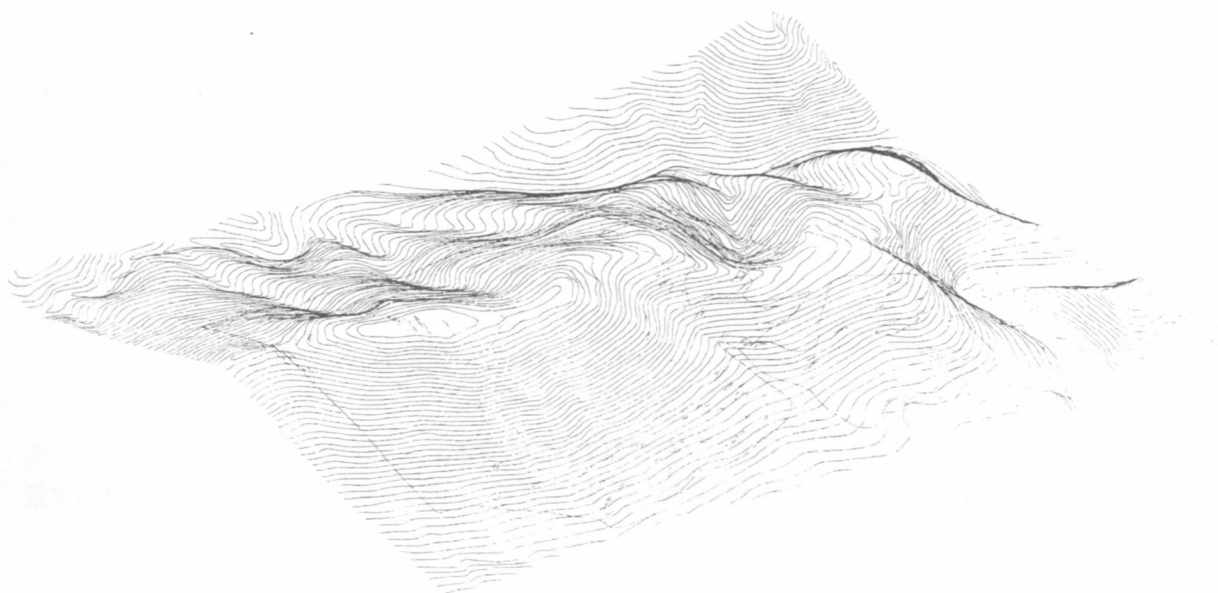


Δ117
1055



**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη κατανομής MgO (οξειδίου του μαγνησίου) στο κοίτασμα του
λατομείου του Καμαρίου (Α.Ε τσιμέντων TITAN) και
βέλτιστος σχεδιασμός των ερευνητικών έργων**

ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

Εξεταστική Επιτροπή

Εξαδάκτυλος Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μανούτσογλου Εμμανουήλ, Επίκουρος Καθηγητής

Μάστορης Ιωάννης, Μηχανικός Μεταλλείων TITAN Α.Ε

Χανιά

Οκτώβριος 2002

Πίνακας Περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	8
1.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΤΙΤΑΝ Α.Ε.....	9
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ- ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	14
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	14
2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	15
2.4 ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΜΗ-ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ (ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ).....	19
2.4.1 Γενικά	19
2.4.2 Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη και δομή της Υποπελαγονικής Ζώνης.....	21
2.4.2.1 Γενική διάρθρωση	21
2.4.2.2 Ιζήματα του Τριαδικού	22
2.4.2.3 Σχιστοκερατολιθική διάπλαση και οφειόλιθοι	23
2.4.2.4 Ασβεστόλιθοι Ιουρασικού	24
2.4.2.5 Ιζήματα της Μέσο – Άνω-Κρητιδικής Επίκλυσης	24
3. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΤΗΛΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ	27
Συμπεράσματα σύγκρισης λιθοστρωματογραφικών στηλών	35
4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΔΟΛΟΜΙΤΗ.- ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ.....	37
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	37
4.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΔΟΛΟΜΙΤΗ.....	39
4.3 ΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΔΟΛΟΜΙΤΩΝ	42
4.4 ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΟΛΟΜΙΤΗ.....	45
4.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΟΞΕΙΔΙΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ ΣΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	46
4.5.1 Τσιμέντο	47
4.5.2 Χημική Σύνθεση	50
4.5.3 Το πρόβλημα του οξειδίου του μαγνησίου (MgO).....	51
5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	55
5.1 ΠΡΩΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ.....	55
5.1.1 Γεωλογία ευρύτερης περιοχής	55
5.1.2 Περιοχές που ερευνήθηκαν για ύπαρξη ασβεστόλιθων.	56
5.1.3 Γεωλογική μελέτη της περιοχής Λέμφι.	57
5.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΞΟΡΥΣΣΟΜΕΝΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΣΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΚΑΜΑΡΙΟΥ.....	58
5.2.1 Εισαγωγή	58
5.2.2 Γεωλογία – Τεκτονική	59

5.2.3	Συμπεράσματα	61
5.3	ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΚΑΜΑΡΙΟΥ	61

6. ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΚΑΜΑΡΙ Ν.ΒΟΙΩΤΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ Α.Ε ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ ΤΙΤΑΝ..... 69

6.1	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΛΑΤΟΜΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	69
6.2	ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ	69
6.3	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	70
6.3.1	Εκλογή μεθόδου εκμετάλλευσης.....	70
6.3.2	Απολήψιμα αποθέματα, Διάρκεια ζωής λατομείου.....	71
6.3.3	Μηχανικός Εξοπλισμός	72
6.4	ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	75
6.4.1	Δευτερεύουσες - Εσωτερικές Προσπελάσεις	75
6.4.2	Πρόπαρασκευή - Ανάπτυξη - Αποκάλυψη.....	76
6.4.3	Πορεία Εκμετάλλευσης	76
6.4.4	Εξόρυξη.....	78
6.4.5	Φόρτωση - Μεταφορά	82
6.4.6	Φωτισμός	83
6.4.7	Αντιμετώπιση νερών.....	83
6.4.8	Αποθέσεις στείρων υλικών	83
6.5	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ	84
6.6	ΚΥΡΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	84
6.6.1	Περιγραφή των κύριων εγκαταστάσεων επεξεργασίας.....	84
6.6.2	Περιγραφή μεθόδου επεξεργασίας - Διάγραμμα ροής	84
6.6.3	Παραγόμενα προϊόντα	85

7. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΚΑΜΑΡΙΟΥ 88

7.1	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ	88
7.1.1	Εισαγωγή	88
7.1.2	Ανάλυση	88
7.1.3	Προβλήματα κατά τη διάρκεια καταγραφής των γεωτρήσεων	90
7.1.4	Διόρθωση στο άθροισμα των περιεκτικοτήτων των γεωτρήσεων	92
7.1.5	Αναγωγές περιεκτικότητας MgO στις αναλύσεις δειγμάτων των γεωτρήσεων	93
7.2	ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ	96
7.2.1	Εισαγωγή	96
7.2.2	Εφαρμογές συστημάτων CAD σε θέματα μηχανικού	97
7.2.3	Πλεονεκτήματα της εφαρμογής συστημάτων CAD για τη σχεδίαση ..	98
7.2.4	Διαδικασία ψηφιοποίησης τοπογραφικών χαρτών	99
7.2.4.1	Γενικά	99
7.2.4.2	Βασικές συσκευές εισόδου δεδομένων από υπάρχοντα σχέδια σε υπολογιστή.....	100
7.2.4.3	Ο Ψηφιοποιητής	100
7.2.4.4	Ο Σαρωτής	104
7.3	ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CAD.....	107
7.4	ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CAD.....	129

7.4.1	Εισαγωγή	129
7.4.2	Μέθοδος μοντελοποίησης κοιτάσματος Καμαρίου μέσω των διαθέσιμων γεωτρήσεων με σύστημα CAD.	130
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	140
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	146

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μελέτης και Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων του Πολυτεχνείου Κρήτης στα πλαίσια της Διπλωματικής Εργασίας για την απόκτηση Διπλώματος Μηχανικού Ορυκτών Πόρων.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η *Μελέτη κατανομής MgO (οξειδίου του μαγνησίου) των ανθρακικών πετρωμάτων του λατομείου του Καμαρίου (Α.Ε τσιμέντων TITAN) και συγκρότηση προκαταρκτικών προτάσεων για τον βέλτιστο σχεδιασμό των μελλοντικών ερευνητικών έργων.*

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους ανθρώπους που με βοήθησαν για την διεκπεραίωση της μελέτης αυτής.

Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Γεώργιο Εξαδάκτυλο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Μελέτης και Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων για τις πολύτιμες συμβουλές του, την συμπαράσταση αλλά και το ενδιαφέρον του για τη συγγραφή της συγκεκριμένης εργασίας. Θέλω επίσης να ευχαριστήσω και τα άλλα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής:

Τον Επίκουρο Καθηγητή Μανούτσογλου Εμμανουήλ, για την ανιδιοτελή προσφορά του και την ουσιαστική καθοδήγησή του, χωρίς την οποία ένα πολύ μεγάλο μέρος της μελέτης πιθανόν να μην είχε πραγματοποιηθεί.

Τον κύριο Μάστορη Ιωάννη, Μηχανικό Μεταλλείων της TITAN A.E , για την άριστη συνεργασία του και την προσφορά από μέρους του όλων των στοιχείων και δεδομένων που χρειάστηκαν για την εκπλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους συναδέλφους μου και μέλη της ομάδας του Εργαστηρίου Μελέτης και Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων, κύριο Γεώργιο Σαράτση και κύριο Ευπρέπιο Μπαράδακη, που μου προσέφεραν πρόθυμα την πολύτιμη βοήθειά τους οποιαδήποτε στιγμή αυτή χρειάστηκε.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διαθεσιμότητα και η καταλληλότητα των αποθεμάτων μίας ορυκτής πρώτης ύλης (δηλ. διακοσμητικό πέτρωμα, μεταλλεύματα, μεταλλικά ορυκτά, αδρανή υλικά, βιομηχανικά ορυκτά και ενεργειακά ορυκτά) είναι παράγοντες ύψιστης σημασίας, δεδομένου ότι καθορίζουν την αναμενόμενη ζωή των λατομείων ή των ορυχείων, τη λειτουργικότητά τους και την οικονομικότητα της εκμετάλλευσης. Υπάρχει επίσης ανάγκη της συνολικής θεώρησης της μεθόδου εκμετάλλευσης του κοιτάσματος λόγω της έλλειψης χώρου, του αυξανόμενου κεφαλαιουχικού κόστους, του κόστους παραγωγής και των περιβαλλοντικών περιορισμών της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Σε όλες τις περιπτώσεις αυτό είναι ένα πρόβλημα του κατάλληλου γεωλογικού χαρακτηρισμού του κοιτάσματος, που εκδηλώνεται με την πρόβλεψη της χωρικής διακύμανσης μιας ή περισσότερων γεωλογικών μεταβλητών.

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στα προβλήματα που μπορούν να προκληθούν από την παρουσία μη αποδεκτών υψηλών συγκεντρώσεων στείρου ορυκτού μέσα σε ένα λατομείο. Πιο συγκεκριμένα ο στόχος μας αναφέρεται στην εκτίμηση της κατανομής και του όγκου υψηλών συγκεντρώσεων MgO των ανθρακικών πετρωμάτων σε ένα λατομείο ασβεστόλιθου. Αυτό είναι το λατομείο ασβεστόλιθων του Καμαρίου (περιοχή Καμάρι του Νομού Βοιωτίας) που έχει χρησιμεύσει ως κύρια πηγή τροφοδότησης του κοντινού εργοστασίου τσιμέντου του Καμαρίου TITAN CEMENT Co.S.A, από τα μέσα της δεκαετίας του '70.

Σκοπός της μελέτης είναι να καθοριστεί η κατανομή του περιεχομένου MgO μέσα στα όρια εκμετάλλευσης του λατομείου και σε δεύτερη φάση μελετάται προκαταρκτικά ο βέλτιστος σχεδιασμός της μελλοντικής ανόρυξης πυρηνοληπτικών ερευνητικών γεωτρήσεων. Συγκεκριμένα:

- Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται ο σκοπός της μελέτης καθώς και κάποια εισαγωγικά στοιχεία για την Εταιρία TITAN A.E.
- Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής του λατομείου.
- Στο 3ο Κεφάλαιο γίνεται σύγκριση των λιθοστρωματογραφικών στηλών της ευρύτερης περιοχής του λατομείου.
- Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για τον δολομίτη καθώς και πως αυτός επηρεάζει την ποιότητα του παραγόμενου τσιμέντου.

- Στο 5ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για την περιοχή που βρίσκεται το λατομείο καθώς και η αποτύπωση των ασυνεχειών στο λατομείο του Καμαρίου.
- Στο 6ο Κεφάλαιο αποτυπώνεται ο τρόπος της εκμετάλλευσης του λατομείου από την εταιρεία.
- Στο 7ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος που πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των δεδομένων του λατομείου, που δόθηκαν από την εταιρεία.
- Τέλος στο 8ο Κεφάλαιο ακολουθούν τα συμπεράσματα και οι προτάσεις.

1.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ TITAN A.E

Η Εταιρεία TITAN A.E. ιδρύθηκε το 1902 και εισήχθη στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών (Χ.Α.Α.) δέκα χρόνια μετά, στις 22 Φεβρουαρίου 1912. Σήμερα η TITAN A.E. έχει εδραιώσει την παρουσία της διεθνώς καθώς διαθέτει και εκμεταλλεύεται παραγωγικές μονάδες σε πολλές χώρες του κόσμου.

Πιο συγκεκριμένα ο όμιλος TITAN έχει στην κατοχή του:

- 11 μονάδες παραγωγής τσιμέντου ετήσιας παραγωγικής δυναμικότητας 14 εκατομμυρίων tn, εκ των οποίων 6 στην Ελλάδα, 2 στις ΗΠΑ (Βιρτζίνια και Φλόριδα), 3 στα Βαλκάνια (Βουλγαρία, Σερβία και FYROM) και 2 στη Μέση Ανατολή (Αίγυπτος).
- 7 κέντρα διανομής τσιμέντου εκ των οποίων 2 βρίσκονται στις ΗΠΑ, 2 στην Αίγυπτο, και από 1 στην Ιταλία, Αγγλία και Γαλλία, αντιστοίχως.
- Ακόμη διατηρεί 67 μονάδες έτοιμου σκυροδέματος (δυναμικότητα 4 εκατ. m³).
- 10 λατομεία και 3 ορυχεία (δυναμικότητα 17 εκατ. tn).
- 1 μονάδα παραγωγής κονιαμάτων (INTERMIX)
- 1 μονάδα παραγωγής επιτραπέζιας πορσελάνης (ΙΩΝΙΑ A.E.)

Η ετήσια δυναμικότητα παραγωγής τσιμέντου της εταιρείας στην Ελλάδα ανέρχεται σε 6 εκατ. tn κατέχοντας περίπου το 40% της αγοράς. Επιπλέον η ετήσια παραγωγική δυναμικότητα τσιμέντου του Ομίλου TITAN στο εξωτερικό ανέρχεται σε άλλους 5,3 εκατ. tn.

Όσον αφορά στις δραστηριότητες της εταιρίας στο εξωτερικό, ο TITAN έχει αναπτυχθεί, ανάλογα με τις περιστάσεις, είτε με εξαγορές ή με σύναψη κοινοπραξιών (joint venture). Έτσι, το 1992, εξαγόρασε το 59,1% της Roanoke Cement Co. (με εργοστάσιο τσιμέντου ετήσιας παραγωγής 1,3 εκατ. tn. σήμερα) στη Virginia των ΗΠΑ από την Tarmac plc. Το 1998, ο TITAN σε κοινοπραξία με την Holderbank (σήμερα Holcim), που αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη τσιμεντοβιομηχανία στον κόσμο, προχώρησαν στην εξαγορά του 95% της A.D. Cementarnica USJE της FYROM που είναι και η μοναδική μονάδα παραγωγής τσιμέντου της χώρας (ετήσια παραγωγή 1 εκατ. tn.). Ακόμη την ίδια χρονιά ο Όμιλος εξαγόρασε το 48.6% της Βουλγαρικής εταιρίας Plevenski Cement (0,5 εκατ. tn.), που είναι και η παλαιότερη τσιμεντοβιομηχανία της χώρας, ενώ μετέπειτα το ποσοστό συμμετοχής του Ομίλου TITAN στην Εταιρεία αυξήθηκε σε 99%. Το 1999 η Εταιρεία δημιούργησε κοινοπραξία (50/50) με την Γαλλική εταιρία Lafarge, που είναι ο παγκόσμιος ηγέτης στο χώρο των οικοδομικών υλικών, με σκοπό την είσοδο και την επέκταση στην αναπτυσσόμενη αγορά της Αιγύπτου. Οι δυο εταιρίες εξαγόρασαν στη συνέχεια την ίδια χρονιά το 95% της Αιγυπτιακής Beni Suef Cement Co., με δυνατότητα ετήσιας παραγωγής 1,4 εκατ. tn. Η TITAN A.E. τον Αύγουστο του 2000 εξαγόρασε από τον Όμιλο Anglo American plc το 100% της Tarmac America Inc., εταιρία παραγωγής δομικών υλικών που δραστηριοποιείται στην Ανατολική Ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών (παρατίθεται στο τέλος της ιστοσελίδας το ενημερωτικό δελτίο της εξαγοράς αυτής προς το X.A.A). Στον Όμιλο TITAN μέσω αυτής της συμφωνίας περιέρχονται τα παρακάτω περιουσιακά στοιχεία:

- Το εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου Pennsuco στην Πολιτεία της Florida, ετήσιας δυναμικότητας 1 εκατ. tn.
- Ποσοστό (40,9%) του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου του Roanoke, στην Πολιτεία της Virginia, το οποίο περιήλθε έτσι κατά 100% πλέον στον Όμιλο TITAN.
- Δύο λατομεία στην Πολιτεία της Florida με πωλήσεις 8,5 εκατ. tn αδρανών το 1999.
- 45 μονάδες ετοιμού σκυροδέματος στις Πολιτείες της Φλόριντα και της Βιρτζίνια, με πωλήσεις 2,4 εκατομμυρίων m³ το 1999.

Σύντομη Ιστορική αναδρομή

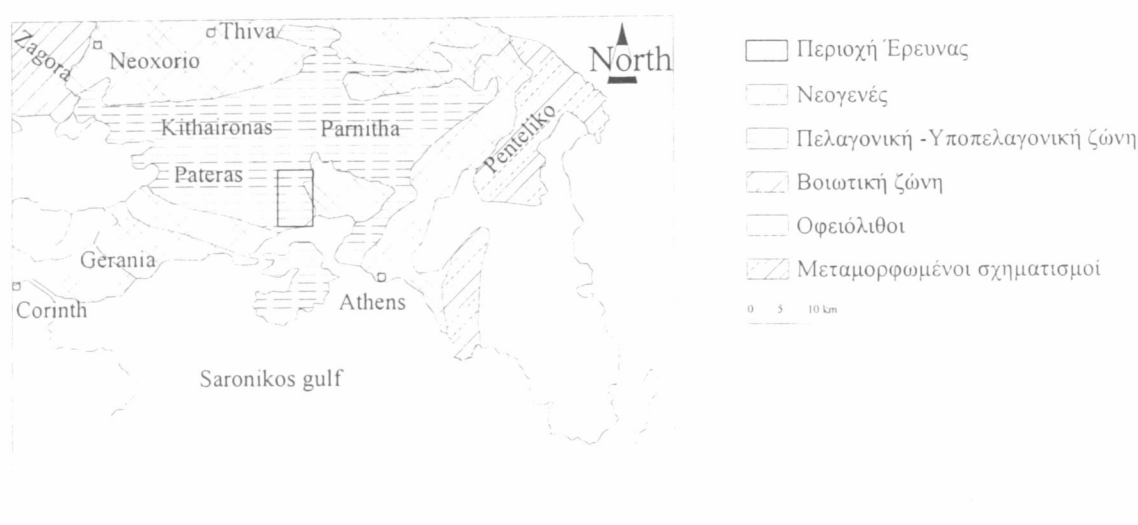
ΕΤΟΣ	
1902	Ιδρύεται στην Ελευσίνα το πρώτο εργοστάσιο τσιμέντου της Ελλάδος.
1911	Ο TITAN γίνεται Ανώνυμη Εταιρία.
1912	Η Εταιρία εισάγεται στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών.
1924	Ηλεκτροδοτείται για πρώτη φορά το εργοστάσιο της Ελευσίνας.
1936	Τα Οχυρά Ρούπελ κατασκευάζονται με τσιμέντο TITAN.
1948	Πραγματοποιούνται οι πρώτες εξαγωγές.
1960	Εντείνεται η εξαγωγική μας δραστηριότητα στη Μέση Ανατολή.
1961	Λειτουργεί το πρώτο ηλεκτροστατικό φίλτρο στην Ελλάδα στο εργοστάσιο TITAN στην Ελευσίνα και θεμελιώνεται ο θεσμός της προστασίας του περιβάλλοντος.
1962	2ο εργοστάσιο TITAN στη Θεσσαλονίκη. Η ετήσια παραγωγή ξεπερνά το 1 εκ. τόννους ετησίως.
1966	3ο εργοστάσιο TITAN, στο Δρέπανο Αχαΐας.
1971	Θεμελιώνεται ο θεσμός αποκατάστασης περιβάλλοντος.
1976	4ο εργοστάσιο TITAN, στο Καμάρι Βοιωτίας. Συνολική παραγωγή Εταιρίας: 5 εκατ. tn ετησίως.
1979	Ενισχύονται οι εξαγωγές στην Ανατ. Μεσόγειο, με την τεχνολογία πλωτών σταθμών.
1988	Ιδρύονται σταθμοί διανομής τσιμέντου στις ΗΠΑ και τη Δυτική Ευρώπη.
1991	Καθετοποιείται η παραγωγή του Ομίλου, με εξαγορές /επενδύσεις σε λατομεία και μονάδες σκυροδέματος.
1992	Αποκτάται ο έλεγχος τσιμεντοβιομηχανίας στο Roanoke, ΗΠΑ.
1997	Αρχίζει η παραγωγή των έτοιμων κονιαμάτων Intermix.
1998	Εξαγοράζεται η πλειοψηφία των μετοχών του εργοστασίου Plevenski Cement Βουλγαρίας και η πλειοψηφία των μετοχών CEMENTARNICA USJE, FYROM

	(κοινοπραξία TITAN- HOLCIM).
1999	Εξαγοράζεται η πλειοψηφία των μετοχών της Αιγυπτιακής Beni Suef Cement Company (κοινοπραξία TITAN-LAFARGE).
2000	Εξαγοράζεται η Tarmac America Inc. και αποκτάται το 100% του Roanoke (Virginia) και του Pennsuco (Florida), καθώς και 2 λατομείων, 45 μονάδων παραγωγής σκυροδέματος, 3 σταθμών διανομής τσιμέντου που καλύπτουν εμπορικά όλη την αγορά της Florida, και μονάδων παραγωγής και εμπορίας ειδικών προϊόντων τσιμέντου κ.α.
2002	Εξαγοράζεται το 70% του μετοχικού κεφαλαίου της τσιμεντοβιομηχανίας KOSJERIC, στη Σερβία, καθώς και το 50% της αιγυπτιακής εταιρίας "ALEXANDRIA PORTLAND CEMENT COMPANY" (APCC).

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ- ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το λατομείο του Καμαρίου, που βρίσκεται στο όρος Λέμφι και γειτνιάζει με την πόλη της Ελευσίνας, ανήκει γεωγραφικά στην ευρύτερη περιοχή της ΒΔ Αττικής – Βοιωτίας (Σχ.2.1). Για να γίνει κατανοητή καλύτερα η γεωλογία του λατομείου γίνεται μια αναδρομή στο γεωτεκτονικό μοντέλο εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής.



Σχ.2.1. Περιοχή όπου τοποθετείται γεωγραφικά το λατομείο του Καμαρίου
(Exadaktylos et al. 2002)

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

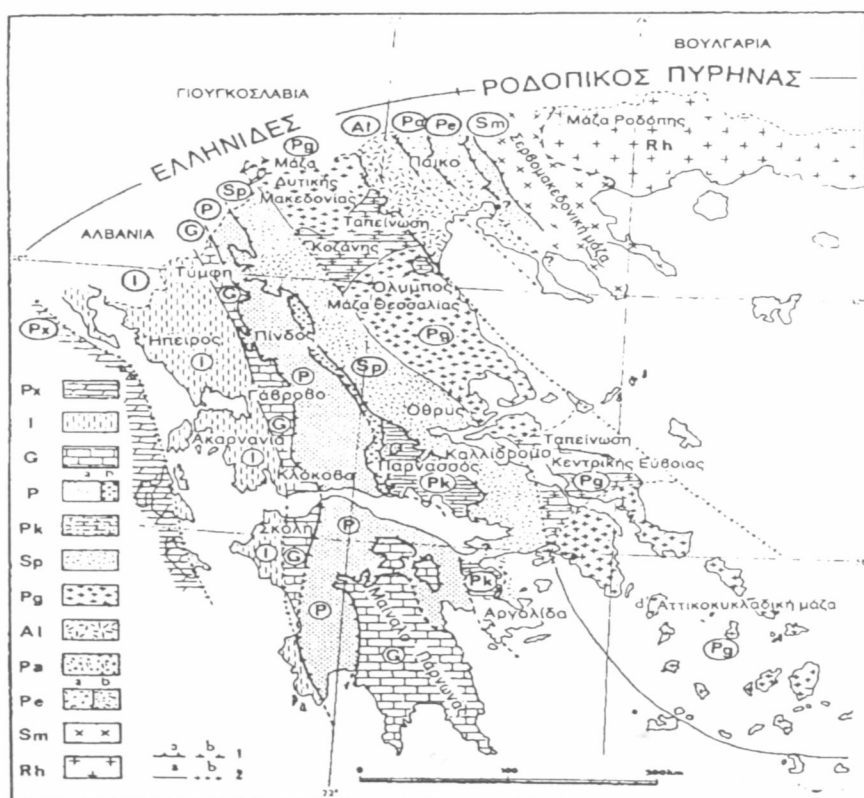
Οι απόψεις των ερευνητών που ασχολήθηκαν μέχρι σήμερα με τη στρωματογραφία, την τεκτονική και γεωγραφική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής, διαφέρουν σημαντικά. Οι Ι. Τρικκαλινός (1948) και C. Renz (1955) ενέταξαν τον χώρο της ΒΔ Αττικής - Βοιωτίας στην ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας κυρίως λόγω της εμφάνισης των βωξιτοφόρων οριζόντων που βρέθηκαν στην οροφή της Τριαδικής πλατφόρμας. Ο Γ.Αρώνης (1953), μετά από μελέτη των γεωλογικών και κοιτασματολογικών συνθηκών των βωξιτικών περιοχών της Ελευσίνας – Μάνδρας, ενέταξε και αυτός την περιοχή αυτή στην ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας. Οι Α. Τάταρης και Γ. Χριστοδούλου (1958), μελετώντας την ευρύτερη περιοχή Ελευσίνας - Σαλαμίνας - Αιγάλεω,

αναφέρονται σε μετάβαση από την ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας στην ζώνη του Παρνασσού. Ο πρώτος ο οποίος ενέταξε εξ'ολοκλήρου την περιοχή της ΒΔ Αττικής - Βοιωτίας στην ζώνη της Υποπελαγονικής είναι ο J. Auboin το 1958. Παράλληλα αναφέρει και την συγκεκριμένη θέση της ζώνης σε παλαιογεωγραφικό σκαρίφημα του Ιουρασικού - Κρητιδικού, η οποία είναι μεταξύ του γεωσυγκλίνου της Πίνδου και εσωτερικά του υβώματος της Πελαγονικής. Κατά τον Θ. Σπηλιάδη (1960,1963,1965) η συγκεκριμένη περιοχή αποτελεί τμήμα μιας ξεχωριστής γεωλογικής μονάδας, που εντάσσεται στα πλαίσια της Υποπελαγονικής ζώνης, η οποία δεν παρουσιάζει την ίδια γεωλογική και τεκτονική εξέλιξη με αυτή. Η έλλειψη στρωμάτων του Κατώτερου Ιουρασικού μέχρι και του Κατώτερου Κρητιδικού οφείλεται, κατά τον Σπηλιάδη, σε τεκτονικά γεγονότα που εμπόδισαν την απόθεση αυτών. Σε αντίθεση με τον Σπηλιάδη, οι Α.Τάταρης (1967) και Α.Τάταρης – Γ. Κούνης (1969), υποστηρίζουν ότι η περιοχή είχε τεκτονική και γεωλογική εξέλιξη όμοια με αυτή της Υποπελαγονικής ζώνης, στην οποία και ανήκει, ενώ η δε απουσία των οριζόντων του Κατώτερου Ιουρασικού μέχρι και του Κατώτερου Κρητιδικού οφείλεται σε διάβρωση. Τέλος ο Α. Δούνας (1971) στην διδακτορική του διατριβή υποστηρίζει ότι ο ευρύτερος χώρος της ΒΔ Αττικής - Βοιωτίας ανήκει στην ζώνη της Υποπελαγονικής. Δέχεται επίσης ότι η απουσία του Κατώτερου Ιουρασικού έως Κατώτερου Κρητιδικού οφείλεται σε ορογενετική κίνηση, η οποία ήταν μικρής έκτασης αλλά εξαιρετικής έντασης, η οποία έλαβε χώρα εντός του ευρύτερου γεωσύγκλινου της Ανατολικής Ελλάδος και η οποία χρονικά τοποθετείται στη φάση της Παλαιοκιμμερικής πύχωσης. Παράλληλα ταυτίζει όλα τα τεκτονικά και στρωματογραφικά χαρακτηριστικά με αυτά της υπόλοιπης Ανατολικής Ελλάδας, αναφερόμενος και στην Κενομάνια επίκληση, η οποία όμως δεν κάλυψε, όπως χαρακτηριστικά επισημαίνει, όλο των χώρο της Υποπελαγονικής.

2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Οι ερευνητές σήμερα στηριζόμενοι στις νέες θεωρίες περί λιθοσφαιρικών πλακών δέχονται σχεδόν ομόφωνα την άποψη ότι ο χώρος της ΒΔ Αττικής -Βοιωτίας, ανήκει σε έναν ευρύτερο χώρο, τον χώρο των Εσωτερικών Ελληνίδων. Οι γεωτεκτονικές ζώνες του Ελλαδικού χώρου διακρίθηκαν από τον J. Brunn (1956) σε Εξωτερικές και

Εσωτερικές με βάση κυρίως, τον ορογενετικό τεκτονισμό, που οι σχηματισμοί των ζωνών αυτών έχουν υποστεί (Σχ.2.3). Ακριβέστερα, οι σχηματισμοί των Εξωτερικών ζωνών έχουν υποστεί, κατά το Τριτογενές, ένα μόνο ορογενετικό τεκτονισμό και κατέχουν το δυτικό και νότιο τμήμα του Ελλαδικού χώρου, ενώ οι σχηματισμοί των Εσωτερικών, εκτός από τον τεκτονισμό του Τριτογενούς, έχουν υποστεί επιπλέον και έναν πρώιμο ορογενετικό τεκτονισμό, που έλαβε χώρα κατά το Ανώτερο Ιουρασικό - Κατώτερο Κρητιδικό, και κατέχουν το ανατολικό (εσωτερικό) τμήμα του Ελλαδικού χώρου. Ο Κατσίκατσος, στο βιβλίο 'ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ' (1992) παρουσιάζει χάρτη των J.Mercier, J.Brunn, J.Aubouin et al.(1971), ο οποίος δείχνει την εξάπλωση της Υποπελαγονικής και της Πελαγονικής Ενότητας στον Ελλαδικό χώρο (Σχ.2.3(α)). Ο όρος Υποπελαγονική δόθηκε από τον Aubouin το 1958 για να υπογραμμίσει την στενή σύνδεση αυτής με την Πελαγονική ζώνη. Καθόρισε δηλαδή την παλαιογεωγραφική θέση της Υποπελαγονικής ως τη δυτική κατωφέρεια του υβώματος της Πελαγονικής προς την αύλακα της ζώνης Πίνδου, και της απέδωσε έτσι χαρακτήρα μεταβατικής ιζηματογένεσης μεταξύ νηριτικής και πελαγικής φάσης. Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της Υποπελαγονικής ζώνης είναι οι μεγάλες οφειολιθικές μάζες και η συνοδεύουσα αυτών, σχιστοκερατολιθική διάπλαση που έχει μεγάλη εξάπλωση.



Σχ.2.3(α). Χάρτης των γεωτεκτονικών ζωνών του Ελλαδικού χώρου.

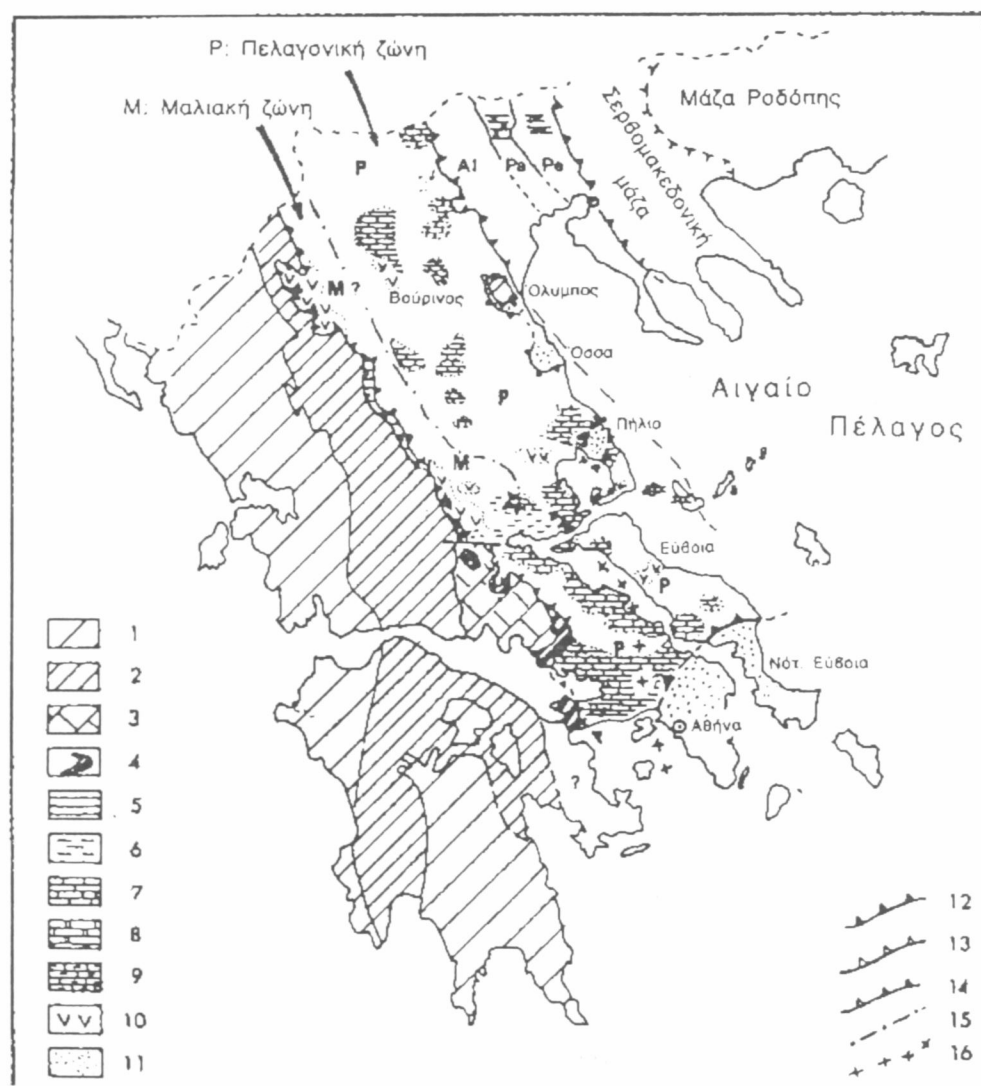
(Κατά J.Mercier, J.Brunn, J.Aubouin et al., 1971)

Υπόμνημα:

Px: Ζώνη Προσπούλια ή Παξών, I: Ζώνη Ιόνια, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, P: Ζώνη Πίνδου (A: ζώνη Πίνδου, b: Υπερπινδική υποζώνη), Pk: Ζώνη Παρνασσού, Sp: Ζώνη Υποπελαγονική, Pg: Ζώνη Πελαγονική, Al: Ζώνη Αλμωπίας, Pa: Ζώνη Πάικου, PE: Ζώνη Παιανίας (A: υποζώνη Προπαιονίας, b: ανατολικές Ενότητες της Παιονίας), Sm: Ζώνη Σερβομακεδονική και Σερβομακεδονική Μάζα, Rh: Μάζα της Ροδόπης. 1: Εφίπνευση (A: γνωστή, b: υποτιθέμενη), 2: Όρια ζωνών (A: βέβαια, b: πιθανά).

Οι Τριαδικοί - Ιουρασικοί σχηματισμοί της Υποπελαγονικής ζώνης του J.AUBOUIN, έπειτα από συγκριτικές μελέτες που έγιναν στον ευρύτερο Πελαγονικό χώρο, διαπιστώθηκε ότι είναι όμοιοι με τους Τριαδικούς - Ιουρασικούς σχηματισμούς της Πελαγονικής ζώνης. Η μόνη διαφορά την οποία αυτοί παρουσιάζουν είναι ότι οι μεν Τριαδικοί - Ιουρασικοί σχηματισμοί της Υποπελαγονικής ζώνης δεν έχουν υποστεί μεταμόρφωση, ενώ οι της ίδιας ηλικίας σχηματισμοί της Πελαγονικής ζώνης είναι μεταμορφωμένοι και η δευτερογενής αυτή διαφορά συντέλεσε, ουσιαστικά, στη διάκριση τους, σε δύο ζώνες. (Katsikatsos et al. 1992) Η διαπίστωση ότι εκτός από τη μεταμόρφωση δεν υπάρχουν άλλες ουσιώδεις διαφορές μεταξύ της Υποπελαγονικής και της Πελαγονικής ζώνης, οδήγησε τον J.Ferriere (1976) να προτείνει την εγκατάλειψη του όρου «Υποπελαγονική ζώνη» (Σχ.2.3(β)). Σήμερα, οι δύο παλιές ζώνες (Υποπελαγονική και Πελαγονική) θεωρούνται από πολλούς ερευνητές ότι αποτελούν μια ενιαία ζώνη, την Πελαγονική, την οποία έχουν διακρίνει σε Πελαγονική ζώνη μη-μεταμορφωμένων σχηματισμών, που γεωγραφικά συμπίπτει, γενικά, με την άλλοτε Υποπελαγονική ζώνη, και σε Πελαγονική ζώνη μεταμορφωμένων σχηματισμών, που συμπίπτει με την άλλοτε Πελαγονική ζώνη. Η ενιαία αυτή Πελαγονική ζώνη, από το Μέσο - Ανώτερο Τριαδικό μέχρι και το Ανώτερο Ιουρασικό, αποτελούσε ένα εκτεταμένο υποθαλάσσιο ύβωμα, στο οποίο γινόταν ανθρακική ιζηματογένεση. Στη συνέχεια, το ύβωμα αυτό, στο τέλος του Ανώτερου Ιουρασικού - Κατώτερου Κρητιδικού, επηρεάστηκε τεκτονικά από δύο ορογενετικές φάσεις και δέχθηκε οφιολιθικές μάζες, που προήλθαν τόσο από τον ωκεανό που βρισκόταν ανατολικά του Πελαγονικού αυτού υβώματος (τον ωκεανό της Αλμωπίας) όσο και από τον άλλο ωκεανό που βρισκόταν δυτικά του υβώματος αυτού (το Μαλιακό ωκεανό). Το Πελαγονικό υποθαλάσσιο ύβωμα, μαζί με τις οφειολιθικές μάζες που προήλθαν από τους παραπάνω ωκεανούς, δέχθηκε επίσης, κατά το τέλος του Ανώτερου Ιουρασικού - Κατώτερου Κρητιδικού, με επώθηση, και ένα σύνολο από διάφορες σειρές σχηματισμών βαθιάς έως ωκεάνιας θάλασσας.

Στη συνέχεια, ο παλαιογεωγραφικός χώρος της Πελαγονικής ζώνης αναδύθηκε και, αφού διαβρώθηκε έντονα, θαλάσσευε και πάλι κατά το Μέσο-Ανώτερο Κρητιδικό, με αποτέλεσμα την ασύμφωνη απόθεση ανθρακικών ιζημάτων μέχρι και του τέλους του Ανώτερου Κρητιδικού. Τέλος, ο χώρος αυτός δέχθηκε κλαστικά ιζήματα φλύσχη. Παρ' όλα αυτά θεωρείται από πολλούς ερευνητές ότι μια τέτοια κατάργηση της Υποπελαγονικής θα άφηνε ένα κενό στη γεωτεκτονική αναπαράσταση των Ελληνίδων, για το ποιά ζώνη αντιπροσωπεύει τη δυτική οφειολιθική συρραφή, ρόλο τον οποίο δεν μπορούμε να αποδώσουμε στη ζώνη Πίνδου. Οι σαφείς ωκεάνιοι χαρακτήρες της μεγάλης περιοχής της Όθρυδος δεν αφήνουν αμφιβολία ότι η ζώνη ήταν τμήμα ενός ωκεάνιου χώρου, πιθανόν ενιαίου με τη ζώνη της Πίνδου.



Σχ. 2.3(β) Χάρτης των γεωτεκτονικών ζωνών του Ελλαδικού χώρου

(Κατά J.Ferriere, 1976).

Υπόμνημα:

1: Εξωτερικές ζώνες, αδιάμετες. 2: Ζώνη Πίνδου. 3: Ζώνη Παρνασσού. 4: Ζώνη Βοιωτίας ή Βοιωτική. 5: Σειρά Κόζιακα. 6-9: Εμφανίσεις Τριαδικού - Ιουρασικού στις Εσωτερικές ζώνες [6: Ζώνη Μαλιακή (M), 7: Ζώνη Πελαγονική (P), 8: Ζώνη Πάικου (Pa), 9: Ζώνη Παιονίας (Pe)]. 10: Κύριες οφειολιθικές εμφανίσεις. 11: Τεκτονικό παράθυρο, η ένταξη του οποίου είναι

αβέβαιη. 12-15: Κύριες ανώμαλες επαφές των Εσωτερικών Ζωνών (12: Του Τριτογενούς, 13: Του Προ - Άνω-Κρητιδικού, 14: Αβέβαιης ηλικίας, 15: Όριο της Μαλιακής και της Πελαγονικής ζώνης, βόρεια της Όθρυς). 16: Παλαιό όριο της Πελαγονικής και της Υποπελαγονικής ζώνης, νότια του Σπερχειού.

2.4 ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΜΗ-ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ (ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ)

2.4.1 Γενικά

Το τμήμα της Πελαγονικής ζώνης με τους μη-μεταμορφωμένους σχηματισμούς, κατέχει, γενικά, το δυτικό περιθώριο του Πελαγονικού υβώματος. Εμφανίζεται στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα (ανατολικά των ζωνών Βοιωτίας και Παρνασσού), Βόρεια Αττική, Αργολίδα, Εύβοια (Κεντρική και Βόρεια), Όθρυ, στον ορεινό όγκο της Πίνδου και σε μερικά νησιά των Κυκλάδων, όπου αυτή αποτελεί την Ανώτερη τεκτονική Ενότητα του κυκλαδικού χώρου. Επίσης, η ζώνη αυτή συνεχίζεται προς τα βόρεια, στην Αλβανία, με το όνομα ζώνη Mirdita και στη Γιουγκοσλαβία με το όνομα ζώνη Serbe.

Τα ανατολικά όρια της Πελαγονικής ζώνης μη-μεταμορφωμένων σχηματισμών (προς τη μεταμορφωμένη Πελαγονική) δεν είναι σαφή. Μπορούμε, όμως, να πούμε ότι στον Ελλαδικό χώρο αυτά συμπίπτουν χονδρικά με τα γεωγραφικά όρια της Όθρυδος - Βόρειας Εύβοιας, που κατέχονται από μη-μεταμορφωμένους σχηματισμούς της Πελαγονικής ζώνης, και της Βόρειας και Ανατολικής Θεσσαλίας, που δομούνται από μεταμορφωμένους σχηματισμούς της ζώνης αυτής. Η μη-μεταμορφωμένη αυτή ζώνη, στην περιοχή της Πίνδου, είναι επωθημένη προς τα δυτικά (μαζί με τη μεταμορφωμένη Πελαγονική ζώνη) πάνω στη ζώνη της Πίνδου, ενώ στην Κεντρική Στερεά Ελλάδα είναι επωθημένη πάνω στις ζώνες της Βοιωτίας και του Παρνασσού.

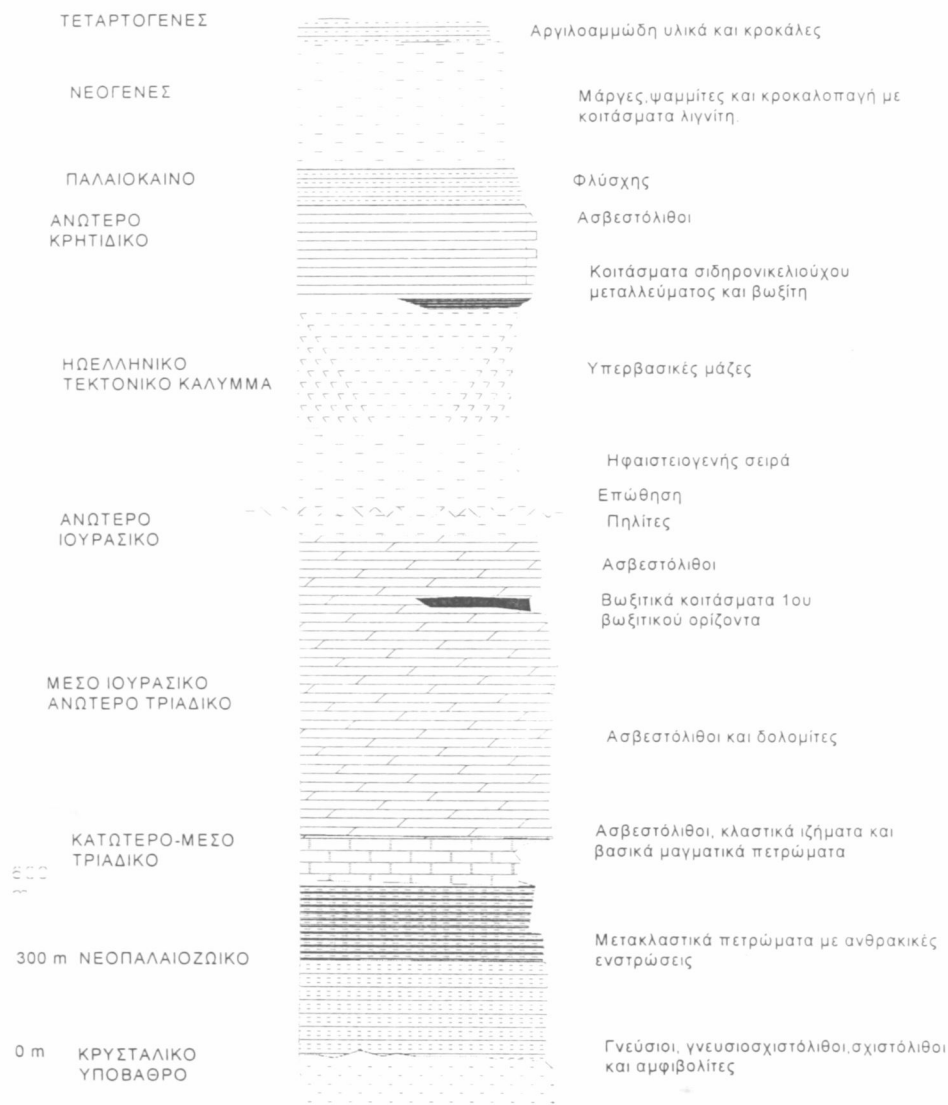
Επίσης, η ζώνη αυτή προς τα νότια, στις περιοχές της Αττικής και της νότιας Εύβοιας, είναι επωθημένη πάνω στις μεταμορφωμένες Ενότητες των περιοχών αυτών (Σχ.2.4).

Η Πελαγονική ζώνη μη-μεταμορφωμένων σχηματισμών, στον Ελλαδικό χώρο, από τα κάτω προς τα πάνω, αποτελείται από (Σχ.2.4(α)):

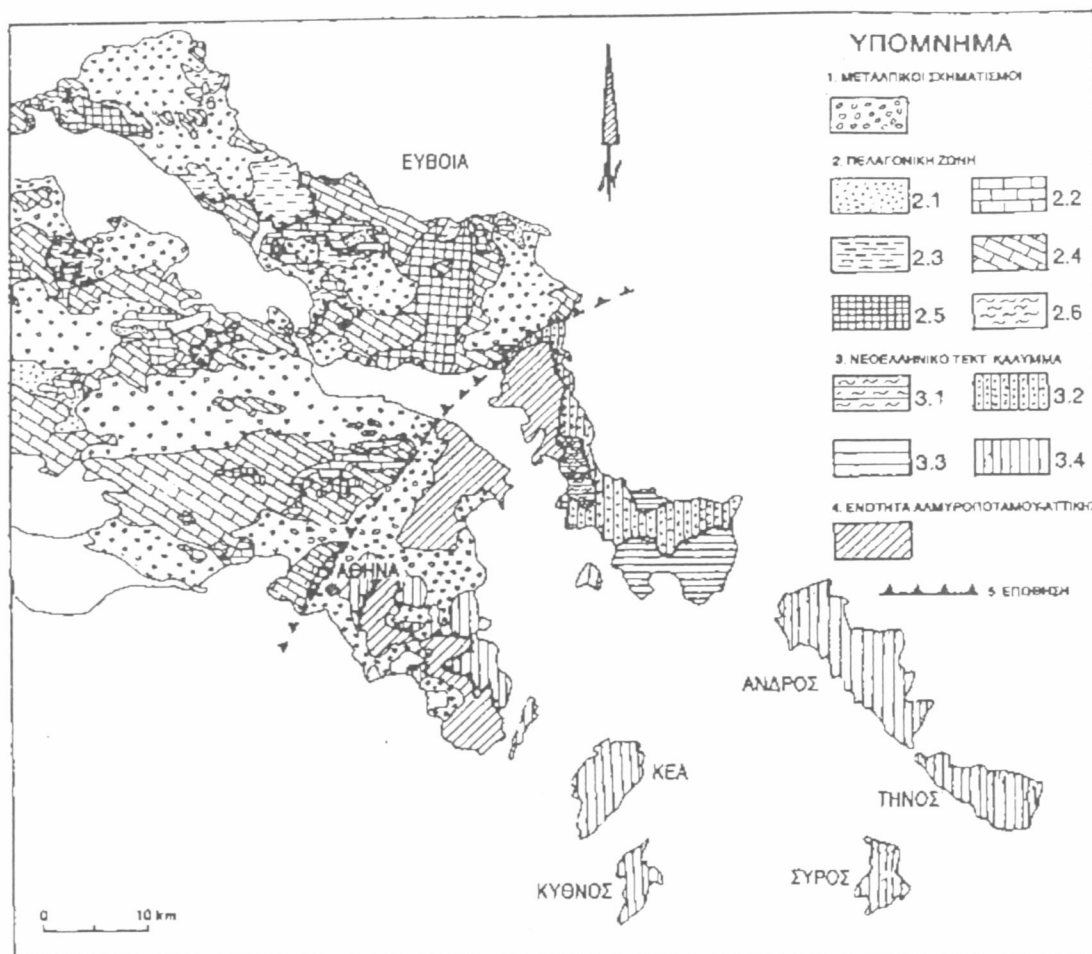
- Ένα Παλαιοζωϊκό κρυσταλλικό υπόβαθρο,
- Νέο-Παλαιοζωϊκούς ημιμεταμορφωμένους, κυρίως κλαστικούς, σχηματισμούς,

- Σχηματισμούς του Κατώτερου – Μέσου-Τριαδικού (κλαστικούς σχηματισμούς, εκρηξιγενή πετρώματα και ασβεστόλιθους),
- Μη μεταμορφωμένους ανθρακικούς σχηματισμούς του Μέσου-Ανώτερου Τριαδικού - Ανώτερου Ιουρασικού,
- Επωθημένες μεγάλες μάζες οφιολιθικών πετρωμάτων, πάνω στους προηγούμενους σχηματισμούς, που συνοδεύονται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας, συμπεριλαμβανομένων και των σχηματισμών της Μαλιακής ζώνης και γενικότερα του Ηωελληνικού τεκτονικού καλύμματος,
- Επικλυσιγενείς Άνω-Κρητιδικούς ασβεστόλιθους, και
- Ιζήματα φλύσχη.

Στο σχήμα 2.4(α) δίνεται από τον Κατσικάτσο (1992) η στρωματογραφική στήλη της Υποπελαγονικής ζώνης.



Σχ.2.4(α) Στρωματογραφική στήλη Πελαγονικής ζώνης μη-μεταμορφωμένων σχηματισμών (Κατσικάτσος et. al. 1986)



Σχ.2.4. Γεωλογικός χάρτης της Εύβοιας, της Αττικής και των Βόρειων Κυκλάδων (Κατά Γ. Κατσικάτσο, με συμπληρώσεις. 1986).

Υπόμνημα:

1: Μεταλπικοί σχηματισμοί, 2: Σχηματισμοί της Πελαγονικής ζώνης (2.1: Φλύσχης, 2.2: Ασβεστόλιθοι του Ανώτερου Κρητιδικού, 2.3: Σχηματισμοί του Ηωελληνικού τεκτονικού καλύμματος, 2.4: Ασβεστόλιθοι και δολομίτες του Μέσου - Ανώτερου Τριαδικού έως και του Ανώτερου Ιουρασικού, 2.5: Σχηματισμοί του Νεο-Παλαιοζωϊκού - Μέσου Τριαδικού, 2.6: Κρυσταλλικό υπόβαθρο), 3: Νεοελληνικό τεκτονικό κάλυμμα (3.1: Σχιστόλιθοι Τσακαίων, 3.2: Μάρμαρα -Σιπολίνες Στύρων, 3.3: Σχηματισμοί Όχης, 3.4: Ενοποιημένοι σχηματισμοί του Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος), 4: Αυτόχθονη Ενότητα Αλμυροπόταμου - Αττικής, 5: Γραμμή επώθησης.

2.4.2 Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη και δομή της Υποπελαγονικής Ζώνης

2.4.2.1 Γενική διάρθρωση

Η Υποπελαγονική ζώνη (Πελαγονική μη-μεταμορφωμένων σχηματισμών.) παρουσιάζει τρεις διαφορετικές στρωματογραφικές - τεκτονικές διαδοχές των πετρωμάτων της.

- Αυτή που περιλαμβάνει μόνο την οφειολιθική ακολουθία και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας χωρίς να παρατηρείται κανένα τεκτονικό υπόβαθρο αυτών.
- Αυτή στην οποία οι οφειόλιθοι με τα συνοδά ιζήματα βρίσκονται τοποθετημένοι πάνω σε πελαγικά ανθρακικά πετρώματα.
- Εκείνη που οι οφειόλιθοι με τα συνοδά ιζήματα βρίσκονται επωθημένοι πάνω σε νηριτικά ανθρακικά πετρώματα τυπικά ηπειρωτικού περιθωρίου, που βέβαια δεν διαφέρει σε τίποτε από την τεκτονική εικόνα του δυτικού Πελαγονικού περιθωρίου.

Οι τρεις παραπάνω διαδοχές πετρωμάτων δεν έχουν την έννοια τριών διαφορετικών ενοτήτων που αναπτύσσονται σε ξεχωριστούς χώρους αλλά ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά των βαθιών ωκεάνιων συνθηκών ιζηματογένεσης προς τις νηριτικές του ηπειρωτικού περιθωρίου. Δεν είναι όμως δυνατή η χάραξη ορίων ανάμεσα τους διότι η εξέλιξη ήταν σταδιακή αλλά και διότι οι μετέπειτα τεκτονισμοί και κυρίως οι Τριτογενείς λεπιώσεις έχουν τελείως μεταβάλει κάθε γεωγραφική συνέχεια τους.

Η εξέλιξη των συνθηκών από ωκεάνιες σε νηριτικές από το χώρο της Υποπελαγονικής (Δυτικά) προς την Πελαγονική (Ανατολικά) φαίνεται στις διαδοχικές λιθοστρωματογραφικές στήλες μερικών σειρών πετρωμάτων από δύο βασικές περιοχές, της ζώνης.

Οι αλπικοί σχηματισμοί που μετέχουν στις παραπάνω στρωματογραφικές - τεκτονικές διαδοχές περιγράφονται στη συνέχεια.(Manoutsoglou et al. 2002)

2.4.2.2 Ιζήματα του Τριαδικού

Στις περιοχές που εμφανίζεται προ-οφειολιθικό ανθρακικό υπόβαθρο, η αλπική ιζηματογένεση αρχίζει στο Βερφένιο (πρώτη βαθμίδα του Τριαδικού) με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και παρεμβολές τοφφικών υλικών. Ακολουθούν ασβεστόλιθοι Κάτω – Μέσου-Τριαδικού οι οποίοι είναι είτε πελαγικοί με κονδύλους πυριτικούς, είτε νηριτικοί με φύκη, ανάλογα αν η θέση αυτή ήταν κοντά στον ωκεάνιο χώρο ή κοντά στο ηπειρωτικό περιθώριο. Χαρακτηριστικοί είναι οι κόκκινοι, αμμωνιτοφόροι, πελαγικοί ασβεστόλιθοι της φάσης του Hallstatt που αντιπροσωπεύουν το Μέσο-Ανώτερο Τριαδικό σε ορισμένες περιοχές της ζώνης

(Όθρυ, Επίδαυρο κλπ). Ιδιαίτερα στην Επίδαυρο είναι πολύ χαρακτηριστικός ο κόκκινος κονδυλώδης ασβεστόλιθος με πλήθος αμμωνιτών (Ammonitico Rosso).

Προς τα πάνω, το Ανώτερο Τριαδικό αντιπροσωπεύεται από τεφρούς ασβεστόλιθους συχνά ωολιθικούς, καθώς και δολομίτες.



2.4.2.3 Σχιστοκερατολιθική διάπλαση και οφειόλιθοι

Ο πιο βασικός σχηματισμός της Υποπελαγονικής ζώνης είναι η λεγόμενη «σχιστοκερατολιθική διάπλαση», η απόθεση της οποίας κράτησε όλο το Ιουρασικό και στις περιοχές που δεν παρατηρείται η ασβεστολιθική σειρά που περιγράφηκε προηγουμένως, η απόθεση της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης άρχισε από το 'Ανω-Τριαδικό.

Η σχιστοκερατολιθική διάπλαση συνίσταται από λεπτόκοκκα ιζήματα δηλαδή κόκκινους, πράσινους, μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, μάργες, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες, αργιλοπηλίτες, παρεμβολές λεπτόκοκκων πελαγικών ασβεστολίθων. Τα ιζήματα αυτά βρίσκονται σε συνεχείς εναλλαγές και συγκροτούν μια σειρά αρκετού πάχους που αντιπροσωπεύει ιζηματογένεση πελαγική - ωκεάνια.

Σε ορισμένες θέσεις τα ανώτερα στρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης έχουν τουρβιδική εμφάνιση που προσομοιάζει με φλυσχοειδή ιζηματογένεση και επεκτείνεται μέχρι το Κατώτερο Κρητιδικό.

Μέσα στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση βρίσκονται συχνά παρεμβαλλόμενα - συμπτυχωμένα μικρά και μεγάλα οφειολιθικά σώματα γι' αυτό και το σύνολο ονομάζεται «σχιστοκερατολιθική με οφειολίθους διάπλαση».

Συχνές επίσης είναι οι διεισδύσεις μέσα στα ιζήματα της διάπλασης βασικών ηφαιστιτών (διαβάσεις, δολερίτες κλπ.) καθώς και βασικών τόφφων έτσι ώστε η διάπλαση να αποκτά χαρακτήρα ηφαιστειοίζηματογενούς σειράς.

Ο κύριος όγκος των οφειολίθων βρίσκεται στην ανώτερη στάθμη της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και στη βάση τους μάλιστα παρατηρείται και σχηματισμός τεκτονικών οφειολιθικών μιγμάτων (melange). Οι πιο μεγάλες οφειολιθικές μάζες της Υποπελαγονικής βρίσκονται στις περιοχές Όθρυ, Βούρινο, Καστοριά, Λοκρίδα, Κεντρική Εύβοια. Ιδιαίτερα στις περιοχές Όθρυς και Βούρινου εμφανίζονται πλήρεις οφειολιθικές ακολουθίες με όλα σχεδόν τα βασικά και

υπερβασικά πετρώματα πλουτωνικά και ηφαιστειακά. Τα κυριότερα από τα πετρώματα αυτά είναι σερπεντινίτες, χαρτσβουργίτες, δουνίτες, λερζόλιθοι, νορίτες, γάββροι, διαβάσες, δολερίτες, βασάλτες, pillow λάνας, κ.ά.

Συνδεδεμένα με τις παραπάνω μεγάλες οφειολιθικές μάζες είναι τα σημαντικά κοιτάσματα χρωμιτών (Βούρινος, Τσαγκλί κ.ά).

2.4.2.4 Ασβεστόλιθοι Ιουρασικού

Παρ' όλο που η σχιστοκερατολιθική διάπλαση δεσπόζει στην ιζηματογένεση του Ιουρασικού, εντούτοις σε πολλές περιοχές της Υποπελαγονικής, οι οφειόλιθοι βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι πάνω σε ανθρακικά πετρώματα που αποτελούν συνέχεια των αντίστοιχων Τριαδικών (περιγράφηκαν παραπάνω) και η απόθεση τους συνεχίστηκε και στο Ιουρασικό. Πρόκειται για ασβεστόλιθους πελαγικούς ή νηριτικούς τυπικούς ηπειρωτικού περιθωρίου. Συγκεκριμένα πρόκειται για ασβεστόλιθους Λιασίου (Κάτω-Ιουρασικού) μαύρους, τεφρούς περισσότερο νηριτικούς, επίσης ασβεστόλιθους πλακώδεις, τεφρούς, συχνά ωολιθικούς ηλικίας Δογγερίου - Μαλμίου (Μέσου - Άνω-Ιουρασικού) οι οποίοι εναλλάσσονται με αλλεπάλληλες ενστρώσεις κερατολίθων, πηλितών και πυριτικών μαργών, στοιχεία που δείχνουν τον πελαγικό χαρακτήρα της όλης σειράς.

