



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

**ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΤΩΝ
ΟΔΩΝ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ, ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΛΑΓΟΥ ΚΑΙ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΣΤΗ ΛΑΡΙΣΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΑΤΖΗΚΥΡΙΑΚΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΗΛΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2019

© 2019 Χατζηκυριάκος Αλέξανδρος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση Έργων, Συγκοινωνιακός και Χωρικός Σχεδιασμός» της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Η ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ο ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΗΛΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΗΛΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΚΟΠΕΛΙΑΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον κύριο Ηλιού για την καθοδήγηση και τη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης διπλωματικής, καθώς και για την ανάθεσή της.

Ευχαριστώ ακόμη την οικογένειά μου, για την αμέριστη συμπαράσταση και την πολύτιμη συμβολή της στην επιτυχή ολοκλήρωση του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών.

Χατζηκυριάκος Αλέξανδρος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι ο γεωμετρικός σχεδιασμός ισόπεδου κυκλικού κόμβου στη διασταύρωση των οδών Ηρώων Πολυτεχνείου, Αθανάσιου Λαγού και Ιωαννίνων στη Λάρισα, με κατάλληλη εφαρμογή των εθνικών προδιαγραφών για τη διαμόρφωση κυκλικών κόμβων (ΟΜΟΕ-Κ³) και με χρήση των προγραμμάτων H/Y TORUS 5.0 και AutoTURN pro 10, της εταιρείας Transoft Solutions.

Πιο συγκεκριμένα, στα Κεφάλαια 1 έως 3 γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στο σκοπό και τις λειτουργίες του οδικού δικτύου, αλλά και στα βασικά στοιχεία, τις μορφές, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα τόσο των ισόπεδων διασταυρώσεων όσο και των κυκλικών κόμβων.

Στη συνέχεια αναλύονται τα πιο σημαντικά σημεία για κάθε κομμάτι του σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων, δηλαδή του σχεδιασμού/προγραμματισμού, του γεωμετρικού σχεδιασμού, της οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης, της λειτουργικής ανάλυσης και της οδικής ασφάλειας.

Κλείνοντας, στο Κεφάλαιο 9 παρατίθεται σε μορφή τεχνικής έκθεσης η πρόταση για τη διαμόρφωση του κυκλικού κόμβου στο συγκεκριμένο σημείο μελέτης, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Λέξεις Κλειδιά: Κυκλικός κόμβος, Ισόπεδος κόμβος, Γεωμετρικός σχεδιασμός, ΟΜΟΕ-Κ³, NCHRP

ABSTRACT

The aim of this thesis is the geometric design of a roundabout at the intersection of Iroon Polytechniou, Athanasiou Lagou and Ioanninon streets in Larissa, with the appropriate implementation of the national guidelines for the formation of roundabouts (OMOE-K³), using TORUS 5.0 and AutoTURN pro 10 software, products of Transoft Solutions.

More specifically, in Chapters 1-3 an introductory reference is made to the purpose and functions of the road network, but also to the basic elements, types, geometric parameters and advantages-disadvantages of both at-grade intersections and roundabouts.

In the following chapters, the most important points for each part of roundabout design, i.e. planning, geometric design, pavement markings and signs, operational analysis and safety, are analyzed.

In the end, in Chapter 9 is presented a technical report of the proposal for the geometric design of the roundabout at the specific location, according to the parameters analyzed in the previous chapters.

Key Words: Roundabout, At-grade intersection, Geometric design, OMOE-K³, NCHRP

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Το οδικό δίκτυο και η διαμόρφωσή του.....	3
1.2 Λειτουργίες οδών.....	4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΙΣΟΠΕΔΟΙ ΚΟΜΒΟΙ.....	9
2.1 Θεμελιώδεις αρχές κατασκευής των κόμβων.....	10
2.2 Οι ισόπεδοι κόμβοι στο οδικό δίκτυο.....	12
2.2.1 Γενικές μορφές ισόπεδων κόμβων.....	13
2.3 Χαρακτηριστικά Ισόπεδων Κόμβων.....	14
2.4 Τύποι ελιγμών στους ισόπεδους κόμβους.....	15
2.5 Ρύθμιση της κυκλοφορίας στους ισόπεδους κόμβους.....	18
2.6 Προβλήματα ισόπεδων κόμβων.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΚΟΜΒΟΙ.....	21
3.1 Διαφορά κυκλικών κόμβων με κυκλοφοριακούς κύκλους και κυκλοφοριακούς κύκλους γειτονιάς	23
3.2 Ιστορική εξέλιξη των κυκλικών κόμβων.....	26
3.3 Κύρια χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων.....	27
3.4 Χαρακτηριστικά στοιχεία των κυκλικών κόμβων.....	30
3.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κυκλικών κόμβων.....	33
3.6 Κατηγορίες κυκλικών κόμβων.....	37
3.6.1 Turbo Roundabouts – Σπειροειδείς κυκλικοί κόμβοι.....	43

3.6.1.1 Πλεονεκτήματα σπειροειδούς κυκλικού κόμβου.....	45
3.6.2 Κυκλικοί κόμβοι με αποκλειστικές λωρίδες δεξιών στροφών ή κυκλικοί κόμβοι τύπου «Άνθος» (Flower Roundabout).....	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	49
4.1 Διαδικασία επιλογής του κυκλικού κόμβου ως κατάλληλης λύσης.....	50
4.2 Κατάλληλες συνθήκες για την εφαρμογή των κυκλικών κόμβων.....	51
4.3 Γενικές κατευθύνσεις σχεδιασμού κυκλικών κόμβων.....	54
4.4 Εκτίμηση απαιτούμενου χώρου (έκτασης κατάληψης) του κυκλικού κόμβου.....	54
4.5 Μέριμνα για πεζούς και ποδηλάτες κατά το σχεδιασμό.....	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	58
5.1 Όχημα σχεδιασμού.....	59
5.2 Γεωμετρικές παράμετροι σχεδιασμού K^3	60
5.3 Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας.....	64
5.4 Αριθμός λωρίδων δακτυλίου κυκλοφορίας και εισόδων/εξόδων.....	66
5.5 Διάταξη κλάδων πρόσβασης.....	68
5.6 Γωνίες μεταξύ των σκελών του κόμβου.....	69
5.7 Είσοδοι.....	71
5.8 Έξοδοι.....	75
5.9 Έλεγχος Πορείας Οχημάτων.....	77
5.10 Διαμόρφωση Αποκλειστικών Λωρίδων Δεξιάς Στροφής.....	79
5.11 Κράσπεδα.....	81
5.12 Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας.....	81
5.13 Νησίδα διαχωρισμού.....	82

5.14 Οδόστρωμα.....	83
5.15 Ορατότητα.....	84
5.16 Πεζοδιαβάσεις.....	88
5.17 Στάθμευση.....	90
5.18 Οδοφωτισμός.....	90
5.18.1 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα διατάξεων οδοφωτισμού.....	92
5.19 Αισθητική.....	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΣΗΜΑΝΣΗ.....	94
6.1 Οριζόντια σήμανση.....	94
6.1.1 Μέτρα ρύθμισης της ταχύτητας προσέγγισης.....	97
6.2 Κατακόρυφη σήμανση.....	98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	101
7.1 Επίδραση της κυκλοφοριακής ροής και της συμπεριφοράς των οδηγών.....	101
7.2 Επίδραση της γεωμετρίας του κόμβου.....	102
7.3 Συλλογή δεδομένων.....	103
7.4 Ανάλυση χωρητικότητας.....	105
7.5 Ανάλυση Καθυστερήσεων.....	106
7.6 Ανάλυση ταχυτήτων.....	108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8°

ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	111
8.1 Τύποι συγκρούσεων σε κυκλικούς κόμβους.....	113

8.2 Εμπλοκές οχημάτων με πεζούς.....	114
8.3 Σύνοψη ατυχημάτων σε κυκλικούς κόμβους.....	116

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ K^3 ΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ, ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΛΑΓΟΥ ΚΑΙ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΣΤΗ ΛΑΡΙΣΑ.....	118
--	-----

9.1 Υφιστάμενη κατάσταση κόμβου.....	118
9.2 Όχημα σχεδιασμού.....	120
9.3 Διαμόρφωση του K^3	121
9.3.1 Κινήσεις οχήματος σχεδιασμού.....	123
9.3.2 Μήκη - Γωνίες ορατότητας.....	126

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	129
-------------------	-----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 Σύγκριση σημείων και τύπων εμπλοκής μεταξύ τυπικών ισόπεδων κόμβων και των αντίστοιχων K^3

Πίνακας 3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κυκλικών κόμβων

Πίνακας 3.3 Γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία K^3

Πίνακας 5.1 Συνιστώμενη διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας

Πίνακας 5.2 Τυπικές τιμές των γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού

Πίνακας 5.3 Ακτίνες και ταχύτητες συντομότερης διαδρομής

Πίνακας 5.4 Συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού βάσει της κατηγορίας του K^3

Πίνακας 5.5 Απόσταση ορατότητας αναλόγως της ταχύτητας κίνησης

Πίνακας 5.6 Ελάχιστα μήκη πλευρών τριγώνων ορατότητας

Πίνακας 7.1 Επίπεδο εξυπηρέτησης αναλόγως της συνολικής καθυστέρησης

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1.1 Τμήμα της Αρχαίας Εγνατίας οδού στην Καβάλα

Εικόνα 1.2 Σχηματική απεικόνιση υπεραστικού οδικού δικτύου

Εικόνα 1.3 Συσχέτιση λειτουργικών κατηγοριών οδών

Εικόνα 2.1 Φυσική και λειτουργική περιοχή κόμβου

Εικόνα 2.2 Γενικές μορφές ισόπεδων κόμβων

Εικόνα 2.3 Στοιχειώδεις ελιγμοί και σημεία εμπλοκής

Εικόνα 2.4 Μερισμός – Συμβολή

Εικόνα 2.5 Διασταύρωση – Πλέξη

Εικόνα 2.6 Ελιγμοί – σημεία εμπλοκής σε ισόπεδο τετρασκελή κόμβο

Διάγραμμα 2.1 Ενδεικτικός οδηγός επιλογής μεθόδου ρύθμισης λειτουργίας κόμβου

Εικόνα 3.1 Κυκλικός κόμβος στο Βόλο

Διάγραμμα 3.1 Μείωση των ατυχημάτων σε ισόπεδους κόμβους μετά τη μετατροπή τους σε κυκλικούς κόμβους, σύμφωνα με έρευνα των FHWA και HIS

