

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ. ΚΑΝΕΛΛΑΪΔΗΣ

**« ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΑΝΙΣΟΠΕΔΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΜΟΡΦΗΣ ΡΟΜΒΟΥ »**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΒΑΡΟΥΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2004

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Γεώργιο Κανελλαΐδη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά την ανάθεση της εργασίας καθώς και για την καθοδήγηση του .

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιστημονικό συνεργάτη Φώτιο Μερτζάνη και τον Κωνσταντίνο Κετταπτσόγλου για την πολύτιμη και σημαντική βοήθεια που μου προσέφεραν καθώς και όλους εκείνους που με βοήθησαν για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Καθώς η ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί και την λήξη της περιόδου φοίτησης μου στο Ε.Μ.Π, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συνεχή υποστήριξη και βοήθεια προκειμένου να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Ελπίζω το αποτέλεσμα να δικαιώνει τις προσδοκίες τους.

Αφιερώνεται στους γονείς μου

Σύνοψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την ανάπτυξη προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, με τη βοήθεια του οποίου θα σχεδιάζεται η οριζοντιογραφία ανισόπεδου κόμβου μορφής ρόμβου καθώς και οι μηκοτομές των συνδετήριων κλάδων. Η ανάπτυξη και η λειτουργία του προγράμματος στηρίζεται σε συγκεκριμένους κανονισμούς σχεδιασμού ανισόπεδων κόμβων. Οι κανονισμοί που εφαρμόστηκαν είναι οι Γερμανικοί κανονισμοί RAL-K-2.

Ο κώδικας του προγράμματος είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic και το περιβάλλον λειτουργίας του προγράμματος είναι το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation.

Το πρόγραμμα που αναπτύσσεται αποτελεί μία προσπάθεια αυτοματοποίησης του σχεδιασμού οριζοντιογραφίας ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου και μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων, προκειμένου να διευκολυνθεί η εργασία του μηχανικού με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Abstract

The subject of this thesis is the development of a software package, which will be used in designing the horizontal and vertical alignment of a diamond –type interchange. The design standards used are the German RAL-K-2 . The program is written in Visual Basic and operates under a Microstation environment. The study's objective is the development of a user friendly software package which will help the engineer in designing a diamond interchange.

Περίληψη

Το κεντρικό θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη προγράμματος σχεδίασης οριζοντιογραφίας ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου και των μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων του. Η διπλωματική εργασία αποτελείται από τα παρακάτω κεφάλαια.

Στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά θέματα των ανισόπεδων κόμβων. Αναφέρονται ορισμοί, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ανισόπεδων κόμβων καθώς και περισσότερες πληροφορίες για τον ανισόπεδο κόμβο τύπου ρόμβου.

Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των προγραμμάτων σχεδιασμού οδών και κόμβων που διατίθενται σήμερα.

Στο 3^ο κεφάλαιο περιγράφονται οι μαθηματικές και γεωμετρικές σχέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του προγράμματος.

Το 4^ο κεφάλαιο περιέχει γενικές πληροφορίες για τον προγραμματισμό ενώ περιγράφονται αναλυτικά η λειτουργία του προγράμματος σχεδίασης οριζοντιογραφίας ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου και των μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων.

Στο 5^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα του προγράμματος που περιγράφηκε στο 4^ο κεφάλαιο. Στο 6^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται συμπεράσματα από την διπλωματική εργασία και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα. Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Στο παράρτημα Α περιγράφονται με αναλυτική απόδοση οι Γερμανικοί κανονισμοί RAL-K-2 που εφαρμόστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία και στο παράρτημα Β παρουσιάζονται φωτογραφίες ανισόπεδων κόμβων τύπου ρόμβου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Σελίδα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΙ ΚΟΜΒΟΙ

1.1 Ορισμοί.....	1
1.2 Θεμελιώδεις αρχές διαμόρφωσης κόμβων.....	2
1.3 Τύποι ανισόπεδων κόμβων.....	3
1.4 Ρόμβος.....	8
1.5 Πλεονεκτήματα ανισόπεδων κόμβων.....	10
1.6 Μειονεκτήματα ανισόπεδων κόμβων.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Η/Υ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

2.1 Γενικά.....	11
2.2 Προγράμματα σχεδιασμού οδών.....	11
2.2.1 Πρόγραμμα «ΟΔΟΣ 6».....	11
2.2.2 Πρόγραμμα « ΟΔΟΠΟΙΪΑ TESSERA ».....	15
2.2.3 Πρόγραμμα « Prost».....	16
2.2.3.1 Γενικά.....	16
2.2.3.2 Αναλυτική περιγραφή του προγράμματος.....	17
2.2.3.2.1 Prost S.....	17
2.2.3.2.2 Prost X.....	19
2.2.3.2.3 Prost Z.....	20
2.2.4 Πρόγραμμα « Autodesk Civil Desing ».....	23
2.2.4.1 Γενικά.....	21
2.2.4.2 Αναλυτική περιγραφή προϊόντος.....	21
2.2.4.3 Δυνατότητες	21
2.2.5 Πρόγραμμα « Inroads ».....	22
2.2.6 Πρόγραμμα MX-MOSS.....	24
2.3 Προγράμματα σχεδιασμού οδικών κόμβων (αποκλειστικά).....	26
2.3.1 Πρόγραμμα RIDS.....	26
2.3.2 Πρόγραμμα SIDRA.....	27

2.3.3 Πρόγραμμα Διπλωματικής Εργασίας με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων».....	27
2.4 Συμπεράσματα.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ – ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΜΒΟΥ ΜΟΡΦΗΣ ΡΟΜΒΟΥ

3.1 Τομή δύο ευθειών.....	31
3.2 Γεωμετρία της κλωθοειδούς.....	33
3.3 Υπολογισμός τόξου στρογγύλευσης μηκοτομής.....	35
3.4 Επικλίσεις.....	37
3.5 Άξονες οδών.....	38
3.6 Οριζοντιογραφία συνδετήριων κλάδων.....	38
3.7 Μηκοτομή συνδετήριων κλάδων.....	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ Η/Υ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΝΙΣΟΠΕΔΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΜΟΡΦΗΣ ΡΟΜΒΟΥ ΚΑΙ ΜΗΚΟΤΟΜΩΝ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΚΛΑΔΩΝ

4.1 Προγραμματισμός.....	39
4.1.1 Γενική δομή.....	39
4.1.2 Αρχές προγραμματισμού.....	40
4.1.3 Τεχνικές προγραμματισμού.....	41
4.2 Χειρισμός του προγράμματος από τον χρήστη.....	43
4.2.1 Φύση των προγραμμάτων Η/Υ.....	43
4.2.2 Κλήση των προγραμμάτων.....	43
4.2.3 Περιβάλλον χειρισμού των προγραμμάτων.....	44
4.2.4 Έναρξη προγράμματος.....	46
4.3 Το κέλυφος κλήσης των προγραμμάτων <<Κόμβοι>>.....	47
4.3.1 Τύπος ανισόπεδου κόμβου.....	49
4.3.2 Σχεδιασμός οδών.....	49
4.3.3 Ταχύτητες Μελέτης.....	51
4.3.4 Οριζοντιογραφία Ράμπας.....	51
4.3.5 Πίνακες Ράμπας.....	62
4.3.6 Εισαγωγή Χαρακτηριστικών Σημείων.....	64

4.3.7 Χρήσιμες Πληροφορίες.....	66
4.3.8 Μηκοτομή Ράμπας.....	69
4.3.9 Διαγραφή.....	76
4.3.10 Αντιγραφή σε δισκέτα.....	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

5.1 Σχεδιασμός οδών.....	78
5.2 Σχεδιασμός οριζοντιογραφιών συνδετηρίων κλάδων.....	80
5.3 Σχεδιασμός μηκοτομών των συνδετηρίων κλάδων	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Γενικά συμπεράσματα.....	91
6.2 Προτάσεις.....	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

7.1 Βιβλιογραφία σχετική με την οδοποιία και τον σχεδιασμό οδικών κόμβων.....	93
7.2 Βιβλιογραφία σχετική με τους διεθνείς κανονισμούς χαράξεων.....	94
7.3 Βιβλιογραφία σχετική με προγράμματα ηλεκτρονικών Η/Υ.....	94
7.4 Διπλωματικές εργασίες που χρησιμοποιήθηκαν ως βιβλιογραφία....	94
7.5 Χρήσιμες διευθύνσεις στο διαδίκτυο.....	95
7.6 Βιβλιογραφία σχετική με αναλυτική γεωμετρία.....	95

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΓΕΡΜΑΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ RAL-K-2 ΓΙΑ ΑΝΙΣΟΠΕΔΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ

1.	Εισαγωγή.....	96
2.	Περιοχή ισχύος.....	96
3.	Θεμελιώδεις αρχές για τον σχεδιασμό κόμβων.....	97
	3.1 Γενικά.....	97
	3.2 Ασφάλεια.....	97
	3.3 Κυκλοφοριακή ικανότητα.....	98
	3.4 Οικονομικότητα.....	99
4.	Προκαταρκτικές επιδιώξεις στην μελέτη ανισόπεδων κόμβων.....	99
	4.1 Στοιχεία Μελέτης.....	99
	4.2 Εκλογή του διερχόμενου οδοστρώματος.....	100
	4.3 Ταχύτητα μελέτης στον κόμβο.....	100
	4.4 Απόσταση ανάμεσα σε κόμβους.....	101
	4.5 Θέση του κόμβου.....	102
	4.5.1 Γενικά.....	102
	4.5.2 Οριζοντιογραφία.....	102
	4.5.3 Μηκοτομή.....	103
	4.6 Θέματα συντήρησης.....	104
5.	Συστήματα κόμβων.....	104
	5.1 Βασικές αρχές για την εκλογή συστήματος κόμβου	104
	5.2 Τύποι συνδετήριων κλάδων.....	106
	5.3 Κόμβοι μεταξύ αυτοκινητοδρόμων.....	107
	5.3.1 Γενικά.....	107
	5.3 2 Κόμβοι τριών κλάδων.....	107
	5.3.2.1 Σάλπιγγα και ‘αχλάδι’.....	107
	5.3.2.2 Κόμβος τριγωνικής μορφής (τρίγωνο ή δέλτα).....	109
	5.3.2.3 Διακλάδωση.....	110
	5.3.3 Κόμβοι τεσσάρων κλάδων (διασταυρούμενων αυτοκινητόδρομων).....	111
	5.3.3.1 Πλήρες τετράφυλλο.....	111
	5.3.3.2 Σύστημα με τεταμένη χάραξη των αριστερά εξόδων.....	114

5.3.4	Διασταύρωση με δευτερεύουσες οδούς.....	116
5.3.4.1	Γενικά.....	116
5.3.4.2	Κόμβοι τριών κλάδων.....	117
5.3.4.3	Κόμβοι τεσσάρων κλάδων.....	119
5.3.4.3.1	Μισό τετράφυλλο.....	119
5.3.4.3.2	Διαμάντι ή Ρόμβος.....	122
5.3.4.3.3	Ειδικά συστήματα.....	124
6.	Υπολογισμός και κατασκευή.....	124
6.1	Γενικά.....	124
6.2	Συνδετήριοι κλάδοι (περιλαμβάνονται και τα κατανεμητήρια οδοστρώματα).....	125
6.2.1	Ομάδες και τύποι ραμπών.....	125
6.2.2	Στοιχεία μελέτης σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή.....	125
6.2.2.1	Βάσεις.....	125
6.2.2.2	Οριζοντιογραφία.....	128
6.2.2.3	Μηκοτομή.....	129
6.2.3	Στοιχεία μελέτης της διατομής.....	130
6.2.3.1	Συσχετισμός των διατομών με τις ομάδες ραμπών.....	130
6.2.3.2	Εγκάρσια κλίση.....	133
6.2.3.3	Υπερύψωση και περιστροφή.....	133
6.2.3.4	Διαπλάτυνση οδοστρώματος στην καμπύλη.....	135
6.2.3.5	Διεύρυνση οδοστρώματος.....	135
6.3	Έξοδοι.....	136
6.3.1	Γενικά.....	136
6.3.2	Διαμόρφωση της περιοχής εξόδου.....	136
6.3.2.1	Γενικά.....	136
6.3.2.2	Τύποι εξόδων από διερχόμενα οδοστρώματα.....	138
6.3.2.3	Τύποι εξόδων επί ραμπών.....	139

6.3.3	Διαστάσεις των λωρίδων εκτροπής.....	140
6.3.4	Διαμόρφωση της αιχμής.....	141
6.4	Είσοδοι.....	143
6.4.1	Γενικά.....	143
6.4.2	Διαμόρφωση της περιοχής εισόδου.....	143
6.4.2.1	Γενικά.....	143
6.4.2.2	Τύποι εισόδων επί ραμπών.....	149
6.4.3	Διαστάσεις των λωρίδων ενσωμάτωσης.....	149
6.4.4	Διαμόρφωση της αιχμής εισόδου.....	150
6.5	Λωρίδες πλέξης.....	150
6.5.1	Λωρίδες πλέξης σε διερχόμενα οδοστρώματα...	150
6.5.2	Λωρίδες πλέξης επί συνδετήριων ραμπών.....	151
6.6	Συμβολές ραμπών στη δευτερεύουσα οδό.....	153
6.7	Υπολογισμός ορατότητας.....	157
6.7.1	Γενικά.....	157
6.7.2	Ορατότητα για εκκίνηση.....	158
6.7.3	Ορατότητα για προσέγγιση.....	160
6.8	Ανισόπεδοι κόμβοι σε οδούς δύο λωρίδων.....	162
7.	Εξοπλισμός.....	162
7.1	Βασικές αρχές.....	162
7.2	Πινακίδες καθοδήγησης κυκλοφορίας.....	163
7.2.1	Γενικά.....	163
7.2.2	Προσθήκη λωρίδας.....	163
7.2.3	Πέρασ της λωρίδας.....	163
7.2.4	Περιπτώσεις χρήσης.....	165

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΝΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΜΟΡΦΗΣ ΡΟΜΒΟΥ.....	167
---	------------

1. Εισαγωγή – Κυκλοφοριακοί κόμβοι

1.1 Ορισμοί

Οι κυκλοφοριακοί κόμβοι αποτελούν κρίσιμα στοιχεία ενός οδικού δικτύου, ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές και δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι σ' αυτούς παρατηρούνται και τα περισσότερα ατυχήματα και δημιουργούνται τα μεγαλύτερα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης και καθυστερήσεων.

Ο όρος «κόμβος» ορίζεται ως η σύνδεση δύο ή περισσότερων οδών. Κάθε κόμβος διακρίνεται σε ισόπεδο ή ανισόπεδο κόμβο.[3]

Ισόπεδος κόμβος είναι η περιοχή όπου συνδέονται ισόπεδα δύο ή περισσότερες οδοί περιλαμβανομένων των διαμορφώσεων – εξοπλισμού των οδών και του παρόδιου χώρου για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας.[2]

Ανισόπεδος κόμβος είναι η περιοχή όπου συνδέονται ανισόπεδα δύο ή περισσότερες οδοί περιλαμβανομένων των έργων υψομετρικού διαχωρισμού, των οδικών κλάδων σύνδεσης (ράμπες) και των διαμορφώσεων – εξοπλισμού των οδών και του παρόδιου χώρου για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας. Επισημαίνεται ότι η απλή ανισόπεδη διασταύρωση (π.χ κάτω διάβαση) δεν είναι ανισόπεδος κόμβος. [2] Σε περίπτωση που δεν υπάρχει σύνδεση τότε χρησιμοποιείται ο όρος «ανισόπεδη διασταύρωση». [3]

Βασικό στοιχείο κάθε κόμβου αποτελούν οι χώροι ελιγμών στα σημεία συναντήσεως των κυκλοφοριακών ρευμάτων. Διακρίνονται τρεις μορφές ελιγμών: η διασταύρωση (Crossing), η συμβολή (Merging) και ο μερισμός (Diverging). Οι ελιγμοί ονομάζονται στοιχειώδεις όταν συναντώνται δύο μόνο ρεύματα μιας κατεύθυνσης (Σχήμα 1-1) ή πολλαπλοί όταν συναντώνται περισσότερα ρεύματα. [3]



Σχήμα 1-1 : Στοιχειώδεις ελιγμοί

Πηγή : [3]

1.2 Θεμελιώδεις αρχές διαμόρφωσης κόμβων

Οι κόμβοι αποτελούν σημαντικά τμήματα ενός οδικού δικτύου αφού σε μεγάλο βαθμό η ταχύτητα, η ασφάλεια, η κυκλοφοριακή ικανότητα και το κόστος λειτουργίας στο οδικό δίκτυο εξαρτώνται από την ποιότητα λειτουργίας τους.[2] Επομένως για τη διαμόρφωση των κόμβων πρέπει να εξασφαλίζονται τα εξής:

- ασφάλεια της κυκλοφορίας
- επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα
- αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας
- ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο

Η *ασφάλεια της κυκλοφορίας* στον κόμβο εξαρτάται από την [2] :

- ο Έγκαιρη αναγνώριση από όλες τις προσβάσεις του, ώστε οι οδηγοί να πραγματοποιήσουν εγκαίρως τους απαιτούμενους ελιγμούς (στροφές εισόδου/ εξόδου, διασταυρώσεις κ.λ.π)
- ο Επαρκή εποπτεία ώστε οι υποχρεούμενοι να περιμένουν κατά την προσέγγιση στον κόμβο να μπορούν εγκαίρως να βλέπουν αυτούς που έχουν προτεραιότητα κίνησης.
- ο Κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να κινούνται ασφαλώς τα οχήματα και οι χρήστες (κατάλληλα πλάτη λωρίδων, επαρκείς ακτίνες στροφών κ.λ.π)
- ο Καταληπτή λειτουργία ώστε να γίνονται εύκολα αντιληπτά από τους χρήστες οι θέσεις εισόδων/ εξόδων, η προτεραιότητα κ.λ.π)

Η *κυκλοφοριακή ικανότητα* ενός κόμβου εξαρτάται από τη διευθέτηση της κίνησης όλων των κυκλοφοριακών ρευμάτων, ώστε να μην προκύπτουν μεγάλα χρονικά διαστήματα αναμονής για κανένα από αυτά.[2]

Το *κόστος κατασκευής και λειτουργίας* θεωρείται αποδεκτό όταν, για δεδομένο επίπεδο ασφαλείας, κυκλοφοριακής ικανότητας και προσαρμογής στον περιβάλλοντα χώρο, το σύνολο των δαπανών κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας είναι ελάχιστο.[2]

Η προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο ενός κόμβου θεωρείται ικανοποιητική όταν οι επιβαρύνσεις στο περιβάλλον της περιοχής του κόμβου (απορροή όμβριων, ηχορρύπανση, ατμοσφαιρική ρύπανση) παραμένουν κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια. [2]

1.3 Τύποι ανισόπεδων κόμβων

Οι ανισόπεδοι κόμβοι χαρακτηρίζονται από :

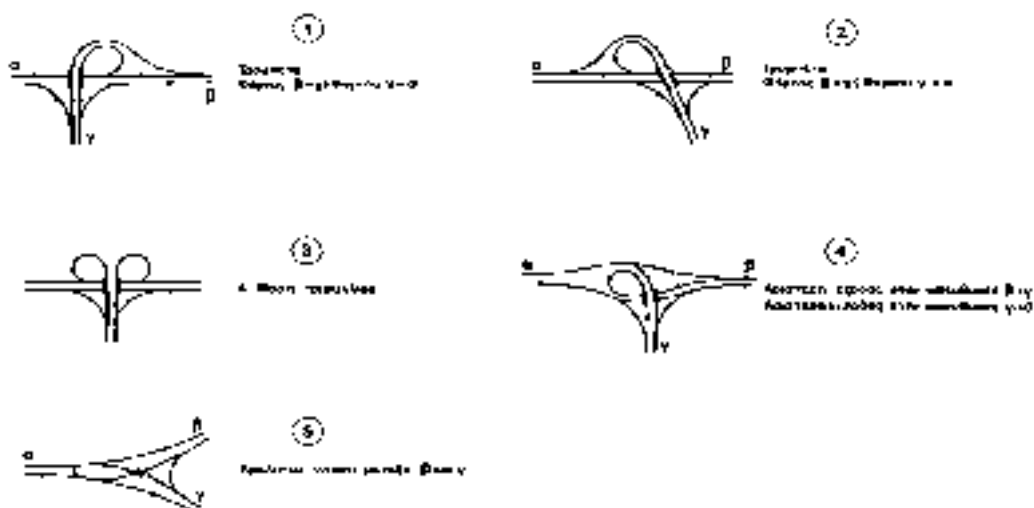
- τον αριθμό των σκελών τους : τριών σκελών, τεσσάρων σκελών, πολυσκελείς
- τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων επιπέδων : δύο, τριών ή τεσσάρων επιπέδων
- τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων τεχνικών έργων : ένα ή περισσότερα τεχνικά έργα
- την μορφή τους : τριφύλλι, ρόμβος, τρομπέτα

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικοί τύποι ανισόπεδων κόμβων τριών και τεσσάρων σκελών. Πολυσκελείς ανισόπεδοι κόμβοι, δηλαδή κόμβοι με περισσότερα από τέσσερα σκέλη, παρουσιάζουν δυσκολίες διαμόρφωσης και πρέπει να αποφεύγονται (λόγω πολυπλοκότητας) κατά το δυνατό στη διαμόρφωση του οδικού δικτύου.[3]

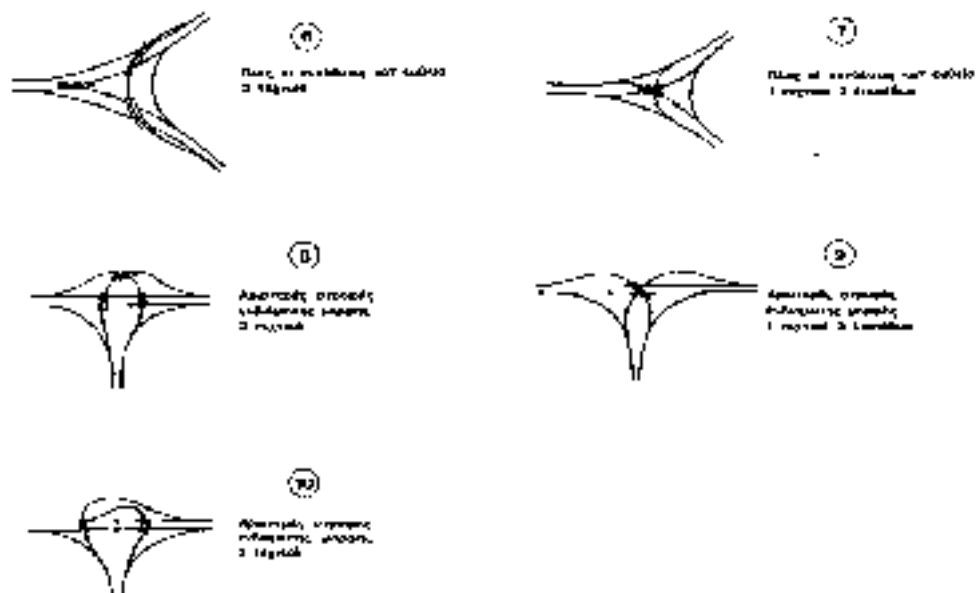
Στο Σχήμα 1-2 παρουσιάζονται χαρακτηριστικοί ανισόπεδοι κόμβοι τριών σκελών που διακρίνονται σε κόμβους ενός απλού τεχνικού έργου και σε κόμβους πολλαπλών τεχνικών έργων. Από τους πρώτους η «σάλπιγγα» (ή τρομπέτα) αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή (τύποι 1,2). Η επιλογή μεταξύ των τύπων 1 και 2 γίνεται κατά τρόπο ώστε η σημαντικότερη αριστερή κίνηση να εξυπηρετείται από την ράμπα ενδιάμεσης μορφής και η λιγότερο σημαντική από τον βρόχο. Η «σάλπιγγα» προσφέρεται για κόμβους όπου μία δευτερεύουσα αρτηρία συναντά μια ελεύθερη λεωφόρο. Ο τύπος 3 χρησιμοποιείται ως πρώτη φάση ενός κόμβου μορφής τριφυλλιού και ο τύπος 4 αποτελεί μία παραλλαγή του τύπου 2. Ο τύπος 5 προσφέρεται για κόμβους μορφής Υ όταν η κίνηση μεταξύ των δύο σκελών β και γ είναι αμελητέα. Η δεξιά στροφή μεταξύ β και γ είναι δυνατό να εξυπηρετηθεί με μία κατ' ευθεία σύνδεση ενώ η αντίστοιχη αριστερή στροφή εξυπηρετείται μόνο

με μία ράμπα μικρής ακτίνας που επί πλέον δημιουργεί δύο περιοχές πλέξης. Οι τύποι 6 και 7 εξυπηρετούν όλες τις μετακινήσεις με κατ' ευθεία συνδέσεις. Τέλος στους τύπους 8,9,10 οι αριστερές στροφές εξυπηρετούνται με συνδέσεις ενδιάμεσης μορφής με τρία τεχνικά έργα, ένα τεχνικό έργο τριών επιπέδων ή δύο τεχνικά έργα αντίστοιχα.[3]

Α. Με ένα οριζόντιο τεχνικό έργο



Β. Με πολλαπλά τεχνικά έργα



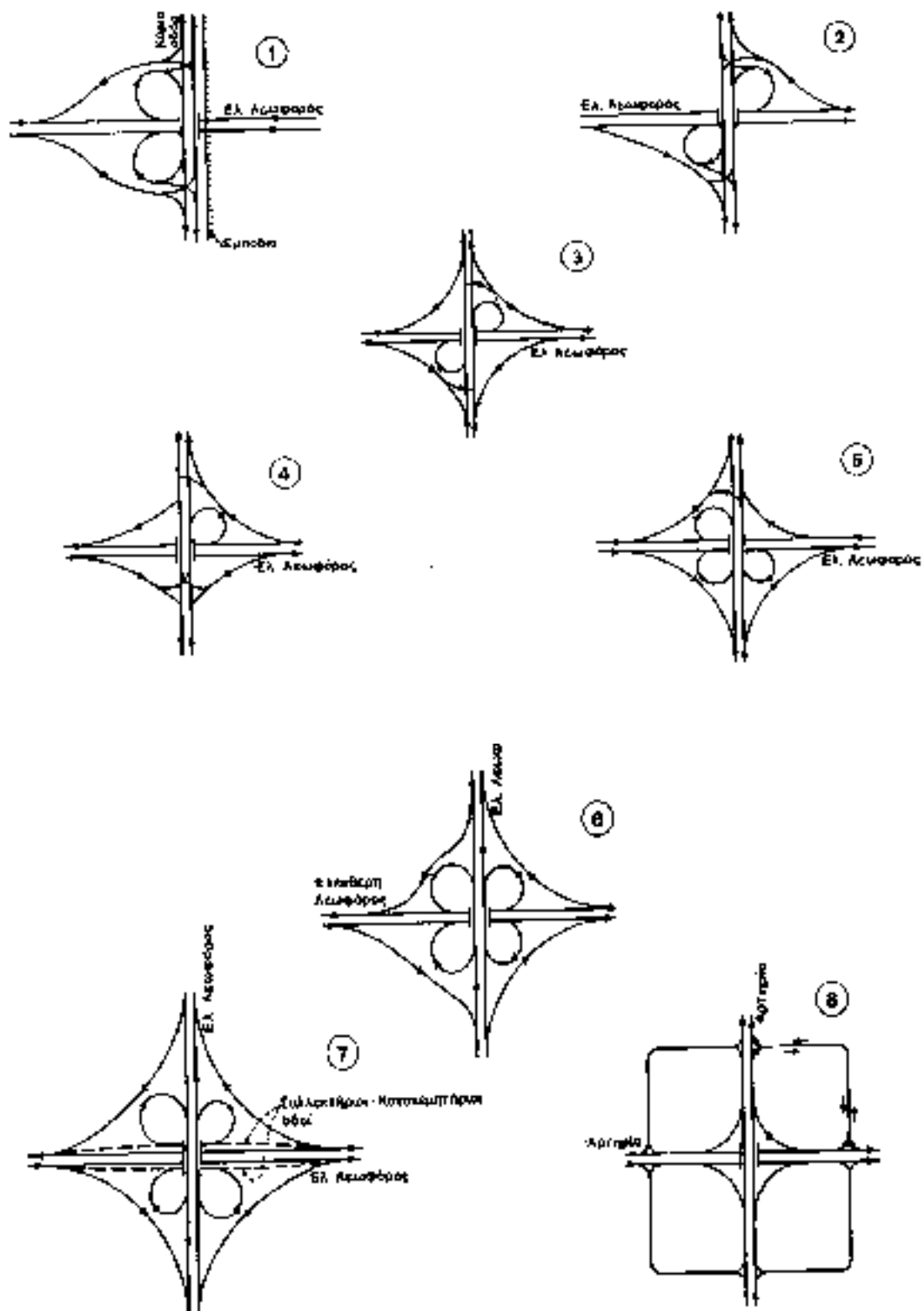
Σχήμα 1-2 : Ανισόπεδοι κόμβοι 3 σκελών

Πηγή : [3]

Οι ανισόπεδοι κόμβοι τεσσάρων σκελών διαχωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες μορφών : το τριφύλλι ,τους κατευθυντήριους κόμβους και τους ρόμβους.

Τετράφυλλο (Clover leaf) :

Το πλήρες τετράφυλλο, τριφύλλι (Full clover leaf) αποτελεί το μόνο ανισόπεδο κόμβο τεσσάρων σκελών στον οποίο υπάρχουν ισόπεδες διασταυρώσεις. Όλες οι αριστερές στροφές πραγματοποιούνται με βρόχους και όλες οι δεξιές με κατ' ευθείαν συνδέσεις. Επειδή η είσοδος από κάθε βρόχο δημιουργείται πριν από την έξοδο του επόμενου βρόχου, δημιουργούνται 4 περιοχές πλέξης, που μπορούν να εξαιρεθούν με την προσθήκη συλλεκτήριων – κατανεμητήριων οδών παράλληλων προς τα κύρια οδοστρώματα. Στο μερικό τετράφυλλο (Partial clover leaf) καταργούνται ορισμένοι βρόχοι (συνήθως δύο) ή ακόμη και ορισμένες ράμπες κατ' ευθεία κίνησης για δεξιές στροφές και οι αντίστοιχες κινήσεις διοχετεύονται στις υπόλοιπες ράμπες όπου εξυπηρετούνται με ισόπεδες διασταυρώσεις. Οι κόμβοι μορφής τετράφυλλου καταλαμβάνουν μεγάλη επιφάνεια και επομένως δεν συνηθίζονται στις αστικές περιοχές όπου το κόστος γης είναι μεγάλο. Στο Σχήμα 1-3 παρουσιάζονται ανισόπεδοι κόμβοι μορφής τετράφυλλου.[3]



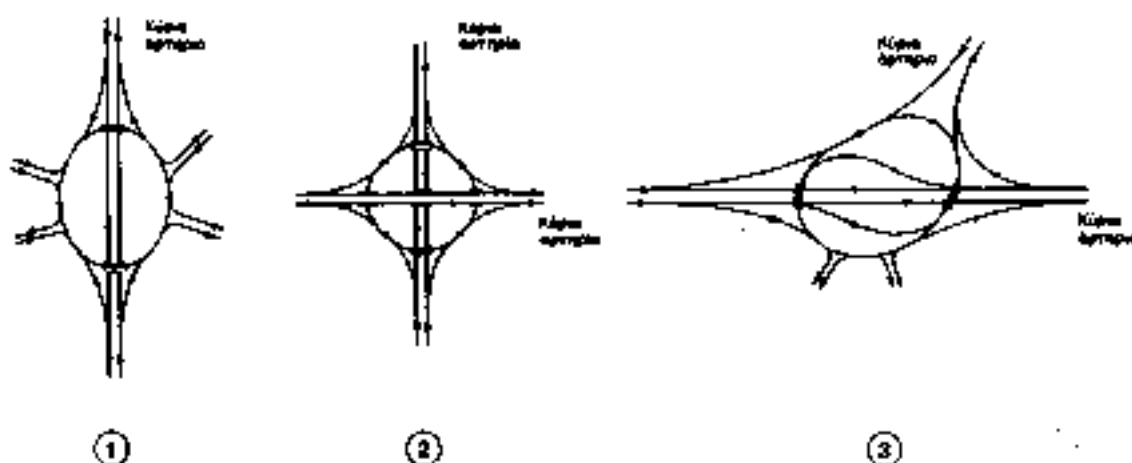
Σχήμα 1-3: Ανισόπεδοι κόμβοι μορφής τετράφυλλου

Πηγή : [3]

Κυκλικοί Κόμβοι

Οι κυκλικοί κόμβοι αποτελούν ειδική μορφή κόμβων όπου τα οχήματα κινούνται συνεχώς σε αντισωρολογιακή φορά γύρω από μία κεντρική κυκλική νησίδα. Στους κυκλικούς κόμβους όλες οι διασταυρώσεις κυκλοφοριακών ρευμάτων μετατρέπονται σε διαδοχικούς ελιγμούς συμβολής και μερισμού. Έτσι αποφεύγεται η διασταύρωση αλλά δημιουργείται μία περιοχή πολλαπλής πλέξης. Οι κυκλικοί κόμβοι εφαρμόστηκαν ευρύτατα στο παρελθόν όπου οι κυκλοφοριακοί φόρτοι ήταν χαμηλοί ενώ σήμερα εφαρμόζονται σε ειδικές περιπτώσεις όπως σε πολυσκελείς ισόπεδες διασταυρώσεις προαστιακών περιοχών.

Στο Σχήμα 1-4 παρουσιάζονται ανισόπεδοι κυκλικοί κόμβοι.[3]



Σχήμα 1-4: Ανισόπεδοι κυκλικοί κόμβοι

Πηγή : [3]

1.4 Ρόμβος

Αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή κόμβου για αστικές και υπεραστικές οδούς. Χρησιμοποιείται συνήθως στις διασταυρώσεις μιας ελεύθερης ή ταχείας λεωφόρου με άλλες αρτηρίες μικρότερης σημασίας. Αποτελείται από τέσσερις συνδετήριους κλάδους απλής κατεύθυνσης. Όλες οι αριστερές στροφές πραγματοποιούνται ισόπεδα στην δευτερεύουσα από τις δύο διασταυρούμενες οδούς, ενώ στην κύρια οδό δημιουργούνται είσοδοι και έξοδοι μεγάλης ταχύτητας.

Στις περιπτώσεις που η δευτερεύουσα οδός παρουσιάζει σημαντικούς κυκλοφοριακούς φόρτους οι ισόπεδες διασταυρώσεις απαιτούν σηματοδότηση. Ο κόμβος μορφής ρόμβου είναι δυνατό να σχεδιαστεί ώστε να μη χρειάζεται επί πλέον πλάτος απαλλοτρίωσης από ότι υπάρχει στην κύρια από τις διασταυρούμενες αρτηρίες, γι' αυτό προσφέρεται για τις αστικές περιοχές και ιδιαίτερα για τις κεντρικές περιοχές των πόλεων.[3]

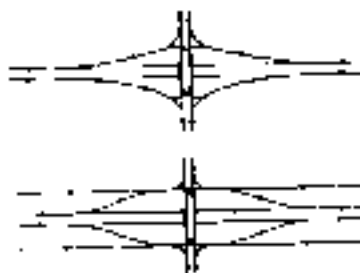
Στο Σχήμα 1-6 δίδονται οι πιο συνηθισμένοι τύποι κόμβων μορφής ρόμβου. Οι τύποι 1 και 2 αποτελούν την συνηθισμένη τυπική μορφή ρόμβου χωρίς ή με παράπλευρες οδούς αντίστοιχα. Παράπλευρες οδοί χρησιμοποιούνται σε αναπτυσσόμενες οικιστικά περιοχές και χρησιμεύουν εκτός από την εξυπηρέτηση των προσβάσεων στις ιδιοκτησίες κατά μήκος της κύριας οδού και στην σύνδεση του κόμβου με το τοπικό δίκτυο της περιοχής του. Οι ράμπες πρέπει να συνδέονται με τις παράπλευρες οδούς σε αρκετή απόσταση από την διασταύρωση ώστε να απλοποιούνται οι ελιγμοί στην περιοχή των ισόπεδων κόμβων.

Οι τύποι 3 και 4 αποτελούν μορφές διαιρούμενου ρόμβου, όπου κάθε ζεύγος ράμπας συνδέεται με δύο διασταυρούμενες οδούς διπλής (τύπος 3) ή απλής (τύπος 4) κατευθύνσεως. Έτσι οι συναντήσεις των κυκλοφοριακών ρευμάτων απλοποιούνται γιατί κατανέμονται σε τέσσερις, αντί για δύο ισόπεδες διασταυρώσεις.[3]

Στον τύπο 5 προβλέπονται ειδικές συνδέσεις για στροφές μορφής U που έτσι δεν διασταυρώνονται με τη δευτερεύουσα οδό. Η μορφή αυτή είναι απαραίτητη όπου οι φόρτοι των κινήσεων U στην δευτερεύουσα οδό είναι σημαντικοί.

Οι τύποι 6-8 απαιτούν περισσότερα από ένα τεχνικά έργα. Οι τύποι 6 και 7 χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις τοπογραφίας ή ανάγκης περιορισμού του εύρους κατάληψης. Ο τύπος 8 διπλού ρόμβου 3 επιπέδων, επιτρέπει συνεχή ροή και στις δύο διασταυρούμενες οδούς. Μόνο οι αριστερές στροφές διασταυρώνονται ισόπεδα σε ένα τρίτο επίπεδο.

α. Τυπικές φασμάδες



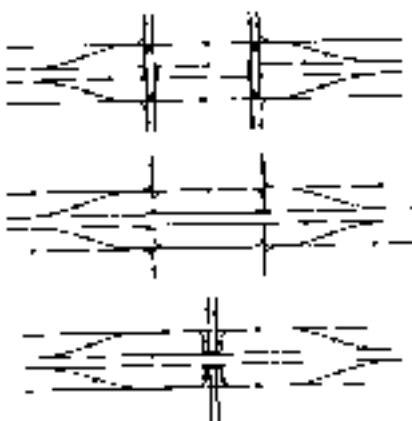
①

Ελάχιστες παρατηρήσεις οδών

②

Περίσφιξη οδών με οδούς οριζόντιας κατεύθυνσης

β. Διατάξεις εξαγωγικών, σημειακών διασπαραγμών



③

Διαρρηκτική οδός με οδούς οριζόντιας κατεύθυνσης

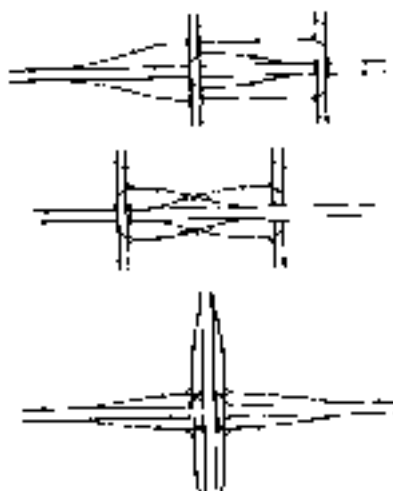
④

Διαρρηκτική οδός με οδούς οριζόντιας κατεύθυνσης

⑤

Οριζόντιας οδός με οδούς οριζόντιας κατεύθυνσης

γ. Με προβλεπόμενα τεχνικά έργα



⑥

⑦

Οι οδούς οριζόντιας κατεύθυνσης και οι οδούς οριζόντιας κατεύθυνσης

ΣΧΗΜΑ 1-5 : Ανισόπεδοι κόμβοι μορφής ρόμβου

Πηγή : [3]

1.5 Πλεονεκτήματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ανισόπεδων κόμβων είναι τα παρακάτω :

1. Η χωρητικότητα των διερχόμενων οδών εκτός του κόμβου, μπορεί να πλησιάζει ή να είναι ίση με την χωρητικότητα αυτών στην περιοχή του κόμβου.[4]
2. Η ασφάλεια για την διερχόμενη και την προς τα αριστερά στρεφόμενη κυκλοφορία είναι αυξημένη. Οι ελιγμοί στροφής προς τα δεξιά γίνονται όπως και στις ισόπεδες διασταυρώσεις, αλλά γενικά σε διάδρομο πολύ υψηλής στάθμης με αποτέλεσμα την αύξηση της ασφάλειας. Εξαίρεση αποτελούν κάποιοι τύποι μερικού τριφυλλιού όπου η αριστερά στρέφουσα κίνηση δεν είναι ανεξάρτητη όπως στο πλήρες τριφύλλι αλλά διασταυρώνεται με άλλες κινήσεις ρευμάτων.[4]
3. Για τους ελιγμούς διέλευσης, δεν υπάρχουν στάσεις και αξιόλογες μεταβολές της ταχύτητας. Τα οχήματα συνήθως επιβραδύνουν την πορεία τους κατά τους ελιγμούς στροφής, όχι όμως σε μεγάλο βαθμό. Η συνεχής ροή της κυκλοφορίας έχει ως αποτέλεσμα την οικονομία χρόνου και των εξόδων κίνησης του οχήματος και βοηθά στην άνεση και στην εξυπηρέτηση των οδηγών.[4]
4. Μπορεί να προσαρμοστούν σε μεγάλο εύρος γωνιών διασταύρωσης (συνήθως 70° - 110° για τους Γερμανικούς κανονισμούς) . Όταν οι οδοί τέμνονται υπό γωνία μικρότερη των 70° ή μεγαλύτερη των 110° εισάγονται κατάλληλες καμπύλες στην οριζοντιογραφία της δευτερεύουσας οδού για να αμβλυνθεί ή οξυνθεί, αντιστοίχως, η γωνία τομής των αξόνων.[2]

1.6 Μειονεκτήματα

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των ανισόπεδων κόμβων, οφείλονται σε οικονομικούς λόγους και στις πρακτικές δυσκολίες της κατασκευής, σε περιοχές με ανώμαλο έδαφος και περιορισμένη επιφάνεια απαλλοτρίωσης.

1. Ο διαχωρισμός των επιπέδων των οδών και η κατασκευή των ανισόπεδων κόμβων απαιτούν υψηλή δαπάνη. Η μελέτη, η απαλλοτρίωση, η κατασκευή και η συντήρηση, είναι ακριβότερες από τις αντίστοιχες μιας τυπικής ισόπεδης διασταύρωσης.[4]
2. Το σχέδιο ανισόπεδων κόμβων μπορεί να προκαλέσει σύγχυση σε μερικούς οδηγούς, ιδιαίτερα όταν αυτοί δεν γνωρίζουν τον κόμβο. Πάντως οι ανισόπεδοι κόμβοι λειτουργούν καλύτερα, όταν οι οδηγοί έχουν αποκτήσει σχετική πείρα με την χρήση τους.[4]
3. Συνήθως η κατασκευή της υποκείμενης οδού πραγματοποιείται σε ένα στάδιο και δεν προβλέπεται κάποια μελλοντική επέμβαση. Στις περισσότερες περιπτώσεις προτείνεται η κατασκευή αρχικά της υποκείμενης οδού με ολόκληρο το πλάτος της ακόμη και αν είναι περιττό για τους υπάρχοντες κυκλοφοριακούς φόρτους. Στην περίπτωση της υποκείμενης οδού, είναι κατά κανόνα οικονομικότερη η κατασκευή της με πλήρες πλάτος. Εάν πρόκειται να κατασκευασθούν δύο παράλληλοι υπερκείμενοι οδοί στο τελικό στάδιο, και για πολλά χρόνια είναι αρκετή ή μία από αυτές, θα είναι οικονομική η κατασκευή σε φάσεις.[4]
4. Ο διαχωρισμός των επιπέδων πιθανά να απαιτήσει την εισαγωγή κυρτών και κοίλων καμπυλών στην κατά μήκος τομή της μιας ή και των δύο τεμνόμενων οδών, ιδιαίτερα σε οριζόντιο έδαφος. Το απαιτούμενο μεγάλο μήκος προσπέλασης σε οριζόντια επιφάνεια, πιθανόν να είναι πολυδάπανο και η όλη διαμόρφωση του κόμβου δεν είναι τόσο καλή αισθητικά όσο των κατασκευασμένων κόμβων σε επικλινές έδαφος. Εάν το

έδαφος είναι οριζόντιο, ο κίνδυνος επί των υπερυψωμένων οδών αυξάνει λόγω της μικρότερης απόστασης ορατότητας.[4]

2. Ανασκόπηση λογισμικού οδοποιίας

2.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γνωστότερα προγράμματα σχεδιασμού οδών, που χρησιμοποιούνται σήμερα στον Ελληνικό χώρο.

Τα προγράμματα αυτά είναι : το Ελληνικό πρόγραμμα “ΟΔΟΣ”, το πρόγραμμα “ΟΔΟΠΟΙΑ” της ΑΝΑΔΕΛΤΑ, το Ιταλικό πρόγραμμα “Prost” και τα Αμερικάνικα προγράμματα “Autocad Civil Design”, “Inroads” και “MXROAD” (MOSS).

Ειδικότερα όμως για την μελέτη των οδικών κόμβων υπάρχουν άλλα δύο προγράμματα. Το RIDS της Intergraph και το Αυστραλιανό SIDRA. Το RIDS είναι επέκταση του Inroads και χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό ισόπεδων κόμβων. Το δεύτερο είναι εκτενέστερο λογισμικό, εφαρμόζεται σε κυκλοφοριακές ρυθμίσεις ισόπεδων κόμβων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό γεωμετρικών στοιχείων ενός κόμβου.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται προσπάθεια για μια συνοπτική παρουσίαση των γνωστών προγραμμάτων σχεδιασμού οδών, στον Ελλαδικό χώρο, καθώς και των προγραμμάτων, που αναφέρονται αποκλειστικά σε οδικούς κόμβους.

2.2 Προγράμματα σχεδιασμού οδών

2.2.1 Πρόγραμμα «ΟΔΟΣ 6»

Το πρόγραμμα «Οδος 6» αποτελεί τη νέα έκδοση λογισμικού οδοποιίας της σειράς ΟΔΟΣ. Είναι σχεδιασμένο από την αρχή ως εφαρμογή Windows και στηρίζεται στους νέους ελληνικούς κανονισμούς Ο.Μ.Ο.Ε.

Στο πρόγραμμα μπορεί να περιλαμβάνεται απεριόριστος αριθμός οδών, είτε ανεξαρτήτων στο έργο (εναλλακτικές λύσεις χάραξης οδών του έργου, κάθετες οδοί) είτε αλληλοεξαρτώμενων (υπηρεσιακές οδοί, κλάδοι σε ανισοσταθμία, ράμπες κ.λ.π.)

Όλα τα επίπεδα μελέτης (οριζοντιογραφία – μηκοτομή - διάγραμμα μελέτης -τυπική διατομή -διατομές), απεικονίζονται στην ίδια οθόνη εργασίας, σε ανεξάρτητα παράθυρα, με προκαθορισμένη από το χρήστη μορφή. Σε κάθε παράθυρο, προβάλλεται αυτόματα το έργο στο σύνολό του (οριζοντιογραφίες πολλών οδών, πολλαπλές σύνθετες διατομές, σύνθετη μηκοτομή).[16]

Το πρόγραμμα διαθέτει διαχειριστή μελέτης όπου απεικονίζονται με λογική δένδρου, τα δεδομένα όλων των επιπέδων μελέτης κάθε οδού του έργου. Η δόμηση του δένδρου έχει σχεδιαστεί με την λογική των λογικών ενοτήτων μιας μελέτης οδοποιίας. Με το νέο αυτό εργαλείο, ο χρήστης έχει συνολική εμποπτεία τόσο των δεδομένων που έχουν ήδη εισαχθεί στη μελέτη, όσο και αυτών των οποίων εκκρεμεί η εισαγωγή τους. Παράλληλα με την επεξεργασία της μελέτης, μέσω του διαχειριστή, πραγματοποιείται αυτόματα αποθήκευση όλων των εισαχθέντων και παραγομένων δεδομένων κάθε σταδίου της μελέτης.

Παρέχεται η δυνατότητα μελέτης σε τρεις διαστάσεις (οριζοντιογραφία – μηκοτομή – διατομές). Κάθε ενέργεια σε κάθε επίπεδο της μελέτης, έχει άμεση επίπτωση σε όλα τα υπόλοιπα, τόσο της επεξεργαζόμενης οδού, όσο και κάθε πιθανόν επηρεαζόμενης οδού του έργου (π.χ. συνεχής οριζοντιογραφική μεταβολή ενός κλάδου σύνθετου έργου, προκαλεί αυτόματα αντίστοιχη συνεχή μεταβολή της μηκοτομής, του διαγράμματος επικλίσεων και της σύνθετης διατομής όλων των κλάδων του σύνθετου έργου). Παράλληλα από το πρόγραμμα παράγεται αυτόματα και σε οποιαδήποτε φάση της μελέτης τρισδιάστατο πρότυπο του έργου και του περιβάλλοντος εδάφους και διαθέτει εξελεγμένο σύστημα φωτορεαλιστικής απεικόνισης του έργου με δυνατότητα κίνησης – οδήγησης.

Υποστηρίζονται οι νέες Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ). Ενσωματώνονται τα πρότυπα ταχυτήτων (V85) του Ελληνικού χώρου καθώς και τα πρότυπα συντελεστών τριβής των ΟΜΟΕ-Χ. Διενεργούνται όλοι οι ελέγχοι που προβλέπονται από τις ΟΜΟΕ-Χ, σε όλα τα επίπεδα της μελέτης (οριζοντιογραφία – μηκοτομή – διατομή), καθώς και όλους τους συνδυασμένους ελέγχους των τριών, προβλεπομένων από τις οδηγίες, κριτηρίων ασφαλείας. [16]

Το πρόγραμμα είναι απλό στη χρήση του καθώς η διαχείριση των αρχείων, τα εικονίδια και η ομαδοποίηση των εντολών του, έχουν δομηθεί στα

πρότυπα του περιβάλλοντος χρήσης των δημοφιλέστερων προγραμμάτων της αγοράς.

Τέλος, όλα τα σχέδια της μελέτης παράγονται αυτόματα από το πρόγραμμα, σε σχεδιαστικά περιβάλλον Autocad ή Intellicad.

2.2.2 Πρόγραμμα « ΟΔΟΠΟΪΑ TESSERA »

Αποτελεί λογισμικό μελέτης και προμέτρησης έργων οδοποιίας από την "Anadelta Software" [15]. Είναι εύκολο στον χειρισμό και έχει μεγάλη ταχύτητα. Αποτελείται από τις τέσσερις παρακάτω βασικές ενότητες :

- Οριζοντιογραφία

Η οριζοντιογραφία περιέχει το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Μερικές βασικές λειτουργίες του προγράμματος στην συγκεκριμένη ενότητα είναι οι εξής :

- Πλήρες και αυτόνομο σχεδιαστικό περιβάλλον.
- Ταχύτατος υπολογισμός ψηφιακού προτύπου εδάφους.
- Συνύπαρξη πολλών ψηφιακών προτύπων-επιπέδων.
- Εργασία με πολλούς δρόμους ταυτόχρονα.
- Χρήση κλωθοειδούς, κυβικής παραβολής και ωοειδούς καμπύλης.
- Έξυπνο σύστημα εκτύπωσης και εξαγωγής-εισαγωγής σχεδιαστικών αρχείων

- Μηκοτομή

Στην συγκεκριμένη ενότητα στο πρόγραμμα υποστηρίζεται η δημιουργία πολλαπλών μηκοτομών – λύσεων για το ίδιο έργο. Μερικές βασικές λειτουργίες του προγράμματος στην συγκεκριμένη ενότητα είναι οι εξής :

- Γραφική εισαγωγή κορυφών.
- Εύκολος και εποπτικός τρόπος δημιουργίας καταρράκτη.
- Άμεση επικοινωνία με τις εφαρμογές Διατομών και Οριζοντιογραφίας.
- Γραφική μεταβολή των ακτίνων καμπυλότητας.
- Αυτόνομη εκτύπωση και εξαγωγή σχεδιαστικών αρχείων.

- Διατομές

Μερικές βασικές λειτουργίες του προγράμματος στην συγκεκριμένη ενότητα είναι οι εξής :

- Γραφικός ορισμός τυπικών διατομών.
- Πλήρης παραμετροποίηση-τυποποίηση των εργασιών.
- Μαζική επεξεργασία διατομών.
- Δρόμοι ενός ή δύο κλάδων.
- Αυτόνομη εκτύπωση και εξαγωγή σχεδιαστικών αρχείων.

- Τρισδιάστατο πρότυπο

Δίνει την δυνατότητα εξέτασης της μελέτης στο χώρο.

2.2.3 Πρόγραμμα « Prost»**2.2.3.1 Γενικά**

Το Prost είναι ένα πρόγραμμα Ιταλικής προέλευσης, για τη μελέτη των έργων οδοποιίας, σιδηροδρόμων και υδραυλικών έργων σε ενιαίο γραφικό περιβάλλον με το τοπογραφικό υπόβαθρο. Το Prost προσφέρει Ελληνικό περιβάλλον εργασίας με κυλιόμενους καταλόγους και εικονίδια εργασίας. Διαθέτει αυτόνομο σχεδιαστικό περιβάλλον και χωρίζεται σε τρεις επιμέρους εφαρμογές [17] :

Prost S : Επιτρέπει τη μελέτη του έργου σε γραφικό περιβάλλον με ταυτόχρονη εισαγωγή του τοπογραφικού υπόβαθρου. Περιλαμβάνει εργαλεία διαχείρισης μηκοτομών, υδραυλικών μηκοτομών και ογκομετρήσεων..

Prost X : Τα διαθέσιμα εργαλεία επιτρέπουν την εύκολη και ακριβή επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με τον σχεδιασμό απλών και σύνθετων αξονοδιασταυρώσεων, κυκλικών κόμβων και άλλων.

Prost Z : Το πρόγραμμα ικανοποιεί ένα μεγάλο εύρος αναγκών στον τομέα των προμετρήσεων. Το πρόγραμμα προσαρμόζεται στις εκάστοτε ανάγκες και απαιτήσεις του μηχανικού (πίνακες τιμών, υπολογισμοί) και την εκτύπωση των αποτελεσμάτων.

2.2.3.2 Αναλυτική περιγραφή του προγράμματος

2.2.3.2.1 Prost S

Οι βασικές λειτουργίες του προγράμματος είναι οι εξής :

- Οριζοντιογραφία

Στο γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής είναι δυνατή η σχεδίαση οριζοντιογραφιών δρόμων, σιδηροδρομικών γραμμών, ανοικτών και κλειστών δρόμων, χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες λειτουργίες του CAD. Όσον αφορά τον καθορισμό της χάραξης ο χρήστης έχει την ευχέρεια να εργαστεί με όλα τα γνωστά οριζοντιογραφικά στοιχεία ευθεία, κλωθοειδής καμπύλη, ωοειδής καμπύλη, κύκλος, παραβολή. Υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας της χάραξης στο γραφικό περιβάλλον είτε μετακινώντας τις κορυφές της πολυγωνικής είτε τροποποιώντας τις καμπύλες μεταξύ των ευθυγραμμίων. Η εισαγωγή διατομών μπορεί να γίνει στο παράθυρο εργασίας της οριζοντιογραφίας. Η ολοκλήρωση του σχεδίου της οριζοντιογραφίας, μπορεί να γίνει αυτόματα από τις διατομές, εμπεριέχοντας όλα τα στοιχεία που υπάρχουν σε αυτές (πεζοδρόμια, πρανή, τοίχοι αντιστήριξης, ορύγματα).

- Μηκοτομή

Η κατασκευή της μηκοτομής απαιτεί την εισαγωγή αποστάσεων και υψομέτρων του εδάφους και του έργου. Ο ορισμός υψομέτρων ερυθράς γίνεται χειροκίνητα ή με ορισμό ευθυγράμμων και καμπυλών. Η επεξεργασία της μηκοτομής μπορεί να γίνει άμεσα με την μετακίνηση των κορυφών των

ευθυγραμμίων ή με τροποποίηση των καμπυλών. Η μετακίνηση των κορυφών μπορεί να είναι ελεύθερη ή να εξαρτάται από την κλίση της πρώτης ή της δεύτερης ευθυγραμμίας ή να περιορίζεται από το υψόμετρο ή την απόσταση.

Τα στοιχεία του εδάφους και του έργου μπορούν να εισαχθούν χειροκίνητα ή να προκύψουν αυτόματα με παρεμβολή στο μοντέλο του εδάφους ή σε τοπογραφικά σημεία εντός συγκεκριμένης ζώνης. Η μηκοτομή μπορεί να υπολογιστεί και από διατομές.

- Διατομές

Ο ορισμός της θέσης των σημείων του εδάφους και έργου μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή αυτόματα, με χρήση του ψηφιακού προτύπου. Η εισαγωγή τυπικής διατομής μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτόματα (στο σύνολο του έργου ή σε μέρος αυτού) ημιαυτόματα (σε μια διατομή) ή χειροκίνητα (συνδέοντας τα στοιχεία ένα προς ένα). Είναι δυνατό να οριστούν οι τιμές των παραμέτρων μιας τυπικής διατομής για την αρχική και τελική διατομή, οπότε το πρόγραμμα υπολογίζει τις τιμές για τις ενδιάμεσες διατομές με παρεμβολή.

- Τυπικές διατομές

Οι τυπικές διατομές κατασκευάζονται σε ξεχωριστό παράθυρο, όπου επιλέγονται οι παράμετροι που τις αποτελούν και ορίζονται οι ρυθμίσεις τους. Κάθε αντικείμενο μπορεί να συνδέεται σε σημεία άλλου αντικειμένου ή σε κάποια πολυγραμμή της οριζοντιογραφίας ή της μηκοτομής. Με τον τρόπο αυτό μπορεί ο χρήστης να ορίσει στην οριζοντιογραφία και στην μηκοτομή τη θέση και το μέγεθος των αντικειμένων. Το πρόγραμμα διαθέτει βιβλιοθήκη αντικειμένων σχεδιασμού (κατάστρωμα, τάφροι, ρείθρα, τοίχοι) επιτρέποντας την κατασκευή ακόμα και σύνθετων τυπικών διατομών.

- Ογκομετρήσεις

Οι ογκομετρήσεις πραγματοποιούνται ανά διατομή ή συνολικά και επαναληπτικά. Επιπλέον εργαλεία του προγράμματος δίνουν την δυνατότητα της εξαίρεσης τμημάτων της οριζοντιογραφίας από τους υπολογισμούς.

2.2.3.2.2 Prost X

Οι βασικές λειτουργίες του προγράμματος είναι οι εξής :

- Πολλαπλές διατομές

Μέσα από το Prost X είναι δυνατή η διαχείριση πολλαπλών διατομών, δηλαδή η δυνατότητα εμφάνισης σε κάθε διατομή των διατομών δεξιά και αριστερά της. Οι πλευρικές διατομές λειτουργούν ως αναφορά για την μελέτη πιθανής διακοπής των στοιχείων του κύριου άξονα. Βάσει του σχήματος και της θέσης της πλευρικής διατομής μπορεί να οριστεί η θέση της γραμμής διακοπής των στοιχείων της κύριας διατομής.