2.4.2.5 Ιζήματα της Μέσο - Άνω-Κρητιδικής Επίκλυσης

Με την ορογένεση που εκδηλώθηκε στο χώρο των Εσωτερικών Ελληνίδων στην περίοδο Ανωτέρου Ιουρασικού - Κάτω-Κρητιδικού, αναδύθηκε και η Υποπελαγονική. Ακολούθησε περίοδος χέρσευσης κατά την οποία σχηματίστηκαν τα αξιόλογα σιδηρονικελιούχα λατεριτικά κοιτάσματα, στη Λάρυμνα, Λοκρίδα, Κεντρική Εύβοια, από την λατεριτική αποσάρθρωση των οφειολίθων. Τα κοιτάσματα αυτά στη συνέχεια καλύφθηκαν και προστατεύθηκαν από τη διάβρωση χάρη στην απόθεση των Μέσο - Άνω-Κρητιδικών επικλυσιογενών ιζημάτων.

Η επίκλυση της θάλασσας εκδηλώθηκε γενικά το Κενομάνιο, του Μέσου-Κρητιδικού με μικρές χρονικές διαφορές στις διάφορες θέσεις. Το πρώτο επικλυσιογενές στρώμα είναι ένα τυπικό κροκαλοπαγές βάσης και ακολουθούν ασβεστόλιθοι Άνω-

Κρητιδικού άλλοτε νηριτικοί και άλλοτε πελαγικοί μαργαϊκοί κονδυλώδεις, μέσα στους οποίους παρεμβάλλονται μικρού πάχους ψαμμιτικά και μαργαϊκά στρώματα.

Η ιζηματογένεση συνεχίζεται με την απόθεση του φλύσχη που άρχισε στο Άνω Μαιστρίχτιο (Ανώτερο Κρητιδικό) και έληξε στο τέλος Ηωκαίνου με την εκδήλωση της τελικής ορογενετικής δράσης.

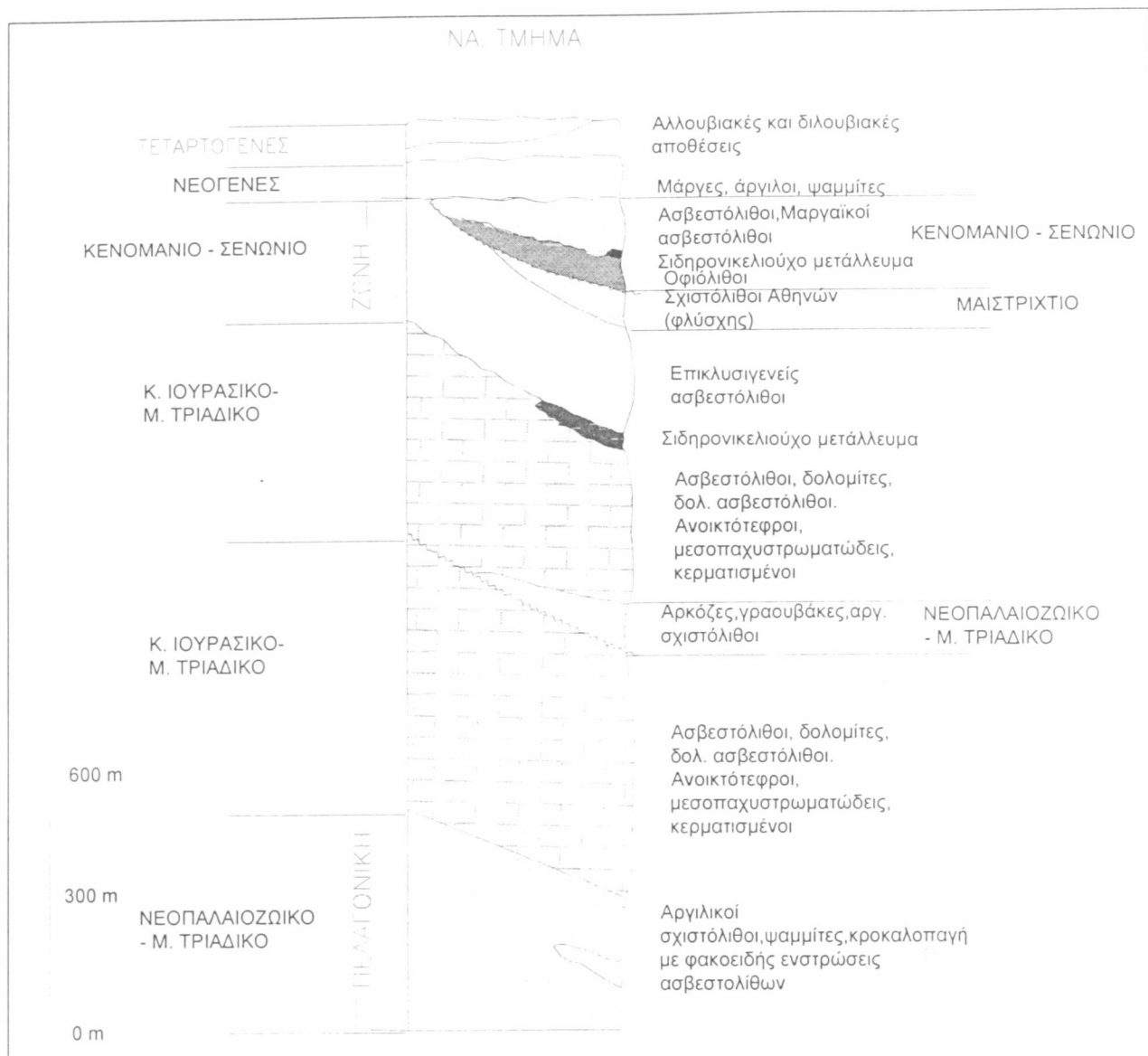
Τα επικλυσιογενή ιζήματα του Μέσου – Άνω-Κρητιδικού αποτέθηκαν με ασυμφωνία πάνω στα προϋπάρχοντα πετρώματα. Άλλοτε πάνω στους οφειόλιθους και τα λατεριτικά κοιτάσματα, άλλοτε πάνω στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση και άλλοτε πάνω στα ανθρακικά ιζήματα Τριαδικού ή Ιουρασικού, ανάλογα με την τεκτονική δομή που δημιουργήθηκε ύστερα από τις πτυχώσεις Ανωτέρου Ιουρασικού - Κάτω-Κρητιδικού.

3. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΤΗΛΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ

Σύμφωνα με τη λιθοστρωματογραφική στήλη, κατά τον Κατσικάτσο (Σχ.2.4(α)), για την ζώνη της Υποπελαγονικής καταγράφονται γενικότερα, τα εξής χαρακτηριστικά από τα παλαιότερα προς τα νεότερης ηλικίας πετρώματα:

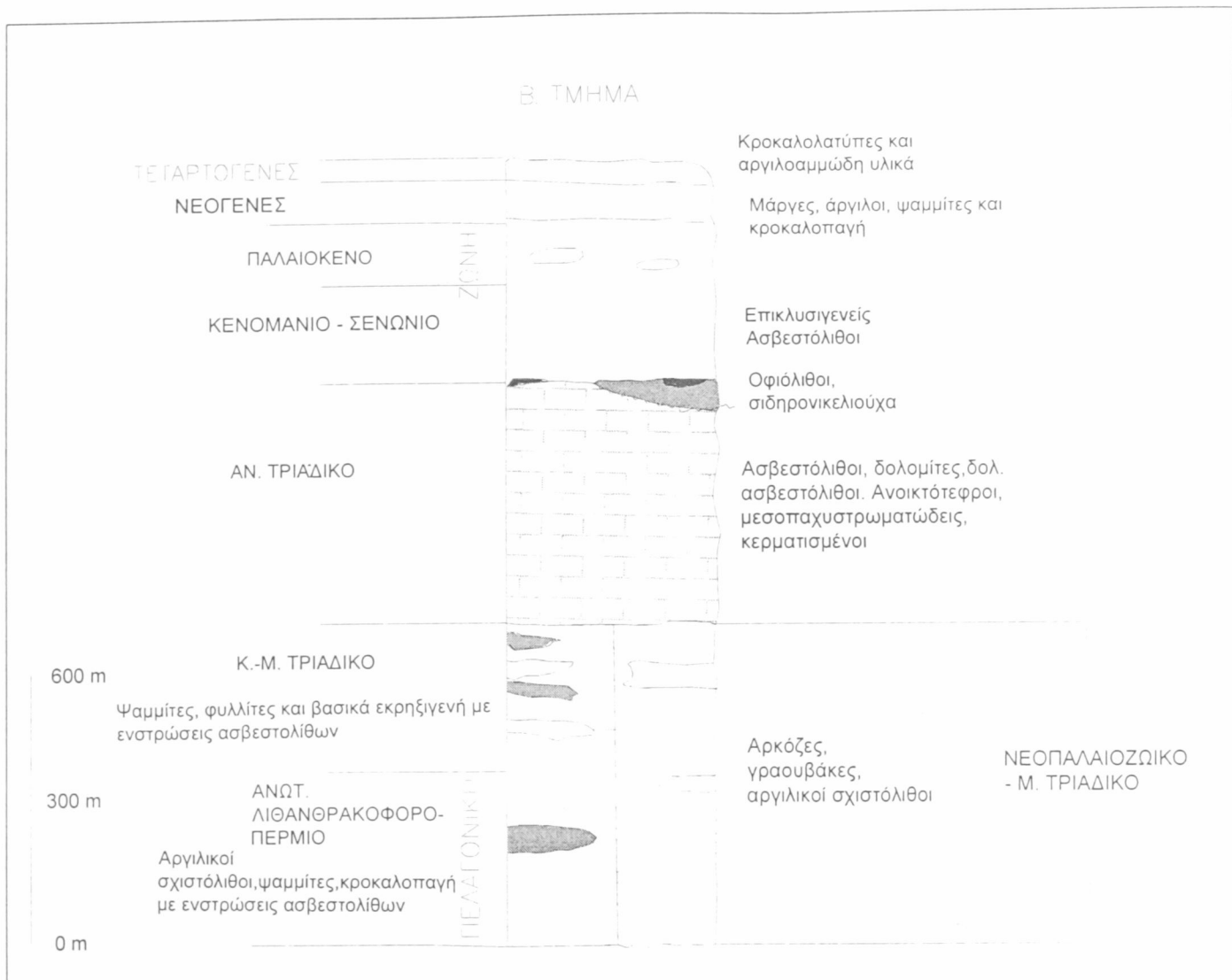
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ:	Αργίλοαμμόδη υλικά και κροκάλες.
ΝΕΟΓΕΝΕΣ:	Μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή με κοιτάσματα λιγνίτη.
ΠΑΛΑΙΟΚΕΝΟ:	Φλύσχης
ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ:	Επικλυσιογενείς Ασβεστόλιθοι
ΗΩΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΕΚΤ. ΚΑΛΥΜΜΑ:	Κοιτάσματα σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος και βωξίτη, Υπερβασικές μάζες
ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ:	Ηφαιστειογενής σειρά, Επώθηση, Πηλίτες, Ασβεστόλιθοι
ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ-ΑΝΩΤ. ΤΡΙΑΔΙΚΟ:	Βωξιτικά κοιτάσματα 1ου βωξιτικού ορίζοντα, Ασβεστόλιθοι και δολομίτες
ΚΑΤΩΤ.-ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ:	Ασβεστόλιθοι, κλαστικά ιζήματα και βασικά μαγματικά πετρώματα
ΝΕΟΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ:	Μετακλαστικά πετρώματα με ανθρακικές ενστρώσεις
ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ:	Γνεύσιοι, γνευσιοσχιστόλιθοι ,σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες

Κεφάλαιο 3: Συγκρίσεις λιθοστρωματογραφικών στηλών της ευρύτερης περιοχής του λατομείου.

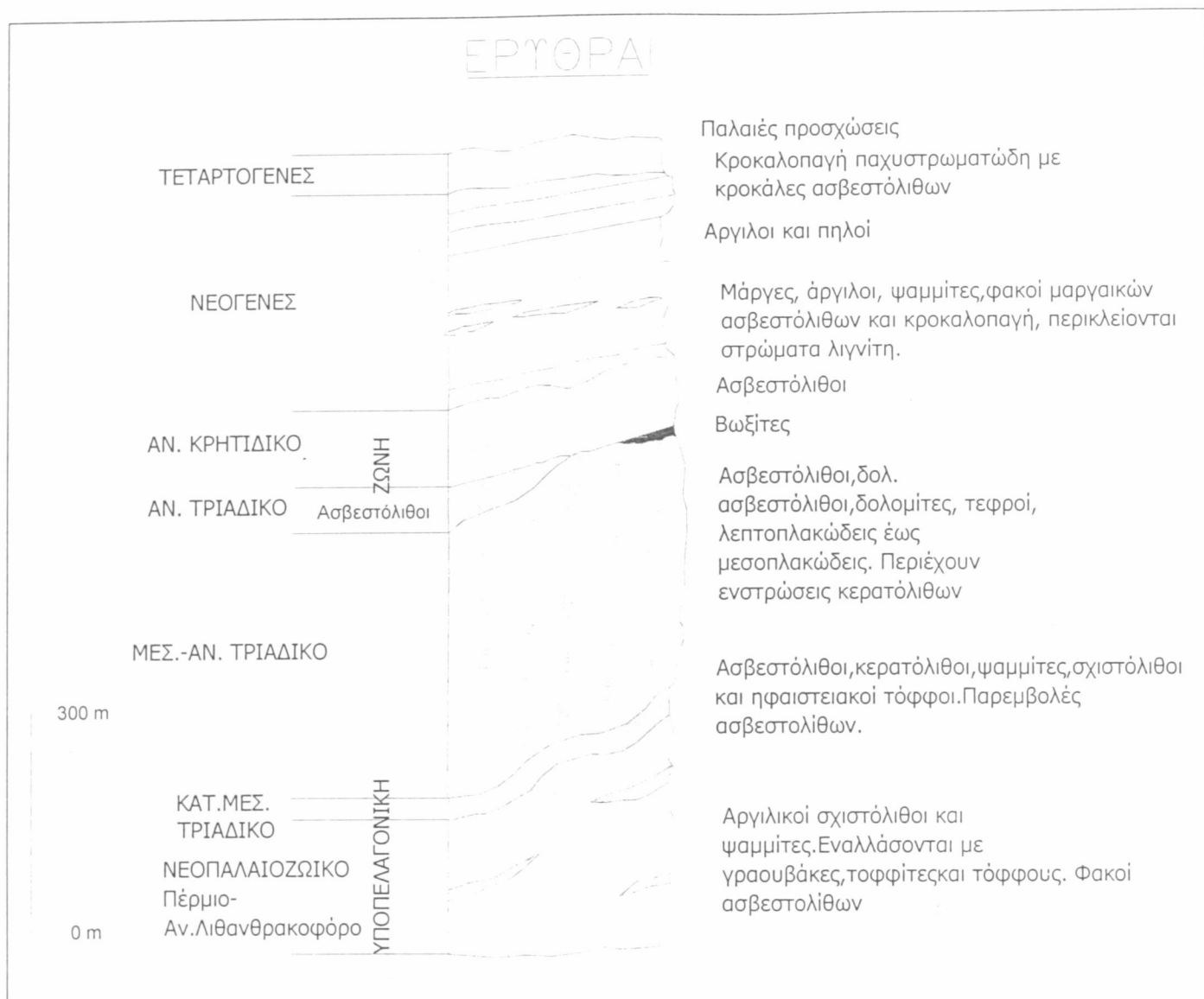


1. Στην ευρύτερη περιοχή όπου βρίσκεται το Λατομείο, δηλαδή στο τμήμα Αθήνα-Ελευσίνα, στο ΝΑ τμήμα, η στρωματογραφική στήλη ομοιάζει με αυτήν του Κατσικάτσου στο Τεταρτογενές, στο Νεογενές, στο Μ. Τριαδικό - Κ. Ιουρασικό, στο Νεο-Παλαιοζωϊκό, στο Παλαιόκενο και στο Αν. Κρητιδικό. Ιδιαίτερα οι στρωματογραφικές στήλες ομοιάζουν στους: επικλυσισγενείς ασβεστόλιθους του Κενομάνιου-Σενώνιου, ασβεστόλιθους-δολομίτες του Μ.Τριαδικού-Κ.Ιουρασικού, φλύσχη του Μαιστρίχτιου και αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή με φακοειδής ενστρώσεις ασβεστολίθων του Νέο-Παλαιοζωϊκού - Μ.Τριαδικού. Στην περιοχή δεν εμφανίζονται πετρώματα του Κρυσταλλικού Υπόβαθρου και της ηφαιστειογενούς σειράς. Το συνολικό μήκος της συγκεκριμένης λιθοστρωματογραφικής είναι 2km.

Κεφάλαιο 3: Συγκρίσεις λιθοστρωματογραφικών στηλών της ευρύτερης περιοχής του λατομείου.

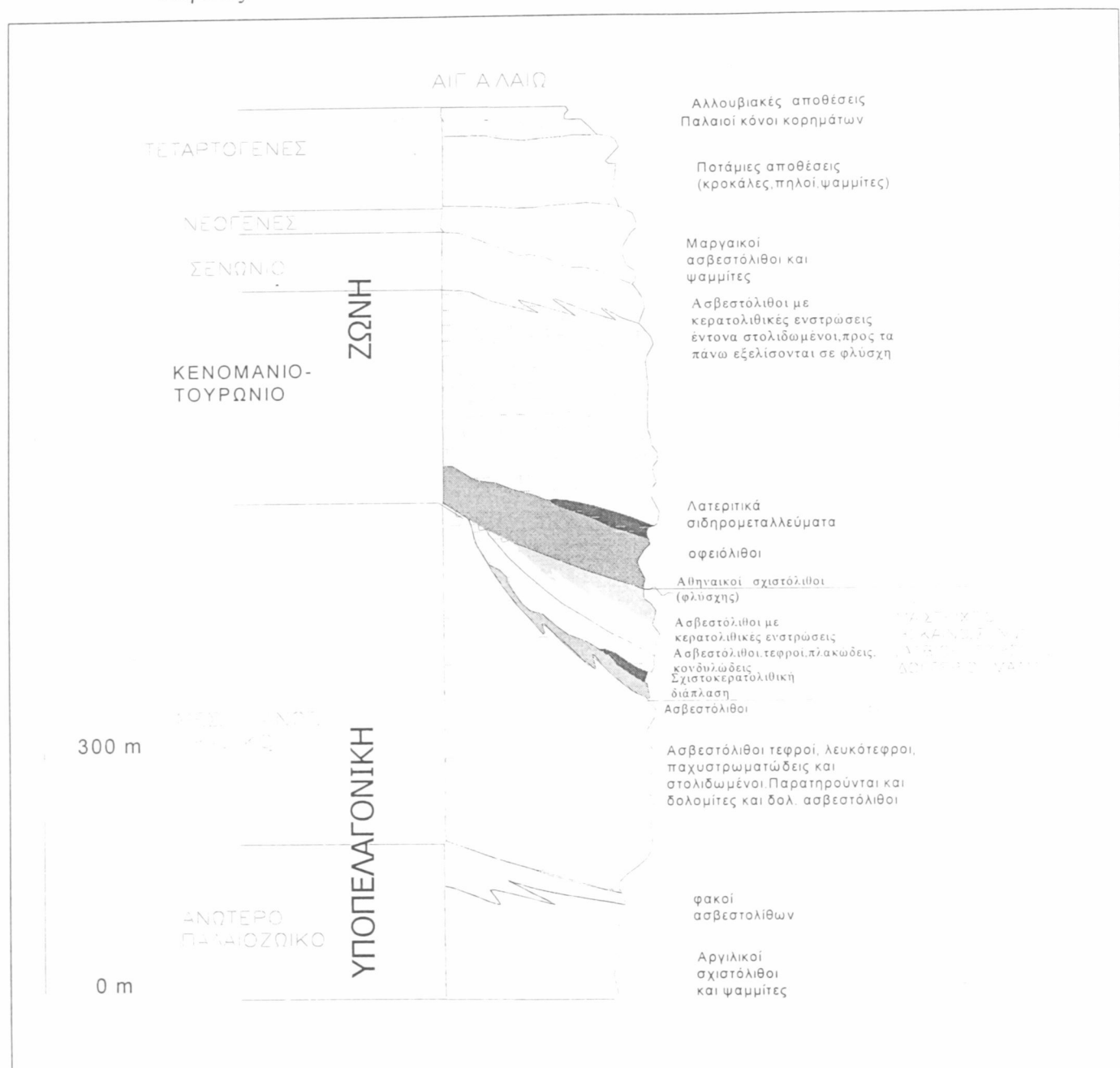


2. Στο τμήμα Αθήνα –Ελευσίνα, στο Β. τμήμα, η λιθοστρωματογραφική στήλη διαφέρει με αυτήν του Κατσικάτσου στο ότι υπάρχουν ασβεστόλιθοι και δολομίτες μόνο του Αν. Τριαδικού. Ιδιαίτερα οι στρωματογραφικές στήλες ομοιάζουν στους: επικλυσιγενείς ασβεστόλιθους του Κενομάνιου-Σενώνιου, ασβεστόλιθους-δολομίτες του Αν.Τριαδικού, ψαμμίτες, φυλλίτες και βασικά εκρηξιγενή με ενστρώσεις ασβεστολίθων του Κ.- Μ. Τριαδικού και αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή με φακοειδής ενστρώσεις ασβεστολίθων του Ανώτερου Λιθανθρακοφόρου-Πέρμιου. Στην περιοχή δεν εμφανίζονται πετρώματα του Κρυσταλλικού Υπόβαθρου και της ηφαιστειογενούς σειράς. Επίσης δεν εμφανίζεται φλύσχης του Παλαιοζωϊκού. Το συνολικό μήκος της συγκεκριμένης λιθοστρωματογραφικής είναι περίπου 1,8 km.

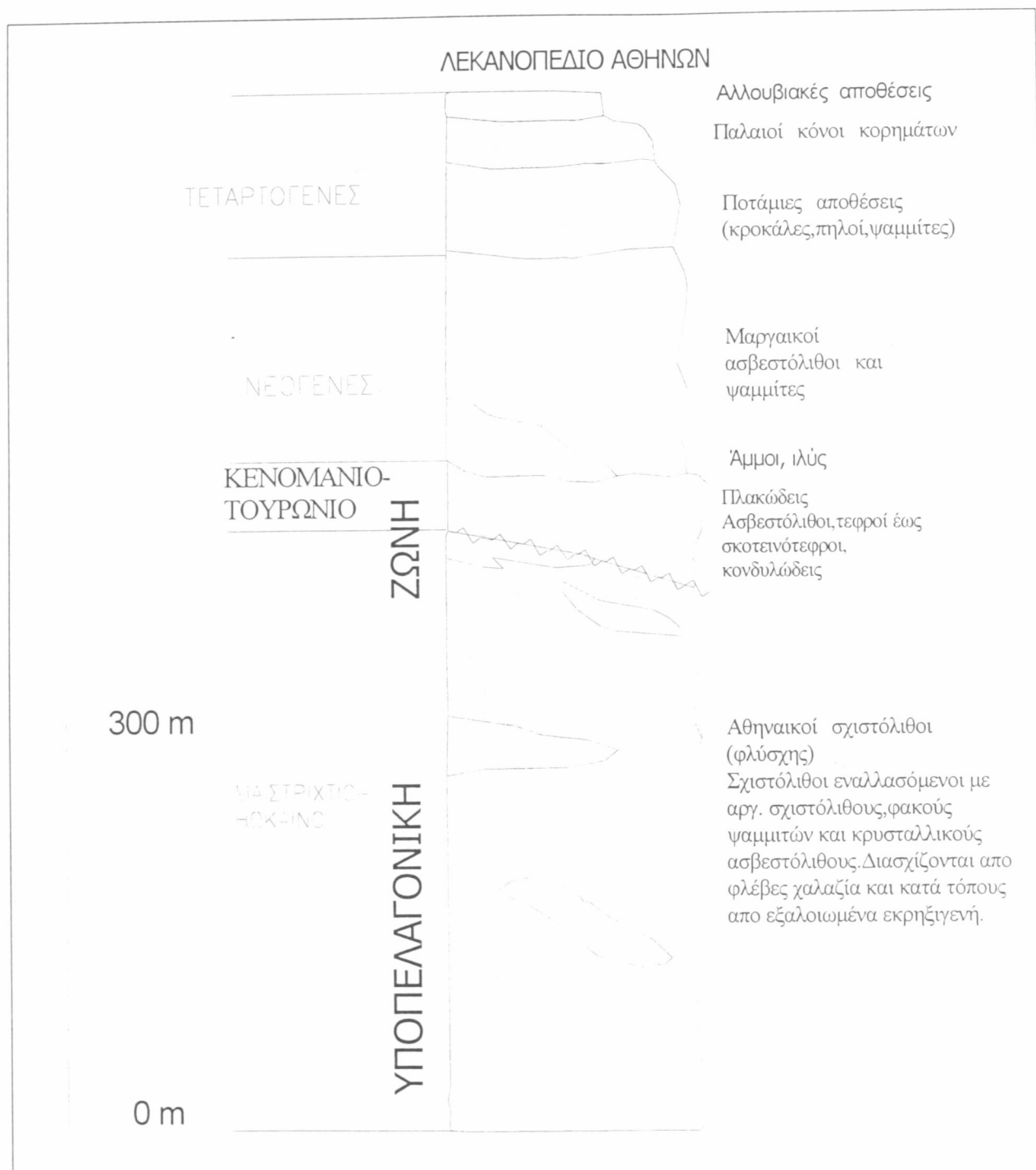


3. Στο τμήμα Ερυθραί η στρωματογραφική στήλη διαφέρει με αυτήν του Κατσίκατσου στο ότι δεν υπάρχουν πετρώματα του Κρυσταλλικού υπόβαθρου, του Παλαιόκαινου, του Αν. Ιουρασικού και της Ηφαιστειογενής σειράς. Ιδιαίτερα οι στρωματογραφικές στήλες ομοιάζουν στους: επικλυσιογενείς ασβεστόλιθους του Κενομάνιου-Σενώνιου-Τουρώνιου, ασβεστόλιθους του Αν. Τριαδικού, ασβεστόλιθους-δολομίτες του Αν.-Μ. Τριαδικού ψαμμίτες, σχιστόλιθοι και ηφαιστειακοί τόφφοι με ενστρώσεις ασβεστολίθων του Κ.- Μ. Τριαδικού και αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή με φακοειδής ενστρώσεις ασβεστολίθων του Ανώτερου Λιθανθρακοφόρου-Πέρμιου. Το συνολικό μήκος της συγκεκριμένης λιθοστρωματογραφικής είναι 1 km.

4. Στο τμήμα Αθήνα-Πειραιάς διακρίνονται 4 λιθοστρωματογραφικές στήλες. Του Αιγάλεω, του λεκανοπεδίου Αθηνών, της Αν Σαλαμίνας και της ΒΑ. Αίγινας.

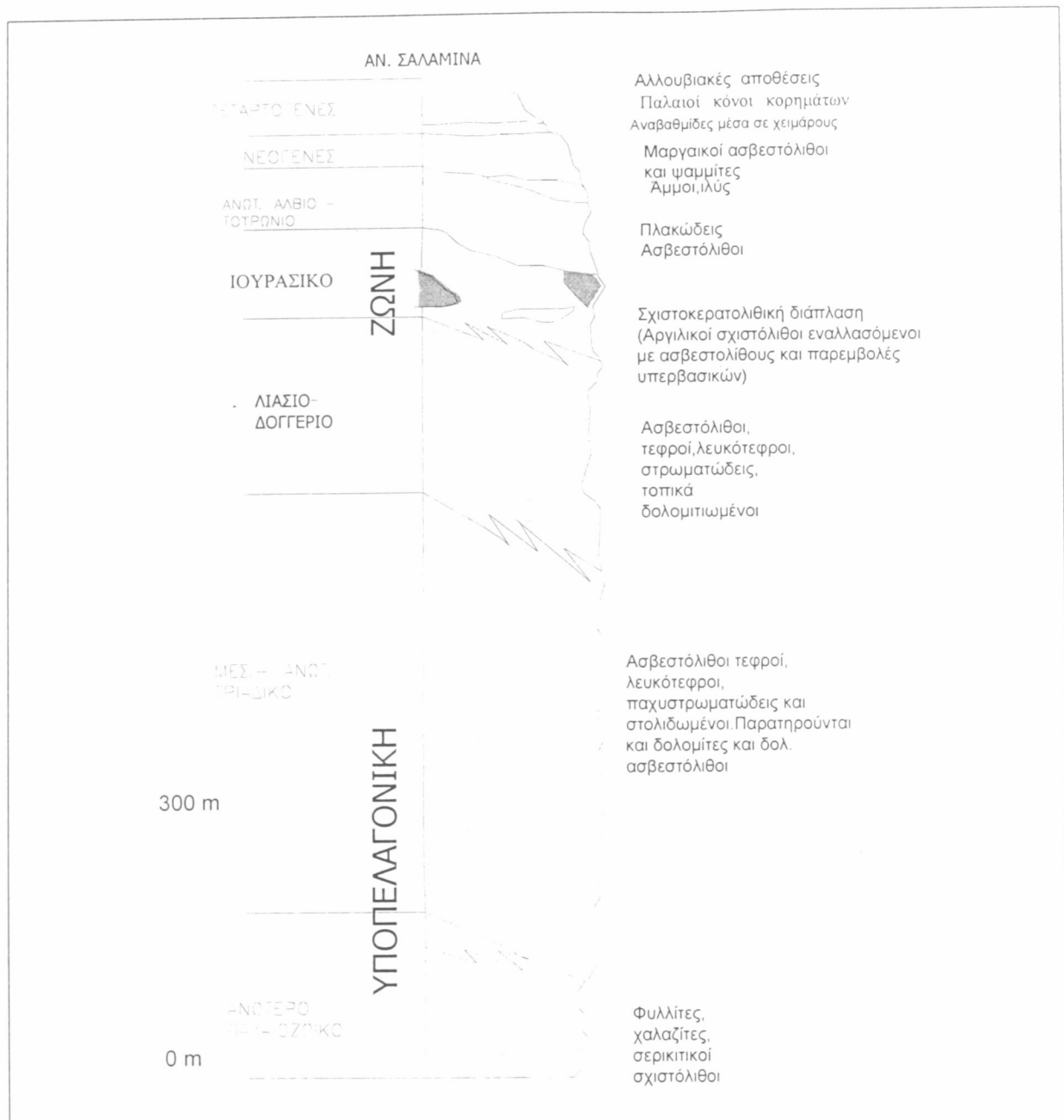


- Στην περίπτωση του Αιγάλεω οι στρωματογραφικές στήλες ομοιάζουν στους: ασβεστόλιθους με κερατολιθικές ενστρώσεις του Σενωνίου που πιο πάνω εξελίσσονται σε φλύσχη, ασβεστόλιθους του Κενομάνιου-Τουρώνιου, ασβεστόλιθους-δολομίτες του Αν.-Μ.Τριαδικού και ψαμμίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους με φακούς ασβεστολίθων του Παλαιοζωϊκού. Εμφανίζεται η σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Στην περιοχή δεν εμφανίζονται πετρώματα του Κρυσταλλικού Υπόβαθρου και της ηφαιστειογενούς σειράς. Κατά τα άλλα ομοιάζει με την λιθοστρωματογραφική στήλη του Κατσικάτσου. Το συνολικό μήκος της συγκεκριμένης λιθοστρωματογραφικής είναι 1.1 km.

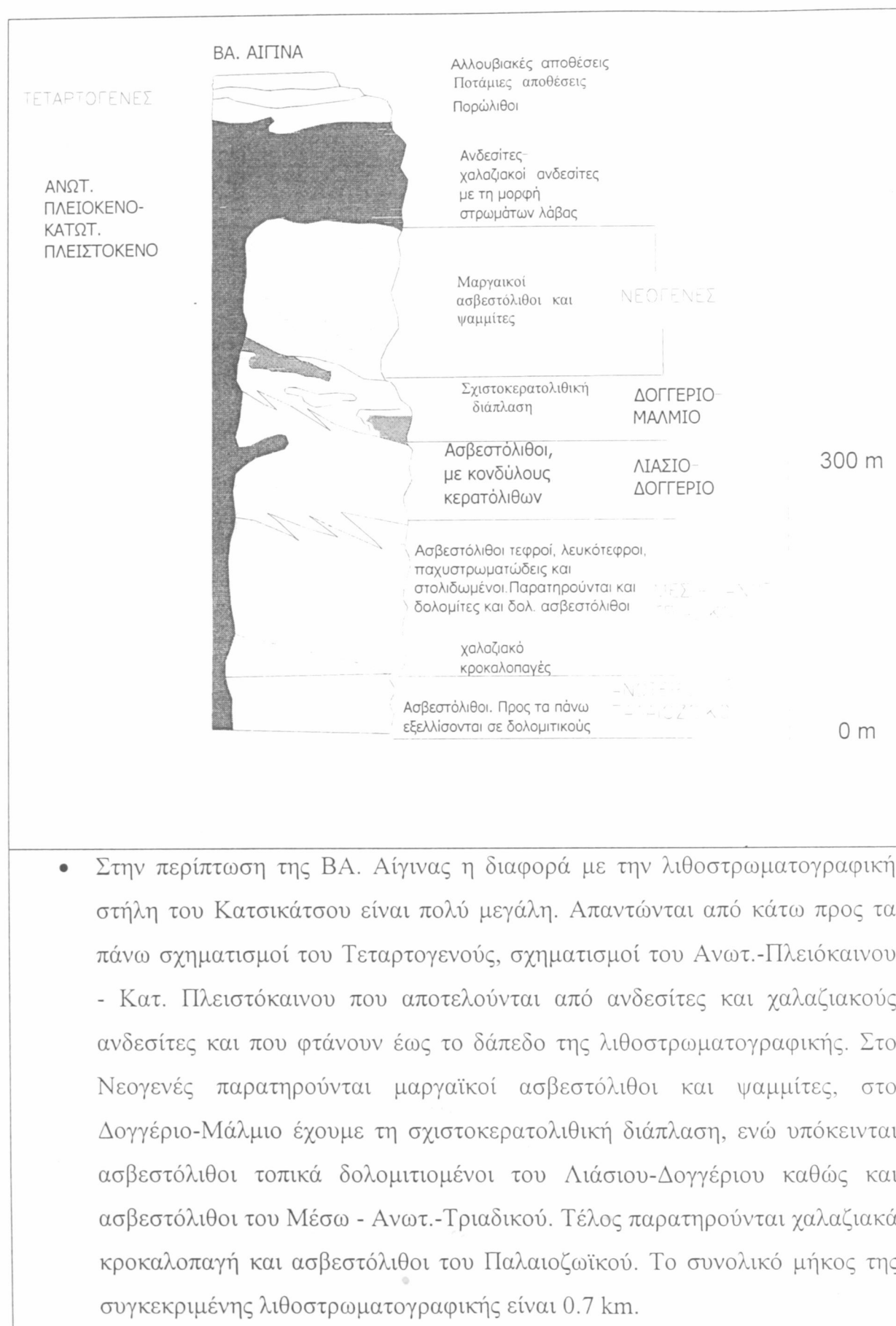


- Στην περίπτωση του λεκανοπεδίου Αθηνών η διαφορά με την λιθοστρωματογραφική στήλη του Κατσικάτσου είναι μεγάλη. Ομοιάζει μόνο στο Τεταρτογενές. Στο Νεογενές υπάρχουν μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες, καθώς και άμμος και ιλύς. Στο Κενομάνιο-Τουρώνιο απαντώνται πλακώδεις ασβεστόλιθοι κάτω από τους οποίους υπόκεινται αθηναϊκοί σχιστόλιθοι (φλύσχης) με φακούς ψαμμιτών και ψαμμούχων ασβεστολίθων. Το συνολικό μήκος της συγκεκριμένης λιθοστρωματογραφικής είναι 0.8 km.

Κεφάλαιο 3: Συγκρίσεις λιθοστρωματογραφικών στηλών της ευρύτερης περιοχής του λατομείου.



- Στην περίπτωση της Αν Σαλαμίνας η στρωματογραφική στήλη διαφέρει με αυτήν του Κατσικάτσου στο ότι στο Νεογενές υπάρχουν μαργαίκοι ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες, καθώς και άμμος και ιλύς. Στο Κενομάνιο-Τουρώνιο απαντώνται πλακώδεις ασβεστόλιθοι κάτω από τους οποίους υπόκειται σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Κάτω από αυτή υπάρχουν ασβεστόλιθοι τοπικά δολομιτιωμένοι του Λιάσιου-Δογγέριου καθώς και τοπικά δολομιτιωμένοι ασβεστόλιθοι του Μέσου - Ανωτ.-Τριαδικού. Τελευταία απαντώνται αργίλιοι σχιστόλιθοι και ψαμμίτες του Ανωτ.-Παλαιοζωϊκού. Το συνολικό μήκος της συγκεκριμένης λιθοστρωματογραφικής είναι 1.150 km.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΤΗΛΩΝ

Γνωρίζοντας την ακριβή λιθοστρωματογραφική θέση του λατομείου του Καμαρίου υπάρχει η δυνατότητα, συγκρίνοντας τις λιθοστρωματογραφικές στήλες, οι οποίες είναι παρακείμενες του λατομείου, και την γενική λιθοστρωματογραφική στήλη της Υποπελαγονικής, να δώθούν καλές εκτιμήσεις για το είδος των ανθρακικών πετρωμάτων που δομούν τις υποκείμενες του λατομείου χρονοστρωματογραφικές ενότητες. Να δοθεί δηλαδή μιά ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση των υποκειμένων πετρωμάτων που δομούν το λατομείο Καμαρίου.

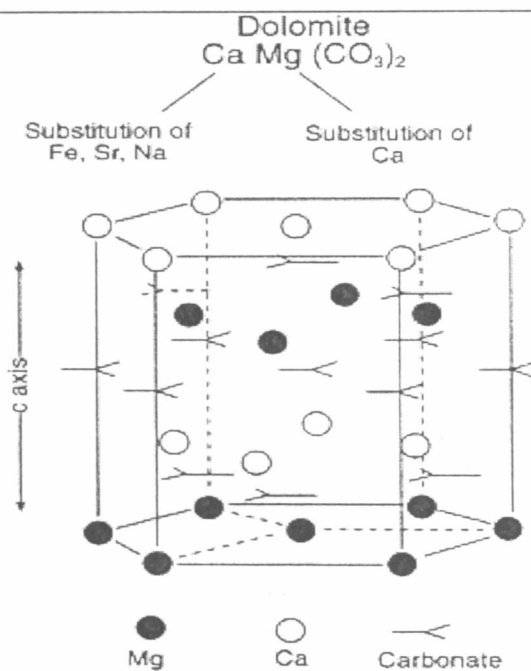
4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΔΟΛΟΜΙΤΗ.- ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το όνομα δολομίτης δόθηκε από τον N.T. Saussure το 1792 προς τιμή του Γάλλου γεωλόγου Deodat Guy de Dolomieu (1750-1801), που μελέτησε τα χαρακτηριστικά και τις εμφανίσεις του πετρώματος και εφαρμόστηκε αρχικά για πετρώματα στις Τυρολέζικες Άλπεις.

Ο δολομίτης είναι ανθρακικό πέτρωμα που περιέχει μέχρι 10% ασβεστίτη, δηλαδή περιέχει τουλάχιστον 90% το ορυκτό δολομίτης. Ο ιδανικός δολομίτης έχει κρυσταλλική δομή που αποτελείται από εναλλασσόμενες στοιβάδες Ca και Mg που χωρίζονται από στοιβάδες CO_3 και αντιπροσωπεύονται χαρακτηριστικά από μια στοιχειομετρική χημική σύνθεση $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ όπου το ασβέστιο και το μαγνήσιο είναι παρόντα σε ίσες αναλογίες. (Σχ.3.1).

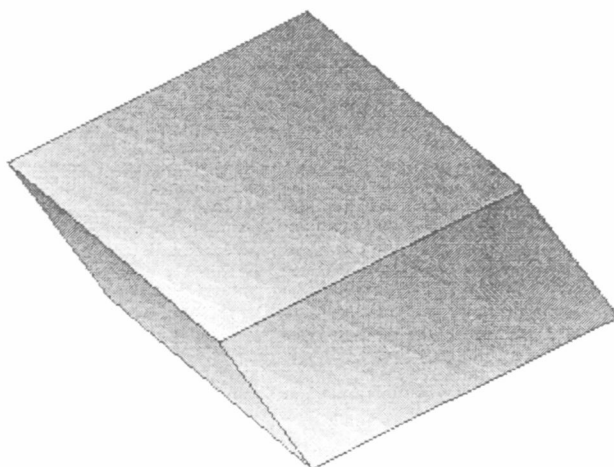
Μερικές φορές ένα στοιχείο μπορεί να έχει ελάχιστα μεγαλύτερη παρουσία από το άλλο. Ίχνη σιδήρου και μαγγανίου μπορεί να υφίστανται.



Σχ.3.1.

Ιδανική κρυσταλλική δομή στοιχειομετρικού δολομίτη αποτελούμενου από στρώματα ανθρακικού άλατος που χωρίζονται από εναλλασσόμενες στοιβάδες ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου.

Ο δολομίτης κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα σε ρομβόεδρα. Για κάποιο όμως λόγο, πιθανότατα λόγω διδυμίας, μερικοί κρύσταλλοι καμπυλώνονται σε κυρτές μορφές (Σχ.3.1(α)). Αυτή τη συνήθεια που έχει ο δολομίτης και που είναι μοναδική, δεν την έχουν όλοι οι κρύσταλλοι του καθώς υπάρχουν δείγματα όπου παρατηρούνται οξεία ρομβόεδρα.



Σχ.3.1(α). Συνήθεια του κρυστάλλου του δολομίτη να καμπυλώνεται σε ελαφρά κυρτές μορφές

- Ο δολομίτης έχει χρώμα λευκό, διαυγές, ρόδινο, γκρίζο, ροζ ή ακόμα εμφανίζει αποχρώσεις προς το κίτρινο, τεφρό, πράσινο ή ακόμα τεφρό και μαύρο όταν ο σίδηρος είναι παρών στο κρύσταλλο.
- Η λάμψη του είναι μαργαριταρώδης.
- Ο θραυσμός είναι κογχώδης.
- Η σκληρότητα είναι 3,5-4.
- Το ειδικό βάρος είναι 2,8-2,9 gr/cm³.
- Γραμμή κόνεως: άσπρη
- Έχει τέλειο σχισμό σε τρεις κατευθύνσεις που το κάνει να διαφέρει από άλλα παρόμοια ορυκτά όπως ο ασβεστίτης.

Άλλα χαρακτηριστικά:

Ο δολομίτης είναι ελαφρά διαλυτός στο νερό (0,032 gr/lit σε θερμοκρασία 17 °C). Αντίθετα με τον ασβεστίτη που αντιδρά έντονα με ελαφρύ διάλυμα οξέος και παρατηρούνται φυσαλίδες, ο δολομίτης αντιδρά σε πολύ μικρότερο βαθμό και δεν παρατηρούνται φυσαλίδες. Αυτή είναι και μία μέθοδος προσδιορισμού του ορυκτού.

Με βάση το περιεχόμενό τους στο ορυκτό δολομίτη, τα ανθρακικά πετρώματα διακρίνονται σε :

- Ασβεστόλιθους (0-10% δολομίτης)
- Δολομιτικούς ασβεστόλιθους (10-50% δολομίτης)
- Ασβεστιτικούς δολομίτες (50-90% δολομίτης)
- Δολομίτες (90-100% δολομίτης)

Ορυκτολογική σύνθεση

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο δολομίτης αποτελείται από ασβέστιο, μαγνήσιο και ανθρακική ρίζα. Αμελητέα ποσά σιδήρου και μαγγανίου μπορεί να είναι παρόντα. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την ιδανική % σύσταση και μοριακή σύσταση των στοιχείων και ενώσεων που είναι παρόντα στο δολομίτη.

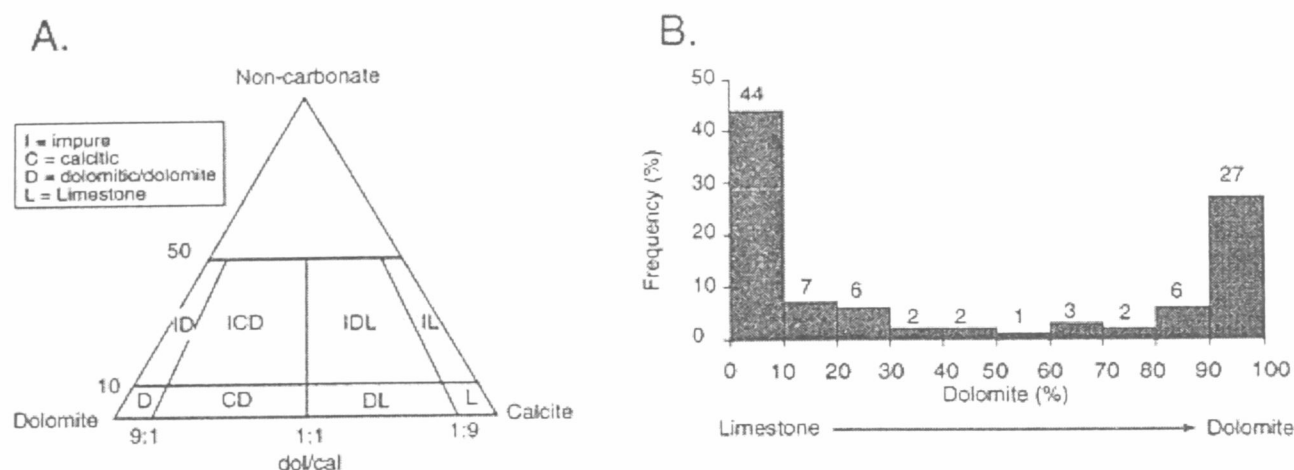
Πίνακας 3.1.1

Ατομικό βάρος	%βάρος		
Ca: 40.08 grams/mole	Ασβέστιο Ca	21.73 %	30.41 % CaO
Mg: 24.31 grams/mole	Μαγνήσιο Mg	13.18 %	21.86 % MgO
CO ₃ : 120.02 grams/mole	Ανθρακας C	13.03 %	47.73 % CO ₂
Συνολικό:184.37 grams/mole	Οξυγόνο O	52.06 %	
		100.00 %	100.00 %

Σε περίπτωση που το περιεχόμενο σε MgO υπερβαίνει το 21% ο δολομίτης θεωρείται μετάλλευμα και χρησιμοποιείται για την εξαγωγή μαγνησίου.

4.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΔΟΛΟΜΙΤΗ

Ποσοστιαία, τα δύο κύρια ανθρακικά ορυκτά είναι: Ο ασβεστίτης και ο δολομίτης. Όταν σε ένα ανθρακικό πέτρωμα κυριαρχεί ο ασβεστίτης τότε ονομάζεται ασβεστόλιθος, όταν κυριαρχείται από δολομίτη (ορυκτό) τότε ονομάζεται δολομίτης (πέτρωμα).



Σχ.3.2. Ταξινόμηση δολομίτη

- (A) Γενική ταξινόμηση ανθρακικών σύμφωνα με την ορυκτολογία των συστατικών
- (B) Υπολογισμένα ποσοστά ασβεστίτη και δολομίτη για 1148 τροπικές αναλύσεις των βορειοαμερικανικών ανθρακικών.

Η προέλευση του δολομίτη είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στη γεωλογία. Συζήτηση πραγματοποιείται για δεκαετίες για το αν ο δολομίτης είναι "πρωτογενής" προέλευσης (δηλ. κατακρημνισμένος άμεσα από το νερό της θάλασσας) ή "δευτερογενής" προέλευσης (χημική εξαλλοίωση των ανθρακικών πετρωμάτων), και εάν είναι "δευτερογενής" μέσα από ποιο μηχανισμό εμφανίζεται η δολομιτίωση. Πάντως οι περισσότεροι δολομίτες σχηματίζονται από την αντικατάσταση ενός προδρόμου ανθρακικού άλατος ασβεστίου. Ένα ρευστό εισάγει το Mg διαλύει την προϋπάρχουσα φάση, κατακρημνίζει το δολομίτη και εξάγει το ασβέστιο. Είναι κοινό σε περιβάλλοντα αρχαίων ανθρακικών, σπάνιο σε ιζηματογενή του Ολοκαίνου, αλλά χωρίς τη βακτηριαδική μεσολάβηση είναι σχεδόν αδύνατον να κατακρημνιστεί πειραματικά σε θερμοκρασίες της γήινης επιφάνειας.

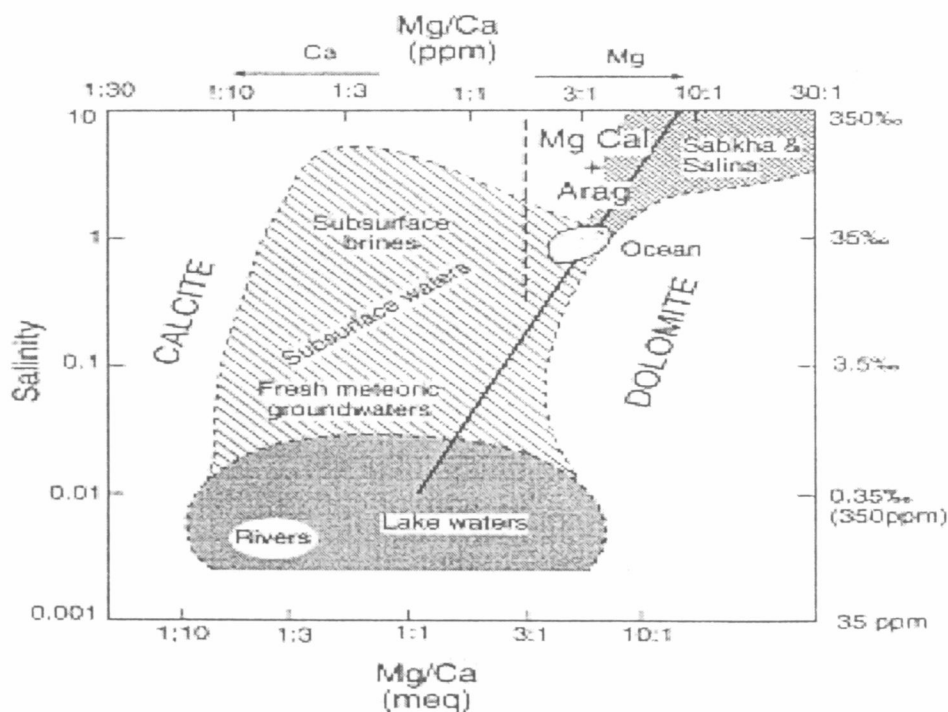
Ο δολομίτης δημιουργείται κατά κύριο λόγο από αντικατάσταση ασβεστόλιθου και σπανιότερα από απ'ευθείας καθίζηση δολομίτη. Η δολομιτίωση των ασβεστόλιθων διακρίνεται σε 'πρώιμη' και 'δευτερογενή'. Η πρώιμη δολομιτίωση λαμβάνει χώρα αμέσως μετά την απόθεση των ασβεστόλιθων και συνήθως σχετίζεται με το περιβάλλον απόθεσης. Η δευτερογενής δολομιτίωση λαμβάνει χώρα πολύ μετά την απόθεση του ασβεστόλιθου και δεν σχετίζεται με συγκεκριμένο περιβάλλον απόθεσης. Μπορεί να συνδέεται με ασυμφωνίες που υπάρχουν στα αμέσως υποκείμενα πετρώματα ή με τεκτονικές δομές (ρήγματα,

διακλάσεις, ή άξονες πτυχών). Μπορεί να επιδρά σε όλους τους ασβεστόλιθους ή επιλεκτικά σε ορισμένα μόνο στρώματα, ανάλογα με τη σύσταση του υγρού των πόρων, τη σύσταση των ιζημάτων και το μέγεθος των κόκκων του ασβεστίτη.

Σήμερα υπάρχουν πέντε θέσεις σε όλο τον κόσμο όπου σχηματίζεται δολομίτης (Μπαχάμες, Φλόριδα, Αραβικός Κόλπος, Καραβαϊκή, (νησιά Bonnaire και San Andres) και Νότιος Αυστραλία.).

Η αναλογία ασβεστιτικών-δολομιτικών πετρωμάτων αυξάνεται από τη σημερινή εποχή προς το Προκάμβριο (10/1 στο Μεσοζωικό, 3/1 στο Παλαιοζωικό και 1/3 στο Προκάμβριο.). Οι πιθανοί λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό είναι οι εξής:

- Στο Προκάμβριο το θαλασσινό νερό είχε κατάλληλη σύσταση για τη δημιουργία δολομίτη.
- Το περιβάλλον σχηματισμού ήταν πιο κατάλληλο κατά το Προκάμβριο.
- Έχει μεσολαβήσει περισσότερος χρόνος, ώστε τα πλούσια σε Mg διαλύματα να έρθουν σε επαφή με τους προϋπάρχοντες ασβεστόλιθους.



Σχ.3.2.1. Σχέση της αλατότητας με την αναλογία Mg/Ca

4.3 ΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΔΟΛΟΜΙΤΩΝ

Οι μεγάλες δολομιτικές μάζες προκύπτουν με διαδικασίες δευτερογενής δολομιτίωσης.

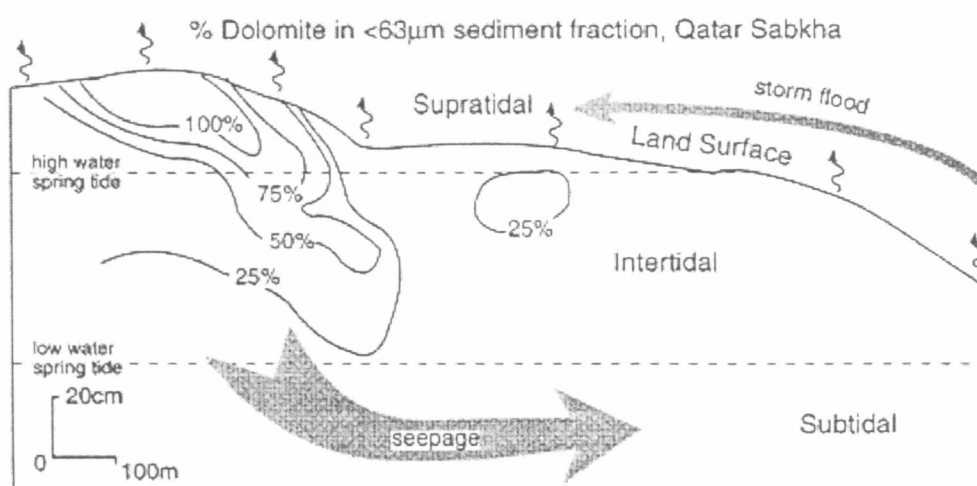
Σήμερα πιστεύεται ότι εκτεταμένη δολομιτίωση μπορεί να λάβει χώρα μέσα από τρεις διαδικασίες.

1. Σε περιβάλλοντα Sabkha. Οι Sabkhas είναι υπερπαλιρροϊκές λεκάνες, δηλαδή επίπεδες εκτάσεις που βρίσκονται πάνω από την μέση στάθμη ανόδου του θαλασσινού νερού κατά την παλίρροια. Η εξάτμιση του εδαφικού νερού στις λεκάνες αυτές λόγω υψηλής θερμοκρασίας, οδηγεί σε ροή θαλασσινού νερού κάτω από την επιφάνεια όσο και νερού χερσαίας προέλευσης από την ξηρά. Θαλασσινό νερό είναι δυνατό να διοχετεύεται στην επιφάνεια της λεκάνης και μέσο παλίρροιας και κατά τη διάρκεια καταιγίδων.

Καθώς το νερό των πόρων ανέρχεται γίνεται πιο αλατούχο λόγω εξάτμισης, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται καθίζηση αλάτων.

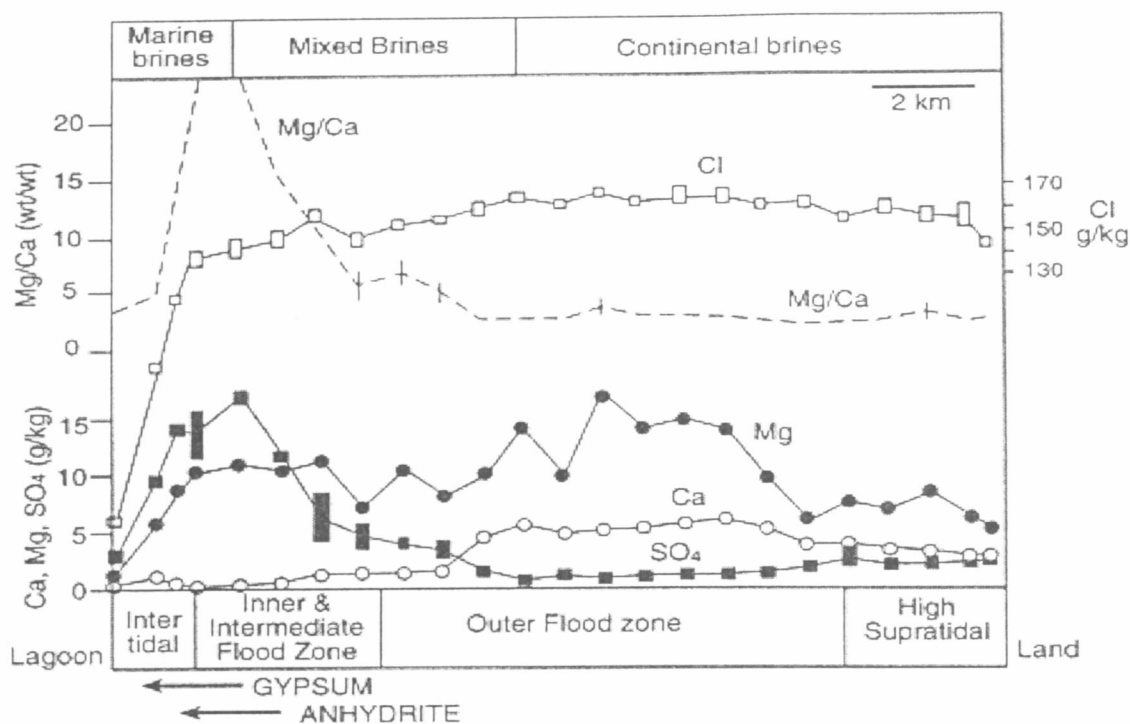
Η αρχική καθίζηση γύψου και αραγωνίτη και η έντονη εξάτμιση αυξάνουν το λόγο Mg/Ca στο υγρό των πόρων των ιζημάτων προκαλώντας αντικατάσταση του αραγωνίτη και του ασβεστίτη σε δολομίτη.

Η δολομιτίωση αυτού του τύπου μπορεί να είναι και πρόιμη και συνήθως δεν οδηγεί στη δημιουργία μεγάλων όγκων δολομίτη.



Σχ.3.3.1.

Δολομίτης στον Αραβικό Κόλπο. Τομή ιζημάτων σε sabkha στη χερσόνησο του Κατάρ, στον Αραβικό Κόλπο. Τα περιγράμματα είναι ποσοστά δολομίτη.



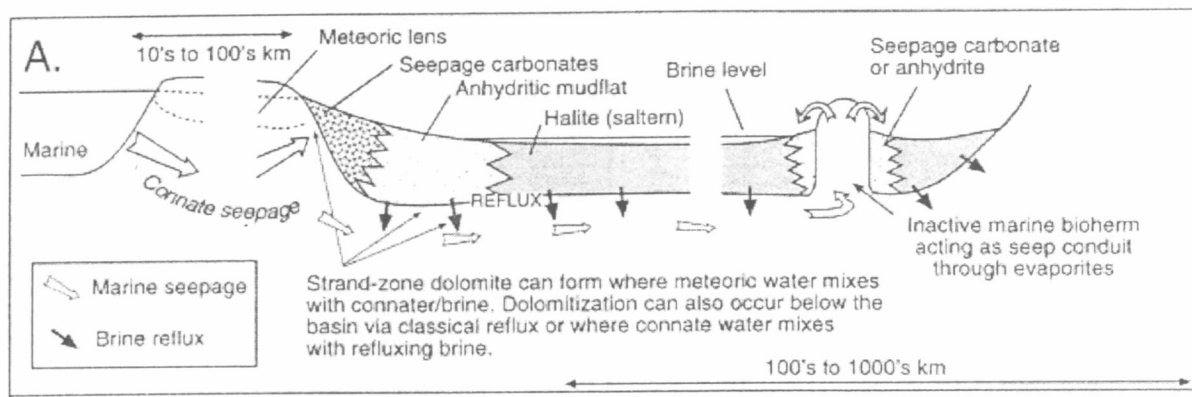
Σχ.3.3.2.

Χημεία των ρευστών των πόρων που αφορά τη sabkha του Αμπού Νταμπί και εμφανίζει τις εναλλαγές στα σημαντικότερα ιόντα και την αναλογία Mg/Ca.

- Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα δολομιτών υψηλής ποιότητας σχηματίζονται σε περιβάλλοντα όπου συμβαίνει ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού. Το θαλασσινό νερό είναι υπέρκορο σε ιόντα Mg. Όμως λόγω της μεγάλης τάξης της δομής του τελευταίου, η καθίζηση του είναι πολύ δύσκολη (ανταγωνισμός του Mg και του Ca με τα άλλα κατιόντα και ανιόντα που υπάρχουν στο θαλασσινό νερό), εκτός αν ο λόγος Mg/Ca γίνει πολύ υψηλός. Αντίθετα ο δολομίτης καθιζάνει εύκολα από αραιά διαλύματα (με λιγότερα ανταγωνιστικά κατιόντα) παρουσιάζοντας μικρή ταχύτητα κρυστάλλωσης. Ανάμειξη μετεωρικού νερού με θαλασσινό σε ποσοστό 30% δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για καθίζηση ασβεστίτη (υγρό ακόρεστο σε σχέση με τον ασβεστίτη) και συνθήκες κορεσμού για τον δολομίτη. Επομένως, δολομιτώση μπορεί να λάβει χώρα σε περιοχές του φλοιού όπου αναμειγνύονται θαλασσινό και μετεωρικό νερό με αποτέλεσμα να μειώνεται η αλατότητα και ο λόγος Mg/Ca να παραμένει σταθερός. Τέτοιες περιοχές υπάρχουν κοντά στην επιφάνεια της Γης σε περιβάλλοντα έντονης εξάτμισης, όπου τα υπεραλατούχα διαλύματα (που προκύπτουν από έντονη εξάτμιση) έρχονται σε επαφή με μετεωρικά νερά, καθώς επίσης και σε ρηχά έως βαθιά περιβάλλοντα ιζηματογένεσης όπου γλυκό μετεωρικό νερό

αναμειγνύεται με το θαλασσινό νερό που έχει παγιδευτεί στους πόρους των ιζημάτων.

