



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ**  
**ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΡΕΘΥΜΝΟΥ**

**ΜΗΤΡΙΤΣΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

Καθηγητής	Ζ. ΑΓΙΟΥΤΑΝΤΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
Επ. Καθηγητής	Ε. ΜΑΝΟΥΤΣΟΓΛΟΥ
Διδάκτωρ	Κ. ΚΑΚΛΗΣ

**ΧΑΝΙΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2004**

---

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο λατομείο Μπενάκη που βρίσκεται στην βόρεια περιοχή του νομού Ρεθύμνου και συγκεκριμένα στο δέκατο πέμπτο χιλιόμετρο της επαρχιακής οδού Ρεθύμνου – Ηρακλείου. Το λατομείο αυτό παράγει ασβεστόλιθο με σκοπό τη χρησιμοποίησή του στη βιομηχανία αδρανών και δομικών υλικών, καθώς και ασφαλικών.

Το θέμα της διπλωματικής αυτής είναι η μελέτη της επιφανειακής εκμετάλλευσης του λατομείου αδρανών υλικών Μπενάκη. Κατά την μελέτη αυτή γίνεται αναλυτική παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης όπου περιλαμβάνονται τα γεωλογικά στοιχεία και τα στοιχεία της εκμετάλλευσης. Πραγματοποιείται σχεδιασμός εναλλακτικών σεναρίων ανατίναξης. Επίσης στην περιοχή του λατομικού χώρου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με γεωδαιτικό σταθμό με σκοπό τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης στο λογισμικό AutoCAD και την δημιουργία του τοπογραφικού χάρτη της στο λογισμικό SURFER 6. Στη συνέχεια σχεδιάζεται και η τελική φάση της εκμετάλλευσης και δημιουργείται ο αντίστοιχος τοπογραφικός χάρτης της. Ο σκοπός της δημιουργίας των χαρτών αυτών αφορά στον υπολογισμό των αποθεμάτων της εκμετάλλευσης και του χρόνου ζωής της. Τέλος με το λογισμικό GRAPHER κατασκευάζονται τομές τόσο της τωρινής όσο και της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την μελέτη αυτή μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο στα χέρια της εταιρείας, η οποία μπορεί να εντοπίσει τα σημεία στα οποία υστερεί και να βελτιστοποιήσει την λειτουργία της και να αυξήσει την παραγωγή της με το λιγότερο δυνατό κόστος κεφαλαίου.

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Μετά το πέρας της διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν στην διεκπεραίωσή της. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης Δρ. Αγιουτάντη Ζαχαρία για την άψογη συνεργασία που είχαμε σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τον Επίκουρο Καθηγητή Δρ. Μανούτσογλου Εμμανουήλ και τον Δρ. Κακλή Κωνσταντίνο, που δέχτηκαν να αξιολογήσουν την εργασία μου.

Ένα επίσης ευχαριστώ στον Επίκουρο Καθηγητή Δρ. Μανούτσογλου Εμμανουήλ για την βοήθεια που μου έδωσε στην κατανόηση των γεωλογικών χαρακτηριστικών του λατομείου Μπενάκη. Σημαντική ήταν και η συμβολή του μεταπτυχιακού φοιτητή Τριπολιτσιώτη Αχιλλέα ο οποίος με βοήθησε στις μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο. Ευχαριστώ τον ιδιοκτήτη του λατομείου Μανώλη Μπενάκη και όλο το απασχολούμενο προσωπικό της εταιρείας για την συνεργασία που επέδειξαν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Μαυριγιαννάκη Στέλιο, Καλογήρου Ειρήνη, Φραντζή Ξενοφώντα και Κρητικάκη Γιώργο για την πολύτιμη βοήθειά τους, καθώς και τους γονείς μου για την ηθική και υλική υποστήριξη που μου παρείχαν, όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> . . . . .	1
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥΣ ΚΑΙ ΤΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΛΑΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ</b> . . . . .	4
2.1 Γενικά για τους ασβεστολίθους . . . . .	4
2.2 Γένεση ασβεστολιθικών πετρωμάτων . . . . .	4
2.3 Χρήσεις . . . . .	5
2.4 Εργαστηριακός έλεγχος αδρανών υλικών . . . . .	7
2.5 Θέματα νομικού πλαισίου για τις λατομικές ζώνες . . . . .	9
2.6 Παράγοντες οριοθέτησης λατομείου . . . . .	10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: Η ΑΣΥΝΕΧΗΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ</b> . . . . .	11
3.1 Εισαγωγή – μέθοδος εκμετάλλευσης . . . . .	11
3.2 Θραύση του πετρώματος με εκρηκτικές ύλες . . . . .	11
3.3 Εκρηκτικές ύλες . . . . .	12
3.3.1 Πετρελαιοαμμωνίτης . . . . .	12
3.3.2 Χρήση ενισχυτικών εναυσμάτων . . . . .	13
3.4 Ιδιότητες των εκρηκτικών υλών . . . . .	14
3.5 Έναυση των εκρηκτικών . . . . .	21
3.6 Συστήματα επιβράδυνσης . . . . .	21
3.7 Σχεδιασμός ανατινάξεων – παράμετροι σχεδιασμού . . . . .	22
3.7.1 Γεωλογικοί παράγοντες . . . . .	22
3.7.2 Διάμετρος διατρημάτων . . . . .	24
3.7.3 Καθορισμός φορτίου . . . . .	24
3.7.4 Υποδιάτρηση . . . . .	25
3.7.5 Επιγύμωση . . . . .	25
3.7.6 Απόσταση διατρημάτων . . . . .	26
3.7.7 Υπολογισμός της ποσότητας των εκρηκτικών ανά διάτρημα . . . . .	26
3.7.8 Συντελεστής κατανάλωσης . . . . .	27
3.8 Φόρτωση – Μεταφορά . . . . .	27
3.8.1 Επιλογή του εξοπλισμού . . . . .	27

3.8.2	Μηχανήματα φόρτωσης	28
3.8.3	Χωματοουργικά αυτοκίνητα	29
3.8.4	Συνδυασμός φορτωτή – χωματοουργικού αυτοκινήτου	30
3.8.5	Οδοί μεταφοράς	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>:</b>	<b>ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΜΠΕΝΑΚΗ</b>	<b>33</b>
4.1	Γενικά στοιχεία	33
4.2	Γεωλογικά στοιχεία της περιοχής	33
4.3	Περιγραφή μεθόδου εκμετάλλευσης	36
4.4	Εναλλακτικοί τρόποι σχεδιασμού ανατινάξεων	40
4.5	Θραύση και ταξινόμηση	43
4.6	Εξοπλισμός και προσωπικό	45
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>:</b>	<b>ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΜΠΕΝΑΚΗ</b>	<b>47</b>
5.1	Εισαγωγικά για το σκοπό της διπλωματικής	47
5.2	Ηλεκτρονικό ταχύμετρο ή ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός	47
5.3	Μετρήσεις στην περιοχή της εκμετάλλευσης	49
5.4	Εισαγωγή και επεξεργασία των μετρήσεων στο λογισμικό πακέτο AutoCAD	49
5.5	Δημιουργία πρότυπων μοντέλων με το λογισμικό πακέτο SURFER 6	52
5.6	Δημιουργία τοπογραφικού χάρτη της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης	58
5.7	Δημιουργία τοπογραφικού χάρτη της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης	63
5.8	Υπολογισμός αποθεμάτων της εκμετάλλευσης	67
5.9	Χρόνος ζωής	70
5.10	Σχεδιασμός τομών	71
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>:</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	<b>76</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		<b>78</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>		<b>79</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο λατομείο αδρανών υλικών Μπενάκη που βρίσκεται στην περιοχή Πλατισιάς στα βόρεια του νομού Ρεθύμνου και συγκεκριμένα στο δέκατο πέμπτο χιλιόμετρο της επαρχιακής οδού Ρεθύμνου – Ηρακλείου. Το λατομείο Μπενάκη εξορύσσει ασβεστόλιθο με σκοπό τη χρησιμοποίηση του στη βιομηχανία αδρανών και δομικών υλικών, καθώς και ασφαλικών μιγμάτων. Λόγω της μικρής απόστασης του από την πόλη του Ρεθύμνου και της συνεχούς αυξανόμενης ζήτησης αδρανών υλικών για την ανάπτυξη της πόλης, αυτόματα καθίσταται μια τέτοια εκμετάλλευση βιώσιμη και επικερδής. Στο σχήμα 1.1 διακρίνεται το κύκλωμα θραύσης και ταξινόμησης αδρανών υλικών του λατομείου Μπενάκη. Στο σχήμα 1.2 απεικονίζεται η μονάδα παραγωγής ασφαλικών μιγμάτων.



Σχήμα 1.1: Κύκλωμα θραύσης και ταξινόμησης λατομείου Μπενάκη.



Σχήμα 1.2: Μονάδα παραγωγής ασφαλτικών μιγμάτων.

Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της επιφανειακής εκμετάλλευσης του λατομείου αδρανών υλικών Μπενάκη. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει τις ακόλουθες ενότητες:

- Παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης όπου περιλαμβάνονται τα γεωλογικά στοιχεία και τα στοιχεία της εκμετάλλευσης.
- Πρόταση εναλλακτικών σεναρίων σχεδιασμού ανατινάξεων.
- Σχεδίαση και δημιουργία τοπογραφικού χάρτη τόσο της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης, όσο και της τελικής, με απώτερο σκοπό τον υπολογισμό αποθεμάτων της, του χρόνου ζωής της, και τη σχεδίαση τομών πάνω σε αυτούς τους χάρτες.

Κατά την παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης αναφέρονται τα γεωλογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής βάσει γεωλογικού χάρτη, αλλά και τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του λατομείου αδρανών. Επίσης παρουσιάζεται αναλυτικά η εφαρμογή της μεθόδου ασυνεχούς λειτουργίας στο λατομείο Μπενάκη, η οποία περιλαμβάνει την διάτρηση, τις παραμέτρους σχεδιασμού ανατίναξης, την φόρτωση και μεταφορά του υλικού, καθώς και το κύκλωμα θραύσης και ταξινόμησης.

Με δεδομένο το τωρινό μέγεθος της ημερήσιας παραγωγής, γίνεται σχεδιασμός ανατίναξης για εβδομαδιαία κάλυψη των αναγκών της εκμετάλλευσης. Ο σχεδιασμός αυτός πραγματοποιείται για διαφορετικά ύψη βαθμίδος, ενώ προτείνονται και διάφοροι τρόποι τοποθέτησης των διατρημάτων. Τα σχέδια εφαρμογής πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό AutoCAD.

Για την δημιουργία του τοπογραφικού χάρτη της εκμετάλλευσης χρειάστηκε αρχικά να πραγματοποιηθούν μετρήσεις στην περιοχή της εκμετάλλευσης με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό. Οι μετρήσεις αυτές αφορούσαν τις συντεταγμένες του χώρου της εκμετάλλευσης. Στη συνέχεια έγινε η εισαγωγή των συντεταγμένων στο λογισμικό πακέτο AutoCAD, όπου έπειτα από επεξεργασία δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό μοντέλο της κάτοψης του λατομείου.

Επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των σημείων της εκμετάλλευσης στο λογισμικό πακέτο SURFER 6. Πριν γίνει αυτό κρίθηκε σκόπιμο να δημιουργηθούν πρότυπα μοντέλα στο SURFER 6, ώστε να βγουν κάποια συμπεράσματα για τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων στο λογισμικό αυτό. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται πιθανά σφάλματα και ο τοπογραφικός χάρτης της εκμετάλλευσης θα τείνει να αποτυπώσει λεπτομερέστερα το ανάγλυφο της περιοχής. Με βάση τα συμπεράσματα αυτά έγινε επιπλέον επεξεργασία των δεδομένων στο AutoCAD. Προστέθηκαν κάποια σημεία που θα βοηθούσαν στην σωστή επεξεργασία αυτών όταν εισαχθούν στο SURFER 6. Κατόπιν γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό SURFER 6 και δημιουργείται ο τοπογραφικός χάρτης της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης.

Για τον υπολογισμό των αποθεμάτων και του χρόνου ζωής της εκμετάλλευσης απαιτείται ο σχεδιασμός της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης. Ο σχεδιασμός αυτός πραγματοποιείται ομοίως στο λογισμικό AutoCAD. Κατόπιν γίνεται εισαγωγή των δεδομένων της τελικής φάσης στο λογισμικό SURFER 6 και δημιουργείται ο αντίστοιχος τοπογραφικός χάρτης. Έπειτα από αφαίρεση των όγκων δυο ίδιων περιοχών από τους χάρτες αυτούς υπολογίζονται τα αποθέματα και ο χρόνος ζωής του λατομείου Μπενάκη. Τέλος με το λογισμικό GRAPHER κατασκευάζονται τομές τόσο της τωρινής όσο και της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης.

Τα στοιχεία που προκύπτουν από την μελέτη αυτή μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο στα χέρια της εταιρείας, η οποία μπορεί να εντοπίσει τα σημεία στα οποία υστερεί και να βελτιστοποιήσει την λειτουργία της και να αυξήσει την παραγωγή της με το λιγότερο δυνατό κόστος κεφαλαίου.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### *ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥΣ ΚΑΙ ΤΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ*

#### **2.1 Γενικά για τους ασβεστολίθους.**

Οι ασβεστόλιθοι είναι ιζηματογενή πετρώματα χημικής ή / και βιογενούς προέλευσης. Αποτελούνται κυρίως από το ορυκτό ασβεστίτη ( $\text{CaCO}_3$ ), ενώ μπορεί να περιέχουν δολομίτη και σε μικρές ποσότητες, χαλαζία, χλωρίτη, αστρίους, αργίλικα ορυκτά, μαρμαρυγίες, λειμονίτη, αιματίτη, σιδηρίτη και άλλα ορυκτά, καθώς και υπολείμματα οργανικών ενώσεων.

Έχουν σκληρότητα κατά Mohs 3 και ειδικό βάρος  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Λόγω των ποικίλων γεωλογικών διεργασιών που έχουν επιδράσει τόσο κατά την δημιουργία τους, όσο και μετά από αυτήν, παρατηρείται ένα μεγάλο εύρος ορίων στην αντοχή σε θλίψη. Τα όρια αυτά κυμαίνονται μεταξύ των τιμών  $200 - 2000 \text{ kp/cm}^2$  ( $29 - 196 \text{ MPa}$ ). Το χρώμα τους καθορίζεται ανάλογα με τις προσμείξεις που περιέχουν. Έτσι ο καθαρός ασβεστόλιθος έχει λευκό χρώμα, ενώ μπορεί παρατηρηθούν και χρώματα όπως τεφρό, ανοιχτό κίτρινο, καστανό, τεφροπράσινο, κεραμέρυθρο, καθώς και άλλα.

Τα ιζηματογενή πετρώματα είναι τα πλέον διαδεδομένα πετρώματα που καλύπτουν την χερσαία επιφάνεια της γης. Από αυτά τα πιο συνήθη είναι ο ασβεστόλιθος και ο δολομίτης. Βρίσκονται πολύ κοντά στην επιφάνεια της γης και σε όλες τις ηπείρους, ενώ η ηλικία τους ποικίλη από το Προκάμβριο έως πρόσφατα. Τα δυο παραπάνω πετρώματα είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα στον Ελλαδικό χώρο, ενώ στην Κρήτη απαντιούνται ως κυρίως πέτρωμα (Κωστάκης, 1994).

#### **2.2 Γένεση ασβεστολιθικών πετρωμάτων.**

Οι ασβεστόλιθοι προκύπτουν από διαγένεση ανθρακικών ιζημάτων, τα οποία δημιουργούνται από συσσώρευση σκελετικών υπολειμμάτων διαφόρων απολιθωμάτων, άλλων μη σκελετικών κόκκων (π.χ. ωοειδή), κλαστικό υλικό (κόκκοι χαλαζία, αστρίων, μαρμαρυγιών) με ή χωρίς ασβεστολιθική ίλη. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να σχηματιστούν δομές όπως είναι οι ύφαλοι, με συμμετοχή

ενός μόνο οργανισμού, όπως είναι τα κοράλλια, τα βρυόζωα, τα φύκη και διάφορα είδη μαλακίων. Τέτοια υλικά χαρακτηρίζονται από έλλειψη στρώσης και συνήθως περιέχουν πολύ μικρό ποσοστό μη ασβεστολιθικών προσμίξεων (Χρηστίδης, 2000).

## 2.3 Χρήσεις

Οι ασβεστόλιθοι συγκαταλέγονται στις σημαντικότερες ορυκτές πρώτες ύλες λόγω του ότι καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα χρήσεων. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες από τις χρήσεις των ασβεστολίθων με τις απαραίτητες προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν για κάθε χρήση (Κωστάκης, 1994).

### ➤ *Αδρανή – Δομικά υλικά*

Η πιο διαδεδομένη χρήση των ασβεστολίθων είναι ως αδρανή υλικά στην παραγωγή σκυροδέματος, κονιαμάτων καθώς και ως υπόστρωμα στην οδοποιία και στην κατασκευή σιδηροδρόμων. Τέτοιοι ασβεστόλιθοι πρέπει να μην περιέχουν οργανικές ενώσεις, ενώσεις θείου, χλωριδίων και νιτρικών αλάτων καθώς και περιεκτικότητα σε αργιλικά συστατικά μικρότερη από 1%. Η αντοχή τους σε θλίψη πρέπει να είναι άνω των 500 kp/cm<sup>2</sup> (49 MPa).

### ➤ *Παραγωγή σιδήρου*

Ο ασβεστόλιθος είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία παραγωγής σιδήρου. Οι απαιτήσεις που πρέπει να έχει είναι μικρή περιεκτικότητα σε θείο και όσο το δυνατόν περισσότερο CaCO<sub>3</sub> (η χρησιμοποίηση ασβεστολίθων πλούσιων σε MgO και δολομιτών είναι δυνατή).

### ➤ *Υαλουργία*

Στην υαλουργία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φορέας του CaO. Οι απαιτήσεις ως προς την ποιότητα εξαρτώνται από το είδος του παραγόμενου γυαλιού και σχετίζονται με την περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε οξείδια του Fe, Cr, και Mn που χρωματίζουν το γυαλί, καθώς και με την κοκκομετρία που πρέπει να είναι μικρή.

### ➤ *Παρασκευή κονιώνδους ανθρακικού ασβεστίου*

Η παρασκευή κονιώνδους ανθρακικού ασβεστίου (whiting) έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς χρησιμοποιείται ως πληρωτικό υλικό στην χαρτοβιομηχανία, τη βιομηχανία πλαστικών, ελαστικών, χρωμάτων και σε διάφορα είδη στόκων. Οι παράγοντες που πρέπει να έχει για να χρησιμοποιηθεί ως πληρωτικό υλικό εξαρτώνται από την κατανομή κοκκομετρίας, κοκκομετρία, κρυσταλλική δομή, το μέγεθος και η μορφή της επιφάνειας των, οι ιδιότητες πρόσφυσης και η περιεκτικότητα σε δραστικές ή χρωστικές προσμείξεις (Χρηστίδης, 2000).

### ➤ *Γεωργία – Ζωοτροφές*

Ο ασβεστόλιθος εδώ είναι δότης Ca και Mg, χρησιμοποιείται για την ουδετεροποίηση του εδάφους, για τη δομή και ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Η ποιότητα της πρώτης ύλης περιορίζεται στην περιεκτικότητα σε  $\text{CaO} + \text{MgO} \geq 45\%$  (ως λίπασμα) και  $\text{CaCO}_3 \geq 90\%$  και  $\text{F} < 0,1\%$  (ως ζωοτροφή).

### ➤ *Άνυδρη άσβεστος*

Οι απαιτήσεις του ασβεστόλιθου που προορίζεται για την παραγωγή άνυδρης ασβέστου εξαρτώνται από την προβλεπόμενη χρήση της. Στη χημική βιομηχανία απαιτείται καθαρότητα που να πλησιάζει το 100% CaO και άσβεστος χημικά ενεργή. Στη μεταλλουργία απαιτείται περιεκτικότητα σε  $\text{SO}_3 < 0,1\%$  και  $\text{MgO} < 2\%$ , ενώ ανεπιθύμητο είναι το  $\text{SiO}_2$ . Στη βιομηχανία οικοδομικών υλικών οι απαιτήσεις του ασβεστόλιθου ποικίλουν και σχετίζονται με τα ποσοστά σε CaO, MgO,  $\text{SiO}_2$  και άλλα οξείδια.

### ➤ *Τσιμεντοβιομηχανία*

Τα τσιμέντα είναι κονίες που παράγονται μετά από όπτηση της πρώτης ύλης σε θερμοκρασίες άνω των  $1400^\circ\text{C}$  και αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ενώσεις του CaO με  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{AlO}_3$  και  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Η ποιότητα του ασβεστολίθου πρέπει να έχει προδιαγραφές σε  $\text{CaCO}_3 \geq 78\%$ ,  $\text{MgO} \leq 2,5\%$ ,  $\text{SO}_3 \leq 1,5\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq 1\%$ ,  $\text{Cl} \leq 0,1\%$ .

### ➤ **Φυσικοί δομικοί λίθοι**

Από πλευράς χρήσης ως φυσικοί δομικοί λίθοι οι ασβεστόλιθοι διακρίνονται σε πορώδεις και συμπαγείς. Οι πορώδεις ασβεστόλιθοι είναι κατάλληλοι για την κατασκευή γωνιολίθων, επειδή μπορούν να υποστούν εύκολα επεξεργασία με σφυρί ή πριόνι. Αντίθετα οι συμπαγείς ασβεστόλιθοι είναι σκληρότεροι, έχουν μικρότερο πορώδες και η κατεργασία τους είναι δυσκολότερη. Χρησιμοποιούνται κυρίως ως αδρανείς λίθοι σε διάφορα τεχνικά έργα και στη δόμηση κτιρίων.

## **2.4 Εργαστηριακός έλεγχος αδρανών υλικών.**

Οι κυριότερες εργαστηριακές δοκιμές για τα αδρανή υλικά αναφέρονται παρακάτω και είναι οι εξής (Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος, 1997):

### ➤ **Κοκκομέτρηση – παιπάλη**

Το κυριότερο κλάσμα από τα τρία κλάσματα αδρανών (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι) είναι η άμμος, διότι από την ποιότητα της εξαρτώνται πάρα πολλές ιδιότητες του σκυροδέματος. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της θραυστής άμμου είναι η παιπάλη, δηλαδή το επί της εκατό (%) διερχόμενο ποσοστό της στο αμερικάνικο κόσκινο No 200, ανοίγματος 0,075 mm.

Στον εργαστηριακό έλεγχο αυτό το δείγμα κοσκινίζεται σε μια σειρά από πρότυπα αμερικάνικα ή γερμανικά κόσκινα τετραγωνικής οπής και βρίσκεται το % ποσοστό του διερχόμενου υλικού σε κάθε ένα από αυτά. Τα αποτελέσματα περνιούνται σε ειδικό κοκκομετρικό διάγραμμα και συγκρίνονται με κάποια πρότυπα. Τα όρια για την θραυστή άμμο οπλισμένου σκυροδέματος είναι τα εξής τρία:

- 16% μέγιστο όριο για την παιπάλη
- 24% μέγιστο όριο για το % διερχόμενο ποσοστό στο κόσκινο 0,25 mm για σκυρόδεμα κατηγορίας C25/30 ή μεγαλύτερης, 30% για μικρότερης από C25/30 και 37% για άοπλο σκυρόδεμα.
- 95 – 100% όρια για το κόσκινο 4 mm.

Για τα χονδρόκοκκα υλικά (γαρμπίλι, χαλίκι) το ποσοστό παιπάλης έχει μέγιστο όριο 1%.

### ➤ *Ειδικά βάρη – υδατοαπορρόφηση*

Τα ειδικά βάρη χρησιμοποιούνται κυρίως για τον υπολογισμό των αναλογιών των υλικών στη μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος. Τα ειδικά βάρη για τους ασβεστολίθους κυμαίνονται από  $2,65 - 2,72 \text{ g/cm}^3$ , ενώ η υδατοαπορρόφηση από  $0,5 - 1,2\%$ . Το συνηθέστερο ειδικό βάρος είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος αδρανών με τους πόρους τους κορεσμένους σε νερό και τους κόκκους τους καθαρούς και επιφανειακά ξηρούς.

### ➤ *Δοκιμή Los Angeles*

Η δοκιμή Los Angeles είναι ο προσδιορισμός της φθοράς των χονδρόκοκκων αδρανών από τριβή και κρούση. Γίνεται για τον έλεγχο της σχετικής αντοχής του πετρώματος. Έτσι είναι δυνατό να εκτιμηθεί μια ενδεικτική τιμή της σκληρότητας, της αντοχής του πετρώματος και άρα της καταλληλότητας του ως αδρανές σκυροδέματος οδοποιίας, ασφαλικών κτλ.

Τα ασβεστολιθικά πετρώματα είναι μέτρια προς μαλακά ξεκινούν με φθορά  $25 - 28\%$ , φθάνουν τα  $32 - 35\%$ , ενώ μερικές φορές φθάνουν το ανώτατο όριο της προδιαγραφής ΕΛΟΤ – 408 που είναι το  $40\%$ . Τα ασβεστολιθικά πετρώματα είναι κατάλληλα για σκυρόδεμα, αλλά όχι για αντιολισθήρες στρώσεις ασφαλικών, όπου το όριο φθοράς είναι κάτω από  $24\%$  και απαιτούνται επιπλέον προδιαγραφές.

### ➤ *Ισοδύναμο – άμμο*

Η δοκιμή αυτή είναι χρήσιμη διότι δίδει μια έμμεση ένδειξη παρουσίας «πλαστικών» λεπτόκοκκων υλικών (π.χ. αργίλου) μέσα την άμμο. Αν η ένδειξη αυτή είναι κάτω από  $65\%$  τότε το πέτρωμα είναι ακατάλληλο για σκυρόδεμα. Για τα ασφατικά το όριο που επιτρέπεται είναι μέχρι  $50$  ή  $55\%$ . Τέλος για έργα σε έντονα διαβρωτικά περιβάλλοντα (π.χ. μετρό Αθηνών) απαιτείται ισοδύναμο άμμου άνω του  $75\%$ , πράγμα σπάνιο.

### ➤ *Άλλες δοκιμές αδρανών*

Ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε έργου οι δοκιμές αδρανών μπορεί να φθάσουν και τις 30. Ενδεικτικά αναφέρονται μερικές όπως η υγεία του πετρώματος, η πετρογραφική εξέταση, η αντοχή πετρώματος, οι οργανικές προσμίξεις, ο δείκτης πεπλατυσμένων και επιμηκών κόκκων, ο δείκτης αδρανών, η φθορά κατά DEVAL κτλ.

## **2.5 Θέματα νομικού πλαισίου για τις λατομικές ζώνες.**

Ο νόμος 1428/84 ορίζει την υποχρεωτική λειτουργία των λατομείων αδρανών υλικών, πλην εξαιρέσεων, σε θεσμοθετημένες λατομικές περιοχές. Επίσης θεσμοθετείται η τεχνική μελέτη της εκμετάλλευσης, ενώ τίθενται πρόσθετοι περιορισμοί στην λειτουργία των λατομείων. Οι περιορισμοί αυτοί αντανακλούν, ως ένα βαθμό, την κοινωνική απαίτηση για την προστασία του περιβάλλοντος, των περίοικων και των εργαζομένων.

Σύμφωνα με τον ίδιο νόμο, αποκλείεται η ίδρυση λατομικής μονάδας σε απόσταση μικρότερη των 1000 μέτρων από τα όρια σχεδίου πόλεως ή ανεξάρτητου ρυμοτομικού σχεδίου, καθώς και από οποιοδήποτε κτίσμα. Άρα αποκλείεται η ίδρυση λατομείου σε απόσταση μικρότερη των 1000 μέτρων από κτίσμα, ακόμα και αν αυτό είναι μη κατοικούμενο (π.χ. αγροτική αποθήκη). Η εξειδίκευση του περιορισμού ανάλογα με το είδος του κτίσματος, τη μορφολογία του εδάφους και τέλος το είδος και την προβλεπόμενη διάρκεια λειτουργίας του λατομείου θα απέκλειε ακραίες περιπτώσεις. Σκόπιμη κρίνεται η μείωση της ελάχιστης απόστασης από τα όρια σχεδίου πόλεως ή οποιοδήποτε κτίσματος σε 800 μέτρα και σε 500 μέτρα από κατοικήσιμα κτίσματα, με αρμοδιότητα του Επιθεωρητού Μεταλλείων να αυξάνει κατά περίπτωση τα ανωτέρω όρια.

Σύμφωνα με το νόμο 2115/93 επιτρέπεται η επέκταση των δημόσιων, δημοτικών, κοινοτικών και ιδιωτικών λατομείων σε όμορες δημοτικές, κοινοτικές, ιδιωτικές, αλλά όχι και σε δημόσιες εκτάσεις. Λατομεία που συνορεύουν μόνο με δημόσιους χώρους και έχουν εξαντλήσει τα αποθέματα τους θα πρέπει να ζητήσουν μίσθωση του όμορου χώρου, ακόμα και αν πρόκειται περί νέου λατομείου, με όλους τους σχετικούς περιορισμούς (Λειβαδάρος, 1995).

## 2.6 Παράγοντες οριοθέτησης λατομείου.

Με τον όρο παράγοντες οριοθέτησης εννοούνται τα γεωμετρικά όρια μέχρι των οποίων θα φτάσει η οριζόντια και σε βάθος εκμετάλλευση του κοιτάσματος. Οι κυριότεροι παράγοντες που επιδρούν στον καθορισμό των ορίων εκμετάλλευσης είναι οι εξής:

- Η σχέση αποκάλυψης.
- Οι υφιστάμενες παραγωγικές δραστηριότητες ή άλλα πιθανά προγράμματα αναπτύξεως που έχουν προτεραιότητα.
- Το βάθος εκμετάλλευσης σε σχέση με τον χρησιμοποιούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό.
- Τα γεωμετρικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των στρωμάτων.
- Η κατάσταση των υπόγειων νερών.

Το σχήμα του αναπτυσσόμενου λατομείου καθορίζει το συνολικό μήκος των πρανών. Το κυκλικό πεδίο ανάπτυξης συνήθως αποτελεί το ιδανικότερο σχήμα. Σε μεγάλου βάθους εκμεταλλεύσεις με μη ευνοϊκό σχήμα, η σχέση αποκάλυψης, η οποία ορίζεται ως ο αριθμός των μονάδων όγκου ή βάρους αγόνων που πρέπει να απομακρυνθούν για να αποκαλυφθεί μια μονάδα μεταλλεύματος ( $\text{m}^3/\text{ton}$ ), μπορεί να αποκτήσει σημαντικά δυσμενή τιμή συγκρινόμενη με την τιμή της σχέσης υπερκείμενα προς μετάλλευμα ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) (Καβουρίδης, 1990).

