



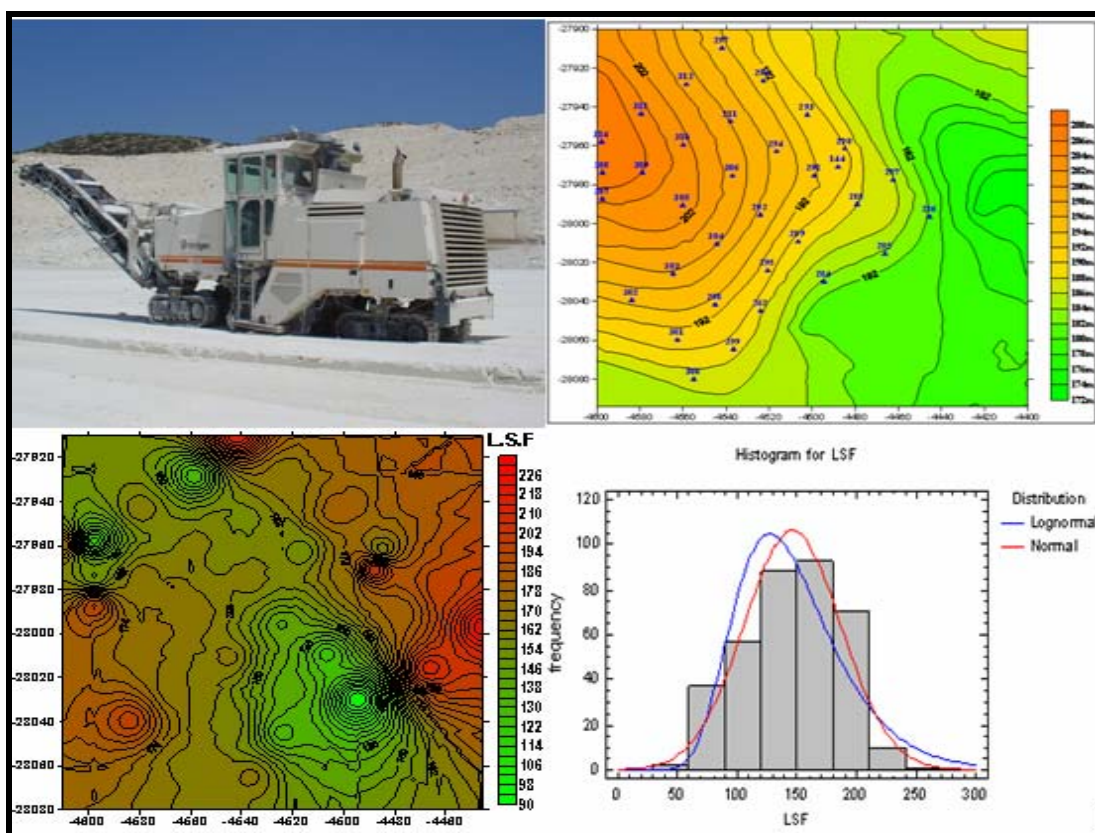
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Διερεύνηση της επίδρασης της μεθόδου συνεχούς επιφανειακής εξόρυξης στην ποιότητα του παραγόμενου ασβεστολίθου, σε λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού στην Κύπρο »

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ Α. ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΥ



ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Μηχαήλ Γαλετάκης, Επίκουρος Καθηγητής (Επιβλέπων)
Ζαχαρίας Αγιουτάντης, Καθηγητής
Κωνσταντίνος Κορνίτσας, Αν. Καθηγητής

Χανιά, Οκτώβριος 2007

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Έπειτα από επτά μήνες εντατικής, επίπονης και επίμονης δουλειάς πέτυχα ως φοιτητής τον τελευταίο μου στόχο. Αυτός, δεν είναι άλλος από την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Η εργασία αυτή εκπονήθηκε με σκοπό την διερεύνηση της επίδρασης της μεθόδου συνεχούς επιφανειακής εξόρυξης στην ποιότητα του παραγόμενου ασβεστολίθου, σε λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd στην Κύπρο.

Για την πραγματοποίηση και ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου:

- Στον **κ. Γαλετάκη Μιχάλη**, Επίκουρο Καθηγητή και επιβλέποντα, για την επιλογή του θέματος, την άριστη συνεργασία που είχαμε, καθώς επίσης και για την αμέριστη συμπαράσταση του με τις συμβουλές του, αλλά και για την διόρθωση της εργασίας αυτής.
- Στον **κ. Αγιουτάντη Ζαχαρία**, Καθηγητή και μέλος της εξεταστικής επιτροπής, για τον χρόνο που διέθεσε για την διόρθωση και εξέταση της εργασίας αυτής.
- Στον **κ. Κορνίτσα Κωνσταντίνο**, Αναπληρωτή καθηγητή και μέλος της εξεταστικής επιτροπής, για τον χρόνο που διέθεσε για την διόρθωση και εξέταση της εργασίας αυτής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την **Τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd**, που ένα σημαντικό μέρος της διπλωματικής μου εργασίας αναφέρεται στις δραστηριότητες της, και γιατί μου έδωσε το κίνητρο και την αφορμή να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα.

Θα ήθελα με ιδιαίτερη θέρμη να ευχαριστήσω τον **κ. Βαττή Δημήτρη**, Μεταλλειολόγο Μηχανικό, προϊστάμενο λατομείων της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd για την σημαντική και ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφερε τόσο κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας όσο και πριν από αυτή με την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον του προς το άτομο μου, προσφέροντας μου γνώσεις τα δύο τελευταία χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η επίδραση της μεθόδου συνεχούς επιφανειακής εξόρυξης με την χρήση του εκσκαφέα Surface Miner 2200 SM της γερμανικής εταιρείας Wirtgen, στην ποιότητα του παραγόμενου ασβεστολίθου, σε λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd στην Κύπρο. Εξετάζονται επίσης, οι προϋποθέσεις εφαρμογής αυτής της μεθόδου συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, περιβαλλοντικών και τεχνικών παραμέτρων.

Στη ραγδαία επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη που διανύει η εποχή μας, η διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής, στο χώρο της μεταλλευτικής τεχνολογίας, περιβαλλοντικά φιλικών και οικονομικών μηχανοποιημένων μεθόδων εκμετάλλευσης υπαίθριων κοιτασμάτων, που συμβάλλουν ταυτόχρονα και στην βελτίωση της ποιότητας, είναι μεγάλης σημασίας. Η μηχανοποίηση της μεθόδου συνεχούς επιφανειακής εξόρυξης σε ένα υπαίθριο κοίτασμα ασβεστολίθου εξαρτάται άμεσα εκτός από τους περιβαλλοντικούς και οικονομικούς παράγοντες, που είναι πολύ σημαντικοί, από την τοπογραφία, την γεωμετρία, τις μηχανικές ιδιότητες και τέλος την στρωματογραφία του ασβεστολιθικού κοιτάσματος. Το κύριο ερώτημα που τίθεται, είναι πώς και πόσο η (στρωματογραφία, τεκτονική) του κοιτάσματος θα επηρεάσει την μεταβλητότητα των ποιοτικών στοιχείων και ιδιαίτερα του δείκτη LSF (Lime Saturation Factor, βαθμός κορεσμού σε άσβεστο) στον εξορυσσόμενο ασβεστόλιθο που καταφθάνει στο στάδιο προομογενοποίησης.

Για την διερεύνηση των ανωτέρω, εξετάζονται τα περιβαλλοντολογικά, οικονομικά πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα της μεθόδου της συνεχούς εξόρυξης και αυτής των βαθμίδων. Με μεγαλύτερη λεπτομέρεια αναλύονται οι τεχνικές παράμετροι του μηχανήματος Surface Miner 2200 SM που σχετίζονται με την εκμετάλλευση. Για την μελέτη της μεταβλητότητας των ποιοτικών χαρακτηριστικών του κοιτάσματος γίνεται στατιστική και γεωστατιστική ανάλυση των τιμών των δειγμάτων γεωτρήσεων αλλά και των σύνθετων δειγμάτων της υπό μελέτη περιοχής. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά καθορίζεται η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία του πολλαπλού διαστάτου ψηφιακού μοντέλου του κοιτάσματος που αποτελεί τη βάση για την σχεδίαση της εκμετάλλευσης. Τέλος η ανάπτυξη της μεθόδου συνεχούς εξόρυξης σε μία επιφάνεια εκμετάλλευσης, συσχετίζεται με τα αντίστοιχα αποτελέσματα στην ποιότητα (τυπική απόκλιση των τιμών LSF πριν το στάδιο της προομογενοποίησης) του εξορυσσόμενου ασβεστολιθικού υλικού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	II
Περίληψη	III
Περιεχόμενα	IV
Κατάλογος Σχημάτων	VIII
Κατάλογος Πινάκων	XIII
Εισαγωγή	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
Περιγραφή της Τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού και η σημασία των λατομικών εργασιών	3
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Ιστορικό και αναπτυξιακή δομή της εταιρείας	3
1.2.1 Πολιτική και σύγχρονη τεχνολογία	7
1.2.2 Στρατηγικές συνεργασίες	8
1.3 Λατομεία	8
1.3.1 Θέση λατομείου	10
1.3.2 Σχεδιασμός λατομικών εργασιών	10
1.4 Γεωγραφική θέση του λατομείου ασβεστολίθου στην Καλαβασό	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	16
Στοιχεία της ευρύτερης περιοχής του λατομείου της Καλαβασού	16
2.1 Εισαγωγή	16
2.2 Ιζηματογενή πετρώματα	16
2.3 Διαδικασίες σχηματισμού ιζηματογενών πετρωμάτων	16
2.4 Ασβεστόλιθος	17
2.5 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής	18

2.6 Γεωλογικά, υδρογεωλογία, γεωτεχνικά, σεισμολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής	20
2.6.1 Γεωλογία	20
2.6.2 Υδρολογία και υδρογεωλογία της ευρύτερης περιοχής	22
2.6.3 Σεισμολογικά χαρακτηριστικά της υπό μελέτη περιοχής	23
2.6.4 Γεωχημεία των πετρωμάτων	25
2.6.5 Το κλίμα, θερμοκρασία, βροχόπτωση, χλωρίδα και πανίδα της ευρύτερης περιοχής	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	31
Εξόρυξη ασβεστολίθου με χρήση εκρηκτικών υλών	31
3.1 Εισαγωγή	31
3.2 Εκρηκτικές ύλες	31
3.3 Γενικές ιδιότητες των εκρηκτικών υλών	32
3.4 Πετραμμωνίτης (AN – FO)	33
3.5 Ζελατοδυναμίτιδα	33
3.6 Διαδικασία εξόρυξης	34
3.6.1 Γενικά	34
3.6.2 Στάδια εξόρυξης κρητιδικού ασβεστόλιθου με χρήση εκρηκτικών	35
3.6.3 Διατρήσεις	36
3.6.4 Μηχανισμός θραύσεως	39
3.7 Παραγωγική ικανότητα	42
3.8 Οικονομικότητα της μεθόδου	43
3.9 Προβλήματα από την χρήση εκρηκτικών υλών	44
3.9.1 Τεχνικά προβλήματα	44
3.9.1.1 Προβλήματα θραύσης του υλικού σε μεγάλα τεμάχια	44
3.9.1.2 Προβλήματα ρωγμάτωσης του πετρώματος πίσω από την ανατίναξη	45
3.9.2 Περιβαλλοντικά προβλήματα και προβλήματα ασφάλειας	45
3.9.3 Νομικά και πολεοδομικά προβλήματα	46
3.10 Μέτρα αντιμετώπισης των προβλημάτων	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	48
Εξόρυξη με χρήση Surface Miner	48
4.1 Εισαγωγή	48
4.2 Γενικά	49
4.3 Συγκρότηση του Surface Miner 2200 SM	52
4.3.1 Υποδομή	53
4.3.2 Αναδομή	53
4.3.3 Κοπτικό τύμπανο	55
4.3.4 Σύστημα τοποθέτησης κοπτικών εργαλείων	57
4.3.5 Πρωτεύουσα μεταφορική ταινία και ο βραχίονας του μηχανήματος	59
4.4 Λειτουργικά Χαρακτηριστικά	61
4.5 Διαδικασία εξόρυξης ασβεστόλιθου	64
4.5.1 Παρατηρήσεις από την εξόρυξη ασβεστολίθου με Surface Miner 2200SM	69
4.6 Παραγωγική ικανότητα της μεθόδου	70
4.7 Οικονομικότητα της μεθόδου	71
4.8 Τεχνικά προβλήματα από την χρήση του Surface Miner 2200SM	74
4.9 Περιβαλλοντικά προβλήματα	76
4.10 Μέτρα αντιμετώπισης	76
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	 79
Αρχές σχεδίασης επιφανειακής εκμετάλλευσης – στατιστική και γεωστατιστική ανάλυση	79
5.1 Εισαγωγή	79
5.2 Σχεδιασμός μιας υπαίθριας εκμετάλλευσης	79
5.3 Τα κριτήρια επιλογής της υπό μελέτη περιοχής	85
5.3.1 Ο καθορισμός της υπό μελέτη περιοχής	85
5.3.2 Καταχώριση – επεξεργασία των γεωτρήσεων	88
5.3.3 Υπολογισμός των σύνθετων δειγμάτων	89
5.4 Στατιστική ανάλυση των ποιοτικών παραμέτρων της περιοχής	91

5.4.1 Στατιστική ανάλυση των ποιοτικών στοιχείων των γεωτρήσεων	91
5.4.2 Στατιστική ανάλυση των ποιοτικών στοιχείων των σύνθετων δειγμάτων	104
5.4.3 Γεωστατιστική ανάλυση με την χρήση βαριογραμμάτων	114
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	120
Ανάπτυξη ψηφιακού μοντέλου με τη μέθοδο των αντιστροφών αποστάσεων (IDS)	120
6.1 Εισαγωγή	120
6.2 Η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων	120
6.3 Διαδικασία ανάπτυξης του μοντέλου της υπό μελέτη περιοχής	123
6.4 Ανάπτυξη μοντέλων για τα σύνθετα δείγματα	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	130
Σχεδιασμός εξόρυξης με το Surface Miner 2200 SM	130
7.1 Εισαγωγή	130
7.2 Η σημασία του L.S.F στην λατομική και παραγωγική διαδικασία	130
7.3 Λειτουργικά χαρακτηριστικά εξόρυξης του Surface Miner 2200 SM	133
7.4 Κατηγοριοποίηση των χωρικών κατανομών του L.S.F	136
7.4.1 Χωρική κατανομή του L.S.F με την ύπαρξη τάσης	136
7.4.2 Τυχαία χωρική κατανομή του L.S.F	140
7.4.3 Χωρική κατανομή του L.S.F που χαρακτηρίζεται από ύπαρξη τάση και τυχαιότητα	140
7.5 Εξόρυξη οριζόντιας επιφάνειας με το Surface Miner 2200 SM	142
7.6 Αποτελέσματα από την εξόρυξη της επιφάνειας	145
7.7 Σχολιασμός αποτελεσμάτων	149
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	157
Συμπεράσματα και Προτάσεις	157
Προτάσεις	160

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	161
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Δείγματα γεωτρήσεων – Σύνθετα δείγματα – Πίνακες αναλύσεων	163
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Σχεδιαγράμματα του LSF – Χάρτες.....	188

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1	Αεροφωτογραφία της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού	3
Σχήμα 1.2	Σύγκριση τιμών τσιμέντου σε χώρες της Ευρώπης	4
Σχήμα 1.3	Ποσοστά κάθε κατηγορίας τσιμέντου που παράγεται	5
Σχήμα 1.4	Εξέλιξη παραγωγής, κατανάλωσης και εξαγωγών τσιμέντου για το διάστημα 2002 – 2005	5
Σχήμα 1.5	Γεωγραφική εξάπλωση των δραστηριοτήτων του ομίλου Italcementi	6
Σχήμα 1.6	Βαθμός κρισιμότητας της ποιότητας στα διάφορα παραγωγικά στάδια	9
Σχήμα 1.7	Προγραμματισμός μεταφοράς ομοιογενούς υλικού	12
Σχήμα 1.8	Αποκατάσταση λατομείου μετά την εξόφληση του	13
Σχήμα 2.1	Το λατομείο ασβεστολίθου της Καλαβασού από δυτική οπτική γωνία.....	19
Σχήμα 2.2	Το λατομείο ασβεστολίθου της Καλαβασού από ανατολική οπτική γωνία	19
Σχήμα 2.3	Σεισμική δραστηριότητα που παρουσιάζει η υποθαλάσσια περιοχή της Νότιας Κύπρου κατά μήκος του κυπριακού τόξο	23
Σχήμα 2.4	Σεισμική δραστηριότητα στην Κύπρο	24
Σχήμα 2.5	Σεισμική δραστηριότητα στην Επαρχία Λεμεσού	24
Σχήμα 2.6	Η χλωρίδα της περιοχής του λατομείου του ασβεστολίθου	30
Σχήμα 3.1	Περιστροφικό Γεωτρύπανο	36
Σχήμα 3.2	Σχέδιο διατρημάτων σε ασβεστόλιθο	38
Σχήμα 3.3	Σχέδιο μιας τυπικής σύνδεσης διατρημάτων	39
Σχήμα 3.4	Μεταβολή της πίεσης (p) στο πέτρωμα κατά την ώρα της έκρηξης	40
Σχήμα 3.5	Ζώνες θραύσης του πετρώματος γύρω από τον θάλαμο έκρηξης	40
Σχήμα 3.6	Ζώνες θραύσης του πετρώματος γύρω από τον θάλαμο έκρηξης	41
Σχήμα 4.1	Φωτογραφία από οπτική γωνία της Κυπριακής Εταιρίας Τσιμέντου Ltd	48
Σχήμα 4.2	Surface Miner 2200 SM	49

Σχήμα 4.3	Χρήσεις του Surface Miner	50
Σχήμα 4.4	Διάγραμμα εκτίμησης παραγωγής σε σχέση με την σκληρότητα	51
Σχήμα 4.5	Συγκρότηση του Surface Miner 2200 SM	52
Σχήμα 4.6	Υποδομής του Surface Miner 2200 SM	53
Σχήμα 4.7	Καμπίνα Χειριστού του Surface Miner 2200 SM	54
Σχήμα 4.8	Ανωδομή του Surface Miner 2200 SM	54
Σχήμα 4.9	Η τοποθέτηση του κοπτικού	55
Σχήμα 4.10	Σχηματικά η ελικοειδής μορφή των κοπτικών	56
Σχήμα 4.11	Ελικοειδής μορφή των κοπτικών	56
Σχήμα 4.12	Ευρύ διάστημα κοπτικών - Στενό διάστημα κοπτικών	58
Σχήμα 4.13	Ο βραχίονας του Surface Miner 2200 SM	59
Σχήμα 4.14	Διαστάσεις του Surface Miner 2200 SM	60
Σχήμα 4.15	Συγκρότηση Surface Miner 2200 SM	60
Σχήμα 4.16	Εξόρυξη στρωματοειδούς κοιτάσματος με ελαφριά κλίση	61
Σχήμα 4.17	Διαδικασία κατασκευής ράμπας	62
Σχήμα 4.18	Όψη λατομείου με το Surface Miner 2200SM	64
Σχήμα 4.19	Εκμετάλλευση λατομείου με το Surface Miner 2200SM	64
Σχήμα 4.20	Διάγραμμα χρόνου φόρτωσης σε σχέση με το βάθος κοπής	66
Σχήμα 4.21	Διαδικασία Φόρτωσης με Surface Miner 2200 SM	66
Σχήμα 4.22	Χρήση των αισθητήρων στο Surface Miner 2200 SM	68
Σχήμα 4.23	Τα σημείων που βρίσκονται οι αισθητήρες Surface Miner 2200 SM	68
Σχήμα 4.24	Ο βοηθός χειριστής του Surface Miner εκτεθειμένος στις κλιματολογικές συνθήκες	75
Σχήμα 4.25	Λατομείο ασβεστολίθου πριν την χρήση Surface Miner	77
Σχήμα 4.26	Λατομείο ασβεστολίθου μετά την χρήση Surface Miner	77
Σχήμα 5.1	Σχηματική τομή μιας γεώτρησης που έχει διατρήσει μια μεταλλοφόρο ζώνη	82
Σχήμα 5.2	Υπολογισμός σύνθετου δείγματος βαθμίδας	82
Σχήμα 5.3	Η τοπογραφική θέση των 33 γεωτρήσεων	86
Σχήμα 5.4	Η τρισδιάστατη θέση των 33 γεωτρήσεων	87
Σχήμα 5.5	Φωτογραφία της υπό μελέτη περιοχής στην φυσική της κατάσταση	87
Σχήμα 5.6	Ιστόγραμμα των τιμών του SiO ₂ % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	93
Σχήμα 5.7	Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το SiO ₂ %	93

Σχήμα 5.8	Ιστόγραμμα των τιμών του Al_2O_3 % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	94
Σχήμα 5.9	Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το Al_2O_3 %	95
Σχήμα 5.10	Ιστόγραμμα των τιμών του Fe_2O_3 % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	96
Σχήμα 5.11	Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το Fe_2O_3 %	96
Σχήμα 5.12	Ιστόγραμμα των τιμών του CaO % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	97
Σχήμα 5.13	Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το CaO %	98
Σχήμα 5.14	Ιστόγραμμα των τιμών του MgO % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	99
Σχήμα 5.15	Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το MgO %	99
Σχήμα 5.16	Ιστόγραμμα των τιμών του L.S.F % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	100
Σχήμα 5.17	Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το L.S.F %	101
Σχήμα 5.18	Ιστόγραμμα των τιμών του S.M % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	102
Σχήμα 5.19	Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το S.M %	102
Σχήμα 5.20	Διάγραμμα των μέσων τιμών του SiO_2 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	106
Σχήμα 5.21	Διάγραμμα των μέσων τιμών του Al_2O_3 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	106
Σχήμα 5.22	Διάγραμμα των μέσων τιμών του Fe_2O_3 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	107
Σχήμα 5.23	Διάγραμμα των μέσων τιμών του CaO των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου.....	107

Σχήμα 5.24	Διάγραμμα των μέσων τιμών του MgO των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	108
Σχήμα 5.25	Διάγραμμα των μέσων τιμών του LSF των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	108
Σχήμα 5.26	Διάγραμμα των μέσων τιμών του SM των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	109
Σχήμα 5.27	Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του SiO ₂ των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	110
Σχήμα 5.28	Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του Al ₂ O ₃ των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	110
Σχήμα 5.29	Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του Fe ₂ O ₃ των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	111
Σχήμα 5.30	Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του CaO των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	111
Σχήμα 5.31	Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του MgO των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	112
Σχήμα 5.32	Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του LSF των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	112
Σχήμα 5.33	Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του SM των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου	113
Σχήμα 5.34	Βαριόγραμμα των τιμών του SiO ₂ για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	114
Σχήμα 5.35	Βαριόγραμμα των τιμών του Al ₂ O ₃ για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	115
Σχήμα 5.36	Βαριόγραμμα των τιμών του Fe ₂ O ₃ για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	115
Σχήμα 5.37	Βαριόγραμμα των τιμών του CaO για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	116

Σχήμα 5.38	Βαριόγραμμα των τιμών του MgO για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	116
Σχήμα 5.39	Βαριόγραμμα των τιμών του LSF για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	117
Σχήμα 5.40	Βαριόγραμμα των τιμών του SM για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης	117
Σχήμα 5.41	Βαριόγραμμα των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m στην κατεύθυνση 0^0	118
Σχήμα 5.42	Βαριόγραμμα των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m στην κατεύθυνση 45^0	118
Σχήμα 5.43	Βαριόγραμμα των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m στην κατεύθυνση 90^0	119
Σχήμα 5.44	Βαριόγραμμα των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m στην κατεύθυνση 135^0	119
Σχήμα 6.1	Υπολογισμός της περιεκτικότητας g_{block} του κέντρου ενός μπλοκ	121
Σχήμα 6.2	Παράμετροι έλλειψης για την αναζήτηση των πλησιέστερων δειγμάτων	122
Σχήμα 6.3	Σχεδιάγραμμα της υπό μελέτη περιοχής με τις θέσεις των γεωτρήσεων	123
Σχήμα 6.4	Παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν με την μέθοδο IDS	126
Σχήμα 6.5	Χωρική κατανομή του LSF στην περιοχή του κοιτάσματος	127
Σχήμα 6.6	Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180 m	129
Σχήμα 7.1	Παραγωγική διαδικασία της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού	131
Σχήμα 7.2	Εξόρυξη ασβεστολίθου με το Surface Miner 2200 SM σε λατομείου της Κυπριακής Εταιρείας Τσιμέντων Ltd	134
Σχήμα 7.3	Δοκιμαστική εξόρυξη του μηχανήματος στην τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd	134
Σχήμα 7.4	Το μεταφορικό μέσον του υλικού στην εξορυγμένη επιφάνεια	135
Σχήμα 7.5	Χωρική κατανομή του L.S.F με τη μορφή ομόκεντρων κύκλων	136
Σχήμα 7.6	Περιμετρική διαδρομή κοπής του Surface Miner 2200 SM	137
Σχήμα 7.7	Χωρική κατανομή του L.S.F με τη μορφή ομόκεντρων ελλείψεων	138

Σχήμα 7.8	Διαδρομή του Surface Miner περιμετρικά των ομόκεντρων ελλείψεων	138
Σχήμα 7.9	Χωρική κατανομή του L.S.F με τη μορφή ζωνών	139
Σχήμα 7.10	Διαδρομή του Surface Miner κάθετη ως προς τις ζώνες των κατανομών	140
Σχήμα 7.11	Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180 m	141
Σχήμα 7.12	Η οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180 m με τον εκμεταλλεύσιμο όγκο και την χωρική κατανομή του LSF	143
Σχήμα 7.13	Σχεδιασμός εξόρυξης της οριζόντιας επιφάνειας με το Surface Miner 2200 SM	144
Σχήμα 7.14	Διάγραμμα των μέσων τιμών L.S.F συναρτήσει των εξορυκτικών λωρίδων	147
Σχήμα 7.15	Η μεταβλητότητα των τιμών LSF πριν και μετά την προομογενοποίηση	151
Σχήμα 7.16	Μέθοδος απόθεσης Chervon	154
Σχήμα 7.17	Αποθέτης προομογενοποίησης με μεταφορική ταινία	155
Σχήμα 7.18	Απόδοση ανάμιξης σε συνάρτηση με τον αριθμό των στιβάδων	156

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1	Τρόποι αποκατάστασης του περιβάλλοντος	13
Πίνακας 2.1	Η σημασία των δεικτών S_M , A_M , LSF και H_M στη παραγωγή τσιμέντου	27
Πίνακας 2.2	Τυπική χημικής ανάλυσης ασβεστολίθου	28
Πίνακας 2.3	Πρόβλεψη της τυπική χημικής ανάλυσης του κλίνκερ	28
Πίνακας 3.1	Κόστος γεώτρησης σε σχέση με τη διάμετρο του διατρήματος	37
Πίνακας 4.1	Μετρήσεις από την κοπή του Surface Miner 2200 SM	65
Πίνακας 4.2	Κόστος ανά τόνο υλικού με μέθοδο (Συμβατική και Surface Miner)	73
Πίνακας 5.1	Ποιοτικά και τοπογραφικά στοιχεία γεώτρησης με κωδικό 262	88
Πίνακας 5.2	Σύνθετα δείγματα της οριζόντια επιφάνεια πάχους 1 m στο υψόμετρο 180 m.....	90
Πίνακας 5.3	Στατιστική ανάλυση του SiO_2	92
Πίνακας 5.4	Στατιστική ανάλυση του Al_2O_3	94

Πίνακας 5.5	Στατιστική ανάλυση του Fe_2O_3	95
Πίνακας 5.6	Στατιστική ανάλυση του CaO	97
Πίνακας 5.7	Στατιστική ανάλυση του MgO	98
Πίνακας 5.8	Στατιστική ανάλυση του L.S.F	100
Πίνακας 5.9	Στατιστική ανάλυση του S.M	101
Πίνακας 5.10	Συντελεστές συσχέτισης των ποιοτικών στοιχείων του πετρώματος	103
Πίνακας 5.11	Μέσες τιμές των ποιοτικών στοιχείων των σύνθετων δειγμάτων	104
Πίνακας 5.12	Σχετικές τυπικές αποκλίσεις των ποιοτικών στοιχείων των σύνθετων δειγμάτων	105
Πίνακας 6.1	Στατιστικά στοιχεία της παραμέτρου LSF από τα δείγματα των γεωτρήσεων.....	124
Πίνακας 6.2	Στατιστικά στοιχεία του LSF της οριζόντιας επιφάνεια πάχους ενός μέτρου στο υψόμετρο 180 m	128
Πίνακας 7.1	Μέσες τιμή του L.S.F από κάθε λωρίδα εξόρυξης διάρκειας μίας ώρας	145
Πίνακας 7.2	Σύνθετα δείγματα της οριζόντια επιφάνεια πάχους 8 m στο υψόμετρο 180m ...	152
Πίνακας 7.3	Σύνθετα δείγματα οριζόντιων επιφανειών πάχους 1 m από το υψόμετρο 180 m έως το 188 m	153

Εισαγωγή

Η ραγδαία πρόοδος και ανάπτυξη που χαρακτηρίζει σήμερα την μεταλλευτική και λατομική δραστηριότητα έχει σαν αποτέλεσμα την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ποιοτικών μεταλλευτικών – λατομικών υλικών, για αυτό η χρήση μηχανοποιημένων μεθόδων εκμετάλλευσης είναι απαραίτητη. Η επίδραση της μεθόδου εκμετάλλευσης στην ποιότητα του παραγόμενου υλικού είναι σημαντική και πρέπει να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές για τις οποίες εξορύσσεται. Τα κριτήρια για την εφαρμογή της μεθόδου εξαρτώνται από τεχνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Κάθε μέθοδος επιφανειακής εκμετάλλευσης εμφανίζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που διαφοροποιούνται κατά περίπτωση εκμετάλλευση (τύπος κοιτάσματος, απαιτήσεις παραγωγής, περιορισμοί), ως εκ τούτου είναι αναγκαίο η επιλογή της μεθόδου για ένα συγκεκριμένο κοίτασμα να εξετάζεται διεξοδικά. Η μέθοδος που θα εξεταστεί στην παρούσα εργασία είναι η μέθοδος συνεχούς επιφανειακής εξόρυξης σε λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού με χρήση ενός νέου τύπου μηχανήματος, του Surface Miner 2200 SM.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι να διερευνήσει την επίδραση της μεθόδου συνεχούς επιφανειακής εξόρυξης με την χρήση του μηχανήματος Surface Miner 2200 SM της γερμανικής εταιρείας Wirtgen, στην ποιότητα του παραγόμενου ασβεστολίθου, σε λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd στην Κύπρο. Εξετάζεται επίσης, το πόσο εφικτή είναι η εφαρμογή αυτής της μεθόδου συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, περιβαλλοντικών και τεχνικών παραμέτρων. Η ποιότητα του παραγόμενου ασβεστολιθικού υλικού που φθάνει στο στάδιο της προομογενοποίησης, επηρεάζει καθοριστικά την παραγωγική διαδικασία της τσιμεντοβιομηχανίας, για αυτό και η μεταβλητότητα των ποιοτικών στοιχείων του υλικού πρέπει να περιορίζεται όσο το δυνατό περισσότερο. Εκτός από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της μεθόδου συνεχούς εξόρυξης σε μία επιφάνεια πάχους 25 cm (αποτελεί το βάθος κοπής του Surface Miner 2200 SM), χρειάζεται και ένα συγκρίσιμο μέγεθος ώστε να διερευνηθεί το κατά πόσο η μέθοδος είναι ανταγωνιστική σε σχέση εφαρμοσμένες μεθόδους. Για αυτό συγκρίνεται η ποιότητα (τυπική απόκλιση των τιμών του LSF) του παραγόμενου ασβεστολιθικού

υλικού της μεθόδου συνεχούς εξόρυξης με την ποιότητα του παραγόμενου ασβεστολιθικού υλικού μέσω της συμβατικής μεθόδου (ορθών βαθμίδων).

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται:

Η τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd και οι δραστηριότητες της καθώς επίσης και τη σημασία των λατομικών εργασιών. Η γεωγραφική θέση του λατομείου ασβεστολίθου στο οποίο θα εξεταστεί η μέθοδος συνεχούς εξόρυξης και τα διάφορα στοιχεία της ευρύτερης περιοχής του λατομείου όπως: γεωμορφολογικά, γεωλογικά, υδρογεωλογικά, γεωχημικά και σεισμολογικά. Στην συνέχεια περιγράφεται σε συντομία η εξόρυξη του ασβεστολίθου με χρήση εκρηκτικών υλών στο λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd. Δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος Surface Miner 2200 SM, οι δυνατότητες εξόρυξης του ανάλογα με την σκληρότητα του πετρώματος, η παραγωγική του ικανότητα σε λατομείο της Κυπριακής Εταιρίας Τσιμέντου Ltd όπου χρησιμοποιείται, αλλά και στο λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού όπου έγιναν δοκιμαστικές εκσκαφές.

Δημιουργείται το αρχείο των ποιοτικών χαρακτηριστικών του κοιτάσματος με την καταχώριση και επεξεργασία των τιμών των στοιχείων που πάρθηκαν από τις γεωτρήσεις, και τη δημιουργία των σύνθετων δειγμάτων από το υψόμετρο των 180m μέχρι το 204m. Γίνεται στατιστική ανάλυση των ποιοτικών παραμέτρων του ολικού κοιτάσματος αλλά και των σύνθετων δειγμάτων και υπολογίζονται τα βαριογράμματα προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος για την δημιουργία ψηφιακού μοντέλου του κοιτάσματος. Το ψηφιακό μοντέλο που αναπτύχθηκε βασίστηκε στη μέθοδο των αντιστρόφων αποστάσεων (IDS), είναι δισδιάστατο και βασίστηκε στα σύνθετα δείγματα 1m που υπολογίστηκαν. Το ψηφιακό μοντέλο αναφέρεται στον δείκτη LSF που αποτελεί ένα από τους σημαντικότερους δείκτες ποιότητας του ασβεστολίθου.

Έμφαση δίνεται στα λειτουργικά χαρακτηριστικά εξόρυξης του μηχανήματος Surface Miner 2200 SM και στην συσχέτιση της μορφής της χωρικής κατανομής του LSF και της διαδικασίας εξόρυξης με την ποιότητα του εξορυσσόμενου ασβεστολίθου. Επίσης διερευνάται η επίδραση της διακύμανσης του εξορυσσόμενου υλικού και συγκρίνεται η μέθοδος συνεχούς εξόρυξης με την αντίστοιχη μέθοδο των ορθών βαθμίδων (διάτρηση – ανατίναξη).

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΛΑΤΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd και οι λατομικές της δραστηριότητες. Η τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd, έχει έδρα την Κύπρο και έχει την μεγαλύτερη παραγωγικότητα από την αντίστοιχη Κυπριακή Εταιρία Τσιμέντου Ltd, που είναι από τις μεγαλύτερες εταιρίες στην νήσο. Περιγράφεται το ιστορικό, η ανάπτυξη και η δομή της εταιρείας, η πολιτική της και οι στρατηγικές της συνεργασίες.

Επίσης στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η σημασία του ορθολογικού σχεδιασμού των λατομικών εργασιών τόσο για την αποτελεσματική λειτουργία της εταιρείας όσο και για το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο που επηρεάζεται από την λειτουργία της.

1.2 Ιστορικό και αναπτυξιακή δομή της εταιρείας

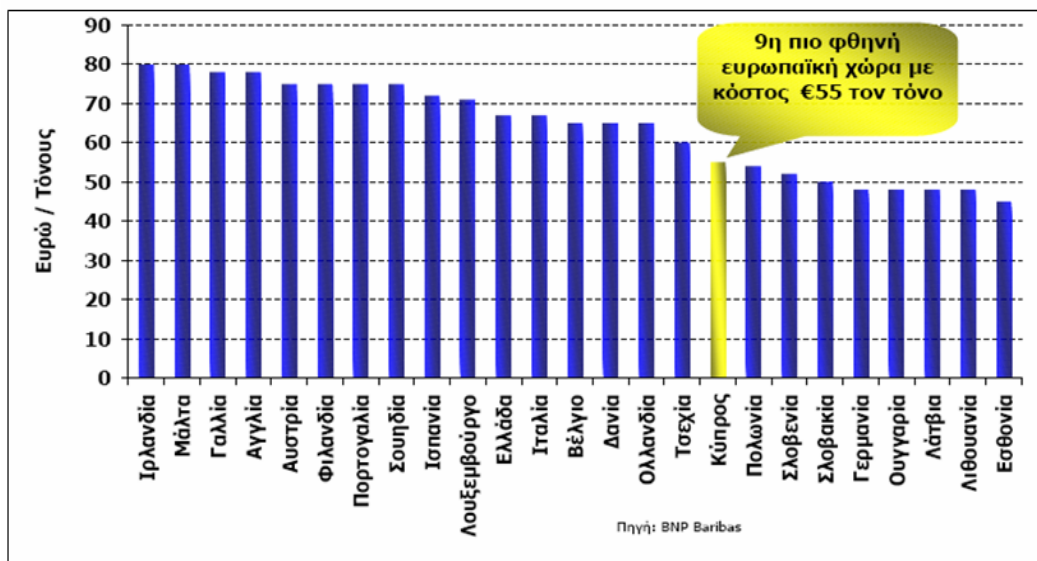
Η Τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd (Σχήμα 1.1) ιδρύθηκε το 1963, ως Δημόσια Εταιρεία, κατόπιν πρωτοβουλίας της Ελληνικής Μεταλλευτικής Εταιρείας.



Σχήμα 1.1 Αεροφωτογραφία της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού

Η περιοχή του Βασιλικού επιλέχθηκε ως η καλύτερη δυνατή θέση για την ανέγερση των εγκαταστάσεων λαμβάνοντας υπόψη την αφθονία και την άριστη ποιότητα των πρώτων υλών στην περιοχή. Οι εγκαταστάσεις τέθηκαν σε λειτουργία το 1967 με ετήσια παραγωγή 150.000 τόνων.

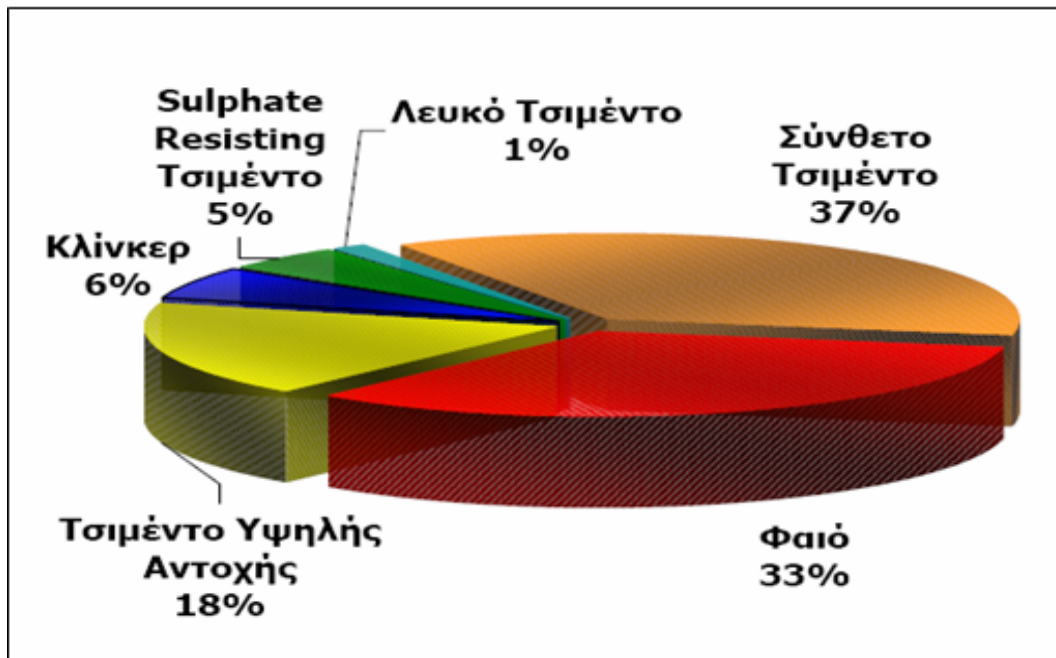
Τα πρώτα χρόνια λειτουργίας ήταν εξαιρετικά ενθαρρυντικά δεδομένου ότι η Εταιρεία κατόρθωσε να πωλεί ολόκληρη την παραγωγή τσιμέντου και να πραγματοποιεί συγχρόνως σημαντικά κέρδη. Από το 1967 η Εταιρεία εξελίχθηκε με την αγορά και παράλληλα με την αναπτυσσόμενη οικονομία του νησιού. Νέες μονάδες παραγωγής εγκαταστάθηκαν για να αυξήσουν την παραγωγική ικανότητα του αρχικού εργοστασίου προκειμένου να ικανοποιηθεί αυξανόμενη ζήτηση στην τοπική αγορά. Η Εταιρεία παράλληλα κατόρθωσε να αναπτύξει ένα διεθνές δίκτυο πελατών, που στηρίχτηκε στην ποιότητα του προϊόντος της, την αξιοπιστία και την ανταγωνιστικότητα των τιμών (Σχήμα 1.2).



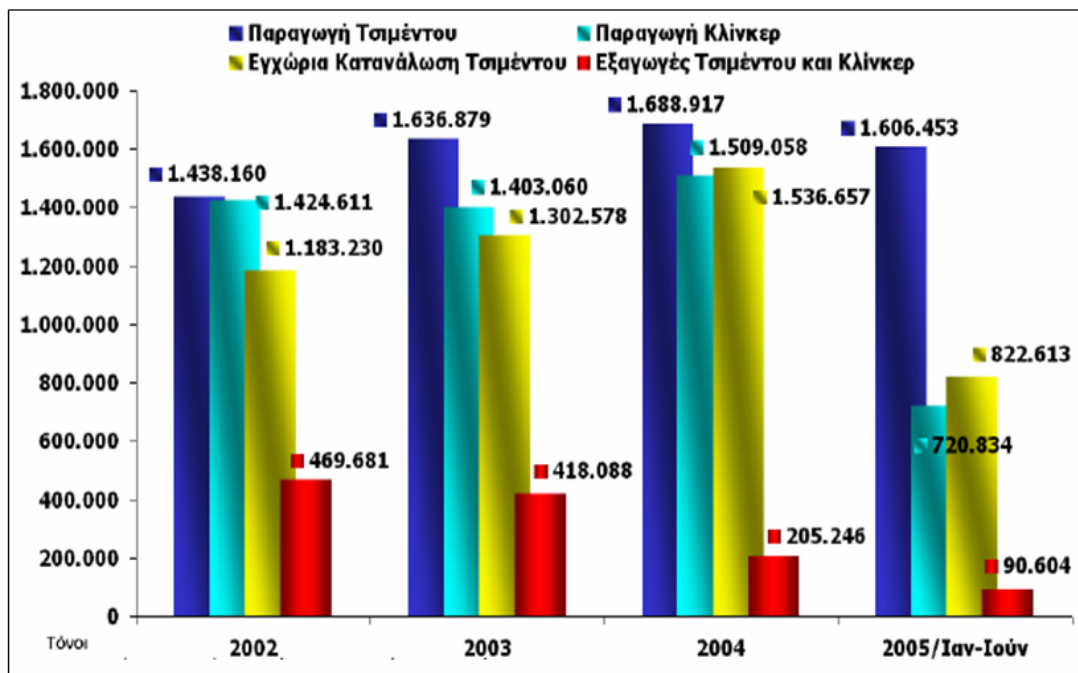
Σχήμα 1.2 Σύγκριση τιμών τσιμέντου σε χώρες της Ευρώπης (T.B, 2007)

Αναγνωρίζοντας τη μεγάλη δυνατότητα της διεθνούς αγοράς η εταιρεία κατασκεύασε το δικό της λιμάνι δίπλα στην τσιμεντοβιομηχανία το 1983 μέσω του οποίου 50% της παραγωγής τσιμέντου εξάγεται σε ετήσια βάση. Το λιμάνι είναι διαθέσιμο και σε τρίτους για την εισαγωγή και την εξαγωγή οχημάτων φορτίων.

Η Εταιρεία παράγει σήμερα 1.3 εκατομμύρια τόνους φαιού και λευκού τσιμέντου το χρόνο όπου διατίθενται στην εγχώρια αγορά αλλά και στο εξωτερικό (Σχήμα 1.3 και 1.4).

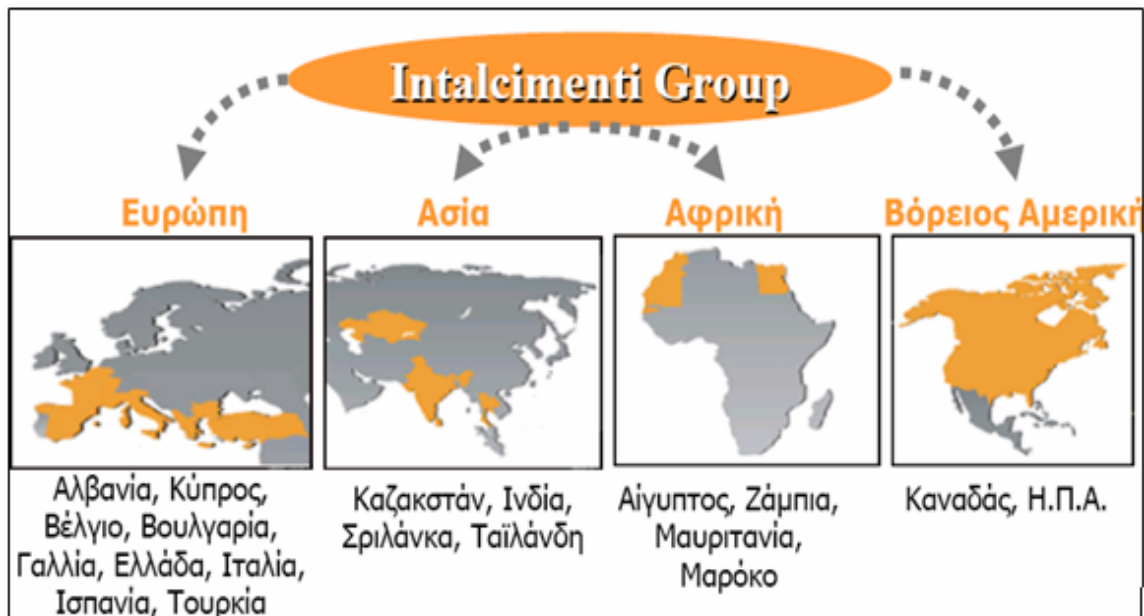


Σχήμα 1.3 Ποσοστά κάθε κατηγορίας τσιμέντου που παράγεται (T.B, 2007)



Σχήμα 1.4 Εξέλιξη παραγωγής, κατανάλωσης και εξαγωγών τσιμέντου για το διάστημα 2002 – 2005 (T.B, 2007)

Σημείο αναφοράς στην ιστορία της Εταιρείας αποτελεί το 1990 όταν η Ιταλική Εταιρεία Italcementi απέκτησε το 20% της Εταιρείας, το οποίο στην συνέχεια αυξήθηκε σε 33%. Η Italcementi είναι από τους μεγαλύτερους παραγωγούς τσιμέντου στον κόσμο με επενδύσεις στην Ευρώπη, Ασία και Αφρική με συνολική παραγωγική δυνατότητα 70 εκ. τόνους τσιμέντο το χρόνο (Σχήμα 1.5) και 17000 εργαζόμενους.



Σχήμα 1.5 Γεωγραφική εξάπλωση των δραστηριοτήτων του ομίλου

Italcementi (T.B, 2007)

Η Italcementi συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη και την πρόοδο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd διαθέτοντας την τεχνογνωσία της στις διαδικασίες παραγωγής τσιμέντου και εισάγοντας εξελιγμένες τεχνολογικές μεθόδους.

Η Εταιρεία δεσμεύτηκε σε ένα πρόγραμμα αειφόρου ανάπτυξης στο οποίο επενδύθηκαν περισσότερο από £4.000.000 για να αυξήσουν, να βελτιώσουν και να αναβαθμίσουν την ικανότητα και τις διαδικασίες παραγωγής, ενώ άλλες £500000 ξοδεύει αποκλειστικά για να βελτιώσει την περιβαλλοντική της απόδοση. Επιπλέον, η Εταιρεία επενδύει σημαντικά στις σχέσεις της με τις γειτονικές κοινότητες, είναι πολύ ευαίσθητη σε περιβαλλοντικά θέματα και ενδιαφέρεται σε μεγάλο βαθμό για να βελτιώσει την επικοινωνία μεταξύ τους.

Οι κυριότερες επενδύσεις περιλαμβάνουν:

- Την εγκατάσταση ενός σιλό τσιμέντου χωρητικότητας 25.000 τόνων το οποίο έχει κατασκευαστεί και χρησιμοποιείται από το 2000.
- Τη εγκατάσταση του νέου μύλου τσιμέντου το 2002, που εξυπηρετεί σε μεγάλο βαθμό τις εξαγωγές ως επίσης και την τοπική αγορά τσιμέντου. Είναι πρόσφατης σύγχρονης τεχνολογίας ενεργειακών περιστρεφόμενων κλιβάνων με συνολικό κόστος £7.000.000. Αυτός ο μύλος τσιμέντου βοηθά επίσης στη μείωση των εκπομπών CO₂ μέσω της δυνατότητας του να καταναλώνει 20% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα κυλινδρικών μύλων, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην υγεία και την ασφάλεια του προσωπικού της Εταιρείας και των γειτονικών κοινοτήτων εξαιτίας των μειωμένων επιπέδων θορύβου λειτουργίας του.
- Την εγκατάσταση ηλεκτρογεννητριών (6 MW) τον Ιούνιο του 2003 με στόχο τη μείωση των δαπανών για ηλεκτρική ενέργεια και την μείωση των εκπομπών του παραγόμενου CO₂.

1.2.1 Πολιτική και σύγχρονη τεχνολογία

Η στρατηγική της Εταιρείας είναι η συνεχής ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της και το πρόγραμμα βιώσιμης ανάπτυξης της. Ένας θεμελιώδης στόχος της Εταιρείας είναι η συνεχής μελέτη των νέων τεχνολογιών έτσι ώστε να εισαγάγει σε ελεγχόμενα στάδια την τεχνολογία που θα προσφέρει στην Εταιρεία τα αναμενόμενα αποτελέσματα ώστε να πετύχει τους ποιοτικούς και οικονομικούς της στόχους. Η τεχνολογία της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd επιτρέπει τη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας, την ελαχιστοποίηση των λειτουργικών δαπανών και τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Στα πλαίσια της τεχνολογικής αναβάθμισης, η Εταιρεία εισάγει νέα συστήματα αυτοματοποίησης και εφαρμόζει επίσης τις προληπτικές διαδικασίες συντήρησης, οι οποίες μεγιστοποιούν τον βαθμό εκμετάλλευσης των μονάδων παραγωγής. Η εξυπηρέτηση πελατών στην Κύπρο και τις διεθνείς αγορές έχουν βελτιωθεί σημαντικά είναι η αναμονή και ο χρόνος φόρτωσης τσιμέντου έχουν μειωθεί δραστικά. Η Εταιρεία άρχισε το 2002 να λειτουργεί ένα σύγχρονο εργαστήριο ελέγχου ποιότητας και έρευνας σκυροδέματος σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα προκειμένου

να διερευνηθεί περαιτέρω η συμπεριφορά των διάφορων τύπων τσιμέντου που παράγει με τα διάφορα τοπικά αδρανή επεκτείνοντας έτσι τις δραστηριότητες του Τμήματος Εξυπηρέτησης Πελατών σε θέματα τεχνικής υποστήριξης και συμβουλευτικών υπηρεσιών.

1.2.2 Στρατηγικές Συνεργασίες

Η Εταιρεία συμμετέχει από το 2001 με ποσοστό 30% στα Λατομεία Πύργων Ltd, μια στρατηγική συνεργασία με την Εταιρεία Ιωάννου & Παρασκευαΐδης. Το 2004 η θυγατρική Εταιρεία της Τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού, Βασιλικό Δομικά Υλικά Ltd, συμμετέχει με 51% στην Εταιρεία Α.Ε.Σ. Άτλας Έτοιμο Σκυρόδεμα Ltd που βρίσκεται στη βόρεια περιοχή της Πάφου, στην περιοχή Δρούσιας. Η Εταιρεία έχει εξοπλιστεί πρόσφατα με ολοκαίνουργιο και σύγχρονο εξοπλισμό παραγωγής και με στόλο 10 μπετονιέρων και 3 αντλιών για την καλύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη. Η Εταιρεία έχει την ικανότητα να παράγει πάνω από 120.000m³ έτοιμου σκυροδέματος, και έχει ως κύριο στόχο να ικανοποιεί τις ανάγκες των πελατών και την εξασφάλιση ποιότητας.

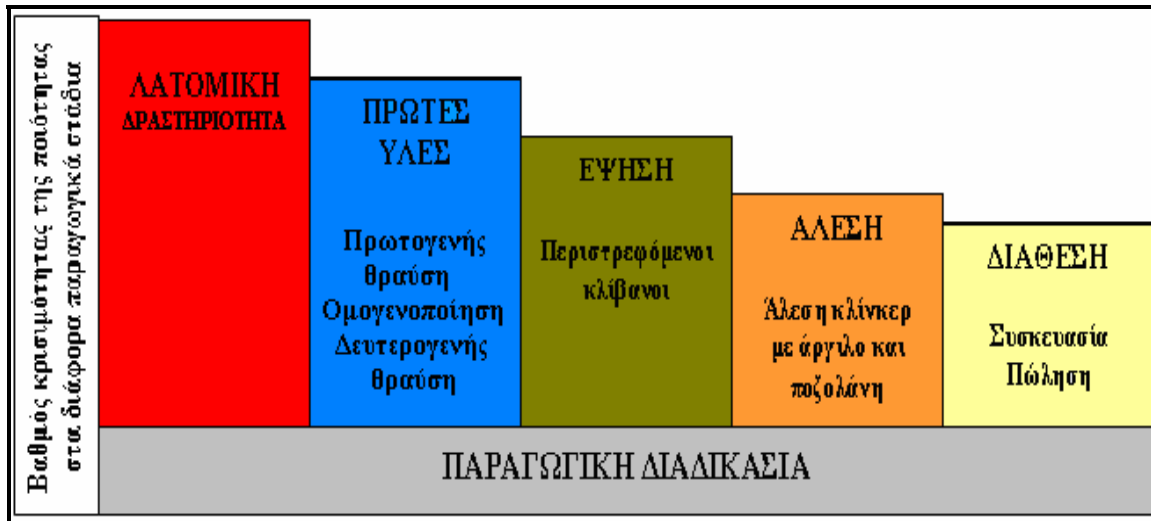
Η Εταιρεία εφάρμοσε το CRM σύστημα, ένα σύγχρονο πακέτο λογισμικού ως μέρος της διαδικασίας αναδιοργάνωσης των δραστηριοτήτων της στην Κύπρο και το εξωτερικό. Η Εταιρεία, προκειμένου να υποστηριχθεί το Τμήμα Εξυπηρέτησης Πελατών, έχει δημιουργήσει σήμερα το δικό της στόλο μεταφοράς τσιμέντου σε συνεργασία με την Εταιρεία Staleko Λτδ, η οποία λειτουργεί ως υπεργολάβος στην μεταφορά και παράδοση συσκευασμένου και χύδην τσιμέντου. Αυτή η δραστηριότητα προσφέρει την ευκαιρία στην Εταιρεία να βρίσκεται πιο κοντά στις ανάγκες των πελατών της.

1.3 Λατομεία

Επειδή η εκμετάλλευση των πρώτων υλών είναι ένας βασικός συντελεστής στη παραγωγή του τσιμέντου που έχει άμεση επίδραση στο συνολικό κόστος παραγωγής καθώς και στο περιβάλλον, η Εταιρεία έχει δώσει μεγάλη σημασία στην ορθολογική σχεδίαση και εφαρμογή των λατομικών εργασιών.

Τονίστηκε ήδη ότι την ποιότητα μπορεί να διασφαλιστεί μόνο αν εφαρμόζεται από πρώτο παραγωγικό στάδιο μέχρι και το τελευταίο σωστή διαδικασία ελέγχου ποιότητας.

Γι'αυτό είναι σημαντικό όσο πιο μακριά βρίσκονται από το τελικό προϊόν τόσο μεγαλύτερη σημασία πρέπει να δίδεται στον έλεγχο ποιότητας όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6.



Σχήμα 1.6 Βαθμός κρισιμότητας της ποιότητας στα διάφορα παραγωγικά στάδια.

Τα λατομεία είναι πρωταρχικής σημασίας για την διασφάλιση της ποιότητας. Η θέση των λατομείων και τα αποθέματα πρώτων υλών καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την θέση και το μηχανολογικό εξοπλισμό του εργοστασίου. Συνεπώς δεν επιτρέπονται πρόχειρες μελέτες για τα λατομεία γιατί μπορεί να οδηγήσουν σε λάθη με πολύ μεγάλη επίπτωση στην λειτουργία της τσιμεντοβιομηχανίας.

Η ορθή σχεδίαση και ανάπτυξη των λατομικών έργων περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- Έρευνα (Γεωλογική, Ορυκτολογική, Γεωφυσική και γεωτρήσεις).
- Σχεδιασμός (Αποθέματα, βαθμίδες, όρια εκσκαφής, οδοί προσπέλασης).
- Προγραμματισμός εργασιών (Εξοπλισμός, προγραμματισμός παραγωγής).
- Ανάπτυξη του Λατομείου (Έργα προσπέλασης, ανάπτυξη).
- Λατομικές εργασίες (Αποκαλύψεις, εξορύξεις, φορτώσεις, μεταφορές κ.α).
- Προστασία περιβάλλοντος και αποκαταστάσεις.

Η Τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd διαθέτει πέντε λατομεία, εκ των οποίων τρία παράγουν ασβεστόλιθο, ένα άργιλο και ένα γύψο:

- Λατομείο Ασβεστολίθου στην Καλαβασό
- Λατομείο Ασβεστολίθου στο Πεντάκομο
- Λατομείο Ασβεστολίθου στο Αρμενοχώρι
- Λατομείο Γύψου στην Τόχνη
- Λατομείο Αργίλου στο Μαρί

1.3.1 Θέση Λατομείου

Για να καθοριστούν οι χώροι λατόμευσης πρέπει να προηγηθεί ο καθορισμός της ποιότητας του τσιμέντου που παράγεται και η τεχνολογία - μέθοδος παραγωγής. Αυτά τα δυο καθορίζουν σε γενικές γραμμές την ποιότητα των πρώτων υλών. Μια σχολαστική γεωλογική μελέτη θα δείξει πιθανούς χώρους λατόμευσης δηλαδή χώρους με ενδείξεις ότι υπάρχουν τα κατάλληλα υλικά. Γίνεται αξιολόγηση των χώρων αυτών και γίνεται μια πρώτη επιλογή των χώρων. Στο στάδιο αυτό το κύριο κριτήριο είναι η απόσταση από το εργοστάσιο ή την πιθανότερη θέση του εργοστασίου, δεδομένου φυσικά ότι υπάρχουν ενδείξεις ότι ποιοτικά - ποσοτικά οι διάφορες θέσεις είναι ισοδύναμες. Ακολουθεί σχολαστική ερευνά με γεωτρήσεις και καθορισμός των αποθεμάτων. Η τελική επιλογή της θέσης του λατομείου θα καθορισθεί με βάσει τα αποθέματα, την ομοιομορφία - ομοιογένεια, γεωλογικά - τοπογραφικά δεδομένα, απόσταση από το εργοστάσιο, κλιματολογικές συνθήκες, μεθόδους εκμετάλλευσης, περιβάλλον και δυνατότητα για μελλοντικές επεκτάσεις.

1.3.2 Σχεδιασμός Λατομικών Εργασιών

Ο προγραμματισμός των λατομικών εργασιών πρέπει να είναι μακροχρόνιος και να καλύπτει το σύνολο των αποθεμάτων δηλαδή θα πρέπει πριν αρχίσουν οποιεσδήποτε προπαρασκευαστικές ή λατομικές διεργασίες να υπάρχει ένα πλήρες σχέδιο λατόμευσης. Μόνο έτσι είναι δυνατή η εκμετάλλευση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το λατομείο.

Αυτό σημαίνει:

- Απόληψη της μέγιστης ποσότητας κατάλληλου υλικού και η απόρριψη της ελάχιστης δυνατής ποσότητας ακατάλληλου υλικού.
- Συνεχής παραλαβή υλικού σταθερής ποιότητας με τις μικρότερες δυνατές διακυμάνσεις ποιότητας (χημική-ορυκτολογική ανάλυση).
- Ελάχιστο δυνατό κόστος.
- Ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση ή καταστροφή του περιβάλλοντος.

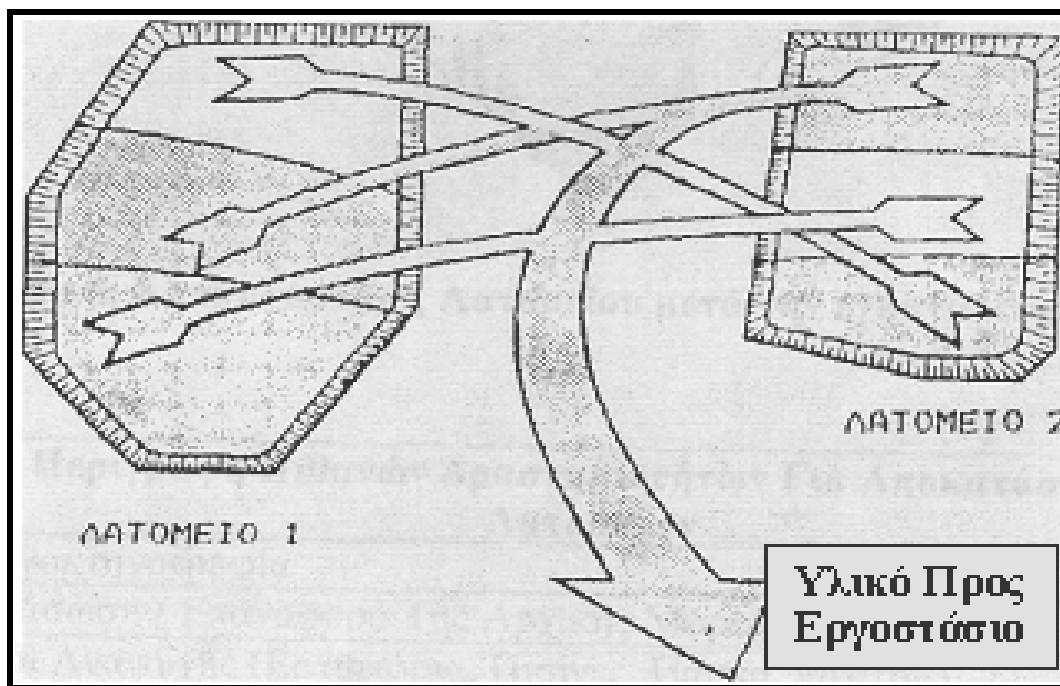
Έχοντας λεπτομερή σχέδια λατόμευσης υπάρχει η δυνατότητα να γίνουν έγκαιρα οι πιο κάτω διεργασίες:

- **Αγορά -εξασφάλιση της απαιτούμενης γης.** Η διαδικασία αυτή συνήθως είναι χρονοβόρα και περίπλοκη και πρέπει να γίνεται έγκαιρα.
- **Χάραξη δρόμων-επιλογή θέσεων βοηθητικών εγκαταστάσεων.** Οι δρόμοι πρέπει να χαραχθούν από την αρχή, αν αυτό είναι δυνατό, σε χώρους με ακατάλληλο υλικό που δεν θα παρεμποδίζουν την λατόμευση. Οι βοηθητικές εγκαταστάσεις πρέπει να βρίσκονται σε ασφαλή θέση να εξυπηρετούν τις λειτουργίες του λατομείου και να μην απαιτείται η μετακίνηση τους μετά την εξέλιξη του λατομείου.
- **Μετακίνηση -απόρριψη υπερκείμενου ακατάλληλου υλικού (μπάζα).** Τα άγονα υλικά πρέπει να απομακρύνονται έγκαιρα και να μεταφέρονται σε χώρους που έχουν επιλεγεί για το σκοπό αυτό. Μέρος των υλικών αυτών μπορεί να είναι χώματα κατάλληλα για γεωργία. Αυτά θα πρέπει να αποθηκευτούν ξεχωριστά για να χρησιμοποιηθούν αργότερα όταν θα γίνει η αποκατάσταση του λατομείου. Τυχόν αμμοχάλικα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οικοδομικές εργασίες. Τα άγονα υλικά συνήθως απομακρύνονται σταδιακά με την εξέλιξη του λατομείου για δυο λόγους:
 - α.** Ομοιόμορφη κατανομή εξόδων,
 - β.** Με την εξέλιξη του λατομείου δημιουργούνται κατάλληλοι χώροι απόρριψης των μπαζών.
- **Διακίνηση-απόρριψη ακατάλληλου υλικού.** Συνήθως μια ποσότητα ακατάλληλου υλικού βρίσκεται εγκλωβισμένο μέσα στο κατάλληλο υλικό. Πρέπει να υπάρχει γνώση πότε σε ποιο σημείο και σε τι ποσότητες θα συναντήσουμε το υλικό αυτό για να

προβλεφθεί πότε, πως, και που θα μετακινηθεί αν απαιτείται να μετακινηθεί. Η έγκαιρη πρόβλεψη ίσως επιτρέψει τη χρήση του υλικού αυτού για άλλες ανάγκες.

- **Σχεδιασμός λατόμευσης.** Απαιτείται η εκπόνηση μελέτης για τον προγραμματισμό των εργασιών έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ποιότητα πρώτων υλών μακροχρόνια ή και παραγωγή υλικών ειδικών προδιαγραφών αν υφίστανται τέτοιοι ειδικοί περιορισμοί (ποιοτικοί ή οικονομικοί). Ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη του και αλλά υφιστάμενα λατομεία (Σχήμα 1.7) ούτως ώστε η ποιότητα των υλικών προς το εργοστάσιο να είναι η ίδια.

Το αντικείμενο του σχεδιασμού της παραγωγής ενός λατομείου για την εξασφάλιση σταθερής ποιότητας αναλύεται διεξοδικά στην ενότητα 7.2 της παρούσας εργασίας.

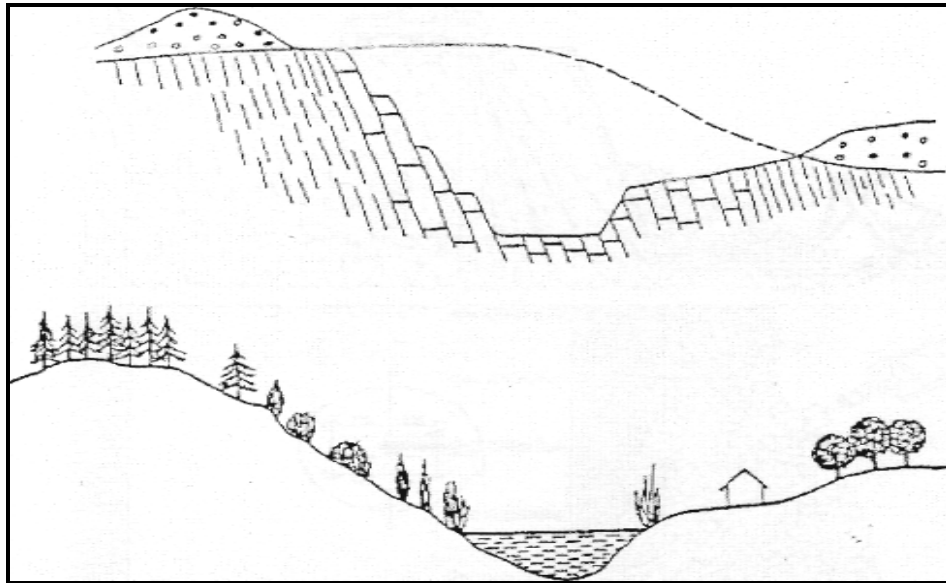


Σχήμα 1.7 Προγραμματισμός μεταφοράς ομοιογενούς υλικού

(T.B, 2007)

- **Αποκατάσταση περιβάλλοντος.** Αναφέρθηκε ότι ο σωστός σχεδιασμός του λατομείου σημαίνει την έγκαιρη πρόβλεψη της εξέλιξης της μορφής του λατομείου, στην εικόνα αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνεται και η αποκατάσταση του εξοφλημένου τμήματος (Σχήμα 1.8). Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα με την εξέλιξη του λατομείου στα σημεία εκείνα που έχει ολοκληρωθεί η λατόμευση. Στον Πίνακα 1.1 φαίνονται διάφοροι τρόποι αποκατάστασης του

περιβάλλοντος σε λατομεία που έχουν εγκαταλειφθεί. Πρέπει να τονιστεί ότι αν δεν υπάρχουν ιδιαίτεροι λόγοι ο χώρος πρέπει να επανέλθει όσο το δυνατό πλησιέστερα στην αρχική του μορφή (χλωρίδα - πανίδα). Πολλές φορές όμως τέτοιοι χώροι χρησιμοποιούνται για μεγάλα αναπτυξιακά έργα που θα γίνονταν ούτως ή άλλως κάπου αλλού.



Σχήμα 1.8 Αποκατάσταση Λατομείου μετά την εγκατάλειψη του (T.B, 2007)

Πίνακας 1.1 Τρόποι αποκατάστασης του περιβάλλοντος (T.B, 2007)

A/A	Περιγραφή Πιθανών Δραστηριοτήτων Για Αποκατάσταση Λατομείων
1	Γεωργοκτηνοτροφία
2	Αναδάσωση (Επαναφορά Της Αρχικής Μορφής Βλάστησης)
3	Χώροι Αναψυχής (Εστιατόρια, Πισίνες, Πάρκα, Θέατρα)
4	Επιστημονική Δραστηριότητα
5	Ζωολογικοί Κήποι – Διατήρηση Της Άγριας Ζωής
6	Ιχθυοτροφεία
7	Αθλητικοί Χώροι
8	Χώροι Κοινωνικής Ευημερίας
9	Τεχνητές Λίμνες – Φράγματα
10	Εμπορικοί – Βιομηχανικοί Χώροι

1.4 Γεωγραφική θέση του λατομείου ασβεστολίθου στην Καλαβασό

Στην περιοχή αυτή βρίσκεται το μεγαλύτερο λατομείο της εταιρείας (η ακριβής θέση του απεικονίζεται στον οδικό και διοικητικό χάρτη 1:250000 (Παράρτημα Β σελ.201), και προμηθεύει τον ασβεστόλιθο που είναι η βασικότερη πρώτη ύλη για την παραγωγή του τσιμέντου. Η λειτουργία του λατομείου αυτού άρχισε το 1972 και από τότε το λατομείο επεκτάθηκε προς όλες τις κατευθύνσεις και αυτή τη στιγμή καλύπτει το 75% της περιοχής. Για το λόγο αυτό μπορεί να λεχθεί πως αυτή η «περιοχή» καθιερώθηκε ως μια λατομική ζώνη.

Σε ότι αφορά την ιδιοκτησία της γης, από τα 180 εκτάρια ολόκληρης της περιοχής 20,5 εκτάρια δηλαδή 11,4% είναι κρατική γη, 74,9 δηλαδή 41.6% ανήκει σε ιδιώτες, 84,5 εκτάρια δηλαδή 46,9% ανήκουν στην τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd.

Διοικητικά ανήκει σε τέσσερα διαφορετικά χωριά και δύο επαρχίες. Το ανατολικό μέρος βρίσκεται στο χωριό Καλαβασός και ένα μικρό μέρος στα νότια στο χωριό Μαρί τα οποία ανήκουν στην Επαρχία Λάρνακας. Το βορειοδυτικό μέρος βρίσκεται στο χωριό Ασγάτα και το νοτιοδυτικό στο χωριό Πεντάκωμο και τα δύο της Επαρχίας Λεμεσού. Το χωριό Καλαβασός βρίσκεται 2,5 χιλιόμετρα βορειοανατολικά, το χωριό Μαρί βρίσκεται 2 χιλιόμετρα νοτιοανατολικά, το χωριό Ασγάτα βρίσκεται 4 χιλιόμετρα βορειοδυτικά και το χωριό Πεντάκωμο βρίσκεται 4,5 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά.

Ο πιο κοντινός ασφαλτοστρωμένος δρόμος είναι ο κύριος δρόμος προσπέλασης στο λατομείο και μεταφοράς ασβεστολίθου και φθάνει μέχρι την περιοχή του λατομείου. Ο δρόμος αυτός κατασκευάστηκε από την Εταιρεία για να εξυπηρετήσει την περιοχή του λατομείου πριν από την έκδοση αυτής της άδειας της «Περιοχής» όταν υπήρχε προνόμιο λατομείου το οποίο παραχωρήθηκε στην Εταιρεία από την Υπηρεσία Μεταλλείων. Αυτός ο δρόμος αρχίζει από τον παλαιό δρόμο Λευκωσίας-Λεμεσού που βρίσκεται περίπου ένα χιλιόμετρο νοτιοανατολικά. Ο νέος αυτοκινητόδρομος Λευκωσίας-Λεμεσού είναι λίγο πιο κοντά (0,8 χιλιόμετρα στην ίδια κατεύθυνση).

Εκτός από τον πιο πάνω δρόμο προσπέλασης στην «περιοχή» υπάρχει άλλος μη ασφαλτοστρωμένος δρόμος από το χωριό Καλαβασός και άλλος από το χωριό Πεντάκωμο. Ο τελευταίος δεν φαίνεται στους επίσημους Κυβερνητικούς χάρτες γιατί κατασκευάστηκε από την Εταιρεία.

Τα όρια αυτής της περιοχής έχουν επιλεχθεί με βάση διάφορα κριτήρια. Το πρώτο ήταν η ύπαρξη διαθέσιμου ασβεστόλιθου σε ότι αφορά τις υπάρχουσες λατομικές εργασίες καθώς και τις μακροχρόνιες ανάγκες της Εταιρείας και τις πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις των εργασιών. Μετά την επιβεβαίωση της ποιότητας και την κατανομή του ασβεστόλιθου, οι λεπτομέρειες των ορίων καθορίστηκαν με βάση την ιδιοκτησία της γης, τη ροή των ρυακιών και τη θέση των δρόμων και των ατραπών.

Ξεκινώντας από το βορειότερο μέρος στην τοποθεσία «Λαξιά της Μαρίας» το όριο της «περιοχής» ακολουθεί μερικά σύνορα κτημάτων μέχρι που φθάνει σε ρυάκι που αποτελεί όριο της περιοχής για απόσταση 250 μέτρων περίπου. Μετά το όριο κατευθύνεται βορειοδυτικά προς την τοποθεσία «Ζουλοφτήδες» και πλησιάζει ένα κοντινό πέρασμα που έρχεται από το χωριό Καλαβασός. Ακολουθεί το πέρασμα και το επόμενο μονοπάτι για λίγη απόσταση και μετά στρίβει προς τα νοτιοανατολικά πάλι για να συναντήσει τον κύριο δρόμο προσπέλασης στο λατομείο. Το όριο ακολουθεί αυτό τον δρόμο για 350 μέτρα περίπου και μετά κατευθύνεται δυτικά για να ακολουθήσει για 900 περίπου μέτρα το μη ασφαλτοστρωμένο δρόμο που οδηγεί στο χωριό Πεντάκωμο.

Στην τοποθεσία Αγία Μαύρη το όριο δεν ακολουθεί το δρόμο αλλά ακολουθεί δυτική κατεύθυνση που συμπίπτει με το νότιο σύνορο του τοπογραφικού σχεδίου. Αυτή η ευθεία γραμμή του συνόρου φθάνει μέχρι τη συνάντηση του ρυακιού στην τοποθεσία Δροσινά και το ακολουθεί για 450 μέτρα περίπου με βορειοδυτική κατεύθυνση προς την τοποθεσία Πλάκες. Από εκεί το όριο ακολουθεί δυτική κατεύθυνση για 250 μέτρα περίπου. Μετά το όριο αυτό συνεχίζει βόρεια και εν συνεχεία μια ακανόνιστη γραμμή για να συναντήσει ένα μονοπάτι στην τοποθεσία Κουντούρκα. Το σύνορο τότε ακολουθεί το μονοπάτι με βόρεια κατεύθυνση για 200 περίπου μέτρα και μετά στρίβει ανατολικά. Στα 100 μέτρα συναντά ένα ρυάκι το οποίο ακολουθεί για 500 μέτρα μέχρι την τοποθεσία Διπλοκουντούρκα. Ακολουθεί βορειοανατολική κατεύθυνση για 400 μέτρα σε ευθεία γραμμή και άλλα 400 σε ακανόνιστη μέχρι να καταλήξει στο βορειότερο σημείο του ορίου. Η επιλογή του συγκεκριμένου χώρου δημιουργίας του λατομείου έγινε για τους εξής βασικούς λόγους:

- Παρουσία καλής ποιότητας υλικών
- Βρίσκεται μέσα σε περιοχή όπου η εταιρεία έχει δικαίωμα λατόμευσης
- Η τοπογραφία και οι περιβαλλοντικές παράμετροι ήταν σχετικά ευνοϊκές.

2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΤΗΣ ΚΑΛΑΒΑΣΟΥ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα διάφορα στοιχεία της ευρύτερης περιοχής του λατομείου ασβεστολίθου της Καλαβασού τα οποία θα χρειαστούν στην συνέχεια στο σχεδιασμό εξόρυξης με την μέθοδο συνεχούς κοπής. Τα στοιχεία αυτά είναι πληροφορίες για την γένεση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, τα γεωμορφολογικά, γεωλογικά, υδρογεωλογικά, γεωχημικά και σεισμολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής του λατομείου. Ακόμα θα αναφερθούν στοιχεία για το κλίμα, όπως οι θερμοκρασίες που επικρατούν και η βροχόπτωση, καθώς και στοιχεία για την χλωρίδα και την πανίδα της ευρύτερης περιοχής του λατομείου.

2.2 Ιζηματογενή πετρώματα

Ιζηματογενή πετρώματα είναι τα πετρώματα εκείνα τα οποία σχηματίστηκαν από την απόθεση ή την καθίζηση υλικών που βρίσκονται σε αιώρηση ή διάλυση μέσα σε ένα ρευστό μέσο και την μετέπειτα συγκόλληση των υλικών που αποτέθηκαν. Τα υλικά αυτά προήλθαν από την αποσάθρωση άλλων πετρωμάτων εκρηξιγενών ή μεταμορφωμένων, τα οποία προϋπήρχαν σε άλλες περιοχές. Χαρακτηριστικό των ιζηματογενών πετρωμάτων είναι η στρώση των υλικών τους σε διαδοχικά επίπεδα και τα απολιθώματα, τα οποία βρίσκονται μόνο μέσα σε ιζήματα.

2.3 Διαδικασίες σχηματισμού ιζηματογενών πετρωμάτων.

Για τον σχηματισμό των ιζηματογενών πετρωμάτων λαμβάνουν χώρα οι εξής διεργασίες:

- 1) Διάβρωση και αποσάθρωση, οι οποίες είναι οι φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες που υφίστανται τα προϋπάρχοντα πετρώματα με αποτέλεσμα την καταστροφή τους.
- 2) Μεταφορά των υλικών που προέκυψαν από την αποσάθρωση και την διάβρωση, με τον άνεμο και το νερό των ποταμών και των θαλασσών.

- 3) Απόθεση των υλικών που βρίσκονται σε αιώρηση ή διάλυση. Η απόθεση γίνεται σε διαδοχικά στρώματα.
- 4) Διαγένεση, είναι η διαδικασία με την οποία ένα χαλαρό ίζημα μετατρέπεται σε συμπαγές πέτρωμα, με τη βοήθεια της πίεσης των υπερκείμενων στρωμάτων και της φυσικής συνδετικής ύλης.

Με βάση τον τρόπο με τον οποίο ακολουθείται η πιο πάνω διαδικασία τα ιζηματογενή πετρώματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες (Χρηστίδης, 2003):

- 1) Τα κλαστικά που είναι ιζήματα που προκύπτουν από απόθεση υλικών αποσάθρωσης, που αιωρούνται στο νερό ή στον αέρα όπως είναι η άργιλος, η μάργα και ο ψαμμίτης.
- 2) Τα χημικά τα οποία σχηματίστηκαν από συγκέντρωση ορυκτών που αποτέθηκαν κατευθείαν από υδατικά διαλύματα με ανόργανες χημικές διεργασίες όπως είναι ο ασβεστόλιθος, κερατόλιθοι.
- 3) Τα βιογενή όταν γίνεται συσσώρευση ή απόθεση ύλης προερχόμενης από ζωικούς ή φυτικούς οργανισμούς όπως είναι η κρητίδα (κιμωλία), ορυκτοί άνθρακες.

2.4 Ασβεστόλιθος

Ο ασβεστόλιθος είναι μονόμεικτο πέτρωμα αποτελούμενο κυρίως από ασβεστίτη. Η απόθεση του ανθρακικού ασβεστίου μπορεί να είναι είτε χημική (κορεσμός λόγω εξάτμισης ή αύξησης συγκέντρωσης ή αλλαγής φυσικοχημικών σταθερών) είτε βιογενής από συσσώρευση και συμπαγοποίηση των σκελετικών στοιχείων διαφόρων ζωικών ή φυτικών οργανισμών μετά το θάνατό τους. Είναι πολύ διαδεδομένο πέτρωμα και υπάρχει άφθονο τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Κύπρο.

Οι ασβεστόλιθοι χημικής προέλευσης σχηματίστηκαν σε γλυκά νερά πλούσια σε όξινο ανθρακικό ασβέστιο όπου έγινε καθίζηση αυτού με μορφή ουδέτερου ανθρακικού άλατος και σχηματίστηκαν στρώματα εύθρυπτα και πορώδη (το ανθρακικό ασβέστιο στη μορφή του ορυκτού αραγωνίτη). Με την πάροδο του χρόνου και την επίδραση των παραγόντων της διαγένεσης, ο αραγωνίτης μετετράπη σε ασβεστίτη (Χρηστίδης, 2003).

Ο μηχανισμός σχηματισμού των ασβεστόλιθων χημικής προέλευσης είναι ο εξής: Τα νερά της βροχής τα οποία απέρρεαν στη θάλασσα περιείχαν διαλυμένο όξινο ανθρακικό ασβέστιο. Ένα μέρος του όξινου ανθρακικού ασβεστίου που ήταν διαλυμένο στο νερό

προσλαμβάνονταν από τους θαλάσσιους οργανισμούς για το σχηματισμό των κελυφών τους ή των σκελετικών τους στοιχείων, ενώ το υπόλοιπο παρέμενε διαλυμένο. Η διαλυμένη ποσότητα όξινου ανθρακικού ασβεστίου στο νερό της θάλασσας εξαρτάται από την περιεχόμενη σ' αυτή ποσότητα του CO₂. Γνωρίζοντας ότι καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού μειώνεται το CO₂ έχει ως αποτέλεσμα να ελαττώνεται και η διαλυμένη ποσότητα του όξινου ανθρακικού ασβεστίου. Με τον τρόπο αυτό το όξινο ανθρακικό ασβέστιο απελευθέρωνε διοξείδιο του άνθρακα και μετέπιπτε σε ουδέτερο ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο ως αδιάλυτο καθίζανε και έτσι είχε δημιουργηθεί το χημικής προέλευσης ασβεστολιθικό ίζημα. Επίσης, άλλη αιτία μετατροπής του όξινου ανθρακικού ασβεστίου σε ουδέτερο ανθρακικό ασβέστιο, ήταν η παρουσία στο νερό ανθρακικού αμμωνίου, (NH₄)₂CO₃, το οποίο είχε προέλθει από τη σήψη μικροοργανισμών. Στην κατηγορία των ασβεστόλιθων χημικής προέλευσης εντάσσονται οι ωολιθικοί ασβεστόλιθοι και οι πισολιθικοί ασβεστόλιθοι. Οι βιογενείς ασβεστόλιθοι σχηματίστηκαν από όστρακα ή κελύφη ή παντός είδους ασβεστιτικά σκελετικά στοιχεία που υπήρχαν μέσα σε θάλασσες και τα οποία παρασύρθηκαν από ρεύματα και συσσωρεύτηκαν εκλεκτικά, κατά περιοχές, σε παχύτατα στρώματα. Τα στρώματα αυτά με την πάροδο των γεωλογικών αιώνων σχημάτισαν με τη διαγένεση τα βιογενούς προέλευσης ασβεστολιθικά πετρώματα.

2.5 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής

Αυτή η «περιοχή» του λατομείου περικλείει μια έκταση που προηγούμενα καλυπτόταν με άδεια λατόμευσης που πρωτοεκδόθηκε το 1972 και που προμήθευε τα εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου το μεγαλύτερο μέρος των πρώτων υλών, τον μαργαϊκό ασβεστόλιθο. Γι' αυτό τα χαρακτηριστικά αυτής της «περιοχής» είναι ένα εκτεταμένο λατομείο που στο παρόν στάδιο καταλαμβάνει τα τρία τέταρτα της (Σχήματα 2.1 και 2.2).

Παρθένο έδαφος υπάρχει στο βορειοανατολικό και βορειοδυτικό μέρος. Ο πρώτος τέτοιος χώρος είναι μια έκταση στο βορειοανατολικό μέρος του λατομείου στην ανατολική πλευρά ενός ρυακιού το οποίο ρέει από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά και αποτελεί στο παρόν στάδιο το βορειοανατολικό όριο των λατομικών εργασιών. Στις άλλες πλευρές αυτός ο χώρος περιβάλλεται από το όριο της «περιοχής» το οποίο στην

ανατολική πλευρά συμπίπτει με ένα ρυάκι που ρέει παράλληλα. Αυτός ο κατά προσέγγιση παραλληλόγραμμος χώρος φθάνει στο υψόμετρο 180 μέτρων βορειοδυτικά και 120 μέτρων νοτιοανατολικά.



Σχήμα 2.1 Το λατομείο ασβεστολίθου της Καλαβασού από δυτική οπτική γωνία



Σχήμα 2.2 Το λατομείο ασβεστολίθου της Καλαβασού από ανατολική οπτική γωνία

Ο δεύτερος τέτοιος χώρος της «περιοχή» στον οποίο δεν έχουν επεκταθεί οι λατομικές εργασίες είναι στο βορειοδυτικό μέρος της «περιοχής». Αυτός ο χώρος περιλαμβάνει τις κορυφογραμμές που έχουν ανατολική κατεύθυνση και οριοθετούνται από τρία ρυάκια που ρέουν παράλληλα με ανατολική κατεύθυνση. Το βόρειο ρυάκι είναι στην πραγματικότητα το βόρειο όριο της «περιοχής» σ' αυτό το χώρο. Το ίδιο ισχύει για το νότιο ρυάκι το οποίο στο μεγαλύτερο του μέρος αποτελεί το νότιο όριο της περιοχής.

Το δεύτερο ρυάκι είναι στο μέσο του χώρου. Το βόρειο μέρος των δύο κορυφογραμμών φθάνει σε υψόμετρο 270 μέτρων και σχηματίζουν το ψηλότερο σημείο της βορειοδυτικής γωνιάς της «περιοχής». Αυτή η κορυφογραμμή κατεβαίνει κάπως απότομα προς τα δύο ρυάκια και στις δύο πλευρές με πιο χαμηλές κλίσεις στα ανατολικά προς τις λατομικές εργασίες. Η βόρεια κορυφογραμμή που είναι κάπως ανώμαλη στο σχήμα λόγω των μικρών συμβαλλομένων ρυακίων αρχίζει από υψόμετρο 280 μέτρων περίπου δυτικά και χαμηλώνει με απότομη κλίση προς τα οριακά ρυάκια και τις λατομικές εργασίες στα ανατολικά.