Αυτός ο τρόπος δημιουργίας δολομίτη θεωρείται πολύ σημαντικός γιατί μπορεί να μετατρέψει μεγάλες μάζες ασβεστόλιθου και λαμβάνει χώρα με δευτερογενή δολομιτίωση.



Σχ.3.3.2. Περιβάλλον ανάμειξης γλυκού και θαλασσινού νερού.

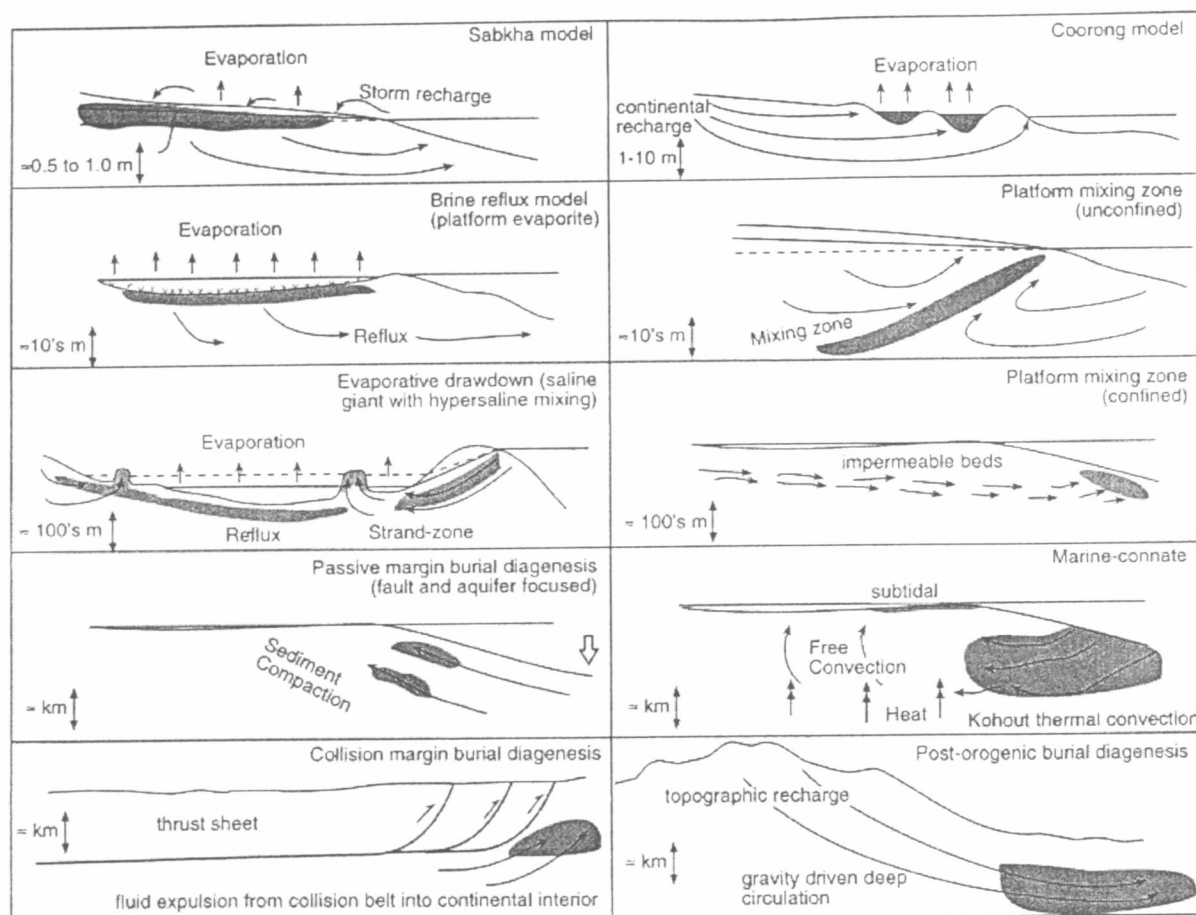
3. Μικρά κοιτάσματα δολομιτών μπορούν να σχηματιστούν από αύξηση του λόγου Mg/Ca χωρίς ταυτόχρονη αύξηση αλατότητας.

Οι διαδικασίες που μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση συγκέντρωσης μαγνησίου είναι:

- α) Απελευθέρωση Mg κατά τη διαγένεση Mg-ασβεστίτη.
- β) Απελευθέρωση Mg από ορίζοντες αργίλων.

Στην πρώτη περίπτωση δημιουργούνται μεμονωμένοι κρύσταλλοι δολομίτη σε ασβεστόλιθους και στη δεύτερη λαμβάνει χώρα τοπική δολομιτίωση ασβεστολιθικών οριζόντων σε αργίλικούς σχηματισμούς μεγάλου πάχους.

Η δολομιτίωση που λαμβάνει χώρα με αυτόν τον τρόπο δεν οδηγεί σε εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα δολομίτη.

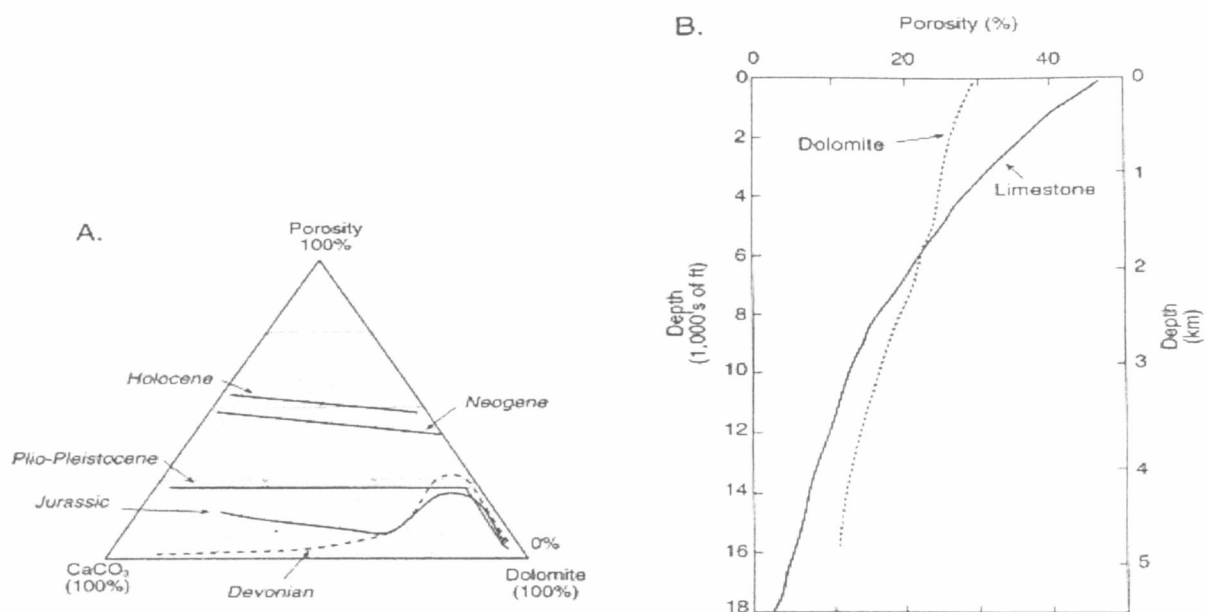


Σχ.3.3.3. Μοντέλα δολομιτίωσης

4.4 ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΟΛΟΜΙΤΗ

Επειδή ο κόκκος του ορυκτού του δολομίτη έχει μικρότερες διαστάσεις από την αντίστοιχη του ασβεστίτη, ο οποίος και αντικαθίσταται, η δολομιτίωση οδηγεί σε αύξηση του πορώδους των ανθρακικών πετρωμάτων. Το φαινόμενο αυτό αυξάνει το δυναμικό του πετρώματος ως ταμιευτήρα πετρελαίου, δεδομένου ότι πολλοί ασβεστόλιθοι θεωρούνται μητρικά πετρώματα.

Μόλις σχηματιστούν οι δολομίτες διατηρούν το πορώδες και τη διαπερατότητα πολύ καλύτερα από τους ασβεστόλιθους, κάτι που δείχνει και τη μεγαλύτερη ικανότητα τους να ανθίστανται σε πίεση μεγάλου βάθους.



Σχ.3.4 Πορώδες δολομίτη.

- (Α) Σχέσεις μεταξύ της σύστασης, του πορώδους και του χρόνου. Ο δολομίτης είναι λιγότερο πορώδης από τους αντίστοιχους ασβεστόλιθους στα νεώτερα ανθρακικά και πιο πορώδης στα παλαιότερα ανθρακικά.
- (Β) Σχέση του πορώδους ανάλογα με το βάθος στους ασβεστόλιθους και τους δολομίτες στη νότια Φλώριδα Η διασταύρωση, κάτω από την οποία ο δολομίτης γίνεται πιο πορώδης από τον ασβεστόλιθο, εμφανίζεται σε 1800 μ (6000 FT).

4.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΟΞΕΙΔΙΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ ΣΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Το πρόβλημα που παρουσιάζεται στο λατομείο της Α.Ε ΤΙΤΑΝ στην περιοχή της Ελευσίνας στην τοποθεσία Καμάρι είναι ότι τη τελευταία περίοδο υφίσταται μια αύξηση στο ποσοστό του εξορυσσόμενου οξειδίου του μαγνησίου (MgO) που περιέχεται στους προς εκμετάλλευση ασβεστόλιθους του λατομείου, ιδίως σ' αυτούς που βρίσκονται στο βορειοδυτικό μέρος του λατομείου. Δηλαδή αντί να εξορύσσονται καθαροί ασβεστόλιθοι, που περιέχουν και το χρήσιμο οξείδιο του ασβεστίου (CaO), εξορύσσονται δολομιτωμένοι ασβεστόλιθοι ή ακόμα και ασβεστολιθικοί δολομίτες. Το γεγονός αυτό προκαλεί μεγάλα προβλήματα στην εύρυθμη λειτουργία και παραγωγικότητα του λατομείου, καθώς το MgO είναι ανασταλτικός παράγοντας για την παραγωγή τσιμέντου. Παρουσία του σε μεγάλα ποσοστά (άνω του 1,5%) στον τροφοδοτούμενο ασβεστόλιθο δημιουργεί καταστρεπτικές συνθήκες για την παραγωγή του μίγματος του τσιμέντου από τον κλίβανο.

Για να γίνει πιο κατανοητό το πρόβλημα και πόσο αρνητική είναι η επίδραση του MgO στη τσιμεντοβιομηχανία θα γίνει πρώτα μια αναφορά για το τι είναι το τσιμέντο, ειδικά το τσιμέντο Portland, καθώς και τα στάδια παραγωγής του.

4.5.1 Τσιμέντο

Το τσιμέντο που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του σκυροδέματος είναι βιομηχανικό κοκκώδες υλικό σε μορφή σκόνης που όταν αναμιχθεί με νερό σε κατάλληλη αναλογία σχηματίζει πολτό που πήζει, σκληρύνεται και κατόπιν διατηρεί το σχήμα και την αντοχή του ακόμα και μέσα στο νερό.

Το Τσιμέντο Portland

Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται κυρίως τσιμέντο *τύπου Portland*, που παράγεται από το άλεσμα κλίνκερ, προϊόν του σύγχρονου ψησίματος ασβεστόλιθου και αργίλου (που αποτελούν τις απαραίτητες πρώτες ύλες για την παρασκευή των κυρίων συστατικών του τσιμέντου). Παρασκευάστηκε το 1824 από τον Άγγλο L. Aspdin, που το ονόμασε Portland γιατί είχε το χρώμα των εδαφών της περιοχής Portland της Αγγλίας. Η παραγωγή τσιμέντου στη χώρα μας πλησιάζει τα 15 εκατομμύρια τόννους ετησίως, από τα οποία το 50% περίπου εξάγεται

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

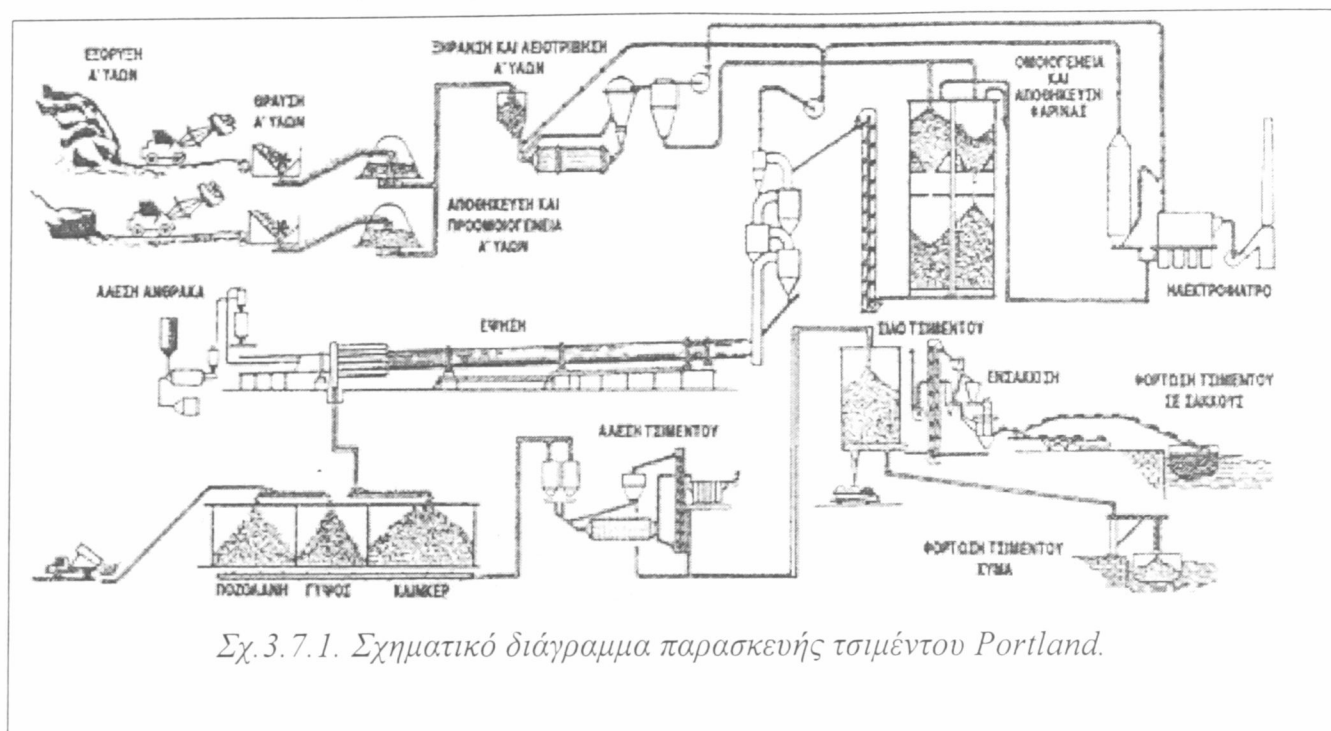
Το τσιμέντο Portland είναι το προϊόν μίας σειράς εργασιών που περιλαμβάνουν:

- **1ο στάδιο-Εξόρυξη πρώτων υλών:** Εξόρυξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων και αργιλικών εδαφών ή πετρωμάτων, με τη χρήση ισχυρών εκσκαπτικών μηχανημάτων ή με τη χρήση εκρηκτικών υλών.
- **2ο στάδιο-Θραύση πρώτων υλών:** Τα υλικά θραύονται σε μεγάλους θραυστήρες σε τεμάχια, συνήθως μικρότερα των 30 χιλιοστών.
- **3ο στάδιο-Αποθήκευση και προομοιογενοποίηση πρώτων υλών:** Οι θραυσμένες πρώτες ύλες αποθηκεύονται (με ταυτόχρονη ανάμιξη) χωριστά

κατά κατηγορία και από εκεί οδεύουν προς τους μύλους συνάλυσης σε αυστηρά καθορισμένη και συνεχώς ελεγχόμενη δοσολογία.

- **4ο στάδιο-Ξήρανση και άλεση πρώτων υλών:** Οι μύλοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι, με ισχυρή εσωτερική μεταλλική θωράκιση και περιέχουν πολλούς τόννους από σφαιρικά χαλύβδινα αλεστικά σώματα. Κατά την περιστροφική κίνηση των μύλων οι σφαίρες κονιοποιούν τις προθραυσμένες πρώτες ύλες σε κόκκους μέσης διαμέτρου (κόκκοι διαμέτρου μερικών χιλιοστών). Το προϊόν αυτό ονομάζεται φαρίνα.
- **5ο στάδιο-Ομοιογενοποίηση και αποθήκευση φαρίνας:** Η φαρίνα οδηγείται στα ειδικά σιλό όπου συντελείται η ομοιογενοποίηση.
- **6ο στάδιο-Έψηση:** Μετά την ομοιογενοποίηση η φαρίνα περνάει από ένα σύστημα κυκλώνων που ονομάζεται προθερμαντής και υφίσταται μια προοδευτική θερμική κατεργασία σε θερμοκρασία μέχρι 900° C. Στη συνέχεια οι περιστροφικοί κλίβανοι αναλαμβάνουν την έψηση. Οι περιστροφικοί κλίβανοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι μήκους 50-150 μέτρων και διαμέτρου 3-5 μέτρων με εσωτερική επένδυση από ειδικά πυρότουβλα. Η περιστροφική κίνηση του κλίβανου και η κλίση του εξωθούν τη φαρίνα προς την έξοδο. Στην πορεία της συναντάει θερμοκρασίες που φτάνουν τους 1400 C. Μέσα στον κλίβανο χάρη στις φυσικοχημικές διεργασίες, η φαρίνα μετατρέπεται σε ένα κοκκώδες προϊόν σε μορφή μαυροπράσινων κόκκων διαμέτρου 5-25 mm που λέγεται κλίνκερ.
- **7ο στάδιο-Άλεση κλίνκερ:** Το κλίνκερ αποτελεί το βασικό συστατικό του τσιμέντου και από την ποιότητά του εξαρτάται στο μέγιστο βαθμό η ποιότητά του. Το τσιμέντο ως τελικό προϊόν είναι μία πολύ λεπτή σκόνη (οι κόκκοι του έχουν διάμετρο της τάξης των 75μm) και για τη δημιουργία του απαιτείται συνάλεση κλίνκερ, γύψου, σε ποσοστό 2-3% περίπου, και ορισμένων φυσικών ή τεχνητών υλικών, που προσδίδουν στο τσιμέντο τις τελικές ιδιότητες του. Οι μύλοι τσιμέντου μοιάζουν με τους μύλους φαρίνας. Οι δοσολογίες των υλικών συνάλεσης είναι αυστηρά καθορισμένες και συνεχώς ελεγχόμενες. Οι διάφοροι τύποι τσιμέντων και το επίπεδο των αντοχών τους, που αποτελεί και το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους, διαμορφώνονται από τη χημική σύσταση του κλίνκερ, το βαθμό άλεσης του τσιμέντου και την παρουσία ή όχι των διαφόρων πρόσθετων.

Η διαδικασία παρασκευής τσιμέντου Portland δίνεται σχηματικά στο Σχ.3.7.1.



Σχ.3.7.1. Σχηματικό διάγραμμα παρασκευής τσιμέντου Portland.

Στην Ελλάδα, κατά την τελευταία φάση, το κλίνκερ αλέθεται μαζί με ποζολάνες, οι οποίες έχουν υδραυλικές ιδιότητες και μειώνουν το κόστος, και μπορεί να είναι: (α) φυσικές ποζολάνες, όπως η θηραϊκή και η μηλαϊκή γη (ηφαιστειακά υλικά που αφθονούν στη χώρα μας) (β) ιπτάμενη τέφρα (παραπροϊόν της καύσης του λιγνίτη στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς Μεγαλόπολης, Πτολεμαΐδας και Καρδιάς) και (γ) σκωρία υψικαμίνων (κοκκοποιημένη σκωρία που παράγεται κατά την κατεργασία σιδηρομεταλλεύματος σε υψικάμινο). Μερικές φορές κατά την ανάμιξη προστίθενται και ειδικά φυσικά ή τεχνικά ανόργανα ορυκτά υλικά, τα πληρωτικά (filler), με σκοπό τη βελτίωση φυσικών ιδιοτήτων του τσιμέντου και κατ' επέκταση του σκυροδέματος (βελτίωση χρόνου εργασιμότητας, μείωση διαπερατότητας). Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι αδρανή ή να έχουν ασθενείς υδραυλικές ιδιότητες. Τέλος, στα συστατικά του τσιμέντου προστίθεται σε μικρές ποσότητες και το θεικό ασβέστιο (σε μορφή γύψου ή ανυδρίτη) για τη ρύθμιση της ταχύτητας πήξης. Ας σημειωθεί ότι η γύψος σε ποσοστό μέχρι περίπου 3% κ.β. τσιμέντου επιβραδύνει την πήξη, ενώ σε μεγαλύτερο ποσοστό δρα σαν επιταχυντικό.

Κατά μία παλαιότερη μέθοδο παρασκευής τσιμέντου το άλεσμα των πρώτων υλών γινόταν παρουσία νερού, γι' αυτό και η μέθοδος αυτή ονομαζόταν υγρή. Η ξηρή μέθοδος που περιγράφεται παραπάνω υπερτερεί σαφώς της υγρής, διότι έχει

απαιτήσεις ενέργειας της τάξης των 0.9 kWh για την παρασκευή ενός κιλού κλίνκερ, ενώ η αντίστοιχη ποσότητα θερμότητας για την υγρή μέθοδο ανέρχεται σε 1.6 kWh/kg.

4.5.2 Χημική Σύνθεση

Η χημική σύνθεση του τσιμέντου εξαρτάται αφενός από τη σύνθεση των πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες, αφετέρου από το χρόνο και τη θερμοκρασία του ψησίματος. Γενικά, οι χημικές αντιδράσεις που γίνονται κατά την παρασκευή του τσιμέντου μπορούν να περιγραφούν συνοπτικά στον πίνακα 3.7.2, όπου δίνονται και τα τέσσερα βασικά συστατικά του:

Πίνακας 3.7.2

Χημικές αντιδράσεις κατά την παρασκευή τσιμέντου

	->	3CaOSiO ₂	(C ₃ S)
Ασβεστόλιθος -> CaO + CO ₂	->	2CaOSiO ₂	(C ₂ S)
Άργιλος -> SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + H ₂ O	->	3CaOAl ₂ O ₃	(C ₃ A)
	->	4CaOAl ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	(C ₄ AF)

Τα πυριτικά ασβέστια είναι τα κυριότερα συστατικά του τσιμέντου επειδή καθορίζουν την αντοχή του τσιμεντοπολτού. Βρίσκονται σε ποσοστό 55% και 15% περίπου κ.β. για το C₃S και το C₂S, αντίστοιχα. Το C₂S συνεισφέρει στη γρήγορη ενυδάτωση του τσιμέντου, στην καλή αρχική και τελική αντοχή, και στην ανάπτυξη υψηλής θερμότητας ενυδάτωσης. Αντίστοιχα, το C₃S συνεισφέρει στην αργή ενυδάτωση, στην καλή τελική αντοχή και στην ανάπτυξη χαμηλής θερμότητας ενυδάτωσης. Σημειώνεται ότι στην πραγματικότητα τα πυριτικά ασβέστια στο τσιμέντο δεν βρίσκονται σε καθαρή μορφή, αλλά περιέχουν οξειδία που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την κρυσταλλική δομή τους και τις υδραυλικές τους ιδιότητες.

Το αργιλικό τριασβέστιο (C₃A) βρίσκεται σε ποσοστό 12% περίπου κ.β. και συνεισφέρει στη γρήγορη ενυδάτωση, στην ανάπτυξη υψηλής θερμότητας ενυδάτωσης, στην αρχική αντοχή (σημαντικά), στην ανάπτυξη μεγάλων συστολών

κατά την ενυδάτωση και στην προσβολή του τσιμεντοπολτού από θειικά, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ετρινγκίτη που διογκώνεται και οδηγεί σε διάρρηξη.

Το *αργιλοσιδηρικό τετρασβέστιο* (C_4AF) βρίσκεται σε ποσοστό της τάξης του 9% κ.β. και επηρεάζει τις ιδιότητες του τσιμεντοπολτού σε χαμηλότερο βαθμό: συνεισφέρει ελάχιστα στην ενυδάτωση, προκαλεί ασήμαντη ανάπτυξη αντοχής, χαρακτηρίζεται από μέση θερμότητα ενυδάτωσης και προσδίδει έντονο χρώμα (σκούρο καφέ ή γκριζοπράσινο).

Εκτός από τα παραπάνω συστατικά, το τσιμέντο περιέχει σε πολύ μικρές ποσότητες και άλλα οξείδια, όπως: *Οξείδιο του μαγνησίου* (MgO), στο οποίο οφείλεται βασικά το γκριζοπράσινο χρώμα του τσιμέντου.

Οξείδια του νατρίου και του καλίου (Na_2O , K_2O), που ενδέχεται να αντιδράσουν με ορισμένα αδρανή προκαλώντας ζημιές στο σκυρόδεμα, και που μπορεί να επιδράσουν δυσμενώς στην πήξη του τσιμεντοπολτού (γι' αυτό πρέπει να είναι το πολύ 1% κ.β. του τσιμέντου).

Πίνακας 3.7.2.1

ΤΥΠΙΚΗ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ PORTLAND

Οξείδιο	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Άλλα
Ποσοστό κ.β	64	22	6	3	1.5	2	0.5	0.5	1

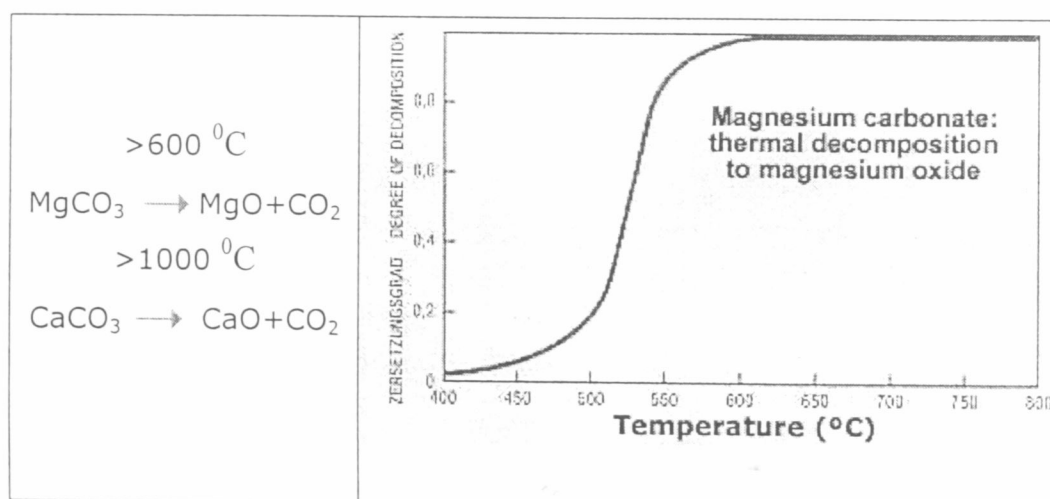
4.5.3 Το πρόβλημα του οξειδίου του μαγνησίου (MgO)

Για την μεγάλης διάρκειας σταθερότητα μιας κατασκευής που στηρίζεται στο τσιμέντο, είναι πολύ σημαντικό τα υλικά που αποτελούν το τσιμέντο να μην παρουσιάσουν καμία ιδιαίτερη μεταβολή όγκου, εκτός αυτής που σχετίζεται με την διάχυση της υγρασίας. Παρόλα αυτά σχεδόν από την έναρξη της βιομηχανικής παραγωγής του τσιμέντου Portland, παρατηρήθηκε ότι η παρουσία οξειδίου του μαγνησίου (MgO), το οποίο δεν είναι σε μορφή ένωσης με άλλα συστατικά στο

τελικό προϊόν δημιουργεί καθυστερημένη και υπερβολική διόγκωση. Οι πρώτες τέτοιες παρατηρήσεις έγιναν το 1884 πρώτα στη Γαλλία και μετά στη Γερμανία.

Το οξείδιο του μαγνησίου (MgO) απαντάται σε ποικίλες ποσότητες στις πρώτες ύλες (ασβεστόλιθος) που χρειάζονται για την παραγωγή του τσιμέντου Portland. Κατά τη διάρκεια της έψησης των πρώτων υλών ένα μέρος του οξειδίου του μαγνησίου, είτε δημιουργείται σαν στερεή ένωση, σε συνδυασμό με τα πυριτικά ασβέστια 3CaOSiO_2 (C_3S) και 2CaOSiO_2 (C_2S), σε μορφή μικρών γωνιωδών κρυστάλλων ή συστοιχιών κρυστάλλων, είτε συμμετέχει στην υγρή φάση του κλίνκερ.

Το περίκλαστο ή αλλιώς μαγνησία (MgO) δημιουργείται σε κλίνκερ στα οποία η περιεκτικότητα του μαγνησίου είναι μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να συμπεριληφθεί σε στερεή ένωση (περίπου 1,5% σύμφωνα με τον Bye 1983). Συνήθως το περίκλαστο κυμαίνεται στο 1% του κλίνκερ αλλά συχνά μπορεί να φτάνει το 5% ή και περισσότερο. Δημιουργείται κατά την διάρκεια της έψησης όταν έχουμε διαχωρισμό του CO_2 από το MgCO_3 λόγω μεγάλης θερμοκρασίας. Το MgCO_3 αποσυντίθεται σε μικρότερη θερμοκρασία από ότι το CaCO_3 , περίπου μεταξύ 600°C και 900°C . Η συγκεκριμένη μαγνησία που παράγεται μέχρι αυτές τις θερμοκρασίες έχει πολύ καλή αντιδραστικότητα. Όμως επειδή ο κλίβανος θερμαίνεται σε θερμοκρασίες μέχρι $1400\text{-}1500^\circ\text{C}$, που είναι αναγκαίες για αποσυντεθεί το CaCO_3 , δημιουργείται dead-burnt μαγνησία που είναι το αποτέλεσμα της παρατεταμένης έκθεσης του MgO σε τόσο υψηλή θερμοκρασία. Η dead-burnt μαγνησία έχει πάρα πολύ χαμηλή αντιδραστικότητα.



Σχ.3.7.3. Αποσύνθεση του MgCO_3 σε περίκλαστο (MgO) λόγω θερμότητας

Θεωρείται, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σαν ένα ανεπιθύμητο συστατικό στο τσιμέντο παρόλο που σε μικρές ποσότητες έχει κάποια αξία σαν ρευστοποιητής.

Μεγάλες ποσότητες περίκλαστου στο σκυρόδεμα δείχνουν να επηρεάζουν την ογκομετρική σταθερότητα του σκυροδέματος, καθώς η ενυδάτωση του MgO σε Mg(OH)_2 οδηγεί σε μοριακή στερεή ογκομετρική διαστολή της τάξης του 117% το οποίο δημιουργεί εφελκυστικές τάσεις (Lea 1970).

Όταν αυτές οι τάσεις ξεπεράσουν την ελαστική αντοχή του σκυροδέματος δημιουργούνται ραγίσματα και διαρρήξεις και το τσιμέντο αλλοιώνεται και εκφυλίζεται. Συνεπώς η μαγνησία πρέπει να περιορίζεται κάτω από το 5%, με ιδανικό ποσοστό μεταξύ 0-1,5% στο τσιμέντο Portland.

5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

5.1 ΠΡΩΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

Το 1973 η ΑΕ Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ πριν προβεί στην κατασκευή εργοστασίου τσιμέντων στην περιοχή της Ελευσίνας, εκτέλεσε γεωλογική μελέτη της ευρύτερης περιοχής για να εξακριβώσει την ύπαρξη καταλλήλων πετρωμάτων (ασβεστόλιθοι) που θα τροφοδοτούσαν την τότε νέα μονάδα παρασκευής τσιμέντου.

Τα αποτελέσματα της εν λόγω έρευνας για την ευρύτερη περιοχή δίδονται παρακάτω:

5.1.1 Γεωλογία ευρύτερης περιοχής

Στην ευρύτερη περιοχή γεωλογικά εντοπίζονται οι παρακάτω σχηματισμοί από τους παλαιότερους προς τους νεότερους:

1. Παλαιοζωϊκά ιζήματα: Αποτελούνται από στρώματα σχιστοψαμμιτών με γραουβάκες, χαλαζίτες, ασβεστόλιθους, ηφαιστειακούς τόφφους και βασικές ηφαιστειακές λάβες. Από τα παραπάνω στρώματα μεγαλύτερη ανάπτυξη παρουσιάζουν οι σχιστοψαμμίτες και οι γραουβάκες ενώ η συμμετοχή των υπολοίπων σχηματισμών είναι περιορισμένη.
2. Μεσοζωϊκά ιζήματα: Αποτελούνται, αποκλειστικά από ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες. Διακρίνονται, αναλόγως της ηλικίας, σε Τριαδικούς και Άνω-Κρητιδικούς.
 - Τριαδικοί ασβεστολιθικοί δολομίτες: Χωρίζονται σε δύο βασικούς ορίζοντες, τον κατώτερο και τον ανώτερο ορίζοντα.
 - Κατώτερος Τριαδικός ορίζοντας: Ο ορίζοντας αυτός αποτελείται από λευκούς, έως λευκότεφρους, ενίοτε ροδίζοντες ασβεστόλιθους, παχυστρωματώδεις, έως άστρωτους, έντονα διερρηγμένους και

αποκαρστωμένους. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί τοπικώς μεταπίπτουν σε δολομιτικούς ασβεστόλιθους ή και τυπικούς δολομίτες.

- *Ανώτερος Τριαδικός ορίζοντας:* Αποτελείται από τεφρούς-μελανότεφρους έως μελανόφαιους ασβεστόλιθους λεπτοπλακώδεις και μεσοπλακώδεις, που περιέχουν κατά περιοχές ενστρώσεις και κονδύλους κερατολίθου και μεταπίπτουν τοπικά σε δολομιτικούς ασβεστόλιθους ή δολομίτες. Μπορεί να περικλείουν λεπτές αργιλικές ενστρώσεις.
 - *Ανω-Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι:* Είναι τεφροί έως λευκότεφροι ασβεστόλιθοι που περιέχουν κατά θέσεις αραιούς κονδύλους κερατολίθου. Στους ανώτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες μεταπίπτουν σε λεπτοπλακώδεις, στολιδωμένους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους οι οποίοι περιέχουν λεπτές ενστρώσεις ή κονδύλους κερατολίθου.
3. *Τριτογενή ιζήματα:* Αντιπροσωπεύονται από φλύσχη και αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα αργιλικών σχιστόλιθων και ψαμμιτών, με κατά τόπους παρεμβολές φακοειδών στρώσεων ασβεστόλιθου.
4. *Τεταρτογενείς αποθέσεις:*
- *Παλαιότερες:* Αποτελούνται κυρίως από ασβεστολιθικές κροκάλες, λίγο ή περισσότερο αποστρογγυλομένες και συγκολλημένες μεταξύ τους με ασβεστοαργιλικό τσιμέντο. Αποτελούν στο σύνολό τους λατυποκροκαλοπαγή, κατά τόπους μέτριας ως μεγάλης συνοχής.
 - *Νεότερες:* Είναι γενικώς χαλαρές και αποτελούνται από κροκάλες, λατύπες, άμμους και αργίλους, σε ποικίλες κατά περιοχές αναλογίες.

5.1.2 Περιοχές που ερευνήθηκαν για ύπαρξη ασβεστόλιθων.

Οι περιοχές που επελέχθησαν προς έρευνα πληρούσαν τα εξής κριτήρια: Ύπαρξη ασβεστόλιθων, θέση μέσα στο γενικότερο γεωλογικό πλαίσιο, προσπέλαση, γειτνίαση ή μη σε κατοικημένες περιοχές, κύριες συγκοινωνιακές αρτηρίες, κτλ.

Οι περιοχές που ερευνήθηκαν ήταν οι εξής:

- Περιοχή δυτικά της Μάνδρας
- Νότια πλευρά του όρους Μάλια-Μπλέρτα
- Βόρειοι πρόβουνοι του όρους Μαυροβούνι
- Δυτική πλευρά του όρους Κόρακας και ανατολική πλευρά του έναντι υψώματος
- Νότια και βόρεια πλευρά του όρους Κόρακα
- Λούτσα
- Περιοχή Χάνι Καμπόλη-Κοκκίνι
- Κορυφές Αγίου Βλασίου
- Βιλίζα
- Λέμφι
- Περιοχή βορείως Ασπροπύργου

Κατά τη μελέτη των παραπάνω περιοχών διαπιστώθηκε ότι η περιοχή Λέμφι, λόγω της θέσης και της ποσότητας και ποιότητας των ασβεστολιθικών αποθεμάτων, ήταν η καταλληλότερη για τη δημιουργία λατομείου ασβεστόλιθου.

5.1.3 Γεωλογική μελέτη της περιοχής Λέμφι.

Έγινε λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση του ορεινού όγκου Λέμφι και εκτελέστηκαν 15 δειγματοληπτικές γεωτρήσεις. Από τους πυρήνες έγινε και σειρά χημικών αναλύσεων. Τα βασικότερα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τη λεπτομερή γεωλογική μελέτη της συγκεκριμένης περιοχής ήταν τα εξής:

1. Η περιοχή από πλευράς συστάσεως, αποτελείται από μελανότεφρους πλακώδεις στολιδωμένους ασβεστόλιθους με αραιές παρεμβολές κονδύλων κερατόλιθου και από λευκούς – λευκότεφρους άστρωτους ασβεστόλιθους ζαχαρώδους υφής, με παρεμβολές μέσα σε αυτούς λευκών-λευκότεφρων δολομιτών, υπό μορφή μικρών φωλεών ή εκτεταμένων σωμάτων. Το μέγιστο

μέρος του ορεινού όγκου του Λέμφι αποτελείται από λευκούς– λευκότεφρους άστρωτους ασβεστόλιθους με παρεμβολές μέσα σε αυτούς δολομιτών.

2. Η κατανομή των δολομιτών μέσα στους λευκούς–λευκότεφρους άστρωτους ασβεστόλιθους είναι, κατά τη μελέτη, τελείως ακανόνιστη, ενώ η μορφή αυτών των δολομιτικών φωλεών ή σωμάτων ποικίλλει.
3. Η ποιότητα των μελανότερων πλακωδών ασβεστόλιθων (ανώτερος τριαδικός ορίζοντας) είναι γενικά καλή, ιδίως αυτοί που είναι απαλλαγμένοι από τους δολομίτες, η έκταση και το πάχος τους όμως είναι περιορισμένα. Επίσης η ποιότητα των λευκών – λευκότεφρων ασβεστόλιθων (κατώτερος τριαδικός ορίζοντας) είναι πολύ καλή, εφόσον αυτοί δεν συνοδεύονται από δολομίτη ο οποίος τους προσδίδει αυξημένη περιεκτικότητα μαγνησίου.
4. Η κατανομή των δολομιτών μέσα στη μάζα των λευκών ασβεστόλιθων δεν ακολουθεί καμία νομοτέλεια κάτι που καθιστά πολύ δυσχερή τον εντοπισμό ασβεστολιθικών περιοχών, απαλλαγμένο από δολομίτη. Η πιο ενδιαφέρουσα περιοχή είναι αυτή που καταλαμβάνεται από το κορυφαίο τμήμα του όρους, δηλαδή από την ισοϋψή των 350 m. και πάνω και ιδιαίτερα το ανατολικό μισό της περιοχής αυτής. Στο τμήμα αυτό τόσο τα στοιχεία της επιφανειακής γεωλογικής έρευνας όσο και εκείνα των γεωτρήσεων δείχνουν ότι η παρουσία δολομίτη είναι πολύ περιορισμένη. Σε αντίθεση με το ανατολικό μισό της περιοχής, το δυτικό καταλαμβάνεται από ασβεστόλιθους οι οποίοι δεν είναι πλήρως απαλλαγμένοι από δολομιτικές παρεμβολές.

5.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΞΟΡΥΣΣΟΜΕΝΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΣΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΚΑΜΑΡΙΟΥ

5.2.1 Εισαγωγή

Κατά την ανάπτυξη του λατομείου ασβεστολίθου του εργοστασίου Καμαρίου προς τα δυτικά, το εξορυσσόμενο πέτρωμα εμφάνισε αυξημένη περιεκτικότητα μαγνησίου, σε αρκετά σημεία, γεγονός το οποίο δυσχεραίνει την εξασφάλιση προϊόντος κατάλληλης ποιότητας.

Μετά την εμφάνιση αυτού του προβλήματος, διενεργήθηκε έρευνα από την εταιρεία με σκοπό την προσπάθεια εντοπισμού των ζωνών εμφάνισης δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων, ώστε να προγραμματισθεί ο τρόπος της μελλοντικής εξόρυξης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας περιέχονται παρακάτω και ταυτόχρονα γίνονται και οι σχετικές προτάσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

5.2.2 Γεωλογία – Τεκτονική

Ο εξορυσσόμενος ασβεστόλιθος είναι ένας λευκός, τοπικά ροδόχρους, παχυστρωματώδης έως άστρωτος, κατά θέσεις κρυσταλλικός ασβεστόλιθος, Τριαδικής ηλικίας, ο οποίος τοπικά μεταπίπτει σε μαγνησιούχο ασβεστόλιθο, δολομιτικό ασβεστόλιθο ή τυπικό δολομίτη, ανάλογα με το ποσοστό του μαγνησίου που περιέχει στη μάζα του.

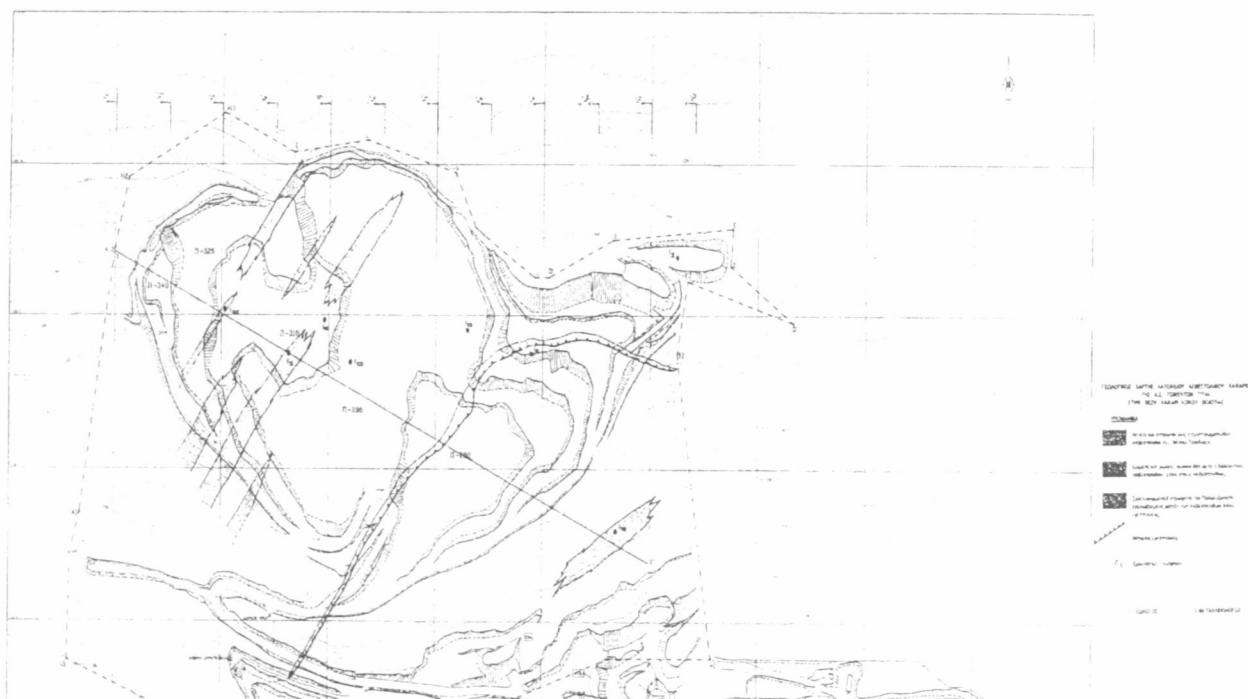
Η δολομιτοποίηση του ασβεστολίθου δεν ακολουθεί καμιά νομοτέλεια άρα και η κατανομή του οξειδίου του μαγνησίου είναι απρόβλεπτη.

Ο δολομίτης και ο δολομιτικός ασβεστόλιθος παρεμβάλλεται μέσα στη μάζα του ασβεστολίθου με τη μορφή μικρών φωλεών ή μεγαλύτερων σωμάτων με ασαφή όρια, δυσδιάκριτα κατά την επιφανειακή παρατήρηση. Γενικά έχει παρατηρηθεί ότι η αυξημένη παρουσία δολομίτη και δολομιτικού ασβεστόλίθου εμφανίζουν οι βαθύτεροι στρωματογραφικά ορίζοντες του κοιτάσματος, δηλαδή οι ορίζοντες που βρίσκονται κοντά στην επαφή με τους υποκείμενους σχηματισμούς του Παλαιοζωϊκού υπόβαθρου (σχιστοψαμμίτες κ.λπ.). Επίσης διακρίνεται μια τάση ανάπτυξης των δολομιτοποιημένων μαζών κατά την γενική διεύθυνση και κλίση των στρωμάτων του ασβεστολίθου, χωρίς όμως αυτές να παίρνουν σαφή μορφή ενστρώσεων. (Δούνας, Γεωλογική μελέτη της Εταιρίας Α.Ε ΤΙΤΑΝ)

Από το χώρο του λατομείου διέρχεται μια τεκτονική ζώνη η οποία το χωρίζει σε ΒΔ και ΝΑ τμήμα. Η τεκτονική αυτή ζώνη έχει προκληθεί από μια εφαπτομενική κίνηση των στρωμάτων της περιοχής (εφίπνευση) η οποία έχει φέρει τους ασβεστόλιθους του ΒΔ τμήματος και τους υποκείμενους αυτών σχιστοψαμμίτες του Παλαιοζωϊκού πάνω στους ασβεστόλιθους του ΝΑ τμήματος (Σχ.5.2.2). Έτσι μεταξύ των ασβεστολίθων των δύο τμημάτων εγκλωβίζεται μια ζώνη από σχιστοψαμμιτικά στρώματα του Παλαιοζωϊκού της οποίας το πάχος παρουσιάζει αυξομειώσεις, αλλά γενικά είναι

μικρό έως μηδενικό, οπότε οι ασβεστόλιθοι των δύο, όπως πιο πάνω, τμημάτων έρχονται σε άμεση τεκτονική επαφή.

Η τεκτονική κίνηση η οποία προκάλεσε το φαινόμενο της εφίππευσης είχε φορά από τα ΒΔ προς τα ΝΑ και γι' αυτό η γενική κλίση του μετώπου της είναι προς τα ΒΔ. Κατά συνέπεια, όσο το επίπεδο της εκμετάλλευσης κατέρχεται υψομετρικά, τόσο η ζώνη με τα σχιστοψαμμιτικά στρώματα του Παλαιοζωϊκού θα μετατίθεται προς τα ΒΔ. Από την πιο πάνω περιγραφή της τεκτονικής δομής της περιοχής του λατομείου προκύπτει ότι οι ασβεστόλιθοι του ΒΔ τμήματος αντιπροσωπεύουν τους βαθύτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες του σχηματισμού (κοντά στην επαφή τους με το Παλαιοζωϊκό) ενώ οι ασβεστόλιθοι του ΝΑ τμήματος τους αρκετά ανώτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες.



Σχ.5.2.2 Χάρτης όπου φαίνονται οι εμφανίσεις δολομιτών και το φαινόμενο της εφίππευσης.

Η παρουσία δολομιτών δεν είναι πάντα αναγνωρίσιμη με ευχέρεια. Ακόμα δυσκολότερη είναι η αναγνώριση των δολομιτικών-ασβεστολίθων και η χάραξη των ορίων τους μέσα στη μάζα των καθαρών ασβεστολίθων. Η κατανομή του MgO είναι γενικά ακατάστατη. Όμως σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι ακολουθεί ένα γενικό προσανατολισμό ΒΑ – ΝΔ, ο οποίος ταυτίζεται πιθανά και με τη στρώση του πετρώματος η οποία, πρέπει να σημειωθεί, είναι ασαφής και δυσδιάκριτη. Δηλαδή το δολομιτωμένο πέτρωμα αποτελεί ζώνες ΒΑ – ΝΔ διεύθυνσης και μεγάλης κλίσης προς τα ΒΔ, της τάξης των 80° .

5.2.3 Συμπεράσματα

Ο χώρος του λατομείου ασβεστολίθου χωρίζεται σε δύο τμήματα (ΒΔ – ΝΑ) από μία ζώνη σχιστοψαμμιτικών στρωμάτων του Παλαιοζωϊκού η οποία έχει εγκλωβιστεί μεταξύ των ασβεστόλιθων λόγω τεκτονικού αιτίου. Το τεκτονικό αίτιο είναι μια εφίπνευση των ασβεστολίθων του ΒΔ τομέα μαζί με τους υποκείμενους στρωματογραφικά σχιστοψαμμίτες του Παλαιοζωϊκού πάνω στους ασβεστόλιθους του ΝΑ τομέα του λατομείου. Οι ασβεστόλιθοι του ΒΔ τομέα αντιπροσωπεύουν τους βαθύτερους στρωματογραφικά ορίζοντες του σχηματισμού, ενώ οι ορίζοντες του ΝΑ τομέα σχετικά ανώτερους.

Πιθανά στο παραπάνω γεγονός οφείλεται η αυξημένη παρουσία δολομιτών και δολομιτωμένων ασβεστόλιθων στο ΒΔ τομέα του λατομείου, γιατί όπως έχει παρατηρηθεί στην ευρύτερη περιοχή, στα βαθύτερα στρώματα του Τριαδικού ασβεστόλιθου η περιεκτικότητα σε οξείδιο του μαγνησίου είναι κατά πολύ υψηλότερη.

Κατά την επέκταση της εξόρυξης προς τα δυτικά συναντηθήκανε ζώνες δολομιτών και δολομιτικών ασβεστόλιθων σε αυξημένη σχετικά πυκνότητα, οι οποίες δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα στην εξόρυξη ασβεστολίθου με την κατάλληλη ποιότητα. Οι ζώνες αυτές, παρά την δύσκολη αναγνώριση τους στο πεδίο, φαίνεται να έχουν μια γενική διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ και μέση κλίση μεγάλη (περίπου 80^0) προς τα ΒΔ. Το πάχος τους ποικίλει κατά θέσεις και παρουσιάζει αυξομειώσεις, κατά μήκος και βάθος. Η περιεκτικότητα του μαγνησίου στις ζώνες αυτές ποικίλλει επίσης μεταξύ ευρέων ορίων ώστε το πέτρωμα άλλοτε να είναι μαγνησιούχος, άλλοτε δολομιτικός και άλλοτε τυπικός δολομίτης (περιεκτικότητα σε MgO πάνω από 16%). (Δούνας, Γεωλογική μελέτη της Εταιρίας Α.Ε ΤΙΤΑΝ).

5.3 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΚΑΜΑΡΙΟΥ

Για τη σωστή προσέγγιση του προβλήματος εξετάστηκαν επί τόπου οι ασυνέχειες του λατομείου. Πραγματοποιήθηκε λεπτομερή βιντεοσκόπηση και φωτογράφιση περιοχών του λατομείου όπου κάθε φορά φαινόταν επακριβώς οι γεωλογικοί

σχηματισμοί, τα ρήγματα, οι πτυχές, οι εφιππεύσεις, οι διακλάσεις, οι επωθήσεις κτλ. Επίσης έγιναν μετρήσεις με γεωλογική πυξίδα επί των γωνιών κλίσης των πτυχών και των ρηγμάτων (βλέπε Παράρτημα). Οι μετρήσεις αυτές των γωνιών κλίσης δίνουν μια γενική εικόνα για την τεκτονική της περιοχής καθώς και για το προσανατολισμό των γεωλογικών σωμάτων.

Οι μετρήσεις των τεκτονικών στοιχείων πραγματοποιήθηκαν ως εξής:

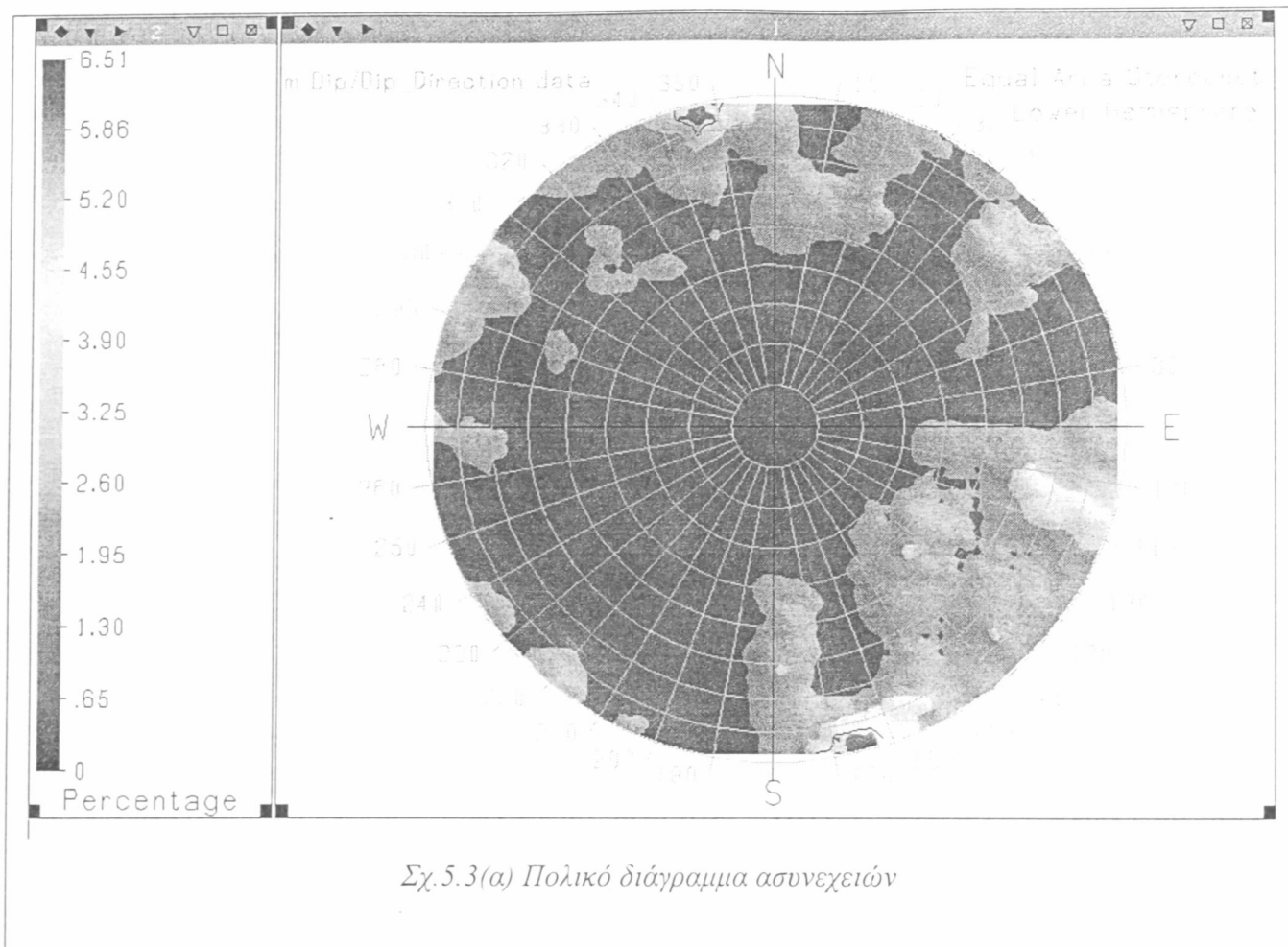
- Αρχικά το λατομείο χωρίστηκε σε δύο μέρη: Στο ανατολικό και στο δυτικό. Στο ανατολικό τμήμα και ιδίως στο νοτιοανατολικό μέρος του υπάρχει το ‘καθαρότερο’ πέτρωμα. Παρατηρούνται επίσης αργίλικα πετρώματα ανάμεσα στον εξορυσσόμενο ασβεστόλιθο, στα βορειοανατολικά της βαθμίδας υψομέτρου 315m.

Στο δυτικό τμήμα και ιδίως στο βορειοδυτικό μέρος του υπάρχει η μεγαλύτερη εμφάνιση των ασβεστολιθικών-δολομιτών και δολομιτικών-ασβεστόλιθων, όπου το εξορυσσόμενο πέτρωμα εμφανίζει μεγάλη περιεκτικότητα σε οξείδιο του μαγνησίου και εντοπίζεται στη βαθμίδα υψομέτρου 300m.

- Οι μετρήσεις ξεκίνησαν από το βορειοανατολικό τμήμα της βαθμίδας υψομέτρου 330m. προς τα νοτιοανατολικά. Στη συνέχεια οι μετρήσεις συνεχίστηκαν από το νοτιοανατολικό τμήμα της βαθμίδας υψομέτρου 315m. προς το βορειοανατολικό μέρος. Οι μετρήσεις στο ανατολικό μέρος του λατομείου τελείωσαν με τις μετρήσεις των τεκτονικών στοιχείων της βαθμίδας υψομέτρου 300m. από τα νοτιοανατολικά προς τα βορειοανατολικά.
- Από το δυτικό τμήμα του λατομείου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των τεκτονικών στοιχείων της βαθμίδας υψομέτρου 300m από τα βόρεια-βορειοδυτικά προς τα νοτιοδυτικά.

Οι μετρήσεις των ασυνεχειών που έγιναν στο ανατολικό μέρος είναι 166 και στο δυτικό μέρος 51.

Με βάση την επί τόπου χαρτογράφηση των διευθύνσεων των κλίσεων και κλίσεων των ασυνεχειών στις βαθμίδες του λατομείου, κατασκευάστηκε το πολικό διάγραμμα Schmitd του Σχ.5.3(α). (Exadaktylos et al. 2002)



Σχ.5.3(α) Πολικό διάγραμμα ασυνεχειών

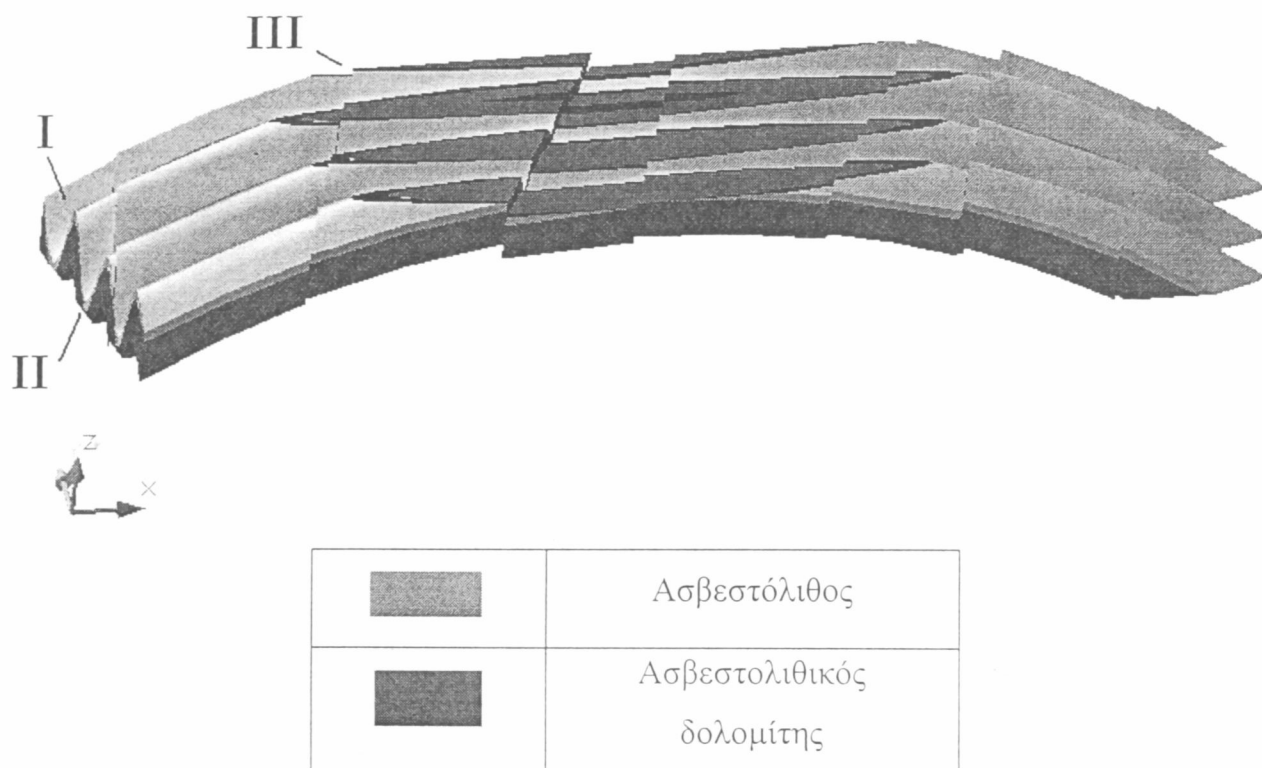
Σύμφωνα με τις έως τώρα μελέτες των τεκτονικών στοιχείων της περιοχής του Καμαρίου και της ευρύτερης του Καμαρίου περιοχής, καθώς και από την επί τόπου αποτύπωση του προσανατολισμού των ασυνεχειών, φαίνεται να ισχύουν τα παρακάτω:

Κατά τη διάρκεια της Αλπικής ορογένεσης, ολόκληρη περιοχή υποβλήθηκε σε δύο ευδιάκριτες περιόδους θλιπτικής τάσης. Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, μεγάλες καθώς επίσης και μικρές, καλά αναπτυγμένες πτυχές, διαμορφώθηκαν με διεύθυνση αξόνων BBA/NNΔ (οικογένεια I, στο πολικό διάγραμμα 5.3(α)), (Δούνας, 1971).

Σε ένα επόμενο δεύτερο επεισόδιο, που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της Κατώτερης Κρητιδικής περιόδου (Ηωελληνικός ορογενετικός κύκλος, κατά Jacobshagen, 1986), μια δεύτερη γενεά πτυχών δημιουργήθηκε με διεύθυνση αξόνων ANA/ΔΒΔ (οικογένεια II, στο πολικό διάγραμμα 3α). Ως αποτέλεσμα του τελευταίου επεισοδίου, τα πετρώματα στην περιοχή ρηγματώθηκαν σε μια τρίτη φάση (οικογένεια III, στο πολικό διάγραμμα 3(α)), με γενική παράταξη NNΔ/BBA.

Μετρήσεις στην περιοχή, των επίπεδων επιφανειών των πτυχών και των ρηγμάτων στην μελετώμενη περιοχή, αποκάλυψαν ακριβώς αυτά τα ευδιάκριτα τεκτονικά γεγονότα.

