



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΣΤΥΛΙΑΝΙΔΗΣ Χ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Επιβλέπων: Α. Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Φ. Μερτζάνης, Επιστημονικός συνεργάτης Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σήμερα κλείνει ένας κύκλος της ζωής μου ως φοιτητής. Το ταξίδι αυτό δεν ήταν εύκολο, όμως υπήρξαν άνθρωποι που με στήριξαν και χωρίς αυτούς δεν θα έφτανα ως εδώ.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Α. Λοΐζο, για την ανάθεση και επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τον επιστημονικό συνεργάτη κ. Φ. Μερτζάνη, για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της.

Ευχαριστώ, επίσης, την οικογένεια μου για την ηθική και υλική υποστήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου, που σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, μου παρείχαν αμέριστη βοήθεια.

ΔΙΕΥΡΕΥΝΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Στυλιανίδης Αλέξανδρος

Επιβλέπων: Α. Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Φ. Μερτζάνης, Επιστημονικός συνεργάτης Ε.Μ.Π.

ΣΥΝΟΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η αναζήτηση μιας αποτελεσματικής μεθόδου υπολογισμού του κόστους των χωματοουργικών εργασιών, έχοντας ως βασικό κριτήριο της έρευνας, την ελαχιστοποίηση αυτού. Προς τούτο, ανατρέξαμε στη σχετική βιβλιογραφία με σκοπό την εύρεση των πλέον εύστοχων ερευνών αναφορικά με τους χωματισμούς σε έναν οδικό άξονα και συλλέξαμε τα θεωρητικά στοιχεία που κρίθηκαν χρήσιμα για την υλοποίηση της μεθόδου. Προβήκαμε, τελικά, σε μαθηματικοποίηση της παραπάνω μεθόδου και δημιουργήσαμε κατάλληλο λογισμικό σε περιβάλλον Ηλεκτρονικού Υπολογιστή, το οποίο έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί τον πίνακα κίνησης γαιών και ακολούθως να υπολογίζει το κόστος των χωματοουργικών εργασιών. Ως βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου κρίνονται η ταχύτητα στον υπολογισμό και η ευελιξία της, καθώς με ελάχιστα δεδομένα, ο χρήστης θα είναι σε θέση να γνωρίζει το συνολικό κόστος των χωματοουργικών εργασιών και να κάνει αλλαγές, αν αυτό κριθεί αναγκαίο.

Λέξεις κλειδιά: Κόστος χωματοουργικών εργασιών, Λογισμικό Ηλεκτρονικού Υπολογιστή, Ελαχιστοποίηση κόστους

INVESTIGATION TO CALCULATE THE COST OF ROAD DESIGNS

Stylianidis Alexandros

Supervisor: A. Loizos, Professor N.T.U.A.

Co-Supervisor: F. Mertzanis, Research associate N.T.U.A.

ABSTRACT

This diploma thesis aims to create an efficient method, which will allow the researcher to calculate the cost of earthworks, with the minimization of the cost being the main criterion. In doing so, this research synthesizes relevant surveys concerning the landings on a road axis to create a software, which would be able to calculate the costs of earthworks based on the created land table.

What we consider to be the basic advantages of the method created, are the speed of calculation and its flexibility, considering that with minimal data the user will be able to know the total cost of earthworks and make the changes if necessary.

Key words: Costs of earthworks, Computer software, Cost minimization

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δημιουργία ενός ασφαλούς οδικού άξονα είναι αδύνατο να επιτευχθεί με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους ως έχουν. Προϋποθέτει χωματοургικές εργασίες ώστε να μην υπάρχουν απότομες κλίσεις και κλειστές στροφές. Οι εργασίες αυτές αντιπροσωπεύουν μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους κατασκευής του έργου, και γι' αυτό κρίνεται αναγκαίος ο υπολογισμός του και η προσπάθεια ελαχιστοποίησης του.

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάπτυξη λογισμικού σε περιβάλλον Η/Υ το οποίο θα είναι σε θέση να εξάγει αποτελέσματα αναφορικά με το κόστος των χωματοургικών εργασιών για οποιοδήποτε οδικό άξονα του ζητηθεί. Ταυτόχρονα με τον με τον υπολογισμό του κόστους, θα δημιουργεί το διάγραμμα και τον πίνακα κίνησης γαιών. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, είναι η εισαγωγή δεδομένων σχετικά με τη θέση των γραμμών διανομής και τις παραμέτρους της προμέτρησης.

Από τα αποτελέσματα της αναζήτησης ερευνών σχετικών με το κόστος των χωματοургικών εργασιών και τη κίνηση των γαιών, παρατηρήθηκαν οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούν οι ερευνητές για τον υπολογισμό του κόστους αλλά και την ελαχιστοποίηση αυτού. Επίσης μελετήθηκαν και τα κυριότερα λογισμικά οδοποιίας που χρησιμοποιούν οι Έλληνες μελετητές για την χάραξη των οδών.

Στη συνέχεια, γίνεται υλοποίηση της μαθηματικής μεθόδου υπολογισμού του κόστους και περιγραφή της διαδικασίας αυτής, όπως αυτή χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα διπλωματική εργασία.

Ύστερα, γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του λογισμικού οδοποιίας FM17, στο περιβάλλον του οποίου λειτουργεί το νέο πρόγραμμα. Της παρουσίασης αυτής, έπεται μία αναλυτική περιγραφή και επεξήγηση του αλγορίθμου που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Αφού, έχουν συλλεχθεί στοιχεία για οδικό τμήμα στην Ελλάδα και έχει εκτελεστεί ο κώδικας για τις συγκεκριμένες οδούς, θα προκύψουν και θα παρουσιασθούν τα αποτελέσματα για τα συγκεκριμένα παραδείγματα.

Συμπερασματικά, η παραπάνω διαδικασία μπορεί να αποτελέσει βασικό εργαλείο για τον ερευνητή, και να του δώσει ολοκληρωμένα στοιχεία σχετικά με το κόστος των χωματισμών. Η αυτοματοποίηση της μεθόδου αυτής μέσω του λογισμικού που δημιουργήθηκε, δίνει στο χρήστη δυνατότητες όπως η ταχύτητα και η ευελιξία, που κάθε πολιτικός μηχανικός θα επιθυμούσε. Είναι εύκολο στη χρήση του και δεν χρειάζεται ιδιαίτερη εξοικείωση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, πράγμα που το καθιστά ακόμα πιο προσιτό.

Περιεχόμενα

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	23
1.1	Γενική ανασκόπηση	23
1.2	Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	24
1.3	Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	24
2.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	26
2.1	Συναφείς έρευνες.....	26
2.1.1	Εισαγωγή.....	26
2.1.2	Συνοπτική παρουσίαση ερευνών	26
2.2	Συνοπτική παρουσίαση των δυνατοτήτων άλλων λογισμικών ευρείας χρήσης	32
2.3	Σύνοψη Βιβλιογραφίας	35
3.	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	36
3.1	Χωματισμοί.....	36
3.1.1	Εισαγωγή.....	36
3.1.2	Υπολογισμός εμβαδού διατομών	38
3.1.3	Υπολογισμός όγκου χωματισμών	40
3.1.4	Συντελεστής επιπλήσματος	43
3.1.5	Πίνακας χωματισμών	44
3.1.6	Κίνηση γαιών	44
3.2	Μέθοδος Bruckner.....	45
3.2.1	Εισαγωγή.....	45
3.2.2	Διάγραμμα Bruckner	45
3.2.3	Γραμμές διανομής.....	49
3.2.4	Μέση απόστασης μεταφοράς.....	50
3.2.5	Κόστος εκσκαφής και μεταφοράς.....	51
3.2.6	Οριακή απόσταση μεταφοράς.....	52
3.2.7	Βέλτιστη γραμμή διανομής.....	52
3.3	Μέθοδος LALANNE.....	56
3.3.1	Εισαγωγή.....	56
3.3.2	Κατασκευή διαγράμματος LALANNE	57
3.3.3	Γραμμές διανομής.....	58
4.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΩΜΑΤΙΣΜΩΝ	59
4.1	Εισαγωγή	59

4.2 Ανάπτυξη Μεθοδολογίας	60
4.2.1 Προεργασία-Υπολογισμός προ απαιτούμενων μεγεθών	60
4.2.2 Υπολογισμός αποθέσεων	69
4.2.3 Υπολογισμός δανείων.....	74
4.2.4 Υπολογισμός κυβοχιλιομέτρων	79
4.2.5 Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής	81
4.2.6 Υπολογισμός κόστους χωματοουργικών εργασιών	84
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ Η/Υ	86
5.1 Λογισμικό οδοποιίας FM17.....	86
5.1.1 Εισαγωγή.....	86
5.1.2 Περιβάλλον εργασίας.....	86
5.1.3 Εισαγωγή δεδομένων	87
5.1.4 Εκτέλεση προγραμμάτων	87
5.1.5 Εξαγόμενα αποτελέσματα.....	89
5.2 Λογισμικό “PROM”	91
5.2.1 Γενικά.....	91
5.2.2 Περιγραφή βημάτων	91
5.2.3 Δομή του λογισμικού PROM	92
5.3 Παράδειγμα εφαρμογής του λογισμικού “PROM”	97
5.3.1 Εισαγωγή.....	97
5.3.2 Αντικείμενο μελέτης.....	98
5.3.3 Σχεδιασμός του αυτοκινητόδρομου.....	98
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	117
6.1 Εισαγωγή	117
6.2 Βασικά συμπεράσματα.....	117
6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	121
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	123

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Αποτελέσματα όπως προκύπτουν από τον αλγόριθμο (K. Nassar, E. A. Ally, H. Osman, 'Developing an efficient algorithm for balancing mass-haul diagrams')	28
Εικόνα 2.2: Διάγραμμα Bruckner στο περιβάλλον του anadelta tessera (http://anadelta.com)	32
Εικόνα 2.3: Πίνακας χωματισμών στο περιβάλλον του anadelta tessera (http://anadelta.com)	33
Εικόνα 2.4 Διάγραμμα Bruckner στο περιβάλλον «Gaies» (http://diolkos3d.com)	34
Εικόνα 2.5: Εισαγωγή παραμέτρων για τον υπολογισμό του κόστους (http://diolkos3d.com)	34
Εικόνα 4.1: Μορφές φατνωμάτων	59
Εικόνα 4.2: Αντιστοίχιση σημείων γραμμής κύβων-γραμμής διανομής	64
Εικόνα 4.3: Σημεία τομής Bruckner-γραμμών διανομής	65
Εικόνα 4.4: Γραμμική παρεμβολή σημείων γραμμής κύβων	65
Εικόνα 4.5: Συντεταγμένες αρχής και τέλους γραμμών διανομής	67
Εικόνα 4.6: Χαρακτηριστικά σημεία τραπεζίου	68
Εικόνα 4.7: Αποθέσεις σε όλο το μήκος της οδού	69
Εικόνα 4.8: Αποθέσεις στην αρχή	70
Εικόνα 4.9: Αποθέσεις στο τέλος	71
Εικόνα 4.10: Αποθέσεις σε ενδιάμεσα τμήματα της οδού	72
Εικόνα 4.11: Διαφορά στον y άξονα των χαρακτηριστικών σημείων τραπεζίου	73
Εικόνα 4.12: Δάνεια σε όλο το μήκος της οδού	74
Εικόνα 4.13: Δάνεια στην αρχή	75
Εικόνα 4.14: Δάνεια στο τέλος	76
Εικόνα 4.15: Δάνεια σε ενδιάμεσα τμήματα της οδού	77
Εικόνα 4.16: Διαφορά στον y άξονα των χαρακτηριστικών σημείων τραπεζίου	78
Εικόνα 4.17: Εμβαδά τραπεζίων	79
Εικόνα 4.18: Χαρακτηριστικά σημεία «τραπεζοειδούς» μορφής	80
Εικόνα 4.19: Κυβικά εκσκαφής φατνωμάτων "καμπάνας"	81
Εικόνα 4.20: Κυβικά εκσκαφής φατνωμάτων "τραπεζίου"	83
Εικόνα 5.1: Περιβάλλον εργασίας FM17	86
Εικόνα 5.2: Πλαίσια αρχείων εισαγωγής δεδομένων στο κεντρικό μενού	87
Εικόνα 5.3: Μορφή αρχείου εισαγωγής δεδομένων	87
Εικόνα 5.4: Πλαίσια εκτέλεσης προγράμματος	88
Εικόνα 5.5: Βοηθητικά κουμπιά εκτέλεσης προγραμμάτων	88
Εικόνα 5.6: Επιτυχής εκτέλεση προγράμματος	88
Εικόνα 5.7: Μη επιτυχής εκτέλεση προγράμματος	89
Εικόνα 5.8: Πλαίσια εξαγωγής αλφαριθμητικών αποτελεσμάτων	89
Εικόνα 5.9: Αλφαριθμητικά αποτελέσματα	90

Εικόνα 5.10: Σχέδιο εκτέλεσης προγράμματος	90
Εικόνα 5.11: Περιβάλλον εργασίας λογισμικού	92
Εικόνα 5.12: Παράθυρο του Excel με μήνυμα ενημέρωσης	95
Εικόνα 5.13: Αρχείο prom.dxf	96
Εικόνα 5.14: Χάρτης περιοχής αυτοκινητόδρομου μελέτης.....	97
Εικόνα 5.15: Χάραξη αυτοκινητόδρομου με ανισόπεδο κόμβο	98
Εικόνα 5.16: Οριζοντιογραφία A1	99
Εικόνα 5.17: Μηκοτομή A1	100
Εικόνα 5.18: Διάγραμμα Bruckner A1	100
Εικόνα 5.19: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων	101
Εικόνα 5.20: Τιμές παραμέτρων προμέτρησης	101
Εικόνα 5.21: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων	101
Εικόνα 5.22: Τοποθέτηση γραμμών διανομής	102
Εικόνα 5.23: Συντεταγμένες γραμμών διανομής στο φύλλο δεδομένων	102
Εικόνα 5.24: Εκτέλεση του προγράμματος	102
Εικόνα 5.25: Αρχείο prom.dxf	104
Εικόνα 5.26: Πίνακας χρωματισμών στο αρχείο prom.dxf.....	105
Εικόνα 5.27: Οριζοντιογραφία A2	105
Εικόνα 5.28: Μηκοτομή A2	106
Εικόνα 5.29: Διάγραμμα Bruckner A2	106
Εικόνα 5.30: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων	107
Εικόνα 5.31: Τιμές παραμέτρων προμέτρησης	107
Εικόνα 5.32: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων	107
Εικόνα 5.33: Τοποθέτηση γραμμής διανομής	108
Εικόνα 5.34: Συντεταγμένες γραμμής διανομής στο φύλλο δεδομένων	108
Εικόνα 5.35: Εκτέλεση του προγράμματος	108
Εικόνα 5.36: Αρχείο prom.dxf	110
Εικόνα 5.37: Οριζοντιογραφία A3	111
Εικόνα 5.38: Μηκοτομή A3	112
Εικόνα 5.39: Διάγραμμα Bruckner A3	112
Εικόνα 5.40: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων	113
Εικόνα 5.41: Τιμές παραμέτρων προμέτρησης	113
Εικόνα 5.42: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων	113
Εικόνα 5.43: Τοποθέτηση γραμμής διανομής	114
Εικόνα 5.44: Συντεταγμένες γραμμής διανομής στο φύλλο δεδομένων	114
Εικόνα 5.45: Εκτέλεση του προγράμματος	114
Εικόνα 5.46: Αρχείο prom.dxf	116

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5.1: Φύλλα εισαγωγής δεδομένων	93
Πίνακας 5.2: Φύλλο εισαγωγής «παράμετροι προμέτρησης»	93
Πίνακας 5.3: Πρόγραμμα λογισμικού	94
Πίνακας 5.4: Εξαγόμενα σχέδια	95

Σχήμα 2.1: Μηκοτομή οδικού άξονα – εδάφους και το αντίστοιχο διάγραμμα Bruckner (K. Nassar, E. A. Ally, H. Osman, ‘Developing an efficient algorithm for balancing mass-haul diagrams’)	27
Σχήμα 2.2: Τύποι σχημάτων και χωρισμός σε πιο απλά κλειστά σχήματα (K. Nassar, E. A. Ally, H. Osman, ‘Developing an efficient algorithm for balancing mass-haul diagrams’)	28
Σχήμα 2.3: Περιορισμοί γραμμικού προγραμματισμού (W. L. Hare, V. R. Koch, Y. Lucet ‘Models and algorithms to improve earthwork operations in road design using mixed integer linear programming’)	29
Σχήμα 2.4: Διαίρεση σε 8 τμήματα και 2 ευθείες πολυκλινούς (A. A. Moreb ‘Linear programming model for finding optimal roadway grades that minimize earthwork cost’)	30
Σχήμα 3.1: Διατομή οδού σε επίχωμα.....	36
Σχήμα 3.2: Διατομή οδού σε όρυγμα	37
Σχήμα 3.3: Μικτή διατομή οδού	37
Σχήμα 3.4: Τυπική διατομή οδού	38
Σχήμα 3.5: Υπολογισμός εμβαδού διατομής με τη μέθοδο τετραγωνιδίων (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος).....	39
Σχήμα 3.6: Υπολογισμός εμβαδού διατομής με τη μέθοδο των λωρίδων (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος).....	39
Σχήμα 3.7: Αρίθμηση συντεταγμένων πολυγώνου	40
Σχήμα 3.8: Διάγραμμα επιφανειών (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)	41
Σχήμα 3.9: Αυξομειώσεις στον όγκο του εδαφικού υλικού	43
Σχήμα 3.10: Πίνακας χωματισμών επιφανειών (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)	44
Σχήμα 3.11: Διάγραμμα Bruckner	46
Σχήμα 3.12: Ανερχόμενος και κατερχόμενος κλάδος διαγράμματος Bruckner (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος).....	46
Σχήμα 3.13: Αντιστοιχία μηκοτομής, διαγράμματος επιφανειών και διαγράμματος Bruckner (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)	47
Σχήμα 3.14: Πλήρη εξίσωση χωματισμών	47
Σχήμα 3.15: Περίσσεια ορυγμάτων	48
Σχήμα 3.16: Περίσσεια επιχωμάτων	48

Σχήμα 3.17: Γραμμή διανομής με δάνεια (Σημειώσεις Οδοποιίας ΙΙ-Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)	49
Σχήμα 3.18: Γραμμή διανομής με αποθέσεις (Σημειώσεις Οδοποιίας ΙΙ-Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)	49
Σχήμα 3.19: Διάσπαση γραμμής διανομής με δάνεια στην ενδιάμεση θέση (Σημειώσεις Οδοποιίας ΙΙ-Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος).....	50
Σχήμα 3.20: Μέση απόσταση μεταφοράς σε φάτνωμα	50
Σχήμα 3.21: Σχέση κόστους-απόστασης μεταφοράς (Σημειώσεις Οδοποιίας ΙΙ-Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)	51
Σχήμα 3.22: Άρτιος αριθμός φατνωμάτων με δύο γραμμές διανομής (Σημειώσεις Οδοποιίας ΙΙ-Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος).....	53
Σχήμα 3.23: Φατνώματα με ίδιες μεταφορές (Σημειώσεις Οδοποιίας ΙΙ-Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)	53
Σχήμα 3.24: Κίνηση ορυγμάτων με τη γραμμή διανομής 1	53
Σχήμα 3.25: Κίνηση ορυγμάτων με τη γραμμή διανομής 2	53
Σχήμα 3.26: Περιττός αριθμός φατνωμάτων χωρίς λήψη δανείων ή δημιουργία αποθέσεων	54
Σχήμα 3.27: Περιττός αριθμός φατνωμάτων με λήψη δανείων και δημιουργία αποθέσεων	55
Σχήμα 3.28: Κίνηση ορυγμάτων με τη γραμμή διανομής 1	55
Σχήμα 3.29: Κίνηση ορυγμάτων με τη γραμμή διανομής 2	55
Σχήμα 3.30: Διάγραμμα επιφανειών	56
Σχήμα 3.31: Τροποποιημένο διάγραμμα επιφανειών	57
Σχήμα 3.32: Αντιστοιχία διαγράμματος επιφανειών – διαγράμματος LALANNE	57
Σχήμα 3.33: Γράφημα Lalanne με 2 γραμμές διανομής	58
Σχήμα 4.1: Οριζόντια γραμμή διανομής	60
Σχήμα 4.2: Αύξουσα σειρά γραμμών διανομής	61
Σχήμα 4.3: Δημιουργία πινάκων	62
Σχήμα 4.4: Ταξινόμηση πινάκων	63
Σχήμα 4.5: Σημεία γραμμών διανομής σε αντιστοιχία με Bruckner	64
Σχήμα 4.6: Εύρεση σημείων τομής	66
Σχήμα 4.7: Ύπαρξη «τραπεζοειδούς» μορφής	67
Σχήμα 4.8: Εύρεση χαρακτηριστικών σημείων τραπεζίου.....	68
Σχήμα 4.9: Διαδικασία υπολογισμού αποθέσεων	69
Σχήμα 4.10: Διαδικασία υπολογισμού αποθέσεων στην αρχή	70
Σχήμα 4.11: Διαδικασία υπολογισμού αποθέσεων στο τέλος	71
Σχήμα 4.12: Διαδικασία εύρεσης ενδιάμεσων αποθέσεων	72
Σχήμα 4.13: Έλεγχος δημιουργίας αποθέσεων στο ενδιάμεσο τμήμα	73

Σχήμα 4.14: Διαδικασία υπολογισμού δανείων	74
Σχήμα 4.15: Διαδικασία υπολογισμού δανείων στην αρχή.....	75
Σχήμα 4.16: Διαδικασία υπολογισμού δανείων στο τέλος.....	76
Σχήμα 4.17: Διαδικασία εύρεσης ενδιάμεσων δανείων	77
Σχήμα 4.18: Έλεγχος δημιουργίας δανείων στο ενδιάμεσο τμήμα	78
Σχήμα 4.19: Διαδικασία εύρεσης εμβαδών φατνωμάτων μορφής «καμπάνας»	80
Σχήμα 4.20: Διαδικασία εύρεσης εμβαδών φατνωμάτων μορφής «τραπεζίου»	81
Σχήμα 4.21: Διαδικασία εύρεσης κυβικών εκσκαφής	82
Σχήμα 4.22: Διαδικασία εύρεσης κυβικών εκσκαφής	83
Σχήμα 4.23: Διαδικασία εύρεσης κυβικών εκσκαφής φατνωμάτων μορφής «τραπεζίου».....	84
Σχήμα 5.1: Φύλλο εισαγωγής «γραμμές διανομής»	94

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική ανασκόπηση

Η οδός αποτελεί βασικό έργο υποδομής μίας χώρας και συνιστά μοχλό ανάπτυξης για κάθε περιοχή. Η κατασκευή του αποτελεί βασικό κομμάτι της οικονομίας κάθε χώρας, καθώς δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας στα εργοτάξια ενώ ταυτόχρονα έχει μεγάλη επίπτωση στο ΑΕΠ. Είναι λογικό λοιπόν, κάθε χώρα να επιθυμεί υψηλή ποιότητα οδικών υποδομών, και παράλληλα να επιζητά το μικρότερο δυνατό κόστος δαπάνης και συντήρησης. Επομένως, από οικονομική άποψη είναι υψίστης σημασίας η γνώση του προϋπολογισμού του οδικού έργου και η προσπάθεια ελαχιστοποίησης του με ταυτόχρονη αύξηση της ποιότητας και της ασφάλειας.

Με λίγα λόγια ο μηχανικός καλείται να κατασκευάσει μια οδική υποδομή που να παρέχει ασφάλεια και λειτουργικότητα, και συγχρόνως να είναι οικονομικά ανταγωνιστική.

Το συνολικό κόστος κατασκευής των οδικών έργων χωρίζεται σε πέντε κατηγορίες:

- Οδοστρωσία
- Χωματοургικές εργασίες
- Γέφυρες
- Αποχέτευση
- Διάφορα

Στη πλειονότητα των περιπτώσεων, εκτιμάται ότι το κόστος των χωματοургικών εργασιών αποτελεί το 30-40% του συνολικού κόστους κατασκευής του οδικού έργου.

Παρατηρείται ότι μεγάλο μέρος της συνολικής δαπάνης κατασκευής του οδικού έργου αφορά τις χωματοургικές εργασίες και τις μετακινήσεις γαιών που πραγματοποιούνται. Αποκτά λοιπόν μεγάλη σημασία ο προσδιορισμός του κόστους αυτού και οι εναλλακτικές προτάσεις της κίνησης γαιών στην προσπάθεια μείωσης του.

1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Ο πολιτικός μηχανικός αφού ολοκληρώσει τη σχεδίαση της μηκοτομής της οδού, καλείται να υπολογίσει τον προϋπολογισμό του έργου, αφού πρώτα έχει ορίσει τον τρόπο που θα κινηθούν τα ορύγματα. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται εκτελώντας χρονοβόρες διαδικασίες που πολλές φορές ενέχουν κίνδυνο σφάλματος.

Στο πλαίσιο αυτό, η διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την ανάπτυξη μιας αποτελεσματικής μεθόδου για τον ταχύ υπολογισμό του κόστους των χωματοουργικών εργασιών, με κριτήριο τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του ύστερα από δοκιμές σχετικά με τον τρόπο κίνησης των γαιών.

Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε νέο λογισμικό, το οποίο εξάγει αποτελέσματα αναφορικά με το κόστος των χωματισμών και δημιουργεί τον πίνακα και το διάγραμμα κίνησης γαιών. Το λογισμικό είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN, ενώ χρησιμοποιούνται και μακροεντολές που βασίζονται στη Visual Basic.

1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Το παρόν υπό-κεφάλαιο ασχολείται με την παρουσίαση της δομής της διπλωματικής εργασίας, και στο πλαίσιο του θα πραγματοποιηθεί μια συνοπτική περιγραφή των κεφαλαίων.

Κεφάλαιο 1

Αποτελεί την εισαγωγή της Διπλωματικής Εργασίας και παρουσιάζει στον αναγνώστη το γενικότερο πλαίσιο των χωματοουργικών εργασιών στην κατασκευή ενός οδικού έργου. Παρουσιάζεται ο επιδιωκόμενος στόχος και η δομή της διπλωματικής εργασίας

Κεφάλαιο 2

Γίνεται μία ανασκόπηση της επιστημονικής βιβλιογραφίας. Αναλύονται συναφείς έρευνες και μελέτες με την παρούσα Διπλωματική Εργασία, ενώ παρουσιάζονται και τα κυριότερα προγράμματα οδοποιίας που χρησιμοποιούν Έλληνες μελετητές.

Κεφάλαιο 3

Αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο βασίζεται και η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε. Αποσαφηνίζονται θεωρητικές έννοιες και στοιχεία που κρίνονται απαραίτητα όσον αφορά το κόστος των χωματοουργικών εργασιών.

Κεφάλαιο 4

Αναπτύσσεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Γίνεται πλήρης αναφορά των μαθηματικών σχέσεων που χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζεται η δομή του λογισμικού.

Κεφάλαιο 5

Παρουσιάζεται συνοπτικά το λογισμικό οδοποιίας FM17 και αναλυτικά το λογισμικό που δημιουργήθηκε για το κόστος των χωματισμών. Επίσης παρατίθενται παραδείγματα οδικών αξόνων, για τα οποία εφαρμόστηκε το νέο πρόγραμμα, για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του.

Κεφάλαιο 6

Αναφέρονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Αναφέρεται επιγραμματικά η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Παράρτημα

Παρουσιάζεται ο κώδικας του λογισμικού για τον υπολογισμό του κόστους των χωματισμών.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Συναφείς έρευνες

2.1.1 Εισαγωγή

Για τη δημιουργία του προγράμματος, ως θεωρητικό υπόβαθρο λήφθηκε υπόψιν το βιβλίο **Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων** (Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος) που διδάχθηκε στο 6^ο εξάμηνο, καθώς και το **Οδοποιία I – Χαράξεις & Υπολογισμός Χωματισμών** (Αναστάσιος Κ. Αποστολέρης). Παρ' όλα αυτά στο πλαίσιο της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο αρχικό στάδιο της διπλωματικής εργασίας, βρέθηκαν και μελετήθηκαν συναφείς εργασίες.

Στο παρόν υποκεφάλαιο περιγράφονται συνοπτικά εργασίες και έρευνες που μελετήθηκαν και προσεγγίζουν το πρόβλημα του κόστους των χωματισμών. Για κάθε εργασία γίνεται συνοπτική αναφορά στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και στα συμπεράσματα που προέκυψαν.

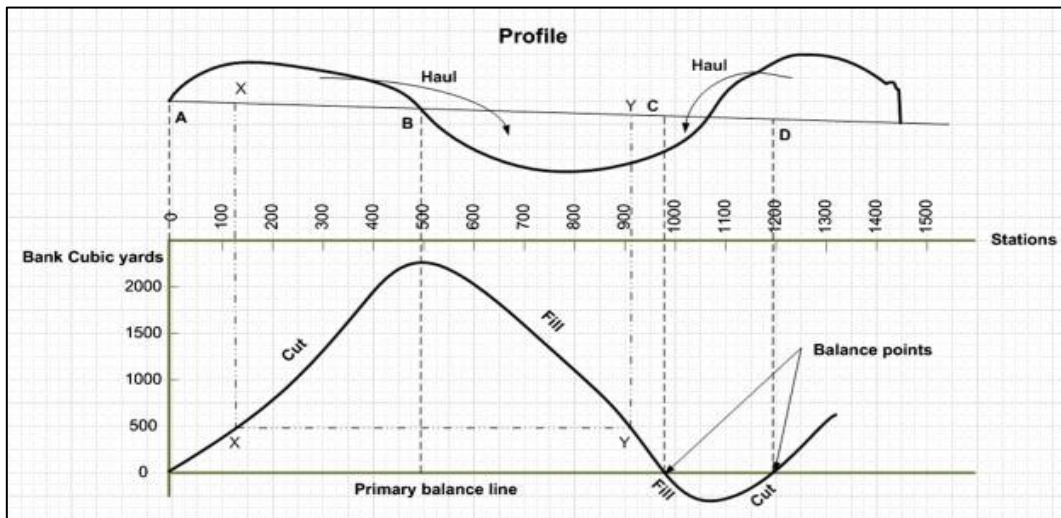
2.1.2 Συνοπτική παρουσίαση ερευνών

Οι χωματοургικές εργασίες αποτελούν μέρος της κατασκευής οποιουδήποτε τύπου υποδομής εδάφους. Σε οδικές υποδομές οι χωματοургικές εργασίες αντιπροσωπεύουν το 30-40% του συνολικού κόστους κατασκευής. Είναι εύλογη λοιπόν η ανάγκη, της έρευνας και μελέτης για την ελαχιστοποίηση του κόστους αυτού καθώς και τον υπολογισμό του.

Οι περισσότερες έρευνες που μελετήθηκαν είχαν ως σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες από αυτές τις εργασίες:

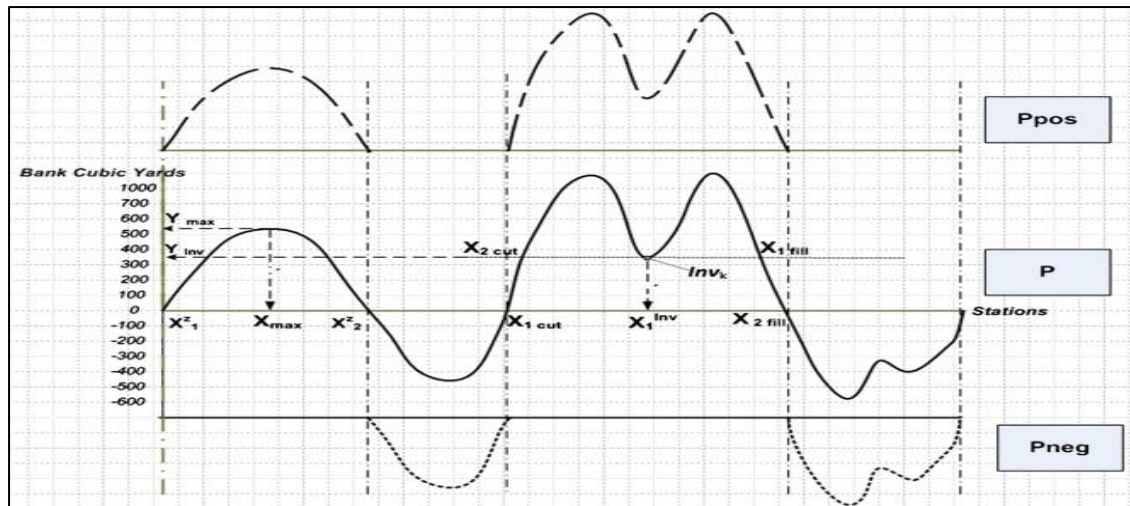
- Οι **Khaled Nassar, Ebrahim A. Ally** και ο **Hesham Osman** στην εργασία τους ανέπτυξαν έναν αλγόριθμο εξισορρόπησης του διαγράμματος Bruckner.

Η έρευνα αυτή παρουσιάζει έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί μια διαδοχική τεχνική «κλαδέματος» για τον αυτόματο υπολογισμό των γραμμών διανομής του διαγράμματος Bruckner. Συνεπώς χρησιμεύει στον προσδιορισμό των διαδρομών, των ποσοτήτων εκσκαφής και των αποστάσεων μεταφοράς, καθώς και της ποσότητας των αποθέσεων ή των δανείων, εφόσον υπάρχουν.



Σχήμα 2.1: Μηκοτομή οδικού άξονα – εδάφους και το αντίστοιχο διάγραμμα Bruckner (K. Nassar, E. A. Ally, H. Osman, 'Developing an efficient algorithm for balancing mass-haul diagrams')

Η λογική του αλγορίθμου είναι η εξής. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί μια διαδοχική διαδικασία «κλάδευσης», όπου το διάγραμμα Bruckner χωρίζεται σε πιο απλά κλειστά ισορροπημένα σχήματα που «κόβονται» από τις γραμμές διανομής. Αυτά τα κλειστά σχήματα ονομάζονται φατνώματα και αντιπροσωπεύουν περιοχές κατά μήκος του διαγράμματος που εξισορροπούνται και επομένως οι αποστάσεις και οι ποσότητες μεταφοράς μπορούν να υπολογιστούν από αυτά τα μικρότερα μέρη του μεγαλύτερου διαγράμματος. Είναι δυνατά δύο είδη σχημάτων: "Bell balances" και "Trapezoidal balances". Ο πρώτος τύπος σχήματος είναι τα τμήματα του διαγράμματος που σχηματίζουν καμπάνα και τα οποία μπορούν να αναγνωριστούν από τρεις τιμές για το x και μία τιμή για το y . Οι τιμές για το x είναι: η χιλιομετρική θέση αρχής του φατνώματος, η χιλιομετρική θέση τέλους του φατνώματος και η χιλιομετρική θέση που αντιστοιχεί στην μέγιστη τεταγμένη κάθε φατνώματος (μέγιστο y). Ο δεύτερος τύπος σχήματος είναι τα τραπεζοειδής διαμορφωμένα τμήματα που σχηματίζονται μετά την τοποθέτηση των δευτερευουσών γραμμών διανομής. Αυτός ο τύπος θα οριστεί από τέσσερις τιμές x - δύο για τους «σταθμούς κοπής» και δύο για τους «σταθμούς πλήρωσης» - και μία τιμή y όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2. Οι ισορροπίες των καμπανών οριοθετούνται πάντοτε από τη κύρια γραμμή διανομής και οι τραπεζοειδείς ισορροπίες οριοθετούνται από τις δευτερεύουσες γραμμές διανομής σε συνδυασμό με τις κύριες. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί στην πραγματικότητα μια σειρά από μπροστινά και οπίσθια περάσματα για να ταυτοποιήσει καθένα από αυτά τα δύο είδη σχημάτων και στις δύο πλευρές του άξονα x .



Σχήμα 2.2: Τύποι σχημάτων και χωρισμός σε πιο απλά κλειστά σχήματα (K. Nassar, E. A. Ally, H. Osman, 'Developing an efficient algorithm for balancing mass-haul diagrams')

Με τη διαδικασία αυτή ο αλγόριθμος βρίσκει τις περιοχές που θα «κοπούν» και θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή επιχωμάτων.

```

C:\Users\Ebrahim\documents\visual studio 2010\Projects\MD Balancer\Debug\MD Balancer.exe
Please, Store the data file at the program folder.
Enter the file Name: Cairo1
Cut from stations 0.00 to 6.00 will fill in station from 6.00 to 13.1432
Cut from stations 30.6666 to 32.00 will fill in station from 64.8000 to 70.00
Cut from stations 32.00 to 38.00 will fill in station from 38.00 to 46.00
Cut from stations 46.00 to 48.00 will fill in station from 62.8000 to 64.6596
Cut from stations 48.00 to 52.00 will fill in station from 52.00 to 58.00
Cut from stations 58.00 to 60.00 will fill in station from 60.00 to 62.8932
Cut from stations 29.4598 to 30.6666 will fill in station from 13.1432 to 14.00
Cut from stations 18.00 to 22.00 will fill in station from 14.00 to 18.00
Cut from stations 26.00 to 29.4654 will fill in station from 22.00 to 26.00_

```

Εικόνα 2.1: Αποτελέσματα όπως προκύπτουν από τον αλγόριθμο (K. Nassar, E. A. Ally, H. Osman, 'Developing an efficient algorithm for balancing mass-haul diagrams')

Για να βρεθεί η οικονομικότερη λύση για τον οδικό άξονα, οι χωματουργικές εργασίες εκτελούνται ξεκινώντας από τις πιθανές συντομότερες αποστάσεις μεταφοράς ορυγμάτων (M.A.M.) που μπορούν να πετύχουν ισορροπία και συνεχίζονται με μεγαλύτερες αποστάσεις. Αυτό πραγματοποιείται μέσω των διαφορετικών γραμμών διανομής που υπολογίζει ο παραπάνω αλγόριθμος.

- Οι **R. Mayer** και **R. Stark** ανέπτυξαν ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς.

Η διαδικασία είναι η εξής: Ξεκινάει διαιρώντας τον δρόμο σε τμήματα. Για κάθε τμήμα υπολογίζεται η απαιτούμενη αλλαγή στον όγκο V_i . Εάν η απαιτούμενη αυτή αλλαγή για ένα τμήμα είναι θετική, τότε το τμήμα αντιπροσωπεύει την ανάγκη για απομάκρυνση των ορυγμάτων από το τμήμα αυτό. Εάν η αλλαγή αυτή για ένα τμήμα είναι αρνητική, τότε το τμήμα αντιπροσωπεύει την ανάγκη για πλήρωση του τμήματος με επιχώματα. Για κάθε ζεύγος τμήματος ($i \neq j$), εισάγεται μια μεταβλητή x_{ij} που αντιπροσωπεύει τον αριθμό μονάδων γης που μετακινούνται από το τμήμα i στο τμήμα j . Τέλος, για κάθε ζεύγος τμήματος ($i \neq j$) παρέχεται μια τιμή c_{ij} που αντιπροσωπεύει το κόστος μετακίνησης μιας μονάδας γης από το τμήμα i στο τμήμα j . Το βασικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού στοχεύει στο να ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος, έτσι ώστε κάθε τμήμα να λαμβάνει ή να αφαιρεί τον κατάλληλο όγκο εκχωμάτων. Στη συνέχεια εισάγονται οι έννοιες των δανείων και των αποθέσεων με αντίστοιχες μεταβλητές. Έτσι εισάγοντας τους κατάλληλους περιορισμούς, το πρόγραμμα ελαχιστοποιεί το κόστος για τη μεταφορά γαιών.

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_{(i,j) \in \mathcal{M}^2} c_{ij} x_{ij} \\
 & \text{s.t. } \sum_{j \in \mathcal{M}_+^i} x_{ij} - \sum_{j \in \mathcal{M}_-^i} x_{ji} = V_i, \quad \text{for all } i \in \mathcal{S}, \\
 & \sum_{j \in \mathcal{M}_+^i} x_{ij} \leq C_i, \quad \text{for all } i \in \mathcal{B}, \\
 & \sum_{j \in \mathcal{M}_-^i} x_{ji} \leq C_i, \quad \text{for all } i \in \mathcal{W}, \\
 & x_{ij} \geq 0, \quad \text{for all } (i,j) \in \mathcal{M}^2.
 \end{aligned}$$

Σχήμα 2.3: Περιορισμοί γραμμικού προγραμματισμού (W. L. Hare, V. R. Koch, Y. Lucet 'Models and algorithms to improve earthwork operations in road design using mixed integer linear programming')

Ωστόσο, τα περισσότερα μοντέλα που έχουν σχεδιαστεί για το σκοπό της ελαχιστοποίησης του κόστους μεταφοράς δεν εισάγουν ως μεταβλητή την απομάκρυνση των φυσικών εμποδίων (π.χ. ποτάμια, δάση, βράχοι κτλ.). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανακριβείς εκτιμήσεις του βέλτιστου κόστους. Έτσι, οι **Warren L. Hare**, **Valentin R. Koch** και **Yves Lucet** επεκτείνουν το μοντέλο του κλασσικού γραμμικού προγραμματισμού εισάγοντας την έννοια του φυσικού εμποδίου. Εξετάζεται λοιπόν το οικονομικό αντίκτυπο της ενσωμάτωσης των φυσικών εμποδίων μέσω του γραμμικού προγραμματισμού και υπολογίζονται σημαντικές εξοικονομήσεις.

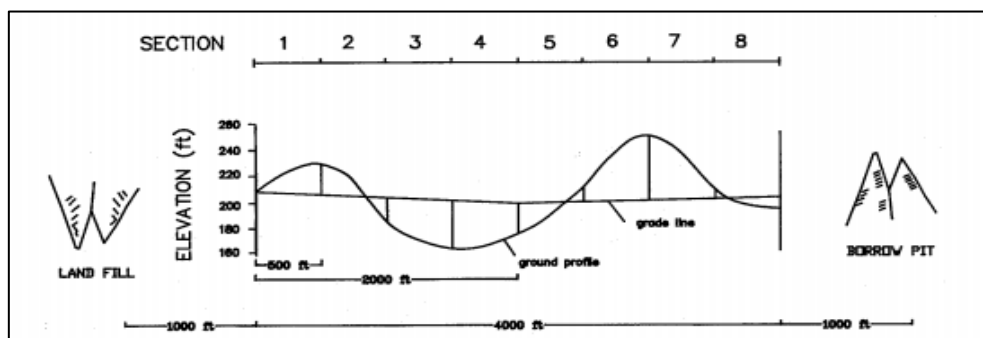
Η λογική είναι ότι ο δρόμος περιέχει “ν” φυσικά εμπόδια που βρίσκονται σε διάφορα τμήματα, και τα οποία θα πρέπει να έχουν αφαιρεθεί πριν την ολοκλήρωση της χωματουργίας στα συγκεκριμένα τμήματα. Έτσι τα φυσικά εμπόδια εισάγονται ως χρονικές μεταβλητές ώστε να αφαιρεθούν τη κατάλληλη χρονική στιγμή.

Έπειτα από δοκιμές που έγιναν συμπεραίνεται ότι το νέο μεικτό πρόγραμμα παρέχει πιο ακριβή αποτελέσματα κόστους κατασκευής χωματουργικών έργων για σχεδόν όλα τα προβλήματα.

- Η μηκοτομή του οδικού άξονα και οι χωματουργικές εργασίες θεωρούνται συνήθως ως διαφορετικά στάδια επίλυσης ενός οδικού έργου. Ο **Ahmad A. Moreb** ανέπτυξε ένα μοντέλο που συνδυάζει το στάδιο της μηκοτομής με το στάδιο των χωματουργικών εργασιών σε ένα ενιαίο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνολική βέλτιστη λύση.

Μία πρώτη απόπειρα ενσωμάτωσης των 2 αυτών σταδίων σε ένα πρόβλημα είχε γίνει το 1988 από τον **Said M. Easa**. Η προσέγγιση του βασίστηκε στην εύρεση όλων των τεχνικά εφικτών μηκοτομών και στον υπολογισμό των ορυγμάτων και επιχωμάτων για κάθε μηκοτομή, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιεί γραμμικό προγραμματισμό για τη βελτιστοποίηση των χωματουργικών εργασιών.

Αντίθετα η προσέγγιση του **Ahmad A. Moreb** επιδιώκει μία και άμεση λύση χωρίς δοκιμές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του διαφορετικού μοντέλου που σχεδιάστηκε, κατά το οποίο ο δρόμος διαιρείται σε έναν αριθμό μικρών τμημάτων και υπολογίζεται ο αριθμός των ευθειών που απαρτίζουν την ερυθρά γραμμή.



Σχήμα 2.4: Διαίρεση σε 8 τμήματα και 2 ευθείες πολυκλινοούς (A. A. Moreb 'Linear programming model for finding optimal roadway grades that minimize earthwork cost')

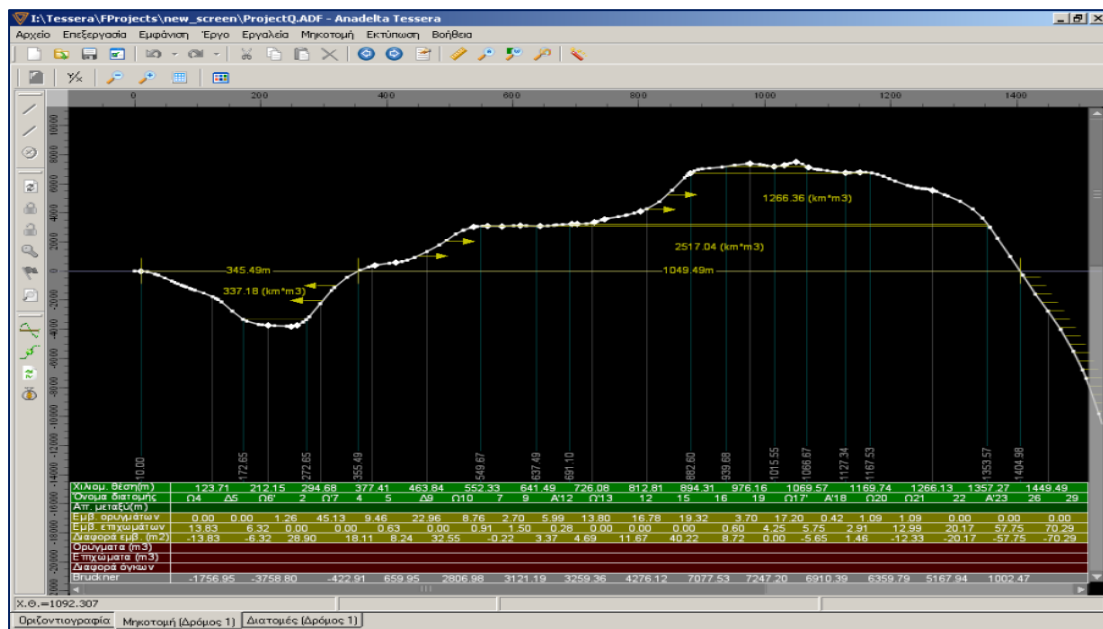
Ύστερα εισάγονται οι κατάλληλες μεταβλητές για το κόστος των χωματισμών και τη μηκοτομή και μαζί με τους περιορισμούς παράγουν το βέλτιστο αποτέλεσμα μηκοτομής με το μικρότερο δυνατό κόστος χωματισμών.

- Οι **Bozena Hola, Krzysztof Schabowicz** στην εργασία τους παρουσιάζουν μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό του χρόνου εκτέλεσης και του κόστους εκτέλεσης των χωματοουργικών εργασιών. Ο προσδιορισμός της παραγωγικότητας των μηχανών που λειτουργούν σε ομάδες αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στο σχεδιασμό της εκτέλεσης των χωματοουργικών εργασιών. Χρησιμοποιώντας μια υπάρχουσα βάση δεδομένων με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε ένα εργοτάξιο, δημιουργήθηκε ένα neutral network. Αυτό χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη της παραγωγικότητας για επιλεγμένα σύνολα μηχανών και για τον υπολογισμό του χρόνου και του κόστους εκτέλεσης της εργασίας. Το λαμβανόμενο σύνολο αποτελεσμάτων επιτρέπει σε κάποιον να επιλέξει το σύνολο μηχανημάτων που λειτουργεί καλύτερα σε σχέση με το κόστος ή το χρόνο εκτέλεσης των χωματοουργικών εργασιών. Με λίγα λόγια, η εργασία αυτή αναζητεί την επιλογή ενός βέλτιστου συνόλου συνεργατικών χωματοουργικών μηχανημάτων (εκσκαφείς και φορτωτές). Το κριτήριο επιλογής είναι ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση των χωματοουργικών εργασιών ή το ελάχιστο κόστος εκτέλεσης.

2.2 Συνοπτική παρουσίαση των δυνατοτήτων άλλων λογισμικών ευρείας χρήσης

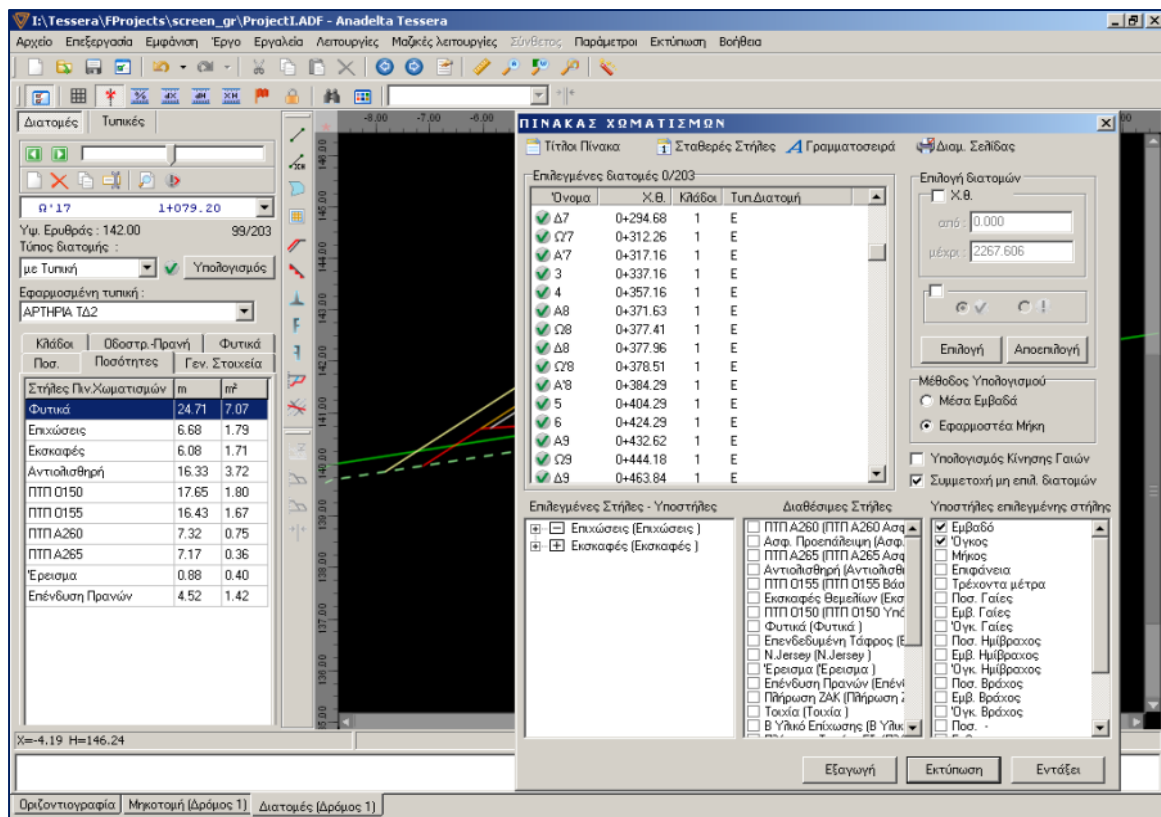
ANADELTA TESSERA

Το Anadelta Tessera είναι ένα ολοκληρωμένο λογισμικό σχεδιασμού και κατασκευής οδικών έργων. Οδηγεί το χρήστη απρόσκοπτα από το τοπογραφικό υπόβαθρο στη χάραξη και στην παραγωγή στοιχείων και πινάκων. Συνδυάζει, σε ένα ενιαίο περιβάλλον, λειτουργίες χάραξης και AutoCAD δύο και τριών διαστάσεων με ένα μοναδικό τρόπο. Σχετικά με τον καθορισμό των χωματοургικών μετακινήσεων το **ANADELTA TESSERA** παρέχει ένα ευρύ σύνολο χρήσιμων πληροφοριών. Αρχικά υπολογίζει τον πίνακα χωματισμών. Μετά τον πίνακα χωματισμών, το Tessera υπολογίζει διάγραμμα επιφανειών και διάγραμμα κίνησης γαιών Bruckner. Μέσα από ένα ειδικό περιβάλλον επιτρέπει την εισαγωγή γραμμών διανομής, των οποίων βελτιστοποιεί τη θέση, και υπολογίζει και εκτυπώνει τον πίνακα κίνησης γαιών για τον υπολογισμό του κόστους εκσκαφής και μεταφοράς χωματισμών. Συνδυάζεται η αυτοματοποιημένη διαδικασία υπολογισμών με τη δυνατότητα επέμβασης για την απεικόνιση ειδικών καταστάσεων. Το διάγραμμα Bruckner εκτυπώνεται παραμετρικά με όλα τα απαραίτητα στοιχεία. Η διαδικασία είναι επαναληπτική και μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για τη βελτιστοποίηση της ίδιας της χάραξης.