Εικόνα 3.2 Ο κύκλος του Ντιπόν στην Ουάσιγκτον

Εικόνα 3.3 Ο κύκλος του Κολόμβου στη Νέα Υόρκη

Εικόνα 3.4 Τρισδιάστατη απεικόνιση κυκλοφοριακού κύκλου γειτονιάς

Εικόνα 3.5 Ο κύκλος του Κολόμβου το 1907

Εικόνα 3.6 Τρόπος κίνησης οχημάτων σε K^3 μίας λωρίδας

Εικόνα 3.7 Τρόπος κίνησης οχημάτων σε K^3 δύο λωρίδων

Εικόνα 3.8 Τρόπος κίνησης οχημάτων σε K^3 τριών λωρίδων

Εικόνα 3.9 Χαρακτηριστικά στοιχεία ενός K^3

Εικόνα 3.10 Βασικά στοιχεία τυπικού κυκλικού κόμβου με 4 σκέλη

Εικόνα 3.11 Σύγκριση σημείων εμπλοκής σε συμβατικό 4-σκελή ισόπεδο κόμβο και 4-σκελή κυκλικό κόμβο

Εικόνα 3.12 Σύγκριση σημείων εμπλοκής σε συμβατικό 3-σκελή ισόπεδο κόμβο και 3-σκελή κυκλικό κόμβο

Εικόνα 3.13 Σχεδιασμός κομβιδίου που επιτρέπει εκτέλεση αριστερών στροφών μπροστά από την κεντρική νησίδα

Εικόνα 3.14 Βασικά χαρακτηριστικά κομβιδίου

Εικόνα 3.15 Αστικός συνεπτυγμένος K^3 , Village of Great Neck Plaza, Νέα Υόρκη

Εικόνα 3.16 Τυπικά χαρακτηριστικά αστικού K^3 μίας λωρίδας

Εικόνα 3.17 Τυπικά χαρακτηριστικά αστικού K^3 δύο λωρίδων

Εικόνα 3.18 Υπεραστικός K^3 μίας λωρίδας

Εικόνα 3.19 Υπεραστικός K^3 δύο λωρίδων

Εικόνα 3.20 Σπειροειδής K^3 στην Ολλανδία

Εικόνα 3.21 Τυπική διάταξη σπειροειδούς κυκλικού κόμβου

Εικόνα 3.22 Σύγκριση σημείων εμπλοκής ανάμεσα σε τυπικό K^3 δύο λωρίδων και αντίστοιχο σπειροειδή

Εικόνα 3.23 Υπερυψωμένο διαχωριστικό λωρίδων (Raised mountable lane divider) σε σπειροειδή K^3

Εικόνα 3.24 Υπερυψωμένο διαχωριστικό λωρίδων σε σπειροειδή K^3

Εικόνα 3.25 Σπειροειδής χάραξη των λωρίδων εντός του κόμβου

Εικόνα 3.26 Κυκλικός κόμβος τύπου «άνθος» και σημεία εμπλοκής στο δακτύλιο κυκλοφορίας

Διάγραμμα 4.1 Αρχικά στάδια διαδικασίας απόφασης επιλογής κατασκευής ενός K^3

Εικόνα 4.1 Περίπτωση K^3 όπου η αισθητική αποτελεί κεντρικό στόχο

Εικόνα 4.2 Χρήση ζεύγους K^3 σε ανισόπεδο κόμβο με τη διάταξη διπλής σταγόνας

Εικόνα 4.3 Χρήση ενός K^3 σε ανισόπεδο κόμβο

Εικόνα 4.4 Διαμόρφωση κυκλικών κόμβων σε εγγύτητα

Εικόνα 4.5 Σύγκριση απαιτούμενου χώρου μεταξύ ενός K^3 μία λωρίδας και συγκρίσιμης σηματοδοτούμενης διασταύρωσης

Εικόνα 4.6 Σύγκριση απαιτούμενου χώρου μεταξύ ενός K^3 δύο λωρίδων και συγκρίσιμης σηματοδοτούμενης διασταύρωσης

Εικόνα 4.7 Διάταξη ποδηλατοδρόμου σε κυκλικό κόμβο

Εικόνα 5.1 Παράδειγμα χρήσης της γεωμετρίας για διαχείριση της ταχύτητας των οχημάτων

Εικόνα 5.2 Παράδειγμα K^3 σχεδιασμένου για να εξυπηρετεί και μεγάλα φορτηγά

Εικόνα 5.3 Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού σε K^3

Εικόνα 5.4 Επιθυμητές τιμές για αποφυγή επικάλυψης πορείας

Εικόνα 5.5 Πορείες οχημάτων και ακτίνες συντομότερης διαδρομής

Εικόνα 5.6 Παράδειγμα K^3 με μεταβλητό πλάτος δακτυλίου ανά κατεύθυνση, λόγω διαφορετικού αριθμού λωρίδων εντός του δακτυλίου

Εικόνα 5.7 Φαινόμενο ύβου καμήλας σε δακτύλιο κυκλοφορίας

Διάγραμμα 5.1 Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων δακτυλίου κυκλοφορίας

Εικόνα 5.8 Μετατόπιση του άξονα του κλάδου πρόσβασης προς τα αριστερά από το κέντρο του κόμβου

Εικόνα 5.9 Άξονας οδού πρόσβασης σε σχέση με το κέντρο του κόμβου (σε ευθεία-προς τα αριστερά-προς τα δεξιά)

- Εικόνα 5.10 Τυπική διαμόρφωση 3-σκελή κόμβου μορφής «Τ»
- Εικόνα 5.11 Τυπική διαμόρφωση 3-σκελή κόμβου μορφής «Υ»
- Εικόνα 5.12 Μετατόπιση του άξονα των σκελών πρόσβασης κόμβου μορφής «Υ» προς τα αριστερά από το κέντρο του κόμβου
- Εικόνα 5.13 Τυπική μορφή εισόδου
- Εικόνα 5.14 Αύξηση χωρητικότητας εισόδου με προσθήκη λωρίδας
- Εικόνα 5.15 Αύξηση χωρητικότητας εισόδου με διεύρυνση της πρόσβασης
- Εικόνα 5.16 Ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο μεγάλης ακτίνας μεταξύ εισόδου και δακτυλίου
- Εικόνα 5.17 Διαμόρφωση θλάσης κλάδου εισόδου για μείωση της ταχύτητας
- Διάγραμμα 5.2 Σχέση διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων για οδούς της ομάδας Α και της κατηγορίας ΒΙ και Β ΙΙ (Επιθυμητή για τις κατηγορίες Β ΙΙΙ και Β ΙV)
- Εικόνα 5.18 Παράδειγμα διαμόρφωσης διαχωριστικής νησίδας με διαγράμμιση του οδοστρώματος, για διέλευση μεγάλων φορτηγών
- Εικόνα 5.19 Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου
- Εικόνα 5.20 Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο αριστερά από το κέντρο του κόμβου
- Εικόνα 5.21 Σημείο εμπλοκής λόγω μεγάλου διαχωρισμού μεταξύ των σκελών
- Εικόνα 5.22 Επικάλυψη πορειών οχημάτων λόγω προβληματικής διάταξης
- Εικόνα 5.23 Βελτιωμένη διάταξη και παράλληλη πορεία οχημάτων
- Εικόνα 5.24 Εκκεντρότητα και σύνθετα τόξα ρύθμισης πορείας οχημάτων
- Εικόνα 5.25 Παράλληλη λωρίδα δεξιάς στροφής που σταματά στην περίμετρο του δακτυλίου κίνησης, χωρίς επιφάνεια αποκλεισμού και με επιφάνεια αποκλεισμού
- Εικόνα 5.26 Χρήση νησίδας διαχωρισμού στη λωρίδα δεξιάς στροφής
- Εικόνα 5.27 Παρακαμπτήριος κλάδος δεξιάς στροφής, με λωρίδα επιτάχυνσης
- Εικόνα 5.28 Ειδική επίστρωση υπερβατής ζώνης με σχηματισμό βελών
- Εικόνα 5.29 Τυπική διατομή μεταβατικού (υπερβατού) κρασπέδου
- Εικόνα 5.30 Χαρακτηριστικά σχεδιασμού νησίδας και διακοπή πεζοδιάβασης
- Εικόνα 5.31 Μονοκλινές οδόστρωμα, με υπερβατή ζώνη στην κεντρική νησίδα
- Εικόνα 5.32 Δικλινές οδόστρωμα, με υπερβατή ζώνη στην κεντρική νησίδα (σε δακτύλιο με 2 ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας)

