

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΣΕ ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΗΣ
ΝΑΞΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΟΦΙΑ Ι. ΧΑΛΚΟΥ

Εξεταστική επιτροπή:
Ζαχαρίας Αγιουτάντης, Καθηγητής (επιβλέπων)
Μιχάλης Γαλετάκης, Λέκτορας
Γεώργιος Εξαδάκτυλος, Αν.Καθηγητής

Χανιά
Ιούνιος, 2004

*Αφιερώνεται στους γονείς μου,
Ιωάννη και Αικατερίνη*

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο λατομείο Μανδηλαρά που βρίσκεται στην περιοχή Μελάνων του δήμου Νάξου. Το λατομείο αυτό παράγει ασβεστόλιθο με σκοπό τη χρήση 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 Μανδηλαρά. Κατά την μελέτη αυτή γίνεται αναλυτική παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης όπου περιλαμβάνονται τα γεωλογικά στοιχεία και τα στοιχεία της εκμετάλλευσης. Πραγματοποιείται σχεδιασμός εναλλακτικών σεναρίων για την τελική φάση της εκμετάλλευσης. Ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης έγινε στο πρόγραμμα SurvCADD αφού προηγήθηκε η ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη του λατομείου στο λογισμικό AutoCAD. Σκοπός αυτών των εργασιών είναι ο υπολογισμός των αποθεμάτων της εκμετάλλευσης και του χρόνου ζωής της. Η επαλήθευση της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων επιτυγχάνεται με προσομοίωση του εξορυσσόμενου όγκου με τον όγκο ενός τριγωνικού πρίσματος. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την μελέτη αυτή μπορούν να βοηθήσουν την εταιρία να βελτιστοποιήσει την λειτουργία της. Τέλος, οι προτάσεις που παρουσιάζονται έχουν στόχο την αύξηση της παραγωγής με το λιγότερο δυνατό κόστος.

Πρόλογος

Μετά το πέρας της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα πρώτα από όλους να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Αγιουτάντη Ζαχαρία για την καλή και εποικοδομητική συνεργασία που είχαμε. Ευχαριστώ επίσης τον κ. Γαλετάκη Μιχάλη, Λέκτορα του Πολυτεχνείου Κρήτης και Εξαδάκτυλο Γεώργιο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης, που δέχθηκαν να διορθώσουν τη διπλωματική μου εργασία και που συμμετείχαν στην εξεταστική επιτροπή.

Ο κ. Ε. Στειακάκης, εργαστηριακός βοηθός του τμήματος, με συμβούλεψε στα πρώτα στάδια αυτής μου της προσπάθειας και μου παρείχε πολύτιμη βοήθεια. Για την κ. Ε. Καλογήρου, επίσης εργαστηριακή βοηθό, όπως και τον κ. Ν. Μητριτσάκη μεταπτυχιακό φοιτητή, θερμά ευχαριστώ, γιατί η συμβολή τους στη διεκπεραίωση της διπλωματικής μου ήταν καθοριστική και οι ίδιοι υπήρξαν ιδιαίτερα υπομονετικοί.

Μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον κ. Κ. Μανδηλαρά και τους συνεργάτες του, τόσο για την παραχώρηση χρήσιμων για τη διπλωματική μου πληροφοριών που αφορούν το λατομείο, όσο και για την ξενάγηση στο λατομικό χώρο και τις εγκαταστάσεις του. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την ηθική και υλική υποστήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια.

Χάλκου Σοφία

Χανιά, Ιούνιος 2004

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
1.1 Γενικά στοιχεία	1
1.2 Γενικά θέματα νομικού πλαισίου	2
1.3 Ειδικά θέματα του νομικού πλαισίου	2
1.4 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	6
2.1 Εισαγωγή – μέθοδος εκμετάλλευσης	6
2.2 Εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες	7
2.3 Μηχανισμός θραύσης του πετρώματος	8
2.4 Εκρηκτικές ύλες	9
2.4.1 Πετρελαιοαμμωνίτης	9
2.4.2 Εκρηκτικά υγρής φάσης	10
2.4.3 Ενισχυτικά εναύσματα	10
2.5 Έναυση των εκρηκτικών	11
2.6 Σύστημα NONEL	11
2.7 Συστήματα επιβράδυνσης	14
2.8 Παράμετροι Ανατίναξης	15
2.8.1 Μήκος διατρημάτων	15
2.8.2 Εξισώσεις υπολογισμού φορτίου	16
2.9 Γεωμετρία βαθμίδας	18
2.10 Επιλογή του εξοπλισμού	21
2.10.1 Μηχανήματα φόρτωσης	21
2.10.2 Χωματοουργικά αυτοκίνητα	22
2.10.3 Συνδυασμός φορτωτή – χωματοουργικού αυτοκινήτου	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	26
3.1 Γεωγραφική θέση και έκταση του έργου	26
3.2 Γεωλογικά στοιχεία της ευρύτερης λατομικής περιοχής	29
3.3 Θέση λατομείου σε σχέση με τους καταναλωτές	29
3.4 Περιγραφή της μεθόδου εκμετάλλευσης	31
3.4.1 Κάνναβος ανατινάξεων	32
3.4.2 Εξοπλισμός	32
3.4.3 Προσδιορισμός ποιότητας παραγόμενων προϊόντων	34
3.4.4 Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας του λατομείου	35
3.5 Προσωπικό	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	39
4.1 Μέθοδοι υπολογισμού	39
4.2 Γεωμετρικές μέθοδοι	39
4.2.1 Τριγωνική μέθοδος οριζόντιων τομών	40
4.2.2 Πολυγωνική μέθοδος οριζόντιων τομών	42
4.2.3 Μέθοδοι κυβισμού των όγκων που εξορύσσονται	43
4.2.4 Μέθοδος των κάθετων τομών	44
4.3 Η μέθοδος των κυψελίδων	46
4.4 Μέθοδοι παρεμβολής	47
4.4.1 Απόδοση τιμών με τη μέθοδο των αντιστρόφων αποστάσεων	47
4.4.2 Γενικά για τις στατιστικές μεθόδους	48
4.4.3 Μέθοδος krigging	49
4.5 Προκαταρκτικά βήματα για τον υπολογισμό των αποθεμάτων	51
4.6 Διαδικασία σχηματισμού της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης	53

4.7 Ενδεικτικός υπολογισμός τάξης μεγέθους του εξορυσσόμενου υλικού.....	57
4.8 Εφαρμογή για τον υπολογισμό αποθεμάτων στο λατομείο των Μελάνων	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	60
5.1 Διοίκηση ολικής ποιότητας.....	60
5.2 Ουσιώδεις συνεχιζόμενες ενέργειες.....	61
5.3: Η έννοια του προτύπου - τύποι ελέγχου	61
5.4 Διαδικασία ελέγχου.....	63
5.5 Αδρανή δομικά υλικά	64
5.6 Πηγές αδρανών υλικών.....	64
5.7 Τσιμέντα	65
5.7.1 Αδρανή για σκυροδέματα	66
5.7.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση των επί μέρους κλασμάτων.....	67
5.7.3 Χημικά χαρακτηριστικά του πετρώματος – επιβλαβείς προσμίξεις.....	67
5.8 Εργαστηριακός έλεγχος αδρανών υλικών	69
5.8.1 Ειδικά βάρη – υδατοαπορρόφηση	70
5.8.2 Δοκιμή Los Angeles	70
5.8.3 Ισοδύναμο – άμμου	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	71
6.1 Γενικά.....	71
6.2 Επιδράσεις από την εξόρυξη στον περιβάλλοντα χώρο	71
6.3 Προστασία από θορύβους.....	72
6.4 Σωματιδιακοί ρύποι ή αερολύματα.....	72
6.5 Συνέπειες των δονήσεων στις κατασκευές	73
6.6 Κατασκευή χαρτών	75
6.7 Αποθέσεις υλικών	76
6.8 Αποκατάσταση του τοπίου	77
6.9 Περιγραφή του υπάρχοντος περιβάλλοντος	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	80
Βιβλιογραφία	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά στοιχεία

Οι ασβεστόλιθοι είναι ιζηματογενή πετρώματα χημικής ή βιογενούς ή, τις περισσότερες φορές, μεικτής προέλευσης. Αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους από ασβεστίτη και μπορεί να περιέχουν σε μικρές ποσότητες δολομίτη, χαλαζία, χλωρίτη, οπάλιο, αργιλικά ορυκτά, αστρίους, μαρμαρυγίες, λειμονίτη, αιματίτη, σιδηρίτη και άλλα ορυκτά, καθώς επίσης οργανικές ουσίες. Στις οργανικές ουσίες οφείλεται συνήθως το τεφρό, στο λειμονίτη και το σιδηρίτη το καστανό, στο χλωρίτη το τεφροπράσινο και στον αιματίτη το ροδόχρουν έως κεραμέρυθρο χρώμα των ασβεστολίθων. Οι καθαροί ασβεστόλιθοι είναι λευκοί. Ως προς το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη ποικίλουν από λεπτόκοκκους, στιφρούς έως κρυσταλλικούς ασβεστολίθους.

Οι χρήσεις των ασβεστολίθων καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα. Το φάσμα αυτό περιλαμβάνει χρήσεις στη βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα, σε ένα μεγάλο μέρος της χημικής βιομηχανίας, στη βιομηχανία κονιών και κονιαμάτων, στη βιομηχανία αδρανών και στη γεωργία, έτσι ώστε οι ασβεστόλιθοι να συγκαταλέγονται σήμερα μαζί με τους γαιάνθρακες, το πετρέλαιο και τα μεταλλικά ορυκτά στις σημαντικότερες ορυκτές πρώτες ύλες.

Οι δυνατότητες χρήσης των ασβεστολίθων εξαρτώνται από τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Πέραν αυτών, καθοριστικό ρόλο στη δυνατότητα χρήσης των ασβεστολίθων παίζουν η δομή, η γεωγραφική κατανομή της βιομηχανίας και των πιθανών χώρων διάθεσης τους, καθώς επίσης η προσφορά πρώτης ύλης και δυνατότητα υποκατάσταση τους. Αυτό ισχύει κυρίως για τις προς διάθεση ποσότητες και ως ένα βαθμό για τις ποιότητες. Λόγω των μεγάλων ποσοτήτων, τα έξοδα μεταφοράς της ασβεστολιθικής πρώτης ύλης υπερβαίνουν συνήθως το κόστος της παραγωγής της. Πολλές φορές η διαδικασία επεξεργασίας σε μια βιομηχανία επιτρέπει τη χρησιμοποίηση ασβεστολιθικού υλικού χαμηλότερης ποιότητας, προκειμένου να περιοριστεί το κόστος της πρώτης ύλης (Κωστάκης, 1994).

1.2 Γενικά θέματα νομικού πλαισίου

Με το νόμο 587/14 θεσπίστηκε για πρώτη φορά άδεια εκμεταλλεύσεως για λατομεία αδρανών υλικών κοντά σε αστικά και ημιαστικά κέντρα. Η διάταξη αυτή γενικά δεν εφαρμόστηκε έως ότου με το νόμο 386/76 θεσπίστηκε για πρώτη φορά άδεια εκμεταλλεύσεως για όλα τα λατομεία αδρανών υλικών. Με τα άρθρα 45 και 57 του νόμου 998/79 προστέθηκαν επί πλέον απαιτήσεις στην διαδικασία για την έκδοση της αδείας εκμεταλλεύσεως, σε δάση και δασικές εκτάσεις. Με το νόμο 1428/84, ο οποίος αντικατέστησε τον 386/76, ορίζεται η υποχρεωτική λειτουργία των λατομείων αδρανών υλικών, πλην εξαιρέσεων, σε θεσμοθετημένες λατομικές περιοχές, θεσμοθετείται η τεχνική μελέτη της εκμεταλλεύσεως και τέλος τίθενται πρόσθετοι περιορισμοί στην λειτουργία των λατομείων. Οι περιορισμοί αυτοί αντισταθμίζουν, ως ένα βαθμό, την κοινωνική απαίτηση για την προστασία του περιβάλλοντος, των περιοίκων και των εργαζομένων. Οι διατάξεις για την προστασία του περιβάλλοντος του νόμου 1650/86 και της ΚΥΑ 69269/90, ο νόμος 998/79 περί δασών, ο Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών, ο τροποποιημένος με το νόμο 2115/93 νόμος 1428/84 και οι σχετικές υπουργικές αποφάσεις, καθώς και ένα πλήθος από ερμηνείες και γνωμοδοτήσεις αποτελούν, χωρίς κωδικοποίηση, το σημερινό νομικό πλαίσιο της παραγωγής των αδρανών υλικών (Λειβαδάρος, 1995).

1.3 Ειδικά θέματα του νομικού πλαισίου

1) *Επέκταση λατομείων σε δημόσιους χώρους*

Σύμφωνα με τα τελευταία εδάφια των παραγράφων 2 και 3 του άρθρου 20 του νόμου 2115/93 επιτρέπεται η επέκταση των δημοσίων, δημοτικών, κοινοτικών και ιδιωτικών λατομείων της παραγράφου 1 του ίδιου άρθρου σε όμορες δημοτικές, κοινοτικές και ιδιωτικές εκτάσεις. Αντίθετα δεν προβλέπεται ανάλογη επέκταση σε δημόσιους χώρους. Λατομεία τα οποία συνορεύουν μόνο με χώρους του δημοσίου και έχουν εξαντλήσει τα αποθέματά τους θα πρέπει να ζητήσουν μίσθωση του όμορου χώρου, ως εάν επρόκειτο περί νέου λατομείου, με όλους τους σχετικούς περιορισμούς.

2) Παραγωγή αδρανών υλικών ειδικών χρήσεων

Η παραγωγή αδρανών υλικών ειδικών προδιαγραφών, όπως υλικά τροφοδοσίας μονάδων τσιμεντοβιομηχανίας, ασβεστοποιίας, καθώς και αντιολισθηρών υλικών οδοποιίας επιτρέπεται και εκτός των λατομικών περιοχών. Εν τούτοις η εκμετάλλευση σε χώρους του Δημοσίου επιτρέπεται μόνο μετά από δημοπρασία. Οι ενδιαφερόμενοι καλούνται, ως εκ τούτου, να υποστούν τη δαπάνη της έρευνας και της μελέτης της καταλληλότητας του πετρώματος και αφού αυτοί ανακαλύψουν το κατάλληλο πέτρωμα, απλά να συμμετάσχουν στη σχετική δημοπρασία, όπου πλειοδότης είναι δυνατό να είναι άλλος ακόμα και ανταγωνιστής τους.

3) Ελάχιστες αποστάσεις από κτίσματα

Η παράγραφος 4 του άρθρου 3 σε συνδυασμό με το τελευταίο εδάφιο της παραγράφου 2β του άρθρου 8 του τροποποιημένου ν. 1428/84 αποκλείει την ίδρυση λατομικής μονάδος σε απόσταση μικρότερη των 1000 μέτρων από τα όρια σχεδίου πόλεως ή ανεξάρτητου ρυμοτομικού σχεδίου, καθώς και από οποιοδήποτε κτίσμα. Επομένως τυπικά αποκλείεται η ίδρυση λατομείου σε απόσταση μικρότερη των 1000 μέτρων από κτίσμα, ακόμα και αν πρόκειται για μη κατοικούμενο βοηθητικό κτίσμα 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 εξ άλλου κρίνεται η μείωση της ελάχιστης απόστασης από τα όρια σχεδίου πόλεως ή ανεξάρτητου ρυμοτομικού σχεδίου σε 800 μέτρα και σε 500 μέτρα υπό κατοικήσιμα κτίσματα, με αρμοδιότητα του Επιθεωρητού Μεταλλείων να αυξάνει κατά περίπτωση τα ανωτέρω όρια (Λειβαδάρος, 1995).

1.4 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο λατομείο αδρανών υλικών που βρίσκεται στην περιοχή Μελάνων της Νάξου. Το λατομείο εξορύσσει ασβεστόλιθο με σκοπό τη χρησιμοποίησή του στη βιομηχανία αδρανών και δομικών υλικών, καθώς και ασφαλικών μιγμάτων. Λόγω της μικρής απόστασης του από τα καταναλωτικά κέντρα και της συνεχούς αυξανόμενης ζήτησης αδρανών υλικών για

την ανάπτυξη του νησιού, αυτόματα καθίσταται μια τέτοια εκμετάλλευση βιώσιμη και επικερδής. Στο σχήμα 1.1 διακρίνεται ένα μέρος της πλατείας του λατομείου.

Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της επιφανειακής εκμετάλλευσης του λατομείου αδρανών υλικών της Ο.Ε. «ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΝΑΞΟΥ ΚΩΝ/ΝΟΣ ΜΑΝΔΗΛΑΡΑΣ – ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΜΑΝΔΗΛΑΡΑ». 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 και του χρόνου ζωής της.

Κατά την παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης αναφέρονται τα γεωλογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής βάσει του γεωλογικού χάρτη, αλλά και τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του λατομείου αδρανών. Επίσης παρουσιάζεται αναλυτικά η εφαρμογή της μεθόδου ασυνεχούς λειτουργίας στο λατομείο των Μελάνων, η οποία περιλαμβάνει την διάτρηση, τις παραμέτρους σχεδιασμού



Σχήμα 1.1: Πλατεία του λατομείου των Μελάνων

ανατίναξης, την φόρτωση και μεταφορά των υλικών, 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 τρία διαφορετικά ύψη βαθμίδας. Τα σχέδια εφαρμογής πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό AutoCAD. Αρχικά έγινε η ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη του λατομείου και η εισαγωγή των συντεταγμένων στο λογισμικό πακέτο AutoCAD, όπου και δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό μοντέλο της κάτοψης του λατομείου. Μετά την πρόσθεση επιπλέον σημείων πάνω στις υπάρχουσες ισοϋψείς και την εισαγωγή των τελικών σημείων της εκμετάλλευσης στο λογισμικό πακέτο AutoCAD είναι δυνατή η κατασκευή ενός πληρέστερου χάρτη ισοϋψών. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται πιθανά σφάλματα και ο τοπογραφικός χάρτης της εκμετάλλευσης τείνει να αποτυπώσει λεπτομερέστερα το ανάγλυφο της περιοχής.

Ο υπολογισμός των αποθεμάτων και του χρόνου ζωής της εκμετάλλευσης γίνεται με την χρήση του προγράμματος SurvCADD 2000. Αρχικά εισάγονται στο λογισμικό πακέτο, το λατομείο και οι ισοϋψείς που διέρχονται από αυτό και δίνεται η εντολή σχηματισμού ενός τρισδιάστατου καννάβου με μέγεθος κάθε κελιού 2m κατά χ και ψ . Ακολουθεί η εξομάλυνση των ισοϋψών με τη μέθοδο της τριγωνοποίησης από το πρόγραμμα. Έπειτα σχεδιάζονται οι βαθμίδες της τελικής φάσης με βάση την επιφάνεια της πλατείας στη χαμηλότερη βαθμίδα και τις ισοϋψείς του τοπογραφικού αναγλύφου. Η διεργασία αυτή λαμβάνει χώρα για τρεις διαφορετικούς ενδεχόμενους τρόπους εκμετάλλευσης του λατομείου και σε κάθε περίπτωση ογκομετρούνται τα σχηματιζόμενα μοντέλα. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την μελέτη αυτή μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο για την εταιρεία, η οποία μπορεί να εντοπίσει τα σημεία στα οποία υστερεί και να βελτιστοποιήσει την λειτουργία της, αυξάνοντας την παραγωγή της με το λιγότερο δυνατό κόστος κεφαλαίου.

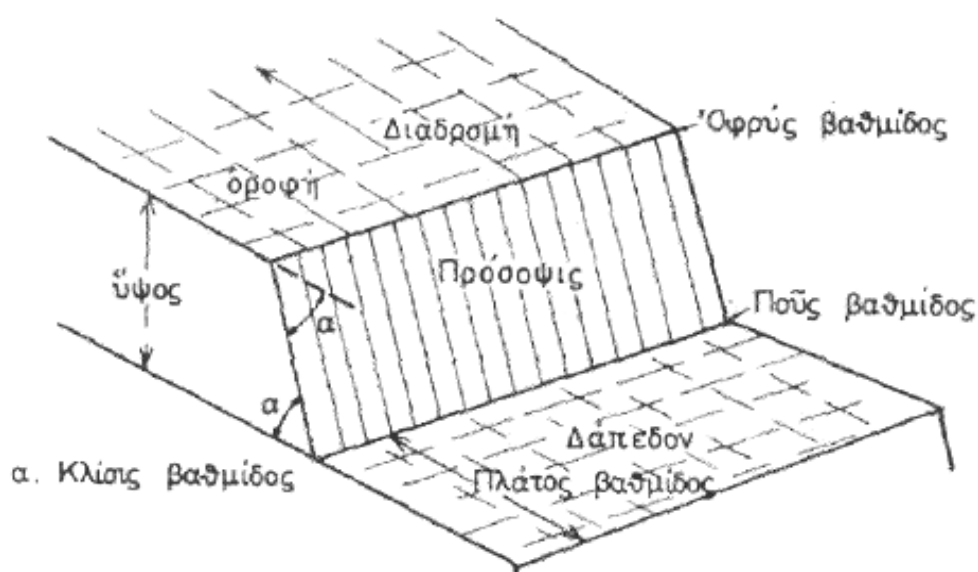
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ**

2.1 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 μεγάλων όγκων 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).

Η εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος μπορεί να αναπτυχθεί με τη μέθοδο των ορθών βαθμίδων. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μιας βαθμίδας και η χρησιμοποιούμενη ορολογία απεικονίζεται στο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1: Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μιας βαθμίδας (Τσουτρέλης, 1983).

Η μείωση του πλάτους της βαθμίδας συνεπάγεται αύξηση της κλίσης του πρανούς του ορυχείου, πράγμα το οποίο, είναι επιθυμητό από οικονομικής πλευράς. Ωστόσο αυτή η μείωση, επιφέρει δυσχέρειες στην ασφάλεια αλλά και στην αποδοτική χρησιμοποίηση του εξοπλισμού του μετώπου, γιατί απαιτείται σημαντικό πλάτος για να κινείται άνετα. Περιορίζεται, επίσης, ο χώρος συσσώρευσης στο δάπεδο της βαθμίδας του πετρώματος που εξορύσσεται. Το πλάτος της βαθμίδας πρέπει να λαμβάνει τέτοια τιμή ώστε αφ' ενός η απόδοση και η ασφάλεια του εξοπλισμού στο μέτωπο να μη θίγονται και αφ' ετέρου ο σχηματιζόμενος σωρός του πετρώματος που εξορύσσεται να μην καλύπτει παρά τμήμα μόνο του πλάτους της βαθμίδας. Το πλάτος της βαθμίδας διατηρείται σταθερό μέχρι η εκμετάλλευση να φτάσει στο μέγιστο του βάθους της και εν συνεχεία μειώνεται ώστε να επιτευχθεί η οριακή κλίση του πρανούς του λατομείου (Τσουτρέλης, 1990).

Στη συνέχεια περιγράφεται με λεπτομέρεια η μέθοδος ασυνεχούς εξόρυξης σε επιφανειακά λατομεία αδρανών. Συγκεκριμένα θα αναπτυχθούν τα θέματα χρήσης εκρηκτικών σε επιφανειακές εκμεταλλεύσεις αδρανών και τα θέματα φόρτωσης και μεταφοράς του προϊόντος μέχρι το συγκρότημα θραύσης – κοσκίνησης.

2.2 Εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες

Η εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες των πετρωμάτων χρησιμοποιείται, όταν αυτή καθίσταται οικονομικότερη οποιουδήποτε άλλου τρόπου εξόρυξης ή όταν δεν διατίθεται ο κατάλληλος μηχανικός εξοπλισμός για την αποφυγή της. Στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις η εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες λαμβάνει χώρα κατά κανόνα σε μέτωπα, τύπου βαθμίδας, με τα διατρήματα (κατακόρυφα ή παρακατακόρυφα) διατεταγμένα σε μια ή περισσότερες σειρές, παράλληλες προς την πρόσοψη της βαθμίδας. Με αυτό τον τρόπο η εξόρυξη γίνεται παρουσία δύο τουλάχιστον ελεύθερων επιφανειών, οι οποίες μπορεί να αυξηθούν σε τρεις ή τέσσερις με χρήση κατάλληλης επιβράδυνσης μεταξύ των διατρημάτων. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η κατανάλωση εκρηκτικής ύλης ανά τόνο πετρώματος είναι πολύ ευνοϊκότερη στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις σε σύγκριση με τις υπόγειες. Σε συνθήκες υπαίθριες εκμεταλλεύσεις και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του πετρώματος, την ισχύ της

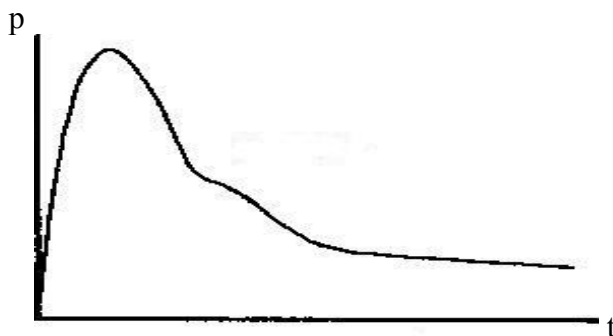
εκρηκτικής ύλης και το ζητούμενο βαθμό θρυμματισμού του πετρώματος απαιτούνται από 60 έως 500 g εκρηκτικής ύλης ανά τόνο πετρώματος έναντι 400 έως 2000 g για την αντίστοιχες υπόγειες.

Στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις οι εκρηκτικές ύλες που χρησιμοποιούνται, είναι κυρίως ο πετρελαιοαμμωνίτης και οι ημίρευστες εκρηκτικές ύλες ή αλλιώς υδραμμωνίτες, δηλαδή εκρηκτικές ύλες μικρής ευαισθησίας, χαμηλού κόστους και ικανοποιητικής ισχύος. Σε μικρότερες διαμέτρους διατρημάτων μόνο, γίνεται χρήση αμμωνιτίδας και σπανιότερα ζελατινοδυναμίτιδας. Οι εκρηκτικές ύλες εναύονται κατά κανόνα με εκρηκτική θρυαλλίδα ή με καψύλια. Λόγω όμως της μικρής ευαισθησίας των εκρηκτικών υλών τα παραπάνω μέσα έναυσης ενισχύονται κατάλληλα. Επιπρόσθετα, κατά μήκος της στήλης γόμωσης χρησιμοποιούνται, συνήθως, για βελτίωση των αποτελεσμάτων ειδικά ενισχυτικά εναύσματα.

