

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ



Διπλωματική Εργασία

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ AutoCAD Land
Development Desktop R2i ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ
ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΚΑΜΑΡΙΟΥ**

ΜΙΧΑΗΛ Ε. ΔΟΥΡΑΜΑΝΗΣ

Εξεταστική Επιτροπή

Γεώργιος Εξαδάκτυλος
Εμμανουήλ Μανούτσογλου
Μιχαήλ Γαλετάκης

Καθηγητής (Επιβλέπων)
Επίκουρος Καθηγητής
Λέκτορας

Χανιά, Μάρτιος 2006

*Αφιερώνεται
Στους γονείς μου*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	i
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΤΙΤΑΝ Α.Ε.	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	3
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	3
2.3 ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΜΗ – ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ (ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ).....	9
2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	9
2.3.2 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	16
3.1 ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ.....	16
3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	18
3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	19
3.4 ΕΞΟΡΥΞΗ.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ AutoCAD Land Development	24
4.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ.....	25
4.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ.....	31
4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΩΝ ΣΤΟ AutoCAD Land Development	37
4.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΜΩΝ.....	44
4.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	57
5.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	57
5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	62
5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΩΝ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω :

Τον κ. Εξαδάκτυλο Γεώργιο, Καθηγητή, που ανέλαβε την επίβλεψη της παρούσας εργασίας, τον κ. Μανούτσογλου Εμμανουήλ, Επίκουρο Καθηγητή και τον κ. Γαλετάκη Μιχαήλ, Λέκτορα, που δέχθηκαν να συμμετέχουν στην εξεταστική επιτροπή.

Τον κ. Μπαραδάκη Ευπρέπιο, Μηχανικό Ορυκτών Πόρων, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια της Διπλωματικής Εργασίας.

Τον κ. Σαράτση Γεώργιο, υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, για την πολύτιμη βοήθεια του.

Την κ. Αρχοντάκη Δέσποινα, Μηχανικό Ορυκτών Πόρων, για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη της καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Τους κ.κ. Ανδρονικίδη Γεώργιο, Μανδελενάκη Κωνσταντίνο, Σειραγάκη Εμμανουήλ, Μαλανδράκη Εμμανουήλ, φίλους, για την πολύτιμη υποστήριξη τους.

Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα Διπλωματική Εργασία στους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη τους στις όποιες επιλογές μου όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η κατανόηση των δυνατοτήτων του λογισμικού AutoCAD Land Development Suite R2i για την χρησιμοποίηση του σε πρακτικές εφαρμογές που αφορούν εκμεταλλεύσεις λατομείων και μαρμάρων.

Για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής σαν στόχος τέθηκε ο σχεδιασμός της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης του λατομείου ασβεστολίθου της εταιρείας TITAN Α.Ε. στο Καμάρι Αττικής.

Γίνεται ανάλυση της γεωλογίας της ευρύτερης περιοχής, στην οποία βρίσκεται το λατομείο, η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την γεωλογία του ευρύτερου ελλαδικού χώρου. Στην συνέχεια παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν την εκμετάλλευση του λατομείου και του κύκλου εργασιών που πραγματοποιείται σήμερα στο λατομείο. Πραγματοποιείται διερεύνηση των δυνατοτήτων που παρέχει το λογισμικό πακέτο και στη συνέχεια γίνεται εφαρμογή τους στο πρόβλημα που έχει τεθεί σαν στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.

Συμπεραίνουμε ότι η μεγάλη δυνατότητα του λογισμικού πακέτου είναι η ευκολία κατασκευής και απεικόνισης πολύπλοκων επιφανειών, οι οποίες μπορεί να είναι επιφάνειες κατολίσθησης, υδροφόροι ορίζοντες κ.α..

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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.

Σκοπός της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατανόηση των δυνατοτήτων του λογισμικού AutoCAD Land Development Suite R2i για την χρησιμοποίηση του σε πρακτικές εφαρμογές που αφορούν εκμεταλλεύσεις λατομείων και μαρμάρων.

Τέτοιες εφαρμογές μπορεί να είναι η δημιουργία του τοπογραφικού χάρτη μιας περιοχής η εκμετάλλευσης με ισοϋψείς καμπύλες, από τοπογραφικά δεδομένα, ή η ψηφιοποίηση μιας επιφάνειας περιοχής με ποικίλους τρόπους, έως τον υπολογισμό όγκων για την εκτίμηση αποθεμάτων ή όγκου αποκάλυψης..

Για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής σαν στόχος τέθηκε ο σχεδιασμός της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης του λατομείου ασβεστολίθου της εταιρείας TITAN A.E. στο Καμάρι Αττικής. Το πως θα είναι δηλαδή το λατομείο μετά την εξάντληση των υπολογιζόμενων αποθεμάτων στην τελική φάση της εκμετάλλευσης.

Για τον σκοπό αυτό τα δεδομένα που είχαμε στην διάθεση μας και που χρησιμοποιήσαμε είναι ο τοπογραφικοί χάρτες του λατομείου της περιοχής πριν ακόμη ξεκινήσει η εκμετάλλευση του κοιτάσματος ασβεστολίθου το 1973 και ο τοπογραφικός χάρτης της εκμετάλλευσης το 2001

1.1 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 τις εξής ιδιοκτησίες :

- 11 μονάδες παραγωγής τσιμέντου ετήσιας παραγωγικής δυναμικότητας 14 εκ. ton, εκ των οποίων 6 στην Ελλάδα, 2 στις Η.Π.Α. (Βιρτζίνια και Φλόριδα), 3

στα Βαλκάνια (Βουλγαρία, Σερβία και FYROM) και 2 στη Μέση Ανατολή (Αίγυπτος).

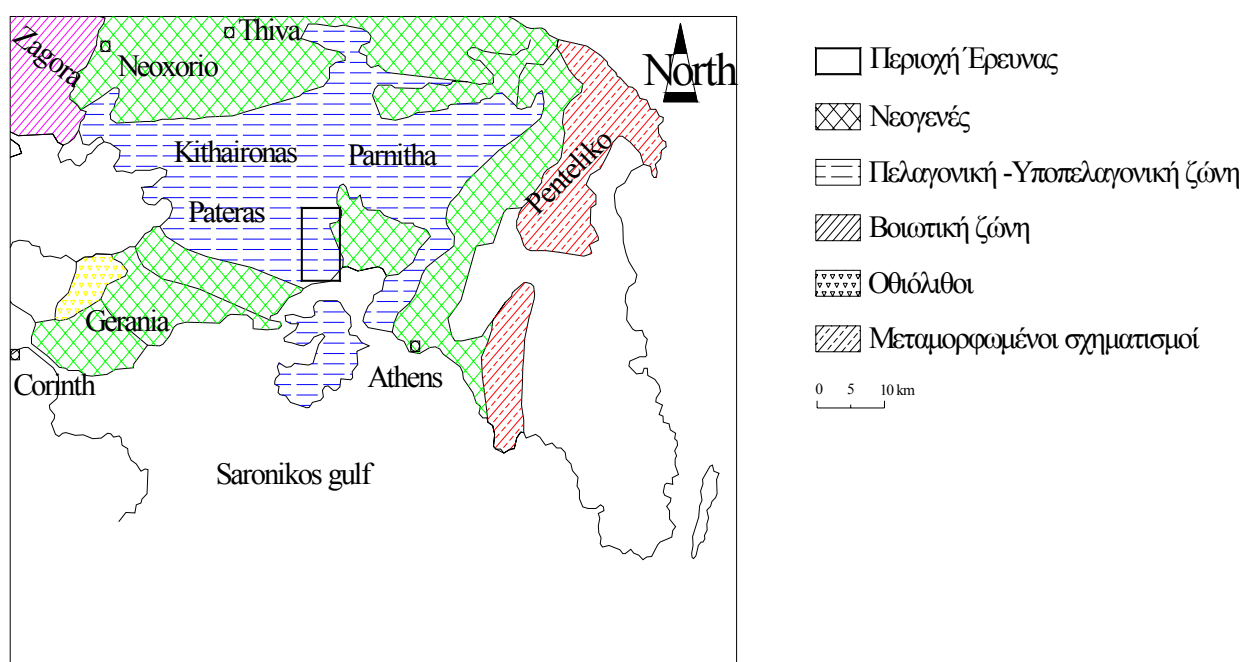
- 7 κέντρα διανομής τσιμέντου εκ των οποίων 2 βρίσκονται στις Η.Π.Α., 2 στην Αίγυπτο, και από 1 στην Ιταλία, Αγγλία και Γαλλία, αντιστοίχως.
- Ακόμη διατηρεί 67 μονάδες έτοιμου σκυροδέματος (δυναμικότητα 4 εκ. m³).
- 10 λατομεία και 3 ορυχεία (δυναμικότητα 17 εκ. ton).
- 1 μονάδα παραγωγής κονιαμάτων (INTERMIX)
- 1 μονάδα παραγωγής επιτραπέζιας πορσελάνης (ΙΩΝΙΑ Α.Ε.)

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

2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΪΑ

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 Β.Δ. Αττικής – Βοιωτίας (Εικ. 2.1). Για να γίνει κατανοητή καλύτερα η τεκτονική γεωλογία του λατομείου γίνεται μια αναδρομή στη γένεση και στο γεωτεκτονικό μοντέλο εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής.



Εικ. 2.1: Περιοχή όπου τοποθετείται γεωγραφικά το λατομείο του Καμαρίου

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

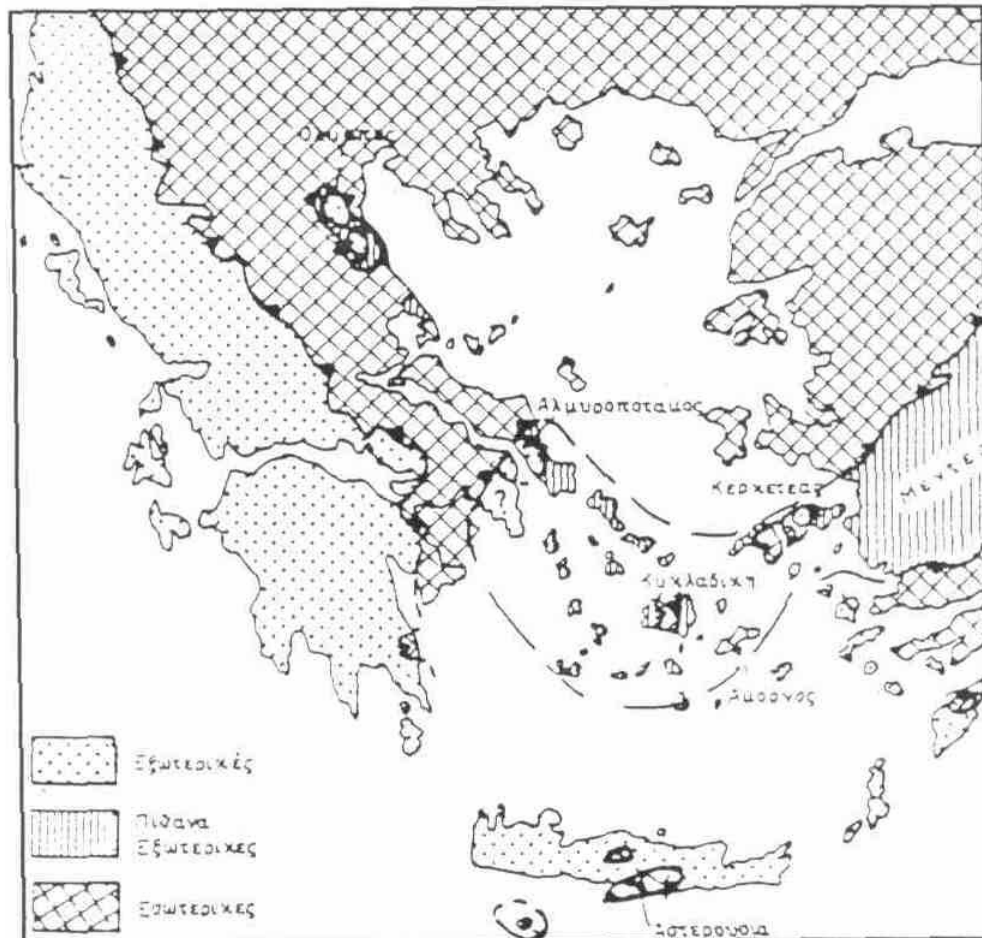
Οι απόψεις των ερευνητών που ασχολήθηκαν μέχρι σήμερα με τη γεωλογία, την τεκτονική και παλαιογραφική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής, διαφέρουν σημαντικά. Οι Ι. Τρικκαλινός (1948) και C. Renz (1955) ενέταξαν τον χώρο της Β.Δ. Αττικής - Βοιωτίας στην ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας κυρίως λόγω της εμφάνισης 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 γεωσύγκλινου 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 πτύχωσης. 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 τον χώρο της Υποπελαγονικής.

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ

Οι ερευνητές σήμερα στηριζόμενοι στις νέες θεωρίες περί λιθοσφαιρικών πλακών δέχονται σχεδόν ομόφωνα την άποψη ότι ο χώρος της Β.Δ. 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 (Εικ. 2.2(α)). Ακριβέστερα, οι

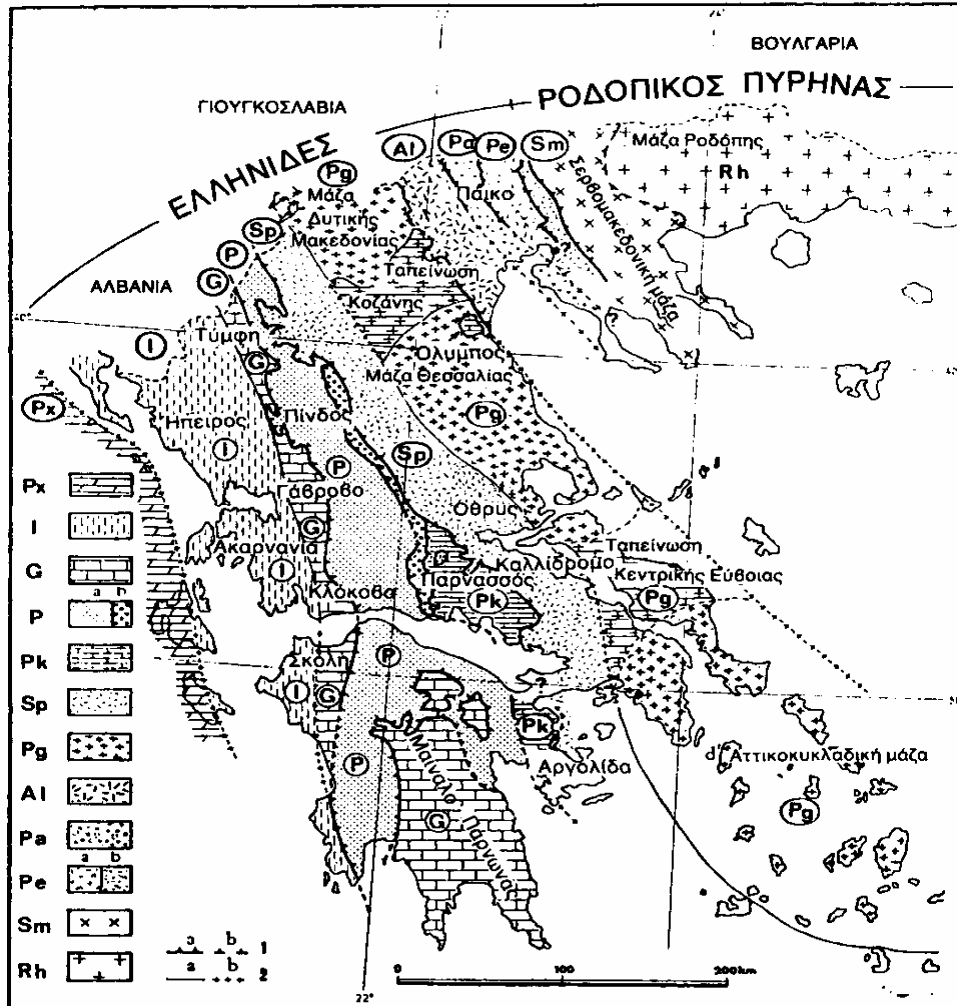
σχηματισμοί των Εξωτερικών ζωνών έχουν υποστεί, κατά το Τριτογενές, ένα μόνο ορογενετικό τεκτονισμό και κατέχουν το δυτικό και νότιο τμήμα του Ελλαδικού χώρου, ενώ οι σχηματισμοί των Εσωτερικών, εκτός από τον τεκτονισμό του Τριτογενούς, έχουν υποστεί επιπλέον και έναν πρώιμο ορογενετικό τεκτονισμό, που έλαβε χώρα κατά το Ανώτερο Ιουρασικό - Κατώτερο Κρητιδικό, και κατέχουν το ανατολικό (εσωτερικό) τμήμα του Ελλαδικού χώρου.



Εικ. 2.2(α): Διάκριση κατά τον J Brunh (1956) σε Εξωτερικές και Εσωτερικές Ελληνίδες.

Ο Κατσικάτσος , στο βιβλίο ‘ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ’ (1992) παρουσιάζει χάρτη των J.Mercier, J Brunh, J.Aubouin et al.(1971), ο οποίος δείχνει την εξάπλωση της Υποπελαγονικής και της Πελαγονικής Ενότητας στον Ελλαδικό χώρο (Εικ. 2.2(β)). Ο όρος Υποπελαγονική δόθηκε από τον Aubouin το 1959 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 οφιολιθικές μάζες και η συνοδεύουσα αυτών, σχιστοκερατολιθική διάπλαση που έχει μεγάλη εξάπλωση.



Εκ. 2.2(β): Χάρτης των γεωτεκτονικών ζωνών του ελλαδικού χώρου (Κατά J.Mercier, J. Brunn, J.Aubouin et al., 1971).

Υπόμνημα:

Px: Ζώνη Προαπούλια ή Παζών, I: Ζώνη Ιόνια, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, P: Ζώνη Πίνδου (A: ζώνη Πίνδου, b: Υπερπινδική υποζώνη), Pk: Ζώνη Παρνασσός, Sp: Ζώνη Υποπελαγονική, Pg: Ζώνη Πελαγονική, Al: Ζώνη Αλμωπίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Pe: Ζώνη Παιονίας (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).

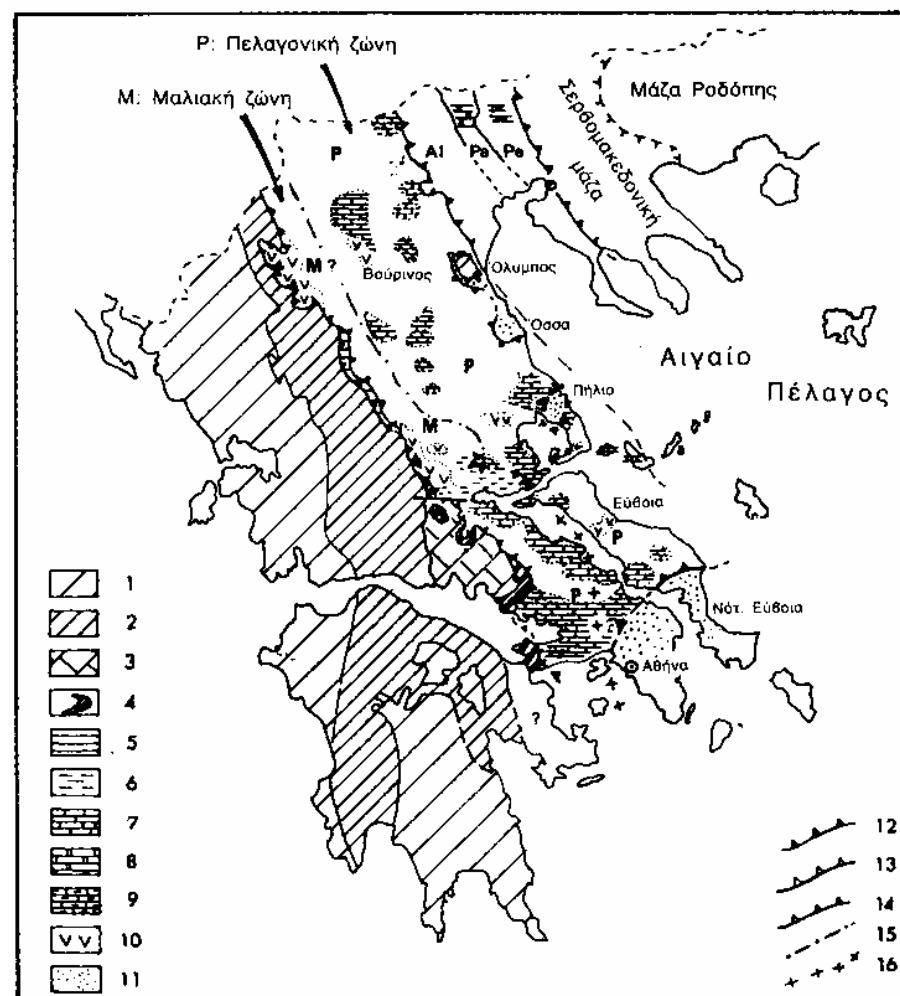
Οι Τριαδικοί - Ιουρασικοί σχηματισμοί της Υποπελαγονικής ζώνης του J.AUBOUIN, έπειτα από συγκριτικές μελέτες που έγιναν στον ευρύτερο Πελαγονικό χώρο, διαπιστώθηκε ότι είναι όμοιοι με τους Τριαδικούς - Ιουρασικούς σχηματισμούς της Πελαγονικής ζώνης. Η μόνη διαφορά την οποία αυτοί παρουσιάζουν είναι ότι 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.

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» (Εικ. 2.2(γ)). Σήμερα, οι δύο παλιές ζώνες (Υποπελαγονική και Πελαγονική) θεωρούνται από πολλούς ερευνητές ότι αποτελούν μια ενιαία ζώνη, την Πελαγονική, την οποία έχουνε 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 ύψωμα, στο οποίο γινόταν ανθρακική ιζηματογένεση. Στη συνέχεια, το ύψωμα αυτό, στο τέλος του Ανώτερου Ιουρασικού - Κατώτερου Κρητιδικού, τεκτονίστηκε από δύο ορογενετικές φάσεις και δέχθηκε τεράστιες οφιολιθικές μάζες, που προήλθαν τόσο από τον ωκεανό που βρισκόταν ανατολικά του πελαγονικού αυτού υψώματος (τον ωκεανό της Αλμωπίας) όσο και από τον άλλο ωκεανό που βρισκόταν δυτικά του υψώματος αυτού (το Μαλιακό ωκεανό). Το Πελαγονικό υποθαλάσσιο ύψωμα, μαζί με τις οφιολιθικές 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 Ανω 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 οφιολιθική 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.



Εικ. 2.2(γ): Χάρτης των γεωτεκτονικών ζωνών του Ελλαδικού χώρου
(Κατά J.Ferriere, 1976).

Υπόμνημα:

1: Εξωτερικές ζώνες, αδιαίρετες. 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 οφιολιθικές εμφανίσεις. 11: Τεκτονικό παράθυρο, η ένταξη του οποίου είναι αβέβαιη. 12-15: Κύριες ανώμαλες επαφές των Εσωτερικών Ζωνών (12: Του Τριτογενούς, 13: Του Προ-Ανωκρητιδικού, 14: Αβέβαιης ηλικίας, 15: Όριο της Μαλιακής και της Πελαγονικής ζώνης, βόρεια της Όθρυδος). 16: Παλαιό όριο της Πελαγονικής και της Υποπελαγονικής ζώνης, νότια του Σπερχειού.

2.3 ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΜΗ-ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ (ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ)

2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

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 (Εικ. 2.3.(α)).

Η Πελαγονική ζώνη μη-μεταμορφωμένων σχηματισμών, στον Ελλαδικό χώρο, από τα κάτω προς τα πάνω, αποτελείται από (Εικ. 2.3.(β)).