Εικόνα 2.2: Διάγραμμα Bruckner στο περιβάλλον του anadelta tessera (<http://anadelta.com>)

Οι κινήσεις γαιών καθορίζονται από την κρίση του χρήστη με βάση τα κριτήρια που έχει θέσει και οι γραμμές διανομής σχεδιάζονται χειροκίνητα στο διάγραμμα Bruckner. Η μορφή του πίνακα χωματισμών είναι η παρακάτω :



Εικόνα 2.3: Πίνακας χωματισμών στο περιβάλλον του anadelta tessera (<http://anadelta.com>)

DIOLKOS

Το Diolkos είναι ένα ολοκληρωμένο και αυτόνομο λογισμικό σχεδιασμού οδών. Καλύπτει όλες τις περιπτώσεις οδοποιίας όπως αυτοκινητόδρομοι, επαρχιακές και αστικές οδοί, δασικές οδοί κλπ. Επίσης αντιμετωπίζει σύνθετα οδικά έργα όπως κόμβοι, παράλληλο δίκτυο service road κλπ. Επιπρόσθετα διαθέτει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την εκτέλεση επιμετρήσεων κατά την φάση κατασκευής των έργων.

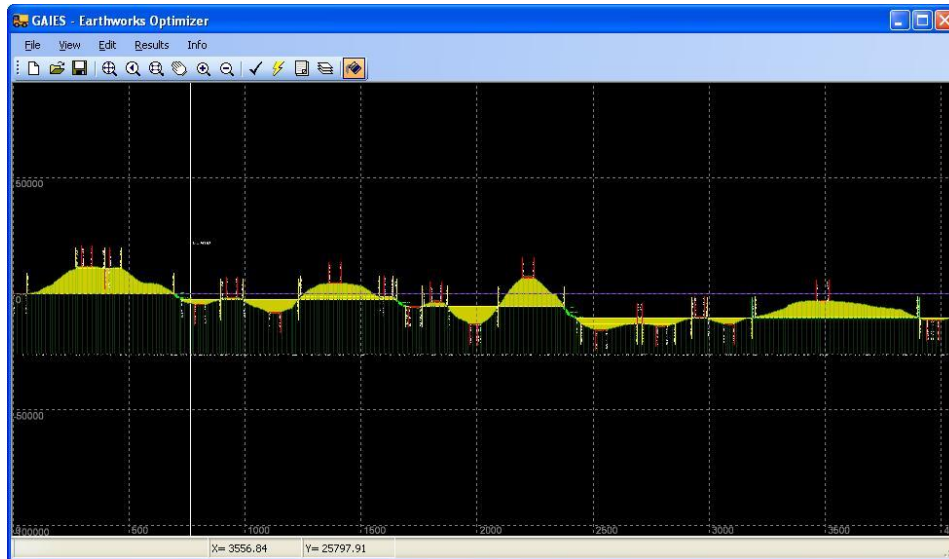
Η εταιρία Diolkos3d παρέχει μια σειρά βοηθητικών και συμπληρωματικών προγραμμάτων του Diolkos όπως:

1. το WaterNetCAD, για τη χρήση σε μελέτες υδραυλικών δικτύων.
2. το FastTerrain, για τη δημιουργία και επεξεργασία ψηφιακών μοντέλων εδάφους και υπολογισμού εκσκαφών/επιχώσεων.
3. το Gaies, για την βελτιστοποίηση της κίνησης γαιών σε οδικά έργα. Το συγκεκριμένο υποπρόγραμμα παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον λόγω του θέματος της παρούσας εργασίας.

Το λογισμικό **Gaies** αποτελεί αυτόνομη εφαρμογή επεξεργασίας και βελτιστοποίησης των κινήσεων γαιών σε ένα εργοτάξιο οδοποιίας.

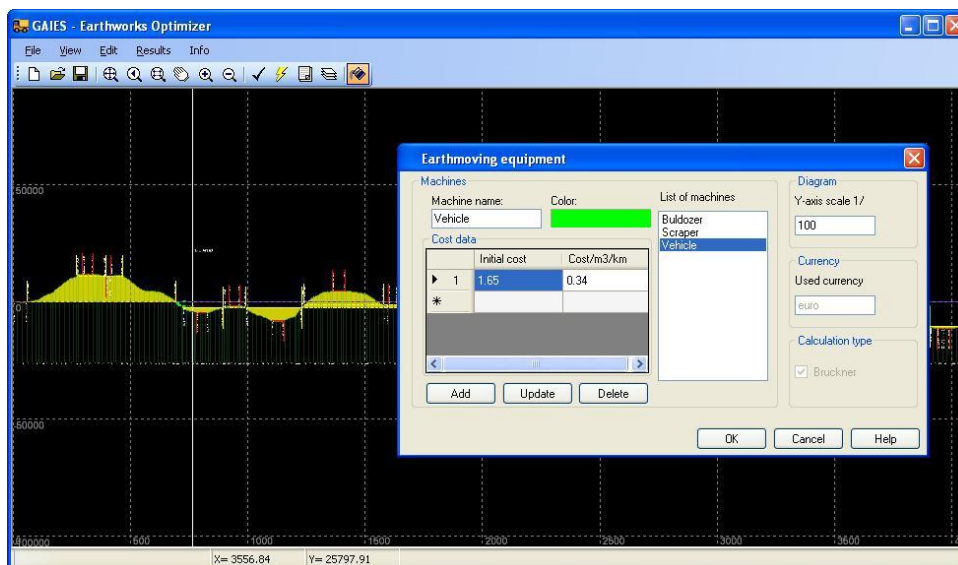
Το λογισμικό αναζητά τον οικονομικότερο συνδυασμό χρήσης των δοθέντων μηχανημάτων, χρησιμοποιώντας μεθόδους του γραμμικού προγραμματισμού

εξειδικεύοντας τους για την συγκεκριμένη χρήση. Παράμετροι στην εύρεση της βέλτιστης λύσης αποτελούν τα διαθέσιμα μηχανήματα, η ανάπτυξη των ορυγμάτων και επιχωμάτων κατά μήκος της χάραξης, καθώς επίσης οι θέσεις και οι δυνατότητες των διαθέσιμων δανειοθαλάμων και αποθεσιοθαλάμων. Το πρόγραμμα διαβάζει αυτόματα τους χωματισμούς από το Diolkos και παρέχει λεπτομερή αναφορά στην οποία φαίνονται αναλυτικά οι κινήσεις των διαφόρων μηχανημάτων κατά μήκος του εργοταξίου.



Εικόνα 2.4 Διάγραμμα Bruckner στο περιβάλλον «Gaies» (<http://diolkos3d.com>)

Γενικότερα το «Gaies» είναι ένα εξειδικευμένο και αυτοματοποιημένο εργαλείο σε επίπεδο τεχνικού λογισμικού, το οποίο μπορεί να δώσει μονοσήμαντη και αξιόπιστη απάντηση για το ακριβές κόστος των χωματουργικών ενός οδικού έργου.



Εικόνα 2.5: Εισαγωγή παραμέτρων για τον υπολογισμό του κόστους (<http://diolkos3d.com>)

2.3 Σύνοψη Βιβλιογραφίας

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που έγινε για τις ανάγκες της Διπλωματικής Εργασίας, αναφορικά με τον υπολογισμό του κόστους των χωματουργικών εργασιών.

Αρχικά παρουσιάστηκαν εργασίες και έρευνες που προσεγγίζουν το πρόβλημα του κόστους των χωματισμών ενός έργου. Ως επί το πλείστον στις εργασίες αυτές αναπτύχθηκε ο αλγόριθμος ή το μοντέλο προγραμματισμού, σύμφωνα με τα οποία εκτός από τον υπολογισμό του κόστους γίνονται και άλλες βελτιωτικές ενέργειες όπως, η βέλτιστη κίνηση των γαιών που δίνουν το ελάχιστο κόστος μεταφοράς είτε η επιλογή του βέλτιστου συνόλου χωματουργικών μηχανημάτων για τον προσδιορισμό του χρόνου και του κόστους εκτέλεσης των χωματισμών κ.α.

Ύστερα αναφέρθηκαν τα κυριότερα προγράμματα οδοποιίας ευρείας χρήσης καθώς και οι δυνατότητες τους. Τα προγράμματα αυτά είναι τα: ANADELTA TESSERA και DIOLKOS. Και τα δύο προγράμματα παράγουν αποτελέσματα αναφορικά με το κόστος των χωματισμών. Στο Diolkos γίνεται βελτιστοποίηση της κίνησης των γαιών ενώ στο Anadelta Tessera η κίνηση των γαιών γίνεται χειροκίνητα όπως και στη παρούσα εργασία.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση γίνεται εύκολα αντιληπτή, η ανάγκη ύπαρξης προγράμματος για τον αυτόματο και γρήγορο υπολογισμό του κόστους των χωματισμών. Στο πλαίσιο του μαθήματος Ειδικά Κεφάλαια Οδοποιίας, το εκπαιδευτικό πρόγραμμα FM17 δεν διαθέτει αυτή τη δυνατότητα. Συνεπώς κρίθηκε σκόπιμη, η δημιουργία ενός προγράμματος συμβατού με το πρόγραμμα FM17, το οποίο θα υπολογίζει αυτόματα τον πίνακα χωματισμών καθώς και το κόστος των χωματισμών.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Χωματισμοί

3.1.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια μελέτης μιας οδού, η βέλτιστη χάραξη της στον χώρο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη δημιουργία ενός ασφαλούς και ταυτόχρονα οικονομικού έργου. Οι **χωματισμοί** ενός οδικού άξονα επηρεάζουν σημαντικά τον καθορισμό της θέσης αλλά και το **κόστος κατασκευής**. Από την πείρα έχει αποδειχθεί ότι το 30-40% του κόστους κατασκευής μιας οδού αποτελείται από το κόστος των χωματουργικών εργασιών.

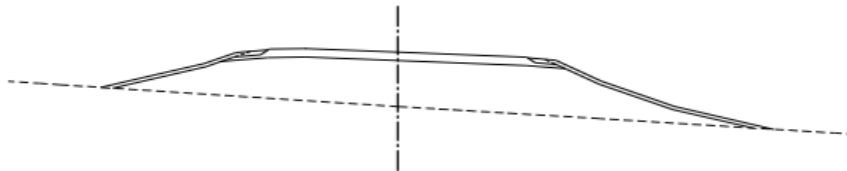
Χωματουργικά ονομάζονται τα έργα εκείνα, με τα οποία έχουμε ανύψωση ή ταπείνωση της επιφάνειας του φυσικού εδάφους μέχρι το επιθυμητό ύψος, για την κατασκευή επιχωμάτων και ορυγμάτων. Η ταπείνωση της επιφάνειας του φυσικού εδάφους πραγματοποιείται με την εκσκαφή του (όρυγμα), ενώ η ανύψωση με την επίχωση (επίχωμα).

Τα χωματουργικά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τα **βασικά χωματουργικά** και τα **λοιπά χωματουργικά**. Τα βασικά χωματουργικά αφορούν πάσης φύσεως ορύγματα και επιχώματα, ενώ τα λοιπά χωματουργικά αφορούν τα ακατάλληλα προς επίχωση, τις διαμορφώσεις πρανών, τις τάφρους καθώς και άλλες δευτερεύοντες εργασίες.

Για τον υπολογισμό των χωματισμών προσδιορίζονται οι όγκοι των εκχωμάτων και των επιχωμάτων της οδού. Χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, οι περισσότερες από τις οποίες βασίζονται στη χρήση των διατομών.

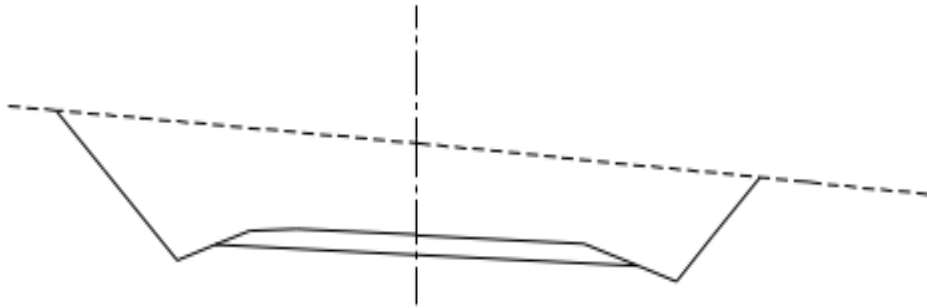
Μια διατομή οδού μπορεί να είναι:

1. **Σε επίχωμα**, όταν ολόκληρη η επιφάνεια του καταστρώματος βρίσκεται ψηλότερα από το έδαφος.



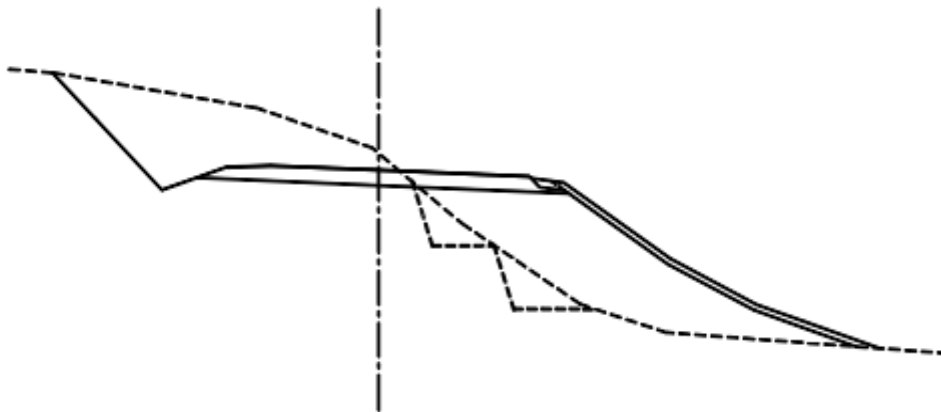
Σχήμα 3.1: Διατομή οδού σε επίχωμα

2. Σε **έκχωμα (όρυγμα)**, όταν ολόκληρη η επιφάνεια του καταστρώματος βρίσκεται χαμηλότερα από το έδαφος.



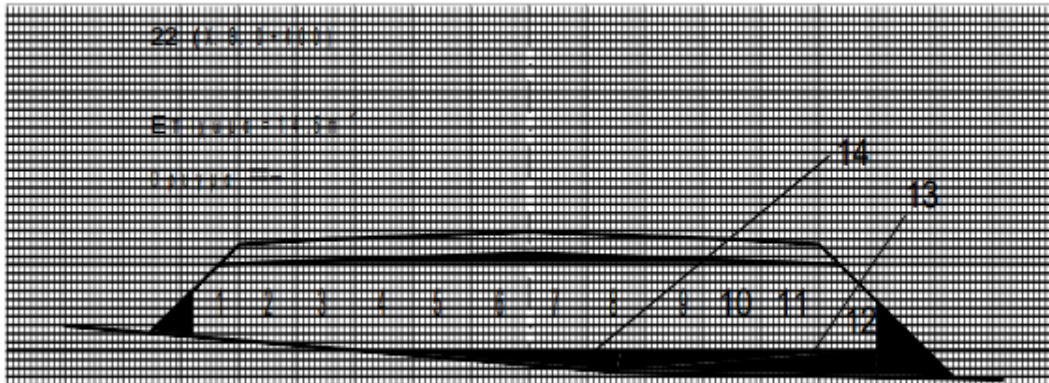
Σχήμα 3.2: Διατομή οδού σε όρυγμα

3. **Μικτή**, όταν ένα μέρος της επιφάνειας του καταστρώματος βρίσκεται ψηλότερα από το έδαφος και το υπόλοιπο χαμηλότερα.



Σχήμα 3.3: Μικτή διατομή οδού

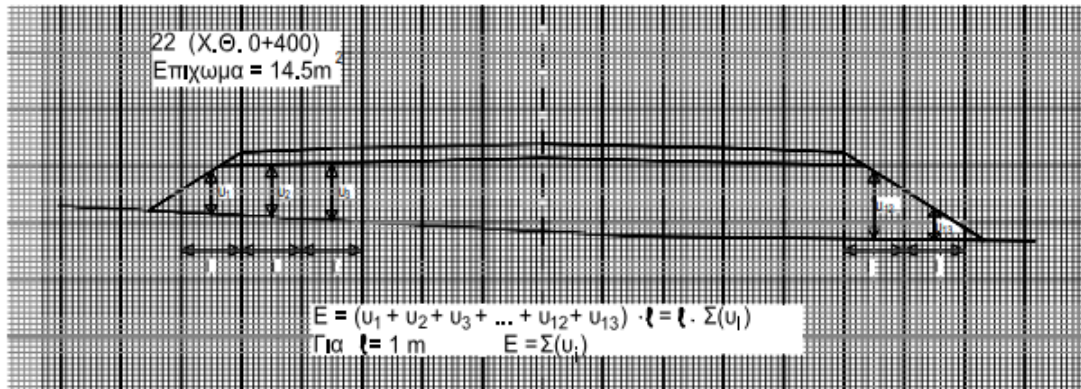
τετραγωνιδίου καλύπτεται από την προς μέτρηση επιφάνεια γίνεται προσεγγιστικός υπολογισμός.



Σχήμα 3.5: Υπολογισμός εμβαδού διατομής με τη μέθοδο τετραγωνιδίων (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

- iii. **Μέθοδος των λωρίδων.** Οι διατομές σχεδιάζονται σε μιλιμετρέ χαρτί και η προς μέτρηση επιφάνεια διαιρείται σε λωρίδες πλάτους l και μήκους u_1, u_2, u_3 κ.λπ. Επομένως για την επιφάνεια ισχύει:

$$E = l(\sum u_i)$$



Σχήμα 3.6: Υπολογισμός εμβαδού διατομής με τη μέθοδο των λωρίδων (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

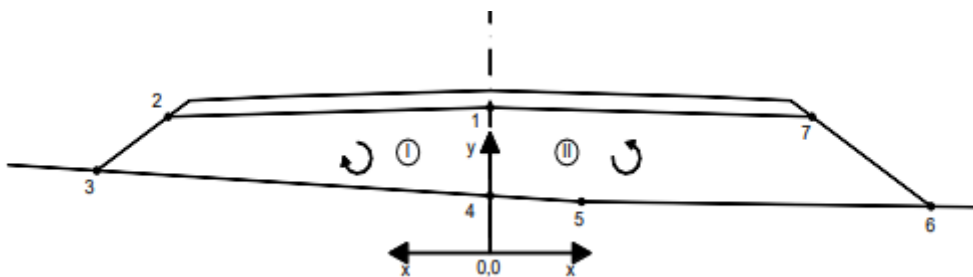
Αναλυτικές Μέθοδοι:

Κατά την εμβαδομέτρηση των διατομών με αναλυτικές μεθόδους, οι επιφάνειες των ορυγμάτων και επιχωμάτων υπολογίζονται αλγεβρικά. Μία από αυτές τις μεθόδους είναι η μέθοδος των συντεταγμένων. Στη μέθοδο αυτή

χρησιμοποιείται ο γνωστός τύπος υπολογισμού εμβαδού E κλειστού πολυγώνου:

$$2E = (x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_4 + \dots + x_ny_1) - (x_2y_1 + x_3y_2 + x_4y_3 + \dots + x_1y_n)$$

Όπου x_1, x_2, \dots, x_n και y_1, y_2, \dots, y_n οι συντεταγμένες των κορυφών του πολυγώνου που αντιπροσωπεύει το όρυγμα ή το επίχωμα.



Σχήμα 3.7: Αρίθμηση συντεταγμένων πολυγώνου

3.1.3 Υπολογισμός όγκου χωματισμών

Ως συνολικός όγκος λαμβάνεται το άθροισμα των επιμέρους όγκων μεταξύ δύο διαφορετικών διατομών της οδού:

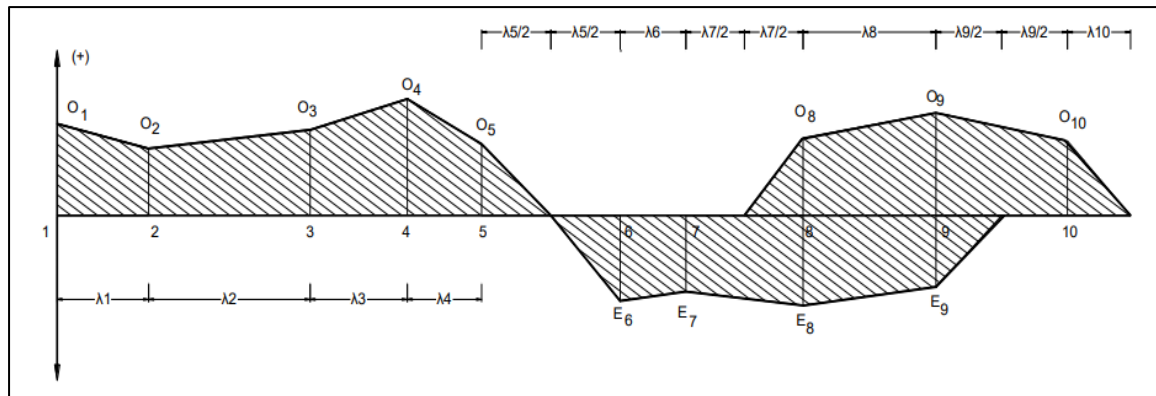
$$V = (E_1 + E_2) / \lambda$$

όπου V ο όγκος μεταξύ των διατομών 1 και 2 για απόσταση λ μεταξύ τους.

Για τον καθορισμό του όγκου των χωματισμών χρησιμοποιούνται συνήθως δύο μέθοδοι: Η μέθοδος **των μέσων επιφανειών** (η πλέον διαδεδομένη) και η μέθοδος **των εφαρμοστέων μηκών**.

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένες παραδοχές του διαγράμματος επιφανειών για την απλοποίηση της μελέτης του:

- Θεωρούμε ότι οι διατομές 1, 2, 3, ..., n της οδού βρίσκονται πάνω σε οριζόντιο άξονα με τις πραγματικές τους αποστάσεις $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$.
- Στον κατακόρυφο άξονα καταγράφονται οι εμβαδομετρημένες επιφάνειες των ορυγμάτων (με θετικό πρόσημο) και των επιχωμάτων (με αρνητικό πρόσημο) σε τετραγωνικά μέτρα.
- Ανάμεσα σε δύο διατομές από τις οποίες η μία βρίσκεται ολόκληρη σε όρυγμα και η άλλη ολόκληρη σε επίχωμα, ο μηδενισμός του ορύγματος και του επιχώματος γίνεται στη μέση της απόστασης μεταξύ των δύο διατομών.



Σχήμα 3.8: Διάγραμμα επιφανειών (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

Μέθοδος των μέσων επιφανειών:

Αφού κατασκευαστεί το διάγραμμα επιφανειών σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, ύστερα θεωρούνται οι μέσες επιφάνειες $(O_1+O_2)/2$, $(E_6+E_7)/2$ κ.λπ. οι οποίες πολλαπλασιαζόμενες με τις αντίστοιχες αποστάσεις μεταξύ των διατομών δίνουν τον όγκο των χωματισμών.

$$V = \frac{E_1+E_2}{2} * \lambda_1 + \frac{E_2+E_3}{2} * \lambda_2 + \frac{E_3+E_4}{2} * \lambda_3 + \dots + \frac{E_{n-1}+E_n}{2} * \lambda_{n-1}$$

Γενικός τύπος εύρεσης του όγκου των χωματισμών

Υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις μέσων επιφανειών (σύμφωνα και με το παράδειγμα του σχήματος 3.6):

- 1) Και οι δύο διατομές βρίσκονται σε όρυγμα ή επίχωμα:

$$V_{Op} = \frac{O_1+O_2}{2} * \lambda_1 \quad V_E = \frac{E_7+E_8}{2} * \lambda_8$$

- 2) Η μία διατομή είναι σε πλήρες όρυγμα και η άλλη σε πλήρες επίχωμα:

$$V_{Op} = \frac{O_5}{2} * \frac{\lambda_5}{2} \quad V_E = \frac{E_6}{2} * \frac{\lambda_5}{2}$$

3) Η μία διατομή είναι μικτή και η άλλη σε πλήρες όρυγμα ή επίχωμα:

$$V_{Op} = \frac{O_9 + O_{10}}{2} \times \lambda_9 \quad V_E = \frac{E_9}{2} \times \frac{\lambda_9}{2}$$

4) Και οι δύο διατομές είναι μικτές:

$$V_{Op} = \frac{O_8 + O_9}{2} \times \lambda_8 \quad V_E = \frac{E_8 + E_9}{2} \times \lambda_8$$

5) Η μία από τις δύο διατομές είναι μηδενική:

$$V_{Op} = \frac{O_{10}}{2} \times \lambda_{10}$$

Αθροίζοντας τα παραπάνω με τον κατάλληλο τύπο για κάθε περίπτωση, προκύπτει ο συνολικός όγκος ορυγμάτων και επιχωμάτων.

$$\begin{aligned} \Sigma V_{Op} = & \frac{O_1 + O_2}{2} \times \lambda_1 + \frac{O_2 + O_3}{2} \times \lambda_2 + \frac{O_3 + O_4}{2} \times \lambda_3 + \frac{O_4 + O_5}{2} \times \lambda_4 + \\ & \frac{O_5}{2} \times \frac{\lambda_5}{2} + \frac{O_8}{2} \times \frac{\lambda_7}{2} + \frac{O_8 + O_9}{2} \times \lambda_8 + \frac{O_9 + O_{10}}{2} \times \lambda_9 + \frac{O_{10}}{2} \times \lambda_{10} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\Sigma V_E = \frac{E_6}{2} \times \frac{\lambda_5}{2} + \frac{E_6 + E_7}{2} \times \lambda_6 + \frac{E_7 + E_8}{2} \times \lambda_7 + \frac{E_8 + E_9}{2} \times \lambda_8 + \frac{E_9}{2} \times \frac{\lambda_9}{2} \quad (2)$$

Μέθοδος των εφαρμοστέων μηκών:

Το ίδιο αποτέλεσμα του όγκου των χρωματισμών, προκύπτει και αν θεωρηθούν τα «εφαρμοστέα μήκη»:

$$\frac{\lambda_1}{2}, \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}, \frac{\lambda_2 + \lambda_3}{2}, \dots$$

Ο όρος «εφαρμοστέα μήκη» αναφέρεται στον πολλαπλασιασμό τους με τις αντίστοιχες επιφάνειες O_1, O_2, E_1, E_2 κ.λπ., και συνεπώς προκύπτει ο τελικός

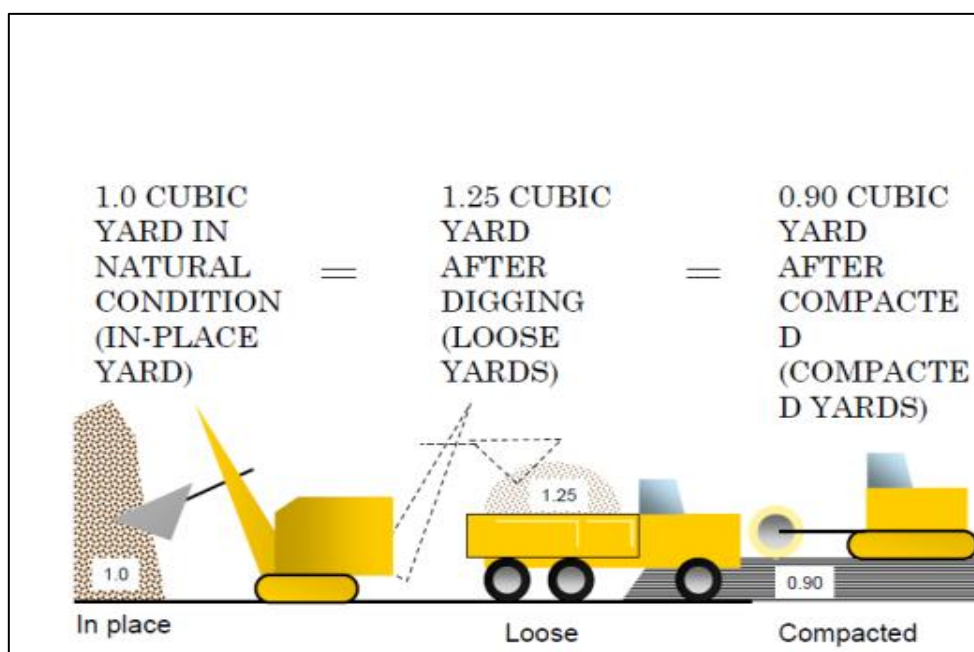
όγκος Νορ ή Νεπ με απλό αλγεβρικό μετασχηματισμό σε σχέση με την μέθοδο των μέσων επιφανειών.

$$V_{\text{op}} = O_1 \times \frac{\lambda_1}{2} + O_2 \times \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} + O_3 \times \frac{\lambda_2 + \lambda_3}{2} + \dots$$

3.1.4 Συντελεστής επιπλήσματος

Το εδαφικό υλικό χαλαρώνει και διογκώνεται αμέσως μετά την εκσκαφή του, και ύστερα συμπυκνώνεται για την χρησιμοποίησή του ως επίχωμα. Το μέγεθος των μεταβολών αυτών στον όγκο του εδαφικού υλικού ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του εδάφους.

Στο σχήμα 3.9 παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση των φάσεων του εδαφικού υλικού από την εκσκαφή έως την συμπύκνωση του.



Σχήμα 3.9: Αυξομειώσεις στον όγκο του εδαφικού υλικού

Συντελεστής επιπλήσματος β είναι ο αριθμός που δηλώνει τον όγκο του συμπυκνωμένου επιχώματος (m^3) που προκύπτει από την εκσκαφή ενός κυβικού μέτρου ($1 m^3$) ορύγματος.

Με άλλα λόγια πολλαπλασιάζοντας τα κυβικά εκσκαφής (m^3) με το συντελεστή επιπλήσματος, λαμβάνουμε τα διαθέσιμα κυβικά προς επίχωση.

Εάν δεν υπάρχουν ακριβέστερες τιμές για τον συντελεστή επιπλήσματος, λαμβάνονται οι παρακάτω τιμές:

- Γαιώδη-ημιβραχώδη εδάφη $\beta=0,9-1,1$
- Βραχώδη εδάφη $\beta=1,15$

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να καθορίζεται:

- Ο ευνοϊκότερος τρόπος χρησιμοποίησεως και διανομής των ορυγμάτων
- Οι ποσότητες που θα μεταφερθούν
- Οι μέσες αποστάσεις μεταφοράς

Τα παραπάνω μπορούν να μελετηθούν με δύο βασικές μεθόδους:

1. Τη μέθοδο **Bruckner**
2. Τη μέθοδο **Lalanne**

3.2 Μέθοδος Bruckner

3.2.1 Εισαγωγή

Η συνηθέστερη μέθοδος που εφαρμόζεται σήμερα είναι η μέθοδος Bruckner, που βασίζεται στην αρχή της γραφικής παράστασης των κύβων των επιχωμάτων και ορυγμάτων και ακολούθως στη μελέτη της κίνησης τους κατά μήκος της οδού.

Είναι μία μέθοδος ανάλυσης των χωματουργικών εργασιών που δίνει τη δυνατότητα στο μηχανικό να καθορίσει κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο, τους όγκους του εδαφικού υλικού που απαιτούνται και τη μέση απόσταση μεταφοράς αυτού.

Για την επίτευξη οικονομίας στην κατασκευή της οδού από άποψη χωματουργικών εργασιών, απαιτείται:

1. Η κατά το δυνατόν ελάττωση των ορυγμάτων και επιχωμάτων
2. Η κατάλληλη μετακίνηση των ορυγμάτων κατά μήκος της οδού

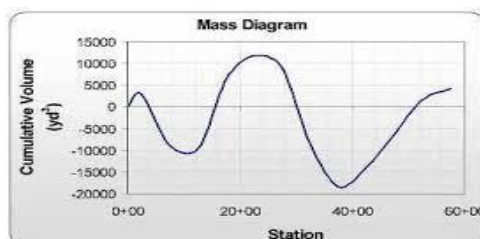
Το πρώτο επιτυγχάνεται με τη σωστή χάραξη της οδού σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, ενώ το δεύτερο μέσω της μελέτης κίνησης των ορυγμάτων.

3.2.2 Διάγραμμα Bruckner

Το διάγραμμα κίνησης γαιών (διάγραμμα Bruckner), απεικονίζει το αλγεβρικό άθροισμα όγκων (m^3) ορυγμάτων/επιχωμάτων σε κάθε θέση της οδού, από την αρχή της. Συντάσσεται από την τελευταία στήλη του πίνακα χωματισμών, όπου υπολογίζεται σε κάθε χιλιομετρική θέση το αλγεβρικό άθροισμα των διαθέσιμων κυβικών ορύγματος ή επιχώματος από την αρχική (Χ.Θ.=0+000) μέχρι και την εξεταζόμενη θέση.

Το αλγεβρικό άθροισμα όταν μεταφερθεί σε άξονες συντεταγμένων, προκύπτει η **γραμμή κύβων**, δηλαδή η γραμμή της οποίας κάθε σημείο έχει:

- Τετμημένη: την απόσταση από την αρχή ή αλλιώς την χιλιομετρική θέση
- Τεταγμένη: το αλγεβρικό άθροισμα των διαθέσιμων κυβικών ορύγματος ή επιχώματος από την αρχή μέχρι την εξεταζόμενη θέση



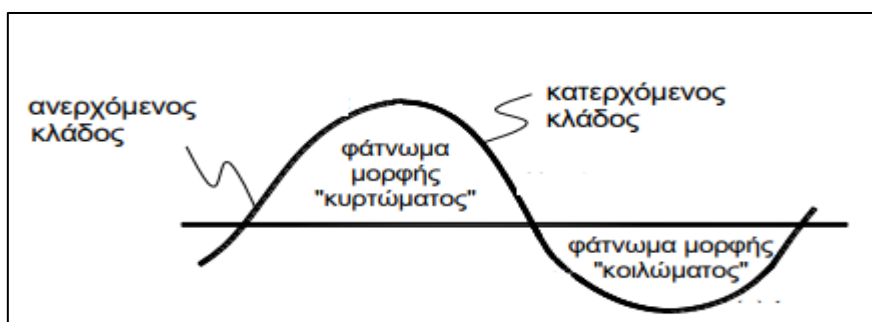
Σχήμα 3.11: Διάγραμμα Bruckner

Στο διάγραμμα Bruckner, κατά παραδοχή, τα ορύγματα λαμβάνονται με θετικό πρόσημο (+) καθώς πρόκειται για παραγωγή υλικού, ενώ τα επιχώματα λαμβάνονται με αρνητικό πρόσημο (-) καθώς πρόκειται για κατανάλωση υλικού.

Συμπερασματικά:

- Ανερχόμενος κλάδος: υπάρχει περίσσεια ορυγμάτων
- Κατερχόμενος κλάδος: υπάρχει περίσσεια επιχωμάτων

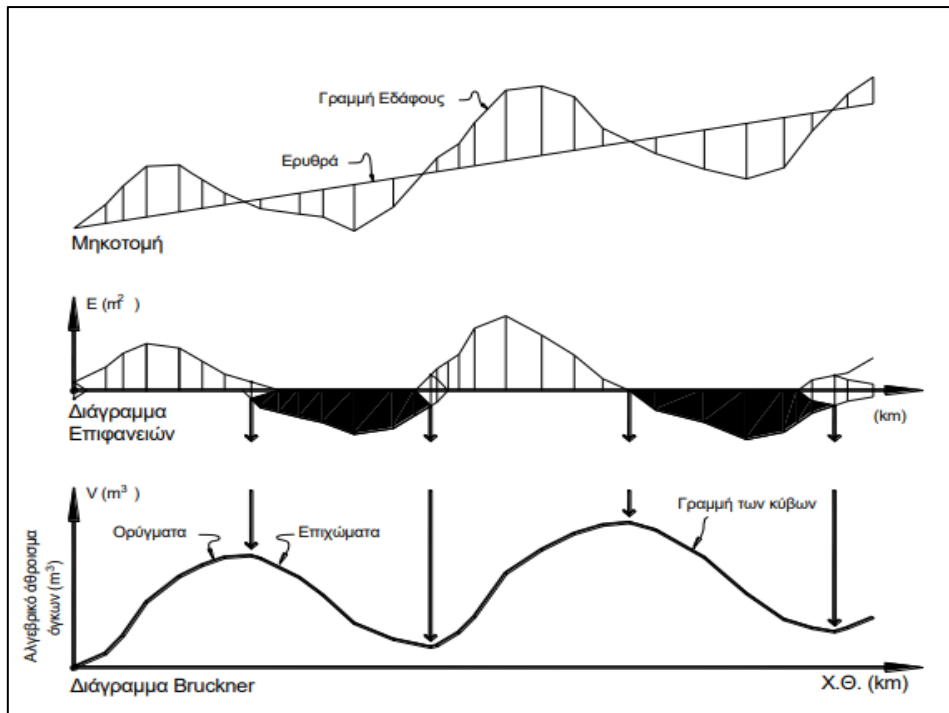
Δημιουργούνται έτσι φατνώματα μορφής κυρτώματος και κοιλώματος.



Σχήμα 3.12: Ανερχόμενος και κατερχόμενος κλάδος διαγράμματος Bruckner (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

Πρακτικά, η γραμμή του διαγράμματος Bruckner προκύπτει με την ολοκλήρωση της γραμμής των επιφανειών. Έτσι τα τοπικά ακρότατα της γραμμής του διαγράμματος Bruckner αντιστοιχούν σε θέσεις της χάραξης όπου υπάρχει μετάβαση από ορύγμα σε επίχωμα ή το αντίθετο.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η γραμμή Bruckner έχει αντιστοιχία με τη μηκοτομή της οδού και με το διάγραμμα επιφανειών.

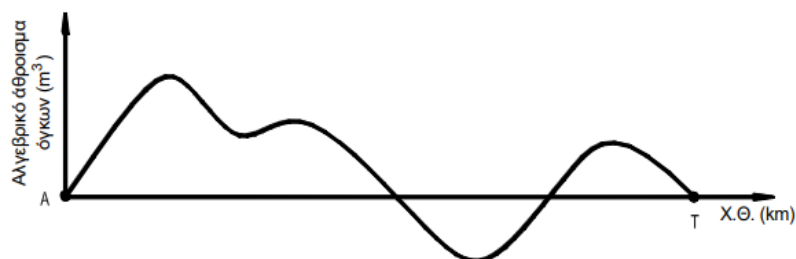


Σχήμα 3.13: Αντιστοιχία μηκοτομής, διαγράμματος επιφανειών και διαγράμματος Bruckner (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

Η διαφορά τεταγμένων δύο σημείων της γραμμής κύβων αντιστοιχεί στον όγκο των χωματισμών του αντίστοιχου τμήματος χάραξης.

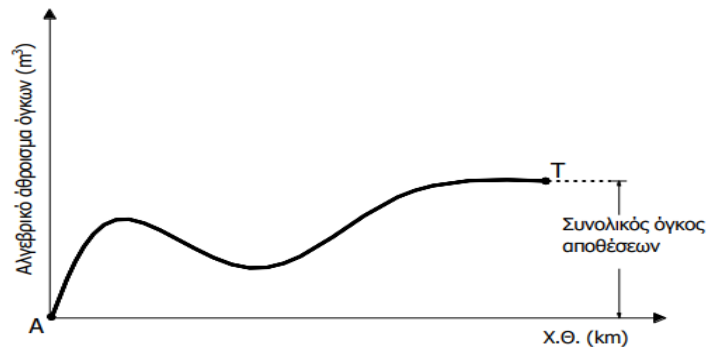
Κατά την κατασκευή μίας οδού, διακρίνονται τρεις περιπτώσεις ως προς τα τελικά σύνολα χωματισμών:

- **Πλήρη εξισορρόπηση χωματισμών.** Τα συνολικά ορύγματα ισούνται με τα συνολικά επιχώματα του έργου. Το τέλος του διαγράμματος Bruckner βρίσκεται πάνω στον οριζόντιο άξονα.



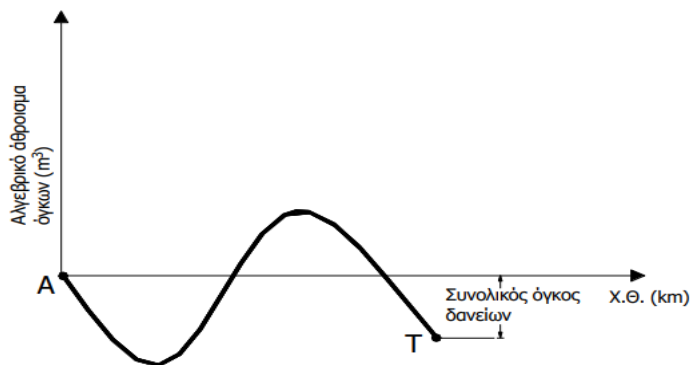
Σχήμα 3.14: Πλήρη εξίσωση χωματισμών

- **Περίσσεια Ορυγμάτων.** Τα συνολικά ορύγματα είναι περισσότερα από τα συνολικά επιχώματα, και συνεπώς απαιτείται απόθεση υλικού σε θέσεις αποθέσεων. Το τέλος του διαγράμματος Bruckner βρίσκεται πάνω από τον οριζόντιο άξονα.



Σχήμα 3.15: Περίσσεια ορυγμάτων

- **Περίσσεια επιχωμάτων.** Τα συνολικά επιχώματα είναι περισσότερα από τα συνολικά ορύγματα, και συνεπώς απαιτείται λήψη δανείων από δανειοθαλάμους. Το τέλος του διαγράμματος Bruckner βρίσκεται κάτω από τον οριζόντιο άξονα.

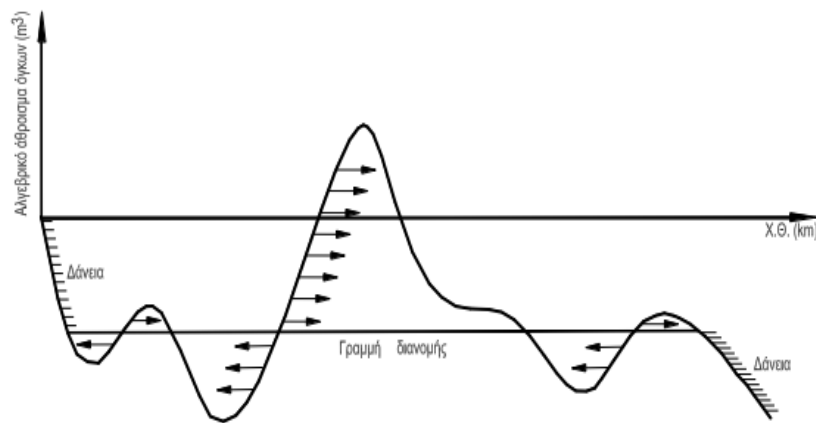


Σχήμα 3.16: Περίσσεια επιχωμάτων

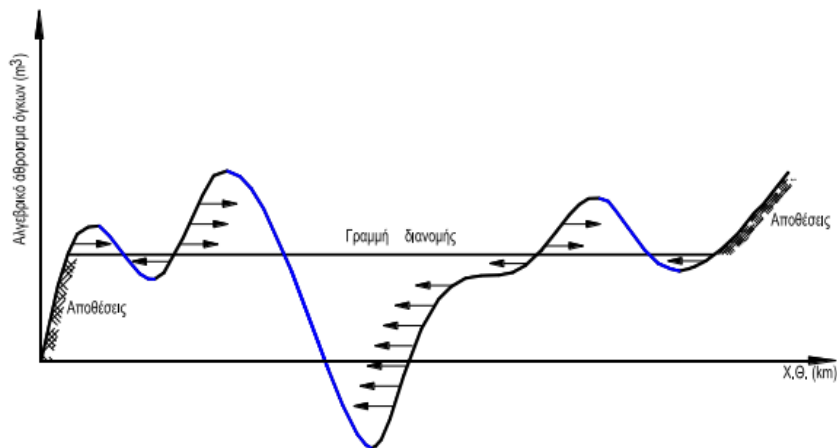
3.2.3 Γραμμές διανομής

Η μετακίνηση των χωματισμών κατά μήκος της οδού μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Την έννοια της μετακίνησης αυτής παρέχει η **γραμμή διανομής**. Η γραμμή διανομής είναι ευθεία παράλληλη με τον οριζόντιο άξονα, που τέμνει την γραμμή των κύβων. Με αυτή ορίζεται ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η κίνηση των ορυγμάτων, αλλά και η ποσότητα των αποθέσεων και των δανείων. Η κατεύθυνση μεταφοράς των ορυγμάτων είναι πάντα από τους ανερχόμενους κλάδους προς τους κατερχόμενους.

Παρακάτω παρατίθενται 2 παραδείγματα με δάνεια και αποθέσεις αντίστοιχα:

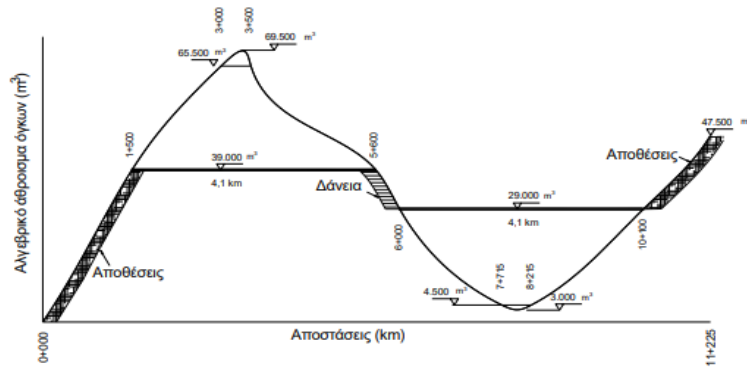


Σχήμα 3.17: Γραμμή διανομής με δάνεια (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)



Σχήμα 3.18: Γραμμή διανομής με αποθέσεις (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

Σε κάποιες περιπτώσεις είναι επιθυμητή και καμιά φορά αναγκαία, η δημιουργία αποθέσεων ή δανείων σε ενδιάμεσες θέσεις. Συνεπώς γίνεται διάσπαση της γραμμής διανομής και δημιουργούνται περισσότερες της μίας στο ίδιο διάγραμμα Bruckner.



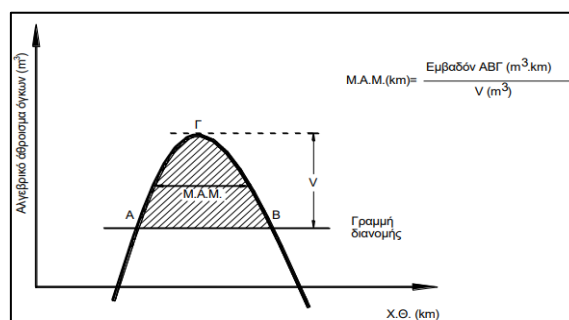
Σχήμα 3.19: Διάσπαση γραμμής διανομής με δάνεια στην ενδιάμεση θέση (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

3.2.4 Μέση απόστασης μεταφοράς

Απόσταση μεταφοράς καλείται η απόσταση κατά την οποία μεταφέρεται μια ποσότητα ορύγματος προς επίχωση. Επειδή η έννοια αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη ποσότητα μιλάμε για μία μέση απόσταση μεταφοράς.

Αφού έχουν ορισθεί οι γραμμές διανομής στο διάγραμμα Bruckner, μπορεί να υπολογιστεί η μέση απόσταση μεταφοράς εκχωμάτων. Η **μέση απόσταση μεταφοράς** (M.A.M.) ορυγμάτων ισούται με τον αριθμό των κυβοχιλιομέτρων προς τον μεταφερόμενο όγκο για κάθε φάτνωμα.

$$M.A.M. = \frac{\text{Αριθμός κυβοχιλιομέτρων}}{\text{Μεταφερόμενος όγκος}}$$



Σχήμα 3.20: Μέση απόσταση μεταφοράς σε φάτνωμα

Η συνολική μέση απόσταση μεταφοράς (M.A.M.) είναι η απόσταση μεταφοράς του συνόλου του όγκου των ορυγμάτων προς τα επιχώματα. Υπολογίζεται ως άθροισμα όλων των κυβοχιλιομέτρων όλων των φαντωμάτων προς το συνολικό μεταφερόμενο όγκο.

3.2.5 Κόστος εκσκαφής και μεταφοράς

Η εκσκαφή και η μεταφορά των ορυγμάτων γίνεται με διάφορα μέσα, η επιλογή των οποίων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, κυριότεροι των οποίων θεωρούνται το είδος των ορυγμάτων, ο συνολικός όγκος τους, η απόσταση μεταφοράς και ο διαθέσιμος μηχανικός εξοπλισμός.

Γενικά γίνεται δεκτό ότι υπάρχει μια ελάχιστη απόσταση μεταφοράς μέχρι την οποία το **κόστος εκσκαφής και μεταφοράς** 1m^3 ορύγματος $K(\text{€})$, είναι σταθερό και ίσο με το **κόστος εκσκαφής** C_F (€/m^3). Αυτή η απόσταση ονομάζεται **ελεύθερη απόσταση μεταφοράς** l_F (km). Για αποστάσεις μεταφοράς μεγαλύτερες της ελεύθερης προστίθεται στο κόστος εκσκαφής και το κόστος μεταφοράς.

- Για $x \leq l_F$: $K=C_F$
- Για $x \geq l_F$: $K=C_F+\mu(x-l_F)$

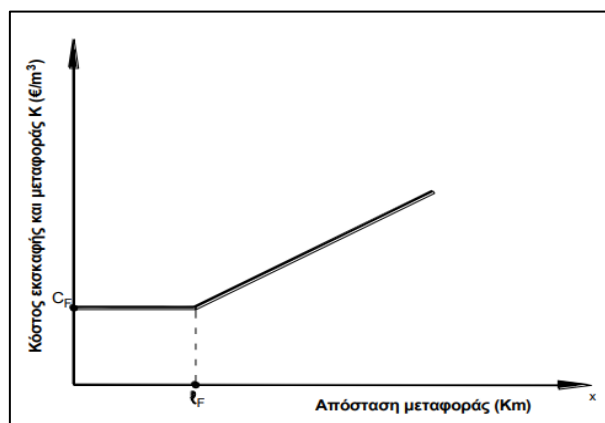
Όπου:

K =κόστος εκσκαφής και μεταφοράς 1m^3 ορύγματος (€/m^3)

C_F =κόστος εκσκαφής και μεταφοράς μέχρι την απόσταση l_F (€/m^3)

μ = κόστος μεταφοράς 1m^3 σε απόσταση 1 km ($\text{€/m}^3\text{km}$)

Αυτή η σχέση κόστους και μεταφοράς απεικονίζεται και γραφικά στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.21: Σχέση κόστους-απόστασης μεταφοράς (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

3.2.6 Οριακή απόσταση μεταφοράς

Οριακή απόσταση μεταφοράς (x_0) ορίζεται η απόσταση πάνω από την οποία δε συμφέρει να μεταφέρουμε τα ορύγματα, αλλά να αποθέσουμε τα ορύγματα και να δανειστούμε για τα επίχωμα.

