

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Γ.ΚΑΝΕΛΛΑΪΔΗΣ

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΝΙΣΟΠΕΔΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΜΟΡΦΗΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΤΕΤΡΑΦΥΛΛΟΥ»**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ : ΓΕΩΡΓΟΥΛΑΚΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΑΘΗΝΑ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Πρόλογος
- Abstract
- Ευχαριστίες

Κεφάλαιο 1.	Εισαγωγή.....σελ. 1
1.1	Σύνδεση οδών με ανισόπεδους κόμβους.....σελ. 1
1.2	Κόμβοι μορφής τετράφυλλου.....σελ. 5
1.2.1	Οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση.....σελ. 8
1.2.2	Βασικός αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας.....σελ. 8
1.3	Θέση του κόμβου.....σελ. 9
1.3.1	Οριζοντιογραφία.....σελ. 9
1.3.2	Μηκοτομή.....σελ. 9
1.4	Στοιχεία μελέτης σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή.....σελ. 11
1.4.1	Γενικά.....σελ. 11
1.4.2	Οριζοντιογραφία.....σελ. 12
1.4.3	Μηκοτομή.....σελ. 12
1.4.4	Περιοχή εξόδου.....σελ. 13
1.4.4.1	Διαμόρφωση περιοχής εξόδου.....σελ. 13
1.4.5	Περιοχή εισόδου.....σελ. 14
1.4.5.1	Διαμόρφωση περιοχής εισόδου.....σελ. 14
1.5	Ο ανισόπεδος κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου.....σελ. 15

1.5.1 Χαρακτηριστικά και λειτουργία.....σελ.	15
1.5.2 Λωρίδες πλέξης και διανεμητήρια οδοστρώματα.....σελ.	18
1.5.3 Οριζοντιογραφία και άκρα κλάδων–Λωρίδες επιβράδυνσης....σελ.	23
1.5.4 Κυκλοφοριακή ροή σε κλάδους μίας-δύο λωρίδων κυκλοφορίας.....σελ.	24
1.5.5 Κυκλοφοριακή ροή στα άκρα συνδετήριων κλάδων μετά από συρρίκνωση δύο λωρίδων σε μία.....σελ.	24
1.6 Υπάρχον Λογισμικό.....σελ.	26
1.7 Σκοπός εργασίας.....σελ.	28
 Κεφάλαιο 2. Πρόγραμμα.....σελ.	30
2.1 Δομή και αρχές του προγράμματος.....σελ.	30
2.1.1 Πρόγραμμα και περιβάλλον εργασίας.....σελ.	30
2.1.2 Κανονισμοί.....σελ.	31
2.1.3 Παραδοχές.....σελ.	32
2.1.4 Βασικές αρχές του προγράμματος.....σελ.	33
2.2 Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα.....σελ.	35
2.2.1 “ΚΟΜΒΟΣ”.....σελ.	36
 Κεφάλαιο 3. Εκτέλεση προγραμμάτων.....σελ.	56
3.1 Οριζοντιογραφία.....σελ.	56
3.1.1 Οδοί.....σελ.	56
3.1.2 Βροχοί.....σελ.	61
3.1.3 Ράμπες.....σελ.	67

3.1.4 Λωρίδες αλλαγής ταχύτητας.....σελ.	70
3.2 Μηκοτομές.....σελ.	73
3.2.1 Μηκοτομές βρόχων.....σελ.	79
3.2.2 Μηκοτομές ραμπών.....σελ.	83
Κεφάλαιο 4. Παράδειγμα χρήσης και εκτέλεσης του προγράμματος.....σελ.	85
4.1 Εισαγωγή στοιχείων οριζοντιογραφίας.....σελ.	85
4.2 Σχεδίαση οριζοντιογραφίας.....σελ.	90
4.3 Σχεδίαση μηκοτομών.....σελ.	96
Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα.....σελ.	100

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Φωτογραφίες ανισόπεδων κόμβων
- Αμερικανικοί Κανονισμοί

Εξώφυλλο: Υπό κατασκευή κόμβος στις Η.Π.Α. (πηγή Διαδίκτυο-
www.photographerflanigan.com)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου σε περιβάλλον CAD» επιχειρείται η διερεύνηση του σχεδιασμού των ανισόπεδων κόμβων της μορφής πλήρους τετράφυλλου με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, με βάση τους κανονισμούς που τον διέπουν. Αναλύονται οι αρχές που ακολουθούνται κατά τη μελέτη σχεδιασμού ενός κόμβου και δημιουργείται μια σειρά προγραμμάτων με σκοπό την αυτοματοποίηση της σχεδίασης της οριζοντιογραφίας του κόμβου και των μηκοτομών των κλάδων του. Στη συνέχεια αναπτύσσεται η δομή και η λειτουργία του λογισμικού με το οποίο επιχειρείται να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία σχεδιασμού. Ο σχεδιασμός με χρήση του λογισμικού βρίσκεται σε πλήρη αντιστοιχία με τα βήματα που θα ακολουθούσε ο μελετητής για την παραγωγή των σχεδίων οριζοντιογραφίας, μηκοτομής, διαγραμμάτων επικλίσεων και των απαραίτητων υπολογισμών.

ABSTRACT

The subject of this project entitled “Software development for the designing of a full cloverleaf-type interchange”, is the development of a software package, which will be used in designing the horizontal and vertical alignment of a full cloverleaf-type interchange.

The software operates under the CAD (Computer Aided Design) program Microstation (Bentley) and it is written in Visual Basic. The study's scope is the development of a user friendly software package which will help the engineer by automating the most common tasks followed while designing an interchange.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατ' αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και τον καθηγητή κ. Γεώργιο Κανελλαΐδη για την δυνατότητα που μου έδωσαν να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Φώτη Μερτζάνη για την ιδιαίτερα σημαντική του βοήθεια και καθοδήγηση στο μεγαλύτερο τμήμα της εκπόνησης της εργασίας.

Γενικότερα, οφείλω να ευχαριστήσω όλους όσους άμεσα ή έμμεσα με βοήθησαν κατά τη διάρκεια της ενασχόλησης μου με την εργασία και πιο συγκεκριμένα την οικογένεια μου και το φιλικό μου περιβάλλον. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κωνσταντίνο Κεπαπτσόγλου για την πολύτιμη βοήθεια του στην τελευταία φάση της εργασίας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΥΝΔΕΣΗ ΟΔΩΝ ΜΕ ΑΝΙΣΟΠΕΔΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ

Η ασφάλεια όλων των αυτοκινητοδρόμων, αλλά και η κυκλοφοριακή ικανότητα των αστικών αυτοκινητοδρόμων ειδικότερα, εξαρτώνται από την ικανότητα εξυπηρέτησης διασταυρούμενων και στρεφουσών κινήσεων σε κόμβους. Όπου παρέχεται δυνατότητα κίνησης με διαφοροποίηση των επιπέδων για τις διερχόμενες κινήσεις, ξεχωριστές ράμπες για τις στρέφουσες κινήσεις, και η δυνατότητα να πραγματοποιούνται οι αλλαγές ταχύτητας σε λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης, τότε βελτιώνεται σημαντικά η λειτουργία του κόμβου^[5].

Ο τύπος του υψομετρικού διαχωρισμού και των συνδετήριων κλάδων μεταξύ των οδών που διασταυρώνονται καθώς και όλος ο σχεδιασμός του κόμβου επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες όπως η κατηγορία της οδού, τα χαρακτηριστικά και η σύνθεση της κυκλοφορίας και η ταχύτητα μελέτης. Επίσης οι απαιτήσεις ως προς τη σήμανση, το κόστος, το τοπογραφικό ανάγλυφο και η έκταση που απαιτείται να απαλλοτριωθεί είναι σημαντικά στοιχεία που αφορούν τον σχεδιασμό και αποτελούν βασικούς παράγοντες οι οποίοι θα συντελέσουν στην απόφαση για την τελική μορφή του κόμβου^[4].

Το παραπάνω σύστημα από τις οδούς (δύο ή περισσότερες) που διασταυρώνονται και οι οποίες διαχωρίζονται υψομετρικά και συνδέονται με περιοχές εισόδου-εξόδου και κλάδους απ' ευθείας σύνδεσης, συνιστά έναν ανισόπεδο κόμβο. Ένας ανισόπεδος κόμβος πρέπει να προσαρμόζεται στο οδικό δίκτυο. Η πολύπλοκη αυτή κατασκευή και μόνο ως τεχνικό έργο διαταράσσει την ομοιομορφία της οδού και συνεπώς οι απαιτήσεις κατά τον σχεδιασμό οφείλουν να είναι υψηλές, ώστε να διασφαλίζουν την όσο το δυνατόν ασφαλέστερη κίνηση των οχημάτων. Κατά προτίμηση οι απαιτήσεις αυτές θα μπορούσαν να είναι υψηλότερες από το γειτονικό οδικό δίκτυο ώστε να εξισορροπούν πιθανά συναισθήματα περιορισμού και σύγχυσης που θα προκαλούσαν τα σύνθετα στοιχεία ενός ανισόπεδου κόμβου, δηλαδή, βρόχοι, ράμπες και περιοχές πλέξης^[5].

Ένας ανισόπεδος κόμβος αποτελεί κατά κανόνα λειτουργική λύση σε περίπτωση διασταύρωσης δύο ή περισσότερων οδών, αλλά εξαιτίας του

υψηλού κόστους κατασκευής, η εφαρμογή του για εξάλειψη κυκλοφοριακών προβλημάτων ή βελτίωση υπάρχουσών δυσχερών συνθηκών, περιορίζεται μόνο στις περιπτώσεις όπου το απαιτούμενο κόστος για την κατασκευή του μπορεί να δικαιολογηθεί ικανοποιητικά. Η ποσοτικοποίηση των συγκεκριμένων συνθηκών ή απαιτήσεων που θα δικαιολογούσαν την κατασκευή του κόμβου σε μια διασταύρωση είναι πολύ δύσκολη και σε πολλές περιπτώσεις δεν μπορεί να είναι απόλυτα τεκμηριωμένη έναντι άλλων λύσεων. Εξαιτίας της ποικιλομορφίας του τοπογραφικού ανάγλυφου, των κυκλοφοριακών φόρτων, των κατηγοριών των διαφόρων οδών, αλλά και της μορφής των κόμβων οι λόγοι που θα δικαιολογούσαν την κατασκευή ενός ανισόπεδου κόμβου διαφέρουν κατά περίπτωση. Παρακάτω αναφέρονται οι παράγοντες που συνιστάται να λαμβάνονται υπ' όψιν κατά τη λήψη απόφασης για την κατασκευή ενός ανισόπεδου κόμβου^[4].

1. Απαιτήσεις κατά τον σχεδιασμό του οδικού άξονα.

Η απόφαση δημιουργίας ενός αυτοκινητόδρομου με καθολικό έλεγχο των προσβάσεων, αποτελεί κριτήριο για υψομετρικό διαχωρισμό και κατασκευή ανισόπεδων κόμβων σε όλες τις διασταυρώσεις με άλλες οδούς. Παρ' όλο που ο έλεγχος των προσβάσεων και η απαγόρευση της στάθμευσης και της κυκλοφορίας πεζών είναι σημαντικοί παράγοντες, ο διαχωρισμός των επιπέδων σε ελεύθερες λεωφόρους παρέχει τη μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια. Ο κύριος στόχος είναι η συνεχής ροή της κυκλοφορίας στην κύρια οδό. Εάν κάποια δευτερεύουσα οδός διασταυρώνεται με την ελεύθερη λεωφόρο τότε διαχωρίζονται υψομετρικά ή κατασκευάζεται κόμβος. Ακόμη και σε περιπτώσεις όπου θα μπορούσε να κατασκευαστεί σηματοδοτούμενος κόμβος, πρέπει να επιλέγεται ανισόπεδος κόμβος λόγω του χαρακτηρισμού της οδού ως ελεύθερης λεωφόρου.

2. Εξάλειψη κυκλοφοριακής συμφόρησης και ουρών αναμονής.

Ανεπαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα σε διασταύρωση οδών με υψηλούς φόρτους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μη αποδεκτών ουρών αναμονής σε μία ή και όλες τις προσβάσεις του κόμβου. Αδυναμία παροχής της απαιτούμενης κυκλοφοριακής ικανότητας σε ισόπεδο κόμβο οδηγεί στην κατασκευή ανισόπεδου κόμβου. Ακόμη και σε περιπτώσεις μερικού ελέγχου

των προσβάσεων, η κατάργηση της σηματοδότησης συνεισφέρει καταλυτικά στη βελτίωση των χαρακτηριστικών ελεύθερης ροής στην κύρια οδό.

3. Εξάλειψη επικίνδυνων θέσεων.

Ορισμένες ισόπεδες διασταυρώσεις παρουσιάζουν υψηλούς δείκτες ατυχημάτων. Εφ' όσον δεν είναι δυνατή η εύρεση άλλης οικονομικότερης λύσης για τη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων ενδείκνυται η κατασκευή ανισόπεδου κόμβου στις θέσεις αυτές. Διασταυρώσεις που παρουσιάζουν υψηλούς δείκτες ατυχημάτων συναντώνται σε επαρχιακούς δρόμους με μικρούς φόρτους όπου παρατηρούνται μεγάλες ταχύτητες. Στις περιοχές αυτές η κατασκευή ανισόπεδου κόμβου είναι οικονομικότερη από τις αστικές περιοχές και η δημιουργία κόμβου μπορεί να δικαιολογηθεί με μικρή μείωση των ατυχημάτων. Εξάλλου μεγάλοι δείκτες σοβαρότητας ατυχημάτων δικαιολογούν κατασκευή ανισόπεδου κόμβου και σε διασταυρώσεις με μεγάλους φόρτους.

4. Τοπογραφικό ανάγλυφο.

Ορισμένες φορές ένας ανισόπεδος κόμβος είναι η μόνη οικονομική λύση που μπορεί να κατασκευαστεί. Η τοπογραφία στην εν λόγω περιοχή μπορεί να είναι τέτοια που οποιαδήποτε άλλη μορφή διασταύρωσης η οποία θα πληρούσε τις απαιτήσεις, είναι χωροταξικά αδύνατο να υλοποιηθεί ή το κόστος κατασκευής της είναι ίσο ή μεγαλύτερο.

5. Μείωση του γενικευμένου κόστους μετακίνησης των χρηστών της οδού.

Το κόστος που αναλογεί στον χρήστη της οδού λόγω των καθυστερήσεων σε περιπτώσεις υψηλών φόρτων και μικρού επιπέδου εξυπηρέτησης αποτελεί παράμετρο η οποία θα έπρεπε να λαμβάνεται υπ' όψιν για την κατασκευή ενός κόμβου. Στοιχεία όπως τα καύσιμα, η φθορά των ελαστικών, τα λιπαντικά, οι επισκευές, ο χρόνος και τα ατυχήματα τα οποία προκαλούνται από συνεχείς αλλαγές στην ταχύτητα, η διακοπτόμενη ροή, και η αναμονή αντιστοιχούν σε κόστος πολύ μεγαλύτερο από αυτό της συνεχούς ροής σε κόμβο. Κατά κανόνα οι κινήσεις και οι ελιγμοί σε ανισόπεδους κόμβους αυξάνουν την απόσταση της διαδρομής σε σχέση με την περίπτωση ύπαρξης ισόπεδου κόμβου, όμως το επιπλέον κόστος λόγω αύξησης της

απόστασης είναι μικρότερο σε σχέση το κόστος που οφείλεται σε καθυστερήσεις και διακοπές της ροής.

6. Βελτίωση κυκλοφοριακών συνθηκών.

Η βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής και η αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας μετά την κατασκευή ενός κόμβου είναι η εμφανέστερη αλλαγή στον κόμβο. Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι αποτελούν βασικό κριτήριο για την κατασκευή ενός κόμβου, ειδικά αν συνδυαστούν με πρότυπα κατανομής της κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα, τιμές φόρτων κοντά στην κυκλοφοριακή ικανότητα σε ένα ισόπεδο κόμβο συνιστούν κριτήριο για τη δημιουργία ανισόπεδου κόμβου. Οι κόμβοι είναι επιθυμητοί σε διασταυρώσεις οδών με μεγάλους φόρτους αλλά συνήθως είναι δύσκολη η κατασκευή τους λόγω του κόστους της γης προς απαλλοτρίωση. Η μείωση των υψηλών φόρτων βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά της κυκλοφοριακής ροής.

Κάποια βασικά κριτήρια που δικαιολογούν υψομετρικό διαχωρισμό χωρίς σύνδεση δύο διασταυρούμενων οδών δόθηκαν και παραπάνω όπως η βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών σε οδούς οι οποίες δεν απαιτείται να συνδεθούν. Ορισμένοι ακόμα είναι οι εξής :

- Τοπικές οδοί που δεν είναι εφικτό να τερματιστούν έξω από την έκταση που καταλαμβάνει μια ελεύθερη λεωφόρος.
- Πρόσβαση σε περιοχές που παρέχεται από άλλους δρόμους η άλλα μέσα μεταφοράς.
- Ανισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις
- Ασυνήθιστες συγκεντρώσεις κυκλοφορίας πεζών (π.χ. ένα πάρκο κοντά σε μια κεντρική αρτηρία)
- Ποδηλατόδρομοι και διαβάσεις πεζών
- Πρόσβαση σε σταθμούς μετεπιβίβασης άλλων μέσων μεταφοράς, μέσα στα όρια της αρτηρίας

1.2 ΚΟΜΒΟΙ ΜΟΡΦΗΣ ΤΕΤΡΑΦΥΛΛΟΥ^[4]

Οι κόμβοι μορφής τετράφυλλου αποτελούνται από τέσσερα σκέλη που περιέχουν βρόχους για να εξυπηρετούν τις αριστερόστροφες κινήσεις. Οι κόμβοι αυτής της μορφής που έχουν βρόχους σε όλα τα τεταρτημόρια ονομάζονται πλήρη τετράφυλλα και οι υπόλοιποι μερικά τετράφυλλα. Ένα πλήρες τετράφυλλο ίσως να μην είναι αναγκαίο σε διασταυρώσεις κύριας με δευτερεύουσα οδό αφού, διατηρώντας μόνο τους δύο βρόχους δεν εμποδίζεται η συνεχής ροή στην κύρια οδό ενώ περιορίζονται οι αριστερές στροφές στο ίδιο επίπεδο στη δευτερεύουσα οδό (ισόπεδοι κόμβοι). Τα κυριότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζει ο συγκεκριμένος τύπος ανισόπεδου κόμβου είναι η επιπλέον απόσταση που απαιτείται για τις αριστερές στροφές εξόδου, η ανάγκη ελιγμών στις περιοχές πλέξης, το κατά κανόνα μικρό μήκος που διατίθεται για τις περιοχές πλέξης, και η σχετικά μεγάλη επιφάνεια γης που απαιτείται. Σε περιπτώσεις που δεν χρησιμοποιούνται συλλεκτήρια και κατανεμητήρια οδοστρώματα, επιπλέον μειονεκτήματα είναι τα σημεία πλέξης στις κύριες λωρίδες, η διπλή έξοδος απ' ευθείας από τις κύριες λωρίδες, και προβλήματα που σχετίζονται με τη σήμανση στις εξόδους.

Εξαιτίας της εκτεταμένης επιφάνειας που απαιτείται για την κατασκευή του κόμβου τύπου πλήρους τετράφυλλου, μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για ένα κόμβο μορφής "ρόμβου", η κατασκευή τους δεν συνηθίζεται σε αστικές περιοχές αλλά κυρίως σε υπεραστικά και επαρχιακά δίκτυα όπου υπάρχει διαθέσιμος χώρος αλλά και η ανάγκη να αποφευχθούν οι περιοριστικές αριστερές στροφές ισόπεδα. Ο κόμβος μορφής ρόμβου ή "διαμάντι" είναι αρκετά πιο περιορισμένος σε έκταση, καθώς έχει τέσσερις κλάδους απ' ευθείας σύνδεσης, σε αντίθεση με το τετράφυλλο που έχει οκτώ, εκ των οποίων οι τέσσερις είναι οι βρόχοι που λόγω γεωμετρίας καταλαμβάνουν μεγαλύτερη επιφάνεια από τους κλάδους του ρόμβου οι οποίοι οδηγούν στις ισόπεδες διασταυρώσεις επί της δευτερεύουσας οδού.

Η διανυόμενη απόσταση επί ενός βρόχου, σε σύγκριση με την αντίστοιχη που απαιτείται για αριστερή στροφή σε ισόπεδο κόμβο, αυξάνεται

κατά πολύ με μικρή αύξηση της ταχύτητας μελέτης. Σε ένα βρόχο σχεδιασμένο για 30 km/h (30 m ακτίνα) η επιπλέον απόσταση είναι 200m, για ταχύτητα 35 km/h (50 m ακτίνα) περίπου 350 m, ενώ για ταχύτητα 40 km/h (80 m ακτίνα) η απόσταση είναι 500 m. Όπως είναι φανερό, παρατηρείται αύξηση της τάξης του 50 % στην διανυόμενη απόσταση για μεταβολή της ταχύτητας μελέτης κατά 5 km/h, ενώ η απαιτούμενη έκταση αυξάνεται κατά 130 % αντίστοιχα. Ο χρόνος διαδρομής επί βρόχου μεταβάλλεται σχεδόν ευθέως ανάλογα με τη ταχύτητα μελέτης. Για αύξηση 5 km/h στην ταχύτητα σχεδιασμού ενός βρόχου, ο χρόνος διαδρομής αυξάνεται 20~30 % ή κατά προσέγγιση 7 sec. Αυτή η αύξηση στο χρόνο είναι λίγο μικρότερη, θεωρώντας όλους τους απαραίτητους ελιγμούς, λόγω επιβράδυνσης και επιτάχυνσης εκτός της περιοχής του βρόχου. Σε κάθε περίπτωση ο χρόνος μέσω ενός βρόχου είναι κατά πολύ μικρότερος από τον αντίστοιχο χρόνο άμεσης αριστερόστροφης κίνησης σε ισόπεδο κόμβο λόγω των καθυστερήσεων. Τα πλεονεκτήματα της αυξημένης ταχύτητας πρέπει να διερευνηθούν έναντι των μειονεκτημάτων της αυξημένης απόστασης, χρόνου διαδρομής και απαιτούμενη έκτασης. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι βαρέα οχήματα ίσως να αντιμετωπίσουν πρόβλημα κατά την κίνηση τους σε καμπύλες με μικρές ακτίνες. Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες που υπεισέρχονται στον σχεδιασμό, η εμπειρία έχει δείξει ότι πρακτικά οι ακτίνες των βρόχων κυμαίνονται μεταξύ 30m και 50m για δευτερεύοντες ελιγμούς σε αυτοκινητοδρόμους με ταχύτητα μελέτης 70 km/h ή λιγότερο, και 50 εως 80 m για κύριους ελιγμούς σε αυτοκινητοδρόμους με μεγαλύτερη ταχύτητα μελέτης. Μια συνεχής πρόσθετη λωρίδα είναι απαραίτητο να παρέχεται για επιβράδυνση, επιτάχυνση αλλά και για τους ελιγμούς πλέξης μεταξύ των κλάδων εισόδου και εξόδου στο βρόχο. Πρόσθετο κατασκευαστικό πλάτος και μήκος απαιτείται συνήθως για αυτή τη λωρίδα^[4].

Ο κόμβος μορφής πλήρους τετραφύλλου περιλαμβάνει ελιγμούς πλέξης. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί αρνητικό παράγοντα όταν ο φόρτος των αριστερά στρεφόντων οχημάτων είναι σχετικά μικρός, αλλά όταν το άθροισμα των φόρτων δύο γειτονικών βρόχων πλησιάσει τα 1000 οχ/ωρα η ανάμειξη των ρευμάτων γίνεται έντονη και προκαλεί μείωση στην ταχύτητα της διερχόμενης κυκλοφορίας. Τμήματα πλέξης πρέπει να προβλέπονται και σε

κόμβους με χαμηλούς φόρτους. Όταν ο φόρτος στην περιοχή πλέξης υπερβαίνει τα 1000 οχ/ωρα, το επίπεδο εξυπηρέτησης στην κύρια οδό μειώνεται απότομα, γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη μεταφοράς του τμήματος πλέξης σε κατανεμητήρια και συλλεκτήρια οδοστρώματα. Ένας βρόχος σπάνια λειτουργεί με περισσότερες από μία λωρίδες, ανεξάρτητα από το πλάτος του καταστρώματος, και αυτό γιατί έχει κυκλοφοριακή ικανότητα 800 ~ 1200 οχ/ωρα (η μεγαλύτερη τιμή εμφανίζεται όπου δεν υπάρχει κυκλοφορία βαρέων οχημάτων και η ταχύτητα μελέτης του βρόχου είναι μεγαλύτερη από 40 km/h ^[4]). Η κυκλοφοριακή ικανότητα των βρόχων, όπως φαίνεται, είναι βασική παράμετρος σχεδιασμού αυτού του τύπου ανισόπεδου κόμβου. Οι βρόχοι μπορούν να σχεδιαστούν και να λειτουργήσουν με δύο λωρίδες, αλλά τότε πρέπει να δίνεται προσοχή στον σχεδιασμό των τμημάτων εισόδου και εξόδου στις ράμπες και στις απαιτήσεις των τμημάτων πλέξης που θα επιβάλλεται η προσθήκη δύο τουλάχιστον λωρίδων για την διερχόμενη κυκλοφορία. Για να επιτευχθεί αυτός ο σχεδιασμός οι περιοχές εισόδου – εξόδου των βρόχων πρέπει να βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση και οι ακτίνες των βρόχων πρέπει να είναι τόσο μεγάλες ώστε τελικά οι κόμβοι μορφής πλήρους τετράφυλλου με δύο λωρίδες ανά βρόχο να μην είναι καθόλου οικονομικοί από την άποψη της έκτασης γης που απαιτείται, του κόστους κατασκευής και της πολυπλοκότητας που προκύπτει στην καθοδήγηση. Γι' αυτό το λόγο βρόχοι που λειτουργούν με δύο λωρίδες θεωρούνται εξαιρετικές περιπτώσεις.

Όταν οι αριστερές στροφές απαγορεύονται και στην κύρια αρτηρία αλλά και στον δευτερεύοντα δρόμο που τη διασχίζει και πρέπει να εξασφαλιστούν οι παραπάνω στρέφουσες κινήσεις, ένα τετράφυλλο που θα αναπτύσσεται στα τέσσερα τεταρτημόρια είναι ο τύπος ανισόπεδου κόμβου που θα απαιτείται. Όταν ένας κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου χρησιμοποιείται για να εξυπηρετήσει ένα αυτοκινητόδρομο και ο συνολικός φόρτος δύο γειτονικών βρόχων πλησιάζει τα 1000 οχ/ωρα, θα πρέπει να εξετάζεται η λύση των κατανεμητήριων και συλλεκτήριων λωρίδων. Ωστόσο κόμβοι μορφής πλήρους τετράφυλλου χωρίς κατανεμητήριες και συλλεκτήριες λωρίδες είναι αποδεκτοί αν ο φόρτος στο τμήμα πλέξης είναι μικρότερος από 1000 οχ/ωρα. Οι συλλεκτήριες και καταναμετήριες λωρίδες δεν είναι

οικονομικές όταν αναμένονται χαμηλοί φόρτοι στις ράμπες. Η χρήση λωρίδων επιβράδυνσης και επιτάχυνσης σε αυτούς τους κόμβους μπορεί να αντικαταστήσει τα κατανεμητήρια και συλλεκτήρια οδοστρώματα.

1.2.1 ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΣΗΜΑΝΣΗ

Η ευκολία στη χρήση ενός κόμβου που σχετίζεται με την έγκαιρη αναγνώριση της επιθυμητής διαδρομής, την ασφάλεια, και την επάρκεια, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον διαθέσιμο χώρο, τη γεωμετρική διάταξη των στοιχείων του κόμβου και την από την λειτουργικότητα της σήμανσης. Η χωροθέτηση και οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των σημείων που ξεκινούν οι ράμπες εξαρτώνται από το κατά πόσο είναι δυνατό να παρέχεται επαρκής σήμανση για να πληροφορήσει, να προειδοποιήσει και να καθοδηγήσει τους οδηγούς. Η τοποθεσία και ο σχεδιασμός των κόμβων, ξεχωριστά αλλά και τα δύο μαζί πρέπει να ελέγχονται για κατάλληλη σήμανση.

Η οριζόντια σήμανση με κατάλληλες διαγραμμίσεις επί του οδοστρώματος είναι επίσης σημαντικά για την πληροφόρηση των οδηγών.

1.2.2 ΒΑΣΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Θεμελιώδης για την καθιέρωση του αριθμού και τη διευθέτηση των λωρίδων σε ένα αυτοκινητόδρομο είναι ο βασικός αριθμός λωρίδων. Κάθε οδός που χαρακτηρίζεται ως αρτηρία πρέπει να διατηρεί μια συνέχεια στον αριθμό των λωρίδων που διαθέτει κατά μήκος της. Για το λόγο αυτό ο βασικός αριθμός λωρίδων ορίζεται ως ο ελάχιστος αριθμός λωρίδων που προσδιορίζεται και διατηρείται για ένα σημαντικό μήκος της οδού, άσχετα από αλλαγές στον κυκλοφοριακό φόρτο και αντίστοιχες απαιτήσεις σε αριθμό λωρίδων^[4].

1.3 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

Στην περιοχή του κόμβου δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για τα διερχόμενα οδοστρώματα των προς σύνδεση οδών, οι επιτρεπόμενες οριακές τιμές χάραξης σύμφωνα με τους Γερμανικούς Κανονισμούς RAL-K-2 ^[3].

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα παρακάτω :

1.3.1 ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Οι είσοδοι και οι έξοδοι θα έπρεπε να τοποθετούνται σε περιοχές με τεταμένη χάραξη.
- Είσοδοι σε κλειστές δεξιές καμπύλες πρέπει να αποφεύγονται εξ' αιτίας των δυσμενών συνθηκών ορατότητας δια μέσου του καθρέπτη οδήγησης (πίσω ορατότητα).
- Εάν δεν μπορεί να αποφευχθεί η έξοδος από μία αριστερή καμπύλη, τότε η πορεία ενός διερχόμενου οδοστρώματος, πρέπει να παραμένει με σαφήνεια αναγνωρίσιμη. Πρέπει επομένως η κλάδος εξόδου μέσα στην αριστερή καμπύλη να εκτρέπεται με ένα σαφές δεξιόστροφο τόξο και όχι εφάπτομενικά από το διερχόμενο οδόστρωμα.

1.3.2 ΜΗΚΟΤΟΜΗ

- Μια καλή εποπτεία επιτυγχάνεται όταν τα τμήματα των οδών στην περιοχή του κόμβου βρίσκονται σε κοίλωμα.
- Οι κατά μήκος κλίσεις των οδών που πρόκειται να συνδεθούν θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρές. Η κυκλοφοριακή ροή πάνω στον αυτοκινητόδρομο δυσχεραίνεται, όταν συμπίπτουν περιοχές μεγαλύτερων κατά μήκος κλίσεων με περιοχές εισόδου ή εξόδου. Όταν και οι οδοί που πρόκειται να συνδεθούν έχουν μεγάλη κλίση, τότε οι συνδετήριες κλάδοι δεν μπορούν να είναι

το ίδιο καλά τοποθετημένοι σε όλα τα τεταρτημόρια του κόμβου (συνεχείς κατά μήκος κλίσεις).

- Ανερχόμενοι κλάδοι εξόδου και κατερχόμενοι κλάδοι εισόδου είναι ευμενείς από άποψη δυναμικής της κυκλοφορίας και για λόγους ορατότητας, εντούτοις είναι δυνατόν, σε περίπτωση δυσμενούς μηκοτομής της δευτερεύουσας οδού (μικρό κύρτωμα) στην περιοχή συμβολής, να οδηγήσουν σε δυσμενείς συνθήκες ορατότητας.
- Διαβάσεις κοιλάδων σε μεγάλο ύψος οδηγούν συχνά σε πολύπλοκους κόμβους με επιμήκεις συνδετήριους κλάδους, ή σε ιδιαίτερες συλλεκτήριες οδούς (έμμεσες συμβολές) , όταν πρέπει να συνδεθεί μια δευτερεύουσα οδός που βρίσκεται σε κοιλάδα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να ελεγχθεί από οικονομικής άποψης μαζί με τη μετατόπιση της θέσης συμβολής, ακόμη και αλλαγή της χάραξης του αυτοκινητοδρόμου στην μηκοτομή.

1.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΜΗΚΟΤΟΜΗ

1.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στη μελέτη των συνδετήριων κλάδων χρησιμοποιούνται σαν βάσεις σταθερές τιμές ταχυτήτων (30,40,50,60,70,80 χλμ/ωρα). Τα χαρακτηριστικά των τμημάτων χωρίς κόμβους θα έπρεπε να μην συνεχίζονται στις περιοχές σύνδεσης. Οι βασικές αρχές των Γερμανικών Κανονισμών RAS-L-2, που αφορούν τη χάραξη οδών στο χώρο, ισχύουν επομένως μόνο εφόσον επαρκούν τα μήκη ορατότητας και δεν παρουσιάζονται οπτικά βυθίσματα.

Απεναντίας οπτικές ανωμαλίες που είναι συχνά ηθελημένες σε ανισόπεδους κόμβους, πρέπει να θεωρούνται αποδεκτές, εφόσον καθιστούν επαρκώς αναγνωρίσιμα τα τμήματα του κόμβου με ελάχιστες τιμές γεωμετρικών στοιχείων που είναι αναπόφευκτα.

Οι βασικές αρχές και οριακές τιμές των στοιχείων της μελέτης που απαριθμήθηκαν εδώ, αναφέρονται μόνο στους κλάδους σύνδεσης καθώς και στις περιοχές εισόδου και εξόδου. Οι ισόπεδες συμβολές ραμπών στις δευτερεύουσες οδούς, πρέπει να διαμορφώνονται κατά τους Γερμανικούς Κανονισμούς RAL-K-1 ^[3].

Τα ελάχιστα μήκη των συνδετήριων ραμπών εκτός από τις συνθήκες της τεχνικής χάραξης, καθορίζονται και από τα μήκη που χρειάζονται για ανάγνωση των πινακίδων σήμανσης, από τον επαρκή διαχωρισμό στο χώρο και χρόνο των αποφασιστικών σημείων, της προετοιμασίας για έξοδο και ενδεχομένως από τις απαιτούμενες λωρίδες σώρευσης.

Στην περίπτωση παράλληλων ραμπών πρέπει να μην υπερβαίνονται μήκη 200-300 m για να μην δημιουργείται η εντύπωση ότι πρόκειται για μια ιδιαίτερη οδό, που οδεύει παράλληλα στην αρτηρία ^[3].

Για τη βελτίωση της λειτουργικότητας και για την απλοποίηση της σήμανσης καθοδήγησης, πρέπει οι ράμπες εξόδου των θέσεων συμβολής, πριν από την συμβολή στην δευτερεύουσα οδό, να χαραχθούν με τόσο μήκος ώστε πριν από τις πινακίδες καθοδήγησης να υπάρχει διαθέσιμη απόσταση

τουλάχιστον 50 m για να είναι αναγνώσιμες. Αλλιώς, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν πινακίδες καθοδήγησης μέσα στις ράμπες εξόδου.

1.4.2 ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ως προς τα ευθύγραμμα τμήματα της χάραξης δεν υπάρχει περιορισμός. Οι ελάχιστες ακτίνες των κυκλικών τόξων καθορίζονται από την ταχύτητα μελέτης των σχετικών ομάδων και τύπων.

Ως τόξα συναρμογής, χρησιμοποιούνται κλωθοειδείς με παραμέτρους μέσα στην περιοχή από $A = 0.5 R$ μέχρι R . Για το τόξο που βρίσκεται στην περιοχή της αιχμής της νησίδας, για λόγους αναγνωρισιμότητας χρησιμοποιούνται οι μικρότερες τιμές.

Απεναντίας, σε κλάδους εξόδου σε μορφή βρόχου με ακτίνα του κυρίου τόξου $R = 40-60$ m συχνά είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθεί παράμετρος κλωθοειδούς $A = R$ για να μπορεί να γίνει περιστροφή του οδοστρώματος στο τόξο συναρμογής.

Για να υπάρχει στις εξόδους, όσο το δυνατόν εγκαίρως, μία καλά αναγνωρίσιμη αιχμή της νησίδας και για να μειώνεται η ταχύτητα των εξερχόμενων αυτοκινήτων, πρέπει η γωνία εξόδου στην αιχμή της νησίδας να είναι τουλάχιστον 12° . Σε παράλληλες ράμπες και διανεμητήρια οδοστρώματα, η τήρηση αυτού του όρου απαιτεί συχνά κάμψεις στην οριζοντιογραφία. Όταν δεν είναι δυνατές τέτοιες κάμψεις σε διανεμητήριο οδόστρωμα πρέπει να διατηρηθεί τουλάχιστον μια γωνία 6° .

1.4.3 ΜΗΚΟΤΟΜΗ

Η μέγιστη κατά μήκος κλίση καθορίζεται ενιαία για όλες τις ομάδες και τύπους ραμπών. Για μεγάλη κατά μήκος κλίση των οδών που θα συνδεθούν και συνεχιζόμενη κλίση των συνδετήριων κλάδων, επιτρέπεται η χρήση μεγαλύτερων τιμών ($s_{\max} = 10\%$ σε κατωφέρεια αλλά μόνο σε τεταμένη χάραξη). Πέρα από αυτά δεν πρέπει να υπερβαίνεται μία επιτρεπόμενη λοξή κλίση, όταν με $R \leq 60$ m έχει επιλεγεί τόξο συναρμογής με παράμετρο $A=R$. Στα τμήματα περιστροφής, για λόγους τεχνικής της αποχέτευσης ομβρίων,

πρέπει στις οριογραμμές οδοστρωμάτων που έχουν μικρή κλίση, να διατηρηθεί μία ελάχιστη κατά μήκος κλίση 0.15 %.