Για τα λατομεία η σχέση αποκάλυψης είναι πολύ μικρή, καθώς ο όγκος των υπερκείμενων που πρέπει να απομακρυνθεί είναι μικρός πριν αρχίσει η οποιαδήποτε εκμετάλλευση του κοιτάσματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### *Η ΑΣΥΝΕΧΗΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ*

#### **3.1 Εισαγωγή – μέθοδος εκμετάλλευσης.**

Για την επιφανειακή εκμετάλλευση κοιτασμάτων εφαρμόζεται η μέθοδος συνεχούς ή η μέθοδος ασυνεχούς λειτουργίας. Η μέθοδος συνεχούς λειτουργίας βρίσκει εφαρμογή σε μαλακά πετρώματα σε οριζόντια διατεταγμένες στρώσεις και μεγάλων αποθεμάτων. Κύρια χαρακτηριστικά της είναι η χρησιμοποίηση εξοπλισμού συνεχούς λειτουργίας, μεγάλου μεγέθους και μεγάλης παραγωγικής ικανότητας (π.χ. καδοφόροι εκσκαφείς, μεταφορικές ταινίες ή τρένα, ταινιογέφυρες κτλ.). Αντίθετα όταν τα πετρώματα προς εκμετάλλευση είναι σκληρά και οι ρυθμοί παραγωγής που απαιτούνται χαμηλοί, εφαρμόζεται η ασυνεχής μέθοδος λειτουργίας. Κύρια χαρακτηριστικά της είναι η εφαρμογή του κύκλου εργασίας διάτρηση, ανατίναξη, φόρτωση και μεταφορά στις εγκαταστάσεις για περαιτέρω επεξεργασία (Καβουρίδης, 1990).

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί η διαδικασία εξόρυξης και μεταφοράς της ασυνεχούς μεθόδου λειτουργίας. Έτσι δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις λεπτομέρειες μιας εκμετάλλευσης αδρανών υλικών, όπως αυτή του Λατομείου Μπενάκη.

#### **3.2 Θραύση του πετρώματος με εκρηκτικές ύλες.**

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος επιτυγχάνεται από τη διάδοση του κρουστικού παλμού που παράγεται από την έκρηξη και από την εκτόνωση του ωστικού κύματος των αερίων της έκρηξης. Ο κρουστικός παλμός προκαλεί θραύση στο πέτρωμα λόγω της εφαρμογής ενός υψηλού εντατικού πεδίου. Η εκτόνωση του ωστικού κύματος απομακρύνει τα θραυσμένα τεμάχια του πετρώματος από την φυσική τους θέση.

Κατά την θραύση του πετρώματος με εκρηκτικές ύλες επιδιώκεται η πλήρης απόσπαση του από την φυσική του θέση, όπως αυτή σχεδιάστηκε. Ο θρυμματισμός του πετρώματος πρέπει να είναι ικανοποιητικός για την ελαχιστοποίηση του κόστους εργασιών. Οι μεγάλοι όγκοι είναι απαγορευτικοί καθώς απαιτούν δευτερογενή



θραύση. Επίσης μετά την ανατίναξη το εξορυχθέν πέτρωμα πρέπει να βρίσκεται κοντά στο μέτωπο με την μορφή σωρού. Η εκτόξευση τεμαχιδίων είναι απαγορευτική για λόγους ασφαλείας.

Στην αποτελεσματικότητα της θραύσης του πετρώματος με εκρηκτικές ύλες καθοριστικό ρόλο παίζουν οι παράμετροι της εκρηκτικής ύλης και του πετρώματος. Οι παράμετροι του εκρηκτικού είναι η εκλυόμενη ενέργεια στη μονάδα βάρους του, η ταχύτητα διάδοσης του, η πυκνότητα του καθώς και η ανάπτυξη της ωστικής φάσης. Οι παράμετροι του πετρώματος είναι η πυκνότητα του, το πορώδες του, η μηχανική αντοχή του, το μέτρο ελαστικότητας του, οι ασυνέχειες του κτλ (Αγιουτάντης, 1996).

### **3.3 Εκρηκτικές ύλες.**

Κάθε εκρηκτική ύλη αποτελείται συνήθως από ένα καύσιμο και ένα οξειδωτικό παράγοντα, τα οποία όταν αντιδράσουν μεταξύ τους εκλύουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας σε μικρό χρόνο καθώς και μεγάλες ποσότητες θερμών αερίων λόγω εξωθερμικών αντιδράσεων. Τα αέρια αυτά συμβάλουν στη θραύση και μετατόπιση του πετρώματος από την αρχική του θέση.

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των οξειδωτικών παραγόντων είναι ότι το οξυγόνο που περιέχουν μπορεί εύκολα να απελευθερωθεί και να σχηματίσει πιο σταθερές ενώσεις (π.χ.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Κάθε εκρηκτική ύλη είναι απαραίτητο να περιέχει αρκετό οξυγόνο ώστε να μπορεί να οξειδώνει όλα τα προϊόντα της χημικής αντίδρασης. Σε αντίθετη περίπτωση τα αέρια που εκλύονται είναι τοξικά (Αγιουτάντης, 1996).

#### **3.3.1 Πετρελαιοαμμωνίτης.**

Η εξόρυξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων συνήθως επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση ως εκρηκτικής ύλης του πετρελαιοαμμωνίτη (ANFO). Αποτελείται από πορώδες νιτρικό αμμώνιο και καύσιμο υδρογονάνθρακα (πετρέλαιο No. 2) με αναλογία 94:6. Το πορώδες νιτρικό αμμώνιο έχει πυκνότητα που κυμαίνεται από 0,67 έως 0,80 g/cm<sup>3</sup>. Η κοκκομετρία του κυμαίνεται από -3,33mm έως +0,83mm. Οι κόκκοι του επικαλύπτονται με ένα λεπτό στρώμα αργίλικού υλικού, έτσι ώστε να

ελαττωθεί η συσσωμάτωση του νιτρικού αμμωνίου λόγω υγρασίας. Η προσθήκη κονιοποιημένου αργιλίου (Al) σαν καύσιμο αυξάνει την ισχύ του πετρελαιοαμμωνίτη.

Το ANFO χρησιμοποιείται για την γόμωση του κυρίου μέρους της εκρηκτικής στήλης λόγω της ισχύος του, της οικονομικότητας του και του ότι η μεταφορά του είναι εύκολη και ασφαλής. Ο ασβεστόλιθος λόγω του μικρού πορώδους του δεν συγκρατεί την υγρασία και κάνει το ANFO κατάλληλο για χρήση, καθώς έχει μικρή ευαισθησία και αντοχή σε υγρά διατρήματα.

Η πυκνότητα του ANFO κυμαίνεται από 0,85 έως 0,95 g/cm<sup>3</sup>, η ταχύτητα έκρηξης του είναι περίπου 4400 m/sec, η ενέργεια έκρηξης του περίπου 900 kcal/kg (Αγιουτάντης, 1996).

### 3.3.2 Χρήση ενισχυτικών εναυσμάτων.

Η χρήση των ενισχυτικών εναυσμάτων έχει καθιερωθεί ιδιαίτερα με την χρήση των εκρηκτικών μέσων τα οποία δεν μπορούν να εναυθούν με απλά καψύλλια. Η πλήρης εκμετάλλευση της ενέργειας ενός εκρηκτικού επιτυγχάνεται όταν αυτό φτάνει την μέγιστη ταχύτητα έκρηξης. Έτσι μεγιστοποιείται η πίεση της έκρηξης και ο θρυμματισμός του πετρώματος. Οι επιθυμητές ιδιότητες των ενισχυτικών εναυσμάτων είναι οι εξής:

- Η πίεση της έκρηξης του εναύσματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την πίεση έκρηξης του κύριου εκρηκτικού.
- Η ενέργεια που εκλύεται πρέπει να είναι ικανή να ενεργοποιήσει το κυρίως εκρηκτικό. Επομένως η διάμετρος του πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με αυτή του κύριου εκρηκτικού.
- Η ανθεκτικότητα του στο νερό πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτή του κύριου εκρηκτικού.

Τα ενισχυτικά εναύσματα τοποθετούνται στα διατρήματα κατά τέτοιο τρόπο ώστε το κρουστικό κύμα να οδηγείται προς το κυρίως εκρηκτικό σώμα. Συνηθίζεται να τοποθετείται στον πυθμένα των διατρημάτων. Υπάρχουν περιπτώσεις που απαιτούν την επιπλέον τοποθέτηση ενισχυτικού εναύσματος κατά μήκος της στήλης, ιδιαίτερα όταν η εκρηκτική στήλη δεν είναι συνεχής (διακεκομμένη γόμωση), χρησιμοποιούνται εκρηκτικά με πολύ χαμηλή ευαισθησία (π.χ. ANFO), τα διατρήματα είναι πολύ υγρά ή είναι αρκετά βαθιά (π.χ. μεγαλύτερα των 30 μέτρων).

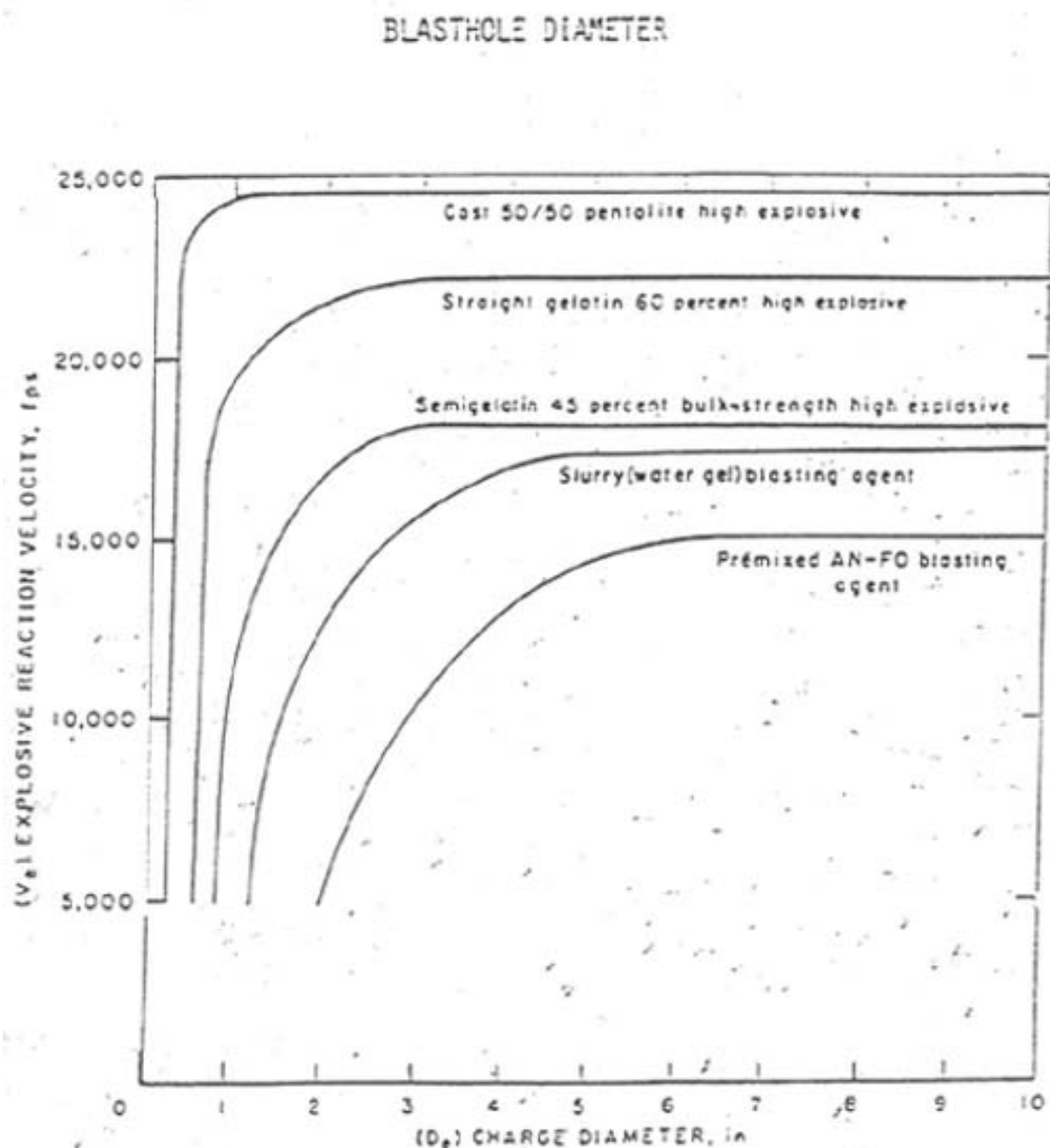
Ένα ενισχυτικό έναυσμα που συνοδεύει το ANFO στις εξορύξεις ασβεστολίθων είναι ο αμμωνίτης. Είναι ισχυρό εκρηκτικό κατάλληλο για γόμωση πυθμένα, λόγω της άριστης ευαισθησίας του στην έναυση και της οικονομικότητας του. Ο αμμωνίτης αποτελεί μείγμα νιτρικού αμμωνίου, πετρελαίου και ζελατίνης (Αγιουτάντης, 1996).

### **3.4 Ιδιότητες των εκρηκτικών υλών.**

Οι εκρηκτικές ύλες έχουν κάποιες ιδιότητες με τις οποίες συγκρίνονται ως προς την αποδοτικότητα τους και την καταλληλότητα τους σε διάφορες χρήσεις. Αυτές οι ιδιότητες είναι οι εξής (Αγιουτάντης, 1996):

- Η ισχύς
- Η ταχύτητα έκρηξης
- Η παραγόμενη ενέργεια ή θερμότητα
- Η πίεση έκρηξης
- Η πυκνότητα της εκρηκτικής ύλης
- Η ανθεκτικότητα στο νερό
- Η ευαισθησία

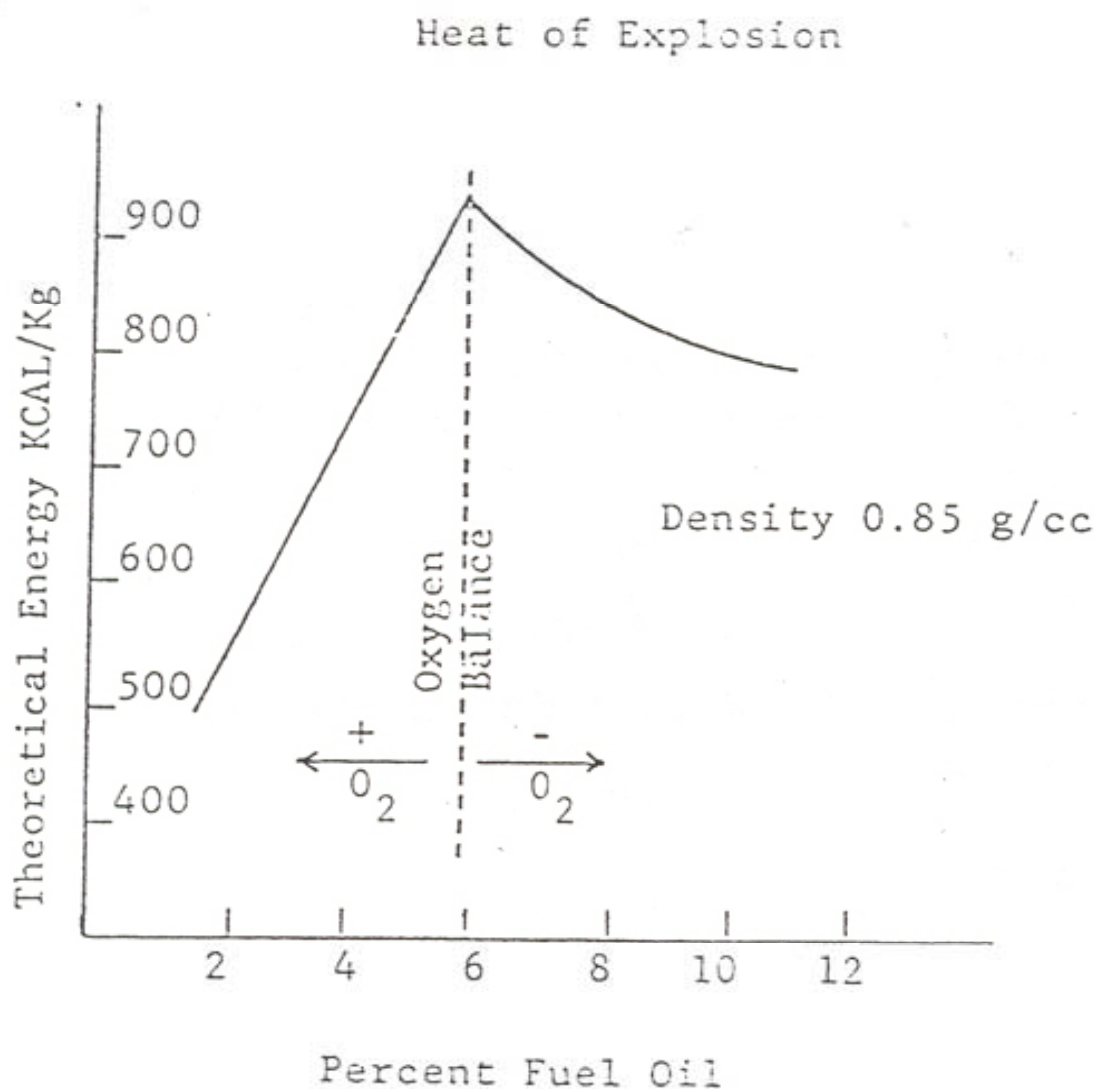
Η ισχύς είναι ένα μέτρο της ενέργειας που εκλύεται κατά την έκρηξη και η ενέργεια αυτή διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στον θρυμματισμό του πετρώματος. Η ταχύτητα έκρηξης είναι ο ρυθμός με τον οποίο εκλύεται η ενέργεια του εκρηκτικού, δηλαδή η ταχύτητα διάδοσης του κρουστικού παλμού στο πέτρωμα και εξαρτάται από την διάμετρο, τον βαθμό περιορισμού, τον τρόπο έναυσης του εκρηκτικού και την πυκνότητα γόμωσης. Αυξάνεται με την αύξηση της διαμέτρου (σχήμα 3.1), του βαθμού περιορισμού και της πυκνότητας του εκρηκτικού μέχρι την μέγιστη ταχύτητα, ενώ εξαρτάται από τον τρόπο έναυσης του εκρηκτικού, δηλαδή από την επιλογή του κατάλληλου ενισχυτικού εναύσματος για την γρηγορότερη ανάπτυξη της μέγιστης ταχύτητας. Στο σχήμα 3.1 φαίνεται η μεταβολή της ταχύτητας έκρηξης μερικών εκρηκτικών σε συνάρτηση με την διάμετρο του διατρήματος. Παρατηρείται ότι η αύξηση της διαμέτρου μετά από ένα σημείο δεν αυξάνει την ταχύτητα έκρηξης. Η διάμετρος αυτή ονομάζεται κρίσιμη διάμετρος και αντιστοιχεί στην ελάχιστη διάμετρο για την οποία είναι δυνατόν να διατηρηθεί η διαδικασία της έκρηξης. Για διαμέτρους μικρότερες της κρίσιμης σταματάει η διαδικασία της έκρηξης.



Σχήμα 3.1: Μεταβολή της ταχύτητας έκρηξης μερικών εκρηκτικών με τη διάμετρο διατρήματος (Αγιουτάνης, 1996).

Η εκλυόμενη ενέργεια είναι η ενέργεια αποσύνθεσης μιας εκρηκτικής ύλης και αποτελεί κριτήριο εκτίμησης της ισχύος ενός εκρηκτικού. Το σχήμα 3.2 παρουσιάζει την μεταβολή της θεωρητικά εκλυόμενης ενέργειας για διάφορες συνθέσεις μιγμάτων ANFO. Παρατηρείται ότι για ποσοστιαία αναλογία AN 94,5% και FO 5,5% που αντιστοιχεί σε μηδενικό ισοζύγιο οξυγόνου, εκλύεται η μέγιστη ενέργεια. Επίσης

είναι προτιμότερο να προστίθεται περισσότερο καύσιμο, καθώς ο ρυθμός ελάττωσης ενέργειας είναι μικρότερος στα μίγματα με αρνητικό ισοζύγιο οξυγόνου (Αγιουτάντης, 1996).



Σχήμα 3.2: Μεταβολή της θεωρητικά εκλυόμενης ενέργειας του ANFO με τη σύνθεση του εκρηκτικού μίγματος (Αγιουτάντης, 1996).

Η πίεση έκρηξης είναι η πίεση του κρουστικού κύματος που προηγείται από τη ζώνη χημικής αντίδρασης και κυμαίνεται από 5 ως 150 kbar (500 ως 1500 MPa). Καθορίζει την αποτελεσματικότητα του εκρηκτικού και τον τρόπο θραύσης του πετρώματος. Είναι συνάρτηση της πυκνότητας του εκρηκτικού, της ταχύτητας

έκρηξης και της μοριακής ταχύτητας του υλικού. Η πίεση έκρηξης είναι δυνατό να υπολογισθεί από τις παρακάτω εμπειρικές εξισώσεις (Αγιουτάντης, 1996):

$$P = 4,18 \cdot 10^{-7} \cdot C^2 \cdot \frac{\rho}{1 + 0,80 \rho} \quad (\text{κατά Brown}) \quad (3.1)$$

$$P = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot \rho \cdot D^2 \quad (\text{κατά Dupont}) \quad (3.2)$$

$$P = 2,325 \cdot 10^{-7} \cdot \rho \cdot C^2 \quad (\text{κατά Atlas}) \quad (3.3)$$

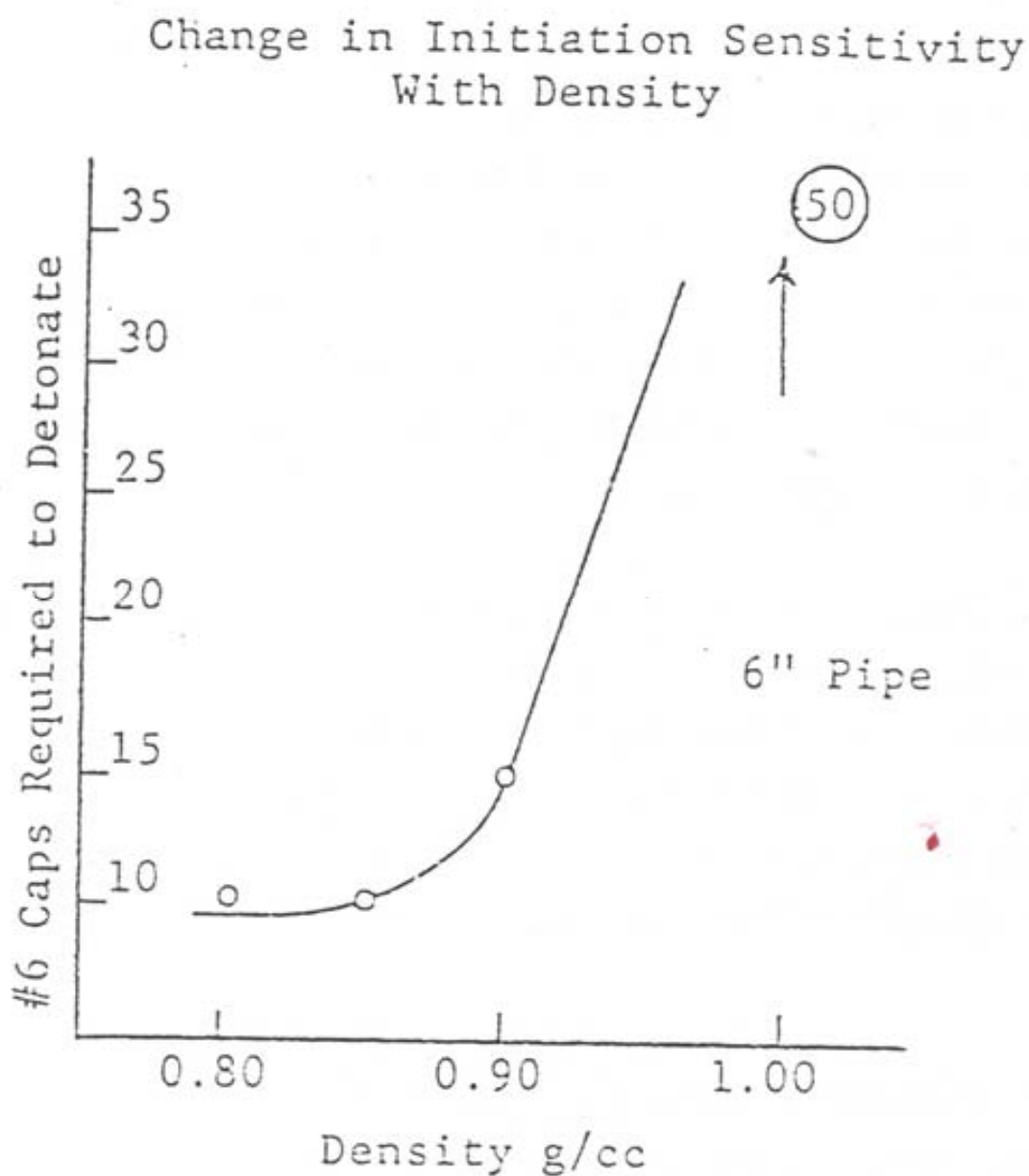
όπου P είναι η πίεση έκρηξης σε kbar, ρ είναι η πυκνότητα σε g/cm<sup>3</sup>, C είναι η ταχύτητα έκρηξης σε ft/sec και D η ταχύτητα έκρηξης σε m/sec.

Η πυκνότητα της εκρηκτικής ύλης είναι η πυκνότητα του μίγματος ή της χημικής ένωσης όπως αυτή παρασκευάζεται από τον κατασκευαστή. Η εκτίμηση των ιδιοτήτων του εκρηκτικού σαν συνάρτηση της πυκνότητας του γίνεται με βάση την πραγματική του πυκνότητα στο διάτρημα. Η πυκνότητα των εκρηκτικών κυμαίνεται από 0,8 έως 1,6 g/cm<sup>3</sup>. Εκρηκτικά με χαμηλότερη πυκνότητα από το νερό (1 g/cm<sup>3</sup>) επιπλέουν σε αυτό με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η γόμωση τους σε υγρά διατρήματα. Ο πίνακας 3.1 παρουσιάζει τιμές πυκνότητας για μερικά εκρηκτικά (Αγιουτάντης, 1996).

Πίνακας 3.1 Πυκνότητες μερικών εκρηκτικών υλών (Αγιουτάντης, 1996)

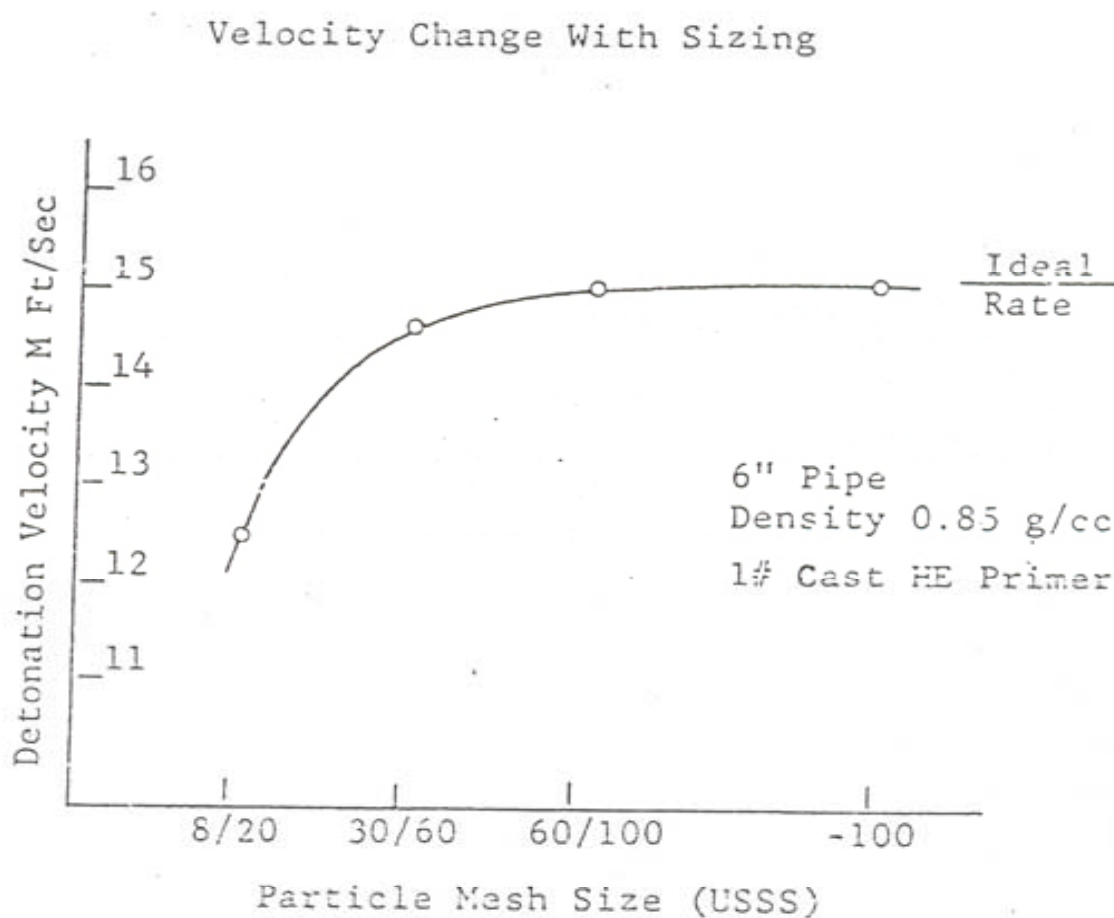
Εκρηκτική ύλη	Πυκνότητα (g/cm <sup>3</sup> )
Δυναμίτιδα	0,8 – 1,4
Ζελατίνη	1,0 – 1,7
Εκρηκτικά υγρής φάσης (φυσίγγια)	1,1 – 1,3
Εκρηκτικά υγρής φάσης (χύδην)	1,1 – 1,6
ANFO (πνευματική γόμωση)	0,8 – 1,0
ANFO (χύδην)	0,8 – 0,85
ANFO (φυσίγγια)	1,1 – 1,2

Υπερβολική αύξηση της πυκνότητας ενός εκρηκτικού επιφέρει σημαντική μείωση της ευαισθησίας του, με αποτέλεσμα πολλές φορές να μην μπορεί να εναυθεί ακόμα και με ισχυρά ενισχυτικά εναύσματα. Αυτό μπορεί να συμβεί σε μίγματα ANFO όταν οι υπερβολικές πιέσεις που δημιουργούνται σε γειτονικά διατρήματα συμπυκνώσουν το ANFO που βρίσκεται σε μη ενεργοποιημένα διατρήματα. Στο σχήμα 3.3 παρουσιάζεται η μείωση της ευαισθησίας του ANFO σαν συνάρτηση της πυκνότητας του (Αγιουτάντης, 1996).