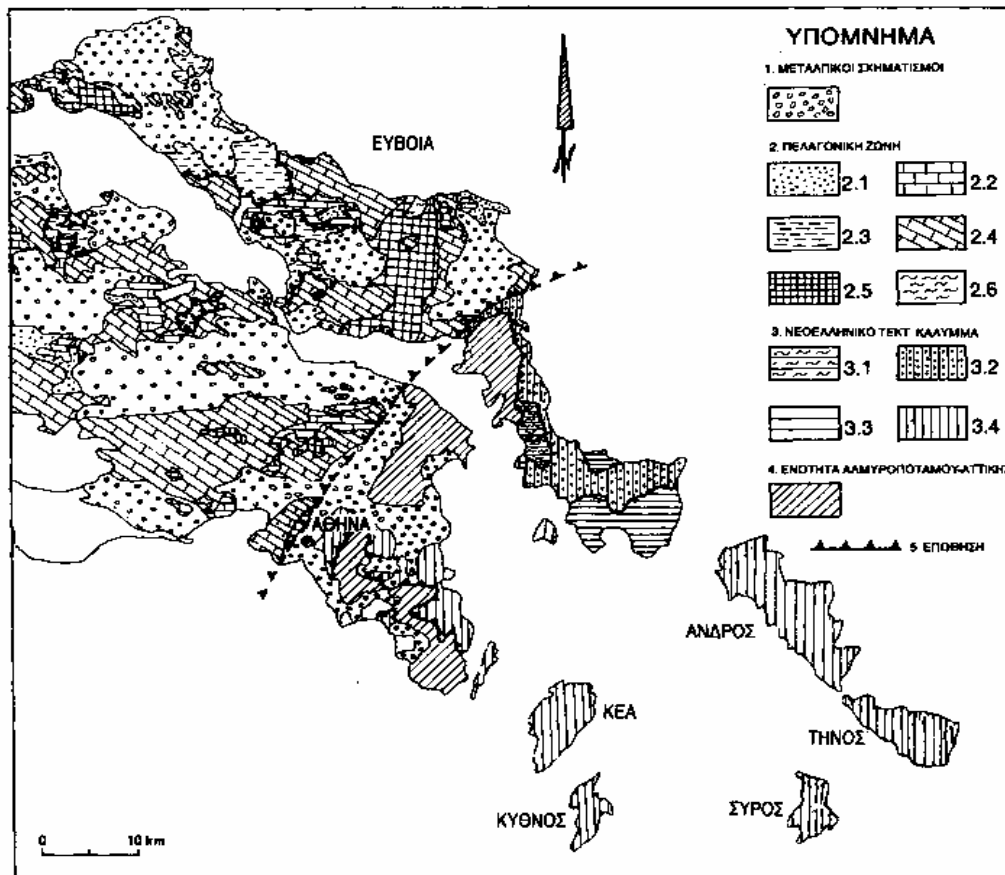
- Ένα Παλαιοζωϊκό κρυσταλλικό υπόβαθρο,
- ΝεοΠαλαιοζωϊκούς ημιμεταμορφωμένους, κυρίως κλαστικούς, σχηματισμούς,
- Σχηματισμούς του Κατώτερου - Μέσου Τριαδικού (κλαστικούς σχηματισμούς, εκρηξιγενή πετρώματα και ασβεστόλιθους),
- Μη μεταμορφωμένους ανθρακικούς σχηματισμούς του Μέσου-Ανώτερου Τριαδικού-Ανώτερου 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.

—Επικλυσιογενείς ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους, και

—Ιζήματα φλύσχη.

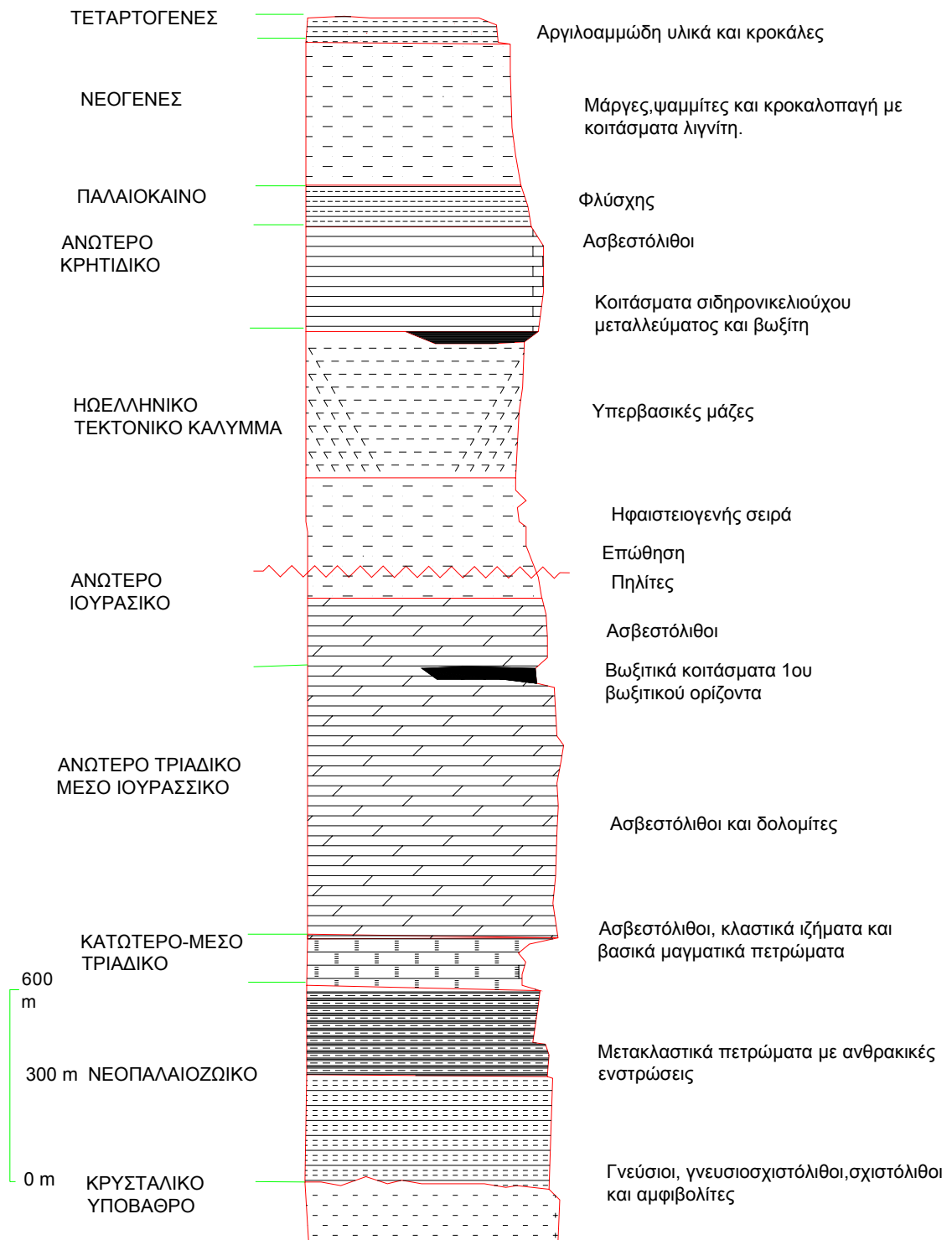
Στο σχήμα (Εικ. 2.3.(β)) δίνεται από τον Κατσικάτσο (1992) η στρωματογραφική στήλη της Υποπελαγονικής ζώνης.



Εικ. 2.3.(α): 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: Φλύσχη, 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 ΝεοΠαλαιοζωϊκού - 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.



Εικ. 2.3.(β): Στρωματογραφική στήλη Πελαγονικής ζώνης μη-μεταμορφωμένων σχηματισμών (Κατσικάτσος *et. al.* 1986).

2.3.2 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ

Η Υποπελαγονική ζώνη παρουσιάζει τρεις διαφορετικές στρωματογραφικές - τεκτονικές διαδοχές των πετρωμάτων της.

- Αυτή που περιλαμβάνει μόνο την οφιολιθική ακολουθία και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας χωρίς να παρατηρείται κανένα τεκτονικό υπόβαθρο αυτών.
- Αυτή στην οποία οι οφιόλιθοι με τα συνοδά ιζήματα βρίσκονται τοποθετημένοι πάνω σε πελαγικά ανθρακικά πετρώματα.
- Εκείνη που οι οφιόλιθοι 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.

ΤΡΙΑΔΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΑ

Στις περιοχές που εμφανίζεται προ-οφιολιθικό ανθρακικό υπόβαθρο, η αλπική ιζηματογένεση αρχίζει στο Βερφένιο (πρώτη βαθμίδα του Τριαδικού) με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και παρεμβολές τοφικών υλικών. Ακολουθούν

ασβεστόλιθοι Κάτω - Μέσου Τριαδικού οι οποίοι είναι είτε πελαγικοί με κονδύλους πυριτικούς, είτε νηριτικοί με φήκη, 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 Hállstátt που αντιπροσωπεύουν το Μέσο-Ανώτερο Τριαδικό σε ορισμένες περιοχές της ζώνης (Οθρυ, 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.

ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΙΚΗ ΔΙΑΠΛΑΣΗ ΚΑΙ ΟΦΙΟΛΙΘΟΙ

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 ασβεστόλιθική σειρά που περιγράφηκε προηγουμένως, η απόθεση της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης άρχισε από το Άνω Τριαδικό.

Η σχιστοκερατολιθική διάπλαση συνίσταται από λεπτόκοκκα ιζήματα δηλαδή κόκκινους, πράσινους, μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, μάργες, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες, αργιλοπηλίτες, παρεμβολές λεπτόκοκκων πελαγικών ασβεστόλιθων. 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 παρεμβλλόμενα - συμπτωχωμένα μικρά και μεγάλα οφιολιθικά σώματα γι' αυτό και το σύνολο ονομάζεται «σχιστοκερατολιθική με οφιολίθους 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 οφιολίθων βρίσκεται στην ανώτερη στάθμη της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και στη βάση τους μάλιστα παρατηρείται και

σχηματισμός τεκτονικών οφιολιθικών μιγμάτων (melange). Οι πιο μεγάλες οφιολιθικές μάζες της Υποπελαγονικής βρίσκονται στις περιοχές Όθρυ, Βούρινο, Καστοριά, Λοκρίδα, Κεντρική Εύβοια. Ιδιαίτερα στις περιοχές Όθρυς και Βούρινου εμφανίζονται πλήρεις οφιολιθικές 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 lánas, κ.ά.

Συνδεδεμένα με τις παραπάνω μεγάλες οφιολιθικές μάζες είναι τα σημαντικά κοιτάσματα χρωμίων (Βούρινο, Τσαγκλί κ.ά).

ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΥ

Παρ' όλο που η σχιστοκερατολιθική διάπλαση δεσπόζει στην ιζηματογένεση του Ιουρασικού, εντούτοις σε πολλές περιοχές της Υποπελαγονικής, οι οφιόλιθοι 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, πηλινών και πυριτικών μαργών, στοιχεία που δείχνουν τον πελαγικό χαρακτήρα της όλης σειράς.

ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΣΟ-ΑΝΩ ΚΡΗΤΙΔΙΚΗΣ ΕΠΙΚΛΥΣΗΣ

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 οφιολίθων. Τα κοιτάσματα αυτά στη συνέχεια καλύφθηκαν και προστατεύθηκαν από τη διάβρωση χάρη στην απόθεση των Μέσο-Ανω 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 οφιόλιθους 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. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ

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.

3.1 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 m επιφάνεια μέχρι το δάπεδο των 175 m και στη συνέχεια έχει υπολογισθεί ο όγκος των γεωλογικών αποθεμάτων του λατομικού χώρου όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα.

Τομή T_v	Εμβαδόν Τομής E'_v (m^2)	Ακτίνα επιρροής τομής τ_v (m)	Όγκος αποθεμάτων $V_v =$ $E'_v * \tau_v$ (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
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

Πίνακας 3.1(α) Γεωλογικά αποθέματα έως το υψόμετρο +175m.

Όγκος γεωλογικού σχηματισμού in situ (v): 93.000.000 m³

Γεωλογικά αποθέματα, δηλαδή η μάζα του κοιτάσματος, σε τόννους ($v * 2,65 \text{ tn/m}^3$):
240.000.000 tn

ΑΠΟΛΗΨΙΜΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

Με βάση τα προαναφερθέντα υπολογίστηκε 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.

Τομή T _v	Εμβαδό τομής E _v (m ²)	Ακτίνα επιρροής τομής τ _v (m)	Όγκος αποθεμάτων V _v =E _v *τ _v (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

Πίνακας 3.1(β) Απολήψιμα αποθέματα έως το υψόμετρο 175 m.

Απολήψιμα αποθέματα σε τόνους ($v * 2,65 \text{ tn/m}^3$) : 167.000.000 tn. Τα συνολικά απολήψιμα λατομικά αποθέματα σύμφωνα με την εταιρεία ανέρχονται σε 167 εκατ. τόνους, τα οποία επαρκούν να τροφοδοτήσουν το εργοστάσιο Καμαρίου για ακόμα 60 χρόνια περίπου.

3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Η μέθοδος εκμετάλλευσης που επιλέχθηκε από την εταιρεία είναι η εκμετάλλευση με την μέθοδο των ορθών βαθμίδων η οποία είναι και κλασική για λατομεία αδρανών υλικών. Η επιλογή της μεθόδου έγινε με βάση το τοπογραφικό ανάγλυφο, τα γεωλογικά και πετρολογικά χαρακτηριστικά καθώς και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του πετρώματος. Ο χώρος της εκμετάλλευσης καλύπτει μια περιοχή περίπου 740 στρεμμάτων. Η έκταση αυτή έχει προκύψει μετά από εφαρμογή των περιορισμών (παρ.2, άρθρο 80 του ΚΜΛΕ) που ορίζουν την εγκατάλειψη περιμετρικής ζώνης ασφαλείας πλάτους 8m από τα όρια του λατομείου. Σύμφωνα με τον σχεδιασμό της εταιρίας η εκμετάλλευση θα φτάσει μέχρι το βάθος των +175m, ενώ η κλίση των πρανών της εκμετάλλευσης κατά την εξόφληση θα είναι 44°.

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

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

A/A	ΤΥΠΟΣ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ
1	Ερπυστριοφόρο διατρητικό μηχάνημα με σφύρα DTH για διατρήματα, διαμέτρου 6 3/4 in (crawler drill)	1
2	Ελαστικοφόρος φορτωτής CAT με χωρητικότητα κάδου 10,5 m ³	1
3	Φορτηγό Dumper CAT 777B (95 tn)	3
4	Προωθητήρας D9H ισχύος 410HP	1
5	ANFO TRUCK	1

Πίνακας 3.2(α) Τύποι χωματουργικών μηχανημάτων που χρησιμοποιεί η εταιρεία.

Επίσης έχει γίνει πρόβλεψη και για εφεδρικό εξοπλισμό και περιλαμβάνει τα παρακάτω μηχανήματα

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

Πίνακας 3.2(β) Τύποι των εφεδρικών μηχανημάτων.

3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ

Στο λατομείο έχει γίνει διάνοιξη δικτύου δρόμων οι οποίοι εξασφαλίζουν την επικοινωνία του εργοστασίου με το λατομείο καθώς και μεταξύ των βαθμίδων. Οι δρόμοι αυτοί έχουν πλάτος 12m και μέγιστη κλίση 8% για την άνετη κίνηση των χωματουργικών αυτοκινήτων κατά την διάρκεια της λειτουργίας του λατομείου και είναι σύμφωνοι με τις προδιαγραφές που καθορίζει ο ΚΜΛΕ. Το υπάρχον δίκτυο δρόμων εξυπηρετεί την εκμετάλλευση μέχρι το υψόμετρο των +285m.

Για να φτάσει η εκμετάλλευση μέχρι το βάθος των +175m η εταιρία σκοπεύει να τροποποιήσει το υπάρχον δίκτυο δρόμων καθώς και την διάνοιξη νέου. Έχει υπολογισθεί ότι για την αλλαγή του υπάρχοντος δικτύου καθώς και την δημιουργία του νέου θα διανοιχθούν συνολικά 3.000m³ τα οποία θα είναι πάντα σύμφωνα με τους περιορισμούς του ΚΜΛΕ όπως αναφέρθηκαν παραπάνω.

ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΑΠΟΚΑΛΥΨΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

Πάνω από το κοίτασμα ασβεστολίθου δεν συναντώνται υπερκείμενα στείρα υλικά παρά μόνο ένα λεπτό στρώμα εδαφικού υλικού που καλύπτει κατά τόπους τον

σχηματισμό. Εργασίες αποκάλυψης λοιπόν με την έννοια της απομάκρυνσης κάποιου ανώτερου στρώματος στείρους υλικού δεν προβλέπεται να πραγματοποιηθούν.

ΣΗΜΕΡΙΝΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε 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 σ' 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 την χρησιμοποίηση βαρέων μηχανημάτων, διατρητικών φορείων, κ.λπ. Στο υπόψη λατομείο οι ενεργές βαθμίδες είναι το πολύ έξι.
- 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.

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

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

Πίνακας 3.3(α): Οι υπάρχουσες βαθμίδες του λατομείου.

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

A/A	Υψόμετρο Φρυδιού Βαθμίδος	Υψόμετρο Δαπέδου Βαθμίδος
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

Πίνακας 3.3(β): Οι προς εξόρυξη βαθμίδες.

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

- Μέγιστο ύψος βαθμίδος = 15 μέτρα
- Ελάχιστο πλάτος βαθμίδος = 15 μέτρα
- Γωνία μετωπικού 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 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 15 μέτρα η κάθε μία και ελάχιστο τελικό πλάτος βαθμίδων 10 μέτρα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μέγιστη γωνία τελικού πρανούς 44°.

3.4 ΕΞΟΡΥΞΗ

Τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος καθώς και οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εξορυσσόμενου πετρώματος κάνουν απαραίτητη την εξόρυξη τού με την χρήση εκρηκτικών υλών (ΕΥ) δηλαδή με βάση τον κύκλο 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).

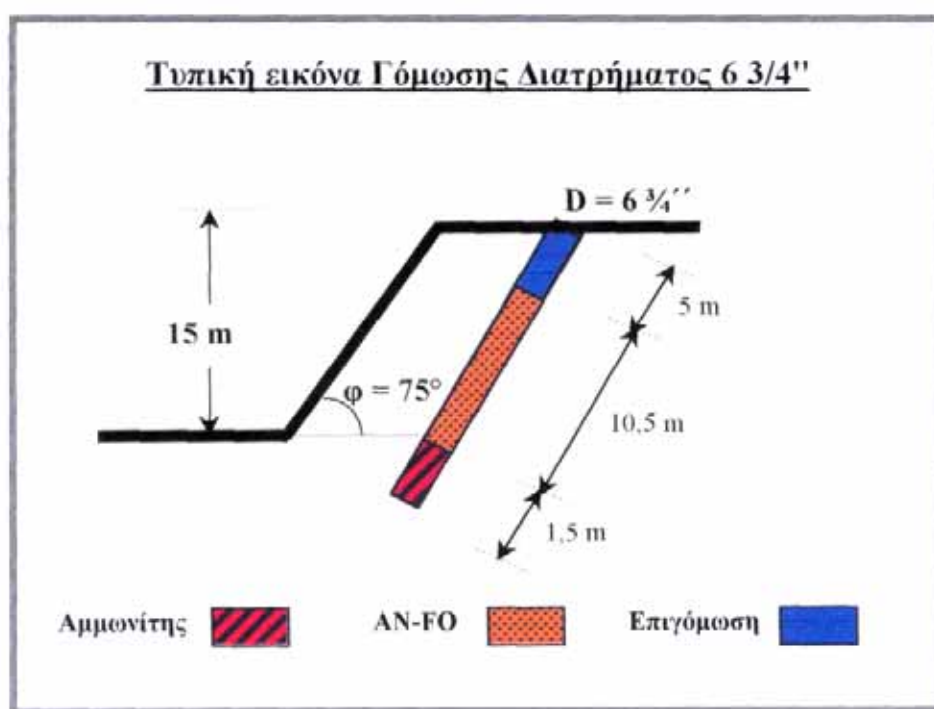
Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφονται οι τεχνικές παράμετροι του κύκλου εξόρυξης.

A.	ΕΞΟΡΥΞΗ	Με Ε.Υ	
B.	ΔΙΑΤΡΗΣΗ		
	Κατακόρυφο ύψος μετώπου βαθμίδος	15	m
	Διάμετρος Διατρήματος (d)	63/4	Ίντσες
	Κλίση Διατρήματος	75°	Μοίρες
	Μήκος Διατρήματος	17	m
	Φορτίο Διατρήματος	5	m
	Απόσταση Διατρημάτων	6	m
	Εξορυσσόμενος όγκος πετρώματος (in situ) ανά διάτρημα	450	m ³
	Ειδικό βάρος πετρώματος	2,65	
	Εξορυσσόμενη ποσότητα (tn) πετρώματος ανά διάτρημα	1.200	tn
	Ημερήσια παραγωγή του λατομείου	10.800	tn
	Απαιτούμενος αριθμός διατρημάτων	9	
	Ταχύτητα διάτρησης διατρητικού μηχανήματος	30	m/h
	Αριθμός διατρητικών μηχανημάτων	1	
	Συνολικά μέτρα διάτρησης	153	m
	Χρόνος διάτρησης ανά μηχανήμα	5,1	h
	Χρόνος μετακινήσεων	0,9	h
	Συνολικός χρόνος απασχόλησης του μηχανήματος	6,0	h
Γ.	Γόμωση		
	Γόμωση πυθμένος: αμμωνίτης σε φυσίγγια 65*500 mm	15	kg
	Μήκος στήλης γομωμένης με ANFO (L)	10,5	m
	Ειδικό βάρος ANFO (ρ)	0,9	gr/cm ³

	Γόμωση στήλης: ANFO χύδην ($\pi * d^2/4$)*L*ρ	218	kg
	Επιγόμωση	5	m
	Συνολική ποσότητα Ε.Υ ανά διάτρημα	233	kg
	Ειδική κατανάλωση Ε.Υ. ανά τόνο εξορυσσόμενου πετρώματος	194	gr/tn
Δ.	ΕΝΑΥΣΗ		
	Ακαριαία θρυαλλίδα σε όλο το μήκος του διατρήματος		
Ε.	ΠΥΡΟΔΟΤΗΣΗ		
	Ηλεκτρικά καψύλια ms		

Πίνακας 3.4: Τα χαρακτηριστικά του κύκλου Διάτρηση – Ανατίναξη.

Οι εργασίες διάτρηση - γόμωση - πυροδότηση γίνονται σε μία βάρδια. Στο σχήμα που ακολουθεί (Εικ. 3.4) φαίνεται η εικόνα της πλάγιας τομής μιας τυπικής διάτρησης και της γομώσεως της.



Εικ. 3.4: Πλάγια τομή πρανούς με τη διατρητική στήλη.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ AUTOCAD LAND DEVELOPMENT

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τη μελέτη μιας οποιασδήποτε εκμετάλλευσης, ή της συνέχισης μιας ήδη υπάρχουσας, ένας μηχανικός πρέπει να έχει στην διάθεση του αρκετά στοιχεία. Πέρα από χρηματοοικονομικά δεδομένα, χρόνο ζωής λατομείου, προβλεπόμενη ημερήσια παραγωγή, στοιχεία εξοπλισμού κλπ, απαιτούνται μια σειρά από τοπογραφικούς χάρτες, γεωλογικές και τοπογραφικές τομές και άλλα στοιχεία.