Κυρτώματα και κοιλώματα στρογγυλεύονται με κυκλικά τόξα που μπορούν να αντικατασταθούν με αρκετή ακρίβεια με τετραγωνικές παραβολές. Οι ελάχιστες ακτίνες στρογγύλευσης κυρτωμάτων μπορούν να μειωθούν, όταν στην επαλληλία των καμπύλων οριζοντιογραφίας – μηκοτομής έχουν τηρηθεί τα ελάχιστα μήκη ορατότητας για στάση και είναι εξασφαλισμένη η διατήρηση ελεύθερου του πεδίου ορατότητας.

1.4.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΞΟΔΟΥ

Οι περιοχές εξόδου στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται τυποποιημένες μορφές, πρέπει να διαμορφώνονται κατά το δυνατόν ομοιόμορφα.

Σε εξόδους μέσα στις ράμπες σύνδεσης είναι δυνατόν να τηρηθούν χαμηλότερες απαιτήσεις από αυτές σε διερχόμενα οδοστρώματα.

1.4.4.1 Διαμόρφωση περιοχής εξόδου

Στις περιοχές εξόδου παίζουν σημαντικό ρόλο τα θέματα της έγκαιρης αναγνώρισης και της κυκλοφοριακής ροής. Επομένως οι έξοδοι πρέπει να χαράσσονται κατά κανόνα με παράλληλες λωρίδες εκτροπής.

Η λωρίδα έκτακτης ανάγκης διαμορφώνεται δίπλα στην λωρίδα εξόδου, μόνο όταν ο συνδετήριος κλάδος κατασκευάζεται με διατομή μονόδρομου. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, είναι αρκετό, δίπλα στη λωρίδα εκτροπής να τοποθετηθούν στηθαία ασφαλείας.

Στην περιοχή του τμήματος διεύρυνσης και στην περιοχή του ανοίγματος εξόδου, είναι απαραίτητη μία διαρκής σήμανση με πλατιές γραμμές. Η αρχή του ανοίγματος εξόδου, πρέπει να είναι σαφώς αντιληπτή.

1.4.5 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΙΣΟΔΟΥ

Οι περιοχές εισόδου πρέπει να διαμορφώνονται με βάση τυποποιημένες μορφές και ομοιώς με τις περιοχές εξόδου, κατά το δυνατό, ομοιόμορφα.

Οι είσοδοι μέσα σε συνδετήριους κλάδους μπορούν να γίνουν με μικρότερες απαιτήσεις από τις εισόδους στα διερχόμενα οδοστρώματα.

1.4.5.1 Διαμόρφωση της περιοχής εισόδου

Για τη διαμόρφωση της περιοχής εισόδου σε ένα διερχόμενο οδόστρωμα και μέσα σε συνδετήριες ράμπες, πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι οι διαφορές ταχυτήτων μεταξύ των εισερχομένων και διερχομένων οχημάτων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες, για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ασφάλεια και καλύτερη κυκλοφορία. Πρέπει λοιπόν σε όλες τις εισόδους, να προβλέπονται λωρίδες ενσωμάτωσης ή πρόσθετες λωρίδες.

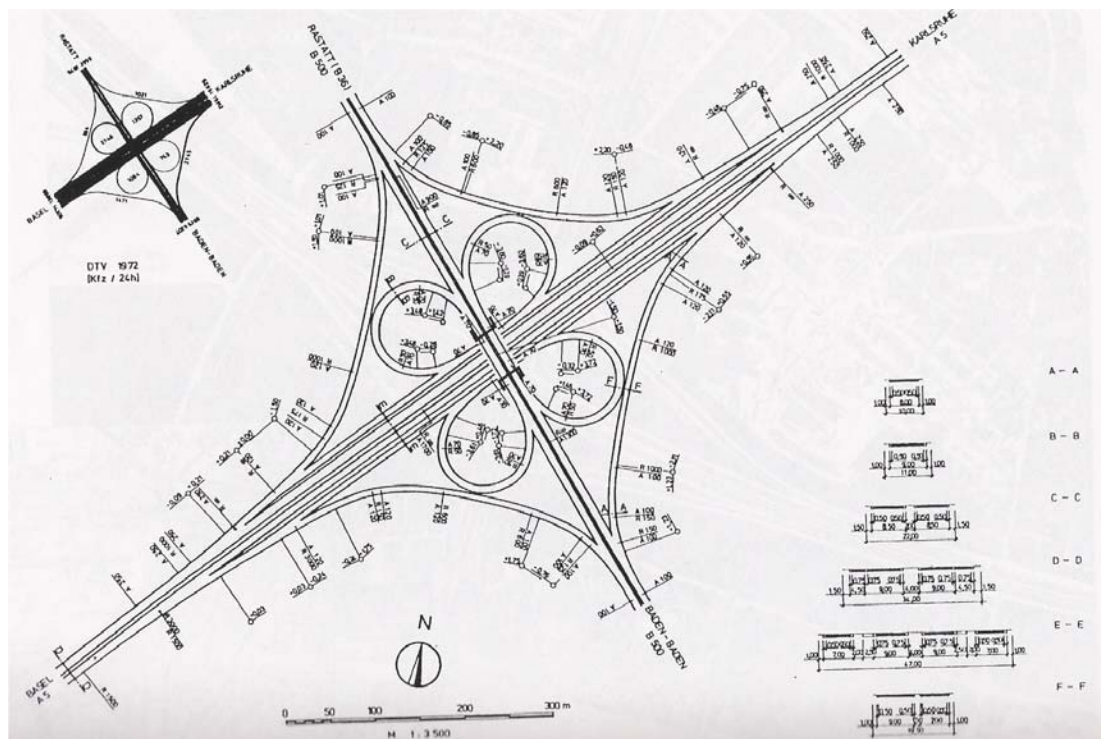
Για την σύγχρονη χάραξη και των λωρίδων έκτακτης ανάγκης ισχύει ότι και για τις περιοχές εξόδου.

Κατ' εξαίρεση εάν σε ένα διερχόμενο οδόστρωμα δεν υπάρχει λωρίδα έκτακτης ανάγκης, τότε στη συμβολή πρέπει να προβλεφθεί μία λωρίδα έκτακτης ανάγκης με μήκος περίπου 150 m, στη λωρίδα ενσωμάτωσης.

1.5 Ο ΑΝΙΣΟΠΕΔΟΣ ΚΟΜΒΟΣ ΜΟΡΦΗΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΤΕΤΡΑΦΥΛΛΟΥ

1.5.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

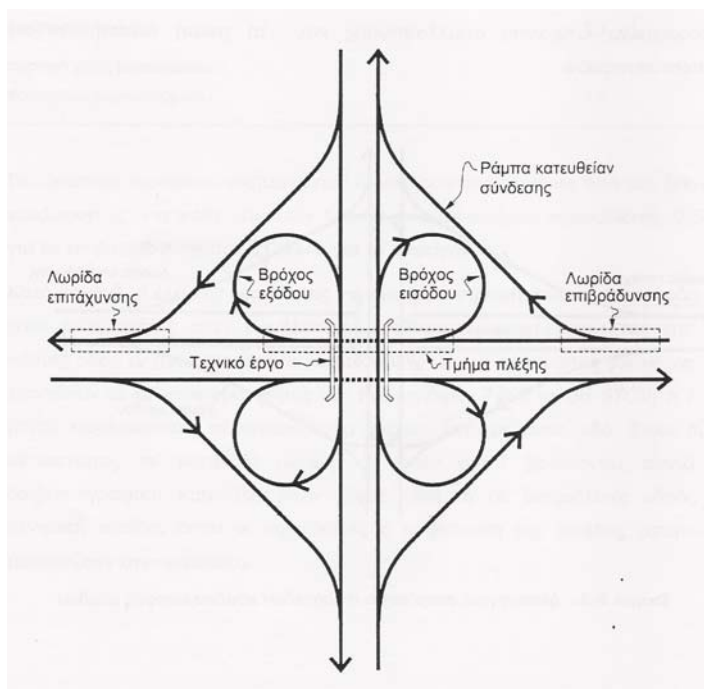
Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρείται η αυτοματοποίηση στην σχεδίαση της οριζοντιογραφίας και των μηκοτομών των κλάδων απ' ευθείας σύνδεσης ενός ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου.



Σχήμα 1.5.1 Μελέτη οριζοντιογραφίας ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου ^[1]

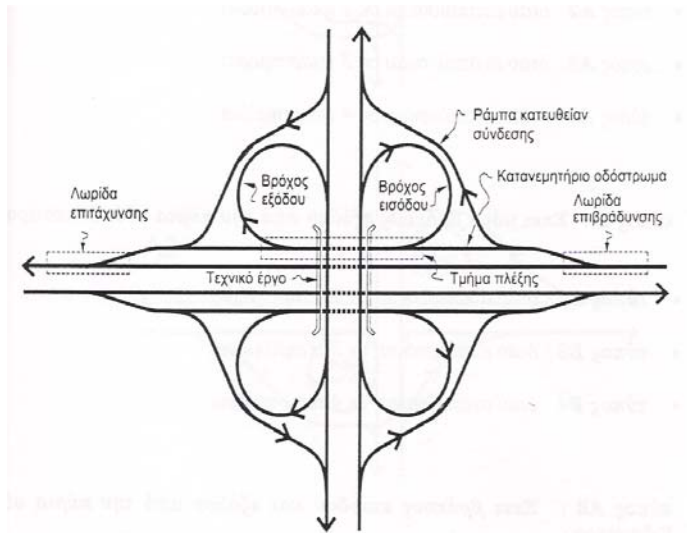
Ο κόμβος αναπτύσσεται στα τέσσερα τεταρτημόρια και εξυπηρετεί δύο συνδέσεις των δύο οδών σε κάθε ένα από αυτά (μία κατ' ευθείαν και ένα βρόχο). Όλες οι κινήσεις είναι δεξιόστροφες, αφού οι αριστερόστροφες αντικαθίστανται από τους βρόχους. Η συγκεκριμένη μορφή κόμβου είναι η μοναδική στην οποία δεν παρουσιάζονται ισόπεδες διασταυρώσεις στις κινήσεις κατά τη μετάβαση από τη μία οδό στην άλλη. Επομένως θα

μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ο κόμβος που μεταξύ άλλων προσφέρει τη μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια και την μεγαλύτερη κυκλοφοριακή ικανότητα αφού η ροή θεωρητικά είναι συνεχής. Δεν υπάρχουν ισόπεδες διασταυρώσεις και σηματοδότες. Συγχρόνως όμως οι αποστάσεις που πρέπει να διανυθούν είναι μεγαλύτερες από κάθε άλλο κόμβο.



Σχήμα 1.2.1 Λειτουργικό σκαρίφημα ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου^[1]

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πάλι ένας ανισόπεδος κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου με κατανεμητήριο οδόστρωμα στην κύρια οδό. Με το κατανεμητήριο οδόστρωμα επιτυγχάνεται ενιαία έξοδος πριν από το τεχνικό έργο για τους δεξιά και αριστερά στρέφοντες από την κύρια οδό. Επιπλέον, το τμήμα πλέξης είναι εκτός του κύριου οδοστρώματος και της διερχόμενης από τον κόμβο κυκλοφορίας.



Σχήμα 1.5.2 Λειτουργικό σκαρίφημα ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου με καταναμητήρια οδοστρώματα^[1]

Βασικό χαρακτηριστικό της λειτουργίας ενός κόμβου είναι η σχετική υψομετρική θέση κύριας και δευτερεύουσας οδού ^[1]. Είναι προτιμότερος ο υποβιβασμός της πρωτεύουσας (κυρίας) οδού, όταν η τοπογραφία, το κόστος και περιβαλλοντικοί παράγοντες το επιτρέπουν. Στην περίπτωση αυτή:

- Οι ράμπες εξόδου (από την κύρια οδό) είναι σε ανωφέρεια και ως εκ τούτου υποβοηθείται η επιβράδυνση της εξερχόμενης κυκλοφορίας, ενώ οι ράμπες εισόδου είναι σε κατωφέρεια και υποβοηθείται η επιτάχυνση της εισερχόμενης κυκλοφορίας.
- Η απόσταση ορατότητας ως την έξοδο είναι καλύτερη.
- Η θέα της ράμπας εξόδου στον οδηγό της κυρίας οδού είναι καλύτερη.
- Με τη θέα της γέφυρας προειδοποιείται ο οδηγός για την πιθανή παρουσία ανισόπεδου κόμβου και έχει περισσότερο χρόνο να προσδιορίσει ποια είναι η επιθυμητή έξοδος, να επιλέξει κατάλληλη λωρίδα και να προσαρμόσει την ταχύτητά του στην ταχύτητα εξόδου.
- Η θέα των διασταυρούμενων οδών, πάνω από την κύρια οδό (ελεύθερη λεωφόρο), διευκολύνει τον οδηγό της ελεύθερης λεωφόρου, ο οποίος μπορεί να αισθάνεται πλήξη ή κούραση, να βρίσκεται σε εγρήγορση.

- Ελεύθερες λεωφόροι που βρίσκονται σε όρυγμα παρουσιάζουν χαμηλότερες στάθμες θορύβου από εκείνες που βρίσκονται σε επίχωμα.

1.5.2 ΛΩΡΙΔΕΣ ΠΛΕΞΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΕΜΗΤΗΡΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ^[11]

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται στην συγκεκριμένη μορφή κόμβου την οποία εξετάζουμε, η θέση του άκρου μιας λωρίδας εισόδου σε σχέση με το άκρο μίας αντίστοιχης εξόδου. Πρέπει να αναφερθεί ότι ο μηχανικός οδηγείται στην υιοθέτηση τέτοιας διάταξης διότι το κόστος μειώνεται αισθητά.

Για τη σύνδεση δύο κλάδων μορφής βρόχου υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις :

- Απ' ευθείας σύνδεση των βρόχων με τη δεξιά λωρίδα του αυτοκινητοδρόμου
- Σύνδεση μέσω διανεμητήριας λωρίδας (κατανεμητήριο οδόστρωμα) κυκλοφορίας.

Η απ' ευθείας σύνδεση δημιουργεί σημαντικά προβλήματα κυρίως όταν οι κλάδοι εισόδου αποτελούνται από δύο λωρίδες κυκλοφορίας, και σχηματίζουν με την κύρια οδό γωνία 9-22 g. Πιο συγκεκριμένα ελαττώνεται η ορατότητα των οδηγών της δεξιάς λωρίδας της κύριας οδού, που επιθυμούν να εξέλθουν στον επόμενο βρόχο εξόδου από τους οδηγούς που εισέρχονται από το βρόχο εισόδου.

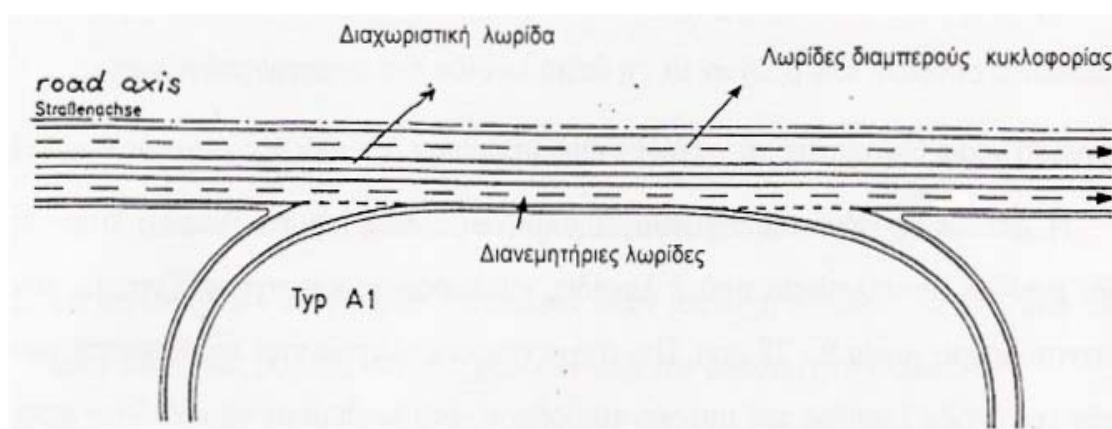
Η ύπαρξη κατανεμητήριας λωρίδας επιλύει μερικώς το πρόβλημα. Όμως, η κατάσταση δυσχεραίνεται όταν η κατανεμητήρια λωρίδα έχει μικρό μήκος εντός του οποίου κάποιοι οδηγοί οφείλουν να επιβραδύνουν, ενώ την ίδια στιγμή κάποιοι άλλοι επιβάλεται να επιταχύνουν. Για το λόγο αυτό η χωρητικότητα και ασφάλεια της κατανεμητήριας εξαρτάται σημαντικά από το μήκος της.

Η σύνδεση των τμημάτων πλέξης με την οδό μπορεί να γίνει με κάποιον από τους παρακάτω τρόπους :

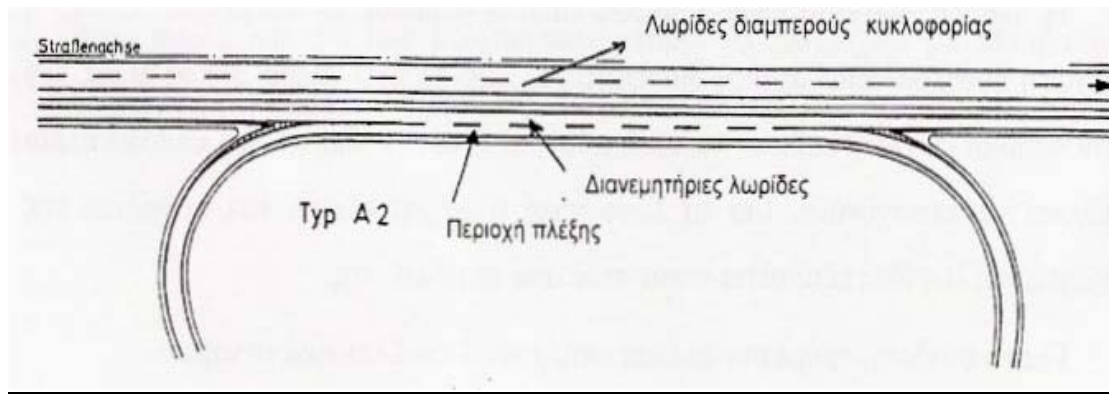
- Απ' ευθείας σύνδεση της περιοχής πλέξης με τις λωρίδες του αυτοκινητοδρόμου (με ή χωρίς λωρίδα πλέξης)
- Κατανεμητήριες λωρίδες πλέον των λωρίδων του αυτοκινητοδρόμου (με ή χωρίς λωρίδα πλέξης)
- Κατανεμητήρια λωρίδα πλέον των λωρίδων του αυτοκινητοδρόμου (με ή χωρίς λωρίδα πλέξης)

Ο συνδυασμός των παραπάνω γεωμετρικών μορφών για τη σύνδεση κλάδων βρόχων και τμημάτων πλέξης οδηγεί σε έξι τύπους τμημάτων πλέξης.

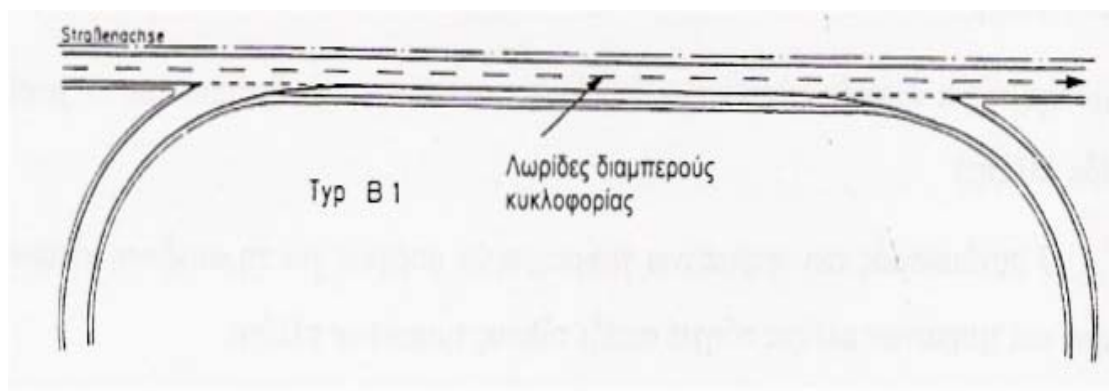
1. Τύπος A1 Σχ 1.5.2.1
2. Τύπος A2 Σχ 1.5.2.2
3. Τύπος B1 Σχ 1.5.2.3
4. Τύπος B2 Σχ 1.5.2.4
5. Τύπος C1 Σχ 1.5.2.5
6. Τύπος C2 Σχ 1.5.2.6



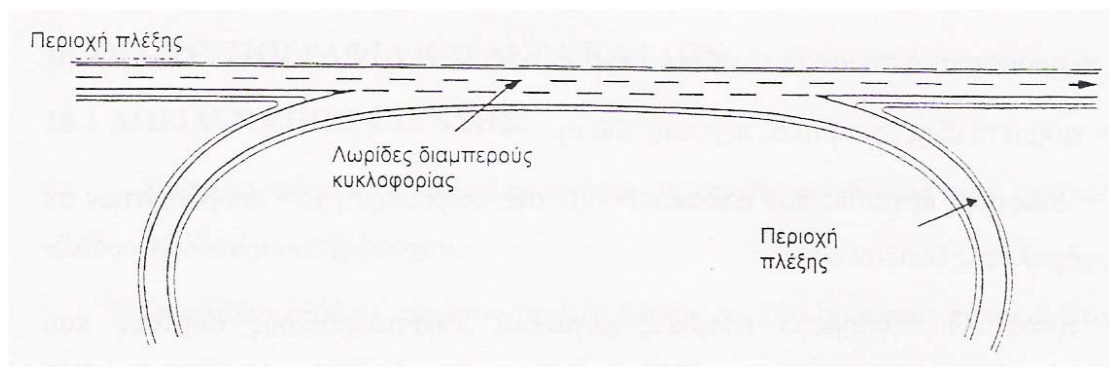
Σχήμα 1.5.2.1 Σύνδεση κλάδων βρόχων και τμημάτων πλέξης (Τύπος A1) ^[1]



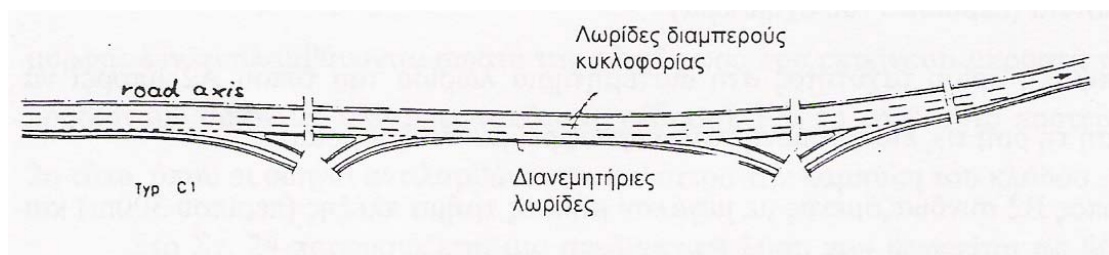
Σχήμα 1.5.2.2 Σύνδεση κλάδων βρόχων και τμημάτων πλέξης (Τύπος A2)^[11]



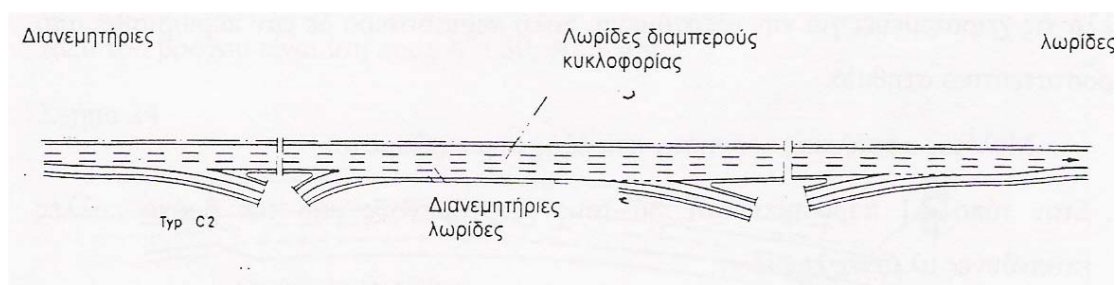
Σχήμα 1.5.2.3 Σύνδεση κλάδων βρόχων και τμημάτων πλέξης (Τύπος B1)^[11]



Σχήμα 1.5.2.4 Σύνδεση κλάδων βρόχων και τμημάτων πλέξης (Τύπος B2)^[11]



Σχήμα 1.5.2.5 Σύνδεση κλάδων βρόχων και τμημάτων πλέξης (Τύπος C1)^[11]



Σχήμα 1.5.2.6 Σύνδεση κλάδων βρόχων και τμημάτων πλέξης (Τύπος C2)^[11]

Στην πλειονότητα των κανονισμών γεωμετρικού σχεδιασμού οδών συναντάται ο τύπος A1. Οι τύποι B1 και B2 χρησιμοποιούνται στις συνδέσεις με δευτερεύουσες οδούς. Οι τύποι C1 και C2 χρησιμοποιούνται σπανίως. Κατά τους Γερμανικούς Κανονισμούς RAL-K-2 προτείνεται σχεδιασμός σύμφωνα με τον τύπο A2.

Λωρίδες πλέξης γειτνιάζουσες με τις λωρίδες κύριας κυκλοφορίας επιτρέπονται όταν :

- Δεν αναμένονται προβλήματα συμφόρησης στην περιοχή πλέξης
- Το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας στην κύρια οδό δεν ξεπερνά τα 80 έως 100 χλμ/ώρα
- Η πληροφοριακή σήμανση είναι επαρκής
- Το τμήμα πλέξης έχει μήκος περίπου 300 m.

Διάφορες εργασίες που αποσκοπούσαν στη διερεύνηση των προβλημάτων σε περιοχές πλέξης έδειξαν ότι ^[11] :

1. Ο τύπος A1 εξυπηρετεί επαρκώς μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους που συμβάλουν στην κύρια κυκλοφορία, υπό τον όρο ότι η διαμπερής κυκλοφορία είναι μικρή
2. Ο τύπος A2 εξυπηρετεί επαρκώς μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους οι οποίοι πλέκονται (περίπου 1700 οχ/ώρα)
3. Η επιβολή ορίου ταχύτητας στη διανεμητήρια λωρίδα του τύπου A2 μπορεί να βελτιώσει τη ροή της εισερχόμενης στο κυρίως ρεύμα κυκλοφορίας
4. Ο τύπος B2 συνδυαζόμενος με μεγάλο μήκος τμήμα πλέξης (περίπου 300m) και ακτίνα βρόχου 30m μπορεί να εξυπηρετήσει επαρκώς 800 οχ/ώρα

5. Ο τύπος B2 συνδυαζόμενος με μικρού μήκους τμήμα πλέξης (μικρότερο από 300m) και ακτίνα βρόχου 50m, βελτιώνει τις συνθήκες ροής της εισερχόμενης κυκλοφορίας αλλά τις χειροτερεύει για την εξερχόμενη, πολύ περισσότερο δε εάν περιορισθεί από προστατευτικό στηθαίο.

Μελέτες ασφάλειας οδήγησαν στα εξής συμπεράσματα ^[11]:

1. Στον τύπο A1 παρατηρούνται για τους εξερχόμενους από τον βρόχο πολλές επικίνδυνες αλλαγές λωρίδων
2. Ο τύπος A2 κρίθηκε ως ο πλέον κατάλληλος από άποψη ασφάλειας.
3. Ο τύπος B2 με μεγάλου μήκους τμήματα πλέξης (300m) είναι, λόγω τη οδηγικής συμπεριφοράς κατά την αλλαγή λωρίδων, ασφαλέστερος από ότι συνδυαζόμενος με μικρού μήκους τμήματα πλέξης (<300m)
4. Στηθαία ασφαλείας βελτιώνουν την ασφάλεια για τον τύπο B2, όταν υφίστανται μεγάλου μήκους τμήματα πλέξης
5. Λωρίδες πλέξης στο εσωτερικό ανταποκρίνονται στο σκόπο τους εάν το μήκος τους είναι μεγαλύτερο από 300m, η ακτίνα των βρόχων είναι μεγαλύτερη από 300m και υπάρχει προστατευτικό στηθαίο στα πρώτα 50m.

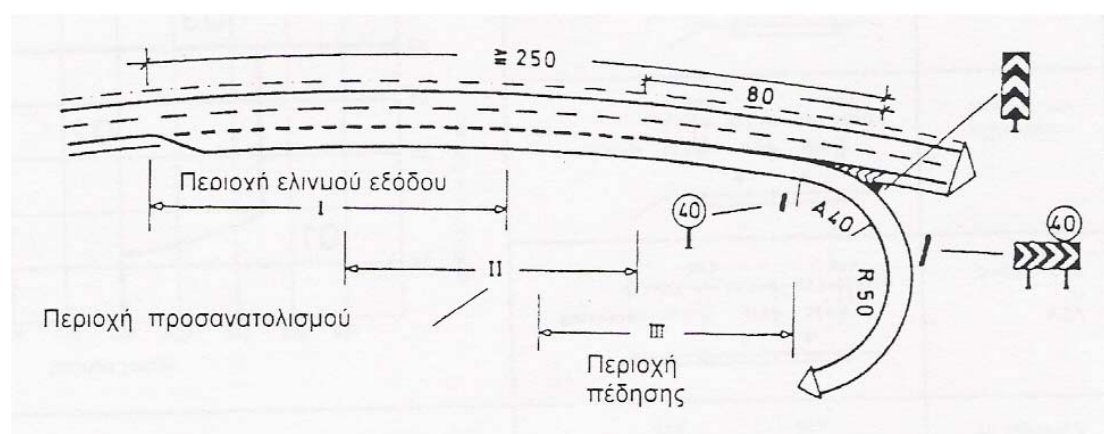
1.5.3 ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΑΚΡΑ ΚΛΑΔΩΝ - ΛΩΡΙΔΕΣ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗΣ

Στην παρούσα ενότητα διερευνάται η σχέση ασφάλειας και σχεδιασμού κλάδων εξόδου μορφής βρόχου.

Οι κλάδοι εξόδου μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικούς τύπους. Στον 1^ο τύπο η πέδηση λαμβάνει χώρα σε σύνθετη καμπύλη μετά την αιχμή της διαχωριστικής νησίδας ενώ στο 2^ο σε ευθύγραμμο τμήμα μετά την αιχμή της διαχωριστικής νησίδας.

Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι στον 1^ο τύπο οι οδηγοί λόγω της σύνθετης μορφής δεν αντιλαμβάνονται σωστά τον οδικό χώρο που εκτείνεται μπροστά τους και προβαίνουν σε βίαιες ενέργειες (απότομη πέδηση). Για το λόγο αυτό προτείνουν τον 2^ο τύπο, όπου οι οδηγοί αντιλαμβάνονται καλύτερα την καμπύλη του κλάδου.

Στο Σχ 1.5.3.1 παρουσιάζεται μια σχεδιαστική λύση που θεωρείται ως βέλτιστη. Εδώ το μήκος της παράλληλης λωρίδας επιβράδυνσης είναι μεγαλύτερο από 250m, το προστατευτικό στηθαίο πριν την αιχμή της νησίδας έχει μήκος 50m έως 80m και τέλος η παράμετρος της κλωθοειδούς που βρίσκεται πριν το κυκλικό τόξο του βρόχου είναι ίση προς $A = 30, 40$ ή 50 m^[11].



Σχήμα 1.5.3.1 Διαμόρφωση παράλληλης με το κύριο οδόστρωμα λωρίδας επιβράδυνσης^[11]

1.5.4 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΡΟΗ ΣΕ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΟΥΣ ΚΛΑΔΟΥΣ ΜΙΑΣ-ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Το βασικό ερώτημα που τίθεται είναι πότε οι συνδετήριοι κλάδοι πρέπει να έχουν μία ή δύο λωρίδες κυκλοφορίας. Για το σκοπό αυτό τα ελάχιστα μήκη κλάδων με δύο λωρίδες κυκλοφορίας καθορίστηκαν μετά από λεπτομερή εξέταση της οδηγικής συμπεριφοράς και της διαδικασίας προσπέρασης πάνω στον κλάδο. Τα ελάχιστα μήκη προσπέρασης θεωρήθηκαν “κρίσιμα μήκη” και συγκρίθηκαν με τα ελάχιστα από τους κανονισμούς, προτεινόμενα μήκη. Το βέλτιστο μήκος προσπέρασης κυμαίνεται μεταξύ 220 και 260 m.

Σε κλάδους δύο λωρίδων κυκλοφορίας με μικρή καμπυλότητα και μεγάλο μήκος η μέση ταχύτητα είναι της ίδιας τάξεως με αυτή στον αυτοκινητόδρομο.

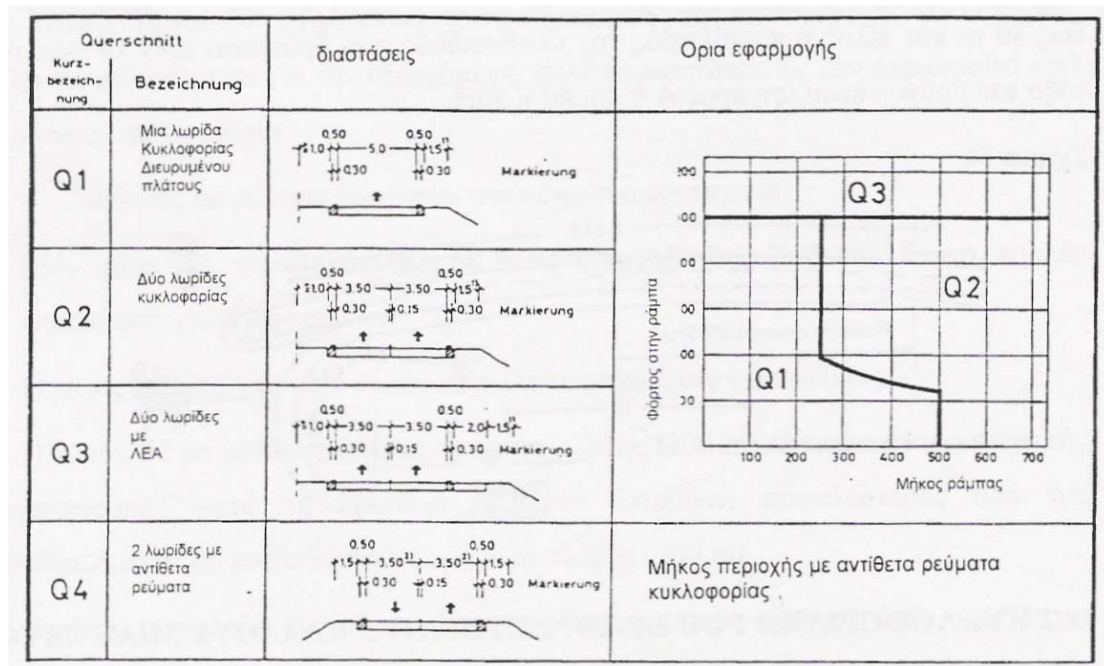
1.5.5 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΡΟΗ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΚΛΑΔΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΣΕ ΜΙΑ

Η παρούσα ενότητα εξετάζει την κυκλοφοριακή ροή στα άκρα συνδετήριων κλάδων μετά από συρρίκνωση δύο λωρίδων σε μία, με βάση :

α) 4 διατομές κλάδων (Σχ1.5.5.1)

β) τους αντίστοιχους τύπους άκρων εισόδου και εξόδου

Ο τύπος Q1 αφορά κλάδο μίας λωρίδας κυκλοφορίας με μικρό κυκλοφοριακό φόρτο, ο τύπος Q2 κλάδο δύο λωρίδων κυκλοφορίας χωρίς Λ.Ε.Α. (Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης), ο τύπος Q3 κλάδο δύο λωρίδων κυκλοφορίας με Λ.Ε.Α. ενώ ο τύπος Q4 αναφέρεται σε αντίθετα ρεύματα κυκλοφορίας.



Σχήμα 1.5.5.1 Διατομές κλάδων ανισόπεδων κόμβων [3]

1.6 ΥΠΑΡΧΟΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

Οι μελέτες οδοποιίας σε όλα τους τα στάδια, εκπονούνται κατά κανόνα με τη βοήθεια πακέτων λογισμικού μέσω σχεδιαστικών προγραμμάτων σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Με την εξέλιξη της πληροφορικής και την ευχρηστία που χαρακτηρίζει τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα σε επίπεδο λογισμικού, δίνεται η δυνατότητα μεγάλου ποσοστού αυτοματοποίησης της διαδικασίας υπολογισμού και σχεδίασης κατά τη μελέτη ενός ή περισσότερων οδικών τμημάτων. Η χρήση των λογισμικών πακέτων προσφέρει πιο ακριβή αποτελέσματα και σχέδια σε μικρότερο χρόνο και κατά συνέπεια η αποδοχή τους είναι ευρύτατη.

Στην ελληνική αγορά τα πλέον διαδεδομένα και ευρέως χρησιμοποιούμενα πακέτα λογισμικού είναι τα εξής :

- ❑ «ΟΔΟΣ» της εταιρίας «ΟΔΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ»
- ❑ «ΟΔΟΠΟΙΙΑ TESSERA» της εταιρίας «Anadelta Software»
- ❑ «PROST» της εταιρίας «SierraSoft»
- ❑ «CIVIL DESIGN» εταιρίας «Autodesk»
- ❑ «InRoads» της εταιρίας «InterGraph»
- ❑ «MX-MOSS» της εταιρίας «Intrasoft»

Οι δυνατότητες των παραπάνω προγραμμάτων είναι παρόμοιες. Η λογική που ακολουθείται κατά τη διαδικασία της μελέτης μίας οδού με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι κοινή για όλα τα προγράμματα.

Αρχικά δημιουργείται ψηφιακή πληροφορία εδάφους ώστε να σε συνδυασμό με την οριζοντιογραφική χάραξη να προκύψουν η μηκοτομή, οι διατομές και το διάγραμμα Bruckner. Στη συνέχεια επιλέγονται διαδοχικά τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής, των διατομών και παράγονται τα αντίστοιχα σχέδια. Τα παραπάνω λογισμικά προσφέρουν αρκετά στοιχεία που διευκολύνουν το μελετητή και ελαχιστοποιούν τη πιθανότητα λάθους, όπως τρισδιάστατη χάραξη σε όλες τις φάσεις της μελέτης, προοπτική απεικόνιση της οδού και προσομοίωση κίνησης οχήματος σε αυτή και αρκετά άλλα.