2.3 Μηχανισμός θραύσης του πετρώματος

Ο μηχανισμός θραύσης του πετρώματος, μπορεί να θεωρηθεί ότι λαμβάνει χώρα σε δύο διακεκριμένες μεταξύ τους αλλά συνεχείς φάσεις, από τις οποίες η πρώτη οφείλεται στο κρουστικό κύμα που δημιουργείται από την έκρηξη και μεταδίδεται στο πέτρωμα, ενώ η δεύτερη (ακολουθεί χρονικά την πρώτη) οφείλεται στην πίεση που ασκούν στο πέτρωμα τα αέρια της έκρηξης. Ο διαχωρισμός αυτός στις δύο φάσεις του μηχανισμού θραύσης του πετρώματος και κατά συνέπεια των φαινομένων θραύσης, τα οποία λαμβάνουν χώρα στον χώρο που περιβάλλει το θάλαμο της έκρηξης στο πέτρωμα, διευκολύνει την περιγραφή χωρίς να μεταβάλλει το αποτέλεσμα, παρόλο που όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2, οι δύο φάσεις αποτελούν στην πραγματικότητα τμήματα της συνεχούς συνάρτησης πίεσης – χρόνου, $p = f(t)$, υπό την προϋπόθεση ότι θα ληφθεί υπ'όψιν ότι το υποκείμενο στην πίεση των αερίων της έκρηξης πέτρωμα υπέστη προηγουμένως ορισμένες μεταβολές ως αποτέλεσμα της δράσης σε αυτό, του κρουστικού κύματος (Τσουτρέλης, 1990).

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί ότι δεν έχει διευκρινισθεί κατά σαφή και απόλυτο τρόπο ποια είναι η σχετική σπουδαιότητα της καθεμίας από τις παραπάνω φάσεις κατά την εξόρυξη του πετρώματος με τη βοήθεια εκρηκτικών υλών.



Σχήμα 2.2: Μορφή της συνάρτησης $p = f(t)$ στο πέτρωμα (Τσουτρέλης, 1990).

2.4 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. CO_2 , H_2O). 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).

2.4.1 Πετρελαιοαμμωνίτης

Ο πετραμμωνίτης ή ANFO αποτελεί μίγμα πορώδους νιτρικού αμμωνίου και καυσίμου υδρογονάνθρακα. Η συνήθης αναλογία (κατά βάρος) νιτρικού αμμωνίου και πετρελαίου είναι 94:6. Χρησιμοποιείται ως ιδανική εκρηκτική ύλη για την γόμωση του κυρίου μέρους της εκρηκτικής στήλης εξαιτίας της ισχύς του και της οικονομικότητάς του, καθώς και του ότι μεταφέρεται εύκολα και με ασφάλεια. Παρόλο που το ANFO έχει μικρή ευαισθησία και μικρή αντοχή σε υγρά διατρήματα δεν μας επηρεάζει στην ικανότητα διάτρησης διότι ο ασβεστόλιθος έχει μικρή υδατοαπορροφητικότητα. Η πυκνότητα του ANFO είναι της τάξης των $0,86 \text{ g/cm}^3$, η ταχύτητα έκρηξης είναι περίπου 4400 m/sec , η θερμότητα αντίδρασης 900 kcal/kg

και η πίεση έκρηξης 4800 MPa. Αντίστοιχα για τον αμμωνίτη είναι της τάξης των 1,50 g/cm³, 6000 m/sec, 1380 kcal/kg και 12000 MPa (Αγιουτάντης, 1996). Τα μεγέθη αυτά είναι δυνατόν να μεταβληθούν σε μικρό ποσοστό στις διάφορες ποιότητες των προϊόντων αυτών.

2.4.2 Εκρηκτικά υγρής φάσης

Τα εκρηκτικά υγρής φάσης (water gels, slurries, υδραμμωνίτες, πολτώδη μίγματα, ημίρρευστες εκρηκτικές ύλες) αποτελούνται από μίγμα νιτρικού αμμωνίου και ενός ή περισσοτέρων καυσίμων. Επιπλέον τα μίγματα αυτά περιέχουν από 10 έως 30% νερό καθώς και υδρόφιλα κολλοειδή τα οποία προσδίδουν μια πλαστικότητα στο υλικό και εξασφαλίζουν την ανθεκτικότητα του στο νερό. Τα κολλοειδή πρόσθετα παρεμποδίζουν την διάχυση μορίων νερού μέσα και έξω από τα μίγματα, με αποτέλεσμα τα εκρηκτικά του τύπου αυτού να είναι κατάλληλα για εφαρμογές σε υγρές συνθήκες. Για την αύξηση της εκρηκτικής τους ικανότητας, στα προηγούμενα μίγματα περιλαμβάνονται και μικρές ποσότητες ισχυρών εκρηκτικών όπως η TNT ή και μικρές ποσότητες κονιοποιημένων μετάλλων (Αγιουτάντης, 1999).

2.4.3 Ενισχυτικά εναύσματα

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).

2.5 Έναυση των εκρηκτικών

Η ενεργοποίηση των εκρηκτικών υλών προκαλείται με την έναυση ή πυροδότησης τους. Η πυροδότηση του αμμωνίτη, γίνεται στο λατομείο με την χρησιμοποίηση της ακαριαίας θρυαλλίδας και κοινών καψυλίων δυναμίτιδας με μικροεπιβράδυνση, τα οποία χρησιμοποιούνται για την έναυση της ακαριαίας θρυαλλίδας. Στο σχήμα 2.3 φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης της ακαριαίας θρυαλλίδας μεταξύ των διατρημάτων. Η επιβράδυνση των γειτονικών διατρημάτων είναι 5 msec. Η ακαριαία θρυαλλίδα αποτελείται από αδιάβροχο περίβλημα, το οποίο περικλείει πυρήνα από PETN. Ο κρουστικός παλμός μεταφέρεται με ταχύτητα που φτάνει τα 6700 m/s. Ένα μειονέκτημα της εκρηκτικής θρυαλλίδας είναι ότι δημιουργεί υψηλές δονήσεις στον αέρα. Επίσης πρέπει να ελέγχεται ότι η εκρηκτική θρυαλλίδα δεν διασταυρώνεται τυχαία με άλλο τμήμα της, ώστε να αποτραπεί κίνδυνος έναυσης στο σημείο διασταύρωσης.

2.6 Σύστημα NONEL

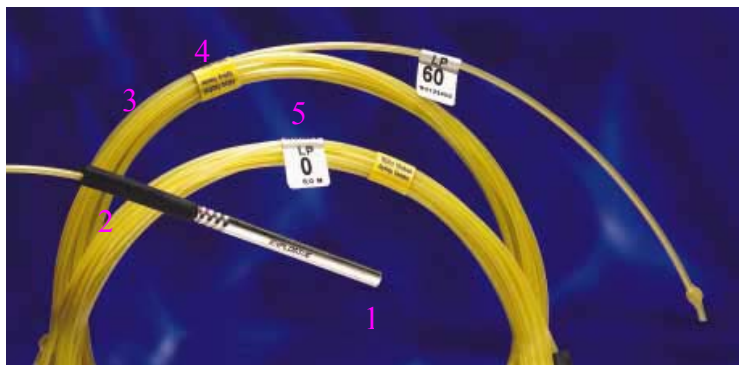
Το σύστημα αυτό έναυσης αναπτύχθηκε τόσο ως ανταγωνιστικό εκείνου της ηλεκτρικής έναυσης όσο και για να το αντικαταστήσει πλήρως στις περιπτώσεις, που υπάρχουν παρασιτικά ηλεκτρικά ρεύματα. Με την χρησιμοποίηση του μη ηλεκτρικού



Σχήμα 2.3: Ενδεικτικός τρόπος συνδεσμολογίας ακαριαίας θρυαλλίδας

αυτού συστήματος οι κίνδυνοι ανεξέλεγκτης έκρηξης εξαφανίζονται και το κύκλωμα πυροδότησης απλοποιείται σημαντικά χωρίς όμως να χάνονται τα πλεονεκτήματα του ηλεκτρικού καψυλίου από πλευράς δυνατοτήτων επίτευξης πολλών απολύτως ελεγχόμενων χρόνων επιβράδυνσης, που είναι ιδιαίτερα επιθυμητοί σε υπόγειες ανατινάξεις και δεν προσφέρονται από την εκρηκτική θρυαλλίδα και τους συνδέσμους επιβράδυνσης. Το σύστημα NONEL συνίσταται από τρία μέρη:

- Το καψύλιο (NONEL GT detonator), που συνοδεύεται από λεπτό πλαστικό αγωγό (σωλήνα), όπως δείχνει το σχήμα 2.4.
- Τους συνδέσμους (connectors ή connector blocks) NONEL. Αυτοί συνίστανται από διάφορα μήκη πλαστικού αγωγού, που καταλήγουν στο ένα ή και στα δύο άκρα τους, ανάλογα εάν είναι μονού (single connector GT1) ή διπλού (twin connector GT2) τύπου σε πλαστικό υποδοχέα. Ο υποδοχέας φέρει καψύλιο με ασθινή γόμωση δεδομένου ότι ένας αγωγός NONEL δεν μπορεί να εναύσει άλλον αγωγό NONEL χωρίς την παρεμβολή καψυλίου στο σημείο σύνδεσής τους. Οι σύνδεσμοι χρησιμεύουν για την κατασκευή του κυκλώματος πυροδότησης, δηλαδή για να συνδέουν τους αγωγούς των καψυλίων NONEL με τη γραμμή πυροδότησης.
- Την γραμμή πυροδότησης. Αυτή συνίσταται επίσης από πλαστικό αγωγό NONEL, που διατίθεται σε ρόλους.



Σχήμα 2.4: Ενδεικτικό καψύλιο NONEL με τον πλαστικό του αγωγό

Ο πλαστικός αγωγός του συστήματος NONEL συνίσταται από ειδικής ποιότητας πλαστικό και διατίθεται σε δύο τύπους. Ο συνήθης τύπος 3L έχει εξωτερική διάμετρο 3mm, και ο βαρύτερος τύπος 3L HD (Heavy Duty) 3,7mm. Στις δύο αυτές περιπτώσεις η εσωτερική διάμετρος είναι 1,2mm. Εσωτερικώς η επιφάνεια του σωλήνα έχει απαληφθεί με λεπτότατη διάστρωση 0,02 g/m (αντιστοιχεί σε 1 kg εκρηκτικής ύλης ανά 50.000m) από ένα εκρηκτικό μίγμα (HMX⁺ με αργίλιο), το οποίο όταν εναυφθεί μεταφέρει εσωτερικά με αξιοπιστία ένα ασθενές κρουστικό κύμα με ταχύτητα περίπου 2100 m/s (που αντιστοιχεί περίπου σε 0,5 ms/m). Το κύμα αυτό είναι μεν ικανό να εναύσει ένα ειδικό καψύλιο όχι όμως και να διαρρήξει τον πλαστικό αγωγό. Οι δύο παραπάνω τύποι αγωγών κατασκευάζονται από τρία επάλληλα στρώματα ειδικών πλαστικών με διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες το καθένα. Το εσωτερικό πλαστικό στρώμα προσφέρει καλή αντοχή στο εκρηκτικό μίγμα καθώς και ισχυρή ακτινική αντοχή, ώστε να εμποδίζεται η διάρρηξη του κατά την όδευση του κρουστικού κύματος. Το ενδιάμεσο πλαστικό στρώμα προσδίδει ικανοποιητική αντοχή σε εφελκυσμό (25 kg σε θερμοκρασία 20° C) και ταυτόχρονα δρα ως φράγμα για την είσοδο πετρελαίου και άλλων χημικών ουσιών προς το εκρηκτικό μίγμα. Το εξωτερικό στρώμα προσφέρει αντίσταση στην τριβή και το έντονο χρώμα, ώστε ο αγωγός NONEL να είναι ευδιάκριτος. Το καψύλιο NONEL, του οποίου η εικόνα δίνεται στο σχήμα 2.5, συνίσταται από τρία μέρη: το στοιχείο επιβράδυνσης, το μίγμα έναυσης και το μίγμα βάσης, που αντιστοιχεί σε εκείνο του κοινού καψυλίου και κατά συνέπεια είναι ικανό να εναύσει όλες τις εκρηκτικές ύλες που είναι ευαίσθητες στα καψύλια (Τσουτρέλης, 1997).



Σχήμα 2.5: Διαμήκης τομή καψυλίου NONEL (Τσουτρέλης, 1997)

Στο σημείο 1 φαίνεται το κέλυφος του καψυλίου από αλουμίνιο κατασκευασμένο σε μήκη από 45-95 mm ανάλογα με τον χρόνο επιβράδυνσης που έχει. Το ελαστικό πώμα στεγανότητας, 2, προστατεύει από φθορά τον πλαστικό αγωγό στην ένωση με το καψύλιο. Ο πλαστικός αγωγός, 3, έχει σφραγισμένο το ελεύθερο άκρο του. Η χαρτοταινία για τη συγκράτηση του αγωγού σε μορφή ρολού είναι στο 4 και στο σημείο 5 φαίνεται η πινακίδα που δίνει το χρόνο επιβράδυνσης και το μήκος του αγωγού.

Το κέλυφος από αλουμίνιο βρίσκεται στο σημείο 1, ενώ στο 2 είναι το μίγμα βάσης (κυκλονίτης). Στο σημείο 3 υπάρχει εκρηκτική ύλη ευαίσθητη στη φλόγα, στο 4 στοιχείο επιβράδυνσης και στο 5 ελαστικό πώμα για εξασφάλιση στεγανότητας. Τέλος, στο 6, φαίνεται ο αγωγός NONEL.

2.7 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 (όπως πχ. 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 ισχείς No. 6 και No. 8 (Αγιουτάντης, 1999).

2.8 Παράμετροι Ανατίναξης

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατρημάτων προσδιορίζονται από το φορτίο, δηλαδή την απόσταση τους από το μέτωπο της βαθμίδας, την μεταξύ τους απόσταση, την διάμετρο τους, το μήκος και την κλίση τους.

Η διάμετρος των διατρημάτων είναι ίσως η βασικότερη επιλογή σε κάθε σχεδιασμό ανατινάξεων. Η διάμετρος των διατρημάτων σε συνδυασμό με τον τύπο του εκρηκτικού και τον τύπο του εξορυσσόμενου πετρώματος καθορίζει το φορτίο του κάθε διατρήματος. Από την εμπειρία προκύπτει ότι για την διάμετρο των διατρημάτων θα πρέπει να ισχύει η ακόλουθη περιοριστική σχέση (Αγιουτάντης, 1999):

$$\frac{H}{40} \leq d \leq \frac{H}{20} \quad [2.1]$$

όπου d = η διάμετρος των διατρημάτων [in]

H = το ύψος της βαθμίδας [ft]

Η έννοια του φορτίου, αναφέρεται συνήθως στο ενεργό φορτίο, το οποίο ορίζεται από την απόσταση από ένα διάτρημα μέχρι την πλησιέστερη επιφάνεια, σε αντιπαράθεση με το γεωμετρικό φορτίο που ορίζεται από την απόσταση μεταξύ δύο σειρών εκρηκτικών σε μια διεύθυνση κάθετη στο αρχικό μέτωπο. Ο όρος ενεργό φορτίο χρησιμοποιείται στην περίπτωση όπου η σειρά έναυσης των διατρημάτων δεν ακολουθεί τη γεωμετρία τους (Αγιουτάντης, 1999). Σε αντίθετη περίπτωση, το ενεργό φορτίο και το φορτίο αναφέρονται στο ίδιο μέγεθος.

2.8.1 Μήκος διατρημάτων

Το μήκος των διατρημάτων θα πρέπει να υπερβαίνει το ύψος της βαθμίδας, δηλαδή να επεκτείνεται χαμηλότερα από το δάπεδο της βαθμίδας. Το επιπλέον αυτό μήκος, που ονομάζεται υποδιάτρηση, έχει στόχο να εξασφαλίσει τη γόμωση μεγαλύτερης



Σχήμα 2.6: Ενδεικτική φωτογραφία από τη διαδικασία διάνοιξης διατρημάτων ποσότητας του εκρηκτικού στον πυθμένα του διατρήματος και να εξασφαλίσει τυχόν επιχωμάτωση του διατρήματος που μπορεί να γίνει είτε με φυσική πτώση τμημάτων των τοιχωμάτων ή κατά τη διάρκεια της γόμωσης. Για τον υπολογισμό του μήκους του διατρήματος είναι απαραίτητη η γνώση του μήκους της υποδιάτρησης και της επιγόμωσης. Στο σχήμα 2.6 φαίνεται ένα αεροκίνητο διατρητικό μηχάνημα κατά τη διαδικασία διάνοιξης των διατρημάτων.

2.8.2 Εξισώσεις υπολογισμού φορτίου

Υπάρχουν πολλές σχέσεις υπολογισμού του φορτίου όπως αυτές του Langefors και του Ash (Αγιουτάντης, 1999). Έτσι για παράδειγμα ο τύπος του Ash δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$B_{eff} = K_B * d/12 \quad [2.2]$$

όπου:

B_{eff} = το ενεργό φορτίο [ft]

d = διάμετρος της εκρηκτικής στήλης [in]

K_B = συντελεστής φορτίου που κυμαίνεται από 25 έως 35 ανάλογα με το εκρηκτικό που χρησιμοποιείται και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του πετρώματος

Η επιγύμωση συνίσταται στην συμπλήρωση της εκρηκτικής στήλης με προϊόντα διάτρησης ή μίγματα άμμου και αργίλου, ώστε η εκρηκτική ενέργεια να μην χάνεται στην ατμόσφαιρα, αλλά να κατευθύνεται στο πέτρωμα. Το θεωρητικό και πρακτικό μήκος της επιγύμωσης, T , είναι $T = B_{eff}$ (Αγιουτάντης, 1999).

Το μήκος της υποδιάτρησης, J , δίνεται από τη σχέση 2.3 (Αγιουτάντης, 1999):

$$J = K_J * B_{eff} \quad [2.3]$$

Ο συντελεστής υποδιάτρησης K_J , ο οποίος προσδιορίζεται εμπειρικά δεν πρέπει να είναι μικρότερος του 0,2 ενώ σε σκληρούς σχηματισμούς σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50% του φορτίου.

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, 1999).

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
- Επιγόμωση
- Υποδιάτρηση
- Απόσταση διατρημάτων
- Υπολογισμός ποσότητας εκρηκτικών ανά διάτρημα
- Συντελεστής κατανάλωσης

2.9 Γεωμετρία βαθμίδας

Ο όγκος του ανατινασσόμενου υλικού ανά διάτρημα, V , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V=H*S*B \quad [2.4]$$

όπου:

H : το ύψος της βαθμίδας [m].

S : η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων [m].

B : το φορτίο του διατρήματος [m].

Ανάλογα με τον κάνναβο που χρησιμοποιείται κάθε φορά προκύπτει και ο όγκος ανατινασσόμενου υλικού ανά διάτρημα.

Το εμβαδόν του καννάβου, E , προσδιορίζεται από το πηλίκο του ημερήσιου συμπαγούς όγκου πετρώματος με το ύψος της βαθμίδας. Προσδιορίζεται, δε, από τη σχέση:

$$E=V_B/H \quad [2.5]$$

όπου:

V_B : ο ημερήσιος συμπαγής όγκος ανατινασσόμενου υλικού [m³].

H : το ύψος της βαθμίδας [m].

Για παράδειγμα, για να φτάσει η ημερήσια παραγωγή τα 400 m^3 που περίπου αντιστοιχεί σε $400 \times 2,7 = 1080 \text{ tn}$, είναι απαραίτητο να εξορύσσονται τουλάχιστον 40 επιφανειακά μέτρα βαθμίδας, για ένα ύψος βαθμίδας 10 m. Στον πίνακα 2.1 φαίνονται για διαφορετικά ύψη βαθμίδων, από 10 έως 15 m και τα αντίστοιχα εμβαδά επιφανείας τους, οι εξορυσσόμενοι όγκοι που προκύπτουν, με την θεώρηση πως η πυκνότητα του ασβεστολίθου είναι $2,7 \text{ g/cm}^3$.

Ο αριθμός των διατρημάτων, n , προκύπτει από το πηλίκο του εμβαδού του καννάβου με το εμβαδόν που εξορύσσει κάθε διάτρημα. Το κάθε διάτρημα εξορύσσει πρίσμα, εμβαδού $S \times B$. Συνεπώς, ο αριθμός των διατρημάτων που θα ορυχθούν θα προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$n = \frac{E}{S \cdot B} \quad [2.6]$$

Πίνακας 2.1: Ενδεικτικός πίνακας ύψους και εμβαδού βαθμίδων με τα αντίστοιχα βάρη και τις τιμές των εξορυσσόμενων όγκων.

Ύψος (m)	Εμβαδόν (m^2)	Όγκος (m^3)	Βάρος (tn)	Εμβαδόν (m^2)	Όγκος (m^3)	Βάρος (tn)	Εμβαδόν (m^2)	Όγκος (m^3)	Βάρος (tn)
10	30	300	810	35	350	945	40	400	1080
11	30	330	891	35	385	1040	40	440	1188
12	30	360	972	35	420	1134	40	480	1296
13	30	390	1053	35	455	1229	40	520	1404
14	30	420	1134	35	490	1323	40	560	1512
15	30	450	1215	35	525	1418	40	600	1260
10	45	450	1215	50	500	1350	55	550	1485
11	45	495	1337	50	550	1485	55	605	1634
12	45	540	1458	50	600	1620	55	660	1782
13	45	585	1580	50	650	1755	55	715	1931
14	45	630	1701	50	700	1890	55	770	2079
15	45	675	1823	50	750	2025	55	825	2228

όπου:

E : το εμβαδόν του ημερήσιου καννάβου των διατρημάτων $[m^2]$.

B : το ενεργό φορτίο του διατρήματος $[m]$.

S : η απόσταση των διατρημάτων $[m]$.

Στο σχήμα 2.7, σε τρισδιάστατη μορφή, διακρίνονται οι αποστάσεις που αντιστοιχούν τα H , S και B .

Ο συντελεστής κατανάλωσης (PF: powder factor) αποδίδει το βάρος του εκρηκτικού που απαιτείται για τη θραύση μιας μονάδας βάρους πετρώματος $[kg/m^3]$. Δίνεται από τη σχέση:

$$PF = (n * W_e) / V_B \quad [2.7]$$

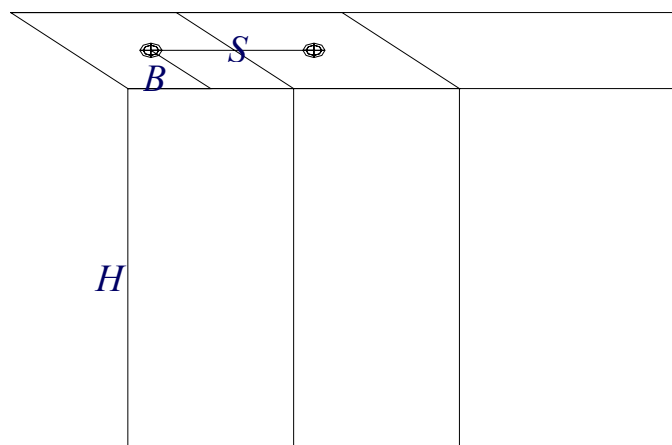
όπου:

V_B : ο ημερήσιος συμπαγής όγκος ανατινασσόμενου υλικού $[bm^3]$

W_e : η απαιτούμενη ποσότητα εκρηκτικού ανά διάτρημα $[kg/διάτρημα]$

n : ο αριθμός των διατρημάτων

Ο συντελεστής κατανάλωσης δεν είναι σταθερός ανά ανατίναξη καθώς τα σχετικά δεδομένα μεταβάλλονται από θέση σε θέση. Πρέπει να κυμαίνεται όμως εντός μικρού εύρους τιμών.



Σχήμα 2.7: Διακρίνεται το ύψος της βαθμίδας, το φορτίο και η απόσταση μεταξύ δύο διατρημάτων με τους αντίστοιχους συμβολισμούς τους.

2.10 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

2.10.1 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. 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)
- Ελαστιχοφόρος αρθρωτός φορτωτής (front – end loader ή FEL)

Ο συνηθέστερος χρησιμοποιούμενος τύπος είναι αυτός του ελαστιχοφόρου φορτωτή με ικανότητα κάδου από 1 έως 20 m³. 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 αποδοτικότητα των φορτωτών σχετίζεται άμεσα με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Την παραγωγικότητα τους
- Την αξιοπιστία τους
- Το χαμηλό κόστος λειτουργίας
- Την προσαρμογή της γεωμετρίας και της δυναμικότητας τους με εκείνη του μέσου μεταφοράς
- Την ικανοποίηση των ειδικών απαιτήσεων της εκμετάλλευση

Η αυξημένη παραγωγικότητα των φορτωτών επιτυγχάνεται όταν πληρούνται ορισμένοι παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι:

- Οι μικροί χρόνοι πλήρωσης-περιφοράς-εκκένωσης κάδου
- Ο απλός και εργονομικός χειρισμός του μηχανήματος
- Η ελάχιστη επιρροή της λειτουργίας του φορτωτή από το δάπεδο πορείας του

Ενώ, ο χρόνος πλήρωσης του κάδου του φορτωτή εξαρτάται από:

- Τη δύναμη διείσδυσης του κάδου στο μέτωπο ή στο σωρό του πετρώματος και
- Τη δύναμη θραύσης που αναπτύσσει ο κάδος

2.10.2 Χωματουργικά αυτοκίνητα

Τα χωματουργικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται για την μεταφορά του εξορυγμένου υλικού από τη θέση φόρτωσης στην περιοχή επεξεργασίας. Η επιλογή του τύπου χωματουργικών αυτοκινήτων σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο εκκένωσης του φορτίου τους. Στις σύγχρονες υπαίθριες εκμεταλλεύσεις έχει επικρατήσει η χρήση χωματουργικού αυτοκινήτου οπίσθιας εκκένωσης με κιβώτιο τύπου V ή επίπεδο, τόσο για τη μεταφορά αγόνων όσο και τη μεταφορά μεταλλεύματος, με μέγιστη δυναμικότητα 315 lt (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 χρησιμοποίηση τους ως μέσα μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις και κλίσεις, καθώς έχουν υψηλό κόστος ελαστικών και καυσίμων.
- Η χρησιμοποίηση τους σε λασπώδη εδάφη είναι προβληματική έως αδύνατη.

Ένα πλήθος παραγόντων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη προκειμένου να γίνει μια σωστή και αξιόπιστη επιλογή ενός χωματουργικού αυτοκινήτου, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι (Εξαδάκτυλος, 2002):

- Η φύση του χωματουργικού αυτοκινήτου ως προς τη μεταφορά του πετρώματος (μέγεθος τεμαχίων, υγρασία, βάρος μονάδας όγκου, συντελεστής επιπλήσματος, φθοροποιές ιδιότητες, παρουσία υλικών με κολλώδεις ιδιότητες).
- Ο τύπος, η δυναμικότητα και τα χαρακτηριστικά του μηχανήματος φόρτωσης (ύψος και τρόπος εκκένωσης κάδου).
- Η γεωμετρία του χώρου φόρτωσης (ο περιορισμένος χώρος ελιγμών μπορεί να οδηγήσει στην επιλογή αρθρωτού χωματουργικού αυτοκινήτου).
- Τα χαρακτηριστικά του χώρου απόθεσης.
- Η απαιτούμενη μεταφορική ικανότητα του χωματουργικού αυτοκινήτου.
- Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του κινητήρα και ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης στους τροχούς (μηχανικό σύστημα ή ντίζελ-ηλεκτρικό).
- Το σύστημα ανάρτησης, πέδησης, σχεδίαση κιβωτίου, τύπος ελαστικών.
- Η συντήρηση.
- Οικονομικά στοιχεία.