- Εικόνα 5.33 Μήκη ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον K^3
- Εικόνα 5.34 Μήκος ορατότητας για στάση στο δακτύλιο κυκλοφορίας
- Εικόνα 5.35 Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών στην έξοδο
- Εικόνα 5.36 Τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο στο δακτύλιο
- Εικόνα 5.37 Σύνθεση επιφανειών ορατότητας σε K^3
- Εικόνα 5.38 Προβληματική ($<75^\circ$) και διορθωμένη ($>75^\circ$) γωνία εισόδου
- Εικόνα 5.39 Διαμόρφωση πεζοδρομίου στην περίμετρο του K^3
- Εικόνα 5.40 Διαμόρφωση πεζοδρομίου με μεγαλύτερες διαστάσεις στην περιφέρεια του K^3 (προτιμώμενη διαμόρφωση, εφόσον επαρκεί ο χώρος)
- Εικόνα 5.41 Πεζοδιαβάσεις (Α) κάθετες στις οριογραμμές του κλάδου (προτιμώμενη διάταξη) και (Β) ευθυγραμμισμένες κάθετα στον κεντρικό άξονα του κλάδου
- Εικόνα 5.42 Κρίσιμες επιφάνειες για την τοποθέτηση στύλων οδοφωτισμού (πρέπει να τοποθετούνται πίσω από αυτές)
- Εικόνα 5.43 Φωτομετρική απεικόνιση αναλόγως της διάταξης των στύλων
- Εικόνα 5.44 Παράδειγμα τοπιοτεχνίας σε K^3
- Εικόνα 5.45 Περιοχές που προσφέρονται για τοπιοτεχνία
- Εικόνα 6.1 Βελτιωμένες εκδοχές βελών χρήσης λωρίδων ανάλογα με τον προορισμό
- Εικόνα 6.2 Τυπική περίπτωση διαγράμμισης σε K^3
- Εικόνα 6.3 Οριζόντια σήμανση σε κλάδους εισόδου – εξόδου
- Εικόνα 6.4 Προειδοποιητική διαγράμμιση κλάδου πρόσβασης για μείωσης της ταχύτητας
- Εικόνα 6.5 Κατακόρυφη σήμανση σε K^3 μίας ή δύο λωρίδων
- Εικόνα 6.6 Πινακίδες πληροφοριακές για τις πορείες ανά προορισμό σε K^3
- Εικόνα 6.7 Πινακίδα απαραίτητη σε K^3 δύο ή περισσότερων λωρίδων, οι οποίοι πρόκειται να εξυπηρετούν οχήματα του είδους «φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο»
- Εικόνα 7.1 Φόρτοι κινήσεων ανά πρόσβαση και προορισμό
- Εικόνα 7.2 Φόρτοι κινήσεων εισόδου, εξόδου και δακτυλίου κυκλοφορίας
- Διάγραμμα 7.1 Συντελεστής προσαρμογής χωρητικότητας λωρίδας εισόδου αναλόγως των φόρτων πεζών και επερχόμενης κυκλικής κίνησης (είσοδος μίας λωρίδας)

Διάγραμμα 7.2 Συντελεστής προσαρμογής χωρητικότητας λωρίδας εισόδου αναλόγως των φόρτων πεζών και επερχόμενης κυκλικής κίνησης (είσοδος δύο λωρίδων)

Διάγραμμα 7.3 Καθυστερήσεις σε σχέση με εισερχόμενο φόρτο και χωρητικότητα

Διάγραμμα 7.4 Αναμενόμενος αριθμός οχημάτων σε ουρά σε σχέση με τη χωρητικότητα, το λόγο φόρτου/χωρητικότητας και το γινόμενο χωρητικότητας επί την περίοδο ανάλυσης

Εικόνα 7.3 Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε K^3 1 λωρίδας στο δακτύλιο κυκλοφορίας

Εικόνα 7.4 Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε K^3 2 λωρίδων στο δακτύλιο κυκλοφορίας

Εικόνα 7.5 Αποστάσεις από τις οριογραμμές για σχεδιασμό δεξιόστροφης πορείας

Εικόνα 8.1 Συγκρούσεις εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδων για ευθεία πορεία

Εικόνα 8.2 Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου επί του δακτυλίου

Εικόνα 8.3 Σημεία εμπλοκής οχημάτων και πεζών

Εικόνα 8.4 Πιθανότητα θανάτου πεζού λόγω σύγκρουσης με μηχανοκίνητο όχημα, αναλόγως της ταχύτητας του οχήματος

Εικόνα 8.5 Τύποι ατυχημάτων στην περιοχή ενός K^3

Εικόνα 9.1 Θέση υπό μελέτη κόμβου

Εικόνα 9.2 Υφιστάμενη κατάσταση κόμβου

Εικόνα 9.3 Υφιστάμενη κατάσταση κόμβου

Εικόνα 9.4 Προφίλ οχήματος σχεδιασμού

Εικόνα 9.5 Κινήσεις στροφής του οχήματος σχεδιασμού ανά 30°

Εικόνα 9.6 Διαμόρφωση του K^3 στην περιοχή μελέτης

Εικόνα 9.7 Παράλληλη κίνηση του οχήματος σχεδιασμού με ΙΧ (Ηρ. Πολυτεχνείου – Λαγού)

Εικόνα 9.8 Δεξιόστροφες κινήσεις επί του K^3

Εικόνα 9.9 Αριστερόστροφες κινήσεις επί του K^3 (από Ηρ. Πολυτεχνείου προς Ιωαννίνων και από Λαγού προς Τρικάλων)

Εικόνα 9.10 Αριστερόστροφες κινήσεις επί του K^3 (από Ιωαννίνων προς Λαγού και από Τρικάλων προς Ηρ. Πολυτεχνείου)

Εικόνα 9.11 Ευθεία κίνηση ΙΧ αυτοκινήτου (Ιωαννίνων – Τρικάλων)

Εικόνα 9.12 Γωνίες ορατότητας κατά την είσοδο

Εικόνα 9.13 Μήκη ορατότητας για στάση, κατά την προσέγγιση στον Κ3 (μέχρι την είσοδο στον Κ3 και μέχρι τη διάβαση πεζών) και επί του δακτυλίου κυκλοφορίας

Εικόνα 9.14 Τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φυσικό έδαφος στη μορφή που βρίσκεται δεν είναι ικανό να φέρει τις προερχόμενες από την κυκλοφορία καταπονήσεις και δεν έχει την απαιτούμενη λεία επιφάνεια για την ομαλή κίνηση επ' αυτού των τροχών. Επιπλέον, δεν αντέχει στις κλιματολογικές διακυμάνσεις, την υγρασία, τη βροχή κλπ. Για τους λόγους αυτούς κατασκευάζονται τα οδοστρώματα.

Το σύνολο των επαλλήλων στρώσεων που είναι τοποθετημένες πάνω από το φυσικό έδαφος και αποτελούν το οδόστρωμα, οδηγούν στη δημιουργία της οδού. [1]

Οι δρόμοι ήταν απαραίτητοι από τότε που οι άνθρωποι ζούσαν, κυνηγούσαν ή καλλιεργούσαν τα χωράφια σε ομάδες. Η πρώτη μορφή οδού στην ιστορία υπήρξε το μονοπάτι, το οποίο καθώς οι άνθρωποι το χρησιμοποιούσαν συνεχώς, ξεχώρισε σταδιακά από το περιβάλλον. Με την αυξανόμενη χρήση του διαπλατύνθηκε και τελικά διευθετήθηκε, ώστε να εξασφαλίζεται η βατότητά του κάθε εποχή. Η αυξανόμενη εποίκιση κάθε περιοχής οδηγούσε παράλληλα και στην αύξηση της πυκνότητας και τη βελτίωση της ποιότητας του οδικού της δικτύου. Επομένως, η κατασκευή οδών σχετίστηκε άμεσα με την ιστορία της εποίκισης μιας χώρας ή ακόμα και μιας ολόκληρης ηπείρου. Με τον καταμερισμό της εργασίας και την έναρξη του εμπορίου, η ύπαρξη ενός οδικού δικτύου γινόταν όλο και πιο απαραίτητη. Παράλληλα, σημαντικά από στρατιωτική άποψη σημεία της ιστορίας με ηγεμόνες μεγάλων αυτοκρατοριών ή γενικότερα μιας κεντρικής εξουσίας, έδωσαν στην επιστήμη της οδοποιίας νέες δυνατότητες και την ώθησαν σε νέα επιτεύγματα.

Αν και οδούς κατασκεύαζαν και οι Αιγύπτιοι, οι Βαβυλώνιοι και οι Πέρσες πριν από 4.000 χρόνια, οι ειδικοί της οδοποιίας κατά την αρχαιότητα υπήρξαν οι Ρωμαίοι. Στα ρωμαϊκά σχολεία υπήρχαν μαθήματα οδοποιίας και γενικότερα οι Ρωμαίοι οδοποιοί διέθεταν ένα σημαντικό υπόβαθρο τεχνικών γνώσεων. Το συνολικό μήκος μάλιστα του λιθόστρωτου οδικού δικτύου των Ρωμαίων ξεπερνούσε τα 80.000 χλμ. (Εικόνα 1.1). Με τη δύση της Ρώμης ωστόσο, το τότε οδικό δίκτυο αποσυντέθηκε και η τέχνη της οδοποιίας ξεχάστηκε. Μόλις τον 18^ο αιώνα, επειδή η κυκλοφορία συνεχώς αυξανόταν, χρειάστηκε να βελτιωθούν οι οδοί και άρχισε να αναβιώνει αργά η τεχνική της κατασκευής οδών.

Η ανακάλυψη του αυτοκινήτου μεταγενέστερα έδωσε την καθοριστική ώθηση στην ανάπτυξη της τεχνολογίας στην κατασκευή των οδών. Από εκείνη τη στιγμή και έπειτα, το οδικό δίκτυο αναπτύχθηκε ραγδαία.



Εικόνα 2.1 Τμήμα της Αρχαίας Εγνατίας οδού στην Καβάλα [5]

Ωστόσο, η ανάπτυξη των αστικών περιοχών πριν από την εξάπλωση του ΙΧ αυτοκινήτου δε δημιούργησε τις απαραίτητες προϋποθέσεις για τη διαμόρφωση ενός οδικού δικτύου με την κατάλληλη μορφή και χωρητικότητα για την εξυπηρέτηση του μεγάλου αριθμού αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στις μέρες μας στις σύγχρονες πόλεις. Αυτό το πρόβλημα επιτείνεται με τη σύγχρονη βιώσιμη προσέγγιση στο σχεδιασμό των αστικών οδικών δικτύων, καθώς θα πρέπει παράλληλα με την κυκλοφορία των ΙΧ αυτοκινήτων να εξασφαλιστεί κατά μήκος τους και η άνετη και ασφαλής μετακίνηση και των εναλλακτικών προς αυτά μέσων μεταφοράς.