Στα προγράμματα «ΟΔΟΣ» και «ΟΔΟΠΟΙΙΑ TESSERA» εμπεριέχονται οι ελληνικοί κανονισμοί χάραξης οδών και οι προδιαγραφές παράδοσης μελετών. Τα παραπάνω είναι τα πιο διαδεδομένα προγράμματα στη χώρα μας με ελληνικό περιβάλλον χρήσης και δομή και λειτουργία με βάση τα ελληνικά δεδομένα.

Τα υπόλοιπα προγράμματα έχουν ξένη προέλευση. Το «PROST» είναι Ιταλικό, με εξελληνισμό περιβάλλον χρήσης, το «CIVIL DESIGN», το «InRoads» και το «MX-MOSS» αμερικάνικα. Πέρα από τη μελέτη οδικών τμημάτων τα περισσότερα από αυτά τα προγράμματα παρέχουν τη δυνατότητα μελέτης υδραυλικών έργων, σιδηροδρομικών χαράξεων και μελετών αεροδρομίων.

Όσον αφορά τη μελέτη οδικών κόμβων, ξεχωριστές δυνατότητες που αφορούν μόνο ισόπεδους κόμβους προσφέρουν το «InRoads» και το «MX-MOSS» με τα προγράμματα “Rids” και “MXROAD” αντίστοιχα. Σε αυτά υπάρχουν κάποια στοιχεία τυποποιημένων διαδικασιών σχεδίασης των ειδικών τμημάτων μίας οδού που είναι οι κόμβοι. Σε αντίθεση με τους ανισόπεδους κόμβους που κανένα ολοκληρωμένο πακέτο λογισμικού, δεν παρέχει τη δυνατότητα αυτοματοποίησης του σχεδιασμού ενός κόμβου σαν ενιαίο τμήμα που συνδέει δύο ή περισσότερες οδούς. Η σχεδίαση ενός ανισόπεδου κόμβου με τη βοήθεια των προγραμμάτων αυτών θα ακολουθούσε τη διαδικασία μελέτης ανεξάρτητων οδικών τμημάτων τέτοιας μορφής ώστε να συνθέτουν ένα ανισόπεδο κόμβο.

Ένα άλλο πακέτο λογισμικού που αφορά τη σχεδίαση οδών και συγκεκριμένα οδικών κόμβων, αναπτύχθηκε στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας «Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων»^[12]. Στη συγκεκριμένη εργασία δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα το οποίο αυτοματοποιεί τη διαδικασία σχεδιασμού, σε επίπεδο οριζοντιογραφίας, κυρίως ισόπεδων κόμβων και δευτερευόντως ανισόπεδων μορφής πλήρους τετράφυλλου και μορφής «ρόμβου», των τελευταίων με ελάχιστες δυνατότητες παραμετροποίησης και επιλογής των γεωμετρικών τους στοιχείων.

1.7 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Γενικά η κατασκευή ενός ανισόπεδου κόμβου αποτελεί ένα μεγάλο τεχνικό έργο που απαιτεί υψηλό κόστος. Ειδικότερα το τετράφυλλο είναι η μορφή κόμβου που κατά κανόνα καταλαμβάνει την μεγαλύτερη επιφάνεια και απαιτεί οκτώ διαφορετικούς κλάδους (τεχνικά έργα) για τη σύνδεση των οδών. Είναι φανερό ότι για την κατασκευή ενός τέτοιου κόμβου απαιτείται μεγάλη έκταση προς απαλλοτρίωση και φυσικά πολύ μεγάλο κόστος.

Η μελέτη ενός κόμβου είναι αρκετά σύνθετη και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή από τον μηχανικό, ώστε το αποτέλεσμα να καλύπτει τα υψηλά επίπεδα ασφάλειας, κυκλοφοριακής ικανότητας και λειτουργικότητας του κόμβου που θέτουν οι κανονισμοί και οι εκάστοτε προδιαγραφές αλλά και να διατηρείται το κόστος του έργου σε αποδεκτά επίπεδα. Η γεωμετρία του κόμβου είναι αυτή που μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια κατά την κίνηση σε αυτόν, την συνεχή ροή, την επαρκή ορατότητα και την λειτουργικότητα.

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό, πέρα από την αναφορά στα κυριότερα χαρακτηριστικά των κόμβων μορφής πλήρους τετράφυλλου, τη δημιουργία και παρουσίαση ενός λογισμικού σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας του κόμβου και των μηκοτομών των κλάδων απ' ευθείας σύνδεσης. Ο χρήστης του προγράμματος θα έχει τη δυνατότητα να παράγει την οριζοντιογραφία και τις μηκοτομές των κλάδων, δίνοντας στο πρόγραμμα γεωμετρικά στοιχεία των οδών που συνδέονται, των βρόχων, των ραμπών και των τόξων στρογγύλευσης. Στο εμπόριο δεν συναντώνται – όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1.6 - πακέτα λογισμικού τα οποία να εξειδικεύονται στην σχεδίαση και τους υπολογισμούς που αφορούν την μελέτη ανισόπεδων κόμβων. Αυτή αντιμετωπίζεται τμηματικά και ο κάθε κλάδος μελετάται σαν τμήμα οδού, με τους περιορισμούς και τις δεσμεύσεις που χαρακτηρίζουν, όπως αναφέρεται σε προηγούμενα κεφάλαια, τη μελέτη των ανισόπεδων κόμβων. Η απουσία εξειδικευμένων πακέτων λογισμικού όσον αφορά αποκλειστικά τη μελέτη ανισόπεδων οφείλεται στο ότι κυρίως λόγω ανεπαρκούς διατεθειμένης έκτασης στην περιοχή κατασκευής του κόμβου, οι μελετητές πολλές φορές επιλέγουν συνδυασμένες μορφές κόμβων (π.χ. μερικά τετράφυλλα,

τρομπέτες) κρίνοντας με βάση την ελάχιστη δυνατή κατάληψη έκτασης από τον κόμβο που συνεπάγεται και ελάχιστο δυνατό κόστος.

Το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε σε επίπεδο εργασίας, καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα των επιμέρους στοιχείων της μελέτης οριζοντιογραφίας και μηκοτομών, τα οποία καλείται να υπολογίσει, να σχεδιάσει και να ελέγξει ο μηχανικός. Αυτοματοποιείται πλήρως η διαδικασία των υπολογισμών, της σχεδίασης και τμήματος των απαιτούμενων ελέγχων με βάση τους κανονισμούς, ενώ η εισαγωγή των δεδομένων από το χρήστη γίνεται σε φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον. Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται μία σύντομη παρουσίαση της χρήσης και της λειτουργίας του προγράμματος, αναφορές στους κανονισμούς με βάση τους οποίους το πρόγραμμα σχεδιάζει και ελέγχει και παρουσίαση παραδείγματος σχεδίασης ενός κόμβου με εικόνες και σχήματα.

2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

2.1 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

2.1.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το περιβάλλον εργασίας είναι το σχεδιαστικό πακέτο λογισμικού (CAD) της Bentley, Microstation SE. Το συγκεκριμένο πακέτο δίνει τη δυνατότητα προγραμματισμού σε Visual Basic μέσω της ενσωματωμένης γλώσσας που ονομάζει Microstation Basic Extension. Η γλώσσα είναι βασισμένη στην αντίστοιχη της Microsoft προσθέτοντας εργαλεία και εντολές ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία και η κλήση των σχεδιαστικών εντολών του Microstation. Το Microstation επιτρέπει την εξαγωγή αρχείων σε μορφή αναγνώσιμη από το AutoCAD 14+ της AutoDesk. Εξάλλου μέσω του πακέτου και των δυνατοτήτων προγραμματισμού μπορεί να δημιουργηθεί ένα εύχρηστο και φιλικό περιβάλλον για το χρήστη. Ο κώδικας του προγράμματος σχεδιασμού του ανισόπεδου κόμβου αποτελείται από μικρά υποπρογράμματα (μακροεντολές) τα οποία καλούνται αυτόματα. Τα υποπρογράμματα αυτά επικοινωνούν μεταξύ τους και δημιουργούν αρχεία κειμένου (ASCII - American Standard Code for Information Interchange) τα οποία περιέχουν αριθμητικά και αλφαριθμητικά δεδομένα. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης της εκάστοτε εργασίας με τη μορφή αρχείων που περιέχουν τα δεδομένα που έχουν δοθεί στο πρόγραμμα.

2.1.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Οι ελληνικοί κανονισμοί ΟΜΟΕ δεν καλύπτουν πλήρως το αντικείμενο των ανισόπεδων κόμβων, επομένως χρησιμοποιούνται οι Γερμανικοί Κανονισμοί RAL-K-2^[3] οι οποίοι αναφέρονται και καλύπτουν πλήρως τη μελέτη ανισόπεδων κόμβων. Στο παράρτημα υπάρχει ελληνική απόδοση αναφορών στους Αμερικανικούς κανονισμούς AASHTO. Στοιχεία των Γερμανικών Κανονισμών τα οποία κρίθηκαν απαραίτητα για την επεξήγηση συγκεκριμένων στοιχείων αναφέρονται και στο «**Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή**».

2.1.3 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Όσον αφορά την οριζοντιογραφία του κόμβου αυτής της μορφής μπορούν να διαχωριστούν τρεις κατηγορίες σχεδιαστικών ομάδων. Αρχικά την κύρια και τη δευτερεύουσα οδό, τους βρόχους που όπως προαναφέρθηκε αντικαθιστούν τις αριστερόστροφες κινήσεις και τέλος τις ράμπες απ'ευθείας σύνδεσης από τη μία οδό στην άλλη. Στα παραπάνω θα προστεθούν περιοχές συνδέσεων με τμήματα και λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης και κατά περίπτωση τα κατανεμητήρια οδοστρώματα.

Η μελέτη ενός ανισόπεδου κόμβου περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία οδοποιίας που αφορούν τη μελέτη μιας υπεραστικής ή αστικής οδού καθώς και πολλά επιμέρους στοιχεία τα οποία συναντώνται μόνο σε ανισόπεδους κόμβους. Λόγω της πληθώρας των στοιχείων αυτών γίνονται εξ' αρχής ορισμένες παραδοχές οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω κατά την επεξήγηση της δομής και λειτουργίας του προγράμματος.

Κατά την επεξήγηση της λειτουργίας του προγράμματος θα χρησιμοποιούνται οι όροι «βρόχοι» και «ράμπες» για τους αντίστοιχους κλάδους, διότι ο ορθότερος όρος «κλάδος απ' ευθείας σύνδεσης» είναι γενικότερος και ίσως προκαλέσει σύγχυση.

2.1.4. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Ξεκινώντας τη μελέτη του κόμβου θεωρείται ότι έχουν σχεδιαστεί οι δύο διασταυρούμενες οδοί και πρέπει να μελετηθεί και να σχεδιαστεί ένας κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου που θα συνδέει τις οδούς αυτές. Στα παραδείγματα που θα ακολουθήσουν δεν θα έχουν σχεδιαστεί οδοί αλλά θα θεωρούνται ως άξονες δύο τυχαίες τεμνόμενες ευθείες όπου δίνοντας το πλάτος των οδών θα σχεδιάζονται από το πρόγραμμα τα τμήματα της κύριας και της δευτερεύουσας οδού τα οποία βρίσκονται στην περιοχή του κόμβου. Επομένως ως βασική αρχή το πρόγραμμα απαιτεί να δοθούν τέσσερα (4) σημεία με συντεταγμένες X,Y,Z τα οποία να ενώνοντάς τα ανά δύο να σχηματίζουν δύο ευθείες οι οποίες τέμνονται. Στη συνέχεια εισάγονται τα στοιχεία της οριζόντιας και κατακόρυφης χάραξης για την εξαγωγή των σχεδίων και των υπολογισμών. Στη συνέχεια αναλύεται εκτενώς ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων και οι επιλογές που παρέχει το πρόγραμμα.

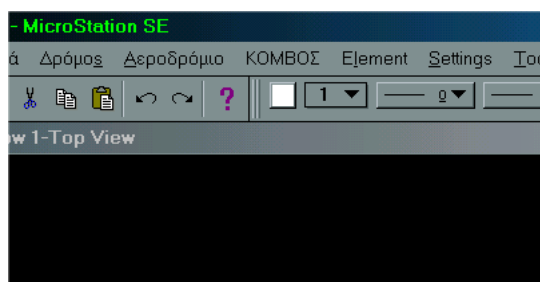
Για να υπάρχει ομοιογένεια στα διάφορα σχέδια και αποτελέσματα που εξάγει το πρόγραμμα κατά σύμβαση θα ονομάζονται πάντα ως **ΟΔΟΣ 12** η οδός που στο ορθοκανονικό σύστημα XY του Microstation (αρχή το σημείο (0,0) και άξονα των x οριζόντιο και των y κατακόρυφο) έχει αλγεβρικά μεγαλύτερη οριζοντιογραφική κλίση ($\tan(a)$, όπου $a \in [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$), και **ΟΔΟΣ 34** η άλλη. Τα αρχικά σημεία τα οποία εισάγονται και ορίζουν τους άξονες των δύο οδών, πρέπει να ακολουθούν μόνο τον κανόνα που αναφέρθηκε αρχικά. Στη συνέχεια το πρόγραμμα, αν χρειαστεί, τροποποιεί αυτόματα την αρίθμηση των σημείων ώστε η οδός 12 (που ορίζεται από τα σημεία 1 (X_1, Y_1, Z_1) και 2(X_2, Y_2, Z_2)) να ικανοποιεί την παραπάνω συνθήκη. Στην παράγραφο που περιγράφεται η εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα αναλύεται περαιτέρω η ονομασία των οδών.

Η ονομασία των βρόχων αντίστοιχα προκύπτει από τη σχετική θέση των οδών. Έτσι ονομάζονται οι βρόχοι ως Βρόχος I, Βρόχος II, Βρόχος III, Βρόχος IV αντίστοιχα οι ράμπες ως Ράμπα I, Ράμπα II, Ράμπα III, Ράμπα IV. Ο Βρόχος I βρίσκεται στο πρώτο τεταρτημόριο του ορθοκανονικού

συστήματος ΧΥ με αρχή το σημείο τομής των ευθειών 12 και 34 και τον άξονα των x να συμπίπτει με την ευθεία 12.

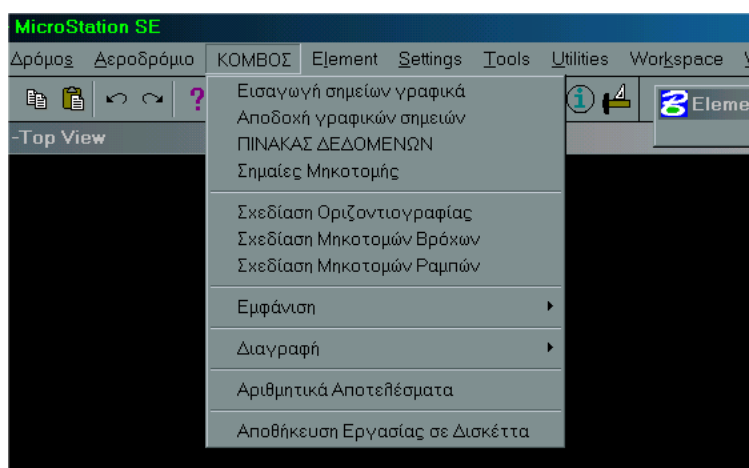
2.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Ο χρήστης χειρίζεται το πρόγραμμα μέσω του αναδιπλούμενου καταλόγου “ΚΟΜΒΟΣ” όπως φαίνεται στο σχήμα. Παρακάτω επεξηγούνται οι επιλογές του καταλόγου “ΚΟΜΒΟΣ” και η εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα μέσω πλαισίων που εμφανίζονται στην οθόνη.



Σχήμα 2.2.1 Επιλογή για εμφάνιση καταλόγων του προγράμματος σχεδιασμού κόμβου

Επιλέγοντας το “ΚΟΜΒΟΣ” ανοίγει ένας κατάλογος από όπου με τις αντίστοιχες επιλογές εμφανίζονται τα παράθυρα εισαγωγής δεδομένων, εκτελούνται τα προγράμματα σχεδίασης οριζοντιογραφίας και μηκοτομών, εμφανίζονται επιλεκτικά τα σχέδια, διαγράφονται επιλεκτικά τα σχέδια και αποθηκεύονται τα αρχεία εργασίας.

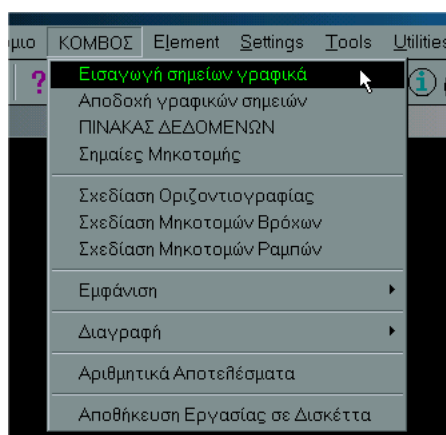


Σχήμα 2.2.2 Κατάλογος προγραμμάτων και πλαισίων διαλόγου

2.2.1. “ΚΟΜΒΟΣ”

- Εισαγωγή σημείων γραφικά

Η πρώτη επιλογή του καταλόγου δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής στο πρόγραμμα με γραφικό τρόπο (και όχι πληκτρολογώντας τις συντεταγμένες X,Y,Z) τα αρχικά σημεία του κόμβου όπως περιγράφηκαν παραπάνω.

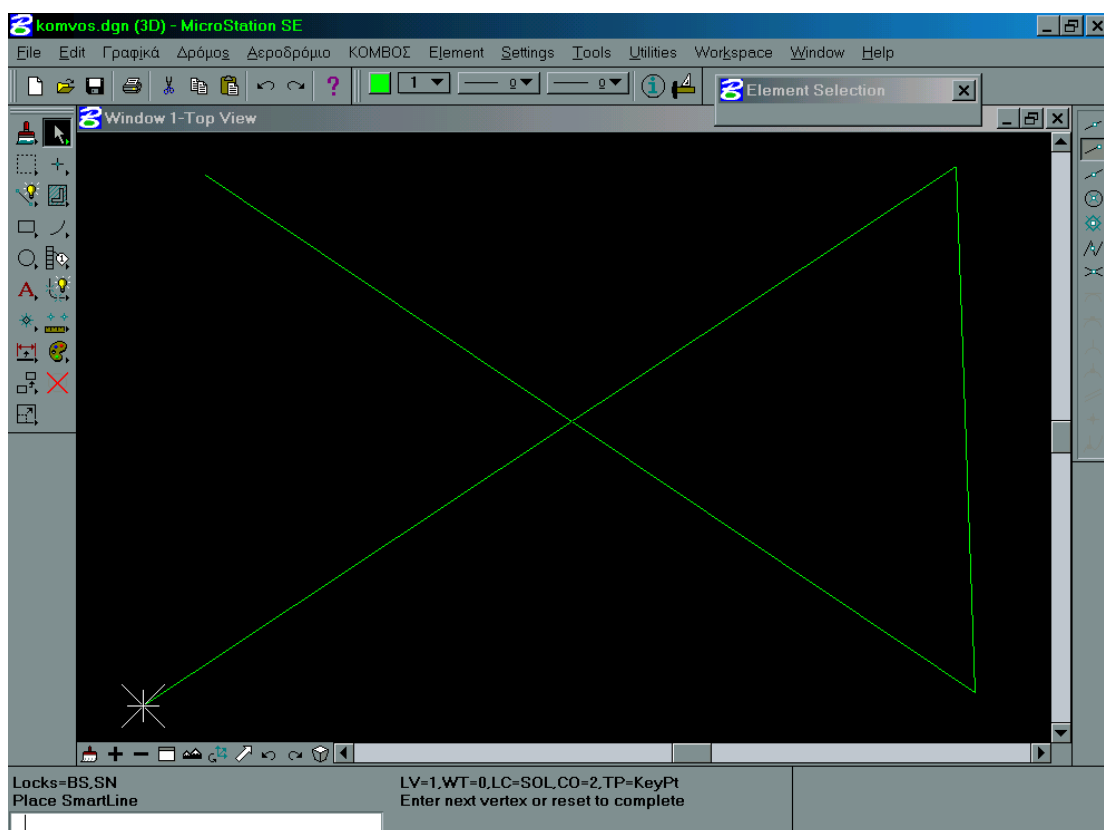


Σχήμα 2.2.3 Επιλογή για γραφική εισαγωγή σημείων

Επιλέγοντας “ Εισαγωγή σημείων γραφικά” το πρόγραμμα τίθεται σε κατάσταση αναμονής εισαγωγής των σημείων. Στην επιφάνεια σχεδίασης του Microstation επιλέγοντας τέσσερα σημεία σχεδιάζεται τελικά μια συνεχόμενη ευθεία όπως στο σχήμα **2.2.4**. Πρέπει απαραίτητα να σχηματίζονται δύο τεμνόμενες ευθείες όπως ακριβώς φαίνεται. Δεν έχει σημασία η σειρά με την οποία θα δοθούν τα γραφικά σημεία αλλά η σχετική τους θέση να είναι τέτοια ώστε γύρω από το σημείο τομής των ευθειών που ορίζουν να μπορεί να σχεδιαστεί ο κόμβος. Επομένως η σειρά με την οποία δίνονται τα σημεία είναι η εξής :

- δίνεται με το ποντίκι ένα οποιοδήποτε σημείο
- το επόμενο σημείο θα ανήκει στην ίδια ευθεία (οδό) με το προηγούμενο
- το τρίτο σημείο δεν μπορεί να είναι συνευθειακό με τα δύο προηγούμενα αλλά να σχηματίζουν τρίγωνο
- το τέταρτο και τελευταίο σημείο πρέπει να έχει τέτοια σχετική θέση ώστε η ευθεία που θα σχηματίζει με το προηγούμενο να τέμνει την ευθεία που σχηματίζουν τα δύο πρώτα σημεία

Στην περίπτωση που έχουν προηγουμένως σχεδιαστεί οι οδοί που διασταυρώνονται τα σημεία που θα δοθούν γραφικά θα ακολουθούν την παραπάνω σειρά και θα πρέπει να βρίσκονται ανά δύο επί των **αξόνων** των δύο οδών αντίστοιχα.

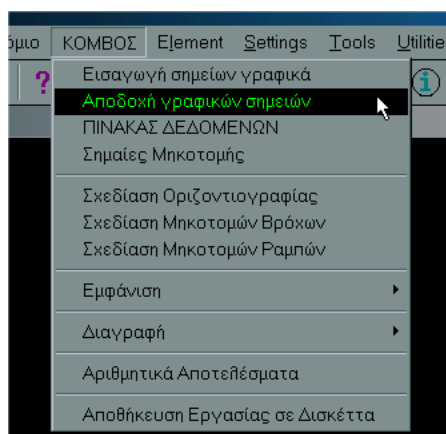


Σχήμα 2.2.4 Εισαγωγή των αρχικών σημείων με γραφικό τρόπο

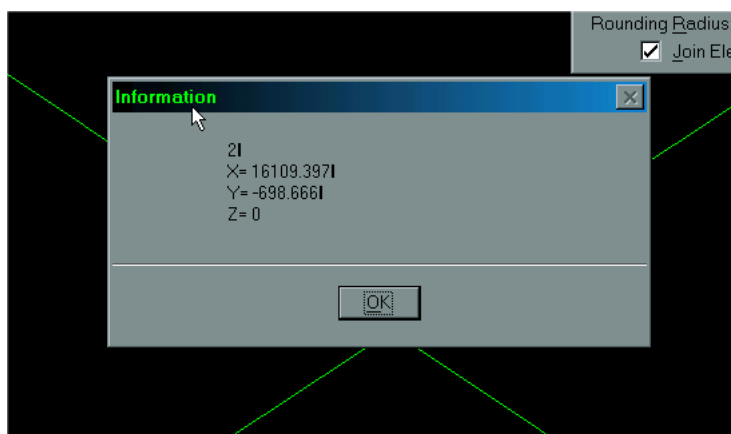
Τα σημεία τα οποία δίνονται σχηματίζουν μια συνεχή τεθλασμένη γραμμή με τέσσερις κορυφές. Το πρόγραμμα αυτόματα θα σχεδιάσει την γραμμή αυτή με πράσινο χρώμα ώστε να είναι ευδιάκριτο ότι πρόκειται για την γραφική εισαγωγή των αρχικών σημείων του κόμβου.

- **Αποδοχή γραφικών σημείων**

Επιλέγοντας το παραπάνω καταχωρούνται οι X,Y συντεταγμένες των σημείων που επιλέχθηκαν στο προηγούμενο βήμα με την “Εισαγωγή σημείων γραφικά” σε ένα αρχείο. Αποθηκεύονται με τη σειρά που δόθηκαν από το χρήστη. Ενεργοποιώντας την παραπάνω επιλογή εμφανίζονται στην οθόνη οι συντεταγμένες του κάθε σημείου.



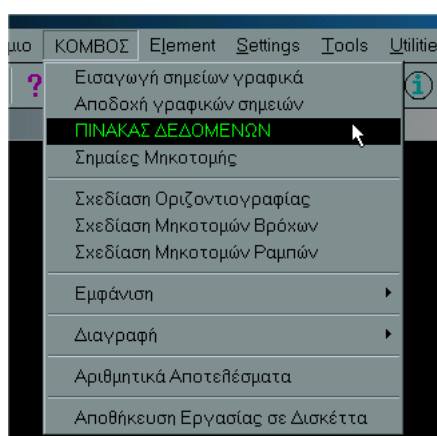
Σχήμα 2.2.5 Αποδοχή των σημείων που δόθηκαν με γραφικό τρόπο



Σχήμα 2.2.6 Επιβεβαίωση των σημείων και εμφάνιση των X,Y, συντεταγμένων αυτών

Οι πληροφορίες αυτές αποθηκεύονται στο αρχείο "lak.po".

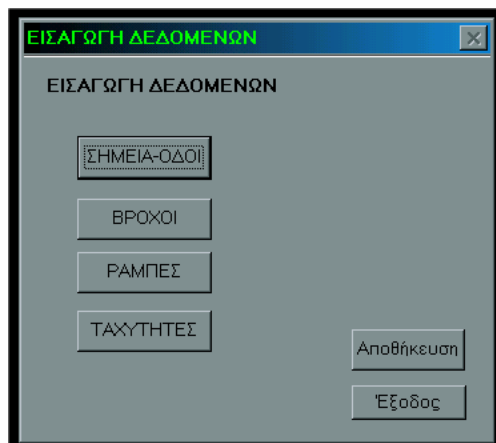
- **ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ**



Σχήμα 2.2.7 Επιλογή εμφάνισης του πλαισίου διαλόγου "ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ"

Η επόμενη επιλογή είναι ο ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ της οριζοντιογραφίας. Εδώ υπάρχει δυνατότητα να εισαχθούν όλα τα στοιχεία που αφορούν την οριζόντια χάραξη του κόμβου. Επίσης με βάση πάντα τους Γερμανικούς Κανονισμούς^[3] RAL-K-2 μπορούν για τις αποδεκτές τιμές ταχυτήτων μελέτης να εμφανιστούν οι οριακές τιμές που ορίζουν οι κανονισμοί για ορισμένα στοιχεία όπως κλωθοειδείς, ακτίνες ή κατά μήκος κλίσεις.

Επιλέγοντας τον πίνακα δεδομένων από το κατάλογο “ΚΟΜΒΟΣ” ανοίγει ένα παράθυρο με τέσσερις κύριες επιλογές (εκτός των επιλογών Αποδοχής και Εξόδου)



Σχήμα 2.2.8 Πλαίσιο διαλόγου εισαγωγής οριζοντιογραφικών δεδομένων

□ ΣΗΜΕΙΑ

Επιλέγοντας ΣΗΜΕΙΑ-ΟΔΟΙ εμφανίζεται παράθυρο στο οποίο εισάγονται οι συντεταγμένες X,Y,Z των αρχικών σημείων από το πληκτρολόγιο. Αν έχουμε δώσει γραφικά στο πρόγραμμα τα σημεία τότε θα εμφανίζονται στο παράθυρο οι συντεταγμένες X,Y και θα πρέπει να συμπληρωθούν οι Z (τα υψόμετρα των τεσσάρων σημείων). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως λόγω της ονομασίας των οδών το πρόγραμμα αφού πληκτρολογηθούν ή εισαχθούν γραφικά τα σημεία μπορεί να αλλάξει την ονομασία τους και μόνο. Στο παράδειγμα που θα ακολουθήσει γίνεται πιο κατανοητή η παραπάνω διαδικασία.

ΣΗΜΕΙΑ-ΟΔΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ

ΣΗΜΕΙΟ 1
X1 0.000000
Y1 0.000000
Z1 0.000000

ΣΗΜΕΙΟ 2
X2 0.000000
Y2 0.000000
Z2 0.000000

Πλάτη
Πλάτος δρόμου 12 0.000000
Πλάτος δρόμου 34 0.000000

ΣΗΜΕΙΟ 3
X3 0.000000
Y3 0.000000
Z3 0.000000

ΣΗΜΕΙΟ 4
X4 0.000000
Y4 0.000000
Z4 0.000000

☐ Κατανεμητήριο οδόστρωμα στην οδό 12
☐ Κατανεμητήριο οδόστρωμα στην οδό 34

Κατά μήκος κλίση 12= 0.000000 %
Κατά μήκος κλίση 34= 0.000000 %
Υψομετρική διαφορά= 0.000000 m
Η οδός 0 περνά από πάνω
Γωνία αξόνων 0.000000 μοίρες

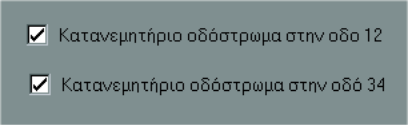
[Αποδοχή]
[Έξοδος]

Σχήμα 2.2.9 Πλαίσιο διαλόγου εισαγωγής στοιχείων που αφορούν την κύρια και τη δευτερεύουσα οδό

Στο πεδίο “Πλάτη” δίνεται το πλάτος κάθε οδού. Κατά σύμβαση ονομάζονται οδός 12 εκείνη που ορίζεται από τα σημεία 1 και 2, και αντίστοιχα οδός 34 εκείνη που ορίζεται από τα σημεία 3 και 4. Το πλάτος των οδών δίνεται σε μέτρα (m) και αντιστοιχεί στο συνολικό πλάτος των δύο κατευθύνσεων της οδού.

Κάτω από τα πλαίσια εισαγωγής των συντεταγμένων των σημείων, όταν δοθούν οι συντεταγμένες XYZ των τεσσάρων αρχικών σημείων, επιλέγοντας “Αποδοχή” εμφανίζονται οι κατά μήκος κλίσεις (%) των αξόνων των δύο οδών (όπως αυτές ορίστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο), η υψομετρική διαφορά (m) στο σημείο τομής των αξόνων, η γωνία που σχηματίζουν οι άξονες των δύο οδών και το πρόγραμμα μας πληροφορεί για το σχετικό υψομετρικό διαχωρισμό των οδών με βάση τα υψόμετρα που δόθηκαν. Διαφοροποιώντας τα διάφορα στοιχεία μπορούν με βάση αυτές τις πληροφορίες να προκύψουν αποδεκτές τιμές για τα παραπάνω χωρίς να εκτελεστεί το κύριο πρόγραμμα. Περισσότερα αναφέρονται στο παράδειγμα επόμενου κεφαλαίου.

Τέλος υπάρχει η δυνατότητα επιλέγοντας κατάλληλα να σχεδιαστούν κατανεμητήρια οδοστρώματα σε κάποια από τις δύο οδούς, σε καμία ή και στις δύο. Π.χ. αν είναι επιθυμητό να σχεδιαστούν κατανεμητήρια οδοστρώματα και στις δύο οδούς στο παράθυρο επιλέγονται τα αντίστοιχα όπως φαίνεται και στο σχήμα **2.2.10**

- 
- ☒ Κατανεμητήριο οδόστρωμα στην οδό 12
 - ☒ Κατανεμητήρια οδόστρωμα στην οδό 34

Σχήμα 2.2.10 Επιλογή σχεδίασης κατανεμητήριων οδοστρωμάτων

□ **ΒΡΟΧΟΙ**

Επιλέγοντας “ΒΡΟΧΟΙ” εμφανίζεται το παράθυρο του σχήματος **2.2.12** στο οποίο εισάγονται τα στοιχεία χάραξης της οριζοντιογραφίας των βρόχων. Για κάθε βρόχο δίνονται δύο παράμετροι κλωθοειδών για την είσοδο και την έξοδο από το βρόχο αντίστοιχα, καθώς και η ακτίνα. Όλες οι ακτίνες που δίνονται στο πρόγραμμα για τη σχεδίαση οριζοντιογραφικών καμπυλών αφορούν τις εσωτερικές οριογραμμές.

ΒΡΟΧΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΒΡΟΧΩΝ

ΒΡΟΧΟΣ I
 Αεισ. 0.000000
 Αεξ. 0.000000
 R1 0.000000

ΒΡΟΧΟΣ II
 Αεισ. 0.000000
 Αεξ. 0.000000
 R2 0.000000

ΒΡΟΧΟΣ III
 Αεισ. 0.000000
 Αεξ. 0.000000
 R3 0.000000

ΒΡΟΧΟΣ IV
 Αεισ. 0.000000
 Αεξ. 0.000000
 R4 0.000000

ΜΗΚΗ ΠΛΕΞΗΣ
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων I και II 0.000000
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων II και III 0.000000
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων III και IV 0.000000
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων IV και I 0.000000
 Υπολογισμός

ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΚΛΙΣΕΙΣ
 Βρόχος I 0.000000 %
 Βρόχος II 0.000000 %
 Βρόχος III 0.000000 %
 Βρόχος IV 0.000000 %
 Υπολογισμός

Αποδοχή Έξοδος

Σχήμα 2.2.11 Παράθυρο εισαγωγής οριζοντιογραφικών στοιχείων των βρόχων

Υπάρχουν τέσσερα πλαίσια που αφορούν τον κάθε βρόχο. Πληκτρολογώντας τα παραπάνω στοιχεία πρέπει να επιλεγεί το πλήκτρο **Αποδοχή** για να αποθηκευθούν. Στα συγκεκριμένα κελιά θα εμφανίζονται πάντα οι τελευταίες τιμές που έχουν καταχωρηθεί για τη εκάστοτε εργασία. Η πληκτρολόγηση των παραπάνω στοιχείων είναι υποχρεωτική για την περαιτέρω λειτουργία του προγράμματος.

Βασικό κριτήριο για την επιλογή οριζοντιογραφικών στοιχείων ενός βρόχου αποτελεί το διαθέσιμο μήκος στις περιοχές πλέξης μεταξύ δύο διαδοχικών βρόχων (εισόδου στην οδό και εξόδου από την οδό κατά σειρά). Στο πλαίσιο “**ΜΗΚΗ ΠΛΕΞΗΣ**” υπάρχει η δυνατότητα αφού δοθούν οι κλωθοειδείς και οι ακτίνες για κάθε βρόχο να υπολογιστεί και να εμφανιστεί το μήκος πλέξης, επιλέγοντας υπολογισμός στο αντίστοιχο πλαίσιο.

Εξάλλου και οι κατά μήκος κλίσεις των βρόχων πρέπει να βρίσκονται μέσα στα επιτρεπτά όρια των κανονισμών, ανάλογα και με την ταχύτητα μελέτης. Στο πλαίσιο “**ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΚΛΙΣΕΙΣ**” πατώντας στο κουμπί “Υπολογισμός” το πρόγραμμα εμφανίζει την κλίση του κάθε βρόχου. Έτσι αν υπάρχει η ανάγκη μεταβολής της κατά μήκος κλίσης με αλλαγή κάποιου οριζοντιογραφικού στοιχείου μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν εκτελεστεί το πρόγραμμα και δημιουργηθούν τα σχέδια.

Τα οριζοντιογραφικά στοιχεία των βρόχων καταχωρούνται στο αρχείο “lak.vro”.

□ ΡΑΜΠΕΣ

Επιλέγοντας ΡΑΜΠΕΣ αντίστοιχα με τους βρόχους μπορούν να εισαχθούν πρηκτρολογώντας οι ακτίνες και οι κλωθοειδείς των καμπύλων της κάθε ράμπας. Η ράμπα αποτελείται (διαδοχικά από την είσοδο έως την έξοδο της) από μία καμπύλη εισόδου (Αεισ, R, Αεξ), ένα ευθύγραμμο τμήμα και μία καμπύλη εξόδου (Αεισ, R, Αεξ). Φυσικά συνδέεται με τις οδούς ή τα καταναμητήρια οδοστρώματα με λωρίδες επιβράδυνσης και επιτάχυνσης. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι λέξεις είσοδος και έξοδος εδώ, αναφέρονται στις ράμπες απ' ευθείας σύνδεσης και όχι στις οδούς που συνδέουν.

ΡΑΜΠΕΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΡΑΜΠΩΝ

ΡΑΜΠΑ I			ΡΑΜΠΑ II		
ΕΙΣΟΔΟΥ		ΕΞΟΔΟΥ	ΕΙΣΟΔΟΥ		ΕΞΟΔΟΥ
Αεισ.	0.000000	Αεισ.	0.000000	Αεισ.	0.000000
Αεξ.	0.000000	Αεξ.	0.000000	Αεξ.	0.000000
R1	0.000000	R2	0.000000	R3	0.000000

ΡΑΜΠΑ III			ΡΑΜΠΑ IV		
ΕΙΣΟΔΟΥ		ΕΞΟΔΟΥ	ΕΙΣΟΔΟΥ		ΕΞΟΔΟΥ
Αεισ.	0.000000	Αεισ.	0.000000	Αεισ.	0.000000
Αεξ.	0.000000	Αεξ.	0.000000	Αεξ.	0.000000
R5	0.000000	R6	0.000000	R7	0.000000

Αποδοχή Έξοδος

Σχήμα 2.2.12 Παράθυρο εισαγωγής οριζοντιογραφικών στοιχείων ραμπών απ' ευθείας σύνδεσης

Επομένως υπάρχουν δύο καμπύλες σε κάθε ράμπα για τις οποίες πρέπει να δοθούν ακτίνες και κλωθοειδείς. Τα παραπάνω στοιχεία πρέπει να δοθούν υποχρεωτικά εκτός από την κλωθοειδή εξόδου στην καμπύλη εισόδου και την κλωθοειδή εισόδου στην καμπύλη εξόδου οι οποίες μπορούν να έχουν και μηδενικές τιμές. Σ' αυτή την περίπτωση η ράμπα θα αποτελείται από μία κλωθοειδή εισόδου, ένα κυκλικό τόξο, ένα ευθύγραμμο τμήμα, ένα κυκλικό τόξο και μια κλωθοειδή εξόδου.

