



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Καθηγητής Γ. Κανελλαΐδης

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΟΔΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Ι. ΔΡΑΓΟΜΑΝΟΒΙΤΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2000

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή κ. Γ. Κανελλαιδη, τόσο για την ανάθεση της παρούσης διπλωματικής εργασίας, όσο και για την καθοδήγηση και υποστήριξή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Ευχαριστώ επίσης τον κ. Φ. Μερτζάνη για την πολύτιμη καθοδήγησή του στη χρήση του InRoads και στον προγραμματισμό στο περιβάλλον του MicroStation, καθώς και όσους εργάζονται στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, για την υποστήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Αθήνα, Οκτώβριος 2000

Αναστάσιος Ι. Δραγομάνοβιτς

Φωτογραφία εξωφύλλου:

Οδός στην ελληνική επαρχία (Κυκλαδες) κατά το σχεδιασμό της οποίας, μάλλον για λόγους περιορισμού των απαλλοτριώσεων, δεν τηρήθηκαν ούτε στοιχειωδώς οι κανόνες συνδυασμού οριζοντιογραφίας - μηκοτομής. Ο συνδυασμός μηκοτομής με σχεδόν σταθερή κλίση με έντονα καμπυλόγραμμη οριζοντιογραφία δημιουργεί προβληματική προοπτική εικόνα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
<u>ΣΥΝΟΨΗ, Λέξεις-κλειδιά</u>	1
<u>ABSTRACT, Keywords</u>	2
<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u>	3
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	5
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</u>	9
2.1 Γενικά	10
2.2 Γενικές αρχές χάραξης στο χώρο	11
2.3 Επιρροή της οριζοντιογραφίας στην προοπτική εικόνα της οδού	13
2.3.1 Ευθυγραμμία	13
2.3.2 Καμπύλη	14
2.3.3 Αλληλοδιαδοχή στοιχείων στην οριζοντιογραφία	15
2.4 Επιρροή της μηκοτομής στην προοπτική εικόνα της οδού	17
2.4.1 Σταθερή κατά μήκος κλίση	17
2.4.2 Κοίλωμα	18
2.4.3 Κύρτωμα	22
2.4.4 Αλληλοδιαδοχή στοιχείων στη μηκοτομή	22
2.5 Συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής	24
2.5.1 Γενικές αρχές	24
2.5.2 Χαρακτηριστικά ελαττώματα στην προοπτική εικόνα της οδου	24
2.5.3 Σύμπτωση σημείων καμπής στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή	28
2.5.4 Επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα	31
2.5.5 Επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα	32
2.5.6 Μέγιστος αριθμός θλάσεων σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή	34
2.5.7 Χάραξη στο χώρο και ισόπεδοι κόμβοι - τεχνικά έργα	35
2.6 Σύνοψη - Συμπεράσματα	37
2.7 Παρουσίαση - Σχολιασμός υφισταμένων προγραμμάτων ελέγχου της χάραξης στο χώρο	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΔΟΠΟΙΪΑΣ

INROADS - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ	41
3.1 Γενικά	42
3.2 Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους	43
3.3 Εισαγωγή οριζόντιογραφίας	44
3.4 Σχεδίαση μηκοτομής - Εισαγωγή ερυθράς	45
3.5 Διαμόρφωση τυπικής διατομής - πίνακες ορυγμάτων και επιχωμάτων	46
3.6 Καθορισμός και εφαρμογή επικλίσεων	47
3.7 Υπολογισμός χωματισμών	48
3.8 Προοπτικές εικόνες της οδού	48
3.9 Συμπεράσματα	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

57	
4.1 Γενικά	58
4.2 Γενικές αρχές λειτουργίας των αλγορίθμων	58
4.3 Πρόγραμμα ελέγχου της σχέσης των ακτίνων σε κυρτά και κοίλα τόξα μηκοτομής	64
4.3.1 Γενικά	64
4.3.2 Λογικό διάγραμμα παραλλαγής 1	65
4.3.3 Περιγραφή λειτουργίας παραλλαγής 1	67
4.3.4 Λογικό διάγραμμα παραλλαγής 2	69
4.3.5 Περιγραφή λειτουργίας παραλλαγής 2	71
4.4 Πρόγραμμα ελέγχου της επαλληλίας οριζόντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα	72
4.4.1 Γενικά	72
4.4.2 Λογικό διάγραμμα	75
4.4.3 Περιγραφή λειτουργίας	76
4.5 Πρόγραμμα ελέγχου της επαλληλίας οριζόντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα	78
4.5.1 Πρόγραμμα ελέγχου της επαλληλίας οριζόντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα κατά RAS-L	78
4.5.1.1 Γενικά	78
4.5.1.2 Λογικό διάγραμμα ελέγχου κατά RAS-L	84
4.5.1.3 Περιγραφή λειτουργίας ελέγχου κατά RAS-L	85
4.5.2 Πρόγραμμα ελέγχου της επαλληλίας οριζόντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα κατά AASHTO	88
4.5.2.1 Γενικά	88
4.5.2.2 Λογικό διάγραμμα ελέγχου κατά AASHTO	89

	Σελίδα
4.5.2.3 Περιγραφή λειτουργίας ελέγχου κατά AASHTO	90
4.6 Πρόγραμμα ελέγχου της σύμπτωσης σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή	91
4.6.1 Γενικά	91
4.6.2 Λογικό διάγραμμα	94
4.6.3 Περιγραφή λειτουργίας	95
4.7 Πρόγραμμα ελέγχου ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων	97
4.7.1 Γενικά	97
4.7.2 Λογικό διάγραμμα	98
4.7.3 Περιγραφή λειτουργίας	100
4.8 Πρόγραμμα υπολογισμού ελαχίστου μήκους κοιλώματος για την αποφυγή οπτικής θλάσης	102
4.8.1 Γενικά - Περιγραφή λειτουργίας	102
4.9 Πρόγραμμα ελέγχου εμφάνισης οπτικής θλάσης σε κοίλωμα	107
4.9.1 Γενικά	107
4.9.2 Λογικό διάγραμμα	108
4.9.3 Περιγραφή λειτουργίας	109
4.10 Μετασχηματισμός των αλγορίθμων για συνεργασία με το πρόγραμμα FM	112
4.10.1 Γενικά	112
4.10.2 Πρόγραμμα ελέγχου της σχέσης των ακτίνων σε κυρτά και κοίλα τόξα μηκοτομής	113
4.10.3 Πρόγραμμα ελέγχου της επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα	113
4.10.3.1 Λογικό διάγραμμα	115
4.10.4 Πρόγραμμα ελέγχου ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων	116
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	117
5.1 Γενικά	118
5.2 Συμπεράσματα-προτάσεις	118
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	122

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα	Σελίδα
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	9
2.1 Στοιχεία στο χώρο που προκύπτουν από το συνδυασμό στοιχείων οριζοντιογραφίας και μηκοτομης. [3]	12
2.2 Ευθυγραμμία (α) με σταθερή κατά μήκος κλίση και (β) σε κοίλωμα. [3]	13
2.3 Επιλογή καμπύλης μεγαλύτερης ακτίνας από την ελάχιστη. [1]	14
2.4 Καμπύλη με (περίπτωση α) και χωρίς (περίπτωση β) οπτική θλάση. [3]	14
2.5 Διάγραμμα επιτρεπόμενης αλληλουχίας καμπύλων για οδούς Α κατηγορίας σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς. [7]	15
2.6 α) Ασφαλής αλληλουχία καμπύλων και β) επικίνδυνη αλληλουχία καμπύλων. [3]	15
2.7 α) Αποτυχημένος και β) ορθός συνδυασμός ευθυγραμμιών και καμπύλων. [1]	16
2.8 Οριζοντιογραφική καμπύλη που ακολουθεί ευθυγραμμία, ορατή από απόσταση. [4]	16
2.9 Μηκοτομή με ευθύγραμμη οριζοντιογραφία. [9]	17
2.10 Οπτική θλάση σε κοίλωμα μικρού μήκους, που είναι ορατό από απόσταση. [4]	18
2.11α Σχέση μήκους κοιλώματος-απόστασης κορυφής της κοίλης καμπύλης. [9]	19
2.11β Προοπτική εικόνα κοιλώματος με $x_{12}/L_{12}=1,80$. [8]	19
2.11γ Προοπτική εικόνα κοιλώματος με $x_{12}/L_{12}=0,90$. [8]	19
2.12 Προοπτική εικόνα κοίλης καμπύλης με λόγο $L_{12}/x_{12}=1,00$ (α) με έντονη οπτική θλάση και (β) με ελαφρά θλάση. [9]	21
2.13 Σχέση ακτίνων κοίλων και κυρτών τόξων μηκοτομής (α) σε λοιφώδη και (β) σε πεδινά εδάφη. [3]	22
2.14 “Τεθλασμένο κατάστρωμα της οδού”. [4]	23
2.15 Κοίλωμα μικρού μήκους ανάμεσα σε τμήματα με σταθερή κλίση, σε οριζοντιογραφική ευθεία (άνω) και καμπύλη (κάτω). [3]	23
2.16 Επαλληλία ανοιχτής οριζόντιας καμπύλης με καμπύλη μηκοτομής μικρού μήκους. [4]	24
2.17 Τοπική υπερύψωση. [3]	25
2.18 Κυματισμός στην ευθυγραμμία (αριστερά) και στην καμπύλη (δεξιά). [3]	25

Σχήμα	Σελίδα
-------	--------

2.19 Η θέα της πλευρικής όψης της οδού από απόσταση, σε περίπτωση κυματισμού, εντείνει το πρόβλημα. Λύση η επιλογή ενιαίας κλίσης στη μηκοτομή. [8]	26
2.20 Βύθισμα στην ευθυγραμμία (αριστερά) και στην καμπύλη (δεξιά). [3]	26
2.21 Μεγάλο βύθισμα (αριστερά) και μικρό βύθισμα (δεξιά). [3]	27
2.22 Άλμα της οδού (αριστερά) και άλμα με μετατόπιση (δεξιά). [3]	27
2.23 Ασυνέχεια στην προοπτική εικόνα της οδού. [9]	28
2.24 Σύμπτωση σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. [3]	29
2.25 Ευχάριστη προοπτική εικόνα που επιτυγχάνεται με τη σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. [3]	29
2.26 Συσχέτιση κορυφών σε οριζοντιογραφία-μηκοτομή. [1]	30
2.27 Αρχή οριζοντιογραφικής καμπύλης σε περιοχή κυρτώματος. [3]	31
2.28 Εμφάνιση οξείας γωνίας λόγω επαλληλίας κλειστής οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα. [9]	34
2.29 Μέγιστος αριθμός θλάσεων σε οριζοντιογραφία-μηκοτομή. [1]	35
2.30 Κόμβος σε κοίλωμα. [3]	35
2.31 Προσαρμογή των τεχνικών έργων στη μορφή της χάραξης. [3]	36
2.32 Απόκρυψη οριζοντιογραφικής καμπύλης από τεχνικό έργο. [3]	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

INROADS - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ	41
3.1 Το InRoads σε συνδυασμό με το σχεδιαστικό πρόγραμμα MicroStation μπορεί να παράγει φωτορεαλιστικές απεικονίσεις της οδού. [11]	42
3.2 Φωτορεαλιστική απόδοση του μοντέλου του εδάφους με χρήση χρωμάτων για την παρουσίαση του υψομέτρου.	44
3.3 Σχεδίαση της τυπικής διατομής της οδού.	46
3.4 Συνένωση επιφανειών εδάφους και οδού.	49
3.5 Ρυθμίσεις εμφάνισης της επιφάνειας της οδού και του περιβάλλοντός της στην οθόνη.	50
3.6 Μοντέλο οδού και περιβάλλοντός της, όπως σχεδιάζεται από το InRoads.	50
3.7 Άλλαγή χρώματος στα τρίγωνα του μοντέλου της οδού.	51
3.8 Ρυθμίσεις της κάμερας για την παραγωγή προοπτικών εικόνων.	52
3.9 Ρύθμισεις φωτισμού της προοπτικής εικόνας.	53
3.10 Φωτορεαλιστική απεικόνιση της οδού.	53
3.11 Αντιστοίχηση υλικών στα τρίγωνα του μοντέλου της οδού.	54
3.12 Τελική φωτορεαλιστική απεικόνιση της οδού.	55

Σχήμα	Σελίδα
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ	57
4.1 Σκαρίφημα οριζόντιογραφίας áξονα δοκιμαστικής χάραξης με το πρόγραμμα οδοποιίας InRoads.	59
4.2 Σκαρίφημα μηκοτομής δοκιμαστικής χάραξης με το πρόγραμμα οδοποιίας InRoads.	60
4.3 Μενού 3D Έλεγχοι στο MicroStation για την εκτέλεση των αλγορίθμων ελέγχου της χάραξης στο χώρο.	63
4.4 Ενημέρωση του χρήστη για τη μη εύρεση του αρχείου δεδομένων μηκοτομής.	67
4.5 Χαρακτηρισμός του εδάφους (κόκκινο βέλος) και μήνυμα ότι ο έλεγχος επαληθεύεται.	68
4.6 Μήνυμα μη ικανοποίησης του ελέγχου σε περίπτωση ορεινού ή λοφώδους εδάφους.	68
4.7 Ενημέρωση του χρήστη ότι ο έλεγχος δεν είναι αναγκαίος.	71
4.8 Ενημέρωση του χρήστη για τη μη ικανοποίηση του ελέγχου.	72
4.9 Ενημέρωση του χρήστη για μη αναγκαιότητα του ελέγχου.	77
4.10 Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποίηση του ελέγχου.	77
4.11 Αναλυτική ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου.	77
4.12 Υπολογισμός του μήκους ορατότητας για θέση του οδηγού πριν το κύρτωμα.	81
4.13 Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του προκαταρτικού ελέγχου του ελαχίστου μήκους κλωθοειδούς.	85
4.14 Ενημέρωση του χρήστη για μη αναγκαιότητα του ελέγχου.	86
4.15 Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποίηση του ελέγχου.	87
4.16 Αναλυτική ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου (περίπτωση κλωθοειδούς εισόδου στην καμπύλη).	87
4.17 Αναλυτική ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου (περίπτωση κλωθοειδούς εξόδου από την καμπύλη).	87
4.18 Συσχέτιση κορυφών σε οριζόντιογραφία και μηκοτομή. [1]	92
4.19 Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποιητική σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζόντιογραφία και μηκοτομή.	96
4.20 Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποιητική σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζόντιογραφία και μηκοτομή.	96
4.21 Ενημέρωση του χρήστη ιδιαίτερα επιτυχημένο συνδυασμό οριζόντιογραφίας και μηκοτομής.	97
4.22 Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου ανάλογα με το τόξο μικρότερου μήκους.	101
4.23 Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποίηση του ελέγχου στο σύνολο της χάραξης.	101
4.24 Ενημέρωση του χρήστη ότι ο έλεγχος δεν είναι αναγκαίος.	102
4.25 Μεταβολή του μήκους των εφαπτομένων της αριστερής οριογραφής σε ευθύγραμμο κοίλωμα. [9]	103
4.26 Συνθήκες ισχύος του κριτηρίου των ίσων εφαπτομένων. [9]	104
4.27 Εισαγωγή δεδομένων από τον χρήστη.	106
4.28 Παράθυρο αποτελεσμάτων.	106
4.29 Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων του προγράμματος ελέγχου κοιλωμάτων για εμφάνιση οπτικής θλάσης.	109

Σχήμα	Σελίδα
4.30 Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου (περίπτωση κυκλοφορίας ομόρροπης προς τη χιλιομέτρηση).	110
4.31 Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου (περίπτωση κυκλοφορίας αντίρροπης προς τη χιλιομέτρηση).	110
4.32 Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποίηση του ελέγχου στο σύνολο της χάραξης.	111
4.33 Ενημέρωση του χρήστη ότι ο έλεγχος δεν είναι αναγκαίος.	111

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει στόχο την ανάπτυξη αλγορίθμων Η/Υ για τον έλεγχο της χάραξης μιας οδού στο χώρο. Αρχικά γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση - διερεύνηση των σύγχρονων κανονισμών οδοποιίας (Γερμανικών, Αμερικανικών και Καναδικών) για τον εντοπισμό και την αποκωδικοποίηση των προβλέψεων που αφορούν τον ορθό συνδυασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Άκολουθεί μια σύντομη παρουσίαση του προγράμματος οδοποιίας InRoads, στο περιβάλλον του οποίου λειτουργούν οι αλγόριθμοι ελέγχου, με έμφαση στην παραγωγή προοπτικών εικόνων της οδού και στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι αλγόριθμοι που συντάχθηκαν (παραδοχές που έγιναν, λογικά διαγράμματα, περιγραφή λειτουργίας, κώδικας του κάθε προγράμματος). Τέλος, ορισμένα από τα προγράμματα αυτά μετασχηματίζονται ώστε να λειτουργούν σε συνεργασία και με άλλα προγράμματα οδοποιίας, όπως το FM που διδάσκεται στο Ε.Μ.Π.

Λέξεις-κλειδιά

Συνδυασμός οριζοντιογραφίας-μηκοτομής, Χάραξη στο χώρο, Τριδιάστατη απεικόνιση της οδού, Προοπτικές εικόνες, Προγράμματα οδοποιίας Η/Υ, Έλεγχος της χάραξης στο χώρο

ABSTRACT

The goal of this Diploma Thesis is to develop software that will examine and evaluate the 3-dimensional design of a highway. The contemporary highway design regulations (German, American and Canadian) have been studied and examined, in order to identify guidelines concerning proper coordination of horizontal and vertical alignment. Then, InRoads, a computer aided highway design program is presented (the P.C. programs presented in this Thesis operate in the InRoads environment) and its capabilities of designing 3dimensional images of a highway are investigated. The developed software is then thoroughly presented (mathematical calculations, logical diagrams, operation explanation, VBasic code of each program). Finally, some of the above programs are presented in a second version, that operates in conjunction with other computer aided highway design programs, like FM.

Keywords

Coordination of horizontal and vertical alignment, 3-Dimensional design, 3Dimensional highway images, Perspective views, Computer aided highway design programs, Examination of the 3-Dimensional design

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη αλγορίθμων Η/Υ για τον έλεγχο της χάραξης μιας οδού στο χώρο. Για την επίτευξη του στόχου αυτού αρχικά γίνεται μια ανασκόπηση-διερεύνηση των προβλέψεων των σύγχρονων κανονισμών οδοποιίας (Γερμανικών, Αμερικανικών και Καναδικών) που αφορούν το συνδυασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Αναζητούνται επίσης πληροφορίες και από άλλες πηγές, όπως από την εργασία των Smith & Lamm σχετικά με τη χάραξη στο χώρο και από παλαιότερες διπλωματικές εργασίες του Ε.Μ.Π. Τα στοιχεία που συγκεντρώνονται υφίστανται κριτική επεξεργασία και παρουσιάζονται σε σχετικό κεφάλαιο οργανωμένα σε υποενότητες. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται (σε παράρτημα) και τα σχετικά κεφάλαια των Γερμανικών, Αμερικανικών και Καναδικών κανονισμών οδοποιίας σε μετάφραση. Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από τη μελέτη των παραπάνω κανονισμών είναι ότι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οι προβλέψεις τους (σχετικά με τη χάραξη στο χώρο) δεν είναι αρκετά λεπτομερείς και σαφείς και αποτελούν περισότερο ποιοτικές συμβουλές παρά οδηγίες προς εφαρμογή.

Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του προγράμματος οδοποιίας InRoads, στο περιβάλλον του οποίου λειτουργούν οι αλγόριθμοι ελέγχου. Περιγράφεται δηλαδή βήμα προς βήμα, κατά το δυνατόν όμως με συντομία, η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για τη μελέτη μιας οδού, από την εισαγωγή των στοιχείων για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου του εδάφους μέχρι την κατασκευή του τριδιάστατου μοντέλου της οδού. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην περαιτέρω επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου της οδού και στη δυνατότητα παραγωγής τριδιάστατων φωτορεαλιστικών εικόνων της οδού και του περιβάλλοντός της, αφού οι προοπτικές αυτές εικόνες αποτελούν χρήσιμο εργαλείο στα χέρια του μελετητή για την αξιολόγηση πιθανών προβληματικών σημείων στη χάραξη.

Ακολουθεί η σύνταξη των αλγορίθμων ελέγχου της χάραξης στο χώρο. Ήτοι, για κάθε πρόγραμμα παρουσιάζεται η μαθηματική προσέγγιση που ακολουθήθηκε, μαζί με τις παραδοχές που ήταν αναγκαίο να γίνουν, παρατίθεται το λογικό διάγραμμα ροής του αλγορίθμου και παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία του και ο τρόπος επικοινωνίας με τον χρήστη. Με τα πρόγραμμα αυτά πραγματοποιείται ένα αρκετά ευρύ σύνολο ελέγχων της χάραξης στο χώρο και η εισαγωγή των δεδομένων της χάραξης γίνεται σε συνεργασία με το πρόγραμμα οδοποιίας InRoads. Οι κώδικες των αλγορίθμων αυτών (σε Visual Basic) παρατίθενται σε παράρτημα. Ορισμένα από τα παραπάνω προγράμματα παρουσιάζονται και σε δεύτερη παραλλαγή, η οποία συνεργάζεται με το πρόγραμμα FM (ανάπτυξη από τον κ. Φ. Μερτζάνη), το οποίο και διδάσκεται στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. Αυτή η δυνατότητα μετατροπής των προγραμμάτων ώστε να μπορούν να συνεργάζονται με άλλα προγράμματα οδοποιίας, καθώς και η δυνατότητα μεταβολής σε πολλές περιπτώσεις ορισμένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

παραμέτρων του ελέγχου κατά την κρίση του μηχανικού, αυξάνει την ευελιξία τους και τα καθιστά ένα χρήσιμο εργαλείο για το γρήγορο και κατά το δυνατό αξιόπιστο έλεγχο του συνδυασμού της οριζοντιογραφίας με τη μηκοτομή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκοινωνιακή υποδομή μιας χώρας έχει ως στόχο την εξασφάλιση της δυνατότητας μετακίνησης ανθρώπων, αγαθών, υπηρεσιών και πληροφορίας με τρόπο ασφαλή, χωρίς σπατάλη ενέργειας, φιλικό προς το περιβάλλον και οικονομικά ανταγωνιστικό. Το σημαντικότερο όμως τμήμα της συγκοινωνιακής υποδομής, το οδικό δίκτυο, πρέπει να επιτελέσει το έργο αυτό έχοντας ως χειριστές οδηγούς ως επί το πλείστον ερασιτέχνες (σε αντίθεση με τα σιδηροδρομικά, αεροπορικά και θαλάσσια δίκτυα μεταφορών), με περιορισμένη εκπαίδευση, συχνά με άγνοια της διαδρομής της οδού και σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. ηλικιωμένοι) με περιορισμένες ικανότητες. Είναι επομένως απόλυτα απαραίτητο, η οπτική εικόνα της οδού, όπως φαίνεται από τη θέση του οδηγού, να μην αιφνιδιάζει αλλά και να μην είναι μονότονη και κουράζει, να μην αποκρύπτει πληροφορίες σχετικά με την πτορεία της οδού και να είναι αισθητικά ευχάριστη.

Η μελέτη της χάραξης μιας οδού όμως δεν γίνεται σε τρεις διαστάσεις, αλλά σε διδιάστατα σχέδια (οριζοντιογραφία, μηκοτομή, διατομές) τα οποία μόνο συνδυαζόμενα μεταξύ τους δίνουν χωρικά στοιχεία. Επομένως, είναι συχνό φαινόμενο ο μελετητής να αγνοεί την προοπτική εικόνα της οδού από τη θέση του οδηγού και να προτείνει χαράξεις που, αν και είναι σύμφωνες με τις διατάξεις των κανονισμών για κάθε ένα από τα επιμέρους σχέδια, παρουσιάζονται εχθρικές προς τον οδηγό, είναι αισθητικά δυσάρεστες και σε τελική ανάλυση επικίνδυνες.

Για να λυθεί το πρόβλημα, οι σύγχρονοι κανονισμοί οδοποιίας έχουν συμπεριλάβει διατάξεις που αφορούν το συνδυασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, σε συσχέτιση και με τη μορφή της διατομής, ώστε να εξασφαλίζεται κατά το δυνατόν η ορθή χάραξη μιας οδού στο χώρο.

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικός ο σωστός συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής από τη φάση της αρχικής μελέτης του έργου και αυτό γιατί είναι ιδιαίτερα δύσκολο και δαπανηρό να διορθωθούν εκ των υστέρων ανεπάρκειες στη χάραξη (κυρίως επειδή κατά μήκος των νέων αρτηριών πραγματοποιείται έντονη ανάπτυξη και το κόστος των απαλλοτριώσεων γίνεται υπέρογκο). Έτσι, συμβιβασμοί στις μελέτες της χάραξης πρέπει να σταθμίζονται προσεκτικά, αφού μια αρχική οικονομία στην κατασκευή μπορεί να υπερκαλυφθεί από τις οικονομικές απώλειες λόγω ατυχημάτων και καθυστερήσεων. [1]

Η εναρμόνιση της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής μπορεί να γίνει είτε οπτικά επί των προκαταρκτικών σχεδίων εργασίας, είτε με τη βοήθεια προγραμμάτων H/Y που έχουν αναπτυχθεί για τέτοιου είδους σκοπούς. Τα παραπάνω μέσα είναι δυνατόν να συμπληρωθούν από ομοιώματα, προοπτικά σκαριφήματα ή εικόνες σχεδιασμένες από H/Y σε θέσεις όπου υπάρχει αμφισβήτηση. [1]

Σκοπός λοιπόν της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η δημιουργία αλγορίθμων-προγραμμάτων H/Y που θα ελέγχουν τον ορθό συνδυασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, σύμφωνα με τις διατάξεις των σύγχρονων κανονισμών οδοποιίας (Αμερικανικών [1], Γερμανικών [3], Καναδικών [4]) για τη χάραξη στο χώρο, λαμβάνοντας υπ' όψη και νέα δεδομένα που τυχόν έχουν προκύψει από ανεξάρτητες έρευνες [5].

Προηγείται της ανάπτυξης των αλγορίθμων μια βιβλιογραφική ανασκόπηση-διερεύνηση, όπου συγκεντρώνονται και συγκρίνονται οι σχετικές υποδείξεις των κανονισμών και απομονώνονται οι διατάξεις αυτές που μπορούν να αξιοποιηθούν σε προγράμματα H/Y. Η βιβλιογραφική αυτή ανασκόπηση, που παρουσιάζεται στο **Κεφάλαιο 2**, περιέχει και προοπτικές εικόνες χαράξεων, ώστε να αποδοθούν σαφέστερα οι υποδείξεις των κανονισμών σχετικά με τη χάραξη στο χώρο. Παρουσιάζονται επίσης στοιχεία που προκύπτουν από την εργασία των Smith και Lamm [5], καθώς και από παλαιότερες διπλωματικές εργασίες [8], [9]. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται και μια σύντομη παρουσίαση των αλγορίθμων ελέγχου της χάραξης της οδού στο χώρο, που είναι ήδη διαθέσιμοι από παλαιότερες διπλωματικές εργασίες του Ε.Μ.Π. [10]

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των δυνατοτήτων του προγράμματος οδοποιίας InRoads, στο περιβάλλον του οποίου λειτουργούν τα προγράμματα ελέγχου της χάραξης στο χώρο. Γίνεται επίσης ιδιαίτερη αναφορά στην παραγωγή προοπτικών εικόνων της οδού σε συνεργασία με το σχεδιαστικό πρόγραμμα MicroStation, και στη φωτορεαλιστική απόδοση (rendering) των στοιχείων της οδού και του ευρύτερου περιβάλλοντός της. Οι παραπάνω εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την παρουσίαση ενός υπό μελέτη οδικού έργου στο ευρύ κοινό με τρόπο σαφή και κατανοητό, όσο και για τον έλεγχο της χάραξης στο χώρο σε πιθανά προβληματικά σημεία.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζεται το βασικό αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, που είναι οι αλγόριθμοι ελέγχου της χάραξης της οδού στο χώρο. Αναλύονται οι παραδοχές που έγιναν κατά τη σύνταξη των προγραμμάτων, παρουσιάζονται τα λογικά διαγράμματα και η λειτουργία τους. Αναλυτικά ο κύδικας των προγραμμάτων παρατίθεται στο Παράρτημα Δ.

Στο **Κεφάλαιο 5** συνοψίζονται τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής και γίνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα, ενώ στο **Κεφάλαιο 6** βρίσκονται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνταξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στα **Παραρτήματα Α, Β και Γ** παρατίθενται οι μεταφράσεις των κεφαλαίων των Γερμανικών, Καναδικών και Αμερικανικών κανονισμών οδοποιίας αντίστοιχα, που αναφέρονται στο θέμα της χάραξης της οδού στο χώρο. Περιέχονται επίσης τα συνοδευτικά σχέδια και φωτογραφίες των κανονισμών αυτών.

Τέλος, στο **Παράρτημα Δ** παρατίθενται οι αλγόριθμοι ελέγχου της χάραξης στο χώρο, όπως συντάχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι γραμμένοι σε γλώσσα Visual Basic και εκτελούνται μέσα από το περιβάλλον του σχεδιαστικού προγράμματος MicroStation. Τα προγράμματα αυτά ως επί το πλείστον λειτουργούν σε συνεργασία με το πρόγραμμα οδοποιίας InRoads. Στο τέλος του Παραρτήματος Δ γίνεται και μια μετατροπή ορισμένων αλγορίθμων ώστε να συνεργάζονται με το πρόγραμμα οδοποιίας FM, του οποίου η λειτουργία διδάσκεται στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ



2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί επιχειρείται μια συγκριτική παρουσίαση και ανάλυση των υποδείξεων των Γερμανικών (RAS-L 1995) [3], Αμερικανικών (AASHTO 1994) [1] και Καναδικών (RTAC 1986) [4] κανονισμών, που αφορούν τον ορθό συνδυασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Παρατίθενται επίσης στοιχεία από παλαιότερες σχετικές διπλωματικές εργασίες του Ε.Μ.Π. ([8], [9] και [10]) καθώς και από την εργασία των Smith και Lamm για τη χάραξη στο χώρο [5]. Ειδικά οι Γερμανικοί κανονισμοί διακρίνονται για την πολύ σαφή και κατανοητή οργάνωση των διατάξεων για τη χάραξη στο χώρο σε ενότητες ανάλογα με το τμήμα της μελέτης στο οποίο οι διατάξεις αυτές αναφέρονται (οριζοντιογραφία, μηκοτομή ή συνδυασμός τους). Έτσι επιλέγεται στο κεφάλαιο αυτό να ακολουθηθεί η δομή του αντιστοίχου κεφαλαίου των Γερμανικών κανονισμών, παραθέτοντας ταυτόχρονα και τα στοιχεία που προκύπτουν από τους Αμερικανικούς και τους Καναδικούς κανονισμούς, καθώς και από τις υπόλοιπες διαθέσιμες πηγές. Η οργάνωση του κεφαλαίου με αυτό τον τρόπο θεωρείται προτιμότερη από την παράθεση των διατάξεων πρώτα των Γερμανικών κανονισμών, στη συνέχεια των Αμερικανικών Κ.Ο.Κ., διότι δίνεται η δυνατότητα παράλληλης εξέτασης των υποδείξεων αυτών και ευκολότερου εντοπισμού των κοινών σημείων και των αντιθέσεων.

Για τη σαφέστερη απόδοση των διατάξεων παρατίθενται σκαριφήματα οριζοντιογραφίας-μηκοτομής καθώς και προοπτικές εικόνες που έχουν ληφθεί είτε από τα ίδια τα κείμενα των κανονισμών είτε (ειδικά για τους κανονισμούς AASHTO που δεν έχουν συνοδευτικές προοπτικές εικόνες) από τη Δ.Ε. της Ε. Ταϊγανίδη [9], στην οποία σχεδιάστηκαν οι προοπτικές εικόνες που αντιστοιχούν στα συνοδευτικά σχήματα των κανονισμών AASHTO για τη χάραξη στο χώρο.

Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται μια κριτική πάνω στις διαφορετικές προσεγγίσεις επί του θέματος του συνδυασμού οριζοντιογραφίας-μηκοτομής που επιτυγχάνονται από τους παραπάνω κανονισμούς και επίσης παρουσιάζονται συνοπτικά οι ήδη υπάρχοντες αλγόριθμοι H/Y που αναφέρονται στο εν λόγω θέμα.

2.2 Γενικές αρχές χάραξης στο χώρο

Τόσο στους Γερμανικούς, όσο και στους Αμερικανικούς και Καναδικούς κανονισμούς, τονίζεται η ανάγκη για εναρμόνιση της οριζοντιογραφίας με τη μηκοτομή, ώστε να εξασφαλίζεται οπτική άνεση από τη θέση του οδηγού, με αποτέλεσμα καλύτερη και ασφαλέστερη κυκλοφοριακή λειτουργία της οδού. Στους Αμερικανικούς κανονισμούς επίσης επισημαίνεται ότι ανεπιτυχείς συνδυασμοί οριζοντιογραφίας-μηκοτομής είναι δυνατό να υποβαθμίσουν τα πλεονεκτήματα κάθε μιας χωριστά και να επιδεινώσουν τα μειονεκτήματά τους, ενώ αντίθετα η αρτιότητα στη μελέτη τους και στο συνδυασμό τους αυξάνει τη λειτουργικότητα και την ασφάλεια, επιτρέπει τη διατήρηση σταθερής ταχύτητας και βελτιώνει την εμφάνιση της οδού, συνήθως χωρίς επιβάρυνση στο κόστος.

Στους Αμερικανικούς αλλά και στους Καναδικούς κανονισμούς θεωρείται επιθυμητό σε διαιρεμένους αυτοκινητοδρόμους, εφόσον βέβαια το επιτρέπει το εύρος καταλήψεως, πράγμα σπάνιο για τα ελληνικά δεδομένα, να ακολουθεί κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας της οδού ανεξάρτητη χάραξη με ενδιάμεσο ελεύθερο χώρο. Έτσι είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματα σχεδιασμού και λειτουργίας των οδών μιας κατεύθυνσης.

Στους Γερμανικούς κανονισμούς, για επαρκή ασφάλεια και υψηλή ποιότητα κυκλοφορίας σε μια οδό, θεωρείται ως προϋπόθεση η εικόνα της οδού να είναι “ήρεμη” και η διαδρομή να παρέχει εποπτικότητα και να γίνεται εγκαίρως και μονοσήμαντα κατανοητή. Σημαντικότατο ρόλο έχει και η καλή οπτική καθοδήγηση, η οποία επιτυγχάνεται με την εικόνα του καταστρώματος της οδού στο χώρο καθώς και με την ύπαρξη κατάλληλης διαγράμμισης στις οριογραφίμες και στο διαχωρισμό των λωρίδων κυκλοφορίας. [3]

Στο Σχήμα 2.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στοιχεία χάραξης στο χώρο, όπως προκύπτουν από τους συνδυασμούς οριζοντιογραφικών στοιχείων με στοιχεία της μηκοτομής. Οι ιδιότητες των χωρικών αυτών στοιχείων καθώς και το αν αποτελούν καλή επιλογή σε μια χάραξη θα εξεταστούν στη συνέχεια.

Στοιχείο Οριζόντιογραφίας	Στοιχείο Μηκοτομής	Στοιχείο της χάραξης στο χώρο
→—————	→—————	
Ευθυγραμμία	Ευθυγραμμία	Ευθυγραμμία με σταθερή κατά μήκος κλίση
→—————	→—————	
Ευθυγραμμία	Τόξο	Ευθύγραμμο κοίλωμα
→—————	→—————	
Ευθυγραμμία	Τόξο	Ευθύγραμμο κύρτωμα
→—————	→—————	
Τόξο	Ευθυγραμμία	Καμπύλη με σταθερή κατά μήκος κλίση
→—————	→—————	
Τόξο	Τόξο	Κοίλωμα σε οριζόντιογραφική καμπύλη
→—————	→—————	
Τόξο	Τόξο	Κύρτωμα σε οριζόντιογραφική καμπύλη

Σχήμα 2.1: Στοιχεία στο χώρο που προκύπτουν από το συνδυασμό στοιχείων οριζόντιογραφίας και μηκοτομής. [3]

2.3 Επιρροή της οριζοντιογραφίας στην προοπτική εικόνα της οδού

Η εικόνα της οδού στο χώρο είναι, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποτέλεσμα του συνδυασμού οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Η αποτυχία επομένως μιας χάραξης μπορεί να οφείλεται είτε μόνο στην οριζοντιογραφία, είτε μόνο στη μηκοτομή, ή ακόμη και στο λανθασμένο συνδυασμό τους. Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση στην προοπτική εικόνα της οδού των μεμονωμένων στοιχείων της οριζοντιογραφίας (ευθυγραμμία, καμπύλη) καθώς και της αλληλουχίας τους.

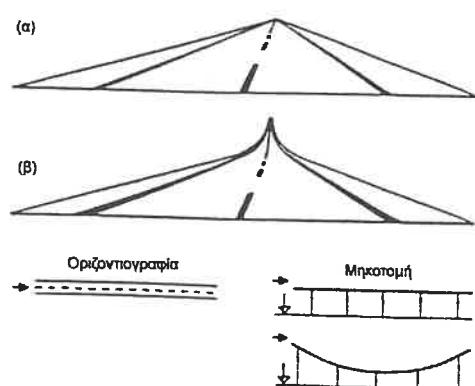
2.3.1 Ευθυγραμμία

Η μεγάλη ευθυγραμμία στην οριζοντιογραφία δεν είναι ιδιαίτερα επιθυμητή κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς, επειδή εμφανίζει τα εξής μειονεκτήματα:

- Μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη εκτίμηση της απόστασης και της ταχύτητας των αντίθετα κινούμενων καθώς και των προπορευόμενων οχημάτων.
- Επιτρέπει την ανάπτυξη υπερβολικά υψηλών ταχυτήτων.
- Υπάρχει κίνδυνος θάμβωσης του οδηγού από τους προβολείς των αντίθετα κινούμενων οχημάτων κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Αναπτύσσεται αίσθημα κόπωσης στον οδηγό.
- Προσαρμόζεται δύσκολα στο τοπίο.

Σε οδούς δύο λωρίδων όμως, η ανάγκη για ασφαλή τμήματα προσπέρασης σε συχνά διαστήματα και για αξιόλογο ποσοστό του μήκους της οδού, πολλές φορές κάνει απαραίτητη την κατασκευή μεγάλων ευθυγραμμιών ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής απόσταση ορατότητας. [1]

Για να αμβλυνθεί λοιπόν η δυσμενής εντύπωση που προκαλείται από την πολλές φορές επιβεβλημένη για άλλους λόγους οριζοντιογραφική ευθυγραμμία, στους Γερμανικούς κανονισμούς συνιστάται η επιλογή κοιλώματος στη μηκοτομή, με μεγάλη ακτίνα τόξου στρογγύλευσης (Σχήμα 2.2). Ενδεχομένως μάλιστα η χάραξη να βελτιώνεται με τη χρήση οριζοντιογραφικής καμπύλης με ιδιαίτερα μεγάλη ακτίνα. Και στις δύο περιπτώσεις



Σχήμα 2.2: Ευθυγραμμία (α) με σταθερή κατά μήκος κλίση και (β) σε κοίλωμα. [3]

πάντως, υπάρχει καλύτερη εποπτεία της διαδρομής της οδού και δυνατότητα ορθότερης εκτίμησης της ταχύτητας των αντίθετα κινούμενων καθώς και των προπορευόμενων οχημάτων. Θα πρέπει πάντως εδώ να τονιστεί ότι ο συνδυασμός κοιλώματος με οριζοντιογραφική καμπύλη μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να παραπλανήσει τον οδηγό, δίνοντας την εντύπωση ότι η καμπύλη είναι πιο ανοιχτή απ' ότι στην πραγματικότητα. Το θέμα αυτό εξετάζεται αναλυτικότερα στη συνέχεια του κεφαλαίου (παράγραφος 2.5.5).

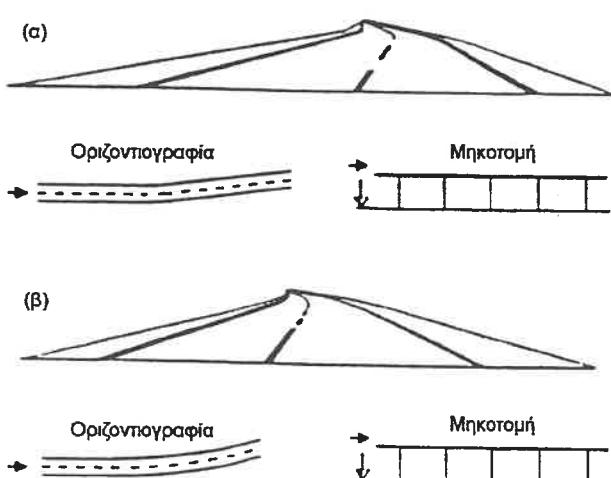
2.3.2 Καμπύλη

Τόσο στους Καναδικούς όσο και στους Αμερικανικούς κανονισμούς τονίζεται ότι η χρήση της ελάχιστης επιτρεπόμενης ακτίνας σε μια καμπύλη θα πρέπει κατά το δυνατό να αποφεύγεται, γιατί αντιστοιχεί σε οριακή κατάσταση (Σχήμα 2.3). Εξάλλου, οι μεγάλου μήκους ανοιχτές καμπύλες συνθέτουν μια ευχάριστη χάραξη και προσαρμόζονται καλύτερα στο τοπίο.



Σχήμα 2.3: Επιλογή καμπύλης μεγαλύτερης ακτίνας από την ελάχιστη. [1]

Μεγάλη έμφαση δίνεται, τόσο από τους Αμερικανικούς και Καναδικούς όσο και από τους Γερμανικούς κανονισμούς οδοποιίας, στην αποφυγή της οπτικής θλάσης. Η οπτική θλάση είναι δυνατό να εμφανιστεί σε μια οριζοντιογραφική καμπύλη μικρού μήκους η οποία συνδέει ευθυγραμμίες και είναι ορατή από αρκετή απόσταση. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποφευχθεί με την επιλογή μεγαλύτερων ακτίνων και καμπύλων συναρμογής μεγαλύτερου μήκους (Σχήμα 2.4). Η επιλεγόμενη ακτίνα μάλιστα πρέπει να είναι τόσο

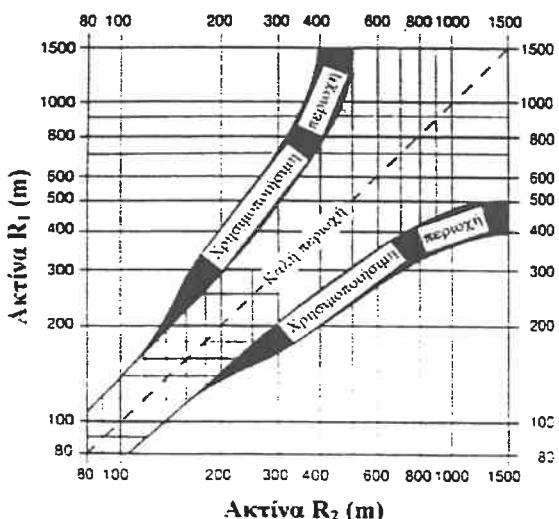


Σχήμα 2.4: Καμπύλη με (περίπτωση α) και χωρίς (περίπτωση β) οπτική θλάση. [3]

μεγαλύτερη όσο πιο μικρή είναι η αλλαγή κατεύθυνσης της οδού.

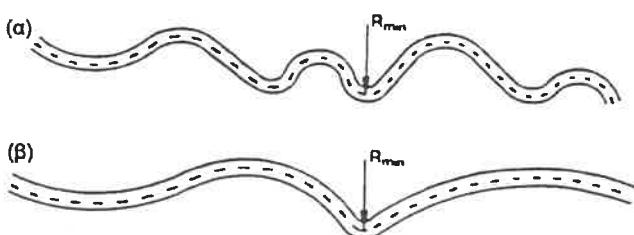
2.3.3 Αλληλοδιαδοχή στοιχείων στην οριζοντιογραφία

Σχετικά με την αλληλοδιαδοχή των στοιχείων της οριζοντιογραφίας, στους Γερμανικούς κανονισμούς τονίζεται τη χρησιμότητα του διαγράμματος αλληλουχίας καμπύλων (Σχήμα 2.5), με το οποίο εξασφαλίζεται η εναρμόνιση των ακτίνων των ομόρροπων και αντίρροπων κυκλικών τόξων σε διαδοχικές καμπύλες. Σε περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η τήρηση της επιτρεπόμενης αλληλουχίας ακτίνων, όπως π.χ. σε ανακατασκευή υφισταμένων οδών, θα πρέπει να γίνεται πρόβλεψη για λήψη μέτρων που θα προειδοποιούν τους οδηγούς για την “ασυνέπεια” της χάραξης και θα βελτιώνουν την αναγνωρισιμότητα της καμπύλης με την απελευθέρωση του οπτικού πεδίου από εμπόδια.



Σχήμα 2.5: Διάγραμμα επιτρεπόμενης αλληλουχίας καμπύλων για οδούς Α κατηγορίας σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς [7]

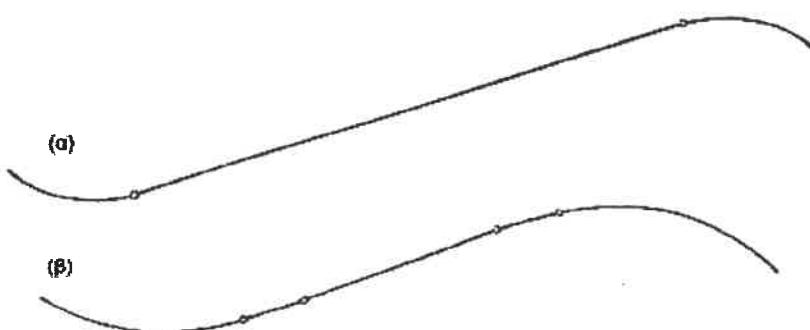
Επίσης σημειώνεται στους Γερμανικούς κανονισμούς ότι η ασφάλεια σε μια έντονα καμπυλόγραμμη χάραξη δεν ζημιώνεται από μια καμπύλη μικρότερης ακτίνας, κι αυτό γιατί η μεγάλη ελικτότητα συνδυάζεται με χαμηλή ταχύτητα και ο κίνδυνος ατυχημάτων παραμένει περιορισμένος. Είναι όμως σημαντικό να αποφεύγονται θέσεις αιφνιδιασμού του οδηγού (Σχήμα 2.6). Σε αυτές τις περιπτώσεις θεωρείται σκόπιμο να χρησιμοποιούνται ακτίνες ηπιότερες ακόμη και από αυτές που προτείνονται στο διάγραμμα αλληλουχίας καμπύλων του Σχήματος 2.5.



Σχήμα 2.6:
α) Ασφαλής αλληλουχία καμπύλων
β) Επικίνδυνη αλληλουχία καμπύλων [3]

Άλλωστε, και στους Αμερικανικούς και στους Καναδικούς κανονισμούς επισημαίνεται ότι θα πρέπει να αποφεύγονται απότομες μεταβάσεις από μεγάλες σε μικρές ακτίνες και να επιδιώκεται βαθμιαία μείωσή τους, ώστε να δίνεται η δυνατότητα στους οδηγούς να προσαρμόσουν την ταχύτητά τους στις νέες συνθήκες με ασφάλεια.

Στους Αμερικανικούς κανονισμούς τονίζεται ακόμη ότι στην οριζοντιογραφία θα πρέπει να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των μηκών των ευθυγράμμων τμημάτων και των καμπύλων (Σχήμα 2.7). Έτσι, θεωρούν κακό σχεδιασμό την ευθυγραμμία μεγάλου μήκους με μικρές εφαπτόμενες καμπύλες ενώ συνιστούν πιο κεκαμμένη χάραξη με αρμονικότερη σχέση μεταξύ μηκών ευθυγραμμίας και καμπύλης. Επίσης, και οι Καναδικοί κανονισμοί επισημαίνουν ότι η συνεχής καμπυλόγραμμη χάραξη είναι προτιμότερη από τη χάραξη που περιλαμβάνει μεγάλου μήκους ευθυγραμμίες και μικρού μήκους καμπύλες.

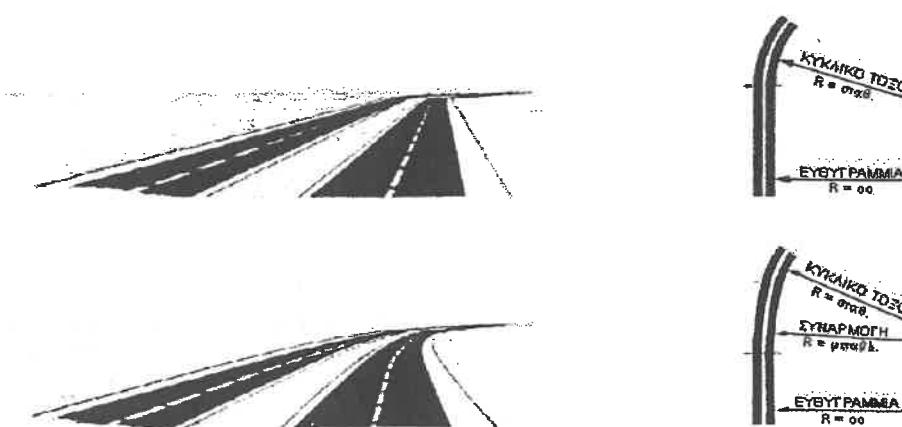


Σχήμα 2.7:

α) Αποτυχημένος και
β) Ορθός συνδυασμός
ευθυγραμμιών και
καμπύλων.

[1]

Τέλος, στους Καναδικούς κανονισμούς αναφέρεται ότι οριζοντιογραφική καμπύλη που ακολουθεί ευθυγραμμία και είναι ορατή στον οδηγό από μεγάλη απόσταση, δίνει την εσφαλμένη εντύπωση ότι στρέφει πιο γρήγορα από ότι στην πραγματικότητα. Για να αντιμετωπισθεί η πλασματική αυτή εντύπωση προτείνεται η χρήση κλωθοειδών μεγαλύτερου μήκους (Σχήμα 2.8).



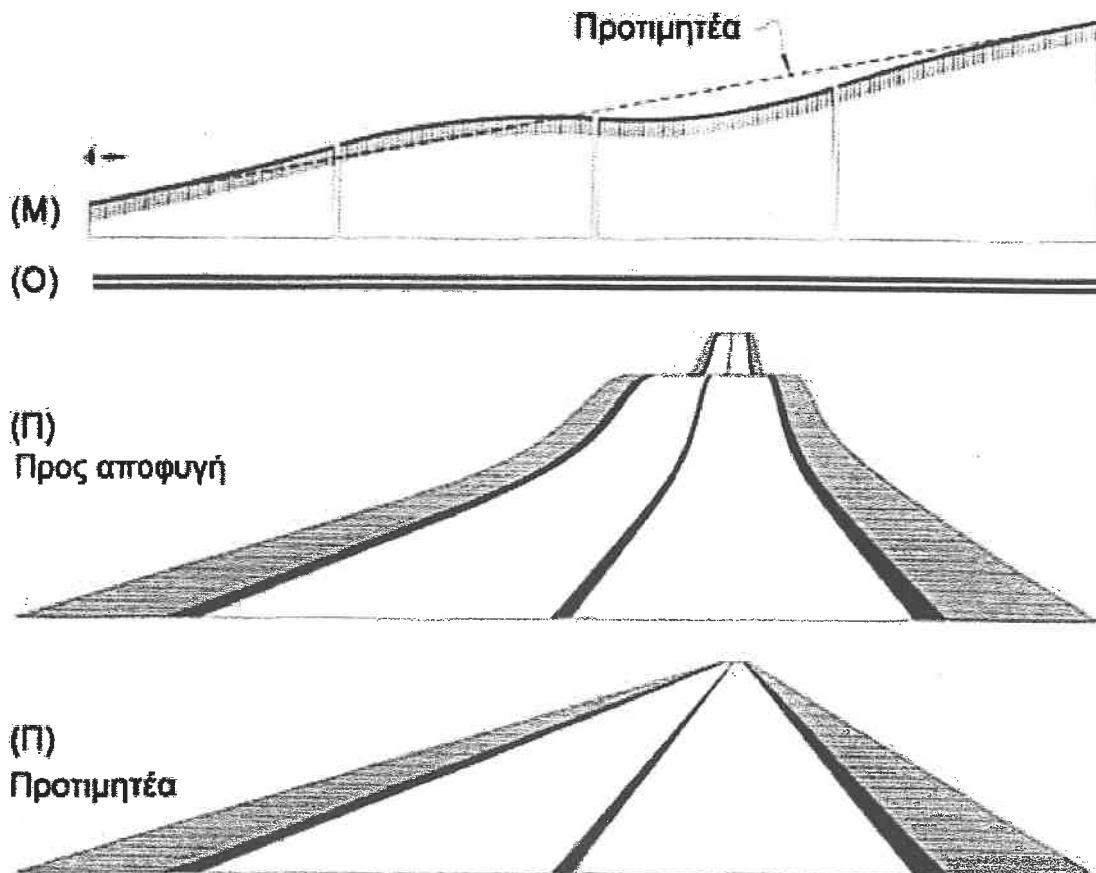
Σχήμα 2.8: Οριζοντιογραφική καμπύλη που ακολουθεί ευθυγραμμία, ορατή από απόσταση.
Στην άνω χάραξη δίνεται η εντύπωση κακής συναρμογής. Το πρόβλημα διορθώνεται στην κάτω χάραξη με τη χρήση καμπύλης συναρμογής μεγάλου μήκους. [4]

2.4 Επιρροή της μηκοτομής στην προοπτική εικόνα της οδού

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των στοιχείων της μηκοτομής (σταθερή κατά μήκος κλίση, κοίλη καμπύλη, κυρτή καμπύλη) καθώς και η αλληλοδιαδοχή τους στην προοπτική εικόνα της οδού.

2.4.1 Σταθερή κατά μήκος κλίση

Κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς η σταθερή κλίση στη μηκοτομή δεν δημιουργεί προβλήματα στη χάραξη και συμβάλλει στο να είναι η προοπτική εικόνα της οδού ευχάριστη. Στούς Αμερικανικούς και Καναδικούς κανονισμούς συμπληρώνεται μάλιστα ότι η σταθερή κατά μήκος κλίση θα πρέπει σαφώς να προτιμάται σε σύγκριση με διαδοχικές κοίλες και κυρτές καμπύλες (που προκύπτουν από την επιθυμία μείωσης των όγκων των χωματισμών και των αποστάσεων μεταφοράς τους), διότι οι διαδοχικές βυθίσεις της οδού περιορίζουν την ορατότητα και μπορεί να οδηγήσουν σε ατυχήματα κατά τη διάρκεια ελιγμών προσπέρασης (Σχήμα 2.9).

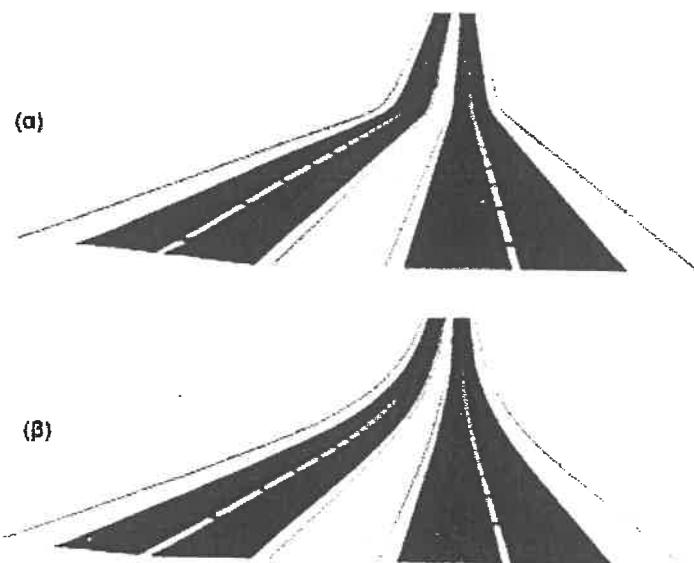


Σχήμα 2.9: Μηκοτομή με ευθύγραμμη οριζόντιογραφία. Προτιμητέα η σταθερή κατά μήκος κλίση από διαδοχικά κυρτώματα και κοιλώματα. [9]

2.4.2 Κοίλωμα

Κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς το κοίλωμα είναι ένα στοιχείο που προσφέρει ιδιαίτερα καλή εποπτεία της οδού και η εφαρμογή του συνιστάται σε πολλές περιπτώσεις.

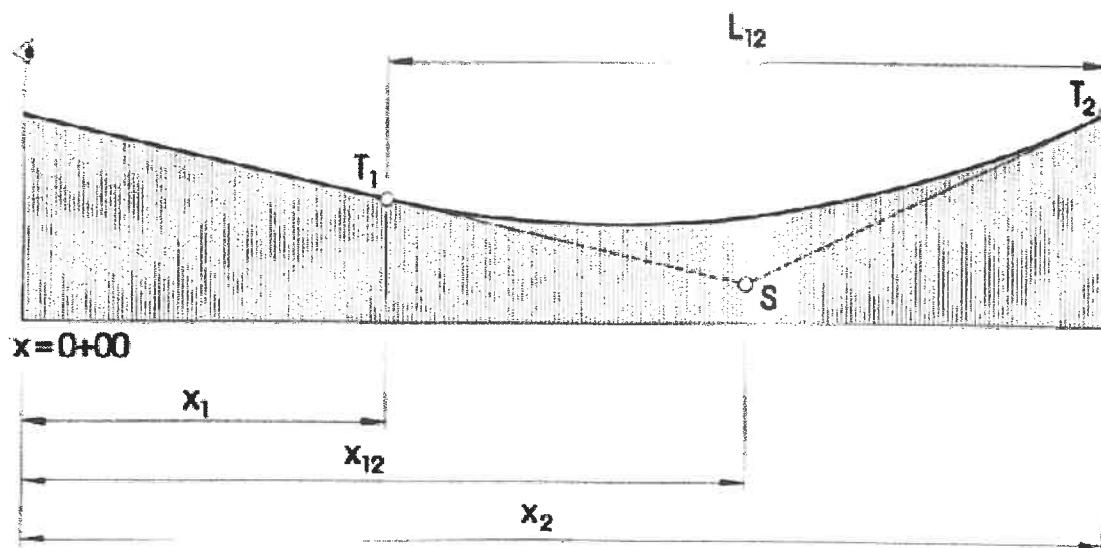
Στους Καναδικούς κανονισμούς όμως επισημαίνεται ότι θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην περίπτωση κοιλωμάτων μικρού σχετικά μήκους, που είναι ορατά από μεγάλη απόσταση (π.χ. αν βρίσκονται στο τέλος οριζοντιογραφικής ευθείας με σταθερή κατά μήκος κλίση). Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατό να εμφανιστεί το φαινόμενο της οπτικής θλάσης στη βάση του κοιλώματος (Σχήμα 2.10).



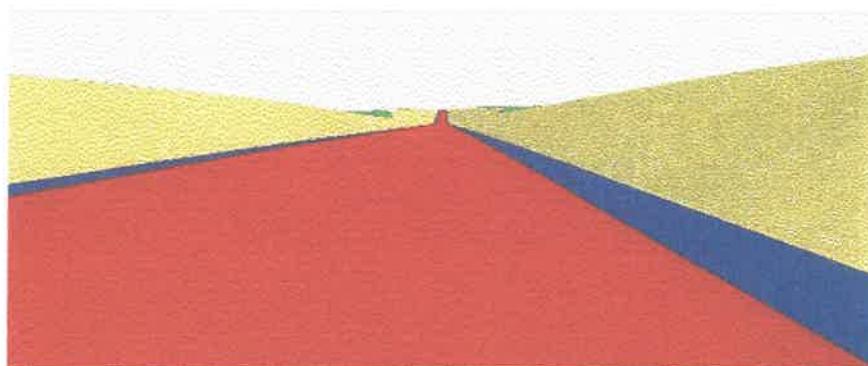
Σχήμα 2.10: Οπτική θλάση σε κοίλωμα μικρού μήκους που είναι ορατό από απόσταση (περίπτωση α). Το πρόβλημα διορθώνεται με χρήση μεγαλύτερου μήκους καμπύλης (περίπτωση β). [4]

Το παραπάνω φαινόμενο έχει εξετασθεί αναλυτικότερα σε προηγούμενες διπλωματικές εργασίες του Ε.Μ.Π. Στη Δ.Ε. του I. Μπιμπάκη "Προοπτική απεικόνιση των οδών" [8], σχεδιάζεται μια υποθετική χάραξη και παράγεται, με τη βοήθεια του προγράμματος οδοποιίας InRoads, μια σειρά προοπτικών εικόνων κοιλώματος. Στόχος είναι να προσδιοριστεί η οριακή τιμή του λόγου του μήκους του κοιλώματος (L_{12}) προς την μέγιστη απόσταση από την οποία αυτό είναι ορατό (x_{12}) πέρα από την οποία δεν εμφανίζεται το φαινόμενο της οπτικής θλάσης (Σχήμα 2.11-α). Οι προοπτικές αυτές εικόνες, δείγμα των οποίων φαίνεται στα σχήματα 2.11-β και 2.11-γ, δίνονται προς αξιολόγηση-βαθμολόγηση (ζητείται χαρακτηρισμός της εικόνας ως καλή, αποδεκτή ή κακή) σε δύο κατηγορίες οδηγών, με εμπειρία μικρότερη και μεγαλύτερη των πέντε ετών αντίστοιχα. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης αυτής είναι τα εξής: α) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων που δόθηκαν

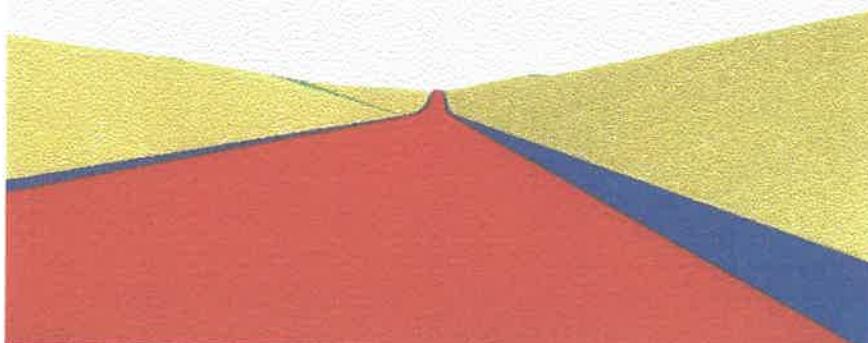
από τις δύο ομάδες (με μεγαλύτερη και μικρότερη εμπειρία οδήγησης) και β) η ζητούμενη οριακή τιμή για το λόγο x_{12} / L_{12} πέρα από την οποία εμφανίζεται οπτική θλάση τοποθετείται μεταξύ των τιμών 1,30 και 1,00. (δηλαδή L_{12} / x_{12} μεταξύ 0,75 και 1,00). Πιο αναλυτικά, οι εικόνες με λόγο $x_{12} / L_{12} > 1,30$ χαρακτηρίζονται από την πλειοψηφία των ερωτηθέντων ως "κακές", αυτές με λόγο $1,30 > x_{12} / L_{12} > 1,00$ ως "αποδεκτές" και τέλος, αυτές με $x_{12} / L_{12} < 1,00$ ως "καλές".



Σχήμα 2.11α: Σχέση μήκους κοιλώματος-απόστασης κορυφής της κοίλης καμπύλης. [9]



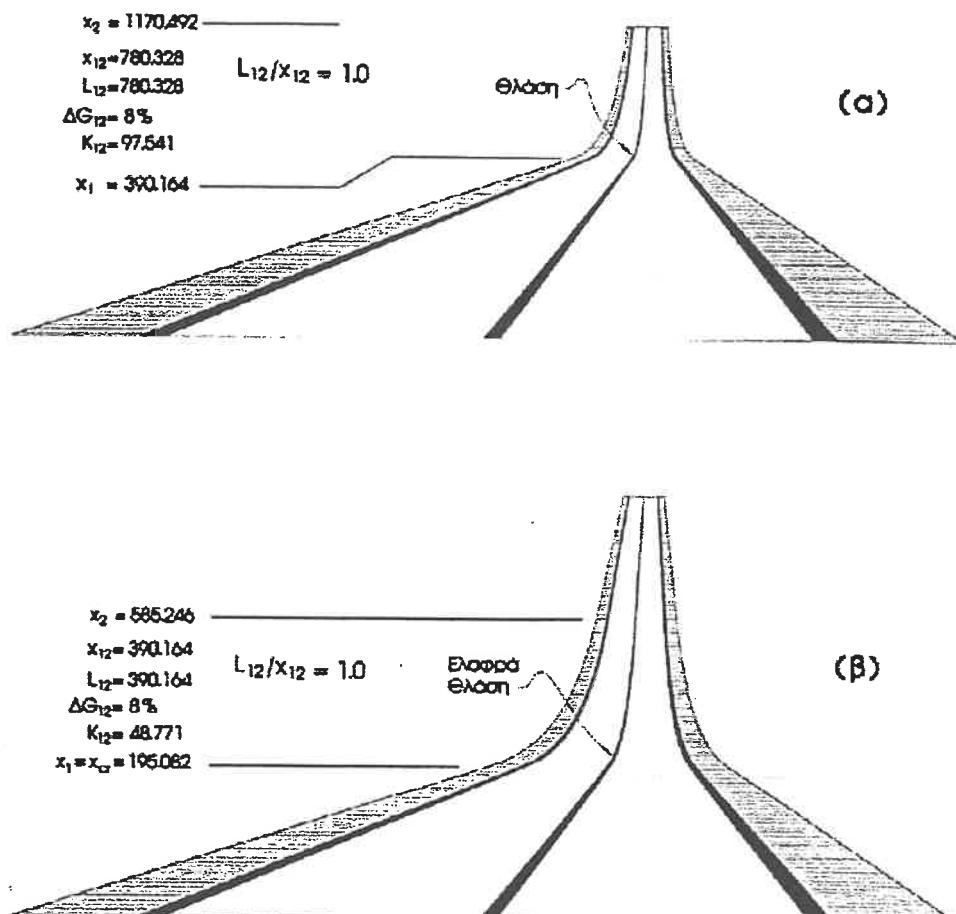
Σχήμα 2.11β: Προοπτική εικόνα κοιλώματος με $x_{12} / L_{12} = 1,80$.
[8]



Σχήμα 2.11γ: Προοπτική εικόνα κοιλώματος με $x_{12} / L_{12} = 0,90$.
[8]

Η παραπάνω έρευνα στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του Ι. Μπιμπάκη αποτελεί μια πολύ αξιόλογη προσπάθεια, όμως, όπως άλλωστε και ο ίδιος αναφέρει, το δείγμα των οδηγών που αξιολόγησαν τις προοπτικές εικόνες ήταν αρκετά μικρό, και επομένως τα εξαγόμενα συμπεράσματα μπορεί να μην ανταποκρίνονται με ακρίβεια στην πραγματικότητα. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι μια προοπτική εικόνα, όσο προσεκτικά και αν είναι σχεδιασμένη, είναι και αυτή μια διδιάστατη παράσταση. Επομένως είναι πιθανό, ο ίδιος οδηγός που χαρακτηρίζει μια προοπτική εικόνα κοιλώματος ως “καλή”, αν δει τη χάραξη αυτή κατασκευασμένη να μη μείνει ικανοποιημένος από την πραγματική τριδιάστατη εικόνα που θα αντικρύζει. Και μάλιστα, ο κίνδυνος να συμβεί αυτό είναι μεγαλύτερος, όταν οι οδηγοί που χαρακτηρίζουν-βαθμολογούν τις προοπτικές εικόνες δεν είναι εξοικειωμένοι με την παρουσίαση “τριδιάστατων” σχεδίων σε κάποιο διδιάστατο μέσο, όπως είναι το χαρτί. Μια λύση στο πρόβλημα αυτό δίνει η σύγχρονη τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας (*virtual reality*), όπου μπορεί να αποδοθούν με μεγάλη ακρίβεια τριδιάστατα αντικείμενα, αφού αξιοποιείται και η αίσθηση του βάθους. Τέλος, στην παραπάνω έρευνα εξετάζεται μόνο η επιρροή της μεταβολής της απόστασης x_{12} στο λόγο x_{12} / L_{12} . Αυτό συμβαίνει επειδή όλες οι προοπτικές εικόνες έχουν ληφθεί από μία και μόνη χάραξη, οπότε το μήκος του κοιλώματος L_{12} είναι συγκεκριμένο. Πιθανόν λοιπόν να πρέπει να γίνει μια αντίστοιχη έρευνα στην οποία να μεταβάλλεται και το μήκος του κοιλώματος L_{12} , δηλαδή η χάραξη να μην είναι εκ των προτέρων καθορισμένη, τουλάχιστον ως προς τη μηκοτομή της.

Με το ίδιο θέμα ασχολείται μεταξύ άλλων και η Δ.Ε. της Ε. Ταϊγανίδη “Προοπτική απεικόνιση της χάραξης των οδών και αντίληψη των οδηγών για τη χάραξη στο χώρο” [9]. Εκεί σημειώνεται ότι για την ίδια τιμή του λόγου μήκους/απόστασης L_{12} / x_{12} η εμφάνιση της οπτικής θλάσης εξαρτάται από την τιμή της απόστασης (x_{12}) του μέσου της καμπύλης από τη θέση του οδηγού (Σχήμα 2.12). Στο Σχήμα 2.12 παρατηρείται δηλαδή ότι το κοίλωμα στη (β) περίπτωση παρουσιάζει βελτιωμένη προοπτική εικόνα σε σύγκριση με το (α), παρά το γεγονός ότι ο λόγος μήκους/απόστασης L_{12} / x_{12} είναι ο ίδιος, ενώ μάλιστα η βελτιωμένη καμπύλη έχει και μικρότερο μήκος (390,164m έναντι 780,328m). Αυτό οφείλεται στον υποδιπλασιασμό της απόστασης του μέσου της καμπύλης από τη θέση του οδηγού.



Σχήμα 2.12: Προοπτική εικόνα κοίλης καμπύλης με λόγο $L_{12} / x_{12} = 1.00$ (a) με έντονη οπτική θλάση, (b) με ελαφρά θλάση. [9]

Τελικά, στη Δ.Ε. της Ε. Ταϊγανίδη [9], προκειμένου να αποφευχθεί η εμφάνιση οπτικής θλάσης, διατυπώνεται το εξής κριτήριο: "Η προοπτική εικόνα κοίλης καμπύλης δεν εμφανίζει οπτική θλάση όταν ο λόγος των μηκών της αρχικής προς την τελική εφαπτομένη στην προοπτική εικόνα είναι μεγαλύτερος ή τουλάχιστον ίσος προς τη μονάδα και ο λόγος του μήκους του κοιλώματος προς την απόσταση του μέσου του κοιλώματος από τον παρατηρητή είναι μεγαλύτερος ή τουλάχιστον ίσος προς 0,60." Στη συνέχεια της παραπάνω εργασίας [9] το κριτήριο αυτό μεταφράζεται σε μαθηματικές σχέσεις και κωδικοποιείται σε έναν αλγόριθμο υπολογισμού του ελαχίστου μήκους κοίλης καμπύλης μηκοτομής για την αποφυγή της οπτικής θλάσης, ο οποίος παρατίθεται στο Παράρτημα Δ.

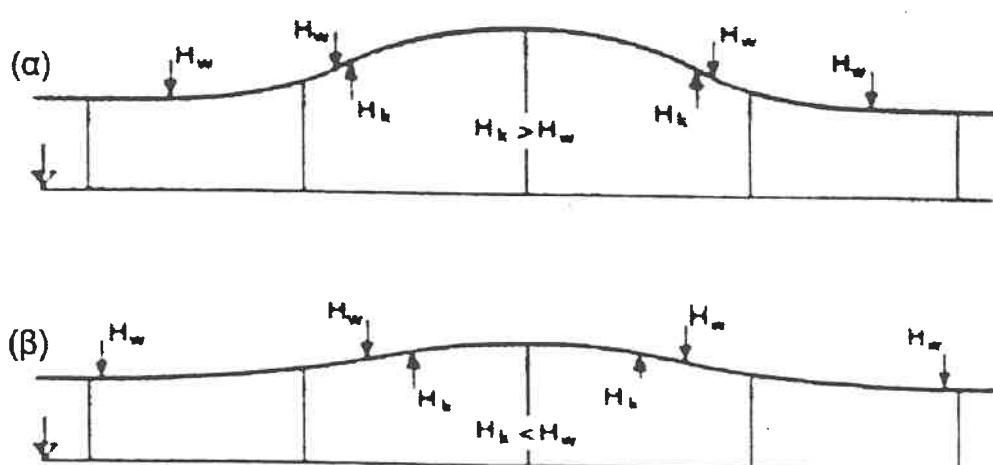
2.4.3 Κύρτωμα

Η χάραξη σε περιοχές κυρτού τόξου στρογγύλευσης μηκοτομής καθορίζεται από τις απαιτήσεις ορατότητας. Το κύρτωμα μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στην προοπτική εικόνα της οδού, όταν συνδυαστεί με οριζοντιογραφική καμπύλη. Το θέμα αυτό εξετάζεται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

2.4.4 Άλληλοδιαδοχή στοιχείων στη μηκοτομή

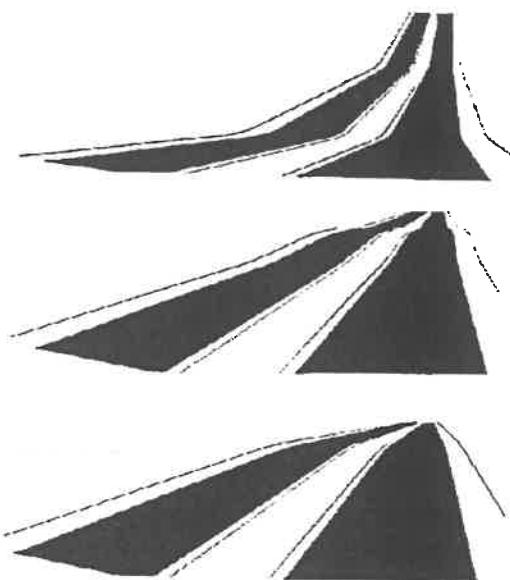
Βασικό προσόν μιας επιτυχημένης μηκοτομής είναι η καλή προσαρμογή στο έδαφος. Έτσι αποφεύγονται υψηλά ορύγματα και επιχώματα, τα οποία εκτός από το ότι είναι αντιοκονομικά, συνθέτουν και δυσάρεστη εικόνα της οδού.