- Προβολή αξόνων σε μηκοτομή

Με την προβολή πολυγραμμών ή αξόνων στη μηκοτομή δημιουργείται η μηκοτομή κάποιου άλλου άξονα ή μιας τεθλασμένης γραμμής. Με τον τρόπο αυτό εμφανίζονται στην μηκοτομή τα υψομετρικά στοιχεία άλλων αξόνων ή των πλευρών άλλων αξόνων, ώστε να ολοκληρωθεί σωστά η υψομετρική σχεδίαση του ενεργού άξονα.

- Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου κόμβου

Με το πρόγραμμα μπορεί να κατασκευάσει το τρισδιάστατο πρότυπο κάποιου κόμβου. Το πρότυπο αυτό μπορεί να συμπληρωθεί με την αυτόματη δημιουργία και των υπολοίπων στοιχείων, όπως πεζοδρόμια, νησίδες κ.α.

- Τυπικοί κόμβοι

Με το Prost X παρέχεται ένα περιβάλλον ορισμού τυπικών κόμβων που περιέχουν ακμές, διαπλάτυνσεις και νησίδες. Οι τυπικοί κόμβοι μπορούν να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά έργα, αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό τη συνεχή δημιουργία κόμβων, αφού γίνεται αυτόματη εισαγωγή τους στο τρέχον έργο. Κατά την δημιουργία τυπικών κόμβων, πρέπει να εισαχθούν αρχικά οι άξονες που αποτελούν τον κόμβο και έπειτα να εισαχθούν οι παράμετροι που προσφέρονται από το πρόγραμμα.

- Παραλληλία άξονα
- Διαπλάτυνση και μείωση πλάτους

- Παράπλευρες οδοί
- Πλευρικές καμπύλες (απλή, δύο κέντρα, τρία κέντρα)
- Σταγόνες (μικρή, μεγάλη)
- Τριγωνικές νησίδες
- Κεντρικές νησίδες

2.2.3.2.3 Prost Z

Το πρόγραμμα ικανοποιεί ανάγκες προμετρήσεων. Το Prost Z ως συμπληρωματικό πρόγραμμα του Prost S, προσφέρει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον διαχείρισης διατομών και χωματουργικών υπολογισμών για κάθε είδος τοπογραφικής, σιδηροδρομικής, υδραυλικής διατομής. Όλα τα δεδομένα που εισάγονται, οι υπολογισμοί που πραγματοποιούνται, η μεθοδολογία που ακολουθείται και τα αποτελέσματα, εμφανίζονται στο σχέδιο και στις αναφορές του προγράμματος. Η βασική λειτουργία του προγράμματος είναι η εξής :

- Διάγραμμα Bruckner

Από τις ογκομετρήσεις στο Prost Z μπορεί να δημιουργηθεί το διάγραμμα Bruckner. Το οποίο διαμορφώνεται από τον χρήστη και μπορεί να εκτυπωθεί ή να εισαχθεί σε πίνακα.

2.2.4 Πρόγραμμα « Autodesk Civil Desing »

2.2.4.1 Γενικά

Το Autodesk Civil Design είναι ένα πρόγραμμα Αμερικάνικης προέλευσης και περιέχει ολοκληρωμένες, εξειδικευμένες, λύσεις για την μελέτη έργων οδοποιίας και υδραυλικών έργων. [18]

2.2.4.2 Αναλυτική περιγραφή προϊόντος

Το πρόγραμμα Autodesk Civil Design R 2004 παρέχει δυνατότητες για την μελέτη έργων πολιτικού μηχανικού. Μέσω αυτού απλοποιούνται οι διαδικασίες δημιουργίας σχεδίων και μελετών, τόσο στον τομέα μεταφορών, για κάθε τύπο και εύρος έργων οδοποιίας, σιδηροδρομικών, κατασκευής αεροδρομίων και σχεδιασμού σηράγγων, όσο και στην προετοιμασία χώρου εγκατάστασης και την τελική διαμόρφωση έργων εμπορικής, βιομηχανικής, συλλογικής και στεγαστικής χρήσης, αλλά και στην υδρολογία και τα υδραυλικά συστήματα για διάφορα έργα, από οδοποιία έως κατασκευή χώρων στάθμευσης. Στο λογισμικό Autodesk Civil Design συνδυάζονται το λογισμικό σχεδιασμού Autocad με εξειδικευμένες εντολές σχεδιασμού στο ίδιο περιβάλλον, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη λύση.

2.2.4.3 Δυνατότητες

Οι βασικές λειτουργίες του προγράμματος είναι οι εξής :

- Μελέτη και σχεδίαση οριζοντιογραφίας δρόμου
- Σχεδίαση καμπυλών, κλωθοειδών και συναρμογών με δυνατότητα δυναμικής διαστασιολόγησης.
- Σχεδίαση και επεξεργασία μηκοτομής δρόμων με ταυτόχρονη χάραξη ερυθράς.
- Σύνθετος έλεγχος και υπολογισμός επικλίσεων.
- Υπολογισμός και σχεδίαση διατομών με χρήση τυπικής διστομής.

- Υπάρχει αλληλεπίδραση, κατά της μεταβολής μεταξύ οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διατομών.
- Υπολογισμός στοιχείων χάραξης
- Υπολογισμός όγκων χωματουργικών
- Αυτοματοποιημένη εκτύπωση πινακίδων.
- Τρισδιάστατη απεικόνιση δρόμου
- Επιτρέπεται η χρήση των οριζοντιογραφιών οδών, ή σιδηροδρόμων από πολλούς χρήστες, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παράλληλη χρήση τους και από άλλα μέλη μελετητικής ομάδας.
- Συνδυάζονται μετατροπές, πρότυπα εργασίας και κανόνες οδοποιίας στα προς μελέτη τμήματα των δρόμων.
- Υπολογισμός και σχεδίαση πρηνών εδάφους.
- Υπολογισμός και ανάλυση υδραυλικών δικτύων.
- Μελέτη και ανάλυση λεκάνης απορροής και απορρεόντων υδάτων.
- Υπολογισμός και σχεδίαση αγωγών.

2.2.5 Πρόγραμμα « Inroads»

Το πρόγραμμα «Inroads» κατασκευάζεται από την εταιρεία Intergraph στις Η.Π.Α και σύμφωνα με την εταιρεία αποτελεί το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα σχεδιασμού παγκοσμίως [14]. Λειτουργεί στο περιβάλλον των σχεδιαστικών προγραμμάτων Microstation της Bentley και Autocad, έχει δε δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad. Το πρόγραμμα «Inroads» είναι μέρος ενός συνόλου προγραμμάτων σε θέματα οδοποιίας, αστικής ανάπτυξης, γεωδαισίας κ.α.[14]

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του προγράμματος είναι η απουσία ενσωματωμένων ορίων διαφόρων κανονισμών που έχουν επιλεγεί. Έτσι ο χρήστης καλείται μόνος του να εισάγει τα όρια που επιθυμεί. Τα όρια αυτά μπορεί να είναι ταχύτητα μελέτης, μήκη ορατότητας, ακτίνες κ.α. Το βασικό μειονέκτημα του προγράμματος είναι ότι αυξάνει τις αρμοδιότητες και τις επεμβάσεις του χρήστη προκειμένου να εισάγει κάποια όρια που ο ίδιος επιθυμεί. Από την άλλη μεριά το πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει το πρόγραμμα σε οποιουδήποτε κανονισμού χάραξης. Για το

λόγο αυτό το «Inroads» συνεργάζεται με άλλα προγράμματα που εξάγουν αρχεία με κανονισμούς και χρησιμοποιούνται αυτόματα.

Στο «Inroads», τα πρότυπα των εδαφών δημιουργούνται με τριγωνισμό και σε περίπτωση που η μέθοδος τριγωνισμού δώσει λανθασμένα αποτελέσματα τότε ο χρήστης μπορεί να επέμβει σε αυτά τα τμήματα. Η απεικόνιση του εδάφους γίνεται με τρίγωνα, ισοϋψείς, περίγραμμα εδάφους κ.α.[14]

- Οριζοντιογραφία

Υπάρχουν δύο τρόποι σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας :

- Ο χρήστης χρησιμοποιεί ευθύγραμμο ή καμπύλο στοιχεία με κανένα, ένα ή δύο βαθμούς ελευθερίας, τα οποία τοποθετεί χαράσσοντας με ακρίβεια την οριζοντιογραφία της οδού, όταν υπάρχει περιορισμός χώρου κ.τ.λ
- Ο χρήστης τοποθετεί την πολυγωνική γραφικά στο πρότυπο εδάφους που έχει δημιουργηθεί και στην συνέχεια τοποθετεί τα διάφορα στοιχεία χάραξης (τόξα, κλωθοειδείς κ.α) στη θέση που επιθυμεί. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο χρήστης να έχει πραγματοποιήσει τους υπολογισμούς και να έχει εισάγει τις απαραίτητες παραμέτρους.

- Μηκοτομή

Η μηκοτομή του εδάφους προκύπτει από τον συνδυασμό οριζοντιογραφίας και προτύπου εδάφους. Συγκεκριμένα τοποθετείται η πολυγωνική της μηκοτομής της οδού, η οποία μπορεί να τροποποιηθεί πολλές φορές μέχρι να βρεθεί η βέλτιστη λύση καθώς και να τοποθετηθούν και να τροποποιηθούν κυκλικά τόξα και άλλα στοιχεία της χάραξης της μηκοτομής.

- Τρισδιάστατο πρότυπο

Το «Inroads» έχει τη δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης της οδού με την βοήθεια εργαλείων που διαθέτει το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation. Ακόμη ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει το τρισδιάστατο σχέδιο από την οπτική γωνία ενός οδηγού οπότε μπορεί να οδηγήσει τον δρόμο εικονικά.

- Διατομές

Με το πρόγραμμα «Inroads» μπορούν να σχεδιαστούν τυπικές διατομές της οδού , τυπικές διατομές σε τμήμα αυτής και συνθετότερες διατομές (με εισαγωγή πεζοδρομίων , ερεισμάτων κ.α.)

Άλλες δυνατότητες του προγράμματος :

- Κλίσεις των πρανών και επικλίσεις των διατομών
- Έλεγχος κατάστασης υφιστάμενου οδοστρώματος
- Εργαλεία ογκομέτρησης
- Εξέταση υδρολογικών στοιχείων του μοντέλου εδάφους
- Δυνατότητα εμφάνισης της διατομής σε οποιαδήποτε θέση της οδού

Σε ό,τι αφορά την σχεδίαση οδικών κόμβων αυτή πραγματοποιείται έμμεσα αφού σχεδιάζονται επιμέρους στοιχεία και στο τέλος διαμορφώνεται συνολικά ο κόμβος [14].

2.2.6 Πρόγραμμα MX-MOSS

Το πρόγραμμα MX της Intrasoftware αποτελεί τη μετεξέλιξη ενός από τα πρώτα προγράμματα οδοποιίας που αναπτύχθηκαν , του MOSS. Το MOSS αρχικά λειτουργούσε σε κεντρικά συστήματα υπολογιστών υψηλής απόδοσης, όμως η ανάπτυξη της τεχνολογίας επέτρεψε τη δυνατότητα εφαρμογής του σε προσωπικούς υπολογιστές με αποτέλεσμα την αύξηση των χρηστών του προγράμματος.[13]

Το MOSS, γνωστό πλέον ως MX, χωρίζεται σε 4 υποπρογράμματα :

- Το MXROAD που σχετίζεται με την χάραξη οδών , κόμβων κτλ
- Το MXRENEW που σχετίζεται με την ανακατασκευή, ανανέωση του υπάρχοντος οδοστρώματος
- Το MXRSITE που αφορά την κατασκευή γεφυρών , καναλιών κ.α
- Το MXRAIL που αφορά την χάραξη σιδηροδρομικών αξόνων

MXROAD

Το πρόγραμμα MXROAD χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό μιας οδού από την εισαγωγή των δεδομένων εδάφους μέχρι την παραγωγή σχεδίων και αναφορών. Οι λειτουργίες του προγράμματος είναι :

- Εισαγωγή εδάφους (δημιουργείται ψηφιακό πρότυπο εδάφους με την εισαγωγή συντεταγμένων από αρχεία δεδομένων και από ψηφιοποίηση χαρτών)
- Χάραξη (υπάρχουν δύο τρόποι χάραξης της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής)
- Σχεδιασμός οδού
Αφού γίνει η χάραξη της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής πραγματοποιούνται τα παρακάτω βήματα για τον σχεδιασμό της οδού
 - Κατασκευή τυπικής διατομής
 - Επικλίσεις με βάση κανονισμούς
 - Διευρύνσεις
 - Σχεδιασμός ερεισμάτων
- Σχεδιασμός ισόπεδων κόμβων
- Χωματοουργικά
- Σχεδιασμός πεζοδρομίων, κρασπέδων
- Ανάλυση του σχεδιασμού της οδού
- Επεξεργασία διατομών
- Σχεδιασμός οδοστρωμάτων και εδαφικής στρώσης

Το MXROAD παρουσιάζει σημαντικό πλεονέκτημα καθώς όλα τα στοιχεία του δημιουργούνται σε τρεις διαστάσεις. Έτσι είναι ευκολότερη η κατασκευή του ανισόπεδου κόμβου αφού τα στοιχεία τοποθετούνται αμέσως στη φυσική τους θέση στο χώρο. Όσο αφορά τον τρόπο σχεδίασης είναι ο ίδιος με αυτό της χάραξης του άξονα οδού , δηλαδή ο μηχανικός σχεδιάζει με τα στοιχεία που επιθυμεί κάθε επιμέρους τμήμα του ανισόπεδου κόμβου ώστε τελικά να προκύψει ο επιθυμητός ανισόπεδος κόμβος.[13]

2.3 Προγράμματα σχεδιασμού οδικών κόμβων (αποκλειστικά)

2.3.1 Πρόγραμμα RIDS

Το πρόγραμμα «RIDS» είναι επέκταση του προγράμματος «Inroads» και χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό ισόπεδων κόμβων. Λειτουργεί και αυτό στο περιβάλλον του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation. Ως προς τον σχεδιασμό του κόμβου, η λειτουργία του είναι απλή. Ο χρήστης αφού έχει σχεδιάσει το κύριο και τον δευτερεύοντα δρόμο στο πρόγραμμα «Inroads», στην συνέχεια επιλέγει ποια θα είναι η κύρια και ποια η δευτερεύουσα οδός, τη φορά κίνησης τους και ποιός τύπος ισόπεδου κόμβου θα σχεδιαστεί.

Το πρόγραμμα λειτουργεί ακολουθώντας τις οδηγίες συγκεκριμένων κανονισμών. Οι κανονισμοί οι οποίοι υπάρχουν προς χρήση είναι οι Γερμανικοί RAL-K , αυτοί των Ηνωμένων Πολιτειών, οι Δανέζικοι και οι Βρετανικοί. Οι κανονισμοί εμπεριέχονται στο πρόγραμμα αλλά δεν δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα μεταβολής τους ή ανανέωσης τους.

Ανάλογα με τον τύπο του ισόπεδου κόμβου που θα σχεδιαστεί επιλέγονται οι παρακάτω παράμετροι :

- Χαρακτηριστικά πρωτεύουσας οδού όπως πλάτος, κατά μήκος κλίση κ.α.
- Χαρακτηριστικά δευτερεύουσας οδού όπως πλάτος, κατά μήκος κλίση κ.α.
- Χαρακτηριστικά διαπλατύνσεων
- Χαρακτηριστικά νησίδων
- Χαρακτηριστικά λωρίδων

Σημειώνεται επίσης ότι το RIDS έχει τη δυνατότητα εξαγωγής αξονομετρικού σχεδίου του κόμβου πέρα από την οριζοντιογραφία του. Ακόμη προσφέρει ένα σημαντικό ποσοστό ελέγχου στο χρήστη, αφού εξετάζει κάθε στοιχείο του κόμβου και το αντιμετωπίζει χωριστά.

Η λειτουργία του είναι απλή, ακόμη και για μη έμπειρους χρήστες. Η εισαγωγή δεδομένων είναι εύκολη ενώ δεν υπάρχουν πολύπλοκες εντολές ή διαδικασίες.

Συνολικά το πρόγραμμα αποτελεί ένα πολύ καλό συμπλήρωμα του προγράμματος InRoads. Αντιμετωπίζει κάθε μορφή ισόπεδου κόμβου με διάφορους κανονισμούς (λείπουν οι καναδικοί κανονισμοί) και προσφέρει τη

δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει τύπο κόμβου δικής του επιλογής. Το μόνο ίσως μειονέκτημα είναι ότι μπορεί να λειτουργήσει μόνο σε εξάρτηση από υπάρχουσα χάραξη και δεν μπορεί να αποδώσει ένα κόμβο, έστω και απλής μορφής ανεξάρτητα, ενώ και τα δεδομένα που απαιτούνται για τη λειτουργία του είναι πάρα πολλά.[13]

2.3.2 Πρόγραμμα SIDRA

Το πρόγραμμα SIDRA δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως πρόγραμμα σχεδίασης στοιχείων οδών αλλά αποτελεί ένα εργαλείο κυκλοφοριακής τεχνικής το οποίο όμως παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού ενός ισόπεδου κόμβου.

Εκτός από τις δυνατότητες του να βρίσκει ικανότητα και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά κόμβου, ατμοσφαιρική ρύπανση , σηματορύθμιση κ.α. μπορεί να προσδιορίσει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός ισόπεδου κόμβου και να σχεδιάσει ένα σκαρίφημα του.

Το πρόγραμμα αυτό αναφέρεται γιατί μπορεί να προσδιορίσει γεωμετρικά στοιχεία ενός κόμβου από κυκλοφοριακής και περιβαλλοντικής άποψης ώστε να λειτουργήσει ορθά.

2.3.3 Πρόγραμμα Διπλωματικής Εργασίας με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων» [13]

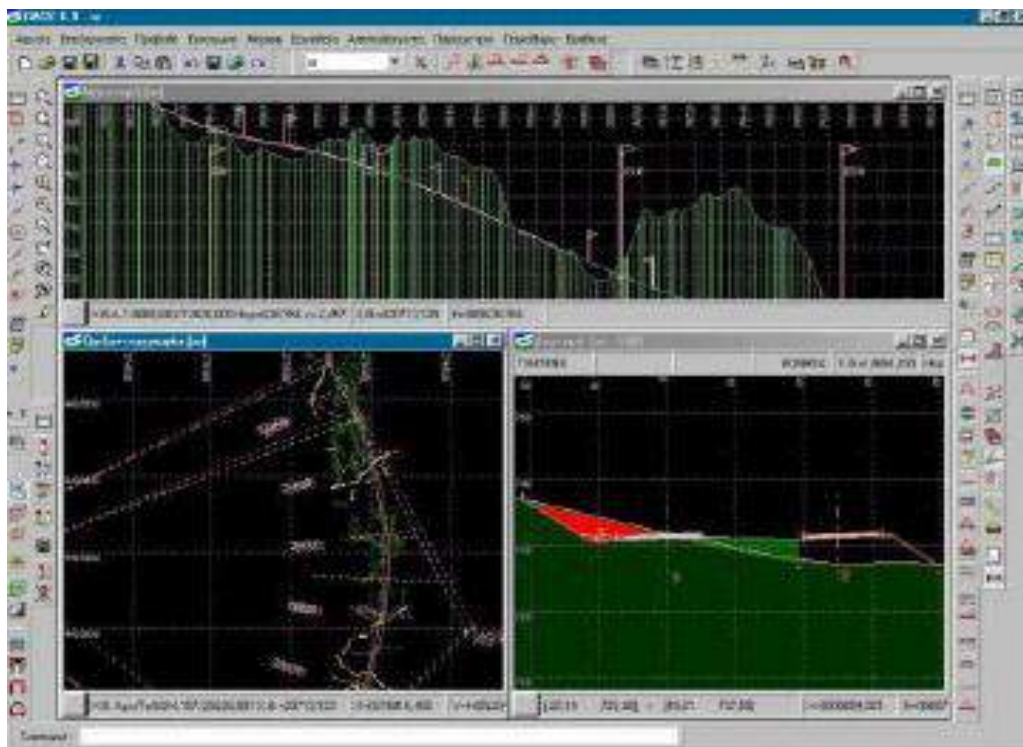
Με τα προγράμματα που αναπτύσσονται στην διπλωματική εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων» [13] σχεδιάζονται οι οριζοντιογραφίες ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων. Συγκεκριμένα το αποτέλεσμα του σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας των ισόπεδων κόμβων (βασική μορφή I μικρή σταγόνα και βασική μορφή II μεγάλη σταγόνα) είναι ικανοποιητικό και το πρόγραμμα σχεδιασμού αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο στην δουλειά του μηχανικού. Τα προγράμματα σχεδιασμού οριζοντιογραφίας των ανισόπεδων κόμβων μορφής ρόμβου και πλήρους τετράφυλλου που εξετάζονται, μπορούν να βελτιωθούν περαιτέρω. Τα προγράμματα έχουν ως βάση εφαρμογής τους Γερμανικούς κανονισμούς σχεδιασμού οδικών κόμβων RAS-K-1 1988 (ισόπεδοι κόμβοι) και RAL-K-2 1976

(ανισόπεδοι κόμβοι). Η βασική ιδέα της λειτουργίας των προγραμμάτων είναι η δημιουργία ενός υπόβαθρου επί του οποίου θα συντίθενται τα μεμονωμένα στοιχεία των κόμβων. Το περιβάλλον λειτουργίας των προγραμμάτων είναι το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation ενώ ο κώδικας αυτών είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic. Η δομή του κώδικα προσομοιάζει την εργασία που θα ακολουθούσε ο μηχανικός στο σχεδιασμό ενός οδικού κόμβου.

2.4 Συμπεράσματα

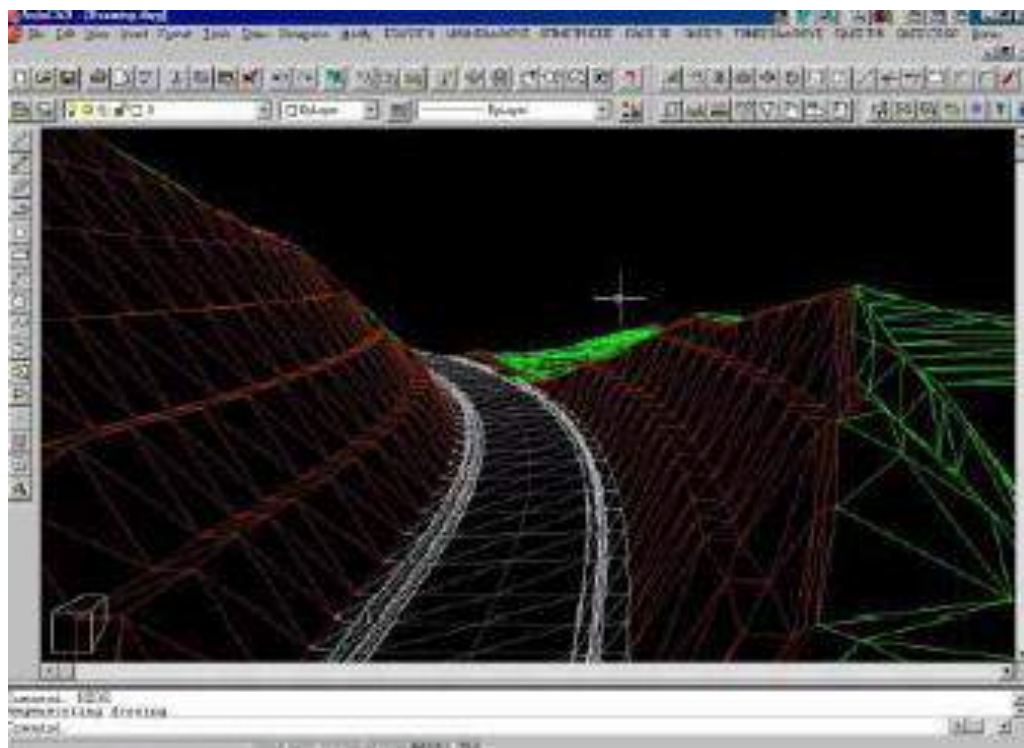
Τα περισσότερα προγράμματα που υπάρχουν στην αγορά είναι προγράμματα που βοηθούν την σχεδίαση επιμέρους στοιχείων χάραξης. Προγράμματα ολοκληρωμένου σχεδιασμού ισόπεδων κόμβων είναι ελάχιστα και η σχεδίαση αυτών πραγματοποιείται με την σύνθεση των επιμέρους τμημάτων. Όσο αφορά τα προγράμματα σχεδιασμού ανισόπεδων κόμβων δεν υπάρχουν ολοκληρωμένα λογισμικά στην αγορά. Παρόλα αυτά, μπορεί να σχεδιαστεί ένας ανισόπεδος κόμβος τμηματικά από τα άλλα προγράμματα και να γίνει στο τέλος η σύνθεση του προκειμένου να εμφανιστεί η ολοκληρωμένη εικόνα του.

Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη λογισμικού με το οποίο θα επιτυγχάνεται όσο το δυνατότερο αυτοματοποιημένος σχεδιασμός ανισόπεδου κόμβου. Θα εξεταστεί συγκεκριμένα η περίπτωση του ρόμβου.



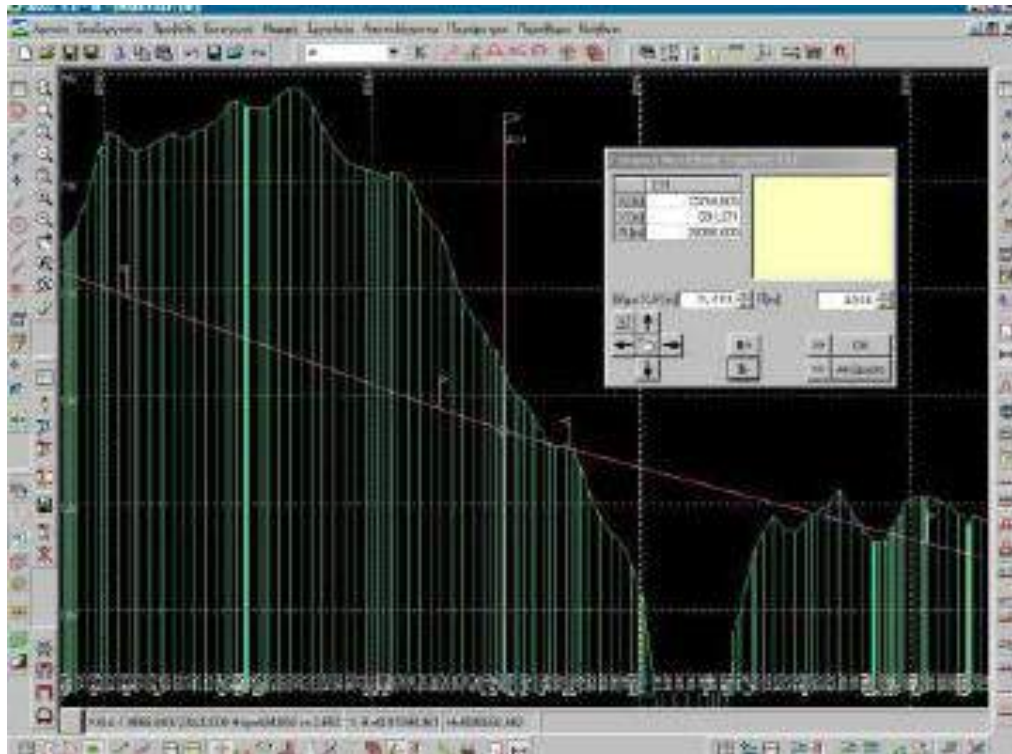
Σχήμα 2-1 : Συγχρονισμένα παράθυρα οριζοντιογραφίας – μηκοτομής – διατομής (Πρόγραμμα Οδός)

Πηγή : [16]



Σχήμα 2-2 : Τρισδιάστατη απεικόνιση της οδού (Πρόγραμμα Οδός)

Πηγή : [16]



Σχήμα 2-3 : Μηκοτομή(Πρόγραμμα Οδός)

Πηγή : [16]

3. Μαθηματική – Γεωμετρική Ανάλυση Κόμβου Μορφής Ρόμβου

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται μαθηματικές και γεωμετρικές σχέσεις που εφαρμόστηκαν στην ανάπτυξη του προγράμματος σχεδιασμού οριζοντιογραφίας ανισόπεδου κόμβου μορφής ρόμβου και μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων του.

3.1 Τομή δύο ευθειών

Το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation χρησιμοποιεί ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων με αρχή το σημείο (0,0). Με βάση αυτό το σύστημα λειτουργούν όλα τα προγράμματα και γίνονται όλοι οι υπολογισμοί. Όλα τα σημεία που υπολογίζονται και με βάση τα οποία σχεδιάζονται τα γεωμετρικά στοιχεία του ανισόπεδου κόμβου βρίσκονται με σχετικές συντεταγμένες.

Οι οριζοντιογραφικές κλίσεις για τις δύο οδούς 1-2, 3-4 δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\bullet \quad S_{12} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$\bullet \quad S_{34} = \frac{Y_4 - Y_3}{X_4 - X_3}$$

όπου 1(X_1, Y_1), 2(X_2, Y_2), 3(X_3, Y_3), 4(X_4, Y_4) τα άκρα των δύο οδών (1,2 για την κύρια οδό και 3,4 για την δευτερεύουσα)

Οι συντεταγμένες (X_0, Y_0) του σημείου τομής των αξόνων των δύο οδών που ορίζουν τα τέσσερα σημεία 1,2,3,4 (δηλαδή τα σημεία των αξόνων των δύο οδών) δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\bullet \quad X_0 = \frac{Y_4 + Y_3 - S_{34} \cdot (X_4 + X_3) - (Y_2 + Y_1) + S_{12} \cdot (X_2 + X_1)}{2 \cdot (S_{12} - S_{34})}$$

$$\bullet \quad Y_o = S_{34} \cdot X_o + \frac{Y_4 + Y_3 - S_{34} \cdot (X_4 + X_3)}{2}$$

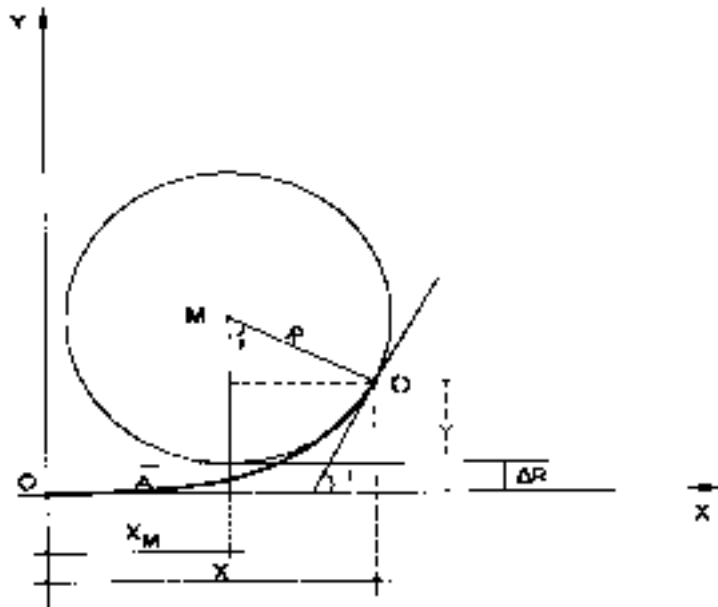
Η γωνία α που σχηματίζουν οι δύο άξονες δίνεται από την σχέση :

$$\bullet \quad \alpha = \frac{[\arctan(S_{12}) - \arctan(S_{34})] \cdot 180}{\pi}$$

Οι παραπάνω σχέσεις δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση που ο ένας από τους δύο άξονες ταυτίζεται με τον κατακόρυφο άξονα Υ (αν $X_1=X_2$ ή $X_3=X_4$). Στην περίπτωση αυτή λαμβάνεται από το πρόγραμμα η αντίστοιχη κλίση του άξονα ως μια μεγάλη τιμή (που μπορεί να θεωρηθεί άπειρη) και οι υπολογισμοί συνεχίζονται με την γωνία (ελάχιστα μικρότερη των 90^0) που σχηματίζει η κατακόρυφη ευθεία.[20]

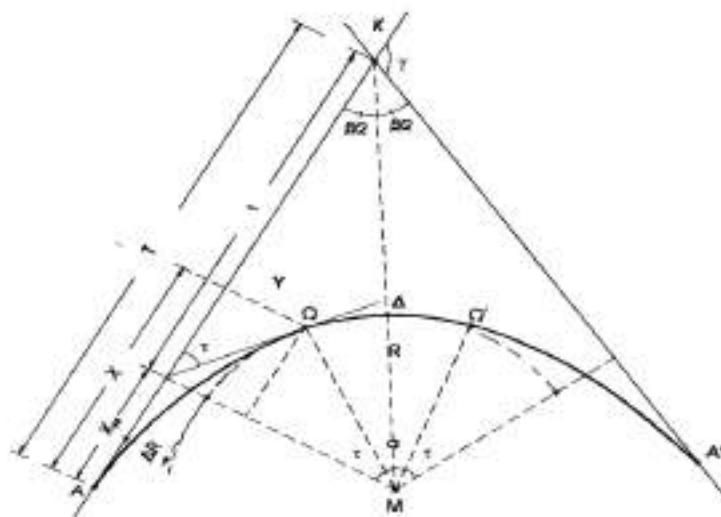
3.2 Γεωμετρία της κλωθοειδούς

Όλες οι κλωθοειδείς είναι γεωμετρικώς όμοιες. Η γεωμετρία της κλωθοειδούς φαίνεται στο Σχήμα 4-1 και ισχύουν οι παρακάτω γεωμετρικές σχέσεις.[8]



Σχήμα 3-1 : Γεωμετρικά στοιχεία της κλωθοειδούς

Πηγή : [1]



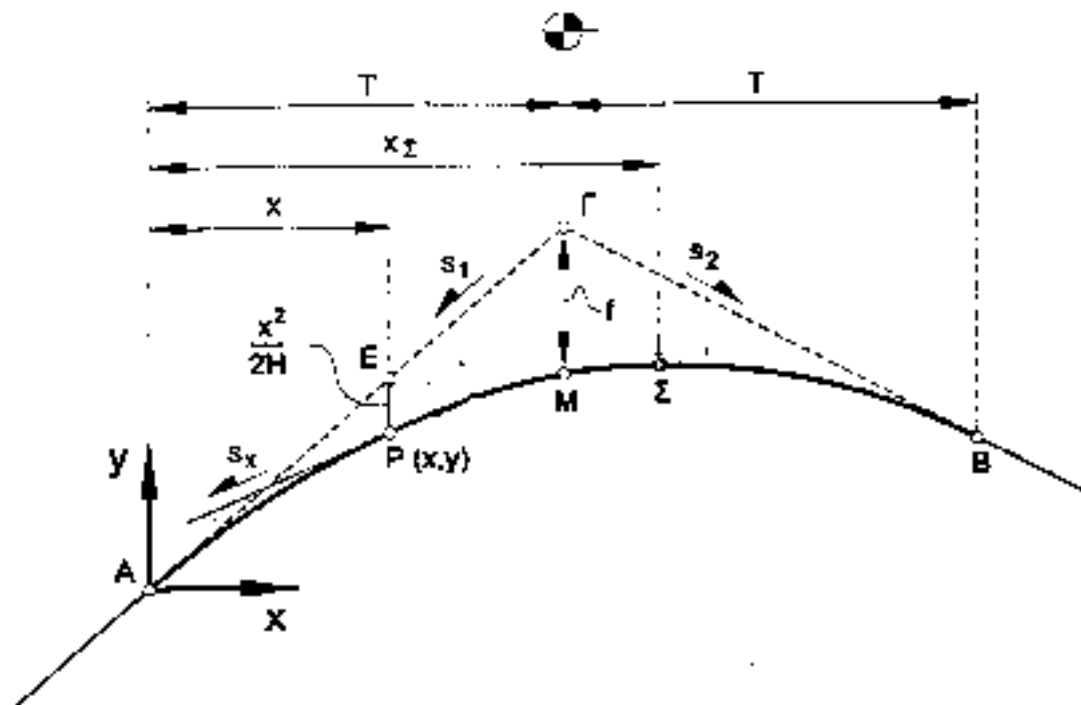
Σχήμα 3-2 : Συμμετρικά τόξα συναρμογής σε κορυφή πολυγωνικής οδού

Πηγή : [1]

Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των στοιχείων των οριζοντιογραφικών καμπύλων που σχεδιάζονται στις ράμπες παρουσιάζονται παρακάτω. Οι παράμετροι των κλωθειδών είναι Α, οι ακτίνες R, και οι γωνίες γ.

- Μήκος κλωθειδούς $L = \frac{A^2}{R}$
- $T = \frac{L}{2 \cdot R}$
- $X = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} + \frac{L^5}{3456 \cdot R^4}$
- $Y = \frac{L^2}{R} * \left(\frac{1}{6} - \frac{L^2}{336 \cdot R^2} + \frac{L^4}{42240 \cdot R^4} \right)$
- $X_M = X - R * \sin(T)$
- $\Delta R = Y - R * (1 - \cos(T))$
- $d1 = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_1}{\sin(\gamma)}$
- $d2 = \frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{\sin(\gamma)}$
- $t_1 = (R + \Delta R_1) * \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$
- $t_2 = (R + \Delta R_2) * \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$
- $T_1 = t_1 + d_1 + X_{M1}$
- $T_2 = t_2 + d_2 + X_{M2}$
- Μήκος κυκλικού τόξου $\Omega_1 \Omega_2 = R * (\gamma - T_1 - T_2)$
- Μήκος καμπύλης $A_1 \Omega_1 \Omega_2 A_2 = L_1 + L_2 + \Omega_1 \Omega_2$

3.3 Υπολογισμός τόξου στρογγύλευσης μηκοτομής



Σχήμα 3-3 : Τόξο στρογγύλευσης μηκοτομής ως κυρτή ή κοίλη τετραγωνική παραβολή

Πηγή : [1]

Οι σχέσεις ως προς το σύστημα συντεταγμένων που φαίνεται στο σχήμα 3-3, που χρησιμοποιούνται για τα τόξα τετραγωνικής παραβολής είναι οι εξής :

$$y = s_1 \cdot x - \frac{x^2}{2 \cdot H} \quad \text{εξίσωση τετραγωνικής παραβολής}$$

όπου : s_1 = η κατά μήκος κλίση της εφαπτομένης που λαμβάνεται θετική για την ανωφέρεια και αρνητική για την κατωφέρεια.

H = η ακτίνα καμπυλότητας στην κορυφή της παραβολής

$$s_x = s_1 - \frac{x}{H} \quad \text{κλίση της εφαπτομένης της καμπύλης στο τυχαίο P(x,y)}$$

- $x_{\Sigma} = s_1 * H$ οριζόντια απόσταση κορυφής της τετραγωνικής παραβολής από την αρχή της.
- $T = \frac{H}{2} * \Delta s$
- $f = \frac{T^2}{2 \cdot H}$
- $\Delta s = |s_1 - s_2|$

Ανωφέρεια : θετικά (+s₁, +s₂)

Κατωφέρεια : αρνητικά (-s₁, -s₂)

s₁, s₂ [%] : κατά μήκος κλίσεις των εφαπτομένων

s_x [%] : κατά μήκος κλίση της μηκοτομής (ερυθράς) σε τυχόν σημείο του τόξου στρογγύλευσης

y [m] : τεταγμένη σε τυχόν σημείο του τόξου στρογγύλευσης

f [m] : απόσταση από το σημείο τομής εφαπτομένων μέχρι το τόξο στρογγύλευσης

M : μέσο του τόξου

3.4 Επικλίσεις

Κατά RAL-K-2 λαμβάνονται τιμές $q_0 = 2.5 \%$ για την επίκλιση επί ευθυγραμμίας και $q_k = 6-8 \%$ για την επίκλιση επί του κυκλικού τόξου. Χρησιμοποιούνται επίσης οι παρακάτω σχέσεις υπολογισμού αποστάσεων διατομών και κλίσεων των οριογραμμών [1] :

- $Z = \frac{b \cdot q_0}{\max K}$ ελάχιστο μήκος επί της ευθυγραμμίας όπου έχουμε
 δικλινή διατομή
 $q_0 (\%) = 2.5$ επίκλιση στην ευθυγραμμία
 $b (m) =$ η απόσταση των οριογραμμών (πλάτος διατομής)
- $\max K$ μέγιστη κλίση K της οριογραμμής

Το ελάχιστο απαιτούμενο ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ δύο αντίρροπων καμπύλων είναι :

$$Z = \frac{b \cdot q_0}{\max K_1} + \frac{b \cdot q_0}{\max K_2}$$

3.5 Άξονες οδών

Το σημείο τομής (X_0 , Y_0) και η γωνία α που σχηματίζουν οι άξονες της κύριας και δευτερεύουσας οδού βρίσκονται σύμφωνα με την μαθηματική – γεωμετρική ανάλυση της παραγράφου 3.1.

3.6 Οριζοντιογραφία συνδετήριων κλάδων

Οι συνδετήριοι κλάδοι σχεδιάζονται σε 5 τμήματα. Δίνοντας το σημείο εκκίνησης του συνδετήριου κλάδου (σημείο τομής της εσωτερικής οριογραμμής με την οριογραμμή της κυρίας οδού) και άλλα δεδομένα όπως περιγράφεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο σχεδιάζονται η λωρίδα επιβράδυνσης ή επιτάχυνσης, οι δύο αντίρροπες οριζοντιογραφικές καμπύλες, το ευθύγραμμο τμήμα ανάμεσα στις δύο αντίρροπες καμπύλες και το ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει κάθετα το τέλος της δεύτερης καμπύλης με την δευτερεύουσα οδό. Οι καμπύλες αποτελούνται από κλωθοειδή – κυκλικό τόξο – κλωθοειδή και ακολουθούν την γεωμετρική ανάλυση της παραγράφου 3.2. Τέλος σε όσα σημεία χρειάστηκε να βρεθεί η τομή δύο ευθειών και η γωνία τους χρησιμοποιήθηκε η μαθηματική ανάλυση της παραγράφου 3.1 (π.χ. σημείο τομής της ευθείας που τέμνει κάθετα την δευτερεύουσα οδό με την οδό αυτή).

3.7 Μηκοτομή συνδετήριων κλάδων

Οι κορυφές των μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων σχεδιάζονται σύμφωνα με την μαθηματική – γεωμετρική ανάλυση της παραγράφου 3.3. Οι μηκοτομές αποτελούνται από το ευθύγραμμο τμήμα της λωρίδας επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης, το ευθύγραμμο τμήμα ανάμεσα στις κορυφές, το ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει το τέλος της δεύτερης κορυφής με την δευτερεύουσα οδό και τις δύο κορυφές. Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι για τις επικλίσεις τόσο επί ευθυγραμμίας όσο και επί του κυκλικού τόξου εφαρμόστηκαν οι σχέσεις της παραγράφου 3.4.

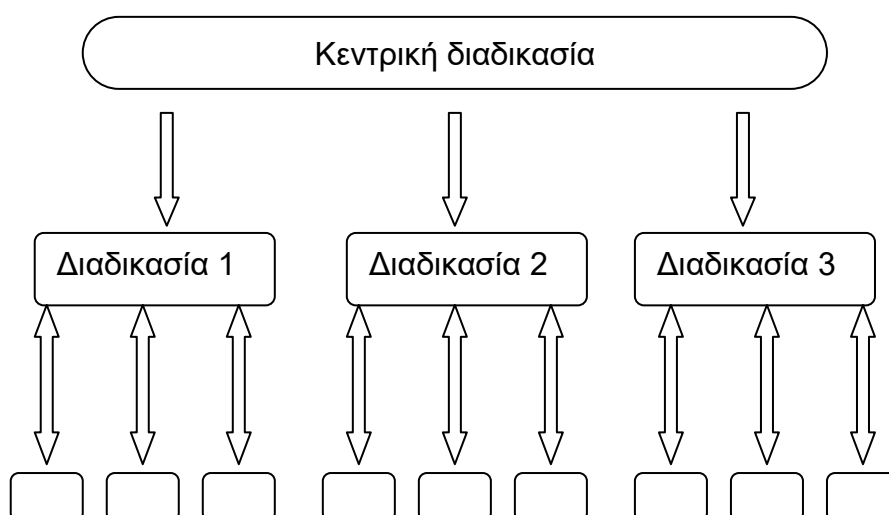
4. Περιγραφή προγράμματος

4.1 Προγραμματισμός

4.1.1 Γενική δομή

Η γενική δομή κάθε προγράμματος είναι κοινή για όλα και στηρίζεται στην διαδοχική χάραξη στοιχείων του ανισόπεδου κόμβου. Πριν αναπτυχθεί η δομή των προγραμμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας θεωρείται αναγκαίο να περιγραφεί η λογική της δόμησης ενός προγράμματος.

Ο κώδικας ενός προγράμματος σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic ακολουθεί την λογική του “δομημένου προγραμματισμού”. Ο κώδικας χωρίζεται σε διαδικασίες, οι οποίες πραγματοποιούνται ανεξάρτητα η μία με την άλλη, η μία μέσα από την άλλη, κάποιες υπό ορισμένες συνθήκες. Ο έλεγχος, η κλήση και η διαχείριση αυτών των διαδικασιών γίνεται από μία κεντρική διαδικασία. Επομένως η δομή του προγράμματος αποτελεί ένα “δένδρο” του οποίου οι διάφορες διαδικασίες πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη. Ένα τυπικό σχήμα της δομής ενός προγράμματος είναι το παρακάτω :



Σχήμα 4-1 : Γενικό διάγραμμα δομής ενός προγράμματος Η/Υ

Οι παραπάνω διαδικασίες μπορεί να είναι αριθμητικές πράξεις ή διάφορες εντολές προς τον υπολογιστή.

Η λογική της παραπάνω δόμησης πλεονεκτεί σε σχέση με τη λογική μιας δόμησης στην οποία οι διάφορες διαδικασίες θα γίνονταν μόνο διαδοχικά. Συγκεκριμένα ο εντοπισμός λαθών είναι ευκολότερος, ο κώδικας είναι ευκολότερα αναγνώσιμος και οι διάφορες τροποποιήσεις και επεμβάσεις του χρήστη πραγματοποιούνται ευκολότερα.

Η βασική αρχή του προγράμματος στην γενική δομή είναι ότι κάθε ανεξάρτητο στοιχείο σχεδιασμού αποτελεί μία ανεξάρτητη διαδικασία. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε πρόγραμμα διαφέρει ως προς την δομή του .[13]

4.1.2 Αρχές προγραμματισμού

Προκειμένου ο κώδικας του προγράμματος να γίνεται αντιληπτός και αναγνώσιμος από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή υπάρχουν κάποιες βασικές αρχές:

- Γενικά

Η κάθε διαδικασία είναι αυτόνομη και ανεξάρτητη μέχρι τον βαθμό που απαιτεί δεδομένα από μία προηγούμενη.

- Μεταβλητές

Στην γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic καλό είναι να δηλώνονται οι μεταβλητές, που χρησιμοποιούνται από τα προγράμματα. Οι μεταβλητές εντός των προγραμμάτων αποθηκεύουν τα δεδομένα υπό την μορφή πραγματικών αριθμών απλής ακρίβειας (single), ακέραιων αριθμών (integer), αλφαριθμητικών (strings) και δεκαδικών αριθμών μεγάλης ακρίβειας (double).

- Χάραξη

Η χάραξη πραγματοποιείται αφού ολοκληρωθούν όλοι οι υπολογισμοί κάθε διαδικασίας. Τότε από το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation χρησιμοποιώντας αυτούς τους υπολογισμούς μπορεί να εμφανιστεί η χάραξη.

- Ανάγνωση του κώδικα

Σε πολλά σημεία του κώδικα υπάρχουν σχόλια τα οποία περιγράφουν τι ακριβώς πραγματοποιεί το πρόγραμμα βήμα προς βήμα.

4.1.3 Τεχνικές προγραμματισμού

Ο κώδικας χωρίζεται σε δύο τμήματα, αυτό της χάραξης που θα αναπτυχθεί σε αυτό το κεφάλαιο και αυτό της μαθηματικής ανάλυσης.

- ♦ Αριθμητικές πράξεις

Στον κώδικα των προγραμμάτων χρησιμοποιούνται σχέσεις και εξισώσεις από τις οποίες προκύπτουν παράμετροι της χάραξης. Τα μόνα θέματα μαθηματικής φύσεως, που εμφανίζονται στα προγράμματα, είναι ο χειρισμός των συστημάτων αναφοράς και ο χειρισμός των γωνιών από την γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic.

Όλες οι γωνίες που χρησιμοποιούνται στον κώδικα πρέπει να είναι σε ακτίνια. Επομένως όλες οι γωνίες που εισάγονται μετατρέπονται σε ακτίνια προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στις διάφορες μαθηματικές σχέσεις. Επειδή στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation χρησιμοποιούνται οι γωνίες σε μοίρες η μετατροπή τους σε ακτίνια γίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$\frac{\text{ακτίνια}}{\pi} = \frac{\text{βαθμοί}}{200} = \frac{\text{μοίρες}}{180}$$

.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο χειρισμό των γωνιών εμφανίζεται στο «τόξο εφαπτομένης» (arctan).

- Υπολογίζεται η τιμή της συνάρτησης $\arctan$ για την κλίση.
- Στην περίπτωση που είναι η τιμή θετική τότε ταυτίζεται με την τιμή της γωνίας κλίσης της ευθείας.
- Στην περίπτωση που η τιμή είναι αρνητική τότε προστίθεται ποσότητα «π» (ή 200 grad) και βρίσκεται η γωνία κλίσης της ευθείας.

♦ Χάραξη

Η χάραξη στοιχείων καθώς και ο καθορισμός των παραμέτρων (χρώμα γραμμής, πάχος γραμμής κ. α) γίνονται με την κλήση εντολών του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation. Οι κυριότερες εντολές επικοινωνίας των προγραμμάτων με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation είναι οι εξής :

- "MbeSendCommand" οδηγία για κλήση κάποιας εντολής
- "MbeSendDataPoint" εισαγωγή συντεταγμένων σημείων
- "MbeSendKeyIn" εισαγωγή παραμέτρων
- "MbeSendReset" ετοιμάζει το πρόγραμμα να δεχτεί οποιαδήποτε εντολή

Για την χάραξη και τροποποίηση στοιχείων οι κυριότερες εντολές είναι οι εξής :

- ο "Place line" χάραξη γραμμής
- ο "Place Arc" χάραξη τόξου
- ο "Place Block" εισαγωγή ορθογωνίου
- ο "Place Text" εισαγωγή κειμένου
- ο "Place Dimension" εισαγωγή διαστάσεων
- ο "Place Circle" χάραξη κύκλου
- ο "Place Fence" εισαγωγή ορίων
- ο "Place Parallel" παράλληλη αντιγραφή
- ο "Move" μετακίνηση στοιχείων
- ο "Rotate" περιστροφή στοιχείων
- ο "Co=n" καθορισμός του χρώματος με έναν αριθμό n
- ο "Wt=m" καθορισμός του πάχους της γραμμής με έναν αριθμό m
- ο "Lv=t" καθορισμός του επιπέδου εργασίας με έναν αριθμό t

4.2 Χειρισμός του προγράμματος από τον χρήστη

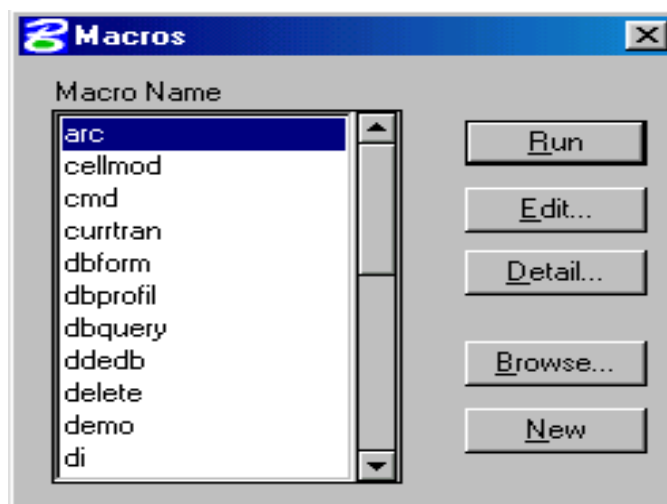
4.2.1 Φύση των προγραμμάτων H/Y

Στόχος του υποκεφαλαίου είναι να περιγραφεί αναλυτικά η λειτουργία του προγράμματος, που αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Όπως έχει αναφερθεί το πρόγραμμα λειτουργεί στο περιβάλλον του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για μακροεντολές, που καλούνται από τον χρήστη μέσα στο περιβάλλον του προγράμματος Microstation. Οι μακροεντολές είναι αυτόνομα τμήματα κώδικα, που καλούνται από τον χρήστη και εκτελούν αυτοματοποιημένα μία σύνθετη εργασία στο περιβάλλον εργασίας τους (σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation).

4.2.2 Κλήση των προγραμμάτων

Υπάρχουν δύο τρόποι προκειμένου να κληθεί ένα από τα προγράμματα :

- Από τον κατάλογο επιλογής μακροεντολών του Microstation .



Σχήμα 4-2 : Πλαίσιο , Κατάλογος μακροεντολών του Microstation

- Μέσω μακροεντολής “Κόμβοι” που καλείται από τον κυλιόμενο κατάλογο (menu bar).

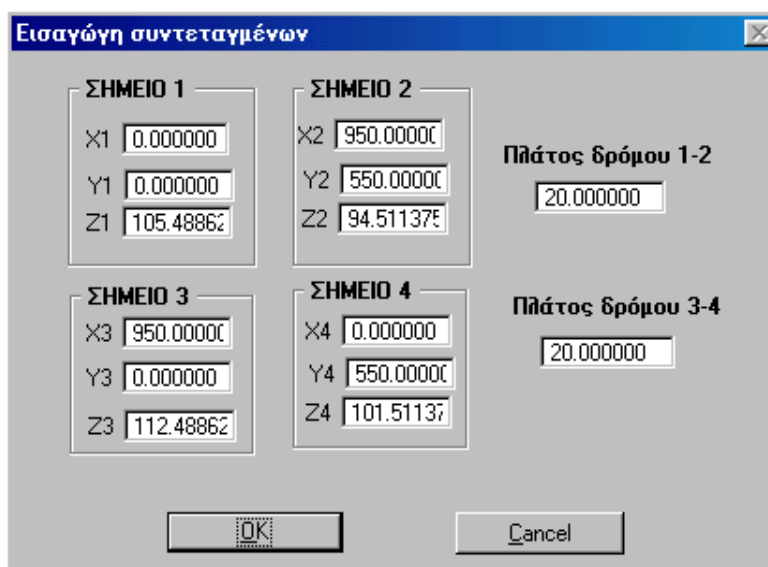


Σχήμα 4-3 : Κυλιόμενος κατάλογος (menu bar)

Ο δεύτερος τρόπος κλήσης πλεονεκτεί του πρώτου διότι είναι πιο φιλικός στον χρήστη και πιο γρήγορος.

4.2.3 Περιβάλλον χειρισμού των προγραμμάτων

Ο χρήστης χειρίζεται το πρόγραμμα μέσω πλαισίων επικοινωνίας ή διαλόγου (dialog boxes) :



Σχήμα 4-4 : Πλαίσιο επικοινωνίας για εισαγωγή συντεταγμένων σημείων

Ένα τέτοιο πλαίσιο φαίνεται παραπάνω και διακρίνεται στα εξής μέρη :

- Τίτλος προγράμματος



Σχήμα 4-5 : Τίτλος προγράμματος

Εμφανίζεται ο τίτλος του κάθε προγράμματος

- Θυρίδες εισαγωγής δεδομένων

ΣΗΜΕΙΟ 1		ΣΗΜΕΙΟ 2		Πλάτος δρόμου 1-2
X1	0.000000	X2	950.00000	20.000000
Y1	0.000000	Y2	550.00000	
Z1	105.48862	Z2	94.51137	

Σχήμα 4-6 : Θυρίδες εισαγωγής δεδομένων

Στις θυρίδες αυτές εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα για να λειτουργήσει το εκάστοτε πρόγραμμα. Σε περίπτωση εισαγωγής λανθασμένων δεδομένων, τότε το πρόγραμμα τερματίζεται και εμφανίζεται μήνυμα λάθους.

- Πλήκτρα αποδοχής-απόρριψης



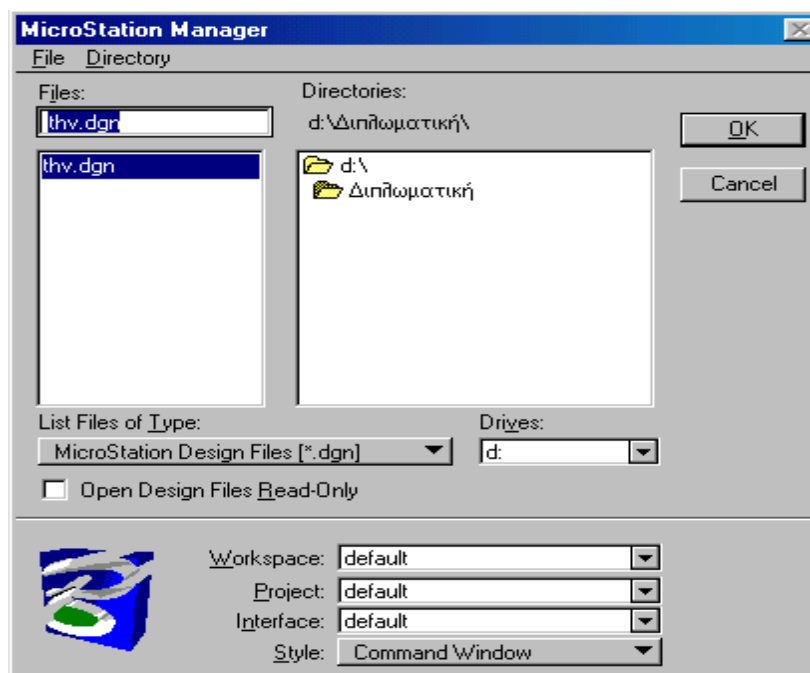
Σχήμα 4-7 : Πλήκτρα αποδοχής-απόρριψης

Με το πλήκτρο “OK” ο χρήστης αποδέχεται τα δεδομένα που έχει εισάγει και ξεκινά η λειτουργία του συγκεκριμένου προγράμματος.

Με το πλήκτρο “Cancel” ο χρήστης ακυρώνει την λειτουργία του προγράμματος χωρίς την πραγματοποίηση εργασιών.