Σχήμα 3.3: Μεταβολή της ευαισθησίας του ANFO με την πυκνότητα του εκρηκτικού μίγματος.

Η κοκκομετρία του υλικού διαμορφώνει την πυκνότητα του εκρηκτικού. Όταν η κοκκομετρία μειώνεται, αυξάνεται η ταχύτητα έκρηξης και επομένως είναι δυνατόν να προκύψουν ευαίσθητα μίγματα τα οποία να εναύονται με εκρηκτικά καψύλλια. Το φαινόμενο αυτό είναι σύνηθες σε μίγματα ANFO. Στο σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η μεταβολή της ταχύτητας έκρηξης του ANFO σαν συνάρτηση της κοκκομετρίας του νιτρικού αμμωνίου (Αγιουτάντης, 1996).



Σχήμα 3.4: Μεταβολή της ταχύτητας έκρηξης του ANFO με την κοκκομετρία του εκρηκτικού μίγματος (Αγιουτάντης, 1996).

Η ανθεκτικότητα στο νερό είναι η ικανότητα ενός εκρηκτικού να εμποδίζει την είσοδο του νερού μέσα στην μάζα του ή η δυνατότητα του να εκραγεί κάτω από υγρές συνθήκες. Εκφράζεται σε ώρες που το εκρηκτικό μπορεί να παραμείνει μέσα στο νερό χωρίς να χαθεί η ικανότητα του να εκραγεί από καψύλλιο ισχύος No. 6. Η



είσοδος του νερού στη μάζα του εκρηκτικού μπορεί να αποτρέψει την έκρηξη του ή αυτή να γίνει ανεξέλεγκτη. Τα εκρηκτικά που περιέχουν νιτρικό αμμώνιο έχουν μικρή έως μηδενική ανθεκτικότητα στο νερό, επειδή το νιτρικό αμμώνιο είναι υγροσκοπικό. Για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων συνίσταται (Αγιουτάντης, 1996):

- Η πυροδότηση των λιγότερο ανθεκτικών στο νερό εκρηκτικών αμέσως μετά την γόμωση.
- Η χρήση ενισχυτικών εναυσμάτων.
- Η διατήρηση της συσκευασίας του εκρηκτικού (όταν είναι σε φυσίγγια).

Η ευαισθησία ενός εκρηκτικού χρησιμοποιείται για λόγους ασφαλείας. Εκφράζει την ευαισθησία έναυσης του και το πόσο επικίνδυνο είναι όσον αφορά την παρασκευή, μεταφορά, αποθήκευση, κλπ. Στον πίνακα 3.2 παρουσιάζεται μια ποιοτική εκτίμηση της ευαισθησίας μερικών εκρηκτικών υλών. Συγκεκριμένα συγκρίνεται η ευαισθησία ενός εκρηκτικού σε τυχαία έναυση (επικινδυνότητα) με την ευαισθησία ενεργοποίησης του εκρηκτικού σε ένα διάτρημα (Αγιουτάντης, 1996).

Πίνακας 3.2 Επικινδυνότητα και ευαισθησία έναυσης για μερικά εκρηκτικά (Αγιουτάντης, 1996).

Εκρηκτική ύλη	Επικινδυνότητα	Ευαισθησία έναυσης
Δυναμίτιδα	μέτρια – υψηλή	άριστη
Ζελατίνη	μέτρια	άριστη
Εκρηκτικά υγρής φάσης (φυσίγγια)	χαμηλή	καλή – πολύ καλή
Εκρηκτικά υγρής φάσης (χύδην)	χαμηλή	καλή – πολύ καλή
ANFO (πνευματική γόμωση)	χαμηλή	μέτρια – καλή *
ANFO (χύδην)	χαμηλή	μέτρια – καλή *
ANFO (φυσίγγια)	χαμηλή	καλή – πολύ καλή

\* εξαρτάται από τις επιτόπου συνθήκες

### 3.5 Έναυση των εκρηκτικών.

Η ενεργοποίηση των εκρηκτικών υλών προκαλείται με την έναυση ή την πυροδότηση τους. Ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης του σήματος έναυσης διακρίνονται δυο κύριες κατηγορίες συστημάτων έναυσης (Αγιουτάντης, 1996):

- τα μη ηλεκτρικά συστήματα (θρυαλλίδα ασφαλείας, ακαριαία θρυαλλίδα, κοινά καψύλλια δυναμίτιδας, θρυαλλίδα ομαδικής πυροδότησης, συστήματα μετάδοσης ασθενούς κρουστικού παλμού (Nonel, Herdudet, κλπ), συστήματα νέας τεχνολογίας (Magnadet))
- τα ηλεκτρικά συστήματα (ηλεκτρικά καψύλλια πυρίτιδας, ηλεκτρικά καψύλλια δυναμίτιδας)

Ανάλογα με τον τρόπο έναυσης τους διακρίνονται επίσης σε:

- συστήματα μετάδοσης φλόγας που χρησιμοποιούνται για την έναυση εκρηκτικών χαμηλής διαρρηκτικότητας (πυρίτιδες)
- συστήματα μετάδοσης κρουστικού παλμού που χρησιμοποιούνται για την έναυση εκρηκτικών υψηλής διαρρηκτικότητας (δυναμίτιδες, ANFO, κλπ)

### 3.6 Συστήματα επιβράδυνσης.

Η επιβράδυνση στην πυροδότηση γειτονικών διατρημάτων είναι απαραίτητη για να δοθεί αρκετός χρόνος ώστε να δημιουργηθούν οι απαραίτητες ελεύθερες επιφάνειες για την θραύση του υλικού. Τα συστήματα επιβράδυνσης κατασκευάζονται σε σειρές και διακρίνονται σε συνήθη, όπου οι επιβραδύνσεις μεταξύ των συστημάτων της ίδιας σειράς είναι 0,5sec και σε συστήματα μικροχρόνου ή χιλιοστοδευτερολέπτου, όπου οι επιβραδύνσεις είναι χιλιοστά του δευτερολέπτου (msec).

Τα συστήματα επιβράδυνσης διακρίνονται σε μη ηλεκτρικά και ηλεκτρικά. Τα μη ηλεκτρικά συστήματα κατασκευάζονται με τυποποιημένες επιβραδύνσεις (5,9,17,25,35,45 και 65 msec), ενώ είναι σπάνιες οι επιβραδύνσεις 0,5sec. Στα ηλεκτρικά συστήματα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν τυποποιημένα στοιχεία επιβράδυνσης με αποτέλεσμα την κατασκευή σειράς καψυλλίων με διαφορετικούς χρόνους. Διακρίνονται σε καψύλλια συνήθους επιβράδυνσης και καψύλλια

επιβράδυνσης μικροχρόνου, ενώ κατασκευάζονται σε ισχύεις Νο. 6 και Νο. 8 (Αγιουτάντης, 1996).

### **3.7 Σχεδιασμός ανατινάξεων – παράμετροι σχεδιασμού.**

Ο σχεδιασμός ανατινάξεων δεν είναι μια απόλυτη διαδικασία, καθώς εισέρχονται σε αυτόν παράμετροι όπως η φύση των πετρωμάτων, η γεωλογία των δομών του πετρώματος και οι εκρηκτικές ύλες. Δεν είναι δυνατόν να γίνει ο σχεδιασμός μιας ανατίναξης με βάση μόνο ορισμένους μαθηματικούς τύπους χωρίς δοκιμές επί τόπου. Είναι σύνηθες φαινόμενο ο αρχικός σχεδιασμός μιας ανατίναξης σε κάθε εκμετάλλευση να μεταβάλλεται βάση των αποτελεσμάτων κάθε ανατίναξης, μέχρι να επιτευχθεί η μέγιστη εκμετάλλευση της εκλυόμενης ενέργειας του εκρηκτικού και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του πετρώματος (Αγιουτάντης, 1996).

Οι παράμετροι που πρέπει να εξεταστούν και να προσδιοριστούν για τον σχεδιασμό ανατίναξης μιας επιφανειακής βαθμίδας είναι οι ακόλουθες:

- Γεωλογικοί παράγοντες του πετρώματος
- Διάμετρος διατρημάτων
- Μήκος διατρημάτων
- Καθορισμός του φορτίου
- Επιγύμωση
- Υποδιάτρηση
- Απόσταση διατρημάτων
- Υπολογισμός ποσότητας εκρηκτικών ανά διάτρημα
- Συντελεστής κατανάλωσης

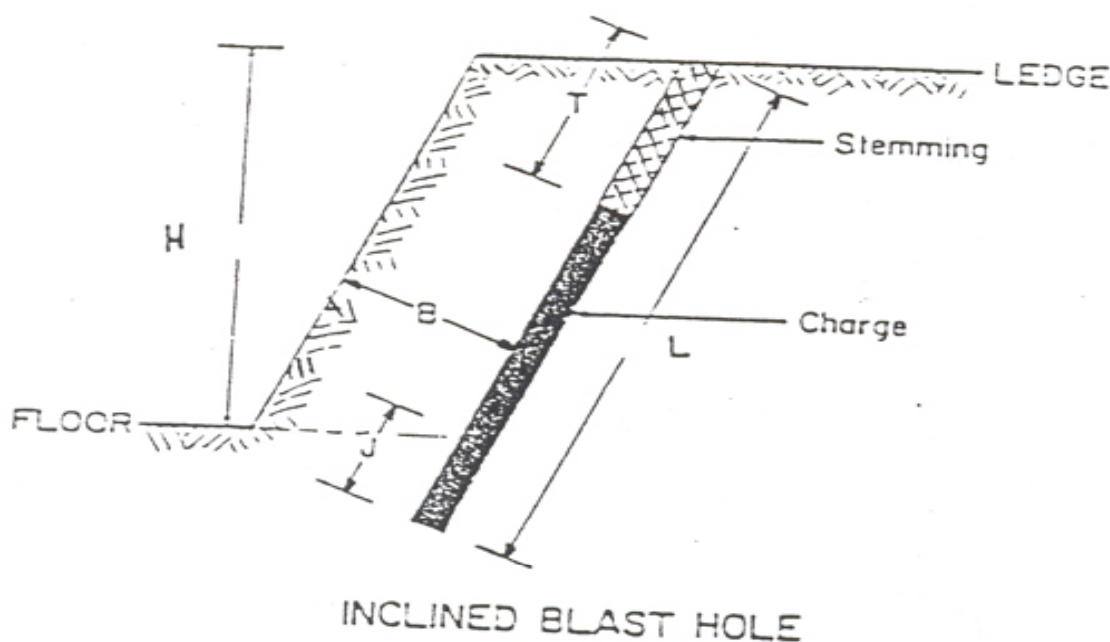
Στο σχήμα 3.5 φαίνονται μερικές από τις παραπάνω παραμέτρους. Με  $H$  συμβολίζεται το ύψος της βαθμίδας, με  $L$  το μήκος του διατρήματος, με  $B$  το φορτίο, με  $T$  η επιγύμωση και με  $J$  η υποδιάτρηση.

#### **3.7.1 Γεωλογικοί παράγοντες.**

Οι σημαντικότεροι γεωλογικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον σχεδιασμό μιας ανατίναξης είναι η πυκνότητα και η σκληρότητα του πετρώματος, η ύπαρξη

ασυνεχειών και ζωνών αδυναμίας. Τα υψηλής πυκνότητας πετρώματα απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες ή ισχυρότερα εκρηκτικά για την θραύση τους. Ένα μαλακό πέτρωμα αφήνει περισσότερα περιθώρια για λάθη σε μια ανατίναξη από ότι ένα σκληρότερο πέτρωμα.

Ως γνωστόν η ενέργεια της έκρηξης διαδίδεται από την οδό με την μικρότερη αντίσταση. Έτσι όταν στο πέτρωμα υπάρχουν ζώνες αδυναμίας (καρστικά έγκοιλα, αργιλικές ενστρώσεις, ρήγματα, παρουσία παλαιότερων έργων, κλπ) η ενέργεια έκρηξης θα διαδοθεί μέσα από αυτές με αποτέλεσμα τον ανεπαρκή θρυμματισμό του πετρώματος. Ανάλογα με τον προσανατολισμό των ασυνεχειών είναι δυνατόν να υπάρχει μεγάλο ποσοστό εκτοξευμένων τεμαχίων καθώς και δημιουργία έντονου ωστικού κύματος. Εφόσον παρατηρηθούν κατά την διάτρηση τέτοιου είδους ασυνέχειες, συνηθίζεται η πλήρωση τους με αργιλικό υλικό αντί με εκρηκτικά σε αυτά τα σημεία (Αγιουτάντης, 1996).



Σχήμα 3.5: Παράμετροι σχεδιασμού επιφανειακής βαθμίδας (Αγιουτάντης, 1996).

### 3.7.2 Διάμετρος διατρημάτων.

Η διάμετρος των διατρημάτων είναι ίσως η βασικότερη επιλογή σε κάθε σχεδιασμό ανατίναξης, διότι μαζί με το είδος του εκρηκτικού και τον τύπο του πετρώματος καθορίζει το φορτίο του κάθε διατρήματος. Από την εμπειρία προκύπτει ότι για την διάμετρο των διατρημάτων ισχύει η ακόλουθη σχέση (Αγιουτάντης, 1996):

$$\frac{H}{40} \leq d \leq \frac{H}{20} \quad (3.4)$$

όπου  $d$  η διάμετρος των διατρημάτων (in) και  $H$  το ύψος της βαθμίδας (ft).

Έχει παρατηρηθεί ότι πολλά διατρήματα μικρής διαμέτρου δημιουργούν καλύτερη κατανομή των κλασμάτων του θραυσμένου υλικού. Γενικά με την αύξηση της διαμέτρου του διατρήματος αυξάνεται το μέσο μέγεθος των θραυσμένων τεμαχίων του πετρώματος, με συνέπεια την αύξηση του κόστους πρωτογενούς ή δευτερογενούς θραύσης ή/και μεταφοράς ενώ αντίθετα μειώνεται το κόστος και ο απαιτούμενος χρόνος για την όρυξη.

### 3.7.3 Καθορισμός φορτίου.

Φορτίο ορίζεται η απόσταση ενός διατρήματος από την πλησιέστερη ελεύθερη επιφάνεια. Η τιμή του εξαρτάται από το πέτρωμα, το είδος του εκρηκτικού, την ποσότητα του εκρηκτικού και από την γεωμετρία του διατρήματος. Ο υπολογισμός της τιμής του φορτίου είναι σημαντικός, καθώς βάση αυτού θα υπολογιστούν οι υπόλοιπες γεωμετρικές παράμετροι των διατρημάτων (μεταξύ τους απόσταση, υποδιάτρηση, επιγύμωση).

Υπάρχουν πολλές σχέσεις υπολογισμού του φορτίου, όπως αυτές του Anderson (1952), του Fraenkel (1952), του Pearce (1955), του Langefors (1950), του Ash (1963) και του Konya. Ενδεικτικά παρακάτω αναφέρεται η σχέση του Ash (Αγιουτάντης, 1996).

$$B_{\text{eff}} = K_B \frac{d_e}{12} \quad (\text{Ash}) \quad (3.5)$$

όπου,  $B_{eff}$  το ενεργό φορτίο (ft),  $d_e$  η διάμετρος της εκρηκτικής στήλης (in),  $K_B$  ο συντελεστής φορτίου που κυμαίνεται από 25 έως 35 και εξαρτάται από το εκρηκτικό και τα χαρακτηριστικά του πετρώματος.

Ο συντελεστής φορτίου  $K_B$  υπολογίζεται με βάση τις παρακάτω παραδοχές:

- $K_B = 25$  για εκρηκτικά χαμηλού ειδικού βάρους (ANFO)
- $K_B = 30$  για εκρηκτικά μέσου ειδικού βάρους (δυναμίτιδες)
- $K_B = 35$  για εκρηκτικά υψηλής πυκνότητας (εκρηκτικά υγρής φάσης, ζελατίνες)

### 3.7.4 Υποδιάτρηση.

Η υποδιάτρηση είναι το επιπλέον μήκος του διατρήματος και έχει σαν σκοπό να εξασφαλίσει την γόμωση μεγαλύτερης ποσότητας εκρηκτικού στον πυθμένα του διατρήματος και να απορροφήσει τυχόν επιχωμάτωση του διατρήματος που μπορεί να γίνει είτε με φυσική πτώση τμημάτων των τοιχωμάτων ή κατά την διάρκεια της γόμωσης. Το μήκος της υποδιάτρησης  $J$  δίνεται από την εξής σχέση του Ash (Αγιουτάντης, 1996):

$$J = K_j \cdot B_{eff} \quad (3.6)$$

όπου  $K_j$  ο συντελεστής υποδιάτρησης ο οποίος προσδιορίζεται εμπειρικά και δεν πρέπει να είναι μικρότερος του 0,2. Συνήθως λαμβάνει την τιμή 0,3.

### 3.7.5 Επιγόμωση.

Επιγόμωση είναι η πλήρωση της εκρηκτικής στήλης στο πάνω μέρος της με προϊόντα διάτρησης ή μίγματα αργίλου και άμμου, ώστε η εκρηκτική ενέργεια να μην χάνεται στην ατμόσφαιρα αλλά να κατευθύνεται στο πέτρωμα. Το μήκος της επιγόμωσης  $T$  δίνεται από την εξής εμπειρική σχέση του Ash (Αγιουτάντης, 1996):

$$T = K_T \cdot B_{eff} \quad (3.7)$$

όπου  $K_T$  ο συντελεστής επιγόμωσης ο οποίος κυμαίνεται από 0,7 έως 1,3 και εξαρτάται από την σκληρότητα. Συνήθως λαμβάνει την τιμή 1.

### 3.7.6 Απόσταση διατρημάτων.

Η απόσταση των διατρημάτων  $S_{eff}$  είναι η γραμμή που ενώνει τα κέντρα δυο γειτονικών διατρημάτων. Δίδεται από την ακόλουθη εμπειρική σχέση του Ash (Αγιουτάντης, 1996):

$$S_{eff} = K_S \cdot B_{eff} \quad (3.8)$$

όπου  $K_S$  ο συντελεστής απόστασης ο οποίος κυμαίνεται από 1,8 έως 2 για ταυτόχρονη έναυση διατρημάτων κάθετων στην κίνηση του υλικού. Όταν στην ίδια σειρά διατρημάτων υπάρχει επιβράδυνση τότε το  $K_S$  κυμαίνεται από 1 έως 1,2.

### 3.7.7 Υπολογισμός της ποσότητας των εκρηκτικών ανά διάτρημα.

Κατά τον σχεδιασμό μιας ανατίναξης απαιτείται ο υπολογισμός του βάρους του εκρηκτικού σε ένα διάτρημα και ο αντίστοιχος όγκος του πετρώματος που εξορύσσεται. Τα μεγέθη αυτά δίνονται από τις εξής σχέσεις (Αγιουτάντης, 1996):

$$W_e = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot k \cdot \gamma_e \quad (3.9)$$

$$V_r = B \cdot S \cdot H \quad (3.10)$$

όπου  $W_e$  = το βάρος του εκρηκτικού ανά διάτρημα

$V_r$  = ο όγκος του εξορυσσόμενου πετρώματος

$d$  = η διάμετρος του διατρήματος

$L$  = το μήκος του διατρήματος

$k$  = ο συντελεστής γόμωσης

$\gamma_e$  = η πυκνότητα του εκρηκτικού

$B$  = το φορτίο

$S$  = η απόσταση των διατρημάτων

$H$  = το ύψος της βαθμίδας

Σύμφωνα με την εμπειρική σχέση του Ash ο όγκος του πετρώματος που εξορύσσεται από ομάδα διατρημάτων υπολογίζεται σαν ακέραιο πολλαπλάσιο του όγκου που εξορύσσεται από ένα διάτρημα και δίνεται από την σχέση (Αγιουτάντης, 1996):

$$V_r = B \cdot S \cdot H \cdot N \quad (3.11)$$

όπου N είναι ο αριθμός των διατρημάτων.

### 3.7.8 Συντελεστής κατανάλωσης.

Ο συντελεστής κατανάλωσης (power factor) αποδίδει το βάρος του εκρηκτικού που απαιτείται για τη θραύση μιας μονάδας βάρους του πετρώματος. Δίνεται από τη σχέση (Αγιουτάντης, 1996):

$$PF = N \cdot \frac{W_e}{V_B} \quad (3.12)$$

όπου PF = ο συντελεστής κατανάλωσης (kg/m<sup>3</sup>)

V<sub>B</sub> = ο ημερήσιος συμπαγής όγκος ανατινασσόμενου υλικού (συμπαγή m<sup>3</sup>)

N = ο αριθμός των διατρημάτων

W<sub>e</sub> = η απαιτούμενη ποσότητα εκρηκτικού ανά διάτρημα (kg/ διάτρημα)

## 3.8 Φόρτωση – Μεταφορά.

Στην ασυνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης η διαδικασία φόρτωσης και μεταφοράς είναι ίσως το πιο καθοριστικό μέρος του κύκλου της εκμετάλλευσης. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα στις υπαίθριες μεταλλευτικές και λατομικές εκμεταλλεύσεις αποτελούνται από εκσκαφείς μονού κάδου (shovels) ή φορτωτές και από χωματουργικά αυτοκίνητα (συνήθως dumpers). Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού, ο σχεδιασμός των οδών μεταφοράς, θέσεων φόρτωσης και χώρων απόθεσης αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την σωστή λειτουργικότητα του συστήματος αυτού. Επομένως απαιτείται λεπτομερής σχεδιασμός του συστήματος, καθώς το κόστος του είναι εξαιρετικά υψηλό, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται τα μέγιστα αποτελέσματα με το μικρότερο δυνατό κόστος.

### 3.8.1 Επιλογή του εξοπλισμού.

Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα σύστημα φόρτωσης – μεταφοράς εξαρτάται από τους εξής παράγοντες (Παναγιώτου, 1993):

- τις απαιτήσεις της παραγωγής
- τη διάρκεια του έργου



- την τοπογραφία και το κλίμα της περιοχής
- τη γεωλογική δομή του κοιτάσματος
- το κόστος της κτήσης και λειτουργίας του εξοπλισμού
- τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων
- τα διατιθέμενα προς επένδυση κεφάλαια
- τις απαιτήσεις για αποκατάσταση του περιβάλλοντος
- τις ειδικές απαιτήσεις της εκμετάλλευσης

### 3.8.2 Μηχανήματα φόρτωσης.

Ένα μηχάνημα φόρτωσης για να είναι αποδοτικό θα πρέπει, α) να είναι παραγωγικό, β) να είναι αξιόπιστο, γ) να έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας, δ) η γεωμετρία και η δυναμικότητα του να είναι προσαρμοσμένη με εκείνη του μέσου μεταφοράς και ε) να ικανοποιεί τις ειδικές απαιτήσεις της εκμετάλλευσης (Εξαδάκτυλος, 2002).

Ο συνηθέστερος εξοπλισμός φόρτωσης που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα χωματουργικά αυτοκίνητα διακρίνεται κυρίως στους εξής τρεις τύπους:

- Ηλεκτρικό πτύο με συρματόσχοινα (electric cable shovel)
- Υδραυλικό πτύο (hydraulic shovel)
- Ελαστικοφόρος αρθρωτός φορτωτής (front – end loader ή FEL)

Ο συνηθέστερος χρησιμοποιούμενος τύπος είναι αυτός του ελαστικοφόρου φορτωτή με ικανότητα κάδου από 1 έως 20 m<sup>3</sup>. Μπορούν εκτός από την φόρτωση να χρησιμοποιηθούν και για δευτερεύοντες εργασίες, όπως για διαμόρφωση του χώρου ή ακόμα και για μεταφορά υλικού αν χρειαστεί. Ένας από τους λόγους που χρησιμοποιείται είναι η κινητικότητα του η οποία είναι χρήσιμη σε μια λατομική εκμετάλλευση λόγω της διαδικασίας της ανατίναξης (Εξαδάκτυλος, 2002).

Η ωριαία παραγωγή του φορτωτή υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (Καβουρίδης, 1990):

$$Q_{\phi} = \frac{60 \times q \times n e}{t \phi} \quad (3.13)$$

όπου  $Q_{\phi}$  = η ωριαία παραγωγή του φορτωτή (συμπαγή m<sup>3</sup>/h)

$q$  = φορτίο κύκλου εργασίας (m<sup>3</sup>)

$t_{\varphi}$  = χρόνος κύκλου εργασίας (min)

$n_e$  = συντελεστής ή βαθμός εκμετάλλευσης χρόνου

Ο χρόνος κύκλου του μηχανήματος φόρτωσης  $t_{\varphi}$  δίνεται από την εξής σχέση (Εξαδάκτυλος, 2002):

$$t_{\varphi} = t_{\text{φορτ}} + t_{\text{ελ}} + t_{\text{εκφ}} + t_{\text{επ}} \quad (3.14)$$

όπου  $t_{\text{φορτ}}$  ο χρόνος εκσκαφής και φόρτωσης,  $t_{\text{ελ}}$  ο χρόνος ελιγμών,  $t_{\text{εκφ}}$  ο χρόνος εκφόρτωσης και  $t_{\text{επ}}$  ο χρόνος επιστροφής.

### 3.8.3 Χωματουργικά αυτοκίνητα.

Τα χωματουργικά αυτοκίνητα (ΧΑ) αποτελούν το κλασσικό σύστημα μεταφοράς στις λατομικές εκμεταλλεύσεις που εφαρμόζουν την ασυνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης. Τα ΧΑ που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως οπίσθιας εκκένωσης με κιβώτιο τύπου V ή επίπεδο (Εξαδάκτυλος, 2002).

Τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης των ΧΑ είναι τα εξής (Καβουρίδης, 1990):

- Δυνατότητα μεταφοράς μεγάλων τεμαχίων εξορυγμένου πετρώματος χωρίς προηγούμενη θραύση τους.
- Ευελιξία του συστήματος μεταφοράς.
- Η αντικατάσταση των ανταλλακτικών τους είναι ιδιαίτερα εύκολη και μπορεί να γίνει επί τόπου.

Τα μειονεκτήματα των ΧΑ συνοψίζονται στα εξής (Καβουρίδης, 1990):

- Προβλήματα αναμονής κατά την φάση της φόρτωσης τους.
- Είναι ασύμφορη η χρησιμοποίησή τους ως μέσα μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις και κλίσεις, καθώς έχουν υψηλό κόστος ελαστικών και καυσίμων.
- Η χρησιμοποίησή τους σε λασπώδη εδάφη είναι προβληματική έως αδύνατη.

Για την επιλογή του κατάλληλου τύπου και μεγέθους των ΧΑ πρέπει να ληφθούν οι εξής παρακάτω παράμετροι (Εξαδάκτυλος, 2002):

- Η φύση του προς μεταφορά πετρώματος (μέγεθος τεμαχίων, βάρος μονάδος όγκου, υγρασία, συντελεστής επιπλήσματος, φθοροποιές ιδιότητες, κολλώδη υλικά).
- Τα χαρακτηριστικά των μηχανημάτων φόρτωσης (ύψος και τρόπος εκκένωσης του κάδου, δυναμικότητα τους).

- Τα χαρακτηριστικά του χώρου φόρτωσης (π.χ. περιορισμένος χώρος ελιγμών μπορεί να οδηγήσει στην επιλογή αρθρωτού ΧΑ).
- Τα χαρακτηριστικά του χώρου εκκένωσης (π.χ. διαστάσεις χοάνης σπαστήρα).
- Η απαιτούμενη μεταφορική ικανότητα του ΧΑ.
- Τα χαρακτηριστικά του κινητήρα και ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης στους τροχούς (μηχανικό σύστημα ή ντιζελο-ηλεκτρικό).
- Το σύστημα ανάρτησης, πέδησης, σχεδίασης κιβωτίου, τύπος ελαστικών και άλλων εξειδικευμένων συστημάτων (π.χ. αυτοματισμοί).
- Συντήρηση (απαίτηση ειδικών μηχανημάτων και εργαλείων, εκπαιδευμένο προσωπικό, υποστήριξη κατασκευαστή, επάρκεια ανταλλακτικών).
- Οικονομικά στοιχεία (κόστος αγοράς ή ενοικίασης, κόστος λειτουργίας και ανταλλακτικών).

Η ωριαία παραγωγή του ΧΑ υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (Εξαδάκτυλος, 2002):

$$Q_a = \frac{60 \times V_{\text{μετ}} \times n_e}{t_a} \quad (3.15)$$

όπου  $Q_a$  = η ωριαία παραγωγή του ΧΑ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$V_{\text{μετ}}$  = μεταφερόμενος όγκος ( $\text{m}^3$ )

$t_a$  = χρόνος κύκλου εργασίας ΧΑ (min)

$n_e$  = συντελεστής ή βαθμός εκμετάλλευσης χρόνου

Ο χρόνος κύκλου του ΧΑ  $t_a$  δίνεται από την εξής σχέση (Εξαδάκτυλος, 2002):

$$t_a = t_{\text{σταθ}} + t_{\text{φορτ}} + t_{\text{μετ}} + t_{\text{επ}} \quad (3.16)$$

όπου  $t_{\text{σταθ}}$  ο χρόνος ελιγμών και απόρριψης,  $t_{\text{φορτ}}$  ο χρόνος φόρτωσης,  $t_{\text{μετ}}$  ο χρόνος μετακίνησης προς το σημείο απόθεσης και  $t_{\text{επ}}$  ο χρόνος επιστροφής.

### 3.8.4 Συνδυασμός φορτωτή – χωματουργικού αυτοκινήτου.

Ένας σωστός σχεδιασμός του συστήματος φόρτωσης και μεταφοράς απαιτεί τον προσδιορισμό του απαιτούμενου αριθμού ΧΑ που πρέπει να απασχολεί το μηχάνημα φόρτωσης. Σε μεταλλευτικές και λατομικές εκμεταλλεύσεις που έχουν ένα φορτωτή, η ωριαία απόδοση του εργοταξίου δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από αυτή του φορτωτή. Συνηθίζεται ο τύπος των ΧΑ να είναι ο ίδιος σε ένα εργοτάξιο, καθώς με

αυτό τον τρόπο διευκολύνεται ο σχεδιασμός του συστήματος φόρτωσης και μεταφοράς αλλά και η συντήρησή τους.