Στους Γερμανικούς κανονισμούς συμπληρώνεται ακόμη ότι σε λοφώδη και ορεινά εδάφη θα πρέπει οι ακτίνες των κυρτών καμπύλων της μηκοτομής να είναι μεγαλύτερες από αυτές των κοίλων καμπύλων, ώστε να βελτιώνονται τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας. Αντίθετα, σε πεδινά εδάφη, όπου εμφανίζονται μικρότερες υψομετρικές διαφορές (μέχρι 10m), συνιστάται να είναι μεγαλύτερες οι ακτίνες των κοίλων καμπύλων από αυτές των κυρτών, ώστε με την αύξηση του μήκους των κοιλωμάτων να γίνει η χάραξη οπτικά φιλικότερη (Σχήμα 2.13).



Σχήμα 2.13: Σχέση ακτίνων κοίλων και κυρτών τόξων μηκοτομής (α) σε λοφώδη-ορεινά και (β) σε πεδινά εδάφη. [3]

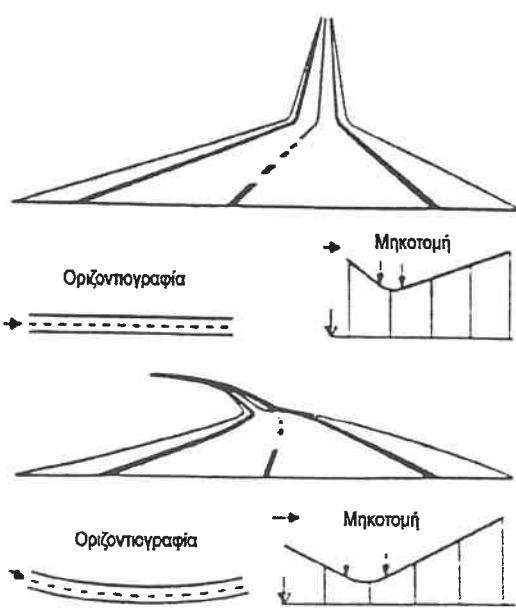
Επίσης επισημαίνεται ότι ένα μικρό ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλωμάτων μπορεί να δημιουργήσει την εντύπωση κυρτώματος και επομένως πρέπει να αποφεύγεται. Αντίστοιχα, μικρό ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ διαδοχικών ορατών κυρτωμάτων μπορεί να δημιουργήσει την εντύπωση κοιλώματος. Μηκοτομές αυτής της μορφής συναντώνται συχνά όταν η οδός περνά πάνω από τεχνικά έργα (π.χ. γέφυρες). [2]



Σχήμα 2.14: "Τεθλασμένο κατάστρωμα της οδού". [3]

Τα παραπάνω οπτικά ελαττώματα επισημαίνονται και από τους Καναδικούς κανονισμούς, οι οποίοι τα χαρακτηρίζουν ως "τεθλασμένο κατάστρωμα οδού" (broken back). Προοπτικές εικόνες παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.14.

Για την επίτευξη μιας αρμονικής χάραξης στο χώρο, σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς, θα πρέπει να αποφεύγονται και τα μικρού μήκους κοιλώματα μεταξύ τμημάτων με σταθερή κατά μήκος κλίση. Το πρόβλημα που δημιουργείται στα κοιλώματα μικρού μήκους στο τέλος οριζοντιογραφικών ευθειών αναλύθηκε ήδη στην παράγραφο που αναφέρεται στο κοίλωμα. Εδώ όμως πρέπει να προστεθεί ότι η προοπτική εικόνα της οδού παρουσιάζεται στρεβλή ακόμη και σε ανοιχτές οριζοντιογραφικές καμπύλες, όταν προηγούνται και έπονται του κοιλώματος τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση (Σχήμα 2.15).



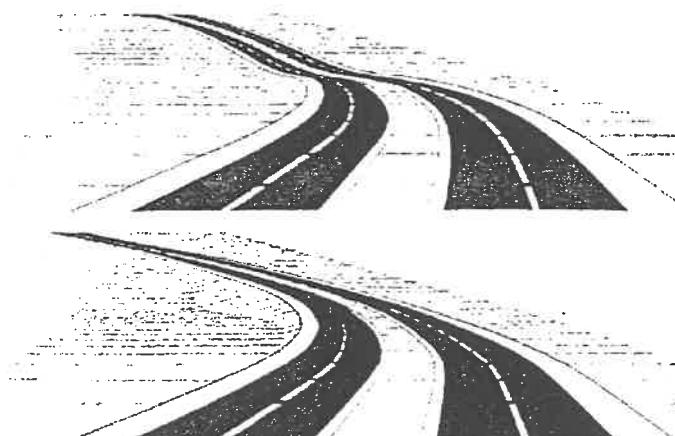
Σχήμα 2.15: Κοίλωμα μικρού μήκους ανάμεσα σε τμήματα με σταθερή κλίση, σε οριζοντιογραφική ευθεία (άνω) και καμπύλη (κάτω). [2]

2.5 Συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση που έχει ο συνδυασμός της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής στη χάραξη στο χώρο. Επισημαίνονται επίσης διάφορες χαρακτηριστικές μορφές ελαττωμάτων της προοπτικής εικόνας της οδού και προσδιορίζεται κάθε φορά ο συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής που τα δημιουργεί.

2.5.1 Γενικές αρχές

Στους Αμερικανικούς αλλά και στους Καναδικούς κανονισμούς αναφέρεται ότι η καμπυλότητα και οι κατά μήκος κλίσεις της οδού θα πρέπει να βρίσκονται σε ισορροπία. Θα πρέπει δηλαδή να αποφεύγεται ο συνδυασμός ευθυγραμμίας ή ανοιχτής καμπύλης με απότομα ή μεγάλου μήκους κεκλιμένα τμήματα, καθώς και ο συνδυασμός υπερβολικής καμπυλότητας με μικρές κατά μήκος κλίσεις. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγεται η επαλληλία ευθυγραμμιών ή ανοιχτών οριζοντίων καμπυλών με κατακόρυφες καμπύλες μικρού μήκους (Σχήμα 2.16).



Σχήμα 2.16: Επαλληλία ανοιχτής οριζοντιογραφικής καμπύλης με καμπύλη μηκοτομής μικρού μήκους (άνω). Διόρθωση της χάραξης με αύξηση του μήκους της καμπύλης στη μηκοτομή (κάτω). [4]

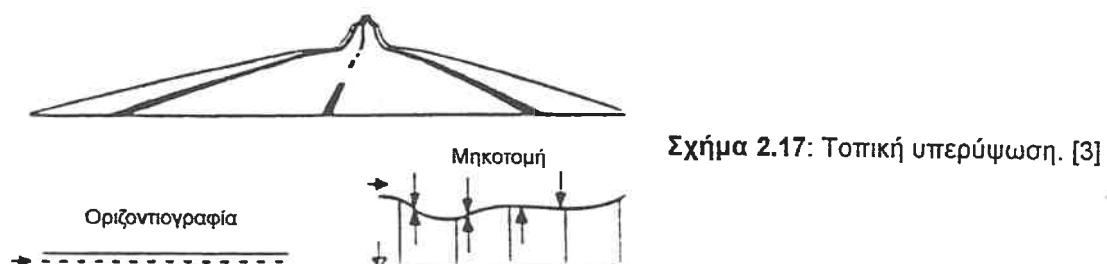
2.5.2 Χαρακτηριστικά ελαττώματα στην προοπτική εικόνα της οδού

Στην ενότητα αυτή εξετάζονται τα οπτικά ελαττώματα που μπορεί να εμφανισθούν στη εικόνα της οδού στο χώρο εξαιτίας ανεπιπυχούς συνδυασμού οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Οι ατέλειες αυτές, όπως επισημαίνονται από τους σύγχρονους κανονισμούς οδοποιίας είναι οι εξής:

- Τεθλασμένο κατάστρωμα οδού.
- Τοπική υπερύψωση.
- Κυματισμός.
- Βύθισμα.
- Άλμα-Ασυνέχεια.

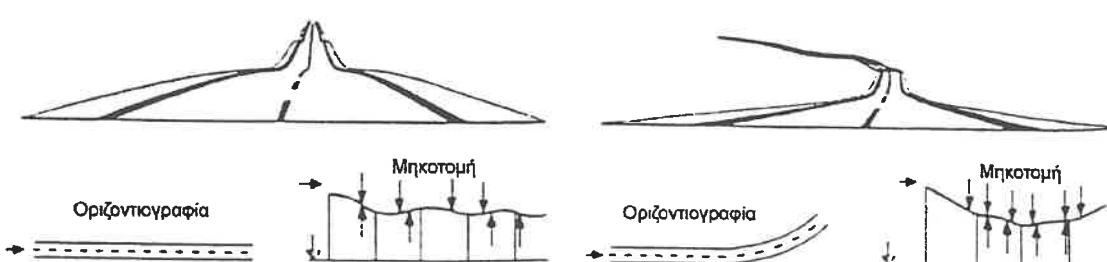
Το **τεθλασμένο κατάστρωμα της οδού** (broken back) επισημαίνεται από τους Καναδικούς κανονισμούς, και, όπως έχει ήδη αναφερθεί, εμφανίζεται όταν ανάμεσα σε όμοιες διαδοχικές κατακόρυφες καμπύλες (δύο διαδοχικά κυρτώματα ή κοιλώματα) παρεμβάλλεται μικρό τμήμα σταθερής κατά μήκος κλίσης. Προοπτική εικόνα του φαινομένου αυτού παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.14.

Τοπική υπερύψωση (Aufwölbung) δημιουργείται, σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς, όταν η χάραξη ακολουθεί βραχείς ανυψώσεις του εδάφους, χωρίς κάποιο τμήμα της να αποκρύπτεται από το οπτικό πεδίο του οδηγού. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.17.



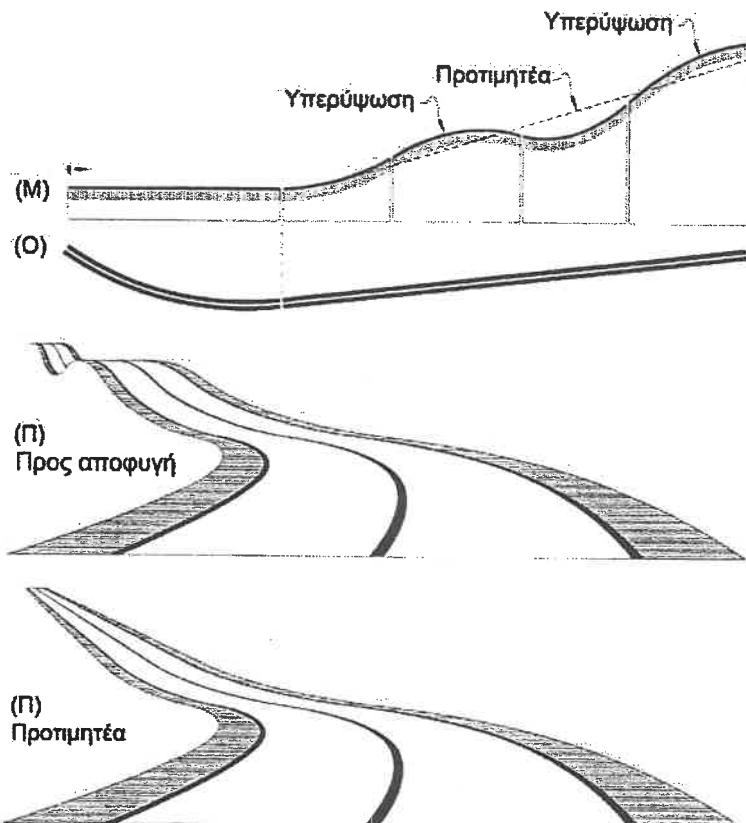
Σχήμα 2.17: Τοπική υπερύψωση. [3]

Πολλαπλές διαδοχικές τοπικές υπερυψώσεις οδηγούν κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς σε **κυματισμό** (Flattern) της οδού (Σχήμα 2.18).



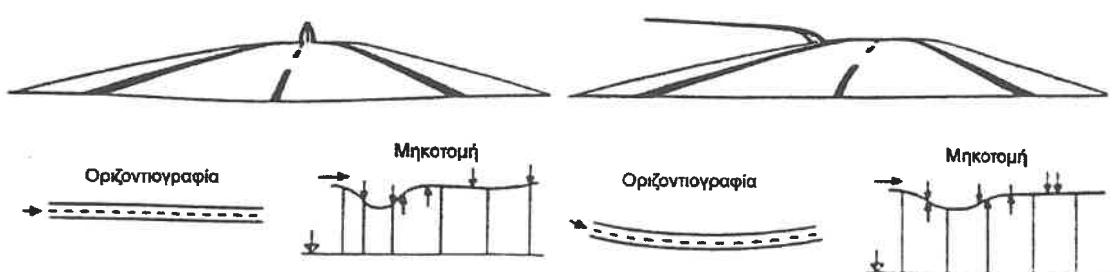
Σχήμα 2.18: Κυματισμός στην ευθυγραμμία (αριστερά) και στην καμπύλη (δεξιά). [3]

Το φαινόμενο του κυματισμού περιγράφεται και από τους Αμερικανικούς και Καναδικούς κανονισμούς. Στους Αμερικανικούς κανονισμούς μάλιστα τονίζεται ότι όταν η οριζόντιογραφία είναι καμπυλόγραμμη και το οπτικό πεδίο ελεύθερο, ο οδηγός μπορεί να διακρίνει την πλευρική όψη της περιοχής όπου εμφανίζεται ο κυματισμός, με αποτέλεσμα το φαινόμενο να γίνεται πιο έντονο, καθώς αποκαλύπτεται και η πιο μικρή υπερύψωση (Σχήμα 18).



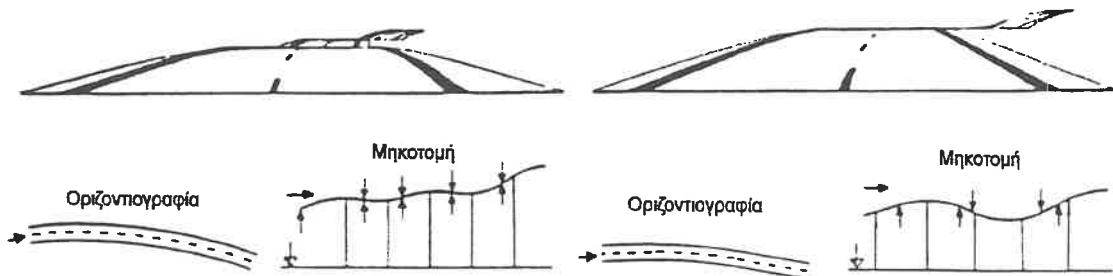
Σχήμα 2.19: Η θέα της πλευρικής όψης της οδού από απόσταση, σε περίπτωση κυματισμού, εντείνει το πρόβλημα. Λύση η επιλογή ενιαίας κλίσης στη μηκοτομή. [9]

Στην περίπτωση που η μηκοτομή ακολουθεί πάλι (όπως στην υπερύψωση) βραχείες ανυψώσεις του εδάφους, αλλά υπάρχουν τμήματα της οδού που χάνονται από το οπτικό πεδίο του οδηγού, δημιουργείται, σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς, **βύθισμα (Tauchen)** της οδού (Σχήμα 2.20).



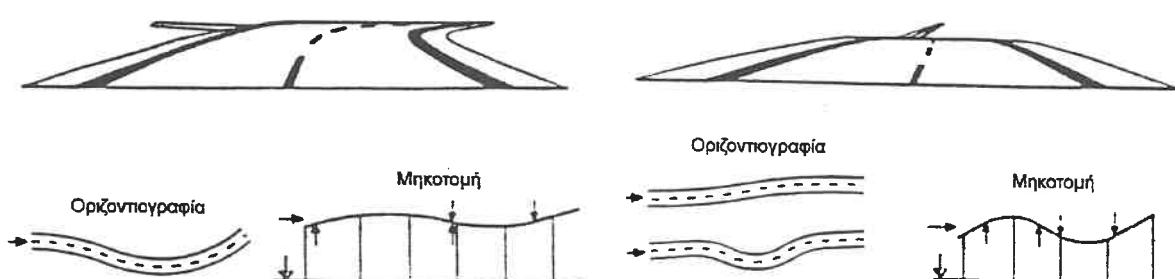
Σχήμα 2.20: Βύθισμα στην ευθυγραμμία (αριστερά) και στην καμπύλη (δεξιά). [3]

Στην περίπτωση που το βύθισμα είναι μεγάλο δεν υπάρχει καθόλου ορατότητα σε κάποιο τμήμα της οδού, ενώ στο μικρό βύθισμα ο οδηγός δυσκολεύεται να εκτιμήσει σωστά την απόσταση. Και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να προκληθούν ατυχήματα κατά τη διάρκεια ελιγμών προσπέρασης (Σχήμα 2.21). Το φαινόμενο του βυθίσματος περιγράφεται και στους Γερμανικούς κανονισμούς και χαρακτηρίζεται ως φαινόμενο “λούνα πάρκ” (roller coaster effect).



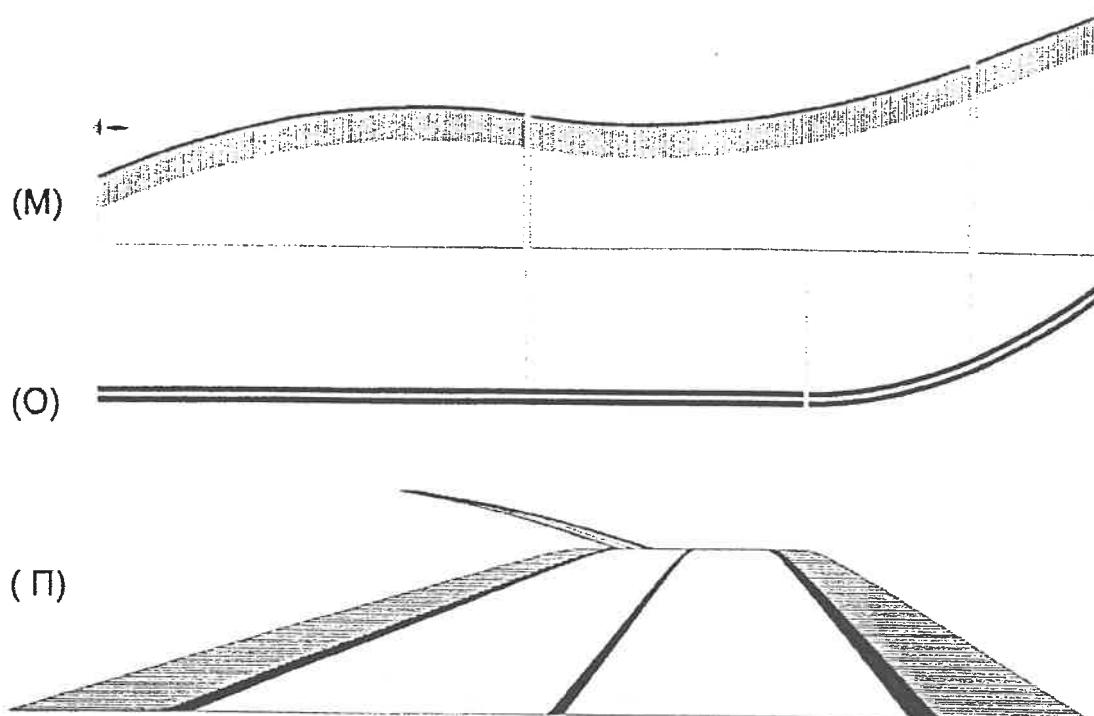
Σχήμα 2.21: Μεγάλο βύθισμα (αριστερά) και μικρό βύθισμα (δεξιά). [3]

Όταν, ταυτόχρονα με το βύθισμα, η χάραξη κάμπτεται έντονα, τότε, σύμφωνα πάντα με τους Γερμανικούς κανονισμούς, δημιουργείται η εντύπωση άλματος (Springen) της οδού (Σχήμα 2.22).



Σχήμα 2.22: Άλμα της οδού (αριστερά). Άλμα με μετατόπιση (δεξιά). [3]

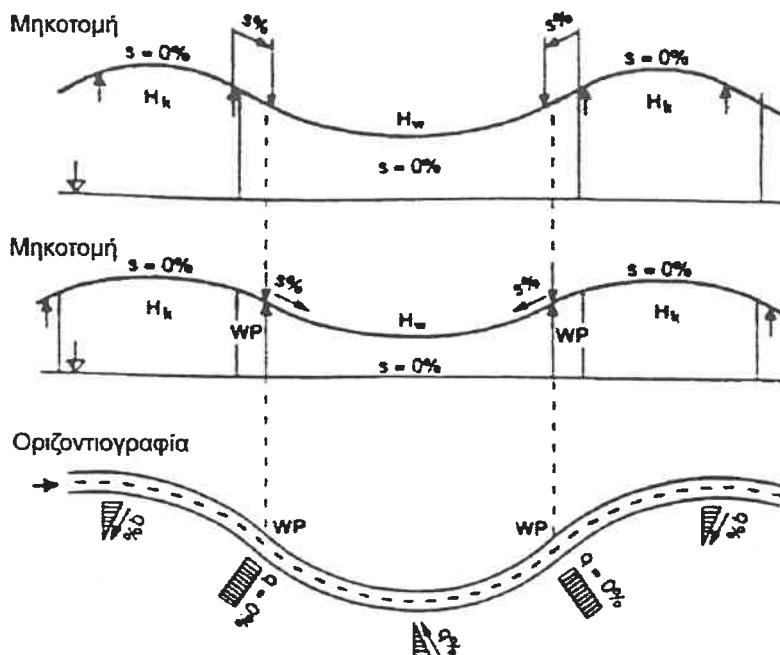
Το φαινόμενο του άλματος επισημαίνεται και στους Αμερικανικούς κανονισμούς, με την ονομασία **ασυνέχεια**. Αναφέρεται δηλαδή ότι όταν η αρχή οριζοντιογραφικής καμπύλης κρύβεται από τον οδηγό από παρεμβαλλόμενο κύρτωμα ενώ η συνέχεια της καμπύλης είναι ορατή στο βάθος της προοπτικής εικόνας, τότε παρατηρείται ασυνέχεια της οδού (Σχήμα 2.23). Είναι προφανές ότι πρόκειται για το ίδιο φαινόμενο που περιγράφεται στους Γερμανικούς κανονισμούς, κάτι που γίνεται άλλωστε αντιληπτό συγκρίνοντας τις προοπτικές εικόνες των σχημάτων 2.22 και 2.23.



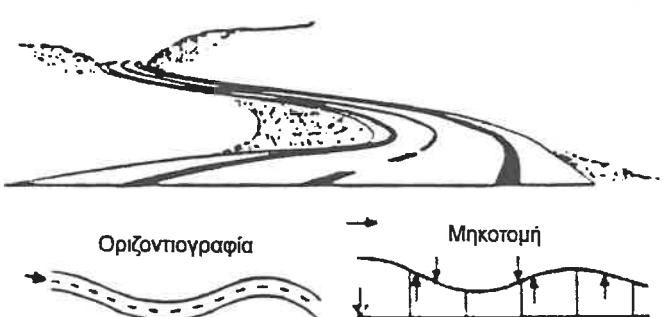
Σχήμα 2.23: Ασυνέχεια στην προοπτική εικόνα της οδού. [9]

2.5.3 Σύμπτωση σημείων καμπής στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή

Κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς, μια χάραξη είναι ιδιαίτερα επιτυχημένη όταν τα σημεία καμπής στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή περίπου συμπίπτουν (Σχήμα 2.24). Σε αυτή την περίπτωση η προοπτική εικόνα της οδού γίνεται ιδιαίτερα ευχάριστη (Σχήμα 2.25) και η χάραξη πλεονεκτεί τόσο από άποψη δυναμικής της κίνησης όσο και από άποψη απορροής των υδάτων (διότι στα σημεία με μηδενική κατά μήκος κλίση η οριζοντιογραφία είναι σε καμπύλη άρα εφαρμόζεται η μέγιστη επίκλιση, ενώ στην περιοχή της καμπύλης συναρμογής, όπου η επίκλιση είναι περίπου μηδενική, υπάρχει μέγιστη κατά μήκος κλίση).



Σχήμα 2.24: Σύμπτωση σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή.[3]



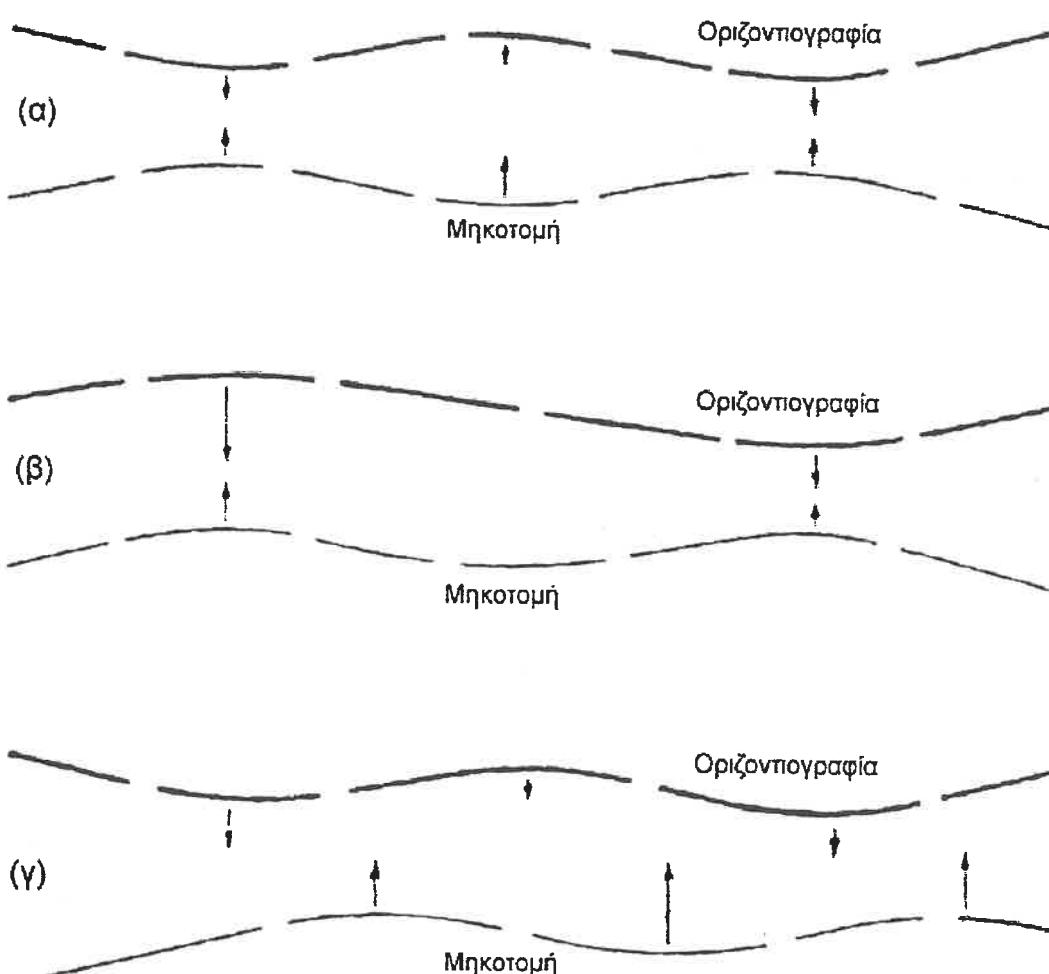
Σχήμα 2.25: Ευχάριστη προοπτική εικόνα που επιτυγχάνεται με τη σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. [3]

Η παραπάνω οδηγία των Γερμανικών κανονισμών είναι δυνατό να εφαρμοσθεί μόνο όταν το πλήθος των σημείων καμπής στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή είναι ίδιο. Συνήθως όμως, η τοπογραφία του εδάφους καθώς και άλλοι παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψη κατά τη διάρκεια της μελέτης, αποδημούν σε διαφορετικό πλήθος σημείων καμπής. Σχετικά με αυτές τις περιπτώσεις, οι Γερμανικοί κανονισμοί αναφέρουν ότι η χάραξη είναι και πάλι επιτυχημένη όταν τα σημεία τομής των εφαπτομένων στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής βρίσκονται κατά το δυνατόν κοντά το ένα στο άλλο, και τα υπεράριθμα είναι ανάμεσά τους.

Ειδικά σε λοφώδη και ορεινά εδάφη, όπου από την τοπογραφία του εδάφους επιβάλλεται συχνά η ύπαρξη τμήματος σταθερής κατά μήκος κλίσης μεταξύ του τέλους του κυρτώματος και της αρχής του κοιλώματος, αναφέρεται στους Γερμανικούς κανονισμούς ότι το σημείο καμπής στην οριζοντιογραφία (δηλαδή η αρχή της οριζοντιογραφικής καμπύλης) καλό είναι να τοποθετείται πιο κοντά στην αρχή του κοιλώματος. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον οδηγό να αντιληφθεί την καμπύλη νωρίτερα (Σχήμα 2.24, άνω μηκοτομή).

Ειδικά σε λοφώδη και ορεινά εδάφη, όπου από την τοπογραφία του εδάφους επιβάλλεται συχνά η ύπαρξη τμήματος σταθερής κατά μήκος κλίσης μεταξύ του τέλους του κυρτώματος και της αρχής του κοιλώματος, αναφέρεται στους Γερμανικούς κανονισμούς ότι το σημείο καμπής στην οριζοντιογραφία (δηλαδή η αρχή της οριζοντιογραφικής καμπύλης) καλό είναι να τοποθετείται πιο κοντά στην αρχή του κοιλώματος. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον οδηγό να αντιληφθεί την καμπύλη νωρίτερα (Σχήμα 2.24, άνω μηκοτομή).

Στους Αμερικανικούς κανονισμούς, σχετικά με το θέμα της σύμπτωσης των σημείων καμπής, περικλείονται οι ίδιες οδηγίες με τους Γερμανικούς κανονισμούς. Έτσι, αναφέρεται ότι όταν οι κορυφές οριζοντιογραφίας και μηκοτομής συμπίπτουν δημιουργείται μια ευχάριστη εμφάνιση τριδιάστατης καμπύλης S με διαδοχικά κοιλώματα-κυρτώματα (Σχήμα 2.26-α). Στην περίπτωση που το πλήθος των κορυφών διαφέρει, είναι δυνατό να παραλειφθεί μια φάση (Σχήμα 2.26-β). Τέλος, όταν οι κορυφές της μηκοτομής συμπίπτουν με τα σημεία καμπής στην οριζοντιογραφία, δηλαδή ολόκληρη η μηκοτομή είναι μετατοπισμένη κατά μισή φάση, η χάραξη χαρακτηρίζεται ως αποτυχημένη (Σχήμα 2.26-γ). Εδώ πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι για να συμπίπτουν επαρκώς οι κορυφές στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή μιας χάραξης, αρκεί να απέχουν λιγότερο από το 1 / 4 του μήκους της φάσης. [5]

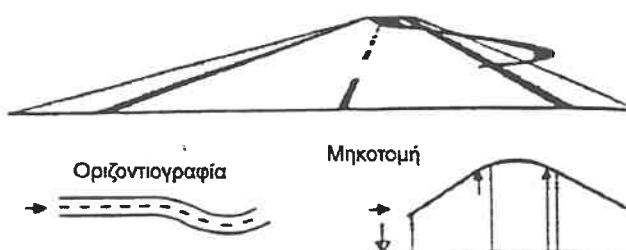


Σχήμα 2.26: Συσχέτιση κορυφών σε οριζοντιογραφία-μηκοτομή. [1]

- Απόλυτη σύμπτωση κορυφών
- Παράλειψη μιας φάσης
- Ανεπιτυχής συνδυασμός οριζοντιογραφίας - μηκοτομής.

2.5.4 Επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα

Στους Γερμανικούς κανονισμούς τονίζεται ότι, "στην περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο τα σημεία καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή δεν είναι δυνατό να συμπίπτουν, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η αλλαγή της κατεύθυνσης της οδού θα είναι σαφώς αναγνωρίσιμη μέσα στο διαθέσιμο μήκος ορατότητας. Η καμπύλη θα πρέπει να μην αποκρύπτεται σε περιοχές κυρτωμάτων" και ο οδηγός θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτιμήσει την πορεία της οδού και, εάν αυτό είναι δυνατό, το μέγεθος της καμπυλότητας. Γι' αυτό θα πρέπει η αλλαγή κατεύθυνσης της οδού, μετρούμενη από την αρχή της καμπύλης συναρμογής, που βρίσκεται μέσα στο διαθέσιμο μήκος ορατότητας, να είναι κατ' ελάχιστο $3,5^{\circ}$.[2] (Σχήμα 2.27)



Σχήμα 2.27: Αρχή οριζοντιογραφικής καμπύλης σε περιοχή κυρτώματος.
[3]



Και οι Αμερικανικοί κανονισμοί όμως τονίζουν ότι κλειστή οριζοντιογραφική καμπύλη δεν πρέπει να βρίσκεται κοντά σε έντονη κυρτή καμπύλη μηκοτομής, επειδή ο οδηγός δεν μπορεί εύκολα να αντιληφθεί την αλλαγή στην οριζοντιογραφία, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ως λύση προτείνεται η οριζοντιογραφική καμπύλη να προηγείται της καμπύλης στη μηκοτομή και επίσης να επιλέγεται τιμή για την ακτίνα στην οριζοντιογραφία επαρκώς μεγαλύτερη από την ελάχιστη που απαιτείται για τη συγκεκριμένη ταχύτητα μελέτης.

2.5.5 Επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα

Στους Γερμανικούς κανονισμούς αναφέρεται ότι ο συνδυασμός κοίλων τμημάτων στη μηκοτομή με οριζοντιογραφικές καμπύλες μπορεί να οδηγήσει τον οδηγό σε λάθος εκτιμήσεις. Η επαλληλία αυτή δίνει δηλαδή την εντύπωση ότι η καμπύλη είναι πιο ανοιχτή απ' ότι στην πραγματικότητα και ο οδηγός μπορεί να μη μειώσει όσο χρειάζεται την ταχύτητά του.

Ερευνώντας το παραπάνω φαινόμενο σε συγκεκριμένες θέσεις υφισταμένων οδών, για χρονικό διάστημα 3 ετών, οι Smith και Lamm διαπίστωσαν τα εξής:

- σε τμήμα της οδού SR275 στο οποίο εμφανίζεται επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με **κοίλη** καμπύλη μηκοτομής έγιναν 10 ατυχήματα (δείκτης ατυχημάτων $8,3 \text{ατυχ.}/10^6 \text{οχηματοχιλίομετρα}$), ενώ ο μέσος δείκτης ατυχημάτων της οδού ήταν $3,6 \text{ατυχ.}/10^6 \text{οχηματοχιλίομετρα}$. Στα 7 από τα 10 αυτά ατυχήματα, αιτία ήταν η υπερβολική ταχύτητα.
- σε τμήμα της οδού SR455 (μέσος δείκτης ατυχημάτων της οδού $2,4 \text{ατυχ.}/10^6 \text{οχηματοχιλίομετρα}$) που εμφανίζεται και πάλι επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με **κοίλη** καμπύλη μηκοτομής, ο δείκτης ατυχημάτων ήταν $5,4 \text{ατυχ.}/10^6 \text{οχηματοχιλίομετρα}$.
- σε τμήμα της οδού SR275 στο οποίο εμφανίζεται επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με **κυρτή** καμπύλη μηκοτομής ο δείκτης ατυχημάτων ήταν $1,4 \text{ατυχ.}/10^6 \text{οχηματοχιλίομετρα}$ (με μέσο δείκτη ατυχημάτων της οδού $3,6 \text{ατυχ.}/10^6 \text{οχηματοχιλίομετρα}$).

Τα παραπάνω δεδομένα υποστηρίζουν την άποψη των συγγραφέων ότι η επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα μπορεί να αυξάνει τον κίνδυνο ατυχημάτων, επειδή αλλοιώνει την προοπτική εικόνα της οδού. [5]

Στους Γερμανικούς κανονισμούς άλλωστε επισημαίνεται ότι πρέπει να καθοριστεί κάποια σχέση μεταξύ της ακτίνας της οριζοντιογραφικής καμπύλης και της ακτίνας του τόξου στρογγύλευσης. Η σχέση που προτείνεται, βασισμένη όμως μόνο στην εμπειρία και χωρίς θεωρητική υποστήριξη, είναι ο λόγος R/H (ακτίνα οριζοντιογραφικής καμπύλης προς ακτίνα τόξου στρογγύλευσης μηκοτομής) να είναι κατά το δυνατό μικρός και πάντως όχι μεγαλύτερος από 1/5 ως 1/10.

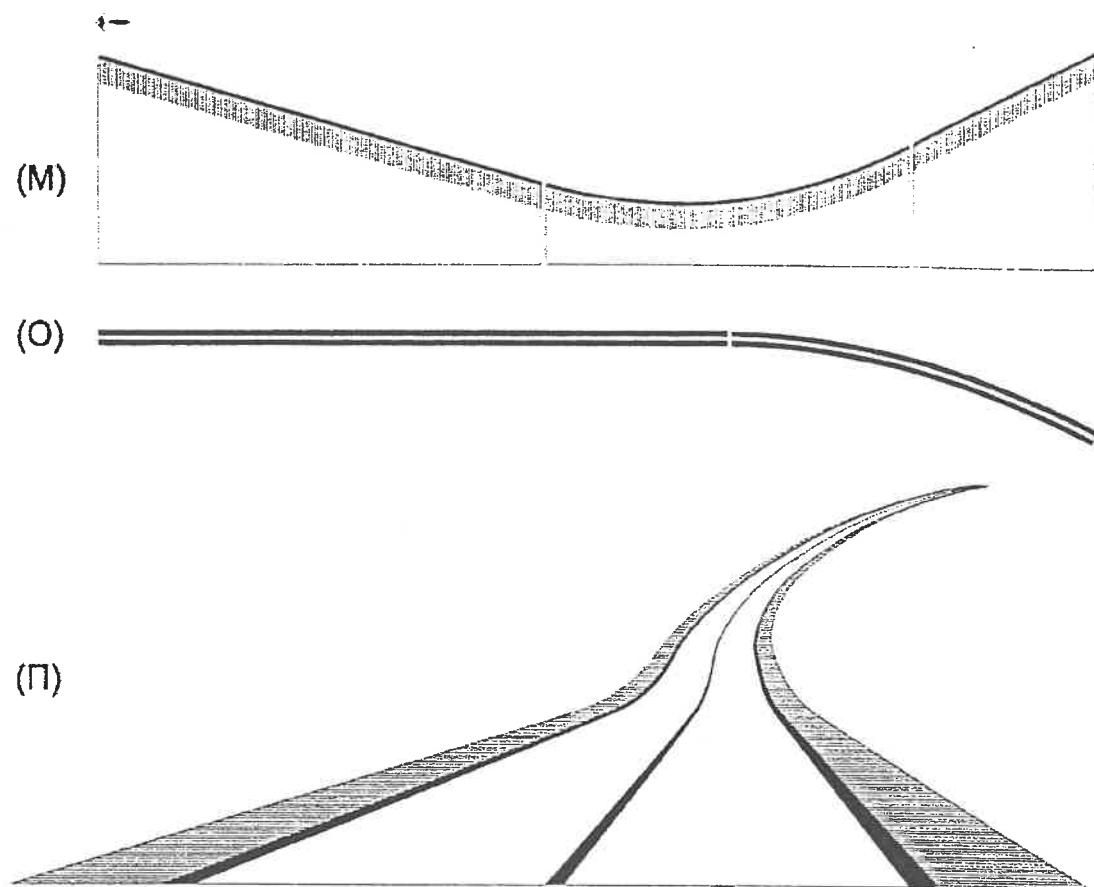
Με το παραπάνω φαινόμενο ασχολείται και η διπλωματική εργασία της E. Ταϊγανίδη [9]. Έχει δηλαδή συνταχθεί ένα ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από ζεύγη προοπτικών εικόνων που απεικονίζουν την επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα και με κύρτωμα αντίστοιχα. Το ερωτηματολόγιο αυτό έχει διθεί σε δείγμα οδηγών και τους ζητείται να εντοπίσουν σε ποιά από τις δύο καμπύλες θα κινούνταν με μεγαλύτερη ταχύτητα. Η έρευνα αυτή καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ένα στατιστικά σημαντικό ποσοστό οδηγών θα ανέπτυσσε

μεγαλύτερη ταχύτητα σε μια καμπύλη που θα ήταν σε επαλληλία με κοίλωμα απ' ότι σε σταθερή κατά μήκος κλίση ή σε κύρτωμα (αν και όλα τα όλα στοιχεία - ακτίνα, επίκλιση - ήταν όμοια).

Επίσης σημειώνεται στους Γερμανικούς κανονισμούς ότι η περίπτωση των κλειστών οριζοντιογραφικών καμπυλών σε κοίλωμα εξαιρείται από την απαίτηση για σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Για να περιοριστεί δηλαδή η εντύπωση που προκαλείται στον οδηγό, ότι η καμπύλη είναι πιο ανοιχτή απ' ότι στην πραγματικότητα, προτείνεται τα σημεία καμπής κατά το δυνατό να διαχωρίζονται. Συνιστάται δηλαδή, είτε το κοίλωμα να αρχίζει αρκετά μέσα στο οριζοντιογραφικό τόξο, ώστε η καμπυλότητα της χάραξης να είναι αναγνωρίσιμη χωρίς την επίδραση του κοιλώματος στην προοπτική εικόνα, είτε το κοίλωμα να είναι τοποθετημένο νωρίτερα, ώστε η οριζοντιογραφική καμπύλη να αρχίζει περί το τέλος του.

Η επικινδυνότητα του ανεπιτυχούς συνδυασμού κλειστής οριζοντιογραφικής καμπύλης και κοιλώματος επισημαίνεται και στους Αμερικανικούς κανονισμούς, αλλά το θέμα αυτό προσεγγίζεται από διαφορετική οπτική γωνία. Η λανθασμένη εκτίμηση της καμπυλότητας της χάραξης δεν αναφέρεται καθόλου, αλλά τονίζεται ότι κάθε οριζοντιογραφική καμπύλη μικρής ακτίνας σε επαλληλία με κοίλωμα προσλαμβάνει ανεπιθύμητη παραμορφωμένη εμφάνιση (Σχήμα 2.28). Ακόμη επισημαίνεται ότι στο κατώτατο σημείο των κοιλωμάτων οι ταχύτητες των αυτοκινήτων και ειδικά των βαρέων οχημάτων (φορτηγά, λεωφορεία) συχνά είναι υψηλές, και έτσι η τοποθέτηση εκεί της αρχής μιας κλειστής οριζοντιογραφικής καμπύλης μπορεί να οδηγήσει σε ατυχήματα.

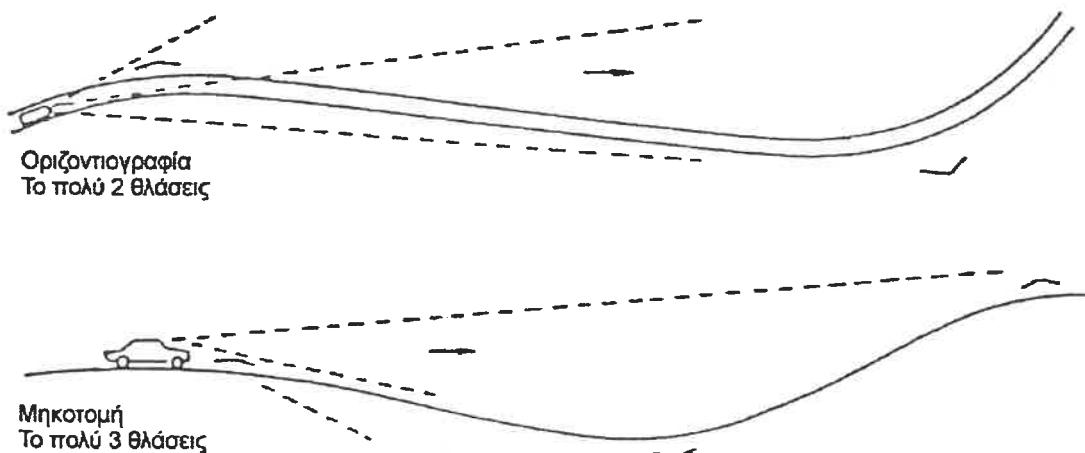
Από τα παραπάνω φαίνεται ότι οι Αμερικανικοί και οι Γερμανικοί κανονισμοί συμφωνούν ως προς την επικινδυνότητα του ανεπιτυχούς συνδυασμού οριζοντιογραφικής καμπύλης και κοιλώματος, διαφωνούν όμως ως προς το πραγματικό αίτιο που προκαλεί τα ατυχήματα. Έτσι, στους Γερμανικούς κανονισμούς τα ατυχήματα αποδίδονται στην παραπλάνηση του οδηγού ως προς την καμπυλότητα της χάραξης, άποψη με την οποία συμφωνούν και οι Smith και Lamm, ενώ στους Αμερικανικούς κανονισμούς αποδίδονται σε λόγους δυναμικής της κίνησης (αν και επισημαίνεται η παραμορφωμένη εμφάνιση στην προοπτική εικόνα). Η προσωπική μου άποψη, βασισμένη όμως μόνο στην εμπειρία μου ως οδηγός, είναι ότι η προσέγγιση των Γερμανικών κανονισμών είναι ορθότερη. Σε ασφαλέστερα συμπεράσματα όμως θα μπορούσε να οδηγήσει μια έρευνα ατυχημάτων στην οποία θα εξεταζόταν αν τα βαρέα οχήματα που αναφέρονται στους Αμερικανικούς κανονισμούς συμμετέχουν σε πιοσοστό σημαντικά μεγαλύτερο από το φυσιολογικό στα ατυχήματα που γίνονται σε περιοχές επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα.



Σχήμα 2.28: Εμφάνιση οξείας γωνίας λόγω επαλληλίας κλειστής οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα. [9]

2.5.6 Μέγιστος αριθμός θλάσεων σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή

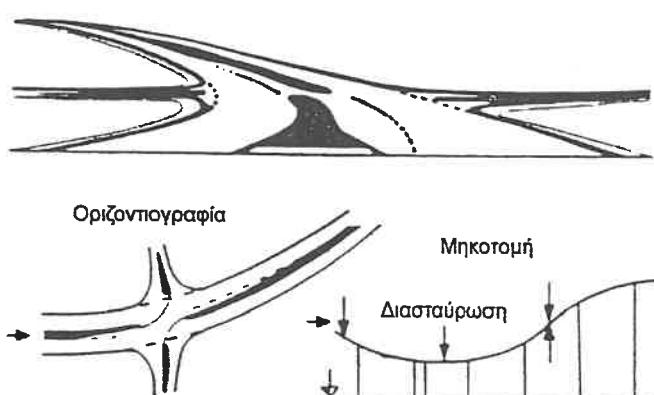
Στους Αμερικανικούς κανονισμούς αναφέρεται ότι σε κάθε στιγμή δεν θα πρέπει να βρίσκονται στο οπτικό πεδίο του οδηγού περισσότερες από δύο θλάσεις (αλλαγές κατεύθυνσης) στην οριζοντιογραφία και τρεις στη μηκοτομή. Η οδηγία αυτή στόχο έχει να βελτιώσει την αισθητική της οδού. Αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.29 που ακολουθεί.



Σχήμα 2.29: Μέγιστος αριθμός θλάσεων σε οριζοντιογραφία-μηκοτομή. [1]

2.5.7 Χάραξη στο χώρο και ισόπεδοι κόμβοι-τεχνικά έργα

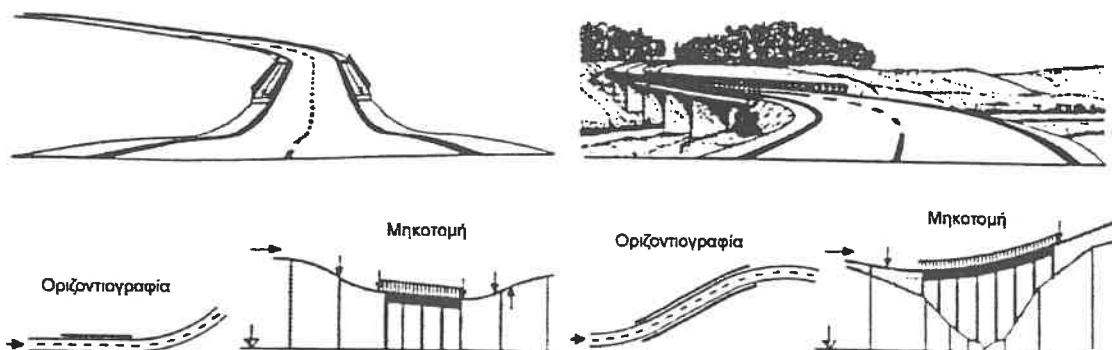
Στους Γερμανικούς κανονισμούς, αλλά και στους Αμερικανικούς και Καναδικούς, συνιστάται να τοποθετούνται οι κόμβοι, εφόσον αυτό είναι δυνατό, σε κοίλωμα, για λόγους καλύτερης εποπτείας του χώρου και ευκολίας στην αναγνώριση (Σχήμα 2.30).



Σχήμα 2.30: Κόμβος σε κοίλωμα.
[3]

Εαν αυτό δεν είναι δυνατό να εφαρμοσθεί και για τις δύο συμβαλλόμενες οδούς, είναι προτιμότερο να βρίσκεται σε κοίλωμα η οδός με τη μικρότερη κυκλοφοριακή σημασία. Με αυτό τον τρόπο δίνεται πρωταρχική σημασία στην ορατότητα επί του κόμβου της δευτερεύουσας οδού, και λιγότερο στην ορατότητα των οδηγών που κινούνται επί της κυρίας οδού και έχουν την προτεραιότητα.

Τα τεχνικά έργα, κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς, οφείλουν να προσαρμόζονται στη χάραξη και να αποφεύγεται η κατασκευή επίπεδων τεχνικών έργων μικρού μήκους (π.χ. μικρές γέφυρες) μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων (Σχήμα 2.31). Σχετική αναφορά για την παρεμβολή μικρού ευθυγράμμου τμήματος στη μηκοτομή ανάμεσα σε δύο διαδοχικά κοιλώματα έχει ήδη γίνει στην παράγραφο 2.4.4.

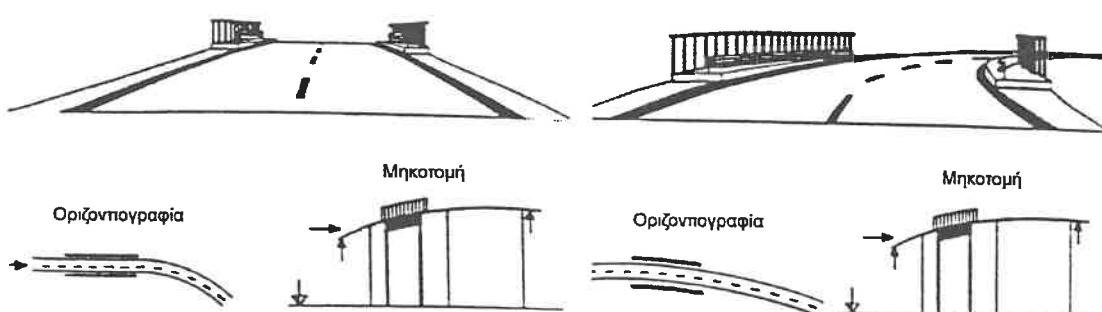


Σχήμα 2.31: Προσαρμογή των τεχνικών έργων στη μορφή της χάραξης.

Το επίπεδο τεχνικό μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων δημιουργεί παραμορφώσεις στην προοπτική εικόνα της οδού (αριστερά).

Αντίθετα, όταν το τεχνικό προσαρμόζεται στη χάραξη, η εικόνα που προκύπτει είναι πολύ ικανοποιητική (δεξιά). [3]

Τέλος, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται ώστε τα τεχνικά έργα επί της οδού να μην αποκρύπτουν την αρχή οριζοντιογραφικής καμπύλης. Έτσι, θα πρέπει σε περιοχές τεχνικών έργων που προηγούνται οριζοντιογραφικής καμπύλης να εξασφαλίζεται ότι η χάραξη είναι ήδη σαφώς καμπυλωμένη πριν το τεχνικό (Σχήμα 2.32).



Σχήμα 2.32: Απόκρυψη οριζοντιογραφικής καμπύλης από τεχνικό έργο.

Στην αριστερή χάραξη ο οδηγός δεν έχει καμμία ένδειξη ότι ακολουθεί καμπύλη. Αντίθετα, στη δεξιά χάραξη η καμπυλότητα του τεχνικού επιτρέπει πολύ καλή αναγνώριση της καμπύλης. [3]

2.6 Σύνοψη - Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι τα τελευταία χρόνια γίνεται μια πολύπλευρη προσπάθεια θέσπισης κανόνων για τη σωστή χάραξη της οδού στο χώρο, ώστε να βελτιωθεί η αισθητική αλλά και η ασφάλεια που θα παρέχουν τα υπό μελέτη οδικά έργα.

Οι Γερμανικοί κανονισμοί φαίνεται να έχουν προχωρήσει πιο πολύ στο θέμα του συνδυασμού οριζοντιογραφίας-μηκοτομής σε σύγκριση με τους Αμερικανικούς και τους Καναδικούς. Είναι πιο καλά οργανωμένοι και δομημένοι, έχουν σχεδόν σε κάθε διάταξη συνοδευτικό προοπτικό σχήμα ώστε αυτή να γίνεται ευκολότερα κατανοητή και περιέχουν πληθώρα διατάξεων σχετικών με θέματα που καθόλου δεν αναφέρονται στους Αμερικανικούς ή τους Καναδικούς κανονισμούς (π.χ. η επιθυμητή σχέση μεταξύ των ακτίνων σε κοίλα και κυρτά τόξα μηκοτομής στην παράγραφο 2.4.4, η πληρέστερη απαρίθμηση των πιθανών οπτικών ελαττωμάτων μιας χάραξης στην παράγραφο 2.5.2 κ.α.). Πιο συχνά επίσης οι υποδείξεις τους έχουν ποσοτικό χαρακτήρα, ώστε πέρα από γενικές ποιοτικές συμβουλές να έχουν το νόημα συστάσεων προς εφαρμογή. Έτσι για παράδειγμα, ενώ και οι τρεις κανονισμοί οδοποιίας αναφέρουν ότι κατά την επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα (παράγραφος 2.5.4) θα πρέπει η καμπύλη να προηγείται, ώστε να γίνεται εγκαίρως αντιληπτή, μόνο οι Γερμανικοί κανονισμοί προσδιορίζουν ότι θα πρέπει η αλλαγή κατεύθυνσης που βρίσκεται εντός του διαθέσιμου μήκους ορατότητας να είναι κατ' ελάχιστο 3,5^g.

Οι Αμερικανικοί κανονισμοί είναι οι μόνοι που προσδιορίζουν μέγιστο αριθμό ορατών θλάσεων στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή (παράγραφος 2.5.6) και ασχολούνται κάπως περισσότερο με την αισθητική της οδού σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο. Είναι όμως πιο δύσκολα κατανοητοί και λιγότερο παραστατικοί, επειδή στερούνται προοπτικών σχημάτων και οι διατάξεις τους συνοδεύονται από απλά σκαριφήματα οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Πολύ αξιόλογη προσπάθεια για τον εμπλούτισμό των Αμερικανικών κανονισμών με τα απαραίτητα προοπτικά σχήματα έχει γίνει στη διπλωματική εργασία της E. Ταϊγανίδη [9], από την οποία έχουν ληφθεί και τα περισσότερα σχήματα του παρόντος κεφαλαίου που αναφέρονται στους κανονισμούς AASHTO.

Οι Καναδικοί κανονισμοί τέλος είναι οι λιγότερο πλήρεις, πράγμα άλλωστε αναμενόμενο, αφού είναι μεγαλύτερης “ηλικίας” κατά μια δεκαετία. Είναι χαρακτηριστικό ότι η ανάγκη για σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, στην οποία δίνεται μεγάλη έμφαση τόσο από τους Αμερικανικούς όσο και από τους Γερμανικούς κανονισμούς, δεν

αναφέρεται καθόλου. Πάντως, είναι πολύ ενδιαφέρουσα η παράθεση φωτογραφιών από πραγματικές οδούς, ως παραδείγματα καλής ή ανεπιτυχούς κατά περίπτωση εφαρμογής των διατάξεων για τη χάραξη στο χώρο.

Μελετώντας τους παραπάνω κανονισμούς οδοποιίας γίνεται σαφές ότι το θέμα της χάραξης στο χώρο ακόμη δεν καλύπτεται πλήρως από οδηγίες σαφείς και εφαρμόσιμες, όπως γίνεται με άλλα θέματα του σχεδιασμού των οδών (π.χ. οριζοντιογραφία ή μηκοτομή, όπου υπάρχουν πλήρεις πίνακες με μέγιστες ή/και ελάχιστες τιμές για κάθε στοιχείο -ακτίνα καμπύλης, κλίση, ακτίνα τόξου στρογγύλευσης κ.α.). Για τα περισσότερα στοιχεία της χάραξης στο χώρο υπάρχουν υποδείξεις υπό τη μορφή γενικών συστάσεων και καταστάσεων που πρέπει να αποφεύγονται, χωρίς όμως να είναι σαφές το όριο του ανεπιθύμητου φαινομένου, και έτσι η επιτυχία μιας χάραξης όσον αφορά την προοπτική εικόνα της οδού ουσιαστικά εναπόκειται στη διορατικότητα και την εμπειρία του μελετητή. Για παράδειγμα, σε μια οριζοντιογραφική καμπύλη που ακολουθεί ευθυγραμμία (Σχήμα 2.4) δεν καθορίζεται πουθενά ποια είναι η οριακή τιμή της ακτίνας κάτω από την οποία εμφανίζεται οπτική θλάση. Ακόμη, σε πολλές περιπτώσεις που δίνεται κάποια οριακή τιμή, μπορεί να έχει πολύ μεγάλο εύρος διακύμανσης (π.χ. σε επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα προτείνεται από τους Γερμανικούς κανονισμούς μέγιστη τιμή για το λόγο R/H που είναι 1/10 ως 1/5, δηλαδή για σταθερή τιμή της ακτίνας τόξου στρογγύλευσης Η μπορεί να θεωρηθούν ως οριακές καταστάσεις δύο καμπύλες οριζοντιογραφίας που η μια είναι διπλάσια της άλλης).

Υπάρχει επομένως ανάγκη για περαιτέρω έρευνα πάνω στο θέμα της χάραξης στο χώρο και κυρίως στον καθορισμό οριακών τιμών σχετικών με την εμφάνιση ανεπιθύμητων φαινομένων. Με αυτό τον τρόπο η εφαρμογή των παραπάνω υποδείξεων δεν θα εναπόκειται μόνο στην κρίση του μηχανικού, αλλά θα είναι ευκολότερη η κωδικοποίηση των διατάξεων και η δημιουργία προγραμμάτων Η/Υ που θα εκτελούν ολοκληρωμένο έλεγχο της χάραξης στο χώρο μιας οδού.

2.7 Παρουσίαση - σχολιασμός υφισταμένων προγραμμάτων ελέγχου της χάραξης στο χώρο

Το θέμα της σύνταξης αλγορίθμων Η/Υ που θα ελέγχουν την ορθότητα της χάραξης μιας οδού στο χώρο έχει απασχολήσει και παλαιότερες διπλωματικές εργασίες του Ε.Μ.Π. Στη διπλωματική εργασία του Ν. Τράκου [10] παρουσιάζονται οκτώ προγράμματα Η/Υ, τα οποία ελέγχουν ορισμένους τομείς του συνδυασμού οριζοντιογραφίας-μηκοτομής. Οι έλεγχοι που γίνονται είναι οι εξής:

- Έλεγχος σχέσης ακτίνων κοίλων και κυρτών καμπύλων μηκοτομής σε ορεινά και πεδινά εδάφη. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στη σχετική διάταξη των Γερμανικών κανονισμών που παρουσιάζεται στην παράγραφο 2.4.4.
- Έλεγχος αλληλοκαλυπτόμενων καμπύλων - η οριζοντιογραφική καμπύλη να περιέχει την καμπύλη της μηκοτομής.
- Έλεγχος σχέσης ακτίνων οριζοντιογραφίας - μηκοτομής. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στην υπόδειξη των Γερμανικών κανονισμών σχετικά με το λόγο R/H κατά την επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα.
- Έλεγχος ελαχίστου μήκους καμπύλης οριζοντιογραφίας. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται σε σχετική υπόδειξη των Γερμανικών κανονισμών, η οποία όμως αφορά μόνο την οριζοντιογραφία και όχι το συνδυασμό οριζοντιογραφίας-μηκότομής, ούτε την προοπτική εικόνα της οδού.
- Έλεγχος ελαχίστου μήκους καμπύλης μηκοτομής. Ομοίως, ο έλεγχος αυτός βασίζεται σε σχετική υπόδειξη των Γερμανικών κανονισμών, η οποία αφορά όμως μόνο την μηκοτομή.
- Έλεγχος ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ ομορρόπτων καμπυλών στη μηκοτομή. Ο έλεγχος αυτός στόχο έχει να εξασφαλίσει ότι δεν θα εμφανιστεί το φαινόμενο του "τσακισμένου" καταστρώματος της οδού που περιγράφουν οι Καναδικοί κανονισμοί (broken back).
- Έλεγχος ύπαρξης τριών το πολύ καμπύλων στη μηκοτομή και δύο το πολύ καμπύλων στην οριζοντιογραφία μέσα στο οπτικό πεδίο του οδηγού. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στη σχετική υπόδειξη των Αμερικανικών κανονισμών (παράγραφος 2.5.6).
- Έλεγχος επιθυμητών συνδυασμών οριζοντιογραφίας - μηκοτομής. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στις διατάξεις περί σύμπτωσης των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή (παράγραφος 2.5.3).

Τα παραπάνω προγράμματα αποτελούν μια αξιόλογη πρώτη προσπάθεια κωδικοποίησης των διατάξεων των κανονισμών σχετικά με τη χάραξη στο χώρο, παρουσιάζουν όμως αρκετά μειονεκτήματα. Κατ' αρχήν, τα προγράμματα δε λαμβάνουν τα απαιτούμενα δεδομένα από τα αρχεία

λειτουργίας των προγραμμάτων οδοποιίας (ΟΔΟΣ, InRoads, MOSS) αλλά απαιτούν τροφοδοσία από το χειριστή. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως η δυσκολία στον έλεγχο της χάραξης στο χώρο συνίσταται στην ταυτόχρονη συλλογή των δεδομένων από οριζοντιογραφία και μηκοτομή και όχι στον έλεγχο αυτό καθ' αυτό. Ακόμη, προκειμένου να αντιμετωπισθεί η ασάφεια των κανονισμών, έχουν γίνει ορισμένες παραδοχές, οι οποίες όχι μόνο δεν υποστηρίζονται (θεωρητικά ή στατιστικά), αλλά και δεν δικαιολογούνται. Για παράδειγμα, κατά τον έλεγχο σχέσης ακτίνων οριζοντιογραφίας - μηκοτομής (όπου οι Γερμανικοί κανονισμοί προτείνουν λόγο R/H κατά το δυνατό μικρό και πάντως όχι μεγαλύτερο από $1/5$ ως $1/10$), οι τιμές που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα (χωρίς να εξηγείται πώς προέκυψαν) είναι $R/H_w < 1/5$, $R/H_k < 1/10$ για λοφώδη και ορεινά εδάφη και $R/H_w < 1/15$, $R/H_k < 1/30$ για πεδινά εδάφη. Για το συγκεκριμένο πρόγραμμα επίσης πρέπει να τονιστεί ότι η σχετική διάταξη των Γερμανικών κανονισμών αφορά την επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης μόνο με κοίλωμα και όχι με κύρτωμα.

Η πρακτική επομένως χρησιμότητα των παραπάνω προγραμμάτων είναι μάλλον περιορισμένη, παρά το γεγονός ότι αποτελούν μια αξιόλογη πρώτη προσπάθεια δημιουργίας αλγορίθμων ελέγχου της χάραξης στο χώρο. Μια συνέχεια-επέκταση αυτής της προσπάθειας γίνεται στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΔΟΠΟΪΑΣ INROADS - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ



3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ INROADS

3.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί επιχειρείται μια σύντομη παρουσίαση των δυνατοτήτων του προγράμματος οδοποιίας InRoads, δίνοντας έμφαση στην παραγωγή προοπτικών εικόνων που επιτρέπουν εποπτικότερο έλεγχο της χάραξης της οδού στο χώρο.

Το πρόγραμμα οδοποιίας InRoads αναπτύχθηκε από την αμερικανική εταιρεία λογισμικού Intergraph Corporation, με σκοπό να παρέχει λύσεις στους μελετητές μηχανικούς, διευκολύνοντάς τους στη χάραξη των οδών και την τελική παρουσίαση των μελετών τους (Σχήμα 3.1). [11]



Σχήμα 3.1: Το InRoads σε συνδυασμό με το σχεδιαστικό πρόγραμμα MicroStation μπορεί να παράγει φωτορεαλιστικές απεικονίσεις της οδού. [11]

Το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί το InRoads είναι το σχεδιαστικό πρόγραμμα MicroStation, της ίδιας εταιρείας, και έτσι το InRoads υποστηρίζεται από ένα πλήρες σύνολο εντολών σχεδίασης και γραφικής επεξεργασίας των παραγόμενων σχεδίων της οδού.

Στη συνέχεια της ενότητας αυτής παρουσιάζονται οι κυριότερες λειτουργίες του προγράμματος που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας μελέτης οδοποιίας.

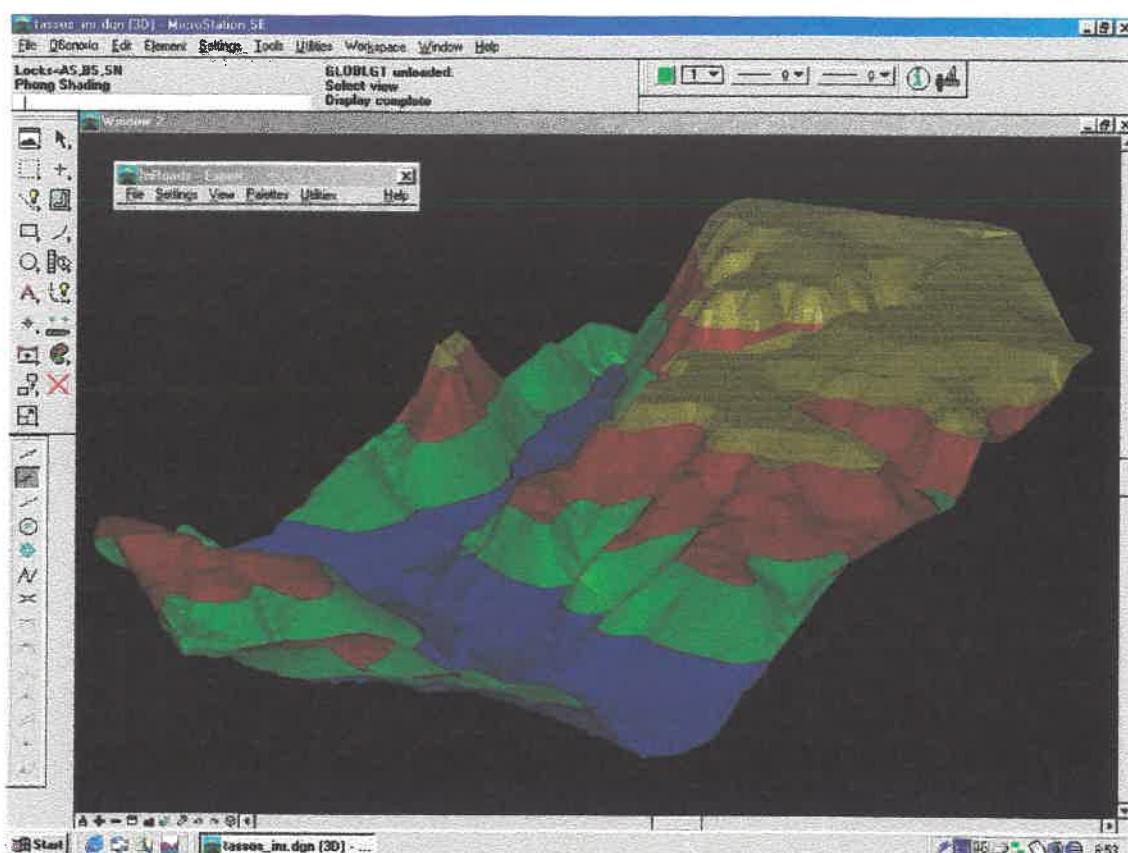
3.2 Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους

Για τη μελέτη μιας οδού σε Η/Υ, το πρώτο δεδομένο που απαιτείται είναι προφανώς ο καθορισμός της μορφής του εδάφους που θα διασχίζει. Το InRoads παρέχει στο χρήστη τις εξής δυνατότητες για την εισαγωγή των στοιχείων του εδάφους:

- ανάγνωση των συντεταγμένων (x, y, z) των σημείων του εδάφους από αρχεία κειμένου (αρχεία ASCII).
- εισαγωγή των στοιχείων του εδάφους από αρχείο σχεδίου του MicroStation. Η επιλογή αυτή επιτρέπει την εισαγωγή στοιχείων εδάφους από τοπογραφικό χάρτη με ισοϋψείς καμπύλες, αφού πρώτα προηγηθεί η ψηφιοποίησή του.
- χρήση ψηφιακού μοντέλου υψομέτρων DEM (Digital Elavation Model) της U.S. Geodetic Survey. Πρόκειται για μοντέλο εδάφους που βασίζεται σε ορθογωνικό κάνναβο πλευράς 30m και καλύπτει το σύνολο των ηπειρωτικών Η.Π.Α. Αντίστοιχα αρχεία για τον Ελληνικό χώρο είναι διαθέσιμα από τη Γ.Υ.Σ. (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).
- χρήση συστήματος IGRDS (Interactive Graphics Roadway Design System) του οργανισμού AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Πρόκειται για ένα σύστημα βασισμένο σε διατομές υφισταμένων οδών, από τις οποίες μπορούν να κατασκευαστούν ψηφιακά μοντέλα εδάφους των αντίστοιχων διαδρόμων. Κάτι αντίστοιχο δεν είναι διαθέσιμο στην Ελλάδα.
- ανάγνωση των συντεταγμένων των σημείων του εδάφους από δυαδικά αρχεία (binary) μορφής .xyz. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εισαγωγή δεδομένων από τοπογραφικά και χαρτογραφικά προγράμματα της εταιρείας InterGraph Corporation. [2]

Με τους παραπάνω τρόπους είναι δυνατό να ορισθούν τυχαία σημεία της επιφάνειας του εδάφους (random points), γραμμές αλλαγής κλίσεως (breaklines), ισοϋψείς (contours), εσωτερικά και εξωτερικά όρια (interior & exterior boundary points) έτσι ώστε να αποδοθεί ακριβέστερα η επιφάνεια του εδάφους.

Το πρόγραμμα στη συνέχεια δημιουργεί το ψηφιακό μοντέλο εδάφους με τη μέθοδο του τριγωνισμού (πλέγμα τριγώνων στο χώρο). Η επιφάνεια του εδάφους στη συνέχεια μπορεί να αναπαρασταθεί με διάφορους τρόπους, π.χ. με ισοϋψείς, με το πλέγμα των τριγώνων, με αντιστοίχηση χρωμάτων ανάλογα με το υψόμετρο (Σχήμα 3.2), με μοντέλο κατάλληλο για φωτορεαλιστική απόδοση κ.α.



Σχήμα 3.2: Φωτορεαλιστική απόδοση του μοντέλου του εδάφους με χρήση χρωμάτων για την παρουσίαση του υψομέτρου.

Δίνεται επίσης η δυνατότητα επέμβασης στην παραγόμενη επιφάνεια για τη διόρθωση σφαλμάτων που τυχόν έχουν προκύψει από εσφαλμένη είσαγωγή δεδομένων, την αφαίρεση άχρηστων σημείων κ.α. Ο χρήστης μπορεί ακόμη να ενώσει δύο επιφάνειες ή να απομονώσει τμήματά τους. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα υδρολογικής ανάλυσης μιας επιφάνειας, αφού το πρόγραμμα είναι σε θέση να εντοπίσει αυτόμata τις μισγάγγειες και τους υδροκρίτες ή να προσομοιώσει την πορεία μιας σταγόνας νερού που πέφτει σε κάποιο σημείο του εδάφους.

3.3 Εισαγωγή οριζοντιογραφίας

Η εισαγωγή της οριζοντιογραφίας στο InRoads μπορεί να γίνει με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος αφορά τη χάραξη με τη βοήθεια πολυγωνικής. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια τεθλασμένη γραμμή ήδη σχεδιασμένη στην οθόνη ως πολυγωνική της χάραξης, ή να ορίσει εκ νέου τις κορυφές της πολυγωνικής (πληκτρολογώντας συντεταγμένες ή οπτικά, με τη βοήθεια του ποντικιού στην οθόνη). Αφού ορισθεί η πολυγωνική ο χρήστης μπορεί να εισάγει σε κάθε κορυφή έναν τύπο καμπύλης. Οι διατιθέμενοι τύποι

καμπύλης είναι: α) κυκλικό τόξο με καμμία, μία ή δύο κλωθοειδείς, β) δύο ομόρροπτά κυκλικά τόξα με κλωθοειδή στην αρχή και το τέλος τους και ωοειδή καμπύλη ανάμεσα, γ) δύο αντίρροπτα κυκλικά τόξα με κλωθοειδή στην αρχή και το τέλος τους και σιγμοειδή καμπύλη ανάμεσα. Για κάθε ένα από τους παραπάνω τύπους καμπύλης υπάρχει η δυνατότητα να ορισθεί το σημείο αρχής ή τέλους της καμπύλης, ή σημείο απ' το οποίο πρέπει υποχρεωτικά να περνά η καμπύλη.