4.2.4 Έναρξη προγράμματος

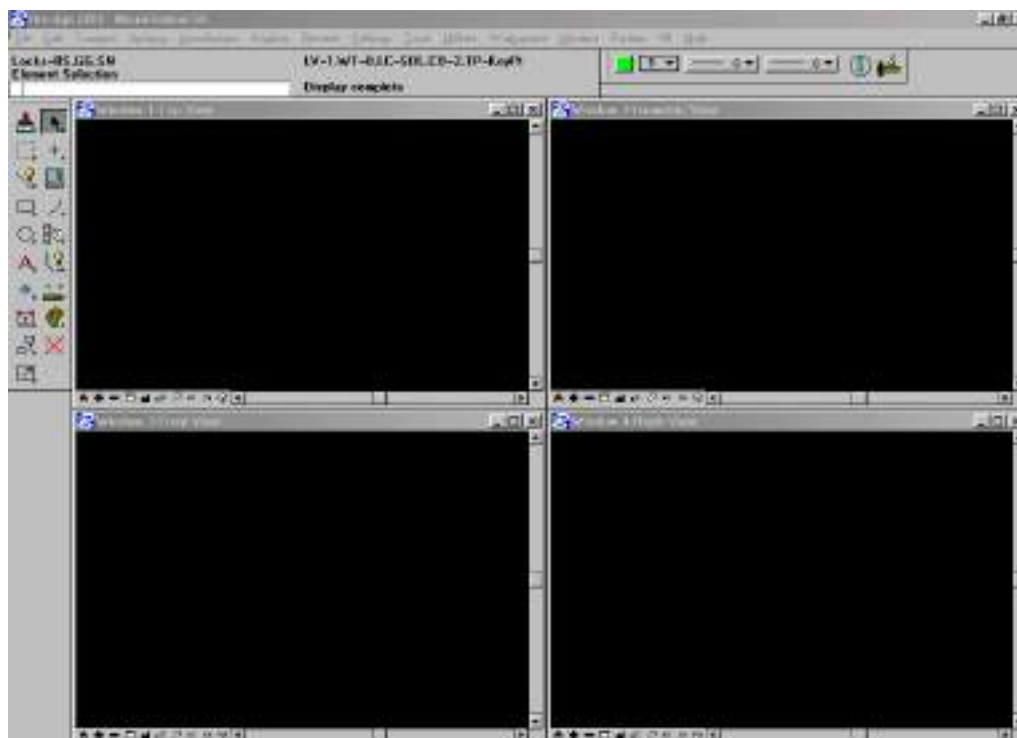
Επιλέγοντας το πρόγραμμα Microstation η πρώτη επιλογή του χρήστη είναι να δημιουργήσει ένα νέο σχέδιο όπου θα σχεδιαστεί από το πρόγραμμα σχεδίασης η οριζοντιογραφία ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου και οι μηκοτομές των συνδετήριων κλάδων του.



Σχήμα 4-8 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Επιλογή σχεδίου

Ο χρήστης επιλέγει το όνομα του σχεδίου όπου θα σχεδιαστεί ο κόμβος καθώς και τον φάκελο που θα αποθηκεύσει το σχέδιο (π. χ το σχέδιο με την ονομασία thv.dgn θα αποθηκευτεί στο φάκελο d:\Διπλωματική).

Στην συνέχεια επιλέγεται η οπτική γωνία του σχεδίου (συνήθως επιλέγεται το Window 1- Top View).

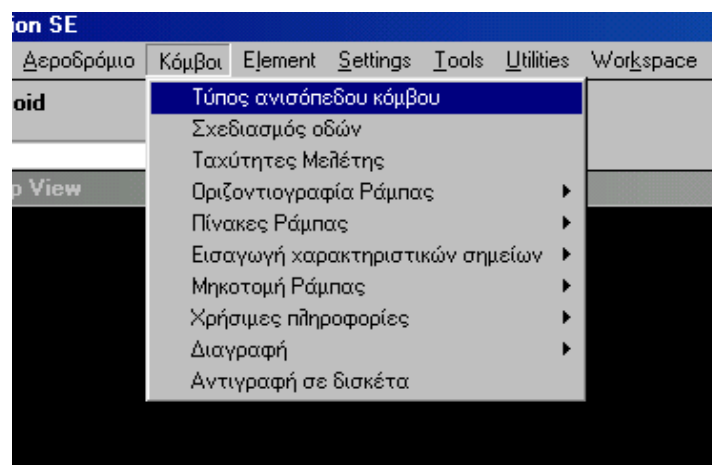


Σχήμα 4-9 : Επιλογή οπτικής γωνίας σχεδίου

Αφού επιλέξει ο χρήστης την οπτική γωνία, τότε βρίσκεται μέσα στο περιβάλλον του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation, όπου θα αναπτύξει το πρόγραμμα της διπλωματικής εργασίας.

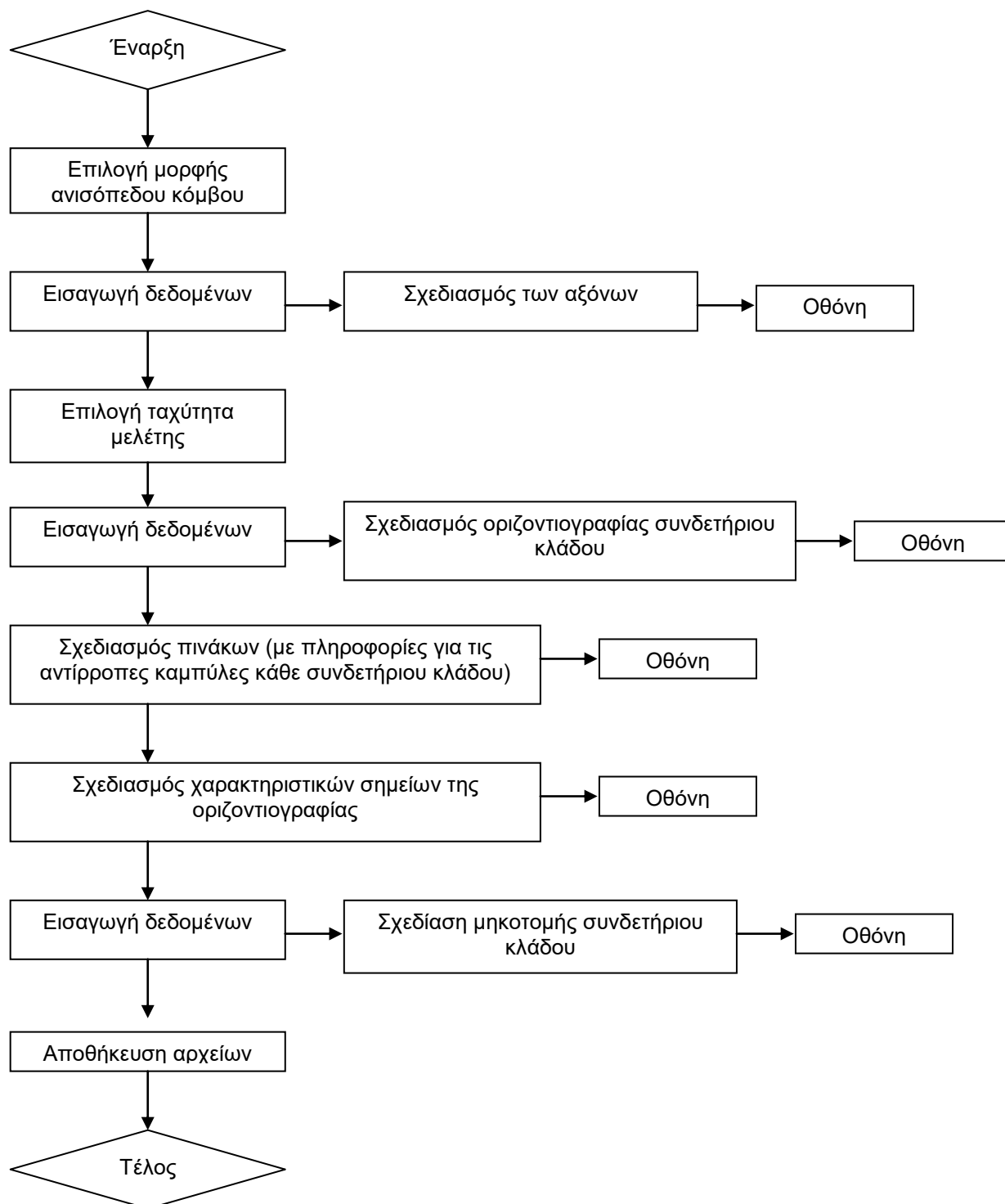
4.3 Το κέλυφος κλήσης των προγραμμάτων Κόμβοι

Μέσω της μακροεντολής “Κόμβοι” στο κυλιόμενο κατάλογο (menu bar) εμφανίζονται οι παρακάτω επιλογές :



Σχήμα 4-10 : Επιλογή τύπου ανισόπεδου κόμβου

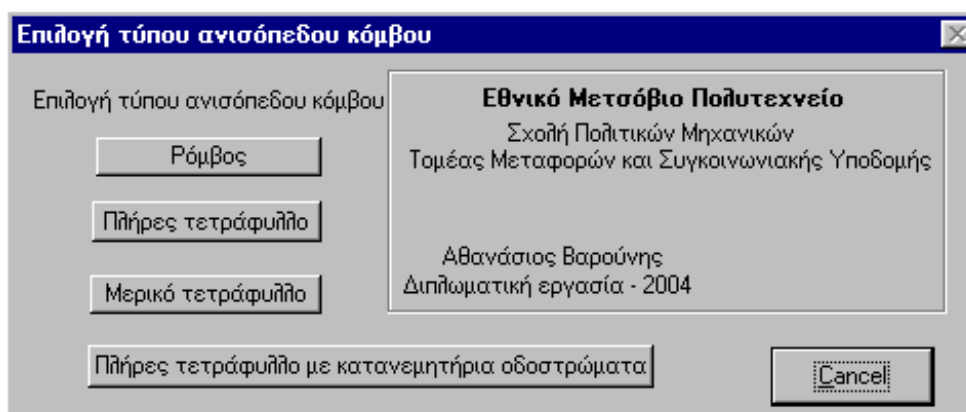
Το διάγραμμα ροής που ακολουθείται είναι το παρακάτω :



Διάγραμμα Ροής του προγράμματος που αναπτύσσεται στην παρούσα διπλωματική εργασία

4.3.1 Τύπος ανισόπεδου κόμβου

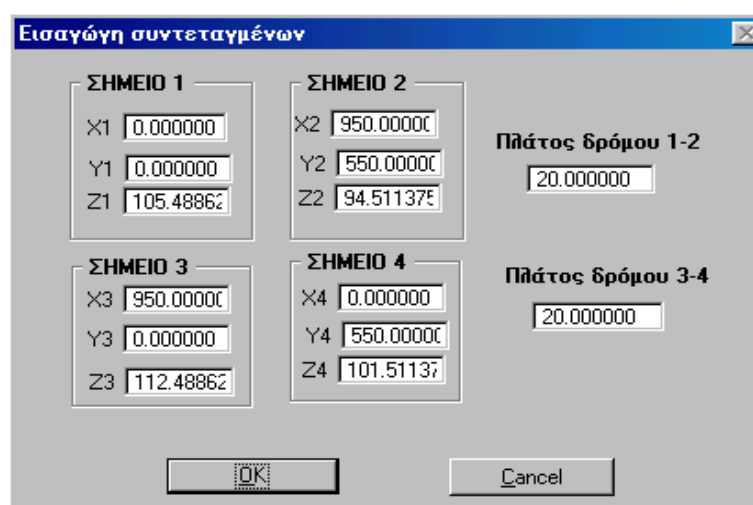
Η πρώτη επιλογή “Τύπος ανισόπεδου κόμβου” αφορά την μορφή του ανισόπεδου κόμβου που θα σχεδιαστεί. Στην οθόνη του χρήστη εμφανίζεται το παρακάτω πλαίσιο και επιλέγεται ποια μορφή ανισόπεδου κόμβου θα σχεδιαστεί. Στην παρούσα διπλωματική εργασία έχει μελετηθεί η μορφή του ρόμβου.



Σχήμα 4-11 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Επιλογή τύπου ανισόπεδου κόμβου

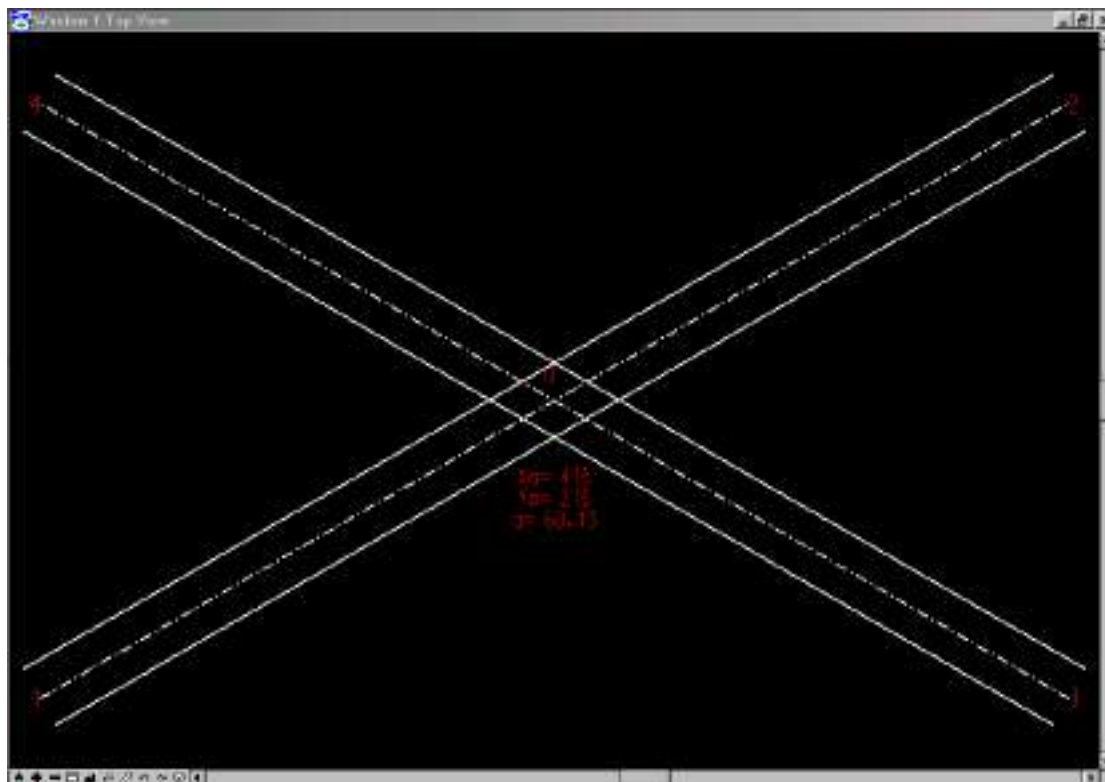
4.3.2 Σχεδιασμός οδών

Με τη δεύτερη επιλογή “Σχεδιασμός οδών” εμφανίζεται το παρακάτω πλαίσιο όπου ο χρήστης εισάγει δεδομένα και αυτόματα σχεδιάζονται οι δύο διασταυρούμενες οδοί με τις οποίες θα σχεδιαστεί ο ανισόπεδος κόμβος.



Σχήμα 4-12 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Εισαγωγή συντεταγμένων σημείων

Συγκεκριμένα εισάγονται οι συντεταγμένες (x,y,z) για τα τέσσερα άκρα των δύο διασταυρούμενων δρόμων και τα πλάτη αυτών. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι το παρακάτω:

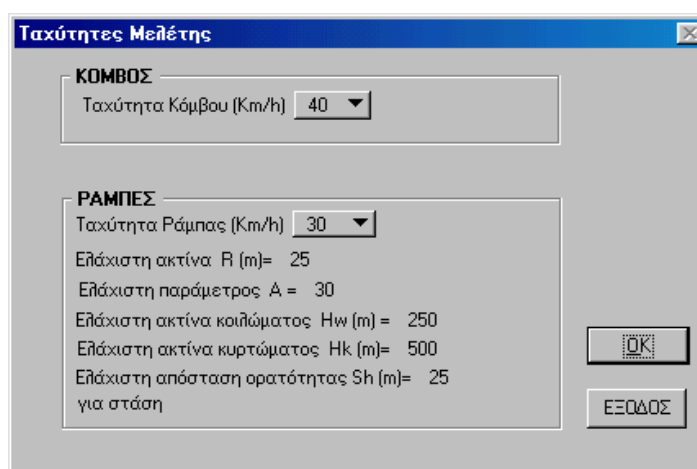


Σχήμα 4-13 : Σχεδίαση των δύο οδών

Με κόκκινα γράμματα αναγράφονται οι συντεταγμένες της τομής των δύο αξόνων των οδών (X_0, Y_0), **η γωνία α που σχηματίζεται από το σημείο 1 στο 4** και τα άκρα τους (1,2,3,4). Με συνεχόμενη γραμμή έχουν σχεδιαστεί οι οριογραμμές των δύο δρόμων ενώ με διακεκομμένη οι κεντρικοί τους άξονες. Γίνονται οι παραδοχές ότι η οδός 1-2 αποτελεί την κύρια οδό ενώ η οδός 3-4 την δευτερεύουσα και ότι και οι δύο οδοί έχουν ενιαία κατά μήκος κλίση.

4.3.3 Ταχύτητες Μελέτης

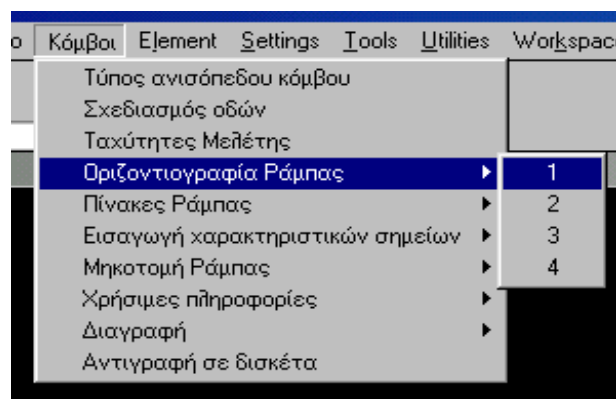
Με την επιλογή “Ταχύτητες μελέτης”, ο χρήστης επιλέγει ταχύτητα μελέτης και λαμβάνει χρήσιμες πληροφορίες για την ελάχιστη επιτρεπόμενη ακτίνα, την ελάχιστη ακτίνα κυρτώματος και κοιλώματος και την ελάχιστη απόσταση ορατότητας για στάση σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς, στους συνδετήριους κλάδους. Συγκεκριμένα ο χρήστης επιλέγει την ταχύτητα μελέτης στο συνδετήριο κλάδο, πιάζει το πλήκτρο “OK” και ενημερώνεται για τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν.



Σχήμα 4-14 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Επιλογή ταχύτητα μελέτης

4.3.4 Οριζοντιογραφία Συνδετήριου Κλάδου

Με αυτό το πρόγραμμα σχεδιάζεται η οριζοντιογραφία για κάθε ένα συνδετήριο κλάδο. Καλώντας την “Οριζοντιογραφία Ράμπας 1”



Σχήμα 4-15 : Επιλογή σχεδίασης οριζοντιογραφίας
συνδετήριου κλάδου 1

εμφανίζεται στην οθόνη του χρήστη το παρακάτω πλαίσιο :

Ράμπα 1

Ταχύτητα Ράμπας (Km/h) 30
 Minimum R= 0
 Minimum A= 0
 Ok

Ακτίνα R
 0.000000
 Παράμετρος A
 0.000000

Μήκος εξόδου 250.000000
 Γωνία 50.000000
 Ευθύγραμμο τμήμα 35.000000
 Πλάτος Ράμπας 10.000000
 Μήκος Επιτάχυνσης 250.000000

OK CANCEL

Σχήμα 4-16 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Εισαγωγή δεδομένων για την σχεδίαση της οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 1

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητη η εισαγωγή δεδομένων, που επιλέγει ο χρήστης. Η πρώτη επιλογή του είναι η ταχύτητα μελέτης του συνδετήριου κλάδου. Με την επιλογή της κατάλληλης ταχύτητας σε Km/h και την κλήση του μικρού πλήκτρου “OK” αναγράφονται στο πλαίσιο οι ελάχιστες επιτρεπόμενες τιμές της ακτίνας R και της παραμέτρου A, σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς. Αυτόματα οι τιμές αυτές εισάγονται και στις θυρίδες εισαγωγής των τιμών τους.

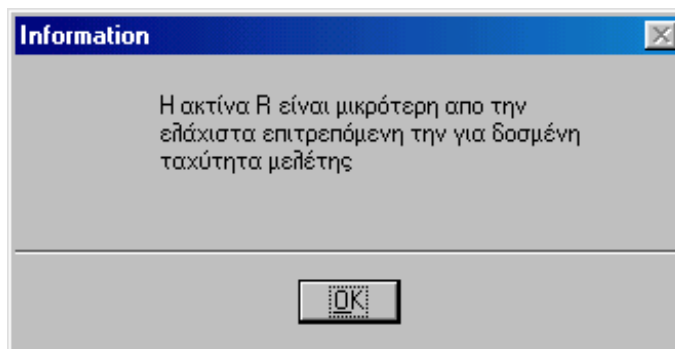
Ταχύτητα Ράμπας (Km/h) 30
 Minimum R= 25
 Minimum A= 30
 Ok

Ακτίνα R
 25.000000
 Παράμετρος A
 30.000000

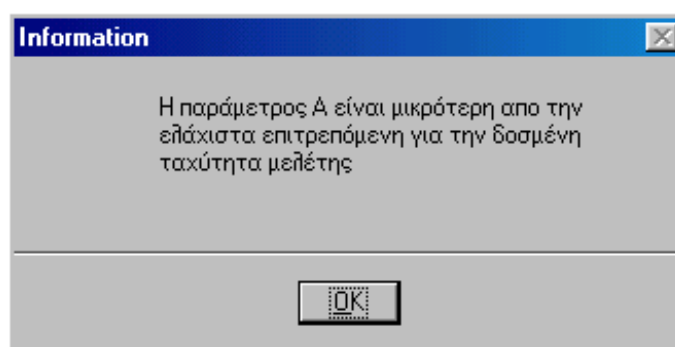
Σχήμα 4-17 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Εισαγωγή δεδομένων για την σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου

Ο χρήστης επιλέγει την τιμή της ακτίνας R και την τιμή της παραμέτρου A που επιθυμεί. Σε περίπτωση εισαγωγής τιμής μικρότερης από τις ελάχιστες

επιτρεπόμενες τιμές σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς, τότε στην οθόνη εμφανίζονται τα παρακάτω μηνύματα λάθους :



Σχήμα 4-18 : Μήνυμα λάθους

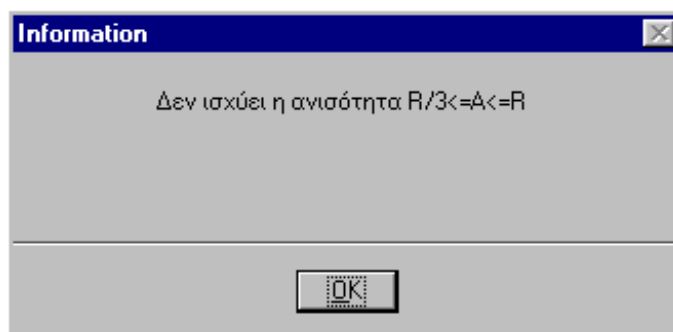


Σχήμα 4-19 : Μήνυμα λάθους

Αφού ο χρήστης εισάγει τις σωστές τιμές για την ακτίνα R και την παράμετρο A, ο τρίτος έλεγχος που πραγματοποιείται από το πρόγραμμα είναι αν ισχύει η παρακάτω σχέση για τις τιμές R και A [1].

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

Σε περίπτωση που δεν ισχύει, στην οθόνη εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα λάθους :



Σχήμα 4-20 : Μήνυμα λάθους

Αφού επιλεχθούν τιμές για την ακτίνα R και την παράμετρο A, που να εκπληρούν την παραπάνω σχέση, τότε ο χρήστης εισάγει κάποια χαρακτηριστικά δεδομένα απαραίτητα για να χαραχθεί η οριζοντιογραφία του συνδετήριου κλάδου.

Μήκος εξόδου	Γωνία
250.000000	50.000000
Ευθύγραμμο τμήμα	Πλάτος Ράμπας
35.000000	10.000000
Μήκος Επιτάχυνσης	
250.000000	

Σχήμα 4-21 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Εισαγωγή δεδομένων για την σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου

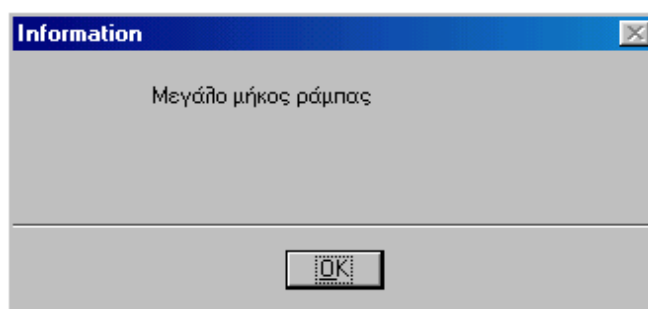
Αυτά είναι τα εξής :

- Μήκος εισόδου ή εξόδου: Είναι το μήκος (σε μέτρα) του σημείου τομής τη εσωτερικής οριογραμμής του συνδετήριου κλάδου με την οριογραμμή της οδού μέχρι το σημείο τομής (Χο,Υο) των δύο οδών.

- Γωνία: Είναι η γωνία (σε μοίρες) που σχηματίζει το ευθύγραμμο τμήμα ανάμεσα στις δύο αντίρροπες καμπύλες του συνδετήριου κλάδου με τον κεντρικό άξονα της κύριας οδού. Μάλιστα αποτελεί την χαρακτηριστική γωνία γ της πρώτης καμπύλης του συνδετήριου κλάδου.
- Ευθύγραμμο τμήμα: Είναι το μήκος (σε μέτρα) του ευθύγραμμου τμήματος που σχεδιάζεται ανάμεσα στις αντίρροπες καμπύλες.
- Πλάτος ράμπας: Είναι το πλάτος (σε μέτρα) του συνδετήριου κλάδου.
- Μήκος επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης: Είναι το μήκος (σε μέτρα) της λωρίδας επιτάχυνσης ή της λωρίδας επιβράδυνσης, που χρησιμοποιεί ένα όχημα για να εξέλθει ή να εισέλθει ομαλά στον κύριο δρόμο. Στο σχέδιο είναι η απόσταση του σημείου τομής τη εσωτερικής οριογραμμής του συνδετήριου κλάδου με την οριογραμμή της οδού μέχρι το σημείο που ξεκινάει η χάραξη της λωρίδας επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης.

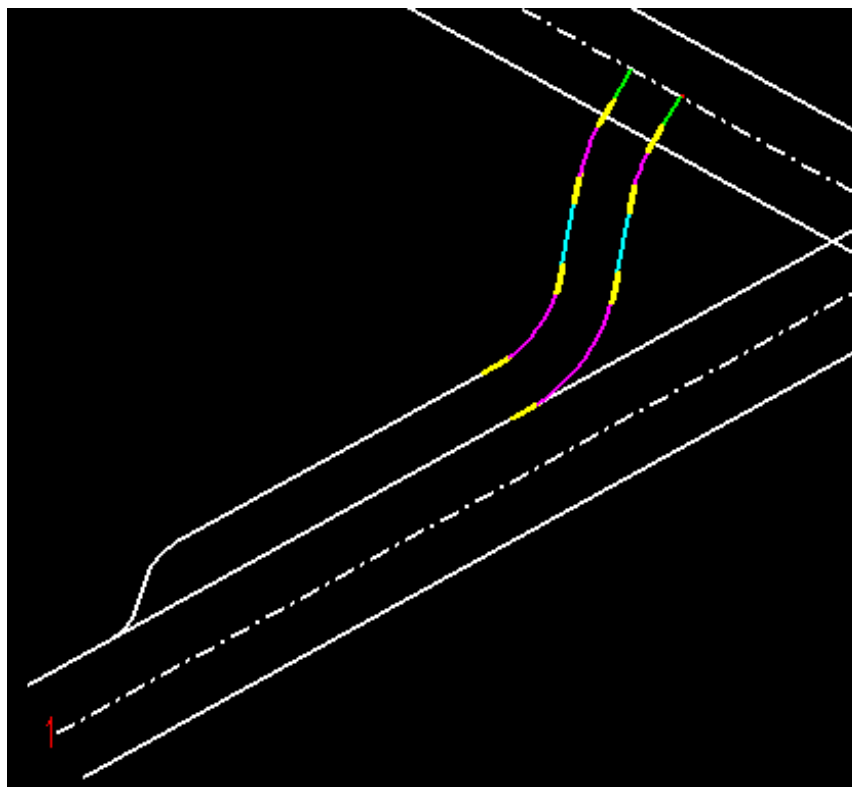
Για όλα τα παραπάνω δεδομένα εισάγονται θετικές τιμές. Σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζονται μηνύματα λάθους.

Αφού ο χρήστης εισάγει στις θυρίδες τα δεδομένα του πλαισίου, σχεδιάζεται η οριζοντιογραφία του συνδετήριου κλάδου. Στην περίπτωση που με τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης σχεδιάζεται πολύ μεγάλο μήκος συνδετήριου κλάδου, για την περίπτωση των οδών που εξετάζεται, τότε εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω μήνυμα λάθους :



Σχήμα 4-22 : Μήνυμα λάθους

Αν ο χρήστης εισάγει κατάλληλες τιμές για τα δεδομένα του πλαισίου και δεν εμφανιστεί κανένα μήνυμα λάθους στην οθόνη τότε σχεδιάζεται η οριζοντιογραφία του συνδετήριου κλάδου που έχει επιλεγθεί.



Σχήμα 4-23 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 1

- Με λευκό χρώμα σχεδιάζεται η λωρίδα επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης.
- Με κίτρινο χρώμα σχεδιάζονται οι κλωθοειδείς των δύο αντίρροπων καμπύλων.
- Με μωβ χρώμα σχεδιάζονται τα κυκλικά τμήματα των δύο αντίρροπων καμπύλων.
- Με γαλάζιο χρώμα σχεδιάζεται το ευθύγραμμο τμήμα ανάμεσα στις αντίρροπες καμπύλες
- Με πράσινο χρώμα σχεδιάζεται το ευθύγραμμο τμήμα του συνδετήριου κλάδου που τέμνει κάθετα τον δευτερεύοντα δρόμο (το τέλος της δεύτερης καμπύλης μέχρι τον δευτερεύοντα δρόμο).

Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των αντίστοιχων δεδομένων για την σχεδίαση των οριζοντιογραφιών των συνδετήριων κλάδων 2,3,4. Καλώντας “Οριζοντιογραφία Ράμπας 2”, “Οριζοντιογραφία Ράμπας 3”, “Οριζοντιογραφία Ράμπας 4”, εμφανίζονται κατά σειρά στην οθόνη τα παρακάτω πλαίσια και σχεδιάζονται οι αντίστοιχες οριζοντιογραφίες των συνδετήριων κλάδων :

The 'Ράμπα 2' dialog box contains the following fields and controls:

- Ταχύτητα Ράμπας (Km/h):** A dropdown menu set to 30.
- Minimum R=** 25
- Minimum A=** 30
- Ok** button
- Μήκος εισόδου:** Input field with value 250.000000
- Γωνία:** Input field with value 50.000000
- Ευθύγραμμο τμήμα:** Input field with value 60.000000
- Πλάτος Ράμπας:** Input field with value 10.000000
- Μήκος Επιβράδυνσης:** Input field with value 250.000000
- Ακτίνα R:** Input field with value 25.000000
- Παράμετρος A:** Input field with value 30.000000
- OK** and **CANCEL** buttons at the bottom.

Σχήμα 4-24 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Εισαγωγή δεδομένων για την σχεδίαση της οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 2

The 'Ράμπα 3' dialog box contains the following fields and controls:

- Ταχύτητα Ράμπας (Km/h):** A dropdown menu set to 30.
- Minimum R=** 0
- Minimum A=** 0
- Ok** button
- Μήκος εξόδου:** Input field with value 250.000000
- Γωνία:** Input field with value 50.000000
- Ευθύγραμμο τμήμα:** Input field with value 35.000000
- Πλάτος Ράμπας:** Input field with value 10.000000
- Μήκος Επιτάχυνσης:** Input field with value 250.000000
- Ακτίνα R:** Input field with value 0.000000
- Παράμετρος A:** Input field with value 0.000000
- OK** and **CANCEL** buttons at the bottom.

Σχήμα 4-25 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Εισαγωγή δεδομένων για την σχεδίαση της οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 3

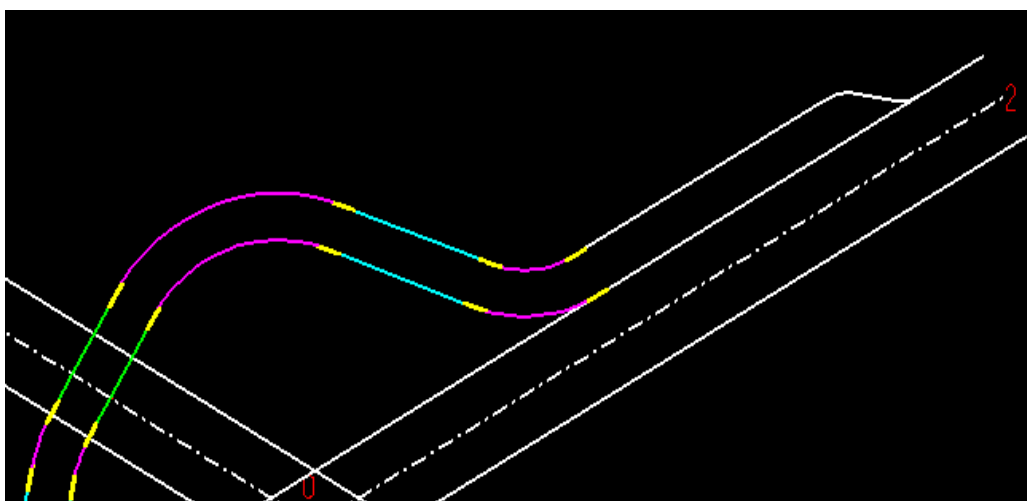
The 'Ράμπα 4' dialog box contains the following fields and controls:

- Ταχύτητα Ράμπας (Km/h):** A dropdown menu set to 30.
- Minimum R=** 0
- Minimum A=** 0
- Ok** button
- Μήκος εισόδου:** Input field with value 250.000000
- Γωνία:** Input field with value 50.000000
- Ευθύγραμμο τμήμα:** Input field with value 60.000000
- Πλάτος Ράμπας:** Input field with value 10.000000
- Μήκος Επιβράδυνσης:** Input field with value 250.000000
- Ακτίνα R:** Input field with value 0.000000
- Παράμετρος A:** Input field with value 0.000000
- OK** and **CANCEL** buttons at the bottom.

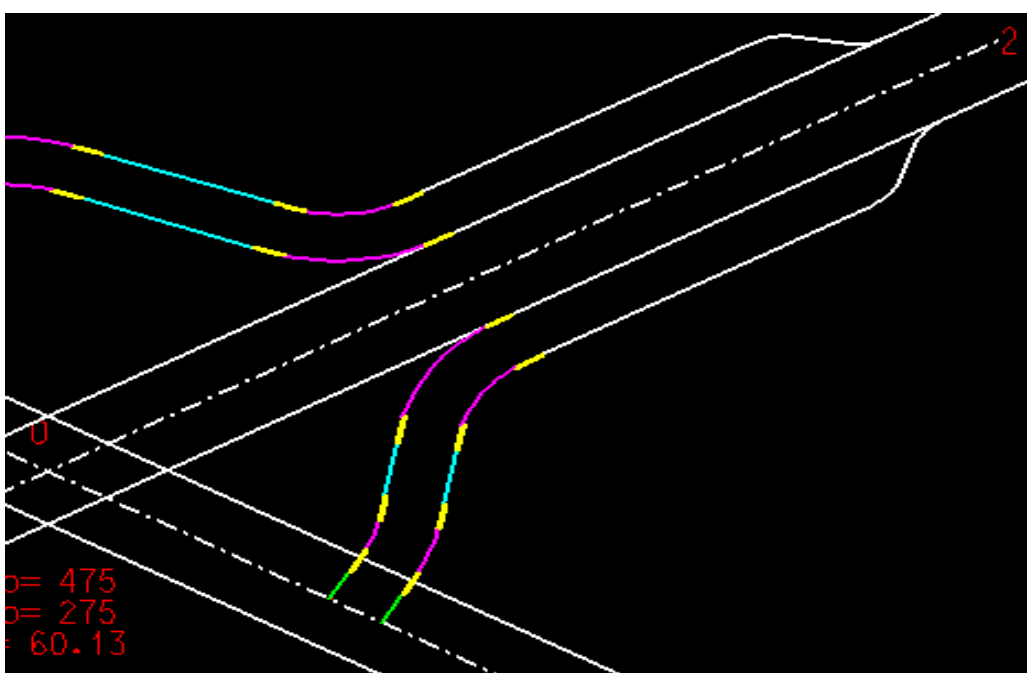
Σχήμα 4-26 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Εισαγωγή δεδομένων για την σχεδίαση της οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 4

Για την εισαγωγή των δεδομένων προκειμένου να σχεδιαστούν οι οριζοντιογραφίες των συνδετήρων κλάδων 2,3,4 πραγματοποιούνται όλοι οι έλεγχοι που προαναφέρθηκαν αναλυτικά στην σχεδίαση της οριζοντιογραφίας του συνδετήριου κλάδου 1.

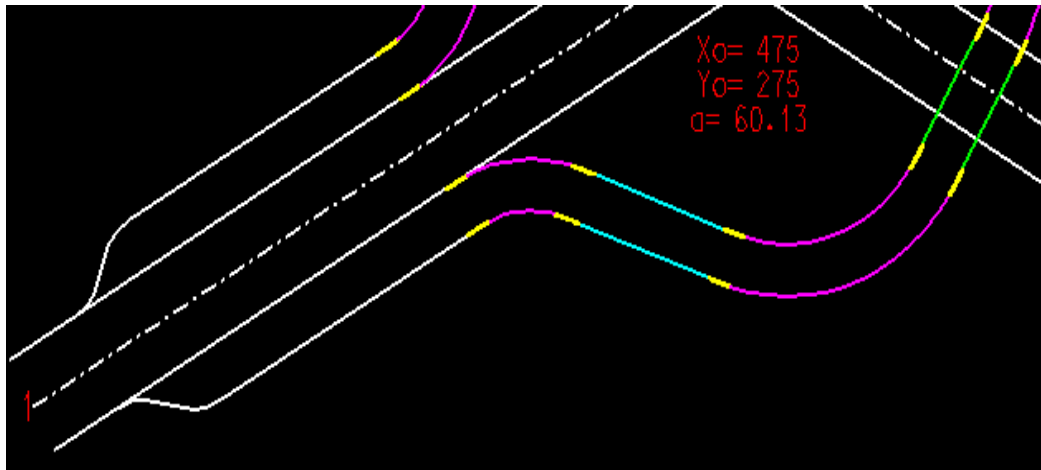
Η διαδοχική σχεδίαση των οριζοντιογραφιών των συνδετήριων κλάδων 2,3,4 φαίνεται στα παρακάτω Σχήματα 3-27, 3-28, 3-29 :



Σχήμα 4-27 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 2

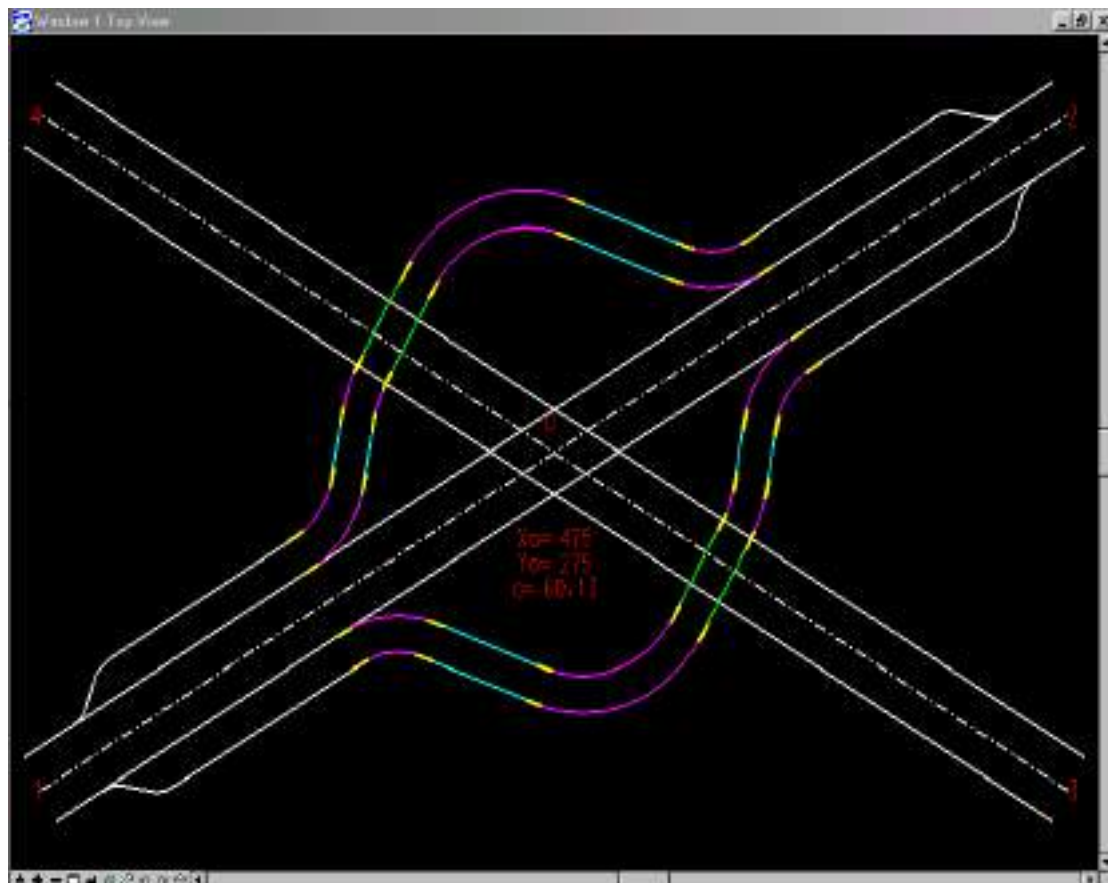


Σχήμα 4-28 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 3



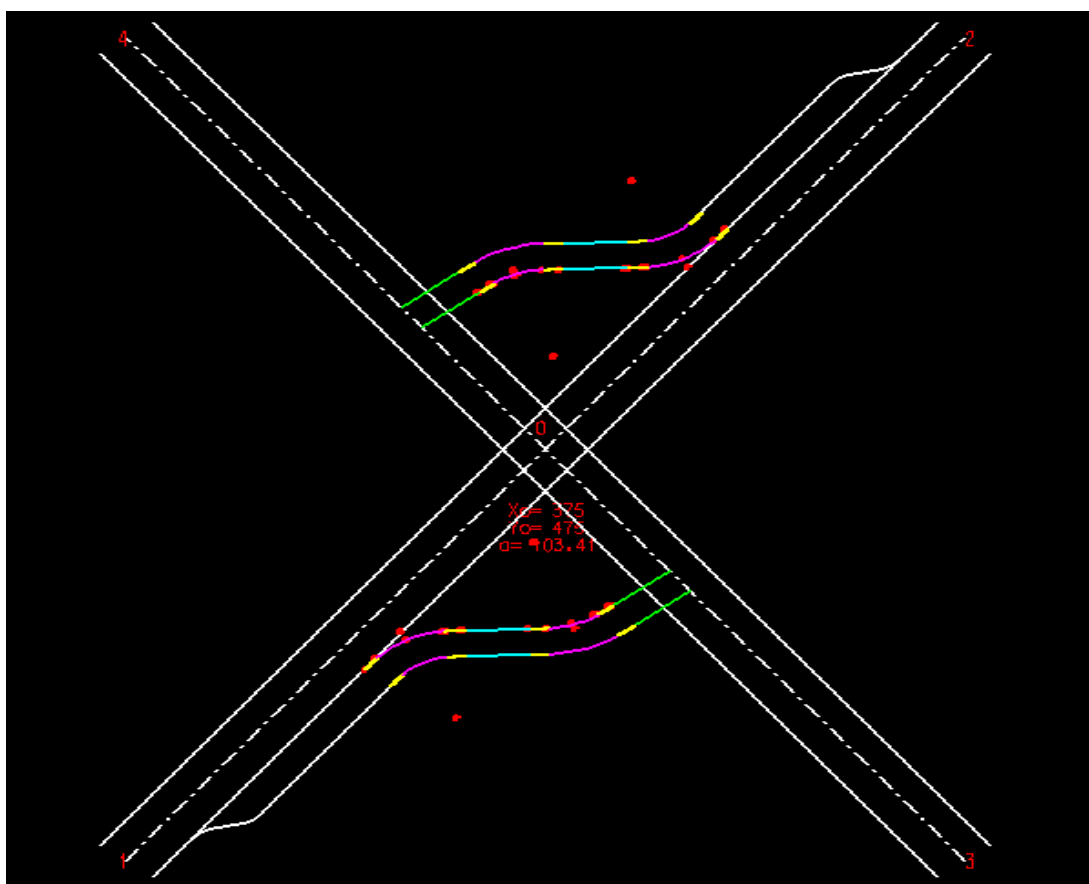
Σχήμα 4-29 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 4

Το συνολικό αποτέλεσμα της σχεδίασης όλων των οριζοντιογραφιών των συνδετήριων κλάδων είναι το εξής :



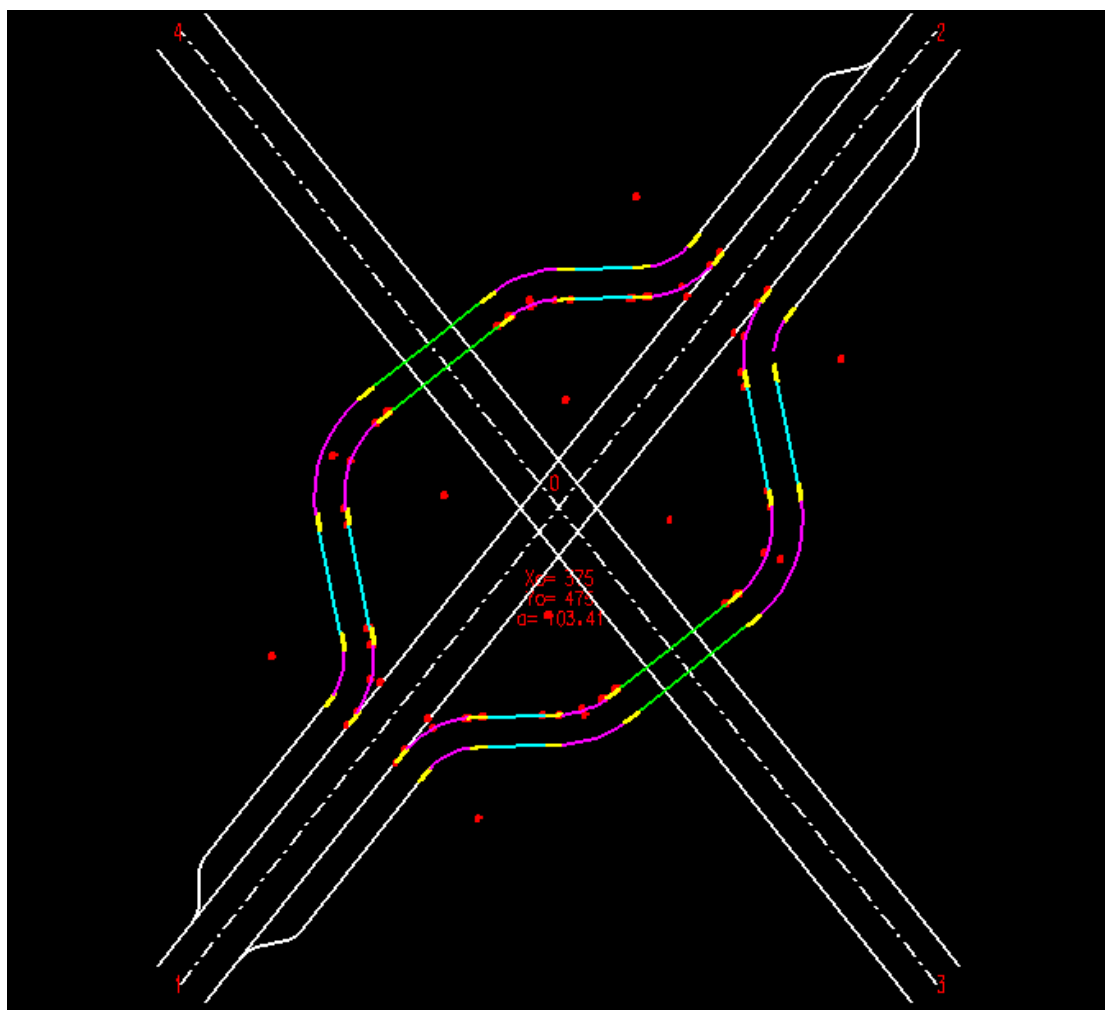
Σχήμα 4-30 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας και των τεσσάρων συνδετήριων κλάδων

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι όταν ο χρήστης καλεί “Οριζοντιογραφία Ράμπας 1” και “Οριζοντιογραφία Ράμπας 3” σχεδιάζονται οι οριζοντιογραφίες των συνδετήριων κλάδων που βρίσκονται στις οξείες γωνίες, που σχηματίζονται από την κύρια οδό και την δευτερεύουσα.



Σχήμα 4-31 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας των συνδετήριων κλάδων που βρίσκονται στις οξείες γωνίες

Αντίστοιχα όταν ο χρήστης επιλέγει “Οριζοντιογραφία Ράμπας 2” και “Οριζοντιογραφία Ράμπας 4” σχεδιάζονται οι οριζοντιογραφίες των συνδετήριων κλάδων που βρίσκονται στις αμβλείες γωνίες, που σχηματίζονται από την κύρια οδό και την δευτερεύουσα.

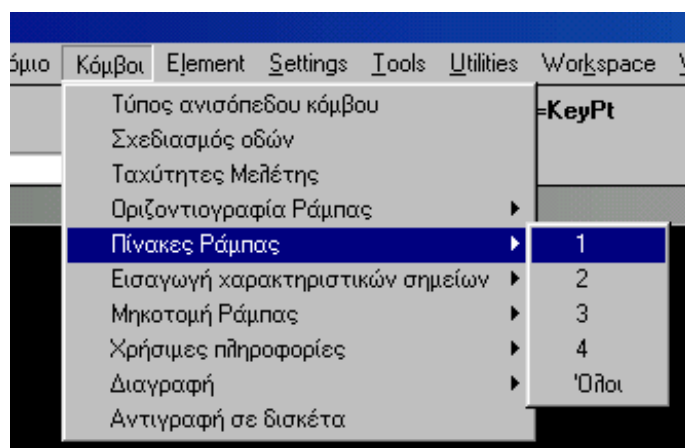


Σχήμα 4-32 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας και των τεσσάρων συνδετήριων κλάδων
(με χαρακτηριστικά σημεία)

Επομένως, για την σχεδίαση των οριζοντιογραφιών των συνδετήριων κλάδων 2 και 4 η εισαγωγή του δεδομένου “Ευθύγραμμο τμήμα” στην θυρίδα του δεν επηρεάζει την σχεδίαση αφού το πρόγραμμα αυτόματα προσαρμόζει τον συνδετήριο κλάδο 2 κάθετα στον συνδετήριο κλάδο 1 και τον συνδετήριο κλάδο 4 αντίστοιχα στον συνδετήριο κλάδο 3. Συγκεκριμένα ανάλογα με την τιμή που δίνει ο χρήστης στην θυρίδα «Ευθύγραμμο τμήμα» για την σχεδίαση των οριζοντιογραφιών των συνδετήριων κλάδων 2 και 4, το πρόγραμμα αυτόματα προσθέτει ή αφαιρεί κατάλληλο μήκος στο ευθύγραμμο τμήμα που βρίσκεται ανάμεσα στις αντίρροπες καμπύλες προκειμένου οι συνδετήριοι κλάδοι 1-2 και 3-4 να τέμνονται κάθετα και στο ίδιο σημείο της δευτερεύουσας οδού.

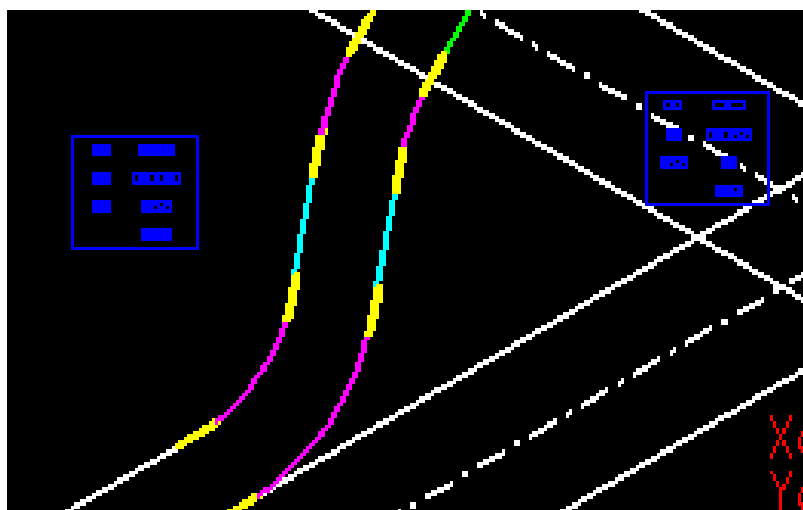
4.3.5 Πίνακες Ράμπας

Με το πρόγραμμα αυτό σχεδιάζονται πίνακες μέσα στους οποίους αναγράφονται χρήσιμα στοιχεία για τις αντίρροπες καμπύλες κάθε συνδετήριου κλάδου. Το πρόγραμμα καλείται από το κεντρικό κυλιόμενο κατάλογο (menu bar).

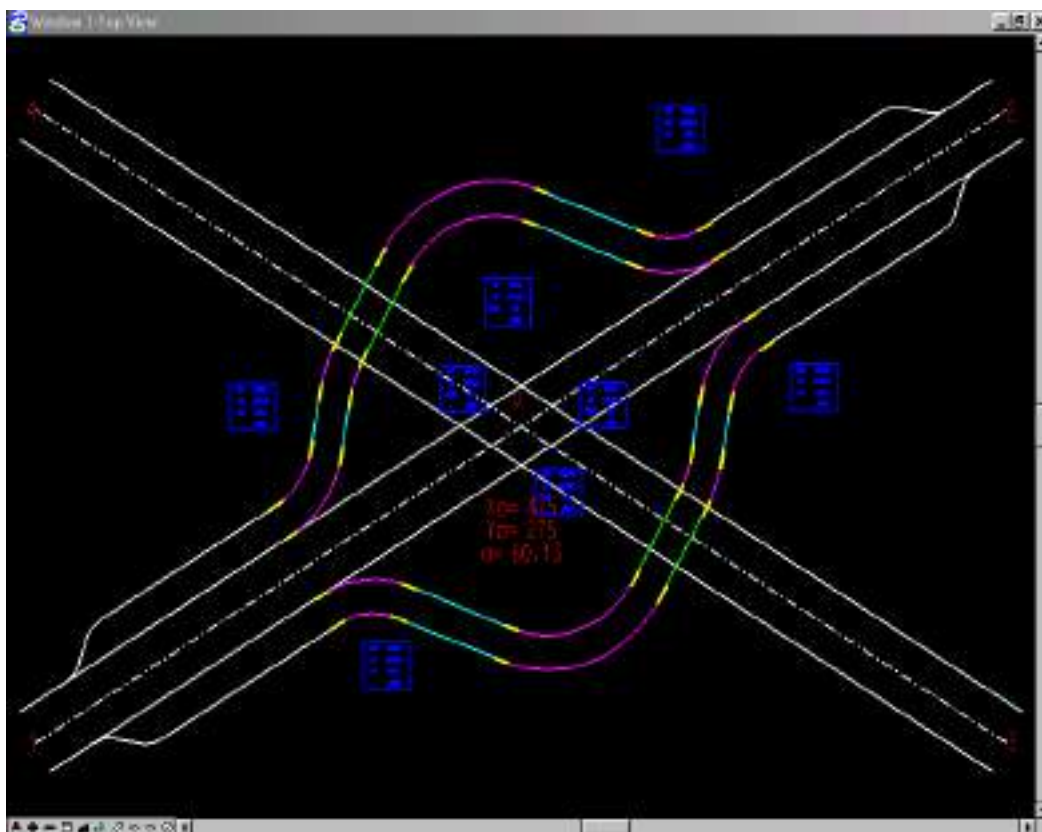


Σχήμα 4-33 : Επιλογή πινάκων για σχεδίαση

Υπάρχει η επιλογή σχεδίασης πινάκων όλων ή συγκεκριμένων συνδετήριων κλάδων.