Η περιοχή αυτή ήταν από αρκετά εκατομμύρια χρόνια μέχρι και σήμερα δέκτης έντονης διαβρωτικής δραστηριότητας και αυτό φαίνεται από τους μικρούς λοφίσκους και τις μικρές αβαθείς χαράδρες.

2.6 Γεωλογικά, Υδρογεωλογία, Γεωτεχνικά, Σεισμολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής

2.6.1 Γεωλογία

Τα πετρώματα που απαντώνται στη «περιοχή» είναι της ομάδας των Λευκάρων και ανήκουν στην Ανώτερη Κρητιδική μέχρι Παλαιόκενη εποχή. Τα πετρώματα αυτής της ομάδας είναι κατά κύριο λόγο ιζηματογενή που έχουν αποτεθεί πάνω από πυριγενή πετρώματα του συμπλέγματος του Τροόδους. Γι' αυτό βρίσκονται εκτεταμένα σε ολόκληρη την Κύπρο δημιουργώντας ένα κάλυμμα και περιβάλλουν τα πυριγενή πετρώματα του Τροόδους. Οι σχετικές πληροφορίες πάρθηκαν από γεωλογικές παρατηρήσεις καθώς και από τα Μνημόνια Νο.5 και Νο.8 του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης του Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος της Κύπρου.

Τα πετρώματα της ομάδας των Λευκάρων χωρίζονται από κάτω προς τα πάνω στις εξής λιθοστρωματογραφικές ενότητες:

- Χαμηλότερη ενότητα Μαρί (The Lower Mari Unit)
- Κρητιδοपुरιτική ενότητα (The Chalk-Chert Unit)
- Ανώτερη Κρητιδική ενότητα (The Upper Chalk Unit)

Ο γεωλογία του λατομείου παρουσιάζεται στον γεωλογικό χάρτη της Κύπρου, Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, κλίμακα 1:250000 (Παράρτημα Β σελ.202). Η «περιοχή» του λατομείου βρίσκεται μέσα στη Κρητιδοपुरιτική ενότητα (Chalk-Chert Unit) και Ανώτερη Κρητιδική ενότητα (Upper Chalk Unit). Η Κρητιδοपुरιτική ενότητα (Chalk-Chert Unit) είναι η μεγαλύτερη σε πάχος από τα πετρώματα της ομάδας των Λευκάρων. Τα πετρώματα της μονάδας αυτής έχουν αναστραφεί ή και πτυχωθεί και μέρος της «περιοχής» έχει ελαφρά βύθιση 10⁰ μέχρι 15⁰ προς νότο.

Λιθολογικά η Κρητιδοपुरιτική ενότητα (Chalk-Chert Unit) αποτελείται από λεπτά διαδοχικά στρώματα λευκού μέχρι γκριζόασπρου ασβεστολίθου που εναλλάσσεται με λεπτές στρώσεις μαργαϊκού ασβεστολίθου με λίγο άμορφο οξείδιο του πυριτίου (chert). Αυτά είναι πλούσια σε απολιθώματα foraminifera αλλά όχι σε μακροαπολιθώματα (macrofossils). Οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι είναι γκριζόασπροι αλλά πιο μαλακοί από τις κρητίδες (chalks).

Το άμορφο οξείδιο του πυριτίου (chert) έχει χρώμα γκριζωπό ή ροζ μέχρι άχρωμο και συνήθως έχει πάχος λιγότερο των δέκα εκατοστών και είναι πλούσιο σε foraminifera. Η Ανώτερη Κρητιδική ενότητα (Upper Chalk Unit) είναι παρόμοια με τη Κρητιδοपुरιτική ενότητα (Chalk-Chert Unit) αλλά δεν περιέχει καθόλου άμορφο οξείδιο του πυριτίου (chert). Διακρίνεται σε ένα συμπαγή ασβεστόλιθο (Massive Chalk) που κατά κανόνα αποτελείται από στρώσεις μεγάλου πάχους και από τον σχιστώδη ασβεστόλιθο (cleaved chalk) που έχει πλακοειδή εμφάνιση (Bagnall, 1960)

Στην περιοχή παρατηρούνται κατά ηλικία οι ακόλουθες γεωλογικές ενότητες:

- Το συνονθύλευμα του σχηματισμού του λατομείου το οποίο αποτελείται από Τριαδικά – Κρητιδικά τεμάχια, κίτρινου χαλαζιακού ψαμμίτη, γκριζου ιλυόλιθου και σερπεντίνη, ενσωματωμένα σε μπεντονιτική άργιλο.

- Οι κρητίδες, οι μάργες, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και κρητιδικοί ασβεστόλιθοι με κατά τόπους κερατόλιθους σε μορφή ταινιών ή κονδύλων. Τα πετρώματα αυτά ανήκουν στον σχηματισμό των Λευκάρων.
- Οι κρητίδες, οι μάργες, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, οι κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και ασβεστιτικοί ψαμμίτες του σχηματισμού Πάχνας.
- Οι ασβεστιτικοί ψαμμίτες, οι άμμοι και τα χαλίκια του σχηματισμού Αλλούβιο – Κολλούβιο.

2.6.2 Υδρολογία και Υδρογεωλογία της ευρύτερης περιοχής

Όπως υφίσταται από την γεωλογία οι κρητίδες, οι κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι έχουν μεγάλη ικανότητα στην αποθήκευση νερού. Η ευρύτερη περιοχή μελέτης παρουσιάζει τα εξής είδη υδροφορίας:

- Μη έγκλειστη μικρού βάθους εκτεταμένη υδροφορία, συνδεδεμένη με κοίτες ποταμών, άμμους – χαλίκια δελταϊκής προέλευσης, παράκτιους άμμους και ποτάμιες αποθέσεις.
- Πρωτευούσης φύσεως, εκτεταμένη μη έγκλειστη υδροφορία δηλαδή υδροφορία ανάμεσα σε διαπερατά από το νερό πετρώματα όπως σε θαλάσσια και ηπειρωτικά κροκαλοπαγή ριπιδίων και σε αποθέσεις αναβαθμίδων πλειστοκαίνου εποχής.
- Δευτερευούσης φύσεως μη έγκλειστη υδροφορία κυρίως σε συμπαγείς κρητίδες οι οποίες παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ικανότητα συγκράτησης περιστασιακά μεταλλοφόρου νερού.
- Μη έγκλειστη υδροφορία σε στρώματα δευτερευούσης σημασίας όπως σε μαργαϊκούς ασβεστόλιθους που περιέχουν κερατόλιθους και συμπαγείς κρητίδες .
- Τοπική μικρή έκτασης ασυνεχής υδροφορία σε πολύπλοκα ιζηματογενή και πυριγενή πετρώματα .

Η υδρολογία της ευρύτερης περιοχής μελέτης παρουσιάζεται στον υδρογεωλογικό χάρτη της Κύπρου κλίμακας 1:250000 όπως αυτός έχει σχεδιαστεί από το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου (Παράρτημα Β σελ.203).

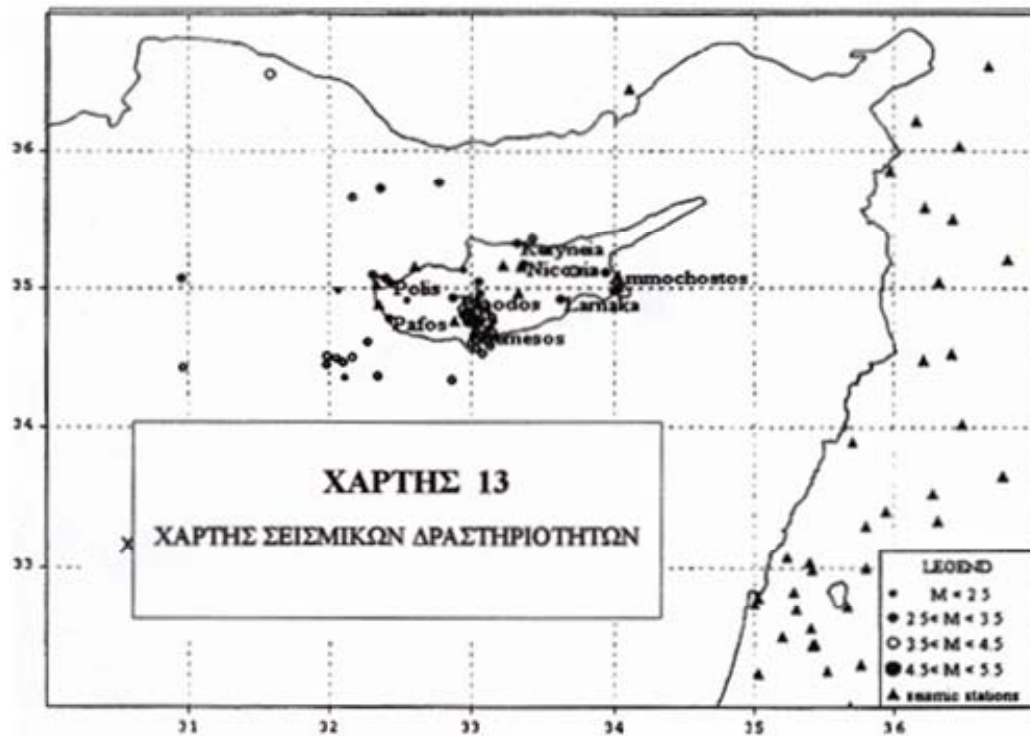
2.6.3 Σεισμολογικά χαρακτηριστικά της υπό μελέτη περιοχής

Σύμφωνα με τον Κλάδο Σεισμολογίας του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης η υπό μελέτη περιοχή επηρεάζεται κυρίως από την σεισμική δραστηριότητα που παρουσιάζει η υποθαλάσσια περιοχή της Νότιας Κύπρου κατά μήκος του κυπριακού τόξου, δηλαδή κατά μήκος της ζώνης καταβύθισης της Αφρικάνικης πλάκας κάτω από την Ευρασιατική λιθοσφαιρική πλάκα όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3.

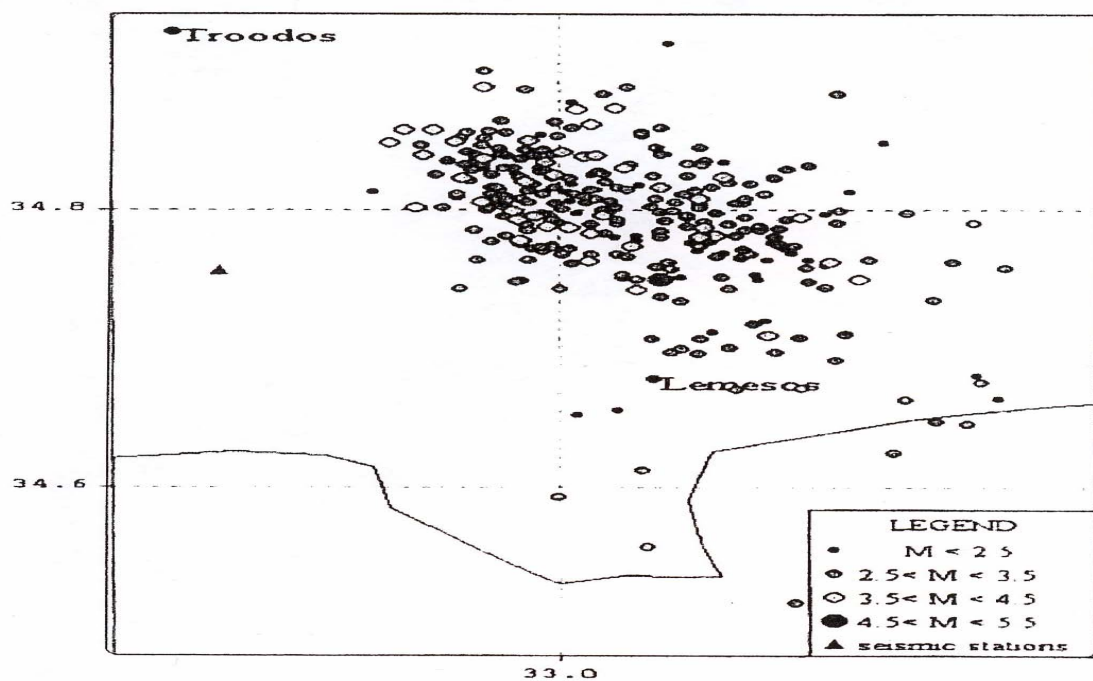


Σχήμα 2.3 Σεισμική δραστηριότητα που παρουσιάζει η υποθαλάσσια περιοχή της Νότιας Κύπρου κατά μήκος του κυπριακού τόξου (T.B, 2007)

Οι σεισμοί αυτοί είναι συνήθως μεγέθους 2,5 – 4,5 βαθμών στην κλίμακα Ρίχτερ και το επίκεντρο της βρίσκεται σε βάθη από τρία έως και τριάντα χιλιόμετρα με της πιο συχνές εμφανίσεις να έχουν επίκεντρο μεταξύ δέκα και δεκαπέντε χιλιομέτρων της όπως φαίνεται στα Σχήματα 2.4 και 2.5 σεισμικών δραστηριοτήτων .



Σχήμα 2.4 Σεισμική δραστηριότητα στην Κύπρο



Σχήμα 2.5 Σεισμική δραστηριότητα στην Επαρχία Λεμεσού

2.6.4 Γεωχημεία των πετρωμάτων

Η γεωχημεία των πετρωμάτων είναι από της σημαντικότερους παράγοντες στην σωστή και εύρυθμη λειτουργία του εργοστασίου αφού έχει καταλυτικό ρόλο στην ποιότητα του τσιμέντου που θα παραχθεί. Έτσι η εταιρεία δίνει μεγάλη σημασία αλλά και προτεραιότητα της χημικές αναλύσεις.

Το μείγμα των πρώτων υλών συνίσταται από τα κύρια οξείδια (C, A, S και F) που συνιστούν το 90% του μείγματος, από τα μη πτητικά συστατικά (Ti, Mn, Sr και Cr) και από τα πτητικά συστατικά (K, N, S, P, F, Cl και H). Επειδή οι ενώσεις (συνήθως οξείδια) που απαρτίζουν το κλίνκερ είναι και πολλές και πολύπλοκες, για την καλύτερη αναγραφή των αντιδράσεων κλινκεροποίησης αλλά και για την καλύτερη εξήγηση των φαινομένων ενυδάτωσης, έχει διεθνώς επικρατήσει η χρήση των παρακάτω συντμήσεων:

C = CaO	A = Al₂O₃	S = SiO₂	F = Fe₂O₃
M = MgO	H = H₂O	N = Na₂O	K = K₂O
P = P₂O₅	T = TiO₂	Ś = SO₃	Č = CO₂

Κάθε συστατικό του μείγματος των πρώτων υλών έχει τη δική του ανεξάρτητη επίδραση στην παραγωγική διαδικασία και στην ποιότητα του κλίνκερ και κατ' επέκταση του τσιμέντου που προκύπτει από αυτό. Η αναλογία όμως που υπάρχουν τα τέσσερα κύρια οξείδια κινείται μέσα σε συγκεκριμένες τιμές που οριοθετούν τους κύριους δείκτες (πυριτικός δείκτης S_M, αργιλικός δείκτης A_M, βαθμός κορεσμού σε άσβεστο LSF και υδραυλικός δείκτης H_M) που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την παραγωγή του τσιμέντου καθώς επηρεάζουν άμεσα τόσο την ποιότητα του κλίνκερ όσο και τη λειτουργική κατάσταση της περιστροφικής καμίνου.

- **S.M= Silica Modulus.** Πυριτικός δείκτης ο οποίος δίνει την σχετική τιμή των συνολικών πυριτικών ενώσεων προς τις C₃A και C₄AF που υπάρχουν στο κλίνκερ. Το S.M κυμαίνεται από 3,34 – 4,00.

$$SM= S/(A+F)$$

όπου: S,A,F οι % κ.β. περιεκτικότητα των αντίστοιχων οξειδίων

- **L.S.F = Lime Saturation Factor.** Συντελεστής που καθορίζει το ποσοστό του οξειδίου ασβεστίου στο τσιμέντο. Το L.S.F κυμαίνεται από 100 – 102

$$LSF = \frac{C}{2.8S+1.18A+0.65F} \quad (2.1)$$

Η σχέση (2.1) τροποποιείται στις σχέσεις (2.2) και (2.3) στην περίπτωση που στο κλίνκερ περιέχει και MgO.

$$LSF = \frac{C+0.75M}{2.8S+1.18A+0.65F} \quad \text{όταν } M \leq 2.0\% \quad (2.2)$$

$$LSF = \frac{C+1.5M}{2.8S+1.18A+0.65F} \quad \text{όταν } M \geq 2.0\% \quad (2.3)$$

Οι σχέσεις (2.2) έως (2.3) έχουν εφαρμογή στο κλίνκερ. Η σχέση (2.4) που ακολουθεί έχει εφαρμογή στο τσιμέντο και λαμβάνονται υπόψη τα θειικά (SO₃) που περιέχονται σε αυτό.

$$LSF = \frac{C-0.7S}{2.8S+1.18A+0.65F} \quad (2.4)$$

- **A.M = Alumina Modulus.** Ο αργιλικός δείκτης ο οποίος χαρακτηρίζεται ως το πηλίκο του οξειδίου του αργιλίου προς το οξείδιο του σιδήρου και κυμαίνεται μεταξύ 1,5 και 2,5.

$$A_M = A/F$$

Μέσω των τιμών των δεικτών επίσης γίνεται η αυτόματη διόρθωση της σύστασης του μείγματος και ελέγχεται με αυτόν τον τρόπο όλο το κύκλωμα της παραγωγής μιας τσιμεντοβιομηχανίας. Η σημασία των δεικτών σημειώνεται επιγραμματικά και στον Πίνακα 2.1.

Η χημικές αναλύσεις των πετρωμάτων από τα μέτωπα του λατομείου διενεργούνται συστηματικά στο εργαστήριο ελέγχου ποιότητας της εταιρείας με την βοήθεια του συστήματος φασματοσκοπίας ακτίνων φθορισμού (XRF).

Πίνακας 2.1 Η σημασία των δεικτών S_M , A_M , LSF και H_M στη παραγωγή τσιμέντου (Τσίμας, 1999)

Δείκτες	Διακύμανση Συνήθη Όρια (Επιθυμητά Όρια)	Επίδραση στο προϊόν και την παραγωγική διαδικασία
Πυριτικός (S_M) $S/(A+F)$	1.9-3.2 (2.3-2.7)	Ένας μεγαλύτερος S_M : 1. Οδηγεί σε σκληρότερο ψήσιμο και συνεπώς σε μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου. 2. Προκαλεί διογκώσεις στο τσιμέντο λόγω του μεγάλου $fCaO$ 3. Δυσχεραίνει τον σχηματισμό επικαθήσεων που προστατεύουν τα πυρότουβλα. 4. Επιφέρει αργή πήξη και σκλήρυνση του τσιμέντου
Αργιλικός (A_M) A/F	1.3-2.5 (1.3-1.7)	Ένας μεγαλύτερος A_M : 1. Οδηγεί σε σκληρότερο ψήσιμο και συνεπώς σε μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου. 2. Αυξάνει την αναλογία του C_3S σε βάρος του C_4AF . 3. Αυξάνει τα C_3S και C_2S 4. Μειώνει την υγρή φάση και την παραγωγή του φούρνου. 5. Οδηγεί σε γρήγορη πήξη και αύξηση των πρώιμων αντοχών του τσιμέντου. 6. Αυξάνει το ιξώδες της υγρής φάσης σε σταθερή θερμοκρασία.
Βαθμός κορεσμού σε άσβεστο LSF^*	0.66-1.02 (0.92-0.96)	Ένας μεγαλύτερος LSF 1. Καθιστά δύσκολη την έψηση 2. Προκαλεί διογκώσεις στο τσιμέντο λόγω του μεγάλου $fCaO$ 3. Αυξάνει το C_3S και μειώνει το C_2S 4. Προκαλεί αργή πήξη με παράλληλη ανάπτυξη υψηλών αρχικών αντοχών
Υδραυλικός (H_M) $C/(S+A+F)$	1.7-2.3 (~2)	Ένας μεγαλύτερος H_M 1. Απαιτεί μεγαλύτερη θερμοκρασία έψησης 2. Δημιουργεί τσιμέντο που εκλύει μεγαλύτερη θερμότητα ενυδάτωσης.

Μία τυπική χημική ανάλυση της σύστασης των εκτιθεμένων στα μέτωπα πετρωμάτων, η οποία διενεργηθεί στο χημείο της εταιρεία παρατίθεται στους Πίνακες 2.2 και 2.3.

Πίνακας 2.2 Τυπική χημικής ανάλυσης ασβεστολίθου (T.B, 2007)

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ											
A/A	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	LOI	LSF	SM	AM	AL+FE
1	9,45	2,18	0,95	47,64	0,68	0,13	38,18	160,6	3,10	2,29	3,14
2	9,56	2,28	0,98	47,62	0,71	0,14	38,26	158,1	3,06	2,33	3,26
3	9,06	2,03	0,89	48,08	0,64	0,12	38,65	169,6	3,17	2,29	2,91
4	8,97	1,94	0,85	48,26	0,63	0,11	38,77	172,4	3,29	2,30	2,79
5	9,50	2,15	0,95	47,62	0,66	0,14	38,30	160,2	3,12	2,26	3,11
6	9,65	2,15	0,96	47,51	0,66	0,14	38,22	157,4	3,17	2,25	3,11
7	9,47	2,02	0,87	47,93	0,65	0,11	38,44	163,0	3,33	2,32	2,89
8	9,86	2,13	0,95	47,40	0,67	0,14	38,13	154,1	3,29	2,24	3,08
9	9,40	2,31	1,05	47,37	0,67	0,17	38,21	159,3	2,81	2,21	3,36
10	10,12	2,38	1,07	46,97	0,73	0,18	37,78	147,3	2,93	2,22	3,45

Πίνακας 2.3 Πρόβλεψη της τυπική χημικής ανάλυσης του κλίνκερ (T.B, 2007)

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΛΙΝΚΕΡ													
A/A	ΑΣΒ.%	ΑΡΓ.%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	LOI	LSF	SM	AM	AL+FE
1	80,44	19,56	21,58	5,48	3,06	65,54	2,19	0,34	34,53	95,00	2,53	1,79	8,54
2	80,80	19,20	21,62	5,58	3,07	65,77	2,21	0,35	34,66	95,00	2,50	1,82	8,64
3	79,09	20,91	21,64	5,45	3,09	65,69	2,22	0,33	34,65	95,00	2,53	1,76	8,55
4	78,67	21,33	21,70	5,40	3,08	65,77	2,24	0,32	34,67	95,00	2,56	1,75	8,48
5	80,54	19,46	21,65	5,45	3,05	65,67	2,17	0,34	34,65	95,00	2,55	1,78	8,50
6	80,95	19,05	21,68	5,40	3,02	65,69	2,15	0,35	34,66	95,00	2,57	1,78	8,42
7	80,07	19,93	21,79	5,34	2,99	65,89	2,18	0,31	34,67	95,00	2,62	1,78	8,33
8	81,47	18,53	21,76	5,31	2,97	65,77	2,12	0,34	34,68	95,00	2,63	1,79	8,29
9	80,71	19,29	21,44	5,62	3,15	65,38	2,17	0,38	34,61	95,00	2,45	1,78	8,77
10	82,74	17,26	21,62	5,49	3,02	65,64	2,12	0,38	34,63	95,00	2,54	1,82	8,51

Με βάση κάποιες τυπικές αναλύσεις πετρωμάτων που έγιναν στο εργαστήριο ελέγχου ποιότητας της εταιρείας με την βοήθεια του συστήματος XRF παρατηρείται ότι το πέτρωμα ασβεστόλιθου παρουσιάζει κατά μέσο όρο την εξής γεωχημική ταυτότητα:

$$\text{SiO}_2 = 13.05 \%, \text{Al}_2\text{O}_3 = 1.64 \%, \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.71\%, \text{CaO} = 45.07 \%$$

$$\text{MgO} = 0.60 \% , \text{CaCO}_3 = 83.00\%$$

2.6.5 Το κλίμα, θερμοκρασία, βροχόπτωση, χλωρίδα και πανίδα της ευρύτερης περιοχής.

- **Κλίμα:** Το κλίμα είναι γενικά μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από ψηλές ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Τα καλοκαίρια είναι ζεστά και ξηρά και η βροχόπτωση γίνεται τους χειμερινούς και ανοιξιάτικους μήνες μόνο. Στην συνέχεια δίνονται λεπτομέρειες των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή και καλύπτουν τις δύο «περιοχές». Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα κλιματολογικά στοιχεία από τον πιο κοντινό μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στο Ζύγι. Όλα τα στοιχεία πάρθηκαν από το ετήσιο κλιματολογικό βιβλίο και άλλες εκδόσεις του τμήματος της μετεωρολογίας του Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
- **Θερμοκρασία:** Η πιο ζεστή περίοδος του χρόνου είναι γύρω στον Αύγουστο κατά τον οποίο η μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία φθάνει τους 35°C και η μέση ελάχιστη στους 19°C. Εξάλλου η ψυχρότερη περίοδος είναι γύρω στο Γενάρη με μέση μέγιστη θερμοκρασία 14°C και μέση ελάχιστη 3°C. Ο παγετός είναι σπάνιος και εμφανίζεται λίγες μέρες κατά τους χειμερινούς μήνες.
- **Βροχόπτωση:** Τα στοιχεία της βροχόπτωσης του σταθμού Ζυγίου από το 1990 παρουσιάζονται στη γραφική παράσταση (Παράρτημα Β σελ.204). Όπως μπορεί κανείς να παρατηρήσει η βροχερή περίοδος αρχίζει από τον Οκτώβρη και τελειώνει τον Μάιο. Η περίοδος από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβριο είναι συνήθως ξηρή εκτός από το 1992 που παρουσιάζεται κατ' εξαίρεση βροχερή.

- **Χλωρίδα και Πανίδα:** Όπως έχει περιγραφεί και προηγούμενα η περιοχή «ΣΤ» βρίσκεται σε άγονα εδάφη. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτής της περιοχής είναι τα χαρουπόδεντρα (*ceratonia siliqua*) και τα ελαιόδεντρα (*olea Europea*) που καλλιεργούνταν συστηματικά στο παρελθόν ενώ τώρα αυτά τα δέντρα έχουν κατά το πλείστον εγκαταλειφθεί ή και παραμεληθεί από τους ιδιοκτήτες τους (Σχήμα 2.6). Εκτός από τα πιο πάνω δέντρα υπάρχουν αραιά πεύκα (*pinus grania*) ιδιαίτερα στο δυτικό μέρος της περιοχής του λατομείου. Άλλη φυσική βλάστηση είναι διάφοροι θάμνοι από τους οποίους οι πιο συνηθισμένοι είναι η άγρια λουβιά (*anagyris foetida*), σίστη (*cistus villosus*), σουμάκι (*rhus coriaria*), ποτήριο (*potirium spinosum*) και ινούλα (*inoula viscosa*). Η πανίδα της περιοχής παρουσιάζεται μειωμένη. Χαρακτηριστικά είδη της αποτελούν, σε περιορισμένο όμως βαθμό, οι λαγοί και οι πέρδικες.



Σχήμα 2.6 Η χλωρίδα της περιοχής του λατομείου του ασβεστολίθου

3. ΕΞΟΡΥΞΗ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Στο λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd στην περιοχή Καλαβασού χρησιμοποιούνται δυο μέθοδοι εξόρυξης ασβεστολίθου, η μια μέθοδος είναι με την χρήση εκρηκτικών υλών και η άλλη με μηχανικά μέσα και συγκεκριμένα με μηχανικά άροτρα. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται σε συντομία η εξόρυξη του ασβεστολίθου με χρήση εκρηκτικών υλών.

3.2 Εκρηκτικές ύλες

Εκρηκτική ύλη είναι μια ουσία ή μείγμα ουσιών οι οποίες με την επίδραση θερμικής ή μηχανικής ενέργειας (κρούση-πίεση) υφίσταται απότομη χημική μεταβολή. Η απότομη χημική αντίδραση ονομάζεται έκρηξη. Η ενεργοποίηση των εκρηκτικών με θερμικό ή μηχανικό τρόπο ονομάζεται έναυση ή πυροδότηση. Με την έκρηξη μια μικρή ποσότητα ύλης μεταβάλλεται σχεδόν ακαριαία σε μια τεραστία ποσότητα αέριων ψηλής θερμοκρασίας. Η δημιουργία της τεράστιας ποσότητας αερίων δημιουργεί απότομη και ψηλή πίεση στον περιβάλλοντα χώρο. Η χρήση των εκρηκτικών για εξόρυξη βασίζεται σ' αυτή την ιδιότητα. Το εκρηκτικό τοποθετείται σε ένα μικρό όγκο και όταν εκραγεί εξασκεί τεράστιες πιέσεις πάνω στο πέτρωμα γύρω από το διάτρημα με αποτέλεσμα τη θραύση και εκτίναξη του.

Η πυρίτιδα ήταν η μόνη γνωστή εκρηκτική ύλη μέχρι τον 19^ο αιώνα. Η πυρίτιδα είναι μίγμα ξυλάνθρακα, θείου και νιτρικού καλίου σε αναλογία 1:1:6. Το θείο και ο ξυλάνθρακας είναι το καύσιμο και το νιτρικό κάλλιο το οξειδωτικό που προμηθεύει το οξυγόνο. Η πυρίτιδα χρησιμοποιούνταν από τον 14ον αιώνα και η ανακάλυψη της το 1313 αποδίδεται στον Γερμανό Μόναχο Bertolt Schwarz παρόλο που ο Άγγλος Roger Bacon είχε γράψει οδηγίες για την παρασκευή της πυρίτιδας τον 13ον αιώνα.

Το 1846 ο Ιταλός χημικός Sobrero ανακαλύπτει τις εκρηκτικές ιδιότητες της νιτρογλυκερίνης πειραματιζόμενος με την επίδραση του νιτρικού οξέος σε διάφορες οργανικές ενώσεις. Ο Sobrero διαπιστώνει ότι η νιτρογλυκερίνη είναι ένα ισχυρότατο εκρηκτικό υγρό αλλά διαπιστώνει την άποψη ότι η έκρηξη της είναι εντελώς απρόβλεπτη

και ως εκ τούτου είναι τρομερά επικίνδυνη ουσία. Η διαπίστωση αυτή είχε σαν αποτέλεσμα η ανακάλυψη της νιτρογλυκερίνης να μείνει ανεκμετάλλευτη μέχρι το 1864 οπότε ο Σουηδός A.Nobel δαμάζει την νιτρογλυκερίνη ανακαλύπτοντας την δυναμίτιδα. Η δυναμίτιδα είναι νιτρογλυκερίνη απορροφημένοι σε πορώδες υλικό και η έκρηξη της μπορεί να ελέγχεται, μέχρι τη δεκαετία του 1950 η πυρίτιδα και η δυναμίτιδα ήταν τα μόνα γνωστά εκρηκτικά.

Η πρώτη χρήση εκρηκτικών για λατόμευση έγινε το 1613 στην Γερμανία και ακολούθησε η Ουγγαρία το 1627. Μετά ακολούθησαν παρά πολλές χώρες.

Η ανακάλυψη των εκρηκτικών υλών ήταν και παραμένει ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της τεχνικής εξέλιξης. Σήμερα η τεχνική εξόρυξης πετρωμάτων βασίζεται στην κατάλληλη εκλογή της μεθόδου εξόρυξης με μηχανικά μέσα ή χρήση εκρηκτικών υλών) σύμφωνα πάντοτε με τα τεχνικά – οικονομικά κριτήρια κάθε λατομικής εταιρείας (Clark, 1987).

3.3 Γενικές ιδιότητες των εκρηκτικών υλών

Οι ιδιότητες των εκρηκτικών υλών αποτελούν ένα πολύ σημαντικό παράγοντα στην εξόρυξη του ασβεστόλιθου αφού χρειαζόμαστε εκρηκτικά τα οποία θα προκαλούν θραύση του πετρώματος χωρίς όμως να δημιουργούν άλλα προβλήματα όπως:

- περιβαλλοντικά προβλήματα
- τεχνικά προβλήματα
- κοινωνικά προβλήματα
- οικονομικά προβλήματα

Έτσι οι ιδιότητες που λήφθηκαν υπόψη κατά την επιλογή των εκρηκτικών υλών με σειρά σπουδαιότητας ήταν:

- Βαθμός ασφαλείας κατά την χρήση τους
- Ευαισθησία στην έναυση και σταθερότητα αυτών κατά την έκρηξη
- Ενέργεια εκρήξεως
- Σύνθεση των εκλυόμενων αερίων της εκρήξεως
- Χημική και φυσική κατάσταση των εκρηκτικών υλών.

Με βάση λοιπόν τις πιο πάνω ιδιότητες των εκρηκτικών υλών αλλά και με βάση τις συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή του λατομείου αποφασίστηκε από την τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd η χρησιμοποίηση εκρηκτικών υλών AN-FO και ζελατοδυναμίτιδας σε καθορισμένη αναλογία.

3.4 Πετραμμωνίτης (AN – FO)

Η εκρηκτική ύλη AN-FO είναι μια αδρανής εκρηκτική ουσία η οποία αποτελείται από μείγμα νιτρικού αμμωνίου 94,5% και καύσιμου πετρελαίου 5,5%. Οι κόκκοι του νιτρικού αμμωνίου είναι πορώδεις έτσι ώστε να απορροφούν όλη την ποσότητα του καυσίμου. Το μείγμα νιτρικού αμμωνίου και πετρελαίου πρέπει να έχει την κατάλληλη αναλογία γιατί πλεόνασμα ή έλλειψη πετρελαίου προκαλεί την έκλυση τοξικών αερίων και μείωση της εκλυόμενης ενέργειας έκρηξης.

Είναι ένα υλικό πολύ εύφλεκτο όταν αυτό υποστεί έναυση, και πολύ υγροσκοπικό εκρηκτικό υλικό αφού όταν βρεθεί σε εξωτερικό περιβάλλον απορροφά περισσότερο από 60% της υγρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα. Η εκρηκτική ύλη AN-FO παράγει ισχύ 65% περίπου της συνολικής ισχύ από μία ανατίναξη. Η παραγόμενη κατά την έκρηξη ενέργεια είναι περίπου 913 kcal/kg και ο όγκος των εκλυόμενων αερίων της εκρηκτικής ύλης AN-FO είναι περίπου 900 L/kg.

Το βασικότερο μειονέκτημα της εκρηκτικής ύλης AN-FO είναι ότι δεν μπορεί να έρθει σε επαφή με το νερό γιατί εξασθενεί η ευαισθησία του με αποτέλεσμα την αφλογιστία της γομώσεως ή την μη αποτελεσματική έκρηξη. Ένα άλλο βασικό μειονέκτημα του AN – FO είναι ότι δεν μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα αφού προκαλείται διαχωρισμός του νιτρικού αμμωνίου από το πετρέλαιο (Αγιουντάντης, 2005).

3.5 Ζελατοδυναμίτιδα

Οι ζελατοδυναμίτιδες είναι ισχυρές εκρηκτικές ύλες προσροφήσεως που περιέχουν ως μόνη εκρηκτική ύλη την νιτρογλυκερίνη, η οποία απορροφάτε από αδρανή βάση. Στις ζελατοδυναμίτιδες η περιεχόμενη νιτρογλυκερίνη βρίσκεται ζελατοποιημένη με 4 έως 8% νιτροκυτταρίνη. Η ανθεκτικότητα της στο νερό είναι πολύ καλή όπως επίσης πολύ καλή είναι η πυκνότητα της που ανέρχεται στο 1,0 g/cm³ έως 1,7 g/cm³ και έχει ταχύτητα

εκρήξεως 4800 έως 6700 m/sec. Οι ζελατοδυναμίτιδες κατασκευάζονται σε πέντε τύπους με ισχύ που κυμαίνεται από 20% έως 60%. Όσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα της νιτρογλυκερίνης σε μία ζελατοδυναμίτιδα τόσο μειώνεται η πυκνότητα, η ταχύτητα εκρήξεως, η ανθεκτικότητα στην υγρασία, το κόστος ανά μονάδα βάρους, ενώ αντίθετα αυξάνεται η περιεκτικότητα σε νιτρικά άλατα (Αγιουτάντης, 2005).

3.6 Διαδικασία εξόρυξης

3.6.1 Γενικά

Όπως έχω αναφερθεί και στο πρώτο κεφάλαιο η δημιουργία των λατομείων διέπεται από συγκεκριμένους μηχανισμούς οι οποίοι στηρίζονται σε μια απλή υποδομή η οποία καθιστά με την σειρά της τις διεργασίες απλές γρήγορες μα πάνω απ' όλα αποτελεσματικές. Οι διαδικασίες είναι:

- Έρευνα
- Σχεδιασμός
- Προγραμματισμός εργασιών
- Ανάπτυξη του Λατομείου
- Λατομικές εργασίες (Αποκαλύψεις, εξορύξεις, φορτώσεις, μεταφορές κ.ά)
- Προστασία περιβάλλοντος και αποκαταστάσεις

Συγκεκριμένα με την βοήθεια των εκρηκτικών υλών εξορύσσεται το υλικό από τα μέτωπα εργασίας. Η εξόρυξη του πετρώματος καθορίζεται από το πρόγραμμα εργασιών που έχει σαν βάση τα ποιοτικά και τα χημικά χαρακτηριστικά της κάθε υπό εξόρυξη περιοχής που προκύπτουν από της χημικές αναλύσεις των πυρήνων των γεωτρήσεων και από δειγματοληψία καθημερινά από το κάθε πάτωμα.

Οι μεγάλοι ογκόλιθοι οι οποίοι προκύπτουν από την όχι καλές ανατινάξεις μειώνονται ως προς το μέγεθος με την βοήθεια υδραυλικής σφύρας και στη συνέχεια το υλικό φορτώνονται από τον φορτωτή στα φορτηγά τα οποία μεταφέρουν το υλικό στο εργοστάσιο για περαιτέρω επεξεργασία και παραγωγή τσιμέντου.

Ο κινητός εξοπλισμός που λειτουργεί στο λατομείο αποτελείται από τα εξής μηχανήματα:

- Ένα γεωτρύπανο Ingersol-Rand.
- Εννέα φορτωτές CAT 980 - 988 B.
- 35 περίπου φορτηγά(20-25 τόνων).
- Εφτά μπουλντόζες τύπου CAT D9 – D10
- Τρία βυτιοφόρα για ράντισμα των χωμάτινων δρόμων από και προς το λατομείο
- Έξι Dumper 37 τόνων
- Τέσσερις σφύρες για δευτερογενή θραύση

3.6.2 Στάδια εξόρυξης κρητιδικού ασβεστόλιθου με χρήση εκρηκτικών υλών

Στην εξόρυξη του κρητιδικού ασβεστόλιθου με χρήση εκρηκτικών υλών ακολουθούνται ορισμένα βασικά βήματα :

Βήμα 1: Επιλογή του κατάλληλου μετώπου.

Βήμα 2: Διενέργεια γεωτρήσεων όπου λαμβάνονται δείγματα για ποιοτικό έλεγχο.

Βήμα 3: Θραύση του πετρώματος με χρήση εκρηκτικών υλών (AN-FO και ζελατοδυναμίτιδα) ή αλλιώς όπως τις λένε στο εργοτάξιο "φάλλιες".

Οι διαδικασίες για την πραγματοποίηση της έκρηξης στο λατομείο είναι η εξής :

- Διάτρηση των διατρημάτων με το διατρητικό μηχάνημα Ingersol-Rand
- Γόμωση των διατρημάτων με ζελατοδυναμίτιδα και AN - FO που πραγματοποιείται από ειδικά εκπαιδευμένο και αδειούχο άτομο.
- Επιγόμωση με υλικό που προέκυψε κατά την όρυξη των διατρημάτων
- Σύνδεση των διατρημάτων με εκρηκτική θρυαλλίδα και παρεμβολή επιβραδυντών που έχουν σαν σκοπό την ελεγχόμενη έκρηξη για την μείωση των δονήσεων και την πιο αποτελεσματική εξόρυξη του πετρώματος.
- Λήψη μέτρων Ασφάλειας

- Πυροδότηση των διατρημάτων
- Έλεγχος της έκρηξης.

3.6.3 Διατρήσεις

Για το άνοιγμα των διατρημάτων χρησιμοποιούνται δυο ειδών γεωτρήπανα, τα περιστροφικά που χρησιμοποιούνται για σχετικά μαλακά υλικά με σκληρότητα μέχρι 4 στην κλίμακα Mohs και τα κρουστικά για πιο σκληρά υλικά. Για τις πρώτες ύλες του τσιμέντου τα περιστροφικά τρυπάνια είναι τα πιο κατάλληλα. Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται σχηματικά ένας τύπος περιστροφικού γεωτρήπανου που χρησιμοποιείται στο Βασιλικό. Επισημαίνεται ότι το βασικό στοιχείο του γεωτρήπανου είναι η δυνατότητα αντιπροσωπευτικής δειγματοληψίας του υλικού που απομακρύνεται από το διάτρημα όσο εισχωρεί η διατρητική ράβδος σε βάθος.

Έχει τονιστεί ότι το γεωτρήπανο που δεν έχει τέτοια δυνατότητα είναι ακατάλληλο για τις γενικές ανάγκες λατόμευσης σε λατομεία τσιμεντοβιομηχανιών.



Σχήμα 3.1 Περιστροφικό Γεωτρήπανο

- 1) Κινητήρας περιστροφής
- 2) Ικρίωμα και οδηγός διατρητικής ράβδου
- 3) Χειριστήριο
- 4) Ερπύστριες
- 5) Σύστημα αποκονιώσης - δειγματοληψίας
- 6) Αποθήκη διατρητικών στελεχών.

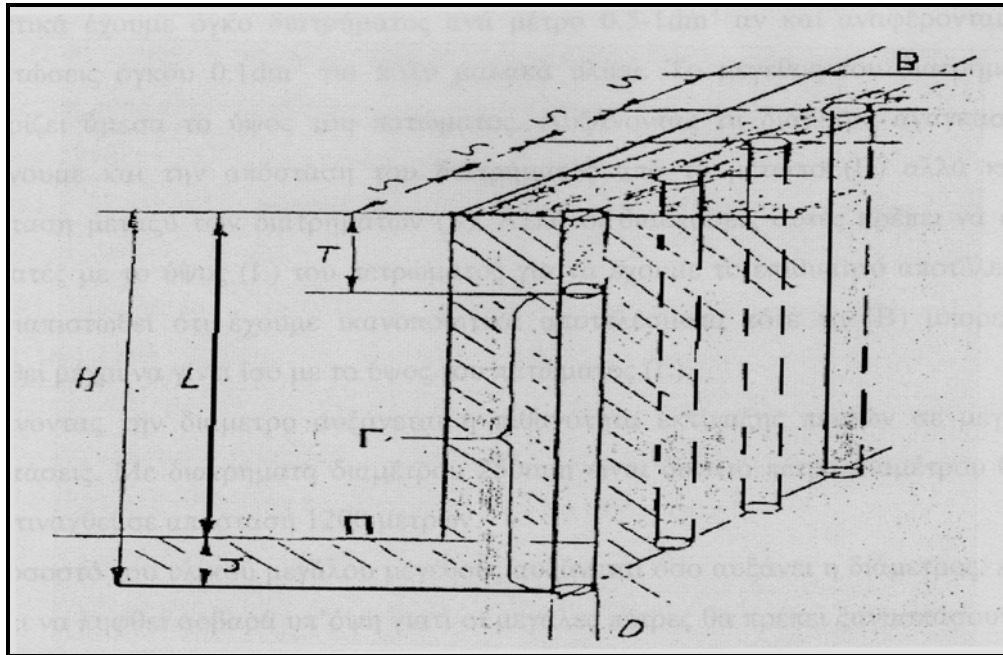
Η διάμετρος του διατρήματος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το κόστος των γεωτρήσεων και τις διαστάσεις των άλλων παραμέτρων. Το κόστος των γεωτρήσεων είναι πολύ μεγαλύτερο του κόστους εκρηκτικών (συνήθως τετραπλάσιο) και εξαρτάται άμεσα από την διάμετρο των διατρήματων (Πίνακας 3.1).

Συνεπώς η επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου έχει ιδιαίτερη σημασία για το κόστος λατόμευσης .

Πίνακας 3.1 Κόστος γεώτρησης σε σχέση με τη διάμετρο του διατρήματος.

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΟΓΚΟΣ ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΟΣ dm³/m	ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΕΣ / dm³
25	0.5	2.00
50	2.0	1.00
75	4.6	0.67
100	8.1	0.50
150	18.1	0.33
250	50.7	0.20
380	114	0.13
500	203	0.10

Στην συνέχεια παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.2 το σχέδιο ενός πρότυπου σχεδιασμού διατρημάτων σε ασβεστόλιθο



Σχήμα 3.2. Σχέδιο διατρημάτων σε ασβεστόλιθο (T.B, 2007)

Π= Πάτωμα – Βάση

L= Ύψος πατώματος

H= Μήκος διατρήματος

D= (Διάμετρος διατρήματος)= 75-200mm (ασβεστόλιθος)

B= (Απόσταση μεταξύ διατρήματος και μετώπου του πατώματος)= 20-40 D

S= (Απόσταση μεταξύ διατρημάτων)= 1 - 1,3 B

J= (Επέκταση διατρήματος)= 0,2 - 0,5 B

T= (Ύψος επιγόμεσης)= 0,7 B

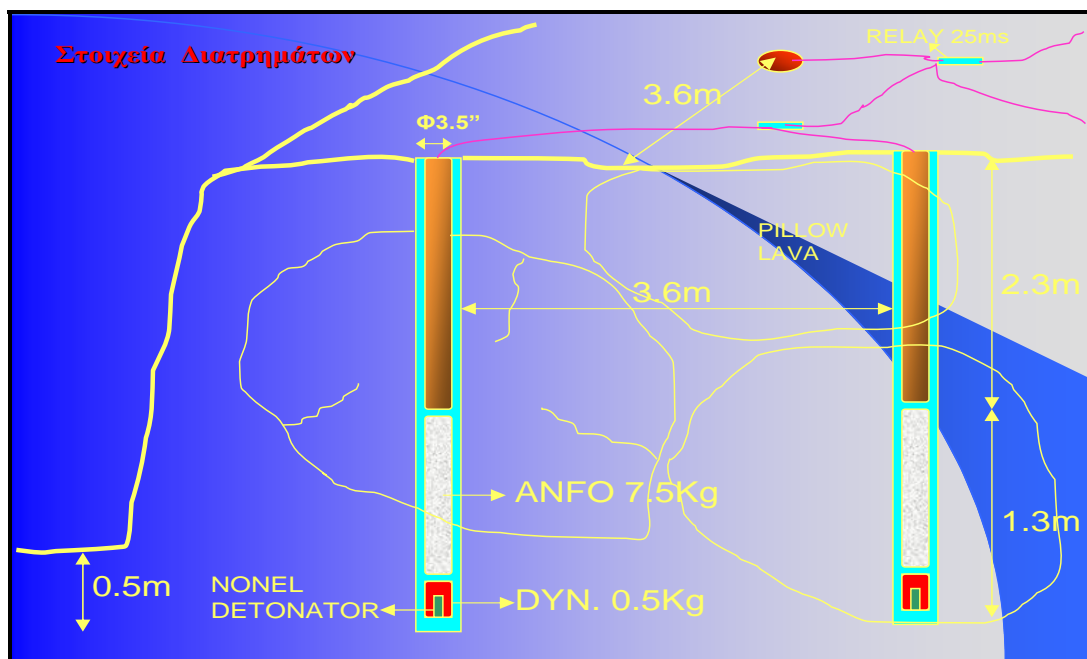
Γ= (Ύψος γόμωσης)= 2,6 B

Η διάμετρο της οπής για τεχνικούς και άλλους λόγους έχει φυσικά κάποια όρια. Πρακτικά υπάρχει όγκο διατρήματος ανά μέτρο $0.5-1\text{dm}^3$ αν και αναφέρονται και περιπτώσεις όγκου 0.1dm^3 για πολύ μαλακά υλικά. Το μέγεθος του διατρήματος

καθορίζει άμεσα το ύψος του πατώματος. Αυξάνοντας τη διάμετρο αναγκαστικά αυξάνουμε και την απόσταση του διατρήματος από το μέτωπο (B) αλλά και η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων (S). Αλλά οι διαστάσεις αυτές πρέπει να είναι συμβατές με το ύψος (L) του πετρώματος για να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αν διαπιστωθεί ότι έχουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα τότε το (B) μπορεί να αυξηθεί μέχρι να γίνει ίσο με το ύψος του πατώματος (L).

Αυξάνοντας την διάμετρο αυξάνεται η πιθανότητα εκτίναξης πετρών σε μεγάλες αποστάσεις. Με διατρήματα διαμέτρου 250mm είναι δυνατό πέτρα διαμέτρου 0,5m να εκτιναχθεί σε απόσταση 1200 μέτρων.

Το ποσοστό του υλικού μεγάλου μεγέθους αυξάνεται όσο αυξάνει η διάμετρος. Αυτό πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη γιατί οι μεγάλες πέτρες θα πρέπει ξανά σπάσουν και αυτό συνεπάγεται πρόσθετο κόστος. Μία τυπική σύνδεση των διατρημάτων απεικονίζεται στο Σχήμα 3.3.

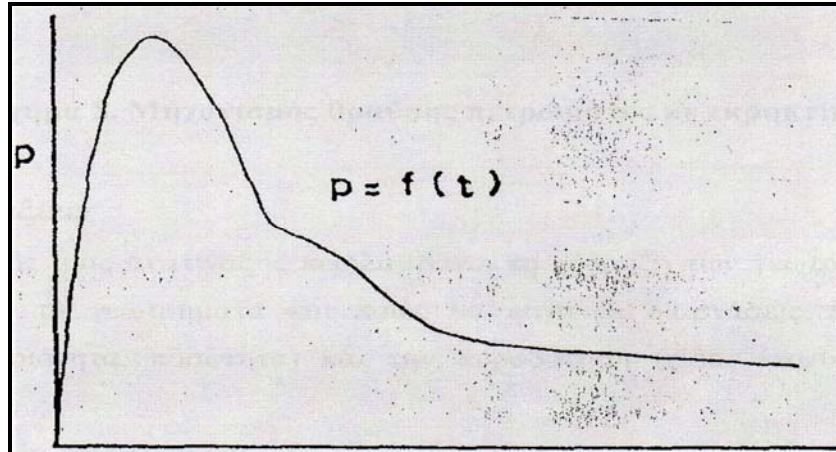


Σχήμα 3.3 Σχέδιο μιας τυπικής σύνδεσης διατρημάτων (T.B, 2007)

3.6.4 Μηχανισμός θραύσεως

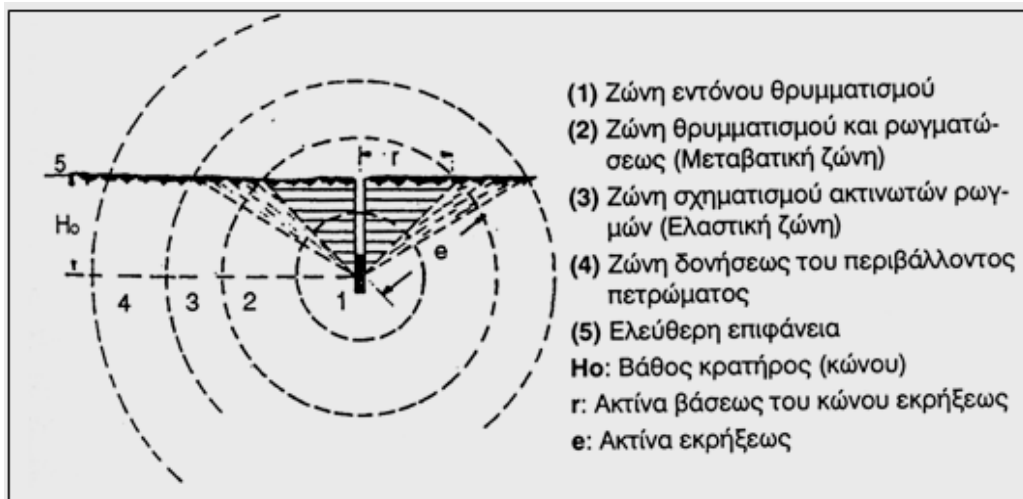
Έπειτα από την ολοκλήρωση της διαδικασίας γόμωσης και επιγόμωσης των διατρημάτων και αφού συνδέσουμε τα διατρήματα προχωρούμε στην πυροδότηση των εκρηκτικών υλών.

Κατά την πυροδότηση η εκρηκτική ύλη παράγει μεγάλη ποσότητα αερίων και θερμότητας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση σε πολύ λίγο χρόνο στα τοιχώματα του διατρήματος (Σχήμα 3.4) (Τσουτρέλης, 2001).

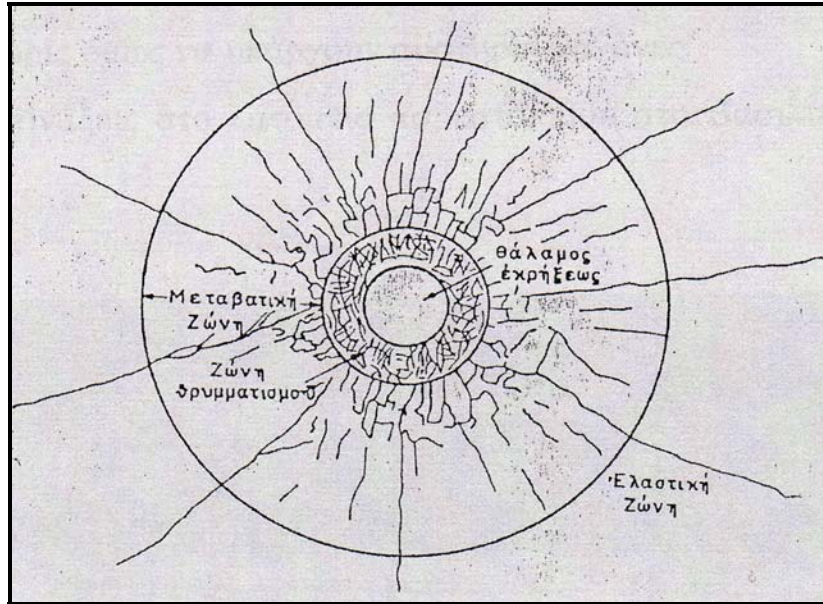


Σχήμα 3.4 Μεταβολή της πίεσης (p) στο πέτρωμα κατά την ώρα της έκρηξης
(Τσουτρέλης, 2001)

Η ταχεία αυτή αύξηση της πίεσης παράγει ένα κρουστικό κύμα το οποίο εισχωρεί μέσα στον ασβεστόλιθο με ταχύτητα 3000 m/sec. Το παραγόμενο κρουστικό κύμα προξενεί πέντε ζώνες διαρρήξεως, οι οποίες έχουν διεύθυνση από μέσα προς τα έξω (Τσουτρέλης, 2001).



Σχήμα 3.5 Ζώνες θραύσης του πετρώματος γύρω από τον θάλαμο έκρηξης
(Τσουτρέλης, 2001)



Σχήμα 3.6 Ζώνες θραύσης του πετρώματος γύρω από τον θάλαμο έκρηξης
(Τσουτρέλης, 2001)

- 1) **Ζώνη έντονου θρυμματισμού**, όπου η αντοχή του πετρώματος είναι πολύ μικρή έως ασήμαντη σε σχέση με την ένταση του κρουστικού κύματος με αποτέλεσμα να προκαλείτε έντονος θρυμματισμός του πετρώματος.
- 2) **Μεταβατική ζώνη ή ζώνη θρυμματισμού και ρωγματώσεως.**
- 3) **Ζώνη σχηματισμού ακτινωτών ρωγμών ή ελαστική περιοχή.** Στην ζώνη αυτή η ένταση του κρουστικού κύματος μειώνεται συνεχώς με αποτέλεσμα το εσωτερικό τμήμα της μεταβατικής ζώνης να υφίσταται θρυμματισμό ενώ το εξωτερικό ρωγμάτωση. Επίσης αξιοσημείωτο είναι ότι η πίεση μεταπίπτει σε ελαστικά κύματα.
- 4) **Ζώνη δονήσεως του γειτονικού πετρώματος, συνέπεια ανακλάσεως του κρουστικού κύματος.** Τα κρουστικά κύματα είναι διαμήκη θλιπτικά κύματα. Το κρουστικό κύμα ταξιδεύει δια μέσου του πετρώματος μέχρι να φθάσει στην ελεύθερη επιφάνεια ή σε ρωγμές από όπου και ανακλάται. Το κύμα αυτό πλέον μεταπίπτει σε εφελκυστικό κύμα. Έτσι οι αναπτυσσόμενες τάσεις εφελκυσμού προκαλούν διάρρηξη του υλικού και απόσπαση τεμαχίων από την ελεύθερη επιφάνεια αφού όπως γνωρίζουμε η αντοχή των πετρωμάτων σε εφελκυσμό είναι πολύ μικρή.
- 5) **Ελεύθερη επιφάνεια.** Είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των εφελκυστικών τάσεων αλλά και την διόγκωση του εξορυσσόμενου όγκου του πετρώματος.

3.7 Παραγωγική ικανότητα

Στο λατομείο της Καλαβασού η εξόρυξη του ασβεστόλιθου με μηχανικά μέσα χωρίς την χρήση εκρηκτικών έχει δοθεί σε εργολαβία, με στόχο την μείωση του κόστους εργασίας και παραγωγής έτσι ώστε να γίνει πιο ανταγωνιστική η εταιρεία αλλά και συγχρόνως την αύξηση του κέρδους της. Η λατόμευση του ασβεστολίθου γίνεται με τη χρήση ερπυστριοφόρων εκσκαφέων-προωθητήρων τύπου CAT D9 και D10 και η βασική μέθοδος παραγωγής είναι η εκσκαφή με μηχανικά άροτρα. Με τη χρήση των αρότρων η συγκεκριμένη βαθμίδα εκσκάπτεται αρχικά προς μια κατεύθυνση και μετά παρέλευση δύο ημερών εκσκάπτεται κάθετα προς αυτή. Η βαθμίδα (πάτωμα) αφήνεται για δύο μέρες ώστε να επιτευχθεί μερική αποξήρανση του ασβεστολίθου και ακολούθως μαζεύεται σε σωρούς στο πάνω μέρος του ή ρίχνεται στην αμέσως πιο χαμηλή βαθμίδα (μέτωπο φόρτωσης). Μετά από δύο μέρες μαζεύεται και το υπόλοιπο μέρος του ασβεστολίθου είτε σε σωρούς ή στην πιο κάτω βαθμίδα για φόρτωση. Οι διαστάσεις των βαθμίδων συνήθως είναι 40 μέχρι 50 μέτρα πλάτος και το δε μήκος κυμαίνεται από 50 μέχρι 250 μέτρα. Το ύψος των βαθμίδων δεν είναι σταθερό γιατί με την πρόοδο της εξόρυξης και μετακίνησης ασβεστολίθου διαφοροποιείται από οκτώ μέτρα μέχρι το μηδέν δηλαδή μέχρι το μέτωπο φόρτωσης.

Μεταξύ της εταιρείας και του εργολάβου υπεγράφη σχετικό συμβόλαιο με λεπτομερείς όρους μεταξύ των οποίων καθοριζόταν και το ύψος της παραγωγής που απαιτείτο. Το ύψος της παραγωγής που εξορύσσεται καθημερινά από το λατομείο ασβεστολίθου και με τις δύο μεθόδους είναι 7500 τόνοι για 222 μέρες και περίπου 1665000 τόνους ετησίως, όπου το μισό περίπου πάει στους δύο σπαστήρες για πρωτογενή θραύση και το άλλο στο απόθεμα. Η παραγωγή του λατομείου με χρήση εκρηκτικών υλών είναι 375 t/h, ενώ στο οχτάωρο η παραγωγή του λατομείου ανερχόταν 3000 τόνους. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω από τους 7500 τόνους υλικό την μέρα το μισό κατευθύνεται στους δυο σπαστήρες. Οι δύο σπαστήρες αν και έχουν απόδοση 400-550 t/h δημιουργούνται προβλήματα κατά τη θραύση λόγω του μεγάλου μεγέθους του εξορυγμένου πετρώματος. Από τον ολικό όγκο του πετρώματος που εξορύσσεται με ανατίναξη υπάρχουν όγκοι σε τέτοιο μέγεθος όπου ο θραυστήρας δεν μπορεί να τους θραύσει. Κάποιοι από αυτούς τους όγκους θραύονται δευτερογενώς πριν πάνε στο

σπαστήρα αλλά υπάρχουν και πολλοί που υπερμεγέθη που τροφοδοτούν τον θραυστήρα και δημιουργούν προβλήματα.

Τα προβλήματα του μεγάλου μεγέθους του πετρώματος προέρχονται κυρίως λόγω του λάθους σχεδιασμού ανατίναξης. Τα τυπικά χαρακτηριστικά των διατρημάτων ήταν τα ακόλουθα:

1. Διάμετρος Διατρημάτων 101 mm
2. Φορτίο 3.6 m
3. Σειρές διατρημάτων 2
4. Βάθος 8.00 m
5. κλίση 7– 9 °
6. Μήκος γόμωση 6.41 m
7. ANFO 6.53 kgm / m διάτρημα
8. Φυσίγγια ζελατοδυναμίτιδας 3.5kg / διάτρημα (διαστάσεις 65*530mm)

Με αυτά τα χαρακτηριστικά των διατρημάτων η εξόρυξη, φόρτωση, μεταφορά, και τροφοδότηση ή εναπόθεση του ασβεστόλιθου κοστίζει στην εταιρεία 0,932 CYP £ / t ή 1,337 Ευρώ / t .

3.8 Οικονομικότητα της μεθόδου

Παρόλο που η μέθοδος αυτή είχε μεγάλη δυναμικότητα στο λατομείο δεν είναι τόσο οικονομική μέθοδος αφού προκαλεί προβλήματα το κόστος των οποίων επωμίζεται αποκλειστικά η εταιρεία. Τα προβλήματα αυτά ήταν τα εξής:

1. Χρειάζεται ένα ειδικό μηχάνημα (breaker) για να θραύει τα μεγάλα μεγέθη πετρωμάτων που δεν μπορούν να φορτωθούν και να μεταφερθούν στο θραυστήρα και αυτό κοστίζει στην εταιρεία τόσο σε χρόνο όσο και σε χρήμα αφού πρέπει το προσωπικό να δουλεύει υπερωρίες για να μπορέσουν να καλυφθούν οι ανάγκες της εταιρείας.
2. Πρόβλημα με την απόδοση του θραυστήρα. Λόγω του μεγάλου μεγέθους του εξορυγμένου πετρώματος ο θραυστήρας καταναλώνει περισσότερη ενέργεια και περισσότερο χρόνο για να θραύσει το υλικό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το προσωπικό που ελέγχει την λειτουργία του θραυστήρα να δουλεύει υπερωρίες για να μπορέσουν να καλυφθούν οι καθημερινές ανάγκες του εργοστασίου, και η εταιρεία να επιβαρύνεται οικονομικά.

Το μεγάλο μέγεθος του εξορυγμένου πετρώματος προκαλεί επίσης έντονες φθορές στον θραυστήρα και αυτό έχει ως αντίκτυπο στην εταιρεία, τα μεγαλύτερα κόστη συντήρησης και επισκευής του.

3.9 Προβλήματα από την χρήση εκρηκτικών υλών

Η χρήση εκρηκτικών υλών για την εξόρυξη πετρωμάτων είναι ευρέως διαδεδομένη και θεωρείται από τις οικονομικότερες μεθόδους. Παρουσιάζει όμως και σημαντικά προβλήματα κατά την εφαρμογή της, όπως:

- ❖ Τεχνικά προβλήματα
- ❖ Περιβαλλοντικά προβλήματα και προβλήματα ασφάλειας
- ❖ Νομικά και Πολεοδομικά προβλήματα.

3.9.1 Τεχνικά προβλήματα

Τα τεχνικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η εταιρεία από την χρήση εκρηκτικών υλών είναι:

- Προβλήματα θραύσης του υλικού σε μεγάλα τεμάχια
- Προβλήματα ρωγμάτωσης του υπερκείμενου πετρώματος.

3.9.1.1 Προβλήματα θραύσης του υλικού σε μεγάλα τεμάχια

Το πρόβλημα αυτό συνίσταται στο γεγονός ότι κατά την εξόρυξη του ασβεστόλιθου δεν γίνεται ομοιόμορφη θραύση, με αποτέλεσμα να παραμένουν μεγάλα μεγέθη εξορυσσόμενου πετρώματος. Αυτό προκαλεί καθυστέρηση στην φόρτωση αφού πρέπει πρώτα να γίνει διαχωρισμός του εξορυγμένου υλικού και έπειτα να γίνει δευτερογενή θραύση με υδραυλική σφύρα (Breaker) των μεγάλων τεμαχίων.

Αυτό είχε και ως συνέπεια να έχουμε μικρότερο συνολικό ωφέλιμο φορτίο που μεταφέρει κάθε χωματουργικό αυτοκίνητο. Επίσης ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα είναι ότι οι πρωτογενείς θραυστήρες έχουν μειωμένη παραγωγή και προβλήματα από μπλοκαρίσματα λόγω του μεγάλου μεγέθους του εξορυγμένου πετρώματος. Αυτό είχε ως συνέπεια να αυξηθεί το κόστος θραύσης σημαντικά.

3.9.1.2 Προβλήματα ρωγμάτωσης του πετρώματος πίσω από την ανατίναξη.

Σε αρκετές περιπτώσεις κατά την διάρκεια της εξόρυξης του πετρώματος υπάρχουν προβλήματα ρωγμάτωσης του πετρώματος πίσω από την ανατίναξη.

Το πρόβλημα αυτό είναι πάρα πολύ σημαντικό για τους εξής λόγους:

- Η κλίση του πετρώματος είναι τέτοια που προκαλεί μικρές ολισθήσεις με συνέπεια να καταστρέφεται η γεωμετρία του μετώπου.
- Η διάτρηση νέων διατρημάτων καθίσταται από δύσκολη έως και αδύνατη, λόγω πτώσης τεμαχίων από τις παρειές των διατρημάτων.

3.9.2 Περιβαλλοντικά προβλήματα και προβλήματα ασφάλειας

Τα προβλήματα αυτά αφορούν την επίδραση των ανατινάξεων στο περιβάλλον χώρο και στους ανθρώπους. Τα προβλήματα αυτά παρουσιάστηκαν από την πρώτη στιγμή έναρξης των εργασιών στο λατομείο ασβεστολίθου της Καλαβασού και αυξάνονταν εκθετικά όσο περνούσε ο καιρός λόγο της αυξανόμενης ανθρώπινης δραστηριότητας.

Τα σημεία στα οποία γινόταν η επίδραση ήταν τα εξής:

- Εξοχικές κατοικίες
- Σε πρόσωπα όπως π.χ. γεωργούς, βοσκούς, κυνηγούς, τουρίστες κ.λ.π
- Σε καλλιέργειες

Τα κυριότερα προβλήματα από την χρήση εκρηκτικών υλών συνοψίζονται στα εξής:

- Εκτίναξη βράχων, όπου έθετε σε κίνδυνο τους ανθρώπους και τα αυτοκίνητα που διακινούνται στην ευρύτερη περιοχή. Επίσης, κίνδυνος υπάρχει και για τους γεωργούς ή του βοσκούς που βρίσκονταν εποχιακά γύρω από τα όρια του λατομείου.
- Δονήσεις εδάφους.
- Θόρυβος
- Αέριο ωστικό κύμα
- Σκόνη και αέρια.

3.9.3 Νομικά και πολεοδομικά προβλήματα

Πέραν των τεχνικών, περιβαλλοντικών προβλημάτων και προβλημάτων ασφαλείας υπάρχουν και τα νομικά προβλήματα τα οποία είναι αρκετά σύνθετα. Η νομοθεσία, στην Κύπρο, περί χρήσης και διακίνησης εκρηκτικών και οι κανονισμοί που αφορούν το ίδιο θέμα ασχολούνται μόνο με θέματα εμπορίας και διακίνησης εκρηκτικών υλών και κυρίως θέματα ασφάλειας. Δεν ασχολείται όμως καθόλου με τις συνέπειες από την χρήση εκρηκτικών υλών και δεν υπάρχουν καθορισμένα επίπεδα δονήσεων εδάφους, για το ωστικό κύμα και για την απόσταση που πρέπει να έχουν οι καινούργιες κατοικίες από το λατομείο.

Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα είναι το πολεοδομικό πρόβλημα, καθόσον δεν έχουν καθοριστεί λατομικές ζώνες με αποτέλεσμα να μην έχουν την δυνατότητα τα λατομεία να λειτουργήσουν απρόσκοπτα και να υπάρχει ο κίνδυνος ατυχήματος με ανυποψίαστους περαστικούς.

3.10 Μέτρα αντιμετώπισης των προβλημάτων.

Με βάση τα παραπάνω προβλήματα που αναφέρθηκαν η εταιρεία έκρινε ως επιτακτική ανάγκη την επίλυση τόσο των τεχνικών όσο και των περιβαλλοντικών προβλημάτων αλλά και των προβλημάτων ασφαλείας.

Στόχοι της εταιρείας είναι:

- 1) Η ελαχιστοποίηση των δονήσεων του εδάφους
- 2) Η ελαχιστοποίηση του ωστικού κύματος
- 3) Η ελαχιστοποίηση του θορύβου
- 4) Η ελαχιστοποίηση της εκτίναξης βράχων
- 5) Η ελαχιστοποίηση της παραγωγής σκόνης και αερίων
- 6) Η ελαχιστοποίηση του ανεπιθύμητου ρωγματισμού του πετρώματος
- 7) Αύξηση της θραύσης του υλικού σε κατάλληλα κοκκομετρικά κλάσματα.

Για να μπορέσει να γίνει μία αποτελεσματική επίλυση των προβλημάτων αυτών έγιναν κάποιες επεμβάσεις στις παραμέτρους που επηρεάζουν καθοριστικά την αποτελεσματικότητα των ανατινάξεων.

Οι παράγοντες που επηρέαζαν καθοριστικά ήταν:

- Γεωμετρία των διατρημάτων
- Διάμετρος των διατρημάτων
- Είδος και ποιότητα των εκρηκτικών υλών
- Μέθοδος γόμωσης, επιγόμωσης, σύνδεσης και πυροδότησης.
- Απόσταση από το σημείο ανατίναξης
- Η μορφολογία του εδάφους
- Κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου
- Καιρικές συνθήκες

Η πρακτική αντιμετώπιση των προβλημάτων που αντιμετώπιζε η εταιρεία από την χρήση των εκρηκτικών υλών αποτέλεσε το δύσκολο μέρος του όλου προβλήματος. Έτσι, υπολογίζοντας και σταθμίζοντας τους παράγοντες που θα μείωναν στο ελάχιστο τόσο τα τεχνικά όσο και τα περιβαλλοντικά προβλήματα, είχε αποφασιστεί να ληφθούν ορισμένα μέτρα.

Τα μέτρα αυτά ήταν:

- Αύξηση των μέτρων ασφαλείας. Τα μέτρα αυτά είχαν σαν βασικό σκοπό να μηδενίσουν τον κίνδυνο ατυχήματος.
- Προσωπικές επαφές με τους άμεσα επηρεαζόμενους. Αυτό είχε σαν στόχο να γίνει διάγνωση του προβλήματος και να καθησυχαστούν τα άτομα αυτά.
- Επαφή με συμβούλους που να διαθέτουν εμπειρία σε θέματα ανατινάξεων .
- Δοκιμές για εξόρυξη με χρήση μηχανικών μέσων.

Τα μέσα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν εκσκαφείς και ένα νέο μηχάνημα το οποίο ονομάζεται Surface Miner 2200SM της Γερμανικής Εταιρείας Wirtgen.

4. ΕΞΟΡΥΞΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ SURFACE MINER

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγραφεί η μέθοδος εξόρυξης με την χρήση Surface Miner και συγκεκριμένα με το μηχάνημα 2200 SM της γερμανική εταιρείας Wirtgen (Σχήμα 4.2). Θα περιγραφούν επίσης τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος, οι δυνατότητες εξόρυξης του ανάλογα με την σκληρότητα του πετρώματος, ο μηχανισμός κοπής του πετρώματος με μηχανικά μέσα.

Επίσης θα γίνει αναφορά στην παραγωγική του ικανότητα σε λατομείο της Κυπριακής Εταιρίας Τσιμέντου Ltd (Σχήμα 4.1) όπου χρησιμοποιείται, αλλά και στο λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού στην περιοχή της Καλαβασού όπου έγιναν δοκιμαστικές εκσκαφές. Ακόμα θα αναφερθούν τεχνικά, περιβαλλοντικά προβλήματα από την χρήση αυτής της μεθόδου καθώς και τα μέτρα αντιμετώπισης τους.



Σχήμα 4.1 Φωτογραφία από οπτική γωνία της Κυπριακής Εταιρίας Τσιμέντου Ltd



Σχήμα 4.2 Surface Miner 2200 SM

4.2 Γενικά

Με την συνεχή βελτίωση των γνώσεων των ανθρώπων σε σχέση με το περιβάλλον και την μεγαλύτερη ευαισθητοποίησή τους σε ότι αφορά το περιβάλλον καθώς επίσης και την βελτίωση των γνώσεων τους στην διαχείριση βιομηχανικών χώρων είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία περισσότερων και αυστηρότερων περιβαλλοντικών νομοθεσιών για τα υπαίθρια μεταλλεία και λατομεία που βρίσκονται σε ευαίσθητες περιοχές, δηλαδή σε περιοχές όπου υπάρχουν κοντά εκκλησίες, οικισμοί αλλά και αρχαιολογικά αξιοθέατα. Έτσι, έχουν επιβάλει έμμεσα την εύρεση μίας άλλης οικονομικής λύσης για την εξόρυξη πρώτων υλών, ώστε να περιορίσουν το θόρυβο, τις δονήσεις και την σκόνη.

Η εταιρεία τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd βασιζόμενη στα πιο πάνω αλλά και σε πιο σύνθετα δεδομένα κυρίως λειτουργικά αποφάσισε να ερευνήσει μεθόδους εξόρυξης εκτός του συμβατικού (διάτρηση - ανατίναξη και μηχανικά) που ήδη εφαρμόζει ώστε να περιορίσει τους παράγοντες της πιο πάνω παραγράφου και φυσικά λαμβάνοντας πάντα υπόψη τον οικονομικό παράγοντα.

Από ήδη εφαρμοζόμενες μεθόδους εξόρυξης που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως αλλά και εγχωρίως και συγκεκριμένα σε λατομείο της Κυπριακή Εταιρεία Τσιμέντων Ltd η

εταιρεία Βασιλικού Ltd αποφάσισε να κάνει δοκιμές με μεθόδους συνεχούς κοπής και συγκεκριμένα με ένα μηχάνημα Surface Miner 2200SM. Το Surface Miner είναι ένα σύνθετο αυτοκινούμενο μηχάνημα συνεχούς μηχανικής εξόρυξης που χρησιμοποιείται σε υπαίθρια ορυχεία, λατομεία και σε χωματουργικά έργα αλλά και σε εξορύξεις σε υπόγεια μέτωπα. Χαρακτηρίζεται ως σύνθετο γιατί εκτελεί συγχρόνως τις τρεις βασικές φάσεις τις εξόρυξης, δηλαδή την εξόρυξη του υλικού την φόρτωση του υλικού και την απόθεση του υλικού όταν αυτό απαιτείται. Οι πιθανές χρήσεις του μηχανήματος αυτού απεικονίζονται στο πιο κάτω (Σχήμα 4.3).



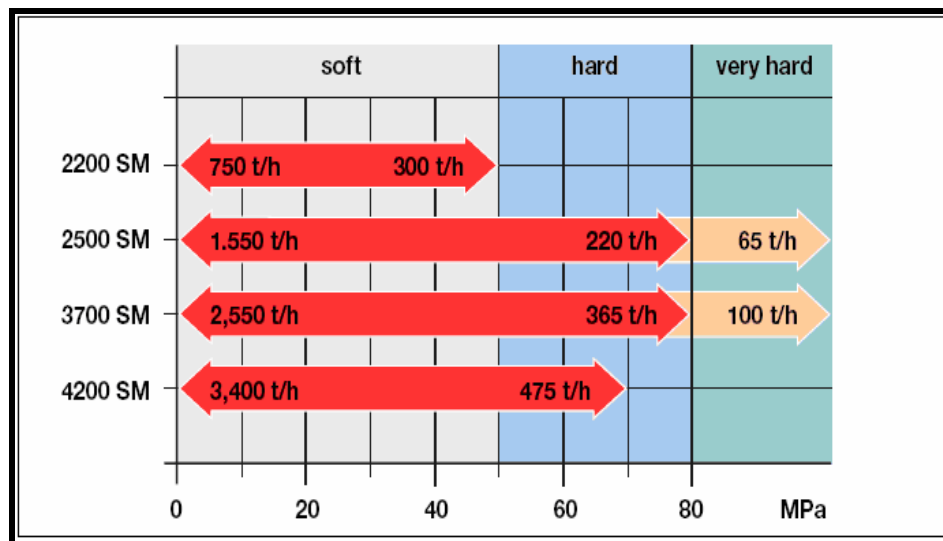
Σχήμα 4.3 Χρήσεις του Surface Miner (Wirtgen, 2007)

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανημάτων Surface Miner για μεταλλευτικές, λατομικές και άλλες εργασίες όπως:

- 1900 SM. Είναι μικρού μεγέθους μηχάνημα με την υψηλή ευελιξία για την εξόρυξη άνθρακα γύψου και μαλακού ασβεστόλιθου.
- 2200 SM. Είναι κατάλληλο για την κατασκευή δρόμων, εξόρυξη γύψου, μαλακού ασβεστόλιθου και άνθρακα.
- 2500SM. Είναι κατάλληλο για την εξόρυξη πρώτων υλών χωρίς ανατίναξη σε λατομεία για χωματουργικές εργασίες και σε υπόγεια έργα.

- 3000 SM. Είναι η λύση για εκλεκτική εξόρυξη μαλακών στρώσεων πρώτων υλών όπως είναι ο άνθρακας, ο γύψος κ.τ.λ.
- 3500 SM. Είναι το γενικό μηχάνημα για χωματουργικές εργασίες για εξόρυξη και μετακίνηση σκληρών πετρωμάτων όπως επίσης και εκλεκτική εξόρυξη πρώτων υλών.
- 4200 SM. Είναι ένα μηχάνημα υψηλής απόδοσης για εκλεκτική και υψηλής ποιότητας εξόρυξης άνθρακα.
- DINTING MACHINE 2600. Είναι ένα ειδικό μηχάνημα με χαμηλό συνολικό ύψος για υποβιβασμό του πατώματος υπόγειου ανοίγματος και για συντήρηση και αποκατάσταση των δρόμων υπόγειων μεταλλείων.

Το Surface Miner 2200 SM είναι ένα μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιείται στην μεταλλευτική για εξόρυξη πετρωμάτων μέτριας έως υψηλής σχετικά σκληρότητας (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.4 Διάγραμμα εκτίμησης παραγωγής σε σχέση με την σκληρότητα (Wirtgen, 2007)

Στα πλαίσια της επίλυσης του περιβαλλοντικού προβλήματος, των προβλημάτων ασφάλειας καθώς επίσης και των τεχνικών και οικονομικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει στο λατομείο ασβεστολίθου της Καλαβασού, λόγω της διεξαγωγής

εκρήξεων οι οποίες προκαλούν όχληση λόγω των δονήσεων, της σκόνης, του θορύβου και των εκτινασσόμενων λίθων η εταιρεία αποφασίζει να κάνει δοκιμές με άλλη μέθοδο εκμετάλλευσης που είναι το Surface Miner 2200 SM το οποίο διαθέτει η Κυπριακή Εταιρεία Τσιμέντων Ltd.

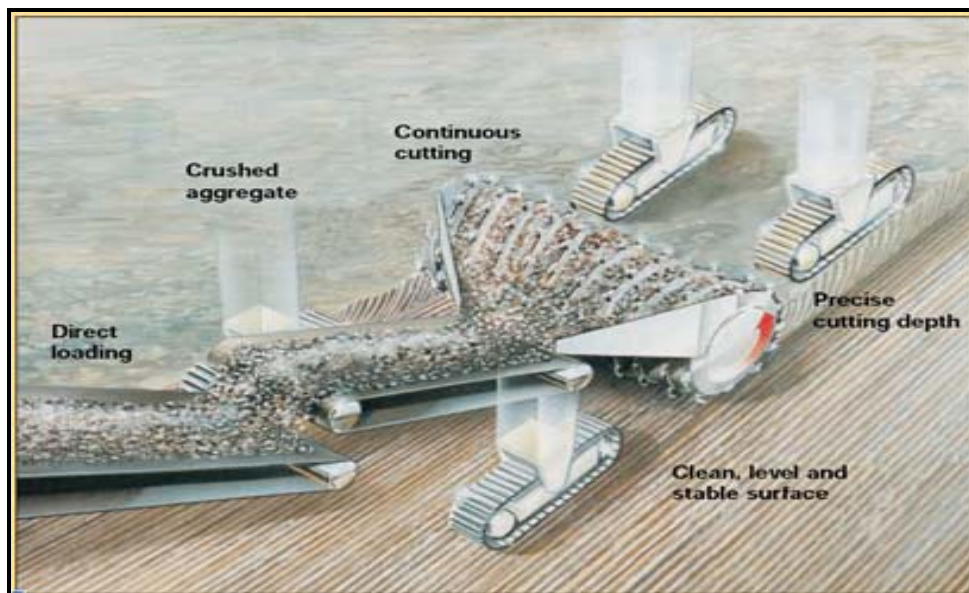
4.3 Συγκρότηση του Surface Miner 2200 SM.

Το Surface Miner 2200 SM αποτελείται (Σχήμα 4.5) από τα εξής μέρη:

- Υποδομή
- Αναδομή
- Κοπτικό τύμπανο
- Πρωτεύουσα μεταφορική ταινία
- Τον βραχίονα με την κύρια μεταφορική ταινία

Η κίνηση των διαφόρων μηχανισμών του Surface Miner 2200 SM επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός V12 πετρελαιοκινητήρα με ισχύ 811PS.

Η ισχύς μεταβιβάζεται δια μέσου ενός μιάντα υψηλών αντοχών που οδηγεί στο κοπτικό τύμπανο εξασφαλίζοντας έτσι την αποτελεσματική μεταφορά ισχύος. Επιπλέον τα υπόλοιπα μέρη κινούνται με υδραυλικό σύστημα.



Σχήμα 4.5 Συγκρότηση του Surface Miner 2200 SM (Wirtgen, 2007)

4.3.1 Υποδομή

Η υποδομή του SURFACE MINER 2200SM αποτελείται από τις τέσσερις ερπύστριες (Σχήμα 4.6) οι οποίες προσφέρουν στο μηχάνημα εξαιρετική σταθερότητα και έλξη ακόμα και όταν κόβει σκληρό πέτρωμα. Και οι 4 ερπύστριες είναι ρυθμισμένες έτσι ώστε να κάνουν το μηχάνημα να έχει εύκολους ελιγμούς γύρω από της σκληρές στρώσεις.



Σχήμα 4.6 Υποδομή του Surface Miner (Wirtgen, 2007)

4.3.2 Ανωδομή

Στην ανωδομή του SURFACE MINER 2200SM βρίσκεται η καμπίνα του χειριστού η οποία παρέχει στον χειριστή άνεση και ασφάλεια. Μέσα στην καμπίνα (Σχήμα 4.7) βρίσκονται όλα τα όργανα ελέγχου του μηχανήματος τα οποία είναι με τέτοιο τρόπο τοποθετημένα γύρω από τον χειριστή έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η εύκολη και ακριβής λειτουργία του μηχανήματος. Επίσης στο πίσω μέρος της αναδομής του μηχανήματος (Σχήμα 4.8) υπάρχει ο κινητήρας των 811HP. Το μηχάνημα αυτό έχει χωρητικότητα πετρελαίου 1500 L και κατανάλωση γύρω στα 80 L/h (Wirtgen ,2007).



Σχήμα 4.7 Καμπίνα Χειριστού του Surface Miner 2200 SM (Wirtgen, 2007)



Σχήμα 4.8 Ανωδομή του Surface Miner 2200 SM (Wirtgen, 2007)

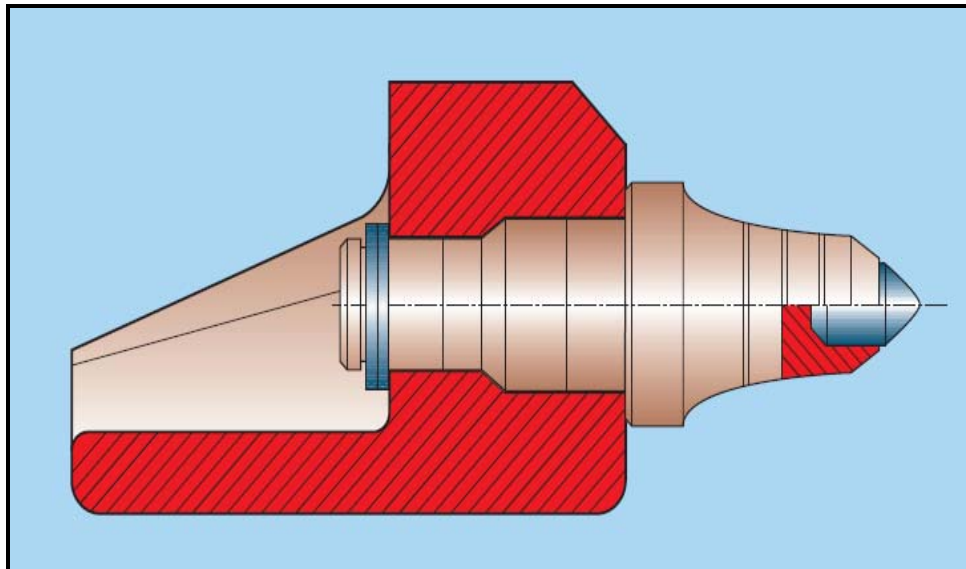
4.3.3 Κοπτικό τύμπανο.

Το κοπτικό τύμπανο είναι τοποθετημένο στο κέντρο του μηχανήματος μεταξύ των τεσσάρων ερπυστριών. Είναι τοποθετημένο πλησίον του κέντρου βάρους του μηχανήματος.

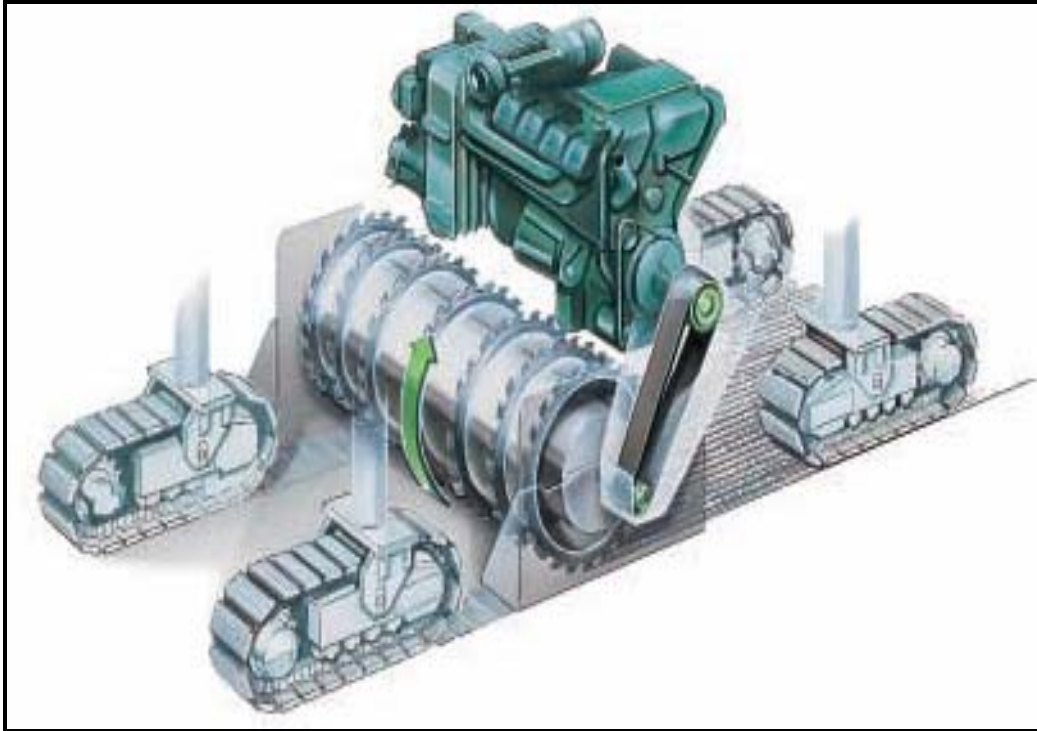
Το εγκάρσιο κοπτικό τύμπανο έχει διάμετρο 1140 mm και είναι κατασκευασμένο από σκληρό μέταλλο (Brinell hardness HB 400). Επί της κυλινδρικής επιφάνειας του τυμπάνου ευρίσκονται 76 κοπτικά τοποθετημένα ελικοειδώς τα οποία κόβουν το πέτρωμα και το οδηγούν στο κέντρο του μηχανήματος (Σχήματα 4.9 και 4.10).