Όσον αφορά το σχεδιαστικό μέρος μιας εκμετάλλευσης υπάρχουν αρκετά σχεδιαστικά λογισμικά πακέτα τα οποία είναι εργαλεία στα χέρια ενός εξοικειωμένου με αυτά μηχανικού. Έχουν την δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων, όπως ένας τοπογραφικός χάρτης, και τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης πλέον στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

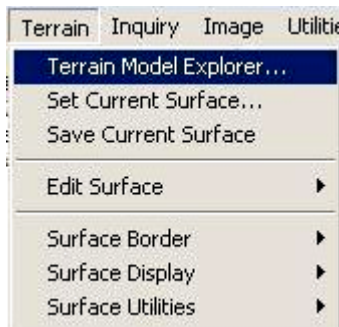
Τα πλεονεκτήματα που έχουν τέτοια πακέτα σε σχέση με την παραδοσιακή σχεδίαση στο σχεδιαστήριο είναι καταρχήν η μείωση του χρόνου που απαιτείται για τον σχεδιασμό. Τα αποτελέσματα είναι ορατά σε μικρή ή μεγάλη κλίμακα, αφού διαφορετικά θα έπρεπε να σχεδιαστούν τοπογραφικοί χάρτες σε διάφορες κλίμακες για να τονιστούν οι επί τόπου λεπτομέρειες. Είναι πολύ εύκολη η αναίρεση των επιλογών και τέλος τα περισσότερα από αυτά διαθέτουν πληθώρα αυτοματοποιημένων διαδικασιών, οι οποίες μπορεί να ικανοποιούν το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών.

Ένα τέτοιο σχεδιαστικό λογισμικό πακέτο είναι το AutoCAD Land Development Desktop R2i, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

4.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Η πιο χρήσιμη λειτουργία του AutoCAD Land Development είναι η δημιουργία επιφάνειας. Με μια επιφάνεια μπορούν πολύ εύκολα να υπολογιστούν όγκοι, να δημιουργηθούν πολύπλοκα στερεά και ισοϋψείς. Η επιφάνεια δεν είναι μια οντότητα,

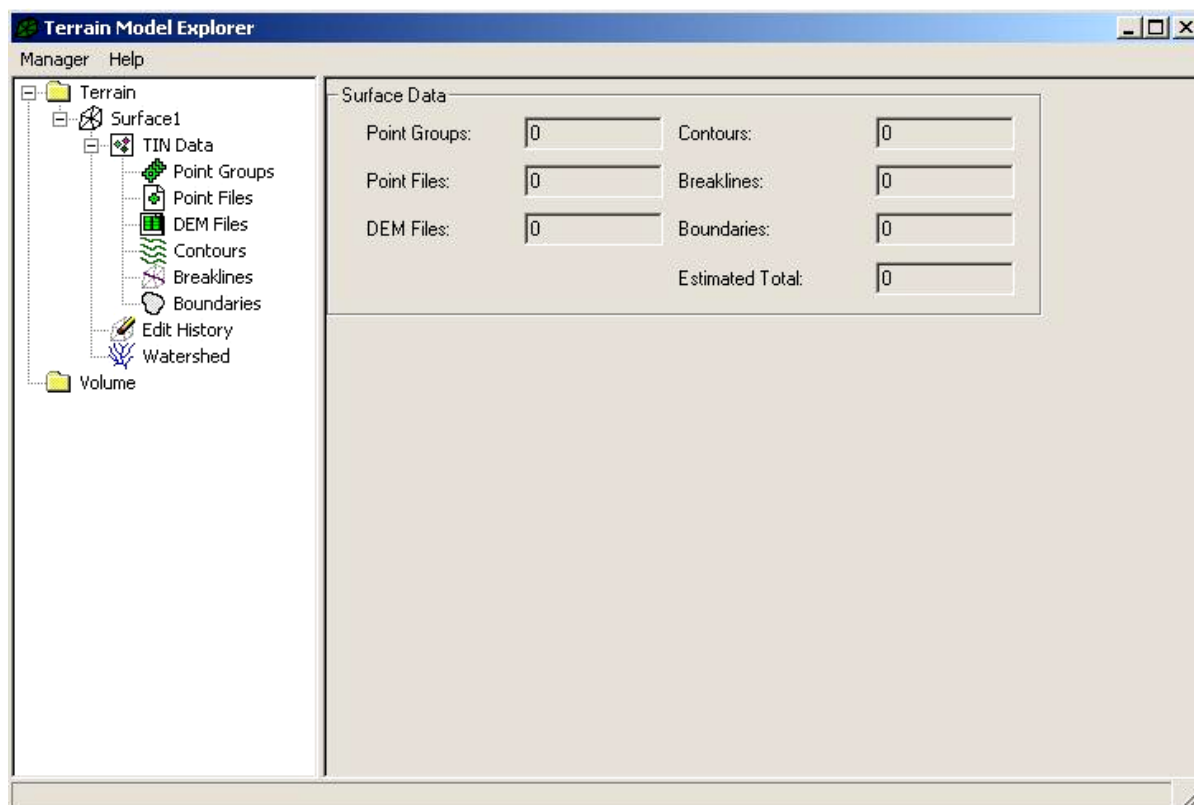


Εικ. 4.1(α): Καρτέλα επιλογής του *Terrain Model Explorer*.

αλλά περισσότερο μια έννοια καθώς δεν είναι ορατή πάνω στο σχέδιο σαν οντότητα σχεδίου, ούτε και μπορεί να υποστεί επεξεργασία, παρά μόνο εάν απεικονισθεί.

Για να δημιουργηθεί μια επιφάνεια επιλέγουμε από την καρτέλα Terrain τον Terrain Model Explorer (Εικ. 4.1(α)). Η επιλογή αυτή ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο αναγράφεται Terrain και Volume. Με δεξί κλικ στο Terrain εμφανίζεται η επιλογή Create New Surface, οπότε και εμφανίζονται οι παράμετροι που χρειάζεται για να καθοριστεί μια επιφάνεια. Οι παράμετροι αυτοί ουσιαστικά είναι τα δεδομένα που είναι δυνατόν να εισαχθούν στον Terrain Model Explorer ώστε να δημιουργηθεί μια επιφάνεια, ονομάζονται TIN Data, και είναι (Εικ.4.1(β)) :

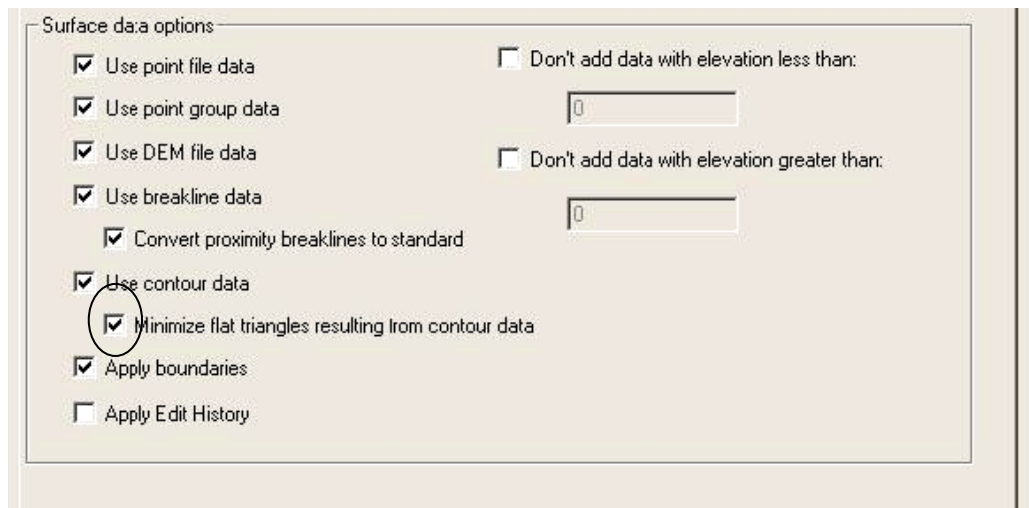
- Group σημείων
- Σημεία τα οποία δεν είναι σε group και μπορούν να εισαχθούν, από ένα αρχείο EXCEL ή ACCESS, από οντότητες που υπάρχουν στο drawing όπως είναι σημεία, κείμενο, lines, blocks, 3D Faces, Polyface
- Αρχεία DEM
- Οντότητες ισοϋψών
- Breaklines και
- Boundaries, που είναι lines ή polylines που καθορίζουν τα όρια της επιφάνειας



Εικ. 4.1(β): Περιβάλλον λειτουργίας του *Terrain Model Explorer*.

Για τον καθορισμό μιας επιφάνειας δεν είναι να απαραίτητο να διατίθενται όλα τα παραπάνω δεδομένα, αλλά έστω και ένα εξ' αυτών είναι ικανό από μόνο του να καθορίσει πλήρως μια επιφάνεια. Βέβαια εάν το ζητούμενο είναι να δημιουργηθεί μια αρκετά πολύπλοκη επιφάνεια, η πληθώρα των δεδομένων εισαγωγής θα βοηθήσει γιατί έτσι θα είναι πιο αξιόπιστη η τελική επιφάνεια. Συνήθως ικανοποιητικές είναι οι ισοϋψείς ή συνδυασμός ισοϋψών με σημεία, αφού οι ισοϋψείς είναι αρκετά αξιόπιστες για την απεικόνιση και του πιο πολύπλοκου τοπογραφικού ανάγλυφου.

Αφού επιλεγούν τα δεδομένα τα οποία διατίθενται ή αυτά που έχουν καθοριστεί ότι είναι ικανά να περιγράψουν την επιφάνεια, την δημιουργούμε κάνοντας δεξί κλικ στην επιφάνεια στον *Terrain Model Explorer* και επιλέγοντας *build*. Τότε το πρόγραμμα προτρέπει να επιλεγούν τα δεδομένα που θα χρησιμοποιήσει για να χτίσει την επιφάνεια.



Εικ. 4.1(γ): Παραμετροποίηση της διαδικασίας εισαγωγής δεδομένων στον *Terrain Model Explorer*.

Όπως φαίνεται από το σχήμα (Εικ. 4.1(γ)) είναι προεπιλεγμένα όλα τα πιθανά δεδομένα εισαγωγής, το πρόγραμμα όμως θα χρησιμοποιήσει μόνο αυτά που έχουν καθοριστεί, αυτά που δεν έχουν καθοριστεί και είναι επιλεγμένα απλώς δεν θα τα λάβει υπόψιν του. Εάν έχουν επιλεγεί σαν δεδομένα εισαγωγής ισοϋψείς τότε σημαντικό είναι να είναι ενεργοποιημένη η επιλογή «Minimize flat triangles resulting from contour data» γιατί όταν θα απεικονισθεί η επιφάνεια αυτή με 3D Faces θα είναι πιο αξιόπιστη η απεικόνιση.

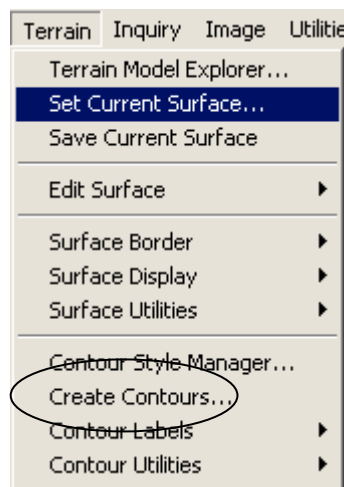
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Όπως αναφέρθηκε οι επιφάνειες στο AutoCAD Land Development είναι περισσότερο έννοιες παρά οντότητες. Για να μετατραπούν σε οντότητες πρέπει πρώτα να απεικονισθούν. Οι τρόποι απεικόνισης είναι τέσσερις αν και το πρόγραμμα θεωρεί σαν τέτοιους τρόπους μόνο τρεις γιατί δεν υπολογίζει την απεικόνιση με ισοϋψείς

• ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ ΙΣΟΨΕΙΣ

Η απεικόνιση με ισοψείς είναι πολύ χρήσιμη στην περίπτωση που διατίθενται δεδομένα τα οποία να αντιπροσωπεύουν μια επιφάνεια, ένα τοπογραφικό ανάγλυφο, όχι όμως ισοψείς και να είναι απαραίτητο το ανάγλυφο αυτό σε μορφή ισοψών. Τότε για να εξαχθούν ισοψείς από τα δεδομένα, πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί η επιφάνεια αυτή.

Αφού δημιουργηθεί η επιφάνεια με τον τρόπο που αναφέρεται παραπάνω, από την καρτέλα Terrain επιλέγουμε Set Current Surface και διαλέγουμε την επιφάνεια που



Εικ. 4.1(δ): Καρτέλα επιλογής για την δημιουργία ισοψών.

θα ανοιχτεί. Στην συνέχεια από την ίδια καρτέλα επιλέγουμε Create Contours (Εικ. 4.1(δ)), το οποίο μας προτρέπει να επιλέξουμε (Εικ. 4.1(ε)):

- την επιφάνεια που θα χρησιμοποιήσει για να εξάγει τις ισοψείς
 - το ελάχιστο και μέγιστο υψόμετρο του, αυτά αναγράφονται αυτόματα ανάλογα με την επιφάνεια που έχει επιλεγεί αλλά μπορεί να ελεγχθεί από τον Terrain Model Explorer, όταν επιλεγεί η επιφάνεια και εμφανίσει τα στοιχεία της
 - αν είναι απαραίτητο να εμφανίσει τις κύριες ισοψείς ή τις δευτερεύουσες ή και τις δύο
 - το διάστημα μεταξύ τους σε m
- το layer στο οποίο θα δημιουργηθούν ή την δημιουργία καινούριου
 - σαν τι οντότητες να τις δημιουργήσει, Polylines ή Contour Objects και
 - εάν επιλεγούν σαν οντότητα ισοψών με ποιό στιλ θα δημιουργηθούν επιλέγοντας το Style Manager

Create Contours

Surface: Surface1

Elevation Range

From: 177 To: 405 Vertical Scale: 1

Low Elevation: 177.000 High Elevation: 405.350 Reset Elevations

Intervals

☒ Both Minor and Major ☐ Minor Only ☐ Major Only

Minor Interval: 1 Layer: 0

Major Interval: 5 Layer: 0

Properties

☒ Contour Objects ☐ Polylines

Contour Style: Standard

Preview ... Style Manager >>

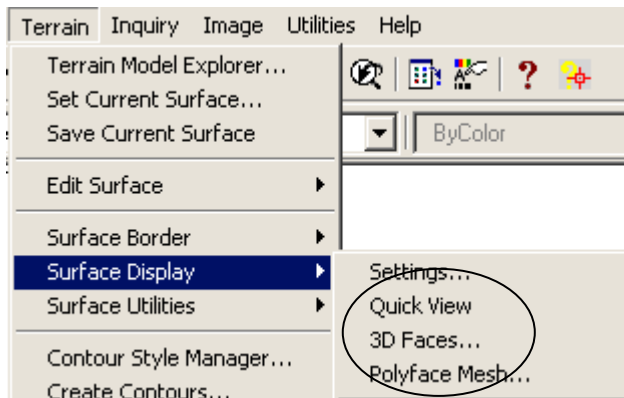
OK Cancel Help

Εικ.4.1(ε): Επιλογή του τρόπου κατασκευής ισοϋψών.

Στο στίλ των ισοϋψών μπορούμε να καθορίσουμε το :

- αν οι ισοϋψείς θα είναι ομαλοποιημένες, επιλέγοντας Spline Curve, ή μη
- αν θα αναγράφονται τα υψόμετρα, με τι μέγεθος γραμματοσειράς, χρώμα, πρόθεμα, διαστάσεις, ακρίβεια
- που θα αναγράφονται τα υψόμετρα και αν θα υπάρχει ένδειξη για κάθοδο ή άνοδο του υψομέτρου

- **ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ ΠΡΟΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ**



Εικ. 4.1(ζ): Καρτέλα επιλογής του τρόπου απεικόνισης.

Αφού δημιουργηθεί και επιλεγεί η επιφάνεια, από την καρτέλα Terrain επιλέγουμε Surface Display και Quick View (Εικ. 4.1(ζ)). Τότε το πρόγραμμα δημιουργεί μια προεπισκόπηση της επιφάνειας με τρίγωνα τα οποία αντιστοιχούν σε απεικόνιση 3D Faces. Η απεικόνιση αυτή είναι σχετικά γρήγορη αλλά δεν μετατρέπει την επιφάνεια σε

οντότητα, ενώ αν εκτελεστεί η εντολή zoom ή η 3D Orbit η απεικόνιση χάνεται.

- **ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ 3D FACES**

Η απεικόνιση 3D Faces επιστρέφει μια επιφάνεια η οποία είναι πλέον μια οντότητα αποτελούμενη από πολλά μικρά τρίγωνα. Τα τρίγωνα αυτά προκύπτουν από αλγόριθμους τριγωνοποίησης των δεδομένων εισαγωγής. Όσο περισσότερα είναι τα τρίγωνα αυτά τόσο πιο πιστά ανταποκρίνεται η επιφάνεια που δημιουργήθηκε στα αρχικά δεδομένα. Από τα τρίγωνα αυτά μπορούν να ανακτηθούν οι συντεταγμένες τους, να εισαχθούν στο Matlab και να εκτελεσθούν περαιτέρω πολύπλοκοι μαθηματικοί υπολογισμοί.

- **ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ POLYFACE**

Η απεικόνιση αυτή επιστρέφει μια επιφάνεια αποτελούμενη από πολλά μικρά τρίγωνα, όπως παραπάνω, τα οποία όμως τώρα είναι ενωμένα μεταξύ τους σε μια ενιαία οντότητα. Εάν εκτελεσθεί η εντολή explode στην Polyface θα επιστρέψει τα 3D Faces τρίγωνα από τα οποία αποτελείται. Η απεικόνιση αυτή μπορεί να βολεύει σε ορισμένες περιπτώσεις γιατί τα τρίγωνα δεν είναι δυνατόν να ενωθούν σαν οντότητες 3D Faces

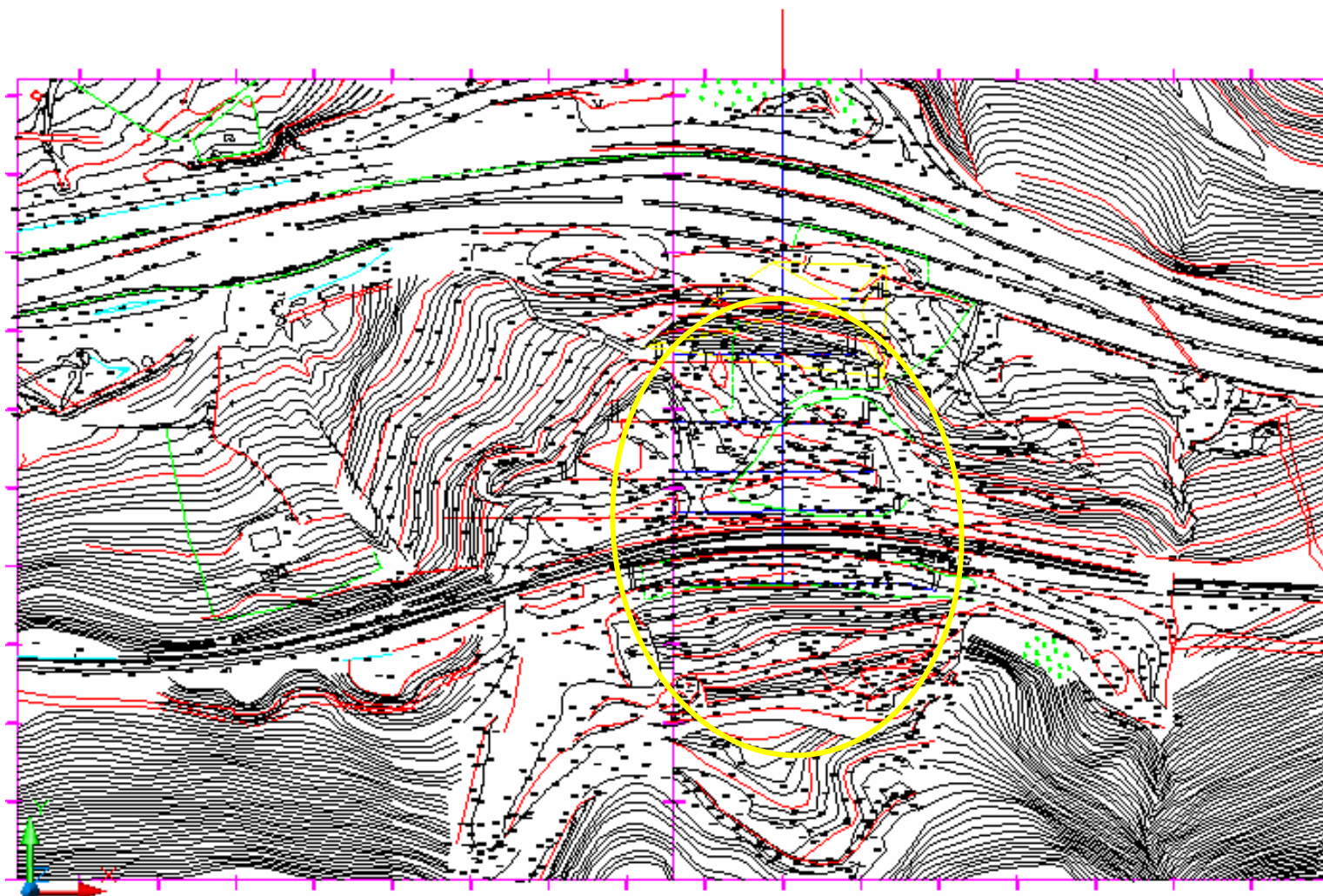
παρά μόνο εάν πρώτα γίνει εξώθηση τους και μετατραπούν σε στερεά. Τέλος από την Polyface δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθεί στερεό.

4.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Όλα όσα αναφέρονται παραπάνω μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιαδήποτε περίπτωση που σαν στόχο έχει την δημιουργία και απεικόνιση μια πολύπλοκης επιφάνειας. Η επιφάνεια ή οι επιφάνειες αυτές μπορούν να απεικονίζουν γεωλογικούς σχηματισμούς, σε λατομικούς χώρους, πολύπλοκες επιφάνειες κατολίσθήσεων πρανών εντός λατομείων και φυσικά σχεδιασμού εκμεταλλεύσεων. Ως παράδειγμα εφαρμογής της μεθοδολογίας αυτής σε περίπτωση κατολίσθησης πρανούς θα περιγραφεί με συντομία η κατολίσθηση της Μαλακάσας.

Στην περίπτωση της Μαλακάσας το ζητούμενο είναι να δημιουργηθεί μια επιφάνεια που να ανταποκρίνεται όσο πιο πιστά γίνεται στο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής, έπειτα να γίνει τριγωνοποίηση της επιφάνειας αυτής και οι συντεταγμένες των τριγώνων αυτών να εξαχθούν στο Matlab ώστε να καθοριστεί ένα αξιόπιστο μοντέλο που να περιγράφει τον μηχανισμό της κατολίσθησης που συνέβη το 1994.

Τα διαθέσιμα δεδομένα ήταν το τοπογραφικό σχέδιο της περιοχής και της κατολίσθησης σε σχέδιο AutoCAD 2000. Οι οντότητες που υπάρχουν στο σχέδιο είναι οι εξής: για την υλοποίηση των ισοϋψών έχουν χρησιμοποιηθεί polylines, σημεία text τα οποία αναγράφουν το υψόμετρο στο οποίο βρίσκονται. Επιπλέον υπάρχουν τα αποστραγγιστικά έργα, με μορφή σημείων και γραμμών, δηλαδή το δίκτυο των γεωτρήσεων και οι αγωγοί απορροής, καθώς και τους δρόμους σαν polylines. Όπως φαίνεται από το σχήμα (Εικ. 4.2(α)) οι κόκκινες polylines, εντός του μπλε πλαισίου, αντιπροσωπεύουν την κατολίσθηση, ενώ για την τοπογραφία της περιοχής οι polylines από μόνες τους δεν επαρκούν για την πλήρη περιγραφή της.