Ο αριθμός  $n_{XA}$  των χωματουργικών αυτοκινήτων που χρειάζεται ένας φορτωτής εξαρτάται από τον συνολικό χρόνο του κύκλου μεταφοράς  $t_T$  και από τον χρόνο φόρτωσης  $t_{φορτ}$  και δίδεται από την σχέση (Παναγιώτου, 1993):

$$n_{XA} = \frac{t_T}{t_{φορτ}} \quad (3.17)$$

Ο αριθμός αυτός θα πρέπει να είναι ακέραιος. Συνηθίζεται να στρογγυλοποιείται προς τον αμέσως μεγαλύτερο αριθμό, δηλαδή ο φορτωτής να είναι συνέχεια απασχολημένος, έτσι ώστε οι τυχόν καθυστερήσεις των ΧΑ ή άλλα προβλήματα των ΧΑ να μην επηρεάζουν την ωριαία απόδοση του εργοταξίου.

Σε περίπτωση που ο σχεδιασμός του συστήματος φόρτωσης και μεταφοράς πραγματοποιηθεί κατά την αρχική μελέτη της εκμετάλλευσης, όπου η διάρκεια της εκμετάλλευσης και η ωριαία απαιτούμενη απόδοση του εργοταξίου έχει εκτιμηθεί, χρειάζεται να υπολογιστεί εκτός του αριθμού των ΧΑ και ο αριθμός των φορτωτών. Αρχικά υπολογίζεται ο αριθμός των φορτωτών  $Z_\phi$  από την παρακάτω σχέση (Εξαδάκτυλος, 2002):

$$Z_\phi = \frac{Q_{εργ}}{Q_{φορτ}} \quad (3.18)$$

όπου  $Q_{εργ}$  = η ωριαία απαιτούμενη απόδοση του εργοταξίου (σε χαλαρά  $m^3$ )

$Q_{φορτ}$  = η ωριαία απόδοση του φορτωτή (σε χαλαρά  $m^3$ )

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο αριθμός των ΧΑ  $Z_{XA}$  με βάση την εξής σχέση (Εξαδάκτυλος, 2002):

$$Z_{XA} = Z_\phi' \cdot \frac{Q_{φορτ}}{Q_{XA}} \quad (3.19)$$

Όπου  $Z_\phi' =$  ο αριθμός των φορτωτών της σχέσης (3.18) στρογγυλοποιημένος στον αμέσως επόμενο ακέραιο και  $Q_{XA}$  από σχέση (3.15).

### 3.8.5 Οδοί μεταφοράς.

Οι οδοί μεταφοράς πρέπει να είναι καλά σχεδιασμένοι για την ομαλή και ασφαλή μετακίνηση του εξοπλισμού με το ελάχιστο κόστος. Το κόστος αυτό

ανάγεται κυρίως στην μετακίνηση των ΧΑ λόγω κατανάλωσης καυσίμου και φθοράς των διαφόρων εξαρτημάτων τους. Επομένως οι οδοί μεταφοράς πρέπει να κατασκευάζονται με το μικρότερο δυνατό μήκος και κλίση την βέλτιστη δυνατή για τον επιλεγμένο τύπο ΧΑ. Η κλίση στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις θεωρείται εκείνη των  $\pm 7,5^\circ$  (Παναγιώτου, 1993). Οι μεγάλες κλίσεις ελαττώνουν την ταχύτητα μετακίνησης του ΧΑ, την μεταφορική του ικανότητα, ενώ ο εξοπλισμός τους υποφέρει από επιπλέον τριβές και καταπονήσεις.

Οι οδοί μεταφοράς πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής καθότι με τη συνεχή ροή των ΧΑ ομαλοποιούνται και δεν χρειάζεται περαιτέρω ανακατασκευή τους. Επίσης το οδόστρωμα απαιτεί συχνή συντήρηση καθότι έτσι ελαττώνεται η τριβή που ασκεί στα ΧΑ με αποτέλεσμα την μείωση του χρόνου μεταφοράς και του κόστους λειτουργίας των.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΜΠΕΝΑΚΗ

#### 4.1 Γενικά στοιχεία.

Το λατομείο Μπενάκη βρίσκεται στην βόρεια περιοχή του νομού Ρεθύμνου και συγκεκριμένα στο δέκατο πέμπτο χιλιόμετρο της επαρχιακής οδού Ρεθύμνου – Ηρακλείου. Η περιοχή αυτή ονομάζεται Πλατσιμάς και απέχει 1,5 km από την επαρχιακή οδό. Το σχήμα 4.1 δείχνει την ακριβή τοποθεσία του λατομείου Μπενάκη ως προς την ευρύτερη περιοχή του Ρεθύμνου.

Το λατομείο Μπενάκη παράγει ασβεστολιθικά αδρανή με σκοπό τη χρησιμοποίηση του στη βιομηχανία αδρανών και δομικών υλικών, καθώς και ασφαλικών. Τα προϊόντα του λατομείου αποστέλλονται κυρίως σε ιδιώτες, ενώ ένα μέρος τους προορίζεται για οδοποιία είτε σαν υπόβαση είτε σαν ασφατικά. Επίσης το λατομείο αποστέλλει αδρανή υλικά (κυρίως χαλίκι) στα Χανιά αλλά και στο Ηράκλειο λόγω ακαταλληλότητας των τοπικών αδρανών για συγκεκριμένες εφαρμογές.

Το λατομείο Μπενάκη είναι σε λειτουργία πάνω από 5 χρόνια. Λειτουργεί επί οκταώρου βάσεως καθημερινά, πέντε μέρες την εβδομάδα και 250 μέρες το χρόνο, ενώ η ημερήσια παραγωγή του είναι περίπου 2000 τόνοι. Δίπλα σε αυτό υπάρχουν και άλλα δυο λατομεία. Το λατομείο που βρίσκεται βόρεια του είναι παροπλισμένο, ενώ αυτό στα νότια του είναι ενεργό και ανήκει σε ιδιώτη. Η ζήτηση αδρανών υλικών στην πόλη του Ρεθύμνου είναι ιδιαίτερα αυξημένη, καθώς το Ρέθυμνο παρουσιάζει συνεχή ανάπτυξη.

#### 4.2 Γεωλογικά στοιχεία της περιοχής.

Η γεωλογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από αλληπάλληλα επωθημένα τεκτονικά καλύμματα των Ελληνίδων ζωνών. Η ενότητα "Ταλέα Όρη" ή "Ομάδα Πλακωδών Ασβεστολίθων" ηλικίας από το Πέρμιο μέχρι το Ηώκαινο, είναι το υπόβαθρο πάνω στο οποίο τοποθετήθηκαν οι άλλες γεωλογικές ενότητες. Πάνω από την Ομάδα των Πλακωδών Ασβεστολίθων βρίσκεται μια ενότητα μεταμορφωμένων κροκαλοπαγών –

λατυποπαγών ασβεστολίθων που ονομάζεται ενότητα Τρυπαλίου ηλικίας Άνω Τριαδικής – Κάτω Ιουρασικής. Εν συνεχεία ακολουθεί η Φυλλιτική – Χαλαζιτική σειρά ηλικίας Περμίου – Μ. Τριαδικού. Ακολουθούν η ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως με νηριτικούς ασβεστόλιθους, το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Πίνδου, η ενότητα Άρβης με οφειολιθικά πετρώματα και τέλος πάνω σε αυτούς τους σχηματισμούς επικάθονται ιζήματα Νεογενούς και Τεταρτογενούς διαφόρου πάχους (Μουντράκης, 1985).



Σχήμα 4.1: Χάρτης γεωγραφικής θέσης του λατομείου Μπενάκη.

Το σχήμα 4.2 απεικονίζει τον γεωλογικό χάρτη της ευρύτερης περιοχής του λατομικού χώρου. Σύμφωνα με αυτόν τον χάρτη η περιοχή του λατομείου Μπενάκη (αυτή μέσα στην έλλειψη) δομείται από ένα λεπτό στρώμα από αργίλους και μάργες

ηλικίας μεταξύ Πλειόκαινου – Πλειστόκαινου. Κάτω από αυτή την ενότητα εμφανίζεται μια ακολουθία μεταμορφωμένων δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων πιθανώς της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων (σημειώνονται με βέλος εμφανίσεις παρόμοιων πετρωμάτων σε νοτιότερη περιοχή, από αυτής του λατομικού χώρου) ηλικίας μεταξύ Ραίτιου – Λιάσιου. Είναι μεταμορφωμένοι νηριτικοί ασβεστόλιθοι (μάρμαρα) με έντονη ρηξιγενή τεκτονική. Στα κατώτερα μέλη τους είναι λευκοί έως υπόλευκοι, άστρωτοι έως παχυστρωματώδης με συνεκτικά λατυποπαγή. Προς τα πάνω εξελίσσονται σε μαύρους και τεφρούς ασβεστολίθους έως δολομιτικούς ασβεστολίθους μεσοκρυσταλλικούς και στρωμένους. Μέσα σε αυτούς υπάρχουν και απολιθώματα κυρίως Γαστερόποδα.

Στο λατομείο Μπενάκη απαντώνται τέσσερις διαφορετικές χρωματικές και ιστολογικές ποικιλίες των ανωτέρω μεταμορφωμένων δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων. Αυτοί εμφανίζονται ως βιτουμενιούχοι με έντονη οσμή, μικροκρυσταλλικοί, ολοκρυσταλλικοί και στα ανώτερα τμήματα με φλεβίδια δευτερογενούς ασβεστίτη.



Σχήμα 4.2: Γεωλογικός χάρτης περιοχής λατομείο Μπενάκη.



#### 4.3 Περιγραφή μεθόδου εκμετάλλευσης.

Το συγκεκριμένο λατομείο εφαρμόζει την ασυνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης. Ακολουθείται δηλαδή ο κύκλος διάτρηση – ανατίναξη – φόρτωση – μεταφορά. Κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας βρίσκονταν εν ενεργεία ένα από τα τρία μέτωπα παραγωγής. Η πάνω βαθμίδα η οποία είναι και εν ενεργεία έχει ύψος που κυμαίνεται από 10 μέχρι 15 μέτρα λόγω της κλίσης του βουνού. Η δεύτερη βαθμίδα έχει ύψος 18 – 19 μέτρα, ενώ η τρίτη στη σειρά η οποία είναι και προς διαμόρφωση έχει ύψος 4-5 μέτρα. Όλες οι βαθμίδες είναι ορθές ή σχεδόν ορθές. Το σχήμα 4.3 δείχνει τις τρεις βαθμίδες της εκμετάλλευσης.



Σχήμα 4.3: Οι βαθμίδες της εκμετάλλευσης.

Η διάτρηση των διατρημάτων στο λατομείο Μπενάκη γίνεται με ένα διατρητικό συγκρότημα TAMROCK CHA 1100C. Το διατρητικό αυτό είναι αεροκινούμενο και αυτοκινούμενο. Η συνήθης διάμετρος των διατρημάτων είναι 12cm (4,8 in). Στο σχήμα 4.4 απεικονίζεται το διατρητικό συγκρότημα που χρησιμοποιείται στο λατομείο Μπενάκη.



Σχήμα 4.4: Το διατρητικό συγκρότημα TAMROCK CHA 1100C.

Το είδος του εκρηκτικού που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο λατομείο για την εξόρυξη του ασβεστολιθικού πετρώματος είναι το ANFO με ενισχυτικό τον αμμωνίτη. Το ενισχυτικό τοποθετείται στο πυθμένα του διατρήματος, ενώ το ANFO στο κυρίως μέρος της εκρηκτικής στήλης. Το ANFO αναμειγνύεται σε αναλογία νιτρικού αμμωνίου προς πετρελαίου 95,8 με 4,2 περίπου. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ανατίναξης που εφαρμόζονται είναι το φορτίο 3-3,5 m, η απόσταση διατρημάτων 3,5-4 m, η υποδιάτρηση 1 m και η επιγύμωση 3-3,5 m. Η επιγύμωση γομώνεται με την διατρητική σκόνη. Η επιβράδυνση κάθε διατρήματος με τα γειτονικά του είναι 50 msec. Η έναυση του εκρηκτικού πραγματοποιείται μέσω ενός κοινού καψυλλίου πυρίτιδας το οποίο είναι αρχικά συνδεδεμένο με βραδύκαυστο φυτίλι. Το καψύλλιο πυρίτιδας συνδέεται με ακαριαία θρυαλλίδα, η οποία μεταφέρει τον κρουστικό παλμό στον πυθμένα του διατρήματος.

Στη συνέχεια ακολουθεί η φόρτωση και η μεταφορά του ανατιναχθέντος υλικού προς τις εγκαταστάσεις του κυκλώματος θραύσης και διαλογής. Η φόρτωση του εξορυσσόμενου υλικού γίνεται με ένα ελαστιχοφόρο φορτωτή 988B CATERPILLAR

με χωρητικότητα κάδου  $6 \text{ m}^3$ . Ο φορτωτής αυτός χρησιμοποιείται και σε άλλες εργασίες, όπως ο καθαρισμός των μετώπων από ποσότητες πετρώματος που έχουν απομείνει και εμποδίζουν την πραγματοποίηση νέας ανατίναξης, ο καθαρισμός των οδών μεταφοράς, η φόρτωση ή / και μεταφορά των υλικών απόθεσης, η απομάκρυνση των μεγάλων ογκόλιθων που δεν χωρούν στον κάδο και η διάνοιξη νέων δρόμων ανάπτυξης του λατομείου. Το σχήμα 4.5 δείχνει τον φορτωτή 988B του λατομείου Μπενάκη.



Σχήμα 4.5: Ο φορτωτής 988B CATERPILLAR.

Οι ογκόλιθοι που απορρίπτονται από τον φορτωτή υπόκεινται σε δευτερεύουσα θραύση με την χρήση μιας υδραυλικής σφύρας τύπου RH12. Η σφύρα αυτή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και για άλλες εργασίες, όπως ο καθαρισμός της επιφάνειας του μετώπου από όγκους πετρώματος που έχουν παραμείνει



προσκολλημένοι σε αυτό, καθώς και για την διαμόρφωση του δαπέδου εργασίας στα μέτωπα.

Η μεταφορά του εξορυσσόμενου υλικού γίνεται με τέσσερα χωματουργικά αυτοκίνητα τύπου DUMPER. Τα τρία από αυτά είναι της εταιρείας TEREX εκ των οποίων τα δυο έχουν χωρητικότητα 50 ton και το άλλο 25 ton. Το τέταρτο DUMPER είναι EUCLID χωρητικότητας 35 ton. Αυτά μεταφέρουν το υλικό από το μέτωπο μέχρι την τροφοδοσία του συγκροτήματος θραύσης και διαλογής του λατομείου Μπενάκη.

Η απόθεση των αγόνων γίνεται σε μια περιοχή εντός του λατομείου, η οποία πριν μερικά χρόνια ήταν ενεργό λατομείο. Η μορφολογία του εδάφους που έχει σχηματιστεί έπειτα από την εκμετάλλευση είναι η ιδανική αφού η περιοχή αυτή είναι αθέατη από τους κοντινούς οικισμούς. Η απόθεση γίνεται με ανατροπή του φορτηγού. Το σχήμα 4.6 δείχνει τον τόπο απόθεσης των άγονων υλικών.

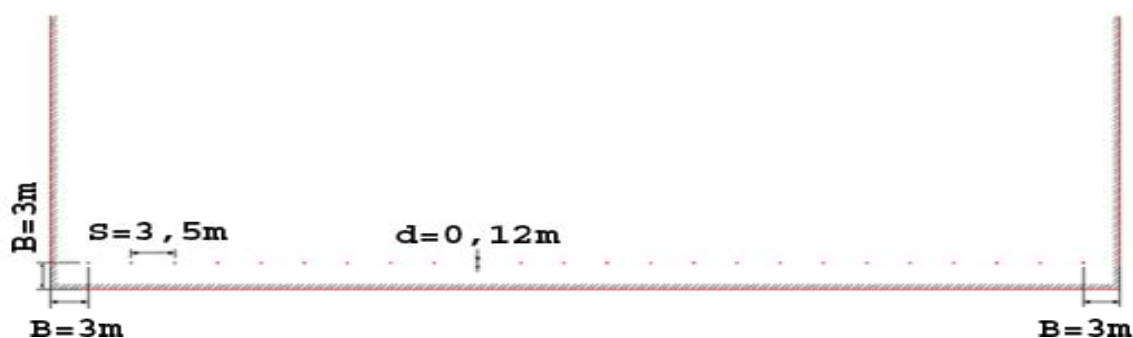


Σχήμα 4.6: Ο χώρος απόθεσης των άγονων υλικών.

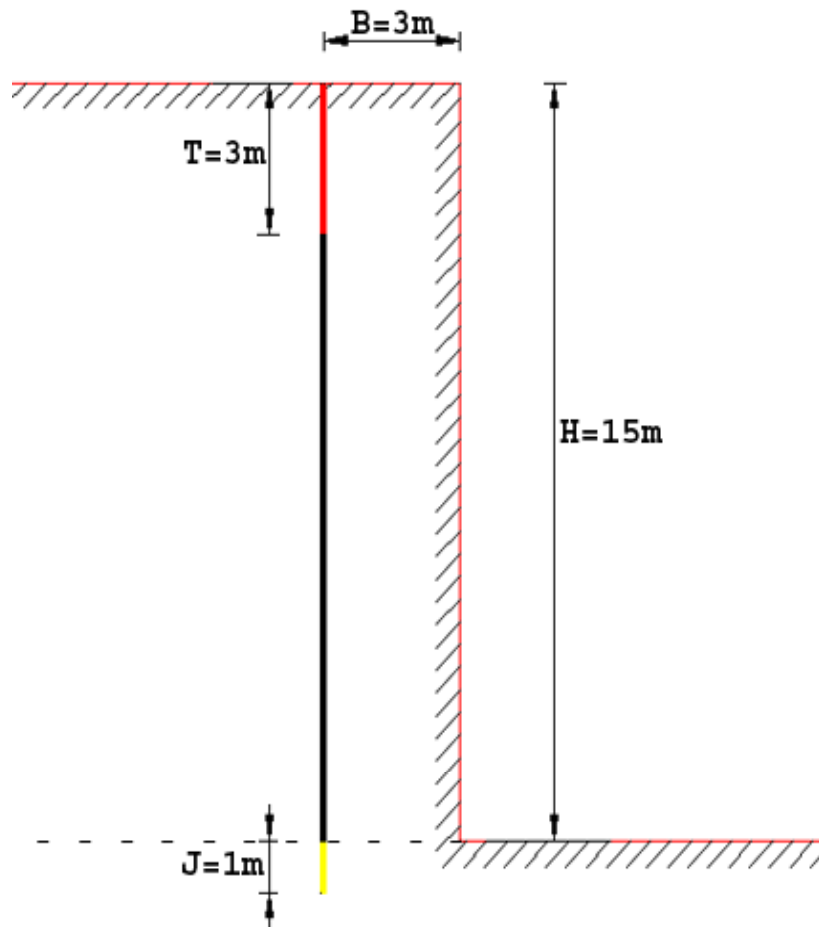
#### 4.4 Εναλλακτικοί τρόποι σχεδιασμού ανατινάξεων.

Οι παρακάτω εναλλακτικοί τρόποι σχεδιασμού ανατινάξεων έγιναν με την παραδοχή ότι μια ανατίναξη θα καλύπτει τις ανάγκες της εκμετάλλευσης για μια εβδομάδα. Δηλαδή αφού το εργοτάξιο παράγει 2000 ton την ημέρα και λειτουργεί πέντε μέρες, τότε η εβδομαδιαία παραγωγή του είναι 10000 ton. Επομένως ο όγκος του εξορυσσόμενου πετρώματος πυκνότητας  $2,7 \text{ gr/cm}^3$  είναι  $V_r=3704$  συμπαγή  $\text{m}^3$  την εβδομάδα. Οι παράμετροι σχεδιασμού είναι το φορτίο  $B=3\text{m}$ , η απόσταση των διατρημάτων  $S=3,5\text{m}$ , η διάμετρος του διατρήματος  $d=0,12\text{m}$ , η επιγόμωση  $T=3\text{m}$  και η υποδιάτρηση  $J=1\text{m}$ . Ο σχεδιασμός γίνεται για δυο διαφορετικά ύψη βαθμίδων, μία των 15 μέτρων και μία των 10 μέτρων. Η υποδιάτρηση γομώνεται πάντα με ενισχυτικό αμμωνίτη.

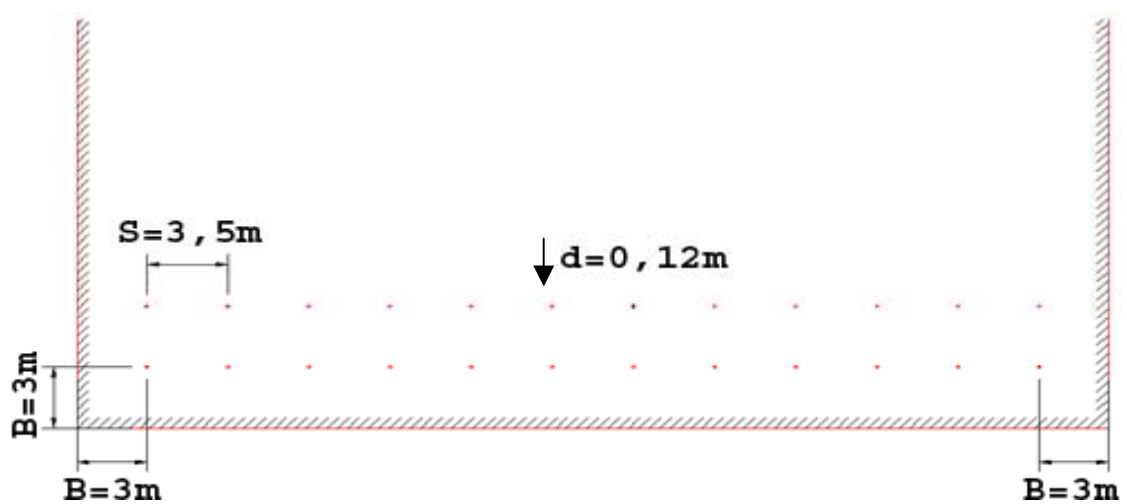
Για ύψος βαθμίδας  $H=15\text{m}$  ο αριθμός των διατρημάτων  $N$  που θα απαιτηθούν για εβδομαδιαίο όγκο εξορυσσόμενου πετρώματος  $V_r=3704 \text{ m}^3$  δίνεται από τη σχέση 3.11 και είναι  $N=24$  διατρήματα. Το βάρος του εκρηκτικού ανά διάτρημα για πυκνότητα εκρηκτικού  $0,9 \text{ gr/cm}^3$  δίνεται από τη σχέση 3.9 και είναι  $W_e=132,26 \text{ kg}$ . Ο συντελεστής κατανάλωσης σύμφωνα με την σχέση 3.12 είναι  $PF=0,857 \text{ kg/m}^3$ . Η διάταξη των διατρημάτων που συνιστάται είναι είτε μία σειρά με 24 διατρήματα, είτε δυο σειρές των 12 διατρημάτων η κάθε μία. Το σχήμα 4.7 δείχνει την κάτοψη 24 διατρημάτων σε μια σειρά ενώ το σχήμα 4.8 την πλάγια όψη τους. Το σχήμα 4.9 δείχνει την κάτοψη της διάταξης των 24 διατρημάτων σε δυο σειρές των 12, ενώ το σχήμα 4.10 την πλάγια όψη τους.



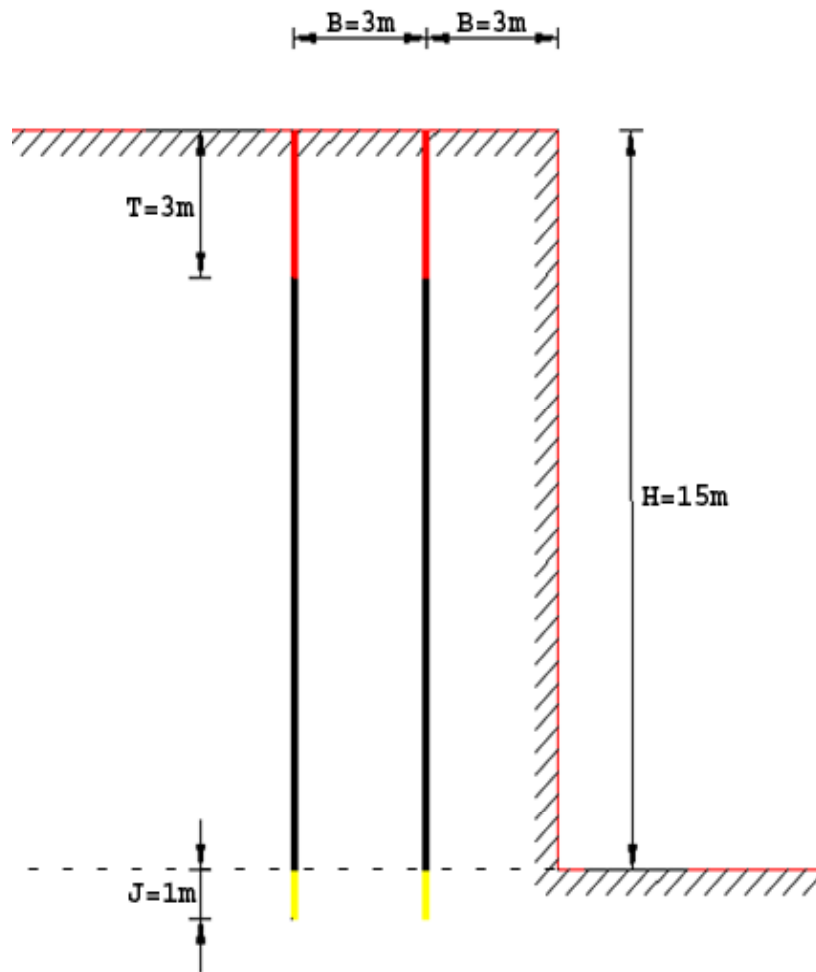
Σχήμα 4.7: Κάτοψη σχεδιασμού ανατίναξης 24 διατρημάτων.



Σχήμα 4.8: Πλάγια όψη του σχεδιασμού ανατίναξης 24 διατρημάτων για ύψος βαθμίδας 15 μέτρων.

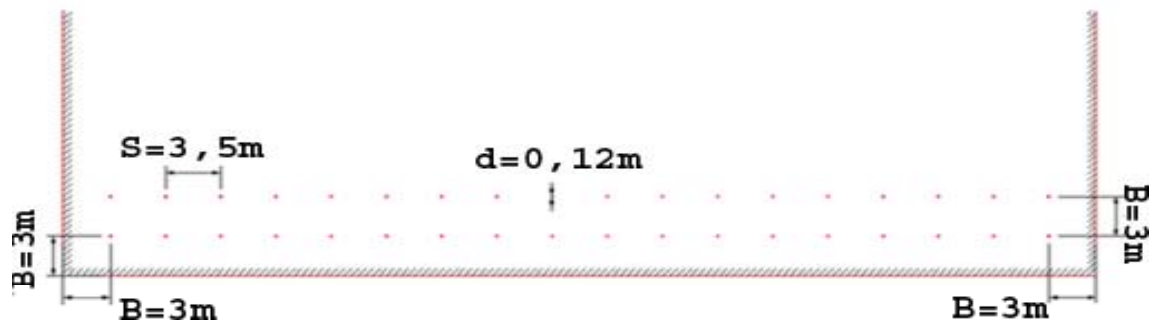


Σχήμα 4.9: Κάτοψη σχεδιασμού ανατίναξης 2 σειρών με 12 διατρήματα η κάθε μία.

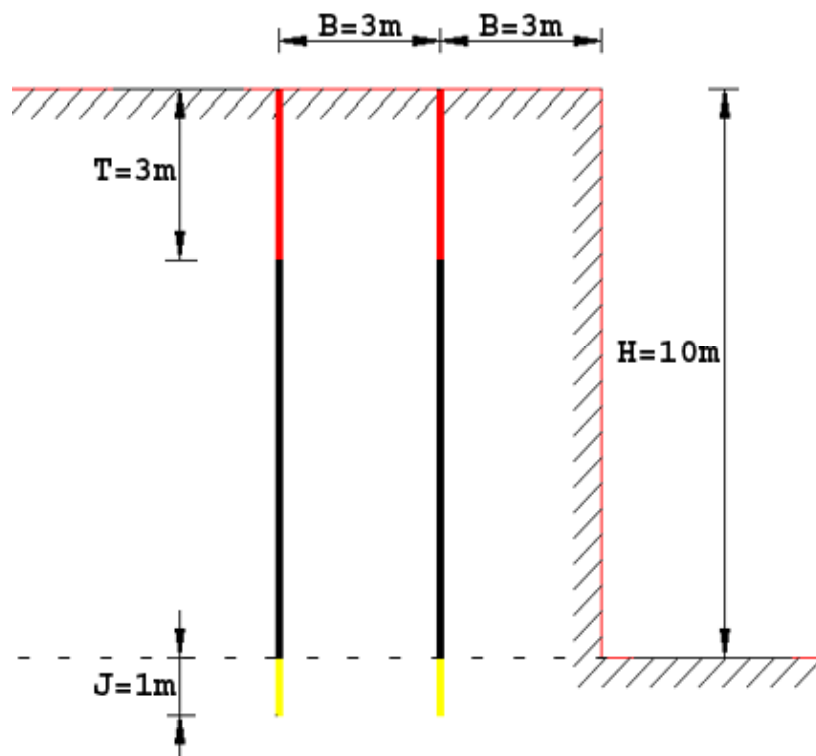


Σχήμα 4.10: Πλάγια όψη του σχεδιασμού ανατίναξης δυο σειρών 12 διατρημάτων για ύψος βαθμίδας 15 μέτρων.

Για ύψος βαθμίδας  $H=10\text{m}$  ο αριθμός των διατρημάτων  $N$  που θα απαιτηθούν για εβδομαδιαίο όγκο εξορυσσόμενου πετρώματος  $V_r=3704\text{ m}^3$  δίνεται από τη σχέση 3.11 και είναι  $N=36$  διατρήματα. Το βάρος του εκρηκτικού ανά διάτρημα για πυκνότητα εκρηκτικού  $0,9\text{ gr/cm}^3$  δίνεται από τη σχέση 3.9 και είναι  $W_e=81,39\text{ kg}$ . Ο συντελεστής κατανάλωσης σύμφωνα με την σχέση 3.12 είναι  $PF=0,791\text{ kg/m}^3$ . Η διάταξη των διατρημάτων που συνιστάται είναι δυο σειρές των 18 διατρημάτων η κάθε μία, καθώς δεν υπάρχει βαθμίδα στο λατομείο Μπενάκη με τέτοιο μήκος ώστε να τοποθετηθούν 36 διατρήματα σε μια σειρά. Το σχήμα 4.11 δείχνει την κάτοψη του σχεδιασμού ανατίναξης 36 διατρημάτων σε δυο σειρές των 18, ενώ το σχήμα 4.12 την πλάγια όψη τους.



Σχήμα 4.11: Κάτοψη σχεδιασμού ανατίναξης 2 σειρών με 18 διατρήματα η κάθε μία.