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

$$Qa = (60 * V_{\mu\epsilon\tau} * n_e) \quad [2.8]$$

όπου $Q\alpha$ = η ωριαία παραγωγή του ΧΑ (m^3/h)

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

$t\alpha$ = χρόνος κύκλου εργασίας ΧΑ (min)

ne = συντελεστής ή βαθμός εκμετάλλευσης χρόνου

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

$$t\alpha = t_{\text{σταθ}} + t_{\text{φορτ}} + t_{\text{μετ}} + t_{\text{επ}} \quad [2.9]$$

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.

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

$$n_{\text{ΧΑ}} = t_T : t_{\text{φορτ}} \quad [2.9]$$

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_{ϕ} από την παρακάτω σχέση (Εξαδάκτυλος, 2002):

$$Z_{\omega} = Q_{\epsilon\rho\gamma} / Q_{XA} \quad [2.10]$$

Όπου: $Q_{\epsilon\rho\gamma}$ = η ωριαία απαιτούμενη απόδοση του εργοταξίου (σε χαλαρά m³)

$Q_{\phi\phi\rho\tau}$ = η ωριαία απόδοση του φορτωτή (σε χαλαρά m³)

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

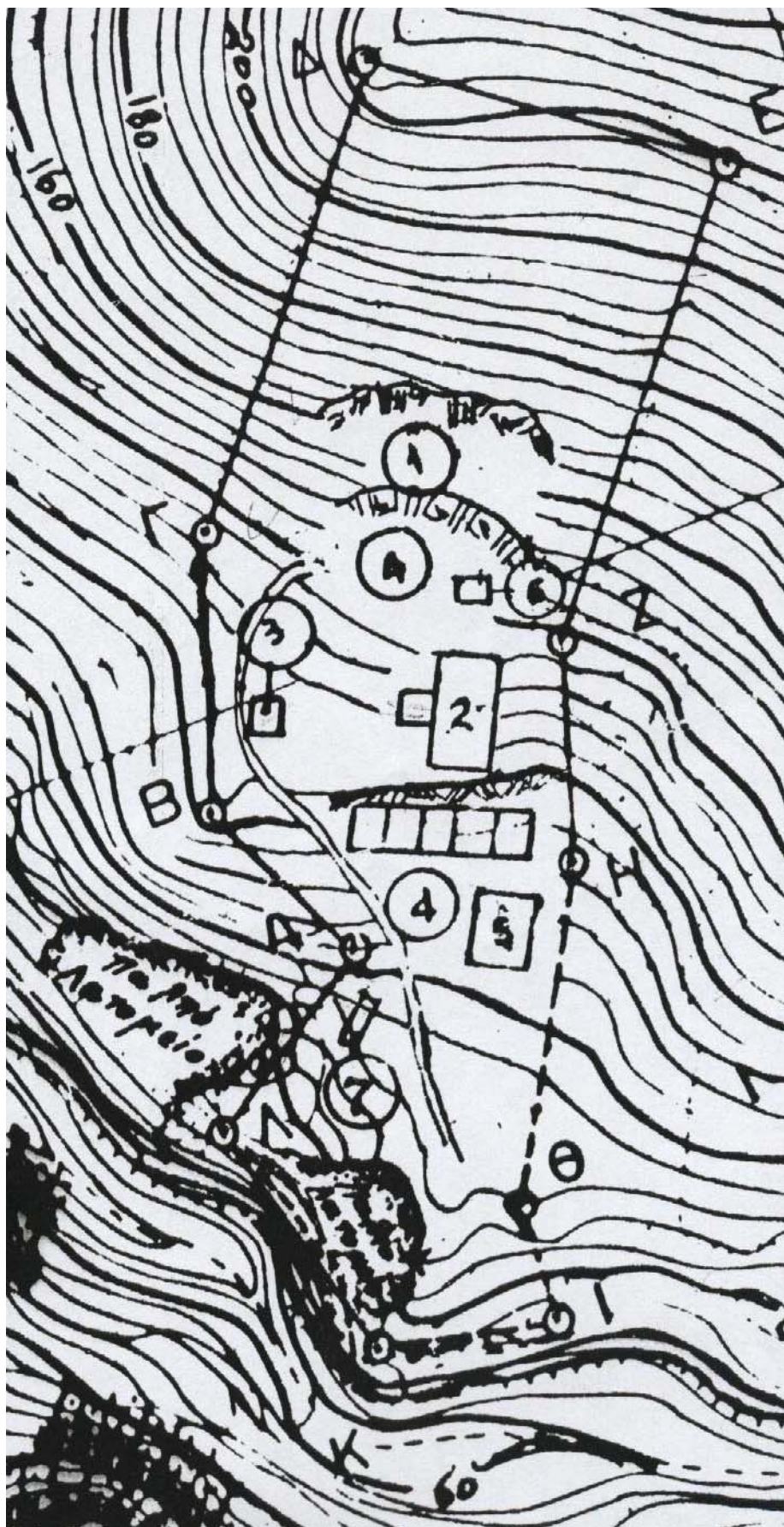
$$Z_{XA} = Z_{\phi}' * (Q_{\phi\phi\rho\tau} : Q_{XA}) \quad [2.11]$$

Όπου Z_{ϕ}' = ο αριθμός των φορτωτών της σχέσης [2.10] στρογγυλοποιημένος στον αμέσως επόμενο ακέραιο και Q_{XA} από τη σχέση [2.8].

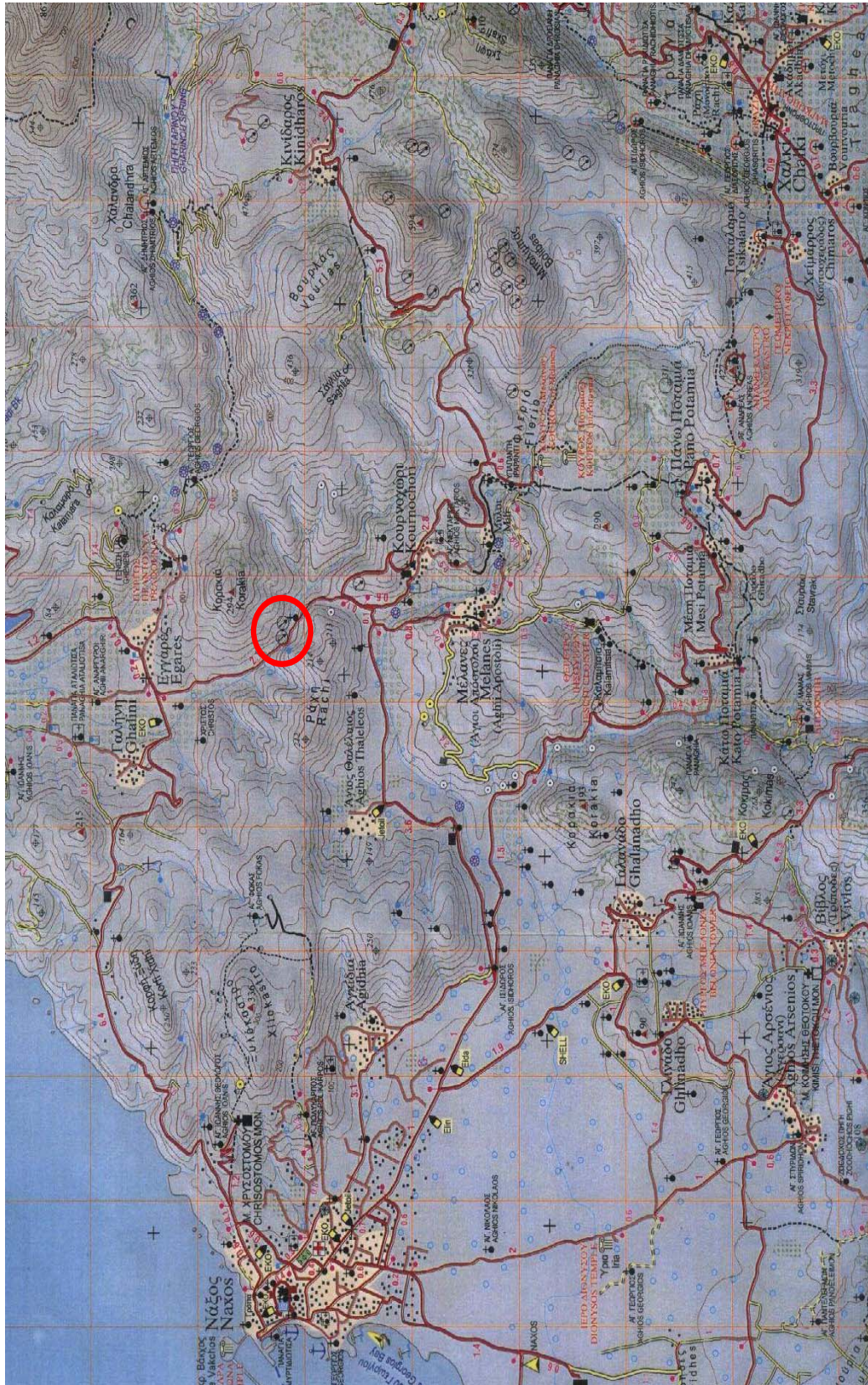
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3***ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ*****3.1 Γεωγραφική θέση και έκταση του έργου**

Η εγκατάσταση επεξεργασίας και παραγωγής αδρανών υλικών βρίσκεται εντός του λατομείου παραγωγής αδρανών υλικών της Ο.Ε. «ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΝΑΞΟΥ ΚΩΝ/ΝΟΣ ΜΑΝΔΗΛΑΡΑΣ – ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΜΑΝΔΗΛΑΡΑ». Το λατομείο βρίσκεται στη θέση «*Λάγκους Κουράδη*», της περιοχής Μελάνων, Δήμου Νάξου, Νομού Κυκλάδων. Νότια σε απόσταση 1400 μέτρων βρίσκεται το Δημοτικό Διαμέρισμα Μελάνων και Νοτιοανατολικά σε απόσταση 1200 μέτρων το Δημοτικό Διαμέρισμα Κουρουνοχωρίου. Βόρεια σε απόσταση 1000 μέτρων βρίσκεται το Δημοτικό Διαμέρισμα Εγγαρών. Το εμβαδόν του λατομικού χώρου ανέρχεται σε 54 στρέμματα και απεικονίζεται στο τοπογραφικό διάγραμμα, του σχήματος 3.1, κλίμακας 1:2500 από την κλειστή γραμμή Α-Β-Γ-Δ-Ε-Ζ-Η-Θ-Ι-Κ-Λ-Α. Η ευρύτερη περιοχή του λατομικού χώρου δεν παρουσιάζει κανένα ιδιαίτερο αισθητικό ή οικολογικό ενδιαφέρον και δεν προκαλούνται δυσμενείς επιπτώσεις από τη λειτουργία του λατομείου ή των εγκαταστάσεων που λειτουργούν εντός του λατομικού χώρου. Εξάλλου, έχουν ληφθεί όλα τα αναγκαία μέτρα προστασίας περιβάλλοντος (διαβροχή κονιορτοπαραγωγικών εστιών, σωρών αδρανών υλικών, κάλυψη ταινιών μεταφοράς, κλπ) ώστε να εξασφαλίζεται η καλή λειτουργία της εγκατάστασης.

Το λατομείο συνδέεται μέσω αγροτικού δρόμου μήκους 700 μέτρων με το δρόμο που συνδέει τη Χώρα της Νάξου με την κοινότητα Κινήδαρου. Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η ακριβής θέση του λατομείου ως προς την ευρύτερη περιοχή της Νάξου. Για την αντιμετώπιση των αναγκών της εγκατάστασης σε νερό, λειτουργεί παλιά γεώτρηση. Για την κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια έχει συνδεθεί η εγκατάσταση με τους μετασχηματιστές της Δ.Ε.Η. που βρίσκονται πλησίον της.



Σχήμα 3.1: Τοπογραφικός χάρτης του λατομείου κλίμακας 1:2500.



Σχήμα 3.2: Χάρτης γεωγραφικής θέσης του λατομείου.

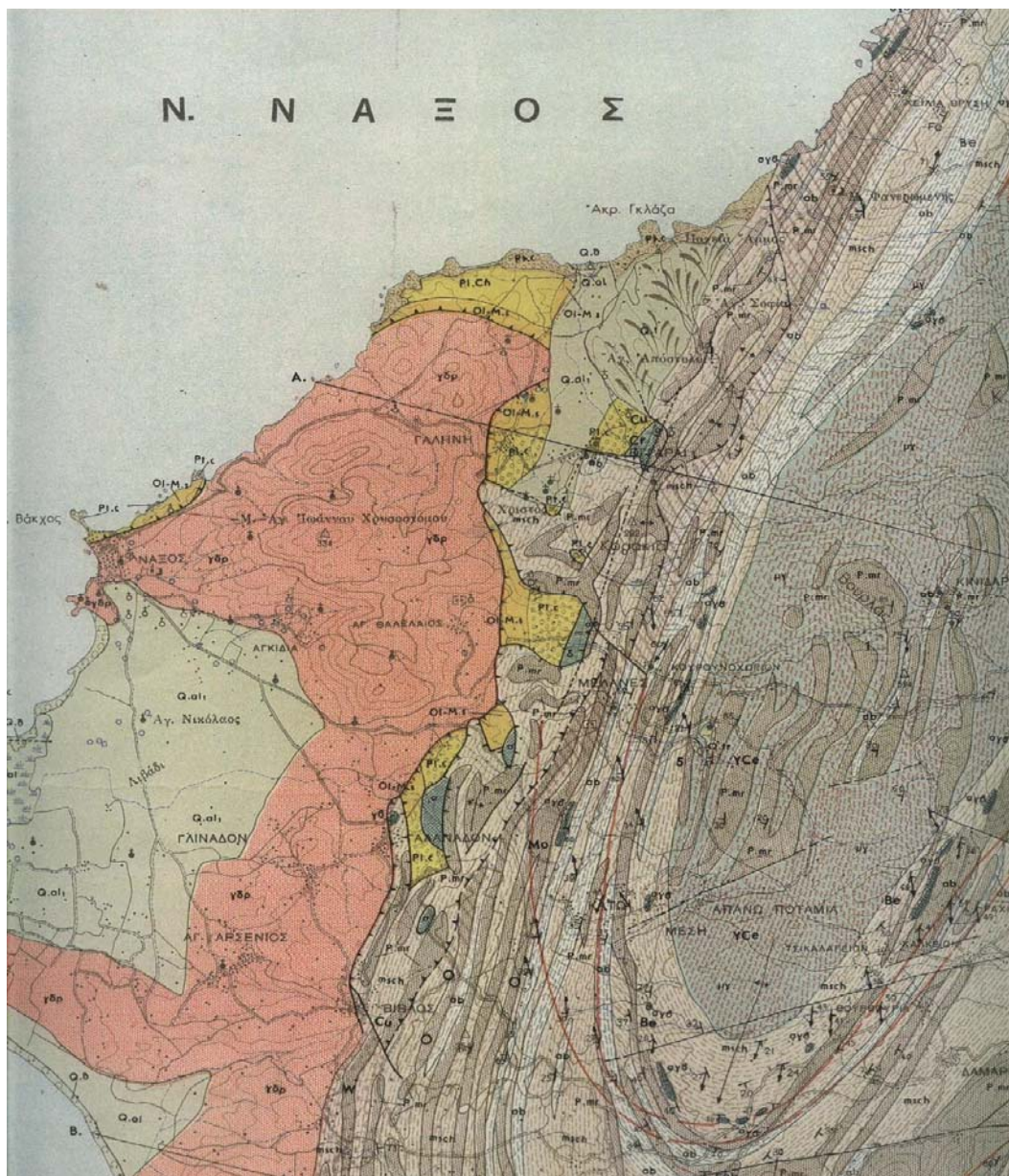
3.2 Γεωλογικά στοιχεία της ευρύτερης λατομικής περιοχής

Προ-πέρμιος περίοδος: Στην ευρύτερη λατομική περιοχή συναντώνται ασβεστιτικά μάρμαρα αδρόκοκκα, λεπτοστρωματώδη με κυανότεφο χρώμα. Τα μάρμαρα περιέχουν ενστρώσεις ασβεστιτικών σχιστολίθων, χλωριτο-σερικιτικών, ακτινοχλωρο-επιδοτιτικών και γκαυκοφανιτιτικών. Όλα τα μάρμαρα παρουσιάζουν ταχείας πλευρικές αλλαγές σε πάχος και σύσταση. Πλησίον της δομής αυτής, απαντώνται μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, με κανονική πηλιτική σύσταση, πλούσιοι σε ανθρακικά υλικά. Στους μαρμαρυγικούς σχιστολίθους εμφανίζεται γρανάτης σε όλη τη μεταμορφωμένη σειρά. Σε χαμηλότερους βαθμούς μεταμόρφωσης παρατηρείται ενίοτε χλωριτοειδής. Ζωνώδεις αμφίβολοι παρεμβάλλονται στη σειρά των σχιστολίθων-μαρμάρων. Συνηθισμένη ορυκτολογική παραγένεση είναι γρανάτης και επίδοτο.

Πλειστόκαινος περίοδος: Σε αυτή την ηλικία πετρωμάτων εμφανίζονται τα κροκαλοπαγή, που το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 50 m. Τα κροκαλοπαγή παρουσιάζονται πολύ αδρομερή και παρεμβάλλονται σε χονδρόκοκκους ψαμμίτες. Τα καλώς αποστρογγυλωμένα συστατικά προέρχονται από όλους τους παλαιότερους σχηματισμούς του νησιού, αλλά κυρίως από τα κατά τόπους υποκείμενα πετρώματα (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών). Στο σχήμα 3.3 απεικονίζεται ο γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του λατομείου των Μελάνων.

3.3 Θέση λατομείου σε σχέση με τους καταναλωτές

Η κατανομή της βιομηχανίας και των πιθανών χώρων διάθεσης των αδρανών υλικών, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη δυνατότητα χρήσης τους. Η θέση διάνοιξης ενός λατομείου θα πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απόσταση από τα καταναλωτικά κέντρα. Δεδομένου ότι τα ασβεστολιθικά κοιτάσματα είναι κοιτάσματα μικρής οικονομικής αξίας, η επιλογή της θέσης ενός λατομείου θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα έξοδα μεταφοράς της ασβεστολιθικής πρώτης ύλης να μην υπερβαίνουν το κόστος παραγωγής της. Η εξεταζόμενη λατομική έκταση πληρεί τις προδιαγραφές, όσον αφορά στη θέση της σε σχέση με τους καταναλωτές, λόγω της μειωμένης απόστασης από τα καταναλωτικά κέντρα. Δύο



Σχήμα 3.3: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Μελάνων Νάξου, κλίμακας 1 : 50000 (Ι.Γ.Μ.Ε).

εταιρίες παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος η «Παντελιάς-Μπετόν» και η «Βιο-Μπετόν Λεγάκη» απέχουν 3.6 km και 7 km αντίστοιχα από το λατομείο. Στο σχήμα 3.5 απεικονίζονται οι εγκαταστάσεις της «Βιο-Μπετόν Λεγάκη». Ολόκληρη η παραγόμενη ποσότητα διατίθεται για την εξυπηρέτηση των αναγκών του νησιού σε δημόσια, δημοτικά και ιδιωτικά έργα.



Σχήμα 3.4: Εμφάνιση ασβεστολίθου στο λατομείο των Μελάνων.

3.4 Περιγραφή της μεθόδου εκμετάλλευσης

Η εκμετάλλευση γίνεται με την μέθοδο των ορθών ανοικτών βαθμίδων. Ακολουθείται δηλαδή ο κύκλος διάτρηση- ανατίναξη- φόρτωση- μεταφορά. Επειδή η σκληρότητα του πετρώματος είναι μεγάλη, ως πιο οικονομική μέθοδος για την εξόρυξη του ασβεστολίθου παρουσιάζεται η εξόρυξη με χρήση εκρηκτικών υλών.

Το ύψος των βαθμίδων κυμαίνεται από 9-14 m. Η διάτρηση γίνεται με ένα κύριο διατρητικό συγκρότημα, Carten-Deven, με διάμετρο διάτρησης 80 mm. Το εκρηκτικό που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο λατομείο για την εξόρυξη του ασβεστολιθικού πετρώματος είναι ANFO με ενισχυτικό έναυσμα τον αμμωνίτη.

Ο αμμωνίτης τοποθετείται στον πυθμένα του διατρήματος ώστε να εξασφαλίζει την ανάπτυξη της μέγιστης ταχύτητας έναυσης στην εκρηκτική στήλη. Οι βαθμίδες διαμορφώνονται ούτως ώστε να έχουν είτε δύο είτε τρεις ελεύθερες επιφάνειες ώστε κάθε φορά να βελτιστοποιείται ο θρυμματισμός του πετρώματος, καθώς τα κρουστικά κύματα της ανατίναξης, ανακλώνται στις ελεύθερες επιφάνειες.

3.4.1 Κάνναβος ανατινάξεων

Στο λατομείο της Ο.Ε. «ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΝΑΞΟΥ» συνήθως δημιουργούνται κάνναβοι 4m x 3m με διάμετρο διατρημάτων 80 mm. Για αυτή τη διάμετρο, η ποσότητα της εκρηκτικής ύλης που χρησιμοποιείται σε κάθε διάτρημα είναι της τάξης των 48 kg ANFO. Οι παράμετροι σχεδιασμού είναι το φορτίο B=3m, η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων S=2m περίπου, η υποδιάτρηση J=1m και η επιγόμευση που φτάνει σχεδόν τα 2,5m. Θεωρητικά η ποσότητα της εκρηκτικής ύλης που χρησιμοποιείται σε κάθε διάτρημα δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$W_e = \pi * (d^2/4) * L * \gamma \quad [3.1]$$

Για να φτάσει η ημερήσια παραγωγή τα 400 m³ που περίπου αντιστοιχεί σε 400x2,7= 1080 tn, είναι απαραίτητο να εξορύσσονται τουλάχιστον 40 επιφανειακά μέτρα βαθμίδας, για ένα ύψος βαθμίδας 10 m.

3.4.2 Εξοπλισμός



Σχήμα 3.5: Εταιρία παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος «Βιο-Μπετόν Λεγάκη».

Στο λατομείο των Μελάνων ο εξοπλισμός διακρίνεται σε πάγιο και κινητό. Στον πάγιο, συμπεριλαμβάνονται οι εγκαταστάσεις παραγωγής, το συνεργείο και το συγκρότημα των γραφείων. Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις παραγωγής των προϊόντων, αποτελούνται από τον σπαστήρα και τα κόσκινα. Στον πίνακα 3.1 φαίνονται λεπτομερώς τα διάφορα μέρη καθώς και η ισχύς λειτουργίας τους. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός του λατομείου συγκαταλέγεται στον κινητό εξοπλισμό και αποτελείται από 2 χωματουργικά αυτοκίνητα μοντέλου Orenstein 600C και χωριτικότητας 15m^3 το καθένα, από 1 φορτωτή Caterpillar 996C, από 1 διατρητικό Carten-Deven με πίεση λειτουργίας αερόσφυρας 7Atm και από έναν ερπηστριοφόρο εκσκαφέα Libherr R912. Τα προαναφερθέντα μηχανήματα είναι ιδιόκτητα. Στο συνεργείο συντελούνται όλες οι διαδικασίες επιδιόρθωσης τυχόν βλαβών των οχημάτων.

Η χρησιμοποιούμενη ενέργεια είναι ηλεκτρική για την κίνηση των ηλεκτροκινητήρων συνολικής ισχύος 888 HP. Η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 60.000 kWh/μήνα ή 720.000 kWh/έτος. Το σχήμα 3.6 δείχνει το κύκλωμα θραύσης και ταξινόμησης του λατομείου Μανδηλαρά.

Πίνακας 3.1 : Εγκαταστάσεις παραγωγής

<i>α/α</i>	ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ (HP)
1	καμπίνα με χειριστήριο	
2	τροφοδότης	30
3	προδιαλογέας	25
4	μεταφορική ταινία	12
5	μεταφορική ταινία	12
6	χαλικοτριβείο	270
7	σπαστήρας	180
8	μεταφορική ταινία	15
9	δονητικό κόσκινο	25
10	μεταφορική ταινία	12
11	λούκι μεταλλικό	
12	δονητικό κόσκινο	25
13	μεταφορική ταινία	12
14	λούκι μεταλλικό	
15	λούκι μεταλλικό	
16	τριβείο άμμου	270
17	silos 4 διαμερισμάτων	
18	silos 2 διαμερισμάτων	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (HP)		888

3.4.3 Προσδιορισμός ποιότητας παραγόμενων προϊόντων

Από μετρήσεις της εταιρίας που έγιναν στο πέτρωμα προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

- i. Η μέση τιμή αντοχής του μητρικού πετρώματος σε θλίψη είναι 654 kg/cm^2 ή $64,13 \text{ MPa}$
- ii. Οι απώλειες σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles είναι 34%. Το ειδικό βάρος του πετρώματος *insitu* είναι $2,65 \text{ tn/m}^3$ ($=2.65 \text{ g/cm}^3$)
- iii. Δοκιμή υδροαπορροφητικότητας 8,2% κατά βάρος
- iv. Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση 9,5%
- v. Συντελεστής επιπλήσματος 1,65



Σχήμα 3.6: Κύκλωμα θραύσης και ταξινόμησης του λατομείου Μανδηλαρά.

vi. Δοκιμή ισοδύναμης άμμου 75%

Από τη μέχρι τώρα λειτουργία της εγκατάστασης προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα που προσδιορίζουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων:

Το ποσοστό παιπάλης στην άμμο, ήτοι το ποσοστό διόδου από πρότυπο κόσκινο με πλευρά 0,075mm είναι 2%. Η παραχθείσα σύμφωνα με τα παραπάνω άμμος δοκιμάστηκε από την εταιρεία, σε πέντε κύκλους υγείας με Na_2SO_4 και παρουσίασε απώλειες 7%. Ομοίως το χαλίκι και το γαρμπίλι μετά την ίδια δοκιμασία παρουσίασαν μέσο όρο απωλειών 1%.