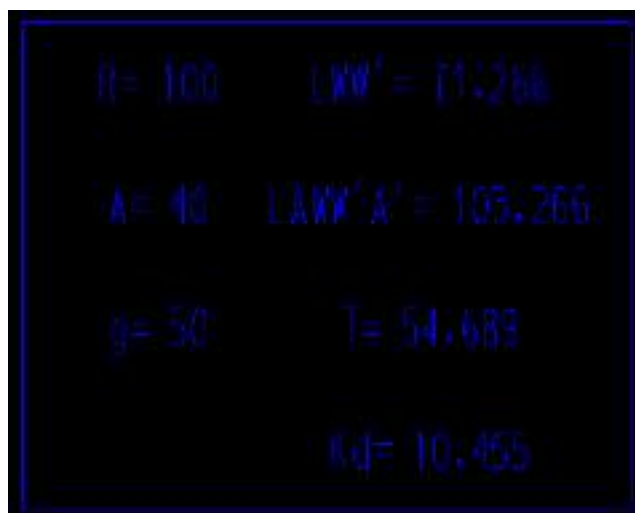
Σχήμα 4-34 : Σχεδίαση πινάκων για τον συνδετήριο κλάδο 1



Σχήμα 4-35 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας και των τεσσάρων συνδετήριων κλάδων (με πίνακες)

Κάθε πίνακας αναγράφει τα εξής χαρακτηριστικά στοιχεία :

- Ακτίνα καμπυλότητας R της καμπύλης
- Παράμετρος A της κλωθοειδούς
- Γωνία γ της αντίστοιχης κορυφής
- Μήκος $\Omega\Omega'$ του κυκλικού τμήματος της καμπύλης
- Μήκος $A\Omega\Omega'A'$ της καμπύλης
- Το χαρακτηριστικό μήκος T
- Το χαρακτηριστικό μήκος $K\Delta$ (από την κορυφή έως το σημείο τομής της διχοτόμου με το κυκλικό τμήμα)

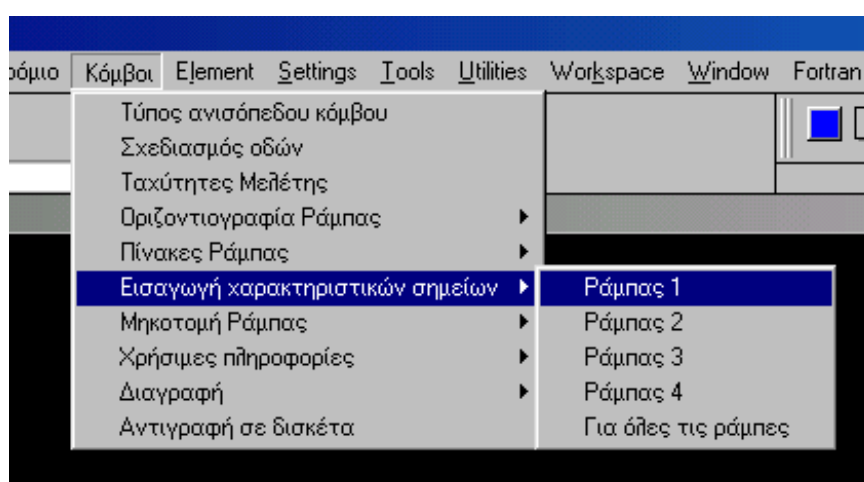


$H = 100$	$LXW' = 712.88$
$A = 40$	$LXW'A' = 105.266$
$\theta = 30$	$T = 54.683$
$Kd = 10.455$	

Σχήμα 4-36 : Πίνακας χαρακτηριστικών στοιχείων

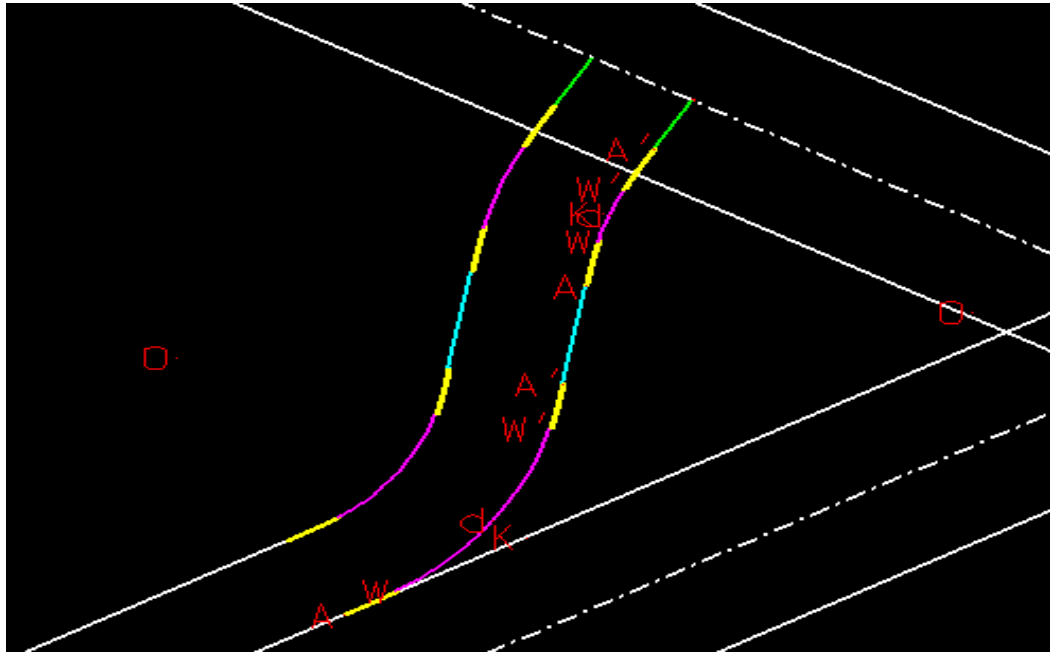
4.3.6 Εισαγωγή Χαρακτηριστικών Σημείων

Με το πρόγραμμα “Εισαγωγή Χαρακτηριστικών Σημείων” σχεδιάζονται με κόκκινο χρώμα τα χαρακτηριστικά σημεία της οριζοντιογραφίας κάθε συνδετήριου κλάδου. Συγκεκριμένα σχεδιάζονται τα χαρακτηριστικά σημεία της εσωτερικής οριογραμμής του συνδετήριου κλάδου. Το πρόγραμμα καλείται από το κεντρικό κυλιόμενο κατάλογο (menu bar)

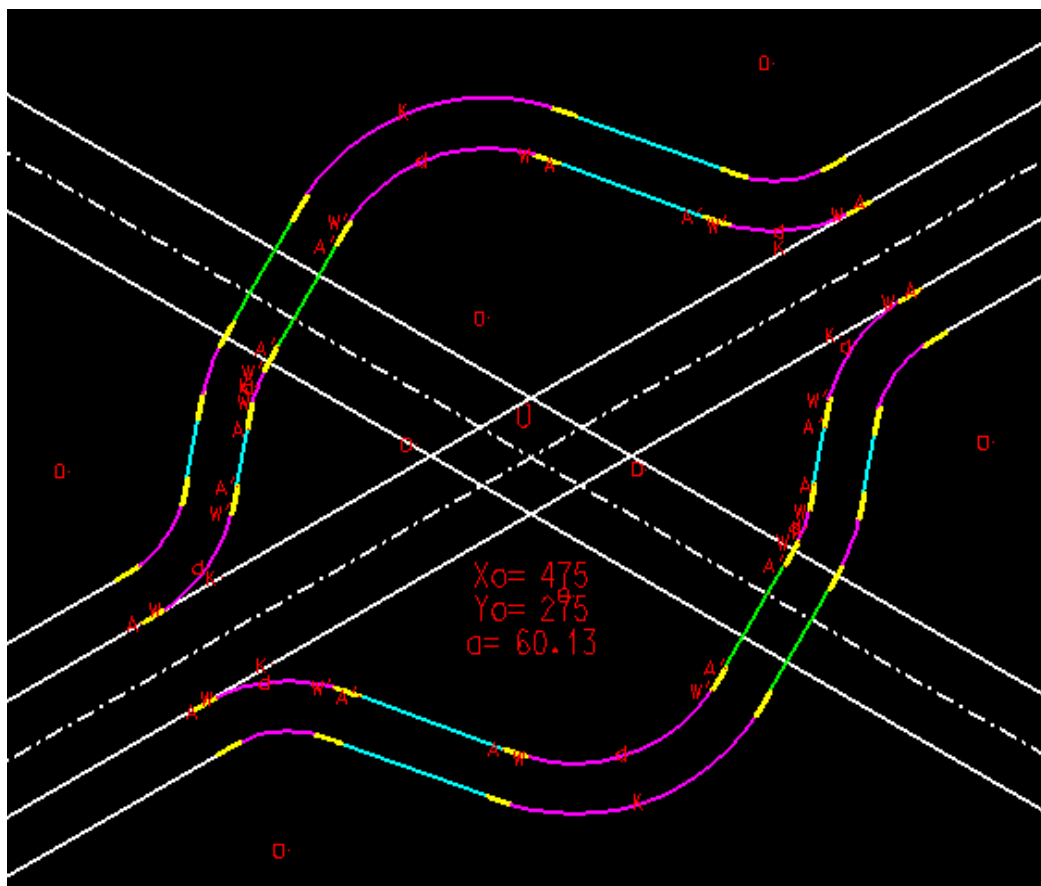


Σχήμα 4-37 : Εισαγωγή χαρακτηριστικών σημείων

Υπάρχει η επιλογή να σχεδιαστούν τα χαρακτηριστικά σημεία όλων ή συγκεκριμένων συνδετήριων κλάδων.



Σχήμα 4-38 : Σχεδίαση χαρακτηριστικών σημείων του συνδετήριου κλάδου 1



Σχήμα 4-39: Σχεδίαση χαρακτηριστικών σημείων για όλους τους συνδετήριους κλάδους

Τα χαρακτηριστικά σημεία κάθε συνδετήριου κλάδου είναι τα εξής:

A : αρχή κλωθοειδούς

A' : τέλος κλωθοειδούς

W : αρχή κυκλικού τμήματος

W' : τέλος κυκλικού τμήματος

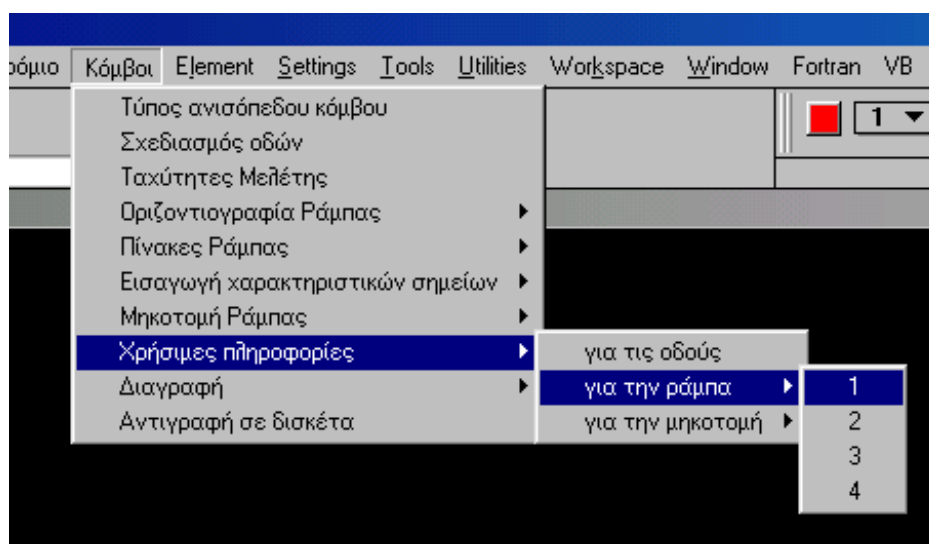
K : κορυφή καμπύλης

O : κέντρο του κυκλικού τμήματος

d : σημείο διχοτόμου OK με το κυκλικό τμήμα

4.3.7 Χρήσιμες Πληροφορίες

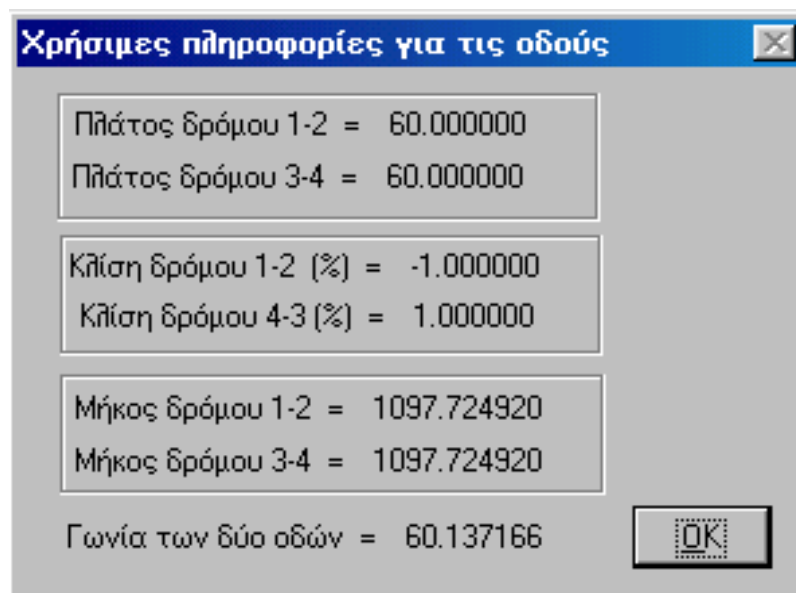
Καλώντας το πρόγραμμα "Χρήσιμες Πληροφορίες" παρουσιάζονται χαρακτηριστικές πληροφορίες που έχουν σχέση με τις δύο οδούς, τους συνδετήριους κλάδους και τις μηκοτομές των συνδετήριων κλάδων. Η κλήση του προγράμματος πραγματοποιείται από το κεντρικό menu και χωρίζεται σε τρία τμήματα.



Σχήμα 4-40 : Επιλογή εμφάνισης χρήσιμων πληροφοριών

♦ Χρήσιμες πληροφορίες για τις οδούς

Με την εκτέλεση του συγκεκριμένου προγράμματος εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω πλαίσιο :



Σχήμα 4-41 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Χρήσιμες πληροφορίες για τις οδούς

Το συγκεκριμένο πλαίσιο ενημερώνει τον χρήστη για τα εξής :

- το πλάτος του κυρίου δρόμου 1-2
- το πλάτος του δευτερεύοντα δρόμου 3-4
- την κατά μήκος κλίση 1-2 του κυρίου δρόμου 1-2
- την κατά μήκος κλίση 4-3 του δευτερεύοντα δρόμου 3-4
- το συνολικό μήκος του κύριου δρόμου 1-2
- το συνολικό μήκος του δευτερεύοντα δρόμου 3-4
- την γωνία (σημείο 1-σημείο τομής των δύο δρόμων-σημείο 4) που σχηματίζουν οι δύο οδοί

♦ Χρήσιμες πληροφορίες για τις ράμπες

Με την εκτέλεση του συγκεκριμένου προγράμματος εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω πλαίσιο :

Καμπύλη 1	Καμπύλη 2
Ακτίνα R = 100.000000	Ακτίνα R = 100.000000
Παράμετρος A = 40.000000	Παράμετρος A = 40.000000
Γωνία καμπύλης γ = 50.000000	Γωνία καμπύλης γ = 20.137166
Μήκος κλωθοειδούς L = 16.000000	Μήκος κλωθοειδούς L = 16.000000
Μήκος ΩΩ' = 71.266463	Μήκος ΩΩ' = 19.145984
Μήκος ΑΩΩ'Α' = 103.266463	Μήκος ΑΩΩ'Α' = 51.145984

Μήκος ευθύγραμμου τμήματος ανάμεσα στις καμπύλες = 35.000000
Μήκος επιβράδυνσης = 250.000000
Συνολικό μήκος ράμπας 1 = 469.193655

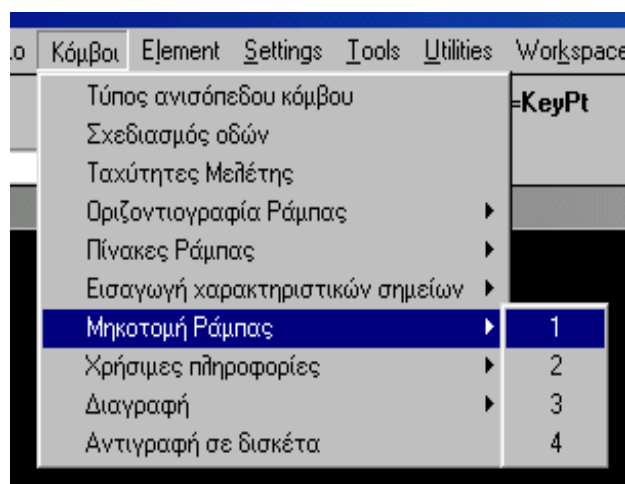
Σχήμα 4-42 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Χρήσιμες πληροφορίες για τον συνδετήριο κλάδο 1

Το συγκεκριμένο πλαίσιο ενημερώνει τον χρήστη για τα εξής :

- την ακτίνα R των δύο καμπύλων, που είναι κοινή για κάθε συνδετήριο κλάδο
- την παράμετρο A των κλωθοειδών για κάθε συνδετήριο κλάδο
- την χαρακτηριστική γωνία γ κάθε καμπύλης
- το μήκος L της κλωθοειδούς
- το μήκος ΩΩ' του κυκλικού τμήματος κάθε καμπύλης
- το χαρακτηριστικό μήκος ΑΩΩ'Α' (μήκος κυκλικού τμήματος + μήκος των δύο κλωθοειδών) για κάθε καμπύλη
- το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος ανάμεσα στις δύο αντίρροπες καμπύλες
- το μήκος επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης
- το συνολικό μήκος της ράμπας

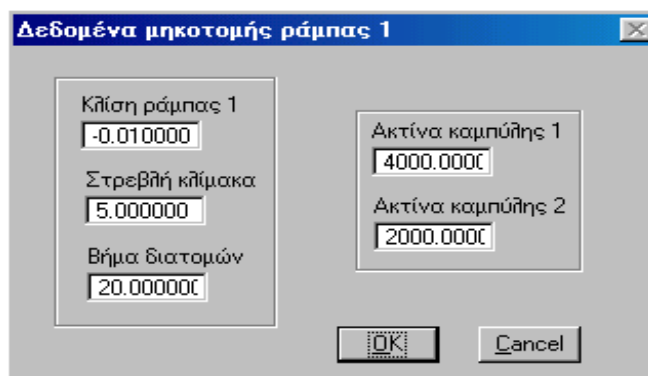
4.3.8 Μηκοτομή Ράμπας

Με αυτό το πρόγραμμα σχεδιάζεται η μηκοτομή για κάθε ένα συνδετήριο κλάδο ξεχωριστά. Καλώντας την “Μηκοτομή Ράμπας 1”



Σχήμα 4-43 : Επιλογή σχεδίασης μηκοτομής συνδετηρίου κλάδου

εμφανίζεται στην οθόνη του χρήστη το παρακάτω πλαίσιο :



Σχήμα 4-44 : Πλαίσιο επικοινωνίας , Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση μηκοτομής συνδετηρίου κλάδου 1

Στο πλαίσιο αυτό ο χρήστης εισάγει δεδομένα προκειμένου να σχεδιαστεί η μηκοτομή της κάθε ράμπας . Αυτά είναι :

- η κλίση της ράμπας (δίνεται σε μορφή 0.01 και όχι 1% και για κατωφέρεια παίρνει αρνητικές τιμές)

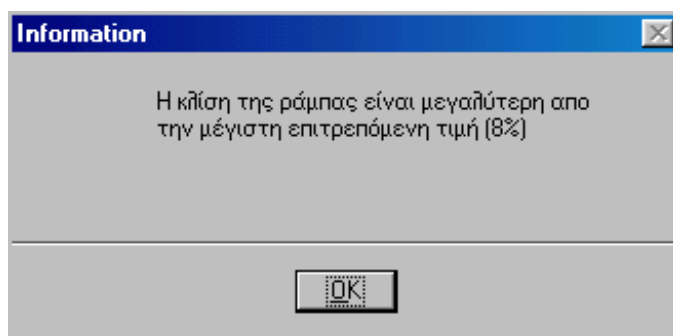
- η στρεβλή κλίμακα. Με αυτό επιτυγχάνεται καλύτερη εικόνα για το σχέδιο της μηκοτομής.
- το βήμα των διατομών για τα μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα της ράμπας (π. χ λωρίδα επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης)
- η ακτίνα του πρώτου τόξου συναρμογής
- η ακτίνα του δεύτερου τόξου συναρμογής

Το πρόγραμμα σχεδιασμού των μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων στηρίζεται στην ύπαρξη ενός ή δύο σημαιών.

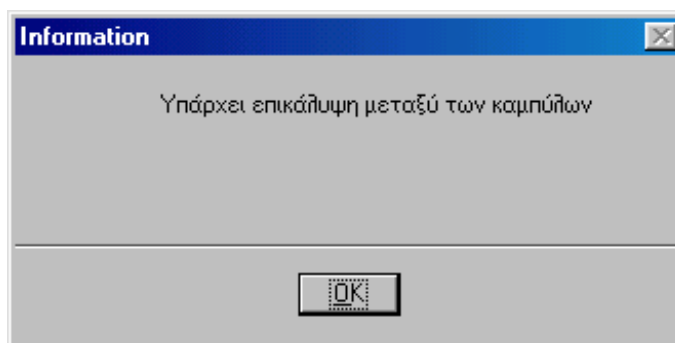
Το πρόγραμμα κάθε φορά που ο χρήστης εισάγει κάποια δεδομένα πραγματοποιεί τους εξής ελέγχους :

- Αν η κλίση της ράμπας ξεπερνάει την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή (8%)
- Αν υπάρχει επικάλυψη μεταξύ των δύο τόξων συναρμογής
- Αν υπάρχει το απαιτούμενο μήκος ευθύγραμμου τμήματος ανάμεσα στις αντίρροπες καμπύλες

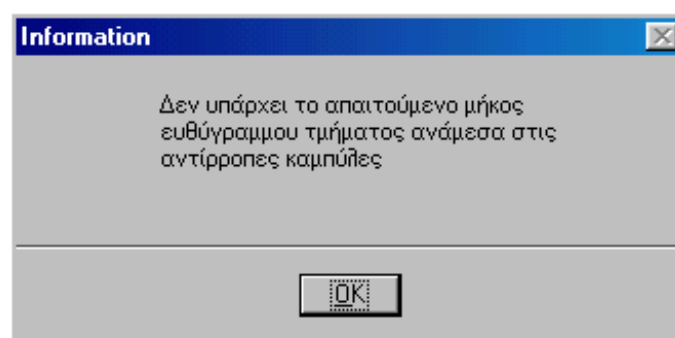
Σε περίπτωση που δεν ικανοποιούνται οι παραπάνω έλεγχοι τότε στην οθόνη του χρήστη εμφανίζονται τα παρακάτω μηνύματα λάθους.



Σχήμα 4-45 : Μήνυμα λάθους



Σχήμα 4-46 : Μήνυμα λάθους



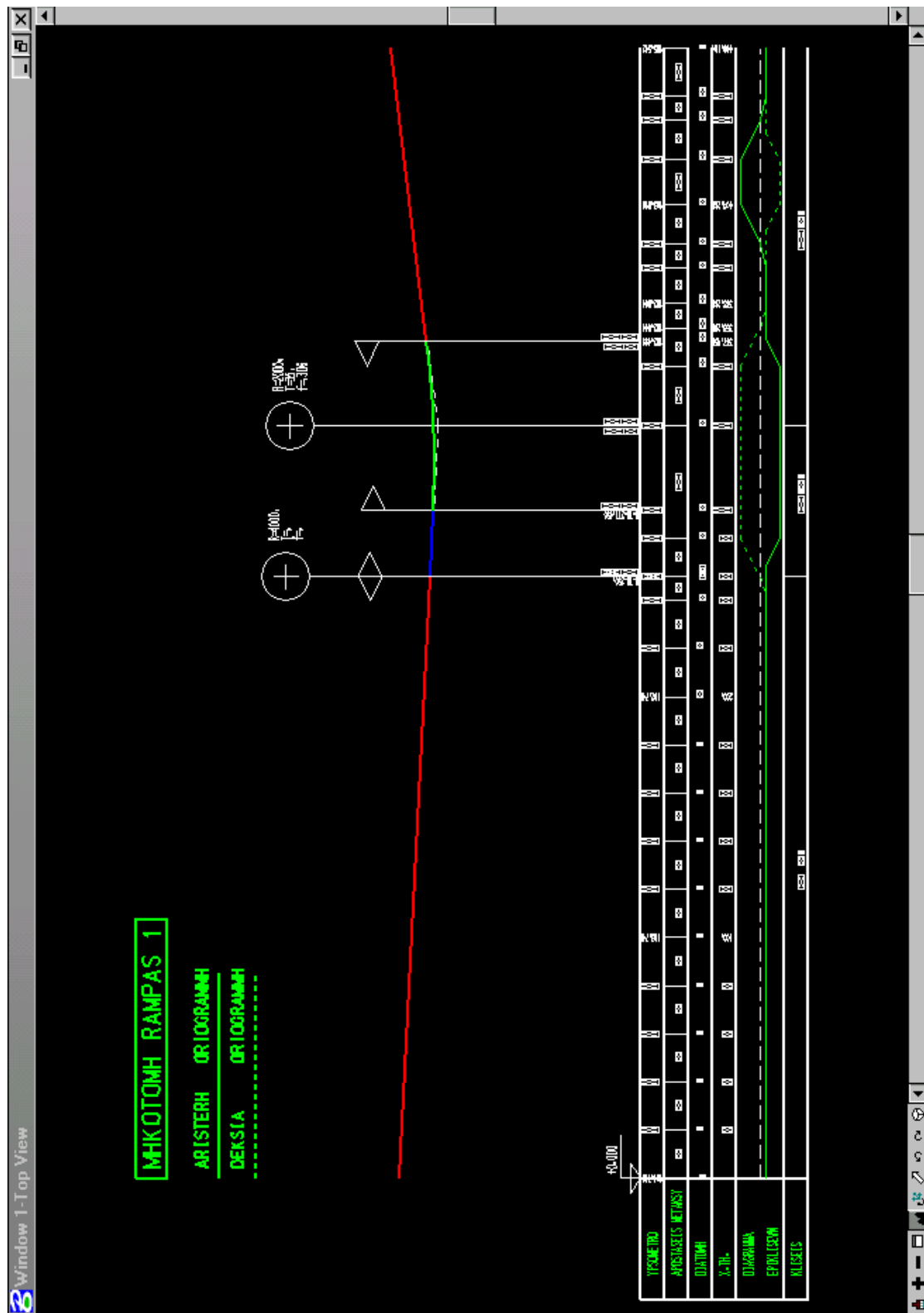
Σχήμα 4-47 : Μήνυμα λάθους

Αφού ο χρήστης εισάγει τα παραπάνω δεδομένα σχεδιάζεται η μηκοτομή του συνδετήριου κλάδου που έχει επιλέξει. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον σχεδιασμό της μηκοτομής της κάθε ράμπας είναι να έχει σχεδιαστεί η αντίστοιχη οριζοντιογραφία.

Πρέπει να τονιστεί ότι έχουν γίνει οι εξής παραδοχές :

- Οι λωρίδες επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης ακολουθούν την κατά μήκος κλίση της αντίστοιχης οδού
- Η υψομετρική διαφορά στο σημείο τομής των δύο δρόμων είναι περίπου 7m.
- Το τμήμα από το τέλος της δεύτερης σημαίας έως τον δευτερεύοντα δρόμο έχει κλίση 2,5 % όσο και η επίκλιση του δευτερεύοντα δρόμου.

Το αποτέλεσμα της σχεδίασης είναι το παρακάτω :



Σχήμα 4-48 : Μηκοτομή συνδετήριου κλάδου 1

Ο πίνακας της μηκοτομής δίνει στον χρήστη τις παρακάτω πληροφορίες :

- το υψόμετρο της κάθε διατομής
- τις αποστάσεις μεταξύ των διατομών
- τις διατομές
- την χιλιομετρική θέση της κάθε διατομής
- το διάγραμμα επικλίσεων
- την κατά μήκος κλίση για κάθε τμήμα

	+0.000
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	
ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ	20.
ΔΙΑΤΟΜΗ	4
Χ.ΤΗ.	
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
ΕΠΙΚΛΙΣΕΩΝ	
ΚΛΙΣΕΙΣ	

Σχήμα 4-49 : Πίνακας μηκοτομής

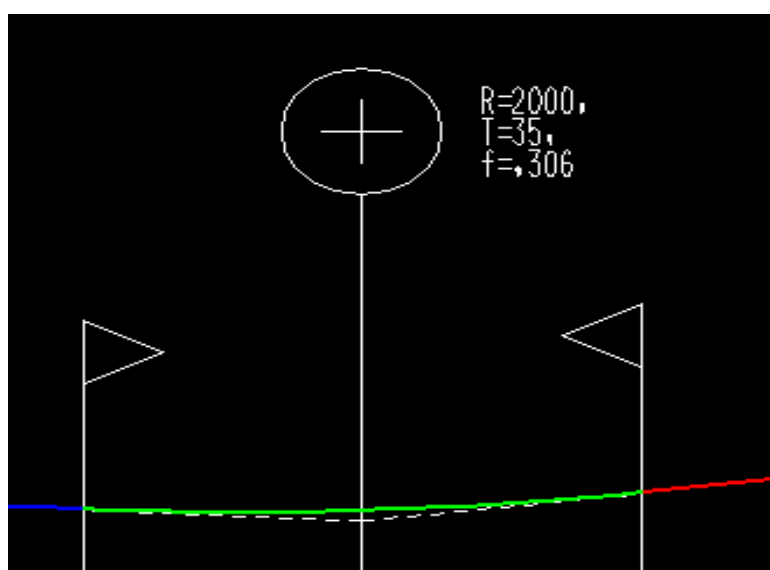
Αριστερά πάνω στο σχέδιο αναγράφεται η μηκοτομή ποιας ράμπας έχει σχεδιαστεί καθώς και πώς συμβολίζεται η αριστερή και δεξιά οριογραμμή στο διάγραμμα των επικλίσεων.



Σχήμα 4-50: Αναγραφή μηκοτομής συνδετήριου κλάδου και οριογραμμών

- Με κόκκινο χρώμα σχεδιάζονται το τμήμα της λωρίδας επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης καθώς και το τμήμα από το τέλος της δεύτερης σημαίας έως το τέλος της ράμπας.
- Με πράσινο χρώμα σχεδιάζονται τα τόξα συναρμογής
- Με μπλε χρώμα σχεδιάζεται το τμήμα ανάμεσα στα τόξα συναρμογής όπου δίνεται και η κλίση της ράμπας.

Για την κάθε κορυφή αναγράφονται χαρακτηριστικές πληροφορίες όπως είναι η ακτίνα καμπυλότητας R , η εφαπτομένη T και το τόξο f . Επίσης σχεδιάζονται σημαίες, που δηλώνουν την αρχή και το τέλος του τόξου συναρμογής. Στη βάση αυτών των σημειών αναγράφεται η χιλιομετρική θέση της κάθε σημαίας και το πραγματικό τους υψόμετρο.



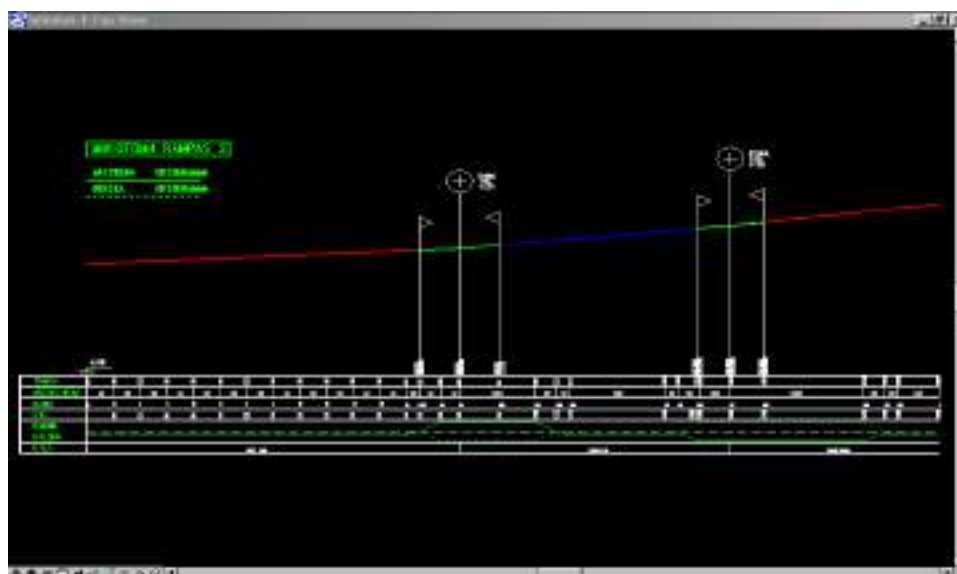
Σχήμα 4-51 : Σχεδίαση κορυφής



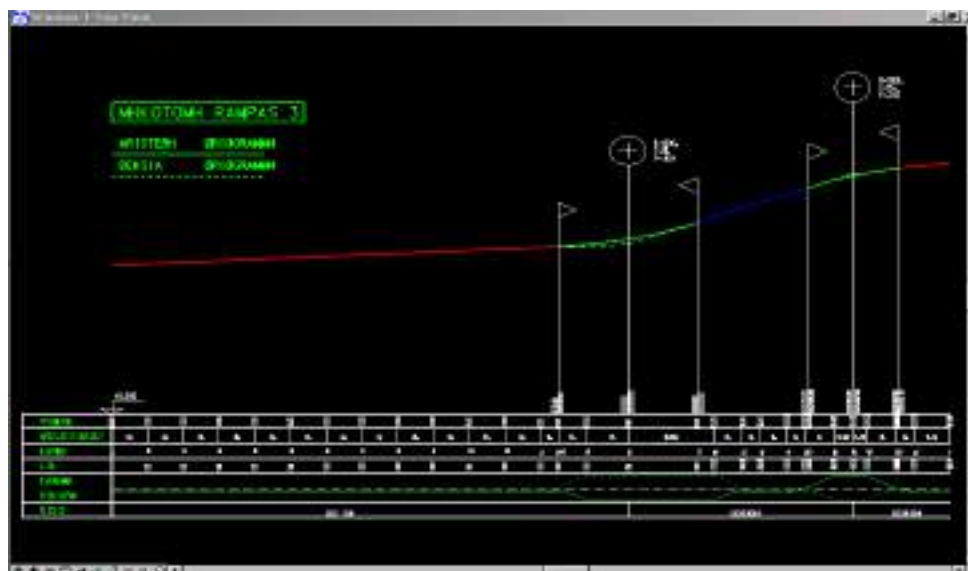
Σχήμα 4-52 : Χιλιομετρική θέση και υψόμετρα σημαίας

Στην περίπτωση που η μία κορυφή επαρκεί για τον σχεδιασμό της μηκοτομής η άλλη σχεδιάζεται ως ευθεία γραμμή.

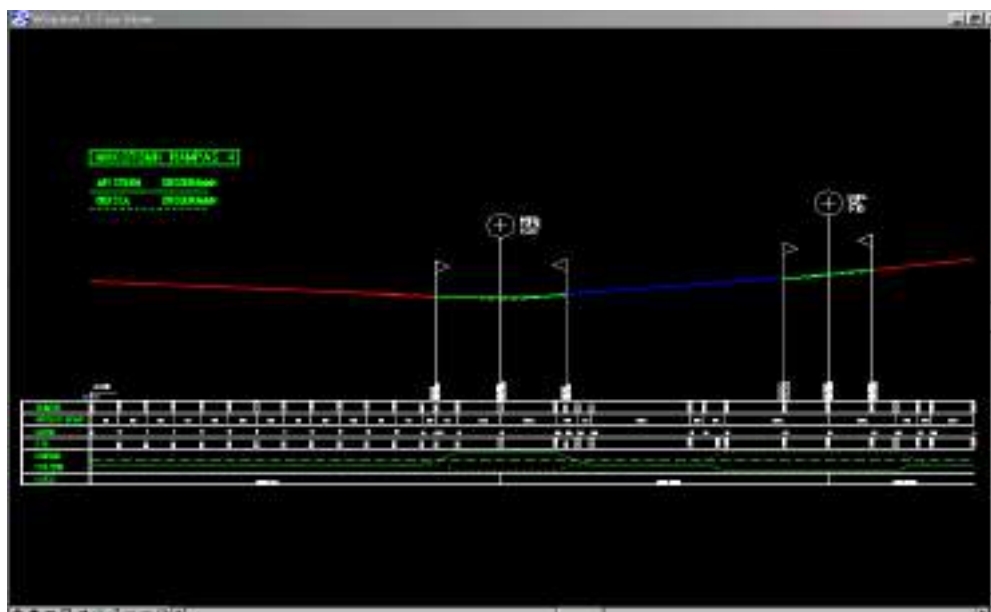
Το επόμενο βήμα του χρήστη είναι ο σχεδιασμός των υπόλοιπων μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων.



Σχήμα 4-53 : Μηκοτομή συνδετήριου κλάδου 2



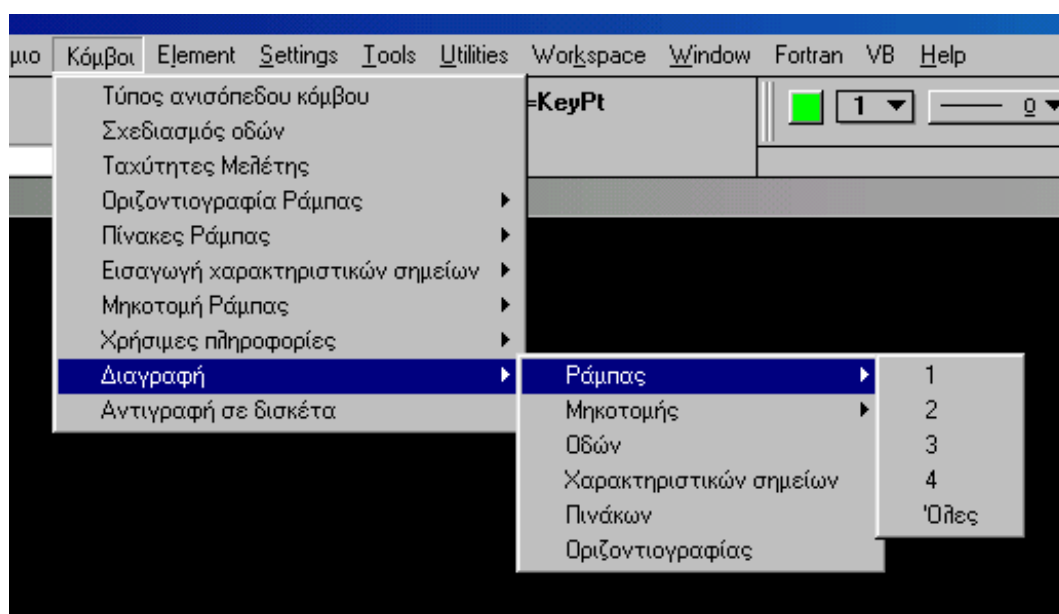
Σχήμα 4-54 : Μηκοτομή συνδετήριου κλάδου 3



Σχήμα 4-55 : Μηκοτομή συνδετήριου κλάδου 4

4.3.9 Διαγραφή

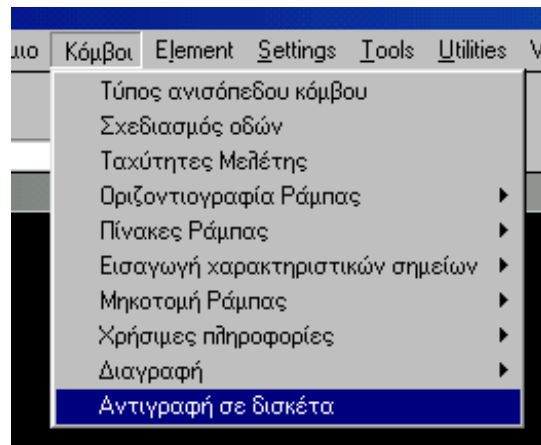
Με αυτό το πρόγραμμα ο χρήστης επιλέγει ποιο σχέδιο επιθυμεί να διαγράψει. Οι επιλογές του φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4-56 : Επιλογή σχεδίου για διαγραφή

4.3.10 Αντιγραφή σε δισκέτα

Με αυτό το πρόγραμμα αποθηκεύονται απευθείας τα αρχεία των σχεδίων που έχουν δημιουργηθεί στην δισκέτα.



Σχήμα 4-57: Επιλογή για αντιγραφή σε δισκέτα

5. Εφαρμογή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ένα παράδειγμα με συγκεκριμένα και σωστά δεδομένα σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς RAL-K-2.

5.1 Σχεδιασμός οδών

Ο χρήστης επιλέγει τις συντεταγμένες των τεσσάρων σημείων για την σχεδίαση των δύο οδών και τα αντίστοιχα πλάτη.

Εισαγωγή συντεταγμένων

ΣΗΜΕΙΟ 1	ΣΗΜΕΙΟ 2	Πλάτος δρόμου 1-2
X1: 0.000000	X2: 950.00000	20.000000
Y1: -100.00000	Y2: 650.00000	
Z1: 105.48862	Z2: 94.51137	

ΣΗΜΕΙΟ 3	ΣΗΜΕΙΟ 4	Πλάτος δρόμου 3-4
X3: 950.00000	X4: 0.000000	20.000000
Y3: -100.00000	Y4: 650.00000	
Z3: 112.48862	Z4: 101.51137	

OK Cancel

Σχήμα 5-1 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή συντεταγμένων σημείων και πλατών των δρόμων

Σχεδιάζονται οι δύο οδοί όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 5-2 : Σχεδίαση των δύο οδών

5.2 Σχεδιασμός οριζοντιογραφιών συνδετήριων κλάδων

Ο χρήστης επιλέγει τα δεδομένα για την σχεδίαση της οριζοντιογραφίας της ράμπας 1,2,3,4.

The dialog box titled "Ράμπα 1" contains the following fields and controls:

- Ταχύτητα Ράμπας (Km/h):** A dropdown menu showing the value 30.
- Minimum R=** 0
- Minimum A=** 0
- Ok** button
- Ακτίνα R:** A text input field containing the value 100.
- Παράμετρος A:** A text input field containing the value 40.
- Μήκος εξόδου:** A text input field containing the value 250.000000.
- Γωνία:** A text input field containing the value 50.000000.
- Ευθύγραμμο τμήμα:** A text input field containing the value 35.000000.
- Πλάτος Ράμπας:** A text input field containing the value 10.000000.
- Μήκος Επιτάχυνσης:** A text input field containing the value 250.000000.
- OK** and **CANCEL** buttons at the bottom.

Σχήμα 5-3 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 1

The dialog box titled "Ράμπα 2" contains the following fields and controls:

- Ταχύτητα Ράμπας (Km/h):** A dropdown menu showing the value 30.
- Minimum R=** 0
- Minimum A=** 0
- Ok** button
- Ακτίνα R:** A text input field containing the value 100.
- Παράμετρος A:** A text input field containing the value 40.
- Μήκος εισόδου:** A text input field containing the value 250.000000.
- Γωνία:** A text input field containing the value 50.000000.
- Ευθύγραμμο τμήμα:** A text input field containing the value 10.000000.
- Πλάτος Ράμπας:** A text input field containing the value 10.000000.
- Μήκος Επιβράδυνσης:** A text input field containing the value 250.000000.
- OK** and **CANCEL** buttons at the bottom.

Σχήμα 5-4 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 2

Ράμπα 3

Ταχύτητα Ράμπας (Km/h)	30	Μήκος εξόδου	250.000000	Γωνία	50.000000
Minimum R=	0				
Minimum A=	0	Ευθύγραμμο τμήμα	35.000000	Πλάτος Ράμπας	10.000000
Ακτίνα R	100				
Παράμετρος A	40	Μήκος Επιτάχυνσης	250.000000		
OK		CANCEL			

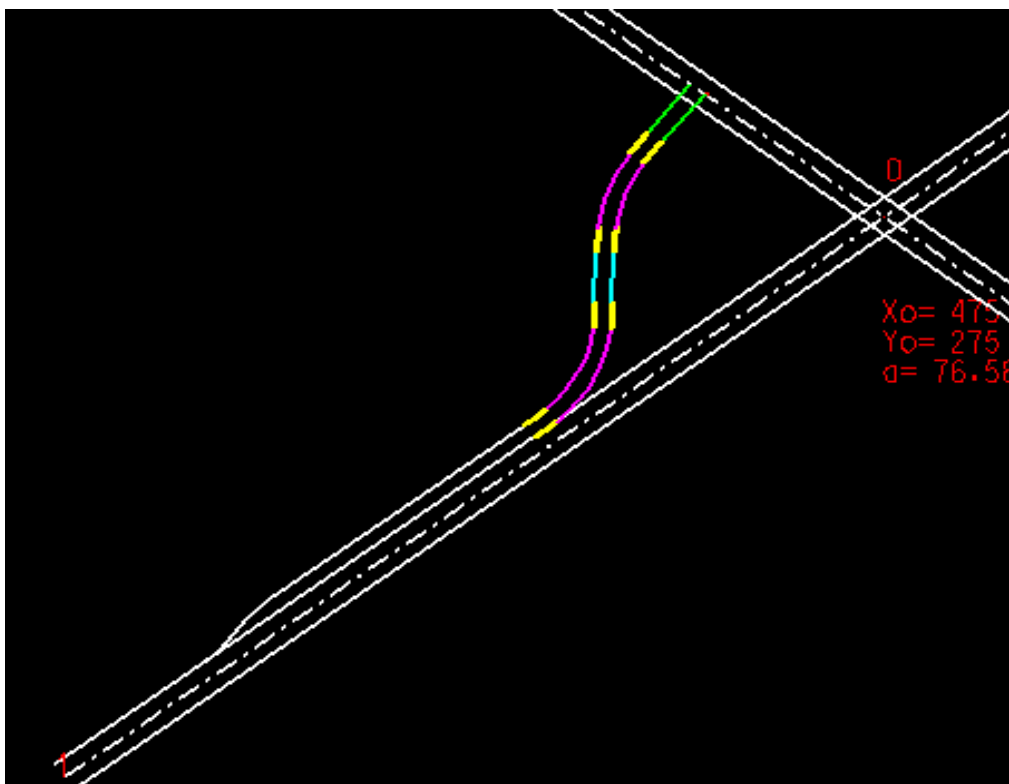
Σχήμα 5-5 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 3

Ράμπα 4

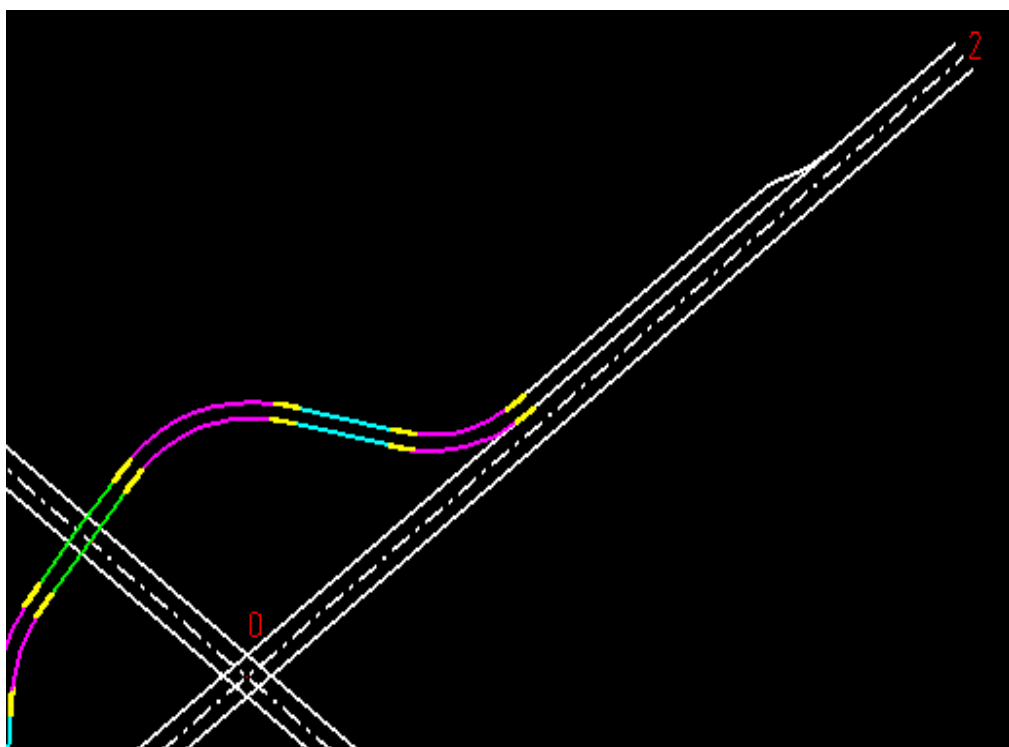
Ταχύτητα Ράμπας (Km/h)	30	Μήκος εισόδου	250.000000	Γωνία	50.000000
Minimum R=	0				
Minimum A=	0	Ευθύγραμμο τμήμα	60.000000	Πλάτος Ράμπας	10.000000
Ακτίνα R	100				
Παράμετρος A	40	Μήκος Επιβράδυνσης	250.000000		
OK		CANCEL			

Σχήμα 5-6 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 4

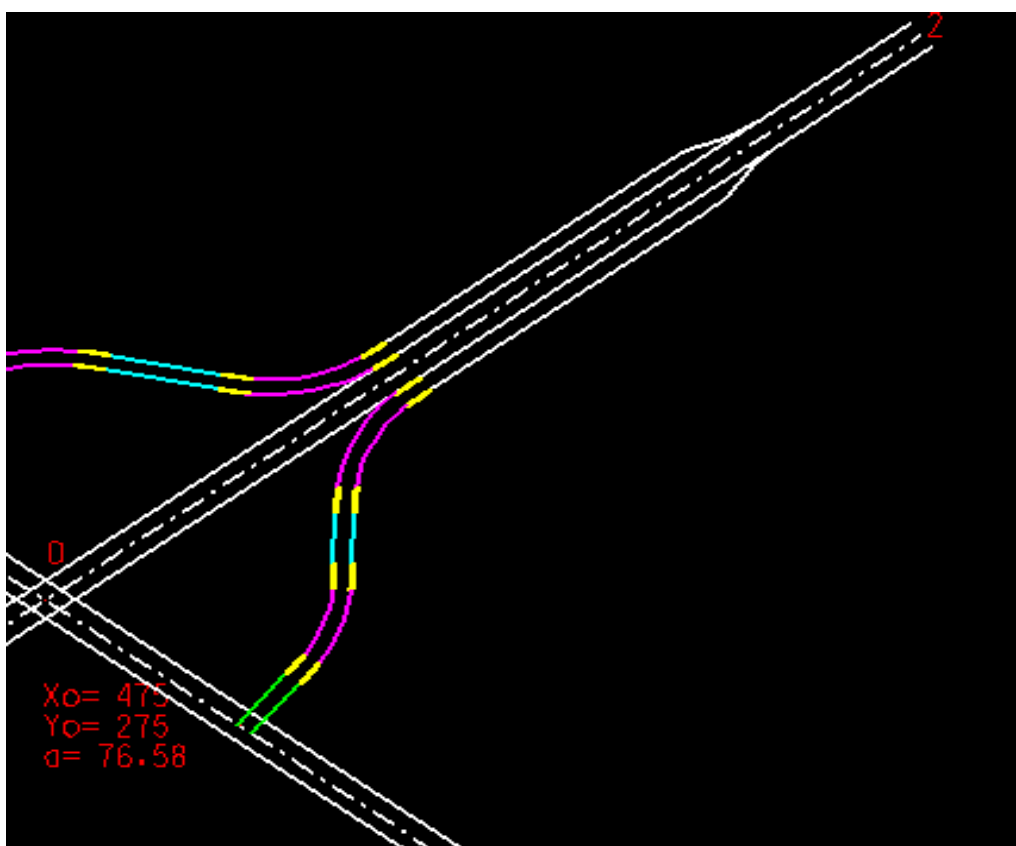
Σχεδιάζονται διαδοχικά οι αντίστοιχες ράμπες



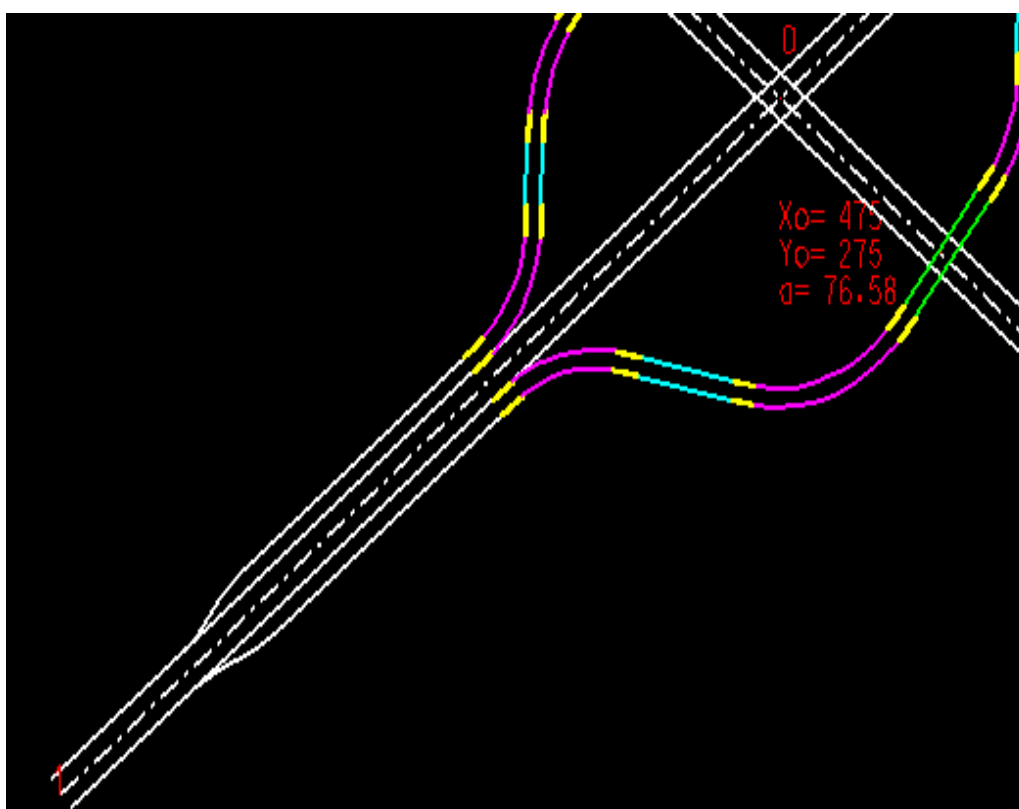
Σχήμα 5-7 : Σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 1



Σχήμα 5-8 : Σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 2

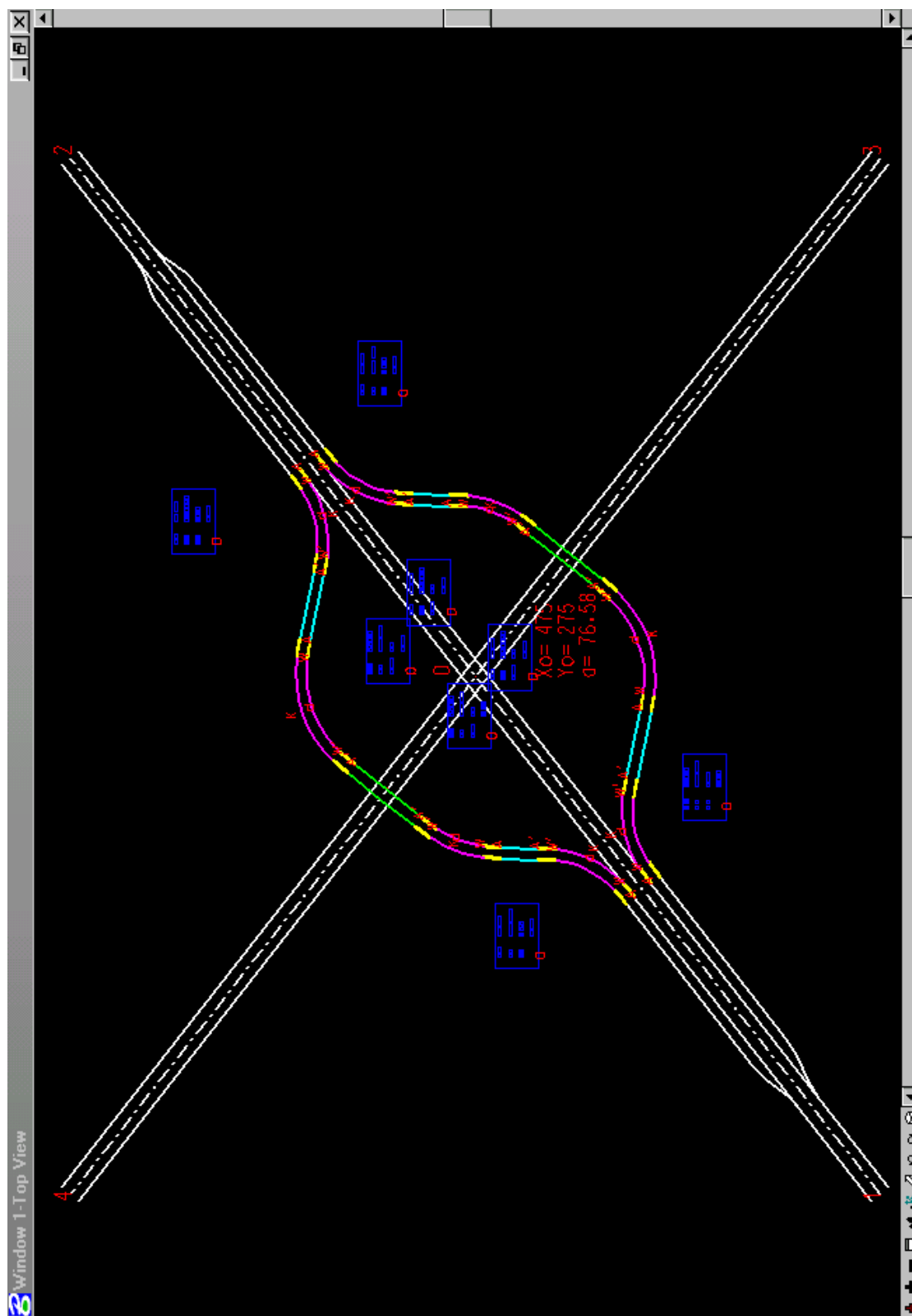


Σχήμα 5-9 : Σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 3



Σχήμα 5-10 : Σχεδίαση οριζοντιογραφίας συνδετήριου κλάδου 4

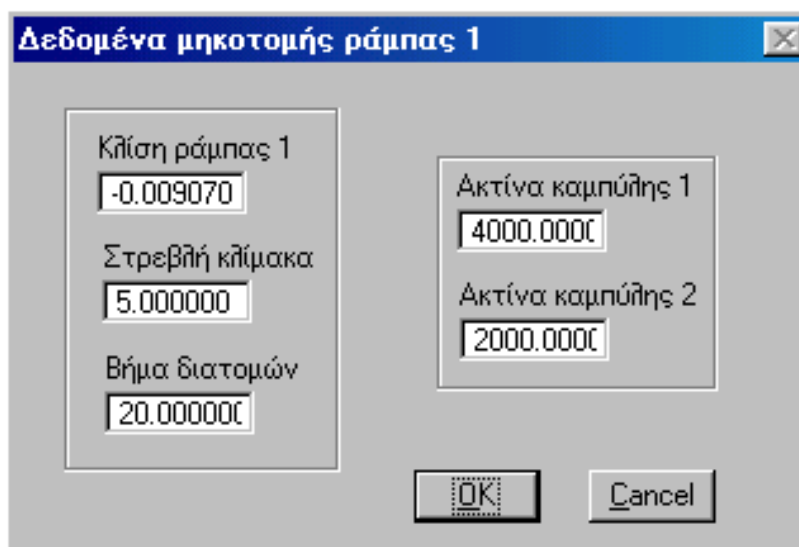
Μετά την εισαγωγή των πινάκων και των χαρακτηριστικών σημείων για κάθε ράμπα το τελικό αποτέλεσμα της οριζοντιογραφίας είναι το παρακάτω :



Σχήμα 5-11 : Σχεδίαση οριζοντιογραφίας ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου

5.3 Σχεδιασμός μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων

Ο χρήστης επιλέγει τα δεδομένα για την σχεδίαση των μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων 1,2,3,4.