Πατώντας το κουμπί Αποδοχή καταχωρούνται οι τιμές που δόθηκαν στο αρχείο "lak.tmp". Με το κουμπί έξοδος επιστρέφουμε στο παράθυρο **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**.

□ **TAXYTHTES**

Στο πλαίσιο “ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ” επιλέγοντας “TAXYTHTES” ανοίγει ένα άλλο παράθυρο διαλόγου στο οποίο δεν καταχωρείται κάποιο στοιχείο αλλά εμφανίζονται πληροφορίες για ελάχιστες και μέγιστες τιμές στοιχείων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε επιτρεπόμενες σύμφωνα με τους Γερμανικούς Κανονισμούς^[3], ταχύτητες μελέτης για βρόχο ή ράμπα. Το πρόγραμμα μας πληροφορεί για ελάχιστες τιμές οριζοντιογραφικών ακτίνων (minR), ακτίνων μηκοτομής σε κοίλωμα (minHw) ή σε κύρτωμα (minHk), ελάχιστο μήκος ορατότητας για στάση (minSh).

The screenshot shows a software window titled "TAXYTHTES". It contains three main sections:

- Βρόχοι (Curves):** A dropdown menu for "Ταχύτητα Βρόχου-km/h" is set to 30. To the right, four minimum values are listed: min R = 25, min Hw = 250, min Hk = 500, and min Sh = 25.
- Ράμπες (Ramps):** A dropdown menu for "Ταχύτητα ράμπας - km/h" is set to 30. To the right, the same four minimum values are listed: min R = 25, min Hw = 250, min Hk = 500, and min Sh = 25.
- Κατά μήκος κλίσεις (Along slopes):** Two lines of text specify maximum allowed slopes: "Μέγιστη επιτρεπόμενη κατά μήκος κλίση σε ανωφέρεια 5,0%" and "Μέγιστη επιτρεπόμενη κατά μήκος κλίση σε κατωφέρεια 6,0%".

At the bottom of the window are two buttons: "Αποδοχή" (Accept) and "Έξοδος" (Exit).

Σχήμα 2.2.13 Παράθυρο εμφάνισης ελάχιστων τιμών κατά RAL-K-2^[3]

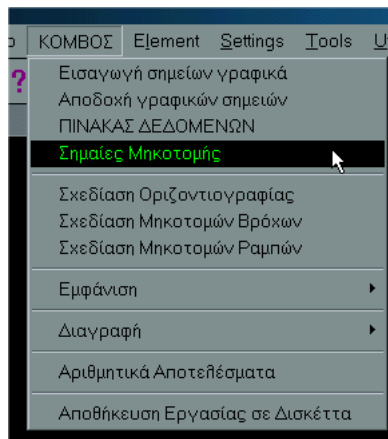
Σε κάθε ταχύτητα μελέτης αντιστοιχούν διαφορετικές τιμές σύμφωνα με τους κανονισμούς. Κοινή για όλες τις ταχύτητες μελέτης και για ράμπες ή βρόχους είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη κατά μήκος κλίση, όπου ο κανονισμός ορίζει 5,0 % για ανωφέρεια και 6,0 % για κατωφέρεια.

Επιλέγοντας από τον κατάλογο με τις επιτρεπόμενες ταχύτητες μελέτης για βρόχο ή ράμπα και πατώντας το κουμπί Αποδοχή εμφανίζονται οι τιμές που ορίζουν οι κανονισμοί.

Σχήμα 2.2.14 Κατάλογος προγραμμάτων και πλαισίων διαλόγου

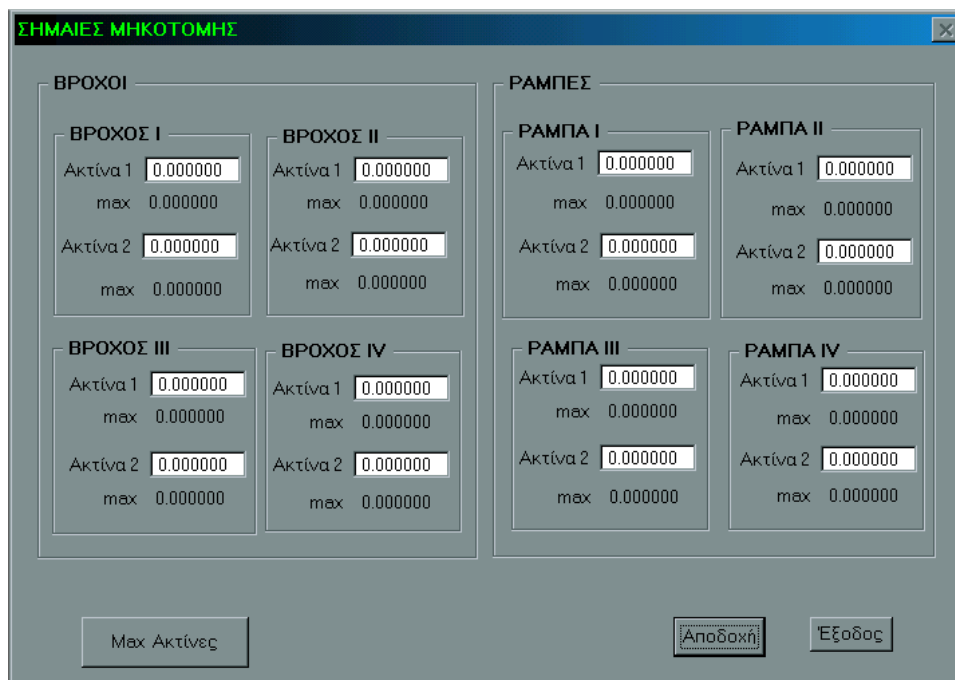
Στο **“ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ”** επιλέγεται Αποθήκευση για να αποθηκευτούν οι καταχωρήσεις ή αλλαγές που έγιναν και Έξοδος για να επιστροφή στην επιφάνεια εργασίας του Microstation.

- **Σημαίες Μηκοτομής**



Σχήμα 2.2.15 Επιλογή για εμφάνιση του παραθύρου εισαγωγής στοιχείων κατακόρυφης χάραξης

Η επόμενη επιλογή του καταλόγου “ΚΟΜΒΟΣ” αφορά την σχεδίαση των μηκοτομών βρόχων και ραμπών. Από την επιλογή “Σημαίες Μηκοτομής” εμφανίζεται το παράθυρο που φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία και στο οποίο δίνουμε τιμές ακτίνων για τις κατακόρυφες καμπύλες συναρμογής.



Σχήμα 2.2.16 Παράθυρο εισαγωγής ακτίνων για τα τόξα στρογγύλευσης των μηκοτομών

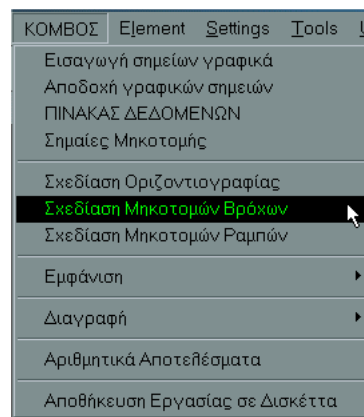
Στο αριστερό πλαίσιο του παραθύρου όπως αναγράφεται μπορούν να δοθούν οι ακτίνες για τις μηκοτομές των βρόχων και δεξιά για τις ράμπες. Γίνεται η παραδοχή ότι κάθε βρόχος και κάθε ράμπα αποτελούνται από τρία τμήματα σταθερής κλίσης. Η κλίση αλλάζει για τους βρόχους στην αρχή και στο τέλος του κυκλικού τόξου, ενώ για τις ράμπες στην αρχή του κυκλικού τόξου εισόδου και στο τέλος του κυκλικού τόξου εξόδου. Η ενδιάμεση κλίση είναι η κλίση του βρόχου ή της ράμπας και οι κλίσεις των τμημάτων εκατέρωθεν συμπίπτουν με τις κλίσεις των οδών που συνδέονται.

Η στρογγύλευση των θλάσεων της κάθε μηκοτομής γίνεται με κορυφές τα σημεία που αναφέρθηκαν παραπάνω και κατά συνέπεια υπάρχει περιορισμός ως προς το μέγιστο μήκος της εφαπτόμενης κάθε τόξου στρογγύλευσης, άρα και της τιμής της ακτίνας. Το μήκος της εφαπτομένης δεν μπορεί να ξεπερνάει το μήκος της κλωθοειδούς πριν ή μετά το κυκλικό τόξο όπου υπάρχει αλλαγή της κλίσης. Με αυτό τον περιορισμό επιλέγοντας “Max Ακτίνες” εμφανίζονται κάτω από κάθε ακτίνα η αντίστοιχη μέγιστη τιμή που μπορεί να λάβει. Όπως είναι προφανές πρέπει πρώτα να έχουν δοθεί τιμές για τις οριζόντιες ακτίνες και τις κλωθοειδείς ραμπών και βρόχων ώστε να εμφανιστούν οι τιμές των μέγιστων ακτίνων κατακόρυφης χάραξης.

Καταχωρούνται οι τιμές των ακτίνων επιλέγοντας Αποδοχή και με το κουμπί Έξοδος γίνεται επιστροφή στην επιφάνεια σχεδίασης. Οι ακτίνες H_w και H_k καταχωρούνται στο αρχείο “lak.mhk”.

- **Σχεδίαση Οριζοντιογραφίας**
- **Σχεδίαση Μηκοτομών Βρόχων**
- **Σχεδίαση Μηκοτομών Ραμπών**

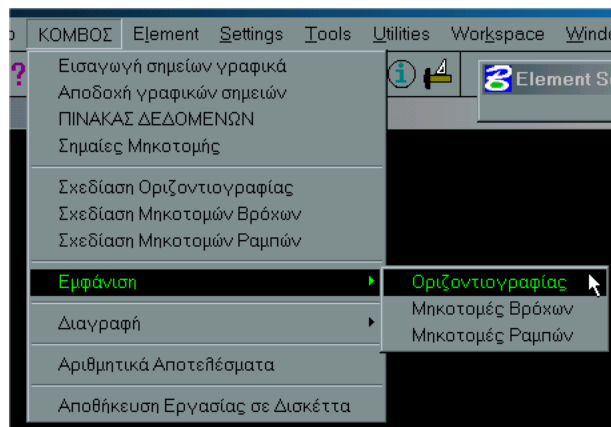
Οι επόμενες τρεις επιλογές του menu κόμβος αφορούν την σχεδίαση του κόμβου. Παρακάτω θα αναλυθούν τα προγράμματα που τρέχουν κατά τη σχεδίαση οριζοντιογραφίας και μηκοτομών. Βασική προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του προγράμματος είναι να έχουν δοθεί σ' αυτό τα απαραίτητα στοιχεία όπως αναλύθηκαν προηγουμένως.



Σχήμα 2.2.17 Επιλογή για σχεδίαση οριζοντιογραφίας και μηκοτομών

- **Εμφάνιση**
 - **Οριζοντιογραφίας**
 - **Μηκοτομών Βρόχων**
 - **Μηκοτομών Ραμπών**

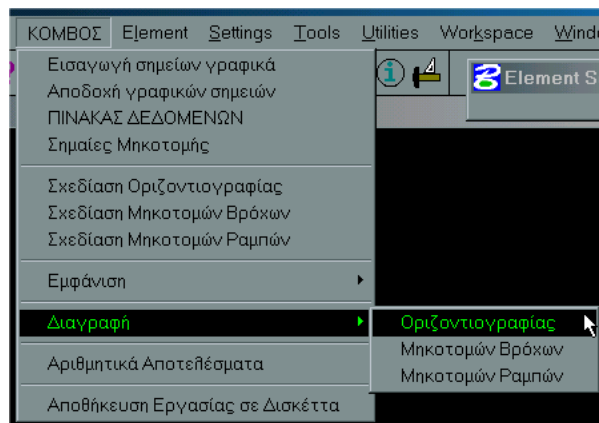
Με την επιλογή “Εμφάνισης” αφού έχουν εκτελεστεί τα αντίστοιχα προγράμματα υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης στην οθόνη επιλεκτικά μίας από τις τρεις κατηγορίες σχεδίων που εξάγει το πρόγραμμα. Η κάθε κατηγορία σχεδιάζεται σε διαφορετικό επίπεδο (level) του Microstation επομένως οι παραπάνω εντολές ενεργοποιούν αποκλειστικά τα αντίστοιχα επίπεδα.



Σχήμα 2.2.18 Επιλογή για εμφάνιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομών

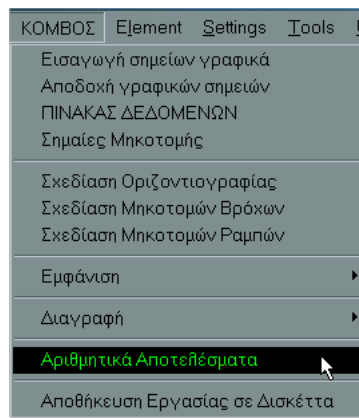
- **Διαγραφή**
 - **Οριζοντιογραφίας**
 - **Μηκοτομών Βρόχων**
 - **Μηκοτομών Ραμπών**

Σε πλήρη αντιστοιχία με την επιλογή “Εμφάνιση” βρίσκεται η “Διαγραφή”. Από εδώ μπορούν να σβηστούν, διαγράφοντας μόνο τα σχέδια και όχι τα αρχεία με δεδομένα που έχουν δημιουργηθεί, την αντίστοιχη κατηγορία σχεδίων.



Σχήμα 2.2.19 Επιλογή για διαγραφή οριζοντιογραφίας και μηκοτομών

- **Αριθμητικά Αποτελέσματα**



Σχήμα 2.2.20 Επιλογή για εμφάνιση αριθμητικών αποτελεσμάτων

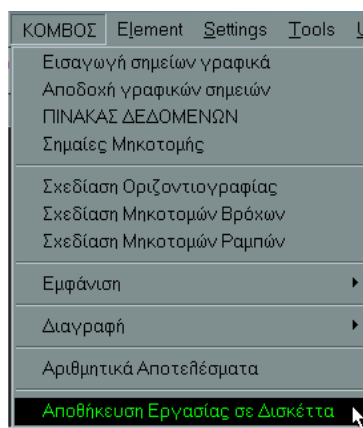
Μετά την εκτέλεση όλων των προγραμμάτων υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης των σημαντικότερων αριθμητικών αποτελεσμάτων που εξάγει το πρόγραμμα, από την αντίστοιχη επιλογή.

Αριθμητικά Αποτελέσματα		
Μήκος Βρόχου	Κλίση Βρόχου	ΟΔΟΙ
I 998.72579	I 2.408751 %	Η οδός 34 περνά από πάνω
II 602.57121	II -4.86073 %	Κλίση οδού 12 2.34321 %
III 644.75631	III 5.405931 %	Κλίση οδού 34 1.22071 %
IV 584.75197	IV -5.55514 %	Υψομετρική διαφορά αξόνων 31.0299 m στο σημείο της διασταύρωσης
Μήκος Ράμπας	Κλίση Ράμπας	Γωνία δύο ευθειών 89.999427 μοίρες
I 1334.2364	I -1.140201 %	
II 911.30692	II -2.043939 %	
III 888.27848	III 5.014717 %	
IV 1029.2662	IV -1.415668 %	

Σχήμα 2.2.21 Παράθυρο εμφάνισης κυριότερων αριθμητικών αποτελεσμάτων

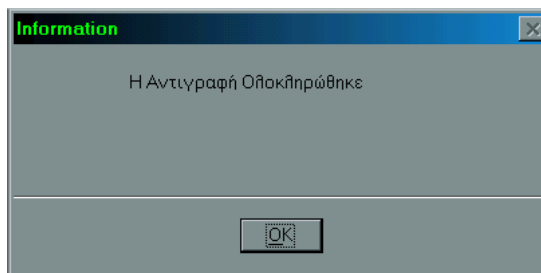
Όπως φαίνεται στο σχήμα **2.2.21** εμφανίζονται τα μήκη και οι κατά μήκος κλίσεις των βρόχων και των ραμπών, καθώς και στην στοιχεία που αφορούν τις διασταυρούμενες οδούς. Τα στοιχεία αυτά είναι η σχετική υψομετρική θέση των δύο οδών στο σημείο οριζοντιογραφικής τομής τους, οι κατά μήκος κλίσεις των οδών, η υψομετρική διαφορά στο σημείο που διασταυρώνονται και η οριζοντιογραφική γωνία που σχηματίζουν οι άξονες των δύο οδών.

- **Αποθήκευση εργασίας σε δισκέτα**



Σχήμα 2.2.22 Επιλογή αποθήκευσης σε δισκέτα

Με την τελευταία επιλογή από τον κατάλογο “KOMBOΣ” αποθηκεύεται η εργασία σε δισκέτα για μελλοντική χρήση. Αντιγράφονται σε δισκέτα τα αρχεία εργασίας, δηλαδή τα “lak.po”, “lak.vro”, “lak.rmp”, “lak.mhk”. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία αντιγραφής των αρχείων εμφανίζεται μήνυμα επιβεβαίωσης επιτυχούς αντιγραφής.



Σχήμα 2.2.2 Μήνυμα επιβεβαίωσης επιτυχούς αντιγραφής

3. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγραφεί η χρήση των βασικών προγραμμάτων της σχεδίασης του κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου και θα αναλυθούν η λογική που ακολουθήθηκε στον προγραμματισμό και οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται. Τα παραπάνω θα αναλυθούν για τρεις διαφορετικές ομάδες προγραμμάτων, τα προγράμματα Οριζοντιογραφίας, Μηκοτομών Βρόχων και Μηκοτομών Ραμπών.

3.1 ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΟΜΒΟΣ > Σχεδίαση Οριζοντιογραφίας

3.1.1 ΟΔΟΙ

Για να εκτελεστεί το πρόγραμμα που σχεδιάζει την οριζοντιογραφία του κόμβου πρέπει να έχουν δημιουργηθεί τα αρχεία “lak.po”, “lak.vro”, “lak.rmp” όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Το πρώτο πρόγραμμα που καλεί η οριζοντιογραφία αφορά τη σχεδίαση των οδών που διασταυρώνονται και πρόκειται να συνδεθούν με τον ανισόπεδο κόμβο. Το Microstation χρησιμοποιεί ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων με αρχή το σημείο $O(0,0)$. Με βάση αυτό το σύστημα δουλεύουν όλα τα προγράμματα και γίνονται όλοι οι υπολογισμοί. Επομένως όλα τα σημεία που υπολογίζονται και με βάση τα οποία σχεδιάζονται τα γεωμετρικά στοιχεία του κόμβου βρίσκονται με σχετικές συντεταγμένες.

Αρχικά καλείται το πρόγραμμα “odoi.bas” το οποίο χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες των αρχικών σημείων από τα αρχεία εργασίας υπολογίζει τις οριζοντιογραφικές κλίσεις των οδών 12 και 34 ως προς το σύστημα Oxy. Χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις :

- $a_{12} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$

- $a_{34} = \frac{Y_4 - Y_3}{X_4 - X_3}$

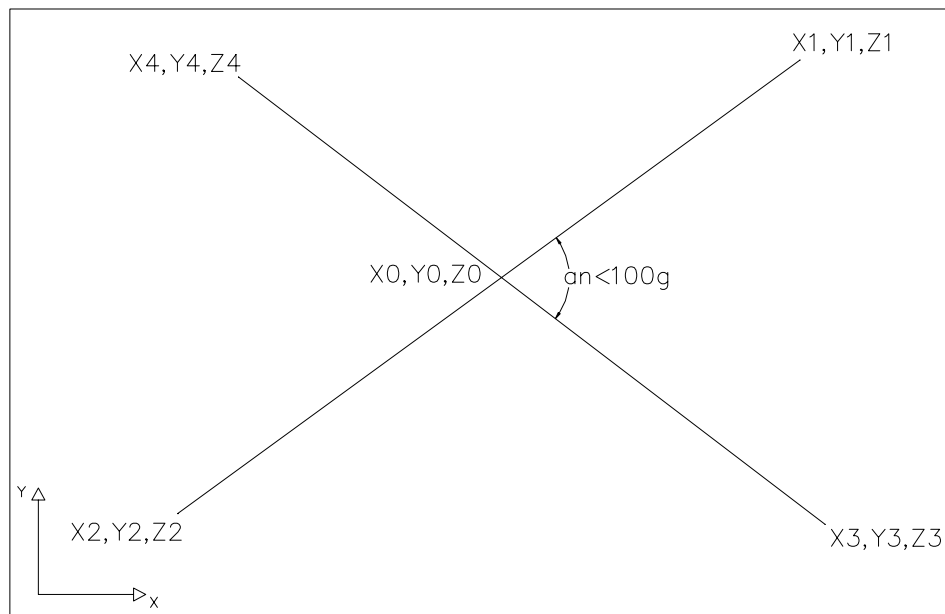
Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο η ονομασία των σημείων έχει τροποποιηθεί έτσι ώστε η κλίση a_{12} να είναι μεγαλύτερη από την κλίση a_{34} . Στη συνέχεια υπολογίζονται οι συντεταγμένες του σημείου τομής των ευθειών που ορίζουν τα τέσσερα αρχικά σημεία (δηλαδή των αξόνων των δύο οδών) με τις παρακάτω σχέσεις

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

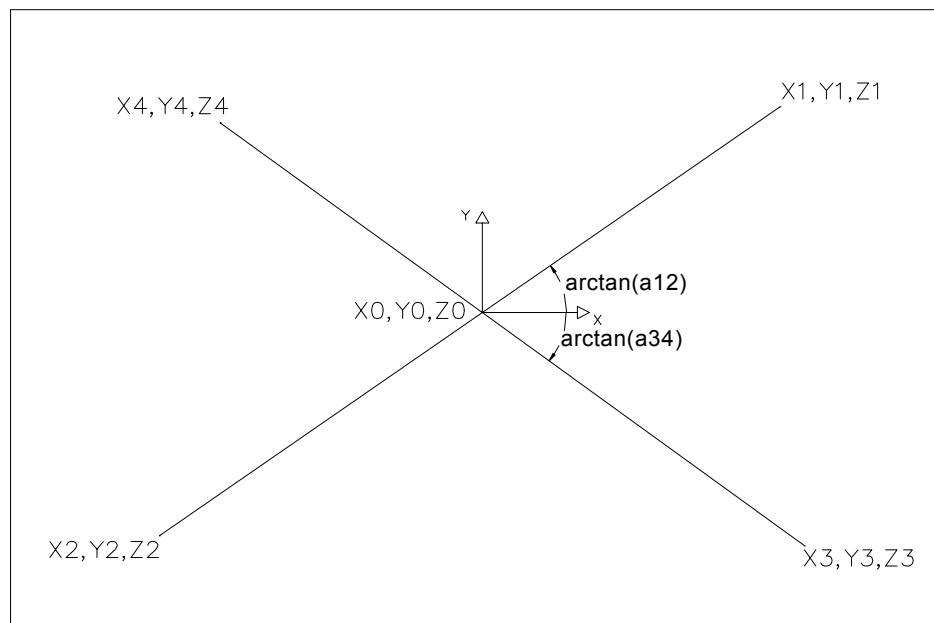
- $Y_0 = a_{34} \cdot X_0 + \frac{Y_4 + Y_3 - a_{34} \cdot (X_4 + X_3)}{2}$

καθώς και η γωνία που σχηματίζουν οι δύο άξονες. Στο εξής θα ονομάζουμε άξονες των οδών τις ευθείες που ορίζουν τα σημεία $K_1(X_1, Y_1)$, $K_2(X_2, Y_2)$ και τα $K_3(X_3, Y_3)$, $K_4(X_4, Y_4)$. Η γωνία είναι αυτή που προκύπτει αν περιστραφεί κατά την ωρολογιακή φορά ο άξονας 12 μέχρι να συμπίψει με τον άξονα 34.

- $\alpha_n = \frac{[\arctan(a_{12}) - \arctan(a_{34})] \cdot 180}{\pi}$



Σχήμα 3.1.1.1 Σημείο τομής και γωνία αξόνων



Σχήμα 3.1.1.2 Οριζοντιογραφικές κλίσεις αξόνων.

Είναι προφανές ότι οι παραπάνω σχέσεις δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση που ο ένας από τους δύο άξονες ταυτίζεται με την κατακόρυφο (άξονα YY'), δηλαδή αν $X_1=X_2$ ή $X_3=X_4$. Σ' αυτή την περίπτωση η αντίστοιχη κλίση του άξονα λαμβάνει από το πρόγραμμα μια μεγάλη τιμή (που μπορεί να θεωρηθεί άπειρη) και συνεχίζουν οι υπολογισμοί με την γωνία που σχηματίζει η κατακόρυφη ευθεία με τον άξονα xx' , να είναι ελάχιστα μικρότερη των 100° .

Οι βασικές γεωμετρικές σχέσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται αναφέρθηκαν παραπάνω. Όλες οι συντεταγμένες των σημείων που υπολογίζονται στη συνέχεια προκύπτουν με καρτεσιανό σύστημα αναφοράς που ορίζεται από αυτά.

Το σημείο $O (X_0, Y_0, Z_0)$ είναι το σημείο με βάση το οποίο σχεδιάζονται όλα τα στοιχεία του κόμβου χρησιμοποιώντας σχετικές συντεταγμένες ως προς το σημείο αυτό και την παρακάτω σχέση της αναλυτικής γεωμετρίας :

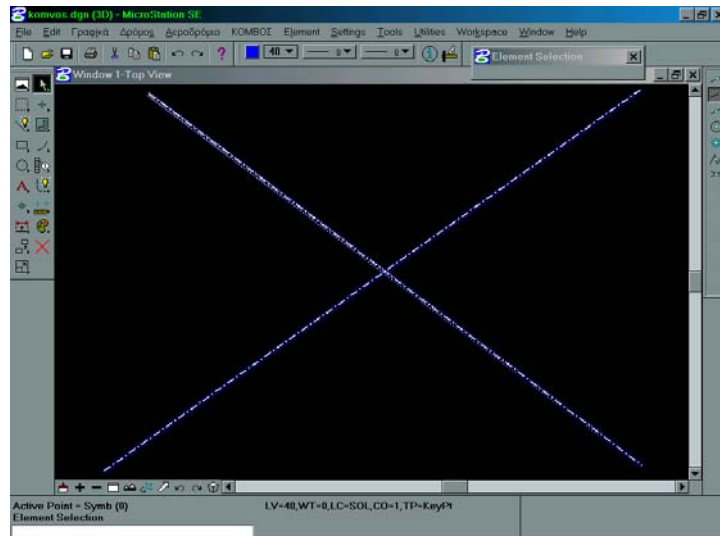
- $$X = X_0 + X' \cdot \cos(\alpha) - Y' \cdot \sin(\alpha)$$

$$Y = Y_0 + X' \cdot \sin(\alpha) + Y' \cdot \cos(\alpha)$$

Όπου : X, Y οι συντεταγμένες στο σύστημα του προγράμματος του τυχαίου σημείου με συντεταγμένες X', Y' ως προς το σύστημα Oxy με αρχή το σημείο X_0, Y_0

α η γωνία στροφής του συστήματος Oxy ως προς το OXY

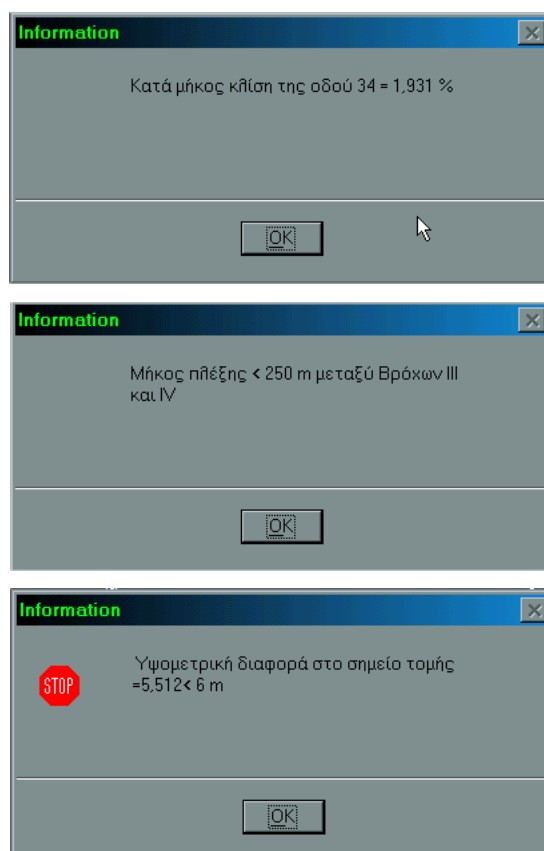
Με βάση τα παραπάνω σχεδιάζονται οι οριογραμμές των δρόμων σύμφωνα με το πλάτος που έχει δοθεί και οι οριογραμμές των κατανεμητήριων οδοστρωμάτων αν και όπου υπάρχουν.



Σχήμα 3.1.1.3 Σχεδίαση κύριας και δευτερεύουσας οδού

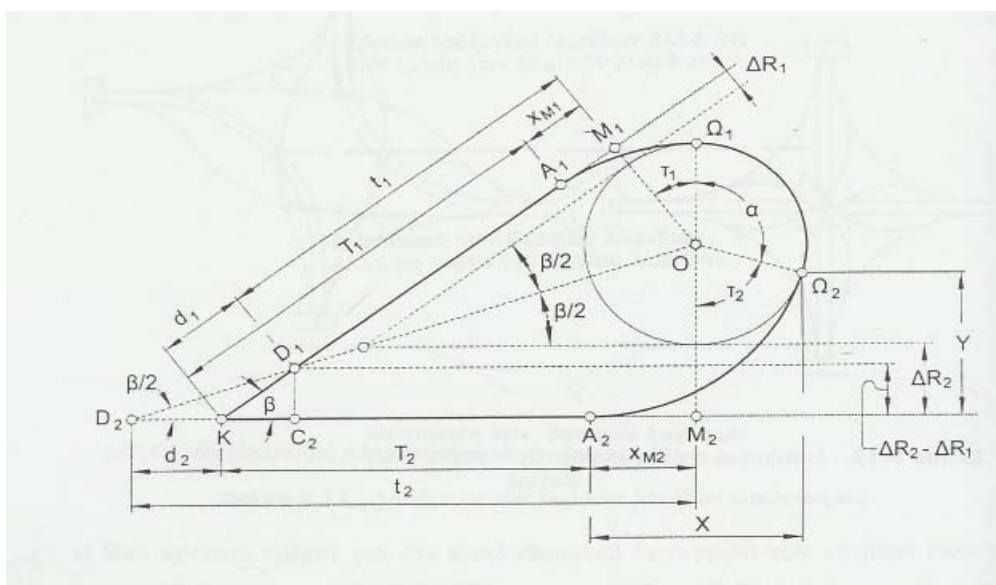
3.1.2 ΒΡΟΧΟΙ

Με τη μακροεντολή “clover1.bas” πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί για τη σχεδίαση των βρόχων και σχεδιάζονται οι εσωτερικές οριογραμμές (δεξιές οριογραμμές αφού όλοι οι βρόχοι είναι δεξιόστροφοι) των κυκλικών τόξων των βρόχων. Πριν από αυτό υπολογίζονται οι κατά μήκος κλίσεις των οδών, η υψομετρική διαφορά στο σημείο τομής των αξόνων, τα διαθέσιμα μήκη στις περιοχές πλέξης, οι κατά μήκος κλίσεις των βρόχων και ενημερώνεται ο χρήστης αν κάποιο από αυτά τα μεγέθη βρίσκεται εκτός των επιτρεπόμενων τιμών καθώς και για τη σχετική υψομετρική θέση των δύο οδών. Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνονται κάποια τέτοια παραδείγματα.



Σχήμα 3.1.2.1 Πληροφοριακά μηνύματα κατά τη σχεδίαση των οδών

Για τη σχεδίαση των τεσσάρων βρόχων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις^[1]. Υπενθυμίζεται ότι οι βρόχοι αποτελούνται κατά σειρά από μία κλωθειδή εισόδου, ένα κυκλικό τόξο και μία κλωθειδή εξόδου. Η περιεχόμενη γωνία του κάθε βρόχου είναι η γωνία που σχηματίζουν οι άξονες στον κάθε κλάδο του κόμβου. Χρησιμοποιούνται οι συμβολισμοί, A για τις παραμέτρους των κλωθειδών και R για τις ακτίνες των βρόχων και β για την εσωτερική γωνία των βρόχων. Οι σχέσεις που ακολουθούν αντιστοιχούν στο σχήμα **3.1.2.2**^[1] του βρόχου που φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 3.1.2.2 Χάραξη οριζοντιογραφίας οριογραμμής βρόχου

Υπολογίζονται οι συντεταγμένες των σημείων τομής των οριογραμμών των οδών ή των κατανεμητήριων οδοστρωμάτων οι οποίες ορίζουν τις εφαπτόμενες ευθείες των βρόχων. Τα σημεία αυτά αντιστοιχούν στο σημείο K του σχήματος **3.1.2.2**. Στη συνέχεια με τις παρακάτω σχέσεις και με βάση την κορυφή του βρόχου, την γωνία που έχει υπολογιστεί σε προηγούμενο βήμα (συμπίπτει με τη γωνία που σχηματίζουν οι άξονες των οδών ανηγμένη στο αντίστοιχο τεταρτημόριο) αλλά και τα γεωμετρικά στοιχεία που έχουν δοθεί (A , R) σχεδιάζονται οι εσωτερικές οριογραμμές των βρόχων.

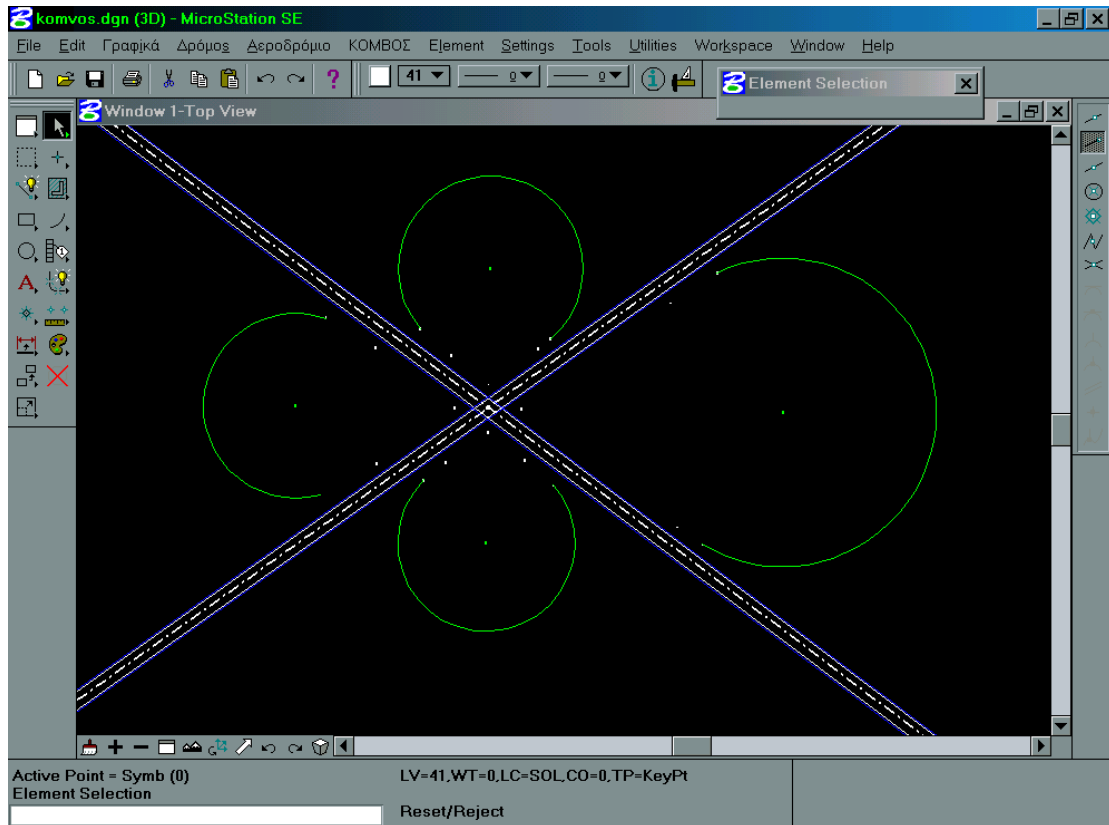
- Μήκος κλωθοειδούς $L = \frac{A^2}{R}$
- $\tau = \frac{L}{2 \cdot R}$
- $X = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} + \frac{L^5}{3456 \cdot R^4}$
- $Y = \frac{L^2}{R} * \left(\frac{1}{6} - \frac{L^2}{336 \cdot R^2} + \frac{L^4}{42240 \cdot R^4} \right)$
- $X_M = X - R * \sin(\tau)$
- $\Delta R = Y - R * (1 - \cos(\tau))$

Σε κάθε μία από τις κλωθοειδείς A_1R και A_2R υπολογίζουμε τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων.