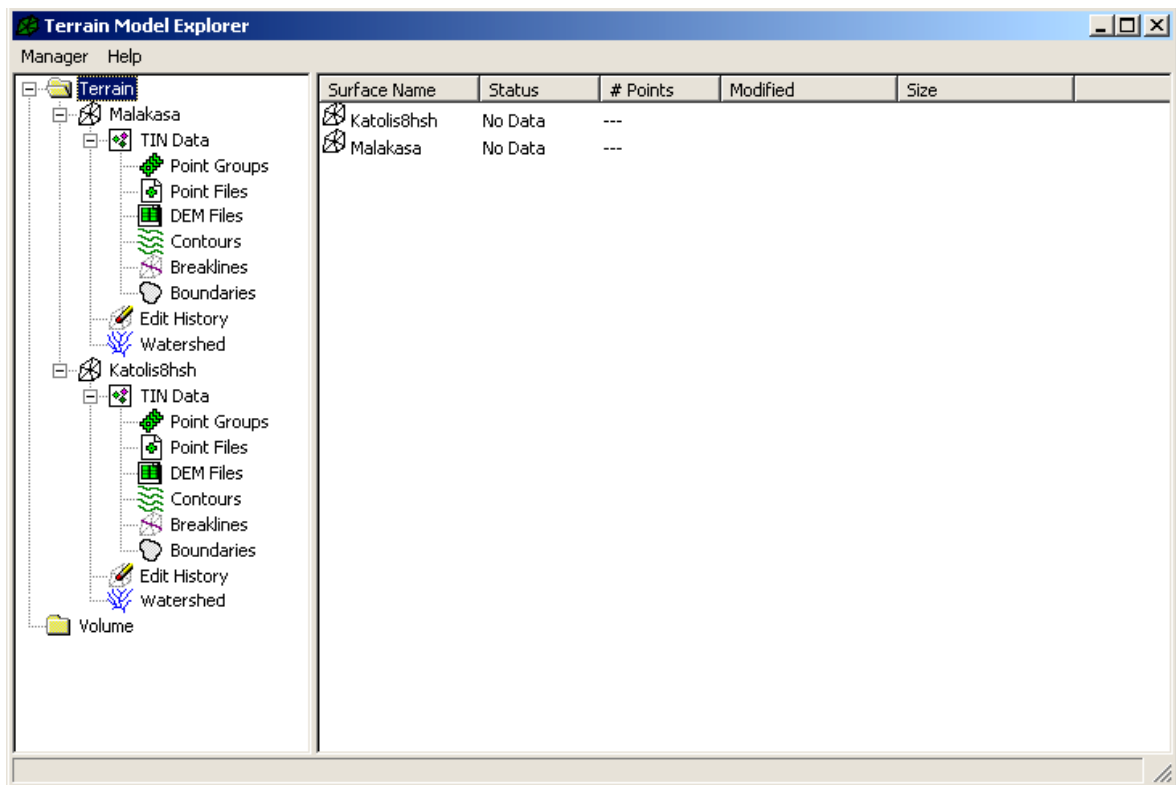


Εικ. 4.2(α): Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής της Μαλακάσας σε ψηφιακή μορφή, όπου διακρίνεται η κατολίσθηση.

ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στόχος του συγκεκριμένου παραδείγματος είναι να δημιουργηθούν δύο επιφάνειες οι οποίες να αντιπροσωπεύουν το τοπογραφικό ανάγλυφο της Μαλακάσας και της κατολίσθησης. Αρχικά πρέπει να επιλεγούν οι οντότητες του σχεδίου AutoCAD που περιγράφουν όσο το δυνατόν καλύτερα την τοπογραφία της περιοχής ώστε να εισαχθούν στα δεδομένα των επιφανειών. Αυτές είναι κάποιες από τις ισοϋψείς και τα σημεία text. Πρέπει να απομακρυνθούν οι υπόλοιπες οντότητες και οι «λάθος» ισοϋψείς. Η διαδικασία αυτή είναι καθαρά εμπειρική και οπτική. Στη συνέχεια μετατρέπονται οι polylines σε ισοϋψείς και για τα δύο τοπογραφικά. Για την Μαλακάσα, όπως αναφέρθηκε, οι polylines δεν αντιπροσωπεύουν πλήρως το τοπογραφικό, σε αντίθεση με τις polylines της κατολίσθησης, και γι' αυτό στα δεδομένα της επιφάνειας πρέπει να προστεθούν και τα σημεία text, τα οποία βρίσκονται στο υψόμετρο το οποίο αναγράφουν. Στη συνέχεια μετατρέπονται οι polylines σε οντότητες ισοϋψών και εισάγονται τα δεδομένα αυτά για την επιφάνεια της Μαλακάσας με τον Terrain Model Explorer. Τέλος δημιουργείται η επιφάνεια.

Για την κατολίσθηση οι polylines είναι ικανές από μόνες τους να περιγράψουν πλήρως την επιφάνεια της κατολίσθησης οπότε απλώς πρέπει να μετατραπούν σε ισοϋψείς, να εισαχθούν στο πρόγραμμα με τον Terrain Model Explorer και να δημιουργηθεί η επιφάνεια (Εικ. 4.2(β))

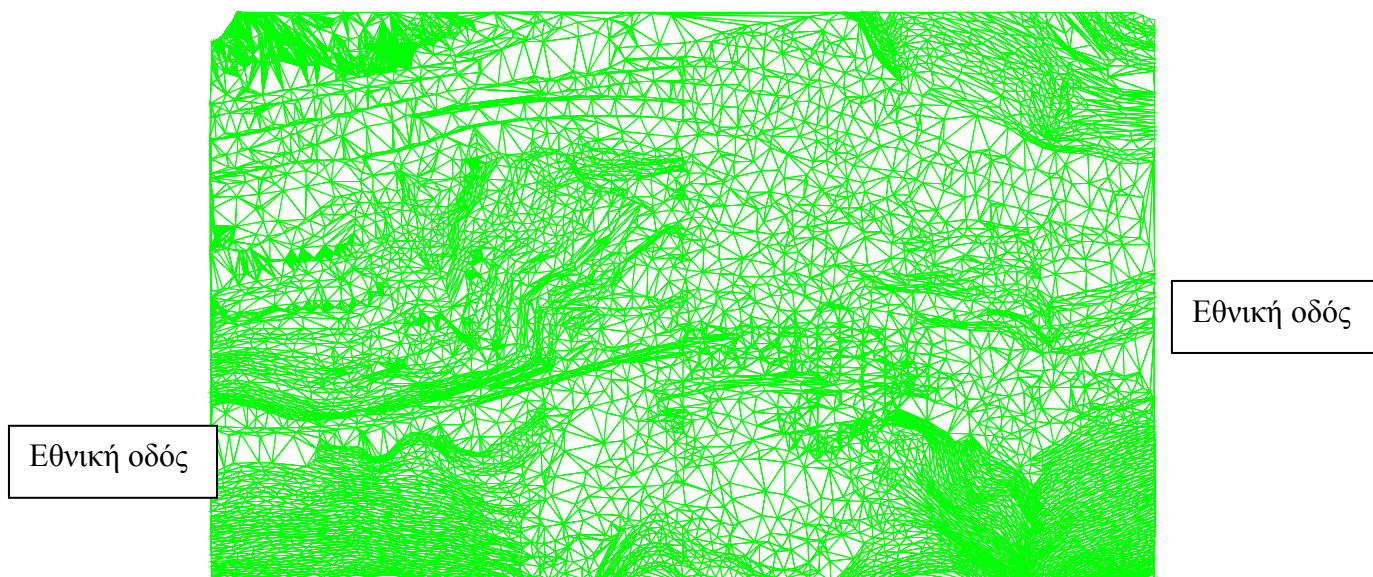


Εικ. 4.2(β): Περιβάλλον λειτουργίας του Terrain Model Explorer όπου διακρίνονται οι δύο επιφάνειες.

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

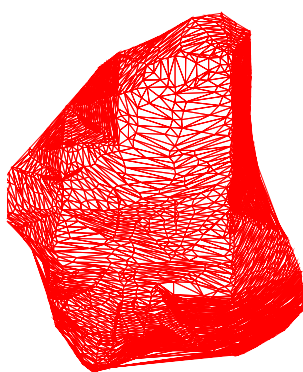
Για την απεικόνιση των δύο επιφανειών, αφού πρώτα δημιουργηθούν από τον Terrain Model Explorer, χρησιμοποιείται η απεικόνιση 3D Faces. Αυτό γίνεται γιατί τα τρίγωνα πρέπει να είναι διαχωρισμένα μεταξύ τους, αφού μετά πρέπει να εξαχθούν οι συντεταγμένες τους.

Όσον αφορά την Μαλακάσα φαίνεται από το σχήμα (Εικ.4.2(γ)) ότι, ενώ αρχικά με τα δεδομένα που υπήρχαν, δεν ήταν εύκολη η διάκριση της τοπογραφίας της περιοχής, μετά την απεικόνιση είναι πολύ πιο ευδιάκριτη, ενώ διακρίνεται και το ανάγλυφο.



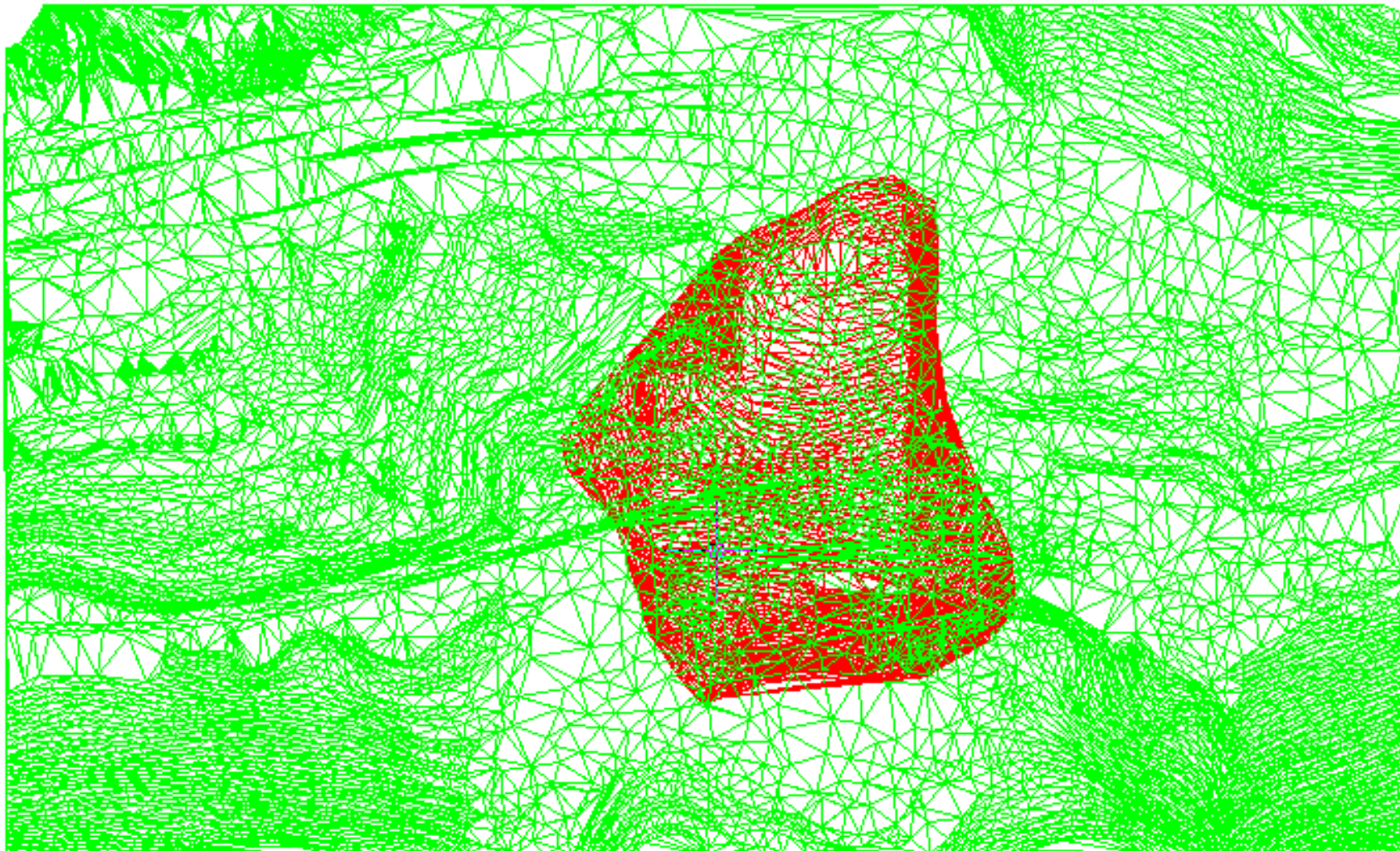
Εικ. 4.2(γ) Η επιφάνεια της Μαλακάσας χωρίς την κατολίσθηση απεικονισμένη με ακανόνιστα τρίγωνα.

Για την κατολίσθηση επιβεβαιώνεται η αρχική υπόθεση ότι οι polylines επαρκούν για την περιγραφή του τοπογραφικού της (Εικ. 4.2(δ)).



Εικ. 4.2(δ): Η επιφάνεια της κατολίσθησης απεικονισμένη με ακανόνιστα τρίγωνα.

Παρακάτω (Εικ. 4.2(ε)) φαίνεται η απεικόνιση και των δύο επιφανειών μαζί όπου φαίνεται ότι η κατολίσθηση έχει καλύψει την εθνική οδό.

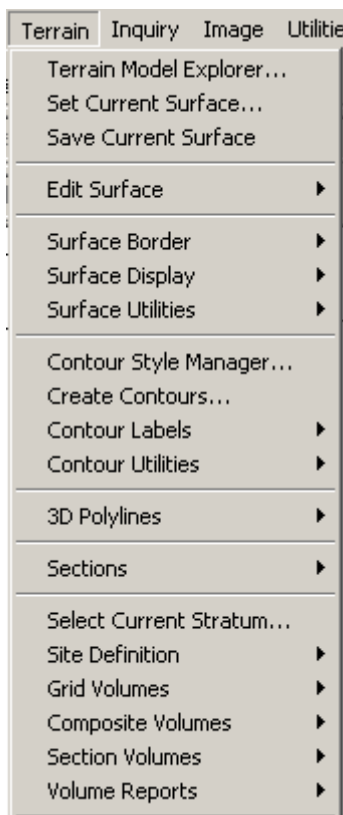


Εικ. 4.2(ζ): Η επιφάνειες της Μαλακάσας και της κατολίσθησης απεικονισμένες με ακανόνιστα τρίγωνα.

4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΩΝ ΣΤΟ AUTOCAD LAND DEVELOPMENT

Με το AutoCAD Land Development μπορεί να υπολογισθεί ο όγκος μεταξύ δύο επιφανειών.

Αρχικά πρέπει να δημιουργηθούν οι επιφάνειες. Μέσω του Terrain Model Explorer εισάγονται τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα για κάθε επιφάνεια και δημιουργούνται δύο επιφάνειες π.χ. surface1 και surface2. Οι επιφάνειες αυτές είναι πλήρως ορισμένες και αυτό που απομένει είναι ο υπολογισμός του μεταξύ τους όγκου.



Εικ. 4.3(α): Η καρτέλα επιλογής για τον υπολογισμό των όγκων.

Στη συνέχεια πρέπει να καθοριστεί το stratum. Το stratum είναι ουσιαστικά ο χώρος μεταξύ των δύο επιφανειών του οποίου ο όγκος πρέπει να υπολογιστεί. Από την καρτέλα Terrain επιλέγεται Select Current Stratum. Στο παράθυρο διαλόγου που ανοίγει πρέπει να επιλεγούν οι επιφάνειες ανάμεσα στις οποίες θα καθοριστεί το Stratum, π.χ. τις surface1 και surface2.

Επιπλέον καθορίζεται η περιοχή (site) στην οποία θα γίνει η ογκομέτρηση. Η περιοχή αυτή μπορεί να είναι ένα απλό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο οποιουδήποτε μεγέθους.

Αρχικά σχεδιάζεται ένα παραλληλόγραμμο το οποίο όμως πρέπει να βρίσκεται έξω από τα όρια του stratum (ουσιαστικά έξω από τα όρια της μεγαλύτερης σε έκταση επιφάνειας) διαφορετικά δεν θα συμπεριληφθούν ολόκληρες οι επιφάνειες στην ογκομέτρηση. Στην συνέχεια από την καρτέλα Terrain επιλέγεται Site

Definition και Site Settings. Ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου στο οποίο μπορούν να καθοριστούν τα εξής:

- τις διαστάσεις που θα έχουν οι στοιχειώδεις επιφάνειες (x,y)
- τα είδη των labels για το site
- σε τι μονάδες θα εμφανιστεί το αποτέλεσμα
- πόση ακρίβεια θέλουμε να έχει ο υπολογιζόμενος όγκος, μέχρι οκτώ δεκαδικά ψηφία

- και τέλος σε ποιό layer θέλουμε να τοποθετηθεί το site

Εφόσον καθορισθούν οι παράμετροι του site από την καρτέλα Terrain επιλέγεται Site Definition και Define Site, τότε το πρόγραμμα προτρέπει να καθοριστεί εάν το site βρίσκεται υπό γωνία, να ξανακαθοριστούν οι στοιχειώδεις διαστάσεις και να επιλεγεί το παραλληλόγραμμο που θα αποτελεί το site. Αφού δημιουργηθεί το site τοποθετείται αυτόματα και αμετάκλητα στο xy επίπεδο, που είναι εκείνη την στιγμή ενεργό, και σε elevation 0.

Αφού δημιουργηθεί το site το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του όγκου. Κατά την διαδικασία της ογκομέτρησης γίνεται προβολή των ορίων της μιας επιφάνειας πάνω στην άλλη και υπολογίζεται ο μεταξύ τους όγκος. Η ογκομέτρηση γίνεται με τρεις τρόπους (Εικ. 4.3(α))

- Όγκοι με πλέγμα (Grid Volumes)
- Σύνθετοι όγκοι (Composite Volumes)
- Όγκοι με τομές (Section Volumes)

ΟΓΚΟΙ ΜΕ ΠΛΕΓΜΑ (GRID VOLUMES)

Από την καρτέλα Terrain επιλέγεται Grid Volumes και Calculate Total Site Volume. Το πρόγραμμα δημιουργεί grids πάνω σε όλη την επιφάνεια του site τα οποία είναι μικρές στοιχειώδεις επιφάνειες των οποίων οι διαστάσεις έχουν καθοριστεί πιο μπροστά στην δημιουργία του site. Τα grids αυτά τα αναπαράγει κατακόρυφα μέχρι το ανώτερο και κατώτερο όριο του stratum, υπολογίζει τον στοιχειώδη όγκο μεταξύ διαδοχικών κατακόρυφων grid, αφαιρεί τα grid που δεν βρίσκονται μέσα στα όρια του stratum κατά τέτοιο τρόπο ώστε μέσα στα όρια να περιέχονται μόνο ολόκληρα grid και αθροίζοντας τα υπολογίζει τον συνολικό όγκο. Εύκολα συμπεραίνεται ότι αν ορισθεί grid πολύ μεγάλων διαστάσεων τότε οι απώλειες των στα όρια του stratum θα είναι σημαντικές και δεν θα προκύψει ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα, ενώ αν έχουν πολύ μικρές διαστάσεις είναι απαραίτητη πολύ μεγάλη υπολογιστική ισχύ.

ΟΓΚΟΙ ΜΕ ΤΟΜΕΣ (SECTION VOLUMES)

Από την καρτέλα Terrain επιλέγεται Sections Volumes και Sample Sections To πρόγραμμα αρχικά παίρνει τομές S_i και S_j (sections, $i, j=1,2,\dots,n$, $n=100$) κατά μια διεύθυνση (x ή y), S_i για την μία επιφάνεια και S_j για την άλλη. Στην συνέχεια για $i=j$ ταυτίζει τις τομές και για τις δύο επιφάνειες και υπολογίζει το μεταξύ τους εμβαδόν A_k για όλες τις τομές και υπολογίζει τον όγκο για κάθε επιφάνεια με τον τύπο :

$$V_1 = \frac{d}{3} [A_0 + 4(A_1 + A_3 + \dots + A_{k-1}) + 2(A_2 + A_4 + \dots + A_{k-2}) + A_k] \quad \text{Εξ. 4.3}$$

$k = 0, 1, 2 \dots n$, $n=100$, d είναι η απόσταση μεταξύ των τομών.

ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΟΓΚΟΙ (COMPOSITE VOLUMES)

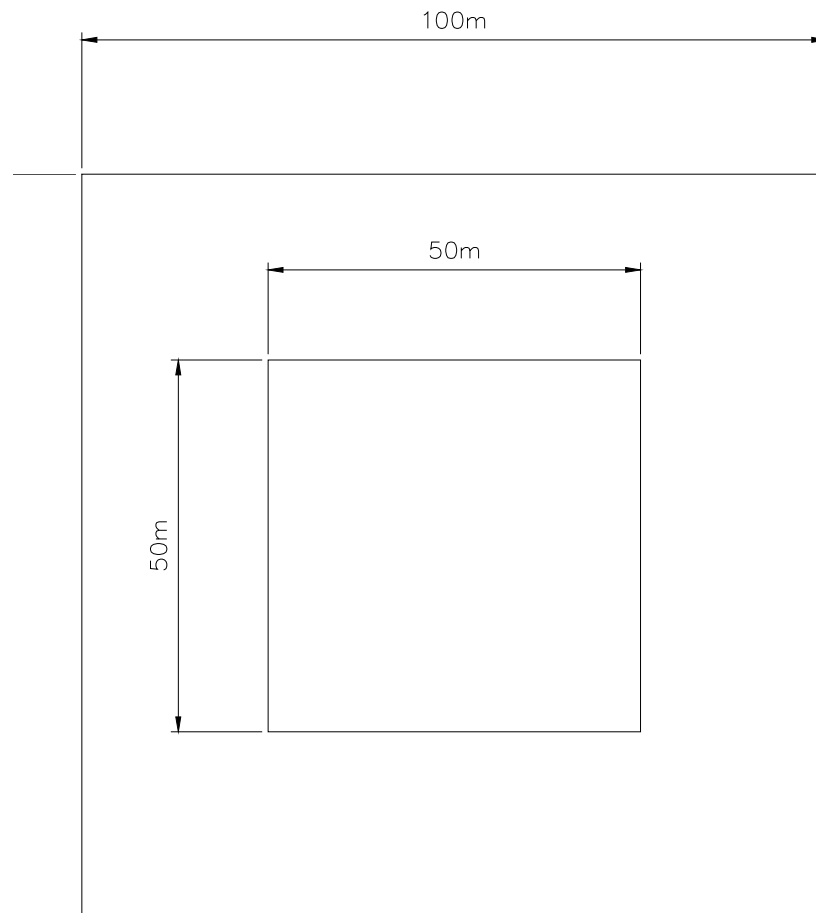
Από την καρτέλα Terrain επιλέγεται Composite Volumes και Calculate Total Site Volume, το πρόγραμμα προτρέπει να επιλεγούν το Stratum που περιέχει τις επιφάνειες και το site στο οποίο θα γίνει η ογκομέτρηση. Με τη ρουτίνα αυτή το πρόγραμμα εκτελεί αλγόριθμους τριγωνοποίησης και δημιουργεί μια νέα επιφάνεια βασισμένη σε σημεία και από τις δύο επιφάνειες και σημεία στα οποία οι ακμές των νέων τριγώνων ανάμεσα στις δύο επιφάνειες τέμνονται. Στην συνέχεια υπολογίζει τις συντεταγμένες z των σημείων της καινούριας επιφάνειας από τις απλές διαφορές των συντεταγμένων z των σημείων των δύο επιφανειών. Όπως φαίνεται στην επόμενη παράγραφο η μέθοδος αυτή είναι η πιο αξιόπιστη.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ

Όπως αναφέρθηκε το πρόγραμμα μπορεί πολύ εύκολα να υπολογίσει τον όγκο μεταξύ οποιωνδήποτε δύο επιφανειών χωρίς να περιορίζεται από την πολυπλοκότητα τους. Σε αυτό το σημείο πρέπει όμως να γίνει επαλήθευση του αποτελέσματος που επιστρέφει καθώς και να εξακριβωθεί ποια μέθοδος είναι η πιο αξιόπιστη. Γι' αυτό το σκοπό θα γίνει μια επαλήθευση των αποτελεσμάτων που δίνει μια ογκομέτρηση ενός

απλού στερεού πρώτα στο AutoCAD Land Development, στην συνέχεια στο AutoCAD 2000 και τέλος βάση μαθηματικής σχέσης.

