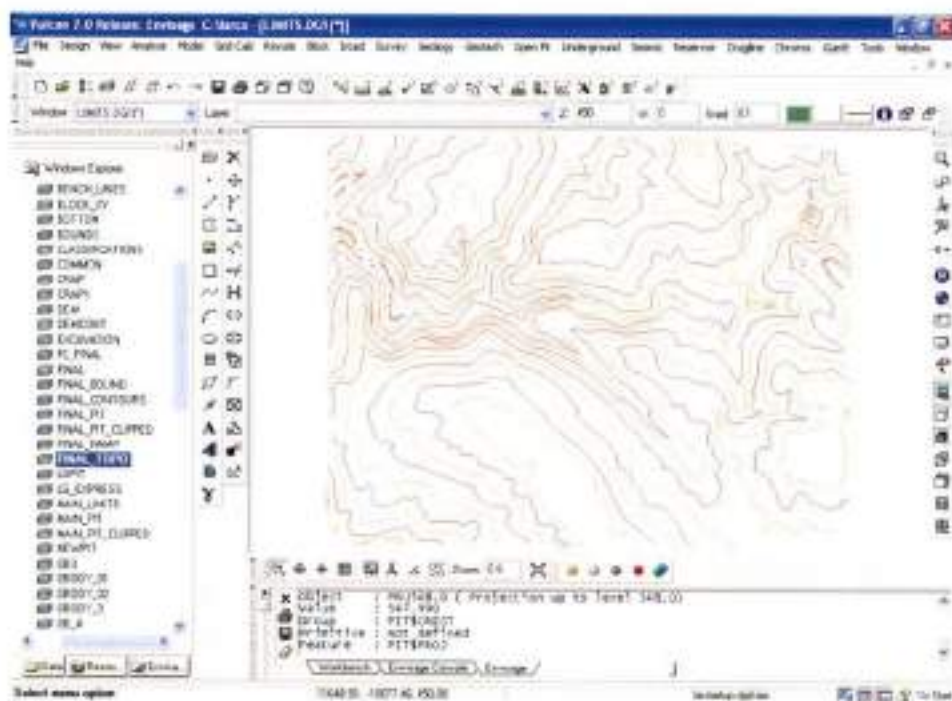


Εικόνα 83: Τριγωνισμός επιφάνειας εκσκαφής κάτω από το τοπογραφικό ανάγλυφο.

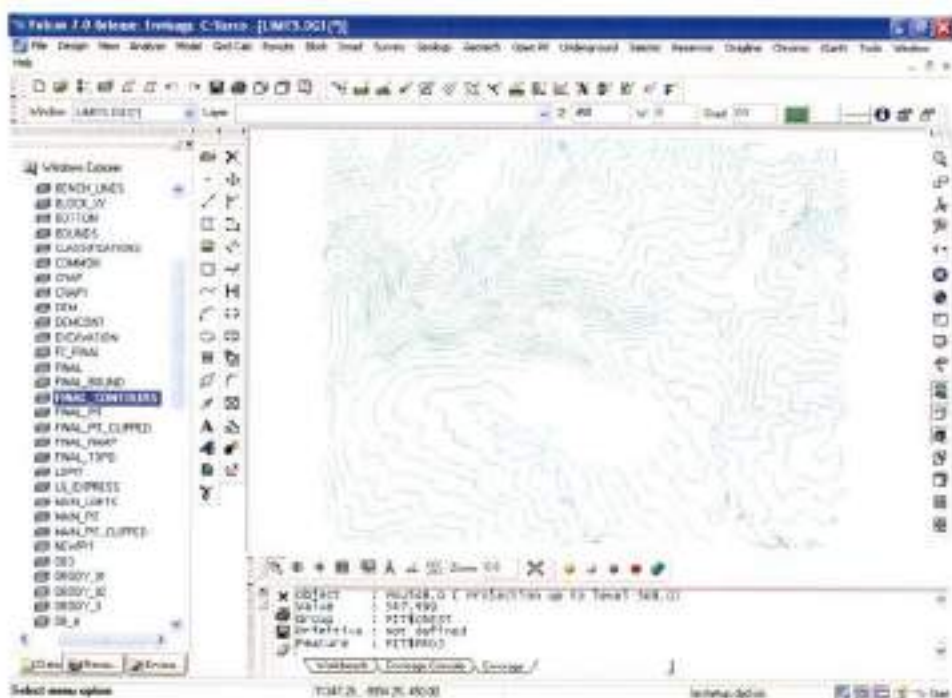
10.2.2 Μοντέλο επιφανειακού τριγωνισμού τοπογραφικού ανάγλυφου