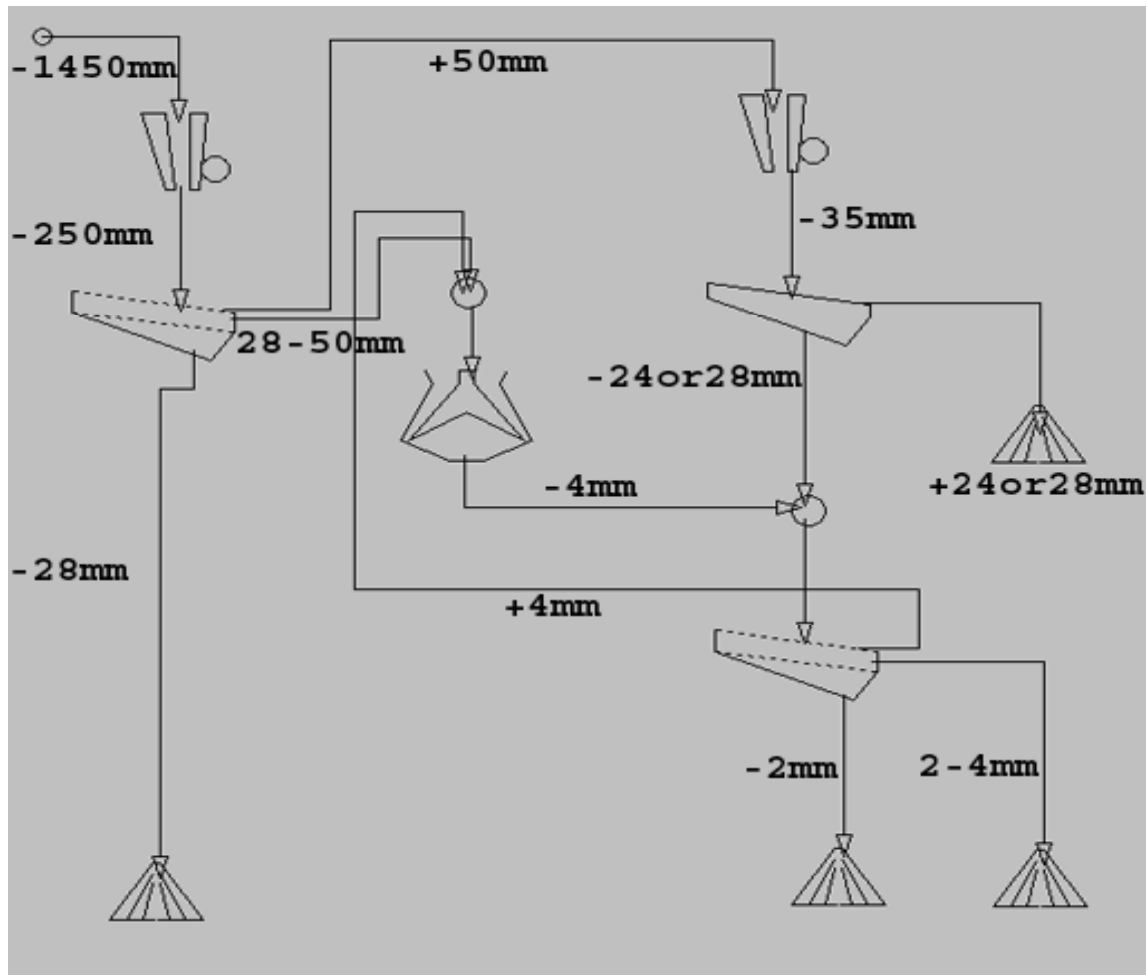
Σχήμα 4.12: Πλάγια όψη του σχεδιασμού ανατίναξης δυο σειρών 18 διατρημάτων για ύψος βαθμίδας 10 μέτρων.

#### 4.5 Θραύση και ταξινόμηση.

Το εξορυχθέν ασβεστολιθικό πέτρωμα αποτελείται από μεγάλους όγκους πετρώματος μέχρι πολύ ψιλή κοκκομετρία. Για το λόγο αυτό το υλικό οδηγείται προς



θραύση και ταξινόμηση για την παραγωγή τεσσάρων προϊόντων τα οποία είναι η πούδρα, η άμμος και χαλίκι δυο διαφορετικών κοκκομετριών. Το σχήμα 4.13 απεικονίζει το κύκλωμα θραύσης και ταξινόμησης όπως αυτό σχεδιάστηκε στο λογισμικό MODSIM.



Σχήμα 4.13: Κύκλωμα θραύσης και ταξινόμησης.

Το υλικό τροφοδοτείται μέσω των χωματουργικών αυτοκινήτων στο σιλό τροφοδοσίας. Από εκεί οδηγείται σε ένα ρότορα με μαχαίρια για πρωτογενή θραύση. Ο σπαστήρας αυτός δέχεται υλικό κάτω από 1450mm και το σπάει στα 250mm. Τα προϊόντα του σπαστήρα οδηγούνται μέσω ταινίας σε ένα διπλό κόσκινο για να διαχωριστούν σε τρία κλάσματα, 0-28mm, 28-50mm, +50mm. Το υλικό 0-28mm απορρίπτεται ως σκάρτο. Το κλάσμα 28-50mm οδηγείται σε ένα τριβείο και λειοτριβείται μέχρι τα 4mm. Το υλικό αυτό προορίζεται για παραγωγή άμμου και

πούδρας. Το κλάσμα +50mm πηγαίνει για δευτερογενή θραύση σε ένα ρότορα με σφυριά. Ο σπαστήρας αυτός κόβει στα 35mm. Τα προϊόντα αυτού πέφτουν σε ένα κόσκινο του οποίου η σχάρα αλλάζει από 24mm σε 28mm ανάλογα με τις απαιτήσεις της αγοράς. Το παραμένον του κοσκίνου είναι το χαλίκι κοκκομετρίας -35+28mm ή -35+24mm. Το διερχόμενο του κοσκίνου αυτού και τα προϊόντα του τριβείου πέφτουν σε ένα διπλό κόσκινο και διαχωρίζονται σε +4mm, 2-4mm, 0-2mm. Το κλάσμα +4mm επανακυκλοφορεί και πέφτει στο τριβείο. Το κλάσμα 2-4mm είναι η άμμος και το υλικό 0-2mm η πούδρα. Το σχήμα 4.14 δείχνει το κύκλωμα θραύσης και διαλογής του λατομείου Μπενάκη.



Σχήμα 4.13: Κύκλωμα θραύσης και διαλογής του λατομείου Μπενάκη.

#### **4.6 Εξοπλισμός και προσωπικό.**

Ο κινητός εξοπλισμός του λατομείου Μπενάκη περιλαμβάνει, εκτός του εξοπλισμού που αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.3, μία υδροφόρα για το κατάβρεγμα

των δρόμων της εκμετάλλευσης, ένα φορτωτή 980C και ένα 966C για την φόρτωση των προϊόντων στους πελάτες και τρία φορτηγά MAN για μεταφορά των προϊόντων εκτός του λατομείου. Το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού είναι ιδιόκτητος. Στον πίνακα 4.1 φαίνεται όλος ο εξοπλισμός του λατομείου Μπενάκη.

Πίνακας 4.1 Εξοπλισμός λατομείου Μπενάκη.

Αριθμός	Είδος εξοπλισμού	Τύπος μηχανήματος	Χωρητικότητα
2	Dumper	TEREX	50 ton
1	Dumper	TEREX	25 ton
1	Dumper	EUCLID	35 ton
1	φορτωτής	CATERPILLAR 988B	6 m <sup>3</sup>
1	φορτωτής	CATERPILLAR 980C	4 m <sup>3</sup>
1	φορτωτής	CATERPILLAR 966C	3 m <sup>3</sup>
1	σφύρα	RH12	
1	διατρητικό	TAMROCK CHA 1100	
3	φορτηγά	MAN	20 ton
1	υδροφόρα		

Το λατομείο Μπενάκη δεν απασχολούσε κατά την περίοδο εκπόνησης αυτής της διπλωματικής κάποιον επιβλέποντα μηχανικό. Στο λατομείο υπάρχει ένας εργοδηγός ο οποίος ενημερώνεται για την πορεία της εκμετάλλευσης. Για κάθε ένα μηχάνημα από τον παραπάνω εξοπλισμό του πίνακα 4.1 υπάρχει και ο αντίστοιχος χειριστής, εκτός από τους χειριστές φορτωτή οι οποίοι είναι δυο αντί τρεις. Επίσης το λατομείο απασχολεί ένα γομωτή, ένα βοηθό γομωτή, ένα χειριστή του κυκλώματος θραύσης, ένα του συγκροτήματος παραγωγής ασφαλτικών, ένα χειριστή ζυγαριάς και δυο συντηρητές μηχανημάτων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

### *ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΜΠΕΝΑΚΗ*

#### **5.1 Εισαγωγικά για το σκοπό της διπλωματικής.**

Ένας από τους στόχους της διπλωματικής αυτής είναι η δημιουργία τοπογραφικού χάρτη της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης με το λογισμικό πακέτο SURFER 6. Στη συνέχεια σχεδιάζεται η τελική φάση της εκμετάλλευσης και δημιουργείται ο αντίστοιχος τοπογραφικός χάρτης. Έπειτα από επεξεργασία στο λογισμικό SURFER 6 οι χάρτες αυτοί θα αφαιρεθούν για να προκύψουν τα αποθέματα και ο χρόνος ζωής της εκμετάλλευσης. Τέλος θα σχεδιαστούν τομές τόσο της τωρινής, όσο και της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης στο λογισμικό GRAPHER.

#### **5.2 Ηλεκτρονικό ταχύμετρο ή ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός.**

Τα ηλεκτρονικά ταχύμετρα ή ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί αποτελούνται από ένα ηλεκτρονικό ψηφιακό θεοδόλιχο, ένα αποστασιόμετρο EDM (Electronic Distance Measuring Device), ένα μικροεπεξεργαστή με μικρή οθόνη, πληκτρολόγιο και μονάδα αποθήκευσης στοιχείων (Μερτίκας, 2001). Το σχήμα 5.1 δείχνει ένα τέτοιο ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό όπως αυτόν που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις συντεταγμένων στο λατομείο Μπενάκη.

Το όργανο EDM χρησιμοποιεί υπέρυθρες ακτίνες φωτός σε δυο ή τρεις συχνότητες για την μέτρηση της απόστασης. Η κεκλιμένη απόσταση μεταξύ του οργάνου και του ανακλαστήρα καθορίζεται από την σύγκριση της φάσης της εκπεμπόμενης και της ανακλώμενης ακτινοβολίας (Μερτίκας, 2001).

Ο γεωδαιτικός σταθμός τοποθετείται κατακόρυφα ως προς το έδαφος πάνω σε ένα τρίποδο. Σαν στόχος χρησιμοποιείται ένας ανακλαστήρας ή κατάφωτο. Ο χειριστής στοχεύει με ένα τηλεσκόπιο το κατάφωτο, κεντρώνει το σταυρόνημα πάνω στο στόχο καθώς και το όργανο EDM στον ανακλαστήρα για μέγιστη επιστροφή του σήματος. Ο μικροεπεξεργαστής επιτρέπει εκτεταμένους υπολογισμούς για την

αναγωγή των μετρήσεων. Έτσι ο γεωδαιτικός σταθμός μπορεί να κάνει και τοπογραφικούς υπολογισμούς, όπως υπολογισμούς συντεταγμένων κτλ. Το σχήμα 5.2 δείχνει την διαδικασία μέτρησης με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό.



Σχήμα 5.1: Ηλεκτρονικό ταχύμετρο ή ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός.



Σχήμα 5.2: Μέτρηση με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό.

Υπό καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες, η εμβέλεια για την μέτρηση αποστάσεων κυμαίνεται από 1 έως 1,5 km με ένα κατάφωτο και από 1,6 έως 2,5 km με τρία

κατάφωτα. Η ακρίβεια στην μέτρηση των αποστάσεων μεταβάλλεται από 3 μέχρι 10 mm μέχρι 5 ppm (parts per million) της απόστασης. Η ακρίβεια μέτρησης των γωνιών είναι από 1'' μέχρι 3'' του τόξου. Οι μετρήσεις είναι δυνατόν να αποθηκεύονται στην μονάδα αποθήκευσης στοιχείων με την μορφή ηλεκτρονικού σημειωματάριου (Μερτίκας, 2001).

### **5.3 Μετρήσεις στην περιοχή της εκμετάλλευσης.**

Αρχικά χρειαζόταν η επιλογή ενός σημείου της εκμετάλλευσης για την τοποθέτηση του γεωδαιτικού σταθμού. Από το σημείο αυτό θα έπρεπε να είναι εφικτή η οπτική επαφή όλων των προς μέτρηση απαραίτητων σημείων της εκμετάλλευσης. Λόγω του ανάγλυφου της περιοχής του λατομείου, η εύρεση ενός τέτοιου σημείου ήταν αδύνατη. Έτσι για την αποτύπωση όλης της περιοχής του εργοταξίου χρειάστηκαν δυο σημεία. Ένα για την αποτύπωση της μορφολογίας των βαθμίδων και ένα για την αποτύπωση του δρόμου προσπέλασης και της πλατείας του λατομείου.

Ο γεωδαιτικός σταθμός ρυθμίστηκε ώστε κάθε φορά να εμφανίζει στην οθόνη του τις συντεταγμένες του κατάφωτου ως προς αυτόν (0,0,0). Η θέση στην οποία τοποθετούνταν κάθε φορά το κατάφωτο είχε να κάνει με την αλλαγή στην μορφολογία του εδάφους. Έτσι αποτυπώθηκε η εκμετάλλευση σε δυο διαφορετικά συστήματα συντεταγμένων. Στον πίνακα μετρήσεων του παραρτήματος δίδονται όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και από τα δυο σημεία στο λατομείο Μπενάκη.

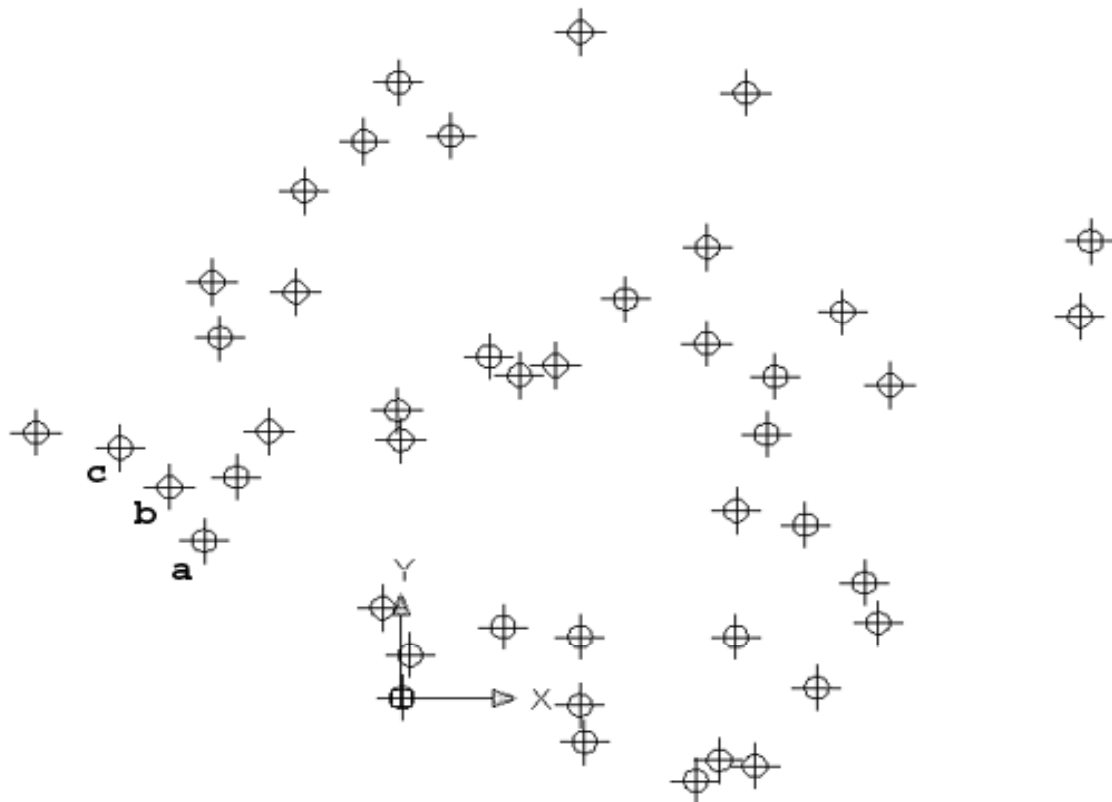
### **5.4 Εισαγωγή και επεξεργασία των μετρήσεων στο λογισμικό πακέτο AutoCAD.**

Έπειτα από την πραγματοποίηση των μετρήσεων από δυο σημεία, έγινε η εισαγωγή τους στο λογισμικό πακέτο AutoCAD απευθείας από τον γεωδαιτικό σταθμό. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα σχήματα 5.3 και 5.4. Το σχήμα 5.3 αφορά την περιοχή των βαθμίδων, ενώ το σχήμα 5.4 το δρόμο προσπέλασης. Στα σχήματα αυτά η αρχή των αξόνων X,Y συμπίπτει με την εκάστοτε θέση τοποθέτησης του γεωδαιτικού σταθμού. Τα σημεία του σχήματος 5.3 a,b,c είναι κοινά με τα σημεία του σχήματος 5.4 d,e,f. Τα τρία κοινά σημεία θα χρησιμοποιηθούν για την ένωση των δυο συστημάτων συντεταγμένων. Σε όλα τα παραπάνω σημεία δεν έχει εισαχθεί η Z

συντεταγμένη, καθώς έτσι η ένωση των δυο συστημάτων γίνεται δυσκολότερη και λιγότερο ακριβής.

Από το λογισμικό AutoCAD αντιγράφεται (copy) το σημείο d και επικολλάται (paste) πάνω στο σημείο a. Έτσι μεταφέρονται όλα τα σημεία της δεύτερης μέτρησης μας (σχήμα 5.4) στην πρώτη μέτρηση (σχήμα 5.3). Στην συνέχεια περιστρέφεται (rotate) με κέντρο το σημείο a το δεύτερο σύστημα συντεταγμένων (σχήμα 5.4) μέχρι τα αλλά δυο κοινά σημεία ταυτιστούν. Το αποτέλεσμα της ένωσης των δυο συστημάτων συντεταγμένων φαίνεται στο σχήμα 5.5.

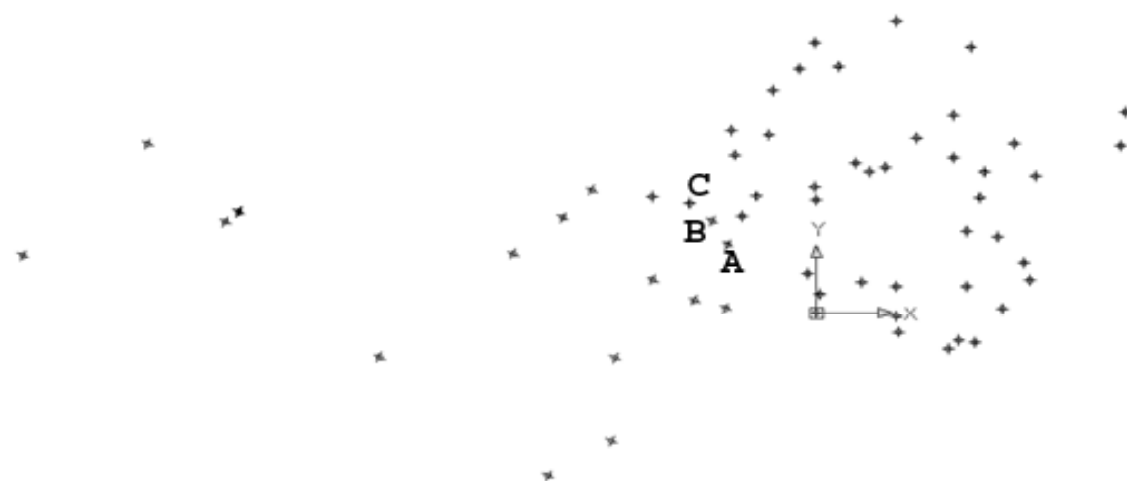
Τα σημεία A,B,C του σχήματος 5.5 είναι τα κοινά σημεία της ένωσης των δυο συστημάτων. Το κοινό σύστημα συντεταγμένων έχει ως αρχή των αξόνων το σύστημα συντεταγμένων της πρώτης μέτρησης (σχήμα 5.3). Έτσι όλα τα σημεία έχουν συντεταγμένες ως προς το σημείο (0,0).



Σχήμα 5.3: Σημεία μετρήσεων του κυρίως χώρου εκμετάλλευσης.



Σχήμα 5.4: Σημεία μετρήσεων δρόμου προσπέλασης.



Σχήμα 5.5: Ένωση των δυο συστημάτων συντεταγμένων.



Σχήμα 5.6: Ένωση των σημείων για δημιουργία πρόχειρης κάτοψης της εκμετάλλευσης.



Εν συνεχεία τα σημεία αυτά ενώθηκαν μεταξύ τους με γραμμές (lines) για τον σχηματισμό μιας πρόχειρης κάτοψης του λατομείου. Σε αυτά τα σημεία προστέθηκαν και κάποια άλλα βοηθητικά για την καλύτερη δημιουργία αυτής της κάτοψης. Το αποτέλεσμα αυτό διακρίνεται στο σχήμα 5.6.

### **5.5 Δημιουργία πρότυπων μοντέλων με το λογισμικό πακέτο SURFER 6.**

Στο λογισμικό πακέτο SURFER 6 θα γίνει η εισαγωγή των σημείων από το λογισμικό AutoCAD για την δημιουργία του τοπογραφικού χάρτη της μετάλλευσης. Πριν από αυτό κρίνεται αναγκαία η δημιουργία κάποιων πρότυπων μοντέλων στο λογισμικό SURFER 6 λόγω κάποιων ιδιοτήτων του συγκεκριμένου λογισμικού που θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα παρακάτω.

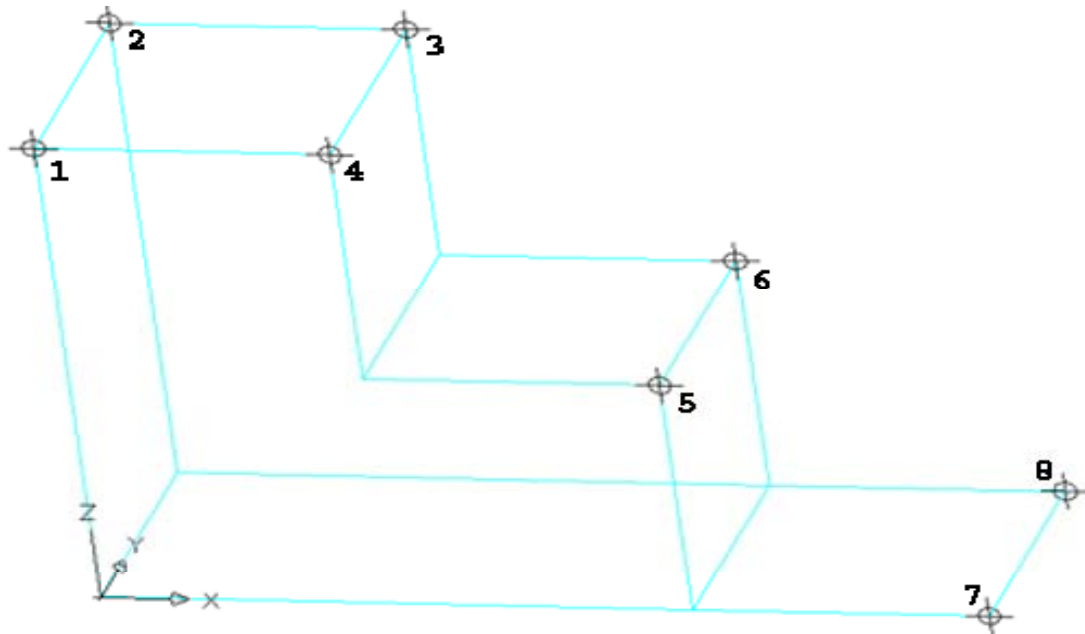
Η εισαγωγή σημείων στο λογισμικό SURFER 6 γίνεται από ένα φύλλο εργασίας (Worksheet). Σε αυτό το φύλλο εργασίας τοποθετούνται τα σημεία σε κάθετες στήλες. Η πρώτη στήλη είναι για την X συντεταγμένη, η δεύτερη για την Y και η τρίτη για τη Z. Αφού αποθηκευθεί το φύλλο εργασίας (μορφή αρχείου \*.dat) γίνεται άνοιγμα ενός φύλλου σχεδίασης (Plot). Από το μενού Grid γίνεται εισαγωγή των δεδομένων (εντολή Data) του φύλλου εργασίας. Το λογισμικό SURFER 6 δημιουργεί ένα αρχείο με το ίδιο όνομα με αυτό του φύλλου εργασίας (μορφή αρχείου \*.grd). Στη συνέχεια από το μενού Map (εντολή contour) εισάγεται το προηγούμενο αρχείο. Έτσι σχηματίζεται ο τοπογραφικός χάρτης των σημείων που εισήχθησαν στο φύλλο εργασίας. Ουσιαστικά το λογισμικό SURFER 6 δημιουργεί ισοϋψείς γραμμές με βάση τα σημεία που εισάγονται. Για τον υπολογισμό του όγκου του μοντέλου που σχεδιάστηκε επιλέγεται η εντολή ογκομέτρησης (Volume) από το μενού Grid.

Μια πρώτη ιδιαιτερότητα του λογισμικού SURFER 6 είναι ότι κατά την εισαγωγή δυο σημείων με ίδιες τις συντεταγμένες X,Y και διαφορετική τη Z, αυτό τα αντιλαμβάνεται ως ένα σημείο και λαμβάνει υπόψιν του το τελευταίο σημείο που εισήχθη στο φύλλο εργασίας. Επομένως επειδή οι μετρήσεις έγιναν στα φρύδια των βαθμίδων και οι βαθμίδες του λατομείου είναι σχεδόν ορθές δεν είναι δυνατόν να οριστούν τα αντίστοιχα σημεία στα πόδια των βαθμίδων.

Με βάση την παραπάνω διαπίστωση δημιουργήθηκε το πρώτο πρότυπο μοντέλο που διακρίνεται στο σχήμα 5.7, όπως αυτό σχεδιάστηκε στο λογισμικό AutoCAD. Το σημείο όπου διακρίνονται οι άξονες X,Y,Z του σχήματος 5.7 έχει οριστεί με

συντεταγμένες (0,0,0). Τα σημεία 1 έως 8 εισήχθησαν στο φύλλο εργασίας με συντεταγμένες αυτές του πίνακα 5.1.

Στη συνέχεια έγινε η δημιουργία του χάρτη του πρότυπου μοντέλου (σχήματος 5.7), όπως αυτός παρουσιάζεται στο σχήμα 5.8. Από το σχήμα 5.8 είναι εμφανές ότι το λογισμικό SURFER 6 δεν μπορεί να δημιουργήσει χάρτη με ορθές βαθμίδες. Θεωρεί ότι η κλίση μεταξύ των φρυδιών των βαθμίδων είναι ομαλή.

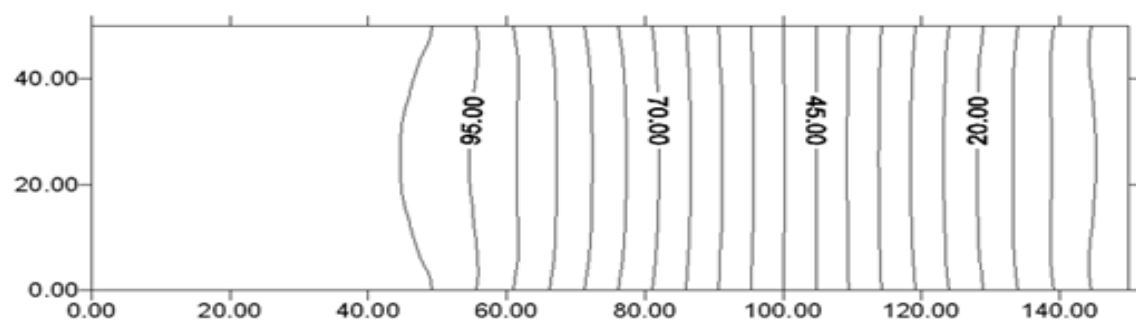


Σχήμα 5.7: Πρώτο πρότυπο μοντέλο σχεδιασμένο στο λογισμικό AutoCAD.

Πίνακας 5.1 Συντεταγμένες των σημείων του σχήματος 5.7

Σημείο	Data X	Data Y	Data Z
1	0	0	100
2	0	50	100
3	50	50	100
4	50	0	100
5	100	0	50
6	100	50	50
7	150	0	0
8	150	50	0

Επίσης έπειτα από ογκομέτρηση του σχήματος 5.7 από το λογισμικό AutoCAD βρέθηκε ότι ο όγκος του είναι:  $V_{\text{AutoCAD}} = 375000$  τετραγωνικές μονάδες, ενώ ο αντίστοιχος όγκος του σχήματος 5.8 από το λογισμικό SURFER 6 είναι:  $V_{\text{SURFER 6}} = 504980$  τετραγωνικές μονάδες. Συγκρίνοντας τους δυο όγκους παρατηρείται μια απόκλιση 34,7 % από τον κανονικό όγκο (αυτό του AutoCAD). Για την ελαχιστοποίηση αυτής της απόκλισης χρειάζεται η κατασκευή των βαθμίδων τις εκμετάλλευσης με κάποια κλίση. Επιλέχθηκε ως βέλτιστη κλίση αυτή των  $73,3^\circ$  μοιρών για όλες τις βαθμίδες. Αν οριστεί ως κλίση μεγαλύτερη των  $80^\circ$  μοιρών το λογισμικό SURFER 6 θα δημιουργήσει χάρτη με μορφή παρόμοια με αυτή του σχήματος 5.8.