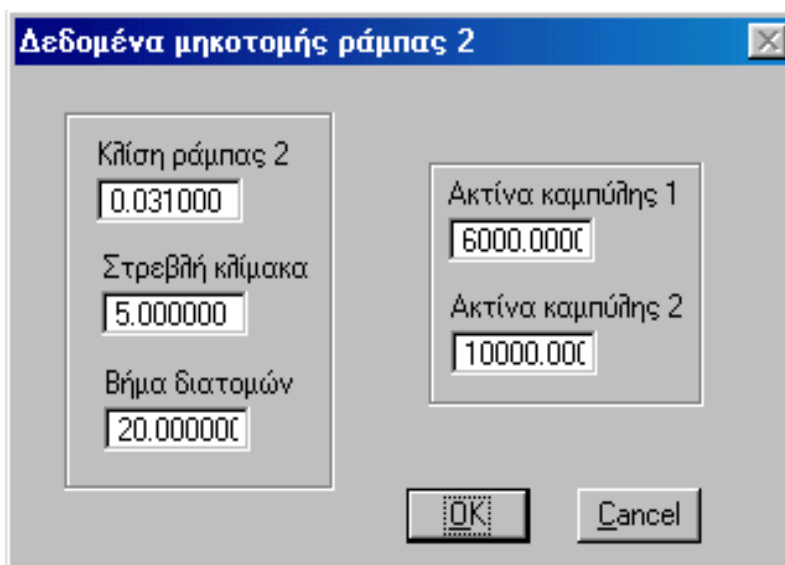


Δεδομένα μηκοτομής ράμπας 1

Κλίση ράμπας 1	-0.009070
Στρεβλή κλίμακα	5.000000
Βήμα διατομών	20.000000
Ακτίνα καμπύλης 1	4000.0000
Ακτίνα καμπύλης 2	2000.0000

OK Cancel

Σχήμα 5-12 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση μηκοτομής συνδετήριου κλάδου 1



Δεδομένα μηκοτομής ράμπας 2

Κλίση ράμπας 2	0.031000
Στρεβλή κλίμακα	5.000000
Βήμα διατομών	20.000000
Ακτίνα καμπύλης 1	6000.0000
Ακτίνα καμπύλης 2	10000.0000

OK Cancel

Σχήμα 5-13 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση μηκοτομής συνδετήριου κλάδου 2

Δεδομένα μηκοτομής ράμπας 3

Κλίση ράμπας 3 0.060000	Ακτίνα καμπύλης 1 1200.0000
Στρεβλή κλίμακα 5.000000	Ακτίνα καμπύλης 2 1000.0000
Βήμα διατομών 20.000000	

OK Cancel

Σχήμα 5-14 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση μηκοτομής συνδετήριου κλάδου 3

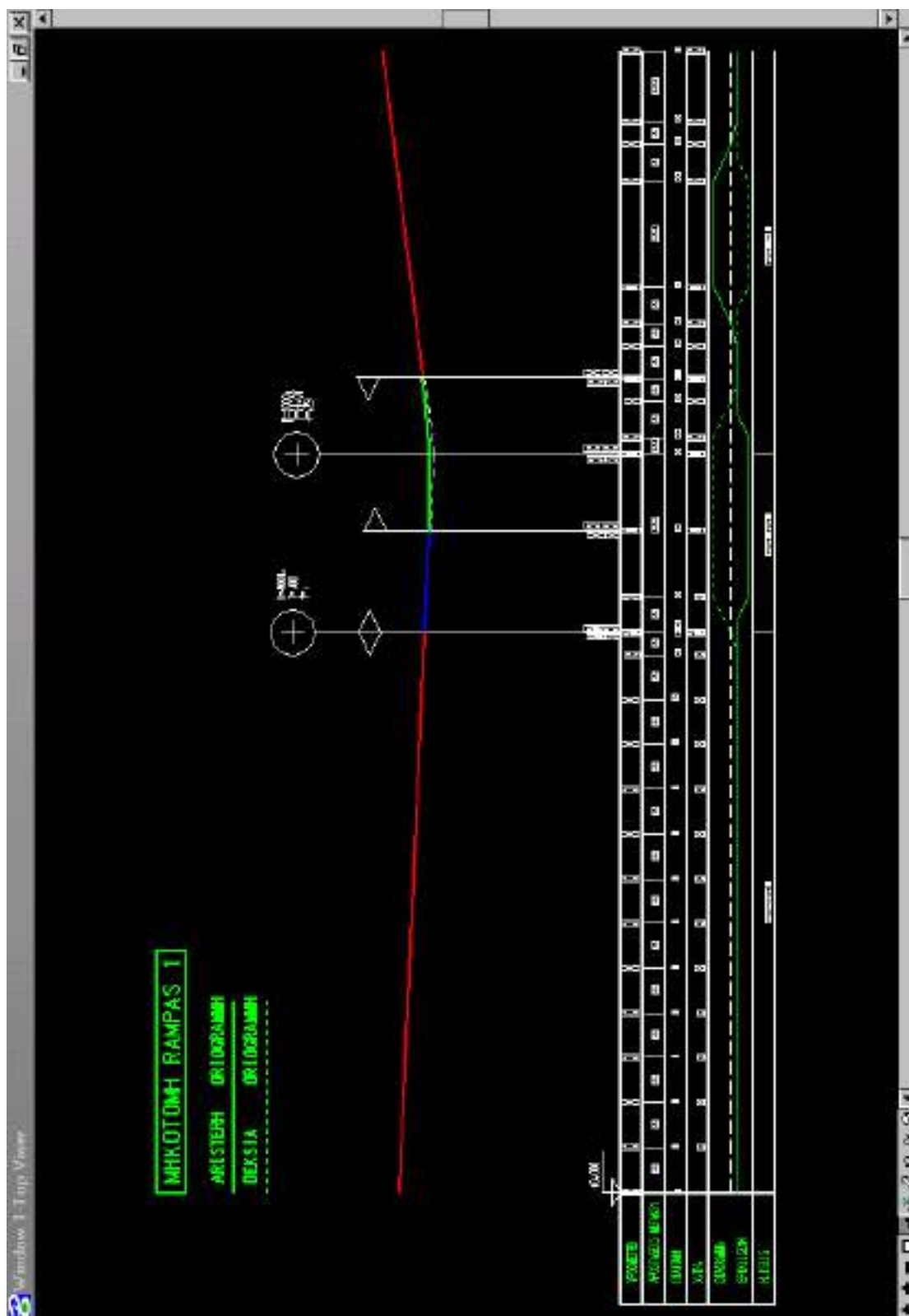
Δεδομένα μηκοτομής ράμπας 4

Κλίση ράμπας 4 0.019000	Ακτίνα καμπύλης 1 2500.0000
Στρεβλή κλίμακα 5.000000	Ακτίνα καμπύλης 2 12000.0000
Βήμα διατομών 20.000000	

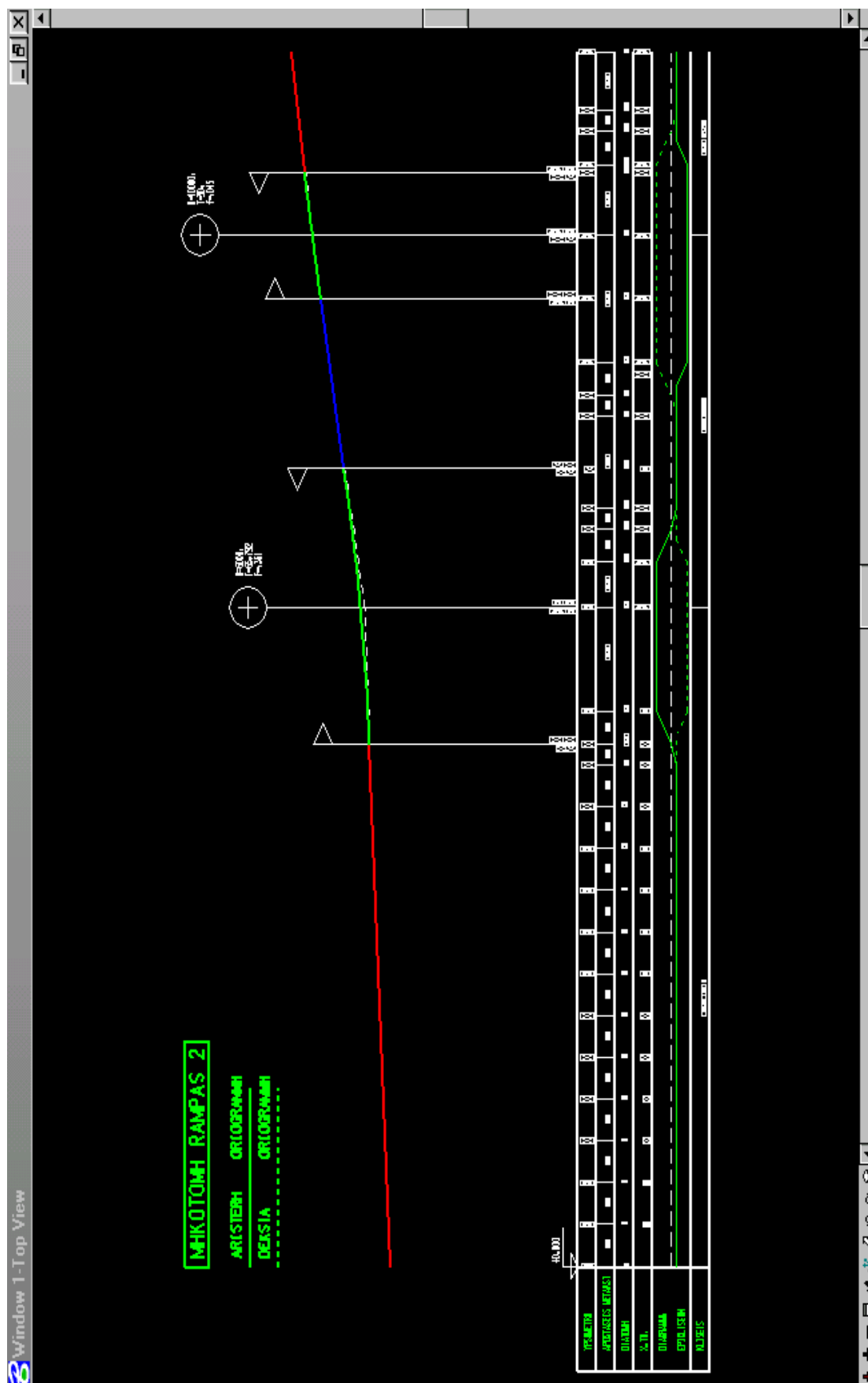
OK Cancel

Σχήμα 5-15 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Εισαγωγή δεδομένων για σχεδίαση μηκοτομής συνδετήριου κλάδου 4

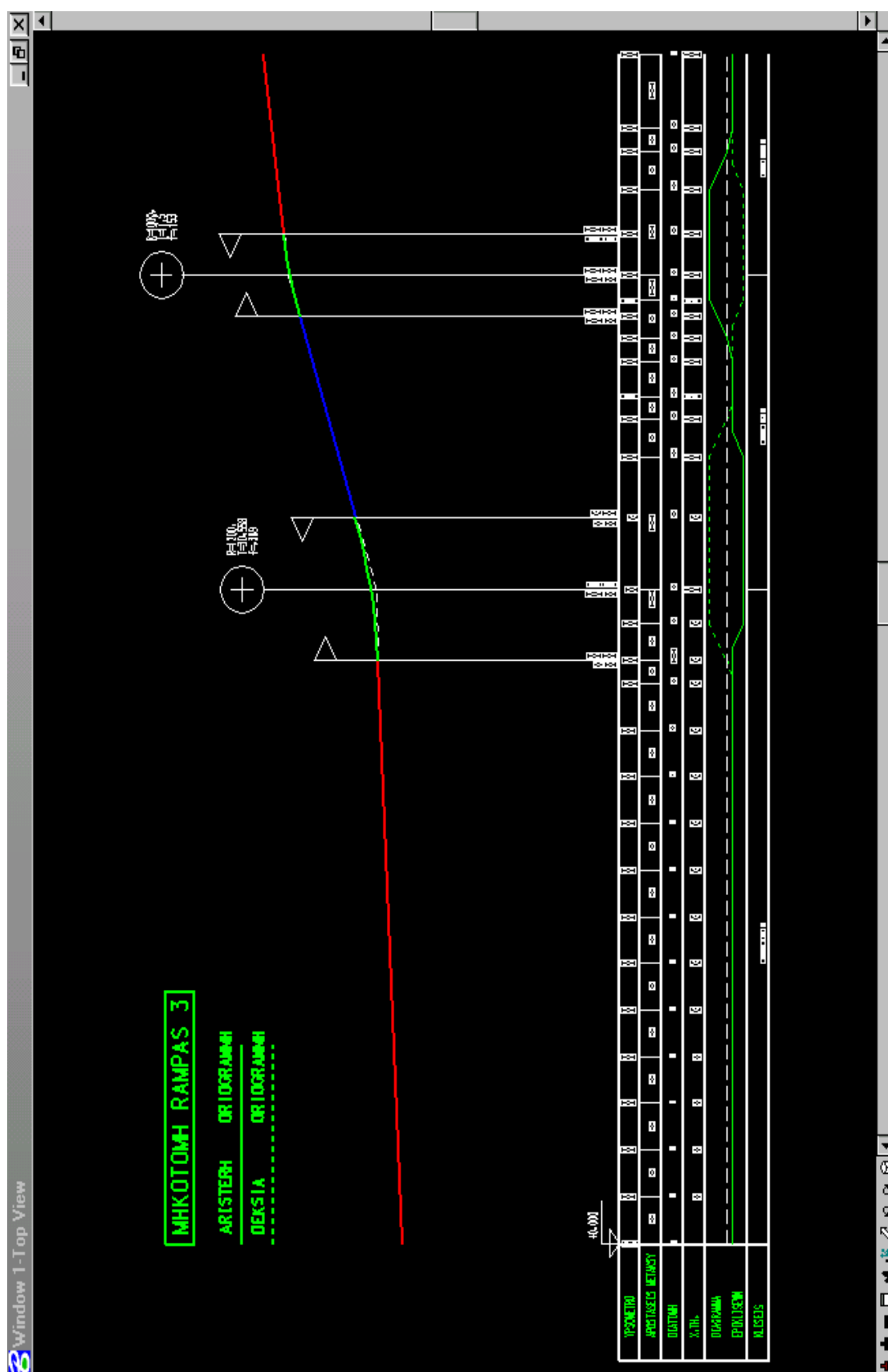
Σχεδιάζονται διαδοχικά οι αντίστοιχες μηκοτομές των ραμπών όπως φαίνεται παρακάτω.



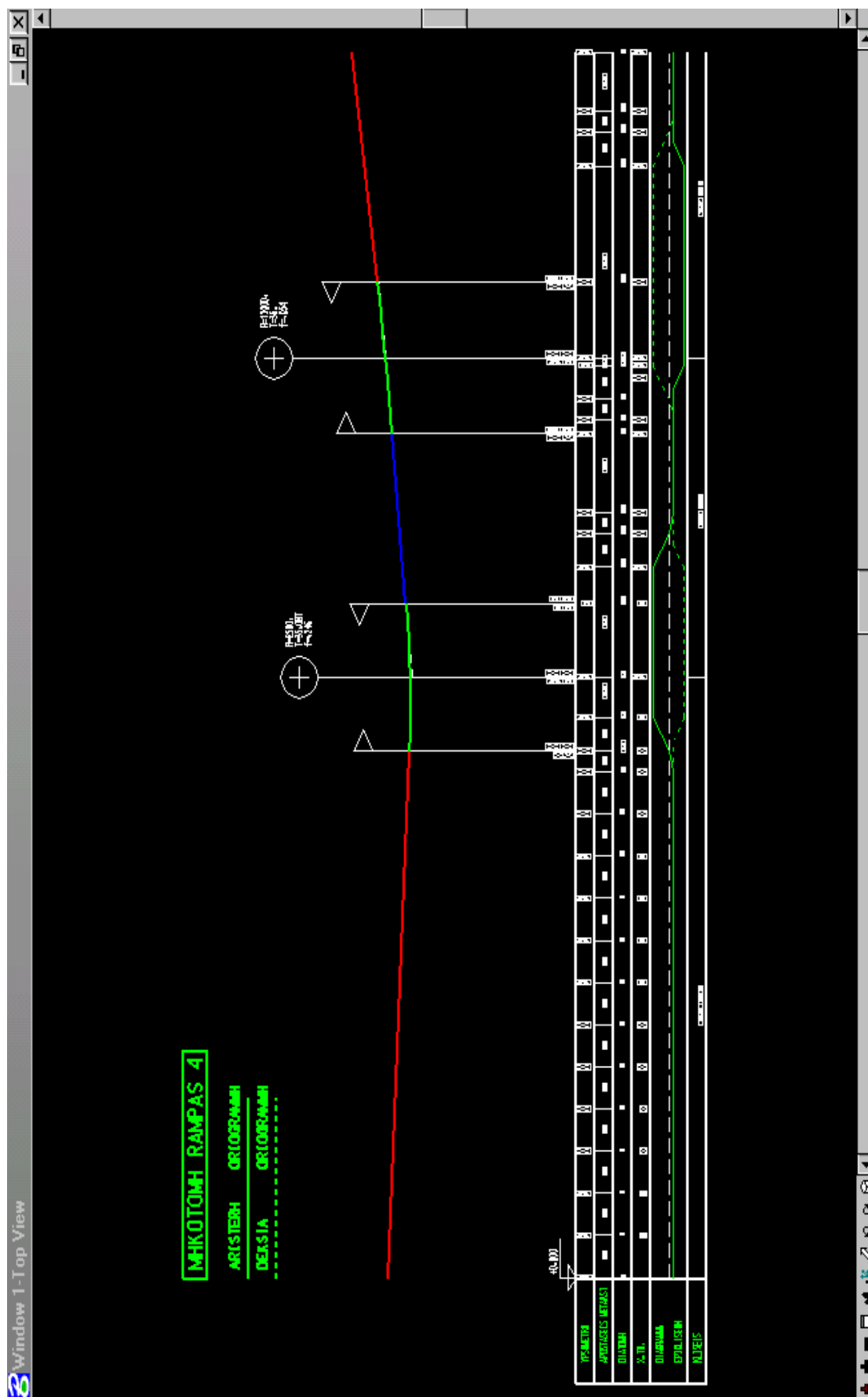
Σχήμα 5-16 : Σχεδίαση μηκοτομής συνδετήριου κλάδου 1



Σχήμα 5-17 : Σχεδίαση μηκοτομής συνδετήριου κλάδου 2



Σχήμα 5-18 : Σχεδίαση μηκοτομής συνδετήριου κλάδου 3



Σχήμα 5-19 : Σχεδίαση μηκοτομής συνδετήριου κλάδου 4

6. Συμπεράσματα – Προτάσεις

6.1 Γενικά συμπεράσματα

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την παρούσα διπλωματική εργασία είναι ότι ο σχεδιασμός ανισόπεδων κόμβων μπορεί να αυτοματοποιηθεί πέραν από τις δυνατότητες που παρέχουν τα υπάρχοντα προγράμματα σχεδιασμού οδικών στοιχείων. Η αυτοματοποίηση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί στηριζόμενη στις γνώσεις και στην εμπειρία του μηχανικού, σε απλές μαθηματικές σχέσεις και στην εφαρμογή των κανονισμών που επιλέγονται.

Δεν υπάρχουν ολοκληρωμένα προγράμματα σχεδιασμού ανισόπεδων κόμβων στην αγορά. Το πρόγραμμα που αναπτύσσεται και αποτελεί το θέμα της διπλωματικής εργασίας αποτελεί μία από τις πολλές λύσεις σχεδίασης ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου. Οι παραδοχές που έχουν εφαρμοστεί δίνουν ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα σχεδίασης οριζοντιογραφίας ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου και των μηκοτομών των συνδετήριων κλάδων του.

6.2 Προτάσεις

Οι προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη του θέματος μπορεί να εστιαστούν αρχικά στην συμπλήρωση και βελτίωση της λειτουργίας του προγράμματος . Πιο συγκεκριμένα θα μπορούσε το πρόγραμμα να πραγματοποιεί περισσότερους ελέγχους σύμφωνα και με άλλους κανονισμούς (ΟΜΟΕ-Χ, AASHTO) και να επεκταθεί στην σχεδίαση και άλλων στοιχείων χάραξης όπως είναι :

- εισαγωγή υψομέτρων εδάφους
- σχεδίαση τυπικών διατομών
- σχεδίαση διατομών
- διάγραμμα ορατότητας
- υπολογισμός χωματοουργικών εργασιών
- ισόπεδοι κόμβοι στην δευτερεύουσα οδό

Η ανάπτυξη προγραμμάτων που θα δίνουν λύση στα παραπάνω θέματα θα αποτελούσε ένα σημαντικό βήμα στην εξέλιξη του λογισμικού οδοποιίας και στην αυτοματοποίηση των εργασιών του μηχανικού.

7.Βιβλιογραφία

7.1 Βιβλιογραφία σχετική με την οδοποιία και τον σχεδιασμό οδικών κόμβων

- [1]. Γιώτης Απ, Κανελλαΐδης Γ, Μαλέρδος Γ, (1999), **Σημειώσεις για τον γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών** , Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , Αθήνα
- [2]. Κανελλαΐδης Γ, Ταιγανίδης Ι, Γλαρός Γ, (2002), **Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων Οδοποιίας (Στοιχεία ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων)**, Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , Αθήνα
- [3]. Φραντζεσκάκης Ι. Μ, Γιαννόπουλος Γ .Α, (1977), **Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική** , Αθήνα
- [4]. Γεωργακόπουλος Κ. Γ, (1970), **Οδοποιία απόδοσης της έκτης έκδοσης, (τόμος β) Υπουργείο Δημοσιων Έργων Η.Π.Α (Α.Α.Σ.Η.Ο)**, Εκδόσεις Γκιούρδα
- [5]. Γιώτης Απ, (1999), **Οδοποιία VI** , Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , Αθήνα
- [6]. Κανελλαΐδης Γ, Δραγομάνοβιτς Α, (2001), **Σημειώσεις Οδοποιίας II – Χάραξη στο χώρο** , Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα

7.2 Βιβλιογραφία σχετική με τους διεθνείς κανονισμούς χαράξεων

- [7]. Μαυροκουκουλάκης Δ, (1976), **Κόμβοι : Ανισόπεδοι Κόμβοι , Ελληνική απόδοση των Γερμανικών Κανονισμών RAL-K-2** , Αθήνα
- [8]. Γιώτης Απ, Ψαριανός Β, (1991), **Κανονισμοί Μελετών Οδών κατά RAS Μέρος : Χαράξεις Τεύχος 1 : Στοιχεία Μελέτης** , Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα
- [9]. Wolfgang Pietzsch , (1976), **Σχεδιασμός και χάραξη των οδών** , (2^η αναθεωρημένη και συμπληρωμένη γερμανική έκδοση)
- [10]. AASHTO , (2001), **A policy on Geometric Design of highways and streets** (Green Book), ΗΠΑ

7.3 Βιβλιογραφία σχετική με προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών

- [11]. Κανελλαΐδης Γ, Μερτζάνης Φ, Καραδήμας Χ, (1999), **Σημειώσεις για τη χρήση του προγράμματος Η/Υ “Microstation – InRoads” στη μελέτη της χάραξης οδών**, Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα
- [12]. Bentley , **Εγχειρίδιο χρήσης Microstation Basic**, (1998)

7.4 Διπλωματικές εργασίες που χρησιμοποιήθηκαν ως βιβλιογραφία

- [13]. Κ. Κεπαπτσόγλου, (1999), **«Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων»**, διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα

7.5 Χρήσιμες διευθύνσεις στο διαδίκτυο

- [14]. www.Bentley.com , επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 20/1/2004
- [15]. www.Intergraph.com , επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 20/1/2004
- [16]. www.anadelta.com , επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 20/1/2004
- [17]. www.odos.gr, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 20/1/2004
- [18]. www.acehellas.gr, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 20/1/2004
- [19]. www.autodesk.com, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 20/1/2004

7.6 Βιβλιογραφία σχετική με αναλυτική γεωμετρία

- [20]. Ανδρεαδάκη Σ, Κουσερά Ν, Μέτη Σ, Παπασταυρίδης Σ, Πολύζος Γ, Σβέρκου Α, (2000), **Μαθηματικά Γ' Λυκείου (άλγεβρα – αναλυτική γεωμετρία – πιθανότητες)**, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων , Αθήνα

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε ανισόπεδος κόμβος αποτελείται από διάφορα στοιχεία όπως είναι τα διερχόμενα οδοστρώματα, οι περιοχές εισόδου, εξόδου, οι συνδετήριοι κλάδοι κτλ τα οποία απαιτούν από τον οδηγό ιδιαίτερους χειρισμούς. Η ενιαία κατασκευαστική διαμόρφωση αφορά περισσότερο τα στοιχεία αυτά και λιγότερο το σύνολο του κόμβου. Οι οδηγίες λαμβάνουν αυτό υπόψη με την απεικόνιση διατάξεων των πολλών τύπων κόμβων.

Οι οδηγίες ξεκινούν από την θεμελιώδη αρχή ότι τα χαρακτηριστικά των τμημάτων χωρίς κόμβους, δεν διατηρούνται στους συνδετήριους κλάδους. Κατά το σχεδιασμό πρέπει να επιτευχθεί μια ομοιογένεια και σταθερότητα στην κυκλοφοριακή ροή καθώς και περιορισμός της ελευθερίας των ελιγμών προκειμένου να διασαφηνιστεί στον χρήστη της οδού ο κίνδυνος σε ό,τι αφορά τον διαχωρισμό και τη μίξη των κυκλοφοριακών ρευμάτων. Ο σχεδιασμός αρμονικής και αισθητικά αποδεκτής χάραξης είναι δευτερεύουσας σημασίας σε σχέση με τις απαιτήσεις για αναγνώριση κρίσιμων σημείων του κόμβου.

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΙΣΧΥΟΣ

Οι κανονισμοί αφορούν στην κατασκευή, βελτίωση και ανακαίνιση κόμβων σε αυτοκινητόδρομους και λοιπές οδούς για αυτοκίνητα, ελεύθερους από κτίσματα, με οδοστρώματα χωριστών κατευθύνσεων και εκτός κατοικημένων περιοχών. Για ανισόπεδους κόμβους σε άλλες οδούς, οι κανονισμοί αυτοί ισχύουν ανάλογα.

Ως ανισόπεδοι κόμβοι θεωρούνται τόσο οι συνδέσεις ανάμεσα σε αυτοκινητόδρομους όσο και αυτοκινητοδρόμων με δευτερεύουσες οδούς αλλά και ανάμεσα σε οδούς ίδιας κατηγορίας που δεν συνδέονται στο ίδιο επίπεδο.

Σε τμήματα εντός περιοχών πυκνής δόμησης, οι κανονισμοί ισχύουν εφόσον τα χαρακτηριστικά του δικτύου και της κυκλοφορίας αντιστοιχούν σε αυτά εκτός κατοικημένων περιοχών.

3 ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΟΜΒΩΝ

3.1 Γενικά

Οι ανισόπεδοι κόμβοι πρέπει να διαμορφώνονται και να εξοπλίζονται έτσι ώστε :

- Όλες οι κινήσεις να πραγματοποιούνται με ασφάλεια
- Η οικονομική δαπάνη για οδική ασφάλεια και επαρκή κυκλοφοριακή ροή να δικαιολογείται όταν γίνεται η στάθμιση ωφελειών-δαπανών.
- Η μέγιστη κυκλοφοριακή απόδοση των στοιχείων του κόμβου να είναι τέτοια ώστε η ποιότητα κυκλοφοριακής ροής να είναι αυτή των τμημάτων πέρα από τον κόμβο.

3.2 Ασφάλεια

Ένας ανισόπεδος κόμβος, ιδιαίτερα για ένα χρήστη του, είναι ασφαλής ως προς την κυκλοφορία όταν τα στοιχεία του είναι αναγνωρίσιμα, σωστά τοποθετημένα, αντιληπτά και κατανοητά. Αν αυτές οι απαιτήσεις δεν ικανοποιούνται ταυτόχρονα, προτεραιότητα πρέπει να αποτελεί η οδική ασφάλεια.

Εξαιτίας των υψηλών χαρακτηριστικών σχεδιασμού των ανισόπεδων κόμβων, των μεγάλων κυκλοφοριακών φόρτων και των υψηλών ταχυτήτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- ♦ Η αναγνώριση του κόμβου πρέπει να είναι εφικτή με την έγκαιρη και τονισμένη σήμανση καθοδήγησης. Οι θέσεις διαχωρισμού και συμβόλων θα πρέπει να αναγνωρίζονται σαφώς μέσω της χάραξης και της οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης.
- ♦ Η εποπτεία είναι σίγουρη όταν στις περιοχές των στοιχείων του κόμβου υπάρχουν επαρκή μήκη και πεδία ορατότητας και δείχνονται στον οδηγό με σαφήνεια τα στοιχεία της χάραξης που συναντά κατά την πορεία του.
- ♦ Η κατανοητότητα σχετίζεται περισσότερο με την ενιαία διαμόρφωση των περιοχών του κόμβου παρά στην χρήση τυποποιημένων μορφών του. Η σωστή εκλογή της διαδρομής που θα διατρέξει ο μη εξοικειωμένος με την

περιοχή οδηγός, επιτυγχάνεται με την έγκαιρη και σαφή σήμανση μέσω πινακίδων καθοδήγησης. Η μετάβαση από μικρότερα σε μεγαλύτερα στοιχεία σχεδιασμού απαιτεί περιοχές μικρότερου μήκους μεταβολής από ότι η αντίθετη μετάβαση. Ο στόχος είναι ο επαρκής χρόνος και χώρος ανάμεσα σε δύο κρίσιμα στοιχεία. Ελάχιστες τιμές στοιχείων που απαιτούν σημαντικές μειώσεις ταχύτητας, πρέπει με τον τρόπο της χάραξης (πχ οπτικές θλάσεις) να τονίζονται με σαφήνεια, ακόμη και αν είναι εις βάρος της αρμονικής και αισθητικά αποδεκτής χάραξης. Η κατανοητότητα μπορεί να υποστηριχτεί με ενισχυμένη σήμανση (σήματα κατεύθυνσης, καθοδήγησης και βέλη επί του οδοστρώματος).

♦ Η δυνατότητα καλής κίνησης στον κόμβο είναι εγγυημένη όταν είναι διαθέσιμα τα απαραίτητα μήκη για τις αναγκαίες μεταβολές της ταχύτητας, όταν τα οδοστρώματα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των γεωμετρικών στοιχείων, όταν οι ακμές της νησίδας είναι αναγνωρίσιμες και όταν έχει ληφθεί φροντίδα για την καλή απορροή των υδάτων του οδοστρώματος.

Η έξοδος σε ένα ανισόπεδο κόμβο πρέπει να διατάσσεται πριν την είσοδο. Οι πλέξεις πρέπει να διατάσσονται και να πραγματοποιούνται εκτός των διερχόμενων οδοστρωμάτων, σε κατανεμητήρια οδοστρώματα. Αν και τα κυκλοφοριακά ρεύματα εισόδου ή εξόδου είναι μεγάλα, μπορεί να απαιτηθούν μεγαλύτερος αριθμός λωρίδων. Εξαιτίας της αβεβαιότητας στην πρόγνωση, ιδιαίτερα του φόρτου στην έξοδο, πρέπει οι κόμβοι να σχεδιάζονται με τρόπο κατάλληλο ώστε να προσαρμόζονται σε εναλλασσόμενους ή μεταβαλλόμενους κυκλοφοριακούς φόρτους, χωρίς μεγάλες δαπάνες κατασκευής.

3.3 Κυκλοφοριακή ικανότητα

Στο μέτρο που μπορούν να υπολογιστούν οι τιμές της κυκλοφοριακής ικανότητας των στοιχείων των ανισόπεδων κόμβων με βάση τα δεδομένα της εποχής, αυτές αναφέρονται στη σύνταξη της μελέτης ως οριακές τιμές.

Η κυκλοφοριακή ικανότητα μιας διερχόμενης λωρίδας της οδού μπορεί να θεωρηθεί ίση με 1800 οχ / ώρα. Αν αυτός ο φόρτος επιτευχθεί σε

περισσότερα χρονικά διαστήματα εντός μιας ώρας τότε υπάρχει ανεπάρκεια ως προς την κυκλοφοριακή ροή, στις περιοχές εισόδου, εξόδου και πλέξης.

3.4 Οικονομικότητα

Εξαιτίας της ύπαρξης σημείων σύγκρουσης δεν είναι οικονομικά δικαιολογημένο οι γεωμετρικές συνθήκες των τμημάτων πέρα από τον κόμβο να υφίστανται και στους συνδετήριους κλάδους. Έτσι, κανονικά δεν μειώνεται η ποιότητα της κυκλοφορίας και ίσως βελτιώνεται η οδική ασφάλεια. Τελικά, εφόσον δεν επικρατούν άλλες απόψεις, πρέπει το κόστος του φορέα κατασκευής και του χρήστη να ελαχιστοποιείται ή οι ωφέλειες να ισούνται με τις δαπάνες.

4 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΙΩΞΕΙΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

4.1 Στοιχεία Μελέτης

Για να εκπονηθεί η μελέτη ενός ανισόπεδου κόμβου πρέπει να υπάρχουν τα εξής υπόβαθρα :

- Στοιχεία για τα σημερινά και τα μελλοντικά χαρακτηριστικά των συνδεόμενων οδών και των γειτονικών κόμβων.
- Στοιχεία για τη σημερινή και τη μελλοντική λειτουργία του κόμβου ως τμήματος δικτύου.
- Στοιχεία για τις εξωτερικές δεσμεύσεις όπως π. χ τοπογραφικές, γεωλογικές ιδιομορφίες των οικοδομήσιμων επιφανειών, υπάρχοντα τεχνικά έργα, αγωγοί, αποχετεύσεις, δίκτυο οδών, διεξαγωγή κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της κατασκευής.
- Τοπογραφικό της περιοχής με υψομετρικά στοιχεία.

4.2 Εκλογή του διερχόμενου οδοστρώματος

Η εκλογή του διερχόμενου οδοστρώματος σε ανισόπεδο κόμβο επηρεάζεται από τη θέση του κόμβου στο δίκτυο, τον κυκλοφοριακό φόρτο, τα χαρακτηριστικά των τμημάτων των συνδεόμενων οδών όπως και από το μέγεθος της κυκλοφορίας στην έξοδο.

Σε κόμβους αυτοκινητοδρόμων πρέπει τα διερχόμενα οδοστρώματα να εκλέγονται ανάλογα με τη θέση των σημαντικών κατευθύνσεων του δικτύου. Εάν τα γωνιαία ρεύματα είναι τα σημαντικά, θα πρέπει να τα ακολουθούν τα διερχόμενα οδοστρώματα, μόνο αν τα πρώτα είναι τόσο μεγάλα ώστε να απαιτείται τέτοια λύση, αν είναι ασφαλής η πρόγνωση της κυκλοφορίας μακροπρόθεσμα και αν κατά την μελλοντική ανάπτυξη της κυκλοφορίας αναμένονται μόνο ασήμαντες αλλαγές αυτής. Σε θέσεις συμβολής η κύρια οδός είναι ο αυτοκινητόδρομος. Τα διερχόμενα οδοστρώματα ακολουθούν την διαδρομή του αυτοκινητόδρομου.

4.3 Ταχύτητα μελέτης στον κόμβο

Τα χαρακτηριστικά των διερχόμενων οδοστρωμάτων θα πρέπει να παραμένουν σταθερά στην περιοχή του κόμβου. Οι ταχύτητες μελέτης που τους αντιστοιχούν είναι αυτές των ελεύθερων τμημάτων. Σε ελάχιστες περιπτώσεις ισχυρά φορτισμένων περιοχών εισόδου, εξόδου ή πλέξης, απαιτείται περιορισμός της ταχύτητας για λόγους ασφαλείας και αποδοτικότητας του κόμβου. Επί των συνδετήριων κλάδων, λαμβάνονται ταχύτητες για τη χάραξη μικρότερες από αυτές των ελεύθερων τμημάτων. Με την εκλογή των στοιχείων χάραξης πρέπει να διασαφηνίζονται τα χαρακτηριστικά του συνδετήριου κλάδου που διαφέρουν από εκείνα του ελεύθερου τμήματος πέρα από τον κόμβο.

Για να επιτευχθεί κατά το δυνατόν ομοιόμορφη συμπεριφορά στους συνδετήριους κλάδους ίδιας μορφής των διάφορων κόμβων, πρέπει η ταχύτητα μελέτης τους να λαμβάνεται από τις περιοχές του σχήματος 3-27.

Σε χάραξη συνδετήριου κλάδου όπου δεν παρέχεται εποπτεία και σε περιπτώσεις που ελεύθερα τμήματα οδηγούνται σε συνδετήριο κλάδο πρέπει

να γίνεται γνωστό στον οδηγό ότι η ταχύτητα μελέτης είναι και η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα.

4.4 Απόσταση ανάμεσα σε κόμβους

Η επιθυμητή απόσταση ανάμεσα σε ανισόπεδους κόμβους προκύπτει από την λειτουργία του δικτύου και καθορίζεται στα πλαίσια του σχεδιασμού αυτού.

Η ελάχιστη απόσταση για τη μελέτη είναι αποτέλεσμα από την απόσταση των πινακίδων καθοδήγησης και από την επιδιωκόμενη ποιότητα κυκλοφορίας μεταξύ των δύο διαδοχικών κόμβων.

Εάν τηρηθούν οι βασικές αρχές της μελέτης και της σήμανσης στους κόμβους, προκύπτει ότι για οδοστρώματα δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση, οι επιθυμητές ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των αιχμών των νησίδων μεταξύ δύο διαδοχικών εισόδων και εξόδων είναι οι τιμές των στηλών 1 και 2 του πίνακα 1.

Είδος επόμενου κόμβου στην ίδια διεύθυνση	Επιθυμητή ελάχιστη απόσταση (m)(*)		Εμπνευστική ελάχιστη απόσταση (m) στην περίπτωση μιας πινακίδας κατεύθυνσης
	Ισχυρά φορτιζόμενο τμήμα	Ελαφρά φορτιζόμενο τμήμα	
Κόμβος αυτοκινητοδρόμου	$2700+l_k+l_a$ (**)	$2700+l_k+l_a$	$600+l_k+l_a$ (***)
Θέσεις συμβολής	$2200+l_k+l_a$	$2700+l_k+l_a$	$600+l_k+l_a$

(*) απάντηση αυτών των διαδοχικών εισόδων, εξόδων
 (**) l_k : μήκος ανυψώματος εισόδου (σχήμα 36)
 l_a : μήκος ανυψώματος εξόδου (σχήμα 34)
 (***) ιδί με πινακίδα κατεύθυνσης σε πλαίσιο

Πίνακας 1 : Ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των αιχμών διαδοχικών εισόδων και εξόδων σε οδούς δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση σύμφωνα με τη χρήση πληροφοριακών πινακίδων κατευθύνσεως.

Πηγή : [7], [13]

Στις μεμονωμένες περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατόν να τηρηθούν αυτές οι αποστάσεις, είναι δυνατό να ελαττωθούν οι κανονικές τιμές με ταυτόχρονη παράλειψη των πινακίδων αποστάσεων και πινακίδων αφετηρίας

μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων. Οι ελάχιστες τότε επιτρεπόμενες αποστάσεις δίνονται στη στήλη 3 του πίνακα 1, οι οποίες όμως δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε περισσότερους των δύο διαδοχικών κόμβων.

Εάν ούτε αυτές οι ελάχιστες αποστάσεις μπορούν να τηρηθούν, τότε πρέπει να γίνει αλλαγή στον σχεδιασμό των κόμβων. Στην περίπτωση που υπάρχει καθορισμένη θέση των προς σύνδεση οδών, χρησιμοποιούνται τα διορθωτικά μέτρα του σχήματος 1.

Η χρήση μιας λωρίδας πλέξης απαιτεί κατά κανόνα ιδιαίτερη σήμανση με πινακίδες καθοδήγησης. Όταν δεν γίνεται χρησιμοποίηση πλήρων προσβάσεων είναι δυνατόν οι απούσες προσβάσεις να εξυπηρετούνται μέσω δευτερεύουσας οδού.

Για οδούς με δύο ή περισσότερες λωρίδες ανά κατεύθυνση, οι τιμές του πίνακα 1 χρησιμοποιούνται όταν προβλέπεται ιδιαίτερη σήμανση καθοδήγησης.

4.5 Θέση του κόμβου

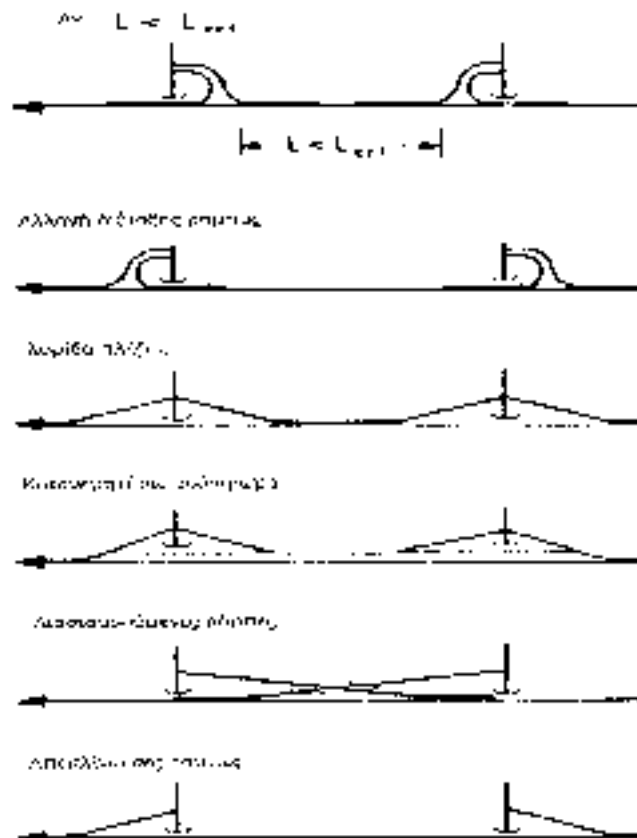
4.5.1 Γενικά

Στην περιοχή του κόμβου δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται οι επιτρεπόμενες οριακές τιμές χάραξης του RAL για τις διερχόμενες λωρίδες των προς σύνδεση οδών.

Πρέπει να ληφθούν σοβαρά τα εξής :

4.5.2 Οριζοντιογραφία

Οι είσοδοι και έξοδοι θα πρέπει να τοποθετούνται σε περιοχές με ευθεία χάραξη. Είσοδοι σε κλειστές δεξιές καμπύλες θα πρέπει να αποφεύγονται διότι προκαλούνται δυσμενείς συνθήκες ορατότητας μέσω του καθρέπτη οδήγησης (πιο συγκεκριμένα πίσω ορατότητα).



Σχήμα 1 : Βοηθητικά μέτρα στην περίπτωση 1 μικρών αποστάσεων ανάμεσα σε κόμβους.

Πηγή : [7], [13]

Αν δεν γίνεται να αποφευχθεί έξοδος από αριστερή καμπύλη τότε η πορεία των διερχόμενων λωρίδων πρέπει να παραμένει αναγνωρίσιμη με σαφήνεια. Πρέπει ο συνδετήριος κλάδος εισόδου μέσα στην αριστερή καμπύλη να εκτρέπεται μέσω αντιληπτού δεξιόστροφου τόξου και να μην ξεκινά εφαπτομενικά στις διερχόμενες λωρίδες.

4.5.3 Μηκοτομή

Καλή εποπτεία επιτυγχάνεται όταν τα κρίσιμα σημεία του κόμβου βρίσκονται σε κοίλωμα.

Οι κατά μήκος κλίσεις των προς σύνδεση οδών θα πρέπει να είναι κατά το δυνατό μικρές. Αυτό γίνεται γιατί μειώνεται η κυκλοφοριακή ροή όταν συμπίπτουν περιοχές μεγάλων κατά μήκος κλίσεων με περιοχές εισόδου ή εξόδου. Όταν η κλίση των δύο συνδεόμενων οδών είναι μεγάλη τότε δεν είναι

δυνατόν να τοποθετηθούν σωστά οι συνδετήριοι κλάδοι σε όλα τα τεταρτημόρια του κόμβου(συνεχείς κατά μήκος κλίσεις).

Προτιμούνται κατερχόμενοι συνδετήριοι κλάδοι εισόδου και ανερχόμενοι συνδετήριοι κλάδοι εξόδου για λόγους δυναμικής των οχημάτων και λόγους καλής εποπτείας. Σε ορισμένες περιπτώσεις δυσμενούς μηκοτομής της δευτερεύουσας οδού είναι δυνατό στην περιοχή συμβολής του συνδετήριου κλάδου (μικρό κύρτωμα) να υπάρχει δυσμενείς συνθήκες ορατότητας.

Οι διαβάσεις κοιλάδων σε μεγάλο ύψος, οδηγούν σε κόμβους πολύπλοκους με συνδετήριους κλάδους μεγάλου μήκους η σε ιδιαίτερες συλλεκτήριες οδούς, όταν πρέπει να γίνει σύνδεση με μία δευτερεύουσα οδό που βρίσκεται στην κοιλάδα. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να ελεγχθεί από οικονομική άποψη μαζί με τη μετατόπιση της θέσης συμβολής και μία αλλαγή της χάραξης του αυτοκινητόδρομου στη μηκοτομή.

4.6 Θέματα συντήρησης

Στη μελέτη ανισόπεδων κόμβων πρέπει να περιλαμβάνονται και τα θέματα συντήρησης. Ιδιαίτερα για τα οχήματα καθαρισμού του χιονιού, έχουν σημασία οι δυνατότητες στροφής. Οι βοηθητικές λωρίδες πρέπει να ξεχωρίζουν οπτικά από τους συνδετήριους κλάδους (στενή διατομή, μικρές ακτίνες) και να συνδέονται με αυτές σε θέσεις με καλή εποπτεία. Παρόμοιες αρχές ισχύουν σε εισόδους επί πρανούς και σε συνεχόμενες επιφάνειες πρασίνου.

5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΒΩΝ

5.1 Βασικές αρχές για την εκλογή συστήματος κόμβου

Σύμφωνα με τις αρχές του κεφαλαίου 2 υπάρχουν οι εξής απαιτήσεις :

- ο Τα διερχόμενα οδοστρώματα καθορίζονται κατά κανόνα από τη σημασία τους στο δίκτυο

- ο Στα κυριότερα και μεγαλύτερα ρεύματα κυκλοφορίας εξόδου πρέπει να επιδιώκεται να διατίθενται οι ευμενέστεροι συνδετήριοι κλάδοι από άποψη χάραξης και προτεραιότητας που δικαιολογούνται από την κυκλοφορία. Ακόμη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πρόσκαιρες αλλαγές στα κυκλοφοριακά ρεύματα που μπορεί να οφείλονται σε μέτρα παράκαμψης της κυκλοφορίας (αλλαγή σημάτων καθοδήγησης).
- ο Σε διερχόμενα οδοστρώματα, οι εξοδοί πρέπει να προηγούνται των εισόδων.
- ο Οι εισοδοί και εξοδοί σε αυτοκινητόδρομο πρέπει να βρίσκονται πάντα στη δεξιά πλευρά του διερχόμενου οδοστρώματος. Μέσα στους συνδετήριους κλάδους επιτρέπεται η τοποθέτηση εισόδων και εξόδων αριστερά με προσθήκη ή αφαίρεση λωρίδων.
- ο Σε κανονικές περιπτώσεις πρέπει τα κυκλοφοριακά ρεύματα εξόδου να είναι ενιαία. Πυκνές διαδοχικές εξοδοί προξενούν στα διερχόμενα οδοστρώματα δυσκολίες στην σήμανση μέσω πινακίδων καθοδήγησης ενώ χρειάζονται σπάνια για λόγους αποδοτικότητας. Μεταξύ διαδοχικών εξόδων εντός των συνδετήριων κλάδων πρέπει να τηρούνται οι ελάχιστες αποστάσεις.
- ο Στην περίπτωση ύπαρξης λωρίδων πλέξης σε διερχόμενα οδοστρώματα, πρέπει για την εξασφάλιση ομαλής ροής κυκλοφορίας να τηρούνται οι απαιτήσεις της παραγράφου 6.5.1.
- ο Σε κανονικές περιπτώσεις πρέπει τα ρεύματα εισόδου να ενώνονται επί συνδετήριων ραμπών και να οδηγούνται από κοινού στο διερχόμενο οδόστρωμα. Τα ρεύματα όμως μπορούν να οδηγούνται στο διερχόμενο οδόστρωμα και χωριστά όταν σε κατανεμητήριο οδόστρωμα συναντώνται κυκλοφοριακά ρεύματα ισχυρά ή όταν η τήρηση των κριτηρίων της μελέτης κατά περίπτωση είναι αντιοικονομική (πχ όταν συνδετήριοι κλάδοι μικρού κυκλοφοριακού φόρτου καταλήγουν σε σημαντικά φορτισμένους).
- ο Η τοποθέτηση της σήμανσης με σήματα καθοδήγησης πριν τον κόμβο και πάνω από αυτόν μπορεί να επηρεάσει την εκλογή του κατάλληλου συστήματος κόμβου οπότε πρέπει να λαμβάνεται εγκαίρως υπόψη.

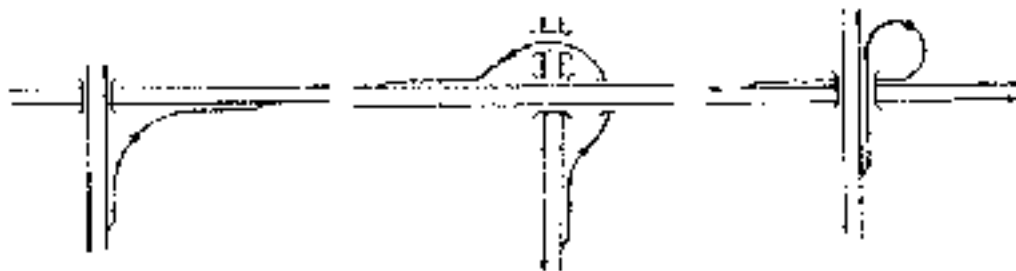
- ο Όταν συμβάλλουν οδοστρώματα μιας κατεύθυνσης τότε επιτρέπεται μετά τη συμβολή να υπάρχει μια λωρίδα κυκλοφορίας λιγότερη από πριν. Εκτροπή από την αρχή αυτή είναι επιτρεπτή όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι αιχμής στα διερχόμενα οδοστρώματα και στις συνδετήριες ράμπες δεν συμβαίνουν ταυτόχρονα ή όταν τα ρεύματα εισόδου είναι μόνιμα μεγαλύτερα από τα διερχόμενα ρεύματα.

5.2 Τύποι συνδετήριων κλάδων

Υπάρχουν τρεις δυνατότητες χάραξης συνδετήριων κλάδων (ραμπών) :

- Ράμπα απευθείας σύνδεσης (σχήμα 2)
- Ράμπα ημιαπευθείας σύνδεσης (σχήμα 3)
- Ράμπα έμμεσης σύνδεσης όπως ο βρόχος (σχήμα 4)

Η κατανοητότητα, το αν η χάραξη είναι ευθεία και η ελευθερία της κυκλοφοριακής ροής μειώνονται αντίστοιχα με τον παραπάνω κατάλογο.



Σχήμα2:Ράμπα απευθ. σύνδ. **Σχήμα3:**Ράμπα ημιαπευθείας σύνδ. **Σχήμα4:** Βρόχος

Πηγή : [7], [13]

5.3 Κόμβοι μεταξύ αυτοκινητοδρόμων

5.3.1 Γενικά

Οι κόμβοι αυτοκινητοδρόμων επιτρέπουν την ανάπτυξη κάποιων βασικών συστημάτων που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση. Τα συστήματα διαφέρουν ως προς την χάραξη των ραμπών, την απόσταση των σημείων εκτροπής και των συμβόλων και μερικώς ως προς τον αριθμό των εισόδων.

Αλλαγές στις βασικές μορφές ή άλλοι συνδυασμοί δεν αποτελούν πρόβλημα αν μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητική κυκλοφοριακή ροή ή καλός προσανατολισμός δια μέσου εποπτείας στη διαμόρφωση και επαρκή σηματοδότηση. Είναι ακόμη σημαντικό το να προετοιμάζεται ο οδηγός έγκαιρα και ξεκάθαρα για αυτά που πρόκειται να συναντήσει στην διαδρομή του. Επομένως είναι σημαντικότερη η ενιαία διαμόρφωση των επιμέρους περιοχών από τη χρήση ενιαίων συστημάτων κόμβου.

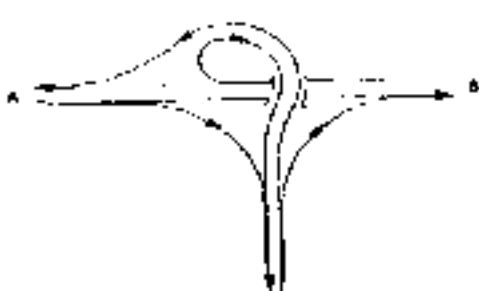
5.3.2 Κόμβοι τριών κλάδων

5.3.2.1 Σάλπιγγα και 'αχλάδι'

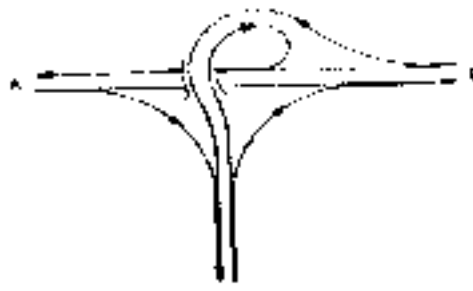
Η σάλπιγγα (σχ. 5 και 6) για μία συμβολή δύο αυτοκινητοδρόμων είναι η οικονομικότερη λύση από άποψη κόστους κατασκευής. Η χρήση της για τέτοιες συνδέσεις, πρέπει να περιορίζεται για τις περιπτώσεις στις οποίες είναι επιτρεπτή η επιβράδυνση σε μικρές ταχύτητες ακόμη και στο οδόστρωμα μονής κατεύθυνσης, τα οποία οδηγούν από τμήματα χωρίς κόμβους, απευθείας σε ράμπες. Για να γίνονται κατανοητές από τους οδηγούς οι μικρές ακτίνες, μέσα στα οδοστρώματα μιας κατεύθυνσης, είναι αναγκαίο να αρχίζει το κύριο τόξο της ράμπας πριν από το τεχνικό έργο της διασταύρωσης. Ένα τόξο αντίθετης φοράς που προτάσσεται πρηνών επιχωμάτων (στην περίπτωση κάτω διάβασης του συμβάλλοντος αυτοκινητοδρόμου) και αλληλουχία τόξων (στην περίπτωση άνω διάβασης του συμβάλλοντος αυτοκινητοδρόμου), βελτιώνουν την κατανόηση της διαδρομής της ράμπας.

Για λόγους ασφάλειας της κυκλοφορίας, η κανονική μορφή που πρέπει να χρησιμοποιείται είναι η αριστερή σάλπιγγα. Σε αυτή τη μορφή η γρήγορη είσοδος με αριστερή στροφή από τον συμβάλλοντα αυτοκινητόδρομο, γίνεται με ένα αριστερόστροφο τόξο σταθερής ακτίνας. Όταν κυριαρχεί πολύ το ρεύμα εξόδου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ειδική λύση με υπερπήδηση της συνδετήριας ράμπας B-C και με σύγχρονη πρόθεση του ρεύματος A-C.

Εάν με τις τοπικές συνθήκες δεν μπορεί να εφαρμοσθεί η αριστερή σάλπιγγα, τότε μπορεί να διαλεχθεί η δεξιά, που όμως έχει το μειονέκτημα ότι αυτός που κάνει αριστερή είσοδο από τον συμβάλλοντα αυτοκινητόδρομο, πρέπει χωρίς να προηγηθεί αλλαγή ταχύτητας, να κινείται σε αλληλουχία τόξων με ακτίνες που συνεχώς ελαττώνονται. Αυτό το μειονέκτημα αποφεύγεται με την εφαρμογή των ειδικών λύσεων κόμβου με μορφή αχλάδι (σχ. 7 και 8).

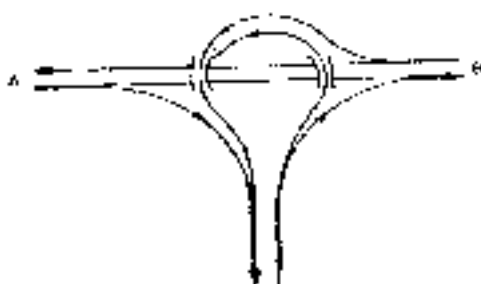


Σχήμα 5 : Αριστερή σάλπιγγα
(κανονική μορφή)

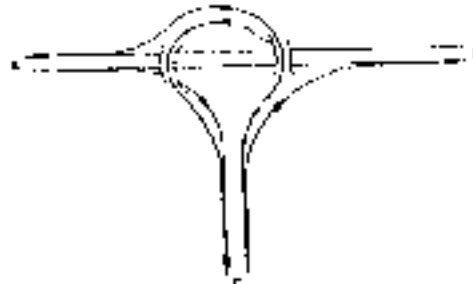


Σχήμα 6 : Δεξιά σάλπιγγα
(κατ'εξάιρεση)

Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 7: «Αχλάδι» με προτεραιότητα
στη συνδ. Ράμπα B-C



Σχήμα 8: «Αχλάδι» με προτεραιότητα
στη συνδ. Ράμπα A-C

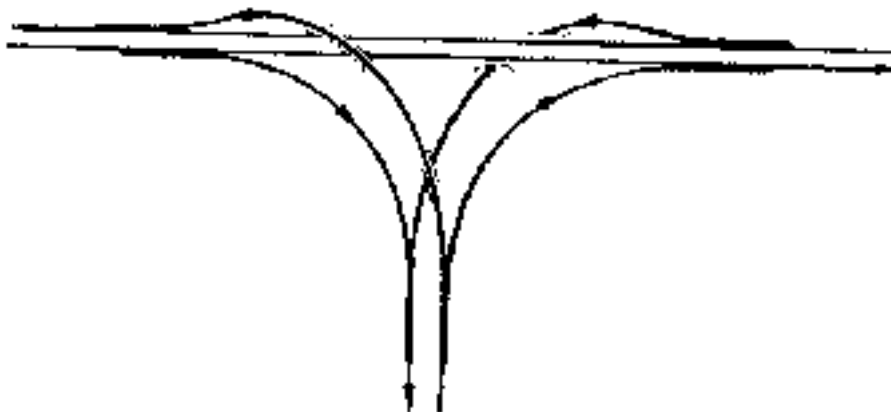
Πηγή : [7], [13]

5.3.2.2 Κόμβος τριγωνικής μορφής (τρίγωνο ή δέλτα)

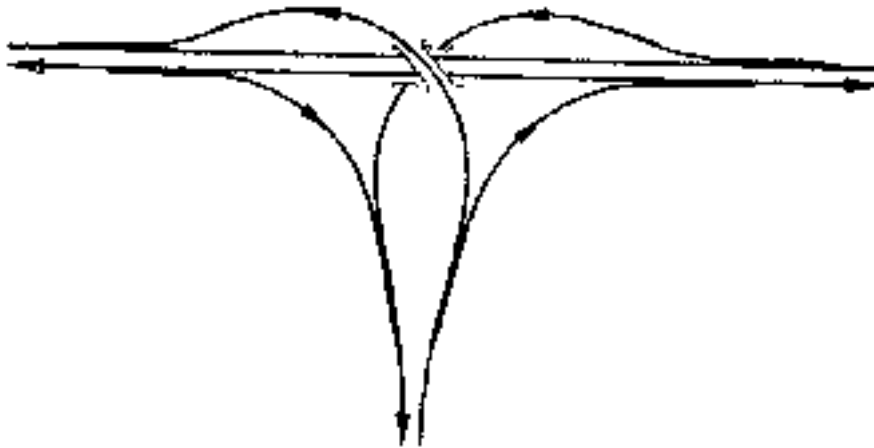
Στο τρίγωνο (σχ. 9 και 10) οι ράμπες αριστερής εξόδου και αριστερής εισόδου, γίνονται με ενδιάμεση μορφή σύνδεσης.