- $d1 = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_1}{\sin(\beta)}$
- $d2 = \frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{\sin(\beta)}$
- $t_1 = (R + \Delta R_1) * \tan\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right)$
- $t_2 = (R + \Delta R_2) * \tan\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right)$
- $T_1 = t_1 + d_1 - X_{M1}$
- $T_2 = t_2 + d_2 - X_{M2}$
- Μήκος κυκλικού τόξου $\Omega_1\Omega_2 = R * (\pi + \beta - T_1 - T_2)$
- Μήκος καμπύλης βρόχου $A_1\Omega_1\Omega_2A_2 = L_1 + L_2 + \Omega_1\Omega_2$

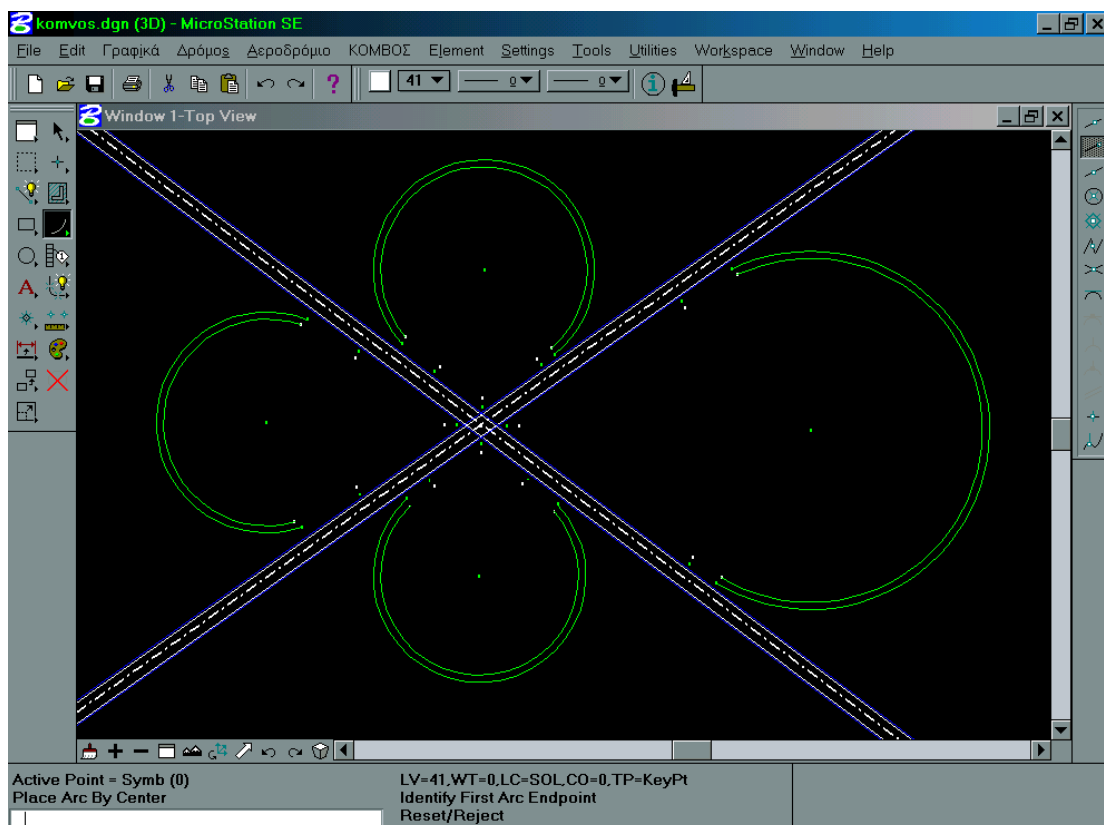
Τα παραπάνω μήκη εκφράζονται σε μέτρα [m], ενώ οι γωνίες εκφράζονται σε ακτίνια [rad]. Δεχόμαστε κοινή διατομή βρόχων, ραμπών και λωρίδων επιβράδυνσης και επιτάχυνσης, “Q1” κατά τους Γερμανικούς Κανονισμούς^[3] RAL-K-2.

Αρχικά σχεδιάζονται τα κυκλικά τόξα των εσωτερικών οριογραμμών του βρόχου με βάση την αρχή, το τέλος και το κέντρο του κυκλικού τόξου.



Σχήμα 3.1.2.3 Σχεδίαση εσωτερικών οριογραμμών βρόχων (κυκλικά τόξα)

Το αρχείο που καλείται στη συνέχεια, το “clover2.bas” κάνει τους ίδιους υπολογισμούς όσον αφορά τη σχεδίαση των βρόχων με το προηγούμενο αλλά για τις εξωτερικές οριογραμμές (τις αριστερές οριογραμμές). Χρησιμοποιεί τα ίδια αρχεία με το προηγούμενο και σχεδιάζει τις εξωτερικές οριογραμμές των κυκλικών τόξων των βρόχων. Τα κυκλικά τόξα των βρόχων σχεδιάζονται στο επίπεδο “40”.

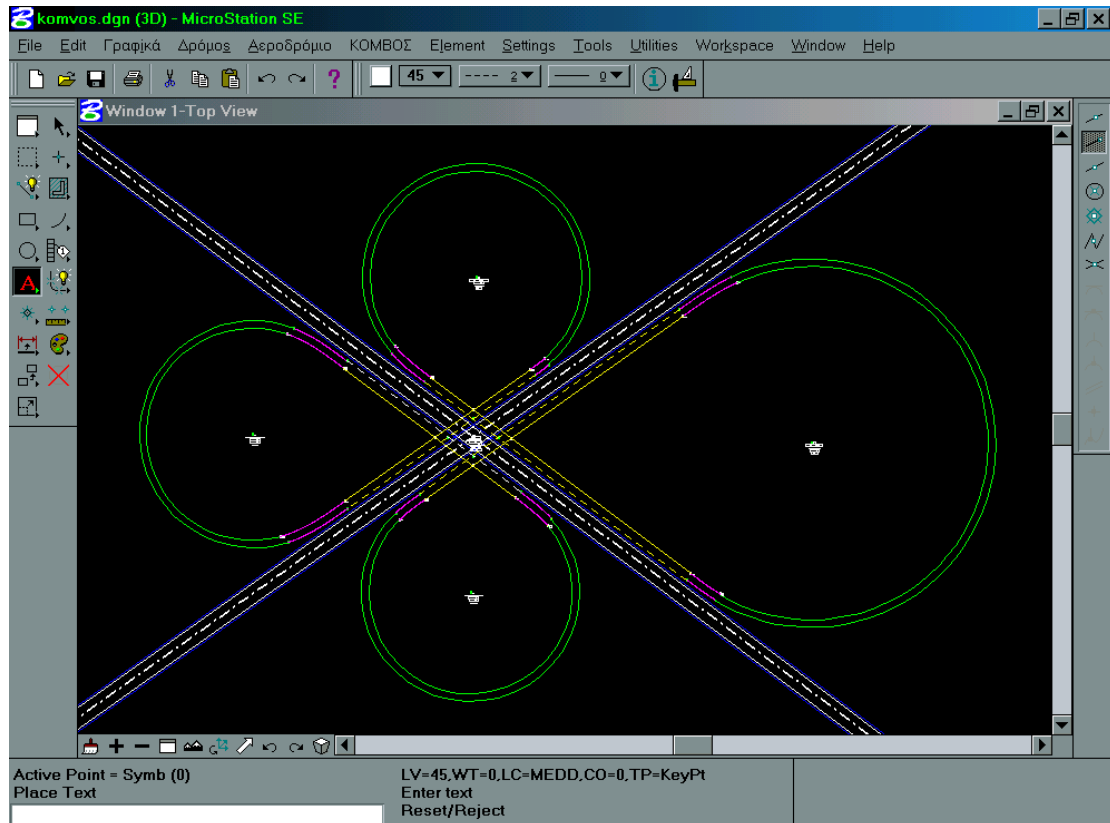


Σχήμα 3.1.2.4 Σχεδίαση εξωτερικών οριογραμμών βρόχων (κυκλικά τόξα)

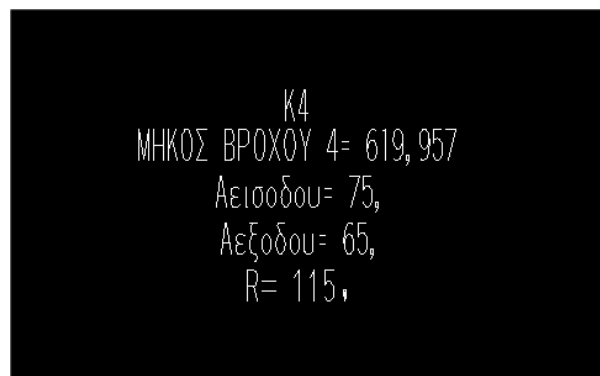
Το επόμενο βήμα είναι η σχεδίαση των κλωθοειδών των βρόχων με τα στοιχεία που όπως είπαμε έχουν ήδη υπολογιστεί. Αυτό γίνεται με τις μακροεντολές “cloth_c_in.bas” και “cloth_c_out.bas” για τις εσωτερικές οριογραμμές των βρόχων η μεν πρώτη και για τις εξωτερικές η δεύτερη. Μετά τις κλωθοειδείς καμπύλες σχεδιάζονται και οι ευθείες που ορίζουν τα τμήματα πλέξης μεταξύ δύο διαδοχικών βρόχων. Οι κλωθοειδείς και οι ευθείες αυτές σχεδιάζονται στο επίπεδο “41”.

Τα κυκλικά τόξα και οι κλωθοειδείς σχεδιάζονται με σειρά ανάλογη της αρίθμησης των βρόχων, δηλαδή από τον βρόχο Ι στο βρόχο IV.

Ο σχεδιασμός των βρόχων ολοκληρώνεται με την προσθήκη κειμένων που αναγράφουν πληροφορίες για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των βρόχων και των οδών και χαρακτηριστικές διατομές. Τα κείμενα προστίθενται από τη μακροεντολή “keimepa.bas” στο επίπεδο “45”.



Σχήμα 3.1.2.5 Ολοκλήρωση της σχεδίασης των βρόχων με τις κλωθοειδείς



Σχήμα 3.1.2.6 Αναγραφή γεωμετρικών στοιχείων βρόχων

3.1.3 ΡΑΜΠΕΣ

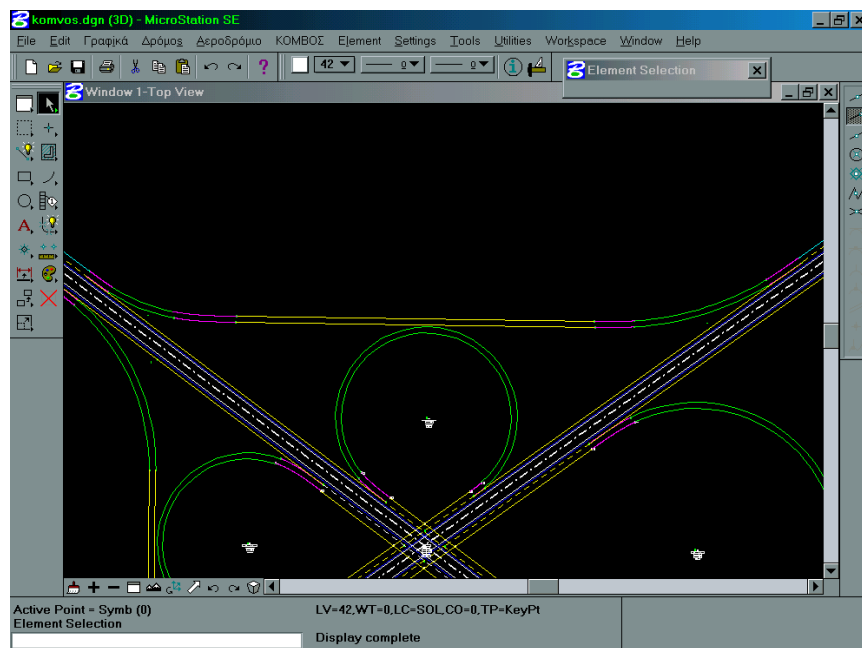
Μετά τους βρόχους σχεδιάζονται οι ράμπες απ'ευθείας σύνδεσης των οδών οι οποίες διασταυρώνονται ανισόπεδα. Οι ράμπες αποτελούνται από δύο οριζοντιογραφικές καμπύλες (εισόδου και εξόδου) και ένα ενδιάμεσο ευθύγραμμο τμήμα. Οι καμπύλες αποτελούνται από κλωθοειδή – κυκλικό τόξο – κλωθοειδή, στοιχεία για τα οποία έχουν δοθεί τιμές και είναι καταχωρημένες στο αρχείο "lak.rmp". Έτσι για κάθε ράμπα υπάρχει μια πολυγωνική με δύο κορυφές όπου οι δύο ευθείες της ταυτίζονται με τις οριογραμμές των δύο οδών και η ενδιάμεση τις συνδέει έτσι ώστε η ελάχιστη απόσταση από την εξωτερική οριογραμμή του αντίστοιχου βρόχου να είναι 2m επί της ευθείας που συνδέει την κορυφή του βρόχου με το κέντρο του κυκλικού τόξου του βρόχου. Η γωνίες της πολυγωνικής προκύπτουν από τη γεωμετρία των ήδη σχεδιασμένων στοιχείων του κόμβου και υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα.

Χρησιμοποιείται όπως και στους βρόχους διατομή "Q1" και οι ελάχιστες τιμές παραμέτρων κλωθοειδών A και ακτίνων R δίνονται με βάση την ταχύτητα μελέτης της ράμπας στον αναδιπλούμενο κατάλογο KOMBOΣ > ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ > ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ.

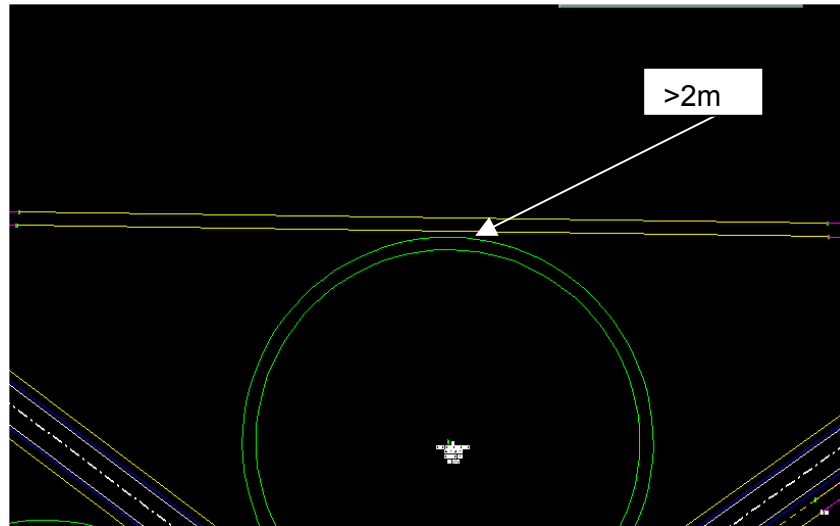
Ακολουθούν οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των στοιχείων των οριζοντιογραφικών καμπύλων που σχεδιάζονται στις ράμπες. Οι παράμετροι των κλωθοειδών συμβολίζονται με A, οι ακτίνες R, και οι γωνίες γ.

- Μήκος κλωθοειδούς $L = \frac{A^2}{R}$
- $\tau = \frac{L}{2 \cdot R}$
- $X = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} + \frac{L^5}{3456 \cdot R^4}$
- $Y = \frac{L^2}{R} * \left(\frac{1}{6} - \frac{L^2}{336 \cdot R^2} + \frac{L^4}{42240 \cdot R^4} \right)$
- $X_M = X - R * \sin(\tau)$

- $\Delta R = Y - R * (1 - \cos(\gamma))$
- $d1 = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_1}{\sin(\gamma)}$
- $d2 = \frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{\sin(\gamma)}$
- $t_1 = (R + \Delta R_1) * \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$
- $t_2 = (R + \Delta R_2) * \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$
- $T_1 = t_1 + d_1 + X_{M1}$
- $T_2 = t_2 + d_2 + X_{M2}$
- Μήκος κυκλικού τόξου $\Omega_1 \Omega_2 = R * (\gamma - T_1 - T_2)$
- Μήκος καμπύλης $A_1 \Omega_1 \Omega_2 A_2 = L_1 + L_2 + \Omega_1 \Omega_2$



Σχήμα 3.1.3.1 Σχεδίαση ράμπας απ' ευθείας σύνδεσης



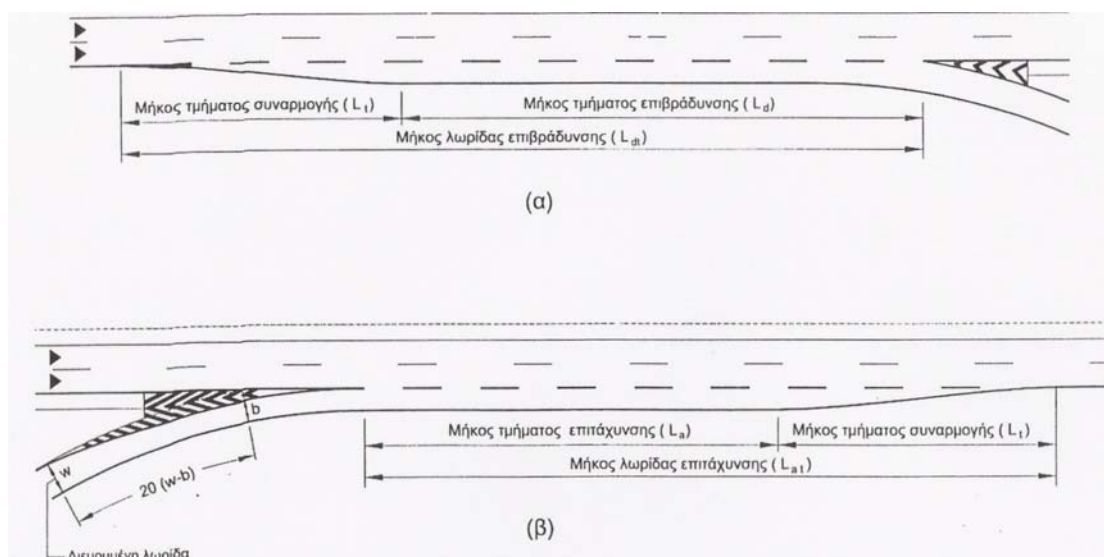
Σχήμα 3.1.3.2 Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ ράμπας και εξωτερικής οριογραμμής βρόχου είναι ίση με $2\text{m}^{[3]}$

Οι ράμπες ονομάζονται αντίστοιχα με τους βρόχους ανάλογα με τον κλάδο του κόμβου στον οποίο βρίσκονται. Η μακροεντολές “rampes1in.bas” και “rampes2in.bas” σχεδιάζουν τις εσωτερικές (δεξιές) οριογραμμές των ραμπών εκτός από τις κλωθοειδείς οι οποίες σχεδιάζονται από τις “cloth_r1in.bas” και “cloth_r2in.bas”. Οι αντίστοιχες εξωτερικές οριογραμμές (αριστερές) σχεδιάζονται από τις “rampes1out.bas” και “rampes2out.bas” και οι κλωθοειδείς από τις μακροεντολές “cloth_r1out.bas” και “cloth_r2out.bas”.

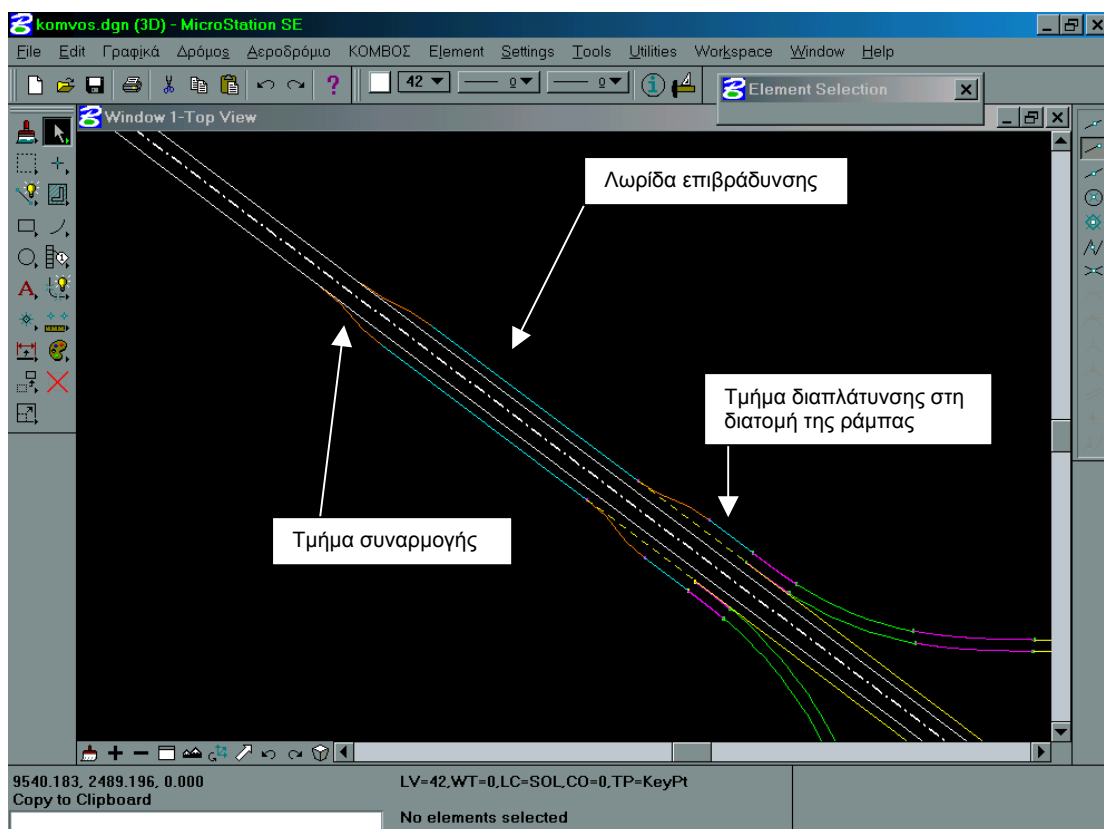
3.1.4 ΛΩΡΙΔΕΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ^[1]

Οι λωρίδες αλλαγής ταχύτητας είναι πρόσθετες λωρίδες του οδοστρώματος στην περιοχή του κόμβου, παράλληλες ή σχεδόν παράλληλες προς τις λωρίδες της διερχόμενης κυκλοφορίας, οι οποίες συνδέουν τις λωρίδες της διερχόμενης κυκλοφορίας με τις ράμπες σύνδεσης του κόμβου. Οι λωρίδες αλλαγής ταχύτητας επιτρέπουν την ομαλή μεταβολή από την ταχύτητα της διερχόμενης κυκλοφορίας (ταχύτητα κόμβου) στη χαμηλότερη ταχύτητα της ράμπας και αντιστρόφως, χωρίς παρεμπόδιση της διερχόμενης κυκλοφορίας. Οι λωρίδες αλλαγής ταχύτητας που εξυπηρετούν κυκλοφοριακά ρεύματα συνεχούς ροής, εξερχόμενα δεξιά από την οδό (μερισμός δεξιά) λέγονται λωρίδες επιβράδυνσης, ενώ οι λωρίδες που εξυπηρετούν κυκλοφοριακά ρεύματα συνεχούς ροής, εισερχόμενα δεξιά στην οδό (συμβολή δεξιά) λέγονται λωρίδες επιτάχυνσης.

Οι λωρίδες αλλαγής ταχύτητας περιλαμβάνουν δύο τμήματα : (α) το τμήμα συναρμογής, στο οποίο το πλάτος της λωρίδας μεταβάλλεται και (β) το τμήμα μεταβολής (επιβράδυνσης ή επιτάχυνσης) της ταχύτητας, στο οποίο το πλάτος παραμένει σταθερό. Παρακάτω ακολουθεί σχήμα της επιφάνειας σχεδίασης του προγράμματος που φαίνονται λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης κατά την είσοδο και έξοδο από καταμεμητήριο οδόστρωμα.



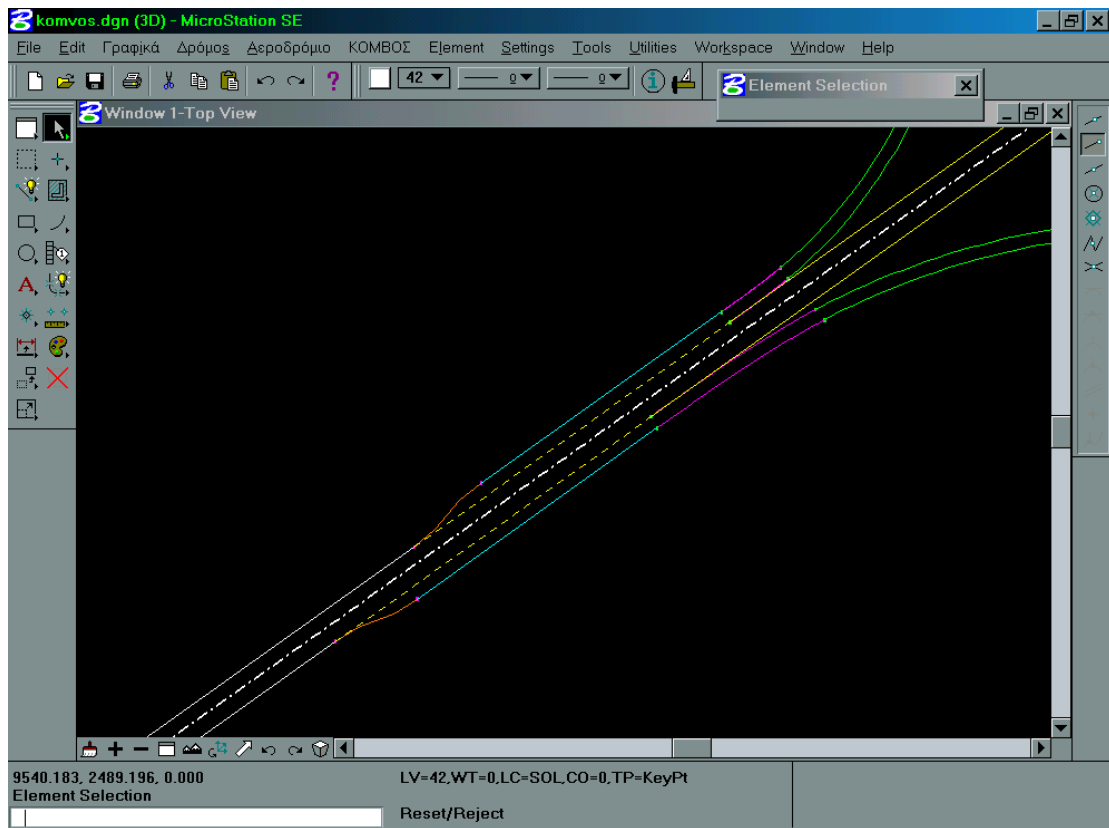
Σχήμα 3.1.4.1 Λωρίδες αλλαγής ταχύτητας : (α) λωρίδα επιβράδυνσης, (β) λωρίδα επιτάχυνσης^[1]



Σχήμα 3.1.4.2 Λωρίδες αλλαγής ταχύτητας όπως σχεδιάζονται από το πρόγραμμα (σε οδό με κατανεμητήριο οδόστρωμα)

Κατά τους Γερμανικούς Κανονισμούς^[3] το τμήμα συναρμογής λαμβάνεται πάντα ίσο με 60m και το συνολικό μήκος της λωρίδας αλλαγής ταχύτητας (δηλαδή το μήκος συναρμογής και το μήκος σταθερού πλάτους) λαμβάνει μία εκ των τιμών 150, 200, 250, 500 m κατά περίπτωση. Το πρόγραμμα δέχεται σταθερό συνολικό μήκος 250m.

Τα τμήματα μεταβλητού πλάτους σχεδιάζονται από το πρόγραμμα σαν δύο αντίρροπες παραβολές παρέχοντας τη διαπλάτυνση που απαιτείται σε κάθε περίπτωση. Όταν δεν υπάρχει κατανεμητήριο οδόστρωμα σε κάποια οδό τότε σχεδιάζεται μια λωρίδα αλλαγής ταχύτητας που συνδέει απ'ευθείας τις λωρίδες διερχόμενης κυκλοφορίας με την ράμπα απ' ευθείας σύνδεσης. Αυτή έχει συνολικό μήκος 250m και στο τμήμα συναρμογής δίνεται διαπλάτυνση ίση με τη διατομή της ράμπας. Τα παραπάνω φαίνονται στο σχήμα **3.1.4.3**.

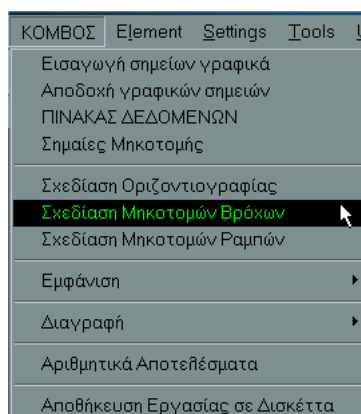


Σχήμα 3.1.4.3 Λωρίδες αλλαγής ταχύτητας όπως σχεδιάζονται από το πρόγραμμα (σε οδό χωρίς κατανεμητήριο οδόστρωμα)

Όταν υπάρχει κατανεμητήριο οδόστρωμα η λωρίδα αλλαγής ταχύτητας συνδέει την λωρίδες διερχόμενης κυκλοφορίας με το κατανεμητήριο οδόστρωμα και ακολουθεί άλλο τμήμα συνολικού μήκους 100m στα πρώτα 60m του οποίου διαπλατύνεται το κατανεμητήριο οδόστρωμα και το συνδέει με τη ράμπα ^[1].

3.2 ΜΗΚΟΤΟΜΕΣ

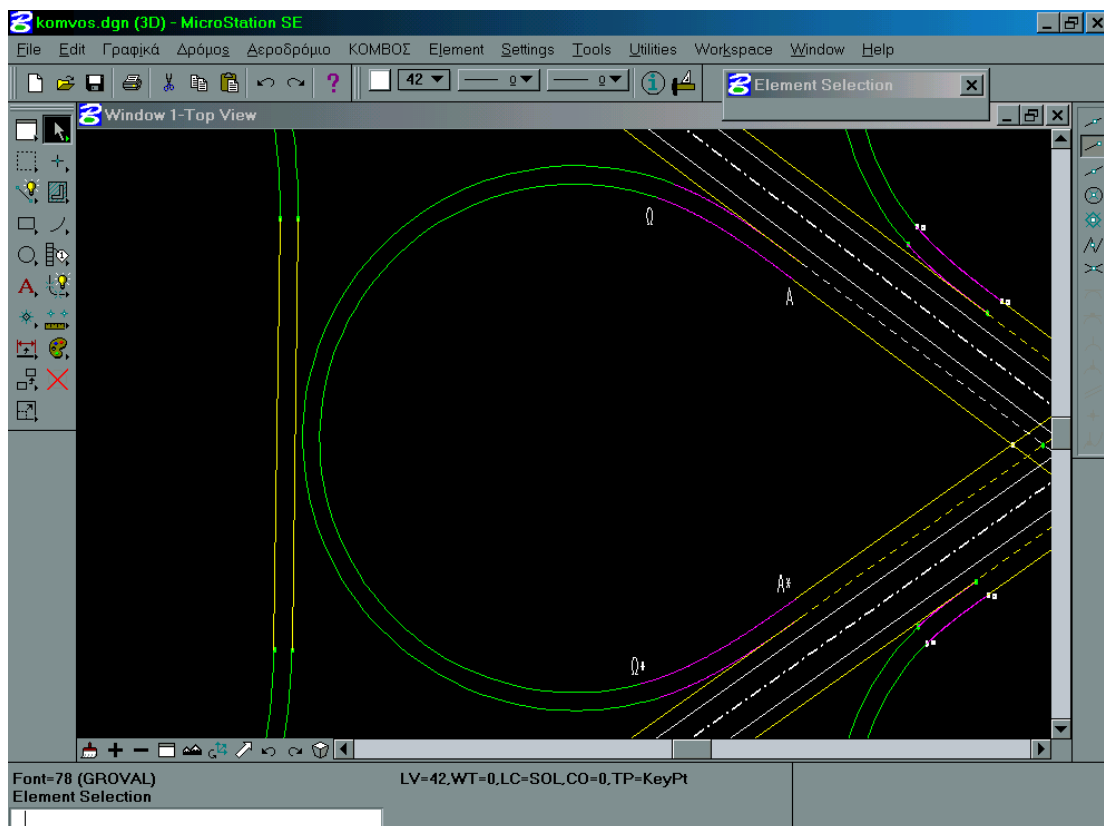
Όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση του προγράμματος της οριζοντιογραφίας τα πιο πολλά στοιχεία που πρόκειται να χρειαστούν για τη σχεδίαση των μηκοτομών έχουν ήδη υπολογιστεί όπως αποστάσεις μεταξύ χαρακτηριστικών σημείων, κατά μήκος κλίσεις και υψόμετρα χαρακτηριστικών σημείων. Το πρόγραμμα των μηκοτομών χωρίζεται σε δύο βασικά υποπρογράμματα, τα οποία σχεδιάζουν τις Μηκοτομές των τεσσάρων βρόχων και τις Μηκοτομές των τεσσάρων ραμπών απ'ευθείας σύνδεσης.



Σχήμα 3.2.1 Επιλογή για σχεδίαση Μηκοτομών βρόχων

Οι μηκοτομές σχεδιάζονται με την παραδοχή ότι κατασκευάζονται έτσι ώστε η κλωθοειδής εισόδου στο βρόχο ή στη ράμπα και η κλωθοειδής εξόδου από το βρόχο ή τη ράμπα διατηρούν την κατά μήκος κλίση της οδού με την οποία συνδέονται και επομένως η κατά μήκος κλίση του βρόχου ή της ράμπας προκύπτει από την οριζοντιογραφική απόσταση και την υψομετρική διαφορά των σημείων που τελειώνουν οι παραπάνω κλωθοειδείς και αρχίζουν τα κυκλικά τόξα. Στο σχήμα **3.2.2** φαίνεται ένας βρόχος και οι χαρακτηριστικές διατομές στις κλωθοειδείς και τα κυκλικά τόξα. Τα τμήματα $A\Omega$ και $A^*\Omega^*$ έχουν την κλίση των οδών που εφάπτονται και η κατά μήκος κλίση του βρόχου είναι

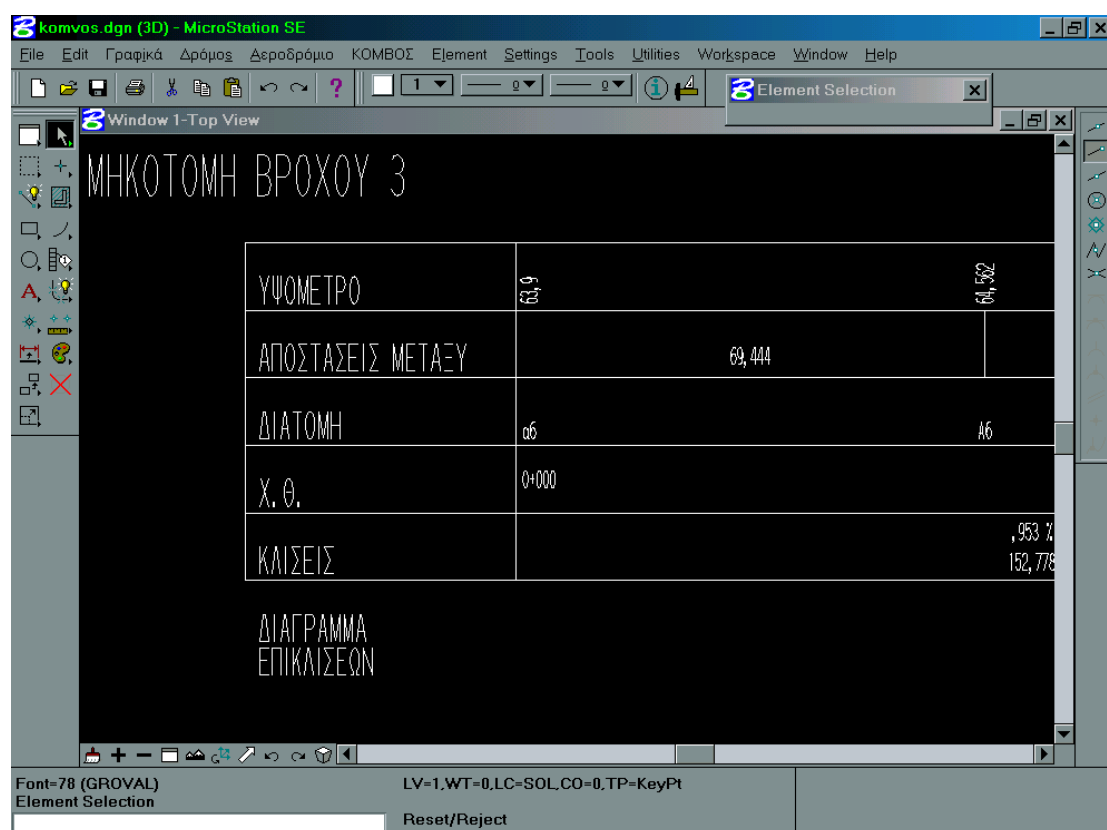
$s = \frac{Z_{\Omega} - Z_{\Omega^*}}{L_{\Omega^*}}$ όπου Z_{Ω} και Z_{Ω^*} τα υψόμετρα αρχής και τέλους του κυκλικού τόξου και L_{Ω^*} το μήκος του κυκλικού τόξου.



Σχήμα 3.2.2 Χαρακτηριστικές διατομές βρόχου

Οι υπολογισμοί και τα σχέδια των μηκοτομών ακολουθούν την παραπάνω λογική. Έτσι οι κορυφές της πολυγωνικής των μηκοτομών βρίσκονται για τους βρόχους στην αρχή και στο τέλος του κυκλικού τόξου και για τις ράμπες στην αρχή του κυκλικού τόξου της καμπύλης εισόδου και στο τέλος του κυκλικού τόξου της καμπύλης εξόδου. Η στρογγύλευση των κορυφών στην κατακόρυφη χάραξη των συνδετήριων κλάδων του κόμβου γίνεται με χρήση της τετραγωνικής παραβολής. Επομένως η εφαπτόμενη του τόξου στρογγύλευσης δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη του μήκους της κλωθοειδούς που βρίσκεται τμήμα της στην περιοχή της στρογγύλευσης. Από αυτό τον περιορισμό προκύπτουν οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές των κατακόρυφων ακτίνων που υπολογίζονται και εμφανίζονται στο KOMBOΣ > Σημείες Μηκοτομής.