Η οριακή απόσταση μεταφοράς υπολογίζεται αν εξισωθεί η συνολική δαπάνη εκσκαφής και μεταφοράς των ορυγμάτων (Δ_1), με τη συνολική δαπάνη για εκσκαφή και μεταφορά των αποθέσεων και προμήθεια δανείων από τον δανειοθάλαμο και μεταφορά προς το επίχωμα (Δ_2).

$$\Delta_1 = \Delta_2$$

$$K_E \cdot \Delta V + \mu(x_0 - l_F)\Delta V = K_E \cdot \Delta V + \mu(x_{\text{απ}} - l_F)\Delta V + K_E \cdot \Delta V + \mu(x_{\delta} - l_F)\Delta V$$

$$x_0 = K_E / \mu + x_{\text{απ}} + x_{\delta} - l_F$$

όπου:

ΔV = το σύνολο των ορυγμάτων που μεταφέρεται (m^3)

K_E = κόστος εκσκαφής και μεταφοράς $1m^3$ ορύγματος ($\text{€}/m^3$)

μ = κόστος μεταφοράς $1m^3$ σε απόσταση 1 km ($\text{€}/m^3\text{km}$)

l_F = η ελεύθερη απόσταση μεταφοράς (km)

x_0 = η οριακή απόσταση μεταφοράς (km)

$x_{\text{απ}}$ = η απόσταση μεταφοράς από το ορύγμα μέχρι το χώρο εναπόθεσης (km)

x_{δ} = η απόσταση μεταφοράς από το χώρο δανειοθαλάμου μέχρι το επίχωμα (km)

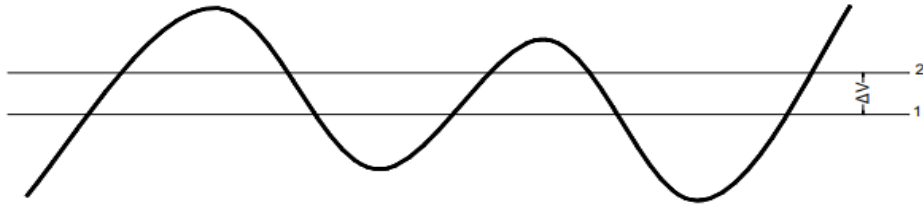
3.2.7 Βέλτιστη γραμμής διανομής

Η βέλτιστη γραμμή διανομής αποσκοπεί στην εύρεση της γραμμής εκείνης που θα δώσει το ελάχιστο κόστος στην κατασκευή της οδού. Αυτό βασίζεται στην ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς που αντιστοιχεί στην ελαχιστοποίηση των αντίστοιχων επιφανειών των διαγραμμάτων Bruckner.

Ο υπολογισμός αυτός γίνεται για 2 περιπτώσεις:

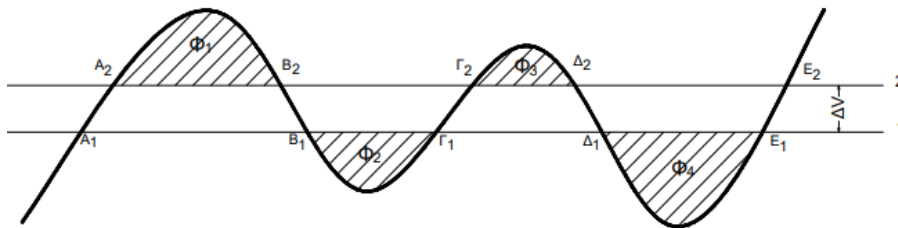
1. Άρτιος αριθμός φατνωμάτων

Για να υπολογιστεί η βέλτιστη γραμμή διανομής, γίνεται η σύγκριση του κόστους μεταφοράς K_1, K_2 των ορυγμάτων που αντιστοιχούν στις γραμμές διανομής 1 και 2 του σχήματος 3.21.



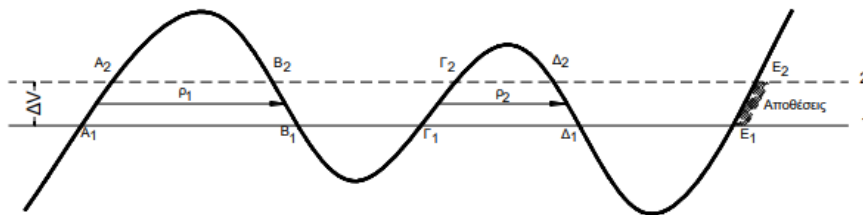
Σχήμα 3.22: Άρτιος αριθμός φατνωμάτων με δύο γραμμές διανομής (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

Η σύγκριση αυτή γίνεται με τη προϋπόθεση ότι το κόστος μεταφοράς είναι συνεχής συνάρτηση για αποστάσεις μικρότερες ή ίσες προς εκείνες που ορίζονται από τα τμήματα της γραμμής των κύβων που βρίσκονται ανάμεσα στις γραμμές διανομής 1 και 2. Εκτός των γραμμών 1, 2 υπάρχουν τα κλειστά φατνώματα $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$ όπου οι μεταφορές των ορυγμάτων είναι κοινές και για τις δύο γραμμές διανομής.

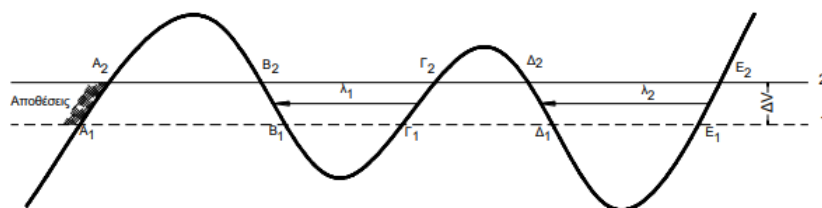


Σχήμα 3.23: Φατνώματα με ίδιες μεταφορές (Σημειώσεις Οδοποιίας II- Χωματισμοί-Κίνηση Εκχωμάτων, Γ. Κανελλαΐδης – Γ. Γλαρός – Φ. Μερτζάνης – Γ. Μαλέρδος)

Απομένουν λοιπόν προς μεταφορά τα ορύγματα που βρίσκονται μεταξύ των γραμμών διανομής 1 και 2. Επομένως η κίνηση των ορυγμάτων αυτών ανάλογα με τη γραμμή διανομής θα είναι:



Σχήμα 3.24: Κίνηση ορυγμάτων με τη γραμμή διανομής 1



Σχήμα 3.25: Κίνηση ορυγμάτων με τη γραμμή διανομής 2

Το κόστος μεταφοράς για κάθε γραμμή διανομής στα μη κοινά φατνώματα είναι:

$$\begin{aligned} K_1 &= \Delta V(\kappa\rho_1 + \kappa\rho_2) \\ K_2 &= \Delta V(\kappa\lambda_1 + \kappa\lambda_2) \\ K_2 - K_1 &= \Delta V(\kappa\lambda_1 + \kappa\lambda_2 - \kappa\rho_1 - \kappa\rho_2) \\ \Delta K &= \Delta V(\kappa\lambda_1 + \kappa\lambda_2 - \kappa\rho_1 - \kappa\rho_2) \\ \Delta K / \Delta V &= \kappa\lambda_1 + \kappa\lambda_2 - \kappa\rho_1 - \kappa\rho_2 \end{aligned}$$

όπου $\kappa\lambda_1, \kappa\lambda_2, \kappa\rho_1, \kappa\rho_2$ είναι το κόστος μεταφοράς 1m^3 ορύγματος στις αντίστοιχες αποστάσεις $\lambda_1, \lambda_2, \rho_1, \rho_2$.

Στη παραπάνω σχέση εκφράζεται η πρώτη παράγωγος για μία γραμμή διανομής και το κόστος αντιστοιχεί στις αποστάσεις $\lambda_1, \lambda_2, \rho_1, \rho_2$.

Η ελάχιστη τιμή του κόστους προκύπτει για μηδενισμό της 1^{ης} παραγώγου, δηλαδή:

$$\begin{aligned} \Delta K / \Delta V &= 0 \\ \lambda_1 + \lambda_2 &= \rho_1 + \rho_2 \end{aligned}$$

Επομένως το ελάχιστο κόστος μεταφοράς προκύπτει για τη γραμμή διανομής για την οποία ισχύει: $\lambda_1 + \lambda_2 = \rho_1 + \rho_2$

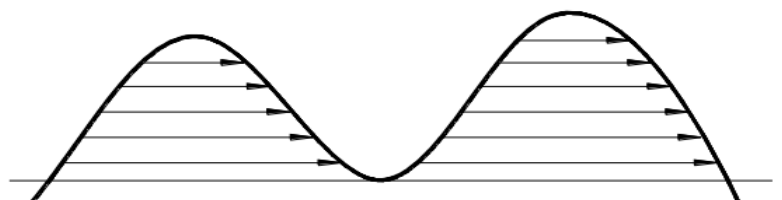
Κάθε άλλη γραμμή διανομής (για άρτιο αριθμό φατνωμάτων) έχει μεγαλύτερο κόστος μεταφοράς.

2. Περισσότερος αριθμός φατνωμάτων

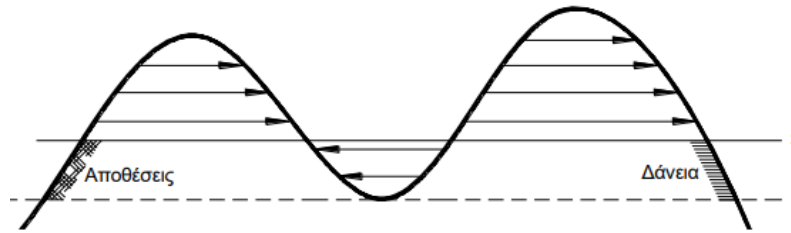
Στην περίπτωση του περιττού αριθμού φατνωμάτων διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

a) Δεν συμφέρει η δημιουργία αποθέσεων και η λήψη δανείων

Όταν η συνολική δαπάνη εκσκαφής και μεταφοράς των ορυγμάτων, δεν ξεπερνάει τη συνολική δαπάνη για εκσκαφή και μεταφορά των αποθέσεων και εκσκαφή στον δανειοθάλαμο και μεταφορά προς το επίχωμα, τότε δεν συμφέρει η λήψη δανείων και η δημιουργία αποθέσεων.



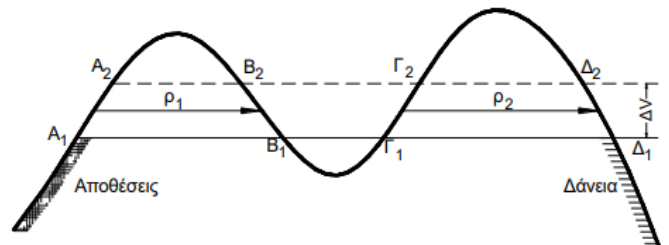
Σχήμα 3.26: Περισσότερος αριθμός φατνωμάτων χωρίς λήψη δανείων ή δημιουργία αποθέσεων



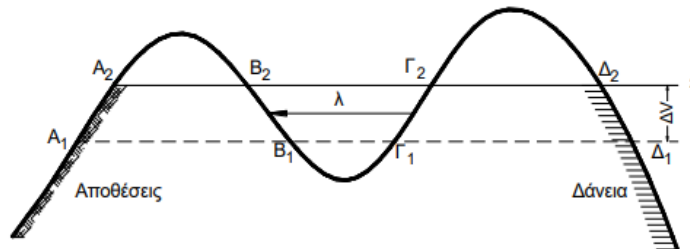
Σχήμα 3.27: Περισσότερος αριθμός φατνωμάτων με λήψη δανείων και δημιουργία αποθέσεων

b) Συμφέρει η δημιουργία αποθέσεων και η λήψη δανείων

Αντίστοιχα με τον άρτιο αριθμό φατνωμάτων θα υπολογιστούν και θα συγκριθούν τα κόστη για δύο γραμμές διανομής.



Σχήμα 3.28: Κίνηση ορυγμάτων με τη γραμμή διανομής 1



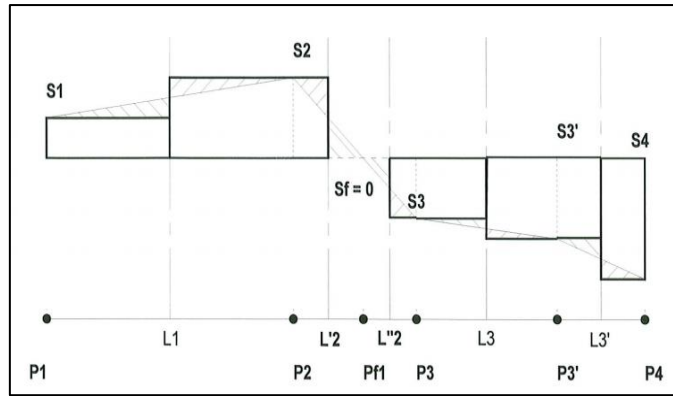
Σχήμα 3.29: Κίνηση ορυγμάτων με τη γραμμή διανομής 2

Τα κόστη μεταφοράς για κάθε γραμμή διανομής στα μη κοινά φατνώματα είναι:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \Delta V(\kappa\rho_1 + \kappa\rho_2) \\
 K_2 &= \Delta V(\kappa\lambda + \kappa\alpha_{\text{π}} + \kappa\delta_{\text{αν}}) = \Delta V(\kappa\lambda + \kappa\chi_0) \\
 K_2 - K_1 &= \Delta V(\kappa\lambda + \kappa\chi_0 - \kappa\rho_1 - \kappa\rho_2) \\
 \Delta K &= \Delta V(\kappa\lambda + \kappa\chi_0 - \kappa\rho_1 - \kappa\rho_2) \\
 \Delta K / \Delta V &= \kappa\lambda + \kappa\chi_0 - \kappa\rho_1 - \kappa\rho_2
 \end{aligned}$$

Το κόστος ελαχιστοποιείται για μηδενισμό της 1^{ης} παραγώγου:

$$\begin{aligned}
 \Delta K / \Delta V &= 0 \\
 \lambda + \chi_0 &= \rho_1 + \rho_2
 \end{aligned}$$

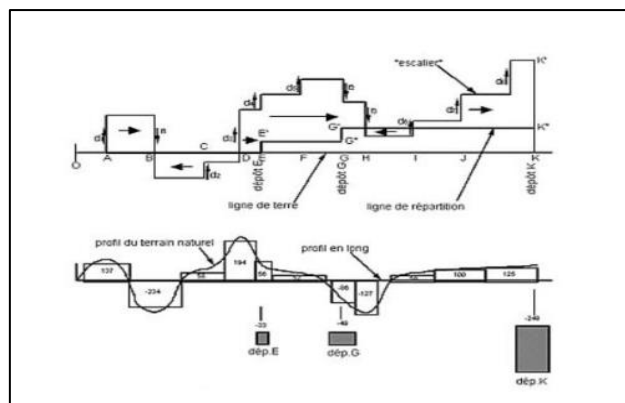


Σχήμα 3.31: Τροποποιημένο διάγραμμα επιφανειών

3.3.2 Κατασκευή διαγράμματος LALANNE

Για την κατασκευή του διαγράμματος Lalanne, πρέπει να συμπληρωθεί ο πίνακας χωματισμών κατά τα γνωστά. Η διαφορά μεταξύ όσων έχουν αναφερθεί στη μέθοδο Bruckner και της μεθόδου Lalanne είναι ότι στη παρούσα μέθοδο δεν αναφέρεται ο συντελεστής επιπλήσματος. Ο υπολογισμός των όγκων των ορυγμάτων και επιχωμάτων εκτελείται αφού πρώτα υπολογισθούν οι όγκοι εκκαθάρισης και φυτικών γαιών.

Για την κατασκευή του γραφήματος Lalanne, θεωρείται μία οριζόντια γραμμή, η «γραμμή εδάφους». Πάνω στη «γραμμή εδάφους», τοποθετούνται τα σημεία $P_0, P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ σε αποστάσεις $d_0, d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ που αντιστοιχούν σε διαφορετικές διατομές. Τα σημεία $P_0, P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ τοποθετούνται στα κέντρα βάρους των πρισμάτων του διαγράμματος επιφανειών. Κάθετα με αυτή τη γραμμή, βρίσκεται ο άξονας των τεταγμένων όπου παρατίθενται οι όγκοι των ορυγμάτων και επιχωμάτων διογκωμένοι (αφού δεν γίνεται χρήση του συν/τη επιπλήσματος) και σε κατάλληλη κλίμακα. Είναι δυνατόν να υποδειχθεί με τη βοήθεια σκιών και χρωμάτων, οι γεωτεχνικές διαφορές μεταξύ των παρόντων εδαφών. Οι όγκοι των χωματισμών που αντιστοιχούν στα κέντρα βάρους $P_0, P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ συνδέονται μεταξύ τους με οριζόντιες γραμμές σχηματίζοντας πρίσματα.



Σχήμα 3.32: Αντιστοιχία διαγράμματος επιφανειών – διαγράμματος LALANNE

Στο παραπάνω σχήμα το γράφημα Lalanne απεικονίζεται στο πάνω διάγραμμα ενώ το διάγραμμα επιφανειών στο κάτω. Παρατηρείται ότι τα σημεία A,B,C,...,K αποτελούν τα κέντρα βάρους των πρισμάτων του διαγράμματος επιφανειών.

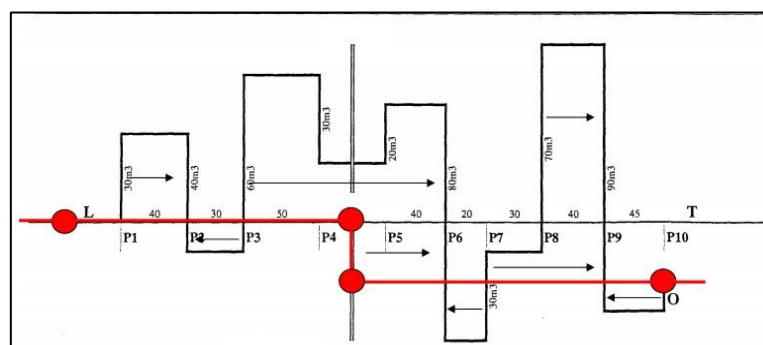
Συνεπώς, το διάγραμμα Lalanne αποτελείται από σκαλιά που αναπαριστούν ορύγματα (+) και επιχώματα (-). Αν το διάγραμμα καταλήγει πάνω από τον οριζόντιο άξονα υπάρχει περίσσεια ορυγμάτων, ενώ για το αντίθετο έχουμε περίσσεια επιχωμάτων.

3.3.3 Γραμμές διανομής

Ο τρόπος κίνησης των ορυγμάτων κατά μήκος της οδού καθορίζεται από τις γραμμές διανομής, όπως και στη μέθοδο Bruckner. Η προφανής κατεύθυνση είναι η μετακίνηση των ορυγμάτων στα επιχώματα.

Στο γράφημα Lalanne οι όγκοι των ορυγμάτων που αντιπροσωπεύονται από τα τμήματα που βρίσκονται πάνω από τη γραμμή εδάφους μεταφέρονται προς τα δεξιά, ενώ για τμήματα του γραφήματος που βρίσκονται κάτω από τη γραμμή εδάφους, η κίνηση των γαιών γίνεται προς τα αριστερά. Λαμβάνονται έτσι ορθογώνια που αντιπροσωπεύουν μεταφορές.

Η επιφάνεια κάθε ορθογώνιου (όγκος x απόσταση), αντιπροσωπεύει τη ροπή μεταφοράς του όγκου του αντίστοιχου ορθογώνιου. Για να υπολογιστεί το κόστος κίνησης γαιών, υπολογίζεται η ροπή μεταφοράς κάθε τμήματος ($M_i = V_i d_i$) και η μέση απόσταση μεταφοράς ($M.A.M. = \Sigma(V_i d_i) / \Sigma V_i$). Τα παραπάνω είναι κοινά με τη μέθοδο Bruckner και γι' αυτό και δεν περιγράφονται αναλυτικά.



Σχήμα 3.33: Γράφημα Lalanne με 2 γραμμές διανομής

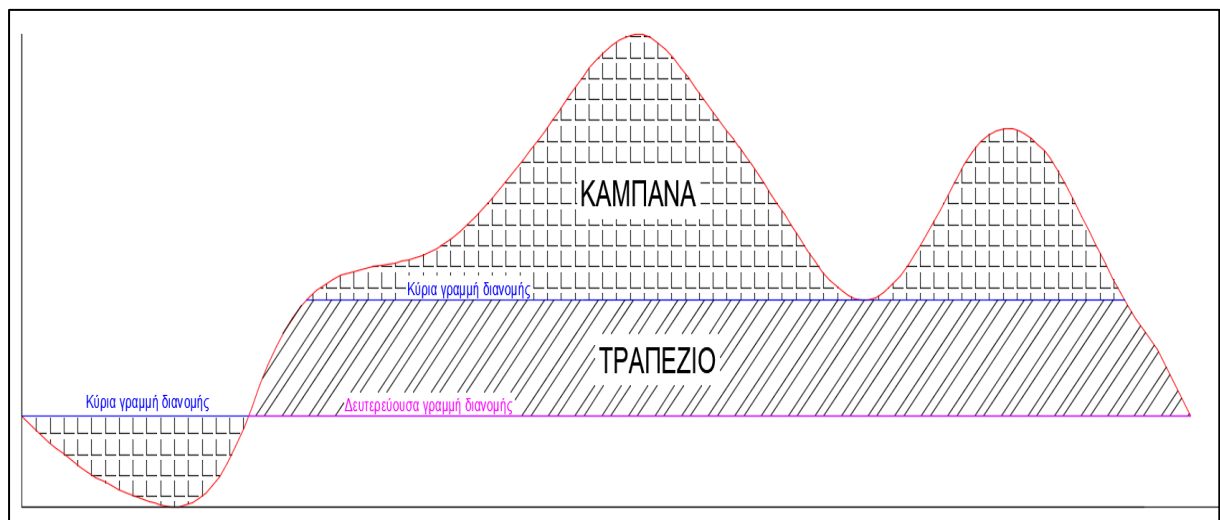
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΩΜΑΤΙΣΜΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσεται και επεξηγείται η μέθοδος που αναπτύχθηκε για να εξαχθεί το αποτέλεσμα του κόστους των χωματουργικών εργασιών. Το συνολικό κόστος των χωματισμών θα είναι μία αριθμητική τιμή, η οποία προκύπτει από το πολλαπλασιασμό των συνολικών κυβοχιλιομέτρων και των κυβικών εκσκαφής με τα κατάλληλα κόστη μεταφοράς και εκσκαφής αντίστοιχα.

Πριν παρουσιαστεί η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, θα γίνει αναφορά σε ορισμένα βασικά στοιχεία που στηρίχθηκε η δημιουργία του αλγορίθμου:

- ✓ Τα κλειστά σχήματα που δημιουργούνται από τις γραμμές διανομής και την γραμμή των κύβων ή αλλιώς φατνώματα, διακρίνονται σε δύο τύπους σχημάτων. Αυτά που έχουν μορφή «καμπάνας» και η «τραπεζοειδής» μορφή. Όταν η κίνηση των γαιών πραγματοποιείται μόνο από κύριες γραμμές διανομής δημιουργούνται φατνώματα μορφής «καμπάνας», ενώ σε περίπτωση που υπάρξουν δευτερεύουσες γραμμές διανομής, τότε δημιουργούνται και φατνώματα «τραπεζοειδούς» μορφής.



Εικόνα 4.1: Μορφές φατνωμάτων

- ✓ Δύο ή περισσότεροι πίνακες λέγονται παράλληλοι, αν σε αυτούς έχουν αποθηκευτεί τα χαρακτηριστικά οντοτήτων με τέτοιο τρόπο, ώστε τα δεδομένα κάθε οντότητας να βρίσκονται σε στοιχεία με την ίδια τιμή δείκτη.

4.2 Ανάπτυξη Μεθοδολογίας

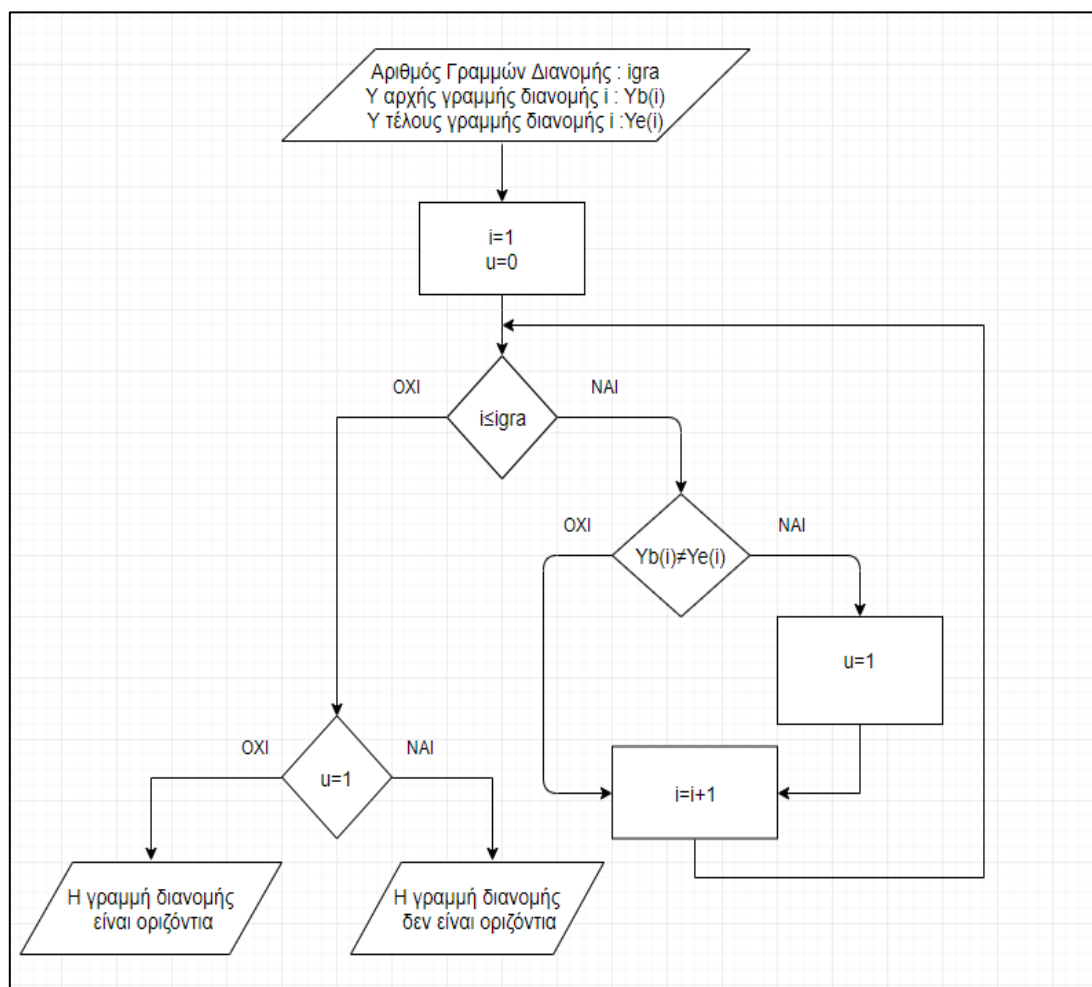
4.2.1 Προεργασία-Υπολογισμός προ απαιτούμενων μεγεθών

Για να ξεκινήσει η εφαρμογή της μεθοδολογίας που θα ακολουθήσει, κρίνονται απαραίτητοι ορισμένοι υπολογισμοί μεγεθών που θα χρειαστούν στην μετέπειτα πορεία.

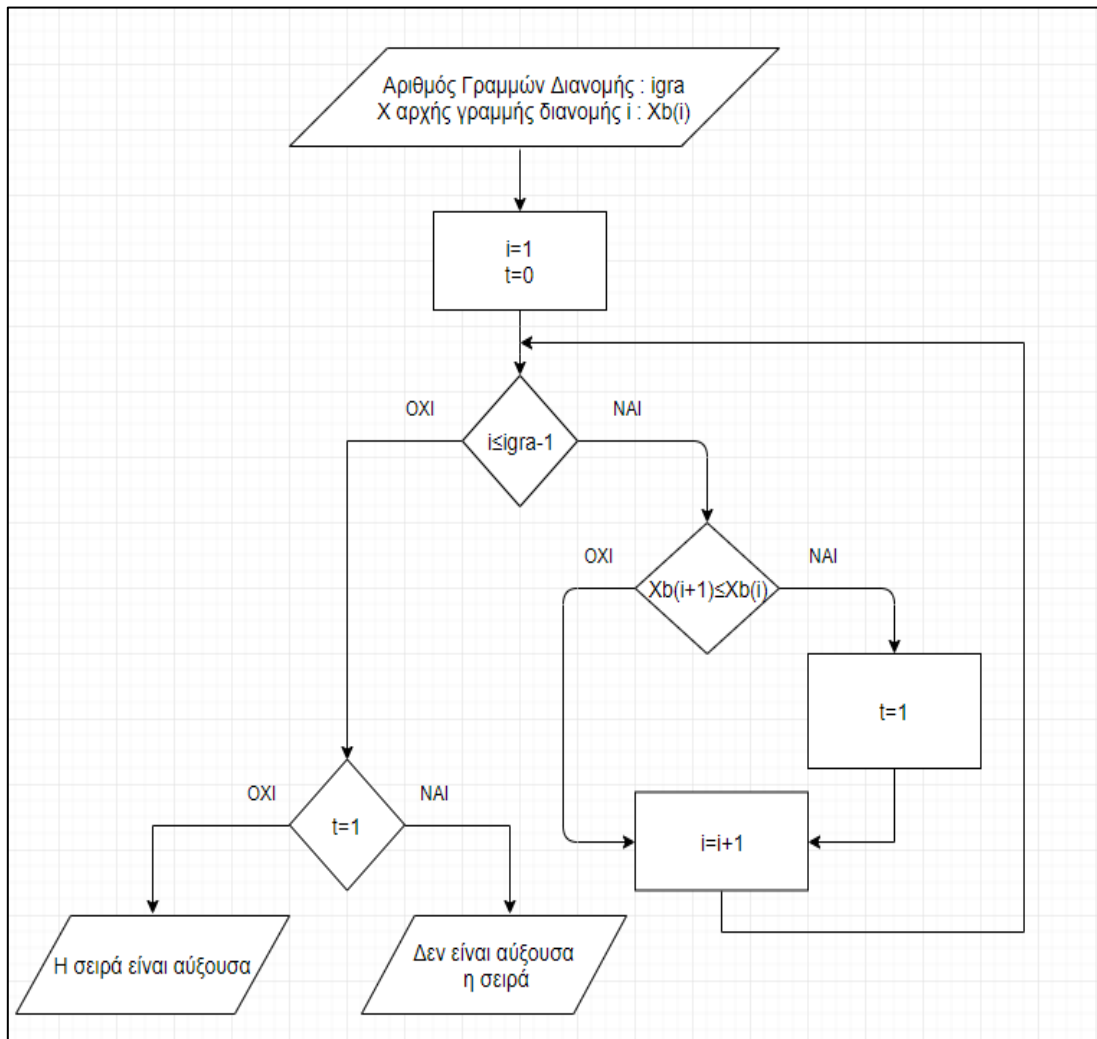
4.2.1.1 Έλεγχος γραμμών διανομής

Για αρχή ελέγχεται η ορθότητα των γραμμών διανομής. Κάθε γραμμή διανομής πρέπει να είναι παράλληλη προς τον οριζόντιο άξονα. Επίσης όταν η κίνηση των γαιών γίνεται με περισσότερες από μία γραμμές διανομής, τότε αυτές πρέπει να δίνονται με αύξουσα σειρά χιλιομετρικής θέσης.

Παρακάτω φαίνεται ο τρόπος που εξασφαλίζεται η ορθότητα αυτή:



Σχήμα 4.1: Οριζόντια γραμμή διανομής

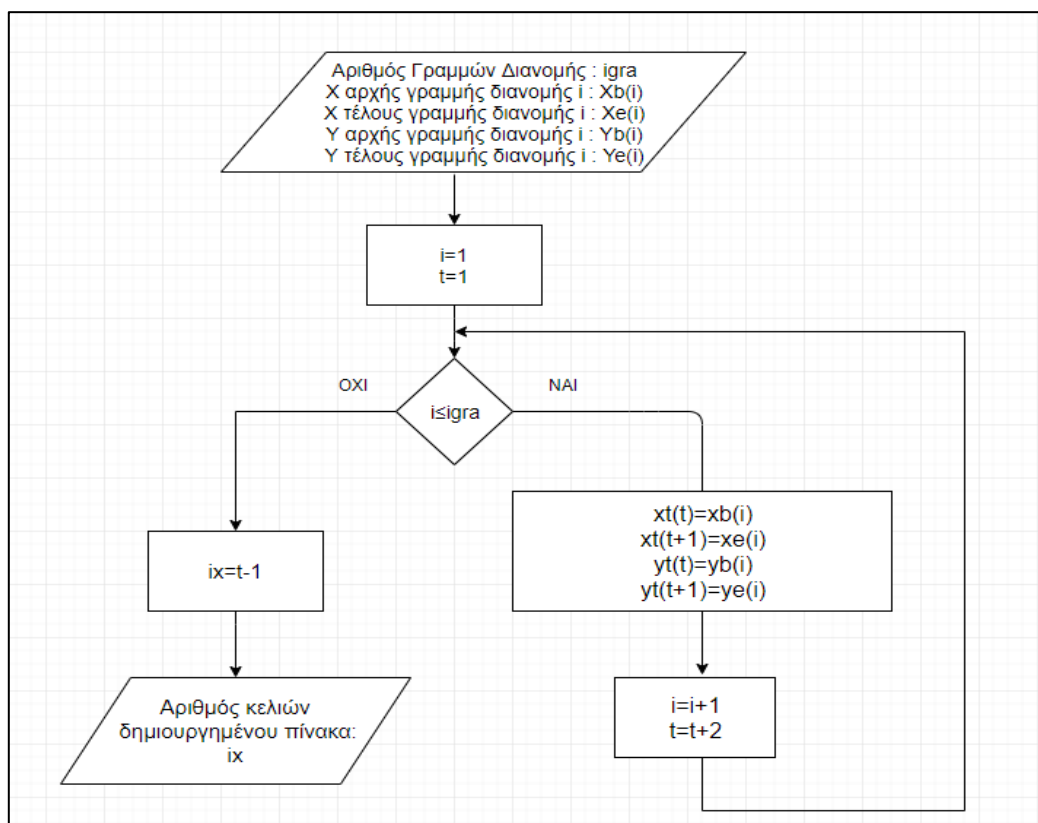


Σχήμα 4.2: Αύξουσα σειρά γραμμών διανομής

4.2.1.2 Δημιουργία πινάκων με τις συνταγμένες των γραμμών διανομής

Δημιουργούνται δύο πίνακες με τις τετμημένες και τις τεταγμένες των γραμμών διανομής. Ο ένας πίνακας (x_t) θα περιέχει τις τετμημένες (x) αρχής και τέλους, ενώ ο άλλος (y_t) θα περιέχει τις τεταγμένες (y) αρχής και τέλους. Μέσω της διαδικασίας αυτής, εξασφαλίζονται σε δύο βάσεις δεδομένων τα στοιχεία τοποθέτησης των γραμμών διανομής αντί για τέσσερις, ενώ έτσι διευκολύνεται και η μετέπειτα πορεία υπολογισμού.

Η διαδικασία που ακολουθείται φαίνεται παρακάτω:



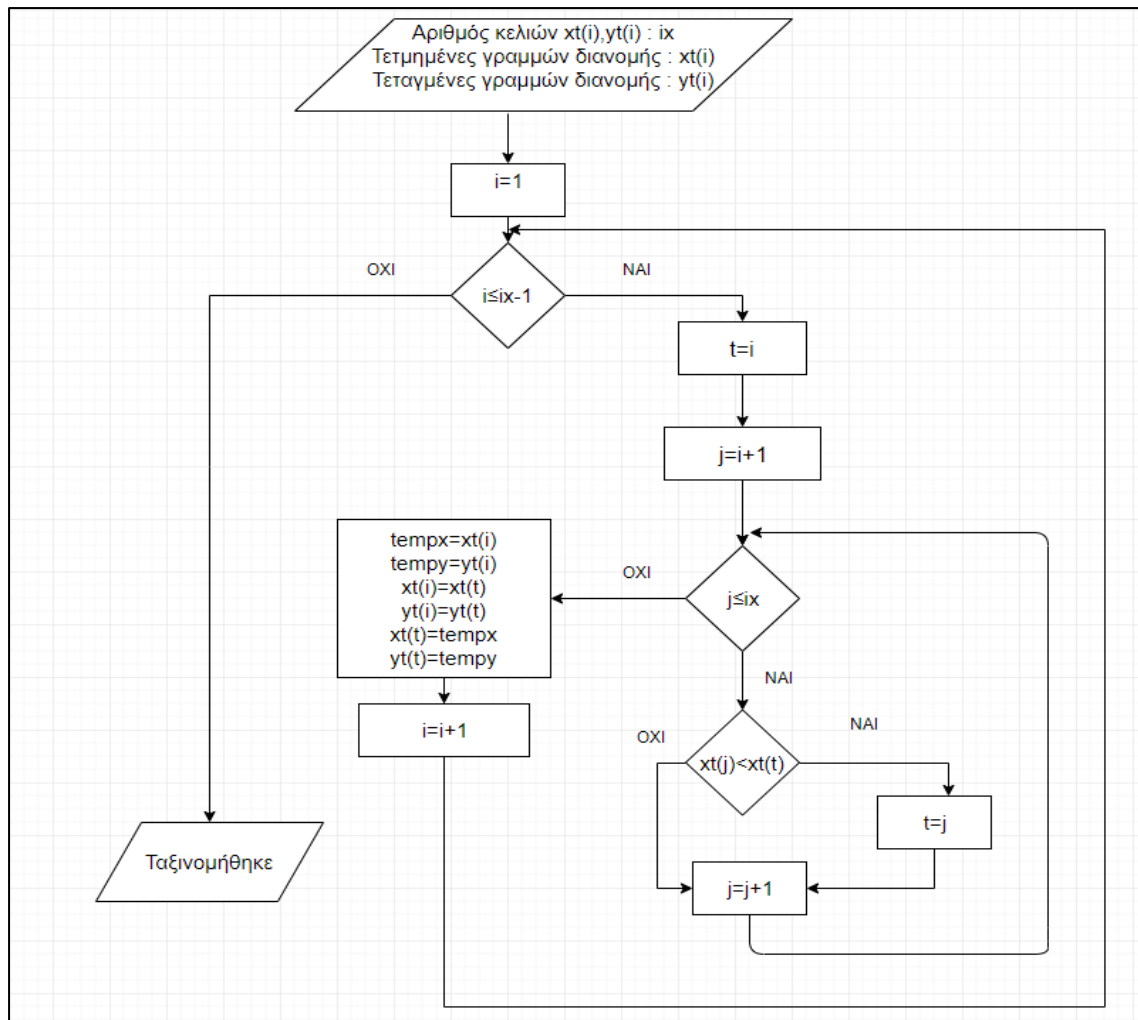
Σχήμα 4.3: Δημιουργία πινάκων

4.2.1.3 Ταξινόμηση γραμμών διανομής

Στην περίπτωση που η κίνηση των γαιών γίνεται αποκλειστικά με «κυρίες» γραμμές διανομής, και συνεπώς τα φατνώματα είναι της μορφής «καμπάνας», η διαδικασία της ταξινόμησης δεν χρειάζεται, αφού αυτό έχει ελεγχθεί με την παραπάνω διαδικασία της αύξουσας σειράς των γραμμών διανομής. Αν όμως η κίνηση των γαιών συνοδεύεται και από «δευτερεύουσες» γραμμές διανομής, και συνεπώς ανάμεσα στα φατνώματα υπάρχουν και αυτά με την «τραπεζοειδή» μορφή, τότε η ταξινόμηση κρίνεται αναγκαία. Και αυτό γιατί, οι τετμημένες αρχής (x_b) κάθε γραμμής διανομής θα βρίσκονται με αύξουσα

σειρά, όπως αυτό έχει ελεγχθεί παραπάνω, δεν θα βρίσκονται όμως οι τετμημένες τέλους (xe) κάθε γραμμής διανομής.

Για το λόγο αυτό γίνεται η ταξινόμηση των νέων δημιουργημένων πινάκων, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

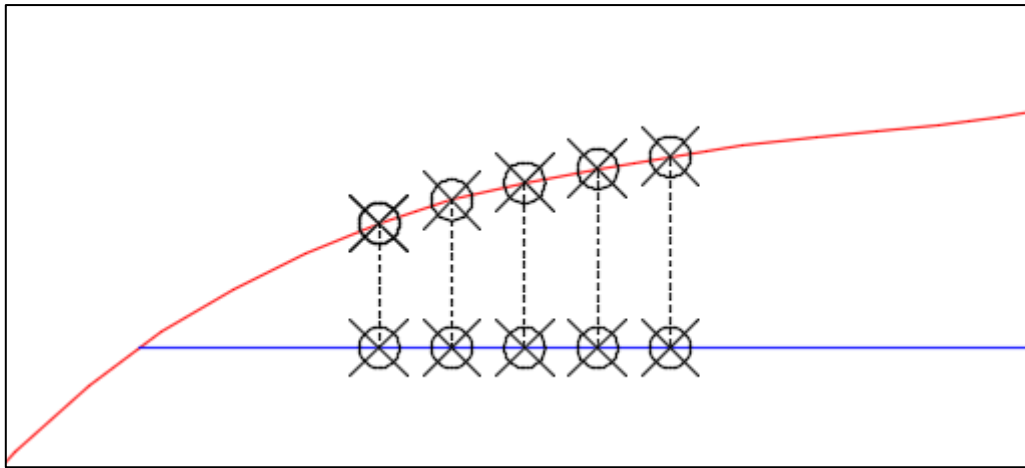


Σχήμα 4.4: Ταξινόμηση πινάκων

4.2.1.4 Αντιστοίχιση σημείων γραμμής κύβων με τις γραμμές διανομής

Η γραμμή των κύβων στο διάγραμμα Bruckner αποτελείται από πολλά σημεία τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με μικρά ευθύγραμμα τμήματα, δημιουργώντας έτσι τη τελική γραμμή κύβων. Σκοπός μας σε αυτή τη φάση, είναι η αντιστοιχία των σημείων αυτών με τα σημεία της γραμμής διανομής, σύμφωνα με την οποία κινούνται οι γαίες για κάθε τμήμα της γραμμής κύβων.

Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά η διαδικασία αυτή όπου, η γραμμή των κύβων εμφανίζεται με κόκκινο χρώμα, ενώ με μπλε η γραμμή διανομής.

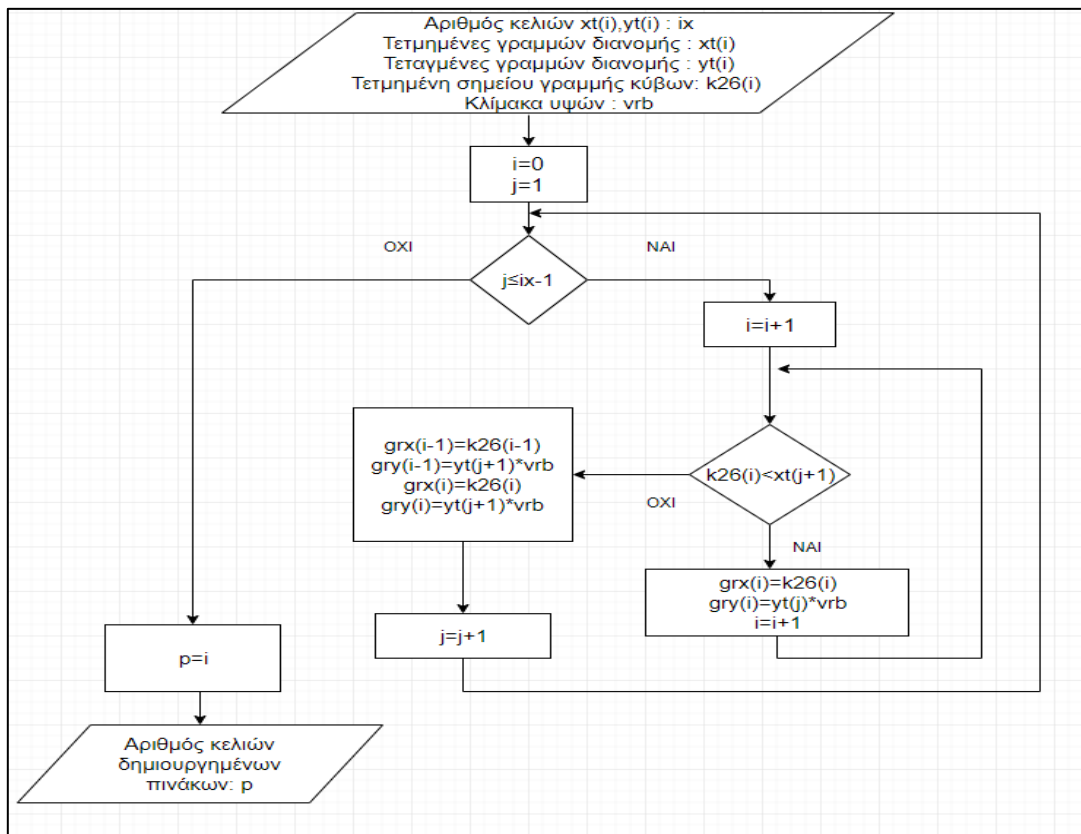


Εικόνα 4.2: Αντιστοίχιση σημείων γραμμής κύβων-γραμμής διανομής

Σημείωση: Από κάθε σημείο της γραμμής κύβων φέρνεται κάθετη μέχρι να τμήσει τη γραμμή διανομής, με σκοπό την αποθήκευση του σημείου αυτού.

Με άλλα λόγια δημιουργούνται δύο παράλληλοι πίνακες με τον πίνακα τετμημένων της γραμμής κύβων, που περιέχουν τις συντεταγμένες x,y της γραμμής διανομής για κάθε σημείο της γραμμής κύβων.

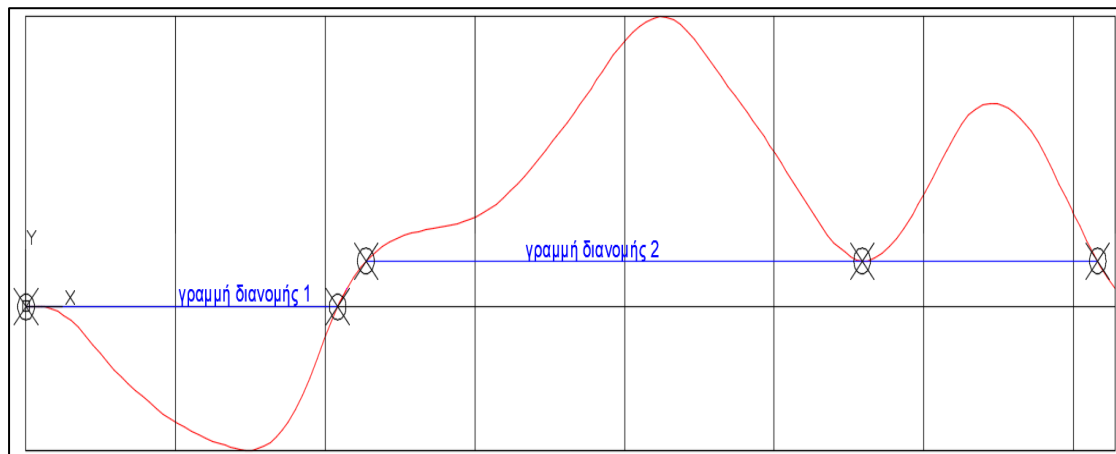
Παρακάτω φαίνεται σε μορφή διαγράμματος ροής, η διαδικασία που ακολουθείται:



Σχήμα 4.5: Σημεία γραμμών διανομής σε αντιστοιχία με Bruckner

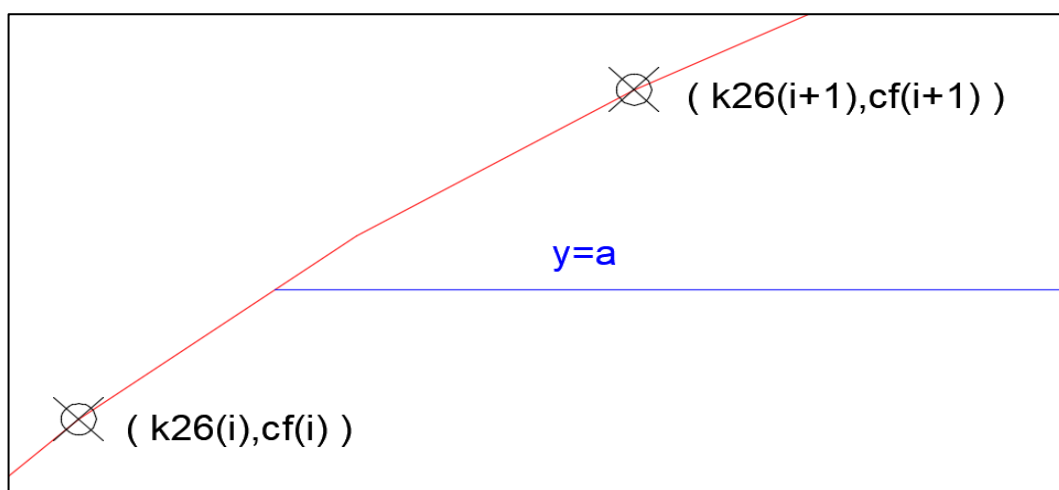
4.2.1.5 Σημεία τομής γραμμών διανομής με γραμμή Bruckner

Για την επίλυση του βασικού προβλήματος, θα χρειαστεί πρώτα να βρεθούν οι συντεταγμένες των σημείων τομής του διαγράμματος Bruckner με τις γραμμές διανομής.



Εικόνα 4.3: Σημεία τομής Bruckner-γραμμών διανομής

Η εύρεση των σημείων τομής δύο γραφικών παραστάσεων, υπολογίζεται θέτοντας ίσες τις εξισώσεις των γραφικών παραστάσεων που τις περιγράφουν. Η γραφική παράσταση των γραμμών διανομής περιγράφεται από την εξίσωση “ $y=a$ ”, ενώ η γραμμή των κύβων δεν περιγράφεται από κάποια, μιας και αποτελείται από ευθύγραμμα τμήματα σημείων χωρίς κάποια γραμμική σχέση μεταξύ τους. Θα πρέπει λοιπόν να γίνει γραμμική παρεμβολή μεταξύ των σημείων της γραμμής Bruckner για την εύρεση των σημείων τομής.