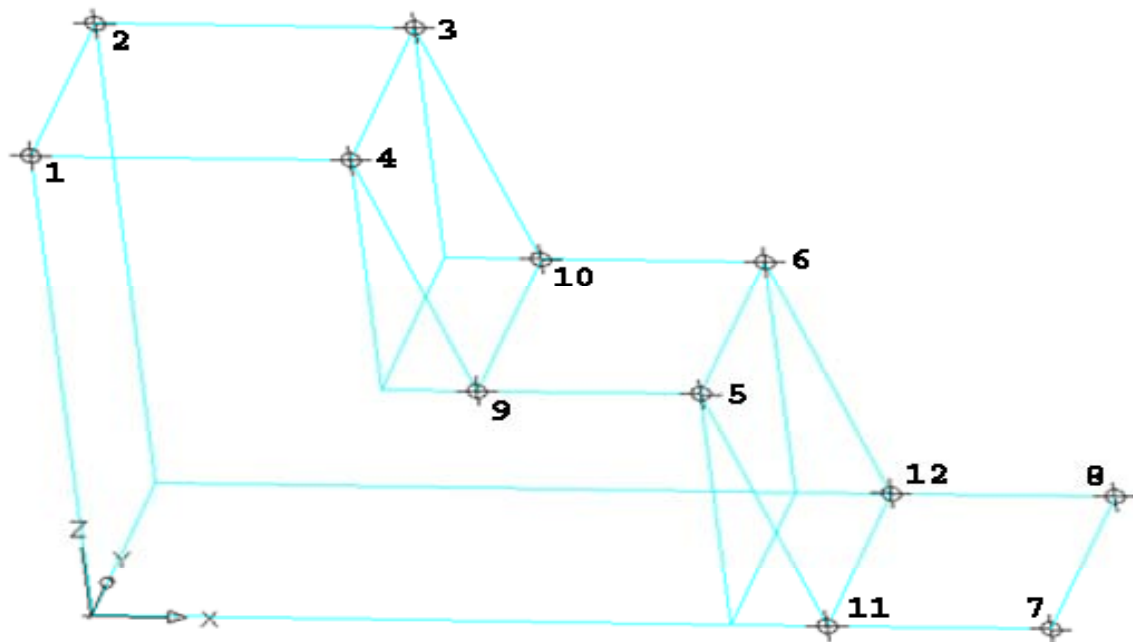


Σχήμα 5.8: Χάρτης πρώτου πρότυπου μοντέλου από το λογισμικό SURFER 6.

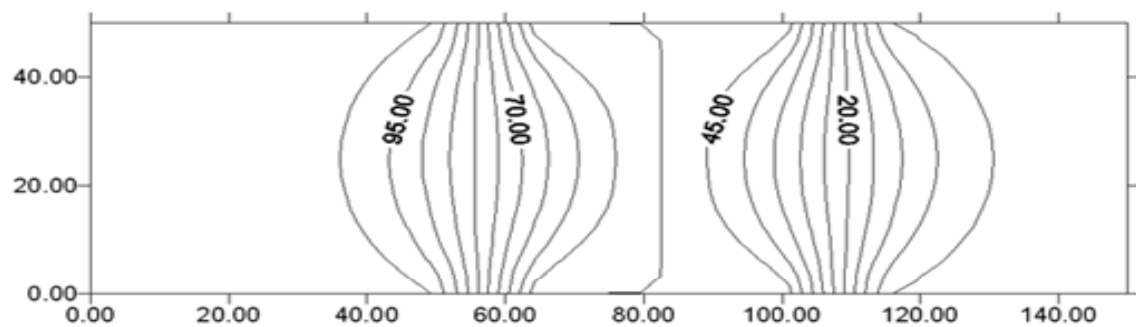
Με βάση την παραδοχή για την κλίση  $73,3^\circ$  κατασκευάστηκε το δεύτερο πρότυπο μοντέλο στο λογισμικό SURFER 6. Το σχήμα 5.9 δείχνει το δεύτερο μοντέλο όπως αυτό σχεδιάστηκε στο λογισμικό AutoCAD. Τα σημεία 1 έως 8 είναι τα ίδια με αυτά του πρώτου μοντέλου. Αυτά τα σημεία καθώς και τα νέα 9 έως 12 έχουν συντεταγμένες που αναγράφονται στον πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Συντεταγμένες των σημείων του σχήματος 5.9

Σημείο	Data X	Data Y	Data Z
1	0	0	100
2	0	50	100
3	50	50	100
4	50	0	100
5	100	0	50
6	100	50	50
7	150	0	0
8	150	50	0
9	65	0	50
10	65	50	50
11	115	0	0
12	115	50	0



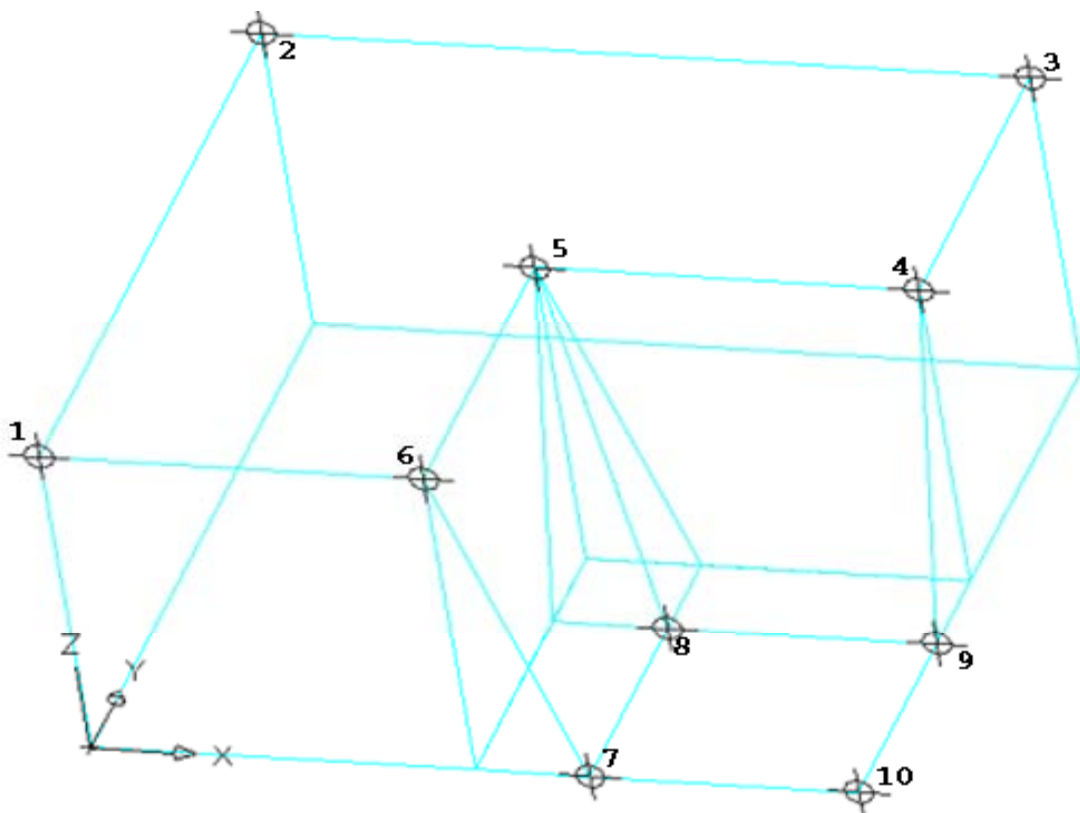
Σχήμα 5.9: Δεύτερο πρότυπο μοντέλο σχεδιασμένο στο λογισμικό AutoCAD.



Σχήμα 5.10: Χάρτης δεύτερου πρότυπου μοντέλου από το λογισμικό SURFER 6.

Στη συνέχεια έγινε η δημιουργία του χάρτη του πρότυπου μοντέλου (σχήματος 5.9), όπως αυτός παρουσιάζεται στο σχήμα 5.10. Παρατηρώντας το σχήμα 5.10 είναι εμφανές ότι η κλίση των βαθμίδων έχει αποτυπωθεί. Επίσης έπειτα από ογκομέτρηση του σχήματος 5.9 από το λογισμικό AutoCAD βρέθηκε ότι ο όγκος του είναι:  $V_{\text{AutoCAD}} = 412500$  τετραγωνικές μονάδες, ενώ ο αντίστοιχος όγκος του σχήματος 5.10 από το λογισμικό SURFER 6 είναι:  $V_{\text{SURFER 6}} = 415893$  τετραγωνικές μονάδες. Δηλαδή ο όγκος που προκύπτει από το λογισμικό SURFER 6 είναι μόλις 0,82 % μεγαλύτερος από τον πραγματικό.

Τέλος κρίθηκε αναγκαία η σχεδίαση ενός τρίτου πρότυπου μοντέλου όπου τώρα η βαθμίδα θα σχηματίζει γωνία  $90^\circ$  μοιρών. Το σχήμα 5.11 δείχνει το τρίτο μοντέλο όπως αυτό σχεδιάστηκε στο λογισμικό AutoCAD. Τα σημεία 1 έως 10 έχουν τις συντεταγμένες που αναγράφονται στον πίνακα 5.3.



Σχήμα 5.11: Τρίτο πρότυπο μοντέλο σχεδιασμένο στο λογισμικό AutoCAD.

Έπειτα από εισαγωγή των σημείων αυτών με μορφή φύλλου εργασίας στο λογισμικό SURFER 6 προκύπτει ο χάρτης του σχήματος 5.12. Εξάλλου κατά την ογκομέτρηση του σχήματος 5.11 από το λογισμικό AutoCAD βρέθηκε ότι ο όγκος

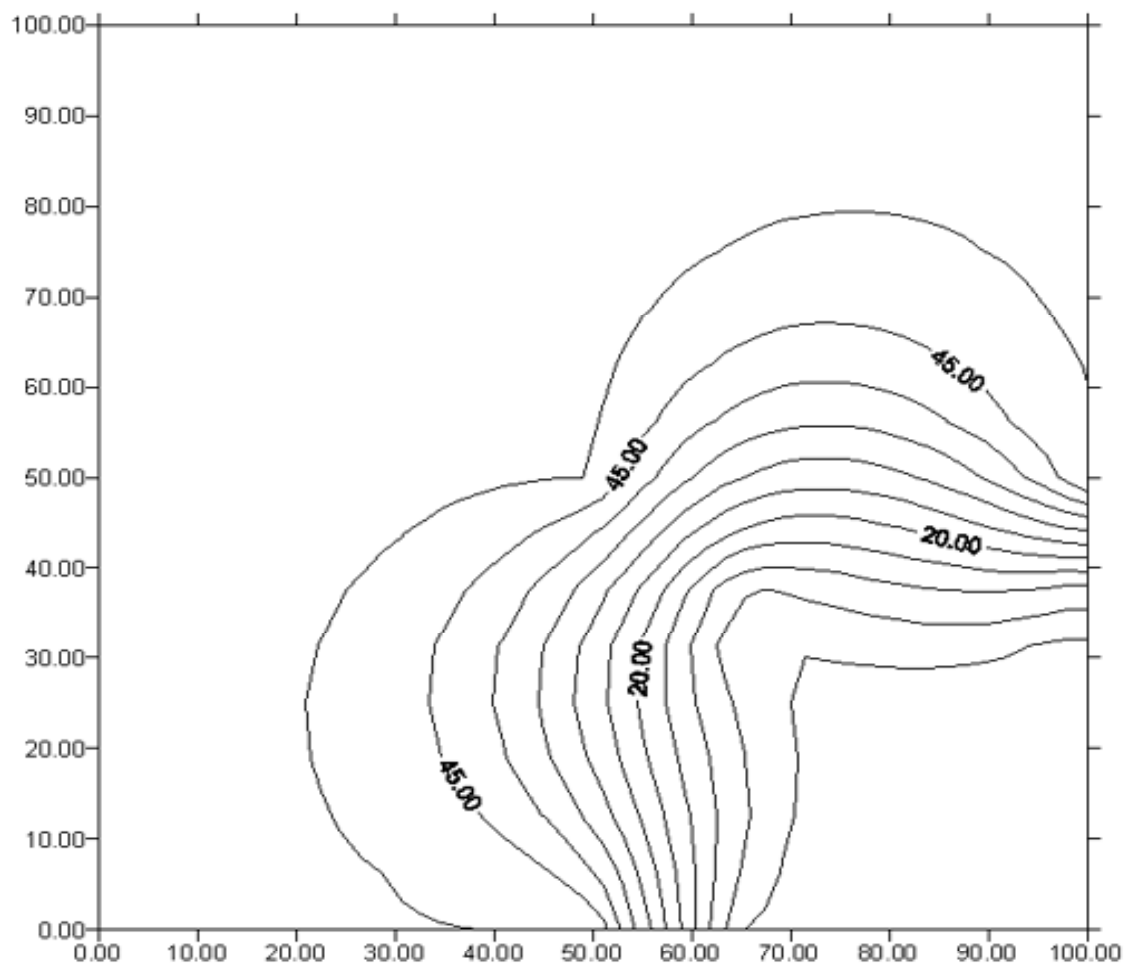
του είναι:  $V_{\text{AutoCAD}} = 408750$  τετραγωνικές μονάδες, ενώ ο αντίστοιχος όγκος του σχήματος 5.12 από το λογισμικό SURFER 6 είναι:  $V_{\text{SURFER 6}} = 395831$  τετραγωνικές μονάδες. Η απόκλιση του όγκου που υπολογίστηκε από το λογισμικό SURFER 6 είναι 3,2 %, δηλαδή ο όγκος του είναι 3,2% μικρότερος από τον πραγματικό. Η απόκλιση αυτή οφείλεται στο ότι το λογισμικό SURFER 6 δεν ενώνει δυο σημεία με ευθεία γραμμή αλλά με καμπύλη. Αυτό μπορεί να απαλειφθεί με προσθήκη περισσότερων σημείων στο φρύδι και στο πόδι της βαθμίδος.

Πίνακας 5.2 Συντεταγμένες των σημείων του σχήματος 5.9

Σημείο	Data X	Data Y	Data Z
1	0	0	50
2	0	100	50
3	100	100	50
4	100	50	50
5	50	50	50
6	50	0	50
7	65	0	0
8	65	35	0
9	100	35	0
10	100	0	0

Με βάση τα παραπάνω τρία πρότυπα μοντέλα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα που θα βοηθήσουν στην σχεδίαση του χάρτη του λατομείου Μπενάκη:

- Δυο σημεία δεν πρέπει να έχουν τις ίδιες συντεταγμένες X,Y. Με άλλα λόγια δεν πρέπει να σχεδιαστούν απότομα πρηνή και ορθές βαθμίδες.
- Η κλίση των βαθμίδων δεν πρέπει να ξεπερνά τις 80° μοίρες. Η κλίση που προτείνεται είναι 73,3° μοίρες (Σημειώνεται ότι η κλίση αυτή δεν είναι απαγορευτική αλλά προσεγγίζει την πραγματική κλίση καθώς πολλές φορές ακόμα και όταν τα πρηνή είναι κατακόρυφα, η κλίση τους με την πάροδο του χρόνου εξομαλύνεται λόγω κατάπτωσης του πετρώματος).
- Προτείνεται προσθήκη περισσότερων σημείων στα φρύδια και στα πόδια των βαθμίδων έτσι ώστε στο χάρτη τα σημεία αυτά να ενώνονται με όσο το δυνατόν πιο ευθεία γραμμή. Έτσι εκτός ότι ο χάρτης θα τείνει να απεικονίσει την πραγματική μορφολογία του εδάφους, κατά την ογκομέτρηση η απόκλιση από τον πραγματικό όγκο θα είναι ελάχιστη.

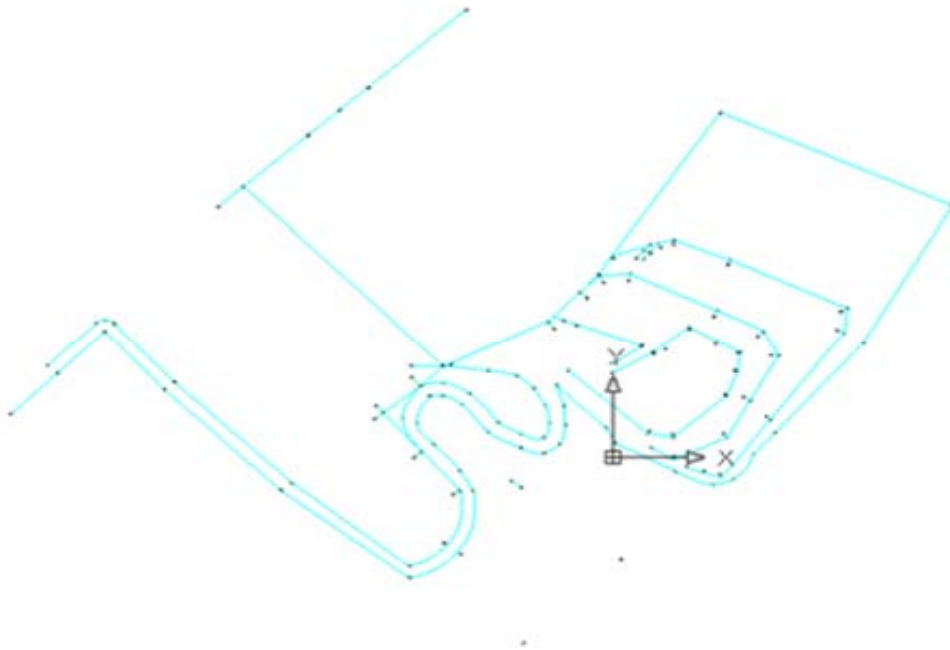


Σχήμα 5.12: Χάρτης τρίτου πρότυπου μοντέλου από το λογισμικό SURFER 6.

## 5.6 Δημιουργία τοπογραφικού χάρτη της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης.

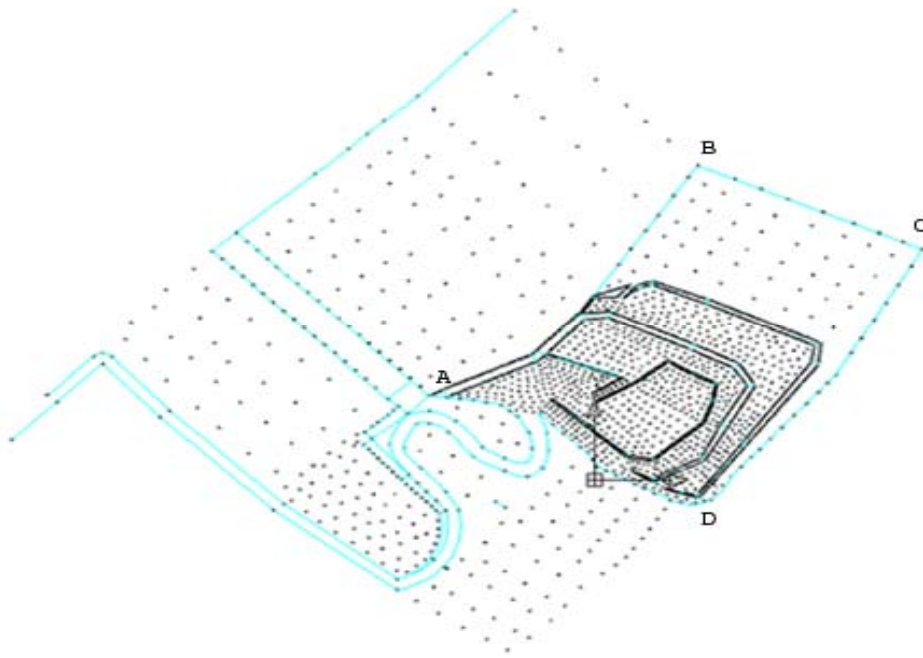
Κατά τη σχεδίαση του λατομείου στο AutoCAD θα χρησιμοποιηθεί ως κλίση του μετώπου κάθε βαθμίδος και πρανούς η γωνία των  $73,3^\circ$  μοιρών. Έτσι με γνωστό το ύψος και την κλίση κάθε βαθμίδος, είναι δυνατή η πρόσθεση και των αντίστοιχων σημείων στα πόδια των βαθμίδων, αφού οι μετρήσεις έγιναν στα φρύδια. Από το σχήμα 5.6 που απεικονίζει μια πρόχειρη κάτοψη του λατομείου έγινε η προσθήκη των απαραίτητων σημείων και σχεδιάστηκε η κανονική κάτοψη του εργοταξίου. Σε αυτή τη φάση έγινε εισαγωγή και της Z συντεταγμένης τόσο στα νέα σημεία, όσο και στα είδη προϋπάρχοντα σημεία. Το σχήμα 5.13 απεικονίζει την κανονική κάτοψη του λατομείου Μπενάκη.

Για την εισαγωγή των σημείων αυτών στο λογισμικό SURFER 6 και τη δημιουργία του τοπογραφικού χάρτη χρειάστηκε να γίνει πύκνωση των σημείων, ώστε η περιοχή να αποτυπωθεί όσο το δυνατόν πιο λεπτομερέστερα στον χάρτη. Στο σχήμα 5.14 είναι εμφανής η πρόσθεση των σημείων αυτών. Τα σημεία αυτά είναι πιο πυκνά στα φρύδια και στα πόδια των βαθμίδων. Εκεί η απόσταση δυο διαδοχικών σημείων είναι 2 μέτρα. Η περιοχή όπου η πύκνωση των σημείων είναι μεγαλύτερη, αντιπροσωπεύει τα κύρια μέτωπα της εκμετάλλευσης. Στις υπόλοιπες περιοχές η πρόσθεση των σημείων είναι πιο αραιή, καθώς βρίσκονται εκτός της ζώνης εκμετάλλευσης του λατομείου. Η περιοχή που περικλείεται από τα σημεία A,B,C,D είναι ο χώρος της εκμετάλλευσης. Η εκμετάλλευση τα επόμενα χρόνια θα προχωρήσει προς τα σημεία B,C.



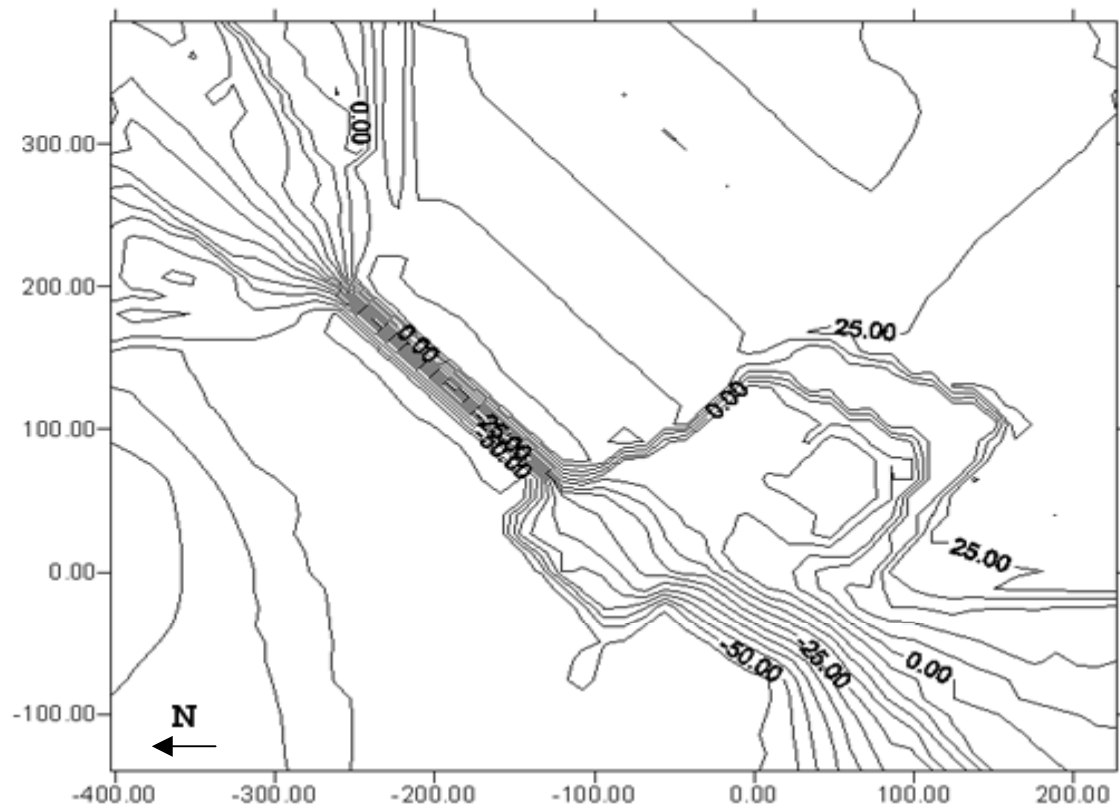
Σχήμα 5.13: Κάτοψη τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης.





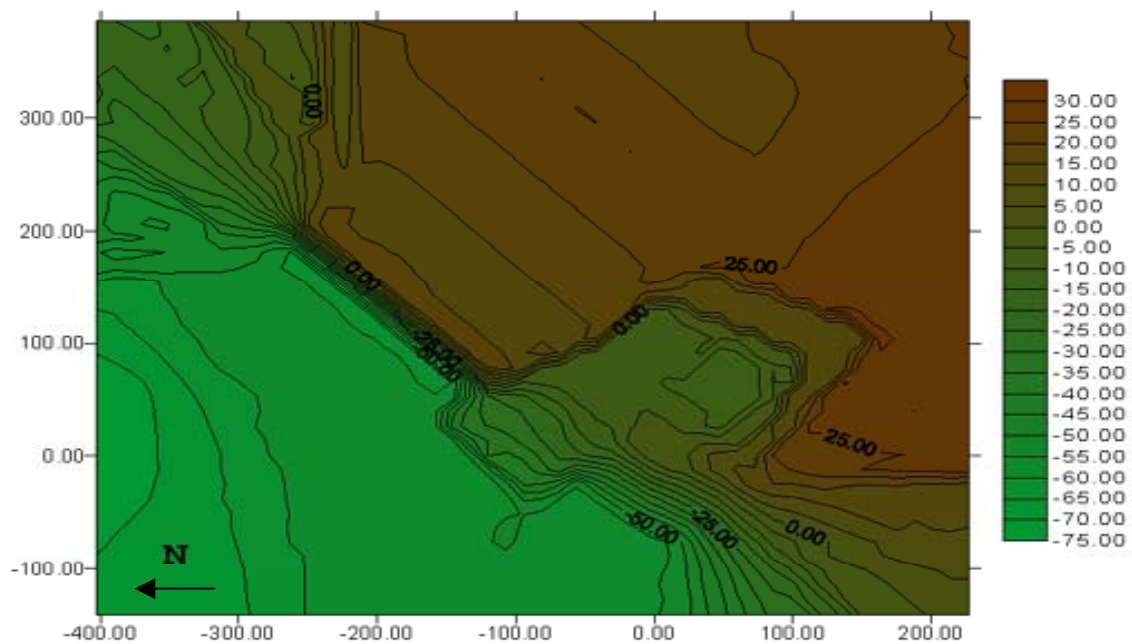
Σχήμα 5.14: Κάτοψη του λατομείου Μπενάκη με πύκνωση των σημείων.

Από το λογισμικό AutoCAD έγινε εξαγωγή (export) των σημείων που φαίνονται στο σχήμα 5.14 και μετατροπή τους σε αρχείο μορφής \*.dat, ώστε να γίνει η εισαγωγή των σημείων σε φύλλο εργασίας (Worksheet) στο λογισμικό SURFER 6. Με την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 5.5 πραγματοποιείται η δημιουργία του τοπογραφικού χάρτη των σημείων που εισήχθησαν στο φύλλο εργασίας. Το σχήμα 5.15 δείχνει τον τοπογραφικό χάρτη της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης του λατομείου Μπενάκη. Στο σχήμα αυτό οι ισοϋψείς γραμμές είναι σχεδιασμένες ανά πέντε μέτρα.

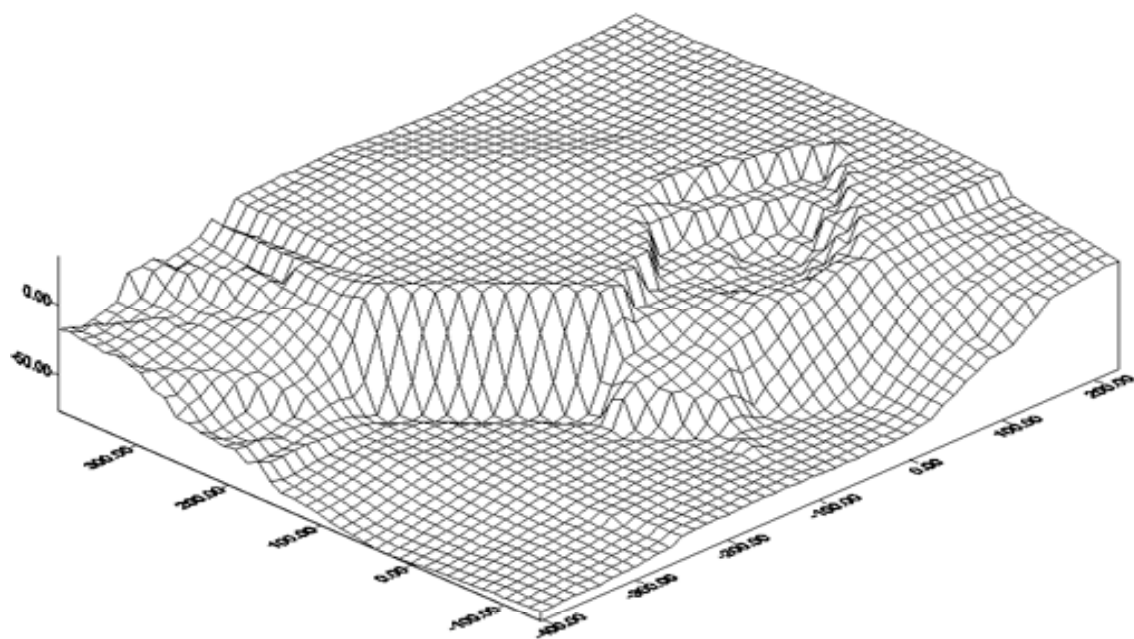


Σχήμα 5.15: Τοπογραφικός χάρτης τωρινής φάσης του λατομείου Μπενάκη.

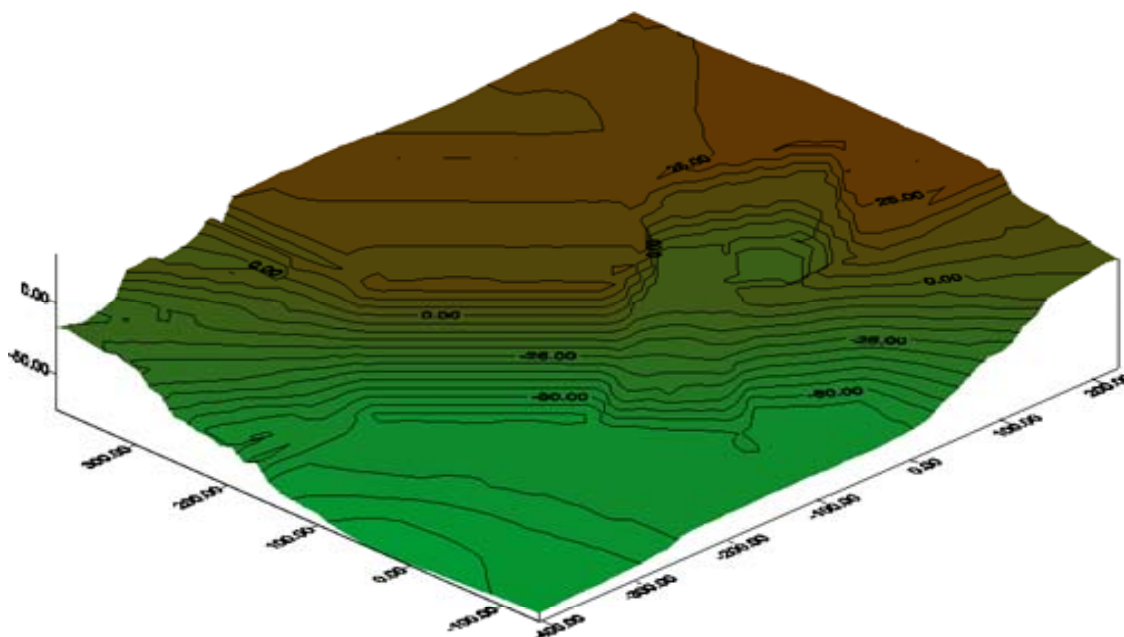
Το σχήμα 5.16 δείχνει τον ίδιο χάρτη του σχήματος 5.15, αλλά έγχρωμο. Σε αυτόν το χάρτη το υψόμετρο απεικονίζεται με βάση την χρωματική κλίμακα που φαίνεται δεξιά του σχήματος 5.16. Το σχήμα 5.17 απεικονίζει το ανάγλυφο της περιοχής όπως αυτό σχεδιάστηκε στο λογισμικό SURFER 6. Τέλος το σχήμα 5.18 δείχνει ένα συνδυασμό του ανάγλυφου (σχήμα 5.17) με τον έγχρωμο τοπογραφικό χάρτη (σχήμα 5.16).