Αρχικά από τα προγράμματα με τα οποία σχεδιάζονται οι μηκοτομές βρόχων και ραμπών υπολογίζονται τα υψόμετρα των κορυφών, δηλαδή των διατομών της οριζοντιογραφίας όπως αναλύθηκε παραπάνω. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι κλίσεις των βρόχων και οι κλίσεις εκατέρωθεν της σταθερής κλίσης του βρόχου ή της ράμπας. Στη συνέχεια σχεδιάζεται το υπόμνημα της μηκοτομής που περιλαμβάνει από πάνω προς τα κάτω, τα υψόμετρα διατομών, αποστάσεις μεταξύ των διατομών, αρίθμηση και ονομασία των διατομών, χιλιομέτρηση και μήκη τμημάτων με σταθερή κλίση και την αντίστοιχη κλίση.



Σχήμα 3.2.3 Υπόμνημα μηκοτομών

Οι σχέσεις ως προς το σύστημα συντεταγμένων που φαίνεται στο σχήμα **3.2.4**, που χρησιμοποιούνται για τα τόξα τετραγωνικής παραβολής είναι οι εξής^[1]:

- $y = s_1 \cdot x - \frac{x^2}{2 \cdot H}$ 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

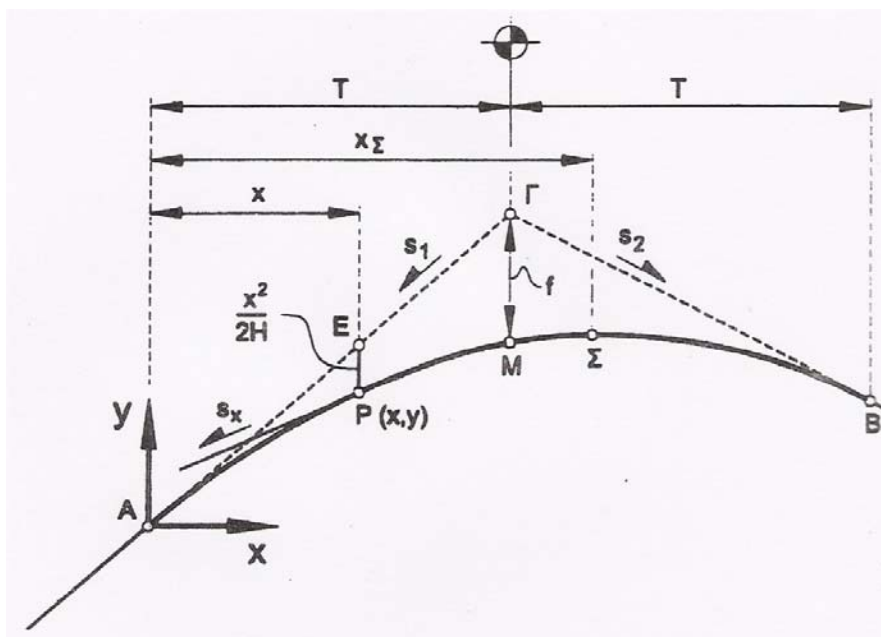
- $s_x = s_1 - \frac{x}{H}$ κλίση της εφαπτομένης της καμπύλης στο τυχαίο $P(x,y)$

- $x_\Sigma = s_1 \cdot H$ οριζόντια απόσταση κορυφής της τετραγωνικής παραβολής από την αρχή της.

- $T = \frac{H}{2} \cdot \Delta s$

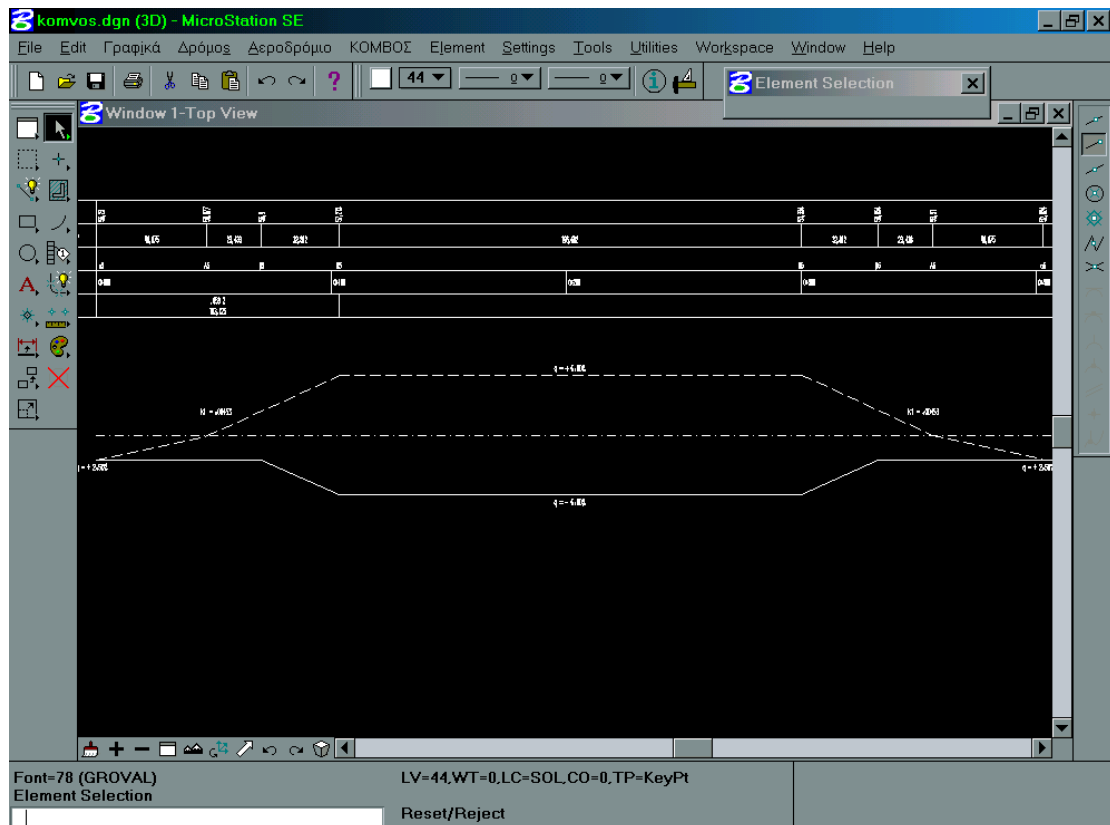
- $f = \frac{T^2}{2 \cdot H}$

- $\Delta s = |s_1 - s_2|$



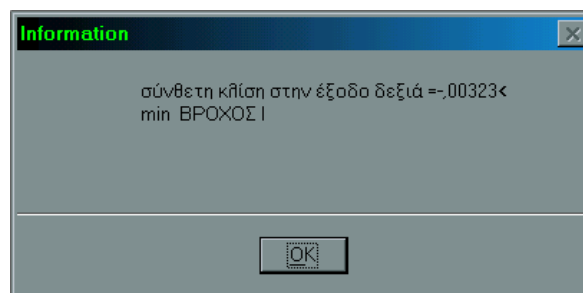
Σχήμα 3.2.4 Χάραξη τόξου στρογγύλευσης με χρήση τετραγωνικής παραβολής^[1]

Όπως προαναφέρθηκε θεωρείται ότι π.χ. στους βρόχους οι κλωθοειδείς εισόδου και εξόδου διατηρούν την κλίση των οδών. Ο σχεδιασμός όμως της μηκοτομής δεν ξεκινά από την αρχή της κλωθοειδούς εισόδου και να τελειώνει στο τέλος της κλωθοειδούς εξόδου, αλλά από τις διατομές που αντιστοιχούν στις θέσεις κανονικής διατομής (δικλινής) πριν και μετά την καμπύλη. Κάτω από το υπόμνημα της μηκοτομής σχεδιάζεται σκαρίφημα διαγράμματος επικλίσεων για το βρόχο ή τη ράμπα. Στο υπόμνημα υπάρχουν διατομές εκτός των χαρακτηριστικών σημείων A, Ω, A', Ω' σε κάθε καμπύλη, ανά 50m και οι διατομές οι οποίες ορίζουν τα τμήματα με σταθερή εγκάρσια κλίση στο διάγραμμα επικλίσεων (δικλινής σε ευθυγραμμία και μονοκλινής σε κυκλικό τόξο).



Σχήμα 3.2.5 Διάγραμμα επικλίσεων

Η τελευταία λειτουργία του κάθε υποπρογράμματος σχεδίασης μηκοτομών είναι ο έλεγχος των σύνθετων κλίσεων μηκοτομής και επικλίσεων. Ελέγχεται εάν υπάρχει τμήμα βρόχου ή ράμπας όπου με τα δεδομένα στοιχεία παρουσιάζονται σύνθετες κλίσεις, μικρότερες από την ελάχιστη τιμή = 0.5 % (αφορά την απορροή υδάτων) και μεγαλύτερες από τη μέγιστη τιμή = με τη μέγιστη κλίση που ορίζει ο κανονισμός στη συγκεκριμένη περίπτωση. Το πρόγραμμα εμφανίζει μήνυμα λάθους σε κάθε περίπτωση, με την τιμή της σύνθετης κλίσης όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.6.



Σχήμα 3.2.6 Μήνυμα πληροφόρησης σύνθετης κλίσης

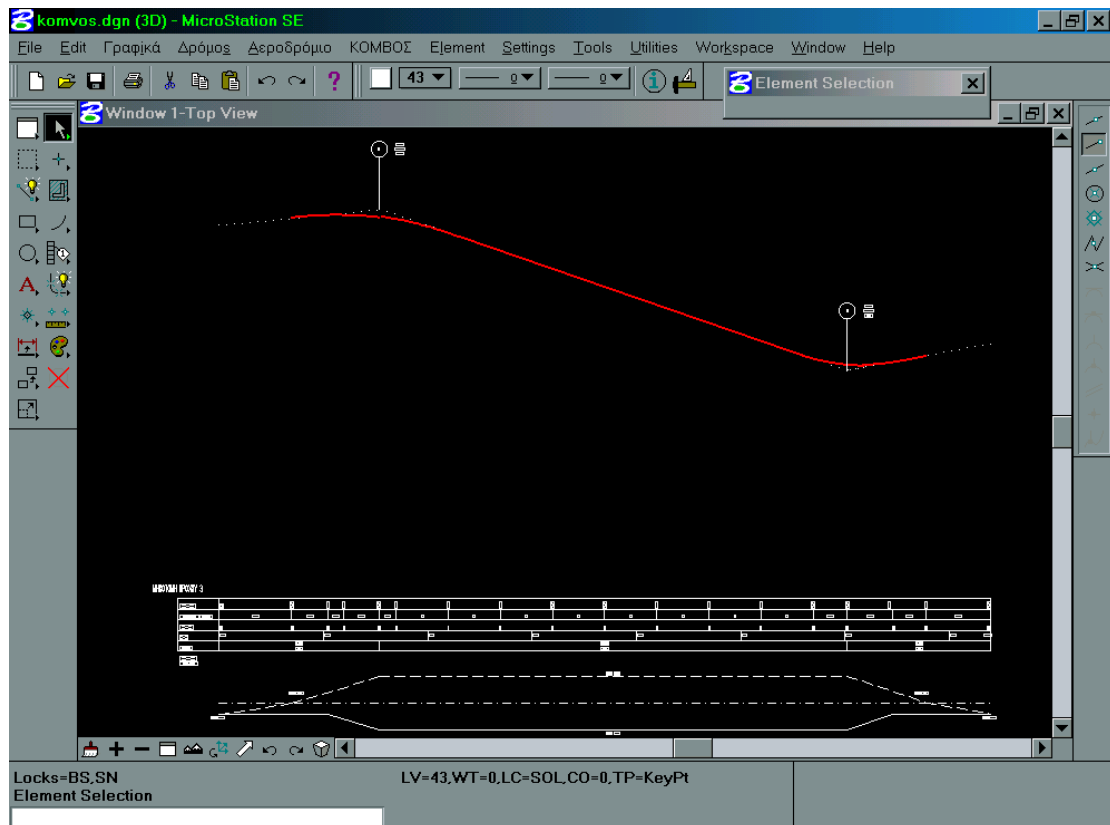
3.2.1 ΜΗΚΟΤΟΜΕΣ ΒΡΟΧΩΝ

ΚΟΜΒΟΣ > Σχεδίαση Μηκοτομών Βρόχων

Για τη σωστή σχεδίαση των μηκοτομών χρειάζεται να έχουμε εισάγει τιμές για τις ακτίνες των τόξων στρογγύλευσης. Οι τιμές πρέπει να βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων που καθορίζουν οι Γερμανικοί Κανονισμοί^[3] και οι περιορισμοί που θέσαμε παραπάνω. Το πρόγραμμα κάθε μηκοτομής αφού υπολογίσει τα υψόμετρα αρχής και τέλους του κυκλικού τόξου, την κατά μήκος κλίση του βρόχου και τις αποστάσεις πριν και μετά την καμπύλη του βρόχου που έχουμε κανονική δικλινή διατομή, σχεδιάζει κατά σειρά :

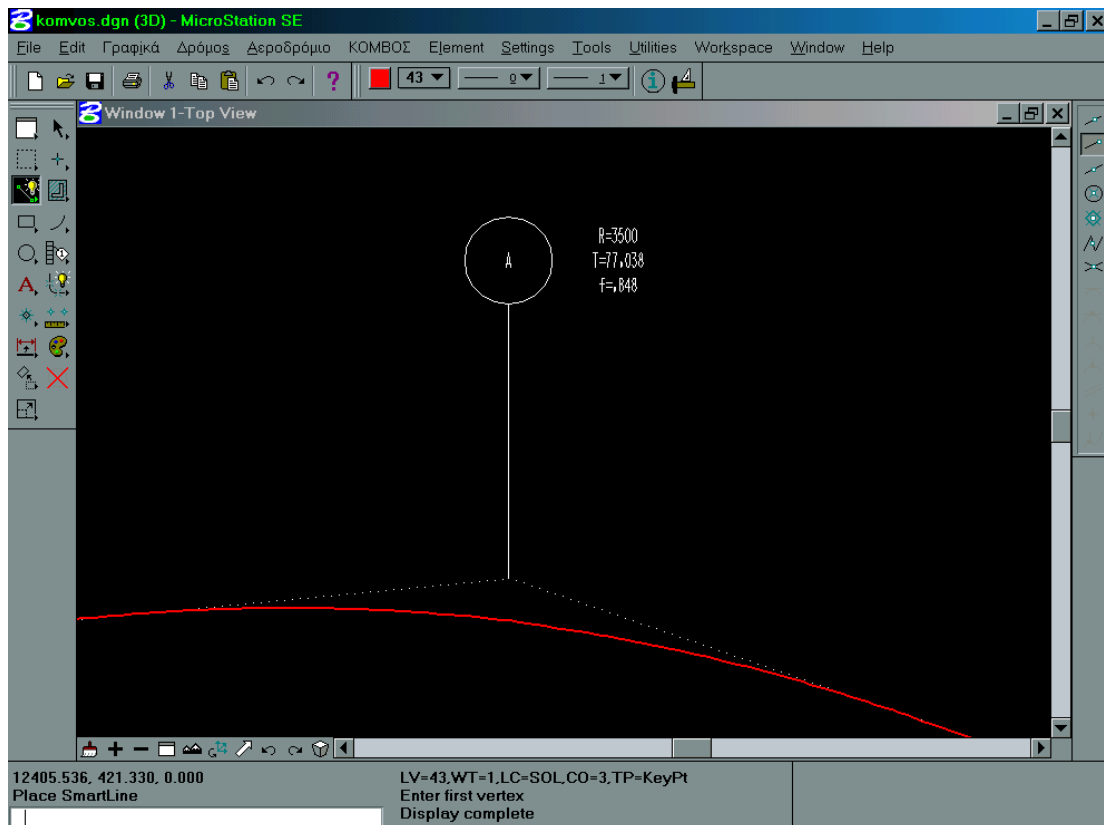
- Πολυγωνική της ερυθράς
- Γραμμές υπομνήματος
- Κείμενα υπομνήματος
 - Εξήγηση κάθε γραμμής
 - Αρίθμηση και ονομασία διατομών
 - Αποστάσεις μεταξύ των διατομών
 - Υψόμετρα
 - Χιλιομέτρηση
 - Αποστάσεις και κλίσεις
- Τετραγωνικές παραβολές ως τόξα στρογγύλευσης των κορυφών των μηκοτομών και ερυθρά
- Κείμενα Σημαίων Μηκοτομής
- Σκαρίφημα διαγράμματος επικλίσεων

Οι μηκοτομές σχεδιάζονται με λόγο κλίμακας υψών : κλίμακα μηκών =10



Σχήμα 3.2.1.1 Μηκοτομή και διάγραμμα επικλίσεων βρόχου

Στις σημαίες μηκοτομής αναγράφονται η ακτίνα του τόξου στρογγύλευσης, η απόσταση της κορυφής η οποία στρογγυλεύεται από την καμπύλη (f), και οι οριζόντιες αποστάσεις εκατέρωθεν της κορυφής που ορίζουν την αρχή και το τέλος του τόξου στρογγύλευσης. Ακόμη ονομάζονται Α και Β οι σημαίες μηκοτομής στην είσοδο και στην έξοδο του βρόχου αντίστοιχα.



Σχήμα 3.2.1.2 Εμφάνιση στοιχείων στρογγύλευσης στην κορυφή της
μηκοτομής

Μετά την ολοκλήρωση της σχεδίασης της μηκοτομής, σχεδιάζεται σκαρίφημα διαγράμματος επικλίσεων σαν προσθήκη στο σχέδιο της μηκοτομής. Κατά RAL-K-2^[3] λαμβάνονται τιμές $q_0 = 2.5 \%$ για την επίκλιση επί ευθυγραμμίας και $q_k = 6 \%$ για την επίκλιση επί του κυκλικού τόξου. Γίνεται η παραδοχή ότι η επίκλιση δίνεται μέσα στο μήκος της κλωθοειδούς. 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)
- $\max K = \frac{1}{137}$ μέγιστη κλίση K της οριογραμμής

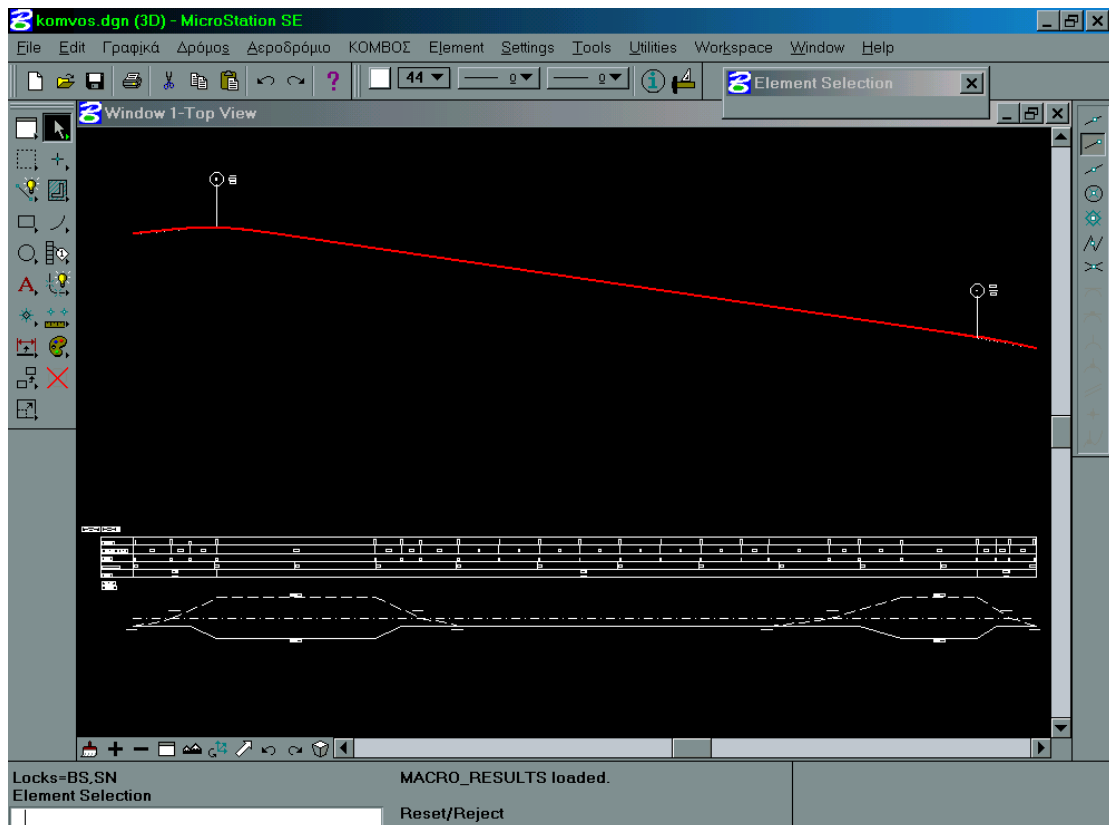
Το διάγραμμα των επικλίσεων έχει λόγο κλίμακας υψών : κλίμακα μηκών = 100. Πάνω στο διάγραμμα αναγράφονται οι επικλίσεις και οι κλίσεις των οριογραμμών, ενώ στο υπόμνημα της μηκοτομής φαίνονται οι διατομές “α” και “β”, κανονικής διατομής (δικλινής) και διατομής που ξεκινά η αρνητική κλίση της εσωτερικής οριογραμμής. Τέλος πάντα οι αριστερές οριογραμμές είναι εξωτερικές και βρίσκονται από πάνω στο διάγραμμα επικλίσεων (διακεκομμένες γραμμές) και οι δεξιές από κάτω (συνεχείς γραμμές).

Το πρόγραμμα καλεί κατά σειρά τις μακροεντολές “mhkvro1.bas”, “mhkvro2.bas”, “mhkvro3.bas”, “mhkvro4.bas”.

3.2.2 ΜΗΚΟΤΟΜΕΣ ΡΑΜΠΩΝ

ΚΟΜΒΟΣ > Σχεδίαση Μηκοτομών Ραμπών

Ο σχεδιασμός των μηκοτομών των ραμπών απ' ευθείας σύνδεσης ακολουθεί την ίδια λογική με αυτού των βρόχων. Η σειρά που ακολουθείται σε υπολογισμούς και σχεδίαση διαφόρων στοιχείων είναι όμοια. Εντοπίζονται διαφορές μόνο κατά τη σχεδίαση του διαγράμματος των επικλίσεων όπου στις ράμπες δεν υπάρχει μία, αλλά δύο οριζοντιογραφικές καμπύλες. Μάλιστα πρόκειται για διαδοχικές ομόρροπες καμπύλες (δεξιόστροφες). Έτσι διαφοροποιούνται οι υπολογισμοί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να γίνονται δύο φορές, μία για κάθε καμπύλη και τελικά να σχεδιάζονται οι οριογραμμές και των δύο καμπύλων στο διάγραμμα επικλίσεων. Όπως προαναφέρθηκε δεν είναι αναγκαίο να δοθούν στο πρόγραμμα παράμετροι που να αφορούν την κλωθειδή εξόδου από την καμπύλη εισόδου και την κλωθειδή εισόδου στην καμπύλη εξόδου, και πως το πρόγραμμα δεν σχεδιάζει εκεί κλωθειδείς στην οριζοντιογραφία. Σ' αυτή την περίπτωση στο διάγραμμα επικλίσεων σχεδιάζονται κατακόρυφες γραμμές.



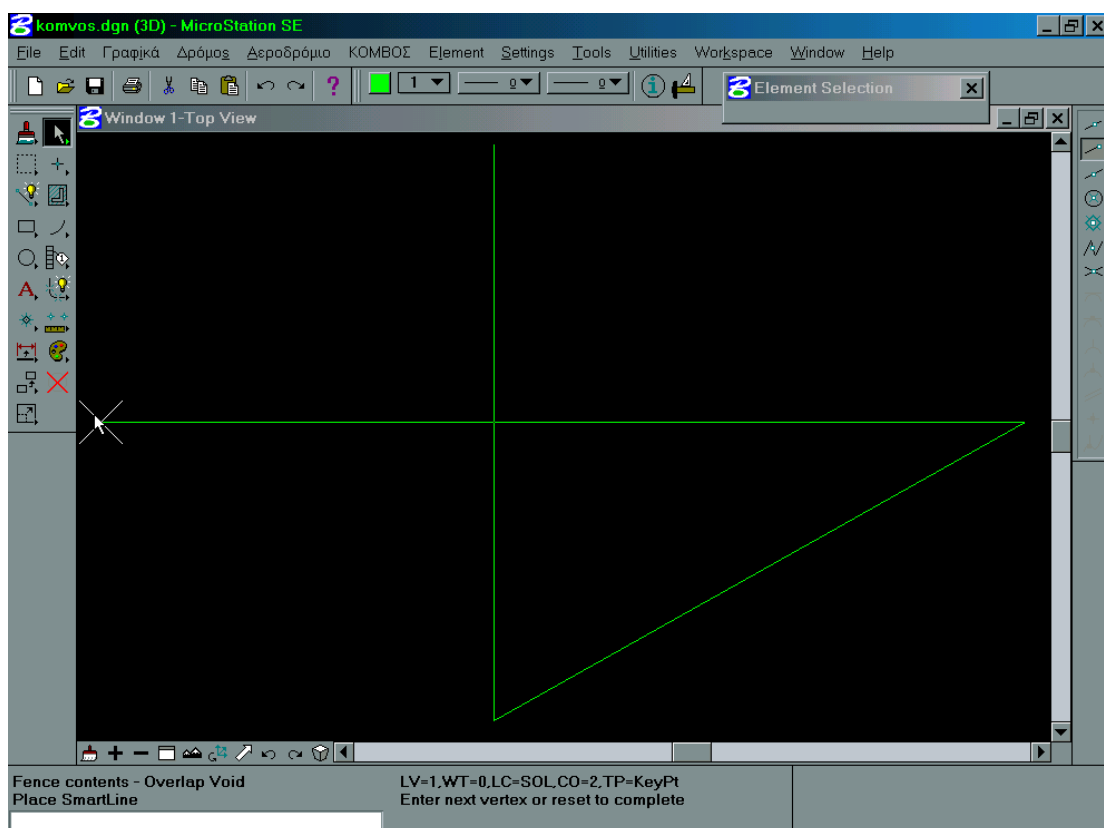
Σχήμα 3.2.2.1 Μηκοτομή και διάγραμμα επικλίσεων ράμπας απ' ευθείας σύνδεσης

4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Θα ακολουθήσει η παρουσίαση ενός παραδείγματος με εισαγωγή δεδομένων και διορθώσεις, εκτέλεση των προγραμμάτων σχεδίασης και παρουσίαση των σχεδίων και των μηνυμάτων του προγράμματος προς το χρήστη.

4.1 Εισαγωγή στοιχείων οριζοντιογραφίας

Επιλέγεται από τον κατάλογο “ΚΟΜΒΟΣ” γραφική εισαγωγή συντεταγμένων των αρχικών σημείων του κόμβου και δίνουμε τα σημεία έτσι ώστε οι άξονες των οδών να είναι ο ένας οριζόντιος και ο άλλος κατακόρυφος, δηλαδή να σχηματίζουν και γωνία 90^0 .



Σχήμα 4.1.1 Εισαγωγή αρχικών σημείων γραφικά

Από την επιλογή **ΚΟΜΒΟΣ > ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ > ΣΗΜΕΙΑ**, επιβεβαιώνεται η καταχώρηση των συντεταγμένων (X_i, Y_i) και προστίθενται τα υψόμετρα (Z_i). Όπως φαίνεται και στο σχήμα **4.1.2** ταυτίζονται οι τετμημένες των σημείων που ορίζουν τον άξονα της ΟΔΟΥ 12, $X_1=X_2$ (κατακόρυφη ευθεία) και και οι τεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον άξονα της ΟΔΟΥ 34, $Y_3=Y_4$ (οριζόντια). Δίνονται οι τιμές του σχήματος **4.1.2** στα υψόμετρα, επιλέγουμε κατανεμητήρια οδοστρώματα και στις δύο οδούς και έστω ότι η ΟΔΟΣ 12 έχει τρεις λωρίδες πλάτους 3,75m ανά κατεύθυνση και νησίδα πλάτους 1,5m άρα συνολικό πλάτος $3*3,75 + 1,5 + 3*3,75 = 24m$. Εξάλλου η ΟΔΟΣ 34 έχει π.χ. δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση πλάτους 3,75m και δεν έχει διαχωριστική νησίδα, επομένως το πλάτος της οδού 34 είναι $2*3,75 + 2*3,75 = 15m$. Αφού γίνουν αποδεκτές οι καταχωρήσεις, αποθηκεύονται τα δεδομένα στο αρχείο "lak.po".

ΣΗΜΕΙΑ-ΟΔΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ

ΣΗΜΕΙΟ 1	ΣΗΜΕΙΟ 2	Πλάτη
X1 9935.0170	X2 9935.0170	Πλάτος δρόμου 12 25.000000
Y1 1678.6950	Y2 4239.2770	Πλάτος δρόμου 34 14.000000
Z1 20.000000	Z2 80.000000	☒ Κατανεμητήριο οδόστρωμα στην οδό 12
		☒ Κατανεμητήριο οδόστρωμα στην οδό 34
ΣΗΜΕΙΟ 3	ΣΗΜΕΙΟ 4	
X3 11254.942	X4 8558.9750	
Y3 2843.4710	Y4 2843.4710	
Z3 25.000000	Z4 70.000000	

Κατά μήκος κλίση 12= 2.343217 %

Κατά μήκος κλίση 34= 1.669160 %

Υψομετρική διαφορά= 0.258607 m

Η οδός 12 περνά από πάνω

Γωνία αξόνων 89.999427 μοίρες

Σχήμα 4.1.2 Εισαγωγή υψομέτρων, πλατών και επιλογή για σχεδίαση ή όχι κατανεμητήριων οδοστρωμάτων στις δύο οδούς

Μετά την “Αποδοχή” των αλλαγών το πρόγραμμα παρέχει πληροφορίες για τις κατά μήκος κλίσεις των οδών, την υψομετρική διαφορά στο σημείο τομής και για τη σχετική υψομετρική θέση των δύο οδών (ποια οδός βρίσκεται ψηλότερα υψομετρικά στο σημείο που διασταυρώνονται οριζοντιογραφικά).

Στη συνέχεια από το **ΚΟΜΒΟΣ > ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ > ΒΡΟΧΟΙ** εισάγονται τα οριζοντιογραφικά στοιχεία των βρόχων και υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης των μηκών πλέξης και των κατά μήκος κλίσεων των βρόχων επιλέγοντας “Υπολογισμός” στο αντίστοιχο πλαίσιο.

ΒΡΟΧΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΒΡΟΧΩΝ

ΒΡΟΧΟΣ I
 Αεισ. 60.000000
 Αεξ. 90.000000
 R1 130.000000

ΒΡΟΧΟΣ II
 Αεισ. 80.000000
 Αεξ. 50.000000
 R2 120.000000

ΒΡΟΧΟΣ III
 Αεισ. 20.000000
 Αεξ. 20.000000
 R3 20.000000

ΒΡΟΧΟΣ IV
 Αεισ. 75.000000
 Αεξ. 65.000000
 R4 115.000000

ΜΗΚΗ ΠΛΕΞΗΣ

Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων I και II 247.679321
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων II και III 167.47952
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων III και IV 156.97660
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων IV και I 260.91248

Υπολογισμός

ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΚΛΙΣΕΙΣ

Βρόχος I -0.497161 %
 Βρόχος II -0.282054 %
 Βρόχος III 6.865442 %
 Βρόχος IV -1.009223 %

Υπολογισμός

Αποδοχή Έξοδος

Σχήμα 4.1.3 Εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών βρόχων και εμφάνιση μηκών τμημάτων πλέξης και κατά μήκος κλίσεων

Εμφανίζονται μικρές τιμές μηκών πλέξης μεταξύ των βρόχων II - III και III – IV αλλά και μεγάλη κλίση (μεγαλύτερη του 5% = μέγιστη σε ανωφέρεια) στο βρόχο III. Μεταβάλλοντας κατάλληλα τα στοιχεία του βρόχου III προκύπτουν αποδεκτές τιμές.

ΒΡΟΧΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΒΡΟΧΩΝ

ΒΡΟΧΟΣ I	ΒΡΟΧΟΣ II
Αεισ. 60.000000	Αεισ. 80.000000
Αεξ. 90.000000	Αεξ. 50.000000
R1 130.00000	R2 120.00000

ΒΡΟΧΟΣ III	ΒΡΟΧΟΣ IV
Αεισ. 70.000000	Αεισ. 75.000000
Αεξ. 70.000000	Αεξ. 65.000000
R3 120.00000	R4 115.00000

ΜΗΚΗ ΠΛΕΞΗΣ

Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων I και II	247.679321
Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων II και III	256.75323
Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων III και IV	246.25031
Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων IV και I	260.91248

Υπολογισμός

ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΚΛΙΣΕΙΣ

Βρόχος I	-0.497161	%
Βρόχος II	-0.282054	%
Βρόχος III	1.693869	%
Βρόχος IV	-1.009223	%

Υπολογισμός

Αποδοχή Έξοδος

Σχήμα 4.1.5 Μεταβολή γεωμετρικών χαρακτηριστικών ώστε να εμφανιστούν αποδεκτές τιμές κλίσεων και τμημάτων πλέξης

Επιλέγοντας “Αποδοχή” αποθηκεύονται τα στοιχεία των βρόχων στο “lak.vro”. Δίνονται τα τελευταία στοιχεία που αφορούν την οριζοντιογραφία δηλαδή τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά για τις ράμπες από το **ΚΟΜΒΟΣ > ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ > ΡΑΜΠΕΣ**.

ΡΑΜΠΕΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΡΑΜΠΩΝ

ΡΑΜΠΑ I		ΡΑΜΠΑ II	
ΕΙΣΟΔΟΥ	ΕΞΟΔΟΥ	ΕΙΣΟΔΟΥ	ΕΞΟΔΟΥ
Αεισ. 200.00000	Αεισ. 150.00000	Αεισ. 150.00000	Αεισ. 150.00000
Αεξ. 150.00000	Αεξ. 150.00000	Αεξ. 150.00000	Αεξ. 100.00000
R1 400.00000	R2 200.00000	R3 400.00000	R4 250.00000

ΡΑΜΠΑ III		ΡΑΜΠΑ IV	
ΕΙΣΟΔΟΥ	ΕΞΟΔΟΥ	ΕΙΣΟΔΟΥ	ΕΞΟΔΟΥ
Αεισ. 100.00000	Αεισ. 120.00000	Αεισ. 250.00000	Αεισ. 170.00000
Αεξ. 100.00000	Αεξ. 120.00000	Αεξ. 150.00000	Αεξ. 170.00000
R5 300.00000	R6 300.00000	R7 485.00000	R8 420.00000

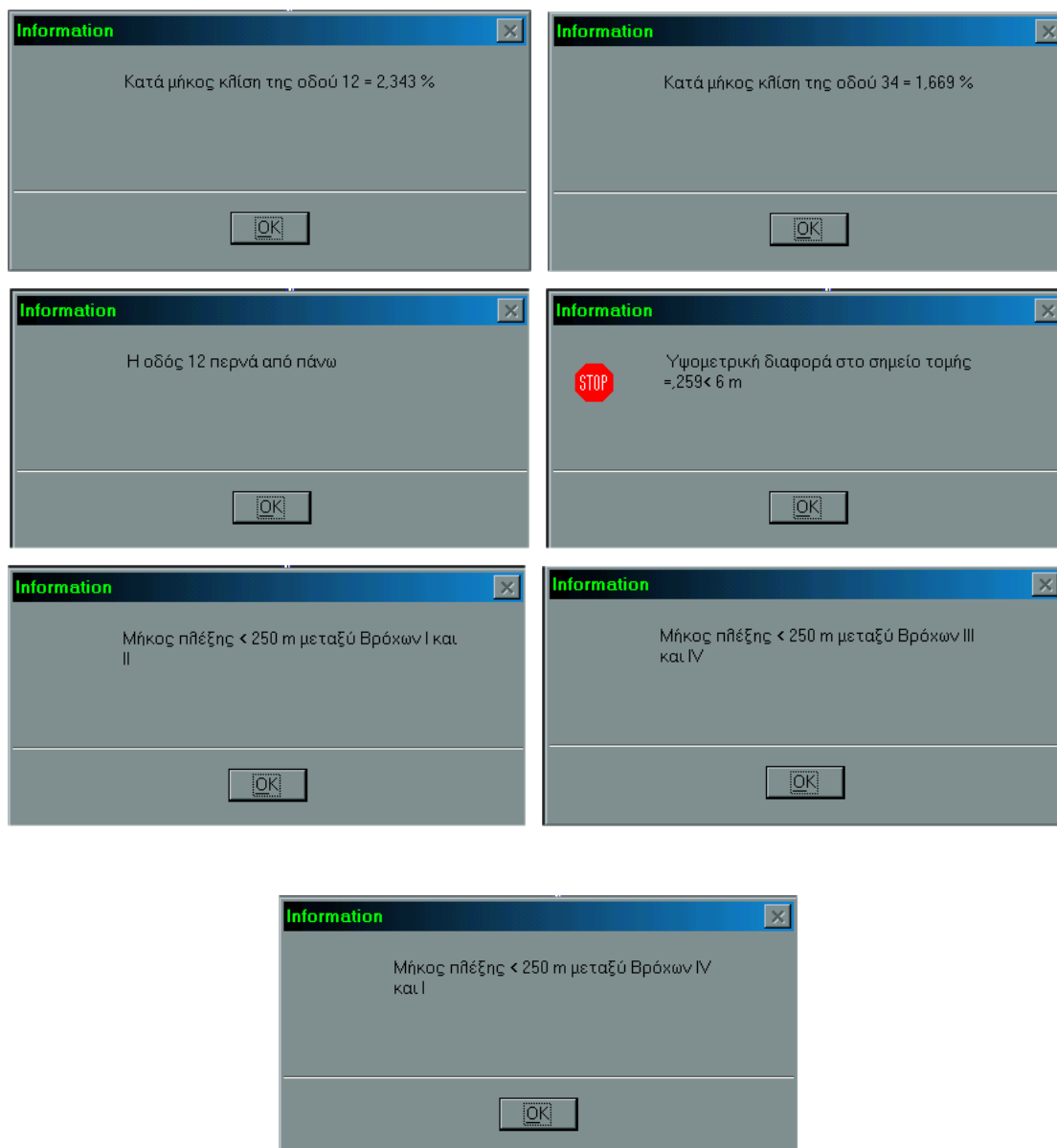
Αποδοχή Έξοδος

Σχήμα 4.1.6 Εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών βρόχων και εμφάνιση
μηκών τμημάτων πλέξης και κατά μήκος κλίσεων

Επιλέγοντας “Αποδοχή” καταχωρούνται τα στοιχεία στο αρχείο
“lak.rmp”.