Επόμενο μοντέλο επιφανειακού τριγωνισμού αποτελεί το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής. Η διαδικασία αποτελείται από μία σειρά βημάτων απaráλλαχτη από αυτή των δύο προηγούμενων τριγωνισμών της εκσκαφής. Εφόσον το έχουμε εισάγει στο Vulcan και είναι φορτωμένο στην επιφάνεια εργασίας αυτού παρατηρούμε πως φαίνονται οι ισοΰψείς καμπύλες στην εικόνα 84. Πρέπει να αναφέρουμε ξανά την δυνατότητα περιστροφής που μας παρέχει το λογισμικό μιας και μπορούμε με αυτή να παρατηρήσουμε οποιοδήποτε αντικείμενο θέλουμε σε τρεις διαστάσεις. Αυτό αποκτάει ιδιαίτερο χαρακτήρα μιας και στην περίπτωση μας μπορούμε να διακρίνουμε τις υψομετρικές μεταβολές της περιοχής με ποιο εύκολο και κατανοητό τρόπο. Αν προσπαθήσουμε να φορτώσουμε το στρώμα της εκσκαφής πάνω σε αυτό τότε θα παρατηρήσουμε να πραγματοποιείται μια επικάλυψη των ισοΰψών του ανάγλυφου με αποτέλεσμα την ύπαρξη ασαφειών και ασυνεχειών στο χώρο αυτής. Έτσι οφείλουμε να βρούμε κάποια εντολή η οποία να μας δίνει την δυνατότητα ορθής τοποθέτησης αυτής εντός του ανάγλυφου.

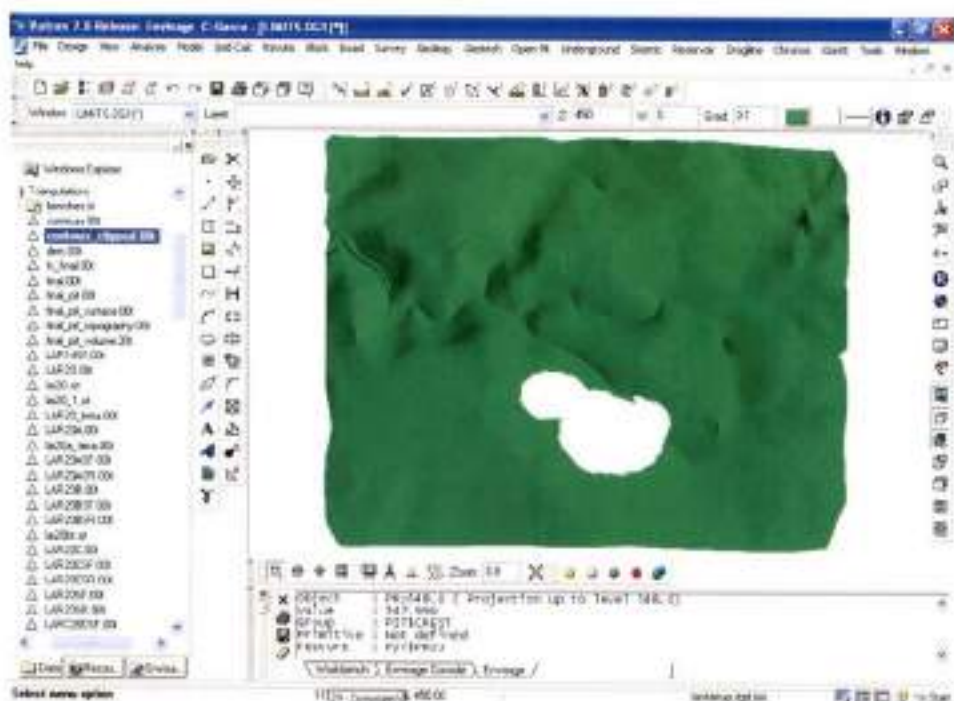
Αυτή εντοπίστηκε και φέρει την ονομασία **Boolean** μέσα από το μενού **Model>Triangle Utility**. Μας δίνει την δυνατότητα να επιλέξουμε τα τμήματα που δεν χρειαζόμαστε, βρίσκοντας την γραμμή τομής μεταξύ των δύο μοντέλων, επιλέγοντας την λειτουργία **Exclude** από το μενού που εμφανίζεται. Ταυτόχρονα αυτά απομακρύνονται με απόλυτη συνέπεια τον σχηματισμό ενός κενό χώρου εντός του οποίου θα τοποθετηθεί το επικαλούμενο στρώμα. Με αυτόν τον τρόπο θα αποτραπούν διάφορα φαινόμενα επικάλυψης ισοΰψών καμπυλών με τα όρια του μεταλλείου, θα αποκατασταθεί πλήρως η δομική ισορροπία και θα επικρατήσει η ορθολογική εξέλιξη και απεικόνιση των πραγμάτων.