Το κοπτικό τύμπανο και τα ανταλλάξιμα κοπτικά εργαλεία του μηχανήματος αυτού είναι ακριβώς ρυθμισμένα για το πέτρωμα το οποίο πρόκειται να εξορυχτεί. Η συνήθης ταχύτητα του κοπτικού τύμπανου κυμαίνεται από 60 έως 100 στροφές το λεπτό. Ένα από τα χαρακτηριστικά του κοπτικού είναι η κοπτική ακμή που είναι κατασκευασμένη από καρβίδια του βολφραμίου. Ο τύπος κάθε ακμής είναι διαφορετικός για κάθε περίπτωση.

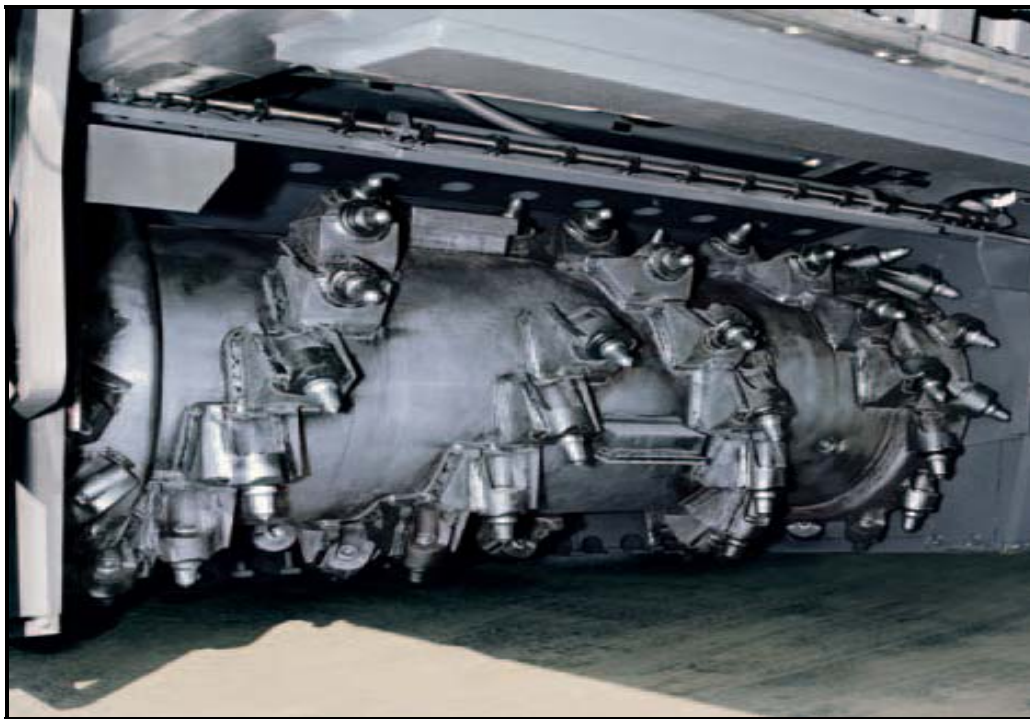
Τα κοπτικά άκρα είναι εφαρμοσμένα με ένα δακτυλίδι το οποίο τα συγκρατεί έτσι ώστε να παραμένουν στην θέση τους και να μπορούν να εξορύσσουν το πέτρωμα (Σχήμα 4.11). Τα φθαρμένα κοπτικά μπορούν να απομακρύνονται με απλή χαλάρωση του δακτυλιδιού (Wirtgen, 2007).



Σχήμα 4.9 Η τοποθέτηση του κοπτικού (Wirtgen, 2007)

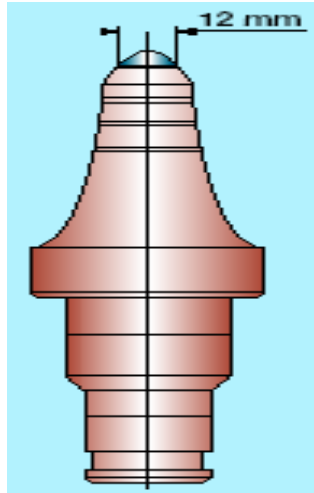


Σχήμα 4.10 Σχηματικά η ελικοειδής μορφή των κοπτικών (Wirtgen, 2007)



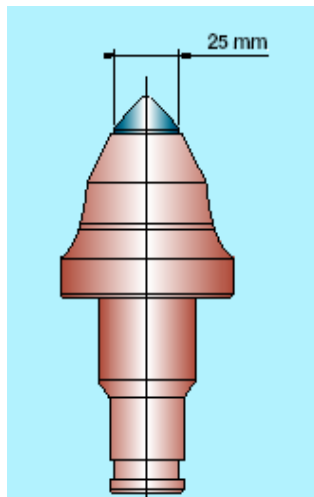
Σχήμα 4.11 Ελικοειδή μορφή των κοπτικών (Wirtgen, 2007)

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κοπτικών όπου ο κάθε τύπος χρησιμοποιείται για συγκεκριμένες συνθήκες. Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι τύποι (Wirtgen ,2007):



Τύπος Α

Μικρή διάμετρος του Καρβιδίου βολφραμίου
Μικρή διάρκεια ζωής
Καλή διείδυση
Υψηλή κοπτική απόδοση.



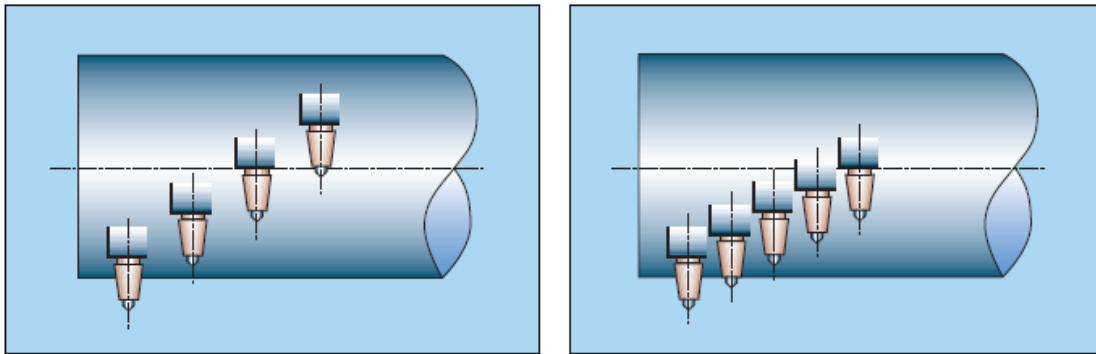
Τύπος Β

Μεγάλη διάμετρος του Καρβιδίου βολφραμίου
Μεγάλη διάρκεια ζωής
Μικρή διείδυση
Χαμηλή κοπτική απόδοση

4.3.4 Σύστημα τοποθέτησης κοπτικών εργαλείων

Η σημασία που έχουν τα κοπτικά άκρα στο μηχάνημα είναι τεράστια και για τον λόγο αυτό το Πανεπιστήμιο της Λισσαβόνας και το Πολυτεχνείο του Βερολίνου στα πλαίσια ενός ερευνητικού προγράμματος από την Ευρωπαϊκή Ένωση και σε συνεργασία με βιομηχανικές εταιρείες έκαναν μία έρευνα με στόχο να αποδείξουν ότι το μηχάνημα αυτό μπορεί να αντικαταστήσει την χρήση εκρηκτικών υλών όταν χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα κοπτικά εργαλεία για την κάθε περίπτωση.

Η έρευνα αυτή έγινε σε υπαίθριο μεταλλείο στην Πορτογαλία στο οποίο γίνεται εκμετάλλευση πηγματίτη. Ο πηγματίτης περιείχε χαλαζία, αλβίτη, λίθιο τα οποία είναι πολύ σημαντικά στην βιομηχανία των κεραμικών. Με βάση λοιπόν αυτή την έρευνα χρησιμοποίησαν ένα κοπτικό τύμπανο όπου έκοβε το ίδιο υλικό με διαφορετικά κοπτικά εργαλεία κάθε φορά (Σχήμα 4.12).



Σχήμα 4.12 Ευρύ διάστημα κοπτικών

Στενό διάστημα κοπτικών (Wirtgen, 2007)

Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε κοπτικό τύμπανο με 76 κοπτικά εργαλεία κατασκευασμένα από καρβίδιο του βολφραμίου και η απόσταση των κοπτικών εργαλείων ήταν 35 mm. Στην περίπτωση αυτή παρατηρήθηκε ότι η κοπτική απόδοση κυμαινόταν κατά μέσο όρο 188,29 m³/h με ταχύτητα προχώρησης 10,46 m/min και μέσο κοπτικό βάθος 0,15 m. Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι το 85% – 90 % του θραυσμένου πετρώματος κυμαινόταν στα 31,5 mm.

Στην δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε κοπτικό τύμπανο με 76 κοπτικά εργαλεία κατασκευασμένα από καρβίδιο του βολφραμίου και η απόσταση των κοπτικών εργαλείων ήταν 30 mm. Στην περίπτωση αυτή παρατηρήθηκε ότι η κοπτική απόδοση κυμαινόταν κατά μέσο όρο 188,29 m³/h με ταχύτητα προχώρησης 10,46 m/min. Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι το 20% του θραυσμένου πετρώματος ήταν μικρότερο του 1mm ενώ το 80% ήταν μικρότερο του 30 mm.

Στην τρίτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε κοπτικό τύμπανο με 60 κοπτικά εργαλεία κατασκευασμένα από καρβίδιο του βολφραμίου και η απόσταση των κοπτικών εργαλείων ήταν 50 mm. Στην περίπτωση αυτή παρατηρήθηκε ότι η κοπτική απόδοση κυμαινόταν κατά μέσο όρο 191,60 m³/h με ταχύτητα προχώρησης 10,62 m/min.

Η κοκκομετρική ανάλυση έδειξε ότι το 35% - 70% του θραυσμένου πετρώματος κυμαινόταν στα 31,5 mm. Να σημειωθεί ότι στην περίπτωση της βιομηχανίας κεραμικών το μέγεθος του εξορυσσόμενου υλικού θα πρέπει να είναι μικρότερο των 30 mm.

Στην ίδια έρευνα απέδειξαν ότι όσο αυξάνεται η απόσταση της κεφαλής και μειώνεται ο αριθμός των κοπτικών εργαλείων στο κοπτικό τύμπανο έχουμε μεγαλύτερη ταχύτητα προχώρησης αυξανόμενη κατά 17,6% αλλά και καλύτερη διείσδυση του κοπτικού στο πέτρωμα. Στο μηχάνημα αυτό υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού κοπτικών κάτω βέβαια από ειδικές συνθήκες και περιστάσεις.

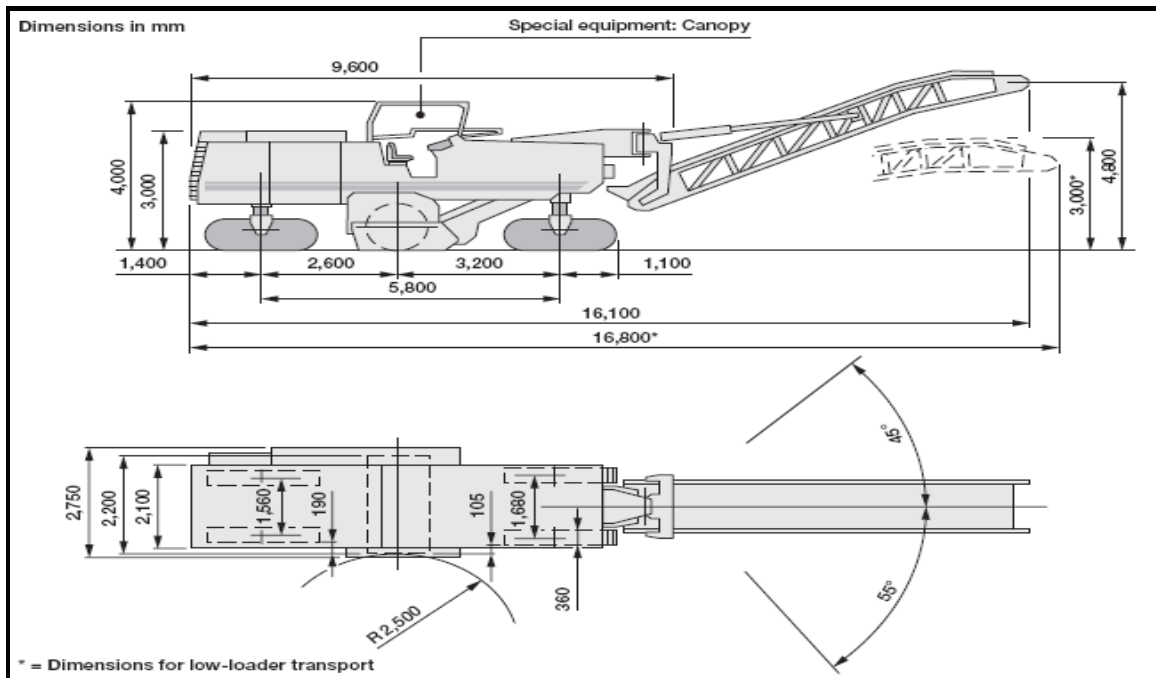
4.3.5 Πρωτεύουσα μεταφορική ταινία και ο βραχίονας του μηχανήματος.

Η πρωτεύουσα μεταφορική ταινία βρίσκεται μπροστά και πολύ κοντά από το εγκάρσιο κοπτικό τύμπανο. Είναι κατασκευασμένη από ειδικό συνθετικό υλικό για να έχει ανθεκτικότητα λόγω της μεγάλης καταπόνησης που υφίσταται κατά την λειτουργία του μηχανήματος.

Ο βραχίονας του Surface Miner 2200SM (Σχήμα 4.13) αποτελείται από ένα δικτύωμα χαλύβδινων δοκών ο οποίος στηρίζεται μέσω υδραυλικών κυλίνδρων και συρματόσχοινων στον πύργο της αναδομής. Το μήκος του βραχίονα είναι σταθερό (Σχήμα 4.14). Κατά μήκος του βραχίονα υπάρχει μία μεταφορική ταινία η οποία ξεκινάει από το τέλος της πρωτεύουσας μεταφορικής ταινίας και καταλήγει στο τέλος του βραχίονα όπου και το υλικό φεύγει από την ταινία.

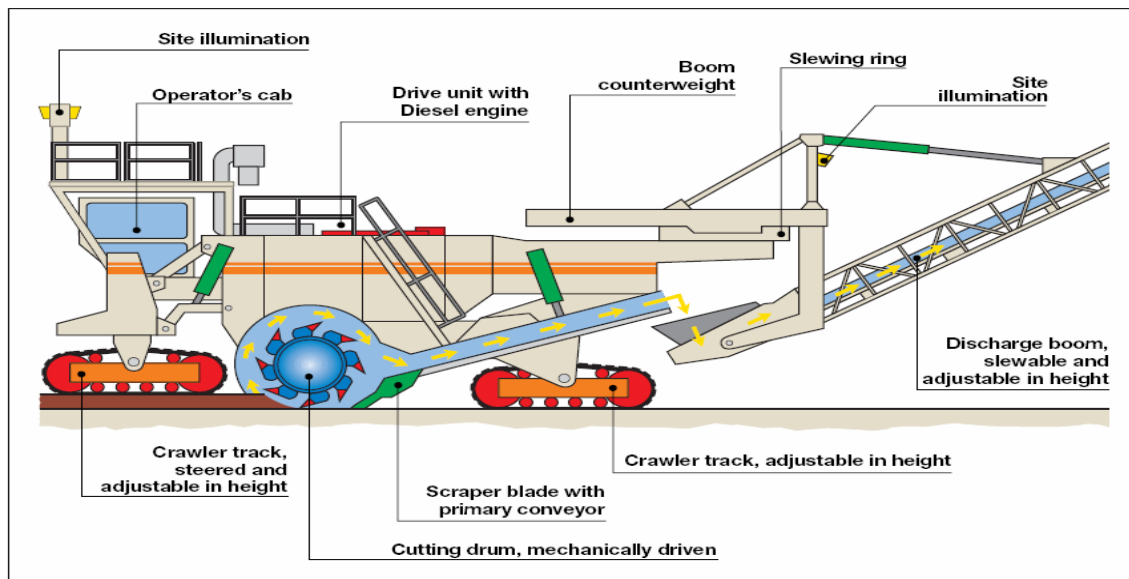


Σχήμα 4.13 Ο βραχίονας του Surface Miner 2200 SM



Σχήμα 4.14 Διαστάσεις του Surface Miner 2200 SM (Wirtgen, 2007)

Η ταινία αυτή είναι από το ίδιο το υλικό που έχει φτιαχτεί και η πρωτεύουσα μεταφορική ταινία και στην επιφάνειά της φέρει ραβδώσεις, ώστε το θραυσμένο υλικό να μην κυλάει προς τα πίσω, όταν η ταινία λαμβάνει μεγάλη κλίση. Μια συνολική εικόνα από την συγκρότηση του Surface Miner 2200SM δίνεται στο Σχήμα 4.15.



Σχήμα 4.15 Συγκρότηση Surface Miner 2200SM (Wirtgen, 2007)

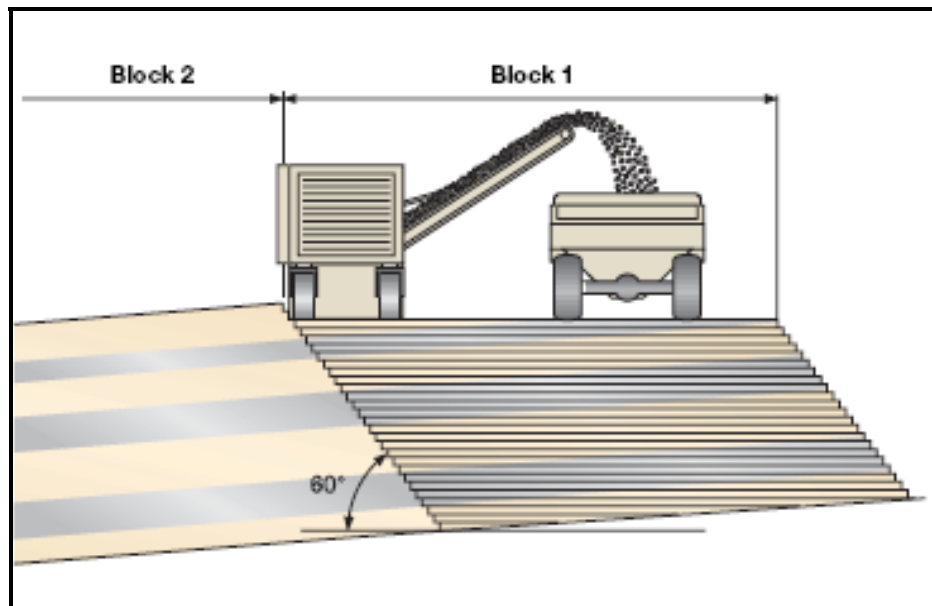
4.4 Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Το Surface Miner 2200SM αρχικά είχε σχεδιαστεί για κοπή μαλακών έως ημίσκληρων πετρωμάτων με αντοχή σε θλίψη μέχρι 70 MPa.

Σήμερα έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει σε πετρώματα με αντοχή σε θλίψη μεταξύ 10 – 120 MPa. Το βάρος του και η ισχύς που διαθέτει μετατρέπεται σε δυνάμεις κοπής (ορθή δύναμη και κοπτική). Αυτό επιτρέπει την κοπή του πετρώματος με αρκετά καλά αποτελέσματα και ταυτόχρονα εξασφαλίζει την σταθερότητα του μηχανήματος, μειώνοντας τους κραδασμούς.

Ο σχεδιασμός (θέση του κοπτικού τύμπανου στην μέση του μηχανήματος) και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά επιτρέπουν στο μηχάνημα να δουλεύει κάτω από διάφορες συνθήκες και να δίνει λύσεις για αρκετά απαιτητικά έργα στην εξόρυξη πετρωμάτων, ενώ έχει την δυνατότητα να κάνει εκλεκτική εξόρυξη κεκλιμένου στρώματος.

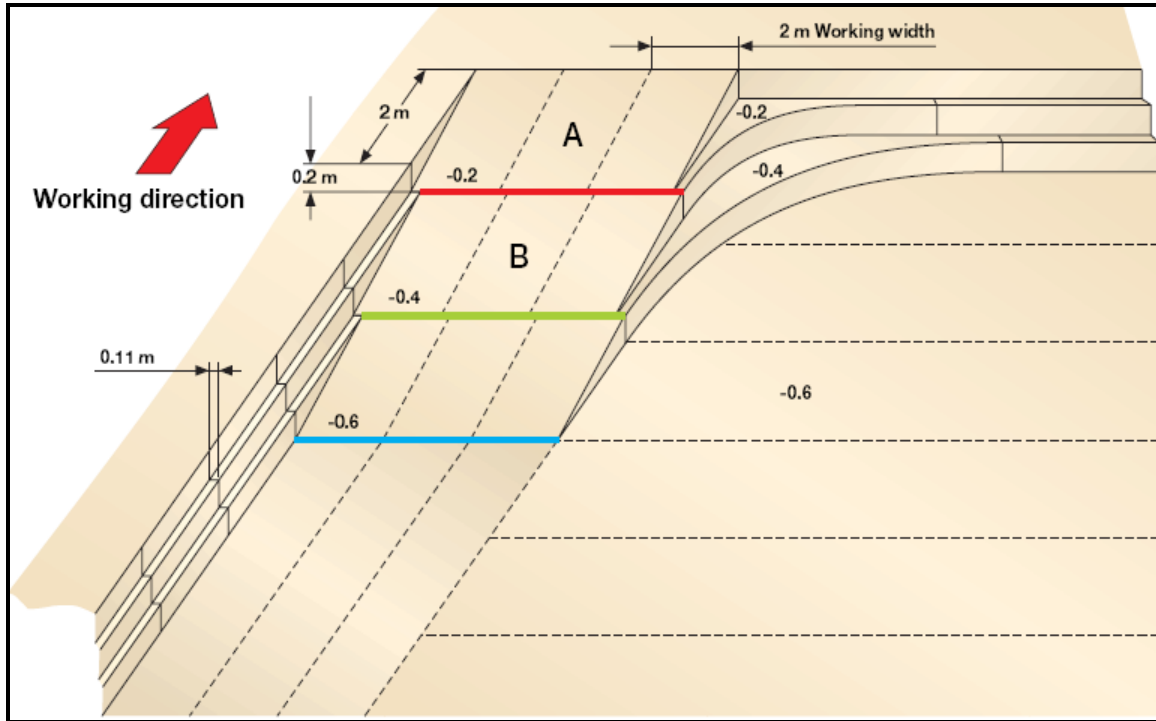
Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι εργασίας για την εξόρυξη του συγκεκριμένου στρώματος εξαρτώμενες πάντα από την κλίση του. Ένα παράδειγμα, είναι η εξόρυξη στρωματοειδούς κοιτάσματος με ελαφριά κλίση το οποίο μπορεί να κοπεί σε μπλοκ όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.16. .



Σχήμα 4.16 Εξόρυξη στρωματοειδούς κοιτάσματος με ελαφριά κλίση (Wirtgen, 2007)

Έχει επίσης την δυνατότητα να διαμορφώνει δικές του ράμπες με κλίση 10 -15% περίπου. Οι ράμπες αυτές μπορούν να κόβονται προς τα πάνω ή προς τα κάτω.

Στο Σχήμα 4.17 δίνεται σχηματικά η ολική διαδικασία διαμόρφωσης μίας ράμπας από το μηχάνημα αυτό.



Σχήμα 4.17 Διαδικασία κατασκευής ράμπας (Wirtgen, 2007)

Το Surface Miner 2200SM κόβει την πρώτη λωρίδα με ανοδική κατεύθυνση εργασίας. Το κόψιμο μειώνεται βαθμιαία μέχρι και την κόκκινη γραμμή. Από την κόκκινη γραμμή και πέρα το κοπτικό σηκώνεται και δεν κόβει πέτρωμα μέχρι να φθάσει στη θέση όπου θα ξεκινήσει το κόψιμο της επόμενης φέτας. Η κοπτική απόδοση του Surface Miner 2200SM είναι άμεσα επηρεαζόμενη από τους πιο κάτω παράγοντες.

- Τύπος κοπτικού εργαλείου
- Η γωνία των εργαλείων κοπής
- Η ταχύτητα του κοπτικού τύμπανου
- Το βάθος κοπής
- Η ταχύτητα προχώρησης του μηχανήματος

Το Surface Miner 2200SM που χρησιμοποιείται για την κοπή του κρητιδικού ασβεστόλιθου στο λατομείο Αγ. Γεωργίου της Κυπριακής Εταιρείας Τσιμέντου Ltd έχει τις ακόλουθες προδιαγραφές.

- Πλάτος κοπής 2200 mm
- Βάθος κοπής 0 - 350 mm
- Απόσταση κοπτικών 38 mm
- Αριθμός κοπτικών 76
- Διάμετρος κοπτικού τύμπανου με τα κοπτικά 1140 mm
- Μέγιστη γωνία του κοπτικού τύμπανου 5°
- Μέγιστη ικανότητα εξόρυξης 350 ton/h
- Ικανότητα να εργαστεί σε πετρώματα μαλακά έως ημίσκληρα μέχρι και 120 MPa.
- Δυνατότητα απόθεσης εκατέρωθεν καθώς επίσης και πίσω.

Στο Surface Miner 2200SM το μεταφορικό σύστημα του εξορυγμένου πετρώματος βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του μηχανήματος. Το μεταφορικό αυτό σύστημα έχει την δυνατότητα να κινηθεί 55° δεξιά και 45° αριστερά του άξονα πορείας του μηχανήματος, ενώ το ύψος μπορεί να αλλάζει σε ένα πλαίσιο από 3000 – 4800 mm. Το μηχάνημα αυτό έχει την ικανότητα και την ευελιξία να μπορεί να φορτώνει τα χωματουργικά οχήματα είτε από το πίσω μέρος είτε από το πλευρό της καρότσας του.

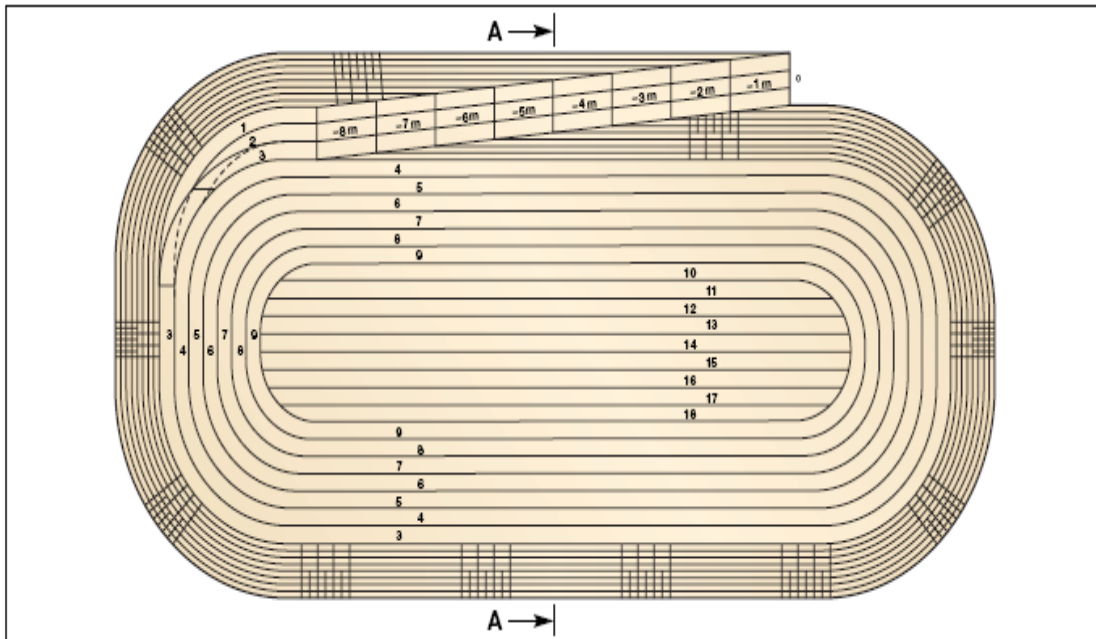
Το μέγεθος των χωματουργικών οχημάτων εξαρτάται κυρίως από:

- Το ύψος της μπούμας όπου βρίσκεται το σύστημα μεταφοράς
- Η κοπτική απόδοση του μηχανήματος σε δεδομένο κοίτασμα.

Για να μπορεί να υπάρχει ένας οικονομικός κύκλος φόρτωσης και μεταφοράς θα πρέπει το μέγεθος των χωματουργικών οχημάτων να είναι τέτοιο έτσι ώστε ο χρόνος φόρτωσης να κυμαίνεται από 2 – 6 min. Έχεις επίσης την δυνατότητα να εξορύσσει το πέτρωμα στο βάθος που θα του ορίσει ο χειριστής με ακρίβεια.

4.5 Διαδικασία εξόρυξης ασβεστόλιθου

Η εξόρυξη του ασβεστόλιθου από το Surface Miner 2200SM γίνεται σε μια επίπεδη επιφάνεια μεγάλης έκτασης σχήματος έλλειψης. Η περιοχή εκμετάλλευσης είναι ανεπτυγμένη για κοπή από λωρίδα σε λωρίδα (Σχήματα 4.18 και 4.19).



Σχήμα 4.18 Όψη λατομείου με το Surface Miner 2200 SM (Wirtgen, 2007)



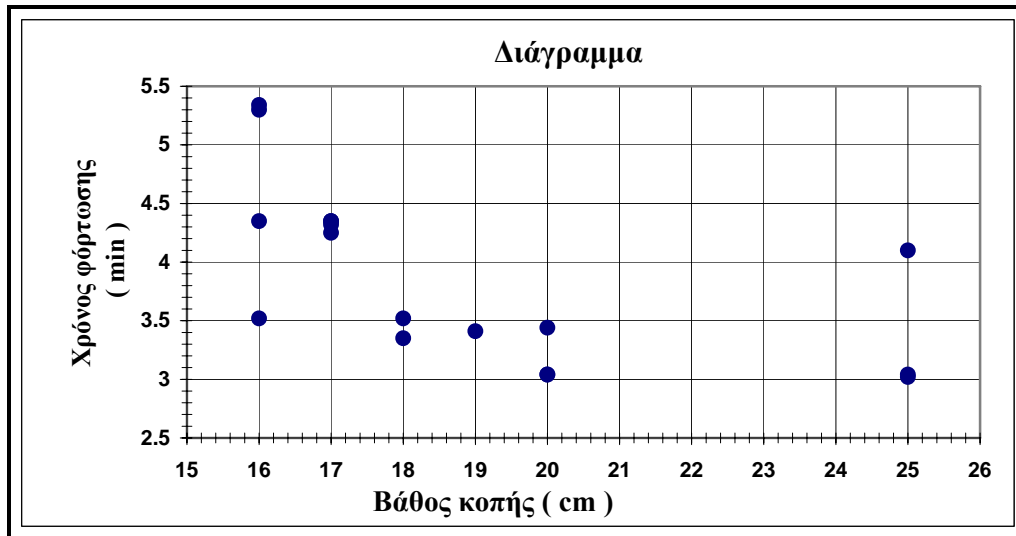
Σχήμα 4.19 Εκμετάλλευση λατομείου με το Surface Miner 2200 SM

Αφού τοποθετηθεί το πρώτο χωματουργικό αυτοκίνητο μπροστά από το Surface Miner 2200SM τότε αυτό αρχίζει την εξόρυξη του ασβεστόλιθου. Το κοπτικό τύμπανο κατεβαίνει και αρχίζει να περιστρέφεται και τα κοπτικά να κόβουν το πέτρωμα σε βάθος που κυμαίνεται από 16 – 25 cm. Η περιστροφή του κοπτικού κυμαίνεται γύρω στις 80 – 90 στροφές το λεπτό. Καθώς το κοπτικό κόβει το πέτρωμα και γίνεται φόρτωση στα χωματουργικά αυτοκίνητά ταυτόχρονα το μηχάνημα κινείται με μία ταχύτητα 10 – 11 m/min. Η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες:

- Συμπαγές υλικό. Όσο το υλικό είναι πιο συμπαγές το μηχάνημα κινείται με μειωμένη αλλά σταθερή ταχύτητα.
- Βάθος κοπής. Όσο αυξάνεται το βάθος κοπής μειώνεται η ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος και ο χρόνος φόρτωσης των χωματουργικών αυτοκινήτων. Αυτό απεικονίζεται από τις μετρήσεις που πάρθηκαν και το διάγραμμα χρόνου φόρτωσης σε σχέση με το βάθος κοπής (Σχήμα 4.20) που έγινε κατά την παραμονή του γράφοντος στη εταιρεία. Οι μετρήσεις αυτές απεικονίζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Μετρήσεις από την κοπή του Surface Miner 2200 SM

Βάθος Κοπής (cm)	Χρόνος Φόρτωσης (min)	Χρόνος Αναμονής Surface Miner 2200SM (min)
16	5.34	
16	4.35	
19	3.41	
20	3.04	
16	3.52	6
17	4.35	
16	5.3	
17	4.25	
17	4.32	
18	3.35	
20	3.04	
18	3.52	4.3
17	4.35	
25	3.02	
25	3.04	
25	4.1	
20	3.44	



Σχήμα 4.20 Διάγραμμα χρόνου φόρτωσης σε σχέση με το βάθος κοπής

Όταν το μηχάνημα πλησιάσει το χωματουργικό αυτοκίνητο τότε ο χειριστής του μηχανήματος ειδοποιεί τον οδηγό του χωματουργικού αυτοκινήτου μέσω ηχητικού σήματος να προχωρήσει προς τα εμπρός. Το χωματουργικό αυτοκίνητο κινείται προς τα εμπρός με πολύ μικρή ταχύτητα μέχρι να ξανακουστεί το ηχητικό σήμα του Surface Miner όπου και τον ειδοποιεί ότι πρέπει να σταματήσει πάλι. Αυτή η διαδικασία γίνεται μέχρι το χωματουργικό αυτοκίνητο να πληρωθεί από εξορυγμένο υλικό (Σχήμα 4.21).



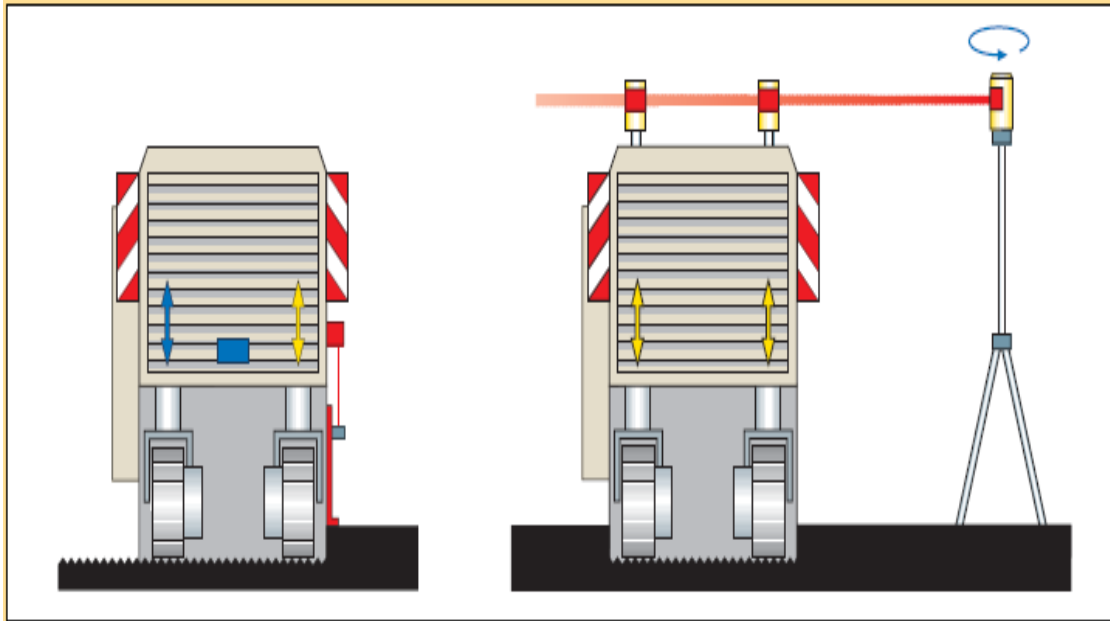
Σχήμα 4.21 Διαδικασία Φόρτωσης με Surface Miner 2200 SM

Αφού το μηχάνημα τελειώσει την πρώτη λωρίδα τότε το κοπτικό τύμπανο σηκώνεται και το μηχάνημα οδηγείται σε νέα θέση για την κοπή της επόμενης λωρίδας. Κατά την διάρκεια της εξόρυξης του ασβεστόλιθου το μηχάνημα εργάζεται και ελέγχεται από δύο χειριστές.

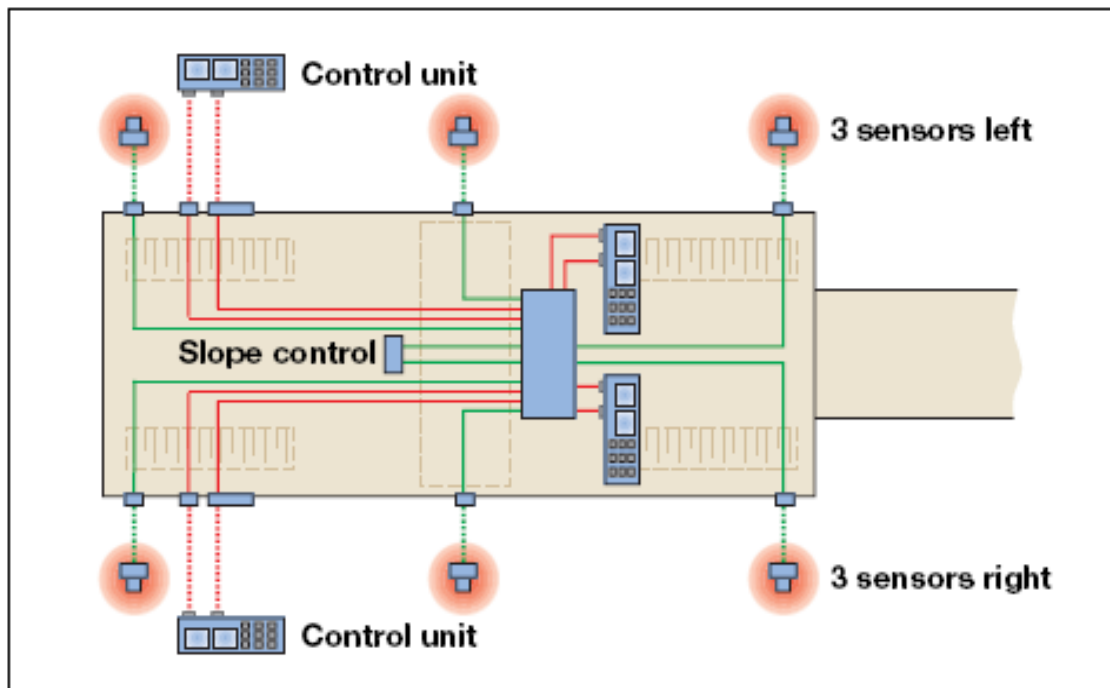
Ο κύριος χειριστής που βρίσκεται μέσα στην καμπίνα χειριστού και έχει την ευθύνη της οδήγησης και τον έλεγχο του μηχανήματος μέσω των διαφόρων οργάνων που έχει η καμπίνα. Σημειώνεται ότι το μηχάνημα διαθέτει χειριστήρια και στις δύο πλευρές της καμπίνας. Ο βοηθός χειριστή βρίσκεται στο δεξιό ή το αριστερό πίσω μέρος του μηχανήματος στο δάπεδο του λατομείου. Ο ρόλος του βοηθού χειριστή είναι να ρυθμίζει το βάθος κοπής των κοπτικών στον ασβεστόλιθο και την κλίση του τυμπάνου κοπής, και να απομακρύνει χαλαρά ή θραυσμένα πετρώματα τα οποία βρίσκονται μπροστά από το μηχάνημα και είναι δυνατόν να προκαλέσουν προβλήματα στο κοπτικό τύμπανο όπως π.χ το σφήνωμα του πετρώματος ανάμεσα στα κοπτικά με αποτέλεσμα την γρήγορη φθορά των κοπτικών ή ακόμα και την θραύση αυτών. Επίσης ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα είναι η μεγάλη καθυστέρηση που υπάρχει μέχρι να αποσφηνωθεί το πέτρωμα. Οι χειριστές ελέγχουν το μηχάνημα μέσω του συστήματος ελέγχου το οποίο είναι συνδεδεμένο με αισθητήρες.

Οι αισθητήρες που υπάρχουν στο μηχάνημα αυτό είναι (Σχήματα 4.22 και 4.23):

- Αισθητήρες που ανιχνεύουν την απόσταση του τύμπανου από την επιφάνεια κοπής.
- Υπερηχητικοί αισθητήρες μη επαφής που μετρούν την απόσταση στην πλευρά της επιφάνειας
- Αισθητήρες κλίσεως, μετρούν την κλίση της επιφάνειας έτσι ώστε εάν υπερβαίνει το 2% τότε αυτόματα το μηχάνημα δημιουργεί την κατάλληλη κλίση. Εάν η κλίση υπερβεί το 2% τότε το μηχάνημα κινδυνεύει να ανατραπεί.
- Πολλαπλοί αισθητήρες
- Αισθητήρες Laser για τον έλεγχο του βάθους κοπής.



Σχήμα 4.22 Χρήση των αισθητήρων στο Surface Miner 2200 SM (Wirtgen, 2007)



Σχήμα 4.23 Τα σημείων που βρίσκονται οι αισθητήρες Surface Miner 2200 SM (Wirtgen, 2007)

Οι πληροφορίες που παίρνονται από τους αισθητήρες μεταβιβάζονται στον βοηθό χειριστή μέσω ενός ψηφιακού πίνακα αναφοράς.

4.5.1 Παρατηρήσεις από την εξόρυξη ασβεστολίθου με Surface Miner 2200SM

Κατά την διάρκεια εξόρυξης σε λατομείο ασβεστολίθου της Κυπριακής Εταιρίας Τσιμέντου Ltd και δοκιμών στο λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού στην περιοχή Καλαβασού έγιναν ορισμένες παρατηρήσεις ως προς το αποτέλεσμα της εξόρυξης όπως αυτές αναγράφονται παρακάτω:

1. Η κοκκομετρία του εξορυσσόμενου υλικού είναι πολύ καλή αφού το 95% του υλικού είναι κάτω από 10 cm. Αυτό έχει ως συνέπεια την σημαντική αύξηση της απόδοσης του θραυστήρα.
2. Η κοπτική απόδοση του μηχανήματος κυμαίνεται από 250 -312 ton/h ενώ από την εξόρυξη και μεταφορά γύρω στους 2500 ton στις 8 ώρες της βάρδιας.
3. Κατά την εξόρυξη χαλαρού υλικού το μηχάνημα δεν αντιμετωπίζει ιδιαίτερα προβλήματα, με πιο συχνό πρόβλημα εκείνο του σφηνώματος τεμαχίων πετρώματος στο κενό μεταξύ πρωτεύοντος ιμάντα και του κύριου ιμάντα μεταφοράς.
4. Η γεωμετρία των διαμορφωμένων εκσκαφών καλύπτει τις απαιτήσεις του λατομείου για την απαραίτητη γωνία τελικού πρανούς αφού για κάθε 25 cm παραμένουν 25 cm πόδι που αυτό αντιστοιχεί σε γωνία πρανούς 45°.
5. Όταν το μηχάνημα εξορύσσει λωρίδες στο εσωτερικό τμήμα της ελλειψοειδούς σπείρας εκσκαφής παρατηρείται βαθμιαία μείωση της απόδοσής του.

4.6 Παραγωγική Ικανότητα της Μεθόδου

Η μέθοδος εξόρυξης του ασβεστόλιθου με το Surface Miner 2200SM αποδείχτηκε από την ήδη υπάρχουσα λειτουργία του στο λατομείο της Κυπριακής Εταιρίας Τσιμέντου Ltd αλλά και από δοκιμές στο λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού μία μέθοδος η οποία έχει αρκετά καλά αποτελέσματα όσον αφορά την επίδοση της όταν βέβαια επικρατούν οι απαιτούμενες συνθήκες εργασίας. Όλα αυτά τα αποτελέσματα που θα αναφερθούν πιο κάτω θα μας βοηθήσουν για τον σχεδιασμό της εξόρυξης στο λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού.

Η παραγωγικότητα της μεθόδου είναι άμεσα εξαρτημένη από την τοπογραφική διαμόρφωση του δαπέδου εκσκαφής καθώς επίσης και από την κλίση του κοιτάσματος. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι, όταν το κοιτάσμα έχει μεγάλη κλίση πλησιάζοντας την κατακόρυφο τότε το μηχάνημα αυτό δεν μπορεί να κάνει εκλεκτική εκμετάλλευση.

Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως η τοπογραφική διαμόρφωση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην παραγωγικότητα της μεθόδου και αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι το καλοκαίρι του 2006, κατά την διάρκεια της πρακτικής άσκησης του γράφοντος στην Κυπριακή Εταιρία Τσιμέντου Ltd, το δάπεδο του λατομείου είχε διαστάσεις περίπου 250 m x 150 m και το μηχάνημα είχε κοπτική απόδοση περίπου 250 – 312 t/h, ενώ σήμερα που το λατομείο έχει διαστάσεις περίπου 350 m x 250 m έχει κοπτική απόδοση περίπου 330 – 350 ton/ hr.

Από μετρήσεις που διενήργησε η εταιρεία έχει διαπιστωθεί ότι το Surface Miner 2200SM έχει μέση κοπτική απόδοση περίπου 335 t/h, ενώ στις οχτώ ώρες λειτουργίας το μηχάνημα κόβει περίπου 2680 τόνους. Τέλος το μηχάνημα εκτιμάται ότι παρουσιάζει ετήσια δυναμικότητα εξόρυξης 964800 τόνους.

Επισημαίνεται επίσης ότι παρόλο που είναι μικρότερη η παραγωγική ικανότητα της μεθόδου αυτής συγκρινόμενη με την εξόρυξη με εκρηκτικά, έχει το πλεονέκτημα ότι το μέγεθος του εξορυγμένου υλικού είναι πολύ πιο μικρό από εκείνο που επιτυγχάνεται με τις εκρηκτικές ύλες και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί σημαντικά η απόδοση του θραυστήρα και να μειωθούν στο ελάχιστο η υπερωρίες του εργατικού προσωπικού που ελέγχει την λειτουργία του θραυστήρα.

Χαρακτηριστικό είναι ότι στην Κυπριακή Εταιρία Τσιμέντου Ltd η απόδοση του θραυστήρα αυξήθηκε από 290 t/h σε 320 t/h περίπου.

Αυτή η αύξηση της απόδοσης του θραυστήρα είχε ως αποτέλεσμα να πηγαίνουν περίπου 43200 τόνους το χρόνο στον σωρό απόθεσης πρώτων υλών χωρίς να γίνει πρωτογενής θραύση, ενώ παράλληλα η εταιρεία εξασφαλίζει και 471600 τόνους / ετησίως θραυσμένο πέτρωμα (έχει γίνει πρωτογενής θραύση) σε ειδικά σιλό για να το χρησιμοποιήσει σε μέρες όπου το λατομείο δεν θα κάνει εξόρυξη ασβεστόλιθου.

4.7 Οικονομικότητα της Μεθόδου

Η μέθοδος εκμετάλλευσης με την βοήθεια του Surface Miner 2200SM είναι μια μέθοδος η οποία μπορεί να δώσει κάτω από ορισμένες συνθήκες εργασίας πολύ καλά οικονομικά αποτελέσματα.

Είναι μία μέθοδος όπου κατάφερε να εξαλείψει τα προβλήματα απόδοσης του πρωτογενούς θραυστήρα καθώς επίσης και να μειώσει στο ελάχιστο την συντήρηση και την επισκευή του πρωτογενούς θραυστήρα. Ο θραυστήρας μπορεί και σπάει το πέτρωμα πολύ πιο εύκολα σε σχέση με την προηγούμενη μέθοδο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουμε μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.

Επίσης με την μέθοδο αυτή έχουν μειωθεί κατά πολύ οι υπερωρίες των ανθρώπων που ελέγχουν την λειτουργία του θραυστήρα. Έτσι λοιπόν το κόστος θραύσης του υλικού ήρθε σαν επιπρόσθετο όφελος αφού και το κόστος της εργολαβικής εξόρυξης, φόρτωσης, μεταφοράς και τροφοδότησης ήταν πιο μικρό από την αντίστοιχη μέθοδο με την χρήση εκρηκτικών υλών.

Για να εκτιμηθεί η οικονομική βιωσιμότητα της μεθόδους αυτής σε σχέση με αυτή των εκρηκτικών υλών έγινε μία σύντομη κοστολογική ανάλυση των μεθόδων αυτών όπου εφαρμόζεται σήμερα στις δύο εταιρείες. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι η οικονομική ανάλυση και για τις δύο μεθόδους έγινε μέχρι και το στάδιο της φόρτωσης για να μπορεί είναι συγκρίσιμες οικονομικά οι δύο μέθοδοι, λόγω των διαφορετικών αποστάσεων και εργολάβων. Από τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης που παρατίθενται στην συνέχεια, παρατηρήθηκε ότι είναι οικονομικά βιώσιμη η μέθοδος εκμετάλλευσης με το Surface Miner 2200SM στην τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd.

❖ Κυπριακή Εταιρία Τσιμέντου Ltd.

Ανάλυση κόστους για τον εργολάβο που διαθέτει το μηχάνημα συνεχούς κοπής:

- καύσιμα του Surface Miner 2200SM
- εργατικά
- συντήρηση Surface Miner 2200SM (περιλαμβάνει και την αντικατάσταση των κοπτικών)
- επισκευή Surface Miner 2200SM
- απόσβεση κεφαλαίου αγοράς του Surface Miner 2200SM

Το μηχάνημα αυτό κόστισε στον εργολάβο cyp.£500000. Ο εργολάβος θα κάνει απόσβεση του κεφαλαίου αυτού σε 10 χρόνια. Επομένως θα πρέπει να παίρνει το μήνα για την απόσβεση του κεφαλαίου:

$$\begin{aligned} \text{cyp.£}500000 \div 10 \text{ χρόνια} &= \text{cyp.£}50000 \text{ τον χρόνο} \Rightarrow \text{cyp.£}50000 \div 12 \text{ μήνες} = \\ &= \text{cyp.£}4166,66 \text{ τον μήνα} \end{aligned}$$

Τα ημερήσια κόστη έχουν ως ακολούθως:

- Εργατικά = cyp.£150
- Συντήρηση = cyp.£150
- Καύσιμα = $80 \text{ lit} / \text{hr} * 8 \text{ hr} * 0.47 \text{ cyp.£} / \text{lit} = \text{cyp.£}300$
- Επισκευή cyp.£120

Το συνολικό ημερήσιο κόστος ανέρχεται στις cyp.£720

Το συνολικό μηνιαίο κόστος που έχει ο εργολάβος είναι ίσο με:

$$720 * 30 + 4166,66 = \text{cyp.£}25766,66$$

Άρα το κόστος εξόρυξης του ασβεστόλιθου είναι:

$$\text{cyp.£}25766,66 \div (2680 * 30) \Rightarrow \text{cyp.£}25766,66 / 80400 = \mathbf{0,32 \text{ cyp.£} / \text{ton}}$$

Η πιο πάνω τιμή είναι η οριακή τιμή (η τιμή όπου το κέρδος θα είναι ίσο με μηδέν) που πρέπει να έχει η εξόρυξη του ασβεστόλιθου. Ο εργολάβος για να έχει κέρδος πρέπει να εξορύσσει τον ασβεστόλιθο σε τιμή μεγαλύτερη τον **0,32 cyp.£ / ton**.

❖ Τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd.

Πίνακας 4.2 Κόστος ανά τόνο υλικού με μέθοδο (Συμβατική και Surface Miner)

ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ (ΚΟΣΤΟΣ cyp.£ / ΤΟΝΟ)	SURFACE MINER 2200SM(WIRTGEN) (ΚΟΣΤΟΣ cyp.£ / ΤΟΝΟ)
Α. ΔΙΑΤΡΗΣΗ		
ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	0.026	0.000
ΚΑΥΣΙΜΟ	0.032	0.000
ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ		
ΑΠΟΣΒΕΣΗ / ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ		
Β. ΑΝΑΤΙΝΑΞΗ		
ΕΚΡΗΚΤΙΚΑ	0.080	0.000
ΚΑΥΣΙΜΟ	0.010	0.000
ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	0.026	0.000
ΣΦΥΡΙ (BREAKER)	0.000	0.000
ΜΕΤΑΦΟΡΑ	0.003	0.000
ΑΝΦΟ-MIXER	0.006	0.000
Γ. ΕΞΟΡΥΞΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ		
ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	0.000	0.070
ΚΑΥΣΙΜΟ	0.000	0.112
ΑΠΟΣΒΕΣΗ / ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	0.000	0.216
ΣΦΥΡΙ (BREAKER)	0.000	-0.030
Κόστος ανά τόνο:	0.183	0.368
Κέρδος εργολάβου/τόνο	0.000	0.000
Συνολικό κόστος εξόρυξης/τόνο	0.183	0.348
Κόστος φόρτωσης υλικού:	0.160	0.000
Συνολικό κόστος ανά τόνο υλικού:	0.343	0.368

Από τα παρά πάνω αποτελέσματα των κοστολογίων και για τις δυο εταιρίες παρατηρείται ότι η διαφορά του κόστους για τη εξόρυξη και φόρτωση του ασβεστολίθου είναι αμελητέα.

Ένας τόνος υλικού φορτωμένο στο μεταφορικό μέσων στοιχίζει στην Κυπριακής Εταιρίας Τσιμέντου Ltd με το Surface Miner 2200 SM **0,320 cyp.£** και ένας τόνος υλικού με συμβατική μέθοδο φορτωμένο στο μεταφορικό μέσο στοιχίζει στην τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Λτδ **0,343 cyp.£**. Επίσης ένας τόνος υλικού με Surface Miner 2200 SM θα στοίχιζε στην Τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Λτδ **0.368 cyp.£**.

▪ **Υποσημείωση :**

Οι αριθμοί που χρησιμοποιήθηκαν πιο πάνω είναι μέσα από απλοποιημένες προσεγγίσεις καθώς επίσης και από τιμές οι οποίες επικρατούσαν το καλοκαίρι του 2006.

$$1 \text{ cyp.£} = 1,6949 \text{ €}$$

4.8 Τεχνικά Προβλήματα από την χρήση του Surface Miner 2200SM

Κάθε μέθοδος που χρησιμοποιείται στην μεταλλευτική έχει τα πλεονεκτήματα της αλλά και τα μειονεκτήματα της. Η μέθοδος εξόρυξης ασβεστόλιθου με μηχανικά μέσα και συγκεκριμένα με την χρήση του Surface Miner 2200SM έχει ορισμένα τεχνικά προβλήματα τα οποία όμως δεν είναι προβλήματα που προκαλεί το ίδιο το μηχάνημα αλλά προβλήματα τα οποία προέρχονται από άλλους παράγοντες και τα οποία επηρεάζουν την δυναμικότητα και την χρήση του μηχανήματος. Τα τεχνικά προβλήματα είναι τα εξής:

1. **Η γωνία κλίσης του κοιτάσματος.** Η γωνία κλίσης του κοιτάσματος δεν πρέπει να είναι μεγάλη γιατί το μηχάνημα αδυνατεί να εργαστεί αφού δεν μπορεί να κάνει εκλεκτική εξόρυξη.
2. **Η τοπογραφική διαμόρφωση της υπό εξόρυξης περιοχής.** Το μηχάνημα αυτό για να έχει αυξημένη δυναμικότητα και παραγωγικότητα απαιτεί η τοπογραφική διαμόρφωση της υπό εξόρυξης περιοχής να έχει μεγάλο μήκος και πλάτος και η κλίση να μην ξεπερνάει το 2%. Ουσιαστικά απαιτεί μία επίπεδη και μεγάλη έκταση.

Ένα άλλο πρόβλημα το οποίο δεν εντάσσεται στα τεχνικά προβλήματα αλλά στον ανθρώπινο παράγοντα είναι χρήσιμο να αναφερθεί:

1. **Ο βοηθός χειριστής.** Είναι ο άνθρωπος ο οποίος βρίσκεται στο πίσω δεξιό ή αριστερό μέρος του μηχανήματος χωρίς να έχει καμία προστασία τόσο κατά την καλοκαιρινή περίοδο όπου η θερμοκρασία ανέρχεται στους 44 °C όσο και κατά την χειμερινή περίοδο όπου βρίσκεται εκτεθειμένος στην βροχή (Σχήμα 4.24). Επίσης ο βοηθός χειριστής βρίσκεται συνεχώς κάτω από συνθήκες οι οποίες μπορούν να γίνουν επικίνδυνες χωρίς όμως να έχει την οποιαδήποτε ασφάλεια. Ένα πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι όταν ο βοηθός χειριστή προσπαθεί να ξεσφηνώσει πέτρα από τα κοπτικά εργαλεία.



Σχήμα 4.24 Ο βοηθός χειριστής του Surface Miner εκτεθειμένος στις κλιματολογικές συνθήκες

4.9 Περιβαλλοντικά Προβλήματα

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση του Surface Miner 2200SM είναι περιορισμένα και όχι ιδιαίτερα σημαντικά, με κυριότερα εκείνα της παραγωγής σκόνης και του θορύβου.

1. **Προβλήματα σκόνης.** Τα προβλήματα σκόνης δημιουργούνται κατά την διάρκεια της κοπής και της φόρτωσης του πετρώματος. Η διαβροχή του εξορυγμένου πετρώματος με ψεκασμό νερού από ακροφύσια που βρίσκονται επί του μηχανήματος, μειώνει σημαντικά το πρόβλημα της σκόνης, καθώς επίσης και η διαβροχή του τμήματος του δαπέδου που εξορύσσεται πριν την κοπή του.
2. **Πρόβλημα θορύβου.** Το πρόβλημα του θορύβου είναι ένα αναπόφευκτο πρόβλημα το οποίο δημιουργείται κατά την λειτουργία τόσο του Surface Miner 2200SM όσο και από την λειτουργία όλων των άλλων μηχανημάτων που εμπλέκονται στην διαδικασία της εξόρυξης – φόρτωσης και μεταφοράς.

4.10 Μέτρα αντιμετώπισης

Τα τεχνικά και τα περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία συναντώνται με την χρήση του Surface Miner 2200SM θα πρέπει να μειωθούν στο ελάχιστο έτσι ώστε να η απόδοση του μηχανήματος να είναι καλύτερη και να έχει λιγότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον. Τα μέτρα αντιμετώπισης που εφάρμοσε για παράδειγμα η Κυπριακή Εταιρεία Τσιμέντων Ltd είναι τα εξής:

- 1). Προτού ξεκινήσει η εξόρυξη του ασβεστόλιθου με το Surface Miner 2200SM μελετήθηκε, σχεδιάστηκε και διαμορφώθηκε το λατομείο με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση του μηχανήματος. Αυτό μπορεί να το διαπιστώσει κανείς από το ότι το λατομείο στο παρελθόν ήταν σχεδιασμένο και διαμορφωμένο σε πατώματα για να μπορεί να γίνεται καλύτερη εξόρυξη του ασβεστόλιθου με την χρήση των εκρηκτικών υλών ενώ τώρα το λατομείο έχει διαμορφωθεί σε μία επίπεδη έκταση μεγάλου μήκους και πλάτους.

Στα Σχήματα 4.25 και 4.26 απεικονίζεται το πώς ήταν το λατομείο όταν χρησιμοποιούταν η μέθοδος εξόρυξης με εκρηκτικές ύλες και πώς είναι τώρα που χρησιμοποιείται η μέθοδος εξόρυξης με μηχανικά μέσα και συγκεκριμένα με το Surface Miner 2200SM στην Κυπριακή Εταιρία Τσιμέντου Ltd.



Σχήμα 4.25 Λατομείο ασβεστολίθου πριν την χρήση Surface Miner



Σχήμα 4.26 Λατομείο ασβεστολίθου μετά την χρήση Surface Miner

- 2). Το πρόβλημα του θορύβου είναι ένα από τα βασικά περιβαλλοντικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει κάθε μεταλλευτική και λατομική εταιρεία. Έτσι λοιπόν και η Κυπριακή Εταιρεία Τσιμέντων Ltd κάνοντας κάποιες μελέτες και μετρήσεις

διαπίστωσαν ότι ο θόρυβος που προκαλούσε το Surface Miner 2200SM ήταν πολύ μικρός σε σχέση με τον θόρυβο που προκαλούσε η μέθοδος εξόρυξης με χρήση εκρηκτικών υλών. Έτσι δεν χρειάστηκε να παρθούν οποιαδήποτε μέτρα. Χαρακτηριστικό του πόσο λίγος είναι ο θόρυβος που προκαλεί το Surface Miner 2200SM δίνεται σε έρευνα που έγινε σε μεταλλείο της Πορτογαλίας το οποίο εξορύσσει πηγματίτη. Η έρευνα αυτή έγινε από το πανεπιστήμιο της Λισσαβόνας σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η έρευνα αυτή έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- Σε απόσταση 20m από την περιοχή εξόρυξης μετρήθηκε ο θόρυβος που προκαλεί το Surface Miner 2200SM και δύο χωματοουργικά αυτοκίνητα και ήταν 89 dBA.
- Χρησιμοποιώντας 37 διατρήματα και 25 kg ζελατοδυναμίτιδα με ταυτόχρονη ανατίναξη έγινε μέτρηση θορύβου σε απόσταση 100 m και ήταν 147 dBA, ενώ για την ίδια απόσταση χρησιμοποιώντας το Surface Miner 2200SM και δύο χωματοουργικά αυτοκίνητα ήταν 53 dBA.

3. Το πλέον σοβαρό πρόβλημα το οποίο έχει να αντιμετωπίσει μία εταιρεία είναι το πρόβλημα της σκόνης που προέρχεται κυρίως κατά την διάρκεια κοπής και φόρτωσης του πετρώματος. Έτσι για να μπορέσει να σταματήσει οριστικά το πρόβλημα αυτό θέτει σε λειτουργία τον καταστολέα σκόνης που διαθέτει το Surface Miner 2200SM κοντά στο κοπτικό αλλά και σε διάφορα σημεία στον βραχίονα όπου βρίσκεται η κύρια μεταφορική ταινία. Ο καταστολέας σκόνης είναι ένα σύστημα το οποίο κάνει ψεκασμό νερού κατά την διάρκεια κοπής και φόρτωσης του πετρώματος. Λόγω του ότι η σκόνη που παραγότανε βρισκόταν σε υψηλά επίπεδα ακόμη και με την χρήση του καταστολέα σκόνης του μηχανήματος η εταιρεία θα πρέπει να τοποθετήσει ένα βυτιοφόρο το οποίο θα προπορεύεται του μηχανήματος και θα ραντίζει το πέτρωμα. Με την τεχνική αυτή για παράδειγμα η Κυπριακής Εταιρείας Τσιμέντου Ltd έχει κατορθώσει η παραγόμενη σκόνη να βρίσκεται σε πολύ χαμηλά έως και μηδενικά επίπεδα. Οι τιμές της αιωρούμενης σκόνης που καταγράφηκαν κυμάνθηκαν από 0,028 mg/m³ έως 0,766 mg/m³. Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία το επιτρεπόμενο όριο καθορίζεται στα 10 mg/m³, ενώ η μέγιστη χρονικά σταθμισμένη τιμή καθορίζεται στα 5 mg/m³ για ασβεστόλιθο που περιέχει κρυσταλλικό SiO₂ < 1.6%.

5. ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ – ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγραφεί η μεθοδολογία στην οποία βασίζεται ένας μηχανικός για την ανάλυση και το σχεδιασμό μιας υπαίθριας εκμετάλλευσης. Ακόμα θα αναφερθούν τα κριτήρια επιλογής και ο καθορισμός της υπό μελέτη περιοχής ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού, επίσης η καταχώριση και επεξεργασία των τιμών των ποιοτικών στοιχείων που πάρθηκαν από τις γεωτρήσεις και η δημιουργία των σύνθετων δειγμάτων από το υψόμετρο των 180m μέχρι τα 204m. Επίσης δίνονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των ποιοτικών παραμέτρων του ολικού όγκου του πετρώματος αλλά και των σύνθετων δειγμάτων. Τέλος με τη δημιουργία των βαριογραμμάτων μελετάται η χωρική κατανομή των ποιοτικών παραμέτρων και επιλέγεται η μέθοδος που θα εφαρμοστεί για την δημιουργία του ψηφιακού πολλαπλού 2D μοντέλου.

5.2 Σχεδιασμός μιας υπαίθριας εκμετάλλευσης

Ο στόχος αυτής της διπλωματικής εργασία είναι η ανάλυση και ο σχεδιασμός μιας προκαθορισμένης περιοχής στο λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού με την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης και συγκεκριμένα με το Surface Miner 2200 SM.

Η μεθοδολογία στην οποία βασίζεται ένας μηχανικός για την ανάλυση και το σχεδιασμό μιας υπαίθριας επιφανειακής εκμετάλλευσης είναι συγκεκριμένη. Τα βασικά στοιχεία της μεθοδολογίας αυτής που χρειάζονται για την υπό μελέτη περιοχή είναι:

1. Προκαταρκτική μελέτη, προμελέτη σκοπιμότητας, μελέτη σκοπιμότητας.

Η προκαταρκτική μελέτη είναι στη ουσία το πρώτο στάδιο για της υλοποίηση μίας επένδυσης που βασίζεται σε μια ιδέα. Η εκτίμηση των τεχνικών και οικονομικών στοιχείων γίνεται συγκριτικά με τις αντίστοιχες υπάρχουσες μονάδες. Σε αυτό το σημείο η αρχική ιδέα για το σχεδιασμό μιας επιφανειακής εκμετάλλευσης σε λατομείο

ασβεστόλιθου όχι με τις συμβατικές μεθόδους που ήδη εφαρμόζεται αλλά με χρήση του Surface Miner 2200 SM έχει δοθεί.

Η προμελέτη σκοπιμότητας είναι το επόμενο στάδιο, όπου διερευνά συγκεκριμένους παράγοντες που εντοπίστηκαν ως κρίσιμοι για την βιωσιμότητα της επένδυσης από τη προκαταρκτική μελέτη. Σε αυτό το στάδιο η προμελέτης σκοπιμότητας στην δική μας περίπτωση έχει αναλυθεί διεξοδικά στα προηγούμενα κεφάλαια κυρίως ως προς τα τεχνικά και οικονομικά ζητήματα.

Η μελέτη σκοπιμότητας είναι η τελική μελέτη που εξετάζει όλα τα θέματα μιας επένδυσης. Κάποια από τα θέματα αυτά όπως τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά έχουν εξεταστεί στα προηγούμενα κεφάλαια όμως για τα νομικά και εμπορικά θέματα δεν είναι σκοπός αυτής της διπλωματικής να τα εξετάσει (Γαλετάκης, 2002).

2. Χάρτες, γεωτρήσεις, γεωλογικές πληροφορίες.

Αναγκαία στοιχεία για την εκπόνηση μελέτης εξόρυξης μιας περιοχής είναι οι χάρτες και τα τοπογραφικά γεωγραφικά δεδομένα της, οι γεωλογικές πληροφορίες και τέλος οι γεωτρήσεις που έχουν διεξαχθεί πριν ή μετά την γεωλογική έρευνα. Οι γεωλογικές έρευνες έχουν ως σκοπό την γεωλογική δομή, την φυσική περιγραφή, το σχήμα και το μέγεθος του κοιτάσματος, τα ποσοτικά στοιχεία για την ποιότητα και τα αποθέματα του κοιτάσματος αλλά και τα ορυκτολογικά και γεωχημικά στοιχεία του. Οι γεωλογικές έρευνες και τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την υπό μελέτη περιοχή του λατομείου της Καλαβασού έχουν δοθεί και αναλυθεί στα προηγούμενα κεφάλαια αλλά κυρίως με έμφαση και λεπτομέρεια στο δεύτερο κεφάλαιο. Οι γεωτρήσεις και οι τοπογραφικοί χάρτες θα είναι σημαντικά στοιχεία για το αξιολόγηση του κοιτάσματος που θα εξετάσουμε στην συνέχεια του κεφαλαίου αυτού (Γαλετάκης, 2002).

3. Καταχώρηση - επεξεργασία γεωτρήσεων.

Γενικά η κωδικοποίηση των στοιχείων των γεωτρήσεων κρίνεται απαραίτητη γιατί μειώνει σημαντικά το μέγεθος των δημιουργημένων αρχείων, καθιστά εύκολη και γρήγορη την εισαγωγή και διόρθωση τους, διευκολύνει την αναζήτηση και την σύγκριση τους και τέλος μειώνει την υποκειμενικότητα των εκτιμήσεων που περιέχουν οι ελεύθεροι χαρακτηρισμοί και περιγραφές.

Γενικά η γεωτρητική έρευνα κοστίζει λιγότερο σε σύγκριση με τις δαπάνες της προγραμματιζόμενης εκμετάλλευσης και εκείνο που ενδιαφέρει ιδιαίτερα είναι η αξιοπιστία και η επάρκεια των συλλεγέντων στοιχείων, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή και να μηδενιστεί η πιθανότητα, έστω και μερικής αποτυχίας της εκμετάλλευσης, που θα έχει κόστος πολλαπλάσιο των ερευνητικών εργασιών που θα απαιτούνταν για την εκτέλεση ενός επιπλέον αριθμού γεωτρήσεων ή άλλων ερευνητικών εργασιών. Η καταχώρηση των στοιχείων της κάθε γεώτρησης περιγράφονται από δύο ομάδες:

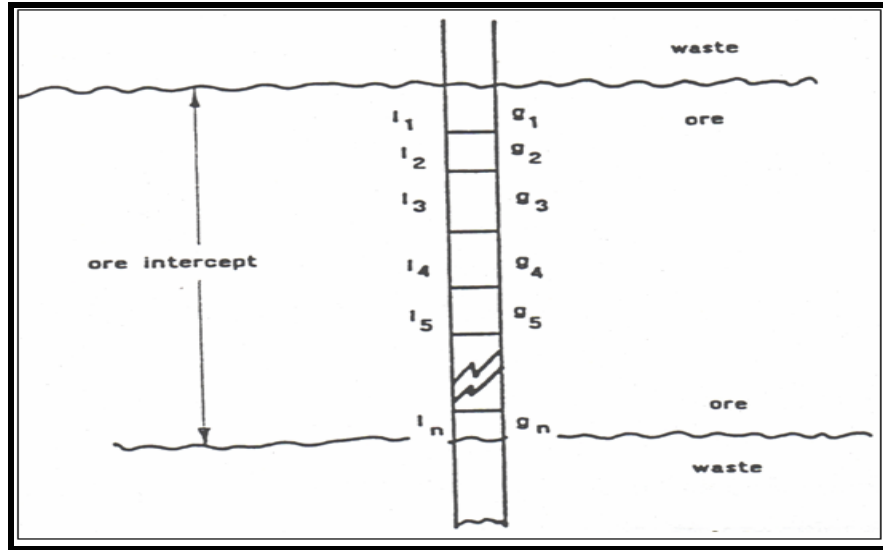
Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα στοιχεία αναγνώρισης μιας γεώτρησης που είναι: κωδικός, συντεταγμένες X,Y,Z, ημερομηνία εκτέλεσης, τύπος γεωτρύπανου, καθώς και άλλα ειδικά σχόλια και η δεύτερη ομάδα δεδομένων όπου περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή των πυρήνων των γεωτρήσεων και απαρτίζεται από τα παρακάτω: κωδικός πυρήνα, βάθος οροφής και δαπέδου πυρήνα, αναλυτική γεωλογική, πετρογραφική, ορυκτολογική περιγραφή των σχηματισμών που περιλαμβάνει ο πυρήνας, αποτελέσματα χημικών, φυσικών, μηχανικών ή άλλων αναλύσεων (Γαλετάκης, 2002).

4. Υπολογισμός σύνθετων δειγμάτων.

Τα αναλυτικά στοιχεία που καταγράφονται στα δελτία των γεωτρήσεων και περιγράφουν τους σχηματισμούς που περιλαμβάνει κάθε πυρήνας υπόκεινται σε μια επεξεργασία ενοποίησης των επιμέρους δειγμάτων που τα αποτελούν και σχηματίζουν τα σύνθετα δείγματα. Τα σύνθετα δείγματα επιλέγονται να έχουν κατάλληλο μήκος, ώστε να είναι συμβατά με τη σχεδιαζόμενη γεωμετρία του λατομείου. Καθοριστική παράμετρος για τον υπολογισμό των σύνθετων δειγμάτων αποτελεί συνήθως το ύψος της βαθμίδας του λατομείου. Στο Σχήμα 5.1 δίνεται η σχηματική τομή μίας γεώτρησης που έχει διατρήσει μία μεταλλοφόρο ζώνη, στην δική μας περίπτωση η μεταλλοφόρος ζώνη είναι όλο το πέτρωμα του ασβεστολίθου. Εντός της ζώνης αυτής έχουν καταγραφεί από τους πυρήνες των γεωτρήσεων τα δείγματα με μήκη και περιεκτικότητες l_1, l_2, \dots, l_n και g_1, g_2, \dots, g_n αντίστοιχα (Γαλετάκης, 2002).

Η μέση περιεκτικότητα \bar{g} για την γεώτρηση αυτή για όλο το πάχος της μεταλλοφόρου ζώνης είναι:

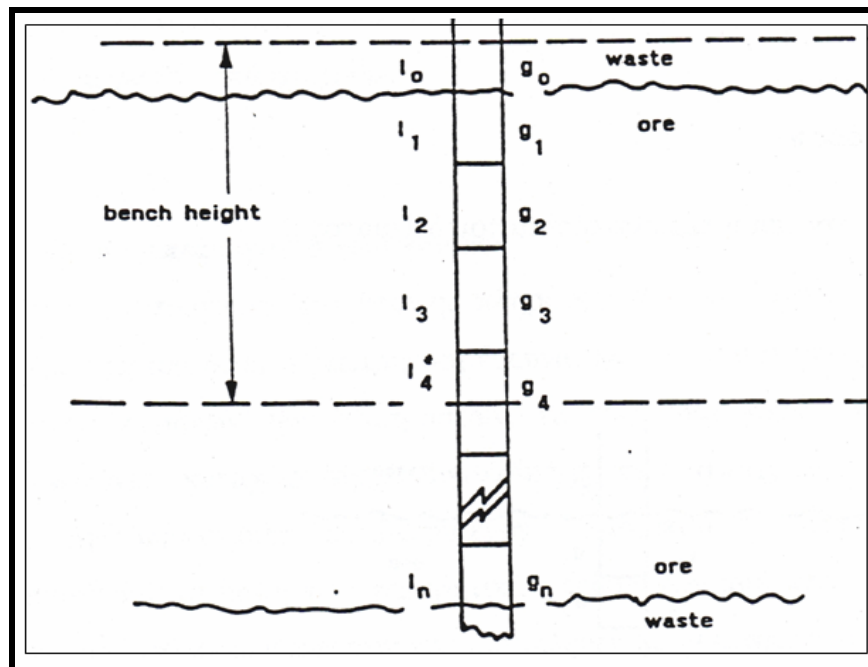
$$\bar{g} = \frac{\sum l_i g_i}{\sum l_i} \quad i = 1 \text{ έως } n$$



Σχήμα 5.1 Σχηματική τομή μιας γεώτρησης που έχει διατρέξει μια μεταλλοφόρο ζώνη (Γαλετάκης, 2002)

Η μέση περιεκτικότητα ενός σύνθετου δείγματος με μήκος ίσο με το ύψος μιας βαθμίδας όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2 είναι:

$$\bar{g}_{\text{βαθμίδα}} = \frac{\sum g_i l_i}{\sum l_i} \quad \text{όπου } i = 1 \text{ έως } 4$$



Σχήμα 5.2 Υπολογισμός σύνθετου δείγματος βαθμίδας (Γαλετάκης, 2002)

5. Γεωμετρικές μέθοδοι υπολογισμού αποθεμάτων.

Οι γεωμετρικές μέθοδοι υπολογισμού των αποθεμάτων βασίζονται σε παραδοχές σχετικά με την γεωμετρία του κοιτάσματος και τη μεταβολή του στο χώρο. Πλεονέκτημα τους είναι η απλότητα, η δυνατότητα εκτέλεσης των υπολογισμών με το χέρι και η δυνατότητα απεικόνισης των παραμέτρων του κοιτάσματος υπό μορφή χαρτών. Οι κύριες γεωμετρικές μέθοδοι είναι: η μέθοδος των τομών, τριγώνων, πολυγώνων και των ορθογωνίων μπλοκ. Μειονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι η αδυναμία εκτίμησης του σφάλματος των υπολογισμών. Στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας η εύρεση του αποθέματος δεν χρήζει μεγάλης σημασίας γιατί η εκπόνηση του σχεδιασμού θα γίνει σε μια από τις πολλές περιοχές του λατομείου με σκοπό την εξόφλησή του. Και όπως συμβαίνει συνήθως σε λατομεία ασβεστολίθου τσιμεντοβιομηχανιών μετά την εξόφληση μιας περιοχής του λατομείου μεταφέρεται ο εξορυκτικός εξοπλισμός σε άλλη περιοχή για να αρχίσει η εξόρυξη. Αυτό που χρήζει σημασίας κυρίως είναι ο υπολογισμός των αποθεμάτων όλου του λατομείου (Γαλετάκης, 2002).

6. Ανάπτυξη ψηφιακών μοντέλων του κοιτάσματος.

Ο σκοπός της δημιουργίας του μοντέλου είναι, η όσο δυνατόν πιο πιστή αριθμητική αναπαράσταση των παραμέτρων που ενδιαφέρουν για το υπό μελέτη κοίτασμα. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος υλοποίησης ενός ψηφιακού μοντέλου είναι ένας τρισδιάστατος κάρναβος με μοναδιαία διανύσματα ΔX , ΔY , ΔZ , όπου κάθε κόμβος του κανάβου αναπαριστά ένα στοιχειώδη όγκο ΔV του κοιτάσματος, με κέντρο τον κόμβο και διαστάσεις $\Delta X \Delta Y \Delta Z$. Ο στοιχειώδης όγκος ΔV , ονομάζεται κυψελίδα και οι διαστάσεις και το σχήμα του εξαρτώνται από τη μορφή του κοιτάσματος, τη μέθοδο εκμετάλλευσης, το είδος κ την πυκνότητα των ερευνητικών εργασιών.

Για την εκμετάλλευση κοιτασμάτων με υπαίθρια μέθοδο, χρησιμοποιούνται συνήθως οι παρακάτω τύποι μοντέλων:

- Τρισδιάστατο μοντέλο με κυψελίδα τετραγωνικής διατομής ($\Delta X = \Delta Y$) σταθερής σε όλη την έκταση του κοιτάσματος και ΔZ ίσο με το ύψος της βαθμίδας εκμετάλλευσης.

- Τρισδιάστατο μοντέλο με κυψελίδα ορθογωνικής διατομής μεταβαλλόμενο από θέση σε θέση (ΔX διαφορετικό του ΔY) και ΔZ ίσο με το ύψος της βαθμίδας εκμετάλλευσης.
- Πολλαπλό δυσδιάστατο μοντέλο με τετραγωνική κυψελίδα ($\Delta X = \Delta Y$). Το μοντέλο αυτό εφαρμόζεται σε στρωσιγενή κοιτάσματα που αποτελούνται από πολλαπλούς ορίζοντες. Για κάθε ορίζοντα δημιουργείται ένα δυσδιάστατο μοντέλο και με υπέρθεση όλων των επιμέρους μοντέλων δημιουργείται το συνολικό.
- Δυσδιάστατο μοντέλο με μεταβαλλόμενο σχήμα κυψελίδας. Τέτοια μοντέλα δημιουργούνται όταν είναι διαθέσιμα στοιχεία από κατακόρυφες τομές.
- Τρισδιάστατο μοντέλο με μεταβαλλόμενο σχήμα κυψελίδας. Χρησιμοποιείται για κοιτάσματα που αποτελούνται από μεμονωμένους φακούς ή θύλακες ακανόνιστης μορφής.

Σε κάθε κυψελίδα υπολογίζονται και αποδίδονται οι τιμές των παραμέτρων του κοιτάσματος που μελετούνται. Ο υπολογισμός γίνεται με ειδικές μεθόδους παρεμβολής, χρησιμοποιώντας τα γνωστά στοιχεία από γεωτρήσεις και τις άλλες ερευνητικές εργασίες. Οι μέθοδοι αυτοί λαμβάνουν υπόψη τις τιμές της υπολογιζόμενης παραμέτρου των γειτονικών στην κυψελίδα στοιχείων των γεωτρήσεων, τις αποστάσεις τους και τις σχετικές τους θέσεις ως προς αυτή. Οι πιο γνωστές είναι οι μέθοδοι αντιστρόφων αποστάσεων, των κινητών μέσων, οι στατιστικές και οι γεωστατιστικές.

Αφού η κατασκευή του μοντέλου του κοιτάσματος, στη συνέχεια γίνονται οι διάφοροι υπολογισμοί και οι απαραίτητοι χάρτες. Με χρήση τόσο των στοιχείων του μοντέλου, όσο και των τοπογραφικών στοιχείων της επιφάνειας, της κλίσης των πρηνών και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των βαθμίδων γίνονται οι υπολογισμοί των συνολικών αποθεμάτων και των αποθεμάτων ανά τομή (Γαλετάκης, 2002).

5.3 Τα κριτήρια επιλογής της υπό μελέτη περιοχής

Στα προηγούμενα κεφάλαια, αποδείχτηκε ότι η εξόρυξη με την χρήση του Surface Miner 2200 SM στο λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού είναι εφικτή, αυτό συμπεραίνεται από τις διάφορες δοκιμές που έγιναν σε αυτό το συγκεκριμένο λατομείο αλλά και από τα στοιχεία από την ήδη υπάρχουσα λειτουργία του σε άλλο λατομείο ασβεστολίθου παρόμοιων χαρακτηριστικών με το λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού.

Για την ανάπτυξη και εφαρμογή της μεθοδολογίας οποιαδήποτε σχεδίασης της εκμετάλλευσης με βάση τη συνεχή κοπή με το Surface Miner, απαιτείται να καθοριστεί η κατάλληλη περιοχή εντός του λατομείου. Η περιοχή αυτή θα πρέπει:

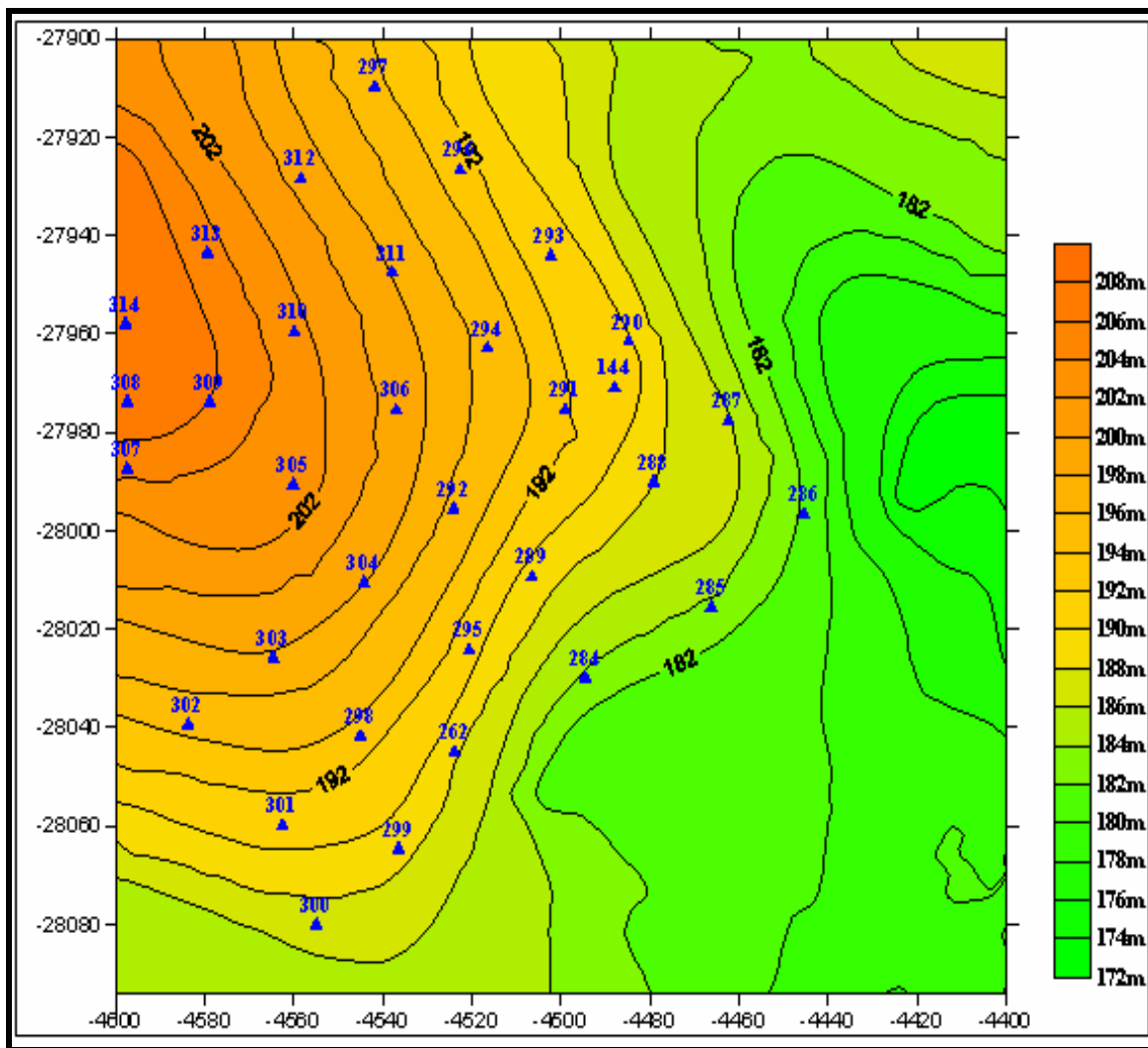
- Να βρίσκεται εντός των ορίων του λατομείου, και συγκεκριμένα σε τοποθεσία τέτοια όπου δεν υπάρχει μέχρι και τώρα λατομική δραστηριότητα δηλαδή η περιοχή να είναι ακόμη στην φυσική της κατάσταση .
- Να είναι μία περιοχή στην οποία έχουν διενεργηθεί γεωλογικές, Υδρογεωλογικές, γεωτεχνικές, σεισμολογικές και περιβαλλοντολογικές έρευνες.
- Να έχουν διενεργηθεί οι ερευνητικές γεωτρήσεις που θα εξασφαλίζουν τα απαιτούμενα ποιοτικά στοιχεία (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , LSF, SM), και γεωμετρικά στοιχεία του κοιτάσματος.
- Να υπάρχουν τα αναγκαία αποθέματα και οι κατάλληλες συνθήκες έτσι ώστε να είναι δυνατή η λειτουργία του Surface Miner 2200 SM.