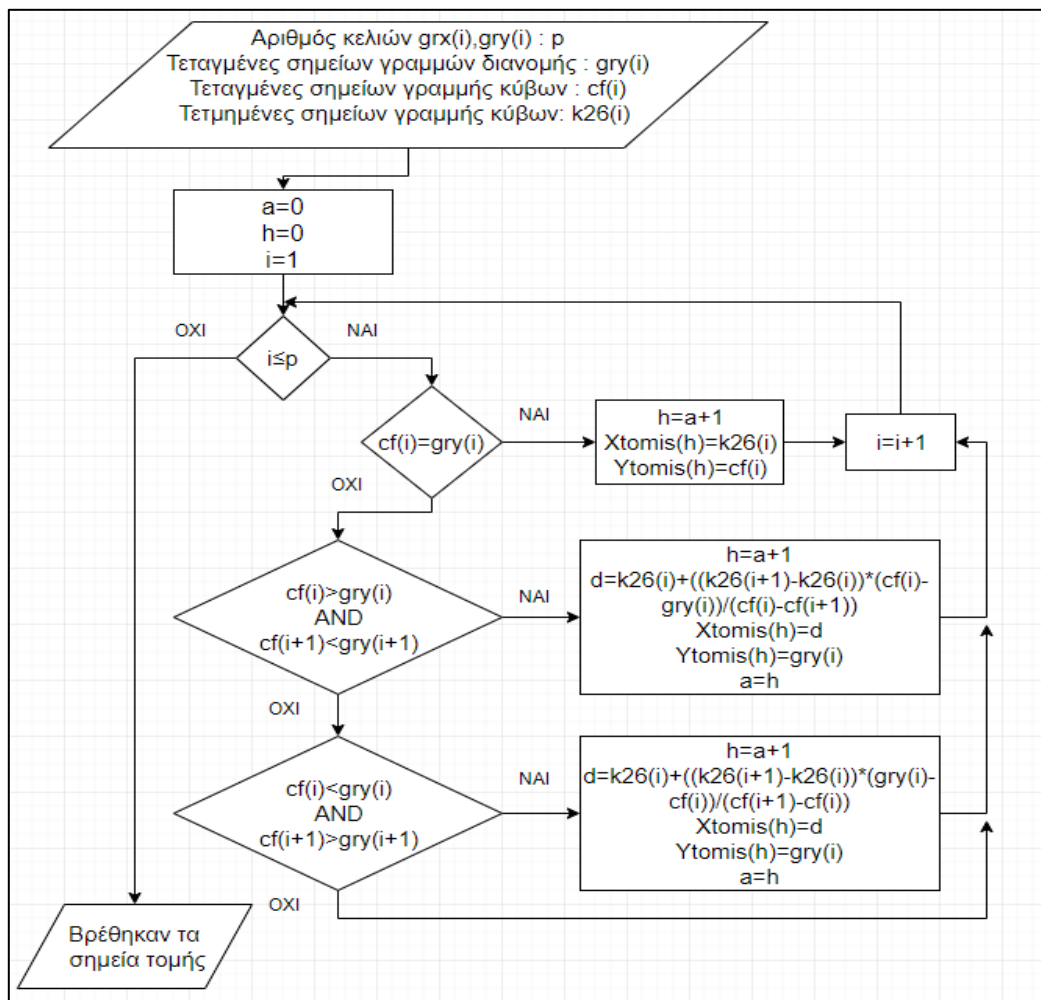
Εικόνα 4.4: Γραμμική παρεμβολή σημείων γραμμής κύβων

Η εξίσωση του ευθύγραμμου τμήματος είναι:

$$y = \frac{cf(i+1) - cf(i)}{k26(i+1) - k26(i)} * (x - k26(i)) + cf(i)$$

Αν η παραπάνω εξίσωση τεθεί ίση με την εξίσωση της γραμμής διανομής, από τη λύση του συστήματος θα προκύψει το σημείο τομής.

Παρακάτω ακολουθεί η ολοκληρωμένη διαδικασία εύρεσης των σημείων τομής.



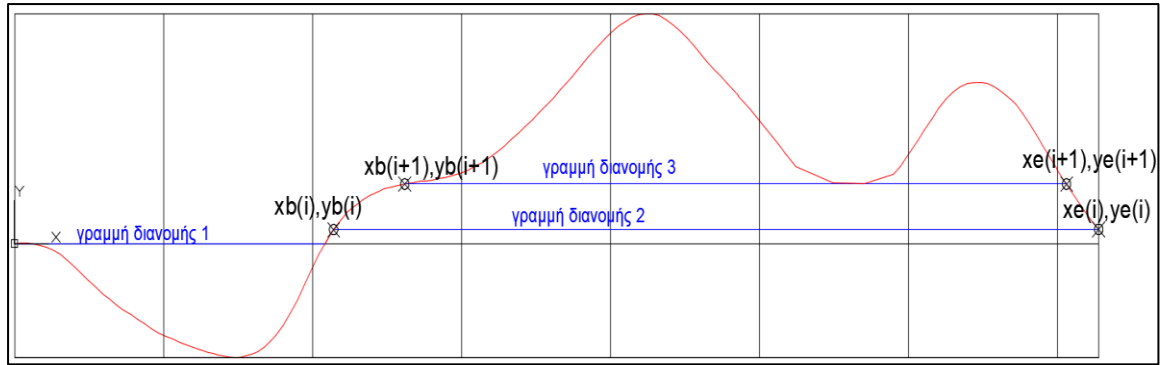
Σχήμα 4.6: Εύρεση σημείων τομής

4.2.1.6 Διερεύνηση ύπαρξης μορφής «τραπεζίου»

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου είναι δυνατόν να συναντήσουμε και φαινόμενα μορφής «τραπεζίου», εκτός από μορφής «καμπάνας» η οποία είναι η πιο συνηθισμένη. Ο έλεγχος ύπαρξης της μορφής αυτής γίνεται συγκρίνοντας την ακολουθία των συντεταγμένων αρχής και τέλους των

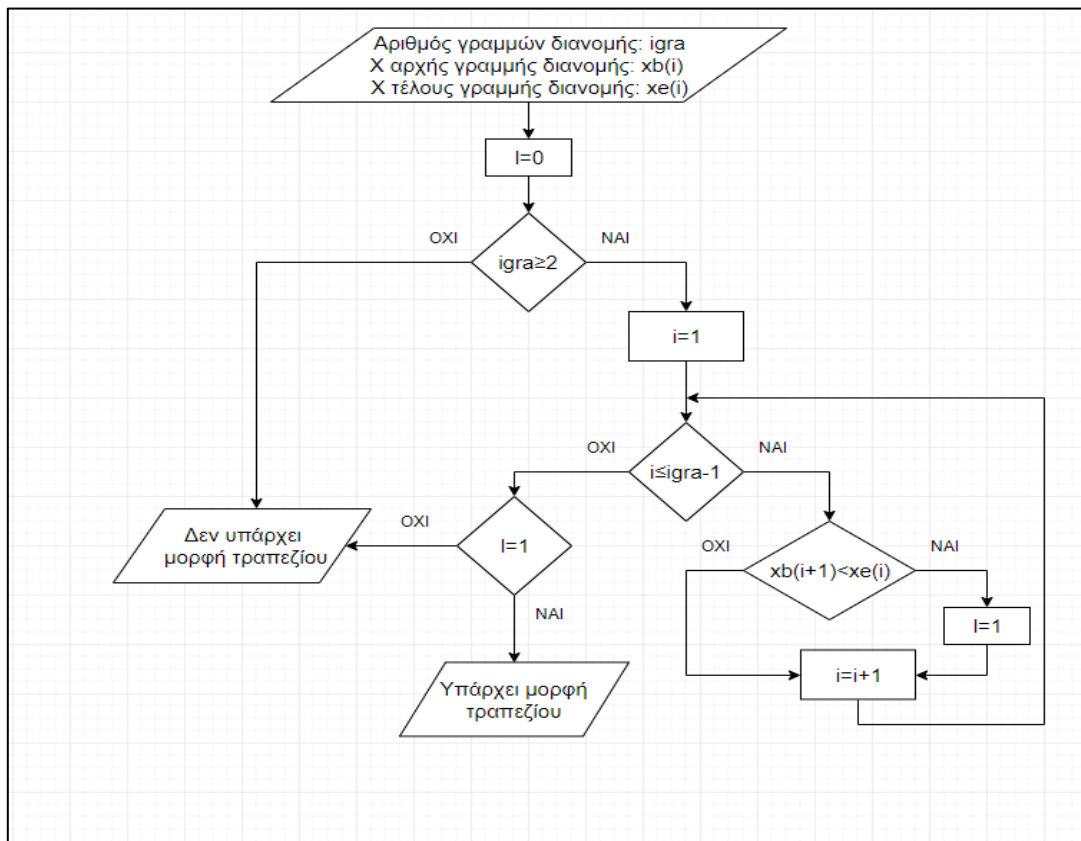
γραμμών διανομής. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση που η τετμημένη αρχής γραμμής διανομής $i+1$ ($x_b(i+1)$) είναι μικρότερη της τετμημένης τέλους γραμμής διανομής i ($x_e(i)$), υπάρχει «τραπεζοειδής» μορφή.

$x_b(i+1) < x_e(i) \rightarrow$ «τραπεζοειδής μορφή»



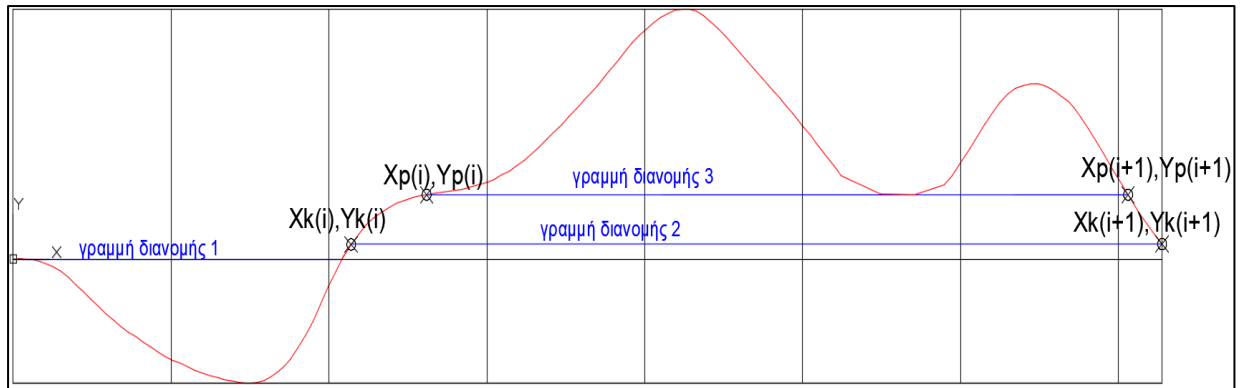
Εικόνα 4.5: Συντεταγμένες αρχής και τέλους γραμμών διανομής

Απαραίτητη προϋπόθεση για τον σχηματισμό τραπέζιου είναι η ύπαρξη τουλάχιστον δύο γραμμών διανομής.

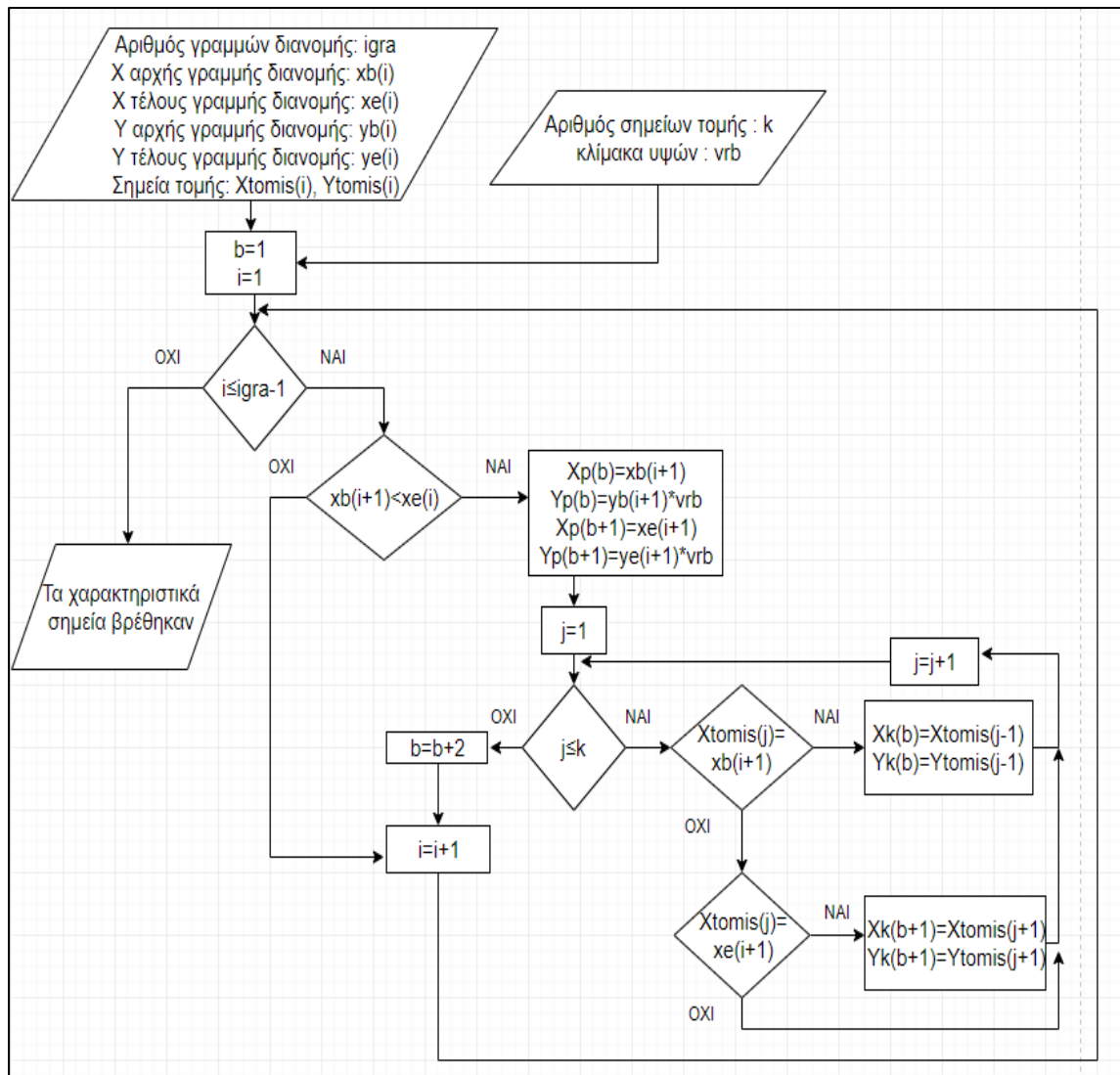


Σχήμα 4.7: Ύπαρξη «τραπεζοειδούς» μορφής

Στην περίπτωση που βρεθεί ότι η γραμμή κύβων περιέχει φάντωμα μορφής «τραπεζίου», τότε θα πρέπει να βρεθούν οι συντεταγμένες των χαρακτηριστικών της σημείων (x,y). Χαρακτηριστικά σημεία αποτελούν οι τέσσερις ακμές που σχηματίζουν το τραπέζιο.



Εικόνα 4.6: Χαρακτηριστικά σημεία τραπεζίου

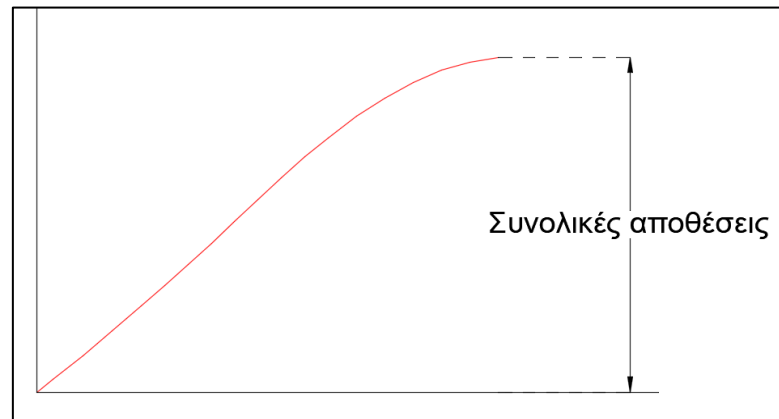


Σχήμα 4.8: Εύρεση χαρακτηριστικών σημείων τραπεζίου

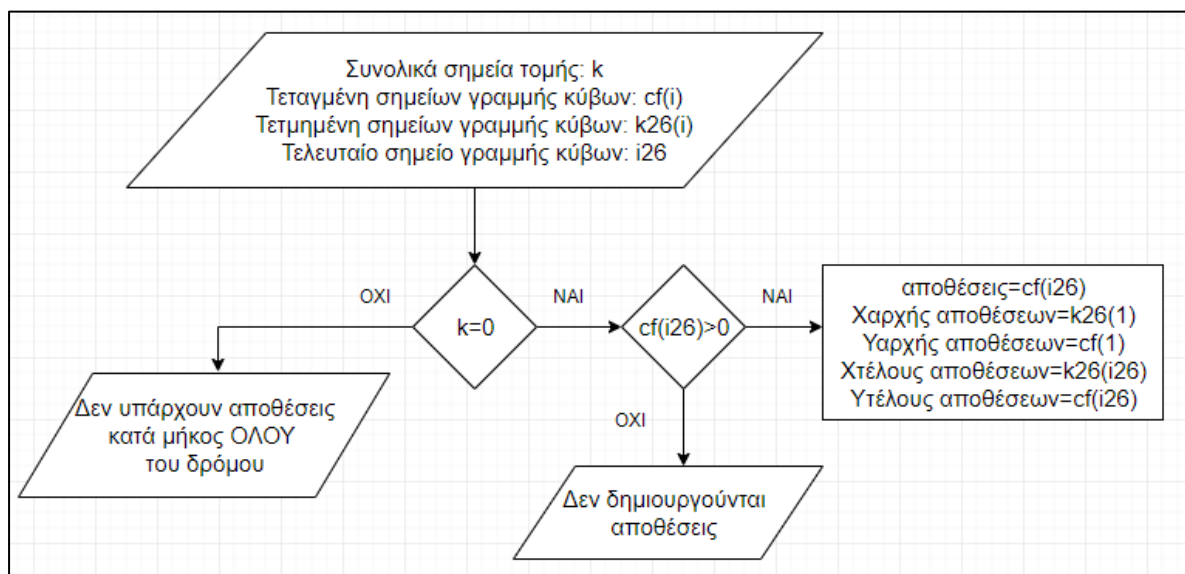
4.2.2 Υπολογισμός αποθέσεων

Όταν τα συνολικά ορύγματα είναι περισσότερα από τα συνολικά επιχώματα υπάρχει περίσσεια ορυγμάτων, και συνεπώς απαιτείται απόθεση του υλικού σε θέσεις αποθέσεων. Αποθέσεις μπορεί να δημιουργούνται:

1. **Κατά μήκος όλης της οδού, χωρίς κίνηση ορυγμάτων προς επίχωση**, όταν ο άξονας της μηκοτομής του δρόμου βρίσκεται συνεχώς χαμηλότερα από την επιφάνεια φυσικού εδάφους. Αυτό στην γραμμή Βruckner μεταφράζεται ως ένας συνεχώς ανερχόμενος κλάδος. Το συνολικό μήκος αποθέσεων ξεκινά από την χιλιομετρική θέση αρχής της οδού και καταλήγει στην χιλιομετρική θέση τέλους, ενώ οι συνολικές αποθέσεις ισούνται με τα συνολικά κυβικά εκσκαφής στο τέλος της οδού.

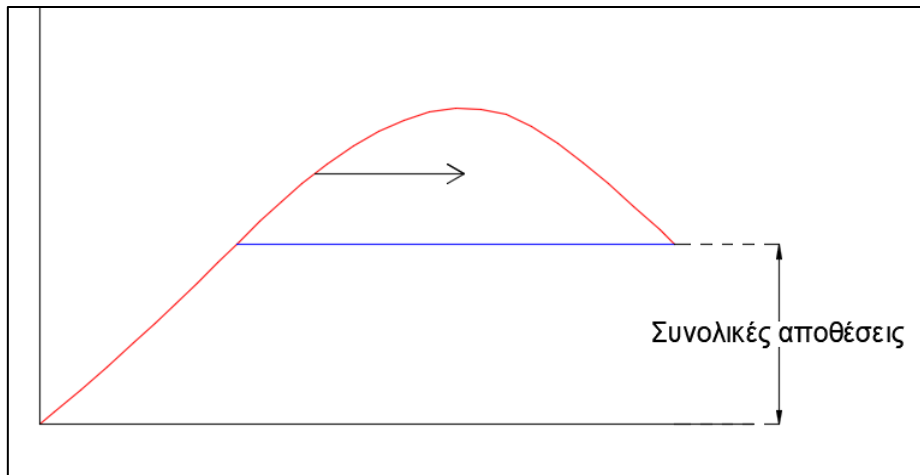


Εικόνα 4.7: Αποθέσεις σε όλο το μήκος της οδού

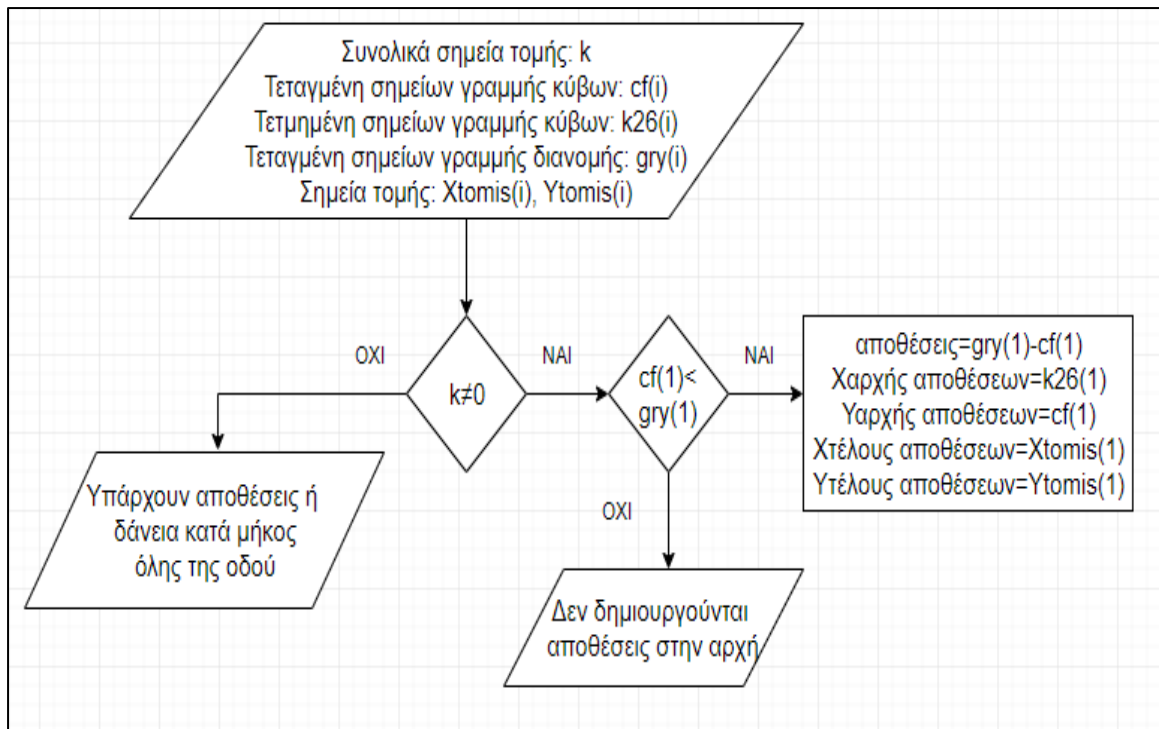


Σχήμα 4.9: Διαδικασία υπολογισμού αποθέσεων

2. **Στην αρχή της οδού**, όταν στις χιλιομετρικές θέσεις αρχής εντοπίζεται ύπαρξη ορυγμάτων, αλλά η κίνηση των γαιών κατά μήκος της οδού δεν συμβαίνει από τις αρχικές θέσεις. Με άλλα λόγια, η γραμμή διανομής δεν ξεκινάει από το (0,0) και υπάρχει περίσσεια ορυγμάτων. Το συνολικό μήκος αποθέσεων ξεκινά από την χιλιομετρική θέση αρχής της οδού και καταλήγει στην χιλιομετρική θέση για την οποία έχουμε 1^η φορά τομή γραμμής κύβων-γραμμής διανομής, ενώ η ποσότητα των συνολικών αποθέσεων φαίνεται παρακάτω.

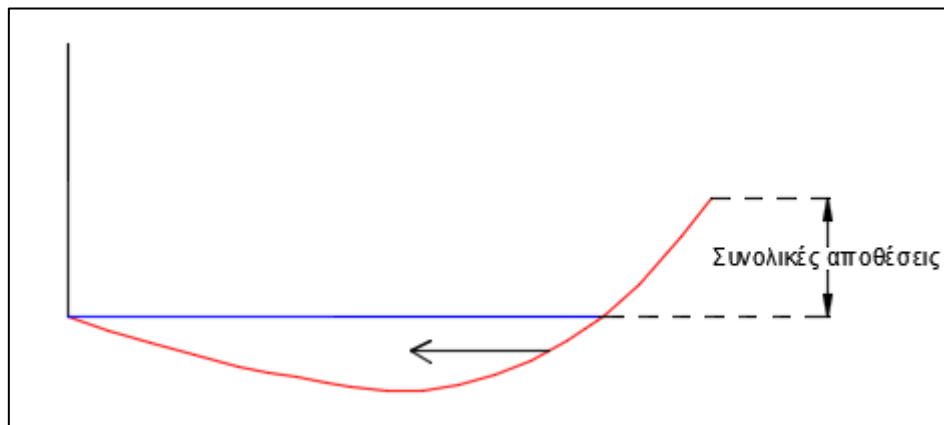


Εικόνα 4.8: Αποθέσεις στην αρχή

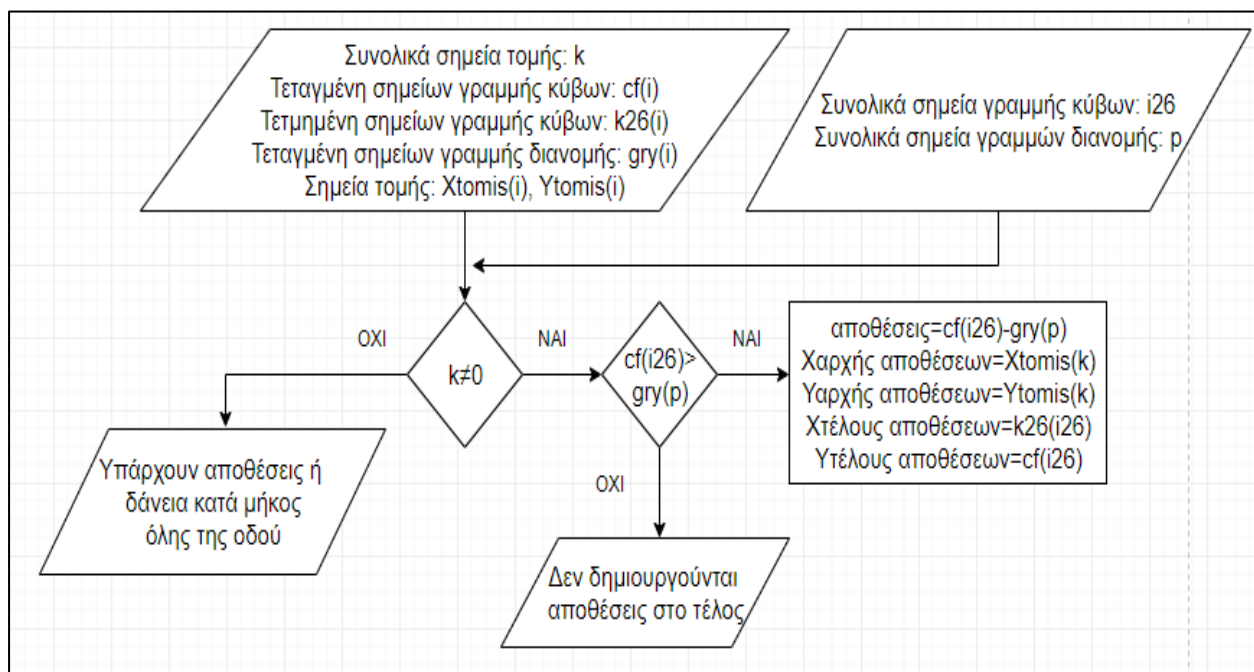


Σχήμα 4.10: Διαδικασία υπολογισμού αποθέσεων στην αρχή

3. **Στο τέλος της οδού**, όταν στις χιλιομετρικές θέσεις τέλους εντοπίζεται ύπαρξη ορυγμάτων, αλλά η κίνηση των γαιών κατά μήκος της οδού συμβαίνει στις αρχικές θέσεις. Με άλλα λόγια, η γραμμή διανομής καταλήγει χαμηλότερα από το τέλος της γραμμής κύβων. Το συνολικό μήκος αποθέσεων ξεκινά από την χιλιομετρική θέση για την οποία έχουμε για τελευταία φορά τομή γραμμής κύβων-γραμμής διανομής και καταλήγει στην χιλιομετρική θέση τέλους, ενώ η ποσότητα των συνολικών αποθέσεων φαίνεται παρακάτω.

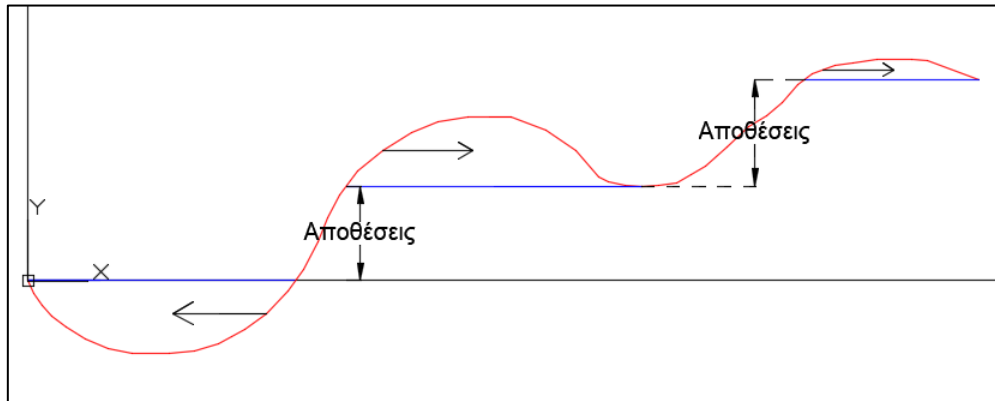


Εικόνα 4.9: Αποθέσεις στο τέλος

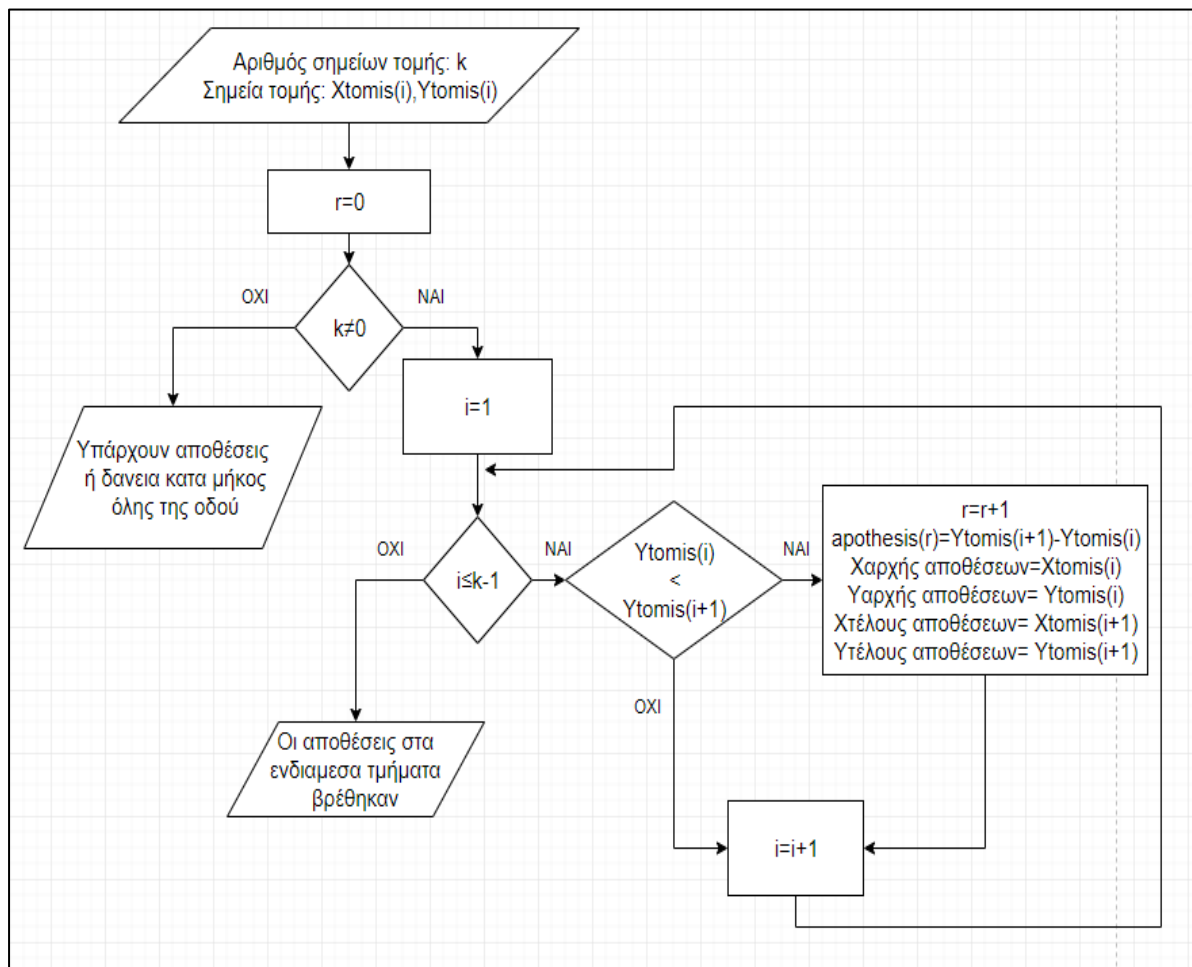


Σχήμα 4.11: Διαδικασία υπολογισμού αποθέσεων στο τέλος

4. Σε ενδιάμεσα τμήματα της οδού, όταν υπάρχει διάσπαση της γραμμής διανομής και η γραμμή διανομής που προηγείται βρίσκεται χαμηλότερα σε σχέση με αυτή που έπεται. Το μήκος των αποθέσεων ξεκινά από την χιλιομετρική θέση για την οποία έχουμε τη τελευταία τομή της γραμμής διανομής που προηγείται-με τη γραμμή Bruckner, και καταλήγει στην χιλιομετρική θέση για την οποία έχουμε την 1^η τομή της γραμμής διανομής που έπεται-με τη γραμμή Bruckner.

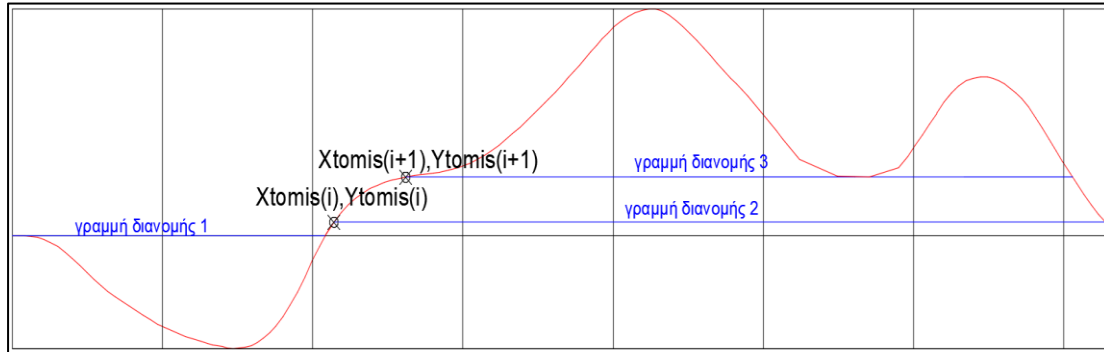


Εικόνα 4.10: Αποθέσεις σε ενδιάμεσα τμήματα της οδού



Σχήμα 4.12: Διαδικασία εύρεσης ενδιάμεσων αποθέσεων

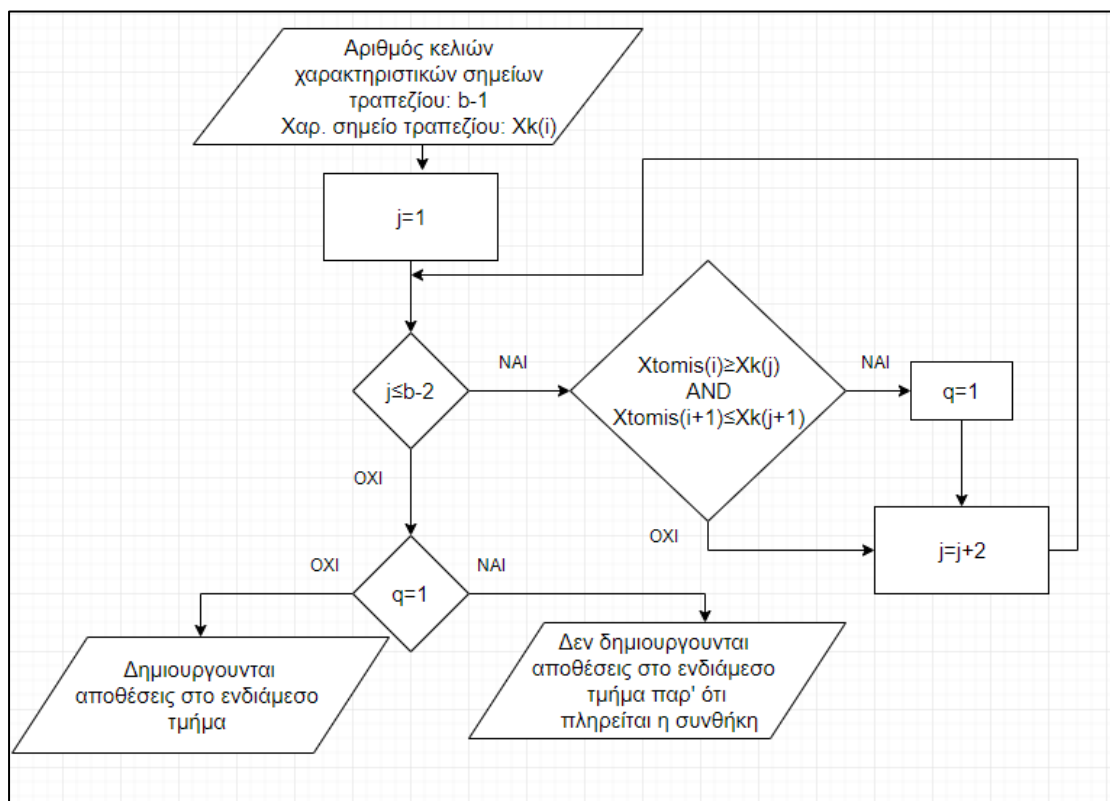
Η περίπτωση αυτή χρειάζεται προσοχή, καθώς η ύπαρξη μορφής «τραπεζίου» μπορεί να δημιουργήσει λάθη και να οδηγήσει σε υπολογισμούς αποθέσεων μεγαλύτερους από τους πραγματικούς. Και αυτό γιατί, οι ακμές του «τραπεζίου» παρουσιάζουν διαφορά στον y άξονα και μπορεί να θεωρηθεί ότι δημιουργούν αποθέσεις ή δάνεια.



Εικόνα 4.11: Διαφορά στον y άξονα των χαρακτηριστικών σημείων τραπεζίου

Αυτό αποφεύγεται ελέγχοντας κάθε φορά, που δύο συνεχόμενα σημεία τομής έχουν διαφορά στον y άξονα ($Y_{tomis(i)} < Y_{tomis(i+1)}$), αν αυτά βρίσκονται εντός των χαρακτηριστικών σημείων του «τραπεζίου», όπως αυτά υπολογίστηκαν.

Επομένως για κάθε επανάληψη i για την οποία η συνθήκη δημιουργίας αποθέσεων στο ενδιάμεσο τμήμα είναι ορθή, γίνεται η παρακάτω διαδικασία:

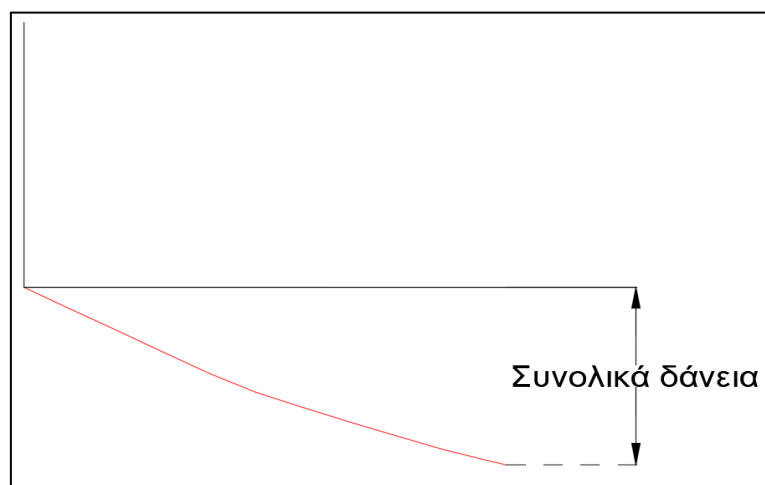


Σχήμα 4.13: Έλεγχος δημιουργίας αποθέσεων στο ενδιάμεσο τμήμα

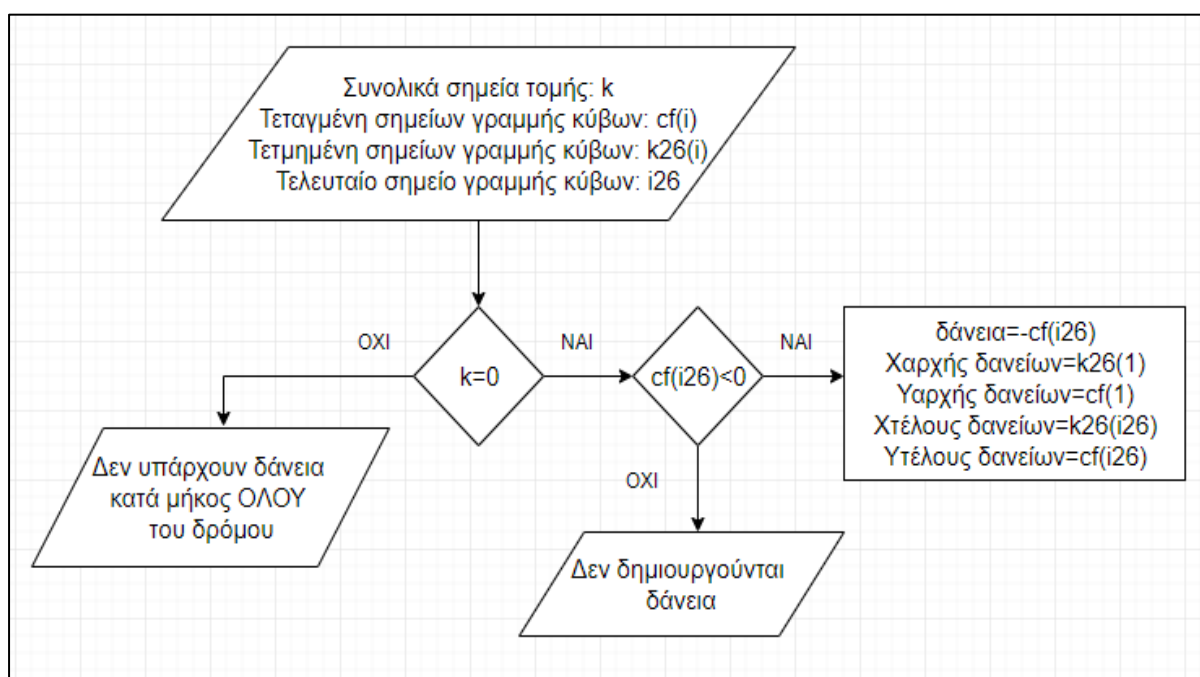
4.2.3 Υπολογισμός δανείων

Όταν τα συνολικά επιχώματα είναι περισσότερα από τα συνολικά ορύγματα υπάρχει περίσσεια επιχωμάτων, και συνεπώς απαιτείται λήψη δανείων από δανειοθάλαμους. Δάνεια μπορεί να δημιουργούνται:

1. **Κατά μήκος όλης της οδού, χωρίς κίνηση ορυγμάτων προς επίχωση**, όταν ο άξονας της μηκοτομής του δρόμου βρίσκεται συνεχώς υψηλότερα από την επιφάνεια φυσικού εδάφους. Αυτό στην γραμμή Bruckner μεταφράζεται ως ένας συνεχώς κατερχόμενος κλάδος. Το συνολικό μήκος δανείων ξεκινά από την χιλιομετρική θέση αρχής της οδού και καταλήγει στην χιλιομετρική θέση τέλους.

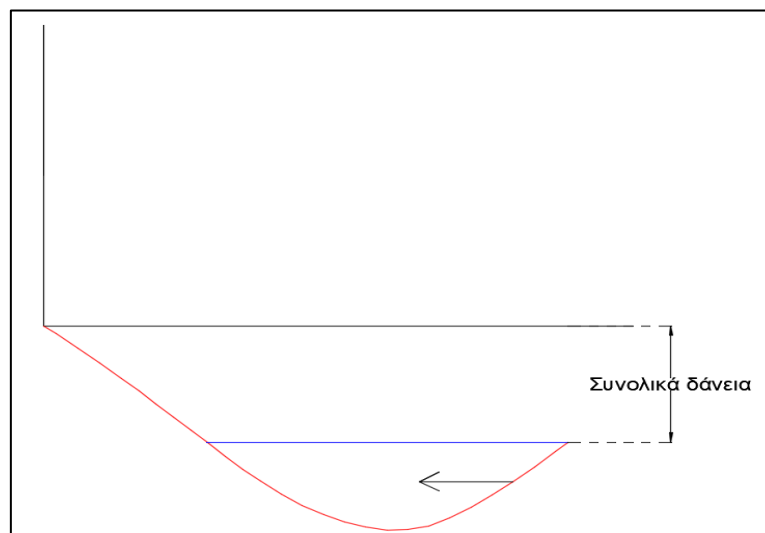


Εικόνα 4.12: Δάνεια σε όλο το μήκος της οδού

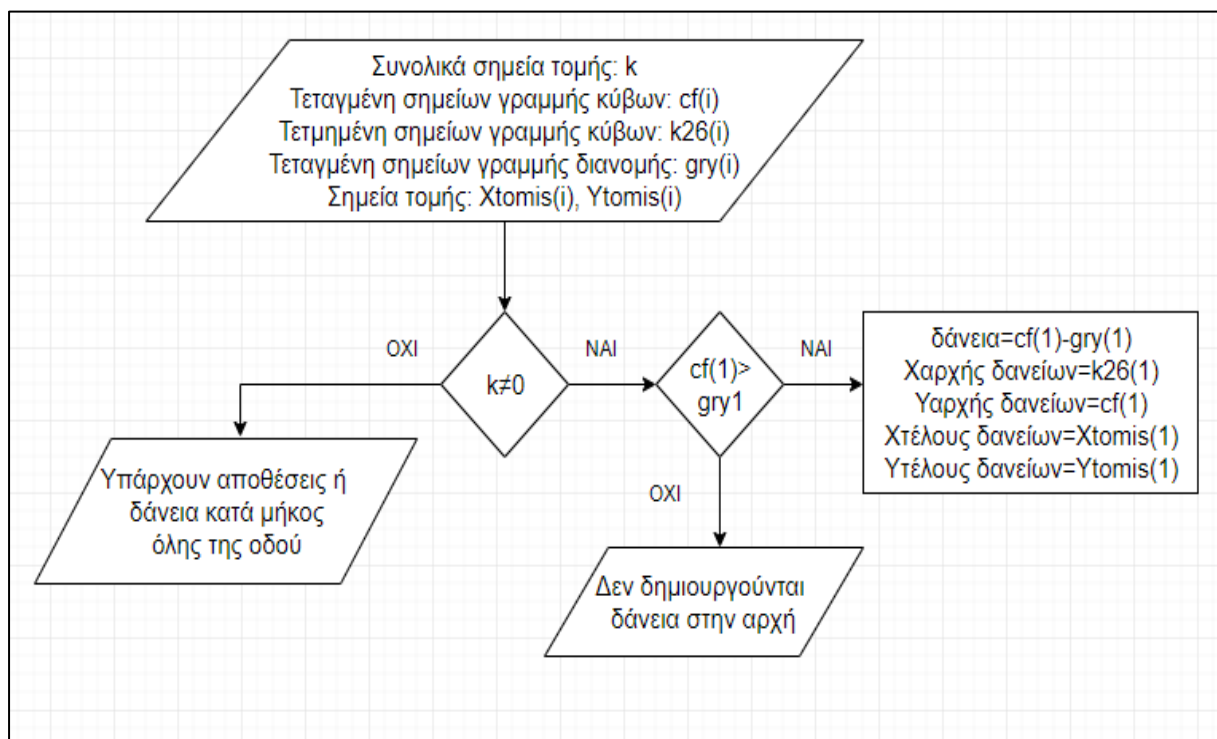


Σχήμα 4.14: Διαδικασία υπολογισμού δανείων

2. **Στην αρχή της οδού**, όταν στις χιλιομετρικές θέσεις αρχής εντοπίζεται ύπαρξη επιχωμάτων, αλλά η κίνηση των γαιών κατά μήκος της οδού δεν συμβαίνει από τις αρχικές θέσεις. Με άλλα λόγια, η γραμμή διανομής δεν ξεκινάει από το (0,0) και υπάρχει περίσσεια επιχωμάτων. Το συνολικό μήκος δανείων ξεκινά από την χιλιομετρική θέση αρχής της οδού και καταλήγει στην χιλιομετρική θέση για την οποία έχουμε 1^η φορά τομή γραμμής κύβων-γραμμής διανομής.