Η οικονομική ανάπτυξη επιπλέον, απαιτεί και το ανάλογο προς τις ανάγκες της κυκλοφοριακό δίκτυο και συνεπώς καλύτερης ποιότητας οδούς. Το οδικό δίκτυο πρέπει να συμβαδίζει με την ανάπτυξη της οικονομίας και επομένως να ανταποκρίνεται και στην αύξηση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων. Η οδοποιία έχει σαν αντικείμενο τόσο τη δημιουργία νέων οδών σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οικονομίας, όσο και την προσαρμογή των οδών, που ήδη υπάρχουν, στις νέες κάθε φορά κυκλοφοριακές ανάγκες.

Σήμερα ο σχεδιασμός και η κατασκευή οδών αποτελούν έναν τομέα εξειδίκευσης, στον οποίο πρέπει να λαμβάνονται σταθερά υπόψη οι νέες ανάγκες που προκύπτουν με τη βοήθεια της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης. [2], [3], [4]

1.1 Το οδικό δίκτυο και η διαμόρφωσή του

Κάθε ανάγκη μετακίνησης προσώπων και αγαθών που γεννιέται από τις περίπλοκες σχέσεις των διαφόρων τομέων της ζωής (κατοικία, εργασία, αναψυχή, αγορές κτλ.) έχει ανάγκη από ένα κατάλληλο σύστημα μεταφορών. Τα συστήματα μεταφορών είναι βασικά στοιχεία της χωροταξίας και συνεπώς κάθε χωροταξικό σχέδιο πρέπει να περιέχει εκτιμήσεις για την έκταση, την κατανομή και τους τρόπους ικανοποίησης των αναγκών μεταφοράς.

Το οδικό δίκτυο αποτελεί τμήμα του συνόλου των συγκοινωνιακών υποδομών και παράλληλα το βασικό στοιχείο για την πρόσβαση σε μία περιοχή, ενώ μεταξύ των διαφόρων κυκλοφοριακών συστημάτων υπάρχουν αλληλεξαρτήσεις είτε μεγάλου είτε μικρού βαθμού. Επομένως είναι αναγκαίο να δίνεται μεγάλη σημασία στη σύνδεσή του με τα υπόλοιπα κυκλοφοριακά συστήματα. Μεγάλη επίσης σημασία πρέπει να δίνεται στην κυκλοφορία στην οδό όχι μόνο των οχημάτων ιδιωτικής χρήσης αλλά και στην κυκλοφορία των μέσων μαζικής μεταφοράς. Τα διάφορα είδη κυκλοφορίας πρέπει να προωθούνται με βάση κριτήρια χωροταξικά, πολεοδομικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά.

Κάθε σύστημα μεταφορών έχει τη δική του επιρροή στην οικονομία κάθε χώρας. Ανάλογα με τη θέση και την όδευση της διαδρομής, τα χρησιμοποιούμενα μέσα και την ταχύτητα της διαδρομής, η συμβολή κάθε συστήματος μεταφορών είναι διαφορετική. Μόνο με τη σύμπραξη και τη συνεργασία όλων των επιμέρους συστημάτων μεταφοράς προκύπτει οικονομικό όφελος από το συνολικό δίκτυο μεταφορών.

Η διαμόρφωση του οδικού δικτύου συνιστά για κάθε περιοχή έναν καθοριστικό εξειδικευμένο σχεδιασμό, που απαιτεί συνεχή εναρμόνιση με το πρόγραμμα και τα σχέδια άλλων φορέων εξειδικευμένου σχεδιασμού. Επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη του χώρου, καθώς και τη δομή αυτού σε επίπεδο τοπικό ή και στο επίπεδο της ευρύτερης περιοχής. Είναι απαραίτητο δηλαδή να εναρμονίζεται το οδικό δίκτυο με το χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό, αλλά και το σχεδιασμό όλων των αρμόδιων φορέων.

Σκοπός της διαμόρφωσης ενός οδικού δικτύου και του αντίστοιχου οδικού χώρου είναι να επιλυθούν οι αντικρουόμενες λειτουργίες, λαμβάνοντας υπόψη την κυκλοφοριακή ασφάλεια, την περιβαλλοντική αποδοχή και το κόστος, καθώς επίσης και τη συμμετοχή άλλων κυκλοφοριακών συστημάτων στην επίλυση του προβλήματος.

Μεγάλη σημασία για τη διαμόρφωσή του, έχουν τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων. Με τον όρο αυτό, σημειώνονται οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το καθοριστικό είδος μετακινήσεων του οδικού δικτύου που αφορούν.

Στα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων περιλαμβάνονται:

- Ο σκοπός της μετακίνησης τόσο για την κυκλοφορία προσώπων όσο και αγαθών.
- Το μήκος της μετακίνησης.
- Η βέλτιστη ταχύτητα, συναρτήσει των δύο προηγούμενων χαρακτηριστικών.

Τα χαρακτηριστικά της οδού πρέπει να ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων. Η βέλτιστη ταχύτητα δηλαδή, πρέπει να είναι δυνατόν να αναπτυχθεί από τον αντίστοιχο κυκλοφοριακό φόρτο. Με τον όρο χαρακτηριστικά της οδού, σημειώνονται όλα τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της οδού που επηρεάζουν τη ροή της κυκλοφορίας. Στα πλαίσια του σχηματισμού και της διαμόρφωσης του οδικού δικτύου, τα σπουδαιότερα είναι τα εξής:

- Η χάραξη.
- Η διατομή.
- Η διαμόρφωση και οι αποστάσεις των κόμβων.
- Η ύπαρξη και ο βαθμός ελέγχου των προσβάσεων. [2], [6]

Κατά το σχεδιασμό μιας οδού επίσης, μία από τις βασικές παραμέτρους είναι και η αποτίμηση της κυκλοφορίας ή του κυκλοφοριακού φόρτου. Πλην των άλλων χαρακτηριστικών, η οδός θα πρέπει να έχει επαρκές πλάτος έτσι ώστε να επιτρέπεται η άνετη και ασφαλής κίνηση των οχημάτων με μια αποδεκτή ταχύτητα. Παράλληλα, θα πρέπει να έχει κατασκευαστεί με επαρκές πάχος ώστε να είναι ανθεκτική σε όλα τα φορτία των οχημάτων που πρόκειται να κινηθούν σε αυτήν. Για τον καθορισμό του πλάτους της οδού, αφού καθορισθεί η επιθυμητή ταχύτητα, είναι απαραίτητο να είναι γνωστός ο αριθμός των οχημάτων και η γεωμετρική διάσταση του κάθε οχήματος. Αντίθετα, για τον καθορισμό του πάχους του οδοστρώματος, είναι απαραίτητο να είναι γνωστός ο αριθμός και το βάρος του κάθε οχήματος. [7]

1.2 Λειτουργίες οδών

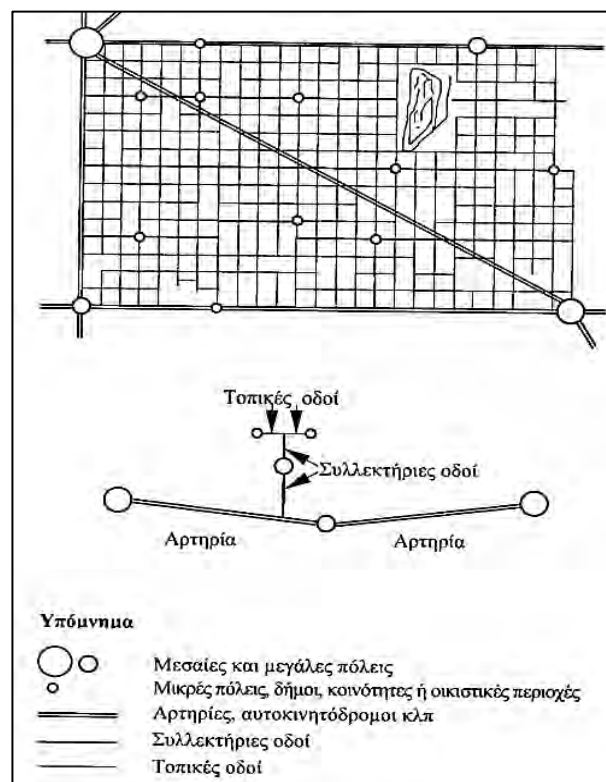
Για να διαμορφωθεί ένα οδικό δίκτυο, απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο προσδιορισμός των κατηγοριών των οδών, οι οποίες είναι καθοριστικές για το σχεδιασμό και τη μελέτη του. Γι' αυτό το λόγο, πραγματοποιείται διαχωρισμός μεταξύ κυκλοφοριακών (σύνδεση και πρόσβαση) και μη κυκλοφοριακών λειτουργιών (παραμονή και λειτουργίες που προκύπτουν πέραν της απλής πρόσβασης προς την παρόδια χρήση και τον περιβάλλοντα χώρο της οδού). Σε μια οδό, είναι δυνατή η συνύπαρξη των κυκλοφοριακών και μη κυκλοφοριακών λειτουργιών με πολλούς τρόπους.

Στόχος της λειτουργικής ιεράρχησης ενός οδικού δικτύου, είναι να αποκτήσει κάθε τμήμα του ένα χαρακτήρα, ο οποίος καθορίζεται από το είδος της εξυπηρέτησης που πρέπει να προσφέρει.

Αρχικά υπάρχει μία ομάδα οδών η οποία διαθέτει υψηλά γεωμετρικά χαρακτηριστικά και υψηλές ταχύτητες. Αυτή η ομάδα εξυπηρετεί μετακινήσεις ανάμεσα σε πόλεις μεγάλου και μεσαίου μεγέθους (σύστημα αρτηριών). Οι αρτηρίες μπορεί επίσης να εξυπηρετούν την κυκλοφορία μεταξύ των διαμερισμάτων της πόλης.

Στη συνέχεια, μία δεύτερη ομάδα οδών αποτελεί το σύστημα συλλεκτριών. Αυτή διαθέτει τόσο γεωμετρικά χαρακτηριστικά όσο και ταχύτητες κατώτερες σε σχέση με την πρώτη ομάδα και συνδέει μικρές πόλεις μεταξύ τους, είτε άμεσα είτε μέσω του δικτύου των αρτηριών. Οι οδοί αυτής της ομάδας ανήκουν στις συλλεκτήριες, καθώς συλλέγουν την κυκλοφορία από την τελευταία ομάδα οδών και τη διοχετεύουν στις αρτηρίες.