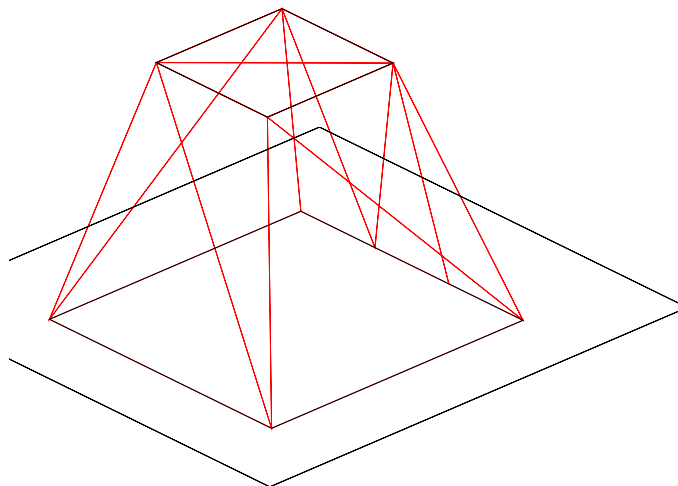
Αρχικά δημιουργούνται δύο τετράγωνα πάνω στο ίδιο επίπεδο, το ένα με διαστάσεις $100 \times 100 \text{m}^2$ και το άλλο $50 \times 50 \text{m}^2$ (Εικ.4.3(β)), με polyline, έτσι ώστε να έχουν το ίδιο κέντρο βάρους όπως φαίνεται στο σχήμα. Στη συνέχεια ορίζεται το elevation του μικρού τετραγώνου στα 100m, το μεγάλο τετράγωνο έχει elevation 0m. Από την καρτέλα Terrain επιλέγεται Contour Utilities, Convert polylines και μετατρέπονται οι polylines σε ισοϋψείς. Στην συνέχεια εισάγονται από τον Terrain Model Explorer οι ισοϋψείς σαν δεδομένα στις δύο επιφάνειες, στην μία επιφάνεια και οι δύο ισοϋψείς (surface1), στην δεύτερη (surface2) μόνο η κατώτερη (το μεγάλο τετράγωνο) και δημιουργούνται. Το stratum καθορίζεται επιλέγοντας τις δύο επιφάνειες.



Εικ. 4.3(β): Τα δύο παραλληλόγραμμα που κατασκευάστηκαν.

Τέλος δημιουργείται ένα παραλληλόγραμμο, μεγαλύτερο από το μεγαλύτερο τετράγωνο, στο οποίο θα καθοριστεί το site ενώ ορίζεται grid διαστάσεων $1 \times 1 \text{m}$

επιλέγοντας από την καρτέλα Terrain, Site Definition και Define Site. Η απεικόνιση της επιφάνειας που ορίστηκε από τα δύο παραλληλόγραμμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 4.3(γ)) Στην συνέχεια εκτελούνται και οι τρεις τρόπους ογκομέτρησης: Grid Volumes, Composites Volumes και Section Volumes. Έτσι για το παράδειγμα υπολογίζονται τρεις διαφορετικοί όγκοι. Οι υπολογιζόμενοι όγκοι δεν εμφανίζονται στο παράθυρο του προγράμματος αλλά πρέπει από την καρτέλα Terrain επιλέγεται Volume Reports και Site Report όπου εμφανίζεται ένα παράθυρο το οποίο περιέχει πληροφορίες όπως το όνομα του site που χρησιμοποιήθηκε, τις επιφάνειες οι οποίες αποτελούσαν το stratum και τέλος τον όγκο που υπολογίζει η κάθε μέθοδος. Όπως φαίνεται και στον πίνακα (Πιν. 4.3) που ακολουθεί ο όγκος που υπολογίζεται με την μέθοδο των grid είναι ο ελάχιστος λόγω των απωλειών grids στα όρια του stratum, ενώ με την μέθοδο των τομών είναι ο μεγαλύτερος.



Εικ. 4.3(γ): Η επιφάνεια που κατασκευάζετε με τα δύο παραλληλόγραμμα απεικονισμένη με ακανόνιστα τρίγωνα.

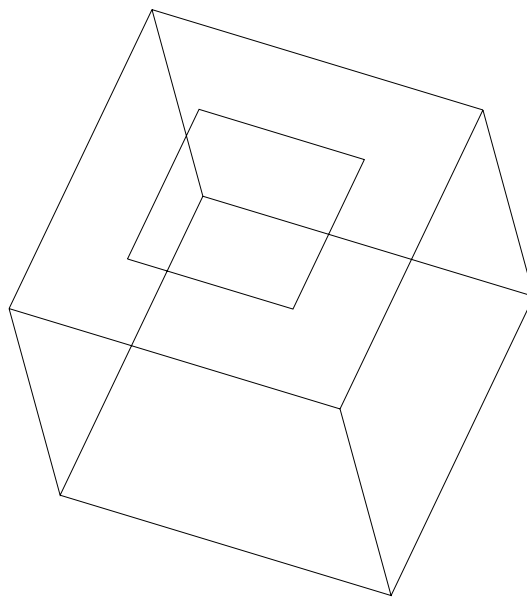
	Grids	Composites	Sections
Όγκος (m³)	582923	583333	583336

Πίνακας 4.3: Με τις τιμές που επιστρέφουν οι ρουτίνες υπολογισμού του όγκου.

Πρέπει να ελεγχθεί το αποτέλεσμα που δίνει το AutoCAD Land Development για να διαπιστωθεί αν είναι αξιόπιστο και αν ακολουθήθηκε η σωστή διαδικασία

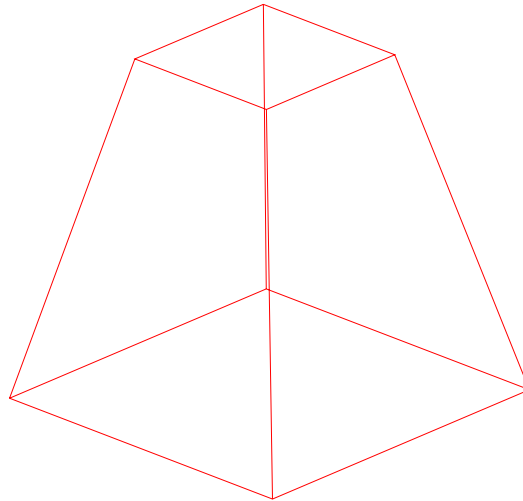
υπολογισμού των όγκων. Αυτό έγινε με το AutoCAD 2000 όπου εκεί πλέον δημιουργήθηκε ένα στερεό και όχι δύο επιφάνειες όπως παραπάνω.

Η διαδικασία είναι παρόμοια με προηγουμένως, δημιουργήθηκαν δύο τετράγωνα πάνω στο ίδιο επίπεδο, το ένα με διαστάσεις $100 \times 100 \text{m}^2$ και το άλλο $50 \times 50 \text{m}^2$, με polyline έτσι ώστε να έχουν το ίδιο κέντρο βάρους. Στη συνέχεια ορίστηκε το elevation του μικρού τετραγώνου στα 100m, το μεγάλο τετράγωνο είχε elevation 0m. Έγινε εξώθηση του μεγάλου τετραγώνου κατά 100m προς την διεύθυνση του μικρού. Έτσι υλοποιήθηκε ένας κύβος διαστάσεων $100 \times 100 \times 100 \text{m}^3$ όπως φαίνεται στην εικόνα. (Εικ. 4.3(δ)).



Εικ. 4.3(δ): Ο κύβος που κατασκευάστηκε στο AutoCAD 2000.

Για να γίνει το στερεό ίδιο με την surface1 στο AutoCAD Land Development χρησιμοποιήθηκε η εντολή slice. Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 4.3(ε)).



Εικ. 4.3(ε): Ο κύβος της Εικ. 4.3(δ) αφού χρησιμοποιήθηκε η εντολή *slice*.

Εάν εκτελεσθεί η εντολή *mass properties* του AutoCAD 2000 θα δώσει τιμή όγκου 58.3333,3 m³, ο οποίος είναι ίδιος με αυτόν που δίνει η μέθοδος *Composite Volumes* του AutoCAD Land Development.

Η μαθηματική σχέση που δίνει τον όγκο τετράγωνης πυραμίδας είναι :

$$V = \frac{h}{3} * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2}) \quad \text{εξ. 4.3}$$

όπου :

- A₁ το εμβαδόν του τετραγώνου της κορυφής,
- A₂ το εμβαδόν του τετραγώνου της βάσης και
- h το ύψος της πυραμίδας.

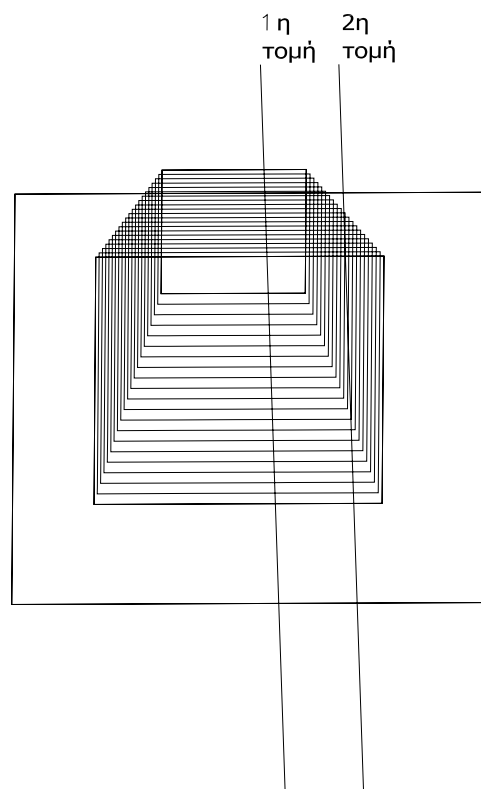
Η τιμή που επιστρέφει η παραπάνω εξίσωση για το στερεό που κατασκευάστηκε είναι V = 58.333,3 m³, η οποία είναι ίδια με την τιμή που επιστρέφει η εντολή *mass properties* του AutoCAD 2000 και η μέθοδος *Composite Volumes* του AutoCAD Land Development. Επομένως μπορεί να θεωρηθεί με ασφάλεια ότι η ρουτίνα των σύνθετων όγκων είναι και η πιο αξιόπιστη μέθοδος για τον υπολογισμό του όγκου.

Όπως φαίνεται, από τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν, με το AutoCAD Land Development ο υπολογισμός όγκων είναι πολύ απλός αφού απλώς αρκεί να οριστούν δύο οποιεσδήποτε επιφάνειες από πολλαπλές πηγές δεδομένων, εν αντιθέσει με το AutoCAD 2000 όπου είναι απαραίτητη η δημιουργία στερεού, κάτι που είναι αδύνατον σε πιο πολύπλοκα στερεά όπως είναι μια επιφανειακή εκμετάλλευση.

4.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΜΩΝ

Μια πολύ χρήσιμη λειτουργία του AutoCAD Land Development είναι η εξαγωγή τομών από μία ή περισσότερες επιφάνειες. Η διαδικασία είναι αρκετά απλή αν και το αποτέλεσμα που λαμβάνεται παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα όπως φαίνεται παρακάτω.

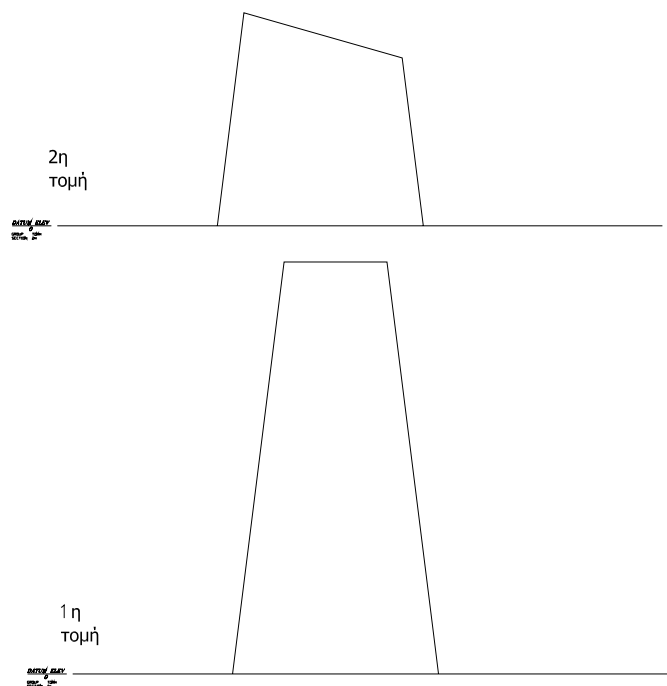
Για την δημιουργία τομών χρησιμοποιήθηκε η επιφάνεια που δημιουργήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Αρχικά σχεδιάστηκαν δύο polylines όπως φαίνεται στο σχήμα. Στο σχεδιασμό των δεν έχει σημασία το υψόμετρο στο οποίο τοποθετήθηκαν, αλλά έπρεπε να τέμνουν νοητά την επιφάνεια ενδιαφέροντος και το μήκος τους να ξεπερνάει τα όρια της επιφάνειας (Εικ. 4.4(α)).



Εικ. 4.4(α): Η επιφάνεια της Εικ. 4.3(γ) απεικονισμένη με ισοϋψείς καθώς και οι δύο γραμμές που θα ορίσουν τις τομές.

Στη συνέχεια πρέπει να καθορισθούν οι polylines αυτές σαν τις σχεδιαστικές οντότητες που θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα για να εξαχθούν οι τομές. Από την

καρτέλα Terrain επιλέγεται Sections και Define Sections. Το πρόγραμμα προτρέπει να επιλεγούν οι polylines από τις οποίες θα εξάγει τις τομές. Αφού επιλεγούν και καθορισθεί μια ονομασία για αυτές, επιλέγεται η επιφάνεια ενδιαφέροντος που θα καταστεί ενεργή, από την καρτέλα Terrain Set Current Surface και στην συνέχεια Sections, Process Sections. Τέλος εκτελώντας την εντολή Import Sections το πρόγραμμα προτρέπει να καθορισθεί το σημείο στο οποίο θα εισαχθούν οι τομές πάνω στο σχέδιο. Οι τομές τοποθετούνται πάνω στο xy επίπεδο στο Layer και με την κλίμακα που επιθυμούμε όπως φαίνεται στο σχήμα (Εικ. 4.4(β)).



Εικ. 4.4(β): Η απεικόνιση των δύο τομών της επιφάνειας της Εικ. 4.4(α).

Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι απαραίτητη η απεικόνιση των τομών περισσότερων της μίας επιφάνειας, όχι όμως ξεχωριστά αλλά πάνω στο ίδιο διάγραμμα και με την ίδια κλίμακα για να γίνουν τυχόν συγκρίσεις της τοπογραφίας των επιφανειών ενδιαφέροντος. Μια τέτοια εφαρμογή μπορεί να είναι ένα υπαίθριο λατομείο όπου είναι απαραίτητη μια τομή της τοπογραφίας πριν την έναρξη της εκμετάλλευσης και μια τομή στην παρούσα φάση της εκμετάλλευσης, σε συγκεκριμένο

τομέα του λατομείου, για μια γενική και πρόχειρη εκτίμηση της προόδου της εκμετάλλευσης.

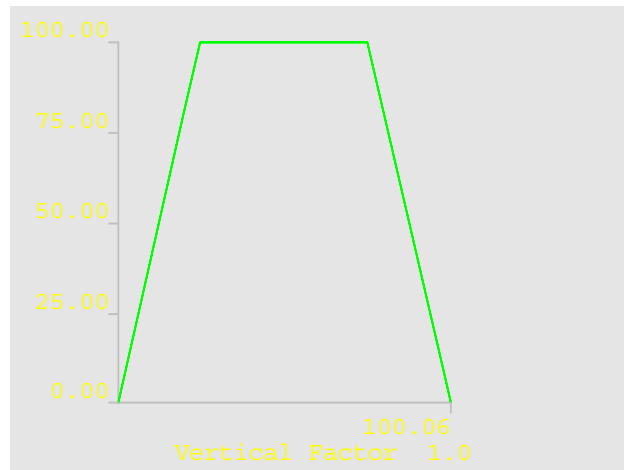
Στην περίπτωση λοιπόν που απαιτείται η εξαγωγή τομών για περισσότερες από μία επιφάνειες αρκεί να ενεργοποιηθεί η επιλογή για πολλαπλές επιφάνειες από την καρτέλα Terrain, Multiple Surfaces on/off. Στην συνέχεια εκτελώντας την διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω το πρόγραμμα επιστρέφει ένα διάγραμμα με τις τομές από πολλαπλές επιφάνειες.

Οι τομές που δημιουργούνται με αυτήν την διαδικασία είναι στατικές. Αυτό συνεπάγεται ότι εάν είναι απαραίτητες τομές σε περισσότερα σημεία πάνω στην επιφάνεια ή αν χρειάζεται να γίνει μια σάρωση μιας συγκεκριμένης περιοχής της επιφάνειας με τομές, τότε θα πρέπει να επαναληφθεί η παραπάνω διαδικασία αρκετές φορές, όσες κρίνεται απαραίτητο ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Για τον λόγο αυτό το πρόγραμμα επιτρέπει την δημιουργία δυναμικών απεικονίσεων τομών.

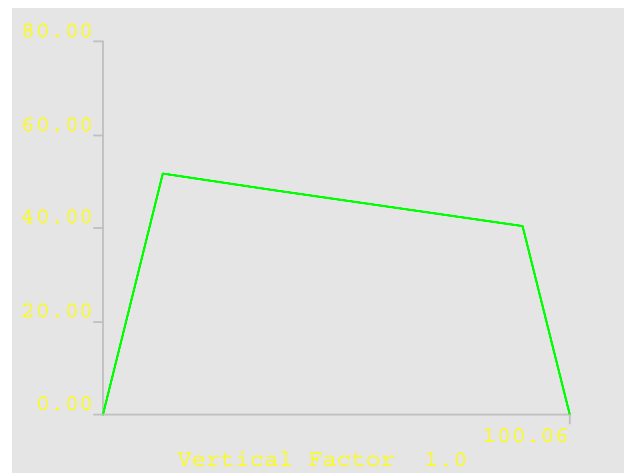
Η δυναμική απεικόνιση των τομών σημαίνει ότι μετακινώντας κατά βούληση την θέση της polyline σε τυχαία σημεία πάνω στην επιφάνεια να ανανεώνεται και η απεικόνιση των τομών αντιπροσωπεύοντας την εκάστοτε περιοχή. Αυτό γίνεται από την καρτέλα Terrain επιλέγοντας Sections, Create Section View, όπου το πρόγραμμα προτρέπει όπως παραπάνω να επιλεγούν οι polylines κατά μήκος των οποίων θα εξαχθούν οι τομές, και ανοίγει ένα καινούριο παράθυρο το οποίο περιέχει την απεικόνιση των.

Η απεικόνιση αυτή, όπως αναφέρθηκε, είναι δυναμική δηλαδή εάν μετατοπιστεί η θέση της polyline με την εντολή Move και επιλεγεί από την καρτέλα Terrain, Sections, Update Section View, το νέο παράθυρο διαλόγου που ανοίγει περιέχει την απεικόνιση της τομής της επιφάνειας στην νέα θέση της polyline.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση για το παράδειγμα της παραπάνω επιφάνειας δημιουργήθηκε δυναμική απεικόνιση για την πρώτη τομή και στη συνέχεια εκτελώντας την εντολή move μετατοπίσθηκε η polyline ώστε να ταυτιστεί με την δεύτερη. Τέλος εκτελέσθηκε η εντολή ανανέωσης της δυναμικής απεικόνισης και προέκυψαν οι παρακάτω απεικονίσεις.



Εικ. 4.4(γ): Η δυναμική απεικόνιση της 1^{ης} τομής της εικόνας 4.4(α).



Εικ. 4.4(δ): Η δυναμική απεικόνιση της 2^{ης} τομής της εικόνας 4.4(α).

4.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

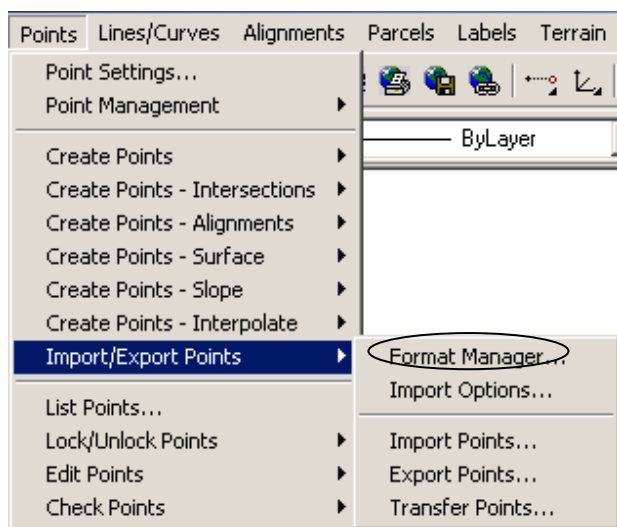
Το συγκεκριμένο πρόγραμμα δεν έχει την δυνατότητα να υλοποιήσει άμεσα μια βάση δεδομένων γεωτρήσεων. Γι' αυτό το λόγο συντίθεται κάθε γεώτρηση από ένα σύνολο σημείων (για τα οποία υπάρχει δυνατότητα υλοποίησης τους σαν αντικείμενα βάσης δεδομένων).

Με αυτή την λογική θα πρέπει κατ' αρχάς να ρυθμιστεί η μορφοποίηση εισαγωγής της καινούριας οντότητας. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή κάθε γεώτρηση αποτελείται από ένα σύνολο σημείων τα οποία αντιπροσωπεύουν τις συντεταγμένες

κάθε δείγματος πυρήνα για τον οποίο είναι διαθέσιμα στοιχεία (χημικές αναλύσεις κ.λ.π.).

ΠΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ AUTOCAD LAND DEVELOPMENT

Καταρχήν για να είναι δυνατή η επεξεργασία των γεωτρήσεων με το AutoCAD Land Development είναι απαραίτητη η προετοιμασία του αρχείου των γεωτρήσεων το οποίο πρέπει να έχει την μορφή βάσης δεδομένων ή ενός απλού εγγράφου txt. Ο πιο



Εικ. 4.5(α): Η καρτέλα επιλογής για την εισαγωγή σημείων.

εύχρηστος και ευέλικτος τρόπος για την εισαγωγή των γεωτρήσεων είναι μέσω της μορφής βάσης δεδομένων και αυτός αναλύεται παρακάτω.

Πρωτίστως πρέπει να είναι διαθέσιμες οι γεωτρήσεις σε αρχείο EXCEL ή αρχείο ACCESS. Στην περίπτωση που είναι αποθηκευμένες σε αρχείο EXCEL τότε τα δεδομένα πρέπει να εισαχθούν σε βάση δεδομένων της ACCESS. Εάν υπάρχουν ήδη σε βάση δεδομένων τότε απλώς γίνεται εισαγωγή των

γεωτρήσεων στο AutoCAD Land Development.