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις κατασκευάστηκε τεκτονικό μοντέλο του κοιτάσματος ασβεστόλιθου το οποίο φαίνεται στο Σχ.5.3(β). Οι προσανατολισμοί των ασυνεχειών που μετρήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 5.3(γ).



Σχέδιο 5.3(β) Τεκτονικό μοντέλο του κοιτάσματος ασβεστόλιθου (Exadaktylos et al. 2002)

Οικογένεια	Περιγραφή	Παράταξη	Διεύθυνση Κλίσης
I	1 ^η γενεά πτυχών	75° BBA/NNΔ	
II	2 ^η γενεά πτυχών	140° ANA/ΔΒΔ	
III	Ρήγματα	200° NNΔ / BBA	290° NNΔ / BBA

Σχέδιο 5.3(γ) Πίνακας των προσανατολισμών του συνόλου των ασυνεχειών που μετρήθηκαν. (Exadaktylos et al. 2002)

Πίνακας 5.3.1**Μετρήσεις των γωνιών κλίσης των πτυχών και των ρηγμάτων**

	Διεύθυνση Κλίσης(°)	Κλίση (°)			Διεύθυνση Κλίσης(°)	Κλίση (°)
A/A	xxy	yy		A/A	xxy	yy
1	261	50		110	300	44
2	243	60,75		111	164	70
3	302	69		112	182	58
4	280	81		113	142	44
5	110	89		114	126	50
6	203	53		115	184	52
7	262	75		116	182	44
8	248	52		117	198	59
9	270	85		118	133	52
10	292	75		119	144	56
11	288	80		120	154	49
12	289	84		121	272	38
13	184	60		122	256	50
14	190	56		123	198	77
15	186	59		124	168	54
16	242	62		125	175	86
17	320	50		126	178	69
18	240	50		127	132	62
19	270	85		128	137	66
20	280	56		129	143	66
21	305	70		130	152	42
22	324	39		131	115	79
23	314	36		132	105	83
24	0	70		133	228	62
25	4	65		134	224	69
26	307	80		135	199	74
27	285	76		136	194	81
28	116	74		137	276	71
29	120	86		138	205	66
30	272	75		139	302	87
31	180	75		140	312	82
32	290	75		141	207	85
33	308	45		142	205	85
34	333	75		143	277	66
35	86	75		144	274	55
36	107	59		145	291	63
37	111	60		146	231	74

Κεφάλαιο 5: Στοιχεία υπαίθριας Εκμετάλλευσης

38	326	77		147	233	64
39	296	55		148	232	69
40	319	85		149	198	60
41	310	74		150	312	75
42	120	78		151	327	85
43	273	84		152	320	80
44	284	86		153	230	68
45	300	81		154	189	69
46	273	55		155	162	71
47	290	81		156	237	86
48	290	65		157	54	88
49	288	66		158	237	89
50	282	66		159	239	74
51	282	70		160	229	76
52	356	56		161	165	86
53	354	54		162	161	81
54	310	44		163	185	50
55	356	41		164	162	87
56	287	60		165	163	65
57	313	64		166	208	54
58	302	86		167	37	84
59	284	65		168	140	86
60	336	72		169	163	67
61	346	85		170	178	77
62	358	64		171	168	87
63	0	57		172	322	28
64	358	57		173	338	86
65	328	54		174	88	72
66	328	58		175	88	82
67	317	68		176	153	71
68	312	66		177	40	86
69	170	89		178	224	86
70	342	86		179	215	87
71	338	86		180	22	86
72	336	88		181	42	85
73	170	86		182	180	86
74	168	88		183	164	84
75	150	85		184	168	86
76	310	84		185	47	41
77	338	77		186	45	46
78	333	74		187	140	81
79	358	85		188	147	83

Κεφάλαιο 5: Στοιχεία υπαίθριας Εκμετάλλευσης

80	277	84		189	240	68
81	346	80		190	348	85
82	343	87		191	178	89
83	175	21		192	174	86
84	334	80		193	340	84
85	202	89		194	348	89
86	350	80		195	346	81
87	287	65		196	332	89
88	286	50		197	165	82
89	117	89		198	154	82
90	292	86		199	68	62
91	358	74		200	54	80
92	354	77		201	64	86
93	359	76		202	123	76
94	305	56		203	83	70
95	310	46		204	219	85
96	314	49		205	93	53
97	330	62		206	172	80
98	320	48		207	172	47
99	326	52		208	270	40
100	324	50		209	359	43
101	330	44		210	357	60
102	307	36		211	14	41
103	320	74		212	338	46
104	315	75		213	356	44
105	280	37		214	112	52
106	285	38		215	82	50
107	286	85		216	72	51
108	107	86		217	85	5
109	301	44				

6. ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΣΤΗ
ΘΕΣΗ ΚΑΜΑΡΙ Ν.ΒΟΙΩΤΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ Α.Ε ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ
ΤΙΤΑΝ

6.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΛΑΤΟΜΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Το λατομείο ασβεστόλιθου βρίσκεται στη θέση "ΚΑΜΑΡΙ" της κοινότητας Στεφάνης Θηβών του νομού Βοιωτίας. Η μετάβαση στο λατομικό χώρο γίνεται μέσω του Εθνικού Δρόμου Αθηνών-Κορίνθου, και ακολουθώντας τον επαρχιακό δρόμο Ελευσίνας- "Δερβενοχωρίων". Το εργοστάσιο Καμαρίου βρίσκεται 12 χλμ. βόρεια της Ελευσίνας.

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του χώρου του λατομείου είναι $\lambda=38^{\circ}09'$ βόρειο πλάτος και $\Phi= -00^{\circ}11'$ από τον μεσημβρινό Αθηνών. Ο λατομικός χώρος είναι συνολικού εμβαδού $E=796,93$ στρεμμάτων.

6.2 ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

Ο υπολογισμός των αποθεμάτων του υπό μελέτη λατομικού χώρου έχει γίνει από την εταιρεία με τη μέθοδο των παράλληλων τομών ανά 100 μέτρα. Σε τομές κλίμακας 1:2.000 έχει υπολογισθεί γραφικά η αποκοπτόμενη από κάθε τομή από το υψόμετρο 355 επιφάνεια μέχρι το δάπεδο των 175 μέτρων και στη συνέχεια έχει υπολογισθεί ο όγκος των γεωλογικών αποθεμάτων του λατομικού χώρου όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.2

Γεωλογικά αποθέματα έως το υψόμετρο +175m

Τομή T_n	Εμβαδόν Τομής E'_n (m^2)	Ακτίνα επιρροής τομής τ_n (m)	Όγκος αποθεμάτων $V_n =$ $E'_n * \tau_n$ (m^3)
T_1	60.000	100	6.000.000
T_2	99.000	100	9.900.000
T_3	103.000	100	10.300.000
T_4	96.000	100	9.600.000
T_5	91.000	100	9.100.000

Κεφάλαιο 6: Εκμετάλλευση λατομείου ασβεστολίθου στη θέση Καμάρι Ν.Βοιωτίας
απο την Α.Ε Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ.

T ₆	88.000	100	8.800.000
T ₇	73.000	100	7.300.000
T ₈	68.000	100	6.800.000
T ₉	59.000	100	5.900.000
T ₁₀	62.000	100	6.200.000
T ₁₁	62.000	100	6.200.000
T ₁₂	7.000	100	700.000
		ΣΥΝΟΛΟ:	93.000.000

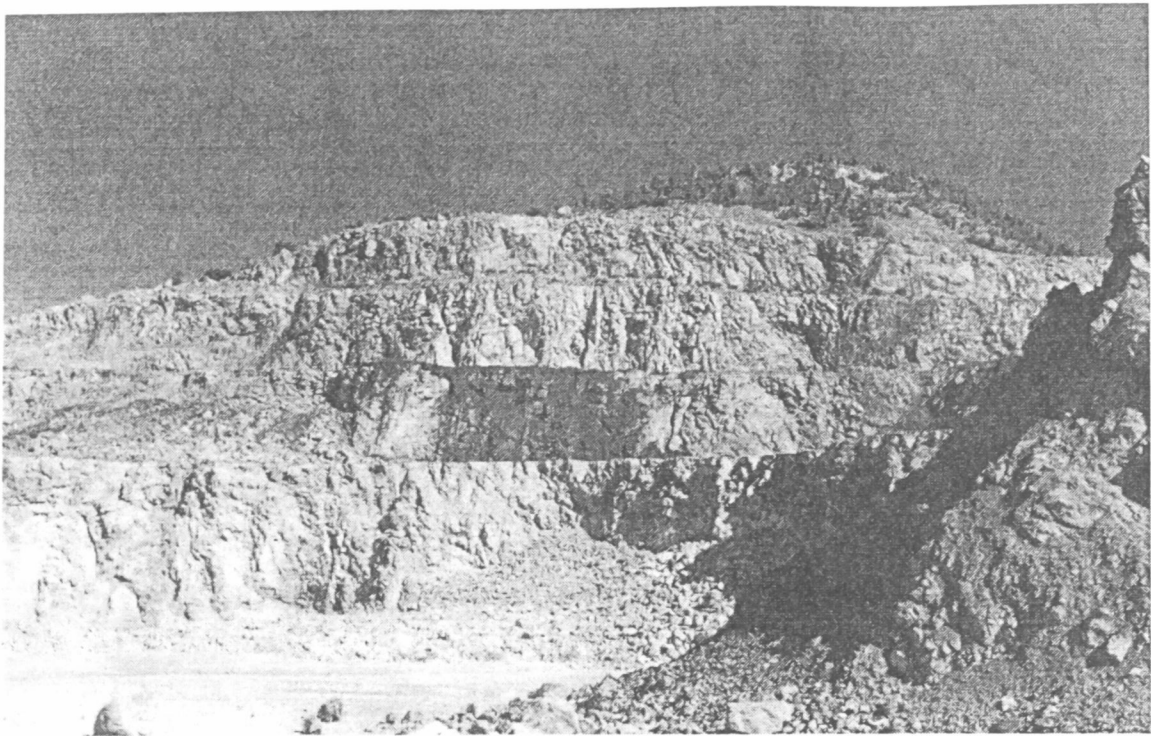
Όγκος γεωλογικού σχηματισμού in situ (ν): 93.000.000 m³ .

Γεωλογικά αποθέματα σε τόννους (ν * 2,65): 240.000.000 tn.

6.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

6.3.1 Εκλογή μεθόδου εκμετάλλευσης

Το τοπογραφικό ανάγλυφο, τα γεωλογικά και πετρολογικά χαρακτηριστικά καθώς και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του πετρώματος, επέβαλλαν την επιλογή της κλασσικής, για λατομεία αδρανών, μεθόδου εκμετάλλευσης των ορθών βαθμίδων. Η εκμετάλλευση περιορίζεται, σε ότι αφορά την έκταση, σε ένα χώρο 740 περίπου στρεμμάτων. Ο περιορισμός αυτός επιβάλλεται γιατί στα όρια του λατομικού χώρου θα εγκαταλειφθεί περιμετρική ζώνη ασφαλείας - προστασίας πλάτους 8m (παρ.2, άρθρο 80 του ΚΜΛΕ).Σε βάθος η εκμετάλλευση θα φτάσει μέχρι το επίπεδο των +175 m. Η τελική κλίση της εκμετάλλευσης θα είναι 44°.



Σχ.6.3.1 Βορειοανατολικό τμήμα του λατομείου

6.3.2 Απολήψιμα αποθέματα, Διάρκεια ζωής λατομείου

Με βάση τα προαναφερθέντα υπολογίσθηκε από την εταιρεία η προς απόληψη επιφάνεια σε κάθε μία από τις τομές κλίμακας 1:2000 και από αυτές υπολογίστηκε όπως και προηγουμένως ο προς απόληψη όγκος πετρώματος in situ.

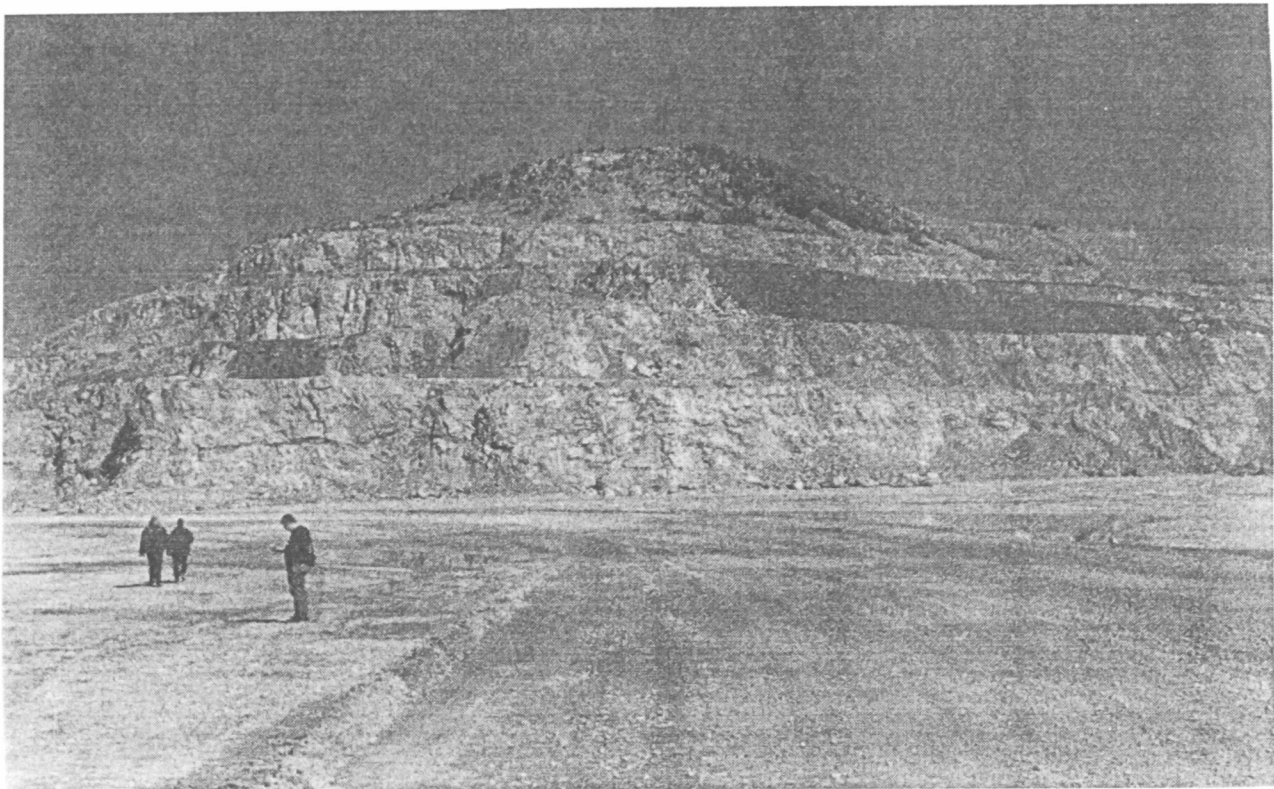
Πίνακας 6.3.2

Απολήψιμα αποθέματα έως το υψόμετρο 175 m.

Τομή T _n	Εμβαδόν τομής E _n (m ²)	Ακτίνα επιρροής τομής τ _n (m)	Όγκος αποθεμάτων V _n =E _n *τ _n (m ³)
T1	21000	90	1890000
T2	67000	100	6700000
T3	92500	100	9250000
T4	86500	100	8650000
T5	81000	100	8100000
T6	78500	100	7850000
T7	57500	100	5750000
T8	49000	100	4900000
T9	36500	100	3650000
T10	37000	100	3700000
T11	24500	100	2450000
T12	1000	50	50000
		Σύνολο	63000000

Απολήψιμα αποθέματα σε τόννους ($\nu * 2,65$) : 167.000.000 tn.

Τα συνολικά απολήψιμα λατομικά αποθέματα σύμφωνα με την εταιρεία ανέρχονται σε 167 εκατ. τόννους, τα οποία επαρκούν να τροφοδοτήσουν το εργοστάσιο Καμαρίου για ακόμα 60 χρόνια περίπου.



Σχ.6.3.2 Ανατολικό τμήμα του λατομείου

6.3.3 Μηχανικός Εξοπλισμός

Ο κύριος μηχανικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη του ασβεστολίθου, περιλαμβάνει:

Πίνακας 6.3.3

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ
1	Ερπυστριοφόρο διατρητικό μηχάνημα με σφύρα DTH για διατρήματα, διαμέτρου 6 3/4 in (crawler drill)	1
2	Ελαστιχοφόρος φορτωτής CAT με χωρητικότητα κάδου 10,5 m ³	1
3	Φορητό Dumper CAT 777B (95 tn)	3

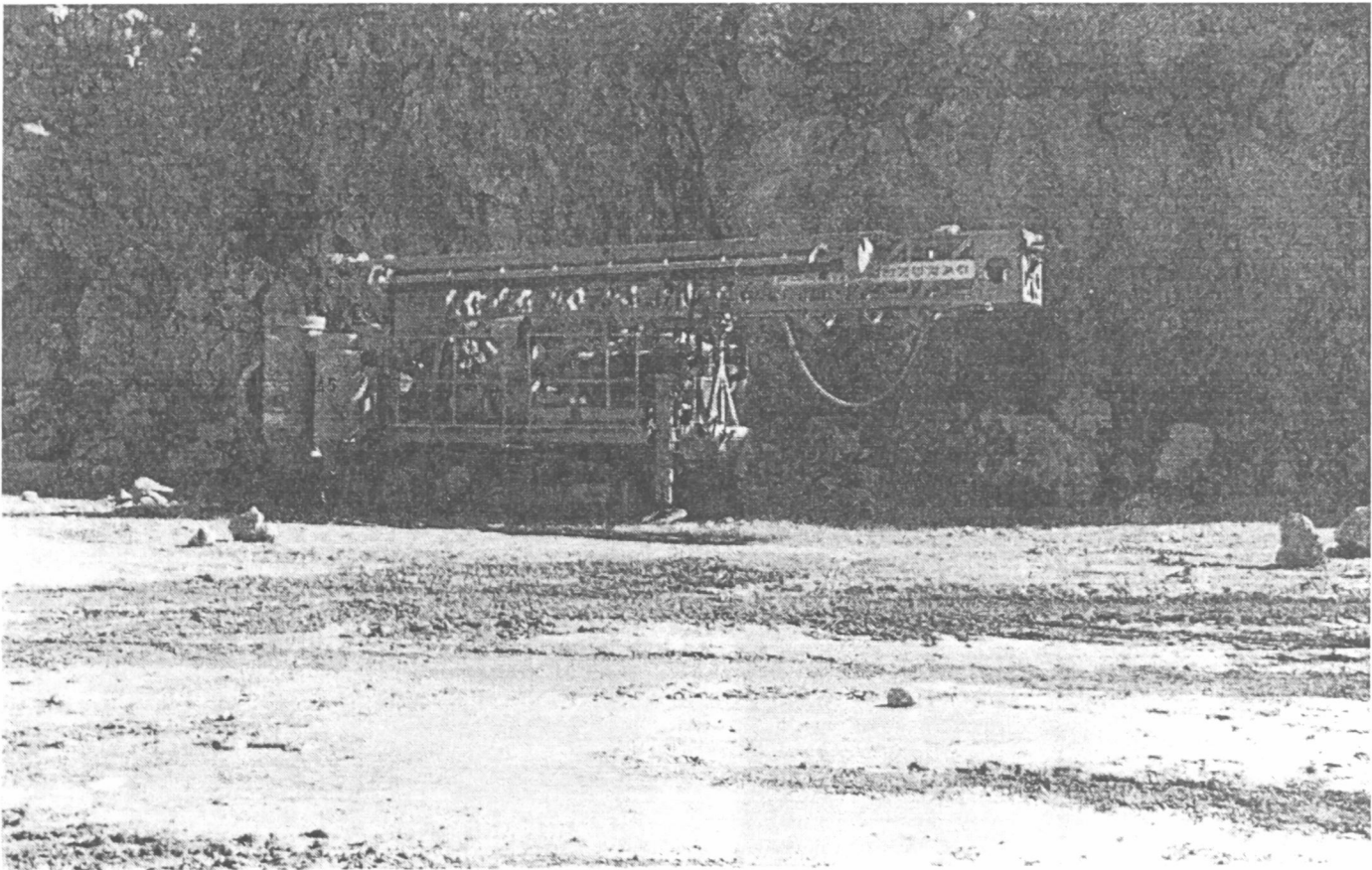
Κεφάλαιο 6: Εκμετάλλευση λατομείου ασβεστολίθου στη θέση Καμάρι Ν.Βοιωτίας
απο την Α.Ε Τσιμέντων TITAN.

4	Προωθητήρας D9H ισχύος 410HP	1
5	ANFO TRUCK	1

Ο εφεδρικός εξοπλισμός περιλαμβάνει τα παρακάτω μηχανήματα:

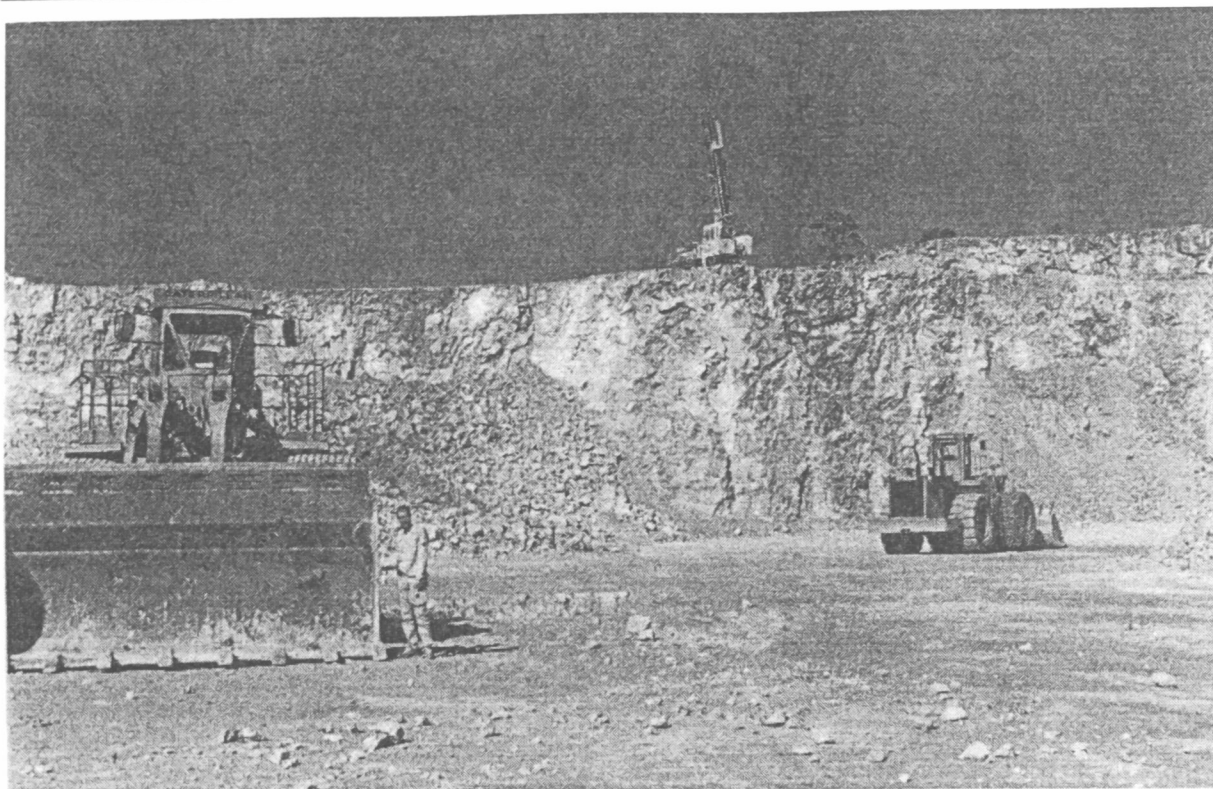
Πίνακας 6.3.3(α)

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ
1	Ελαστιχοφόρος φορτωτής CAT με χωρητικότητα κάδου 10,5 m ³	2
2	Φορτηγό Dumper CAT 777B (95 tn)	1
3	Φορτηγό Dumper CAT 773B (50 tn)	3
4	Διατρητικό μηχάνημα ισχύος 280HP	1

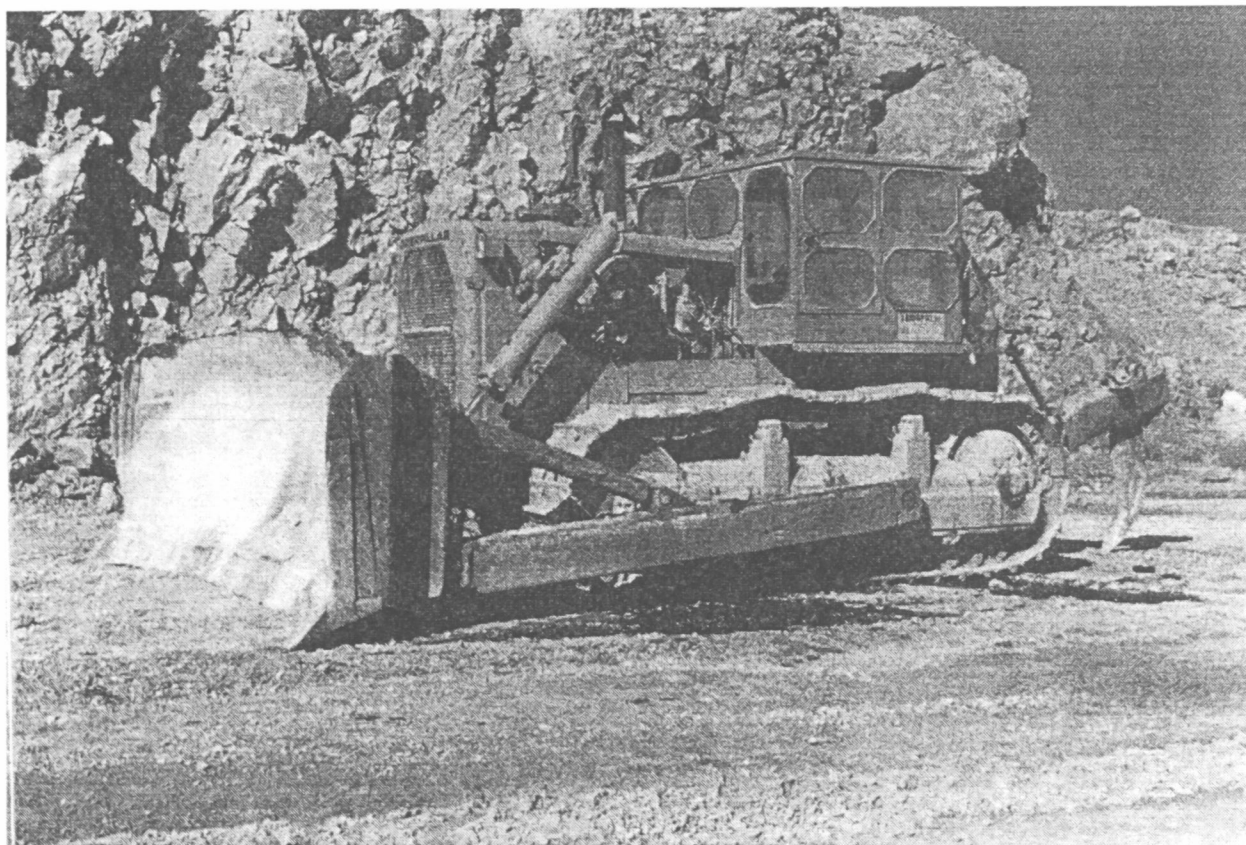


Σχ.6.3.3(α) Διατρητικό μηχάνημα (crawler drill)

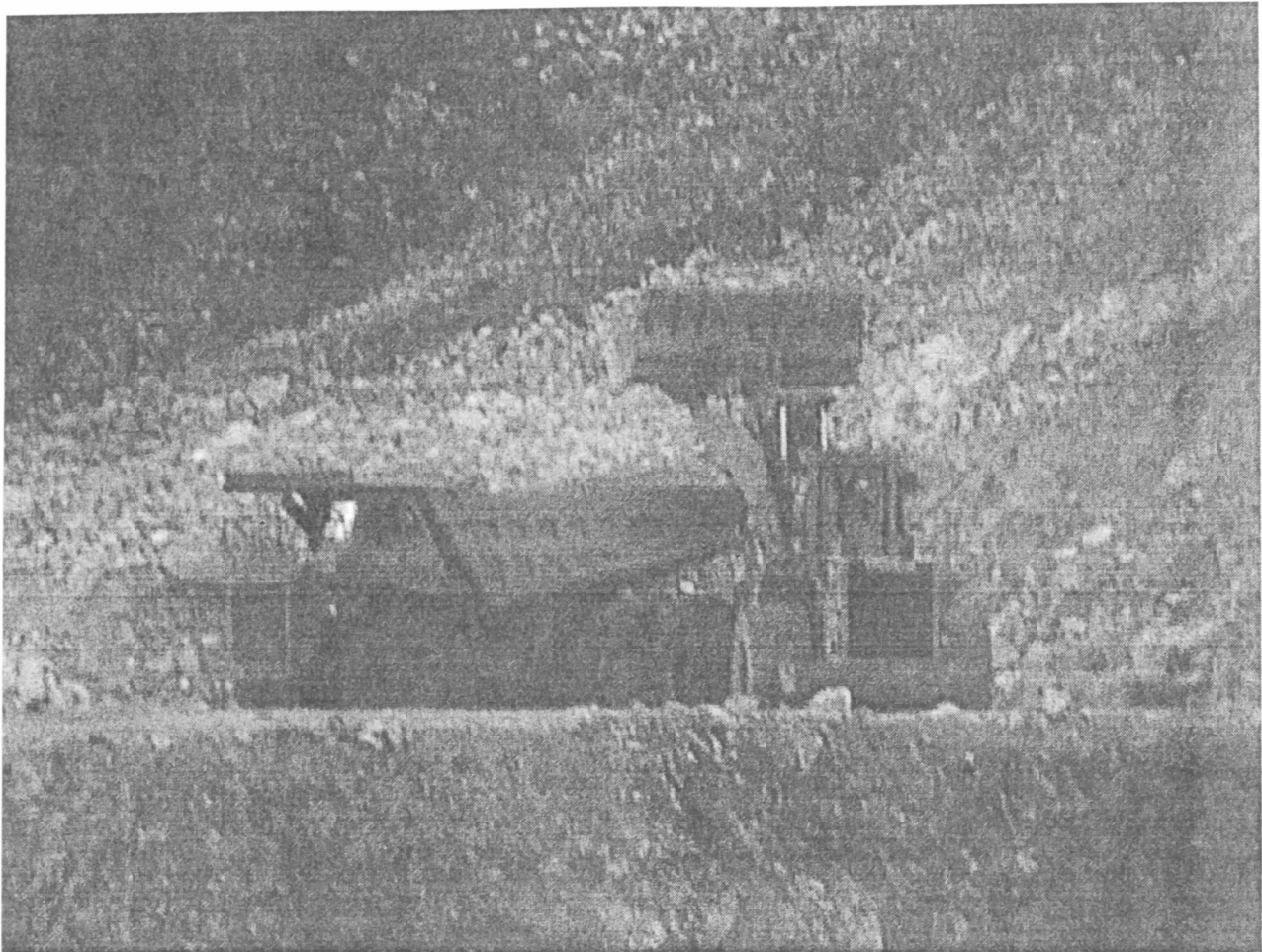
Κεφάλαιο 6: Εκμετάλλευση λατομείου ασβεστολίθου στη θέση Καμάρι Ν.Βοιωτίας
απο την Α.Ε Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ.



Σχ.6.3.3(β) Φορτωτής και ερπυστριοφόρο διατρητικό μηχάνημα



Σχ.6.3.3(γ) Προωθητής γαιών



Σχ.6.3.3(δ) Φορτωτής και φορτηγό Dumper

6.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

6.4.1 Δευτερεύουσες - Εσωτερικές Προσπελάσεις

Στο λατομείο υπάρχει ανεπτυγμένο δίκτυο εσωτερικών προσπελάσεων που εξασφαλίζει την σύνδεση του Εργοστασίου με το λατομείο, καθώς και την επικοινωνία μεταξύ των βαθμίδων. Οι παραπάνω δρόμοι έχουν πλάτος 12 μέτρα, μέση κλίση 8% (μέγιστη 10%), είναι σύμφωνοι με τις προδιαγραφές του ΚΜΛΕ και εξυπηρετούν την εκμετάλλευση μέχρι το υψόμετρο +285m.

Για την εξυπηρέτηση της εκμετάλλευσης του λατομείου στην πλήρη ανάπτυξη του και για την εξασφάλιση της προσπέλασης μέχρι το +175m. θα τροποποιηθεί το υπάρχον δίκτυο εσωτερικών προσπελάσεων και θα διανοιχθεί νέο. Θα διανοιχθούν συνολικά για την μετακίνηση του υπάρχοντος δικτύου και τις νέες εσωτερικές

προσπελάσεις 3.000 μέτρα. Το πλάτος του δρόμου θα είναι 12 μέτρα, η μέση κλίση 8% και η μέγιστη 10% και θα είναι σύμφωνα με του ΚΜΛΕ.

6.4.2 Προπαρασκευή - Ανάπτυξη - Αποκάλυψη

Υπερκείμενα στείρα υλικά δεν απαντώνται στην περιοχή του λατομικού χώρου, παρά μόνο ένα λεπτό στρώμα εδαφικού υλικού που καλύπτει κατά θέσεις τον ασβεστολιθικό σχηματισμό. Εργασίες αποκάλυψης λοιπόν με την έννοια της απομάκρυνσης κάποιου ανώτερου ορίζοντα δεν προβλέπεται να πραγματοποιηθούν. Επειδή πρόκειται για ήδη ενεργό λατομείο έχουν γίνει όλες οι προπαρασκευαστικές εργασίες.

6.4.3 Πορεία Εκμετάλλευσης

Στο συγκεκριμένο λατομείο ως μέθοδος εκμετάλλευσης εφαρμόζεται υπαίθρια εκσκαφή με ορθές βαθμίδες.

Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε αφού λήφθηκαν υπ' όψη τα παρακάτω:

- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος
- Η μορφολογία του χώρου εξυπηρετεί την ανάπτυξη βαθμίδων
- Δεν υπάρχουν υπερκείμενα ούτε ενδιάμεσες παρεμβολές στείρων σε ευρεία κλίμακα
- Η ανάπτυξη των εργασιών σε σχεδόν οριζόντια και κατακόρυφα επίπεδα διευκολύνει, αφ' ενός τις συνθήκες εργασίας των εργαζομένων και αφ' ετέρου την μηχανοποίηση του λατομείου δηλαδή χρησιμοποίηση βαρέων μηχανημάτων, διατρητικών φορείων, κ.λπ.
- Η σε μεγάλη κλίμακα ανάπτυξη των εργασιών (δημιουργία πολλών μετώπων εργασίας) επιτρέπει τόσο τη συγκρότηση εξειδικευμένων συνεργείων, τα οποία εκτελούν τις διάφορες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας, όσο και την δυνατότητα πλήρους απασχόλησης ισχυρού, σύγχρονου και αρκετά αποδοτικού εξοπλισμού.

Οι παρεμβολές των δολομιτών και σε μικρότερη κλίμακα αργιλικών υλικών, όπως προαναφέρθηκε αναμιγνύονται με ανάλογες ποσότητες καθαρού ασβεστόλιθου.

Κεφάλαιο 6: Εκμετάλλευση λατομείου ασβεστολίθου στη θέση Καμάρι Ν.Βοιωτίας
απο την Α.Ε Τσιμέντων TITAN.

Η εκμετάλλευση γίνεται εκ των άνω προς τα κάτω. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί οι ακόλουθες βαθμίδες:

Πίνακας 6.4.3(α)

A/A	Υψόμετρο Φρυδιού Βαθμίδος (m)	Υψόμετρο Δαπέδου Βαθμίδος (m)
1 η Βαθμίδα	355	340
2η Βαθμίδα	340	325
3η Βαθμίδα	325	310
4η Βαθμίδα	310	295
5η Βαθμίδα	295	280

Κατά την πορεία της εκμετάλλευσης προς τα κάτω πρόκειται να αναπτυχθούν οι εξής βαθμίδες:

Πίνακας 6.4.3(β)

A/A	Υψόμετρο Φρυδιού Βαθμίδος (m)	Υψόμετρο Δαπέδου Βαθμίδος (m)
6η Βαθμίδα	280	265
7η Βαθμίδα	265	250
8η Βαθμίδα	250	235
9η Βαθμίδα	235	220
10η Βαθμίδα	220	205
11η Βαθμίδα	205	190
12η Βαθμίδα	190	175

Οι βαθμίδες κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης έχουν τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά:

- Μέγιστο ύψος βαθμίδος = 15m.
- Ελάχιστο πλάτος βαθμίδος = 15m.
- Γωνία πρανούς = 75°

Ο καθορισμός του ύψους της βαθμίδας έγινε αφού λήφθηκαν υπ'όψη:

1. Ο τεκτονισμός του πετρώματος
2. Η ποιοτική διαφοροποίηση του πετρώματος
3. Η οικονομικότητα της εκμετάλλευσης.

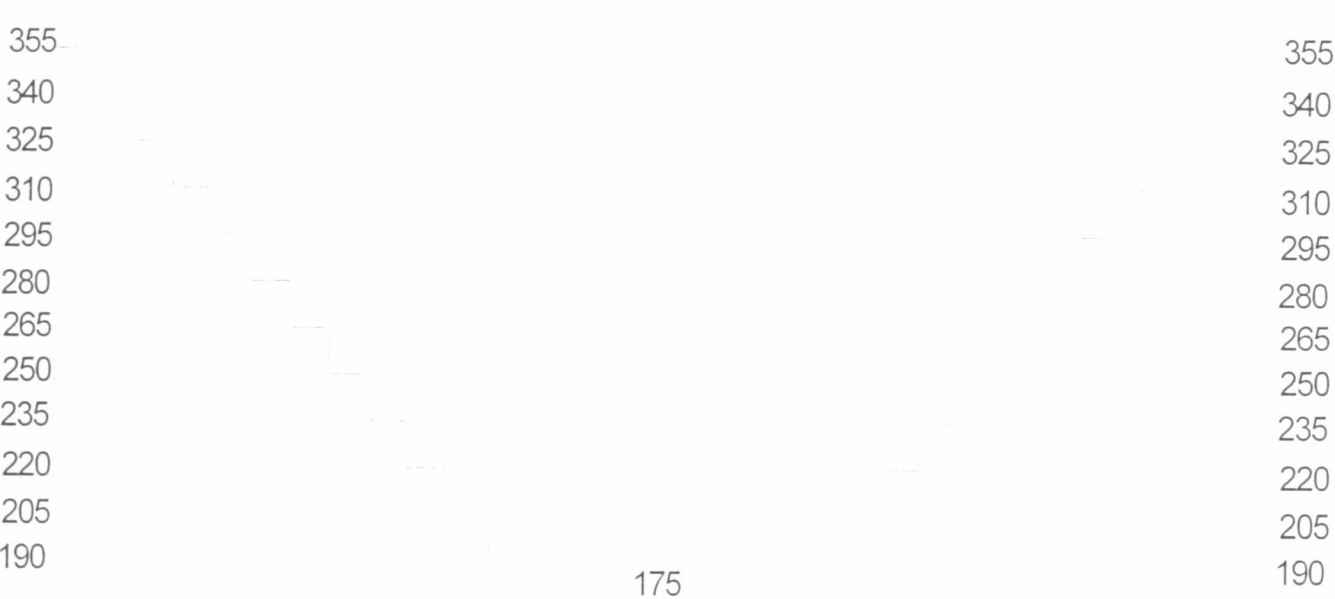
Όπως προαναφέρθηκε, η εκμετάλλευση προχωρεί εκ των άνω προς τα κάτω και πριν από την εξόφληση των υψηλότερων υψομετρικά βαθμίδων θα διαμορφώνεται η

αμέσως επόμενη. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται όσο η εργασία προχωράει σε βάθος.

Η διάνοιξη των βαθμίδων αρχίζει από τα άκρα της οδού εσωτερικής μεταφοράς και τα παραγόμενα από την διάνοιξη των βαθμίδων υλικά είναι αξιοποιήσιμα αδρανή υλικά.

Η γενική κατεύθυνση προχώρησης των μετώπων είναι βόρεια και ανατολικά για τον ανατολικό τομέα και βόρεια και δυτικά για τον δυτικό τομέα

Με το τέλος της εκμετάλλευσης θα έχουν δημιουργηθεί 12 βαθμίδες με μέγιστο ύψος 15m. η κάθε μία και ελάχιστο τελικό πλάτος βαθμίδων 10m., έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μέγιστη γωνία τελικού πρανούς 44°.



Σχ.6.4.3 Τομή τελικής μορφής λατομείου

6.4.4 Εξόρυξη

Τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος και οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εξορυσσόμενου πετρώματος κάνουν απαραίτητη την εξόρυξη με την χρήση εκρηκτικών υλών (ΕΥ) δηλ. με διάτρηση - γόμωση - ανατίναξη.

Για τις εργασίες εξόρυξης γίνεται χρήση διατρητικού μηχανήματος με σφύρα DTH και με διάμετρο διατρημάτων 6 3/4 in.

Οι εργασίες γόμωσης γίνονται με την βοήθεια αυτοκινούμενης μονάδας παρασκευής ANFO (ANFO TRUCK).

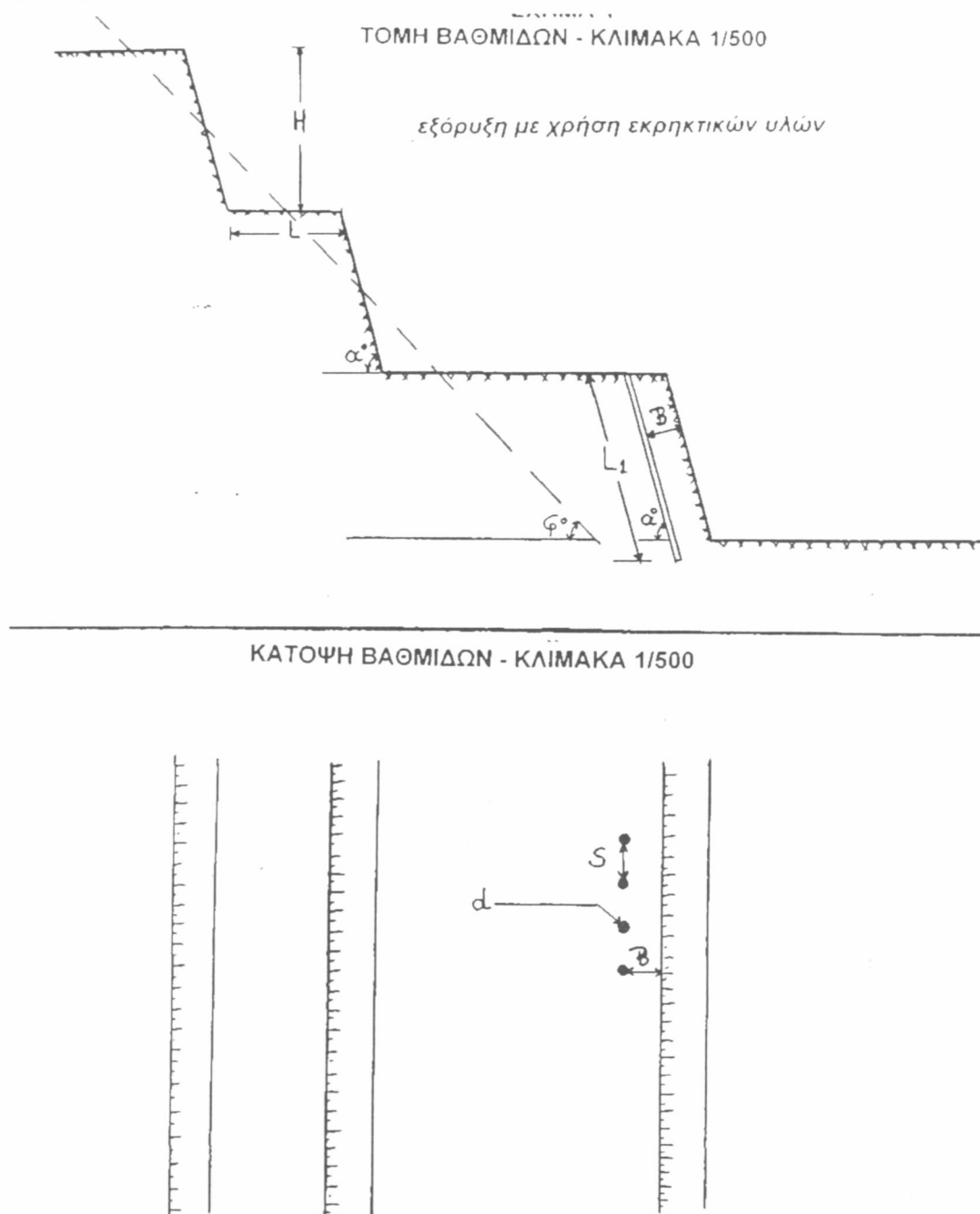
Όλες οι τεχνικές παράμετροι των φάσεων διάτρησης-γόμωσης -πυροδότησης δίνονται στον παρακάτω πίνακα 6.4.4 και στα Σχήματα 6.4.4 (α) και 6.4.4 (β):

Πίνακας 6.4.4

A.	ΕΞΟΡΥΞΗ	Με Ε.Υ	
B.	ΔΙΑΤΡΗΣΗ		
1	Κατακόρυφο ύψος μετώπου βαθμίδος	15	m
2	Διάμετρος Διατρήματος (d)	63/4	Ίντσες
3	Κλίση Διατρήματος	75°	Μοίρες
4	Μήκος Διατρήματος	17	m
5	Φορτίο Διατρήματος	5	m
6	Απόσταση Διατρημάτων	6	m
7	Εξορυσσόμενος όγκος πετρώματος (in situ) ανά διάτρημα	450	m ³
8	Ειδικό βάρος πετρώματος	2,65	
9	Εξορυσσόμενη ποσότητα (tn) πετρώματος ανά διάτρημα	1.200	tn
10	Ημερήσια παραγωγή του λατομείου	10.800	tn
11	Απαιτούμενος αριθμός διατρημάτων	9	
12	Ταχύτητα διάτρησης διατρητικού μηχανήματος	30	m/h
13	Αριθμός διατρητικών μηχανημάτων	1	
14	Συνολικά μέτρα διάτρησης	153	m
15	Χρόνος διάτρησης ανά μηχανήμα	5,1	h
16	Χρόνος μετακινήσεων	0,9	h
17	Συνολικός χρόνος απασχόλησης του μηχανήματος	6,0	h
Γ.	ΓÓΜΩΣΗ		
1	Γόμωση πυθμένος: αμμωνίτης σε φυσίγγια 65*500 mm	15	kg
2	Μήκος στήλης γομωμένης με ANFO (L)	10,5	m
3	Ειδικό βάρος ANFO (ρ)	0,9	gr/cm ³
4	Γόμωση στήλης: ANFO χύδην ($\pi * d^2/4$)*L*ρ	218	kg
5	Επιγόμωση	5	m
6	Συνολική ποσότητα Ε.Υ ανά διάτρημα	233	kg
7	Ειδική κατανάλωση Ε.Υ. ανά τόνο εξορυσσόμενου πετρώματος	194	gr/tn
Δ.	ΕΝΑΥΣΗ		
	Ακαριαία θρυαλλίδα σε όλο το μήκος του διατρήματος		
Ε.	ΠΥΡΟΔΟΤΗΣΗ		
	Ηλεκτρικά καψύλλια ms		

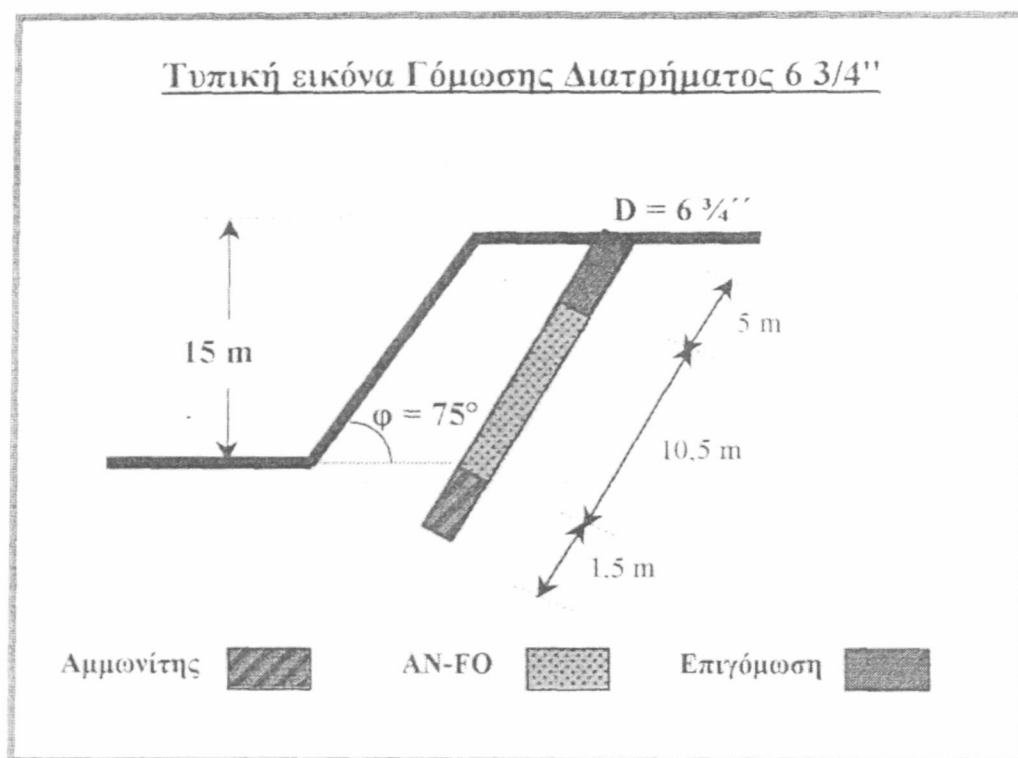
Οι εργασίες διάτρηση - γόμωση - πυροδότηση γίνονται σε μία βάρδια.

Κεφάλαιο 6: Εκμετάλλευση λατομείου ασβεστολίθου στη θέση Καμάρι Ν.Βοιωτίας
απο την Α.Ε Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ.

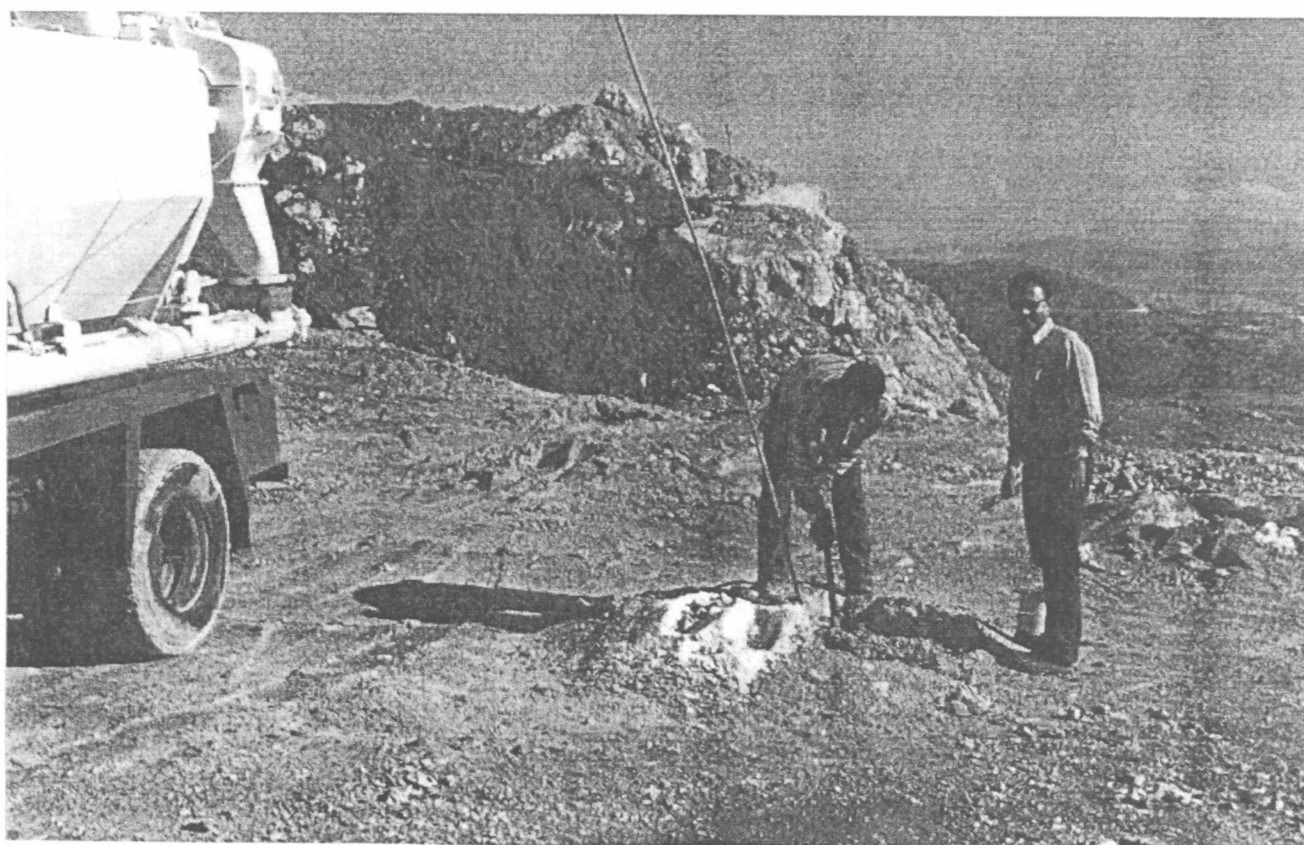


Σχ.6.4.4 (α)

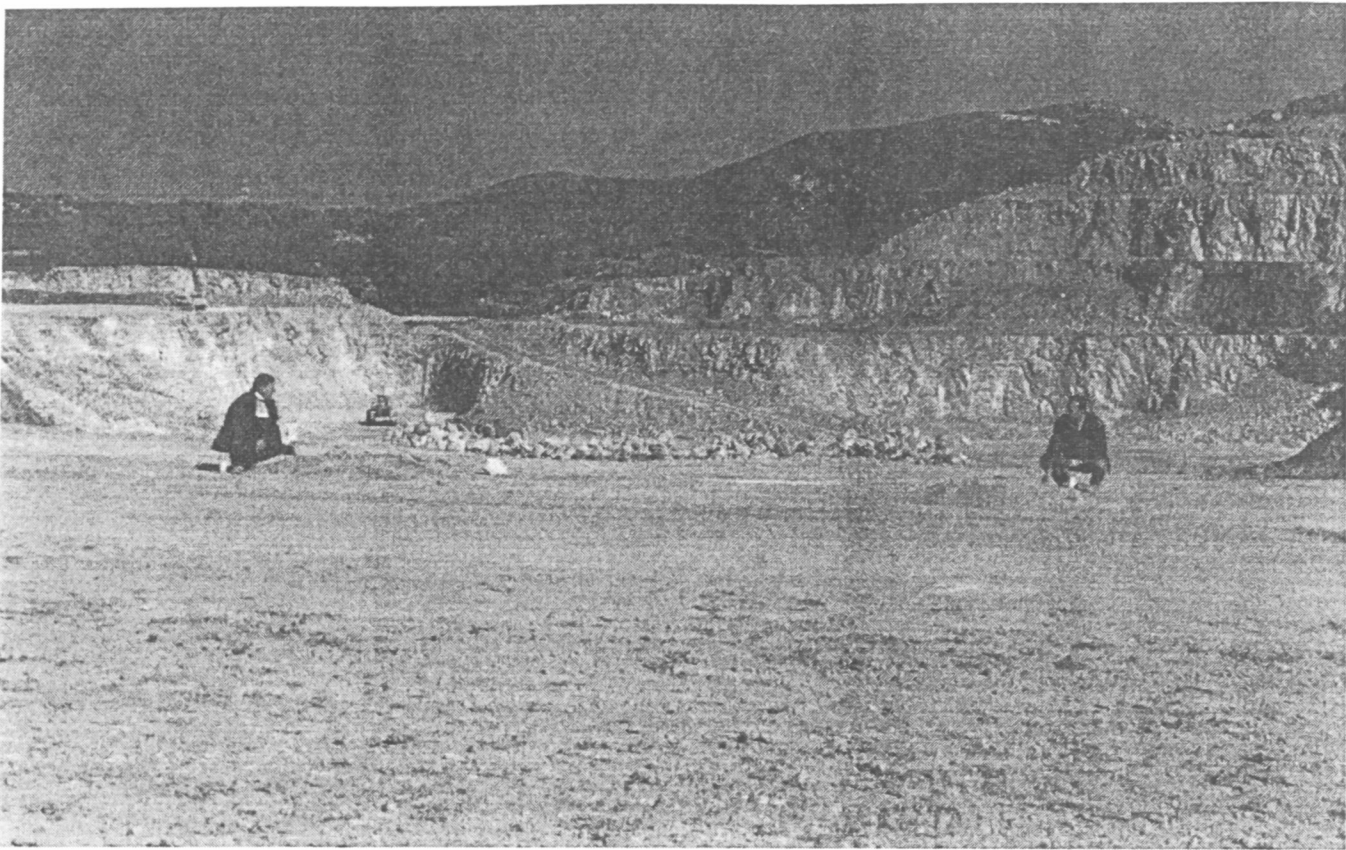
H	Μέγιστο ύψος βαθμίδας	15m
L	Ελάχιστο τελικό -πλάτος βαθμίδος	10m
α°	Κλίση βαθμίδος	75°
Φ°	Μέγιστη γωνία τελικού πρανούς	44°
L1	Μήκος διατρήματος	17m
B	Φορτίο διατρήματος	5m
S	Απόσταση διατρημάτων	6 m
d	Διάμετρος διατρήματος	$6 \frac{3}{4}$ in
α°	Κλίση Διατρήματος	75°



Σχ.6.4.4 (β)



Σχ.6.4.4(γ) Διαδικασία γόμωσης διατρήματος με αυτοκίνητο ANFO



Σχ.6.4.4(δ) Απόσταση μεταξύ διατρημάτων

6.4.5 Φόρτωση - Μεταφορά

Οι υπολογισμοί της φάσεως φόρτωσης - μεταφοράς του εξορυγμένου ασβεστολιθικού υλικού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6.4.5

Υπολογισμός τεχνικών παραμέτρων φάσεων φόρτωσης - μεταφοράς

ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΦΟΡΤΩΣΗΣ - ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ			
1	Φορτωτής	690	HP
2	Φορηγό αυτοκίνητο	870	HP
3	Χωρητικότητα φορτωτού (L)	10,5	m ³
4	Χωρητικότητα φορηγού (V)	52	m ³
5	Αριθμός αυτοκινήτων (η)	3	
6	Συντελεστής πλήρωσης (ρ)	0,85	
7	Χρόνος ενός κύκλου φορτωτού (t)	0,8	min
8	Χρόνος φόρτωσης ενός φορηγού (V* t/ L* ρ) (t ₁)	4,66	min

Κεφάλαιο 6: Εκμετάλλευση λατομείου ασβεστολίθου στη θέση Καμάρι Ν.Βοιωτίας
απο την Α.Ε Τσιμέντων TITAN.

9	Μέση απόσταση μεταφοράς (D)	1500	m
10	Μέση ταχύτητα φορτηγού (υ)	20	Km/h
11	Χρόνος μετάβασης επιστροφής (2*D/u)	9	min
12	Χρόνος λήψης θέσης φόρτωσης	0,8	min
13	Χρόνος φόρτωσης	4,66	min
14	Χρόνος εκφόρτωσης	1	min
15	Συνολικός χρόνος κύκλου φόρτωσης - μεταφοράς (Γ)	15,46	min
16	Χρόνος λειτουργίας κάθε φορτηγού ($E \cdot t' \cdot n \cdot V \cdot 60 \cdot R$)	12,05	h
17	Μεταφερόμενη ποσότητα ανά ημέρα (E)	6200	m ³
18	Συντελεστής χρησιμοποίησης φορτηγού (R)	0,85	
19	Χρόνος μετακίνησης φορτωτού (t ₂)	0,5	h
20	Συντελεστής χρησιμοποίησης φορτωτού (R')	0,85	
21	Χρόνος λειτουργίας φορτωτού ($t_2 + t_1 \cdot E / 60 \cdot V \cdot R'$)	11,4	h

Η φόρτωση και η μεταφορά του εξορυχθέντος πετρώματος γίνεται σε δυο βάρδιες (πρωί - απόγευμα).

6.4.6 Φωτισμός

Στο λατομείο δεν είναι απαραίτητος κάποιος ιδιαίτερος φωτισμός, διότι οι εργασίες εξόρυξης (διάτρηση - γόμωση - πυροδότηση) πραγματοποιούνται την ημέρα.

6.4.7 Αντιμετώπιση νερών

Με βάση το ανάγλυφο της περιοχής, το ανεπτυγμένο δίκτυο επιφανειακής απορροής και την γεωλογική δομή, αποκλείεται η συνάντηση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα μέσα στην περιοχή εκμετάλλευσης.

6.4.8 Αποθέσεις στείρων υλικών

Δεν απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα για την απόθεση στείρων υλικών αφού δεν προβλέπεται η παραγωγή τους. Οι παρεμβολές δολομιτικών ασβεστόλιθων καθώς και ορισμένων αργιλικών υλικών που απαντώνται στο λατομείο αναμιγνύονται με ασβεστόλιθο υψηλής ποιότητας.

6.5 ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ

Η προγραμματισμένη ετήσια παραγωγή του λατομείου είναι 2.700.000 tn εξορυγμένου ασβεστόλιθου. Η απασχόληση του λατομείου είναι:

- Διάτρηση - γόμωση - πυροδότηση σε μία πρωϊνή βάρδια παραγωγής (8ωρο) και 250 days / year.
- Φόρτωση - μεταφορά σε δυο βάρδιες παραγωγής (πρωί - απόγευμα) και days / year.

Για τους υπολογισμούς θεωρείται μέση ημερήσια παραγωγή: 10.800 tn εξορυγμένου ασβεστόλιθου ή 6.200 m^3 χαλαρού εξορυγμένου πετρώματος

6.6 ΚΥΡΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

6.6.1 Περιγραφή των κύριων εγκαταστάσεων επεξεργασίας

Όπως προαναφέρθηκε ο ασβεστόλιθος που εξορύσσεται από το λατομείο χρησιμοποιείται αποκλειστικά σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή τσιμέντου από το παρακείμενο εργοστάσιο της εταιρείας στο Καμάρι.