5.3.1 Ο καθορισμός της υπό μελέτη περιοχής

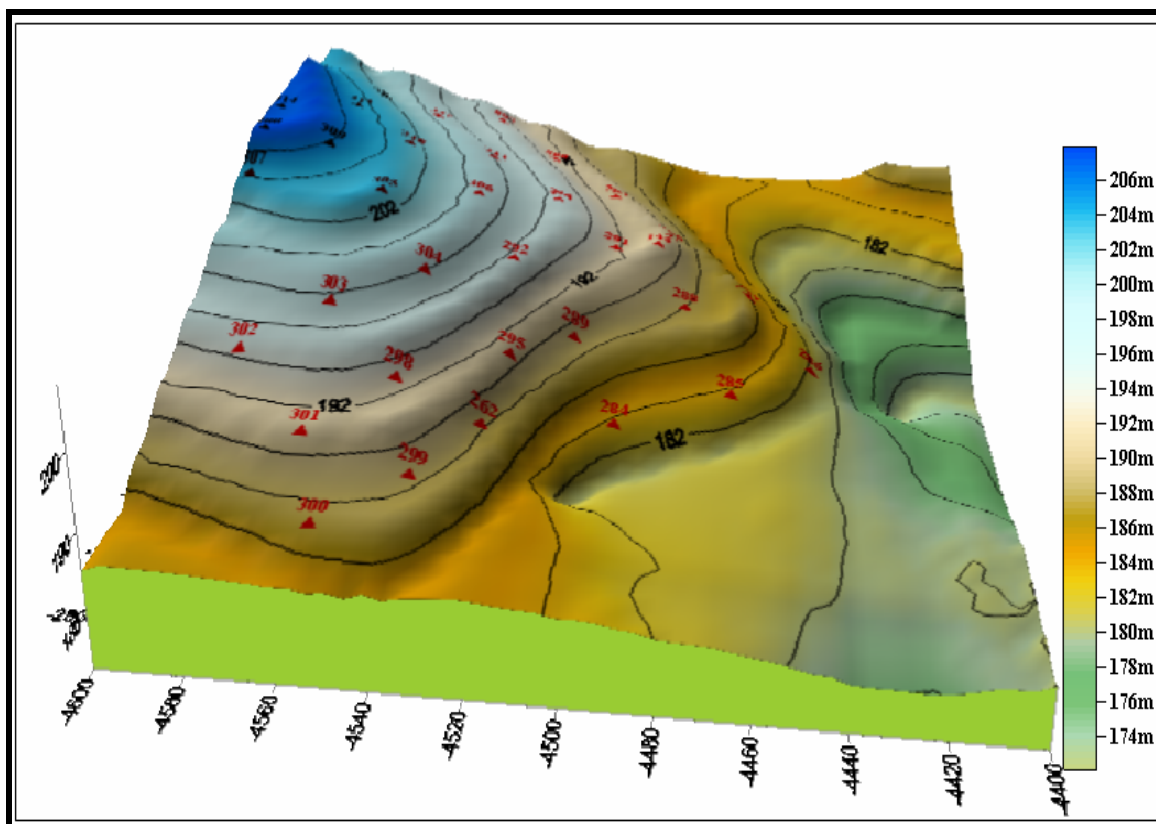
Έχοντας υπόψη τα πιο πάνω κριτήρια, η περιοχή που επιλέχθηκε είναι η εφαρμογή της μεθόδου συνεχούς κοπής με το Surface Miner 2200 SM φαίνεται στα Σχήματα 5.3 και 5.4. Στα σχήματα αυτά φαίνεται η τοπογραφία της περιοχής η οποία πάρθηκε από τον τοπογραφικό χάρτη του λατομείου (Παράρτημα Β σελ.205) όπου στη συνέχεια

ψηφιοποιήθηκε σε ειδικό πρόγραμμα. Στα σχήματα φαίνονται οι χωρικές θέσεις των 32 γεωτρήσεων που έχουν διενεργηθεί από την τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού το καλοκαίρι του 2005 για την μελέτη των χημικών ποιοτικών χαρακτηριστικών του πετρώματος με σκοπό την μελλοντική εξόρυξη του. Ο αριθμός που βρίσκεται πάνω από κάθε γεώτρηση είναι ο κωδικός της, ο οποίος έτσι έχει χαρακτηριστεί από την τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd. Η κάθε γεώτρηση χαρακτηρίζεται κυρίως από τις συντεταγμένες της X,Ψ,Z, και από το βάθος της. Στα Σχήματα 5.3 και 5.4 που ακολουθούν παρουσιάζεται το ανάγλυφο της περιοχής με την μορφή των ισοϋψών.

Η υπό μελέτη περιοχή, όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω δεν έχει μέχρι και σήμερα υποστεί καμία λατόμευση, και αυτό φαίνεται στο Σχήμα 5.5.



Σχήμα 5.3 Η τοπογραφική θέση των 33 γεωτρήσεων



Σχήμα 5.4 Η τρισδιάστατη θέση των 33 γεωτρήσεων



Σχήμα 5.5 Φωτογραφία της υπό μελέτη περιοχής στην φυσική της κατάσταση

5.3.2 Καταχώριση – επεξεργασία των γεωτρήσεων

Στην υπό μελέτη περιοχή έχουν γίνει 32 γεωτρήσεις σε διάφορα σημεία όπως είδαμε και πιο πάνω, σε διαφορετικά υψόμετρα, συντεταγμένες και με διαφορετικά βάθη γεώτρησης. Η δειγματοληψία στις περισσότερες γεωτρήσεις γινόταν ανά πέντε μέτρα ενώ στις υπόλοιπες ανά ένα μέτρο. Τα δείγματα μεταφέρονταν στο χημείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού όπου και γίνονταν οι χημικές αναλύσεις. Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων των γεωτρήσεων (Παράρτημα Α σελ.164) καταχωρούνται σε τέτοια μορφή ώστε να είναι γνωστά όλα χαρακτηριστικά της κάθε γεώτρησης. Η καταχώριση για την γεώτρηση με κωδικό 262 φαίνεται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Ποιοτικά και τοπογραφικά στοιχεία γεώτρησης με κωδικό 262

Κωδικός Γεώτρησης 262 – Συντεταγμένες X,Y,Z (-4524, -28045, 189 m)								
Βάθος Δείγματος Από - Έως (m)		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	L.S.F	S.M
0	5	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56
5	10	7.79	1.51	0.59	48.67	0.55	202.73	3.71
10	15	7.34	1.33	0.54	48.79	0.54	216.85	3.93
15	20	8.64	1.58	0.63	47.52	0.62	179.34	3.91
20	25	9.94	1.65	0.64	46.62	0.64	154.23	4.34
25	30	10.72	1.71	0.66	46.13	0.64	141.95	4.52
30	35	18.92	2.57	1.09	40.99	0.76	72.21	5.17
35	40	16.46	2.14	0.88	42.04	0.66	85.40	5.45
40	45	11.98	2.03	0.75	44.70	0.69	122.57	4.31
45	50	12.58	1.86	0.68	44.67	0.61	117.87	4.95
50	55	17.19	2.54	1.07	41.01	0.79	79.05	4.76
55	60	18.67	2.76	1.21	39.76	0.85	70.53	4.70
60	65	18.28	2.20	0.89	40.84	0.70	75.07	5.92
65	70	19.86	2.59	1.01	41.86	0.78	70.50	5.52
70	75	20.64	2.49	1.09	39.79	0.78	64.71	5.77
75	80	21.26	2.80	1.18	39.70	0.85	62.37	5.34
80	85	17.34	2.97	1.30	41.51	0.97	78.38	4.06
85	90	18.92	2.66	1.15	41.10	0.96	72.21	4.97

5.3.3 Υπολογισμός των σύνθετων δειγμάτων

Έχοντας καταχωρήσει τις 32 γεωτρήσεις που έχουν γίνει στη περιοχή εκμετάλλευσης που έχει επιλεγεί όπως φαίνεται και στα πιο πάνω σχήματα, αυτό που ακολουθεί είναι ο υπολογισμός των σύνθετων δειγμάτων. Ανάλογα με το σχεδιασμό της υπαίθριας εκμετάλλευσης που στην περίπτωση μας είναι με την μέθοδο συνεχούς κοπής με το Surface Miner 2200 SM πρέπει τα σύνθετα δείγματα να έχουν κατάλληλο μήκος, ώστε να είναι συμβατά με τη σχεδιαζόμενη γεωμετρία του λατομείου.

Καθοριστική παράμετρος για τον υπολογισμό των σύνθετων δειγμάτων αποτελεί συνήθως το ύψος της βαθμίδας του λατομείου. Επειδή το Surface Miner 2200 SM έχει βάθος κοπής 25 cm και πλάτος κοπής 2.20 m επιλέχθηκαν τα σύνθετα δείγματα να είναι ανά ένα μέτρο ώστε οι στατιστικές αναλύσεις και η ανάπτυξη ψηφιακών μοντέλων σε σχέση με την μέθοδο συνεχούς κοπής βάθους 25cm να είναι λειτουργική. Η κατασκευή σύνθετων δειγμάτων ανά 25 cm δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί με βάση την υπάρχουσα μέθοδο πυρηνοληψίας αφού δεν πρόκειται να προσφέρει επιπλέον πληροφορίες, ενώ οι πολύ μικρές διαστάσεις (25cm) των σύνθετων δειγμάτων δημιουργούν μεγάλο αριθμό κυψελίδων στο μοντέλο.

Οι οριζόντιες επιφάνειες πάχους ενός μέτρου που δημιουργηθήκανε από τα σύνθετα δείγματα έχουν σαν αφετηρία για λειτουργικούς σκοπούς το υψόμετρο 180 m μέχρι το υψόμετρο 204 m. Και αυτό γιατί από το υψόμετρο των 180 m διαπερνούν και οι 32 γεωτρήσεις όπως φαίνεται στο πίνακα των 32 γεωτρήσεων (Παράρτημα Α, σελ.164).

Παραδείγματος χάριν η γεώτρηση με κωδικό 286 που βρίσκεται στο χαμηλότερο υψόμετρο 182.4 m βρίσκεται 2.4 m άνωθεν του υψομέτρου 180 m που θέσαμε σαν αφετηρία. Τα σύνθετα δείγματα από το υψόμετρο 180 m μέχρι 204 m παρατίθενται στους πίνακες (Παράρτημα Α σελ.171).

Ενδεικτικά τα σύνθετα δείγματα της οριζόντιας επιφάνειας στο υψόμετρο 180 m και πάχους ενός μέτρου φαίνονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Σύνθετα δείγματα της οριζόντιας επιφάνειας πάχους 1 m στο υψόμετρο 180 m

A/A	Κωδικοί Γεωτρήσεων	Y	X	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	L.S.F	S.M
1	262	-28045	-4524	7.79	1.51	0.59	48.67	0.55	202.73	3.71
2	284	-28030	-4495	15.92	1.82	0.84	44.38	0.57	93.81	5.98
3	285	-28016	-4466	7.29	1.51	0.68	49.53	0.56	218.57	3.32
4	286	-27997	-4445	7.03	1.43	0.65	49.89	0.55	228.62	3.38
5	287	-27978	-4462	7.86	1.54	0.68	49.40	0.56	203.31	3.54
6	288	-27990	-4479	7.59	1.55	0.76	49.37	0.57	209.14	3.29
7	289	-28009	-4507	13.45	1.72	0.82	45.45	0.58	112.90	5.30
8	290	-27962	-4485	7.82	1.59	0.71	49.25	0.57	202.96	3.40
9	291	-27975	-4499	7.65	1.57	0.70	49.32	0.57	207.58	3.37
10	292	-27996	-4524	8.17	1.64	0.72	49.04	0.58	193.89	3.46
11	293	-27944	-4502	8.63	1.69	0.75	48.78	0.63	183.23	3.53
12	294	-27963	-4517	8.33	1.69	0.75	48.83	0.63	188.97	3.41
13	295	-28024	-4521	7.74	1.56	0.72	49.40	0.56	205.83	3.41
14	296	-27927	-4523	8.98	1.67	0.75	48.59	0.62	175.82	3.71
15	297	-27910	-4542	9.74	1.67	0.73	48.22	0.60	162.08	4.06
16	298	-28042	-4545	7.58	1.58	0.70	49.41	0.57	209.59	3.32
17	299	-28065	-4537	9.80	2.08	0.90	47.47	0.61	155.53	3.29
18	300	-28080	-4555	11.94	1.91	0.93	45.99	0.63	126.59	4.20
19	301	-28060	-4563	7.82	1.66	0.73	49.26	0.57	202.20	3.27
20	302	-28039	-4584	7.51	1.10	0.60	45.49	0.80	200.06	4.42
21	303	-28026	-4565	8.80	1.75	0.77	48.61	0.65	178.45	3.49
22	304	-28011	-4544	8.05	1.67	0.74	49.06	0.59	195.99	3.35
23	305	-27991	-4560	8.93	1.73	0.76	48.52	0.63	175.96	3.59
24	306	-27976	-4537	8.46	1.68	0.75	48.82	0.60	186.40	3.48
25	307	-27987	-4597	8.46	1.66	0.73	48.87	0.62	186.85	3.54
26	308	-27974	-4597	9.49	1.66	0.73	48.40	0.60	166.68	3.97
27	309	-27974	-4579	9.84	1.73	0.75	48.10	0.62	159.72	3.97
28	310	-27960	-4560	8.72	1.74	0.76	48.62	0.65	180.18	3.48
29	311	-27948	-4538	9.00	1.76	0.76	48.54	0.64	174.63	3.57
30	312	-27929	-4558	9.95	1.85	0.80	47.92	0.65	156.60	3.75
31	313	-27943	-4580	13.34	2.25	0.98	45.73	0.73	112.39	4.13
32	314	-27958	-4598	19.89	2.78	1.22	41.72	0.83	69.74	4.97
33	315	-27960	-4610	13.06	2.13	0.91	45.96	0.71	115.72	4.30

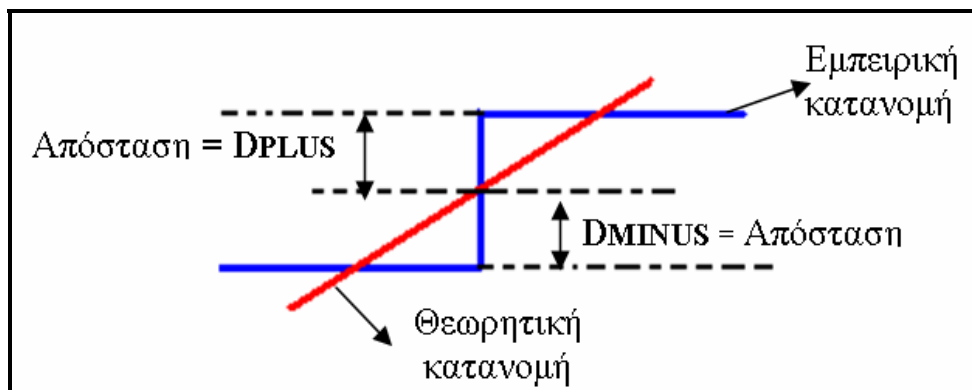
5.4 Στατιστική ανάλυση των ποιοτικών παραμέτρων της περιοχής

Έχοντας καθορίσει την μεθοδολογία σχεδιασμού, τα κριτήρια επιλογής της υπό μελέτης περιοχής με τα τοπογραφικά και γεωτρητικά στοιχεία, είναι αναγκαίο να γίνει στατιστική και γεωστατιστική ανάλυση στα ποιοτικά δεδομένα των γεωτρήσεων. Η στατιστική και γεωστατιστική ανάλυση των στοιχείων των γεωτρήσεων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη αξιόπιστου ψηφιακού μοντέλου. Μελετήθηκαν τα ποιοτικά στοιχεία των δειγμάτων από τις 32 γεωτρήσεις αλλά ιδιαίτερα εκείνα των σύνθετων δειγμάτων για το υψόμετρο 180m. Και αυτό γιατί ο σχεδιασμός εξόρυξης της περιοχής με την μέθοδο συνεχούς κοπής θα γίνει μόνο για την οριζόντια επιφάνεια πάχους ενός μέτρου που αρχίζει από το υψόμετρο 181 m.

5.4.1 Στατιστική ανάλυση των ποιοτικών στοιχείων των γεωτρήσεων

Από την στατιστική και γεωστατιστική ανάλυση των δειγμάτων των γεωτρήσεων θα εξαχθούν χρήσιμα και αναγκαία συμπεράσματα για τον μετέπειτα σχεδιασμό της μεθόδου συνεχούς εξόρυξης με το Surface Miner 2200 SM. Για αυτό, είναι απαραίτητη η εύρεση την μέσης τιμής, τυπικής απόκλισης ή την σχετικής τυπικής απόκλισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών της υπό μελέτη περιοχής. Από την καταγραφή των γεωτρήσεων (Παράρτημα Α σελ.171), τα ποιοτικά χαρακτηρίστηκα του ασβεστολιθικού πετρώματος είναι το SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO συνεπώς και το LSF και SM τα οποία προκύπτουν από τα πρώτα.

Τα πετρώματα και τα κοιτάσματα τα οποία σήμερα θεωρούνται βιομηχανικά ορυκτά, όπως και ο ασβεστόλιθος, η κατανομή που έχει παρατηρηθεί να προσεγγίζει καλύτερα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους είναι κυρίως η κανονική, λογαριθμοκανονική και λιγότερο η εκθετική. Θα μελετηθούν κυρίως οι δύο πρώτες που είναι οι πιο διαδεδομένες για τον τύπο του κοιτάσματος που εξετάζεται. Εκτός από τις μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις, ιστογράμματα και τις δύο κατανομές που προσεγγίζουν καλύτερα τις τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών θα χρησιμοποιηθεί επιπλέον και η στατιστική μέθοδος ελέγχου Kolmogorov – Smirnov. Η μέθοδος Kolmogorov – Smirnov ελέγχει το πόσο αποκλίνει η θεωρητική κατανομή από την αντίστοιχη εμπειρική.



Η εμπειρική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την θεωρητική κατανομή είναι αυτή που απέχει λιγότερο σε απόσταση από την θεωρητική. Για να συγκριθούν δύο εμπειρικές κατανομές πρέπει να παρθούν για την κάθε μια τα $D_{PLUS} - D_{MINUS}$. Παίρνοντας για μία εμπειρική κατανομή (πχ. κανονική) την μεγαλύτερη τιμή (**DN**) από τις δυο αποστάσεις ($D_{PLUS} = \text{απόσταση}$ ή $D_{MINUS} = \text{απόσταση}$) είναι δυνατό να την συγκρίνουμε με μία μέγιστη τιμή απόστασης (**DN**) μίας άλλης κατανομής (πχ. Λογαριθμοκανονική) για να δούμε ποια από τις δύο κατανομές προσεγγίζει καλύτερα την θεωρητική.

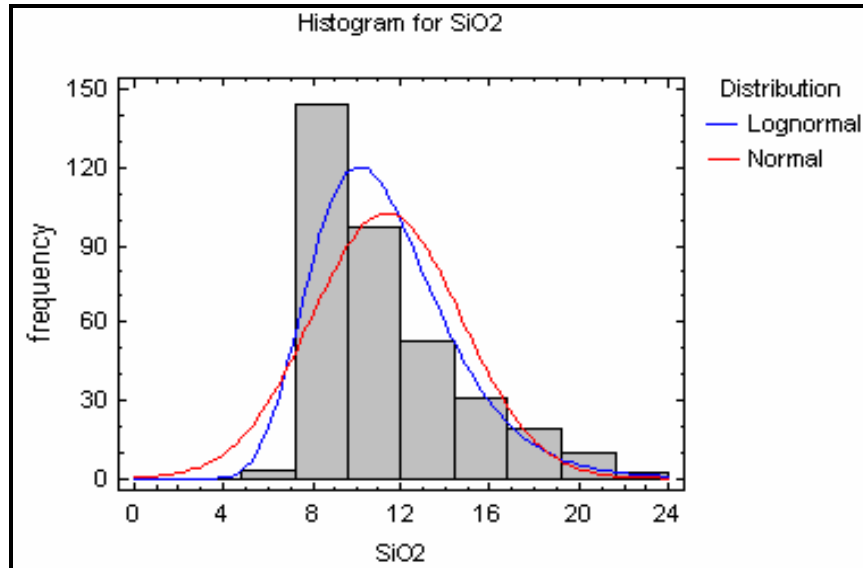
Στην συνέχεια παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση των ποιοτικών στοιχείων του πετρώματος του ασβεστολίθου με το στατιστικό πρόγραμμα STATGRAPHICS Centurion XV.I.

Στατιστική ανάλυση του SiO_2 :

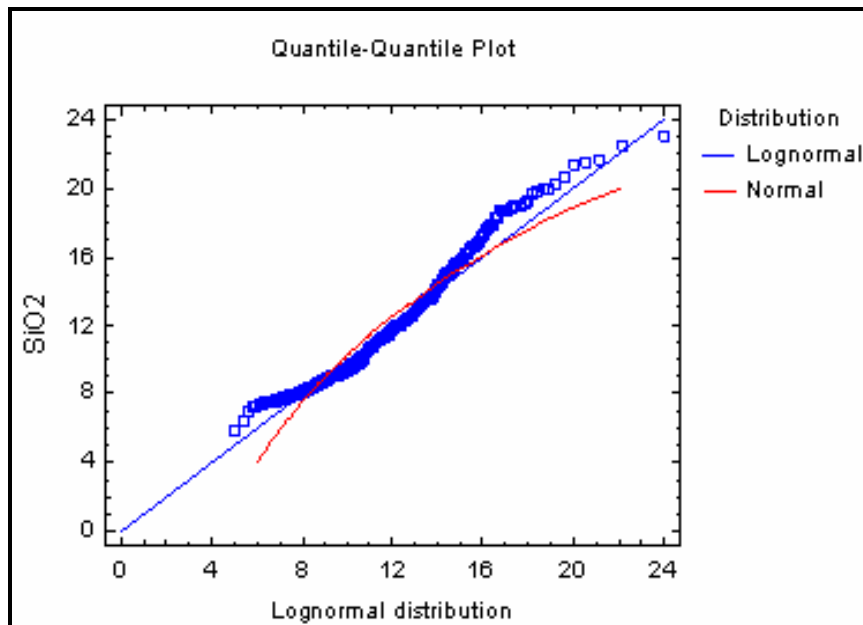
Πίνακας 5.3 Στατιστική ανάλυση του SiO_2

Αριθμός δειγμάτων 359 Ελάχιστο= 5.84 και Μέγιστο= 22.97			
Μέση τιμή= 11.34 και Τυπική απόκλιση= 3.35			
Λογαριθμοκανονική		Κανονική	
Μέση τιμή	11.32	Μέση τιμή	11.34
Τυπική απόκλιση	3.13	Τυπική απόκλιση	3.36
Kolmogorov – Smirnov		Kolmogorov – Smirnov	
DPLUS	0.0936	DPLUS	0.1232
DMINUS	0.0630	DMINUS	0.1056
DN	0.0936	DN	0.1232

Από την στατιστική ανάλυση του SiO₂ (Πίνακας 5.3) φαίνεται ξεκάθαρα ότι η θεωρητική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του SiO₂ % είναι η λογαριθμοκανονική, αυτό αποδεικνύεται και από τις τιμές **DN** και φαίνεται παραστατικά στα Σχήματα 5.6 και 5.7.



Σχήμα 5.6 Ιστογράμμο των τιμών του SiO₂ % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης.



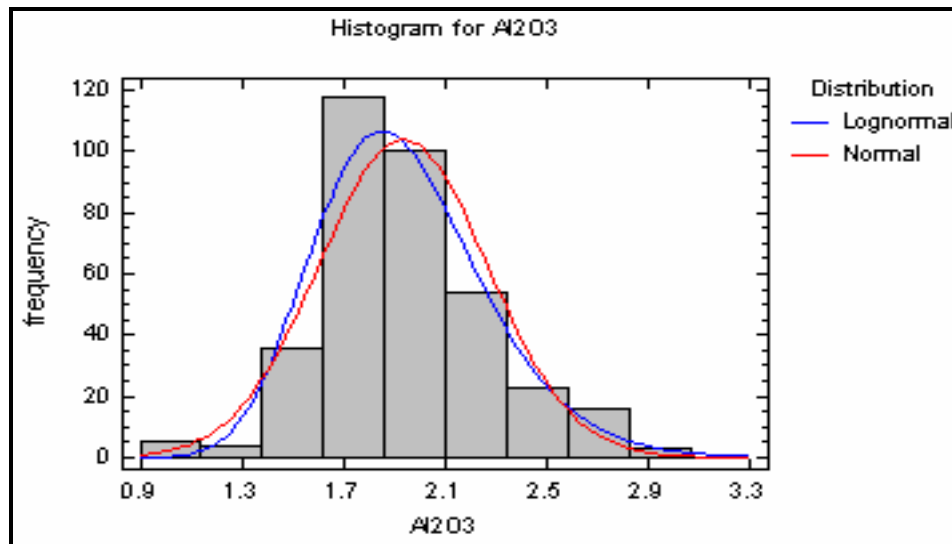
Σχήμα 5.7 Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το SiO₂ %

Στατιστική ανάλυση του Al_2O_3 :

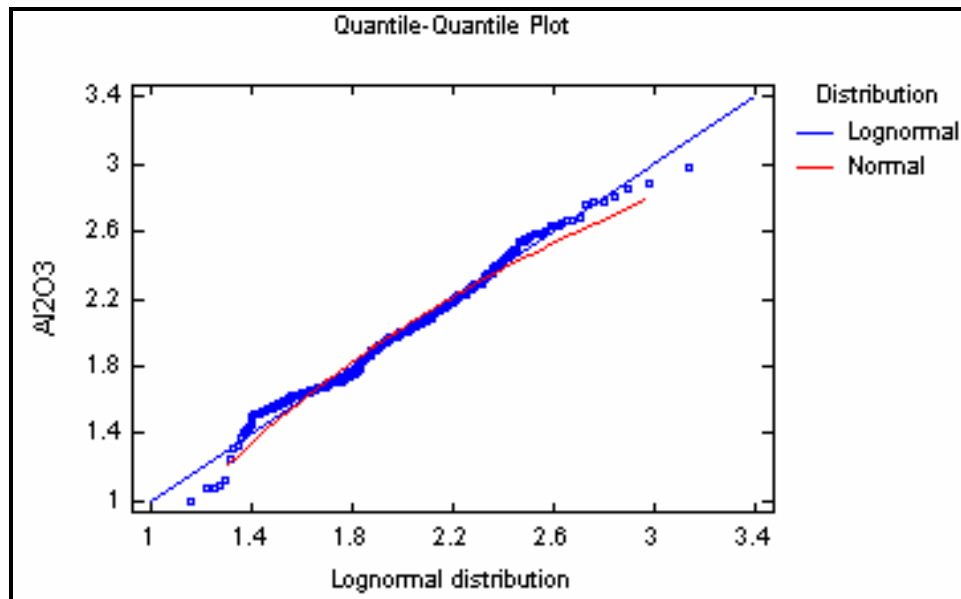
Πίνακας 5.4 Στατιστική ανάλυση του Al_2O_3

Αριθμός δειγμάτων 359 Ελάχιστο= 1.00 και Μέγιστο= 2.97			
Μέση τιμή= 1.93 και Τυπική απόκλιση= 0.33			
Λογαριθμοκανονική		Κανονική	
Μέση τιμή	1.93	Μέση τιμή	1.94
Τυπική απόκλιση	0.33	Τυπική απόκλιση	0.34
Kolmogorov – Smirnov		Kolmogorov – Smirnov	
DPLUS	0.0711	DPLUS	0.0881
DMINUS	0.0563	DMINUS	0.0666
DN	0.0711	DN	0.0881

Από την στατιστική ανάλυση του Al_2O_3 (Πίνακας 5.4) φαίνεται ξεκάθαρα ότι η θεωρητική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του Al_2O_3 % είναι η λογαριθμοκανονική, αυτό αποδεικνύεται και από τις τιμές **DN** και φαίνεται παραστατικά στα Σχήματα 5.8 και 5.9.



Σχήμα 5.8 Ιστογράμμο των τιμών του Al_2O_3 % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης.



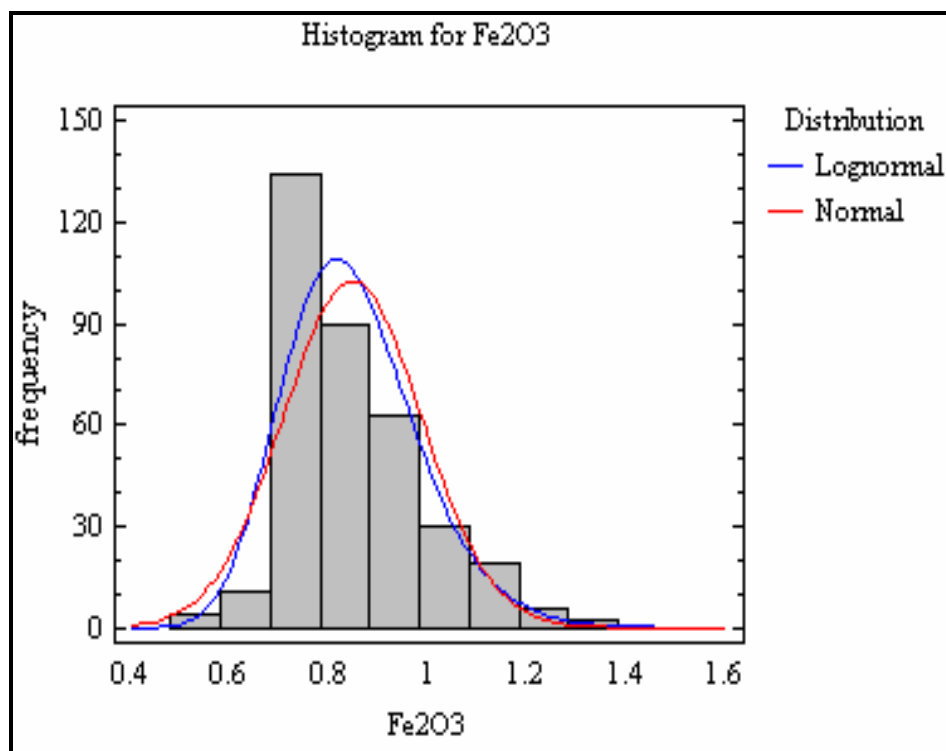
Σχήμα 5.9 Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το Al_2O_3 %

Στατιστική ανάλυση του Fe_2O_3 :

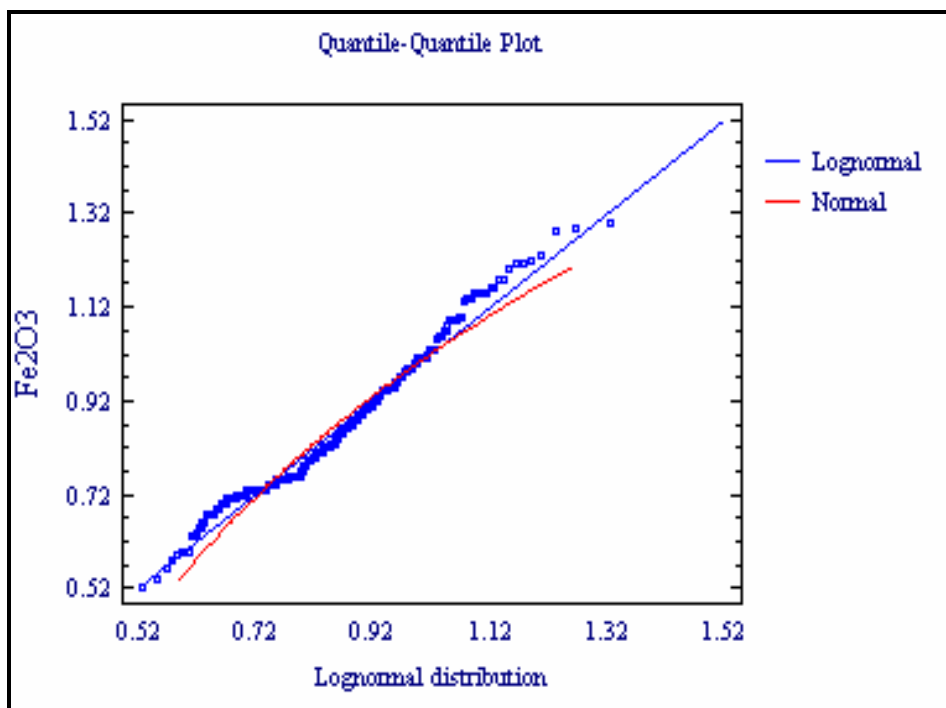
Πίνακας 5.5 Στατιστική ανάλυση του Fe_2O_3

Αριθμός δειγμάτων 359 Ελάχιστο= 0.52 και Μέγιστο= 1.30			
Μέση τιμή= 0.84 και Τυπική απόκλιση= 0.13			
Λογαριθμοκανονική		Κανονική	
Μέση τιμή	0.84	Μέση τιμή	0.845
Τυπική απόκλιση	0.13	Τυπική απόκλιση	0.14
Kolmogorov – Smirnov		Kolmogorov – Smirnov	
DPLUS	0.0999	DPLUS	0.1083
DMINUS	0.0719	DMINUS	0.0826
DN	0.0999	DN	0.1083

Από την στατιστική ανάλυση του Fe_2O_3 (Πίνακας 5.5) φαίνεται ξεκάθαρα ότι η θεωρητική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του Fe_2O_3 % είναι η λογαριθμοκανονική, αυτό αποδεικνύεται και από τις τιμές **DN** και φαίνεται παραστατικά στα Σχήματα 5.10 και 5.11.



Σχήμα 5.10 Ιστογράμμο των τιμών του Fe_2O_3 % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης.

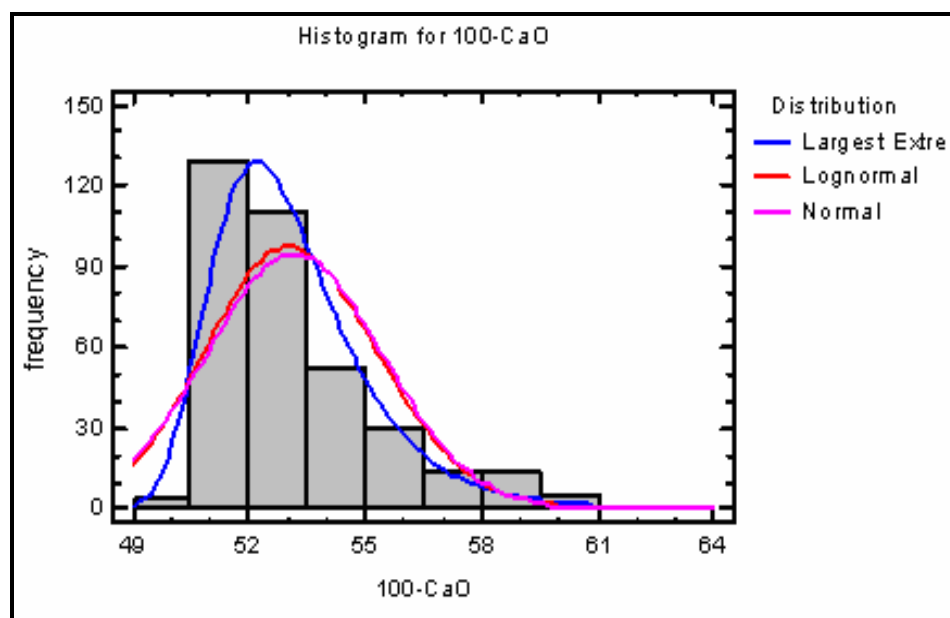


Σχήμα 5.11 Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το Fe_2O_3 %

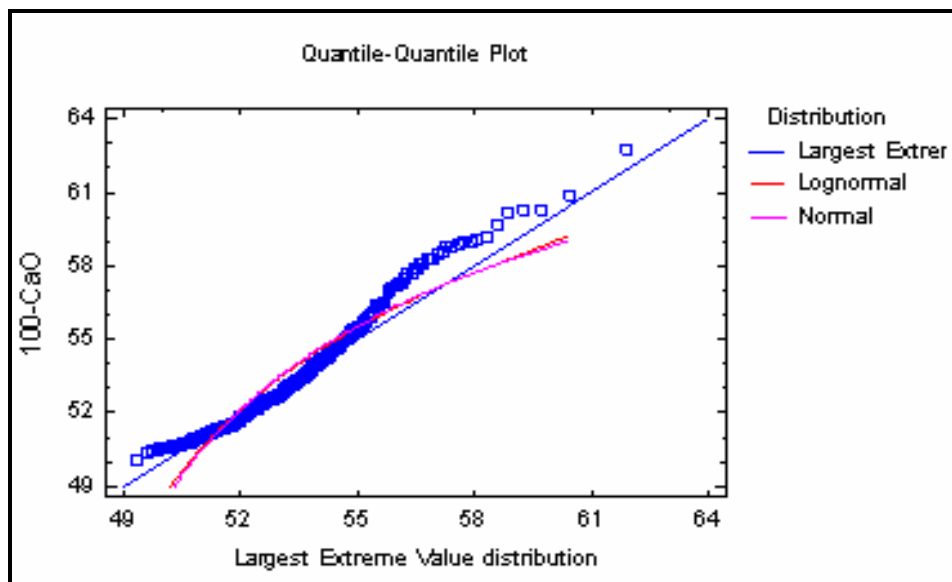
Στατιστική ανάλυση του CaO:*Πίνακας 5.6 Στατιστική ανάλυση του CaO*

Αριθμός δειγμάτων 359 Ελάχιστο= 37.22 και Μέγιστο=49.89					
Μέση τιμή= 46.82 και Τυπική απόκλιση= 2.27					
Λογαριθμοκανονική		Κανονική		Largest Extreme Value	
Μέση τιμή	46.83	Μέση τιμή	46.82		
Τυπική απόκλιση	2.35	Τυπική απόκλιση	2.27		
Kolmogorov – Smirnov		Kolmogorov – Smirnov		Kolmogorov – Smirnov	
DPLUS	0.1224	DPLUS	0.1126	DPLUS	0.0724
DMINUS	0.1448	DMINUS	0.1381	DMINUS	0.0475
DN	0.1448	DN	0.1381	DN	0.0724

Από την στατιστική ανάλυση του CaO (Πίνακας 5.6) φαίνεται ξεκάθαρα ότι η θεωρητική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του CaO % είναι η Largest Extreme Value, αυτό αποδεικνύεται και από τις τιμές **DN** και φαίνεται παραστατικά στα Σχήματα 5.12 και 5.13.



Σχήμα 5.12 Ιστογράμμο των τιμών του CaO % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης.



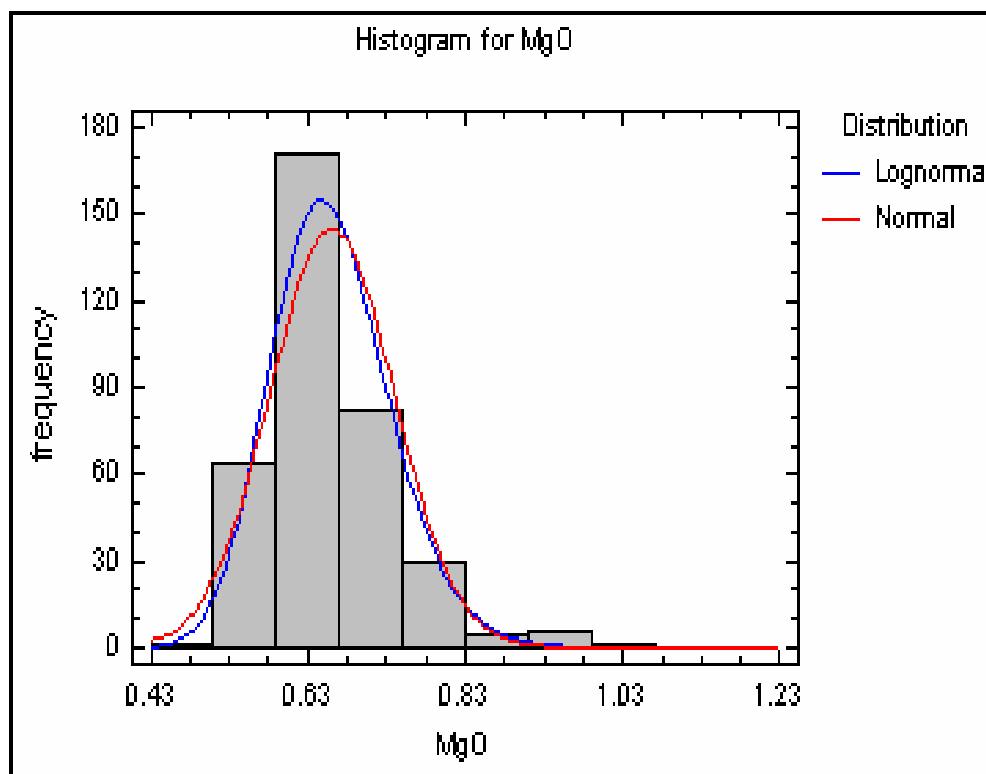
Σχήμα 5.13 Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το CaO %

Στατιστική ανάλυση του MgO:

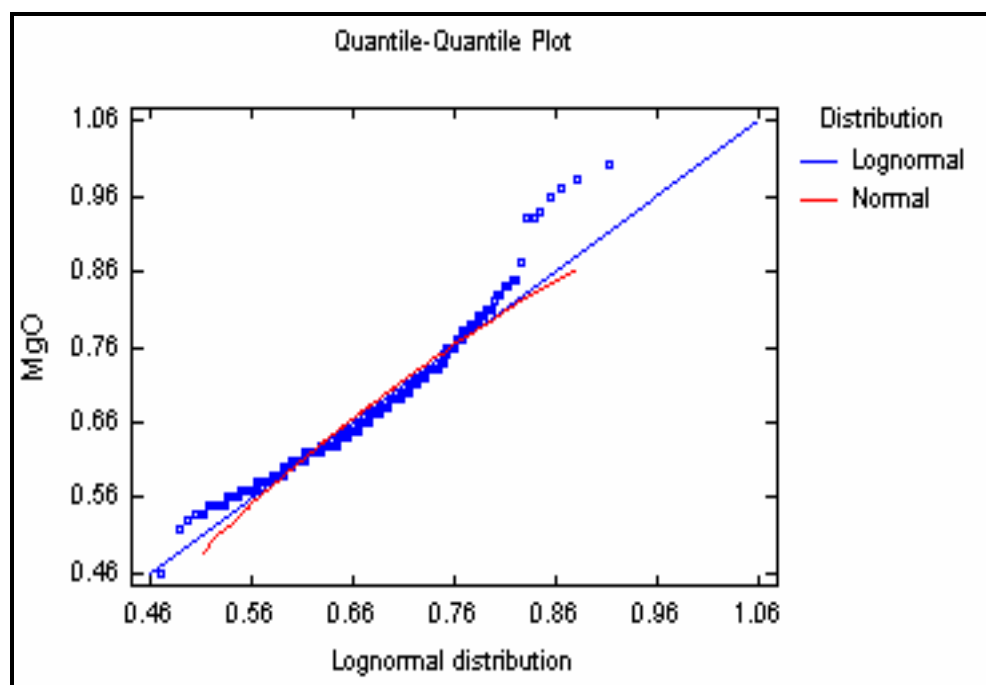
Πίνακας 5.7 Στατιστική ανάλυση του MgO

Αριθμός δειγμάτων 359 Ελάχιστο= 0.46 και Μέγιστο= 1.00			
Μέση τιμή= 0.66 και Τυπική απόκλιση= 0.074			
Λογαριθμοκανονική		Κανονική	
Μέση τιμή	0.660	Μέση τιμή	0.661
Τυπική απόκλιση	0.075	Τυπική απόκλιση	0.079
Kolmogorov – Smirnov		Kolmogorov – Smirnov	
DPLUS	0.0885	DPLUS	0.1106
DMINUS	0.0484	DMINUS	0.0669
DN	0.0885	DN	0.1106

Από την στατιστική ανάλυση του MgO (Πίνακας 5.7) φαίνεται ξεκάθαρα ότι η θεωρητική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του MgO % είναι η λογαριθμοκανονική, αυτό αποδεικνύεται και από τις τιμές **DN** και φαίνεται παραστατικά στα Σχήματα 5.14 και 5.15.



Σχήμα 5.14 Ιστόγραμμα των τιμών του MgO % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης.



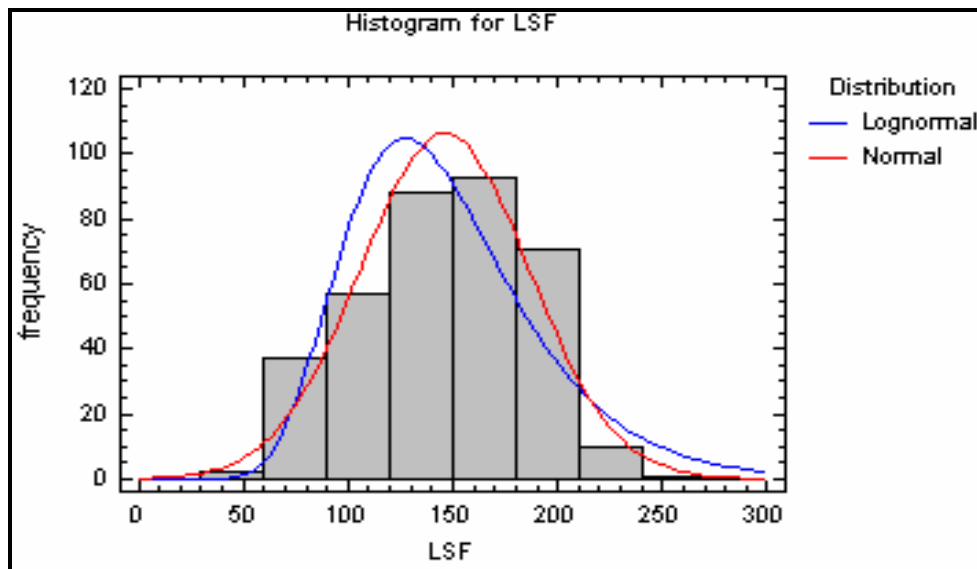
Σχήμα 5.15 Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το MgO %

Στατιστική ανάλυση του L.S.F:

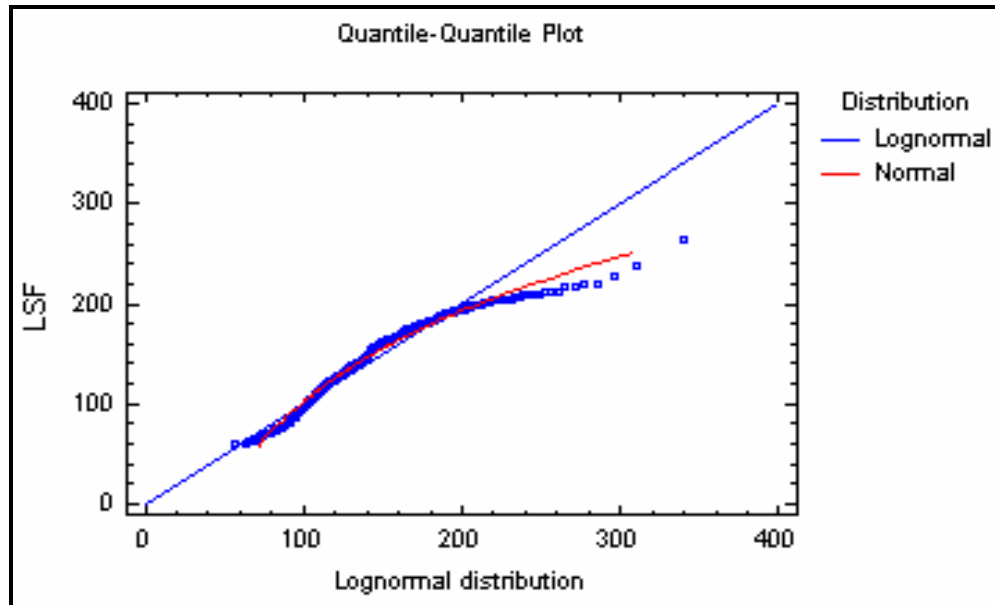
Πίνακας 5.8 Στατιστική ανάλυση του L.S.F

Αριθμός δειγμάτων 359 Ελάχιστο= 58.72 και Μέγιστο= 264.45			
Μέση τιμή= 146.20 και Τυπική απόκλιση= 40.46			
Λογαριθμοκανονική		Κανονική	
Μέση τιμή	146.74	Μέση τιμή	146.20
Τυπική απόκλιση	46.13	Τυπική απόκλιση	40.46
Kolmogorov – Smirnov		Kolmogorov – Smirnov	
DPLUS	0.0680	DPLUS	0.0362
DMINUS	0.0952	DMINUS	0.0586
DN	0.0952	DN	0.0586

Από την στατιστική ανάλυση του L.S.F (Πίνακας 5.8) φαίνεται ξεκάθαρα ότι η θεωρητική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του L.S.F % είναι η κανονική, αυτό αποδεικνύεται και από τις τιμές **DN** και φαίνεται παραστατικά στα Σχήματα 5.16 και 5.17.



Σχήμα 5.16 Ιστογράμμο των τιμών του L.S.F % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης.



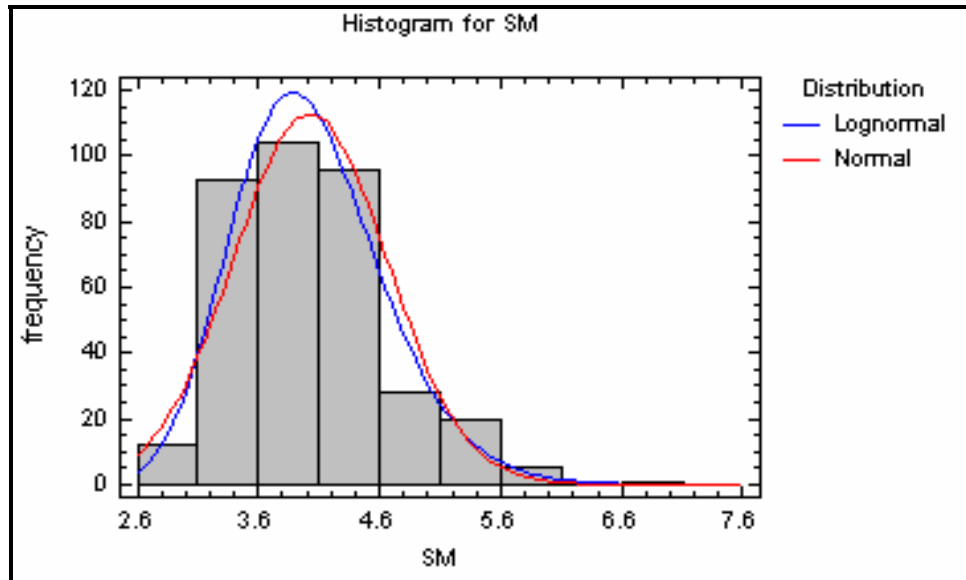
Σχήμα 5.17 Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το L.S.F %

Στατιστική ανάλυση του S.M:

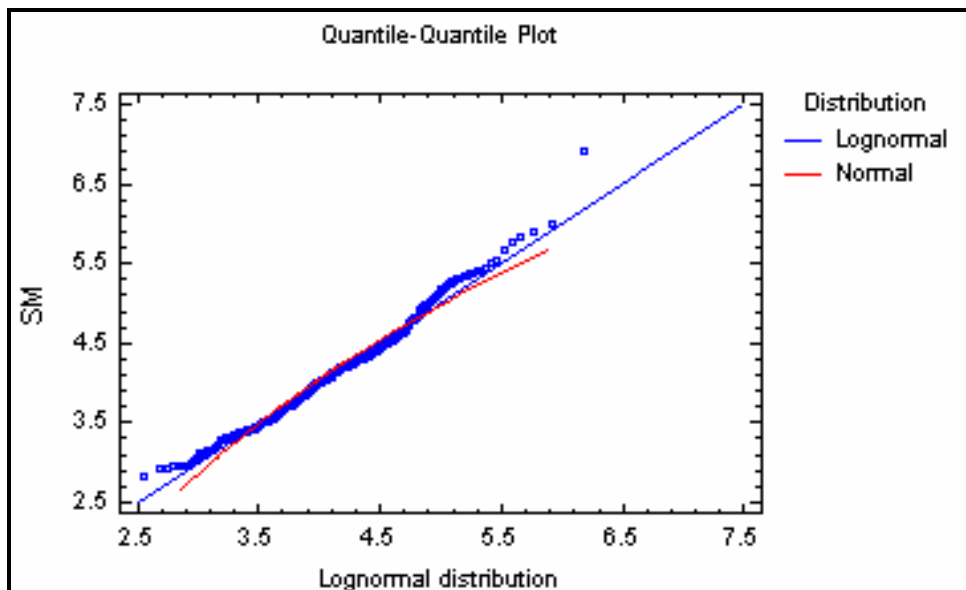
Πίνακας 5.9 Στατιστική ανάλυση του S.M

Αριθμός δειγμάτων 359 Ελάχιστο= 2.81 και Μέγιστο= 6.92			
Μέση τιμή= 4.02 και Τυπική απόκλιση= 0.63			
Λογαριθμοκανονική		Κανονική	
Μέση τιμή	4.02	Μέση τιμή	4.03
Τυπική απόκλιση	0.61	Τυπική απόκλιση	0.63
Kolmogorov – Smirnov		Kolmogorov – Smirnov	
DPLUS	0.0397	DPLUS	0.0588
DMINUS	0.0323	DMINUS	0.0494
DN	0.0397	DN	0.0588

Από την στατιστική ανάλυση του S.M (Πίνακας 5.9) φαίνεται ξεκάθαρα ότι η θεωρητική κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των τιμών του S.M %είναι η λογαριθμοκανονική, αυτό αποδεικνύεται και από τις τιμές **DN** και φαίνεται παραστατικά στα Σχήματα 5.18 και 5.19.



Σχήμα 5.18 Ιστόγραμμα των τιμών του *S.M* % για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 5.19 Καμπύλες ποσοστιαίων σημείων για το *S.M* %

Από την στατιστική ανάλυση των ποιοτικών στοιχείων, παρατηρούμε ότι σε όλα τα στοιχεία, εκτός του LSF και CaO, η κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα τις τιμές τους είναι η λογαριθμοκανονική. Η κατανομή που προσεγγίζει καλύτερα τις τιμές του LSF και CaO είναι η κανονική και Largest Extreme Value αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι η

κανονική κατανομή του LSF εξαρτάται άμεσα από την κατανομή του CaO και αυτό γιατί ο δείκτης LSF καθορίζει το ποσοστό του οξειδίου ασβεστίου στο πέτρωμα.

Ένα άλλο στατιστικό μέγεθος που βοηθάει στην κατανόηση των συσχετισμών μεταξύ των ποιοτικών παραμέτρων του πετρώματος είναι ο συντελεστής συσχέτισης. Ο συντελεστής συσχέτισης, είναι ένα μέσο μέτρησης του βαθμού κατά τον οποίο δύο μεταβλητές μέτρησης "μεταβάλλονται μαζί". Η τιμή οποιουδήποτε συντελεστή συσχέτισης πρέπει να βρίσκεται μεταξύ των τιμών -1 και +1. Στον Πίνακα 5.10 φαίνονται οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των ποιοτικών στοιχείων του πετρώματος.

Πίνακας 5.10 Συντελεστές συσχέτισης των ποιοτικών στοιχείων του πετρώματος

	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>LSF</i>	<i>SM</i>
<i>SiO₂</i>	1.000						
<i>Al₂O₃</i>	0.871	1.000					
<i>Fe₂O₃</i>	0.848	0.959	1.000				
<i>CaO</i>	-0.918	-0.735	-0.767	1.000			
<i>MgO</i>	0.692	0.608	0.655	-0.804	1.000		
<i>LSF</i>	-0.957	-0.874	-0.834	0.882	-0.694	1.000	
<i>SM</i>	0.856	0.507	0.483	-0.853	0.593	-0.821	1.000

Από τον Πίνακα 5.10 προκύπτουν σημαντικά στοιχεία από τους συντελεστές συσχέτισης. Το πέτρωμα της υπό εξέταση περιοχής χαρακτηρίζεται ως ασβεστολιθικό όμως περιέχει και αργιλοπυριτικά ορυκτά. Το Al₂O₃ συσχετίζεται θετικά σε μεγάλο βαθμό με το SiO₂ γιατί και τα δύο αυτά στοιχεία συγκαταλέγονται στα αργιλοπυριτικά ορυκτά. Επίσης το Fe₂O₃ συσχετίζεται θετικά με το SiO₂ και το Al₂O₃ γιατί και τα τρία αυτά στοιχεία συγκαταλέγονται στα αργιλοπυριτικά ορυκτά. Επιπλέον το CaO συσχετίζεται αρνητικά με τα στοιχεία SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃. Το MgO συσχετίζεται θετικά με τα στοιχεία SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ και αρνητικά με το CaO. Ο δείκτης LSF συσχετίζεται αρνητικά με τα στοιχεία SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO και θετικά με το CaO. Παρατηρείται ότι τα αργιλοπυριτικά ορυκτά συσχετίζονται θετικά μεταξύ τους και αρνητικά με το CaO και LSF. Φαίνεται ξεκάθαρα ότι το MgO συσχετίζεται αρνητικά ως προς το CaO και αυτό σημαίνει ότι το πέτρωμα είναι ασβεστολιθικό και όχι δολομιτικό.

5.4.2 Στατιστική ανάλυση των ποιοτικών στοιχείων των σύνθετων δειγμάτων

Από την στατιστική ανάλυση των ποιοτικών στοιχείων του ολικού όγκου του πετρώματος που έγινε στην προηγούμενη ενότητα, αποκομίσαμε χρήσιμα συμπεράσματα που θα βοηθήσουν για τον περαιτέρω σχεδιασμό της επιφανειακής λατόμευσης με την μέθοδο συνεχούς κοπής. Χρήσιμη και αναγκαία είναι όμως και ανάλυση των ποιοτικών στοιχείων των σύνθετων δειγμάτων.

Επειδή στο επόμενο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε εκτενέστερα με τα σύνθετα δείγματα γι' αυτό λοιπόν σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν οι μέσες τιμές και σχετικές τυπικές αποκλίσεις των ποιοτικών στοιχείων όλων των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει των υψομέτρων τους Πίνακες 5.11 και 5.12.

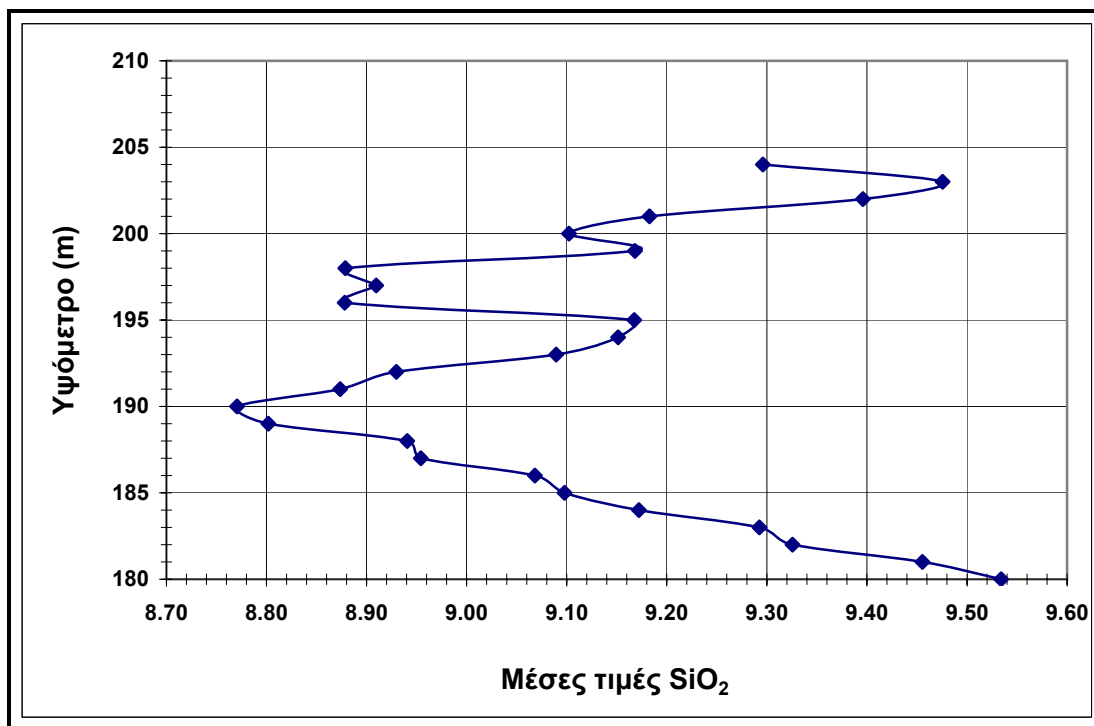
Πίνακας 5.11 Μέσες τιμές των ποιοτικών στοιχείων των σύνθετων δειγμάτων

Υψόμετρο (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	LSF	SM
180	9.53	1.72	0.77	48.02	0.62	174.02	3.79
181	9.46	1.72	0.77	48.05	0.61	174.65	3.78
182	9.33	1.71	0.76	48.14	0.61	176.29	3.75
183	9.29	1.72	0.77	48.14	0.61	175.62	3.73
184	9.17	1.74	0.78	48.18	0.61	175.71	3.63
185	9.10	1.75	0.78	48.22	0.61	177.03	3.59
186	9.07	1.75	0.78	48.20	0.61	176.38	3.60
187	8.95	1.74	0.78	48.27	0.60	178.53	3.58
188	8.94	1.75	0.78	48.27	0.60	178.75	3.56
189	8.80	1.73	0.77	48.34	0.60	181.50	3.54
190	8.77	1.72	0.77	48.36	0.60	181.81	3.55
191	8.87	1.76	0.78	48.24	0.60	179.62	3.52
192	8.93	1.76	0.79	48.16	0.60	177.20	3.54
193	9.09	1.80	0.81	48.01	0.61	173.48	3.52
194	9.15	1.81	0.82	47.96	0.61	172.36	3.52
195	9.17	1.82	0.82	47.91	0.61	172.21	3.51
196	8.88	1.79	0.81	48.09	0.60	177.09	3.45
197	8.91	1.83	0.82	48.31	0.60	176.92	3.38
198	8.88	1.83	0.82	48.28	0.62	177.65	3.36
199	9.17	1.86	0.84	48.06	0.63	170.94	3.41
200	9.10	1.90	0.86	48.06	0.64	171.23	3.33
201	9.18	1.89	0.85	48.03	0.64	170.56	3.38
202	9.40	1.89	0.86	47.89	0.64	167.26	3.46
203	9.48	1.92	0.87	47.88	0.60	165.48	3.45
204	9.30	1.96	0.89	47.95	0.61	168.27	3.29

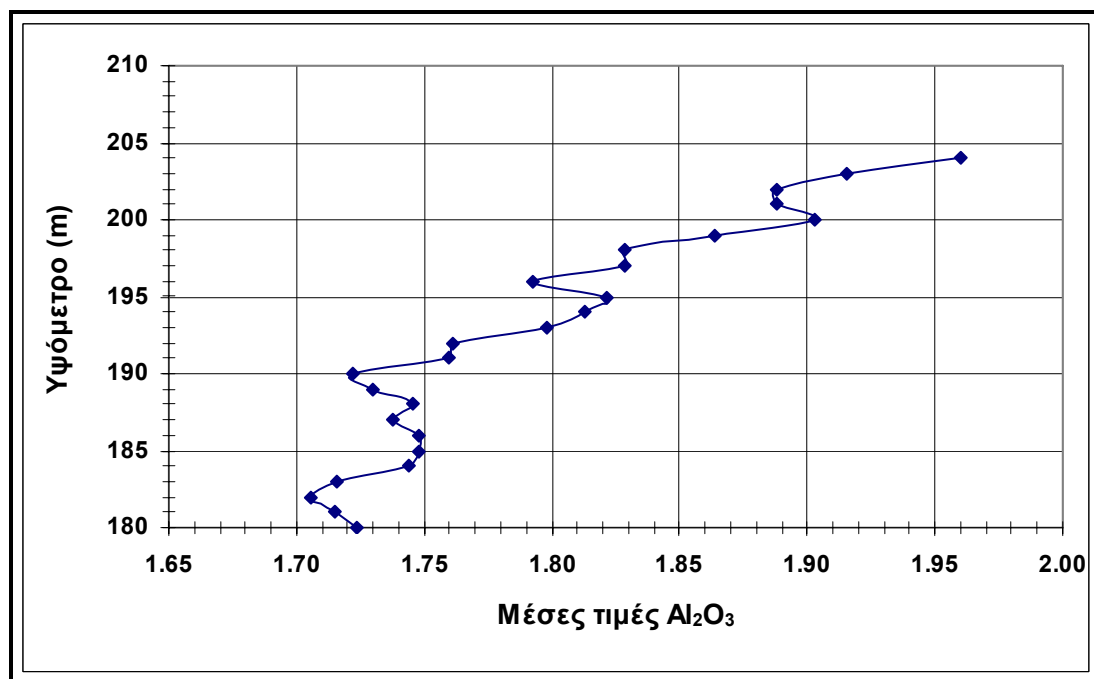
Πίνακας 5.12 Σχετικές τυπικές αποκλίσεις των ποιοτικών στοιχείων των σύνθετων δειγμάτων

Υψόμετρο (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	LSF	SM
180	29.24	16.21	15.21	3.77	10.73	21.95	16.46
181	26.21	14.37	13.36	3.40	9.94	20.58	16.18
182	25.54	13.62	12.65	3.15	9.55	20.54	15.83
183	23.87	12.98	11.54	2.88	8.98	18.49	16.11
184	20.31	14.31	12.01	2.64	8.99	16.53	11.16
185	20.08	14.91	12.51	2.60	9.16	16.39	10.66
186	15.49	14.24	13.10	2.12	9.33	15.53	10.09
187	14.88	14.96	13.88	1.95	7.34	16.15	10.17
188	14.84	15.32	14.14	1.95	7.71	16.16	10.19
189	14.40	15.09	13.82	1.86	8.11	15.90	9.61
190	13.04	15.08	14.31	1.53	8.31	14.75	9.54
191	14.56	17.10	16.78	1.90	8.48	16.03	9.94
192	13.08	16.40	16.29	2.34	8.60	13.12	10.56
193	12.99	16.81	15.33	2.44	6.47	12.98	10.24
194	13.21	17.18	15.53	2.47	6.90	13.62	10.69
195	14.10	16.60	14.68	2.52	6.70	14.34	11.78
196	11.79	16.47	14.74	2.36	6.88	12.58	11.43
197	11.58	12.76	13.02	1.75	5.58	12.70	9.62
198	12.19	11.08	12.09	1.71	13.91	12.98	8.99
199	10.64	10.60	11.58	1.47	17.19	11.58	11.78
200	9.37	11.74	12.22	1.27	17.42	10.42	13.55
201	9.45	12.06	11.65	1.22	18.37	10.51	13.90
202	13.89	13.03	12.52	1.86	19.23	14.81	15.45
203	13.08	13.88	13.50	1.90	4.85	14.26	15.97
204	13.50	12.69	12.93	2.00	3.65	14.41	11.93

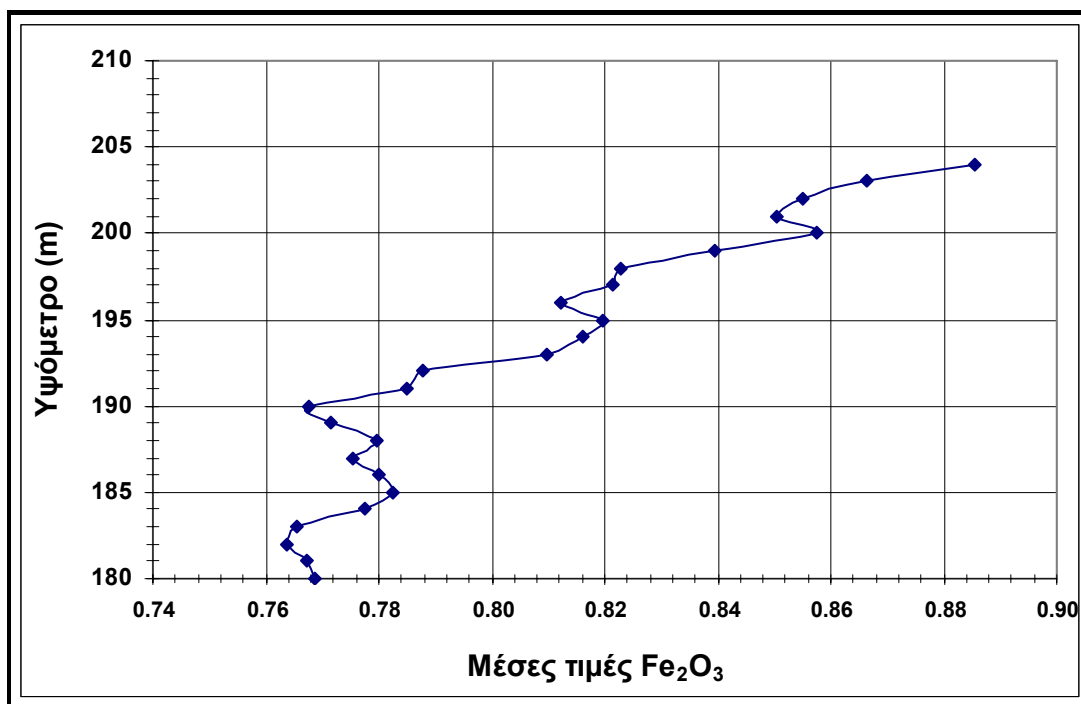
Στην συνέχεια, στα Σχήματα 5.20 έως 5.26 παρουσιάζονται τα διαγράμματα των μέσων τιμών των ποιοτικών στοιχείων όλων των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει των υψομέτρων τους.



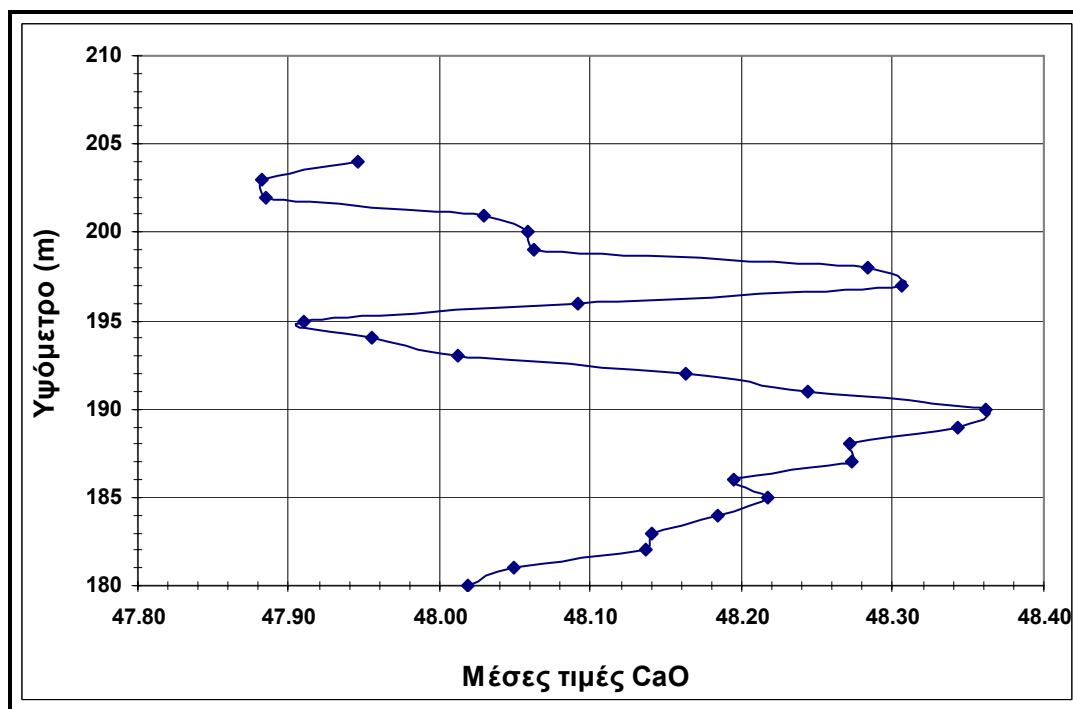
Σχήμα 5.20 Διάγραμμα των μέσων τιμών του SiO_2 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



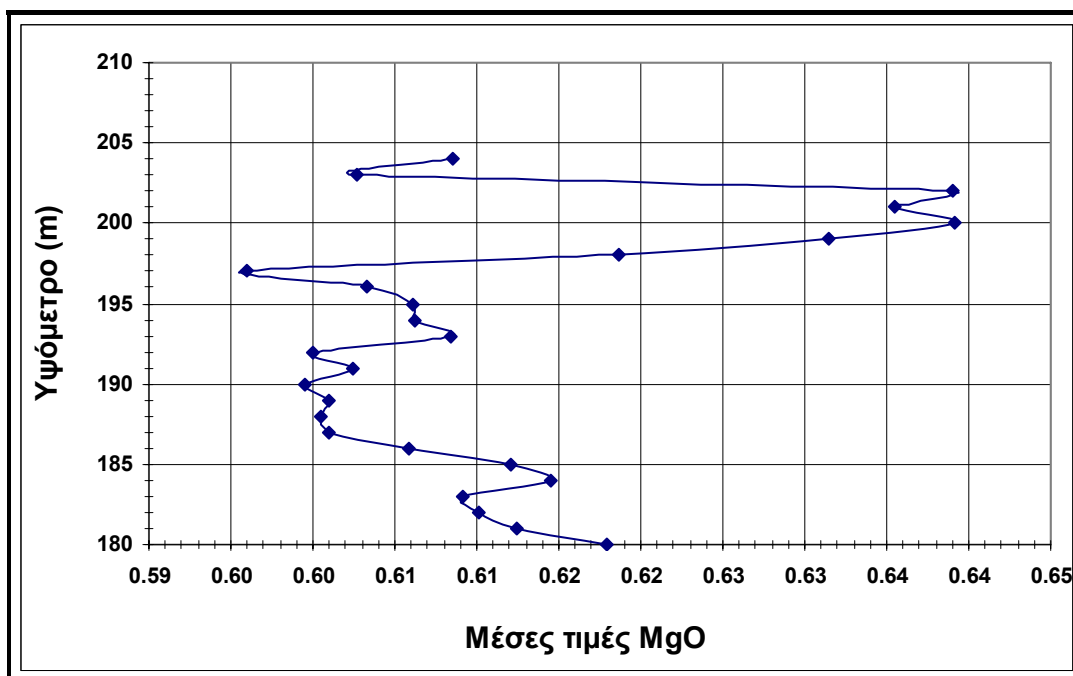
Σχήμα 5.21 Διάγραμμα των μέσων τιμών του Al_2O_3 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



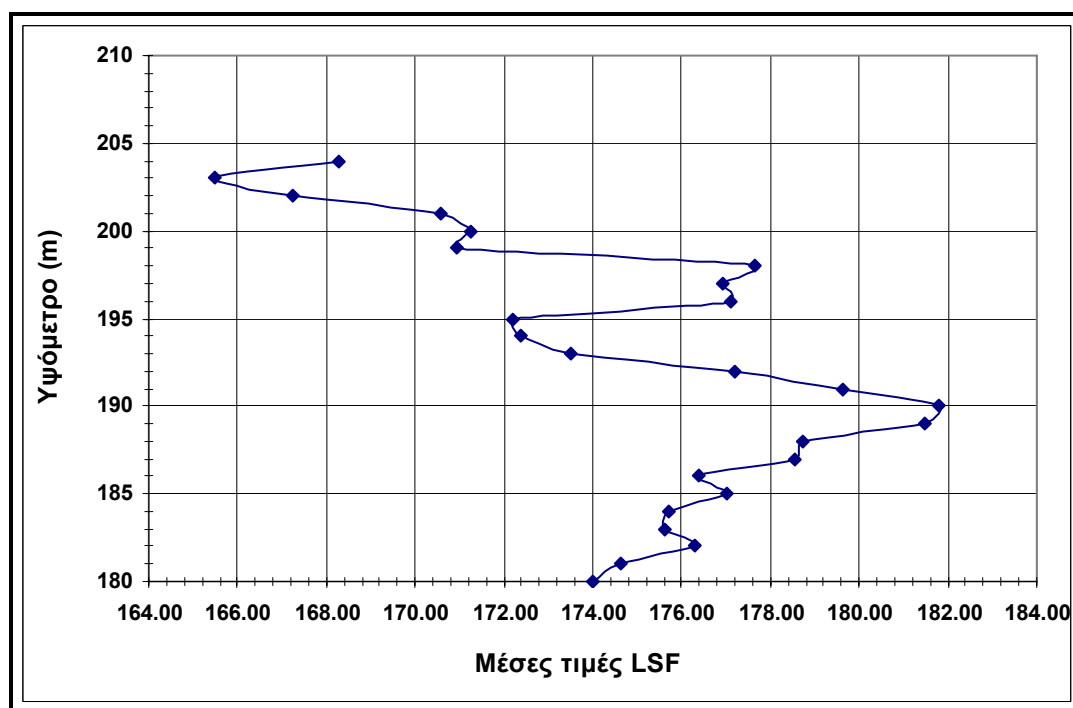
Σχήμα 5.22 Διάγραμμα των μέσων τιμών του Fe_2O_3 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



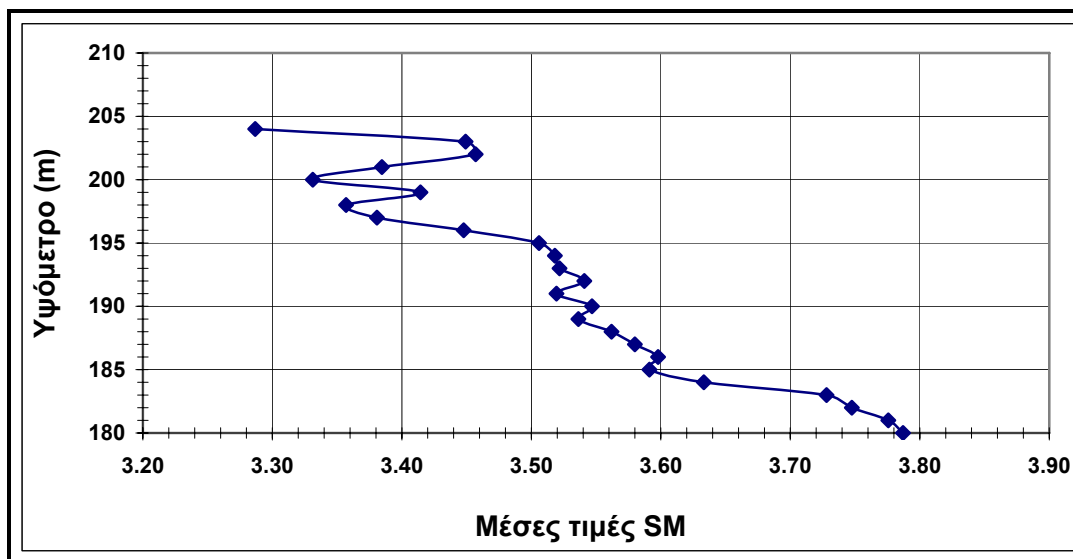
Σχήμα 5.23 Διάγραμμα των μέσων τιμών του CaO των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



Σχήμα 5.24 Διάγραμμα των μέσων τιμών του MgO των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



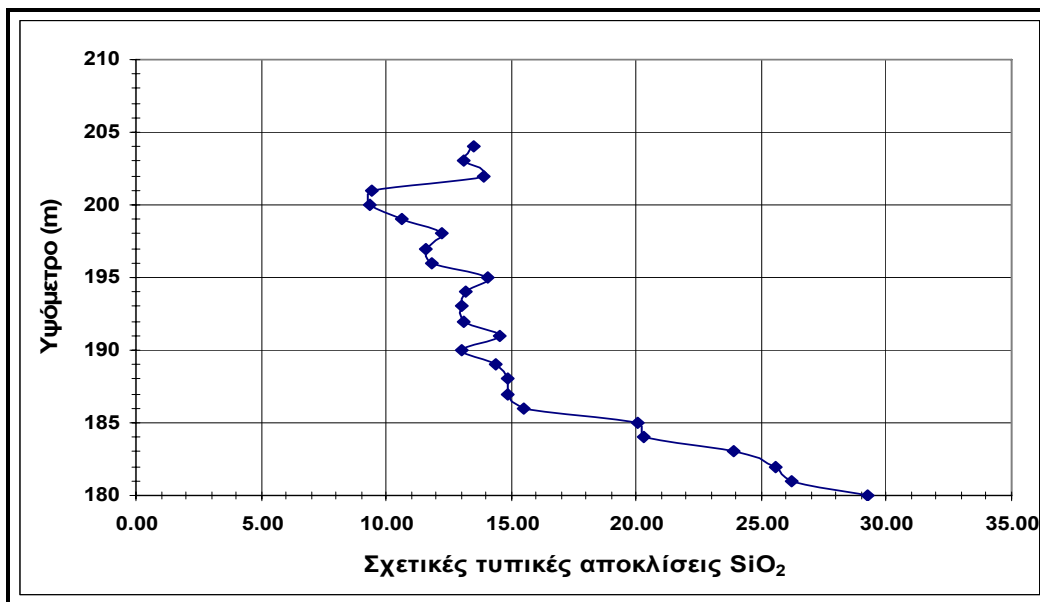
Σχήμα 5.25 Διάγραμμα των μέσων τιμών του LSF των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



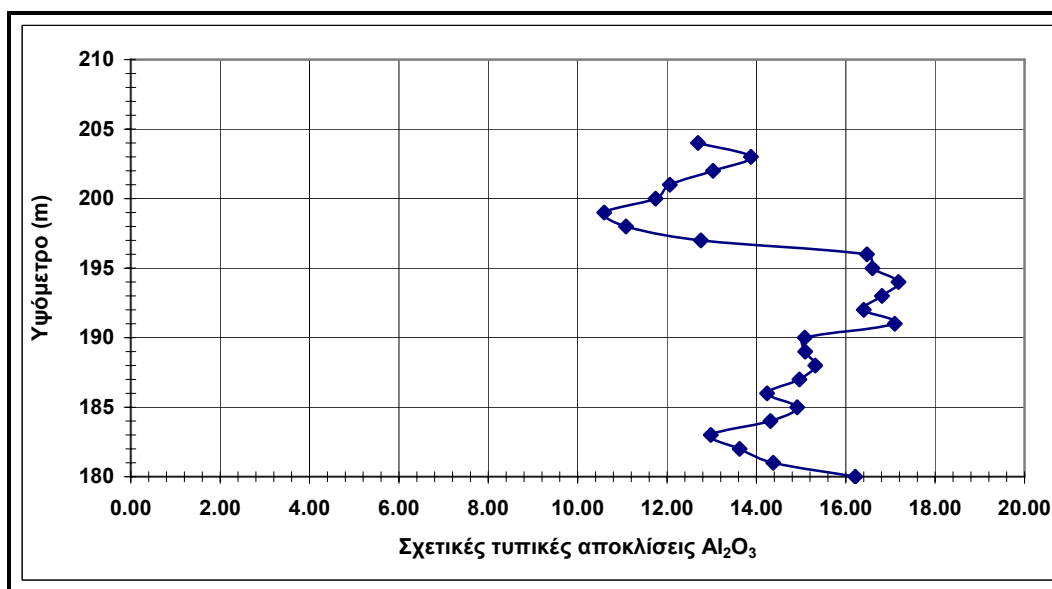
Σχήμα 5.26 Διάγραμμα των μέσων τιμών του SM των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου

Από το Σχήμα 5.20 παρατηρείται μια μείωση της μέσης τιμής του SiO_2 από τα 180m στα 190m από 9.55 σε 8.75 αντίστοιχα. Επιπλέον από τα 190m στα 200m η τιμή του SiO_2 αυξομειώνεται από 8.90 σε 9.20, ενώ από τα 200m μέχρι τα 204m αυξάνεται στα 9.50. Η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του SiO_2 είναι 9.55 και 8.75 αντίστοιχα. Επίσης στο Σχήμα 5.21 παρατηρείται μια αυξομείωση της μέσης τιμής του Al_2O_3 από τα 180m στα 190m από 1.70 σε 1.75 αντίστοιχα, ενώ από τα 190m μέχρι τα 204m αυξάνεται μέχρι το 1.96. Η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του Al_2O_3 είναι 1.96 και 1.70 αντίστοιχα. Από το Σχήμα 5.22 παρατηρείται μια αύξηση του Fe_2O_3 από τα 180 m στα 204m από 0.76 σε 0.89 αντίστοιχα, ενώ η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του Fe_2O_3 είναι 0.89 και 0.76 αντίστοιχα. Στο Σχήμα 5.23 η τιμή του CaO αυξομειώνεται από το υψόμετρο 180m μέχρι 204m από 47.88 σε 48.35, ενώ η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του CaO είναι 48.37 και 47.88 αντίστοιχα. Το ίδιο συμβαίνει και για το Σχήμα 5.24 όπου αυξομειώνεται η μέση τιμή του MgO από 0.60 σε 0.65, ενώ η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του MgO είναι 0.64 και 0.595 αντίστοιχα. Στο Σχήμα 5.25 η τιμή του L.S.F αυξάνεται από τα 180m στα 190m από 174 σε 182 αντίστοιχα, ενώ από τα 190m μέχρι τα 204m μειώνεται η μέση τιμή μέχρι το 166. Η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του L.S.F είναι 182 και 165 αντίστοιχα. Τέλος από το Σχήμα 5.26 παρατηρείται μείωση της μέσης τιμής του S.M από το 180m στα 204m από 3.80 σε 2.27 αντίστοιχα.

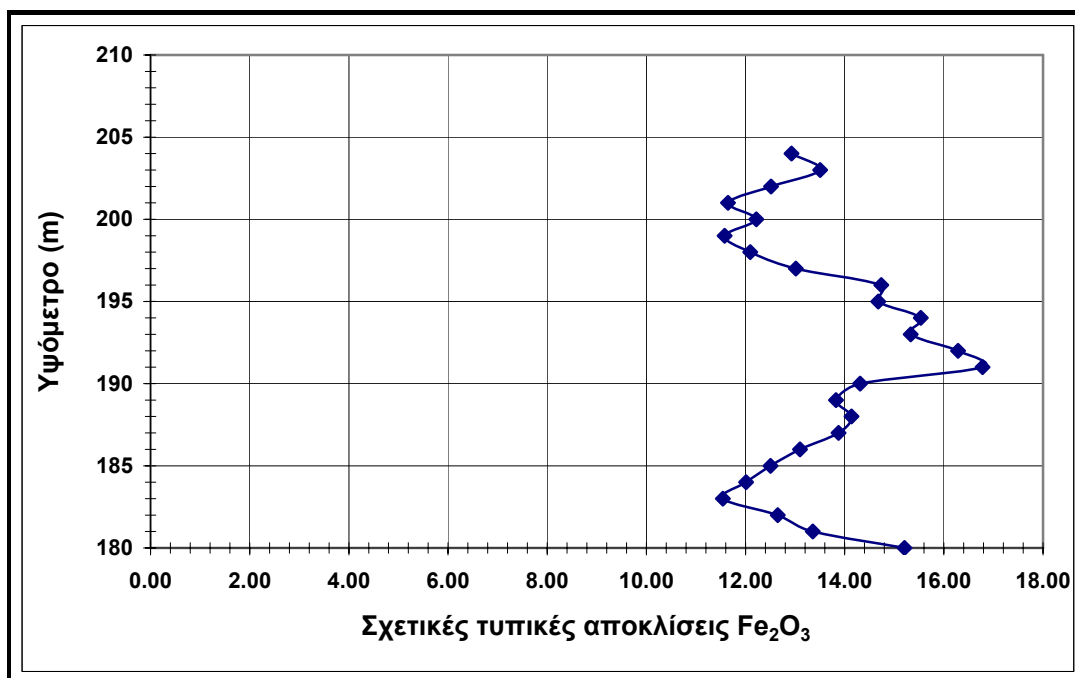
Στην συνέχεια, στα Σχήματα 5.27 έως 5.33 παρουσιάζονται τα διαγράμματα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων των ποιοτικών στοιχείων όλων των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει των υψομέτρων τους.