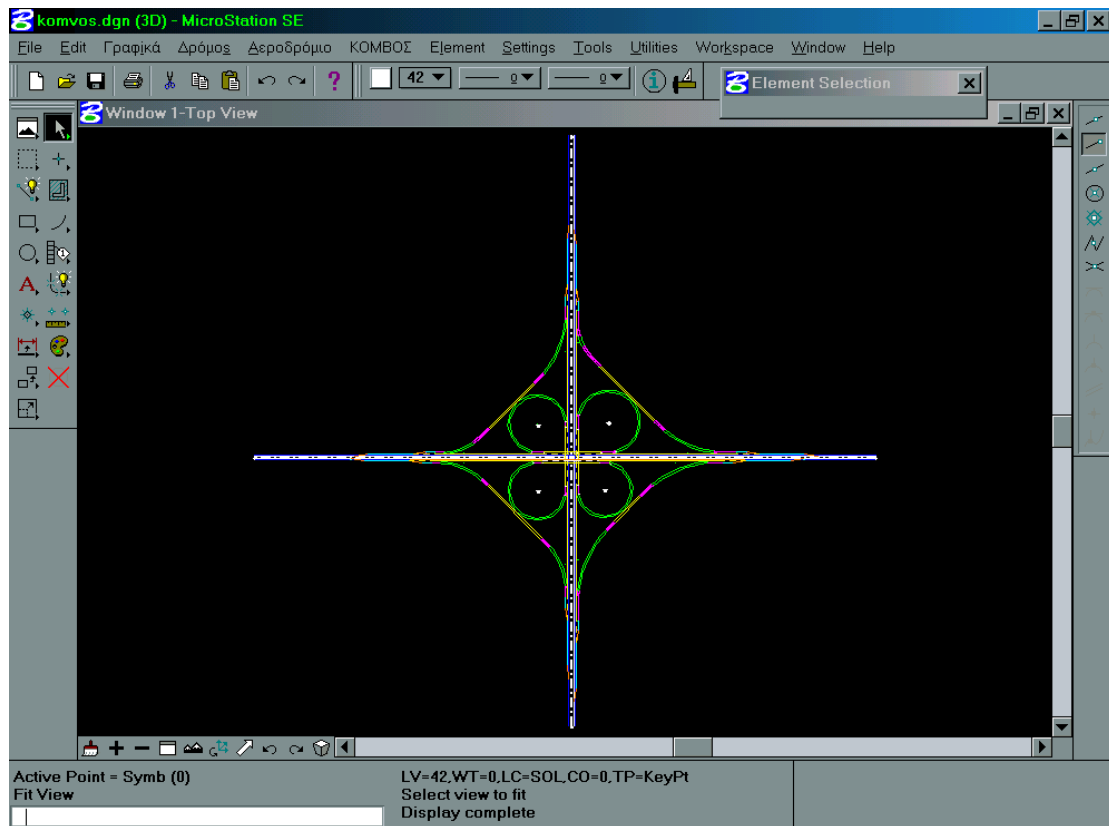
4.2 Σχεδίαση Οριζοντιογραφίας

Έχοντας ολοκληρώσει την εισαγωγή δεδομένων για την οριζοντιογραφία επιλέγουμε σχεδίαση της οριζοντιογραφίας από τον κατάλογο **ΚΟΜΒΟΣ > Σχεδίαση Οριζοντιογραφίας**. Ακολουθεί το σχήμα **4.2.1** με τα παράθυρα διαλόγου που εμφανίζει το πρόγραμμα και πληροφορεί το χρήστη για στοιχεία που υπολογίζει ή τον ενημερώνει για τιμές οι οποίες βρίσκονται εκτός των αποδεκτών ορίων.



Σχήμα 4.2.1 Πληροφοριακά μηνύματα που εμφανίζονται κατά την εκτέλεση του προγράμματος σχεδίασης της οριζοντιογραφίας του κόμβου

Όταν ολοκληρωθεί η σχεδίαση της οριζοντιογραφίας στην επιφάνεια εργασίας έχει σχεδιαστεί ο κόμβος που φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 4.2.2 Σχέδιο Οριζοντιογραφίας κόμβου

Στο σημείο τομής των αξόνων υπάρχει υψομετρική διαφορά πολύ μικρότερη από τα 6m που συνήθως επιθυμείται. Έτσι μεταβάλλονται κατάλληλα τα υψόμετρα των αρχικών σημείων όπως στο σχήμα 4.2.3

ΣΗΜΕΙΑ-ΟΔΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ

ΣΗΜΕΙΟ 1	ΣΗΜΕΙΟ 2	Πλάτη
X1 9935.0170	X2 9935.0170	Πλάτος δρόμου 12 25.000000
Y1 1678.6950	Y2 4239.2770	Πλάτος δρόμου 34 14.000000
Z1 20.000000	Z2 80.000000	

ΣΗΜΕΙΟ 3	ΣΗΜΕΙΟ 4
X3 11254.942	X4 8558.9750
Y3 2843.4710	Y4 2843.4710
Z3 38.000000	Z4 70.000000

☒ Κατανεμητήριο οδόστρωμα στην οδό 12
☒ Κατανεμητήριο οδόστρωμα στην οδό 34

Κατά μήκος κλίση 12= 2.343217 %
 Κατά μήκος κλίση 34= 1.186958 %
 Υψομετρική διαφορά= 6.377996 m
 Η οδός 34 περνά από πάνω
 Γωνία αξόνων 89.999427 μοίρες

Αποδοχή
 Έξοδος

Σχήμα 4.2.3 Περαιτέρω μεταβολή στοιχείων της οριζοντιογραφίας λόγω μικρής υψομετρικής διαφοράς στο σημείο οριζοντιογραφικής τομής

οπότε τώρα η υψομετρική διαφορά στο σημείο τομής γίνεται

Information

Υψομετρική διαφορά στο σημείο τομής
=6.378 m

OK

Σχήμα 4.2.4 Πληροφορία αναφορικά με την υψομετρική διαφορά που παρέχει το πρόγραμμα

και μεταβάλλονται όπως στο σχήμα **4.2.5** και τα στοιχεία των βρόχων ώστε να μην υπάρχει τμήμα με μήκος πλέξης μικρότερο από 250m, όπως ορίζουν οι κανονισμοί.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΒΡΟΧΩΝ

ΒΡΟΧΟΣ I
 Αεισ. 80.000000
 Αεξ. 80.000000
 R1 130.000000

ΒΡΟΧΟΣ II
 Αεισ. 80.000000
 Αεξ. 80.000000
 R2 120.000000

ΒΡΟΧΟΣ III
 Αεισ. 70.000000
 Αεξ. 70.000000
 R3 150.000000

ΒΡΟΧΟΣ IV
 Αεισ. 75.000000
 Αεξ. 65.000000
 R4 125.000000

ΜΗΚΗ ΠΛΕΞΗΣ

Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων I και II 256.553007
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων II και III 273.33279
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων III και IV 292.87450
 Μήκος πλέξης μεταξύ βρόχων IV και I 259.97439

Υπολογισμός

ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΚΛΙΣΕΙΣ

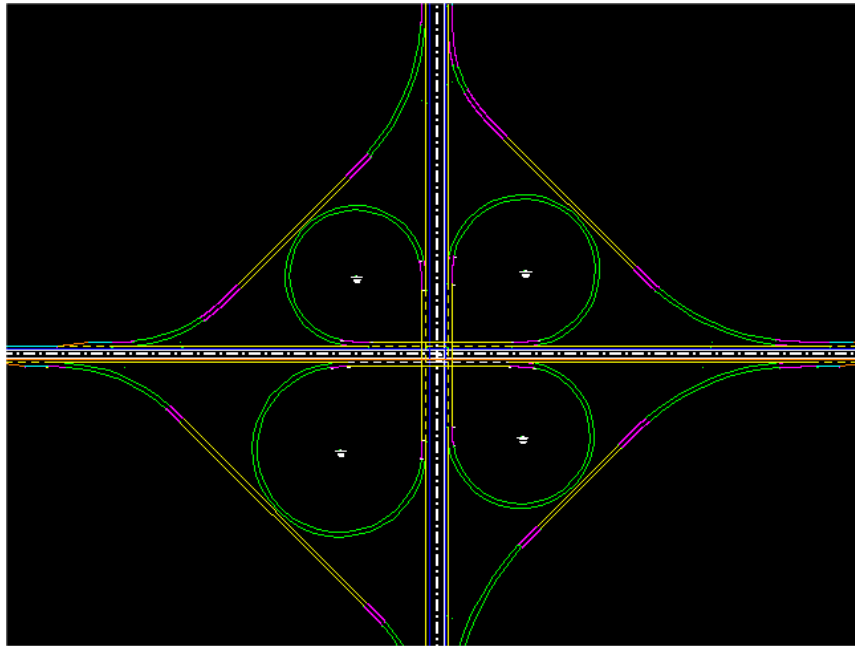
Βρόχος I -0.040310 %
 Βρόχος II -0.916300 %
 Βρόχος III 2.327201 %
 Βρόχος IV -1.613175 %

Υπολογισμός

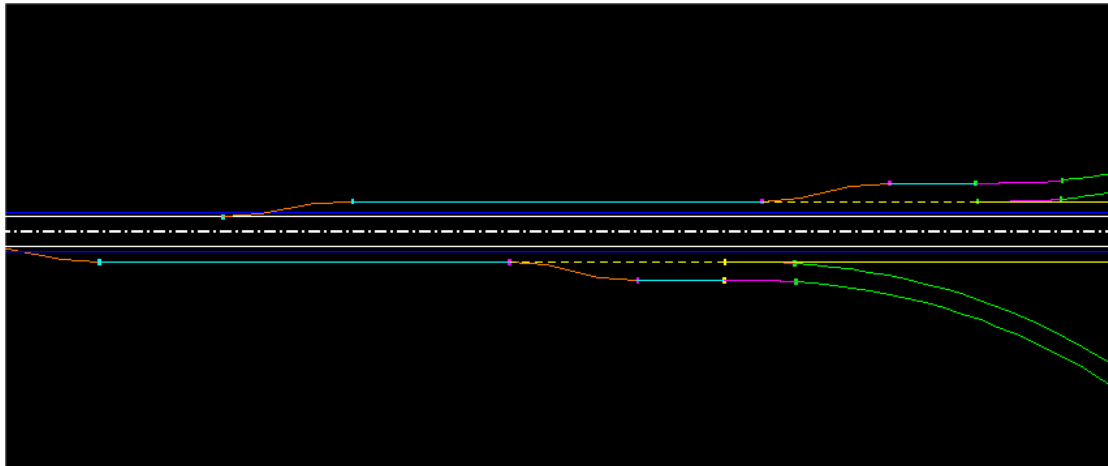
Αποδοχή Έξοδος

Σχήμα 4.2.5 Μεταβολή γεωμετρικών στοιχείων βρόχων

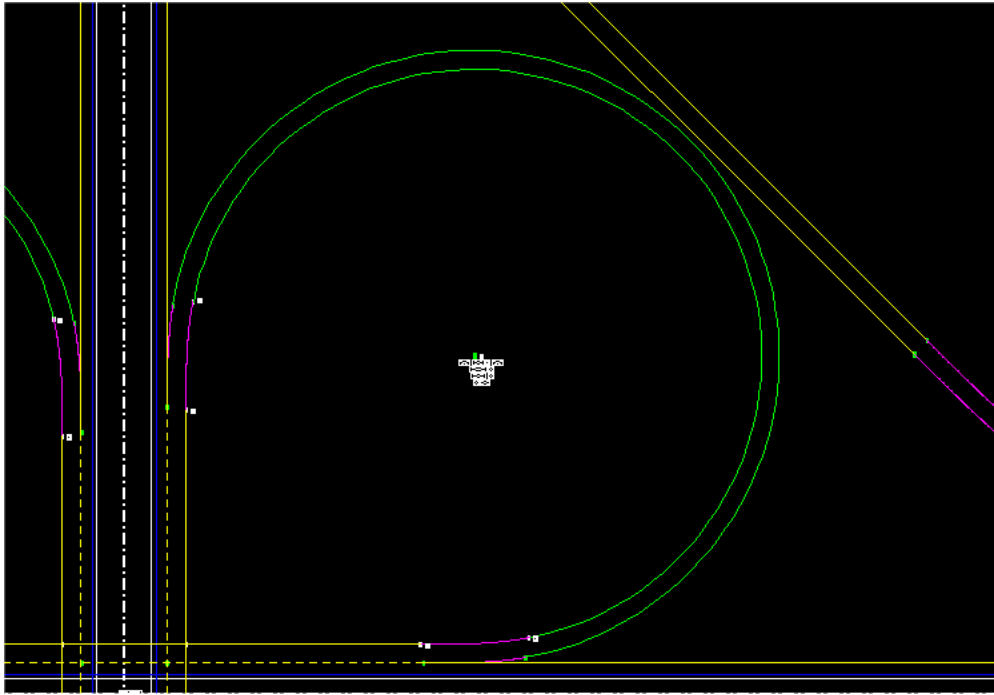
Όταν τώρα εκτελεστεί το πρόγραμμα της οριζοντιογραφίας δεν εμφανίζεται μήνυμα λάθους και τελικά το σχέδιο της οριζοντιογραφίας που παράγεται είναι το παρακάτω



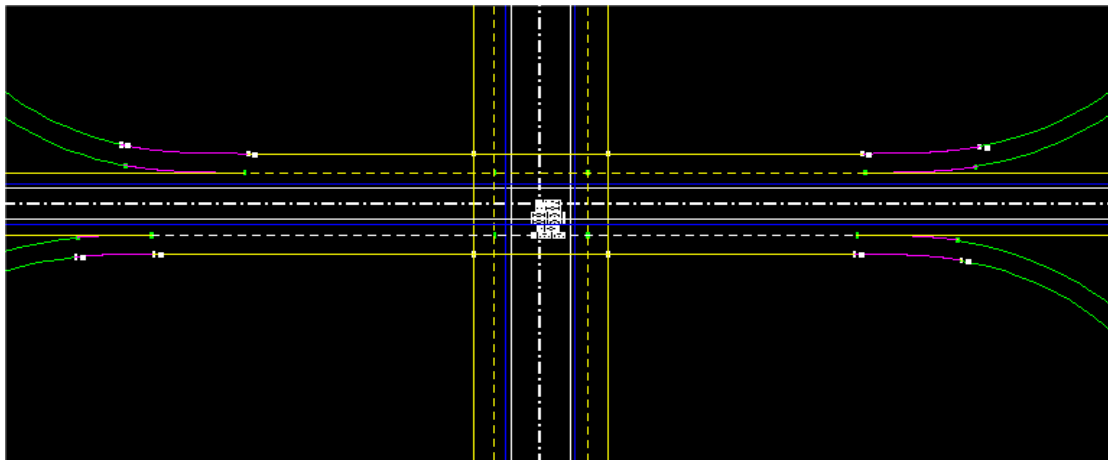
Σχήμα 4.2.6 Τελική Οριζοντιογραφία κόμβου



Σχήμα 4.2.7 Λεπτομέρεια σχεδίου (λεωρίδες αλλαγής ταχύτητας)



Σχήμα 4.2.8 Λεπτομέρεια σχεδίου (βρόχος)



Σχήμα 4.2.9 Λεπτομέρεια σχεδίου (τμήματα πλέξης)

4.3 Σχεδίαση μηκοτομών

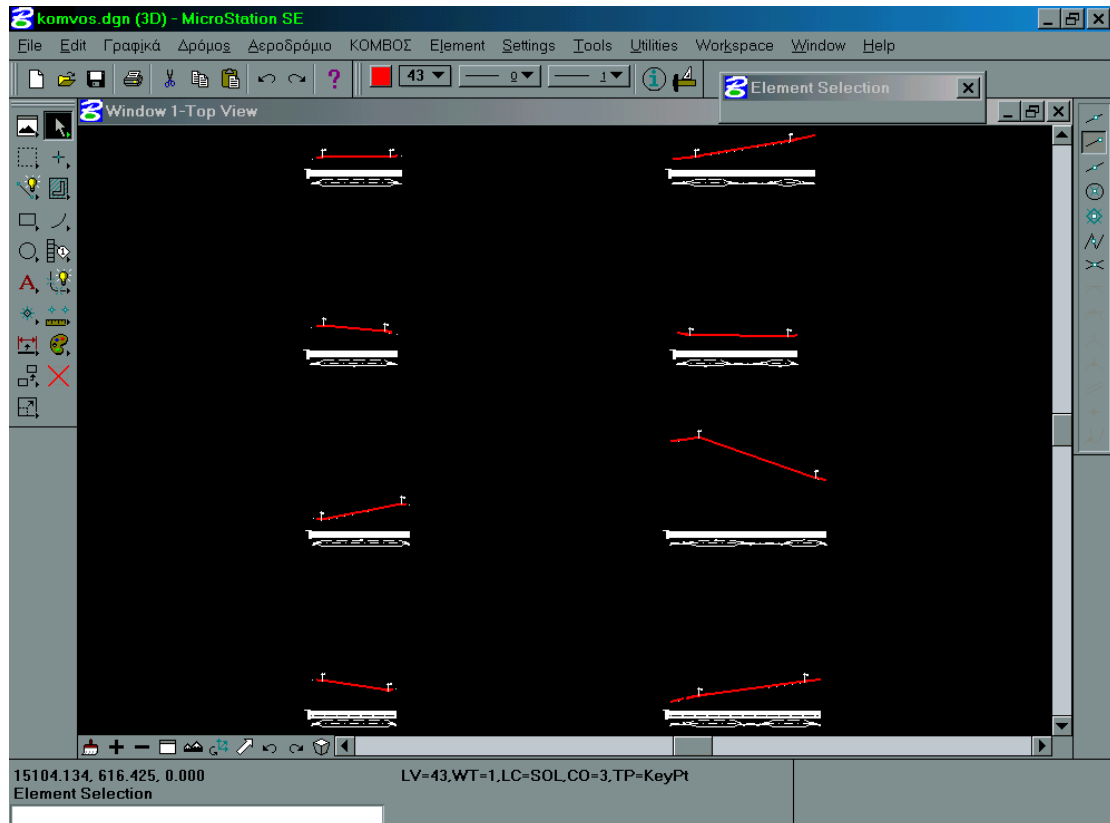
Από το **ΚΟΜΒΟΣ > Σημείες Μηκοτομής** εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής των ακτίνων στρογγύλευσης για τις μηκοτομές βρόχων και ραμπών. Επιλέγεται και το κουμπί Max Ακτίνες και εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές που μπορεί να πάρει η κάθε ακτίνα ενώ για οι ελάχιστες εμφανίζονται από το **ΚΟΜΒΟΣ > ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ > ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ**, ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης.

Εισάγονται οι επιθυμητές ακτίνες και αποθηκεύονται στο αρχείο “lak.mhk”, επιλέγοντας “Αποδοχή”.

Section	Sub-section	Ακτίνα 1	Ακτίνα 2	max
ΒΡΟΧΟΙ	ΒΡΟΧΟΣ I	4000.0000	8000.0000	4210.4394
	ΒΡΟΧΟΣ II	4500.0000	7000.0000	5178.6791
	ΒΡΟΧΟΣ III	1500.0000	1700.0000	1523.4989
	ΒΡΟΧΟΣ IV	15000.0000	1500.0000	30377.151
ΡΑΜΠΕΣ	ΡΑΜΠΑ I	20000.000	25000.000	40124.776
	ΡΑΜΠΑ II	4800.0000	6500.0000	4845.3555
	ΡΑΜΠΑ III	400.00000	1500.0000	461.64517
	ΡΑΜΠΑ IV	20000.000	50000.000	25464.637

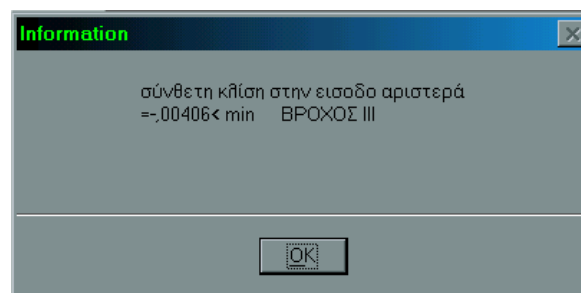
Σχήμα 4.3.1 Εισαγωγή στοιχείων για τον σχεδιασμό των μηκοτομών

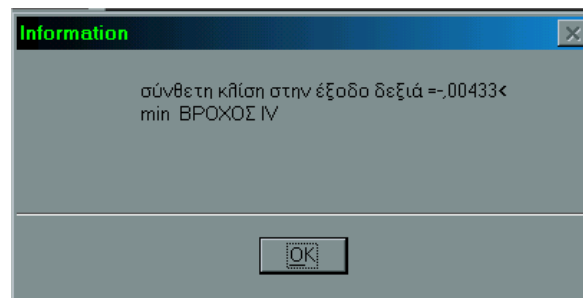
Επιλέγοντας **KOMBOΣ > Σχεδίαση Μηκοτομών Βρόχων** και στη συνέχεια **KOMBOΣ > Σχεδίαση Μηκοτομών Ραμπών** παράγονται τα σχέδια των μηκοτομών όπως φαίνονται στο σχήμα 4.3.2.



Σχήμα 4.3.2 Μηκοτομές βρόχων και ραμπών απ' ευθείας σύνδεσης

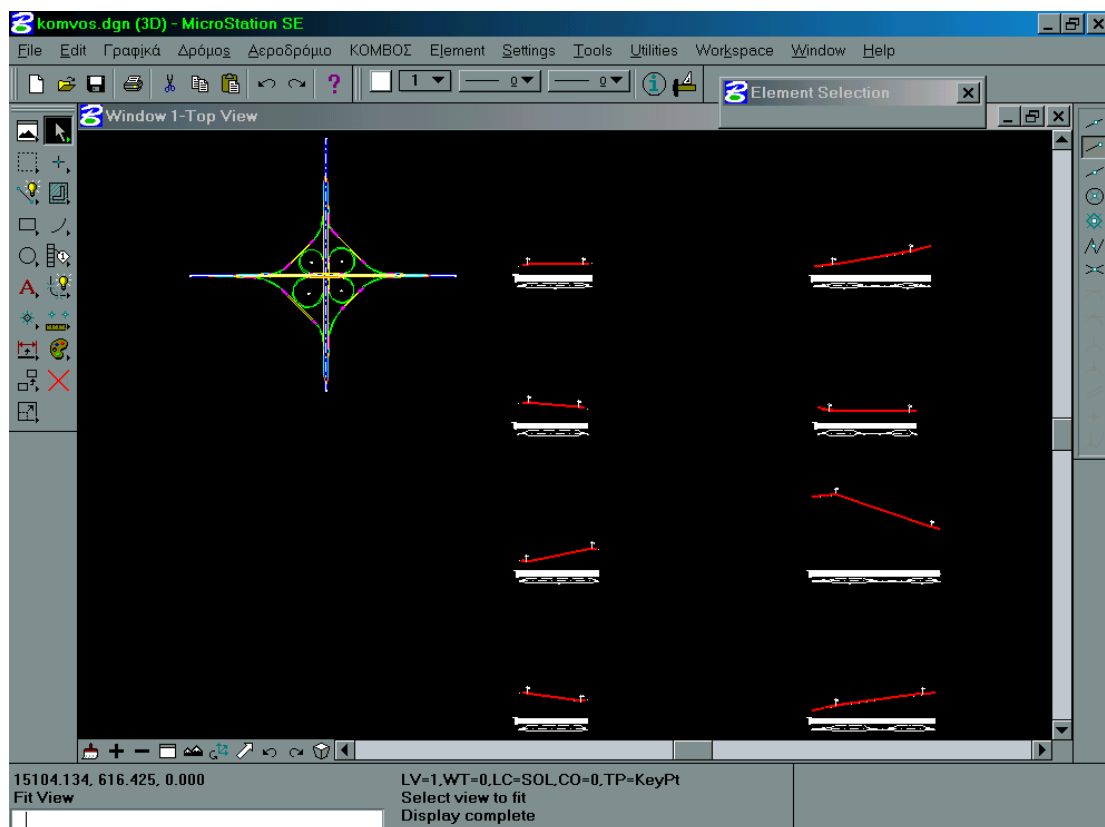
Κατά την παραγωγή των σχεδίων των μηκοτομών και των επικλίσεων εμφανίζονται μηνύματα όταν η σύνθετη κλίση μηκοτομής και οριογραμμών λόγω επίκλισης βρίσκονται εκτός των αποδεκτών ορίων που θέτουν οι Γερμανικοί Κανονισμοί RAL-K-2^[3].





Σχήμα 4.3.3 Μηνύματα που εμφανίζουν τις εκτός ορίων τιμές των σύνθετων κλίσεων

Η τελική μορφή της επιφάνειας εργασίας με όλα τα σχέδια που παρήγαγε το πρόγραμμα φαίνεται φαίνεται στο σχήμα 4.3.4



Σχήμα 4.3.4 Οριζοντιογραφία, Μηκοτομές και Διαγράμματα επικλίσεων

Τέλος, στο σχήμα **4.3.5** φαίνονται οι υπολογισμοί οι οποίοι εμφανίζονται από την επιλογή **ΚΟΜΒΟΣ > Αριθμητικά Αποτελέσματα**

Αριθμητικά Αποτελέσματα				
Μήκος Βρόχου		Κλίση Βρόχου		ΟΔΟΙ
I	661.84003	I	0.26659%	Η οδός 34 περνά από πάνω
II	618.82121	II	-0.82198%	Κλίση οδού 12 2.34321%
III	739.52351	III	1.61737%	Κλίση οδού 34 1.18695%
IV	628.44987	IV	-1.25621%	Υψομετρική διαφορά αξόνων στο σημείο της διασταύρωσης 6.37799 m
Μήκος Ράμπας		Κλίση Ράμπας		Γωνία δύο ευθειών 89.999427 μοίρες
I	996.76778	I	1.685403%	
II	912.48610	II	-0.137741%	
III	1147.1198	III	-3.420471%	
IV	1077.7914	IV	1.331100%	

Σχήμα 4.3.5 Εμφάνιση συγκεντρωμένων των αριθμητικών αποτελεσμάτων

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ο σχεδιασμός ενός ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου, αποτελεί ένα πρόβλημα στην λύση του οποίου υπεισέρχονται πολλές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Πρόκειται για ένα μεγάλο σε έκταση και σημασία τεχνικό έργο για τη μελέτη και την κατασκευή του οποίου απαιτείται χρόνος και υψηλό κόστος ώστε να το αποτέλεσμα να εξασφαλίζει ασφάλεια και ποιότητα κυκλοφορίας στο χρήστη, να εντάσσεται ομοιόμορφα στο οδικό περιβάλλον που πρόκειται να εξυπηρετήσει και να μην επιβαρύνει και αλλοιώνει το περιβάλλον σε μη αποδεκτό βαθμό.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια προσπάθεια αυτοματοποίησης της σχεδίασης σε επίπεδο προμελέτης και μελέτης του κόμβου. Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε δίνει την δυνατότητα παραγωγής σε ελάχιστο χρόνο ορισμένων χρήσιμων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων συνοδευόμενα και από σχέδια οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και επικλίσεων των κλάδων απ' ευθείας σύνδεσης του κόμβου. Σε στάδιο προμελέτης υπάρχει η δυνατότητα με χρήση του προγράμματος να είναι άμεσα γνωστά τα περισσότερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κόμβου σε οριζοντιογραφία και μηκοτομές. Επίσης παρέχονται από το πρόγραμμα πληροφορίες όπως η επιφάνεια την οποία καταλαμβάνει ο κόμβος. Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα μελέτης διαφόρων πιθανών λύσεων για σύγκριση στη συνέχεια.

Το λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε μπορεί να δεχτεί περαιτέρω παρεμβάσεις ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέγει και να καταχωρεί ακόμη περισσότερα στοιχεία. Τέτοια στοιχεία θα μπορούσαν να είναι η τυπική διατομή των κλάδων, το μήκος των λωρίδων επιτάχυνσης και επιβράδυνσης και το πλάτος των κατανεμητήριων οδοστρωμάτων. Ακόμη, μπορούν να εισαχθούν περισσότεροι έλεγχοι κατά τους υπολογισμούς και τον σχεδιασμό και το πρόγραμμα να πληροφορεί το χρήστη με μηνύματα, ή συγκεντρωτικά σε πιο φιλικό επίπεδο. Εξάλλου θα μπορούσε να τροποποιηθεί ώστε να δέχεται και να επεξεργάζεται ψηφιακή πληροφορία εδάφους, εντάσσοντας αυτό στη σχεδίαση των μηκοτομών, των επικλίσεων και των διατομών. Τέλος,

προτείνεται η ενσωμάτωση στο πρόγραμμα και των Αμερικανικών Κανονισμών^[4] κάτι το οποίο θα έδινε περισσότερες επιλογές στο χρήστη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ο κώδικας του προγράμματος θεωρήθηκε σκόπιμο να διατίθεται σε ηλεκτρονική μορφή, αφού ξεπερνάει τις 350 σελίδες. Παρακάτω αναφέρονται τα υποπρογράμματα (μακροεντολές) που συνθέτουν το πρόγραμμα με αλφαβητική σειρά:

- Calc.bas
- Cloth_c_in.bas
- Cloth_c_out.bas
- Cloth_r1in.bas
- Cloth_r1out.bas
- Cloth_r2in.bas
- Cloth_r2out.bas
- Clover1.bas
- Clover2.bas
- Data.bas
- Erhoriz.bas
- Ermhkvro.bas
- Ermhkrmp.bas
- Getpoints.bas
- Keimena.bas
- Keimena2.bas
- Mhkrmp.bas
- Mhkrmp1.bas
- Mhkrmp2.bas
- Mhkrmp3.bas
- Mhkrmp4.bas
- Mhkvro1.bas
- Mhkvro2.bas
- Mhkvro3.bas
- Mhkvro4.bas
- Odoi.bas
- Plex.bas

- Prepoints.bas
- Rampes1in.bas
- Rampes2in.bas
- Rampes1out.bas
- Rampes2out.bas
- Results.bas
- Rmpslo.bas
- Save.bas
- Simaies.bas
- Simaies2.bas
- Sundeseis.bas
- Sundeseis2.bas
- Sundeseis2_12.bas
- Sundeseis2_34.bas
- Viewhoriz.bas
- Viewmhkvro.bas
- Viewmhkrmp.bas
- Yps_rmp.bas

Το πρόγραμμα δημιουργεί συνολικά 35 ASCII αρχεία (αρχεία κειμένου που περιλαμβάνουν αλφαριθμητικά δεδομένα) εκ των οποίων τα τέσσερα που έχουν αναφερθεί και προηγουμένως αποτελούν αρχεία εργασίας και τα υπόλοιπα 31, χρησιμεύουν για εσωτερική επικοινωνία του προγράμματος.

Δεν κρίθηκε σκόπιμη η αντιγραφή και επισύναψη του πλήρους κειμένου των Γερμανικών Κανονισμών, εφ' όσον μεταφρασμένα στα ελληνικά αντίτυπα αυτών κυκλοφορούν στο εμπόριο.

Ακολουθεί απόδοση στα ελληνικά τμημάτων των Αμερικάνικων Κανονισμών

Φωτογραφίες ανισόπεδων κόμβων



Φωτογραφία 1 : Ανισόπεδος κόμβος μορφής μερικού τετράφυλλου στο Ισραήλ.
(πηγή : διαδίκτυο - www.worldnewsstand.net/03/SR/8-2.htm)



Φωτογραφία 2 : Ανισόπεδος κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου στο New Jersey των Η.Π.Α. (πηγή : διαδίκτυο - www.streano-havens.com/Aerials/Aerial4.htm)



Φωτογραφία 3 : Ανισόπεδος κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου στη Νέα Υόρκη των Η.Π.Α. (πηγή : διαδίκτυο - www.empirestateroads.com/week/us209-ny28-2001.jpg)



Φωτογραφία 4 : Ανισόπεδος κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου στο Τορόντο του Καναδά (πηγή : διαδίκτυο - www.math.toronto.edu/.../Interchange/CloverLeaf.html)



Φωτογραφία 5 : Υπό κατασκευή ανισόπεδος κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου στην Πενσυλβάνια των Η.Π.Α. (πηγή : διαδίκτυο - www.photographerflanigan.com/aerial6.htm)



Φωτογραφία 6 : Ανισόπεδος κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου στις Η.Π.Α. (πηγή : διαδίκτυο - www.doh.dot.state.nc.us/preconstruct/highway/summary.htm)

Αμερικανικοί Κανονισμοί

Παρακάτω παρουσιάζονται περιληπτικά στοιχεία που αφορούν την ασφάλεια κατά την κίνηση σε ένα κόμβο τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψιν κατά το σχεδιασμό του κόμβου σύμφωνα με το εγχειρίδιο σχεδιασμού οδών του τμήματος συγκοινωνιών του Connecticut των Η.Π.Α.

1. Σημεία εξόδων. Όπου υπάρχει η δυνατότητα είναι επιθυμητό να παρέχεται απόσταση ορατότητας ικανή ώστε ο οδηγός να συμπεριλαμβανομένου του χρόνου αντίληψης-αντίδρασης να μπορεί να προεγματοποιήσει τους απαραίτητους ελιγμούς για την ασφαλή έξοδο του οχήματος από τον αυτοκινητόδρομο.
2. Αλλαγή ταχύτητας κατά την έξοδο. Κατά το σχεδιασμό πρέπει να προβλέπεται αρκετή μήκος για ασφαλή επιβράδυνση από τη ταχύτητα μελέτης του αυτοκινητοδρόμου στην ταχύτητα μελέτης του πρώτου κρίσιμου γεωμετρικού στοιχείου του βρόχου εξόδου, κατά κανόνα της οριζοντιογραφικής καμπύλης εξόδου.
3. Συγχώνευση λωρίδων κατά την είσοδο. Νωτομετωπικές συγκρούσεις μπορεί να προκληθούν στην περιοχή συγχώνευσης των λωρίδων κατά την είσοδο στον αυτοκινητόδρομο, από την προσπάθεια του οδηγού να βρει το απαραίτητο κενό στην κυκλοφορία για αλλαγή λωρίδας και να ελέγχει και την κίνηση των προπορευόμενων οχημάτων συγχρόνως. Ένα επαρκές μήκος επιτάχυνσης πρέπει να προβλέπεται ώστε να είναι δυνατή η ανάπτυξη της απαιτούμενης ταχύτητας και η εύρεση κενού στην παρακείμενη λωρίδα.
4. Ατυχήματα λόγω πρόσκρουσης σε σταθερό αντικείμενο. Είναι πιθανό να υπάρχουν σταθερά αντικείμενα μέσα στην περιοχή ενός κόμβου όπως πινακίδες σήμανσης στις εξόδους ή βάθρα γεφυρών. Αυτά θα πρέπει όπου είναι δυνατόν να απομακρύνονται, να είναι εύθραυστα κατά τη σύγκρουση ή να

προστατεύονται από κατάλληλα διαχωριστικά ή προστατευτικά μαξιλάρια.

5. Είσοδοι στην αντίθετη κατεύθυνση. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ανισόπεδων κόμβων υπάρχει ο κίνδυνος εισόδου σε αντίθετο ρεύμα. Κάποιοι από αυτούς τους ελιγμούς δεν μπορούν να αποφευχθούν, αλλά αρκετοί προκαλούνται λόγω σύγχυσης του οδηγού εξαιτίας ελλειπούς ορατότητας, παραπλανητικής χωροθέτησης της ράμπας ή ανεπαρκούς σήμανσης. Ένας κόμβος πρέπει να σχεδιάζεται έτσι να ελαχιστοποιεί την πιθανότητα εισόδου σε αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.
6. Ημιτελής κόμβοι. Εάν είναι δυνατόν, ο σχεδιαστής πρέπει να εξασφαλίζει ότι όλες οι κινήσεις(κατευθύνσεις) παρέχονται σε ένα κόμβο, ακόμη και αν στρέφοντες φόρτοι σχεδιασμού είναι μικροί. Η έλλειψη μιας κίνησης(κατεύθυνσης) μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στους οδηγούς που την αναζητούν. Επιπλέον, αν στο μέλλον αυξηθεί η ζήτηση για κάποια κίνηση(κατεύθυνση), θα είναι σχετικά πολύ υψηλότερο το κόστος αποκατάστασης της συγκεκριμένης σύνδεσης.
7. Προσδοκίες του χρήστη. Οι κόμβοι μπορεί να είναι σημαντικές αιτίες σύγχυσης των οδηγών και γι αυτό πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να συμμορφώνονται με τις αρχές προσδοκίας του οδηγού. Κάποιες από αυτές τις αρχές παρατίθενται παρακάτω :

- Αποφυγή ύπαρξης εξόδων και εισόδων από την αριστερή οριογραμμή του δρόμου. Είναι δύσκολο για ένα οδηγό που εισέρχεται από μία συνδετήρια ράμπα να προσαρμοστεί με ασφάλεια στην υψηλή ταχύτητα της αριστερής λωρίδας της κύριας αρτηρίας. Για το λόγο αυτό, είσοδοι και εξοδοι από τα αριστερά δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται, αφού δεν συμφωνούν με την προσδοκία των οδηγών που είναι συνηθισμένοι σε δεξιές εισόδους και εξόδους.