Για την υλοποίηση της μορφοποίησης εκτελείτε η εντολή που φαίνεται στο σχήμα (Εικ. 4.5(α)) ώστε να γίνει σωστά η εισαγωγή των παραμέτρων των γεωτρήσεων, που είναι ουσιαστικά οι συντεταγμένες τους στον χώρο. Αυτό γίνεται από την καρτέλα Points επιλέγοντας Import/Export Points και Format Manager. Το AutoCAD Land Development έχει κάποια προϋπάρχοντα format για την εισαγωγή των γεωτρήσεων από βάση δεδομένων, κυρίως από αρχείο txt, όπου καθορίζεται ο τρόπος με τον οποίο θα διαβαστεί το αρχείο, π.χ. για βάση δεδομένων εάν επιλεγεί η φόρμα (format): External project Point Database, οι στήλες της βάσης δεδομένων διαβάζονται με τον εξής τρόπο :

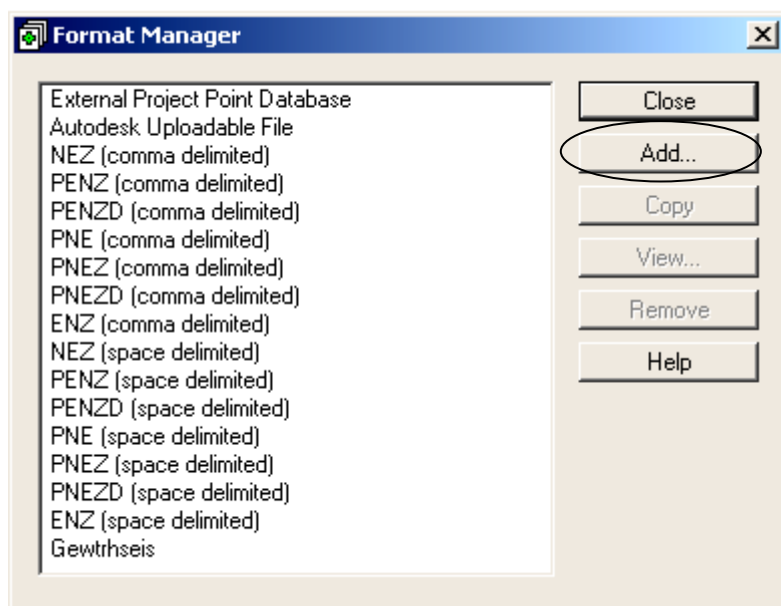
Number	Name	Raw Desc	Northing	Easting	Elevation
--------	------	----------	----------	---------	-----------

Πίνακας 4.5: Οι στήλες που θεωρεί αυτόματα μια τυχαία φόρμα (format) εισαγωγής.

Οι τρεις πρώτες στήλες είναι απλώς κάποιες πληροφορίες για τις γεωτρήσεις ενώ οι επόμενες τρεις είναι ουσιαστικά οι συντεταγμένες των στο χώρο x, y, z.

Σπάνια όμως η βάση δεδομένων μας θα έχει αυτήν την μορφή γι' αυτό και το AutoCAD Land Development μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε το δικό μας format ανάλογα με την περίπτωση.

Από τον Format Manager επιλέγουμε Add (Εικ. 4.5(β)) και αρχικά μας προτρέπει να επιλέξουμε την μορφή του αρχείου (βάση δεδομένων ή txt), βάση



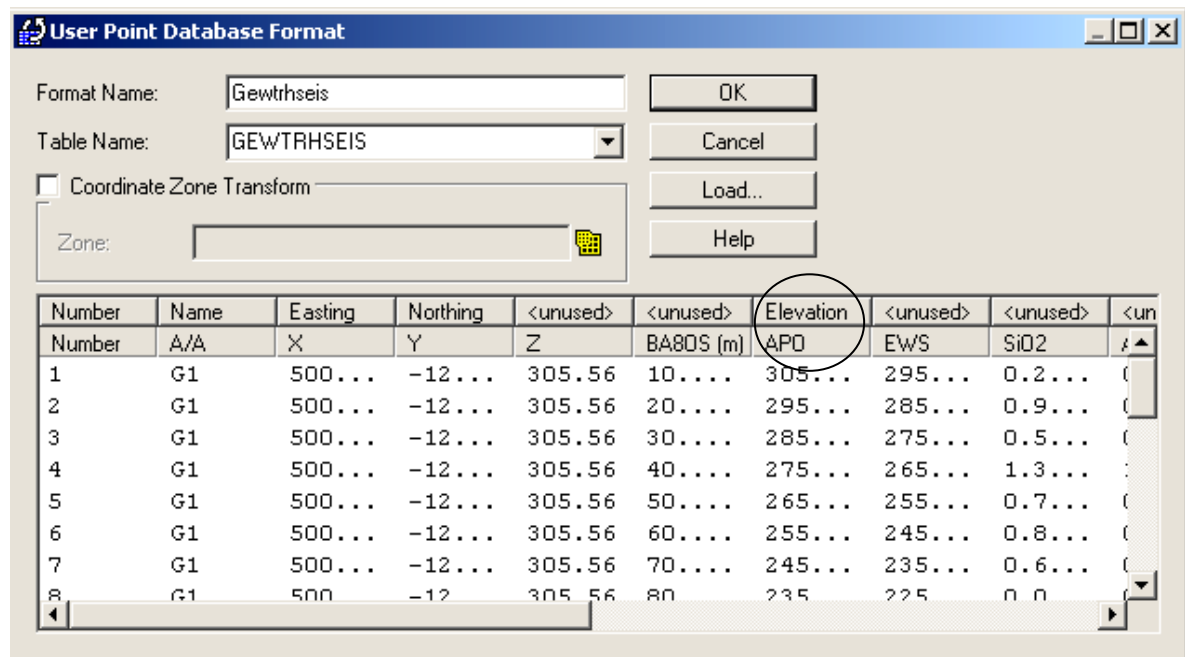
Εικ. 4.5(β): Η καρτέλα για την παραμετροποίηση και επιλογή των διαδικασιών εισαγωγής σημείων.

δεδομένων στην περίπτωση μας. Στη συνέχεια επιλέγουμε το όνομα του format που θα δημιουργήσουμε και φορτώνουμε την βάση δεδομένων. Οι στήλες που δημιουργεί το format δεν έχουν παραμέτρους και περιμένει από εμάς να επιλέξουμε τι είναι η κάθε στήλη. Έτσι επιλέγουμε ποιες στήλες θα έχουν την

πληροφορία (όνομα, αριθμός, περιγραφή) για τις γεωτρήσεις και ποιες τις συντεταγμένες των στο χώρο. Στις στήλες όπου περιέχονται πληροφορίες όπως χημικές αναλύσεις κ.λ.π. μπορούμε να δώσουμε εμείς ότι όνομα θέλουμε πράγμα που όμως είναι περιττό γιατί το AutoCAD Land Development δεν θα τις εμφανίζει στις γενικές πληροφορίες των γεωτρήσεων αφού έχουν εισαχθεί. Ο τρόπος για την προβολή και επεξεργασία των πληροφοριών αυτών περιγράφεται παρακάτω.

Σε ένα αρχείο γεωτρήσεων συνήθως οι γεωτρήσεις εμφανίζονται μαζί με τα τμήματα τους που αφορούν τα τμήματα των πυρήνων των γεωτρήσεων στα οποία αναφέρονται και οι χημικές αναλύσεις και οι συντεταγμένες των τμημάτων των πυρήνων των γεωτρήσεων. Γι' αυτό μπορεί να μας ενδιαφέρει όχι μόνο η απλή απεικόνιση και εισαγωγή των γεωτρήσεων αλλά και των τμημάτων των πυρήνων των. Αυτό θα πρέπει να το λάβουμε υπόψιν μας στην διαμόρφωση του format ώστε στην

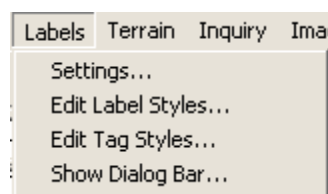
επιλογή του Elevation (Εικ. 4.5(γ)) να επιλέξουμε αυτό των πυρήνων και όχι των γεωτρήσεων.



Εικ. 4.5(γ): Η καρτέλα για την παραμετροποίηση της βάσης δεδομένων, σύμφωνα με το AutoCAD Land Development Desktop R2i, από την οποία θα εισαχθούν τα σημεία.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Οι γεωτρήσεις εισάγονται στο πρόγραμμα με κάποιο label style, η default επιλογή είναι το “active desckeys only” style το οποίο εισάγει τις γεωτρήσεις σαν Civil Point Object οντότητες. Εμείς επειδή θέλουμε να συνδέσουμε τα σημεία των γεωτρήσεων με την βάση δεδομένων από την οποία προέρχονται θέλουμε να τις εισάγει σαν Block Reference οντότητες (block with attributes). Αυτό γίνεται επιλέγοντας σαν style εισαγωγής το “softdesk point block only” το οποίο εισάγει τις γεωτρήσεις σαν διπλή οντότητα : Civil Point Object και Block Reference, τα οποία αναγράφουν πληροφορίες όπως τον αριθμό του εκάστοτε σημείου και το elevation του. Από την καρτέλα Labels επιλέγουμε Settings (Εικ. 4.5(δ)), στο παράθυρο διαλόγου που ανοίγει



Εικ. 4.5(δ): Η καρτέλα για την επιλογή του είδους της οντότητας με την οποία θα εισαχθούν τα σημεία.

Εμείς επειδή θέλουμε να συνδέσουμε τα σημεία των γεωτρήσεων με την βάση δεδομένων από την οποία προέρχονται θέλουμε να τις εισάγει σαν Block Reference οντότητες (block with attributes). Αυτό γίνεται επιλέγοντας σαν style εισαγωγής το “softdesk point block only” το οποίο εισάγει τις γεωτρήσεις σαν διπλή οντότητα : Civil Point Object και Block Reference, τα οποία αναγράφουν πληροφορίες όπως τον αριθμό του εκάστοτε σημείου και το elevation του. Από την καρτέλα Labels επιλέγουμε Settings (Εικ. 4.5(δ)), στο παράθυρο διαλόγου που ανοίγει

επιλέγουμε Point Labels και softdesk point block only.

Εφόσον έχουμε δημιουργήσει το format που ικανοποιεί την μορφή που έχει η βάση δεδομένων μας και έχουμε επιλέξει το style που επιθυμούμε προχωρούμε στην εισαγωγή της στο AutoCAD Land Development.

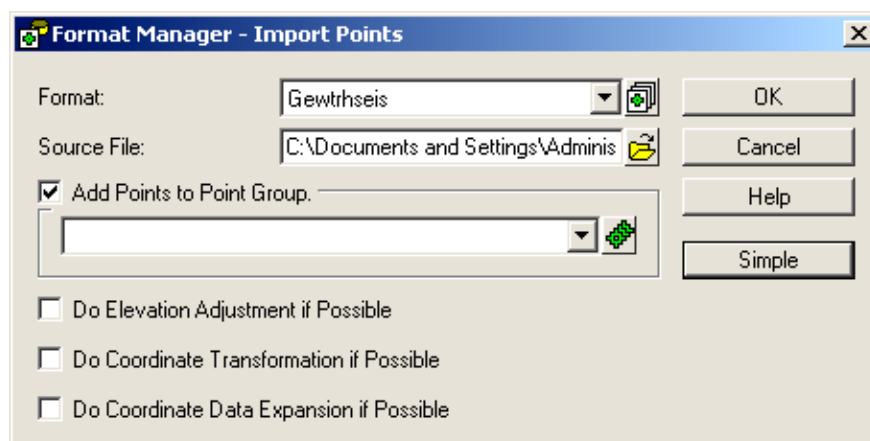
Αρχικά από την καρτέλα Points επιλέγουμε Points Settings, επιλέγουμε την καρτέλα Insert και την επιλογή Actual Elevation ώστε οι γεωτρήσεις να εισαχθούν με το πραγματικό τους Elevation (συντεταγμένη z). Στη συνέχεια επιλέγουμε από τις καρτέλες Points, Import/Export Points και Import Points. Το πρόγραμμα τότε μας προτρέπει :

- να επιλέξουμε το format με το οποίο θέλουμε να εισαχθεί η βάση δεδομένων,
- να του υποδείξουμε την τοποθεσία της βάσης στον υπολογιστή μας,
- εάν θέλουμε τα σημεία που θα δημιουργηθούν να προστεθούν σε κάποιο προυπάρχον Point Group ή αν θέλουμε να δημιουργήσουμε καινούριο Point Group (αυτό μπορεί να γίνει και μετά την εισαγωγή των γεωτρήσεων),
- εάν θέλουμε να γίνει διόρθωση του Elevation (συντεταγμένη z),
- εάν θέλουμε να γίνει μετατροπή των συντεταγμένων και τέλος
- εάν θέλουμε να γίνει προέκταση των δεδομένων των συντεταγμένων.

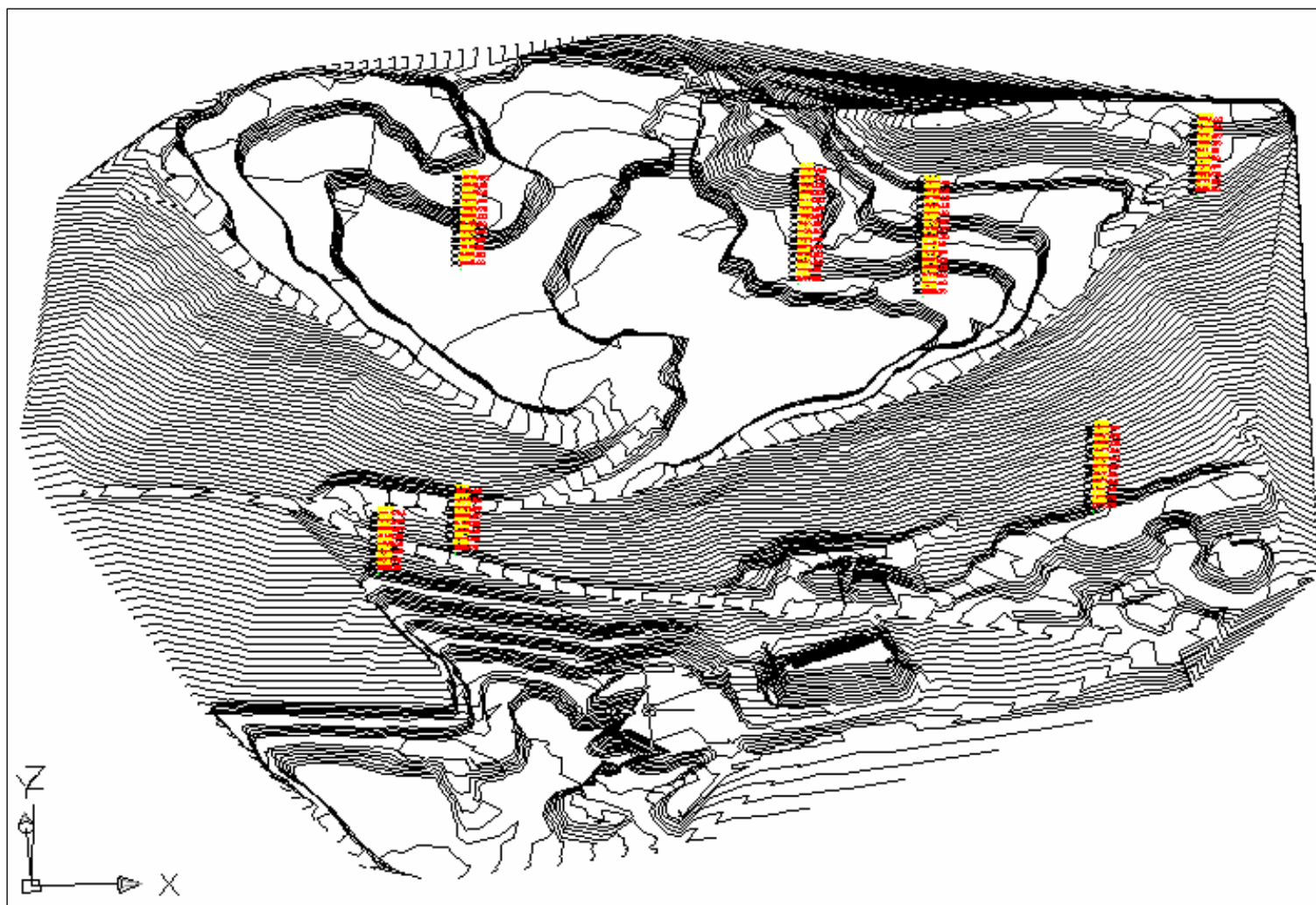
Αφού καθορίσουμε τα παραπάνω πατώντας OK το πρόγραμμα μας προτρέπει :

- εάν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τα νούμερα των γεωτρήσεων όπως αυτά υπάρχουν στην βάση δεδομένων,
- εάν θέλουμε να καθορίσουμε εμείς τα νούμερα αυτά και
- να επιλέξουμε τι να κάνει εάν υπάρχουν ήδη αυτά τα νούμερα.

Μετά από τα παραπάνω το πρόγραμμα προχωρεί στην εισαγωγή των γεωτρήσεων σαν Civil Point Object και Block Reference σημεία (Εικ. 4.5(ε)).

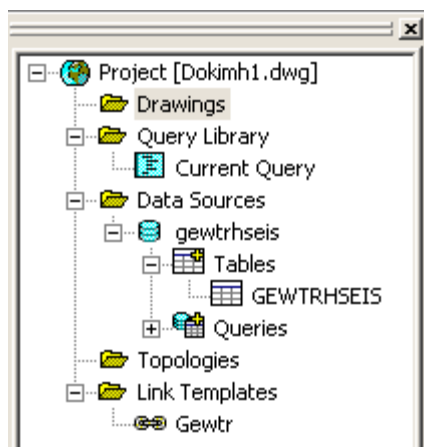


Εικ. 4.5(ε): Η καρτέλα εισαγωγής των σημείων και αυτόματης ομαδοποίησης τους.



Εικ. 4.5(ζ) Η απεικόνιση της εκμετάλλευσης με μορφή ισοϋψών και οι γεωτρήσεις όπου φαίνονται ξεχωριστά οι πυρήνες οι οποίοι αναλύθηκαν.

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΣΑΝ ΟΝΤΟΤΗΤΕΣ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ DRAWING ΑΡΧΕΙΟΥ



Εικ. 4.5(η): Παράθυρο λειτουργίας του Project workspace.

Για να μπορέσουμε να επεξεργαστούμε τις γεωτρήσεις πρέπει πρώτα να προετοιμάσουμε το drawing στο οποίο τις έχουμε εισάγει.

Αρχικά από το Project workspace (Εικ. 4,5(η)) κάνουμε δεξί κλικ στον “φάκελο” data sources και επιλέγουμε attach, το πρόγραμμα μας προτρέπει να επιλέξουμε το αρχείο που θέλουμε να κάνουμε attach, επιλέγουμε ότι το αρχείο θα είναι βάση δεδομένων της ACCESS και κάνουμε attach. Το αρχείο μας έχει ένα table το οποίο περιέχει τα στοιχεία των γεωτρήσεων. Κάνουμε στο Project workspace στο table αυτό δεξί κλικ και επιλέγουμε define link template, καθορίζουμε το όνομα του template και επιλέγουμε την στήλη που θα χρησιμοποιήσει το template σαν key για να ενώσει τα σημεία που εισάγουμε με το αρχείο προέλευσης των. Η στήλη αυτή πρέπει να περιέχει χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να είναι μοναδικά για κάθε σημείο και γι’ αυτό στην περίπτωση μας επιλέγουμε την στήλη η οποία περιέχει τους αριθμούς των σημείων.

Στην συνέχεια κάνουμε δεξί κλικ στο link template που δημιουργήσαμε και επιλέγουμε generate links, το πρόγραμμα μας προτρέπει να επιλέξουμε τι θα ενώσει (Blocks ή Text), επιλέγουμε blocks, να δημιουργήσει links με την βάση δεδομένων και έτσι έχουμε ενώσει τα σημεία που εισάγουμε με το αρχικό αρχείο.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ DRIVE ALIAS ΚΑΙ ΕΠΙΣΥΝΑΨΗ DRAWING

Η επεξεργασία των γεωτρήσεων δεν γίνεται στο drawing που περιέχει τις γεωτρήσεις, αλλά σε ένα άλλο στο οποίο έχουμε κάνει attach το αρχικό drawing.

Για να μπορέσουμε να κάνουμε attach ένα drawing σε ένα άλλο πρέπει να καθορίσουμε πρώτα έναν drive alias, ο οποίος δεν είναι τίποτε άλλο από το path που βρίσκονται στον υπολογιστή τα drawing που θέλουμε να κάνουμε attach. Για να καθορίσουμε έναν drive alias, στο Project workspace κάνουμε δεξί κλικ στο drawings

και επιλέγουμε attach, από το παράθυρο διαλόγου που ανοίγει επιλέγουμε Create/Edit Aliases. Στην συνέχεια γράφουμε το όνομα που θέλουμε να έχει ο drive alias και το path του φακέλου στον οποίο περιέχονται τα drawings ή τον επιλέγουμε με το κουμπί browse. Τέλος πατάμε το κουμπί add και έτσι έχουμε καθορίσει το πού βρίσκονται τα drawings που θέλουμε να κάνουμε attach.

Το μόνο που απομένει είναι να κάνουμε attach το drawing που περιέχει τις γεωτρήσεις, τις οποίες όπως είπαμε έχουμε συνδέσει με την βάση δεδομένων με την οποία εισήχθησαν, σε ένα άλλο drawing ώστε να μπορέσουμε να τις επεξεργαστούμε. Στο Project workspace κάνουμε δεξί κλικ στο drawings και επιλέγουμε attach, πλέον στο παράθυρο διαλόγου μας εμφανίζει όλα τα projects που είναι αποθηκευμένα στον φάκελο Land Projects R2. Αφού βρούμε το αρχείο που περιέχει τις γεωτρήσεις και το προσθέσουμε στο παρόν drawing, θα εμφανίζεται κάτω από το drawings, κάνουμε δεξί κλικ και βλέπουμε αν είναι ενεργοποιημένο, διαφορετικά επιλέγουμε activate.

EKTEΛΕΣΗ ΕΝΤΟΛΩΝ (QUERIES)

Η επεξεργασία των γεωτρήσεων, και γενικότερα σημείων, στο AutoCAD Land Development γίνεται μέσω queries.

Τα queries είναι ουσιαστικά κάποιες συνθήκες τις οποίες, αν τις πληρούν τα αντικείμενα που βρίσκονται στο αρχικό drawing θα εμφανίζονται στο παρόν είτε σαν προεπισκόπηση είτε με επανασχεδιασμό στο παρόν. Μια query μπορεί να είναι η εξής :

- Συνθήκη τοποθεσίας, π.χ. μπορούμε να ζητήσουμε να εμφανιστούν στο παρόν τα αντικείμενα του αρχικού, τα οποία θα βρίσκονται εντός κύκλου ορισμένης ακτίνας και κέντρου ή εντός πολυγώνου συγκεκριμένων διαστάσεων
- Συνθήκη ιδιοτήτων, π.χ. μπορούμε να ζητήσουμε να εμφανιστούν τα αντικείμενα τα οποία έχουν συγκεκριμένο χρώμα, υψόμετρο, να ανήκουν σε συγκεκριμένο στρώμα ή σε συγκεκριμένο group κ.α.
- Συνθήκη δεδομένων, η οποία
- Συνθήκη SQL, η οποία και παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον καθώς μπορούμε να ζητήσουμε να εμφανιστούν αντικείμενα τα οποία να ικανοποιούν μια παράμετρο του αρχείου της βάσης δεδομένων.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Όσα αναφέρονται στην παραπάνω παράγραφο μπορούν να βρουν εφαρμογή και να γίνουν κατανοητά στην περίπτωση που διατίθενται γεωτρήσεις, όπου από τους πυρήνες τους έχουν παρθεί ορυκτολογικές αναλύσεις.