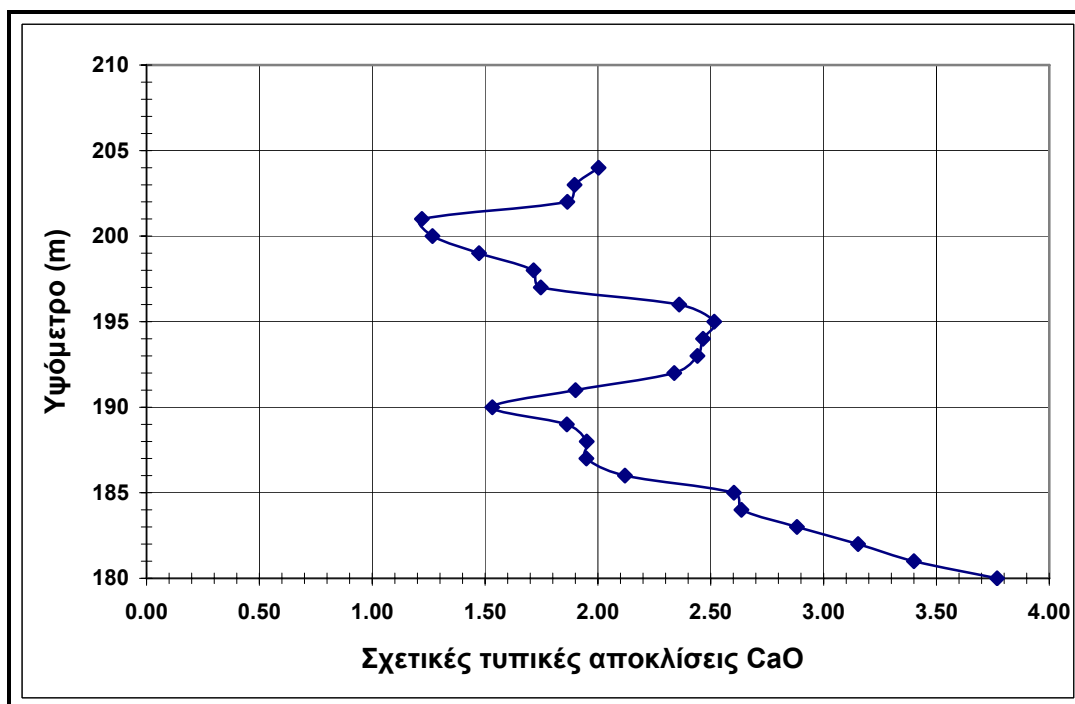
Σχήμα 5.27 Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του SiO_2 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου



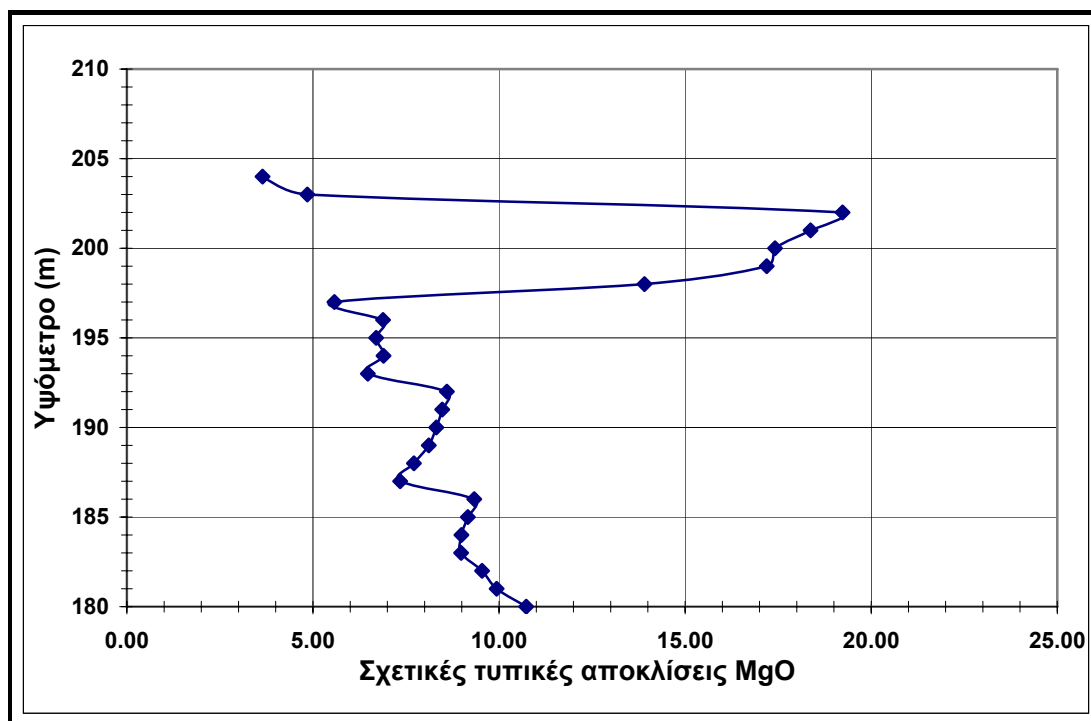
Σχήμα 5.28 Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του Al_2O_3 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψομέτρου



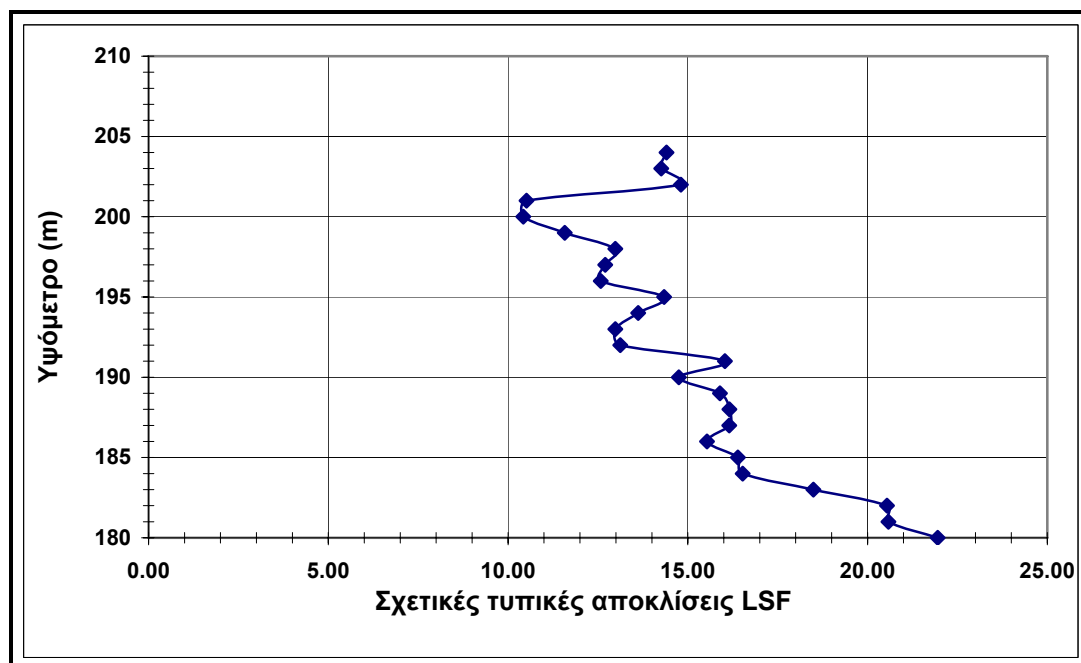
Σχήμα 5.29 Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του Fe_2O_3 των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



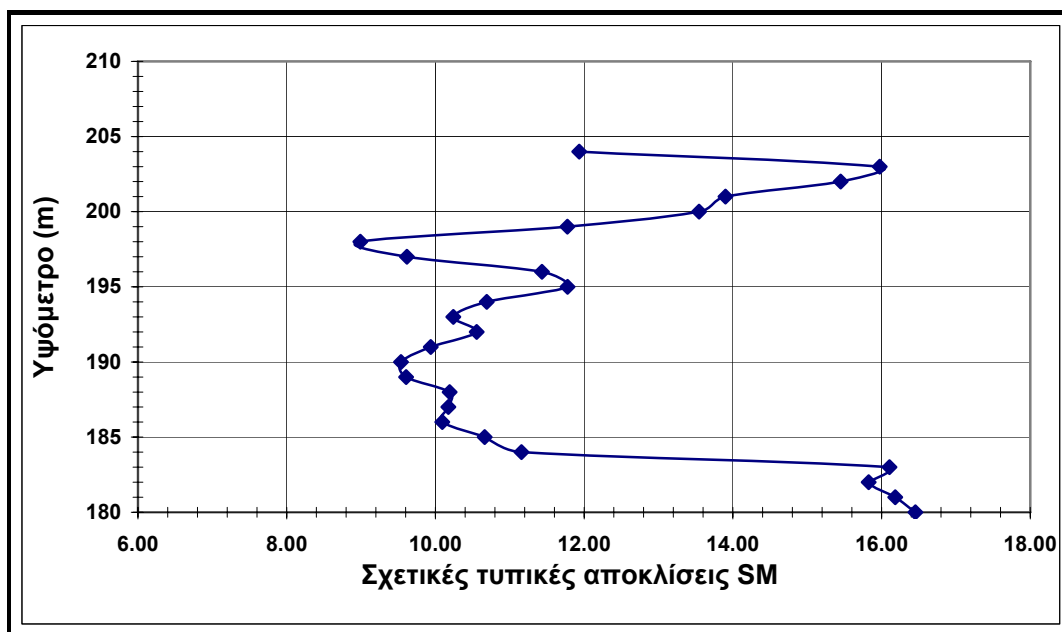
Σχήμα 5.30 Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του CaO των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



Σχήμα 5.31 Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του MgO των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



Σχήμα 5.32 Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του LSF των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου



Σχήμα 5.33 Διάγραμμα των σχετικών τυπικών αποκλίσεων του SM των σύνθετων δειγμάτων συναρτήσει του υψόμετρου

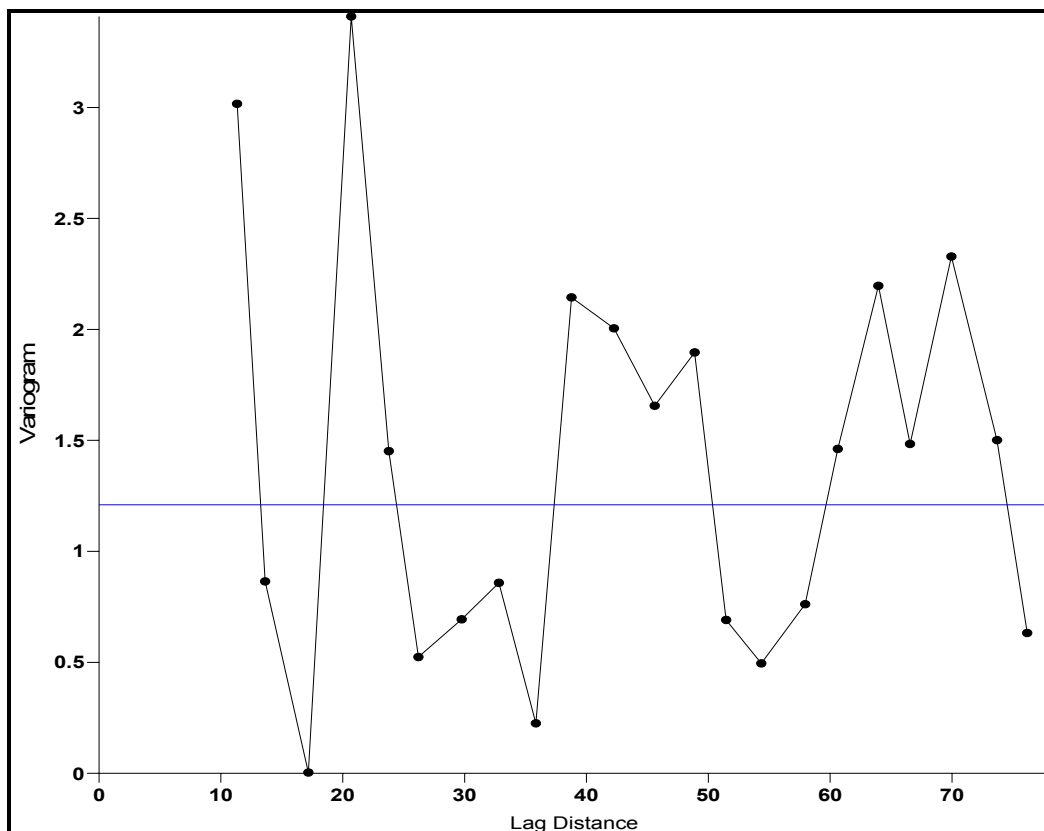
Από το Σχήμα 5.27 παρατηρείται μείωση της σχετικής τυπικής απόκλισης του SiO_2 από το υψόμετρο των 180m μέχρι 185m από 30 σε 15 αντίστοιχα. Επιπλέον από τα 185m μέχρι τα 204m η σχετική τυπική απόκλιση του SiO_2 μειώνεται στα 10. Στο Σχήμα 5.28 παρατηρείται μια αυξομείωση της σχετικής τυπικής απόκλισης του Al_2O_3 από 13 μέχρι 17 από τα 180m στα 195m, ενώ από τα 195m μέχρι τα 204m μειώνεται στο 11. Από το Σχήμα 5.29 παρατηρείται μια αυξομείωση της σχετικής τυπικής απόκλισης του Fe_2O_3 από τα 180 m στα 204m από 17 σε 11 αντίστοιχα. Στο Σχήμα 5.30 παρατηρείται μια μείωση της σχετικής τυπικής απόκλισης του CaO από το υψόμετρο 180m μέχρι 190m από 3.7 σε 1.5 αντίστοιχα, ενώ από τα 190m στα 204m αυξομειώνεται από 1.25 μέχρι 2.5. Από το Σχήμα 5.31 παρατηρείται μια μείωση της σχετικής τυπικής απόκλισης του MgO από τα 180m στα 197m από 10 σε 5 αντίστοιχα, ενώ από τα 197m μέχρι τα 204m υπάρχει μία αυξομείωση από 5 σε 18. Στο Σχήμα 5.32 η σχετική τυπική απόκλιση του L.S.F μειώνεται από τα 180m στα 204m από 22 σε 11. Τέλος στο Σχήμα 5.33 η σχετική τυπική απόκλιση του S.M μειώνεται από το υψόμετρο 180m μέχρι 185m από 16 σε 10, ενώ από τα 185m μέχρι τα 200m η σχετική τυπική απόκλιση μένει σταθερή στα 10.

5.4.3 Γεωστατιστική ανάλυση με την χρήση βαριογραμμάτων

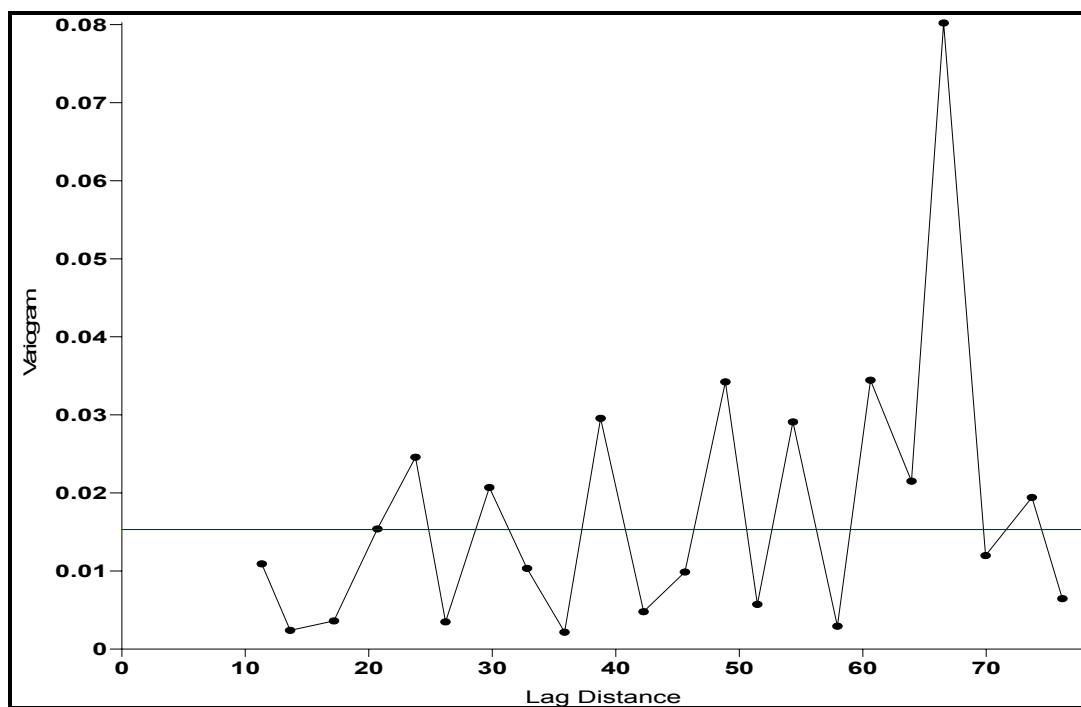
Στις προηγούμενες ενότητες έγινε στατιστική ανάλυση στα ποιοτικά στοιχεία των δειγμάτων από τις 32 γεωτρήσεις αλλά ιδιαίτερα και σε εκείνα των σύνθετων δειγμάτων για το υψόμετρο 180m, γιατί είναι απαραίτητο στην ανάπτυξη αξιόπιστου ψηφιακού μοντέλου. Η μέθοδος όμως που θα χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία ψηφιακού μοντέλου θα καθοριστεί από το βαριόγραμμα.

Με βάση τα αποτελέσματα των βαριογραμμάτων (Μέτρηση μεταβολής μιας χωρομεταβλητής) των ποιοτικών στοιχείων των δειγμάτων από τις 32 γεωτρήσεις, και από τον δείκτη LSF των σύνθετων δειγμάτων για το υψόμετρο 180m σε διάφορες διευθύνσεις, θα προσδιοριστεί η κατάλληλη μέθοδος για την δημιουργία ψηφιακού μοντέλου.

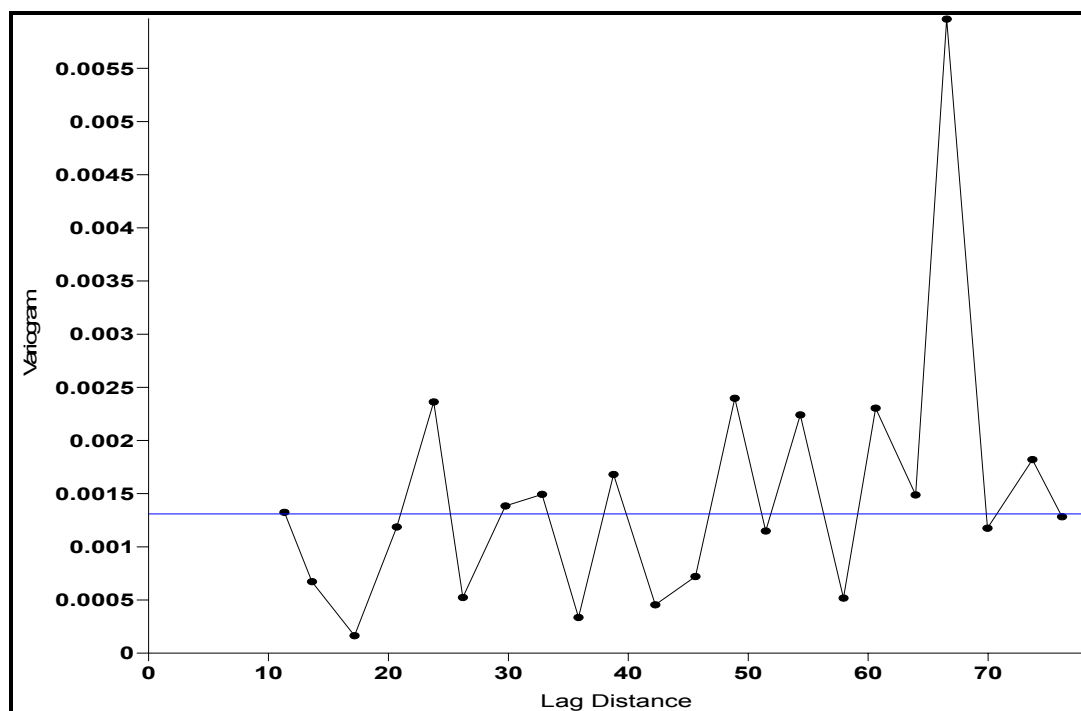
Τα βαριογράμματα των ποιοτικών στοιχείων των δειγμάτων από τις 32 γεωτρήσεις παρουσιάζονται στα Σχήματα 5.34 έως 5.40:



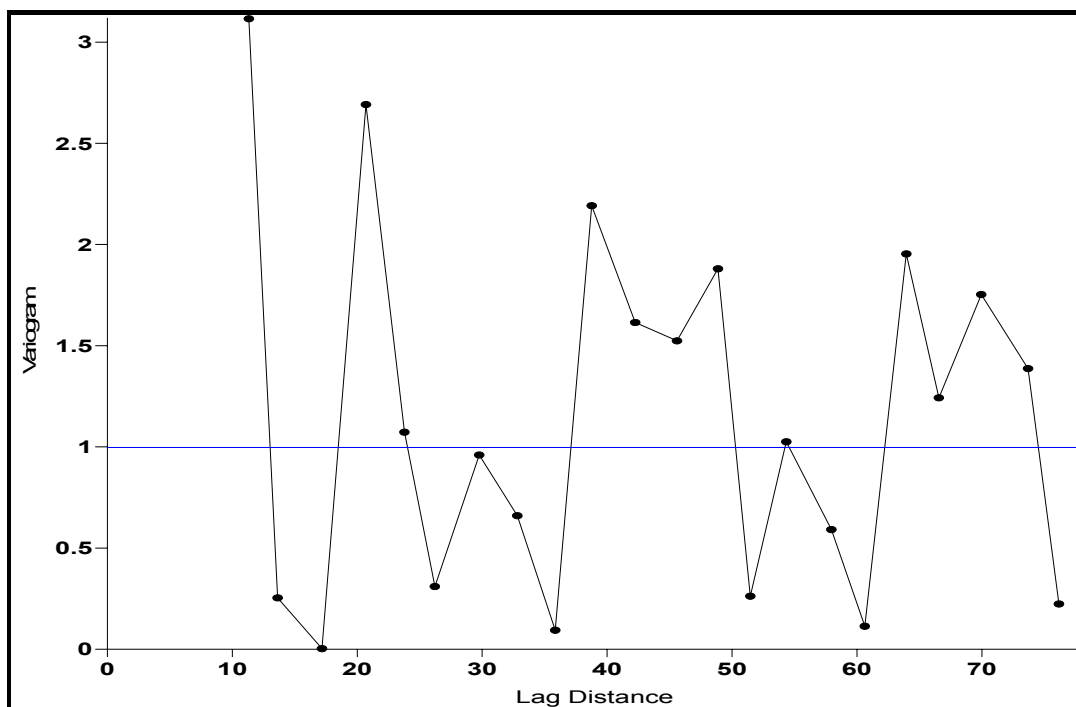
Σχήμα 5.34 Βαριόγραμμα των τιμών του SiO_2 για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης



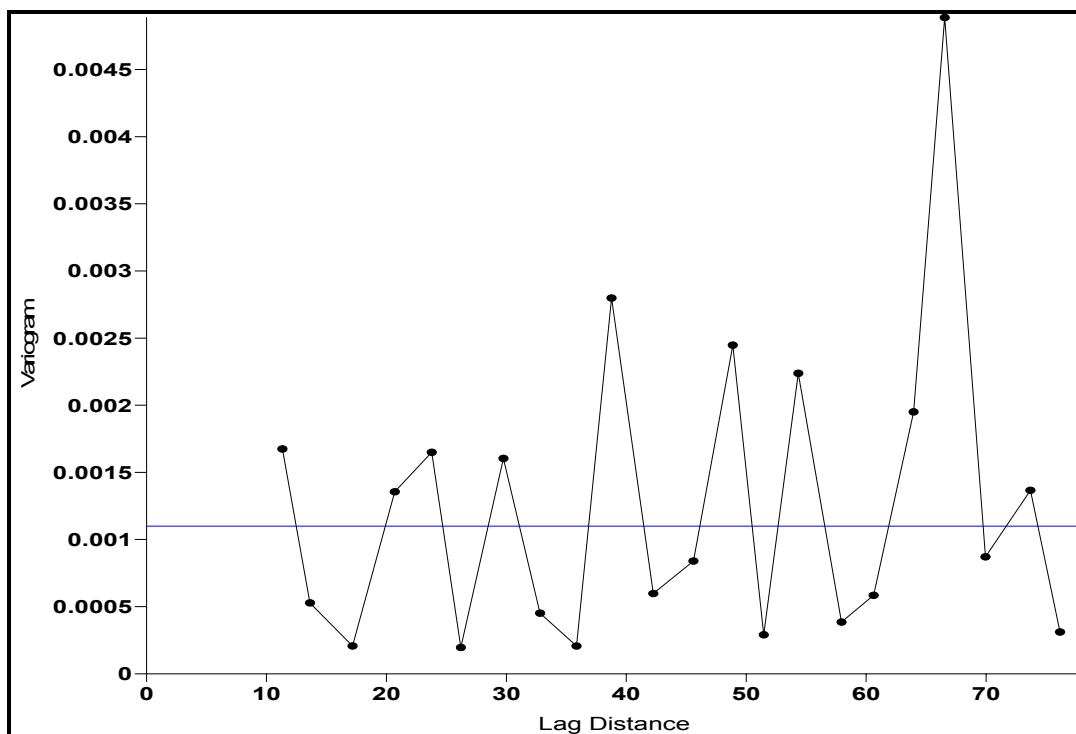
Σχήμα 5.35 Βαριόγραμμα των τιμών του Al_2O_3 για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης



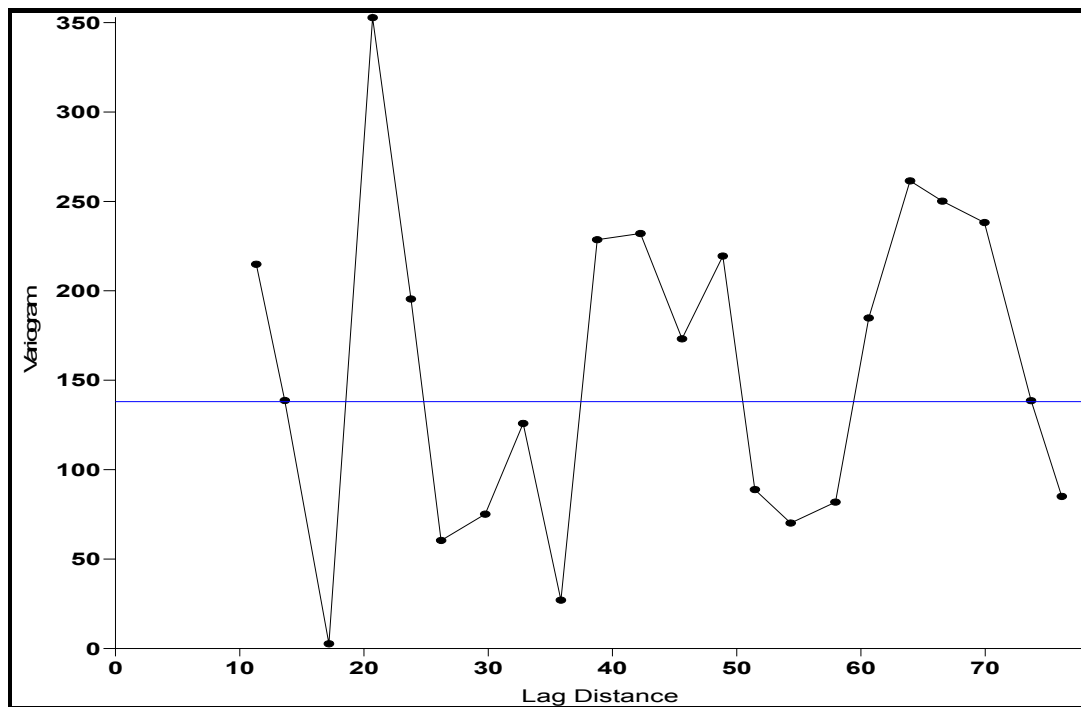
Σχήμα 5.36 Βαριόγραμμα των τιμών του Fe_2O_3 για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης



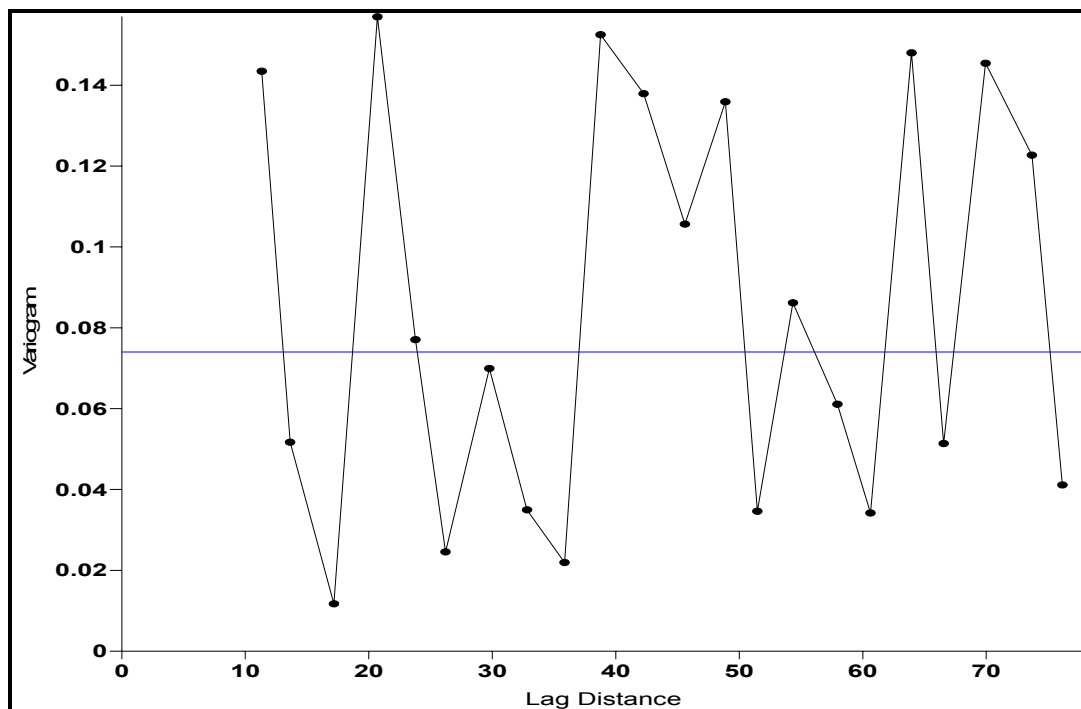
Σχήμα 5.37 Βαριόγραμμα των τιμών του CaO για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης



Σχήμα 5.38 Βαριόγραμμα των τιμών του MgO για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης

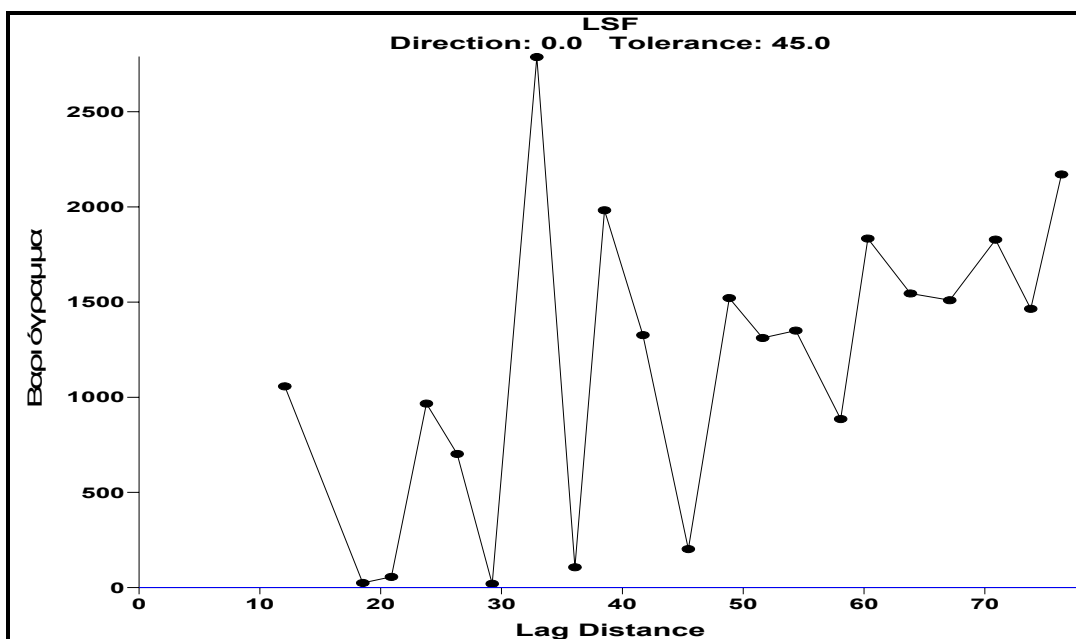


Σχήμα 5.39 Βαριόγραμμα των τιμών του LSF για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης

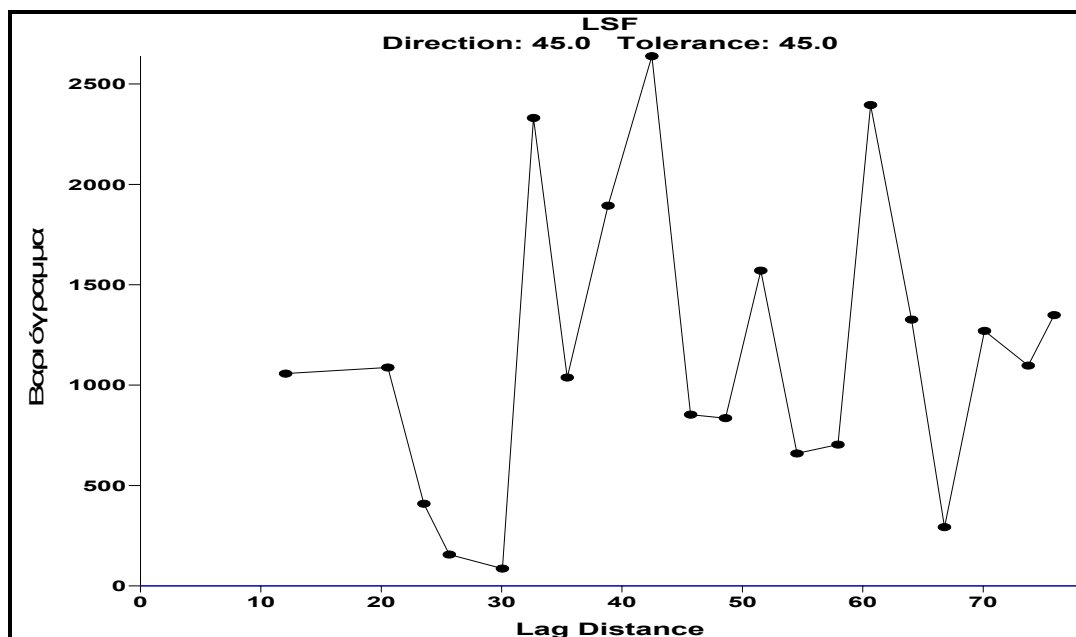


Σχήμα 5.40 Βαριόγραμμα των τιμών του SM για τα δείγματα των 32 γεωτρήσεων εντός της περιοχής μελέτης

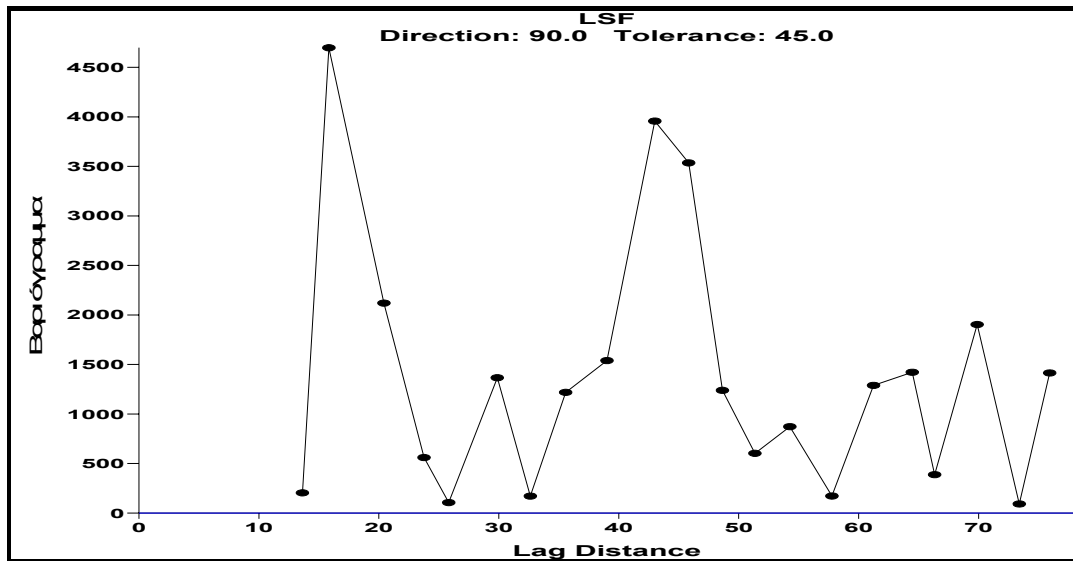
Τα βαριογράμματα για διάφορες διευθύνσεις των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m παρουσιάζονται παρακάτω:



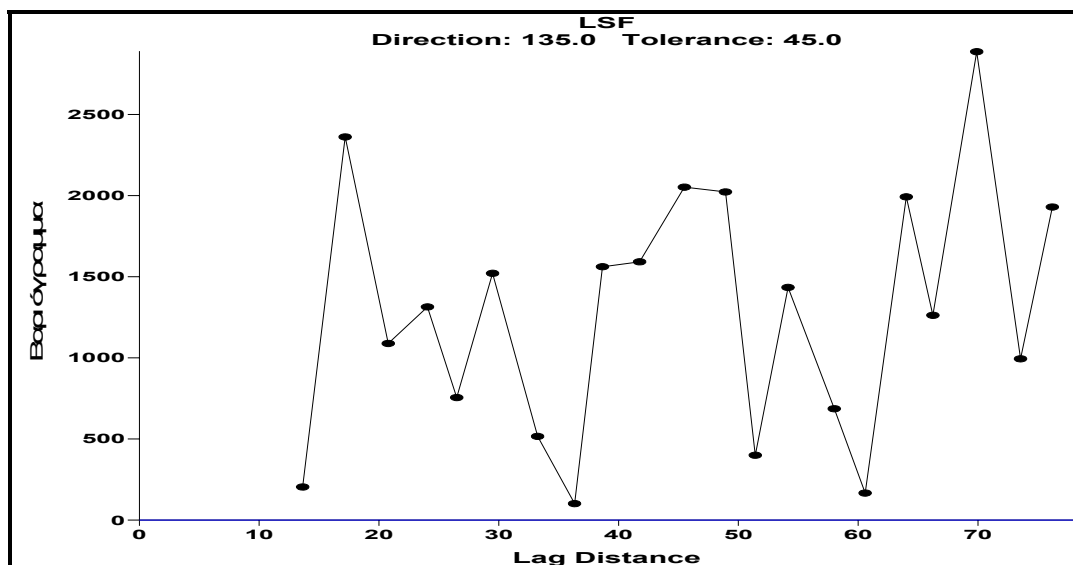
Σχήμα 5.41 Βαριόγραμμα των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m στην κατεύθυνση 0°



Σχήμα 5.42 Βαριόγραμμα των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m στην κατεύθυνση 45°



Σχήμα 5.43 Βαριόγραμμα των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m στην κατεύθυνση 90^ο



Σχήμα 5.44 Βαριόγραμμα των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m στην κατεύθυνση 135^ο

Τα βαριογράμματα των ποιοτικών στοιχείων των δειγμάτων από τις 32 γεωτρήσεις και των τιμών του L.S.F για τα σύνθετα δείγματα στο υψόμετρο 180m για κατευθύνσεις (0^ο, 45^ο, 90^ο, 135^ο) παρουσιάζουν τυχαιότητα και έλλειψη συσχέτισης της μεταβολής στο χώρο. Με δεδομένο τον τυχαίο παράγοντα, η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία ψηφιακού μοντέλου είναι των αντιστρόφων αποστάσεων (IDS).

6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ

6.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η ανάπτυξη ψηφιακού μοντέλου με την μέθοδο των αντιστρόφων αποστάσεων (IDS), για την υπό μελέτη περιοχή η οποία βρίσκεται εντός των ορίων του λατομείου ασβεστολίθου της Καλαβασού της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού. Επίσης περιγράφεται η διαδικασία με την οποία δημιουργήθηκε το ψηφιακό μοντέλο της παραμέτρου L.S.F χρησιμοποιώντας τις 32 γεωτρήσεις που υπάρχουν εντός της υπό μελέτη περιοχής. Δημιουργούνται τα 2D ψηφιακά μοντέλα της παραμέτρου L.S.F των οριζόντιων επιφανειών πάχους ενός μέτρου που προέκυψαν από τα σύνθετα δείγματα. Τα ψηφιακά 2D μοντέλα μπορούν να γίνουν και για τα άλλα ποιοτικά στοιχεία του πετρώματος, όμως στα πλαίσια αυτής της εργασίας δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην ποιοτική παράμετρο L.S.F που θεωρείται ιδιαίτερα κρίσιμη για την τσιμεντοβιομηχανία. Η σημασία της ποιοτικής παραμέτρου L.S.F θα σχολιαστεί εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

6.2 Η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων

Όπως αναφέρθηκε και στο 5^ο κεφάλαιο, ο σκοπός της δημιουργίας ενός ψηφιακού μοντέλου είναι, η όσο δυνατόν πιο πιστή αριθμητική αναπαράσταση των παραμέτρων που ενδιαφέρουν για την υπό μελέτη περιοχή. Στην παρούσα εργασία, για την αξιολόγηση της υπό μελέτη περιοχής χρησιμοποιήθηκε το δισδιάστατο μοντέλο με τετραγωνική κυψελίδα ενώ σαν μέθοδος παρεμβολής αυτή των αντιστρόφων αποστάσεων στο τετράγωνο. Όλοι οι υπολογισμοί καθώς και οι χάρτες έγιναν με το λογισμικό Surfer 8.0, της Golden Software.

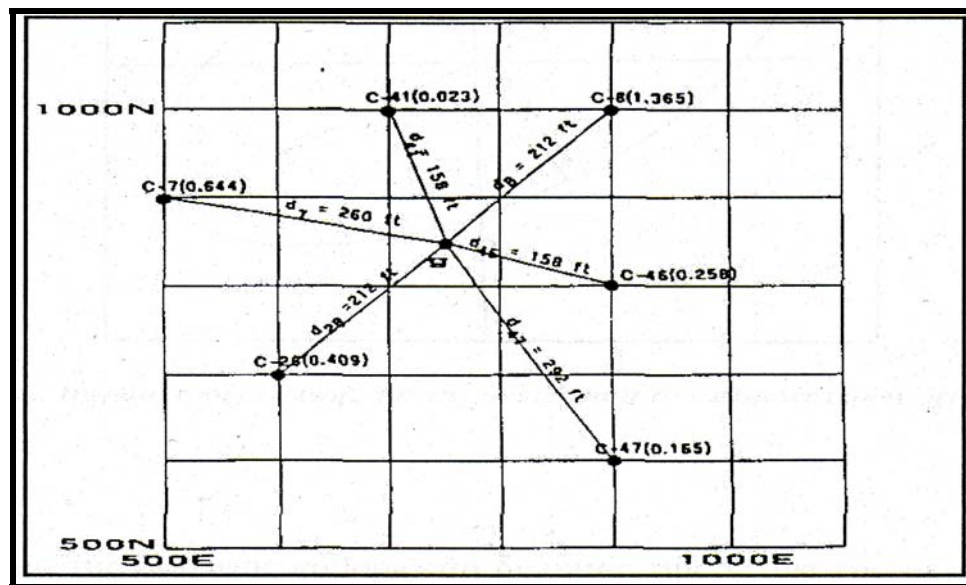
Η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων είναι μια μέθοδος σταθμικού μέσου, όπου για τον υπολογισμό της τιμής ενός στοιχειώδους όγκου (block) του κοιτάσματος χρησιμοποιούνται τα κ πλησιέστερα δείγματα που περιέχονται εντός μιας προκαθορισμένης περιοχής που ορίζεται από μια σφαίρα ακτίνας R. Ο συντελεστής στάθμισης για κάθε δείγμα που λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό είναι το αντίστροφο

της απόστασης του δείγματος από το κέντρο του στοιχειώδους όγκου υψωμένου σε μια δύναμη m . Ο υπολογισμός με τη μέθοδο αυτή, που είναι εμπειρική, βασίζεται στη αρχή ότι όσο πλησιέστερο στο μπλοκ είναι ένα δείγμα τόσο περισσότερο πρέπει να αυξάνεται ο συντελεστής επιρροής του στη διαμόρφωση του σταθμικού μέσου του μπλοκ. Η πιο συνηθισμένη παραλλαγή της μεθόδου των αντίστροφων αποστάσεων είναι η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων στο τετράγωνο, γνωστή και ως IDS (Inverse Distance Squared Method) (Γαλετάκης, 2002).

Για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας g_{block} του κέντρου ενός μπλοκ χρησιμοποιώντας τα k πλησιέστερα δείγματα (Σχήμα 6.1), χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση:

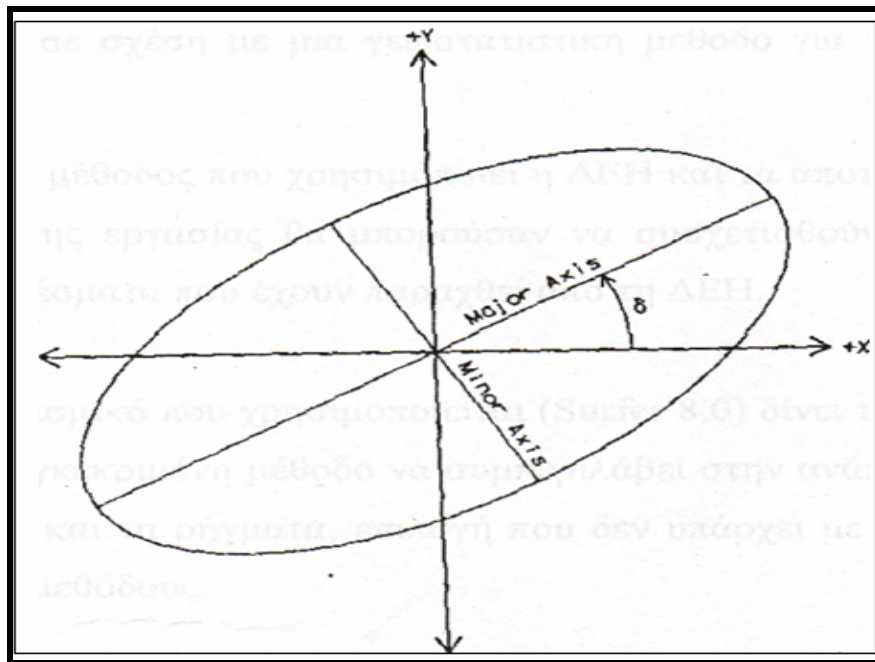
$$g_{\text{block}} = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{1}{d_i^2} g_i}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{d_i^2}}$$

όπου d_i η απόσταση του δείγματος i από το κέντρο του μπλοκ και g_i η περιεκτικότητα του δείγματος i .



Σχήμα 6.1 Υπολογισμός της περιεκτικότητας g_{block} του κέντρου ενός μπλοκ χρησιμοποιώντας τα k πλησιέστερα δείγματα με τη μέθοδο IDS (Γαλετάκης, 2002)

Για τον εντοπισμό των κ πλησιέστερων δειγμάτων που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από την ακτίνα R πολλές φορές, όταν η μεταβολή της παραμέτρου του κοιτάσματος που εξετάζεται παρουσιάζει ανισοτροπία, χρησιμοποιείται αντί για μια περιοχή ακτίνα R , περιοχή που ορίζεται από δύο ακτίνες R_{\max} και R_{\min} , που αντιπροσωπεύουν μια επιφάνεια ελλειπτική και όχι σφαιρική όπως συμβαίνει στην περίπτωση αναζήτησης εντός σφαίρας ακτίνας R . Για τον καθορισμό της έλλειψης αναζήτησης απαιτείται να καθοριστεί επίσης και η γωνία του μεγάλου ημιάξονα R_{\max} σε σχέση με τον οριζόντιο άξονα x (Σχήμα 6.2).



Σχήμα 6.2 Παράμετροι έλλειψης για την αναζήτηση των πλησιέστερων δειγμάτων
(Γαλετάκης, 2002)

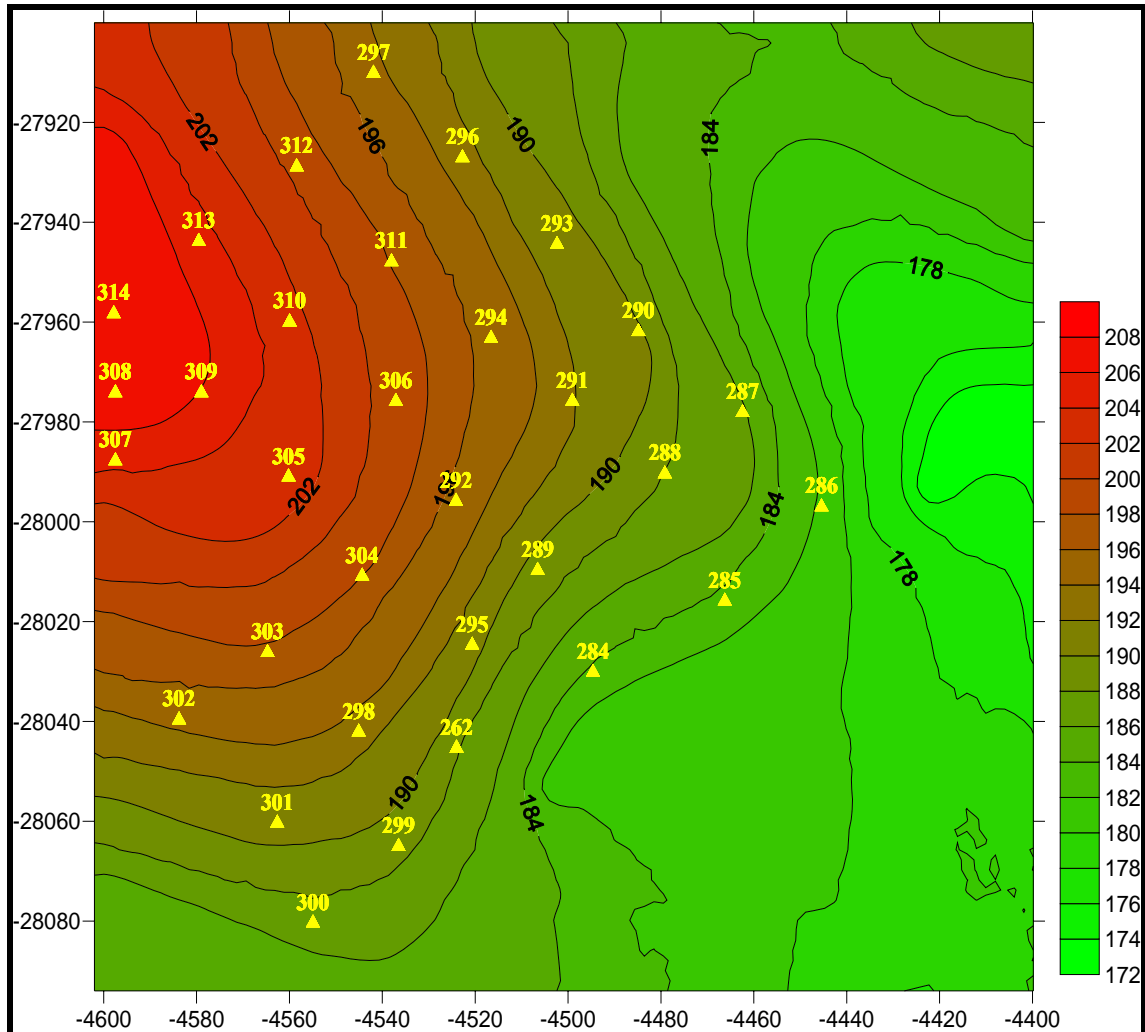
Το σχήμα της έλλειψης καθορίζεται δίνοντας την ακτίνα του μεγάλου ημιάξονα R_{\max} και το λόγο λ των ημιαξόνων που εκφράζει την ανισοτροπία της εξεταζόμενης παραμέτρου.

$$\lambda = R_{\min} / R_{\max}$$

Με βάση την καθορισμένη έλλειψη τροποποιούνται οι αποστάσεις d των δειγμάτων από το κέντρο του μπλοκ προκειμένου να ληφθεί υπόψη η ανισοτροπία (Γαλετάκης, 2002).

6.3 Διαδικασία ανάπτυξης του μοντέλου της υπό μελέτη περιοχής

Από το αρχείο των 32 γεωτρήσεων που περιλαμβάνει τα επεξεργασμένα στοιχεία (Παράρτημα Α σελ.164), δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα Surfer 8.0 αρχικά το σχεδιάγραμμα της υπό μελέτη περιοχής που περιέχει τις θέσεις των γεωτρήσεων καθώς και τις ισοϋψείς (Σχήμα 6.3).



Σχήμα 6.3 Σχεδιάγραμμα της υπό μελέτη περιοχής με τις θέσεις των γεωτρήσεων

Αφού δημιουργήθηκε ο παραπάνω χάρτης ακολούθησε η ανάπτυξη του ψηφιακού μοντέλου των ποιοτικών παραμέτρων της και συγκεκριμένα του LSF με την μέθοδο των αντιστρόφων αποστάσεων με τη χρήση του λογισμικού Surfer 8.0.

Από την στατιστική ανάλυση του αρχείου των 32 γεωτρήσεων για την παράμετρο LSF προέκυψαν στοιχεία όπως (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.1 Στατιστικά στοιχεία της παραμέτρου LSF από τα δείγματα των γεωτρήσεων

Στατιστικά στοιχεία της παραμέτρου LSF	
Ελάχιστο:	58,72
25% των τιμών:	118,08
Διάμεσος:	148,72
75% των τιμών:	177,19
Μέγιστο:	264,45
Μέσο:	161,59
Εύρος:	205,73
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	59,10
Μέση τιμή:	146,50
Τυπική απόκλιση:	40,09
Διασπορά:	1607,97
Συντελεστής Διακύμανσης:	0,27

- **Ελάχιστο:** Ελάχιστη τιμή του LSF
- **Μέγιστο:** Μέγιστη τιμή του LSF
- **Διάμεσος:** Παρουσιάζει το κέντρο των τιμών αν ταξινομηθούν σε αύξουσα σειρά. Οι μισές τιμές θα είναι μικρότερες του διαμέσου και οι μισές μεγαλύτερες.
- **Ποσοστιαίες τιμές:** Με τον ίδιο τρόπο που ο διάμεσος χωρίζει τις τιμές στα δύο έτση και τα τεταρτημόρια (quartiles) χωρίζουν τις τιμές στα τέσσερα. Εάν οι τιμές ταξινομηθούν σε αύξουσα σειρά τότε το 25% των τιμών θα βρίσκεται κάτω από το πρώτο τεταρτημόριο και το 25% πάνω από το τρίτο τεταρτημόριο.
- **Εύρος:** Μέγιστη τιμή - ελάχιστη τιμή. Μέσο: (ελάχιστη + μέγιστη τιμή)/2.

- **Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:** (75% των τιμών - 25% των τιμών) εύρος μεταξύ ποσοστιαίων σημείων.
- **Μέση τιμή**
- **Διασπορά:** Υπολογίζει το μέσο όρο των τετραγώνων των διαφορών των τιμών από τη μέση τιμή.
- **Τυπική απόκλιση:** Είναι η τετραγωνική ρίζα της διασποράς και υποδηλώνει το βαθμό απόκλισης των τιμών από τη μέση τιμή.
- **Συντελεστής ασυμμετρίας:** Αν ο συντελεστής ασυμμετρίας λαμβάνει τιμές πλησίον του 0 και ο διάμεσος είναι περίπου ίσος με την μέση τιμή τότε το ιστόγραμμα θεωρείται σχεδόν συμμετρικό.
- **Συντελεστής διακύμανσης:** Ο συντελεστής διακύμανσης ορίζεται ως ο λόγος της τυπικής απόκλισης προς τη μέση τιμή. Συντελεστής απόκλισης με τιμές μεγαλύτερες της μονάδας υποδηλώνει την παρουσία πολύ υψηλών τιμών, οι οποίες μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στη στατιστική ανάλυση.

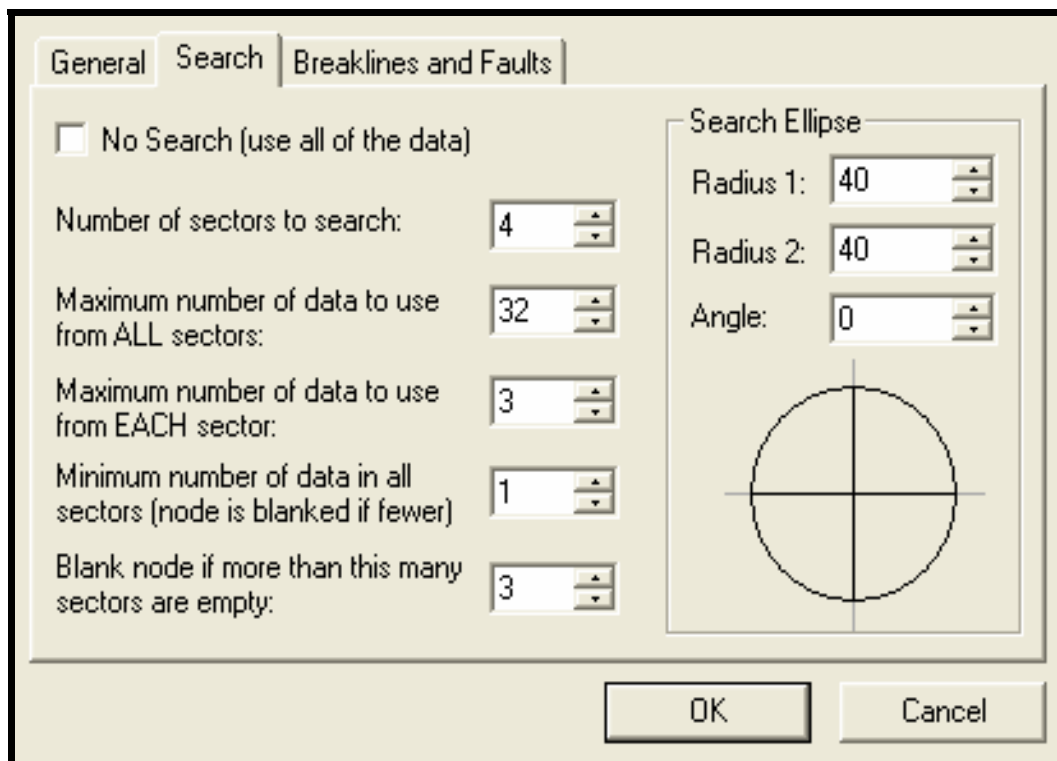
Με τη χρήση των στοιχείων του προηγούμενου πίνακα ορίστηκαν οι παράμετροι για τη λειτουργία της μεθόδου IDS.

Επίσης για τη λειτουργία της μεθόδου έπρεπε να διερευνηθεί αν το κοίτασμα παρουσιάζει ανισοτροπία ή όχι. Έχει βρεθεί ότι το LSF στο πέτρωμα της περιοχής που επιλέξαμε δεν παρουσιάζει ανισοτροπία (λόγο $\lambda=1$ και γωνία $\theta=0^\circ$). Επομένως για να λειτουργήσει σωστά η μέθοδος έπρεπε να δοθούν οι ακτίνες του κύκλου.

Οι ακτίνες του κύκλου ορίστηκαν ως $R_{\min} = 40$ και $R_{\max} = 40$. Οι ακτίνες επιλέχθηκαν μετά από διαδοχικές δοκιμές έτσι ώστε να έχουν αυτό το μέγεθος για να εξασφαλισθεί ότι σε κάθε τομέα του κύκλου της αναζήτησης θα υπάρχει έστω και ένα δείγμα.

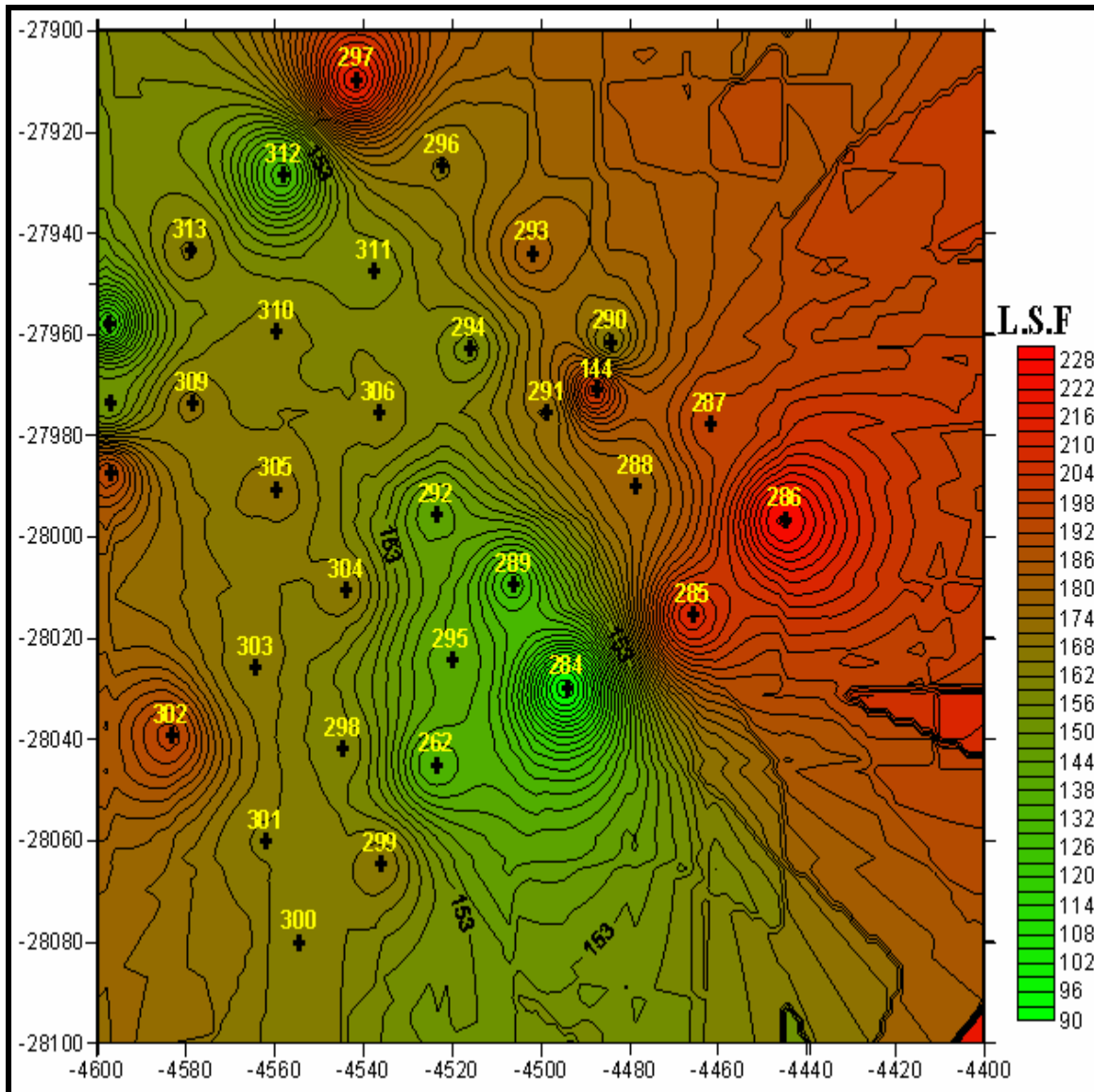
Τέλος, έπρεπε να οριστούν οι παράμετροι που αφορούν τους τομείς του κύκλου αναζήτησης καθώς και ο αριθμός των δεδομένων που θα υπάρχουν σε κάθε τομέα της έλλειψης αναζήτησης έτσι ώστε να προκύψουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα (Σχήμα 6.4).

- Ο αριθμός των τομέων του κύκλου είναι τέσσερεις (4).
- Ο μέγιστος αριθμός στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν στην αναζήτηση για όλους τους τομείς του κύκλου και είναι 32.
- Ο μέγιστος αριθμός στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν στην αναζήτηση για έναν τομέα του κύκλου και είναι τρία (3).
- Ο ελάχιστος αριθμός στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν στην αναζήτηση για όλους τους τομείς της έλλειψης και είναι ένα (1).
- Ο μέγιστος αριθμός τομέων που δεν περιέχουν στοιχεία και είναι τρία (3).



Σχήμα 6.4 Παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν με την μέθοδο IDS

Με βάση τις παραμέτρους που αναφέραμε πιο πάνω η ανάπτυξη του μοντέλου για το για το ποιοτικό χαρακτηριστικό L.S.F της επιλεγόμενης περιοχής φαίνεται στο Σχήμα 6.5.



Σχήμα 6.5 Χωρική κατανομή του LSF στην περιοχή του κοιτάσματος

Παρατηρείται ότι η χωρική κατανομή του L.S.F στο ψηφιοποιημένο μοντέλο, το οποίο προέκυψε από το σύνολο των γεωτρήσεων του κανάβου που έχει επιλεγεί, διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Αυτό το μοντέλο δίνει μία πρώτη εικόνα για το σύνολο του ασβεστολιθικού πετρώματος για το πώς μεταβάλλονται χωρικά οι τιμές του L.S.F. Είναι σημαντικό να είναι γνωστό η χωρική κατανομή των LSF για το σύνολο των δειγμάτων των γεωτρήσεων πριν κατασκευαστούν τα μοντέλα του LSF με βάση τα σύνθετα δείγματα.

6.4 Ανάπτυξη μοντέλων για τα σύνθετα δείγματα

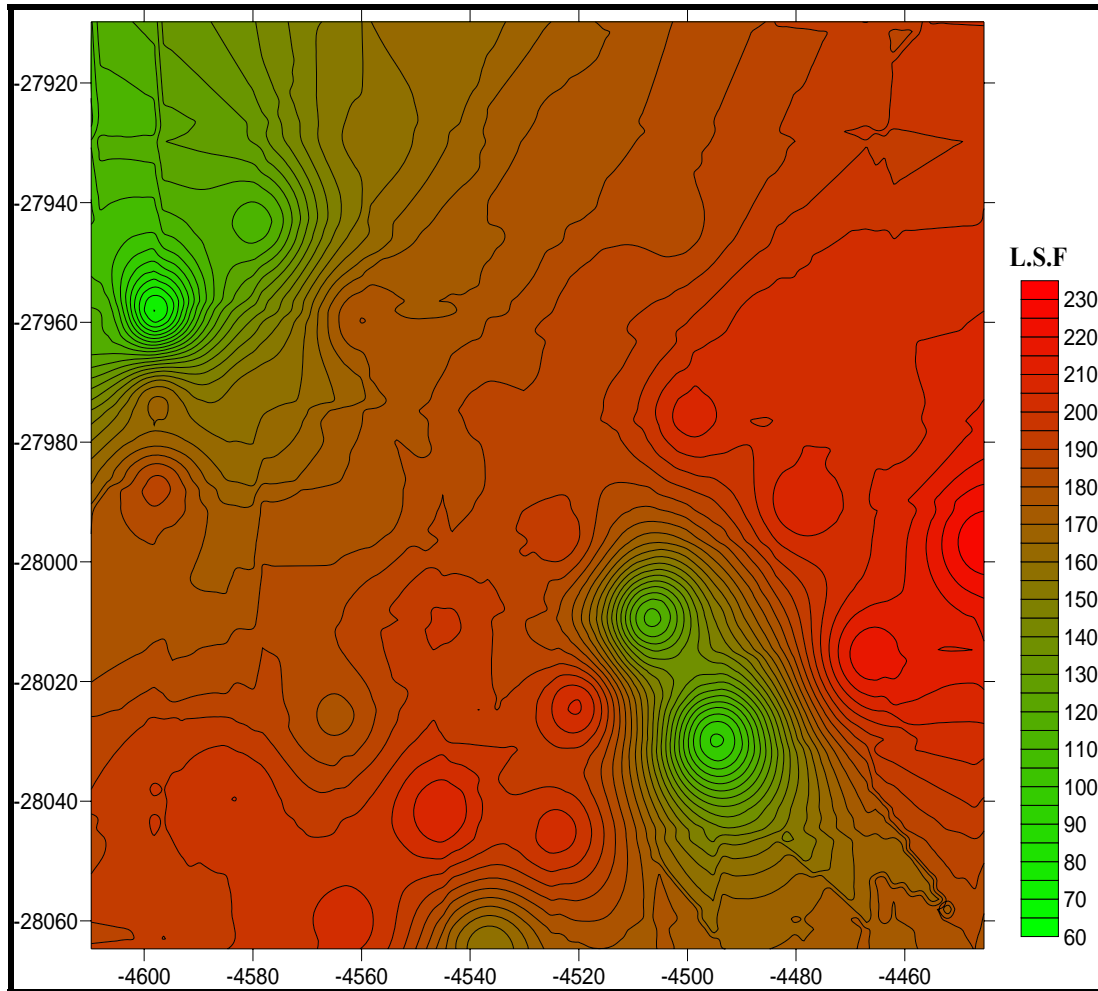
Προηγουμένως έγινε η ανάπτυξη των μοντέλων με την μέθοδο IDS για την παράμετρο LSF σε όλο τον όγκο του πετρώματος. Όμως όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια απαιτείται η ανάπτυξη 2D μοντέλων για το LSF σε οριζόντιες στρώσεις μικρού πάχους βασισμένες στα στοιχεία των σύνθετων δειγμάτων πάχους 1m. Αυτό είναι αναγκαίο γιατί τα χωρικά μοντέλα πρέπει να προσαρμοστούν στα λειτουργικά χαρακτηριστικά του Surface Miner 2200 SM. Αν και το Surface Miner 2200 SM έχει βάθος κοπής 25 cm οπότε η ανάπτυξη 2D μοντέλων θα έπρεπε να γίνει σε οριζόντιες επιφάνειες πάχους 25 cm, επιλέχτηκε πάχος 1 m γιατί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πετρώματος δεν μεταβάλλονται ραγδαία με το πάχος αλλά κυρίως επειδή δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία από τις γεωτρήσεις για δείγματα τόσο μικρού πάχους. Η ανάπτυξη των μοντέλων με την μέθοδο IDS για τις οριζόντιες επιφάνειες πάχους ενός μέτρου έγινε με την ίδια διαδικασία που εφαρμόστηκε και προηγούμενος για την ανάπτυξη του μοντέλου του συνολικού κοιτάσματος της περιοχής μελέτης.

Παίρνοντας τα αποτελέσματα των σύνθετων δειγμάτων για το υψόμετρο των 180 m μέχρι 204 m και αναπτύσσοντας τα μοντέλα, προέκυψαν τα στατιστικά στοιχεία των παραμέτρων LSF και τα ψηφιοποιημένα μοντέλα των χωρικών κατανομών του LSF (Παράρτημα Α σελ184). Τα στατιστικά στοιχεία για το LSF της οριζόντιας επιφάνεια πάχους ενός μέτρου στο υψόμετρο των 180 m φαίνονται στο Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2 Στατιστικά στοιχεία του LSF της οριζόντιας επιφάνεια πάχους ενός μέτρου στο υψόμετρο 180 m

Στατιστικά στοιχεία της παραμέτρου LSF	
Αριθμός σύνθετων δειγμάτων	32
Ελάχιστο:	69.74
25% των τιμών:	162.08
Διάμεσος:	186.40
75% των τιμών:	202.96
Μέγιστο:	228.62
Μέσο:	149.18
Εύρος:	158.88
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	40.88
Μέση τιμή:	175.50
Τυπική απόκλιση:	37.24
Διασπορά:	1386.82
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.21

Η μεταβολή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους ενός μέτρου στα 180 m υψόμετρο φαίνεται στο Σχήμα 6.6.



Σχήμα 6.6 Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180 m

Παρατηρείται ότι η χωρική κατανομή του L.S.F στο ψηφιοποιημένο μοντέλο της οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180m (Σχήμα 6.6) διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Συγκρίνοντας τα ψηφιακά μοντέλα (Σχήμα 6.5) και (Σχήμα 6.6), διαπιστώνουμε ότι εμφανίζουν παραπλήσιες χωρικές διακυμάνσεις του LSF.

Και στα δύο μοντέλα η χωρική κατανομή του L.S.F έχει την τάση να μειώνεται ομοκεντρικά στις περιοχές με συντεταγμένες $[X(-4520)-(-4470), Y(-28000)-(-28050)]$, $[X(-4610)-(-4570), Y (-27920)-(-27970)]$.

7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΕ ΤΟ SURFACE MINER 2200 SM

7.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η σημασία του δείκτη L.S.F στην λατομική και παραγωγική διαδικασία της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά εξόρυξης του μηχανήματος Surface Miner 2200 SM.

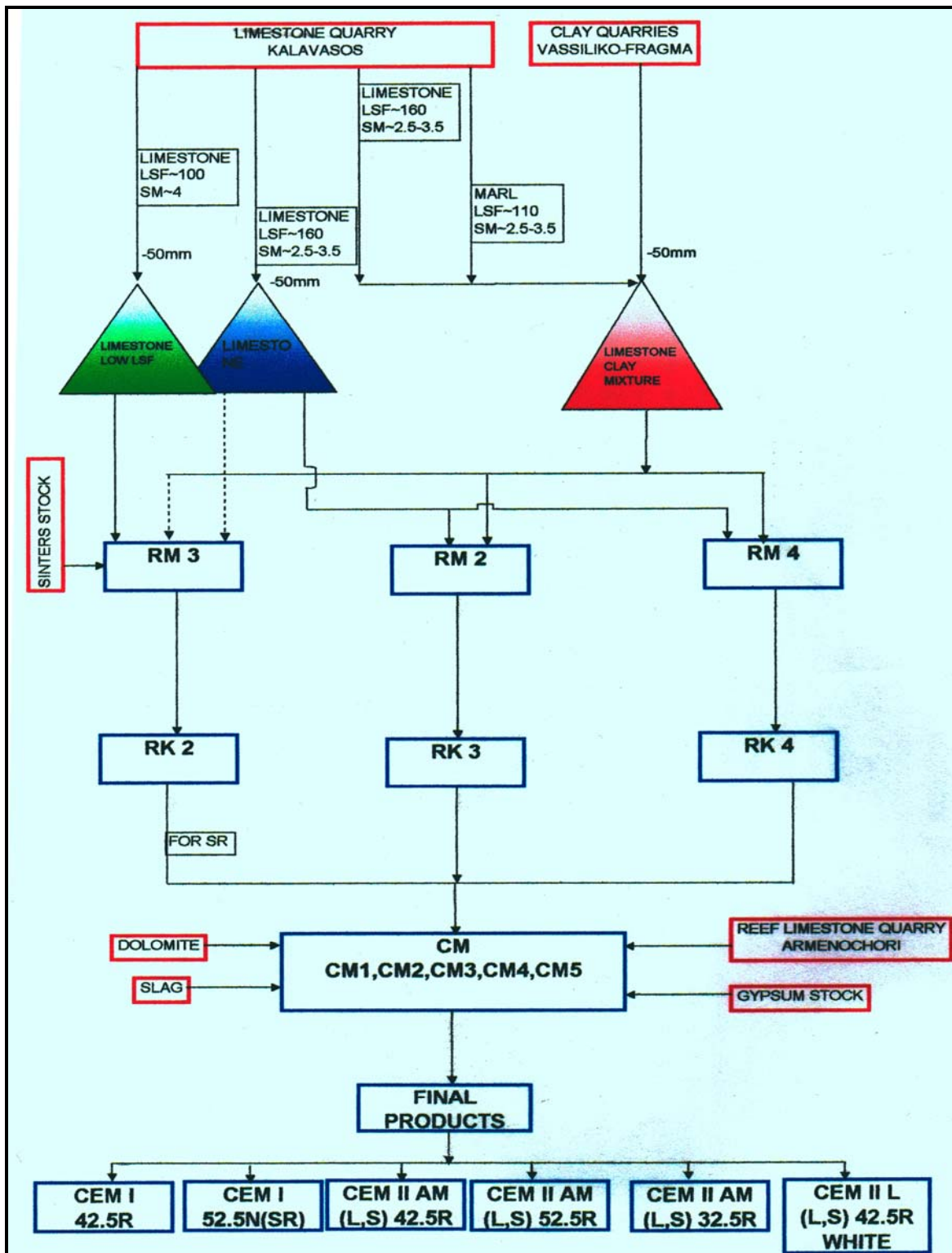
Έμφαση δίνεται στην συσχέτιση της μορφής της χωρικής κατανομής του LSF και της διαδικασίας εξόρυξης με την ποιότητα του εξορυσσόμενου ασβεστολίθου. Επίσης η σημασία του ομογενοποιημένου εξορυσσόμενου υλικού η σύγκριση της μεθόδου συνεχούς εξόρυξη με την αντίστοιχη μέθοδο με βαθμίδες (διάτρηση – ανατίναξη).

7.2 Η σημασία του L.S.F στην λατομική και παραγωγική διαδικασία

Η χημική και ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τσιμέντου και γενικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός σχηματισμού όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες στη σωστή λειτουργία του εργοστασίου αφού διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του τσιμέντου που θα παραχθεί.

Η σημασία των ποιοτικών παραμέτρων των πετρωμάτων και συνεπώς της πρώτης ύλης στην παραγωγική διαδικασία για την τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού παρουσιάζεται σχηματικά στο Σχήμα 7.1. Κάθε στοιχείο του μείγματος των πρώτων υλών έχει τη δική του ανεξάρτητη επίδραση στην παραγωγική διαδικασία και στην ποιότητα του κλίνκερ.

Η αυξομείωση των τιμών του κάθε στοιχείου στο υλικό της πρώτης ύλης και συνεπώς στο λατομείο, από περιοχή σε περιοχή πρέπει να ληφθεί υπόψη, γιατί είναι αδύνατο να μεταβάλλεται συνεχώς η παραγωγική διαδικασία του εργοστασίου ώστε να προσαρμοστεί στις αυξομειώσεις των τιμών αυτών. Αυτό που απαιτείται να προσαρμοστεί με κατάλληλες διαδικασίες ελέγχου είναι τα ποιοτικά στοιχεία της πρώτης ύλης στην παραγωγική διαδικασία του εργοστασίου. Τα αποδεκτά όρια ποιότητας της πρώτης ύλης καθορίζονται από το χημείο του εργοστασίου που φέρει και την ευθύνη για την ποιότητα του τσιμέντου.



Σχήμα 7.1 Παραγωγική διαδικασία της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού
(T.B, 2007)

Η μελέτη των χημικών στοιχείων του ασβεστολίθου και της αργίλου είναι σημαντική, αλλά σημαντικότερη είναι η μελέτη συγκεκριμένων δεικτών που υπολογίζονται από την χημική σύσταση. Ο σημαντικότερος δείκτης για το χαρακτηρισμό της ποιότητας και της εκμετάλλευσης ενός ασβεστόλιθου, είναι ο βαθμός κορεσμού σε άσβεστο (Lime Saturation Factor ή LSF).

Το L.S.F του ασβεστολίθου, που τροφοδοτεί το εργοστάσιο πρέπει να έχει συγκεκριμένες τιμές. Αυτές οι τιμές επηρεάζουν την ποιότητα του τσιμέντου, αλλά και τις ποσότητες αργίλου και ασβεστολίθου που πρέπει να αναμειχθούν ώστε τα ποιοτικά στοιχεία του ενός μείγματος να είναι επιτρεπτά. Και αυτό γιατί η αναλογία στην ανάμιξη δεν μπορεί να αλλάζει συνεχώς.

Η τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd, εφαρμόζοντας τη δική της πολιτική ποιότητας έχει καθορίσει συγκεκριμένες τιμές του L.S.F που πρέπει να έχει ο ασβεστόλιθος πριν την ανάμιξη με την άργιλο. Για τις τιμές αυτές φέρει την ευθύνη ο μηχανικός του λατομείου, που πρέπει να τις κρατάει σε επιτρεπτά όρια, τα οποία είναι ανεξάρτητα με τον τρόπο εξόρυξης του ασβεστόλιθου, δηλαδή αν η μέθοδος αυτή είναι η συμβατική (διάτρηση και ανατίναξη) ή με ένα σύστημα συνεχούς κοπής, όπως αυτό που μελετάται στην παρούσα εργασία.

Ο μηχανικός έχει την δυνατότητα να κάνει τις αναγκαίες διαδικασίες και βελτιώσεις, ώστε το L.S.F του ασβεστολίθου που φτάνει στο εργοστάσιο να έχει τις αποδεκτές τιμές ανεξάρτητα ο τρόπος εξόρυξης που εφαρμόζεται. Αυτό γίνεται γιατί οι τιμές του L.S.F από περιοχή σε περιοχή στο λατομείο είναι διαφορετικές. Πρέπει να αναμειξεί υλικό το οποίο προέρχεται από διαφορετικά σημεία του λατομείου. Γι'αυτό από μια επιφάνεια εξόρυξης και γενικά από κάθε επιφάνεια που εξορύσσεται με χρήση Surface Miner είναι αναγκαίο το υλικό που θα εξορυχθεί να είναι ομοιογενές, για να είναι σταθερές οι τιμές των ποιοτικών του στοιχείων, ώστε αν χρειαστεί να αναμειχθεί με ένα με ένα άλλο υλικό με σταθερές τιμές στα ποιοτικά του στοιχεία, να εξασφαλίζονται οι απαιτούμενες ποιότητες και αναλογίες. Η ανάμιξη των διαφόρων ποιοτήτων ασβεστολίθου, πραγματοποιείται σε χώρους απόθεσης ή κατευθείαν στους σπαστήρες (πρωτογενής ομογενοποίηση). Οπότε ο τρόπος εξόρυξης με το Surface Miner εξαρτάται από πολλούς μεταβαλλόμενους παράγοντες.

7.3 Λειτουργικά χαρακτηριστικά εξόρυξης του Surface Miner 2200 SM

Στην εργασία αυτή εξετάζεται η χωρική κατανομή του δείκτη L.S.F, με σκοπό να προσαρμοστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το Surface Miner, στην υπό εξόρυξη επιφάνεια. Έχοντας ως δεδομένα όλα τα στοιχεία που χρειάζονται για το σχεδιασμό της εξόρυξης στην επιφάνεια που αποφασίστηκε, είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν κατηγορίες εξόρυξης για διάφορες τιμές του L.S.F. Αυτό είναι σημαντικό, γιατί αυτά τα σενάρια σχεδιασμού εξόρυξης σε σχέση με τις χωρικές κατανομές του δείκτη L.S.F είναι χρήσιμα και αναγκαία για οποιαδήποτε επιφανειακή εκμετάλλευση λατομείου ασβεστολίθου.

Πριν αρχίσουμε να διαμορφώνουμε τα σενάρια σχεδιασμού εξόρυξης που απαιτούνται. Από εργοστασιακές προδιαγραφές, και από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και από την ήδη υπάρχουσα λειτουργία του σε λατομείο της Κυπριακής Εταιρείας Τσιμέντων Ltd (Σχήμα 7.2) το Surface Miner 2200 SM έχει εκείνα τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, ώστε να είναι κατάλληλο στην εξόρυξη ασβεστολίθου. Το ίδιο μηχάνημα δόθηκε δοκιμαστικά από την Κυπριακή Εταιρεία Τσιμέντων Ltd στην τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd, ώστε να κάνει διάφορες δοκιμές στο δικό της λατομείο (Σχήμα 7.3).

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του Surface Miner 2200 SM, για το σχεδιασμό της εξόρυξης μια επιφάνειας είναι:

- Πλάτος κοπής 2200 mm.
- Βάθος κοπής 250 mm.
- Μέση ταχύτητα πορείας 4,33 m/min

Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία:

- Πυκνότητα ασβεστολίθου $2,1 \text{ g/cm}^3$.
- Ύψος παραγωγής περίπου 300 t υλικού/h – προκύπτει ότι σε μία ώρα εξορύσσεται λωρίδα μήκους 260 m.



Σχήμα 7.2 Εξόρυξη ασβεστολίθου με το Surface Miner 2200 SM σε λατομείο της Κυπριακής Εταιρείας Τσιμέντων Ltd



Σχήμα 7.3 Δοκιμαστική εξόρυξη του μηχανήματος στην τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd

Πριν αρχίσει την εξόρυξη το Surface Miner 2200 SM πρέπει να κάνει την πρώτη λωρίδα εκσκαφής από τα όρια του πρανούς, ώστε να δημιουργήσει τα νέα όρια και να οριοθετήσει την εκσκαφή. Αρχίζοντας την εξόρυξη στα όρια του πρανούς είναι ανάγκη να αφήσει μια απόσταση από τα παλαιά όρια, η οποία πρέπει να είναι όσο και το πάχος εκσκαφής δηλαδή 250 mm, ώστε να δημιουργήσει πρανές με γωνία κλίσης 45°. Πρέπει να αναφερθούν ότι τα οχήματα (χωματουργικά αυτοκίνητα) που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά του εξορυσσόμενου υλικού πρέπει να βρίσκονται στην εξορυγμένη επιφάνεια όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.4, εκτός από τις πρώτες δυο ή τρεις λωρίδες εκσκαφής.



Σχήμα 7.4 Το μεταφορικό μέσον του υλικού στην εξορυγμένη επιφάνεια

Επίσης πρέπει να διαμορφωθεί η μορφολογία της περιοχής εξόρυξης ώστε να είναι εύκολη και προσβάσιμη στην περιοχή η διακίνηση του Surface Miner 2200 SM, αλλά και των άλλων μηχανημάτων. Απαιτείται επίσης να χρησιμοποιηθούν προωθητές για να εξομαλυνθεί η πρώτη επιφάνεια, σχεδόν οριζόντια, ώστε και το Surface Miner 2200 SM να διενεργεί οριζόντιες εκσκαφές.