Συνεπώς στο χώρο του λατομείου δεν υπάρχει καμία κύρια εγκατάσταση. Το υλικό μεταφέρεται άθραυστο από το λατομείο στο εργοστάσιο στο συγκρότημα του θραυστήρα.

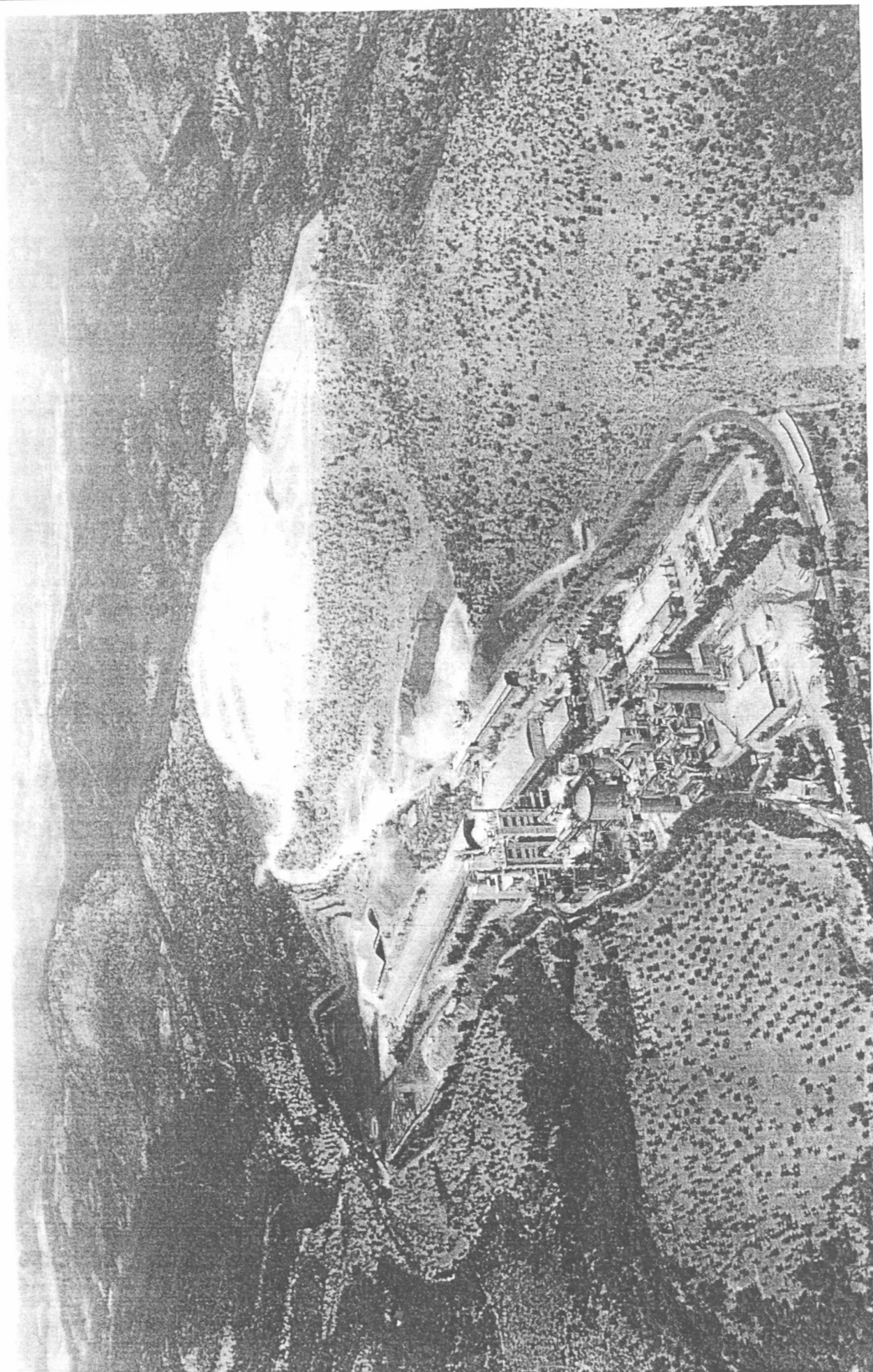
6.6.2 Περιγραφή μεθόδου επεξεργασίας - Διάγραμμα ροής

Τα προϊόντα εξόρυξης του λατομείου φορτώνονται με την βοήθεια φορτωτή σε dumper για την μεταφορά τους και την εκφόρτωση τους δια ανατροπής στην χοάνη τροφοδοσίας. Με την βοήθεια ερπυστιοφόρου τροφοδότη, τροφοδοτείται ελεγχόμενα ο σφυροθραυστήρας. Το τελικό προϊόν που εξάγεται από τον θραυστήρα έχει διαστάσεις "- 25mm" και μεταφέρεται με μεταφορικές ταινίες σε στεγασμένη αποθήκη.

*Κεφάλαιο 6: Εκμετάλλευση λατομείου ασβεστολίθου στη θέση Καμάρι Ν.Βοιωτίας
απο την Α.Ε Τσιμέντων TITAN.*

6.6.3 Παραγόμενα προϊόντα

Ένα μόνο προϊόν (κλάσμα -25 mm).



Σχ.6. Αεροφωτογραφία: Γενική άποψη λατομείου του Καμαρίου

7. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΚΑΜΑΡΙΟΥ

7.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ

7.1.1 Εισαγωγή

Από την εταιρία δόθηκαν τα στοιχεία που αφορούν τις γεωτρήσεις από το 1973 μέχρι το 2000 σε μορφή αρχείου προγράμματος βάσης δεδομένων. Οι γεωτρήσεις αυτές είχαν τα εξής δεδομένα: Τις συντεταγμένες x,y,z, του κολλάρου, το τελικό βάθος, από πιο υψόμετρο αρχίζει και σε πιο τελειώνει, η δειγματοληψία, και οι περιεκτικότητες σε SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO και K_2O .

Επίσης δόθηκαν οι τοπογραφικοί και γεωλογικοί χάρτες των ετών 1973, 1995 και 2000 του λατομείου. Στον τοπογραφικό χάρτη του έτους 2000 υπήρχαν τα δεδομένα x,y,z των κολλάρων των γεωτρήσεων που έγιναν από το έτος 1973 μέχρι το έτος 2000. Τα δεδομένα των γεωτρήσεων εισήχθησαν σε αρχείο προγράμματος βάσης δεδομένων σύμφωνα με τις συντεταγμένες x,y,z των κολλάρων του τοπογραφικού χάρτη του έτους 2000 και με τα υπόλοιπα στοιχεία του αρχείου προγράμματος βάσης δεδομένων από την εταιρία.

7.1.2 Ανάλυση

- Οι χρονολογίες που εκτελέστηκαν οι γεωτρήσεις είναι οι εξής:
Οι γεωτρήσεις Γ1 - Γ15 εκτελέστηκαν το 1973.
Η γεώτρηση Γ16 εκτελέστηκε το 1995.
Οι γεωτρήσεις Γ17- Γ25 εκτελέστηκαν το 1993.
Οι γεωτρήσεις Γ26- Γ49 εκτελέστηκαν το 1996.
Οι γεωτρήσεις Γ50- Γ57 εκτελέστηκαν το 1997.
Οι γεωτρήσεις Γ58- Γ74 εκτελέστηκαν το 1998.
Οι γεωτρήσεις ΓΚ1- ΓΚ21 εκτελέστηκαν το Σεπτέμβριο του 2000.
Οι γεωτρήσεις Γ75- Γ90 εκτελέστηκαν το Νοέμβριο του 1999.

- Για τις γεωτρήσεις Δ δεν υπάρχουν στοιχεία για την χρονολογία που πραγματοποιήθηκαν.
- Στις γεωτρήσεις Γ1 έως Γ15 η δειγματοληψία έγινε ανά 10 μέτρα. Στις γεωτρήσεις Δ η δειγματοληψία έγινε ανά 5 μέτρα. Σε όλες τις άλλες γεωτρήσεις η δειγματοληψία έγινε ανά 3 μέτρα.
- Όλες οι γεωτρήσεις είναι πυρηνοληπτικές εκτός από τις Δ οι οποίες είναι επιφανειακές.
- Τα αντίστοιχα βάθη των γεωτρήσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 7.1.2

A/A	Βάθος	A/A	Βάθος	A/A	Βάθος	A/A	Βάθος	A/A	Βάθος
Γ1	80	Γ25	30	Γ49	27	Γ73	24	ΓΚ7	21
Γ2	90	Γ26	18	Γ50	21	Γ74	24	ΓΚ8	21
Γ3	150	Γ27	18	Γ51	27	Γ75	15	ΓΚ9	24
Γ4	120	Γ28	18	Γ52	27	Γ76	15	ΓΚ10	21
Γ5	82	Γ29	18	Γ53	21	Γ77	15	ΓΚ11	21
Γ6	80	Γ30	15	Γ54	27	Γ78	15	ΓΚ12	24
Γ7	150	Γ31	12	Γ55	27	Γ79	15	ΓΚ13	21
Γ8	110	Γ32	15	Γ56	27	Γ80	15	ΓΚ14	24
Γ9	100	Γ33	15	Γ57	27	Γ81	15	ΓΚ15	24
Γ10	80	Γ34	15	Γ58	30	Γ82	12	ΓΚ16	24
Γ11	70	Γ35	12	Γ59	30	Γ83	15	ΓΚ17	24
Γ12	80	Γ36	15	Γ60	30	Γ84	15	ΓΚ18	24
Γ13	40	Γ37	15	Γ61	30	Γ85	15	ΓΚ19	24
Γ14	30	Γ38	15	Γ62	30	Γ86	15	ΓΚ20	24
Γ15	40	Γ39	15	Γ63	30	Γ87	24	ΓΚ21	18
Γ16	24	Γ40	15	Γ64	30	Γ88	30		
Γ17	33	Γ41	15	Γ65	-	Γ89	27		
Γ18	33	Γ42	15	Γ66	30	Γ90	24		
Γ19	33	Γ43	15	Γ67	30	ΓΚ1	24		
Γ20	33	Γ44	15	Γ68	30	ΓΚ2	21		
Γ21	39	Γ45	27	Γ69	30	ΓΚ3	21		
Γ22	33	Γ46	24	Γ70	30	ΓΚ4	24		
Γ23	39	Γ47	27	Γ71	27	ΓΚ5	24		
Γ24	42	Γ48	27	Γ72	30	ΓΚ6	24		

Στις γεωτρήσεις Δ (62 στον αριθμό) το βάθος τους είναι 15 μέτρα.

Ο συνολικός αριθμός των γεωτρήσεων είναι 173. Το συνολικό μήκος των γεωτρήσεων είναι περίπου 4.450 m.

7.1.3 Προβλήματα κατά τη διάρκεια καταγραφής των γεωτρήσεων

Κατά τη διάρκεια της καταγραφής όλων των γεωτρήσεων στο Excel βρέθηκε αναντιστοιχία των δεδομένων που δόθηκαν από την εταιρία.

Παρατηρήθηκαν τα εξής προβλήματα με τα δεδομένα που δόθηκαν:

- Σε μερικές γεωτρήσεις υπήρχε αναντιστοιχία των x,y,z δεδομένων από το χάρτη με αυτά που δόθηκαν σε μορφή Excel. Οι διαφορές ήταν της τάξεως μερικών μέτρων. Οι γεωτρήσεις που έχουν πρόβλημα παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 7.1.3

	ΧΑΡΤΗΣ			Βάση Δεδομένων		
A/A	X	Y	Z	X	Y	Z
Γ3	4578	-12859	392.10	4576	-12855	392.1
Γ5	4109	-13173	287.20	4108	-13176	287.20
Γ6	4034	-13189	274.94	4036	-13189	274.94
Γ21	3859	-12935	321.87	3856	-12937	321.87
Γ22	3889	-12990	316.02	3886	-12992	316.02
Γ24	3987	-13022	315.48	3988	-13022	315.48
Γ71	4385	-12705	307.60	4385	-12703	307.60
Δ20	4309	-12680	308.23	4310	-12680	308.23
Δ31	4260	-12802	305.18	4250	-12800	305.18
Δ33	4253	-12739	306.46	4250	-12740	306.46
Δ37	4220	-12739	307.98	4220	-12740	307.98
Δ38	4220	-12711	308.05	4220	-12710	308.05
Δ46	4160	-12804	322.89	4160	-12800	322.89
Δ56	4040	-12833	322.82	4040	-12830	322.82
Δ61	4042	-12740	339.81	4010	-12740	339.81
Δ62	3988	-12799	339.86	3980	-12800	339.86

Τελικά θεωρήθηκαν ως σωστά τα δεδομένα του χάρτη σύμφωνα και με την παραίνεση των υπεύθυνων τις εταιρείας.

- Σε μερικές γεωτρήσεις ενώ αναφέρεται ένα συγκεκριμένο z για την κάθε γεώτρηση, το βάθος που φαίνεται ότι αρχίζει η δειγματοληψία είναι πολλές φορές αρκετά πιο μεγάλο ή αρκετά πιο μικρό από το δεδομένο z . Οι γεωτρήσεις που έχουν πρόβλημα αποτυπώνονται παρακάτω.

Πίνακας 7.1.3(β)

A/A	Z	Αρχή διορθωμένης δειγματοληψίας
Γ14	398.00	399.00
Γ49	340.00	348.00
Γ62	320.39	301.00
Γ63	322.39	301.00
Γ64	321.09	301.00
Γ66	339.16	301.00
Γ67	340.25	301.00
Γ68	308.4	301.00
Γ69	306.5	301.00
Γ70	305.4	301.00
Γ71	307.6	301.00
Γ72	304.6	301.00
Γ73	353.8	301.00
Γ74	355.45	301.00

Για να ληφθεί το πρόβλημα ελέγχθηκαν οι τιμές z από τις θέσεις τους στον αντίστοιχο τοπογραφικό χάρτη. Τελικά αποδείχθηκε ότι στις συγκεκριμένες γεωτρήσεις η τιμή του z είναι σωστή και το λάθος στη τιμή του βάθους που αρχίζει η δειγματοληψία διορθώθηκε σύμφωνα με την τιμή του z .

7.1.4 Διόρθωση στο άθροισμα των περιεκτικοτήτων των γεωτρήσεων

Σε όλες τις τιμές των περιεκτικοτήτων των χημικών στοιχείων κατά τη δειγματοληψία στις γεωτρήσεις έπρεπε να γίνουν κάποιες διορθώσεις για να θεωρηθούν σωστές. Το πρόβλημα που υπήρχε ήταν ότι στις περισσότερες γεωτρήσεις το άθροισμα των τιμών των περιεκτικοτήτων των στοιχείων ή των ενώσεων, που είχαν βρεθεί στις αναλύσεις ήταν μεγαλύτερο του 100%, κάτι που σημαίνει ότι οι αναλύσεις δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την διεξαγωγή συμπερασμάτων. Για να είναι χρησιμοποιήσιμες έπρεπε να διορθωθούν και να αναχθούν στο 98% καθώς έπρεπε να ληφθούν υπ' όψη και οι απώλειες που υπάρχουν κατά τη διαδικασία της ανάλυσης των πυρήνων.

Οπότε στο αρχείο που υπήρχαν τα δεδομένα των γεωτρήσεων έπρεπε να γίνουν οι εξής στοιχειομετρικές διορθώσεις:

- Καταρχήν υπολογίσθηκαν οι επί τις εκατό (%) τιμές των περιεκτικοτήτων σε CaCO_3 και MgCO_3 κάθε δειγματοληψίας από τις τιμές των περιεκτικοτήτων σε CaO και MgO αντίστοιχα, διαιρούμενες κάθε φορά με τους αριθμούς 0,56 και 0,4781 αντίστοιχα. Οι αριθμοί 0,56 και 0,4781 υπολογίζονται με την απλή μέθοδο των τριών αν διαιρέσουμε το ατομικό βάρος του CaO με αυτό του CaCO_3 και του MgO με αυτό του MgCO_3 .
- Για να υπολογιστεί το επί τις εκατό (%) άθροισμα των τιμών των περιεκτικοτήτων επιλέχθηκε η εντολή SUM από το Excel και αθροίστηκαν οι τιμές σε SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaCO_3 , MgCO_3 και K_2O για κάθε δειγματοληψία.
- Για να αναχθούν οι επιμέρους τιμές των περιεκτικοτήτων των στοιχείων στις διορθωμένες με βάση το 98% έπρεπε κάθε τιμή να πολλαπλασιαστεί με το 98 και να διαιρεθεί με το εκάστοτε άθροισμα.
- Για επαλήθευση αθροίστηκαν οι επιμέρους διορθωμένες τιμές των περιεκτικοτήτων των στοιχείων.
- Τέλος πολλαπλασιάζοντας τις διορθωμένες τιμές του CaCO_3 και του MgCO_3 με το 0,56 και το 0,4781 αντίστοιχα υπολογίστηκαν οι διορθωμένες τιμές του CaO και του MgO .

7.1.5 Αναγωγές περιεκτικότητας MgO στις αναλύσεις δειγμάτων των γεωτρήσεων

Από τα παραπάνω στοιχεία, αυτό κυρίως που ενδιαφέρει είναι οι εκάστοτε τιμές της περιεκτικότητας του οξειδίου του μαγνησίου (MgO). Αυτό γιατί:

- Είναι ένας τρόπος να χαρακτηριστεί και να διακριθεί το πέτρωμα των γεωτρήσεων, (Ασβεστόλιθος, δολομιτικός ασβεστόλιθος, ασβεστιτικός δολομίτης, δολομίτης). Σε ένα υπαίθριο λατομείο και γενικότερα στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις η περιεκτικότητα του χρήσιμου ορυκτού, πετρώματος ή μεταλλεύματος διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Σε κάποια σημεία της υπαίθριας εκμετάλλευσης παρατηρείται μεγάλη περιεκτικότητα και σε άλλα σημεία μικρότερη. Η διαδικασία της παραγωγής και της εξόρυξης λοιπόν πρέπει να ακολουθεί κάποιο σύστημα έτσι ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες διαφορές στη περιεκτικότητα του τελικού προϊόντος.

Έτσι και στα υπαίθρια λατομεία και ειδικότερα στα λατομεία ασβεστόλιθου υπάρχουν διάφορα μέτωπα παραγωγής και εξόρυξης χρήσιμου ορυκτού (ασβεστόλιθου) με διαφορετικές περιεκτικότητες κάθε φορά. Το τελικό προϊόν της εξόρυξης από τα διάφορα μέτωπα όταν αναμειγνύεται πρέπει να πληροί κάποιες αναλογίες και να μην ξεπερνά κάποιες περιεκτικότητες σε ανεπιθύμητες ενώσεις. Έτσι λοιπόν όταν κάποιο μέτωπο παράγει πέτρωμα υψηλής περιεκτικότητας σε κάποια ανεπιθύμητη ουσία (π.χ δολομίτη) τότε η παραγωγή καθίσταται προβληματική καθώς η μετέπειτα διαδικασίες ανάμιξης και η ομογενοποίησης γίνονται πολύ δύσκολες. Γι' αυτό λοιπόν είναι αναγκαίος ο χαρακτηρισμός του πετρώματος που εξορύσσεται κάθε στιγμή από οποιοδήποτε μέτωπο.

- Είναι η ένωση που δεν πρέπει να ξεπερνάει μια συγκεκριμένη τιμή, γιατί διαφορετικά είναι καταστρεπτική για τη δημιουργία του τσιμέντου. Μεγάλες ποσότητες περίκλαστου (MgO) στο τσιμέντο δείχνουν να επηρεάζουν την ογκομετρική σταθερότητα του σκυροδέματος, καθώς η ενυδάτωση του MgO σε $Mg(OH)_2$ οδηγεί σε μοριακή στερεή ογκομετρική διαστολή της τάξης του 117% το οποίο δημιουργεί εφελκυστικές τάσεις (Lea 1970).

$MgO + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$ Όταν αυτές οι τάσεις ξεπεράσουν την ελαστική αντοχή του σκυροδέματος δημιουργούνται ραγίσματα και διαρρήξεις και το τσιμέντο αλλοιώνεται και εκφυλίζεται. Συνεπώς η μαγνησία πρέπει να

περιορίζεται κάτω από το 5%, με ιδανικό ποσοστό μεταξύ 0-1,5% στο τσιμέντο Portland.

Ο δολομίτης είναι ανθρακικό πέτρωμα που περιέχει μέχρι 10% ασβεστίτη, δηλαδή περιέχει τουλάχιστον 90% το ορυκτό δολομίτης. Ο ιδανικός δολομίτης έχει κρυσταλλική δομή που αποτελείται από εναλλασσόμενες στοιβάδες Ca και Mg που χωρίζονται από στοιβάδες CO₃ και αντιπροσωπεύονται χαρακτηριστικά από μια στοιχειομετρική χημική σύνθεση CaMg(CO₃)₂ όπου το ασβέστιο και το μαγνήσιο είναι παρόντα σε ίσες αναλογίες. Με βάση το περιεχόμενό τους στο ορυκτό δολομίτη τα ανθρακικά πετρώματα διακρίνονται σε : Ασβεστόλιθους (0-10% δολομίτης), δολομιτικούς ασβεστόλιθους (10-50% δολομίτης), ασβεστιτικούς δολομίτες (50-90% δολομίτης), δολομίτες (90-100% δολομίτης).

Ο πίνακας 7.1.5 δείχνει την ιδανική % σύσταση και μοριακή σύσταση των ορυκτών στοιχείων παρόντων στον στοιχειομετρικό δολομίτη.

Πίνακας 7.1.5

Στοιχειομετρία δολομίτη

Ατομικό βάρος		%βάρος		%βάρος
Ca: 40.08 grams/mole	Ασβέστιο Ca	21.73 %	Οξείδιο του ασβεστίου CaO	30.41 %
Mg: 24.31 grams/mole	Μαγνήσιο Mg	13.18 %	Οξείδιο του μαγνησίου MgO	21.86 %
CO ₃ : 120.02 grams/mole	Άνθρακας C	13.03 %	Διοξείδιο του άνθρακα CO ₂	47.73 %
	Οξυγόνο O	52.06 %		
Συνολικό:184.37 grams/mole		—		—
		100.00 %		100.00 %

Με βάση τα παραπάνω έχουμε τις εξής αναλογίες:

Δολομίτης	90-100% δολομίτης	Από 21,860% έως 19,674%	MgO
Ασβεστιτικός δολομίτης	50- 90% δολομίτης	Από 10,930% έως 19,674%	MgO
Δολομιτικός ασβεστόλιθος	10- 50% δολομίτης	Από 2,186% έως 10,93%	MgO
Ασβεστόλιθος	0- 10% δολομίτης	Από 0% έως 2,186%	MgO

Με βάση λοιπόν την περιεκτικότητα των γεωτρήσεων σε οξείδιο του μαγνησίου (MgO) από κάθε κομμάτι της γεώτρησης, χαρακτηρίζεται το πέτρωμα ως δολομίτης ασβεστιτικός δολομίτης, δολομιτικός ασβεστόλιθος ή ασβεστόλιθος, ανάλογα την περίπτωση.

Επειδή όμως οι μετρήσεις των γεωτρήσεων είναι πάρα πολλές (περίπου 1000), για να γίνει ο χαρακτηρισμός τους με το χέρι θα απαιτούσε πολύ χρόνο αλλά και κόπο. Έτσι χρησιμοποιήθηκε η εντολή IF του Excel ώστε παίρνοντας τα δεδομένα από το κελί όπου υπάρχουν οι τιμές του MgO, και θέτοντας τιμές για το MgO από τον παραπάνω πίνακα, για τον κάθε τύπο πετρώματος, εύκολα έχουμε χαρακτηρισμό του πετρώματος για την κάθε τιμή του MgO.

[illegible]

Από την παραπάνω εικόνα φαίνεται η εντολή που χρησιμοποιήθηκε. Το AB είναι το κελί όπου βρίσκονται οι τιμές των περιεκτικοτήτων των γεωτρήσεων σε MgO και το 2 είναι ο αριθμός του συγκεκριμένου κελιού. Τέλος φαίνονται καθαρά και τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης διαδικασίας.

7.2 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

7.2.1 Εισαγωγή

Από τα τέλη της δεκαετίας του '50 οι εφαρμογές των ηλεκτρονικών υπολογιστών αυξάνονται συνεχώς και καλύπτουν ολοένα και περισσότερους τομείς δραστηριότητας του ανθρώπου. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στην ταχύτατη εξέλιξη της επιστήμης της Ηλεκτρονικής που έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών των υπολογιστικών συστημάτων και στην ανάπτυξη λογισμικών που αξιοποιούν με τον καλύτερο τρόπο τη βελτίωση αυτή. Με τους ολοένα και περισσότερο ισχυρούς Η/Υ υπάρχει δυνατότητα επίλυσης όλο και πιο σύνθετων προβλημάτων στο μικρότερο χρόνο, με αποτέλεσμα να γενικεύεται η χρήση τους.

Μια από τις πλέον χαρακτηριστικές και χρήσιμες εφαρμογές των Η/Υ, ιδιαίτερα στις επιστήμες των Μηχανικών, είναι η Σχεδίαση με τη βοήθεια Η/Υ ή CAD, όπως έχει επικρατήσει διεθνώς από τα αρχικά των λέξεων Computer Aided Design. Η λέξη «σχεδίαση» στην περίπτωση αυτή έχει την έννοια της συνολικής σύλληψης, μελέτης και σχεδίασης ενός αντικειμένου ή θέματος. Δηλαδή, τα συστήματα CAD στην έννοια της σχεδίασης εμπεριέχουν την έννοια του γενικότερου σχεδιασμού και όχι μόνο τη γεωμετρική σχεδίαση σε αντικατάσταση της παραδοσιακής δημιουργίας σχεδίων με τρίγωνα, κανόνες, διαβήτες κ.λπ. Τα συστήματα το CAD βασίζονται στη δυνατότητα δημιουργίας και επεξεργασίας γραφικών στην οθόνη ενός Η/Υ. Η αξία της δυνατότητας αυτής είναι πολύ μεγάλη, γιατί η εικόνα είναι ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία επικοινωνίας και δημιουργίας. Πρώτες απόπειρες χρησιμοποίησης των Η/Υ για την παραγωγή γραφικών έγιναν το 1950 στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT), όπου χρησιμοποιήθηκε ένας Η/Υ τύπου Whirlwind I για τη σχεδίαση μερικών απλών εικόνων. Το 1963 στο ίδιο Ινστιτούτο παρουσιάστηκε το σύστημα Scetchpad το οποίο αποτελούνταν από

οθόνη με μορφή καθοδικού σωλήνα ελεγχόμενη από H/Y. Στο σύστημα αυτό μπορούσαν να σχεδιαστούν σχήματα στην οθόνη μέσα από μια διαδικασία επικοινωνίας χρήστη – H/Y. Από τη μελέτη του συστήματος αυτού προέκυψε ότι η οθόνη μπορεί να υποκαταστήσει την πινακίδα της παραδοσιακής σχεδίασης εφοδιάζοντας μάλιστα το χρήστη με πολλές δυνατότητες γρήγορης μεγέθυνσης και σμίκρυνσης, διαχείρισης και σχεδίασης. Κατά τις επόμενες δεκαετίες τα συστήματα CAD βελτιώθηκαν τόσο από πλευράς υπολογιστών (Hardware), όσο και από πλευράς λογισμικού (Software), για να καταστούν το απαραίτητο εργαλείο για όσους ασχολούνται με τη σχεδίαση και ιδιαίτερα τους Μηχανικούς σε κάθε φάση σχεδιασμού ενός τέχνικου έργου.

Σήμερα οι H/Y διαθέτουν μεγάλη ταχύτητα επεξεργασίας, μεγάλη μνήμη, μικρό μέγεθος και σχετικά μικρό κόστος. Επίσης υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά πολλά προγράμματα αυτοματοποιημένης σχεδίασης με πολλές δυνατότητες.

7.2.2 Εφαρμογές συστημάτων CAD σε θέματα μηχανικού

Εκτός των συνηθισμένων εφαρμογών όπως στα οικοδομικά έργα, στις στατικές μελέτες και στα σχέδια οπλισμών και ξυλοτύπων ένας μηχανικός μπορεί να εφαρμόσει τα συστήματα CAD, με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού, για να σχεδιάσει και να συμπληρώνει τοπογραφικά και κτηματολογικά διαγράμματα, ρυμοτομικά σχέδια οικισμών, να δει τη μορφή του εδάφους στο χώρο (Digital Terrain Model - ψηφιακό μοντέλο εδάφους), να παράγει χάρτες διαφόρων κλιμάκων με διάφορες λεπτομέρειες αποθηκευμένες σε επίπεδα σχεδίασης.

Πάνω στο ψηφιακό χαρτογραφικό υπόβαθρο μιας περιοχής μπορεί να εκπονήσει μελέτες οδοποιίας, υδραυλικών και αποχετευτικών έργων. Επίσης η χρησιμοποίηση προγραμμάτων Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών βασίζεται στα γεωγραφικά δεδομένα, δηλαδή στον ψηφιακό χάρτη του οποίου η σχεδίαση γίνεται με τη βοήθεια ενός προγράμματος CAD.

7.2.3 Πλεονεκτήματα της εφαρμογής συστημάτων CAD για τη σχεδίαση

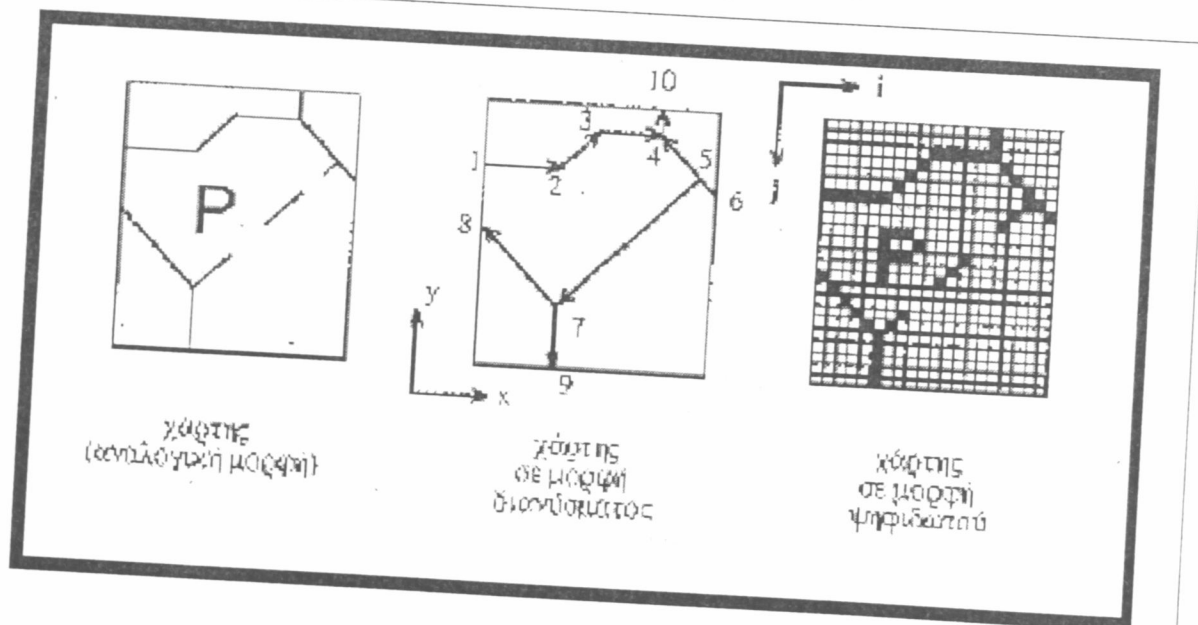
Τα συστήματα CAD αυξάνουν την παραγωγικότητα, συνεισφέρουν στη βελτίωση της ποιότητας των εκπονούμενων σχεδίων και βελτιώνουν την οργάνωση της εργασίας.

- Αυξάνουν την παραγωγικότητα γιατί :
 1. Προσφέρουν ταχύτητα σχεδίασης η οποία είναι ικανοποιητική.
 2. Επιτρέπουν τη χρήση βιβλιοθηκών, όπου είναι αποθηκευμένα σχέδια ή σύμβολα που χρησιμοποιούνται διαρκώς στα σχέδια.
 3. Παρέχουν τη δυνατότητα αλλαγών χωρίς σβησίματα, κ.λπ.
 4. Δίνουν απεριόριστη δυνατότητα σε αλλαγές κλιμάκων σχεδίασης
 5. Η παραγωγή του τελικού σχεδίου είναι γρήγορη και υψηλής ποιότητας (ανάλογα και με τον plotter).
 6. Έχουν δυνατότητες σχεδίασης σε τρεις διαστάσεις (πολλά από αυτά).
 7. Η σχέση χρόνου - κόστους και αλλαγών βρίσκεται σε πολύ καλό σημείο ακόμη και για έναν άπειρο χρήστη.
- Συνεισφέρουν στη βελτίωση της ποιότητας των εκπονούμενων σχεδίων γιατί :
 1. Παρέχουν ευχέρεια για ποικιλία στη σύνθεση κάποιων σχεδίων.
 2. Ωθούν στην υλοποίηση και εξέταση διαφόρων λύσεων λόγω της ευχέρειας χειρισμού τους.
 3. Οδηγούν σε σχεδίαση με υψηλή ποιότητα, χρώματα κ.λπ. (ανάλογα και με τον plotter).
- Βελτιώνουν τη γενικότερη σχεδιαστική διαδικασία γιατί :
 1. Δημιουργείται και τηρείται αρχείο των διαφόρων σχεδίων σε ηλεκτρονική μορφή.
 2. Διευκολύνεται η συνεργασία των χρηστών (κυρίως με την χρησιμοποίηση δικτύου).
 3. Υπάρχει η δυνατότητα τυποποίησης συμβόλων και σχεδίων σε βιβλιοθήκες.

7.2.4 Διαδικασία ψηφιοποίησης τοπογραφικών χαρτών

7.2.4.1 Γενικά

Ένας χάρτης ή γενικότερα ένα σχέδιο σε χαρτί για να εισαχθεί στον υπολογιστή και στη συνέχεια να γίνει επεξεργασία του από υπολογιστικά και σχεδιαστικά προγράμματα, όπως το AutoCAD και το CADOverlay (Software), πρέπει να διαμορφωθεί από αναλογική σε ψηφιακή μορφή. Αυτός ο μετασχηματισμός ονομάζεται ψηφιοποίηση και μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δύο μορφές: διανυσματική-ηλεκτρονική (vector) και ψηφιδωτή (raster) (Σχ7.2.4.1). Στη διανυσματική-ηλεκτρονική μορφή ο χάρτης είναι χωρισμένος σε τμήματα, τα οποία αντιπροσωπεύονται από διανύσματα. Αυτά τα διανύσματα προσδιορίζονται από ένα χ.ψ σύστημα συντεταγμένων, σύμφωνα με το οποίο κάθε σημείο του αναλογικού χάρτη αναλογεί σε ένα της ψηφιακής μορφής. Στη ψηφιδωτή μορφή ο χάρτης είναι μία εικόνα που αποτελείται από εικονοστοιχεία (pixel). Με αυτό τον τρόπο κάθε εικονοστοιχείο (pixel) του χάρτη περιγράφεται από την τοποθεσία του και την ένταση της ακτινοβολίας του φωτός. Με αυτή τη μέθοδο μπορούμε να γνωρίζουμε για διάφορες πληροφορίες όπως ονόματα, σύμβολα, χρώματα κτλ.



Σχ. 7.2.4.1.

Μετατροπή ενός χάρτη από αναλογική σε ψηφιακή (διανύσματος, εικόνας) μορφή.

7.2.4.2 Βασικές συσκευές εισόδου δεδομένων από υπάρχοντα σχέδια σε υπολογιστή

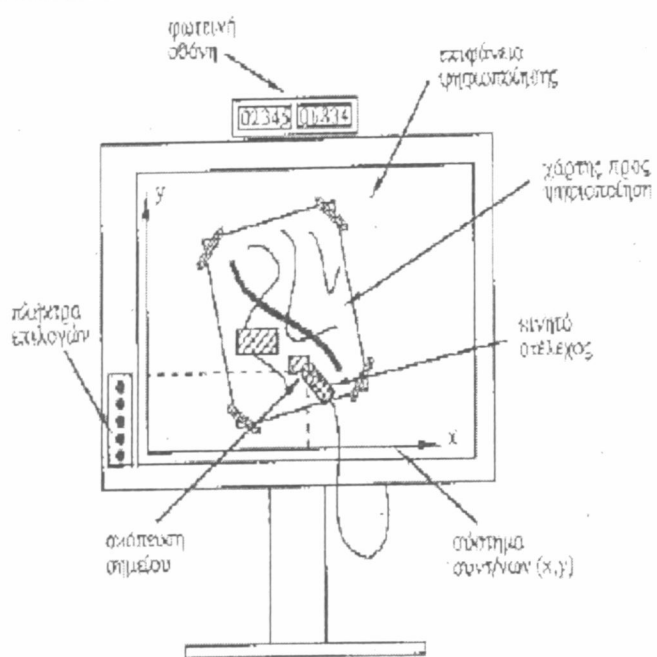
Ανάλογα με τη μέθοδο μετατροπής, διανύσματος ή ψηφιδωτού, χρησιμοποιούνται και διαφορετικές συσκευές. Αυτή που χρησιμοποιείται για την διανυσματική μορφοποίηση καλείται ψηφιοποιητής (Digitizer), ενώ αυτή που χρησιμοποιείται για τη μορφοποίηση ψηφιδωτού καλείται Σαρωτής (Scanner).

7.2.4.3 Ο Ψηφιοποιητής

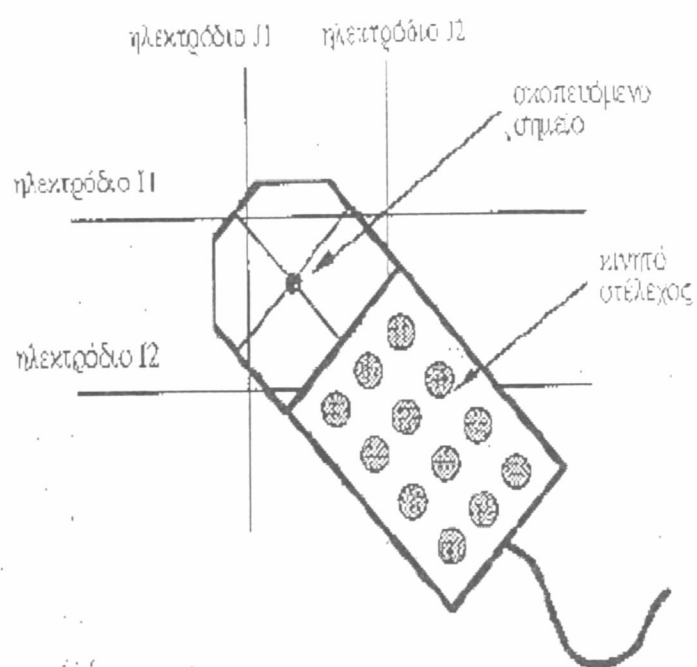
Ο ψηφιοποιητής είναι μία αυτόνομη περιφερειακή συσκευή του Η/Υ που μεταφράζει το αναλογικό υπάρχον χάρτινο σχέδιο σε διανυσματική ηλεκτρονική μορφή (vector). Αποτελείται από μία τράπεζα ορθογωνίου σχήματος με διαστάσεις που ποικίλουν από Α4 έως Α0, η οποία τοποθετείται πάνω στο γραφείο ή έχει δικά της στηρίγματα και έναν ιχνοθέτη (ποντίκι) (Σχ.7.2.4.3(α), Σχ.7.2.4.3(β), Σχ.7.2.4.3(γ)). Έχει τη δυνατότητα να μετράει ορθογώνιες συντεταγμένες x, y σ' ένα δικό του τοπικό σύστημα αναφοράς. Η διακριτική ικανότητα (resolution) των σύγχρονων ψηφιοποιητών κυμαίνεται από 0.1mm - 0.025 mm και η ακρίβειά τους (accuracy) στη μέτρηση των συντεταγμένων x, y ενός σημείου ποικίλει μεταξύ ± 0.5 mm και ± 0.125 mm.

Γενικά η διαδικασία ψηφιοποίησης ενός σχεδίου με τη βοήθεια ψηφιοποιητή είναι η ακόλουθη:

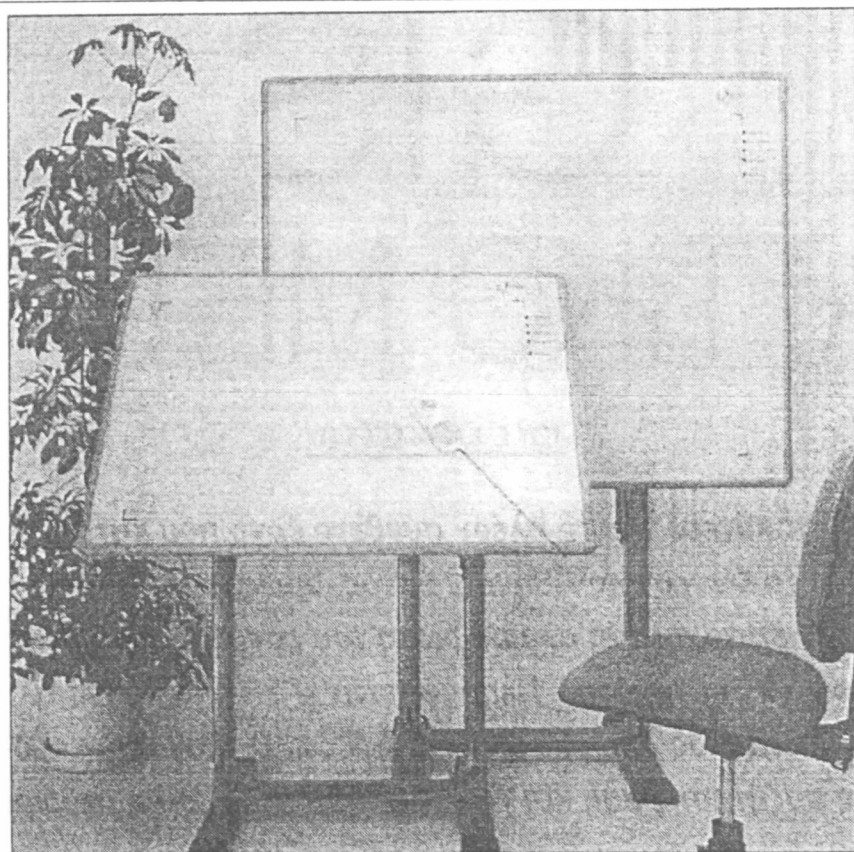
- Το σχέδιο από τον οποίο πρόκειται να γίνει συλλογή στοιχείων τοποθετείται σταθερά πάνω στην τράπεζα του ψηφιοποιητή.
- Επιλέγονται τα σημεία και οι γραμμές που θα ψηφιοποιηθούν και αποδίδονται σ' αυτά διάφοροι κωδικοί.
- Μέσω του σταυρονήματος του κινητού στελέχους που διαθέτει ο ψηφιοποιητής, σκοπεύεται το συγκεκριμένο σημείο. Αυτόματα οι συντεταγμένες (x, y) του σημείου, μεταφέρονται στον Η/Υ και εμφανίζονται στην οθόνη του.



Σχ.7.2.4.3(α) Ψηφιοποιητής



Σχ.7.2.4.3(β) Ιχνοθέτης

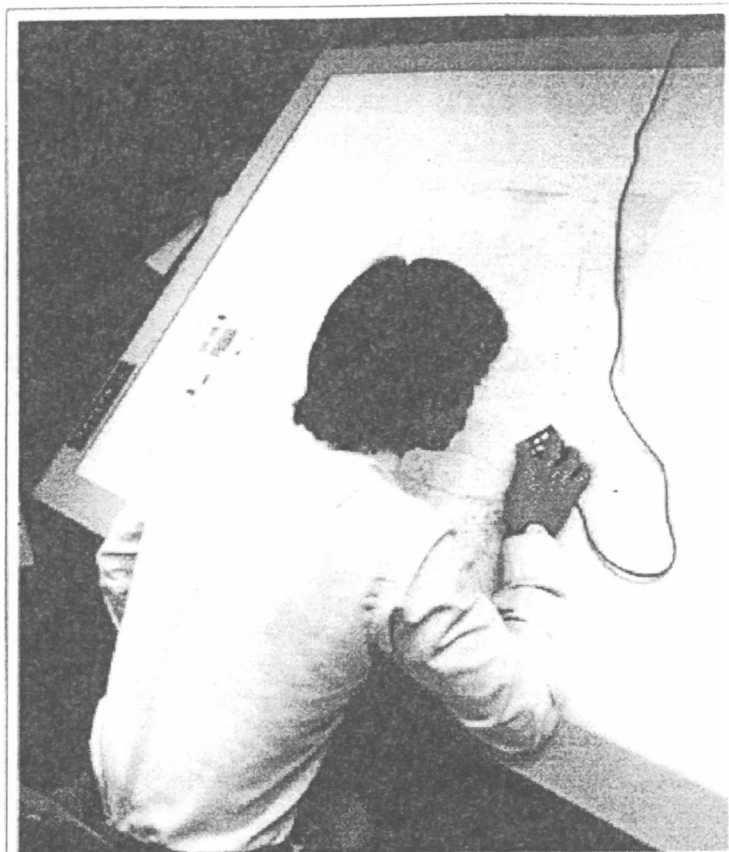


Σχ.7.2.4.3(γ) Ψηφιοποιητές

Το κινητό στέλεχος του ψηφιοποιητή μπορεί να φέρει σταυρόνημα και σειρά πλήκτρων με αριθμούς ή και χαρακτήρες για να δίνονται διάφοροι κωδικοί κατά την ψηφιοποίηση ή μπορεί να έχει τη μορφή γραφίδας (σπανιότερα).

Η ειδικότερη διαδικασία για τη ψηφιοποίηση τοπογραφικών χαρτών με ψηφιοποιητή είναι η εξής: Χρησιμοποιείται ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα όπως το AutoCAD, το Arcview, το MapInfo ή το Didger με τον ψηφιοποιητή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρείται το AutoCAD.

- Τοποθετείται με προσοχή ο χάρτης πάνω στην τράπεζα του ψηφιοποιητή και ομαλοποιούνται οποιαδήποτε τσακίσματα, φουσκώματα ή ζαρώματα μπορεί να υπάρχουν. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται το μέρος του χάρτη που είναι για ψηφιοποίηση, να βρίσκεται πάντα μέσα στην ενεργή περιοχή της τράπεζας. (Τέσσερα σημεία στις γωνίες της τράπεζας). Χρησιμοποιείται ειδική κολλητική ταινία που δεν θα σκίσει το χάρτη ούτε θα αφήσει υπολείμματα κόλλας πάνω στην τράπεζα.
- Εκκινείται ο διακόπτης της τράπεζας, συνδέεται η τράπεζα με τον υπολογιστή και εκκινείται ο υπολογιστής. Αν ο υπολογιστής ήταν ήδη ανοιχτός, επανεκκινείται.
- Για να μπορέσει να ψηφιοποιηθεί σωστά μία εικόνα πρέπει να γνωρίζουμε επακριβώς τουλάχιστον 4 σημεία του. Στην περίπτωση του χάρτη αυτά τα σημεία θα είναι οι τέσσερις γωνίες του, των οποίων ξέρουμε τις συντεταγμένες τους.
- Βαθμονομείται η τράπεζα έτσι ώστε το πρόγραμμα να καταλαβαίνει τη θέση και τη διαβάθμιση του χάρτη.
 - a) Εκκινείται το AutoCAD και ανοίγει ένας καινούργιος φάκελος εργασίας. Επιβεβαιώνεται ότι η τράπεζα είναι ενεργοποιημένη μετακινώντας τον ιχνοθέτη πάνω της. Ο κέρσορας θα μετακινείται πάνω στην οθόνη.
 - b) Γράφουμε tablet στη γραμμή εντολών, πατάμε enter και προσέχουμε πολύ τις παρακάτω προτροπές εντολών:
 - Digitize point #1: Τοποθετείται το σταυρόνημα του ιχνοθέτη με μεγάλη προσοχή και ακρίβεια στο πρώτο σημείο (κατά προτίμηση το κάτω αριστερά) και πατάμε το κουμπί 0.
 - Enter coordinates for point #1: Τώρα γράφουμε τις συντεταγμένες για το πρώτο σημείο στη γραμμή εντολών.



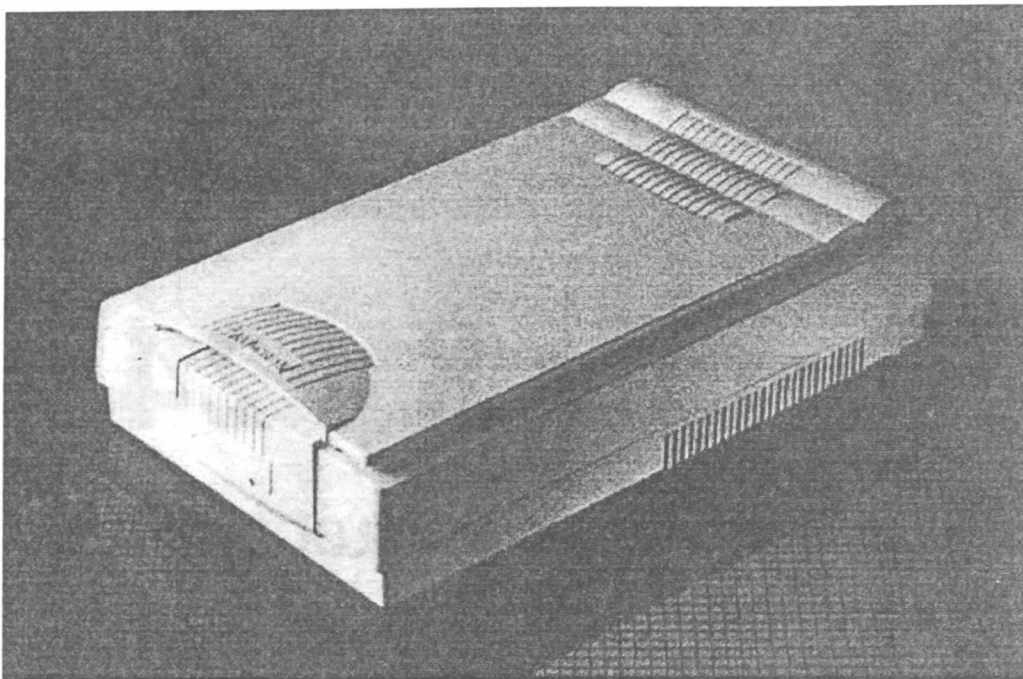
Σχ.7.2.4.3(γ) Διαδικασία Ψηφιοποίησης

7.2.4.4 Ο Σαρωτής

Ο σαρωτής είναι και αυτός, όπως και ο ψηφιοποιητής, μία αυτόνομη περιφερειακή συσκευή του Η/Υ για ψηφιοποίηση σε ψηφιδωτή μορφή (raster). Ο σαρωτής μετατρέπει το υπάρχον σχέδιο σε δομή πίνακα, όπου τα στοιχεία του συνθέτουν το ψηφιδωτό. Υπάρχουν επίπεδοι σαρωτές (επιφάνεια σάρωσης επίπεδη) και κυλινδρικοί σαρωτές (επιφάνεια σάρωσης κυλινδρική). Ο σαρωτής σαρώνει το υπό ψηφιοποίηση σχέδιο κατά την οριζόντια ή κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Κατά τη διάρκεια της σάρωσης εκπέμπεται από μία φωτεινή πηγή ακτινοβολία πάνω στο χαρτί του σχεδίου. Η ακτινοβολία ανακλάται ή διαπερνάει, εφόσον είναι από διαφανές υλικό, το χάρτη και επανασυλλέγεται από αισθητήρα ή αισθητήρες. Αυτοί μετρούν το μήκος κύματος ή την ένταση της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας. Έτσι ο σαρωτής αναλύει το χάρτη σε ψηφίδες, στις οποίες αντιστοιχεί το μήκος κύματος ή η ένταση της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας.

Ένας σαρωτής χαρακτηρίζεται από την ενεργή διακριτική ικανότητα σάρωσης (actual scan resolution) η οποία στους σύγχρονους σαρωτές αρχίζει από 300 dpi (dots per inch) ή 11.8 dots/mm και υπερβαίνει τα 2000 dpi. Επίσης χαρακτηρίζεται από την διακριτική ικανότητα παρεμβολής (interpolative resolution) η οποία συνήθως

είναι διπλάσια της ενεργής. Π.χ. σαρωτής με 1000 dpi ενεργή διακριτική ικανότητα θα έχει 2000 dpi διακριτική ικανότητα παρεμβολής. Δηλαδή ο σαρωτής αυτός μπορεί να διακρίνει σημεία διαστάσεων 12.7 μm .



Σχ.7.2.4.4(α) Επίπεδος σαρωτής A4

Οι σαρωτές, μετρούν είτε την ένταση, είτε το μήκος κύματος της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας, είτε και τα δύο. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να αντιλαμβάνονται διαβαθμίσεις της κλίμακας του γκρι και χρώματα. Οι δυνατότητές τους, όσον αφορά το γκρι, ποικίλουν από 16 διαβαθμίσεις του γκρι ως και 256 διαβαθμίσεις. Η δε χρωματική τους διακριτική ικανότητα, είναι της τάξης των 10^6 χρωμάτων.

Οι σαρωτές, σε αντίθεση με τους ψηφιοποιητές, έχουν τη δυνατότητα ψηφιοποίησης ολόκληρου του σχεδίου ή κάποιου υποσυνόλου πληροφορίας που εμπεριέχεται σ' αυτό. Επίσης οι σαρωτές αναγνωρίζουν χρώματα. Το πρωτογενές αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης ενός σχεδίου με ψηφιοποιητή είναι σε μορφή διανύσματος, ενώ η ψηφιοποίηση με σαρωτή είναι σε μορφή ψηφιδωτού.

Η ψηφιοποίηση με ψηφιοποιητή είναι θεσμός για πάνω από 20 χρόνια και συνεχίζει να χρησιμοποιείται και στις μέρες μας. Η εργασία όμως είναι σχετικά κουραστική και χρονοβόρα σε σύγκριση με άλλες τεχνικές. Η δουλειά με ψηφιοποιητή ενδείκνυται για σχετικά μικρά έργα. Παρόλα αυτά εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ανθεκτικότητα και την ακρίβεια του χειριστή.

Με την εμφάνιση των σχετικά φτηνών και εύχρηστων σαρωτών (scanners), και προγραμμάτων ειδικών για τη ψηφιοποίηση χαρτών σε διανυσματική μορφή, διαμέσου του υπολογιστή, όπως το CAD Overlay (raster to vector conversion), είναι πολύ απλούστερο να γίνει ο μετασχηματισμός. Το πρώτο βήμα είναι να δημιουργηθούν οι σαρώσεις.



Σχ.7.2.4.4(β) Ηλεκτρονικός σαρωτής ειδικός για σαρώσεις χαρτών

Τα πρώτα που είναι ανάγκη να καθοριστούν, είτε τα σχέδια (χάρτες) σαρώνονται σε επαγγελματικό scanner, είτε σε scanner του εμπορίου, είναι:

- Η ευκρίνεια που πρέπει να έχουν οι σαρώσεις.
- Το βάθος του χρώματος
- Ο τύπος του αρχείου στο οποίο θέλουμε να δημιουργηθεί.

Η ευκρίνεια ελέγχει πόση λεπτομέρεια θα έχει το προκύπτον αρχείο σάρωσης και μετριέται σε τελείες ανά ίντσα (dpi). Όσο περισσότερα τα dpi τόσο πιο λεπτομερές το αρχείο, αλλά και τόσο μεγαλύτερο το μέγεθός του. Όταν σαρώνουμε έναν τοπογραφικό χάρτη με μοναδικό σκοπό να τον ψηφιοποιήσουμε τότε δεν χρειαζόμαστε πολύ μεγάλη ανάλυση. 200 dpi είναι γενικά αρκετά για μια σωστή μετατροπή.

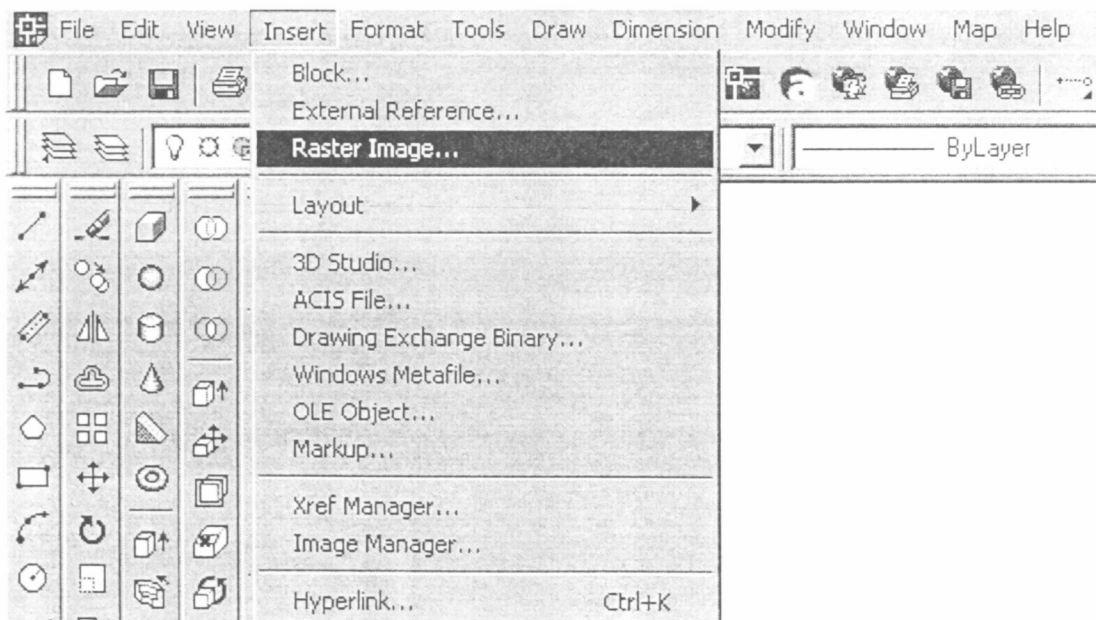
Το βάθος του χρώματος ελέγχει πόσα διαφορετικά χρώματα μπορεί να αντιπροσωπεύσει κάθε εικονοστοιχείο. Όσο πιο μεγάλο το βάθος χρώματος, τόσο πιο φωτορεαλιστική η σάρωση. Για τη ψηφιοποίηση τοπογραφικών χαρτών δεν χρειαζόμαστε κανένα χρώμα, οπότε η επιλογή μπορεί να είναι ασπρόμαυρης σάρωσης.

Ο τύπος του αρχείου ελέγχει πώς το αρχείο σάρωσης είναι σχηματοποιημένο. Αν και οι περισσότερες μορφές αρχείων υποστηρίζονται, τα αρχεία του TIFF δίνουν γενικά τα καλύτερα αποτελέσματα όταν μετατρέπουμε τις σαρώσεις σε αντικείμενα σχεδίων. Παρόλα αυτά σε όποια μορφή και αν μορφοποιηθεί το αρχείο σάρωσης μπορούμε αργότερα με κάποιο πρόγραμμα όπως το ACDSee ή και το Adobe Photoshop να το μετατρέψουμε στην επιθυμητή μορφή.

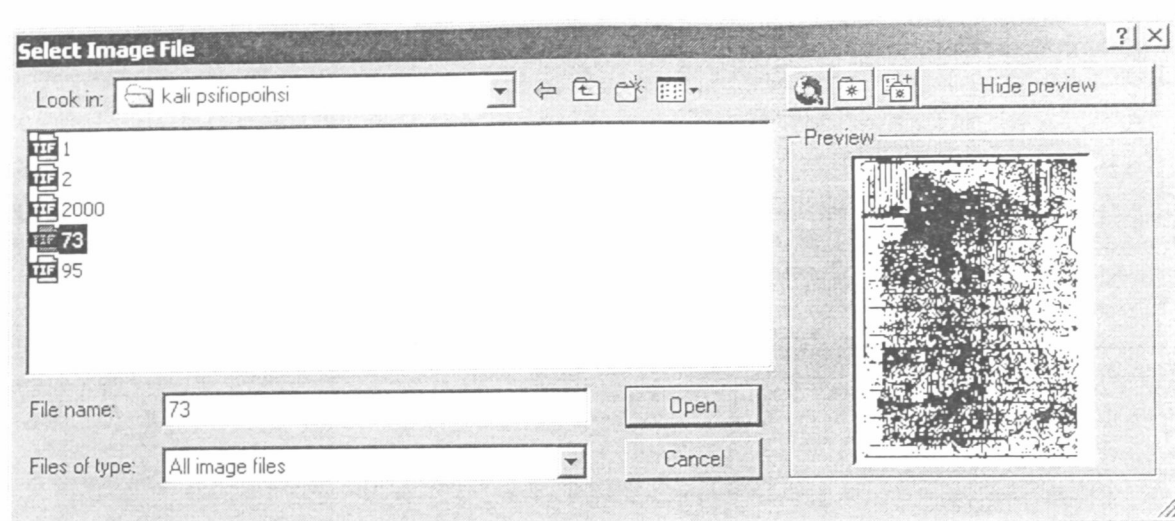
7.3 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CAD

Όταν ο χάρτης σαρωθεί, εισάγουμε την σαρωμένη εικόνα σε πρόγραμμα CAD το οποίο ενδείκνυται για μετατροπή αρχείου εικόνας σε διανυσματική μορφή.

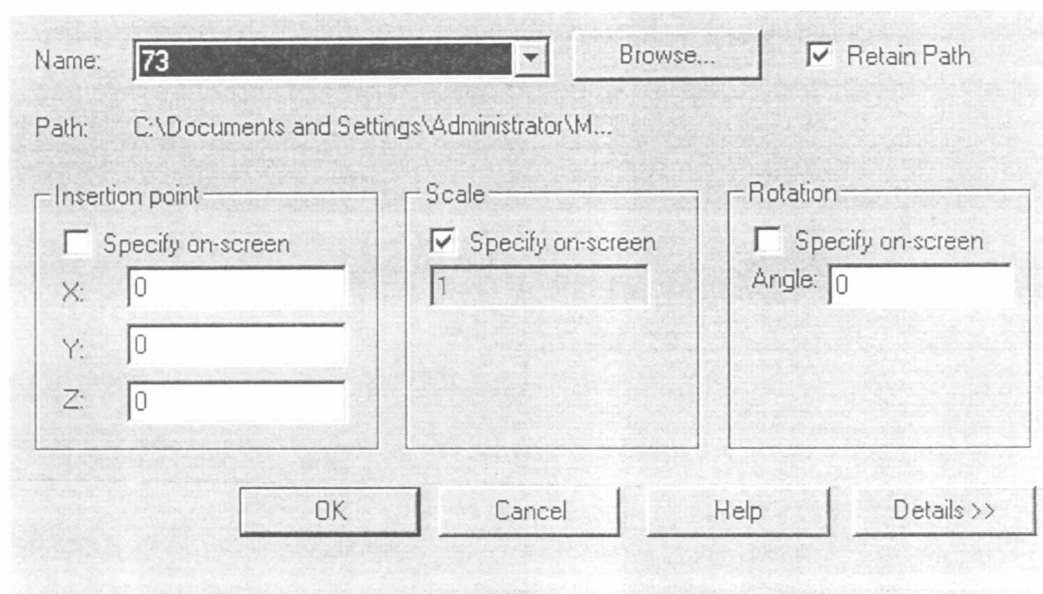
1. Από τη κεντρική μπάρα του προγράμματος διαλέγουμε Insert>Raster Image.