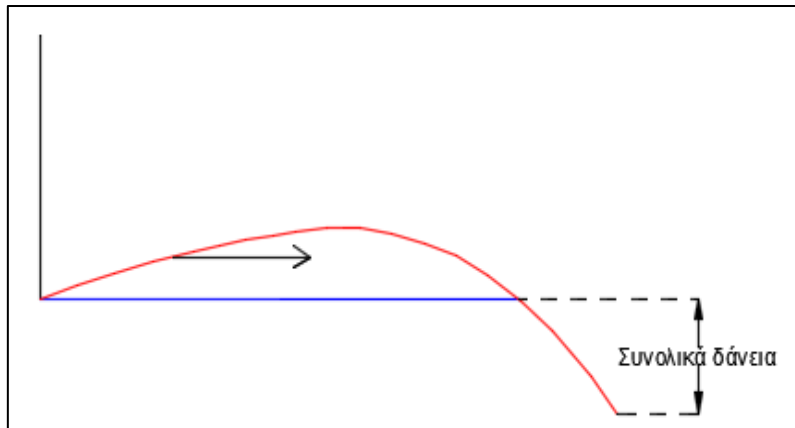


Εικόνα 4.13: Δάνεια στην αρχή

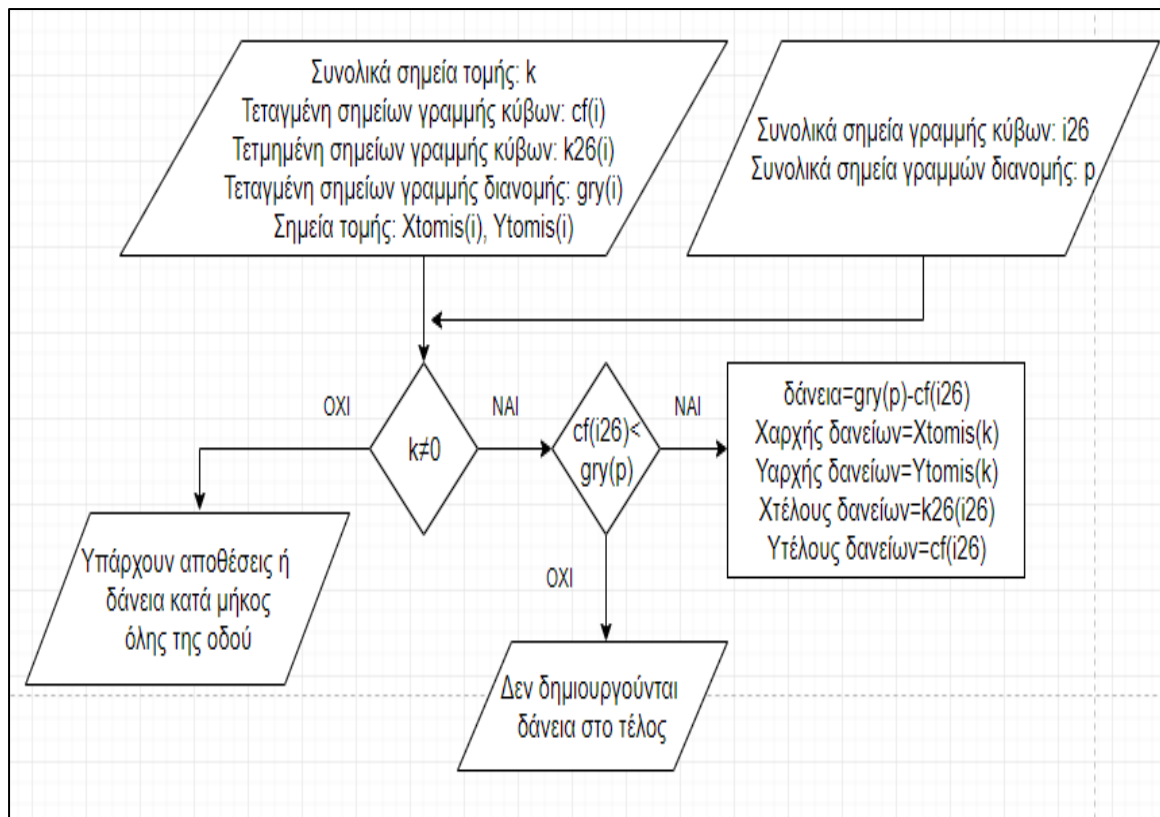


Σχήμα 4.15: Διαδικασία υπολογισμού δανείων στην αρχή

3. Στο τέλος της οδού, όταν στις χιλιομετρικές θέσεις τέλους εντοπίζεται ύπαρξη επιχωμάτων, αλλά η κίνηση των γαιών κατά μήκος της οδού συμβαίνει στις αρχικές θέσεις. Με άλλα λόγια, η γραμμή διανομής καταλήγει υψηλότερα από το τέλος της γραμμής κύβων. Το συνολικό μήκος δανείων ξεκινά από την χιλιομετρική θέση για την οποία έχουμε για τελευταία φορά τομή γραμμής κύβων-γραμμής διανομής και καταλήγει στην χιλιομετρική θέση τέλους.

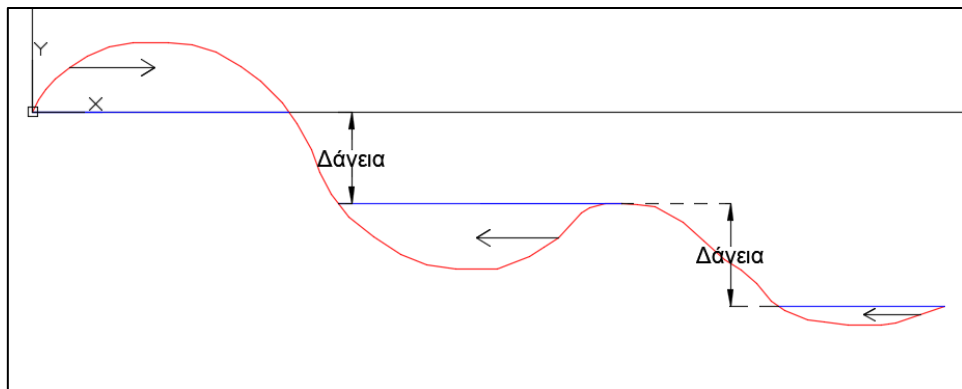


Εικόνα 4.14: Δάνεια στο τέλος

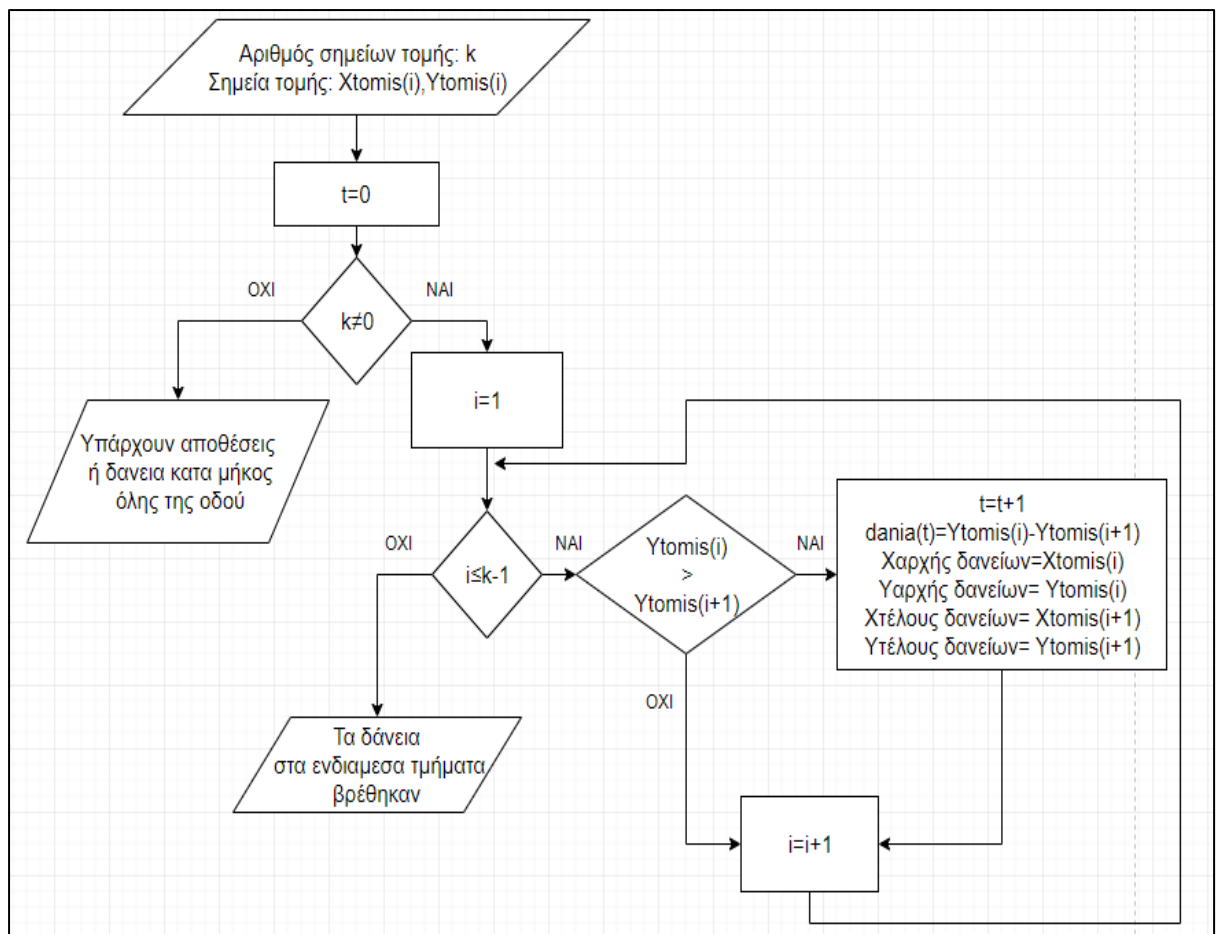


Σχήμα 4.16: Διαδικασία υπολογισμού δανείων στο τέλος

4. Σε ενδιάμεσα τμήματα της οδού, όταν υπάρχει διάσπαση της γραμμής διανομής και η γραμμή διανομής που προηγείται βρίσκεται υψηλότερα σε σχέση με αυτή που έπεται. Το μήκος των δανείων ξεκινά από την χιλιομετρική θέση για την οποία έχουμε τη τελευταία τομή της γραμμής διανομής που προηγείται-με τη γραμμή Bruckner, και καταλήγει στην χιλιομετρική θέση για την οποία έχουμε την 1^η τομή της γραμμής διανομής που έπεται-με τη γραμμή κύβων.

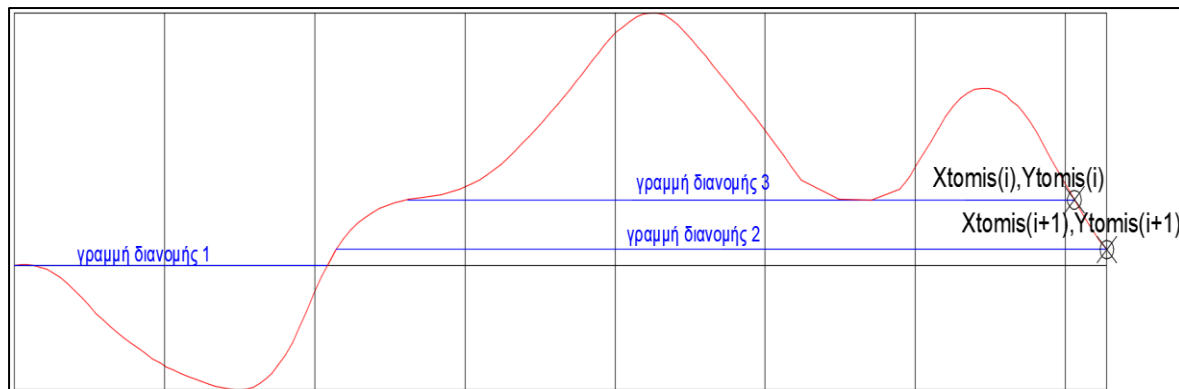


Εικόνα 4.15: Δάνεια σε ενδιάμεσα τμήματα της οδού



Σχήμα 4.17: Διαδικασία εύρεσης ενδιάμεσων δανείων

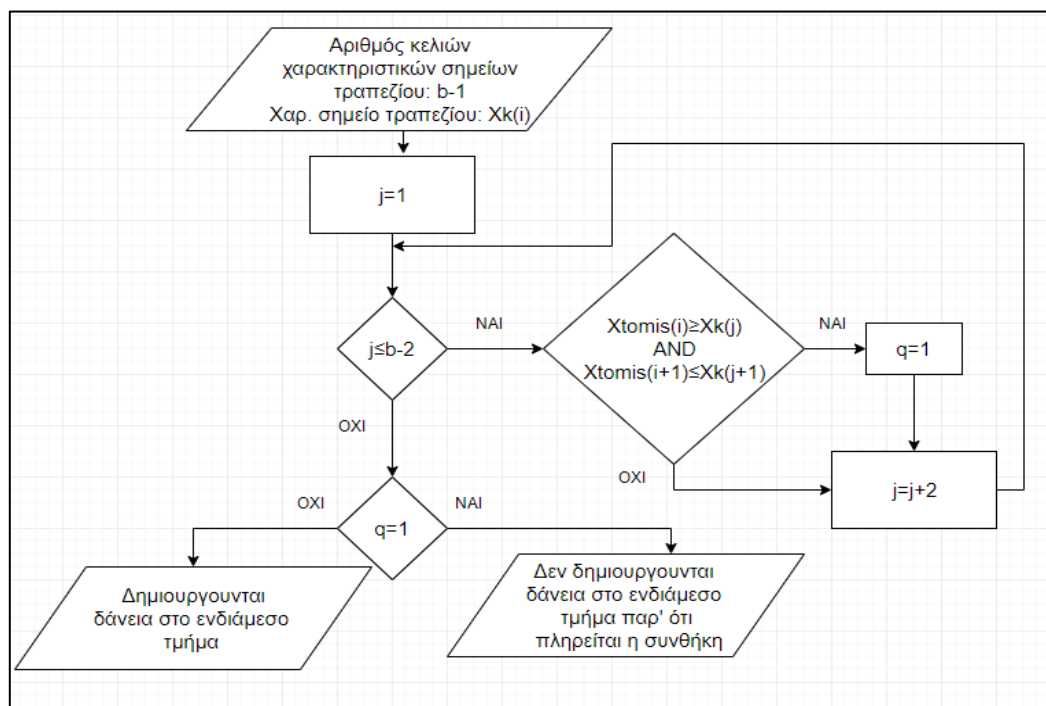
Η περίπτωση αυτή χρειάζεται προσοχή, καθώς η ύπαρξη μορφής «τραπεζίου» μπορεί να δημιουργήσει λάθη και να οδηγήσει σε υπολογισμούς δανείων μεγαλύτερους από τους πραγματικούς. Και αυτό γιατί, οι ακμές του «τραπεζίου» παρουσιάζουν διαφορά στον y άξονα και μπορεί να θεωρηθεί ότι δημιουργούν αποθέσεις ή δάνεια.



Εικόνα 4.16: Διαφορά στον y άξονα των χαρακτηριστικών σημείων τραπεζίου

Αυτό αποφεύγεται ελέγχοντας κάθε φορά, που δύο συνεχόμενα σημεία τομής έχουν διαφορά στον y άξονα ($Y_{tomis(i)} > Y_{tomis(i+1)}$), αν αυτά βρίσκονται εντός των χαρακτηριστικών σημείων του «τραπεζίου», όπως αυτά υπολογίστηκαν.

Επομένως για κάθε επανάληψη i για την οποία η συνθήκη δημιουργίας δανείων στο ενδιάμεσο τμήμα είναι ορθή, γίνεται η παρακάτω διαδικασία:



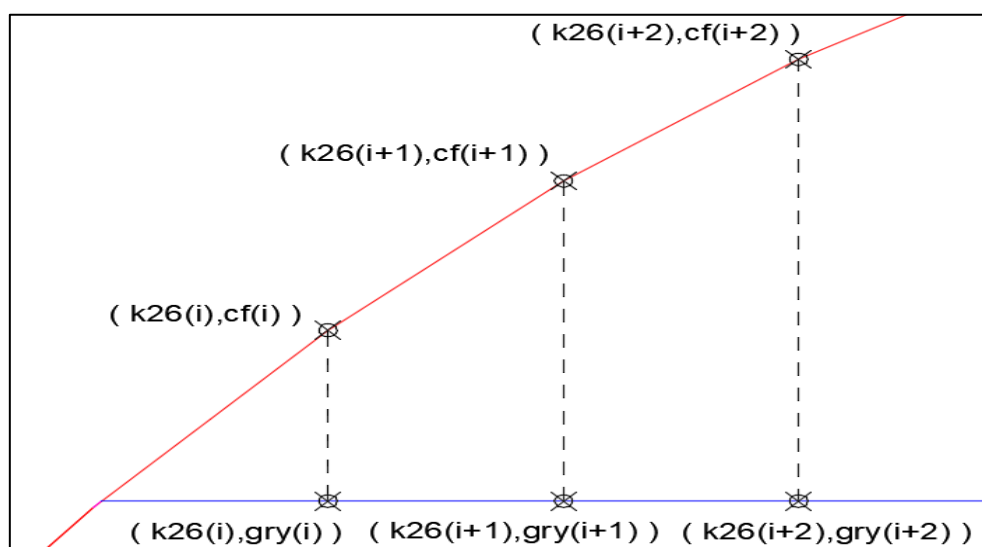
Σχήμα 4.18: Έλεγχος δημιουργίας δανείων στο ενδιάμεσο τμήμα

4.2.4 Υπολογισμός κυβοχιλιομέτρων

Τα συνολικά κυβοχιλιόμετρα (m^3km) ορίζονται ως το άθροισμα όλων των εμβαδών των φατνωμάτων που έχουν σχηματιστεί στην γραμμή Bruckner. Ο πολλαπλασιασμός των κυβοχιλιομέτρων με το κόστος μεταφοράς ανά κυβοχιλιόμετρο δίνει το συνολικό κόστος μεταφοράς.

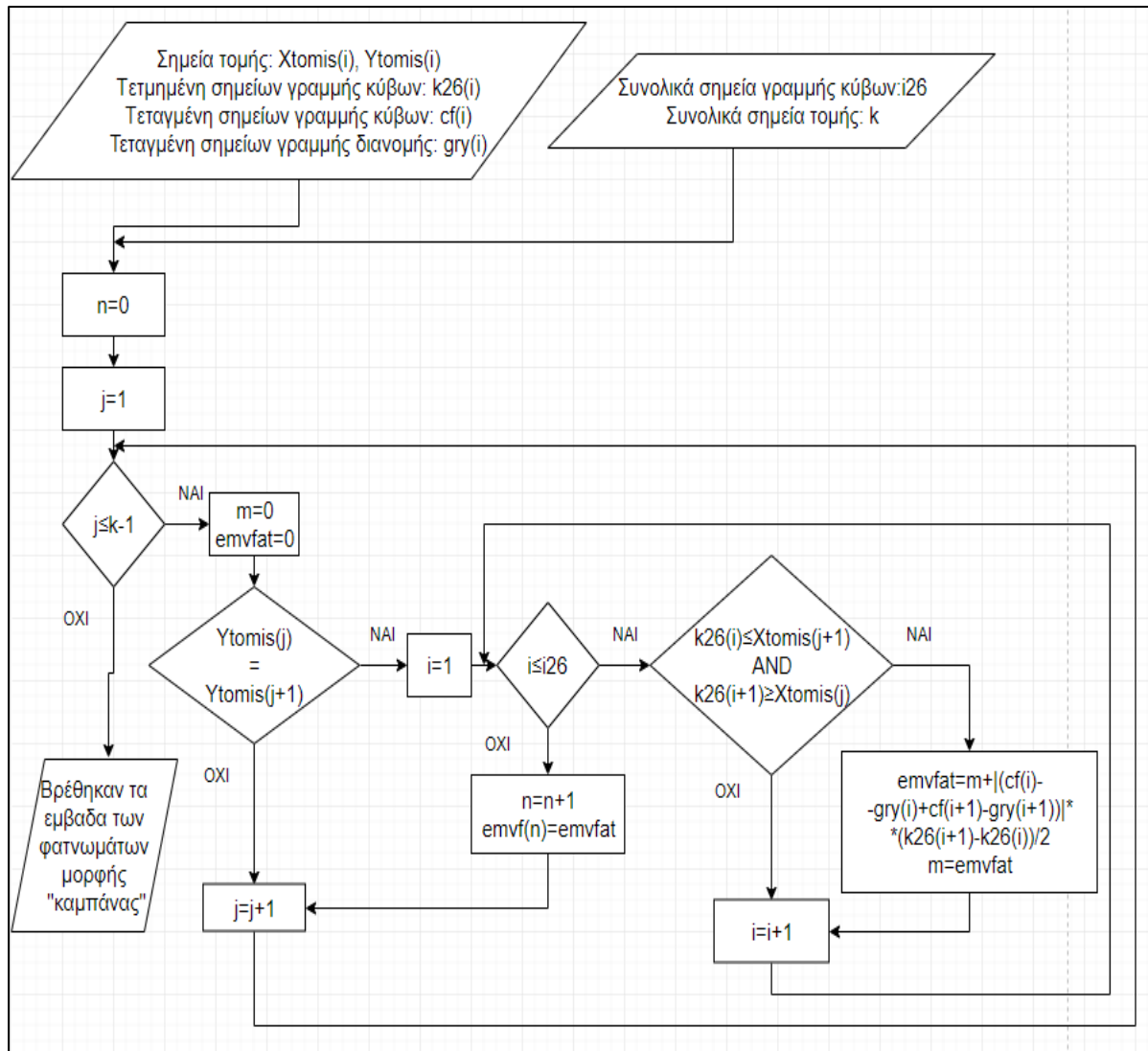
Ο υπολογισμός των εμβαδών των φατνωμάτων θα γίνει ανά περιπτώσεις:

- **Φάτνωμα μορφής «καμπάνας».** Το εμβαδό κάθε φατνώματος υπολογίζεται αθροίζοντας τα εμβαδά των τραπεζίων που δημιουργούνται, μεταξύ της γραμμής διανομής και της γραμμής κύβων. Έχει επεξηγηθεί νωρίτερα η αντιστοιχία των σημείων της γραμμής διανομής με τη γραμμή κύβων.



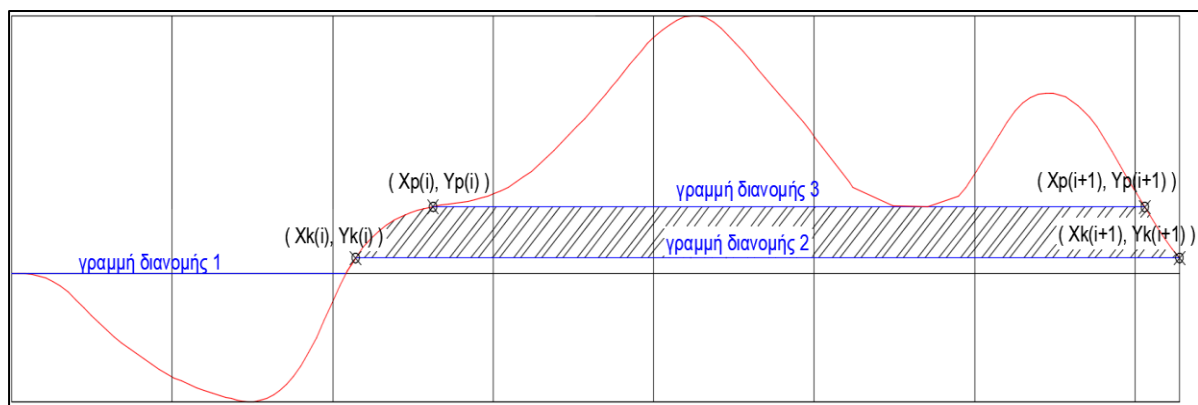
Εικόνα 4.17: Εμβαδά τραπεζίων

$$\text{Εμβαδόν τραπεζίων} = \frac{cf(i) - gry(i) + cf(i+1) - gry(i+1)}{2} * (k26(i) - k26(i + 1))$$



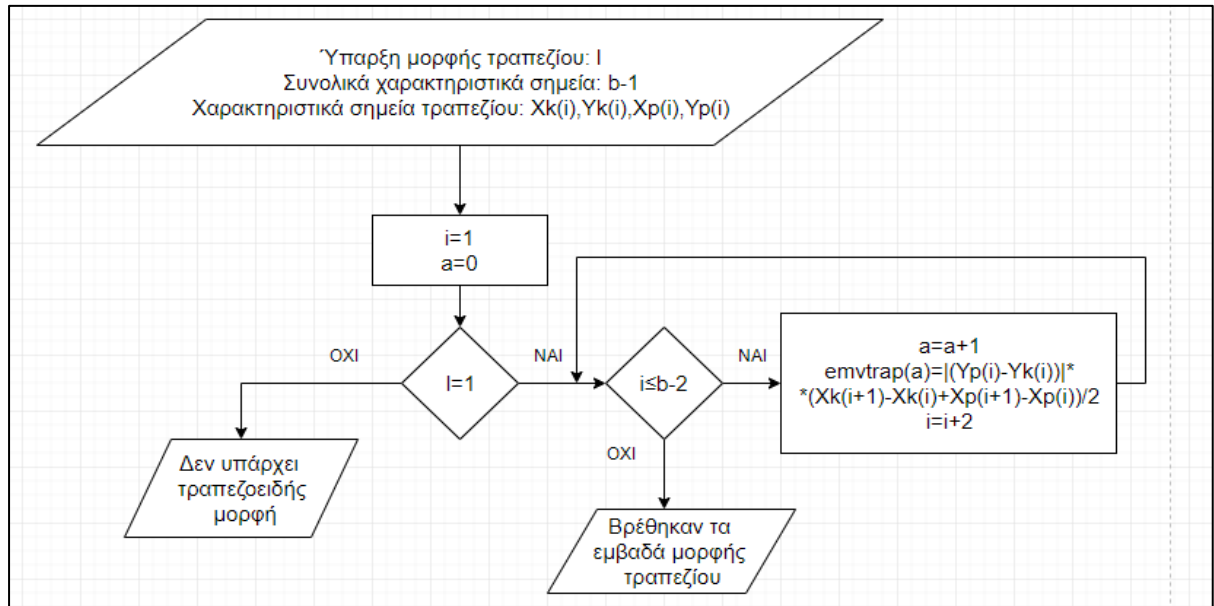
Σχήμα 4.19: Διαδικασία εύρεσης εμβαδών φατνωμάτων μορφής «καμπάνας»

- **Φάτνωμα μορφής «τραπεζίου».** Σε αυτή τη περίπτωση το εμβαδόν υπολογίζεται προσεγγιστικά ως ένα μεγάλο τραπέζιο, γνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά του σημεία, τα οποία αναλύθηκαν προηγουμένως.



Εικόνα 4.18: Χαρακτηριστικά σημεία «τραπεζοειδούς» μορφής

$$\text{Εμβαδόν «τραπεζοειδούς» μορφής} = \frac{Xk(i+1) - Xk(i) + Xp(i+1) - Xp(i)}{2} * (Yp(i) - Yk(i))$$



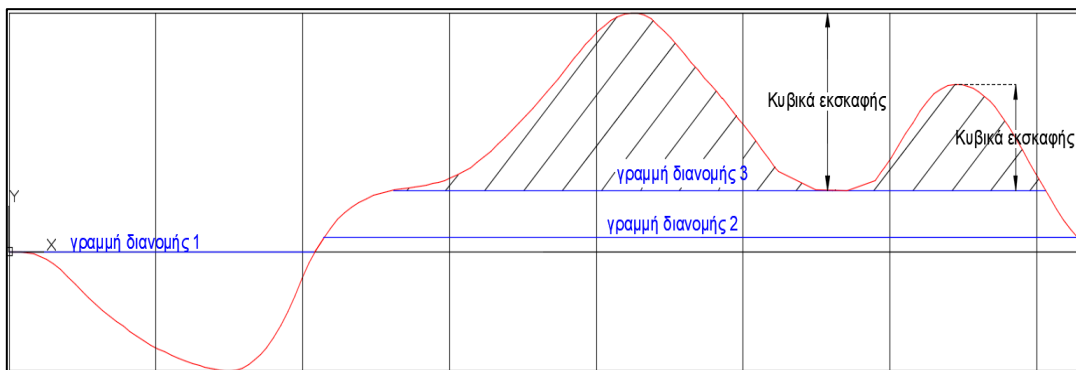
Σχήμα 4.20: Διαδικασία εύρεσης εμβαδών φατνωμάτων μορφής «τραπεζοειδούς»

4.2.5 Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής

Τα συνολικά κυβικά εκσκαφής (m³) ορίζονται ως τα συνολικά ορύγματα που χρησιμοποιούνται προς επίχωση κατά μήκος του δρόμου. Στο διάγραμμα Bruckner αυτό ισοδυναμεί, με την εύρεση των μεγίστων διαφορών στον κατακόρυφο άξονα, της γραμμής διανομής με τη γραμμή Bruckner, για κάθε φάτνωμα. Ο πολλαπλασιασμός των κυβικών εκσκαφής με το κόστος εκσκαφής ανά κυβικό μέτρο (m³) δίνει το συνολικό κόστος εκσκαφής.

Ο υπολογισμός των κυβικών εκσκαφής θα γίνει ανά περιπτώσεις:

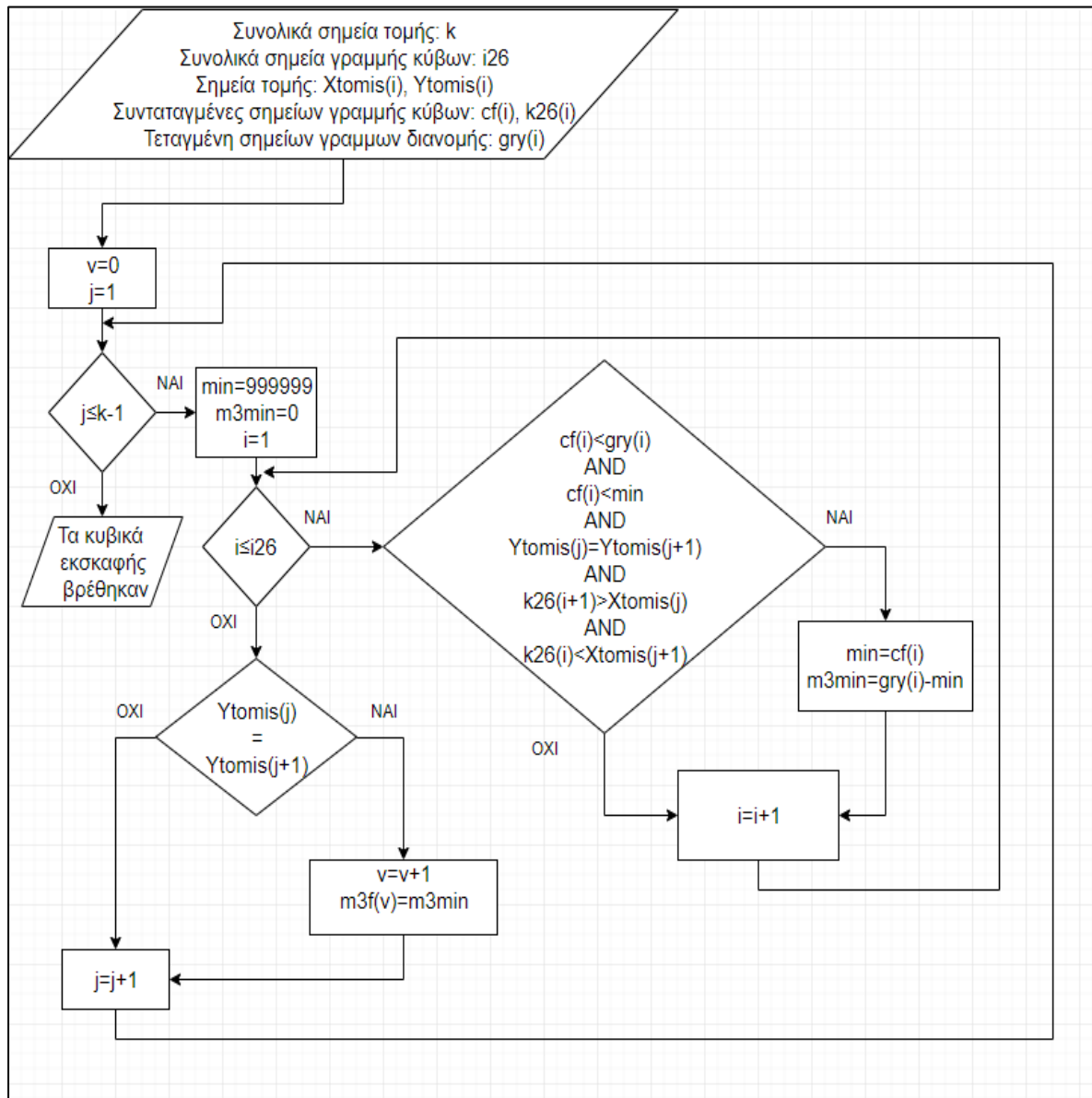
- **Φάτνωμα μορφής «καμπάνας».** Τα κυβικά εκσκαφής κάθε φατνώματος υπολογίζονται ως η μέγιστη διαφορά των κυβικών μέτρων (m³) της γραμμής διανομής με τη γραμμή κύβων.



Εικόνα 4.19: Κυβικά εκσκαφής φατνωμάτων «καμπάνας»

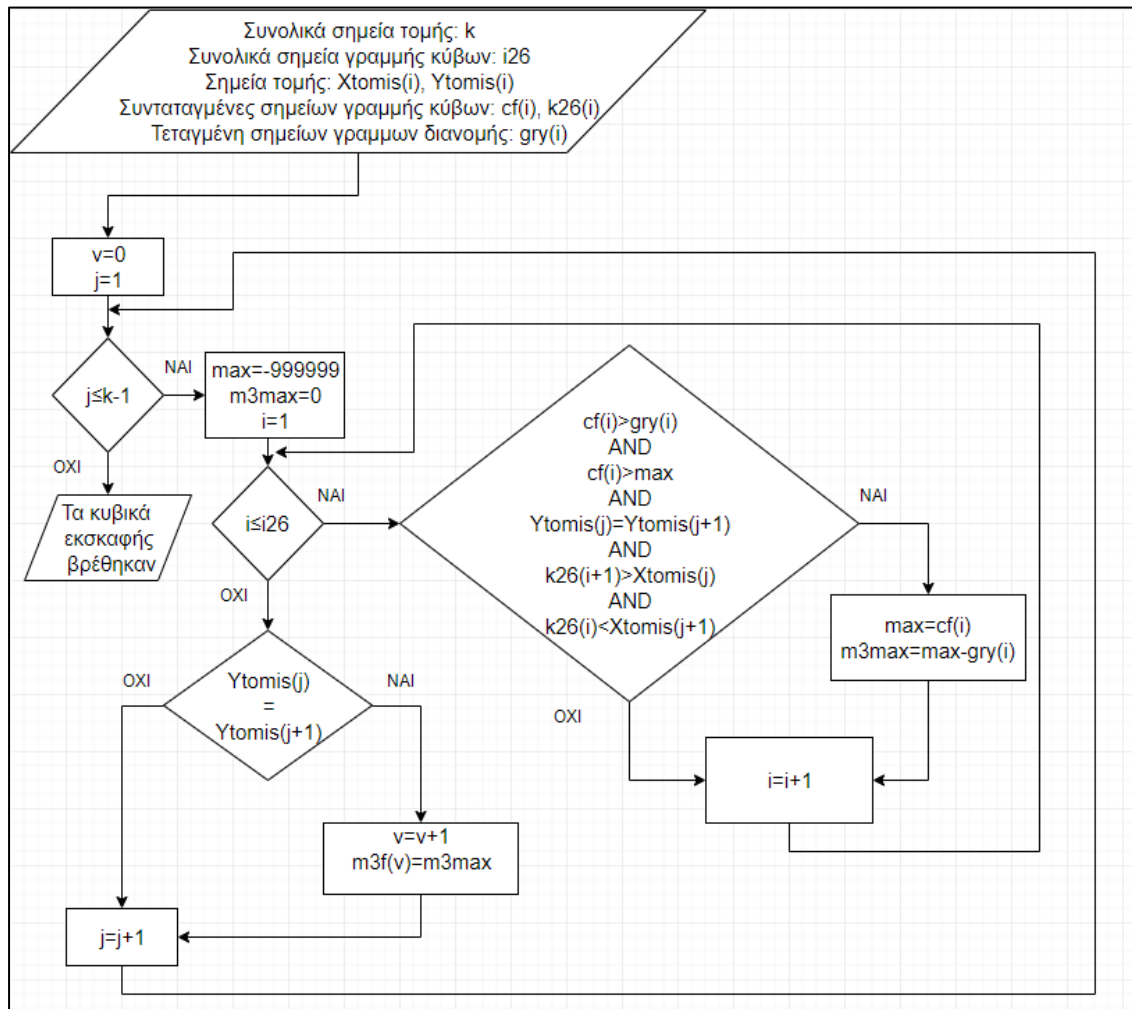
Ακολουθούνται δύο διαδικασίες εύρεσης των κυβικών εκσκαφής για τα φαντώματα μορφής «καμπάνας».

1. Το φάντωμα βρίσκεται χαμηλότερα από τη γραμμή διανομής.



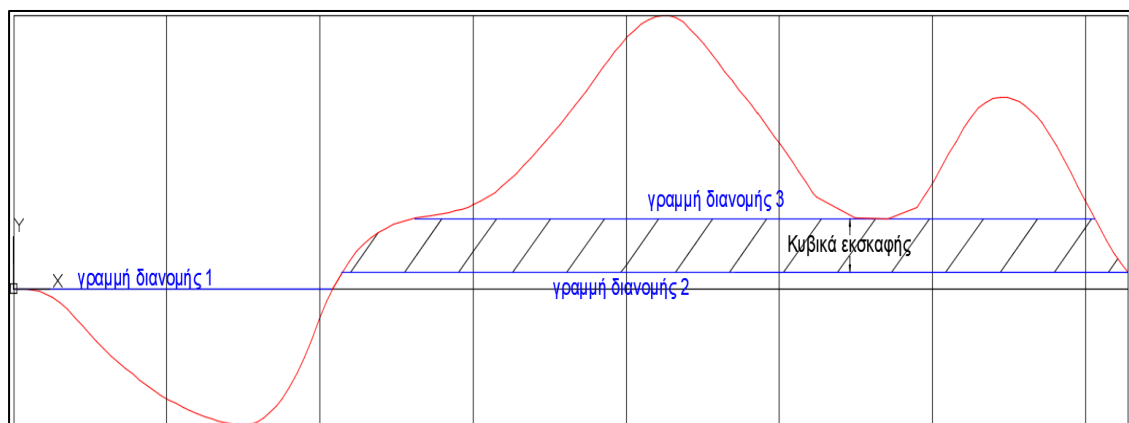
Σχήμα 4.21: Διαδικασία εύρεσης κυβικών εκσκαφής

2. Το φάτνωμα βρίσκεται υψηλότερα από τη γραμμή διανομής

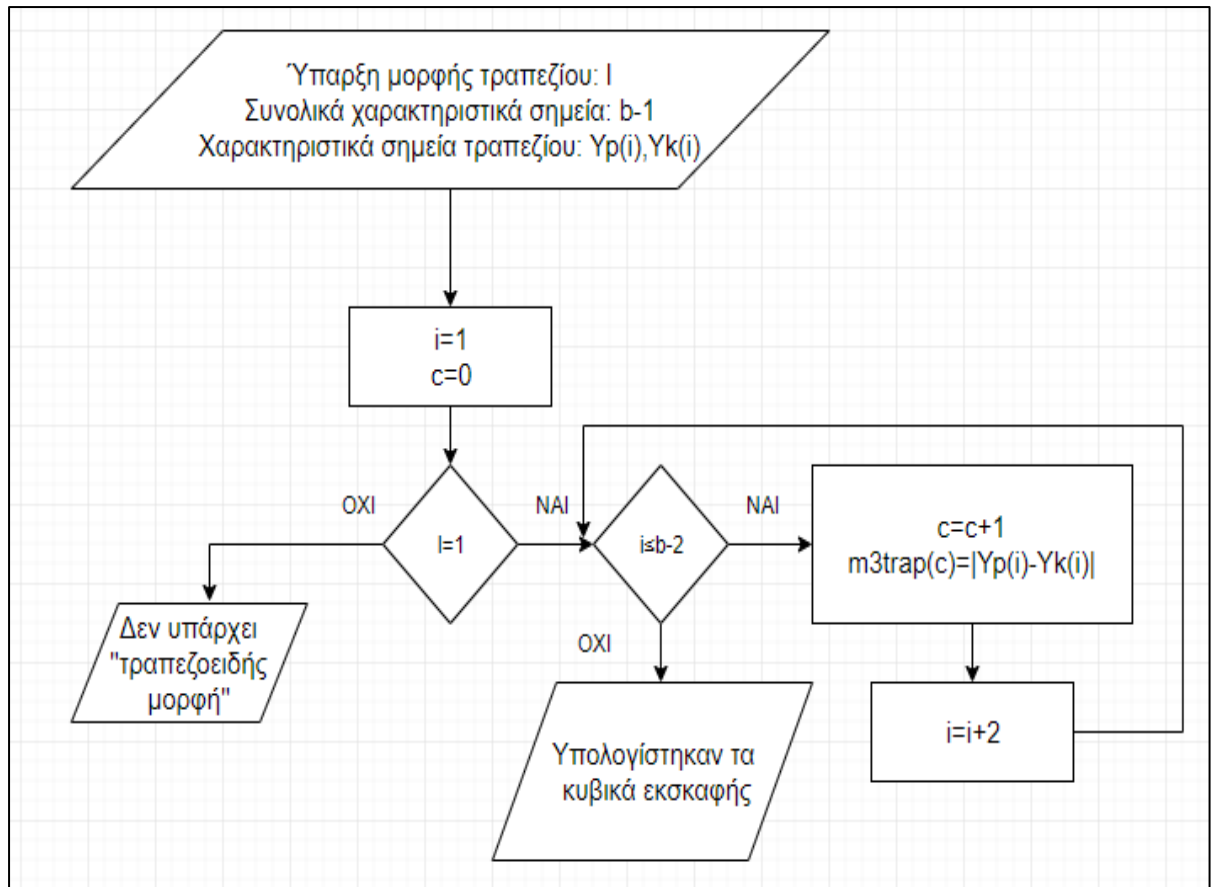


Σχήμα 4.22: Διαδικασία εύρεσης κυβικών εσκαφής

- **Φάτνωμα μορφής «τραπεζίου».** Τα κυβικά εσκαφής των φατνωμάτων της μορφής αυτής, υπολογίζονται ως η διαφορά των κυβικών μέτρων (m^3) των δύο γραμμών διανομής που σχηματίζουν το φάτνωμα.



Εικόνα 4.20: Κυβικά εσκαφής φατνωμάτων “τραπεζίου”



Σχήμα 4.23: Διαδικασία εύρεσης κυβικών εκσκαφής φατνωμάτων μορφής «τραπεζίου»

4.2.6 Υπολογισμός κόστους χωματουργικών εργασιών

Έχοντας υπολογίσει στα προηγούμενα υπό-κεφάλαια όλα τα απαιτούμενα μεγέθη, θα υπολογιστεί το συνολικό κόστος των χωματουργικών εργασιών.

Κόστος εκσκαφής:

$$K_{εκ} = \Sigma(m^3) \times \Pi_{\gamma}(\%) \times K_{ε\gamma} + \Sigma(m^3) \times \Pi_{\beta}(\%) \times K_{ε\beta} \text{ (€)}$$

Όπου,

$\Sigma(m^3)$: τα συνολικά κυβικά εκσκαφής των φατνωμάτων (m^3)

$\Pi_{\gamma}(\%)$: το ποσοστό των γαιών

$\Pi_{\beta}(\%)$: το ποσοστό των βραχών

$K_{ε\gamma}$: κόστος εκσκαφής $1m^3$ γαιών (€/m³)

$K_{ε\beta}$: κόστος εκσκαφής $1m^3$ βραχών (€/m³)

Κόστος μεταφοράς:

$$K_{μετ} = \Sigma(m^3 km) \times \mu \text{ (€)}$$

Όπου,

$\Sigma(m^3 km)$: τα συνολικά κυβοχιλιόμετρα ή αλλιώς το συνολικό εμβαδόν των φατνωμάτων ($m^3 km$)

μ : κόστος μεταφοράς 1 $m^3 km$ (€/m³km)

Κόστος αποθέσεων:

$$K_{απ} = \Sigma(m^3_{απ}) \times \Pi_{\gamma}(\%) \times K_{ε\gamma} + \Sigma(m^3_{απ}) \times \Pi_{\beta}(\%) \times K_{ε\beta} + \Sigma(m^3_{απ}) \times S_{απ} \times \mu \text{ (€)}$$

Όπου,

$\Sigma(m^3_{απ})$: τα συνολικά κυβικά εκσκαφής των αποθέσεων (m^3)

$\Pi_{\gamma}(\%)$: το ποσοστό των γαιών

$K_{ε\gamma}$: κόστος εκσκαφής 1 m^3 γαιών (€/m³)

$\Pi_{\beta}(\%)$: το ποσοστό των βραχών

$K_{ε\beta}$: κόστος εκσκαφής 1 m^3 βραχών (€/m³)

$S_{απ}$: απόσταση θέσεων απόθεσης (km)

μ : κόστος μεταφοράς 1 $m^3 km$ (€/m³km)

Κόστος δανείων:

$$K_{δαν} = \Sigma m^3_{\delta} \times K_{\pi\delta} + \Sigma m^3_{\delta} \times S_{\delta} \times \mu \text{ (€)}$$

Όπου,

Σm^3_{δ} : τα συνολικά κυβικά εκσκαφής των δανείων (m^3)

$K_{\pi\delta}$: κόστος προμήθειας δανείων (€/m³)

S_{δ} : απόσταση δανειοθαλάμου (km)

μ : κόστος μεταφοράς 1 $m^3 km$ (€/m³km)

Το **συνολικό κόστος** προκύπτει ως άθροισμα των παραπάνω:

$$K_{ολ} = K_{εκ} + K_{μετ} + K_{απ} + K_{δαν} \text{ (€)}$$

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ Η/Υ

5.1 Λογισμικό οδοποιίας FM17

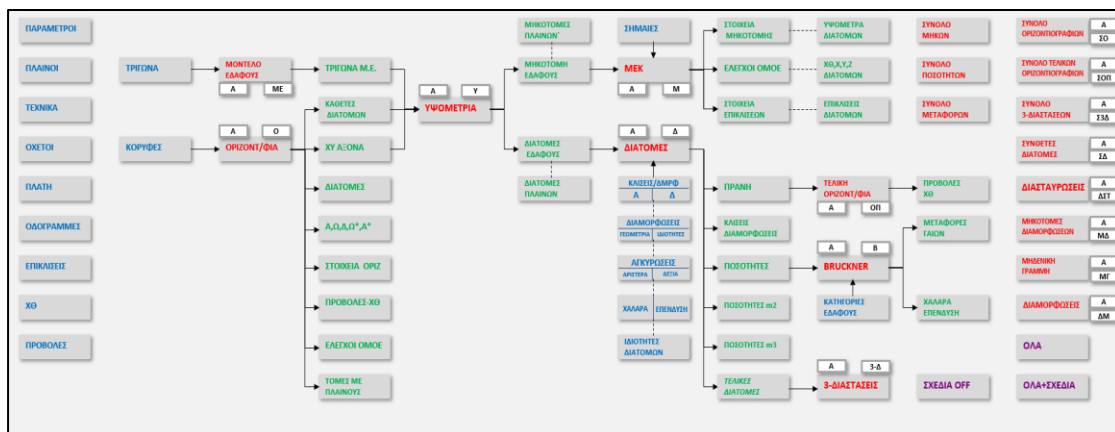
5.1.1 Εισαγωγή

Το FM17 είναι ένα πακέτο προγραμμάτων, καθένα από τα οποία συνδέεται με την εκτέλεση μιας αυτοτελούς διαδικασίας, στο πλαίσιο μελέτης μιας οδού (πχ. οριζοντιογραφίας, μηκοτομής κ.ο.κ.). Έχει πρωταρχικό στόχο να βοηθήσει του σπουδαστές του Ε.Μ.Π., με στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή και βασικές γνώσεις οδοποιίας, να μελετήσουν έναν οδικό άξονα και να παράγουν τα βασικά σχέδια του. Τα προγράμματα του, τα οποία έχουν συνταχθεί σε γλώσσα Fortran, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για μελέτες Σιδηροδρομικών γραμμών αλλά και Αεροδρομίων.

5.1.2 Περιβάλλον εργασίας

Κατά τη μελέτη των οδών, ο χρήστης εισάγει αρχικά στο FM17 τα δεδομένα που θέλει (σε διάφορα αρχεία) για τον υπό μελέτη οδικό άξονα, καθώς και τα απαραίτητα δεδομένα για το έδαφος της περιοχής. Εν συνεχεία, με το «τρέξιμο» των αντίστοιχων προγραμμάτων, το FM17 εξάγει όλα τα απαραίτητα στοιχεία και σχέδια της υπό μελέτης οδού που χρειάζεται ο μηχανικός, αφού πρώτα ελέγξει διαδοχικά τα δεδομένα ως προς την γεωμετρική τους ορθότητα.

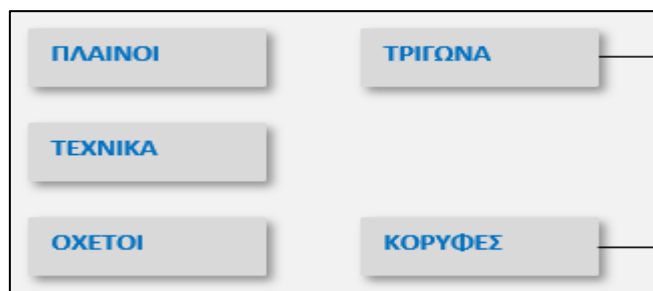
Το περιβάλλον εργασίας του προγράμματος FM17 είναι ένα αρχείο τύπου *.xls (Microsoft Excel). Μέσα στο αρχείο αυτό υπάρχει ένα λογιστικό φύλλο το οποίο αποτελεί το κυρίως μενού, και παρουσιάζει γραφικά όλο το πακέτο το προγραμμάτων που απαρτίζουν το FM17, αλλά και το σύνολο των αρχείων με τα δεδομένα εισαγωγής, των αρχείων με τα εξαγόμενα στοιχεία καθώς και το πακέτο των σχεδίων που προκύπτουν.



Εικόνα 5.1: Περιβάλλον εργασίας FM17

5.1.3 Εισαγωγή δεδομένων

Τα δεδομένα εισάγονται σε απλά λογιστικά φύλλα Excel. Τα φύλλα δεδομένων αντιστοιχούν στα πλαίσια των οποίων οι λέξεις είναι γραμμένες με μπλε χρώμα, στην κεντρική επιφάνεια εργασίας του προγράμματος.



Εικόνα 5.2: Πλαίσια αρχείων εισαγωγής δεδομένων στο κεντρικό μενού

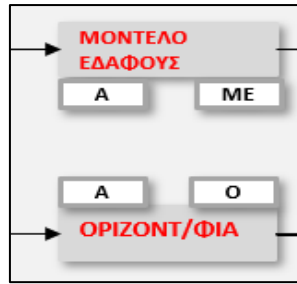
Όνομα	Από ΧΘ	Έως ΧΘ	Κωδικός	Ύψος	Διατομή	ΔΜΦ Αρ.	ΔΜΦ Δεξ.	MENU	
ΓΕΦΥΡΑ	885,000	917,000	G	1,600	1	0	0	Κωδικός	
								0	Παρατήρηση
								G	Γέφυρα
								S	Σήραγγα
								C	Εκσκαφή & Επανεπίχωση
								KD	Κάτω Διάβαση
								TA	Τοίχος Αριστερά
								TD	Τοίχος Δεξιά
								IK	Ισόπεδος Κόμβος
								E	Εμπόδια Αεροδρομίων
								Διατομή	
								0	Όχι
								1	Ναι

Εικόνα 5.3: Μορφή αρχείου εισαγωγής δεδομένων

Με το πάτημα του πλήκτρου “MENU” που υπάρχει στο εσωτερικό κάθε αρχείου εισαγωγής δεδομένων, δημιουργείται ένα αρχείο δεδομένων και αποθηκεύονται αυτόματα τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί, ώστε να χρησιμοποιηθούν στην εκτέλεση του προγράμματος.

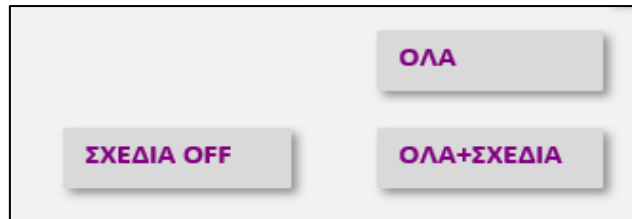
5.1.4 Εκτέλεση προγραμμάτων

Το πάτημα του πλαισίου (από το κεντρικό μενού), του οποίου η λέξη είναι γραμμένη με κόκκινο χρώμα, σηματοδοτεί την έναρξη λειτουργίας ενός προγράμματος. Μόλις το πρόγραμμα ολοκληρωθεί, αποθηκεύει τα αποτελέσματα σε μορφή *.out, τα οποία μπορούν να αναγνωσθούν μέσω του Notepad, και παράγει το αντίστοιχο σχέδιο σε μορφή *.dxf, το οποίο μπορεί να αναγνωσθεί μέσω του AutoCAD. Περιμετρικά του πλαισίου υπάρχουν 2 κουμπιά σε περίπτωση που επιθυμείτε η αποκλειστική παραγωγή σχεδίου ή η αποθήκευση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 5.4: Πλαίσια εκτέλεσης προγράμματος

Επίσης υπάρχουν και κάποια βοηθητικά κουμπιά εκτέλεσης προγραμμάτων, των οποίων οι λέξεις του πλαισίου είναι γραμμένες με μωβ χρώμα.