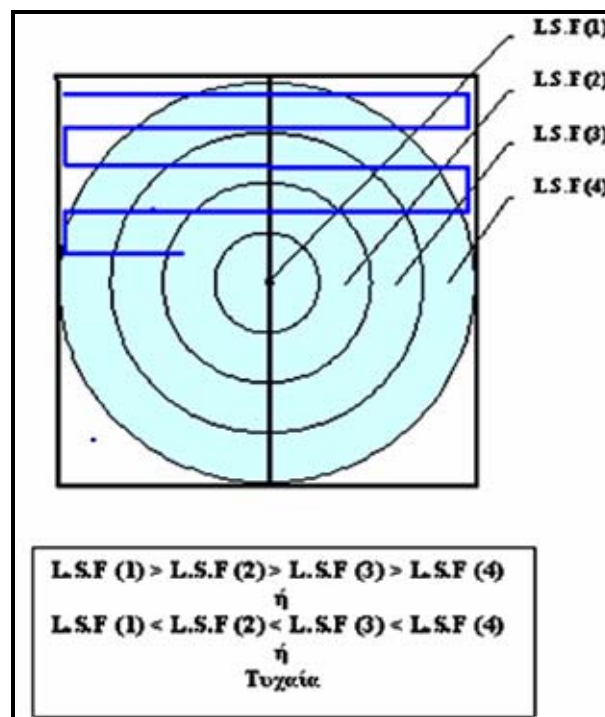
7.4 Κατηγοριοποίηση των χωρικών κατανομών του L.S.F

Εξετάστηκαν οι παρακάτω τύποι χωρικών κατανομών του LSF και μελετήθηκε η επίδραση τους στην ποιότητα του εξορυσσόμενου ασβεστολίθου σε σχέση με την πορεία εξόρυξης του Surface Miner:

1. Η χωρική κατανομή του L.S.F με την ύπαρξη τάση (τάση 1^{ου} και 2^{ου} βαθμού).
2. Η χωρική κατανομή του L.S.F είναι τυχαία.
3. Η χωρική κατανομή του L.S.F χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τάσης και τυχειότητας.

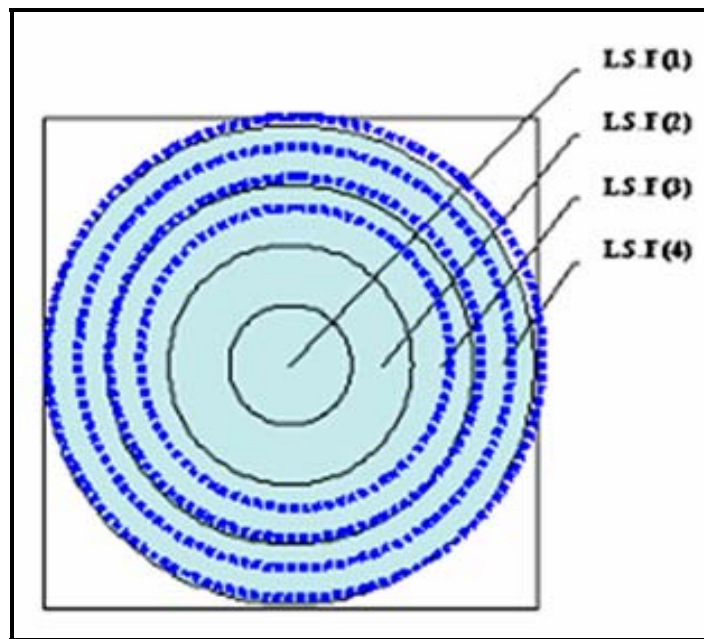
7.4.1 Χωρική κατανομή του L.S.F με την ύπαρξη τάσης

Στο πρώτο σενάριο για το σχεδιασμό της εξόρυξης θεωρήθηκε χωρική κατανομή του L.S.F να χαρακτηρίζεται από τάση που περιγράφεται ικανοποιητικά με τη μορφή των ομόκεντρων κύκλων (Σχήμα 7.5). Η τιμές του L.S.F αυξάνονται ή μειώνονται από την περιφέρεια στο κέντρο και το αντίθετο. Στην περίπτωση αυτή προκειμένου να εξορύσσεται όσο το δυνατό ομοιογενές υλικό πρέπει η διαδρομή εκσκαφής του Surface Miner 2200 SM να είναι κάθετη ως προς τη διάμετρο του κύκλου, μέχρι να εξοφληθεί όλη η επιφάνεια.



Σχήμα 7.5 Χωρική κατανομή του L.S.F με τη μορφή ομόκεντρων κύκλων

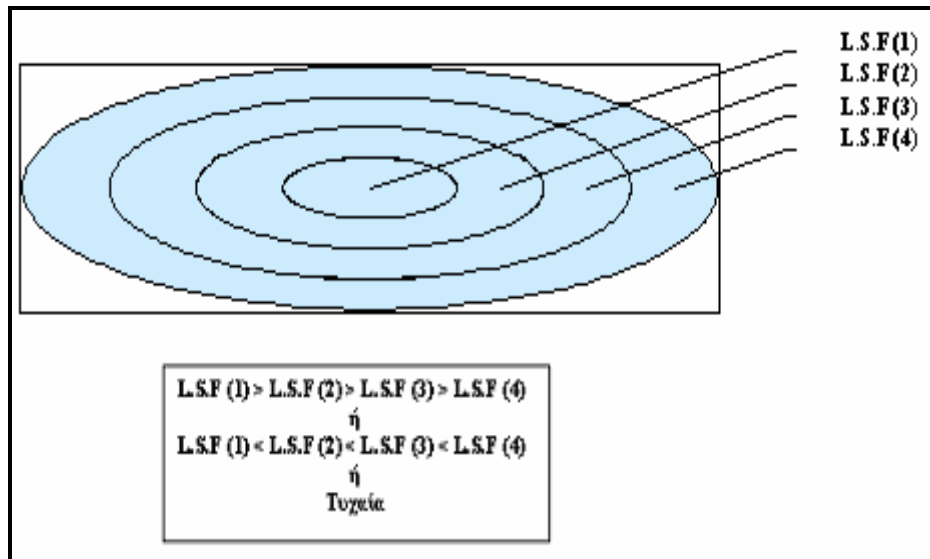
Ο σχεδιασμός αυτός είναι εφικτός όταν οι διαστάσεις της επιφάνειας (έχοντας υπόψη ότι σε μια ώρα το μηχάνημα διανύει 260 m) είναι μεγάλες, ώστε να μην αναγκάζεται σε μικρά χρονικά διαστήματα να κάνει στροφές γωνιάς 180^0 μοιρών και να αλλάζει την πλευρά του βραχίονα της μεταφορικής ταινίας, αφού τα φορτηγά πρέπει να βρίσκονται στην εξοφλημένη επιφάνεια. Σε μικρές διαστάσεις επιφανείας η πιο εύκολη για το μηχάνημα διαδρομή είναι η περιμετρική, δηλαδή από την περιφέρεια προς το κέντρο (Σχήμα 7.6) και τότε μάλιστα δεν απαιτείται ο βραχίονας της μεταφορικής ταινίας να αλλάζει πλευρά, αφού το μηχάνημα κάνει ομόκεντρους κύκλους και όχι στροφές 180^0 .



Σχήμα 7.6 Περιμετρική διαδρομή κοπής του Surface Miner 2200 SM

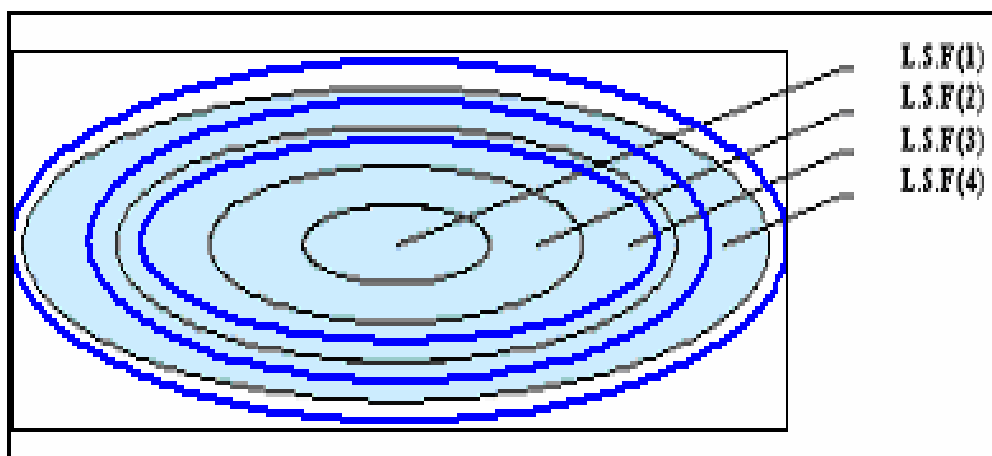
Κατά την περιμετρική διαδρομή του Surface Miner η τιμή του L.S.F μέσα στο υλικό εξόρυξης στην διάρκεια μιας ώρας δεν θα είναι σταθερή ως προς την μέση τιμή του L.S.F του συνολικού υλικού της επιφάνειας. Εφόσον η χωρική κατανομή του L.S.F έχει την τάση να αυξομειώνεται με την μορφή των ομόκεντρων κύκλων και η κατάλληλη πορεία εξόρυξης είναι κάθετη ως προς την διάμετρο ενώ ταυτόχρονα η επιφάνεια εξόρυξης έχει μικρές διαστάσεις, τότε προκύπτει ότι η εξόρυξη με Surface Miner είναι μη ενδεικνυόμενη και προτιμάται σε τέτοιες περιπτώσεις η συμβατική μέθοδος.

Μια άλλη μορφή τάσης που μπορεί να ενταχθεί στο σενάριο αυτό είναι όταν η χωρική κατανομή του L.S.F να είναι με την μορφή ομόκεντρων ελλείψεων (Σχήμα 7.7).



Σχήμα 7.7 Χωρική κατανομή του L.S.F με τη μορφή ομόκεντρων ελλείψεων

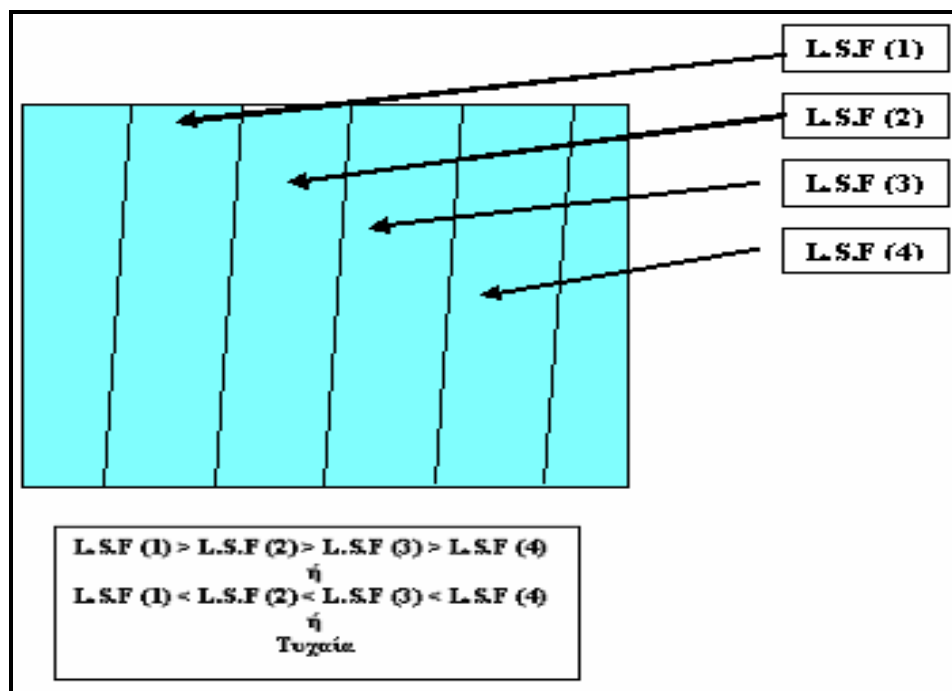
Με αυτήν τη μορφή η ιδανικότερη ως προς την ομογενοποίηση του L.S.F διαδρομή εξόρυξης, είναι η κάθετη στον άξονα με τη μεγαλύτερη διάσταση, εφόσον το επιτρέπουν οι διαστάσεις της επιφάνειας. Και αυτό είναι προφανές επειδή αν εξόρυξη σε ελλειψοειδές διενεργείται από την περιφέρεια στο κέντρο, δεν θα προέκυπτε ομογενοποιημένο υλικό (Σχήμα 7.8).



Σχήμα 7.8 Διαδρομή του Surface Miner περιμετρικά των ομόκεντρων ελλείψεων

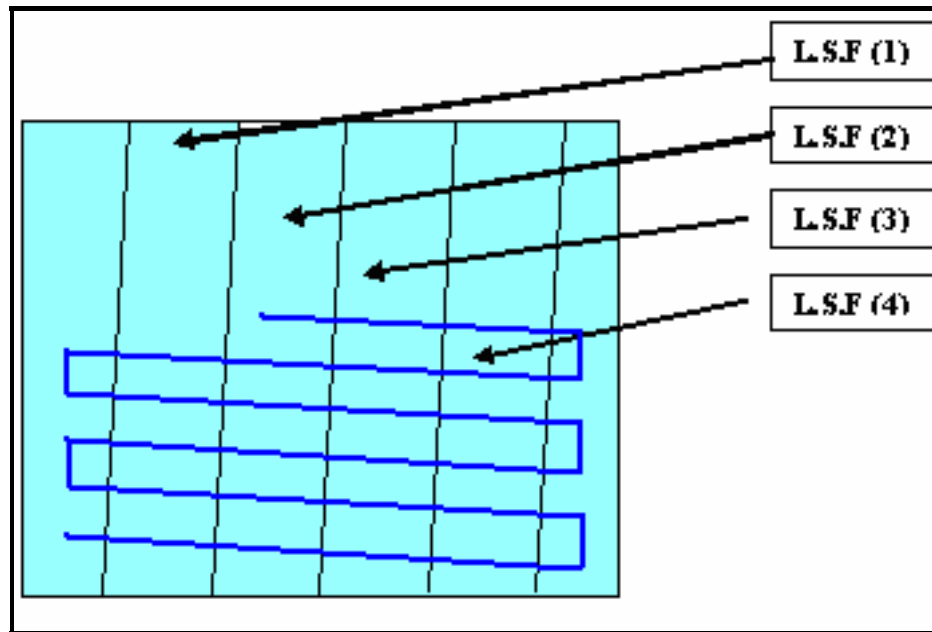
Ακόμα αν πορεία εξόρυξης είναι παράλληλη στην διεύθυνση του μεγαλύτερου άξονα, θα υπήρχαν πολλά χρονικά διαστήματα εξόρυξης όπου το υλικό δεν θα ήταν ομοιογενές. Και σε αυτήν την περίπτωση το Surface Miner 2200 SM μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά μόνο αν οι διαστάσεις της επιφάνειας επιτρέπουν πορεία χωρίς πολλές αλλαγές διεύθυνσης.

Το δεύτερο σενάριο αναφέρεται στην περίπτωση όπου οι χωρικές κατανομές του L.S.F είναι με τη μορφή ζωνών (επιφάνειες τάσης 1^{ου} βαθμού) όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.9.



Σχήμα 7.9 Χωρική κατανομή του L.S.F με τη μορφή ζωνών

Η ιδανική διαδρομή εξόρυξης του Surface Miner στην περίπτωση αυτή, είναι η κάθετη ως προς την παράταξη των ζωνών (Σχήμα 7.10), γιατί το υλικό θα έχει την μεγαλύτερη δυνατή ομοιογένεια. Η παράλληλη εξόρυξη ως προς αυτές τις ζώνες είναι δυσμενής από άποψη ομοιογένειας του εξορυσσόμενου υλικού. Η περιμετρική πορεία από την περιφέρεια στο κέντρο δίνει υλικό με απόκλιση του LSF από την μέση τιμή της βαθμίδας κατά τα διαστήματα της πορείας του που είναι παράλληλα προς την παράταξη των ζωνών.



Σχήμα 7.10 Διαδρομή του Surface Miner κάθετη ως προς τις ζώνες των κατανομών

7.4.2 Τυχαία χωρική κατανομή του L.S.F

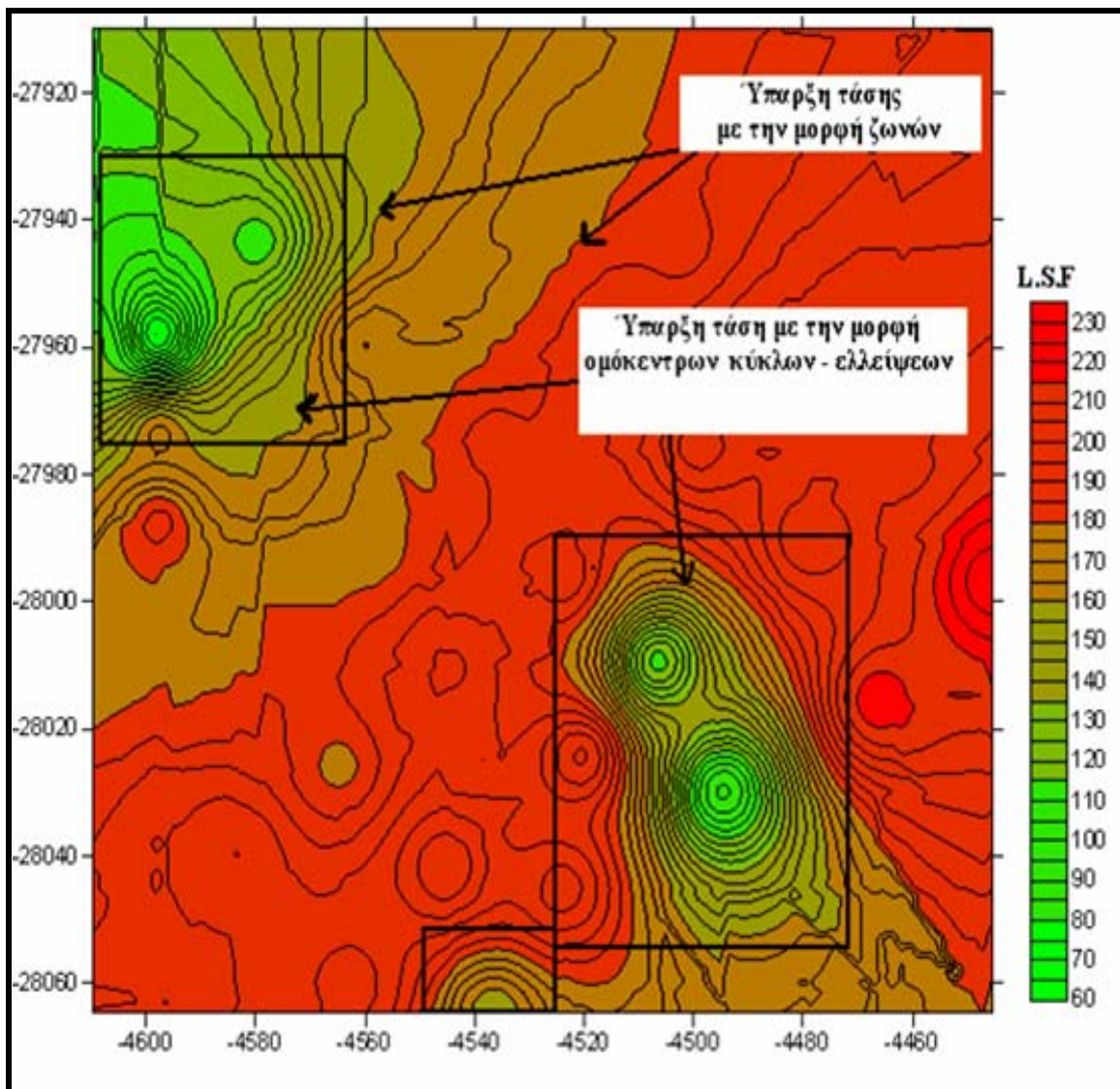
Στην περίπτωση που η χωρική κατανομή του L.S.F είναι τυχαία, είναι δυνατό να σχεδιαστεί η διαδρομή εξόρυξης με το Surface Miner 2200 SM με όποιο τρόπο εξυπηρετεί τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος.

Η ιδανικότερη εξορυκτική διαδρομή θεωρείται η περιμετρική (από την περιφέρεια στο κέντρο), γιατί ο βραχίονας της μεταφορικής ταινίας θα βρίσκεται συνεχώς στην εξωτερική πλευρά, χωρίς να χρειάζεται να αλλάζει πλευρά και επίσης το μηχάνημα δεν χρειάζεται να κάνει στάσεις για στροφές με γωνία 180° , που μειώνουν τον παραγωγικό του χρόνο.

7.4.3 Χωρική κατανομή του L.S.F που χαρακτηρίζεται από ύπαρξη τάση και τυχειότητα

Η επιφάνεια εξόρυξης στην οποία η χωρική κατανομή του L.S.F συνδυάζεται με την ύπαρξη τάσης και τυχαία, χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Γιατί πρέπει να εφαρμοστεί όλη η διαδικασία που έχει εφαρμοστεί και για τις δυο προηγούμενες κατηγορίες κατανομών. Σε αυτή την κατηγορία, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι διαστάσεις της επιφάνειας εξόρυξης. Αν οι διαστάσεις της επιφάνειας είναι μεγάλες τότε μπορεί να γίνει

εκλεκτική εξόρυξη με το Surface Miner στις επιμέρους περιοχές όπου η κατανομή του L.S.F εμπίπτει στις κατηγορίες που αναφέρθηκαν και προηγουμένως. Αν οι διαστάσεις των περιοχών, όπου η χωρική κατανομή του L.S.F είναι των παραπάνω μορφών, εξόρυξη γίνεται όπως στη περίπτωση που η χωρική κατανομή είναι τότε τυχαίας μορφής. Στην περίπτωση αυτή εντάσσονται οι οριζόντιες επιφάνειες εξόρυξης, που έχουν δημιουργηθεί από τα σύνθετα δείγματα (Παράρτημα Α, σελ.171). Στο Σχήμα 7.11 δίνεται η οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180m.



Σχήμα 7.11 Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180 m

Παρατηρείται ότι οι περιοχές στις οποίες η χωρική κατανομή του L.S.F παρουσιάζει τάση είναι μικρές διάσταση, περίπου της τάξης των 400 m^2 συγκρινόμενη της ολικής επιφάνεια που είναι περίπου 24000 m^2 . Στην περίπτωση αυτή η εξόρυξη μπορεί να γίνει με όποιον τρόπο διευκολύνει τη παραγωγή του λατομείου και την λειτουργία του Surface Miner 2200 SM.

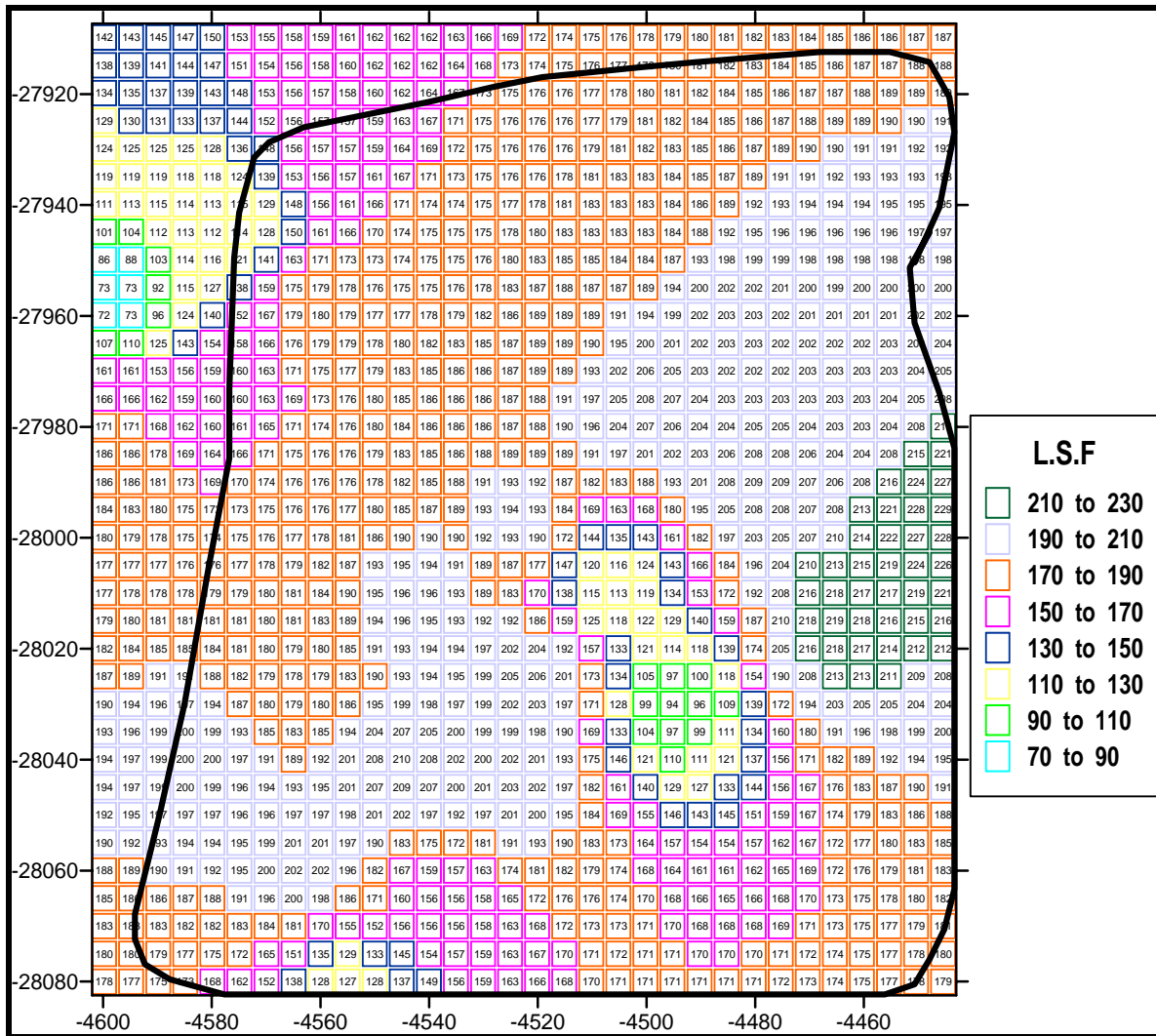
7.5 Εξόρυξη οριζόντιας επιφάνειας με το Surface Miner 2200 SM

Γνωρίζοντας, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά εξόρυξης του Surface Miner 2200 SM και τα χαρακτηριστικά των οριζόντιων επιφανειών (στατιστικές και γεωστατιστικές αναλύσεις, χωρικές κατανομές του L.S.F) που έχουν δημιουργηθεί από τα σύνθετα δείγματα, είναι δυνατό να σχεδιασθεί η εξόρυξη οριζόντιας επιφάνειας.

Η περιοχή που έχει επιλεγεί για να γίνει ο σχεδιασμός εξόρυξης με το είναι Surface Miner 2200 SM, είναι η οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180 m. Τα κριτήρια επιλογής της ήταν, το υψόμετρο της και η μεγάλη σχετικά επιφάνεια της. Η οριζόντια επιφάνεια στο υψόμετρο 180m όπως έχουμε αναφερθεί στο 5^ο κεφάλαιο, έχει δημιουργηθεί, από τα σύνθετα δείγματα του υψομέτρου 180m. Έχει επιλεγεί αυτό το υψόμετρο που είναι και το τελευταίο, έτσι ώστε να δημιουργηθεί πρηνές 45^ο από την κορυφή του όγκου του πετρώματος, για να υπολογιστεί ο ακριβής εκμεταλλεύσιμος όγκος της επιφάνειας.

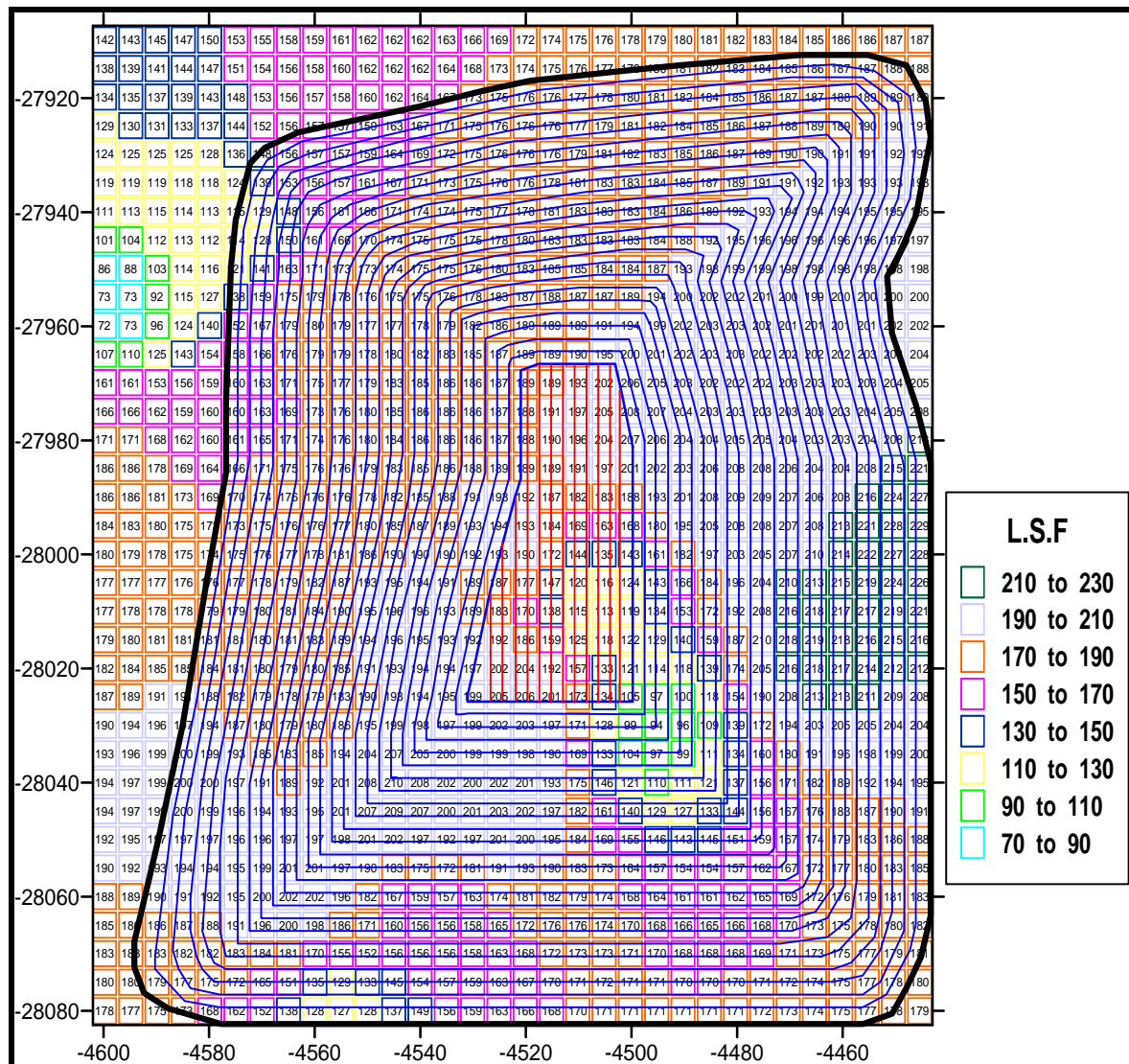
Το Σχήμα 7.11 όπως έχει αναφερθεί και στο 6^ο κεφάλαιο έχει γίνει με τη χρήση του λογισμικού Surfer 8.0. Για την σχεδίαση της εκμετάλλευσης και τον προγραμματισμό της παραγωγής υπολογίστηκαν οι τιμές του LSF σε κανάβο διαστάσεων $5 \times 5 \text{ m}^2$. Η τιμή του LSF για κάθε στοιχειώδη όγκο $5 \times 5 \times 1 \text{ m}^3$, όπως υπολογίστηκε με την μέθοδο των αντιστρόφων αποστάσεων (IDS), δίνεται στο Σχήμα 7.12.

Για μεγαλύτερη ευκρίνεια των χωρικών κατανομών του L.S.F, και γνωρίζοντας ότι οι τιμές του L.S.F κυμαίνονται από 70 έως 230, δημιουργήθηκαν χρωματικά διαβαθμισμένοι κανάβοι των 20 μονάδων, ώστε να είναι δυνατό να παρατηρηθεί η ύπαρξη τάσεων όπως ακριβώς και στο Σχήμα 7.11. Επίσης έχουμε καθορίσει τα όρια του πρηνούς από τον εκμεταλλεύσιμο όγκο, έχοντας θεωρήσει την γωνία κλίσης 45^ο από το υψόμετρο 212m μέχρι το υψόμετρο 181m.



Σχήμα 7.12 Η οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 180 m με τον εκμεταλλεύσιμο όγκο και την χωρική κατανομή του LSF

Γνωρίζοντας, τα όρια του εκμεταλλεύσιμου τμήματος της οριζόντιας επιφάνειας πάχους 1m στο υψόμετρο των 180m, η χωρική κατανομή του L.S.F και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά εξόρυξης του Surface Miner 2200 SM, είναι δυνατόν να σχεδιαστεί η πορεία της εκμετάλλευσης. Το Surface Miner 2200 SM εξορύσσει λαορίδες πλάτους 2.2 m και πάχους 0.25 m. Η πορεία εξόρυξης της επιφάνειας (εντάσσεται στην κατηγορία όπου η χωρικής κατανομή του L.S.F χαρακτηρίζεται από ύπαρξη τάσης και τυχαίας κατανομής) πραγματοποιείται περιμετρικά, από την περιφέρεια προς στο κέντρο. Με βάση τα λειτουργικά στοιχεία του Surface Miner σχεδιάστηκε η πορεία της εξόρυξης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.13.



**Σχήμα 7.13 Σχεδιασμός εξόρυξης της οριζόντιας επιφάνειας
με το Surface Miner 2200 SM**

Η έναρξη της εξόρυξης της επιφάνειας μπορεί να πραγματοποιηθεί από οποιοδήποτε σημείο της περιφέρειας. Θα ήταν προτιμότερο όμως να αρχίσει η εξόρυξη από σημείο που βρίσκεται σχετικά σε ευθεία και όχι σε στροφή. Τελειώνοντας την πρώτη περιφερειακή λωρίδα θα πρέπει αμέσως να εισέλθει στην επόμενη εσωτερική λωρίδα για να αρχίσει την εξόρυξη, φάση που είναι δύσκολη και χρονοβόρα να το κάνει αυτό σε στροφή. Παρατηρώντας το κέντρο του Σχήματος 7.13, φαίνεται ότι μία περιοχή δεν εξοφλείται περιμετρικά λόγω των μικρών της διαστάσεων αλλά εκλεκτικά γιατί δεν επιτρέπει την περιφερειακή λειτουργία του Surface Miner 2200 SM. Τελειώνοντας την

εξόρυξη της οριζόντιας επιφάνειας πάχους 0.25m αρχίζει η εξόρυξη της επόμενης οριζόντιας επιφάνειας πάχους 0.25m με καινούργια όρια και διαφορετικό σχεδιασμό εξόρυξης ανάλογα με τις χωρικές κατανομές του L.S.F, που συνήθως δεν διαφέρει σημαντικά από την προηγούμενη.

7.6 Αποτελέσματα από την εξόρυξη της επιφάνειας

Ο σχεδιασμός εξόρυξης της επιφάνειας με το Surface Miner 2200 SM έγινε με σκοπό την εύρεση της τιμής (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) του δείκτη L.S.F ανά καθορισμένα χρονικά διαστήματα, ώστε να χρησιμοποιηθεί για τον βέλτιστο σχεδιασμό των διεργασιών ανάμειξης και ομογενοποίησης των υλικών. Το χρονικό διάστημα μέτρησης της μέσης τιμής του L.S.F που χρησιμοποιήθηκε ήταν η μία ώρα. Γνωρίζοντας, το μήκος εξόρυξης για μία ώρα και την πορεία (συντεταγμένες X-Y) που θα διανύσει, είναι δυνατόν μέσω του προγράμματος Surfer 8.0 να ευρεθεί η τιμή του L.S.F σε κάθε σημείο της εξόρυξης και συνεπώς και την μέση τιμή για διαστήματα εξόρυξης. Τα αποτελέσματα των μέσων τιμών του L.S.F των εξορυκτικών λωρίδων διάρκειας μίας ώρας παρατίθενται στο Πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1 Μέσες τιμή του L.S.F από κάθε λωρίδα εξόρυξης διάρκειας μίας ώρας

Αύξων αριθμός Λωρίδας	Η εξόρυξη μίας λωρίδας (250m μήκος) - (143 m ³ υλικό) διαρκεί μία ώρα	Συντεταγμένες κέντρου λωρίδας		Μέση τιμή του L.S.F
		X	Y	
1	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4447	-27979	174.01
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4579	-28003	
2	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4579	-28003	174.92
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4445	-28034	
3	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4445	-28034	185.36
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4573	-27953	
4	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4573	-27953	170.93
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4451	-28073	
5	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4451	-28073	191.95
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4553	-27929	
6	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4553	-27929	167.84
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4480	-28076	
7	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4480	-28076	192.47
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4530	-27926	
8	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4530	-27926	169.55
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4452	-28074	
9	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4452	-28074	183.03
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4570	-28006	

10	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4570	-28006	180.33
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4454	-28003	
11	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4454	-28003	183.38
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4570	-28011	
12	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4570	-28011	184.09
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4459	-27982	
13	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4459	-27982	181.81
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4574	-28046	
14	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4574	-28046	187.46
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4464	-27941	
15	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4464	-27941	180.65
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4543	-28065	
16	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4543	-28065	187.98
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4510	-27933	
17	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4510	-27933	176.79
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4475	-28062	
18	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4475	-28062	188.12
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4556	-27987	
19	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4556	-27987	184.28
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4465	-27986	
20	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4465	-27986	185.74
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4548	-28058	
21	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4548	-28058	186.85
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4530	-27942	
22	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4530	-27942	179.68
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4470	-28016	
23	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4470	-28016	189.63
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4557	-28054	
24	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4557	-28054	186.23
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4541	-27948	
25	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4541	-27948	183.85
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4476	-27982	
26	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4476	-27982	187.73
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4495	-28049	
27	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4495	-28049	186.05
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4553	-28037	
28	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4553	-28037	183.77
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4540	-27982	
29	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4540	-27982	184.89
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4522	-27952	
30	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4522	-27952	182.52
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4493	-27954	
31	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4493	-27954	179.49
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4490	-27972	
32	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4490	-27972	181.24
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4493	-27968	
33	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4493	-27968	180.74
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4504	-27959	
34	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4504	-27959	179.79

	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4527	-27976	
35	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4527	-27976	181.73
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4530	-28029	
36	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4530	-28029	171.62
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4498	-27983	
37	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4527	-28012	175.69
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4524	-28004	
38	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4524	-28004	175.57
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4519	-27991	
39	Έναρξη λωρίδας εξόρυξης	-4519	-27991	173.58
	Τέλος λωρίδας εξόρυξης	-4517	-27987	
		Μέση τιμή		181.57
		Τυπική απόκλιση		6.08

Για την εξόρυξη μίας οριζόντιας επιφάνεια πάχους 25 cm θα χρειαστούν 39 ώρες αφού εξορύσσονται 39 λωρίδες μήκους 260 m. Σε αυτές τις ώρες δεν συμπεριλαμβάνονται οι τυχόν καθυστερήσεις του μηχανήματος ή του εργοταξίου γενικότερα. Οι μέσες τιμές του L.S.F κυμαίνονται μεταξύ 167.84 και 192,47. Η διακύμανση των τιμών του L.S.F φαίνονται στο Σχήμα 7.14.



Σχήμα 7.14 Διάγραμμα των μέσων τιμών L.S.F συναρτήσει των εξορυκτικών λωριδών

Έχοντας τις μέσες τιμές του L.S.F για οποιασδήποτε εξορυκτική λωρίδα (μήκους 260m–μία ώρα) και συνεπώς την δυνατότητα ανάμιξης του ασβεστολιθικού υλικού, μπορούμε να διασφαλίσουμε τη σταθεροποίηση των τιμών των ποιοτικών παραμέτρων του ασβεστολιθικού υλικού που φτάνει στο εργοστάσιο για θραύση.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, σε μία ώρα το Surface Miner 2200 SM εξορύσσει περίπου 143 m^3 υλικό (λωρίδα μήκους 260m, πλάτους 2.2m και πάχος 0.25m). Οι 39 λωρίδες που απαιτούνται για να εξοφληθεί όλο το υλικό της επιφάνειας, έχουν όγκο 5577 m^3 . Ο όγκος του εξορυχθέντος ασβεστολίθου για την επιφάνεια μέσω του λογισμικού Surfer 8.0, υπολογίστηκε σε 5569 m^3 . Παρατηρείται ότι η διαφορά μεταξύ των δυο τρόπων μέτρησης είναι ελάχιστη γεγονός που δείχνει ότι οι υπολογισμοί με βάση τις λωρίδες εξόρυξης είναι ακριβείς.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που πρέπει να αναφερθεί, είναι ο εκμεταλλεύσιμος όγκος της υπό μελέτη περιοχής που επιλέξαμε από το λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού. Ο εκμεταλλεύσιμος όγκος (ο ολικό όγκος μείον τον όγκο του πρανούς) από το υψόμετρο 212 m μέχρι το υψόμετρο 180 m είναι 268498 m^3 δηλαδή 563846 τόνους (πυκνότητα ασβεστολίθου 2.1 g/cm^3). Οπότε, ξέροντας ότι σε μία ώρα το Surface Miner 2200 SM εξορύσσει 143 m^3 υλικό, είναι δυνατόν η εύρεση των εργάσιμων ωρών που χρειάζονται η εξόρυξη του εκμεταλλεύσιμου όγκου που υπολογίστηκε προηγουμένως. Οι εργάσιμες ώρες που θα κάνει να εξορύξει το μηχάνημα είναι 1878, συνεπώς 235 μέρες αφού το εργοτάξιο δουλεύει οκτάωρο. Σε αυτούς τους χρόνους δεν συμπεριλαμβάνονται οι χρόνοι των στάσεων του μηχανήματος, συντηρήσεις, βλάβες και καθυστερήσεις εργοταξίου. Γνωρίζοντας ότι η ετήσια ζήτηση ασβεστολίθου από την τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού είναι περίπου 1665000 τόνοι, και η ετήσια εξορυκτική ικανότητα του Surface Miner 2200 SM είναι περίπου 532000 τόνοι, προκύπτει ότι για την κάλυψη των αναγκών της τσιμεντοβιομηχανίας σε ασβεστολιθικό υλικό, θα χρειαστούν 3 τουλάχιστον μηχανήματα Surface Miner 2200 SM λαμβάνοντας υπόψη ότι μέρος της εξόρυξης μπορεί να διενεργηθεί και με συμβατικό εξοπλισμό (προωθητές με μηχανικά άροτρα και εκσκαφείς).

7.7 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Βάσει των αποτελεσμάτων, η επίδραση της μεθόδου επιφανειακής εξόρυξης στην ποιότητα του παραγόμενου ασβεστολίθου, είναι σημαντική και καθοριστική για την παραγωγική διαδικασία της τσιμεντοβιομηχανίας. Γι' αυτό, ενδείκνυται πριν και μετά το στάδιο της προομογενοποίησης το ασβεστολιθικό υλικό να έχει συγκεκριμένες προϋποθέσεις (ομογενοποιημένο υλικό, αποδεκτές τιμές του LSF). Οι παράγοντες που επιδρούν στις προϋποθέσεις αυτές είναι:

1. Η ακρίβεια του μοντέλου (Μέθοδος συνεχούς επιφανειακής εξόρυξης) σε σχέση με τις υπάρχουσες ερευνητικές γεωτρήσεις.

Η μεθοδολογία δειγματοληψίας από τις ερευνητικές γεωτρήσεις που διανοίγονται στο λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd, σχετίζεται άμεσα με την υπάρχουσα μέθοδο εξόρυξης (μέθοδος βαθμίδων πάχους περίπου 8 m). Η μέθοδος δειγματοληψίας που εφαρμόζεται είναι η “δειγματοληψία θρυμμάτων” και χρησιμοποιείται για την δημιουργία δειγμάτων από τα θρύμματα που παράγονται από την γεώτρηση. Η συγκέντρωση των θρυμμάτων γίνεται συστηματικά, κατά κανονικά διαστήματα μήκους 5 m, από το υλικό που ανέρχεται μαζί με το πολφό της γεώτρησης.

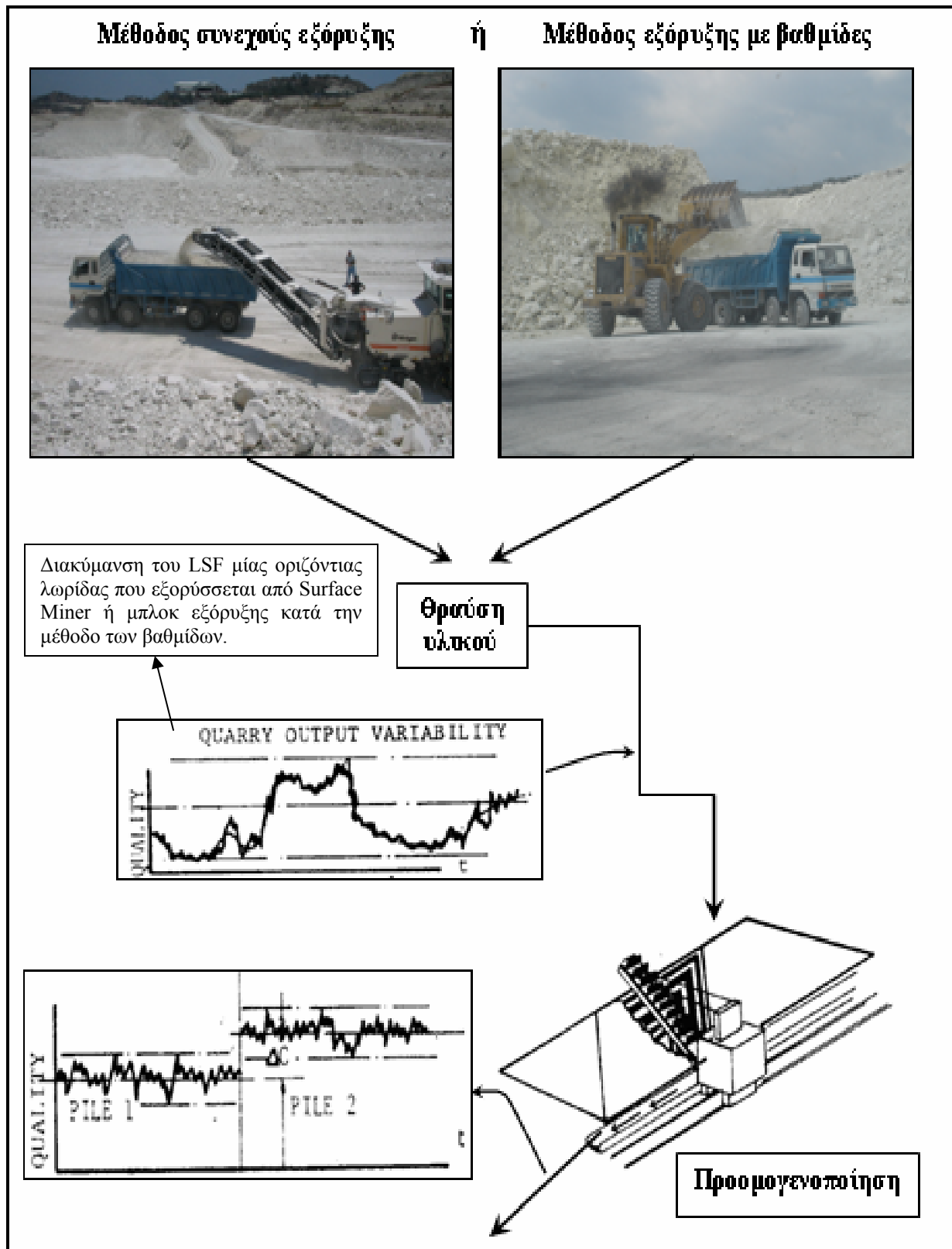
Τα δείγματα αυτά δεν κρίνονται κατάλληλα για την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης, όπου απαιτούνται δείγματα μικρού μήκους (μικρότερα του 1 m) αφού οι επιφάνειες εξόρυξης είναι πάχους 25 cm. Επιπλέον η ανάπτυξη 2D ψηφιακών μοντέλων για το LSF σε οριζόντιες στρώσεις μικρού πάχους (25cm) είναι βασισμένες στα στοιχεία των σύνθετων δειγμάτων πάχους 1m. Επίσης, χρειάζονται πυρηνοληψίες για τον προσδιορισμό της υφής του πετρώματος, την σειρά των στρώσεων και των ρηξιγενών επιφανειών. Στις ρηξιγενείς επιφάνειες εναποθέτονται διάφορα άλατα και μεταλλικά ορυκτά, επηρεάζοντας έτσι το χημισμό του ασβεστολίθου. Οπότε για την ακρίβεια της μεθόδου συνεχούς εξόρυξης (επιφάνειες πάχους 25cm) απαιτούνται κυρίως δειγματοληψίες μικρών διαστημάτων και πυρηνοληψίες όπου είναι αυτό αναγκαίο.

2. Οι συγκρίσεις τυπικών αποκλίσεων παραγωγής του LSF του εξορυσσόμενου ασβεστολίθου με την μέθοδο των βαθμίδων και την συνεχή κοπή.

Για την σωστή λειτουργία της μονάδας παραγωγής τσιμέντου, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (και ιδιαίτερα του LSF) του εξορυσσόμενου ασβεστολιθικού υλικού πρέπει να έχουν μικρή μεταβλητότητα πριν το στάδιο της προομογενοποίησης. Επιπλέον, η τυπικές αποκλίσεις των τιμών του LSF από σωρό σε σωρό ομογενοποίησης πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερες. Στο Σχήμα 7.15 δίνεται παραστατικά η επίδραση της μεταβλητότητας της ποιότητας του εξορυσσόμενου ασβεστολίθου στο σύστημα προομογενοποίησης.

Η μεταβλητότητα εντός μίας οριζόντιας λωρίδας πάχους 25 cm (όταν έχουμε συνεχή κοπή με Surface Miner) ή ενός μπλοκ πάχους 8 m (όταν έχουμε εξόρυξη με βαθμίδες) αντιπροσωπεύεται από το πρώτο διάγραμμα. Όσο μικρότερη είναι η διακύμανση αυτή τόσο μικρότερη θα είναι και διακύμανση του αντίστοιχου σωρού ομογενοποίησης που απολαμβάνεται στη συνέχεια. Η διακύμανση αυτή χαρακτηρίζεται ως βραχυχρόνια. Η μεταβολή των μέσων τιμών των διαδοχικά εξορυσσόμενων λωρίδων ή μπλοκ που εξορύσσονται, δημιουργεί μία μεταβλητότητα που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί από το σύστημα της ομογενοποίησης και χαρακτηρίζεται ως μεσοπρόθεσμη. Η μεταβλητότητα που δίνεται παραστατικά στο δεύτερο διάγραμμα (Σχήμα 7.17) και η αντιμετώπιση της από την μονάδα παραγωγής τσιμέντου γίνεται με την προσθήκη και ανάμιξη πρόσθετων (Schofield, 1980).

Μια πρώτη προσέγγιση, των διαφορών μεταξύ της μεθόδου συνεχούς εξόρυξης και μεθόδου βαθμίδων ως προς την μεταβλητότητα των ποιοτικών στοιχείων του εξορυσσόμενου ασβεστολίθου, είναι οι σύγκριση των τυπικών τους αποκλίσεων για τις τιμές LSF. Η μέθοδος εξόρυξης που εφαρμόζεται στο λατομείο ασβεστολίθου της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού Ltd είναι η μέθοδος με βαθμίδες πάχους 8 m. Για τη σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων, χρειάζονται στοιχεία (σύνθετα δείγματα των τιμών LSF μήκους 8 m) για μία βαθμίδα πετρώματος πάχους 8 m. Τα στοιχεία για την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης υπάρχουν από την επεξεργασία των στοιχείων στα προηγούμενα κεφάλαια. Η δημιουργία των σύνθετων δειγμάτων (μήκους 8 m), έγινε από το υψόμετρο 180 m έως το υψόμετρο 188 m και δίνεται στον Πίνακα 7.2.



Σχήμα 7.15 Η μεταβλητότητα των τιμών LSF πριν και μετά την προομογενοποίηση

Πίνακας 7.2 Σύνθετα δείγματα της οριζόντια επιφάνεια πάχους 8 m στο υψόμετρο 180m

A/A	Κωδικοί Γεωτρήσεων	Y	X	Μέση τιμή L.S.F
1	262	-28045	-4524	167.42
2	284	-28030	-4495	93.81
3	285	-28016	-4466	214.25
4	286	-27997	-4445	228.62
5	287	-27978	-4462	200.88
6	288	-27990	-4479	193.66
7	289	-28009	-4507	118.45
8	290	-27962	-4485	192.02
9	291	-27975	-4499	178.75
10	292	-27996	-4524	205.59
11	293	-27944	-4502	197.37
12	294	-27963	-4517	170.84
13	295	-28024	-4521	169.93
14	296	-27927	-4523	187.39
15	297	-27910	-4542	180.51
16	298	-28042	-4545	166.70
17	299	-28065	-4537	163.03
18	300	-28080	-4555	152.98
19	301	-28060	-4563	178.52
20	302	-28039	-4584	233.09
21	303	-28026	-4565	171.32
22	304	-28011	-4544	178.34
23	305	-27991	-4560	191.18
24	306	-27976	-4537	191.36
25	307	-27987	-4597	192.14
26	308	-27974	-4597	170.43
27	309	-27974	-4579	166.80
28	310	-27960	-4560	192.40
29	311	-27948	-4538	180.85
30	312	-27929	-4558	169.22
31	313	-27943	-4580	153.57
32	314	-27958	-4598	155.52
			Μέση τιμή	178.34
			Τυπική απόκλιση	27.31

Τα αντίστοιχα στοιχεία για τον ίδιο τμήμα του κοιτάσματος, αλλά εφαρμόζοντας την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης (σύνθετα δείγματα πάχους 1 m από το υψόμετρο 180 m έως 188 m) δίνονται στο Πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.3 Σύνθετα δείγματα οριζόντιων επιφανειών πάχους 1 m από το υψόμετρο 180 m έως το 188 m

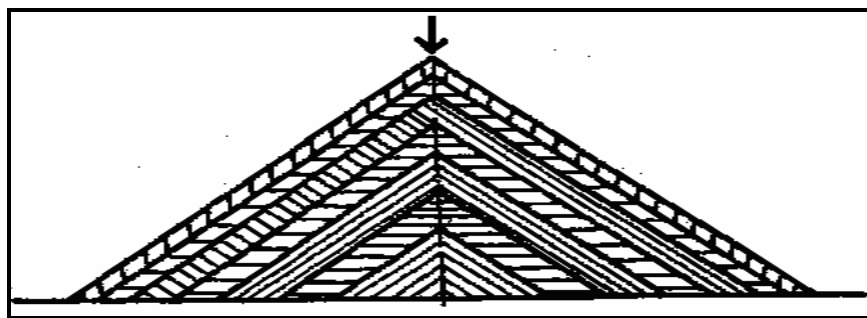
A/A	Υψόμετρο (m) από – έως Σύνθετων δειγμάτων	Μέση τιμή LSF
1	180 - 181	175.84
2	181 - 182	177.12
3	182 - 183	179.09
4	183 - 184	178.49
5	184 - 185	178.78
6	185 - 186	180.14
7	186 - 187	178.00
8	187 - 188	179.68
	Μέση τιμή	178.39
	Τυπική απόκλιση	1.39

Από την σύγκριση των δυο τυπικών αποκλίσεων, παρατηρείται ότι με τη μέθοδο συνεχούς εξόρυξης προκύπτει πολύ μικρή τυπική απόκλιση (1,39) ενώ με την μέθοδο με βαθμίδες η τυπική απόκλιση είναι πολύ μεγαλύτερη (27,31). Ταυτόχρονα όπως ήταν φυσικό οι μέση τιμή του LSF και για τις δύο μεθόδους είναι ίδια, αφού εφαρμόζονται στο ίδιο τμήμα του κοιτάσματος. Η μεταβλητότητα των τιμών του LSF από σωρό σε σωρό (από παρτίδα σε παρτίδα) που καταφθάνει στο στάδιο της προομογενοποίησης είναι πολύ μικρότερη με την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης από την αντίστοιχη μέθοδο με βαθμίδες. Παράλληλα, με την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης που εφαρμόστηκε σε μία επιφάνεια πάχους 0.25 m στο υψόμετρο των 180 m (Σχήμα 7.13), η τυπική απόκλιση των τιμών του LSF (39 λωρίδες) από 38,20 που ήταν πριν την εξόρυξη έφτασε στο 6.08 (Πίνακας 7.1). Το τελικό συμπέρασμα είναι, ότι με την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης η ομοιογένεια των τιμών του LSF προκύπτει και από σωρό σε σωρό, αλλά και μέσα στον όγκο του σωρού πριν καταφθάσει στο στάδιο της προομογενοποίησης.

3. Επίδραση της διακύμανσης του LSF του εξορυσσόμενου ασβεστολίθου στο στάδιο της προομογενοποίησης

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το στάδιο της προομογενοποίησης είναι από τις σημαντικότερες διεργασίες της τσιμεντοβιομηχανίας, επειδή προομογενοποιεί το υλικό από το λατομείο 8 με 10 φορές. Στην τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd τα συστατικά (άργιλος – ασβεστόλιθος) προομογενοποιούνται χωριστά (σε επιμήκεις σωρούς), και η ανάμιξη τους γίνεται στους μύλους φαρίνας. Στους επιμήκεις σωρούς απαιτούνται τουλάχιστο δυο σωροί εκ των οποίων ο ένας δημιουργείται με την βοήθεια ενός αποθέτη και την ίδια περίοδο ο άλλος καταναλώνεται με την βοήθεια ενός απολήπτη.

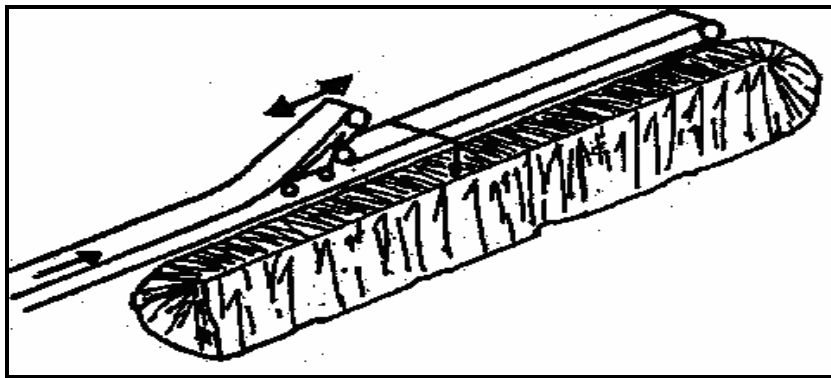
Η μέθοδος απόθεσης που εφαρμόζεται είναι η Chervon, όπου το υλικό αποτίθεται στο μέσο του σωρού κατά μήκος του μεγάλου οριζόντιου άξονα του. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.16, με τον τρόπο αυτό απόθεσης, το ένα στρώμα τίθεται πάνω στο άλλο και με ειδικό μηχανισμό ρυθμίζεται η ταχύτητα κίνησης της διάταξης απόθεσης. Η διαφορετική γραμμοσκίαση ανταποκρίνεται σε πρώτες ύλες διαφορετικής σύστασης. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι τα μεγάλα κομμάτια του υλικού ολισθαίνουν κατά μήκος των εξωτερικών πλευρών και συγκεντρώνονται στο κατώτατο σημείο του σωρού δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό κοκκομετρικό διαχωρισμό του υλικού, ο οποίος με τη σειρά του επιφέρει διαφοροποιήσεις στη χημική σύσταση αφού σε πολλά υλικά τα σωματίδια με μεγάλο μέγεθος έχουν διαφοροποιημένη σύσταση.



Σχήμα 7.16 Μέθοδος απόθεσης Chervon (Τσίμας, 1999)

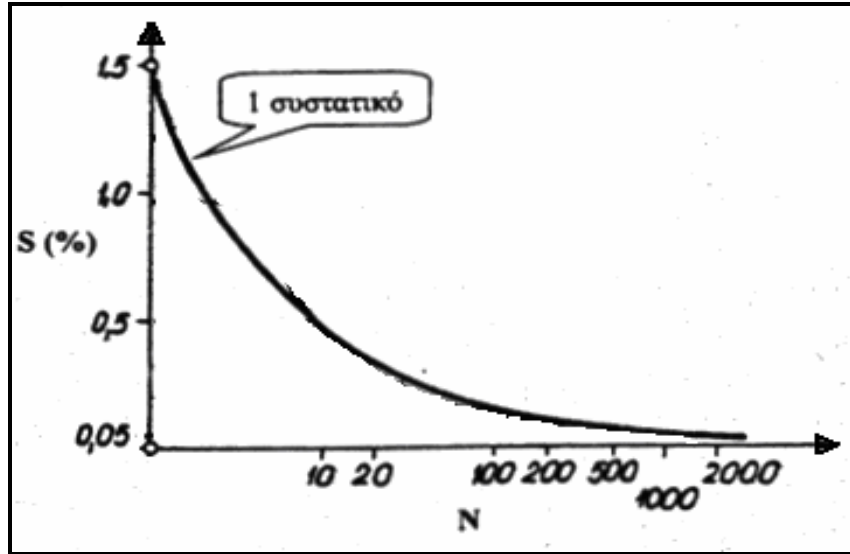
Το μηχανήμα δημιουργίας του σωρού λέγεται αποθέτης και είναι μία μεταφορική ταινία Σχήμα 7.17 κινούμενη κατά μήκος του σωρού επάνω από την εκάστοτε “οροσειρά”. Ειδικές αυτόματες διατάξεις επιτυγχάνουν κάθε φορά την ανύψωση του σημείου πτώσης του υλικού επί του σωρού, ούτως ώστε αυτό να βρίσκεται λίγο

ψηλότερα από το εκάστοτε ύψος του σωρού για να αποφευχθεί η δημιουργία σκόνης. Με ειδικούς αυτοματισμούς ρυθμίζεται το σταμάτημα του αποθέτη στα άκρα του σωρού για ορισμένο χρονικό διάστημα με σκοπό την διαμόρφωση των άκρων αυτών. Η παραλαβή του σωρού γίνεται σε "φέτες", κάθετα ως προς τον τρόπο απόθεσης, ούτως ώστε κάθε παραλαμβανόμενη φέτα να περιέχει υλικό από όλα τα στρώματα, πετυχαίνοντας με αυτόν τον τρόπο της ανάμιξης. Η διάταξη παραλαβής του υλικού καλείται απολήπτης και αποτελείται από μία διάταξη απόξεσης του υλικού σε ρυθμιζόμενο πάχος και από ένα καδοφόρο τροχό παραλαβής του υλικού και απόρριψης του στη συνέχεια σε μεταφορική ταινία.



Σχήμα 7.17 Αποθέτης προομογενοποίησης με μεταφορική ταινία (Τσίμας, 1999)

Η διαφορετική κοκκομετρία που παρουσιάζει το πέτρωμα σε σχέση με τη φαρίνα οριοθετεί και την από τεχνολογικής άποψης, σημαντική διαφορά που παρουσιάζουν οι εγκαταστάσεις προομογενοποίησης από τις αντίστοιχες της ομογενοποίησης. Για την προομογενοποίηση η λύση είναι όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η δημιουργία επιμηκών σωρών από τα υλικά, όπου οι ποσότητες τοποθετούνται κατά στρώματα και παραλαμβάνονται κατά εγκάρσιες τομές σε φέτες οπότε θεωρητικά κάθε φέτα αποτελείται από υλικό που ήταν σε όλα τα στρώματα. Άρα όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7.18, όσο περισσότερα είναι τα στρώματα τόσο αποτελεσματικότερη είναι η προομογενοποίηση, καθώς μειώνεται η απόκλιση από τη μέση τιμή. Θεωρητικώς, με βάση την παραπάνω παραδοχή, υψηλή απόδοση προομογενοποίησης μπορεί να επιτευχθεί με σημαντική αύξηση του αριθμού των στιβάδων, μειώνοντας αντίστοιχα το πάχος τους. Αυτό επιτυγχάνεται με ταχύτερη κίνηση του αποθέτη.



Σχήμα 7.18 Απόδοση ανάμιξης σε συνάρτηση με τον αριθμό των στιβάδων (Τσίμας, 1999)

S: Τυπική απόκλιση από την μέση τιμή LSF

N: Αριθμός στιβάδων

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην έξοδο χρησιμοποιείται η σχέση (7.1) με βάση την περιεκτικότητα του ασβεστολιθικού υλικού σε κάποιο συστατικό, συνήθως την τιμή LSF για την βιομηχανία τσιμέντου (Τσίμας, 1999).

$$S_{\beta} = S_{\alpha} / N^{1/2} \quad (7.1)$$

S_{β} : Η τυπική απόκλιση των μεταβολών της εξόδου

S_{α} : Η τυπική απόκλιση των μεταβολών της εισόδου

Η απόδοση της προομογενοποίησης (H) μπορεί να υπολογιστεί με βάση την σχέση (7.2).

$$H = S_{\alpha} / S_{\beta} \quad (7.2)$$

Μία διάταξη προομογενοποίησης που λειτουργεί σωστά πρέπει να επιτυγχάνει αποδόσεις της τάξης του 10 (Τσίμας, 1999). Έχοντας σωρό που εισέρχεται στην διάταξη με μια τυπική απόκλιση του 6.08 στο περιεχόμενο της τιμής του LSF (πχ $181,57 \pm 6,08$), τότε στο παραλαμβανόμενο υλικό η διαφορά αυτή μειώνεται στο 0.608 ($181,57 \pm 0,608$).

8. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διερεύνηση του προβλήματος μέθοδος εκμετάλλευσης – ποιότητα εξορυσσόμενου ασβεστολίθου για την τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd της Κύπρου και γίνονται σημαντικές προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος εξόρυξης (Διάτρηση – Ανατίναξη) στο λατομείο της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού έχει δημιουργήσει μια σειρά τεχνικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως:

➤ **Τεχνικά προβλήματα.** Κατά την εξόρυξη του ασβεστόλιθου παραμένουν στο εξορυγμένο υλικό μεγάλα μεγέθη εξορυσσόμενου πετρώματος γεγονός που προκαλεί καθυστέρηση στην φόρτωση αφού πρέπει πρώτα να γίνει διαχωρισμός του εξορυγμένου υλικού και έπειτα να γίνει δευτερογενή θραύση με υδραυλική σφύρα (Breaker) των μεγάλων τεμαχίων. Επιπλέον το μεγάλο μέγεθος του εξορυγμένου πετρώματος προκαλεί έντονες φθορές στον θραυστήρα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αυξημένο κόστος συντήρησης και επισκευής του. Η ρωγμάτωση του υπερκείμενου πετρώματος προκαλεί μικρές καταπτώσεις με συνέπεια να καταστρέφεται η γεωμετρία του μετώπου και η διάτρηση νέων διατρημάτων καθίσταται από δύσκολη έως και αδύνατη, λόγω πτώσης τεμαχίων από τις παρειές των διατρημάτων

➤ **Περιβαλλοντικά προβλήματα και προβλήματα ασφάλειας.** Η εκτίναξη βράχων, μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τους ανθρώπους και τα αυτοκίνητα που διακινούνται στην ευρύτερη περιοχή ή τους γεωργούς ή του βοσκούς που βρίσκονται εποχιακά γύρω από τα όρια του λατομείου. Επίσης, υπάρχουν προβλήματα λόγω δονήσεων εδάφους, του θορύβου, του ωστικού κύματος και της σκόνης.

Από την δοκιμαστική εφαρμογή της μεθόδου συνεχούς επιφανειακής εξόρυξης με την χρήση του μηχανήματος Surface Miner 2200 SM της γερμανικής εταιρείας Wirtgen σε λατομείο της Κυπριακής Εταιρείας Τσιμέντου Ltd αλλά και στο λατομείο ασβεστολίθου

της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού στην περιοχή της Καλαβασού προέκυψαν τα παρακάτω:

➤ Τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης για τις δυο εταιρείες με τη μέθοδο συνεχούς εξόρυξης με χρήση του Surface Miner 2200 SM είναι θετικά. Στο λατομείο της Κυπριακής Εταιρίας Τσιμέντου Ltd το κόστος εξόρυξης (εξόρυξη και φόρτωση ταυτόχρονα) του ασβεστολιθικού υλικού είναι **0,320 cyp.£ / ton ή 0,540 € / ton**. Από την οικονομική μελέτη που συνέταξε η τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού, το κόστος εξόρυξης με τη χρήση του Surface Miner 2200 SM είναι **0,368 cyp.£ / ton ή 0,623 € / ton** ενώ το κόστος για την μέθοδο διάτρηση – ανατίναξη και φόρτωση είναι **0,343 cyp.£ / ton ή 0,581 € / ton**. Παρατηρείται ότι η διαφορά κόστους μεταξύ της μεθόδου συνεχούς κοπής και της συμβατικής μεθόδου είναι πολύ μικρή. Οπότε από οικονομικής άποψης η χρήση του Surface Miner 2200 SM για την εξόρυξη ασβεστολίθου στην τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού Ltd είναι ανταγωνιστική δεδομένου ότι προκύπτουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

➤ Το πρόβλημα θραύσης του υλικού σε μεγάλα τεμάχια εξαλείφεται με την χρήση του Surface Miner 2200 SM, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί σημαντικά η απόδοση του θραυστήρα και να μειωθούν στο ελάχιστο οι φθορές και οι υπερωρίες του προσωπικού που ελέγχει την λειτουργία του θραυστήρα.

➤ Από έρευνες που έχουν γίνει, ο θόρυβος που προκαλεί το Surface Miner 2200SM και δύο χωματουργικά αυτοκίνητα από την απόσταση των 100 m είναι 53 dbA ενώ αντίστοιχα χρησιμοποιώντας 37 διατρήματα και 25 kg ζελατοδυναμίτιδα με ταυτόχρονη ανατίναξη η μέτρηση του θορύβου σε απόσταση 100 m είναι 147 dbA κατά τη στιγμή της έκρηξης.

➤ Το πρόβλημα της σκόνης που προέρχεται κυρίως κατά την διάρκεια κοπής και φόρτωσης του πετρώματος εξαλείφεται θέτοντας σε λειτουργία τον καταστολέα σκόνης που διαθέτει το Surface Miner 2200SM κοντά στο κοπτικό αλλά και σε διάφορα σημεία στον βραχίονα όπου βρίσκεται η κύρια μεταφορική ταινία. Οι τιμές της αιωρούμενης σκόνης που καταγράφηκαν κυμάνθηκαν από 0,028 mg/m³ έως 0,766 mg/m³. Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο καθορίζεται στα 10 mg/m³ και το μέγιστο μέσο χρονικά σταθμισμένου σε 5 mg/m³.

Από την στατιστική και γεωστατιστική ανάλυση των ποιοτικών παραμέτρων της περιοχής του κοιτάσματος (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , LSF, SM) αλλά και των σύνθετων δειγμάτων (επιφάνειες πάχους 1 m από το υψόμετρο των 180 m μέχρι το υψόμετρο των 204 m) παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Η θεωρητική κατανομή των στοιχείων SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO και του δείκτη SM του κοιτάσματος προσεγγίζεται καλύτερα από την λογαριθμοκανονική κατανομή ενώ για τα στοιχεία CaO και LSF η κατανομή που τα προσεγγίζει καλύτερα είναι αυτή των ακραίων τιμών και η κανονική αντίστοιχα. Αυτό αποδεικνύεται και από την στατιστικό κριτήριο K – S. Η συσχέτιση των στοιχείων, αποδείχθηκε ότι τα αργιλοπυριτικά ορυκτά του ασβεστολίθου ευθύνονται για την παρουσία του Mg και όχι ο δολομίτης.
- Με βάση τα αποτελέσματα της γεωστατιστικής ανάλυσης η χωρική κατανομή του δείκτη LSF των σύνθετων δειγμάτων για το υψόμετρο 180m σε διάφορες διευθύνσεις φάνηκε να έχει τυχαίο χαρακτήρα και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του 2D ψηφιακού μοντέλου ήταν των αντιστρόφων αποστάσεων (IDS).

Από την ανάπτυξη των ψηφιακών μοντέλων με την μέθοδο των αντιστρόφων αποστάσεων (IDS) του δείκτη LSF, για την υπό μελέτη περιοχή η οποία βρίσκεται εντός των ορίων του λατομείου ασβεστολίθου της Καλαβασού της τσιμεντοβιομηχανίας Βασιλικού, αλλά και των σύνθετων δειγμάτων (επιφάνειες πάχους 1 m από το υψόμετρο των 180 m μέχρι το υψόμετρο των 204 m) παρατηρήθηκε ότι οι ακτίνες που εξασφαλίζουν ότι σε κάθε τομέα του κύκλου της αναζήτησης θα υπάρχει έστω και ένα δείγμα είναι $R_{\min} = 40$ m και $R_{\max} = 40$ m. Και αυτό είναι φυσικό γιατί οι αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων είναι περίπου 25 με 40 m. Η χωρική κατανομή του LSF για την περιοχή του κοιτάσματος αλλά και για την επιφάνεια πάχους 1 m στο υψόμετρο των 180 m χαρακτηρίζεται από ύπαρξη τοπικών τάσεων και τυχαιότητα.

Με βάση το αναπτυχθέν ψηφιακό μοντέλο και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του Surface Miner υπολογίστηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εξορυσσόμενου ασβεστολίθου για την επιφάνεια πάχους 25cm στο υψόμετρο των 180m. Η μεταβλητότητα των τιμών του LSF από παρτίδα σε παρτίδα που

φθάνει στο στάδιο της προομογενοποίησης είναι πολύ μικρότερη με την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης από την αντίστοιχη μέθοδο με βαθμίδες. Παράλληλα, με την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης που εφαρμόστηκε σε μία επιφάνεια πάχους 0.25 m στο υψόμετρο των 180 m , η τυπική απόκλιση των τιμών του LSF (39 λωρίδες) από 38,20 που ήταν πριν την εξόρυξη έφτασε στο 6.08. Το τελικό συμπέρασμα είναι, ότι με την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης η ομοιογένεια των τιμών του LSF αυξάνεται από σωρό σε σωρό, αλλά και μέσα στον ίδιο το σωρό πριν καταφθάσει στο στάδιο της προομογενοποίησης.

Προτάσεις

➤ Για την μέθοδο συνεχούς εξόρυξης είναι απαραίτητο για μεγαλύτερη ακρίβεια, να παίρνονται δείγματα (0,5 m έως 1 m) αφού οι επιφάνειες εξόρυξης είναι πάχους 25 cm καθώς επίσης και μικρότερα διαστήματα αν παρατηρηθεί αλλαγή μακροσκοπικά στα χαρακτηριστικά του πετρώματος που ενδεχομένως οδηγεί σε μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον η ανάπτυξη 2D ψηφιακών μοντέλων για το LSF σε οριζόντιες στρώσεις μικρού πάχους (25cm) είναι βασισμένες στα στοιχεία των σύνθετων δειγμάτων πάχους 1m. Επίσης, χρειάζονται πυρηνοληψίες για τον προσδιορισμό της υφής του πετρώματος, την σειρά των στρώσεων και των ρηξιγενών επιφανειών. Στις ρηξιγενείς επιφάνειες εναποθέτονται διάφορα άλατα και μεταλλικά ορυκτά, επηρεάζοντας έτσι το χημισμό του ασβεστολίθου. Οπότε για την ακρίβεια της μεθόδου συνεχούς εξόρυξης (επιφάνειες πάχους 25cm) απαιτούνται κυρίως δειγματοληψίες μικρών διαστημάτων κατά το βάθος και πυρηνοληψίες όπου είναι αυτό αναγκαίο.

➤ Έχοντας όλα τα στοιχεία (γεωλογικά, υδρογεωλογικά, γεωτεχνικά, σεισμολογικά, περιβαλλοντολογικά και τις χωρικές κατανομές των στοιχείων) ενός κοιτάσματος ασβεστολίθου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Surface Miner ως προς την εξόρυξη, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένα λογισμικό το οποίο θα δίνει την δυνατότητα πραγματοποίησης εικονικής εξόρυξης και ταυτόχρονα θα παρέχει πληροφορίες για την εξέλιξη της ποιότητας έτσι ώστε ο μηχανικός του λατομείου να μπορεί σε μικρότερο χρονικό διάστημα να επιλέξει την καλύτερη πορεία εκμετάλλευσης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. **Αγιουτάντης, Ζ.** (2005). *Στοιχεία Διάτρησης και Ανατίναξης*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
2. **Γαλετάκης, Μ.** (2002). *Σχεδίαση Εκμεταλλεύσεων Ορυκτών Πόρων με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
3. **Γαλετάκης, Μ.** (2002). *Έλεγχος Ποιότητας Πρώτων Υλών*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
4. **Καβουρίδης, Κ.** (1990). *Βασικές Αρχές Σχεδιασμού Επιφανειακών Εκμεταλλεύσεων*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
5. **Καβουρίδης, Κ.** (1993). *Εκμετάλλευση Π.* Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
6. **Κωστάκης, Γ.** (2003). *Εισαγωγή στην Αξιολόγηση των Βιομηχανικών Ορυκτών*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
7. **Τσίμας, Σ.** (1999). *Επιστήμη και Τεχνολογία Τσιμέντου*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
8. **Τσιμεντοβιομηχανία Βασιλικού, (Τ.Β).** (2007). *Εγχειρίδιο εταιρείας*.
9. **Τσουτρέλης, Χ.** (1997). *Εκρηκτικές Υλεις και Τεχνική των Ανατινάξεων*, Τόμος 1, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.

10. **Τσουτρέλης, Χ.** (2001). *Εκρηκτικές Υλεις και Τεχνική των Ανατινάξεων*, Τόμος 2, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.
11. **Χρηστίδης, Γ.** (2003). *Κοιτασματολογία II*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
12. **Χριστόπουλος, Δ.** (2005). *Εισαγωγή στη Γεωστατιστική*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Διεθνής Βιβλιογραφία

1. **Bagnall, P. S.** (1960). *The geology and mineral resources of the Pano Lefkara-Larnaca area*, Geological Survey Department, Cyprus, Memoir No. 5, 116p.
2. **Clark, G. B.** (1987). *Principles of rock fragmentation*, Wiley – Interscience Publications, New York, 595p.
3. **Schofield, G. C.** (1980). *Homogenisation / Blending Systems Design and Control for Minerals Processing*, Trans Tech Publications.
4. **Hristopulos, D.T.** (2004). *Anisotropic Spartan random field models for geostatistical analysis*, Proceedings of Advances in Minerals Resources Management and Environmental Geotechnology, Chania, Greece.
5. **Pantazis, Th. M.** (1967). *The geology and mineral resources of the Pharmakas-Kalavasos area*, Geological Survey Department, Cyprus, Memoir No. 8, 190p.