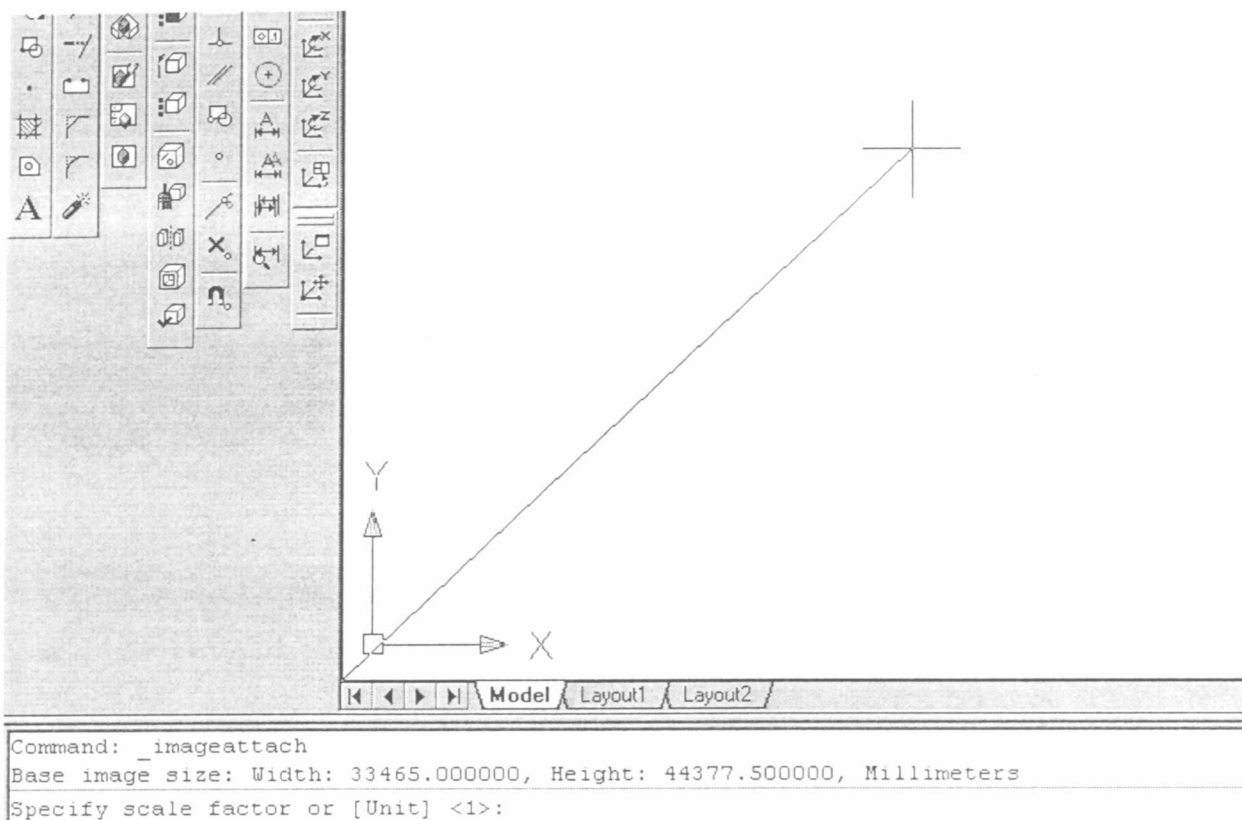
2. Επιλέγουμε την εικόνα που επιθυμούμε να εισάγουμε και πατάμε στην επιλογή Open.



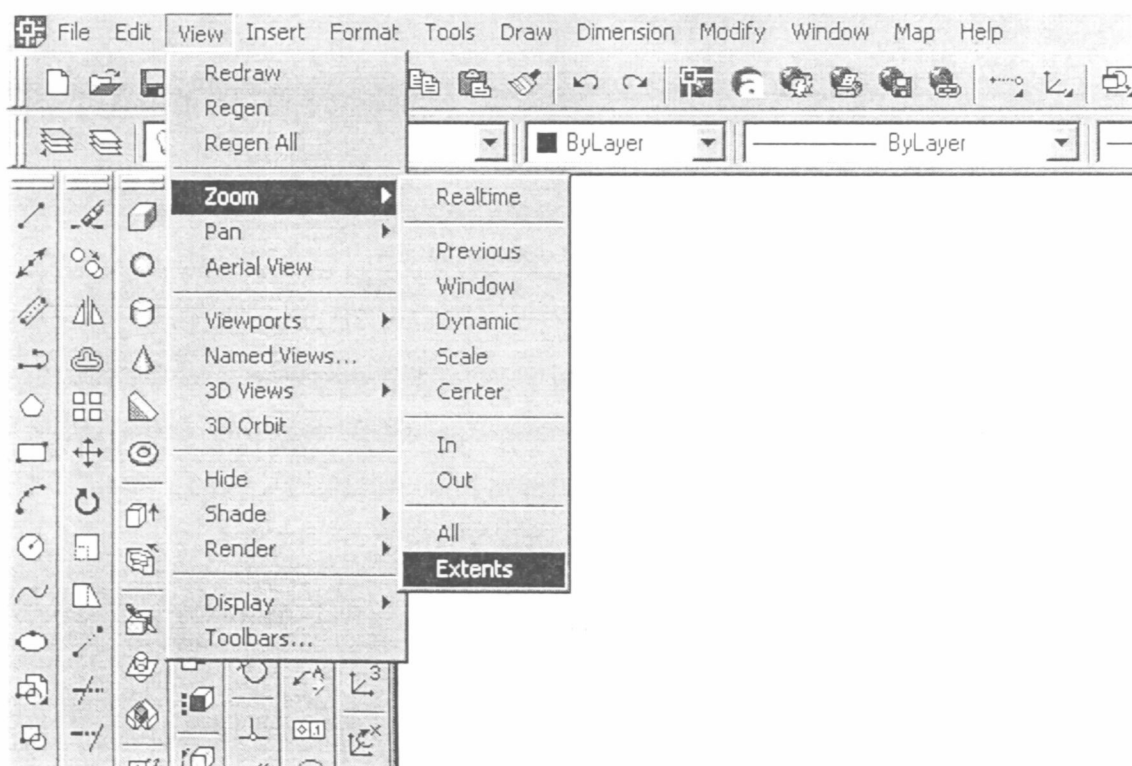
3. Το σημείο που θα εισάγουμε την εικόνα, καθώς και οι μονάδες μήκους του χάρτη, δεν έχουν τόσο σημασία αφού στη συνέχεια και με τις κατάλληλες εντολές θα γίνει η σωστή βαθμονόμηση και ευθυγράμμιση του χάρτη.



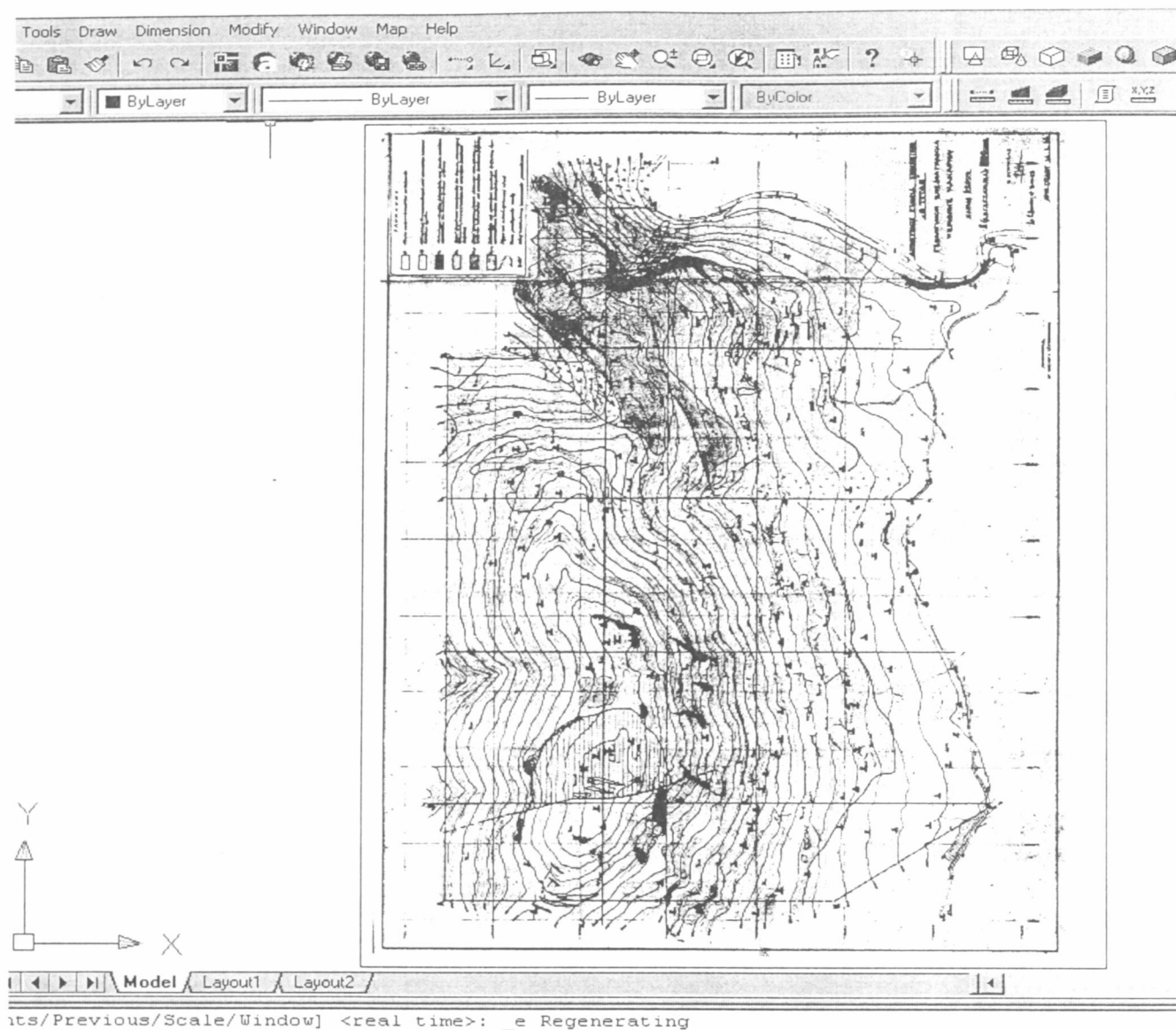
4. Στην προτροπή Specify scale factor or [Unit] <1>: πατάμε enter.



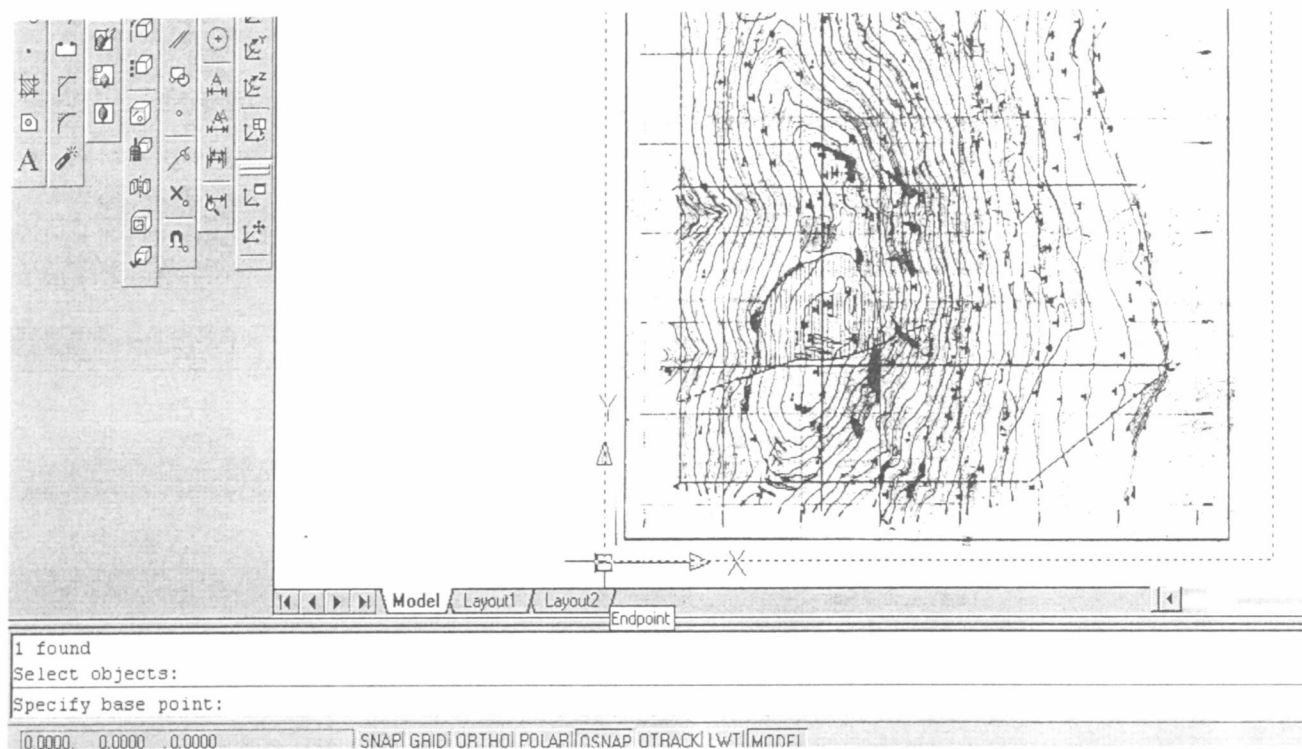
5. Στη συνέχεια από την κεντρική μπάρα διαλέγουμε View>Zoom>Extents



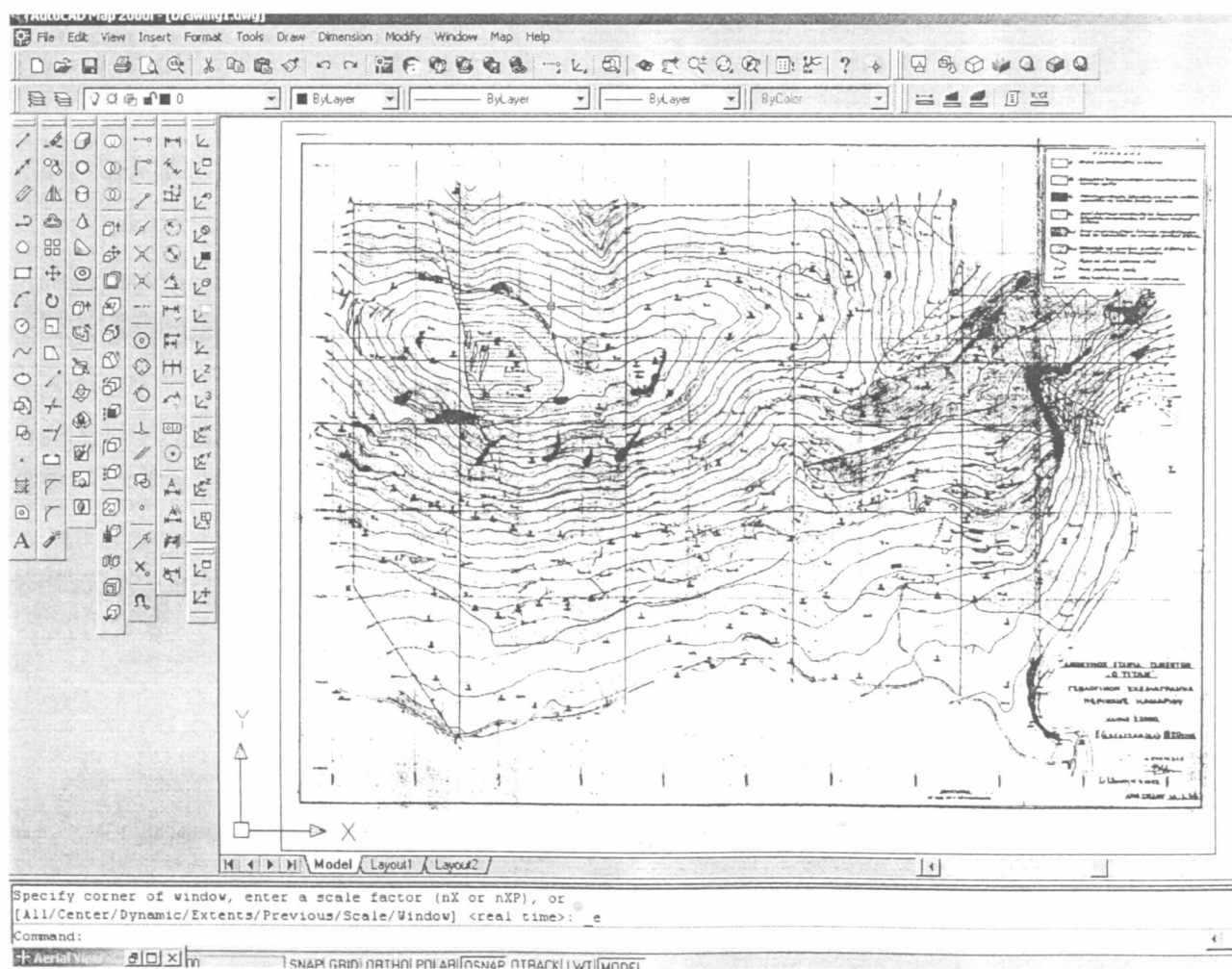
6. Η μορφή του χάρτη στο πίνακα σχεδιασμού έχει την παρακάτω μορφή:



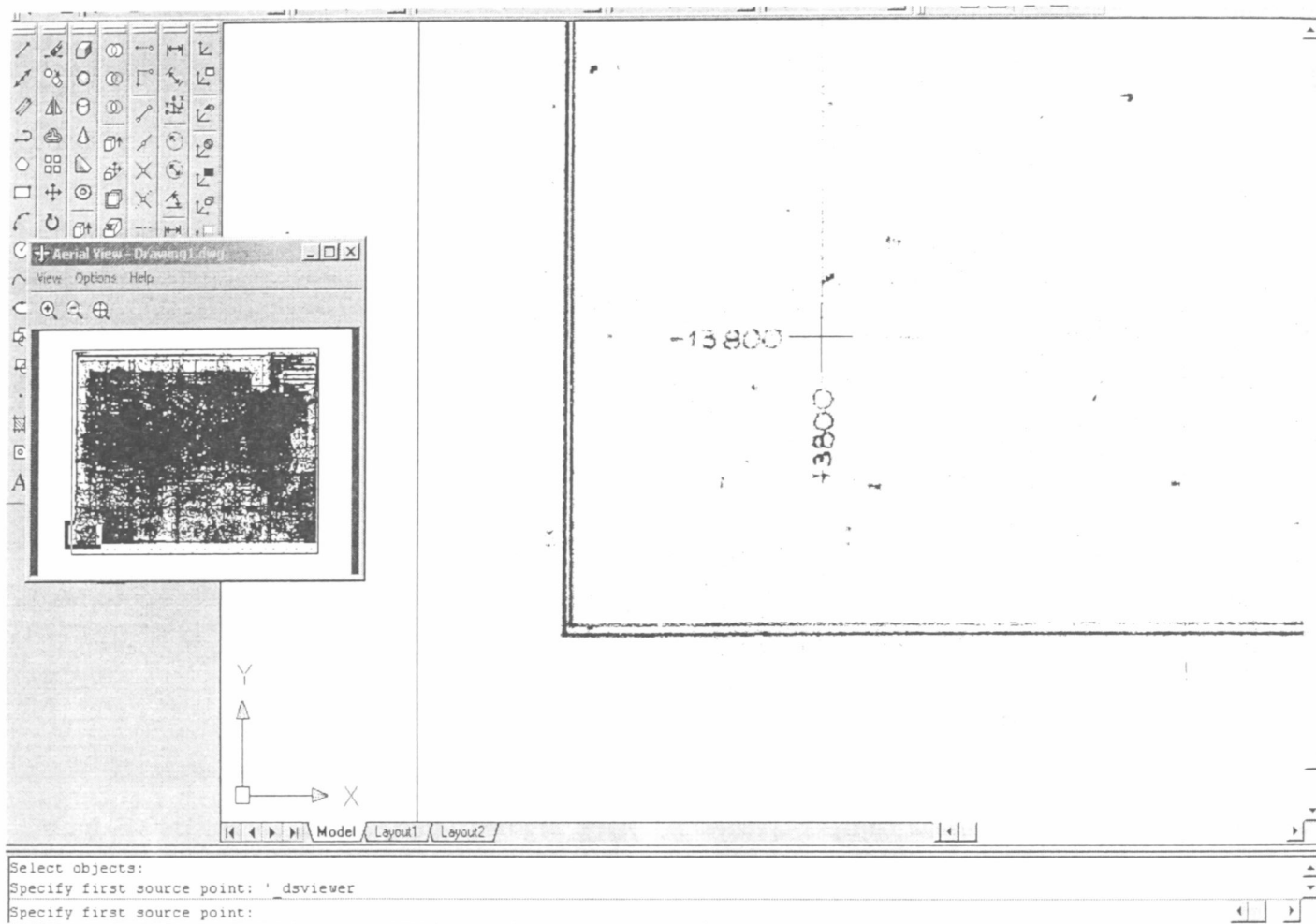
7. Ο χάρτης πρέπει να περιστραφεί κατά 90^0 για να έχουμε καλύτερη οπτική. Οπότε γράφουμε την εντολή rotate πατάμε enter, στην προτροπή Select all: γράφουμε all, πατάμε enter και στην προτροπή Specify base point: επιλέγουμε το κάτω αριστερό άκρο του χάρτη. Τέλος στην προτροπή Specify rotation angle: πληκτρολογούμε -90 και πατάμε enter.



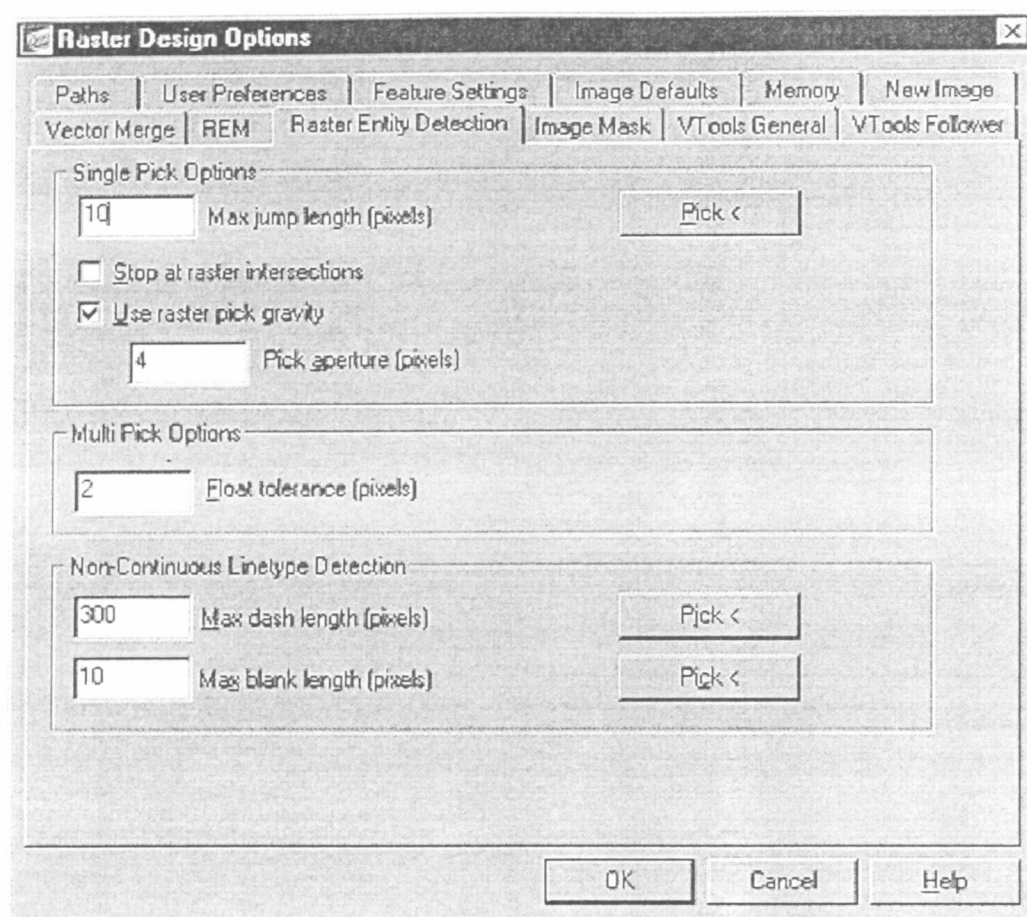
8. Στη συνέχεια από την κεντρική μπάρα διαλέγουμε ξανά View>Zoom>Extents



9. Για να θέσουμε τις σωστές συντεταγμένες του χάρτη χρησιμοποιούμε την εντολή align. Γράφουμε την εντολή align πατάμε enter, στην προτροπή Select all: γράφουμε all, πατάμε enter και στην προτροπή Specify first source point: εστιάζουμε στο κάτω αριστερό άκρο και κλικάρουμε.

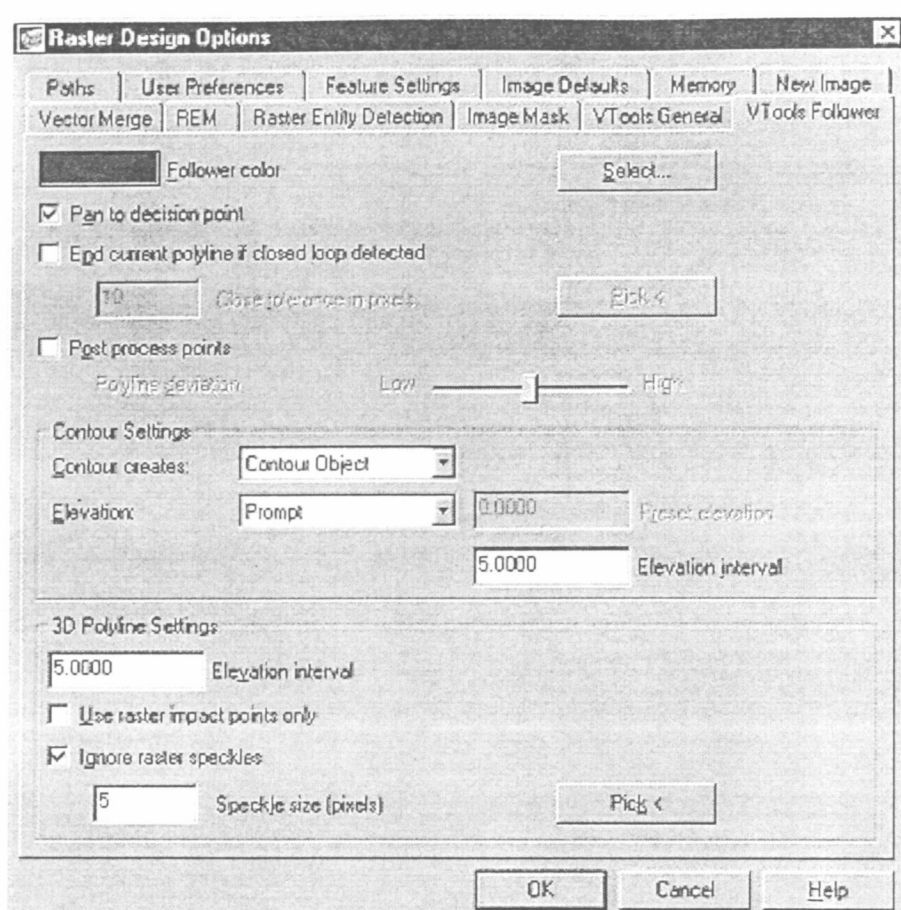


10. Ακολουθούμε τα ίδια βήματα και για τα άλλα δύο σημεία. Δηλαδή στις επόμενες προτροπές: Specify second source point: , Specify third source point:, εστιάζουμε στα επόμενα σημεία και τα επιλέγουμε. Τα άλλα δύο σημεία πρέπει να είναι τα άκρα του χάρτη που είναι και γνωστών συντεταγμένων.
11. Αφού πραγματοποιήσουμε τα παραπάνω βήματα διαλέγουμε Image > Options, που ανοίγει την επιλογή Raster Design Options.



12. Από αυτήν την επιλογή κλικάρουμε στο καρτελάκι Raster Entity Detection. Οι ρυθμίσεις στη περιοχή Single Pick Options ελέγχουν ποία pixels ανήκουν στην ίδια γραμμή. Εάν υπάρχουν κενά ανάμεσα στις ισοϋψείς, είτε λόγω κακής ποιότητας του χάρτη, είτε λόγω κακής σάρωσης, θέτουμε στην επιλογή Max jump length το κατάλληλο νούμερο ώστε να περνιούνται τα κενά αυτόματα. Αλλιώς χρησιμοποιούμε την επιλογή pick και διαλέγουμε γραφικά, δύο σημεία πάνω στη σαρωμένη επιφάνεια τέτοια ώστε να αντιπροσωπεύουν το μήκος των κενών ανάμεσα στις ισοϋψείς.

13. Επιλέγουμε το καρτελάκι VTools Follower.

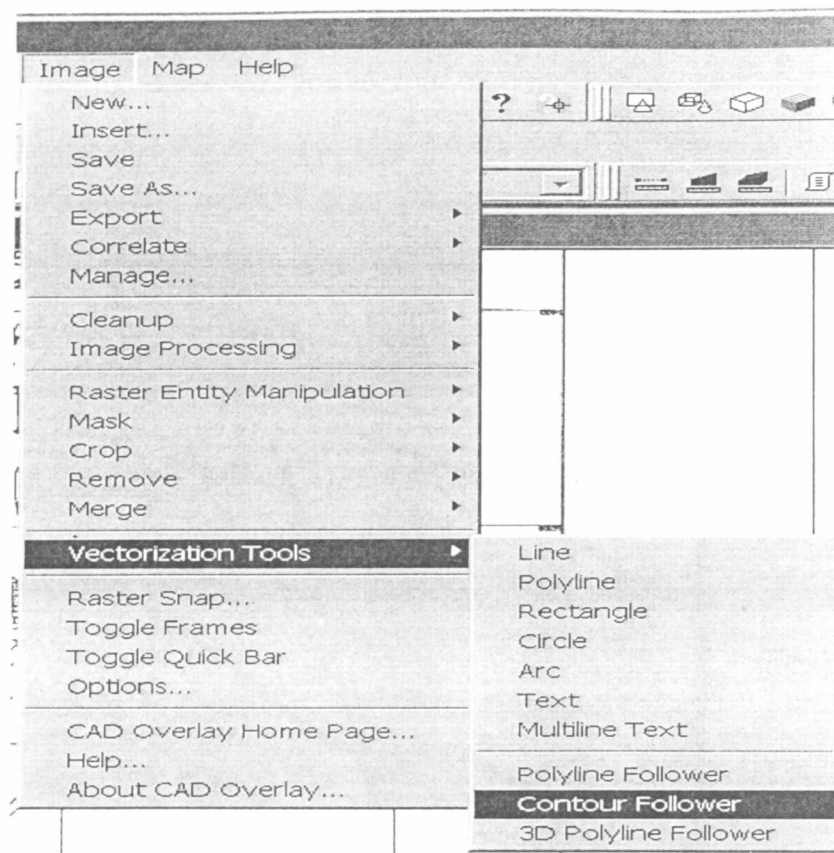


Στην περιοχή Contour Settings μπορούμε να αλλάξουμε τον τύπο του αντικειμένου που δημιουργείται, αν θα είναι δηλαδή ισοϋψής ή polyline. Όταν μετατρέπουμε σαρωμένα αρχεία σε διανυσματικά, το πρόγραμμα μας παρακινεί να θέσουμε υψόμετρα, ώστε να επαληθεύουμε τα υψόμετρα που χρησιμοποιούνται για τις μετασχηματισμένες ισοϋψείς. Η επιλογή elevation interval χρησιμοποιείται για να δίνει τιμές καθώς μετατρέπονται οι ισοϋψείς.

14. Επιλέγουμε OK αφού έχουμε κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις, και είμαστε έτοιμοι να μετατρέψουμε το χάρτη.

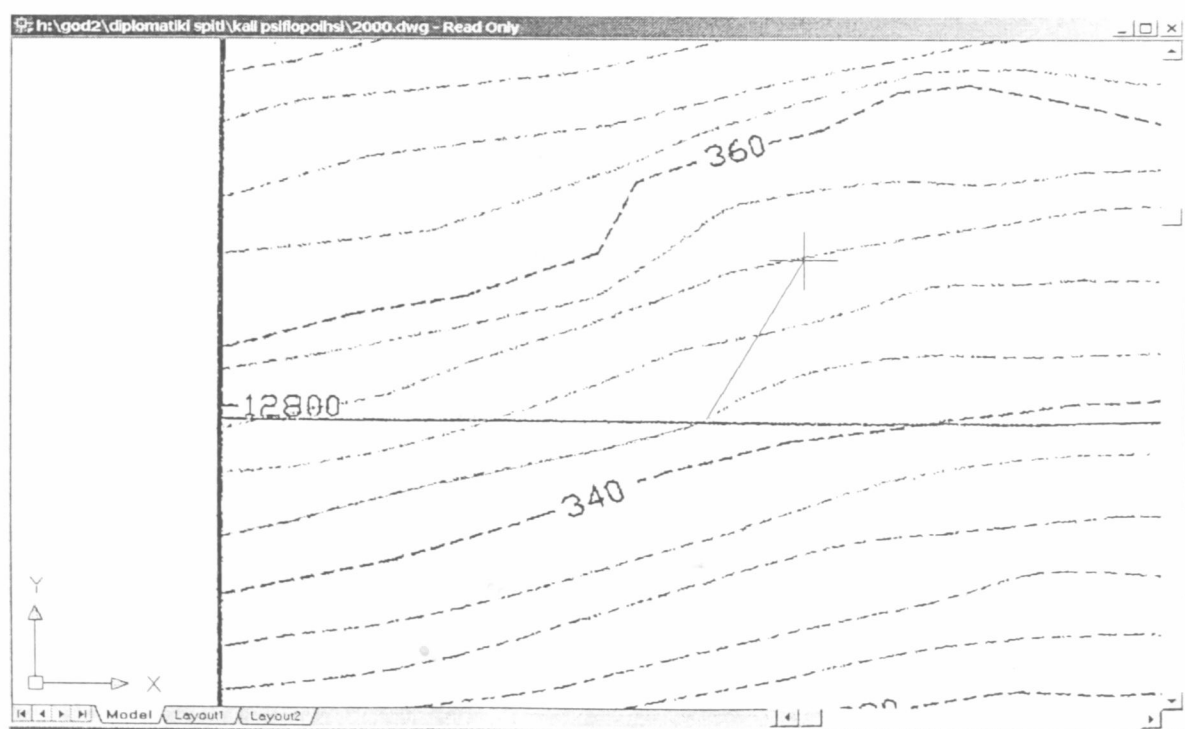
Μετατροπή ισοϋψών

1. Για να μετατρέψουμε την εισαγόμενη φωτογραφία με τις νέες ρυθμίσεις, χρησιμοποιούμε την εντολή Contour Follower από την επιλογή της κεντρικής μπάρας του προγράμματος: Image> Vectorization tools> Contour Follower.

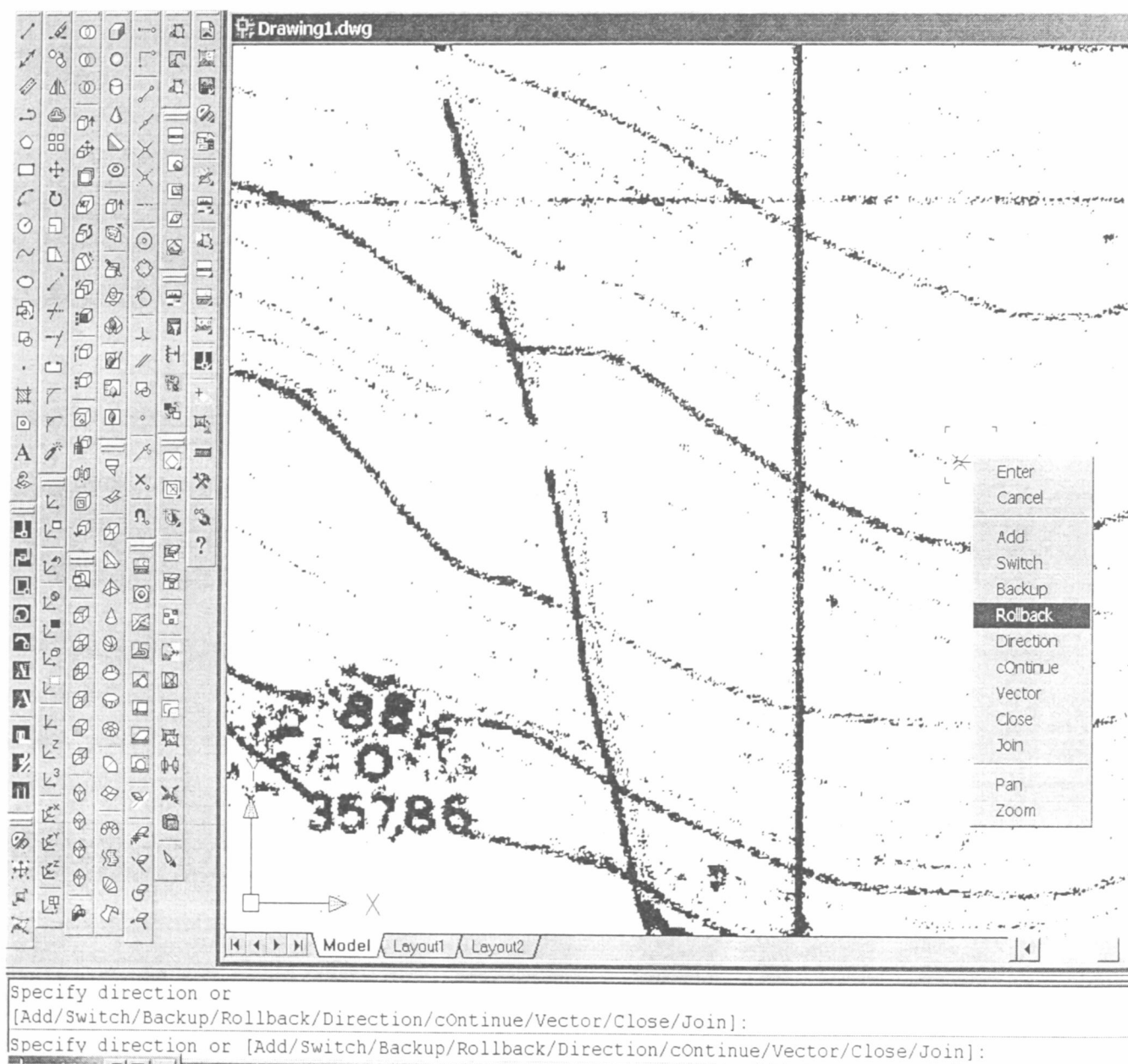


Με την εντολή Contour Follower μπορούμε να διαλέξουμε ισοϋψείς από την εικόνα, μία τη φορά, και ο οδηγός θα παρουσιάζει προσωρινά γραφικά, δείχνοντας μέχρι ποιο σημείο μπόρεσε να διαβάσει και να δημιουργήσει τη γραμμή.

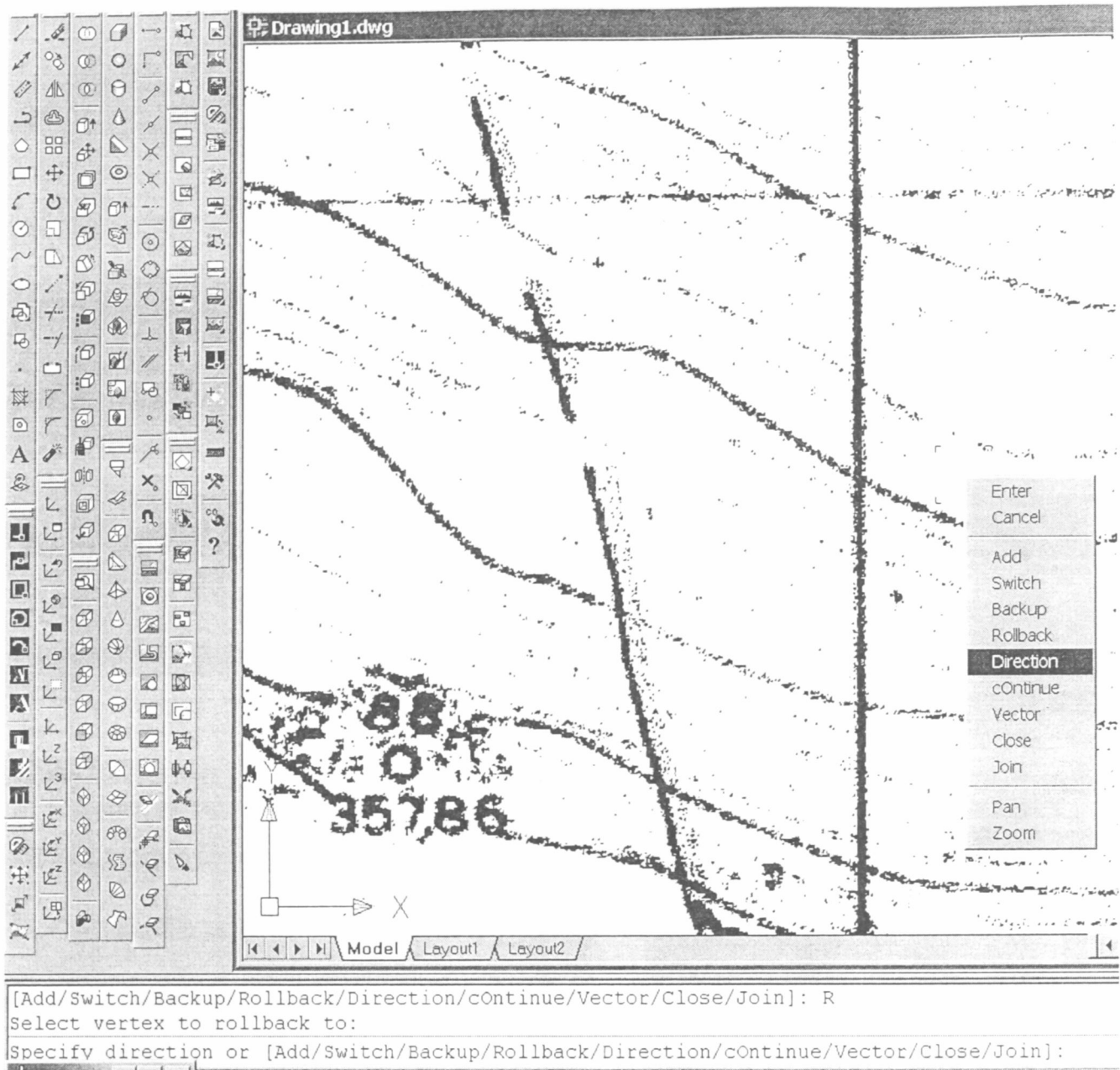
2. Επιλέγουμε στην εικόνα μια οποιοδήποτε ισοϋψή.



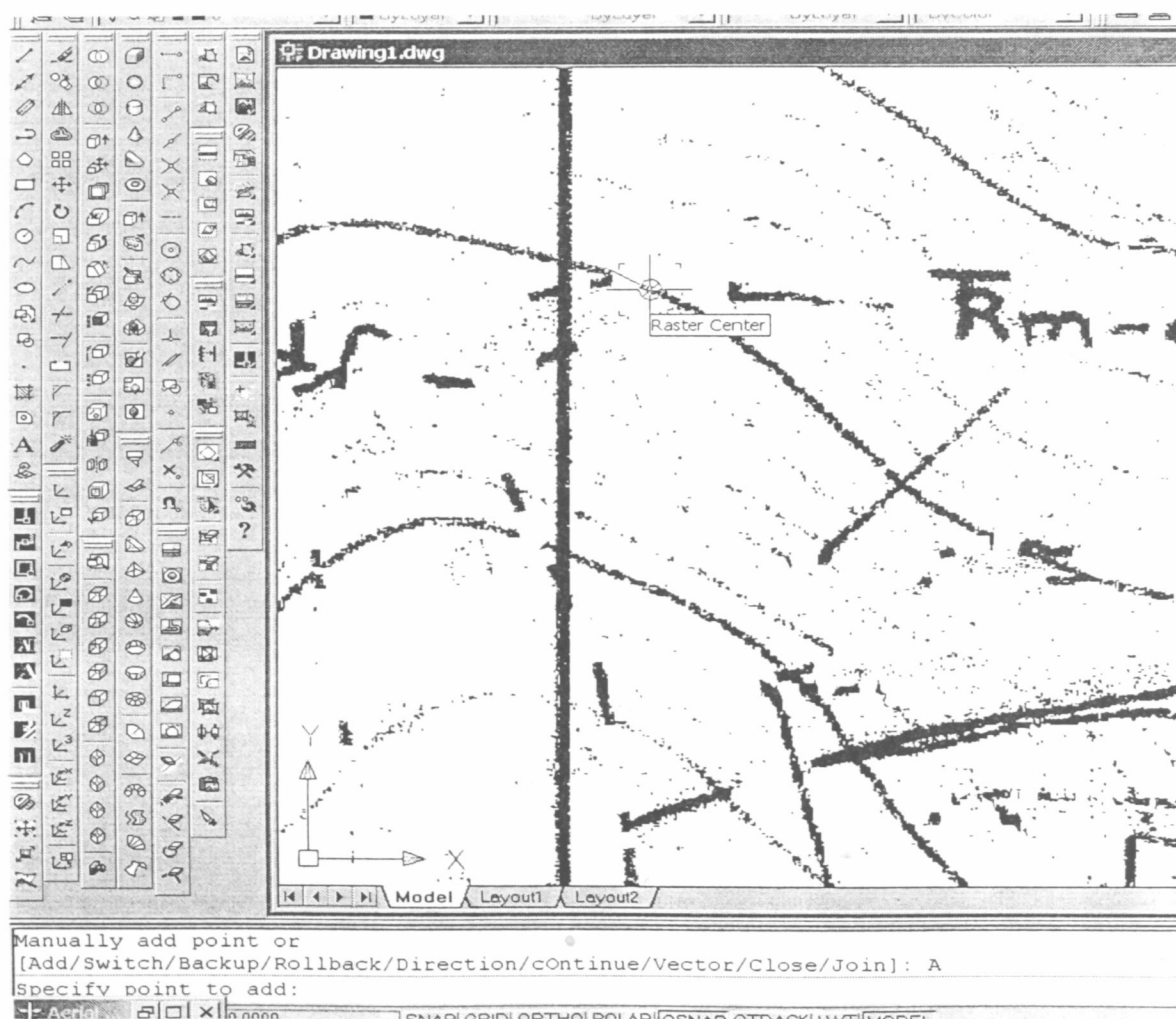
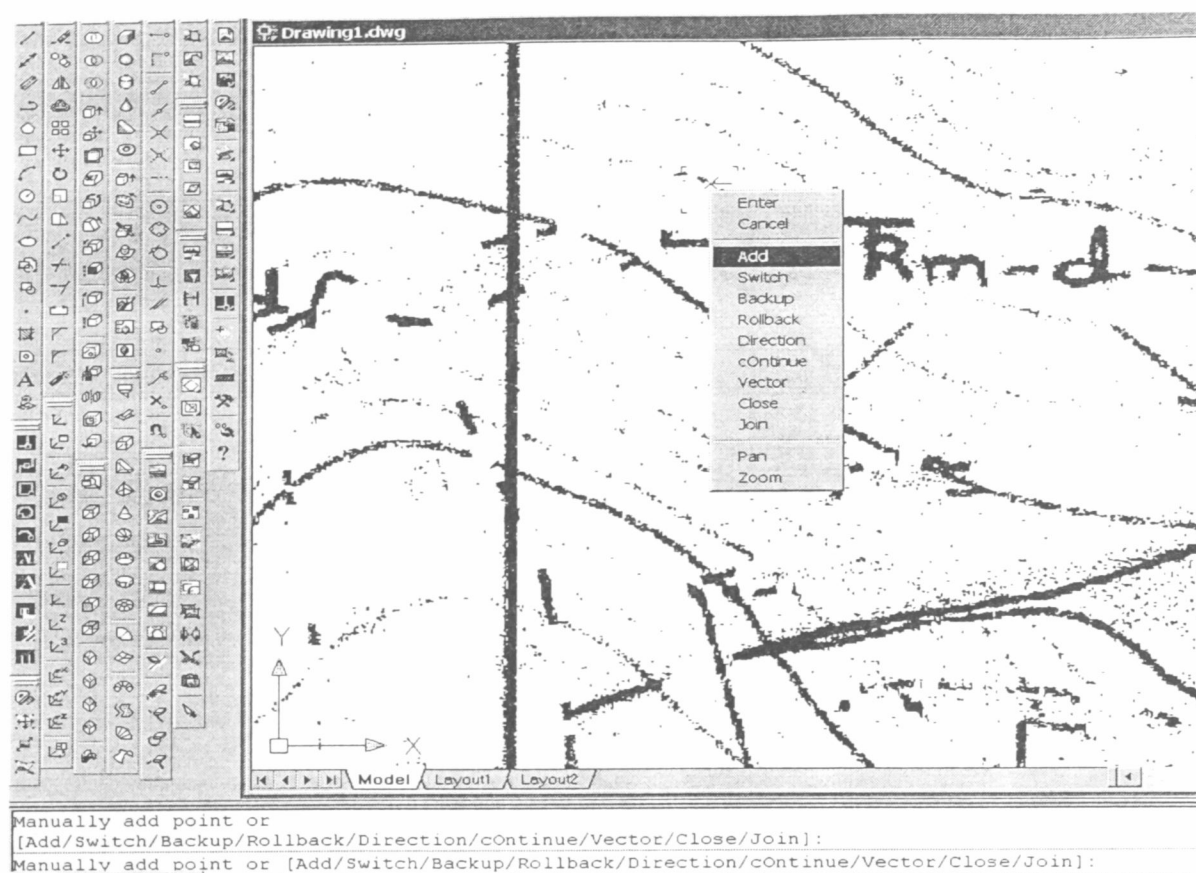
3. Έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιούμε ένα μεγάλο αριθμό εντολών, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν σε περίπτωση που η διεύθυνση των ισοϋψών δεν φαίνεται καθαρά, ή όταν υπάρχουν εμπόδια. Για παράδειγμα, όταν ο οδηγός ακολουθεί τη λάθος γραμμή, όπως ένας παρεμβαλλόμενος δρόμος, χρησιμοποιούμε την επιλογή Rollback για να οπισθοχωρήσει στο σημείο που οι δυο γραμμές ενώνονται.



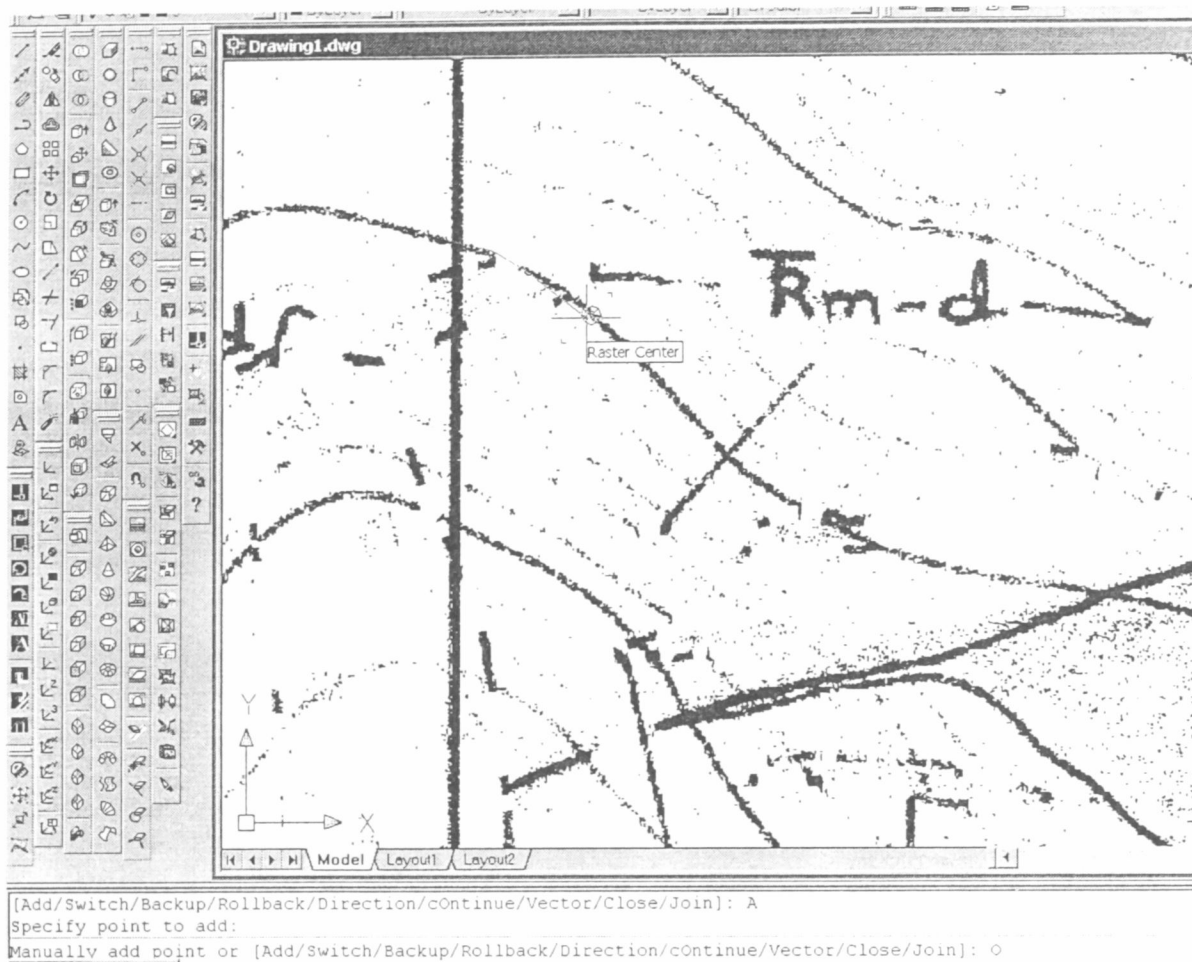
Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε την επιλογή direction για να υποδείξουμε το σωστό δρόμο που πρέπει να ακολουθηθεί.



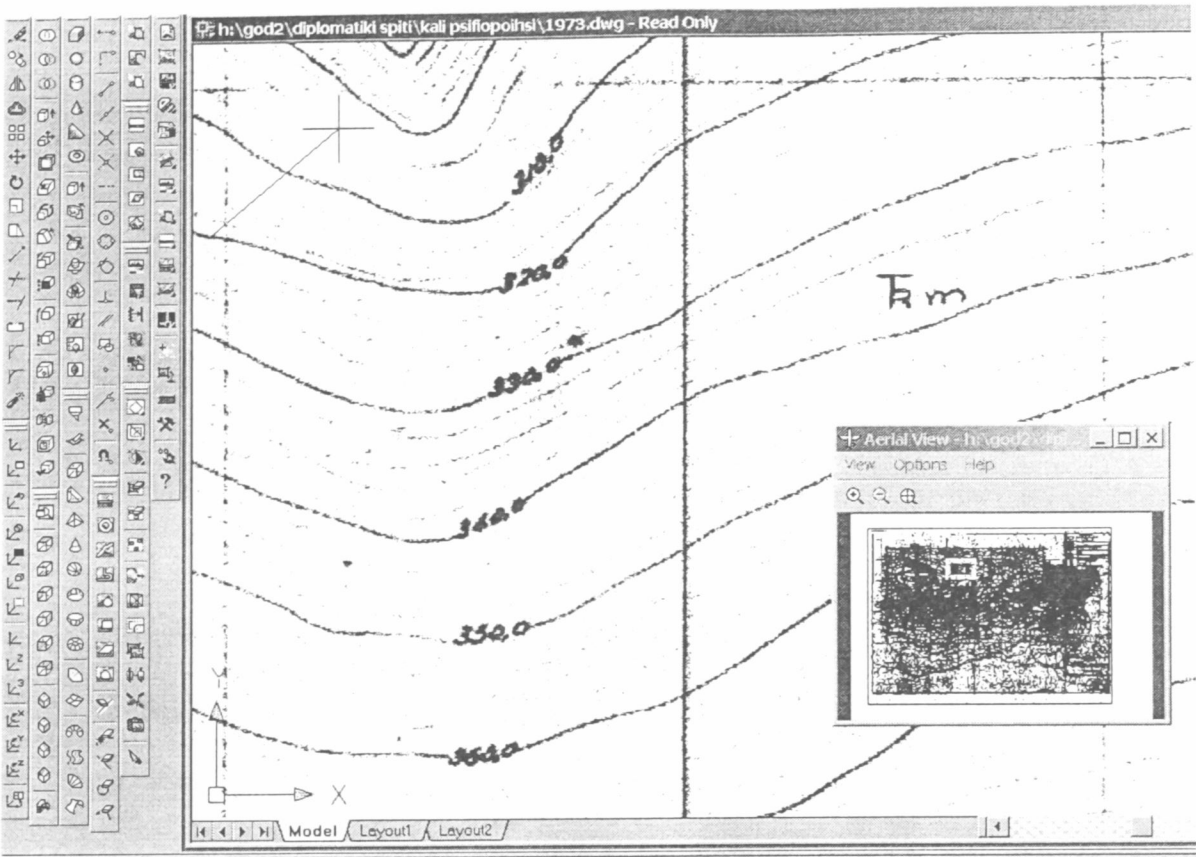
Εάν ένα κενό είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο που έχουμε ορίσει, ψηφιοποιούμε χειροκίνητα κατά μήκος του κενού χρησιμοποιώντας την εντολή add



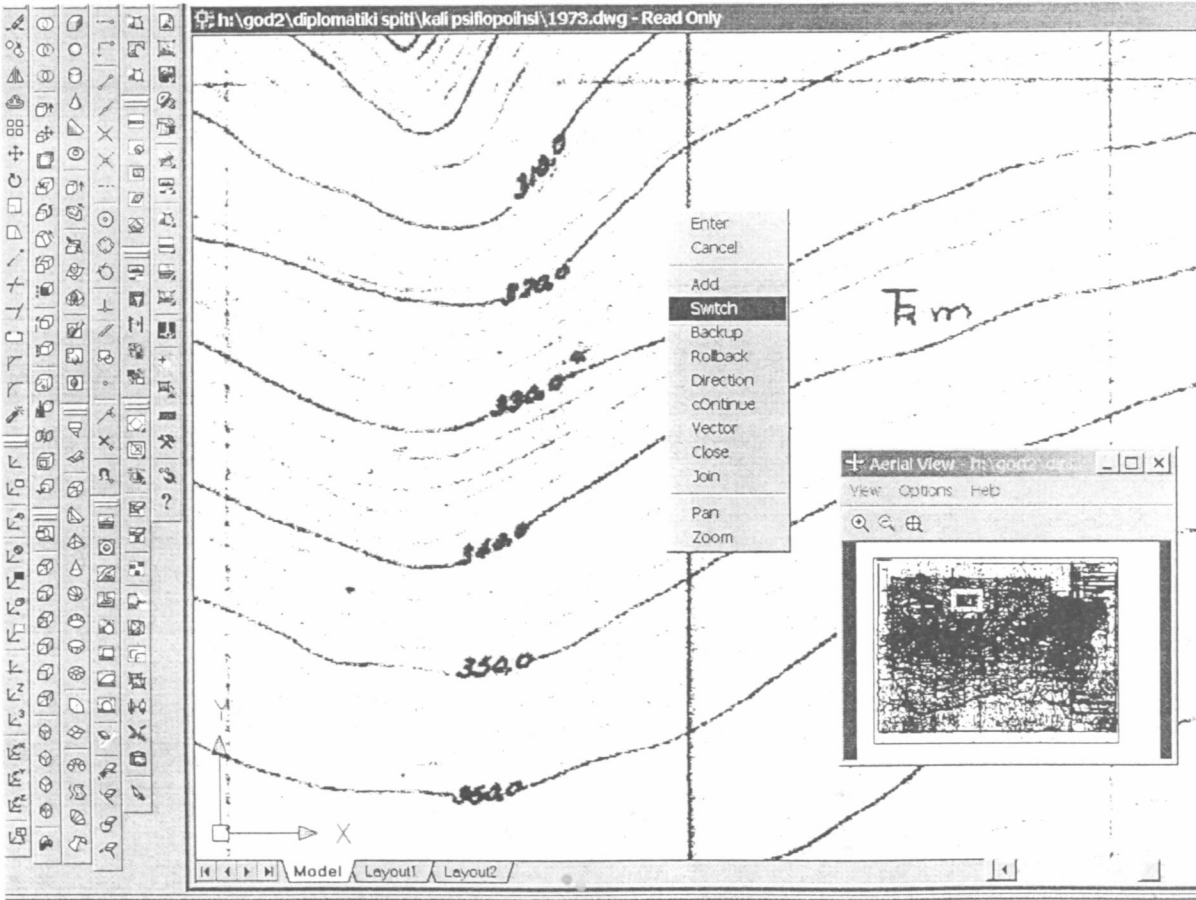
και στη συνέχεια θέτουμε Ο για την επιλογή Continue, ώστε ο οδηγός να συνεχίσει αυτόματα μετά το κενό.