Οι επιφάνειες που χρειάζονται και η δαπάνη κατασκευής τους είναι μεγαλύτερες από ότι στην σάλπιγγα. Υπερβολικά γενναιόδωρες χαράξεις στις ράμπες πρέπει να αποφεύγονται, γιατί το χαρακτηριστικό του ελεύθερου τμήματος έξω από την περιοχή του κόμβου – εκτός από την περίπτωση που χρησιμοποιούνται πρόσθετες λωρίδες- θα πρέπει να διακοπούν το αργότερο στις εισόδους του διερχόμενου αυτοκινητόδρομου.

Στην περίπτωση άνισου φόρτου εξερχόμενων ρευμάτων είναι δυνατόν να είναι σκόπιμες υπερπηδήσεις ραμπών.



Σχήμα 9 : «Δέλτα» με τρεις διαχωρισμούς δύο επιπέδων
Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 10 : «Δέλτα» με ένα διαχωρισμό τριών επιπέδων

Πηγή : [7], [13]

5.3.2.3 Διακλάδωση

Η διακλάδωση αποτελεί μία ειδική περίπτωση του κόμβου των 3 κλάδων και συνίσταται από ένα τριγωνικό κόμβο, που έχουν παραλειφθεί δύο γωνιακές συνδέσεις, οι οποίες έχουν ασθενή φόρτο. Οι αποκλειόμενες συνδέσεις θα πρέπει να γίνονται σε άλλες κοντινές θέσεις. Εάν υπάρχουν αβεβαιότητες στις προγνώσεις της κυκλοφορίας και ενδεχόμενες ολοκληρώσεις του δικτύου, συνιστάται να διατηρηθούν ελεύθερες οι επιφάνειες που χρειάζονται για μια πλήρη ανάπτυξη.



Σχήμα 11 : Διακλάδωση

Πηγή : [7], [13]

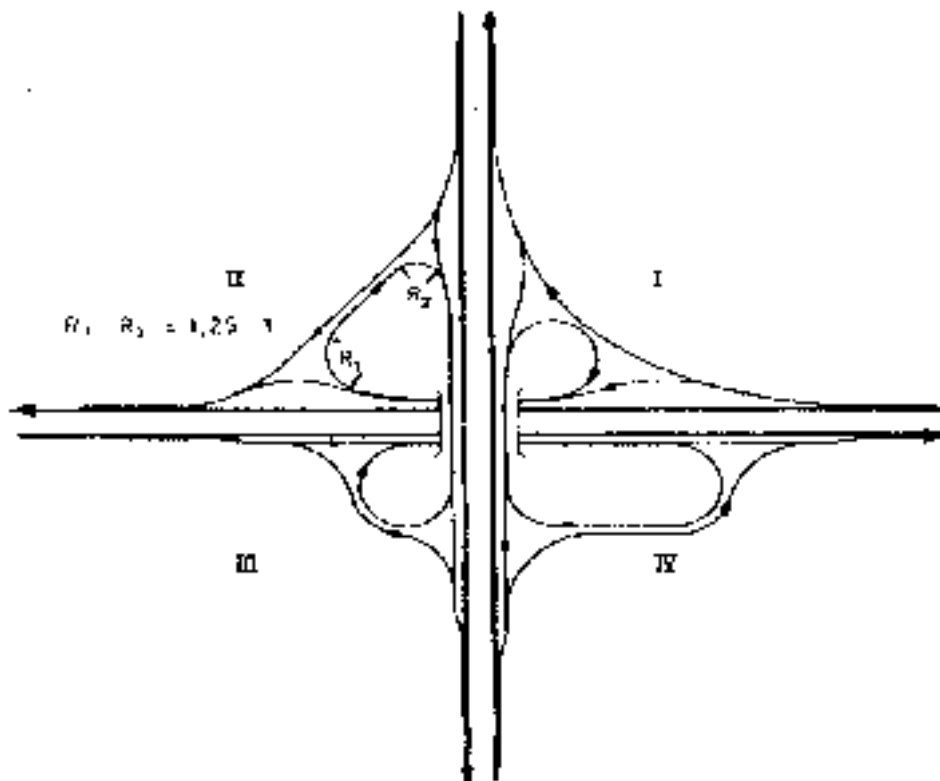
5.3.3 Κόμβοι τεσσάρων κλάδων (διασταυρούμενων αυτοκινητόδρομων)

5.3.3.1 Πλήρες τετράφυλλο

Στο πλήρες τετράφυλλο (σχ. 12) όλες οι αριστερά έξοδοι οδηγούν έμμεσα σε ράμπες βρόχων. Επειδή δε χρειάζεται ένα μόνο τεχνικό έργο και οι συνδετήριες ράμπες μπορούν να σχηματισθούν με σχετικά μικρά μήκη, η μορφή αυτή, σε περίπτωση όχι πολύ ισχυρών ρευμάτων αριστερά εξόδου, από άποψη κόστους κατασκευής, το οικονομικότερο σύστημα για σύνδεση δύο διασταυρούμενων αυτοκινητοδρόμων.

Είναι χρησιμοποιήσιμος όταν δεν αναμένεται, σε κανένα τμήμα πλέξης, κυκλοφοριακός φόρτος μεγαλύτερος από περίπου 1500 οχήματα την ώρα και όταν είναι διαθέσιμα τα απαιτούμενα μήκη των τροχιών πλέξης.

(σχ. 38)



Σχήμα 12 : Δυνατότητες τοποθέτησης κατανεμητηρίων οδοστρωμάτων βρόχων και απευθείας ραμπών σε πλήρες τετράφυλλο.

Πηγή : [7], [13]

Κατά κανόνα στο πλήρες τετράφυλλο διατάσσονται κατανεμητήρια οδοστρώματα. Ένα τέτοιο οδόστρωμα μπορεί να αντικατασταθεί με μία λωρίδα πλέξης όταν :

- ο Δεν αναμένονται προβλήματα κυκλοφοριακής ικανότητας, στο τμήμα πλέξης.
- ο Η επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα στο διερχόμενο οδόστρωμα δεν υπερβαίνει τα 80-100 χλμ / ώρα.
- ο Οι δυσκολίες της σήμανσης με πληροφοριακές πινακίδες, μπορούν να επιλυθούν ικανοποιητικά.
- ο Η λωρίδα πλέξης έχει ένα μήκος γύρω στα 300 μ. (απόσταση των αιχμών των νησίδων μεταξύ βρόχου εισόδου και βρόχου εξόδου).

Στα τέσσερα τεταρτημόρια του σχ 12 παρουσιάζονται διάφορες δυνατότητες για την χάραξη των βρόχων των εφαπτομενικών ραμπών και των διανεμητηρίων οδοστρωμάτων:

Κυκλικής μορφής βρόχων (τεταρτημόριο I και III) κάνουν δυνατή μια ομοιόμορφη πορεία της ράμπας και για μια καθορισμένη από πριν επιφάνεια, την χρησιμοποίηση κάθε φορά των μεγίστων δυνατών ακτίνων. Μπορούν να εφαρμόζονται όταν υπάρχει ένα επαρκές μήκος τμήματος πλέξης.

Προσαρμοσμένες (συμπίεσμένες) ράμπες βρόχων (τεταρτημόριο I) δίδουν την δυνατότητα για επιμήκυνση των τμημάτων πλέξης στα κατανεμητήρια οδοστρώματα. Για να μειωθεί το μειονέκτημα των μεταβαλλόμενων ακτίνων σε αυτές τις ράμπες των βρόχων, δεν πρέπει να υπερβαίνεται μία σχέση μεταξύ των ακτίνων $R1:R2=1,25:1$. Στην περιοχή εισόδου πρέπει να γίνει αποδεκτή μία μικρότερη ακτίνα, όταν δεν πρέπει να μεγαλώσει η απαιτούμενη επιφάνεια, σε σύγκριση από αυτή που χρειάζεται για κυκλική διαμόρφωση του βρόχου.

Επιμηκυσμένες ράμπες βρόχων (τεταρτημόριο IV σχημ. 12) χρησιμοποιούνται όταν πρέπει να δημιουργηθεί ένα μεγάλο μήκος πλέξης, όταν στις ράμπες, εξ αιτίας ισχυρών κατά μήκος κλίσεων των προς σύνδεση αυτοκινητοδρόμων, γίνονται αναγκαία μεγάλα ανοίγματα και όταν το απαιτούν οι τοπικές συνθήκες (τοπογραφικές, δόμησης, προστασίας ορισμένων επιφανειών).

Μη προσαρμοσμένες εφαπτομενικές ράμπες (τεταρτημόριο I του σχήματος 12) αν και επιδέχονται μεγαλύτερες ταχύτητες από τις προσαρμοσμένες για τα οχήματα που κάνουν έξοδο, όμως οδηγούν κατά κανόνα σε ρόμβους που χρειάζονται μεγαλύτερες επιφάνειες.

Οι προσαρμοσμένες εφαπτομενικές ράμπες (τεταρτημόρια II, III και IV) προσφέρουν κατά κανόνα εξοικονόμηση στην επιφάνεια και ελάττωση της περιοχής του κόμβου. Με την προσαρμογή προκύπτουν στην οριζοντιογραφία μικρότερες ακτίνες και μαζί με αυτό και μικρότερες δυνατές ταχύτητες.

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης μιας αντίρροπης καμπύλης (τεταρτημόρια III και IV σχ.. 12) είναι δυνατόν, εξ αιτίας της απαιτούμενης γωνίας εγκάρσιας κλίσης, να παρουσιασθούν οπτικά όχι ικανοποιητικές χαράξεις του οδοστρώματος και δυσκολίες στην αποχέτευση.

Τα μετατοπισμένα κατανεμητήρια οδοστρώματα (τεταρτημόρια I και II του σχ. 12) είναι επωφελή. Σε ράμπες εισόδου, μεγαλώνουν την απόσταση των σημείων συμβολής και καθιστούν δυνατή την κατάλληλη διαμόρφωση των συμβολών. Σε ράμπες εξόδου, η μετατόπιση επενεργεί στο να μεγαλώνει η απόσταση των σημείων διαχωρισμού σε τρόπο ώστε η σηματοδότηση με τις πινακίδες κατευθύνσεων να γίνεται σαφέστερη και στην περίπτωση ανάγκης για ίση ή μικρότερη επιφάνεια, η τοποθέτησή τους να είναι επωφελέστερη, ώστε το κατανεμητήριο οδόστρωμα σε σύγκριση με την εφαπτομενική ράμπα, να κυριαρχεί οπτικά, κατά τρόπο λιγότερο αδρό ώστε η 1 κορυφή της νησίδας να γίνεται πλατύτερη και καλύτερα αναγνωρίσιμη. Εκτός από αυτά με την μετατόπιση-αναφορικά προς τα τμήματα πλέξης που ακολουθούν-επιτυγχάνεται η επιθυμητή επιβράδυνση της ταχύτητας. Εάν για την μετατόπιση διαλέγονται τόσο μικρές ακτίνες, ώστε να χρειάζονται επικλίσεις, τότε είναι δυνατόν, να παρουσιασθούν όχι ικανοποιητικές χαράξεις του οδοστρώματος και δυσκολίες στην αποχέτευση.

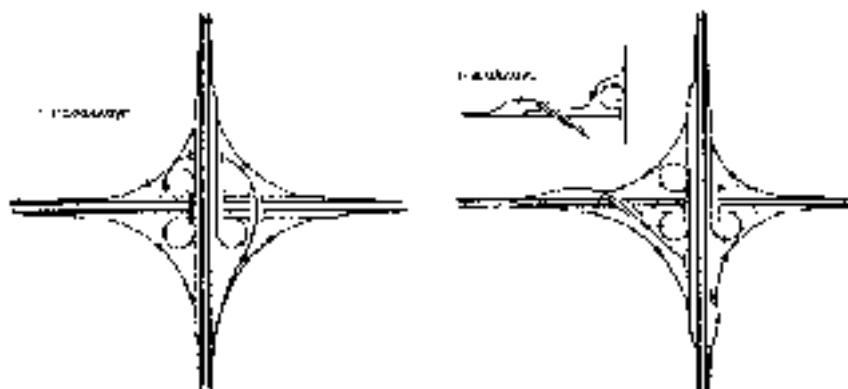
Λεπτομέρειες για την διαμόρφωση της μετατόπισης βρίσκονται στο σχήμα 3-28.

Το ανάπτυγμα του μήκους στο τμήμα πλέξης, μεταξύ των βρόχων του τριφυλλιού και σε ολόκληρο το κατανεμητήριο οδόστρωμα, διαμορφώνεται ευμενέστερα όταν οι μετατοπίσεις των δύο πλευρών φτάνουν μέχρι του τμήματος πλέξης και το κατανεμητήριο οδόστρωμα φτάνει μόνο μέχρι την

περιοχή του τεχνικού έργου του κόμβου, παράλληλα προς το διερχόμενο οδόστρωμα (τεταρτημόρια I, II). Στην περίπτωση αυτή πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην κατά μήκος χάραξη.

5.3.3.2 Σύστημα με τεταμένη χάραξη των αριστερά εξόδων

Τροποποιημένο τριφύλλι με ενδιάμεση μορφή στην χάραξη των ραμπών συνδέσεων, είναι σκόπιμη λύση, όταν μεμονωμένα ρεύματα στροφής εξόδου είναι τόσο ισχυρά , ώστε σε ένα ή περισσότερα τμήματα πλέξης, ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι πάνω από 1500 οχήματα/ ημέρα.



Σχήμα 13 : Τροποποιημένο τετράφυλλο με ημιευθείας σύνδεση του αριστερά στρέφοντος ρεύματος **Σχήμα 14 :** Τροποποιημένο τετράφυλλο με υψηλές ταχύτητες και ημιαπευθείας σύνδεση αριστερά.

Πηγή : [7], [13]

Για τέτοιου είδους συστήματα κόμβων, για λόγους ασφάλειας πρέπει όπου τα κατανεμητήρια οδοστρώματα οδηγούν σε ράμπες βρόχων, να λαμβάνονται ιδιαίτερες προφυλάξεις, όπως σημάνσεις οδοστρωμάτων, πινακίδες κατευθύνσεων, στοιχεία ταχύτητας, ένδειξη ενός αντίρροπου τόξου ή ίσως ακόμη συνέχιση του κατανεμητήριου οδοστρώματος μέχρι την επαπτομενική ράμπα.

Οι παραλλαγές που δίνονται στο σχ. 14 με χωριστή χάραξη της κατευθείαν και της ενδιάμεσης μορφής σύνδεσης στο διερχόμενο οδόστρωμα,

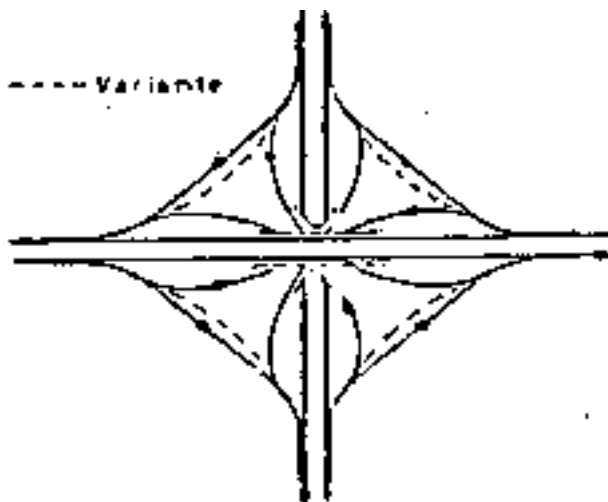
είναι δυνατόν να επηρεάζουν θετικά την κυκλοφοριακή ροή, όταν αναμένεται να υπάρχουν στις ράμπες σύνδεσης ισχυρά ρεύματα εξόδου.

Τα συστήματα κόμβων που δείχνονται στα σχ. 15, 16 και 17 χρησιμοποιούνται όταν ένα τετράφυλλο δεν επαρκεί πια, εξ αιτίας περιορισμένων συνθηκών απόδοσης των τμημάτων πλέξης ή όταν η ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής, απέναντι προς εκείνη του τριφυλλίου με περισσότερες εγκαταστάσεις εξόδου, πρέπει να βελτιωθεί ακόμη στην περιοχή του κόμβου. Τα συστήματα διαφέρουν κατά το τεταμένο των ραμπών σύνδεσης για τις αριστερά εξόδους, κατά την επιφάνεια που χρειάζονται, κατά τον αριθμό των γεφυρών και κατά την απόσταση των σημείων διαχωρισμού και σημείων διαχωρισμού και σημείων συμβολών. Το κόστος κατασκευής του τετράφυλλου είναι γενικά ψηλότερο. Σε αυτούς τους κόμβους δεν είναι δυνατές οι διαδρομές για επιστροφή. Μικτά συστήματα μπορούν να γίνουν με συνδυασμό των επί μέρους περιοχών.

Όταν γίνεται χρήση της μορφής ανεμόμυλου (σχ. 15 και 16) προκύπτουν συνήθως στις ράμπες σύνδεσης, μεγάλες κατά μήκος κλίσεις και δυσμενείς συνθήκες ορατότητας σε περιοχές κυρτωμάτων, γιατί η υπερνίκηση των υψομετρικών διαφορών πραγματοποιείται μέσα στα μικρά τμήματα ράμπας, που είναι διαθέσιμα.

Η τροποποιημένη μορφή του ανεμόμυλου (σχ. 16) έχει το πλεονέκτημα ότι σε δύο τεταρτημόρια, χρειάζονται μικρότερες επιφάνειες από τον ανεμόμυλο του σχ.15. Μειονέκτημα είναι ότι δύο κατανεμητήρια οδοστρώματα τελειώνουν στις ράμπες των βρόχων και ότι οι περιοχές μετάβασης μπορεί να βρίσκονται πίσω από κυρτώματα. Επομένως, πρέπει κατά το δυνατόν, οι ράμπες των βρόχων να διαμορφώνονται σε ανωφέρεια (σχ. 16).

Η χρησιμοποίηση του σταυρού Μάλτας (σχ.17) μπορεί να είναι επωφελής, όταν μεταξύ των διασταυρωμένων αυτοκινητοδρόμων υπάρχουν μεγάλες υψομετρικές διαφορές. Με μετατόπιση των ραμπών για αριστερά εξόδους προς τις εξωτερικές περιοχές του κόμβου είναι δυνατόν να αναπτυχθούν παραλλαγές της μορφής Σταυρού Μάλτας, οι οποίες προϋποθέτουν το πολύ τρία επίπεδα.



Σχήμα 15 : Σταυρός Μάλτας
Πηγή : [7], [13]

Με την χρήση των ανεμόμυλων ή Σταυρών Μάλτας μπορεί, εξαιτίας πολύ μικρών αποστάσεων των σημείων συμβολών, να προκύψουν δυσκολίες στην διεκπεραίωση της κυκλοφορίας. Στις περιπτώσεις αυτές, μπορεί να είναι σκόπιμο οι συνδετήριες ράμπες που έχουν ισχυρό φορτίο, οι ράμπες κατευθείαν σύνδεσης και οι ράμπες ημιαπευθείας σύνδεσης να οδηγούνται χωριστά στο διερχόμενο οδόστρωμα.

5.4 Διασταύρωση με δευτερεύουσες οδούς

5.4.1 Γενικά

Στις θέσεις συμβολής επιτρέπεται η ανάπτυξη των κατάλληλων βασικών συστημάτων. Διαφοροποίηση υπάρχει στη χάραξη των συνδετήριων κλάδων, στη θέση τους, στο πλάτος των τεχνικών έργων και στην επέκταση του κόμβου επί της δευτερεύουσας οδού.

Οι περιοχές των συμβόλων των συνδετήριων κλάδων με τον αυτοκινητόδρομο πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένες ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή της συμπεριφοράς του οδηγού από τις συνθήκες στον αυτοκινητόδρομο στις συνθήκες της δευτερεύουσας οδού. Αντίθετα, οι ισόπεδες συμβολές με την δευτερεύουσα οδό διαμορφώνονται με τους κανονισμούς RAL-K-1 (ή τους νεότερους RAS-K-1). Σε οδούς τεσσάρων ή

περισσότερων λωρίδων πρέπει να χρησιμοποιούνται σηματοδότες ενώ σε οδούς δύο λωρίδων μόνο όταν το απαιτεί ο κυκλοφοριακός φόρτος.

Ο υπολογισμός της κυκλοφοριακής ικανότητας των ισόπεδων συμβόλων είναι συνήθως σημαντικής σημασίας για τη εκλογή του κατάλληλου συστήματος κόμβου οπότε και το αναγκαιότερο στοιχείο της μελέτης. Πρέπει κυρίως να αποφεύγεται καθυστερήσεις στον αυτοκινητόδρομο και για αριστερές εξόδους από τη δευτερεύουσα οδό υπάρχει διαθέσιμος χώρος αναμονής.

Οι τοπικές δεσμεύσεις και οι μεγαλύτεροι κυκλοφοριακοί φόρτοι στις ισόπεδες θέσεις συμβολής είναι σημαντικά στοιχεία για την εκλογή της κρίσιμης διάταξης. Η απαίτηση είναι οι ισόπεδες θέσεις συμβολής να χαράσσονται κατά προτίμηση ως δεξιές εξοδοί και δεξιές εισοδοί. Πέρα από αυτό οι εξοδοί στα αριστερά προτιμούνται από τις αριστερές εισόδους. Αν υφίσταται σηματοδότηση στις ισόπεδες συμβολές, οι παραπάνω αρχές δεν είναι σημαντικές για τη διάταξη αυτών.

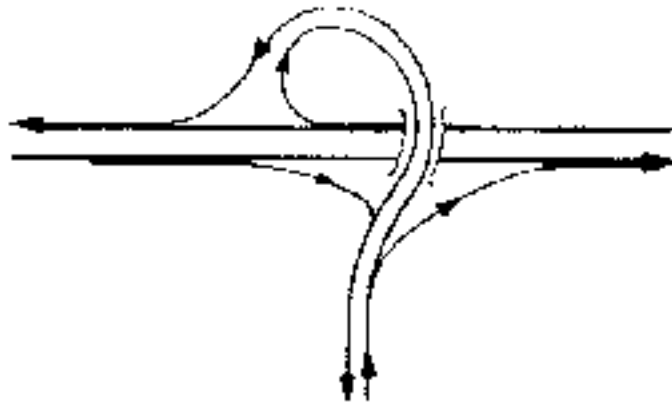
5.4.2 Κόμβοι τριών κλάδων

Κανονική λύση για την συμβολή μιας δευτερεύουσας οδού σε ένα αυτοκινητόδρομο, είναι η τρομπέτα (σχ. 16). Η συνδετήρια ράμπα για την δεξιά έξοδο χαράσσεται τεταμένη και σε περίπτωση διατομής δύο λωρίδων της δευτερεύουσας οδού, καταλήγει την παράλληλη ράμπα κάθετα σε αυτήν.

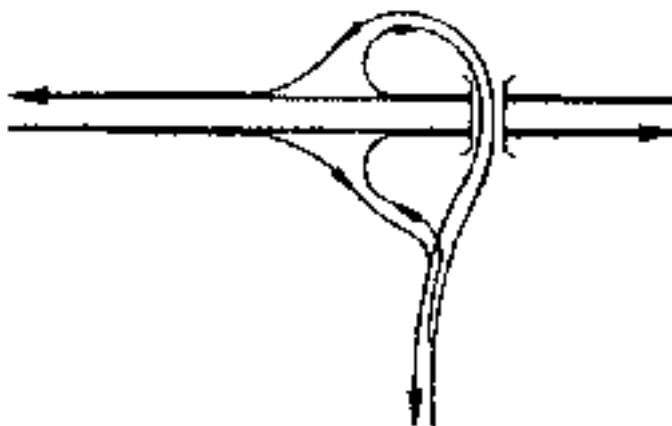
Μετατόπιση των συμβολών των ραμπών (ράμπα εισόδου πριν την ράμπα εξόδου) βελτιώνει -όταν δεν υπάρχει διαχωρισμός των κατευθύνσεων στη δευτερεύουσα οδό- τον προσανατολισμό και ελαττώνει την πιθανότητα εσφαλμένης πορείας. Πέρα από αυτό ισχύουν τα αναγραφόμενα στην παράγραφο 5.3.2.1 για τη διαμόρφωση του κόμβου.

Πέρα από την σάλπιγγα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές διατάξεις ώστε να περιλαμβάνονται στη δευτερεύουσα οδό τμήματα διασταυρώσεως και πλέξης. Στο σχήμα 17 δίνεται παράδειγμα τοπικά συγκεντρωμένης περιοχής κόμβου η οποία πλεονεκτεί όταν λόγου χάρη η απόσταση με άλλο γειτονικό κόμβο είναι μικρή. Για την περίπτωση που κατ'

εξαίρεση κατασκευάζεται “τρίγωνο”, πρέπει να χρησιμοποιούνται μικρότερα στοιχεία χάραξης από αυτά που χρησιμοποιούνται για αυτοκινητόδρομους.



Σχήμα 16 : Σάλπιγγα
Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 17 : Μερικό τετράφυλλο
Πηγή : [7], [13]

5.4.3 Κόμβοι τεσσάρων κλάδων

Οι κανονικές μορφές κόμβων τεσσάρων κλάδων είναι το μισό τετράφυλλο και ο ρόμβος.

5.4.3.1 Μισό τετράφυλλο

Στο μισό τετράφυλλο οι δύο οδοί συνδέονται με ράμπες που διατάσσονται σε δύο τεταρτημόρια.

Η μορφή των συνδετήριων κλάδων καθορίζεται ανάλογα με τα κυκλοφοριακά, τα οπτικά και τα γεωμετρικά δεδομένα. Μια διάταξη των ραμπών προσαρμοσμένη στον κυκλοφοριακό φόρτο στα κατάλληλα τεταρτημόρια, διαμορφώνονται και συμβολές με καλή απόδοση. Έτσι όμως στη δευτερεύουσα οδό δυσχεραίνεται ο προσανατολισμός και οι απαιτούμενες κινήσεις εξόδου και εισόδου δεν είναι δυνατό να είναι επιτυχημένες.

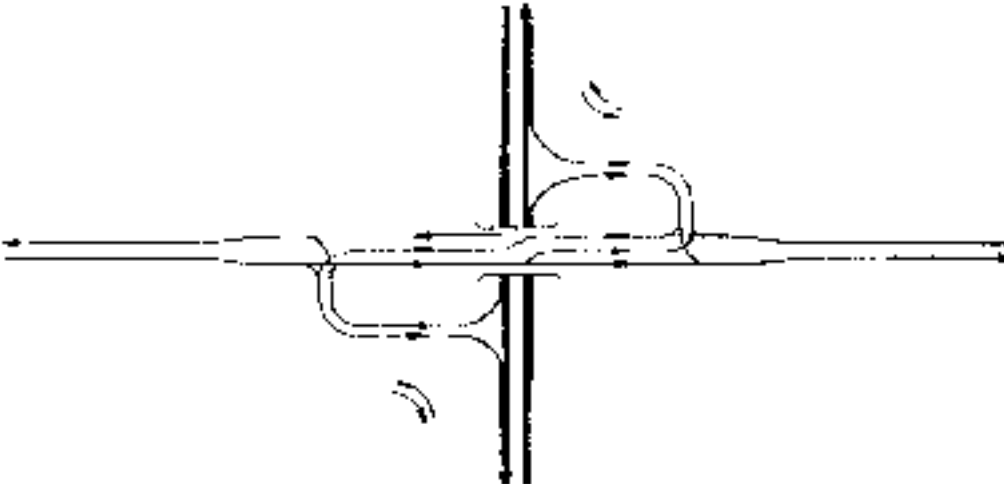
Στα σχήματα 18 έως 20 δίνονται βασικά συστήματα μισού τετράφυλλου για διάφορες περιπτώσεις χωρίς σηματοδότηση. Οι ευνοϊκότερες διατάξεις δείχνονται με βέλη. Για να αποφευχθούν δυσκολίες ή για να βελτιωθεί η κυκλοφοριακή ροή είναι δυνατόν να χρειάζονται πρόσθετους συνδετήριους κλάδους.

Η μορφή του σχήματος 18, εφόσον δεν επιβάλλεται για κυκλοφοριακούς λόγους άλλη διάταξη ραμπών μπορεί να θεωρηθεί ως η κανονική μορφή εκτός κατοικημένων περιοχών. Έχει το προτέρημα ότι πραγματοποιείται έξοδος από τον αυτοκινητόδρομο με ευθύγραμμη ράμπα και ότι οι απαιτούμενες λωρίδες αριστερής εξόδου στη δευτερεύουσα οδό μπορούν να επιμηκυνθούν στην περίπτωση αλλαγής των κυκλοφοριακών φόρτων.



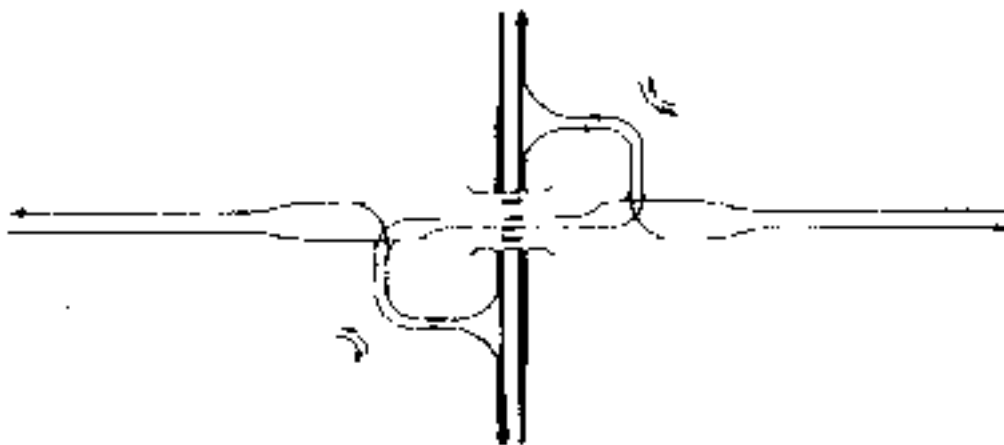
Σχήμα 18 : Ασύμμετρο μερικό τετράφυλλο με εξωτερικές λωρίδες αριστερής Στροφής

Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 19 : Ασύμμετρο μερικό τετράφυλλο με εσωτερικές διαδοχικές λωρίδες αριστερής στροφής

Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 20 : Ασύμμετρο μερικό τετράφυλλο με εσωτερικές παράλληλες λωρίδες αριστερής στροφής

Πηγή : [7], [13]

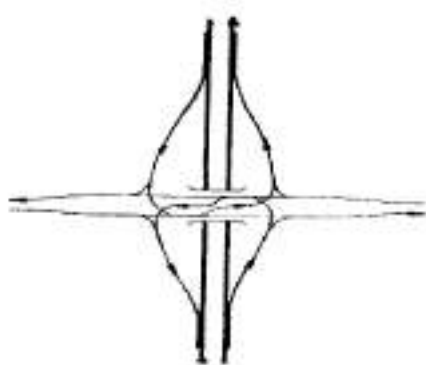
Στην περιοχή του τεχνικού έργου είναι δυνατόν να μειώνεται η διατομή σε δύο λωρίδες όταν η απόσταση μεταξύ ακρόβαθρου και άξονα της συμβολής υπερβαίνει τα 70m.

Μειονέκτημα για την κυκλοφοριακή ροή της δευτερεύουσας οδού είναι η μεγάλη επέκταση του κόμβου.

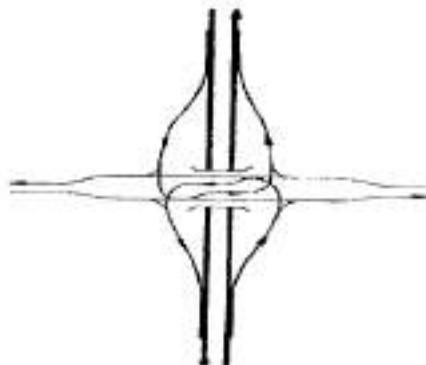
Αν χρησιμοποιείται η μορφή του σχήματος 19, είναι αναγκαίο οι ράμπες να προεκτείνονται κατά μήκος της δευτερεύουσας οδού ώστε οι λωρίδες αριστερής εξόδου να έχουν επαρκές μήκος. Μελλοντικές επιμηκύνσεις των λωρίδων αριστερής εξόδου δεν είναι δυνατές.

Στη μορφή του σχήματος 20 με παράλληλες λωρίδες αριστερής στροφής, προκύπτει μεγαλύτερο τεχνικό έργο διασταύρωσης αλλά τουλάχιστον εντός κατοικημένων περιοχών διευρυμένο τμήμα είναι μικρότερου μήκους όπως και η επέκταση της περιοχής του κόμβου στη δευτερεύουσα οδό.

Στην συμμετρική μορφή του σχήματος 21 δεν υπάρχει προτίμηση για συγκεκριμένη έξοδο από τη μία κατεύθυνση ή την αντίθετη. Είναι χρησιμοποιήσιμη όταν στη μία κατεύθυνση του αυτοκινητόδρομου υπάρχουν ιδιαίτερες κυκλοφοριακές συνθήκες ή δεν υπάρχει άλλη δυνατότητα λόγω τοπικών δεδομένων ή δεν έχει σημασία η κυκλοφοριακή ικανότητα. Η εξασφάλιση ικανοποιητικής σύνδεσης με πινακίδες καθοδήγησης παρουσιάζει –εξαιτίας της πυκνής διαδοχής λωρίδων αριστερής εξόδου- μεγαλύτερες δυσκολίες από τις μορφές των σχημάτων 18 έως 21.



Σχήμα 21 : Ρόμβος με εσωτερ. Διαδοχικές
λωρίδες αριστερής στροφής



Σχήμα 22 : Ρόμβος με εσωτερ. παράλληλες
λωρίδες αριστερής στροφής

Πηγή : [7], [13]

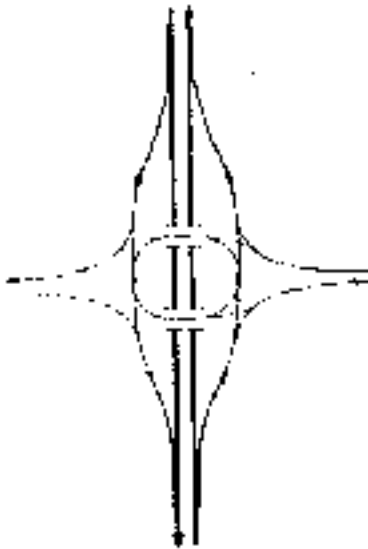
5.4.3.2 Διαμάντι ή Ρόμβος

Στους ρόμβους οι δύο διασταυρούμενες οδοί συνδέονται με ράμπα απευθείας σύνδεσης μονής κατεύθυνσης.

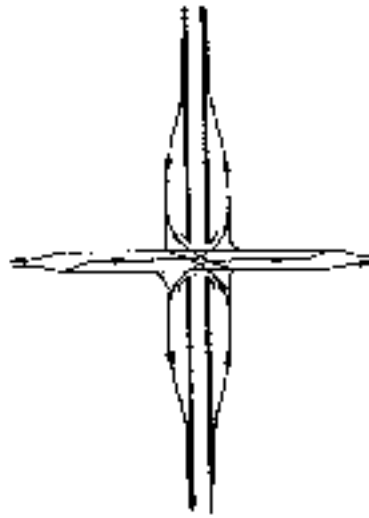
Λόγω της μικρής απαιτούμενης επιφάνειας, της μικρής επέκτασης της περιοχής του κόμβου στη δευτερεύουσα οδό και της δυνατότητας διαμόρφωσης καλών προϋποθέσεων για την καθοδήγηση της κυκλοφορίας με σηματοδότηση, οι κόμβοι είναι κατάλληλοι για φορτισμένες θέσεις συμβολών και εντός κατοικημένων περιοχών. Μειονέκτημα αποτελεί η αδυναμία εγκατάστασης αποτελεσματικής σήμανσης κατευθύνσεων οπότε δεν μπορούν να αποκλειστούν λανθασμένες πορείες στις ισόπεδες περιοχές.

Στα σχήματα 21 έως 24 παριστάνονται βασικά συστήματα ρόμβων. Οι ρόμβοι των σχημάτων 21 έως 24 μπορούν να λειτουργήσουν σωστά, χωρίς σηματοδότηση μόνο αν υπάρχουν ασθενή ρεύματα αριστερής εξόδου. Από την κυκλοφοριακή ικανότητα επηρεάζεται η κατάλληλη απόσταση των συμβολών των συνδετήριων κλάδων στη δευτερεύουσα οδό που είναι σημαντικό στοιχείο για τη σύνθεση του κόμβου. Στην περίπτωση ίσης απόστασης των συμβολών των συνδετήριων κλάδων, ένας ρόμβος με παράλληλες λωρίδες αριστερής εξόδου (σχήμα 3-22) έχει μεγαλύτερη κυκλοφοριακή ικανότητα από ρόμβο με δύο διαδοχικές λωρίδες αριστερών εξόδων (σχήμα 21).

Με τη χρήση των μορφών των σχημάτων 23 και 24, μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη κυκλοφοριακή ικανότητα από ότι με τη χρήση του απλού ρόμβου (σχήματα 23 και 24). Εντός κατοικημένων περιοχών παρουσιάζει πλεονεκτήματα μια ειδική μορφή που αντιστοιχεί στο σχήμα 26, σε συνδυασμό ζεύγους οδών με κυκλοφορία μονής κατεύθυνσης.

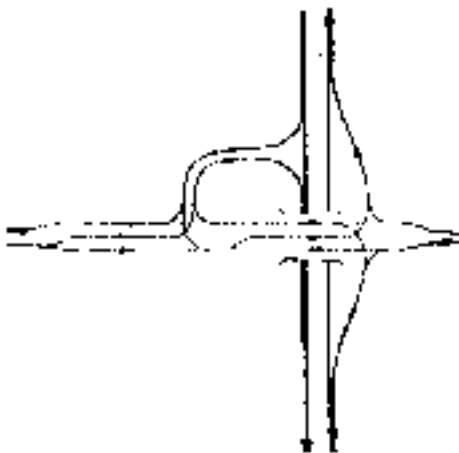


Σχήμα 23 : Ρόμβος με διεύρυνση

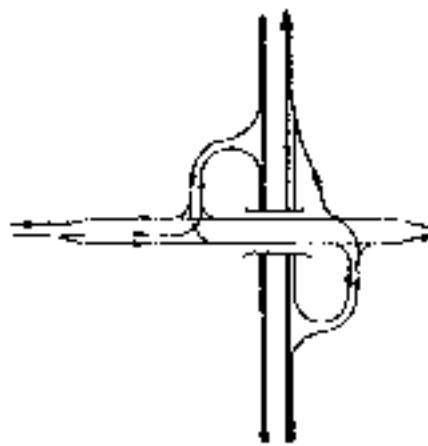


Σχήμα 24 : Ρόμβος με εξωτερικές λωρίδες αριστερής στροφής

Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 25 : Ειδικό σύστημα για την Αντιμετώπιση συνθηκών κορεσμού



Σχήμα 26 : Ειδικό σύστημα μερικού τετράφυλλου για την αντιμετώπιση υψηλού φόρτου αριστερής στροφής

Πηγή : [7], [13]

Με τη μορφή του σχήματος 24, εξαιτίας των πολλών σημείων σύγκρουσης και των συμβολών υπό οξεία γωνία στην περιοχή του τεχνικού έργου, είναι κατά κανόνα απαραίτητη η σηματοδότηση. Δεξιές είσοδοι και έξοδοι είναι δυνατόν να επιτευχθούν υπό συνθήκες ελεύθερης κυκλοφοριακής

ροής. Η λύση απαιτεί μεγάλη χρήση τεχνικών έργων σε διασταυρώσεις. Η χρήση εξωτερικών λωρίδων αριστερής εξόδου και η δυνατότητα επιμήκυνσης τους δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής σε περίπτωση μεταβολής των κυκλοφοριακών φόρτων με απλά μέσα.

5.4.3.3 Ειδικά συστήματα

Ειδικά συστήματα εφαρμόζονται σε συνθήκες στενότητας χώρου ή αν υπάρχουν συνθήκες κορεσμού ή πολλά ρεύματα εξόδου και συνίστανται στο συνδυασμό μερικώς ή ολικώς, μισών τετράφυλλων με μεμονωμένες απευθείας ράμπες.

Στο σχήμα 25 φαίνεται ένα ειδικό σύστημα στο οποίο εξαιτίας στενότητας χώρου, ένας βρόχος αντικαταστάθηκε από παράλληλες ράμπες.

Στο ειδικό σύστημα του σχήματος 26 στο οποίο εφαρμόζεται σηματοδότηση λόγω του μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου αριστερής εξόδου, έγινε προσθήκη μιας απευθείας συνδετήριας ράμπας με σκοπό την απλοποίηση την καθοδήγηση με σηματοδότηση και την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας στις συμβολές με τη δευτερεύουσα οδό.

6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

6.1 Γενικά

Οι οδοί που πρόκειται να συνδεθούν, πρέπει να χαράσσονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή τους να διατηρείται αναλλοίωτη στην περιοχή του κόμβου. Αν αυτό δεν είναι δυνατό ή δεν είναι τεχνικά και οικονομικά επιτρεπτό, θα πρέπει να προσαρμόζεται κατά προτίμηση η δευτερεύουσα οδός.

6.2 Συνδετήριοι κλάδοι (περιλαμβάνονται και τα κατανεμητήρια οδοστρώματα)

6.2.1 Ομάδες και τύποι ραμπών

Διακρίνονται δύο ομάδες ραμπών :

Ομάδα ραμπών 1 : Σύνδεση ανάμεσα σε δύο αυτοκινητόδρομους
(ισόπεδα ή ανισόπεδα)

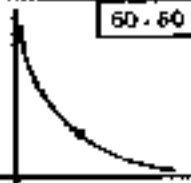
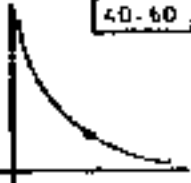
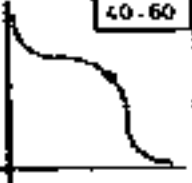
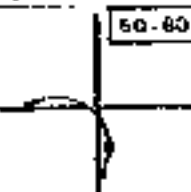
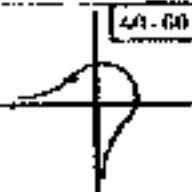
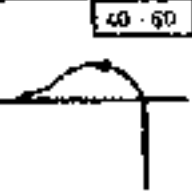
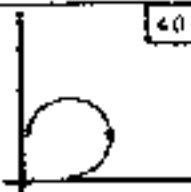
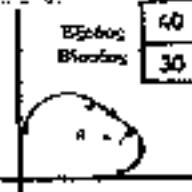
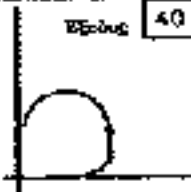
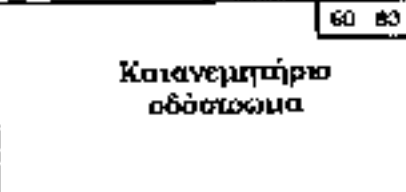
Ομάδα ραμπών 2 : Σύνδεση αυτοκινητόδρομου με δευτερεύουσα οδό
(ισόπεδα ή ανισόπεδα)

Η διάκριση των τύπων ραμπών ανάλογα με την καθοδήγηση της κυκλοφορίας εξετάστηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

6.2.2 Στοιχεία μελέτης σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή

6.2.2.1 Βάσεις

Στη μελέτη των ραμπών σύνδεσης λαμβάνονται ως βάση σταθερές τιμές ταχυτήτων (30,40,50,60,70,80 Km/h). Ο συσχετισμός των ταχυτήτων μελέτης με τις διάφορες μορφές ραμπών δίνεται στο παρακάτω σχήμα. Τα χαρακτηριστικά των τμημάτων πέρα από τον κόμβο δεν πρέπει να συνεχίζονται στις ράμπες. Οι βασικές αρχές του RAL-L-2 <<Χάραξη στο χώρο>> ισχύουν εφόσον αφορούν τη δημιουργία επαρκών μηκών ορατότητας και στην αποφυγή οπτικών βυθισμάτων.

Τύπος ράμπας	ομάδα 1		ομάδα 2	
	Χωμάδα			
	Μη προσαρμοσμένη	Προσαρμοσμένη	Μη προσαρμοσμένη	Προσαρμοσμένη
απευθείας	 60 - 60	 50 - 60	 40 - 60	 40 - 60
Ημι απευθείας	 50 - 60	 40 - 60	—	 40 - 60
βρόχος	 40	 Εξόδος Εισόδος 40 30	 Εξόδος 40	 Εισόδος 30 - 40
απευθείας	 60 - 80 Καιανεμητήριο οδόστρωμα		 40 - 80	

Σχήμα 27 : Μορφές ραμπών και όρια ταχυτήτων
Πηγή : [7], [13]

Οπτικές ανωμαλίες, συχνά ηθελημένες στους ανισόπεδους κόμβους, πρέπει να γίνονται αποδεκτές, αφού καθιστούν αναγνωρίσιμα τα διαστασιολογημένα με ελάχιστες τιμές στοιχεία.

Οι βασικές αρχές και οριακές τιμές αναφέρονται μόνο στις ράμπες και στις περιοχές εισόδου και εξόδου. Οι ισόπεδες συμβολές στις δευτερεύουσες οδούς διαμορφώνονται κατά RAS-K-1.

Στοιχείο	Σύμβ.	Ελάχιστες τιμές για τακτικές μελέτη					
		30	40	50	60	70	80
Ελάχιστη ακτίνα	R(p)	25	50	50	100	150	200
Μέγιστη και γι μήκος κλάδου +αναφύλαξη -καταπόρευση	+5% -5%	5% 6%					
Ελάχιστη ακτίνα κυρτώματος	R _κ (p)	500	1000	1500	2000	2500	4000
Ελάχιστη ακτίνα κυρτώματος	R _κ (p)	250	500	750	1000	1500	2000
Ελάχιστη επικλίση	ε%	2,5%					
Μέγιστη επικλίση σε καμπύλη	qκ%	6%					
Ελάχιστη κλίση ασφαλιστικών	Δε%	=0,1% (ε=απόσταση ασφαλιστικής από αξονική μετωπική)					
Ελάχιστη υπόσωση Ορατότητας για σιάση	S ₀ (m)	25	30	40	60	80	115

Πίνακας 2 : Ελάχιστες τιμές στοιχείων μελέτης
Πηγή : [7], [13]

Τα ελάχιστα μήκη των συνδετήριων κλάδων, εκτός από χάραξη καθορίζονται και από τα μήκη ανάγνωσης των σημάτων, τον επαρκή χωρικό και χρονικό διαχωρισμό των κρίσιμων σημείων, την προετοιμασία για έξοδο και τις απαιτούμενες λωρίδες αναμονής.

Στην περίπτωση παράλληλων ραμπών, τα μήκη τους δεν πρέπει να είναι πάνω από 200-300 m ώστε να μην δημιουργείται η εντύπωση μιας παράλληλης οδού.

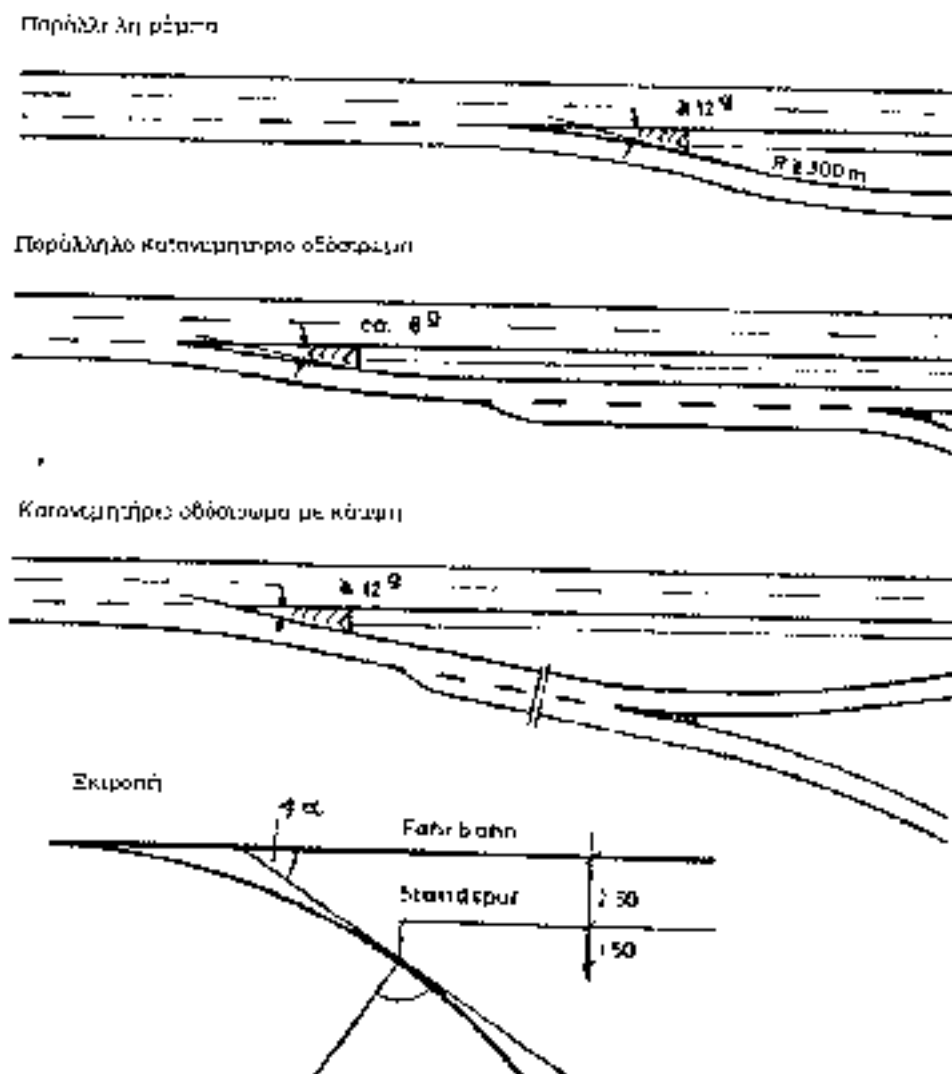
Για τη βελτίωση της κατανοητότητας και για την απλούστευση της σήμανσης με πινακίδες καθοδήγησης, οι ράμπες εξόδου πριν από τη συμβολή στη δευτερεύουσα οδό πρέπει να χαράσσονται σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή με τέτοιο μήκος ώστε να υπάρχει διαθέσιμο μήκος 50m πριν τις πινακίδες για την ανάγνωση αυτών. Αλλιώς πρέπει να χρησιμοποιούνται προκεχωρημένα σήματα κατεύθυνσης εντός της ράμπας.

6.2.2.2 Οριζοντιογραφία

Ευθύγραμμα τμήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς περιορισμό. Οι ελάχιστες ακτίνες των κυκλικών τόξων καθορίζονται από την ταχύτητα μελέτης των αντίστοιχων ομάδων και τύπων λαμβάνονται από το σχήμα 27 και τον πίνακα 2.

Για τη συναρμογή των κυκλικών τόξων χρησιμοποιούνται παράμετροι με ελάχιστη τιμή $A=R/3$ και μέγιστη τιμή $A=R$. Για το τόξο που βρίσκεται στην περιοχή αιχμής της ράμπας χρησιμοποιείται ελάχιστη τιμή για λόγους αναγνωρισιμότητας. Αντίθετα, σε βρόχους με ακτίνα τόξου 40 έως 60 m συχνά είναι αναγκαίο να χρησιμοποιείται παράμετρος κλωθοειδούς $A=R$ ώστε να είναι δυνατή η περιστροφή του οδοστρώματος εντός του τόξου συναρμογής.

Για να είναι δυνατή η έγκαιρη αναγνώριση της αιχμής της νησίδας στις εξόδους και να περιορίζεται η ταχύτητα των εξερχόμενων οχημάτων, πρέπει η γωνία εκτροπής της ράμπας να είναι τουλάχιστον 12 grad. Σε παράλληλες ράμπες και σε κατανεμητήρια οδοστρώματα η τήρηση αυτού του όρου απαιτεί συχνές κάμψεις στην οριζοντιογραφία. Όταν δεν είναι δυνατές τέτοιες κάμψεις σε κατανεμητήρια οδοστρώματα (σχήμα 28β) πρέπει να διατηρείται γωνία 6 grad. Για την κατασκευή του κατανεμητήριου οδοστρώματος σύμφωνα με το σχήμα 31β, πρέπει μέσα στη ράμπα να προβλέπεται κατά κανόνα μια τροχιά εκτροπής των οχημάτων (σχήμα 32 τύποι AR1,AR3). Για να πραγματοποιηθεί η χάραξη σύμφωνα με το σχήμα 28c, είναι δυνατόν εντός της ράμπας εξόδου να χρησιμοποιηθεί μια διακλάδωση.



Σχήμα 3-28 : Κάμψη παράλληλης ράμπας ή κατασκευασμένου οδοστρώματος
Πηγή : [7], [13]

6.2.2.3 Μηκοτομή

Η μέγιστη κατά μήκος κλίση καθορίζεται ως ενιαία για όλες τις ομάδες και τύπους ραμπών, αναφέρεται δε στον πίνακα 2. Αν οι συνδεόμενες οδοί έχουν μεγάλη κατά μήκος κλίση και ακολουθεί η κλίση των συνδετήριων κλάδων, επιτρέπεται η χρήση μεγαλύτερων τιμών (10% σε κατωφέρεια αλλά μόνο σε ευθύγραμμη χάραξη). Πέρα από αυτό δεν πρέπει να υπερβαίνει η επιτρεπόμενη διαγώνια κλίση, όταν για τόξα ακτίνας μικρότερης ή ίσης των 60m, χρησιμοποιείται κλωθοειδής συναρμογής με παράμετρο ίση με την

ακτίνα. Στα τμήματα περιστροφής για λόγους απορροής πρέπει στις οριογραμμές οδοστρωμάτων με μικρή κλίση να διατηρείται ελάχιστη κατά μήκος κλίση 0,15 %.

Τα κυρτώματα και τα κοιλώματα στρογγυλεύονται με κυκλικά τόξα τα οποία μπορούν με αρκετή ακρίβεια να αντικατασταθούν (RAL-L-1) με τετραγωνικές παραβολές. Οι ελάχιστες ακτίνες στρογγύλευσης κυρτωμάτων μπορούν να ληφθούν μικρότερες όταν στην επαλληλία καμπύλων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής τηρούνται τα ελάχιστα μήκη ορατότητας για στάση και είναι εξασφαλισμένη η διατήρηση του ελεύθερου πεδίου ορατότητας.

6.2.3 Στοιχεία μελέτης της διατομής

6.2.3.1 Συσχετισμός των διατομών με τις ομάδες ραμπών

Οι διατομές και τα όρια τους φαίνονται στο σχήμα 29 :

▪ Ομάδα ραμπών 1

Η διατομή Q1 χρησιμοποιείται όταν μια συνδετήρια ράμπα είναι μικρότερου μήκους από αυτό του σχήματος 29. Ανεξάρτητα από αυτά τα οριακά μήκη, οι βρόχοι – εκτός της περίπτωσης κόμβων τριών κλάδων – και τα διανεμητήρια οδοστρώματα με συμβάλλοντα τμήματα πλέξης σε μερικούς κόμβους (π χ τετράφυλλο) έχουν πάντα διατομή Q1. Ως μήκος της ράμπας ορίζεται η απόσταση από την αιχμή εξόδου έως την αιχμή εισόδου για το δεδομένο κυκλοφοριακό ρεύμα. Επίσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη λωρίδες πλέξης όπως και προσθήκη ή αφαίρεση λωρίδων. Οι βρόχοι δεν λαμβάνονται υπόψη στον καθορισμό των μηκών. Οι ράμπες πρέπει να κατασκευάζονται με διατομή Q2 όταν υπερβαίνονται οι οριακές τιμές του σχήματος 29. Έτσι δίνεται η δυνατότητα προσπεράσματος για κυκλοφοριακούς φόρτους εντός των ορίων της κυκλοφοριακής ικανότητας της ράμπας μιας λωρίδας. Εάν ο φόρτος στη ράμπα υπερβεί τα 1000 οχ/ώρα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η διατομή τύπου Q3.

Τα κατανεμητήρια οδοστρώματα διαθέτουν διατομές Q2 και Q3 όταν συνδέουν περισσότερους κόμβους και όταν υπάρχει διαθέσιμη επιπρόσθετη λωρίδα στα τμήματα πλέξης. Όταν δεν είναι διαθέσιμο το απαιτούμενο πλάτος για κατασκευαστικούς λόγους, τότε η λωρίδα πλέξης προτιμάται από το να διαμορφώνεται το κατανεμητήριο οδόστρωμα με δύο λωρίδες.

Σε κόμβους τριών κλάδων οι απευθείας ράμπες από ή προς τα τμήματα εκτός κόμβου κατασκευάζονται με διατομή μονόδρομου αντί των Q2,Q3.

Στις περιοχές εισόδων και εξόδων για την ομάδα ραμπών 1, πρέπει στο ύψος της αιχμής να προβλέπεται η ίδια διατομή με τη συνδετήρια ράμπα. Οι απαιτούμενες στενώσεις διατομών στις περιοχές εισόδων πραγματοποιούνται με διαγραμμίσεις.

Εάν κάποιος από τους δύο συνδεόμενους αυτοκινητοδρόμους παρουσιάζει πέρα από τον κόμβο μικρότερες διαστάσεις από αυτές των διατομών Q2, Q3, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν οι διαστάσεις αυτές για τις διατομές των ραμπών.

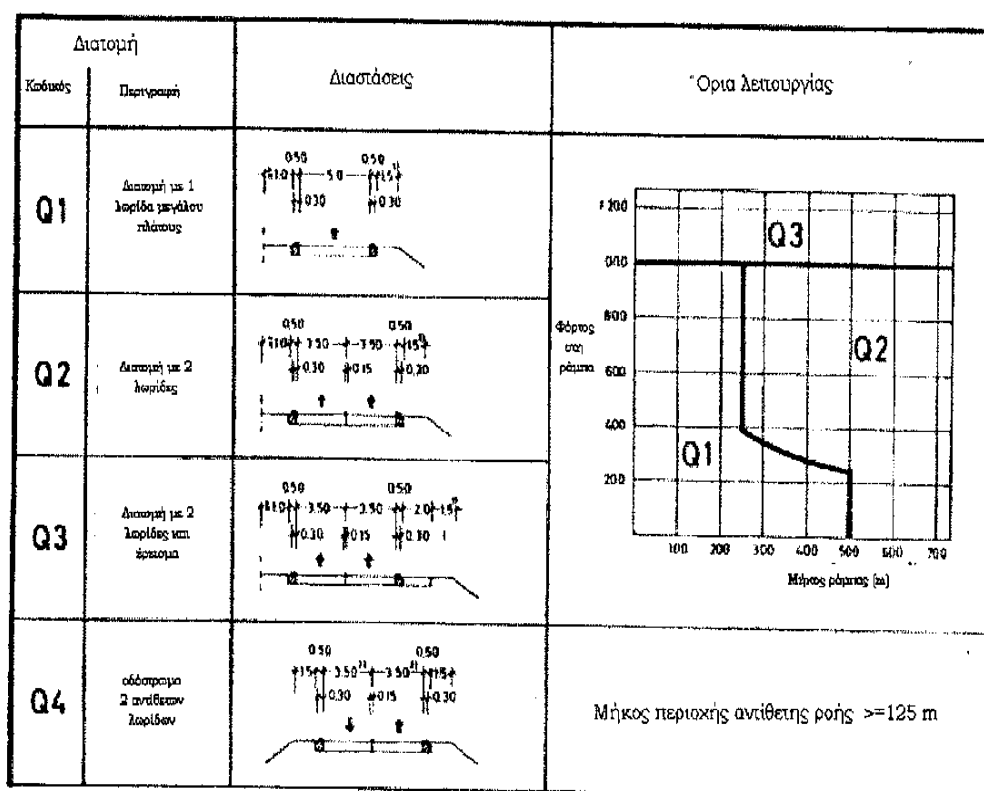
▪ Ομάδα ραμπών 2

Στην ομάδα αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι διατομές Q1, Q2, Q4. Οι ράμπες εισόδου και εξόδου μπορούν να κατασκευαστούν με διαφορετικές διατομές, όταν πρόκειται να διαταχθεί λωρίδα διαχωρισμού κατευθύνσεων. Ενώ η συμβολή στη δευτερεύουσα οδό διαμορφώνεται σύμφωνα με το RAS-K-1, οι περιοχές εισόδων και εξόδων στο ύψος των αιχμών λαμβάνουν τις διατομές Q1 και Q2.