Εικόνα 84: Στρώμα τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής.



Εικόνα 85: Στρώμα τοπογραφικό ανάγλυφο εκτός ζώνης εκσκαφής.



Εικόνα 86: Τριγωνισμός τοπογραφικού ανάγλυφου εκτός χώρου εκκαυφής.



Εικόνα 87: Ενσωμάτωση της εκκαυφής στο χώρο περικοπής.

Μετά την δημιουργία όλων των τριγωνισμών αυτό που έχουμε να κάνουμε είναι να τους φορτώσουμε έτσι ώστε να μας δοθεί η δυνατότητα να τους παρατηρήσουμε όλους μαζί. Με την ταυτόχρονη απεικόνιση των στρωμάτων καθώς και τον τριγωνισμών έχουμε το πλεονέκτημα να παρατηρούμε αρκετά καλά την δομή αυτών στο χώρο με αποτέλεσμα την εκροή διαφόρων χρήσιμων σε εμάς συμπερασμάτων. Στην εικόνα 88 που ακολουθεί απεικονίζονται οι τριγωνισμοί της εκσκαφής και του τοπογραφικού ανάγλυφου μαζί. Εδώ τους έχουμε προσδώσει μια ελαφριά κλίση έτσι ώστε να γίνει ποιο ρεαλιστική η όψη των ραμπών και στις δύο εκσκαφές, οι βαθμίδες αυτών καθώς και υψομετρικές μεταβολές του ανάγλυφου.



Εικόνα 88: Συνδυασμός τριγωνισμού εδαφικού ανάγλυφου και εκσκαφής σε περιστροφή με προοπτική.

Γενικότερα οι τριγωνισμοί αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο προβολής και αναπαράστασης των αντικειμένων στο χώρο κάτι το οποίο δημιουργεί σε εμάς και σε όσους δραστηριοποιούνται στον ίδιο κλάδο μια ανάγκη συχνής χρήσης αυτών, ειδικότερα όταν έχει αναπτυχθεί μια εξοικείωση χρήσης αυτών.

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφέρουμε τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την διεκπεραίωση της διαδικασίας της εύρεσης λύσης ενός οδικού συστήματος εντός μιας υπαίθριας εκσκαφής. Στο κείμενο που ακολουθεί αναφέρονται ένα προς ένα τα πιο θεμελιώδη και μέγιστης σημασίας συμπεράσματα που απέρρευσαν κατά την διατριβή μας με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πολλές λεπτομέρειες αλλά χάριν λακωνικότητας και περιορισμένου χρονικού περιθωρίου θα σημειώσουμε τα πιο κομβικά από αυτά. Τέλος μερικές προτάσεις θα ειπωθούν από μέρους μας που θα έχουν ως στόχο την αντιμετώπιση κάποιων προβλημάτων ή δυσκολιών που συναντήθηκαν κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Τα συμπεράσματα μας είναι τα εξής:

1. Μια υπαίθρια εκμετάλλευση αποτελεί ένα πολύ σημαντικό θέμα για τον κλάδο μας και απαιτεί δέουσα προσοχή κατά την σχεδίαση της. Εξαρχής πρέπει να υλοποιηθούν σωστά τα δομικά της τμήματα με όσο το δυνατόν λιγότερο περιεχόμενο βαθμό αβεβαιότητας, εξασφαλίζοντας την λειτουργικότητα τους. Έτσι ελαχιστοποιώντας τα προκύψαντα σφάλματα μειώνουμε και τις συνολικές δαπάνες του μεταλλείου.
2. Η επιλογή της κατάλληλης θέσης κατασκευής ενός οδικού συστήματος εντός του μεταλλείου αποτελεί επίσης ένα σημαντικό θέμα μιας και απαιτεί τρομερά λεπτομερείς μελέτη όλων των παραμέτρων που θα ληφθούν υπόψη κατά την σχεδίαση του. Επειδή η διάρκεια ζωής μιας ράμπας είναι μεγάλη πρέπει να δοθεί προσοχή στα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτής καθώς και στις περιοχές διέλευσης της, μιας και έντονου βαθμού αλλαγές και διαφοροποιήσεις δεν επιτρέπεται να πραγματοποιηθούν.
3. Ο προγραμματισμός του μεταλλείου είναι πλέον ένα αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας. Με την σωστή του χρήση έχουμε στα χέρια μας ένα ισχυρό εργαλείο λήψης αποφάσεων το οποίο μας εγγυάται την σωστή διαχείριση και οργάνωση των διεργασιών των μεταλλείου. Επίσης η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, στις μέρες μας, μας επιτρέπει την δημιουργία πολύπλοκότερων συστημάτων προγραμματισμού καθώς και πιο γρήγορη εκτέλεση και ανάπτυξη των εφαρμογών.
4. Η βελτιστοποίηση της εκμετάλλευσης διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για το υπόλοιπο της λειτουργίας του μεταλλείου. Η χρήση του αλγορίθμου του Lerchs-Grossman κατά την εύρεση των βέλτιστων ορίων της εκσκαφής, μας εγγυάται την

αύξηση της συνολικής αξίας του μεταλλείου και την μείωση των παραγόμενων ποσοτήτων στείρων κάτι το οποίο αιτιολογεί την σημαντικότητα της χρήσης του.

5. Το Express Road Planner χρησιμοποιώντας τις τεχνικές Breadth-First-Search και Depth-First-Search απέδωσε πραγματικά εντυπωσιακά αποτελέσματα, ειδικά στα τμήματα που αναπτυσσόταν μια «σχυρή» συνεργασία μεταξύ αυτών των δύο μεθόδων. Ερεύνησαν όλες τις πιθανές διαδρομές της ράμπας, αξιολόγησαν αυτές σύμφωνα με τις δικές μας προϋποθέσεις και μας πρότειναν την βέλτιστη αλλά και συνάμα πιο οικονομική λύση για την περίπτωση μας. Αν εξαιρεθούν ορισμένες αδυναμίες του λογισμικού όπως πχ. οι περιορισμοί σχετικά με το μέγεθος του μοντέλου μπλοκ, η γενική εικόνα που παρουσίασε ήταν θετική. Έλαβε σοβαρά υπόψη τις ρυθμίσεις και τις επιλογές που κάναμε παρουσιάζοντας μας ένα αποτέλεσμα άμεσο στις προσδοκίες μας. Εν τέλει η προτεινόμενη λύση του ανταποκρίνονταν στις ανάγκες μας, καθώς το κόστος κατασκευής της βρίσκονταν εντός των ορίων δαπανών του συγκεκριμένου μεταλλείου, χωρίς να προκαλούσε σημαντικό βαθμού υποβάθμιση στην αξία του.