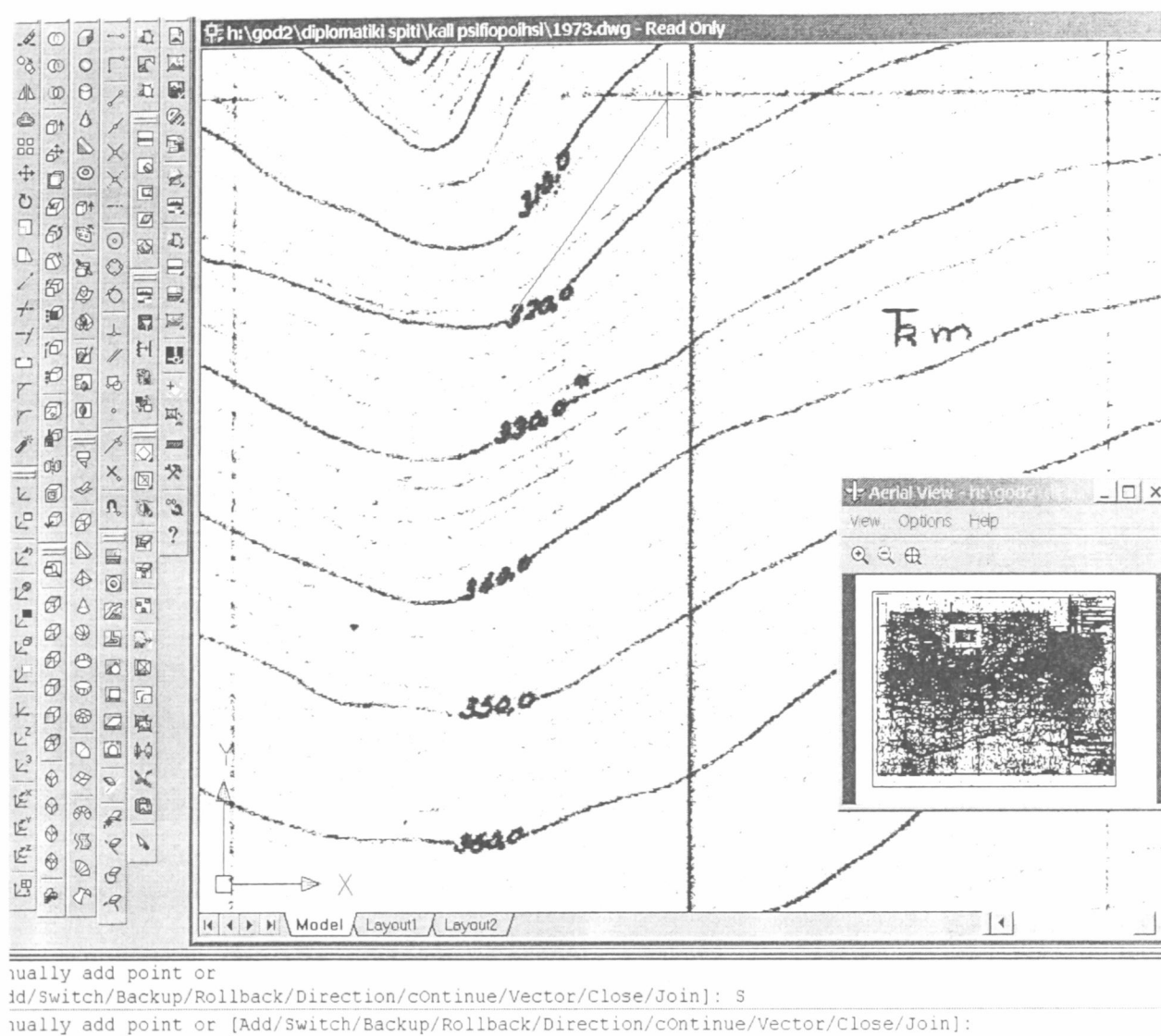
Τέλος όταν το εμπόδιο είναι στην αντίθετη μεριά της ισοϋψούς, χρησιμοποιούμε την επιλογή Switch για να μεταφερθούμε στην άλλη άκρη.



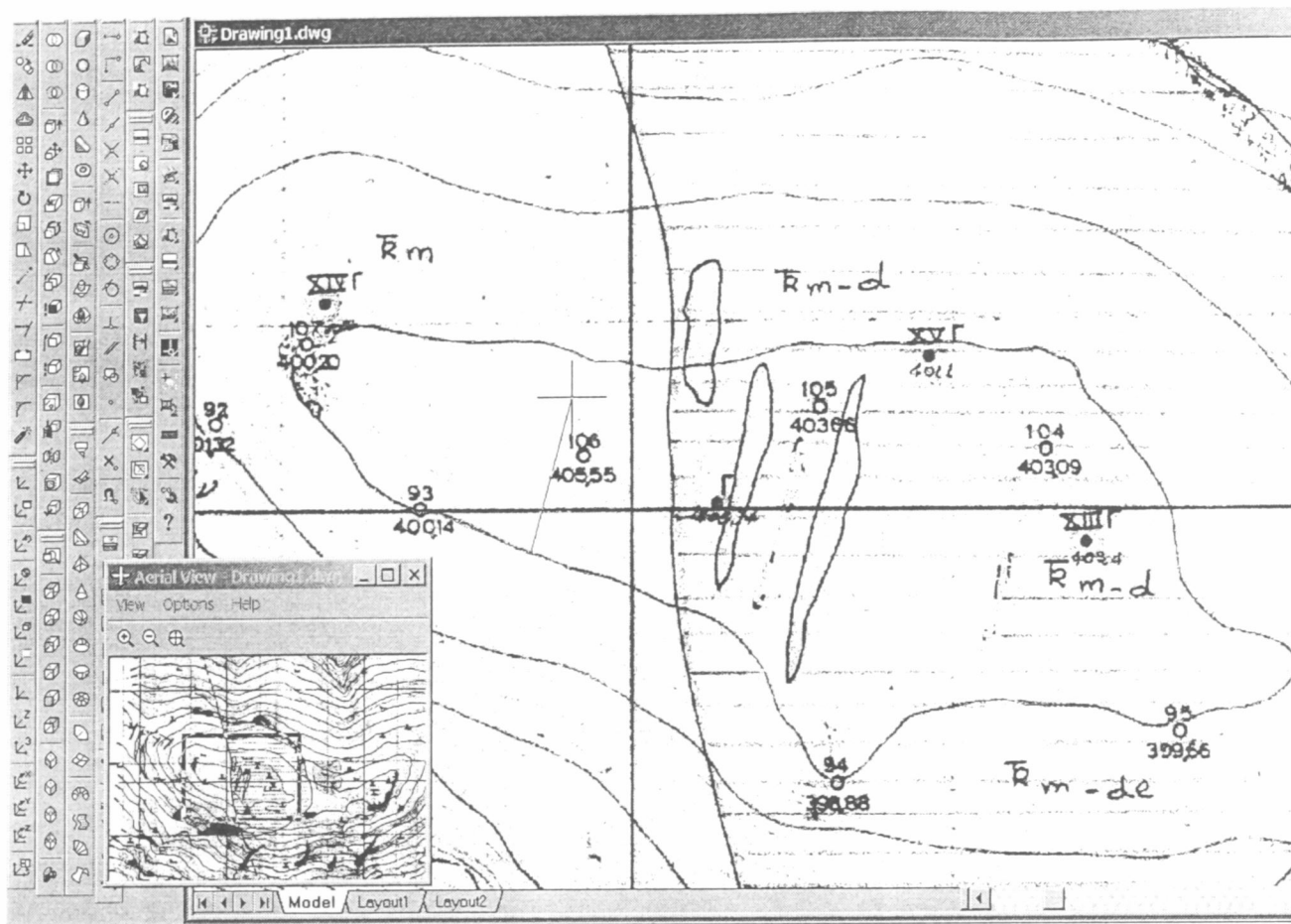
usually add point or
id/Switch/Backup/Rollback/Direction/cOntinue/Vector/Close/Join]: S
usually add point or [Add/Switch/Backup/Rollback/Direction/cOntinue/Vector/Close/Join]:



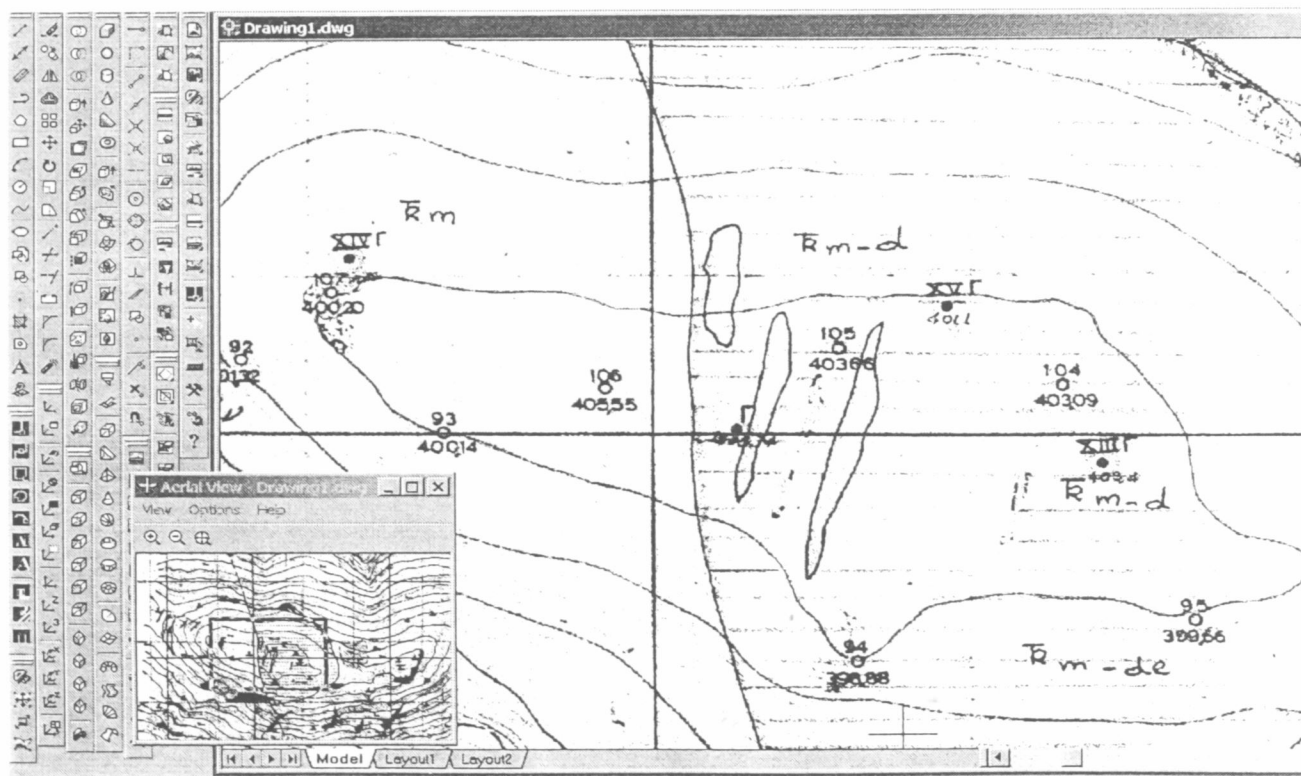
usually add point or
id/Switch/Backup/Rollback/Direction/cOntinue/Vector/Close/Join]: S
usually add point or [Add/Switch/Backup/Rollback/Direction/cOntinue/Vector/Close/Join]:



4. Όταν ψηφιοποιήσουμε ολόκληρη την ισοϋψή πατάμε enter, και μετά εξακριβώνουμε το υψόμετρό της.

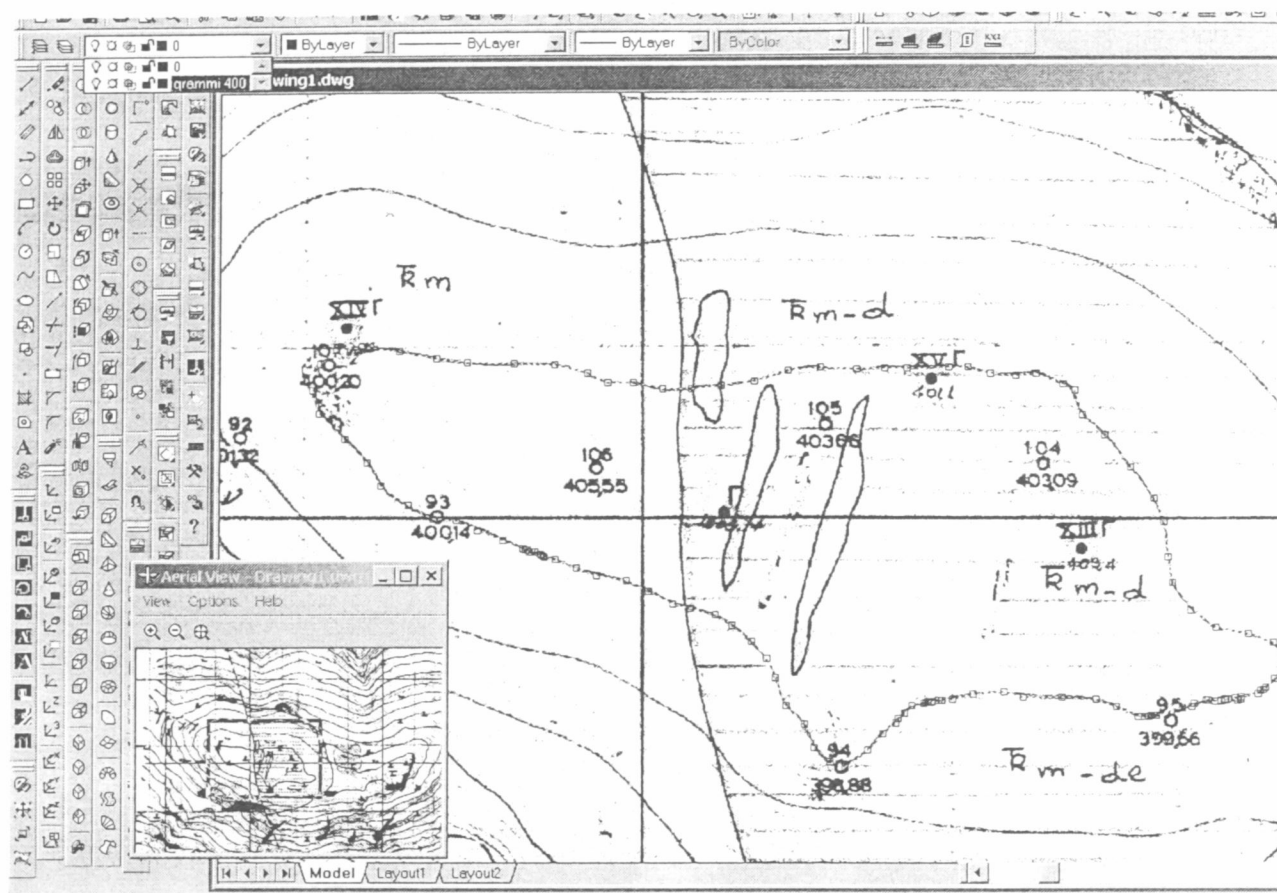


Manually add point or
 [Add/Switch/Backup/Rollback/Direction/Continue/Vector/Close/Join]: <Osnap on>
 Manually add point or [Add/Switch/Backup/Rollback/Direction/Continue/Vector/Close/Join]:

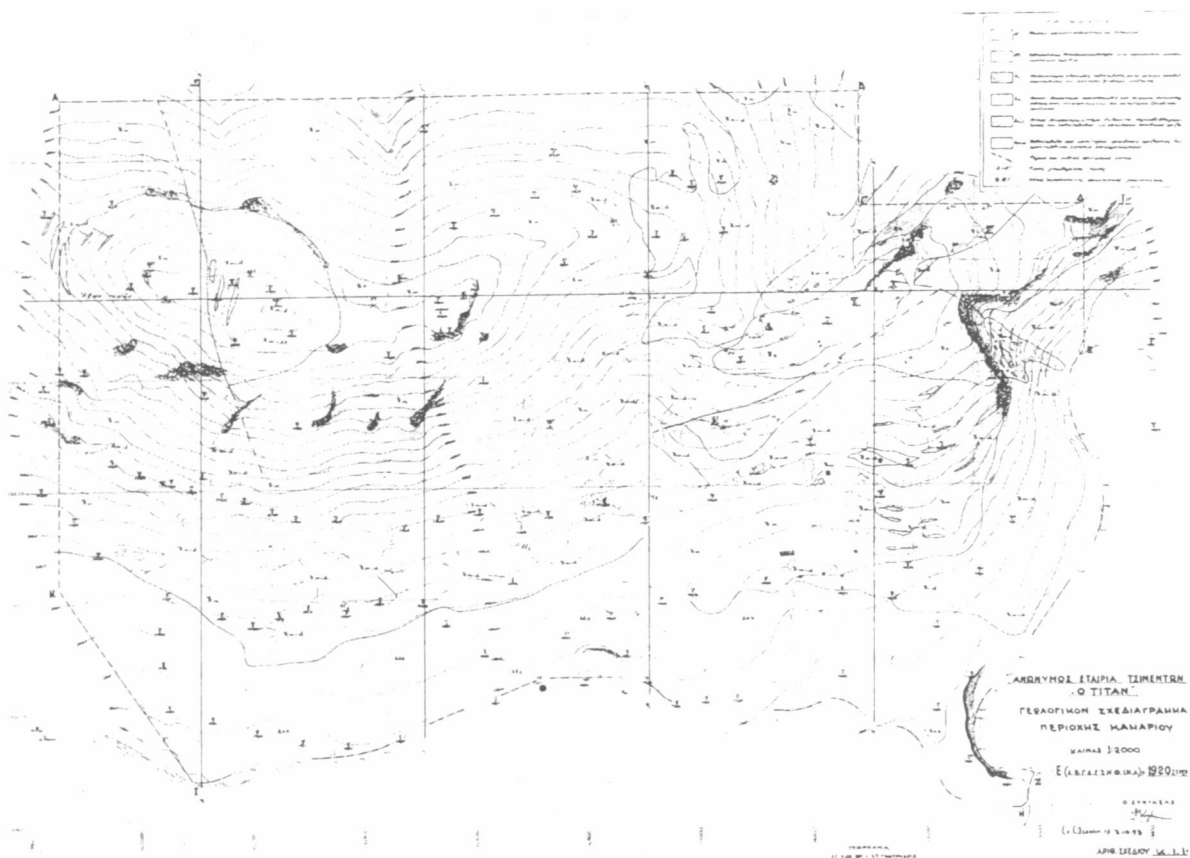


Manually add point or
 [Add/Switch/Backup/Rollback/Direction/Continue/Vector/Close/Join]:
 Specify elevation for contour <5>: 400

5. Τοποθετούμε την ισοϋψή στο στρώμα που θέλουμε και συνεχίζουμε με τον ίδιο τρόπο την μετατροπή της επόμενης ισοϋψούς.



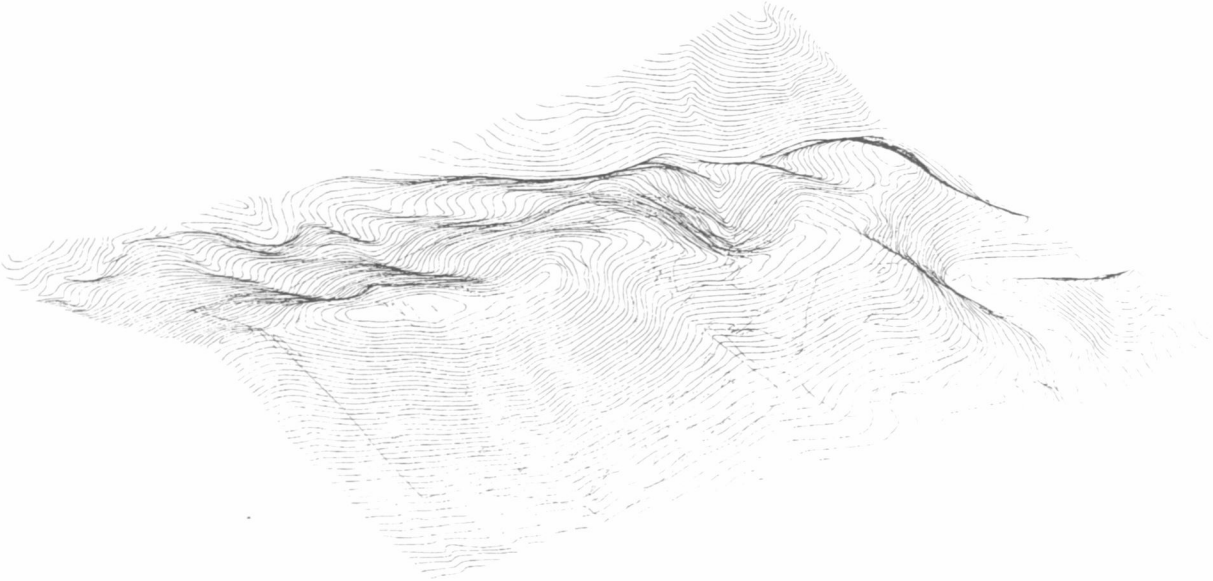
Στη συνέχεια ακολουθούν οι ψηφιοποιημένοι τοπογραφικοί και γεωλογικοί χάρτες του λατομείου του Καμαρίου για τα έτη 1973,1995, 2001,σε κάτοψη και σε τρεις διαστάσεις, αντίστοιχα.



Εικόνα 7.1 : Ο τοπογραφικός χάρτης του έτους 1973 της περιοχής πριν την ψηφιοποίηση



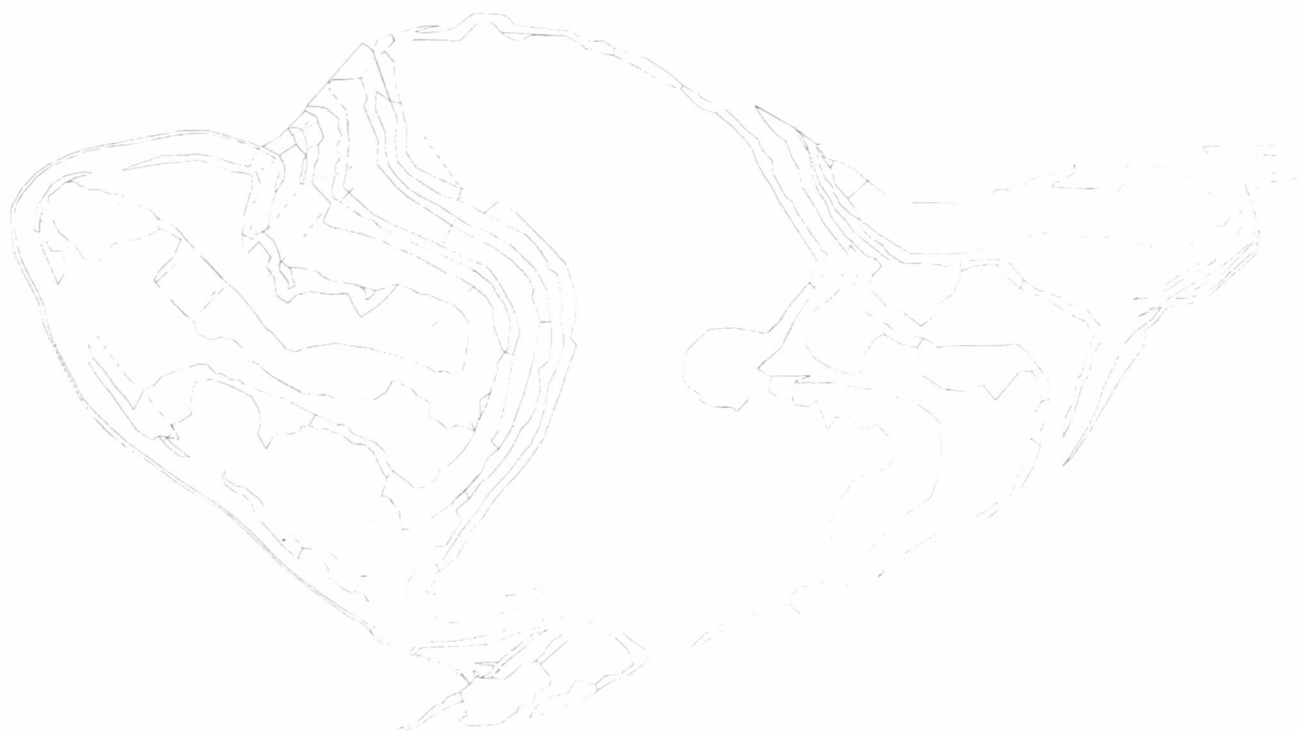
Εικόνα 7.2 : Ο τοπογραφικός χάρτης του έτους 1973 της περιοχής σε κάτοψη μετά την ψηφιοποίηση



Εικόνα 7.3 : Ο τοπογραφικός χάρτης της περιοχής του έτους 1973 σε τρεις διαστάσεις μετά την ψηφιοποίηση



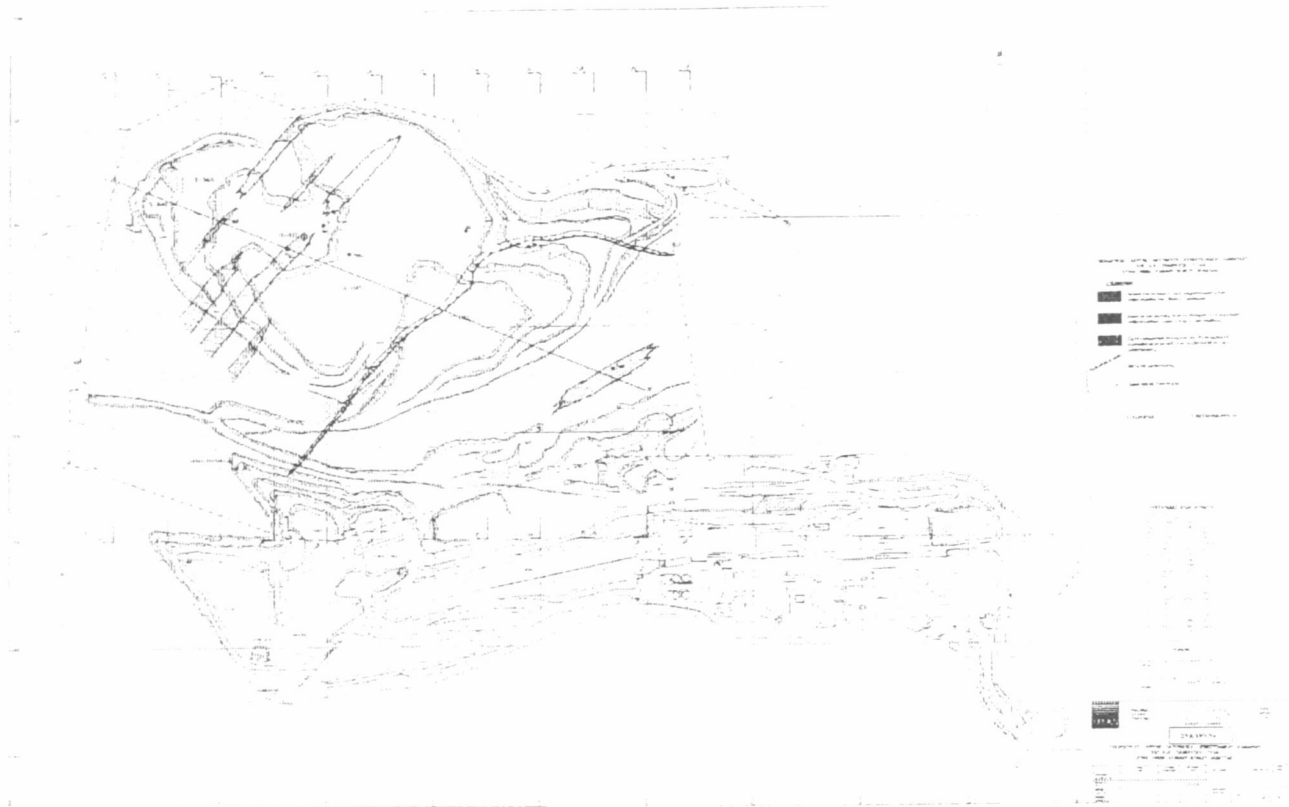
Εικόνα 7.4: Ο τοπογραφικός χάρτης του έτους 1995 της περιοχής πριν την ψηφιοποίηση



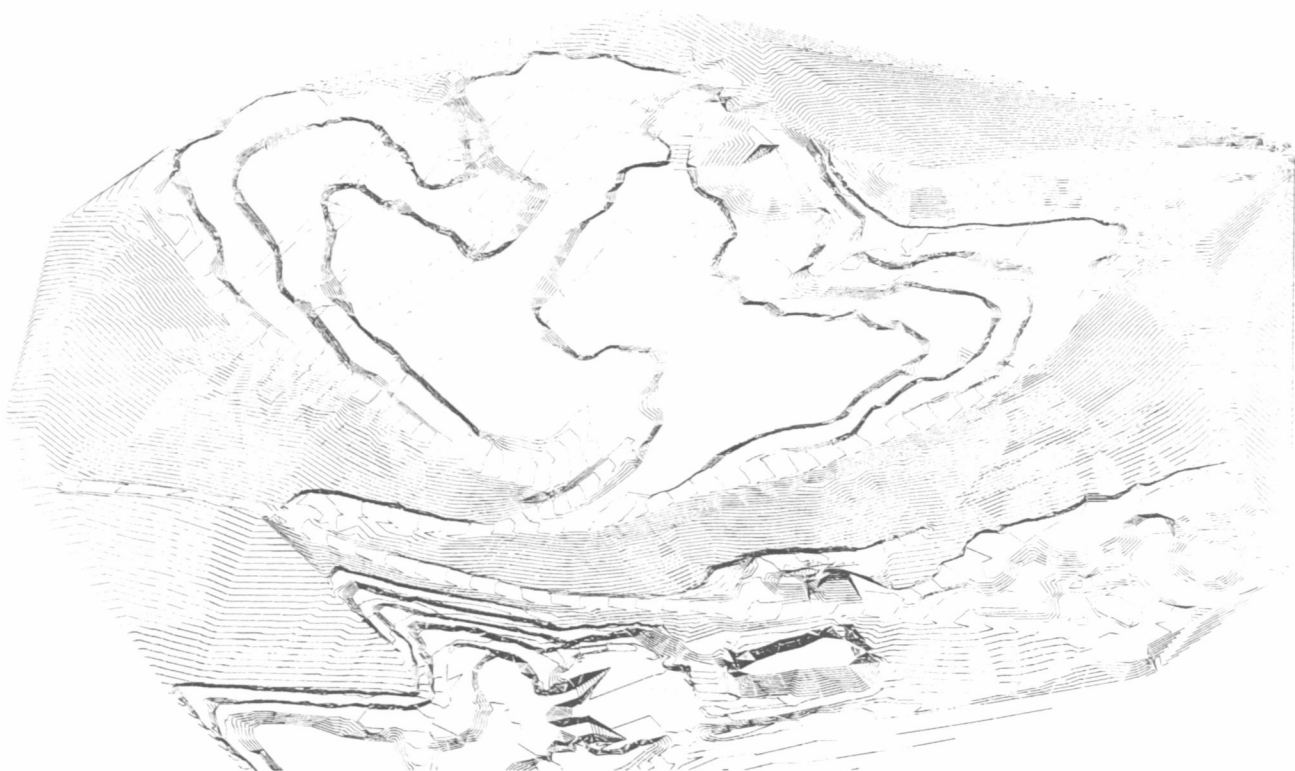
Εικόνα 7.5 : Ο τοπογραφικός χάρτης του έτους 1995 της περιοχής σε κάτοψη μετά την ψηφιοποίηση



Εικόνα 7.6 : Ο τοπογραφικός χάρτης της περιοχής του έτους 1995 σε τρεις διαστάσεις μετά την ψηφιοποίηση



Εικόνα 7.7: Ο τοπογραφικός χάρτης του έτους 2000 της περιοχής πριν την ψηφιοποίηση



Εικόνα 7.8 : Ο τοπογραφικός χάρτης του έτους 1995 της περιοχής σε κάτοψη μετά την ψηφιοποίηση



Εικόνα 7.9 : Ο τοπογραφικός χάρτης της περιοχής του έτους 2001 σε τρεις διαστάσεις μετά την ψηφιοποίηση

Υπόμνημα ψηφιοποιημένων χαρτών:

Εικόνα 7.2, Εικόνα 7.3 : Χρώμα σχηματισμών

θαλάσσι: πλευρικά κορήματα, ασβεστόλιθοι και δολομίτες.

: ασβεστούχοι και αμμούχοι άργιλοι

μώβ: πλακώδεις ασβεστόλιθοι και αραιά κορήματα

μπλέ: τριαδικοί ασβεστόλιθοι

κόκκινο: δολομίτες, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, ασβεστολιθικοί δολομίτες

Εικόνα 7.5, Εικόνα 7.6 : Χρώμα σχηματισμών (περιεκτικότητα σε οξείδιο μαγνησίου)

κόκκινο: 10-15% MgO

πορτοκαλί: 5-10% MgO

ρός: 2-8% MgO

: 1-2.5% MgO

πράσινο: αργιλικά

Εικόνα 7.8, Εικόνα 7.9 : Χρώμα σχηματισμών

κόκκινο: δολομίτες, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, ασβεστολιθικοί δολομίτες

πράσινο: αργιλικά

7.4 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CAD.

7.4.1 Εισαγωγή

Για να μοντελοποιηθεί και να χαρτογραφηθεί ένα συγκεκριμένο κοίτασμα με τη βοήθεια σχεδιαστικών προγραμμάτων CAD χρειάζεται να γίνουν μια σειρά από μεθοδευμένες ενέργειες.

- Ανασκόπηση των υπάρχουσων γεωτρήσεων ή δειγμάτων των υπόγειων στοιχείων καθώς επίσης και των χαρτών και των σχεδίων με την παρούσα γεωλογική ερμηνεία. Στη συνέχεια συγκρότηση τους σε οργανωμένες βάσεις δεδομένων για να ταιριάζουν όλες τις ποσοτικές και ποιοτικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες να χτιστεί ένα μοντέλο κοιτάσματος.
- Οι χάρτες ψηφιοποιούνται και αναπαράγονται από σχεδιαστικά προγράμματα για λόγους ελέγχου και ευκολίας. Μηχανογραφημένες πληροφορίες (όπως τα φύλλα εργασίας από τα εργαστήρια) μπορούν να ενσωματωθούν στις τελικές βάσεις δεδομένων χωρίς οποιαδήποτε εκ νέου δακτυλογράφηση. Οι γεωτρήσεις από τις βάσεις δεδομένων αναπαράγονται μέσω σχεδιαστικών προγραμμάτων ώστε μετά από επεξεργασία τους να παραχθεί ένα σύνολο τομών γεωτρήσεων από τη βάση δεδομένων των γεωτρήσεων.
- Αυτές οι τομές χρησιμοποιούνται αρχικά για να ελεγχθούν τα στοιχεία των αρχείων και δεύτερον για να σχεδιαστούν τα ερμηνευμένα γεωλογικά όρια για τους διαφορετικούς τύπους μεταλλεύματος ή πετρώματος. Το επόμενο βήμα είναι να διαιρεθούν οι γεωλογικές ζώνες σε ομάδες δεδομένων και να υπάρξουν οι εκτιμήσεις όγκου και βαθμού για κάθε ομάδα δεδομένων.

7.4.2 Μέθοδος μοντελοποίησης κοιτάσματος Καμαρίου μέσω των διαθέσιμων γεωτρήσεων με σύστημα CAD.

Αφού έχουν εισαχθεί όλες οι γεωτρήσεις σε αρχείο βάσης δεδομένων χωρίζονται με βάση το ποσοστό τους στο στοιχείο που ενδιαφέρει. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το στοιχείο που είναι ανεπιθύμητο και δεν πρέπει να ξεπερνάει μια συγκεκριμένη τιμή, γιατί διαφορετικά είναι καταστρεπτικό για τη δημιουργία του τσιμέντου είναι το οξείδιο του μαγνησίου. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια μεγάλες ποσότητες περίκλαστου (MgO) στο τσιμέντο δείχνουν να επηρεάζουν την ογκομετρική σταθερότητα του σκυροδέματος, καθώς η ενυδάτωση του MgO σε $Mg(OH)_2$ οδηγεί σε μοριακή στερεή ογκομετρική διαστολή της τάξης του 117% το οποίο δημιουργεί εφελκυστικές τάσεις (Lea 1970).

Όταν αυτές οι τάσεις ξεπεράσουν την ελαστική αντοχή του σκυροδέματος δημιουργούνται ραγίσματα και διαρρήξεις και το τσιμέντο αλλοιώνεται και εκφυλίζεται. Συνεπώς η μαγνησία (MgO) πρέπει να περιορίζεται κάτω από το 6 % με ιδανικό ποσοστό μεταξύ 0-2% στο τσιμέντο Portland.

Γίνεται φανερό λοιπόν ότι οι γεωτρήσεις θα χωριστούν με βάση το ποσοστό τους σε MgO και μάλιστα σε τρία μέρη. Ένα μέρος με ποσοστό από μηδέν έως δύο τοις εκατό που θα αντιπροσωπεύει το καλής ποιότητας πέτρωμα, ένα μέρος με ποσοστό από δύο έως έξι τοις εκατό που θα αντιπροσωπεύει το μέτριας ποιότητας πέτρωμα, και ένα μέρος με ποσοστό από έξι και πάνω τοις εκατό που θα αντιπροσωπεύει το κακής ποιότητας πέτρωμα.

Επειδή όμως οι μετρήσεις των γεωτρήσεων είναι πάρα πολλές (περίπου 1000), για να γίνει η διάκρισή τους με το χέρι θα απαιτούσε ένα σεβαστό ποσό χρόνου αλλά και θα υπήρχε μεγάλο περιθώριο λάθους. Έτσι χρησιμοποιήθηκε η εντολή IF του Excel ώστε παίρνοντας τα δεδομένα από το κελί όπου υπάρχουν οι τιμές του MgO , και θέτοντας τιμές για το MgO από τον παραπάνω πίνακα, για τον κάθε τύπο πετρώματος, εύκολα έχουμε διάκριση του πετρώματος για την κάθε τιμή του MgO .

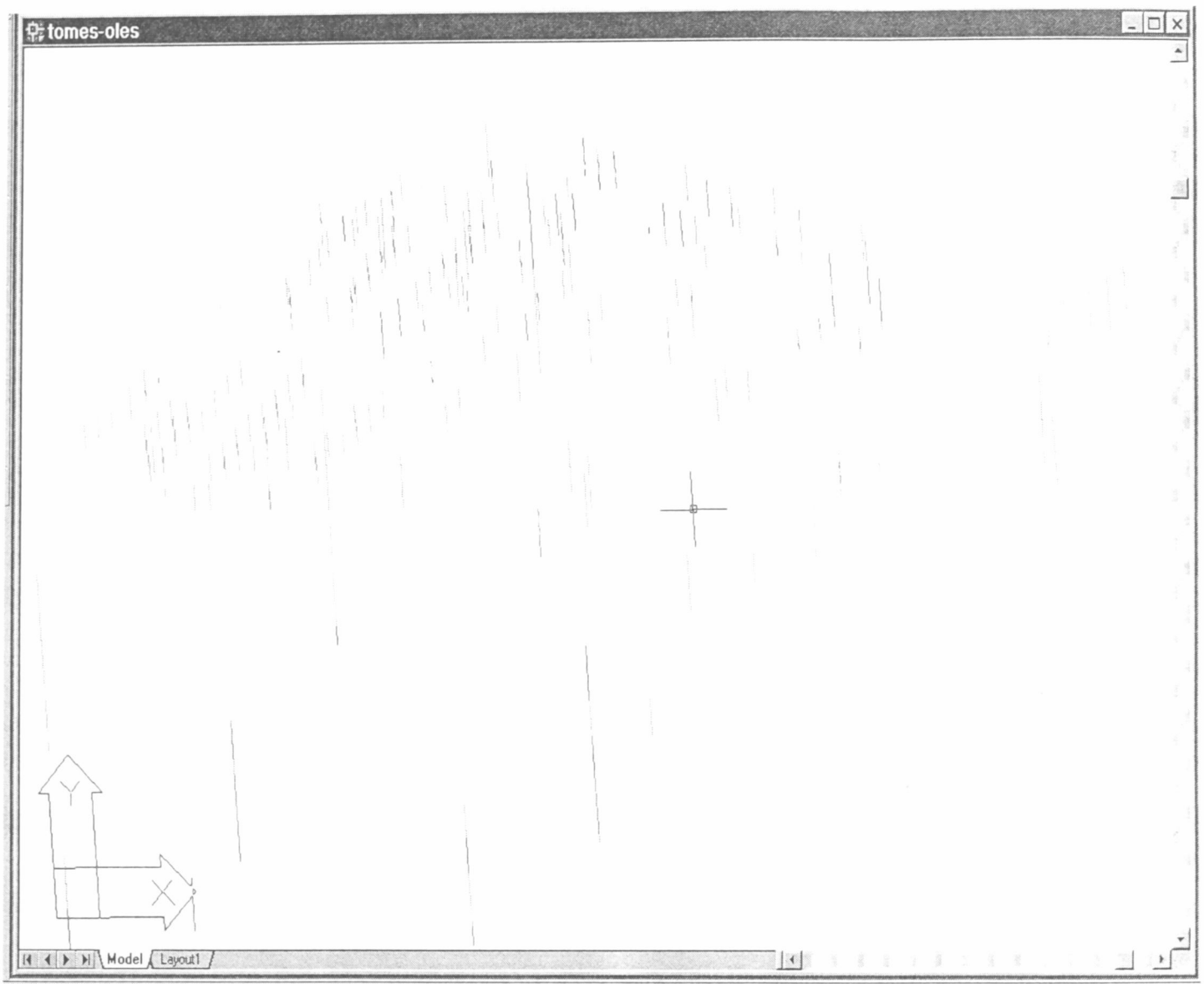
Κεφάλαιο 7: Επεξεργασία δεδομένων του Λατομείου Καμαρίου.

K2 = IF(J2>19,674;"4";IF(J2>6;"3";IF(J2>2,186;"2";IF(J2>0;"1";"ήμια"))))												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	A/A	X	Y	Z	azimuth	dip	Από	Έως	max depth	diorth MgO	diaknisi	
2	G1	5006	-12921	305 56	0	-90	0	10	70	15,565157	3	
3	G1	5006	-12921	305 56	0	-90	10	20	70	12,901853	3	
4	G1	5006	-12921	305 56	0	-90	20	30	70	16,152959	3	
5	G1	5006	-12921	305 56	0	-90	30	40	70	17,732954	3	
6	G1	5006	-12921	305 56	0	-90	40	50	70	19,188267	3	
7	G1	5006	-12921	305 56	0	-90	50	60	70	17,618036	3	
8	G1	5006	-12921	305 56	0	-90	60	70	70	8,2974371	3	
9	G1	5006	-12921	235 46	0	-90	0	10	10	4,6052441	2	
10	G2	5123	-12918	304 84	0	-90	0	10	60	0,4859591	1	
11	G2	5123	-12918	304 84	0	-90	10	20	60	0,7533206	1	
12	G2	5123	-12918	304 84	0	-90	20	30	60	0,78939	1	
13	G2	5123	-12918	304 84	0	-90	30	40	60	0,0878214	1	
14	G2	5123	-12918	304 84	0	-90	40	50	60	0,9671762	1	
15	G2	5123	-12918	304 84	0	-90	50	60	60	1,7824153	1	
16	G2A	5123	-12918	244 84	0	-90	0	10	20	5,4029494	2	
17	G2A	5123	-12918	244 84	0	-90	10	20	20	4,7025109	2	
18	G2D	5123	-12918	224 84	0	-90	0	10	10	7,3108592	3	
19	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	0	10	140	0,7803891	1	
20	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	10	20	140	0,3394386	1	
21	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	20	30	140	0,6621283	1	
22	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	30	40	140	0,8166464	1	
23	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	40	50	140	0,7168947	1	
24	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	50	60	140	0,7948051	1	
25	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	60	70	140	1,7671613	1	
26	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	70	80	140	0,7835363	1	
27	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	80	90	140	1,3129763	1	
28	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	90	100	140	0,6618746	1	
29	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	100	110	140	1,1994103	1	
30	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	110	120	140	0,5308942	1	
31	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	120	130	140	0,4347988	1	
32	G3	4578	-12859	392 10	0	-90	130	140	140	0,6035539	1	
33	G3A	4578	-12859	252 1	0	-90	0	10	10	3,2975541	2	
34	G4	4132	-12852	405 74	0	-90	0	10	10	2,0001952	1	
35	G4A	4132	-12852	395	0	-90	0	10	20	2,8414673	2	
36	G4A	4132	-12852	395	0	-90	10	20	20	3,8616599	2	
37	G4B	4132	-12852	375	0	-90	0	10	10	7,8525162	3	
38	G4G	4132	-12852	365	0	-90	0	10	20	5,1262025	2	

Από την παραπάνω εικόνα φαίνεται η εντολή που χρησιμοποιήθηκε. Το J είναι το κελί όπου βρίσκονται οι τιμές των περιεκτικοτήτων των γεωτρήσεων σε MgO και το 2 είναι ο αριθμός του συγκεκριμένου κελιού. Τέλος φαίνονται καθαρά και τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης διαδικασίας.

Στη συνέχεια οι γεωτρήσεις, κάθε μία χωριστά, εισαχθήκανε στο AutoCAD με τη μορφή 3d polylines και με διαφορετικό χρώμα για διαφορετικό ποσοστό MgO (για περιεκτικότητες με ποσοστό από μηδέν έως δύο τοις εκατό χρώμα πράσινο, για περιεκτικότητες με ποσοστό από δύο έως έξι τοις εκατό χρώμα μπλέ, για περιεκτικότητες με ποσοστό από έξι και πάνω τοις εκατό χρώμα κόκκινο), όπως

φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Η εντολή 3d polyline σχεδιάζει μια τρισδιάστατη πολυγραμμή που αποτελείται μόνο από ευθύγραμμα τμήματα.



Στη συνέχεια με την εντολή view top βλέπουμε την κάτοψη των γεωτρήσεων και με την εντολή pline δημιουργούνται τομές κάθετες προς τον άξονα y και απόσταση μεταξύ τους 20 μέτρα. Η πρώτη τομή ξεκινάει από την γεώτρηση με την απόλυτα μικρότερη τιμή του y και η τελευταία θα σταματάει σε αυτή με την απόλυτα μεγαλύτερη τιμή.

3389.9,-12503.3

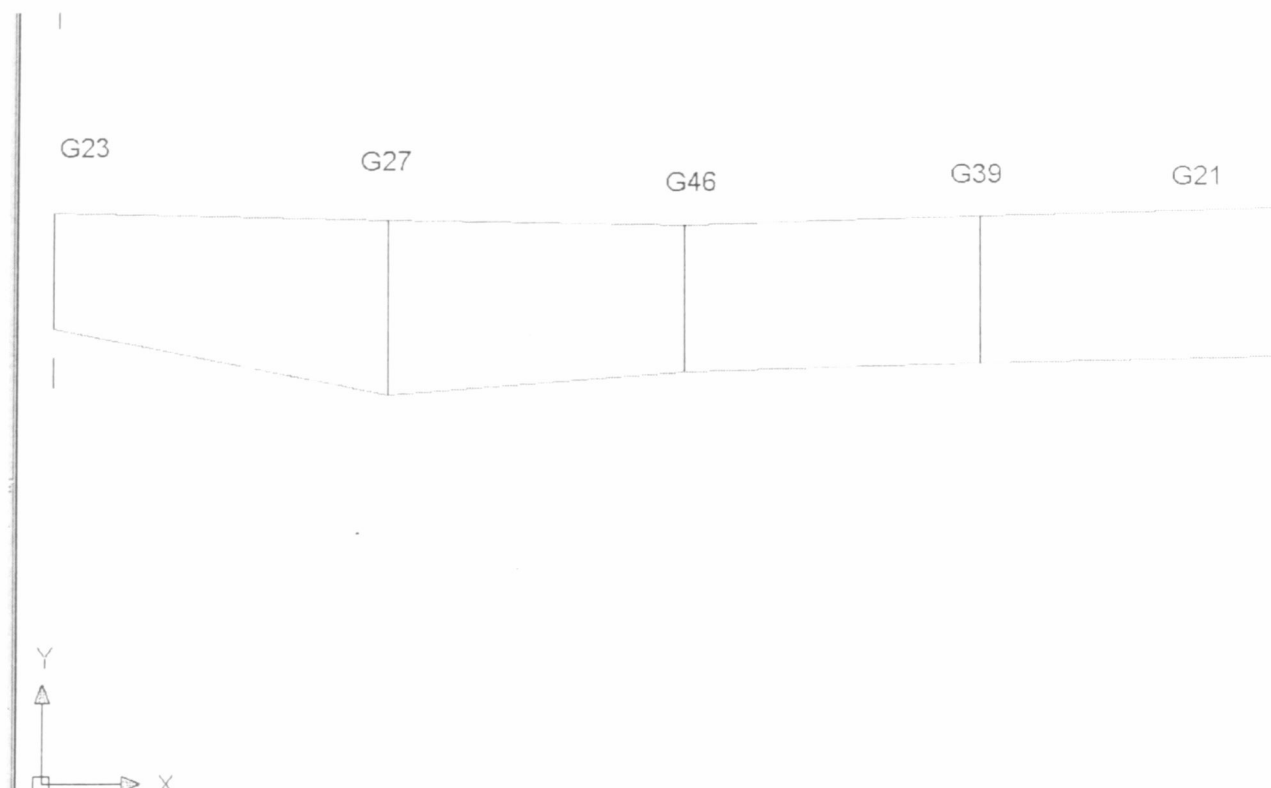
5363.8,-12503.1



3389.9,-13373.3

5363.8,-13373.1

Στη συνέχεια οι γεωτρήσεις οι οποίες βρίσκονται εκατέρωθεν των τομών, σε απόσταση μέχρι και δέκα μέτρα από αυτές, τοποθετούνται πάνω στην αντίστοιχη τομή θέτοντας σαν τιμή του y της γεώτρησης την τιμή του y της τομής. Οι γεωτρήσεις που έχουν την ίδια τιμή του y και έχουν το ίδιο ποσοστό MgO , δηλαδή το ίδιο χρώμα, ενώνονται με polyline και τοποθετούνται μαζί με την δημιουργούμενη polyline σε διαφορετικό layer, το οποίο θα έχει σαν όνομα την τιμή του y της τομής και των συγκεκριμένων γεωτρήσεων.

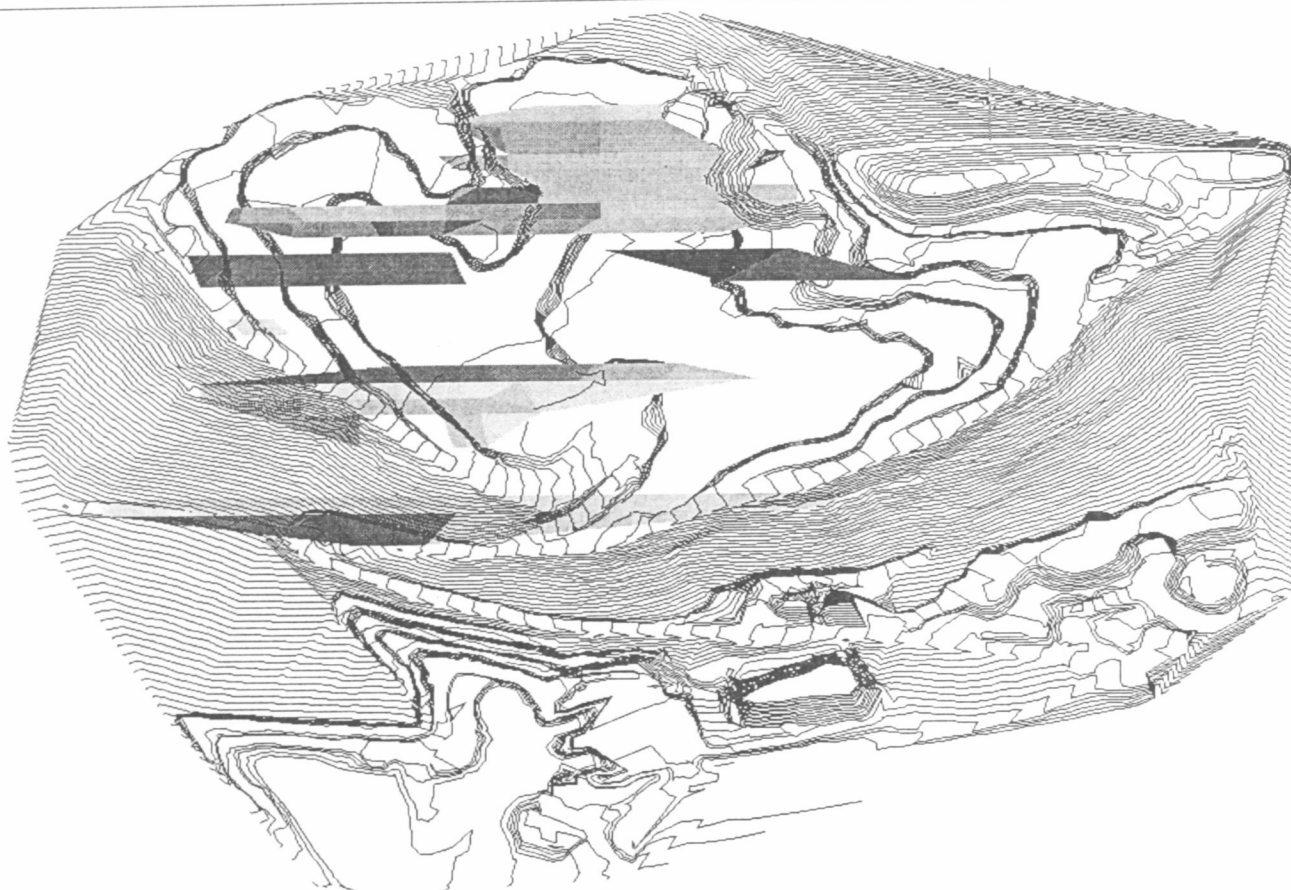


Οι τομές του ίδιου χρώματος, δηλαδή οι τομές των γεωτρήσεων με το ίδιο ποσοστό οξειδίου του μαγνησίου, ενώνονται με 3d polylines ώστε στο τέλος να σχηματιστούν τα στερεά με τις διάφορες περιεκτικότητες σε οξείδιο του μαγνησίου σε συνδυασμό με τις τοπογραφίες του λατομείου του έτους 1973, του έτους 1995 και του έτους 2001.

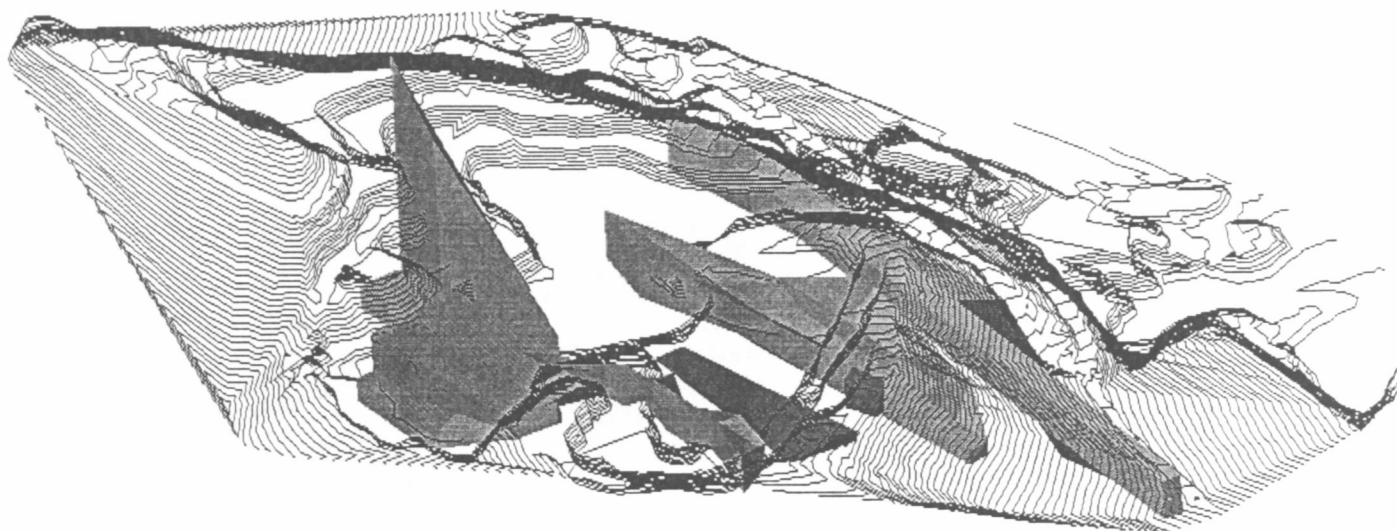
Με τη δημιουργία τομών οι οποίες παράγονται από τα δεδομένα των γεωτρήσεων και τη μετατροπή τους σε στερεές οντότητες (solids) του AutoCAD, έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε τον όγκο πετρώματος με περιεκτικότητα σε MgO (οξείδιο του μαγνησίου) κάτω του 2%, μεταξύ 2% και 6% και πάνω του 6%.

Εκτός αυτού μπορούμε να αποφανθούμε για το πόσος όγκος έχει εξορυχθεί από το 1973 έως το 1995 και από το 1995 έως το 2001, με τον συνδυασμό βέβαια των στερεών που δημιουργούνται από τους τοπογραφικούς χάρτες.

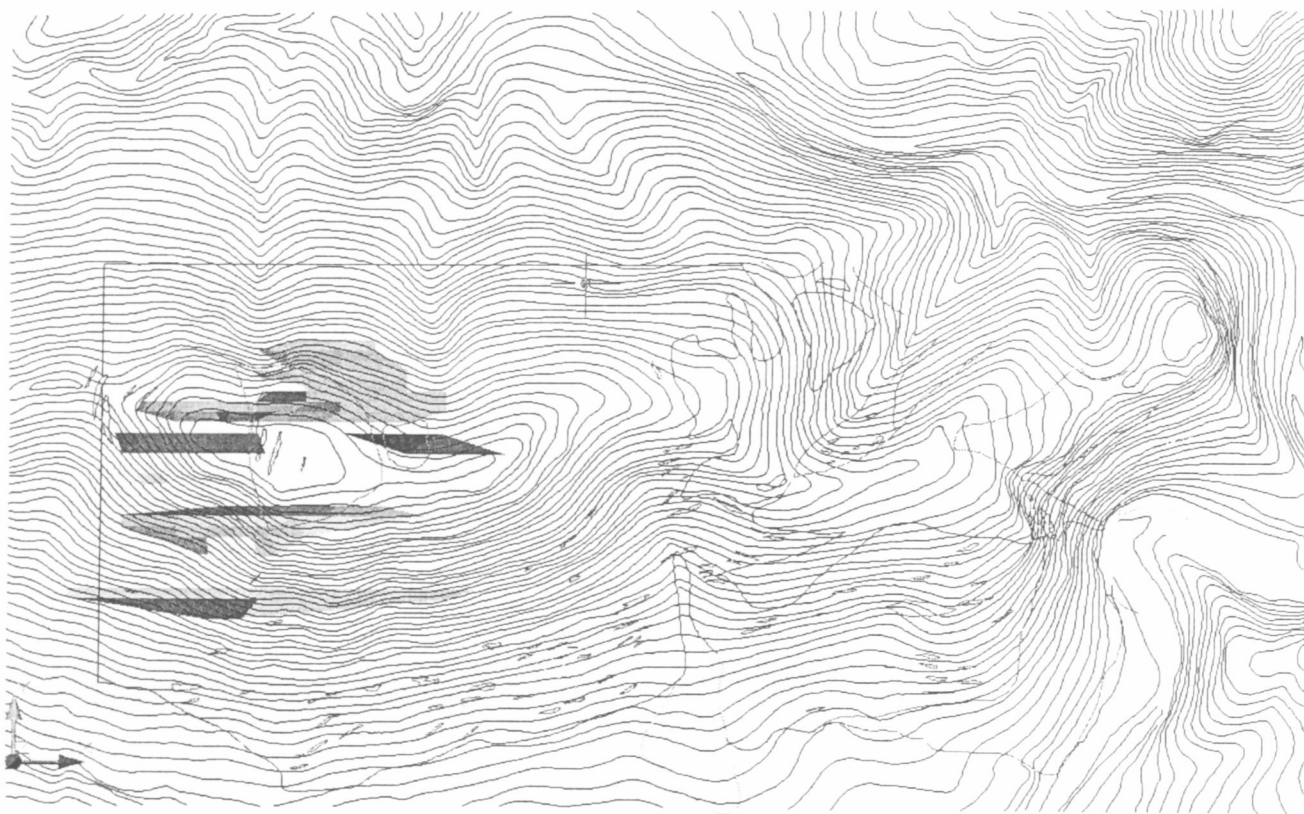
Τα στερεά αυτά μπορούμε να τα αναπαράγουμε και δίνουν στην ουσία τα γεωλογικά αποθέματα.