Πίνακας 3.2: Κοκκομετρική σύνθεση της άμμου (κλάσμα 0-5mm)

Πρότυπο κόσκινο, διάμετρος/πλευρά(mm)	Διερχόμενο % κατά βάρος
0,2	5%
1	37%
3	72%
7	100%

Πίνακας 3.3: Κοκκομετρική σύνθεση του γαρμπιλιού (κλάσμα 5-12 mm)

Πρότυπο κόσκινο, διάμετρος/πλευρά(mm)	Διερχόμενο % κατά βάρος
0,2	-%
1	0,4%
3	2%
7	18%
10	35%
15	80%
30	100%

3.4.4 Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας του λατομείου

Τα προϊόντα εξόρυξης του λατομείου φορτώνονται από την πλατεία φόρτωσης των βαθμίδων, με τη βοήθεια φορτωτή σε φορτηγά αυτοκίνητα, τα οποία τα μεταφέρουν και εκφορτώνουν με ανατροπή του κάδου τους στη χοάνη τροφοδοσίας του συγκροτήματος επεξεργασίας. Από τη χοάνη τροφοδοσίας το υλικό προωθείται στον προδιαλογέα από τον οποίο απομακρύνεται το υλικό -28 mm που οδηγείται στο σωρό 3Α και τροφοδοτείται ο σπαστήρας με το υπόλοιπο υλικό ($+28$). Στο συγκρότημα το υλικό υφίσταται θραύση στο σπαστήρα και στη συνέχεια οδηγείται μέσω μεταφορικής ταινίας στο δονητικό κόσκινο όπου διαχωρίζεται και ταξινομείται σε 3 κλάσματα:

- A) Την άμμο (0-5mm) η οποία οδηγείται στο silo αποθήκευσης της άμμου.
- B) Το γαρμπίλι (5-12mm) το οποίο οδηγείται στο silo αποθήκευσης για το γαρμπίλι.

Πίνακας 3.4: Κοκκομετρική σύνθεση του χαλικιού (κλάσμα 12-28 mm)

Πρότυπο κόσκινο, διάμετρος/πλευρά(mm)	Διερχόμενο % κατά βάρος
0,2	-%
1	-%
3	0,5%
7	1%
10	8%
15	30%
30	99%

Γ) Το κλάσμα +12mm το οποίο οδηγείται μέσω της μεταφορικής ταινίας στο δονητικό κόσκινο όπου διαχωρίζεται και ταξινομείται σε άλλα 2 κλάσματα: α) το χαλίκι 12-28mm το οποίο οδηγείται στο silo αποθήκευσης για το χαλίκι, β) το +28mm το οποίο οδηγείται μέσω μεταφορικής ταινίας στο τριβείο άμμου που οδηγείται στο silo αποθήκευσης άμμου.

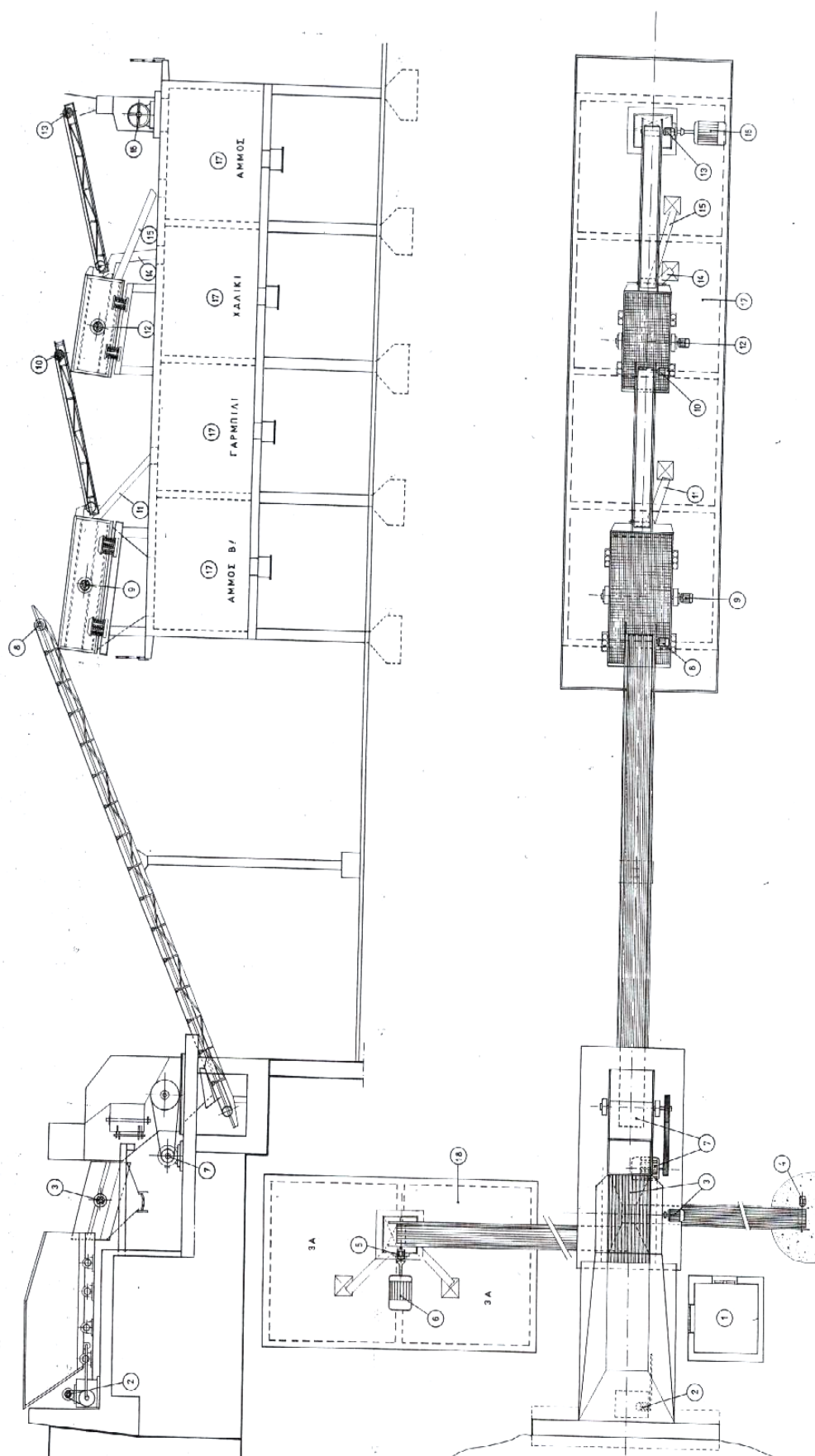
Οι κατά μέσο όρο διακινούμενες ποσότητες αδρανών υλικών είναι 400m^3 , εκ των οποίων τα 40m^3 είναι 3Α, 96m^3 χαλίκι, 72m^3 γαρμπίλι και 192m^3 άμμος χτισίματος και μπετού που αποτίθενται στους σωρούς και αποθήκες (SILO) αδρανών υλικών (έτοιμων προϊόντων). Στο σχήμα 3.7 διακρίνεται η τομή και η κάτοψη των μηχανολογικών εγκαταστάσεων του λατομείου αδρανών υλικών της Ο.Ε. «ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΝΑΞΟΥ» και η αρίθμηση των επι μέρους στοιχείων αντιστοιχεί στα διάφορα είδη εξοπλισμού του πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.5: Προσωπικό λατομείου

α/α	Ειδίκευση
1	Εργοδηγός
1	Χειριστής διατρητικού μηχανήματος
1	Γομωτής
1	Χειριστής φορτωτή
1	Οδηγός χωματουργικών αυτοκινήτων
1	Χειριστής συγκροτήματος θραύσης
1	Χειριστής ζυγαριάς

3.5 Προσωπικό

Τα εργαζόμενα στην εγκατάσταση άτομα είναι 6-7 ανάλογα με την εποχή και τις ανάγκες του λατομείου. Ο επιβλέπων μηχανικός δεν βρίσκεται σε καθημερινή βάση στο λατομείο και έτσι ο υπεύθυνος της επιχείρησης κ. Κ. Μανδηλαράς έχει αναλάβει την επίβλεψη της εγκατάστασης. Το προσωπικό που απασχολείται στο λατομείο, στο μέτωπο εκμετάλλευσης καθώς και στις κύριες και βοηθητικές εγκαταστάσεις φαίνεται στον πίνακα 3.5.



Σχήμα 3.7: Τομή και κάτοψη μηχανολογικών εγκαταστάσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΤΩΝ ΜΕΛΑΝΩΝ

4.1 Μέθοδοι υπολογισμού

Ο υπολογισμός των αποθεμάτων συνίσταται στον καθορισμό των ποιοτικών και των ποσοτικών χαρακτηριστικών τμήματος ή ολόκληρου του κοιτάσματος, με βάση τα μεταλλευτικά στοιχεία που προκύπτουν από την μεταλλευτική έρευνα. Ο υπολογισμός των αποθεμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους:

- Με γεωμετρικές μεθόδους (που ασχολούνται με τον προσδιορισμό κατάλληλων γεωμετρικών σχημάτων και τον κυβισμό των εξορυσσόμενων όγκων) και
- Με τη μέθοδο των κυψελίδων

Οι παραπάνω μέθοδοι ασχολούνται με τον καθορισμό γεωμετρικών τόπων, στους οποίους θα δοθεί μια παράμετρος ποιότητας. Η παράμετρος αυτή μπορεί να προκύπτει άμεσα από τις παρακείμενες γεωτρήσεις ή δειγματοληψίες ή να προέρχεται από στατιστική επεξεργασία των δεδομένων.

4.2 Γεωμετρικές μέθοδοι

Στις μεθόδους αυτές ο υπολογισμός της ποσότητας σε τόνους του κοιτάσματος ή τμήματος του που ερευνάται, όπως και της ποιότητας του, γίνεται με την τοποθέτηση επί του τοπογραφικού υποβάθρου της περιοχής ή των τομών που βρίσκονται στις θέσεις δειγματοληψίας, των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων. Ανάλογα με το γεωμετρικό πρότυπο που χρησιμοποιείται για την κατανομή των περιεκτικοτήτων προκύπτει και η ονομασία της μεθόδου. Με τη βοήθεια απλών αριθμητικών σχέσεων, για κάθε υπολογιστική μονάδα της μορφής πρίσματος ή τομής, βρίσκεται και ο αντίστοιχος σε αυτήν όγκος ή επιφάνεια. Στο σύνολο τους οι υπολογιστικές μονάδες καλύπτουν ολόκληρο το κοίτασμα και από τα στοιχεία ποιότητας και ποσότητας τους στη συνέχεια υπολογίζεται εύκολα η μέση ποιότητα και η ποσότητα του μεταλλεύματος. Τα γεωμετρικά πρότυπα (εκτός από την περίπτωση που η κατανομή σε ωφέλιμα συστατικά εντός του κοιτάσματος είναι ομοιόμορφη) δεν παρέχουν την ακρίβεια των στατιστικών μεθόδων. Επίσης οι γεωμετρικές μέθοδοι υπολογισμού,

δεν προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες συναφείς με τον υπολογισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του κοιτάσματος. Για το λόγο αυτό τυγχάνουν στις μέρες μας περιορισμένης εφαρμογής τόσο για τον προσδιορισμό της ποιότητας του κοιτάσματος όσο και για τον προσδιορισμό των ποσοτικών χαρακτηριστικών του. Οι χρησιμοποιούμενες γεωμετρικές μέθοδοι είναι τέσσερις (Τσουτρέλης, 1990):

- i. η μέθοδος των τριγώνων (οριζόντιων τομών)
- ii. η μέθοδος των πολυγώνων (οριζόντιων τομών)
- iii. η μέθοδος κυβισμού εξορυσσόμενων όγκων (οριζόντιων τομών) και
- iv. η μέθοδος των κάθετων τομών

4.2.1 Τριγωνική μέθοδος οριζόντιων τομών

Στην τριγωνική μέθοδο κατασκευάζονται τρίγωνα με κορυφές τις γεωτρήσεις. Για καθένα από αυτά τα τρίγωνα υπολογίζεται το εμβαδόν από τη σχέση:

$$A_0 = 1/2 * [(x_3 - x_2)\psi_1 + (x_1 - x_3)\psi_2 + (x_2 - x_1)\psi_3] \quad [4.1]$$

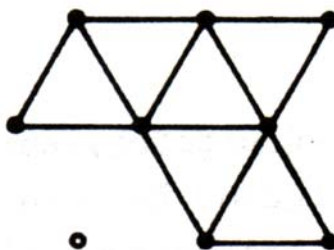
Όπου (x_1, ψ_1) , (x_2, ψ_2) , (x_3, ψ_3) οι συντεταγμένες των κορυφών του τριγώνου.

Κατά τον καθορισμό της μέσης ποιότητας του τριγώνου που εμβαδομετρείται διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

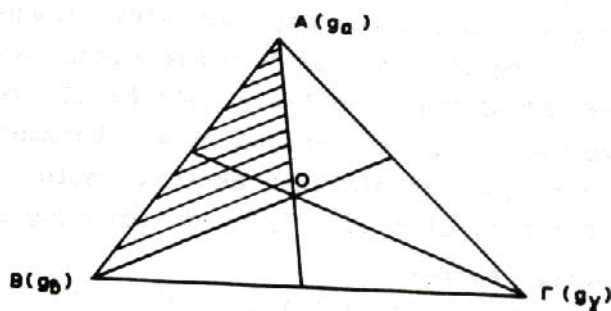
- Εάν τα τρίγωνα που σχηματίζονται είναι ισόπλευρα, όπως στο σχήμα 4.1, τότε ως μέση ποιότητα του μεταλλεύματος που περικλείεται από το τρίγωνο, λαμβάνεται ο μέσος όρος της περιεκτικότητας σε ωφέλιμο συστατικό των τριών γεωτρήσεων, που αποτελούν τις κορυφές του.
- Εάν τα τρίγωνα δεν είναι ισόπλευρα, τότε όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2, σχεδιάζονται οι τρεις διάμεσοι του τριγώνου και έστω Ο το σημείο τομής τους. Η περιεκτικότητα σε ωφέλιμο συστατικό του σημείου Ο, η οποία και αντιστοιχεί σε αυτή του τριγώνου ΑΒΓ υπολογίζεται με την θεώρηση ότι υφίσταται γραμμική σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας της γεώτρησης και της απόστασης του Ο από την κάθε κορυφή. Έτσι για την περίπτωση του σχήματος 4.2 θα είναι (Τσουτρέλης, 1990):

$$O_g = (g_a * OA + g_b * OB + g_\gamma * OG) / (OA + OB + OG) \quad [4.2]$$

Όπου O_g είναι η περιεκτικότητα του σημείου O και g_a, g_b, g_γ είναι η μέση περιεκτικότητα για καθεμία από τις γεωτρήσεις στις κορυφές του τριγώνου $AB\Gamma$.

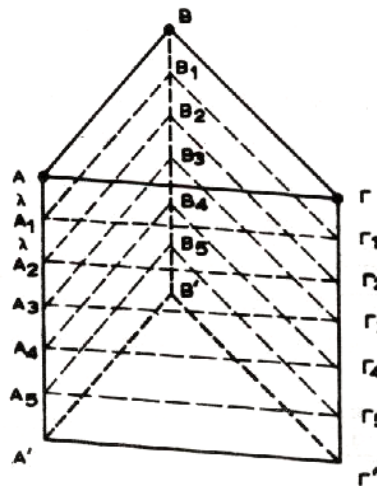


Σχήμα 4.1: Τριγωνική μέθοδος (Τσουτρέλης, 1990).



Σχήμα 4.2: Υπολογισμός μέσης ποιότητας του τριγώνου $AB\Gamma$ από τις τιμές των περιεκτικότητων των κορυφών του (Τσουτρέλης, 1990).

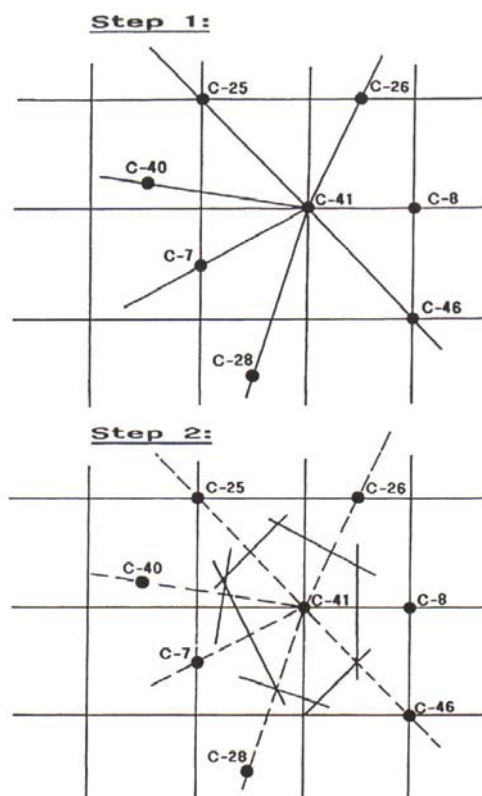
Στο τρίγωνο $AB\Gamma$ του σχήματος 4.2 αντιστοιχεί ο όγκος του κοιτάσματος $AB\Gamma\Gamma'BA'$ που απεικονίζεται στο σχήμα 4.3. Ο όγκος αυτός θεωρείται ότι τέμνεται από διαδοχικά οριζόντια επίπεδα, που απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με το διάστημα δειγματοληψίας. Ο όγκος ενός από τα σχηματιζόμενα τριγωνικά πρίσματα $AB\Gamma\Gamma_1B_1A_1$, μπορεί να υπολογιστεί αν πολλαπλασιαστεί το διάστημα δειγματοληψίας του, λ , με το εμβαδόν του. Όμοια υπολογίζεται ο όγκος και των εναπομεινάντων τριγωνικών πρισμάτων, ενώ η ίδια διαδικασία ακολουθείται για όλα τα τρίγωνα, λαμβάνοντας υπόψη τις αντίστοιχες κλάσεις των περιεκτικότητων.



Σχήμα 4.3: Διαίρεση μεταλλοφόρου όγκου σε τριγωνικά πρίσματα πάχους ίσου με το διάστημα δειγματοληψίας.

4.2.2 Πολυγωνική μέθοδος οριζόντιων τομών

Στην πολυγωνική μέθοδο γύρω από κάθε γεώτρηση κατασκευάζεται ένα πολύγωνο. Ο υπολογισμός του εμβαδού του πολυγώνου γίνεται εφ'όσον διαχωριστεί σε τετράπλευρα. Το εμβαδόν κάθε τετραπλεύρου μπορεί να εκφραστεί μαθηματικά συναρτήσει των συντεταγμένων της κεντρικής γεώτρησης, που αποτελεί και τη μία κορυφή του τετραπλεύρου, των γεωτρήσεων που περιβάλλουν το τετράπλευρο και της γεώτρησης που είναι μεταξύ τους. Στη συνέχεια με πρόσθεση των εμβαδών των επί μέρους τετραπλεύρων που σχηματίστηκαν προκύπτει το ζητούμενο εμβαδόν του πολυγώνου. Ο όγκος του πολυγωνικού πρισμοειδούς υπολογίζεται από το άθροισμα των όγκων των επί μέρους πρισμάτων που το αποτελούν. Το πάχος της τιμής της μεταλλοφορίας διαιρείται σε τμήματα σταθερού πάχους, συνήθως 5 ft, σε καθένα από τα οποία αντιστοιχεί και μία τιμή μέσης περιεκτικότητας σε μέταλλευμα. Με πολλαπλασιασμό κάθε σταθερής τιμής που προκύπτει επί το εμβαδόν του πολυγώνου λαμβάνεται ο όγκος για τα επί μέρους πρισμοειδή (Τσουτρέλης, 1990). Στο σχήμα 4.4 παρουσιάζονται κατά σειρά τα βήματα σχεδιασμού ενός πολυγώνου γύρω από τη γεώτρηση C-41. Αρχικά ενώνεται η κεντρική γεώτρηση με τις πλησιέστερες γειτονικές της. Έπειτα σχεδιάζονται οι μεσοκάθετοι των ευθύγραμμων τμημάτων και επεκτείνονται τόσο ώστε να τέμνονται μεταξύ τους. Τα σημεία τομής είναι οι κορυφές του πολυγώνου.



Σχήμα 4.4: Σχεδιασμός πολυγώνου με κέντρο τη γεώτρηση C-41 (Hustrulid & Kuchta, 1998).

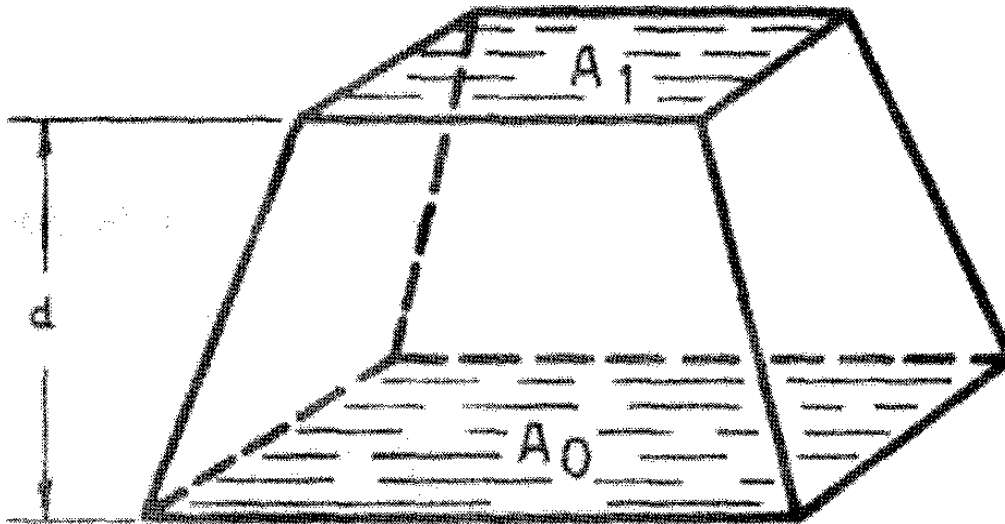
4.2.3 Μέθοδοι κυβισμού των όγκων που εξορύσσονται

Η υπαίθρια εκμετάλλευση περιλαμβάνει συνεχή εξόρυξη μεγάλων όγκων πετρωμάτων, των οποίων ο κυβισμός καθίσταται απαραίτητος για τον καθορισμό της σχέσης αποκάλυψης αλλά και για τον προγραμματισμό των εργασιών εξόρυξης, φόρτωσης και αποκόμισης των όγκων αυτών. Για τον καθορισμό των προς εξόρυξη όγκων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κανόνας του Simpson, η μέθοδος του τραπεζοειδούς και της κόλουρου πυραμίδας. Ενδεικτικά περιγράφεται η τελευταία (Τσουτρέλης, 1990).

Στη μέθοδο της κόλουρου πυραμίδας, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5, σχεδιάζονται παράλληλα επίπεδα ως προς τον κυβισμό όγκο και θεωρείται ότι ο περικλειόμενος μεταξύ δύο αλληλοδιαδοχικών επιπέδων όγκος του προς κυβισμού στερεού, έχει σχήμα κόλουρου πυραμίδας. Με αυτήν την παραδοχή, ο μεταξύ δύο τομών περικλειόμενος όγκος παρέχεται από τη σχέση (Τσουτρέλης, 1990):

$$V = \frac{d}{3} \left[A_0 + A_1 + (A_0 A_1)^{1/2} \right] \quad [4.3]$$

Όπου d η απόσταση μεταξύ των δύο παράλληλων επιπέδων και A_0, A_1 τα εμβαδά του προς κυβισμού όγκου στα αντίστοιχα επίπεδα.



Σχήμα 4.5: Υπολογισμός όγκου με τη μέθοδο της κολουρου πυραμίδας (Τσουντρέλης, 1990).

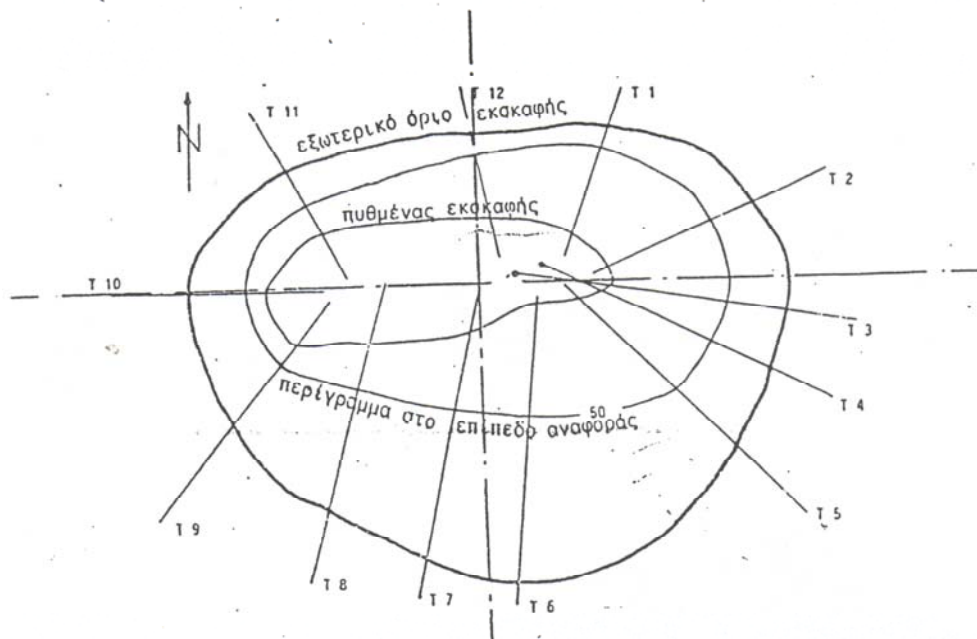
4.2.4 Μέθοδος των κάθετων τομών

Σε αυτή την τεχνική ο καθορισμός των ορίων της εκσκαφής γίνεται τμηματικά. Η εκσκαφή υποδιαιρείται πρώτα σε τομείς, των οποίων ο αριθμός εξαρτάται από τις εναλλαγές που παρουσιάζονται σε διάφορες παραμέτρους. Οι παράμετροι αυτές είναι (Καβουρίδης, 1992):

- η οριακή σχέση αποκάλυψης
- η επισφαλής γωνία των πρανών και
- η εναλλαγή καμπύλων τμημάτων της περιφέρειας με διάφορες ακτίνες καμπυλότητας

Η συνολική περιφέρεια του κοιτάσματος μπορεί έτσι να υποδιαιρεθεί σε έναν αριθμό καμπύλων ή και ευθύγραμμων τμημάτων, που αντιστοιχούν στους διάφορους τομείς. Σε κάθε τμήμα της περιφέρειας σχεδιάζονται μία ή περισσότερες κατακόρυφες τομές, χωρίζοντας το τμήμα σε ίσα περίπου μεταξύ τους υποτμήματα. Ο αριθμός των τομών που δημιουργούνται εξαρτάται από το μήκος του τμήματος

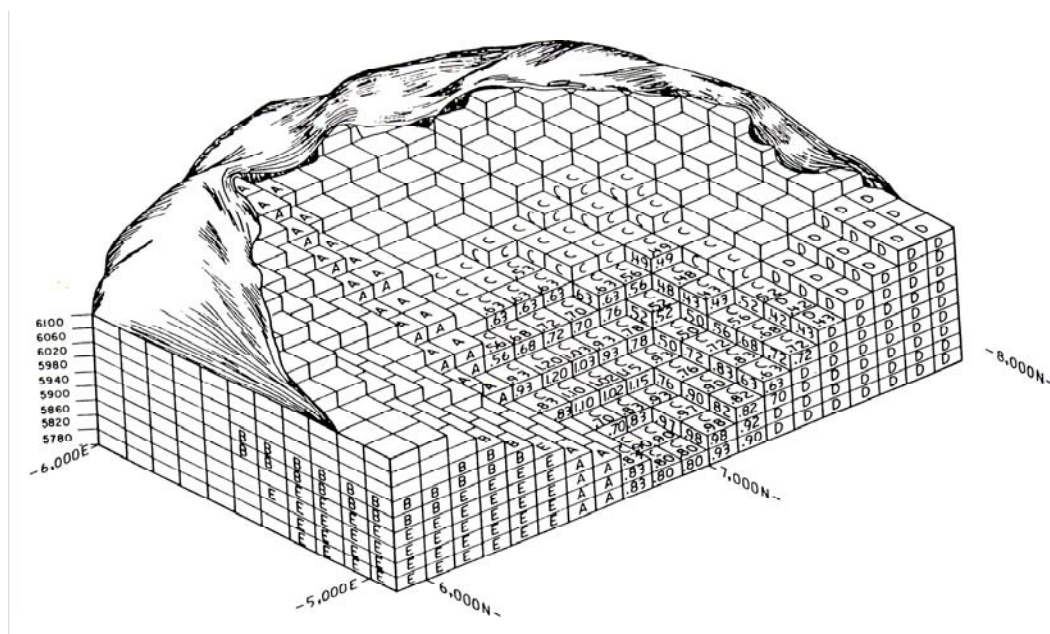
και γενικότερα από την επιθυμητή πυκνότητα των σημείων της περιμέτρου της εκσκαφής. Οι τομές σχεδιάζονται κάθετα επί του περιγράμματος του κοιτάσματος. Ο καθορισμός του περιγράμματος του κοιτάσματος διευκολύνεται με το σχεδιασμό των ισοϋψών καμπύλων της διαχωριστικής επιφάνειας μεταξύ του κοιτάσματος και των περιβαλλόντων άγονων πετρωμάτων. Από αυτές τις ισοϋψείς προκύπτει το περίγραμμα του κοιτάσματος σε κάτοψη, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.6, με βάση το οποίο ορίζεται σε πρώτη φάση ο προσανατολισμός των τομών. Στη συνέχεια καθορίζεται σε καθεμία τομή το όριο της εκσκαφής με διαδοχικές τομές. Τα σημεία του τελικού ορίου της εκσκαφής μεταφέρονται στην κάτοψη και ενώνονται μεταξύ τους. Σε περίπτωση που κρίνεται αναγκαίο το σχήμα του τελικού ορίου εκσκαφής εξομαλύνεται. Με βάση τα σχεδιαγράμματα των διαφόρων τομών, ακολουθεί η απεικόνιση των κατόψεων των βαθμίδων, στις οποίες πρέπει να εμφανίζονται τα όρια του μεταλλεύματος και τα εξωτερικά όρια της βαθμίδας. Από αυτές τις κατόψεις υπολογίζονται οι όγκοι μεταλλεύματος και αγόνων για την κάθε βαθμίδα, και από αυτούς οι συνολικοί όγκοι και η μέση σχέση αποκάλυψης.