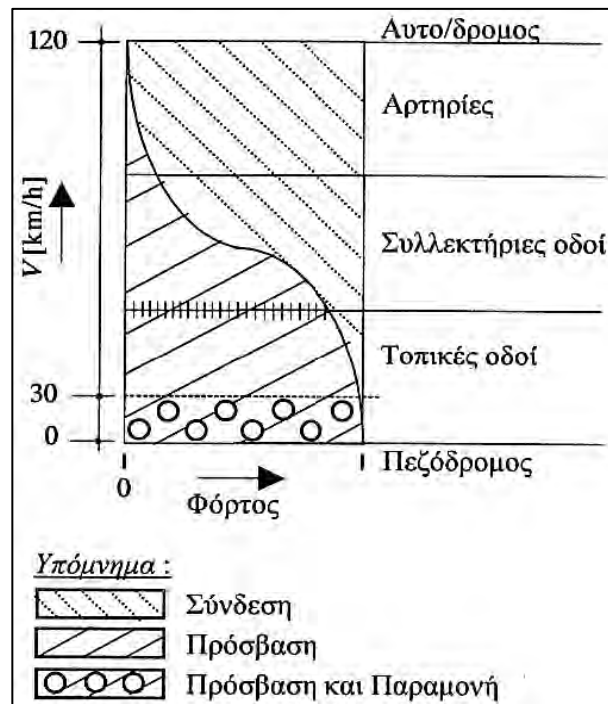
Η τελευταία ομάδα οδών αποτελεί το σύστημα τοπικών οδών. Σκοπός αυτής της ομάδας είναι η εξυπηρέτηση των τοπικών μετακινήσεων, δηλαδή σε αγροκτήματα και άλλες παρόδιες χρήσεις γης.



Εικόνα 1.2 Σχηματική απεικόνιση υπεραστικού οδικού δικτύου [6]

Οι λειτουργίες μίας οδού, ή οι λειτουργίες που υπάρχει ανάγκη να εξυπηρετηθούν από αυτήν, διακρίνονται σε λειτουργία σύνδεσης, λειτουργία πρόσβασης (στις παρόδιες χρήσεις γης) και λειτουργία παραμονής (επί της οδού).

Οι τρεις αυτές λειτουργίες δεν υπάρχουν ξεκάθαρες στα διάφορα τμήματα ενός οδικού δικτύου, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις συνυπάρχουν σε διαφορετικό βαθμό και ένταση (Εικόνα 1.3).



Παρατήρηση : Οι συλλεκτήριες προσφέρουν περίπου εξ ίσου εξυπηρέτηση για σύνδεση και πρόσβαση.

Εικόνα 1.3 Συσχέτιση λειτουργικών κατηγοριών οδών [6]

Ο σχεδιασμός ενός οδικού δικτύου έχει ως σκοπό τη διαμόρφωση των διαφόρων μεμονωμένων συνδέσεων, με βάση τους χωροταξικούς και πολεοδομικούς στόχους, με τρόπο που να εξασφαλίζει στα διάφορα τμήματα του δικτύου μία ασφαλή κυκλοφοριακή ροή και ανεκτά επίπεδα κυκλοφοριακής εξυπηρέτησης για το σύνολο των χρηστών.

Πρέπει επίσης ο στόχος της εξοικονόμησης χρόνου, κόστους ταξιδιού και επαρκούς οδικής ασφάλειας, να έρχονται σε αρμονία με την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος. Άρα, είναι απαραίτητος ο ορισμός των κατάλληλων μεγεθών ταχυτήτων κυκλοφορίας σε σχέση με τον εκάστοτε λειτουργικό χαρακτήρα, ώστε να γίνεται με σωστό τρόπο η μελέτη οδών ή οδικών τμημάτων. Επειδή όμως οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για αυτό το σκοπό είναι πολλοί, καθορίζεται ένα διάστημα με επιδιωκόμενες τιμές ταχυτήτων. Από το διάστημα αυτό μπορούν να προσδιοριστούν τα απαιτούμενα μεγέθη για τον υπολογισμό των κυκλοφοριακών στοιχείων και των στοιχείων μελέτης της οδού.

Λειτουργία σύνδεσης

Η λειτουργία αυτή αποτελεί το χαρακτηριστικό όλων των υπεραστικών και ημιαστικών (περιαστικών) οδών. Ο σχεδιασμός αυτού του είδους οδών έχει ως βασικό στόχο τη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών με μικρές έως ελάχιστες απαιτήσεις για πρόσβαση σε παρόδιες χρήσεις γης και ελάχιστες έως μηδενικές απαιτήσεις για παραμονή πεζών στον χώρο της οδού.

Λειτουργία πρόσβασης

Οι οδοί που βρίσκονται σε δομημένες περιοχές χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για πρόσβαση, όπου ως πρόσβαση θεωρείται η άμεση πρόσβαση προς τις παρόδιες χρήσεις των κατοίκων, των επισκεπτών, των προμηθευτών και των οχημάτων μεταφοράς αγαθών ή/και εκτάκτου ανάγκης. Για τις ανάγκες πρόσβασης οι απαιτήσεις για την ταχύτητα είναι μικρές.

Η λειτουργία αυτή εξασφαλίζεται εφόσον έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε ιδιοκτησίες/χρήσεις όλα τα οχήματα που κυκλοφορούν σε τακτική βάση, παρά το γεγονός ότι είναι πιθανό να εμφανιστούν προς στιγμή φαινόμενα όχλησης της πρόσβασης. Η λειτουργία πρόσβασης έχει ως κύριο εμπόδιο τη διαμπερή κυκλοφορία. Αντίστοιχα και η λειτουργία πρόσβασης προκαλεί φαινόμενα όχλησης στη λειτουργία της σύνδεσης. Η ανάγκη πρόσβασης έχει ως άμεσο επακόλουθο και την ανάγκη ύπαρξης χώρων στάθμευσης για τα οχήματα. Ο βαθμός παρουσίας της λειτουργίας της πρόσβασης αυξάνει όσο αυξάνεται και η παρόδια δόμηση, δηλαδή όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των άμεσα συνδεδεμένων με την οδό κατοικιών, βιομηχανιών και γενικά χώρων που προσελκύουν μετακινήσεις.

Άλλο γνώρισμα της πρόσβασης αποτελεί το γεγονός ότι απαιτούνται μεγαλύτερες επιφάνειες για χρήση από πεζούς και ποδήλατα. Οι ανάγκες κυκλοφορίας πεζών, που δημιουργούνται από τις παρόδιες χρήσεις, απαιτούν επίσης να παρέχεται η δυνατότητα ασφαλούς διάβασης της οδού από τους χρήστες της, πέραν των οχημάτων. Επειδή ανάμεσα στη διαμπερή και την εγκάρσια κυκλοφορία προκύπτουν σημαντικά προβλήματα, είναι αναγκαίο να υπάρχουν όρια ταχύτητας για τη μηχανοκίνητη κυκλοφορία.

Λειτουργία παραμονής

Η λειτουργία της παραμονής αποτελεί γνώρισμα των οδών με παρόδια δόμηση. Είναι αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων πέραν της πρόσβασης, που προκύπτουν λόγω της παρόδιας χρήσης και δόμησης του οδικού χώρου (χώρος μεταξύ οικοδομικών γραμμών), όπως για παράδειγμα το παιχνίδι των παιδιών, η κίνηση στην αγορά, ο περίπατος, η επίσκεψη σε αξιοθέατα, η πρόσβαση σε δημόσιες υπηρεσίες, μουσεία, παιδικούς σταθμούς, σχολεία, νοσοκομεία και χώρους αναψυχής παρά την οδό, οι οποίες οδηγούν σε σημαντικά φαινόμενα εμπλοκής με τη διαμπερή κυκλοφορία.

Για τη σωστή λειτουργία του χαρακτήρα της παραμονής είναι αναγκαία η ύπαρξη επαρκών επιφανειών. Επειδή όμως η μηχανοκίνητη κυκλοφορία επιδρά αρνητικά στη συγκεκριμένη λειτουργία, ακόμη και όταν οι επιφάνειες είναι επαρκείς, για να διαφυλαχθεί ο χαρακτήρας της παραμονής, εκτός από τις διαστάσεις του οδικού χώρου, πρέπει να ληφθούν μέτρα περιορισμού του κυκλοφοριακού φόρτου με παράλληλη ελάττωση της ταχύτητας κυκλοφορίας. Γι' αυτό, η συνύπαρξη της λειτουργίας της παραμονής με τη λειτουργία της πρόσβασης είναι προβληματική, ενώ η συνύπαρξή της με τη λειτουργία της σύνδεσης είναι σχεδόν ασυμβίβαστη.

Η λειτουργία της παραμονής πρέπει να υλοποιείται σε μεγάλες επιφάνειες, οι οποίες θα προσφέρονται για το συγκεκριμένο σκοπό δίπλα από το οδόστρωμα. Αν όμως αυτό δεν είναι εφικτό, οφείλει να εξετάζεται η περίπτωση προσάρτησης τμήματος του οδοστρώματος στην επιφάνεια παραμονής. Για λόγους ασφαλείας όμως, αποτρέπεται η συνύπαρξη αυτή στο οδόστρωμα με την πρόσβαση και τη σύνδεση.

Επικαλύψεις λειτουργιών

Όταν οι τρεις λειτουργίες συνυπάρχουν, προκύπτουν αντικρουόμενες καταστάσεις, των οποίων η αντιμετώπιση αποτελεί το βασικό στόχο της μελέτης του οδικού δικτύου και του οδικού χώρου.

Οδοί που βρίσκονται εκτός δομημένων περιοχών παρουσιάζουν σε μεγάλο βαθμό το λειτουργικό χαρακτήρα της σύνδεσης, ο οποίος καθορίζει και τη μορφή τους. Η λειτουργία της πρόσβασης παρουσιάζεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις (π.χ. για πρόσβαση σε επιφάνειες με γεωργική εκμετάλλευση), ενώ και η λειτουργία της παραμονής επίσης λαμβάνεται υπόψιν μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις (π.χ. σε περίπτωση αναζήτησης χώρου αναψυχής).