Παράρτημα Α

Γεωτρητηκά δείγματα
Σύνθετα δείγματα
Πίνακες αναλύσεων

Στοιχεία γεωτρήσεων του κοιτάσματος στην περιοχή μελέτης

Κωδικός Γεώτρησης	Y	X	Z Υψος (m)	Βάθος Δείγματος Από - Έως (m)		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	L.S.F	S.M
262	-28045	-4524	189.0	0	5	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56
262	-28045	-4524	189.0	5	10	7.79	1.51	0.59	48.67	0.55	202.73	3.71
262	-28045	-4524	189.0	10	15	7.34	1.33	0.54	48.79	0.54	216.85	3.93
262	-28045	-4524	189.0	15	20	8.64	1.58	0.63	47.52	0.62	179.34	3.91
262	-28045	-4524	189.0	20	25	9.94	1.65	0.64	46.62	0.64	154.23	4.34
262	-28045	-4524	189.0	25	30	10.72	1.71	0.66	46.13	0.64	141.95	4.52
262	-28045	-4524	189.0	30	35	18.92	2.57	1.09	40.99	0.76	72.21	5.17
262	-28045	-4524	189.0	35	40	16.46	2.14	0.88	42.04	0.66	85.40	5.45
262	-28045	-4524	189.0	40	45	11.98	2.03	0.75	44.70	0.69	122.57	4.31
262	-28045	-4524	189.0	45	50	12.58	1.86	0.68	44.67	0.61	117.87	4.95
262	-28045	-4524	189.0	50	55	17.19	2.54	1.07	41.01	0.79	79.05	4.76
262	-28045	-4524	189.0	55	60	18.67	2.76	1.21	39.76	0.85	70.53	4.70
262	-28045	-4524	189.0	60	65	18.28	2.20	0.89	40.84	0.70	75.07	5.92
262	-28045	-4524	189.0	65	70	19.86	2.59	1.01	41.86	0.78	70.50	5.52
262	-28045	-4524	189.0	70	75	20.64	2.49	1.09	39.79	0.78	64.71	5.77
262	-28045	-4524	189.0	75	80	21.26	2.80	1.18	39.70	0.85	62.37	5.34
262	-28045	-4524	189.0	80	85	17.34	2.97	1.30	41.51	0.97	78.38	4.06
262	-28045	-4524	189.0	85	90	18.92	2.66	1.15	41.10	0.96	72.21	4.97
284	-28030	-4495	183.1	0	5	15.92	1.82	0.84	44.38	0.57	93.81	5.98
284	-28030	-4495	183.1	5	10	9.73	1.73	0.79	48.21	0.64	161.60	3.86
284	-28030	-4495	183.1	10	15	8.64	1.63	0.71	48.73	0.59	183.13	3.69
284	-28030	-4495	183.1	15	20	9.78	1.68	0.76	48.10	0.61	160.90	4.01
284	-28030	-4495	183.1	20	25	9.98	1.77	0.77	47.92	0.63	156.76	3.93
284	-28030	-4495	183.1	25	30	17.84	2.40	1.06	42.75	0.74	79.88	5.16
284	-28030	-4495	183.1	30	35	12.70	2.06	0.88	46.33	0.69	120.01	4.32
284	-28030	-4495	183.1	35	40	12.09	2.00	0.85	46.69	0.68	126.86	4.24
285	-28016	-4466	183.8	0	3	7.48	1.52	0.68	49.27	0.55	212.28	3.40
285	-28016	-4466	183.8	3	8	7.24	1.51	0.68	49.59	0.56	220.15	3.31
285	-28016	-4466	183.8	8	13	7.95	1.64	0.73	49.12	0.61	198.85	3.35
285	-28016	-4466	183.8	13	18	8.76	1.69	0.76	48.68	0.62	179.96	3.58
285	-28016	-4466	183.8	18	23	9.03	1.68	0.75	48.56	0.62	174.75	3.72
285	-28016	-4466	183.8	23	28	11.60	2.01	0.86	46.93	0.68	132.38	4.04
285	-28016	-4466	183.8	28	33	18.96	2.60	1.15	42.45	0.77	74.53	5.06
285	-28016	-4466	183.8	33	38	12.77	2.11	0.88	46.41	0.69	119.43	4.27
285	-28016	-4466	183.8	38	40	11.25	1.86	0.75	47.42	0.63	138.58	4.31
286	-27997	-4445	182.4	0	5	7.03	1.43	0.65	49.89	0.55	228.62	3.38
286	-27997	-4445	182.4	5	10	7.57	1.55	0.71	49.39	0.59	210.01	3.35
286	-27997	-4445	182.4	10	15	8.69	1.68	0.78	48.63	0.65	181.08	3.53
286	-27997	-4445	182.4	15	20	9.70	1.77	0.78	48.02	0.65	161.19	3.80
286	-27997	-4445	182.4	20	25	10.94	1.83	0.81	47.39	0.64	142.08	4.14
286	-27997	-4445	182.4	25	30	19.66	2.65	1.21	41.72	0.78	70.69	5.09
286	-27997	-4445	182.4	30	35	13.54	2.06	0.89	45.83	0.68	111.88	4.59
286	-27997	-4445	182.4	35	40	11.30	1.89	0.81	47.30	0.67	137.36	4.19
286	-27997	-4445	182.4	40	45	11.93	1.98	0.82	46.91	0.66	129.18	4.26
287	-27978	-4462	188.4	0	3	8.02	1.65	0.75	49.06	0.59	196.84	3.34

287	-27978	-4462	188.4	3	8	7.86	1.54	0.68	49.40	0.56	203.31	3.54
287	-27978	-4462	188.4	8	13	8.73	1.64	0.72	48.77	0.61	181.44	3.70
287	-27978	-4462	188.4	13	18	9.21	1.63	0.71	48.56	0.61	172.17	3.94
287	-27978	-4462	188.4	18	23	10.03	1.70	0.73	48.13	0.62	157.30	4.13
287	-27978	-4462	188.4	23	28	16.84	2.41	1.09	43.69	0.76	86.08	4.81
287	-27978	-4462	188.4	28	33	17.74	2.29	0.99	43.56	0.69	82.09	5.41
287	-27978	-4462	188.4	33	38	12.63	1.99	0.85	46.62	0.68	121.71	4.45
287	-27978	-4462	188.4	38	40	11.10	1.85	0.79	47.51	0.64	140.51	4.20
288	-27990	-4479	188.6	0	5	8.98	1.44	0.68	48.67	0.52	178.19	4.24
288	-27990	-4479	188.6	5	10	7.59	1.55	0.76	49.37	0.57	209.14	3.29
288	-27990	-4479	188.6	10	15	7.93	1.56	0.70	49.20	0.57	200.56	3.51
288	-27990	-4479	188.6	15	20	8.93	1.66	0.75	48.59	0.62	176.80	3.71
288	-27990	-4479	188.6	20	25	9.36	1.70	0.74	48.40	0.62	168.47	3.84
288	-27990	-4479	188.6	25	30	10.05	1.83	0.81	47.84	0.63	155.01	3.81
288	-27990	-4479	188.6	30	35	13.71	2.24	0.96	45.43	0.73	108.94	4.28
288	-27990	-4479	188.6	35	40	11.09	1.93	0.81	47.44	0.66	139.96	4.05
288	-27990	-4479	188.6	40	45	11.68	2.02	0.80	47.01	0.64	131.87	4.14
289	-28009	-4507	188.6	0	5	12.15	2.08	0.94	46.04	0.63	124.01	4.02
289	-28009	-4507	188.6	5	10	13.45	1.72	0.82	45.45	0.58	112.90	5.30
289	-28009	-4507	188.6	10	15	8.69	1.71	0.76	48.65	0.61	181.00	3.52
289	-28009	-4507	188.6	15	20	9.58	1.77	0.77	48.10	0.64	163.34	3.77
289	-28009	-4507	188.6	20	25	9.97	1.73	0.75	48.03	0.63	157.58	4.02
289	-28009	-4507	188.6	25	30	11.91	1.97	0.86	46.70	0.66	128.75	4.21
289	-28009	-4507	188.6	30	35	18.77	2.48	1.07	42.67	0.73	75.89	5.29
289	-28009	-4507	188.6	35	40	12.91	2.06	0.88	46.28	0.70	118.09	4.39
289	-28009	-4507	188.6	40	45	12.17	2.00	0.86	46.73	0.68	126.18	4.26
290	-27962	-4485	192.3	0	5	9.69	1.56	0.70	48.15	0.53	163.45	4.29
290	-27962	-4485	192.3	5	10	8.27	1.64	0.73	48.88	0.58	190.95	3.49
290	-27962	-4485	192.3	10	15	7.82	1.59	0.71	49.25	0.57	202.96	3.40
290	-27962	-4485	192.3	15	20	8.98	1.71	0.74	48.66	0.63	175.81	3.67
290	-27962	-4485	192.3	20	25	9.15	1.67	0.72	48.33	0.61	172.04	3.83
290	-27962	-4485	192.3	25	30	10.69	1.85	0.78	47.68	0.63	145.99	4.06
290	-27962	-4485	192.3	30	35	13.66	2.04	0.87	45.97	0.66	111.41	4.69
290	-27962	-4485	192.3	35	40	12.33	2.00	0.84	46.77	0.67	124.82	4.34
290	-27962	-4485	192.3	40	45	11.70	1.99	0.82	47.16	0.66	132.17	4.16
290	-27962	-4485	192.3	45	50	11.12	1.82	0.73	47.67	0.62	141.06	4.36
291	-27975	-4499	192.3	0	5	9.00	1.99	0.87	48.06	0.61	170.71	3.15
291	-27975	-4499	192.3	5	10	9.88	1.63	0.72	47.88	0.56	159.13	4.20
291	-27975	-4499	192.3	10	15	7.65	1.57	0.70	49.32	0.57	207.58	3.37
291	-27975	-4499	192.3	15	20	8.63	1.65	0.72	48.76	0.61	183.23	3.64
291	-27975	-4499	192.3	20	25	9.51	1.68	0.72	48.29	0.62	165.88	3.96
291	-27975	-4499	192.3	25	30	14.53	2.23	0.99	45.12	0.72	102.54	4.51
291	-27975	-4499	192.3	30	35	17.61	2.35	1.00	43.56	0.72	82.53	5.26
291	-27975	-4499	192.3	35	40	13.61	2.15	0.93	45.92	0.72	111.21	4.42
291	-27975	-4499	192.3	40	45	12.35	2.07	0.85	46.70	0.69	124.15	4.23
291	-27975	-4499	192.3	45	50	11.20	1.91	0.76	47.56	0.66	139.28	4.19
292	-27996	-4524	194.1	0	5	10.70	2.11	0.95	46.86	0.65	141.53	3.50
292	-27996	-4524	194.1	5	10	7.32	1.59	0.80	49.55	0.56	216.15	3.06
292	-27996	-4524	194.1	10	15	8.12	1.63	0.72	49.07	0.58	195.03	3.46
292	-27996	-4524	194.1	15	20	8.58	1.71	0.76	48.78	0.62	183.59	3.47

292	-27996	-4524	194.1	20	25	8.75	1.70	0.73	48.73	0.62	180.38	3.60
292	-27996	-4524	194.1	25	30	9.37	1.77	0.76	48.36	0.65	167.60	3.70
292	-27996	-4524	194.1	30	35	14.95	2.38	1.03	44.59	0.75	98.25	4.38
292	-27996	-4524	194.1	35	40	14.47	2.25	0.96	45.30	0.72	103.33	4.51
292	-27996	-4524	194.1	40	45	11.94	2.09	0.87	46.87	0.73	128.39	4.03
293	-27944	-4502	194.4	0	5	8.75	1.54	0.69	48.69	0.54	181.70	3.92
293	-27944	-4502	194.4	5	10	7.80	1.59	0.71	49.32	0.57	203.72	3.39
293	-27944	-4502	194.4	10	15	8.26	1.68	0.75	48.96	0.62	191.01	3.40
293	-27944	-4502	194.4	15	20	9.19	1.71	0.75	48.50	0.64	171.55	3.74
293	-27944	-4502	194.4	20	25	12.03	1.99	0.87	46.74	0.67	127.57	4.21
293	-27944	-4502	194.4	25	30	22.97	2.85	1.29	40.27	0.81	58.72	5.55
293	-27944	-4502	194.4	30	35	15.10	2.23	0.96	44.95	0.70	98.62	4.73
293	-27944	-4502	194.4	35	40	11.70	2.06	0.86	46.98	0.71	131.26	4.01
293	-27944	-4502	194.4	40	45	10.66	1.98	0.79	47.70	0.67	145.70	3.85
293	-27944	-4502	194.4	45	50	15.22	2.59	1.15	44.53	0.80	95.82	4.07
294	-27963	-4517	197.5	0	5	9.77	2.19	0.95	47.35	0.63	154.73	3.11
294	-27963	-4517	197.5	5	10	8.45	1.77	0.77	48.70	0.59	185.28	3.33
294	-27963	-4517	197.5	10	15	7.60	1.55	0.69	49.45	0.56	209.64	3.39
294	-27963	-4517	197.5	15	20	8.33	1.69	0.75	48.83	0.63	188.97	3.41
294	-27963	-4517	197.5	20	25	8.67	1.69	0.72	48.73	0.63	182.02	3.60
294	-27963	-4517	197.5	25	30	9.50	1.76	0.81	48.19	0.65	164.82	3.70
294	-27963	-4517	197.5	30	35	17.24	2.56	1.14	43.08	0.78	82.71	4.66
294	-27963	-4517	197.5	35	40	16.73	2.33	1.01	43.96	0.73	87.40	5.01
294	-27963	-4517	197.5	40	45	11.98	2.00	0.84	46.91	0.69	128.56	4.22
294	-27963	-4517	197.5	45	50	11.25	1.94	0.79	47.40	0.66	138.03	4.12
294	-27963	-4517	197.5	50	55	11.20	1.78	0.73	47.61	0.60	140.15	4.46
295	-28024	-4521	189.9	0	5	10.88	2.02	0.91	46.74	0.61	139.61	3.71
295	-28024	-4521	189.9	5	10	8.41	1.63	0.76	48.91	0.56	188.13	3.52
295	-28024	-4521	189.9	10	15	7.67	1.55	0.71	49.45	0.56	207.79	3.39
295	-28024	-4521	189.9	15	20	8.34	1.64	0.73	49.00	0.62	189.96	3.52
295	-28024	-4521	189.9	20	25	9.08	1.71	0.74	48.58	0.62	173.77	3.71
295	-28024	-4521	189.9	25	30	10.46	1.86	0.80	47.65	0.62	148.72	3.93
295	-28024	-4521	189.9	30	35	15.62	2.35	1.03	44.02	0.73	93.21	4.62
295	-28024	-4521	189.9	35	40	13.62	2.18	1.00	45.71	0.73	110.41	4.28
295	-28024	-4521	189.9	40	45	11.02	1.98	0.85	47.48	0.69	140.54	3.89
296	-27927	-4523	197.1	0	5	9.39	1.61	0.74	48.18	0.55	167.85	4.00
296	-27927	-4523	197.1	5	10	7.53	1.50	0.69	49.52	0.54	212.24	3.44
296	-27927	-4523	197.1	10	15	8.32	1.66	0.73	48.91	0.60	189.85	3.48
296	-27927	-4523	197.1	15	20	8.98	1.67	0.75	48.59	0.62	175.82	3.71
296	-27927	-4523	197.1	20	25	10.80	1.90	0.81	47.44	0.64	143.56	3.99
296	-27927	-4523	197.1	25	30	20.19	2.63	1.13	41.71	0.76	69.03	5.37
296	-27927	-4523	197.1	30	35	13.52	2.11	0.90	45.87	0.67	111.95	4.49
296	-27927	-4523	197.1	35	40	11.41	1.98	0.83	47.14	0.68	135.21	4.06
296	-27927	-4523	197.1	40	45	10.26	1.97	0.80	47.84	0.67	151.33	3.70
296	-27927	-4523	197.1	45	50	14.90	2.48	1.09	44.76	0.76	98.58	4.17
297	-27910	-4542	198.6	0	5	7.24	1.58	0.72	49.45	0.55	218.46	3.15
297	-27910	-4542	198.6	5	10	8.31	1.62	0.72	48.90	0.61	190.42	3.55
297	-27910	-4542	198.6	10	15	9.26	1.68	0.73	48.48	0.60	170.59	3.84
297	-27910	-4542	198.6	15	20	9.74	1.67	0.73	48.22	0.60	162.08	4.06
297	-27910	-4542	198.6	20	25	16.66	2.53	1.16	43.54	0.77	86.32	4.51

297	-27910	-4542	198.6	25	30	19.90	2.66	1.15	41.87	0.76	70.18	5.22
297	-27910	-4542	198.6	30	35	13.24	2.13	0.92	45.93	0.69	114.18	4.34
297	-27910	-4542	198.6	35	40	10.51	1.92	0.81	47.66	0.65	147.74	3.85
297	-27910	-4542	198.6	40	45	12.31	2.27	0.94	46.37	0.71	122.66	3.83
297	-27910	-4542	198.6	45	50	16.15	2.40	1.08	44.14	0.76	90.45	4.64
297	-27910	-4542	198.6	50	55	15.96	2.24	1.00	44.59	0.72	92.85	4.93
298	-28042	-4545	195.7	0	5	9.54	1.95	0.89	47.84	0.59	161.46	3.36
298	-28042	-4545	195.7	5	10	9.38	2.21	0.97	47.60	0.65	161.10	2.95
298	-28042	-4545	195.7	10	15	9.70	1.78	0.82	47.78	0.58	160.18	3.73
298	-28042	-4545	195.7	15	20	7.58	1.58	0.70	49.41	0.57	209.59	3.32
298	-28042	-4545	195.7	20	25	8.27	1.63	0.71	49.00	0.60	191.60	3.53
298	-28042	-4545	195.7	25	30	9.33	1.73	0.74	48.35	0.65	168.58	3.78
298	-28042	-4545	195.7	30	35	13.19	2.11	0.90	45.85	0.70	114.48	4.38
298	-28042	-4545	195.7	35	40	15.17	2.20	0.94	44.81	0.68	97.99	4.83
298	-28042	-4545	195.7	40	45	11.75	2.03	0.86	46.92	0.70	130.71	4.07
298	-28042	-4545	195.7	45	50	10.31	1.87	0.79	47.85	0.65	151.30	3.88
299	-28065	-4537	188.2	0	5	9.02	2.23	0.98	47.86	0.62	167.52	2.81
299	-28065	-4537	188.2	5	10	9.80	2.08	0.90	47.47	0.61	155.53	3.29
299	-28065	-4537	188.2	10	15	7.61	1.66	0.73	49.44	0.57	207.95	3.18
299	-28065	-4537	188.2	15	20	7.99	1.67	0.73	49.17	0.58	197.86	3.33
299	-28065	-4537	188.2	20	25	8.49	1.73	0.75	48.81	0.63	185.34	3.42
299	-28065	-4537	188.2	25	30	8.79	1.70	0.73	48.71	0.62	179.57	3.62
299	-28065	-4537	188.2	30	35	16.55	2.27	0.97	43.68	0.69	87.90	5.11
299	-28065	-4537	188.2	35	40	12.36	2.05	0.88	46.51	0.69	123.57	4.22
299	-28065	-4537	188.2	40	45	11.92	1.99	0.83	46.90	0.68	129.19	4.23
299	-28065	-4537	188.2	45	50	11.25	1.97	0.81	47.31	0.66	137.57	4.05
300	-28080	-4555	186.9	0	5	9.36	2.09	0.89	47.91	0.64	163.55	3.14
300	-28080	-4555	186.9	5	10	11.94	1.91	0.93	45.99	0.63	126.59	4.20
300	-28080	-4555	186.9	10	15	7.79	1.62	0.74	49.37	0.59	203.70	3.30
300	-28080	-4555	186.9	15	20	8.94	1.70	0.76	48.51	0.62	175.98	3.63
300	-28080	-4555	186.9	20	25	9.40	1.70	0.74	48.45	0.62	167.99	3.85
300	-28080	-4555	186.9	25	30	11.35	1.93	0.82	47.27	0.66	136.50	4.13
300	-28080	-4555	186.9	30	35	21.51	2.88	1.28	41.19	0.84	63.84	5.17
300	-28080	-4555	186.9	35	40	12.01	1.97	0.82	47.05	0.67	128.82	4.30
300	-28080	-4555	186.9	40	45	15.64	2.05	0.85	45.00	0.64	96.14	5.39
300	-28080	-4555	186.9	45	50	13.86	2.18	0.91	45.82	0.73	109.05	4.49
301	-28060	-4563	192.0	0	5	9.30	2.04	0.92	47.92	0.61	164.75	3.14
301	-28060	-4563	192.0	5	10	9.37	1.94	0.87	47.83	0.62	164.20	3.33
301	-28060	-4563	192.0	10	15	7.82	1.66	0.73	49.26	0.57	202.20	3.27
301	-28060	-4563	192.0	15	20	8.15	1.65	0.73	48.99	0.60	193.83	3.42
301	-28060	-4563	192.0	20	25	8.88	1.73	0.75	48.60	0.63	177.19	3.58
301	-28060	-4563	192.0	25	30	9.43	1.70	0.74	48.33	0.62	167.09	3.86
301	-28060	-4563	192.0	30	35	15.24	2.29	1.01	44.51	0.71	96.60	4.62
301	-28060	-4563	192.0	35	40	18.25	2.44	1.03	43.00	0.72	78.61	5.26
301	-28060	-4563	192.0	40	45	13.13	2.15	0.90	46.08	0.70	115.40	4.30
301	-28060	-4563	192.0	45	50	11.09	2.01	0.85	47.30	0.68	139.05	3.88
302	-28039	-4584	196.0	0	5	7.57	1.13	0.63	45.08	0.69	196.33	4.30
302	-28039	-4584	196.0	5	10	5.84	1.00	0.56	47.38	0.69	264.46	3.74
302	-28039	-4584	196.0	10	15	6.40	1.07	0.60	46.60	0.81	237.83	3.83
302	-28039	-4584	196.0	15	20	7.51	1.10	0.60	45.49	0.80	200.06	4.42

302	-28039	-4584	196.0	20	25	7.48	1.07	0.58	45.74	0.79	202.34	4.53
302	-28039	-4584	196.0	25	30	11.24	1.46	0.82	41.37	0.94	122.55	4.93
302	-28039	-4584	196.0	30	35	15.60	1.73	0.95	37.22	1.00	80.26	5.82
302	-28039	-4584	196.0	35	40	10.80	1.40	0.75	42.32	0.93	130.59	5.02
302	-28039	-4584	196.0	40	45	9.45	1.32	0.65	43.75	0.84	153.69	4.80
302	-28039	-4584	196.0	45	50	9.13	1.25	0.66	44.21	0.87	160.80	4.78
303	-28026	-4565	200.0	0	5	9.22	2.01	0.97	47.90	0.60	165.98	3.09
303	-28026	-4565	200.0	5	10	9.29	2.16	0.97	47.69	0.62	163.13	2.97
303	-28026	-4565	200.0	10	15	11.08	1.85	0.83	47.07	0.59	139.33	4.13
303	-28026	-4565	200.0	15	20	8.27	1.69	0.75	48.91	0.59	190.52	3.39
303	-28026	-4565	200.0	20	25	8.80	1.75	0.77	48.61	0.65	178.45	3.49
303	-28026	-4565	200.0	25	30	9.54	1.84	0.80	48.19	0.65	163.69	3.61
303	-28026	-4565	200.0	30	35	19.21	2.49	1.14	42.09	0.77	73.18	5.29
303	-28026	-4565	200.0	35	40	13.46	2.13	0.94	42.85	0.71	104.88	4.38
303	-28026	-4565	200.0	40	45	11.37	1.90	0.81	47.21	0.67	136.28	4.20
303	-28026	-4565	200.0	45	50	11.39	1.89	0.82	47.28	0.66	136.28	4.20
303	-28026	-4565	200.0	50	55	11.10	1.90	0.80	47.39	0.64	139.88	4.11
303	-28026	-4565	200.0	55	60	12.48	1.95	0.83	46.69	0.64	123.44	4.49
304	-28011	-4544	199.8	0	5	9.21	1.95	0.90	48.07	0.59	167.42	3.23
304	-28011	-4544	199.8	5	10	9.46	2.23	1.01	47.58	0.64	159.55	2.92
304	-28011	-4544	199.8	10	15	9.91	2.02	0.92	47.46	0.61	154.24	3.37
304	-28011	-4544	199.8	15	20	8.15	1.71	0.77	48.92	0.58	192.81	3.29
304	-28011	-4544	199.8	20	25	8.03	1.66	0.73	49.10	0.59	196.79	3.36
304	-28011	-4544	199.8	25	30	8.67	1.72	0.76	48.67	0.63	181.37	3.50
304	-28011	-4544	199.8	30	35	9.03	1.69	0.73	48.62	0.62	174.98	3.73
304	-28011	-4544	199.8	35	40	10.53	1.92	0.84	47.52	0.66	146.97	3.82
304	-28011	-4544	199.8	40	45	15.65	2.28	0.97	44.51	0.69	94.33	4.82
304	-28011	-4544	199.8	45	50	12.24	2.02	0.84	46.69	0.67	125.37	4.28
304	-28011	-4544	199.8	50	55	13.00	2.02	0.86	46.35	0.67	117.69	4.51
305	-27991	-4560	205.0	0	5	9.06	1.96	0.94	48.12	0.61	169.85	3.12
305	-27991	-4560	205.0	5	10	9.57	2.22	1.02	47.43	0.65	157.45	2.95
305	-27991	-4560	205.0	10	15	12.53	2.16	0.99	45.66	0.65	119.16	3.98
305	-27991	-4560	205.0	15	20	8.11	1.70	0.76	48.95	0.58	193.92	3.30
305	-27991	-4560	205.0	20	25	8.35	1.63	0.73	48.92	0.59	189.54	3.54
305	-27991	-4560	205.0	25	30	8.93	1.73	0.76	48.52	0.63	175.96	3.59
305	-27991	-4560	205.0	30	35	10.59	1.87	0.82	47.44	0.65	146.29	3.94
305	-27991	-4560	205.0	35	40	11.67	2.01	0.89	46.72	0.70	130.99	4.02
305	-27991	-4560	205.0	40	45	10.03	1.83	0.79	48.04	0.66	156.01	3.83
305	-27991	-4560	205.0	45	50	10.15	1.89	0.78	47.94	0.64	153.68	3.80
305	-27991	-4560	205.0	50	55	12.48	2.02	0.87	46.58	0.67	122.79	4.32
306	-27976	-4537	201.5	0	5	9.32	2.05	0.89	47.85	0.58	164.24	3.17
306	-27976	-4537	201.5	5	10	9.79	2.29	1.01	47.34	0.65	153.62	2.97
306	-27976	-4537	201.5	10	15	8.90	1.84	0.80	48.29	0.59	174.66	3.37
306	-27976	-4537	201.5	15	20	7.95	1.63	0.73	49.20	0.57	199.27	3.37
306	-27976	-4537	201.5	20	25	8.46	1.68	0.75	48.82	0.60	186.40	3.48
306	-27976	-4537	201.5	25	30	8.97	1.74	0.76	48.52	0.63	175.18	3.59
306	-27976	-4537	201.5	30	35	9.74	1.76	0.76	48.09	0.63	160.95	3.87
306	-27976	-4537	201.5	35	40	15.11	2.28	1.01	44.59	0.73	97.57	4.59
306	-27976	-4537	201.5	40	45	16.20	2.34	0.99	44.14	0.71	90.43	4.86
306	-27976	-4537	201.5	45	50	12.50	2.10	0.89	46.42	0.71	121.84	4.18

306	-27976	-4537	201.5	50	55	10.58	2.00	0.81	47.63	0.67	146.33	3.77
306	-27976	-4537	201.5	55	60	13.73	2.39	1.05	45.38	0.76	108.06	3.99
307	-27987	-4597	202.2	0	5	7.91	1.79	0.83	48.35	0.98	194.68	3.02
307	-27987	-4597	202.2	5	10	8.32	1.67	0.77	48.84	0.57	189.30	3.41
307	-27987	-4597	202.2	10	15	7.97	1.59	0.73	48.99	0.68	198.35	3.44
307	-27987	-4597	202.2	15	20	8.12	1.64	0.75	49.01	0.60	194.55	3.40
307	-27987	-4597	202.2	20	25	8.46	1.66	0.73	48.87	0.62	186.85	3.54
307	-27987	-4597	202.2	25	30	9.02	1.69	0.75	48.54	0.62	174.78	3.70
307	-27987	-4597	202.2	30	35	14.39	2.23	0.99	44.99	0.72	103.16	4.47
307	-27987	-4597	202.2	35	40	14.30	2.18	0.94	45.19	0.69	104.44	4.58
307	-27987	-4597	202.2	40	45	12.00	1.99	0.86	46.74	0.69	127.89	4.21
307	-27987	-4597	202.2	45	50	11.65	1.98	0.83	46.98	0.66	132.21	4.15
307	-27987	-4597	202.2	50	55	11.38	1.83	0.76	47.28	0.63	136.83	4.39
307	-27987	-4597	202.2	55	60	13.57	2.07	0.90	45.87	0.68	111.70	4.57
308	-27974	-4597	203.1	0	5	10.53	1.57	0.73	47.64	0.55	149.61	4.58
308	-27974	-4597	203.1	5	10	8.06	1.54	0.70	49.23	0.55	197.94	3.60
308	-27974	-4597	203.1	10	15	8.24	1.58	0.72	49.04	0.58	192.80	3.58
308	-27974	-4597	203.1	15	20	9.16	1.66	0.74	48.56	0.61	172.68	3.82
308	-27974	-4597	203.1	20	25	9.49	1.66	0.73	48.40	0.60	166.68	3.97
308	-27974	-4597	203.1	25	30	13.75	2.05	0.92	45.48	0.67	109.44	4.63
308	-27974	-4597	203.1	30	35	17.87	2.35	1.01	43.19	0.69	80.71	5.32
308	-27974	-4597	203.1	35	40	12.70	2.05	0.88	46.20	0.69	119.71	4.33
308	-27974	-4597	203.1	40	45	10.97	1.90	0.83	47.38	0.66	141.28	4.02
308	-27974	-4597	203.1	45	50	11.91	1.94	0.83	46.81	0.65	129.25	4.30
308	-27974	-4597	203.1	50	55	14.44	2.30	1.03	45.06	0.72	102.73	4.34
308	-27974	-4597	203.1	55	60	15.75	2.55	1.16	44.11	0.78	92.06	4.25
309	-27974	-4579	208.7	0	5	9.09	2.01	0.91	48.08	0.59	168.97	3.11
309	-27974	-4579	208.7	5	10	9.26	2.17	0.96	47.78	0.63	163.88	2.96
309	-27974	-4579	208.7	10	15	11.42	1.90	0.84	46.62	0.60	133.96	4.17
309	-27974	-4579	208.7	15	20	8.60	1.64	0.73	48.69	0.58	183.58	3.63
309	-27974	-4579	208.7	20	25	9.05	1.72	0.75	48.50	0.62	173.89	3.66
309	-27974	-4579	208.7	25	30	9.84	1.73	0.75	48.10	0.62	159.72	3.97
309	-27974	-4579	208.7	30	35	13.41	2.16	0.92	45.82	0.68	112.47	4.35
309	-27974	-4579	208.7	35	40	18.74	2.46	1.05	42.71	0.74	76.12	5.34
309	-27974	-4579	208.7	40	45	12.98	2.09	0.88	46.26	0.72	117.34	4.37
309	-27974	-4579	208.7	45	50	11.22	1.94	0.82	47.41	0.67	138.31	4.07
309	-27974	-4579	208.7	50	55	11.11	1.79	0.72	47.53	0.61	140.94	4.43
309	-27974	-4579	208.7	55	60	14.35	2.19	0.95	45.29	0.71	104.29	4.57
309	-27974	-4579	208.7	60	65	16.69	2.63	1.18	43.65	0.81	86.17	4.38
310	-27960	-4560	209.2	0	5	9.40	1.98	0.93	47.91	0.61	163.51	3.23
310	-27960	-4560	209.2	5	10	9.29	2.14	0.96	47.72	0.63	163.40	3.00
310	-27960	-4560	209.2	10	15	9.82	2.01	0.87	47.51	0.63	155.91	3.41
310	-27960	-4560	209.2	15	20	7.77	1.63	0.73	49.26	0.58	203.67	3.29
310	-27960	-4560	209.2	20	25	7.77	1.60	0.73	49.26	0.59	203.97	3.33
310	-27960	-4560	209.2	25	30	8.68	1.74	0.77	48.63	0.65	180.83	3.46
310	-27960	-4560	209.2	30	35	8.86	1.73	0.74	48.59	0.63	177.56	3.59
310	-27960	-4560	209.2	35	40	12.64	2.08	0.92	46.14	0.69	119.89	4.21
310	-27960	-4560	209.2	40	45	10.95	1.91	0.81	47.37	0.66	141.49	4.03
310	-27960	-4560	209.2	45	50	10.78	1.89	0.79	47.59	0.65	144.36	4.02
310	-27960	-4560	209.2	50	55	11.99	1.91	0.81	46.86	0.64	128.77	4.41

310	-27960	-4560	209.2	55	60	14.81	2.38	1.06	44.88	0.75	99.70	4.31
311	-27948	-4538	204.4	0	5	9.72	2.14	0.95	47.50	0.63	156.24	3.15
311	-27948	-4538	204.4	5	10	8.15	1.71	0.75	48.94	0.58	192.98	3.31
311	-27948	-4538	204.4	10	15	10.59	2.09	0.91	46.92	0.63	143.26	3.53
311	-27948	-4538	204.4	15	20	8.49	1.75	0.76	48.71	0.62	184.75	3.38
311	-27948	-4538	204.4	20	25	8.87	1.77	0.76	48.58	0.64	176.95	3.51
311	-27948	-4538	204.4	25	30	9.19	1.75	0.75	48.47	0.63	171.15	3.68
311	-27948	-4538	204.4	30	35	12.25	2.07	0.88	46.53	0.67	124.56	4.15
311	-27948	-4538	204.4	35	40	21.54	2.77	1.23	41.19	0.80	63.92	5.39
311	-27948	-4538	204.4	40	45	14.79	2.26	0.95	45.19	0.71	101.00	4.61
311	-27948	-4538	204.4	45	50	11.79	1.97	0.83	47.01	0.68	130.89	4.21
311	-27948	-4538	204.4	50	55	14.03	2.29	0.98	45.50	0.73	106.63	4.29
312	-27929	-4558	205.6	0	5	11.94	2.02	0.90	46.19	0.61	126.75	4.09
312	-27929	-4558	205.6	5	10	7.82	1.64	0.71	49.24	0.58	202.42	3.33
312	-27929	-4558	205.6	10	15	7.87	1.55	0.69	49.36	0.56	202.76	3.51
312	-27929	-4558	205.6	15	20	8.59	1.71	0.74	48.77	0.64	183.45	3.51
312	-27929	-4558	205.6	20	25	8.89	1.70	0.73	48.70	0.64	177.70	3.66
312	-27929	-4558	205.6	25	30	9.95	1.85	0.80	47.92	0.65	156.60	3.75
312	-27929	-4558	205.6	30	35	18.63	2.59	1.14	42.69	0.79	76.21	4.99
312	-27929	-4558	205.6	35	40	11.81	2.06	0.89	46.88	0.70	129.79	4.00
312	-27929	-4558	205.6	40	45	10.28	1.96	0.79	47.88	0.67	151.28	3.74
312	-27929	-4558	205.6	45	50	12.38	2.13	0.91	46.49	0.71	122.95	4.07
312	-27929	-4558	205.6	50	55	15.47	2.68	1.20	44.30	0.83	93.63	3.99
313	-27943	-4580	212.3	0	5	9.25	2.03	0.94	47.90	0.59	165.47	3.11
313	-27943	-4580	212.3	5	10	9.18	2.15	0.98	47.87	0.62	165.52	2.93
313	-27943	-4580	212.3	10	15	10.28	1.94	0.87	47.25	0.60	149.16	3.66
313	-27943	-4580	212.3	15	20	8.18	1.70	0.75	49.04	0.58	192.83	3.34
313	-27943	-4580	212.3	20	25	7.97	1.61	0.71	49.27	0.57	199.40	3.44
313	-27943	-4580	212.3	25	30	9.09	1.75	0.76	48.52	0.63	173.00	3.62
313	-27943	-4580	212.3	30	35	13.34	2.25	0.98	45.73	0.73	112.39	4.13
313	-27943	-4580	212.3	35	40	18.65	2.59	1.10	42.85	0.77	76.46	5.05
313	-27943	-4580	212.3	40	45	13.13	2.16	0.92	46.07	0.73	115.31	4.26
313	-27943	-4580	212.3	45	50	10.60	1.97	0.82	47.72	0.68	146.48	3.80
313	-27943	-4580	212.3	50	55	10.04	1.87	0.76	48.07	0.65	155.82	3.82
313	-27943	-4580	212.3	55	60	12.28	2.16	0.90	46.58	0.71	124.01	4.01
313	-27943	-4580	212.3	60	65	15.27	2.63	1.15	44.45	0.82	95.26	4.04
314	-27958	-4598	210.5	0	5	13.00	1.95	0.93	45.45	0.60	115.52	4.51
314	-27958	-4598	210.5	5	10	8.40	1.63	0.73	48.85	0.58	188.24	3.56
314	-27958	-4598	210.5	10	15	8.12	1.65	0.73	49.00	0.61	194.52	3.41
314	-27958	-4598	210.5	15	20	8.90	1.71	0.74	48.56	0.64	176.88	3.63
314	-27958	-4598	210.5	20	25	9.00	1.68	0.74	48.56	0.63	175.33	3.72
314	-27958	-4598	210.5	25	30	10.72	1.94	0.84	47.24	0.67	143.63	3.86
314	-27958	-4598	210.5	30	35	19.89	2.78	1.22	41.72	0.83	69.74	4.97
314	-27958	-4598	210.5	35	40	14.17	2.27	0.95	45.39	0.74	105.52	4.40
314	-27958	-4598	210.5	40	45	11.62	2.05	0.85	47.03	0.70	132.30	4.01
314	-27958	-4598	210.5	45	50	11.39	1.90	0.76	47.36	0.65	136.62	4.28
262	-28045	-4524	189.0	0	5	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56

Σύνθετα δείγματα από το υψόμετρο 180 m έως το 204 m

Κωδικοί Γεωτρήσεων	Y	X	Υψόμετρο Σύνθετων δειγμάτων (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	LSF	SM
262	-28045	-4524	180	7.79	1.51	0.59	48.67	0.55	202.73	3.71
284	-28030	-4495	180	15.92	1.82	0.84	44.38	0.57	93.81	5.98
285	-28016	-4466	180	7.29	1.51	0.68	49.53	0.56	218.57	3.32
286	-27997	-4445	180	7.03	1.43	0.65	49.89	0.55	228.62	3.38
287	-27978	-4462	180	7.86	1.54	0.68	49.40	0.56	203.31	3.54
288	-27990	-4479	180	7.59	1.55	0.76	49.37	0.57	209.14	3.29
289	-28009	-4507	180	13.45	1.72	0.82	45.45	0.58	112.90	5.30
290	-27962	-4485	180	7.82	1.59	0.71	49.25	0.57	202.96	3.40
291	-27975	-4499	180	7.65	1.57	0.70	49.32	0.57	207.58	3.37
292	-27996	-4524	180	8.17	1.64	0.72	49.04	0.58	193.89	3.46
293	-27944	-4502	180	8.63	1.69	0.75	48.78	0.63	183.23	3.53
294	-27963	-4517	180	8.33	1.69	0.75	48.83	0.63	188.97	3.41
295	-28024	-4521	180	7.74	1.56	0.72	49.40	0.56	205.83	3.41
296	-27927	-4523	180	8.98	1.67	0.75	48.59	0.62	175.82	3.71
297	-27910	-4542	180	9.74	1.67	0.73	48.22	0.60	162.08	4.06
298	-28042	-4545	180	7.58	1.58	0.70	49.41	0.57	209.59	3.32
299	-28065	-4537	180	9.80	2.08	0.90	47.47	0.61	155.53	3.29
300	-28080	-4555	180	11.94	1.91	0.93	45.99	0.63	126.59	4.20
301	-28060	-4563	180	7.82	1.66	0.73	49.26	0.57	202.20	3.27
302	-28039	-4584	180	7.51	1.10	0.60	45.49	0.80	200.06	4.42
303	-28026	-4565	180	8.80	1.75	0.77	48.61	0.65	178.45	3.49
304	-28011	-4544	180	8.05	1.67	0.74	49.06	0.59	195.99	3.35
305	-27991	-4560	180	8.93	1.73	0.76	48.52	0.63	175.96	3.59
306	-27976	-4537	180	8.46	1.68	0.75	48.82	0.60	186.40	3.48
307	-27987	-4597	180	8.46	1.66	0.73	48.87	0.62	186.85	3.54
308	-27974	-4597	180	9.49	1.66	0.73	48.40	0.60	166.68	3.97
309	-27974	-4579	180	9.84	1.73	0.75	48.10	0.62	159.72	3.97
310	-27960	-4560	180	8.72	1.74	0.76	48.62	0.65	180.18	3.48
311	-27948	-4538	180	9.00	1.76	0.76	48.54	0.64	174.63	3.57
312	-27929	-4558	180	9.95	1.85	0.80	47.92	0.65	156.60	3.75
313	-27943	-4580	180	13.34	2.25	0.98	45.73	0.73	112.39	4.13
314	-27958	-4598	180	19.89	2.78	1.22	41.72	0.83	69.74	4.97
315	-27960	-4610	180	13.06	2.13	0.91	45.96	0.71	115.72	4.30
262	-28045	-4524	181	7.79	1.51	0.59	48.67	0.55	202.73	3.71
284	-28030	-4495	181	15.92	1.82	0.84	44.38	0.57	93.81	5.98
285	-28016	-4466	181	7.48	1.52	0.68	49.27	0.55	212.28	3.40
286	-27997	-4445	181	7.03	1.43	0.65	49.89	0.55	228.62	3.38
287	-27978	-4462	181	7.86	1.54	0.68	49.40	0.56	203.31	3.54

288	-27990	-4479	181	7.59	1.55	0.76	49.37	0.57	209.14	3.29
289	-28009	-4507	181	13.45	1.72	0.82	45.45	0.58	112.90	5.30
290	-27962	-4485	181	7.82	1.59	0.71	49.25	0.57	202.96	3.40
291	-27975	-4499	181	7.65	1.57	0.70	49.32	0.57	207.58	3.37
292	-27996	-4524	181	8.12	1.63	0.72	49.07	0.58	195.03	3.46
293	-27944	-4502	181	8.26	1.68	0.75	48.96	0.62	191.01	3.40
294	-27963	-4517	181	8.33	1.69	0.75	48.83	0.63	188.97	3.41
295	-28024	-4521	181	8.41	1.63	0.76	48.91	0.56	188.13	3.52
296	-27927	-4523	181	8.98	1.67	0.75	48.59	0.62	175.82	3.71
297	-27910	-4542	181	9.74	1.67	0.73	48.22	0.60	162.08	4.06
298	-28042	-4545	181	8.22	1.64	0.74	48.92	0.57	194.76	3.45
299	-28065	-4537	181	9.80	2.08	0.90	47.47	0.61	155.53	3.29
300	-28080	-4555	181	11.94	1.91	0.93	45.99	0.63	126.59	4.20
301	-28060	-4563	181	7.82	1.66	0.73	49.26	0.57	202.20	3.27
302	-28039	-4584	181	7.51	1.10	0.60	45.49	0.80	200.06	4.42
303	-28026	-4565	181	8.27	1.69	0.75	48.91	0.59	190.52	3.39
304	-28011	-4544	181	8.15	1.71	0.77	48.92	0.58	192.81	3.29
305	-27991	-4560	181	8.35	1.63	0.73	48.92	0.59	189.54	3.54
306	-27976	-4537	181	8.46	1.68	0.75	48.82	0.60	186.40	3.48
307	-27987	-4597	181	8.46	1.66	0.73	48.87	0.62	186.85	3.54
308	-27974	-4597	181	9.49	1.66	0.73	48.40	0.60	166.68	3.97
309	-27974	-4579	181	9.84	1.73	0.75	48.10	0.62	159.72	3.97
310	-27960	-4560	181	8.68	1.74	0.77	48.63	0.65	180.83	3.46
311	-27948	-4538	181	8.87	1.77	0.76	48.58	0.64	176.95	3.51
312	-27929	-4558	181	9.53	1.79	0.77	48.23	0.65	165.04	3.72
313	-27943	-4580	181	13.34	2.25	0.98	45.73	0.73	112.39	4.13
314	-27958	-4598	181	15.31	2.36	1.03	44.48	0.75	106.69	4.41
315	-27960	-4610	181	15.57	2.33	1.02	44.31	0.73	95.51	4.65
262	-28045	-4524	182	7.79	1.51	0.59	48.67	0.55	202.73	3.71
284	-28030	-4495	182	15.92	1.82	0.84	44.38	0.57	93.81	5.98
285	-28016	-4466	182	7.48	1.52	0.68	49.27	0.55	212.28	3.40
286	-27997	-4445	182	7.03	1.43	0.65	49.89	0.55	228.62	3.38
287	-27978	-4462	182	7.86	1.54	0.68	49.40	0.56	203.31	3.54
288	-27990	-4479	182	7.59	1.55	0.76	49.37	0.57	209.14	3.29
289	-28009	-4507	182	13.45	1.72	0.82	45.45	0.58	112.90	5.30
290	-27962	-4485	182	7.82	1.59	0.71	49.25	0.57	202.96	3.40
291	-27975	-4499	182	7.65	1.57	0.70	49.32	0.57	207.58	3.37
292	-27996	-4524	182	8.12	1.63	0.72	49.07	0.58	195.03	3.46
293	-27944	-4502	182	8.26	1.68	0.75	48.96	0.62	191.01	3.40
294	-27963	-4517	182	8.33	1.69	0.75	48.83	0.63	188.97	3.41
295	-28024	-4521	182	8.41	1.63	0.76	48.91	0.56	188.13	3.52
296	-27927	-4523	182	8.98	1.67	0.75	48.59	0.62	175.82	3.71
297	-27910	-4542	182	9.74	1.67	0.73	48.22	0.60	162.08	4.06

298	-28042	-4545	182	9.70	1.78	0.82	47.78	0.58	160.18	3.73
299	-28065	-4537	182	9.80	2.08	0.90	47.47	0.61	155.53	3.29
300	-28080	-4555	182	11.68	1.93	0.93	46.18	0.63	130.29	4.10
301	-28060	-4563	182	7.82	1.66	0.73	49.26	0.57	202.20	3.27
302	-28039	-4584	182	6.40	1.07	0.60	46.60	0.81	237.83	3.83
303	-28026	-4565	182	8.27	1.69	0.75	48.91	0.59	190.52	3.39
304	-28011	-4544	182	8.15	1.71	0.77	48.92	0.58	192.81	3.29
305	-27991	-4560	182	8.35	1.63	0.73	48.92	0.59	189.54	3.54
306	-27976	-4537	182	8.21	1.66	0.74	49.01	0.59	192.83	3.43
307	-27987	-4597	182	8.46	1.66	0.73	48.87	0.62	186.85	3.54
308	-27974	-4597	182	9.49	1.66	0.73	48.40	0.60	166.68	3.97
309	-27974	-4579	182	9.84	1.73	0.75	48.10	0.62	159.72	3.97
310	-27960	-4560	182	8.68	1.74	0.77	48.63	0.65	180.83	3.46
311	-27948	-4538	182	8.87	1.77	0.76	48.58	0.64	176.95	3.51
312	-27929	-4558	182	8.89	1.70	0.73	48.70	0.64	177.70	3.66
313	-27943	-4580	182	13.34	2.25	0.98	45.73	0.73	112.39	4.13
314	-27958	-4598	182	10.72	1.94	0.84	47.24	0.67	143.63	3.86
315	-27960	-4610	182	16.65	2.41	1.06	43.60	0.74	86.85	4.80
262	-28045	-4524	183	7.79	1.51	0.59	48.67	0.55	202.73	3.71
284	-28030	-4495	183	15.92	1.82	0.84	44.38	0.57	93.81	5.98
285	-28016	-4466	183	7.48	1.52	0.68	49.27	0.55	212.28	3.40
287	-27978	-4462	183	7.86	1.54	0.68	49.40	0.56	203.31	3.54
288	-27990	-4479	183	7.59	1.55	0.76	49.37	0.57	209.14	3.29
289	-28009	-4507	183	13.45	1.72	0.82	45.45	0.58	112.90	5.30
290	-27962	-4485	183	8.14	1.63	0.72	48.99	0.58	194.55	3.46
291	-27975	-4499	183	9.21	1.61	0.71	48.31	0.56	173.67	3.95
292	-27996	-4524	183	8.12	1.63	0.72	49.07	0.58	195.03	3.46
293	-27944	-4502	183	8.26	1.68	0.75	48.96	0.62	191.01	3.40
294	-27963	-4517	183	7.97	1.62	0.72	49.14	0.60	199.31	3.40
295	-28024	-4521	183	8.41	1.63	0.76	48.91	0.56	188.13	3.52
296	-27927	-4523	183	8.39	1.66	0.73	48.88	0.60	188.45	3.50
297	-27910	-4542	183	9.74	1.67	0.73	48.22	0.60	162.08	4.06
298	-28042	-4545	183	9.70	1.78	0.82	47.78	0.58	160.18	3.73
299	-28065	-4537	183	9.80	2.08	0.90	47.47	0.61	155.53	3.29
300	-28080	-4555	183	9.36	2.09	0.89	47.91	0.64	163.55	3.14
301	-28060	-4563	183	9.37	1.94	0.87	47.83	0.62	164.20	3.33
302	-28039	-4584	183	6.40	1.07	0.60	46.60	0.81	237.83	3.83
303	-28026	-4565	183	8.27	1.69	0.75	48.91	0.59	190.52	3.39
304	-28011	-4544	183	8.15	1.71	0.77	48.92	0.58	192.81	3.29
305	-27991	-4560	183	8.35	1.63	0.73	48.92	0.59	189.54	3.54
306	-27976	-4537	183	7.95	1.63	0.73	49.20	0.57	199.27	3.37
307	-27987	-4597	183	8.19	1.64	0.75	48.98	0.60	193.01	3.43
308	-27974	-4597	183	9.49	1.66	0.73	48.40	0.60	166.68	3.97

309	-27974	-4579	183	9.84	1.73	0.75	48.10	0.62	159.72	3.97
310	-27960	-4560	183	8.68	1.74	0.77	48.63	0.65	180.83	3.46
311	-27948	-4538	183	8.87	1.77	0.76	48.58	0.64	176.95	3.51
312	-27929	-4558	183	8.89	1.70	0.73	48.70	0.64	177.70	3.66
313	-27943	-4580	183	10.37	1.90	0.83	47.68	0.66	154.82	3.77
314	-27958	-4598	183	10.72	1.94	0.84	47.24	0.67	143.63	3.86
315	-27960	-4610	183	16.65	2.41	1.06	43.60	0.74	86.85	4.80
262	-28045	-4524	184	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56
287	-27978	-4462	184	7.86	1.54	0.68	49.40	0.56	203.31	3.54
288	-27990	-4479	184	8.15	1.51	0.73	49.09	0.55	196.76	3.67
289	-28009	-4507	184	12.93	1.86	0.87	45.69	0.60	117.34	4.79
290	-27962	-4485	184	8.27	1.64	0.73	48.88	0.58	190.95	3.49
291	-27975	-4499	184	9.88	1.63	0.72	47.88	0.56	159.13	4.20
292	-27996	-4524	184	8.12	1.63	0.72	49.07	0.58	195.03	3.46
293	-27944	-4502	184	8.26	1.68	0.75	48.96	0.62	191.01	3.40
294	-27963	-4517	184	7.60	1.55	0.69	49.45	0.56	209.64	3.39
295	-28024	-4521	184	8.41	1.63	0.76	48.91	0.56	188.13	3.52
296	-27927	-4523	184	8.32	1.66	0.73	48.91	0.60	189.85	3.48
297	-27910	-4542	184	9.55	1.67	0.73	48.32	0.60	165.49	3.97
298	-28042	-4545	184	9.70	1.78	0.82	47.78	0.58	160.18	3.73
299	-28065	-4537	184	9.18	2.20	0.96	47.78	0.62	165.13	2.91
300	-28080	-4555	184	9.36	2.09	0.89	47.91	0.64	163.55	3.14
301	-28060	-4563	184	9.37	1.94	0.87	47.83	0.62	164.20	3.33
302	-28039	-4584	184	6.40	1.07	0.60	46.60	0.81	237.83	3.83
303	-28026	-4565	184	8.27	1.69	0.75	48.91	0.59	190.52	3.39
304	-28011	-4544	184	8.15	1.71	0.77	48.92	0.58	192.81	3.29
305	-27991	-4560	184	8.35	1.63	0.73	48.92	0.59	189.54	3.54
306	-27976	-4537	184	7.95	1.63	0.73	49.20	0.57	199.27	3.37
307	-27987	-4597	184	8.12	1.64	0.75	49.01	0.60	194.55	3.40
308	-27974	-4597	184	9.19	1.66	0.74	48.54	0.61	172.08	3.83
309	-27974	-4579	184	9.60	1.73	0.75	48.22	0.62	163.97	3.88
310	-27960	-4560	184	8.68	1.74	0.77	48.63	0.65	180.83	3.46
311	-27948	-4538	184	8.87	1.77	0.76	48.58	0.64	176.95	3.51
312	-27929	-4558	184	8.89	1.70	0.73	48.70	0.64	177.70	3.66
313	-27943	-4580	184	9.09	1.75	0.76	48.52	0.63	173.00	3.62
314	-27958	-4598	184	10.72	1.94	0.84	47.24	0.67	143.63	3.86
315	-27960	-4610	184	16.65	2.41	1.06	43.60	0.74	86.85	4.80
262	-28045	-4524	185	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56
287	-27978	-4462	185	7.96	1.61	0.72	49.20	0.58	199.43	3.42
288	-27990	-4479	185	8.98	1.44	0.68	48.67	0.52	178.19	4.24
289	-28009	-4507	185	12.15	2.08	0.94	46.04	0.63	124.01	4.02
290	-27962	-4485	185	8.27	1.64	0.73	48.88	0.58	190.95	3.49
291	-27975	-4499	185	9.88	1.63	0.72	47.88	0.56	159.13	4.20

292	-27996	-4524	185	7.40	1.59	0.79	49.50	0.56	214.04	3.10
293	-27944	-4502	185	7.98	1.63	0.73	49.18	0.59	198.64	3.39
294	-27963	-4517	185	7.60	1.55	0.69	49.45	0.56	209.64	3.39
295	-28024	-4521	185	8.66	1.67	0.78	48.69	0.57	183.28	3.54
296	-27927	-4523	185	8.32	1.66	0.73	48.91	0.60	189.85	3.48
297	-27910	-4542	185	9.26	1.68	0.73	48.48	0.60	170.59	3.84
298	-28042	-4545	185	9.70	1.78	0.82	47.78	0.58	160.18	3.73
299	-28065	-4537	185	9.02	2.23	0.98	47.86	0.62	167.52	2.81
300	-28080	-4555	185	9.36	2.09	0.89	47.91	0.64	163.55	3.14
301	-28060	-4563	185	9.37	1.94	0.87	47.83	0.62	164.20	3.33
302	-28039	-4584	185	6.40	1.07	0.60	46.60	0.81	237.83	3.83
303	-28026	-4565	185	8.27	1.69	0.75	48.91	0.59	190.52	3.39
304	-28011	-4544	185	8.50	1.77	0.80	48.63	0.59	185.09	3.30
305	-27991	-4560	185	8.35	1.63	0.73	48.92	0.59	189.54	3.54
306	-27976	-4537	185	7.95	1.63	0.73	49.20	0.57	199.27	3.37
307	-27987	-4597	185	8.12	1.64	0.75	49.01	0.60	194.55	3.40
308	-27974	-4597	185	9.16	1.66	0.74	48.56	0.61	172.68	3.82
309	-27974	-4579	185	9.05	1.72	0.75	48.50	0.62	173.89	3.66
310	-27960	-4560	185	7.95	1.63	0.74	49.13	0.60	199.34	3.36
311	-27948	-4538	185	8.64	1.76	0.76	48.66	0.63	181.63	3.43
312	-27929	-4558	185	8.89	1.70	0.73	48.70	0.64	177.70	3.66
313	-27943	-4580	185	9.09	1.75	0.76	48.52	0.63	173.00	3.62
314	-27958	-4598	185	10.72	1.94	0.84	47.24	0.67	143.63	3.86
315	-27960	-4610	185	16.65	2.41	1.06	43.60	0.74	86.85	4.80
144	-27971	-4488	186	7.74	1.38	0.52	48.88	0.46	206.54	4.07
262	-28045	-4524	186	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56
287	-27978	-4462	186	8.02	1.65	0.75	49.06	0.59	196.84	3.34
288	-27990	-4479	186	8.98	1.44	0.68	48.67	0.52	178.19	4.24
289	-28009	-4507	186	12.15	2.08	0.94	46.04	0.63	124.01	4.02
290	-27962	-4485	186	8.27	1.64	0.73	48.88	0.58	190.95	3.49
291	-27975	-4499	186	9.88	1.63	0.72	47.88	0.56	159.13	4.20
292	-27996	-4524	186	7.32	1.59	0.80	49.55	0.56	216.15	3.06
293	-27944	-4502	186	7.80	1.59	0.71	49.32	0.57	203.72	3.39
294	-27963	-4517	186	7.60	1.55	0.69	49.45	0.56	209.64	3.39
295	-28024	-4521	186	10.88	2.02	0.91	46.74	0.61	139.61	3.71
296	-27927	-4523	186	8.32	1.66	0.73	48.91	0.60	189.85	3.48
297	-27910	-4542	186	9.26	1.68	0.73	48.48	0.60	170.59	3.84
298	-28042	-4545	186	9.60	1.91	0.87	47.73	0.60	160.46	3.50
299	-28065	-4537	186	9.02	2.23	0.98	47.86	0.62	167.52	2.81
300	-28080	-4555	186	9.36	2.09	0.89	47.91	0.64	163.55	3.14
301	-28060	-4563	186	9.37	1.94	0.87	47.83	0.62	164.20	3.33
302	-28039	-4584	186	6.40	1.07	0.60	46.60	0.81	237.83	3.83
303	-28026	-4565	186	11.08	1.85	0.83	47.07	0.59	139.33	4.13

304	-28011	-4544	186	9.91	2.02	0.92	47.46	0.61	154.24	3.37
305	-27991	-4560	186	8.11	1.70	0.76	48.95	0.58	193.92	3.30
306	-27976	-4537	186	7.95	1.63	0.73	49.20	0.57	199.27	3.37
307	-27987	-4597	186	8.12	1.64	0.75	49.01	0.60	194.55	3.40
308	-27974	-4597	186	9.16	1.66	0.74	48.56	0.61	172.68	3.82
309	-27974	-4579	186	9.05	1.72	0.75	48.50	0.62	173.89	3.66
310	-27960	-4560	186	7.77	1.60	0.73	49.26	0.59	203.97	3.33
311	-27948	-4538	186	8.49	1.75	0.76	48.71	0.62	184.75	3.38
312	-27929	-4558	186	8.77	1.70	0.73	48.73	0.64	180.00	3.60
313	-27943	-4580	186	9.09	1.75	0.76	48.52	0.63	173.00	3.62
314	-27958	-4598	186	9.86	1.81	0.79	47.90	0.65	159.48	3.79
315	-27960	-4610	186	12.50	1.98	0.87	46.32	0.67	127.75	4.34
144	-27971	-4488	187	7.74	1.38	0.52	48.88	0.46	206.54	4.07
262	-28045	-4524	187	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56
287	-27978	-4462	187	8.02	1.65	0.75	49.06	0.59	196.84	3.34
288	-27990	-4479	187	8.98	1.44	0.68	48.67	0.52	178.19	4.24
289	-28009	-4507	187	12.15	2.08	0.94	46.04	0.63	124.01	4.02
290	-27962	-4485	187	8.27	1.64	0.73	48.88	0.58	190.95	3.49
291	-27975	-4499	187	9.88	1.63	0.72	47.88	0.56	159.13	4.20
292	-27996	-4524	187	7.32	1.59	0.80	49.55	0.56	216.15	3.06
293	-27944	-4502	187	7.80	1.59	0.71	49.32	0.57	203.72	3.39
294	-27963	-4517	187	7.60	1.55	0.69	49.45	0.56	209.64	3.39
295	-28024	-4521	187	10.88	2.02	0.91	46.74	0.61	139.61	3.71
296	-27927	-4523	187	8.32	1.66	0.73	48.91	0.60	189.85	3.48
297	-27910	-4542	187	9.26	1.68	0.73	48.48	0.60	170.59	3.84
298	-28042	-4545	187	9.38	2.21	0.97	47.60	0.65	161.10	2.95
299	-28065	-4537	187	9.02	2.23	0.98	47.86	0.62	167.52	2.81
301	-28060	-4563	187	9.37	1.94	0.87	47.83	0.62	164.20	3.33
302	-28039	-4584	187	5.84	1.00	0.56	47.38	0.69	264.46	3.74
303	-28026	-4565	187	11.08	1.85	0.83	47.07	0.59	139.33	4.13
304	-28011	-4544	187	9.91	2.02	0.92	47.46	0.61	154.24	3.37
305	-27991	-4560	187	8.11	1.70	0.76	48.95	0.58	193.92	3.30
306	-27976	-4537	187	8.43	1.74	0.77	48.75	0.58	186.96	3.37
307	-27987	-4597	187	8.12	1.64	0.75	49.01	0.60	194.55	3.40
308	-27974	-4597	187	9.16	1.66	0.74	48.56	0.61	172.68	3.82
309	-27974	-4579	187	9.05	1.72	0.75	48.50	0.62	173.89	3.66
310	-27960	-4560	187	7.77	1.60	0.73	49.26	0.59	203.97	3.33
311	-27948	-4538	187	8.49	1.75	0.76	48.71	0.62	184.75	3.38
312	-27929	-4558	187	8.59	1.71	0.74	48.77	0.64	183.45	3.51
313	-27943	-4580	187	9.09	1.75	0.76	48.52	0.63	173.00	3.62
314	-27958	-4598	187	9.00	1.68	0.74	48.56	0.63	175.33	3.72
315	-27960	-4610	187	10.72	1.80	0.79	47.49	0.64	145.28	4.14
144	-27971	-4488	188	7.74	1.38	0.52	48.88	0.46	206.54	4.07

262	-28045	-4524	188	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56
287	-27978	-4462	188	8.02	1.65	0.75	49.06	0.59	196.84	3.34
288	-27990	-4479	188	8.98	1.44	0.68	48.67	0.52	178.19	4.24
289	-28009	-4507	188	12.15	2.08	0.94	46.04	0.63	124.01	4.02
290	-27962	-4485	188	9.26	1.58	0.71	48.37	0.55	171.70	4.05
291	-27975	-4499	188	9.26	1.88	0.83	48.01	0.60	167.23	3.46
292	-27996	-4524	188	7.32	1.59	0.80	49.55	0.56	216.15	3.06
293	-27944	-4502	188	7.80	1.59	0.71	49.32	0.57	203.72	3.39
294	-27963	-4517	188	8.03	1.66	0.73	49.08	0.58	197.46	3.36
295	-28024	-4521	188	10.88	2.02	0.91	46.74	0.61	139.61	3.71
296	-27927	-4523	188	7.61	1.52	0.69	49.46	0.55	210.00	3.44
297	-27910	-4542	188	9.26	1.68	0.73	48.48	0.60	170.59	3.84
298	-28042	-4545	188	9.38	2.21	0.97	47.60	0.65	161.10	2.95
299	-28065	-4537	188	9.02	2.23	0.98	47.86	0.62	167.52	2.81
301	-28060	-4563	188	9.30	2.04	0.92	47.92	0.61	164.75	3.14
302	-28039	-4584	188	5.84	1.00	0.56	47.38	0.69	264.46	3.74
303	-28026	-4565	188	11.08	1.85	0.83	47.07	0.59	139.33	4.13
304	-28011	-4544	188	9.91	2.02	0.92	47.46	0.61	154.24	3.37
305	-27991	-4560	188	8.11	1.70	0.76	48.95	0.58	193.92	3.30
306	-27976	-4537	188	8.90	1.84	0.80	48.29	0.59	174.66	3.37
307	-27987	-4597	188	8.00	1.60	0.73	48.99	0.66	197.59	3.43
308	-27974	-4597	188	9.16	1.66	0.74	48.56	0.61	172.68	3.82
309	-27974	-4579	188	9.05	1.72	0.75	48.50	0.62	173.89	3.66
310	-27960	-4560	188	7.77	1.60	0.73	49.26	0.59	203.97	3.33
311	-27948	-4538	188	8.49	1.75	0.76	48.71	0.62	184.75	3.38
312	-27929	-4558	188	8.59	1.71	0.74	48.77	0.64	183.45	3.51
313	-27943	-4580	188	8.31	1.65	0.73	49.05	0.59	191.48	3.49
314	-27958	-4598	188	9.00	1.68	0.74	48.56	0.63	175.33	3.72
315	-27960	-4610	188	10.72	1.80	0.79	47.49	0.64	145.28	4.14
144	-27971	-4488	189	7.74	1.38	0.52	48.88	0.46	206.54	4.07
262	-28045	-4524	189	11.28	2.23	0.94	46.07	0.67	132.12	3.56
290	-27962	-4485	189	9.69	1.56	0.70	48.15	0.53	163.45	4.29
291	-27975	-4499	189	9.00	1.99	0.87	48.06	0.61	170.71	3.15
292	-27996	-4524	189	7.32	1.59	0.80	49.55	0.56	216.15	3.06
293	-27944	-4502	189	7.80	1.59	0.71	49.32	0.57	203.72	3.39
294	-27963	-4517	189	8.45	1.77	0.77	48.70	0.59	185.28	3.33
295	-28024	-4521	189	10.88	2.02	0.91	46.74	0.61	139.61	3.71
296	-27927	-4523	189	7.53	1.50	0.69	49.52	0.54	212.24	3.44
297	-27910	-4542	189	8.88	1.66	0.73	48.65	0.60	178.52	3.73
298	-28042	-4545	189	9.38	2.21	0.97	47.60	0.65	161.10	2.95
301	-28060	-4563	189	9.30	2.04	0.92	47.92	0.61	164.75	3.14
302	-28039	-4584	189	5.84	1.00	0.56	47.38	0.69	264.46	3.74
303	-28026	-4565	189	11.08	1.85	0.83	47.07	0.59	139.33	4.13

304	-28011	-4544	189	9.91	2.02	0.92	47.46	0.61	154.24	3.37
305	-27991	-4560	189	8.11	1.70	0.76	48.95	0.58	193.92	3.30
306	-27976	-4537	189	8.90	1.84	0.80	48.29	0.59	174.66	3.37
307	-27987	-4597	189	7.97	1.59	0.73	48.99	0.68	198.35	3.44
308	-27974	-4597	189	8.33	1.59	0.72	48.99	0.58	190.79	3.61
309	-27974	-4579	189	8.92	1.70	0.74	48.56	0.61	176.80	3.65
310	-27960	-4560	189	7.77	1.60	0.73	49.26	0.59	203.97	3.33
311	-27948	-4538	189	8.49	1.75	0.76	48.71	0.62	184.75	3.38
312	-27929	-4558	189	8.59	1.71	0.74	48.77	0.64	183.45	3.51
313	-27943	-4580	189	7.97	1.61	0.71	49.27	0.57	199.40	3.44
314	-27958	-4598	189	9.00	1.68	0.74	48.56	0.63	175.33	3.72
315	-27960	-4610	189	10.72	1.80	0.79	47.49	0.64	145.28	4.14
144	-27971	-4488	190	7.74	1.38	0.52	48.88	0.46	206.54	4.07
290	-27962	-4485	190	9.69	1.56	0.70	48.15	0.53	163.45	4.29
291	-27975	-4499	190	9.00	1.99	0.87	48.06	0.61	170.71	3.15
292	-27996	-4524	190	10.36	2.06	0.94	47.13	0.64	148.99	3.45
293	-27944	-4502	190	8.37	1.56	0.70	48.94	0.55	190.51	3.71
294	-27963	-4517	190	8.45	1.77	0.77	48.70	0.59	185.28	3.33
296	-27927	-4523	190	7.53	1.50	0.69	49.52	0.54	212.24	3.44
297	-27910	-4542	190	8.31	1.62	0.72	48.90	0.61	190.42	3.55
298	-28042	-4545	190	9.38	2.21	0.97	47.60	0.65	161.10	2.95
301	-28060	-4563	190	9.30	2.04	0.92	47.92	0.61	164.75	3.14
302	-28039	-4584	190	5.84	1.00	0.56	47.38	0.69	264.46	3.74
303	-28026	-4565	190	11.08	1.85	0.83	47.07	0.59	139.33	4.13
304	-28011	-4544	190	9.82	2.06	0.94	47.48	0.62	155.30	3.28
305	-27991	-4560	190	8.11	1.70	0.76	48.95	0.58	193.92	3.30
306	-27976	-4537	190	8.90	1.84	0.80	48.29	0.59	174.66	3.37
307	-27987	-4597	190	7.97	1.59	0.73	48.99	0.68	198.35	3.44
308	-27974	-4597	190	8.24	1.58	0.72	49.04	0.58	192.80	3.58
309	-27974	-4579	190	8.60	1.64	0.73	48.69	0.58	183.58	3.63
310	-27960	-4560	190	7.77	1.62	0.73	49.26	0.58	203.73	3.30
311	-27948	-4538	190	9.75	1.95	0.85	47.64	0.63	159.85	3.47
312	-27929	-4558	190	8.59	1.71	0.74	48.77	0.64	183.45	3.51
313	-27943	-4580	190	7.97	1.61	0.71	49.27	0.57	199.40	3.44
314	-27958	-4598	190	9.00	1.68	0.74	48.56	0.63	175.33	3.72
315	-27960	-4610	190	10.72	1.80	0.79	47.49	0.64	145.28	4.14
144	-27971	-4488	191	7.74	1.38	0.52	48.88	0.46	206.54	4.07
290	-27962	-4485	191	9.69	1.56	0.70	48.15	0.53	163.45	4.29
291	-27975	-4499	191	9.00	1.99	0.87	48.06	0.61	170.71	3.15
292	-27996	-4524	191	10.70	2.11	0.95	46.86	0.65	141.53	3.50
293	-27944	-4502	191	8.75	1.54	0.69	48.69	0.54	181.70	3.92
294	-27963	-4517	191	8.45	1.77	0.77	48.70	0.59	185.28	3.33
296	-27927	-4523	191	7.53	1.50	0.69	49.52	0.54	212.24	3.44

297	-27910	-4542	191	8.31	1.62	0.72	48.90	0.61	190.42	3.55
298	-28042	-4545	191	9.43	2.13	0.95	47.67	0.63	161.21	3.07
301	-28060	-4563	191	9.30	2.04	0.92	47.92	0.61	164.75	3.14
302	-28039	-4584	191	5.84	1.00	0.56	47.38	0.69	264.46	3.74
303	-28026	-4565	191	9.29	2.16	0.97	47.69	0.62	163.13	2.97
304	-28011	-4544	191	9.46	2.23	1.01	47.58	0.64	159.55	2.92
305	-27991	-4560	191	12.53	2.16	0.99	45.66	0.65	119.16	3.98
306	-27976	-4537	191	8.90	1.84	0.80	48.29	0.59	174.66	3.37
307	-27987	-4597	191	7.97	1.59	0.73	48.99	0.68	198.35	3.44
308	-27974	-4597	191	8.24	1.58	0.72	49.04	0.58	192.80	3.58
309	-27974	-4579	191	8.60	1.64	0.73	48.69	0.58	183.58	3.63
310	-27960	-4560	191	7.77	1.63	0.73	49.26	0.58	203.67	3.29
311	-27948	-4538	191	10.59	2.09	0.91	46.92	0.63	143.26	3.53
312	-27929	-4558	191	8.30	1.65	0.72	49.01	0.61	191.17	3.51
313	-27943	-4580	191	7.97	1.61	0.71	49.27	0.57	199.40	3.44
314	-27958	-4598	191	8.95	1.70	0.74	48.56	0.64	176.10	3.68
315	-27960	-4610	191	9.66	1.71	0.74	48.17	0.63	163.74	3.94
144	-27971	-4488	192	7.74	1.38	0.52	48.88	0.46	206.54	4.07
290	-27962	-4485	192	9.69	1.56	0.70	48.15	0.53	163.45	4.29
291	-27975	-4499	192	9.00	1.99	0.87	48.06	0.61	170.71	3.15
292	-27996	-4524	192	10.70	2.11	0.95	46.86	0.65	141.53	3.50
293	-27944	-4502	192	8.75	1.54	0.69	48.69	0.54	181.70	3.92
294	-27963	-4517	192	8.45	1.77	0.77	48.70	0.59	185.28	3.33
296	-27927	-4523	192	7.53	1.50	0.69	49.52	0.54	212.24	3.44
297	-27910	-4542	192	8.31	1.62	0.72	48.90	0.61	190.42	3.55
298	-28042	-4545	192	9.54	1.95	0.89	47.84	0.59	161.46	3.36
301	-28060	-4563	192	9.30	2.04	0.92	47.92	0.61	164.75	3.14
302	-28039	-4584	192	7.57	1.13	0.63	45.08	0.69	196.33	4.30
303	-28026	-4565	192	9.29	2.16	0.97	47.69	0.62	163.13	2.97
304	-28011	-4544	192	9.46	2.23	1.01	47.58	0.64	159.55	2.92
305	-27991	-4560	192	12.53	2.16	0.99	45.66	0.65	119.16	3.98
306	-27976	-4537	192	9.35	2.07	0.91	47.82	0.62	164.14	3.17
307	-27987	-4597	192	7.97	1.59	0.73	48.99	0.68	198.35	3.44
308	-27974	-4597	192	8.24	1.58	0.72	49.04	0.58	192.80	3.58
309	-27974	-4579	192	8.60	1.64	0.73	48.69	0.58	183.58	3.63
310	-27960	-4560	192	7.77	1.63	0.73	49.26	0.58	203.67	3.29
311	-27948	-4538	192	10.59	2.09	0.91	46.92	0.63	143.26	3.53
312	-27929	-4558	192	7.87	1.55	0.69	49.36	0.56	202.76	3.51
313	-27943	-4580	192	7.97	1.61	0.71	49.27	0.57	199.40	3.44
314	-27958	-4598	192	8.90	1.71	0.74	48.56	0.64	176.88	3.63
315	-27960	-4610	192	9.20	1.67	0.72	48.46	0.63	171.65	3.85
292	-27996	-4524	193	10.70	2.11	0.95	46.86	0.65	141.53	3.50
293	-27944	-4502	193	8.75	1.54	0.69	48.69	0.54	181.70	3.92

294	-27963	-4517	193	9.11	1.98	0.86	48.03	0.61	170.01	3.22
296	-27927	-4523	193	9.20	1.60	0.74	48.31	0.55	172.28	3.94
297	-27910	-4542	193	8.31	1.62	0.72	48.90	0.61	190.42	3.55
298	-28042	-4545	193	9.54	1.95	0.89	47.84	0.59	161.46	3.36
302	-28039	-4584	193	7.57	1.13	0.63	45.08	0.69	196.33	4.30
303	-28026	-4565	193	9.29	2.16	0.97	47.69	0.62	163.13	2.97
304	-28011	-4544	193	9.46	2.23	1.01	47.58	0.64	159.55	2.92
305	-27991	-4560	193	12.53	2.16	0.99	45.66	0.65	119.16	3.98
306	-27976	-4537	193	9.79	2.29	1.01	47.34	0.65	153.62	2.97
307	-27987	-4597	193	8.25	1.65	0.76	48.87	0.59	191.11	3.41
308	-27974	-4597	193	8.24	1.58	0.72	49.04	0.58	192.80	3.58
309	-27974	-4579	193	8.60	1.64	0.73	48.69	0.58	183.58	3.63
310	-27960	-4560	193	7.77	1.63	0.73	49.26	0.58	203.67	3.29
311	-27948	-4538	193	10.59	2.09	0.91	46.92	0.63	143.26	3.53
312	-27929	-4558	193	7.87	1.55	0.69	49.36	0.56	202.76	3.51
313	-27943	-4580	193	8.12	1.67	0.74	49.11	0.58	194.80	3.37
314	-27958	-4598	193	8.90	1.71	0.74	48.56	0.64	176.88	3.63
315	-27960	-4610	193	9.20	1.67	0.72	48.46	0.63	171.65	3.85
292	-27996	-4524	194	10.70	2.11	0.95	46.86	0.65	141.53	3.50
293	-27944	-4502	194	8.75	1.54	0.69	48.69	0.54	181.70	3.92
294	-27963	-4517	194	9.77	2.19	0.95	47.35	0.63	154.73	3.11
296	-27927	-4523	194	9.39	1.61	0.74	48.18	0.55	167.85	4.00
297	-27910	-4542	194	7.88	1.60	0.72	49.12	0.59	201.64	3.39
298	-28042	-4545	194	9.54	1.95	0.89	47.84	0.59	161.46	3.36
302	-28039	-4584	194	7.57	1.13	0.63	45.08	0.69	196.33	4.30
303	-28026	-4565	194	9.29	2.16	0.97	47.69	0.62	163.13	2.97
304	-28011	-4544	194	9.46	2.23	1.01	47.58	0.64	159.55	2.92
305	-27991	-4560	194	12.53	2.16	0.99	45.66	0.65	119.16	3.98
306	-27976	-4537	194	9.79	2.29	1.01	47.34	0.65	153.62	2.97
307	-27987	-4597	194	8.32	1.67	0.77	48.84	0.57	189.30	3.41
308	-27974	-4597	194	8.08	1.54	0.70	49.21	0.55	197.43	3.60
309	-27974	-4579	194	9.45	1.72	0.76	48.07	0.59	168.69	3.79
310	-27960	-4560	194	7.77	1.63	0.73	49.26	0.58	203.67	3.29
311	-27948	-4538	194	10.59	2.09	0.91	46.92	0.63	143.26	3.53
312	-27929	-4558	194	7.87	1.55	0.69	49.36	0.56	202.76	3.51
313	-27943	-4580	194	8.18	1.70	0.75	49.04	0.58	192.83	3.34
314	-27958	-4598	194	8.90	1.71	0.74	48.56	0.64	176.88	3.63
315	-27960	-4610	194	9.20	1.67	0.72	48.46	0.63	171.65	3.85
294	-27963	-4517	195	9.77	2.19	0.95	47.35	0.63	154.73	3.11
296	-27927	-4523	195	9.39	1.61	0.74	48.18	0.55	167.85	4.00
297	-27910	-4542	195	7.24	1.58	0.72	49.45	0.55	218.46	3.15
298	-28042	-4545	195	9.54	1.95	0.89	47.84	0.59	161.46	3.36
302	-28039	-4584	195	7.57	1.13	0.63	45.08	0.69	196.33	4.30

303	-28026	-4565	195	9.29	2.16	0.97	47.69	0.62	163.13	2.97
304	-28011	-4544	195	9.41	2.17	0.99	47.68	0.63	161.13	2.98
305	-27991	-4560	195	12.53	2.16	0.99	45.66	0.65	119.16	3.98
306	-27976	-4537	195	9.79	2.29	1.01	47.34	0.65	153.62	2.97
307	-27987	-4597	195	8.32	1.67	0.77	48.84	0.57	189.30	3.41
308	-27974	-4597	195	8.06	1.54	0.70	49.23	0.55	197.94	3.60
309	-27974	-4579	195	11.42	1.90	0.84	46.62	0.60	133.96	4.17
310	-27960	-4560	195	9.41	1.93	0.84	47.86	0.62	165.46	3.39
311	-27948	-4538	195	9.13	1.86	0.81	48.13	0.60	173.10	3.40
312	-27929	-4558	195	7.87	1.55	0.69	49.36	0.56	202.76	3.51
313	-27943	-4580	195	8.18	1.70	0.75	49.04	0.58	192.83	3.34
314	-27958	-4598	195	8.90	1.71	0.74	48.56	0.64	176.88	3.63
315	-27960	-4610	195	9.20	1.67	0.72	48.46	0.63	171.65	3.85
294	-27963	-4517	196	9.77	2.19	0.95	47.35	0.63	154.73	3.11
296	-27927	-4523	196	9.39	1.61	0.74	48.18	0.55	167.85	4.00
297	-27910	-4542	196	7.24	1.58	0.72	49.45	0.55	218.46	3.15
302	-28039	-4584	196	7.57	1.13	0.63	45.08	0.69	196.33	4.30
303	-28026	-4565	196	9.22	2.01	0.97	47.90	0.60	165.98	3.09
304	-28011	-4544	196	9.21	1.95	0.90	48.07	0.59	167.42	3.23
305	-27991	-4560	196	9.57	2.22	1.02	47.43	0.65	157.45	2.95
306	-27976	-4537	196	9.79	2.29	1.01	47.34	0.65	153.62	2.97
307	-27987	-4597	196	8.32	1.67	0.77	48.84	0.57	189.30	3.41
308	-27974	-4597	196	8.06	1.54	0.70	49.23	0.55	197.94	3.60
309	-27974	-4579	196	11.42	1.90	0.84	46.62	0.60	133.96	4.17
310	-27960	-4560	196	9.82	2.01	0.87	47.51	0.63	155.91	3.41
311	-27948	-4538	196	8.15	1.71	0.75	48.94	0.58	192.98	3.31
312	-27929	-4558	196	7.85	1.59	0.70	49.31	0.57	202.62	3.44
313	-27943	-4580	196	8.18	1.70	0.75	49.04	0.58	192.83	3.34
314	-27958	-4598	196	8.51	1.68	0.74	48.78	0.63	185.70	3.52
315	-27960	-4610	196	8.86	1.70	0.76	48.49	0.64	177.51	3.61
294	-27963	-4517	197	9.77	2.19	0.95	47.35	0.63	154.73	3.11
296	-27927	-4523	197	9.39	1.61	0.74	48.18	0.55	167.85	4.00
297	-27910	-4542	197	7.24	1.58	0.72	49.45	0.55	218.46	3.15
303	-28026	-4565	197	9.22	2.01	0.97	47.90	0.60	165.98	3.09
304	-28011	-4544	197	9.21	1.95	0.90	48.07	0.59	167.42	3.23
305	-27991	-4560	197	9.57	2.22	1.02	47.43	0.65	157.45	2.95
306	-27976	-4537	197	9.56	2.17	0.95	47.60	0.62	158.93	3.07
307	-27987	-4597	197	8.32	1.67	0.77	48.84	0.57	189.30	3.41
308	-27974	-4597	197	8.06	1.54	0.70	49.23	0.55	197.94	3.60
309	-27974	-4579	197	11.42	1.90	0.84	46.62	0.60	133.96	4.17
310	-27960	-4560	197	9.82	2.01	0.87	47.51	0.63	155.91	3.41
311	-27948	-4538	197	8.15	1.71	0.75	48.94	0.58	192.98	3.31
312	-27929	-4558	197	7.82	1.64	0.71	49.24	0.58	202.42	3.33

313	-27943	-4580	197	8.18	1.70	0.75	49.04	0.58	192.83	3.34
314	-27958	-4598	197	8.12	1.65	0.73	49.00	0.61	194.52	3.41
315	-27960	-4610	197	8.71	1.71	0.77	48.50	0.65	180.03	3.51
297	-27910	-4542	198	7.24	1.58	0.72	49.45	0.55	218.46	3.15
303	-28026	-4565	198	9.22	2.01	0.97	47.90	0.60	165.98	3.09
304	-28011	-4544	198	9.21	1.95	0.90	48.07	0.59	167.42	3.23
305	-27991	-4560	198	9.57	2.22	1.02	47.43	0.65	157.45	2.95
306	-27976	-4537	198	9.32	2.05	0.89	47.85	0.58	164.24	3.17
307	-27987	-4597	198	7.99	1.77	0.82	48.45	0.90	193.60	3.10
308	-27974	-4597	198	8.06	1.54	0.70	49.23	0.55	197.94	3.60
309	-27974	-4579	198	11.42	1.90	0.84	46.62	0.60	133.96	4.17
310	-27960	-4560	198	9.82	2.01	0.87	47.51	0.63	155.91	3.41
311	-27948	-4538	198	8.15	1.71	0.75	48.94	0.58	192.98	3.31
312	-27929	-4558	198	7.82	1.64	0.71	49.24	0.58	202.42	3.33
313	-27943	-4580	198	9.65	1.87	0.83	47.79	0.59	162.26	3.56
314	-27958	-4598	198	8.12	1.65	0.73	49.00	0.61	194.52	3.41
315	-27960	-4610	198	8.71	1.71	0.77	48.50	0.65	180.03	3.51
303	-28026	-4565	199	9.22	2.01	0.97	47.90	0.60	165.98	3.09
304	-28011	-4544	199	9.21	1.95	0.90	48.07	0.59	167.42	3.23
305	-27991	-4560	199	9.57	2.22	1.02	47.43	0.65	157.45	2.95
306	-27976	-4537	199	9.32	2.05	0.89	47.85	0.58	164.24	3.17
307	-27987	-4597	199	7.91	1.79	0.83	48.35	0.98	194.68	3.02
308	-27974	-4597	199	10.28	1.57	0.73	47.80	0.55	154.44	4.48
309	-27974	-4579	199	10.77	1.98	0.88	46.97	0.61	142.93	3.81
310	-27960	-4560	199	9.82	2.01	0.87	47.51	0.63	155.91	3.41
311	-27948	-4538	199	8.15	1.71	0.75	48.94	0.58	192.98	3.31
312	-27929	-4558	199	7.82	1.64	0.71	49.24	0.58	202.42	3.33
313	-27943	-4580	199	10.28	1.94	0.87	47.25	0.60	149.16	3.66
314	-27958	-4598	199	8.12	1.65	0.73	49.00	0.61	194.52	3.41
315	-27960	-4610	199	8.71	1.71	0.77	48.50	0.65	180.03	3.51
303	-28026	-4565	200	9.22	2.01	0.97	47.90	0.60	165.98	3.09
305	-27991	-4560	200	9.57	2.22	1.02	47.43	0.65	157.45	2.95
306	-27976	-4537	200	9.32	2.05	0.89	47.85	0.58	164.24	3.17
307	-27987	-4597	200	7.91	1.79	0.83	48.35	0.98	194.68	3.02
308	-27974	-4597	200	10.53	1.57	0.73	47.64	0.55	149.61	4.58
309	-27974	-4579	200	9.26	2.17	0.96	47.78	0.63	163.88	2.96
310	-27960	-4560	200	9.40	2.11	0.94	47.68	0.63	161.90	3.08
311	-27948	-4538	200	9.09	1.97	0.87	48.08	0.61	170.94	3.21
312	-27929	-4558	200	7.82	1.64	0.71	49.24	0.58	202.42	3.33
313	-27943	-4580	200	10.28	1.94	0.87	47.25	0.60	149.16	3.66
314	-27958	-4598	200	8.12	1.65	0.73	49.00	0.61	194.52	3.41
315	-27960	-4610	200	8.71	1.71	0.77	48.50	0.65	180.03	3.51
305	-27991	-4560	201	9.06	1.96	0.94	48.12	0.61	169.85	3.12

306	-27976	-4537	201	9.32	2.05	0.89	47.85	0.58	164.24	3.17
307	-27987	-4597	201	7.91	1.79	0.83	48.35	0.98	194.68	3.02
308	-27974	-4597	201	10.53	1.57	0.73	47.64	0.55	149.61	4.58
309	-27974	-4579	201	9.26	2.17	0.96	47.78	0.63	163.88	2.96
310	-27960	-4560	201	9.29	2.14	0.96	47.72	0.63	163.40	3.00
311	-27948	-4538	201	9.72	2.14	0.95	47.50	0.63	156.24	3.15
312	-27929	-4558	201	9.47	1.79	0.79	48.02	0.59	172.15	3.63
313	-27943	-4580	201	10.28	1.94	0.87	47.25	0.60	149.16	3.66
314	-27958	-4598	201	8.26	1.64	0.73	48.93	0.60	191.38	3.49
315	-27960	-4610	201	7.91	1.58	0.71	49.17	0.59	201.54	3.46
305	-27991	-4560	202	9.06	1.96	0.94	48.12	0.61	169.85	3.12
307	-27987	-4597	202	7.91	1.79	0.83	48.35	0.98	194.68	3.02
308	-27974	-4597	202	10.53	1.57	0.73	47.64	0.55	149.61	4.58
309	-27974	-4579	202	9.26	2.17	0.96	47.78	0.63	163.88	2.96
310	-27960	-4560	202	9.29	2.14	0.96	47.72	0.63	163.40	3.00
311	-27948	-4538	202	9.72	2.14	0.95	47.50	0.63	156.24	3.15
312	-27929	-4558	202	11.94	2.02	0.90	46.19	0.61	126.75	4.09
313	-27943	-4580	202	10.28	1.94	0.87	47.25	0.60	149.16	3.66
314	-27958	-4598	202	8.40	1.63	0.73	48.85	0.58	188.24	3.56
315	-27960	-4610	202	7.57	1.52	0.68	49.45	0.57	210.77	3.44
305	-27991	-4560	203	9.06	1.96	0.94	48.12	0.61	169.85	3.12
308	-27974	-4597	203	10.53	1.57	0.73	47.64	0.55	149.61	4.58
309	-27974	-4579	203	9.26	2.17	0.96	47.78	0.63	163.88	2.96
310	-27960	-4560	203	9.29	2.14	0.96	47.72	0.63	163.40	3.00
311	-27948	-4538	203	9.72	2.14	0.95	47.50	0.63	156.24	3.15
312	-27929	-4558	203	11.94	2.02	0.90	46.19	0.61	126.75	4.09
313	-27943	-4580	203	9.51	2.09	0.95	47.68	0.61	160.61	3.15
314	-27958	-4598	203	8.40	1.63	0.73	48.85	0.58	188.24	3.56
315	-27960	-4610	203	7.57	1.52	0.68	49.45	0.57	210.77	3.44
305	-27991	-4560	204	9.06	1.96	0.94	48.12	0.61	169.85	3.12
309	-27974	-4579	204	9.21	2.12	0.95	47.87	0.62	165.40	3.00
310	-27960	-4560	204	9.29	2.14	0.96	47.72	0.63	163.40	3.00
311	-27948	-4538	204	9.72	2.14	0.95	47.50	0.63	156.24	3.15
312	-27929	-4558	204	11.94	2.02	0.90	46.19	0.61	126.75	4.09
313	-27943	-4580	204	9.18	2.15	0.98	47.87	0.62	165.52	2.93
314	-27958	-4598	204	8.40	1.63	0.73	48.85	0.58	188.24	3.56
315	-27960	-4610	204	7.57	1.52	0.68	49.45	0.57	210.77	3.44

Πίνακες στατιστικών στοιχείων του LSF των σύνθετων δειγμάτων κατά την δημιουργία των ψηφιακών μοντέλων.