Εικόνα 5.5: Βοηθητικά κουμπιά εκτέλεσης προγραμμάτων

Κάθε πρόγραμμα για να «τρέξει» και να εξάγει τα απαιτούμενα αποτελέσματα, διαβάζει κάποια αρχεία *.fm που προκύπτουν από τα δεδομένα εισαγωγής, είτε κάποια αρχεία *.out που προκύπτουν από προγράμματα που έχουν ολοκληρωθεί νωρίτερα. Γι' αυτό και η σειρά των προγραμμάτων πρέπει να εκτελείται με τη ροή που φαίνεται στο κεντρικό μενού.

Η επιτυχημένη ολοκλήρωση του κάθε προγράμματος συνοδεύεται από το μήνυμα «Άντε Γειά» στο παράθυρο του Command Prompt των MS-DOS. Στη περίπτωση μη επιτυχημένης ολοκλήρωσης του προγράμματος, αναγράφεται ο λόγος για τον οποίο το πρόγραμμα δεν δύναται να ολοκληρωθεί στο αντίστοιχο παράθυρο, και ο χρήστης θα πρέπει να επέμβει και να διορθώσει το λάθος στα δεδομένα εισαγωγής.

```

Επιλογή c:\fm17\mdl-e.exe
-----
Άκυρα Τρίγωνα = 0
Μέγιστη Πλευρά Τριγώνων
Μέγιστη Πλευρά Τριγώνων = 196.748
Σχεδιάζω Τρίγωνα
Αρχικές Τιμές
Κλίσεις
-----
Ισοψείς από fm.tr1
-----
Ισοψείς
Αρχικές Τιμές
H = 300.000
-----
Τίτλος
Κλείνω το mdl.dxf
Έργο : A17
Μοντέλο Εδάφους - MDL - FM17
-----
Άντε Γειά

```

Εικόνα 5.6: Επιτυχής εκτέλεση προγράμματος


```

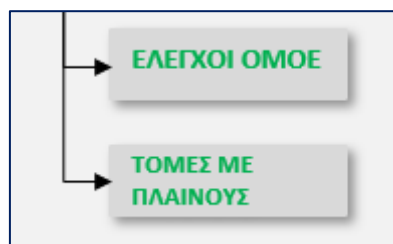
c:\fm17\hrz-e.exe
-----
Οδογραμμή Φωτομηχανής      =      1
Υψος Φωτομηχανής          =     2.000
Πλάτος Εικόνας              =     .100
Υψος Εικόνας                =     .030
Εστιακό Βάθος             =     .100
Έμπροσθεν Επίπεδο         =    20.000
Όπισθεν Επίπεδο            =   400.000
Αρχή                        =     .000
Τέλος                       =     .000
-----
Αρχικές Τιμές
-----
Πίνακας Επικλίσεων ΟΜΟΕ
-----
Μηδενισμός μεταβλητών
-----
Διαβάζω Κορυφές
-----
Αρχείο=C:\ΕΚΟ\Α1\fm.hor
-----
Κορυφή      X           Y           L           R           L*      d %_Κύκλο  w
-----
101         621477.0279 3895414.6647  .000      .000      .000    .0      .000*****
103         622119.0625 3897552.2500  70.000    400.000   70.000  6.5    .000*****
-----
Λάθος στις Κορυφές - fm.hor
-----
Λάθος - Το σχέδιο δεν ολοκληρώθηκε - Πατήστε Enter

```

Εικόνα 5.7: Μη επιτυχής εκτέλεση προγράμματος

5.1.5 Εξαγόμενα αποτελέσματα

Τα αλφαριθμητικά αποτελέσματα και τα σχέδια που παράγονται από την εκτέλεση των προγραμμάτων, αποθηκεύονται σε μορφή *.out και *.dxf μέσα στο φάκελο εργασίας του αντίστοιχου προγράμματος. Τα αλφαριθμητικά αποτελέσματα μπορούν να ανοιχτούν από το κεντρικό μενού μέσω των πλαισίων των οποίων οι λέξεις είναι με πράσινο χρώμα, ενώ τα σχέδια εμφανίζονται στο AutoCAD ύστερα από επιτυχημένη εκτέλεση των προγραμμάτων.



Εικόνα 5.8: Πλαίσια εξαγωγής αλφαριθμητικών αποτελεσμάτων

fm37.dat - Σημειωματάριο

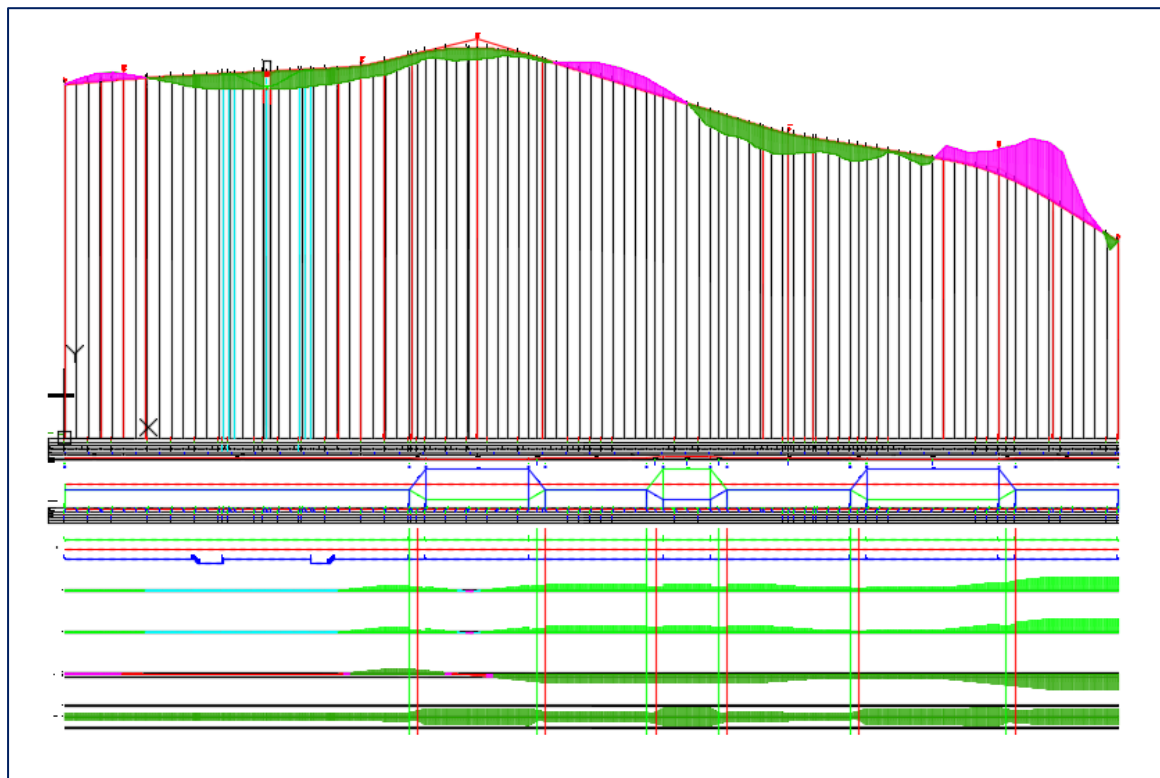
Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια

ΕΜΠ-2017 : Φώτης Σ. Μερτζάνης
 Έργο : Α1
 Χρόνος : 2/10/2018 - 0 hr 3 min

Α, Ω, Δ, Ω*, Α* - L10

Όνομα	X0	X	Y	Αξιούθιο	Rh	Από_Πρην
K101	.000	621710.7046	3895155.1032	6.2262	00	-
Δ102	387.226	621748.5151	3895540.4793	6.2262	00	387.226
Ε102	422.226	621752.1866	3895575.2859	7.6188	799.989	35.000
Ω102	457.226	621757.3758	3895609.8922	11.7966	400.000	35.000
Δ102	494.048	621765.8149	3895645.7202	17.6569	400.000	36.822
Ω*102	530.869	621777.5113	3895680.6199	23.5171	400.000	36.821
Ε*102	565.869	621791.3270	3895712.7704	27.6949	799.990	35.000
Α*102	600.869	621806.5385	3895744.2917	29.0875	00	35.000
Α103	1619.338	622255.8598	3896658.2888	29.0875	00	1018.469
Ε103	1654.338	622271.0712	3896689.8098	27.6949	799.997	35.000
Ω103	1689.338	622284.8870	3896721.9605	23.5171	400.000	35.000
Δ103	1765.942	622305.5574	3896795.6010	11.3253	400.000	76.604
Ω*103	1842.545	622311.8331	3896871.8293	- .8665	400.000	76.603
Ε*103	1877.545	622310.0817	3896906.7791	394.9556	799.998	35.000
Α*103	1912.545	622306.8029	3896941.6245	-6.4370	00	35.000
Α104	3123.910	622184.5284	3898146.8028	-6.4370	00	1211.365
Ε104	3158.910	622181.2496	3898181.6483	394.9556	799.996	35.000
Ω104	3193.910	622179.4982	3898216.5979	- .8665	400.000	35.000
Δ104	3265.142	622184.8591	3898287.5340	10.4705	400.000	71.232
Ω*104	3336.375	622202.7007	3898356.3984	21.8074	400.000	71.233
Ε*104	3371.375	622215.6482	3898388.9085	25.9852	799.996	35.000
Α*104	3406.375	622230.0077	3898420.8266	27.3778	00	35.000
K105	4447.333	622664.0000	3899367.0000	27.3778	00	1040.958

Εικόνα 5.9: Αλφαριθμητικά αποτελέσματα



Εικόνα 5.10: Σχέδιο εκτέλεσης προγράμματος

5.2 Λογισμικό “PROM”

5.2.1 Γενικά

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναπτύχθηκε η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό του κόστους των χωματουργικών εργασιών. Η μεθοδολογία αυτή απαιτεί αρκετούς χρονοβόρους υπολογισμούς. Για τον λόγο αυτό δημιουργείται ένα λογισμικό το οποίο αξιοποιεί την ταχύτητα των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Το λογισμικό αυτό φέρει την ονομασία PROM, και αποτελεί επέκταση του λογισμικού οδοποιίας FM17.

Το λογισμικό είναι γραμμένο σε κώδικα Fortran, ενώ ως περιβάλλον εργασίας χρησιμοποιείται η γλώσσα προγραμματισμού της Visual Basic for Applications (VBA). Σε συνδυασμό με τις παραπάνω γλώσσες προγραμματισμού, χρησιμοποιήθηκε και το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD, μέσω του οποίου γίνεται η σχεδίαση του διαγράμματος κίνησης γαιών και παρουσιάζεται ο πίνακας κίνησης εκχωμάτων.

5.2.2 Περιγραφή βημάτων

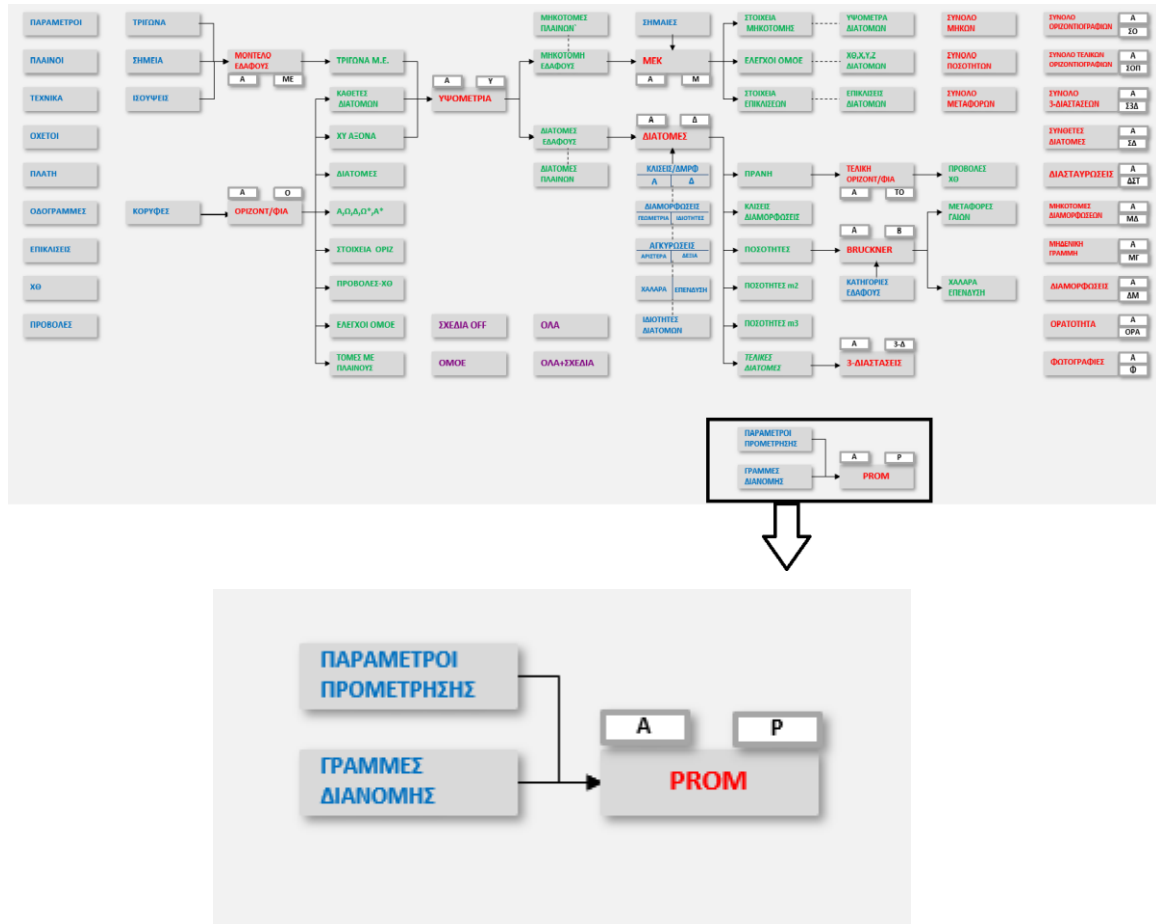
Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής:

1. Αρχικά γίνεται η μελέτη της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής εισάγοντας τα απαραίτητα δεδομένα, και γίνεται η εκτέλεση των αντίστοιχων προγραμμάτων, μέσα από το λογισμικό οδοποιίας FM17.
2. Ύστερα ο χρήστης τρέχει το πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ» και μετά το πρόγραμμα «BRUCKNER».
3. Ο χρήστης αφού αναγνώσει το σχέδιο του Bruckner, το οποίο προκύπτει από την εκτέλεση του αντίστοιχου προγράμματος, ορίζει τις γραμμές διανομής σύμφωνα με τις οποίες θα γίνει η κίνηση των γαιών.
4. Εισάγονται στο λογισμικό «PROM» ως δεδομένα, οι συντεταγμένες x,y της αρχής και τέλους κάθε γραμμής διανομής.
5. Εισάγονται ως δεδομένα από το χρήστη οι παράμετροι της προμέτρησης των χωματουργικών εργασιών (πχ. κόστη εκσκαφής και μεταφοράς, ποσοστά γαιών κ.ο.κ.)
6. Ο χρήστης τρέχει την εφαρμογή «PROM», η οποία παράγει σχέδιο στο AutoCAD, του διαγράμματος Bruckner όπου σημειώνεται και ο τρόπος κίνησης των γαιών. Στο ίδιο σχέδιο αναπαρίσταται και ο πίνακας κίνησης των γαιών καθώς και το συνολικό κόστος των χωματισμών.

5.2.3 Δομή του λογισμικού PROM

5.2.3.1 Κεντρικό μενού

Το κεντρικό μενού του λογισμικού PROM βρίσκεται στο ίδιο περιβάλλον εργασίας με αυτό του λογισμικού FM17. Η μόνη διαφορά είναι τα πρόσθετα πλαίσια που προστέθηκαν για χάρη του νέου λογισμικού «PROM».



Εικόνα 5.11: Περιβάλλον εργασίας λογισμικού

5.2.3.2 Δεδομένα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα εικονίδια του κεντρικού μενού με μπλε κείμενο, αποτελούν φύλλα εισαγωγής δεδομένων που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης για την εκτέλεση του προγράμματος.

Τα φύλλα εισαγωγής δεδομένων καθώς και τα αντίστοιχα αρχεία δεδομένων που δημιουργούνται στο φάκελο FM17, παρατίθενται στον πίνακα:

Φύλλα δεδομένων	Περιγραφή	Αρχεία
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ	Εισάγονται δεδομένα που αφορούν τα κόστη και τις αποστάσεις μεταφοράς, καθώς και το ποσοστό γαιών-βράχων του υλικού.	<i>fm.pxo</i>
ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	Εισάγονται οι συντεταγμένες x,y αρχής και τέλους των γραμμών διανομής, όπως ορίστηκαν από τον χρήστη.	<i>fm.gra</i>

Πίνακας 5.1: Φύλλα εισαγωγής δεδομένων

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα δεδομένα που πρέπει να εισαχθούν στα παραπάνω φύλλα εισαγωγής δεδομένων:

Σειρά Excel	Παράμετρος & σύντομη επεξήγηση	Πρόγραμμα
1	Όνομα έργου: Μπορεί να περιλαμβάνει οποιαδήποτε ονομασία	<i>Γενικά</i>
2	Ποσοστό γαιών(%): Το ποσοστό των γαιών από τα συνολικά ορύγματα	<i>PROM</i>
3	Ποσοστό βραχών(%): Το ποσοστό των βραχών από τα συνολικά ορύγματα	<i>PROM</i>
4	Ελεύθερη απόσταση μεταφοράς(km): Ορίζεται ως η απόσταση μέχρι την οποία το κόστος εκσκαφής και μεταφοράς, ισούται με το κόστος αποκλειστικά της εκσκαφής.	<i>PROM</i>
5	Απόσταση δανειοθαλάμου(km): Η μέση απόσταση για την λήψη δανείων	<i>PROM</i>
6	Απόσταση αποθέσεων(km): Η μέση απόσταση για την απόθεση ορυγμάτων	<i>PROM</i>
7	Κόστος εκσκαφής 1m ³ γαιών(€): Πολλαπλασιαζόμενο με τα συνολικά κυβικά εκσκαφής γαιών μας δίνει το συνολικό κόστος εκσκαφής αυτών.	<i>PROM</i>
8	Κόστος εκσκαφής 1m ³ βραχών(€): Πολλαπλασιαζόμενο με τα συνολικά κυβικά εκσκαφής βραχών μας δίνει το συνολικό κόστος εκσκαφής αυτών.	<i>PROM</i>
9	Κόστος μεταφοράς 1m ³ km(€): Αποτελεί το κόστος μεταφοράς 1m ³ σε απόσταση 1km	<i>PROM</i>

Πίνακας 5.2: Φύλλο εισαγωγής «παράμετροι προμέτρησης»

	A	B	C	D	E	F	G
1	<u>ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ</u>						
2	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΑΡΧΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ		ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΕΛΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ			MENU	
3	X	Y	X	Y			
4	0,0000	0,0000	416,6109	0,0000			
5	428,5269	15,3438	1455,1700	15,3438			
6	454,3809	39,3468	1432,2188	39,3468			
7							
8							

Σχήμα 5.1: Φύλλο εισαγωγής «γραμμές διανομής»

Όπως φαίνεται στο σχήμα, σε κάθε γραμμή του φύλλου εργασίας, εισάγονται οι συντεταγμένες x,y αρχής και τέλους των γραμμών διανομής. Το σύνολο των γραμμών που έχουν συμπληρωθεί στο φύλλο εργασίας, αντιστοιχεί στο σύνολο των γραμμών διανομής που έχουν οριστεί από το χρήστη για το διάγραμμα Bruckner.

5.2.3.3 Το λογισμικό

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα εικονίδια του κεντρικού μενού με κόκκινο κείμενο, αποτελούν τα προγράμματα, τα οποία εκτελούνται από το χρήστη αφού πρώτα εισαχθούν τα απαραίτητα δεδομένα.

Στον πίνακα παρατίθεται το πρόγραμμα που περιλαμβάνει το νέο λογισμικό που δημιουργήθηκε, καθώς και μία σύντομη περιγραφή του.

Πρόγραμμα

Περιγραφή

PROM

Δημιουργείται το διάγραμμα Bruckner στο οποίο σχεδιάζεται χαρακτηριστικά η διανομή και η κίνηση των γαιών. Επίσης δημιουργείται ο πίνακας κίνησης γαιών και υπολογίζεται το συνολικό κόστος χωματουργικών εργασιών.

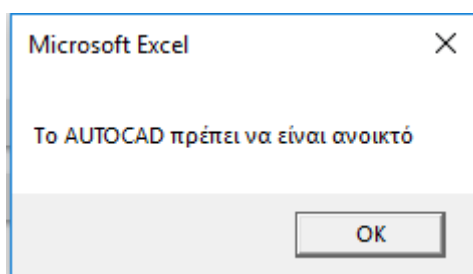
Πίνακας 5.3: Πρόγραμμα λογισμικού

Για την εκτέλεση του προγράμματος ισχύει ότι και για τα προγράμματα του λογισμικού οδοποιίας FM17.

5.2.3.4 Εξαγόμενα αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα του λογισμικού “PROM” εξαγονται σε σχέδιο AutoCAD, αφού πρώτα έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία η εκτέλεση του. Το αρχείο αποθηκεύεται στον αντίστοιχο φάκελο του λογισμικού σε μορφή *.dxf, από όπου μπορεί να ανοιχθεί οποιαδήποτε στιγμή. Το άνοιγμα του σχεδίου είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί και χειροκίνητα, μέσω του εικονιδίου «Α» στο πλαίσιο του προγράμματος. Να σημειωθεί επίσης, ότι στον ίδιο φάκελο αποθηκεύονται και τα αποτελέσματα σε μορφή *.out (Notepad).

Προκειμένου να ανοίξει ένα αρχείο σχεδίου μέσω του λογισμικού, προτείνεται να είναι ήδη ανοιχτό το πρόγραμμα AutoCAD. Όταν ανοίγει το αρχείο του Excel, στο περιβάλλον του οποίου βρίσκεται το λογισμικό, εμφανίζεται ένα παράθυρο που ενημερώνει σχετικά το χρήστη.



Εικόνα 5.12: Παράθυρο του Excel με μήνυμα ενημέρωσης

Στον πίνακα παρατίθεται το σχέδιο που δημιουργείται κατά την εκτέλεση του προγράμματος, καθώς και η ονομασία του αντίστοιχου αρχείου.

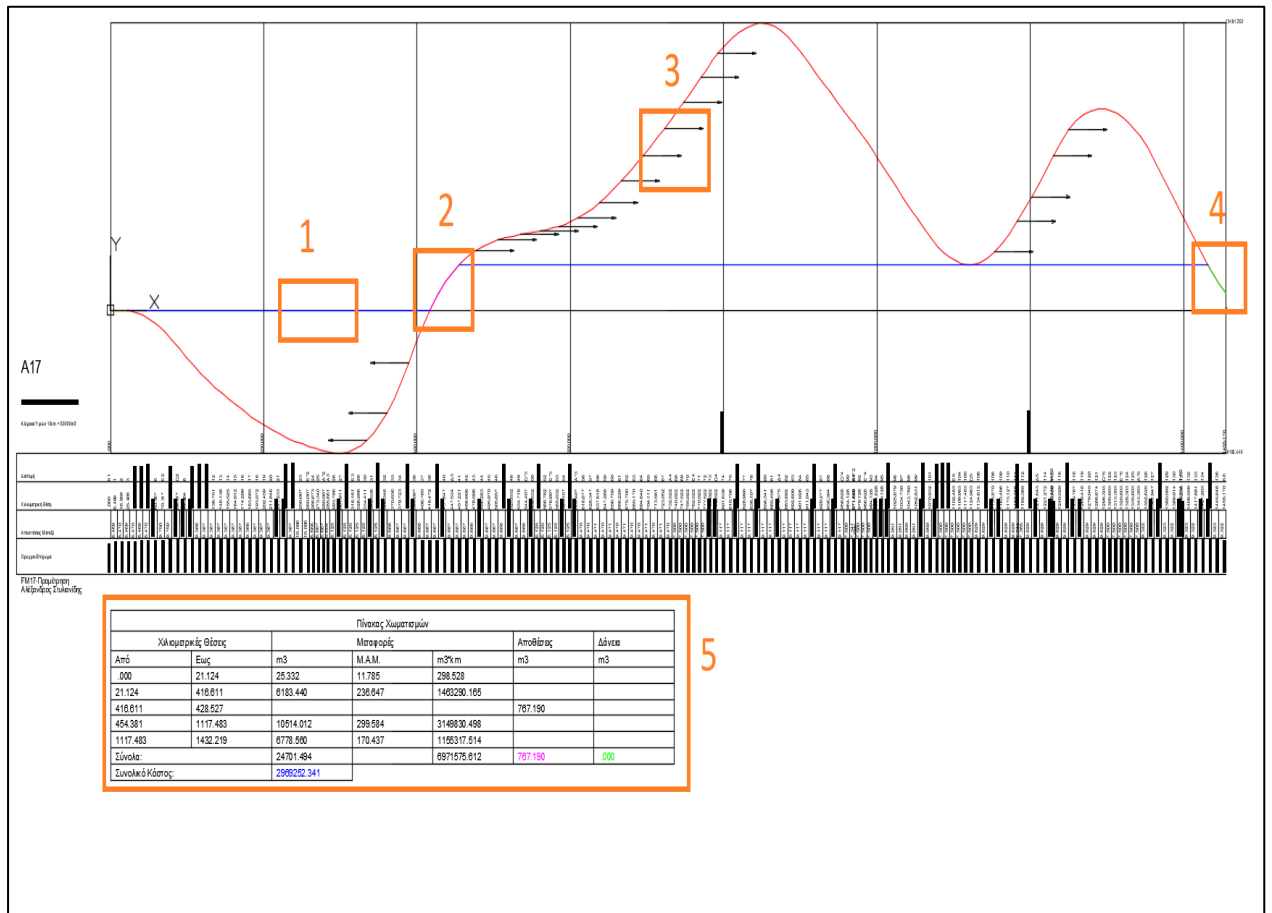
Σχέδιο	Δημιουργείται από	Αρχείο
Σχέδιο που περιλαμβάνει: <ul style="list-style-type: none">• Διάγραμμα Bruckner με χαρακτηριστική σχεδίαση των διανομών και κινήσεων των γαιών• Πίνακα κίνησης εκχωμάτων• Συνολικό κόστος χωματισμών		prom.dxf

Πίνακας 5.4: Εξαγόμενα σχέδια

Πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε φορά που εκτελείται ένα πρόγραμμα, το σχέδιο που προκύπτει αντικαθιστά το σχέδιο που υπήρχε από τυχόν προηγούμενη εκτέλεση του προγράμματος, στο φάκελο του αντίστοιχου προγράμματος.

Παρακάτω θα δοθεί η μορφή του εξαγόμενου σχεδίου, καθώς και μία περιγραφή των χαρακτηριστικών του:

Εικόνα 5.13: Αρχείο prom.dxf



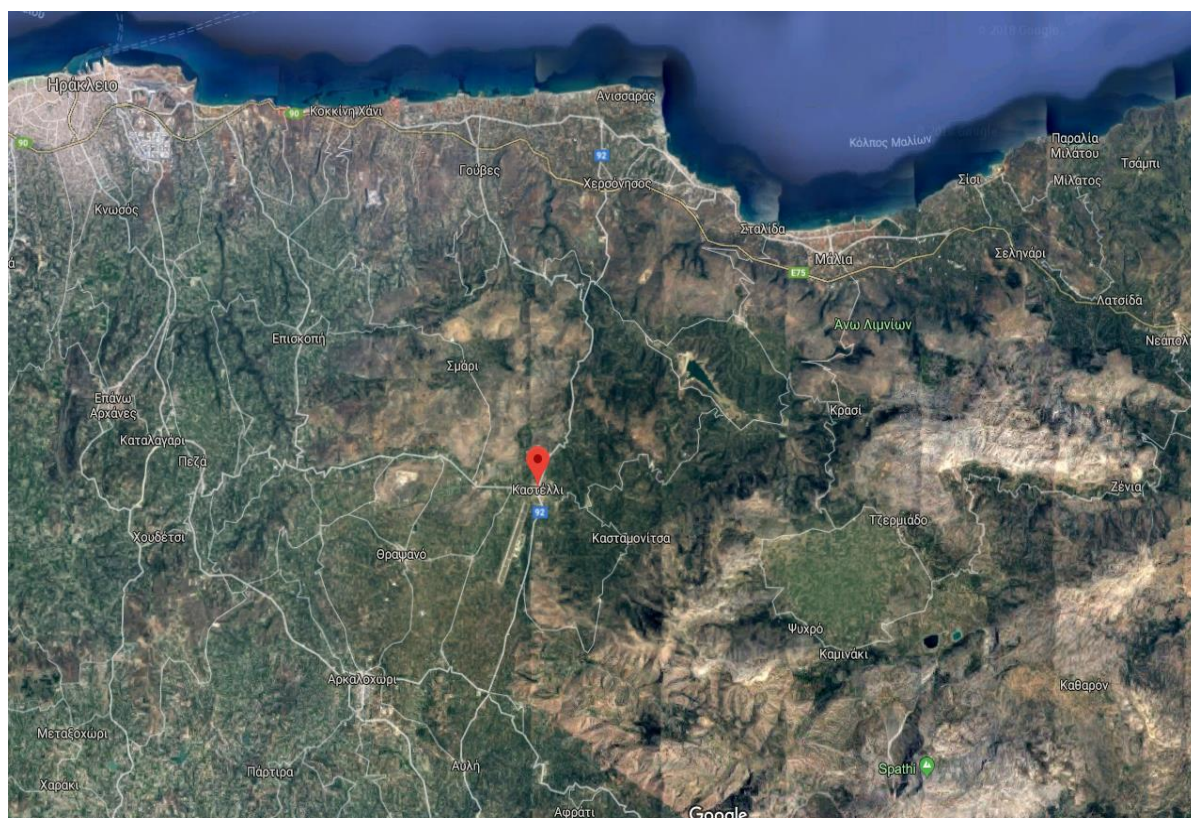
1. Οι γραμμές διανομής σχεδιάζονται με μπλε χρώμα.
2. Οι αποθέσεις σχεδιάζονται με μωβ χρώμα.
3. Τα βελάκια στο διάγραμμα Bruckner δείχνουν την κίνηση των γαιών.
4. Τα δάνεια σχεδιάζονται με πράσινο χρώμα.
5. Κάτω από το διάγραμμα Bruckner παρουσιάζεται ο πίνακας κίνησης εκχωμάτων

5.3 Παράδειγμα εφαρμογής του λογισμικού “PROM”

5.3.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια του μαθήματος «Ειδικά Κεφάλαια Οδοποιίας» του 9^{ου} εξαμήνου, κάνοντας χρήση του λογισμικού FM17, πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός αυτοκινητόδρομου για τη σύνδεση του στρατιωτικού αεροδρομίου στο Καστέλλι με τον Βόρειο Οδικό Άξονα Κρήτης (ΒΟΑΚ). Ο αυτοκινητόδρομος αυτός χρησιμοποιήθηκε ως εφαρμογή της μεθόδου που αναπτύχθηκε στην διπλωματική εργασία.

Αρχικά θα γίνει συνοπτική περιγραφή του σχεδιασμού του έργου (οριζοντιογραφία, μηκοτομή κτλ.), και ύστερα θα υπολογιστούν τα κόστη των οδικών αξόνων και οι αντίστοιχοι πίνακες χρωματισμών.



Εικόνα 5.14: Χάρτης περιοχής αυτοκινητόδρομου μελέτης

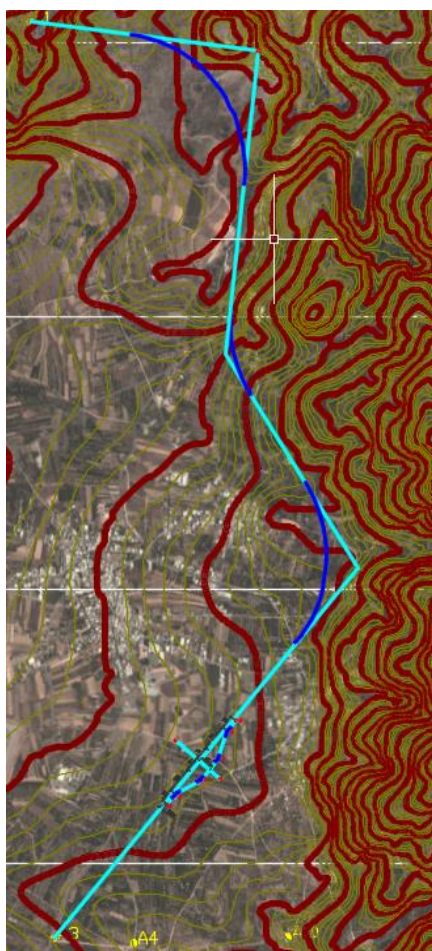
5.3.2 Αντικείμενο μελέτης

Αντικείμενο της μελέτης είναι η οδική σύνδεση του Στρατιωτικού Αεροδρομίου στο Καστέλλι με τον Βόρειο Οδικό Άξονα Κρήτης (ΒΟΑΚ) μέσω αυτοκινητόδρομου με ανισόπεδο κόμβο. Ο αυτοκινητόδρομος θα αποτελείται από κεντρικό οδικό άξονα «Α1», τοπική οδό «Α2» και συνδετήριο κλάδο «Α3».

Για την μελέτη του αυτοκινητόδρομου ελήφθησαν υπόψη οι Γερμανικοί Κανονισμοί RAS-L και RAS-K καθώς και οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (Ο.Μ.Ο.Ε.).

5.3.3 Σχεδιασμός του αυτοκινητόδρομου

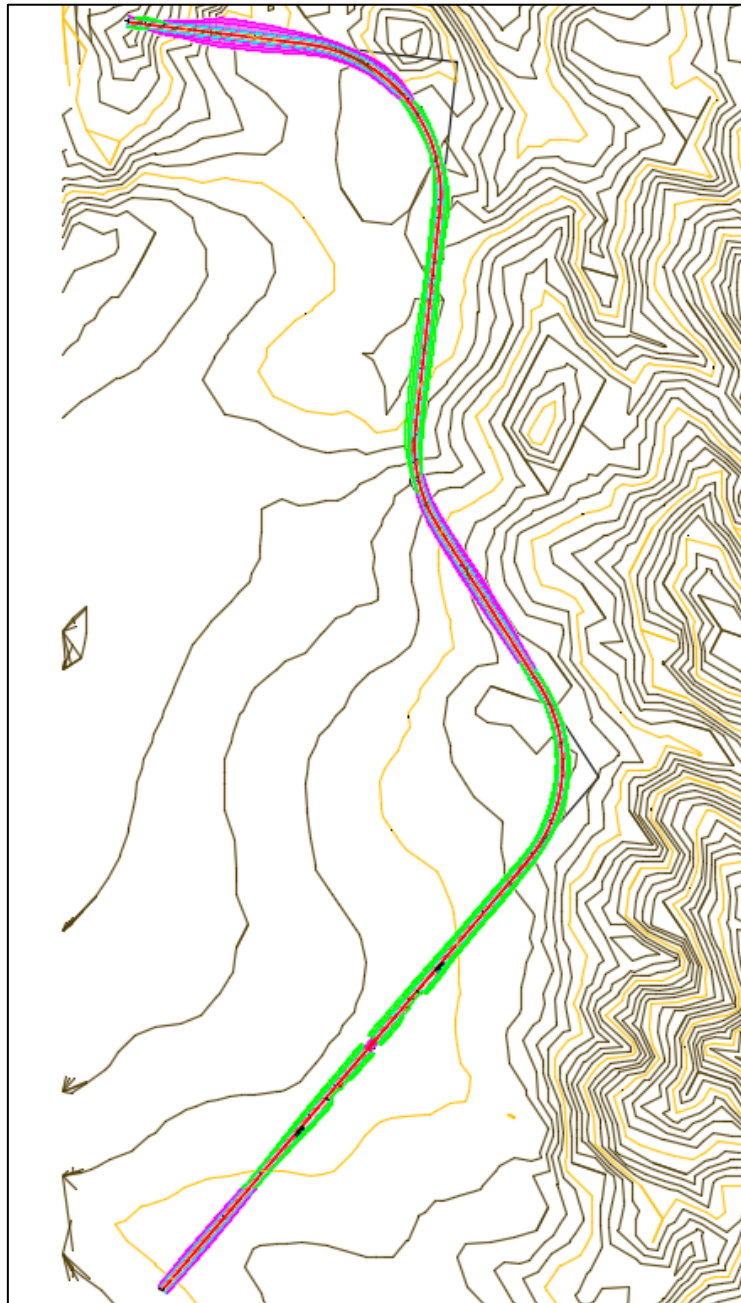
Η χάραξη του αυτοκινητόδρομου έγινε με κριτήριο την προσπάθεια εξισορρόπησης των επιχωμάτων και ορυγμάτων και τη μικρότερη αναστάτωση των κατοικιών.



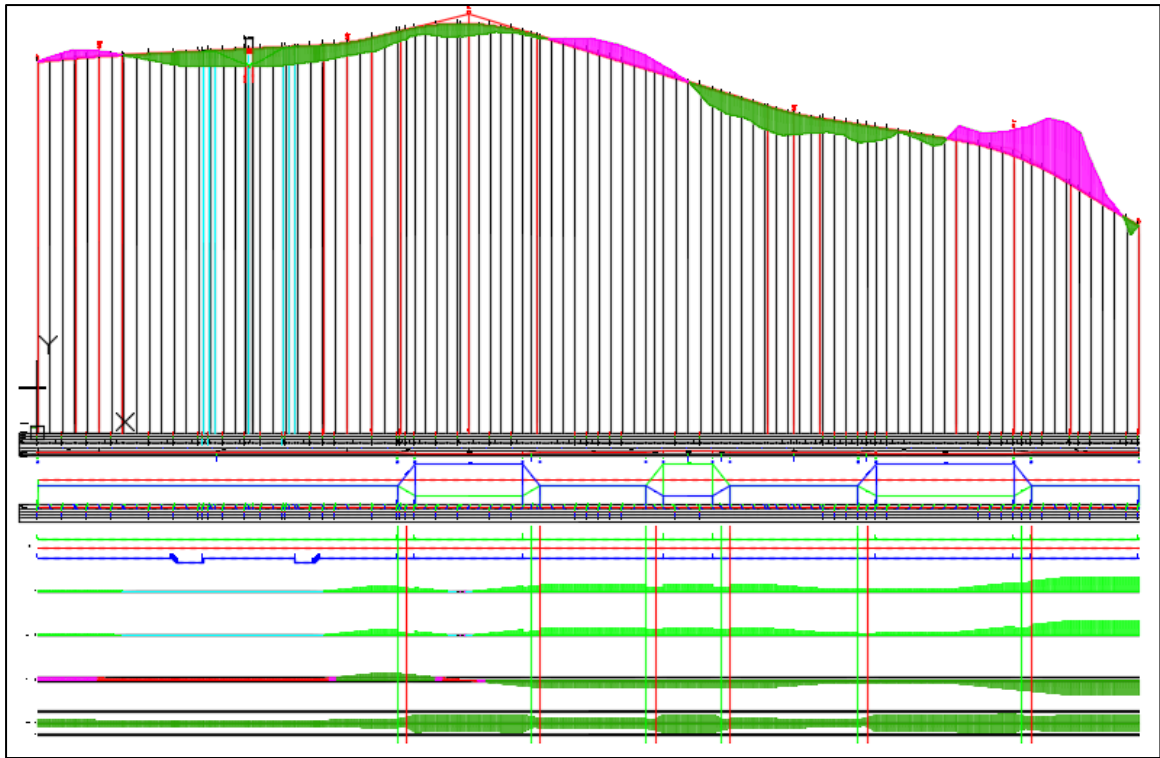
Εικόνα 5.15: Χάραξη αυτοκινητόδρομου με ανισόπεδο κόμβο

5.3.3.1 Σχεδιασμός κεντρικού οδικού άξονα Α1

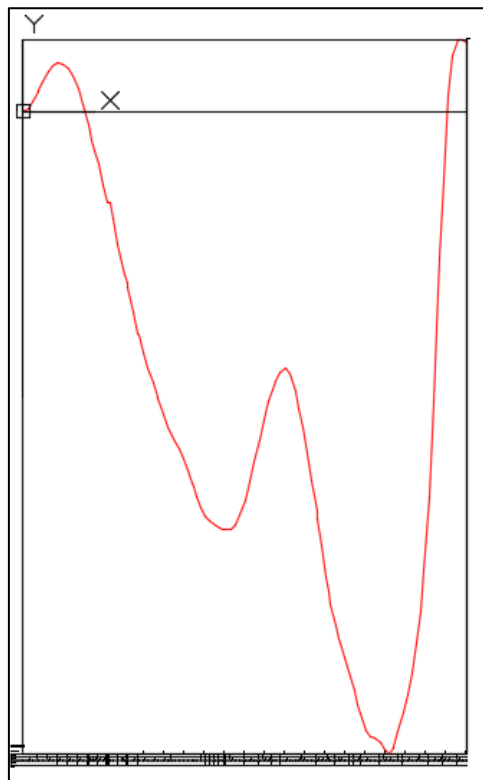
Ο κεντρικός οδικός άξονας Α1 έχει συνολικό μήκος περίπου 4,5 χλμ. και χαρακτηρίζεται ως οδός κατηγορίας ΑΙΙ κατά ΟΜΟΕ, και σχεδιάστηκε με ταχύτητα μελέτης 90 km/h.



Εικόνα 5.16: Οριζοντιογραφία Α1



Εικόνα 5.17: Μηκτομή Α1



Εικόνα 5.18: Διάγραμμα Bruckner Α1

5.3.3.2 Εφαρμογή λογισμικού “PROM” στον οδικό άξονα Α1

Αρχικά πριν την εκτέλεση του προγράμματος PROM, πρέπει να εισαχθούν οι απαραίτητες τιμές στα φύλλα δεδομένων του λογισμικού:

- **Παράμετροι προμέτρησης**, θα εισαχθούν οι παράμετροι, οι οποίοι αναλύθηκαν νωρίτερα στην ανάλυση των δεδομένων του λογισμικού.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ
ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

Εικόνα 5.19: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων

	A	B	C	D
1	A17		Όνομα Έργου	Γενικά
2	70,00%		Ποσοστό Γαιών (%)	PROM
3	30,00%	MENU	Ποσοστό Βράχων (%)	PROM
4	0,00		Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς (km)	PROM
5	3,00		Απόσταση Δανειοθάλαμου (km)	PROM
6	2,00		Απόσταση Αποθέσεων (km)	PROM
7	1,46		Κόστος εκσκαφής 1 m ³ γαιών	PROM
8	1,90		Κόστος εκσκαφής 1 m ³ βραχών	PROM
9	0,42		Κοστός μεταφοράς 1 m ³ 3km	PROM
10	2,00		Κόστος προμήθειας 1m ³ δανείων	PROM

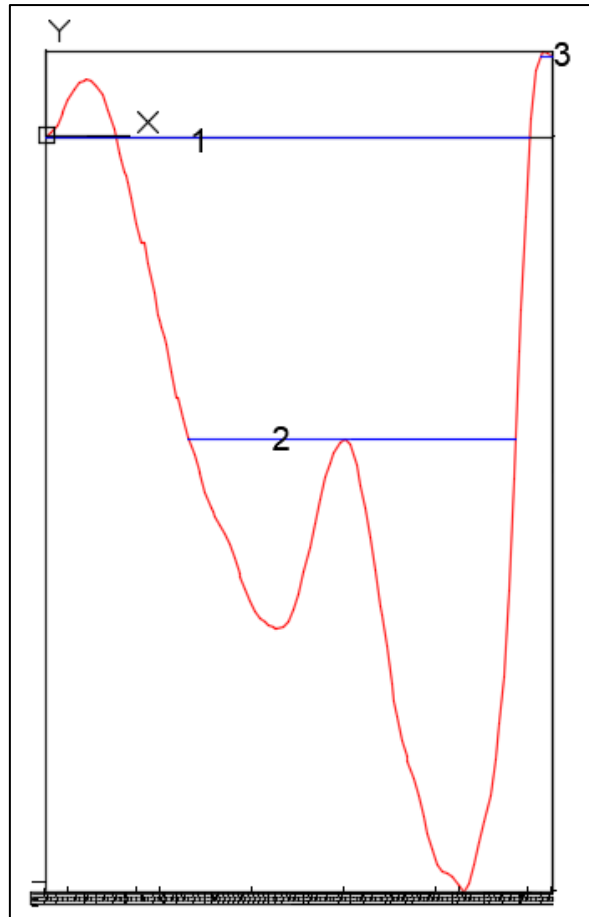
Εικόνα 5.20: Τιμές παραμέτρων προμέτρησης

- **Γραμμές διανομής**, θα εισαχθούν οι συντεταγμένες των γραμμών διανομής που θα τοποθετήσει ο χρήστης πάνω στο διάγραμμα Bruckner του οδικού άξονα Α1.

ΓΡΑΜΜΕΣ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Εικόνα 5.21: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θα τοποθετηθούν 3 γραμμές διανομής, εκ των οποίων η μία είναι δευτερεύουσα. Αφού τοποθετηθούν στο διάγραμμα Bruckner, θα αναγνωσθούν οι συντεταγμένες αρχής και τέλους κάθε γραμμής διανομής, με σκοπό την τοποθέτησή τους στο κατάλληλο φύλλο δεδομένων.



Εικόνα 5.22: Τοποθέτηση γραμμών διανομής

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ								
2	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΑΡΧΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ		ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΕΛΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ					MENU	
3	X	Y	X	Y					
4	0,0000	0,0000	4210,0070	0,0000					
5	1244,9932	-2546,0230	4090,3357	-2546,0230					
6	4303,5718	681,2178	4410,3820	681,2178					
7									

Εικόνα 5.23: Συντεταγμένες γραμμών διανομής στο φύλλο δεδομένων

Αφού έχουν εισαχθεί τα δεδομένα για την προμέτρηση του οδικού άξονα A1, μπορεί πλέον να εκτελεσθεί το πρόγραμμα “PROM” και να εξαγει αποτελέσματα για τον αντίστοιχο δρόμο.



Εικόνα 5.24: Εκτέλεση του προγράμματος

Μετά το «τρέξιμο» του προγράμματος παράγονται τα αρχεία *prom.dxf* (αρχείο AutoCAD) και *prom.out* (αρχείο notepad).

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα τα εξαγόμενα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω:

➤ **prom.out**, τα εξαγόμενα αποτελέσματα στο σημειωματάριο:

Αρχείο prom.out

Pro - FM17			

Έργο : A1			

Δεδομένα Προμέτρησης			

Ποσοστό Γαιών (%)	:	.700	
Ποσοστό Βραχών (%)	:	.300	
Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς	:	.000	
.			
.			