Στις δομημένες περιοχές ωστόσο, η επικάλυψη και των τριών λειτουργιών αποτελεί κανόνα. Αυτό δημιουργεί προβλήματα όταν δύο από τις τρεις λειτουργίες παρουσιάζουν ταυτόχρονα αυξημένες απαιτήσεις. Τότε, η διαμόρφωση του οδικού δικτύου πρέπει να συμβάλλει στο διαχωρισμό των λειτουργιών της σύνδεσης και της πρόσβασης. Αν αυτό δεν καθίσταται δυνατό, είναι απαραίτητη η αναζήτηση συμβιβαστικών λύσεων, οι οποίες δε θα αναστέλλουν κάποια λειτουργία έναντι των άλλων κατά μη αποδεκτό τρόπο.

Αυτός που παρουσιάζει τα μεγαλύτερα προβλήματα είναι ο συνδυασμός της λειτουργίας σύνδεσης με τη λειτουργία παραμονής. Γενικότερα, η λειτουργία της παραμονής συμβιβάζεται καλύτερα με μία δευτερεύουσας σημασίας σύνδεση.[6]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΙΣΟΠΕΔΟΙ ΚΟΜΒΟΙ

Οι κόμβοι δημιουργούνται καθώς οι οδοί συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματιστεί το οδικό δίκτυο. Όταν μια οδός απολήγει σε μια άλλη δημιουργείται συμβολή, ενώ όταν διασταυρώνονται δημιουργείται διασταύρωση. Η διασταύρωση περισσότερων από δύο οδών είναι δυνατή, αποφεύγεται όμως όσο αυτό είναι δυνατό επειδή παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα.

Οι κόμβοι αποτελούν κρίσιμα σημεία του οδικού δικτύου. Είναι τα σημεία όπου οι οδηγοί αλλάζουν - επιλέγουν διαδρομές, ώστε να πραγματοποιούνται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί προελεύσεων - προορισμών με το ελάχιστο δυνατό δίκτυο.

Αποτελούν δηλαδή το σημείο συνάντησης δύο ή περισσότερων οδών. Αν η συνάντηση αυτή πραγματοποιείται στο ίδιο επίπεδο, τότε χρησιμοποιείται ο όρος ισόπεδος κόμβος (Intersection at grade). Αν η συνάντηση πραγματοποιείται σε διαφορετικά επίπεδα αλλά με σύνδεση των οδών μεταξύ τους, χρησιμοποιείται ο όρος, ανισόπεδος κόμβος (Interchange). Τέλος, σε περίπτωση που δεν υπάρχει σύνδεση των οδών, χρησιμοποιείται ο όρος ανισόπεδη διασταύρωση (Two-level crossing).

Η ταχύτητα στους κόμβους μειώνεται ή και μηδενίζεται. Ως εκ τούτου αποτελούν τα κρίσιμα σημεία του οδικού δικτύου από άποψη κυκλοφοριακής ικανότητας, επιπέδου εξυπηρέτησης και οδικής ασφάλειας.

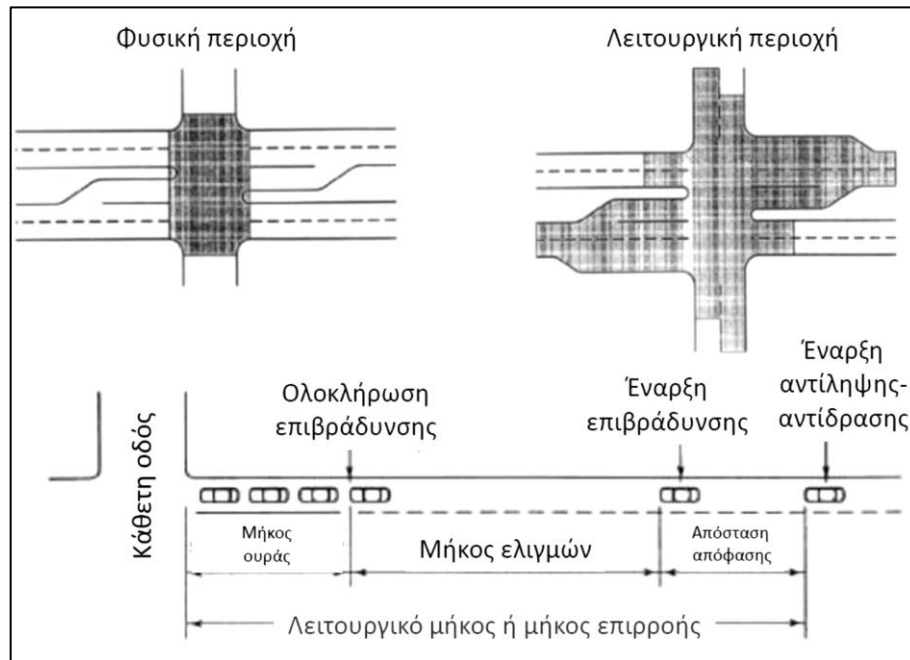
Το είδος του κόμβου καθορίζεται ιδιαίτερα από τον κυκλοφοριακό φόρτο και την ενσωμάτωση του κόμβου στο όλο οδικό δίκτυο. Τα βασικά είδη κόμβων είναι:

- Ισόπεδοι κόμβοι με ή χωρίς φωτεινή σηματοδότηση.
- Ανισόπεδοι κόμβοι.

Μετά τον καθορισμό της μορφής, ο κόμβος μελετάται με πολεοδομικά κριτήρια και διαστασιολογείται σύμφωνα με τους κανόνες της κυκλοφοριακής τεχνικής. Αν υπάρχουν διάφορες εναλλακτικές λύσεις, γίνεται προσπάθεια να διαμορφωθεί μία διαδοχή κόμβων με τα ίδια χαρακτηριστικά, ώστε να είναι εύκολα αναγνωρίσιμοι από τους οδηγούς. Γενικότερα, είναι απαραίτητη η προσαρμογή του κόμβου στον χαρακτήρα της περιοχής και στον υπάρχοντα οδικό χώρο.

Το είδος του κόμβου (ισόπεδος ή ανισόπεδος) έχει μεγάλη σημασία για το σύνολο του οδικού δικτύου, καθώς επηρεάζεται η ασφάλεια, η κυκλοφοριακή ικανότητα και η οικονομικότητα του κόμβου και επομένως και όλου του δικτύου.

Πρέπει να τονιστεί επίσης, ότι η φυσική περιοχή ενός κόμβου δεν είναι η ίδια με τη λειτουργική περιοχή του. Η λειτουργική περιοχή ενός κόμβου περιλαμβάνει επιπλέον την απόσταση που διανύει ένα όχημα κατά την αντίληψη-αντίδραση και ελιγμό (επιβράδυνση και αλλαγή λωρίδας) λόγω της παρουσίας του κόμβου, καθώς και το μήκος που απαιτείται για την αποθήκευση οχημάτων (μεγαλύτερη ουρά που αναμένεται με κάποια περιοδικότητα). [2],[4], [8], [9], [10]



Εικόνα 2.1 Φυσική και λειτουργική περιοχή κόμβου [9]

2.1 Θεμελιώδεις αρχές κατασκευής των κόμβων

Η λειτουργικότητα των κόμβων αξιολογείται με βάση:

- Την προσαρμογή της ροής κυκλοφορίας με την κυκλοφορία της οδού.
- Το επίπεδο οδικής ασφάλειας για τους χρήστες.
- Τη σχέση κυκλοφοριακής ικανότητας και εξυπηρετούμενου κυκλοφοριακού φόρτου.
- Το κόστος κατασκευής.
- Την προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο.

Οι κόμβοι δηλαδή πρέπει να είναι ασφαλείς για όλους τους χρήστες της οδού, να είναι οικονομικοί, να έχουν επαρκή κυκλοφοριακή ικανότητα και ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο.

Ένας κόμβος θεωρείται οικονομικός, όταν για συγκεκριμένο επίπεδο ασφάλειας και κυκλοφοριακής ικανότητας, το σύνολο των δαπανών κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας είναι το ελάχιστο δυνατό. Αντίστοιχα, η κυκλοφοριακή ικανότητα ενός κόμβου θεωρείται καλή όταν διευθετείται η κίνηση όλων των κυκλοφοριακών ρευμάτων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην προκύπτουν μεγάλα διαστήματα αναμονής για κανένα από αυτά. Επιπλέον πρέπει η επιβάρυνση του περιβάλλοντος λόγω της λειτουργίας του κόμβου (π.χ. ηχορύπανση, ατμοσφαιρική ρύπανση, οπτική όχληση, απορροή ομβρίων) να παραμένει σε επιτρεπτά επίπεδα.

Όσον αφορά την ασφάλεια των κόμβων, εκτός των στοιχείων της χάραξης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η ύπαρξη επαρκούς καθοδήγησης στους οδηγούς, η οποία καθορίζει τη συμπεριφορά τους και κυρίως τη συμπεριφορά εκείνων που δε γνωρίζουν τις τοπικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να παρέχονται σε αυτούς:

- Δυνατότητα έγκαιρης αναγνώρισης του κόμβου από όλες τις προσβάσεις του, ώστε να μπορεί ο οδηγός να αποφασίσει και να εκτελέσει τους κατάλληλους χειρισμούς.
- Σαφής εικόνα του κόμβου και του τρόπου λειτουργίας του. Ιδιαίτερα σημαντική είναι για τους οδηγούς στη δευτερεύουσα οδό, η δυνατότητα διαπίστωσης της προτεραιότητας.
- Καλή ορατότητα και επαρκής εποπτεία του κόμβου.
- Κατάλληλη διαμόρφωση του κόμβου, ώστε να εξασφαλίζονται συνθήκες καλής βατότητας. [2], [9]

Έγκαιρη αναγνώριση του κόμβου επιτυγχάνεται με:

- Διάταξη του κόμβου ή τουλάχιστον της δευτερεύουσας οδού σε κοίλωμα.
- Επαρκούς μήκους διαπλάτυνση των προσβάσεων του κόμβου με πρόσθετες λωρίδες κι επιφάνειες αποκλεισμού.
- Κατασκευή νησίδων μορφής σταγόνας στη δευτερεύουσα οδό, ώστε να γίνεται σαφής η υποχρέωση αναμονής.
- Έγκαιρη και σαφή πληροφόρηση με πινακίδες για το που οδηγεί κάθε κατεύθυνση.
- Μεταβολή του περιβάλλοντος της οδού με φύτευση ή διακοπή της φύτευσης, διαφορετικό φωτισμό κτλ.