Σχήμα 4.6: Τχνη μερικών τομών στην κάτοψη του χώρου εκσκαφής (Καβουρίδης, 1992).

4.3 Η μέθοδος των κυψελίδων

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος υλοποίησης ενός ψηφιακού μοντέλου κοιτάσματος είναι ένας νοερός τρισδιάστατος κάνναβος με μοναδιαία διανύσματα ΔX , $\Delta \Psi$, ΔZ , όπου κάθε κόμβος του κάνναβου αναπαριστά ένα στοιχειώδη όγκο ΔV του κοιτάσματος, με κέντρο τον κόμβο και διαστάσεις $\Delta X \Delta \Psi \Delta Z$. Ο στοιχειώδης όγκος ΔV ονομάζεται κυψελίδα και οι διαστάσεις όπως και το σχήμα του εξαρτώνται από τη μορφή του κοιτάσματος, τη μέθοδο εκμετάλλευσης, το είδος και την πυκνότητα των ερευνητικών εργασιών. Κάθε στοιχειώδης όγκος καθορίζεται από τρεις δείκτες i, j, k . Αφού καθοριστεί η αρχή των αξόνων του μοντέλου οι δείκτες i, j, k , δίνουν σε συνάρτηση με τις στοιχειώδεις διαστάσεις ΔX , $\Delta \Psi$, ΔZ τις συντεταγμένες κάθε στοιχειώδους όγκου στο χώρο. Ο καθορισμός των στοιχειωδών διαστάσεων ΔX , $\Delta \Psi$ είναι σε άμεση σχέση με την πυκνότητα των γεωτρήσεων. Σαν εμπειρικός κανόνας ισχύει ότι οι διαστάσεις αυτές πρέπει να κυμαίνονται στο $1/4$ με $1/5$ της μέσης ελάχιστης απόστασης των γεωτρήσεων. Η διάσταση ΔZ κατά τον κατακόρυφο άξονα Z λαμβάνεται συνήθως ίση με το ύψος της βαθμίδας γιατί με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η συμβατότητα με τις γεωμετρικές διαστάσεις του ορυχείου και διευκολύνεται ο υπολογισμός του χρονοδιαγράμματος παραγωγής και χρηματικών εισροών. Σε κάθε κυψελίδα υπολογίζονται και αποδίδονται οι τιμές των παραμέτρων του κοιτάσματος που εξετάζονται. Ο υπολογισμός γίνεται με ειδικές μεθόδους παρεμβολής (γεωμετρικές ή στατιστικές), χρησιμοποιώντας τα γνωστά στοιχεία από τις γεωτρήσεις. Οι μέθοδοι αυτοί λαμβάνουν υπόψη τις τιμές της υπολογιζόμενης παραμέτρου των γειτονικών στην κυψελίδα στοιχείων των γεωτρήσεων, τις αποστάσεις του και τις σχετικές θέσεις ως προς αυτή (Γαλετάκης, 2002). Στο σχήμα 4.7 φαίνεται ένα τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο.



Σχήμα 4.7: Τρισδιάστατο μοντέλο με κυψελίδα τετραγωνικής διατομής ($\Delta X = \Delta Y$) και ΔZ ίσο με το ύψος της βαθμίδας εκμετάλλευσης (Καβουρίδης, 1992).

4.4 Μέθοδοι παρεμβολής

4.4.1 Απόδοση τιμών με τη μέθοδο των αντιστρόφων αποστάσεων

Η μέθοδος των αντιστρόφων αποστάσεων, ανήκει στις γεωμετρικές μεθόδους παρεμβολής και είναι μια μέθοδος σταθμικού μέσου, όπου για τον υπολογισμό τιμής ενός στοιχειώδους όγκου (block) του κοιτάσματος χρησιμοποιούνται τα k πλησιέστερα δείγματα που περιέχονται εντός μιας καθορισμένης περιοχής που ορίζεται από μία σφαίρα ακτίνας R . Ο συντελεστής στάθμισης για κάθε δείγμα που λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό είναι το αντίστροφο της απόστασης του δείγματος από το κέντρο του στοιχειώδους όγκου υψωμένου σε μία δύναμη. Η αρχή αυτής της μεθόδου είναι ότι όσο πλησιέστερα στο block είναι ένα δείγμα τόσο περισσότερο πρέπει να αυξάνεται ο συντελεστής επιρροής του στη διαμόρφωση του σταθμικού μέσου του block. Η πιο συνηθισμένη παραλλαγή της μεθόδου των αντιστρόφων αποστάσεων είναι η μέθοδος των αντιστρόφων αποστάσεων στο τετράγωνο, γνωστή και ως IDS. Για τον εντοπισμό των k πλησιέστερων δειγμάτων που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από την ακτίνα R συχνά, όταν η μεταβολή

της παραμέτρου του κοιτάσματος που εξετάζεται παρουσιάζει ανισοτροπία, χρησιμοποιείται αντί για μία ακτίνα R , δύο ακτίνες R_{\max} και R_{\min} , που αντιπροσωπεύουν μια επιφάνεια ελλειπτική και όχι σφαιρική όπως συμβαίνει στην περίπτωση αναζήτησης εντός σφαίρας ακτίνας R (Γαλετάκης, 2002).

4.4.2 Γενικά για τις στατιστικές μεθόδους

Τα τελευταία χρόνια είναι ευρύτατα διαδεδομένες οι στατιστικές μέθοδοι υπολογισμού της ποιότητας της μεταλλοφορίας. Η διάδοση τους οφείλεται αφ' ενός στην καλύτερη εκτίμηση της μέσης περιεκτικότητας στα ζητούμενα συστατικά του τμήματος του κοιτάσματος που ερευνάται, σε σχέση με τις γεωμετρικές, και αφ' ετέρου στη δυνατότητα καθορισμού ενός διαστήματος εμπιστοσύνης εντός του οποίου αναμένεται να υπάρχει η αληθινή μέση περιεκτικότητα του εξεταζόμενου τμήματος. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του δειγματοληπτικού πληθυσμού ταξινομούνται σε κλάσεις περιεκτικότητας και για κάθε συστατικό που προσδιορίζεται, κατασκευάζεται και το αντίστοιχο συχνόγραμμα. Εάν το συχνόγραμμα έχει μία μόνο κορυφή, τότε η μορφή της κατανομής των δειγματοληπτικών τιμών παρουσιάζει ισχυρή θετική συμμετρία με επικρατούσα τιμή αριστερά του αριθμητικού μέσου ή ισχυρή αρνητική συμμετρία με επικρατούσα τιμή δεξιά του αριθμητικού μέσου ή κανονική κατανομή. Εάν το συχνόγραμμα είναι πολυκόρυφο σημαίνει ότι οι τιμές του δειγματοληπτικού πληθυσμού δεν προέρχονται από ομοιόμορφο πληθυσμό αλλά από υποπληθυσμούς. Σε αυτή την περίπτωση οι δειγματοληπτικές τιμές διαχωρίζονται σε υποπληθυσμούς προκειμένου να προκύψουν μονοκόρυφα συχνογράμματα. Στη συνέχεια για κάθε ενιαίο πληθυσμό με μονοκόρυφο συχνόγραμμα υπολογίζεται η μέση τιμή του ζητούμενου συστατικού, η διακύμανση, η τυπική απόκλιση και η ασυμμετρία του. Όταν στο συχνόγραμμα που έχει χαραχθεί η κατανομή συχνοτήτων των τιμών παρουσιάζει θετική ή αρνητική συμμετρία, τότε δοκιμάζονται διάφοροι τρόποι μετασχηματισμού για την μετατροπή της κατανομής σε κανονική. Η καμπύλη που προκύπτει τελικά, συγκρίνεται με τη λεγόμενη δοκιμή του χ^2 , προς τη θεωρητική καμπύλη της κανονικής κατανομής, η οποία έχει τον ίδιο μέσο και την ίδια τυπική απόκλιση με το δειγματοληπτικό πληθυσμό, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν μπορεί να γίνει αυτή δεκτή ως κανονική ή να απορριφθεί. Έπειτα, υπολογίζεται η μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος στο

ζητούμενο συστατικό με τη μέθοδο της Μέγιστης Πιθανότητας και ορίζεται με τις γνωστές στατιστικές μεθόδους το διάστημα εμπιστοσύνης στο οποίο βρίσκεται η αληθινή περιεκτικότητα του ζητούμενου συστατικού στον επιθυμητό βαθμό εμπιστοσύνης. Τα στοιχεία μέσα από τα οποία καθορίζεται η θέση στο χώρο κάθε δειγματοληπτικής τιμής, δηλαδή οι συντεταγμένες, μεταφέρονται σε διάτρητα δελτία και με τη χρήση κατάλληλου προγράμματος στον υπολογιστή, λαμβάνονται ενδιαφέρουσες πληροφορίες για τη μεταλλοφορία. Από την παλινδρομική ανάλυση δευτέρου και τρίτου βαθμού που υπεισέρχεται, βρίσκεται η επιφάνεια επιρροής κάθε δειγματοληπτικής τιμής, τα αποθέματα, όπως και οι κατευθύνσεις τις οποίες πρέπει να ακολουθήσει η εκμετάλλευση αφ' ενός από πλευράς ποιότητας και αφ' ετέρου η μεταλλευτική έρευνα για την αναζήτηση νέων κοιτασμάτων (Τσουτρέλης, 1990).

4.4.3 Μέθοδος krigging

Αρχικά γίνεται η στατιστική ανάλυση των στοιχείων των γεωτρήσεων, για να υπολογιστούν οι βασικές παράμετροι (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διάμεσος, επικρατούσα τιμή, μέτρο ασυμμετρίας και κύρτωσης) και να διαπιστωθεί ποια είναι η θεωρητική κατανομή των στοιχείων των γεωτρήσεων. Η πρώτη εκτίμηση του τύπου κατανομής πραγματοποιείται με την κατασκευή ιστογραμμάτων σχετικής ή αθροιστικής συχνότητας. Οι κατανομές που ακολουθούν συνήθως παράμετροι ποιότητας και γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κοιτασμάτων είναι η κανονική και η λογαριθμική. Για τη μέτρηση της μεταβολής μιας χωρομεταβλητής χρησιμοποιείται το πειραματικό βαριόγραμμα σύμφωνα με τη σχέση 4.3 (Γαλετάκης, 2002):

$$\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)] \quad [4.4]$$

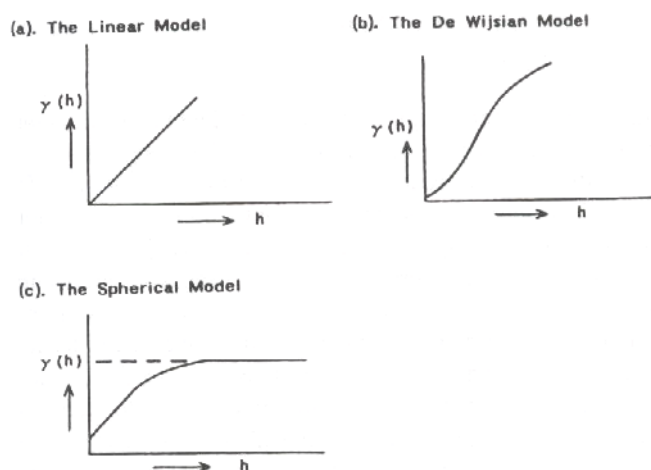
όπου: $\gamma(h)$ η τιμή του βαριογράμματος

$n(h)$ ο αριθμός των δειγμάτων που απέχουν απόσταση h

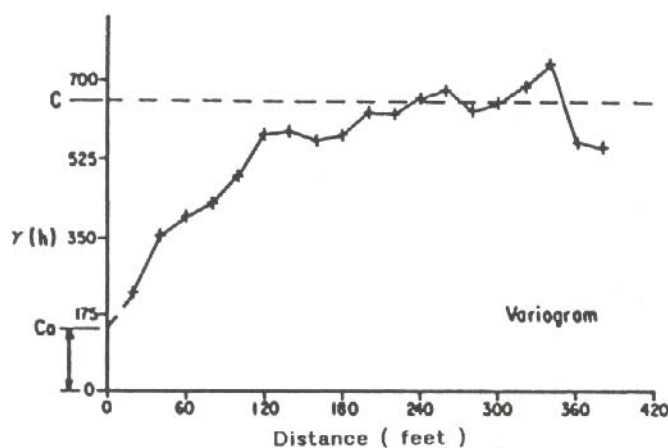
$Z(x_i)$ η τιμή της μεταβλητής που εξετάζεται στη θέση x_i

$Z(x_i+h)$ η τιμή της μεταβλητής στη θέση x_i+h

Για τον ευκολότερο υπολογισμό του βαριόγραμματος γίνεται ομαδοποίηση των δειγμάτων σύμφωνα με τη γεωμετρία της βαθμίδας και στη συνέχεια υπολογισμός του $\gamma(h)$. Έπειτα το πειραματικό βαριόγραμμα ερμηνεύεται και ταυτίζεται με έναν ή περισσότερους τύπους των θεωρητικών βαριόγραμμάτων. Στη συγκεκριμένη μέθοδο, απαιτείται να βρεθεί ο τύπος του συνολικού βαριόγραμματος που περιγράφει το κοίτασμα καθώς και ο λόγος και η διεύθυνση της ανισοτροπίας εφόσον υπάρχει, από την μέτρηση των βαριόγραμμάτων σε διάφορες κατευθύνσεις (Γαλετάκης, 2002). Στο σχήμα 4.8 και 4.9 φαίνονται ορισμένοι τύποι θεωρητικών βαριόγραμμάτων και το βαριόγραμμα ενός κοιτάσματος πορφυρικού χαλκού αντίστοιχα. Το τελευταίο, μπορεί να ταυτιστεί με σφαιρικό βαριόγραμμα.



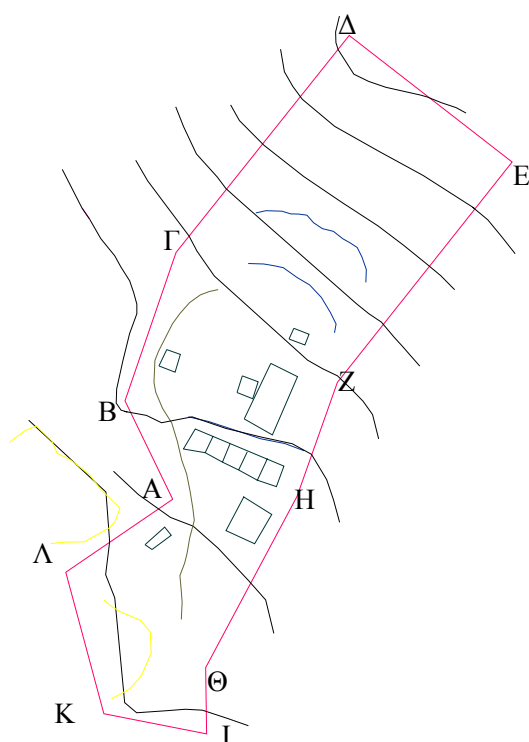
Σχήμα 4.8: Θεωρητικοί τύποι βαριόγραμμάτων (Hustrulid & Kuchta, 1998).



Σχήμα 4.9: Τυπικό βαριόγραμμα από κοίτασμα πορφυρικού χαλκού (Hustrulid & Kuchta, 1998)

4.5 Προκαταρκτικά βήματα για τον υπολογισμό των αποθεμάτων

Αρχικά ο τοπογραφικός χάρτης μετατράπηκε σε ψηφιακή μορφή μέσω του προγράμματος AutoCAD και του ψηφιοποιητή CALCOMP 9100 του εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Εδαφομηχανικής. Ο τοπογραφικός χάρτης, σε ηλεκτρονική πλέον μορφή, φέρει τα όρια του λατομείου, των οποίων οι συντεταγμένες παρουσιάζονται στο σχήμα 4.10, τις ισοϋψείς που διέρχονται από το λατομείο, τις υπάρχουσες μηχανολογικές εγκαταστάσεις, την πλατεία του λατομείου και τα

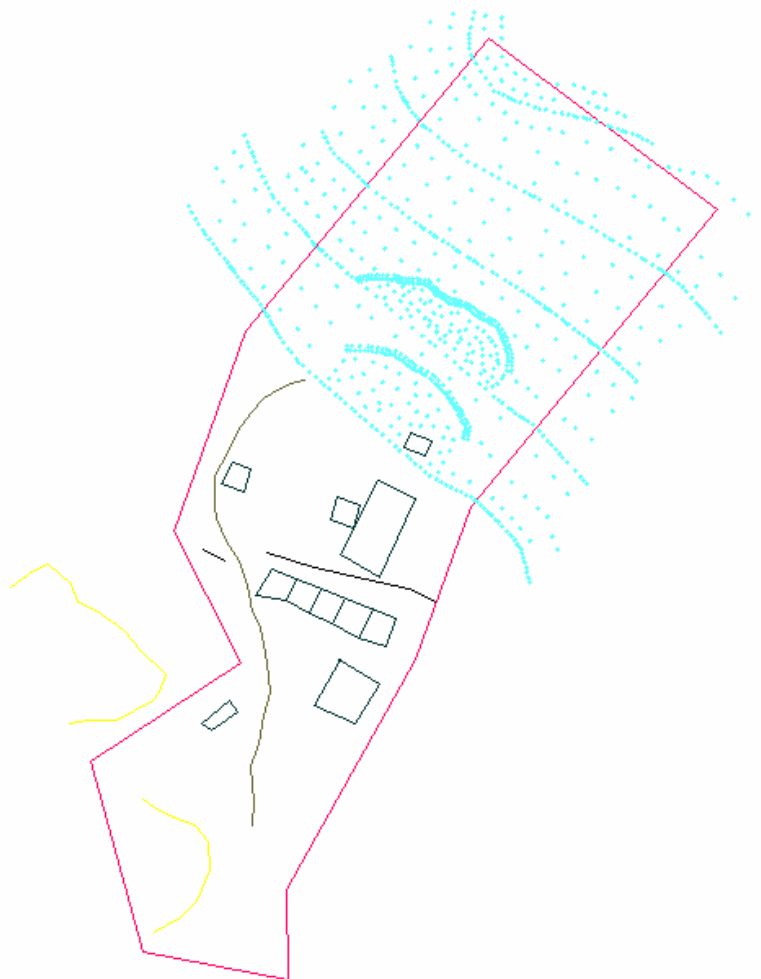


ΟΡΙΑ	X	Ψ
A	-2767	-16097
B	-2798	-16035
Γ	-2760	-15937
Δ	-2643	-15795
Ε	-2535	-15880
Ζ	-2655	-16022
Η	-2680	-16100
Θ	-2745	-16205
Ι	-2750	-16253
Κ	-2813	-16235
Λ	-2836	-16143

Σχήμα 4.10: Ψηφιοποιημένος τοπογραφικός χάρτης και συντεταγμένες ορίων.

παλαιότερα μέτωπα εξόρυξης. Το αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης απεικονίζεται στο σχήμα 4.10.

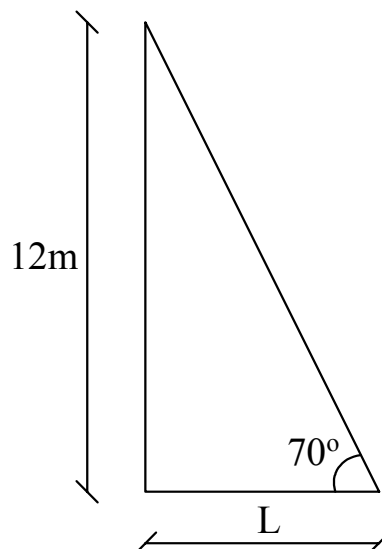
Οι ισοϋψείς στο λατομείο αναπαρίστανται με μαύρο χρώμα και ξεκινούν από την 220 που πρόσκειται στο σημείο Δ, διαδεχόμενη η μια την άλλη ανά 20m, φτάνοντας στην κατώτατη. Με κόκκινο χρώμα είναι η περίμετρος του λατομείου, ενώ με μπλε



Σχήμα 4.11: Τοπογραφικός χάρτης με πύκνωση των σημείων.

φαίνονται παλαιότερα μέτωπα εξόρυξης. Οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις όπως και η πλατεία, είναι μαύρου χρώματος. Μέρος του παλιού λατομείου (κίτρινο) φαίνεται και εντός των ορίων ιδιοκτησίας αλλά εκτός της άδειας εκμετάλλευσης. Ο λατομικός δρόμος (καφέ), όπως και τα προαναφερθέντα στοιχεία ανάλογα του χρωματός τους έχουν τοποθετηθεί και σε διαφορετικά *layers* στο AutoCAD. Η ανάγκη ενός όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικού τοπογραφικού χάρτη οδήγησε στην πύκνωση των σημείων ανάμεσα στις ισοϋψείς, όπως στο σχήμα 4.11 απεικονίζεται.

Γίνεται η μελέτη τριών διαφορετικών σεναρίων για τον τρόπο εκμετάλλευσης στο λατομείο Μανδηλαρά. Θεωρείται η κλίση του πρανούς περίπου 70° και στα τρία. Για το πρώτο σενάριο και για 12m ύψος βαθμίδας προκύπτει το πλάτος σχεδόν 5m. Η δεύτερη εκδοχή έχει βαθμίδες 10m ύψους και 4m πλάτους η καθεμία, ενώ στην τρίτη, διαμορφώνονται βαθμίδες με ύψος 8m και πλάτος 3m. Το ορθογώνιο τρίγωνο, του σχήματος 4.12, αναπαριστά την πλάγια όψη μιας βαθμίδας που προκύπτει από το



Σχήμα 4.12: Πλάγια όψη της βαθμίδας

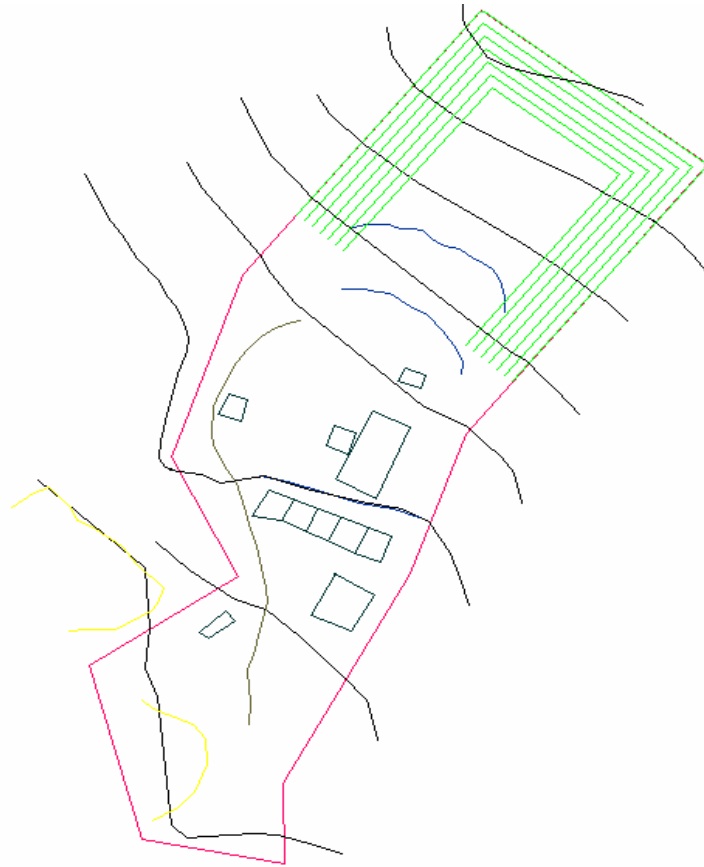
πλάτος, το ύψος της (12m) και τη νοητή κλίση των πρανών (70°). Από την εφαπτομένη της γωνίας υπολογίστηκε εύκολα το πλάτος L, όπως έγινε και για τις δύο άλλες περιπτώσεις.

$$L = 12/\tan 70^\circ = 5\text{m} \quad [4.5]$$

Στη συνέχεια, στο AutoCAD δημιουργείται μία pline, η οποία λέγεται “περίμετρος” και ξεκινάει από συντεταγμένες περίπου (-2730, 15907) κατευθύνεται στη βόρεια κορυφή του λατομικού χώρου στο (-2640, -15800), πηγαίνει στην ανατολική γωνία (2530, -15880) και τελειώνει στη νότια θέση της περιμέτρου (2625, 16000). Εκτελείται η εντολή offset ανά 5m προς το εσωτερικό του πεδίου εκμετάλλευσης. Το σχήμα που κατασκευάζεται είναι το 4.13. Η ίδια ακριβώς εργασία πραγματοποιείται και με offset 4 και 3m για τα αντίστοιχα κατά σειρά σενάρια. Επόμενο βήμα, είναι η επιλογή της εντολής pedit για την τελευταία pline που δημιουργήθηκε και εκτελείται close σε αυτήν. Για την αμέσως επόμενη pline συμβαίνουν τα ίδια. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται και για τις τρεις εξεταζόμενες περιπτώσεις.