Ο δεύτερος τρόπος εισαγωγής οριζοντιογραφίας στο InRoads είναι η χρήσιμοποίηση τμημάτων χάραξης. Τα τμήματα αυτά είναι ευθύγραμμα ή καμπύλα και τοποθετούνται με διάφορους βαθμούς ελευθερίας. Έτσι, μπορεί να είναι πλήρως καθορισμένα (χωρίς κανένα βαθμό ελευθερίας, fixed), μερικώς καθορισμένα (με ένα βαθμό ελευθερίας, floating) ή ελεύθερα (με δύο βαθμούς ελευθερίας, free). Κάθε ένα από τα τμήματα αυτά, ανάλογα με τη μορφή του (ευθύγραμμο, καμπύλο), καθορίζεται (δηλαδή περιορίζονται οι βαθμοί ελευθερίας του) με την εισαγωγή σημείων αρχής ή τέλους, ακτίνων, διεύθυνσης και εφαπτομένων. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ χρήσιμη σε περιπτώσεις που υπάρχει περιορισμός χώρου (π.χ. παρακείμενες ιδιοκτησίες), γιατί γίνεται κατευθείαν χάραξη του άξονα, χωρίς να προηγείται πολυγωνική. [11]

Κατά την εισαγωγή της οριζοντιογραφίας ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει στην οθόνη τη χάραξή του παράλληλα με το τοπογραφικό υπόβαθρο και αν δεν τον ικανοποιεί να την αλλάξει πριν οριστικοποιηθεί. Τα γεωμετρικά στοιχεία της χάραξης υπολογίζονται άμεσα και παρουσιάζονται σε ειδικά διαμορφωμένους πίνακες. Τέλος, το InRoads δίνει τη δυνατότητα εύκολης μεταβολής μιας χάραξης (μετακίνηση, διαγραφή, πρόσθεση κορυφών), δημιουργίας παράλληλων χαράξεων και κατασκευής χώρου αναστροφής (Cul-de-sac).

3.4 Σχεδίαση μηκοτομής - εισαγωγή ερυθράς

Μετά την ολοκλήρωση της οριζοντιογραφίας το πρόγραμμα InRoads σχεδιάζει αυτόμata τη μηκοτομή του εδάφους. Η μηκοτομή παρουσιάζεται για καλύτερη εποπτεία στην ίδια οθόνη με την οριζοντιογραφία. Η εισαγωγή της ερυθράς γίνεται με προσδιορισμό των κορυφών της. Για το σκοπό αυτό υπάρχει δυνατότητα εισαγωγής της Χιλιομετρικής Θέσης, του υψομέτρου των κορυφών ή της κλίσης των ευθυγράμμων τμημάτων της ερυθράς. Τα τόξα στρογγύλευσης μπορεί να είναι κύκλοι ή παραβολές και η εισαγωγή τους γίνεται με διάφορους τρόπους. Έτσι, μπορεί να προσδιοριστεί η ακτίνα ή το μήκος της καμπύλης, η τιμή του Τ ή του K ή ένα σημείο υποχρεωτικής διάβασης της καμπύλης.

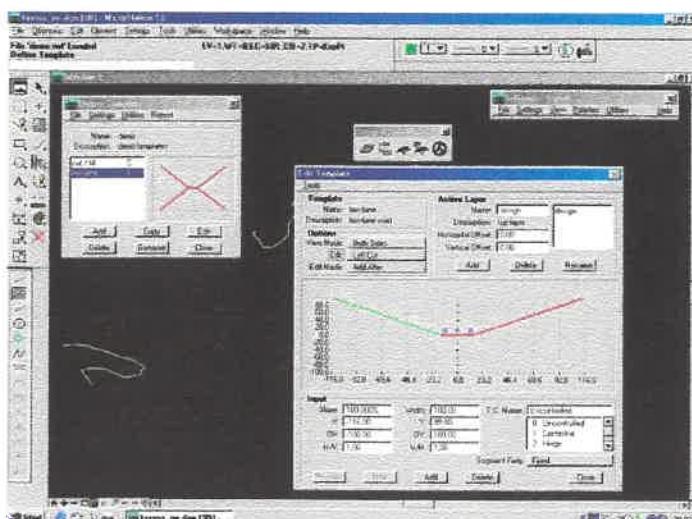
Το InRoads προσφέρει επίσης τη δυνατότητα αυτόματου σχεδιασμού της ερυθράς της οδού, με βάση τη μορφή του φυσικού εδάφους. Στα σημεία δηλαδή που αλλάζει σημαντικά η κλίση της μηκοτομής του εδάφους προστίθενται κορυφές της ερυθράς. [11]

Η μηκοτομή του εδάφους και η ερυθρά της χάραξης απεικονίζονται στην οθόνη και ο χρήστης έχει κάθε δυνατότητα επεξεργασίας τους. Τα γεωμετρικά στοιχεία υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα και παρουσιάζονται σε ειδικούς πίνακες. Ακόμη, σχεδιάζεται αυτόματα και το υπόμνημα στο κάτω μέρος του σχεδίου της μηκοτομής. Προσφέρεται επίσης η δύνατότητα για μια οριζοντιογραφία να σχεδιαστούν πολλαπλές μηκοτομές, με στόχο την τελική επιλογή της καλύτερης από αυτές.

3.5 Διαμόρφωση τυπικής διατομής - πίνακες ορυγμάτων και επιχωμάτων

Η διαμόρφωση της τυπικής διατομής της οδού στο InRoads γίνεται με τη σχεδίασή της στην οθόνη του H/Y. Υπάρχει δυνατότητα εισαγωγής στοιχείων σε διαφορετικά σχεδιαστικά επίπεδα (layers) ώστε στο τελικό τριδιάστατο μοντέλο να μπορεί να εμφανιστεί είτε η ασφαλτική στρώση, είτε η στάθμη των χωματουργικών, της υπόβασης, της βάσης κ.ο.κ. Επίσης, έτσι είναι δυνατός ο υπολογισμός των όγκων των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή της οδού με ακρίβεια.

Η εισαγωγή των τμημάτων της διατομής γίνεται με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους (Σχήμα 3.3). Έτσι, μπορεί να ορισθεί: (α) η κλίση και η οριζόντια απόσταση, (β) οι συντεταγμένες X, Y του τέλους του στοιχείου μετρούμενες από τον άξονα της διατομής, (γ) οι αποστάσεις DX, DY και τέλος (δ) η αναλογία οριζόντιας - κατακόρυφης απόστασης. Μετά τη σχεδίαση της διατομής ο χρήστης μπορεί να ορίσει το σημείο περιστροφής του καταστρώματος της οδού κατά την εφαρμογή των επικλίσεων καθώς και το



Σχήμα 3.3: Σχεδίαση της τυπικής διατομής της οδού.

εύρος των περιοχών εφαρμογής της επίκλισής (υπάρχει δυνατότητα καθορισμού μέχρι δύο διαφορετικών περιοχών εφαρμογής της επίκλισης). Σε αυτό το σημείο μπορεί να ορισθεί και η κλίση των πρανών στα ορύγματα και τα επιχώματα.

Μια πληρέστερη αντιμετώπιση του θέματος των πρανών σε ορύγματα και επιχώματα γίνεται με τους πίνακες ορυγμάτων και επιχωμάτων (Cut/fill tables). Ο χρήστης δηλαδή μπορεί υπό μορφή πίνακα να ορίσει διαφορετική τιμή της κλίσης του πρανούς ανάλογα με το ύψος του, να δημιουργήσει αναβαθμούς (μπαγγίνες) και να καθορίσει τις κατασκευές που θα παρεμβάλλονται μεταξύ του καταστρώματος της οδού και του πρανούς (π.χ. τριγωνικά ρείθρα, τάφροι κ.τ.λ.). [2]

Το InRoads τέλος δίνει τη δυνατότητα χρήσης πολλών διαφορετικών τυπικών διατομών σε μια χάραξη. Οι μεταβατικές διατομές στην περιοχή αλλαγής της διατομής της οδού σχεδιάζονται αυτόματα από το πρόγραμμα, ενώ ο χρήστης έχει κάθε δυνατότητα επεξεργασίας και αλλαγής τους. Οι τυπικές διατομές και οι πίνακες ορυγμάτων και επιχωμάτων είναι δυνατόν να αποθηκευτούν για να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες χαράξεις.

3.6 Καθορισμός και εφαρμογή επικλίσεων

Το InRoads παρέχει στο μηχανικό τη δυνατότητα είτε αυτόματου υπολογισμού της απαιτούμενης επίκλισης σε κάθε καμπύλη, σύμφωνα με μεθόδους υπολογισμού των επικλίσεων που προτείνονται από τον οργανισμό AASHTO, είτε ελεύθερου καθορισμού της τιμής της επίκλισης.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται κάποια μέθοδος υπολογισμού AASHTO (το πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιήσει 5 διαφορετικές μεθόδους), ο χρήστης καλείται να ορίσει (ανάλογα και με τη μέθοδο που επιλέγεται) την ταχύτητα μελέτης, την ταχύτητα λειτουργίας (μεταξύ 83% και 100% της ταχύτητας μελέτης, επομένως διαφέρει από την αντίστοιχη ταχύτητα V_{85} των Γερμανικών κανονισμών), τη μέγιστη επιτρεπόμενη επίκλιση και μια επιθυμητή μέγιστη επίκλιση, η οποία χρησιμοποιείται για τη διευκόλυνση του ελέγχου των αποτελεσμάτων. [2]

Ο μηχανικός έχει ακόμη τη δυνατότητα να καθορίσει μόνος του τη μέγιστη επίκλιση που θα εφαρμοσθεί σε κάθε καμπύλη. Μπορεί ακόμη να προσδιορίσει τα σημεία αλλαγής της επίκλισης της οδού (είναι δυνατό να διαφέρουν από τα σημεία αρχής και τέλους της κλωθοειδούς), ή να καθορίσει με ποιο τρόπο θα εφαρμοσθεί η επίκλιση όταν μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικού τόξου δεν

παρεμβάλλεται καμπύλη συναρμογής. Τέλος, προσφέρεται η δυνατότητα προσδιορισμού της επίκλισης που θα εφαρμόζεται στα ερείσματα της οδού, καθώς και στις υπόλοιπες στρώσεις της διατομής, εκτός της ασφαλτικής (βάση, υπόβαση, χωματουργικά).

3.7 Υπολογισμός χωματισμών

Το InRoads παρέχει στο μηχανικό τρεις μεθόδους υπολογισμού χωματισμών, κάθε μία από τις οποίες παρουσιάζει διαφορετικό βαθμό ακρίβειας. Η πρώτη από αυτές είναι η μέθοδος των μέσων επιφανειών. Το πρόγραμμα υπολογίζει τα εμβαδά ορυγμάτων και επιχωμάτων σε κάθε διατομή της οδού και στη συνέχεια, πολλαπλασιάζοντας τις μέσες επιφάνειες ορυγμάτων και επιχωμάτων επί την απόσταση μεταξύ των διατομών, υπολογίζει τους όγκους ορυγμάτων και επιχωμάτων αντίστοιχα.

Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιεί τα μοντέλα του εδάφους και της οδού που κατασκευάζει το πρόγραμμα. Μεταξύ των δύο αυτών τριδιάστατων επιφανειών θεωρείται ένα κυβικό πλέγμα και υπολογίζεται κατάλληλα ο όγκος του. Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή είναι ακριβέστερη από την προηγούμενη επειδή αξιοποιούνται και τα δεδομένα που υπάρχουν για το εδάφος και την οδό στις θέσεις μεταξύ των διατομών. [11]

Η τελευταία μέθοδος χρησιμοποιεί και πάλι τα μοντέλα του εδάφους και της οδού, αλλά αυτή τη φορά ο μεταξύ τους όγκος υπολογίζεται με τη βοήθεια τριγωνικών πρισμάτων. Έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια και από τη δεύτερη μέθοδο, αυξάνεται όμως και ο απαιτούμενος χρόνος υπολογισμού. [11]

Εκτός από τα παραπάνω, κατά τον υπολογισμό των χωματισμών το InRoads δίνει τη δυνατότητα χρήσης συντελεστών επιπλήσματος και συμπύκνωσης, μη υπολογισμού χωματισμών σε περιοχές τεχνικών έργων (π.χ. γέφυρες), υπολογισμού όγκου αφαιρούμενων φυτικών γαιών και τέλος χάραξης διαγραμμάτων κίνησης γαιών (Bruckner). [11]

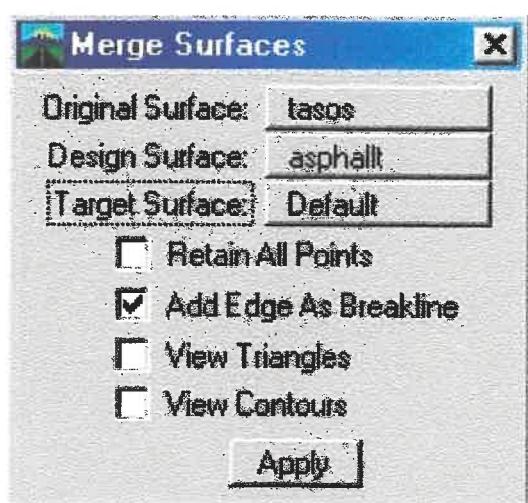
3.8 Προοπτικές εικόνες της οδού

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το InRoads παράγει το ψηφιακό μοντέλο της επιφάνειας της οδού και των πρανών ορυγμάτων και επιχωμάτων με τη μέθοδο του τριγωνισμού. Το μοντέλο αυτό μπορεί να ενσωματωθεί στο αρχικό ψηφιακό μοντέλο εδάφους και να κατασκευασθεί το τελικό μοντέλο της οδού και του

περιβάλλοντα χώρου της. Στη συνέχεια, με χρήση των εργαλείων που προσφέρει το σχεδιαστικό πρόγραμμα MicroStation, μπορούν να παραχθούν φωτορεαλιστικές απεικονίσεις της οδού και του περιβάλλοντός της. Η διαδικασία που ακολουθείται περιγράφεται αναλυτικότερα στη συνέχεια.

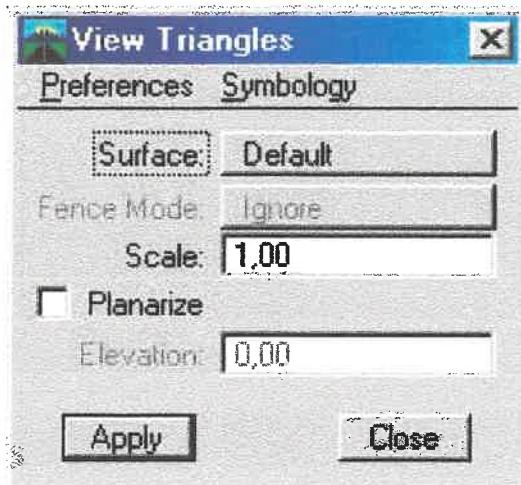
Για την παραγωγή προοπτικών εικόνων θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία σχεδιασμού της οδού και να έχει παραχθεί το τελικό ψηφιακό μοντέλο της επιφάνειας της οδού και των πρανών ορυγμάτων και επιχωμάτων. Το ψηφιακό μοντέλο της οδού ενσωματώνεται στη συνέχεια με το αρχικό ψηφιακό μοντέλο του εδάφους με την εντολή *Merge Surfaces* από την παλέτα *Design Surface*. Στο πεδίο *Original Surface* επιλέγεται η επιφάνεια του εδάφους και στο πεδίο *Design Surface* η επιφάνεια της οδού. Στο πεδίο *Target Surface* επιλέγεται το όνομα της τελικής επιφάνειας που θα προκύψει από τη συνένωση των δύο προηγουμένων. Η επιλογή *Retain All Points* πρέπει να μείνει ανενεργή, γιατί αλλιώς στην περιοχή που καταλαμβάνει η οδός θα

παραμένουν και τα σημεία του αρχικού εδάφους, ενώ η ενεργοποίηση της επιλογής *Add Edge as Breakline* θα εξασφαλίσει ότι το άκρο του μοντέλου της οδού (δηλαδή η τομή του πρανούς με το φυσικό έδαφος) θα θεωρηθεί γραμμή αλλαγής κλίσεως (breakline) στην τελική επιφάνεια και δεν θα επιτρέπεται σε κανένα τρίγωνο του ψηφιακού μοντέλου εδάφους να τη διασχίζει. Επιλέγοντας το *Apply* δημιουργείται η νέα σύνθετη επιφάνεια (Σχήμα 3.4).



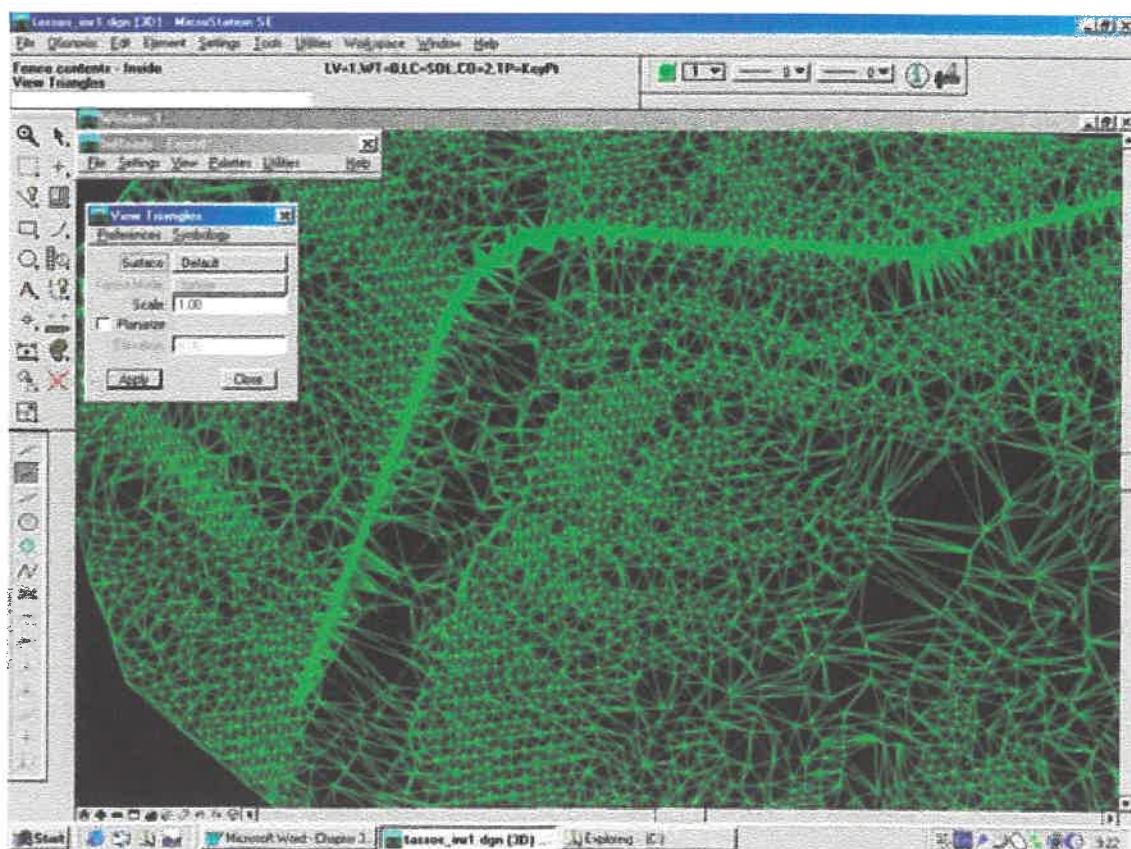
Σχήμα 3.4: Συνένωση επιφανειών εδάφους και οδού.

Η νέα επιφάνεια εμφανίζεται στην οθόνη με την εντολή *View Triangles*. Στο πεδίο *Surface* επιλέγεται το όνομα της επιφάνειας αυτής ενώ στο πεδίο *Scale* πληκτρολογείται η επιθυμητή σχετική κλίμακα των υψομέτρων σε σύγκριση με τις οριζόντιες αποστάσεις (για να μην υπάρχει παραμόρφωση των υψομέτρων επιλέγεται η μονάδα). Το πεδίο *Planarize* πρέπει να παραμείνει ανενεργό, γιατί αλλιώς θα κατασκευασθεί μια επίπεδη αναπαράσταση της επιφάνειας. Οι παραπάνω ρυθμίσεις παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.5. Επιλέγοντας το *Apply* ξεκινά η σχεδίαση των τριγώνων της επιφάνειας στην οθόνη.



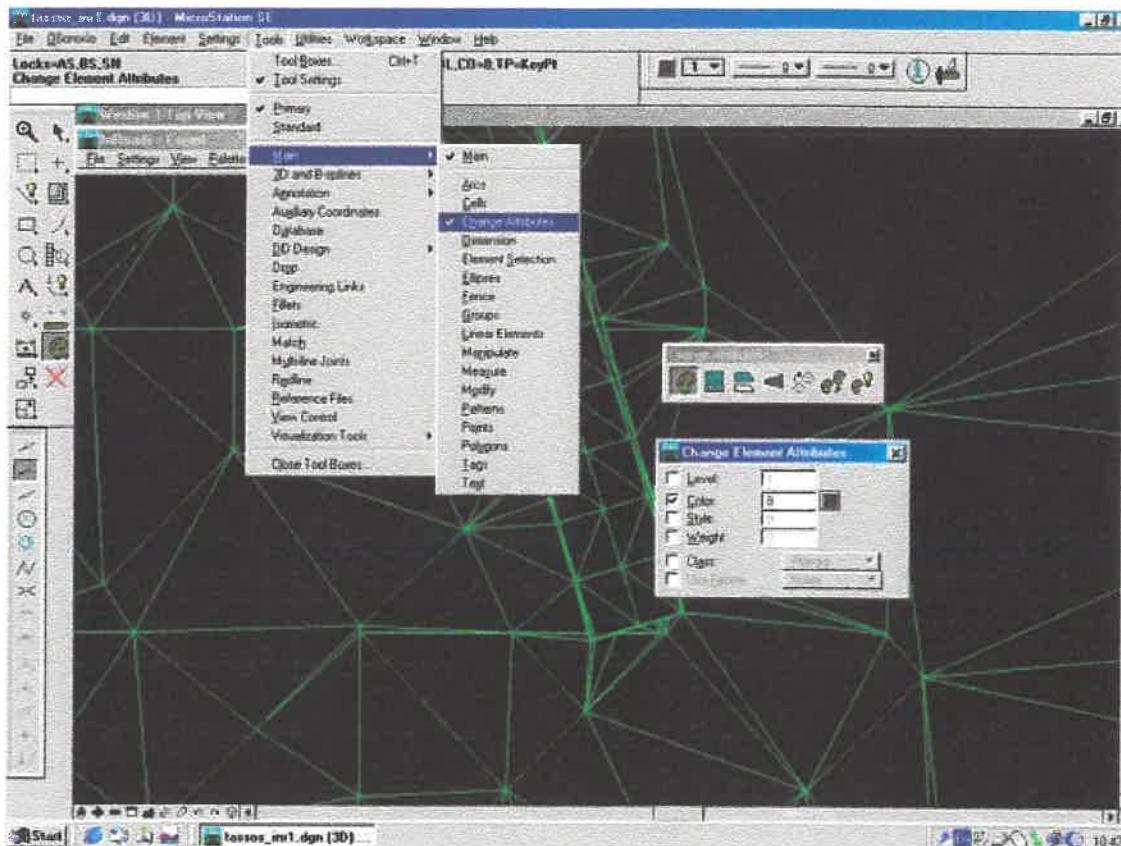
Σχήμα 3.5: Ρυθμίσεις εμφάνισης της επιφάνειας της οδού και του περιβάλλοντός της στην οθόνη.

Στην επιφάνεια που δημιουργείται, τα τρίγωνα που αντιστοιχούν στο έδαφος, τα πρανή και το οδόστρωμα έχουν όλα το ίδιο χρώμα, και μάλιστα το πρόγραμμα δεν είναι σε θέση να τα ξεχωρίσει αυτόματα (Σχήμα 3.6). Για την καλύτερη απόδοση της προοπτικής εικόνας θα πρέπει όμως να αποδοθούν με διαφορετικά χρώματα τα πρανή των ορυγμάτων και επιχωμάτων, το οδόστρωμα, η κεντρική νησίδα (αν υπάρχει) και το φυσικό έδαφος. Η αλλαγή αυτή των χρωμάτων δεν είναι δυνατό να γίνει αυτόματα και πρέπει ο χρήστης να αλλάξει το χρώμα κάθε τριγώνου χωριστά. Η διαδικασία αυτή επιταχύνεται κάπως με τη χρήση του *Fence*, δεν παύει όμως να είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα.



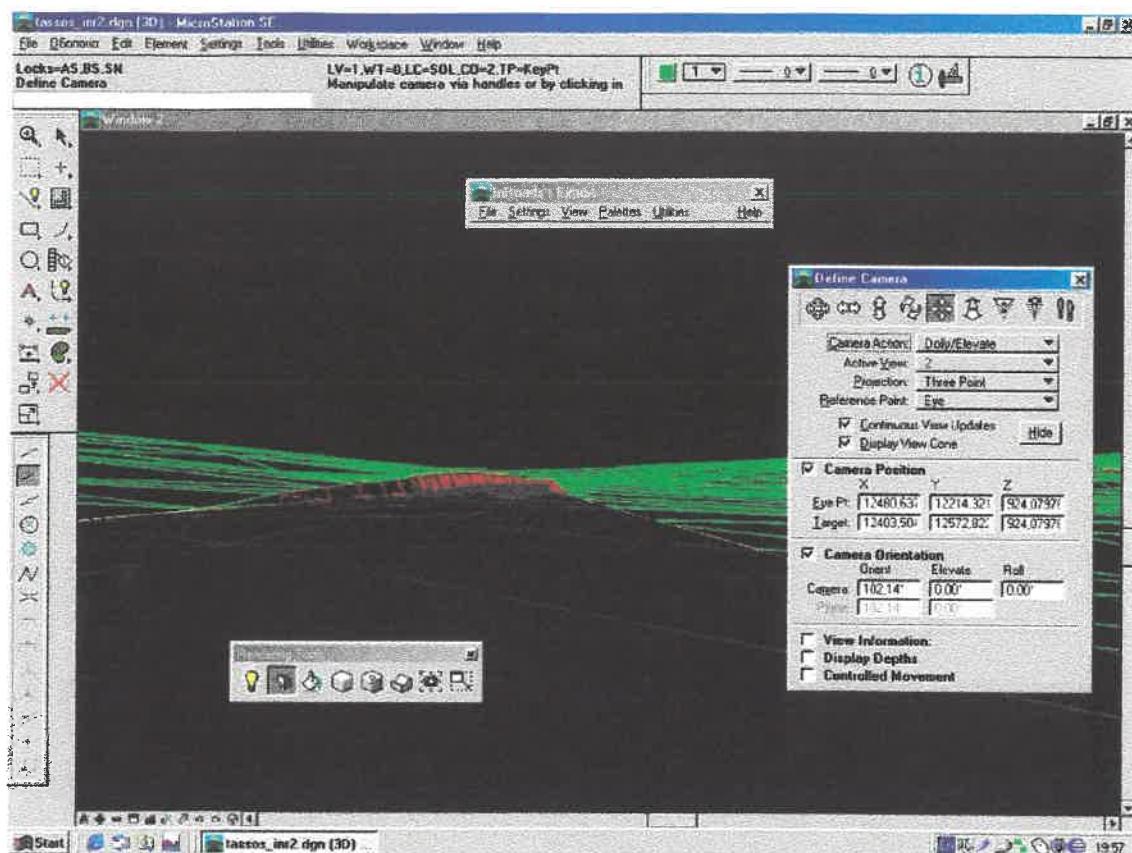
Σχήμα 3.6: Μοντέλο οδού και περιβάλλοντός της, όπως σχεδιάζεται από το InRoads.

Για την αλλαγή του χρώματος των τριγώνων από το μενού του MicroStation επιλέγεται *Tools > Main > Change Attributes* και εμφανίζεται η παλέτα *Change Attributes*. Σε αυτήν επιλέγεται το εικονίδιο *Change Element Attributes* και προσδιορίζεται το νέο χρώμα του τριγώνου (Σχήμα 3.7). Στη συνέχεια επιλέγονται με το ποντίκι τα τρίγωνα που προκειται να χρωματιστούν.



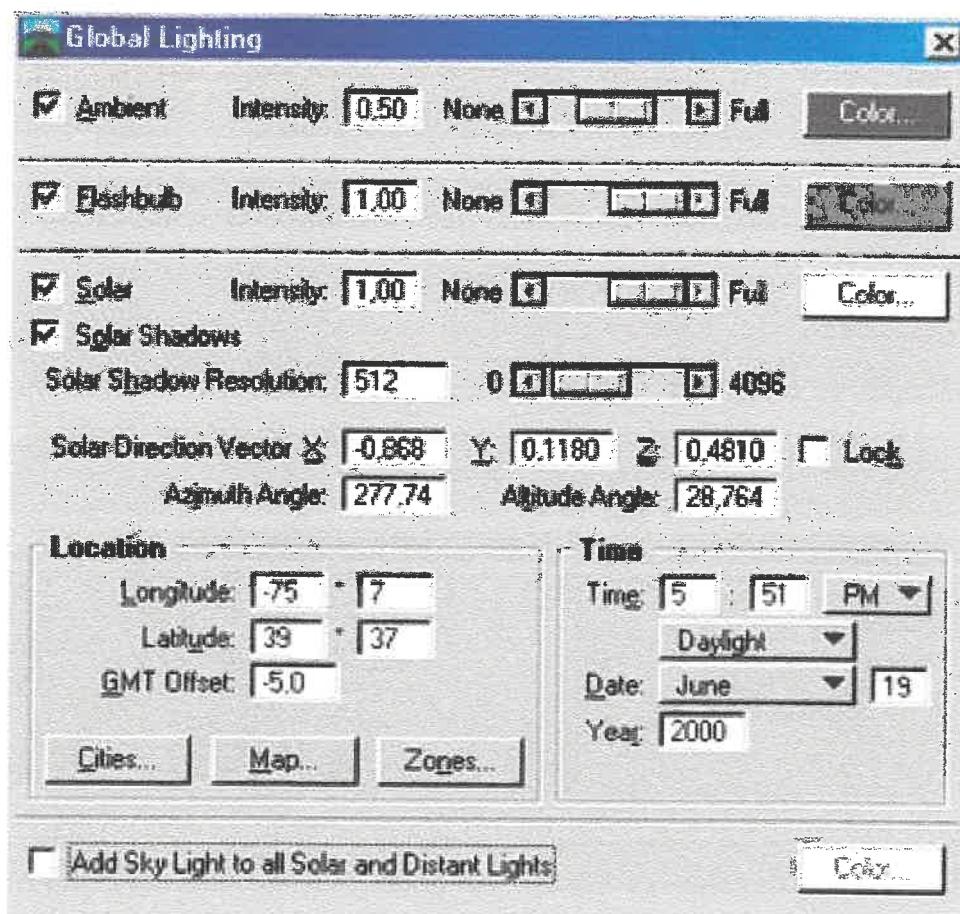
Σχήμα 3.7: Αλλαγή χρώματος στα τρίγωνα του μοντέλου της οδού.

Αφού αποδοθούν τα κατάλληλα χρώματα στα τρίγωνα του ψηφιακού μοντέλου, πρέπει να ορισθεί η θέση της κάμερας για την παραγωγή της προοπτικής εικόνας. Κατ' αρχήν πληκτρολογείται στο πλαίσιο εντολών του MicroStation η εντολή “*vi = iso*”, ώστε να ενεργοποιηθεί η ισομετρική άποψη του τριδιάστατου μοντέλου. Στη συνέχεια επιλέγεται από το μενού *Tools>Main>Visualization Tools>Rendering* και εμφανίζεται η παλέτα *Rendering Tools*. Επιλέγεται το εικονίδιο *Define Camera* και στο παράθυρο που εμφανίζεται γίνεται ο καθορισμός της θέσης της κάμερας. Ο καθορισμός αυτός μπορεί να γίνει είτε πληκτρολογώντας τις συντεταγμένες της θέσης της κάμερας και του σημείου - στόχου, είτε γραφικά, με τη βοήθεια των χειριστηρίων που εμφανίζονται και ελέγχουν την οριζόντια και κατακόρυφη μετατόπιση της κάμερας, την περιστροφή της κ.ο.κ. Οι παραπάνω επιλογές φαίνονται στο Σχήμα 3.8.



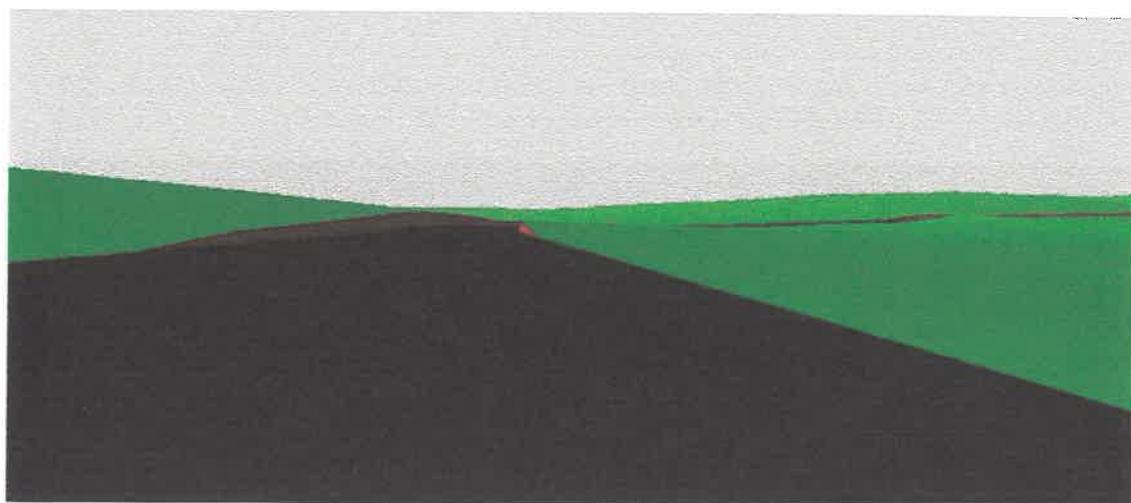
Σχήμα 3.8: Ρυθμίσεις της κάμερας για την παραγωγή προοπτικών εικόνων

Από την παλέτα *Rendering Tools* επιλέγεται στη συνέχεια το εικονίδιο *Render*, προσδιορίζεται σαν μέθοδος φωτορεαλισμού η μέθοδος *Hidden Line* και προκύπτει η προοπτική εικόνα της οδού. Οι προοπτικές εικόνες που προκύπτουν με αυτόν τον τρόπο έχουν τη μορφή που φαίνεται στο Σχήμα 3.8. Υπάρχει όμως ακόμη η δυνατότητα “γεμίσματος” των τριγώνων με χρώμα και παρουσίασης φωτοσκιάσεων στην προοπτική εικόνα. Για να γίνει αυτό επιλέγεται από το μενού του MicroStation *Settings>Rendering>Global Lighting* και στο παράθυρο που εμφανίζεται γίνονται οι ρυθμίσεις που αφορούν το φωτισμό της εικόνας. Στο πεδίο *Ambient* ρυθμίζεται η ένταση του διάχυτου φωτισμού (τιμές από 0 μέχρι 1). Ο διάχυτος φωτισμός αντανακλάται από όλες τις επιφάνειες και έτσι επιλογή μεγάλης τιμής έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται λιγότερες σκιές. Στο πεδίο *Flashbulb* ρυθμίζεται η ένταση μιας σημειακής φωτεινής πηγής που βρίσκεται δίπλα στην κάμερα (τιμές επίσης από 0 μέχρι 1). Τέλος, στο πεδίο *Solar* γίνεται προσομοίωση του ηλιακού φωτός, ανάλογα με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής, την ώρα της ημέρας και άλλους παράγοντες.



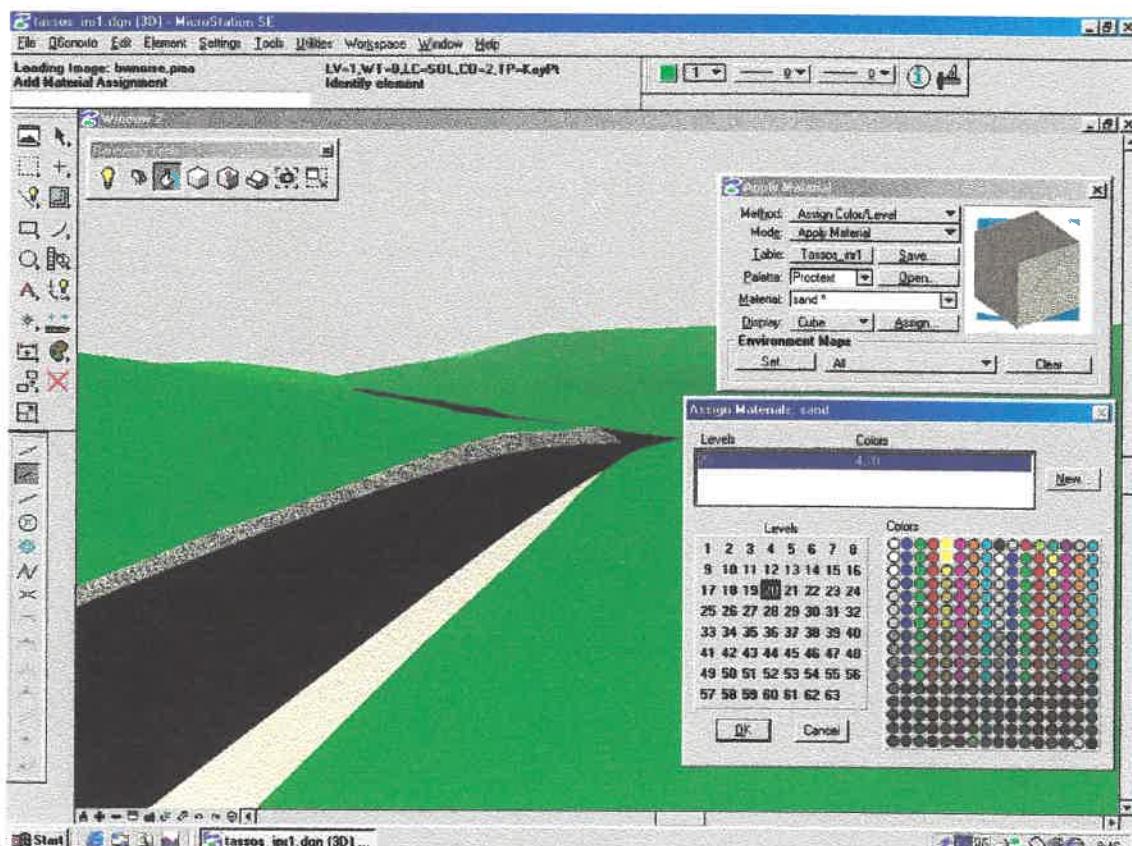
Σχήμα 3.9: Ρύθμισεις φωτισμού της προοπτικής εικόνας.

Στη συνέχεια, από την παλέτα *Rendering Tools* επιλέγεται το εικονίδιο *Render*, προσδιορίζεται σαν μέθοδος φωτορεαλισμού η μέθοδος *Phong* και προκύπτει η φωτορεαλιστική προοπτική εικόνα της οδού (Σχήμα 3.10).



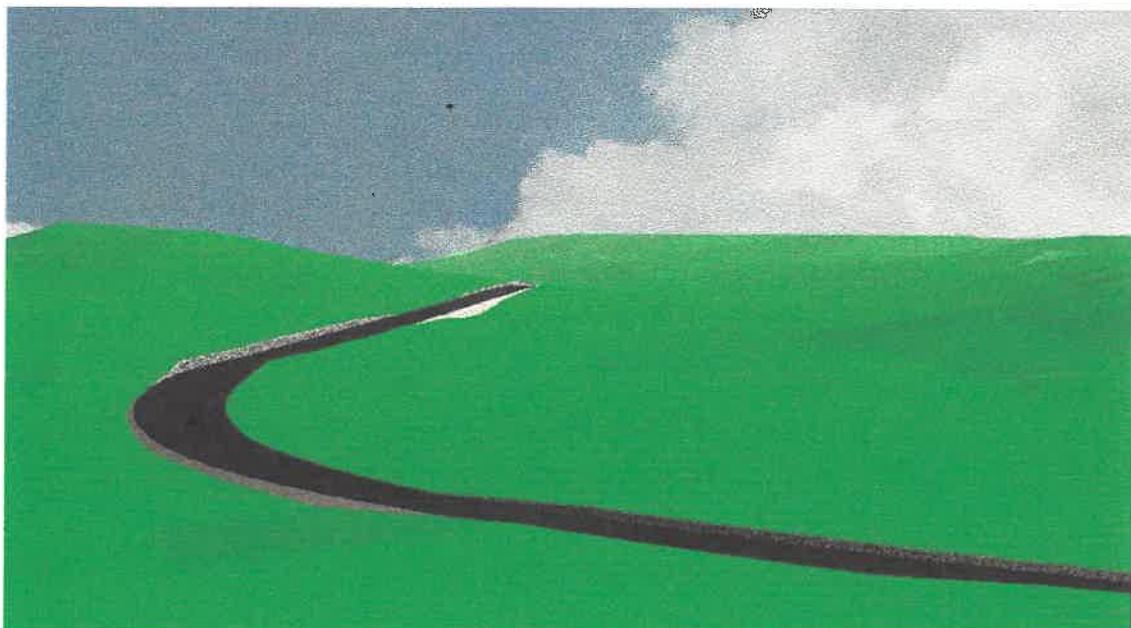
Σχήμα 3.10: Φωτορεαλιστική απεικόνιση της οδού.

Η παραπάνω προοπτική εικόνα μπορεί να γίνει πολύ πιο ρεαλιστική, αν σε κάθε τρίγωνο του μοντέλου αποδοθούν ιδιότητες κάποιου υλικού. Οι ιδιότητες αυτές αφορούν το χρώμα (που μπορεί πλέον να μην είναι το ίδιο για όλο το τρίγωνο), το βαθμό ανάκλασης και απορρόφησης του φωτός, την υφή κ.α. Από την παλέτα *Rendering Tools* επιλέγεται το εικονίδιο *Apply Material* και στο εμφανιζόμενο παράθυρο επιλέγεται το κατάλληλο υλικό. Τα υλικά είναι ταξινομημένα σε ομάδες ανάλογα με πιθανές εφαρμογές τους, δυστυχώς όμως δεν υπάρχει ομάδα υλικών ειδικά για την οδοποιία. Έτσι, σαν υλικό για το οδόστρωμα προτείνεται το υλικό *Rough* από την ομάδα *Finish* (το υλικό αυτό χρησιμοποιεί ως χρώμα το αρχικό χρώμα του τριγώνου, δίνει όμως μια εντύπωση πιο ανώμαλης υφής), για το όρυγμα το υλικό *Stone-flat* από την ομάδα *Masonry* και για το επίχωμα το υλικό *Sand* από την ομάδα *Proctext*. Το φυσικό έδαφος επιλέγεται να παραμείνει ως έχει, επειδή έτσι τονίζεται περισσότερο η εικόνα της οδού. Η αντιστοίχηση των υλικών με τα τρίγωνα του μοντέλου γίνεται με τη βοήθεια των χρωμάτων των τριγώνων. Η παραπάνω διαδικασία, καθώς και η φωτορεαλιστική προοπτική εικόνα που προκύπτει φαίνονται στο Σχήμα 3.11.



Σχήμα 3.11: Αντιστοίχηση υλικών στα τρίγωνα του μοντέλου της οδού.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί κατάλληλη εικόνα για την αναπαράσταση του ουρανού. Για να γίνει αυτό πρέπει να σχεδιαστεί ένας κύβος που να περικλείει το τριδιάστατο μοντέλο και να ορισθεί ως υλικό για τον κύβο αυτό το *Visible Environment* από την ομάδα υλικών *Ray Trace*. Στη συνέχεια επιλέγεται ως μέθοδος φωτορεαλισμού η μέθοδος *Ray Trace* και προκύπτει η προοπτική εικόνα του Σχήματος 3.12.



Σχήμα 3.12: Τελική φωτορεαλιστική απεικόνιση της οδού.

3.9 Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι τα προγράμματα InRoads και MicroStation ανοίγουν νέους ορίζοντες στο μελετητή οδοποιίας, αφού δίνεται πλεον η δυνατότητα συνδυασμού της οριζόντιογραφίας με τη μηκοτομή και παραγωγής του τελικού τριδιάστατου μοντέλου της οδού. Το μοντέλο αυτό, όπως ήδη αναλύθηκε, είναι δυνατό να δεχθεί περαιτέρω επεξεργασία, με στόχο την παραγωγή ρεαλιστικών προοπτικών εικόνων. Οι εικόνες αυτές όχι μόνο επιτρέπουν στο μηχανικό να εντοπίζει σφάλματα στην χάραξη της οδού στο χώρο, αλλά δίνουν και τη δυνατότητα σε ανθρώπους χωρίς γνώση οδοποιίας να αντιληφθούν ποια θα είναι η τελική μορφή του υπό μελέτη έργου. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση που διερευνάται η άποψη του κοινού σχετικά με κάποιο σχεδιαζόμενο οδικό έργο.

Θα πρέπει πάντως εδώ να σημειωθεί ότι, ενώ η σχεδίαση της οδού με το InRoads(οριζόντιογραφία, μηκοτομή, τυπική διατομή, επικλίσεις) γίνεται σχετικά

εύκολα, εποπτικά και γρήγορα, η παραγωγή των προοπτικών εικόνων είναι μια διαδικασία αρκετα χρονοβόρα. Ο χρήστης θα πρέπει μόνος του να ορίσει τα χρώματα των τριγώνων του οδοστρώματος, των πρανών κ.ο.κ., ενώ θα ήταν λογικό αυτή η διαδικασία να γίνεται αυτόματα από το πρόγραμμα.

Ο λόγος που το InRoads δεν είναι τόσο διαδεδομένο στην Ελλάδα όσο κάποια άλλα προγράμματα οδοποιίας είναι ότι απευθύνεται περισσότερο σε Αμερικανούς μελετητές και δεν ανταποκρίνεται με ακρίβεια στα ελληνικά δεδομένα. Έτσι, δεν σχεδιάζει αυτόματα όλα τα σχέδια και διαγράμματα που απαιτούνται για την υποβολή μιας μελέτης οδοποιίας στην Ελλάδα (π.χ. δεν παράγεται ξεχωριστό διάγραμμα επικλίσεων) και δεν παράγει τα αρχεία με τα στοιχεία της μελέτης που απαιτούν οι Προδιαγραφές Ψηφιακής Υποβολής Μελετών Οδοποιίας (Π.Ψ.Υ.Μ.Ο.) του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Έχουν βέβαια αναπτυχθεί κάποια προγράμματα (π.χ. HAPS94) που, αξιοποιώντας τις λειτουργίες του InRoads, κάνουν τις απαραίτητες μετατροπές στα αρχεία και στα σχέδια ώστε να είναι αποδεκτά και σύμφωνα με τα ελληνικά δεδομένα, η λειτουργία τους όμως δεν είναι πάντα ιδιαίτερα απλή και εποπτική. [11]

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί η έλλειψη ελέγχων της χάραξης στο χώρο, σύμφωνα με τις διατάξεις των σύγχρονων κανονισμών οδοποιίας (βλ. Κεφάλαιο 2). Την έλλειψη αυτή φιλοδοξεί να καλύψει κατά κάποιο ποσοστό η παρούσα διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ



4. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

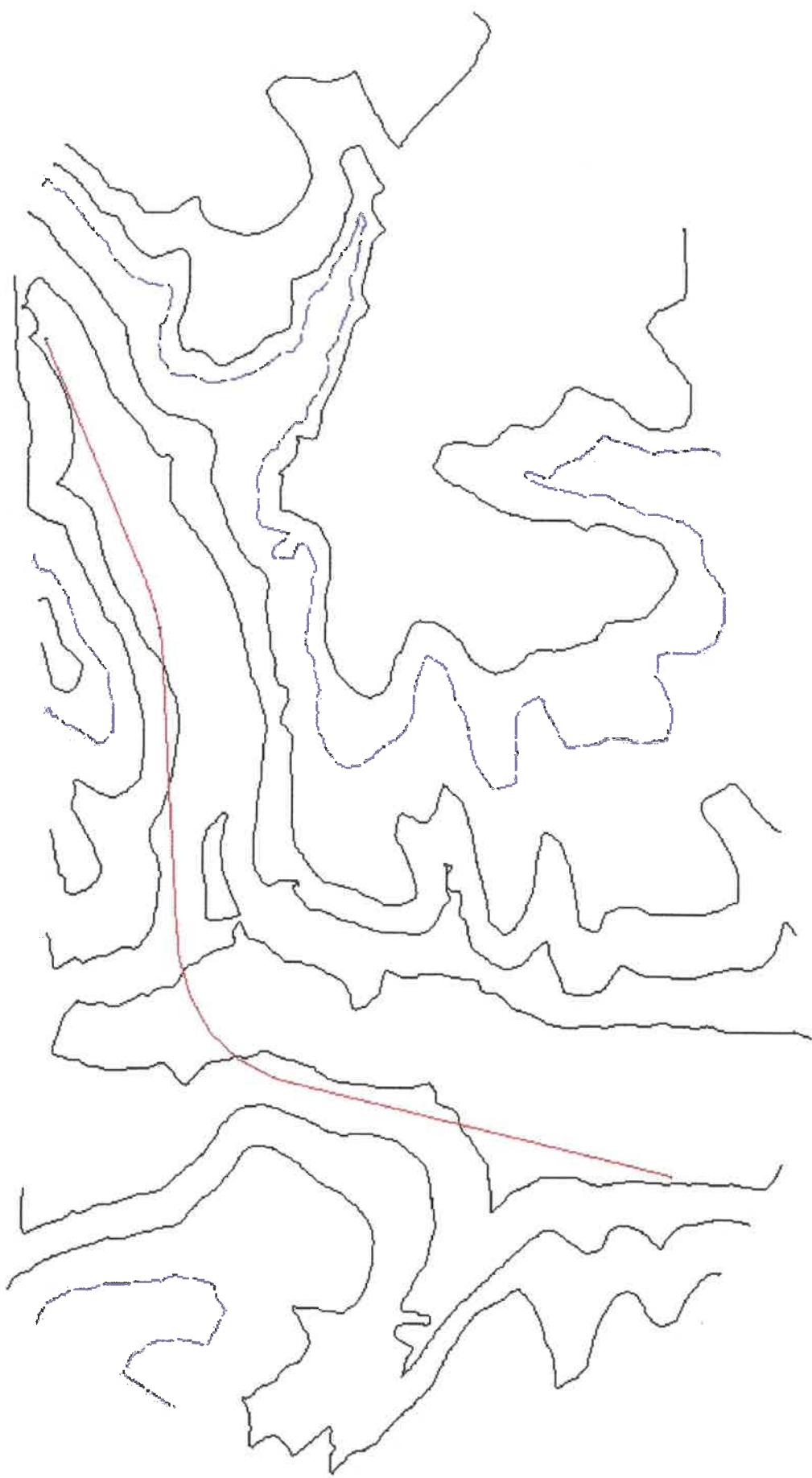
4.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αλγόριθμοι ελέγχου της χάραξης οδού στο χώρο, οι οποίοι αποτελούν και το κύριο αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αναφέρονται με συντομία τα τεχνικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν και ο τρόπος επίλυσής τους, αναλύονται οι παραδοχές που έγιναν ώστε οι (συνήθως ποσοτικά ασαφείς) προβλέψεις των κανονισμών να αξιοποιηθούν σε μαθηματικά καθορισμένες σχέσεις, απαραίτητες για τη σύνταξη των προγραμμάτων, παρατίθενται τα λογικά διαγράμματα των αλγορίθμων και επεξηγείται η λειτουργία τους.

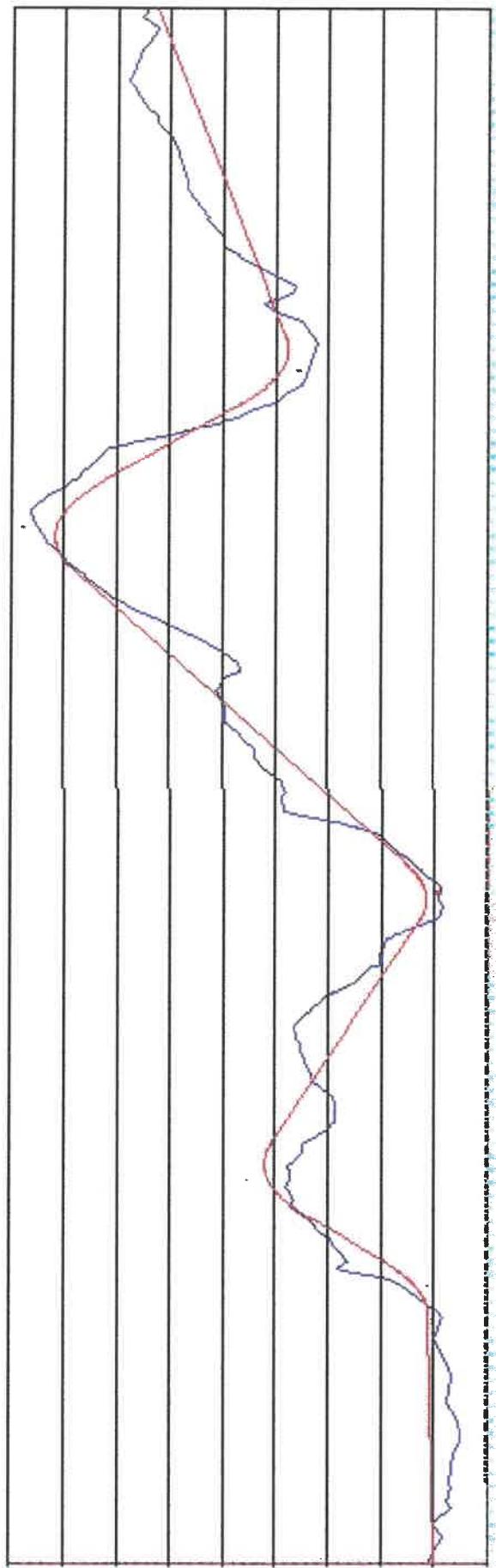
Για τη δημιουργία των παραπάνω προγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού MicroStation Basic. Πρόκειται για μια παραλλαγή της Visual Basic που περιλαμβάνεται στο σχεδιαστικό πρόγραμμα MicroStation και είναι εμπλουτισμένη (σε σύγκριση με την απλή Visual Basic) με σχεδιαστικές εντολές ειδικά για το πρόγραμμα αυτό. Επίσης, τα προγράμματα που συντάσσονται στη γλώσσα αυτή εκτελούνται μέσα από το περιβάλλον του MicroStation και του InRoads, γεγονός που αυξάνει τη λειτουργικότητά τους.

4.2 Γενικές αρχές λειτουργίας των αλγορίθμων

Για τον έλεγχο της χάραξης μιας οδού στο χώρο με τη βοήθεια των αλγορίθμων που παρουσιάζονται παρακάτω θα πρέπει η οδός να έχει μελετηθεί με τη χρήση του προγράμματος οδοποιίας InRoads και στη συνέχεια να δημιουργηθούν τα αρχεία hor.asc και ver.asc (αρχεία κειμένου μορφής ASCII), τα οποία περιγράφουν την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή αντίστοιχα. Η δημιουργία των αρχείων αυτών γίνεται αυτόμata από το InRoads με την εντολή *Export ASCII Geometry > Horizontal* για την οριζοντιογραφία (αρχείο hor.asc) και *Export ASCII Geometry > Vertical* για τη μηκοτομή (αρχείο ver.asc). Από αυτά τα αρχεία λαμβάνονται τα δεδομένα που απαιτούνται για τον έλεγχο της χάραξης στο χώρο. Η μορφή των αρχείων αυτών, όπως δημιουργήθηκαν από το InRoads για μια δοκιμαστική χάραξη που σχεδιάστηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζεται στη συνέχεια.



Σχήμα 4.1: Σκαρίφημα οριζόντιαφάς δένοντα δοκιμαστικής χάραξης με το πρόγραμμα οδοποιίας InRoads.



Σχήμα 4.2: Σκαρίφημα μηκοτομής δοκιμαστικής χάραξης με το πρόγραμμα οδοποιίας InRoads.

Αρχείο hor.asc περιγραφής της οριζόντιογραφίας

* INTERGRAPH HORIZONTAL ALIGNMENT TO ASCII

*

* Alignment name: tassos

* Alignment description:

* Alignment preference: default

*

{ TYPE STATION RADIUS X_CRD Y_CRD DIRECTION SPI_LENGTH

LIN	0+074,54	0,00	12730,55	11383,18	381,11	0,00
SPI	1+041,69	0,00	12447,76	12308,06	381,11	64,29
CIR	1+105,98	350,00	12430,86	12370,06	386,96	0,00
SPI	1+490,85	0,00	12554,54	12714,29	56,96	64,29
LIN	1+555,14	0,00	12607,03	12751,36	62,81	0,00
SPI	2+177,66	0,00	13126,31	13094,71	62,81	100,00
CIR	2+277,66	-400,00	13207,30	13153,25	54,85	0,00
SPI	2+320,50	0,00	13238,25	13182,83	48,03	100,00
LIN	2+420,50	0,00	13300,40	13261,08	40,08	0,00
LIN	3+018,44	0,00	13652,43	13744,41	40,08	0,00

Αρχείο ver.asc περιγραφής της μηκοτομής

* INTERGRAPH VERTICAL ALIGNMENT TO ASCII

*

* Alignment name: tassos

* Alignment description:

* Alignment preference: default

*

{ TYPE STATION ELEVATION SLOPE VC_LENGTH RADIUS

LIN	0+074,54	918,00	0,001	0,00	0,00
CIR	0+552,53	918,24	0,001	100,47	-3000,00
LIN	0+653,00	919,97	0,034	0,00	0,00
CIR	0+732,20	922,67	0,034	141,64	3000,00
LIN	0+873,84	924,14	-0,013	0,00	0,00
CIR	1+295,73	918,56	-0,013	107,81	-3000,00
LIN	1+403,55	919,07	0,023	0,00	0,00
CIR	1+953,77	931,58	0,023	174,04	3000,00
LIN	2+127,81	930,48	-0,035	0,00	0,00
CIR	2+271,23	925,42	-0,035	129,49	-3000,00
LIN	2+400,72	923,64	0,008	0,00	0,00
LIN	3+018,44	928,50	0,00	0,00	0,00

Στο αρχείο hor.asc η πρώτη στήλη καθορίζει τη μορφή του στοιχείου της οριζόντιογραφίας (LIN = ευθυγραμμία, SPI = κλωθοειδής, CIR = κυκλικό τόξο). Στη δεύτερη στήλη αναγράφεται η Χιλιομετρική Θέση της αρχής του στοιχείου της οριζόντιογραφίας και στην τρίτη η ακτίνα στην αρχή του στοιχείου. Η ακτίνα στην ευθυγραμμία και στην αρχή της κλωθοειδούς συμβολίζεται με μηδενική τιμή (και όχι άπειρη, όπως θα περίμενε κανείς), ενώ στο κυκλικό τόξο η δεξιά στροφή συμβολίζεται με θετική ακτίνα και η αριστερή με αρνητική. Στις στήλες 4 και 5 αναγράφονται οι συντεταγμένες X και Y του σημείου αρχής του στοιχείου, στην έκτη το αζημούθιο (σε grad) και στην τελευταία στήλη το μήκος της κλωθοειδούς (0 αν το στοιχείο δεν είναι κλωθοειδής καμπύλη).

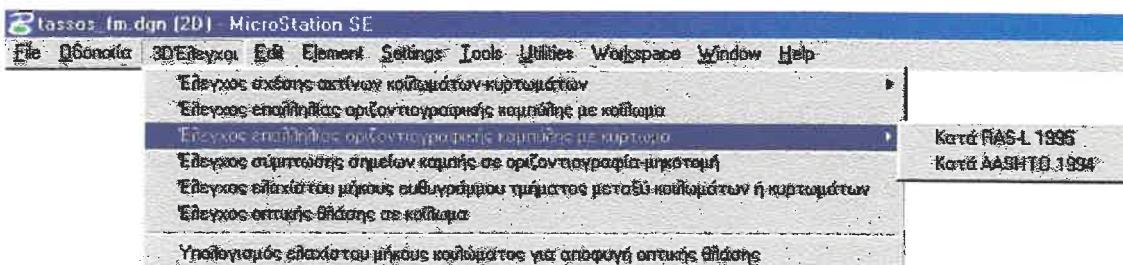
Αντίστοιχα, στο αρχείο ver.asc η πρώτη στήλη καθορίζει τη μορφή του στοιχείου της μηκοτομής (LIN = ευθύγραμμο στοιχείο, CIR = τόξο στρογγύλευσης). Στη δεύτερη στήλη αναγράφεται η Χιλιομετρική Θέση της αρχής του στοιχείου της μηκοτομής και στην τρίτη το υψόμετρο της ερυθράς της οδού στο σημείο αυτό. Στην τέταρτη στήλη αναγράφεται η κλίση της εφαπτομένης στην αρχή του στοιχείου της μηκοτομής και στην πέμπτη το μήκος του τόξου στρογγύλευσης. Τέλος, στην έκτη στήλη καθορίζεται η ακτίνα του τόξου στρογγύλευσης (συμβολίζεται ως θετική για τα κυρτά τόξα και αρνητική για τα κοίλα τόξα στη μηκοτομή).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι στην ανάγνωση των παραπάνω αρχείων από τους αλγορίθμους, αντιμετωπίστηκε ένα πρόβλημα που σχετίζεται με τη χρήση του κόμματος ως υποδιαστολή. Στα σειριακά αρχεία της Visual Basic, το κόμμα χρησιμοποιείται ως μέσο διαχωρισμού των μεταβλητών και έτσι, κατά την ανάγνωση από τα παραπάνω αρχεία, αποδίδονταν στις μεταβλητές μη αναμενόμενες τιμές. Το πρόβλημα αντιμετωπίσθηκε με τη χρήση βοηθητικών αλφαριθμητικών μεταβλητών για την ανάγνωση από το αρχείο, και στη συνέχεια απόδοση των σωστών τιμών στις κανονικές αριθμητικές μεταβλητές.

Για την εκτέλεση των προγραμμάτων ελέγχου έχει προστεθεί στο μενού του MicroStation η επιλογή 3D Έλεγχοι, μέσα από την οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον έλεγχο που θέλει να εφαρμόσει (Σχήμα 4.3). Οι αλγόριθμοι ελέγχου λειτουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο και ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να τους εκτελέσει με οποιαδήποτε σειρά επιθυμεί. Οι εννέα αλγόριθμοι που δημιουργήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι συνοπτικά οι εξής:

- **Έλεγχος σχέσης ακτίνων σε κυρτά και κοίλα τόξα μηκοτομής σε δύο παραλλαγές, αρχεία HkHw_in1 και HkHw_in2 (βλ. και Παράρτημα Δ, παράγραφοι Δ.3 και Δ.4).**

- Έλεγχος επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα, αρχείο RHw_in (βλ. και Παράρτημα Δ, παράγραφος Δ.5).
- Έλεγχοι επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα (α) κατά RAS-L, αρχείο RHk_in1 και (β) κατά AASHTO, αρχείο RHk_in2 (βλ. και Παράρτημα Δ, παράγραφοι Δ.6 και Δ.7).
- Έλεγχος σύμπτωσης σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, αρχείο HorMh_in (βλ. και Παράρτημα Δ, παράγραφος Δ.8).
- Έλεγχος ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων, αρχείο H_H_in (βλ. και Παράρτημα Δ, παράγραφος Δ.9).
- Έλεγχος εμφάνισης οπτικής θλάσης σε κοίλωμα ορατό από μεγάλη απόσταση, αρχείο Hw_in (βλ. και Παράρτημα Δ, παράγραφος Δ.10).
- Υπολογισμός του ελαχίστου μήκους κοιλώματος για αποφυγή εμφάνισης οπτικής θλάσης, αρχείο Calc_Hw (μετατροπή προγράμματος που ελήφθη από τη Δ.Ε. της Ε. Ταϊγανίδη [9], βλ. και Παράρτημα Δ, παράγραφοι Δ.1 και Δ.2).



Σχήμα 4.3: Μενού 3D έλεγχοι στο MicroStation για την εκτέλεση των αλγορίθμων ελέγχου της χάραξης στο χώρο.

Στη συνέχεια του Κεφαλαίου ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση κάθε ενός από τα παραπάνω προγράμματα και παράθεση του λογικού διαγράμματος του αλγορίθμου. Οι κώδικες των προγραμμάτων παρατίθενται στο Παράρτημα Δ.

4.3 Πρόγραμμα ελέγχου της σχέσης των ακτίνων σε κυρτά και κοίλα τόξα μηκοτομής

4.3.1 Γενικά

Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται σε οδηγία των Γερμανικών κανονισμών, σύμφωνα με την οποία θα πρέπει σε λοφώδη και ορεινά εδάφη (υψομετρικές διαφορές μεγαλύτερες από 10m) οι ακτίνες των κυρτών καμπύλων στη μηκοτομή να είναι μεγαλύτερες από αυτές των κοίλων καμπύλων, ώστε να βελτιώνονται τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας. Αντίθετα, σε πεδινά εδάφη (υψομετρικές διαφορές μικρότερες από 10m) συνιστάται να είναι μεγαλύτερες οι ακτίνες των κοίλων καμπύλων από αυτές των κυρτών, ώστε με την αύξηση του μήκους των κοιλωμάτων να γίνει η χάραξη οπτικά φιλικότερη. Η παραπάνω σύσταση των Γερμανικών κανονισμών έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 2.4.4.

Η οδηγία αυτή είναι προφανές ότι αφορά μόνο τη μηκοτομή της οδού και επομένως τυπικά δεν αποτελεί έλεγχο του συνδυασμού οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Επειδή όμως οι λόγοι που επιβάλλουν τον έλεγχο αυτό αναφέρονται στη φιλικότητα και την αισθητική της χάραξης, θεωρήθηκε σκόπιμο να συμπεριληφθεί στα προγράμματα ελέγχου της χάραξης στο χώρο.

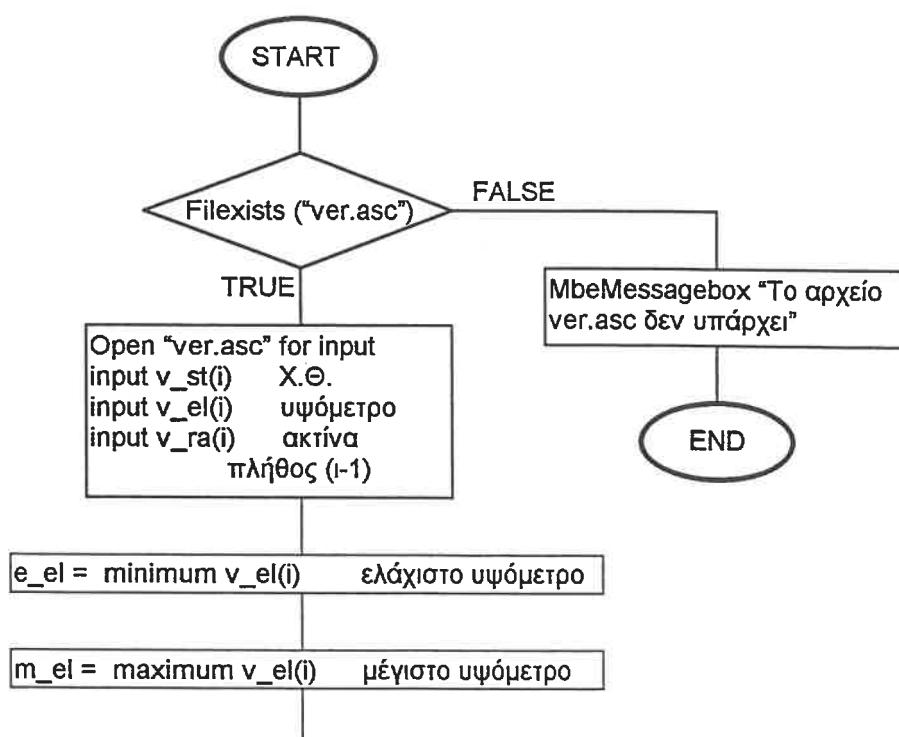
Όπως ήδη αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η τροφοδότηση των προγραμμάτων με δεδομένα γίνεται από τα αρχεία hor.asc και ver.asc του InRoads. Τα αρχεία αυτά όμως δεν περιέχουν δεδομένα για το φυσικό έδαφος, και επομένως τα υψόμετρα εδάφους στη μηκοτομή είναι δυστυχώς άγνωστα (αφού τα εσωτερικά αρχεία λειτουργίας του InRoads δεν είναι αναγνωρίσιμα από τη Visual Basic). Έτσι, για το χαρακτηρισμό του εδάφους ως πεδινού ή λοφώδους-ορεινού χρησιμοποιούνται τα υψόμετρα ερυθράς, τα οποία θεωρείται ότι επίσης αποτελούν μια ένδειξη για το χαρακτήρα του εδάφους.

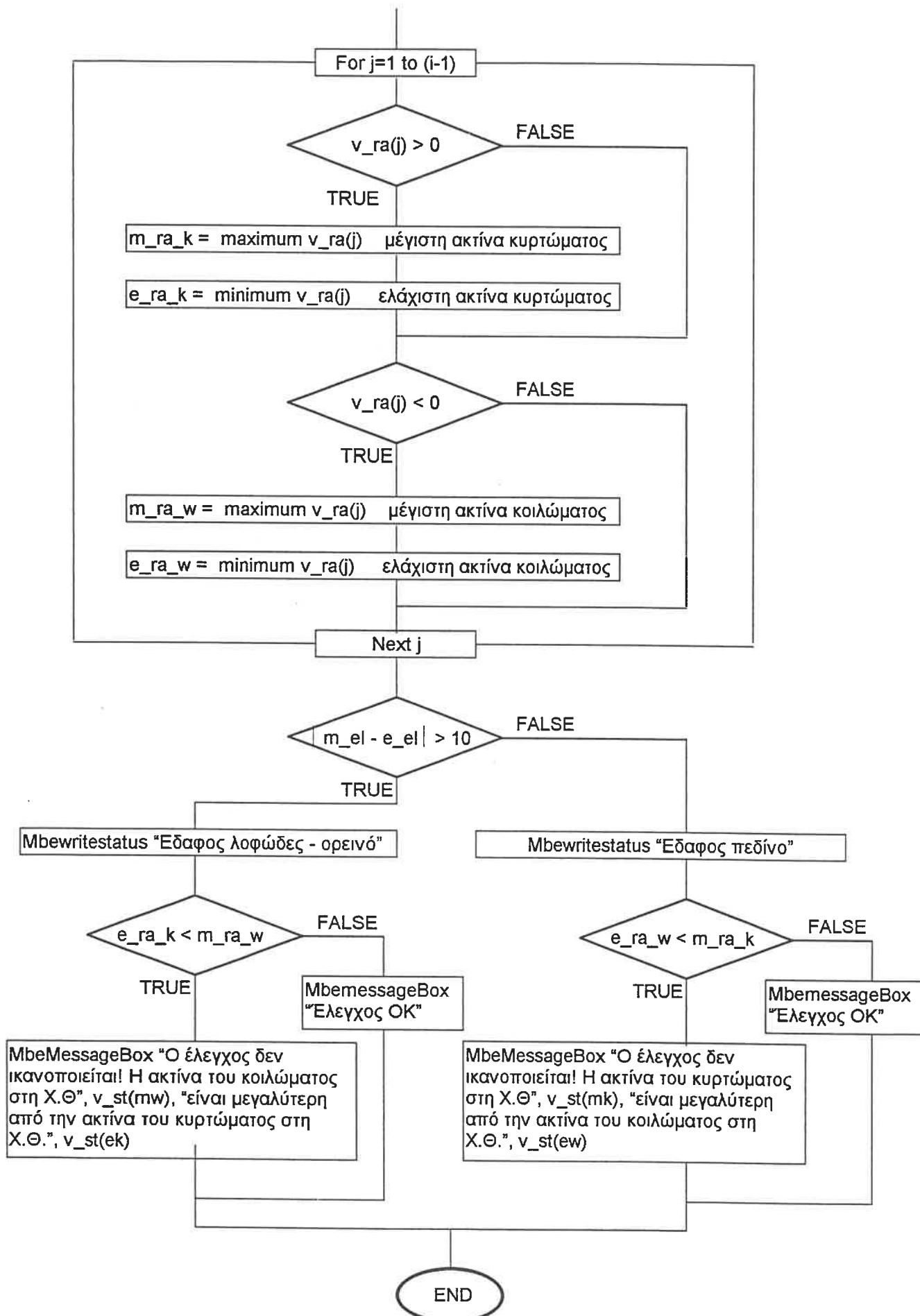
Η παραπάνω οδηγία μπορεί να ερμηνευτεί με διάφορους τρόπους. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας κατασκευάστηκαν δύο παραλλαγές για τον έλεγχο αυτό. **Η πρώτη παραλλαγή (πρόγραμμα HkHw_in1.bas)** συγκρίνει την ελάχιστη ακτίνα κυρτώματος με τη μέγιστη ακτίνα κοιλώματος (για λοφώδη και ορεινά εδάφη) ή την ελάχιστη ακτίνα κοιλώματος με τη μέγιστη ακτίνα κυρτώματος (για πεδινά εδάφη). **Η δεύτερη παραλλαγή (πρόγραμμα HkHw_in2.bas)** πραγματοποιεί τη σύγκριση μεταξύ των μέσων όρων των ακτίνων κυρτών και κοίλων τόξων μηκοτομής. Μια άλλη προσέγγιση της παραπάνω οδηγίας θα ήταν να συγκριθούν οι ακτίνες διαδοχικών κοιλωμάτων και κυρτωμάτων. Αυτή η

προσέγγιση έχει ακολουθηθεί στον αντίστοιχο έλεγχο που προτείνεται στη Δ.Ε. του Ν. Τράκου [10]. Κατά την άποψη του γράφοντος όμως η προσέγγιση αυτή είναι λιγότερο επιτυχημένη από τις δύο προηγούμενες, αφού η οδηγία των Γερμανικών κανονισμών αναφέρεται στη γενική εικόνα της χάραξης και όχι στην αλληλοδιαδοχή κοιλωμάτων και κυρτωμάτων (π.χ. η ύπαρξη σε λοφώδες-ορεινό έδαφος ενός κοιλώματος με μεγάλη ακτίνα μετά από ένα κύρτωμα καθόλου δεν επηρεάζει την ορατότητα στο κύρτωμα).