Επαρκής ορατότητα κι εποπτεία του κόμβου επιτυγχάνεται με:

- Διάταξη του κόμβου σε κοίλωμα.
- Κατάργηση των εμποδίων ορατότητας.
- Σύνδεση δευτερευόντων κλάδων του κόμβου υπό ορθή γωνία.

- Κατασκευή των δευτερευουσών προσβάσεων προς τον κόμβο ως μίας λωρίδας κυκλοφορίας δίπλα στη νησίδα μορφής σταγόνας, ώστε να μη σταματάνε τα οχήματα το ένα δίπλα στο άλλο περιορίζοντας το πεδίο ορατότητας των οδηγών.

Η σαφήνεια του κόμβου και του τρόπου λειτουργίας του επιτυγχάνεται με:

- Χρήση απλών και γενικά γνωστών τύπων κόμβων.
- Υπογράμμιση του δικαιώματος προτεραιότητας, με την ίδια την κατασκευαστική διαμόρφωση του κόμβου.
- Καλή οπτική καθοδήγηση των επιμέρους κυκλοφοριακών ρευμάτων με σήμανση του οδοστρώματος και πινακίδες κατεύθυνσης.
- Σαφή διάταξη όλων των δρόμων που συναντώνται στον κόμβο, όπως είναι για παράδειγμα οι ποδηλατόδρομοι και οι διαβάσεις πεζών.

Οι συνθήκες καλής βατότητας του κόμβου απαιτούν:

- Επαρκούς πλάτους λωρίδες κυκλοφορίας, οι οποίες να ανταποκρίνονται στις φάσεις και τον τρόπο της κίνησης των οχημάτων και οι οποίες να συνεχίζονται και μετά την άμεση περιοχή του κόμβου.
- Τα κράσπεδα των νησίδων και τα στερεά εγκιβωτισμού να ανταποκρίνονται στη γεωμετρία της κίνησης των βαρέων οχημάτων και να μην εισέρχονται στο οδόστρωμα.
- Αψογή απορροή των υδάτων.

Εφόσον τηρούνται αυτές οι αρχές από το στάδιο της μελέτης, είναι βέβαιο πως ο κόμβος θα έχει επαρκή ασφάλεια και κυκλοφοριακή ικανότητα, η οποία πρέπει να παραμένει η ίδια μέχρι το τέλος της περιόδου ζωής του.

Ο διαχωρισμός τέλος των οδών ενός κόμβου σε πρωτεύουσες και δευτερεύουσες, καθορίζεται από τη σημασία κάθε μίας στο οδικό δίκτυο. Η πρωτεύουσα οδός πρέπει να δηλώνεται στους οδηγούς μέσω κυκλοφοριακών σημάτων, αλλά και με την όλη κατασκευαστική διαμόρφωση του οδικού δικτύου. [2]

2.2 Οι ισόπεδοι κόμβοι στο οδικό δίκτυο

Οι ισόπεδοι κόμβοι αποτελούν σημαντικό μέρος της οδικής υποδομής, αφού καθορίζουν σε έναν οδικό άξονα την αποτελεσματικότητά του, την οδική ασφάλεια, την ταχύτητα, το λειτουργικό κόστος των οχημάτων, αλλά και τη συνολική κυκλοφοριακή ικανότητα και αντίστοιχα την προσφερόμενη στάθμη εξυπηρέτησης.

Συγκεκριμένα, περιλαμβάνουν και ρυθμίζουν τις διαμπερείς και εγκάρσιες κινήσεις σε έναν ή περισσότερους οδικούς άξονες, ενώ μπορεί ακόμα να περιλαμβάνουν και την

εξυπηρέτηση των κινήσεων αριστερών στροφών μεταξύ αυτών των οδικών αξόνων. Όλες αυτές οι κινήσεις μπορεί να διευκολύνονται από τους διάφορους γεωμετρικούς σχεδιασμούς και τις κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, ανάλογα με τον τύπο του κόμβου.

Ο σχεδιασμός ενός κόμβου έχει σαν κύριο στόχο την παράλληλη βελτίωση της κίνησης των αυτοκινήτων, των δικυκλιστών και των πεζών με άνεση, ασφάλεια και αποτελεσματικότητα..

Αποτελούν επίσης οι ισόπεδοι κόμβοι ένα χαρακτηριστικό κομμάτι στο σχεδιασμό του οδικού δικτύου από τέσσερις απόψεις, οι οποίες είναι οι εξής:

Συγκέντρωση δραστηριοτήτων

Η περιοχή πέριξ των κόμβων αποτελεί κατά κανόνα σημείο συγκέντρωσης διασταυρούμενων κινήσεων με διαφορετικούς προορισμούς, τόσο για τα οχήματα, όσο και για τους πεζούς (π.χ. σε αστικό περιβάλλον).

Συγκρουόμενες κινήσεις

Οι ισόπεδοι κόμβοι αποτελούν τα τμήματα του οδικού δικτύου, στα οποία συγκεντρώνονται συνήθως οι διασταυρώσεις της πορείας πεζών, στρεφόντων και διασταυρούμενων οχημάτων και ποδηλατών.

Ρύθμιση κυκλοφορίας

Η κίνηση των χρηστών των ισόπεδων κόμβων μπορεί να ρυθμίζεται με κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση ή και με φωτεινή σηματοδότηση. Ο τρόπος με τον οποίο ρυθμίζεται η κυκλοφορία δημιουργεί καθυστερήσεις στους μετακινούμενους χρήστες των συμβαλλόμενων οδών, ενώ την ίδια στιγμή βοηθά στην οργάνωση της κυκλοφορίας και στην ελάττωση των συγκρούσεων τόσο μεταξύ οχημάτων, όσο και μεταξύ οχημάτων και πεζών.

Κυκλοφοριακή ικανότητα

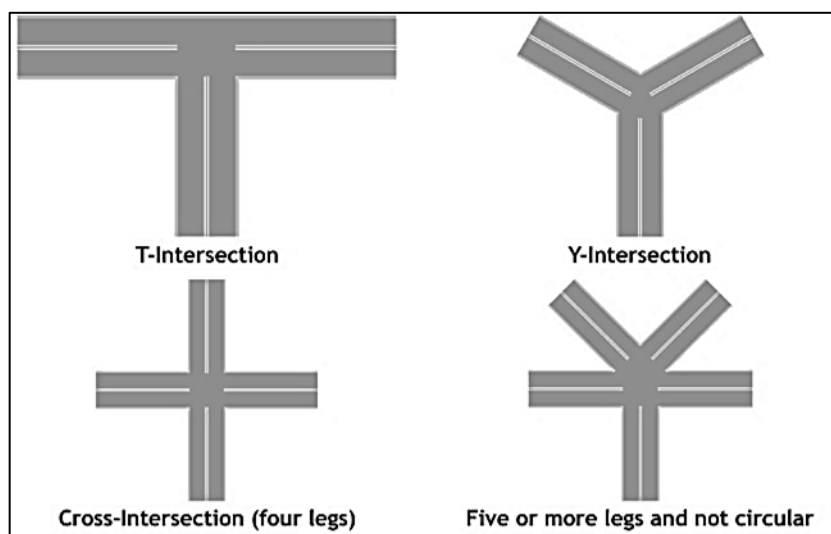
Η ρύθμιση της κυκλοφορίας των ισόπεδων κόμβων μπορεί να οδηγήσει αρκετές φορές στον περιορισμό της κυκλοφοριακής ικανότητας των διασταυρούμενων οδών, δηλαδή του αριθμού των χρηστών που μπορεί να εξυπηρετηθεί σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. [11]

2.2.1 Γενικές μορφές ισόπεδων κόμβων

Υπάρχουν τρεις τύποι ισόπεδων κόμβων, που καθορίζονται από τον αριθμό των διασταυρούμενων τμημάτων και ποικίλλουν ως προς τη διαμόρφωση, ανάλογα με το

φυσικό ανάγλυφο, τα δεδομένα κυκλοφορίας και τον επιθυμητό ρόλο λειτουργίας. Κάθε οδική διαδρομή που ξεκινά από έναν κόμβο, ονομάζεται σκέλος. Οι περισσότερες διασταυρώσεις έχουν τέσσερα σκέλη, κάτι που γίνεται αποδεκτό γενικά ως ο μέγιστος συνιστώμενος αριθμός, για λόγους ασφάλειας και κυκλοφοριακής ικανότητας. Οι τρεις βασικοί τύποι ισόπεδου κόμβου είναι:

- Κόμβος τριών σκελών, μορφής T (T-Intersection) ή Y (Y-Intersection).
- Κόμβος τεσσάρων σκελών, κλασσικής μορφής σταυρού (Cross-Intersection).
- Κόμβος πολλαπλών σκελών με πέντε ή περισσότερα σκέλη προσέγγισης (Five or more legs-Intersection). [12]



Εικόνα 2.2 Γενικές μορφές ισόπεδων κόμβων [13]

2.3 Χαρακτηριστικά Ισόπεδων Κόμβων

Τα χαρακτηριστικά ενός ισόπεδου κόμβου περιλαμβάνουν ένα σύνολο παραγόντων, οι οποίοι συμβάλλουν στη διαδικασία σχεδιασμού του. Κάποια από αυτά είναι αποτέλεσμα των διαδικασιών αποφάσεων σχεδιασμού, ενώ άλλα λειτουργούν ως κριτήρια ελέγχου.