Η διατομή Q2 πρέπει να εκλέγεται όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος στη συμβολή της δευτερεύουσας οδού απαιτεί σε μεγαλύτερο μήκος περισσότερες από μια λωρίδες ανά κατεύθυνση (π.χ. λωρίδες αναμονής σε περιοχές σηματοδότησης) και όταν με τις δύο λωρίδες μπορεί να αποφευχθεί καθυστέρηση στον αυτοκινητόδρομο. Στις περιπτώσεις αυτές, μπορεί να προβλέπεται στην περιοχή των ραμπών εισόδου και εξόδου μια λωρίδα διαχωρισμού κατευθύνσεων ($b > 2m$).

Εάν δεν απαιτείται η διατομή Q2 , στην περιοχή των παράλληλων ραμπών εισόδου και εξόδου πρέπει να χρησιμοποιούνται οι διατομές Q1 με λωρίδα διαχωρισμού των κατευθύνσεων ή Q4 με οδόστρωμα δύο κατευθύνσεων.

Για οικονομικούς λόγους πρέπει να χρησιμοποιηθεί η διατομή Q4 όταν η προκύπτουσα περιοχή κυκλοφορίας σε δυο κατευθύνσεις (από την αιχμή τριγωνικής νησίδας μέχρι την αιχμή νησίδας σταγόνων) υπερβαίνει τα 125m. Στην περίπτωση λωρίδας διαχωρισμού κατευθύνσεων επιτρέπεται η υψομετρική διαφοροποίηση της χάραξης (καταστρώματα σε διαφορετικά επίπεδα) σε ράμπες εισόδου και εξόδου όταν προκύπτουν με αυτόν τον τρόπο σημαντικές ωφέλειες.



Σχήμα 29 : Διατομές ραμπών
Πηγή : [7], [13]

6.2.3.2 Εγκάρσια κλίση

Οι συνδετήριοι κλάδοι έχουν μονοκλινείς διατομές με επίκλιση στις καμπύλες προς το εσωτερικό που προεκτείνεται στα ερείσματα και στις λωρίδες εκτάκτου ανάγκης. Η ελάχιστη εγκάρσια κλίση για λόγους απορροής είναι 2,5 % και η μέγιστη 6 %.

Σε καμπύλες με μεταβλητές ακτίνες οι απαιτούμενες εγκάρσιες κλίσεις εξαρτώνται από την ταχύτητα μελέτης και λαμβάνονται από το σχήμα

Ανεξάρτητα από αυτά, για ακτίνες $R \leq 50 \text{ m}$ είναι δυνατή η αύξηση της εγκάρσιας κλίσης σε 6 % μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις και αιτιολογημένα.

Σε περιπτώσεις μετατόπισης του κατανεμητήριου οδοστρώματος είναι δυνατόν σε αντίρροπο τόξο να διατηρηθεί η προς το εξωτερικό εγκάρσια κλίση 2,5 % όταν το αντίρροπο τόξο έχει ακτίνα $\geq 1000 \text{ m}$.

Σε συμπιεσμένους βρόχους και προσαρμοσμένες απευθείας ράμπες χωρίς αντίρροπο τόξο είναι δυνατόν να βελτιωθεί οπτικά η πορεία της οριογραμμής του οδοστρώματος έτσι ώστε στην περιοχή των ευθύγραμμων να υπάρχει εγκάρσια κλίση μεγαλύτερη του 2,5 %.

6.2.3.3 Υπερύψωση και περιστροφή

Μεταξύ περιοχών ραμπών με διαφορετικές εγκάρσιες κλίσεις, οι οριογραμμές του οδοστρώματος υπερυψώνονται και οι επιφάνειες των οδοστρωμάτων περιστρέφονται. Γραμμή αναφοράς για την περιστροφή της επιφάνειας των οδοστρωμάτων είναι κατά κανόνα, η δεξιά οριογραμμή κατά την διεύθυνση πορείας. Αν όμως προκύπτει με αυτό τον τρόπο, στην περίπτωση προσαρμοσμένων εφαιπτομενικών ραμπών με αντίρροπες καμπύλες (τεταρτημόρια III και IV του σχ 12), μία οπτικά λιγότερο ικανοποιητική πορεία της οριογραμμής (κυματισμός), τότε είναι δυνατόν σαν γραμμή αναφοράς για την περιστροφή, να εκλέγει ακόμη και ο άξονας ή και η αριστερή οριογραμμή.

Δεν χρειάζεται να διατηρηθεί μία μέγιστη κλίση οριογραμμής. Η ελάχιστη κλίση οριογραμμής που χρειάζεται για λόγους αποχέτευσης δίνεται

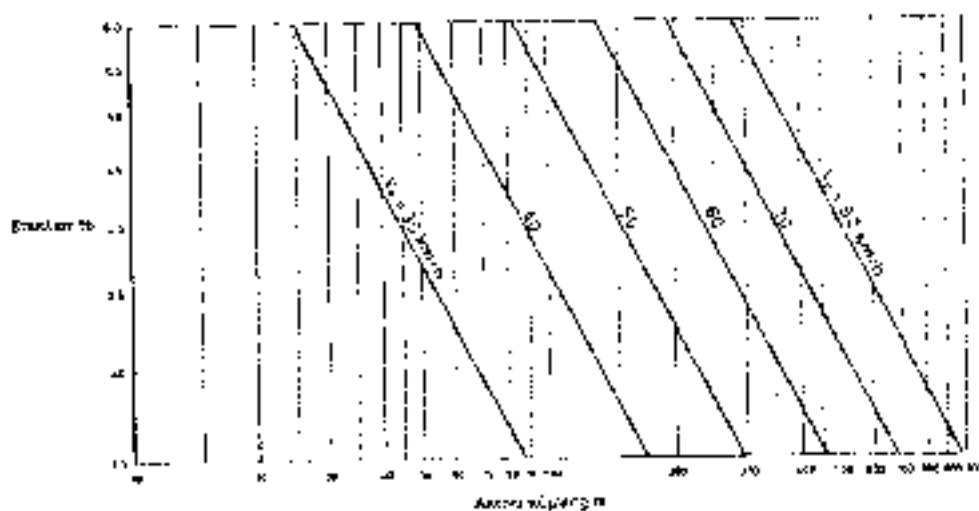
στον πίνακα ... Για κλίσεις οριογραμμής μεγαλύτερες του 0,5 % πρέπει να στρογγυλεύονται τα σημεία θλάσης.

Κατά κανόνα, η περιστροφή πρέπει να ολοκληρώνεται μέσα στο τόξο συναρμογής. Η μορφή της περιστροφής γίνεται σύμφωνα με RAL-L-1.

Κατά παρέκκλιση από το γενικό κανόνα, κατά τον οποίο μία λωρίδα εκτροπής διατηρεί την ίδια εγκάρσια κλίση με το διερχόμενο οδόστρωμα, γίνεται αποδεκτό να υπάρχει στο τέλος της λωρίδας εκτροπής, στη διαδρομή, μία κορυφή όταν το απαιτεί η εξασφάλιση της περιστροφής. Παρόλα αυτά, η διαφορά εγκάρσιων κλίσεων μεταξύ διερχόμενου οδοστρώματος και λωρίδας εκτροπής, δεν πρέπει να ξεπερνά το 5 %, στην αιχμή της επιφάνειας αποκλεισμού (σήμανση οδοστρώματος).

Σε περίπτωση ανάγκης, είναι δυνατό, η επιφάνεια αποκλεισμού να επιμηκύνεται με μία απαγορευτική γραμμή.

Τα τμήματα περιστροφής της ράμπας εξόδου επιτρέπεται σε περίπτωση που θα χρειασθεί να επεκτείνονται σε τόσο μήκος στην λωρίδα εκτροπής, ώστε στην αρχή του τόξου συναρμογής στη λωρίδα εκτροπής, η εγκάρσια κλίση να φτάσει $q=0\%$. Για εισόδους ισχύουν ανάλογα με τα παραπάνω.



Σχήμα 30 : Επικλίσεις σε περιοχές καμπύλων τμημάτων
Πηγή : [7], [13]

6.2.3.4 Διαπλάτυνση οδοστρώματος στην καμπύλη

Σε συνδετήριες ράμπες που κυκλοφορούνται σαν μονόδρομοι (διατομές Q1,Q2,Q3), δεν χρειάζεται διαπλάτυνση σε καμπύλες. Για συνδετήριες ράμπες που κυκλοφορούνται κατά δύο κατευθύνσεις (διατομή Q4), η διαπλάτυνση υπολογίζεται σύμφωνα με RAL-L-1 εφόσον χρησιμοποιούνται ακτίνες $R \leq 130 \text{ m}$. Η διαπλάτυνση του οδοστρώματος παίρνεται από την εσωτερική οριογραμμή της καμπύλης.

6.2.3.5 Διεύρυνση οδοστρώματος

Οι διευρύνσεις οδοστρώματος μέσα στις συνδετήριες ράμπες πρέπει να γίνονται όσο το δυνατόν με μικρότερο μήκος κατά την προσαρμογή μεταξύ των διατομών Q1 και Q4 και μάλιστα, εφόσον είναι δυνατό, χωρίς αντίρροπα τόξα. Αυτός ο όρος εκπληρώνεται όταν για δοθείσα ακτίνα στον άξονα τηρηθεί το μέγεθος R της εξίσωσης :

$$R \leq \frac{Lz^2}{4 \cdot i}$$

Lz το μήκος διεύρυνσης

I το πλάτος διεύρυνσης

Οι οριογραμμές μπορούν να χαραχτούν ανεξάρτητα από τον άξονα του οδοστρώματος ή με τιμές του πίνακα 3.

$\alpha = \frac{L_1}{L_2}$	e_{R1}	e_{R21}	$\alpha = \frac{L_1}{L_2}$	e_{R1}	e_{R21}
0.00	0.000	0.000	0.50	0.500	0.500
0.05	0.005	0.005	0.55	0.505	0.495
0.10	0.010	0.010	0.60	0.510	0.490
0.15	0.015	0.015	0.65	0.515	0.485
0.20	0.020	0.020	0.70	0.520	0.480
0.25	0.025	0.025	0.75	0.525	0.475
0.30	0.030	0.030	0.80	0.530	0.470
0.35	0.035	0.035	0.85	0.535	0.465
0.40	0.040	0.040	0.90	0.540	0.460
0.45	0.045	0.045	0.95	0.545	0.455
0.50	0.050	0.050	1.00	0.550	0.450

Πίνακας 3 : Στοιχεία χάραξης αντίστροφων παραβολών
Πηγή : [7], [13]

6.3 Έξοδοι

6.3.1 Γενικά

Οι περιοχές εξόδου πρέπει να διαμορφώνονται κατά το δυνατόν με ενιαία μορφή. Σε εξόδους μέσα στις ράμπες σύνδεσης είναι δυνατόν να τηρηθούν λιγότερες απαιτήσεις από αυτές σε διερχόμενα οδοστρώματα.

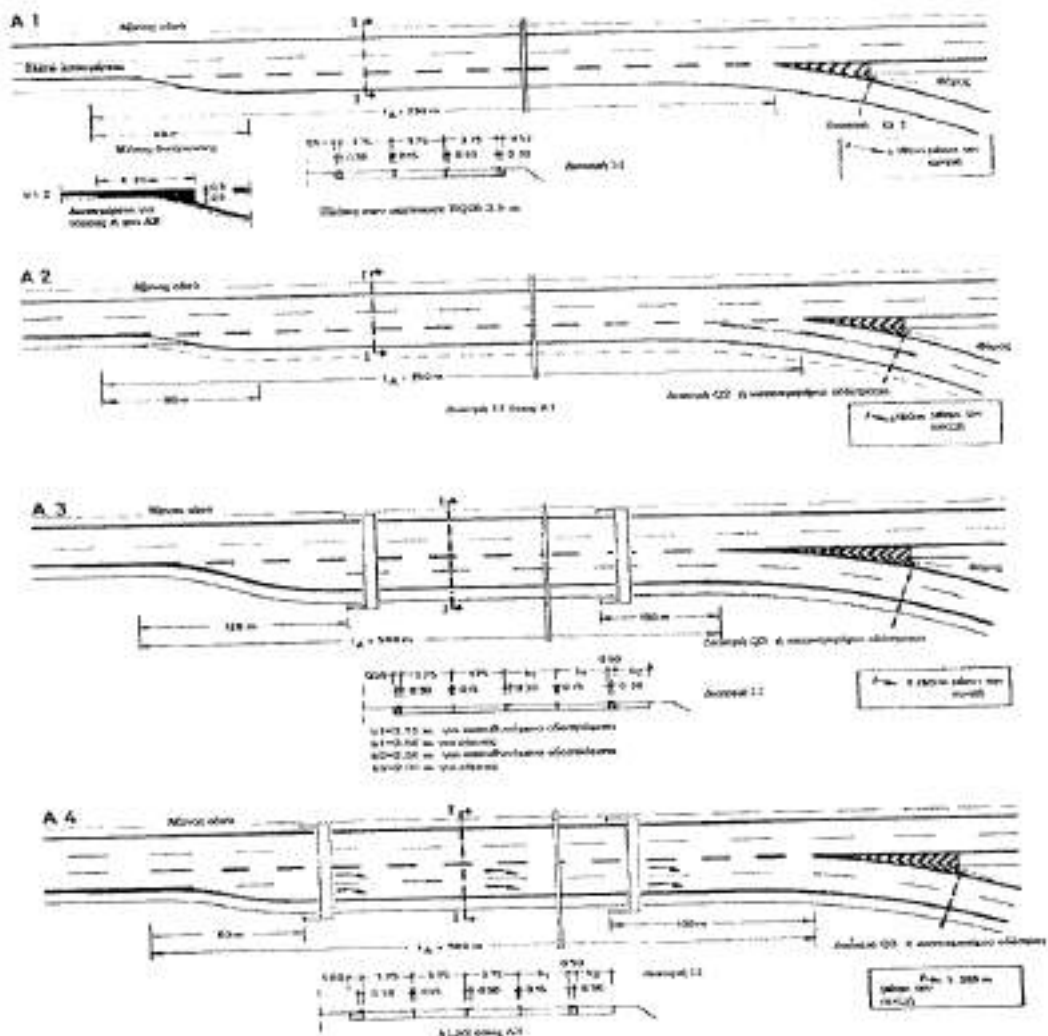
6.3.2 Διαμόρφωση της περιοχής εξόδου

6.3.2.1 Γενικά

Στις περιοχές εξόδου, πέρα από την σημασία που έχουν σαν περιοχές επιβράδυνσης για τα αυτοκίνητα που κάνουν έξοδο, παίζουν σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα τα θέματα της έγκαιρης αναγνώρισης και της κυκλοφοριακής απόδοσης. Επομένως, οι εξοδοι πρέπει να χαράσσονται κατά κανόνα με παράλληλες λωρίδες εκτροπής.

Η λωρίδα έκτακτης ανάγκης διαμορφώνεται δίπλα στην λωρίδα εξόδου, μόνο όταν η συνδετήρια ράμπα κατασκευάζεται με διατομή ενός μονόδρομου. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, είναι αρκετό, δίπλα στη λωρίδα εκτροπής να τοποθετηθούν στηθαία ασφαλείας, τόσο τραβηγμένα προς τα πίσω, ώστε να είναι δυνατές αναγκαστικές στάσεις μεταξύ των στυλίσκων ασφαλείας σε μεμονωμένες περιπτώσεις (τότε το πλάτος αποσταθεροποιήτης πλευρικής λωρίδας είναι 2,0 m).

Στην περιοχή του τμήματος διεύρυνσης και στην περιοχή του ανοίγματος εξόδου, είναι απαραίτητη μία διαρκής σήμανση με πλατειές γραμμές. Η αρχή του ανοίγματος εξόδου, πρέπει να είναι χαρακτηριστική. (σχ. 31)



Σχήμα 31 : Τύποι εξόδων σε διερχόμενα οδοστρώματα
Πηγή : [7], [13]

6.3.2.2 Τύποι εξόδων από διερχόμενα οδοστρώματα

Για το σχεδιασμό των εξόδων, είναι σημαντική η επιλεγμένη διατομή της ράμπας (σχήμα 30). Συγκεκριμένοι τύποι εξόδων σε διερχόμενα οδοστρώματα φαίνονται στο σχήμα 31 :

Η έξοδος μιας λωρίδας με μια λωρίδα εκτροπής (τύπος A1) αποτελεί τον τυπικό σχεδιασμό για κόμβους αυτοκινητοδρόμους με δευτερεύουσες οδούς. Προϋποθέτει ράμπες μιας λωρίδας (διατομή Q1).

Η έξοδος δυο λωρίδων με μια λωρίδα εκτροπής (τύπος A2) πρέπει να χρησιμοποιείται όταν έχει επιλεγεί διατομή Q2 για τη ράμπα. Αυτή η διάταξη αυξάνει την κυκλοφοριακή ικανότητα της εξόδου ιδιαίτερα αν η διάταξη δυο λωρίδων επισημαίνεται με σήμανση της περιοχής εξόδου. Για να αποφεύγεται απότομη επιβράδυνση στην ακραία δεξιά λωρίδα του αυτοκινητόδρομου, η ράμπα εξόδου πέρα από την αιχμή δεν πρέπει να κάμπτεται απότομα.

Η έξοδος δυο λωρίδων με διπλές λωρίδες εκτροπής (τύπος A3) πρέπει να χρησιμοποιείται όταν μια ράμπα δυο λωρίδων διατομής Q3 έχει επιλεγεί, για λόγους φόρτου και για να παραμείνει ίδιος ο αριθμός των διερχόμενων λωρίδων. (η επικρότηση της κυκλοφορίας εξόδου σε σχέση με τη διερχόμενη κυκλοφορία είναι σχετική ή μόνιμη όπως περιγράφεται στην ενότητα 4.2. Η έξοδος αυτή απαιτεί κατάλληλη σήμανση.

Η έξοδος δυο λωρίδων με αφαίρεση λωρίδας (τύπος A4) πρέπει να επιλέγεται όταν για λόγους φόρτου μια διατομή ράμπας Q3 είναι απαραίτητη και ο αριθμός των διερχόμενων λωρίδων μπορεί να μειωθεί κατά μία (οι ώρες αιχμής είναι κοινές σε διερχόμενες λωρίδες και στην έξοδο). Η αφαιρεθείσα λωρίδα στη λύση αυτή κατευθύνεται στην αριστερή λωρίδα της ράμπας και η δεξιά λωρίδα της ράμπας τοποθετείται με μια λωρίδα εκτροπής. Αν κατ' εξαίρεση δεν υπάρχει έρεισμα στο διερχόμενο οδόστρωμα, τότε η αφαιρούμενη λωρίδα πρέπει να συνεχίζεται αριστερά της αιχμής για μια απόσταση 250 m ως έρεισμα. Προκεχωρημένα σήματα κατεύθυνσης πρέπει να χρησιμοποιούνται επίσης όταν αφαιρούνται λωρίδες. Στις λωρίδες εξόδου τοποθετούνται βέλη επί του οδοστρώματος.

Στην περίπτωση των τύπων A2, A3, A4 με διατομές Q2 και Q3, η διατομή κατευθυντήριου οδοστρώματος πρέπει να χρησιμοποιείται αν η ράμπα εξόδου συμβάλλει σε κατευθυντήριο οδόστρωμα άλλου αυτοκινητόδρομου χωρίς είσοδο (π.χ. σε διασταύρωση αυτοκινητοδρόμων με τρία σκέλη κατά την παράγραφο 5.3.2).

6.3.2.3 Τύποι εξόδων επί ραμπών

Για το σχεδιασμό εξόδων επί ραμπών, είναι κρίσιμες οι διατομές των ραμπών πριν και μετά τις θέσεις εκτροπής. Η απόσταση ανάμεσα σε διαδοχικές εξόδους (απόσταση ανάμεσα στην αιχμή και στην επόμενη επιφάνεια αποκλεισμού) είναι 180m αν χρησιμοποιούνται εξοδοί τύπου A1 ή A2 (προσαρμογή και αλλαγή λωρίδας) και 460m αν χρησιμοποιούνται εξοδοί τύπου A3 και A4 (προσαρμογή και πλέξη).

Συγκεκριμένοι τύποι φαίνονται στο σχήμα 35:

Η έξοδος μιας λωρίδας από ράμπα (τύπος AR1) χρησιμοποιείται όταν και οι δυο συνδετήριες ράμπες συνεχίζουν ως μιας λωρίδα. Στην περιοχή της λωρίδας εκτροπής μπορεί να χρησιμοποιείται η διατομή Q2 όταν οι απαιτούμενες διευρύνσεις είναι δυνατές χωρίς οπτικά μειονεκτήματα π.χ. στις καμπύλες.

Η απλή διακλάδωση (τύπος AR2) μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η απόσταση ανάμεσα στην πρώτη και τη δεύτερη αιχμή είναι μεγαλύτερη των οριακών μηκών του σχήματος 30 ή όταν με βάση τη χάραξη της ράμπας είναι ευνοϊκή μια διακλάδωση (π.χ. σε κεκαμμένο καταναεμητήριο οδόστρωμα).

Η έξοδος μια λωρίδας από μια ράμπα δυο λωρίδων (τύπος AR3) χρησιμοποιείται όταν από μια μεγάλου μήκους ράμπα (διατομής Q2) ή μια ράμπα με μεγάλο φόρτο (διατομής Q3) διακλαδίζεται προς τα δεξιά μια ράμπα μικρού φόρτου (διατομής Q1).

Η έξοδος δυο λωρίδων από μια ράμπα δυο λωρίδων υπό μορφή διακλάδωσης (τύπος AR4) χρησιμοποιείται όταν μια ράμπα με μεγάλο φόρτο διακλαδίζεται προς τα δεξιά.

Για τους τύπους AR2, AR3 (με διατομή Q3) και ARE πρέπει κατά κανόνα να χρησιμοποιούνται πινακίδες κατεύθυνσης πολλαπλών δεδομένων. Στους τύπους AR2 και AR3 γίνεται σήμανση επί του οδοστρώματος με βέλη. Στους τύπους AR1, AR3 (με διατομή Q2) είναι δυνατή η εναλλακτική χρήση ορθογώνιας πινακίδας καθοδήγησης (πινακίδα 332 StVO). Επίσης πρέπει να τηρούνται τα όσα ορίζουν οι κανονισμοί για επισημάνσεις με πινακίδες καθοδήγησης σε αυτοκινητοδρόμους.

Για να είναι αναγνωρίσιμο το σημείο διαχωρισμού των λωρίδων πρέπει στους τύπους AR1-AR4 να προβλέπεται υποχώρηση της αιχμής της νησίδας από τα άκρα της ράμπας, ακόμη και αν δεν υπάρχει λωρίδα στάσης.

3.6.3.3 Διαστάσεις των λωρίδων εκτροπής

Οι κανονικές τιμές για τα μήκη και τα πλάτη των τροχιών φαίνονται στα σχήματα 31 και 32

Για εξόδους των τύπων A1 και A2 μπορεί να απαιτούνται λωρίδες εκτροπής με μήκη μεγαλύτερα από 250m, όταν υπάρχουν πάνω από δυο διερχόμενες λωρίδες ή το ποσοστό βαρέας κυκλοφορίας είναι μεγάλο. Μήκη πάνω από 500 m δεν πρέπει να κατασκευάζονται για κανένα τύπο. Το τμήμα της διεύρυνσης είναι δυνατό να ελαττώνεται στα 30m ή κατά περίπτωση 60m (τύπος A3), όταν με αυτό προσφέρονται πλεονεκτήματα.

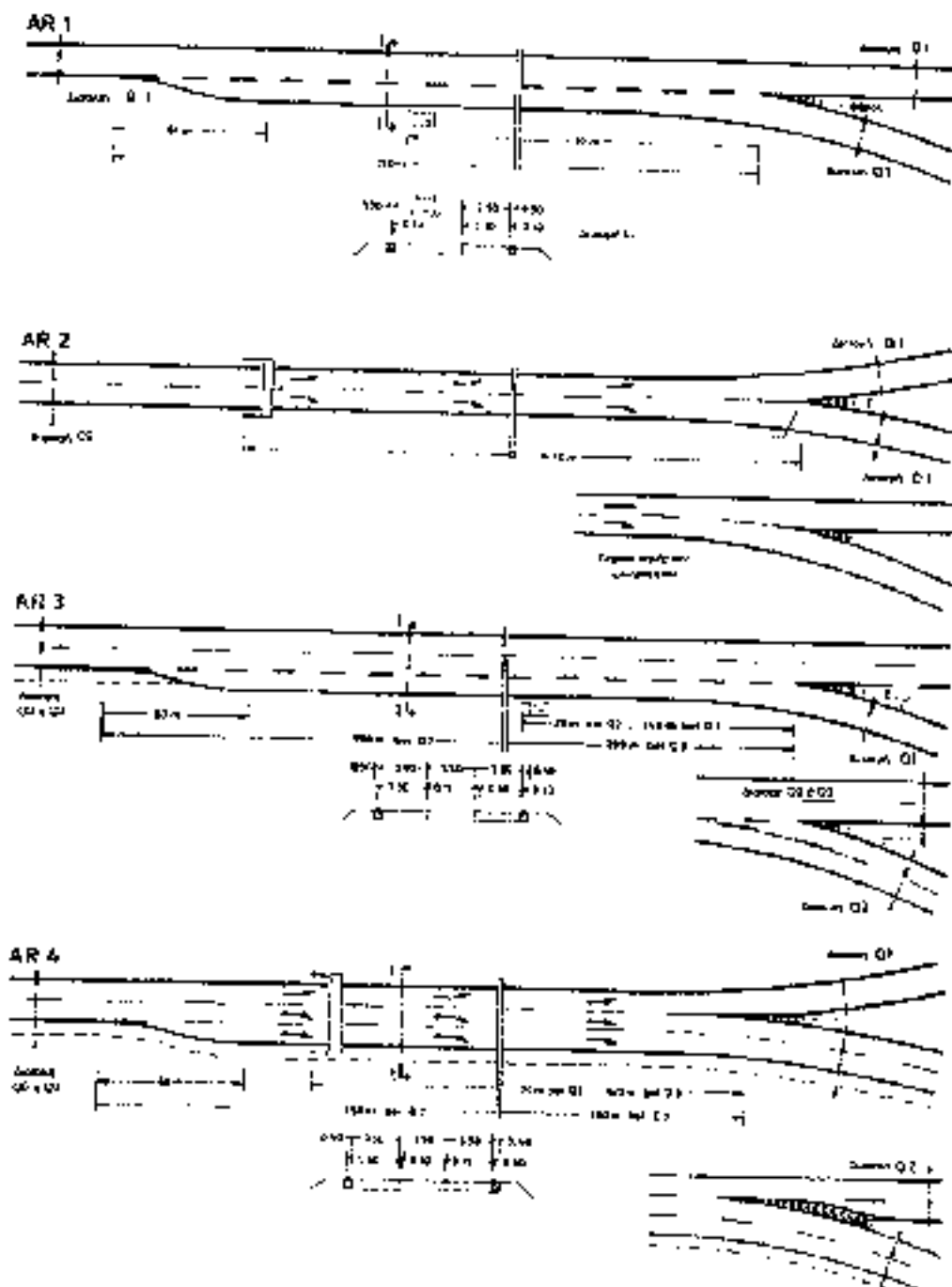
Η διεύρυνση πραγματοποιείται σύμφωνα με τον πίνακα 3 ή με αντίστοιχο κυκλικό τόξο. Ο σωστός τρόπος διαγράμμισης φαίνεται στο σχήμα 31. Οι λωρίδες εκτροπής λαμβάνουν τα ίδια πλάτη με αυτές στο διερχόμενο οδόστρωμα. Οι διαγραμμίσεις δεν χρειάζονται πρόσθετα πλάτη (βλέπε διατομές στα σχήματα 31 και 32). Όταν χρησιμοποιηθεί η κανονική διατομή πρέπει όλα τα πλάτη των 3.75 να αντικατασταθούν με 3.5m.

6.3.4 Διαμόρφωση της αιχμής

Στις εξόδους η κατάλληλη διαμόρφωση της αιχμής επηρεάζει την αναγνωρισιμότητα και την ασφάλεια. Για λόγους αναγνωρισιμότητας η αιχμή πρέπει να τονίζεται με ορατό σήμα και τη νύχτα (60cm πλάτος, 120cm ύψος και απόσταση 50cm από το έδαφος). Διαδοχικές μικρότερες ακτίνες ράμπας πρέπει να διασαφηνίζονται με χαρακτηριστικά σήματα, πινακίδες κατευθύνσεων ή οριοδείκτες σε πυκνότερες αποστάσεις (10-20m) στις εξωτερικές οριογραμμές των καμπύλων.

Πριν την αιχμή της νησίδας πρέπει να δημιουργείται μια επιφάνεια αποκλεισμού, υποβοηθούμενη από ανακλαστικούς ήλους σήμανσης. Η επιφάνεια αποκλεισμού δεν πρέπει να παραλείπεται ακόμη και αν μεταξύ του διερχόμενου οδοστρώματος και της λωρίδας εκτροπής δημιουργείται «κορυφογραμμή».

Η αιχμή της νησίδας έχει πλάτος 1.5m. Τότε μόνο στρογγυλεύεται και κατ' εξαίρεση περικλείεται με κράσπεδα. Η επιφάνεια πίσω από την αιχμή πρέπει να βρίσκεται κατά το δυνατό στο ύψος του οδοστρώματος και να είναι σε ικανή έκταση ελεύθερη από σήματα κυκλοφορίας και στηθαία ασφαλείας.



Σχήμα 3-32 : Τύποι εξόδων επί ραμπών
Πηγή : [7], [13]

6.4 Είσοδοι

6.4.1 Γενικά

Οι περιοχές εισόδου πρέπει να διαμορφώνονται τυποποιημένα ώστε να υπάρχει ομοιομορφία.

Οι είσοδοι σε ράμπες έχουν μικρότερες απαιτήσεις από τις εισόδους σε διερχόμενα οδοστρώματα.

6.4.2 Διαμόρφωση της περιοχής εισόδου

6.4.2.1 Γενικά

Για τη διαμόρφωση της περιοχής εισόδου σε διερχόμενο οδόστρωμα και μέσα σε ράμπες πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι οι διαφορές ταχυτήτων μεταξύ των διερχόμενων και των εισερχόμενων οχημάτων πρέπει να είναι κατά το δυνατό λιγότερες ώστε να επιτευχθεί μεγάλη ασφάλεια και απόδοση. Πρέπει σε όλες τις εισόδους να προβλέπονται λωρίδες ενσωμάτωσης ή πρόσθετες λωρίδες.

Η χάραξη των λωρίδων έκτακτης ανάγκης ακολουθεί τα αναφερόμενα στην παράγραφο 6.3.2.1

Εάν σε διερχόμενο οδόστρωμα δεν υπάρχει λωρίδα εκτάκτου ανάγκης τότε στη συμβολή πρέπει να προβλέπεται στη λωρίδα ενσωμάτωσης μια λωρίδα εκτάκτου ανάγκης με μήκος περίπου 150 m.

Για τη διαμόρφωση εισόδου σημασία έχει η προβλεπόμενη διατομή των ραμπών. Συγκεκριμένοι τύποι εισόδων στα διερχόμενα οδοστρώματα δίνονται στο σχήμα 32. Το σχήμα 34 περιλαμβάνει τα όρια εφαρμογής των τύπων συναρτήσεως των κυκλοφοριακών φόρτων και του διερχόμενου οδοστρώματος.

Η είσοδος με μια λωρίδα ενσωμάτωσης από ράμπα μιας λωρίδας (τύπος E1) είναι η συνήθης για θέσεις συμβολής. Η ράμπα μιας λωρίδας

(διατομής Q1) πριν την αιχμή της εισόδου στενεύει από 5 σε 3.45 (3.20) m (βλέπε λεπτομέρεια σχήματος 33). Ο επιτρεπόμενος φόρτος της εισερχόμενης κυκλοφορίας δίνεται στο σχήμα 35 για διάφορες ταχύτητες σε συνάρτηση με το φόρτο της κυκλοφορίας στις διερχόμενες λωρίδες.

Η περιορισμένη είσοδος με απλή λωρίδα ενσωμάτωσης (τύπος E2) χρησιμοποιείται όταν η διατομή της ράμπας είναι Q2 (βλέπε παράγραφο 6.2.3.1). Η διατομή δυο λωρίδων στενεύει σε μια λωρίδα πριν την αιχμή με την εφαρμογή επιφάνειας αποκλεισμού στην αριστερή λωρίδα της ράμπας ώστε να γίνονται ενσωματώσεις σε μια λωρίδα. Σε περιοχές ράμπας επί κυρτωμάτων ή κοιλωμάτων μπορεί να απαιτηθεί η περιοχή στένωσης να μετατοπιστεί αντίθετα στη διεύθυνση της κίνησης τόσο ώστε η διεύρυνση να είναι έγκαιρα αναγνωρίσιμη. Εάν το προδιαγεγραμμένο μήκος του ανοίγματος εισόδου δεν είναι δυνατόν σε ειδικές περιπτώσεις να πραγματοποιηθεί με επιφάνεια αποκλεισμού στην αριστερή λωρίδα, επιτρέπεται να γίνει μείωση σε μια λωρίδα με απαγορευτική επιφάνεια στη δεξιά λωρίδα. Ο επιτρεπόμενος φόρτος της εισερχόμενης κυκλοφορίας δίνεται στο σχήμα 35.

Η είσοδος μιας λωρίδας με προσθήκη λωρίδας (τύπος E3) χρησιμοποιείται όταν διατομές τύπου Q1, Q2 επαρκούν στη ράμπα εισόδου αλλά η είσοδος της κυκλοφορίας δεν μπορεί να είναι διαχειρίσιμη αποδοτικά με εισόδους τύπου E 1 ή E2 λόγω της κυκλοφορίας στις διερχόμενες λωρίδες.

Η είσοδος δυο λωρίδων με δυο λωρίδες ενσωμάτωσης (τύπος E4) ή προσθήκη λωρίδας (τύπος E5) χρησιμοποιείται αν μια ράμπα διατομής Q3 πρέπει να επιλεγεί για λόγους κυκλοφορίας. Η αριστερή λωρίδα της ράμπας προστίθεται πάντα στη λύση, η δεξιά καταλήγει σε λωρίδα ενσωμάτωσης. Αν η συνέχιση ενός κατευθυντήριου οδοστρώματος τριών λωρίδων δεν είναι απαραίτητη για λόγους φόρτου που φαίνονται στο σχήμα 34 (σχετικά με τη διερχόμενη κυκλοφορία, η εισερχόμενη κυκλοφορία κυριαρχεί προσωρινά ή μόνιμα σύμφωνα με την ενότητα 4.2), τότε η προστιθέμενη λωρίδα μπορεί να αποσυρθεί, όχι όμως πριν από 500m μετά από το τέλος της λωρίδας ενσωμάτωσης (τύπος E4). Το τέλος της πρέπει να επισημαίνεται στους χρήστες της οδού με πινακίδες κατεύθυνσης με

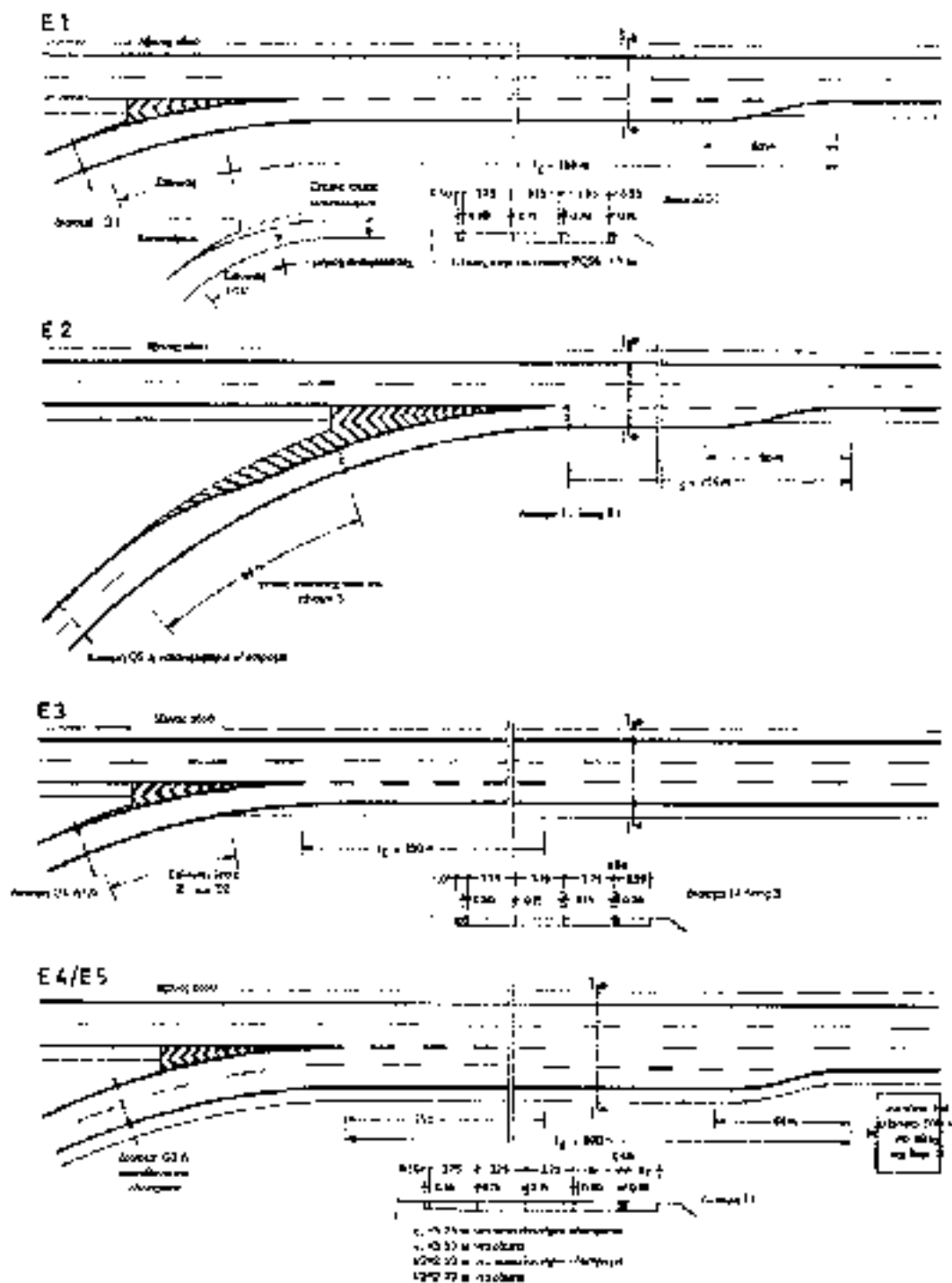
πληροφορίες απόστασης (ενότητα 7.2).

Στην περίπτωση τύπων E2, E4 και E5, αντί για διατομές Q2 και Q3, πρέπει να χρησιμοποιείται η διατομή του οδοστρώματος αν το διερχόμενο οδόστρωμα άλλου αυτοκινητόδρομου εισέρχεται στη ράμπα εισόδου χωρίς έξοδο (π.χ. στην περίπτωση τρισκελών κόμβων αυτοκινητόδρομων της παραγράφου 5.3.2).

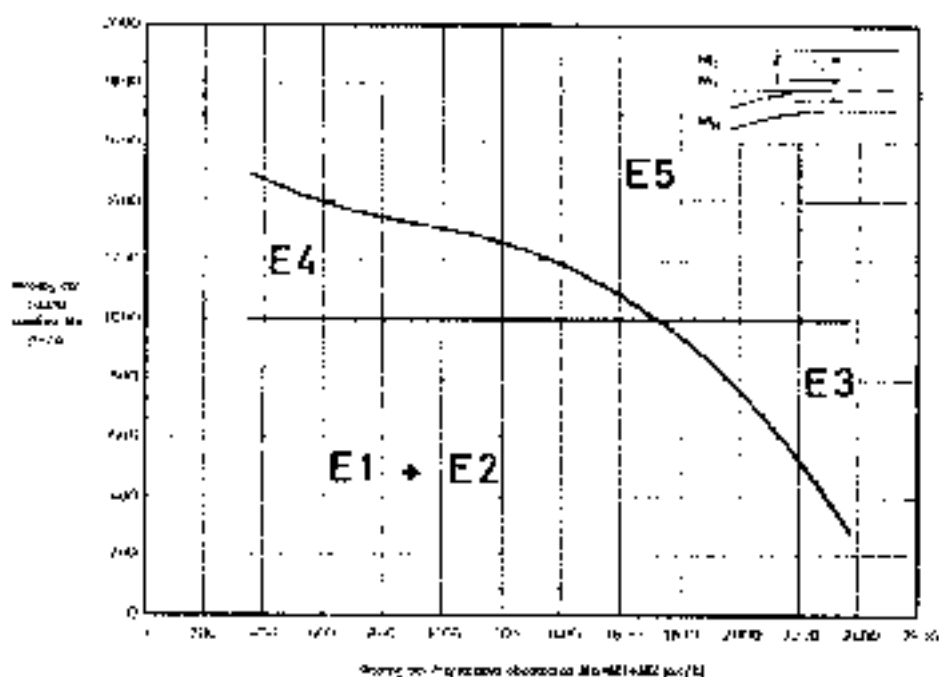
Όπου η κυκλοφορία στις ράμπες διευθύνεται σε ειδικές περιπτώσεις ανεξάρτητα στο διερχόμενο οδόστρωμα (ενότητα 3.5.3.3.2) τότε πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τύποι διαδοχικών εισόδων όπως φαίνεται στο σχήμα 36

Ο τύπος EE1 χρησιμοποιείται αν οι διατομές Q1 και Q2 επαρκούν σε δυο ράμπες εισόδου και ο φόρτος που φαίνεται στο σχήμα 35 δίδει την επιθυμητή ποιότητα κυκλοφορίας και στις δυο εισόδους. Οι τύποι EE2 και EE3 πρέπει να χρησιμοποιούνται αν μια από τις δυο ράμπες εισόδου έχει διατομή επιλεγμένη με βάση το φόρτο.

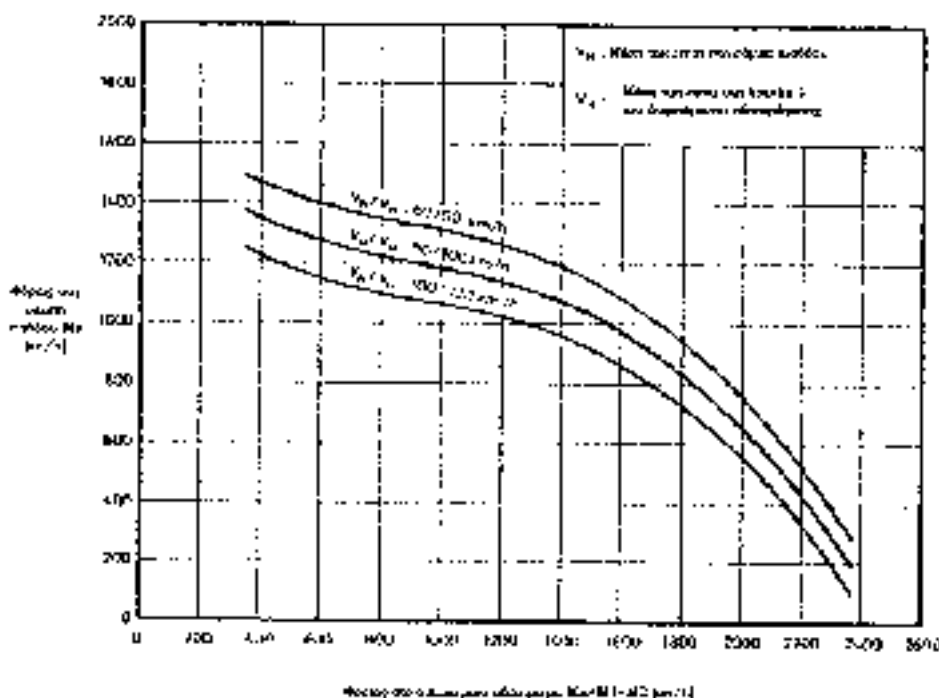
Με βάση τα λειτουργικά όρια του σχήματος 34, οι ανεξάρτητες εισοδοί πρέπει να σχεδιάζονται σύμφωνα με τις πρότυπες μορφές του σχήματος 33. Ιδιαίτερα σε αυτοκινητόδρομους με μόνο δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, πρέπει να στοχεύεται μεγαλύτερος διαχωρισμός ανάμεσα στις δυο εισόδους στην περίπτωση τύπου EE1 από ότι αναφέρεται στο σχήμα 36



Σχήμα 3-33 : Τύποι εισόδων σε διερχόμενα οδοστρώματα
Πηγή : [7], [13]

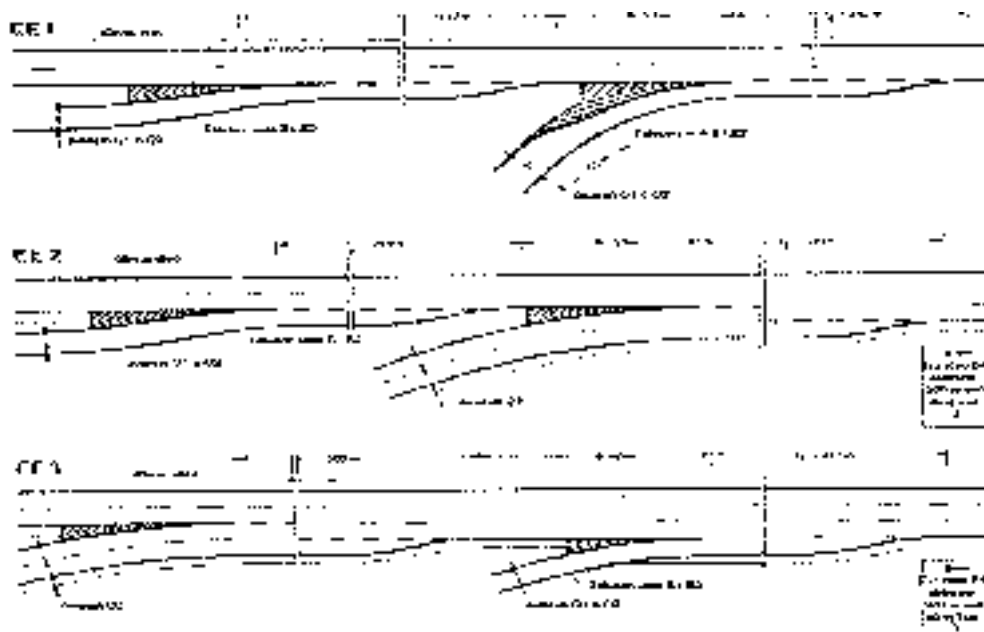


Σχήμα 34: Όρια λειτουργίας εισόδων σε διερχόμενα οδοστρώματα
Πηγή : [7], [13]

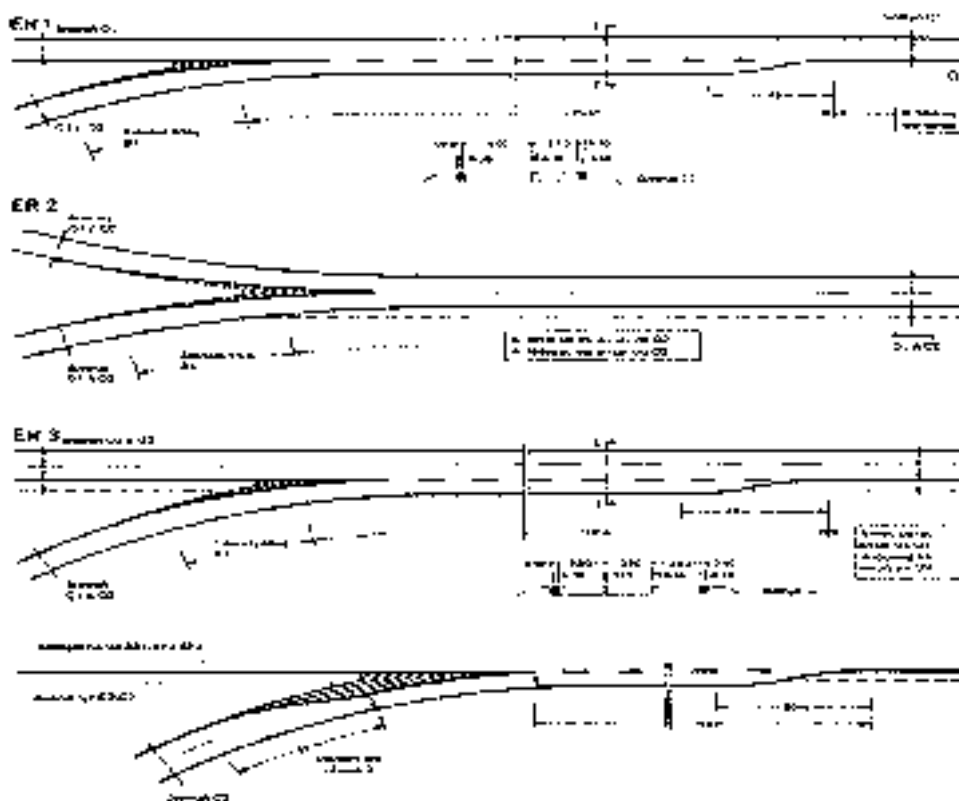


Σχήμα 35 : Επιτρεπόμενος φόρτος εξόδων τύπου E1, E2 για διάφορες στάθμες κυκλοφορίας

Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 36: Τύποι διαδοχικών εξόδων σε διερχόμενο οδόστρωμα
Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 37 : Τύποι εισόδων επί ραμπών
Πηγή : [7], [13]

6.4.2.2 Τύποι εισόδων επί ραμπών

Για τη διαμόρφωση τέτοιων εισόδων κρίσιμες είναι οι διατομές πριν και μετά τη θέση συμβολής. Πέρα από τη διαμόρφωση με λωρίδα ενσωμάτωσης είναι δυνατή και η διαμόρφωση με πρόσθετη λωρίδα. Η απόσταση διαδοχικών εισόδων μέσα στις ράμπες πρέπει να είναι τουλάχιστον όσο δίνεται στο σχήμα ... Τυποποιημένες μορφές δίνονται στο σχήμα 37

Η είσοδος μιας λωρίδας σε ράμπα μιας λωρίδας (τύπος ER1) πρέπει να χρησιμοποιείται όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος μετά την είσοδο στο διερχόμενο οδόστρωμα ράμπας δεν ξεπερνά το επιτρεπόμενο κυκλοφοριακό φόρτο για είσοδο E1.

Η άθροιση δύο ραμπών με διατομές Q1 ή Q2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν πριν τη συμβολή επαρκούν οι αντίστοιχες διατομές, όμως μετά τη συμβολή, σύμφωνα με την απόσταση από την είσοδο στο διερχόμενο οδόστρωμα (διατομή Q2) ή τον κυκλοφοριακό φόρτο (διατομή Q3) πρέπει να χρησιμοποιηθεί διατομή δυο λωρίδων.

Εάν πρέπει σε μια ράμπα δυο λωρίδων (διατομή Q2 ή Q3) να συμβάλλει μια ράμπα με διατομή Q1 ή Q2 και το κυκλοφοριακό της ρεύμα είναι μικρότερης σημασίας από το διερχόμενο, τότε χρησιμοποιείται ο τύπος ER3.

Οι είσοδοι ER1-ER3 μεταβάλλονται κατά τη διαμόρφωσή τους ελάχιστα αν αντί της διατομής Q1 χρησιμοποιηθεί η διατομή Q2 με διαχωρισμό με διαγράμμιση.

Εάν η ράμπα που συμβάλλει από δεξιά απαιτεί διαμόρφωση σύμφωνα με διατομή Q3, πρέπει η ράμπα με το μικρότερο φόρτο να υπερυψωθεί στο σημείο συμβολής ή να οδηγηθεί χωριστά με τη βοήθεια ανεξάρτητης εισόδου κατά το σχήμα 36 στο διερχόμενο οδόστρωμα (τύπος EE2).

6.4.3 Διαστάσεις των λωρίδων ενσωμάτωσης

Οι κανονικές τιμές για τα μήκη και τα πλάτη των λωρίδων ενσωμάτωσης αλλά και για τα μήκη των τμημάτων διεύρυνσης δίνονται στα

σχήματα 33, 36, 37

Τα μήκη των ανοιγμάτων εισόδου διαφοροποιούνται και για συγκρίσιμους τύπους εισόδων για κατασκευαστικούς λόγους (σχήματα 33, 36, 37). Οι μικρές διαφοροποιήσεις που εμφανίζονται λόγω αυτού μπορούν να διευθετηθούν με τόξα που συνήθως χρησιμοποιούνται για τις ράμπες εισόδου.

Τα τμήματα διεύρυνσης πραγματοποιούνται σύμφωνα με τον πίνακα 3 ή κυκλικά τόξα.

Οι λωρίδες ενσωμάτωσης λαμβάνουν τα ίδια πλάτη με τις διερχόμενες λωρίδες.

Οι διαγραμμίσεις του οδοστρώματος δεν απαιτούν πρόσθετο πλάτος (διατομές στα σχήματα 33, 37. Όταν χρησιμοποιείται η τυπική διατομή Q26 στα διερχόμενα οδοστρώματα, όλα τα πλάτη των λωρίδων στο σχήμα 36 γίνονται από 3.75m, 3.5m.

6.4.4 Διαμόρφωση της αιχμής εισόδου

Στις εισόδους πρέπει η αιχμή να διατηρείται ελεύθερη από φυτά η κατασκευές ώστε να υπάρχει εποπτεία. Με την καθοδήγηση των οριογραμμών και της επιφάνειας αποκλεισμού αναγκάζονται τα οχήματα να κινηθούν έγκαιρα παράλληλα στα διερχόμενα οδοστρώματα (ορατότητα από τον καθρέπτη οδήγησης).

Με τη χρήση αντανακλαστικών ήλων σήμανσης είναι δυνατή η υποβοήθηση της αποτελεσματικότητας της επιφάνειας αποκλεισμού.

Η αιχμή έχει πλάτος 1.5m. Πρέπει να στρογγυλεύεται μόνο όταν κατ' εξαίρεση περιβάλλεται με κράσπεδο.

6.5 Λωρίδες πλέξης

6.5.1 Λωρίδες πλέξης σε διερχόμενα οδοστρώματα

Σε διερχόμενα οδοστρώματα μπορεί να είναι αναγκαία η διάταξη τμημάτων πλέξης όταν π χ κατά την παράγραφο 4.4 δεν τηρούνται οι

απαραίτητες αποστάσεις μεταξύ των αιχμών διαδοχικών εισόδων και εξόδων και δεν είναι επαρκή άλλα βοηθητικά μέσα σύμφωνα με το σχήμα ... Πρέπει όμως να διαπιστωθεί αν οι δυσκολίες στη σήμανση καθοδήγησης είναι δυνατό να επιλυθούν ικανοποιητικά και αν μπορούν να αποκλειστούν με ασφάλεια προβλήματα απόδοσης στην περιοχή του τμήματος πλέξης.

Σε περιοχές πλέξης με μήκος αιχμών μικρότερο των 500m πρέπει η ταχύτητα να περιορίζεται σε 80-100 km / h (παράγραφος 5.3.3.1). Τμήματα πλέξης δεν πρέπει να έχουν μήκος κάτω από 300m. Για μήκος μικρότερο των 500m πρέπει να διαχωρίζονται από το διερχόμενο οδόστρωμα με διακεκομμένη πλατιά διαγράμμιση.

Λωρίδα εκτάκτου ανάγκης πρέπει να προβλέπεται πλάι στη λωρίδα πλέξης μόνο όταν κατασκευάζεται σε συνεχόμενη ράμπα διατομή Q3 ή διατομή οδοστρώματος μονής κατεύθυνσης. Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις είναι αρκετή η τοποθέτηση στηθαίων ασφαλείας πλάι στη λωρίδα πλέξης τόσο προς τα έξω, όσο για να είναι δυνατή στάση ανάγκης (πλάτος ερείσματος 2m).

6.5.2 Λωρίδες πλέξης επί συνδετήριων ραμπών

Οι λωρίδες πλέξης επί συνδετήριων ραμπών παρουσιάζονται σε βρόχους. Η διαμόρφωση τους (τύπος VR1) φαίνεται στο σχήμα 38.

Σε ένα τμήμα προσαρμογής 50-80m που χρησιμεύει για παράλληλη πορεία των εμπλεκόμενων οχημάτων, προστίθεται η χρήσιμη περιοχή πλέξης σε μήκος 130 έως 170m. Με αυτό τον τρόπο η απόσταση των αιχμών έχει συνολικό μήκος από 230m έως 300m.

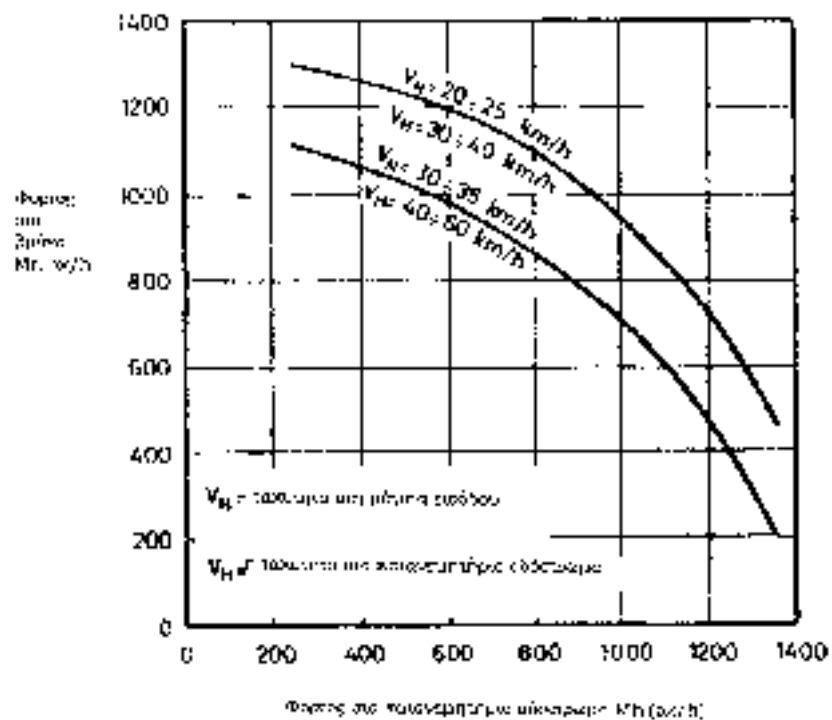
Ένα τέτοιο τμήμα πλέξης παρέχει για μέχρι περίπου 1500 οχ/h επαρκή ποιότητα κυκλοφοριακής ροής (παράγραφος 5.3.2.2). Μια ένδειξη για την ελάττωση της ποιότητας της κυκλοφοριακής ροής λόγω μεγαλύτερων φόρτων δίνεται στο σχήμα 39.