Από τα δύο προγράμματα που κατασκευάζονται, το πρώτο είναι πιο απόλυτο και ο έλεγχος είναι πιο δύσκολο να ικανοποιηθεί. Το δεύτερο, δηλαδή η σύγκριση των μέσων όρων, ίσως ανταποκρίνεται καλύτερα στην πραγματικότητα, επειδή ουσιαστικά συγκρίνει το σύνολο των κυρτωμάτων με το σύνολο των κοιλωμάτων. Άλλωστε, η σύσταση αυτή έχει ως βασικό στόχο όχι τον εντοπισμό επικινδύνων θέσεων, αλλά την αύξηση της φιλικότητας του συνόλου της χάραξης. Η τελική επιλογή πάντως του ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί εναπόκειται στην κρίση του μηχανικού. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα λογικά διαγράμματα και η περιγραφή της λειτουργίας κάθε μιας παραλλαγής χωριστά.

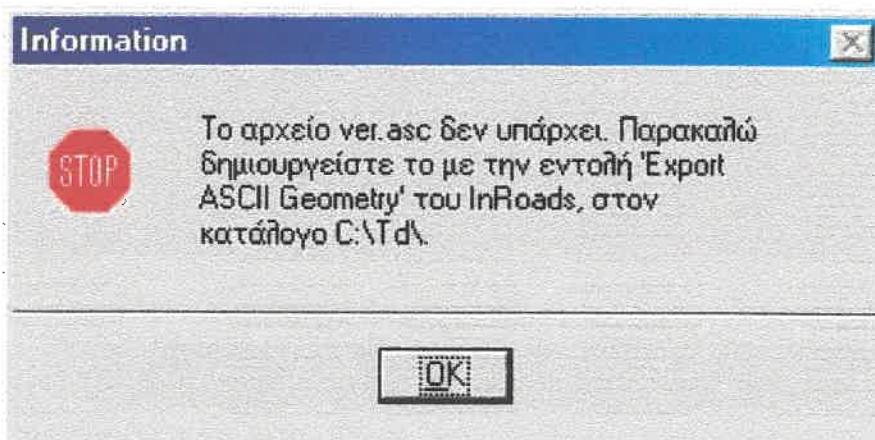
4.3.2 Λογικό διάγραμμα παραλλαγής 1 (HkHw_in1.bas)





4.3.3 Περιγραφή λειτουργίας παραλλαγής 1 (HkHw_in1.bas)

Για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Έλεγχος σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων-κυρτωμάτων>Ελάχιστο-Μέγιστο και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος HkHw_in1.bas. Το πρόγραμμα κατ' αρχήν ελέγχει αν υπάρχει το αρχείο δεδομένων μηκοτομής του InRoads (το αρχείο ver.asc) στον κατάλογο c:\Tdl. Αν το αρχείο δεν εντοπιστεί τότε ενημερώνεται ο χρήστης με το μήνυμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και η λειτουργία του προγράμματος διακόπτεται.

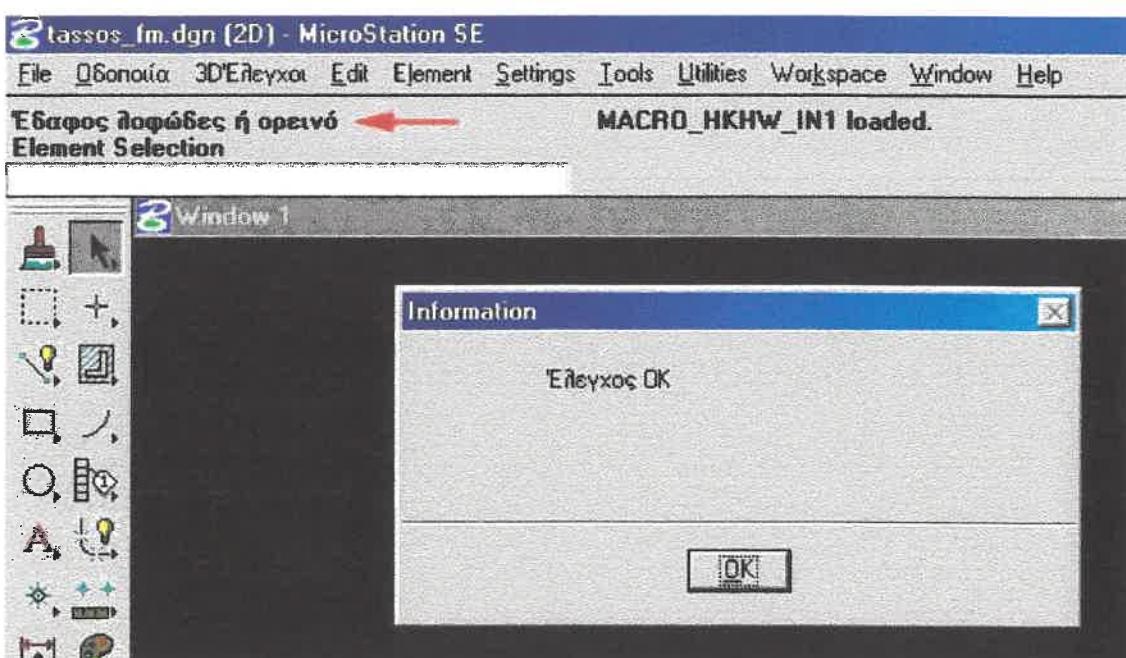


Σχήμα 4.4: Ενημέρωση του χρήστη για τη μη εύρεση του αρχείου δεδομένων μηκοτομής

Εφόσον το αρχείο ver.asc εντοπιστεί, το πρόγραμμα διαβάζει από αυτό (με χρήση βιοηθητικών αλφαριθμητικών μεταβλητών, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.2) τη χιλιομετρική θέση αρχής (μεταβλητή v_st(i)), το υψόμετρο (μεταβλητή v_el(i)) και την ακτίνα (μεταβλητή v_ra(i)) κάθε στοιχείου της ερυθράς της χάραξης. Η γνώση του υψομέτρου απαιτείται για το χαρακτηρισμό του εδάφους ως πεδινού ή ορεινού-λοφώδους, της ακτίνας των τόξων στρογγύλευσης για την πραγματοποίηση της σύγκρισης μεταξύ κοιλωμάτων και κυρτωμάτων και τέλος η γνώση της χιλιομετρικής θέσης απαιτείται για να γνωρίζει ο χρήστης ποιο κοιλωματικό κύρτωμα πιθανόν καθιστά προβληματική τη χάραξη.

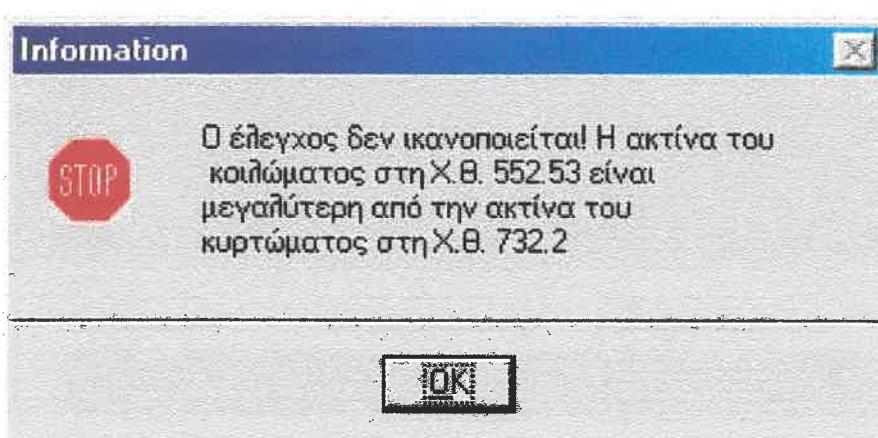
Στη συνέχεια αποδίδεται με τη βιοήθεια ενός βρόχου στη μεταβλητή e_el η ελάχιστη τιμή των υψομέτρων v_el(i) και στη μεταβλητή m_el η μέγιστη. Πάλι με τη χρήση βρόχων αποδίδονται στις μεταβλητές m_ra_k και e_ra_k η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή των ακτίνων κυρτών τόξων (υπενθυμίζεται ότι τα κυρτά τόξα έχουν θετικές ακτίνες στο InRoads) και στις m_ra_w και e_ra_w η μέγιστη και η ελάχιστη (κατ' απόλυτο τιμή) ακτίνα κοίλων τόξων (αρνητικές ακτίνες).

Ακολουθεί ο χαρακτηρισμός του εδάφους ως “λοφώδες-ορεινό” ή “πεδινό” και ο έλεγχος των ακτίνων των κοίλων και κυρτών τόξων της μηκοτομής. Έτσι, αν το μέγιστο υψόμετρο m_{el} είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο e_{el} κατά 10m το έδαφος χαρακτηρίζεται ως λοφώδες-ορεινό (ο χαρακτηρισμός αυτός αναγράφεται πάνω από τη γραμμή εντολών του MicroStation, Σχήμα 4.5) και ελέγχεται αν η ελάχιστη ακτίνα κυρτώματος είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ακτίνα κοιλώματος. Αν αυτό ισχύει εμφανίζεται το μήνυμα “Έλεγχος ΟΚ” (Σχήμα 4.3), αλλιώς παράγεται κατάλληλο ηχητικό σήμα και ενημερώνεται ο χρήστης αναλυτικά για τη μη ικανοποίηση του ελέγχου (Σχήμα 4.6).



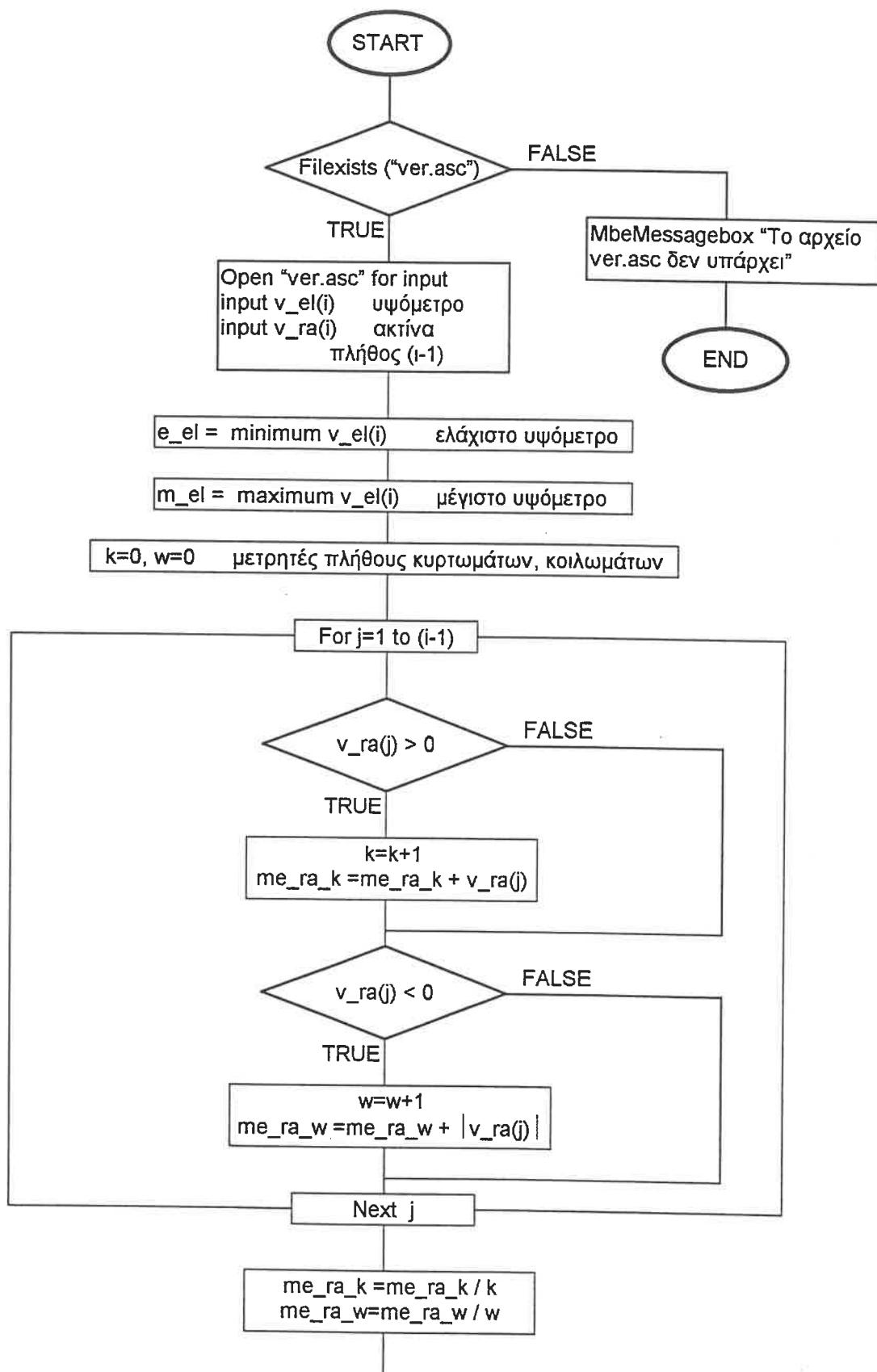
Σχήμα 4.5: Χαρακτηρισμός του εδάφους (κόκκινο βέλος) και μήνυμα ότι ο έλεγχος επαληθεύεται.

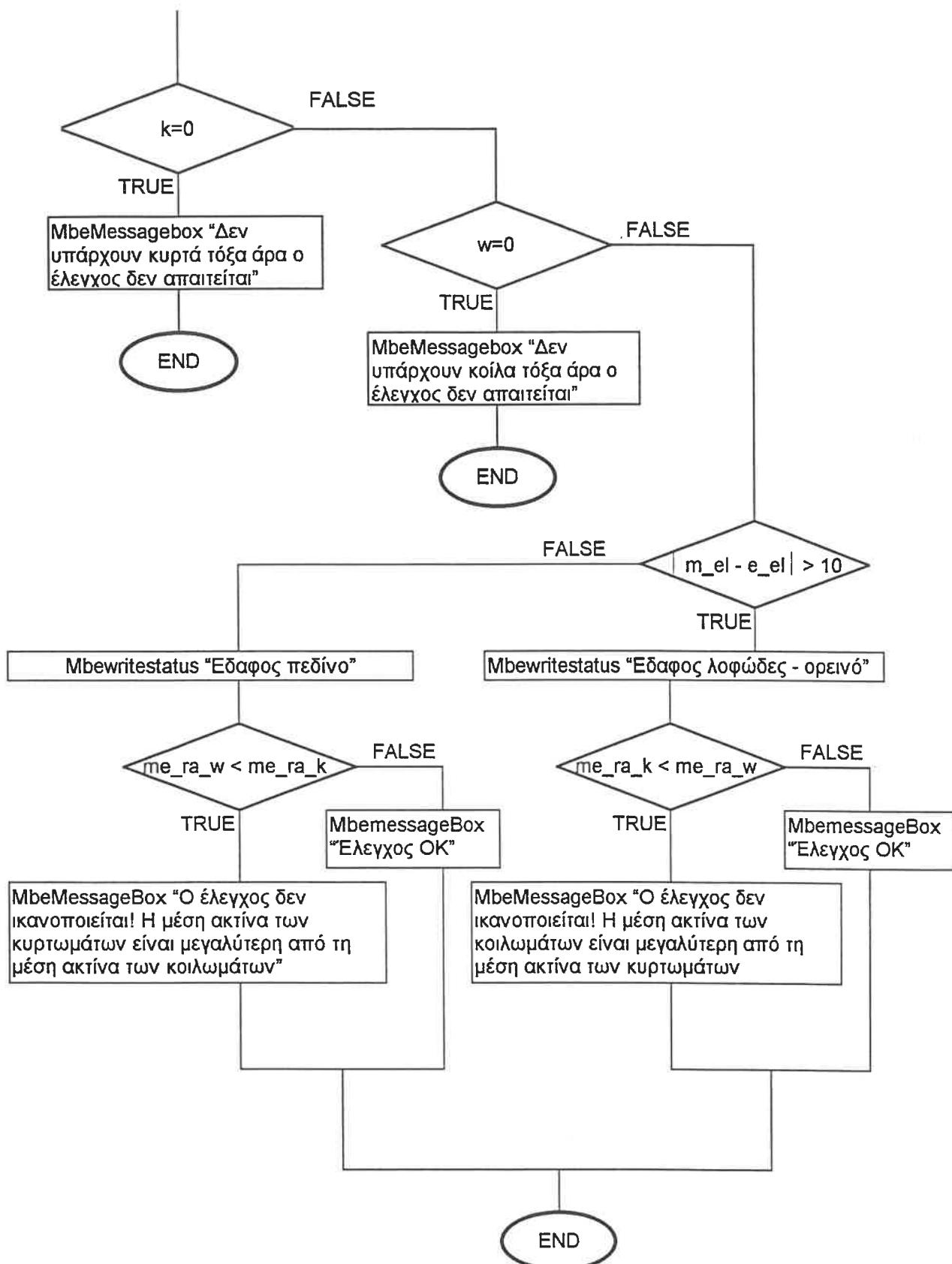
Αντίθετα, στην περίπτωση που το έδαφος είναι πεδινό (δηλαδή όταν ισχύει $|m_{el} - e_{el}| < 10$) ελέγχεται αν η ελάχιστη ακτίνα κοιλώματος είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ακτίνα κυρτώματος και ενημερώνεται πάλι ο χρήστης με τα αντίστοιχα μηνύματα.



Σχήμα 4.6: Μήνυμα μη ικανοποίησης του ελέγχου σε περίπτωση ορεινού ή λοφώδους εδάφους.

4.3.4 Λογικό διάγραμμα παραλλαγής 2 (HkHw_in2.bas)

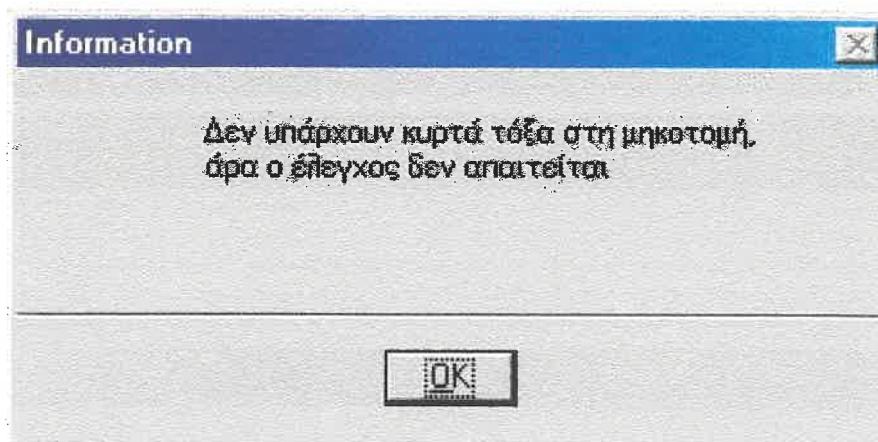




4.3.5 Περιγραφή λειτουργίας παραλλαγής 2 (HkHw_in2.bas)

Για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Έλεγχος σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων-κυρτωμάτων>Μέσες Τιμές και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος HkHw_in2.bas. Όπως και στο προηγούμενο πρόγραμμα ελέγχεται αν υπάρχει το αρχείο ver.asc και αν αυτό δεν εντοπιστεί τότε ενημερώνεται ο χρήστης με το μήνυμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και η λειτουργία του προγράμματος διακόπτεται.

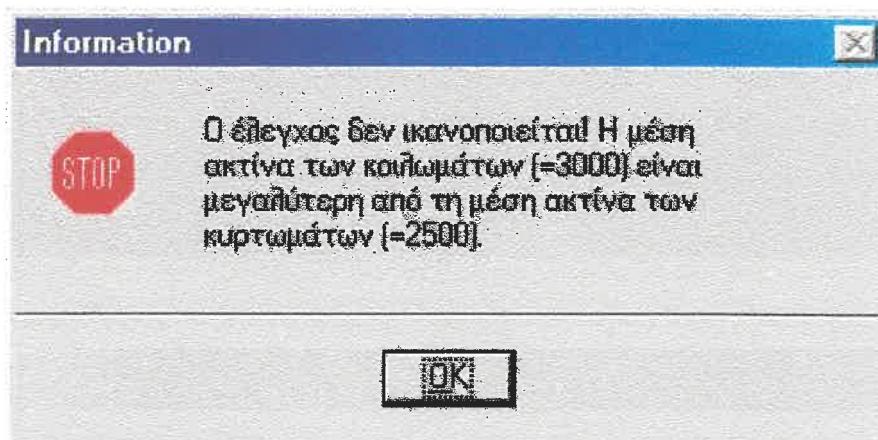
Εφόσον το αρχείο ver.asc εντοπιστεί, το πρόγραμμα διαβάζει το υψόμετρο (μεταβλητή v_el(i)) και την ακτίνα (μεταβλητή v_ra(i)) κάθε στοιχείου της ερυθράς της χάραξης. Στη συνέχεια αποδίδεται με τη βοήθεια ενός βρόχου στη μεταβλητή e_el η ελάχιστη τιμή των υψομέτρων v_el(i) και στη μεταβλητή m_el η μέγιστη. Στη συνέχεια εξετάζεται αν υπάρχει τουλάχιστον ένα κυρτό και ένα κοίλο τόξο στη μηκοτομή, ώστε να έχει νόημα η πραγματοποίηση του ελέγχου. Αν κάποιο από τα δύο δεν υπάρχει τότε ο χρήστης ενημερώνεται κατάλληλα (Σχήμα 4.7) και η εκτέλεση του προγράμματος διακόπτεται. Κατόπιν το πρόγραμμα υπολογίζει τη μέση τιμή της ακτίνας των κοιλωμάτων (μεταβλητή me_ra_k) και των κυρτωμάτων (μεταβλητή me_ra_w).



Σχήμα 4.7:
Ενημέρωση του
χρήστη ότι ο
έλεγχος δεν είναι
αναγκαίος.

Ακολουθεί ο χαρακτηρισμός του εδάφους ως “λοφώδες-ορεινό” ή “πεδινό” και ο έλεγχος των μέσων όρων των ακτίνων των κοίλων και κυρτών τόξων της μηκοτομής. Έτσι, αν το μέγιστο υψόμετρο m_el είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο e_el κατά 10m το έδαφος χαρακτηρίζεται ως λοφώδες-ορεινό (ο χαρακτηρισμός αυτός αναγράφεται πάνω από τη γραμμή εντολών του MicroStation, Σχήμα 4.5) και ελέγχεται αν η μέση τιμή της ακτίνας των κυρτωμάτων me_ra_k είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή της ακτίνας των κοιλωμάτων me_ra_w. Αν αυτό ισχύει εμφανίζεται το μήνυμα “Έλεγχος ΟΚ” (Σχήμα 4.5), αλλιώς ενημερώνεται ο χρήστης αναλυτικά για τη μη ικανοποίηση του ελέγχου (Σχήμα 4.8). Αντίστοιχα, στην περίπτωση που το έδαφος είναι πεδινό (δηλαδή όταν ισχύει |m_el - e_el| < 10) ελέγχεται αν η μέση τιμή της

ακτίνας των κοιλωμάτων me_ra_w είναι μεγαλύτερη από μέση τιμή της ακτίνας των κυρτωμάτων me_ra_k και ενημερώνεται πάλι ο χρήστης με κατάλληλα μηνύματα. Στις περιπτώσεις μη ικανοποίησης του ελέγχου ο χρήστης ειδοποιείται και με ηχητικό σήμα.



Σχήμα 4.8: Ενημέρωση του χρήστη για τη μη ικανοποίηση του ελέγχου.

4.4 Πρόγραμμα ελέγχου της επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα

4.4.1 Γενικά

Το πρόγραμμα που ακολουθεί εντοπίζει τα τμήματα της χάραξης στα οποία παρουσιάζεται επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλο τόξο μηκοτομής και ελέγχει αν η χάραξη εναρμονίζεται με τη σχετική σύσταση των Γερμανικών κανονισμών. Η σύσταση αυτή (όπως έχει ήδη παρουσιασθεί αναλυτικά στην παράγραφο 2.5.5) αναφέρει ότι στην περίπτωση επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα θα πρέπει ο λόγος της ακτίνας της καμπύλης προς την ακτίνα του τόξου στρογγύλευσης R/H να είναι κατά το δυνατόν μικρός και πάντως όχι μεγαλύτερος από 1/5 ως 1/10.

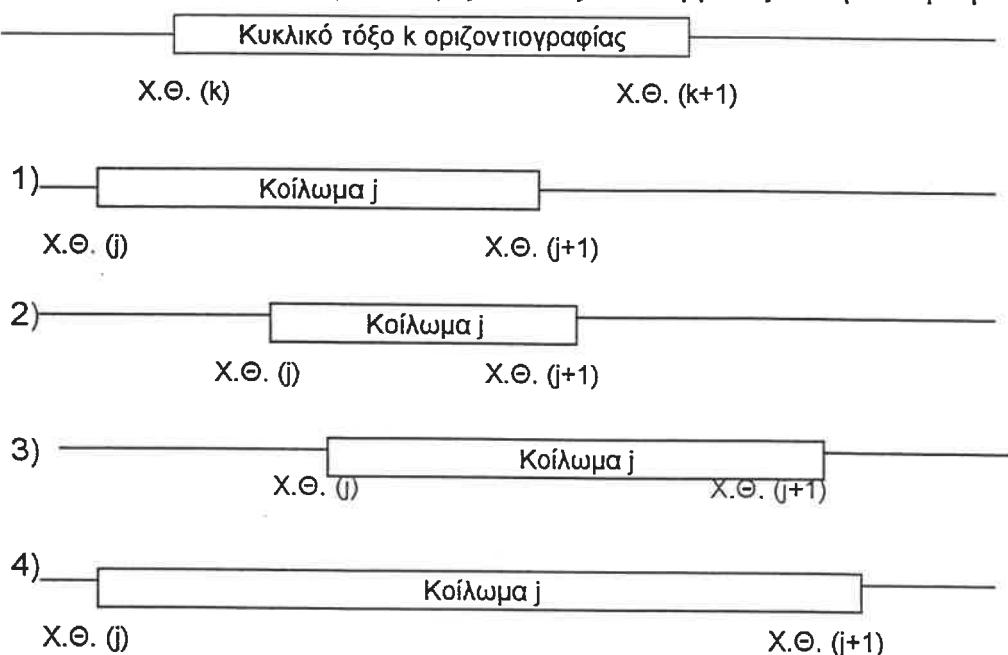
Στο παρουσιαζόμενο πρόγραμμα χρησιμοποιείται ως μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για το λόγο R/H η τιμή 0.20 ($R/H=1/5$), έτσι ώστε ο έλεγχος να μην ικανοποιείται μόνο σε περιπτώσεις που ο λόγος R/H είναι σαφώς έξω από τα όρια που προτείνουν οι κανονισμοί. Πάντως, η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή R/H έχει καθοριστεί ως σταθερά στην αρχή του προγράμματος (βλ. και λογικό διάγραμμα και Παράρτημα Δ) ώστε να είναι πολύ εύκολο, ακόμη και σε κάποιον που δεν έχει καθόλου γνώσεις προγραμματισμού, να τη μεταβάλλει κατά βούληση. Έτσι, η επιλογή της οριακής τιμής του λόγου R/H εναπόκειται ουσιαστικά στην κρίση του μηχανικού-χρήστη του προγράμματος. Βασική

προτεραιότητα μελλοντικών κανονισμών οδοποιίας πάντως θα πρέπει να είναι ο καθορισμός κοινά αποδεκτής οριακής τιμής για το λόγο R/H.

Εδώ πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι η πιθανή επικινδυνότητα της επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα σημειώνεται και στους Αμερικανικούς κανονισμούς, όπου αποδίδεται κυρίως σε λόγους δυναμικής της κίνησης (βλ. και παράγραφο 2.5.5). Οι συστάσεις των Αμερικανικών κανονισμών όμως παραμένουν σε επίπεδο γενικών πτοιοτικών συμβουλών και έτσι δεν είναι δυνατό να ενσωματωθούν σε κάποιο αλγόριθμο ελέγχου.

Το πρόγραμμα αναγνωρίζει ότι υπάρχει επαλληλία μεταξύ οριζοντιογραφικής καμπύλης και κοιλώματος μόνο όταν υπάρχουν κοινά σημεία μεταξύ του κοίλου τόξου μηκοτομής και του κυκλικού τόξου της οριζοντιογραφίας. Η περίπτωση επαλληλίας κατά την οποία τα κοινά σημεία περιορίζονται μόνο στην καμπύλη συναρμογής δεν λαμβάνεται υπ' όψη για τους εξής λόγους: α) στην περίπτωση αυτή το κυκλικό τόξο βρίσκεται στο σύνολό του εκτός του κοιλώματος και επομένως ο οδηγός μπορεί να εκτιμήσει την καμπυλότητα χωρίς να υπάρχει κίνδυνος λάθος εντύπωσης εξαιτίας της παραμόρφωσης της προοπτικής εικόνας και β) εξαιτίας της μεταβαλλόμενης ακτίνας της κλωθοειδούς δεν θα είναι σαφές σε ποια τιμή της ακτίνας R αναφέρονται οι κανονισμοί (π.χ. για την οριακή περίπτωση που το κοίλωμα τελειώνει στη αρχή ακριβώς της κλωθοειδούς η ακτίνα R θα τείνει στο άπειρο και επομένως $R/H \rightarrow \infty$, ενώ είναι προφανές ότι ουσιαστικά δεν θα υπάρχει καν επαλληλία).

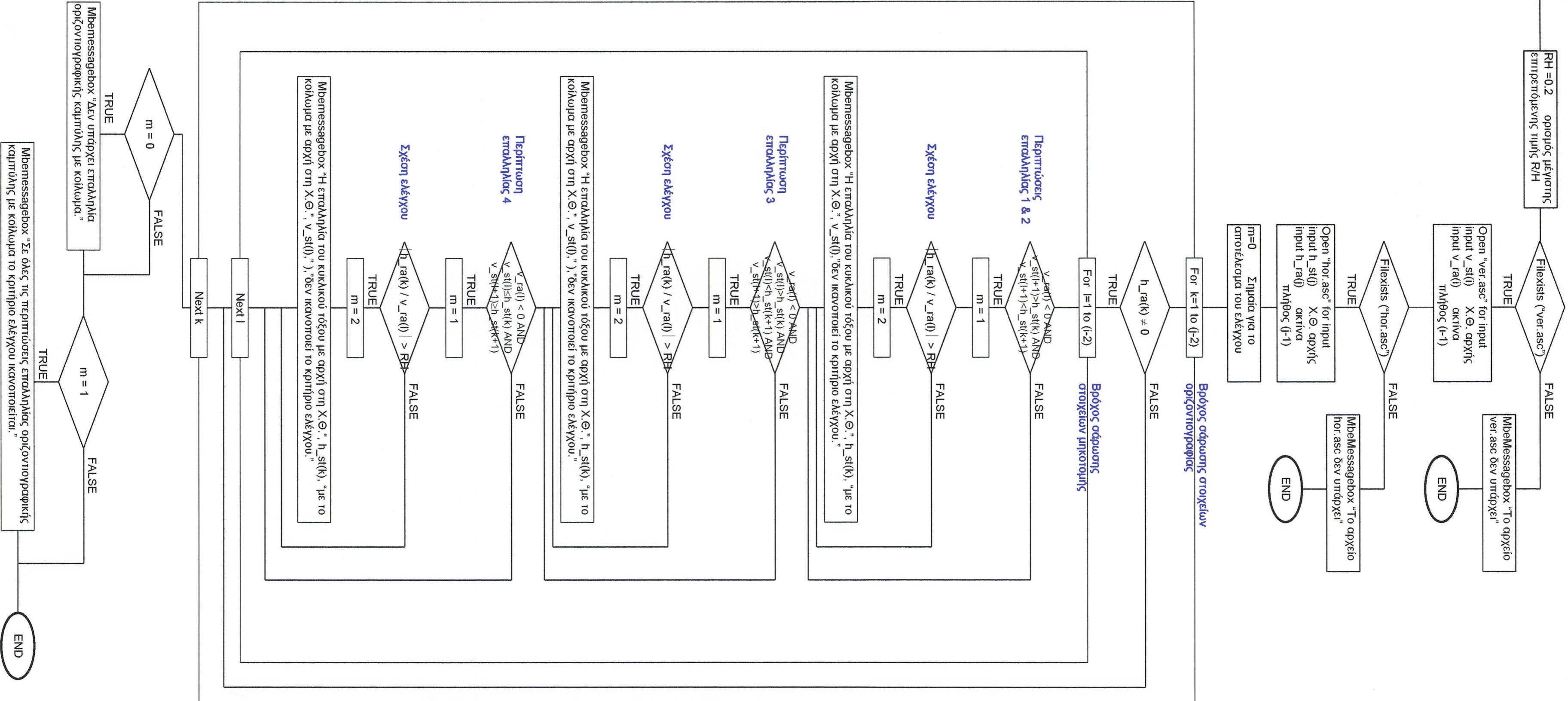
Οι δυνατές περιπτώσεις επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα, όπως αυτές αναγνωρίζονται από το πρόγραμμα, παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα (στον οριζόντιο άξονα συμβολίζεται η Χιλιομετρική Θέση).



Οι περιπτώσεις αυτές προσδιορίζονται από το πρόγραμμα ως εξής: Για τις (1) και (2) πρέπει και αρκεί $X.\Theta.(k) < X.\Theta.(j+1) < X.\Theta.(k+1)$. Για την περίπτωση (3) πρέπει και αρκεί $X.\Theta.(k) < X.\Theta.(j) < X.\Theta.(k+1) \text{ AND } X.\Theta.(j+1) > X.\Theta.(k+1)$ (ώστε να μην υπολογίζει ξανά και την περίπτωση (2)). Τέλος για την περίπτωση (4) πρέπει και αρκεί $X.\Theta.(j) \leq X.\Theta.(k) \text{ AND } X.\Theta.(j+1) \geq X.\Theta.(k+1)$.

Ο τρόπος που λειτουργεί ο αλγόριθμος φαίνεται αναλυτικότερα στο λογικό διάγραμμα που ακολουθεί.

4.4.2 Λογικό διάγραμμα (RHw_in.bas)

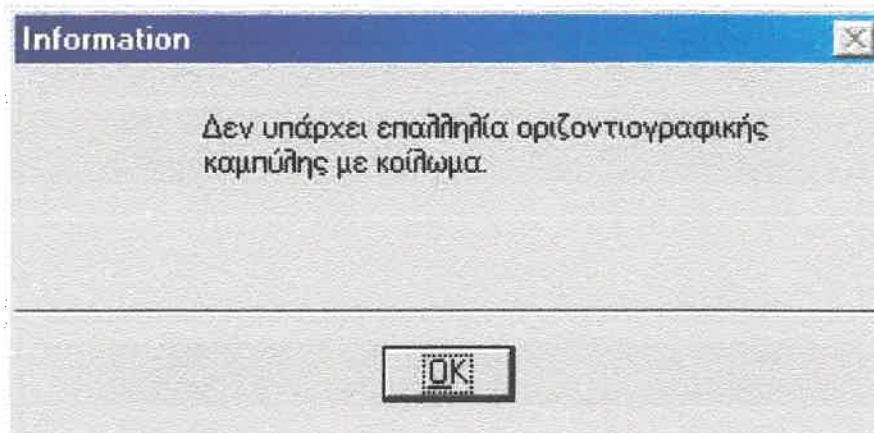


4.4.3 Περιγραφή λειτουργίας (RHw_in.bas)

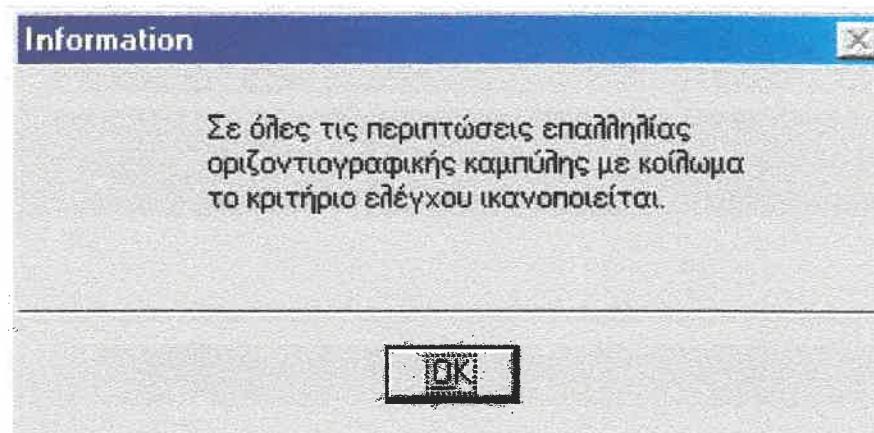
Για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Έλεγχος επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος RHw_in.bas. Στην αρχή αναζητούνται τα αρχεία στοιχείων της μηκοτομής (ver.asc) και της οριζοντιογραφίας (hor.asc) και αν κάποιο από τα δύο δεν εντοπιστεί τότε ενημερώνεται ο χρήστης με το μήνυμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και η λειτουργία του προγράμματος διακόπτεται.

Εφόσον τα παραπάνω αρχεία εντοπιστούν, διαβάζονται από το μεν ver.asc η Χιλιομετρική Θέση αρχής (μεταβλητή v_st(i)) και η ακτίνα κάθε στοιχείου μηκοτομής (μεταβλητή v_ra(i)), από το δε hor.asc η Χιλιομετρική Θέση Αρχής (μεταβλητή h_st(j)) και η ακτίνα (μεταβλητή h_ra(j)) κάθε στοιχείου της οριζοντιογραφίας.

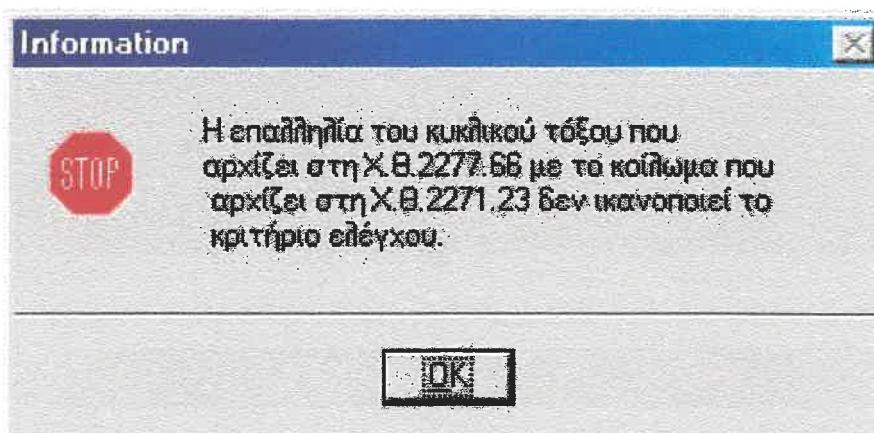
Στη συνέχεια ακολουθεί ο εντοπισμός της περιοχής επαλληλίας κυκλικού τόξου οριζοντιογραφίας με κοίλο τόξο μηκοτομής. Για κάθε στοιχείο οριζοντιογραφίας με ακτίνα $h_{ra}(j) \neq 0$ (που, όπως έχει ήδη αναφερθεί, σύμφωνα με το συμβολισμό που χρησιμοποιεί το InRoads, είναι κυκλικό τόξο) αναζητείται στοιχείο της μηκοτομής με ακτίνα $v_{ra}(i) < 0$ (που κατά το συμβολισμό του InRoads είναι κοίλο τόξο μηκοτομής) που να εμπίπτει σε κάποια από τις περιπτώσεις (1), (2), (3) ή (4) που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.4.1. Αν βρεθεί κάποιο τέτοιο στοιχείο μηκοτομής ελέγχεται αν ο λόγος $R/H (= |h_{ra}(j)| / |v_{ra}(i)|)$ είναι μικρότερος από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή maxR/H . Ο παραπάνω έλεγχος επαναλαμβάνεται για όλο το μήκος της χάραξης. Επομένως, εαν υπάρχουν περισσότερες από μια περιπτώσεις προβληματικής επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα, το πρόγραμμα θα τις εντοπίσει όλες και θα ενημερώσει κατάλληλα το χρήστη. Τα μηνύματα που ενημερώνουν για το αποτέλεσμα του ελέγχου παρουσιάζονται στα Σχήματα 4.9, 4.10 και 4.11. Στην περίπτωση μάλιστα που υπάρχει πιθανό πρόβλημα στη χάραξη, ο χρήστης ειδοποιείται και με ηχητικό σήμα.



Σχήμα 4.9: Ενημέρωση του χρήστη για μη αναγκαιότητα του ελέγχου



Σχήμα 4.10: Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποίηση του ελέγχου



Σχήμα 4.11: Αναλυτική ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου

4.5 Προγράμματα ελέγχου της επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα

4.5.1 Πρόγραμμα ελέγχου επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα κατά RAS-L

4.5.1.1 Γενικά

Το πρόγραμμα που παρουσιάζεται παρακάτω εντοπίζει τα τμήματα της χάραξης στα οποία εμφανίζεται επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτό τόξο μηκοτομής και ελέγχει αν η χάραξη εναρμονίζεται με τη σχετική σύσταση των Γερμανικών κανονισμών. Η σύσταση αυτή (όπως έχει ήδη παρουσιασθεί αναλυτικά στην παράγραφο 2.5.4) αναφέρει ότι στην περίπτωση επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα θα πρέπει η αλλαγή κατεύθυνσης της οδού, μετρούμενη από την αρχή της καμπύλης συναρμογής, που βρίσκεται μέσα στο διαθέσιμο μήκος ορατότητας να είναι κατ' ελάχιστο 3,5^g.

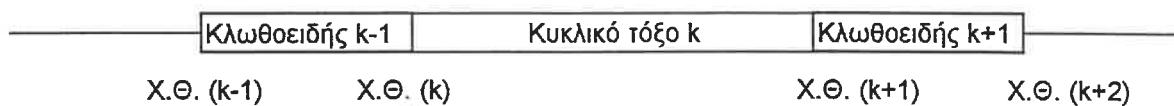
Μια πρώτη διερεύνηση του προβλήματος αποκαλύπτει ότι η απαιτούμενη ελάχιστη αλλαγή κατεύθυνσης (3,5^g) πραγματοποιείται στο σύνολό της μέσα στην καμπύλη συναρμογής, υπό την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι οδηγίες των Γερμανικών κανονισμών όσον αφορά το ελάχιστο μήκος κλωθοειδούς. Αυτό αποδεικνύεται ως εξής: Για μετάβαση από την ευθυγραμμία σε κυκλικό τόξο συγκεκριμένης ακτίνας R, η δυσμενέστερη περίπτωση (αυτή δηλαδή κατά την οποία η αλλαγή διεύθυνσης τ από την αρχή μέχρι το τέλος της κλωθοειδούς γίνεται ελάχιστη) είναι η περίπτωση που η παράμετρος A της κλωθοειδούς είναι ελάχιστη ([7], σελ. 37). Κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς όμως πρέπει A>R/3. Έτσι, για την αλλαγή κατεύθυνσης τ από την αρχή μέχρι το τέλος της κλωθοειδούς έχουμε:

$$\tau = \frac{A^2}{2R^2} \geq \frac{\left(\frac{R}{3}\right)^2}{2R^2} = \frac{1}{18} \text{ rad} = 3.54^g > 3.5^g$$

Επομένως, η αλλαγή κατεύθυνσης που πραγματοποιείται στην κλωθοειδή είναι κατ' ελάχιστον 3,5^g.

Η παραπάνω διαπίστωση περιορίζει τις περιπτώσεις επαλληλίας που θα πρέπει να ελεγχθούν. Εκτελείται δηλαδή ένας προκαταρτικός έλεγχος τήρησης της πρόβλεψης για την ελάχιστη τιμή της παραμέτρου A, και εαν ο έλεγχος αυτός επαληθεύεται θα είναι βέβαιο ότι όταν το κύρτωμα αρχίζει και τελειώνει εντός του κυκλικού τόξου τότε το σύνολο της καμπύλης συναρμογής θα είναι ορατό στον οδηγό και επομένως, σύμφωνα με το παραπάνω, θα είναι

αντιληπτή και η αλλαγή της κατεύθυνσης κατά 3.5°. Οι περιπτώσεις επαλληλίας προς έλεγχο επομένων περιορίζονται σε αυτές κατά τις οποίες υπάρχουν κοινά σημεία μεταξύ κυρτώματος και καμπύλης συναρμογής εισόδου και εξόδου (για τους οδηγούς που κινούνται αντίθετα από τη φορά αύξησης της Χ.Θ.). Οι περιπτώσεις αυτές, όπως αναγνωρίζονται από το πρόγραμμα, παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



A) Κλωθοειδής εισόδου

- 1)
- 2)
- 3)

B) Κλωθοειδής εξόδου

- 1)
- 2)
- 3)

Ο έλεγχος πραγματοποιείται σε γενικές γραμμές ως εξής: Για κάθε κλωθοειδή εισόδου στο κυκλικό τόξο (αντ. εξόδου) για την οποία διαπιστώνεται ότι υπάρχει επαλληλία με κυρτό τόξο μηκοτομής, θεωρείται ένα μήκος ελέγχου πριν (αντ. μετά) την κλωθοειδή εντός του οποίου είναι απαραίτητο ο οδηγός να μπορεί να αντιληφθεί αλλαγή διεύθυνσης στην οδό μεγαλύτερη από 3,5°. Στο μήκος αυτό θεωρούνται σημεία σε μεταξύ τους απόσταση δύο μέτρων (θεωρήθηκε ότι η τιμή αυτή για τη "σάρωση" του μήκους ελέγχου προσφέρει ικανοποιητική

ακρίβεια, χωρίς να είναι ιδιαίτερα μικρή και να καθυστερεί η εκτέλεση του προγράμματος), και για κάθε τέτοιο σημείο υπολογίζεται το διαθέσιμο μήκος ορατότητας (με παραδοχή ύψους οφθαλμών 1,0m, [7] σελ.140, όπως προτείνεται στους Γερμανικούς κανονισμούς). Αν η αλλαγή κατεύθυνσης που βρίσκεται μέσα στο διαθέσιμο μήκος ορατότητας είναι μεγαλύτερη από 3,5^o τότε θεωρείται ότι για το συγκεκριμένο σημείο ο έλεγχος επαληθεύεται και το πρόγραμμα προχωρά στον έλεγχο για το επόμενο σημείο, σε απόσταση δύο μέτρων. Εφόσον ο έλεγχος ικανοποιείται για όλα τα παραπάνω σημεία που βρίσκονται στο μήκος ελέγχου, τότε η επαλληλία ορίζοντιογραφικής καμπύλης και κυρτώματος κρίνεται ασφαλής. Διαφορετικά, επισημαίνεται το πιθανό πρόβλημα.

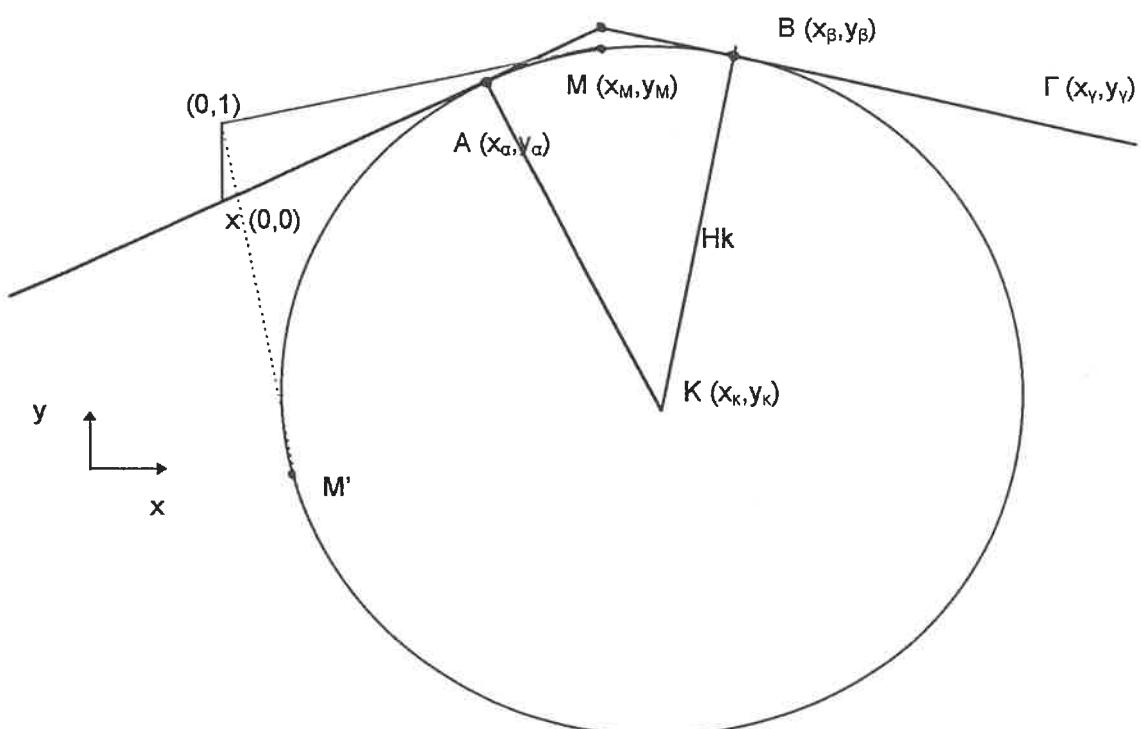
Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι το θεωρούμενο μήκος ελέγχου πριν ή μετά την κλωθοειδή αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την ορθότητα του ελέγχου. Στους κανονισμούς δεν αναφέρεται κάποια συγκεκριμένη οδηγία για το θέμα αυτό, είναι όμως δυνατό να γίνουν κάποιες λογικές παραδοχές. Η εξασφάλιση της ορατής από το τμήμα αυτό αλλαγής διέυθυνσης των 3,5^o είναι απαραίτητη ώστε ο οδηγός να αντιληφθεί την ύπαρξη της καμπύλης και να μειώσει την ταχύτητά του. Σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς όμως, σε διαδοχικά οδικά τμήματα θα πρέπει η διαφορά μεταξύ των ταχυτήτων V_{85} να μην υπερβαίνει τα 10Km/h και κατ' εξαίρεση τα 20Km/h ([7], σελ. 21). Αν θεωρηθεί μια μέση τιμή για τη μεταβολή της ταχύτητας 15Km/h, το απαιτούμενο μήκος για τη μεταβολή της ταχύτητας εξαρτάται από την αρχική ταχύτητα $V_{85,o}$ και την κατά μήκος κλίση (το μήκος αυτό είναι ίσο με τη διαφορά των μηκών ορατότητας για στάση με αρχική ταχύτητα $V_{85,o}$ και $V_{85,o} - 15Km/h$). Έτσι, για διάφορες τιμές της αρχικής ταχύτητας και της κατά μήκος κλίσης προκύπτουν για το μήκος ελέγχου οι τιμές που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (οι υπολογισμοί έγιναν με βάση το διάγραμμα για το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση, [7], σελ. 135).

$V_{85,o}$ (Km/h)	$V_{85,o} - 15$ (Km/h)	Μήκος (m) για $s=-5\%$	Μήκος (m) για $s=-2\%$	Μήκος (m) για $s=0\%$	Μήκος (m) για $s=2\%$	Μήκος (m) για $s=5\%$
130	115	-	75	65	60	-
120	105	-	70	60	55	-
110	95	-	60	55	50	-
100	85	-	55	45	40	-
90	75	-	40	40	35	35
80	65	40	35	35	30	30
70	55	30	30	30	25	25

Πίνακας 4.1: Τιμές για το μήκος της περιοχής ελέγχου, ανάλογα με την ταχύτητα V_{85} πριν την καμπύλη και την κατά μήκος κλίση.

Στο πρόγραμμα που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό έχει θεωρηθεί ως μήκος του τμήματος ελέγχου η τιμή των **50m**, με το σκεπτικό ότι αντιστοιχεί σε μια αρχική ταχύτητα της τάξης των 100Km/h. Η τιμή αυτή προσδιορίζεται στην αρχή του προγράμματος ως σταθερά, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εύκολης μεταβολής της από τον χρήστη. Έτσι, ανάλογα με την ταχύτητα που εκτιμά ότι θα αναπτύσσουν τα οχήματα στις περιοχές ελέγχου και συμβουλευόμενος των παραπάνω πίνακα, ο χρήστης του προγράμματος θα μπορεί να το προσαρμόσει καλύτερα στις απαιτήσεις του.

Το διατιθέμενο μήκος ορατότητας, στην περίπτωση που ο οδηγός βρίσκεται ήδη εντός του κυρτώματος υπολογίζεται σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς, για ύψος οφθαλμών $h_A=1,00\text{m}$ και ύψος αντικειμένου $h_z=0$ (Επιλέγεται η τιμή 0 για το ύψος αντικειμένου, θεωρώντας ότι ο οδηγός, για να μπορέσει να αντιληφθεί την αλλαγή διεύθυνσης της οδού θα πρέπει να είναι σε θέση να διακρίνει το οδόστρωμα, που μπορεί να προσομοιωθεί ως αντικείμενο μηδενικού ύψους). Με το παραπάνω σκεπτικό χρησιμοποιείται η σχέση $S = \sqrt{2H_k} (\sqrt{h_A} + \sqrt{h_z}) \Rightarrow S = \sqrt{2H_k}$. Όταν όμως ο οδηγός (δηλαδή το αντίστοιχο σημείο ελέγχου) βρίσκεται σε τμήμα με σταθερή κατά μήκος κλίση, που προηγείται του κυρτώματος, ο υπολογισμός του μήκους ορατότητας είναι αρκετά πιο πολύπλοκος:



Σχήμα 4.12: Υπολογισμός του μήκους ορατότητας για θέση του οδηγού πριν το κύρτωμα

Το ζητούμενο μήκος είναι η απόσταση μεταξύ των σημείων x και M . Για να υπολογισθεί θεωρείται σύστημα αξόνων x, y όπως στο σχήμα με αρχή το σημείο ελέγχου x . Οι συντεταγμένες του σημείου A (αρχή του κοιλώματος) είναι γνωστές και επομένως η εξίσωση της ευθείας xA είναι :

$$(xA): \quad y = \frac{y_\alpha}{x_\alpha} x$$

Ομοίως είναι γνωστές οι συντεταγμένες των σημείων B (τέλος του κοιλώματος) και Γ (αρχή του επομένου στοιχείου μηκοτομής) και έτσι υπολογίζεται η εξίσωση της ευθείας $B\Gamma$.

$$(B\Gamma): \quad y = \frac{y_\gamma - y_\beta}{x_\gamma - x_\beta} x - \left(\frac{x_\beta(y_\gamma - y_\beta)}{x_\gamma - x_\beta} - y_\beta \right)$$

Η εξίσωση της ευθείας AK μπορεί να υπολογισθεί ώς κάθετη στη xA στο σημείο A .

$$(AK): \quad y = -\frac{x_\alpha}{y_\alpha} x + \frac{x_\alpha^2}{y_\alpha} + y_\alpha$$

Ομοίως υπολογίζεται και η εξίσωση της ευθείας BK ως κάθετη στη $B\Gamma$ στο B .

$$(BK): \quad y = \frac{x_\beta - x_\gamma}{y_\gamma - y_\beta} x - \left(\frac{x_\beta(x_\beta - x_\gamma)}{y_\gamma - y_\beta} - y_\beta \right)$$

Η τομή των AK και BK δίνει τις συντεταγμένες του κέντρου του κυρτώματος K .

$$(K): \quad x_K = \frac{y_\alpha - y_\beta + \frac{x_\alpha^2}{y_\alpha} + \frac{x_\beta(x_\beta - x_\gamma)}{y_\gamma - y_\beta}}{\frac{x_\alpha}{y_\alpha} + \frac{x_\beta - x_\gamma}{y_\gamma - y_\beta}}$$

$$y_K = -\frac{x_\alpha}{y_\alpha} x_K + \frac{x_\alpha^2}{y_\alpha} + y_\alpha$$

Γνωρίζοντας και την ακτίνα Hk υπολογίζεται η εξίσωση του κύκλου του κυρτώματος.

$$(K, Hk): \quad (x - x_K)^2 + (y - y_K)^2 = Hk^2$$

Η εξίσωση της εφαπτομένης στο κύρτωμα από το σημείο $(0,1)$ είναι (σημείο επαφής το $M(x_M, y_M)$):

$$\text{εφαπτ. στο } M: \quad (x - x_K)(x_M - x_K) + (y - y_K)(y_M - y_K) = Hk^2$$

Το σημείο $(0,1)$ ανήκει στην εφαπτομένη, άρα:

$$-x_K(x_M - x_K) + (1 - y_K)(y_M - y_K) = Hk^2 \quad (1)$$

Το σημείο M ανήκει στον κύκλο, άρα:

$$(x_M - x_K)^2 + (y_M - y_K)^2 = Hk^2 \quad (2)$$

Το σύστημα των (1) και (2) δίνει τις συντεταγμένες του σημείου M . Επιλύεται η (1) ως προς y_M και αντικαθίσταται στη (2). Έτσι προκύπτει:

$$y_M = \frac{1}{1-y_K} (x_M x_K - x_K^2 - y_K^2 + y_K + Hk^2) \quad (3)$$

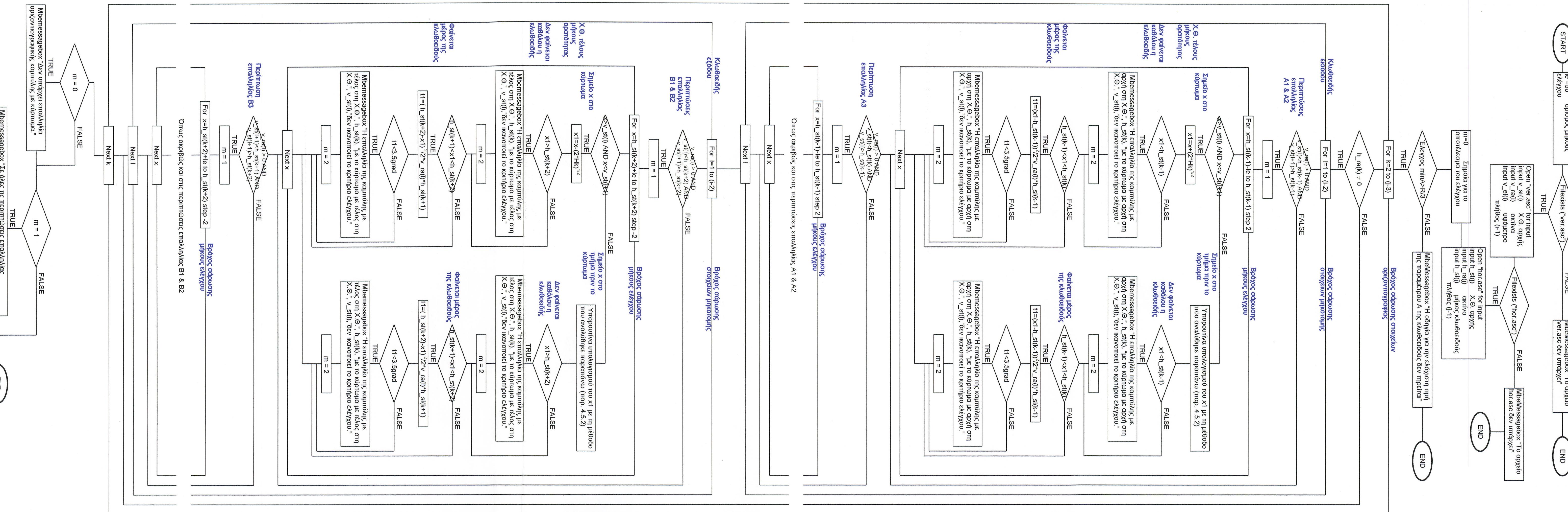
Αντικαθιστώντας στην εξίσωση (2) προκύπτει μια δευτεροβάθμια εξίσωση με άγνωστο το x_M , της μορφής $\alpha x^2 + \beta x + \gamma = 0$, με παραμέτρους:

$$\begin{aligned} \alpha &= 1 + \frac{x_K^2}{(1-y_K)^2} \\ \beta &= \frac{2}{(1-y_K)^2} \left(-x_K^3 - x_K y_K^2 + x_K y_K + x_K Hk^2 - x_K - \frac{x_K y_K}{1-y_K} \right) \\ \gamma &= x_K^2 + y_K^2 - Hk^2 + \frac{2y_K}{1-y_K} (x_K^2 + y_K^2 - y_K - Hk^2) + \\ &\quad + \frac{1}{(1-y_K)^2} (x_K^4 + y_K^4 + y_K^2 + Hk^4 - 2x_K^2 Hk^2 - 2y_K^3 - 2y_K^2 Hk^2 - 2y_K Hk^2) \end{aligned}$$

Υπολογίζονται οι δύο ρίζες της εξίσωσης αυτής και αντικαθιστώντας στην (3) υπολογίζονται οι αντίστοιχες τιμές του y_M . Από τα δύο σημεία M και M' που προκύπτουν, το ζητούμενο είναι αυτό με τη μεγαλύτερη τεταγμένη y_M (Σχήμα 4.12).

Αντίστοιχα γίνεται και ο υπολογισμός στην κλωθοειδή εξόδου, με μικρές διαφορές κυρίως στον υπολογισμό των συντεταγμένων των αρχικών σημείων A , B και K .

4.5.1.2 Λογικό διάνυμημα ελέγχου κατά RAS-L(RHk_in1.bas)

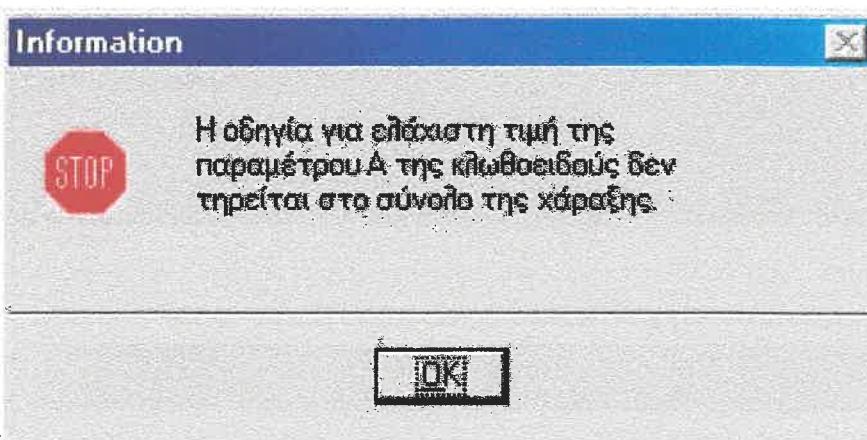


4.5.1.3 Περιγραφή λειτουργίας ελέγχου κατά RAS-L (RHk_in1.bas)

Για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Έλεγχος επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα>Κατά RAS-L και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος RHk_in1.bas. Στην αρχή αναζητούνται τα αρχεία στοιχείων της μηκοτομής (ver.asc) και της οριζοντιογραφίας (hor.asc) και αν κάποιο από τα δύο δεν εντοπιστεί τότε ενημερώνεται ο χρήστης με το μήνυμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και η λειτουργία του προγράμματος διακόπτεται.

Εφόσον τα παραπάνω αρχεία εντοπιστούν, διαβάζονται από το μεν ver.asc η Χιλιομετρική Θέση αρχής (μεταβλητή v_st(i)), το υψόμετρο αρχής (μεταβλητή v_el(i)) και η ακτίνα κάθε στοιχείου μηκοτομής (μεταβλητή v_ra(i)), από το δε hor.asc η Χιλιομετρική Θέση Αρχής (μεταβλητή h_st(j)), η ακτίνα (μεταβλητή h_ra(j)) και το μήκος κλωθοειδούς (μεταβλητή h_sl(j)) κάθε στοιχείου της οριζοντιογραφίας. Σύμφωνα με τους συμβολισμούς που χρησιμοποιούνται από το InRoads κατά τη διαμόρφωση των παραπάνω αρχείων, το μήκος κλωθοειδούς για κάθε στοιχείο της οριζοντιογραφίας που δεν είναι κλωθοειδής είναι ίσο με 0.

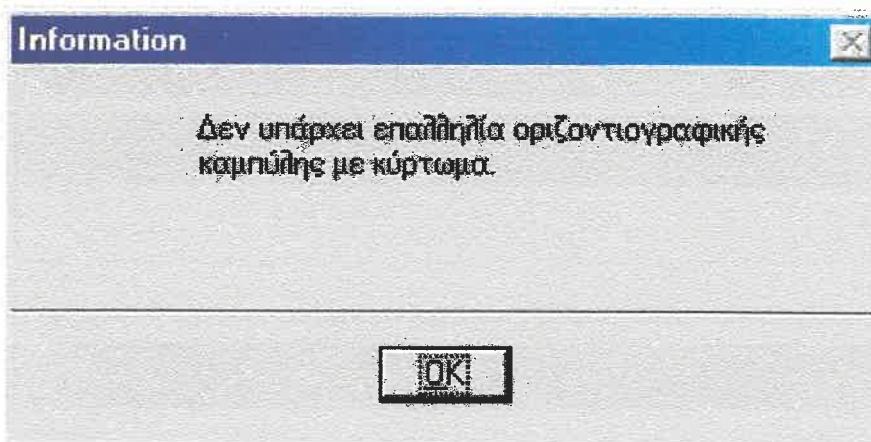
Μετά την ανάγνωση των δεδομένων ακολουθεί ο προκαταρτικός έλεγχος της χάραξης για την τήρηση της οδηγίας των Γερμανικών κανονισμών σχετικά με την ελάχιστη τιμή της παραμέτρου A της κλωθοειδούς ($minA=R/3$). Η ικανοποίηση του ελέγχου αυτού αποτελεί προϋπόθεση για την εκτέλεση του κύριως ελέγχου και επομένως, στην περίπτωση που εντοπίζεται κάποια κλωθοειδής με παράμετρο μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπόμενη, ειδοποιείται ο χρήστης με το μήνυμα του Σχήματος 4.13 και η λειτουργία του αλγορίθμου διακόπτεται.



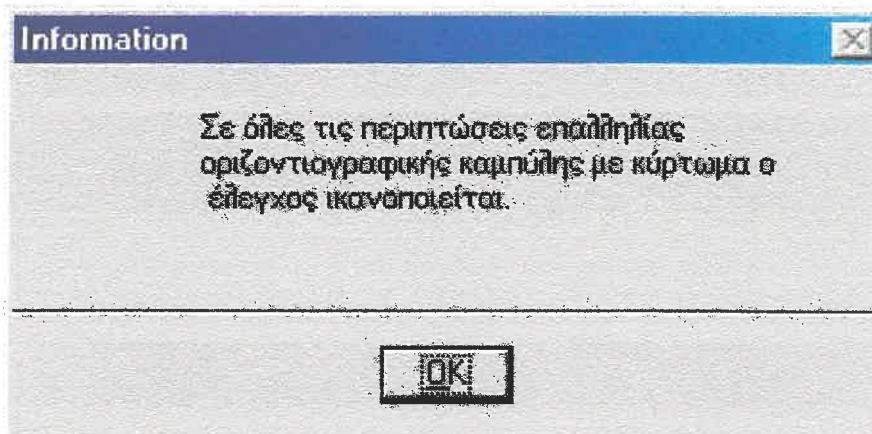
Σχήμα 4.13: Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του προκαταρτικού ελέγχου του ελαχίστου μήκους κλωθοειδούς.

Στη συνέχεια εκτελείται η υπορουτίνα ελέγχου της επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα. Ανάλογα με την περίπτωση επαλληλίας που εμφανίζεται (όπως αυτές παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.5.1) θεωρείται ένα μήκος ελέγχου πριν ή μετά την κλωθοειδή εντός του οποίου είναι απαραίτητο ο οδηγός να μπορεί να αντιληφθεί αλλαγή διεύθυνσης στην οδό μεγαλύτερη από 3,5^o. Στο μήκος αυτό θεωρούνται σημεία σε μεταξύ τους απόσταση δύο μέτρων, και για κάθε τέτοιο σημείο υπολογίζεται το διαθέσιμο μήκος ορατότητας. Αν η αλλαγή κατεύθυνσης που βρίσκεται μέσα στο διαθέσιμο μήκος ορατότητας είναι μεγαλύτερη από 3,5^o τότε για το συγκεκριμένο σημείο ο έλεγχος επαληθεύεται και το πρόγραμμα προχωρά στον έλεγχο για το επόμενο σημείο, σε απόσταση δύο μέτρων. Εφόσον ο έλεγχος ικανοποιείται για όλα τα παραπάνω σημεία που βρίσκονται στο μήκος ελέγχου, τότε η συγκεκριμένη επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης και κυρτώματος κρίνεται ασφαλής και το πρόγραμμα αναζητεί την επόμενη περίπτωση επαλληλίας (αν αυτή υπάρχει). Όταν οι συνθήκες ελέγχου δεν ικανοποιούνται τότε ο χρήστης ενημερώνεται με κατάλληλο μήνυμα (διαφορετικό για την κλωθοειδή εισόδου και την κλωθοειδή εξόδου, ώστε να έναι ευκολότερος ο εντοπισμός της προβληματικής περιοχής και η διόρθωση της χάραξης).

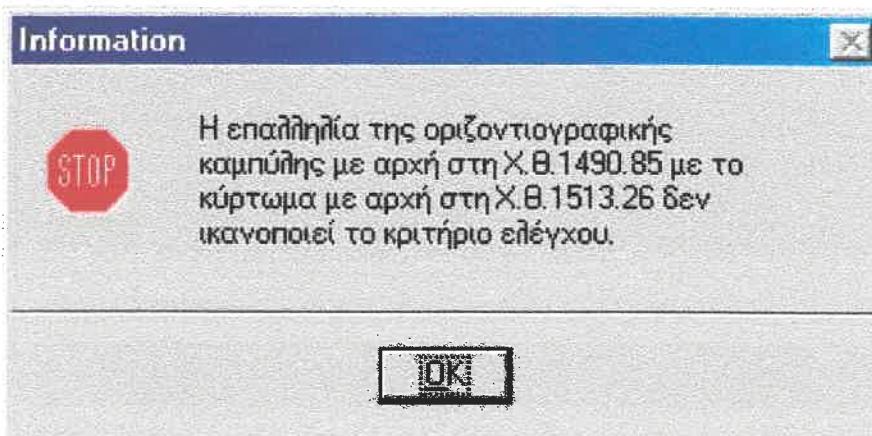
Τα μηνύματα που ενημερώνουν το χρήστη παρουσιάζονται στα Σχήματα 4.14 ως 4.17. Στην περίπτωση μάλιστα που εντοπίζεται κάποιο πρόβλημα στη χάραξη, ο χρήστης ειδοποιείται και με ηχητικό σήμα.



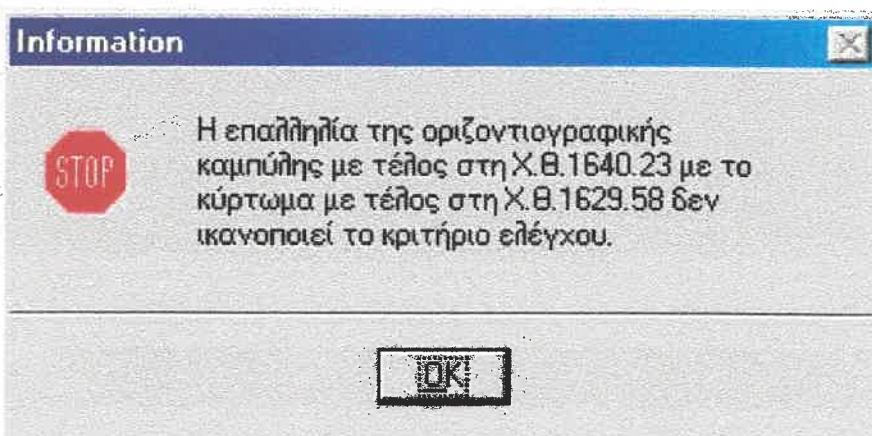
Σχήμα 4.14: Ενημέρωση του χρήστη για μη αναγκαιότητα του ελέγχου



Σχήμα 4.15: Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποίηση του ελέγχου



Σχήμα 4.16: Αναλυτική ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου (περίπτωση κλωθοειδούς εισόδου στην καμπύλη).



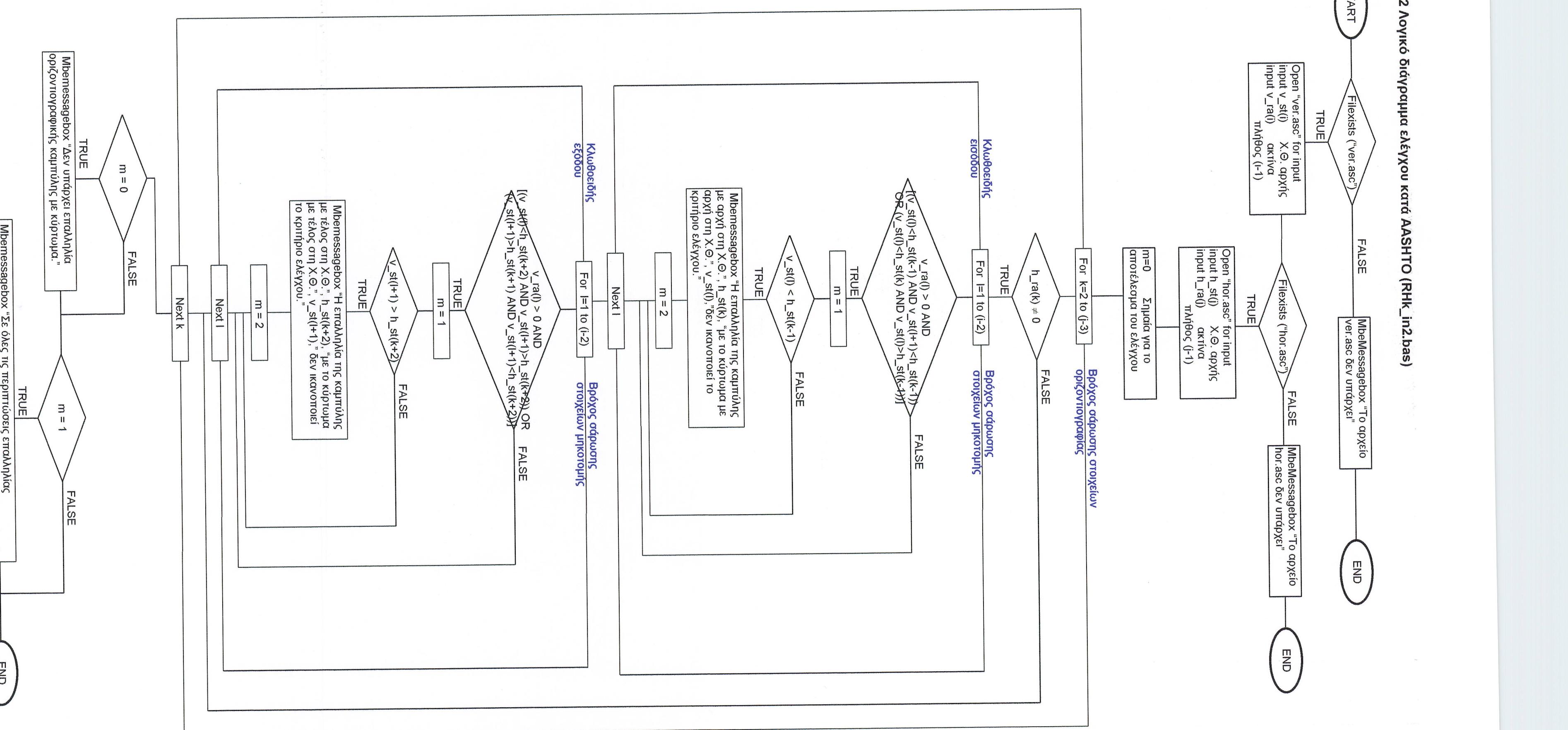
Σχήμα 4.17: Αναλυτική ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου (περίπτωση κλωθοειδούς εξόδου από την καμπύλη).