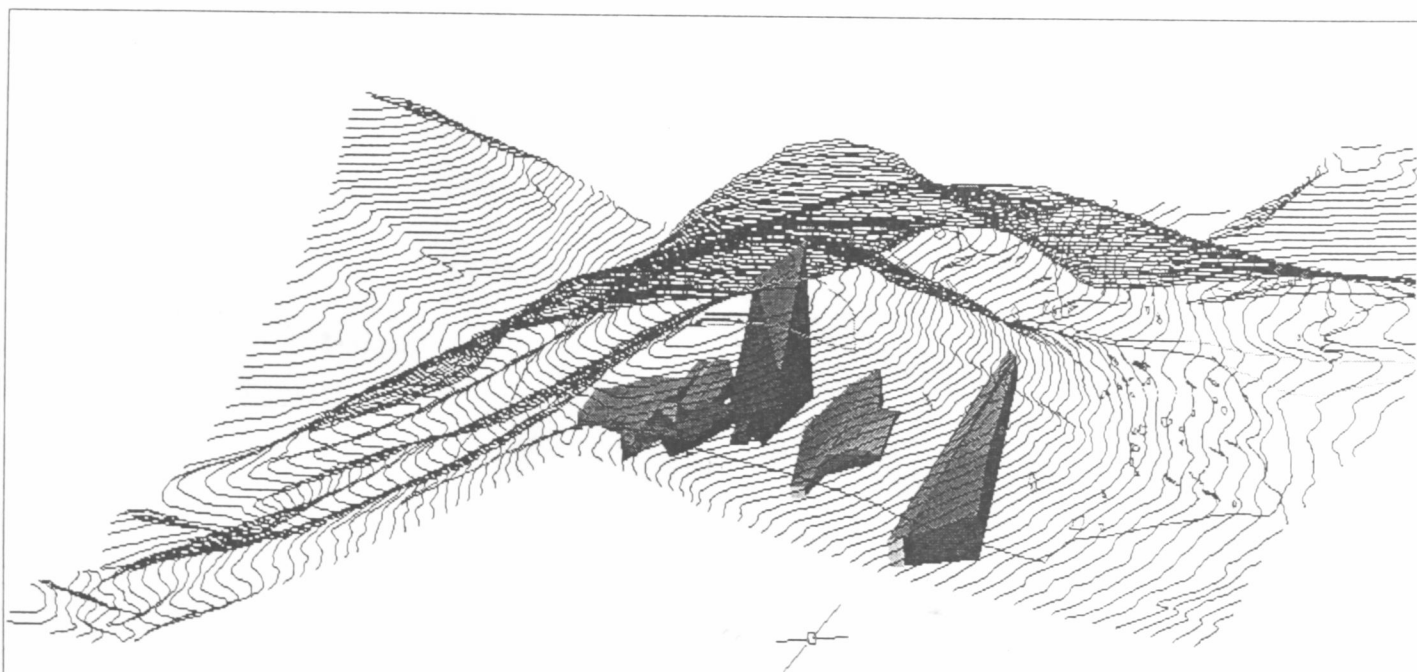
Σχ.7.4.2.1 Κάτοψη μοντέλου σε συνδιασμό με τον ψηφιοποιημένο τοπογραφικό χάρτη του έτους 2001
(πράσινο: περιεκτικότητα σε MgO κάτω του 2%, κόκκινο: περιεκτικότητα σε MgO πάνω του 6%)



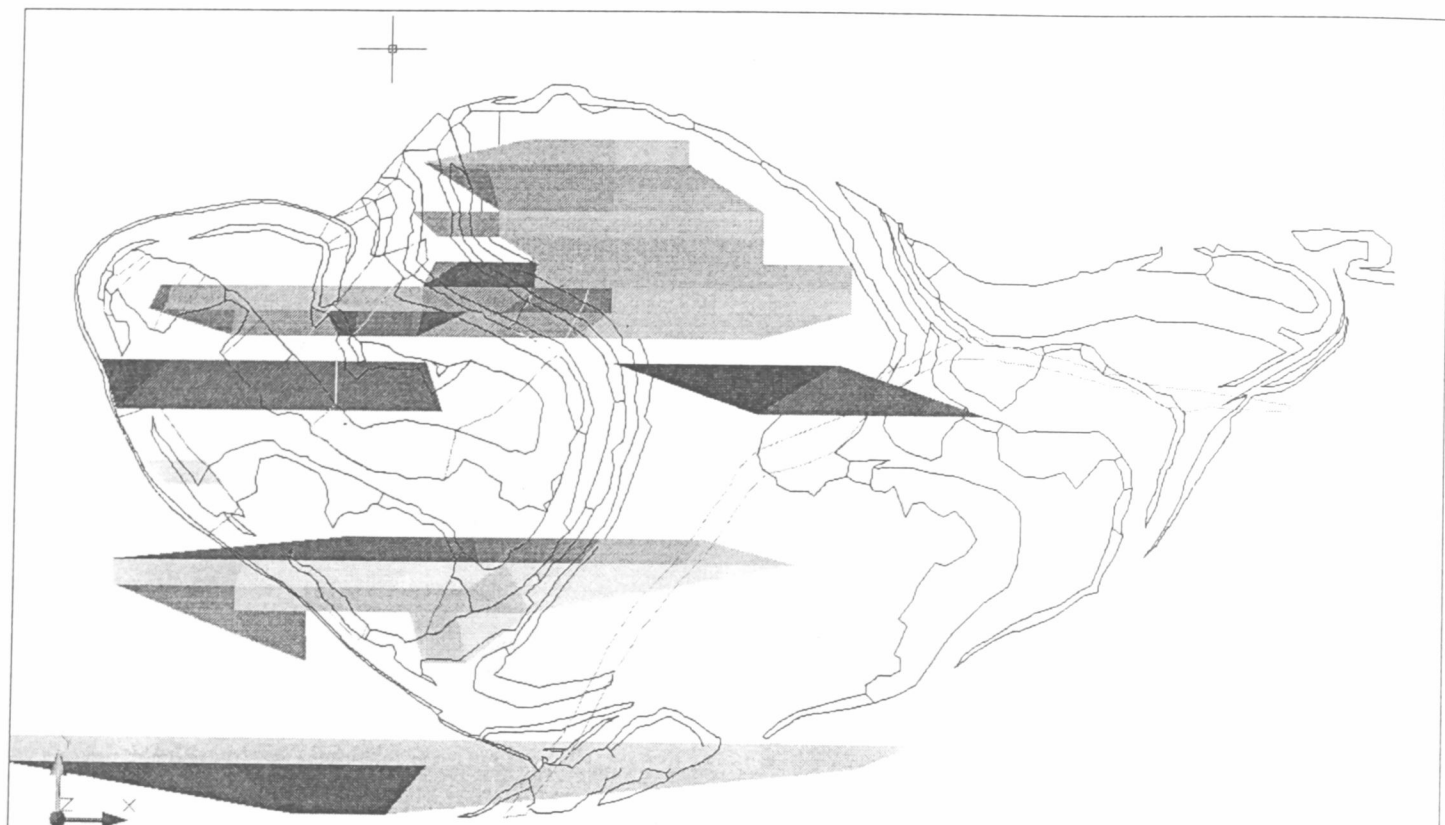
Σχ.7.4.2.2 Πλάγια Όψη μοντέλου σε συνδιασμό με τον ψηφιοποιημένο τοπογραφικό χάρτη του έτους 2001
(πράσινο: περιεκτικότητα σε MgO κάτω του 2%, κόκκινο: περιεκτικότητα σε MgO πάνω του 6%)



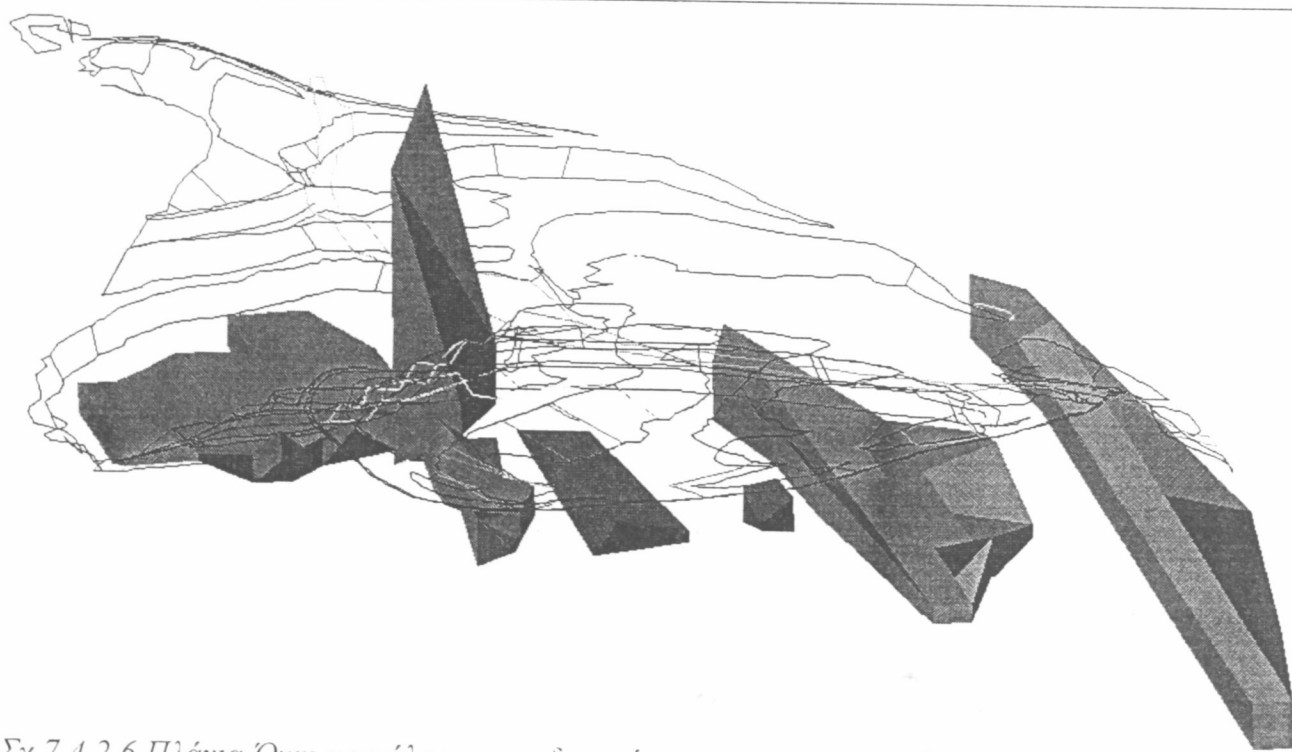
Σχ.7.4.2.3 Κάτοψη μοντέλου σε συνδιασμό με τον ψηφιοποιημένο τοπογραφικό χάρτη του έτους 1973
(πράσινο: περιεκτικότητα σε MgO κάτω του 2%, κόκκινο: περιεκτικότητα σε MgO πάνω του 6%)



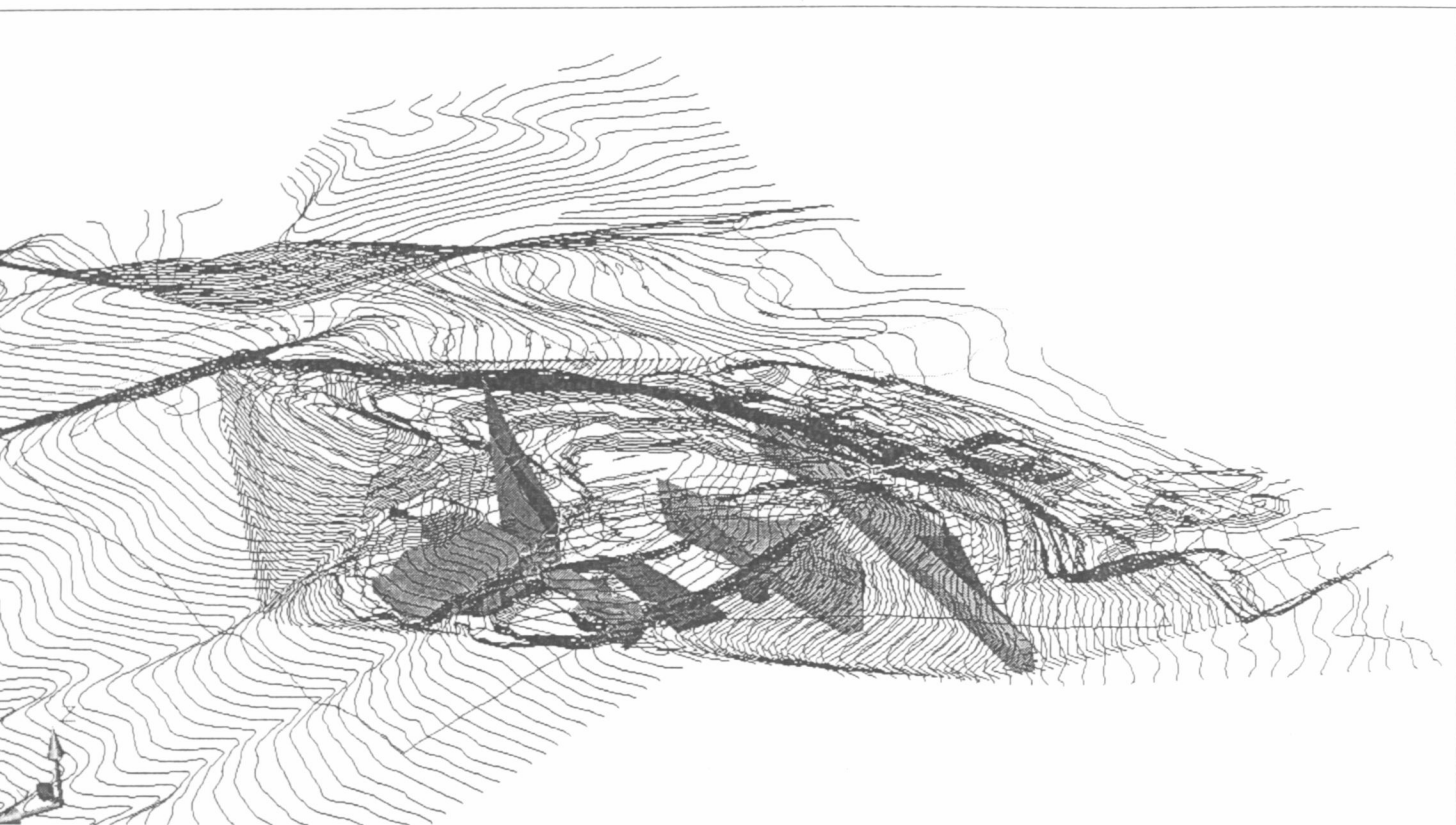
Σχ.7.4.2.4 Πλάγια Όψη μοντέλου σε συνδιασμό με τον ψηφιοποιημένο τοπογραφικό χάρτη του έτους 2001
(πράσινο: περιεκτικότητα σε MgO κάτω του 2%, κόκκινο: περιεκτικότητα σε MgO πάνω του 6%)



Σχ.7.4.2.5. Κάτοψη μοντέλου σε συνδιασμό με τον ψηφιοποιημένο τοπογραφικό χάρτη του έτους 1995
(πράσινο: περιεκτικότητα σε MgO κάτω του 2%, κόκκινο: περιεκτικότητα σε MgO πάνω του 6%)



Σχ.7.4.2.6 Πλάγια Όψη μοντέλου σε συνδιασμό με τον ψηφιοποιημένο τοπογραφικό χάρτη του έτους 1973
(πράσινο: περιεκτικότητα σε MgO κάτω του 2%, κόκκινο: περιεκτικότητα σε MgO πάνω του 6%)



Σχ.7.4.2.6 Πλάγια Όψη μοντέλου σε συνδιασμό με τους ψηφιοποιημένους τοπογραφικούς χάρτες των ετών 1973,1995,2001
(πράσινο: περιεκτικότητα σε MgO κάτω του 2%, κόκκινο: περιεκτικότητα σε MgO πάνω του 6%)

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Σύμφωνα με τα παραπάνω και τις ισχύουσες μελέτες που έχουν διενεργηθεί έως σήμερα στο λατομείο του Καμαρίου βγαίνουν τα εξής συμπεράσματα:

Σύμφωνα με το Δούνα (1973) το λατομείο του Καμαρίου αναπτύσσεται μέσα στα ανθρακικά πετρώματα του Τριαδικού και διαιρείται με μια μεγάλη ζώνη ρηγμάτων σε δύο μέρη. Το ΒΒΔ μέρος ανήκει στο "χαμηλότερο Τριαδικό ορίζοντα", ο οποίος αποτελείται από λευκούς έως γκριζοάσπρους και μερικές φορές κοκκινωπούς παχύστρωματώδεις ασβεστόλιθους.

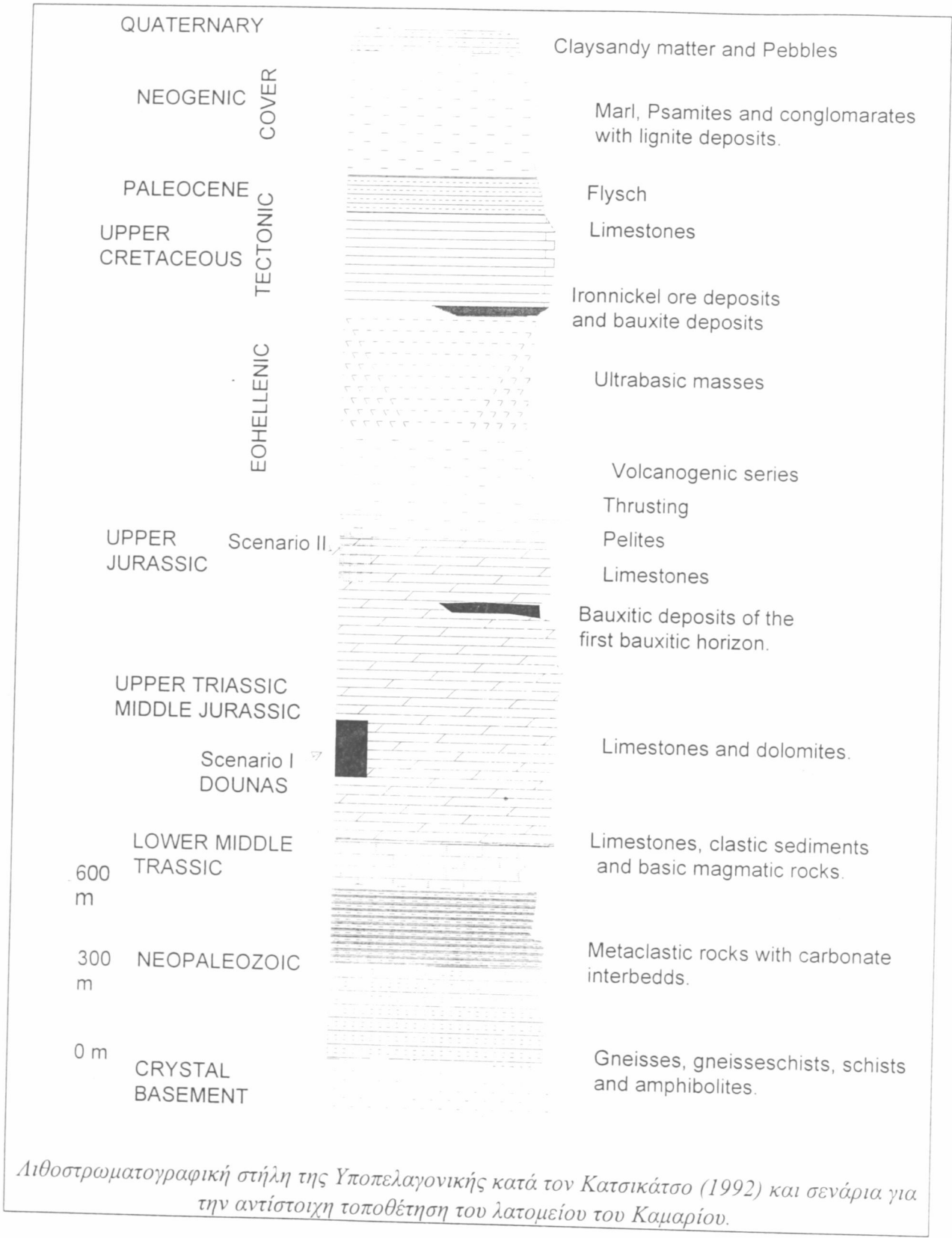
Σε αυτούς τους ασβεστόλιθους παρεμβάλλονται τοπικά δολομιτικοί ασβεστόλιθοι ή χαρακτηριστικοί δολομίτες.

Το ΝΝΑ μέρος του "ανώτερου Τριαδικού ορίζοντα" περιλαμβάνει γκριζούς, λεπτούς, έως μέσου πάχους ασβεστόλιθους, οι οποίοι περιέχουν στρώματα ή φακούς κρυπτοκρυσταλλικών δολομιτών. Αυτή η λιθοστρωματογραφική ακολουθία (το σενάριο Ι) που προτείνεται από το Δούνα (1973) αντιστοιχεί στη θέση Νο.1 στην αντιπροσωπευτική λιθοστρωματογραφική στήλη της ευρύτερης περιοχής (Υποπελαγονική ζώνη) (σχέδιο). Αυτό το σενάριο σημαίνει ότι το βάθος του σχηματισμού των ασβεστόλιθων κάτω από αυτόν τον ορίζοντα, είναι της τάξης των 200 μ.

- Ένα άλλο σενάριο που αφορά τη θέση του λατομείου, είναι επίσης δυνατό βασισμένο στα ακόλουθα στοιχεία:

1. Η θέση της οφιολιθικής μάζας σε σχέση με τα ανθρακικά πετρώματα.
2. Η θέση του κύριου πηλιτικού στρώματος και οι πηλιτικές παρεμβολές μέσα στο λατομείο.
3. Οι ιδιότητες των ανθρακικών σχηματισμών (χρώμα, πάχος, κ.λπ....)

Η σύγκριση των ανωτέρω στοιχείων με τα λιθοστρωματογραφικά στοιχεία από τη βιβλιογραφία (Κατσικάτσος, 1992) οδηγεί σε ένα εξίσου πιθανό δεύτερο σενάριο (ΙΙ) για την ηλικία των ανθρακικών σχηματισμών του λατομείου (σχέδιο). Σύμφωνα με αυτό το σενάριο η πιθανή ηλικία είναι Μέσο - Άνω-Ιουρασική, το οποίο στη συνέχεια σημαίνει ότι το βάθος των κατώτερων στρωματογραφικά ασβεστόλιθων είναι περισσότερο από 600m.



- Σύμφωνα με τις έως τώρα μελέτες της τεκτονικής και της γεωλογίας της περιοχής του Καμαρίου, με τις έως τώρα μελέτες που έχουν γίνει για την ευρύτερη του Καμαρίου περιοχή, μαζί με την παρουσία δευτερευουσών

πτυχών στο λατομείο, καθώς και από την επί τόπου χαρτογράφηση των διευθύνσεων των ασυνεχειών, φαίνεται να ισχύουν τα παρακάτω:

Δύο διαδοχικά συμπίεστικά καθεστώτα τάσης παρήγαγαν δύο γενεές πτυχών συνοδευόμενα από μια μακριά περίοδο πίεσης. Επίσης στο τελευταίο στάδιο διαμορφώθηκε ένα τρίτο σύνολο ρηγμάτων. Από την εκτίμηση που αποτυπώθηκε στις γεωλογικές μελέτες του έτους 1973 και του έτους 1988, η κατανομή των δολομιτιωμένων σωμάτων μέσα στον όγκο του κοιτάσματος ασβεστολίθου δεν ακολουθεί καμιά νομοτέλεια άρα και η κατανομή του οξειδίου του μαγνησίου είναι απρόβλεπτη. Τα προαναφερθέντα τεκτονικά γεγονότα που έχουν παρατηρηθεί από την επιτόπου επίσκεψη του λατομείου σε συνδιασμό με την αποτύπωση και χαρτογράφηση των ασυνεχειών του λατομείου και από τη κατασκευή του πολικού διαγράμματος του Σχ.5.3(α) μας δίνουν το δικαίωμα να υποθέσουμε ότι εκτός από την εκτίμηση που αποτυπώθηκε στις γεωλογικές μελέτες της εταιρείας, είναι πιθανό ένα δεύτερο σενάριο όπου το τεκτονικό μοντέλο του κοιτάσματος του ασβεστολίθου αποτυπώνεται στο Σχ.5.3(β) και Σχ.5.3(γ). Στο συγκεκριμένο σχήμα φαίνεται ότι αυτό που αποτυπώνεται στους γεωλογικούς χάρτες ως δολομιτικοί φακοί είναι πιθανόν η κάτοψη του συγκεκριμένου τεκτονικού μοντέλου.

- Τέλος ένα πρώτο τρισδιάστατο μοντέλο που μπορεί να σχεδιαστεί στο AutoCAD και που δείχνει την κατανομή της περιεκτικότητας του οξειδίου του μαγνησίου στο χώρο του λατομείου (κυρίως αυτή που είναι κάτω του 1,5%) με βάση τις γεωτρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί έως τώρα, είναι αυτό των σχημάτων 7.4.2.1, 7.4.2.2, 7.4.2.3, 7.4.2.4, 7.4.2.5, 7.4.2.6.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Εκπόνηση στρωματογραφικής-τεκτονικής μελέτης για την υποστήριξη του γεωστατιστικού μοντέλου και της επιλογής βέλτιστης θέσης των γεωτρήσεων. Γνωρίζοντας την ακριβή λιθοστρωματογραφική θέση του λατομείου του Καμαρίου υπάρχει η δυνατότητα, συγκρίνοντας τις λιθοστρωματογραφικές στήλες, οι οποίες είναι παρακείμενες του λατομείου, και την γενική λιθοστρωματογραφική στήλη της Υποπελαγονικής, να γίνουν εκτιμήσεις για το είδος των ανθρακικών πετρωμάτων που δομούν τις υποκείμενες του λατομείου χρονοστρωματογραφικές ενότητες. Να δοθεί δηλαδή μιά ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση των υποκειμένων πετρωμάτων που δομούν το λατομείο Καμαρίου. Άλλωστε απο την αποτύπωση των στρώσεων και των ασυνεχειών στο λατομείο Καμαρίου φαίνεται ότι τα άλματα των ρηγμάτων είναι μερικά εκατοστά όποτε εκτιμάται μικρή μετατόπιση στην στρωματογραφική κλίμακα.
- Να γίνει στατιστική ή γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων των υπάρχουσων γεωτρήσεων λαμβάνοντας υπ' όψη όσο το δυνατόν περισσότερο την στρωματογραφία/τεκτονική που επικρατεί στο λατομείο. Επιπροσθέτως η σωστή τεκτονική μελέτη του λατομείου βοηθά στο σωστό προγραμματισμό της εξόρυξης με εκρηκτικές ύλες (διάτρηση-γόμωση-ανατίναξη).
- Με βάση τη στατιστική ή γεωστατιστική ανάλυση να προταθούν βέλτιστος κάρναβος επιφανειακών δειγματοληψιών και βέλτιστος κάρναβος πυρηνοληπτικών ερευνητικών γεωτρήσεων, δηλαδή καθορισμός του βέλτιστου μήκους, θέσης και κλίσης των γεωτρήσεων, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του σφάλματος υπολογισμού των λατομικών αποθεμάτων.
- Το δέ γεωτρητικό πρόγραμμα να πραγματοποιηθεί σε μία ή περισσότερες φάσεις, με σκοπό την αύξηση του λόγου ακρίβειας εκτιμήσεων προς το κόστος της έρευνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- John Spiropoulos, Small Scale Production of Lime for Building - ISBN 3-528-02016-4, 1985
- Γ. Χρηστίδης, Κοιτασματολογία II, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Χανιά 2000
- Ι. Μ. Υφαντής – Π. Σαββαΐδης, Σχεδίαση με τη βοήθεια Η/Υ- Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Θεσσαλονίκη 2002
- S. Chatterji, Mechanism of expansion of concrete due to the presence of dead-burnt CaO and MgO, Cement and Concrete Research, Vol.25, No 1, pp. 51-56, 1995
- John Warren, Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations, Earth-Science Reviews, Volume 52, Issues 1-3, November 2000, Pages 1-81
- Terence P. Scoffin, An introduction to carbonate sediments and rocks, Pages 133-138
- Paraschakis G., Papadopoulou M., Patias P., Automated Chartography, Thessaloniki 1991.
- Hoffman K.R., Application note : X-Y Digitizing Techniques and Applications,
- Reference Manual of the TNT-mips Software of Microimages Inc, 1992.
- Stanley Aronoff, Geographic Information Systems : A Management Perspective, 1989.
- The AutoCAD 2000 User Guide, 1999.
- Κατσικάτσος, Γεωλογία Ελλάδος, 1992
- Dounas, (1971): The Geology of the area between Megara and Erithrai village (Attica)
- Dounas, (1973): Geological research for exploration of limestone raw materials to be used as feed for the new industrial unit of TITAN S.A.
- Jacobshagen, V., (1986): Geologie von Griechenland.- 1-363 (Gebrüder Bornträger).
- **2002 Annual Conference of the International Association for the Mathematical Geology**-Creation Management, Distribution, Access and Exploitation of Digital Spatial Data-Berlin, Germany, September 15-20 2002,<<*A 3D geological modelling of Kamari quarry (Greece) for exploration planning and quality control.*>>(p.81-86)

<http://www.titan-cement.com/gr/products/production>

<http://www.lehvoss.de/englisch/magnesia/>

<http://athens.arch.ox.ac.uk/drawing/digitising.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

TERRA NOSTRA

Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung 04 / 2002

8th ANNUAL CONFERENCE OF THE
INTERNATIONAL ASSOCIATION
FOR MATHEMATICAL GEOLOGY



15 - 20 September 2002
Berlin, Germany



TABLE OF CONTENTS
Volume 2 – Terra Nostra 04/2002

Session K
Geomodeling and web presentation

A. Brenning, T. Bolch and H. Schröder The GeoVis project: An online training course on visualization and digital terrain modeling in the geosciences	3
S. Gadenz, M. Latini, L. Martinelli, F. Mori, J. Mugnaini and E.D. Regueira GIS and 3D models of Northern Marche Region (Central Appennine - Italy). Distribution over the internet.	9
P. Gôni A geological model for the southern Altiplano at 21° S, Bolivia, using GIS and remote sensing techniques	15
R. Kouda and Y. Murakami Subsurface 3D solid modeling for areas of earthquake active faults, active volcanoes, and a hyper-scale subsurface construction of neutrino detectors	21
D. Ledez Euclidean distance mapping: Geological applications	25
B. Malić Consequences and perspectives relating to internet application in cartography	31
R. Marschallinger and G. Furtmüller Geological and geotechnical data: Applied solid modelling	37
S. Masumoto, V. Raghavan, T. Nemoto and K. Shiono Three dimensional geologic modeling and visualization using GRASS GIS	39
Y. Murakami and R. Kouda Three dimensional viewer of underground geological structure	41
T. Nemoto, S. Masumoto, V. Raghavan, T. Fujita and K. Shiono Quantitative expression of relationship between topographic surface and bedding plane	45
L. Souche - Gocad Research group Integrating complex fault network in horizon and reservoir modeling : A 3D parameterized space based approach.	47
G. Yonezawa, K. Shiono and S. Masumoto Logical model of faulted geologic structures	53

Session L
Interoperable and mobile GIS - developments and applications

A.V. Antsiferov and A.A. Glukhov Geographical information system GeoMark	59
M. Aurnhammer and K. Tönnies Image processing algorithm for matching horizons across faults in seismic data	63

T. Bode, A.B. Cremers, U. Radetzki and S. Shumilov COBIDS: A component-based framework for the integration of geo-applications in a distributed GI-infrastructure	69
G. Caumon, C. Sword and J.-L. Mallet Interactive editing of sealed geological 3D models	75
G. Exadaktylos, E. Manutsoglu, G. Saratsis, E. Baradakis, G. Kalogeropoulos, E. Spyridonos and J. Mastoris 3D geological modelling of Kamari quarry (Greece) for exploration planning and quality control	81
H.-J. Götze and S. Schmidt Geophysical 3D-modelling using GIS-functions	87
D. Hekmatzada, J. Meseth and R. Klein Non-photorealistic rendering of complex 3D models on mobile devices	93
E. Laine 3D structural modelling of gold deposits relative to tectonic history at Kutemajärvi and Pampalo gold deposits in Finland	99
F. Lepage Triangle and tetrahedral meshes for geological models	105
I. Mariolakos, E. Spyridonos, I. Fountoulis, E. Andreadakis and N. Minos Monitoring and modeling the spatiotemporal variation of air temperature and relative humidity in ancient Macedonian graves in Vergina, Greece	111
V. Mikhailov and B.R. Sirazetdinov Variational methods application for geological modeling	117
G. Nardi and A. Vietri 3D GIS in the management of a three-dimensional geological model of Avellino (Southern Italy)	121
F. Salvi, S. Sterlacchini and A. Zanchi 3D Modelling with Gocad of complex geological structures in the frontal part of the Southern Alps	127
A.V. Vesselovsky and K.G. Krasavin Managing geoinformation resources on the basis of integrational programme means and GIS technology	133
Y. Xiang, D. Liu and M. Zhang Developing techniques and application for regional exploration data management and analysis system	139

Session M Spatial databases

V.N. Mikhailov and E. Ermolin The electronic atlas - A new level of integration of the spatial data in GIS	147
V. Raghavan, S. Masumoto, M. Shibayama and K. Shiono Implementing spatial data infrastructures using open source software tools	151
V. Rapševičius and A. Juozapavičius The structuring of textual data for data mining in geology	157
Y.K. Yeon, J.G. Han and K.H. Chi Implementation of field geological information system (FIELDPLUS)	163

Session N

Developments and status of standards, dictionaries and technologies for geoscience data

B. Brodaric, E. Boisvert and A. Patera A set-theoretic technique and software for managing multiple-classification in geological hierarchies	171
A. Cappelli and L. Morandini The importance of integrating metadata into GIS: The case study of the geographic information system of the city of Khouribga (Morocco).	177
K.H. Chi, N.W. Park and K.W. Lee Digital geologic infrastructure building program in Korea: The first year experiences	183
J. Jellema and R.J. van Leeuwen Using XML in advanced-geological information systems: A case of cross-border UK-NL stratigraphy explored	189
K.G. Krasavin Forming information field of geosciences in the technological complex of a research institute	193
G.M. O'Brien, F.A. D'Agnese, A.K. Turner and K.H. Nasser The Role of geoinformatics in the geoscience-business process	199
M. Pennanen and C. Kortman Semantic web - towards more intelligent geoscience web applications	205
P. Ryghaug From bedrock UML-modelling and database design to internet applications using standards.	211
L.C. Struik, M.B. Quat, P.H. Davenport and A.V. Okulitch Multi-hierarchical rock classification for use with thematic computer-based query systems	217
K. Wakita, J. Bandibas, R. Kouda and Y. Murakami Formulation of interoperable common codes for various geological expressions among different languages, cultures and standards	223

Session O

Studies in Mathematical Geology (General Session)

F. Agterberg Construction of numerical geological time scales	227
H.A.F. Chaves, L.R. Tupinambá, E.R. Pombo and E. Pereira Sedimentary cycles in the Cenomanian Turonian transition in the Sergipe Basin, Brazil	233
J.H. Doveton and D.F. Merriam Environmental and paleogeographic implications of subsurface spectral gamma-ray signatures of Pennsylvanian (Upper Carboniferous) black shales in the Midcontinent (USA)	239
D. Gill, A. Sen and C.G.St.C. Kendall Numerical simulation of the deposition and stratigraphic relations of the Silurian evaporite-encased pinnacle reefs of northern Michigan	245
U.C. Herzfeld Higher-order vario functions for geostatistical classification of snow and ice surfaces	251
T.A. Jelmert Bi-linear pressure signatures of horizontal wells	257

S. Ki, J. Choe and M. Jang Fractal conditional simulation with irregularly spaced data	263
T. Kumke, N. Hultsch, A. Schoonderwaldt and U. Kienel Spatial variability of lake sediment compositions - A case study from Lake Lama, Central Siberia	267
H. Mayer, U.C. Herzfeld and G.K.C. Clarke Analysis of deformation types in fast-moving glaciers	273
U.A. Mueller, P. Goovaerts and A.G. Mueller Geostatistical modelling of rock-type: A comparison of the performance of classification schemes based on data from the Big Bell gold deposit, Western Australia	279
M.E. Nitsche Are the stabilizing and destabilizing influences of the planetary gravitational field on the structural formation of complex systems real? - Triggering of earthquakes -	285
Y. Noumi, K. Shiono, S. Masumoto and V. Raghavan Generation of DEM from the topographic maps - Utilization of inter-contour height information -	291
R. Pattisina and E. Verrecchia A cellular automata and DLA model for growth surface simulation: Application to stromatolites	295
K. Shiono Mathematical basis for classification of sedimentary layers under the law of superposition	301
M. Spiller, R. Ababou, T. Becker, A. Fadili and J. Köngeter Mass transport with heterogeneous diffusion: Interpolation schemes for random walks	305
M. Thibaut and T. Cornu 3D kinematic and reversible deformation in basin modeling	311
H. Thiergärtner The Ruedersdorf limestone deposit near Berlin and the mathematical reserve estimation	317

Session P Modeling geochemical and physical-chemical processes at the earth's crust

V. Filatova Tectonic processes dynamics under earth's crust formation of the N-E part of the Baltic Shield (mathematical simulation)	327
N. Gorelikova, N. Bortnikov and I. Tchijova Geochemical comparison models for tin deposits in different geodynamic environments	333
V.B. Svalova Mechanical-mathematical modelling for the earth's deep and surface structures interaction	339
I. Tchijova, M. Konstantinov and R. Poliakov Computer-aided system for selection of analogs of the world gold deposits	345
I.A. Tchijova, V.S. Tikhonov and A.G. Gorelov Mathematical model of placer-forming particles movement in water flows	351

Session Q
Fractals and multifractals

Q. Cheng A new technique for quantifying anisotropic scale invariance and for decomposition of mixing patterns	359
Q. Cheng and S. Zhang Conditional multifractal measure and moment multifractal modelling with edge effect correction	365
A.G. Ediberidze, A.Sh. Gugushvili, V.K. Sesadze, I.S. Kucia, P.D. Jokhadze and D.G. Gigauri Earthquake cycles and fractal time series	369
A.G. Ediberidze, A.Sh. Gugushvili, V.K. Sesadze, I.S. Kucia, P.D. Jokhadze and D.G. Gigauri Prognosis of seismic danger according to the geological and geophysical data	375
L. Márkus and J. Kovács Modelling water capacity of spring: A multifractal approach	381
W. Shen Study of fractal methods and its application in geology	387
W. Shen Assessment of gold ore resources potential in the eastern part of Shandong, China by the "p100/q100" law	393

Session R
Exogene dynamics and the lithosphere's sediment cover

J. Elken, U. Raudsepp and T. Soomere On the current- and wave-induced sediment redistribution patterns in the Gulf of Riga	401
B.J. Haupt and D. Seidov Sea surface salinity as a key to the global ocean conveyor	407
P.S. Lucio, E.C. Bodevan and H. Dupont Sediment transport paths in the Westernschelde: One-dimensional alternatives to determine sediment trend	413
M. Meyer, J. Harff and R. Lampe Modeling coast line changes of the Baltic Sea - Past and future	419
R. Ondrak and R. di Primio Reconstruction of the burial and temperature histories of 5 ODP/DSDP wells in the Nankai Trough via basin modeling	425
R. Prissang 3D Variography as a tool to recognise transport processes and associated paleo-directions in limestones and limestone-hosted deposits	431
J.P.M. Syvitski, R.D. Hilberman and S.D. Peckham Sediment flux to the coastal zone: Predictions for the Navy	437
D. Tetzlaff Modeling coastal sedimentation through geologic time	443

Session S
Hydrogeology: Groundwater Monitoring and Quality Assessment

J.E. Capilla A mixed Lagrangian-Eulerian approach for the coupled inversion of the flow and mass transport equations in fractured media	451
A. Goshu and H. Omre Stochastic approach for better prediction of aquifer parameters	457
J. Kovács, L. Márkus and G. Halupka Measuring contamination-vulnerability of aquifers by dynamic factor analysis	463
K. Labus Simulation of salty waters migration towards a therapeutic deposit - A case study	469
B. Namysłowska-Wilczyńska and J. Pyra Integration of data from soil and underground waters monitoring grids by kriging with external drift	475
E. Savelieva, M. Kanevski, V. Timonin, A. Pozdnukhov, C. Murray, T. Scheibe, Y. Xie, P. Thorne and C. Cole Uncertainty in the hydrogeologic structure modeling	481
S.M. Semenov and G.I. Batrak Mathematical methods of hydro-geological forecasts accuracy and veracity estimation	487
E. Spyridonos, I. Fountoulis, E. Andreadakis, D. Mariolakos and E. Manutsoglu Using integrated 3D geological modelling for planning artificial recharge of karstic groundwater. Case study in the Enipefs River Basin, Thessaly, Greece	493

Session T
Quantitative models for environmental security:

Focus on representation and perception of geo-environmental concerns in predictions

J.C. Davis and G.C. Ohlmacher Landslide hazard prediction using generalized logistic regression	501
L. Disperati, E. Guastaldi and L. Carmignani Landslide mapping and hazard prediction in the Pergola area (Marche, Italy)	507
D. Geneletti, D. Alkema, E. Bertoletti, F. Comelli, M. De Amicis, R. Guarino, S. Guerrato, C. Michelotti, S. Sterlacchini, A. Zanchi and A. Zucca A multi-scale approach to assess the impact of roads on biodiversity and geomorphology	513
M. Kanevski, A. Pozdnukhov, S. McKenna, L. Bolshov and E. Savelieva Transductive decision-oriented mapping of environmental data	519
S. Marzorati, L. Luzi and M. De Amicis Rock falls induced by earthquakes: A case study for the formulation of predictive rules for hazard zoning	525
U. Maurer and D. Balzer A new approach towards selection and rating of regions, areas or sites for disposal of hazardous wastes in Germany by using GIS	529
K. Munier and H. Burger Spatial analysis of thermal infrared satellite data in an urban environment	535

N.W. Park, K.H. Chi and C.J. Chung Effects of uncertainties of boundaries in thematic maps for spatial prediction models in landslide hazard mapping	541
L. Recatalá, F. Morcillo, A.G. Fabbri and J. Sánchez Desertification indicators for improving the decision-making process	547
R. Salvini, L. Disperati and L. Carmignani Deforestation assessment and predictive modelling in the Pantanal wetlands (Mato Grosso, Brazil)	553
T.N. Singh, A. Pandey and S. Puri Development of new software for prediction of safe charge	559
H. Thiergärtner Strategy and algorithms for the determination of informative parameter profiles at multivariate areal predictions	565
A. Victorov Mathematical models of landscape patterns for geological interpretation of remote sensing data	571
M. Yoneda, S. Morisawa, T. Kiuchi and J. Otsuka Search for optimal arrangement of sampling points in a survey of soil pollution under the noninformative condition	577

3D geological modelling of Kamari quarry (Greece) for exploration planning and quality control

Exadaktylos G.(1), Manutsoglu E.(1), Saratsis G.(1), Baradakis E.(1), Kalogeropoulos G.(1),
Spyridonos E.(2,3), Mastoris J.(4)

(1)Technical University of Crete, Dept. of Mineral Resources Engineering.,
GR-73100 Chania, Greece

(2)Free University of Berlin, Institute of Geological Sciences, Malteserstr. 74-100,
D-12249 Berlin, Germany

(3)National and Kapodistrian University of Athens, Department of Dynamic, Tectonic and
Applied Geology, Panepistimioupolis Zografou, GR-15784 Athens, Greece

(4)Titan Cement Co. S.A., 22A Halkidos Str., GR-11143 Athens, Greece

E-mail: exadakty@mred.tuc.gr, emanut@mred.tuc.gr

1. Abstract

This work focuses on an appropriate geological characterisation of mineral resources which enables geologists and engineers to conceive better sampling and exploitation strategies and to establish a quality control for the product at the quarry face. As a particular exercise we present here the results of an analysis of the spatial distribution of MgO grades within the *Kamari* limestone quarry (Kamari site of Boeotia province, Greece). The work comprised computer-aided 3D modelling and subsequent geostatistical analyses and estimations. A rough geochemical block model of the limestone formations was compiled, with focus on the MgO distribution and with the target of characterising reserves in quality classes. Based on this model, preliminary recommendations for the exploration strategy and future drilling program(s) in the quarry area could be provided.

2. Introduction

The availability and suitability of mineral resources (i.e. raw materials, ornamental stone, industrial minerals and metal ore etc.) are factors of paramount importance. They affect not only operability, sustainability and lifetime of a mine or a quarry, but also the overall profitability of the mining operation. In addition to that and in also respect to environmental concerns, there is the need to maximise the utilisation of the available resource. Thus, a geological characterisation of the deposit concerned forms a vital input to any planning activity. The presented work focuses on the problems that are caused by unacceptable high MgO concentrations in limestones earmarked as cement raw material. More specifically, we investigate the Kamari limestone quarry (Boeotia province, Greece) that is the main source for the nearby Kamari Cement Plant of TITAN CEMENT Co. S.A. since the mid 1970's. Our aim pertains to the identification of regions of high MgO content within this deposit.

The quarry has been developed in geological formations that belong to the so-called "Zone of Eastern Greece" and more precisely to the Subpelagonian zone. The geological structure of this area is characterised by carbonate formations with intercalated clay beds (Fig. 1). These strata underwent multi-phased tectonic deformation. The quarry stretches over 80 hectares and has been developed as an open pit, closed-bench form of operation. A number of 5-7 main benches of 15 m height are currently active; overall pit slope is about 44°. An exploratory core drilling program for the Kamari hills was launched in the early 70's before the start-up of the quarrying operation. Today, before developing a new bench, a series of additional holes is drilled. Cuttings are sampled in order to determine the main chemical components. Knowledge of the latter ones is critical for raw mix design purposes as tight requirements must be met.

A project has been initiated with the specific aim to determine the spatial distribution of MgO within the deeper parts of the limestone body. This is necessary to produce sound estimates of the amount of material with MgO grades below 12 wt%. Only this material can be used to

determine the mineable reserves. Moreover, the project should provide an answer to the need for an optimum design of a future core drilling exploration program. In order to approach the problem the following methodology was chosen:

- Construction of a database of all existing geological and drill hole information
- Construction of a Digital Terrain Model (DTM) of the quarry
- Statistical and geostatistical analysis of the MgO content
- Set up of a block model of the deposit.

An account on the progress of the work carried out until to day is given in this paper. Preliminary recommendations on the exploration strategy and future drilling program(s) in the studied quarry area are made.



Fig. 1. Location of the study area

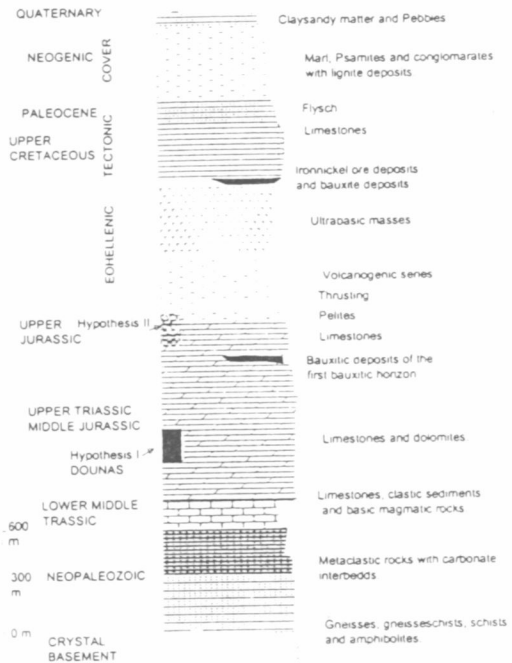


Fig. 2. Lithostratigraphic column of the Subpelagonian zone (compiled after Katsikatsos 1992)

3. Regional Geological Setting

The limestone deposit is located in the NW Attica-Boeotian region (Fig. 1) which according to Dounas (1971) belongs to the Subpelagonian zone. The lithostratigraphic sequence of Subpelagonian zone comprises of the following units: Palaeozoic basement, volcano-sedimentary formation of Permian-Triassic age, carbonate sediments of Upper Triassic-Jurassic, Ophiolitic nappe, inclined Upper-Cretaceous limestones and flysch sediments (Fig. 2).

During the Alpine orogeny, the entire area has been subjected to two distinct periods of compressional stress. During the first phase, major as well as minor, well developed folds, trending NNE/SSW were formed (Dounas, 1971). In a subsequent episode, that occurred during the Lower Cretaceous period (Eohellenic orogenic cycle, after Jacobshagen, 1986), a second generation of folds has been formed, which trend NNW/SSE. As a result of the latter episode, the rocks in the area were overfolded and tilted in a NE/SW direction. At last, they were fractured in a third phase. Indeed, in situ measurements of planar surfaces of folds and faults in the study area, revealed these distinct tectonic events (Fig. 3a).

4. Deposit Geology and Modelling

The exact stratigraphic position of the quarried limestones is not yet fully understood. According to Dounas (1973), the Kamari quarry is developed inside the Triassic carbonate rock. It is divided by a large fault zone into two parts. The NNW part belongs to the "Lower Triassic Horizon", which consists of white to grey-white and sometimes reddish thick-bedded to massive limestones. These limestones are locally interbedded by dolomitic limestones or

typical dolomites. The SSE part, which belongs to the “Upper Triassic Horizon”, comprises of grey-dark to gray coloured, thin to medium thick bedded limestones that locally contain interbeds or nodules of cherts and dolomites. This lithostratigraphic sequence (Hypothesis I) proposed by Dounas (1973) corresponds to position No. 1 in the representative lithostratigraphic column of the regional area (Fig. 2). This hypothesis implies that the limestone formation extends below this horizon down to a depth of ca. 200 m. At this point, it should be made clear that the age of the limestone formation in which the quarry is located should be verified by biostratigraphical data. Since these data are not available up-to-now, a second hypothesis (position No. 2, Fig. 2) regarding the stratigraphic position of the quarry can be formulated, which is based on observations of:

1. the position of the ophiolitic mass in relation to carbonate rocks,
2. the position of the main pelitic bed and the pelitic intercalations within the quarry,
3. the positions of the nodular and bedded cherts within the quarry,
4. the properties of the carbonate formations (colour, thickness, etc.),

as well as lithostratigraphic data from the literature (Katsikatsos, 1992). According to this hypothesis, the possible age is Middle-Upper-Jurassic, which in turn suggests that the thickness of the underlying limestones could exceed than 600m.

Based on in situ measurements of discontinuity orientations in the quarry faces the polar diagram of Fig. 3a has been drawn. This tectonic information together with the presence of minor folds at the quarry permitted the construction of a first conceptual structure model of the deposit that is presented in Fig. 3b. According to this model, during the Alpine orogeny, two successive compressional stress regimes produced two generations of folds (I, II in Table 1) followed by an extensional stress period. At the latter stage a set of faults (set No. III) has been formed.

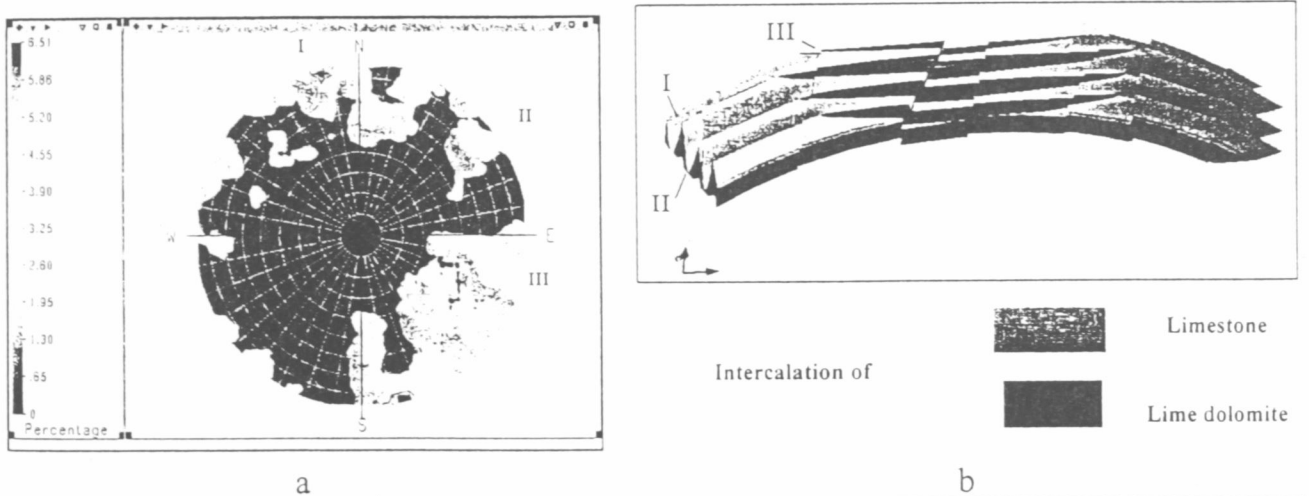


Fig. 3(a) Polar diagram of discontinuities (b) Conceptual tectonic model of the limestone deposit
Table 1: orientations of sets of tectonic elements.

Set	Type	Strike
I	Folds I generation	75° NNE/SSW
II	Folds II generation	140° ESE/WNW
III	Faults	200° SSW/NNE

Table 1

The next task, after the identification of the controlling tectonic features is to construct a digital model of the quarry (topography & geological features). Today, digital deposit models are set up in a most effective way by employing so-called integrated software packages that incorporate tools to tackle all of the aforementioned tasks (Houlding 1994, Prissang, Spyridonos & Frentup 1999). To conduct this study, the SurpacVision package by Surpac Software International, Inc. (SSI 1995a,b) had been selected. Plans of the current quarry topography were provided by TITAN Company. This information was employed to generate a DTM using SurpacVision’s triangulation facility. The resulting model is depicted in figure 4.

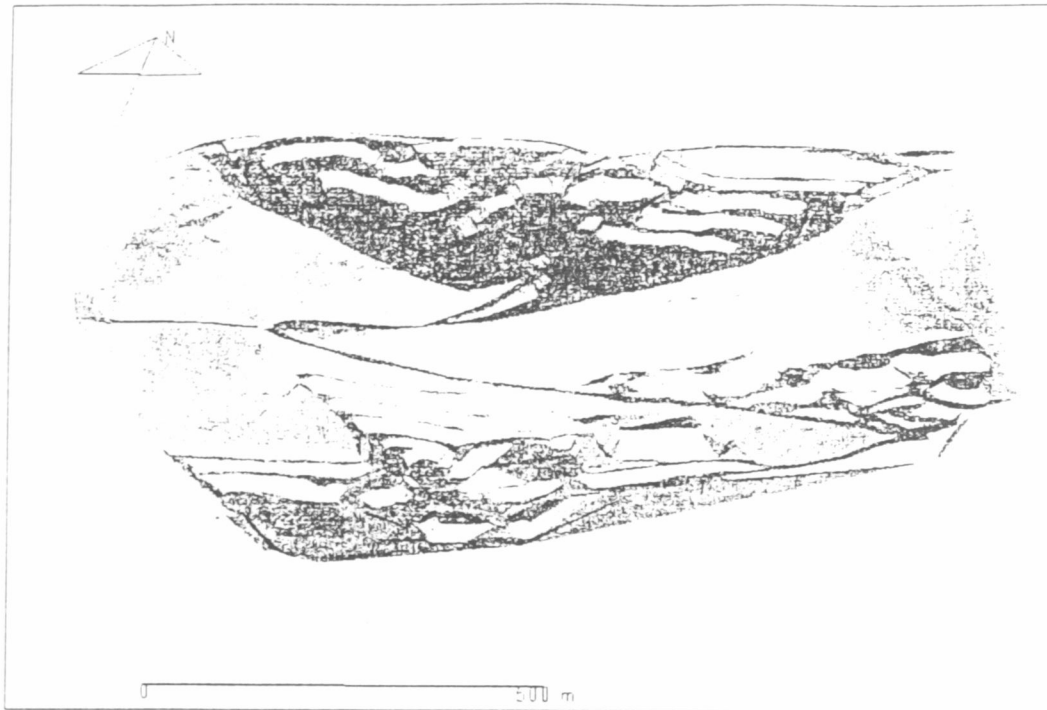


Fig 4. DTM of the Kamari quarry (2001)

5.1 Data Analysis

Statistical properties of MgO were assessed by evaluating geochemical logs obtained from altogether 173 drillholes which were sunken by the company in the period 1973-2000. Core sampling was conducted in 15 drill holes only (original program of the early 70's) while the rest of the samples were collected from cuttings. Only seven holes reached depths of 80-150 m (max), nine reached 40-80 m and the remainder ranged between 15 and 40 m. Assays were conducted on every 3, 5 or 10 m section of drill length. It is obvious that very little information exists for depths below the level of +285 m asl (i.e. currently the lowest active bench) and down to +175 m asl (i.e. the final pit bottom). Therefore, deepening the pit would require more, deep-core drilling exploration that could support long term planning and quarry design. The distribution and the statistical parameters of the MgO concentration are shown in Fig 5a and 5b and in Table 2.

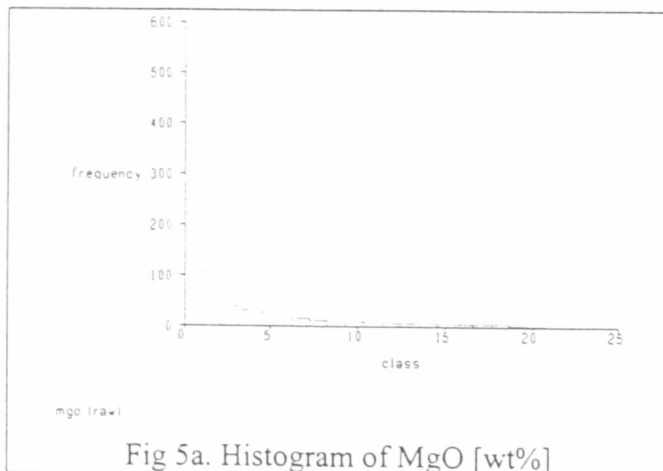


Fig 5a. Histogram of MgO [wt%]

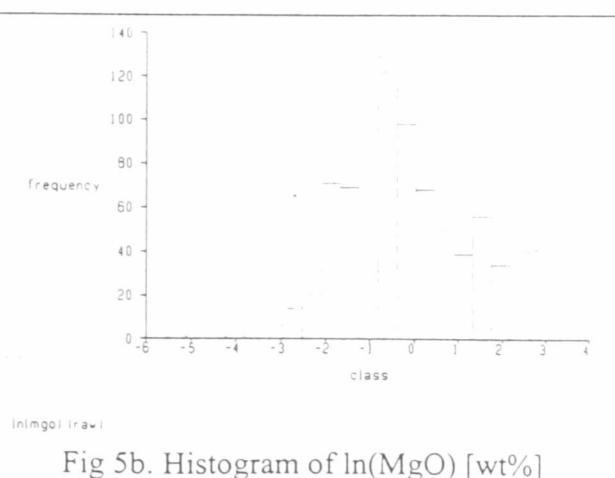


Fig 5b. Histogram of ln(MgO) [wt%]

Table 2. Statistical parameters of grade distributions

Variable	Minimum	Maximum	Mean	Variance	Nr of samples
MgO	0.004	20.759	2.568	17.569	838
ln(MgO)	-5.521	3.033	-0.114	2.132	838

5.2 Geostatistical Structure Analysis

A geostatistical structure analysis was carried out to investigate the spatial variability of the grade values. The left skewed grade distributions necessitated a transformation of the grade values into their natural logarithms. An empirical variogram for $\ln(\text{MgO})$ indicating the presence of a spatial correlation has only been obtained in the vertical direction. Variograms in other directions showed nothing else than a random variation, a phenomenon caused by the large drillhole spacing. The occurrence of a spherical model (see fig. 6a and table 3) was not unexpected. This model type indicates the existence of sedimentary and/or diagenetic controls: it is often the best choice to describe the spatial correlation when the components under investigation have been subjected to chemical reactions in aqueous solution (Prissang, Spyridonos & Frentrup 1999).

Table 3. Parameters of variogram model fitted to the downhole variograms

Variable	Nugget	Model Type	Range	Sill
$\ln(\text{MgO})$	1.000	spherical	41.0 m	13.000

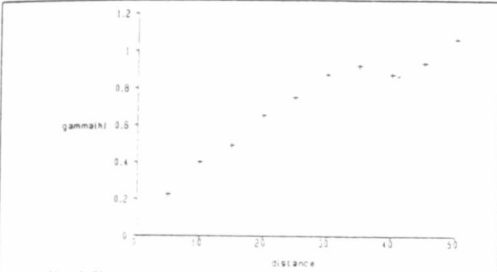


Fig 6a. Downhole variogram for $\ln(\text{MgO})$

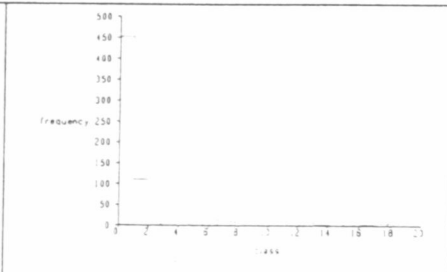


Fig 6b. MgO [wt%] estimated for crossvalidation

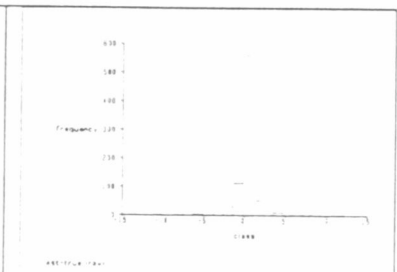


Fig 6c. MgO [wt%] crossvalidation errors (estimated – true)



Fig 7. Block model of the Kamari quarry showing MgO content

In order to check the fitted semi-variogram model a crossvalidation has been carried out by ordinary kriging of the MgO grades at the sample points. The results show a reasonably good agreement with raw data (figures 6b-c).

6. Block-model

The representation of the spatial distribution of grade values required the subdivision of the limestone body into cells. From the point of view of the planning engineer, a block size 10m x 10m x 15m, matching the size of future extraction units, was regarded as sufficient. Due to the crossvalidation results, ordinary kriging was employed to predict the 3D distribution of the MgO grades in the limestone body. The selected search ellipsoid has the dimension $x=84\text{m}$, $y=42\text{m}$ and $z=42\text{m}$. Its principal axis was aligned with the axes of the second generation folds (140°). We extracted a submodel by imposing the following constraints:

- select blocks below current (2001) topography (i.e. excluding the mined out blocks) and
- select blocks inside the boundary, delineating the exploration area already drilled.

According to the MgO grades, the blocks were assigned to quality classes. The resulting colour-coded block model is illustrated by figure 7.

7. Conclusions

An existence of stratigraphic controls on quality parameters was inferred from the estimated MgO grades. The consequences of the uncertainty about the stratigraphic position of the quarry as well as the need for a more comprehensive data set stress the necessity for a new exploration drilling program. Basic information for choosing a drillhole pattern can be extracted from the preliminary model.

Finally, a detailed deposit model must be set up that is suitable for long-term and medium-term mine planning purposes.

Acknowledgments

This article is a result of research supported by funds of the McDUR Project with contract number G6RD-CT-2000-00266 of the European Union RESEARCH DG (2001-2004). Further we would like to express our sincere thanks to TITAN CEMENT Co. S.A. for providing us with all the necessary data for this analysis.

References

Dounas, A., 1971: The Geology of the area between Megara and Erithrai village (Attica), report, Athens (IGME).

Dounas, A., 1973: Geological research for exploration of limestone raw materials to be used as feed for the new industrial unit of TITAN S.A., unpubl. report, Athens (TITAN CEMENT Co. S.A.).

Houlding, S.W., 1994: 3D Geoscience Modeling, Berlin – Heidelberg etc. (Springer), pp. 309.

Jacobshagen, V., 1986: Geologie von Griechenland, Berlin (Gebrüder Borntraeger), pp. 363.

Katsikatos, G.Ch., 1992: Geology of Greece, Athens, pp. 451.

Prissang R., Spyridonos E. & Frentrup K.-R., 1999: Computer assisted 3D Modelling and Planning for the Cement Industry of El Salvador, Mathematische Geologie, Vol. 4, pp 61-72.

Surpac Software International (ed.), 1995a: Core Management System Users Reference - SSI Installation and Setup Manual. Belmont, WA (Surpac Software International, Inc.).

Surpac Software International (ed.), 1995b: Entec - Generic Tools Reference. - Surpac Software International; Belmont, WA (Surpac Software International, Inc.).