4.6 Διαδικασία σχηματισμού της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης

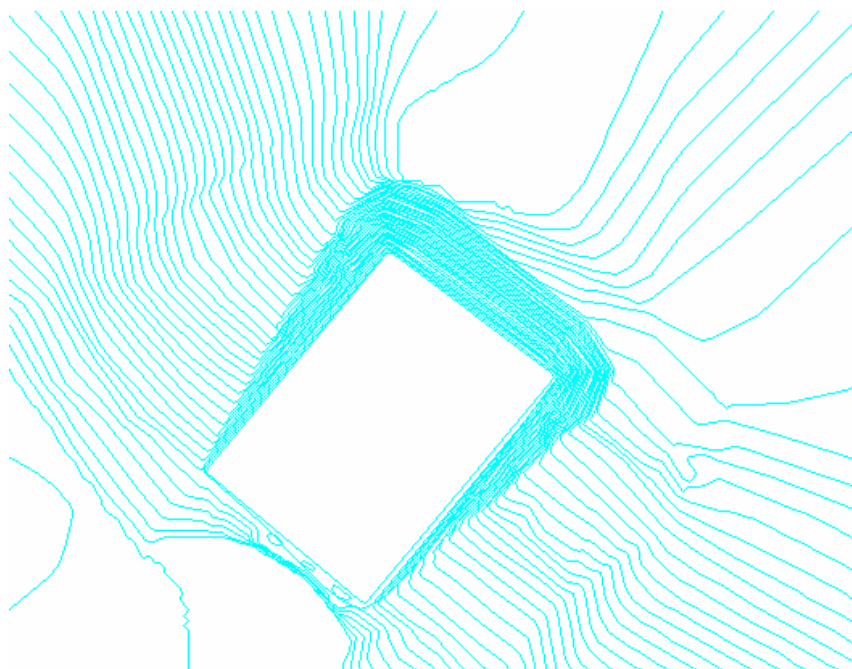
Η κατασκευή της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης πραγματοποιήθηκε με βάση τις τελικές ισοϋψείς του τοπογραφικού αναγλύφου και την επιφάνεια της πλατείας στη χαμηλότερη βαθμίδα. Η πλατεία αυτή προέκυψε ύστερα από δοκιμές που έγιναν για



Σχήμα 4.13: Απεικόνιση της περιμέτρου και το αποτέλεσμα της μετατόπισης της προς το εσωτερικό του πεδίου εκμετάλλευσης.

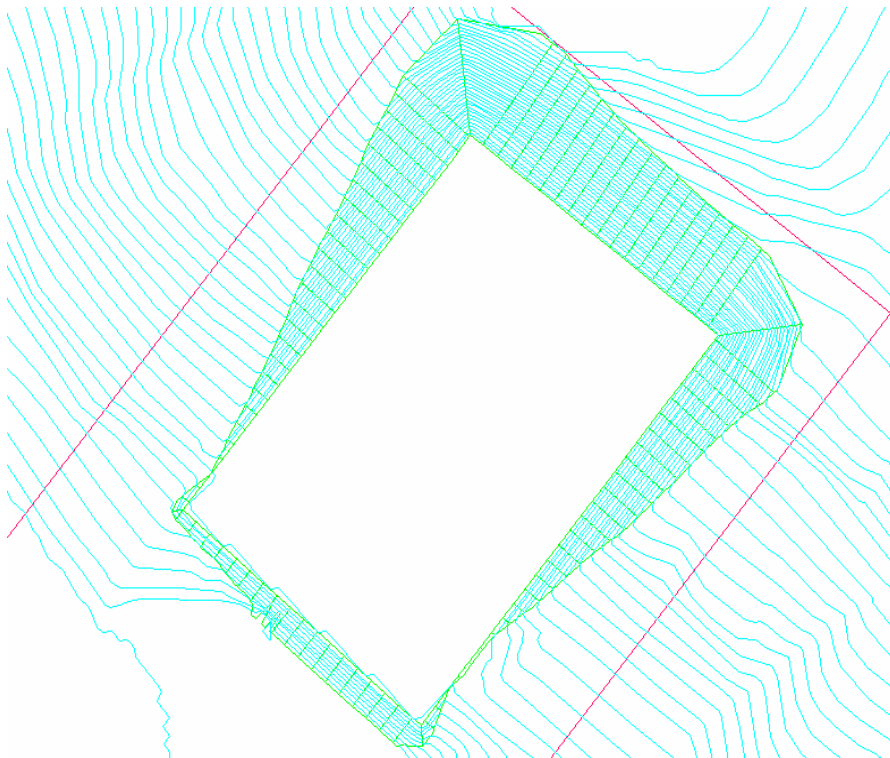
τα τρία εξεταζόμενα σενάρια. Έτσι δημιουργείται μια τυπική επιφάνεια στο επίπεδο των 160, 160 και 156 αντίστοιχα για τα τρία σενάρια. Η διαδικασία που περιγράφεται, εκτελείται στο λογισμικό πακέτο SurvCADD 2000 και αναφέρεται στο πρώτο σενάριο, με κλίση πρανών 12/5 και επιφάνεια πλατείας στα 160m. Με εκτέλεση της εντολής contour γίνεται εξομάλυνση των ισοϋψών με συναρτήσεις Bezier και υπολογισμός τους με την μέθοδο τριγωνοποίησης. Στο σχήμα 4.14 φαίνεται το αποτέλεσμα της εξομάλυνσης, για τον τρίτο προτεινόμενο τρόπο εκμετάλλευσης του λατομείου. Εισάγεται το block περίμετρος που έχει ήδη σχεδιαστεί και με explode μετατρέπεται πάλι από block σε pline. Πριν από αυτό, απαιτείται η δημιουργία ενός τρισδιάστατου κάναβου (grid) και επιτυγχάνεται με την εντολή DTM make 3D grid file.

Όσο μικρότερος είναι ο κάναβος, τόσο μεγαλύτερη πυκνότητα εμφανίζουν οι ισοϋψείς και αναμένεται καλύτερη συνεπώς ακρίβεια. Στην οθόνη του υπολογιστή δίνονται τα όρια για το αριστερό άκρο (-2800, -16100) του grid και για το δεξιό (-

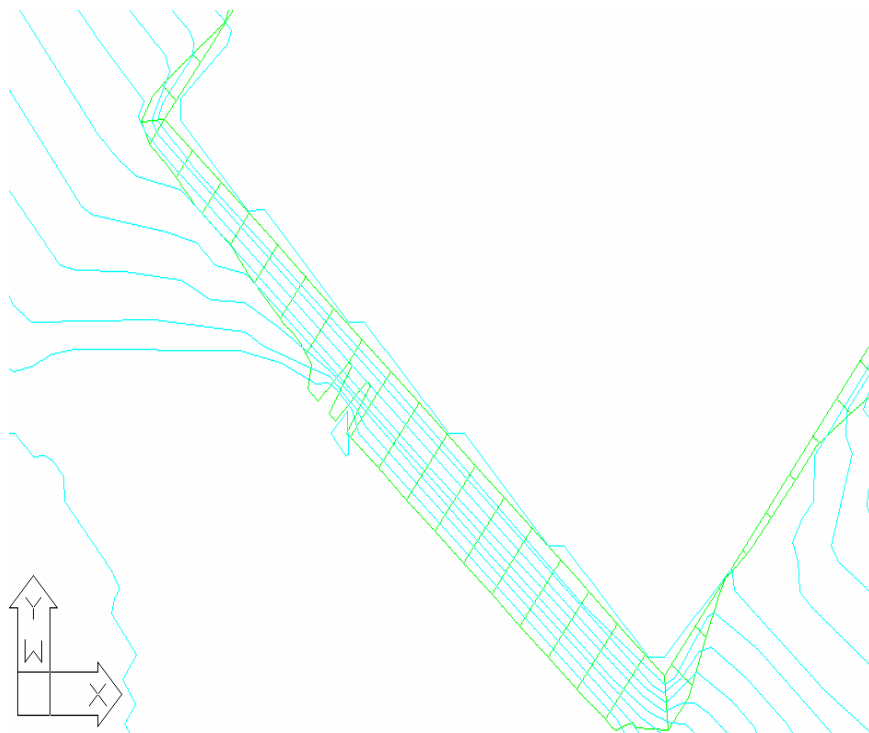


Σχήμα 4.14: Εξομάλυνση των ισοϋψών με χρήση συναρτήσεων Bezier από το SurvCADD 2000.

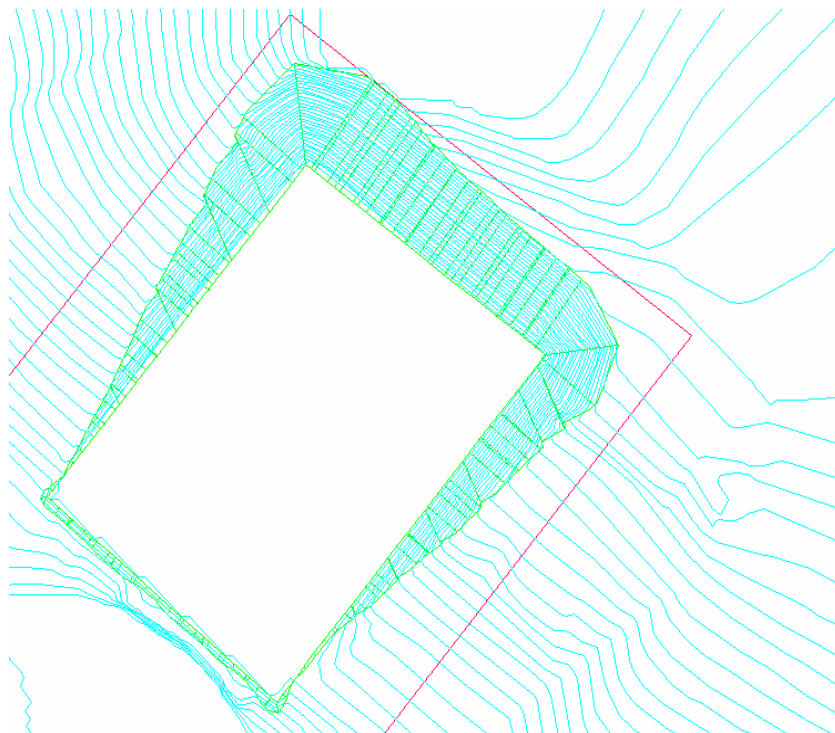
2450, -15750). Οι διαστάσεις του κάθε κελιού στον κάνναβο είναι 2m κατά ψ και 2m κατά χ . Το SurvCADD 2000 εντοπίζει 199 αντικείμενα με τα οποία θα υπολογίσει τον κάνναβο και τον σχεδιάζει για 30.900 σημεία. Στη συνέχεια επιλέγεται η εντολή design padtemplate από το menu site και ορίζεται και η επιφάνεια βάσης του λατομείου στα 160m. Αφού δοθεί η κλίση 12m ύψος και 5m πλάτος που προσδιορίζεται από τον αριθμό 0,42, το πρόγραμμα κατασκευάζει μόνο του τις βαθμίδες από την επιφάνεια βάσης μέχρι το τοπογραφικό ανάγλυφο, τέμνοντας όπου χρειάζεται και κατά περίπτωση τις αντίστοιχες ισοϋψείς (σχήμα 4.15). Στο πρώτο σενάριο, στο σχήμα 4.16, υπάρχει μια μικρή περιοχή νοτιοδυτικά της πλατείας η οποία χρειάζεται γέμισμα ώστε να συνδεθεί το επίπεδο των 160 με των 142, που είναι η ευρύτερη πλατεία του λατομείου. Η κλίση που ενώνει τα δύο επίπεδα είναι επίσης 5/12, ενώ θα έπρεπε να είναι ασφαλέστερη της τάξης των 10%, για να κινείται με ευκολία ο εξοπλισμός. Το πρόγραμμα υπολογίζει τον όγκο του πρώτου μοντέλου 282.000m^3 . Με όμοιο τρόπο κατασκευάζεται το δεύτερο και το τρίτο μοντέλο αντιστοίχων κλίσεων 6/10 και 3/8. Το SurvCADD 2000 δίνει όγκους 301.740m^3 και 404.042m^3 για τα δύο τελευταία σενάρια, των οποίων οι βαθμίδες απεικονίζονται στα σχήματα 4.17 και 4.18.



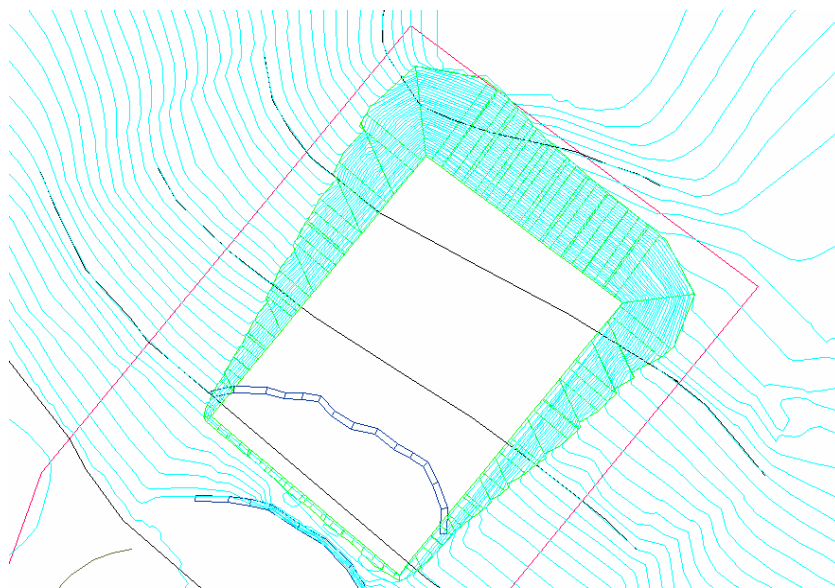
Σχήμα 4.15: Κατασκευή βαθμίδων από την επιφάνεια βάσης των 160 έως το τοπογραφικό ανάγλυφο στο πρόγραμμα SurvCADD 2000.



Σχήμα 4.16: Σύνδεση των επιπέδων 160 και 142 για την πρώτη εξεταζόμενη περίπτωση με κλίση 5/12.



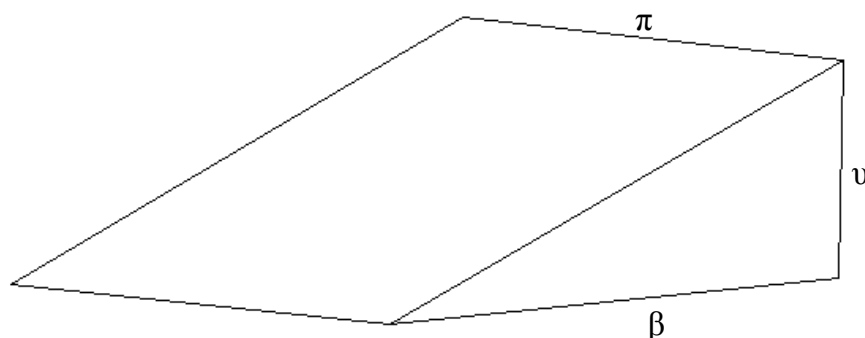
Σχήμα 4.17: Κατασκευή βαθμίδων 10m ύψους και 6m πλάτους για τη δεύτερη εξεταζόμενη περίπτωση εκμετάλλευσης.



Σχήμα 4.18: Απεικόνιση των βαθμίδων του τρίτου σεναρίου στο SurvCADD 2000

4.7 Ενδεικτικός υπολογισμός τάξης μεγέθους του εξορυσσόμενου υλικού

Για τη μελέτη αποδοχής ή απόρριψης των τιμών που προέκυψαν από το πρόγραμμα SurvCADD 2000 κατασκευάζεται το τριγωνικό πρίσμα του σχήματος 4.19. Οι διαστάσεις του σχεδίου είναι αντίστοιχες με αυτές του ψηφιακού χάρτη του



Σχήμα 4.19: Μοντέλο προσομοίωσης του εξορυσσόμενου όγκου.

λατομείου, για την περιοχή που γίνεται η εκμετάλλευση (ΓΔΕΖ). Ο εξορυσσόμενος όγκος, χωρίς τη διαμόρφωση των τελικών βαθμίδων, προσομοιώνεται με τον όγκο του γεωμετρικού σχήματος και δίνεται από τον τύπο:

$$V = (\beta \cdot \nu \cdot \pi) / 2 \quad [4.6]$$

Για βάθος, β , ίσο με 160 m, πλάτος, π και ύψος, ν , 140 και 80 m αντίστοιχα υπολογίζεται ο όγκος 896.000m³. Οι τρεις ογκομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο SurvCADD 2000 είναι αναμενόμενο να δίνουν μικρότερες τιμές, λόγω των απωλειών του υλικού που εναπομένει στην τελική φάση. Εξαιτίας των βαθμίδων τα αποτελέσματα των αυτόματων υπολογισμών του είναι συνεπώς μέσα στα αναμενόμενα όρια τιμών.

4.8 Εφαρμογή για τον υπολογισμό αποθεμάτων στο λατομείο των Μελάνων

Με τον όρο χρόνο ζωής μιας εκμετάλλευσης νοείται συνήθως ο συνολικός χρόνος οικονομικής λειτουργίας της εκμετάλλευσης από την διάνοιξη των έργων προσπέλασης έως την εξόφληση του κοιτάσματος. Για δεδομένα αποθέματα μεταλλεύματος ο χρόνος ζωής μιας εκμετάλλευσης είναι δυνατόν να υπολογισθεί από την σχέση (Αγιουτάντης, 1996):

$$t = (\Sigma_a - \Sigma_e) / \Pi_e \quad [4.7]$$

όπου Σ_a = το σύνολο των αποθεμάτων

Σ_e = το σύνολο του μεταλλεύματος που αφήνεται στη φυσική του θέση

Π_e = η ετήσια παραγωγή

t = ο χρόνος ζωής της εκμετάλλευσης

Καθώς η ετήσια παραγωγή προκύπτει συνήθως από την οικονομική επίλυση του προβλήματος (μεγιστοποίηση του συντελεστή εσωτερικής απόδοσης της επένδυσης, κλπ) είναι φανερό ότι ο υπολογισμένος χρόνος ζωής μιας εκμετάλλευσης είναι δυνατόν να μεταβληθεί αν μεταβληθούν οι παράμετροι που μεταβάλλουν την οικονομικότητα της εκμετάλλευσης.

Για το λατομείο των Μελάνων οι όγκοι που προέκυψαν από τα τρία πιθανά σενάρια είναι αντίστοιχα 282.000m^3 , 301.740m^3 , 404.042m^3 . Η ημερήσια παραγωγή ανέρχεται στα 400m^3 και το λατομείο λειτουργεί 250 ημέρες σε ετήσια βάση. Με εφαρμογή της σχέσης [4.7] για το πρώτο σενάριο, προκύπτει:

$$t_1 = 282.000 / 400 \cdot 250 = 2,8 \text{ έτη}$$

Ομοίως, για το δεύτερο σενάριο υπολογίζεται ότι $t_2 = 3$ έτη και για το τρίτο $t_3 = 4$ έτη περίπου. Δηλαδή, αν το λατομείο ξεκινήσει την εκμετάλλευση, για την πρώτη περίπτωση, την 1^η Ιουλίου του 2004 οι εργασίες για την εξόφληση του κοιτάσματος θα έχουν ολοκληρωθεί στο τέλος του Μαΐου του 2007. Οι υπολογισμοί έγιναν αγνοώντας τις γεωλογικές ιδιαιτερότητες της λατομικής περιοχής. και τα υπολογιζόμενα αποθέματα δεν ανταποκρίνονται 100% σε ασβεστολιθικό υλικό, αλλά εμπεριέχονται σε αυτά και άγονα υλικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5***ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΔΡΑΝΗ*****5.1 Διοίκηση ολικής ποιότητας**

Η διοίκηση με την βοήθεια της ολικής ποιότητας (TQM) αποτελεί έναν τρόπο σκέψης. Εγγενές συστατικό αυτής της σκέψης είναι η ολοκληρωτική δέσμευση ως προς την ποιότητα και μια συγκεκριμένη νοοτροπία, η οποία εκδηλώνεται με την ανάμιξη όλων στη διαδικασία της συνεχούς βελτίωσης των προϊόντων και των υπηρεσιών, μέσα από τη χρήση καινοτομικών επιστημονικών μεθόδων.

Το κόστος της χαμηλής ποιότητας γενικά συνδέεται με την ανακάλυψη (κόστος αξιολόγησης) και τη διόρθωση (κόστος αποτυχίας) της χαμηλής ποιότητας, καθώς και με την πρόληψη της χαμηλής ποιότητας (κόστος πρόληψης). Επειδή το κόστος της χαμηλής ποιότητας εμπεριέχεται σε κάθε προγραμματισμένο έργο βελτίωσης της ποιότητας, πολλοί άνθρωποι ακόμα θεωρούν τις προσπάθειες για βελτίωση της ποιότητας ως οικονομική επιβάρυνση την οποία αναπόφευκτα θα πρέπει να επωμισθεί ο καταναλωτής (Λογοθέτης, 1992).

Αυτή μπορεί να είναι η περίπτωση όπου οι μοναδικές ενέργειες που σχετίζονται με το πρόγραμμα της ποιότητας είναι οι αυξανόμενες προσπάθειες για μαζική επιθεώρηση, η επιδιόρθωση των ελαττωματικών προϊόντων, η επανεπιθεώρηση, η αξιολόγηση της λειτουργίας, οι συχνοί εσωτερικοί έλεγχοι ποιότητας, ο έλεγχος ποιότητας των παραλαμβανομένων προϊόντων και η επένδυση σε νέα μηχανήματα. Οι περισσότερες από τις παραπάνω ενέργειες είναι αρνητικές όσον αφορά την επίτευξη της ποιότητας. Ενισχύουν την άποψη ότι τα ελαττώματα είναι αναπόφευκτα και, επομένως, ο μόνος τρόπος για να αποφευχθεί η χαμηλή ποιότητα που φθάνει στον καταναλωτή είναι το να καταβληθεί μεγαλύτερη προσπάθεια για τον εντοπισμό και τη διόρθωση του ελαττωματικού. Η συμπεριφορά αυτή ενθαρρύνει την παθητικότητα και τον εφησυχασμό και, στην πραγματικότητα, συνεισφέρει στην αύξηση της χαμηλής ποιότητας και του συνολικού κόστους. Επιπλέον, το αυξανόμενο κόστος της χαμηλής ποιότητας μπορεί να αντανάκλα την επιχειρησιακή γραφειοκρατία και να μην αποτελεί το πραγματικό κόστος της βελτίωσης και της καινοτομίας.

Ωστόσο τα πράγματα δεν είναι υποχρεωτικό να εξελιχθούν έτσι. Αν καταβληθεί αρκετή προσπάθεια για τη σωστή μόρφωση και τη χρήση των εργαλείων της ποιότητας για την πρόληψη της φτωχής ποιότητας, τα δύο αρνητικά στοιχεία του κόστους της χαμηλής ποιότητας δηλαδή το κόστος της αποτυχίας και της εκτίμησης, θα ελαττωθούν ως αποτέλεσμα. Το συνολικό κόστος της χαμηλής ποιότητας όμως θα μειωθεί, γεγονός που θα είναι μια απλή συνέπεια της πρωτοβουλίας για την ολική ποιότητα.

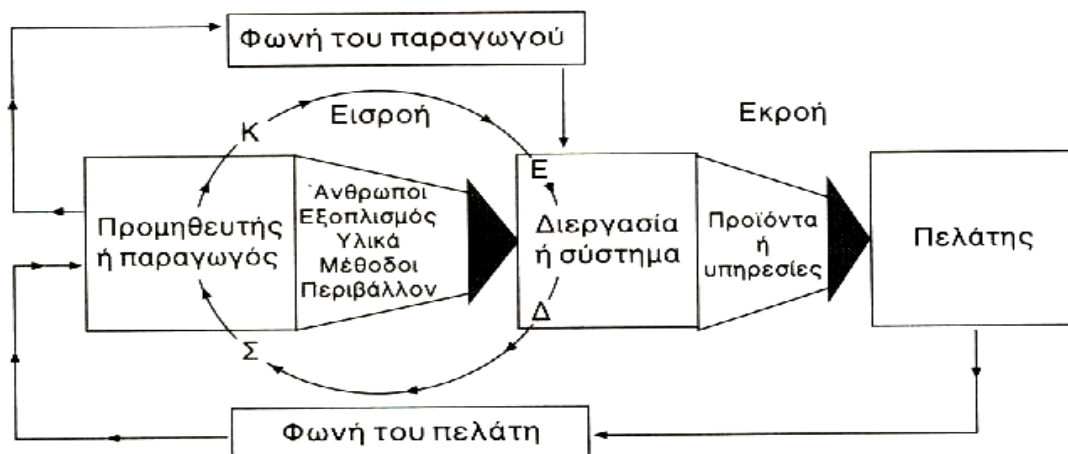
Κατά τα αρχικά στάδια της πρωτοβουλίας για την ποιότητα, ο έλεγχος του κόστους χαμηλής ποιότητας θα μπορούσε να χρησιμεύσει στη συνειδητοποίηση των προβλημάτων της ποιότητας. Θα μπορούσε να φανεί χρήσιμος κατά την εκτίμηση του μεγέθους των δραστηριοτήτων οι οποίες δεν προσθέτουν αξία και επομένως να δώσει ένα κίνητρο στις προσπάθειες για βελτίωση. Εντούτοις, όταν η κουλτούρα του TQM έχει σταθεροποιηθεί, δεν εξυπηρετεί σε τίποτα η μέτρηση του κόστους της χαμηλής ποιότητας, σε τελευταία ανάλυση, σε πολλές περιπτώσεις το σημαντικότερο κόστος μπορεί να μην είναι μετρήσιμο ή αναγνωρίσιμο (Λογοθέτης, 1992).

5.2 Ουσιώδεις συνεχιζόμενες ενέργειες

Υπάρχει ένας συνεχής κύκλος ενεργειών που προτείνεται ως μια διαδικασία που ενισχύει την εδραίωση και τη μακροπρόθεσμη ύπαρξη μιας οργάνωσης της ποιότητας και απεικονίζεται στο σχήμα 5.1. Ο κύκλος, που ονομάζεται κύκλος του Deming ή του Shewhart, αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια, που το ένα ακολουθεί το άλλο με μια καθορισμένη σειρά που επαναλαμβάνεται συνεχώς. Το όνομα κύκλος ΣΚΕΔ χρησιμοποιείται συχνά ως σύντμηση και των τεσσάρων σταδίων : σχεδίασε, κάνε, έλεγξε, δράσε. Αντικατοπτρίζεται έτσι η βάση ενός αυτοσυντηρήσιμου προγράμματος για την ποιότητα. Πρόκειται για το κλασικό μοντέλο επίλυσης προβλήματος και αυτοτροφοδοτούμενης μάθησης. Ο κύκλος του Deming θα πρέπει να οδηγεί κάθε διεργασία ή δραστηριότητα της επιχείρησης, όσο μικρή και αν είναι.