4.5.2 Πρόγραμμα ελέγχου επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα κατά AASHTO

4.5.2.1 Γενικά

Η εφαρμογή του παραπάνω ελέγχου σύμφωνα με τις υποδείξεις των κανονισμών AASHTO [1] σε γενικές γραμμές γίνεται ως εξής: Οι Αμερικανικοί κανονισμοί επισημαίνουν (όπως έχει ήδη παρουσιασθεί αναλυτικά στην παράγραφο 2.5.4) ότι στην περίπτωση επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η οριζοντιογραφική καμπύλη προηγείται του κυρτώματος. Η λειτουργία του αλγορίθμου ελέγχου επομένως περιορίζεται στον εντοπισμό των περιπτώσεων επαλληλίας καμπύλης στην οριζοντιογραφία με κυρτό τόξο στη μηκοτομή και στον έλεγχο της σχετικής τους θέσης. Οι διαφορετικές περιπτώσεις επαλληλίας που εξετάζονται είναι δύο. Η πρώτη περίπτωση αφορά την επαλληλία στην περιοχή της κλωθοειδούς εισόδου στο κυκλικό τόξο, οπότε θα πρέπει η Χιλιομετρική Θέση αρχής της κλωθοειδούς να είναι μικρότερη από τη Χ.Θ. αρχής του κυρτώματος, ενώ η δεύτερη περίπτωση επαλληλίας αφορά την κλωθοειδή εξόδου από το κυκλικό τόξο. Τότε θα πρέπει η Χ.Θ. τέλους της κλωθοειδούς να βρίσκεται μετά από τη Χ.Θ. τέλους του κυρτώματος, ώστε οι οδηγοί που κινούνται στην αντίθετη κατεύθυνση (κατεύθυνση κίνησης κατά τη φορά μείωσης της Χ.Θ.) να αντικρίζουν πρώτα την οριζοντιογραφική καμπύλη και μετά το κύρτωμα.

Στη συνέχεια παρατίθεται το λογικό διάγραμμα του αλγορίθμου ελέγχου.



4.5.2.3 Περιγραφή λειτουργίας ελέγχου κατά AASHTO (RHk_in2.bas)

Για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Έλεγχος επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα>Κατά AASHTO και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος RHk_in2.bas. Στην αρχή αναζητούνται τα αρχεία στοιχείων της μηκοτομής (ver.asc) και της οριζοντιογραφίας (hor.asc) και αν κάποιο από τα δύο δεν εντοπιστεί τότε ενημερώνεται ο χρήστης με το μήνυμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και η λειτουργία του προγράμματος διακόπτεται.

Εφόσον τα παραπάνω αρχεία εντοπιστούν, διαβάζονται από το μεν ver.asc η Χιλιομετρική Θέση αρχής (μεταβλητή v_st(i)) και η ακτίνα κάθε στοιχείου μηκοτομής (μεταβλητή v_ra(i)), από το δε hor.asc η Χιλιομετρική Θέση Αρχής (μεταβλητή h_st(j)) και η ακτίνα (μεταβλητή h_ra(j)) κάθε στοιχείου της οριζοντιογραφίας.

Στη συνέχεια, για κάθε οριζοντιογραφική καμπύλη η οποία εμφανίζεται σε επαλληλία με κυρτό τόξο μηκοτομής, ελέγχεται, χωριστά για την κλωθοειδή εισόδου και την κλωθοειδή εξόδου, αν η αρχή της οριζοντιογραφικής καμπύλης προηγείται ή έπειτα της αρχής του κυρτού τόξου μηκοτομής.

Τα μηνύματα με τα οποία ενημερώνεται ο χρήστης είναι όμοια με τα μηνύματα του ελέγχου κατά RAS-L. Έτσι, όταν δεν εντοπίζεται καμμία περίπτωση επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα εμφανίζεται το μήνυμα του Σχήματος 4.14. Όταν ο έλεγχος ικανοποιείται εμφανίζεται το μήνυμα του Σχήματος 4.15, ενώ για κάθε περίπτωση μη ικανοποίησης του ελέγχου εμφανίζονται τα μηνύματα των Σχημάτων 4.16 (προκειμένου για κλωθοειδή εισόδου) και 4.16 (για κλωθοειδή εξόδου από την καμπύλη), συνοδευόμενα από χαρακτηριστικό ηχητικό σήμα.

4.6 Πρόγραμμα ελέγχου της σύμπτωσης σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή

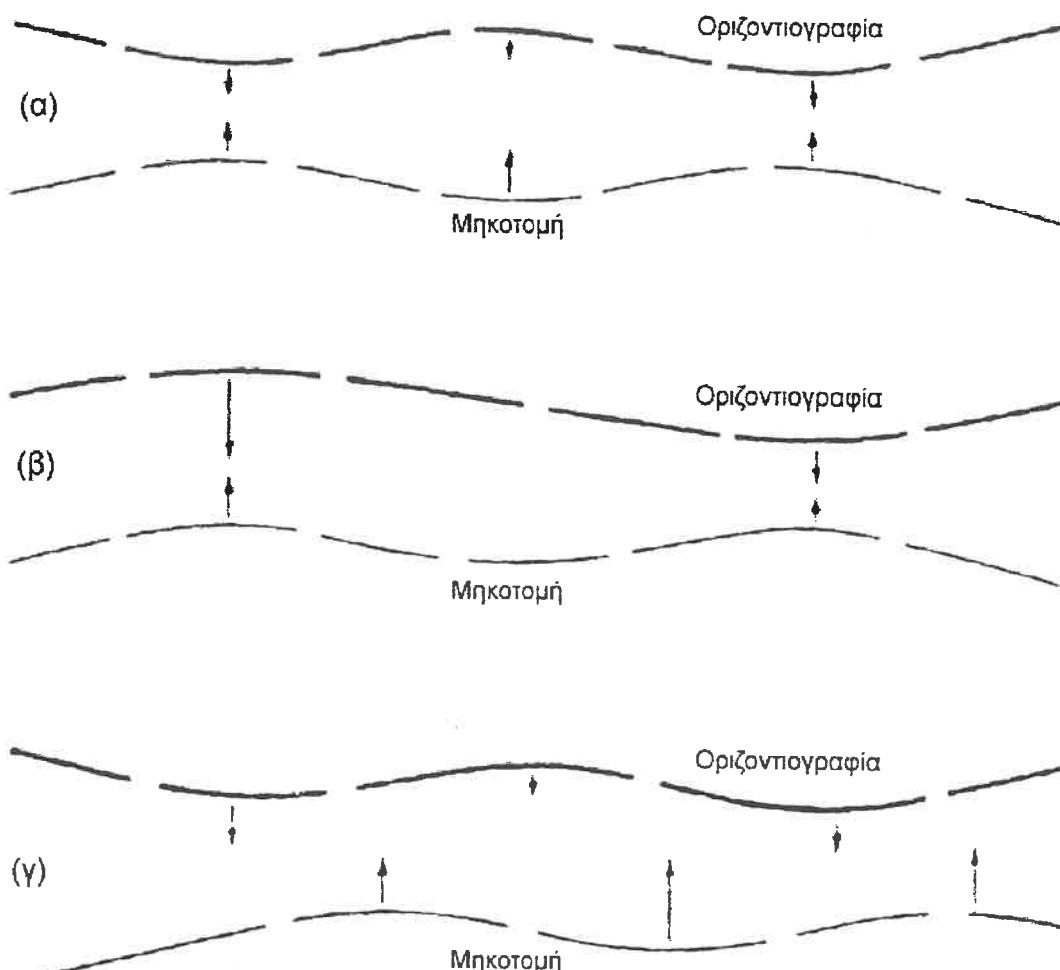
4.6.1 Γενικά

Το πρόγραμμα που παρουσιάζεται παρακάτω βασίζεται στις συστάσεις των Γερμανικών [3] αλλά και των Αμερικανικών [1] κανονισμών οδοποιίας για σύμπτωση των σημείων καμπής στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή. Οι σχετικές οδηγίες των κανονισμών παρουσιάζονται αναλυτικά στην παράγραφο 2.5.3 και σε γενικές γραμμές αναφέρουν ότι τα σημεία καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή θα πρέπει περίπου να συμπίπτουν. Στην περίπτωση που το πλήθος των σημείων καμπής είναι διαφορετικό στην οριζοντιογραφία από ότι στη μηκοτομή προτείνεται τα αντίστοιχα να συμπίπτουν ενώ τα υπεράριθμα να βρίσκονται ανάμεσά τους. Οι Smith & Lamm [5] συμπληρώνουν ότι η σύμπτωση θεωρείται ικανοποιητική όταν η μεταξύ τους απόσταση είναι μικρότερη από το 1 / 4 του μήκους της “φάσης”.

Τόσο οι Γερμανικοί όσο και οι Αμερικανικοί κανονισμοί δεν είναι ιδιαίτερα σαφείς, όσον αφορά την παραπάνω οδηγία. Έτσι, με τον όρο “μήκος της φάσης” φαίνεται να αναφέρονται είτε στο μήκος της καμπύλης στην οριζοντιογραφία είτε στη μηκοτομή, που παρουσιάζονται περίπου ίσα (βλ. και Σχήματα 2.24 και 2.26). Σε μια πραγματική χάραξη όμως τα μήκη αυτά πολύ σπάνια είναι ίσα. Έτσι, στον προτεινόμενο αλγόριθμο, ως μήκος “φάσης” θεωρείται η απόσταση μεταξύ της αρχής της κλωθοειδούς εισόδου στην οριζοντιογραφική καμπύλη και το τέλος της κλωθοειδούς εξόδου (δηλαδή των σημείων καμπής στην οριζοντιογραφία).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι στα παραδείγματα που συνοδεύουν τους κανονισμούς, τόσο η οριζοντιογραφία όσο και η μηκοτομή παρουσιάζονται ως συνεχόμενες καμπύλες S, χωρίς δηλαδή να παρεμβάλλονται ευθύγραμμα τμήματα. Τέτοιου είδους χαράξεις όμως συνήθως επιβάλλονται από την τοπογραφία του εδάφους σε δύσκολα ορεινά τμήματα, όπου ο παραπάνω έλεγχος (που δεν είναι δεσμευτικός για το μελετητή) μάλλον θα αγνοηθεί. Επομένως είναι απαραίτητο να γίνουν οι κανονισμοί πιο σαφείς όσον αφορά τη γενική περίπτωση κατά την οποία ανάμεσα στα κυρτώματα-κοιλώματα και ανάμεσα στις οριζοντιογραφικές καμπύλες παρεμβάλλονται ευθύγραμμα τμήματα. **Στο πρόγραμμα αυτό επιλέγεται να ελέγχονται μόνο τα κοιλώματα ή κυρτώματα που έχουν κοινά σημεία με κάποια οριζοντιογραφική καμπύλη και επιδιώκεται η αρχή και το τέλος του κοιλώματος να απέχουν λιγότερο από το 1/4 του μήκους της φάσης (όπως αυτή ορίστηκε παραπάνω) από το πλησιέστερο άκρο της**

οριζοντιογραφικής καμπύλης. Στο τέλος του ελέγχου η χάραξη βαθμολογείται ανάλογα με το ποσοστό σύμπτωσης των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή.



Σχήμα 4.18: Συσχέτιση κορυφών σε οριζοντιογραφία-μηκοτομή. [1]

- α) Απόλυτη σύμπτωση κορυφών
- β) Παράλειψη μιας φάσης
- γ) Ανεπιτυχής συνδυασμός οριζοντιογραφίας - μηκοτομής.

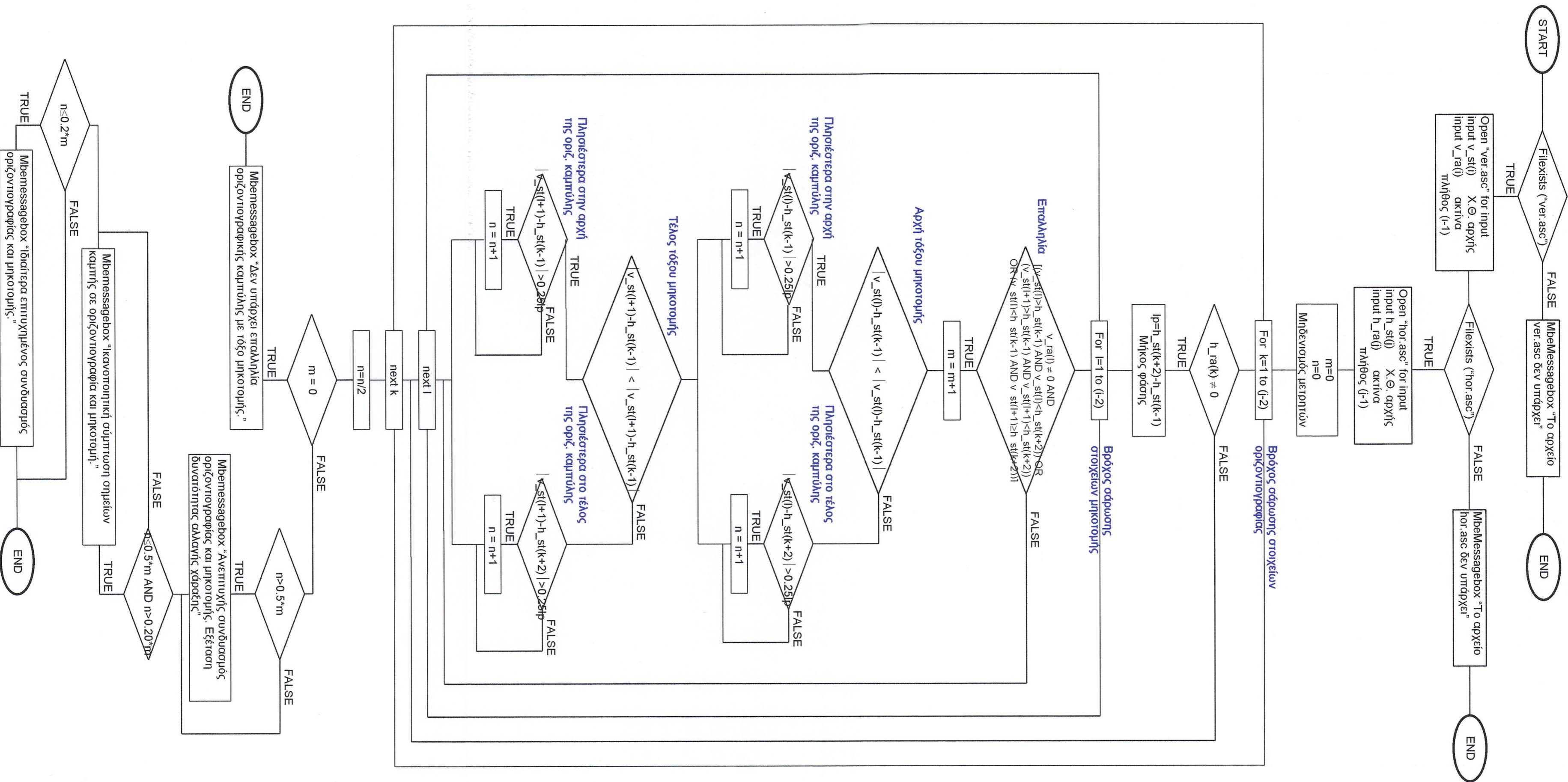
Με την προσέγγιση αυτή οι τρείς περιπτώσεις που παρουσιάζονται στους Αμερικανικούς κανονισμούς αντιμετωπίζονται ως εξής: Η περίπτωση (α) θα βαθμολογηθεί με 3/3, αφού οι 3 οριζοντιογραφικές καμπύλες συμπίπτουν απόλυτα με τις τρείς καμπύλες της μηκοτομής. Στην περίπτωση (β) το πρόγραμμα θα αναγνωρίσει 4 περιπτώσεις επαλληλίας (η πρώτη οριζοντιογραφική καμπύλη έχει κοινά σημεία με την πρώτη και δεύτερη καμπύλη μηκοτομής, και η δεύτερη οριζοντιογραφική με τη δεύτερη και τρίτη καμπύλη μηκοτομής) και η βαθμολογία θα είναι 2/4 (αφού τα σημεία καμπής εκατέρωθεν του κοιλώματος δεν αντιστοιχούν σε σημεία καμπής στην οριζοντιογραφία). Τέλος, η περίπτωση (γ) θα βαθμολογηθεί με 0/6, αφού σε

καμπία περίπτωση επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με καμπύλη μηκοτομής δεν συμπίπτουν τα σημεία καμπής.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, η διαβάθμιση των αποτελεσμάτων του ελέγχου, ανάλογα με το ποσοστό σύμπτωσης των σημείων καμπής γίνεται ώς εξής: *Για ποσοστό (βαθμολογία) κάτω από 50% η χάραξη χαρακτηρίζεται ανεπιτυχής, όσον αφορά τη σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή* (εδώ ανήκει η περίπτωση (γ) που παρουσιάστηκε παραπάνω). *Για βαθμολογία από 50% - 80% η χάραξη χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική* (περίπτωση β) *και για βαθμολογία άνω του 80% ως ιδιαίτερα επιτυχημένη* (περίπτωση α). Η τιμή 80% ως όριο της διαβάθμισης των αποτελεσμάτων του ελέγχου επιλέχθηκε για λόγους απλότητας, θεωρώντας ότι αντιπροσωπεύει ικανοποιητικά τη λογική της συγκεκριμένης οδηγίας των κανονισμών.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η προσέγγιση που παρουσιάζεται παραπάνω εκφράζει την άποψη του γράφοντος σχετικά με την ερμηνεία της οδηγίας για σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων θεωρείται απαραίτητη η διεξαγωγή σχετικής έρευνας, η οποία όμως ξεπερνά τα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

၁၆၃ ဘလ်မ္မာ၊ နိုင်းလောင်းဆ (Hornbill in has)

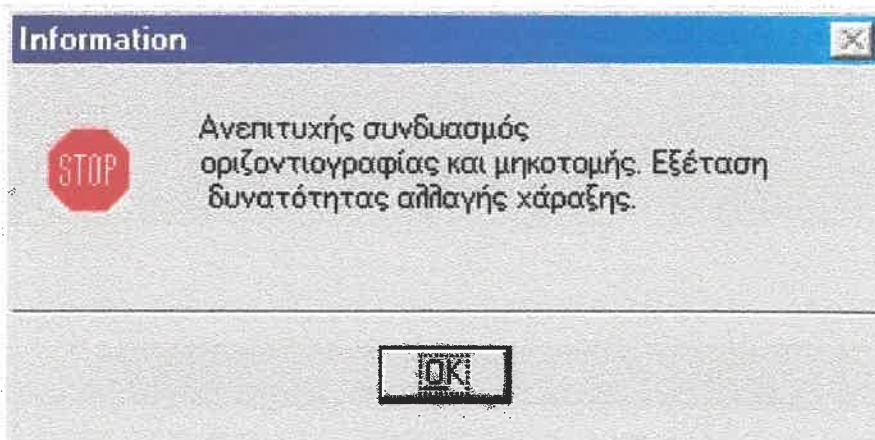


4.6.3 Περιγραφή λειτουργίας (HorMh_in.bas)

Για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Έλεγχος σύμπτωσης σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία-μηκοτομή και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος HorMh_in.bas. Στην αρχή αναζητούνται τα αρχεία στοιχείων της μηκοτομής (ver.asc) και της οριζοντιογραφίας (hor.asc) και αν κάποιο από τα δύο δεν εντοπιστεί τότε ενημερώνεται ο χρήστης με το μήνυμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και η λειτουργία του προγράμματος διακόπτεται.

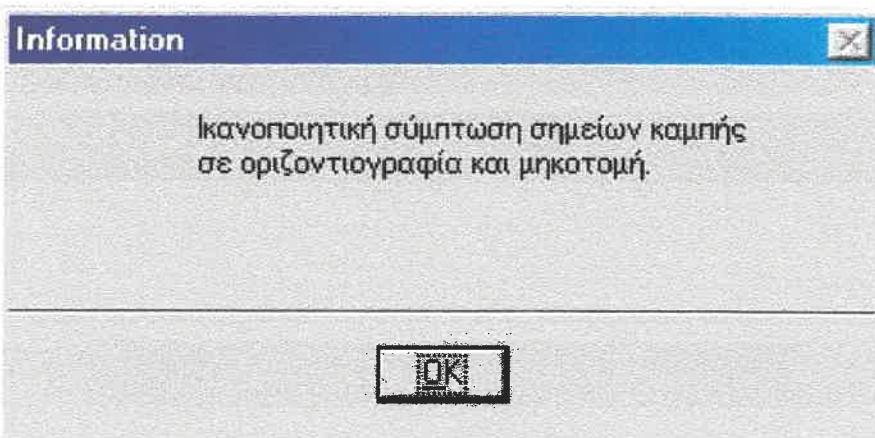
Εφόσον τα παραπάνω αρχεία εντοπιστούν, διαβάζονται από το μεν ver.asc η Χιλιομετρική Θέση αρχής (μεταβλητή v_st(i)) και η ακτίνα κάθε στοιχείου μηκοτομής (μεταβλητή v_ra(i)), από το δε hor.asc η Χιλιομετρική Θέση Αρχής (μεταβλητή h_st(j)) και η ακτίνα (μεταβλητή h_ra(j)) κάθε στοιχείου της οριζοντιογραφίας.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο εντοπισμός της περιοχής επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με τόξο στρογγύλευσης μηκοτομής. Για κάθε οριζοντιογραφική καμπύλη εντόπιζονται κατ' αρχήν όλα τα τόξα μηκοτομής με τα οποία έχει κοινά σημεία. Στη συνέχεια υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ της αρχής του τόξου μηκοτομής και του πλησιέστερου άκρου της οριζοντιογραφικής καμπύλης. Αν αυτή η απόσταση είναι μεγαλύτερη από το 1 / 4 του μήκους της φάσης (όπως ορίστηκε προηγουμένως), τότε θεωρείται ότι για τη συγκεκριμένη καμπύλη ο έλεγχος δεν ικανοποιείται. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται και για το τέλος του τόξου στη μηκοτομή. Το πλήθος των περιπτώσεων μη ικανοποίησης του ελέγχου καταγράφεται σε μια μεταβλητή-μετρητή. Αφού ελεγχθούν όλες οι καμπύλες της χάραξης, η τιμή της μεταβλητής-μετρητή (μεταβλητή n) υποδιπλασιάζεται, ώστε να είναι συγκρίσιμη με το πλήθος των οριζοντιογραφικών καμπυλών σε επαλληλία με καμπύλες μηκοτομής (αφού σε μία οριζοντιογραφική καμπύλη αντιστοιχούν δύο πιθανές περιπτώσεις μη ικανοποίησης του ελέγχου-μία για την αρχή και μία για το τέλος του τόξου στη μηκοτομή). Τέλος, συγκρίνεται η τιμή της μεταβλητής-μετρητή n με το πλήθος των οριζοντιογραφικών καμπυλών σε επαλληλία με καμπύλες μηκοτομής (μεταβλητή m). Αν ο έλεγχος δεν ικανοποιείται σε περισσότερες από τις μισές οριζοντιογραφικές καμπύλες τότε η χάραξη χαρακτηρίζεται ως ανεπιτυχής όσον αφορά τη σύμπτωση των σημείων καμπής και εμφανίζεται το μήνυμα του Σχήματος 4.19, ενώ ταυτόχρονα παράγεται και ηχητικό σήμα.



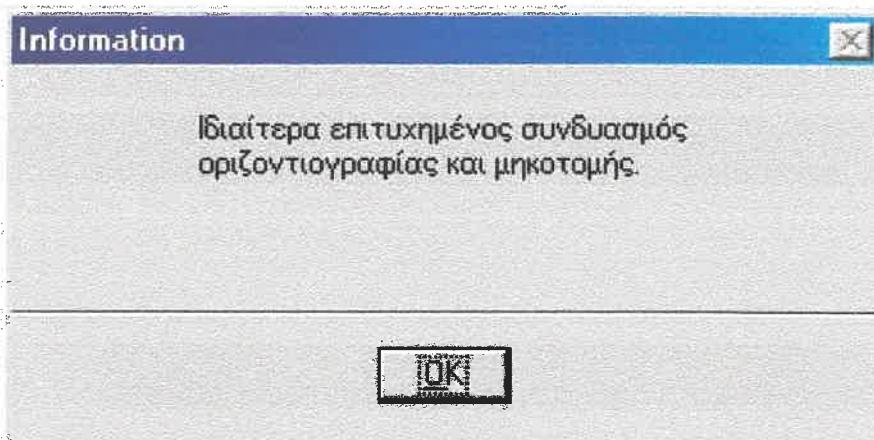
Σχήμα 4.19: Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποιητική σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή.

Στην περίπτωση που το ποσοστό ικανοποίησης του ελέγχου κυμαίνεται από 50% εως 80% η χάραξη θεωρείται ικανοποιητική και ο χρήστης ενημερώνεται με το μήνυμα του Σχήματος 4.20.



Σχήμα 4.20: Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποιητική σύμπτωση των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή.

Τέλος, στην περίπτωση που το ποσοστό ικανοποίησης του ελέγχου ξεπερνά το 80% η χάραξη χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα επιτυχημένη όσον αφορά τη σύμπτωση των σημείων καμπής, και ο χρήστης ενημερώνεται πάλι με το κατάλληλο μήνυμα (Σχήμα 4.21).



Σχήμα 4.21: Ενημέρωση του χρήστη για ιδιαίτερα επιτυχημένο συνδυασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

4.7 Πρόγραμμα ελέγχου ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων

4.7.1 Γενικά

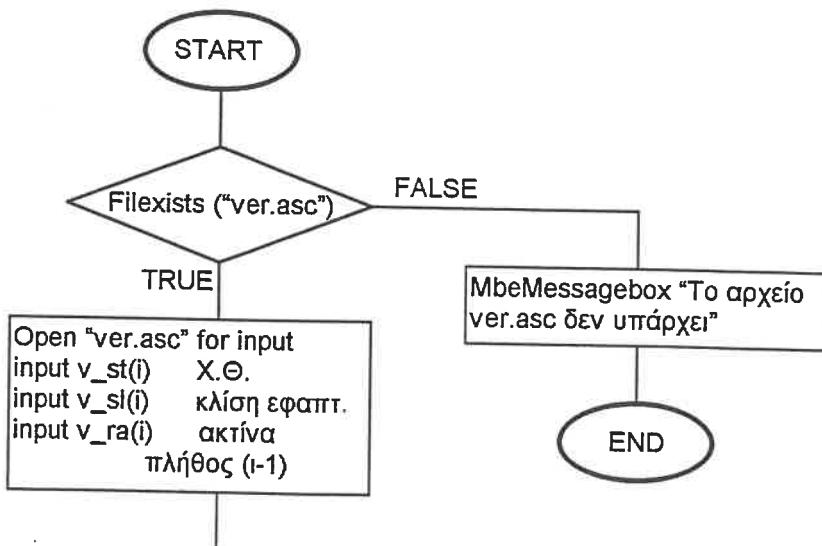
Το πρόγραμμα που παρουσιάζεται στη συνέχεια βασίζεται στη σύσταση των Γερμανικών κανονισμών για αποφυγή κατασκευής μικρού μήκους ευθυγράμμων τμημάτων στη μηκοτομή μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων, επειδή έτσι αλλοιώνεται η προοπτική εικόνα της οδού. Η παραπάνω αλληλουχία στοιχείων της μηκοτομής επισημαίνεται και από τους Καναδικούς κανονισμούς ως μη επιθυμητή, επειδή οδηγεί στην εμφάνιση οπτικών ελαττωμάτων του τύπου “τεθλασμένου καταστρώματος της οδού” (broken back). Αναλυτικότερη παρουσίαση των παραπάνω οδηγιών έχει ήδη γίνει στην παράγραφο 2.4.4.

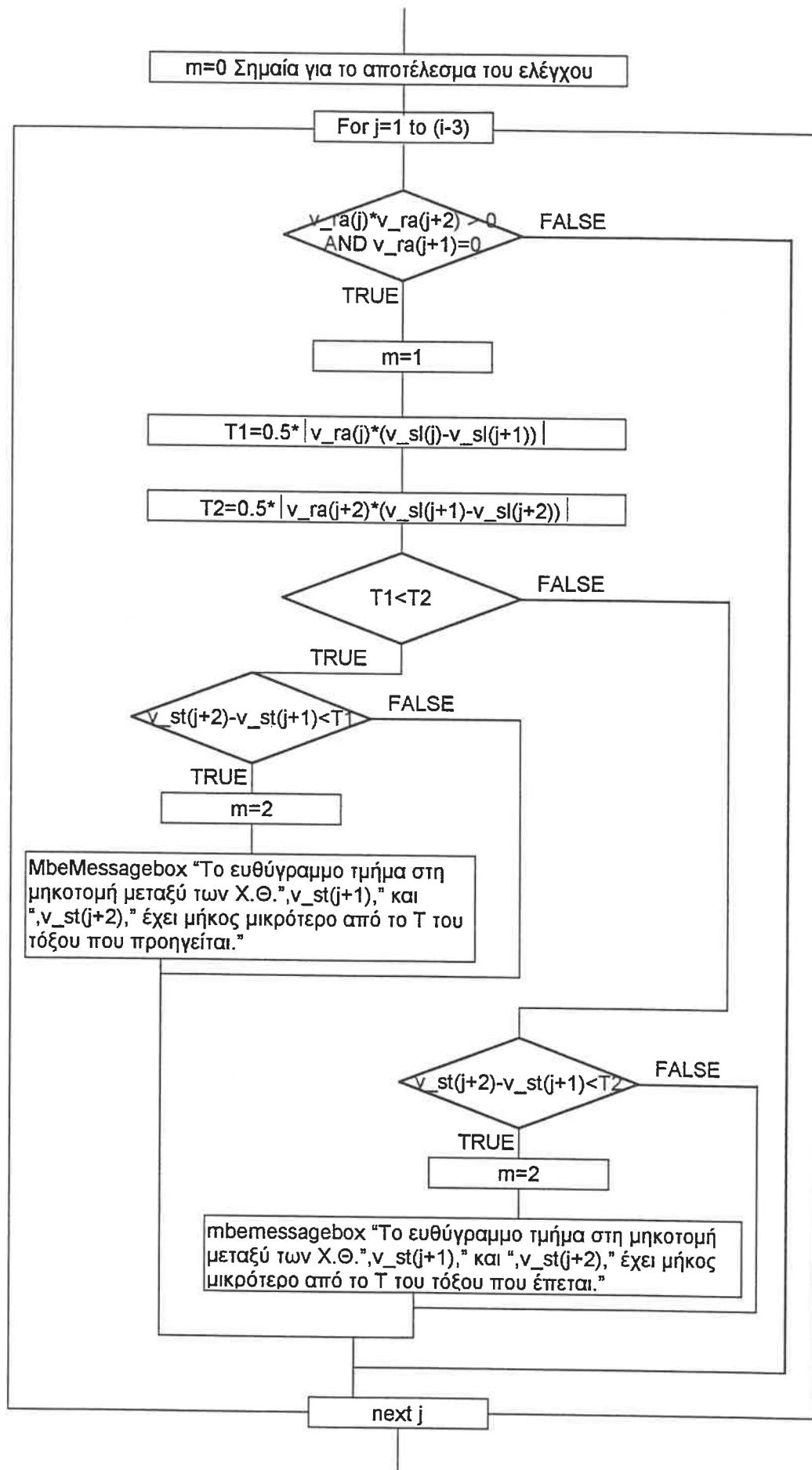
Οι προβλέψεις αυτές των κανονισμών δυστυχώς δεν είναι πλήρεις και δεν περιλαμβάνουν καμμία πληροφορία σχετικά με το ελάχιστο μήκος του ευθυγράμμου τμήματος στη μηκοτομή πέρα από το οποίο θεωρείται ότι η χάραξη είναι δυνατό να εμφανίσει οπτικά ελαττώματα. Στη Δ.Ε. του Γ. Τράκου [10], προτείνεται ως ελάχιστο μήκος ευθυγράμμου τμήματος, τόσο για την περίπτωση των κοιλωμάτων όσο και των κυρτωμάτων να χρησιμοποιείται η ελάχιστη τιμή του Τ για τα δύο εκατέρωθεν του ευθυγράμμου τμήματος τόξα μηκοτομής. Η έρευνα η οποία τον οδήγησε στο συμπέρασμα αυτό περιελάμβανε τη δημιουργία δύο σειρών χαράξεων (μία με αλληλοδιαδοχή κοιλώματος-ευθυγράμμου τμήματος-κοιλώματος και μία με αλληλοδιαδοχή

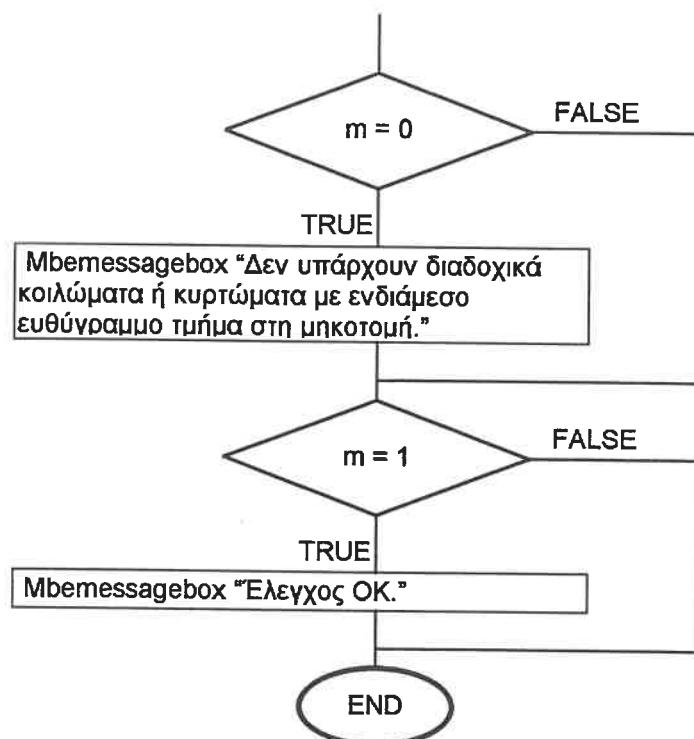
κυρτώματος-ευθυγράμμου τμήματος-κυρτώματος). Τα στοιχεία των τόξων μηκοτομής διατηρούνταν σταθερά και δοκιμάζονταν διάφορες τιμές για το μήκος του ευθυγράμμου τμήματος. Για τις τιμές αυτές, με τη βοήθεια του προγράμματος ΟΔΟΣ και του σχεδιαστικού πακέτου AutoCAD, σχεδιαζόταν η προοπτική εικόνα και γινόταν σύγκριση των αποτελεσμάτων. Η παραπάνω έρευνα αποτελεί απλώς μια πρώτη προσπάθεια για τον καθορισμό κάποιας οριακής τιμής για το μήκος ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων και σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει η παραπάνω τιμή (=minimum T) να θεωρείται αδιαμφισβήτητα σωστή. Η έρευνα που έγινε ήταν μάλλον περιορισμένη, διερευνώντας λίγες πιθανές περιπτώσεις (στη Δ.Ε. του Γ. Τράκου [10] παρατίθενται ενδεικτικά μόνο δύο διαφορετικές περιπτώσεις) και η σύγκριση των προοπτικών εικόνων έγινε από ένα και μόνο άτομο, διατηρώντας έτσι έντονο το υποκειμενικό στοιχείο.

Καθώς δεν υπάρχουν άλλα διαθέσιμα στοιχεία και η διεξαγωγή αξιόπιστης σχετικής έρευνας ξεπερνά τους στόχους της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ο αλγόριθμος που παρουσιάζεται εδώ χρησιμοποιεί ώς ελάχιστη τιμή για το μήκος του ευθυγράμμου τμήματος στη μηκοτομή μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων την τιμή minimumL=minimumT. Στην περίπτωση που στο μέλλον γίνει ευρύτερα αποδεκτή κάποια άλλη οριακή τιμή, είναι δυνατή η σχετική μετατροπή του αλγορίθμου, ακόμη και από άτομα με πολύ περιορισμένες γνώσεις προγραμματισμού.

4.7.2 Λογικό διάγραμμα (H_H_in.bas)





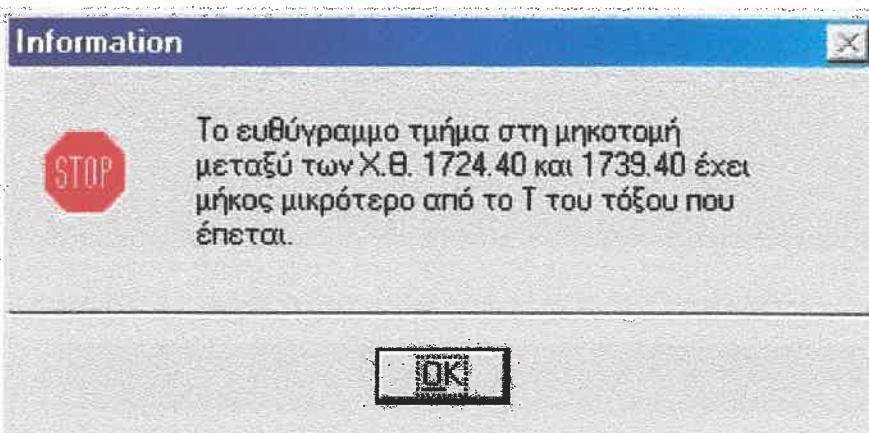
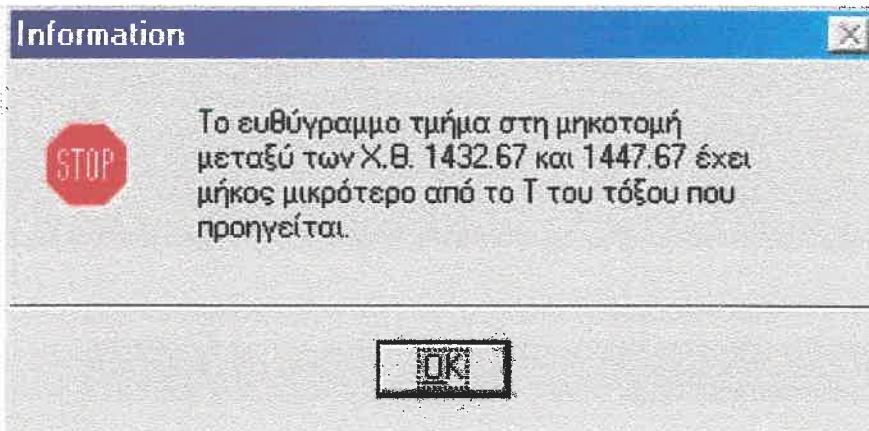


4.7.3 Περιγραφή λειτουργίας (H_H_in.bas)

Για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Έλεγχος ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ κοιλωμάτων και κυρτωμάτων και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος H_H_in.bas. Το πρόγραμμα κατ' αρχήν ελέγχει αν υπάρχει το αρχείο δεδομένων μηκοτομής του InRoads (το αρχείο ver.asc) στον κατάλογο c:\Tdl. Αν το αρχείο δεν εντοπιστεί τότε ενημερώνεται ο χρήστης με το μήνυμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και η λειτουργία του προγράμματος διακόπτεται. Εφόσον το αρχείο ver.asc εντοπιστεί, διαβάζονται η Χιλιομετρική Θέση αρχής κάθε στοιχείου μηκοτομής (μεταβλητή v_st(i)), η ακτίνα (μεταβλητή v_ra(i)) και η κλίση εφαπτομένης στην αρχή του στοιχείου (μεταβλητή v_sl(i)).

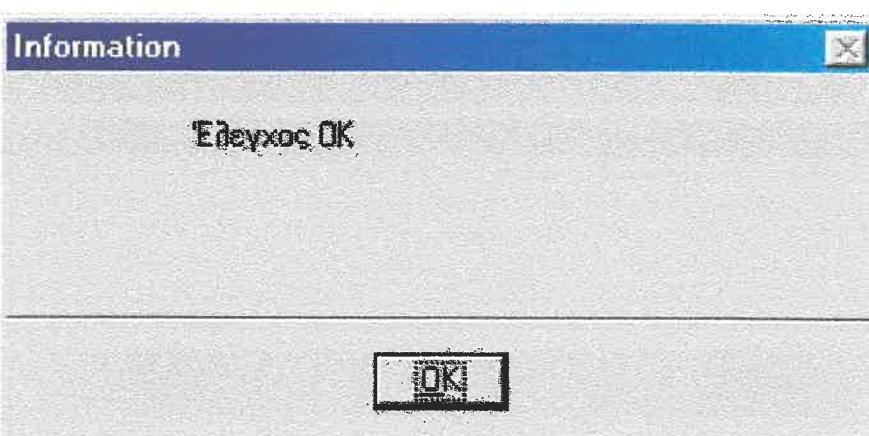
Στη συνέχεια εντοπίζονται τριάδες στοιχείων μηκοτομής για τις οποίες ισχύουν τα εξής: Η ακτίνα του μεσαίου στοιχείου είναι μηδενική (άρα, σύμφωνα με το συμβολισμό του InRoads είναι ευθύγραμμο τμήμα) και το γινόμενο των ακτίνων των ακραίων στοιχείων είναι θετικό (έπομένως και τα δύο είναι τόξα μηκοτομής και μάλιστα ομόρροπα δηλαδή είναι είτε δύο κοιλώματα, είτε δύο κυρτώματα). Για κάθε τριάδα στοιχείων μηκοτομής που ίκανοποιεί τις παραπάνω προϋποθέσεις υπολογίζονται οι τιμές των T των τόξων στρογγύλευσης και συγκρίνεται το μήκος του ενδιαμέσου ευθυγράμμου τμήματος με το ελάχιστο από τα δύο T. Στην περίπτωση που το μήκος αυτό είναι μικρότερο από το

ελάχιστο Τ, ο χρήστης ειδοποιείται με τα μηνύματα του Σχήματος 4.22 και με κατάλληλο ηχητικό σήμα.



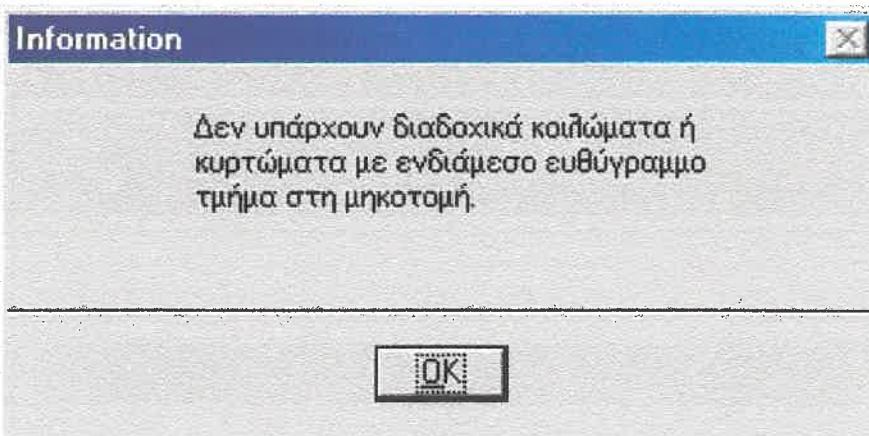
Σχήμα 4.22: Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου ανάλογα με το τόξο μικρότερου μήκους.

Όταν ο έλεγχος αυτός ικανοποιείται για το σύνολο της χάραξης εμφανίζεται το μήνυμα του Σχήματος 4.23.



Σχήμα 4.23: Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποίηση του ελέγχου στο σύνολο της χάραξης.

Τέλος, αν στη χάραξη δεν εμφανίζεται καμία περίπτωση διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων με ενδιάμεσο ευθύγραμμο τμήμα, ο χρήστης ενημερώνεται με το μήνυμα του Σχήματος 4.24.



Σχήμα 4.24: Ενημέρωση του χρήστη ότι ο έλεγχος δεν είναι αναγκαίος.

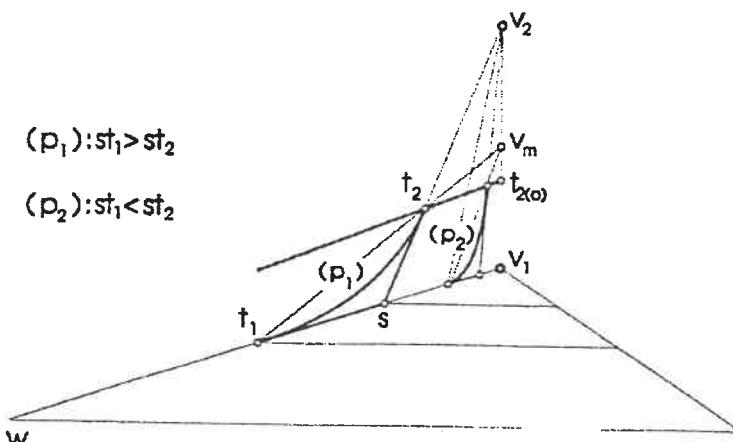
4.8 Πρόγραμμα υπολογισμού ελαχίστου μήκους κοιλώματος για την αποφυγή οπτικής θλάσης

4.8.1 Γενικά - Περιγραφή λειτουργίας

Το πρόγραμμα που παρουσιάζεται στη συνέχεια βασίζεται στη διαπίστωση, τόσο των Γερμανικών όσο και των Αμερικανικών κανονισμών οδοποιίας, ότι στα κοιλώματα μικρού σχετικά μήκους που είναι ορατά από μεγάλη απόσταση είναι δυνατό να εμφανιστεί το φαινόμενο της οπτικής θλάσης. Η διαπίστωση αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά στην παράγραφο 2.4.2. Με το θέμα αυτό ασχολείται η Δ.Ε. της E. Ταϊγανίδη [9], στην οποία διατυπώνεται ένα γενικευμένο κριτήριο για την αποφυγή της οπτικής θλάσης στην παραπάνω περίπτωση, σύμφωνα με το οποίο “η προοπτική εικόνα κοίλης καμπύλης δεν εμφανίζει οπτική θλάση όταν ο λόγος των μηκών της αρχικής προς την τελική εφαπτομένη στην προοπτική εικόνα είναι μεγαλύτερος ή τουλάχιστον ίσος προς τη μονάδα και ο λόγος του μήκους του κοιλώματος προς την απόσταση του μέσου του κοιλώματος από τον παρατηρητή είναι μεγαλύτερος ή τουλάχιστον ίσος προς 0.60”.

Η οριακή τιμή του λόγου του μήκους του κοιλώματος προς την απόσταση του μέσου του κοιλώματος από τον παρατηρητή ($=0.60$) αναφέρεται και στην εργασία των Smith & Lamm [5] και φαίνεται να έχει γίνει ευρύτερα αποδεκτή. Για την επιβεβαίωση του πρώτου σκέλους του παραπάνω κριτηρίου (ο λόγος των μηκών της αρχικής προς την τελική εφαπτομένη στην προοπτική εικόνα να είναι μεγαλύτερος ή ίσος της μονάδας), χρησιμοποιείται στη Δ.Ε. της E.

Ταϊγανίδη η προσεγγιστική μέθοδος χάραξης προοπτικών με χρήση των σημείων φυγής (Approximate Perspective Design of Roads [6]), η εφαρμογή της οποίας πράγματι υποδεικνύει ότι όσο αυξάνει ο λόγος της αρχικής προς την τελική εφαπτομένη στην αριστερή οριογραμμή του οδοστρώματος στην προοπτική εικόνα, τόσο απαλέιφεται η εντύπωση οπτικής θλάσης (Σχήμα 4.25). Η επιλογή όμως της μονάδας ως οριακής τιμής για το λόγο αυτό φαίνεται κάπως αυθαίρετη, και σίγουρα πάντως με έντονο το υποκειμενικό στοιχείο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως θα μπορούσε να αντιτείνει κανείς ότι η εμφάνιση ή όχι οπτικής θλάσης έχει ήδη έντονο το υποκειμενικό στοιχείο, αφού δεν υπάρχει αντικειμενικός μαθηματικός ορισμός του φαινομένου της οπτικής θλάσης. Έτσι, στην παρούσα διπλωματική εργασία το παραπάνω κριτήριο γίνεται αποδεκτό χωρίς μετατροπές. Άλλωστε, η εφαρμογή του παραπάνω κριτηρίου δείχνει ότι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων εμφάνισης οπτικής θλάσης, κρίσιμο είναι το δεύτερο σκέλος, που προτείνει ο λόγος του μήκους του κοιλώματος προς την απόσταση του μέσου του κοιλώματος από τον παρατηρητή να είναι μεγαλύτερος ή τουλάχιστον ίσος προς 0.60.

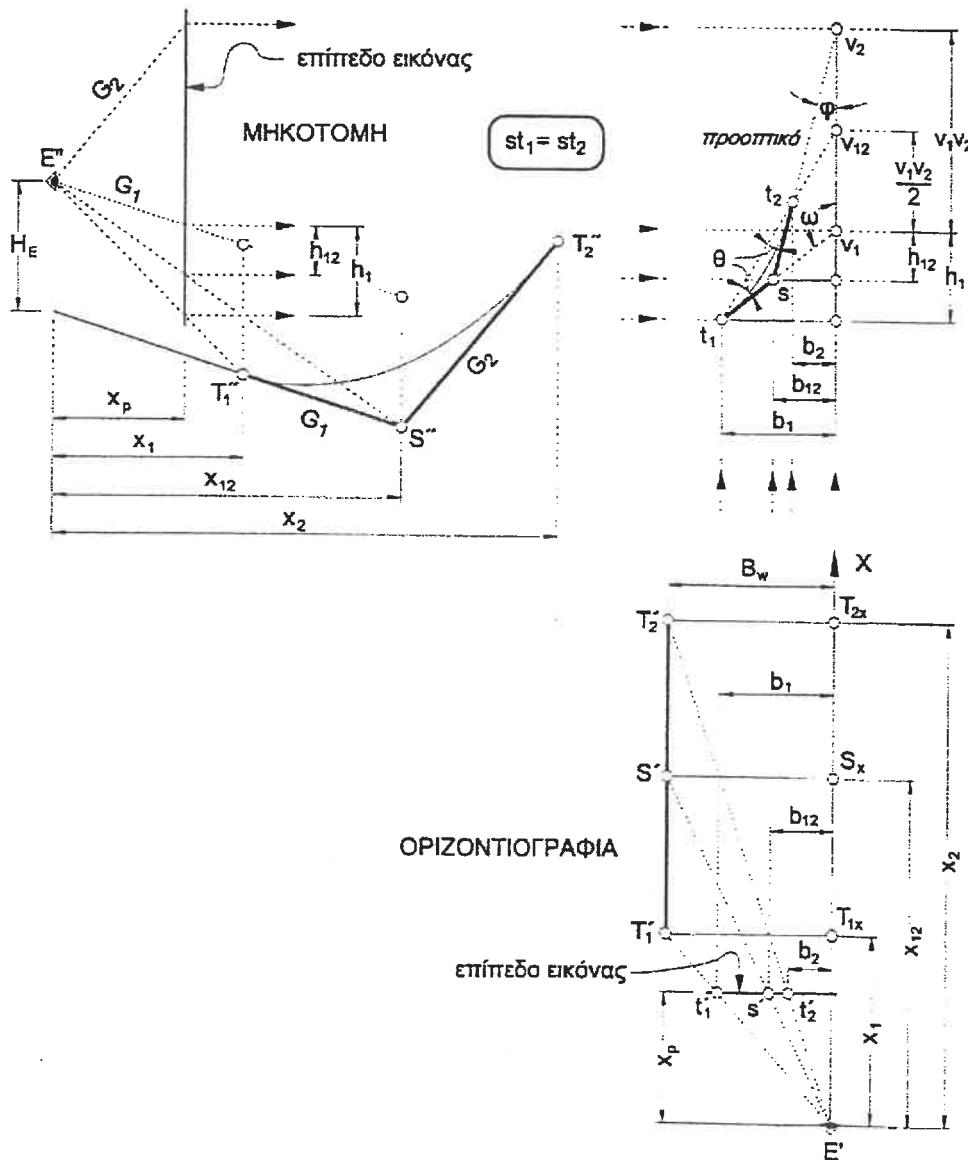


Σχήμα 4.25: Μεταβολή του μήκους των εφαπτομένων της αριστερής οριογραμμής σε ευθύγραμμο κοίλωμα. [9]

Στην παραπάνω Δ.Ε. παρουσιάζεται και ένας αλγόριθμος εφαρμογής του κριτηρίου αυτού. Το πρόγραμμα που παρουσιάζεται εδώ είναι μια "μετάφραση" του παραπάνω αλγορίθμου σε γλώσσα Visual Basic ώστε να εκτελείται μέσα από το περιβάλλον του προγράμματος InRoads-MicroStation. Θεωρήθηκε δηλαδή σκόπιμο, εκτός από την δημιουργία προγραμμάτων ελέγχου, να υπάρχει και κάποιο πρόγραμμα υπολογισμού του ελαχίστου μήκους κοιλώματος για την αποφυγή της οπτικής θλάσης, ώστε να διευκολύνεται ο μελετητής κατά την αρχική σύλληψη της χάραξης και να μη χρειάζεται να

ολοκληρώσει πρώτα τη χάραξη και στη συνέχεια να την ελέγξει με τα παραπάνω προγράμματα.

Ο αλγόριθμος υπολογισμού του ελαχίστου μήκους κοιλώματος για την αποφυγή της οπτικής θλάσης σύμφωνα με το προαναφερθέν κριτήριο, όπως ελήφθει από τη Δ.Ε. της Ε. Ταϊγανίδη [9], σε γενικές γραμμές έχει ως εξής:



Σχήμα 4.26: Συνθήκες ισχύος του κριτηρίου των ίσων εφαπτομένων. [9]

Κατ' αρχήν υπολογίζεται η γωνία ω από τη σχέση:

$$\omega = \pi - \arctan\left(\frac{Bw}{H_E}\right), \text{ όπου } Bw \text{ η απόσταση του οδηγού από το αριστερό}$$

άκρο του οδοστρώματος και H_E το ύψος οφθαλμών του οδηγού.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η γωνία φ από τη σχέση:

$\phi = \arctan\left(\frac{b_{12}}{h_{12} + v_1 v_2}\right)$, όπου $b_{12}=Bw/2x_{12}$, $h_{12}=b_{12}/\tan(\omega)$ και

$v_1 v_2=G_2-G_1/200$ ($G_1\%$, $G_2\%$ οι κλίσεις αρχικής και τελικής εφαπτομένης), βλ. και Σχήμα 4.26.

Ακολουθεί ο υπολογισμός της γωνίας θ από τη σχέση:

$$\theta=0.5(\pi-\omega-\phi) \quad \text{από Σχήμα 4.26}$$

Προκύπτει [9] ότι ο λόγος $r=L_{12}/x_{12}$ δίνεται από τη σχέση $r=\frac{2\tan\theta}{\tan(\omega+\theta)}$.

Το ελάχιστο μήκος καμπύλης υπολογίζεται ως ακολούθως:

Αν $r \geq 0.60$ τότε $\min L=r.x_{12}$

(κρίσιμη η απαίτηση για λόγο αρχικής προς τελική εφαπτομένη μεγαλύτερο από τη μονάδα)

Αν $r < 0.60$ τότε $L=0.60 . x_{12}$

$$H=L/(G_1-G_2)$$

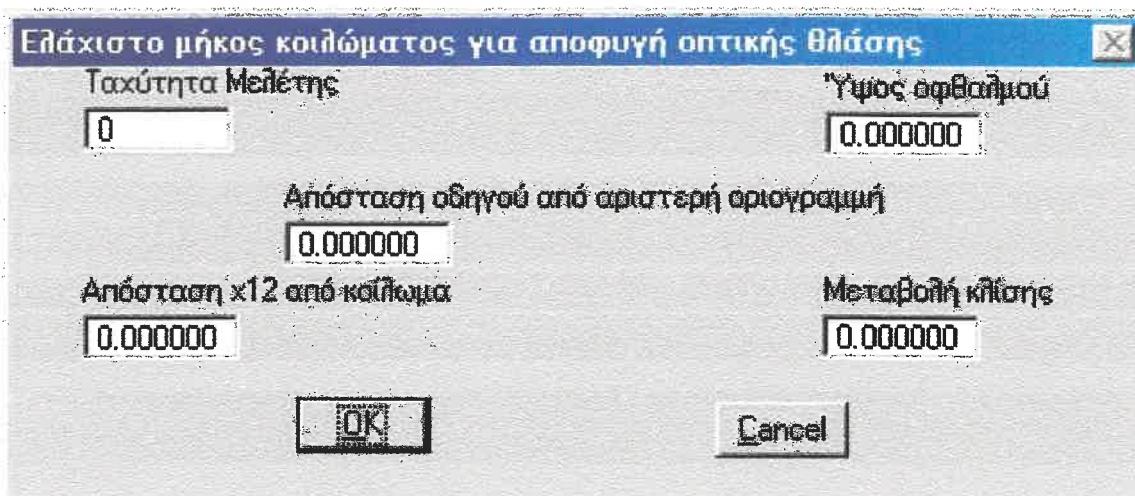
$$\text{Αν } H > H_n \text{ τότε } \min L=H.(G_1-G_2)$$

Αν $H \leq H_n$ τότε $\min L=H_n.(G_1-G_2)$, όπου H_n η ελάχιστη ακτίνα κοίλης καμπύλης όπως ορίζεται από τους κανονισμούς AASHTO.

(κρίσιμη η απαίτηση για λόγο μήκους του κοιλώματος προς απόσταση του μέσου του κοιλώματος από τον παρατηρητή μεγαλύτερο ή τουλάχιστον ίσο προς 0.60)

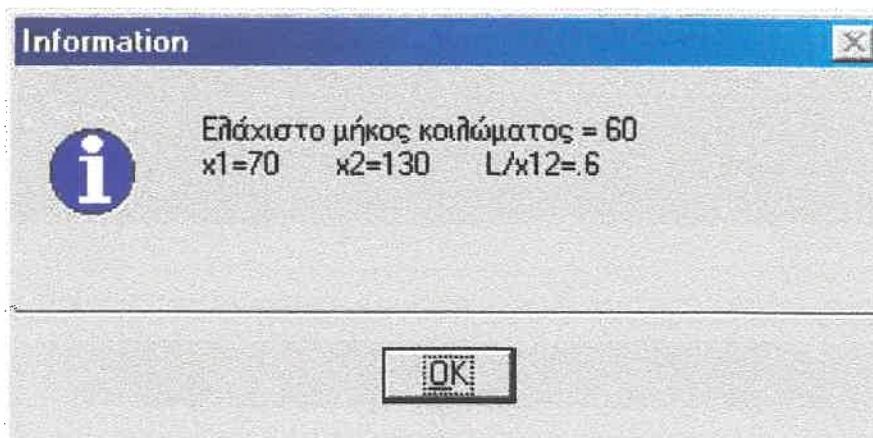
Η λειτουργία του προγράμματος για τον υπολογισμό του ελαχίστου μήκους κοίλης καμπύλης, όπως αυτό εντάχθηκε στο περιβάλλον του MicroStation, έχει ως εξής: Για την εκκίνηση του προγράμματος από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Υπολογισμός ελαχίστου μήκους κοιλώματος για αποφυγή οππικής θλάσης και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος Calc_Hw.bas.

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τη λειτουργία του προγράμματος λαμβάνονται από το χρήστη, αφού δεν πρόκειται για αλγόριθμο ελέγχου αλλά για πρόγραμμα υπολογισμού που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια σύνταξης της χάραξης και επομένως τα αρχεία στοιχείων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής του InRoads δεν έχουν ακόμη δημιουργηθεί. Για αυτό το σκοπό εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου του Σχήματος 4.27, όπου ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει στις κατάλληλες θέσεις τα δεδομένα που απαιτούνται για την εκτέλεση του προγράμματος.



Σχήμα 4.27: Εισαγωγή δεδομένων από το χρήστη.

Στη συνέχεια, με βάση τα δεδομένα αυτά και τις ελάχιστες τιμές που προβλέπουν οι κανονισμοί AASHTO για την ακτίνα του κοιλώματος και σύμφωνα με τη διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω υπολογίζεται το ελάχιστο μήκος κοιλώματος για το οποίο δεν υπάρχει κίνδυνος οπτικής θλάσης. Το μήκος αυτό, καθώς και οι τιμές των x_1 και x_2 όπως και η τιμή του λόγου $r=L_{12}/x_{12}$, εμφανίζονται σε κατάλληλο ενημερωτικό παράθυρο. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι από την τιμή που παίρνει ο λόγος r μπορεί κανείς να συμπεράνει πιο σκέλος του κριτηρίου ίσων εφαπτομένων είναι κρίσιμο. Έτσι, αν $r < 0.6$ τότε είναι κρίσιμη η απαίτηση για ίσες εφαπτόμενες στην προοπτική εικόνα, ενώ αν $r=0.6$ το ελάχιστο μήκος κοιλώματος καθορίζεται από τη δεύτερη απαίτηση για $L_{12}/x_{12} \geq 0.6$. Το παράθυρο των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.28. (Τα αποτελέσματα που αναγράφονται προκύπτουν για $V=80\text{Km/h}$, $H_e=1.07\text{m}$, $B_w=4.25\text{m}$, $x_{12}=100\text{m}$, $\Delta S=0.05$)



Σχήμα 4.28: Παράθυρο αποτελεσμάτων.

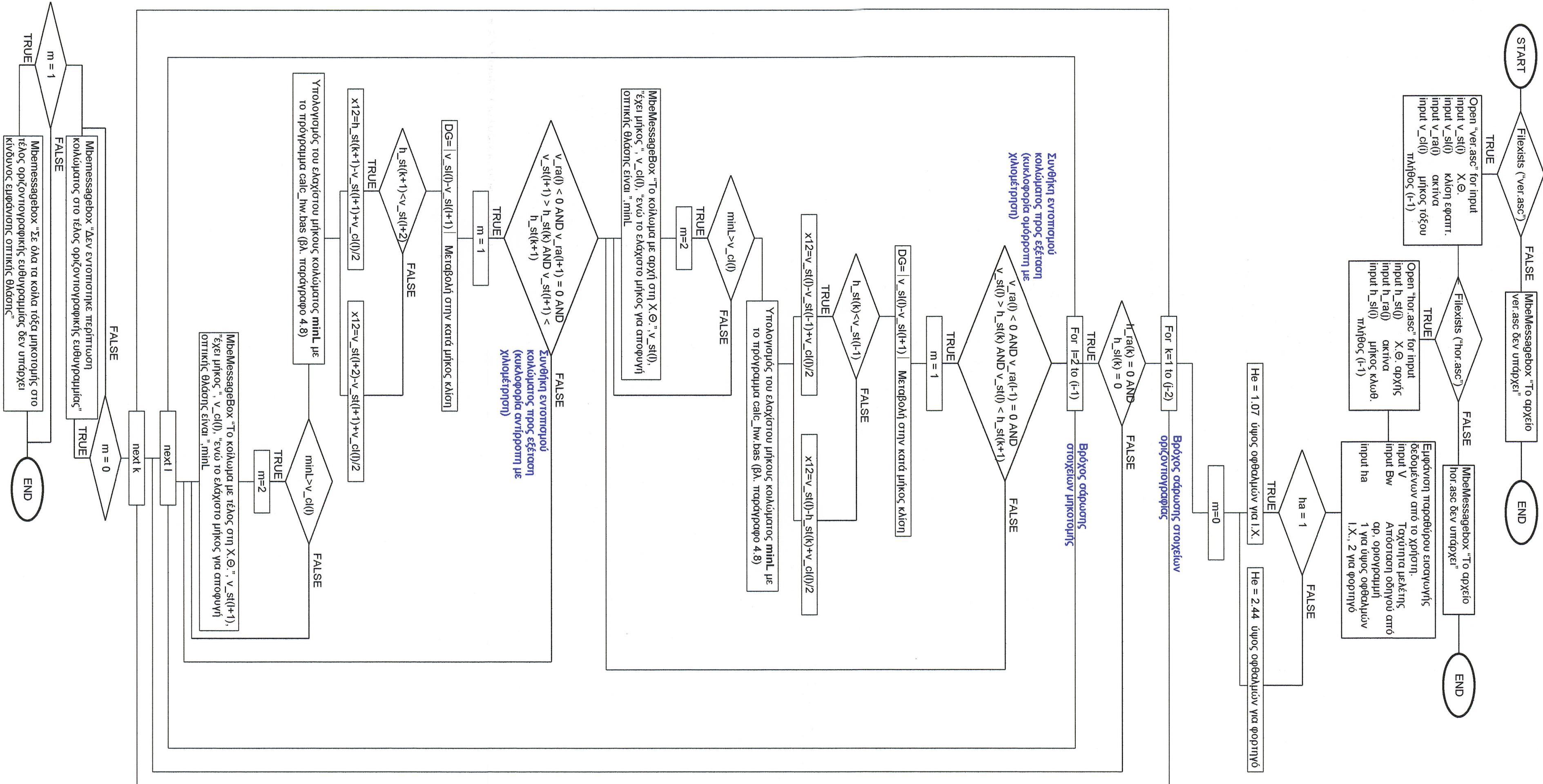
4.9 Πρόγραμμα ελέγχου εμφάνισης οπτικής θλάσης σε κοίλωμα

4.9.1 Γενικά

Το πρόγραμμα αυτό εντοπίζει στη χάραξη της οδού τα κοίλα τόξα μηκοτομής που βρίσκονται σε οριζοντιογραφική ευθυγραμμία και ελέγχει την εμφάνιση οπτικής θλάσης στη βάση του κοιλώματος. Ο αλγόριθμος ελέγχου βασίζεται στο πρόγραμμα υπολογισμού που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο (Παράγραφο 4.8, πρόγραμμα υπολογισμού ελαχίστου μήκους κοιλώματος για αποφυγή οπτικής θλάσης calc_hw_in.bas) αλλά τώρα τα δεδομένα της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής (δηλαδή το μήκος x12 μεταξύ του σημείου ορατότητας και του κέντρου του κοιλώματος, όπως και η μεταβολή στην κατά μήκος κλίση στο κοίλωμα) δεν εισάγονται από το χρήστη, αλλά διαβάζονται από τα αρχεία του InRoads. Έτσι ο έλεγχος της χάραξης γίνεται αυτόματα, χωρίς να χρειάζονται υπολογισμοί από μέρους του χρήστη. Επίσης αυτόματα εντοπίζονται και τα “επικίνδυνα” για εμφάνιση οπτικής θλάσης κοιλώματα. Ορισμένα δεδομένα πάντως (όπως η ταχύτητα μελέτης ή η απόσταση του οδηγού από το άκρο του οδοστρώματος) εξακολουθούν να εισάγονται από το χρήστη, επειδή τα σχετικά στοιχεία δεν είναι δυνατό να διαβαστουν απ' ευθείας από το InRoads.

Οι περιπτώσεις κοιλωμάτων στις οποίες θεωρείται πιθανή η εμφάνιση οπτικής θλάσης και χρειάζεται να ελεγθούν (σύμφωνα και με όσα αναφέρονται στην παράγραφο 2.4.2) είναι οι εξής: Το κοίλωμα θα πρέπει να βρίσκεται σε οριζοντιογραφική ευθυγραμμία και θα πρέπει να προηγείται στη μηκοτομή τμήμα με σταθερή κατά μήκος κλίση (αυτές είναι και οι παραδοχές που έχουν γίνει και στη Δ.Ε.της Ε. Ταϊγανίδη [9] προκειμένου να δημιουργηθεί ο αλγόριθμος υπολογισμού του ελαχίστου μήκους κοιλώματος με βάση το κριτήριο ίσων εφαπτομένων). Ο εντοπισμός των παραπάνω περιπτώσεων πρέπει προφανώς να γίνει και κατά τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας και έτσι ο έλεγχος χωρίζεται σε δύο πλήρως διαχωρισμένα σκέλη, ένα για κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας (για την κατεύθυνση με φορά αντίθετη από τη χιλιομέτρηση της οδού θα πρέπει το τμήμα με σταθερή κατά μήκος κλίση να έπεται του κοιλώματος).

၁၀၃ ဘဏ္ဍာရ် ဒါလ်ဂလော် (Hw' in haes)

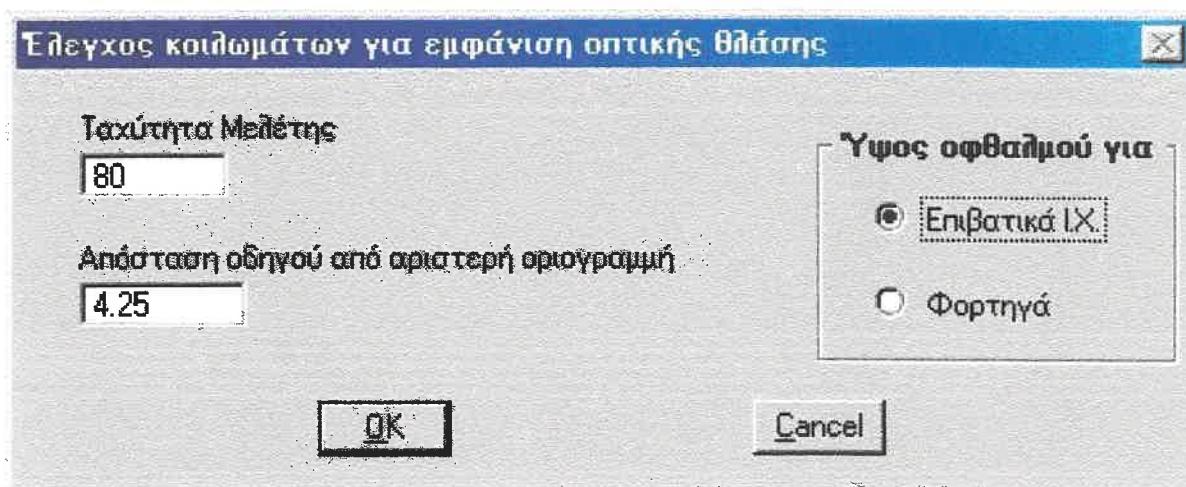


4.9.3 Περιγραφή λειτουργίας (Hw_in.bas)

Για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού από το μενού του MicroStation επιλέγεται 3D Έλεγχοι>Έλεγχος οπτικής θλάσης σε κοίλωμα και ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος Hw_in.bas. Στην αρχή αναζητούνται τα αρχεία στοιχείων της μηκοτομής (ver.asc) και της οριζόντιογραφίας (hor.asc) και αν κάποιο από τα δύο δεν εντοπιστεί τότε ενημερώνεται ο χρήστης με το μήνυμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και η λειτουργία του προγράμματος διακόπτεται.

Εφόσον τα παραπάνω αρχεία εντοπιστούν, διαβάζονται από το μεν ver.asc η Χιλιομετρική Θέση αρχής (μεταβλητή v_st(i)), η ακτίνα (μεταβλητή v_ra(i)), η κλίση εφαπτομένης αρχής (μεταβλητή v_sl(i)) και το μήκος χορδής τόξου (μεταβλητή v_ci(i)) κάθε στοιχείου μηκοτομής, από το δε hor.asc η Χιλιομετρική Θέση Αρχής (μεταβλητή h_st(j)), η ακτίνα (μεταβλητή h_ra(j)) και το μήκος κλωθοειδούς (μεταβλητή h_sl(j)) κάθε στοιχείου της οριζόντιογραφίας.

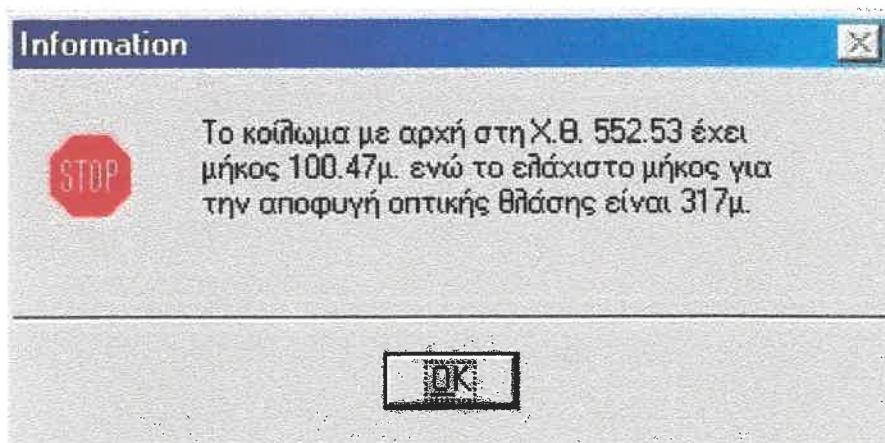
Στη συνέχεια εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής δεδομένων από το χρήστη (Σχήμα 4.29). Εδώ ο χρήστης καλείται να καθορίσει την ταχύτητα μελέτης (από 30Km/h εως 120Km/h ανά 10Km/h), τη θεωρούμενη απόσταση του οδηγού από την αριστερή οριογραφική του οδοστρώματος και το είδος των οχημάτων για το οποίο θα γίνει ο έλεγχος. Αν ο χρήστης επιλέξει επιβατικά I.X. το ύψος οφθαλμού θα ληφθεί ίσο με 1.07m ενώ αν επιλέξει φορτηγά ίσο με 2.44m (οι τιμές αυτές προβλέπονται στους Αμερικανικούς κανονισμούς AASHTO [1]).