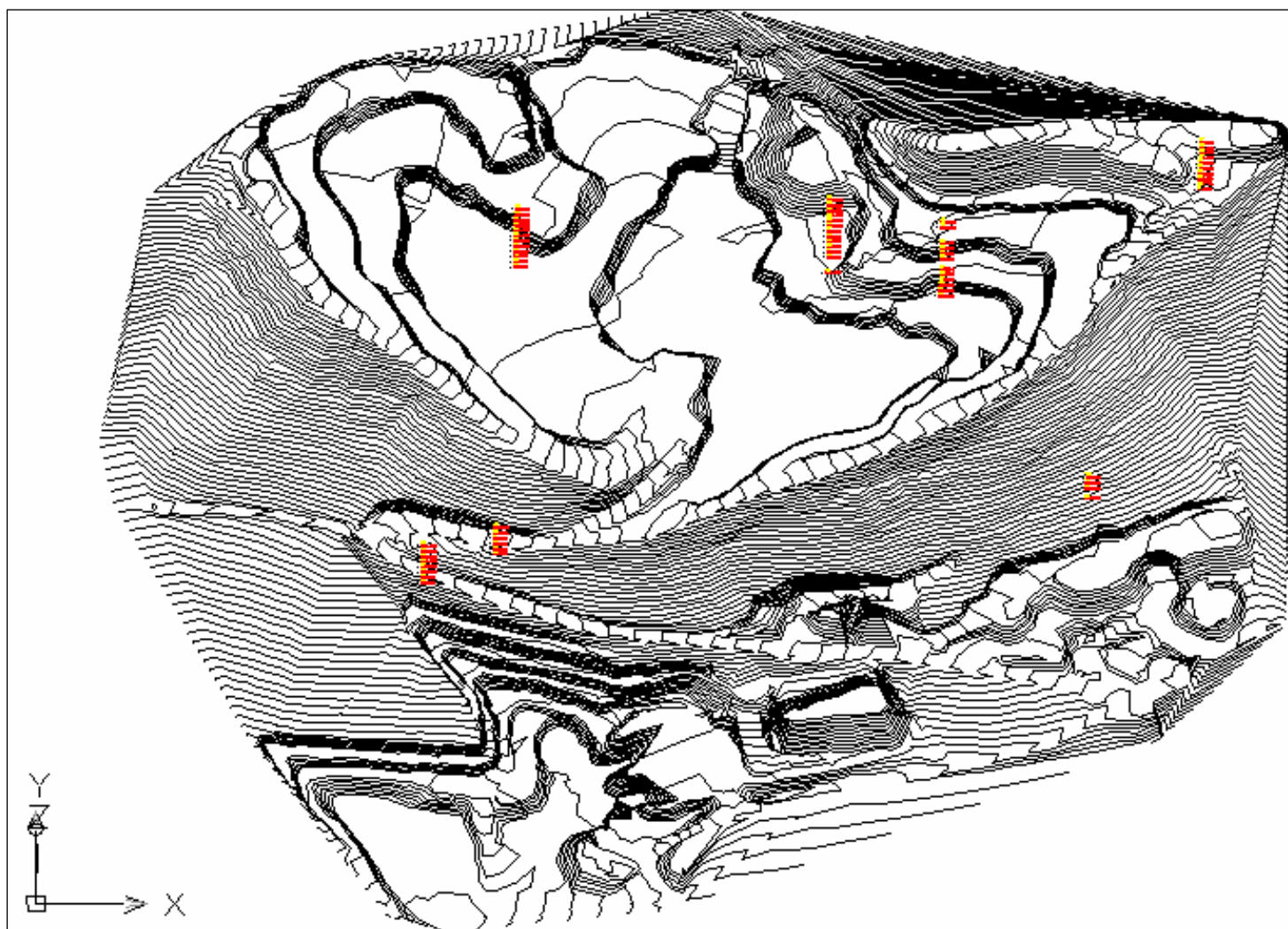
Εάν υπάρχουν τέτοια δεδομένα τότε αφού εισαχθούν στο σχέδιο είναι δυνατόν να καθοριστεί ένα πέτρωμα. Δηλαδή εκτελώντας μια SQL Query και θέτοντας σαν συνθήκες την ορυκτολογική σύσταση ενός πετρώματος, θα εμφανιστούν στο σχέδιο μόνο τα κομμάτια των πυρήνων των γεωτρήσεων που ανταποκρίνονται στις συνθήκες αυτές. Τα σημεία αυτά ουσιαστικά θα οριοθετούν το πέτρωμα στο οποίο ανταποκρίνονται οι ορυκτολογικές συστάσεις που τέθηκαν σαν συνθήκη.

Στην συνέχεια δημιουργώντας δύο επιφάνειες, επιλέγοντας τα κατάλληλα σημεία, μπορεί να υπολογιστεί και ο όγκος που θα καταλαμβάνει το πέτρωμα αυτό. Η παραπάνω μεθοδολογία δίνει μόνο κατά προσέγγιση τα όρια ενός πετρώματος. Για να ορισθούν τα όρια αυτά χρειάζεται ένα πολύ πυκνό δίκτυο γεωτρήσεων το οποίο είναι συνήθως ασύμφορο, οπότε συνήθως αρκούμαστε σε επιλεκτικές γεωτρήσεις σε συγκεκριμένες θέσεις ενδιαφέροντος.

Στην περίπτωση μας επειδή δεν είχαμε στην διάθεση μας αρχείο με τις ορυκτολογικές συστάσεις των γεωτρήσεων, αλλά μόνο με τις χημικές αναλύσεις, εκτελέσαμε μια SQL Query με τους εξής περιορισμούς :

- να εμφανιστούν μόνο οι πυρήνες των γεωτρήσεων που έχουν περιεκτικότητα σε $\text{SiO}_2 < 1\%$ και
- οι πυρήνες που έχουν περιεκτικότητα σε $\text{CaCO}_3 > 80\%$

Τα αποτελέσματα που εμφανίζει ο παραπάνω συνδυασμός περιορισμών φαίνονται στην Εικ. 4.5(θ).



Εικ. 4.5(θ) Απεικόνιση του λατομείου με τους πυρήνες των γεωτρήσεων που ικανοποιούν τις συνθήκες που θέσαμε.

5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

5.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται πώς μπορεί να σχεδιαστεί μια εκμετάλλευση και να υπολογιστούν οι όγκοι της χρησιμοποιώντας το AutoCAD Land Development.

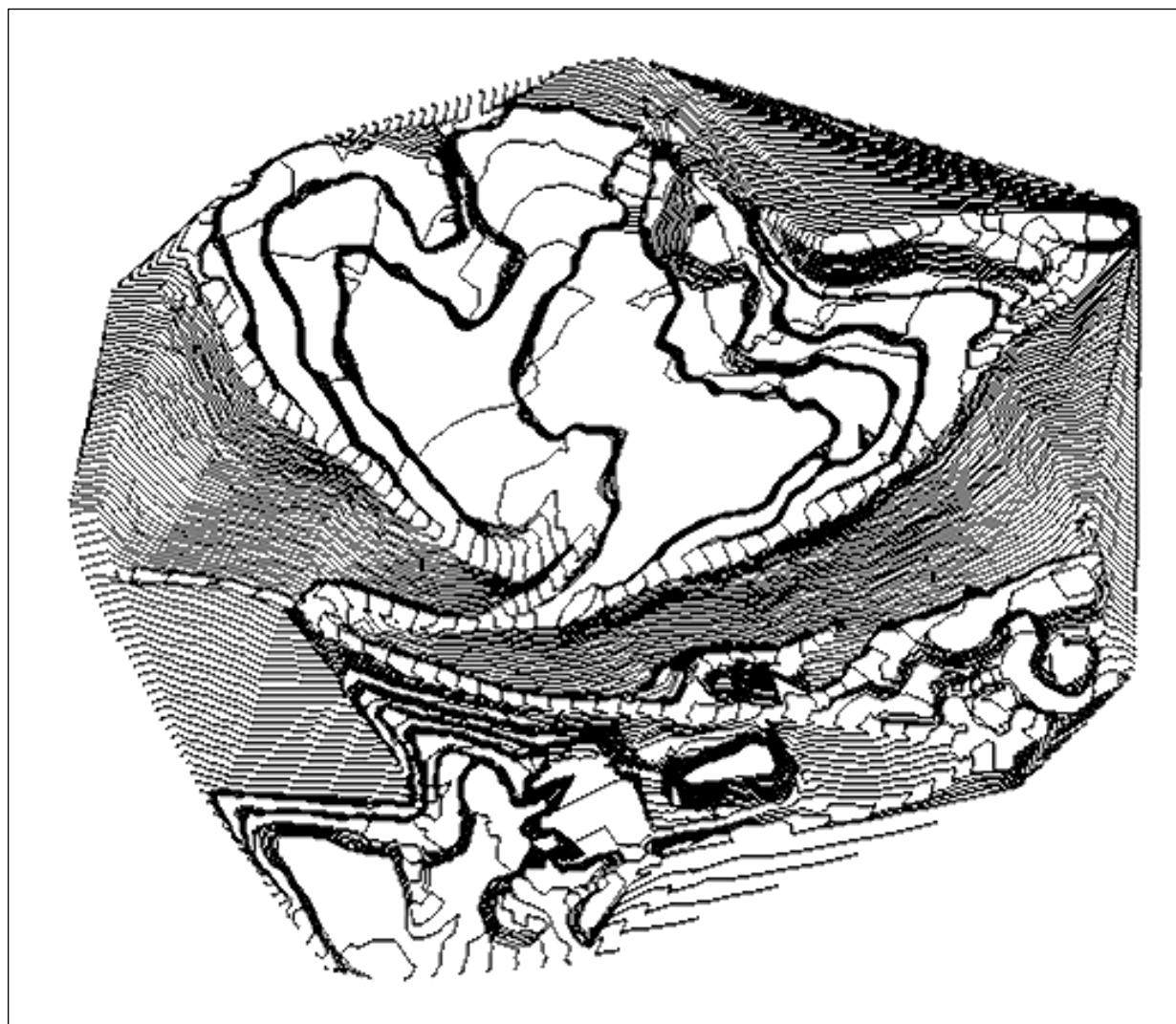
Σαν δεδομένα διατίθενται οι τοπογραφικοί χάρτες ενός προυπάρχοντος λατομείου και συγκεκριμένα του λατομείου αδρανών υλικών της εταιρείας TITAN Α.Ε. στην περιοχή Καμάρι Αττικής για το έτος έναρξης της εκμετάλλευσης, το 1973, και το 2001.

Η μέθοδος εκμετάλλευσης που ακολουθείται στο λατομείο αδρανών υλικών στην περιοχή Καμάρι Αττικής είναι υπαίθρια εκμετάλλευση με την μέθοδο των ορθών βαθμίδων.

Σκοπός μας είναι να συνεχίσουμε την εκμετάλλευση μέχρι την εξόφληση του κοιτάσματος σύμφωνα με τα στοιχεία που μας έχει δώσει η εταιρεία. Η συνέχιση της εκμετάλλευσης έγινε πάνω στον τοπογραφικό χάρτη της εκμετάλλευσης για το 2001. Ο χάρτης αυτός ήταν σε ηλεκτρονική μορφή και εισήχθη στο AutoCAD Land Development για να μπορέσουμε να τον επεξεργαστούμε και να σχεδιάσουμε την εκμετάλλευση μας.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟ 2001

Με βάση τις διαδικασίες που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 4.1 δημιουργούμε στο πρόγραμμα την επιφάνεια που θα απεικονίζει την εκμετάλλευση το 2001. Στον χάρτη οι ισοϋψείς απεικονίζονται σαν οντότητες polylines (Εικ. 5.1(α)) και γι' αυτό τις μετατρέπουμε σε οντότητες contours για να μπορέσουμε να τις εισάγουμε σαν δεδομένα στον Terrain model explorer. Στη συνέχεια χτίζουμε την επιφάνεια και επιλέγουμε διάφορες μεθόδους απεικόνισης για την επιφάνεια. Εδώ πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι στο Land Development οι επιφάνειες, αφού δημιουργηθούν, είναι έννοιες και όχι οντότητες που να μπορούμε να τις επεξεργαστούμε.

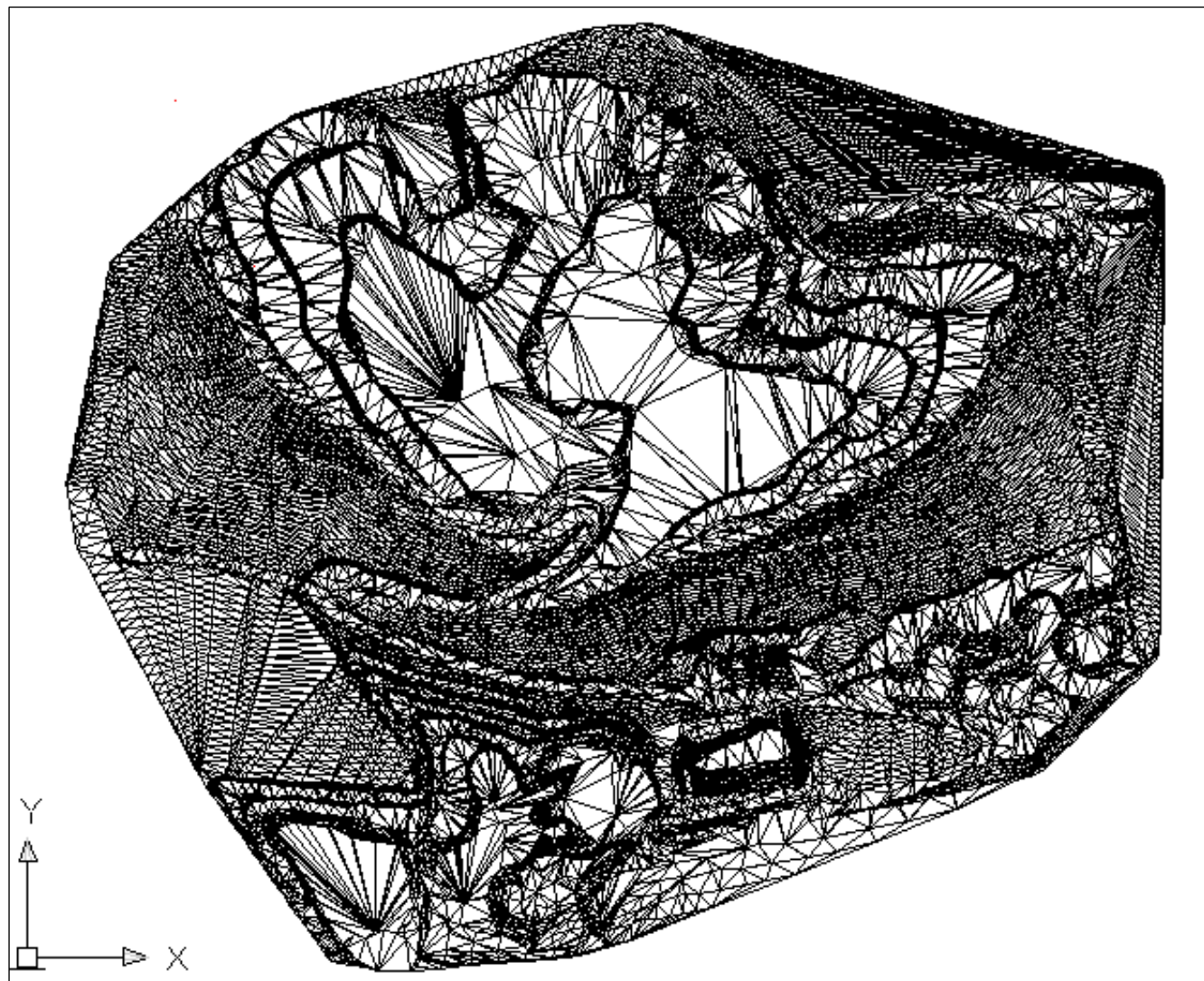


Εικ. 5.1(α): Απεικόνιση της εκμετάλλευσης το 2001 με ισοϋψείς.

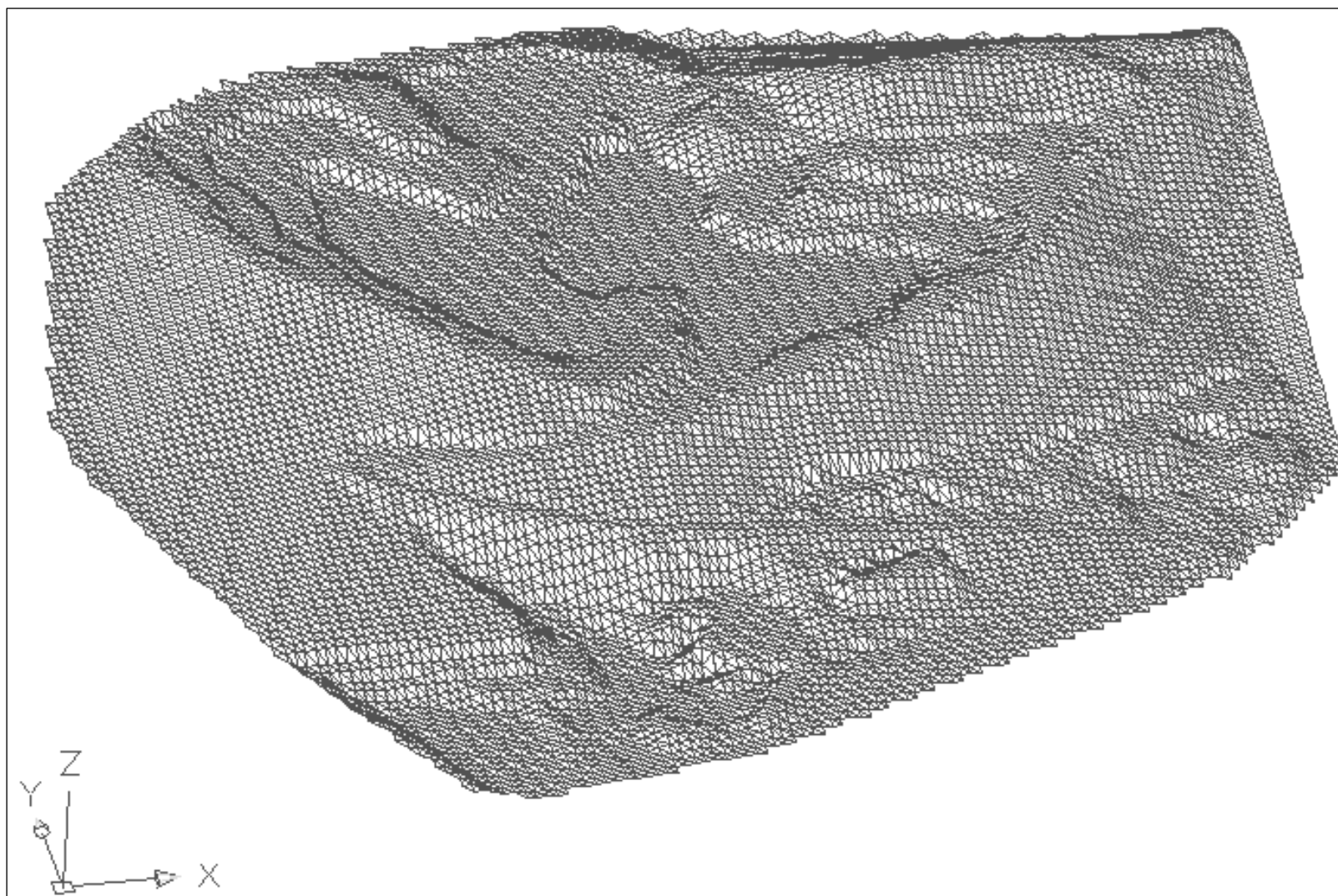
Εμείς θέλουμε να μετατρέψουμε την επιφάνεια μας σε στερεό ώστε να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε την εκμετάλλευση. Για να το πετύχουμε αυτό αρχικά επιλέγουμε μια μέθοδο απεικόνισης. Η απεικόνιση με ισοϋψείς δεν μας ενδιαφέρει γιατί όπως είπαμε θέλουμε την επιφάνεια σε στερεό και τις ισοϋψείς δεν μπορούμε να τις εξωθήσουμε ώστε να δημιουργηθεί στερεό. Όπως γνωρίζουμε το AutoCAD οποιαδήποτε κλειστή γραμμή μπορεί να την εξωθήσει κατά μια συγκεκριμένη απόσταση και να δημιουργήσει ένα στερεό, στην περίπτωση όμως των ισοϋψών κάθε μία ισοϋψής θα δώσει και από ένα στερεό τα οποία θα αλληλοεπικαλύπτονται. Οι επιλογές που μας απομένουν επομένως είναι οι 3D Faces και Polyface Mesh. Για την δική μας επιφάνεια η επιλογή Polyface Mesh δεν μπορεί να εφαρμοστεί, ενώ η επιλογή 3D Faces δίνει τρίγωνα ακανόνιστα τα οποία δεν είναι ενωμένα μεταξύ τους (Εικ. 5.1(β)), και επειδή αυτά τα τρίγωνα θα πρέπει στην συνέχεια να εξωθηθούν και τα στερεά που θα προκύψουν να ενωθούν μεταξύ τους καταλαβαίνουμε ότι και αυτή η απεικόνιση δεν μας βολεύει.

Εμείς θέλουμε να απεικονίσουμε την επιφάνεια μας με όσο το δυνατόν γίνεται κανονικά τρίγωνα για να είναι πιο εύκολη η συνένωση των στερεών που θα προκύψουν από την εξώθηση των τριγώνων αυτών. Τέτοια τρίγωνα δημιουργούνται αν επιλέξουμε να απεικονίσουμε μια επιφάνεια όγκου Grid Volumes με 3D Faces απεικόνιση.

Οπότε θα πρέπει να δημιουργήσουμε μια επιφάνεια όγκου Grid Volumes και να την απεικονίσουμε. Έχουμε ήδη καθορίσει μια επιφάνεια, αυτήν της εκμετάλλευσης, και απομένει να καθορίσουμε άλλη μια επιφάνεια για να εκτελέσουμε την ογκομέτρηση με την μέθοδο των composites. Δεν μας απασχολεί τι επιφάνεια θα είναι αυτή γιατί δεν μας ενδιαφέρει ο όγκος που θα προκύψει παρά μόνο η επιφάνεια. Γι' αυτό δημιουργούμε ένα παραλληλόγραμμο με polylines τις οποίες στην συνέχεια μετατρέπουμε σε ισοϋψείς. Με τον Terrain model explorer δημιουργούμε μια νέα επιφάνεια, προσθέτουμε σαν δεδομένα την ισοϋψή που δημιουργήσαμε και την χτίζουμε. Στην συνέχεια καθορίζουμε το stratum και το site. Προχωράμε στον υπολογισμού του όγκου έτσι ώστε να δημιουργηθεί η επιφάνεια που θέλουμε και επιλέγουμε την απεικόνιση 3D Faces, η οποία μας επιστρέφει την επιφάνεια απεικονισμένη με κανονικά τρίγωνα τα οποία όμως δεν είναι ενωμένα μεταξύ τους (Εικ. 5.1(γ)).



Εικ. 5.1(β): Απεικόνιση της εκμετάλλευσης το 2001 με ακανόνιστα τρίγωνα.



Εικ. 5.1(γ): Απεικόνιση της εκμετάλλευσης το 2001 με κανονικά τρίγωνα.

Εδώ πρέπει να πούμε ότι η απεικόνιση 3D Faces την κανονική μας επιφάνεια την επιστρέφει με 42.874 ακανόνιστα τρίγωνα, ενώ την επιφάνεια όγκου που δημιουργήσαμε την απεικονίζει με 20.299 κανονικά τρίγωνα. Αυτό μας διευκολύνει διότι είναι πιο ομαλά τρίγωνα και θα είναι πιο εύκολη η επιλογή τους για την συνένωση, άλλα και πολύ λιγότερα, περίπου τα μισά, το οποίο μεταφράζεται σε λιγότερη απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ και χρόνο για την εξώθηση των τριγώνων και την μετέπειτα συνένωση τους.