6. Το Vulcan 3D Software αποδείχθηκε ένα ικανότατο λογισμικό μιας και με την χρήση των διαθέσιμων μεθοδολογιών και τεχνικών του μας βοήθησε αρκετά σε πολλά δύσβατα σημεία και εμπόδια που προέκυπταν συνεχώς κατά την πρόοδο της διαδικασίας. Ένα μεγάλο μέρος της εργασίας αφορά το συγκεκριμένο λογισμικό μιας και ο ρόλος του είναι καθοριστικός. Η δημιουργία του μοντέλου μπλοκ στα μέτρα του μεταλλείου της ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε., η εκτίμηση των οικονομικών παραμέτρων της εκσκαφής, η βελτιστοποίηση της εκμετάλλευσης, η σχεδίαση της ράμπας στο εσωτερικό του μεταλλείου καθώς και η δημιουργία, πιστών της πραγματικότητας, τριγωνισμών κάνει κατανοητή την απαραίτητη συμβολή και θεμελιώδη σημασία αυτού του λογισμικού στην συγκεκριμένη μελέτη.

7. Αξιόλογο είναι να αναφέρουμε στα συμπεράσματα την σωστή διαχείριση των οικονομικών παραγόντων ολόκληρου του έργου. Από το μοντέλο μπλοκ του Vulcan πήραμε κάποιες τιμές σχετικά την εκσκαφή (μετάλλευμα, άγωνα, διάφορα κόστη κ.α.). Οφείλουμε να «αλλοιώσουμε» την αξία του μεταλλείου ως ένα επιτρεπτό όριο. Από εκεί και πέρα οποιαδήποτε παρέμβαση θα χαρακτηρίζει αρνητικά αυτή.

Είναι απόλυτα κατανοητό μιας και η ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. σαφέστατα δεν είναι διαθέσιμη, όπως και οποιαδήποτε μεταλλευτική εταιρεία, να σπαταλήσει μια «περιουσία» για να διανοίξει μια ράμπα. Είναι επιθυμητό να καλυφτούν οι μεταφορικές ανάγκες του έργου με το φθηνότερο τρόπο.

Όλες οι δαπάνες που προκαλούνται πρέπει να είναι καλά μελετημένες έχοντας προγραμματίσει ταυτόχρονα και το χρονικό περιθώριο απόσβεσης τους. Εννοείται πως σε αυτό βοηθάει ο προγραμματισμός των εργασιών του μεταλλείου καθώς και οι οικονομοτεχνικές μελέτες που συντάσσονται από αρμόδιους μηχανικούς και οικονομολόγους.

8. Το τελικό συμπέρασμα που προκύπτει από όλα αυτά αποτελεί συνάμα τον στόχο αυτής της εργασίας και ειπώθηκε υπό μορφή ερώτησης που είναι η εξής: *Πρόκειται για σύμφορη ή ασύμφορη η κατασκευή της ράμπας στο μεταλλείο της ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε.*; Αν ρίξουμε μια ματιά στις τιμές που εξήγαγε το Script κατά τον υπολογισμό των οικονομικών παραμέτρων θα δούμε ότι πρόκειται για μια σύμφορη υλοποίηση αυτού του έργου μιας και το κόστος της ράμπας, όπως είδαμε στην ενότητα 8.4.4, ανέρχεται στα 19.300 ευρώ. Σαφέστατα τα συνολικά έσοδα του μεταλλείου υποστηρίζουν μια τέτοια κατασκευή χωρίς να θυσιάζεται η ασφάλεια και η λειτουργικότητα της σε μεγάλο βαθμό. Επισημάνεται ότι η τιμή σχετικά με τα έσοδα του μεταλλείου που δόθηκε στην ενότητα 7.4 δεν περιέχει τα έξοδα όλων των διεργασιών του μεταλλείου. Πάντως εκτιμούμε ότι συμπεριλαμβανομένων και αυτών θα διατηρηθεί ανέπαφη η δυνατότητα διάνοιξης της ράμπας.

Στην τελευταία παράγραφο που ακολουθεί θα επικεντρωθούμε σε μερικά προβλήματα που συναντήσαμε και την εκτέλεση της διαδικασίας καθώς και θα αναφέρουμε τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίσαμε αυτά.