Εάν ένα καταμετρητήριο οδόστρωμα πρέπει να έχει διατομή Q2 ή Q3 επειδή συνενώνει περισσότερους κόμβους, τότε πρέπει τα τμήματα πλέξης να διαμορφώνονται με μια πρόσθετη λωρίδα κατά το σχήμα 38. Εάν το πλάτος που χρειάζεται για το σκοπό αυτό δεν είναι διαθέσιμο, π χ αν

πραγματοποιείται ανακατασκευή, τότε η λωρίδα πλέξης είναι σημαντικότερη από τη διαμόρφωση δυο λωρίδων του κατανεμητήριου οδοστρώματος.



Σχήμα 38 : Σχεδιασμός τμήματος πλέξης σε τετράφυλλο
Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 39 : ποιότητα κυκλοφοριακής ροής σε τμήμα πλέξης
Πηγή : [7], [13]

6.6 Συμβολές ραμπών στη δευτερεύουσα οδό

Καταρχήν οι προσβάσεις ραμπών διαμορφώνονται όπως οι συμβολές κατά RAL-K-1 (σχόλιο: σήμερα RAS-K-I).

Ιδιομορφίες προκύπτουν μόνο από το ότι στις ράμπες υπάρχουν συχνά λωρίδες διαχωρισμού κατευθύνσεων και από το ότι στη δευτερεύουσα οδό γενικά συνωθούνται έμμεσα δυο ή περισσότερες περιοχές συμβολών, οι οποίες ανάλογα και με το σύστημα του κόμβου (παράγραφος 5.4) οδηγούν σε διαφορετικούς συνδυασμούς λωρίδων αριστερής στροφής και επιφανειών αποκλεισμού.

Παραδείγματα περιπτώσεων όπου η δευτερεύουσα οδός έχει δυο λωρίδες φαίνονται στα σχήματα 40 έως 46

Στα σχήματα 40 έως 43. φαίνονται συμβολές χωρίς σηματοδότηση ενώ στα σχήματα 44 έως 46 με σηματοδότηση. Εάν προσβάσεις ραμπών των σχημάτων 40 έως 43 σηματοδοτούνται πρέπει να προβλέπονται κατά κανόνα δυο λωρίδες ευθυγράμμισης.

Για ένα ασύμμετρο μισό τετράφυλλο με εξωτερικά τοποθετημένη τη λωρίδα αριστερής στροφής (σχήμα 18) συνίσταται διαμόρφωση σύμφωνα με το σχήμα 40. Στην περιοχή του τεχνικού έργου πρέπει να διατηρηθεί η διατομή δυο λωρίδων (ίσως με τη χρήση διπλής απαγορευτικής διαγράμμισης), όταν η απόσταση μεταξύ ακρόβαθρου και άξονα της ράμπας συμβολής είναι περίπου 70m. Στην παραλλαγή με λωρίδα διαχωρισμού κατευθύνσεων στη ράμπα, πρέπει να κατασκευαστεί στην πρόσβαση της ράμπας στη δευτερεύουσα οδό μια σταγόνα που να αρχίζει από τον άξονα της διαχωριστικής λωρίδας. Η λωρίδα διαχωρισμού από εκεί πρέπει να εκτείνεται μονόπλευρα ώστε στην περίπτωση χρήσης διατομής Q1 να υπάρχει στην περιοχή ευθυγράμμισης πλάτος 4.5 m (παραλλαγή σχήματος 40).

Για ένα ασύμμετρο μισό τετράφυλλο με λωρίδες αριστερής εξόδου τοποθετημένες εσωτερικά και διαδοχικά ή μια μετά την άλλη, πρέπει οι προσβάσεις των ραμπών να κατασκευάζονται κατά το σχήμα 41. Η ελάχιστη απόσταση των συμβολών προκύπτει από τα απαιτούμενα μήκη των λωρίδων αριστερής εξόδου. Στην περιοχή διευρυμένου οδοστρώματος μεταξύ των δυο λωρίδων αριστερής στροφής πρέπει να παρεμβάλλεται στενή επιφάνεια

αποκλεισμού.

Για ένα ασύμμετρο μισό τετράφυλλο με εσωτερικές και παράλληλες λωρίδες αριστερής εξόδου (βλέπε και σχήμα 20), η διαμόρφωση των προσβάσεων συνίσταται να γίνει κατά το σχήμα 42.

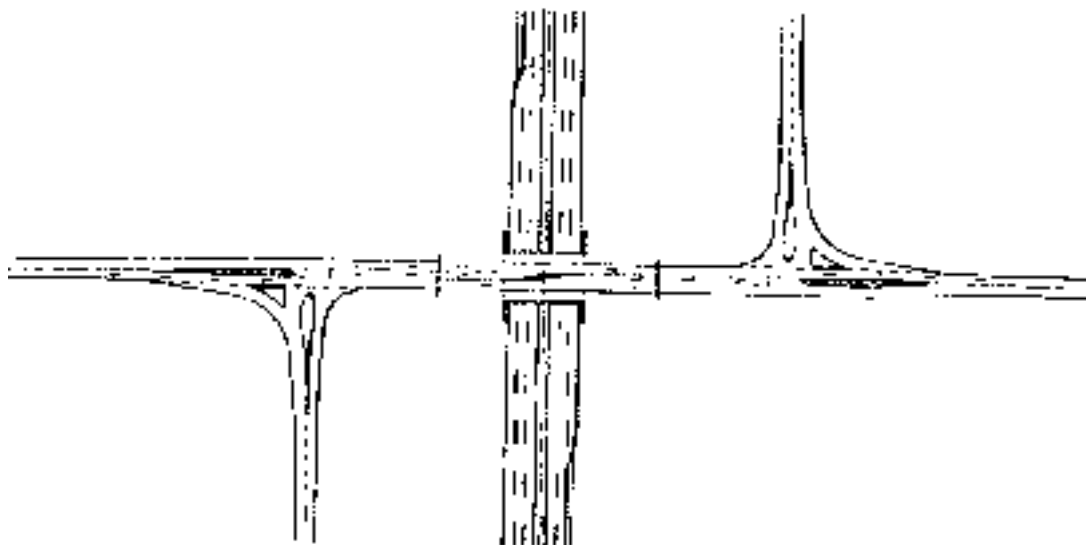
Για ένα συμμετρικό μισό τετράφυλλο (βλέπε και σχήμα 21) πρέπει να προβλέπονται δυο διαδοχικές λωρίδες για αριστερή έξοδο κατά το σχήμα 42. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στη σήμανση των κατευθύνσεων.

Για ρόμβους με εσωτερικά τοποθετημένες λωρίδες αριστερής στροφής (βλέπε και σχήματα 21 και 22) οι προσβάσεις των ραμπών πρέπει να διαμορφώνονται κατά τα σχήματα

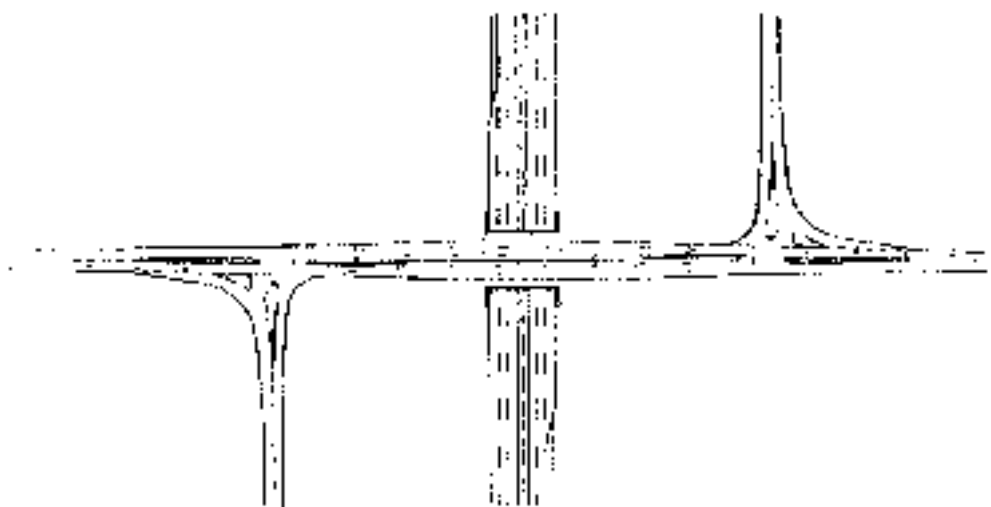
Ο ρόμβος με εσωτερικά τοποθετημένες λωρίδες αριστερής εισόδου (σχήμα 24) χρειάζεται γενικά σηματοδότηση στο μεσαίο τμήμα της θέσης πρόσβασης. Δεξιές εξοδοί και δεξιές εισοδοί διεκπεραιώνονται συνήθως με ελεύθερη ροή κυκλοφορίας. Στο σχήμα 46 φαίνεται μια πρόσφορη διαμόρφωση των προσβάσεων της ράμπας.



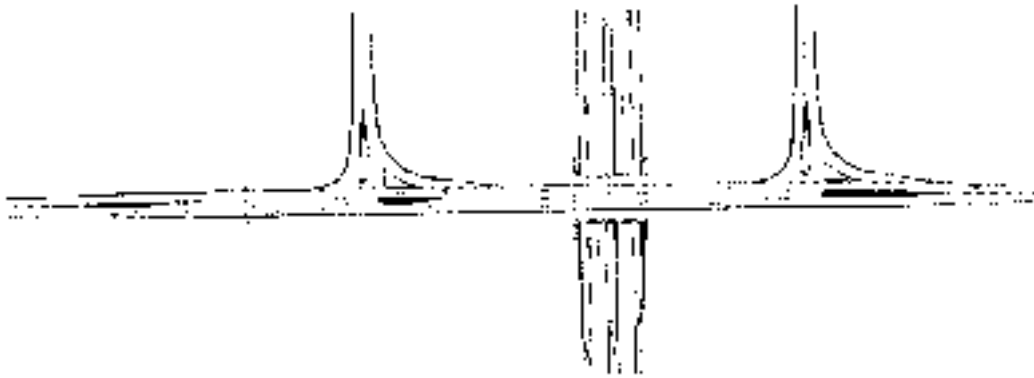
Σχήμα 40 : Σχεδιασμός ισόπεδων συμβολών σε ασύμμετρο μερικό τετράφυλλο εξωτερικές λωρίδες αριστερής στροφής
Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 41 : Σχεδιασμός ισόπεδων συμβολών σε ασύμμετρο μερικό τετράφυλλο με εσωτερικές διαδοχικές λωρίδες αριστερής στροφής
Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 42 : Σχεδιασμός ισόπεδων συμβολών σε ασύμμετρο μερικό τετράφυλλο με εσωτερικές παράλληλες λωρίδες αριστερής στροφής
Πηγή : [7], [13]



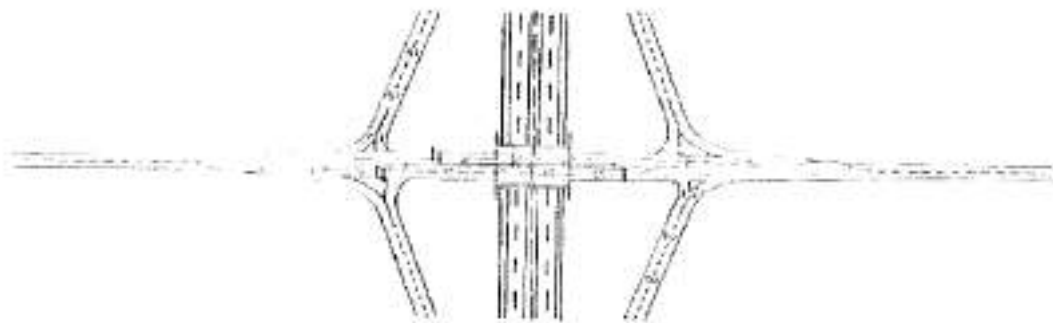
Σχήμα 43 : Σχεδιασμός ισόπεδων συμβολών σε συμμετρικό μερικό τετράφυλλο

Πηγή : [7], [13]



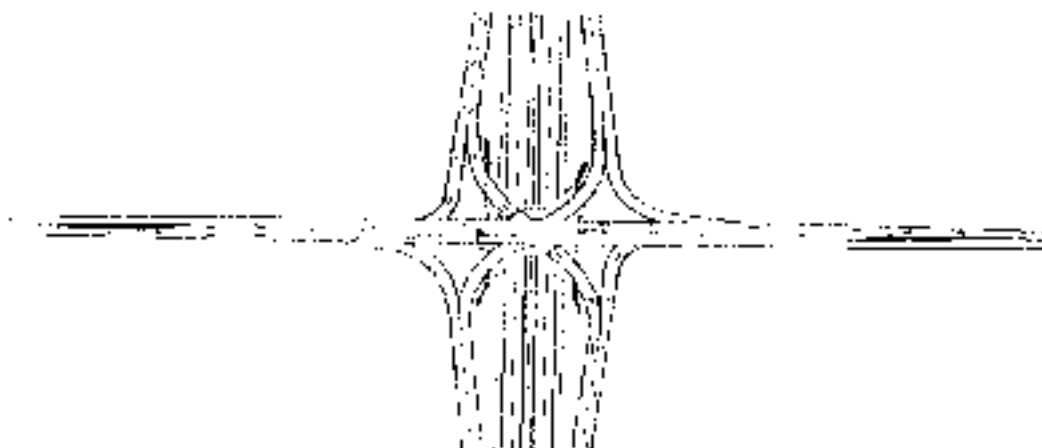
Σχήμα 44 : Σχεδιασμός ισόπεδων συμβολών σε ρόμβο με εσωτερικές διαδοχικές λωρίδες αριστερής στροφής.

Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 45 : Σχεδιασμός ισόπεδων συμβολών σε ρόμβο με εσωτερικές παράλληλες λωρίδες στροφής

Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 46 : Σχεδιασμός ισόπεδων συμβολών σε ρόμβο με εξωτερικές λωρίδες αριστερής στροφής
Πηγή : [7], [13]

6.7 Υπολογισμός ορατότητας

6.7.1 Γενικά

Η απαίτηση για επαρκή ορατότητα και η διατήρηση των αντίστοιχων ελευθέρων πεδίων ισχύει στους ανισόπεδους κόμβους για κάθε στοιχείο (παράγραφος 3.2).

Σε περιοχές εξόδων πρέπει οι πινακίδες σήμανσης που ρυθμίζουν την κυκλοφορία και οι αιχμές να είναι ορατές από απόσταση τουλάχιστον 180m. Πριν από θέσεις διακλάδωση επί συνδετήριων ραμπών η απόσταση αυτή περιορίζεται στα 100 m. Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για πινακίδες κατεύθυνσης προκύπτει από τον υπολογισμό της απόστασης αναγνώρισης, από την απόσταση που πλέον δεν φαίνεται και ένα μήκος αντίδρασης (βλέπε και υπόμνημα καθοδήγησης με πινακίδες).

Σε ράμπες πρέπει το πεδίο ορατότητας να υπολογίζεται έτσι ώστε η πορεία του να είναι αναγνωρίσιμη με σαφήνεια, ιδιαίτερα τα γεωμετρικά στοιχεία με ελάχιστες τιμές και τα αντίρροπα τόξα να μπορούν να γίνουν έγκαιρα αντιληπτά. Οι μικρές ακτίνες γίνονται οπτικά καταληπτές όταν κατά την προσέγγιση τους φαίνεται και η περιοχή της ράμπας που συνδέεται στην καμπύλη. Σε όλα τα μήκη της περιοχής του κόμβου πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον το μήκος ορατότητας για στάση κατά τον πίνακα 2.

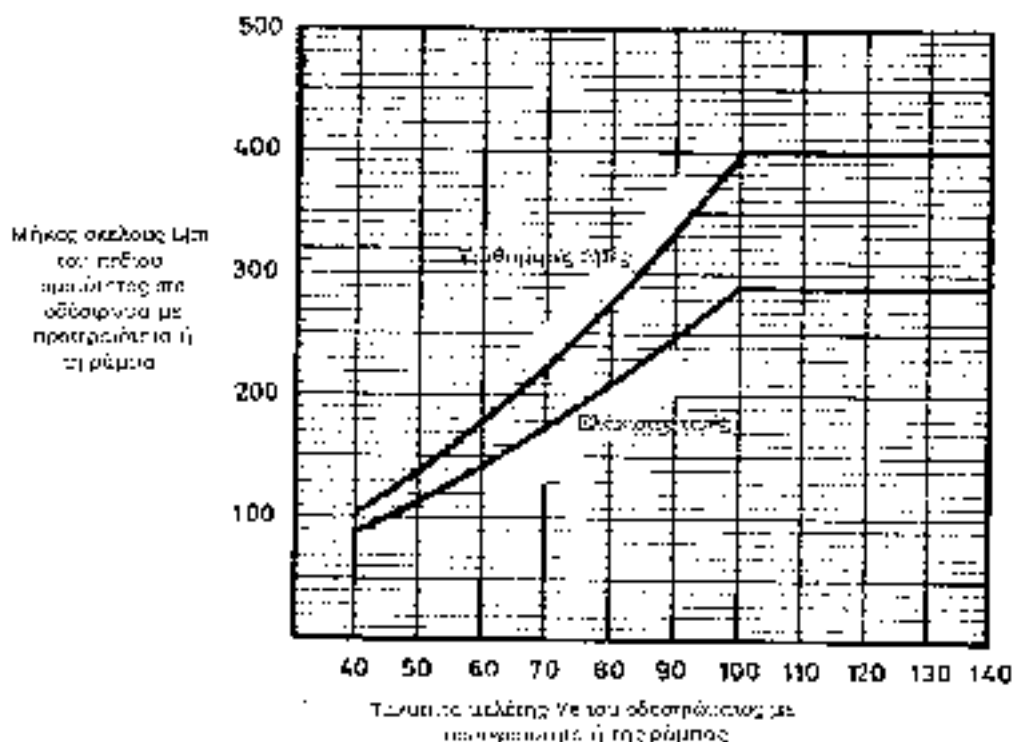
Σε περιοχές εισόδων πρέπει ο οδηγός που εισέρχεται για στάση να έχει εποπτεία του οδοστρώματος με προτεραιότητα ή της ράμπας από τέτοια απόσταση ώστε να είναι δυνατόν να εισέλθει ακίνδυνα (ορατότητα εισόδου). Πέρα από αυτό πρέπει το οδόστρωμα με προτεραιότητα ή η ράμπα ήδη κατά την προσέγγιση στην περιοχή εισόδου να φαίνεται από μακριά γιατί έτσι αυξάνεται κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού και βελτιώνεται η κυκλοφοριακή ροή (ορατότητα προσέγγισης).

Στην περιοχή των ραμπών προς τη δευτερεύουσα οδό πρέπει να τηρούνται οι απαιτούμενες επιφάνειες ορατότητας του RAS-K-1.

Η διερεύνηση των συνθηκών ορατότητας στο χώρο λαμβάνει το ύψος οφθαλμού 1m πάνω από το οδόστρωμα για IX, 2m για φορτηγό αλλά και το ύψος του προς παρατήρηση οχήματος με προτεραιότητα 1m.

6.7.2 Ορατότητα για εκκίνηση

Ως ορατότητα για εκκίνηση ορίζεται η ορατότητα την οποία ο οδηγός που βρίσκεται πλάι στην αιχμή της περιοχής εισόδου ή στη λωρίδα ενσωμάτωσης έχει επί του οδοστρώματος προτεραιότητας ή της συνδετήριας ράμπας ώστε από τη θέση στάσης να μπορεί να ενσωματωθεί στην κυκλοφορία χωρίς αξιόλογα εμπόδια από τα διερχόμενα οχήματα με προτεραιότητα. Η ορατότητα εκκίνησης αποτελεί μέγεθος ασφαλείας και πρέπει να υπάρχει σε όλες τις θέσεις της περιοχής εισόδου (από την αιχμή μέχρι το πέρας της λωρίδας ενσωμάτωσης) και να είναι δυνατή μέσω του καθρέπτη οδήγησης κατά το δυνατόν. Τα μήκη των σκελών του πεδίου ορατότητας δίνονται στο σχήμα 47 σε συνάρτηση με την ταχύτητα μελέτης των λωρίδων ή της ράμπας με προτεραιότητα. Γίνεται δεκτό ότι στην δεξιότερη λωρίδα των αυτοκινητοδρόμων ή της συνδετήριας ράμπας με ταχύτητες > 100 km/h δεν υπάρχουν τέτοια μήκη.



Σχήμα 47 : Μήκος σκέλους για ορατότητα εκκίνησης
Πηγή : [7], [13]

Κατά τη διερεύνηση των συνθηκών ορατότητας στο χώρο και τη χρήση των ελαχίστων τιμών το σχήματος 47 πρέπει να ελέγχεται η ορατότητα με βάση οδηγό φορτηγού που έχει προτεραιότητα.

Εάν η είσοδος βρίσκεται κατ' εξαίρεση σε δεξιόστροφο τόξο τότε είναι δυνατό η γραμμή ορατότητας μέσω του καθρέπτη οδήγησης να καταλήγει εκτός της διατομής της οδού. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να αυξηθεί η ακτίνα του τόξου ή να εξασφαλιστεί η διατήρηση του υφιστάμενου πεδίου ορατότητας ελεύθερου από φυτά ή κατασκευές. Το σχήμα 48 παρουσιάζει τη σχέση ακτίνας δεξιόστροφου τόξου και του απαιτούμενου βέλους από τη δεξιά άκρη της δεξιότερης λωρίδας για να εξασφαλιστεί η ορατότητα εκκίνησης. Οι τιμές του πίνακα αντιστοιχούν σε ταχύτητα του οδοστρώματος ή της ράμπας με προτεραιότητα ίσης με 100 km/h.

Σε κυρτώματα τα πεδία ορατότητας πρέπει να επανελέγχονται. Εάν πρέπει μια είσοδος να πραγματοποιηθεί σε δεξιόστροφο τόξο με ακτίνα <750m ή αν δεν μπορεί να κρατηθεί το πεδίο ορατότητας εντελώς ελεύθερο, τότε η ταχύτητα στη συνδετήρια ράμπα ή το οδόστρωμα πρέπει να περιορίζεται στα 100 km/h.

6.7.3 Ορατότητα για προσέγγιση

Ως ορατότητα για προσέγγιση ορίζεται η ορατότητα την οποία πρέπει να έχει ο οδηγός που εισέρχεται σε οδόστρωμα ή ράμπα για προτεραιότητα πριν φτάσει στην είσοδο. Μπορεί να δοθεί, για καμπύλη χάραξη της ράμπας εισόδου με απευθείας ορατότητα υπό μια ευνοϊκή γωνία μέσω του καθρέπτη οδήγησης.

Η ορατότητα προσέγγισης επίσης είναι απαραίτητη ώστε:

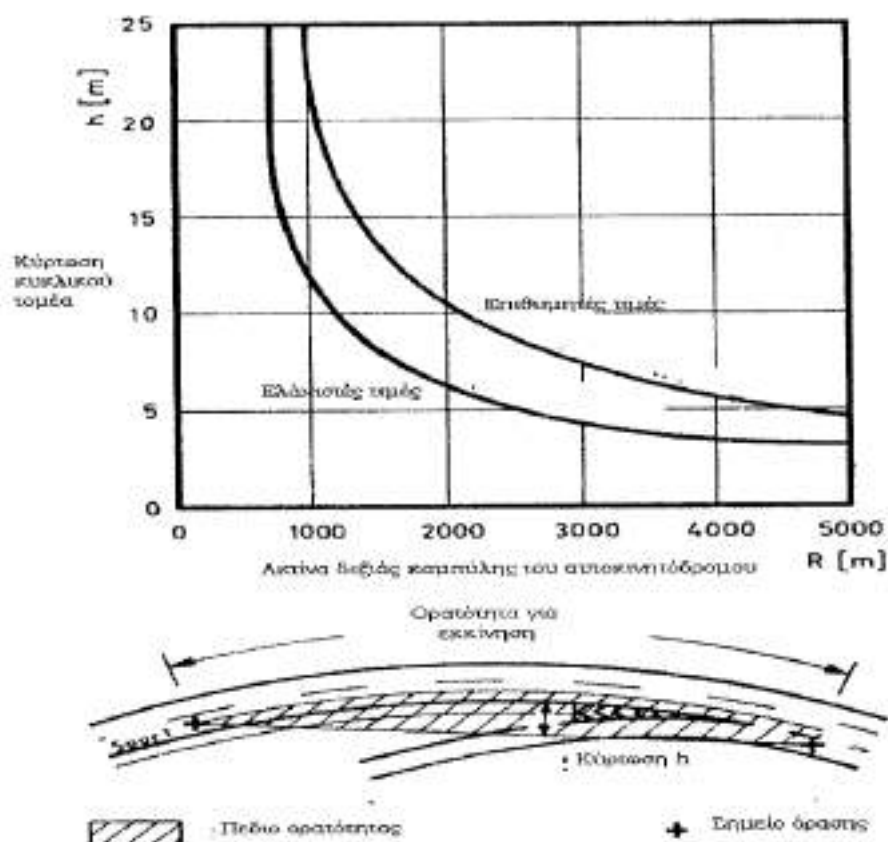
- ο Ο εισερχόμενος να αναγνωρίζει έγκαιρα το οδόστρωμα ή τη ράμπα με προτεραιότητα.
- ο Ο εισερχόμενος να μπορεί να αντιληφθεί την πυκνότητα της κυκλοφορίας με προτεραιότητα και να ρυθμίσει τη συμπεριφορά του, ιδιαίτερα σε ό,τι έχει σχέση με την εκλογή ταχύτητας.
- ο Ο εισερχόμενος να επιταχύνει και να ενσωματώνεται έγκαιρα
- ο Ο οδηγός με προτεραιότητα να αναγνωρίζει έγκαιρα τα εισερχόμενα οχήματα ώστε αν χρειάζεται να αφήσει την δεξιά λωρίδα

Το επιθυμητό πεδίο ορατότητας για προσέγγιση φαίνεται στο σχήμα 49.

Πρέπει να επιδιώκεται διεύθυνση θέσης κάθετη στον άξονα της ρόμπας (γωνία οπτικής ακτίνας 100 grad). Εάν αυτή η γωνία δεν είναι πραγματοποιήσιμη εξαιτίας τοπικών συνθηκών στη χάραξη της οριζοντιογραφίας ή της μηκοτομής πρέπει το σημείο ορατότητας επί της ράμπας να μετατοπιστεί τόσο προς την κατεύθυνση της αιχμής μέχρι να υπάρχει ορατότητα στο οδόστρωμα ή τη ράμπα με προτεραιότητα.

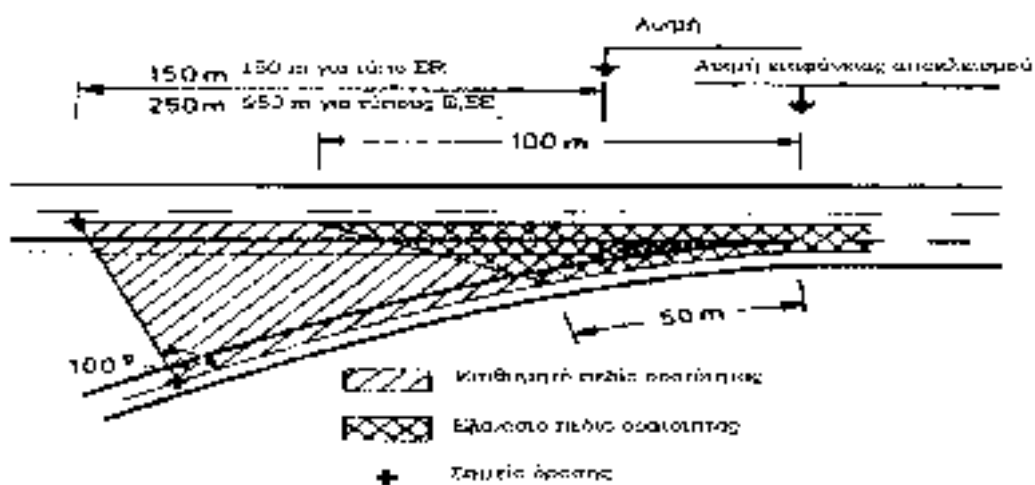
Εάν η γωνία ορατότητας είναι μεγαλύτερη των 150 grad τότε πρέπει η ράμπα εισόδου να βρίσκεται κατά το δυνατό παράλληλα και στο ίδιο ύψος με το οδόστρωμα ή τη ράμπα με προτεραιότητα και να συνδέεται με αυτή υπό γωνία 3-5 grad.

Το ελάχιστο πεδίο ορατότητας κατά το σχήμα 49 πρέπει να εφαρμόζεται όταν το επιθυμητό πεδίο ορατότητας είναι ανεπίτρεπτα δαπανηρό.



Σχήμα 48 : Απαιτούμενη ακτίνα και κύρτωση δεξιού καμπύλου τμήματος ώστε να διασφαλίζεται η ορατότητα εκκίνησης

Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 49 : Επιθυμητό και ελάχιστο πεδίο ορατότητας προσέγγισης

Πηγή : [7], [13]

6.8 Ανισόπεδοι κόμβοι σε οδούς δύο λωρίδων

Βασικές αρχές για τη χρήση ανισόπεδων κόμβων σε οδούς δυο λωρίδων δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής λόγω της έλλειψης γνώσεων επί του θέματος. Παρόλα αυτά, ενδιάμεσα αποτελέσματα τρεχουσών ερευνών δείχνουν ότι υπάρχουν προβλήματα και ότι η χρήση τους είναι δαπανηρή. Έτσι θα πρέπει να ελεγχθεί κατά πόσο η εφαρμογή του τύπου IV του RAS-K-1 είναι επιτευκτική με μικρή δαπάνη, επαρκή απόδοση και ελεύθερη κυκλοφοριακή ροή υπό συγκρίσιμη οδική ασφάλεια.

Αν χρησιμοποιηθεί ανισόπεδος κόμβος, θα πρέπει παράλληλα με τις λωρίδες δεξιάς εξόδου ή με τις λωρίδες εκτροπής να προβλέπονται και λωρίδες ενσωμάτωσης όταν οι είσοδοι βρίσκονται σε τμήματα ανωφέρειας ή συνδέονται υπό πολύ μικρές γωνίες στην κύρια οδό. Τα μήκη των λωρίδων αυτών δεν θα πρέπει να είναι μικρότερα από:

- 150 m για $VK \leq 70$ km/h
- 250 m για $VK \geq 90$ km/h

Μια λωρίδα ενσωμάτωσης ή μία λωρίδα πολλαπλών χρήσεων (ακόμη και περιορισμένου μήκους) με πρόσβαση σε λωρίδα ενσωμάτωσης θα ήταν ωφέλιμη. Έρευνες ατυχημάτων επισημαίνουν ότι στις περιοχές ανισόπεδων κόμβων επί οδών δυο λωρίδων πρέπει το προσπέρασμα να εμποδίζεται με απαγορευτικά σήματα και διπλή διαγράμμιση (σήματα 295 StVO).

7 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

7.1 Βασικές αρχές

Τα στοιχεία εξοπλισμού των κόμβων πρέπει να θεωρούνται ως αναγκαία για τη μελέτη επειδή η επιθυμητή συμπεριφορά με σκοπό την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του κόμβου εξασφαλίζεται με την επιλογή των κατάλληλων στοιχείων μελέτης.

Σύμφωνα με τις δοκιμασμένες αρχές της κυκλοφοριακής τεχνικής κατά

τις οποίες πρέπει να εξετάζονται ενιαία η μελέτη, η κατασκευή και η λειτουργία των εγκαταστάσεων κυκλοφορίας, πρέπει ο μελετητής δίχως βλάβη των αρμοδιοτήτων της τροχαίας για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας, παράλληλα προς την επεξεργασία της μελέτης να παρουσιάσει τα σχέδια σήμανσης με πινακίδες και τα σχέδια διαγράμμισης. Αυτά αποτελούν τα αναγκαία μέτρα ρύθμισης της κυκλοφορίας σε κόμβο υπό μορφή προτάσεων στην τροχαία και συγκεκριμενοποιούν τις ρυθμίσεις του Κ.Ο.Κ.

7.2 Πινακίδες καθοδήγησης κυκλοφορίας

7.2.1 Γενικά

Οι πινακίδες κατεύθυνσης της κυκλοφορίας έχουν ως σκοπό να επισημάνουν στον οδηγό τις γεωμετρικές ιδιαιτερότητες του κόμβου. Ιδιαιτερότητες αποτελούν:

- Η προσθήκη λωρίδων
- Το πέρας λωρίδων

Οι πινακίδες τοποθετούνται σε επαρκείς αποστάσεις πριν από την θέση που επισημαίνουν (πρόσθετη πινακίδα), προβλέπεται δε αναγραφή απόστασης επ' αυτών και ενδεχομένως επαναλαμβάνονται.

Για το διαχωρισμό κυκλοφοριακών ρευμάτων δεν απαιτούνται πινακίδες κατεύθυνσης ιδιαίτερα όταν η αφαίρεση λωρίδων επισημαίνεται με βέλη (ενδεχομένων συνδυασμένα) στις πινακίδες καθοδήγησης.

Τα τμήματα πλέξης με μήκος μεγαλύτερο των 500m επισημαίνονται με πινακίδα "προσθήκη λωρίδας". Για μικρότερα μήκη οι πινακίδες κατεύθυνσης περιπεύουν. Παρόλα αυτά, οι πινακίδες καθοδήγησης πρέπει να ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά της πλέξης.

7.2.2 Προσθήκη λωρίδας

Η προσθήκη λωρίδας παρουσιάζεται όταν μια πρόσθετη λωρίδα μήκους τουλάχιστον 500m (συμπεριλαμβανόμενης και της λωρίδας

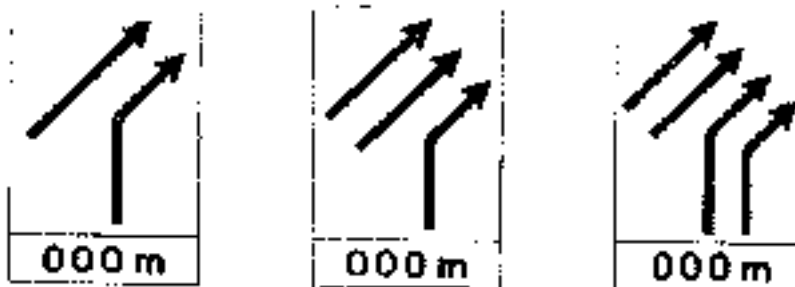
κατεύθυνσης) διατηρείται πλάι στις διερχόμενες λωρίδες. Προσθήκες λωρίδων ανάλογα με τον αριθμό των συνδεόμενων λωρίδων δίνονται στους πίνακες 1 έως 3 του σχήματος 50.

Οι πινακίδες τοποθετούνται στη συμβάλλουσα ράμπα σε επαρκή απόσταση πριν την είσοδο. Η πινακίδα 3 τοποθετείται και στις δυο πλευρές του οδοστρώματος ενώ οι πινακίδες 1, 2 μόνο στα δεξιά. Η ένδειξη της απόστασης επί της πρόσθετης πινακίδας καθορίζεται με βάση τα τυπικά δεδομένα και αναφέρεται στην αιχμή της επιφάνειας αποκλεισμού.

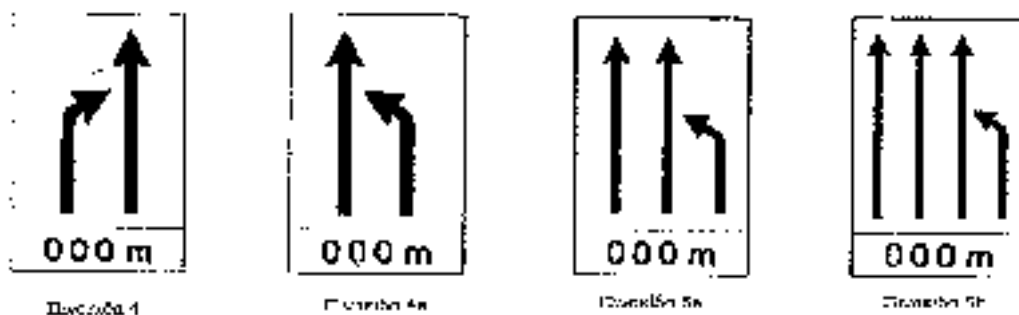
7.2.3 Πέρασ της λωρίδας

Εάν αποσύρεται μια λωρίδα από το κατάστρωμα, αυτό πρέπει να γίνεται γνωστό σε επαρκή απόσταση πριν το σημείο έναρξης της απόσυρσης (κατά κανόνα και από τις δυο πλευρές) με πινακίδες που φαίνονται στο σχήμα 51. Επί πρόσθετης πινακίδας δίνεται η απόσταση σε m. Εάν αποσύρεται μια πινακίδα επί ράμπας αυτό προαναγγέλεται με την πινακίδα 4. Αν κατ' εξαίρεση αποσύρεται η δεξιά λωρίδα τότε χρησιμοποιείται η πινακίδα 4α

Αν ύστερα από την είσοδο σε ράμπα με πρόσθετη λωρίδα, αποσύρεται μια άλλη (τύπος εισόδου E4, E5 σχήμα 3-33), αυτό γίνεται γνωστό με τις πινακίδες 5a, 5b ή ανάλογα και με την 5bi. Πινακίδες 121 StVO ή 122 StVO (στένωση οδοστρώματος) και πινακίδες 276 StVO (απαγόρευση υπέρβασης) δεν πρέπει να τοποθετούνται επιπρόσθετα.



Σχήμα 50: Πινακίδες ανακοίνωσης προσθήκης λωρίδων
Πηγή : [7], [13]



Σχήμα 51: Πινακίδες ανακοίνωσης τέλους λωρίδων
Πηγή : [7], [13]

7.2.4 Περιπτώσεις χρήσης

Για τους τύπους εισόδων των σχημάτων 33, 36, 37 είναι σχετικές οι εξής πινακίδες:

- E1: Καμία πινακίδα αλλαγής κατεύθυνσης
- E2 : Πινακίδα 4 στη ράμπα
- E3: Πινακίδα 2 στη ράμπα
- E4 : Όπως στην E5, πρόσθετη πινακίδα 5a στα 200 m πριν την αρχή της διεύρυνσης της τρίτης λωρίδας.
- E5: Πινακίδα 3 στη ράμπα, πινακίδα 5b σε απόσταση 200m από την αρχή της διεύρυνσης της υφιστάμενης λωρίδας (επομένως ένδειξη απόστασης επί της πινακίδας 5b : 200m)

Σχήμα 36:

Για διαδοχικές εισόδους (τύποι EE) ο χειρισμός γίνεται κατά τον τύπο E

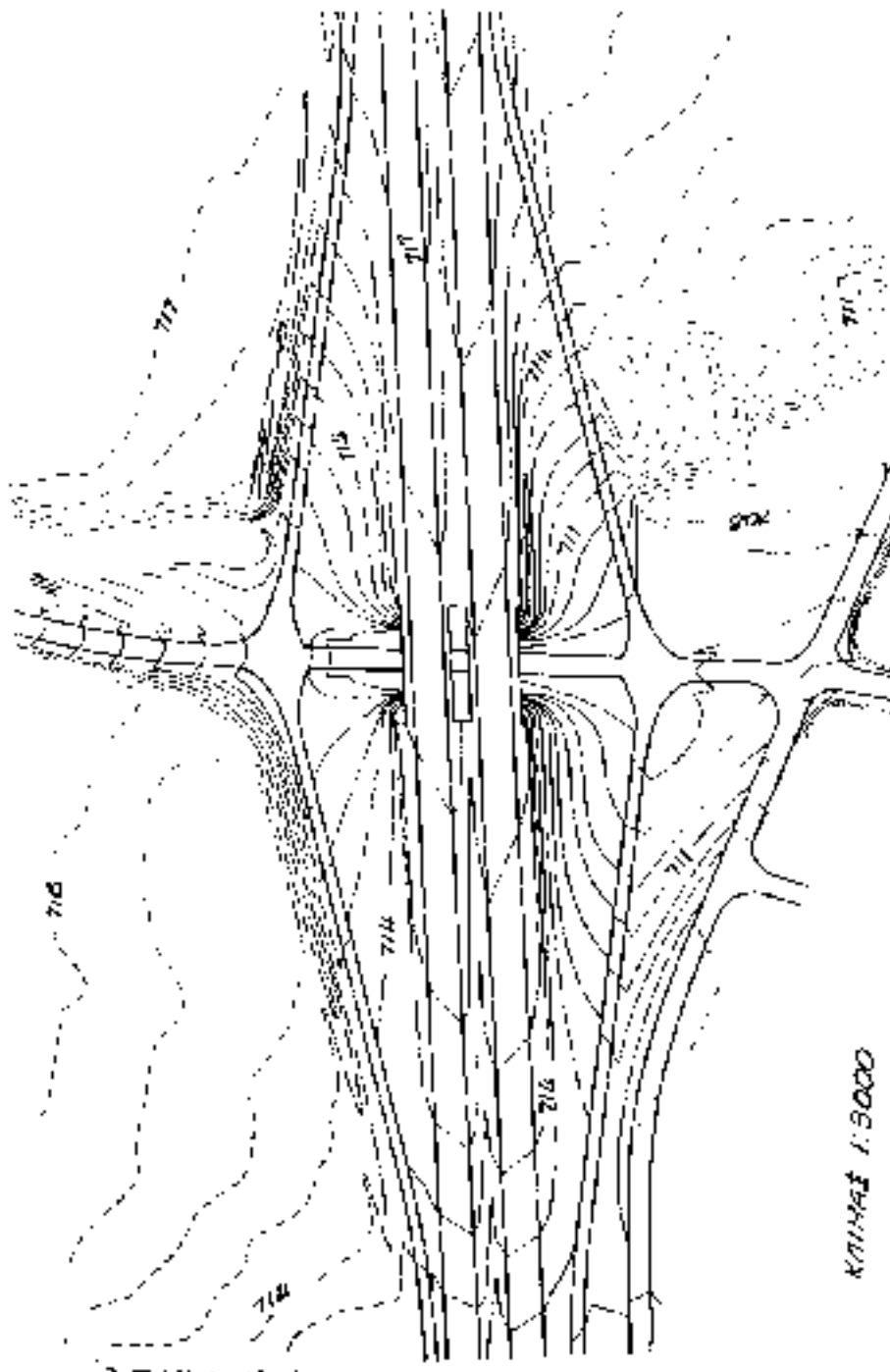
Σχήμα 37:

- ER1: Καμία πινακίδα κατεύθυνσης όταν η ράμπα έχει διατομή Q2
- ER2: Πινακίδα 1 στη ράμπα που έρχεται από δεξιά αν η απόσταση μεταξύ της αιχμής της επιφάνειας αποκλεισμού και της αρχής της διεύρυνσης που ακολουθεί είναι τουλάχιστον 500 m ή αν η ράμπα που συνεχίζει περαιτέρω έχει διατομή Q2 ή Q3.

- ER2: πρόσθετη πινακίδα 4 στη ράμπα που έρχεται από αριστερά εφόσον προβλέπεται με διατομή Q2
- ER2: πρόσθετη πινακίδα 4 στη ράμπα που έρχεται από δεξιά εφόσον έχει διατομή Q2.
- ER3: Καθόλου πρόσθετες πινακίδες κατεύθυνσης αν η ράμπα εισόδου έχει διατομή Q1.
- ER3: Πινακίδα 4 στη ράμπα που έρχεται από δεξιά όταν έχει διατομή Q2.

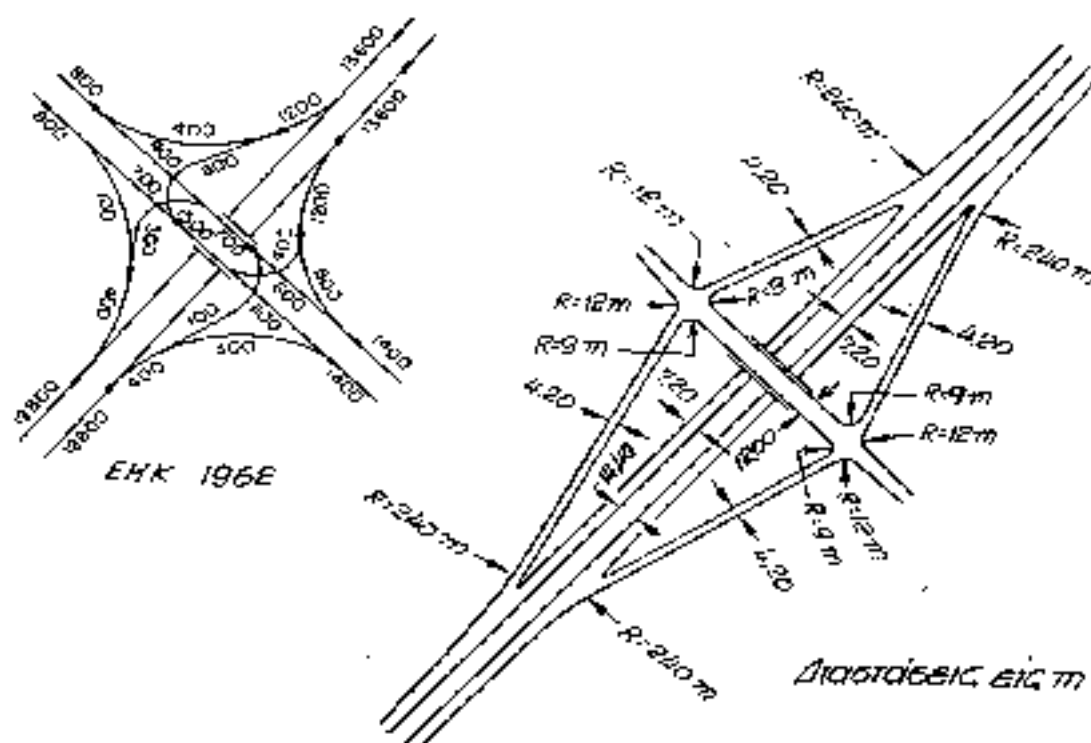
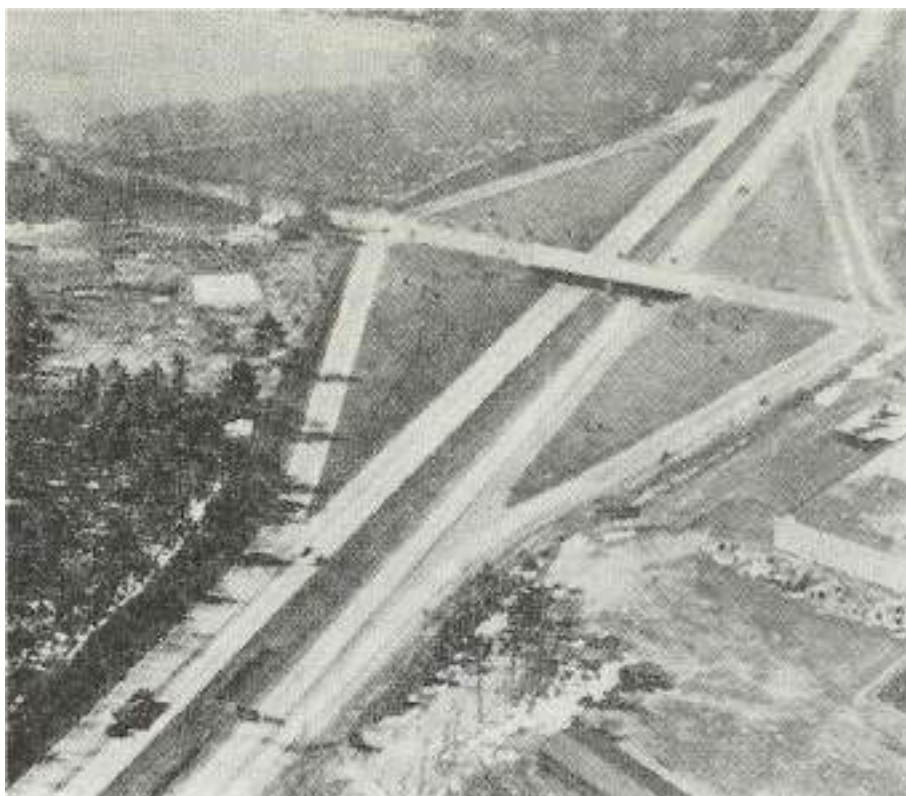
Φωτογραφίες

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται φωτογραφίες υπαρχόντων ανισόπεδων κόμβων μορφής ρόμβου , σκαριφήματα των οριζοντιογραφιών τους καθώς και ψηφιακές εικόνες ανισόπεδων κόμβων της ίδιας μορφής .



Οριζοντιογραφία ρομβοειδούς ανισόπεδου κόμβου

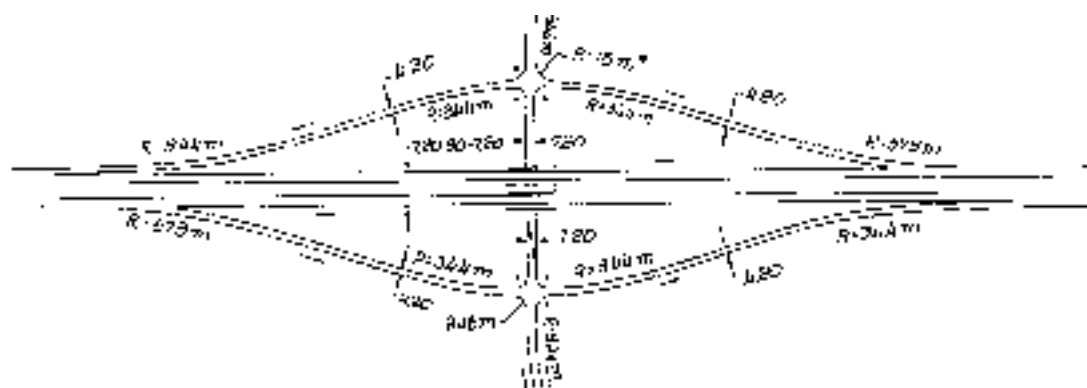
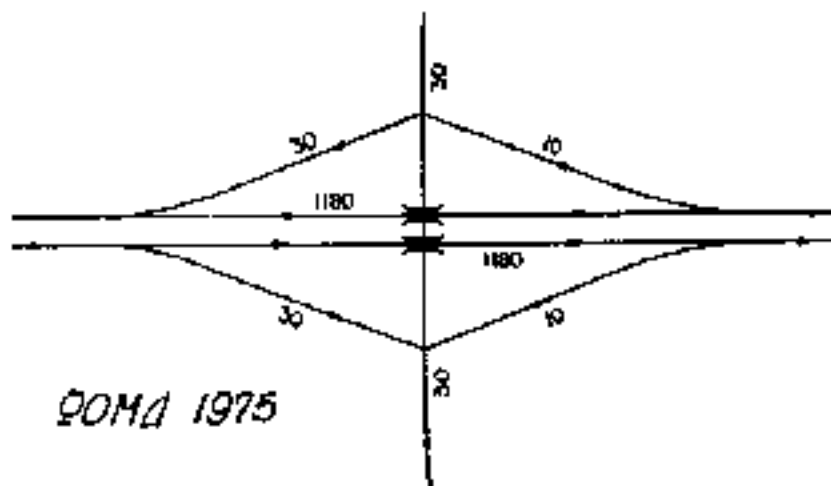
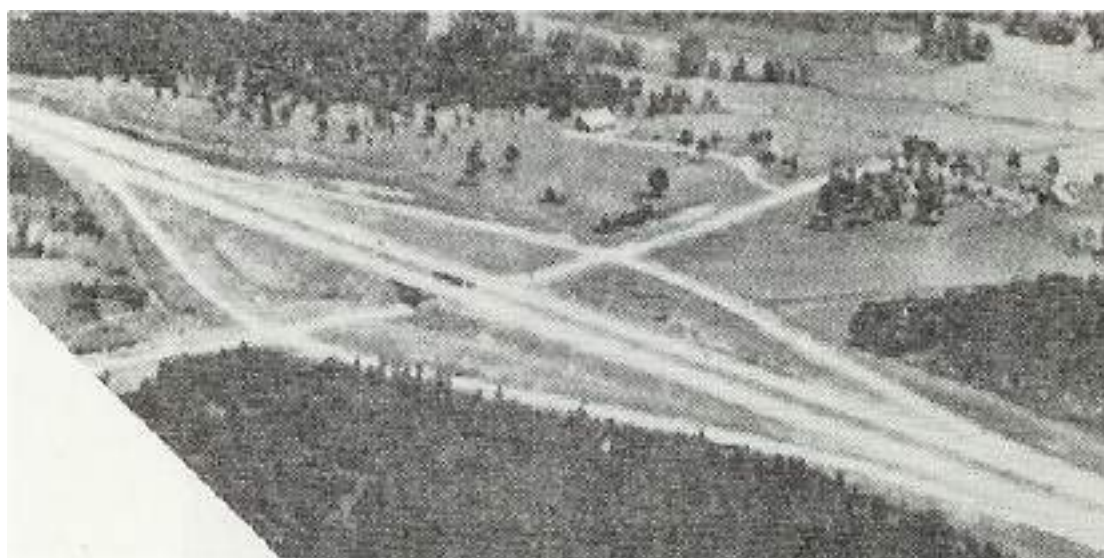
Πηγή : [4]



Υπάρχων κόμβος 4 κλάδων

Μορφής ρόμβου

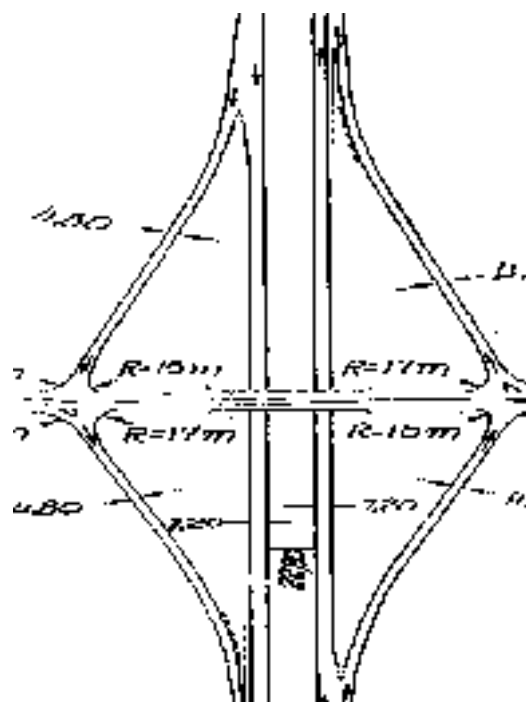
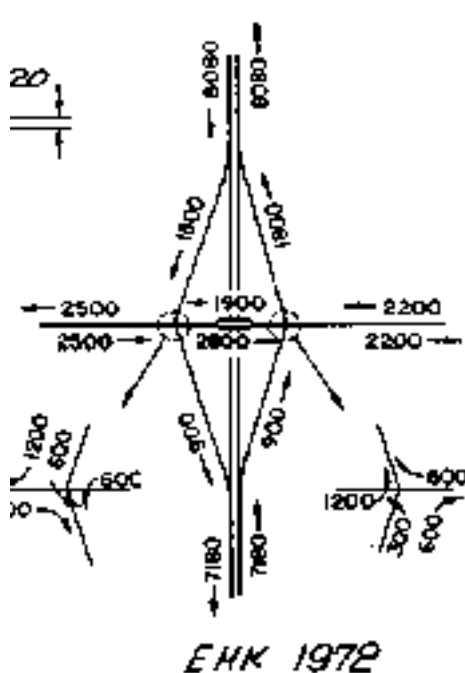
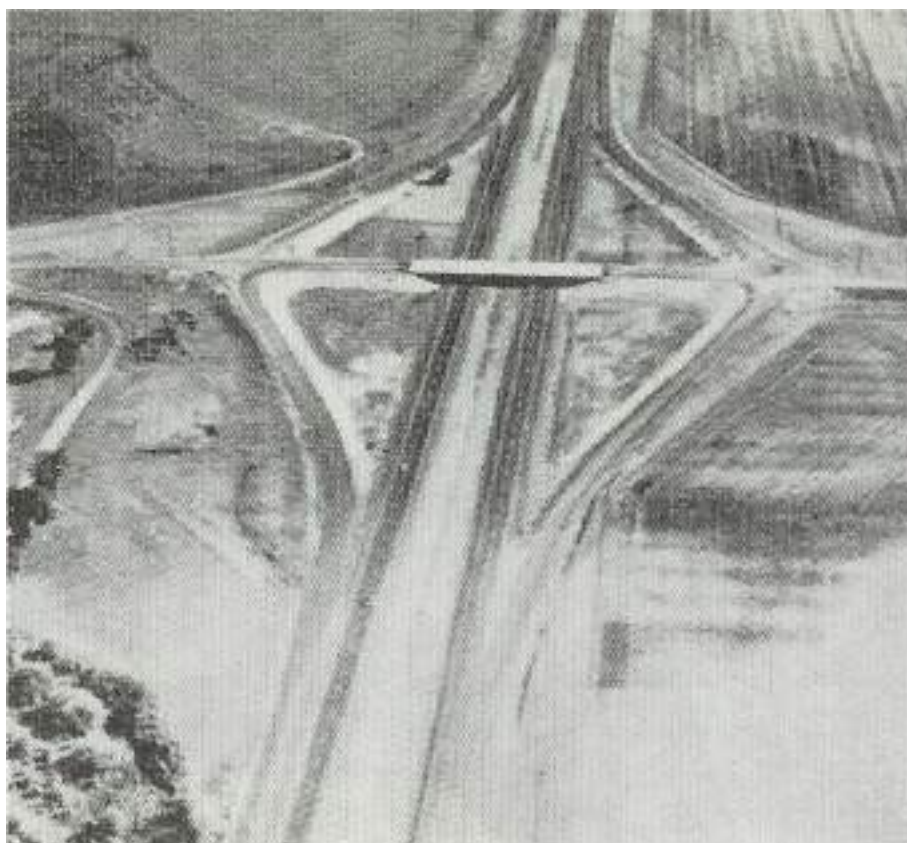
Πηγή : [4]



Υπάρχων κόμβος 4 κλάδων

Μορφής ρόμβου

Πηγή : [4]



Υπάρχων κόμβος 4 κλάδων

Μορφής ρόμβου

Πηγή : [4]



Φωτογραφία 1 – Ανισόπεδος κόμβος μορφής ρόμβου

Πηγή : [4]



Φωτογραφία 2 – Ανισόπεδος κόμβος μορφής ρόμβου

Πηγή : [4]



Ψηφιακή εικόνα 1 – Ανισόπεδος κόμβος μορφής ρόμβου

Πηγή : [18]



Ψηφιακή εικόνα 2 – Ανισόπεδος κόμβος μορφής ρόμβου

Πηγή : [18]