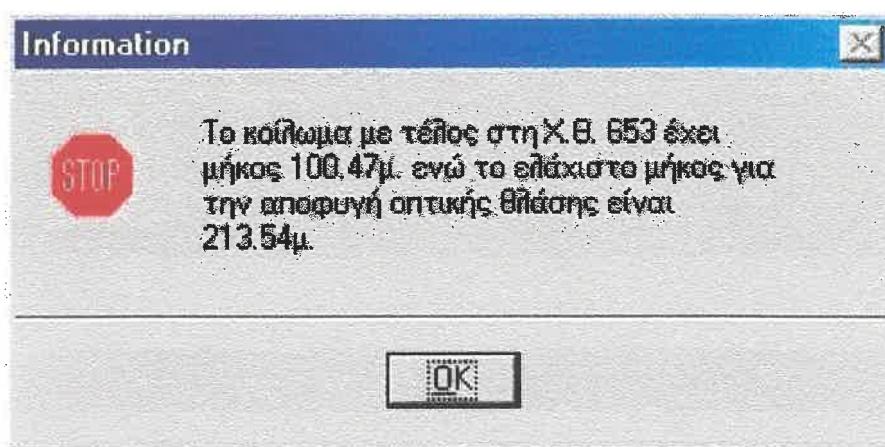
Σχήμα 4.29: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων του προγράμματος ελέγχου κοιλωμάτων για εμφάνιση οπτικής θλάσης.

Στη συνέχεια εντοπίζονται τα κοιλώματα που θεωρούνται ύποπτα για εμφάνιση οπτικής θλάσης (για κάθε κοίλωμα εξετάζεται αν ισχύουν οι προϋποθέσεις που

αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.9.1) και για κάθε ένα από αυτά υπολογίζεται το ελάχιστο μήκος που απαιτείται για την αποφυγή οπτικής θλάσης. Για την πραγματοποίηση του ελέγχου, το παραπάνω ελάχιστο μήκος συγκρίνεται με το πραγματικό μήκος του κοιλώματος. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται δύο φορές, μια για κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας στην οδό. Στην περίπτωση που κάποιο κοίλωμα κρίνεται επικίνδυνο για εμφάνιση οπτικής θλάσης, ο χρήστης ενημερώνεται με τα μηνύματα των Σχημάτων 4.30 και 4.31 (τα μηνύματα διαφοροποιούνται ανάλογα με την κατεύθυνση κυκλοφορίας για την οποία εμφανίζεται προβληματικό το συγκεκριμένο κοίλωμα).

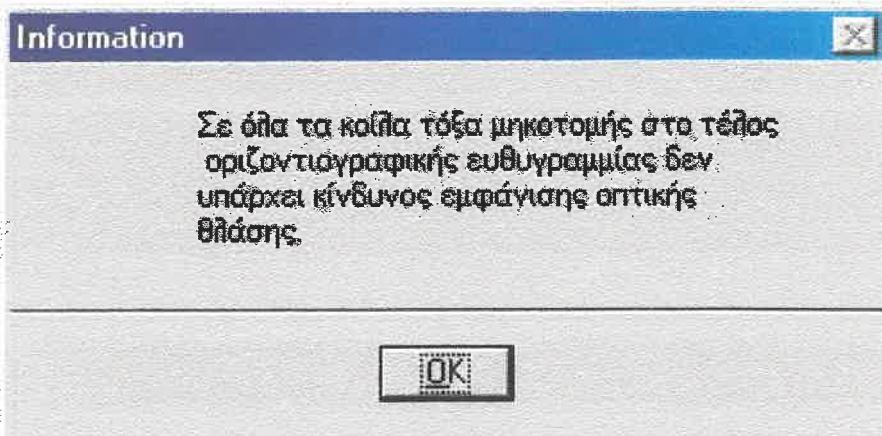


Σχήμα 4.30: Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου (περίπτωση κυκλοφορίας ομόρροπης προς τη χιλιομέτρηση).

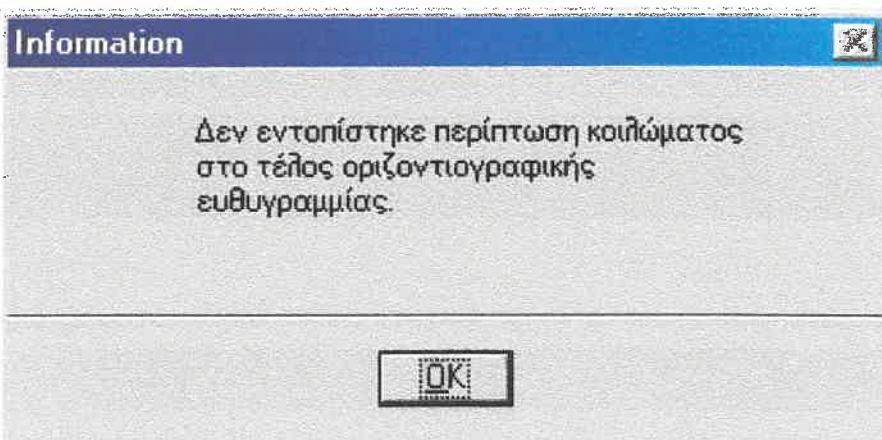


Σχήμα 4.31: Ενημέρωση του χρήστη για μη ικανοποίηση του ελέγχου (περίπτωση κυκλοφορίας αντίρροπης προς τη χιλιομέτρηση).

Όταν ο έλεγχος ικανοποιείται για όλα τα κοιλώματα προς εξέταση τότε εμφανίζεται του μήνυμα του σχήματος 4.32, ενώ όταν δεν εντοπίζεται καμμία περίπτωση κοιλώματος όπου είναι πιθανή η εμφάνιση οπτικής θλάσης, το μήνυμα του σχήματος 4.33.



Σχήμα 4.32: Ενημέρωση του χρήστη για ικανοποίηση του ελέγχου στο σύνολο της χάραξης.



Σχήμα 4.33: Ενημέρωση του χρήστη ότι ο έλεγχος δεν είναι αναγκαίος.

4.10 Μετασχηματισμός των αλγορίθμων για συνεργασία με το πρόγραμμα FM.

4.10.1 Γενικά

Στη συνέχεια της διπλωματικής αυτής εργασίας, ορισμένα από τα παραπάνω προγράμματα ελέγχου της χάραξης στο χώρο μετατρέπονται ώστε να συνεργάζονται με το πρόγραμμα οδοποιίας FM. Το πρόγραμμα αυτό έχει αναπτυχθεί από τον κ. Φ. Μερτζάνη και είναι γραμμένο σε MicroStation Basic. Λειτουργεί δηλαδή στο σχεδιαστικό περιβάλλον του MicroStation και αποτελείται από ένα σύνολο ξεχωριστών υποπρογραμμάτων που το καθένα εκτελεί ένα “βήμα” στη διαδικασία σχεδίασης μιας οδού. “Έτσι υπάρχει ξεχωριστό πρόγραμμα ταχυμετρίας, τριγωνισμού, οριζοντιογραφίας κ.ο.κ., και το καθένα από αυτά, κατά τη λειτουργία του, ενημερώνει μια κοινή βάση δεδομένων. Τα αρχεία που αποτελούν τη βάση δεδομένων είναι σειριακά αρχεία κειμένου, που διαβάζονται πλήρως από προγράμματα σε Basic. Επομένως κατά τη συνεργασία των αλγορίθμων ελέγχου με το πρόγραμμα FM δεν εμφανίζονται τα προβλήματα κατά την ανάγνωση δεδομένων που αντιμετωπίστηκαν στην περίπτωση του InRoads. Επίσης, είναι πλέον διαθέσιμα όλα τα στοιχεία που αφορούν τη χάραξη, όπως η ταχύτητα μελέτης, η κατηγορία της οδού, τα πλάτη του οδοστρώματος, τα υψόμετρα του εδάφους κ.τ.λ., τα οποία δεν ήταν δυνατό να ληφθούν από το InRoads.

Η βασική αλλαγή που γίνεται στους αλγορίθμους είναι η ανάγνωση των απαιτούμενων πληροφοριών για τη χάραξη, η οποία πλέον προσαρμόζεται στα αρχεία λειτουργίας του προγράμματος FM. Η λογική επεξεργασία των δεδομένων και τα κριτήρια ελέγχου παραμένουν ως επί το πλείστον πανομοιότυπα με τα αρχικά προγράμματα ελέγχου. Μικρές αλλαγές στο κυρίως σώμα του προγράμματος σχετίζονται με τυχόν νέα δεδομένα που τώρα είναι διαθέσιμα (π.χ. στο πρόγραμμα ελέγχου της σχέσης των ακτίνων σε κυρτά και κοίλα τόξα μηκοτομής ο χαρακτηρισμός του εδάφους ως λοφώδες ή ορεινό γίνεται πλέον από τα υψόμετρα εδάφους και όχι από τα υψόμετρα ερυθράς, όπως στην περίπτωση του InRoads).

4.10.2 Πρόγραμμα ελέγχου της σχέσης των ακτίνων σε κυρτά και κοίλα τόξα μηκοτομής (HkHw_fm.bas)

Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται στον αλγόριθμο ελέγχου που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 4.3 και ειδικότερα στην παραλλαγή υπ' αριθμόν 2 (hkhw_in2.bas). Η σύγκριση των ακτίνων κοιλωμάτων-κυρτωμάτων δηλαδή πραγματοποιείται στις μέσες τιμές τους για το σύνολο της χάραξης.

Οι διαφορές των προγραμμάτων για το InRoads και το FM περιορίζονται κυρίως στον τρόπο ανάγνωσης των δεδομένων της χάραξης. Έτσι, από το αρχείο fm.dat διαβάζεται η περιοχή εργασίας για τη συγκεκριμένη οδό, και στη συνέχεια, από τα αρχεία fm.mhk και fm13 (που βρίσκονται στη συγκεκριμένη περιοχή εργασίας) διαβάζονται τα δεδομένα της μηκοτομής και του εδάφους αντίστοιχα. Ο χαρακτηρισμός του εδάφους ως λοφώδους-ορεινού ή πεδινού γίνεται πλέον λαμβάνοντας υπ' όψη τα υψόμετρα εδάφους (στο InRoads αυτά δεν ήταν διαθέσιμα). Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος αλλάζει το πρόσημο στην ακτίνα των κοιλωμάτων, ώστε να ξεχωρίζουν άμεσα από τα κυρτώματα, και ακολουθεί ο υπολογισμός των μέσων τιμών και η σύγκρισή τους, όπως ακριβώς και στην εκδοχή για το InRoads. Τα μηνύματα που παρουσιάζονται στο χρήστη είναι πανομοιότυπα με αυτά του αλγορίθμου για το InRoads. Ο κώδικας του προγράμματος παρατίθεται στην παράγραφο Δ.11 (Παράρτημα Δ), ενώ το λογικό διάγραμμα διαφέρει ελάχιστα από αυτό του αλγορίθμου για το InRoads (ουσιαστικά μόνο στην ανάγνωση των δεδομένων) και έτσι παραλείπεται.

4.10.3 Πρόγραμμα ελέγχου της επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα (Rhaw_fm.bas)

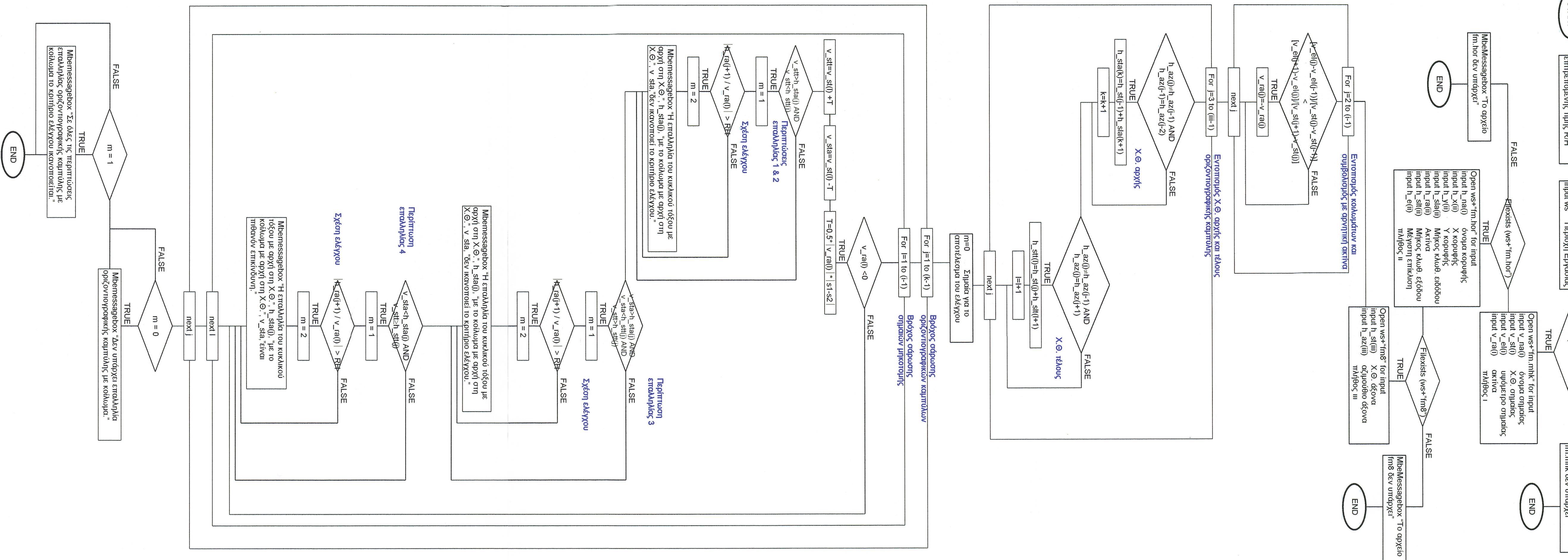
Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί μετατροπή του αλγορίθμου που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 4.4, για τον έλεγχο της επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα. Για την οριακή τιμή του λόγου R/H τηρείται ότι ακριβώς αναφέρθηκε την παράγραφο 4.4 (χρησιμοποιείται η τιμή *max R/H=1/5*) και δίνεται πάλι η δυνατότητα εύκολης μεταβολής της οριακής τιμής από το χρήστη.

Η βασική διαφορά του προγράμματος αυτού από το αρχικό έγκειται στο γεγονός ότι στο πρόγραμμα FM δεν είναι άμεσα διαθέσιμη η χιλιομετρική θέση αρχής των στοιχείων της οριζοντιογραφίας (π.χ. αρχή του κυκλικού τόξου), όπως στο InRoads, αφού τα αρχεία του χρησιμοποιούν την κλασσική λογική της πολυγωνικής για να περιγράψουν την οριζοντιογραφία της οδού. Για την εύρεση επομένων της X.Θ. αρχής των στοιχείων της οριζοντιογραφίας (και

συγκεκριμένα των κυκλικών τόξων, που ενδιαφέρουν σε αυτό το πρόγραμμα) διαβάζεται από το αρχείο FM8 (Αρχείο Άξονα Οδού - εσωτερικό αρχείο λειτουργίας του προγράμματος FM) η χιλιομετρική θέση και το αζημούθιο των στοιχειωδών τμημάτων του άξονα της οδού και εντοπίζεται κάθε φορά η αρχή και το τέλος μεταβολής του αζημουθίου. Τα σημεία αυτά αντιστοιχούν στην αρχή της κλωθοειδούς εισόδου στην καμπύλη και στο τέλος της κλωθοειδούς εξόδου αντίστοιχα. Σε αυτές τις χιλιομετρικές θέσεις προστίθεται (αντ. αφαιρείται) το μήκος της κλωθοειδούς εισόδου (αντ. εξόδου) και βρίσκεται η Χ.Θ. αρχής (αντ. τέλους) του κυκλικού τόξου.

Οι περιπτώσεις επαλληλίας που αναγνωρίζει το πρόγραμμα είναι ίδιες με αυτές που αναλύονται στην παράγραφο 4.4 και επίσης χρησιμοποιούνται όμοια μηνύματα ενημέρωσης του χρήστη. Στη συνέχεια ακολουθεί το λογικό διάγραμμα του προγράμματος, ενώ ο κώδικας παρατίθεται στην παράγραφο Δ.12 (Παράτημα Δ).

4. | 0.3. Ι λογικό σύστημα (RHW_.ini.bas)



4.10.4 Πρόγραμμα ελέγχου ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων (H_H_fm.bas)

Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί μετατροπή του αλγορίθμου που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 4.7, και ελέγχει τη χάραξη της οδού για την ύπαρξη ευθυγράμμων τμημάτων στη μηκοτομή μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων, με μήκος μικρότερο από το ελάχιστο επιπτεπτό. Ως ελάχιστο μήκος θεωρείται (όπως άλλωστε και στο πρόγραμμα H_H_in.bas) η μικρότερη τιμή του T για τα τόξα μηκοτομής που προηγούνται και έπονται του ευθυγράμμου αυτού τμήματος. Η οριακή αυτή τιμή προτείνεται στη Δ.Ε. του Γ. Τράκου [10], και όπως έχει ήδη αναφερθεί, θα ήταν χρήσιμη περαιτέρω διερεύνηση και πιθανός επαναπροσδιορισμός της. Στην περίπτωση που στο μέλλον γίνει ευρύτερα αποδεκτή κάποια άλλη οριακή τιμή, είναι δυνατή η σχετική μετατροπή του αλγορίθμου, ακόμη και από άτομα με πολύ περιορισμένες γνώσεις προγραμματισμού.

Οι διαφορές των προγραμμάτων για το InRoads και το FM περιορίζονται κυρίως στον τρόπο ανάγνωσης των δεδομένων της χάραξης. Έτσι, από το αρχείο fm.dat διαβάζεται η περιοχή εργασίας για τη συγκεκριμένη οδό, και στη συνέχεια, από το αρχείο fm.mhk (που βρίσκεται στη συγκεκριμένη περιοχή εργασίας) λαμβάνονται τα δεδομένα της μηκοτομής. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος αλλάζει το πρόσημο στην ακτίνα των κοιλωμάτων, ώστε να ξεχωρίζουν άμεσα από τα κυρτώματα (κατά το συμβολισμό που ακολουθεί το InRoads) και ακολουθεί ο υπολογισμός των Χιλιομετρικών Θέσεων αρχής και τέλους των τόξων της μηκοτομής και του μήκους του ενδιαμέσου ευθυγράμμου τμήματος (στο InRoads λαμβάνονταν απ' ευθείας από το αρχείο δεδομένων μηκοτομής). Τέλος ακολουθεί η σύγκριση μεταξύ του μήκους του ευθυγράμμου τμήματος και του ελαχίστου T των εκατέρωθεν τόξων μηκοτομής, όπως ακριβώς και στην εκδοχή για το InRoads. Τα μηνύματα που παρουσιάζονται στο χρήστη είναι πανομοιότυπα με αυτά του αλγορίθμου για το InRoads. Ο κώδικας του προγράμματος παρατίθεται στην παράγραφο Δ.13 (Παράρτημα Δ), ενώ το λογικό διάγραμμα διαφέρει ελάχιστα από αυτό του αλγορίθμου για το InRoads (ουσιαστικά μόνο στην ανάγνωση των δεδομένων) και έτσι παραλείπεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ



5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Γενικά

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν οι υποδείξεις των σύγχρονων κανονισμών οδοποιίας σχετικά με το συνδυασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής καθώς και στοιχεία που προέκυψαν από ανεξάρτητες έρευνες. Παρουσιάστηκε επίσης η μέθοδος σχεδιασμού μιας οδού με τη βοήθεια του προγράμματος H/Y οδοποιίας InRoads και διερευνήθηκαν οι δυνατότητες δημιουργίας φωτορεαλιστικών προοπτικών εικόνων της υπό μελέτη οδού. Τέλος κατασκευάστηκε μια σειρά προγραμμάτων-αλγορίθμων H/Y (σε διάφορες παραλλαγές και για δύο διαφορετικά προγράμματα οδοποιίας) για τον έλεγχο του ορθού συνδυασμού οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Κατά τη μελέτη των παραπάνω αντικειμένων εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τη χάραξη οδού στο χώρο, τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια, μαζί με προτάσεις για περαιτέρω ανάλυση και έρευνα.

5.2 Συμπεράσματα - Προτάσεις

Από τη μελέτη των κανονισμών οδοποιίας της Γερμανίας, της Αμερικής και του Καναδά γίνεται σαφές ότι τα τελευταία χρόνια γίνεται μια πολύπλευρη προσπάθεια θέσπισης κανόνων για τη σωστή χάραξη της οδού στο χώρο. Η αναγκαιότητα του ορθού συνδυασμού οριζοντιογραφίας και μηκοτομής γίνεται αντιληπτή τόσο από μελέτες ατυχημάτων (βλ. και παράγραφο 2.5.5), όσο και από την απαίτηση για αισθητικά ευχάριστους αυτοκινητοδρόμους, που δεν τραυματίζουν το τοπίο αλλά αντίθετα εντάσσονται αρμονικά μέσα σε αυτό. Οι Γερμανικοί κανονισμοί φαίνεται να υπερέχουν σε σαφήνεια, παραστατικότητα, ακρίβεια και πληρότητα σε σύγκριση με τους υπόλοιπους, ενώ στους Αμερικανικούς δίνεται περισσότερη έμφαση στην αισθητική της οδού. Οι Καναδικοί είναι σε σύγκριση με τους άλλους δύο λιγότερο πλήρεις, περιλαμβάνουν όμως φωτογραφίες από πραγματικές οδούς, ως παραδείγματα επιτυχούς ή ανεπιτυχούς κατά περίπτωση σχεδιασμού.

Μελετώντας τους παραπάνω κανονισμούς οδοποιίας αντιλαμβάνεται κανείς ότι το θέμα της χάραξης στο χώρο ακόμη δεν καλύπτεται από οδηγίες σαφείς και άμεσα εφαρμόσιμες, όπως συμβαίνει με άλλα θέματα του σχεδιασμού των οδών (π.χ όπως στην οριζοντιογραφία ή τη μηκοτομή, όπου υπάρχουν πλήρεις πίνακες με μέγιστες ή/και ελάχιστες τιμές για κάθε στοιχείο -ακτίνα καμπύλης,

κλίση, ακτίνα τόξου στρογγύλευσης κ.τ.λ.). Για τα περισσότερα στοιχεία της χάραξης στο χώρο υπάρχουν υποδείξεις με τη μορφή γενικών συστάσεων και καταστάσεων προς αποφυγή, χωρίς όμως να είναι σαφές το όριο του ανεπιθύμητου φαινομένου. Ακόμη όμως και στις περιπτώσεις που παρέχεται κάποια οριακή τιμή, αυτή μπορεί να έχει πολύ μεγάλο εύρος διακύμανσης (π.χ. στην περίπτωση επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα δίνεται στου Γερμανικούς κανονισμούς οριακή τιμή $R/H = 1/5$ εως $1/10$) ή να μην είναι σαφές που ακριβώς αναφέρεται (π.χ στην περίπτωση επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα καθορίζεται ότι θα πρέπει η αλλαγή διεύθυνσης μέσα στο διαθέσιμο μήκος ορατότητας να είναι τουλάχιστον $3,5^{\circ}$, δεν καθορίζεται όμως η θέση του οδηγού στην οποία αναφέρεται το μήκος ορατότητας - βλ. και παράγραφο 4.5.1). Έχουν γίνει ήδη αρκετές προσπάθειες ερμηνείας των διατάξεων σε ανεξάρτητες έρευνες (Smith & Lamm [5]) καθώς και καθορισμού οριακών τιμών, σε παλαιότερες διπλωματικές εργασίες του Ε.Μ.Π. (π.χ. για την αποφυγή οπτικής θλάσης σε κοίλωμα στις Δ.Ε. του I. Μπιμπάκη [8] και της E. Ταϊγανίδη [9], για το ελάχιστο μήκος ευθυγράμμου τμήματος στη μηκοτομή μεταξύ διαδοχικών κυρτωμάτων ή κοιλωμάτων στη Δ.Ε. του N. Τράκου [10] κ.α.), οι έρευνες αυτές όμως είναι περιορισμένες σε έκταση και επομένως η αξιοπιστία τους μπορεί να τεθεί υπό αμφισβήτηση, και κυρίως στερούνται διεθνούς αναγνώρισης. Είναι επομένως απαραίτητο να διεξαχθούν έρευνες μεγάλης κλίμακας σχετικά με τα παραπάνω αντικείμενα και τα αποτελέσματα-συμπεράσματα να ενσωματωθούν στους κανονισμούς οδοποιίας, ώστε να είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμα από τους μελετητές. Πιο συγκεκριμένα, τα θέματα που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση, όσον αφορά τη χάραξη στο χώρο είναι τα εξής:

- Προσδιορισμός του οριακού σημείου εμφάνισης οπτικής θλάσης σε οριζοντιογραφική καμπύλη που συνδέει ευθυγραμμίες και είναι ορατή από απόσταση (παράγραφος 2.3.2).
- Προσδιορισμός του οριακού σημείου εμφάνισης οπτικής θλάσης στη βάση κοιλώματος στη μηκοτομή που ακολουθεί οριζοντιογραφική ευθυγραμμία με σταθερή κατά μήκος κλίση (παράγραφος 2.4.2).
- Προσδιορισμός του ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος στη μηκοτομή μεταξύ διαδοχικών κυρτωμάτων ή κοιλωμάτων (παράγραφος 2.4.4).
- Αποσαφήνιση της διάταξης περί σύμπτωσης των σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή (παράγραφοι 2.5.3 και 4.6.1).
- Κατά την επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα απαιτείται καθορισμός της απόστασης πριν την καμπύλη για την οποία θα πρέπει η αλλαγή διεύθυνσης που βρίσκεται μέσα στο διαθέσιμο μήκος ορατότητας να είναι κατ' ελάχιστον $3,5^{\circ}$ (παράγραφοι 2.5.4 και 4.5.1).

- Προσδιορισμός συγκεκριμένης οριακής τιμής για το λόγο R/H κατά την επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα (παράγραφοι 2.5.5 και 4.4.1).

Μετά τη μελέτη-διερεύνηση των παραπάνω αντικειμένων θα είναι δυνατή η δημιουργία αξιόπιστων προγραμμάτων Η/Υ που θα ελέγχουν το συνδυασμό οριζοντιογραφίας-μηκοτομής και θα συμβάλλουν στο γρήγορο και εύκολο εντοπισμό των προβληματικών σημειών της χάραξης, χωρίς ο προγραμματιστής να είναι αναγκασμένος να κάνει παραδοχές και διερευνήσεις, που περικλείουν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό υποκειμενικότητα και προσωπικές απόψεις..

Εδώ πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι, όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3 της παρούσης διπλωματικής εργασίας, η χάραξη μιας οδού μπορεί να γίνει με γρήγορο, εποπτικό και εύκολο τρόπο με τη βοήθεια προγραμμάτων Η/Υ οδοποιίας, όπως το InRoads. Τα προγράμματα αυτά αποτελούν πολύτιμο εργαλείο στα χέρια του μελετητή μηχανικού και απλοποιούν ή αυτοματοποιούν πλήρως ορισμένες διαδικασίες ιδιαίτερα χρονοβόρες (π.χ. σχεδίαση μηκοτομής εδάφους, σχεδίαση διατομών, υπολογισμός χωματισμών). Σημαντικό στοιχείο επίσης είναι ότι προβλέπονται πολλοί διαφορετικοί τρόποι εισαγωγής των δεδομένων, ώστε να επιλέγεται ο ενδεδειγμένος για κάθε περίπτωση και να αποφεύγονται ενδιάμεσοι βοηθητικοί υπολογισμοί (π.χ. προσδιορισμός της οριζοντιογραφίας είτε με πολυγωνική είτε με στοιχεία χάραξης, προσδιορισμός κλωθοειδούς είτε με το μήκος, είτε με την παράμετρο, είτε να διέρχεται από σημείο κ.τ.λ.).

Με το πρόγραμμα InRoads, το οποίο και εξετάστηκε στη διπλωματική αυτή εργασία, είναι δυνατό να σχεδιαστούν και φωτορεαλιστικές προοπτικές είκόνες της οδού, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο ορισμένων “ύποπτων” τμημάτων της οδού ως προς τον συνδυασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Η διαδικασία χρωματισμού-φωτορεαλιστικής απόδοσης των εικόνων είναι όμως, όπως αποδείχτηκε (παράγραφος 3.8), ιδιαίτερα χρονοβόρα. Αυτή η διαδικασία θα μπορούσε να αυτοματοποιηθεί από τους κατασκευαστές του προγράμματος, ώστε να είναι δυνατή η άμεση σχεδίαση φωτορεαλίστικών εικόνων της οδού.

Όσον αφορά τους αλγορίθμους Η/Υ που κατασκευάστηκαν στα πλάισια της παρούσης διπλωματικής εργασίας, διαπιστώθηκε ότι η γλώσσα προγραμματισμού MicroStation Basic αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τη δημιουργία προγραμμάτων που ενσωματώνονται πλήρως στο σχεδιαστικό πρόγραμμα MicroStation και στο πρόγραμμα οδοποιίας InRoads. Μάλιστα, είναι δυνατή η μετατροπή των προγραμμάτων αυτών ώστε να συνεργάζονται

και με άλλα προγράμματα οδοποιίας εκτός από το InRoads, και η δυνατότητα αυτή διερευνήθηκε κατά την μετατροπή των αλγορίθμων για συνεργασία με το πρόγραμμα FM. Με τη χρήση παραθύρων διαλόγου και εμφάνισης αποτελεσμάτων, τα προγράμματα είναι φιλικά προς το χρήστη και τα αποτελέσματα των ελέγχων άμεσα κατανοητά. Η πρακτική χρησιμότητα των προγραμμάτων περιορίζεται από το γεγονός ότι, εξαιτίας της μη πληρότητας των κανονισμών, έχουν γίνει, στην πλειοψηφία των προγραμμάτων ελέγχου, διάφορες παραδοχές κατά την κρίση του γράφοντος. Έχει γίνει όμως προσπάθεια σε κάθε τέτοια περίπτωση να παρουσιάζεται και να επεξηγείται η λογική πίσω από τις παραδοχές αυτές και επίσης δίνεται η δυνατότητα σε πολλά προγράμματα να μεταβάλλονται οι οριακές τιμές ελέγχου από το χρήστη. Με αυτό τον τρόπο, αφ' ενός ο μελέτητής που έχει διαφορετική άποψη σχετικά με κάποια παραδοχή έχει τη δυνατότητα να προσαρμόσει το πρόγραμμα στις δικές του απαιτήσεις και αφ' ετέρου, στην περίπτωση που προκύπτουν νέα δεδομένα σχετικά με τον ελεγχό του συνδυασμού οριζοντιογραφίας-μηκοτομής, θα είναι ιδιαίτερα εύκολη η απαιτούμενη προσαρμογή των αλγορίθμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ



6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. **AASHTO (1994).** "A policy on geometric design of highways and streets", American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington DC. 1994.
2. **INTERGRAPH.** "InRoads Reference Guide", Intergraph Corporation, Huntsville Alabama, December 1993.
3. **RAS-L (1995).** "Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Linienführung (RAS-L)", Bonn 1995.
4. **RTAC (1986).** "Manual of Geometric Design Standards for Canadian Roads", Roads and Transportation Association of Canada, Ottawa 1986.
5. **Smith, B. & Lamm, R.** "Coordination of Horizontal and Vertical Alinelement with regard to highway aesthetics" , Transportation Research Record 1445, 73-85, Washington DC. 1993.
6. **Taiganidis, I. & Kanellaidis, G.** "Approximate Perspective Design of Roads", Δημοσίευση στο ASCE Journal, 1998.
7. **Γιώτης, Κανελλαϊδης, Μαλέρδος.** "Σημειώσεις για το γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1997.
8. **Μπιμπάκης, I.** "Προοπτική απεικόνιση των οδών", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1998.
9. **Ταϊγανίδη, Ε.** "Προοπτική απεικόνιση της χάραξης των οδών και αντίληψη των οδηγών για τη χάραξη στο χώρο", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1998.
10. **Τράκος, Ν.** "Προοπτική απεικόνιση της χάραξης οδών με χρήση προγραμμάτων Η/Υ", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1995.
11. **Χατζηδάκης, Α.** "Προγράμματα Η/Υ οδοποιίας και διερεύνηση των απόψεων των χρηστών τους", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1996.



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Καθηγητής Γ. Κανελλαϊδης

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΟΔΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

Παραρτήματα



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Ι. ΔΡΑΓΟΜΑΝΟΒΙΤΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2000

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
<u>Παράρτημα Α: Χάραξη στο Χώρο</u>	1
Απόσπασμα από το Κεφάλαιο 6 των Γερμανικών Κανονισμών (RAS-L 1995)	
<u>Παράρτημα Β: Αισθητικές θεωρήσεις στη μελέτη οδών</u>	15
Απόσπασμα από τους Καναδικούς Κανονισμούς (RTAC 1986)	
<u>Παράρτημα Γ: Συνδυασμός Οριζοντιογραφίας και Μηκοτομής</u>	32
Απόσπασμα από τους Αμερικανικούς Κανονισμούς (AASHTO 1994)	
<u>Παράρτημα Δ: Κώδικας Προγραμμάτων Ελέγχου της Χάραξης στο χώρο</u>	45

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΧΑΡΑΞΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

Απόσπασμα από το κεφάλαιο 6 των Γερμανικών
Κανονισμών (RAS-L 1995)



6. Χάραξη στο χώρο

6.1 Στοιχεία της χάραξης στο χώρο

Η χάραξη μιας οδού είναι ένα πρόβλημα τριών διαστάσεων και γι' αυτό πρέπει πάντα να εξετάζεται στο χώρο. Η επεξεργασία και η παρουσίαση των σχεδίων της οδού όμως διαχωρίζεται κατά κανόνα σε οριζοντιογραφία, μηκοτομή και διατομές. Με το συνδυασμό των στοιχείων σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, λαμβάνοντας υπ' όψη και τη διατομή, προκύπτουν τα στοιχεία στο χώρο, που παρουσιάζονται στο σχήμα 6. Αυτά τα χωρικά στοιχεία, καθώς και αυτά που προκύπτουν από τη συναρμογή τους, μπορούν να αναπαρασταθούν σε προοπτικές κατασκευές ή μοντέλα. Αυτή άλλωστε είναι και η προοπτική εικόνα που αντικρίζει ο οδηγός, η μόνη χρήσιμη προοπτική παράσταση για την κυκλοφοριακή αξιολόγηση μια οδού.

6.2 Διαμόρφωση του οδικού χώρου

Η καλή οπτική καθοδήγηση αποτελεί προϋπόθεση για την επαρκή ασφάλεια και ποιότητα κυκλοφορίας μιας οδού. Αυτή επιτυγχάνεται όταν η εικόνα της οδού είναι “ήρεμη” και η διαδρομή παρέχει εποπτικότητα και γίνεται εγκαίρως και μονοσήμαντα κατανοητή.

Η οπτική καθοδήγηση πραγματοποιείται κατ' αρχήν με την εικόνα του καταστρώματος της οδού στο χώρο και γίνεται τόσο πιο σαφής, όσο πιο πολύ τονίζονται οι οριογραμμές της οδού και ο διαχωρισμός των λωρίδων κυκλοφορίας (π.χ. με διαγράμμιση).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η καθοδήγηση στις οριογραμμές σε περιοχές μεταβολής του πλάτους της διατομής λόγω διαπλάτυνσης ή διεύρυνσης της οδού.

6.2.1 Στοιχεία οριζοντιογραφίας

6.2.1.1 Ευθυγραμμία

Ευθύγραμμα τμήματα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν εξυπηρετούν κυκλοφοριακή πλέξη ή όταν επιτρέπουν μια καλή προσαρμογή της οδού στο

έδαφος. Η δυσμενής εντύπωση που προκαλεί η οριζοντιογραφική ευθυγραμμία, εξαιτίας της οπτικής σταθερότητάς της, σε σχέση με το κινούμενο τοπίο, μπορεί να αμβλυνθεί χρησιμοποιώντας κοίλωμα (στη μηκοτομή) με μεγάλη ακτίνα τόξου στρογγύλευσης (Σχήμα 7). Ενδεχομένως μάλιστα η χάραξη να βελτιώνεται με τη χρήση οριζοντιογραφικής καμπύλης με ιδιαίτερα μεγάλη ακτίνα. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα της εποπτείας της κατεύθυνσης της διαδρομής από τα οχήματα που κινούνται στην αριστερή λωρίδα της οδού και επομένως της ορθότερης εκτίμησης της ταχύτητας των αντίθετα κινούμενων οχημάτων.

Οι ευθυγραμμίες εμφανίζουν τα μειονεκτήματα που αναφέρονται στην παράγραφο 4. (*Σημείωση: Τα μειονεκτήματα αυτά όπως αναφέρονται στην παράγραφο 4 των κανονισμών είναι τα εξής:*

- λανθασμένη εκτίμηση της απόστασης και της ταχύτητας των αντίθετα κινούμενων και των προπορευόμενων οχημάτων
- ανάπτυξη πολύ υψηλών ταχυτήτων
- κίνδυνος θάμβωσης του οδηγού από τα φώτα των αντίθετα κινούμενων οχημάτων τη νύχτα
- δυσκολία προσαρμογής στο τοπίο σε λοφώδη εδάφη)

6.2.1.2 Καμπύλη

Τόξα μικρού μήκους με μικρά μήκη εφαπτομένων μεταξύ οριζοντιογραφικών ευθυγραμμιών εμφανίζονται στην προοπτική εικόνα που αντικρύζει ο οδηγός ως οπτική θλάση (Σχήμα 8), που μπορεί να αντιμετωπισθεί μόνο με αύξηση της ακτίνας του κυκλικού τόξου. Η ακτίνα πρέπει μάλιστα να είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο πιο ανεπαίσθητη είναι η αλλαγή κατεύθυνσης της οδού.

6.2.1.3 Αλληλουχία στοιχείων στην οριζοντιογραφία

Το μέγεθος, στην αλληλουχία των σχεδιαστικών στοιχείων της οριζοντιογραφίας, καθορίζεται από τις επιτρεπόμενες αλληλουχίες ακτίνων και σχέσεις μεταξύ καμπύλων συναρμογής και κυκλικών τόξων (βλ. επίσης παραγράφους 4.2 και 4.3 των κανονισμών).

Η οδική ασφάλεια μιας καμπυλόγραμμης χάραξης με πολλές καμπύλες δεν ζημιώνεται σημαντικά από μια καμπύλη μικρότερης ακτίνας. Η μεγάλη ελικτότητα που συνδυάζεται με χαμηλή ταχύτητα μελέτης δεν συνεπάγεται και υψηλό κίνδυνο ατυχημάτων. Είναι σημαντικό όμως να αποφεύγονται θέσεις αιφνιδιασμού του οδηγού (Σχήμα 9). Γι' αυτό το λόγο είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται ευθυγραμμίες μικρότερου μήκους και ηπιότερες ακτίνες από αυτές που προτείνονται στο διάγραμμα αλληλουχίας καμπύλων στο Σχήμα 4.

6.2.2 Στοιχεία μηκοτομής

6.2.2.1 Ευθυγραμμία

Η ευθυγραμμία στη μηκοτομή είναι μια γραμμή με σταθερή κατά μήκος κλίση. Όσον αφορά τη χάραξη στο χώρο μιας οδού, δεν προκαλεί κανένα σημαντικό πρόβλημα.

Ένα μικρό ευθύγραμμο τμήμα όμως μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλωμάτων μπορεί να δημιουργήσει την εντύπωση κυρτώματος και γι' αυτό πρέπει να αποφεύγεται (Σχήματα 10 και 11). Αντίστοιχα, μικρό ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ διαδοχικών ορατών κυρτωμάτων μπορεί να δημιουργήσει την εντύπωση κοιλώματος. Τα δύο αυτά φαινόμενα απαιτούν ιδιαίτερα προσεκτική αντιμετώπιση στις γέφυρες.

6.2.2.2 Κοίλωμα

Το κοίλωμα είναι ένα στοιχείο που προσφέρει ιδιαίτερα καλή εποπτεία της οδού.

Για την επίτευξη μιας αρμονικής χάραξης όμως, τα μικρού μήκους κοιλώματα μεταξύ τμημάτων με σταθερή κατά μήκος κλίση θα πρέπει να αποφεύγονται, ανεξάρτητα από το αν η χάραξη είναι οριζοντιογραφικά ευθύγραμμη (οπότε εμφανίζεται σημείο οπτικής θλάσης, Σχήμα 12) ή κεκαμμένη (οπότε δίδεται η εικόνα προβληματικής οριζοντιογραφίας, Σχήμα 13).

6.2.2.3 Κύρτωμα

Η χάραξη στο χώρο σε περιοχές κυρτώματος καθορίζεται από τις απαιτήσεις ορατότητας. Κυρτώματα με μικρή ακτίνα τόξου στρογγύλευσης περιορίζουν σημαντικά την ορατότητα.

6.2.2.4 Αλληλουχία στοιχείων στη μηκοτομή

Η αλληλοδιαδοχή των στοιχείων της μηκοτομής πρέπει να ακολουθεί τη μορφή του εδάφους.

Σε λοφώδη εδάφη πρέπει οι ακτίνες των κυρτών καμπύλων της μηκοτομής να είναι μεγαλύτερες από αυτές των κοίλων καμπύλων, ώστε να βελτιώνονται τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας (Σχήμα 14, βλ. ακόμη παραγράφους 5.2.2 και 8.1 των κανονισμών). Αντίθετα, σε πεδινά εδάφη και μικρότερες υψομετρικές διαφορές (μέχρι περίπου 10μ.) θα πρέπει να είναι μεγαλύτερες οι ακτίνες των κοίλων καμπύλων από αυτές των κυρτών για να επιτευχθεί μια οπτικά

φιλικότερη χάραξη (με εξασφάλιση πάντως της ύπαρξης του απαιτουμένου μήκους ορατότητας για στάση, Σχήμα 14).

Συνεχόμενες αλλαγές της κατά μήκος κλίσης με μικρού μήκους κυρτώματα και κοιλώματα σε μια χάραξη θα πρέπει να αποφεύγονται.

6.2.3 Συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής

Ο συνδυασμός κοίλων τμημάτων στη μηκοτομή και οριζοντιογραφικών καμπύλων μπορεί να οδηγήσει τον οδηγό σε λάθος εκτιμήσεις. Ειδικότερα, κοιλώματα σε οριζοντιογραφικές καμπύλες προκαλούν στον οδηγό την εντύπωση ότι η στροφή είναι πιο ανοιχτή απ' ότι στην πραγματικότητα. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχει καθορισμένη σχέση μεταξύ της ακτίνας της καμπύλης και της ακτίνας του τόξου στρογγύλευσης. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο λόγος R/H πρέπει να είναι κατά το δυνατόν μικρός, και πάντως όχι μεγαλύτερος από 1/5 ως 1/10.

Όσο μάλιστα πιο ομαλό είναι το έδαφος, τόσο μεγαλύτερες πρέπει να είναι οι ακτίνες των κοιλωμάτων και κυρτωμάτων, συγκρινόμενες με τις ακτίνες των οριζοντιογραφικών καμπύλων.

Μια χάραξη εγγυημένα πλεονεκτεί στους τομείς της οπτικής εντύπωσης, της απορροής των υδάτων και της δυναμικής της κίνησης, όταν τα σημεία καμπής στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής περίπου συμπίπτουν (Σχήματα 15 και 16).

Η οδηγία αυτή εφαρμόζεται όταν το πλήθος των σημείων καμπής στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή είναι ίσο. Η τοπογραφία όμως και οι λοιποί περιορισμοί της χάραξης μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικό πλήθος σημείων καμπής.

Σε αυτές τις περιπτώσεις η χάραξη είναι πάλι ευχάριστη και σταθερή όταν τα σημεία τομής των εφαπτομένων στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής βρίσκονται κατά το δυνατόν κοντά το ένα στο άλλο και τα υπεράριθμα είναι ανάμεσά τους. Εξαίρεση αποτελούν μεμονωμένες κλειστές καμπύλες σε κοίλωμα. Αυτές είναι δυνατόν, λόγω της ύπαρξης κοιλώματος να δίνουν την εντύπωση ότι είναι πιο ανοιχτές απ' ότι στην πραγματικότητα. Τότε, για να αμβλυνθεί η οπτική πλάνη που δημιουργείται από το συνδυασμό του κοιλώματος με την οριζοντιογραφική καμπύλη, θα πρέπει οι εφαπτόμενες στο τόξο και στο κοίλωμα κατά το δυνατόν να διαχωρίζονται. Θα πρέπει επομένως, είτε το κοίλωμα να αρχίζει αρκετά μέσα στο οριζοντιογραφικό τόξο,

ώστε η καμπυλότητα της χάραξης να είναι αναγνωρίσιμη χωρίς την επίδραση του κοιλώματος, είτε το κοίλωμα να είναι τοποθετημένο νωρίτερα, ώστε η οριζοντιογραφική καμπύλη να αρχίζει περί το τέλος του.

Ενας πρώτος έλεγχος μπορεί να πραγματοποιείται με τη σύγκριση της θέσης της πολυγωνικής στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή.

Ειδικά σε λοφώδη και ορεινά εδάφη με έντονες κατά μήκος κλίσεις συνιστάται μεταξύ του τέλους του κυρτώματος και της αρχής του κοιλώματος να παρεμβάλλεται τμήμα με σταθερή κατά μήκος κλίση. Το σημείο καμπής στην οριζοντιογραφία είναι σκόπιμο να βρίσκεται πιο κοντά στην αρχή του κοιλώματος, πράγμα που επιτρέπει στον οδηγό να αντιληφθεί την καμπύλη νωρίτερα.

Στην περίπτωση που, εξαιτίας των τοπικών δεδομένων, τα σημεία καμπής στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή δεν είναι δυνατόν να συμπίπτουν, θα πρέπει η αρχή της αλλαγής κατεύθυνσης της οδού να είναι σαφώς αναγνωρίσιμη μέσα στο διαθέσιμο μήκος ορατότητας. Η καμπύλη θα πρέπει να μην αποκρύπτεται σε περιοχές κυρτωμάτων και ο οδηγός θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτιμήσει την πορεία της οδού και, εαν αυτό είναι δυνατό, την καμπυλότητα. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει η αλλαγή κατεύθυνσης της οδού, μετρούμενη από την αρχή της καμπύλης συναρμογής, που βρίσκεται εντός του διαθεσίμου μήκους ορατότητας, να είναι κατ' ελάχιστο 3,5^g (Σχήμα 17).

Όταν η χάραξη ακολουθεί βραχείες ανυψώσεις του εδάφους χωρίς κάποιο τμήμα της να αποκρύπτεται από το οπτικό πεδίο του οδηγού, δημιουργείται τοπική υπερύψωση (Aufwölbung - Σχήμα 18). Πολλαπλές διαδοχικές τοπικές υπερυψώσεις οδηγούν σε κυματισμό (Flattern) της οδού (Σχήμα 19). Η δυσμενής εντύπωση που προκαλεί η τοπική υπερύψωση και ο κυματισμός επιτείνεται όσο αυξάνεται το πλάτος της οδού και υπάρχει ιδιαίτερος κίνδυνος για τους οδηγούς κατά τη διάρκεια της νύχτας (λόγω της θάμβωσης από τα φώτα των αντίθετα κινούμενων οχημάτων).

Όταν η χάραξη ακολουθεί τις ανωμαλίες του εδάφους με αυτό τον τρόπο, και υπάρχουν τμήματα της οδού με ελλιπή ορατότητα δημιουργείται η εντύπωση βυθίσματος (Tauchen - Σχήμα 20). Εαν ταυτόχρονα η χάραξη κάμπτεται έντονα, δημιουργείται η εντύπωση άλματος της οδού (Springen - Σχήμα 21). Τα παραπάνω φαινόμενα μπορούν να εξαπατήσουν τον οδηγό σχετικά με την πραγματική κατεύθυνση της χάραξης και την αντίθετη κυκλοφορία και εγκυμονούν ιδιαίτερα σημαντικούς κινδύνους, ειδικά κατά την απόπειρα προσπέρασης.

Οι κόμβοι, για λόγους ευκολίας στην αναγνώριση και εποπτικότητας, θα πρέπει, εφόσον αυτό είναι δυνατό, να τοποθετούνται σε κοίλωμα (Σχήμα 22). Εαν αυτό δεν είναι δυνατό και για τις δυο οδούς, εξαιτίας τοπογραφικών περιορισμών, είναι σκόπιμο να κατασκευάζεται σε κοίλωμα η οδός με τη μικρότερη κυκλοφοριακή σημασία.

Με αυτό τον τρόπο δίδεται πρωταρχική σημασία στην ορατότητα επί του κόμβου της δευτερεύουσας οδού, όπου οι οδηγοί πρέπει να παραχωρούν την προτεραιότητα, και λιγότερο στην ορατότητα των οδηγών που κινούνται με υψηλότερες ταχύτητες επί της κυρίας οδού.

Η αναγνώριση των διασταυρώσεων των οδών διευκολύνεται με διάφορα μέσα (φύτευση, σήμανση). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται στην εξασφάλιση των απαιτουμένων μηκών ορατότητας.

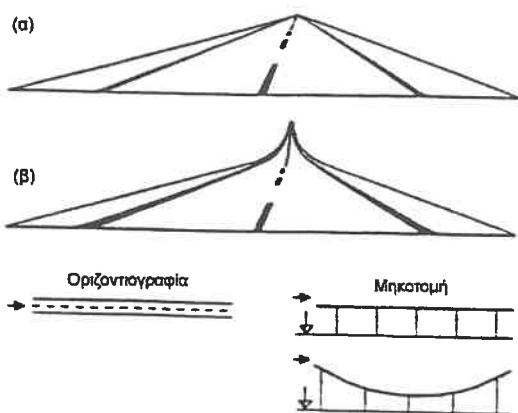
Τα τεχνικά έργα πρέπει να προσαρμόζονται στη ροή της χάραξης, ενώ θα πρέπει να αποφεύγεται η κατασκευή επίπεδων τεχνικών έργων μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλωμάτων (Σχήματα 23 και 24).

Αντικρίζοντας εγκαίρως τις μεγάλες γέφυρες, ο οδηγός μπορεί να προετοιμαστεί κατά περίπτωση για την αντιμετώπιση μεταβαλλόμενων συνθηκών (π.χ. πλευρικοί άνεμοι).

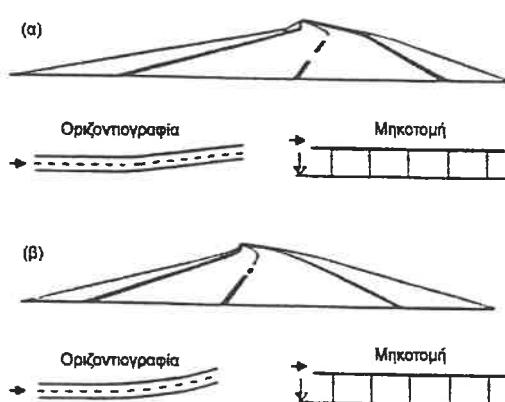
Τα τεχνικά έργα που αποκρύπτουν την αρχή μιας καμπύλης είναι οπτικά ιδιαίτερα δυσμενή. Γι' αυτό θα πρέπει σε περιοχές τεχνικών έργων η χάραξη να είναι ήδη σαφώς καμπυλόγραμμη (Σχήματα 25 και 26).

Στοιχείο Οριζόντιογραφίας	Στοιχείο Μηκοτομής	Στοιχείο της χάραξης στο χώρο
→—————	↓—————	
Ευθυγραμμία	Ευθυγραμμία	Ευθυγραμμία με σταθερή κατά μήκος κλίση
→—————	↓—————	
Ευθυγραμμία	Τόξο	Ευθύγραμμο κοίλωμα
→—————	↓—————	
Ευθυγραμμία	Τόξο	Ευθύγραμμο κύρτωμα
→—————	↓—————	
Τόξο	Ευθυγραμμία	Καμπύλη με σταθερή κατά μήκος κλίση
→—————	↓—————	
Τόξο	Τόξο	Κοίλωμα σε οριζόντιογραφική καμπύλη
→—————	↓—————	
Τόξο	Τόξο	Κύρτωμα σε οριζόντιογραφική καμπύλη

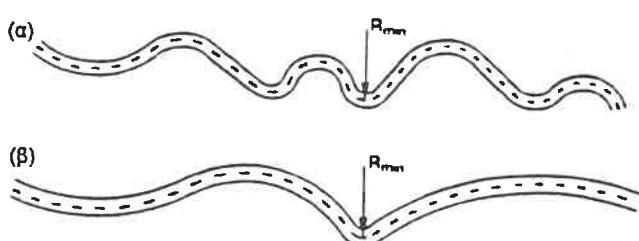
6. Στοιχεία της χάραξης στο χώρο που προκύπτουν από το συνδυασμό στοιχείων οριζόντιογραφίας και μηκοτομής.



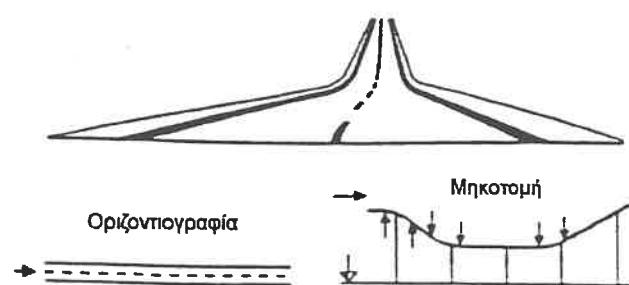
7. Ευθυγραμμία (α) με σταθερή κατά μήκος κλίση και (β) σε κοίλωμα



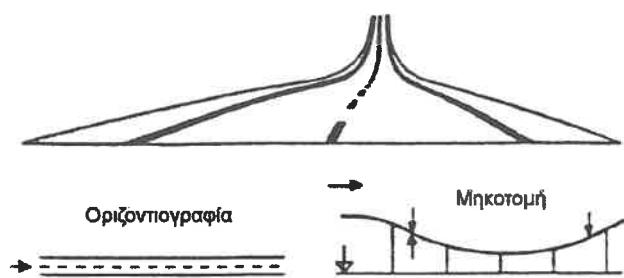
8. Καμπύλη με (α) και χωρίς (β) οπτική θλάση



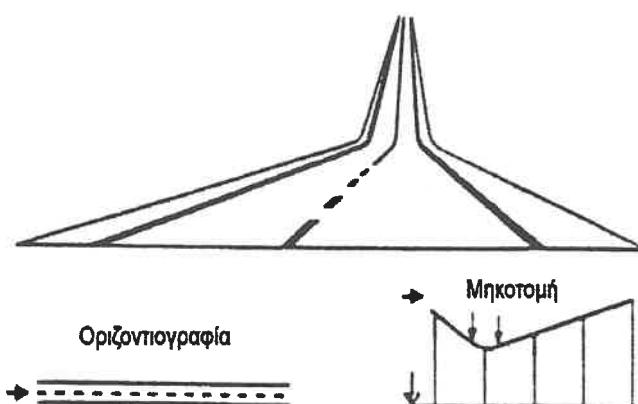
9. Ομοιόμορφη αλληλουχία καμπύλων (α) και αλληλουχία που αιφνιδιάζει (β)



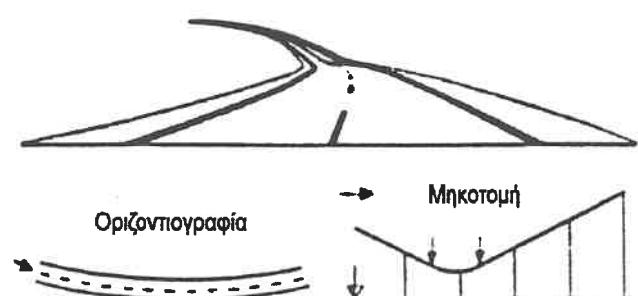
10. Οπτικά "εχθρική" εικόνα του καταστρώματος της οδού με φαινομενικό κύρτωμα



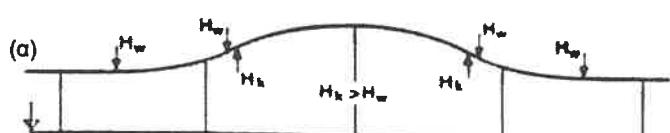
11. Ευχάριστη εικόνα του καταστρώματος της οδού



12. Οπτική θλάση στην ευθυγραμμία

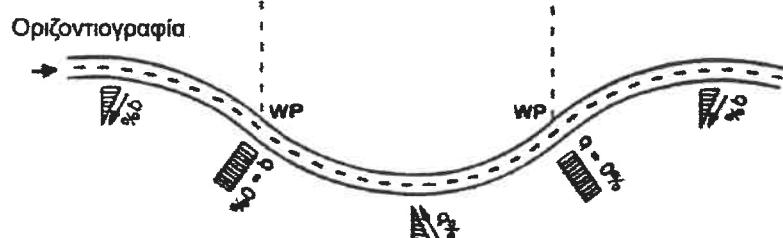
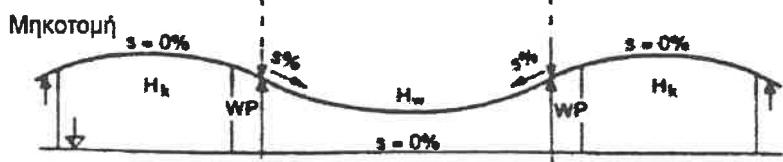
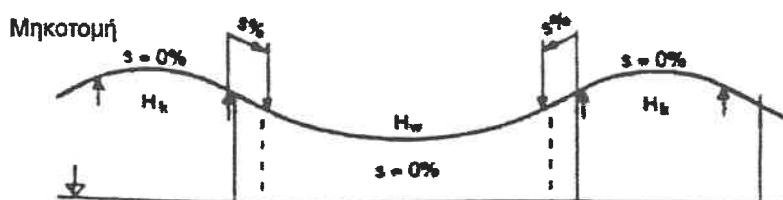


13. Εντύπωση προβληματικής οριζοντιογραφίας

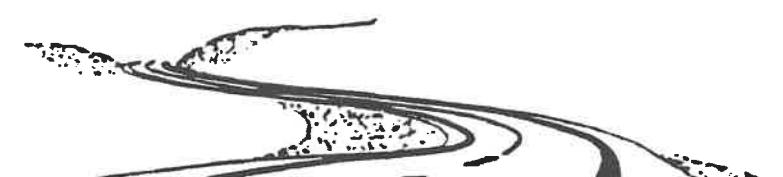


14. Σχέση μεταξύ H_k και H_w





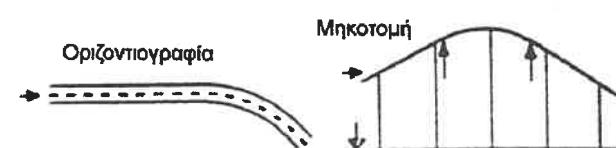
15. Συνδυασμός των στοιχείων στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομη

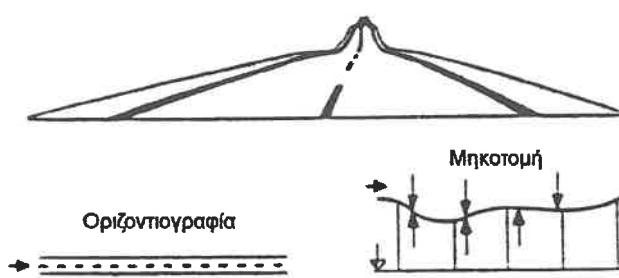


16. Ευχάριστη εικόνα ελισσόμενης οριζοντιογραφίας

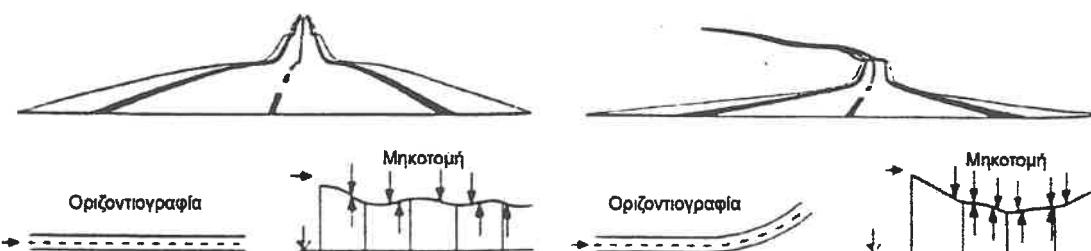


17. Αρχή οριζοντιογραφικής καμπύλης σε περιοχή κυρτώματος

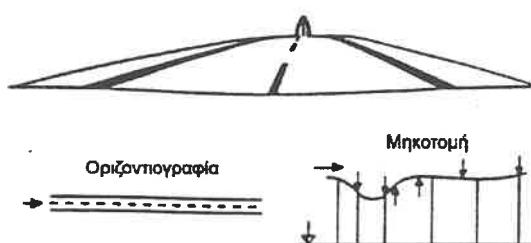




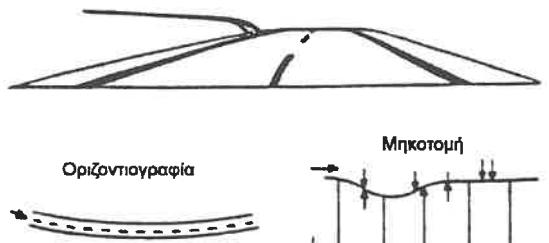
18. Τοπική υπερύψωση -
Aufwölbung



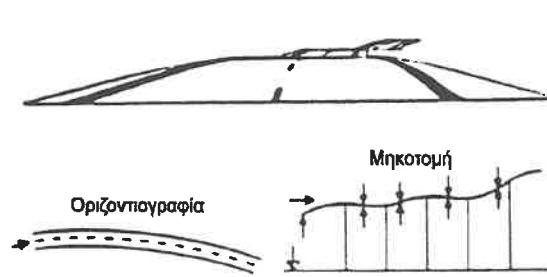
19. Κυματισμός (Flattern) στην ευθυγραμμία και καμπύλη



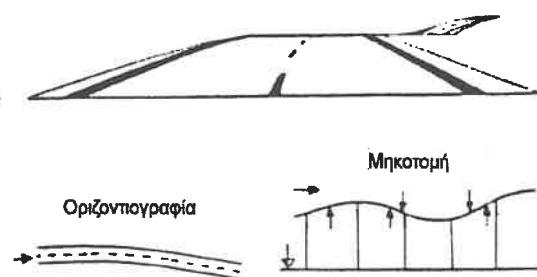
Βύθισμα σε ευθυγραμμία



Βύθισμα σε καμπύλη

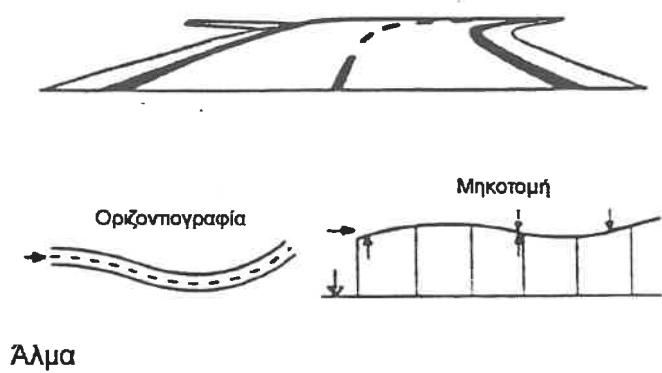


Βαθύ βύθισμα

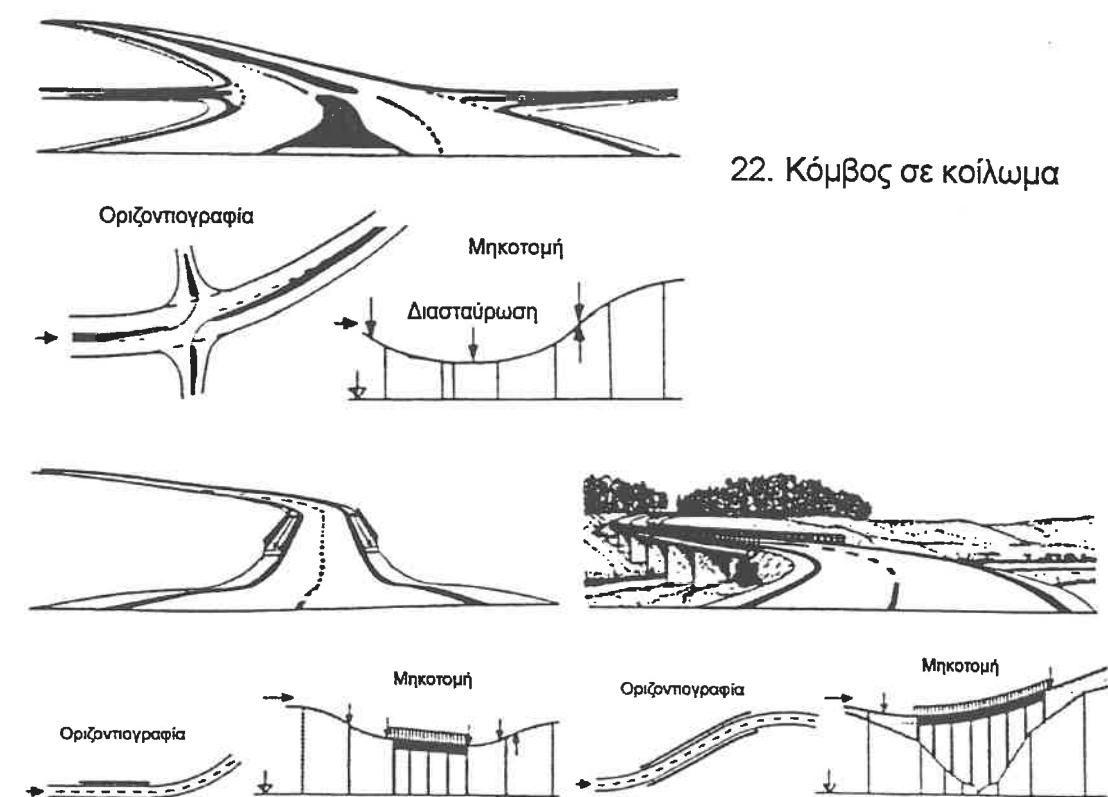
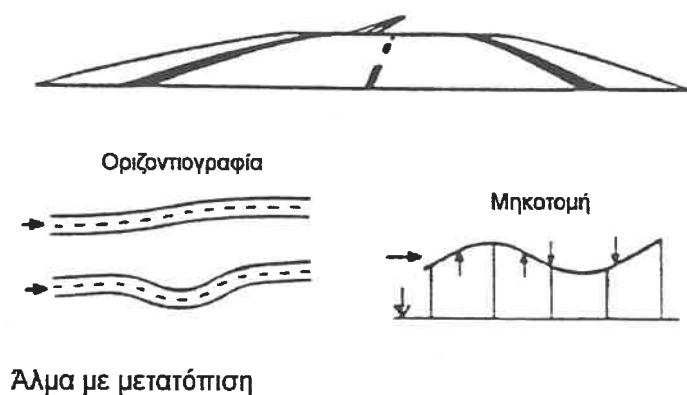


Επίπεδο βύθισμα

20. Βύθισμα (Tauchen) της οδού

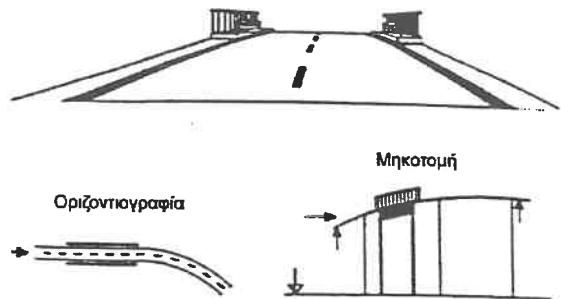


21. Άλμα (Springen) της οδού

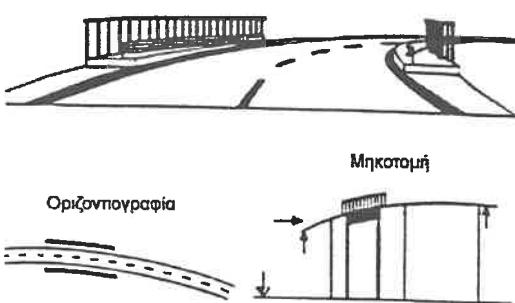


23. Επίπεδο τεχνικό έργο μεταξύ κοιλωμάτων

24. Εναρμόνιση του τεχνικού έργου με τη μορφή της χάραξης στο χώρο



25. Τεχνικό έργο σε ευθυγραμμία.



26. Τεχνικό έργο σε καμπύλη.

Προσωπική παρατήρηση: Οι υπότιτλοι στα σχήματα 25 και 26 αποτελούν μάλλον άτυχη επιλογή. Ο συγγραφέας του κειμένου των κανονισμών πιθανόν παραθέτει το σχήμα 25 για να δείξει πώς η κακή τοποθέτηση ενός τεχνικού έργου μπορεί να αποκρύψει την ύπαρξη μιας οριζοντιογραφικής καμπύλης, ενώ στο σχήμα 26 δίνεται η σωστή εναλλακτική λύση. Παρ' όλα αυτά, οι υπότιτλοι (στο πρωτότυπο είναι "Bauwerk in der Geraden" και "Bauwerk in der Kurve" αντίστοιχα) αναφέρονται απλώς στην προσπτική εικόνα ενός τεχνικού σε ευθυγραμμία και καμπύλη. Δεν τονίζουν δηλαδή ότι μετά το τεχνικό του σχήματος 25 ακολουθεί καμπύλη, η οποία δεν γίνεται αντιληπτή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΑΙΣΘΗΤΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΟΔΩΝ

Απόσπασμα από τους Καναδικούς Κανονισμούς

(RTAC 1986)



B.6. Αισθητική μελέτη κατά τη χάραξη

B.6.1 Γενικές αρχές

Η οπτική εικόνα του αυτοκινητοδρόμου όπως φαίνεται από τη θέση του οδηγού και του συνοδηγού, θεωρείται σημαντικό χαρακτηριστικό στο γεωμετρικό σχεδιασμό. Η εξασφάλιση οπτικης άνεσης βοηθάει στο να γίνει η οδήγηση μια πιο ξεκούραστη εμπειρία με αποτέλεσμα καλύτερη και ασφαλέστερη κυκλοφοριακή λειτουργία. Χαρακτηριστικά που ενοχλούν αισθητικά τους οδηγούς πρέπει να αποφεύγονται. Ένας άσχημος αυτοκινητόδρομος αποτελεί πληγή για το τοπίο ενώ μια αισθητικά ευχάριστη οδός μπορεί να αποτελέσει προσόν που αναβαθμίζει την περιοχή από την οποία διέρχεται.

Για να δημιουργηθεί μια αισθητικά ευχάριστη οδός ο χαράκτης πρέπει να εκτιμά τη σχέση μεταξύ της οδού και του περιβάλλοντος χώρου. Μερικά ειδικά χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψιν περιλαμβάνουν:

- Προσαρμογή του αυτοκινητόδρομου στην τοπογραφία του περιβάλλοντος χώρου.
- Ανάπτυξη ανεξαρτήτων χαράξεων για κάθε κατάστρωμα οδού χωριστά με ενδιάμεσο ελεύθερο χώρο όταν το επιτρέπει το εύρος καταληψεως της οδού.
- Συνεχής καμπυλόγραμμη χάραξη η οποία προτιμάται από τη χάραξη που περιλαμβάνει μεγάλου μήκους ευθυγραμμίες και μικρού μηκους καμπύλες.
- Συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.
- Εφαρμογή των μελετών ώστε να επιτυγχάνονται οπτικά ευχάριστες κατασκευές, τοίχοι αντιστήριξης και πρανή.

Σε πολλές περιπτώσεις οι παραπάνω αρχές μπορούν να εφαρμοστούν με αποδεκτό επιπλέον κόστος. Στις περιπτώσεις όπου το επιπλέον κόστος είναι παράγοντας, εκτιμώνται τα οφέλη έναντι του απαιτούμενου κόστους.

Παραδείγματα καλής και ανεπιτυχούς εφαρμογής των ανωτέρω αρχών φαίνονται στα σχήματα B.6.1.a έως B.6.1.l Κάθε φωτογραφία ή προοπτικό σκαρίφημα έχει ένα μικρό σχόλιο το οποίο περιγράφει τις συγκεκριμένες οπτικές ιδιότητες.

B.6.2 Συσχέτιση Οριζοντιογραφίας και Μηκοτομής

Οι βασικές προδιαγραφές για την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή αναπτύσσονται στα Κεφάλαια B.3 και B.4. Ένα τμήμα οδού μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να ικανοποιεί αυτές τις αρχές, αλλά μόλαταύτα να παρουσιάζει αρκετά χαρακτηριστικά που δεν ικανοποιούν την ασφάλεια και την αισθητική. Οι προδιαγραφές δεν αναφέρονται στη σχέση μηκοτομής και οριζοντιογραφίας, ούτε το αντικείμενο με το οποίο ασχολούμαστε μπορεί να απομονωθεί χωρις να αναφέρεται στον περιβάλλοντα χώρο του αυτοκινητοδρόμου. Η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή αλληλεξαρτώνται καλότι ισχύει για τη μια είναι γενικά εφαρμόσιμο και για την άλλη.

Κατά το στάδιο επιλογής της θέσης καθώς και τη φάση σχεδιασμού μιας οδού, χαράσσεται η τρισδιάστατη εικόνα της οδού και λαμβάνονται υπόψη οι συνέπειες των διαφόρων συνδυασμών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής στη χρησιμότητα, ασφάλεια και εμφάνιση της τελικής μελέτης.