Στατιστικά στοιχεία LSF στα 181m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 182m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	32	Αριθμός μετρήσεων	32
Ελάχιστο:	93.81	Ελάχιστο:	86.85
25% των τιμών:	165.04	25% των τιμών:	162.08
Διάμεσος:	188.97	Διάμεσος:	188.97
75% των τιμών:	202.20	75% των τιμών:	202.73
Μέγιστο:	228.62	Μέγιστο:	237.83
Μέσο:	161.22	Μέσο:	162.34
Εύρος:	134.80	Εύρος:	150.98
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	37.16	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	40.65
Μέση τιμή:	176.15	Μέση τιμή:	177.73
Τυπική απόκλιση:	34.89	Τυπική απόκλιση:	35.26
Διασπορά:	1217.63	Διασπορά:	1243.17
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.20	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.20
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 183 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 184 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	31	Αριθμός μετρήσεων	29
Ελάχιστο:	86.85	Ελάχιστο:	86.85
25% των τιμών:	160.18	25% των τιμών:	164.20
Διάμεσος:	180.83	Διάμεσος:	180.83
75% των τιμών:	193.01	75% των τιμών:	192.81
Μέγιστο:	209.14	Μέγιστο:	209.64
Μέσο:	148.00	Μέσο:	148.24
Εύρος:	122.29	Εύρος:	122.79
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	32.83	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	28.61
Μέση τιμή:	172.63	Μέση τιμή:	173.93
Τυπική απόκλιση:	30.56	Τυπική απόκλιση:	26.97
Διασπορά:	933.83	Διασπορά:	727.17
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.18	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.16
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 185 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 186 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	29	Αριθμός μετρήσεων	29
Ελάχιστο:	124.01	Ελάχιστο:	124.01
25% των τιμών:	170.59	25% των τιμών:	159.48
Διάμεσος:	183.28	Διάμεσος:	173.89
75% των τιμών:	198.64	75% των τιμών:	194.55
Μέγιστο:	214.04	Μέγιστο:	216.15
Μέσο:	169.02	Μέσο:	170.08
Εύρος:	90.03	Εύρος:	92.14
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	28.05	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	35.07
Μέση τιμή:	178.57	Μέση τιμή:	174.70
Τυπική απόκλιση:	22.25	Τυπική απόκλιση:	25.25
Διασπορά:	495.18	Διασπορά:	637.78
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.12	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.14

Στατιστικά στοιχεία LSF στα 187 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 188 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	28	Αριθμός μετρήσεων	28
Ελάχιστο:	124.01	Ελάχιστο:	124.01
25% των τιμών:	159.13	25% των τιμών:	161.10
Διάμεσος:	175.33	Διάμεσος:	173.89
75% των τιμών:	194.55	75% των τιμών:	197.46
Μέγιστο:	216.15	Μέγιστο:	216.15
Μέσο:	170.08	Μέσο:	170.08
Εύρος:	92.14	Εύρος:	92.14
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	35.42	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	36.36
Μέση τιμή:	174.30	Μέση τιμή:	172.49
Τυπική απόκλιση:	26.43	Τυπική απόκλιση:	25.09
Διασπορά:	698.70	Διασπορά:	629.27
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.15	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.15
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.25	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.18
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 189 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 190 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	25	Αριθμός μετρήσεων	23
Ελάχιστο:	132.12	Ελάχιστο:	139.33
25% των τιμών:	163.45	25% των τιμών:	161.10
Διάμεσος:	183.45	Διάμεσος:	183.58
75% των τιμών:	199.40	75% των τιμών:	193.92
Μέγιστο:	216.15	Μέγιστο:	212.24
Μέσο:	174.13	Μέσο:	175.78
Εύρος:	84.03	Εύρος:	72.91
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	35.95	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	32.82
Μέση τιμή:	178.74	Μέση τιμή:	178.83
Τυπική απόκλιση:	23.68	Τυπική απόκλιση:	20.48
Διασπορά:	560.96	Διασπορά:	419.26
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.13	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.11
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.37	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.29
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 191 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 192 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	22	Αριθμός μετρήσεων	22
Ελάχιστο:	119.16	Ελάχιστο:	119.16
25% των τιμών:	163.13	25% των τιμών:	163.13
Διάμεσος:	181.70	Διάμεσος:	181.70
75% των τιμών:	192.80	75% των τιμών:	198.35
Μέγιστο:	212.24	Μέγιστο:	212.24
Μέσο:	165.70	Μέσο:	165.70
Εύρος:	93.08	Εύρος:	93.08
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	29.67	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	35.22
Μέση τιμή:	176.44	Μέση τιμή:	176.89
Τυπική απόκλιση:	22.80	Τυπική απόκλιση:	23.27
Διασπορά:	519.75	Διασπορά:	541.26
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.13	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.13
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.59	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.56

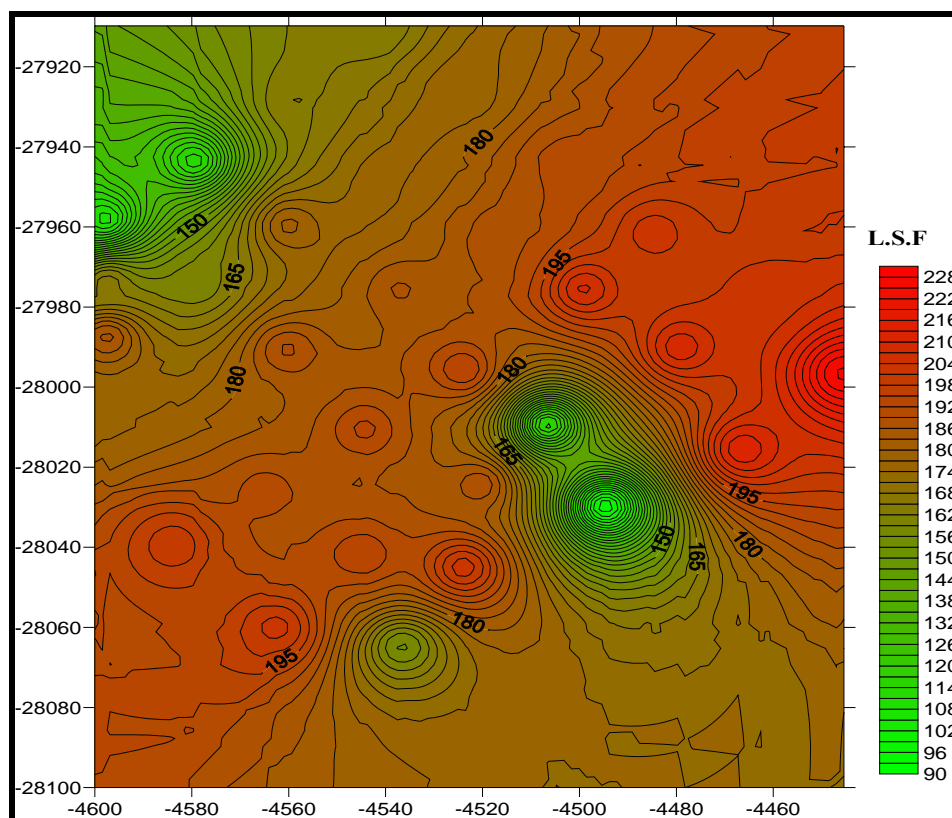
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 193 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 194 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	19	Αριθμός μετρήσεων	19
Ελάχιστο:	119.16	Ελάχιστο:	119.16
25% των τιμών:	159.55	25% των τιμών:	154.73
Διάμεσος:	176.88	Διάμεσος:	171.65
75% των τιμών:	191.11	75% των τιμών:	192.83
Μέγιστο:	203.67	Μέγιστο:	203.67
Μέσο:	161.41	Μέσο:	161.41
Εύρος:	84.51	Εύρος:	84.51
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	31.55	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	38.10
Μέση τιμή:	172.88	Μέση τιμή:	171.63
Τυπική απόκλιση:	22.32	Τυπική απόκλιση:	23.29
Διασπορά:	498.12	Διασπορά:	542.62
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.13	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.14
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.67	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.37
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 195 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 196 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	18	Αριθμός μετρήσεων	16
Ελάχιστο:	119.16	Ελάχιστο:	133.96
25% των τιμών:	161.13	25% των τιμών:	157.45
Διάμεσος:	171.65	Διάμεσος:	177.51
75% των τιμών:	192.83	75% των τιμών:	192.98
Μέγιστο:	218.46	Μέγιστο:	218.46
Μέσο:	168.81	Μέσο:	176.21
Εύρος:	99.30	Εύρος:	84.50
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	31.70	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	35.53
Μέση τιμή:	171.37	Μέση τιμή:	175.89
Τυπική απόκλιση:	24.57	Τυπική απόκλιση:	21.72
Διασπορά:	603.87	Διασπορά:	471.67
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.14	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.12
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.16	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	0.06
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 197 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 198 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	15	Αριθμός μετρήσεων	13
Ελάχιστο:	133.96	Ελάχιστο:	133.96
25% των τιμών:	157.45	25% των τιμών:	157.45
Διάμεσος:	180.03	Διάμεσος:	180.03
75% των τιμών:	194.52	75% των τιμών:	194.52
Μέγιστο:	218.46	Μέγιστο:	202.42
Μέσο:	176.21	Μέσο:	168.19
Εύρος:	84.50	Εύρος:	68.46
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	37.06	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	37.06
Μέση τιμή:	177.65	Μέση τιμή:	174.55
Τυπική απόκλιση:	22.28	Τυπική απόκλιση:	21.46
Διασπορά:	496.56	Διασπορά:	460.52
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.13	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.12
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.11	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.31

Στατιστικά στοιχεία LSF στα 199 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 200 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	12	Αριθμός μετρήσεων	11
Ελάχιστο:	142.93	Ελάχιστο:	142.93
25% των τιμών:	155.91	25% των τιμών:	155.91
Διάμεσος:	167.42	Διάμεσος:	167.42
75% των τιμών:	194.52	75% των τιμών:	194.52
Μέγιστο:	202.42	Μέγιστο:	202.42
Μέσο:	172.68	Μέσο:	172.68
Εύρος:	59.49	Εύρος:	59.49
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	38.61	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	38.61
Μέση τιμή:	171.35	Μέση τιμή:	171.35
Τυπική απόκλιση:	19.73	Τυπική απόκλιση:	19.73
Διασπορά:	389.44	Διασπορά:	389.44
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.12	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.12
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	0.22	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	0.22
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 201 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 202 m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	10	Αριθμός μετρήσεων	9
Ελάχιστο:	149.16	Ελάχιστο:	126.75
25% των τιμών:	156.24	25% των τιμών:	149.61
Διάμεσος:	164.24	Διάμεσος:	163.88
75% των τιμών:	191.38	75% των τιμών:	188.24
Μέγιστο:	201.54	Μέγιστο:	210.77
Μέσο:	175.35	Μέσο:	168.76
Εύρος:	52.38	Εύρος:	84.01
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	35.14	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	38.63
Μέση τιμή:	170.56	Μέση τιμή:	167.26
Τυπική απόκλιση:	17.10	Τυπική απόκλιση:	23.49
Διασπορά:	292.37	Διασπορά:	551.94
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.10	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.14
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	0.55	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	0.25
Στατιστικά στοιχεία LSF στα 203 m Ύψος		Στατιστικά στοιχεία LSF στα 204m Ύψος	
Αριθμός μετρήσεων	8	Αριθμός μετρήσεων	7
Ελάχιστο:	126.75	Ελάχιστο:	126.75
25% των τιμών:	156.24	25% των τιμών:	156.24
Διάμεσος:	163.40	Διάμεσος:	165.40
75% των τιμών:	188.24	75% των τιμών:	165.52
Μέγιστο:	210.77	Μέγιστο:	188.24
Μέσο:	168.76	Μέσο:	157.50
Εύρος:	84.01	Εύρος:	61.49
Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	32.00	Ενδοτεταρτημοριακό εύρος:	9.28
Μέση τιμή:	164.94	Μέση τιμή:	160.93
Τυπική απόκλιση:	23.54	Τυπική απόκλιση:	18.18
Διασπορά:	554.27	Διασπορά:	330.54
Συντελεστής Διακύμανσης:	0.14	Συντελεστής Διακύμανσης:	0.11
Συντελεστής Ασυμμετρίας:	0.47	Συντελεστής Ασυμμετρίας:	-0.54

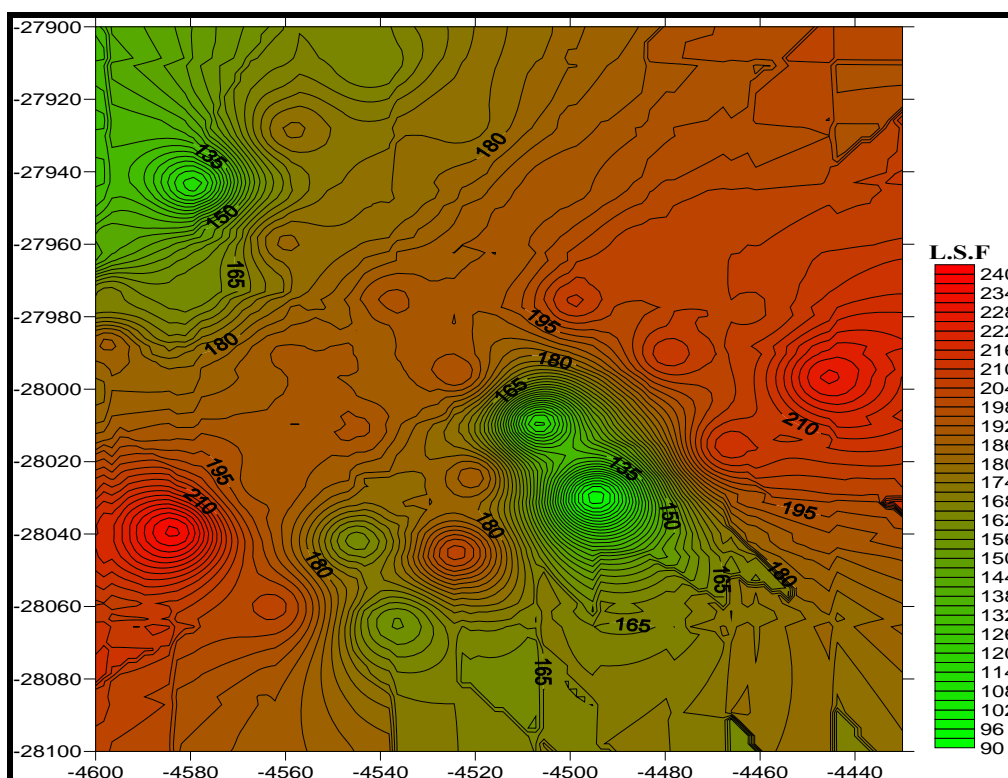
Παράρτημα Β

Σχεδιαγράμματα του LSF Χάρτες

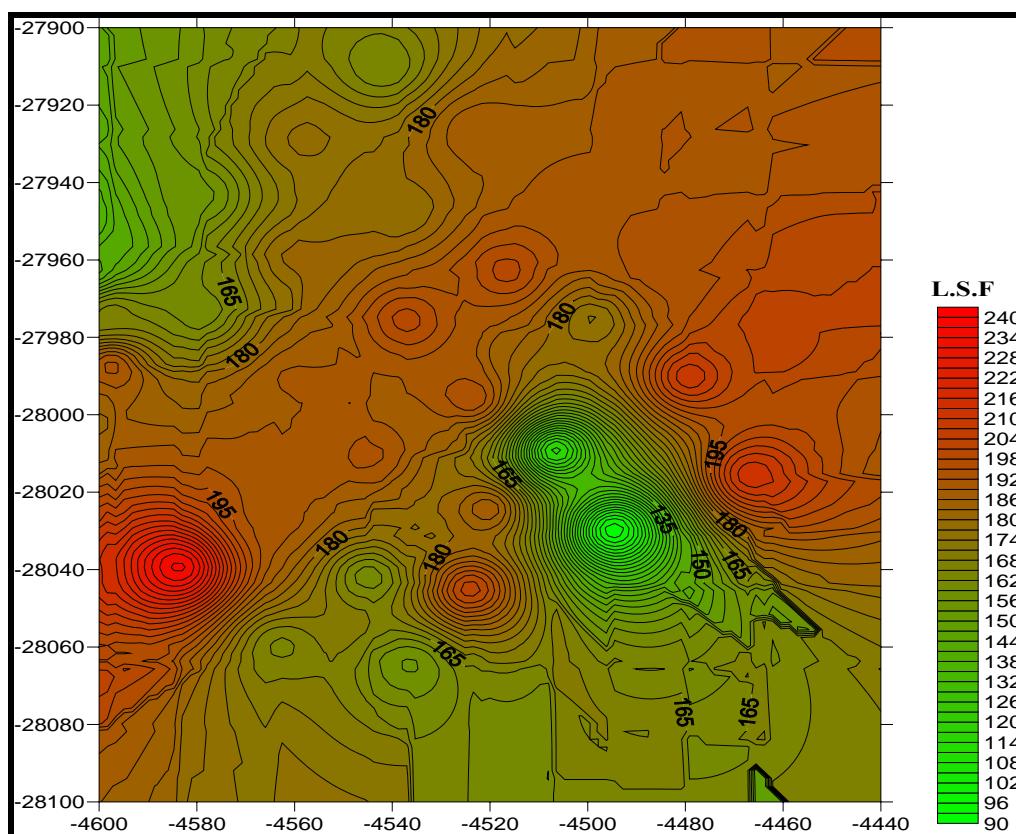
Σχεδιαγράμματα του LSF



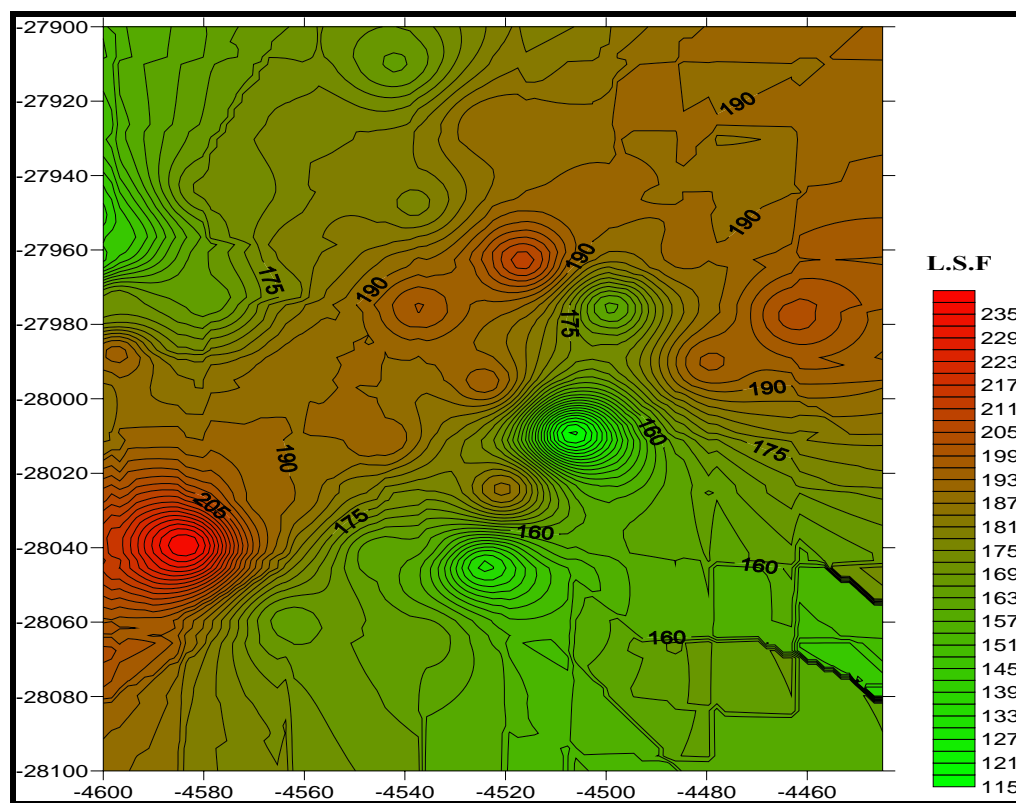
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 181 m



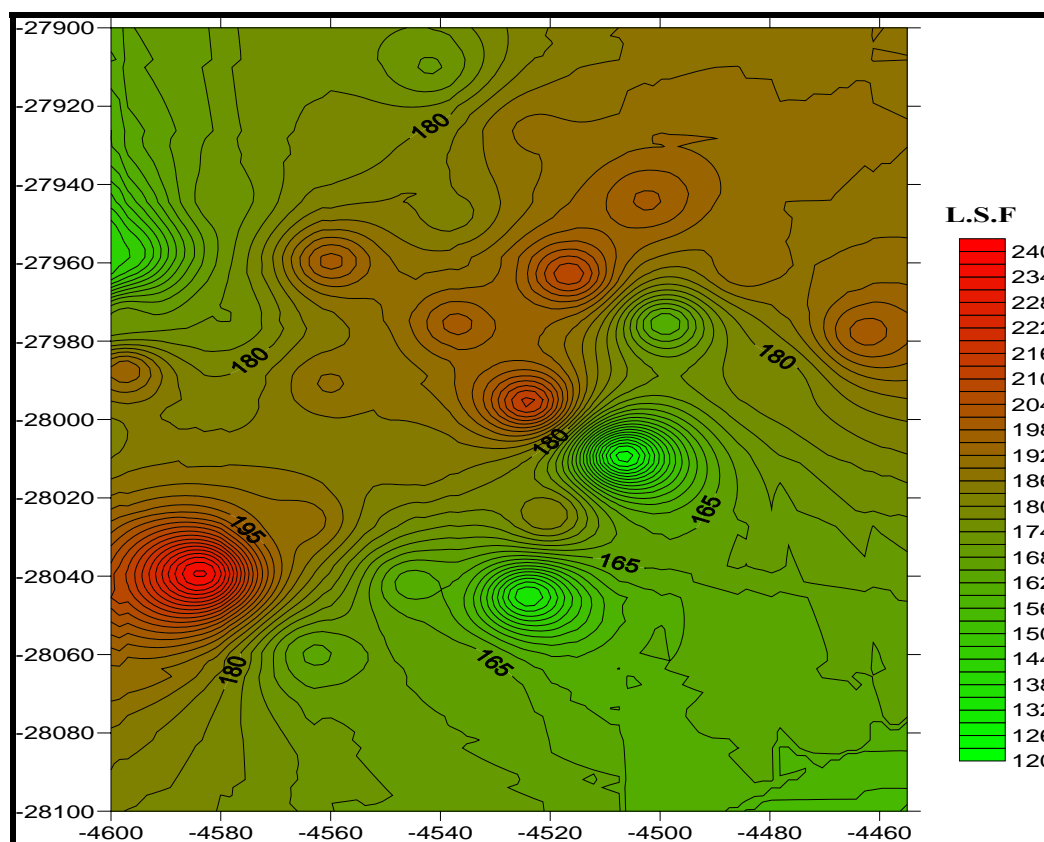
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 182 m



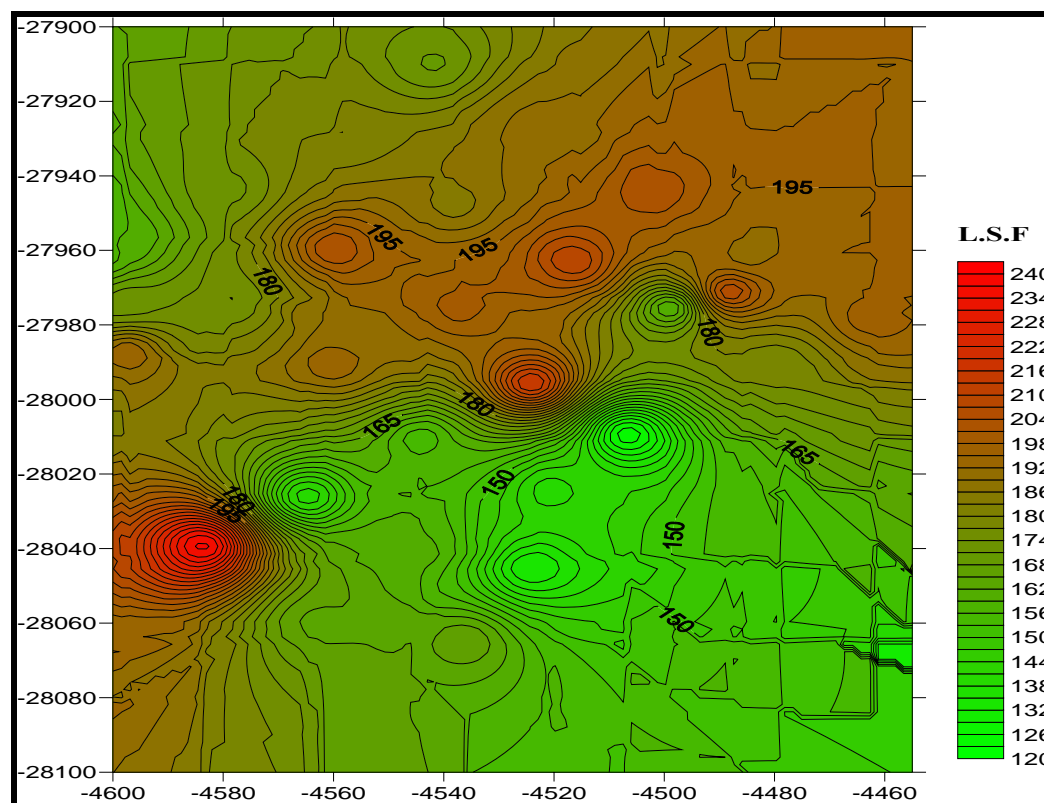
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 183 m



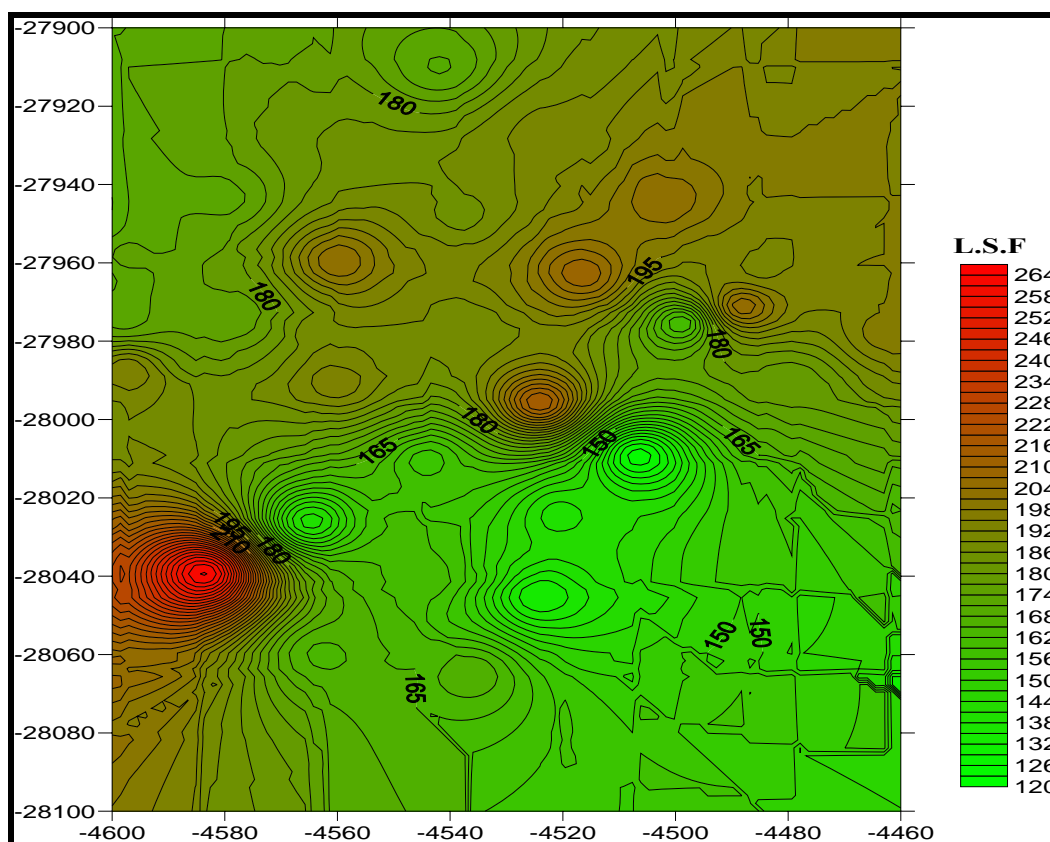
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 184 m



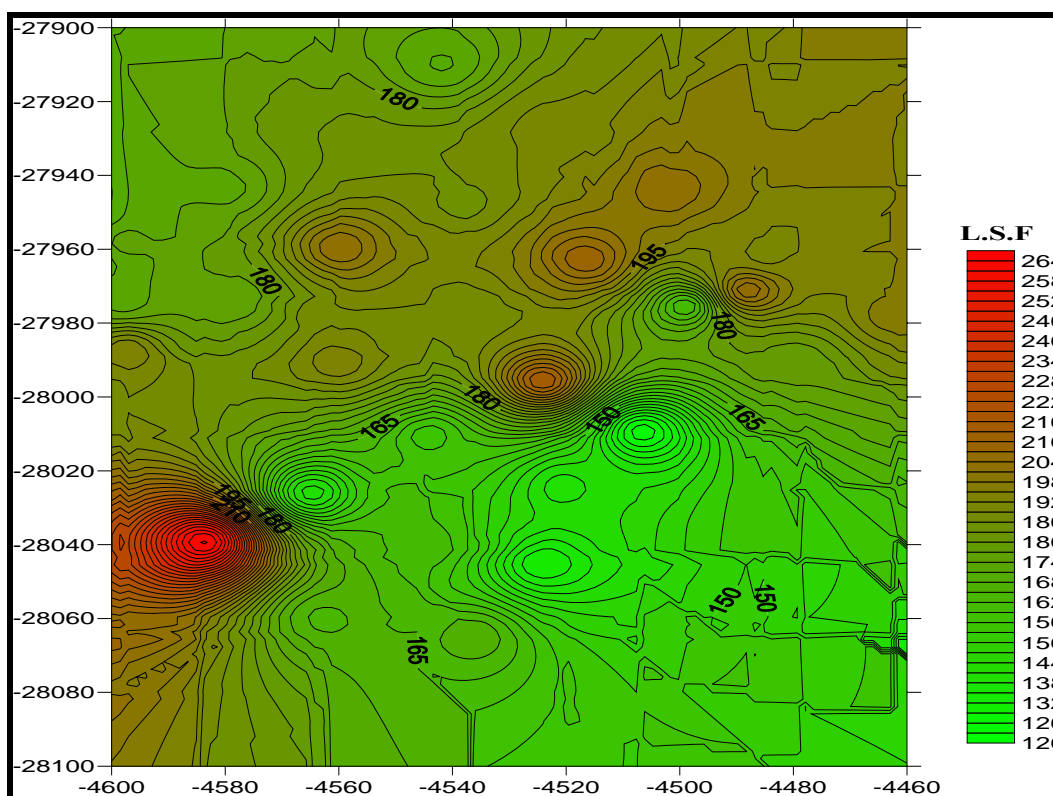
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 185 m



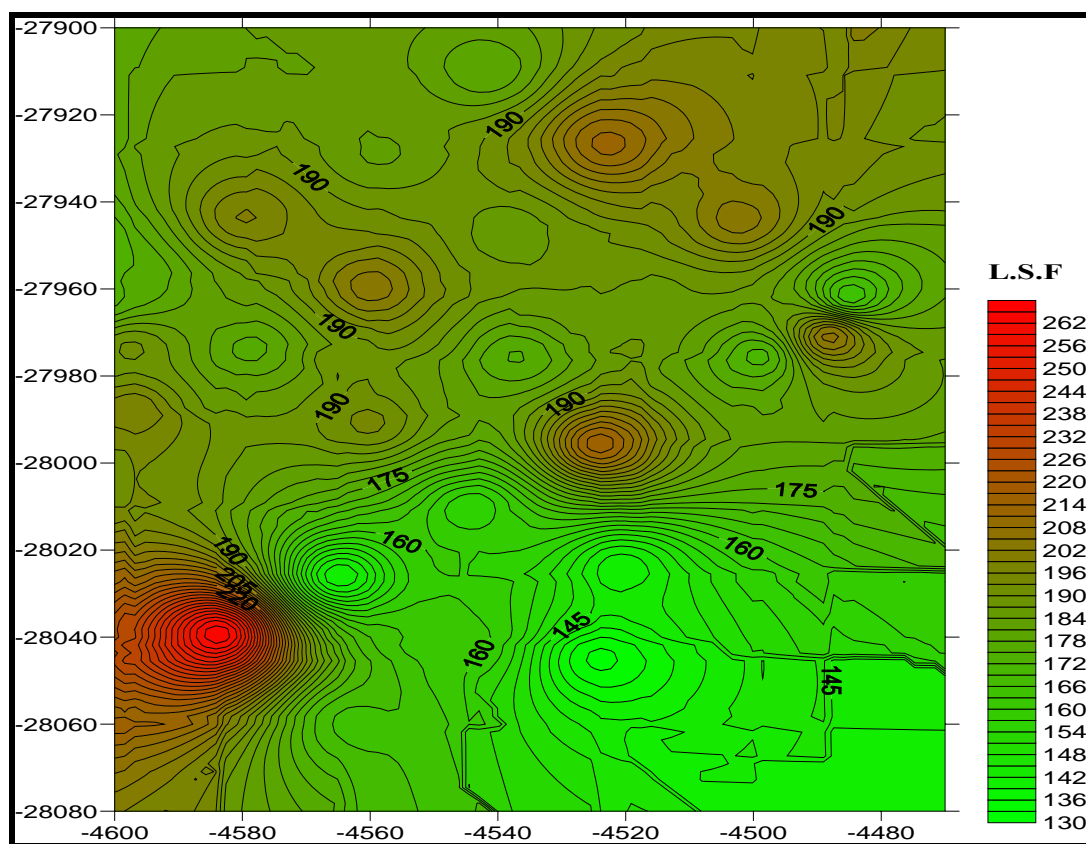
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 186 m



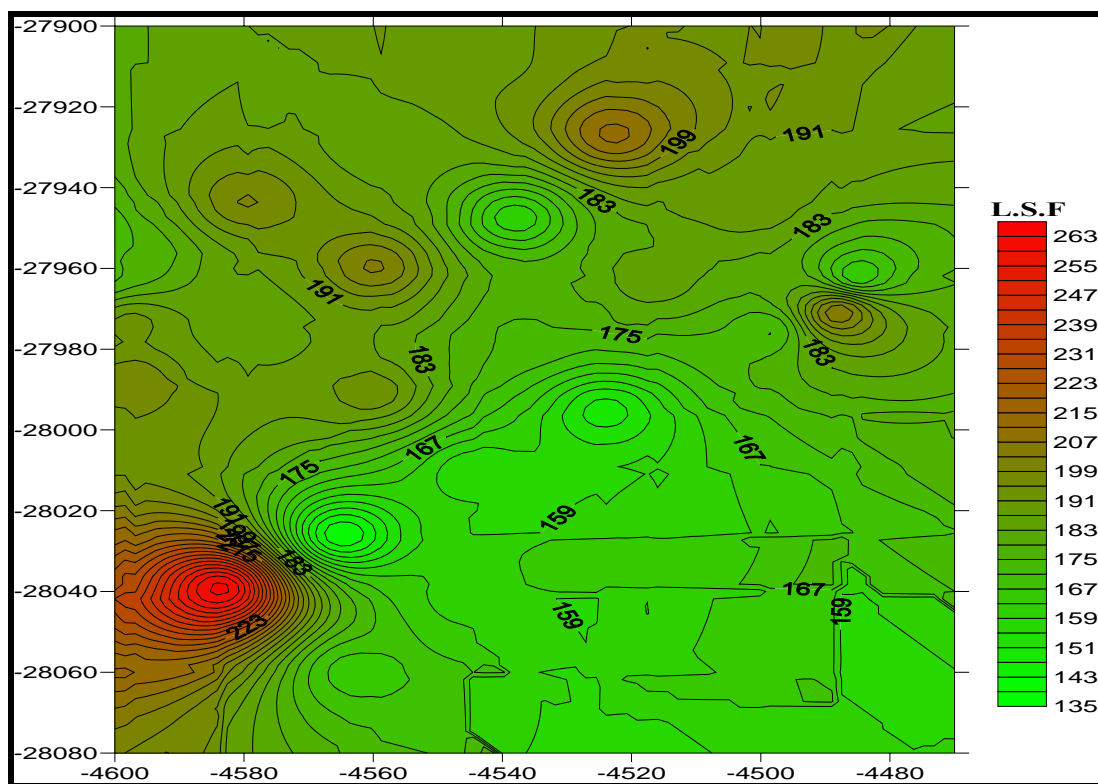
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 187 m



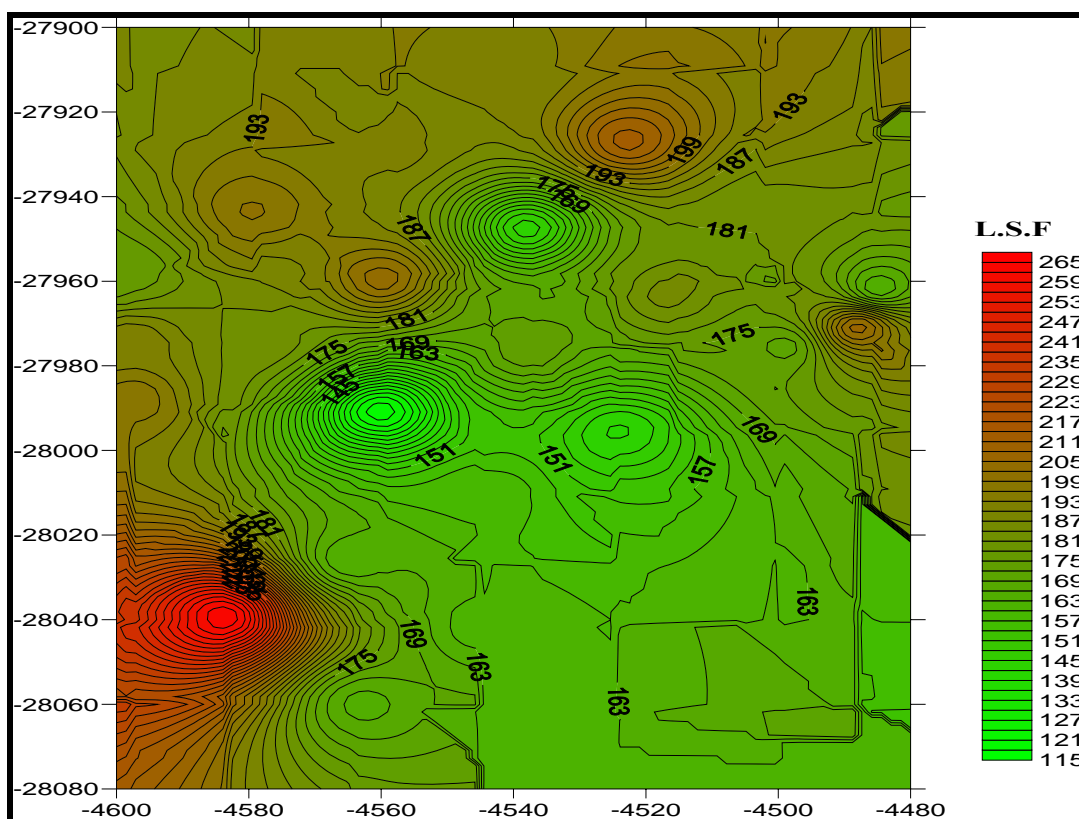
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 188 m



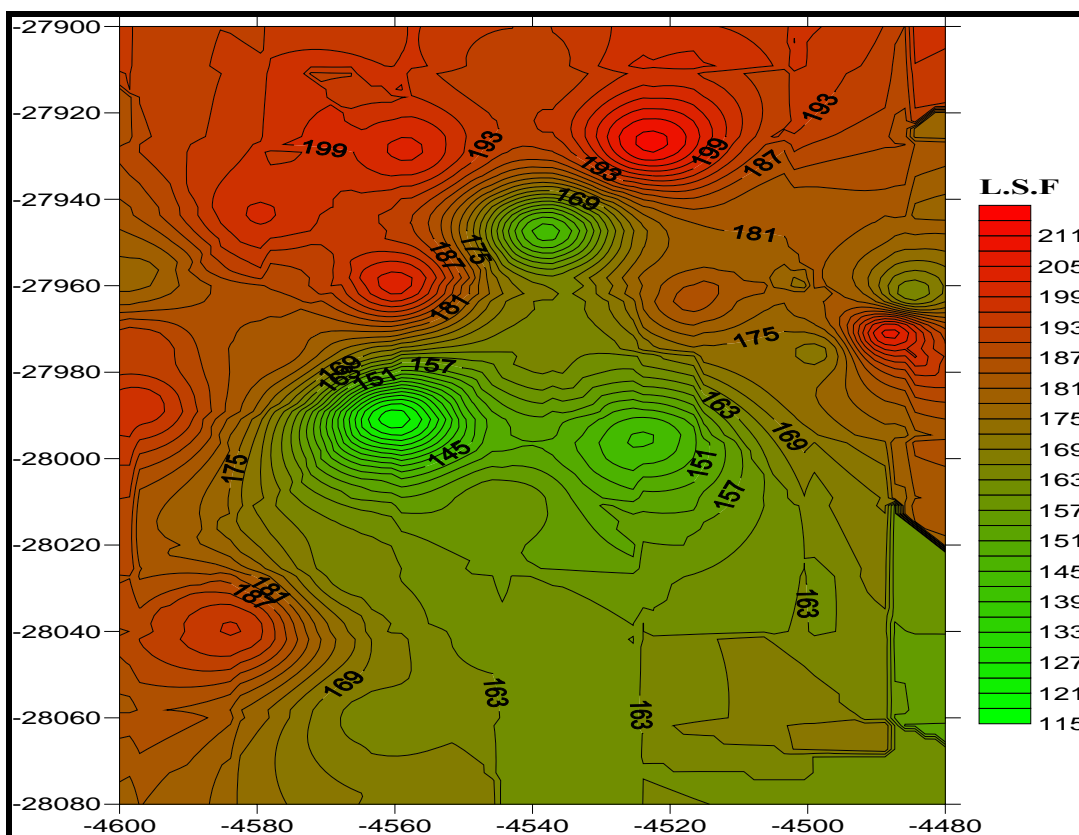
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 189 m



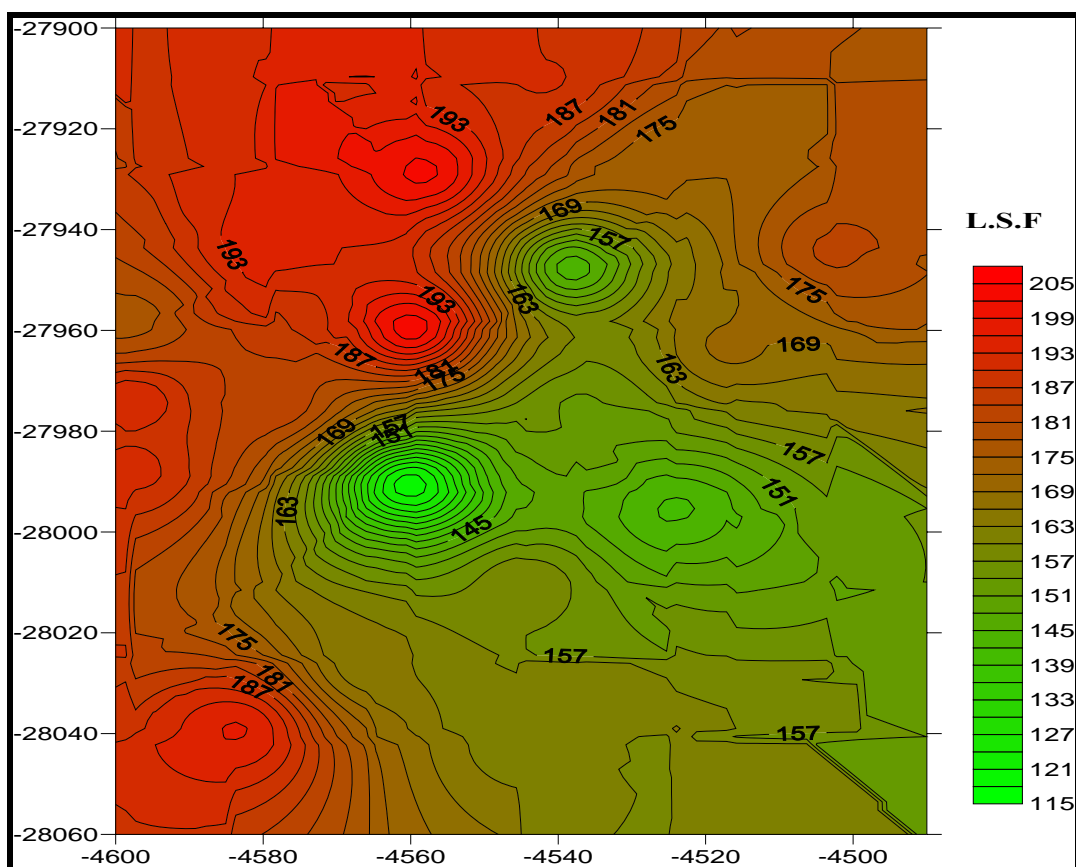
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 190 m



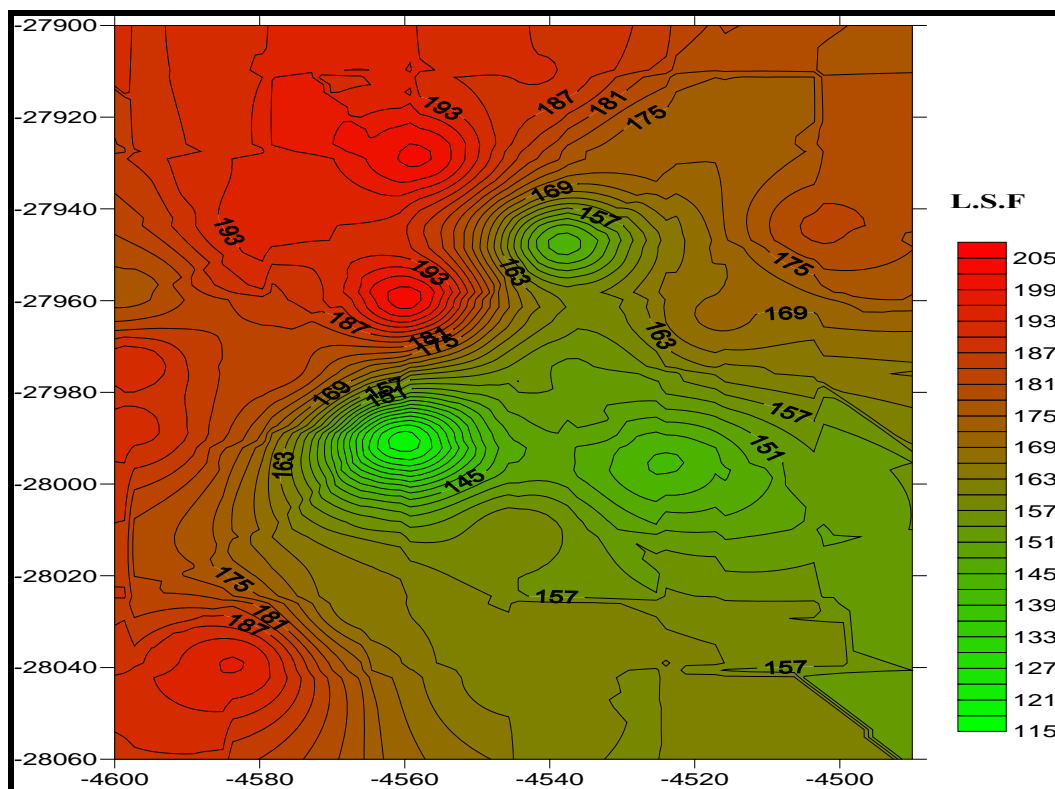
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 191 m



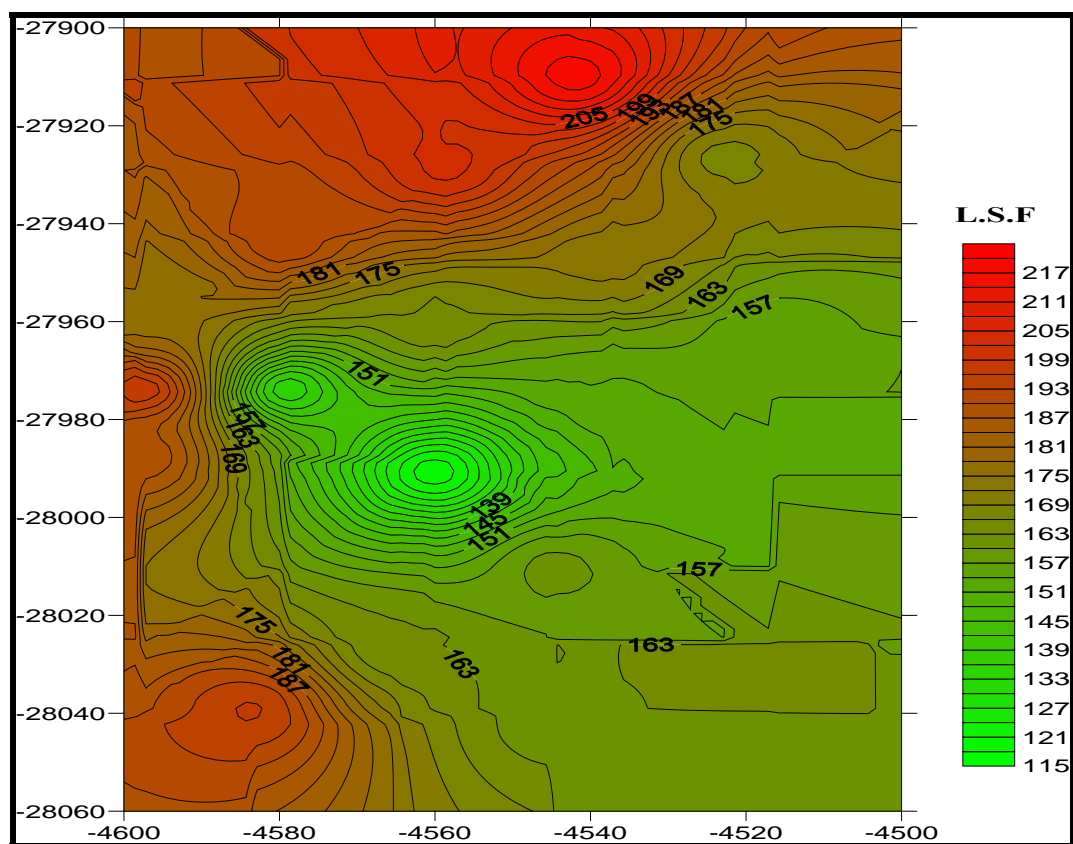
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 192 m



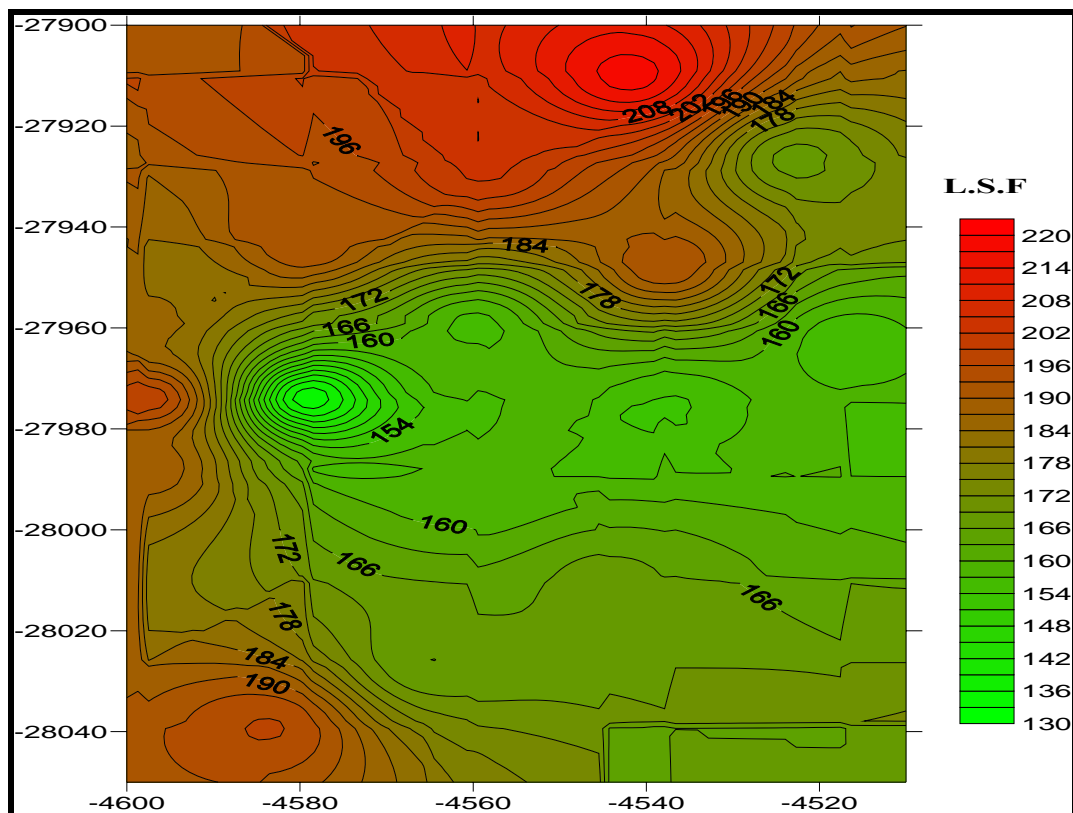
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 193 m



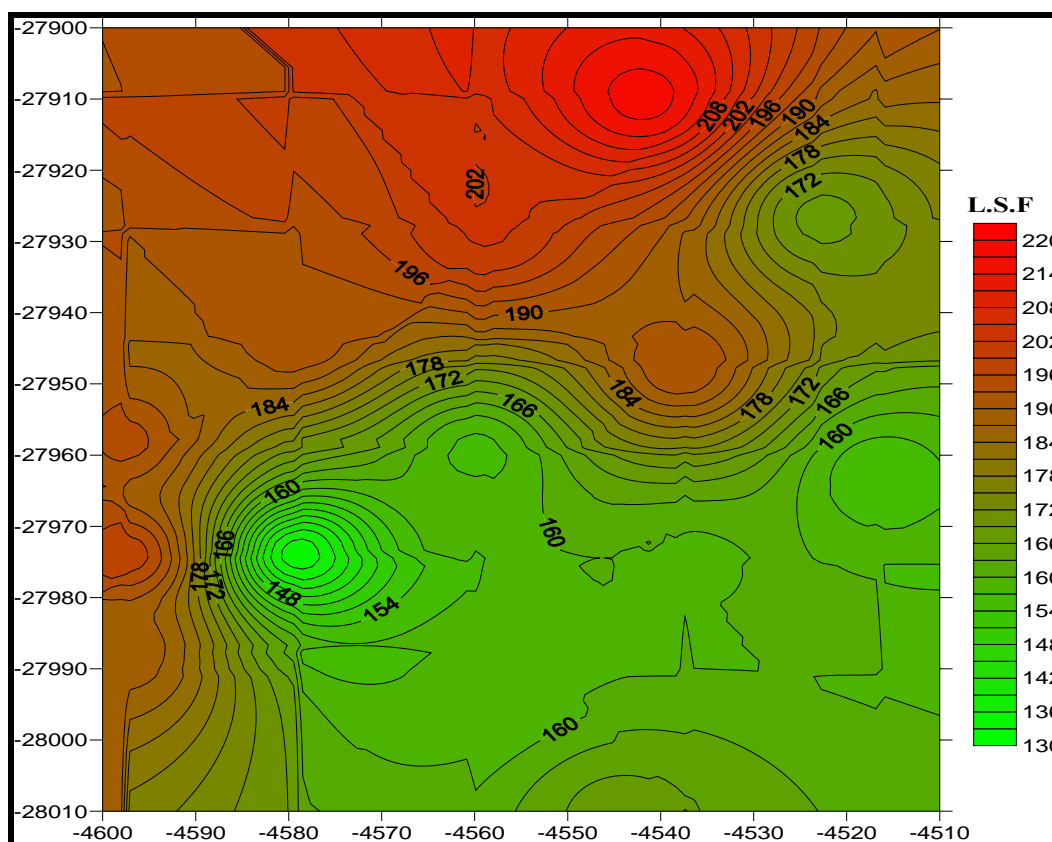
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 194 m



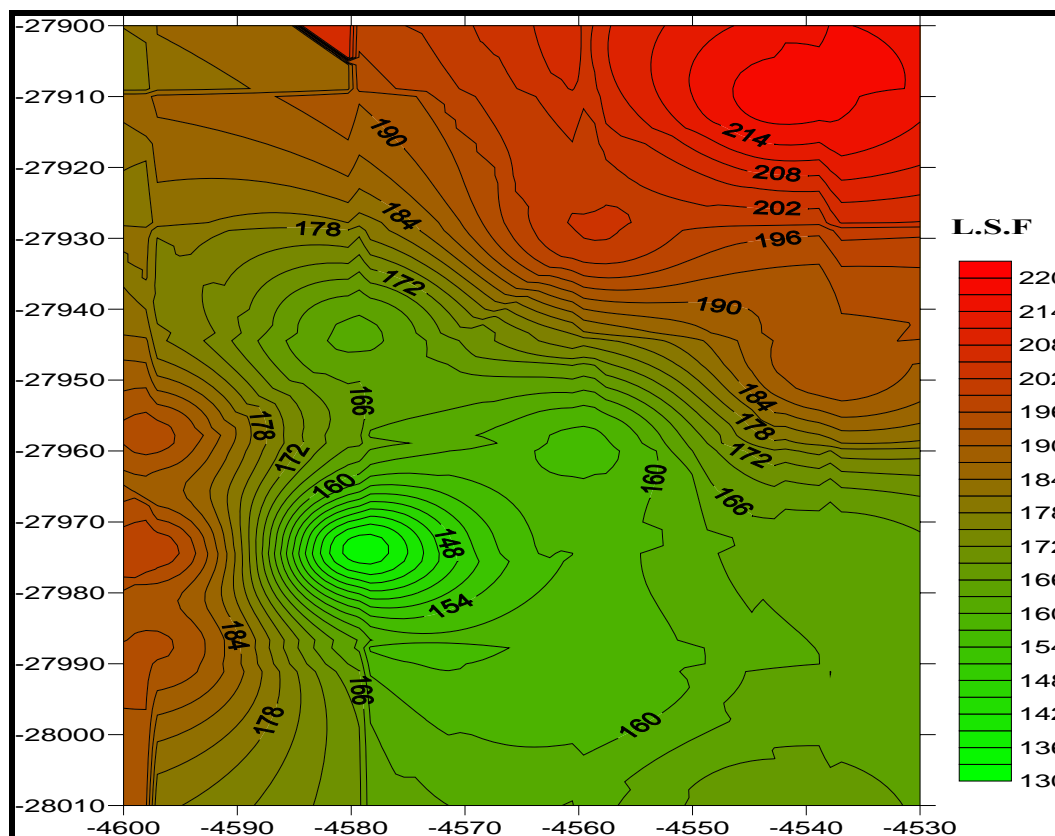
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 195 m



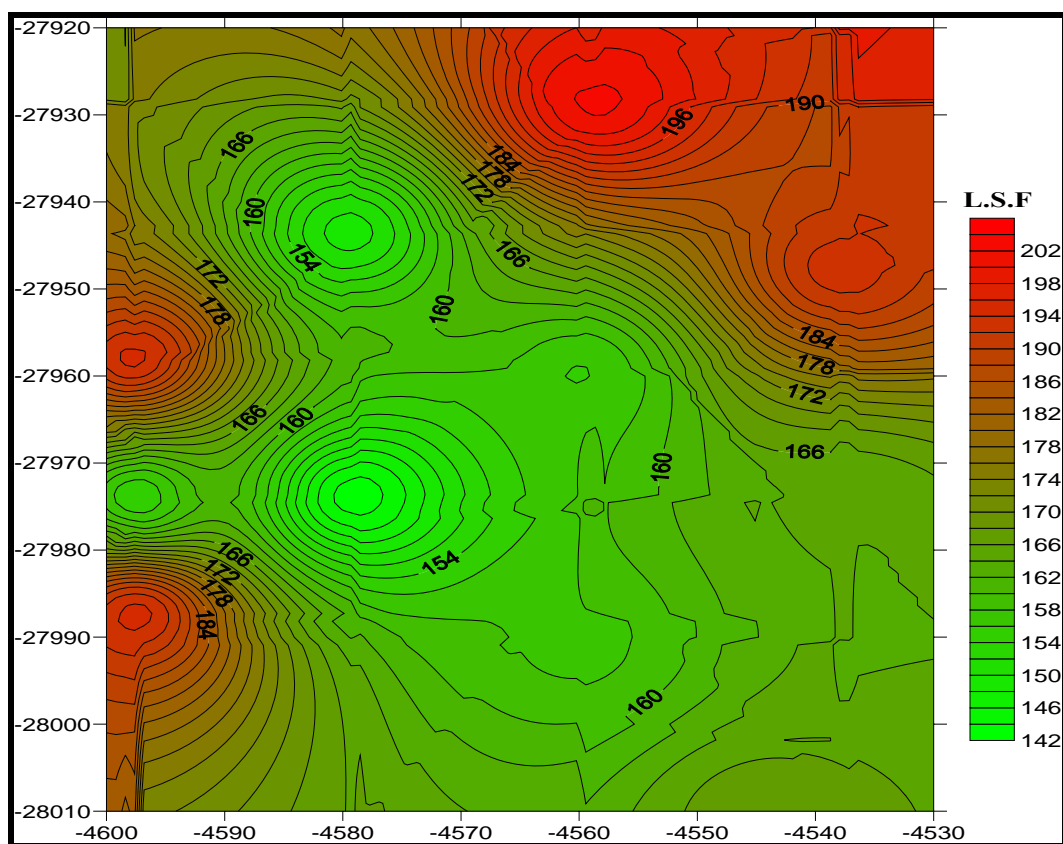
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 196 m



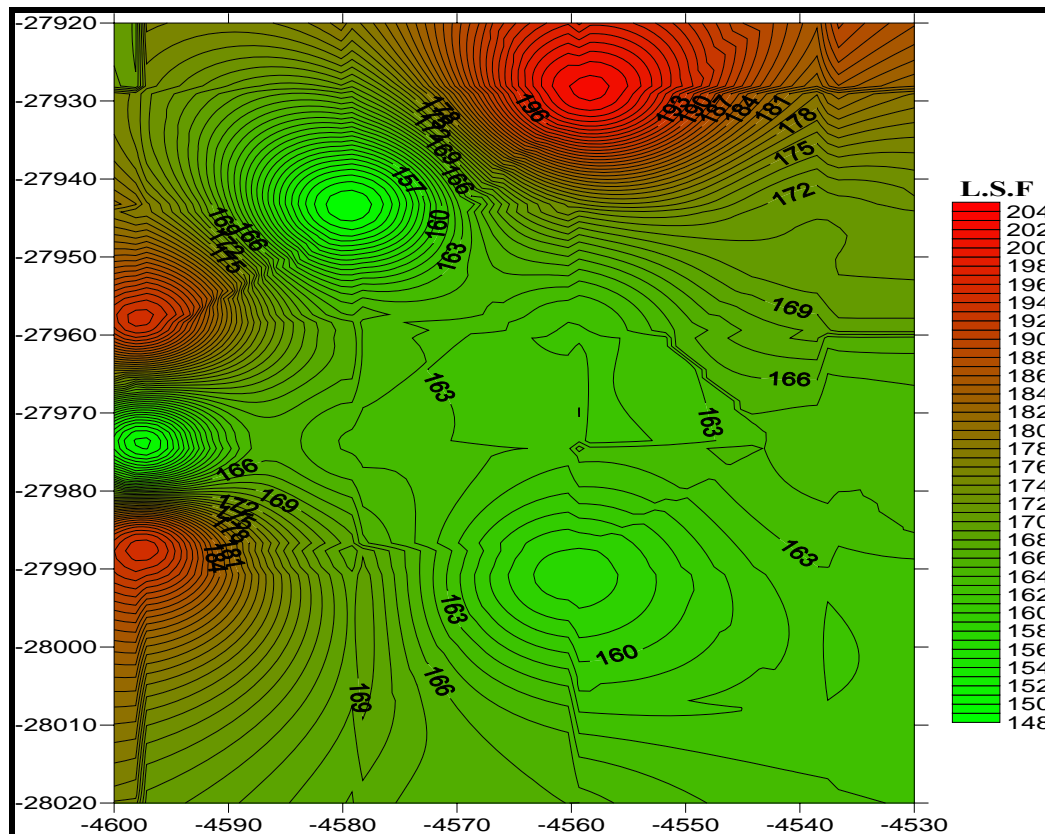
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 197 m



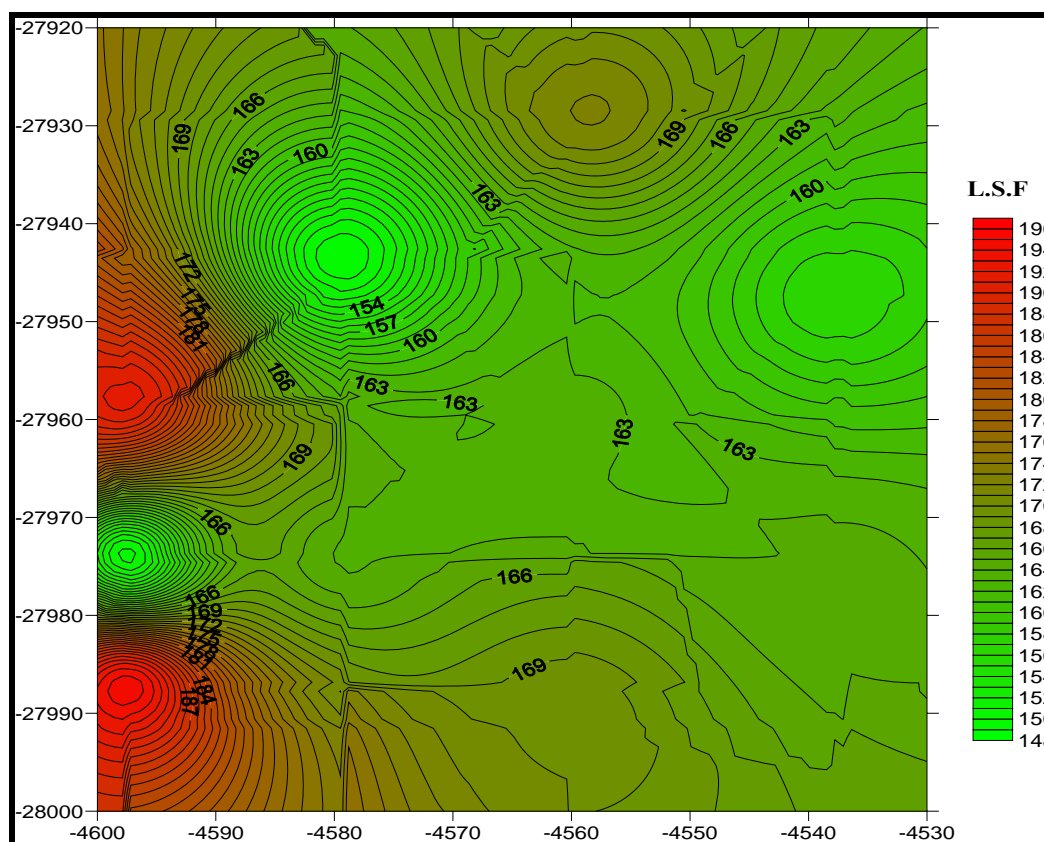
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 198 m



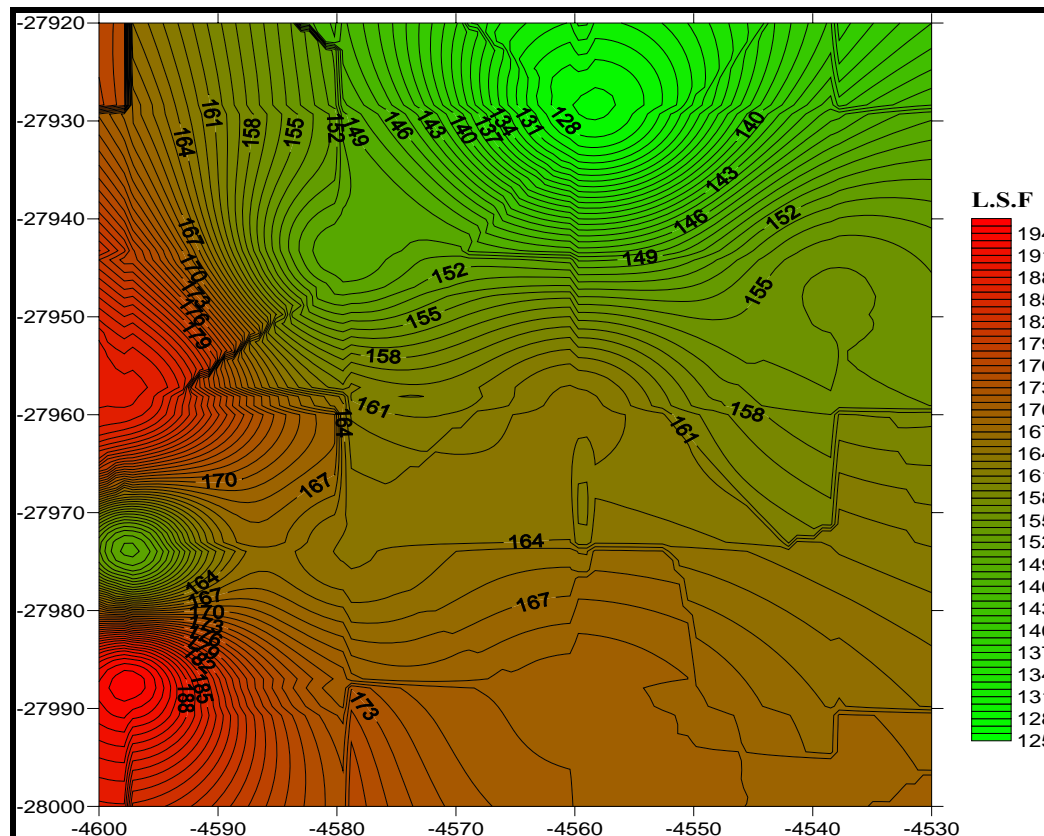
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 199 m



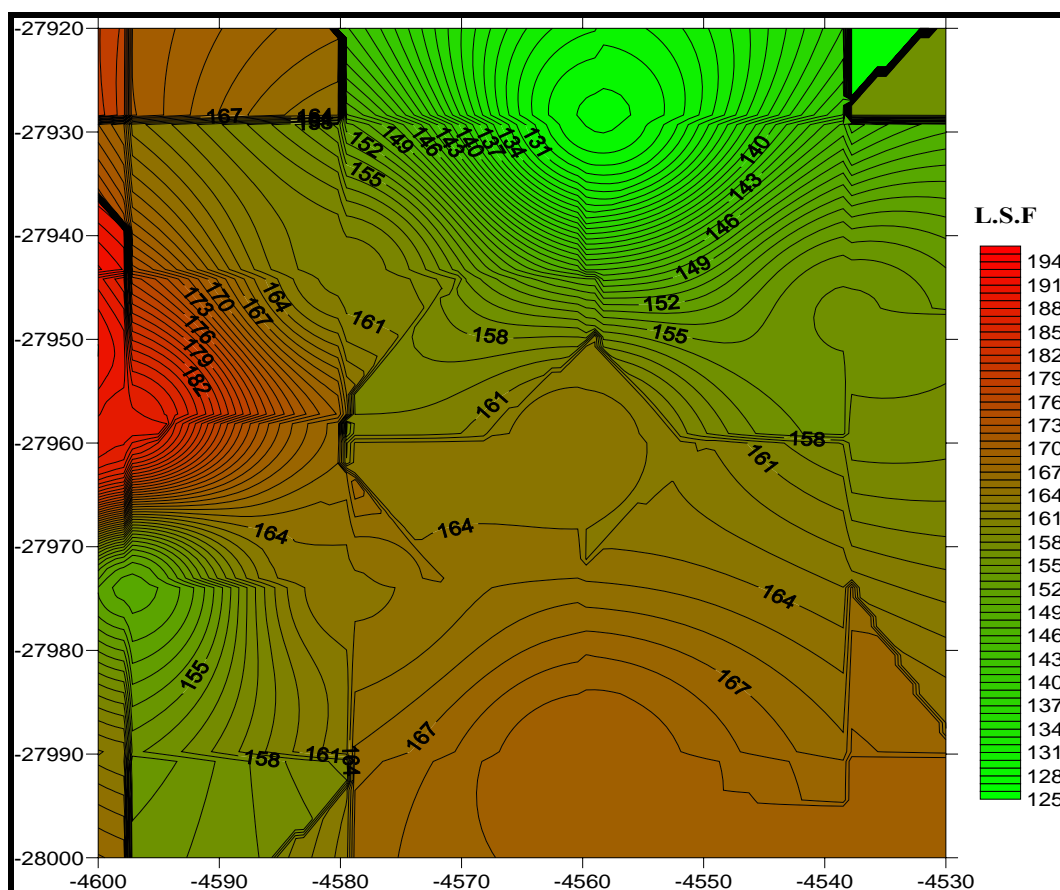
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 200 m



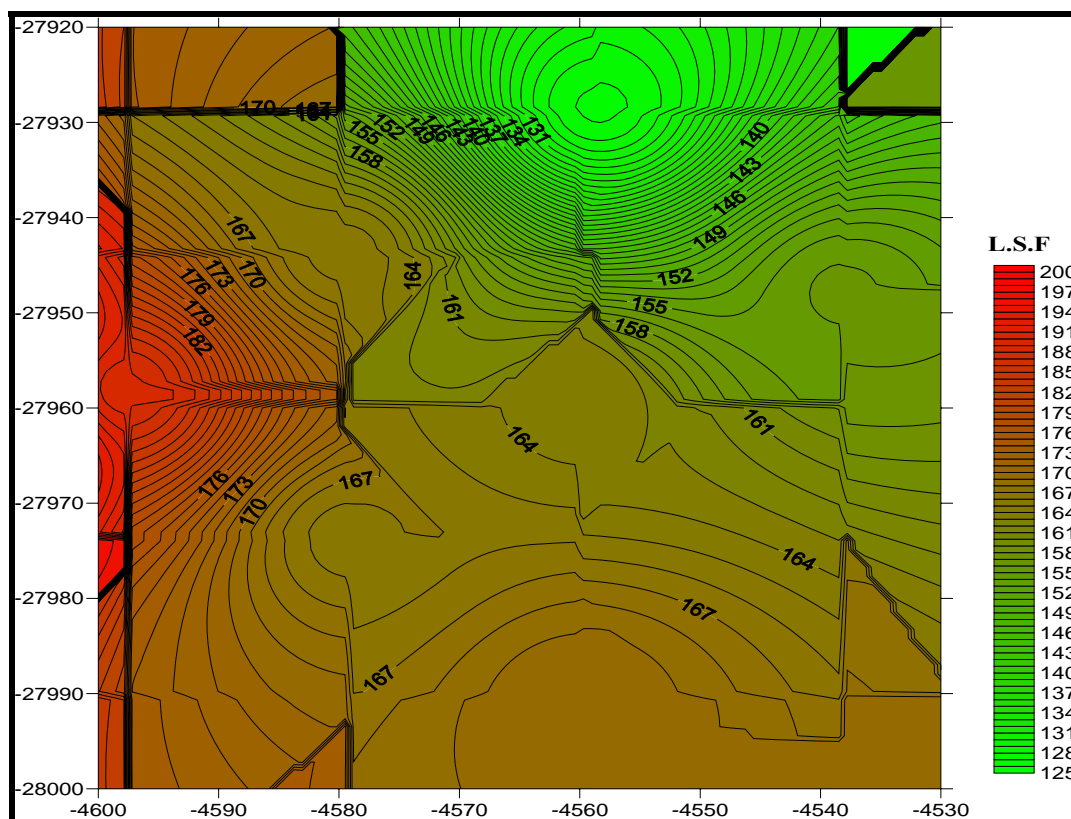
Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 201 m



Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 202 m



Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 203 m



Χωρική κατανομή του LSF στην οριζόντια επιφάνεια πάχους 1m στο υψόμετρο των 204 m

ΧΑΡΤΕΣ

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΟΔΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:250,000

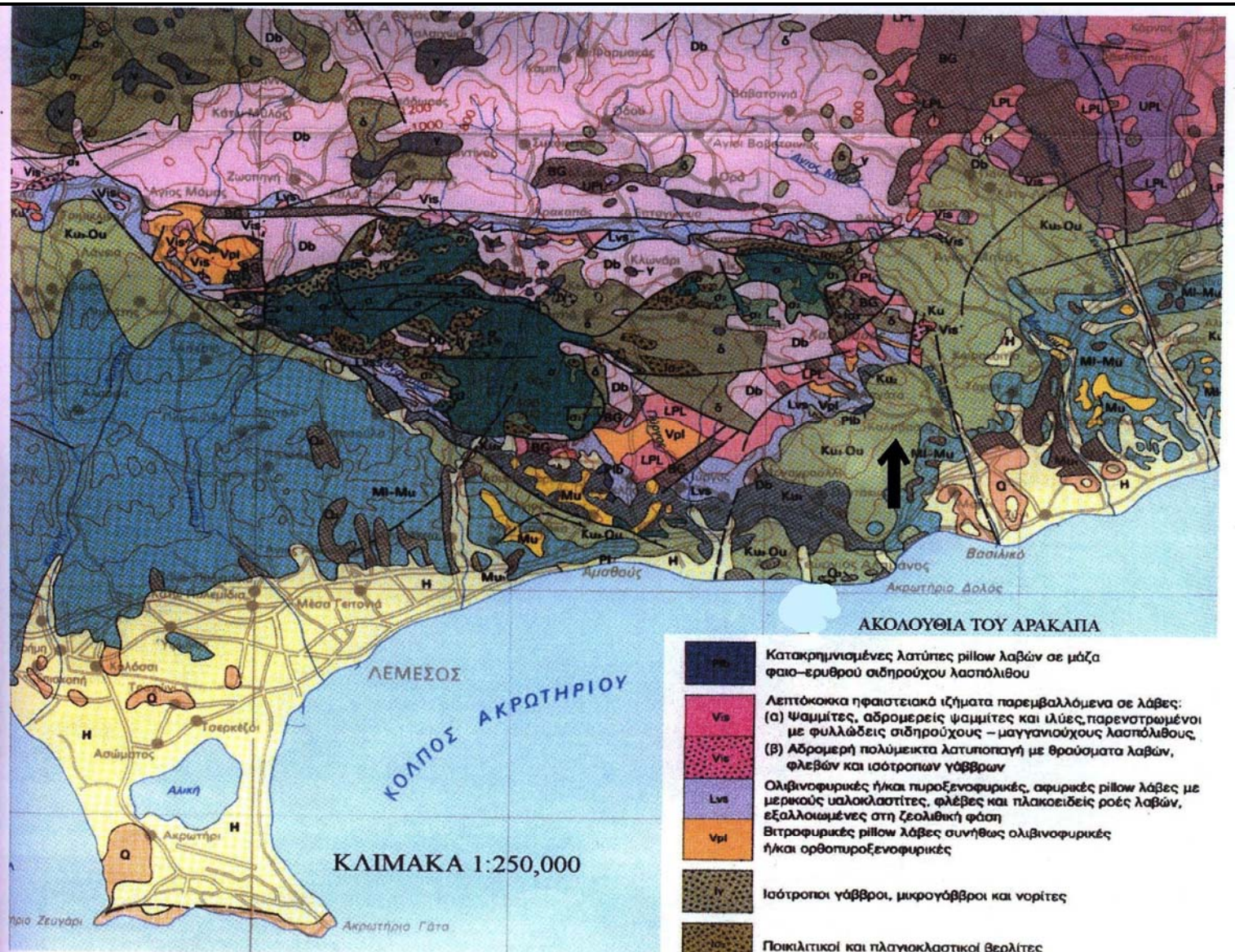
Ασφαλτοστρωμένα, τεσσάρων λωρίδων κυκλοφορίας με αριθμό
 Ασφαλτοστρωμένα, δύο λωρίδων κυκλοφορίας με χιλιόμετροση
 Ασφαλτοστρωμένα, μιας λωρίδας κυκλοφορίας
 Σκυρόστρωτη, βαθιά όλο το χρόνο
 Βατή με καλό ή ζηρό καιρό
 Σιδηροδρομική γραμμή (για μεταφορά μεταλλεύματος)
 Όριο Εποχίας
 Όριο περιοχής Κυρίαρχης Βρετανικής Βάσης

Πόλη, Μικτός πληθυσμός
 Χωριό με πληθυσμό πάνω από 2,500 κατοίκους
 Καθαρά Ελληνικό ● Καθαρά Τουρκικό ● Μαρωνιτικό ● Μικτό ●
 Χωριό με πληθυσμό μεταξύ 1,500 και 2,500 κατοίκων
 Καθαρά Ελληνικό ● Καθαρά Τουρκικό ● Μαρωνιτικό ● Μικτό ●
 Χωριό με πληθυσμό μεταξύ 500 και 1,500 κατοίκων
 Καθαρά Ελληνικό ● Καθαρά Τουρκικό ● Μαρωνιτικό ● Μικτό ●
 Χωριό με πληθυσμό κάτω από 500 κατοίκους
 Καθαρά Ελληνικό ● Καθαρά Τουρκικό ● Μαρωνιτικό ● Μικτό ●

Τοπωνύμιο
 Οικισμός
 Αρχαιολογικός Χώρος
 Ενδιαφέρουσα Αρχαιότητα : Μονή, Εκκλησία, Τέμενος
 Μονή και Εκκλησία, Τέμενος
 Ποταμός με υδατοφράκτη
 Χείμαρρος
 Πηγή
 Φάρος
 Αερολιμένας, Διάστας
 Μεταλλείο
 Τριγωνομετρικό Σημείο. Ύψος σε μέτρα
 Υψόμετρα τοποθεσιών και κύριων διαβάσεων κατά προσέγγιση σε μέτρα
 Ισοϋψείς καμπύλες. Η Ισοδιάσταση μεταξύ 0 και 400 μέτρων είναι 100 μέτρα και μεταξύ 400 και 1800 μέτρων είναι 200 μέτρα.

Καστανός
 Πλατάνος
 Σελανί
 Μανι και Τριαντάφυλλο
 Α
 Μεταλλείο
 ΑΡΧΑΙΑΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ



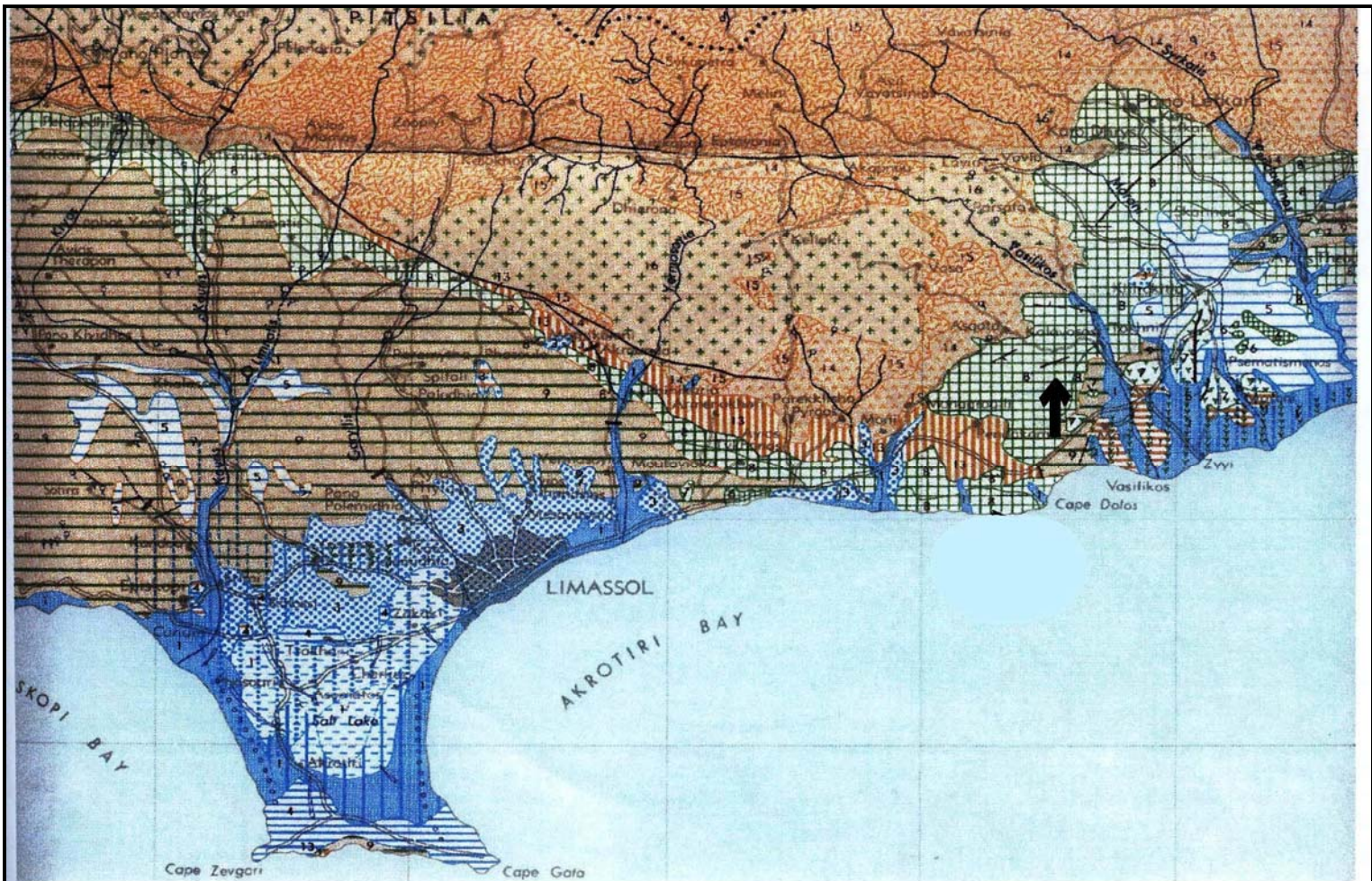
ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΤΟΥ ΤΡΟΟΔΟΥΣ

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
H	Άμμοι, ιλύες, αργίλοι και χαλίκια
Db	Λοβεστικοί ψαμίτες, άμμοι και χαλίκια
D	Χαλίκια, άμμοι και ιλύες
Q	Βιοσβεστικοί και άλλοι ψαμίτες, αμμοί με μάρμαρες και κροκαλοπαγή
P	Βιοσβεστικοί και άλλοι ψαμίτες, ιλύες, χαλίκια, αμμοί με μάρμαρες, μάρμαρες, αβεστούλιθοι και κροκαλοπαγή
Mu	Γύψος εναλλασσόμενος με κρητιδικές μάρμαρες και μαργακτικές κρητιδές
Mu-Mu	Βιοσβεστικοί και βιοσβεστικοί υαλογενείς αβεστούλιθοι (Μέλος Κορινθίου)
Mu-Mu	Κρητιδές, μάρμαρες, μαργακτικές κρητιδές, κρητιδικές μάρμαρες και αβεστούλιθοι ψαμίτες
Mu	Βιοσβεστικοί και βιοσβεστικοί υαλογενείς αβεστούλιθοι (Μέλος Τέρας)
Q	Κρητιδές, μάρμαρες, μαργακτικές κρητιδές, κρητιδικές μάρμαρες με κατά τόπους κερατολίθους σε μαργακτική ή κονδυλίαν
Q	Κλαστικές αποθέσεις από γυναιχιά τεμάχια πετρωμάτων διαφόρων χρωμάτων και μεγέθων, προερχόμενα από πετρώματα του Σιπλίου Μοναστηρίου (μεγαλύτερο ποσοστό) και των Οφιολιθών του Τροόδου (μικρότερο ποσοστό), ενσωματωμένα σε αμμοίχλο και αργιλοχλο μάζα
Q	Συνολικό (Μελέση) Τροόδου - Κρητιδικών τεμαχίων κυρίως κίτρινο χαλκόσαιο φάσμα, γύρω από λυόλιθου και σερπεντινίτη, ενσωματωμένα σε μελιτινιτική αργίλο
Q	Μεταγενέστερες αργίλοι με ενσπράξεις υπόλευκου ηφαιστειακού ψαμίτη
Q	Κανθαίου

ΟΦΙΟΛΙΘΟΣ ΤΡΟΟΔΟΥΣ
ΛΕΩΝΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ

UPL	Ουίβες (φαιοχρώματα), μαγγανιούχοι αργιλοί σχιστόλιθοι, ραδιολιθικοί σχιστόλιθοι και λασπόλιθοι	Γέρατο
UPL	Ολιβινοφυρικές - πυροξενοφυρικές pillow λάβες ενίοτε με πλακωδείς ροές λαβών, φλέβες και υαλοκλαστίτες, συνήθως εξαλλοιωμένες στη ζεολιθική φάση	Ανώτερος ορίζοντας λαβών
UPL	Pillow λάβες και πλακωδείς ροές λαβών με πλήρη φλεβών και κοπών, εξαλλοιωμένες στη ζεολιθική φάση και κατά τόπους χρωματισμένες με πράσινο κλαδονίτη	Κατώτερος ορίζοντας λαβών
UPL	Διαβαστικές φλέβες (μ-50%) με λεπτά έντερα pillow λαβών, εξαλλοιωμένες στην προσινιστολιθική φάση	Ορίζοντας βάσης
UPL	Διαβαστικές φλέβες πλάτους μέχρι 3m, αφυρικές, κλινοπυροξενοφυρικές και πλαγκιοκλαστικές, εξαλλοιωμένες στην προσινιστολιθική φάση	Σύστημα πολλών φλεβών (διαβάσης)
UPL	Τρονιμίτες, τρονιμίτες, διαρτές, χαλκοειδείς και μερκατοειδείς	Παλιόγενή
UPL	Ισότροποι γάββροι, σφαιρικοί γάββροι, ολιβινοί γάββροι και στρωματοειδείς γάββροι	Γάββρος
UPL	Βεμπασίτες, κλινοπυροξενίτες, ορθοπυροξενίτες και πλαγκιοκλαστικοί πυροξενίτες	Πυροξενίτης
UPL	Βερλίτες και πλαγκιοκλαστικοί βερλίτες, συμπαγείς ή ενσπράξεις	Βερλίτης
UPL	Δουνίτες με εμφανίσεις κλινοπυροξενικών δουνιτών	Δουνίτης
UPL	Τεκτονισμένοι χαρτζουρίτες με περιορισμένες δουνιτικές και λεζολιθικές εμφανίσεις	Χαρτζουρίτης
UPL	Διαστρωστικοί σερπεντινιτικοί, τεκτονισμένοι χαρτζουρίτες με περιορισμένες δουνιτικές και λεζολιθικές εμφανίσεις	Σερπεντινίτης

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ



ΚΑΙΜΑΚΑ 1:250,000

A. EXTENSIVE GROUNDWATER BODIES IN ALLUVIAL SAND AND GRAVEL, CONGLOMERATE, SANDSTONE AND CALCARENITE

Alluvial deposits

- 1 Unconfined water generally at shallow depth in connection with riverbeds, deltaic gravel-sand deposits and coastal sand including estuarine deposits
- 2 Water in alluvial deposits with impermeable to semi-permeable surface
- 3 Clay and silt of undefined thickness containing water-bearing lenses of sand, underlain by generally impervious marl or siltstone, water commonly mineralized
- 4 Dune sand, forming part of aquifer systems
- 5 Dune sand, normally shallow on Kythrea beds

Pleistocene sand, gravel and silt deposits

- 6 Unconfined water in marine and terrestrial conglomerate and terrace formations, locally including calcarenite
- 7 Very shallow ground water controlled by the configuration of underlying silt, clay or marl, in some formations as above
- 8 Confined ground water in gravel deposits (Akrotiri Peninsula)

Pliocene and Upper Miocene sandstone, calcarenite, and connected fragmental limestone

- 9 Unconfined ground water in sandstone, sandy marls and calcarenite (i.e. Nicosia formation), mineralized at depths and along coast by sea water intrusion
- 10 Confined
- 11 Shallow unconfined ground water controlled by the configuration of underlying impervious or semi-pervious strata, in some formations as above

Middle Miocene sandstone

- 12 Unconfined ground water in sandy parts of Middle Miocene (Paphos formation)
- 13 Confined

B. EXTENSIVE GROUNDWATER BODIES IN FRACTURED AND KARSTIC LIMESTONE, DOLOMITE, GYPSUM, CHALK AND MARLY CHALK.

- 14 Unconfined ground water in reef limestone and detrital limestone (Koronia limestone, Terra limestone), saline in coastal areas
- 15 Confined
- 16 Unconfined ground water in gypsum aquifers, saline in deep confined aquifers
- 17 Confined
- 18 Unconfined ground water in aquifers of secondary importance of mainly massive, highly retentive chalk, occasionally mineralized
- 19 Confined ground water
- 20 Unconfined ground water in aquifers of secondary importance consisting of cherty, locally marly chalk, sometimes including strata of massive chalk (Chalks of the Lapithos formation of the Kyrenia Range included, occasionally mineralized)
- 21 Confined ground water
- 22 Ground water in highly retentive rocks such as chalk interbedded with marls (Paphos formation and Lapithos formation)
- 23 Ground water in crystalline, brecciated and somewhat karstic limestone and dolomite aquifers of the Kyrenia Range

C. LOCAL AND SMALL DISCONTINUOUS GROUNDWATER BODIES IN COMPLEX SEDIMENTARY AND IGNEOUS UNITS.

- Units with alternating semi-permeable or impermeable beds and permeable beds including chalk or limestone of minor importance
- 24 Clay, marl and siltstone (Mainly rocks of the Mesaoria Group locally including marl, silt and clay of the Alluvium)
- 25 Alternating marl, siltstone, greywacke, clay, and shale (Kythrea formation), well water normally highly mineralized
- 26 Mamonía Complex, including serpentine
- Igneous rock units
- 27 Volcanics with dominantly submarine pillow lavas, occasional pockets of highly saline water
- 28 Heavily fractured intrusive rocks
- 29 Plutonic rocks, springs common

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΖΥΓΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ 1990 - 2002