Υπολογισμός αποθέσεων			

A/A	Αποθέσεις	Χαρχής	Χτέλους

1	34060.890	4210.001	4303.572

Υπολογισμός Δανείων			

A/A	Δάνεια	Χαρχής	Χτέλους

Υπολογισμός δανείων-αποθέσεων			

	Δάνεια	Αποθέσεις	

	.000	34060.890	

Υπολογισμός κυβοχιλιόμετρων φανωμάτων			

A/A	Κυβοχιλιόμετρα		

1	8727723.798		
2	61660546.654		
3	177815256.295		
4	109049.561		

Υπολογισμός κυβοχιλιόμετρων τραπεζίου			

A/A	Κυβοχιλιόμετρα		

1	410094268.792		

Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής φανωμάτων			

A/A	Κυβικά εκσκαφής		

1	24012.139		
2	79956.039		
3	191107.152		
4	1802.734		

Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής τραπεζίου			

A/A	Κυβικά εκσκαφής		

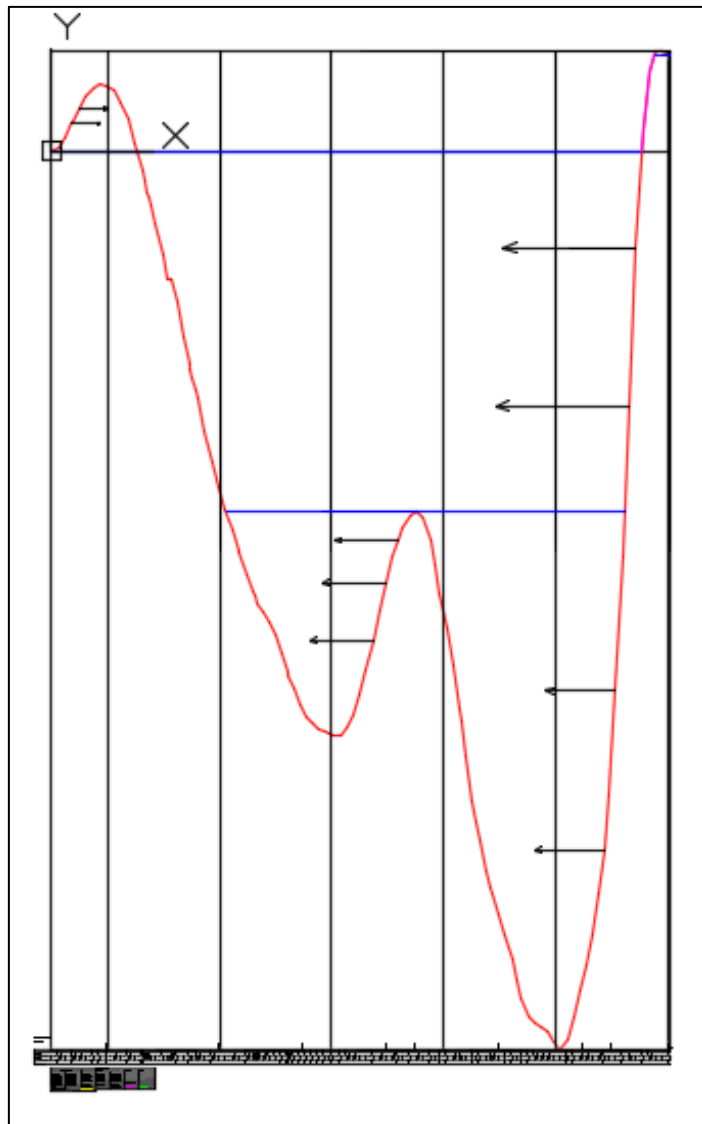
1	127301.150		

Υπολογισμός κυβοχιλιόμετρων, κυβικών εκσκαφής			

	Κυβικά εκσκαφής	Κυβοχιλιόμετρα	

	424179.214	658406845.099	

- **prom.dxf**, τα εξαγόμενα αποτελέσματα στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD:



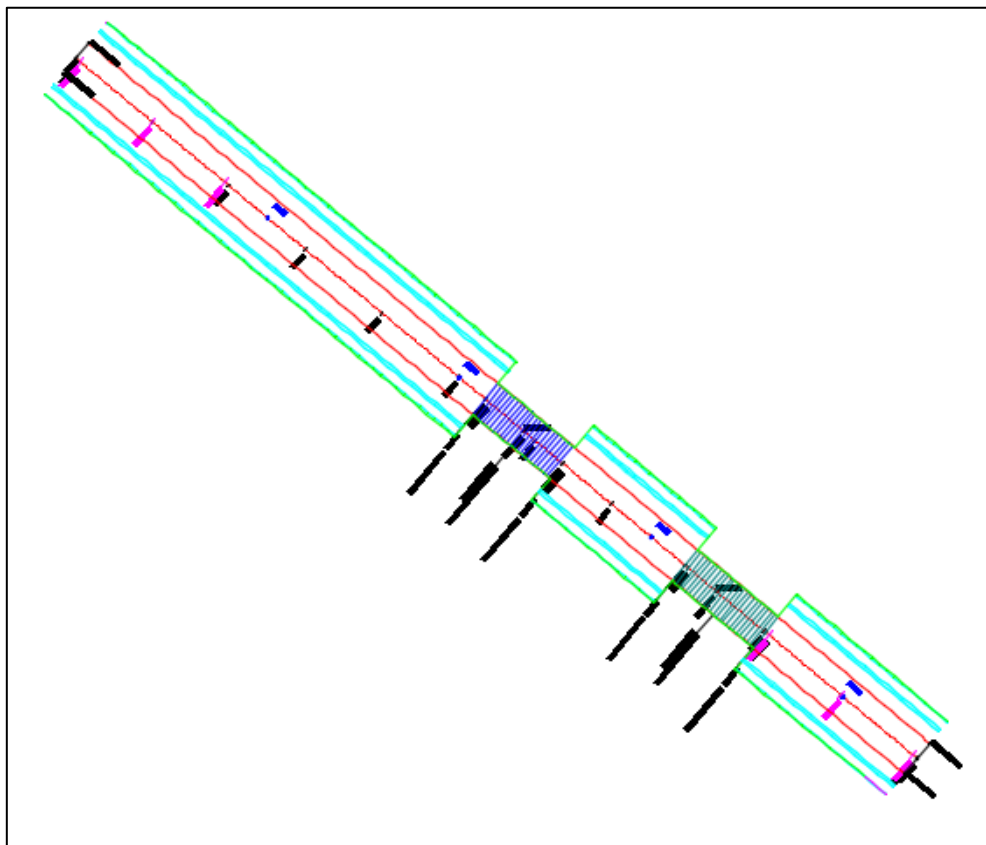
Εικόνα 5.25: Αρχείο prom.dxf

Πίνακας Χωματισμών						
Χιλιμετρικές Θέσεις		Μεταφορές			Αποθέσεις	Δάνεια
Από	Εως	m ³	M.A.M.	m ³ *km (x1000)	m ³	m ³
.000	612.444	24012.139	363.471	8727.724		
612.444	4210.001	127301.150	3221.450	410094.269		
1244.993	2605.862	79956.039	771.181	61660.547		
2605.862	4090.336	191107.152	930.448	177815.256		
4210.001	4303.572				34060.890	
4303.572	4410.382	1802.734	60.491	109.050		
Σύνολα:		424179.214		658406.845	34060.890	.000
Συνολικό Κόστος (x1000):		277289.004				

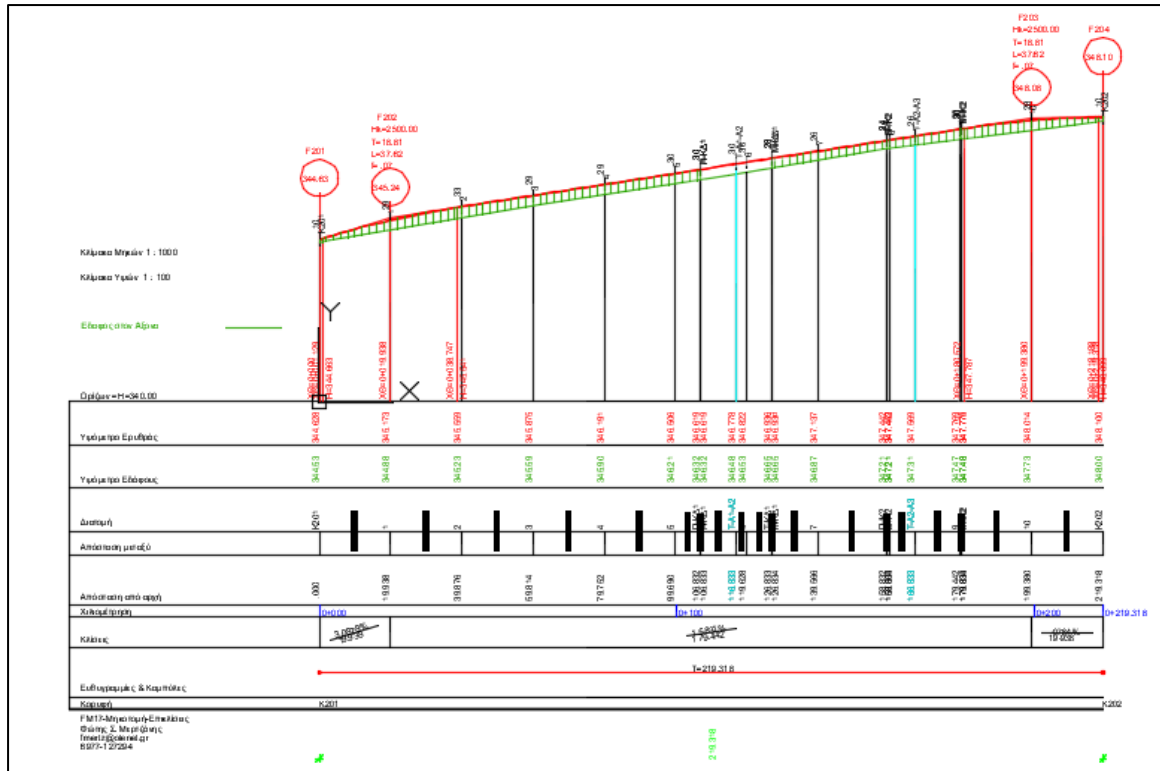
Εικόνα 5.26: Πίνακας χωματισμών στο αρχείο prom.dxf

5.3.3.3 Σχεδιασμός τοπικής οδού A2

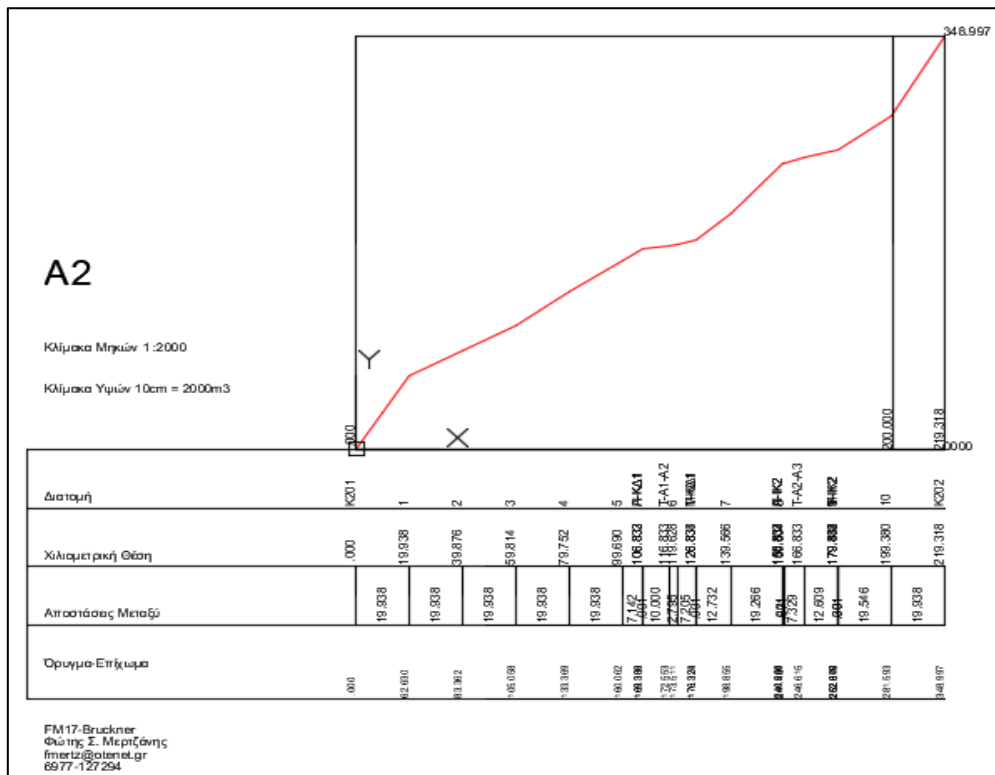
Η τοπική οδός A2 έχει συνολικό μήκος περίπου 200 μέτρα και χαρακτηρίζεται ως οδός κατηγορίας AIII κατά ΟΜΟΕ, και σχεδιάστηκε με ταχύτητα μελέτης 60 km/h.



Εικόνα 5.27: Οριζοντιογραφία A2



Εικόνα 5.28: Μηκτομή A2



Εικόνα 5.29: Διάγραμμα Bruckner A2

5.3.3.4 Εφαρμογή λογισμικού “PROM” στην τοπική οδό Α2

Πριν εκτελεσθεί το πρόγραμμα για την εύρεση του κόστους των χωματισμών στην τοπική οδό, θα εισαχθούν τα δεδομένα στα αντίστοιχα φύλλα του Excel.

- **Παράμετροι προμέτρησης**, παραμένουν ίδια με το παράδειγμα του οδικού άξονα Α1.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ
ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

Εικόνα 5.30: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων

	A	B	C	D
1	A17		Όνομα Έργου	Γενικά
2	70,00%		Ποσοστό Γαιών (%)	PROM
3	30,00%	MENU	Ποσοστό Βράχων (%)	PROM
4	0,00		Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς (km)	PROM
5	3,00		Απόσταση Δανειοθάλαμου (km)	PROM
6	2,00		Απόσταση Αποθέσεων (km)	PROM
7	1,46		Κόστος εκσκαφής 1 m ³ γαιών	PROM
8	1,90		Κόστος εκσκαφής 1 m ³ βραχών	PROM
9	0,42		Κοστός μεταφοράς 1 m ³ 3km	PROM
10	2,00		Κόστος προμήθειας 1m ³ δανείων	PROM

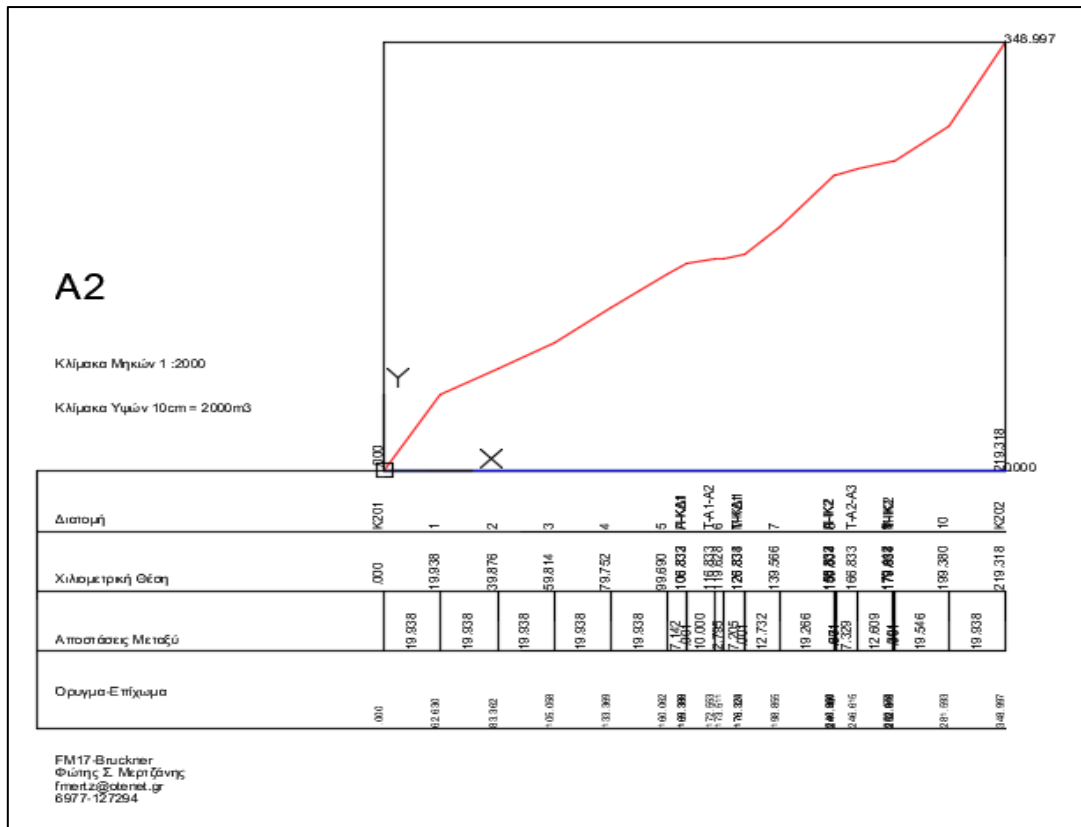
Εικόνα 5.31: Τιμές παραμέτρων προμέτρησης

- **Γραμμές διανομής**, θα εισαχθούν οι συντεταγμένες των γραμμών διανομής που θα τοποθετήσει ο χρήστης πάνω στο διάγραμμα Bruckner της τοπικής οδού Α2.

ΓΡΑΜΜΕΣ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Εικόνα 5.32: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι εμφανές ότι δεν δύναται να υπάρξει κίνηση των ορυγμάτων προς επίχωση, καθώς ο δρόμος βρίσκεται σε όλο του το μήκος χαμηλότερα από την επιφάνεια εδάφους, με συνέπεια την αποκλειστική δημιουργία ορυγμάτων και την απόθεση αυτών. Παρ’ όλα αυτά θα τοποθετηθεί μία γραμμή διανομής από την αρχική ως τη τελική Χ.Θ., η οποία θα ξεκινάει από το (0,0), γιατί υπάρχει περιορισμός του προγράμματος να υπάρχει γραμμή διανομής στην Χ.Θ. αρχής και στην Χ.Θ. τέλους.



Εικόνα 5.33: Τοποθέτηση γραμμής διανομής

	A	B	C	D	E	F	G
1	ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ						
2	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΑΡΧΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ		ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΕΛΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ				
3	X	Y	X	Y			
4	0,0000	0,0000	219,3180	0,0000			MENU
5							
6							

Εικόνα 5.34: Συντεταγμένες γραμμής διανομής στο φύλλο δεδομένων

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής των δεδομένων για την προμέτρηση της τοπικής οδού A2, μπορεί πλέον να εκτελεσθεί το πρόγραμμα “PROM” και να εξαγεί αποτελέσματα για την αντίστοιχη οδό.



Εικόνα 5.35: Εκτέλεση του προγράμματος

Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του προγράμματος παράγονται τα αρχεία *prom.dxf* (αρχείο AutoCAD) και *prom.out* (αρχείο notepad).

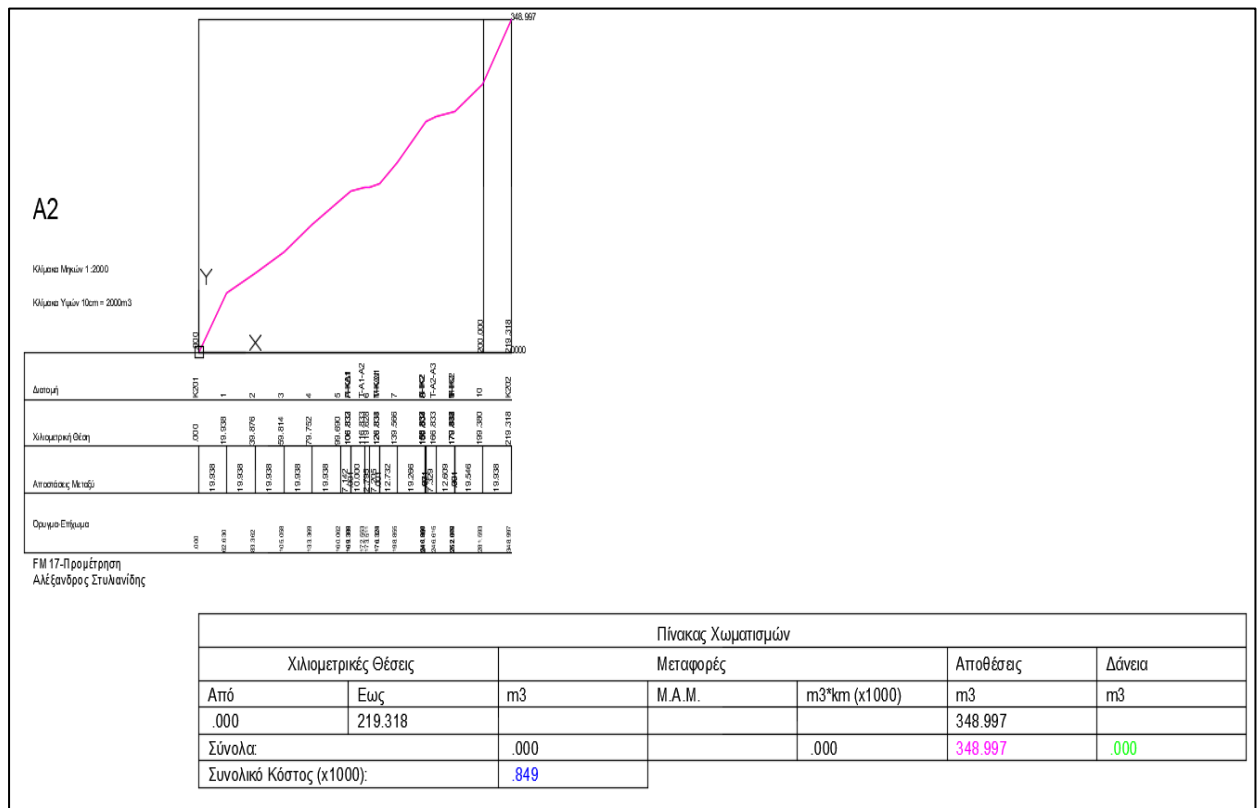
Για το συγκεκριμένο παράδειγμα τα εξαγόμενα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω:

➤ **prom.out**, τα εξαγόμενα αποτελέσματα στο σημειωματάριο:

Αρχείο prom.out

Pro - FM17			
Έργο : A2			
Δεδομένα Προμέτρησης			
Ποσοστό Γαιών (%) : .700			
Ποσοστό Βραχών (%) : .300			
Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς : .000			
.			
.			
Υπολογισμός αποθέσεων			
A/A	Αποθέσεις	Χαρχής	Χτέλους
1	348.997	.000	219.318
Υπολογισμός Δανείων			
A/A	Δάνεια	Χαρχής	Χτέλους
Υπολογισμός δανείων-αποθέσεων			
	Δάνεια	Αποθέσεις	
	.000	348.997	
Υπολογισμός κυβοχλιομέτρων φαντωμάτων			
A/A	Κυβοχλιομέτρα		
Υπολογισμός κυβοχλιομέτρων τραπεζίου			
A/A	Κυβοχλιομέτρα		
Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής φαντωμάτων			
A/A	Κυβικά εκσκαφής		
Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής τραπεζίου			
A/A	Κυβικά εκσκαφής		
Υπολογισμός κυβοχλιομέτρων, κυβικών εκσκαφής			
	Κυβικά εκσκαφής	Κυβοχλιομέτρα	
	.000	.000	
Υπολογισμός κόστους χωματισμών			
Συνολικό Κόστος(χ.μ.)			
848.761			

- **prom.dxf**, τα εξαγόμενα αποτελέσματα στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD:



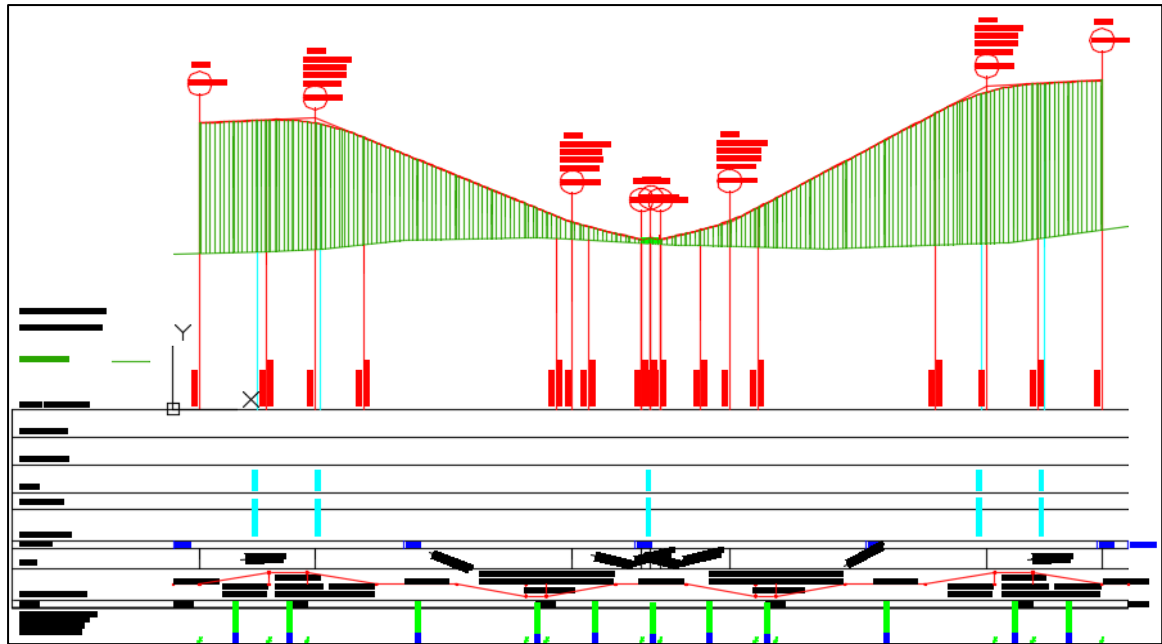
Εικόνα 5.36: Αρχείο prom.dxf

5.3.3.5 Σχεδιασμός συνδετήριου κλάδου A3

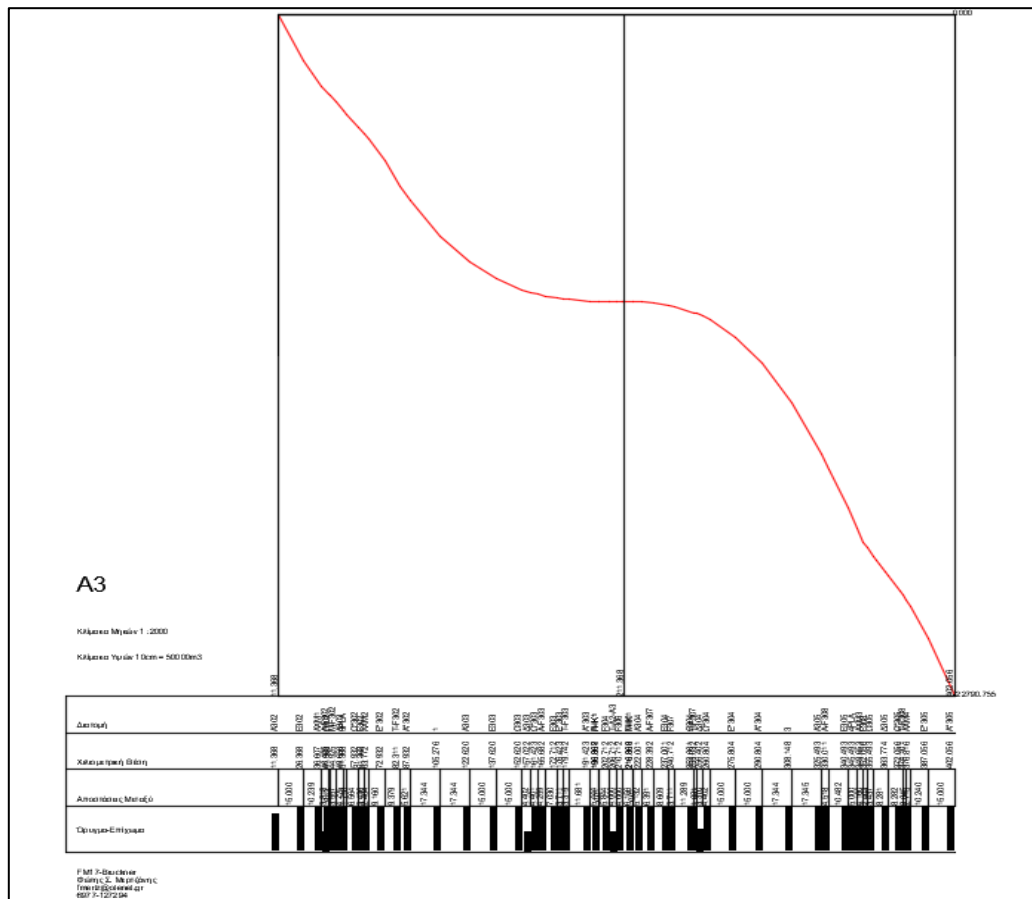
Ο συνδετήριος κλάδος A3 έχει συνολικό μήκος περίπου 400 μέτρα και χαρακτηρίζεται ως οδός κατηγορίας ΑΚ κατά ΟΜΟΕ, και σχεδιάστηκε με ταχύτητα μελέτης 50 km/h.



Εικόνα 5.37: Οριζοντιογραφία A3



Εικόνα 5.38: Μηκοτομή Α3



Εικόνα 5.39 Διάγραμμα Bruckner Α3

5.3.3.6 Εφαρμογή λογισμικού “PROM” στην τοπική οδό Α3

Αρχικά γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων στα φύλλα δεδομένων του Excel.

- **Παράμετροι προμέτρησης**, τα δεδομένα παραμένουν ίδια με τις προηγούμενες περιπτώσεις.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

Εικόνα 5.40: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων

	A	B	C	D
1	A17		Όνομα Έργου	Γενικά
2	70,00%		Ποσοστό Γαιών (%)	PROM
3	30,00%	MENU	Ποσοστό Βράχων (%)	PROM
4	0,00		Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς (km)	PROM
5	3,00		Απόσταση Δανειοθάλαμου (km)	PROM
6	2,00		Απόσταση Αποθέσεων (km)	PROM
7	1,46		Κόστος εκσκαφής 1 m ³ γαιών	PROM
8	1,90		Κόστος εκσκαφής 1 m ³ βραχών	PROM
9	0,42		Κοστός μεταφοράς 1 m ³ km	PROM
10	2,00		Κόστος προμήθειας 1m ³ δανείων	PROM

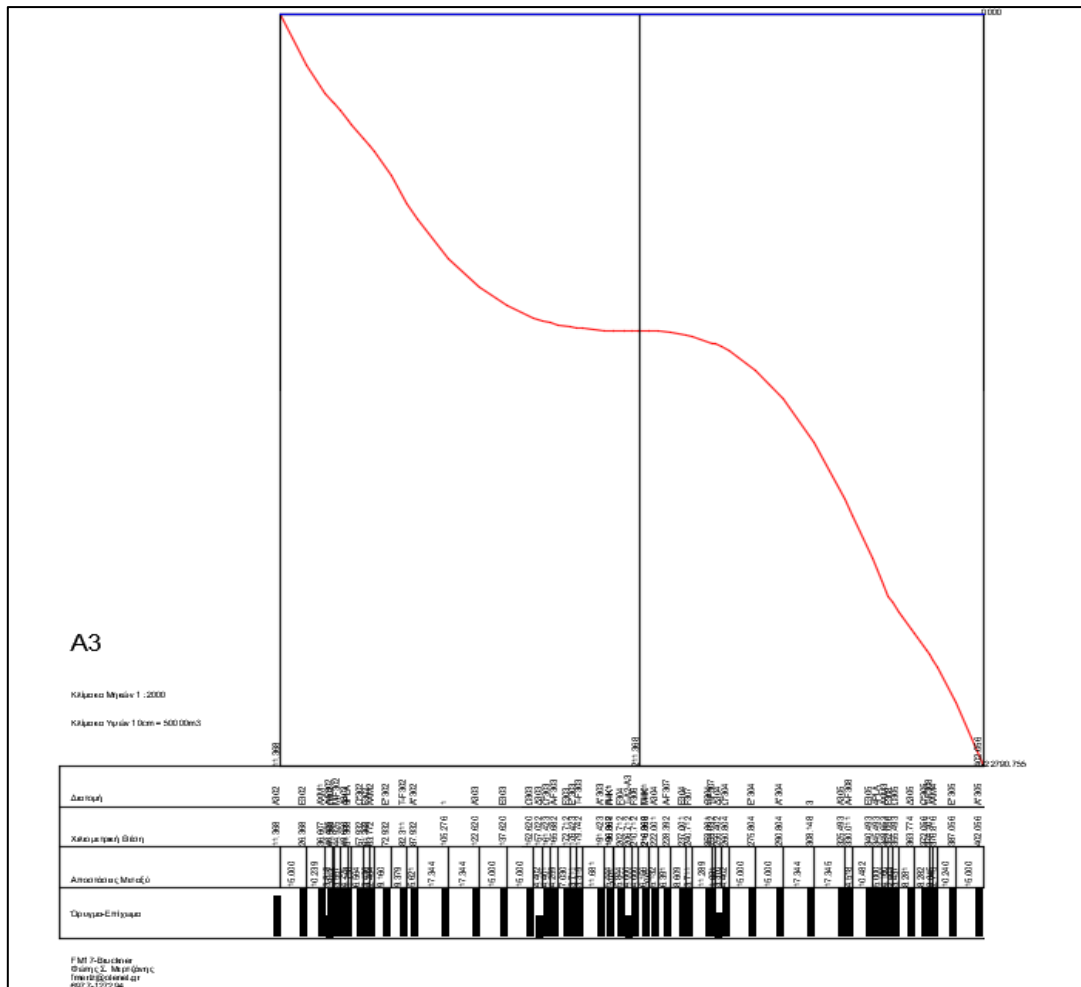
Εικόνα 5.41: Τιμές παραμέτρων προμέτρησης

- **Γραμμές διανομής**, θα εισαχθούν οι συντεταγμένες των γραμμών διανομής που θα τοποθετήσει ο χρήστης πάνω στο διάγραμμα Bruckner για την οδό του συνδετήριου κλάδου Α3.

ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Εικόνα 5.42: Πλαίσιο φύλλου δεδομένων

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι εμφανές ότι δεν δύναται να υπάρξει κίνηση των ορυγμάτων προς επίχωση, καθώς ο δρόμος βρίσκεται σε όλο του το μήκος υψηλότερα από την επιφάνεια εδάφους, με συνέπεια την αποκλειστική δημιουργία επιχωμάτων και την λήψη δανείων. Παρ’ όλα αυτά θα τοποθετηθεί μία γραμμή διανομής από την αρχική ως τη τελική Χ.Θ., η οποία θα ξεκινάει από το (11.368,0), γιατί υπάρχει περιορισμός του προγράμματος να υπάρχει γραμμή διανομής στην Χ.Θ. αρχής και στην Χ.Θ τέλους.



Εικόνα 5.43: Τοποθέτηση γραμμής διανομής

	A	B	C	D	E	F	G
1	ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ						
2	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΑΡΧΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ		ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΕΛΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ				
3	X	Y	X	Y			MENU
4	11,3680	0,0000	402,0560	0,0000			
5							
6							

Εικόνα 5.44: Συντεταγμένες γραμμής διανομής στο φύλλο δεδομένων

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής των δεδομένων για την προμέτρηση του συνδετήριου κλάδου A3, μπορεί πλέον να εκτελεσθεί το πρόγραμμα “PROM” και να εξάγει αποτελέσματα για την συγκεκριμένη οδό.



Εικόνα 5.45: Εκτέλεση του προγράμματος

Αφού ολοκληρωθεί επιτυχώς η εκτέλεση του προγράμματος, παράγονται τα αρχεία *prom.dxf* (αρχείο AutoCAD) και *prom.out* (αρχείο notepad).

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα τα εξαγόμενα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω:

➤ **prom.out**, τα εξαγόμενα αποτελέσματα στο σημειωματάριο:

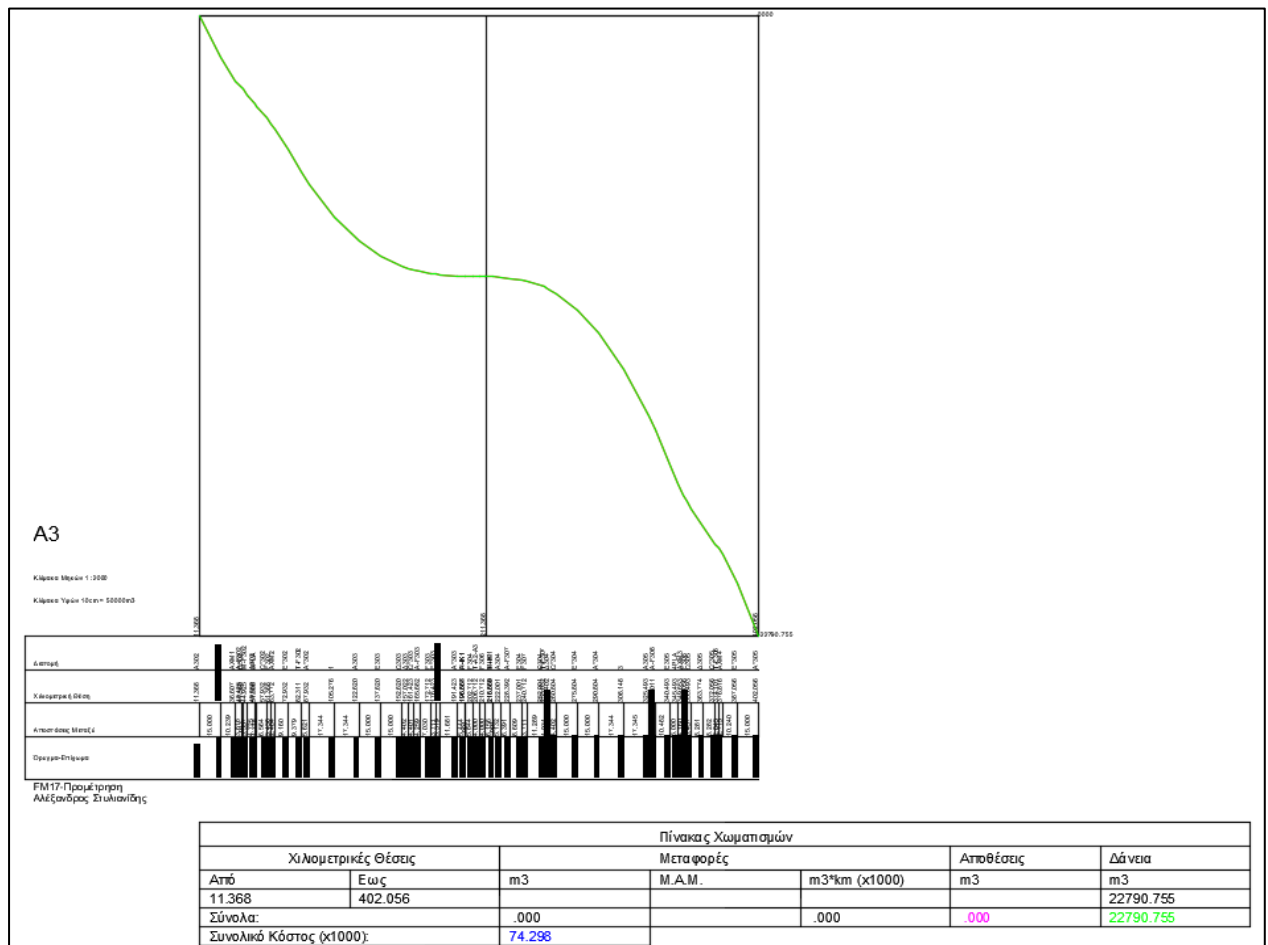
Αρχείο prom.out

```

-----
Pro - FM17
-----
Έργο : A3
-----
Δεδομένα Προμέτρησης
-----
Ποσοστό Γαιών (%)      : .700
Ποσοστό Βραχών (%)    : .300
Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς : .000
.
.
.
-----
Υπολογισμός αποθέσεων
-----
A/A  Αποθέσεις   Χαρχής   Χτέλους
-----
Υπολογισμός Δανείων
-----
A/A  Δάνεια     Χαρχής   Χτέλους
-----
1    22790.755   11.368   402.056
-----
Υπολογισμός δανείων-αποθέσεων
-----
      Δάνεια     Αποθέσεις
-----
      22790.755     .000
-----
Υπολογισμός κυβοχιλιόμετρων φατνωμάτων
-----
A/A  Κυβοχιλιόμετρα
-----
Υπολογισμός κυβοχιλιόμετρων τραπεζίου
-----
A/A  Κυβοχιλιόμετρα
-----
Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής φατνωμάτων
-----
A/A  Κυβικά εκσκαφής
-----
Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής τραπεζίου
-----
A/A  Κυβικά εκσκαφής
-----
Υπολογισμός κυβοχιλιόμετρων, κυβικών εκσκαφής
-----
Κυβικά εκσκαφής      Κυβοχιλιόμετρα
-----
      .000             .000
-----
Υπολογισμός κόστους χωματισμών
-----
Συνολικό Κόστος(χ.μ.)
-----
      74297.861

```

- **prom.dxf**, τα εξαγόμενα αποτελέσματα στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD:



Εικόνα 5.46: Αρχείο prom.dxf

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η δημιουργία ενός λογισμικού σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή, το οποίο θα είναι σε θέση να εξάγει τα αποτελέσματα του κόστους των χωματισμών εύκολα, γρήγορα και αξιόπιστα.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίζεται σε όσα διδάχθηκαν στο μάθημα της Οδοποιίας II, ενώ για εμπάθυνση αναζητήθηκαν πληροφορίες από συναφείς έρευνες.

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η δημιουργία μιας μεθοδολογίας, η οποία λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους κοστολόγησης των χωματισμών και εξάγει το συνολικό κόστος αυτών με μεγάλη αξιοπιστία.

6.2 Βασικά συμπεράσματα

Μετά το πέρας της δημιουργίας του αλγορίθμου, και με τη βοήθεια του λογισμικού FM17 μελετήθηκαν τρεις οδικοί άξονες και τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν είναι:

- Το λογισμικό οδοποιίας FM17 αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στους φοιτητές, καθώς τους εξοικειώνει με τη λογική που διέπει τις μελέτες των οδικών έργων. Πρόκειται για ένα λογισμικό πολύ εύκολο στη χρήση, που καθιστά δυνατή τη χρησιμοποίηση ακόμα και από ανθρώπους χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις στους Η/Υ, ενώ ταυτόχρονα τα μηνύματα που εμφανίζονται καθιστούν το περιβάλλον φιλικό προς τον χρήστη.
- Το λογισμικό που δημιουργήθηκε είναι σε θέση να υπολογίζει εύκολα και γρήγορα, το κόστος των χωματουργικών εργασιών και τον πίνακα των χωματισμών, ακόμα και των πιο περίπλοκων μορφών διαγράμματος Bruckner.
- Ο χρήστης κάνοντας λογικές δοκιμές ως προς τη διαφορετική τοποθέτηση των γραμμών διανομής πάνω στο διάγραμμα Bruckner, είναι σε θέση να υπολογίσει διαφορετικά κόστη των χωματουργικών εργασιών, και να επιλέξει την κίνηση των γαιών η οποία δίνει το ελάχιστο κόστος.
- Η ελαχιστοποίηση του κόστους εξαρτάται από:
 1. την εξισορρόπηση των ορυγμάτων και επιχωμάτων, ώστε να αποφευχθούν τα κόστη των αποθέσεων και των δανείων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χάραξης της μηκοτομής.

2. την ελαχιστοποίηση του όγκου των επιχωμάτων και ορυγμάτων. Με άλλα λόγια επιδιώκεται η ερυθρά γραμμή να βρίσκεται όσο πιο κοντά γίνεται στη γραμμή εδάφους. Αυτό επιτυγχάνεται φυσικά με τη κατάλληλη χάραξη της μηκοτομής, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό, και από την χάραξη της ισοκλινούς της οριζοντιογραφίας. Αυτό μεταφράζεται ως αποφυγή κάθετων τμήσεων της ισοκλινούς της οριζοντιογραφίας με τις ισοϋψείς του εδάφους. Έτσι αποφεύγονται μεγάλα κόστη εκσκαφής.
 3. Τη βέλτιστη κίνηση των γαιών, μέσω της σωστής τοποθέτησης των γραμμών διανομής, με σκοπό την πραγματοποίηση του ελάχιστου κόστους μεταφοράς.
- Το λογισμικό που δημιουργήθηκε υπολογίζει το κόστος των χωματισμών για ένα συγκεκριμένο διάγραμμα Bruckner, δηλαδή για δεδομένη οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Συνεπώς, η εύρεση του ελάχιστου κόστους μέσω δοκιμών των γραμμών διανομής, αναφέρεται στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή, για την οποία έχει σχεδιασθεί η οδός. Όμως, πολύ σημαντικό παράγοντα στην ελαχιστοποίηση του κόστους των χωματουργικών εργασιών, αποτελεί η χάραξη της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής σε πρώτο στάδιο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Η βελτιστοποίηση αυτών, αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ελαχιστοποίηση του κόστους, ταυτόχρονα όμως και μία πολύ περίπλοκη διαδικασία.

6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η εργασία αυτή αποτελεί την αφετηρία σε μία προσπάθεια με στόχο τον ταχύ υπολογισμό του κόστους των χωματουργικών εργασιών ενός οδικού έργου. Η βάση δεδομένων που έχει δημιουργηθεί μπορεί να αποτελέσει πηγή πληροφόρησης για μία ευρύτερη έρευνα. Στο πλαίσιο αυτό, τα στοιχεία που μπορούν να αποτελέσουν σημεία για περαιτέρω έρευνα είναι τα ακόλουθα:

- Υπολογισμός του ελάχιστου κόστους χωματουργικών εργασιών μέσω της εύρεσης της βέλτιστης κίνησης των γαιών. Με άλλα λόγια εύρεση των βέλτιστων γραμμών διανομής, το οποίο σε συνδυασμό με το νέο λογισμικό που δημιουργήθηκε, θα δίνει αυτόματα το ελάχιστο κόστος.
- Υπολογισμός του συνολικού προϋπολογισμού του οδικού έργου. Στην παρούσα εργασία υπολογίζεται το κόστος των χωματουργικών εργασιών, ενώ σημαντικό ποσοστό στο συνολικό κόστος έχουν επίσης:
 1. Η ύπαρξη γεφυρών.
 2. Η οδοστρωσία
 3. Τα υδραυλικά έργα (αποχετεύσεις).
 4. Διάφορα (πχ. Στηθαία, φυτική κάλυψη των πρανών κτλ.)

- Εύρεση του συνολικού κόστους των χωματισμών συνυπολογίζοντας την ελεύθερη απόσταση μεταφοράς (l_f), σύμφωνα με την αντίστοιχη μεθοδολογία που διδάχθηκε στο μάθημα της Οδοποιίας II.
- Αυτόματος υπολογισμός της κίνησης των γαιών σε άμεση συνάρτηση με την μηκοτομή. Με άλλα λόγια υπολογισμός της ερυθράς γραμμής της μηκοτομής με βάση την εξισορρόπηση των ορυγμάτων και επιχωμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Αποστολέρης Α.: «Οδοποιία Ι - Χαράξεις & Υπολογισμός Χωματισμών: Θεωρία και Πρακτική», Ιούνιος 2015
2. Κανελλαΐδης Γ., Μερτζάνης Φ., Γλαρός Γ., Μαλέρδος Γ.: «Σημειώσεις Οδοποιίας ΙΙ, Μέρος Α: Χωματισμοί – Κίνηση εκχωμάτων», Μάρτιος 2016, Αθήνα
3. Κανελλαΐδης Γ., Μερτζάνης Φ., Παγώνη Ι.: «Σχεδιασμός οδών με τη χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2010
4. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Τεύχος Γεωλογικών – Γεωτεχνικών, Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2003
5. Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΠΕΤΕΠ): «Κατασκευή επιχωμάτων με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφών ή δανειοθαλάμων», Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Πρόγραμμα Δράσεων για τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής των δημοσίων έργων, Μάιος 2003
6. Γεωργάκης Θ., Κατσάμπαλος Κ.: «Οδηγός προγραμματισμού στο περιβάλλον της Visual Basic 6», Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2008
7. Ματαράς Δ., Κουτελιέρης Φ.: «Fortran 90-95 για επιστήμονες και μηχανικούς», 2011
8. Optimisation of road alignment by the use of computers, 1973, Paris
9. K. Nassar, E. A. Ally, H. Osman: «Developing an efficient algorithm for balancing mass-haul diagrams», December 2011
10. W. L. Hare, V. R. Koch, Y. Lucet: «Models and algorithms to improve earthwork operations in road design using mixed integer linear programming», December 2011
11. A. A. Moreb : «Linear Programming model for finding optimal roadway grades that minimize earthwork cost», August 1996
12. B. Hola, K. Schabowicz : «Estimation of earthworks execution time cost by means of artificial neural networks», August 2010
13. <https://www.anadelta.com>
14. <https://www.diolkos3d.com>
15. <http://www.cs.uoi.gr> «Programming in Fortran 77», Λαγαρής Ι.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κώδικας
Αλγορίθμου “PROM”

ΚΩΔΙΚΑΣ

```
C*****
C  PRO.FOR
C*****

C-----
  subroutine pro
C-----
C-----
C  COMMON
C-----

  common /prm_prj/prj,prjg
  common /prm_brc/hrb,vrb

  common /fmbru/ibru,bbbru,ebbru,kbru,gbru,vbru,sbru

  common /dwg/ibl,lvl,clr,smb,wgh,thg
C-----
C  VARIABLES
C-----

  real*8      x,y,z          ! XYZ
  real*8      xa,ya         ! Line A

  character*70 txt          ! Character
  real*8      nmb           ! Real Number

  real*8      bgb           ! Start
  real*8      enb           ! End

  real*8      max           ! Maximum
  real*8      min           ! Minimum

  real*8      cut           ! Cut
  real*8      fil           ! Fill
  real*8      epp           ! Shrinkage Factor
```

C-----

C PROMETRHS

C-----

real*8	xt(500)	! Xtotal
real*8	yt(500)	! Xtotal
real*8	tempx	! Xtotal
real*8	tempy	! Xtotal
real*8	grx(1000)	! Γραμμή διανομής X
real*8	gry(1000)	! Γραμμή διανομής Y
integer*4	p	! μετρητής
real*8	Xtomis(100)	! Τομή x Bruckner-Διανομή
real*8	Ytomis(100)	! Τομή y Bruckner-Διανομή
real*8	Xtom(100)	! Τομή x Bruckner-Διανομή
real*8	Ytom(100)	! Τομή y Bruckner-Διανομή
integer*4	k	! αριθμός σημείων τομής
real*8	Xk(200)	! Σημεία τραπεζίου
real*8	Yk(200)	! Σημεία τραπεζίου
real*8	Xp(200)	! Σημεία τραπεζίου
real*8	Yp(200)	! Σημεία τραπεζίου
integer*4	l	! Ψευδής/ αληθής
real*8	dan	! δάνεια
real*8	apoth	! αποθέσεις
real*8	dania(100)	! αποθέσεις
real*8	ybdan(100)	! Y αρχής δανείων
real*8	yedan(100)	! Y τέλους δανείων
real*8	xbdan(100)	! X αρχής δανείων
real*8	xedan(100)	! X τέλους δανείων
real*8	apothesis(100)	! αποθέσεις
real*8	ybapoth(100)	! Y αρχής αποθέσεων
real*8	yeapoth(100)	! Y τέλους αποθέσεων
real*8	xbapoth(100)	! X αρχής αποθέσεων
real*8	xeapoth(100)	! X τέλους αποθέσεων
real*8	Sum_apoth	! αποθέσεις

real*8	Sum_dan	! δάνεια
integer*4	q	! ψευδής/αληθής
real*8	m3trap(100)	! κυβικά εκσκαφής τραπεζίου
real*8	m3f(100)	! κυβικά εκσκαφής φατνωμάτων
real*8	emvtrap(100)	! κυβοχιλιόμετρα τραπεζίου
real*8	emvfat	! κυβοχιλιόμετρα φατνωμάτων
real*8	emvf(100)	! κυβοχιλιόμετρα φατνωμάτων
real*8	m	! κυβοχιλιόμετρα
real*8	n	! κυβικά εκσκαφής
real*8	m3min	! min κυβικά εκσκαφής
real*8	m3max	! max κυβικά εκσκαφής
real*8	Sumemv	! συνολικά κυβοχιλιόμετρα
real*8	Summ3	! συνολικά κυβικά εκσκαφής
real*8	thesimin	! θέση ελάχιστης εκσκαφής
real*8	thesimax	! θέση μέγιστης εκσκαφής
real*8	velxbd(100)	! X αρχής των βελών για δεξιά κατεύθυνση
real*8	velxed(100)	! X τέλους των βελών για δεξιά κατεύθυνση
real*8	velybd(100)	! Y αρχής των βελών για δεξιά κατεύθυνση
real*8	velyed(100)	! Y τέλους των βελών για δεξιά κατεύθυνση
real*8	velxba(100)	! X αρχής των βελών για αριστερή κατεύθυνση
real*8	velxea(100)	! X τέλους των βελών για αριστερή κατεύθυνση
real*8	velyba(100)	! Y αρχής των βελών για αριστερή κατεύθυνση
real*8	velyea(100)	! Y τέλους των βελών για αριστερή κατεύθυνση
real*8	K1	! κόστος εκσκαφής
real*8	K2	! κόστος μεταφοράς
real*8	K3	! κόστος δανείων
real*8	K4	! κόστος αποθέσεων
real*8	Kol	! συνολικό κόστος

c-----

c FILES

c-----

character*1	path(70)	! Path
character*70	prodx	! pro.dxf
character*70	proout	! pro.out
character*70	fmprm	! fm.prm

character*70 fmbru ! fm.bru

character*70 fm26 ! fm26.dat

character*70 fmpxo ! fm.pxo

character*70 fmgra ! fm.gra

C-----

C FM.PRM - GENERAL

C-----

character*30 prj,prjg ! Project Name

C-----

C FM.PRM - BRUC

C-----

real*8 hrb ! Horizontal Scale

real*8 vrb ! Vertical Scale

C-----

C FM.BRU

C-----

integer*4 ibru ! No

real*8 bbru(100) ! Begin Section

real*8 ebru(100) ! End Section

real*8 kbru(100) ! % Suitable

real*8 gbru(100) ! % Earth

real*8 vbru(100) ! % Rock

real*8 sbru(100) ! Shrinkage

C-----

C FM26.dAT

C-----

character*10 n26(1000) ! Name

real*8 k26(1000) ! Kilometrage

real*8 c26(1000) ! Cut

real*8 f26(1000) ! Fill

real*8 uc26(1000) ! Unsuitable_Cut

real*8 uf26(1000) ! Unsuitable_Fill

real*8 p26 ! Pavement

real*8 d26 ! drainage

real*8 s26 ! Subgrade

real*8 t26(1000) ! Top Fill

c QUANTITIES

real*8 orym ! Cut Mean
real*8 oryk,toryk ! Cut Volumes
real*8 orya,torya ! Cut Unsuitable
real*8 oryg,toryg ! Cut Γ/H
real*8 oryv,toryv ! Cut B
real*8 orgv,torgv ! Cut Γ/H + B
real*8 epim ! Fill Mean
real*8 epix,tepix ! Fill Volumes
real*8 esme,tesme ! Internal Movement
real*8 pleo,tpleo ! Cut Surplus
real*8 plee,tplee ! Fill Surplus

real*8 topm ! Top Mean
real*8 topx,ttopx ! Top Fill Volumes

real*8 unsmc,unsmf ! Unsuitable Cut / Fill Mean
real*8 unsx,tunxs ! Unsuitable Volumes

c TOTALS

real*8 cf(1000) ! Fill

c FM.PXO

real*8 pg ! Ποσοστό Γαιών (%)
real*8 pb ! Ποσοστό Βραχών (%)
real*8 eam ! Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς
real*8 adn ! Απόσταση Δανειοθάλαμου
real*8 aap ! Απόσταση Αποθέσεων
real*8 keg ! Κόστος εκσκαφής 1 m³ γαιών
real*8 keb ! Κόστος εκσκαφής 1 m³ βραχών


```
real*8 kmt ! Κόστος μεταφοράς 1 m^3km
real*8 kpd ! Κόστος προμήθειας δανείων
```

C-----

C FM.gRA

C-----

```
real*8 xb(500) ! X Begin
real*8 yb(500) ! Y Begin
real*8 xe(500) ! X End
real*8 ye(500) ! Y End
```