Σχήμα 5.16: Έγχρωμος τοπογραφικός χάρτης τωρινής φάσης του λατομείου Μπενάκη.



Σχήμα 5.17: Ανάγλυφο της περιοχής του λατομείου Μπενάκη.

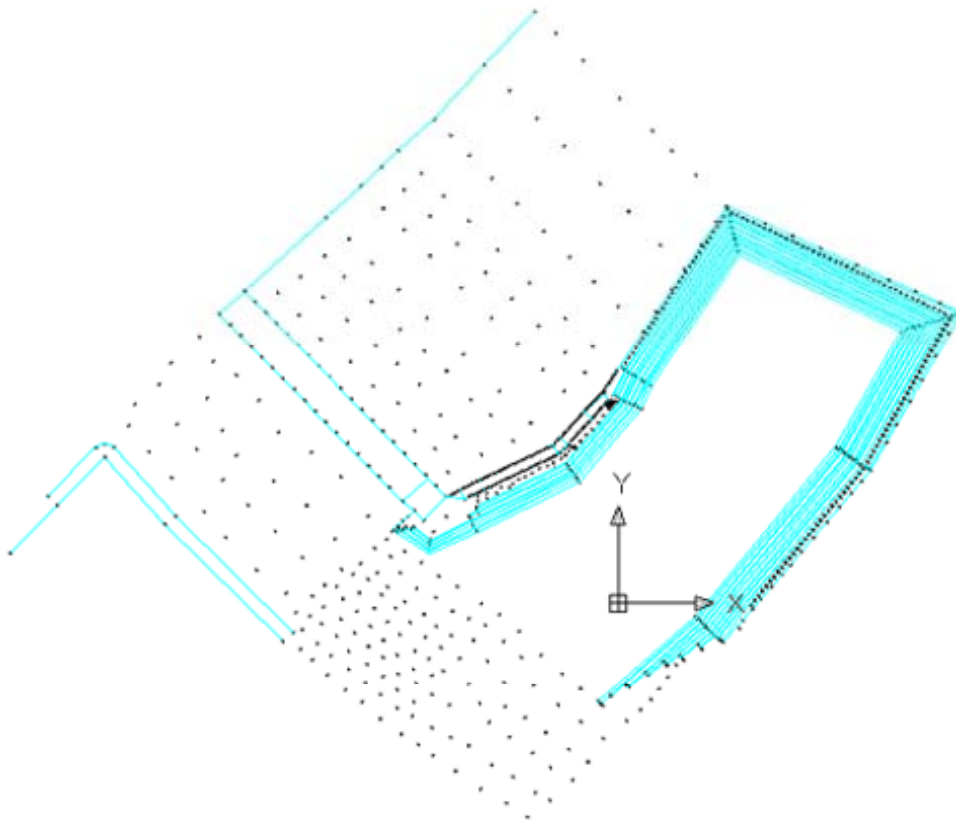


Σχήμα 5.18: Έγχρωμο τοπογραφικό ανάγλυφο περιοχής λατομείου Μπενάκη.

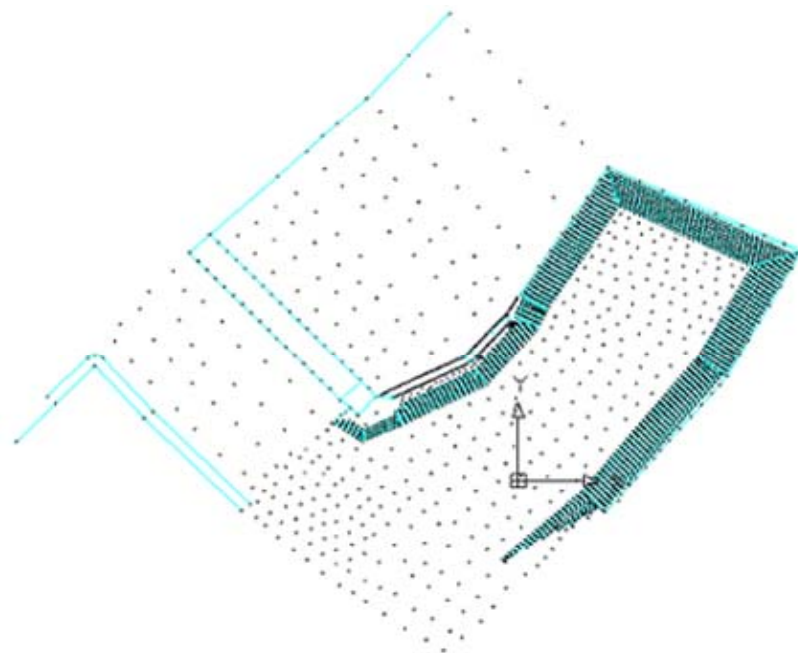
### 5.7 Δημιουργία τοπογραφικού χάρτη της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης.

Ο σχεδιασμός της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης θα χρησιμεύσει στον υπολογισμό των αποθεμάτων του λατομικού χώρου και του χρόνου ζωής της εκμετάλλευσης. Αφού διατηρήθηκαν οι ίδιες συντεταγμένες των σημείων της περιμέτρου του λατομικού χώρου και της περιοχής έξω από αυτόν, σχεδιάστηκε η κάτοψη της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης. Να σημειωθεί ότι η τελική φάση σχεδιάζεται με βάση τα όρια του χώρου του οικοπέδου. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των βαθμίδων της τελικής εκμετάλλευσης που χρησιμοποιήθηκαν κατά τον σχεδιασμό της στο λογισμικό AutoCAD είναι κλίση  $80^\circ$  μοιρών, ύψος βαθμίδας 10 μέτρα και πλάτος 3 μέτρα (σε αυτό συμπεριλαμβάνεται και το πλάτος που χάνεται λόγω της κλίσης  $80^\circ$ ). Το σχήμα 5.19 δείχνει την κάτοψη της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης του λατομείου Μπενάκη. Για την δημιουργία του τοπογραφικού χάρτη της τελικής φάσης χρειάστηκε να γίνει πύκνωση των σημείων, ώστε ο χάρτης που θα προκύψει να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικός. Η πρόσθεση των σημείων γίνεται με το ίδιο ακριβώς τρόπο με αυτόν της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης, με την διαφορά ότι η απόσταση δυο διαδοχικών σημείων είναι

τέσσερα μέτρα αντί δυο. Στο σχήμα 5.20 είναι εμφανής η πρόσθεση σημείων στην κάτοψη του σχήματος 5.19.

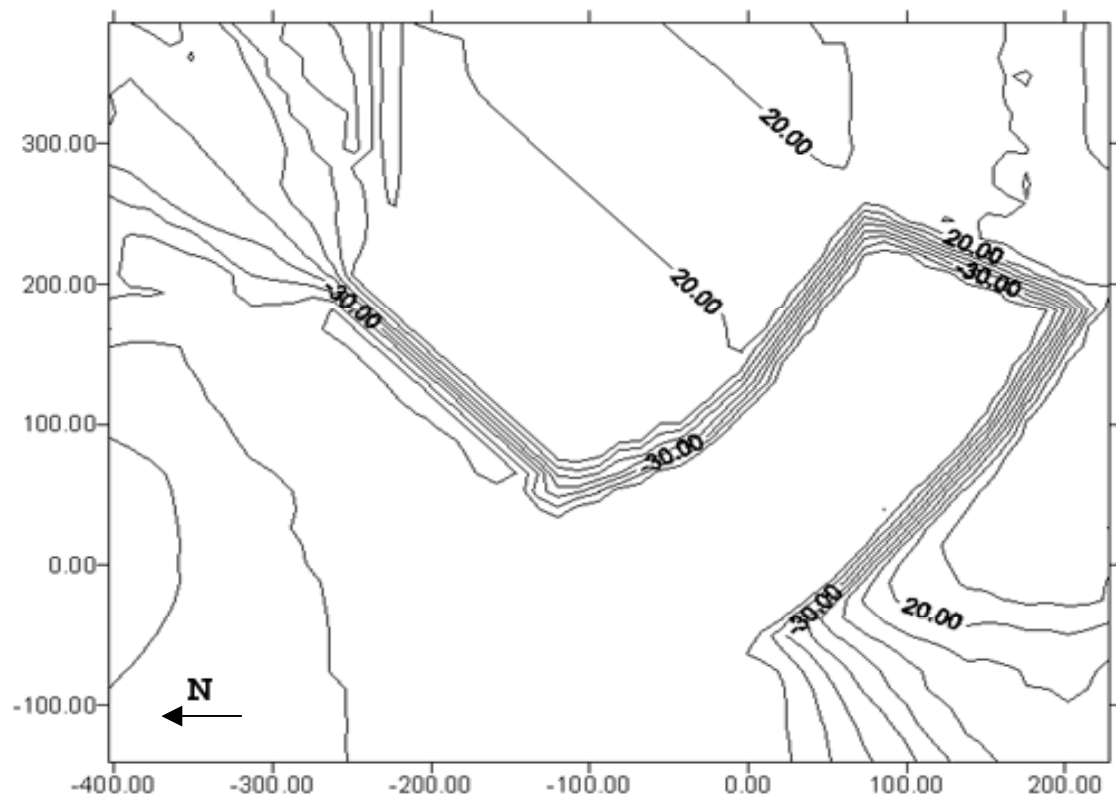


Σχήμα 5.19: Κάτοψη τελικής φάσης της εκμετάλλευσης.



Σχήμα 5.20: Κάτοψη του λατομείου Μπενάκη με πύκνωση των σημείων.

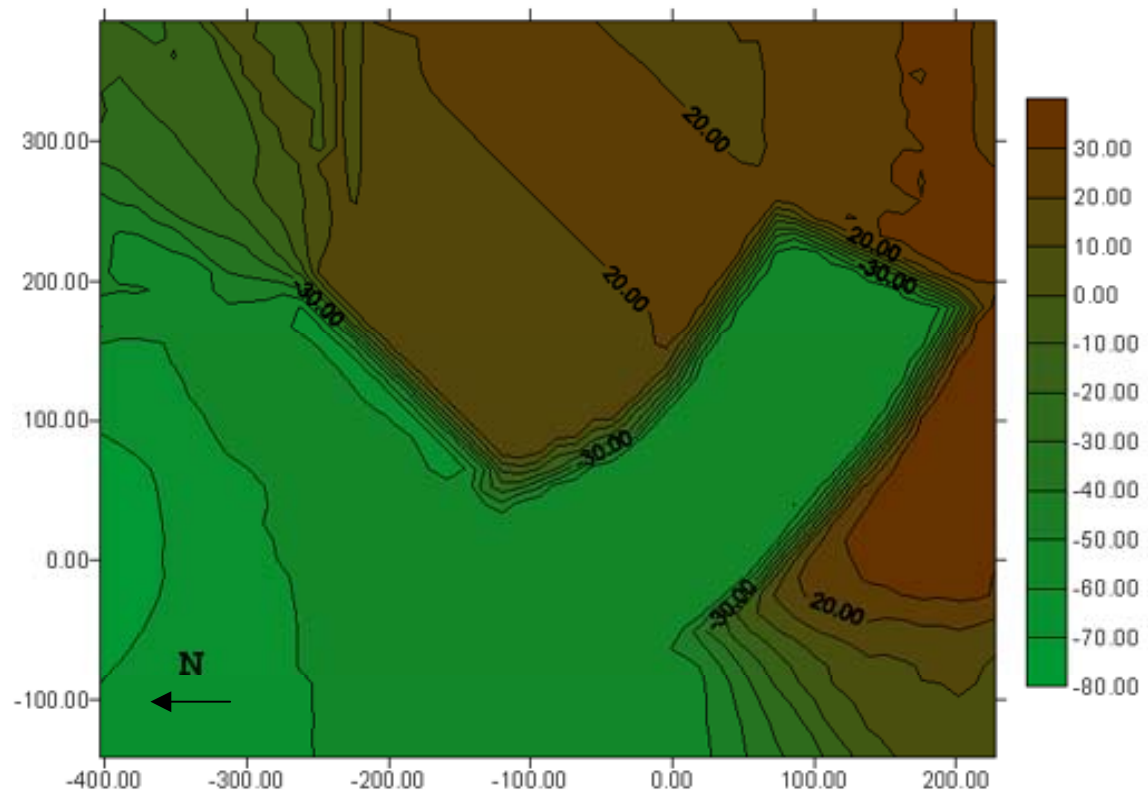
Με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε στην παράγραφο 5.6 γίνεται η εξαγωγή των σημείων του σχήματος 5.20 από το λογισμικό AutoCAD και η εισαγωγή τους αντίστοιχα στο λογισμικό SURFER 6. Έτσι δημιουργείται ο τοπογραφικός χάρτης της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης του λατομείου Μπενάκη, ο οποίος απεικονίζεται στο σχήμα 5.21. Οι ισοϋψείς γραμμές διαφέρουν δέκα μέτρα.



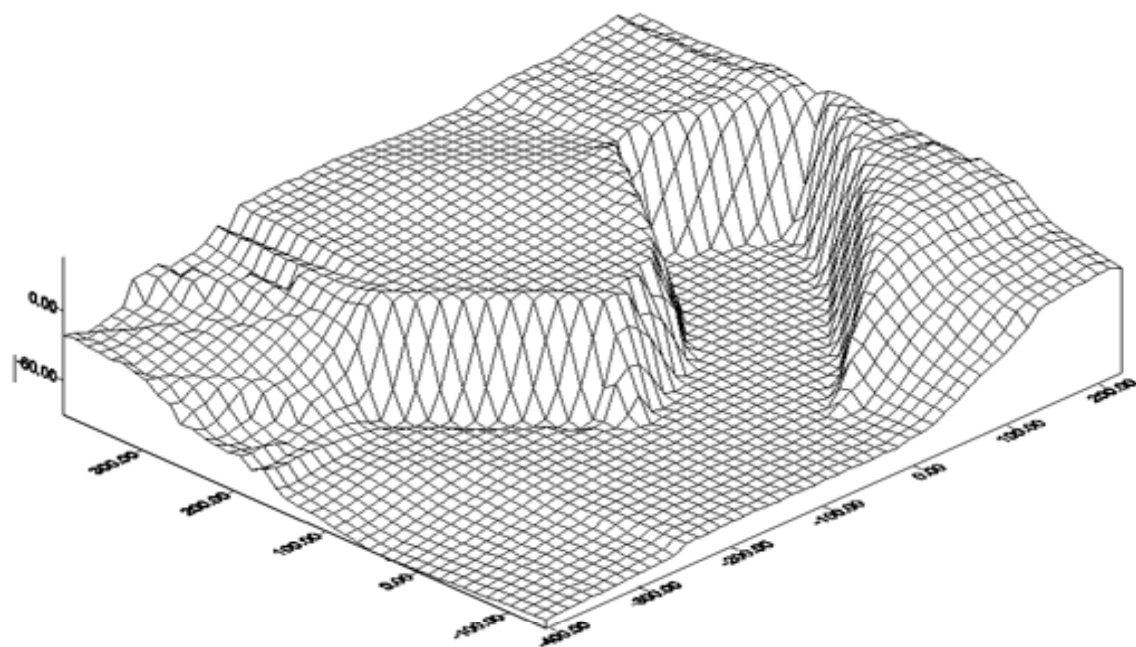
Σχήμα 5.21: Τοπογραφικός χάρτης τελικής φάσης του λατομείου Μπενάκη.

Το σχήμα 5.22 δείχνει τον ίδιο χάρτη του σχήματος 5.21, αλλά έγχρωμο. Σε αυτόν το χάρτη το υψόμετρο απεικονίζεται με βάση την χρωματική κλίμακα που φαίνεται δεξιά του σχήματος 5.22. Το σχήμα 5.23 απεικονίζει το ανάγλυφο της περιοχής όπως αυτό σχεδιάστηκε στο λογισμικό SURFER 6. Τέλος το σχήμα 5.24 δείχνει ένα συνδυασμό του ανάγλυφου (σχήμα 5.23) με τον έγχρωμο τοπογραφικό χάρτη (σχήμα 5.22).

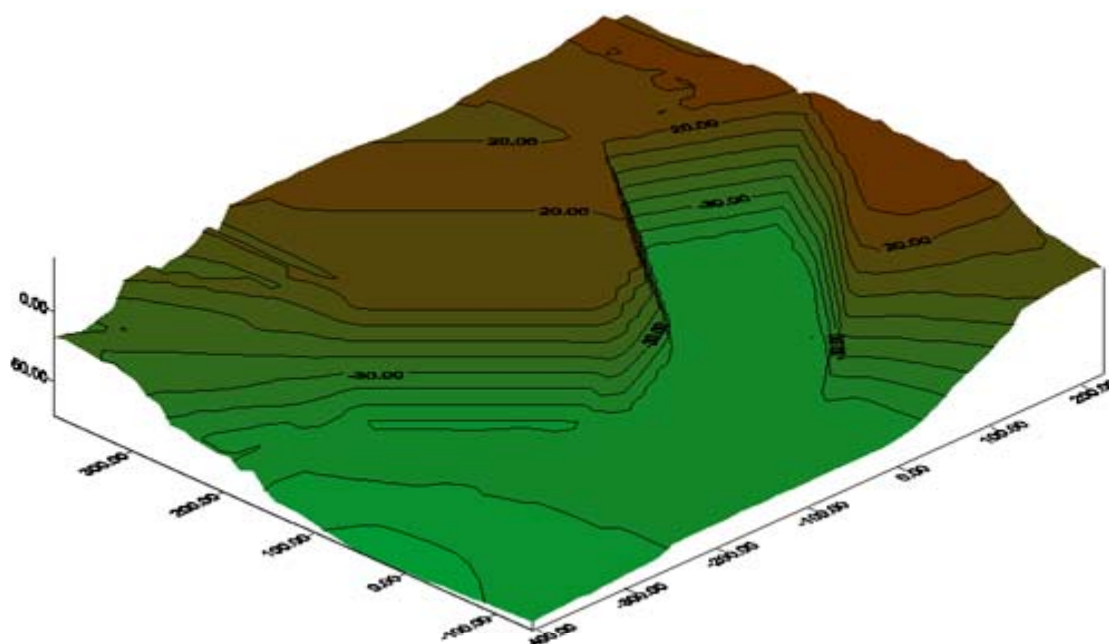




Σχήμα 5.22: Έγχρωμος τοπογραφικός χάρτης τελικής φάσης του λατομείου Μπενάκη.



Σχήμα 5.23: Ανάγλυφο της τελικής φάσης εκμετάλλευσης του λατομείου Μπενάκη.



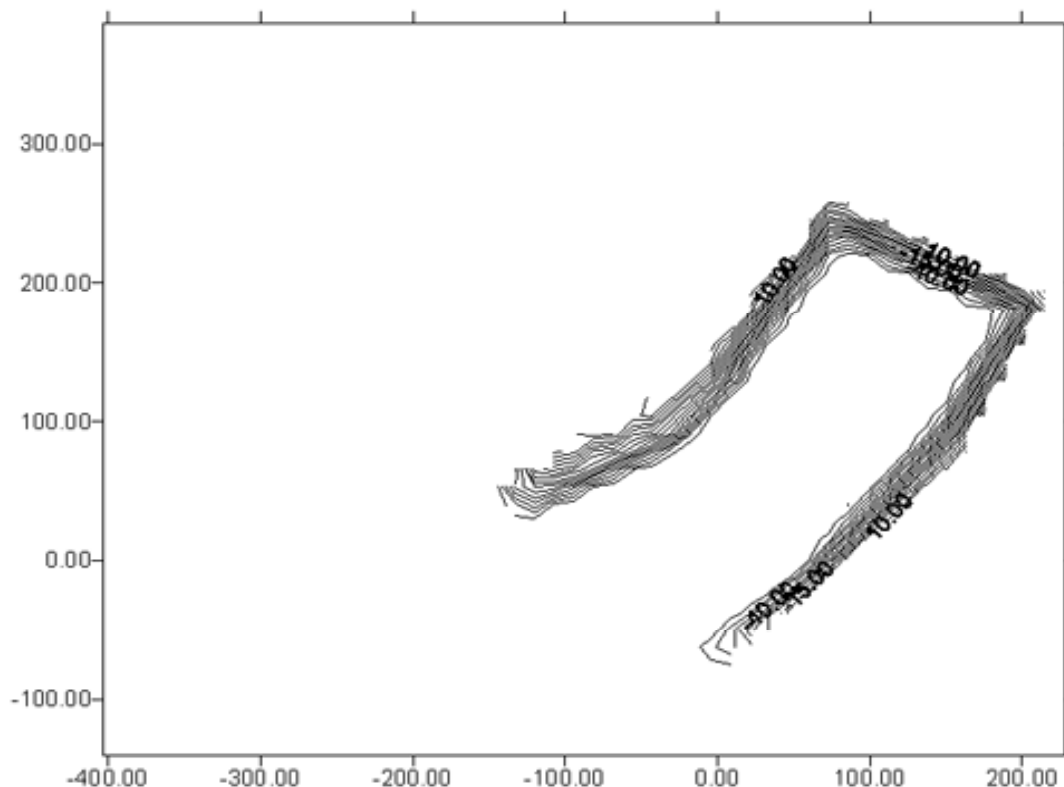
Σχήμα 5.24: Έγχρωμο τοπογραφικό ανάγλυφο τελικής φάσης της εκμετάλλευσης λατομείου Μπενάκη.

### 5.8 Υπολογισμός αποθεμάτων της εκμετάλλευσης.

Για τον υπολογισμό των αποθεμάτων του λατομικού χώρου του λατομείου Μπενάκη είναι απαραίτητη η αφαίρεση της περιοχής της περιμέτρου του λατομικού χώρου της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης από αυτήν της τελικής. Με το λογισμικό SURFER 6 και από τον τοπογραφικό χάρτη της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης (σχήμα 5.21) επιλέγεται από το μενού Map η εντολή Digitize και σημειώνονται πάνω στο χάρτη σημεία που βρίσκονται λίγο έξω από την περίμετρο του λατομικού χώρου. Κατά την επιλογή των σημείων στο λογισμικό SURFER 6 εμφανίζεται ένα παράθυρο με τις συντεταγμένες των σημείων αυτών. Στην πρώτη σειρά των συντεταγμένων των σημείων τοποθετούνται δυο αριθμοί. Ο πρώτος αντιστοιχεί στον αριθμό των σημείων που επιλέχθηκαν. Ο δεύτερος αριθμός είναι το 1 ή το 0, ανάλογα με το αν η περιοχή που θα αποκοπεί είναι αυτή που βρίσκεται εσωτερικά της περιοχής των σημείων που επιλέχθηκαν ή εξωτερικά (στη συγκεκριμένη περίπτωση το 1). Στην συνέχεια γίνεται αποθήκευση του παραθύρου σε αρχείο (μορφή \*.BLN).



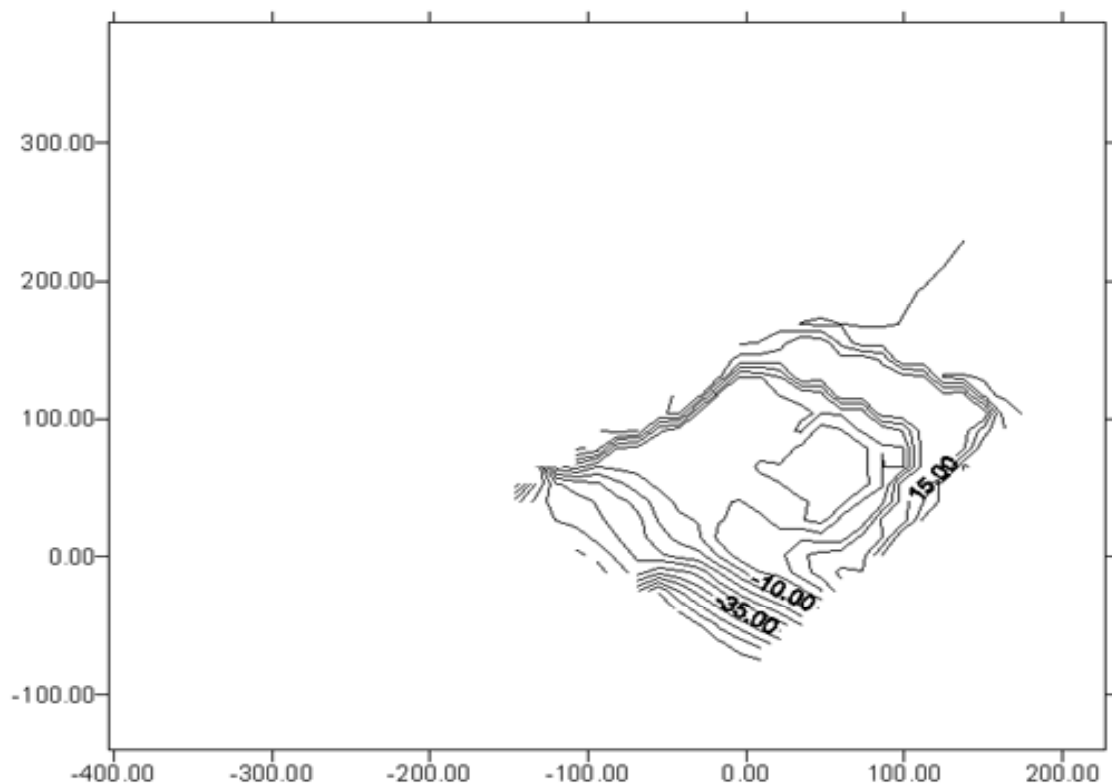
Από το μενού Grid επιλέγεται η εντολή Blank με την οποία θα αποκοπεί η περιοχή των σημείων που επιλέχθηκαν. Κατά την εκτέλεσή της επιλέγεται η τελική φάση της εκμετάλλευσης (μορφή αρχείου \*.GRD), έπειτα το αρχείο που δημιουργήθηκε με τα σημεία περιμέτρου της περιοχής που θα αποκοπεί (μορφή αρχείου \*.BLN) και τέλος αποθηκεύεται η περιοχή αυτή (μορφή αρχείου \*.GRD). Τέλος η εμφάνιση της περιοχής αυτής πραγματοποιείται με την εφαρμογή της εντολής Contour από το μενού Map. Το σχήμα 5.25 δείχνει την αποκομμένη περιοχή της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης (σχήματος 5.21). Έπειτα από ογκομέτρηση του σχήματος 5.25 από το λογισμικό SURFER 6 προέκυψε ότι  $V_T = 1,09869 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Κατά την ογκομέτρηση του σχήματος 5.25 ως κατώτερο επίπεδο ογκομέτρησης επιλέχθηκε το ύψος που βρίσκεται η πλατεία της εκμετάλλευσης.



Σχήμα 5.25: Χάρτης της περιοχής που αποκόπηκε από την τελική φάση της εκμετάλλευσης.

Επειδή οι δυο τοπογραφικοί χάρτες της εκμετάλλευσης σχήμα 5.15 και 5.21 είναι ίδιας κλίμακας και κατά τον σχεδιασμό της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης

στο λογισμικό AutoCAD οι συντεταγμένες της περιμέτρου του λατομικού χώρου και αυτές των σημείων έξω από αυτόν διατηρήθηκαν ίδιες, το αρχείο μορφής \*.BLN που δημιουργήθηκε για την αποκοπή της περιμέτρου της τελικής φάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο και για την αποκοπή της ίδιας περιμέτρου της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης. Έτσι κατά την εκτέλεση της εντολής Blank επιλέγεται αρχικά η τωρινή φάση της εκμετάλλευσης (μορφή αρχείου \*.GRD), στη συνέχεια το ίδιο αρχείο μορφής \*.BLN που χρησιμοποιήθηκε για την αποκοπή της τελικής φάσης και τέλος αποθηκεύεται η περιοχή αυτή (μορφή αρχείου \*.GRD). Το σχήμα 5.26 δείχνει την αποκομμένη περιοχή της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης (σχήμα 5.15). Έπειτα από ογκομέτρηση του σχήματος 5.26 από το λογισμικό SURFER 6 προέκυψε ότι  $V_A = 3,83997 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Κατά την ογκομέτρηση του σχήματος 5.26 ως κατώτερο επίπεδο ογκομέτρησης επιλέχθηκε το ύψος που βρίσκεται η πλατεία της εκμετάλλευσης (το ίδιο Z επίπεδο με αυτό του όγκου του σχήματος 5.25).



Σχήμα 5.26: Χάρτης της περιοχής που αποκόπηκε από την τωρινή φάση της εκμετάλλευσης.