5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΟ 2001

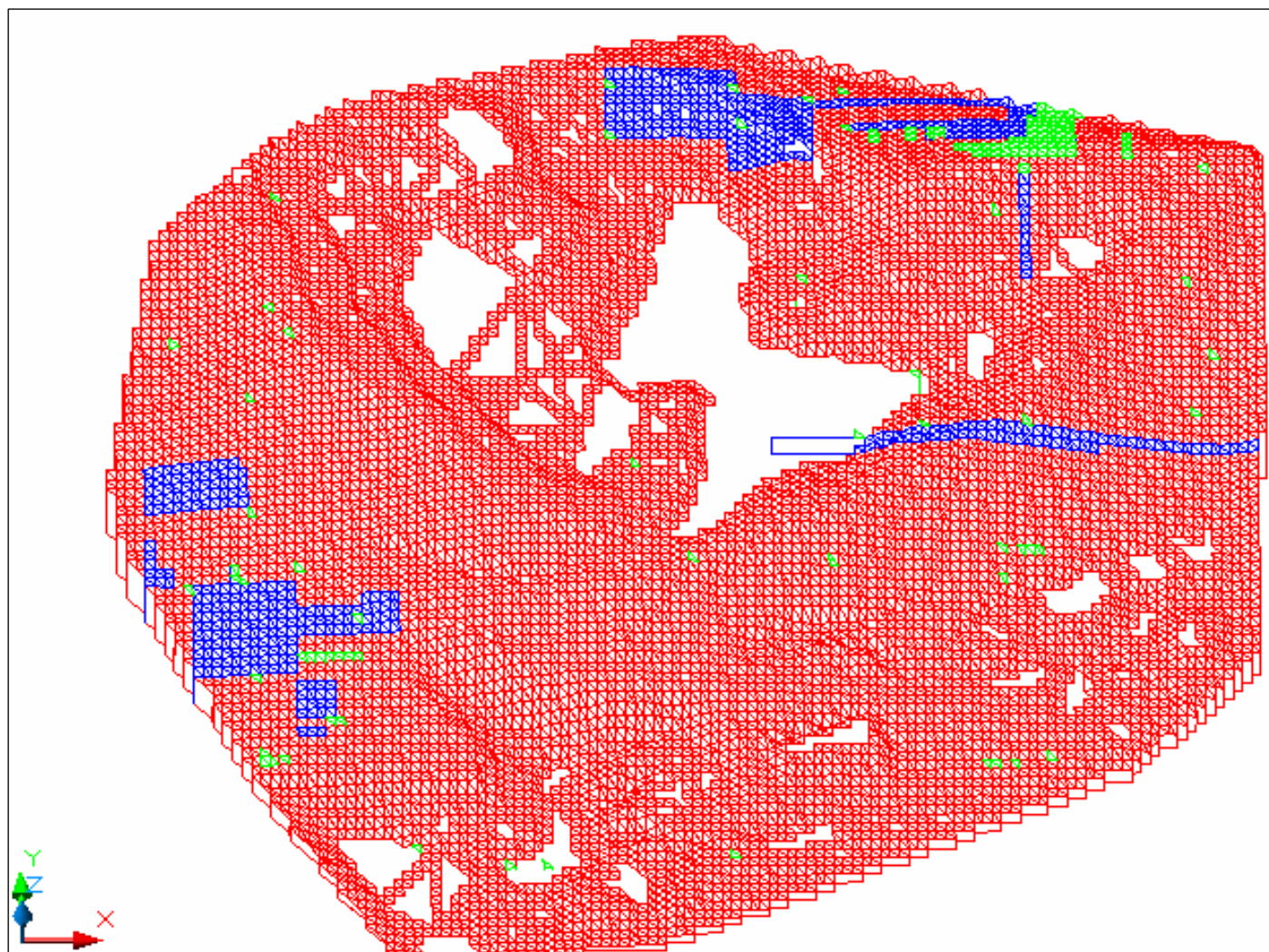
Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του τελικού στερεού. Επιλέγουμε όλα τα τρίγωνα και τα εξωθούμε προς το κατώτερο σημείο στο οποίο θα φτάσει η εκμετάλλευση. Αυτό το πετυχαίνουμε δημιουργώντας μια polyline η οποία έχει κατακόρυφη διεύθυνση και μήκος 170,255m, δηλαδή $x=y=0m$ και $z=170,255m$, και κατά την εξώθηση επιλέγουμε αυτήν την polyline οδηγό. Αυτό που απομένει είναι η συνένωση αυτών των στερεών, πλέον, σε ένα ενιαίο στερεό. Κατά την απεικόνιση της επιφάνειας όπως είπαμε προέκυψαν 20.299 τρίγωνα, άρα και στερεά μετά την εξώθηση. Η συνένωση θα είναι μια διαδικασία που θα απαιτήσει αρκετά μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Γι' αυτό είναι αδύνατη η συνένωση όλων των στερεών ταυτόχρονα, αλλά πρέπει να γίνει σταδιακά επιλέγοντας λίγα τρίγωνα κάθε φορά.

Στην περίπτωση μας δεν ήταν δυνατή η συνένωση των στερεών σε ένα ενιαίο, καθώς μερικά τρίγωνα δεν μπορούσαν να συνενωθούν μεταξύ τους, οπότε καταλήξαμε στην δημιουργία τριών στερεών, δύο μεγάλων και ενός μικρότερου. Η παρουσία των τριών στερεών δεν μας εμποδίζει να συνεχίσουμε την σχεδίαση της εκμετάλλευσης απλά θα ήταν πιο βολικό αν είχαμε μόνο ένα (Εικ. 5.2(α)).

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Στην συνέχεια πρέπει να σχεδιάσουμε την εκμετάλλευση, δηλαδή τις νέες βαθμίδες που θα δημιουργηθούν μέχρι το πέρας της. Στην περίπτωση μας βολεύει να

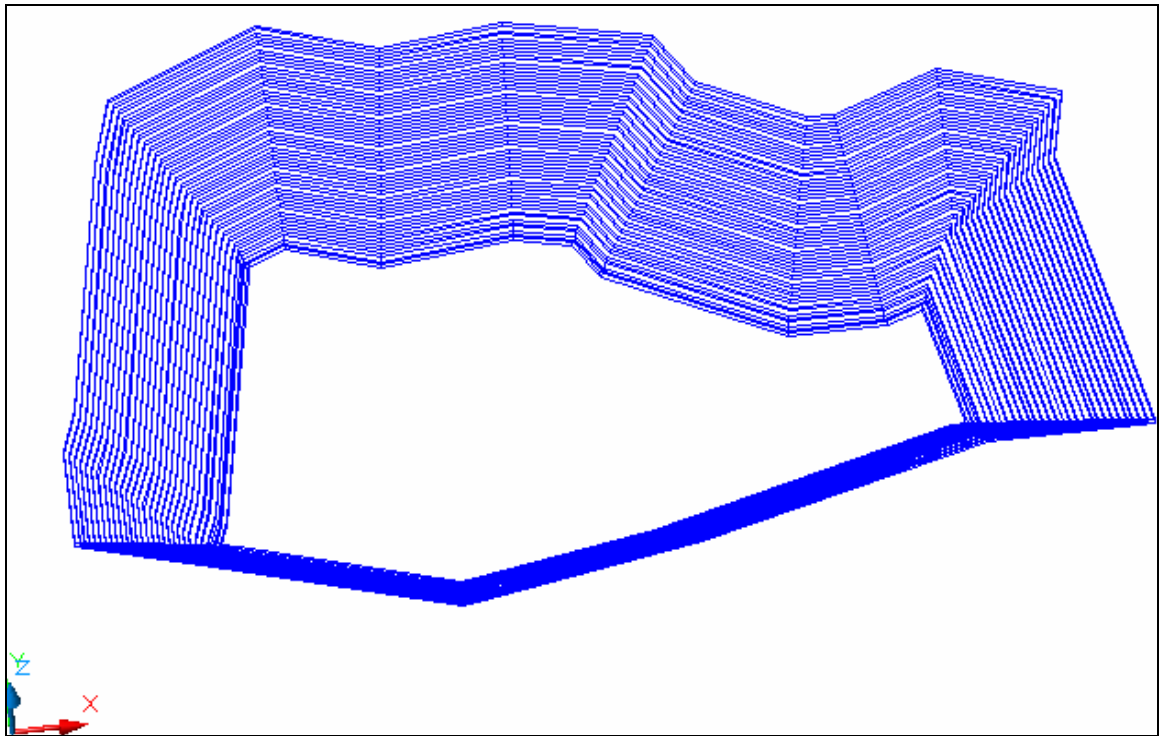
σχεδιάσουμε τις βαθμίδες και να τις μετατρέψουμε σε ένα στερεό το οποίο θα αποτελεί και τον όγκο που θα εξορυχθεί μέχρι το πέρας της εκμετάλλευσης.



Εικ. 5.2(α): Απεικόνιση της εκμετάλλευσης το 2001 με κανονικά τρίγωνα, όπου ξεχωρίζουν τα τρία διαφορετικά στερέα.

Για τον σχεδιασμό, σύμφωνα με τον Κανονισμό Μεταλλείων και Λατομείων, επιλέγουμε βαθμίδες ύψους και μήκους 6m ενώ η κλίση του τελικού πρανούς θα είναι 45° . Οι νέες βαθμίδες θα πρέπει να ξεκινούν 8m από τα όρια της εκμετάλλευσης. Ο αρχικός τοπογραφικός χάρτης περιείχε τα όρια της εκμετάλλευσης οπότε απλώς σχεδιάζουμε μια κλειστή polyline κατά μήκος των ορίων και την κάνουμε offset κατά 8m. Αυτή η polyline θα αποτελεί και το φρύδι της πρώτης από τις νέες βαθμίδες. Στην συνέχεια κάνουμε copy την polyline αυτή κατά 6m κατακόρυφα και offset κατά 6m προς τα μέσα, και συνεχίζουμε αυτήν την δουλειά μέχρι να φτάσουμε στο κατώτερο σημείο της εκμετάλλευσης.

Έτσι έχουμε φτιάξει τις βαθμίδες με μορφή polylines, αυτό που απομένει είναι να τις μετατρέψουμε σε στερεό ώστε να το αφαιρέσουμε από το στερεό της εκμετάλλευσης και να υπολογίσουμε τον όγκο αυτόν που αφαιρούμε.

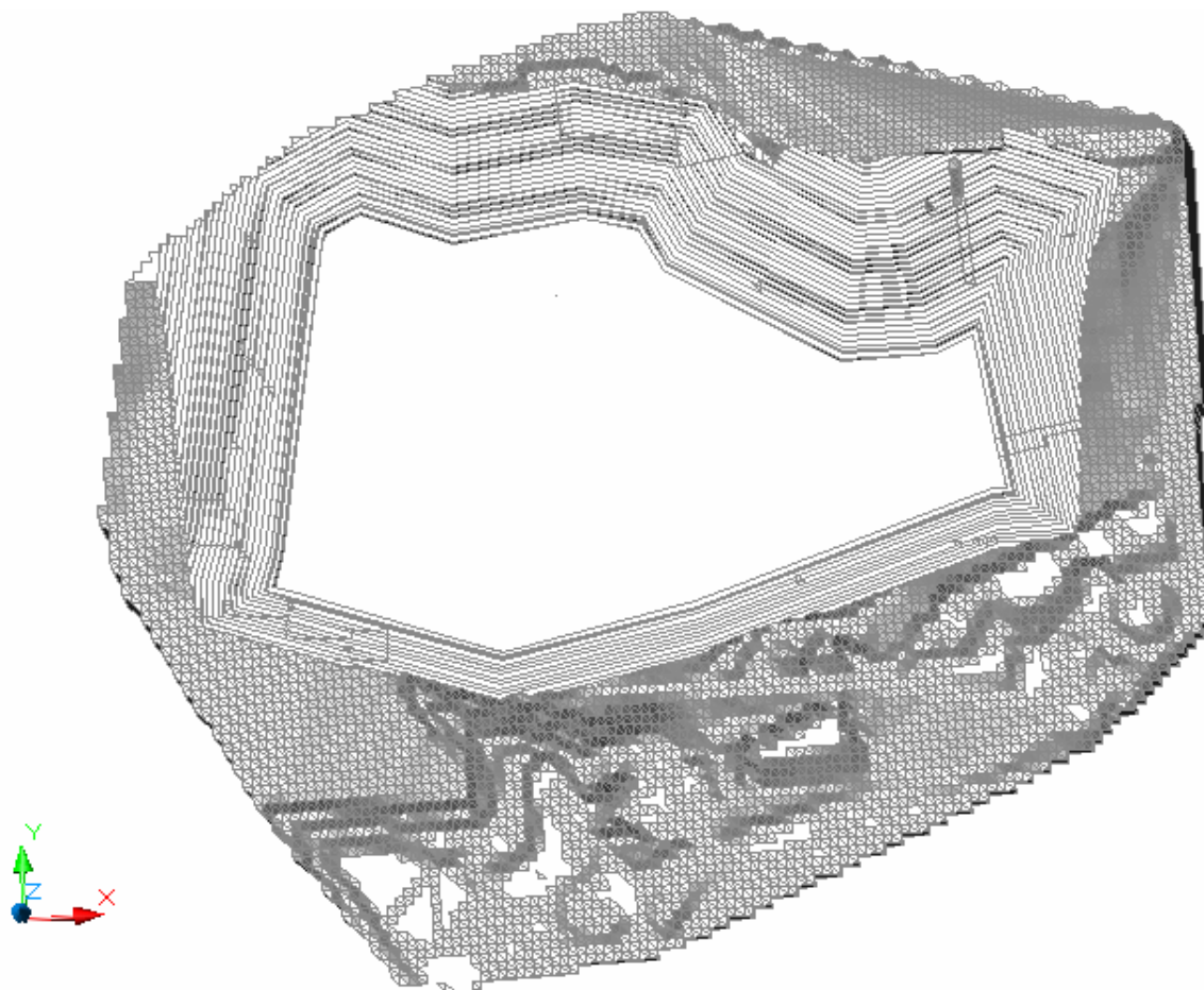


Εικ. 5.2(β): Απεικόνιση του στερεού που κατασκευάστηκε και θα χρησιμοποιηθεί για την διαμόρφωση της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης.

Εξωθούμε τις polylines προς τα κάτω κατά 6m, δηλαδή με $x=y=0m$ και $z=6m$, και τα στερεά που προκύπτουν τα συνενώνουμε και έτσι προκύπτει ένα στερεό το οποίο απεικονίζει το συμπληρωματικό της εκμετάλλευσης (Εικ.5.2(β)). Επειδή όμως οι ισοϋψείς που δημιουργήσαμε δεν ανταποκρίνονται πλήρως στην μορφολογία της

περιοχής γύρω από την εκμετάλλευση, συγκεκριμένα το στερεό των ισοϋψών προεξέχει αυτού της εκμετάλλευσης, πρέπει να εκτελέσουμε την intersection εντολή για τα στερεά της εκμετάλλευσης και του στερεού των βαθμίδων. Η εντολή αυτή θα μας επιστρέψει το κοινό στερεό μεταξύ αυτών της εκμετάλλευσης και των βαθμίδων. Στην συνέχεια το στερεό της intersection το αφαιρούμε από το στερεό της εκμετάλλευσης και προκύπτει το ανάγλυφο της τελικής εκμετάλλευσης. Ο όγκος του στερεού αυτού που αφαιρείται είναι και ο εξορυσσόμενος όγκος μέχρι το πέρας της εκμετάλλευσης.

Έτσι καταλήγουμε να έχουμε ένα στερεό στο οποίο υπάρχει το τελικό ανάγλυφο της εκμετάλλευσης και της γύρω περιοχής (Εικ.5.2(γ)).



Εικ. 5.2(γ): Απεικόνιση της τελικής φάσης της εκμετάλλευσης μετά την αφαίρεση των στερεών.

5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΩΝ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Αυτό που απομένει είναι να υπολογίσουμε τον όγκο μεταξύ της επιφάνειας της εκμετάλλευσης του 2001 και της τελικής φάσης, ο οποίος ουσιαστικά είναι και ο εξορυσσόμενος όγκος για να φτάσουμε την εκμετάλλευση στην τελική της μορφή μετά την εξόφληση του κοιτάσματος.

Σύμφωνα με αυτά που αναφέρουμε στην παράγραφο 4.3 πρέπει να δημιουργήσουμε δύο επιφάνειες, η μία θα είναι το τοπογραφικό του 2001 και η άλλη το τοπογραφικό της τελικής φάσης έτσι όπως το σχεδιάσαμε. Από τον Terrain Model Explorer εισάγουμε σαν δεδομένα στις δύο επιφάνειες τις ισοϋψείς τους και τις δημιουργούμε, φτιάχνουμε ένα παραλληλόγραμμο το οποίο θα αποτελεί το site και δημιουργούμε το Stratum επιλέγοντας τις δύο επιφάνειες. Σαν μέγεθος του πλέγματος (grid) επιλέγουμε στοιχειώδες επιφάνεια $1 \times 1 \text{ m}^2$. Η επιλογή αυτή θα απαιτήσει μεγάλη υπολογιστική ισχύ και χρόνο, καθώς έχουμε επιφάνειες έκτασης τετραγωνικών χιλιομέτρων, αλλά θα μας δώσει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Στην συνέχεια εκτελούμε και τις τρεις ρουτίνες ογκομέτρησης οι οποίες μας επιστρέφουν τα εξής αποτελέσματα :

Μέθοδος	Όγκος
	Cut (m^3)
Όγκοι με πλέγμα (Grid Volumes)	54.870.376
Σύνθετοι Όγκοι (Composite Volumes)	55.056.117
Όγκοι με τομές (Sections Volumes)	55.054.989

Πίνακας 5.3: Με τις τιμές που επιστρέφουν οι ρουτίνες υπολογισμού του όγκου.

Σύμφωνα με το παράδειγμα της παραγράφου 4.3 μπορούμε να θεωρήσουμε ως πιο αξιόπιστο υπολογισμό του όγκου την τιμή $55.056.117\text{m}^3$, που μας επιστρέφει η ρουτίνα Composite.

Ένας δεύτερος τρόπος για να ελέγξουμε το αποτέλεσμα που μας δίνει η ογκομέτρηση είναι να υπολογίσουμε τον όγκο του στερεού που προέκυψε από την εντολή intersect που εφαρμόσαμε στα στερεά της εκμετάλλευσης του 2001 και του στερεού της τελικής φάσης. Εκτελώντας την εντολή Mass Properties στο στερεό της intersection, μας δίνει όγκο $55.031.259\text{m}^3$, ο οποίος έχει ελάχιστη διαφορά από αυτόν που υπολογίσαμε με την Composite ρουτίνα.

Εμείς θα θεωρήσουμε πιο αξιόπιστο αυτόν της Composite, καθώς όπως είδαμε κατά την απεικόνιση της επιφάνειας του 2001 με 3D Faces προέκυψαν κάποια σφάλματα, τα οποία και μας εμπόδισαν να συνενώσουμε τα στερεά που προέκυψαν μετά την εξώθηση των τριγώνων σε ένα ενιαίο στερεό. Αυτά τα σφάλματα πιθανόν να επηρέασαν και την διαδικασία ογκομέτρησης με την εντολή Mass Properties. Στον υπολογισμό του όγκου μεταξύ δύο επιφανειών, που έχουμε δημιουργήσει, το μόνο σφάλμα που έγκειται είναι στα μη σωστά δεδομένα εισαγωγής ή στην λάθος κρίση μας κατά την επιλογή των δεδομένων εισαγωγής. Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα δεδομένα εισαγωγής ήταν συγκεκριμένα και δεν χρειάστηκε να αποφασίσουμε ποια δεδομένα θα επιλέξουμε, όπως έγινε με την περίπτωση της Μαλακάσας (παρ. 4.2).

Απομένει μόνο να υπολογισθεί το βάρος του εξορυσσόμενου πετρώματος που απαιτείται για να φτάσουμε στην τελική φάση της εκμετάλλευσης. Έχουμε κοίτασμα ασβεστολίθου όποτε αρκεί να πολλαπλασιάσουμε τον όγκο που υπολογίσαμε με το ειδικό βάρος του ασβεστολίθου ($2,65\text{tn/m}^3$) και είναι $M = 55.056.117 \times 2.65 = 145.898.710\text{tn}$.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελικά συμπεράσματα που μπορούμε να εξάγουμε από την παρούσα διπλωματική εργασία είναι ότι το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στα χέρια ενός μηχανικού.

Δίνει λύσεις σε πολλά προβλήματα τα οποία θα κληθεί να αντιμετωπίσει ένας μηχανικός ο οποίος ασχολείται με προβλήματα που αφορούν την εκμετάλλευση ενός λατομείου. Η χρήση του προγράμματος βέβαια δεν περιορίζεται μόνο στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάλλιστα και σε υπόγεια ορυχεία εφόσον έχουμε στην διάθεση τα δεδομένα που θα χρειασθεί το λογισμικό για να μπορέσουμε να το χρησιμοποιήσουμε.

Όπως είδαμε στις παραπάνω παραγράφους η ποσότητα των δεδομένων που απαιτεί το λογισμικό δεν είναι μεγάλη και είναι σε μορφή που εύκολα θα υπάρχει σε μια μεταλλευτική εταιρεία. Βέβαια όσο μεγαλύτερη η πληθώρα των δεδομένων που έχουμε τόσο πιο αξιόπιστα θα είναι και τα αποτελέσματα της εργασίας μας. Αυτό σημαίνει όμως ότι θα πρέπει να είμαστε αρκετά σίγουροι για την αξιοπιστία των δεδομένων εισαγωγής. Δίνει μεγάλη ελευθερία στην επιλογή των δεδομένων επιτρέποντας μας να επιλέξουμε εμείς τα στοιχεία που θα εισάγουμε, μπορούμε δηλαδή να μην χρησιμοποιήσουμε δεδομένα για τα οποία δεν είμαστε σίγουροι ότι ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Μπορούμε με στοιχεία από γεωτρήσεις να κάνουμε μια πρόχειρη εκτίμηση για τα όρια του κοιτάσματος και για το τι περίπου θα περιμένουμε να συναντήσουμε στα διάφορα σημεία εξόρυξης της εκμετάλλευσης. Αυτό αποτελεί μόνο μια πρόχειρη εκτίμηση αφού με το συγκεκριμένο λογισμικό δεν μπορούμε να πραγματοποιήσουμε γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Η μεγαλύτερη δυνατότητα που προσφέρει το πρόγραμμα είναι η ευκολία με την οποία μπορούμε να κατασκευάσουμε πολύπλοκες επιφάνειες. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να βρει πολλές εφαρμογές σε περιπτώσεις, όπου θέλουμε να απεικονίσουμε και να επεξεργαστούμε επιφάνειες πάνω στις οποίες αναμένουμε να σημειωθεί κατολίσθηση, να δούμε την ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα στο υπέδαφος καθώς και άλλα θέματα που απασχολούν λατομευτικές επιχειρήσεις

Τέλος από την εμπειρία μας στον χειρισμό του λογισμικού μπορεί να ειπωθεί ότι το AutoCAD Land Development Suite R2 είναι ένα λογισμικό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αρκετές γεωεφαρμογές. Έχει ένα επίπεδο δυσκολίας το οποίο μετά από κάποιο χρόνο εξοικείωσης ξεπερνιέται ενώ είναι και πολύ σημαντική η βοήθεια που παρέχει το εγχειρίδιο λειτουργίας του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία:

1. **Κατσικάτσος Γ. (1992).** *Γεωλογία της Ελλάδος.*

Διεθνής Βιβλιογραφία:

1. **Dounas (1971).** *The Geology of the area between Megara and Erithrai village (Attica).*
2. **Dounas (1973).** *Geological research for exploration of limestone raw materials to be used as feed for the new industrial unit of TITAN S.A..*
3. **Jacobshagen V. (1986).** *Geologie von Griechenland.* p. 1-363 (Gebrüder Bornträger).
4. **Autodesk, Ink. (2000).** *AutoCAD Land Development Desktop R2i Tutorials.*
5. **Autodesk, Ink. (2000).** *AutoCAD Land Development Desktop R2i Help.*

Ιστοσελίδες στο διαδίκτυο:

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