5.3: Η έννοια του προτύπου - τύποι ελέγχου

Πρότυπο είναι ένα έγγραφο που έχει καθιερωθεί με συναίνεση και έχει εγκριθεί από



Σχήμα 5.1: Ο κύκλος του Deming (Λογοθέτης, 1992).

έναν αναγνωρισμένο φορέα, και παρέχει για κοινή και επαναλαμβανόμενη χρήση κανόνες, κατευθυντήριες γραμμές ή χαρακτηριστικά, για δραστηριότητες ή για αποτελέσματα τους και που αποσκοπεί στην επίτευξη του βέλτιστου βαθμού τάξης σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο εφαρμογής. Οι κατηγορίες των προτύπων είναι οι εξής (Γαλετάκης, 2000):

- Κλαδικά
- Κρατικά
- Εθνικά – Ευρωπαϊκά (ΕΛΟΤ, CEN/CENELEC)
- Διεθνή (ISO/IEC)

Έλεγχος είναι η μέτρηση και η αξιολόγηση των αποκλίσεων των αποτελεσμάτων μιας εργασίας για να προβλεφθούν και να προληφθούν τυχόν αποκλίσεις από καθιερωμένα πρότυπα. Διακρίνονται τρεις τύποι διαδικασίας ελέγχου (Μουστακίς, 2002):

- *Ανασκόπηση:* Εξετάζεται το τι έγινε στο παρελθόν (δηλαδή μια προηγούμενη χρονική περίοδο), πχ. πωλήσεις του μήνα που πέρασε, ρυθμός χρησιμοποίησης μηχανών κ.λ.π. Με την ανάλυση του παρελθόντος στόχος είναι η διόρθωση ή καλύτερα ο επαναπροσδιορισμός των ενεργειών σε ανάλογες περιπτώσεις στο μέλλον. Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι δεν υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της μετρούμενης (ή αξιολογούμενης) ενέργειας αφού η διεξαγωγή της έχει ήδη ολοκληρωθεί.
- *Ναι-Όχι (Συνέχεια):* Πρόκειται για τύπο ελέγχου της εργασίας που γίνεται παράλληλα με την πρόοδο της εργασίας. Σύμφωνα με αυτόν τον τύπο ελέγχου η ροή της εργασίας σταματά αν σε κάποιο στάδιο της διεξαγωγής της υπάρχει μια ή και περισσότερες ανεπιθύμητες αποκλίσεις από τα καθιερωμένα

πρότυπα (standards). Σε αυτήν την περίπτωση η εργασία συνεχίζεται μόνο αν η κατάσταση διορθωθεί και η λειτουργία επανέλθει μέσα στα επιτρεπτά όρια. Μια ουσιαστική διαφορά αυτού του τύπου ελέγχου από τον προηγούμενο είναι ότι η διορθωτική ενέργεια αναφέρεται άμεσα στο αξιολογούμενο έργο ή αξιολογούμενη δραστηριότητα.

- *Πηδαλιούχηση*: Η εκτέλεση της εργασίας παρακολουθείται συνεχώς. Υπάρχει μεθοδολογία (η οποία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος εκτέλεσης της εργασίας) για την πρόβλεψη αποτελεσμάτων και την αναγνώριση αποκλίσεων από πρότυπα. Στόχος της πηδαλιούχησης είναι η πρόληψη. Η διορθωτική ενέργεια αναφέρεται στην πρόβλεψη περί απόκλισης. Η πηδαλιούχηση συνιστά ένα δυναμικό μοντέλο ελέγχου μιας δραστηριότητας ή ενός συστήματος. Από διοικητική σκοπιά η πηδαλιούχηση σαν τύπος διαδικασίας ελέγχου παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Από τη μια μεριά προσδιορίζεται (η πηδαλιούχηση) μέσα από ένα πλαίσιο συνεχούς παρακολούθησης και βελτίωσης της λειτουργίας του συστήματος. Από την άλλη μεριά εντάσσεται στη διαδικασία αντιμετώπισης πιθανών (ή δυνατών) προβλημάτων, η οποία σε γενικές γραμμές, ορίζεται σε τρία επίπεδα:
 - Επίπεδο Α: Ενέργειες που συμβάλλουν στην αποφυγή μιας ανεπιθύμητης απόκλισης από καθιερωμένα πρότυπα (πρόληψη).
 - Επίπεδο Β: Ενέργειες που στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση της απόκλισης εφόσον αυτή συμβεί.
 - Επίπεδο Γ: Ενέργειες που στοχεύουν στη γρήγορη (άμεση) επαναφορά της λειτουργίας του συστήματος σύμφωνα με τα καθιερωμένα πρότυπα εφόσον μια απόκλιση από αυτά παρουσιασθεί.

5.4 Διαδικασία ελέγχου

Υπάρχουν δύο στάδια μέσα από τα οποία ολοκληρώνεται η διαδικασία ελέγχου. Στο πρώτο στάδιο περιλαμβάνεται ο καθορισμός των επιθυμητών αποτελεσμάτων που χρησιμεύουν σαν μέτρα αναφοράς (είναι τα πρότυπα, ή προδιαγραφές, ή standards). Το δεύτερο στάδιο είναι αυτό που μεθοδεύεται η διόρθωση τυχόν διαφοράς μεταξύ επιθυμητών και πραγματικών αποτελεσμάτων.

Η μέτρηση των αποτελεσμάτων της εργασίας για έλεγχο προϋποθέτει την επισήμανση και παρακολούθηση μεταβλητών που να εκφράζουν τους κύριους δείκτες επιτυχίας. Οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται γύρω από διάφορες παραμέτρους της εργασίας χρησιμεύουν για να κατευθύνουν προς τρεις δυνατότητες διόρθωσης της εργασίας (Μουστάκης, 2002):

- Μεταβολές στα παραγωγικά μέσα (ποιότητα, ποσότητα και οργάνωση προσωπικού, υλικών, επενδύσεων και κεφαλαίου κινήσεως).
- Μεταβολές στις μεθόδους παραγωγής (ροή εργασίας και τρόπο χρησιμοποίησης των παραγωγικών μέσων).
- Μεταβολές στα μέτρα αναφοράς (πρότυπα).

5.5 Αδρανή δομικά υλικά

Ασβεστόλιθοι χρησιμοποιούνται ως αδρανή υλικά στην παραγωγή μπετόν και κονιαμάτων από μπετόν, όπως επίσης στην κατασκευή υποστρωμάτων ασφαλτοστρωμένων και άλλων οδών. Πολλές ιδιότητες του μπετόν βελτιώνονται με τη χρησιμοποίηση ασβεστολιθικών αδρανών. Ασβεστόλιθοι και δολομίτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή όταν (Κωστάκης, 1994):

- Έχουν αντοχή σε θλίψη άνω των 500 kg/cm^2 ή $49,03 \text{ MPa}$
- Δεν περιέχουν οργανικά συστατικά, ενώσεις θείου, χλωρίδια και νιτρικά άλατα.
- Έχουν πολύ μικρή μόνο περιεκτικότητα ($<0,5\%$ ή $<1\%$) αργιλικών συστατικών.

5.6 Πηγές αδρανών υλικών

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται στα σκυροδέματα και προμηθεύονται τα ασφαλικά συγκροτήματα, οι τεχνικές εταιρίες, οι διάφορες βιομηχανίες και βιοτεχνίες, προέρχονται από τις παρακάτω πηγές:

- Λατομεία θραυστών υλικών που λειτουργούν εντός και εκτός θεσμοθετημένων λατομικών περιοχών
- Θαλάσσιες αμμοχαλικοληψίες
- Εργοταξιακά λατομεία (δανειοθάλαμοι) για την εξυπηρέτηση δημοσίου έργου

με συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα

- Υποπροϊόντα λατομείων μαρμάρων
- Υλικά που προκύπτουν από την αποκάλυψη μεταλλευμάτων και ορυκτών
- Υλικά από ανακύκλωση (πχ. επιστροφές και αστοχίες σκυροδεμάτων).

Από τις παραπάνω πηγές εκτιμάται ότι ποσοστό μεγαλύτερο του 80% προέρχεται από τα λατομεία θραυστών που λειτουργούν εντός και εκτός λατομικών περιοχών. Οι ποτάμιες και οι θαλάσσιες αμμοχαλικοληψίες περιορίζονται συνεχώς λόγω περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι υπόλοιπες πηγές συμμετέχουν σε μικρό ποσοστό και θα πρέπει να ελέγχονται αυστηρά για την καταλληλότητα τους (Γαλετάκης, 2000). Στον πίνακα 5.1 φαίνονται συνοπτικά τα πρότυπα για ορισμένα πλαίσια εφαρμογών.

5.7 Τσιμέντα

Τα τσιμέντα είναι κονίες, που παράγονται μετά από όπτηση της πρώτης ύλης σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 1400° C και αποτελούνται από ενώσεις του CaO με SiO₂, Al₂O₃ και Fe₂O₃. Κατά τη θέρμανση της φαρίνας μέχρι την περίτξη δημιουργούνται τα ορυκτά του κλίνκερ. Το κλίνκερ αποτελείται κυρίως από αλίτη (3CaO.SiO₂), βελίτη (2CaO.SiO₂), αργίλικό τριασβέστιο (3CaO.Al₂O₃) και

Πίνακας 5.1: Ενδεικτικός πίνακας ορισμένων προτύπων

κοκκομετρική διαβάθμιση κλασμάτων αδρανών για την παραγωγή σκυροδέματος	κόσκινα: DIN 4187, DIN 4188, ASTM E11
δοκιμή Los Angeles	ΕΛΟΤ 408
επιβλαβείς χημικές προσμίξεις στα αδρανή	N.K.T.Σ. 1997
αδρανή υλικά για την κατασκευή υποβάσεων οδοστρωμάτων	πρότυπο τύπου προδιαγραφής 0-150
αδρανή υλικά για την κατασκευή βάσεων οδοστρωμάτων	πρότυπο τύπου προδιαγραφής 0-155
συστήματα διασφάλισης ποιότητας λειτουργίας των λατομείων	ISO 9001

σιδηροαργιλική φάση $[2\text{CaO} \cdot x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (1-x)\text{Fe}_2\text{O}_3]$, που συνήθως δεν είναι στοιχειομετρικά καθαρά. Το κλίνκερ περιέχει σε μικρά ποσοστά και υαλώδη φάση, ενώ μπορεί να περιέχει και ελεύθερη άσβεστο. Τα θειώδη και θειικά άλατα των αργιλωδών συστατικών, όπως και τα θειώδη προϊόντα της καύσης του μαζούτ, οδηγούν στο σχηματισμό K_2SO_4 και Na_2SO_4 μέσα στο κλίνκερ.

Στη βιομηχανική πράξη χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της σύνθεσης του κλίνκερ τρεις δείκτες (Κωστάκης, 1994):

- Ο δείκτης ασβέστου είναι το ποσοστό με το οποίο συμμετέχει το CaO στις βασικές ενώσεις του κλίνκερ. Ο λόγος K_{SIII} του δρώντος CaO μέσα στο κλίνκερ προς το μέγιστο ποσοστό του CaO που απαιτείται ονομάζεται βαθμός κορεσμού σε άσβεστο και δίδεται στην πράξη από την εξίσωση:

$$K_{\text{SIII}} = 100\text{CaO} / 2,8\text{SiO}_2 + 1,18\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad [5.1]$$

Στα τσιμέντα υψηλής ποιότητας το K_{SIII} κυμαίνεται από 95 έως 100.

- Ο πυριτικός δείκτης SM πρέπει να είναι μεταξύ του 1,8 και 3,4 και δίδεται από τη σχέση:

$$\text{SM} = \text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \quad [5.2]$$

Αύξηση του πυριτικού δείκτη χειροτερεύει την εψησιμότητα του κλίνκερ, επειδή ελαττώνει το ποσοστό της υγρής φάσης και την ικανότητα περίτηξης.

- Ο αργιλικός δείκτης, TM, καθορίζει τη σύνθεση της υγρής φάσης στο κλίνκερ. Υψηλός αργιλικός δείκτης σε συνδυασμό με χαμηλό πυριτικό δείκτη συνεπάγονται γρήγορη πήξη του τσιμέντου. Ισχύει η σχέση:

$$\text{TM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 \quad [5.3]$$

5.7.1 Αδρανή για σκυροδέματα

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκυροδεμάτων είναι είτε θραυστά είτε φυσικά. Σύμφωνα με τον Νέο Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Ν.Κ.Τ.Σ.) του 1997 τα αδρανή αυτά πρέπει να πληρούν τις παρακάτω συγκεκριμένες προδιαγραφές:

- Η κοκκομετρική διαβάθμιση των επί μέρους κλασμάτων των αδρανών
- Τα χημικά χαρακτηριστικά του πετρώματος – επιβλαβείς προσμίξεις
- Τα φυσικά – μηχανικά χαρακτηριστικά τους

5.7.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση των επί μέρους κλασμάτων

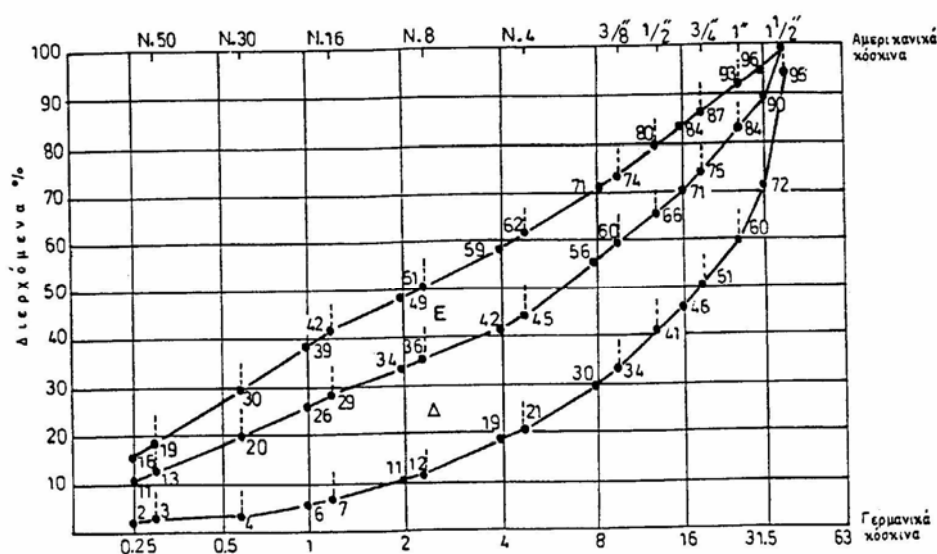
Για τον έλεγχο ποιότητας των αδρανών όσον αφορά την κοκκομετρία τους χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τον Ν.Κ.Τ.Σ. είτε τα γερμανικά κόσκινα κατά DIN 4187 και DIN 4188, είτε τα αμερικάνικα όπως περιγράφονται στο ASTM E11. Οι κατηγορίες των κλασμάτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκυροδέματος από τα ψιλομερή προς τα χονδρομερή φέρουν τις εμπορικές ονομασίες άμμος, ρυζάκι, γαρμπίλι, σκύρα. Η άμμος για να είναι αποδεκτή από κοκκομετρικής απόψεως θα πρέπει από το αμερικάνικο κόσκινο Νο 4 να διέρχεται σε ποσοστό τουλάχιστον 95%. Για τα κλάσματα με κόκκο μεγαλύτερο από το μέγιστο κόκκο της άμμου δεν επιτρέπεται να υπάρχει υλικό διερχόμενο από το αμερικάνικο κόσκινο Νο 8 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 25%. Στην άμμο το κλάσμα το διερχόμενο από αμερικάνικο κόσκινο Νο 200 (παιπάλη) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 16%, ενώ στα χονδρόκοκκα κλάσματα (ρυζάκι, γαρμπίλι, σκύρα) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% (επί ξηρού). Για τα άοπλα σκυροδέματα η παιπάλη της άμμου μπορεί να γίνει αποδεκτή και σε ποσοστό 20%. Η παιπάλη της φυσικής άμμου ποταμών ή θαλάσσης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% επί ξηρού (Γαλετάκης, 2000). Στο σχήμα 5.2 φαίνονται τα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών. Κατά τη φάση της θραύσης των αδρανών προκύπτει και το 3Α, του οποίου η κοκκομετρική καμπύλη παρουσιάζεται στο σχήμα 5.3 και το μέγεθος των κόκκων του είναι μεταξύ 0-28mm.

5.7.3 Χημικά χαρακτηριστικά του πετρώματος – επιβλαβείς προσμίξεις

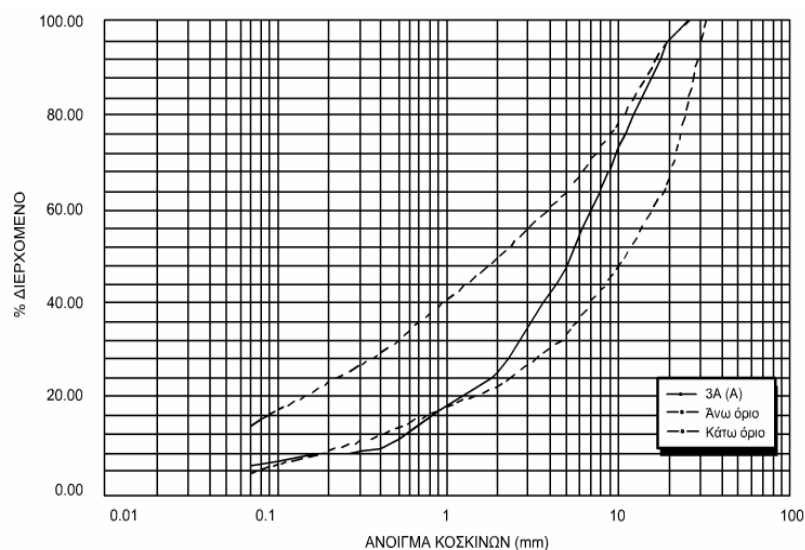
Τα χλωριόντα πολλές φορές συναντώνται στα αδρανή υλικά υπό μορφή NaCl, KCl κλπ. αναλόγως τη πηγή απόληψής τους. Η αυξημένη περιεκτικότητα των αδρανών σε χλωριόντα έχει σαν αποτέλεσμα τη διάβρωση του σιδήρου στο οπλισμένο σκυρόδεμα και κατά συνέπεια τη μείωση των αντοχών του. Στην Ελλάδα οι απαιτήσεις του Ν.Κ.Τ.Σ. (1997) είναι η περιεκτικότητα σε Cl να μην υπερβαίνει το 0,2% κ.β. Η περιεκτικότητα σε οξυδιαλυτά θειικά δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,8% (πχ. MgSO₄).

Πέραν αυτής της περιεκτικότητας γίνεται διόγκωση – διάρρηξη του σκυροδέματος. Η ολική περιεκτικότητα σε θειάφι των αδρανών πρέπει να είναι μικρότερη του 1%. Περιεκτικότητα μεγαλύτερη από αυτή έχει τα ίδια όπως προηγουμένως αποτελέσματα. Ειδική πρόληψη πρέπει να λαμβάνεται εάν εντοπισθεί πυροτότης στα αδρανή. Τότε η μέγιστη περιεκτικότητα του ολικού S δεν πρέπει να υπερβεί το 0,1%.

Όσον αφορά τα σιδηροξείδια, προκαλούν τη διόγκωση του σκυροδέματος. Επιπλέον είναι απαγορευτική η παρουσία τους σε αδρανή που χρησιμοποιούνται για εμφανή



Σχήμα 5.2: Ορια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου για τα γερμανικά κόσκινα 63 mm ή 1,5'' για τα αμερικάνικα (N.K.T.Σ, 1997).



Σχήμα 5.3: Κοκκομετρική καμπύλη του 3Α

μπετά διότι προκαλούν ερυθρόχρωες κηλίδες. Οι φωσφορικές ενώσεις, μολύβδου και ψευδαργύρου, επηρεάζουν δυσμενώς την πήξη του σκυροδέματος καθώς επίσης και την αντοχή του. Σε ορισμένα αδρανή υπάρχει η πιθανότητα να αντιδράσουν με αλκάλια που βρίσκονται στους υγρούς πόρους του σκυροδέματος. Αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης είναι το σπάσιμο ή διόγκωση του σκυροδέματος. Ο πιο κοινός τύπος αντίδρασης συμβαίνει ανάμεσα σε αλκάλια και σε συγκεκριμένους τύπους πυριτικών (alkali-silika reaction). Λιγότερο κοινή είναι η αλκαλοανθρακική αντίδραση (alkali-carbonate reaction) με τα ίδια αποτελέσματα. Η αλκαλοπυριτική αντίδραση και οι δυσμενείς επιπτώσεις της στην αντοχή του σκυροδέματος αποτελεί αντικείμενο ερευνών τα τελευταία χρόνια. Δεν υπάρχει εμπειρία για τις μακροχρόνιες επιπτώσεις αυτού του φαινομένου. Σήμερα προληπτικά συνιστάται (Γαλετάκης, 2000):

- Ελαχιστοποίηση των περιεχόμενων αλκαλίων στο μίγμα του σκυροδέματος
- Χρήση τσιμέντου τύπου low alkali
- Χρήση αδρανών non reactive

Επιβλαβείς προσμίξεις στα αδρανή υλικά που προορίζονται για σκυρόδεμα θεωρούνται οι άργιλοι, σχιστόλιθοι, δολομίτες, οπάλιοι, ανδεσίτες, ρυόλιθοι, οργανικά, κερατόλιθοι, εύθρυπτοι κόκκοι, άνθρακες. Αυξημένες περιεκτικότητες στα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα διόγκωση – διάρρηξη του σκυροδέματος και μείωση της αντοχής του. Ενδεικτικά ανώτατα όρια για ορισμένες από αυτές τις επιβλαβείς προσμίξεις είναι (Γαλετάκης, 2000):

- Εύθρυπτοι κόκκοι 3% κ.β.
- Σβόλοι αργίλου 0,25% κ.β.
- Άνθρακας 1% κ.β.
- Κερατόλιθοι 5% κ.β.

5.8 Εργαστηριακός έλεγχος αδρανών υλικών

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναφέρονται οι κυριότερες εργαστηριακές

δοκιμές για τα αδρανή υλικά (Ν.Κ.Τ.Σ., 1997).

5.8.1 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.

5.8.2 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 αντιστοιχισθήρες στρώσεις ασφαλικών, όπου το όριο φθοράς είναι κάτω από 24% και απαιτούνται επιπλέον προδιαγραφές.

5.8.3 Ισοδύναμο – άμμου

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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ****6.1 Γενικά**

Οι μεταλλευτικές και λατομικές εργασίες πρέπει να σχεδιάζονται και να εκτελούνται με τρόπο ώστε να αποφεύγεται η υποβάθμιση του περιβάλλοντος αλλά και να είναι εφικτή η πρόληψη, όπου είναι δυνατό, των επιπτώσεων ή στην αντίθετη περίπτωση, η αναγκαία αποκατάσταση. Η προστασία του περιβάλλοντος, αποτελεί υποχρέωση του εκμεταλλευτή που επιβάλλεται να παίρνει όλα τα απαραίτητα σχετικά μέτρα, σε συνεργασία με τους αρμόδιους φορείς του κράτους και την τοπική αυτοδιοίκηση. Για τη συντομότερη δυνατή επίτευξη αποτελέσματος τα παραπάνω μέτρα πρέπει να συμβαδίζουν με την εξέλιξη των εργασιών. Πριν από την έναρξη νέου έργου ή νέου μέρους του έργου, ο εκμεταλλευτής υποχρεώνεται να συμπεριλάβει στην τεχνική μελέτη του άρθρου 4 του Κ.Μ.Λ.Ε., ειδική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων που περιλαμβάνει τα εξής μέρη:

- Ανάλυση και περιγραφή του υπάρχοντος περιβάλλοντος πριν την εκτέλεση των λατομικών εργασιών.
- Πρόβλεψη και εκτίμηση του μεγέθους των επιπτώσεων σε κάθε περιβαλλοντικό παράγοντα.
- Προτεινόμενα μέτρα για την αποκατάσταση της ποιότητας ορισμένων περιβαλλοντικών παραγόντων.

6.2 Επιδράσεις από την εξόρυξη στον περιβάλλοντα χώρο

Στις περιπτώσεις που η εξόρυξη πραγματοποιείται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, οι δονήσεις που προκαλεί στο έδαφος, ο θόρυβος και οι εκτινάξεις τεμαχίων σε μεγάλες αποστάσεις μπορεί να αποτελέσουν περιοριστικούς παράγοντες όσον αφορά τη διάμετρο του διατρήματος. Υψηλός θόρυβος και εκτινάξεις τεμαχίων πετρώματος συμβαίνουν συνήθως μαζί και οφείλονται κατά κανόνα στο ανεπαρκές μήκος της επιγώμωσης. Επίσης υψηλό θόρυβο και μακρά εκτίναξη προκαλεί η τοποθέτηση του εναύσματος κοντά στην έξοδο του διατρήματος. Όταν όμως οι συνθήκες επιβάλλουν εκεί την τοποθέτηση του εναύσματος, επιλέγεται μεγαλύτερο μήκος επιγώμωσης από

εκείνο της περίπτωσης που το έναυσμα είναι στο βάθος του διατηρήματος (Τσουτρέλης, 1990).

6.3 Προστασία από θορύβους

Ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί, να αφομοιώσει και κυρίως να ανεχθεί ένα ορισμένο φάσμα ήχων που βρίσκονται στην περιοχή των συχνοτήτων από 16 έως 20.000 Hz. Το decibel (dB) είναι λογαριθμική μονάδα μέτρησης της ηχητικής έντασης και έτσι παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα πολύ σημαντική στην εκτίμηση των ηχητικών επιπέδων στους εργασιακούς χώρους. Για κάθε διπλασιασμό της ηχητικής έντασης παρατηρείται μια αύξηση 3 dB του ηχητικού επιπέδου. Η «στάθμη πόνου» αντιστοιχεί στα 140 dB. Οι αρνητικές επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία δεν παρουσιάζονται μόνο στο αισθητήριο όργανο της ακοής, αλλά τόσο στο νευρικό σύστημα όσο και στις ψυχικές λειτουργίες (Γαλετάκης, 2001).

Σε κάθε έργο, πρέπει να ρυθμίζεται με τέτοιο τρόπο η λειτουργία των μηχανημάτων και να παίρνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να περιορίζονται οι στάθμες του θορύβου στα όρια κατοικημένων περιοχών, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Π.Δ. 1180/1181. Από την χρήση των εκρηκτικών δεν πρέπει να δημιουργούνται σοβαρές οχλήσεις από τους κρότους στις γειτονικές κατοικημένες περιοχές. Σε αντίθετη περίπτωση οι εκρήξεις δεν γίνονται σε ώρες κοινής ησυχίας (Κ.Μ.Λ.Ε., 1984).