Για να επιτευχθεί ένας καλός συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, χρησιμοποιούνται ως οδηγός οι ακόλουθες αρχές για τεχνική θεώρηση κατά το σχεδιασμό μιας οδού:

- Καμπυλότητα και κατά μήκος κλίσεις πρέπει να βρίσκονται σε κατάλληλη ισορροπία με το έδαφος και την περιοχή από την οποία διέρχεται η οδός.
- Επαλληλία καμπύλων μηκοτομής και οριζοντιογραφίας γενικά παρέχουν βελτιωμένη εμφάνιση. Ωστόσο, αυτός ο συνδυασμός πρέπει να εξεταστεί ως προς την επιρροή του στην κυκλοφοριακή λειτουργία, ασφάλεια και αισθητική.
- Εκεί όπου οι καμπύλες οριζοντιογραφίας και μηκοτομής συμπίπτουν, η καμπύλη οριζοντιογραφίας πρέπει να προηγείται της καμπύλης μηκοτομής.
- Μικρού μήκους καμπύλες μηκοτομής δεν πρέπει να συνδυάζονται με καμπύλες οριζοντιογραφίας και όπου είναι δυνατό οι καμπύλες μηκοτομής να έχουν μεγάλο μήκος και τα μέσα των καμπύλων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής να συμπίπτουν.
- Οι καμπύλες οριζοντιογραφίας που φαίνονται από μια απόσταση, τείνουν να φαίνονται σχεδιασμένες σε σμίκρυνση σύμφωνα με το προοπτικό βάθος. Η ακτίνα της οριζοντιογραφίας πρέπει να έχει κατά το δυνατό μεγάλο μήκος ώστε να αποφεύγεται η εμφάνιση θλάσης.

- Σε αυτοκινητοδρόμους με δύο λωρίδες κυκλοφορίας η ανάγκη για ασφαλή προσπέραση δεν πρέπει να παραβλέπεται. Αυτή η απαίτηση δεν επιτρέπει την επίτευξη μερικών άλλων επιθυμητών συνδυασμών μηκοτομής και οριζοντιογραφίας.
- Σε διαιρεμένους αυτοκινητοδρόμους, όπου το πλάτος του ενδιάμεσου ελεύθερου χώρου πτοικίλει πρέπει να εξετάζεται η δυνατότητα ανεξάρτητης χάραξης οριζοντιογραφίας και μηκοτομής για κάθε κατεύθυνση.
- Πρέπει να σημειωθεί ότι η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή είναι τα πιο σταθερά στοιχεία της χάραξης μιας οδού και όταν μια οδός κατασκευαστεί, τα χαρακτηριστικά της χάραξης μπορεί να παραμείνουν και να τα βλέπουν οι χρήστες της οδού για πολλά χρόνια.

'Όταν επιλέγονται τα διάφορα στοιχεία μιας οριζοντιογραφίας, εκτός από τους ελέγχους που αναφέρονται στα κεφάλαια B2, B3 και B4, ο μελετητής πρέπει να λαμβάνει υπόψιν τη σύνθεση των επιμέρους στοιχείων και τη σχέση της οριζοντιογραφίας με το περιβάλλον και τις παρόδιες περιοχές. Οδηγίες που πρέπει να τηρούνται είναι:

- Η χρήση της ελάχιστης ακτίνας πρέπει να αποφεύγεται όποτε είναι δυνατό, αφού αυτή αντιστοιχεί σε οριακή κατάσταση.
- Μια κλειστή καμπύλη δεν πρέπει να εισάγεται στο τέλος ενός μεγάλου μήκους ευθύγραμμου τμήματος.
- Απότομες αλλαγές από μεγάλες ακτίνες σε μικρές ακτίνες πρέπει να αποφεύγονται.
- Στο τέλος ενός ευθύγραμμου τμήματος με μεγάλο μήκος πρέπει να γίνεται βαθμιαία μείωση των ακτίνων ώστε να δοθεί η δυνατότητα στον οδηγό να προσαρμόσει την ταχύτητα του στη νέα κατάσταση. Το πρόσθετο μήκος δίνει την ευκαιρία να μειωθεί η ταχύτητα με ασφάλεια.

Η μηκοτομή που έχει μια σειρά διαδοχικών κλειστών κοίλων και κυρτών καμπύλων δίνει την εντύπωση κυματοειδούς επιφάνειας, και πρέπει να αποφεύγεται.

Μηκοτομή στην οποία μικρό τμήμα της οδού δεν είναι ορατό από τον οδηγό (φαινόμενο βύθισης) πρέπει να αποφεύγεται. Τέτοιες μηκοτομές γενικά παρουσιάζονται σε ευθύγραμμες οριζοντιογραφίες, όπου η μηκοτομή της οδού ακολουθεί την κυματοειδή επιφάνεια του φυσικού εδάφους. Οι βυθίσεις αυτές μπορεί να οδηγησουν σε ατυχηματα που σχετίζονται με ελιγμό

προσπέρασης, επειδή ο οδηγός που προσπερνά παραπλανάται από το πέραν της βύθισης ορατό τμήμα της οδού όπου ενδεχομένως δεν υπάρχουν αντιθέτως κινούμενα οχήματα. Ακόμα και όταν οι βυθίσεις είναι ρηχές αυτός ο τύπος της μηκοτομής είναι ενοχλητικός στον οδηγό επειδή δεν μπορεί να είναι βέβαιος αν υπάρχει αντιθέτως κινούμενο όχημα, το οποίο δεν φαίνεται.

Αυτό το είδος της μηκοτομής μπορεί να αποφευχθεί με καμπύλες μεγαλύτερου μήκους ακόμη και με πρόσθετα ορύγματα και επιχώματα.

B.6.1.a

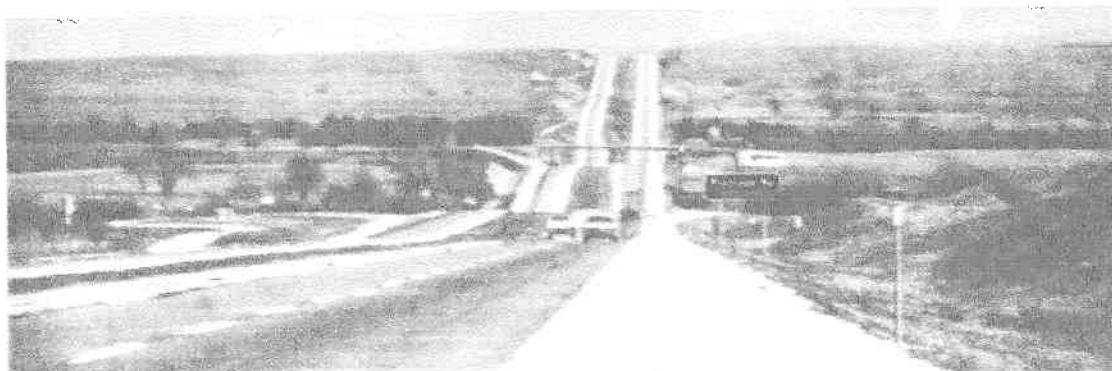
1. Για να εκτιμηθεί πλήρως η αξία του καλού σχεδιασμού είναι διδακτικό να εξετασθούν μερικά παραδείγματα ασυνεχούς χάραξης, όπου το "πώς φαίνεται" θεωρήθηκε ασήμαντο. Μια συνεχής καμπύλη που αρχίζει στο κάτω μέρος της εικόνας και τελειώνει εκεί όπου η δεξιά λωρίδα δεν διακρίνεται άλλο θα μπορούσε να ήταν πολύ καλύτερη λύση.



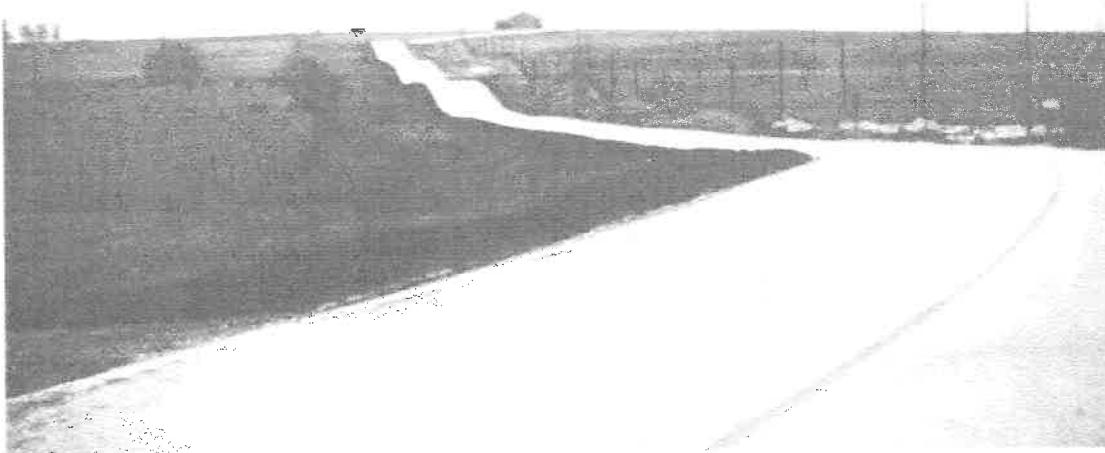
2. Αυτές οι δύο αντίθετες φωτογραφίες αποτυπώνουν σαφώς τη διαφορά μεταξύ χάραξης με μεγάλου μήκους ευθυγραμμίες και μικρού μήκους καμπύλες και χάραξης συνεχούς και καμπυλόγραμμης. Η πάνω εικόνα δίνει την εντύπωση ότι ο μελετητής σχεδίασε κάθε στοιχείο του αυτοκινητοδρόμου ξεχωριστά χωρίς να σεβαστεί τη συνέχεια του συνόλου της οδού. Η άλλη χάραξη (κάτω) αναπτύσσεται σύμφωνα με τις φυσικές ισοϋψείς του εδάφους, με ελάχιστη απότομη αλλαγή στην οριζοντιογραφία ή την κλίση.

B.6.1.b

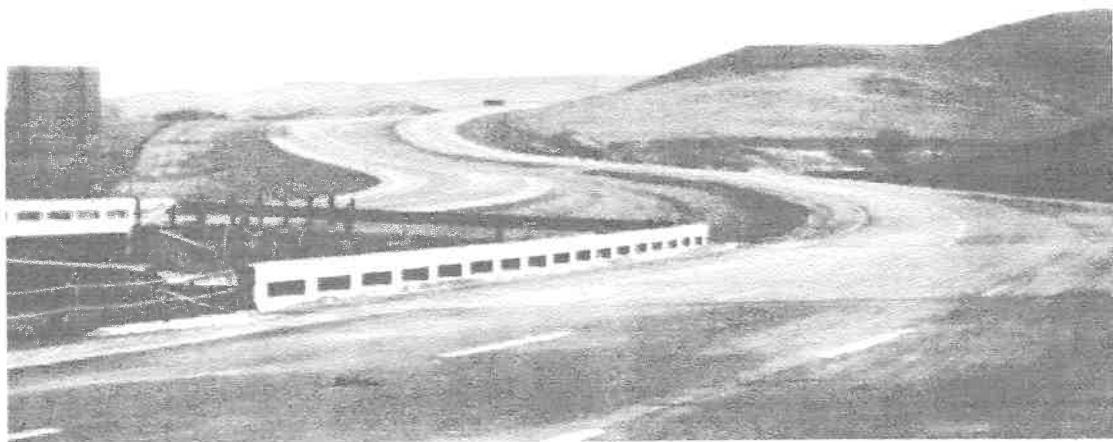
3. Η χάραξη πρέπει να είναι κατά το δυνατό τεταμένη, αλλά πρέπει να ταιριάζει και με την τοπογραφία. Μια ομαλά μεταβαλλόμενη γραμμή που ταιριάζει με τις ισούψεις του εδάφους προτιμάται αισθητικά από κάποια με ευθύγραμμα τμήματα που τραυματίζουν το έδαφος. Τα ορύγματα και τα επιχώματα μπορούν να περιοριστούν στο ελάχιστο και το φυσικό πρανές και η βλάστηση να προστατευθούν.



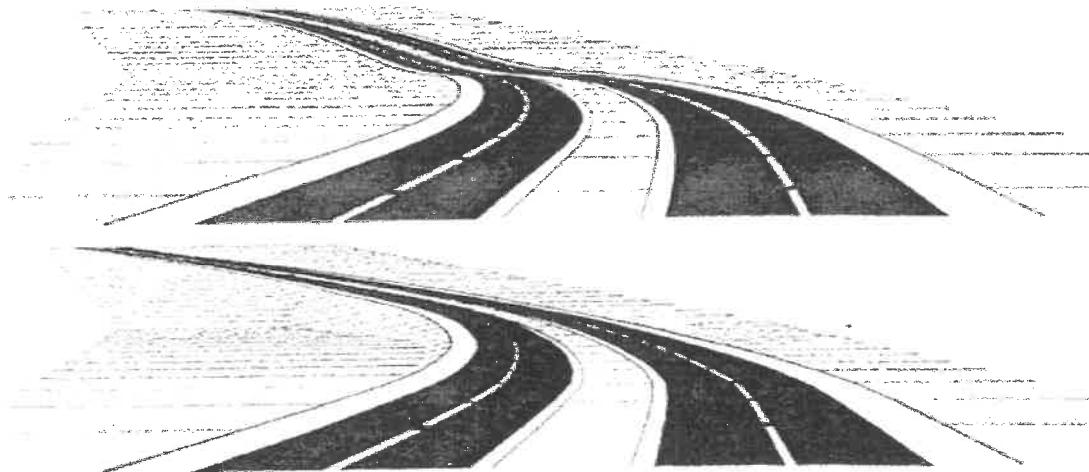
4. Εξαιτίας της ευθύγραμμης χάραξης μπορεί συχνά να δει κανείς σε μεγάλη απόσταση εμπρός. Όταν συμβαίνει αυτό είναι σχεδόν αδύνατο να αποφευχθεί η εμφάνιση κυματοειδούς επιφάνειας. Επίσης, οποιεσδήποτε αλλαγές στο πλάτος του ενδιάμεσου ελεύθερου χώρου είναι δύσκολο να καλυφθούν. Παρατηρείστετη μεταβολή του πλάτος ακριβώς πάνω από το τεχνικό έργο της διασταύρωσης.

B.6.1.c

5. Οι μηκοτομές που παρουσιάζουν κυματισμό ή βυθίσεις πρέπει να αποφεύγονται. Γενικά, τέτοιες μηκοτομές εμφανίζονται σε σχετικά ευθύγραμμες οριζοντιογραφίες, όπου η μηκοτομή της οδού ακολουθεί πιστά την κυματοειδή επιφάνεια του φυσικού εδάφους. Οι χαράξεις αυτές είναι επικίνδυνες και αισθητικά μη ευχάριστες. Η μηκοτομή που επιδιώκεται να προσαρμοστεί στις μικρές πτυχώσεις του εδάφους δεν είναι σύμφωνη με την πιο τεταμένη οριζοντιογραφία.



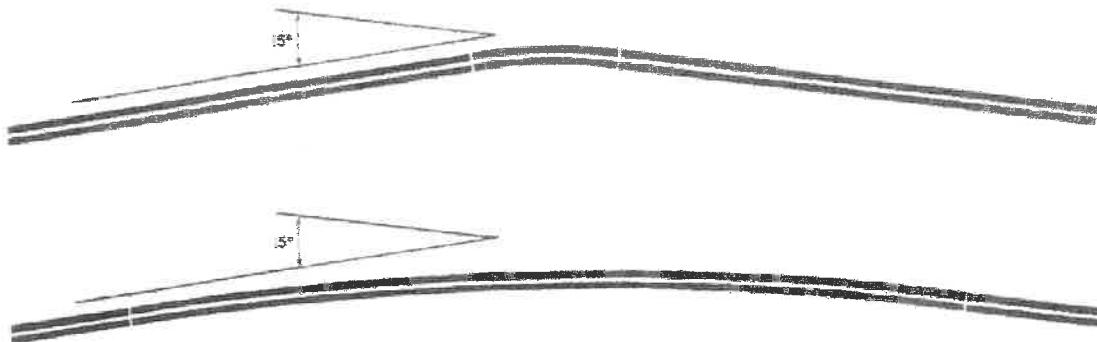
6. Αυτό το παράδειγμα καμπυλόγραμμης χάραξης επιτρέπει στον οδηγό να παρατηρεί τον περιβάλλοντα χώρο χωρίς να στρέφει το κεφάλι του για καλύτερη θέα.

B.6.1.d

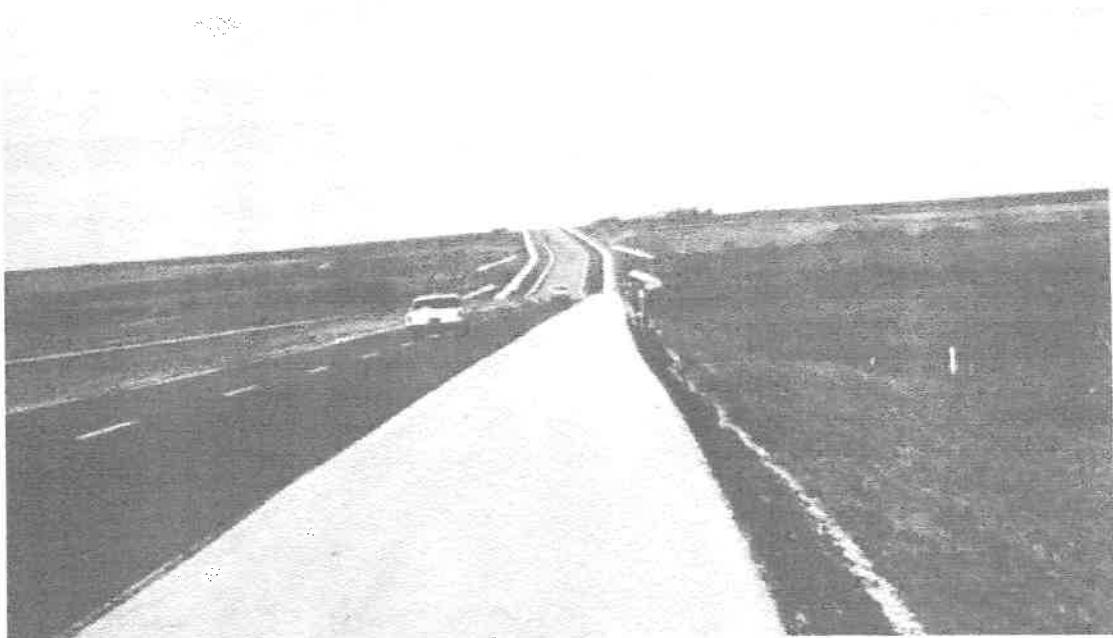
7. Αυτή η εικόνα αποτυπώνει το αποτέλεσμα της επαλληλίας καμπύλης μηκοτομής μικρού μήκους σε σχετικά μεγάλου μήκους οριζοντιογραφικής καμπύλης. Για να περιορισθεί το φαινόμενο της βύθισης του οδοστρώματος, είναι απαραίτητο να αυξηθεί το μήκος της καμπύλης της μηκοτομής, ώστε να πλησιάζει το μήκος της καμπύλης στην οριζοντιογραφία.



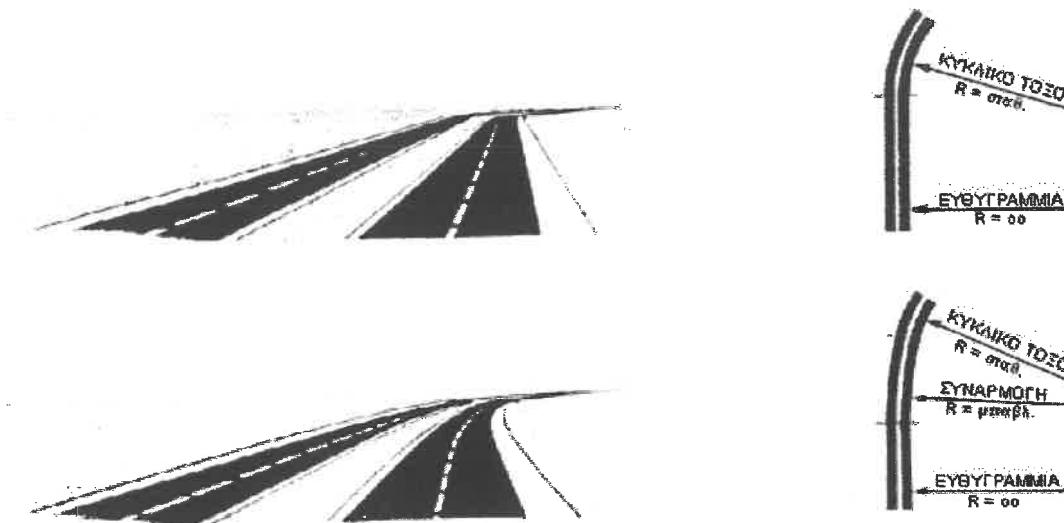
8. Η επιρροή του κοιλώματος είναι προφανής σε αυτή τη φωτογραφία.

B.6.1.e

9. Για μικρές γωνίες αλλαγής διεύθυνσης, οι καμπύλες πρέπει να έχουν επαρκές μήκος ώστε να αποφεύγεται η εμφάνιση οπτικής θλάσης.



10. Αυτή η εικόνα δίνει την εντύπωση ότι ο σχεδιαστής της οδού άλλαξε απότομα την πρόθεσή του και δεν σχεδίασε για αρκετό μήκος εμπρός. Για να αποφευχθεί αυτό, το μήκος της καμπύλης πρέπει να είναι ανάλογο της μέγιστης απόστασης από την οποία αυτή γίνεται ορατή.

B.6.1.f

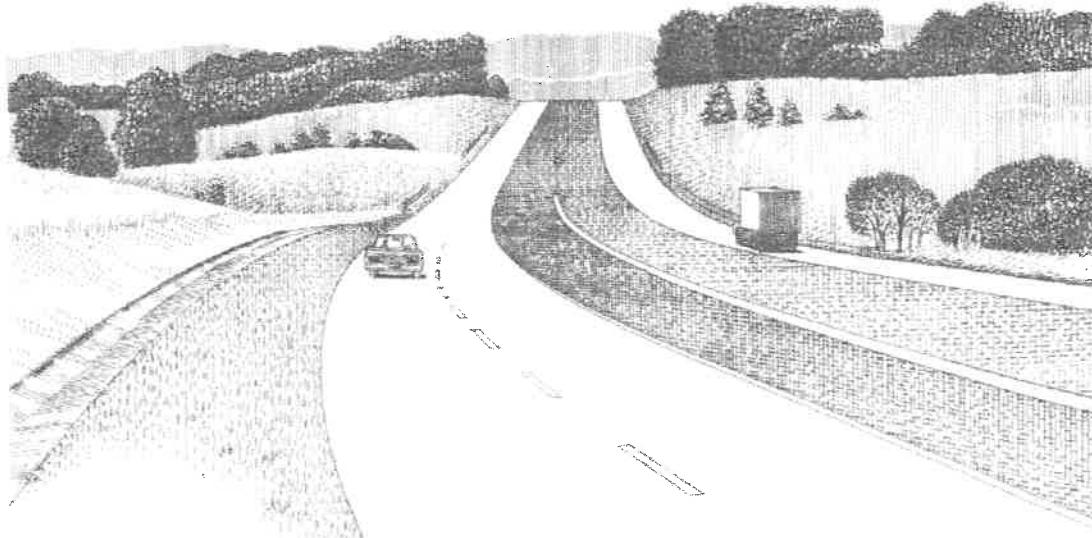
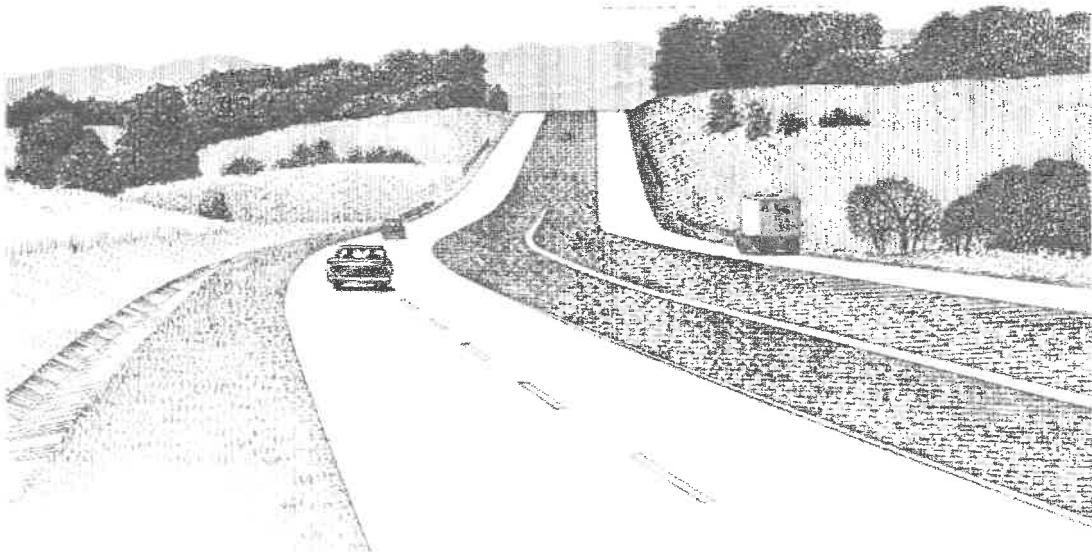
11. Ένα αποτέλεσμα της προοπτικής σχεδίασης είναι ότι τα μακρινά αντικείμενα φαίνονται πιο κοντά απ' ότι στην πραγματικότητα. Ως εκ τούτου, η κυκλική καμπύλη εμφανίζεται να αποκλίνει από την ευθυγραμμία πιο γρήγορα. Αυτό δίνει την εντύπωση ότι ο σχεδιαστής δεν ήταν σε θέση να συναρμόσει κατάλληλα την καμπύλη με την ευθυγραμμία. Για να αντιμετωπισθεί αυτή η κατάσταση προτείνεται η χρήση κλωθοειδών μεγάλου μήκους, όπως απεικονίζεται στην κάτω φωτογραφία.



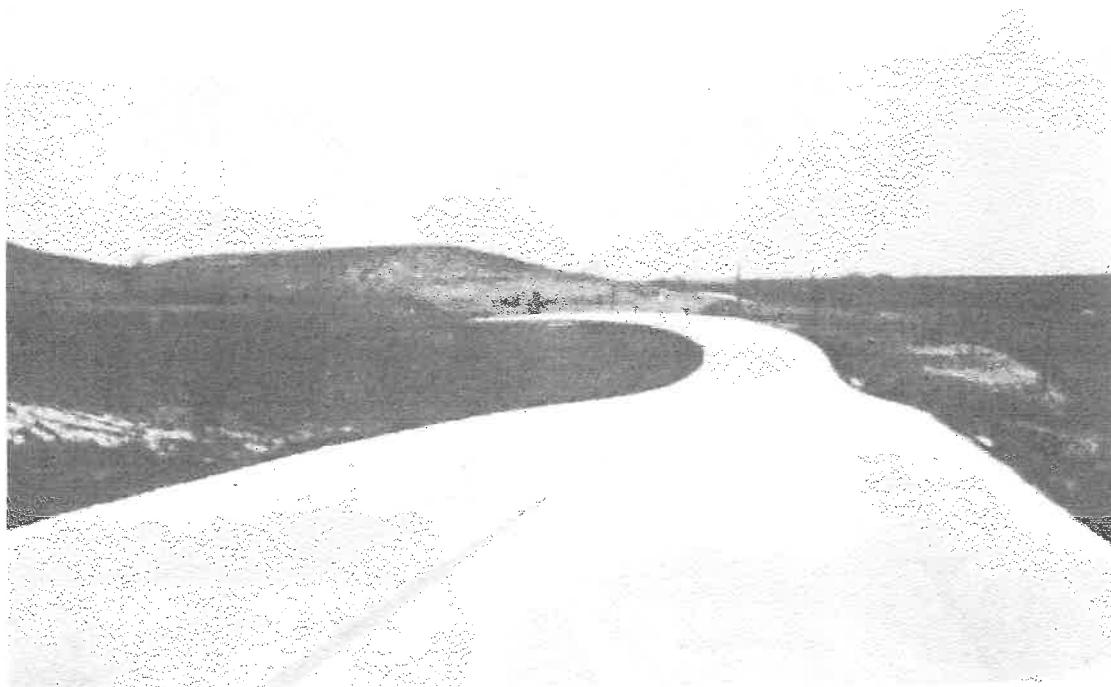
12. Η οριζοντιογραφική καμπύλη δεν φαίνεται να εφάπτεται στην ευθυγραμμία. Οπτικά, φαίνεται να κάμπτεται ως προς την ευθύγραμμη χάραξη. Το αριστερό κατάστρωμα της οδού δίνει εντούτοις στον οδηγό μια ένδειξη ότι ο δρόμος συνεχίζει προς τα αριστερά και δεν "σβήνει".

B.6.1.g

13. Μια μεγάλου μήκους κλωθοειδής που αρχίζει στη βάση του λόφου και τελειώνει κοντά στη θέση του φορτηγού θα μπορούσε να βελτιώσει την εικόνα αυτής της καμπύλης.



14. Μικρού μήκους καμπύλη μηκοτομής στο τέλος μιας μεγάλου μήκους οριζοντιογραφικής καμπύλης δημιουργεί, συνήθως, στρεβλή εμφάνιση. Η κατάσταση μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας καμπύλη μηκοτομής με μήκος μεγαλύτερο από εκείνο που απαιτείται.

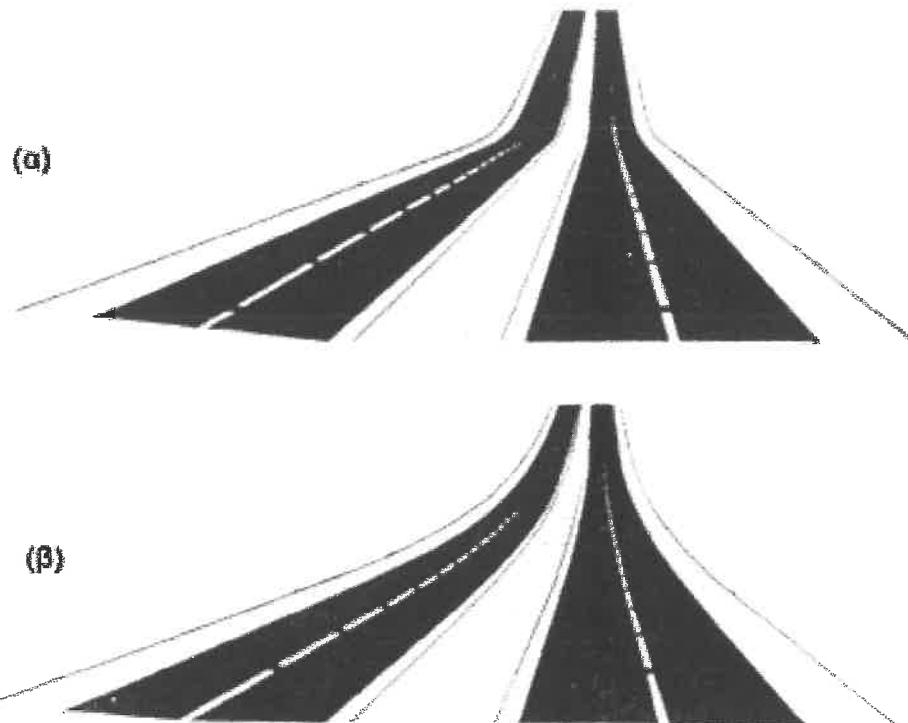
B.6.1.h

15. Μικρού μήκους καμπύλη μηκοτομής στην αρχή καμπύλης οριζοντιογραφίας. Ανεπιτυχής και πάλι σχεδίαση.



16. Οπτικά ασαφής χάραξη.

B.6.1.i



17. Όταν η σχετικώς μικρού μήκους καμπύλη μηκοτομής στην άνω εικόνα είναι ορατή από απόσταση, η μετάβαση από κατωφέρεια σε ανωφέρεια φαίνεται κάπως απότομη. Οι εναλλακτικές λύσεις είναι μεγαλύτερου μήκους καμπύλες και/ή καμπυλόγραμμη χάραξη, ώστε να αμβλυνθεί η επιμήκης εμφάνιση.

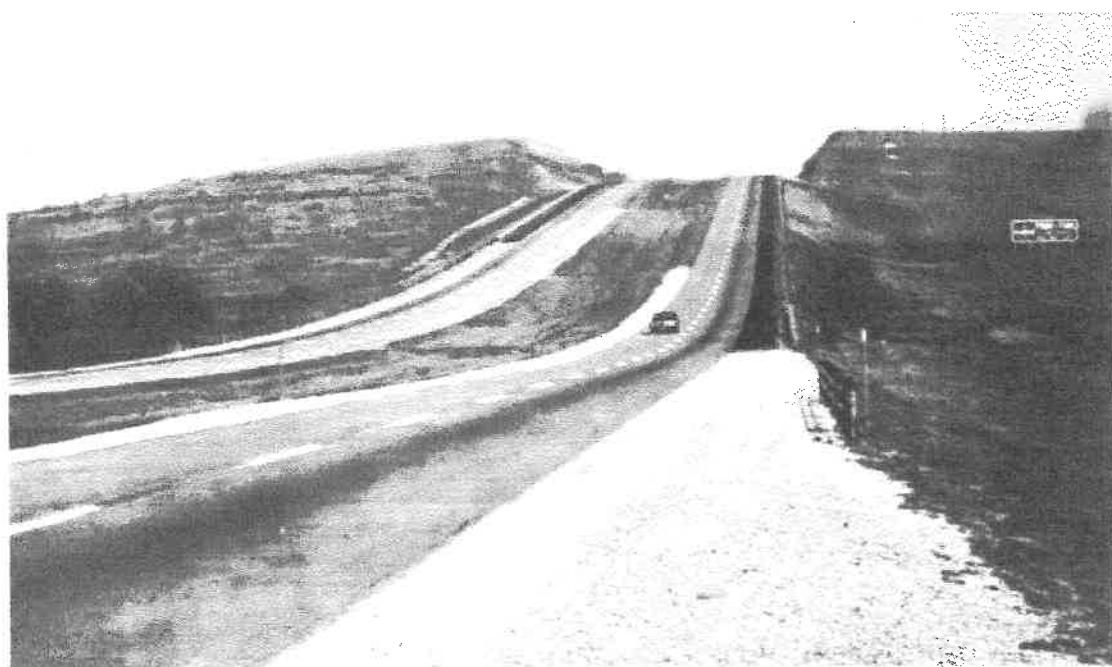


18. Η καμπύλη στο κάτω μέρος του λόφου έχει μικρό μήκος όταν φαίνεται από αυτή την απόσταση.

B.6.1.j



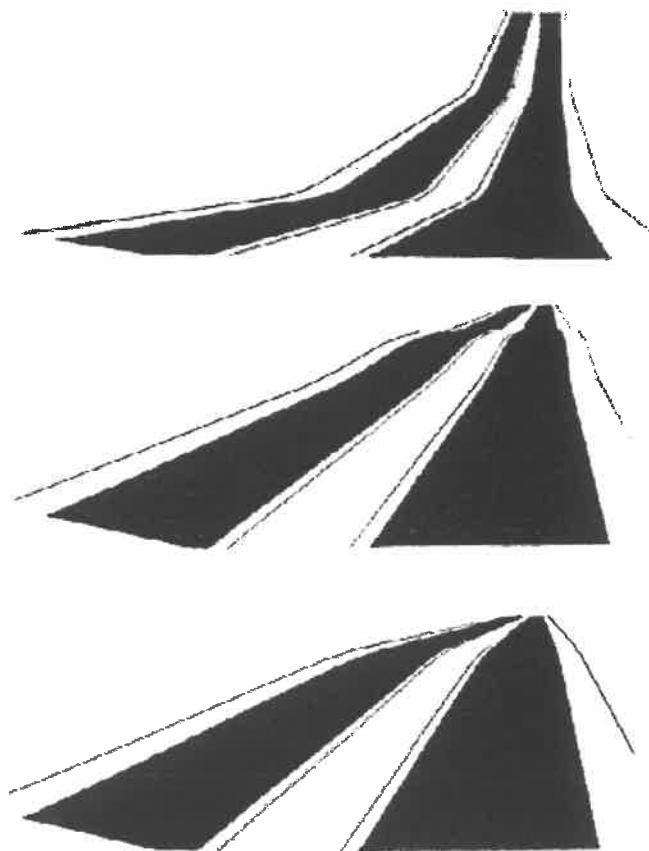
19. Από ένα ενδιάμεσο σημείο η καμπύλη φαίνεται λιγότερο βραχεία.



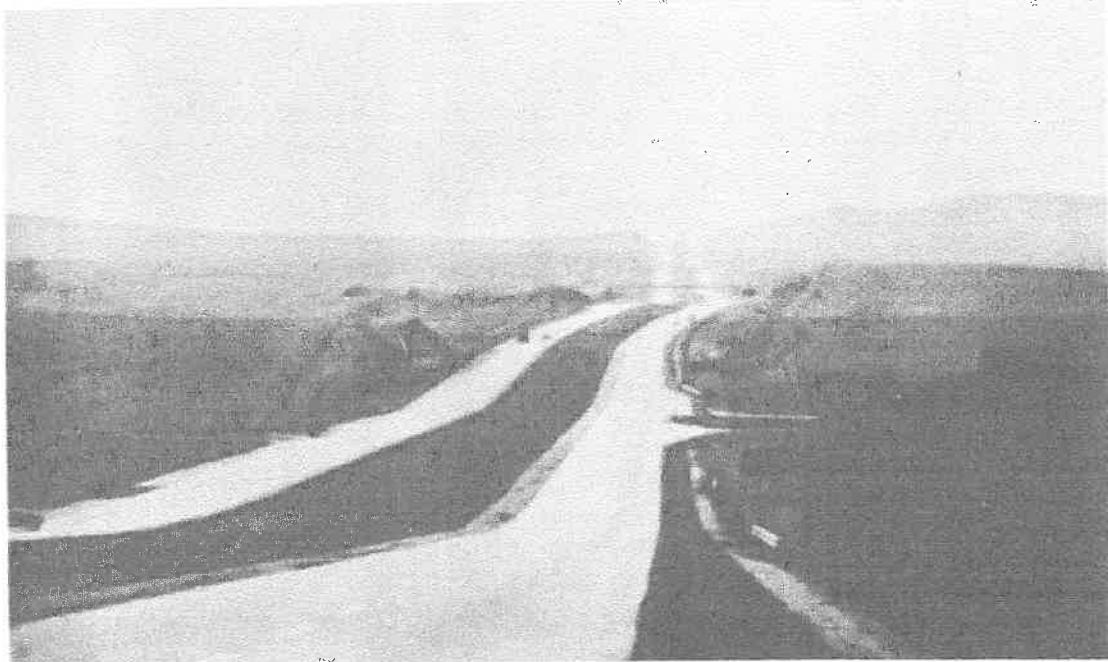
20. Από αυτή τη θέση, το μήκος της κατακόρυφης καμπύλης φαίνεται σωστό.

B.6.1.k

21. Επειδή η καμπύλη μηκοτομής έχει μικρό μήκος, η αριστερά οριογραμμή της οδού εμφανίζει ένα V στη βάση του λόφου.



22. Το φαινόμενο που καλείται "τεθλασμένο κατάστρωμα της οδού" (broken back) -επίπεδο τμήμα ή μικρό ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ ομόρροπων καμπύλων- πρέπει να αποφεύγεται.

B.6.1.I

23. Μηκοτομή μορφής “τεθλάσμένου καταστρώματος” με μικρές αλλαγές στην κατά μήκος κλίση. Αυτή η σχεδίαση καταστρέφει την ομαλή συνέχεια ενός αυτοκινητοδρόμου ταχείας κυκλοφορίας. Προσέξτε τη θλάση στην οριζοντιογραφία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΚΑΙ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ

Απόσπασμα από τους Αμερικανικούς Κανονισμούς
(AASHTO 1994)



ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ

Η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή είναι μόνιμα (permanent) στοιχεία της χάραξης και γι' αυτό δικαιολογείται πλήρης μελέτη. Είναι εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να διορθωθούν ανεπάρκειες της χάραξης μετά την κατασκευή. Στις ελεύθερες οδούς υπάρχουν πολυάριθμοι περιορισμοί όπως πιλοεπίπεδες κατασκευές και υψηλού κόστους απαλλοτριώσεις. Στις περισσότερες αρτηρίες η βαριά ανάπτυξη που πραγματοποιείται κατά μήκος της οδού καθιστά πρακτικώς αδύνατη τη μεταβολή της χάραξης στο μέλλον. Έτσι, συμβιβασμοί στις μελέτες της χάραξης πρέπει να σταθμίζονται προσεκτικά, αφού μια αρχική οικονομία στην κατασκευή μπορεί να αντισταθμιστεί από τις οικονομικές απώλειες λόγω ατυχημάτων και καθυστερήσεων.

Η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή δεν πρέπει να σχεδιάζονται ανεξάρτητα. Συμπληρώνουν η μια την άλλη και ανεπιτυχείς συνδυασμοί μπορεί να υποβαθμίσουν τα πλεονεκτήματα κάθε μιας και να επιδεινώσουν τα μειονεκτήματα τους. Η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή είναι σχεδόν τα πιο σημαντικά από τα μόνιμα στοιχεία μελέτης ενός αυτοκινητοδρόμου. Η αρτιότητα στη μελέτη τους και στη μελέτη του συνδυασμού τους αυξάνει τη χρησιμότητα και την ασφάλεια, επιτρέπει ομοιόμορφη ταχύτητα και βελτιώνει την εμφάνιση, σχεδόν πάντα χωρίς πρόσθετο κόστος.

ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ

Είναι δύσκολο να συζητήσουμε το συνδυασμό της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής χωρίς αναφορά στο ευρύτερο αντικείμενο της θέσης της οδού. Τα αντικείμενα είναι αλληλένδετα μεταξύ τους και ό,τι μπορεί να ειπωθεί σχετικά με ένα από αυτά ισχύει γενικά και για τα υπόλοιπα. Υποτίθεται ότι η γενική θέση έχει οριστικοποιηθεί και το απομένον πρόβλημα είναι η συγκεκριμένη σχεδίαση και η εναρμόνιση της μηκοτομής και της οριζοντιογραφίας, ώστε οι τελειωμένοι δρόμοι να είναι οικονομικοί, ευχάριστοι και με ασφαλή άνεση γι' αυτόν που ταξιδεύει. Οι φυσικοί έλεγχοι ή επιρροές που παίζουν ρόλο μεμονωμένα ή σε συνδυασμό για να προσδιορίσουμε τον τύπο της χάραξης, είναι ο χαρακτήρας της οδού που κρίνεται με βάση τις κυκλοφοριακές, τις τοπογραφικές και τις συνθήκες του εδάφους, η υπάρχουσα πολιτισμική

ανάπτυξη σε σχέση με την μελλοντική ανάπτυξη, καθώς και τα όρια της τοποθεσίας. Η ταχύτητα μελέτης λαμβάνεται υπόψιν όταν αποφασίζεται η γενική θέση, αλλά όσο το σχέδιο προχωρεί σε πιο λεπτομερή οριζοντιογραφία και μηκοτομή αποκτά μεγαλύτερη σημασία, και η επιλεγέσα ταχύτητα μελέτης κρατά όλα τα στοιχεία μελέτης σε ισορροπία. Η ταχύτητα μελέτης προσδιορίζει τις οριακές τιμές για πολλά στοιχεία όπως η καμπυλότητα και η ορατότητα και επηρεάζει πολλά άλλα στοιχεία όπως η κατά μήκος κλίση. Όλα αυτά συζητούνται στα επόμενα μέρη αυτού του κεφαλαίου.

Κατάλληλος συνδυασμός της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, επιτυγχάνεται με τεχνική μελέτη και θεώρηση των ακόλουθων γενικών όρων:

1. Η καμπυλότητα και οι κατά μήκος κλίσεις της οδού πρέπει να βρίσκονται σε κατάλληλη ισορροπία. Ευθυγραμμία ή ανοιχτές καμπύλες σε συνδυασμό με απότομα ή μεγάλου μήκους κεκλιμένα τμήματα καθώς και υπερβολική καμπυλότητα με μικρές κατά μήκος κλίσεις, αποτελούν ανεπιτυχείς λύσεις. Μια λογική μελέτη η οποία προσφέρει το μέγιστο στην ασφάλεια, την ικανότητα, την ευκολία και την ομοιομορφία της λειτουργίας και της ευχάριστης εμφάνισης, μέσα στα πρακτικά όρια του εδάφους και της περιοχής που διασχίζει, είναι ο συμβιβασμός μεταξύ των άκρων.
2. Κατακόρυφη καμπύλη μηκοτομής σε επαλληλία με καμπύλη οριζοντιογραφίας (ή αντιθέτως), γενικά οδηγεί σε περισσότερο ευχάριστη οδό, πρέπει όμως να αναλύεται ως προς την επίδραση τους στην κυκλοφορία. Διαδοχικές αλλαγές στη μηκοτομή που δεν είναι συνδυασμένες με τις καμπύλες οριζοντιογραφίας μπορεί να οδηγήσουν σε μια σειρά από κυρτώματα ορατά στον οδηγό για αρκετή απόσταση, κατάσταση που είναι ανεπιθύμητη όπως συζητήθηκε προηγουμένως. Ο συνδυασμός της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής μπορεί επίσης να οδηγήσει σε ορισμένες ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως θα συζητηθεί αργότερα στο κεφάλαιο αυτό.
3. Η κλειστή καμπύλη οριζοντιογραφίας δεν πρέπει να σε ή κοντά σε έντονη κυρτή καμπύλη μηκοτομής. Αυτή η κατάσταση είναι ανεπιθύμητη, επειδή ο οδηγός δεν μπορεί να αντιληφθεί την αλλαγή στην οριζοντιογραφία, ειδικά τη νύχτα όταν οι προβολείς του οχήματος φωτίζουν ευθύγραμμα μέσα στο χώρο. Η δυσκολία αυτής της διάταξης αποφεύγεται όταν η καμπύλη οριζοντιογραφίας οδηγεί την καμπύλη μηκοτομής, δηλαδή όταν η καμπύλη οριζοντιογραφίας έχει μεγαλύτερο μήκος από την καμπύλη μηκοτομής. Κατάλληλη μελέτη μπορεί επίσης να εκπονηθεί με χρήση τιμών μελέτης επαρκώς μεγαλύτερων από τις ελάχιστες για την ταχύτητα μελέτης.

4. Όπως ανωτέρω, κλειστή καμπύλη οριζοντιογραφίας, δεν πρέπει να αρχίζει στο ή κοντά στο κατώτατο σημείο μιας κοίλης κατακόρυφης καμπύλης (κοίλης καμπύλης μηκοτομής). Επειδή η οδός σμικρύνεται με το προοπτικό βάθος, κάθε καμπύλη οριζοντιογραφίας εκτός από την ανοικτή προσλαμβάνει ανεπιθύμητη παραμορφωμένη εμφάνιση. Επιπλέον, οι ταχύτητες των οχημάτων, ειδικά των φορτηγών, συχνά είναι υψηλές στο κατώτατο σημείο των μηκοτομών και μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένες ενέργειες, ειδικά τη νύχτα.
5. Σε οδούς ή δρόμους δύο λωρίδων, η ανάγκη για ασφαλή τμήματα προσπέρασης σε συχνά διαστήματα και για αξιόλογο ποσοστό του μήκους της οδού, πολλές φορές, αντικαθιστά τη γενική επιθυμία για εναρμόνιση της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η κατασκευή μεγάλων ευθύγραμμων τμημάτων ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής απόσταση ορατότητας για προσπέραση.
6. Οι καμπύλες οριζοντιογραφίας και μηκοτομής πρέπει να κατασκευάζονται όσο γίνεται πιο ανοικτές κοντά σε ισόπεδους κόμβους όπου η απόσταση ορατότητας κατά μήκος των δύο οδών είναι σημαντική και τα οχήματα ενδέχεται να χρειαστεί να επιβραδύνουν ή να σταματήσουν.
7. Σε διαιρεμένους αυτοκινητόδρομους ή αστικούς δρόμους πρέπει να εξεταστεί η μεταβολή στο πλάτος της κεντρικής ζώνης και η χρήση χωριστής οριζοντιογραφίας και μηκοτομής (για κάθε κατεύθυνση) ώστε να επιτευχθούν τα πλεονεκτήματα σχεδιασμού (μελέτης) και λειτουργίας των μονοδρόμων (οδών μιας κατεύθυνσης). Όπου το κυκλοφοριακό φορτίο δικαιολογεί την πρόβλεψη τεσσάρων λωρίδων, η καλύτερη σχεδίαση χωρίς πρόσθετο κόστος προκύπτει από την ιδέα και τη λογική σχεδιασμού των μονοδρόμων.
8. Σε κατοικημένες περιοχές η χάραξη πρέπει να μελετάται ώστε να ελαχιστοποιεί τους παράγοντες όχλησης των παρόδιων περιοχών. Γενικά η διάταξη σε όρυγμα κάνει τον αυτοκινητόδρομο λιγότερο ορατό και λιγότερο θορυβώδη στους γειτνιάζοντες κατοίκους. Ορισμένες φορές μπορεί να κατασκευαστούν μικρότερες οριζόντιες συναρμογές ώστε να αυξηθεί η παρεμβαλλόμενη ζώνη μεταξύ του αυτοκινητοδρόμου και των συγκροτημάτων των κατοικιών.
9. Η χάραξη πρέπει να μελετηθεί ώστε να εντείνει την ελκυστική σκηνική όψη του φυσικού και του τεχνητού περιβάλλοντος, όπως ποτάμια, βραχώδεις σχηματισμούς, πάρκα, διαπρεπή κτίρια και γήπεδα γκολφ. Ο αυτοκινητόδρομος πρέπει να κατευθύνεται προς παρά να απομακρύνεται

από μια ενδιαφέρουσα θέση. Θα πρέπει να κατεβαίνει προς τις θέσεις που έχουν ενδιαφέρουσα θέση σε μια χαμηλή στάθμη και να ανεβαίνει προς εκείνες τις θέσεις που φαίνονται πιο καλά από κάτω ή με φόντο τον ουρανό.

ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΧΑΡΑΞΗΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η εναρμόνιση της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής δεν πρέπει να αφήνεται στην τύχη αλλά πρέπει να αρχίζει κατά το στάδιο της προμελέτης, κατά το οποίο μπορούν εύκολα να γίνουν προσαρμογές. Παρά το γεγονός ότι δεν μπορεί να οριστεί ένας ειδικός κανονισμός μελέτης για όλους τους αυτοκινητόδρομους, εν τούτοις μπορεί να περιγραφεί περιληπτικά μια διαδικασία εφαρμόσιμη στις περισσότερες περιπτώσεις.

Ο μελετητής πρέπει να χρησιμοποιήσει σχέδια εργασίας κατάλληλου μεγέθους, κλίμακας και διάταξης έτσι ώστε να μπορεί να μελετήσει σημαντικού μήκους συνεχή τμήματα ενός αυτοκινητοδρόμου σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, και να φανταστεί την τρισδιάστατη εικόνα. Τα σχέδια εργασίας πρέπει να είναι σε μικρή κλίμακα, με την μηκοτομή σχεδιασμένη από κοινού με την οριζοντιογραφία. Ένα συνεχές ρολό χαρτιού οριζοντιογραφίας – μηκοτομής συνήθως είναι κατάλληλο για το σκοπό αυτό. Επίσης για τον ίδιο σκοπό υπάρχουν προγράμματα για προσωπικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές τα οποία επιτρέπουν στους μελετητές να δουν την τρισδιάστατη εικόνα που αντιστοιχεί στην προτεινόμενη μηκοτομή και οριζοντιογραφία.

Μετά τη μελέτη (προμελέτη) οριζοντιογραφίας και μηκοτομής σε προκαταρκτικό στάδιο, μπορούν να γίνουν προσαρμογές σε κάθε μια από αυτές ή και στις δύο, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή εναρμόνιση. Σ' αυτό το στάδιο ο μελετητής δεν πρέπει να ασχοληθεί με αναλυτικούς υπολογισμούς εκτός από τους γνωστούς βασικούς ελέγχους. Η μελέτη πρέπει να γίνει γενικά με στοιχεία που προσδιορίζονται γραφικά ή με υπολογιστή. Τα κριτήρια και τα στοιχεία της μελέτης που αναφέρονται στο παρόν και το προηγούμενο κεφάλαιο πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν. Για την επιλεγέσια ταχύτητα μελέτης πρέπει να είναι διαθέσιμες οι οριακές τιμές για την καμπυλότητα, την κατά μήκος κλίση, την απόσταση ορατότητας και το μήκος μεταβολής των επικλίσεων, και να ελέγχονται γραφικώς ή με P.C. ή με προγράμματα CAD. Σε μερικά τμήματα η ταχύτητα λειτουργίας μπορεί να τροποποιηθεί παραμένοντας μέσα στα επιθυμητά όρια της ταχύτητας λειτουργίας. Αυτή η ανάγκη μπορεί να προκύψει εκεί όπου αξιοσημείωτες αλλαγές σε χαρακτηριστικά οριζοντιογραφίας είναι απαραίτητες λόγω περιορισμών του

εδάφους και του εύρους καταλήψεως της οδού. Εξ' άλλου, πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι γενικοί όροι της μελέτης, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, για την οριζοντιογραφία και την μηκοτομή, καθώς και τον συνδυασμό των δύο. Οι παράγοντες του εδάφους, της κυκλοφορίας και εμφάνισης, είναι δυνατόν να ληφθούν υπόψιν και να γίνει διόρθωση και εναρμόνιση της οριζοντιογραφίας και μηκοτομής πριν από τους δαπανηρούς και μακροχρόνιους υπολογισμούς και πριν από την έναρξη της εκπόνησης των κατασκευαστικών σχεδίων υπό μεγάλη κλίμακα.

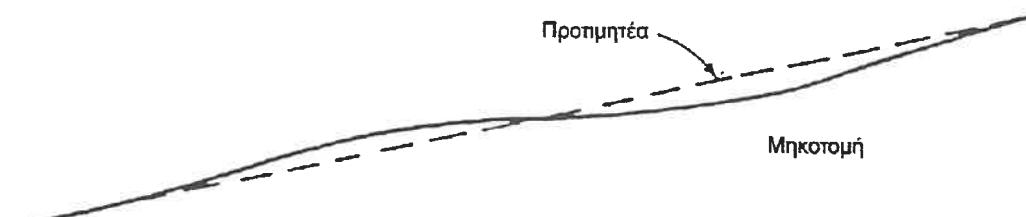
Η εναρμόνιση της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής ως προς την εμφάνιση, μπορεί να γίνει οπτικά επί των προκαταρκτικών σχεδίων εργασίας ή με τη βοήθεια προγραμμάτων P.C. που έχουν αναπτυχθεί για τέτοιου είδους σκοπούς. Εάν ο έλεγχος εναρμόνισης διεξαχθεί από πεπειραμένο μελετητή, θα δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Τα παραπάνω μέσα εκπόνησης της μελέτης είναι δυνατόν να συμπληρωθούν από ομοιώματα, προοπτικά σκαριφήματα ή εικόνες σχεδιασμένες από P.C. σε θέσεις όπου υπάρχει αμφισβήτηση ως προς την επιδραση μερικών συνδυασμών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Σε αυτοκινητοδρόμους με τάφρους η επιρροή της συναρμογής των επικλίσεων στις μηκοτομές των τάφρων πρέπει να εξεταστεί. Η συναρμογή των επικλίσεων αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε τμήματα με μικρή κατά μήκος κλίση όπου ενδέχεται να παρουσιαστούν τοπικά βυθίσματα. Ελαφριές τροποποιήσεις στην μηκοτομή σε σχέση με τις οριζόντιες καμπύλες παραμερίζουν το πρόβλημα.

Οι παραπάνω διαδικασίες προφανώς πρέπει να τροποποιηθούν για τυπικές περιπτώσεις σχεδιασμού αστικών ή υπεραστικών οδών σε σύγκριση με αυτοκινητόδρομους ανώτερου τύπου. Η χάραξη νέας οδού ή ανακατασκευή υπάρχουσας εξαρτάται από την υπάρχουσα ή την μελλοντική ανάπτυξη στο χώρο. Οι θέσεις διασταυρώσεων ή κόμβων και οι ιδιωτικές οδοί τοπικής εξυπηρέτησης πρέπει να ελέγχονται. Μολονότι οι θέσεις αυτές είναι σημαντικές, εν τούτοις, δεν πρέπει να παραμερίζουν τα ευρύτερα επιθυμητά χαρακτηριστικά τα οποία περιγράφονται παραπάνω. Ακόμα και οι αστικοί δρόμοι, είναι επιθυμητό να μελετώνται για μεγάλα τμήματα οριζοντιογραφίας και μηκοτομής παρά ως συνεχής σειρά ξεχωριστών τμημάτων.

Μερικά παραδείγματα επιτυχούς και ανεπιτυχούς πρακτικής απεικονίζονται στα σχήματα III-43.

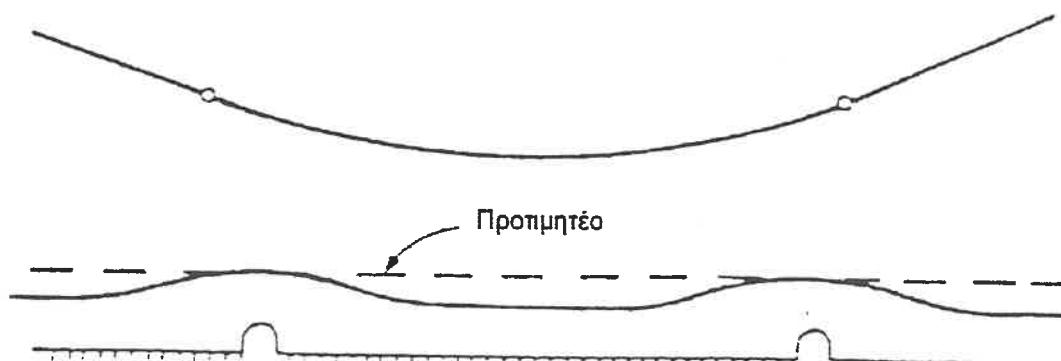
Ευθυγραμμία

Οριζοντιογραφία



A. Μηκοτομή με ευθύγραμμη οριζοντιογραφία.

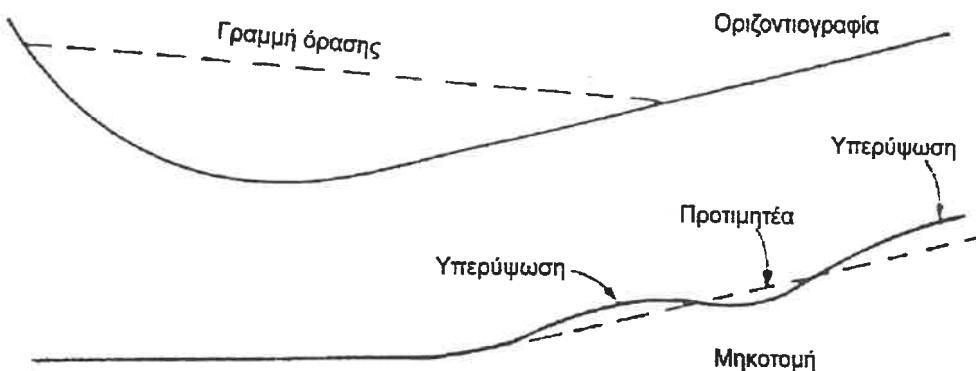
Σημείωση: Να αποφεύγονται μικρές τοπικές βυθίσεις σε μια κατά τα άλλα ομοιόμορφη μηκοτομή. Αυτές προκύπτουν από την επιθυμία να συμψηφιστούν ακριβώς τα ορύγματα και τα επιχώματα και να μειωθούν οι επιπλέον αποστάσεις μεταφοράς των χωματισμών.



B. Μηκοτομή με καμπυλόγραμμη οριζοντιογραφία..

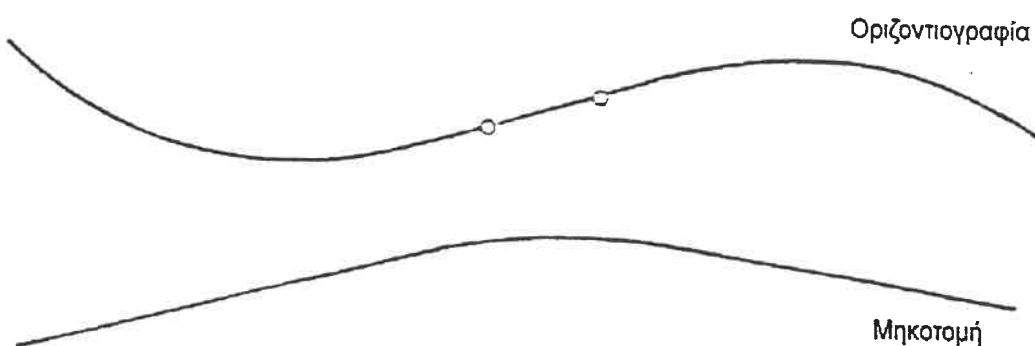
Σημείωση: Μικρού μήκους κυρτώματα στη μηκοτομή πρέπει να αποφεύγονται.

Εικόνες III-43. Συσχέτιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής στη μελέτη οδού.
Α και Β



C. Θέα από απόσταση η οποία αποκαλύπτει τις τοπικές υπερυψώσεις στη μηκοτομή.

Σημείωση: Η πλευρική θέα από απόσταση μηκοτομής μεγάλου μήκους σε οριζοντιογραφική ευθυγραμμία αποκαλύπτει κάθε τοπική υπερυψωση.



D. Ευθύγραμμο κύρτωμα μικρού μήκους μεταξύ δύο καμπύλων οριζοντιογραφίας.

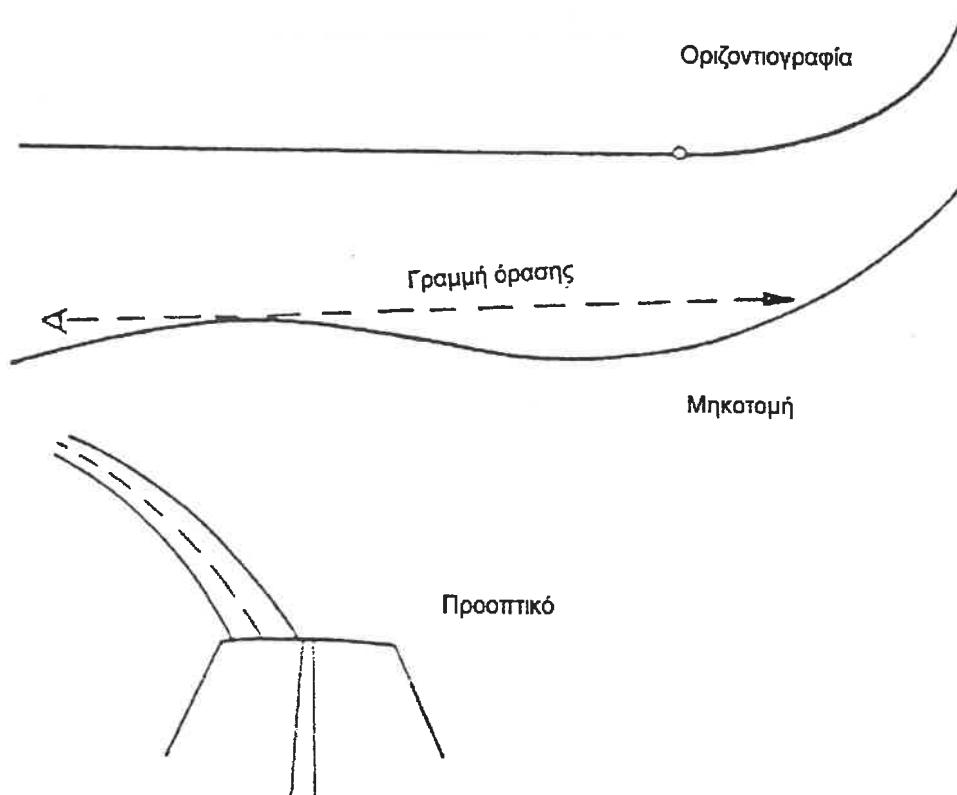
Σημείωση: Αυτός ο συνδυασμός είναι ανεπαρκής για δύο λόγους. Το ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ των δύο καμπύλων έχει πολύ μικρό μήκος και η αντιστροφή παρουσιάζεται σε κύρτωμα.

Εικόνες III-43. Συσχέτιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής στη μελέτη οδού.
C και D



E. Εμφάνιση οξείας γωνίας.

Σημείωση: Αυτός ο συνδυασμός παρουσιάζει μη ικανοποιητική εμφάνιση - η οριζόντια καμπύλη φαίνεται σαν οξεία γωνία.



F. Ασυνέχεια

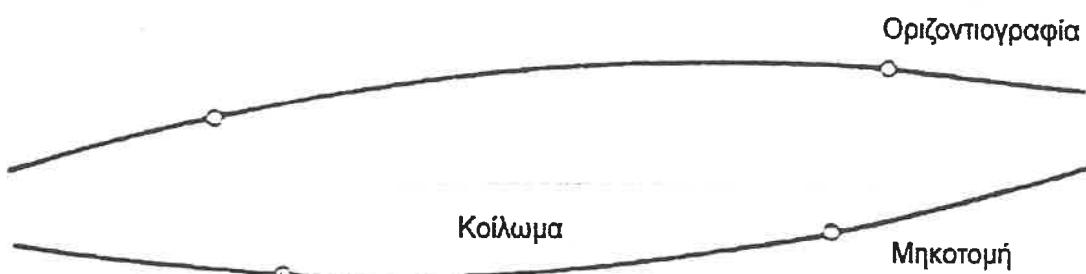
Σημείωση: Ασυνέχεια παρατηρείται όταν η αρχή μιας καμπύλης οριζοντιογραφίας κρύβεται από τον οδηγό από παρεμβαλλόμενο κύρτωμα ενώ η συνέχεια της καμπύλης είναι ορατή σε απόσταση πέραν του παρεμβαλλόμενου κυρτώματος.

**Εικόνες III-43. Συσχέτιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής στη μελέτη οδού.
Ε και Φ**



G. Σύμπτωση καμπύλων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

Σημείωση: Όταν οι οριζόντιες και κατακόρυφες καμπύλες συμπίπτουν, προκύπτει πολύ ικανοποιητική εμφάνιση.



H. Αντίθεση καμπύλων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

Σημείωση: Όταν οι οριζόντιες και κατακόρυφες καμπύλες είναι αντίθετες, προκύπτει πολύ ικανοποιητική εμφάνιση.

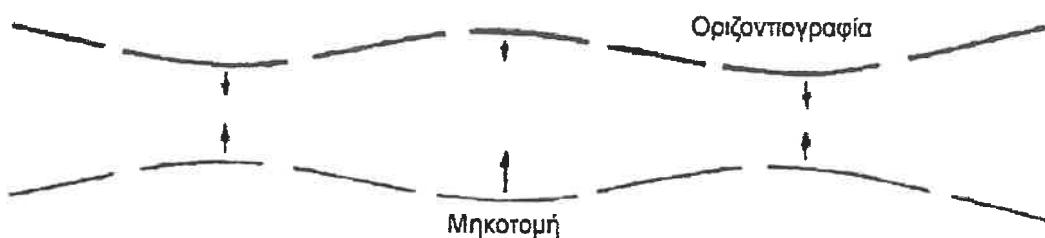


I. Ανοιχτές καμπύλες κατάλληλες για οριζοντιογραφία με μικρές γωνίες αλλαγής διεύθυνσης, ανεξαρτήτως της μηκοτομής.

Σημείωση: Μεγάλου μήκους ανοιχτές καμπύλες, ακόμα και όταν δεν απαιτούνται από την ταχύτητα μελέτης, έχουν ευχάριστη εμφάνιση όταν η γωνία στην πολυγωνική είναι μικρή.

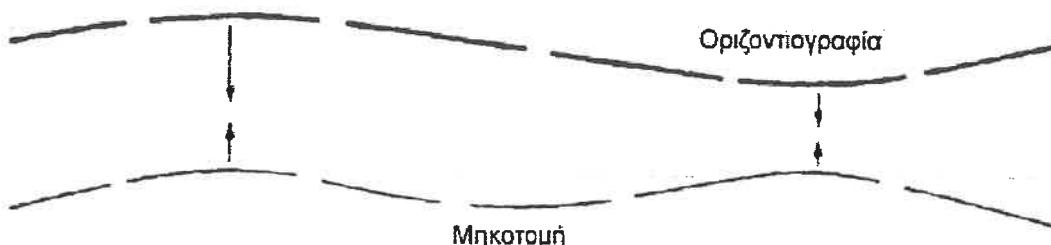
Εικόνες III-43. Συσχέτιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής στη μελέτη οδού.

G, H και I



J. Σύμπτωση κορυφών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

Σημείωση: Η κλασσική περίπτωση εναρμόνισης οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, στην οποία οι κορυφές οριζοντιογραφίας και μηκοτομής συμπίπτουν, δημιουργώντας μια ευχάριστη εμφάνιση τριδιάστατης καμπύλης S που αποτελείται από κυρτώματα και κοιλώματα.



K. Σύμπτωση κορυφών με παράλειψη μιας φάσης.

Σημείωση: Επιτρεπόμενη περίπτωση εναρμόνισης: μια φάση παραλείπεται από την οριζοντιογραφία, αλλά οι κορυφές ακόμα συμπίπτουν. Το μεγάλου μήκους ευθύγραμμο τμήμα στην οριζοντιογραφία μετριάζεται λόγω της κατακόρυφης καμπυλότητας.

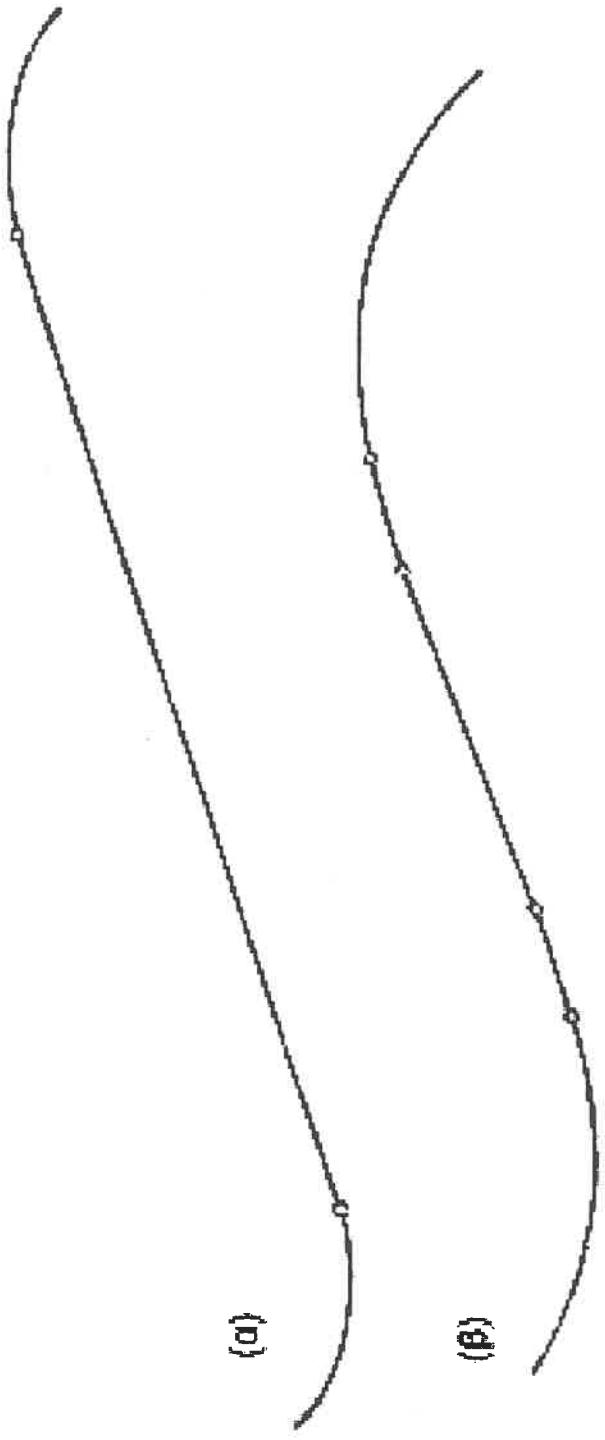


L. Ανεπιτυχής εναρμόνιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής

Σημείωση: Περίπτωση με ανεπιτυχή εναρμόνιση, όπου η μηκοτομή μετατοπίζεται κατά μισή φάση σε σχέση με την οριζοντιογραφία, ώστε οι κορυφές της μηκοτομής να συμπίπτουν με τα σημεία καμπής της οριζοντιογραφίας. Η μέγιστη επίκλιση στην περίπτωση αυτή παρουσιάζεται εκεί που η κατά μήκος κλίση είναι μέγιστη, ενώ τα κυρτώματα και κοιλώματα έχουν κανονικές διατομές. Στην πρώτη περίπτωση η μέγιστη επίκλιση παρουσιάζεται στα κυρτώματα και κοιλώματα, ενώ τα τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση έχουν κανονικές διατομές.

Εικόνες III-43. Συσχέτιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής στη μελέτη οδού.