Έτσι έχουμε τα εξής:

1. Το πρώτο εμφανίστηκε κατά την χρήση του μοντέλου μπλοκ και είχε να κάνει με τις κύριες διαστάσεις αυτού. Γνωρίζαμε εξ αρχής ότι το Vulcan 3D Software επιτρέπει την δημιουργία μοντέλου μπλοκ αρκετά μεγάλων διαστάσεων και αριθμού υπό-μπλοκ. Όσο μεγαλύτερο είναι το μοντέλο και όσα περισσότερα είναι τα μπλοκ εντός αυτού τόσο αυξάνεται η λεπτομέρεια απεικόνισης του χώρου. Έτσι σκεφτήκαμε να δημιουργήσουμε ένα μοντέλο με διαστάσεις 5 μέτρα κατά X, 5 μέτρα κατά Y, και 6 μέτρα κατά Z. Τον ρόλο του «περιοριστή» στην ιδέα μας ανέλαβε το Express Road Planner. Κατά την φόρτωση του μοντέλου σε αυτό όλα εξελίχθησαν κανονικά.

Όταν όμως ξεκίνησε η διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης θέσης της ράμπας τότε το λογισμικό παρουσίασε αρκετές δυσκολίες κατά το αρχικό τμήμα σχεδίασης της. Την επαναλάβουμε αρκετές φορές τροποποιώντας σε σημαντικό βαθμό τις κατασκευαστικές παραμέτρους, πάντα κυμαινόμενοι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, παίρνοντας κάθε φορά τα ίδια απογοητευτικά αποτελέσματα. Έτσι αναγκαστήκαμε να εκτελέσουμε την διαδικασία με ένα μοντέλο διαστάσεων 10μ.Χ10μ.Χ12μ., θυσιάζοντας τις υπερβολικές λεπτομέρειες απεικόνισης, το οποίο όντως απέδωσε εντυπωσιακά αποτελέσματα και αποτελούσε την εισήγηση μας για την αντιμετώπιση αυτού του θεμελιώδους σημασίας προβλήματος.

2. Ένα δεύτερο εμπόδιο που επικαλεστήκαμε να ξεπεράσουμε ήταν ο τύπος του μοντέλου μπλοκ. Εμφανίστηκε ένα πρόβλημα σχετικά με τον τύπο του αρχείου που βρίσκονταν αποθηκευμένο αυτό. Στο Vulcan 3D Software αυτό είναι της μορφής *.bmf ή *.bdf ενώ στο Express Road Planner της *.met ή *.exp. Λόγω αυτών των περιορισμών, που συνεπάγεται έλλειψη επικοινωνίας μεταξύ των δύο λογισμικών, δεν υπήρχε περίπτωση να εγγυηθούμε την ορθολογική εξέλιξη της διαδικασίας αν δεν πραγματοποιούσαμε τον μετασχηματισμό του μοντέλου μπλοκ από τη μορφή *.bmf σε αυτή της *.met. Με το που έγινε αυτό, μετά από διάφορους ελέγχους και ρυθμίσεις προσαρμογής του μοντέλου, καταφέραμε την επιτυχή φόρτωση αυτού στο Express.
3. Τρίτο και αρκετά αυξημένης σημασίας αναφέρεται το πρόβλημα που προέκυψε με τις δομικές ασάφειες που παρουσίασε η ράμπα. Σε μερικά σημεία η λύση που μας πρότεινε το Express δεν συμπίπτει με τις βαθμίδες τις εκσκαφής και βρίσκεται κυριολεκτικά στον «αέρα». Όπως γίνεται κατανοητό σε αυτά τα σημεία δεν ήταν δυνατό να συνεχιστεί η σχεδίαση από την πλευρά του Vulcan κάτι το οποίο μας προβλημάτισε αρκετά. Το αποτέλεσμα που θα προέκυπτε δεν θα μπορούσε να παρθεί στα σοβαρά μιας και η έλλειψη κατανόησης αυτού θα αποτελούσε το κύριο χαρακτηριστικό του. Η πιο προφανής αντιμετώπιση ήταν η δικιά μας εκτίμηση της πιθανής θέσεως διέλευσης της ράμπας και η ενσωμάτωση της στην προτεινόμενη λύση. Αυτό όμως είχε δύο δυσμενείς επιπτώσεις. Πρώτον την προκαλούμενη αλλοίωση που δέχτηκε η χαραγμένη διαδρομή και δεύτερον η τροποποίηση των οικονομικών παραμέτρων που προκλήθηκε ως φυσικό επακόλουθο της πρώτης επίπτωσης, κάτι το οποίο μπορεί να ανεβάσει σημαντικά