- Έξοδοι δεν πρέπει να τοποθετούνται κατά μήκος του εφαπτόμενου τμήματος του αυτοκινητοδρόμου στο σημείο αριστερόστροφης καμπύλης του άξονα.
- Έξοδοι πρέπει να αποφεύγονται μετά από δομικές κατασκευές.

Κυκλοφοριακή ικανότητα και επίπεδο εξυπηρέτησης

Η κυκλοφοριακή ικανότητα ενός ανισόπεδου κόμβου εξαρτάται από την λειτουργία καθενός από τα στοιχεία του:

1. βασικό τμήμα αυτοκινητοδρόμου όπου δεν υπάρχουν κόμβοι
2. τμήματα ενώσεων συνδετήριων ραμπών και αυτοκινητοδρόμου
3. τμήματα πλέξης
4. συνδετήριες ράμπες
5. διασταυρώσεις ραμπών – δευτερεύοντος δρόμου

Ο κόμβος πρέπει να λειτουργεί με ένα αποδεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης. Υπάρχει αντιστοιχία στην διαβάθμιση των επιπέδων εξυπηρέτησης σε αυτοκινητόδρομο και στους κόμβους. Το επίπεδο εξυπηρέτησης σε κάθε στοιχείο του κόμβου πρέπει να είναι της ίδιας τάξεως με το επίπεδο που προσφέρεται στα τμήματα του ελεύθερου αυτοκινητόδρομου. Κατ' ελάχιστον, επιτρέπεται τα στοιχεία του κόμβου να λειτουργούν με επίπεδο εξυπηρέτησης κατά ένα μικρότερο από αυτό του της οδού. Επιπλέον οι διασταυρώσεις των συνδετήριων ραμπών με τον δευτερεύοντα δρόμο δεν πρέπει να επηρεάζουν τη ροή στον κύριο άξονα. Αυτό πιθανόν να απαιτεί περαιτέρω έλεγχο των λειτουργικών χαρακτηριστικών του δευτερεύοντα δρόμου σε κάποια απόσταση εκατέρωθεν του κόμβου. Ο μελετητής είναι υπεύθυνος για τη σύνταξη αναλυτικής μελέτης για την κυκλοφοριακή ικανότητα όλων των στοιχείων του κόμβου.

Συλλεκτήρια και κατανεμητήρια οδοστρώματα

Συλλεκτήρια και κατανεμητήρια οδοστρώματα χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται για να αναβαθμίσουν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κόμβου.

Τα συλλεκτήρια και κατανεμητήρια οδοστρώματα :

1. μεταφέρουν τους ελιγμούς πλέξης εκτός του βασικού άξονα
2. παρέχουν μία έξοδο και μία είσοδο στον βασικό άξονα
3. παρέχουν όλες τις εξόδους από το βασικό άξονα πριν από την κατασκευή

Συλλεκτήρια και κατανεμητήρια οδοστρώματα χρειάζονται συνήθως όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι τόσο μεγάλοι που χωρίς αυτά ο κόμβος δεν μπορεί να λειτουργήσει σε ένα αποδεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης, ειδικά στις περιοχές πλέξης. Τα συλλεκτήρια και κατανεμητήρια οδοστρώματα μπορούν να διαθέτουν μία ή δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανάλογα με τους φόρτους που πρόκειται να εξυπηρετήσουν και τις συνθήκες πλέξης. Ίδιος αριθμός λωρίδων πρέπει να διατηρείται στις περιοχές εισόδου και εξόδου από αυτά. Η ταχύτητα μελέτης πρέπει να είναι εναρμονισμένη με την ταχύτητα μελέτης της κυρίας οδού και όχι μικρότερη, από την τελευταία μειωμένη κατά 20 km/h. Ο διαχωρισμός μεταξύ συλλεκτήριων-κατανεμητήριων οδοστρωμάτων και κύριας αρτηρίας πρέπει να έχει πλάτος όσο το δυνατόν μεγαλύτερο, αλλά όχι μικρότερο από το απαιτούμενο πλάτος για τα κατάλληλα πλάτη ερεισμάτων και ενός διαχωριστικού κατά μήκος μεταξύ των.

ΕΝΩΣΕΙΣ ΑΡΤΗΡΙΑΣ – ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΡΑΜΠΩΝ

Ράμπες εξόδου

Λωρίδες επιβράδυνσης

Επαρκής απόσταση για επιβράδυνση απαιτείται για ασφαλή και άνετη έξοδο του οχήματος από τον βασικό άξονα του αυτοκινητοδρόμου. Όλη η επιβράδυνση πρέπει να γίνεται μέσα στο μήκος της λωρίδας επιβράδυνσης όπου αυτή έχει αποκτήσει το πλήρες πλάτος της. Το μήκος της λωρίδας

επιβράδυνσης είναι συνάρτηση της ταχύτητας μελέτης του βασικού άξονα και της ταχύτητας μελέτης του πρώτου κυρίου γεωμετρικού στοιχείου της ράμπας εξόδου. Αυτό κατά κανόνα είναι μια οριζοντιογραφική καμπύλη αλλά θα μπορούσε για παράδειγμα να είναι και η απόσταση ορατότητας για στάση σε μία καμπύλη κατακόρυφης συναρμογής. Ο πίνακας Α δίνει τις αποστάσεις επιβράδυνσης για διάφορους συνδυασμούς ταχυτήτων μελέτης του αυτοκινητοδρόμου και ταχυτήτων μελέτης των συνδετήριων κλάδων. Αν υπάρχει η δυνατότητα είναι επιθυμητό να χρησιμοποιούνται και μεγαλύτερα μήκη. Αν η λωρίδα επιβράδυνσης έχει κλίση μεγαλύτερη ή ίση του 3% το μήκος της θα πρέπει να προσαρμόζεται σύμφωνα με τα κριτήρια του πίνακα Β. Η ακριβής χρήση των κριτηρίων που αφορούν λωρίδες επιβράδυνσης σε οριζοντιογραφικές καμπύλες απαιτούν κάποια επεξεργασία σύμφωνα με τα παρακάτω :

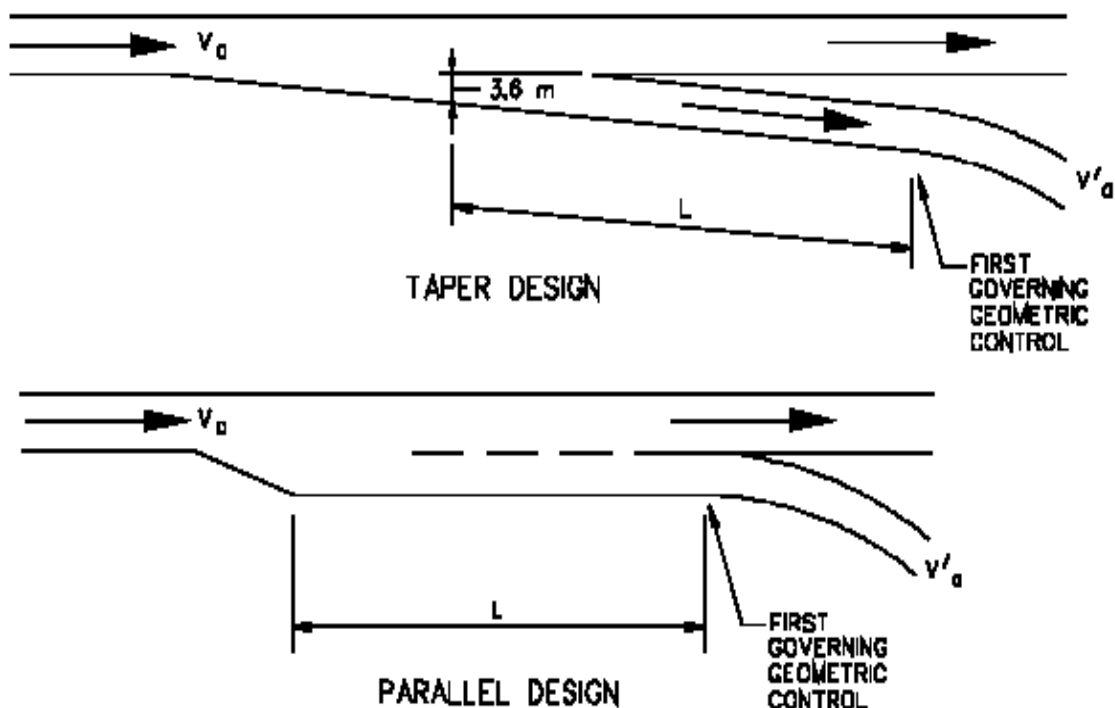
1. Με δεδομένες τις ταχύτητες μελέτης του αυτοκινητοδρόμου και της πρώτης καμπύλης στην ράμπα εξόδου ο πίνακας Α δίνει το απαιτούμενο μήκος της λωρίδας επιβράδυνσης. Το μήκος αυτό μετράται από το σημείο που η λωρίδα επιβράδυνσης αποκτά πλάτος 3.6 m, μέχρι το σημείο που ξεκινάει η οριζόντια καμπύλη (αρχή κλωθοειδούς εισόδου).
2. Για αλληλουχία καμπυλών σε ράμπα, το ελάχιστο μήκος της πιο ανοιχτής καμπύλης εισόδου (κλωθοειδής) πρέπει να επιτρέπει την ασφαλή μείωση της ταχύτητας στην ταχύτητας μελέτης της πιο κλειστής καμπύλης. Ο πίνακας Α δίνει τα κριτήρια με τα οποία προκύπτει η ελάχιστη απόσταση μεταξύ της αρχής του τόξου συναρμογής και της αρχής του κυκλικού τόξου ή μεταξύ της αρχής και του τέλους του κυκλικού τόξου.

Highway Design Speed (km/h) (V)	Speed Reached (km/h) (V _a)	L – Deceleration Length (m)							
		For Design Speed of First Governing Geometric Control (km/h) (V')							
		Stop	20	30	40	50	60	70	80
		For Average Running Speed on Exit Curve (km/h) (V ₁)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	47	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	63	110	105	95	85	70	55	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	55	-
90	77	145	140	135	120	110	100	75	60
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	91	180	180	170	160	150	140	120	105

Πίνακας Α. Τιμές ελάχιστων μηκών επιβράδυνσης για κατά μήκος κλίσεις μικρότερες από 3%

Direction of Grade	Ratio of Deceleration Lane Length on Grade to Length on Level			
	< 3%	3% ≤ G < 5%	5% ≤ G < 7%	G ≥ 7%
Upgrade	1.0	0.9	0.8	0.7
Downgrade	1.0	1.2	1.35	1.5

Πίνακας Β. Πολλαπλασιαστικός συντελεστής του μήκους λωρίδας επιβράδυνσης για κατά μήκος κλίσεις μεγαλύτερες από 3% σε ανωφέρεια ή κατωφέρεια.



Σχήμα 1. Δύο τρόποι σχεδιασμού της περιοχής μερισμού

ΜΗΚΟΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Όπου υπάρχει η δυνατότητα πρέπει να υπάρχει επαρκές μήκος ορατότητας για λήψη απόφασης (decision sight distance) για τους οδηγούς που πλησιάζουν μία έξοδο. Αυτή η απόσταση ορατότητας είναι ιδιαίτερως σημαντική σε βρόχους εξόδου μετά την κατασκευή. Κατακόρυφες καμπύλες ή βάθρα γεφυρών μπορεί να αποτελέσουν εμπόδια στα σημεία εξόδου αν δεν είναι προσεχτικά σχεδιασμένα.

ΕΠΙΚΛΙΣΗ

Η επίκλιση σε μια ράμπα εξόδου πρέπει να δημιουργεί τις κατάλληλες πρυποθέσεις για να την ομαλή μετάβαση του οχήματος από την κύρια αρτηρία στην καμπύλη της εξόδου. Ισχύουν οι κανονισμοί που χρησιμοποιούνται στους υπεραστικούς και επαρχιακούς δρόμους και φορούν στις επικλίσεις. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της επίκλισης είναι 6% . Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές σχεδιασμού της επίκλισης για διάφορους συνδυασμούς ακτινών και ταχυτήτων μελέτης. Η λωρίδα εξόδου πρέπει να στρέφεται κατά τρόπο τέτοιο ώστε 0.67 της τιμής σχεδιασμού της επίκλισης να έχει επιτευχθεί στο σημείο που ξεκινάει η πρώτη καμπύλη εξόδου.

Περιοχές μερισμού ή συμβολής

Οι περιοχές αυτές θεωρούμε ότι αποτελούνται από την τριγωνική περιοχή μεταξύ της λωρίδας ευθείας κίνησης και της λωρίδας εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο, καθώς και από την κεκλιμένη περιοχή που μπορεί να εκτείνεται 100 m ή περισσότερο πέρα από τη γωνία του μερισμού. Τα παρακάτω πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψιν κατά το σχεδιασμό των περιοχών αυτών :

1. Συσκευές ελέγχου της κυκλοφορίας. Αν είναι δυνατόν, η περιοχή μετά τη γωνία του μερισμού θα πρέπει να είναι ελεύθερη από πινακίδες σήμανσης και σηματοδοτικές εγκαταστάσεις, για περίπου 100m. Αν δεν μπορεί να αποφευχθεί η ύπαρξη τους τότε πρέπει να προστατεύονται από διαχωριστικές κατασκευές ή ειδικά στοιχεία απόσβεσης κατά την σύγκρουση.
2. Κλίση. Η κεκλιμένη περιοχή μετά από την αιχμή πρέπει να είναι όσο το δυνατόν επίπεδη. Απότομη αύξηση της υψομετρικής διαφοράς της ράμπας εξόδου (ή του βρόχου) με το επίπεδο του κύριου δρόμου δεν είναι επιθυμητή. Αυτές οι περιοχές πιθανόν να είναι προβληματικές κατά τη διάβαση τους και ο σχεδιασμός της σύνδεσης πρέπει να τις εξαλείφει. Κάποιες φορές η

κατακόρυφη απόκλιση μεταξύ κύριου δρόμου και ράμπας εξόδου ίσως δημιουργεί ανάγκη για προστασία και για τα δύο μετά το μερισμό.

3. Επιστρωμένη περιοχή μερισμού. Η επιστρωμένη τριγωνική περιοχή μεταξύ της λωρίδας ευθείας κίνησης και της λωρίδας εξόδου πρέπει να είναι προσπελάσιμη με ασφάλεια. Οι επιπτώσεις συσσώρευσης χιονιού στην περιοχή αυτή πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπ'όψιν. Ο σωστός σχεδιασμός των κλίσεων σε αυτή την περιοχή θα συλλέγει τα νερά της βροχής από τον κύριο δρόμο σε κοιλώματα απ'όπου θα κατευθύνονται εκτός του δρόμου στο παρακείμενο έδαφος ή θα συλλέγονται σε αποστραγγιστικό σύστημα. Αυτό θα ελαχιστοποιήσει προβλήματα λόγω πάγου κατά τη χειμερινή διάρκεια. Η μέγιστη διαφορά στις εγκάρσιες κλίσεις του οδοστρώματος κατά μήκος της περιοχής του κοιλώματος δεν πρέπει να ξεπερνάει το 8% σε κανένα σημείο. Όπου αυτό δεν είναι εφικτό, μία ενιαία εγκάρσια κλίση μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρέχοντας κατάλληλη αποστράγγιση. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει η εγκάρσια κλίση της περιοχής μερισμού να είναι μεγαλύτερη από την εγκάρσια κλίση του παρακείμενου οδοστρώματος. Για να εξασφαλίσουμε ότι θα δοθεί επαρκής προσοχή στο συνδυασμό αποστράγγισης και γεωμετρικών στοιχείων της κατασκευής, προσεκτικές εκτιμήσεις είναι απαραίτητες στο στάδιο της μελέτης.
4. Σήμανση. Πρέπει να δίνεται προσοχή στην κατάλληλη κατακόρυφη σήμανση πριν από το διαχωρισμό των λωρίδων αλλά και στην διαγράμμιση του οδοστρώματος στην γωνία του μερισμού.

Συνδετήριες ράμπες εισόδου

Λωρίδες επιτάχυνσης

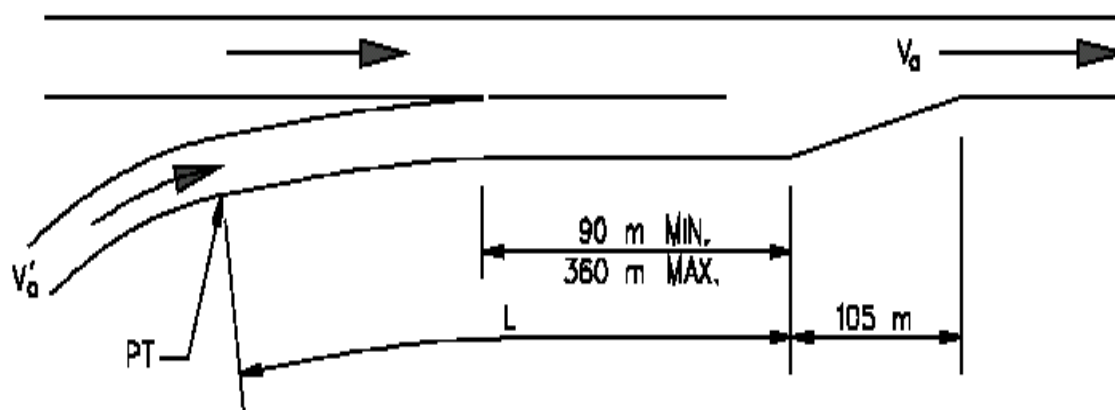
Μια σωστά μελετημένη και σχεδιασμένη λωρίδα επιτάχυνσης παρέχει αίσθημα άνεσης στον οδηγό, λειτουργικές συνθήκες στην κυκλοφορία και ασφάλεια. Το μήκος της λωρίδας επιτάχυνσης αρχικά εξαρτάται από την ταχύτητα μελέτης της τελευταίας (ή της κρίσιμης) καμπύλης της ράμπας εισόδου και την ταχύτητα μελέτης στον βασικό άξονα. Ο παρακάτω πίνακας Γ δίνει τα κριτήρια για τα ελάχιστα μήκη των λωρίδων επιτάχυνσης. Αυτά τα μήκη αναφέρονται στο τμήμα της λωρίδας όπου αυτή έχει αποκτήσει το πλήρες πλάτος της, στα οποία προστίθενται κατά κανόνα 105 m για το μήκος απόσβεσης της λωρίδας επιτάχυνσης. Παρ'όλα αυτά σε περιπτώσεις που υπάρχουν περιορισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα πρώτα 15m του τμήματος συναρμογής στο βασικό τμήμα επιτάχυνσης. Όπου παρουσιάζονται κατά μήκος κλίσεις μεγαλύτερες από 3%, πρέπει να προσαρμόζονται τα παραπάνω μήκη κατά τον πίνακα Γ. Οι τιμές μηκών που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα παρέχουν επαρκή απόσταση για επιτάχυνση του οχήματος, ίσως όμως να μην επιτρέπουν την ασφαλή μετάβαση του οχήματος στην κύρια κυκλοφορία αν οι φόρτοι στην τελευταία είναι υψηλοί. Όταν οι κύρια αρτηρία και η ράμπα παρουσιάζουν κυκλοφοριακούς που πλησιάζουν την κυκλοφοριακή ικανότητα σχεδιασμού της περιοχής συμβολής, το τμήμα της λωρίδας επιτάχυνσης που είναι παράλληλο στον κύριο δρόμο πρέπει να αυξάνεται έως ένα μέγιστο μήκος 360 m.

Highway Design Speed (km/h) (V)	Speed Reached (km/h) (V _a)	L = Acceleration Length (m)							
		For Entrance Curve Design Speed (km/h)							
		Stop	20	30	40	50	60	70	80
		And Initial Speed (km/h) (V' _a)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	37	60	-	-	-	-	-	-	-
60	45	100	85	70	-	-	-	-	-
70	53	145	125	110	85	50	-	-	-
80	60	195	180	165	135	100	55	-	-
90	67	275	260	240	210	175	130	50	-
100	75	370	345	330	300	265	220	145	55
110	81	430	405	390	360	330	285	210	120

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ. Τιμές ελάχιστων μηκών επιτάχυνσης για κατά μήκος κλίσεις μικρότερες από 3%

Design Speed of Highway (km/h)	Acceleration Lanes					
	Ratio of Length on Grade to Length for Design Speed of Entrance Ramp Curve (km/h)					
	40	50	60	70	80	All Speeds
	3% to 4% upgrade					3% to 4% downgrade
60	1.3	1.4	1.4	-	-	0.7
70	1.3	1.4	1.4	1.5	-	0.65
80	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	0.65
90	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	0.6
100	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	0.6
110	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	0.6
120	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	0.6
	5% to 6% upgrade					5% to 6% downgrade
60	1.5	1.5	-	-	-	0.6
70	1.5	1.6	1.7	-	-	0.6
80	1.5	1.7	1.9	1.8	-	0.55
90	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	0.55
100	1.7	1.9	2.2	2.4	2.5	0.5
110	2.0	2.2	2.6	2.8	3.0	0.5
120	2.3	2.5	3.0	3.2	3.5	0.5

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ. Πολλαπλασιαστικός συντελεστής του μήκους λωρίδας επιβράδυνσης για κατα μήκος κλίσεις μεγαλύτερες από 3% σε ανωφέρεια ή κατωφέρεια.



ΣΧΗΜΑ 2. Διαμόρφωση λωρίδας επιτάχυνσης. Διακρίνονται οι ταχύτητες μελέτης της ράμπας και της κύριας αρτηρίας, το ελάχιστο μήκος του παράλληλου τμήματος και το τμήμα συναρμογής.

Απόσταση ορατότητας

Όπου είναι δυνατόν, πρέπει να παρέχεται επαρκής απόσταση ορατότητας για απόφαση κατά την προσέγγιση των οχημάτων στην περιοχή εισόδου στην κύρια οδό. Απαιτείται ικανή απόσταση ώστε ο οδηγός να βλέπει την διερχόμενη κυκλοφορία για να προσαρμόσει την ταχύτητα του οχήματος και να πραγματοποιήσει τους απαραίτητους ελιγμούς και να εισέλθει ασφαλώς στην κύρια αρτηρία. Ο οδηγός πρέπει να μπορεί να βλέπει την διερχόμενη κυκλοφορία και να κενά σε αυτή για να μπορέσει με ασφάλεια να πραγματοποιήσει την αλλαγή στη λωρίδα κυκλοφορίας του.

Επίκλιση

Η επίκλιση της ράμπας πρέπει να μεταβάλλεται σταδιακά με τέτοιο τρόπο που στο τέλος να συναντά ομαλά την εγκάρσια κλίση της κύριας αρτηρίας. Ισχύουν οι κανονισμοί που αφορούν στις επικλίσεις για επαρχιακούς αυτοκινητόδρομους. Χρησιμοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια :

1. Η μέγιστη τιμή της επίκλισης είναι 6%.
2. Η μέγιστη αλγεβρική διαφορά των εγκάρσιων κλίσεων μεταξύ της λωρίδας επιτάχυνσης και της κύριας λωρίδας είναι 4% με 5%, όταν εφάπτεται η μία στην άλλη.
3. Κατ'ελάχιστον το τμήμα απόσβεσης της επίκλισης πρέπει να ακολουθεί τις προδιαγραφές όπως αυτές καθορίζονται στον ΠΙΝΑΚΑ ΕΠΙΚΛΙΣΕΩΝ.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κατά το σχεδιασμό πρέπει να εφαρμόζονται τα κριτήρια που έχουν αναπτυχθεί παραπάνω στο κεφάλαιο ΕΝΩΣΕΙΣ ΑΡΤΗΡΙΑΣ – ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΡΑΜΠΩΝ. Τα παρακάτω στοιχεία είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την ασφαλή και σωστή λειτουργία στην περιοχή της ένωσης :

1. το ελάχιστο μήκος επιβράδυνσης για ράμπα εξόδου
2. η γωνία εκτροπής για έξοδο υπό γωνία
3. το ελάχιστο μήκος επιτάχυνσης για ράμπα εισόδου
4. το τμήμα λωρίδας επιτάχυνσης που είναι παράλληλο στην κύρια αρτηρία

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΡΑΜΠΩΝ

Ο πίνακας Ε δίνει το αποδεκτό φάσμα ταχυτήτων μελέτης για ράμπες με βάση την ταχύτητα μελέτης του κύριου δρόμου.

Ταχύτητα μελέτης Κύριου Δρόμου (km/h)	70	80	90	100	110
Ταχύτητα μελέτης ράμπας (km/h)					
Υψηλής κλίμακας	60	70	80	90	100
Μεσαίας κλίμακας	50	60	60	70	80
Χαμηλής κλίμακας	40	40	50	50	60

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε. Ταχύτητες μελέτης συνδετήριων ραμπών

Τα παρακάτω πρέπει να λαμβάνονται επίσης, υπ'όψιν :

1. Ενώσεις αυτοκινητοδρόμου-ράμπας. Οι ταχύτητες μελέτης του πίνακα Ε αναφέρονται στην γεωμετρία της ράμπας και όχι στην ένωση με την κύρια αρτηρία. Οι ενώσεις σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας την ταχύτητα μελέτης του κύριου δρόμου.
2. Τερματισμός ράμπας σε ισόπεδο κόμβο. Αν μία ράμπα πρόκειται να τερματίζεται σε ένα ισόπεδο κόμβο επί του δευτερεύοντα δρόμου, με σήμανση υποχρεωτικής παραχώρησης προτεραιότητας ή φωτεινό σηματοδότη, οι ταχύτητες μελέτης του πίνακα ίσως να μην ανταποκρίνονται στο τμήμα της ράμπας κοντά στον ισόπεδο κόμβο.
3. Μεταβλητές ταχύτητες. Η ταχύτητα μελέτης μπορεί να μεταβάλλεται με βάση τις ταχύτητες μελέτης των διασταυρούμενων δρόμων. Μεγαλύτερες ταχύτητες μελέτης πρέπει να χρησιμοποιούνται στο τμήμα της ράμπας κοντά στο δρόμο υψηλότερης ταχύτητας και χαμηλές ταχύτητες μελέτης σε τμήματα κοντά σε πιο αργούς δρόμους. Ο σχεδιαστής πρέπει να σιγουρευτεί ότι επαρκές μήκος για επιβράδυνση είναι διαθέσιμο μεταξύ γεωμετρικών στοιχείων της

- ράμπας με διαφορετικές ταχύτητες μελέτης (π.χ. δύο διαδοχικές οριζοντιογραφικές καμπύλες)
4. Ράμπες για δεξιές στροφές. Οι ταχύτητες μελέτης για δεξιές στροφές ανήκουν συνήθως στη μεσαία και στην υψηλή κλίμακα, όπως για παράδειγμα μία διαγώνια ράμπα σε κόμβο μορφής διαμαντιού.
 5. Βρόχοι. Οι ταχύτητες της υψηλής κλίμακας συνήθως δεν προσαρμόζονται στους βρόχους. Για ταχύτητες στον κύριο δρόμο μεγαλύτερες από 80 km/h, ο σχεδιασμός του βρόχου πρέπει να γίνεται για όχι λιγότερο από 40 km/h. Παρ'όλα αυτά ταχύτητες μελέτης μεγαλύτερες από 50 km/h απαιτούν σημαντικά μεγαλύτερη έκταση και ίσως να μην είναι εφαρμόσιμες σε αστικές περιοχές.
 6. Έμμεσες συνδέσεις. Ταχύτητες μεταξύ της υψηλής και της μεσαίας κλίμακας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για όχι απ'ευθείας συνδέσεις. Ταχύτητες μικρότερες από 50 km/h δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται, ενώ μεγαλύτερες από 80 km/h είναι συχνά δύσκολα προσαρμόσιμες σε μικρού μήκους, ράμπες μίας λωρίδας. Για ράμπες δύο λωρίδων, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τιμές της μεσαίας και υψηλής κλίμακας.
 7. Απ'ευθείας συνδέσεις. Για απ'ευθείας συνδέσεις, η ταχύτητα μελέτης πρέπει να είναι μεταξύ μεσαίας και υψηλής κλίμακας και όχι μικρότερη από 60 km/h.

ΔΙΑΤΟΜΗ

1. Πλάτος. Το ελάχιστο πλάτος του οδοστρώματος μιας ράμπας με μία λωρίδα είναι 7.2 m. Για λόγους διαγράμμισης του οδοστρώματος το πλάτος αυτό κατανέμεται ως εξής : 1.2 m – 4.2 m – 2.4 m για αριστερό έρεισμα, λωρίδα κυκλοφορίας και δεξιό έρεισμα αντίστοιχα κατά τη φορά της κίνησης. Το πλάτος ράμπας για δύο λωρίδες της ίδιας κατεύθυνσης είναι 12 m (1.2 m – 4.2 m – 4.2 m – 2.4 m).

2. Γέφυρες και κάτω διαβάσεις. Μία ράμπα ή ένας βρόχος πρέπει να έχουν το πλήρες πλάτος τους όταν είναι σε γέφυρα ή σε κάτω διάβαση.
3. Κλίσεις πρανών. Οι κλίσεις των πρανών ορυγμάτων και επιχωμάτων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν επίπεδες ώστε να μην χρειάζεται η τοποθέτηση κατασκευών όπως μπαριέρες ασφαλείας.
4. Εξάλειψη παράπλευρων εμποδίων. Παραπλεύρως μιας ράμπας δεν πρέπει να υπάρχουν σταθερά εμπόδια.
5. Εδαφική έκταση. Η έκταση γης που δεν θα υπάρχει πρόσβαση παραπλεύρως μιας ράμπας είναι η ίδια με αυτή που έχει καθοριστεί για τον κύριο δρόμο στην περιοχή του κόμβου.

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΧΑΡΑΞΗ

Κατά τη μελέτη της οριζόντιας χάραξης μιας ράμπας πρέπει να εξετάζονται διάφορες λύσεις. Γενικά, η χάραξη θα γίνει με βάση την ταχύτητα μελέτης και τον τύπο της ράμπας. Προσοχή πρέπει να δίνεται στα παρακάτω :

1. Ελάχιστη ακτίνα. Τα κριτήρια που αφορούν ελάχιστες τιμές ακτίνων και παρουσιάζονται στον **πίνακα επικλίσεων** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όλες τις ράμπες εκτός από τους βρόχους. Εξ' αιτίας των κατα κανόνα περιοριστικών συνθηκών στους βρόχους, ουσιαστικά είναι αδύνατο να γίνει χρήση αυτών των τιμών. Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις τιμές του παρακάτω πίνακα (ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤ). Η ταχύτητα μελέτης ή η αναμενόμενη λειτουργική ταχύτητα μπορούν να επιλεγθούν για τον προσδιορισμό της ελάχιστης ακτίνας.
2. Εξωτερική σύνδεση. Η εξωτερική σύνδεση σε κόμβους μορφής τετράφυλλου

Turning Roadway Design Speed (km/h)	Maximum Side Friction (f)	Assumed Super-Elevation (e)	Calculated Radius (m)	Design Radius (m)
20	0.35	2%	9	10
		4%	8	10
		6%	8	10
30	0.28	2%	24	25
		4%	22	25
		6%	21	25
40	0.23	2%	50	50
		4%	47	50
		6%	43	45
50	0.19	2%	94	95
		4%	86	90
		6%	79	80
60	0.17	2%	149	150
		4%	135	135
		6%	123	125

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤ. Στοιχεία χάραξης για καμπύλες με μικρές ακτίνες

Radius of Sharper Curve (m)		30	50	60	75	100	125	150 or more
Length of Flatter Transition Curve	Minimum (m)	12	15	20	25	30	35	45
	Upper Range (m)	20	20	30	35	45	55	60

ΠΙΝΑΚΑΣ Ζ. Για την ομαλή μετάβαση από την ευθυγραμμία στο κλειστό κυκλικό τόξο (και αντίστροφα) του βρόχου χρησιμοποιούμε ένα τόξο μεγαλύτερης ακτίνας σύμφωνα με αυτόν τον πίνακα

3. Βρόχοι. Οι βρόχοι πρέπει να αποτελούν τμήμα μίας χάραξης με διαδοχικές καμπύλες. Η ακτίνα της μεγαλύτερης καμπύλης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από διπλάσια της ακτίνας της πιο κλειστής καμπύλης. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα ελάχιστα μήκη των καμπύλων.

Radius of Sharper Curve (m)		30	50	60	75	100	125	150 or more
Length of Flatter Transition Curve	Minimum (m)	12	15	20	25	30	35	45
	Upper Range (m)	20	20	30	35	45	55	60

ΠΙΝΑΚΑΣ Η. Ελάχιστα μήκη καμπύλων τμημάτων βρόχων.

4. Διαδοχικές καμπύλες. Όπου χρησιμοποιούνται διαδοχικές καμπύλες στην περιοχή μιας ράμπας εξόδου ο σχεδιαστής πρέπει να φροντίζει ώστε το μήκος της πιο ήπιας καμπύλης να επαρκεί για επιβράδυνση μέχρι την ταχύτητα μελέτης της πιο κλειστής καμπύλης. Επιπλέον θα πρέπει να υπάρχει μια αναλογία της τάξεως του 1,5:1 μεταξύ της ακτίνας της πιο ήπιας καμπύλης και της απότομης καμπύλης που την ακολουθεί. Αυτή η αναλογία μπορεί όπου απαιτείται να γίνει 2:1.
5. Επίκλιση. Ισχύουν τα παρακάτω :
- Η μέγιστη τιμή της επίκλισης είναι 6%
 - Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κριτήρια που αφορούν επαρχιακές οδούς και αστικούς αυτοκινητόδρομους για τα μήκη μέσα στα οποία δίνεται η απαιτούμενη επίκλιση. Όμως λόγω των περιορισμών που ενδεχομένως θα προκύψουν, οι παραπάνω τιμές ίσως να μην προσαρμόζονται στις ράμπες. Η ελάχιστη κατά μήκος

κλίση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1%. Αυτή η τιμή πρέπει να χρησιμοποιείται στην παρακάτω εξίσωση για τον υπολογισμό του μήκους μετάβαση μέχρι την μέγιστη επίκλιση.

$$L = (e) * (W) * (P)$$

Όπου L = μεταβατικό μήκος επίκλισης

P = 100 (για ελάχιστη επίκλιση 1%)

e = επίκλιση (δεκαδικός)

W = πλάτος οδοστρώματος

- Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η μέγιστη επίκλιση στην πιο κλειστή καμπύλη διατηρείται για μια ελάχιστη απόσταση, η οποία κρίνεται ανάλογα με την περίπτωση.

Κατακόρυφη Χάραξη

Δεν μπορούν να οριστούν απόλυτα μέγιστες τιμές κλίσεων για την κατακόρυφη χάραξη μιας ράμπας όπως στον άξονα ενός αυτοκινητοδρόμου. Η κλίση μιας ράμπας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως οι παρακάτω:

1. Όσο πιο μικρή είναι η κλίση της ράμπας τόσο πιο μεγάλο θα είναι το μήκος της. Σε περιοριστικά ανάγλυφα ίσως απαιτείται να μεγαλώσουμε την κλίση για να μικρύνουμε το μήκος της ράμπας.
2. Οι πιο απότομες κλίσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται στο μεσαίο τμήμα της ράμπας. Οι περιοχές των ισόπεδων κόμβων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν οριζόντιες.
3. Οι κατωφέρειες πρέπει να ακολουθούν τη χάραξη των ανωφερειών. Μπορούν γενικώς να διαφέρουν μέχρι 2%, με μέγιστη τιμή το 8%.

4. Πρακτικά οι κλίσεις των συνδετήριων ραμπών επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την γωνία υπό την οποία διασταυρώνονται οι δύο οδοί. Η κατεύθυνση και οι κλίσεις των δύο οδών επίσης μπορεί να επηρεάζουν την κλίση των ραμπών.
5. Η απόσταση ορατότητας για στάση καθορίζει τις ελάχιστες τιμές σχεδιασμού για τις κατακόρυφες συναρμογές.

Ramp Design Speed (km/h)	40	50	60	70	80
Maximum Grade Range (%)	6-8	5-7	4-6	3-5	3-5

ΠΙΝΑΚΑΣ Θ. Μέγιστες κλίσεις ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης της ράμπας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Γ.Κανελλαΐδη, Γ.Μαλέρδου, **Σημειώσεις για το γεωμετρικό σχεδιασμό οδών**, έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα Σεπτέμβριος 2000
- [2] Γ.Κανελλαΐδη, Ι.Ταϊγανίδη, Γ.Γλαρού, **Σημειώσεις ειδικών κεφαλαίων οδοποιίας-Στοιχεία ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων**, έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα Οκτώβριος 2002
- [3] Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL), Teil III : Knotenpunkte (RAL-K), Abschnitt 2 : Planfreie Knotenpunkte (RAL-K-2), Αυθεντικό κείμενο Γερμανικών κανονισμών για το σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων, Γερμανία Αύγουστος 1976
- [4] AASHTO, A policy on Geometric Design of Highways and streets 1990 (Greenbook), Η.Π.Α. 2001
- [5] Φ.Μερτζάνη, **Εγχειρίδιο χρήσης προγράμματος σχεδιασμού οδών**, Αθήνα Νοέμβριος 2002
- [6] Robert F. Baker, **Handbook of Highway Engineering** , Editor L.G. Byrd, D.Grant Mickle Associate Editors, 1975
- [7] Connecticut Department of Transportation, Highway Design Manual, αυθεντικό κείμενο (σε ηλεκτρονική μορφή) των κανονισμών οδοποιίας του Connecticut των Η.Π.Α., Ιανουάριος 1999
- [8] Bentley, Εγχειρίδιο χρήσης Microstation SE, Η.Π.Α. 1995
- [9] Bentley, Εγχειρίδιο χρήσης Microstation Basic, Η.Π.Α. 1995

- [10] Thomas F. Hickerson, **Route Location and Design**
Mc Graw – Hill Book Company, USA 1994
- [11] Β.Ψαριανού, Μ. Κονταράτου, **Σημειώσεις μαθήματος Σχεδιασμός-
Μελέτη-Λειτουργία Κόμβων**, Ε.Μ.Π. Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών, Τομέας Έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης,
Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, Αθήνα Ιανουάριος 2000
- [12] Κ.Κεπαπτσόγλου, Διπλωματική Εργασία «**Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ
για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων**», Αθήνα, Ιούλιος 1999