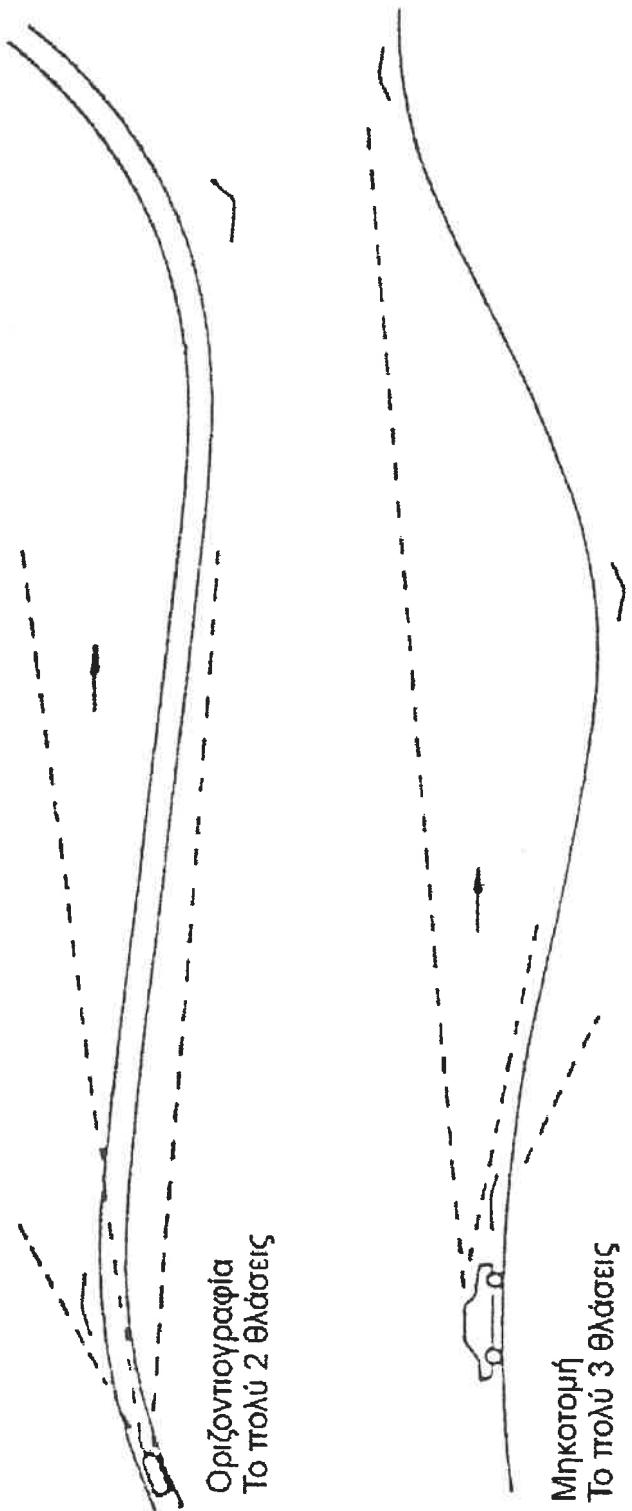
J, K και L



M. Η ορίζοντιογραφία πρέπει να εξσορροφηθεῖ.

Σημείωση: Η πάνω μηκοτούμή είναι παράδειγμα ανεπιχούς χάραξης επειδή η ορίζοντιογραφία αποτελέεται από μεγάλου μήκους ευθύγραμμα τμήματα και μικρού μήκους καμπύλες. Αντί αυτού προτιμάται η ομαλή προσαρμογή καμπύλων και ευθυγράμμων τμημάτων στην όπως στην κάτια ορίζοντιογραφία.

Εικόνες III-43. Συσχέτιση ορίζοντιογραφίας και μηκοτούμης στη μελέτη οδού. M



N. Καλή εναρμόνιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

Σημείωση: Οδηγία που χρησιμοποιείται στην εναρμόνιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

Εικόνες III-43. Συσχέτιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής στη μελέτη οδού. N

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΚΩΔΙΚΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ



Δ.1 Πρόγραμμα προσδιορισμού του ελαχίστου μήκους κοιλώματος για την αποφυγή οπτικής θλάσης

Ελήφθη από τη Δ.Ε. της Ε. Ταϊγανίδη “Προοπτική απεικόνιση της χάραξης των οδών και αντίληψη των οδηγών για τη χάραξη στο χώρο” [8]

```

DECLARE SUB AASHTOValues()
COMMON SHARED V, Hn
CLS
p=3.141593
INPUT "Speed =";V
INPUT "Width BW ="; BW
INPUT "Eye Height ="; He
INPUT "Distance x12 ="; x12
INPUT "Difference in Grade DG ="; DG
PRINT ""
CALL AASHTOValues
    omega = p - ATN(BW / He)
    b12 = BW / 2 / x12
    h12 = -b12 / TAN(omega)
    v1v2 = .5 * DG / 100
    phi = ATN(b12 / (h12 + v1v2))
    thita = (p - omega - phi) / 2
    ratio = -2 * TAN(thita) / TAN(omega + thita)
    IF ratio > .6 THEN
        L12 = x12 * ratio
    ELSE
        L12 = .6 * x12
    END IF
    H = L12 / DG
    IF H > Hn THEN
        minH = H
    ELSE
        minH = Hn
    END IF
    minL = minH * DG
    x1 = x12 - minL / 2
    x2 = x12 + minL / 2
    r = minL / x12
    PRINT "DG ="; DG; TAB(15); "x12 ="; x12; TAB(30); "minL ="; minL

SUB AASHTOValues
SELECT CASE V
CASE 30
    f = .40
    Gmax = 12
    Hn = 3

```

CASE 40

f = .38
Gmax = 12
Hn = 5

CASE 50

f = .35
Gmax = 10
Hn = 10

CASE 60

f = .33
Gmax = 10
Hn = 18

CASE 70

f = .31
Gmax = 10
Hn = 31

CASE 80

f = .30
Gmax = 10
Hn = 49

CASE 90

f = .30
Gmax = 9
Hn = 71

CASE 100

f = .29
Gmax = 7
Hn = 105

CASE 110

f = .28
Gmax = 6
Hn = 151

CASE 120

f = .28
Gmax = 5
Hn = 202

END SELECT

END SUB

Δ.2 Πρόγραμμα προσδιορισμού του ελαχίστου μήκους κοιλώματος για την αποφυγή οπτικής θλάσης (αρχείο calc_hw.bas)

Μετατροπή του προγράμματος Δ.1 σε MicroStation Basic, ώστε να είναι εκτελέσιμο μέσα από το περιβάλλον των MicroStation-InRoads.

```
sub main
dim V as integer          'ταχύτητα μελέτης
dim BW as single           'απόσταση οδηγού από αριστερή οριογραμμή
dim He as single           'ύψος οφθαλμού
dim x12 as single          'απόσταση X12 από οδηγό σε κέντρο κοιλώματος
dim DG as single           'μεταβολή στην κατά μήκος κλίση
dim f, Gmax, Hn as single   'από κανονισμούς AASHTO
dim p, omega, b12, h12, v1v2, phi as single
dim thita, ratio, H, minH as single
dim minL, x1, x2, r as single   'αποτελέσματα
```

```
menu:
actionbutton = mbeopenmodaldialog(1)
if actionbutton = 4 then
    'Διακοπή εκτέλεσης από το χρήστη
    end
end if
if V<30 or BW<=0 or He<=0 or x12<=0 then
    beep
    goto menu
end if
'Tιμές κανονισμών AASHTO
select case V
case 30
    f = .40
    Gmax = 12
    Hn = 3
case 40
    f = .38
    Gmax = 12
    Hn = 5
case 50
    f = .35
    Gmax = 10
    Hn = 10
case 60
    f = .33
    Gmax = 10
    Hn = 18
case 70
    f = .31
    Gmax = 10
```

```

Hn = 31
case 80
  f = .30
  Gmax = 10
  Hn = 49
case 90
  f = .30
  Gmax = 9
  Hn = 71
case 100
  f = .29
  Gmax = 7
  Hn = 105
case 110
  f = .28
  Gmax = 6
  Hn = 151
case 120
  f = .28
  Gmax = 5
  Hn = 202
end select

```

'Υπολογισμός ελαχίστου μήκους

p=3.141593

```

omega = p - ATN(BW / He)
b12 = BW / 2 / x12
h12 = -b12 / TAN(omega)
v1v2 = .5 * DG /100
phi = ATN(b12 / (h12 + v1v2))
thita = (p - omega - phi) / 2
ratio = -2 * TAN(thita) / TAN(omega + thita)
IF ratio > .6 THEN
  L12 = x12 * ratio
ELSE
  L12 = .6 * x12
END IF
H = L12 / DG
IF H > Hn THEN
  minH = H
ELSE
  minH = Hn
END IF
minL = minH * DG
x1 = x12 - minL / 2
x2 = x12 + minL / 2
r = minL / x12
mbemessagebox "Ελάχιστο μήκος κοιλώματος = "+cstr(minL)+"      "+"x1="+cstr(x1)+""
+"x2="+cstr(x2)+"      "+"L/x12="+cstr(r), MBE_IconInfo
end sub

```

Δ.3 Πρόγραμμα ελέγχου σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων, παραλλαγή 1 (αρχείο hkhw_in1.bas)

sub main

' Πρόγραμμα ελέγχου σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων

dim i as integer	'Μετρητής
dim j as integer	'Μετρητής
dim mk as integer	'Σημαία για μέγιστη ακτίνα κυρτού τόξου
dim ek as integer	'Σημαία για ελάχιστη ακτίνα κυρτού τόξου
dim mw as integer	'Σημαία για μέγιστη ακτίνα κοίλου τόξου
dim ew as integer	'Σημαία για ελάχιστη ακτίνα κοίλου τόξου
dim v_st(100) as double	'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου μηκοτομής
dim v_el(100) as double	'Υψόμετρο αρχής στοιχείου μηκοτομής
dim v_ra(100) as double	'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
dim m_el as double	'Μέγιστο υψόμετρο
dim e_el as double	'Ελάχιστο υψόμετρο
dim m_ra_k as double	'Μέγιστη ακτίνα κυρτού τόξου μηκοτομής
dim e_ra_k as double	'Ελάχιστη ακτίνα κυρτού τόξου μηκοτομής
dim m_ra_w as double	'Μέγιστη ακτίνα κοίλου τόξου μηκοτομής
dim e_ra_w as double	'Ελάχιστη ακτίνα κοίλου τόξου μηκοτομής
dim a as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim b as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim c as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim d as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim e as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim f as string	'Βοηθητικές μεταβλητές

' Προετοιμασία του αρχείου ver.asc για ανάγνωση

if not fileexists("C:\Td\ver.asc") then

mbemessagebox "Το αρχείο ver.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon
end

end if

open "C:\Td\ver.asc" for input as #1

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο ver.asc

i=0

do while not eof(1)

input #1, a, b, c, d, e, f

v_st(i)=1000*val(left\$(right\$(b,6),2))+val(right\$(b,3))+0.01*val(left\$(c,2))

v_el(i)=val(right\$(c,4))+0.01*val(left\$(d,2))

v_ra(i)=val(right\$(f,6))

i=i+1

loop

close #1

' Εντοπισμός ελαχίστου υψημέτρου

e_el=999999

for j=1 to i-1

if v_el(j)<e_el then

 e_el=v_el(j)

end if

next j

' Εντοπισμός μεγίστου υψημέτρου

m_el=-999999

for j=1 to i-1

if v_el(j)>m_el then

 m_el=v_el(j)

end if

next j

' Εντοπισμός μέγιστης και ελάχιστης ακτίνας κοιλώματος και κυρτώματος

m_ra_k=-999999

m_ra_w=-999999

e_ra_k=999999

e_ra_w=999999

for j=1 to i-1

' Περίπτωση κυρτώματος

if v_ra(j)>0 and v_ra(j)>m_ra_k then

 m_ra_k=v_ra(j)

 mk=j

end if

if v_ra(j)>0 and v_ra(j)<e_ra_k then

 e_ra_k=v_ra(j)

 ek=j

end if

' Περίπτωση κοιλώματος

if v_ra(j)<0 and abs(v_ra(j))>m_ra_w then

 m_ra_w=abs(v_ra(j))

 mw=j

end if

if v_ra(j)<0 and abs(v_ra(j))<e_ra_W then

 e_ra_w=abs(v_ra(j))

 ew=j

end if

next j

' Έλεγχος σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων

if abs(m_el-e_el)>10 then

 mbewritestatus "Έδαφος λοφώδες ή ορεινό"

 if e_ra_k<m_ra_w then

 beep

 mbemessagebox "Ο έλεγχος δεν ικανοποιείται! Η ακτίνα του κοιλώματος στη Χ.Θ.

"+cstr(v_st(mw))+" είναι μεγαλύτερη από την ακτίνα του κυρτώματος στη Χ.Θ.

"+cstr(v_st(ek)), Mbe_CriticalIcon

```
end
else
    mbemessagebox "Ελεγχος ΟΚ"
end
end if
else
    mbewritestatus "Εδαφος πεδινό"
if e_ra_w<m_ra_k then
    beep
    mbemessagebox " Ο έλεγχος δεν ικανοποιείται! Η ακτίνα του κυρτώματος στη Χ.Θ.
"+cstr(v_st(mk))+ είναι μεγαλύτερη από την ακτίνα του κοιλώματος στη Χ.Θ.
"+cstr(v_st(ew)), Mbe_CriticalIcon
    end
else
    mbemessagebox "Ελεγχος ΟΚ"
    end
end if
end if
end sub
```

Δ.4 Πρόγραμμα ελέγχου σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων, παραλλαγή 2 (αρχείο hkhw_in2.bas)

```
sub main
```

```
' Πρόγραμμα ελέγχου σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων
```

dim i as integer	'Μετρητής
dim j as integer	'Μετρητής
dim v_el(100) as double	'Υψομετρο αρχής στοιχείου μηκοτομής
dim v_ra(100) as double	'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
dim m_el as double	'Μέγιστο υψόμετρο
dim e_el as double	'Ελάχιστο υψόμετρο
dim me_ra_k as double	'Μέση ακτίνα κυρτών τόξων μηκοτομής
dim me_ra_w as double	'Μέση ακτίνα κοίλων τόξων μηκοτομής
dim k as integer	'Πλήθος κυρτών τόξων μηκοτομής
dim w as integer	'Πλήθος κοίλων τόξων μηκοτομής
dim a as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim b as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim c as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim d as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim e as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim f as string	'Βοηθητικές μεταβλητές

```
' Προετοιμασία του αρχείου ver.asc για ανάγνωση
```

```
if not fileexists("C:\Td\ver.asc") then
    mbemessagebox "Το αρχείο ver.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την
εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon
end
end if
open "C:\Td\ver.asc" for input as #1
```

```
' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο ver.asc
```

```
i=0
do while not eof(1)
    input #1, a, b, c, d, e, f
    v_el(i)=val(right$(c,4))+0.01*val(left$(d,2))
    v_ra(i)=val(right$(f,6))
    i=i+1
loop
close #1
```

```
' Εντοπισμός ελαχίστου υψομέτρου
```

```
e_el=999999
for j=1 to i-1
    if v_el(j)<e_el then
        e_el=v_el(j)
    end if
next j
```

' Εντοπισμός μεγίστου υψημέτρου

m_el=-999999

for j=1 to i-1

if v_el(j)>m_el then

 m_el=v_el(j)

end if

next j

' Υπολογισμός μέσης ακτίνας κοιλωμάτων και κυρτωμάτων

k=0

w=0

for j=1 to i-1

if v_ra(j)>0 then

 k=k+1

 me_ra_k=me_ra_k+v_ra(j)

end if

if v_ra(j)<0 then

 w=w+1

 me_ra_w=me_ra_w+abs(v_ra(j))

end if

next j

if k*w<>0 then

 me_ra_k=me_ra_k/k

 me_ra_w=me_ra_w/w

end if

' Έλεγχος σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων

if k=0 then

 mbemessagebox "Δεν υπάρχουν κυρτά τόξα στη μηκοτομή, άρα ο έλεγχος δεν απαιτείται"

 end

end if

if w=0 then

 mbemessagebox "Δεν υπάρχουν κοίλα τόξα στη μηκοτομή, άρα ο έλεγχος δεν απαιτείται"

 end

end if

if abs(m_el-e_el)>10 then

 mbewritestatus "Εδαφος λοφώδες ή ορεινό"

if me_ra_k<me_ra_w then

 beep

 mbemessagebox "Ο έλεγχος δεν ικανοποιείται! Η μέση ακτίνα των κοιλωμάτων

(= "+cstr(me_ra_w)+" είναι μεγαλύτερη από τη μέση ακτίνα των κυρτωμάτων

(= "+cstr(me_ra_k)+").", Mbe_CriticalIcon

 end

else

 mbemessagebox "Έλεγχος OK"

 end

end if

else

 mbewritestatus "Εδαφος πεδινό"

```
if me_ra_w<me_ra_k then
    beep
    mbemessagebox " Ο έλεγχος δεν ικανοποιείται! Η μέση ακτίνα των κυρτωμάτων
(= "+cstr(me_ra_k)+"") είναι μεγαλύτερη από τη μέση ακτίνα των κοιλωμάτων
(= "+cstr(me_ra_w)+"").", Mbe_CriticalIcon
    end
    else
        mbemessagebox "Έλεγχος ΟΚ"
    end
end if
end if
end sub
```

Δ.5 Πρόγραμμα ελέγχου επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα (αρχείο rhw_in.bas)

```

sub main
' Έλεγχος επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα

const RH=0.2          'Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή R/H

dim i as integer       'Μετρητής
dim j as integer       'Μετρητής
dim k as integer       'Μετρητής
dim l as integer       'Μετρητής
dim m as integer       'Σημαία ικανοποίησης ελέγχου (0 όχι επαλληλία, 1
επαλληλία OK, 2 πρόβλημα)
dim v_st(100) as double 'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου μηκοτομής
dim v_ra(100) as double 'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
dim h_st(100) as double 'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου οριζοντιογραφίας
dim h_ra(100) as double 'Ακτίνα τόξου οριζοντιογραφίας
dim a as string         'Βοηθητικές μεταβλητές
dim b as string         'Βοηθητικές μεταβλητές
dim c as string         'Βοηθητικές μεταβλητές
dim d as string         'Βοηθητικές μεταβλητές
dim e as string         'Βοηθητικές μεταβλητές
dim f as string         'Βοηθητικές μεταβλητές
dim g as string         'Βοηθητικές μεταβλητές

' Προετοιμασία του αρχείου ver.asc για ανάγνωση
if not fileexists("C:\Td\ver.asc") then
  mbemessagebox "Το αρχείο ver.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την
εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon
end
end if
open "C:\Td\ver.asc" for input as #1

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο ver.asc
i=0
do while not eof(1)
  input #1, a, b, c, d, e, f
  v_st(i)=1000*val(left$(right$(b,6),2))+val(right$(b,3))+0.01*val(left$(c,2))
  v_ra(i)=val(right$(f,6))
  i=i+1
loop
close #1

' Προετοιμασία του αρχείου hor.asc για ανάγνωση
if not fileexists("C:\Td\hor.asc") then
  mbemessagebox "Το αρχείο hor.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την
εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon

```

```

end
end if
open "C:\Td\hor.asc" for input as #2

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο hor.asc
j=0
do while not eof(2)
  input #2, a, b, c, d, e, f, g
  h_st(j)=1000*val(left$(right$(a,6),2))+val(right$(a,3))+0.01*val(left$(b,2))
  h_ra(j)=abs(val(right$(b,5)))+0.01*val(left$(c,2))
  j=j+1
loop
close #2

' Έλεγχος επαλληλίας οριζ. καμπύλης με κοίλωμα
m=0
for k=1 to j-2
  if h_ra(k)<>0 then
    ' Οριζόντιογραφική καμπύλη
    for l=1 to i-2
      if v_ra(l)<0 and (v_st(l+1)>h_st(k) and v_st(l+1)<h_st(k+1)) then
        if m<2 then m=1
        if abs(h_ra(k)/v_ra(l))>RH then
          beep
          m=2
          mbemessagebox "Η επαλληλία του κυκλικού τόξου που αρχίζει στη Χ.Θ."+cstr(h_st(k))+"
με το κοίλωμα που αρχίζει στη Χ.Θ."+cstr(v_st(l))+", δεν ικανοποιεί το κριτήριο ελέγχου."
        end if
      end if
      if v_ra(l)<0 and (v_st(l)>h_st(k) and v_st(l)<h_st(k+1) and v_st(l+1)>h_st(k+1)) then
        if m<2 then m=1
        if abs(h_ra(k)/v_ra(l))>RH then
          beep
          m=2
          mbemessagebox "Η επαλληλία του κυκλικού τόξου που αρχίζει στη Χ.Θ."+cstr(h_st(k))+"
με το κοίλωμα που αρχίζει στη Χ.Θ."+cstr(v_st(l))+", δεν ικανοποιεί το κριτήριο ελέγχου."
        end if
      end if
      if v_ra(l)<0 and (v_st(l)<h_st(k) and v_st(l+1)>=h_st(k+1)) then
        if m<2 then m=1
        if abs(h_ra(k)/v_ra(l))>RH then
          beep
          m=2
          mbemessagebox "Η επαλληλία του κυκλικού τόξου που αρχίζει στη Χ.Θ."+cstr(h_st(k))+"
με το κοίλωμα που αρχίζει στη Χ.Θ."+cstr(v_st(l))+", δεν ικανοποιεί το κριτήριο ελέγχου."
        end if
      end if
    next l
  end if
next k

```

if m=0 then mbemessagebox "Δεν υπάρχει επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα."

if m=1 then mbemessagebox "Σε όλες τις περιπτώσεις επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται."

end sub

Δ.6 Πρόγραμμα ελέγχου επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα κατά RAS-L (αρχείο rhk_in1.bas)

```

sub main
  ' Έλεγχος επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα

  const le=50      'Μήκος πέραν της κλωθοειδούς για το οπόιο ελέγχεται η ορατότητα

  dim i as integer   'Μετρητής
  dim j as integer   'Μετρητής
  dim k as integer   'Μετρητής
  dim l as integer   'Μετρητής
  dim m as integer   'Σημαία ικανοποίησης του ελέγχου (0 όχι επαλληλία, 1 επαλληλία OK,
2 πρόβλημα)
  dim x as integer   'Χ.Θ. αρχής ελέγχου ορατότητας
  dim alpha as double 'α 2βάθμιας εξίσωσης υπολογισμού του xm
  dim beta as double  'β 2βάθμιας εξίσωσης υπολογισμού του xm
  dim gama as double  'γ 2βάθμιας εξίσωσης υπολογισμού του xm
  dim xm1,ym1 as double 'πρώτη ρίζα 2βάθμιας εξίσωσης υπολογισμού του xm
  dim xm2,ym2 as double 'δεύτερη ρίζα 2βάθμιας εξίσωσης υπολογισμού του xm
  dim x1 as double     'Χ.Θ. τέλους διαθέσιμου μήκους ορατότητας
  dim t1 as double     'Γωνία (σε grad) αλλαγής διεύθυνσης
  dim v_st(100) as double 'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου μηκοτομής
  dim v_ra(100) as double 'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
  dim v_el(100) as double 'Υψόμετρο αρχής στοιχείου μηκοτομής
  dim h_st(100) as double 'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου οριζοντιογραφίας
  dim h_ra(100) as double 'Ακτίνα τόξου οριζοντιογραφίας
  dim h_sl(100) as double 'Μήκος κλωθοειδούς
  dim a as string        'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim b as string        'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim c as string        'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim d as string        'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim e as string        'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim f as string        'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim g as string        'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim xa as double       'Τετμημένη κέντρου Κ τόξου κυρτώματος
  dim ya as double       'Τεταγμένη κέντρου Κ τόξου κυρτώματος
  dim xb as double
  dim yb as double
  dim xg as double
  dim yg as double
  dim xk as double
  dim yk as double

```

' Προετοιμασία του αρχείου ver.asc για ανάγνωση

if not fileexists("C:\Td\ver.asc") then

mbemessagebox "Το αρχείο ver.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon

```

end
end if
open "C:\Td\ver.asc" for input as #1

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο ver.asc
i=0
do while not eof(1)
  input #1, a, b, c, d, e, f
  v_st(i)=1000*val(left$(right$(b,6),2))+val(right$(b,3))+0.01*val(left$(c,2))
  v_el(i)=val(right$(c,4))+0.01*val(left$(d,2))
  v_ra(i)=val(right$(f,6))
  i=i+1
loop
close #1

```

```

' Προετοιμασία του αρχείου hor.asc για ανάγνωση
if not fileexists("C:\Td\hor.asc") then
  mbemessagebox "Το αρχείο hor.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την
  εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\" , Mbe_CriticalIcon
end
end if
open "C:\Td\hor.asc" for input as #2

```

```

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο hor.asc
j=0
do while not eof(2)
  input #2, a, b, c, d, e, f, g
  h_st(j)=1000*val(left$(right$(a,6),2))+val(right$(a,3))+0.01*val(left$(b,2))
  h_ra(j)=abs(val(right$(b,5)))+0.01*val(left$(c,2))
  h_sl(j)=val(right$(f,3))+0.01*val(left$(g,2))
  j=j+1
loop
close #2

```

```

' Έλεγχος τήρησης οδηγίας για ελάχιστο μήκος κλωθοειδούς
m=0
for k=2 to j-3
  if h_ra(k)<>0 and h_sl(k-1)<>0 then ' Κλωθοειδής εισόδου
    if h_sl(k-1)<h_ra(k)/9 then m=1
  end if
  if h_ra(k)<>0 and h_sl(k+1)<>0 then ' Κλωθοειδής εξόδου
    if h_sl(k+1)<h_ra(k)/9 then m=1
  end if
next k
if m=1 then
  mbemessagebox "Η οδηγία για ελάχιστη τιμή της παραμέτρου A της κλωθοειδούς δεν
  τηρείται στο σύνολο της χάραξης", Mbe_CriticalIcon
  end
end if

```

```

' Έλεγχος επαλληλίας οριζ. καμπύλης με κύρτωμα
m=0
for k=2 to j-3
if h_ra(k)<>0 then

  ' Έλεγχος στην κλωθοειδή εισόδου
  for l=1 to i-2
    if v_ra(l)>0 and (v_st(l)<h_st(k-1) and v_st(l+1)>h_st(k-1)) then 'Περιπτώσεις 1 και 2
      if m<2 then m=1
      for x=fix(h_st(k-1)-le) to fix(h_st(k-1)) step 2
        if x>v_st(l) and x<v_st(l+1) then
          'x στο κύρτωμα
          x1=x+sqr(2*v_ra(l))
          if x1<h_st(k-1) then
            beep
            mbemessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με αρχή στη
X.Θ."+cstr(h_st(k-1))+"
με το κύρτωμα με αρχή στη X.Θ."+cstr(v_st(l))+"
δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
          m=2
        end if
        if x1>h_st(k-1) and x1<h_st(k) then
          t1=((x-h_st(k-1))^2/(2*v_ra(l)*h_st(k-1)))*(200/3.141592)
          if t1<3.5 then
            beep
            mbemessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με αρχή στη
X.Θ."+cstr(h_st(k-1))+"
με το κύρτωμα με αρχή στη X.Θ."+cstr(v_st(l))+"
δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
          m=2
        end if
      end if
    else
      'x στην ευθυγραμμία
      xa=v_st(l)-x
      ya=v_el(l)-v_el(l-1)+(x-v_st(l+1))*(v_el(l)-v_el(l-1))/(v_st(l)-v_st(l-1))
      xb=v_st(l+1)-x
      yb=v_el(l+1)-v_el(l-1)+(x-v_st(l+1))*(v_el(l)-v_el(l-1))/(v_st(l)-v_st(l-1))
      xg=v_st(l+2)-x
      yg=v_el(l+2)-v_el(l-1)+(x-v_st(l+1))*(v_el(l)-v_el(l-1))/(v_st(l)-v_st(l-1))
      xk=(ya-yb+(xa^2/ya)+xb*(xb-xg)/(yg-yb))/(xa/ya+(xb-xg)/yg-yb)
      yk=xa*xk/ya+ya+xa^2/ya
      alpha=1+xk^2/(1-yk)^2
      beta=2*(-xk^3-xk^2*yk^2+xk*yk+xk*v_ra(l)^2-xk*xk*yk/(1-yk))/(1-yk)^2
      gama=xk^2+yk^2-v_ra(l)^2+2*yk*(xk^2+yk^2-yk*v_ra(l)^2)/(1-
yk)+(xk^4+yk^4+yk^2+v_ra(l)^4-2*xk^2*v_ra(l)^2-2*yk^3-2*yk^2*v_ra(l)^2-2*yk*v_ra(l)^2)/(1-
yk)^2
      xm1=(-beta+sqr(abs(beta^2-4*alpha*gama)))/(2*alpha)
      xm2=(-beta-sqr(abs(beta^2-4*alpha*gama)))/(2*alpha)
      ym1=(xm1*xk-xk^2-yk^2+yk+v_ra(l)^2)/(1-yk)
      ym2=(xm2*xk-xk^2-yk^2+yk+v_ra(l)^2)/(1-yk)
      if ym1<ym2 then

```

```

x1=x+xm2
else
  x1=x+xm1
end if
if x1<h_st(k-1) then
  beep
  mbemessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με αρχή στη
X.Θ."+cstr(h_st(k-1))+'' με το κύρτωμα με αρχή στη X.Θ."+cstr(v_st(l))+'' δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
  m=2
end if
if x1>h_st(k-1) and x1<h_st(k) then
  t1=((x1-h_st(k-1))^2/(2*v_ra(l)*h_st(k-1)))*(200/3.141592)
  if t1<3.5 then
    beep
    mbemessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με αρχή στη
X.Θ."+cstr(h_st(k-1))+'' με το κύρτωμα με αρχή στη X.Θ."+cstr(v_st(l))+'' δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
    m=2
  end if
end if
end if
next x
end if

if v_ra(l)>0 and (v_st(l)<h_st(k) and v_st(l)>h_st(k-1)) then 'Περίπτωση 3
if m<2 then m=1
for x=fix(h_st(k-1)-le) to fix(h_st(k-1)) step 2
  xa=v_st(l)-x
  ya=v_el(l)-v_el(l-1)+(x-v_st(l+1))*(v_el(l)-v_el(l-1))/(v_st(l)-v_st(l-1))
  xb=v_st(l+1)-x
  yb=v_el(l+1)-v_el(l-1)+(x-v_st(l+1))*(v_el(l)-v_el(l-1))/(v_st(l)-v_st(l-1))
  xg=v_st(l+2)-x
  yg=v_el(l+2)-v_el(l-1)+(x-v_st(l+1))*(v_el(l)-v_el(l-1))/(v_st(l)-v_st(l-1))
  xk=(ya-yb+(xa^2/ya)+xb*(xb-xg)/(yg-yb))/(xa/ya+(xb-xg)/yg-yb)
  yk=xa*xk/ya+ya+xa^2/ya
  alpha=1+xk^2/(1-yk)^2
  beta=2*(-xk^3-xk*yk^2+xk*yk+xk*v_ra(l)^2-xk*xk*yk/(1-yk))/(1-yk)^2
  gama=xk^2+yk^2-v_ra(l)^2+2*yk*(xk^2+yk^2-yk*v_ra(l)^2)/(1-
yk)+(xk^4+yk^4+yk^2+v_ra(l)^4-2*xk^2*v_ra(l)^2-2*yk^3-2*yk^2*v_ra(l)^2-2*yk*v_ra(l)^2)/(1-
yk)^2
  xm1=(-beta+sqr(abs(beta^2-4*alpha*gama)))/(2*alpha)
  xm2=(-beta-sqr(abs(beta^2-4*alpha*gama)))/(2*alpha)
  ym1=(xm1*xk-xk^2-yk^2+yk+v_ra(l)^2)/(1-yk)
  ym2=(xm2*xk-xk^2-yk^2+yk+v_ra(l)^2)/(1-yk)
  if ym1<ym2 then
    x1=x+xm2
  else
    x1=x+xm1
  end if

```

```

if x1<h_st(k) then
t1=((x1-h_st(k-1))^2/(2*v_ra(l)*h_sl(k-1)))*(200/3.141592)
if t1<3.5 then
beep
mbbmessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με αρχή στη
X.Θ."+cstr(h_st(k-1))+"
με το κύρτωμα με αρχή στη X.Θ."+cstr(v_st(l))+"
δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
m=2
end if
end if
next x
end if
next l

```

```

' Έλεγχος στην κλωθοειδή εξόδου
for l=1 to i-2
if v_ra(l)>0 and (v_st(l)<h_st(k+2) and v_st(l+1)>h_st(k+2)) then 'Περιπτώσεις 1 και 2
if m<2 then m=1
for x=fix(h_st(k+2)+le) to fix(h_st(k+2)) step -2
if x>v_st(l) and x<v_st(l+1) then
'x στο κύρτωμα
x1=x-sqr(2*v_ra(l))
if x1>h_st(k+2) then
beep
mbbmessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με τέλος στη
X.Θ."+cstr(h_st(k+2))+"
με το κύρτωμα με τέλος στη X.Θ."+cstr(v_st(l+1))+"
δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
m=2
end if
if x1>h_st(k+1) and x1<h_st(k+2) then
t1=((h_st(k+2)-x1)^2/(2*v_ra(l)*h_sl(k+1)))*(200/3.141592)
if t1<3.5 then
mbbmessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με τέλος στη
X.Θ."+cstr(h_st(k+2))+"
με το κύρτωμα με τέλος στη X.Θ."+cstr(v_st(l+1))+"
δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
m=2
end if
end if
else
'x στην ευθυγραμμία
xa=x-v_st(l+1)
ya=v_el(l)-v_el(l+2)+(v_st(l+2)-x)*(v_el(l+1)-v_el(l+2))/(v_st(l+1)-v_st(l+2))
xb=x-v_st(l)
yb=v_el(l)-v_el(l+2)+(v_st(l+2)-x)*(v_el(l+1)-v_el(l+2))/(v_st(l+1)-v_st(l+2))
xg=x-v_st(l-1)
yg=v_el(l-1)-v_el(l+2)+(v_st(l+2)-x)*(v_el(l+1)-v_el(l+2))/(v_st(l+1)-v_st(l+2))
xk=(ya-yb+(xa^2/ya)+xb*(xb-xg)/(yg-yb))/(xa/ya+(xb-xg)/yg-yb)
yk=xa*xk/ya+ya+xa^2/ya
aalpha=1+xk^2/(1-yk)^2

```

```

beta=2*(-xk^3-xk*yk^2+xk*yk+xk*v_ra(l)^2-xk-xk*yk/(1-yk))/(1-yk)^2
gama=xk^2+yk^2-v_ra(l)^2+2*yk*(xk^2+yk^2-yk-v_ra(l)^2)/(1-
yk)+(xk^4+yk^4+yk^2+v_ra(l)^4-2*xk^2*v_ra(l)^2-2*yk^3-2*yk^2*v_ra(l)^2-2*yk*v_ra(l)^2)/(1-
yk)^2
xm1=(-beta+sqr(abs(beta^2-4*alpha*gama)))/(2*alpha)
xm2=(-beta-sqr(abs(beta^2-4*alpha*gama)))/(2*alpha)
ym1=(xm1*xk-xk^2-yk^2+yk+v_ra(l)^2)/(1-yk)
ym2=(xm2*xk-xk^2-yk^2+yk+v_ra(l)^2)/(1-yk)
if ym1<ym2 then
  x1=x-xm2
else
  x1=x-xm1
end if
if x1>h_st(k+1) then
  beep
  mbbe messagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με τέλος στη
X.Θ."+cstr(h_st(k+2))+"
με το κύρτωμα με τέλος στη X.Θ."+cstr(v_st(l+1))+"
δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
  m=2
end if
if x1>h_st(k+1) and x1<h_st(k+2) then
  t1=((h_st(k+2)-x1)^2/(2*v_ra(l)*h_si(k+1)))*(200/3.141592)
  if t1<3.5 then
    beep
    mbbe messagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με τέλος στη
X.Θ."+cstr(h_st(k+2))+"
με το κύρτωμα με τέλος στη X.Θ."+cstr(v_st(l+1))+"
δεν ικανοποιεί το
κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
    m=2
  end if
  end if
  end if
  next x
end if

if v_ra(l)>0 and (v_st(l+1)>h_st(k+1) and v_st(l+1)<h_st(k+2)) then 'Περίπτωση 3
if m<2 then m=1
for x=fix(h_st(k+2)+le) to fix(h_st(k+1)) step -2
  xa=x-v_st(l+1)
  ya=v_el(l)-v_el(l+2)+(v_st(l+2)-x)*(v_el(l+1)-v_el(l+2))/(v_st(l+1)-v_st(l+2))
  xb=x-v_st(l)
  yb=v_el(l)-v_el(l+2)+(v_st(l+2)-x)*(v_el(l+1)-v_el(l+2))/(v_st(l+1)-v_st(l+2))
  xg=x-v_st(l-1)
  yg=v_el(l-1)-v_el(l+2)+(v_st(l+2)-x)*(v_el(l+1)-v_el(l+2))/(v_st(l+1)-v_st(l+2))
  xk=(ya-yb+(xa^2/ya)+xb*(xb-xg)/(yg-yb))/(xa/ya+(xb-xg)/yg-yb)
  yk=xa*xk/ya+ya+xa^2/ya
  alpha=1+xk^2/(1-yk)^2
  beta=2*(-xk^3-xk*yk^2+xk*yk+xk*v_ra(l)^2-xk-xk*yk/(1-yk))/(1-yk)^2
  gama=xk^2+yk^2-v_ra(l)^2+2*yk*(xk^2+yk^2-yk-v_ra(l)^2)/(1-
yk)+(xk^4+yk^4+yk^2+v_ra(l)^4-2*xk^2*v_ra(l)^2-2*yk^3-2*yk^2*v_ra(l)^2-2*yk*v_ra(l)^2)/(1-
yk)^2

```

```

xm1=(-beta+sqr(abs(beta^2-4*alpha*gama)))/(2*alpha)
xm2=(-beta-sqr(abs(beta^2-4*alpha*gama)))/(2*alpha)
ym1=(xm1*xk-xk^2-yk^2+yk+v_ra(l)^2)/(1-yk)
ym2=(xm2*xk-xk^2-yk^2+yk+v_ra(l)^2)/(1-yk)
if ym1<ym2 then
  x1=x-xm2
else
  x1=x-xm1
end if
if x1>h_st(k+1) then
  t1=((h_st(k+2)-x1)^2/(2*v_ra(l)*h_sl(k+1)))*(200/3.141592)
  if t1<3.5 then
    beep
    mbemessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με τέλος στη
X.Θ."+cstr(h_st(k+2))+"
    με το κύρτωμα με τέλος στη X.Θ."+cstr(v_st(l+1))+"
    δεν ικανοποιεί το
    κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
    m=2
  end if
end if
next x
end if
next l

end if
next k
if m=0 then mbemessagebox "Δεν υπάρχει επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με
κύρτωμα."
if m=1 then mbemessagebox "Σε όλες τις περιπτώσεις επαλληλίας οριζοντιογραφικής
καμπύλης με κύρτωμα ο έλεγχος ικανοποιείται."
end sub

```

Δ.7 Πρόγραμμα ελέγχου επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα κατά AASHTO (αρχείο rhk_in2.bas)

```

sub main
' Έλεγχος επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα

dim i as integer          'Μετρητής
dim j as integer          'Μετρητής
dim k as integer          'Μετρητής
dim l as integer          'Μετρητής
dim m as integer          'Σημαία ικανοποίησης του ελέγχου (0 όχι επαλληλία, 1
επαλληλία OK, 2 πρόβλημα)
dim v_st(100) as double   'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου μηκοτομής
dim v_ra(100) as double   'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
dim h_st(100) as double   'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου οριζοντιογραφίας
dim h_ra(100) as double   'Ακτίνα τόξου οριζοντιογραφίας
dim a as string           'Βοηθητικές μεταβλητές
dim b as string           'Βοηθητικές μεταβλητές
dim c as string           'Βοηθητικές μεταβλητές
dim d as string           'Βοηθητικές μεταβλητές
dim e as string           'Βοηθητικές μεταβλητές
dim f as string           'Βοηθητικές μεταβλητές
dim g as string           'Βοηθητικές μεταβλητές

' Προετοιμασία του αρχείου ver.asc για ανάγνωση
if not fileexists("C:\Td\ver.asc") then
    mbemessagebox "Το αρχείο ver.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την
εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon
end
end if
open "C:\Td\ver.asc" for input as #1

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο ver.asc
i=0
do while not eof(1)
    input #1, a, b, c, d, e, f
    v_st(i)=1000*val(left$(right$(b,6),2))+val(right$(b,3))+0.01*val(left$(c,2))
    v_ra(i)=val(right$(f,6))
    i=i+1
loop
close #1

' Γροετοιμασία του αρχείου hor.asc για ανάγνωση
if not fileexists("C:\Td\hor.asc") then
    mbemessagebox "Το αρχείο hor.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την
εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon
end
end if
open "C:\Td\hor.asc" for input as #2

```

```

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο hor.asc
j=0
do while not eof(2)
  input #2, a, b, c, d, e, f, g
  h_st(j)=1000*val(left$(right$(a,6),2))+val(right$(a,3))+0.01*val(left$(b,2))
  h_ra(j)=abs(val(right$(b,5)))+0.01*val(left$(c,2))
  j=j+1
loop
close #2

' Έλεγχος επαλληλίας οριζ. καμπύλης με κύρτωμα
m=0
for k=2 to j-3
  if h_ra(k)<>0 then

    ' 'Έλεγχος στην κλωθοειδή εισόδου
    for l=1 to i-2
      if v_ra(l)>0 and ((v_st(l)<h_st(k-1) and v_st(l+1)>h_st(k-1)) or (v_st(l)<h_st(k) and
      v_st(l)>h_st(k-1))) then
        if m<2 then m=1
        if v_st(l)<h_st(k-1) then
          m=2
          beep
          mbemessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με αρχή στη
          Χ.Θ."+cstr(h_st(k-1))+"
          με το κύρτωμα με αρχή στη Χ.Θ."+cstr(v_st(l))+"
          δεν ικανοποιεί το
          κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
        end if
        end if
      next l

    ' 'Έλεγχος στην κλωθοειδή εξόδου
    for l=1 to i-2
      if v_ra(l)>0 and ((v_st(l)<h_st(k+2) and v_st(l+1)>h_st(k+2)) or (v_st(l+1)>h_st(k+1) and
      v_st(l+1)<h_st(k+2))) then
        if m<2 then m=1
        if v_st(l+1)>h_st(k+2) then
          m=2
          beep
          mbemessagebox "Η επαλληλία της οριζοντιογραφικής καμπύλης με τέλος στη
          Χ.Θ."+cstr(h_st(k+2))+"
          με το κύρτωμα με τέλος στη Χ.Θ."+cstr(v_st(l+1))+"
          δεν ικανοποιεί το
          κριτήριο ελέγχου.", Mbe_CriticalIcon
        end if
        end if
      next l
    end if
    next k
  if m=0 then mbemessagebox "Δεν υπάρχει επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με
    κύρτωμα."

```

if m=1 then mbemessagebox "Σε όλες τις περιπτώσεις επαλληλίας οριζόντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα ο έλεγχος ικανοποιείται."
end sub

Δ.8 Πρόγραμμα ελέγχου σύμπτωσης σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή (αρχείο hormh_in.bas)

```

sub main
  'Έλεγχος σύμπτωσης σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή

  dim i as integer      'Μετρητής
  dim j as integer      'Μετρητής
  dim k as integer      'Μετρητής
  dim l as integer      'Μετρητής
  dim m as integer      'Πλήθος επαλληλιών ορ. καμπύλης με καμπύλη μηκοτομής
  dim n as single       'Πλήθος ορ.καμπύλων με προβληματική επαλληλία με καμπύλη
  μηκοτομής (0.5=πρόβλημα στο 1 σημ. καμπής)
  dim v_st(100) as double   'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου μηκοτομής
  dim v_ra(100) as double   'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
  dim h_st(100) as double   'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου οριζοντιογραφίας
  dim h_ra(100) as double   'Ακτίνα τόξου οριζοντιογραφίας
  dim lp as double         'Μήκος "φάσης" στην οριζοντιογραφία
  dim a as string          'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim b as string          'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim c as string          'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim d as string          'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim e as string          'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim f as string          'Βοηθητικές μεταβλητές
  dim g as string          'Βοηθητικές μεταβλητές

  ' Προετοιμασία του αρχείου ver.asc για ανάγνωση
  if not fileexists("C:\Td\ver.asc") then
    mbemessagebox "Το αρχείο ver.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την
    εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon
  end
  end if
  open "C:\Td\ver.asc" for input as #1

  ' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο ver.asc
  i=0
  do while not eof(1)
    input #1, a, b, c, d, e, f
    v_st(i)=1000*val(left$(right$(b,6),2))+val(right$(b,3))+0.01*val(left$(c,2))
    v_ra(i)=val(right$(f,6))
    i=i+1
  loop
  close #1

  ' Προετοιμασία του αρχείου hor.asc για ανάγνωση
  if not fileexists("C:\Td\hor.asc") then
    mbemessagebox "Το αρχείο hor.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την
    εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon

```

```

end
end if
open "C:\Td\hor.asc" for input as #2

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο hor.asc
j=0
do while not eof(2)
  input #2, a, b, c, d, e, f, g
  h_st(j)=1000*val(left$(right$(a,6),2))+val(right$(a,3))+0.01*val(left$(b,2))
  h_ra(j)=abs(val(right$(b,5)))+0.01*val(left$(c,2))
  j=j+1
loop
close #2

' Έλεγχος σύμπτωσης σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή
m=0
n=0
for k=1 to j-2
  if h_ra(k)<>0 then
    ' Οριζοντιογραφική καμπύλη
    Ip=h_st(k+2)-h_st(k-1)
    for l=1 to i-2
      if v_ra(l)<>0 and ((v_st(l)>h_st(k-1) and v_st(l)<h_st(k+2)) or (v_st(l+1)>h_st(k-1) and
v_st(l+1)<h_st(k+2)) or (v_st(l)<h_st(k-1) and v_st(l+1)>=h_st(k+2))) then
        m=m+1
      ' Αρχή καμπύλης μηκοτομής
      if abs(v_st(l)-h_st(k-1))<abs(v_st(l)-h_st(k+2)) then
        ' Πλησιέστερα στην αρχή της καμπύλης
        if abs(v_st(l)-h_st(k-1))>0.25*Ip then n=n+1
        else
          ' Πλησιέστερα στο τέλος της καμπύλης
          if abs(v_st(l)-h_st(k+2))>0.25*Ip then n=n+1
        end if
      ' Τέλος καμπύλης μηκοτομής
      if abs(v_st(l+1)-h_st(k-1))<abs(v_st(l+1)-h_st(k+2)) then
        ' Πλησιέστερα στην αρχή της καμπύλης
        if abs(v_st(l+1)-h_st(k-1))>0.25*Ip then n=n+1
        else
          ' Πλησιέστερα στο τέλος της καμπύλης
          if abs(v_st(l+1)-h_st(k+2))>0.25*Ip then n=n+1
        end if
      end if
    next l
  end if
next k
n=n/2 'Αναγωγή του n ως προς το m
if m=0 then
  mbemessagebox "Δεν υπάρχει επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με καμπύλη
μηκοτομής."
  end

```

```
end if
if n>0.5*m then
beep
mbemessagebox "Ανεπιτυχής συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Εξέταση
δυνατότητας αλλαγής χάραξης.", Mbe_CriticalIcon
end if
if n<=0.5*m and n>0.20*m then
mbemessagebox "Ικανοποιητική σύμπτωση σημείων καμπής σε οριζοντιογραφία και
μηκοτομή."
end if
if n<=0.20*m then
mbemessagebox "Ιδιαίτερα επιτυχημένος συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής."
end if

end sub
```

Δ.9 Πρόγραμμα ελέγχου ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων (αρχείο h_h_in.bas)

sub main

' Έλεγχος ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων

dim i as integer	'Μετρητής
dim j as integer	'Μετρητής
dim v_st(100) as double	'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου μηκοτομής
dim v_ra(100) as double	'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
dim v_sl(100) as double	'Κλίση εφαπτομένης αρχής στοιχείου μηκοτομής
dim t1 as double	'Τ του πρώτου τόξου μηκοτομής
dim t2 as double	'Τ του δεύτερου τόξου μηκοτομής
dim a as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim b as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim c as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim d as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim e as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim f as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim m as integer	'Σημαία ικανοποίησης του ελέγχου.

' Προετοιμασία του αρχείου ver.asc για ανάγνωση

if not fileexists("C:\Td\ver.asc") then

 mbemessagebox "Το αρχείο ver.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon
end

end if

open "C:\Td\ver.asc" for input as #1

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο ver.asc

i=0

do while not eof(1)

 input #1, a, b, c, d, e, f

 v_st(i)=1000*val(left\$(right\$(b,6),2))+val(right\$(b,3))+0.01*val(left\$(c,2))

 v_ra(i)=val(right\$(f,6))

 v_sl(i)=0.001*val(left\$(e,3))

 if left\$(right\$(d,2),1)="-" then

 v_sl(i)=-v_sl(i)

 end if

 i=i+1

loop

close #1

```

"Ελεγχος
m=0
for j=1 to i-3
  if v_ra(j)*v_ra(j+2)>0 and v_ra(j+1)=0 then
    if m<2 then m=1
    t1=0.5* abs(v_ra(j)*(v_sl(j)-v_sl(j+1)))
    t2=0.5* abs(v_ra(j+2)*(v_sl(j+1)-v_sl(j+2)))
    if t1<t2 then
      if v_st(j+2)-v_st(j+1)<t1 then
        beep
        m=2
        mbemessagebox"Το ευθύγραμμο τμήμα στη μηκοτομή μεταξύ των Χ.Θ.
"+cstr(v_st(j+1))+ και "+cstr(v_st(j+2))+ έχει μήκος μικρότερο από το Τ του τόξου που
προηγείται.", Mbe_CriticalIcon
      end if
    else
      if v_st(j+2)-v_st(j+1)<t2 then
        beep
        m=2
        mbemessagebox"Το ευθύγραμμο τμήμα στη μηκοτομή μεταξύ των Χ.Θ.
"+cstr(v_st(j+1))+ και "+cstr(v_st(j+2))+ έχει μήκος μικρότερο από το Τ του τόξου που
έπειται.", Mbe_CriticalIcon
      end if
    end if
  end if
next j
if m=0 then mbemessagebox "Δεν υπάρχουν διαδοχικά κοιλώματα ή κυρτώματα με
ενδιάμεσο ευθύγραμμο τμήμα στη μηκοτομή."
if m=1 then mbemessagebox "Ελεγχος OK."
end sub

```

Δ.10 Πρόγραμμα ελέγχου εμφάνισης οπτικής θλάσης σε κοίλωμα (αρχείο hw_in.bas)

sub main "Ελεγχος κοιλωμάτων για εμφάνιση οπτικής θλάσης

dim V as integer	Ταχύτητα μελέτης
dim BW as double	Απόσταση οδηγού από αριστερή οριογραμμή
dim He as double	Υψος οφθαλμών οδηγού
dim x12 as double	Απόσταση σημείου ορατότητας από κέντρο κοιλώματος
dim DG as double	Μεταβολή στην κλίση
dim i as integer	Μετρητής
dim j as integer	Μετρητής
dim k as integer	Μετρητής
dim l as integer	Μετρητής
dim m as integer	Σημαία για το αποτέλεσμα του ελέγχου
dim ha,hb as single	Επιλογή για ύψος οφθαλμών
dim v_st(100) as double	'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου μηκοτομής
dim v_ra(100) as double	'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
dim v_si(100) as double	'Κλίση εφαπτομένης στην αρχή του στοιχείου μηκοτομής
dim v_ci(100) as double	'Μήκος χορδής τόξου μηκοτομής
dim h_st(100) as double	'Χιλιομέτρηση αρχής στοιχείου οριζοντιογραφίας
dim h_ra(100) as double	'Ακτίνα τόξου οριζοντιογραφίας
dim h_si(100) as double	'Μήκος κλωθοειδούς
dim a as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim b as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim c as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim d as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim e as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim f as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim g as string	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim minL, x1, x2, r as double	'αποτελέσματα υπορουτίνας υπολογισμού minL
dim Gmax, Hn as single	'από κανονισμούς AASHTO
dim p, omega, b12, h12, v1v2, phi as single	
dim thita, ratio, H, minH as double	
' Προετοιμασία του αρχείου ver.asc για ανάγνωση	
if not fileexists("C:\Td\ver.asc") then	
mbemessagebox "Το αρχείο ver.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\.", Mbe_CriticalIcon	
end	
end if	
open "C:\Td\ver.asc" for input as #1	
' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο ver.asc	
i=0	
do while not eof(1)	
input #1, a, b, c, d, e, f	

```

v_st(i)=1000*val(left$(right$(b,6),2))+val(right$(b,3))+0.01*val(left$(c,2))
v_ra(i)=val(right$(f,6))
v_sl(i)=0.001*val(left$(e,3))
if left$(right$(d,2),1)="-" then
  v_sl(i)=-v_sl(i)
end if
v_cl(i)=val(right$(e,3))+0.01*val(left$(f,2))
j=j+1
loop
close #1

```

' Προετοιμασία του αρχείου hor.asc για ανάγνωση
 if not fileexists("C:\Td\hor.asc") then
 mbemessagebox "Το αρχείο hor.asc δεν υπάρχει. Παρακαλώ δημιουργείστε το με την εντολή 'Export ASCII Geometry' του InRoads, στον κατάλογο C:\Td\", Mbe_CriticalIcon
 end
 end if
 open "C:\Td\hor.asc" for input as #2

' Ανάγνωση δεδομένων από το αρχείο hor.asc
 j=0
 do while not eof(2)
 input #2, a, b, c, d, e, f, g
 h_st(j)=1000*val(left\$(right\$(a,6),2))+val(right\$(a,3))+0.01*val(left\$(b,2))
 h_ra(j)=abs(val(right\$(b,5)))+0.01*val(left\$(c,2))
 h_sl(j)=val(right\$(f,3))+0.01*val(left\$(g,2))
 j=j+1
 loop
 close #2

menu:
 actionbutton = mbeopenmodaldialog(1)

if actionbutton = 4 then
 end
 end if
 if V<30 or BW<=0 or ha=0 then
 beep
 goto menu
 end if
 if ha=1 then He=1.07 else He=2.44

' Υπολογισμός στοιχείων κοιλωμάτων-υπολογισμός minL-έλεγχος
 m=0
 for k=1 to j-2
 if h_ra(k)=0 and h_sl(k)=0 then
 ' Οριζοντιογραφική ευθυγραμμία
 for l=2 to i-2
 'Κατεύθυνση κυκλοφορίας ομόρροπη με τη χιλιομέτρηση
 if v_ra(l)<0 and v_ra(l-1)=0 and v_st(l)>h_st(k) and v_st(l)<h_st(k+1) then

```

if m<2 then m=1
DG=abs(v_sl(l)-v_sl(l+1))
if h_st(k)<v_st(l-1) then
  x12=v_st(l)-v_st(l-1)+v_ci(l)/2
else
  x12=v_st(l)-h_st(k)+v_ci(l)/2
end if

```

' Υπολογισμός ελαχίστου L
 'Τιμές κανονισμών AASHTO

select case V

case 30

 Gmax = 12

 Hn = 3

case 40

 Gmax = 12

 Hn = 5

case 50

 Gmax = 10

 Hn = 10

case 60

 Gmax = 10

 Hn = 18

case 70

 Gmax = 10

 Hn = 31

case 80

 Gmax = 10

 Hn = 49

case 90

 Gmax = 9

 Hn = 71

case 100

 Gmax = 7

 Hn = 105

case 110

 Gmax = 6

 Hn = 151

case 120

 Gmax = 5

 Hn = 202

end select

'Υπολογισμός ελαχίστου μήκους
 p=3.141593
 omega = p - ATN(BW / He)
 b12 = BW / 2 / x12
 h12 = -b12 / TAN(omega)
 v1v2 = .5 * DG /100
 phi = ATN(b12 / (h12 + v1v2))

```

thita = (p - omega - phi) / 2
ratio = -2 * TAN(thita) / TAN(omega + thita)
IF ratio > .6 THEN
    L12 = x12 * ratio
ELSE
    L12 = .6 * x12
END IF
H = L12 / DG
IF H > Hn THEN
    minH = H
ELSE
    minH = Hn
END IF
minL = minH * DG

```

'Ελεγχος

```

if minL>v_cl(l) then
    m=2
    beep
    Mbemessagebox"Το κοίλωμα με αρχή στη Χ.Θ. "+cstr(v_st(l))+"
    έχει μήκος "+cstr(v_cl(l))+"
    μ. ενώ το ελάχιστο μήκος για την αποφυγή οπτικής θλάσης είναι
    "+cstr(minL)+"μ.", MBE_CriticalIcon
end if
end if

```

'Κατεύθυνση κυκλοφορίας αντίρροπη με τη χιλιομέτρηση

```

if v_ra(l)<0 and v_ra(l+1)=0 and v_st(l+1)>h_st(k) and v_st(l+1)<h_st(k+1) then
    if m<2 then m=1
    DG=abs(v_si(l)-v_si(l+1))
    if h_st(k+1)<v_st(l+2) then
        x12=h_st(k+1)-v_st(l+1)+v_cl(l)/2
    else
        x12=v_st(l+2)-v_st(l+1)+v_cl(l)/2
    end if

```

' Υπολογισμός ελαχίστου L

'Τιμές κανονισμών AASHTO

```

select case V
case 30
    Gmax = 12
    Hn = 3
case 40
    Gmax = 12
    Hn = 5
case 50
    Gmax = 10
    Hn = 10
case 60
    Gmax = 10
    Hn = 18

```

```

case 70
  Gmax = 10
  Hn = 31
case 80
  Gmax = 10
  Hn = 49
case 90
  Gmax = 9
  Hn = 71
case 100
  Gmax = 7
  Hn = 105
case 110
  Gmax = 6
  Hn = 151
case 120
  Gmax = 5
  Hn = 202
end select

```

'Υπολογισμός ελαχίστου μήκους
 $\rho=3.141593$

```

omega = p - ATN(BW / He)
b12 = BW / 2 / x12
h12 = -b12 / TAN(omega)
v1v2 = .5 * DG /100
phi = ATN(b12 / (h12 + v1v2))
thita = (p - omega - phi) / 2
ratio = -2 * TAN(thita) / TAN(omega + thita)
IF ratio > .6 THEN
  L12 = x12 * ratio
ELSE
  L12 = .6 * x12
END IF
H = L12 / DG
IF H > Hn THEN
  minH = H
ELSE
  minH = Hn
END IF
minL = minH * DG

```

'Ελεγχος
if minL>v_cl(l) then
m=2
beep

Mbemessagebox"Το κοίλωμα με τέλος στη Χ.Θ. "+cstr(v_st(l+1))+"" έχει μήκος "+
cstr(v_cl(l))+""μ. ενώ το ελάχιστο μήκος για την αποφυγή οπτικής θλάσης είναι
"+cstr(minL)+"μ.", MB_E_CriticalIcon
end if

```
end if
next l
end if
next k
if m=0 then mbemessagebox "Δεν εντοπίστηκε περίπτωση κοιλώματος στο τέλος
οριζοντιογραφικής ευθυγραμμίας."
if m=1 then mbemessagebox "Σε όλα τα κοίλα τόξα μηκοτομής στο τέλος οριζοντιογραφικής
ευθυγραμμίας δεν υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης οπτικής θλάσης."
end sub
```

Στη συνέχεια του παραρτήματος Δ ορισμένα από τα παραπάνω προγράμματα μετατρέπονται ώστε να λειτουργούν σε συνεργασία με το πρόγραμμα οδοποιίας FM, το οποίο και διδάσκεται στο Ε.Μ.Π.

Δ.11 Μετατροπή του προγράμματος ελέγχου σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων, παραλλαγή 2 (αρχείο hkhw_in2.bas) για συνεργασία με το πρόγραμμα οδοποιίας FM.

αρχείο hkhw_fm.bas

sub main

' Πρόγραμμα ελέγχου σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων

dim ws as string	'Working_Subdirectory
dim i as integer	'Μετρητής
dim j as integer	'Μετρητής
dim v_na(100) as string	'Όνομασία σημαίας μηκοτομής
dim v_st(100) as double	'Χιλιομετρική θέση σημαίας μηκοτομής
dim v_el(100) as double	'Υψομετρο σημαίας μηκοτομής
dim v_ra(100) as double	'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
dim a as double	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim b as double	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim c as double	'Βοηθητικές μεταβλητές
dim m_el as double	'Μέγιστο υψόμετρο εδάφους
dim e_el as double	'Ελάχιστο υψόμετρο εδάφους
dim me_ra_k as double	'Μέση ακτίνα κυρτών τόξων μήκοτομής
dim me_ra_w as double	'Μέση ακτίνα κοίλων τόξων μήκοτομής
dim k as integer	'Πλήθος κυρτών τόξων μήκοτομής
dim w as integer	'Πλήθος κοίλων τόξων μήκοτομής

'Ανάγνωση αρχείου fm.dat

open "c:\fm\fm.dat" for input as 1

input #1,ws

close #1

mbewritestatus ws

'Ανάγνωση δεδομένων μηκοτομής από αρχείο fm.mhk

if not fileexists (ws+"fm.mhk") then

mbemessagebox "Δεν υπάρχει το αρχείο Σημαιών Μηκοτομής fm.mhk"

end

end if

open ws+"fm.mhk" for input as 1

i=0

do while not eof(1)

i=i+1

input #1,v_na(i),v_st(i),v_el(i),v_ra(i)

loop

close #1

'Ανάγνωση δεδομένων μηκοτομής εδάφους από αρχείο fm13

if not fileexists (ws+"fm13") then

mbemessagebox "Δεν υπάρχει το αρχείο Υψομετρίας Εδάφους fm13"

end

```

end if
open ws+"fm13" for input as 2
j=0
m_el=-999999
e_el=999999
do while not eof(2)
j=j+1
input #2,a,b,c
if c>m_el then m_el=c
if c<e_el then e_el=c
loop
close #2

```

'Εντοπισμός κοιλωμάτων-συμβολισμός με αρνητική ακτίνα
for j=2 to i-1
if (v_el(j)-v_el(j-1))/(v_st(j)-v_st(j-1))<(v_el(j+1)-v_el(j))/(v_st(j+1)-v_st(j)) then
v_ra(j)=-v_ra(j)
end if
next j

' Υπολογισμός μέσης ακτίνας κοιλωμάτων και κυρτωμάτων
k=0
w=0
for j=1 to i-1
if v_ra(j)>0 then
k=k+1
me_ra_k=me_ra_k+v_ra(j)
end if
if v_ra(j)<0 then
w=w+1
me_ra_w=me_ra_w+abs(v_ra(j))
end if
next j
if k*w<>0 then
me_ra_k=me_ra_k/k
me_ra_w=me_ra_w/w
end if

' Έλεγχος σχέσης ακτίνων κοιλωμάτων και κυρτωμάτων
if k=0 then
mbemessagebox "Δεν υπάρχουν κυρτά τόξα στη μηκοτομή, άρα ο έλεγχος δεν απαιτείται"
end
end if
if w=0 then
mbemessagebox "Δεν υπάρχουν κοίλα τόξα στη μηκοτομή, άρα ο έλεγχος δεν απαιτείται"
end
end if
if abs(m_el-e_el)>10 then
mbewriteprompt "Εδαφος λοφώδες ή ορεινό"
if me_ra_k<me_ra_w then

```
beep
mbemessagebox "Ο έλεγχος δεν ικανοποιείται! Η μέση ακτίνα των κοιλωμάτων
(= "+cstr(me_ra_w)+"") είναι μεγαλύτερη από τη μέση ακτίνα των κυρτωμάτων
(= "+cstr(me_ra_k)+"").", MBE_CriticalIcon
end
else
mbemessagebox "Έλεγχος ΟΚ"
end
end if
else
mbewriteprompt "Εδαφος πεδινό"
if me_ra_w<me_ra_k then
beep
mbemessagebox "Ο έλεγχος δεν ικανοποιείται! Η μέση ακτίνα των κυρτωμάτων
(= "+cstr(me_ra_k)+"") είναι μεγαλύτερη από τη μέση ακτίνα των κοιλωμάτων
(= "+cstr(me_ra_w)+"").", MBE_CriticalIcon
end
else
mbemessagebox "Έλεγχος ΟΚ"
end
end if
end if
end sub
```

Δ.12 Μετατροπή του προγράμματος ελέγχου επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα (αρχείο rhw_in.bas) για συνεργασία με το πρόγραμμα οδοποιίας FM.

αρχείο rhw_fm.bas

```
sub main
    'Έλεγχος επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα
```

```
const RH=0.2           'Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή R/H
```

```
dim ws as string        'Working Subdirectory
```

```
dim i,ii,iii as integer   'Μετρητής
```

```
dim j as integer          'Μετρητής
```

```
dim k as integer          'Μετρητής
```

```
dim l as integer          'Μετρητής
```

```
dim m as integer          'Σημαία ικανοποίησης του ελέγχου (0 όχι επαλληλία, 1 επαλληλία OK,
2 πρόβλημα)
```

```
dim h_sta(100) as double    'Χ.Θ. αρχής καμπύλης οριζοντιογραφίας
```

```
dim h_stt(100) as double    'Χ.Θ. τέλους καμπύλης οριζοντιογραφίας
```

```
dim T as double             'Τ κοίλου τόξου μηκοτομής
```

```
dim v_sta as double         'Χ.Θ. αρχής κοιλώματος
```

```
dim v_stt as double         'Χ.Θ. τέλους κοιλώματος
```

```
dim v_na(100) as string      'Όνομασία σημαίας μηκοτομής
```

```
dim v_st(100) as double       'Χιλιομετρική θέση σημαίας μηκοτομής
```

```
dim v_el(100) as double       'Υψόμετρο σημαίας μηκοτομής
```

```
dim v_ra(100) as double       'Άπο μηκοτομής από fm.mhk
```

```
'Ακτίνα τόξου μηκοτομής
```

```
dim h_na(100) as string      'Όνομασία κορυφής πολυγωνικής
```

```
dim h_x(100) as double        'Χ κορυφής πολυγωνικής
```

```
dim h_y(100) as double        'Υ κορυφής πολυγωνικής
```

```
dim h_sla(100) as double      'Μήκος κλωθοειδούς εισόδου από fm.hor
```

```
dim h_ra(100) as double       'Ακτίνα τόξου οριζοντιογραφίας
```

```
dim h_slt(100) as double      'Μήκος κλωθοειδους εξόδου
```

```
'Μέγιστη επίκλιση %
```

```
dim h_st(3000) as double      'Χιλιομέτρηση άξονα οριζοντιογραφίας
```

```
dim h_az(3000) as double      'Άξιμούθιο άξονα οριζοντιογραφίας από fm8
```

'Ανάγνωση αρχείου fm.dat

open "c:\fm\fm.dat" for input as 1

input #1,ws

close #1

mbewritestatus ws

'Ανάγνωση δεδομένων μηκοτομής από αρχείο fm.mhk

if not fileexists (ws+"fm.mhk") then

mbemessagebox "Δεν υπάρχει το αρχείο Σημαιών Μηκοτομής fm.mhk"

end

end if

open ws+"fm.mhk" for input as 1

i=0

do while not eof(1)

i=i+1

input #1,v_na(i),v_st(i),v_el(i),v_ra(i)

loop

close #1

'Ανάγνωση δεδομένων οριζοντιογραφίας από αρχείο fm.hor

if not fileexists (ws+"fm.hor") then

mbemessagebox "Δεν υπάρχει το αρχείο Κορυφών Πολυγωνικής Οριζοντιογραφίας fm.hor"

end

end if

open ws+"fm.hor" for input as 1

ii=0

do while not eof(1)

ii=ii+1

input #1,h_na(ii),h_x(ii),h_y(ii),h_sla(ii),h_ra(ii),h_slt(ii),h_e(ii)

loop

close #1

'Ανάγνωση δεδομένων οριζοντιογραφίας από αρχείο fm8

if not fileexists (ws+"fm8") then

mbemessagebox "Δεν υπάρχει το αρχείο Άξονα Οδού fm8"

end

end if

open ws+"fm8" for input as 1

iii=0

do while not eof(1)

iii=iii+1

input #1,h_st(iii),v_sta,v_stt,h_az(iii)

'Τα v_sta v_stt εδώ είναι βοηθητικά

loop

close #1

'Εντοπισμός κοιλωμάτων-συμβολισμός με αρνητική ακτίνα

for j=2 to i-1

if (v_el(j)-v_el(j-1))/(v_st(j)-v_st(j-1))<(v_el(j+1)-v_el(j))/(v_st(j+1)-v_st(j)) then

v_ra(j)=-v_ra(j)

end if

next j

'Εντοπισμός χιλιομέτρικής θέσης αρχής και τέλους κυκλικού τόξου οριζοντιογραφίας

j=0

k=1

l=1

for j=3 to iii

if h_az(j)>h_az(j-1) and h_az(j-1)=h_az(j-2) then

```

h_sta(k)=h_st(j-1)+h_sla(k+1)
k=k+1
end if
if h_az(j)=h_az(j+1) and h_az(j)>h_az(j-1) then
  h_stt(l)=h_st(j)-h_st(l+1)
  l=l+1
end if
next j

' Έλεγχος επαλληλίας οριζ. καμπύλης με κοίλωμα
m=0
for j=1 to k-1      'Σάρωση οριζοντιογραφικών καμπύλων
  for l=2 to i-1      'Σάρωση σημαιών μηκοτομής
    if v_ra(l)<0 then
      T=0.5*abs(v_ra(l))*abs(((v_el(l)-v_el(l-1))/(v_st(l)-v_st(l-1)))-((v_el(l+1)-v_el(l))/(v_st(l+1)-v_st(l))))
      v_st= v_st(l)-T
      v_stt=v_st(l)+T
      if v_stt>h_sta(j) and v_stt<h_stt(j) then
        if m<2 then m=1
        if abs(h_ra(j+1)/v_ra(l))>RH then
          beep
          m=2
          mbemessagebox "Η επαλληλία του κυκλικού τόξου που αρχίζει στη X.Θ." +cstr(h_sta(j))+ " με το κοίλωμα που αρχίζει στη X.Θ." +cstr(v_st)+ " δεν ικανοποιεί το κριτήριο ελέγχου.",MBE_CriticalIcon
        end if
      end if
      if v_st>h_sta(j) and v_st<h_stt(j) and v_stt>h_stt(j) then
        if m<2 then m=1
        if abs(h_ra(j+1)/v_ra(l))>RH then
          beep
          m=2
          mbemessagebox "Η επαλληλία του κυκλικού τόξου που αρχίζει στη X.Θ." +cstr(h_sta(j))+ " με το κοίλωμα που αρχίζει στη X.Θ." +cstr(v_st)+ " δεν ικανοποιεί το κριτήριο ελέγχου.",MBE_CriticalIcon
        end if
      end if
      if v_st<h_sta(j) and v_stt>h_stt(j) then
        if m<2 then m=1
        if abs(h_ra(j+1)/v_ra(l))>RH then
          beep
          m=2
          mbemessagebox "Η επαλληλία του κυκλικού τόξου που αρχίζει στη X.Θ." +cstr(h_st(k))+ " με το κοίλωμα που αρχίζει στη X.Θ." +cstr(v_st(l))+ " δεν ικανοποιεί το κριτήριο ελέγχου.",MBE_CriticalIcon
        end if
      end if
    end if
  end if
end if

```

```
next i
next j
if m=0 then mbemessagebox "Δεν υπάρχει επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με
κοίλωμα."
if m=1 then mbemessagebox "Σε όλες τις περιπτώσεις επαλληλίας οριζοντιογραφικής
καμπύλης με κοίλωμα ο έλεγχος ικανοποείται."
end sub
```

Δ.13 Μετατροπή του προγράμματος ελέγχου ελαχίστου μήκους ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων (αρχείο h_h_in.bas) για συνεργασία με το πρόγραμμα οδοποιίας FM.

αρχείο h_h_fm.bas

```

sub main
    ' Έλεγχος ύπαρξης μικρού ευθυγράμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών κοιλωμάτων ή κυρτωμάτων

    dim ws as string          'Working Subdirectory

    dim v_na(100) as string   'Όνομασία σημαίας μηκοτομής |
    dim v_st(100) as double   'Χίλιομετρική θέση σημαίας μηκοτομής |
    dim v_el(100) as double   'Υψόμετρο σημαίας μηκοτομής | από fm.mhk
    dim v_ra(100) as double   'Ακτίνα τόξου μηκοτομής |

    dim i as integer          'Μετρητής
    dim j as integer          'Μετρητής
    dim t1 as double          'Τ του πρώτου τόξου μηκοτομής
    dim t2 as double          'Τ του δεύτερου τόξου μηκοτομής
    dim v_sta1 as double      'Χ.Θ. αρχής τόξου μηκοτομής
    dim v_stt1 as double      'Χ.Θ. τέλους τόξου μηκοτομής
    dim v_sta2 as double      'Χ.Θ. αρχής τόξου μηκοτομής
    dim v_stt2 as double      'Χ.Θ. τέλους τόξου μηκοτομής
    dim m as integer          'Σημαία ικανοποίησης του ελέγχου.

    'Ανάγνωση αρχείου fm.dat
    open "c:\fm\fm.dat" for input as 1
    input #1,ws
    close #1
    mbewritestatus ws

    'Ανάγνωση δεδομένων μηκοτομής από αρχείο fm.mhk
    if not fileexists (ws+"fm.mhk") then
        mbemessagebox "Δεν υπάρχει το αρχείο Σημαιών Μηκοτομής fm.mhk"
    end
    end if
    open ws+"fm.mhk" for input as 1
    i=0
    do while not eof(1)
        i=i+1
        input #1,v_na(i),v_st(i),v_el(i),v_ra(i)
    loop
    close #1

```

```
'Εντοπισμός κοιλωμάτων-συμβολισμός με αρνητική ακτίνα
for j=2 to i-1
if (v_el(j)-v_el(j-1))/(v_st(j)-v_st(j-1))<(v_el(j+1)-v_el(j))/(v_st(j+1)-v_st(j)) then
  v_ra(j)=-v_ra(j)
end if
next j
```

```
"Ελεγχος
m=0
for j=2 to i-1
  if v_ra(j)*v_ra(j+1)>0 then
    if m<2 then m=1
    t1=0.5*abs(v_ra(j))*abs(((v_el(j)-v_el(j-1))/(v_st(j)-v_st(j-1)))-((v_el(j+1)-v_el(j))/(v_st(j+1)-v_st(j))))
    v_sta1=v_st(j)-t1
    v_stt1=v_st(j)+t1
    t2=0.5*abs(v_ra(j+1))*abs(((v_el(j+1)-v_el(j))/(v_st(j+1)-v_st(j)))-((v_el(j+2)-v_el(j+1))/(v_st(j+2)-v_st(j+1))))
    v_sta2=v_st(j+1)-t2
    v_stt2=v_st(j+1)+t2
    if t1<t2 then
      if v_sta2-v_stt1<t1 then
        beep
        m=2
      mbemessagebox"Το ευθύγραμμο τμήμα στη μηκοτομή μεταξύ των Χ.Θ. "+cstr(v_stt1)+" και "+cstr(v_sta2)+" έχει μήκος μικρότερο από το Τ του τόξου που προηγείται.", Mbe_CriticalIcon
      end if
    else
      if v_sta2-v_stt1<t2 then
        beep
        m=2
      mbemessagebox"Το ευθύγραμμο τμήμα στη μηκοτομή μεταξύ των Χ.Θ. "+cstr(v_stt1)+" και "+cstr(v_sta2)+" έχει μήκος μικρότερο από το Τ του τόξου που έπειται.", Mbe_CriticalIcon
      end if
    end if
  next j
  if m=0 then mbemessagebox "Δεν υπάρχουν διαδοχικά κοιλώματα ή κυρτώματα με ενδιάμεσο ευθύγραμμο τμήμα στη μηκοτομή."
  if m=1 then mbemessagebox "Ελεγχος ΟΚ."
end sub
```