C-----

C gRAPHICS

C-----

```
integer*4 ibl ! Block No
character*30 lvl ! Level
integer*4 clr ! Color
integer*4 smb ! Symbology
integer*4 wgh ! Weight
real*8 thg ! Text Height

real*8 xpl(50000) ! X Polyline
real*8 ypl(50000) ! Y Polyline
real*8 zpl(50000) ! Z Polyline
```

C-----

C START PROgRAM

C-----

```
call g('PRO - FM17',8,1)
```

C-----

C FILES

C-----

```
call g('Αρχεία',6,1)
```

```
call pathfile(path)
```

```
call flnm(path,'pro.dxf ',prodx)
```

```
call flnm(path,'pro.out ',proout)
```

```
call flnm(path,'fm.prm ',fmprm)
```

```
call flnm(path,'fm.bru ',fmbru)
```

```
call flnm(path,'fm26.dat ',fm26)
```

```
call flnm(path,'fm.pxo ',fmpxo)
```

```
call flnm(path,'fm.gra ',fmgra)
```

```
C-----
```

```
C CHECK PRO.DXF
```

```
C-----
```

```
call g('Είναι ελεύθερο το pro.dxf ;',25,1)
```

```
open(0,file=prodx, status='unknown',err=999)
```

```
write(0,("pro"),err=998)
```

```
close (0)
```

```
C-----
```

```
C START PRO.dXF
```

```
C-----
```

```
call g('Ανοίγω το pro.dxf',15,1)
```

```
open(0,file=prodx,status='unknown')
```

```
call start
```

```
C-----
```

```
C REAd FM.PRM
```

```
C-----
```

```
call prm(fmprm,1)
```

```
C-----
```

```
C INITIAL VALUES
```

```
C-----
```

```
call g('Αρχικές Τιμές ',14,1)
```

```
thg=.175*hrb/100
```

```
ibl=1000
```

```
C-----  
C START PRO.OUT
```

```
C-----  
open(7,file=proout,status='unknown')  
  
write(7,'(80("-"))')  
write(7,'(5x,"Pro - FM17")')  
write(7,'(80("-"))')  
write(7,'(5x,"Εργο : ",a10)') prj
```

```
C-----  
C REAd FM.PXO
```

```
C-----  
call g('FM.PXO',6,2)  
  
open(1,file=fmpxo,status='unknown')  
  
read(1,'(1x)')  
  
read(1,*) pg  
call gf('Ποσοστό Γαιών (%) :',30,pg,0)  
  
read(1,*) pb  
call gf('Ποσοστό Βραχών (%) :',30,pb,0)  
  
read(1,*) eam  
call gf('Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς :',30,eam,0)  
  
read(1,*) adn  
call gf('Απόσταση Δανειοθάλαμου :',30,adn,0)  
  
read(1,*) aap  
call gf('Απόσταση Αποθέσεων :',30,aap,0)  
  
read(1,*) keg  
call gf('Κόστος εκσκαφής 1 m^3 γαιών :',30,keg,0)  
  
read(1,*) keb  
call gf('Κόστος εκσκαφής 1 m^3 βραχών :',30,keb,0)
```

```
read(1,*) kmt
call gf('Κόστος μεταφοράς 1 m3km :',30,kmt,0)
```

```
read(1,*) kpd
call gf('Κόστος προμήθειας δανείων :',30,kpd,0)
```

```
close (1)
```

```
-----
c
c ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ FM.PXO ΣΤΗΝ ΟΘΟΝΗ
c
-----
```

```
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Δεδομένα Προμέτρησης")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Ποσοστό Γαιών (%) '
1//: ",f7.3)') pg
write(7,'(5x,"Ποσοστό Βραχών (%) '
1//: ",f7.3)') pb
write(7,'(5x,"Ελεύθερη Απόσταση Μεταφοράς '
1//: ",f7.3)') eam
write(7,'(5x,"Απόσταση Δανειοθάλαμου '
1//: ",f7.3)') adn
write(7,'(5x,"Απόσταση Αποθέσεων '
1//: ",f7.3)') aap
write(7,'(5x,"Κόστος εκσκαφής 1 m3 γαιών '
1//: ",f7.3)') keg
write(7,'(5x,"Κόστος εκσκαφής 1 m3 βραχών '
1//: ",f7.3)') keb
write(7,'(5x,"Κόστος μεταφοράς 1 m3km '
1//: ",f7.3)') kmt
write(7,'(5x,"Κόστος προμήθειας δανείων '
1//: ",f7.3)') kpd
```

```
-----
c
c REAd FM.gRA
c
-----
```

```
call g('Γραμμές Διανομής',16,1)
```

```
call g(' X_Αρχής Y_Αρχής'
1// X_Τέλους Y_Τέλους',56,2)
```

```

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Γραμμές Διανομής")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'("    X_Αρχής    Y_Αρχής'
1//  X_Τέλους    Y_Τέλους")')
write(7,'(80("-"))')

open(1,file=fmgra,status='unknown')

i=0
do while(.not.eof(1))
i=i+1
read(1,*) xb(i),yb(i),xe(i),ye(i)
write*,'(f16.4,3f14.4)' xb(i),yb(i),xe(i),ye(i)
write(7,'(f16.4,3f14.4)' xb(i),yb(i),xe(i),ye(i)
end do
igra=i
close (1)

if(igra.gt.0) then
call gi("Γραμμές Διανομής = ',19,igra,1)
end if

if(igra.eq.0) then
call g('Δεν υπάρχουν Γραμμές Διανομής',29,0)
call pzs
end if

c-----
c  FM26.dAT
c-----

call g('Διαβάζω Ποσότητες_m2 - fm26.dat ',31,1)

call exist(fm26,i26 ,'fm26.dat ')

if(i26.ge.2) then
open(26,file=fm26,status='old',err=26)
do i=1,10
read(26,'(1x)',err=26)

```

```

end do

i=0
do while(.not.eof(26))
i=i+1
read(26,'(5x,a10,9f12.3)',err=26)
1 n26(i),k26(i),c26(i),f26(i),uc26(i),uf26(i),p26,d26,s26,t26(i)
end do
close (26)
i26=i
end if

```

```

c-----

```

```

c I26

```

```

c-----

```

```

call gi('Ποσότητες_m2 = ',15,i26,1)

```

```

c-----

```

```

c CHECK I26

```

```

c-----

```

```

call g('Ελέγχω i26',10,1)

```

```

if(i26.eq.0) then

```

```

call g('Δεν γίνεται Bruckner με καμμία Διατομή',38,1)

```

```

call g('Τρέξτε Διατομές',15,1)

```

```

call pzs

```

```

end if

```

```

if(i26.eq.1) then

```

```

call g('Δεν γίνεται Bruckner με μία Διατομή',35,1)

```

```

call pzs

```

```

end if

```

```

c-----

```

```

c FM.BRU

```

```

c-----

```

```

call rbru(fmbru)

```

```

c-----

```

```

c IBRU = 0

```

```

c-----

```

```

call g('ibru=0',6,1)

if(ibru.eq.0) then
call g("",0,1)
ibru=1
bbru(1)=k26(1)
ebru(1)=k26(i26)
kbru(1)=100
gbru(1)=100
vbru(1)=0
sbru(1)=1.10
write(*,'(2x,i4,2f12.3,8f8.3)')
1 1,bbru(1),ebru(1),kbru(1),gbru(1),vbru(1),sbru(1)
end if

```

c-----

c IBRU

c-----

```

call gi('Κατηγορίες Εδάφους',18,ibru,1)

```

c-----

c CHECK BBRU - EBRU

c-----

```

call g('Ελέγχω-1 ΧΘ Κατηγοριών Εδάφους',32,1)
do i=2,ibru
if(int(bbru(i)*1000).gt.int(ebru(i)*1000)) then
call gf('bbru(i) ',9,bbru(i),1)
call gf('ebtu(i) ',9,ebru(i),1)
call g('Λάθος-1 ΧΘ Κατηγοριών Εδάφους',29,1)
call pzs
end if
end do

```

c-----

c CHECK BBRU - EBRU

c-----

```

call g('Ελέγχω-2 ΧΘ Κατηγοριών Εδάφους',32,1)
if(ibru.gt.1) then
do i=2,ibru
if(int(bbru(i)*1000).ne.int(ebru(i-1)*1000)) then
call gf('ebtu(i-1)',9,ebru(i-1),1)

```

```

call gf('bttu(i) ',9,bbtu(i) ,1)
call g('Λάθος-2 ΧΘ Κατηγοριών Εδάφους',29,1)
call pzs
end if
end do
end if

```

C-----

c CHECK BBRU - EBRU

C-----

```

call g('Ελέγχω-3 ΧΘ Κατηγοριών Εδάφους',32,1)
if(ibru.gt.1) then
do i=1,ibru-1
its=0
do j=1,i26-1
if(int(ebru(i)*1000).eq.int(k26(j)*1000)) its=1
end do
if(its.eq.0) then
call g(
'Οι ΧΘ Κατηγοριών Εδάφους πρέπει να είναι πάνω σε Διατομή',56,1)
call pzs
end if
end do
end if

```

C-----

c BgB=0 , ENB=0

C-----

```

call g('Αρχή - Τέλος Bruckner',21,1)

if(int(abs(bgb*1000)).eq.0.and.int(abs(enb)).eq.0) then
bgb=k26(1)
enb=k26(i26)
end if

```


C-----

C QUANTITIES

C-----

do i=2,i26

if(int(c26(i)*c26(i-1)*1000).eq.0) then

orym=(c26(i)+c26(i-1))/4

end if

if(int(c26(i)*c26(i-1)*1000).ne.0) then

orym=(c26(i)+c26(i-1))/2

end if

oryk=orym*(k26(i)-k26(i-1))

toryk=toryk+oryk

if(int(f26(i)*f26(i-1)*1000).eq.0) then

epim=(f26(i)+f26(i-1))/4

end if

if(int(f26(i)*f26(i-1)*1000).ne.0) then

epim=(f26(i)+f26(i-1))/2

end if

epix=epim*(k26(i)-k26(i-1))

tepix=tepix+epix

if(int(uc26(i)*uc26(i-1)*1000).eq.0) then

unsmc=(uc26(i)+uc26(i-1))/4

end if

if(int(uc26(i)*uc26(i-1)*1000).ne.0) then

unsmc=(uc26(i)+uc26(i-1))/2

end if

if(int(uf26(i)*uf26(i-1)*1000).eq.0) then

unsmf=(uf26(i)+uf26(i-1))/4

end if

```

if(int(uf26(i)*uf26(i-1)*1000).ne.0) then
unsmf=(uf26(i)+uf26(i-1))/2
end if

unsx=(unsmc+unsmf)*(k26(i)-k26(i-1))
tunsx=tunsx+unsx

if(int(t26(i)*t26(i-1)*1000).eq.0) then
topm=(t26(i)+t26(i-1))/4
end if

if(int(t26(i)*t26(i-1)*1000).ne.0) then
topm=(t26(i)+t26(i-1))/2
end if

topx=topm*(k26(i)-k26(i-1))
ttopx=ttopx+topx

it=0

do j=1,ibru

if(int(k26(i)*1000).ge.int(bbru(j)*1000)) then
if(int(k26(i)*1000).le.int(ebru(j)*1000)) then
if(int(k26(i-1)*1000).ge.int(bbru(j)*1000)) then
if(int(k26(i-1)*1000).le.int(ebru(j)*1000)) then
orya=oryk*(100-kbru(j))/100
torya=torya+orya
oryg=oryk*kbru(j)/100*gbru(j)/100
toryg=toryg+oryg
oryv=oryk*kbru(j)/100*vbru(j)/100
toryv=toryv+oryv
epp=sbru(j)
orgv=(oryg+oryv)*epp
if(orgv.ge.epix) esme=epix
if(orgv.le.epix) esme=orgv
torgv=torgv+orgv
tesme=tesme+esme
pleo=0
plee=0

```

```

if(orgv.ge.epix) then
pleo=orgv-esme
tpleo=tpleo+pleo
end if
if(orgv.lt.epix) then
plee=epix-esme
tplee=tplee+plee
end if
cut=cut+pleo
fil=fil+plee
cf(i)=cf(i-1)+pleo-plee
it=1
end if
end if
end if
end if

end do

if(it.eq.0) then
call g('Δεν βρέθηκε Διάστημα Κατηγοριών Εδάφους',39,1)
call pzs
end if

end do

```

c-----

c ΑΛΓΕΒΡΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΚΥΒΩΝ

c-----

```

call g('Αλγεβρικό Άθροισμα Κύβων',24,1)

call g('Όνομα      ΧΘ  Απόσταση_Μεταξύ'
1/'  Αλγεβρικό_Άθροισμα_Κύβων',69,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Αλγεβρικό Άθροισμα Κύβων")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" Όνομα      ΧΘ  Απόσταση_Μεταξύ'
1/'  Αλγεβρικό_Άθροισμα_Κύβων")')
write(7,'(80("-"))')

```

```

write(*,'(3x,a5,f15.3)') n26(1),k26(1)
write(7,'(3x,a5,f15.3)') n26(1),k26(1)

do i=2,i26
write(*,'(23x,f19.3,f29.4)') k26(i)-k26(i-1),cf(i)
write(*,'(3x,a5,f15.3)') n26(i),k26(i)
write(7,'(23x,f19.3,f29.4)') k26(i)-k26(i-1),cf(i)
write(7,'(3x,a5,f15.3)') n26(i),k26(i)
end do

```

c-----
c Έλεγχος Γραμμών διανομής- Συντεταγμένες γραμμών διανομής
c-----

```

call g("Έλεγχος Γραμμών διανομής",24,1)

call g('A/A   Χαρχής   Χτέλους   Υ',44,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Έλεγχος Γραμμών διανομής")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" A/A   Χαρχής   Χτέλους   Υ")')
write(7,'(80("-"))')

if (igra.ne.0) then
u=0
t=0
do i=1,igra
if (yb(i).ne.ye(i)) then
u=1
end if
end do
do i=1,igra-1
if (xb(i+1).le.xb(i)) then
t=1
end if
end do
if (t.eq.1) then
call g('Δεν είναι αύξουσα η σειρά των συντεταγμένων X αρχής',51,1)

```

```

call pzs
end if
if (u.eq.1) then
call g('Η γραμμή διανομής δεν είναι οριζόντια ',38,1)
call pzs
end if
if (u.eq.0) then
if (t.eq.0) then
do j=1,igra
write(*,'(1x,i4,f13.3,f15.3,f13.3)') j,xb(j),xe(j),yb(j)
write(7,'(1x,i4,f13.3,f15.3,f13.3)') j,xb(j),xe(j),yb(j)
end do
end if
end if

else

write(7,'(10x,"Δεν υπάρχουν γραμμές διανομής")')
call g('Δεν υπάρχουν γραμμές διανομής ',30,1)

end if

```

c-----

c Ταξινόμηση Γραμμών Διανομής

c-----

```

call g('Ταξινόμηση Γραμμών Διανομής',27,1)

call g(' A/A      X      Y',37,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Ταξινόμηση Γραμμών Διανομής")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" A/A      X      Y")')
write(7,'(80("-"))')

if (igra.ne.0) then
t=1
do i=1,igra
xt(t)=xb(i)
yt(t)=yb(i)
xt(t+1)=xe(i)

```

```

yt(t+1)=ye(i)
t=t+2
end do
ix=t-1
do i=1,ix-1
t=i
do j=i+1,ix
if (xt(j).lt.xt(t)) then
t=j
end if
end do
tempx=xt(i)
tempy=yt(i)
xt(i)=xt(t)
yt(i)=yt(t)
xt(t)=tempx
yt(t)=tempy
end do
do i=1,ix

write(*,'(3x,i6,2f15.3)') i,xt(i),yt(i)
write(7,'(3x,i6,2f15.3)') i,xt(i),yt(i)

end do

else

write(7,'(10x,"Δεν υπάρχουν γραμμές διανομής")')
call g('Δεν υπάρχουν γραμμές διανομής ',30,1)

end if

```

```

c-----
c  Σημεία Γραμμών Διανομής σε αντιστοιχία με Bruckner
c-----

```

```

call g('Σημεία Γραμμών Διανομής',23,1)

```

```

call g('  A/A      X      Y',37,2)

```

```

write(7,'(80("-"))')

```

```

write(7,'(5x,"Σημεία Γραμμών Διανομής")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,('  A/A      X      Y'))
write(7,'(80("-"))')

if (igra.ne.0) then
i=0
do j=1,ix-1
i=i+1
do while(k26(i).lt.xt(j+1))
grx(i)=k26(i)
gry(i)=yt(j)*vrb
i=i+1
end do
grx(i-1)=k26(i-1)
gry(i-1)=yt(j+1)*vrb
grx(i)=k26(i)
gry(i)=yt(j+1)*vrb
end do
p=i

do i=1,p

write(*,'(3x,i6,2f15.3)') i,grx(i),gry(i)
write(7,'(3x,i6,2f15.3)') i,grx(i),gry(i)

end do

else

write(7,'(10x,"Δεν υπάρχουν γραμμές διανομής")')
call g('Δεν υπάρχουν γραμμές διανομής ',30,1)

end if

```

c-----

c Έλεγχος γραμμών διανομής

c-----

```
call g("Έλεγχος γραμμών διανομής",24,1)
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
write(7,'(5x,"Έλεγχος γραμμών διανομής")')
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
if (int(k26(1)).ne.int(grx(1))) then
```

```
write(7,'(10x,"Η 1η γραμμή διανομής δεν ξεκινάει από το 0"'))
```

```
call g("Η 1η γραμμή διανομής δεν ξεκινάει από το 0",42,1)
```

```
call pzs
```

```
end if
```

```
if (int(k26(i26)).ne.int(grx(p))) then
```

```
write(7,'(10x,"Η τελευταία γ.δ. δεν τελειώνει στην ΧΘ τέλους"'))
```

```
call g("Η τελευταία γ.δ. δεν τελειώνει στην ΧΘ τέλους",45,1)
```

```
call pzs
```

```
end if
```

c-----

c Σημεία τομής γραμμής διανομής - Bruckner

c-----

```
call g("Σημεία τομής γραμμής διανομής - Bruckner",40,1)
```

```
call g(' A/A X Y',37,2)
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
write(7,'(5x,"Σημεία τομής γραμμής διανομής - Bruckner"'))
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
write(7,'(" A/A X Y"'))
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
a=0
```

```
h=0
```

```
b=0
```

```
x=0
```

```
if (igra.ne.0) then
```

```
do i=1,p
```



```

if (int(cf(i)).eq.int(gry(i))) then
if (cf(i).le.gry(i)+0.01) then
if (cf(i).ge.gry(i)-0.01) then
h=a+1
Xtom(h)=k26(i)
Ytom(h)=cf(i)
a=h
end if
end if

else if (cf(i).gt.gry(i)) then
if (cf(i+1).lt.gry(i+1)) then
if (gry(i).eq.gry(i+1)) then
h=a+1
Xtom(h)=k26(i)+(k26(i+1)-k26(i))*(cf(i)-gry(i))/(cf(i)-cf(i+1))
Ytom(h)=gry(i)
a=h
end if
end if

else if (cf(i).lt.gry(i)) then
if (cf(i+1).gt.gry(i+1)) then
if (gry(i).eq.gry(i+1)) then
h=a+1
Xtom(h)=k26(i)+(k26(i+1)-k26(i))*(gry(i)-cf(i))/(cf(i+1)-cf(i))
Ytom(h)=gry(i)
a=h
end if
end if
end if
end do
end if

if (h.ne.0) then
k=1
Xtomis(k)=Xtom(1)
Ytomis(k)=Ytom(1)
do i=2,h
if (int(Xtom(i)).ne.int(Xtom(i-1))) then
k=k+1
Xtomis(k)=Xtom(i)

```

```

Ytomis(k)=Ytom(i)
end if
end do

do i=1,k

write(*,'(3x,i6,2f15.3)') i,Xtomis(i),Ytomis(i)
write(7,'(3x,i6,2f15.3)') i,Xtomis(i),Ytomis(i)

end do

else

write(7,'(10x,"Δεν υπάρχουν σημεία τομής")')
call g('Δεν υπάρχουν σημεία τομής',25,1)

end if

```

```

c-----
c  Ευρεση σημειων τραπεζιου
c-----

call g('Ευρεση σημειων τραπεζιου',24,1)

call g('A/A      Xk      Yk      Xp      Yp',51,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Ευρεση σημειων τραπεζιου")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'("A      Xk      Yk      Xp      Yp")')
write(7,'(80("-"))')

l=0
b=1
if (igra.ge.2) then
do i=1,igra-1
if (xb(i+1).lt.xe(i)) then
l=1
Xp(b)=xb(i+1)
Yp(b)=yb(i+1)*vrb
Xp(b+1)=xe(i+1)

```

```

Yp(b+1)=ye(i+1)*vrb
do j=1,k
if (int(Xtomis(j)).eq.int(xb(i+1))) then
Xk(b)=Xtomis(j-1)
Yk(b)=Ytomis(j-1)
end if
if (int(Xtomis(j)).eq.int(xe(i+1))) then
Xk(b+1)=Xtomis(j+1)
Yk(b+1)=Ytomis(j+1)
end if
end do
b=b+2
end if
end do
end if

if (l.eq.0) then
write(7,'(10x,"Δεν υπάρχουν σημεία τραπεζίου")')
call g('Δεν υπάρχουν σημεία τραπεζίου',29,1)
else
do i=1,b-1
write(*,'(1x,i4,4f12.3)') i,Xk(i),Yk(i),Xp(i),Yp(i)
write(7,'(i1,4f12.3)') i,Xk(i),Yk(i),Xp(i),Yp(i)
end do
end if

```

c-----

c Υπολογισμός αποθέσεων

c-----

```

call g('Υπολογισμός αποθέσεων',21,1)

call g('A/A Αποθέσεις Χαρχής Χτέλους',45,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Υπολογισμός αποθέσεων")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" A/A Αποθέσεις Χαρχής Χτέλους ")')
write(7,'(80("-"))')

```

r=0

```

if (k.eq.0) then
if (cf(i26).gt.0) then
r=r+1
apothesis(r)=cf(i26)
xbapoth(r)=k26(1)
ybapoth(r)=cf(1)
xeapoth(r)=k26(i26)
yeapoth(r)=cf(i26)
end if

else

if (int(cf(1)).lt.int(gry(1))) then
r=r+1
apothesis(r)=gry(1)-cf(1)
xbapoth(r)=k26(1)
ybapoth(r)=cf(1)
xeapoth(r)=Xtomis(1)
yeapoth(r)=Ytomis(1)
end if

if (l.eq.0) then
do i=1,k-1
if (int(Ytomis(i)).lt.int(Ytomis(i+1))) then
r=r+1
apothesis(r)=Ytomis(i+1)-Ytomis(i)
xbapoth(r)=Xtomis(i)
ybapoth(r)=Ytomis(i)
xeapoth(r)=Xtomis(i+1)
yeapoth(r)=Ytomis(i+1)
end if
end do
end if

if (l.eq.1) then
do i=1,k-1
if (int(Ytomis(i)).lt.int(Ytomis(i+1))) then
q=0
j=1
do while (j.le.b-2)

```

```

if (Xtomis(i).ge.Xk(j)) then
if (Xtomis(i+1).le.Xk(j+1)) then
q=1
end if
end if
j=j+2
end do
if (q.eq.0) then
r=r+1
apothesis(r)=Ytomis(i+1)-Ytomis(i)
xbapoth(r)=Xtomis(i)
ybapoth(r)=Ytomis(i)
xeapoth(r)=Xtomis(i+1)
yeapoth(r)=Ytomis(i+1)
end if
end if
end do
end if
end if

if (int(cf(i26)).gt.int(gry(p))) then
r=r+1
apothesis(r)=cf(i26)-gry(p)
xbapoth(r)=Xtomis(k)
ybapoth(r)=Ytomis(k)
xeapoth(r)=k26(i26)
yeapoth(r)=cf(i26)
end if

do i=1,r
write(*,'(2x,i3,3f14.3)') i,apothesis(i),xbapoth(i),xeapoth(i)
write(7,'(1x,i3,3f14.3)') i,apothesis(i),xbapoth(i),xeapoth(i)
end do

```

C-----

C Υπολογισμός Δανείων

C-----

```
call g('Υπολογισμός Δανείων',19,1)

call g('A/A Δάνεια Χαρχής Χτέλους',45,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Υπολογισμός Δανείων")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" A/A Δάνεια Χαρχής Χτέλους ")')
write(7,'(80("-"))')

t=0
if (k.eq.0) then
if (cf(i26).lt.0) then
t=t+1
dania(t)=-cf(i26)
xbdan(t)=k26(1)
ybdan(t)=cf(1)
xedan(t)=k26(i26)
yedan(t)=cf(i26)
end if

else

if (int(cf(1)).gt.int(gry(1))) then
t=t+1
dania(t)=cf(1)-gry(1)
xbdan(t)=k26(1)
ybdan(t)=cf(1)
xedan(t)=Xtomis(1)
yedan(t)=Ytomis(1)
end if

if (l.eq.0) then
do i=1,k-1
if (int(Ytomis(i)).gt.int(Ytomis(i+1))) then
t=t+1
dania(t)=Ytomis(i)-Ytomis(i+1)
```

```

xbdan(t)=Xtomis(i)
ybdan(t)=Ytomis(i)
xedan(t)=Xtomis(i+1)
yedan(t)=Ytomis(i+1)
end if
end do
end if

if (l.eq.1) then
do i=1,k-1
if (int(Ytomis(i)).gt.int(Ytomis(i+1))) then
q=0
j=1
do while (j.le.b-2)
if (Xtomis(i).ge.Xk(j)) then
if (Xtomis(i+1).le.Xk(j+1)) then
q=1
end if
end if
j=j+2
end do
if (q.eq.0) then
t=t+1
dania(t)=Ytomis(i)-Ytomis(i+1)
xbdan(t)=Xtomis(i)
ybdan(t)=Ytomis(i)
xedan(t)=Xtomis(i+1)
yedan(t)=Ytomis(i+1)
end if
end if
end do
end if
end if

if (int(cf(i26)).lt.int(gry(p))) then
t=t+1
dania(t)=gry(p)-cf(i26)
xbdan(t)=Xtomis(k)
ybdan(t)=Ytomis(k)
xedan(t)=k26(i26)

```

```
yedan(t)=cf(i26)
```

```
end if
```

```
do i=1,t
```

```
write(*,'(2x,i3,3f14.3)') i,dania(i),xbdan(i),xedan(i)
```

```
write(7,'(1x,i3,3f14.3)') i,dania(i),xbdan(i),xedan(i)
```

```
end do
```

```
c-----
```

```
c Υπολογισμός δανείων-αποθέσεων
```

```
c-----
```

```
call g('Υπολογισμός δανείων-αποθέσεων',29,1)
```

```
call g(' Δάνεια Αποθέσεις ',42,2)
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
write(7,'(5x,"Υπολογισμός δανείων-αποθέσεων")')
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
write(7,'(" Δάνεια Αποθέσεις ")')
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
Sum_dan=0
```

```
Sum_apoth=0
```

```
apoth=0
```

```
dan=0
```

```
do i=1,r
```

```
Sum_apoth=apoth+apothesis(i)
```

```
apoth=Sum_apoth
```

```
end do
```

```
do i=1,t
```

```
Sum_dan=dan+danias(i)
```

```
dan=Sum_dan
```

```
end do
```

```
write(*,'(3x,f16.3,f23.3)') Sum_dan,Sum_apoth
```

```
write(7,'(3x,f15.3,f23.3)') Sum_dan,Sum_apoth
```


C-----

C Υπολογισμός κυβοχιλιομέτρων φατνωμάτων

C-----

```
call g("Υπολογισμός κυβοχιλιομέτρων φατνωμάτων",38,1)

call g(' A/A   Κυβοχιλιόμετρα ',25,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Υπολογισμός κυβοχιλιομέτρων φατνωμάτων")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" A/A   Κυβοχιλιόμετρα ")')
write(7,'(80("-"))')

n=0
do j=1,k-1
m=0
emvfat=0
if (int(Ytomis(j)).eq.int(Ytomis(j+1))) then
do i=1,i26
if (k26(i).ge.(Xtomis(j)+0.5)) then
if (k26(i).le.Xtomis(j+1)) then
emvfat=m+abs((cf(i)-gry(i)+cf(i+1)-gry(i+1))*(k26(i+1)-k26(i))/2)
m=emvfat
end if
end if
end do
n=n+1
emvf(n)=emvfat
end if
end do

do i=1,n
write(*,'(3x,i3,f19.3)') i,emvf(i)
write(7,'(1x,i3,f19.3)') i,emvf(i)
end do
```

c-----

c Υπολογισμός κυβοχλιομέτρων τραπεζίου

c-----

```
call g("Υπολογισμός κυβοχλιομέτρων τραπεζίου",37,1)

call g(' A/A      Κυβοχλιόμετρα ',29,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Υπολογισμός κυβοχλιομέτρων τραπεζίου")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" A/A      Κυβοχλιόμετρα ")')
write(7,'(80("-"))')

i=1
a=0
if (l.eq.1) then
do while (i.le.b-2)
a=a+1
emvtrap(a)=abs((Yp(i)-Yk(i))*(Xk(i+1)-Xk(i)+Xp(i+1)-Xp(i))/2)
i=i+2
end do
end if

do i=1,a
write(*,'(3x,i3,f23.3)') i,emvtrap(i)
write(7,'(2x,i3,f23.3)') i,emvtrap(i)
end do
```

c-----

c Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής φατνωμάτων

c-----

```
call g("Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής φατνωμάτων",39,1)

call g(' A/A      Κυβικά εκσκαφής',26,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής φατνωμάτων")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" A/A      Κυβικά εκσκαφής")')
write(7,'(80("-"))')
```

```

v=0
Summ3=0
do j=1,k-1
min=9999999
max=-9999999
m3min=0
m3max=0
do i=1,i26
if (int(Ytomis(j)).eq.int(Ytomis(j+1))) then
if (k26(i).ge.(Xtomis(j)+0.5)) then
if (k26(i).le.Xtomis(j+1)) then
if (cf(i).lt.gry(i)) then
if (cf(i).lt.min) then
min=cf(i)
m3min=gry(i)-min
thesimin=k26(i)
end if
end if
end if
end if
if (int(Ytomis(j)).eq.int(Ytomis(j+1))) then
if (k26(i).ge.(Xtomis(j)+0.5)) then
if (k26(i).le.Xtomis(j+1)) then
if (cf(i).gt.gry(i)) then
if (cf(i).gt.max) then
max=cf(i)
m3max=max-gry(i)
thesimax=k26(i)
end if
end if
end if
end if
end do
if (int(Ytomis(j)).eq.int(Ytomis(j+1))) then
if (m3max.gt.m3min) then
v=v+1
m3f(v)=m3max

```

```

velxbd(v)=Xtomis(j)
Velxed(v)=thesimax
velybd(v)=Ytomis(j)
velyed(v)=max
end if
end if
if (int(Ytomis(j)).eq.int(Ytomis(j+1))) then
if (m3max.lt.m3min) then
v=v+1
m3f(v)=m3min
velxba(v)=thesimin
velxea(v)=Xtomis(j+1)
velyba(v)=min
velyea(v)=Ytomis(j+1)
end if
end if
end do

do i=1,v
write(*,'(3x,i4,3f21.3)') i,m3f(i)
write(7,'(2x,i3,f21.3)') i,m3f(i)
end do

```

c-----

c Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής τραπεζίου

c-----

```
call g('Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής τραπεζίου',38,1)
```

```
call g(' A/A  Κυβικά εκσκαφής ',25,2)
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
write(7,'(5x,"Υπολογισμός κυβικών εκσκαφής τραπεζίου")')
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
write(7,'(" A/A  Κυβικά εκσκαφής ")')
```

```
write(7,'(80("-"))')
```

```
i=1
```

```
c=0
```

```
if (l.eq.1) then
```

```
do while (i.le.b-2)
```

```

c=c+1
m3trap(c)=abs(Yp(i)-Yk(i))
i=i+2
end do
end if

do i=1,c
write(*,'(3x,i3,f19.3)') i,m3trap(i)
write(7,'(2x,i3,f19.3)') i,m3trap(i)
end do

```

```

c-----
c  Υπολογισμός κυβοχιλιομέτρων, κυβικών εκσκαφής
c-----

```

```

call g("Υπολογισμός κυβοχιλιομέτρων, κυβικών εκσκαφής",45,1)

```

```

call g('  Κυβικά εκσκαφής      Κυβοχιλιόμετρα ',47,2)

```

```

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Υπολογισμός κυβοχιλιομέτρων, κυβικών εκσκαφής")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'("  Κυβικά εκσκαφής      Κυβοχιλιόμετρα ")')
write(7,'(80("-"))')

```

```

m=0
z=0
do i=1,c
Summ3=m+m3trap(i)
m=Summ3
end do

```

```

do i=1,v
Summ3=m+m3f(i)
m=Summ3
end do

```

```

do i=1,a
Sumemv=z+emvtrap(i)
z=Sumemv
end do

```

```

do i=1,n
Sumemv=z+emvf(i)
z=Sumemv
end do

write(*,'(3x,f17.3,f27.3)') Summ3,Sumemv
write(7,'(3x,f15.3,f27.3)') Summ3,Sumemv

```

c-----

c Υπολογισμός κόστους χωματισμών

c-----

```

call g("Υπολογισμός κόστους χωματισμών",30,1)

call g(' Συνολικό Κόστος(χ.μ.) ',24,2)

write(7,'(80("-"))')
write(7,'(5x,"Υπολογισμός κόστους χωματισμών")')
write(7,'(80("-"))')
write(7,'(" Συνολικό Κόστος(χ.μ.) ")')
write(7,'(80("-"))')

K1=Summ3*pg*keg+Summ3*pb*keb
K2=Sumemv*kmt
K3=Sum_dan*kpd+Sum_dan*adn*kmt
K4=Sum_apoth*pg*keg+Sum_apoth*pb*keb+Sum_apoth*aap*kmt
Kol=K1+K2+K3+K4

write(*,'(3x,f23.3)') Kol
write(7,'(3x,f21.3)') Kol

```

c-----

c MAX-MIN

c-----

```

call g('Max-Min Τιμές Bruckner',22,1)

max=-999999999
min= 999999888

do i=1,i26

```

```

if(max.lt.cf(i)) max=cf(i)
if(min.gt.cf(i)) min=cf(i)
end do

```

c-----

c EARTHWORK LINE

c-----

```

call g('Γραμμή Bruckner',15,1)

```

```

lvl='Bruckner_____ '

```

```

do i=1,i26

```

```

xpl(i)=k26(i)

```

```

ypl(i)=cf(i)/vrb

```

```

end do

```

```

clr=1

```

```

call poly2(i26,xpl,ypl)

```

c-----

c FRAME

c-----

```

z=0.

```

```

call g('Πλαίσιο',7,1)

```

```

lvl='Πλαίσιο_____ '

```

```

clr=0

```

```

call line2(bgb,z,enb,z)

```

```

call number(enb,z,z,z,0)

```

```

c do i=1,int(-min)/(vrb*1000)

```

```

c call line2(bgb,-i*vrb,enb,-i*vrb)

```

```

c call number(enb,-i*vrb,z,z,i*vrb*100,0)

```

```

c end do

```

```

call line2(bgb,min/vrb,enb,min/vrb)

```

```

call number(enb,min/vrb,z,z,min,3)

```

```

c do i=1,int(max)/(vrb*100)

```

```

c call line2(bgb,i*vrb,enb,i*vrb)

```

```

c call number(enb,i*vrb,z,z,i*vrb*100,0)

```

c end do

```
call line2(bgb,max/vrb,enb,max/vrb)
```

```
call number(enb,max/vrb,z,z,max,3)
```

```
do i=1,(enb-bgb)/(hrb/10)
```

```
call line2(bgb+i*hrb/10,min/vrb,bgb+i*hrb/10,max/vrb)
```

```
call number(bgb+i*hrb/10,min/vrb,z,z+100,bgb+i*hrb/10,3)
```

```
end do
```

```
call line2(bgb,min/vrb,bgb,max/vrb)
```

```
call number(bgb,min/vrb,z,z+100,bgb,3)
```

```
call line2(enb,min/vrb,enb,max/vrb)
```

```
call number(enb,min/vrb,z,z+100,enb,3)
```

```
call line2(bgb-35*thg,min/vrb ,enb,min/vrb )
```

```
call line2(bgb-35*thg,min/vrb-7*thg ,enb,min/vrb-7*thg )
```

```
call line2(bgb-35*thg,min/vrb-14*thg,enb,min/vrb-14*thg)
```

```
call line2(bgb-35*thg,min/vrb-21*thg,enb,min/vrb-21*thg)
```

```
call line2(bgb-35*thg,min/vrb-30*thg,enb,min/vrb-30*thg)
```

```
call line2(bgb-35*thg,min/vrb-30*thg,bgb-35*thg,min/vrb)
```

```
x=bgb-33*thg
```

```
y=min/vrb+20*thg
```

```
thg=3*thg
```

```
call text(x,y,z,z,prj,30)
```

```
thg=thg/3
```

```
y=min/vrb+10*thg
```

```
txt="Κλίμακα Μηκών 1 :"
```

```
call tenu(x,y+2*thg,z,z,txt,17,hrb,0)
```

```
y=min/vrb+5*thg
```

```
txt="Κλίμακα Ύψών 10cm = "
```

```
call tnt(x,y+2*thg,z,z,txt,20,vrb*1000,0,'m3 ')
```

```
txt='Διατομή'
```

```
y=min/vrb-6*thg
```



```
call text(x,y,z,z,txt,30)
```

```
txt='Χιλιομετρική Θέση'
```

```
y=min/vrb-13*thg
```

```
call text(x,y,z,z,txt,30)
```

```
txt="Αποστάσεις Μεταξύ"
```

```
y=min/vrb-20*thg
```

```
call text(x,y,z,z,txt,30)
```

```
txt="Όρυγμα-Επίχωμα"
```

```
y=min/vrb-26*thg
```

```
call text(x,y,z,z,txt,30)
```

```
do i=1,i26
```

```
call line2(k26(i),min/vrb-21*thg,k26(i),min/vrb-14*thg)
```

```
x=k26(i)
```

```
y=min/vrb-6.75*thg
```

```
call text(x,y,z,z+100,n26(i),8)
```

```
y=min/vrb-13.75*thg
```

```
if(abs(nb).lt.10000) then
```

```
call number(x,y,z,z+100,k26(i),3)
```

```
else
```

```
thg=0.8*thg
```

```
call number(x,y,z,z+100,k26(i),3)
```

```
thg=thg/0.8
```

```
end if
```

```
y=min/vrb-29.75*thg
```

```
thg=0.8*thg
```

```
call number(x,y,z,z+100,cf(i),3)
```

```
thg=thg/0.8
```

```
if(i.ge.2) then
```

```
nmb=k26(i)-k26(i-1)
```

```
x=(k26(i)+k26(i-1))/2+thg/2
```

```
y=min/vrb-20.75*thg
```

```

call number(x,y,z,z+100,nmb,3)
end if

end do

c-----
c  LOfO
c-----

l1='Τίτλος_____ '
clr=0
x=bgb-33*thg
y=min/vrb-30*thg
thg=1.5*thg
call text(x,y-1.5*thg,z,z,'FM17-Προμέτρηση',16)
call text(x,y-3.0*thg,z,z,'Αλέξανδρος Στυλιανίδης',22)
thg=thg/1.5

c-----
c  DRAW-GRAMMES-DIANOMHS
c-----

l1='Γραμμές_Διανομής_____ '
clr=5

do i=1,k-1
if (int(Ytomis(i)).eq.int(Ytomis(i+1))) then
call line2(Xtomis(i),Ytomis(i)/vrb,Xtomis(i+1),Ytomis(i+1)/vrb)
end if
end do

i=1
if (l.eq.1) then
do while (i.le.b-2)
call line2(Xk(i),Yk(i)/vrb,Xk(i+1),Yk(i+1)/vrb)
i=i+2
end do
end if

```

```

c-----
c  DRAW-DANEIA
c-----
|v|='Δάνεια_____ '
clr=3

do i=1,t
u=0

do j=1,i26
if (k26(j).gt.xbdan(i)) then
if (k26(j).lt.xedan(i)) then
u=u+1
xdan(u)=k26(j)
ydan(u)=cf(j)
if (u.eq.1) then
call line2(xbdan(i),ybdan(i)/vrb,xdan(u),ydan(u)/vrb)
else
call line2(xdan(u-1),ydan(u-1)/vrb,xdan(u),ydan(u)/vrb)
end if
end if
end if
end do

call line2(xdan(u),ydan(u)/vrb,xedan(i),yedan(i)/vrb)

end do

```

```

c-----
c  DRAW-APOTHESEIS
c-----
|v|='Αποθέσεις_____ '
clr=6

do i=1,r
u=0

do j=1,i26
if (k26(j).gt.xbapoth(i)) then
if (k26(j).lt.xeapoth(i)) then

```

```

u=u+1
xapoth(u)=k26(j)
yapoth(u)=cf(j)
if (u.eq.1) then
call line2(xbapoth(i),ybapoth(i)/vrb,xapoth(u),yapoth(u)/vrb)
else
call line2(xapoth(u-1),yapoth(u-1)/vrb,xapoth(u),yapoth(u)/vrb)
end if
end if
end if
end do

call line2(xapoth(u),yapoth(u)/vrb,xeapoth(i),yeapoth(i)/vrb)

end do

```

c-----

c DRAW-ARROWS

c-----

```

lvl='Arrows_____ '
clr=0

if (l.eq.1) then
i=1
do while (i.le.b-2)

e=(Xp(i+1)-Xp(i))/3

j=1
do while (j.le.i26)
if (Yp(i).gt.Yk(i)) then
if (k26(j).gt.Xk(i)) then
if (k26(j).lt.Xp(i)) then
call line2(k26(j),cf(j)/vrb,k26(j)+e,cf(j)/vrb)
call line2(k26(j)+e,cf(j)/vrb,k26(j)+(9*e/10),(cf(j)+(2*e))/vrb)
call line2(k26(j)+e,cf(j)/vrb,k26(j)+(9*e/10),(cf(j)-(2*e))/vrb)
if ((cf(j+1)/vrb).le.((cf(j)+(2*e))/vrb)) then
j=j+1
end if
end if
end if
end if
end if

```

```

end if
end if

if (Yk(i+1).gt.Yp(i+1)) then
if (k26(j).gt.Xp(i+1)) then
if (k26(j).lt.Xk(i+1)) then
call line2(k26(j),cf(j)/vrb,k26(j)-e,cf(j)/vrb)
call line2(k26(j)-e,cf(j)/vrb,k26(j)-(9*e/10),(cf(j)+(2*e))/vrb)
call line2(k26(j)-e,cf(j)/vrb,k26(j)-(9*e/10),(cf(j)-(2*e))/vrb)
if ((cf(j+1)/vrb).le.((cf(j)+(2*e))/vrb)) then
j=j+1
end if

end if
end if
end if
j=j+1
end do

i=i+2
end do
end if

n=0
do j=1,k-1
e=(Xtomis(j+1)-Xtomis(j))/3
w=9*e/10
c=2*e

if (int(Ytomis(j)).eq.int(Ytomis(j+1))) then
n=n+1
i=1
m=2*(velyed(n)-velybd(n))/3
h=2*(velyea(n)-velyba(n))/3
do while (i.le.i26)

if (k26(i).gt.velxbd(n)) then
if (k26(i).lt.velxed(n)) then
if ((cf(i)-Ytomis(j)).lt.m) then

```

```

call line2(k26(i),cf(i)/vrb,k26(i)+e,cf(i)/vrb)
call line2(k26(i)+e,cf(i)/vrb,k26(i)+w,(cf(i)+c)/vrb)
call line2(k26(i)+e,cf(i)/vrb,k26(i)+w,(cf(i)-c)/vrb)
if (cf(i+1).le.(cf(i)+c)) then
i=i+1
end if
i=i+1
end if
end if
end if

```

```

if (k26(i).gt.velxba(n)) then
if (k26(i).lt.velxea(n)) then
if ((Ytomis(j)-cf(i)).lt.h) then

```

```

call line2(k26(i),cf(i)/vrb,k26(i)-e,cf(i)/vrb)
call line2(k26(i)-e,cf(i)/vrb,k26(i)-w,(cf(i)+c)/vrb)
call line2(k26(i)-e,cf(i)/vrb,k26(i)-w,(cf(i)-c)/vrb)
if (cf(i+1).le.(cf(i)+c)) then
i=i+1
end if
i=i+1
end if
end if
end if

```

```

i=i+1
end do
end if
end do

```

c-----

c ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΩΜΑΤΙΣΜΩΝ

c-----

lv='Πίνακας_Χωματισμών_____'

clr=0

thg=2.0*thg

x=bgb

y=min/vrb-26*thg

xa=x+thg

ya=y

call text(xa+45.0*thg,ya+4.5*thg,z,z,'Πίνακας Χωματισμών',19)

call text(xa+8.0*thg,ya+2.25*thg,z,z,'Χιλιομετρικές Θέσεις',20)

call text(xa+45.0*thg,ya+2.25*thg,z,z,'Μεταφορές',9)

call text(xa+75.0*thg,ya+2.25*thg,z,z,'Αποθέσεις',9)

call text(xa+90.0*thg,ya+2.25*thg,z,z,'Δάνεια',6)

call text(xa,ya,z,z,'Από',3)

call text(xa+15.0*thg,ya,z,z,'Έως',3)

call text(xa+30.0*thg,ya,z,z,'m3',2)

call text(xa+45.0*thg,ya,z,z,'M.A.M.',6)

call text(xa+60.0*thg,ya,z,z,'m3*km (x1000)',13)

call text(xa+75.0*thg,ya,z,z,'m3',2)

call text(xa+90.0*thg,ya,z,z,'m3',2)

call line2(xa-thg,ya+6.5*thg,xa+104.0*thg,ya+6.5*thg)

call line2(xa-thg,ya+4*thg,xa+104.0*thg,ya+4*thg)

call line2(xa-thg,ya+1.5*thg,xa+104.0*thg,ya+1.5*thg)

call line2(xa-thg,ya-0.5*thg,xa+104.0*thg,ya-0.5*thg)

a=0 !(για γραμμες)

d=0 !(για δανεια)

x=0 !(για αποθεσεις)

s=0 !(για φατνωματα)

ig=0 !(για τραπεζια)

if (int(cf(1)).lt.int(gry(1))) then

a=a+1

x=x+1

call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,z,3)

call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(1),3)

call number(xa+75.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,apothesis(x),3)

call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,

1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)

end if

```

if (int(cf(1)).gt.int(gry(1))) then
a=a+1
d=d+1
call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,3)
call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(1),3)
call number(xa+90.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,dania(d),3)
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
end if

do i=1,k-1
if (int(Ytomis(i)).eq.int(Ytomis(i+1))) then
a=a+1
s=s+1
call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(i),3)
call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(i+1),3)
call number(xa+30.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,m3f(s),3)
call number(xa+60.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,emvf(s)/1000,3)
call number(xa+45.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,emvf(s)/m3f(s),3)
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)

else if (int(Ytomis(i)).gt.int(Ytomis(i+1))) then

do j=d+1,t
if (int(Xtomis(i)).eq.int(xbdan(j))) then
a=a+1
call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(i),3)
call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(i+1),3)
call number(xa+90.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,dania(j),3)
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
end if
end do

if (l.eq.1) then
j=1
do while (j.le.b-2)
if (int(Xtomis(i)).eq.int(Xk(j))) then

```



```

a=a+1
ig=ig+1
call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,Xk(j),3)
call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Xk(j+1),3)
call number(xa+30.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,m3trap(ig),3)
call number(xa+60.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,emvtrap(ig)/1000,3)
call number(xa+45.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,emvtrap(ig)/m3trap(ig),3)
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
end if
j=j+2
end do

end if

else if (int(Ytomis(i)).lt.int(Ytomis(i+1))) then
do j=x+1,r
if (int(Xtomis(i)).eq.int(xbapoth(j))) then
a=a+1
call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(i),3)
call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(i+1),3)
call number(xa+75.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,apothesis(j),3)
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
end if
end do
if (l.eq.1) then
j=1
do while (j.le.b-2)
if (int(Xtomis(i)).eq.int(Xk(j))) then
a=a+1
ig=ig+1
call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,Xk(j),3)
call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Xk(j+1),3)
call number(xa+30.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,m3trap(ig),3)
call number(xa+60.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,emvtrap(ig)/1000,3)
call number(xa+45.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,emvtrap(ig)/m3trap(ig),3)
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
end if

```

```

j=j+2
end do
end if

end if
end do

if (int(cf(i26)).gt.int(gry(p))) then
a=a+1
call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(k),3)
call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,k26(i26),3)
call number(xa+75.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,apothesis(r),3)
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
end if

if (int(cf(i26)).lt.int(gry(p))) then
a=a+1
call number(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,Xtomis(k),3)
call number(xa+15.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,k26(i26),3)
call number(xa+90.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,dania(t),3)
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
end if

ik=a
call line2(xa-1.0*thg,ya+6.5*thg,xa-1.0*thg,ya-0.5*thg
1-2.0*ik*thg-4.0*thg)
call line2(xa+14.0*thg,ya+1.5*thg,xa+14.0*thg,ya-0.5*thg
1-2.0*ik*thg)
call line2(xa+29.0*thg,ya+4.0*thg,xa+29.0*thg,ya-0.5*thg
1-2.0*ik*thg-4.0*thg)
call line2(xa+44.0*thg,ya+1.5*thg,xa+44.0*thg,ya-0.5*thg
1-2.0*ik*thg-4.0*thg)
call line2(xa+59.0*thg,ya+1.5*thg,xa+59.0*thg,ya-0.5*thg
1-2.0*ik*thg-2.0*thg)
call line2(xa+74.0*thg,ya+4.0*thg,xa+74.0*thg,ya-0.5*thg
1-2.0*ik*thg-2.0*thg)
call line2(xa+89.0*thg,ya+4.0*thg,xa+89.0*thg,ya-0.5*thg
1-2.0*ik*thg-2.0*thg)

```

```
call line2(xa+104.0*thg,ya+6.5*thg,xa+104.0*thg,ya-0.5*thg
1-2.0*ik*thg-2.0*thg)
```

```
a=a+1
```

```
call number(xa+30.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Summ3,3)
```

```
call number(xa+60.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Sumemv/1000,3)
```

```
clr=3
```

```
call number(xa+90.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Sum_dan,3)
```

```
clr=6
```

```
call number(xa+75.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Sum_apoth,3)
```

```
clr=0
```

```
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+104.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
```

```
call text(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,'Σύνολα:',7)
```

```
a=a+1
```

```
clr=5
```

```
call number(xa+30.0*thg,ya-2.0*a*thg,z,z,Kol/1000,3)
```

```
clr=0
```

```
call line2(xa-thg,ya-0.5*thg-2.0*a*thg,xa+44.0*thg,
1ya-0.5*thg-2.0*a*thg)
```

```
call text(xa,ya-2.0*a*thg,z,z,'Συνολικό Κόστος (x1000):',24)
```

```
thg=thg/2.0
```

```
c-----
```

```
c FINISH PRO.OUT
```

```
c-----
```

```
close (7)
```

```
c-----
```

```
c FINISH PRO.DXF
```

```
c-----
```

```
1000 call g('Κλείνω το pro.dxf',17,1)
```

```
call finish
```

```
close (0)
```

```

c-----
return
c-----

c-----
c  ERRORS
c-----

26  call g('Λάθος στις Ποσότητες_m2    - fm26.dat',40,1)
    call pzs

998 call g('Κλείστε το pro.dxf από το AUTOCAd - Πατήστε Enter ',51,1)
    read(*,*)
    stop "

999 call g('Ο Κατάλογος του αρχείου pro.dxf δεν είναι έγκυρος ',51,1)
    call gc70('Αρχείο=',7,prodxf,1)
    call g('Πατήστε Enter                    ',51,1)
    read(*,*)
    stop "

c-----
end
c-----

```