το κόστος κατασκευής της. Έτσι το μόνο που μας έμενε ήταν να μελετήσουμε καλά ως προς τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά τα προστιθέμενα κομμάτια έτσι ώστε να εναρμονίζονται όσο ποιο πολύ γίνεται με την γενική δομή της ράμπας. Με αυτό καταφέραμε να υλοποιήσουμε την ράμπα, από το πάτωμα της εκσκαφής μέχρι την επιφάνεια, χωρίς να αυξήσουμε πολύ τα συνολικά έξοδα του μεταλλείου τηρώντας τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της, κάτι που μας οδήγησε στην εγγύηση της λειτουργικότητας και της ασφάλειας αυτής.

Από την αναφορά όλων των επί μέρους συμπερασμάτων προκύπτει ότι όλα τα στοιχεία συνηγορούν στην έγκριση κατασκευής της ράμπας εντός του υπαίθριου ορυχείου της ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε. στον Άγιο Ιωάννη του Νομού Βοιωτίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Πλατιάς Σπυρίδων, Σημειώσεις μαθήματος: Εκμετάλλευση Υπαίθριων Ορυχείων (I), Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη 2006
2. Αποστολίκας Αθανάσιος, Παρουσίαση της Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ: Βιομηχανία και Εκπαιδευτικά Ιδρύματα, Ημερίδα Α.Τ.Ε.Ι. Κοζάνης 2007
3. Καταγερίδης Ιωάννης, ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε.-Μελέτη Εφαρμογής Λογισμικού Vulcan, Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Κοζάνη 2007
4. Καταγερίδης Ιωάννης, Σημειώσεις μαθήματος: Εφαρμογές υπολογιστών στα μεταλλευτικά και γεωτεχνικά έργα, Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη 2008
5. Καμινάρη Μαρία-Βέργου Αικατερίνη, Γεωχημική-Περιβαλλοντική μελέτη ευρύτερης περιοχής Λάρυμνας, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα 2007
6. Gill, T., Robey, M., Caelli, T., Road Planning for Open-Cut Pits.Proceedings of the 2nd Regional Symposium on Computer Applications and Operations Research in the Mineral Industries (APCOM 97), Moscow State Mining University, Moscow, 1997.
7. Gill, T., Express Road Routing: The Application of an Optimal Haul Road_Generator to Real World Data. Proceedings of the 3rd Biennial Conference on Strategic Mine Planning, Whittle Programming Pty Ltd, Perth, 1999.
8. Express Road Planner Users Guide
9. Vulcan 3D Software Users Guide

ΙΣΤΟΣΤΕΛΙΑΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. www.larco.gr
2. www.vulcan3d.com
3. <http://www.sat.com.au/oplanit/conferences/whittle99/whittle99.htm>
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Breadth-first_search
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Depth-first_search
6. <http://www.hgold.com>

Όνομα αρχείου: A
Κατάλογος: C:\Users\Dimitris\Desktop
Πρότυπο: C:\Users\Dimitris\AppData\Roaming\Microsoft\Πρότυπα\Normal.dotm
Τίτλος: Πτυχιακή Εργασία
Θέμα: Βελτιστοποίηση θέσης ράμπας σε υπαίθρια εκμετάλλευση με χρήση των Vulcan 3D Software και Express Road Planner
Συντάκτης: Δημήτρης
Λέξεις - κλειδιά:
Σχόλια:
Ημερομηνία δημιουργίας: 3/10/2008 4:50:00 μμ
Αριθμός αλλαγής: 16
Τελευταία αποθήκευση: 3/10/2008 5:39:00 μμ
Τελευταία αποθήκευση από: Dimitris
Συνολικός χρόνος επεξεργασίας: 26 Λεπτά
Τελευταία εκτύπωση: 3/10/2008 5:40:00 μμ
Στοιχεία εγγράφου όπως καταγράφηκαν την τελευταία φορά που εκτυπώθηκε πλήρως
Αριθμός σελίδων: 137
Αριθμός λέξεων: 29.703 (περίπου)
Αριθμός χαρακτήρων: 160.402 (περίπου)