6.4 Σωματιδιακοί ρύποι ή αερολύματα

Οι σκόνες αποτελούνται από στερεά σωματίδια, τα οποία λόγω της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της διαμέτρου και της πυκνότητας τους, μπορούν να αιωρούνται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι σκόνες δημιουργούνται κατά την μηχανική κατεργασία στερεών σωμάτων ή αποτελούν το τελικό προϊόν της εκφυλιστικής διαδικασίας των υλικών. Η κοκκομετρία τους ποικίλλει από μερικές εκατοντάδες μm μέχρι 0,10 μm και είναι σε άμεση σχέση με την εναπόθεση των σωματιδίων μέσα στο αναπνευστικό σύστημα (Γαλετάκης, 2001).

Για την προστασία της υγείας των εργαζομένων και του περιβάλλοντος επιβάλλεται να λαμβάνονται όλα τα μέτρα για τα αεραπόβλητα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας (πχ. καθαρισμός, δέσμευση), ώστε η συγκέντρωση των ρυπαντών στον αέρα του περιβάλλοντος χώρου να είναι, όσο το δυνατό, μικρότερη από τα προβλεπόμενα, στο Π.Δ. 1180/1181, όρια. Η φόρτωση, η μεταφορά και η αποθήκευση προϊόντων, πρώτων υλών και απορριμμάτων, πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να αποφεύγεται η μόλυνση του περιβάλλοντος. Για τον σκοπό αυτό, προβλέπονται κατάλληλα μέσα διαβροχής ή επικάλυψης των υλικών, καθώς και η κατασκευή αποθηκών στεγασμένων ή χωροθετημένων σε υπήνεμα μέρη (Κ.Μ.Λ.Ε., 1984).

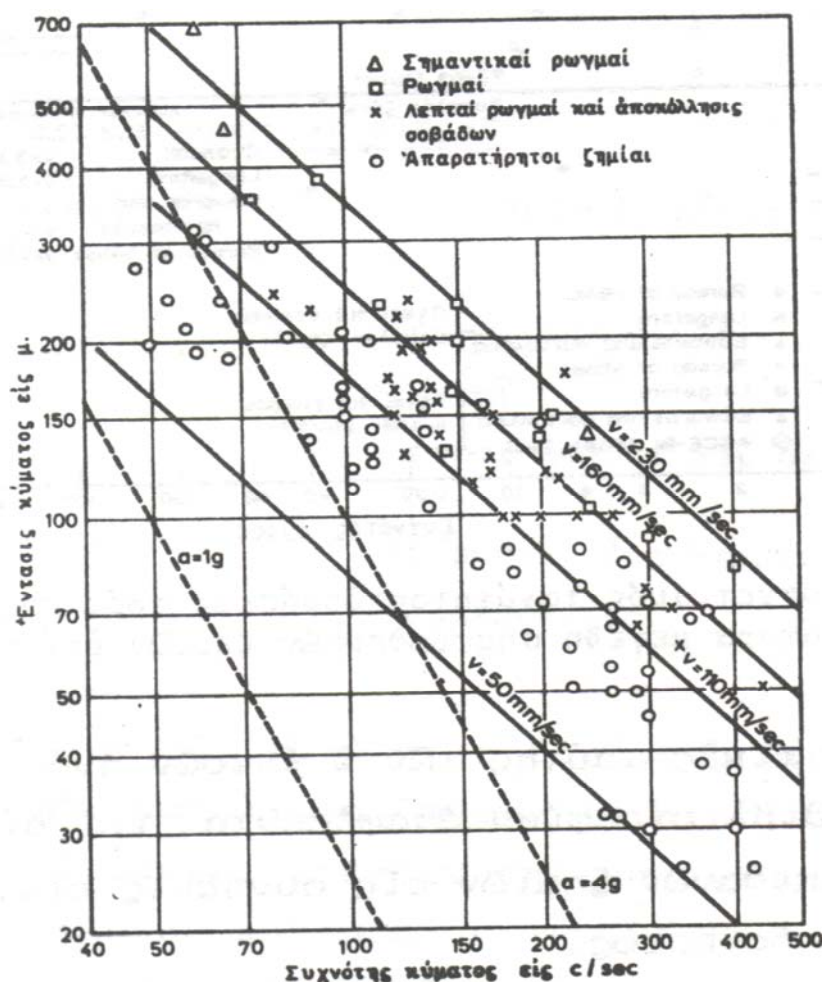
6.5 Συνέπειες των δονήσεων στις κατασκευές

Με την χρήση εκρηκτικών υλών για την εξόρυξη των πετρωμάτων παράγονται από τις εκρήξεις δονήσεις στα περιβάλλοντα πετρώματα με τη μορφή σεισμικών κυμάτων. Τα κύματα αυτά διαδίδονται και κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στις πλησιέστερες κατασκευές. Το πρόβλημα των δονήσεων καθίσταται καθημερινά οξύτερο, καθώς αφ' ενός αυξάνουν σε μέγεθος και αριθμό οι υπαίθριες εκμεταλλεύσεις και τα κατασκευαζόμενα εντός των πόλεων υπόγεια έργα και αφ' ετέρου επεκτείνονται οι πόλεις και οι οικισμοί.

Στο παρελθόν έγιναν αρκετές προσπάθειες αναζήτησης συσχετισμού μεταξύ των παραμέτρων του σεισμικού κύματος που δημιουργείται από την έκρηξη και των ζημιών που επήλθαν στις κατασκευές. Θεωρήθηκε ότι η μέγιστη ένταση της δόνησης του εδάφους στο οποίο εδράζεται η κατασκευή, μετρούμενη από δονησιογράφο, αποτελεί το καλύτερο κριτήριο πρόβλεψης των βλαβών. Σήμερα η άποψη αυτή καταρρίφθηκε και είναι αποδεκτό, ότι η μέγιστη ταχύτητα δόνησης του υλικού σημείου γύρω από τη θέση ισορροπίας του, παρέχει καλύτερο κριτήριο πρόβλεψης των ζημιών στις κατασκευές σε σύγκριση με εκείνο της έντασης της δόνησης ή της συχνότητας. Με πιθανότητα ασφάλειας 95% όπως φαίνεται στο σχήμα 6.1, η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σημείων του εδάφους, σε θέσεις κτισμάτων και δημοσίων έργων που παρουσιάζουν ευαισθησία στις δονήσεις, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 50 mm/sec (Τσουτρέλης, 1990).

Με τη μέθοδο της ημιπεριόδου είναι εύκολο να προσεγγιστούν ικανοποιητικά οι συχνότητες της ταχύτητας δόνησης με χρήση υποδεκάμετρου, από τη χρονοϊστορία της ταχύτητας δόνησης, την οποία παρέχει κάθε δονησιογράφος. Ο τρόπος αυτός υπολογισμού παρέχεται σήμερα αυτόματα από τους σύγχρονους δονησιογράφους για αρκετούς από τους ισχύοντες κανονισμούς, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2. Συγκεκριμένα μετρείται, όπως δείχνει το σχήμα 6.2, το χρονικό διάστημα a , μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων μηδενισμού της ταχύτητας δόνησης A και B, εκατέρωθεν της μέγιστης τιμής της ταχύτητας δόνησης. Η συχνότητα δίνεται από τη σχέση:

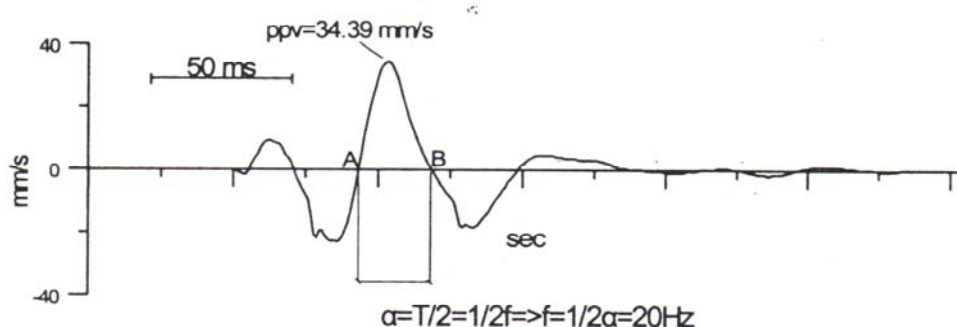
$$f = 1 / 2a \quad [6.1]$$



Σχήμα 6.1: Συσχετισμός μεταξύ έντασης, συχνότητας και ταχύτητας δόνησης προς το μέγεθος των παρατηρούμενων ζημιών στην κατασκευή (Τσουτρέλης, 1990).

Ο ίδιος υπολογισμός μπορεί να γίνει και για τις υπόλοιπες κορυφές του διαγράμματος του σχήματος 6.2. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζονται όλες οι συχνότητες, που αντιστοιχούν σε κάθε έξαρση της ταχύτητας δόνησης. Τα ζεύγη συχνότητας -

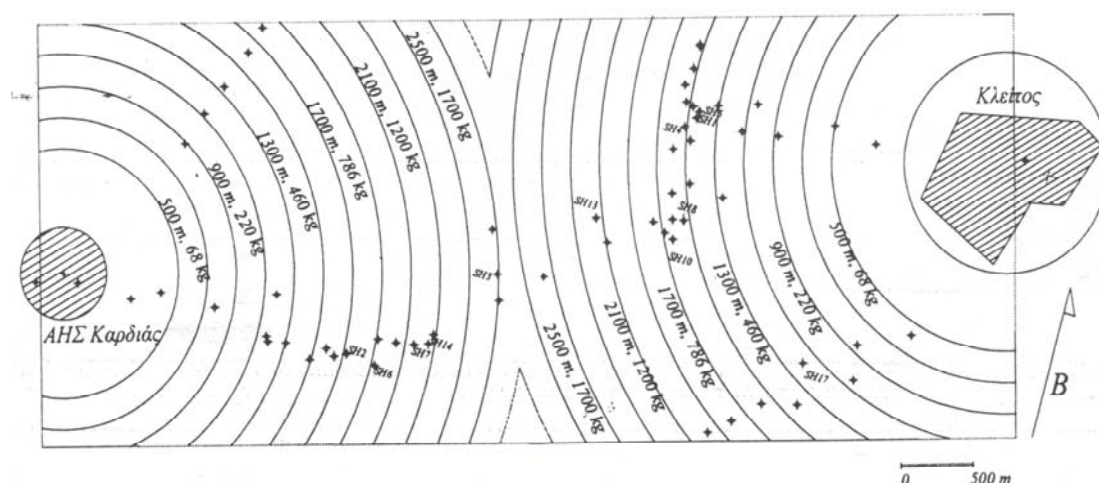
ταχύτητας που προκύπτουν συγκρίνονται στη συνέχεια με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές της ταχύτητας δόνησης του εδάφους σε σχέση με τη συχνότητα, που θέτουν οι διάφοροι κανονισμοί. Αυτή η μέθοδος υπολογισμού της συχνότητας, στο 94% των περιπτώσεων, δίνει συντηρητικά αποτελέσματα και θεωρείται απλή λόγω της γραφικής επίλυσης του θέματος (Τσουτρέλης, 1999).



Σχήμα 6.2: Υπολογισμός της συχνότητας με τη μέθοδο της ημιπεριόδου (Τσουτρέλης, 1999).

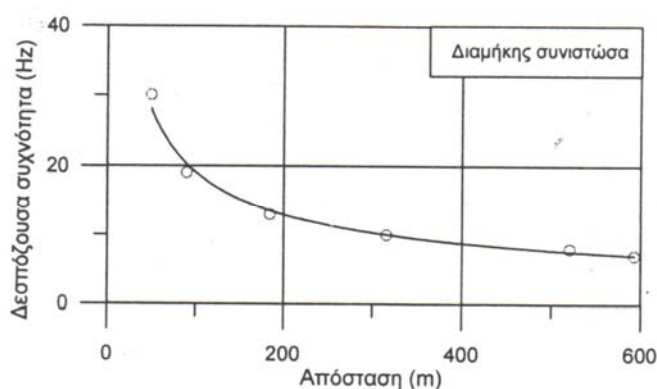
6.6 Κατασκευή χαρτών

Αποτελεί καλή πρακτική γύρω από το λατομικό χώρο να κατασκευάζεται ένας χάρτης, όπως εκείνος του σχήματος 6.3, ή να δίνεται ένας πίνακας ο οποίος να προσδιορίζει για συγκεκριμένο επίπεδο ταχύτητας δόνησης την επιτρεπόμενη μέγιστη



Σχήμα 6.3: Χάρτης καθορισμού της επιτρεπόμενης μέγιστης ποσότητας εκρηκτικής ύλης ανά χρόνο επιβράδυνσης, ώστε η ταχύτητα δόνησης να μην υπερβαίνει ορισμένη μέγιστη τιμή (Τσουτρέλης, 1999).

ποσότητα εκρηκτικής ύλης W , που δύναται να χρησιμοποιηθεί ανά χρόνο επιβράδυνσης σε διάφορες αποστάσεις D . Ο χάρτης αυτός ή ο αντίστοιχος πίνακας πρέπει να έχει προκύψει από μεγάλο αριθμό επί τόπου μετρήσεων σε διάφορες θέσεις μέτρησης, τόσο της ταχύτητας δόνησης, όσο και της αντίστοιχης συχνότητας και ανάλογο περιορισμό της τεχνικής της παρεκβολής στο ελάχιστο δυνατόν για την κατασκευή του χάρτη. Διαφορετικά είναι μικρής αξίας και ενδεχομένως επικίνδυνη η χρήση του. Κρίνεται αναξιόπιστος ένας τέτοιος χάρτης, επειδή επανειλημμένες πειραματικές μετρήσεις, αλλά και βιβλιογραφικές αναφορές επιβεβαιώνουν τη μεταβολή της δεσπόζουσας συχνότητας και των τριών συνιστωσών της ταχύτητας δόνησης σε σχέση με την απόσταση από τη θέση ανατίναξης, όπως δείχνει το σχήμα 6.4. Ειδικότερα, πετρώματα που έχουν χαμηλές ταχύτητες διάδοσης του διαμήκους κύματος δεν μπορούν να διατηρήσουν υψηλές τιμές της συχνότητας, γεγονός που είναι ανεπιθύμητο και επικίνδυνο για υπάρχουσες εκεί κατασκευές (Τσουτρέλης, 1999).



Σχήμα 6.4: Μεταβολή της δεσπόζουσας συχνότητας της διαμήκους συνιστώσας της ταχύτητας ταλάντωσης των σωματιδίων του εδάφους σε σχέση με την απόσταση από το σημείο της έκρηξης (Γκίκας, 1997).

6.7 Αποθέσεις υλικών

Ο χώρος και ο τρόπος απόθεσης καθώς και η τελική διαμόρφωση των αποθέσεων στείρων, πρέπει να γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η ορθολογική λειτουργία του έργου, η ευστάθεια των πρανών και η δυνατότητα αποκατάστασης του τοπίου. Στην επιλογή του τόπου απόθεσης χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη τα εξής (Κ.Μ.Α.Ε., 1984):

- Μορφολογία και χλωρίδα του χώρου απόθεσης.
- Δυνατότητα επαναφοράς ή απόθεσης του στείρου στα κενά της εκμετάλλευσης.
- Πετρολογικά, εδαφολογικά, υδρολογικά, κλιματολογικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του χώρου.
- Ο χώρος απόθεσης να βρίσκεται μακριά από οικισμούς, κτίσματα, δημόσιους δρόμους και δασικές εκτάσεις.
- Οι αποθέσεις των υλικών να γίνονται σε μεγάλη επιφάνεια και μικρό ύψος.
- Η επιφάνεια του χώρου απόθεσης και της ευρύτερης περιοχής, να είναι αποψιλωμένη και καθαρή από υλικά που μπορούν να μεταδώσουν πυρκαγιά.

6.8 Αποκατάσταση του τοπίου

Με τον όρο αποκατάσταση του τοπίου, εννοείται η διαδικασία μετά από μια λατομική εκμετάλλευση που επιχειρείται για την επαναφορά του τοπίου στην αρχική του μορφή και περιγράφεται από τα εξής στάδια:

- Εξάλειψη ή περιορισμός των κινδύνων και των δυσμενών επιδράσεων
- Απόδοση μιας χρήσης σε αυτόν το χώρο, ο οποίος όπως παρουσιάζεται είναι αφιλόξενος για κάθε σχεδόν χρήση, και
- Προσαρμογή οπτικά του χώρου της εκμετάλλευσης με το γύρω φυσικό πεδίο.

Για την εκπλήρωση των παραπάνω στόχων, κατά τη διάρκεια λειτουργίας της λατομικής εκμετάλλευσης, στα πλαίσια της αποκατάστασης περιβάλλοντος προβλέπεται αρχικά η απομάκρυνση ή η κάλυψη οποιονδήποτε στοιχείων που υποβαθμίζουν το τοπίο ή δεν έχουν συγγένεια οπτική ή λειτουργική με αυτό (π.χ. κτιριακές εγκαταστάσεις, κατεστραμμένα μηχανήματα κ.λ.π.). Η αποκατάσταση του τοπίου γίνεται μεθοδικά και λαμβάνονται υπόψη τόσο οι πλαγιές των λόφων, οι επιχωματώσεις, τα μέτωπα του λατομείου, όσο και το τελικό επίπεδο του λατομείου, με στόχο να επιτευχθεί ένα αισθητικό αποτέλεσμα με μεγάλη ποικιλία χλωρίδας και πανίδας (Κ.Μ.Λ.Ε., 1984).

Η βλάστηση των πλαγιών των λόφων αποτελεί τη βάση και το σημείο εκκίνησης της φυσικής χλωρίδας. Τα φυτά και οι θάμνοι που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του

λατομείου με την πάροδο του χρόνου επεκτείνονται και μέσα στο λατομείο, συντελώντας με αυτόν τον τρόπο στην αναγέννηση του χώρου.

Στα πλαίσια της αποκατάστασης του περιβάλλοντος γίνεται διάστρωση χώματος ή στείρων υλικών στην πλατεία της εκσκαφής και τις βαθμίδες. Η διάστρωση αυτή, σε κάθε βαθμίδα, γίνεται πριν από την έναρξη δημιουργίας της επόμενης βαθμίδας, οπότε δε δημιουργείται πρόβλημα στην περίπτωση που μεταγενέστερα η βαθμίδα καταστεί, για διάφορους λόγους, απροσπέλαστη για τα οχήματα. Για τη διάστρωση των βαθμίδων χρησιμοποιούνται τα παραγόμενα στείρα υλικά τα οποία δημιουργούνται κατά τις εργασίες αποκάλυψης του κοιτάσματος. Ανάλογα με την περιεκτικότητα τους σε λεπτό υλικό (>2 mm.) καθορίζεται και το πάχος του εδάφους για την ευδοκίμηση δασών, που σε κανονικές συνθήκες κυμαίνεται στα 25 - 30 cm. Επίσης, πραγματοποιείται μερική ή ολική επιχωμάτωση των εκσκαφών στην περίπτωση διαδοχικών εκμεταλλεύσεων ή εκμετάλλευση κατά φάσεις.

6.9 Περιγραφή του υπάρχοντος περιβάλλοντος

Η εξεταζόμενη λατομική έκταση είναι ιδιωτική. Στην ευρύτερη περιοχή και σε απόσταση τουλάχιστον 500 m, δεν υπάρχουν κατοικήσιμα κτίσματα, αλλά ούτε και χώροι αρχαιολογικού ή οικολογικού ενδιαφέροντος. Συνεπώς δεν υφίσταται θέμα απαγόρευσης, από την πολιτεία, οποιουδήποτε μεταλλευτικού ή λατομικού έργου κοντά στην περιοχή αυτή. Όσον αφορά την προστασία του προσωπικού από τη σκόνη, παραχωρείται κατάλληλη μάσκα, σε όσους εργάζονται σε χώρους υψηλής συγκέντρωσης. Στο σχήμα 6.5 φαίνεται η διαβροχή του ασβεστολιθικού υλικού που βρίσκεται στο φορτηγό μεταφοράς, του λατομείου Μανδηλαρά. Ο θόρυβος που παράγεται από τη λειτουργία του εξοπλισμού, αντιμετωπίζεται σύμφωνα με τις υποδείξεις του Κ.Μ.Λ.Ε., με χρήση ωτασπίδων από τους εργαζομένους που εκτίθενται σε στάθμη που υπερβαίνει τα επιτρεπόμενα όρια. Επίσης στον πλησιέστερο οικισμό Γαλήνη, που απέχει 1,5 km περίπου από τον λατομικό χώρο, η όχληση λόγω των ανατινάξεων δεν γίνεται αισθητή, όπως και οι δονήσεις. Η αποκατάσταση του τοπίου δεν έχει ξεκινήσει ακόμα κατά τα προβλεπόμενα από τον κανονισμό.



Σχήμα 6.5: Διαβροχή του μεταφερόμενου υλικού για τον περιορισμό της σκόνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7***ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ***

Το λατομείο Μανδηλαρά βρίσκεται 6,5 km βορειοανατολικά της χώρας της Νάξου. Λόγω της μειωμένης απόστασης του λατομείου από τα καταναλωτικά κέντρα και της αυξημένης ζήτησης αδρανών υλικών στην περιοχή του νησιού, καθίσταται το λατομείο Μανδηλαρά μια βιώσιμη και επικερδής επιχείρηση. Στο γεγονός αυτό συμβάλει και ο υπολογισμός του χρόνου ζωής που δείχνει ότι η εκμετάλλευση έχει ακόμα από 2,8 έως 4 χρόνια οικονομικής λειτουργίας, ανάλογα με τον τρόπο εκμετάλλευσης που θα επιλέξει και δεδομένης ημερήσιας παραγωγής. Στα παραπάνω συνηγορεί και το ότι υπάρχει δυνατότητα επιπλέον προέκτασης της εκμετάλλευσης και εκτός των λατομικών ορίων, εφ'όσον εκδοθεί άδεια εκμετάλλευσης, γιατί ο χώρος είναι ιδιόκτητος.

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:

- i. Καλύτερη διάταξη των βαθμίδων (ύψος και πλάτος) για λόγους ασφαλείας του προσωπικού και αποτελεσματικότερης λειτουργίας του μηχανολογικού εξοπλισμού στα μέτωπα. Προτείνεται οι τελικές βαθμίδες να έχουν ύψος 8 μέτρα, ενώ το πλάτος τους να μην είναι κάτω από 3 μέτρα. Με αυτή τη διαμόρφωση βαθμίδων θα επιτευχθεί και ο μέγιστος χρόνος ζωής.
- ii. Η πλατεία του λατομείου έχει το ασφαλές περιθώριο να κατέβει μέχρι το επίπεδο των 148 m χωρίς ιδιαίτερη επιβάρυνση των διαδικασιών πρόσβασης προς το λατομείο.
- iii. 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%.
- iv. Πραγματοποίηση ελέγχου ποιότητας και αναλύσεων του πετρώματος για να διαπιστωθεί σε ποιες εφαρμογές είναι κατάλληλη η χρησιμοποίησή του.

- v. 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 στην Νάξο. 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.
- vi. Τα αποθέματα που υπολογίστηκαν αναφέρονται στην εξόρυξη του συνολικού όγκου πετρώματος όπως αυτός προκύπτει από τη διαμόρφωση των βαθμίδων και ανεξάρτητα από την ποιότητα του. Καθώς τοπικά υπάρχουν φακοί με αποσθρωμένο υλικό ή υλικό εκτός προδιαγραφών για χρήση ως αδρανές, ο τελικός χρήσιμος όγκος είναι μικρότερος από τον όγκο σχεδιασμού. Με ερευνητικές γεωτρήσεις και την εφαρμογή γεωφυσικών μεθόδων, είναι δυνατόν να εντοπισθούν οι φτωχές σε ασβεστόλιθο περιοχές και να γίνει αναδιαμόρφωση των τελικών βαθμίδων. Έτσι τα αποθέματα που θα προέλθουν από το νέο σχεδιασμό εκμετάλλευσης θα ανταποκρίνονται περισσότερο στην πραγματικότητα.
- vii. Η μεθοδική αποκατάσταση του τοπίου πρέπει να υλοποιηθεί λαμβάνοντας υπόψη τόσο την πλαγιά του βουνού, τις επιχωματώσεις, τα μέτωπα του λατομείου όσο και το τελικό επίπεδο του λατομείου με στόχο ένα καλό αισθητικά αποτέλεσμα.

Βιβλιογραφία*Ελληνική βιβλιογραφία*

1. Αγιουτάντης, Ζ.Γ. (1996). Υπόγειες Εκμεταλλεύσεις : Προσπέλαση και Ανατίναξη, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
2. Αγιουτάντης, Ζ.Γ. (1999). Τεχνολογία Εξόρυξης : Διάτρηση και Ανατίναξη, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
3. Γαλετάκης, Μ. (2000). Έλεγχος Ποιότητας Ορυκτών Πρώτων Υλών, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
4. Γαλετάκης, Μ. (2001). Υγιεινή και Ασφάλεια σε Μεταλλευτικά και Υπόγεια Έργα, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
5. Γαλετάκης, Μ. (2002). Σχεδίαση Εκμεταλλεύσεων Ορυκτών Πόρων με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
6. Εξαδάκτυλος, Γ. (2002). Σχεδιασμός Γεωτεχνικών και Λατομικών Έργων, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
7. Καβουρίδης, Κ. (1990). Βασικές Αρχές Σχεδιασμού Επιφανειακών Εκμεταλλεύσεων, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
8. Κωστάκης, Γ. (1994). Εισαγωγή στην Αξιολόγηση των Βιομηχανικών Ορυκτών, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
9. Λειβαδάρος Ρ, (1995). Προβλήματα Εκμετάλλευσης και Διαχείρισης Λατομικών Υλικών, Ημερίδα ΤΕΕ, Αθήνα.
10. Λογοθέτης, Ν. (1992). Μάνατζμεντ Ολικής Ποιότητας, Εκδοτικός Όμιλος Prentice Hall, (UK) Ltd.

11. Μουστάκης, Β.Σ. (2002). Η Διαδικασία της Διοίκησης, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
12. Παναγιώτου Γ, (1993). Σχεδιασμός Συστήματος Φόρτωσης – Μεταφοράς Μεθόδου Ασυνεχούς Λειτουργίας σε Υπαίθρια Εκμετάλλευση, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
13. Τσουτρέλης, Χ.Ε. (1990). Υπαίθριοι Εκμεταλλεύσεις, Αθήνα.
14. Τσουτρέλης, Χ.Ε. (1983). Εκρηκτικά Ύλαι, Αθήνα.
15. Τσουτρέλης Χ., Ν. Γκίκας και Π. Νομικός (1997). Προστασία των Κατασκευών από τις Ανατινάξεις Δονήσεις μια Πρόταση για την Βελτίωση του Σχετικού Άρθρου του Κ.Μ.Λ.Ε, 114, Αθήνα.
16. ΚΜΛΕ, (1985). Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών, Αθήνα.
17. ΚΤΣ-97, (1997). Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος, Αθήνα.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Hustralid, W. & Kuchta, M. (1998). Open Mine Planing & Design, England.