## 5.9 Χρόνος ζωής της εκμετάλλευσης.

Ο χρόνος ζωής της εκμετάλλευσης του λατομείου Μπενάκη είναι ο χρόνος οικονομικής λειτουργίας του από την τωρινή φάση της εκμετάλλευσης έως την εξόφληση του κοιτάσματος. Για δεδομένα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα, ο χρόνος ζωής  $t$  μιας εκμετάλλευσης υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$t = \frac{V_A - V_T}{P} \quad (5.1)$$

όπου  $V_A$  = ο όγκος της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης

$V_T$  = ο όγκος της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης

$P$  = η ετήσια παραγωγή

Για τον υπολογισμό της ετήσιας παραγωγής θεωρήθηκε ως εβδομαδιαία παραγωγή αυτή που υπολογίστηκε στην παράγραφο 4.4, δηλαδή  $V_r = 3704 \text{ m}^3$ . Με την υπόθεση ότι το λατομείο Μπενάκη λειτουργεί 250 μέρες τον χρόνο (50 εβδομάδες), τότε η ετήσια παραγωγή του είναι:

$$P = 3704 \cdot 50 = 0,1852 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \quad (5.2)$$

Άρα από τη σχέση 5.1 και με βάση τις τιμές  $V_A = 3,83997 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ,  $V_T = 1,09869 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ,  $P = 0,1852 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , προκύπτει ότι ο χρόνος ζωής της εκμετάλλευσης του λατομείου Μπενάκη είναι:

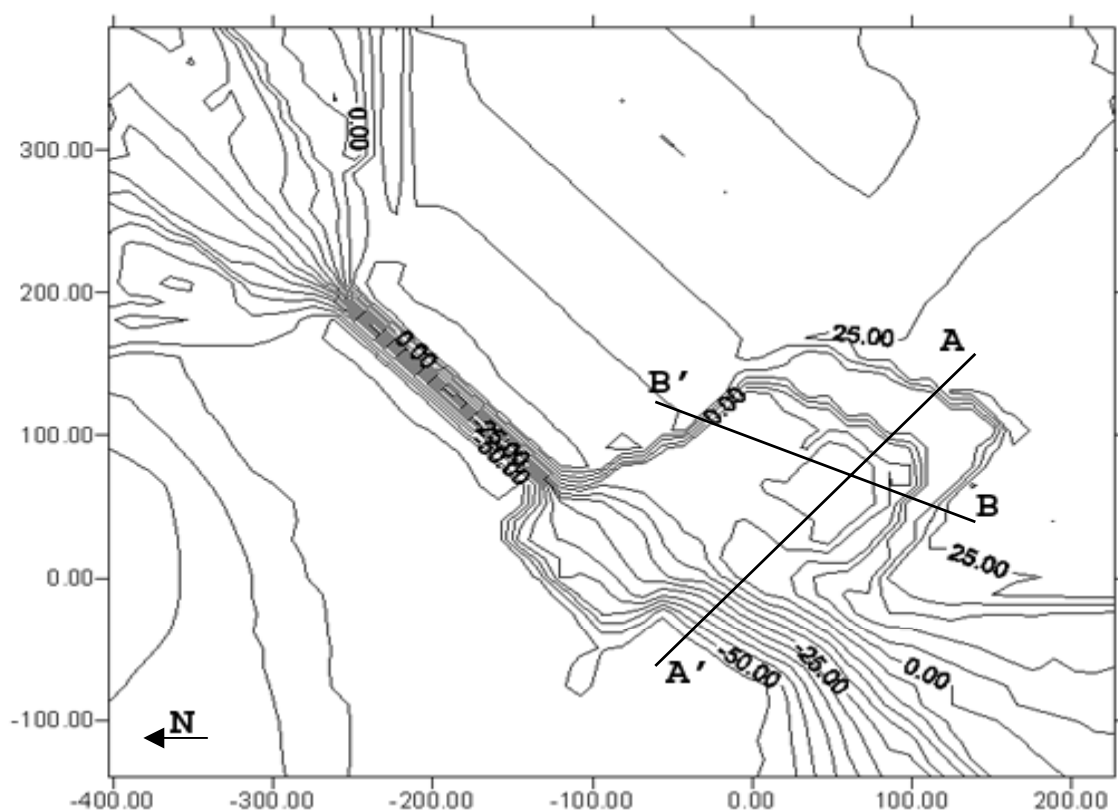
$$t = \frac{3,83997 - 1,09869}{0,1852} = 14,8 \text{ έτη} \quad (5.3)$$

Βέβαια κατά τον υπολογισμό του χρόνου ζωής, έγινε η παραδοχή ότι η ετήσια παραγωγή θα παραμένει σταθερή όλα τα χρόνια της εκμετάλλευσης.

### 5.10 Σχεδιασμός τομών.

Ο σχεδιασμός των τομών γίνεται τόσο στον τωρινό τοπογραφικό χάρτη, όσο και σε αυτόν της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης. Συγκεκριμένα θα σχεδιαστούν δυο τομές σε κάθε χάρτη σχεδόν κάθετες μεταξύ τους. Οι τομές αυτές φαίνονται στα σχήματα 5.27 και 5.28.

Με το λογισμικό SURFER 6 από το μενού Map επιλέγεται η εντολή Digitize. Εδώ γίνεται η επιλογή σημείων που βρίσκονται στην ίδια ευθεία ή σχεδόν στην ίδια ευθεία μεταξύ τους. Κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 5.8 δημιουργείται ένα αρχείο μορφής \*.BLN. Στη συνέχεια από το μενού Grid επιλέγεται η εντολή Slice. Κατά την εκτέλεσή της ζητείται αρχικά ο χάρτης στον οποίο θα γίνει η τομή, έπειτα το αρχείο μορφής \*.BLN που δημιουργήθηκε κατά την εκτέλεση της εντολής Digitize και στη συνέχεια ζητείται η αποθήκευση του αρχείου με τα σημεία της τομής (μορφή \*.DAT).



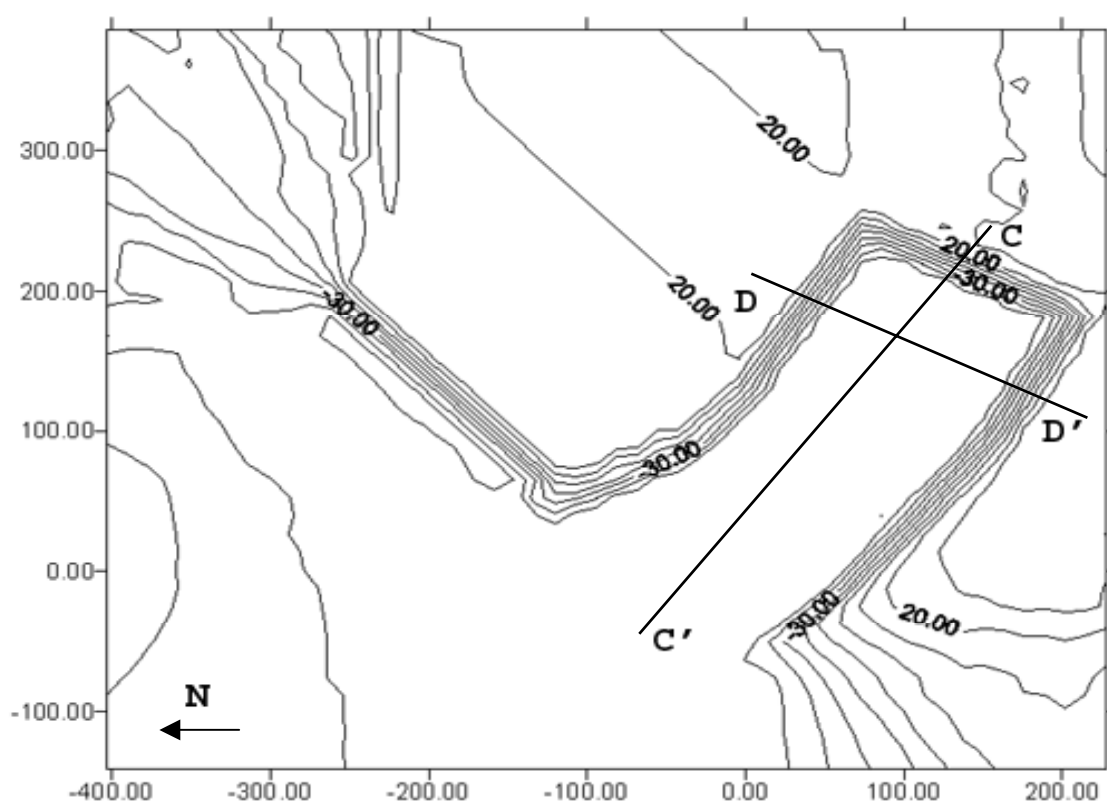
Σχήμα 5.27: Ο χάρτης της τωρινής φάσης της εκμετάλλευσης με σχεδιασμένες τις τομές AA' και BB'.

Με το λογισμικό GRAPHER γίνεται ο σχεδιασμός των τομών AA', BB', CC', DD'. Το λογισμικό αυτό μπορεί να δημιουργήσει τομές με ίδιας κλίμακας άξονες. Φορτώνεται στο λογισμικό GRAPHER το αρχείο μορφής \*.DAT που δημιουργήθηκε κατά την εκτέλεση της εντολής Slice από το SURFER 6. Το φύλλο εργασίας αυτό αποτελείται από πέντε στήλες όπως φαίνονται στο σχήμα 5.28.

*	A	B	C	D	E
1	-72.2044	138.78	14.8907	0	1
2	-68.56	137.649	14.9883	3.81588	1
3	-55.69	133.655	15.361	17.2914	1
4	-42.82	129.661	15.8055	30.767	1
5	-42.4292	129.539	15.8197	31.1762	1
6	-29.95	125.666	16.2656	44.2426	1
7	-17.08	121.672	1.53708	57.7181	1
8	-4.21	117.678	-28.5468	71.1937	1
9	-1.05535	116.699	-37.2611	74.4968	1
10	8.66	113.684	-57.9379	84.6692	1
11	16.1889	111.347	-57.4498	92.5524	1
12	21.53	109.797	-57.0394	98.1138	1
13	34.4	106.063	-57.0044	111.515	1
14	41.9996	103.858	-57	119.428	1
15	47.27	102.329	-57	124.915	1
16	60.14	98.5951	-57	138.316	1
17	73.01	94.8611	-57	151.717	1
18	85.88	91.127	-57	165.118	1
19	86.256	91.0179	-57.0003	165.509	1
20	90.8135	89.6956	-57.0062	170.254	1
21	98.75	86.6251	-57.0178	178.764	1
22	111.62	81.6459	-58.0652	192.564	1
23	120.585	78.1775	-56.6006	202.177	1
24	124.49	76.6667	-52.8831	206.363	1
25	137.36	71.6876	-11.5522	220.163	1
26	150.23	66.7084	23.9241	233.963	1
27	153.775	65.337	28.0132	237.763	1
28	163.1	61.7292	34.2288	247.762	1
29	175.97	56.75	37.5429	261.562	1
30	186.964	52.4966	37.4687	273.35	1
31	186.985	52.4885	37.4686	273.372	1
32					

Σχήμα 5.28: Φύλλο εργασίας.

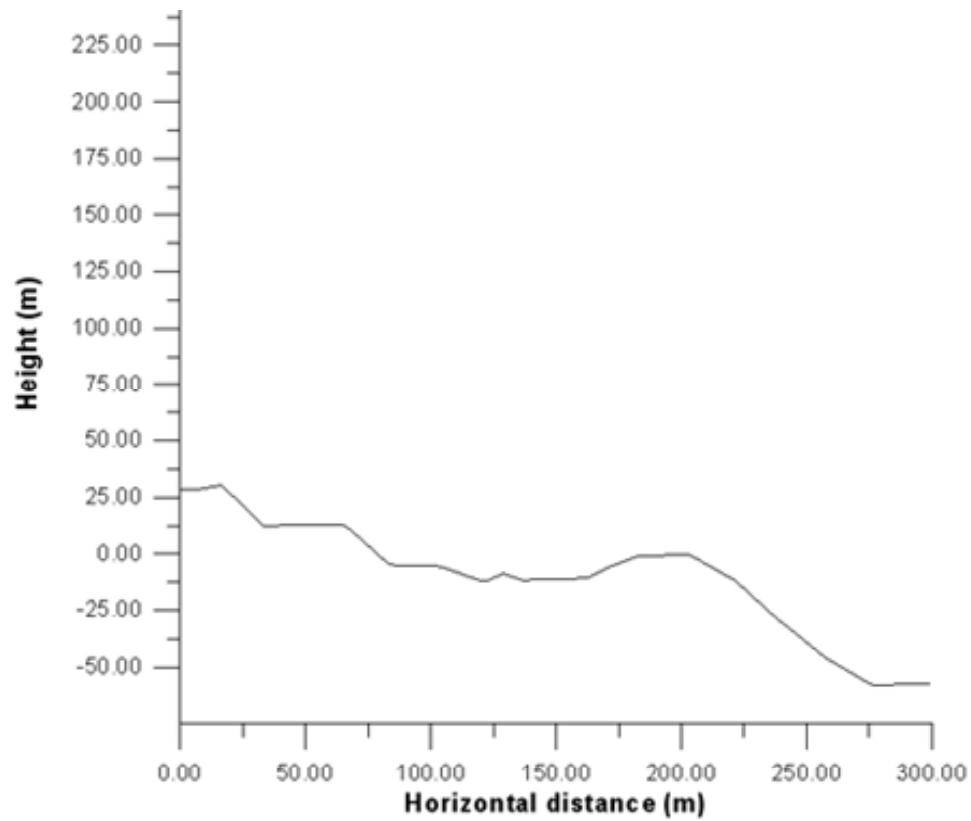
Στις τρεις πρώτες στήλες υπάρχουν οι συντεταγμένες X,Y,Z των σημείων που προέκυψαν από την τομή, στην τέταρτη στήλη η οριζόντια απόσταση του κάθε σημείου από την αρχή της τομής και στην πέμπτη ο αριθμός 1 που προστέθηκε κατά την εκτέλεση της εντολής Digitize (πλήρης αναφορά της εντολής αυτής στην παράγραφο 5.8). Στη συνέχεια δημιουργείται στο λογισμικό GRAPHER ένα νέο φύλλο εργασίας (Worksheet) στο οποίο τοποθετείται στην πρώτη στήλη η οριζόντια απόσταση του κάθε σημείου από την αρχή της τομής και στη δεύτερη στήλη η συντεταγμένη Z των σημείων της τομής (από το προηγούμενο φύλλο εργασίας). Κατόπιν γίνεται αποθήκευση αυτού του φύλλου εργασίας (μορφή αρχείου \*.DAT).



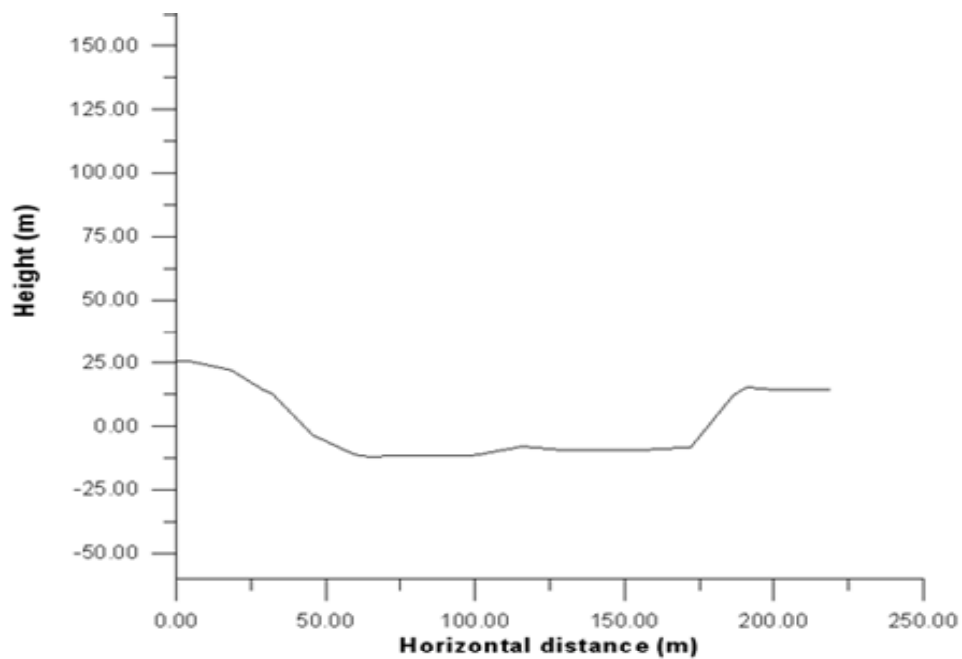
Σχήμα 5.29: Ο χάρτης της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης με σχεδιασμένες τις τομές CC' και DD'.

Για την δημιουργία τομής στο λογισμικό GRAPHER γίνεται άνοιγμα ενός φύλλου σχεδίασης (Plot). Κατόπιν από το μενού GRAPH επιλέγεται η εντολή Line or Symbol και γίνεται εισαγωγή του φύλλου εργασίας (μορφή αρχείου \*.DAT) με δεδομένα την οριζόντια απόσταση και τη συντεταγμένη Z των σημείων της τομής.

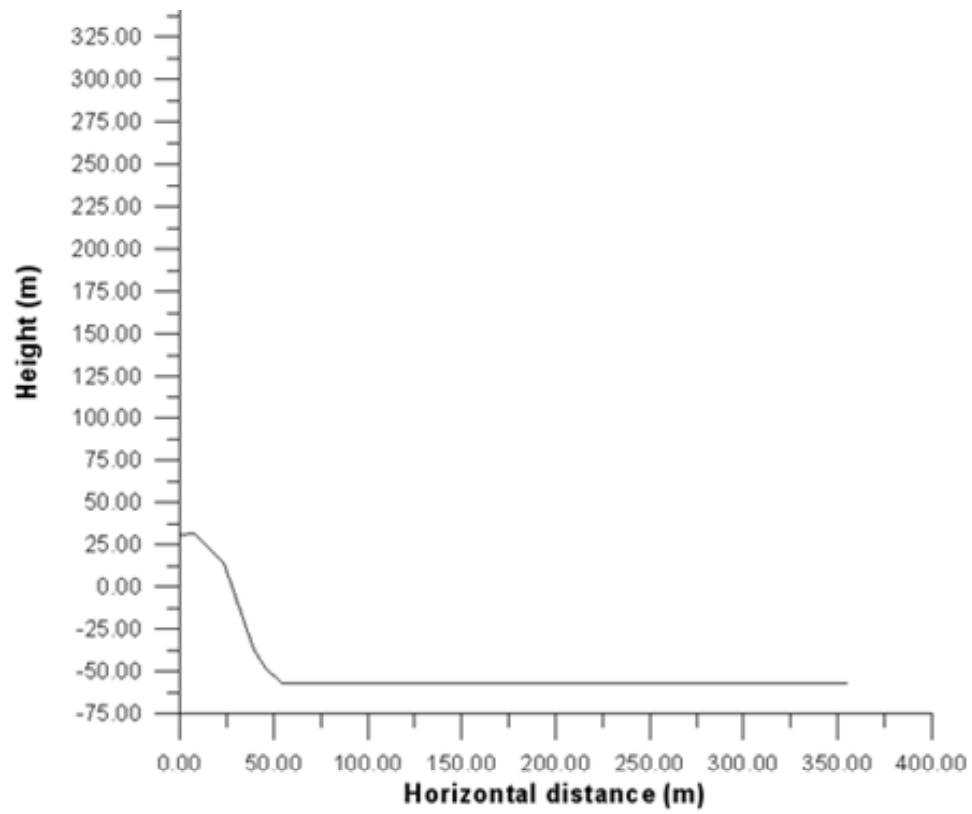
Με την παραπάνω διαδικασία δημιουργούνται οι τομές AA', BB', CC', DD', όπως αυτές φαίνονται στα σχήματα 5.29, 5.30, 5.31 και 5.32 αντίστοιχα.



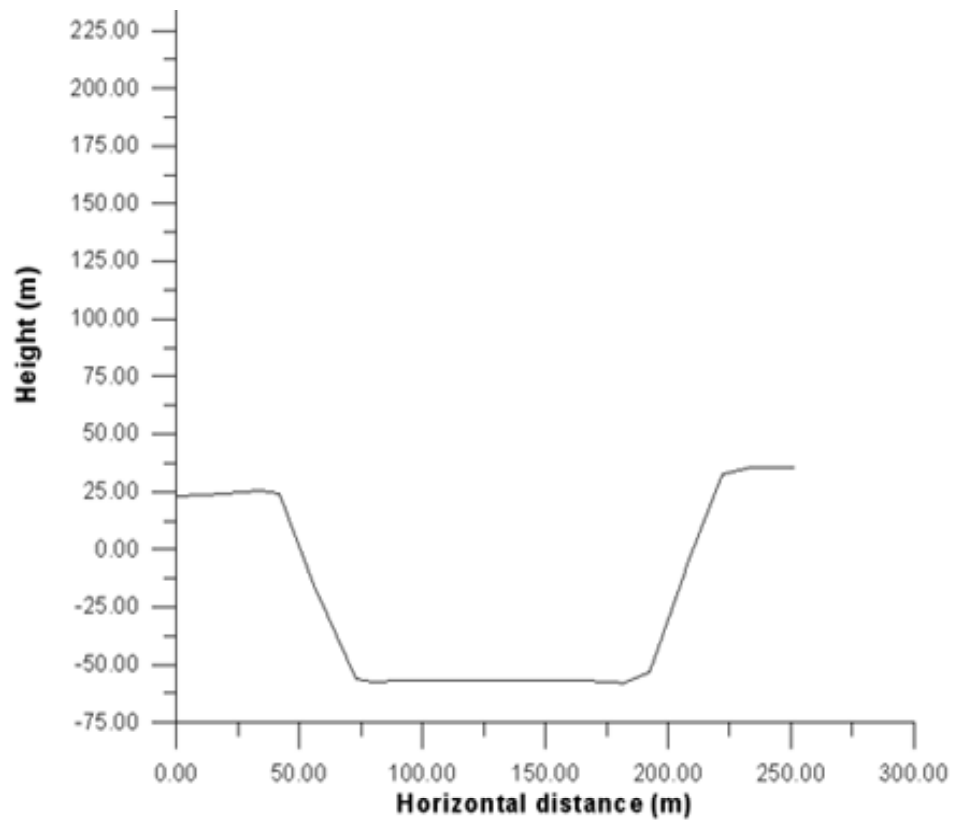
Σχήμα 5.30: Τομή AA'.



Σχήμα 5.31: Τομή BB'.



Σχήμα 5.32: Τομή CC'.



Σχήμα 5.33: Τομή DD'.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το λατομείο Μπενάκη βρίσκεται 15 km ανατολικά της πόλη του Ρεθύμνου. Λόγω της μειωμένης απόστασης του λατομείου από τα καταναλωτικά κέντρα και της αυξημένης ζήτησης αδρανών υλικών στην περιοχή του Ρεθύμνου, καθιστά το λατομείο Μπενάκη μια βιώσιμη και επικερδής επιχείρηση. Στο γεγονός αυτό συμβάλει και ο υπολογισμός του χρόνου ζωής που δείχνει ότι η εκμετάλλευση έχει ακόμα 14,8 χρόνια οικονομικής λειτουργίας.

Κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής αυτής παρατηρήθηκαν κάποια σημεία της εκμετάλλευσης στα οποία απαιτείται η επανεκτίμησή τους, ώστε η εκμετάλλευση να αυξήσει την παραγωγή της με το μικρότερο δυνατό κόστος. Παρακάτω αναφέρονται τα σημεία αυτά με τις αντίστοιχες προτάσεις για την βελτίωσή τους. Οι προτάσεις αυτές είναι οι εξής:

- Καλύτερη διάταξη των βαθμίδων (ύψος και πλάτος) για λόγους ασφαλείας του προσωπικού και αποτελεσματικότερης λειτουργίας του μηχανολογικού εξοπλισμού στα μέτωπα. Υπάρχουν βαθμίδες με ύψη 18-20 m (τέτοια ύψη αντιβαίνουν στον ΚΜΛΕ) και 4-5 m. Προτείνεται όλες οι βαθμίδες να έχουν μέγιστο ύψος τα 15 μέτρα, ενώ το πλάτος τους να μην είναι κάτω από 12 μέτρα.
- Αντικατάσταση του παλαιού τύπου εξοπλισμού (π.χ. 25 ton και 35 ton DUMPER) με νέου τύπου. Έτσι θα αυξηθεί η παραγωγή, ενώ το κόστος συντήρησης των χωματουργικών αυτοκινήτων θα μειωθούν σημαντικά.
- Προσθήκη τουλάχιστον ενός φορτηγού DUMPER ακόμα, καθώς ο χρόνος κύκλου των χωματουργικών αυτοκινήτων είναι πολύ μεγάλος και ο φορτωτής αναγκάζεται να περιμένει. Με αυτό το μέτρο επιτυγχάνεται και αύξηση της ημερήσιας παραγωγής του λατομείου.
- Μικρότερη κλίση των δρόμων προσπέλασης. Έτσι μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου και η φθορά του μηχανολογικού εξοπλισμού. Επίσης ελαττώνεται και ο χρόνος κύκλου των χωματουργικών αυτοκινήτων. Προτείνεται κλίση 12%.
- Αντικατάσταση των κοπτικών άκρων των σπαστήρων του κυκλώματος θραύσης και ταξινόμησης με άλλα πιο ανθεκτικά (π.χ. χρωμίου).

Παρατηρούνται συχνά διακοπές στην λειτουργία του κυκλώματος λόγω αστοχίας των κοπτικών άκρων των σπαστήρων. Στην αστοχία αυτή συμβάλει και η μεγάλη σκληρότητα του συγκεκριμένου πετρώματος, η οποία οφείλεται στις υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες που δημιουργήθηκαν κατά τη γένεση του.

- Πραγματοποίηση ελέγχου ποιότητας και αναλύσεων του πετρώματος για να διαπιστωθεί σε ποιες εφαρμογές είναι κατάλληλη η χρησιμοποίησή του.
- Αύξηση της παραγωγής για να δημιουργηθούν αποθέματα των προϊόντων, έτσι ώστε το λατομείο να μπορέσει να αντεπεξέλθει άμεσα σε περίπτωση που παρουσιαστούν προβλήματα στην εκμετάλλευση ή αυξηθεί η ζήτηση αδρανών υλικών στο νομό Ρεθύμνου. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι και η διαπλάτυνση της πλατείας του λατομείου Μπενάκη για να δημιουργηθεί ο απαραίτητος χώρος.
- Προσθήκη φίλτρων στο κύκλωμα θραύσης και ταξινόμησης για την συγκράτηση της σκόνης που εκλύεται. Κατά αυτόν τον τρόπο θα δημιουργηθούν καλύτερες συνθήκες υγιεινής για το προσωπικό, ενώ βελτιώνεται και η αισθητική της περιοχής.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Αγιουτάντης Ζ, (1996), 'Τεχνολογία Εξόρυξης (Διάτρηση και Ανατίναξη)', Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
2. Εξαδάκτυλος Γ, (2002), 'Σχεδιασμός Γεωτεχνικών και Λατομικών Έργων', Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
3. Καβουρίδης Κ, (1990), 'Εκμετάλλευση Ι – Βασικές Αρχές Επιλογής Εξοπλισμού Επιφανειακών Εκμεταλλεύσεων', Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
4. ΚΜΛΕ, (1985), 'Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών', Αθήνα.
5. ΚΤΣ-97, (1997), 'Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος', Αθήνα.
6. Κωστάκης Γ, (1994), 'Εισαγωγή στην Αξιολόγηση των Βιομηχανικών Ορυκτών', Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
7. Λειβαδάρος Ρ, (1995), 'Προβλήματα Εκμετάλλευσης και Διαχείρισης Λατομικών Υλικών', Ημερίδα ΤΕΕ, Αθήνα.
8. Μερτίκας Σ, (2001), 'Τεχνική Γεωδαισία', Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
9. Μουντράκης Δ, (1985), 'Γεωλογία της Ελλάδας', Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
10. Παναγιώτου Γ, (1993), 'Σχεδιασμός Συστήματος Φόρτωσης – Μεταφοράς Μεθόδου Ασυνεχούς Λειτουργίας σε Υπαίθρια Εκμετάλλευση', Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
11. Χρηστίδης Γ, (2000), 'Κοιτασματολογία ΙΙ (Βιομηχανικά Ορυκτά και Πετρώματα)', Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΜΠΕΝΑΚΗ							
Μέτωπο εκμετάλλευσης				Πλατεία εκμετάλλευσης			
	Συντεταγμένες				Συντεταγμένες		
	X	Y	Z		X	Y	Z
<b>Στάση</b>	0.000	0.000	0.00	<b>Στάση</b>	0.000	0.000	0.00
<b>1</b>	-43.267	102.596	14.52	<b>1</b>	309.158	165.663	67.00
<b>2</b>	-22.257	124.891	16.62	<b>2</b>	321.936	156.991	65.99
<b>3</b>	-0.732	151.478	18.88	<b>3</b>	321.928	156.985	66.00
<b>4</b>	40.731	163.803	22.71	<b>4</b>	336.191	124.019	59.55
<b>5</b>	78.473	148.900	24.82	<b>5</b>	319.995	121.314	55.25
<b>6</b>	157.071	112.584	29.16	<b>6</b>	295.735	122.859	51.02
<b>7</b>	154.709	93.985	29.33	<b>7</b>	239.606	135.322	47.53
<b>8</b>	105.498	28.371	25.00	<b>8</b>	246.598	155.402	49.24
<b>9</b>	108.615	18.480	24.59	<b>9</b>	225.370	106.116	42.09
<b>10</b>	94.628	2.399	21.74	<b>10</b>	297.048	74.846	34.01
<b>11</b>	80.524	-16.677	17.05	<b>11</b>	314.886	32.254	26.43
<b>12</b>	72.359	-15.281	15.27	<b>12</b>	293.854	1.213	18.23
<b>13</b>	67.060	-20.304	13.81	<b>13</b>	188.372	24.534	16.57
<b>14</b>	41.702	-10.830	7.05	<b>14</b>	85.054	60.599	13.74
<b>15</b>	-8.603	137.090	13.03	<b>15</b>	88.852	68.734	13.82
<b>16</b>	11.175	138.420	12.86	<b>16</b>	89.201	68.333	13.83
<b>17</b>	69.654	111.053	12.73	<b>17</b>	30.842	83.330	13.61
<b>18</b>	100.477	95.183	13.00				
<b>19</b>	111.376	76.998	13.30				
<b>20</b>	92.045	42.657	13.09				
<b>21</b>	76.192	15.065	8.50				
<b>22</b>	40.658	-1.856	6.65				
<b>23</b>	1.929	10.478	-1.04				
<b>24</b>	-4.390	22.201	-2.03				
<b>25</b>	23.129	17.500	-1.36				
<b>26</b>	76.323	46.166	-5.56				
<b>27</b>	83.221	64.924	-5.91				
<b>28</b>	85.176	79.089	-5.47				
<b>29</b>	69.590	87.289	-4.80				
<b>30</b>	50.982	98.371	-4.96				
<b>31</b>	26.870	79.410	-5.91				
<b>32</b>	19.880	84.084	-6.08				
<b>33</b>	-24.144	100.101	-6.89				
<b>34</b>	-1.013	70.787	-9.63				
<b>35</b>	-0.250	63.496	-9.49				
<b>36</b>	35.066	81.874	-11.00				
<b>37</b>	-41.505	88.690	-8.27				
<b>38</b>	-83.463	65.293	-8.38				
<b>39</b>	-64.237	61.534	-8.32				
<b>40</b>	-30.323	65.661	-8.57				
<b>41</b>	-37.735	54.375	-8.09				
<b>42</b>	-52.975	51.885	-8.15				
<b>43</b>	-45.079	38.708	-9.15				