Φυσικά χαρακτηριστικά

- Οδόστρωμα κυκλοφορίας.
- Κράσπεδα.
- Πεζοδρόμια.
- Νησίδες.
- Αποχετευτικό σύστημα.

- Φυσικά εμπόδια.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

- Διάταξη των κυκλοφοριακών λωρίδων και χρήση αυτών.
- Μέθοδοι ρύθμισης της κυκλοφορίας.
- Παροχές εξυπηρέτησης των πεζών.
- Διαγράμμιση των λωρίδων.
- Απαγορεύσεις στροφών.
- Διάταξη των πεζοδιαβάσεων.
- Χρονισμός φωτεινής σηματοδότησης.
- Χαρακτηριστικά προσβασιμότητας.

Χαρακτηριστικά κυκλοφορίας

- Φόρτοι οχημάτων.
- Σύνθεση κυκλοφορίας.
- Χαρακτηριστικά κυκλοφορίας στις ώρες αιχμής.
- Φόρτοι πεζών.
- Φόρτοι ποδηλάτων.

Χαρακτηριστικά χώρου κόμβου

- Κατηγορίες των οδών.
- Τοποθεσία της περιοχής που επηρεάζεται απ' τον κόμβο.
- Παρόδια ανάπτυξη και δραστηριότητες που προκύπτουν απ' αυτή.
- Εγγύτητα σε ιδρύματα (π.χ. σχολεία).

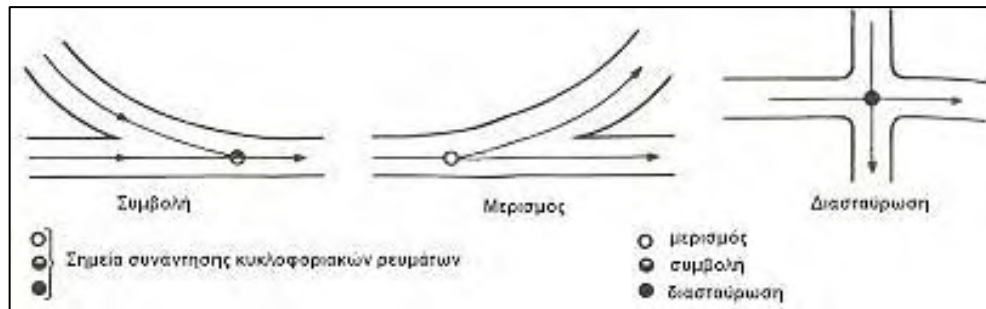
Χαρακτηριστικά χρηστών του κόμβου

- Κατηγορίες ηλικιών.
- Ειδικές απαιτήσεις για άτομα με ειδικές ανάγκες (ΑμΕΑ). [11]

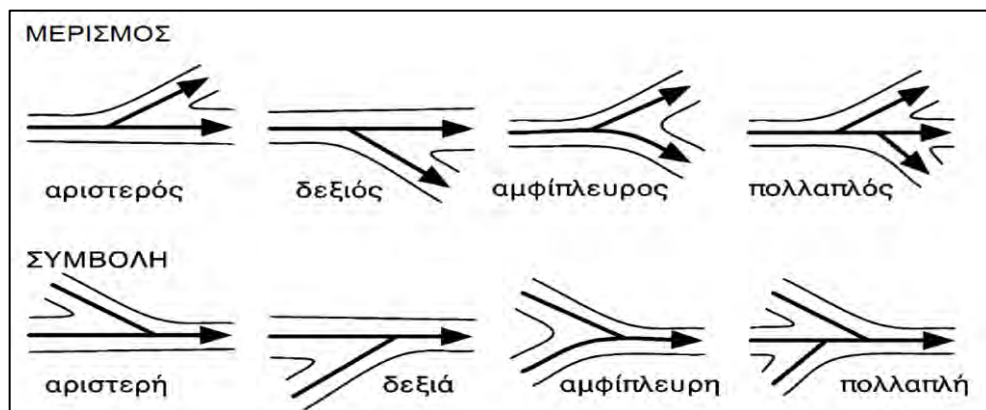
2.4 Τύποι ελιγμών στους ισόπεδους κόμβους

Βασικό στοιχείο όλων των κόμβων αποτελούν οι χώροι ελιγμών, στα σημεία στα οποία συναντιούνται τα κυκλοφοριακά ρεύματα. Τα σημεία συνάντησης ονομάζονται σημεία εμπλοκής (conflict points). Οι τρεις μορφές ελιγμών που υπάρχουν, είναι η διασταύρωση (crossing), η συμβολή (merging) και ο μερισμός (diverging).

Οι ελιγμοί ονομάζονται στοιχειώδεις όταν συναντώνται δύο μόνο κυκλοφοριακά ρεύματα μίας κατεύθυνσης ή πολλαπλοί όταν συναντώνται περισσότερα ρεύματα.



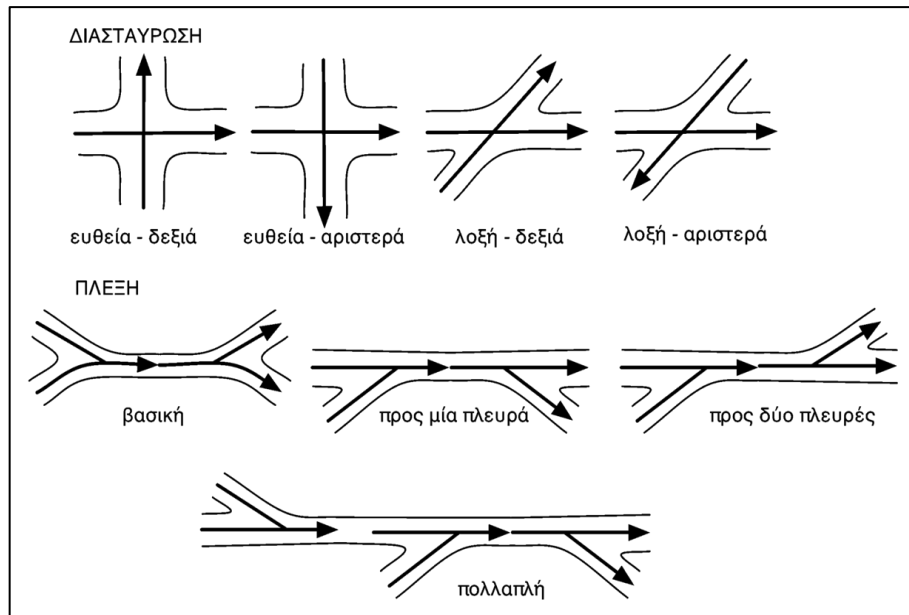
Εικόνα 2.3 Στοιχειώδεις ελιγμοί και σημεία εμπλοκής [10]



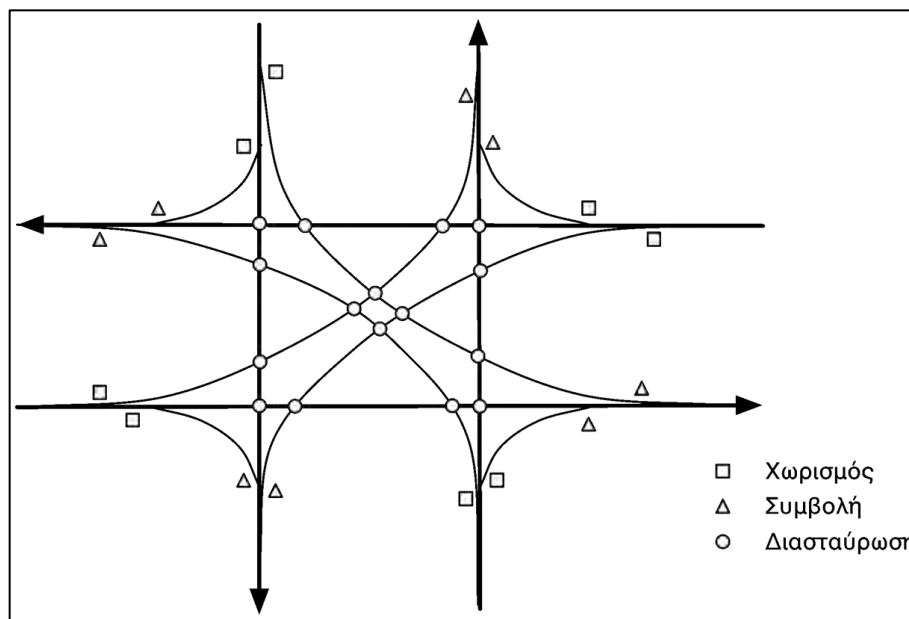
Εικόνα 2.4 Μερισμός – Συμβολή [9]

Τα σημεία εμπλοκής των κυκλοφοριακών ρευμάτων ενός κόμβου και το είδος των απαιτούμενων ελιγμών εξαρτάται από τον αριθμό των σκελών του κόμβου, καθώς και από τον αριθμό και τη φορά των επιτρεπόμενων κινήσεων σε κάθε σκέλος. Όσο αυξάνονται τα σκέλη ενός κόμβου, αυξάνονται και τα σημεία εμπλοκής των κυκλοφοριακών ρευμάτων, ιδίως όταν ορισμένα ή όλα τα σκέλη είναι διπλής κατεύθυνσης ή/και έχουν περισσότερες από μία λωρίδες. Αντιθέτως, ο αριθμός των σημείων εμπλοκής ενός κόμβου μειώνεται σημαντικά όταν ορισμένα σκέλη του είναι μονόδρομοι ή γενικότερα όταν απαγορεύονται μερικές από τις δυνατές κινήσεις.

Στην περίπτωση κατά την οποία ένας ελιγμός συμβολής δύο ρευμάτων κυκλοφορίας ακολουθείται από έναν ελιγμό μερισμού, δημιουργείται ένας σύνθετος ελιγμός γνωστός με τον όρο πλέξη (weaving). Το τμήμα της οδού που βρίσκεται μεταξύ των δύο ελιγμών ονομάζεται τμήμα απλής πλέξης. Δύο ή περισσότερα επικαλυπτόμενα τμήματα πλέξεως αποτελούν ένα τμήμα πολλαπλής πλέξης (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5 Διασταύρωση – Πλέξη [9]



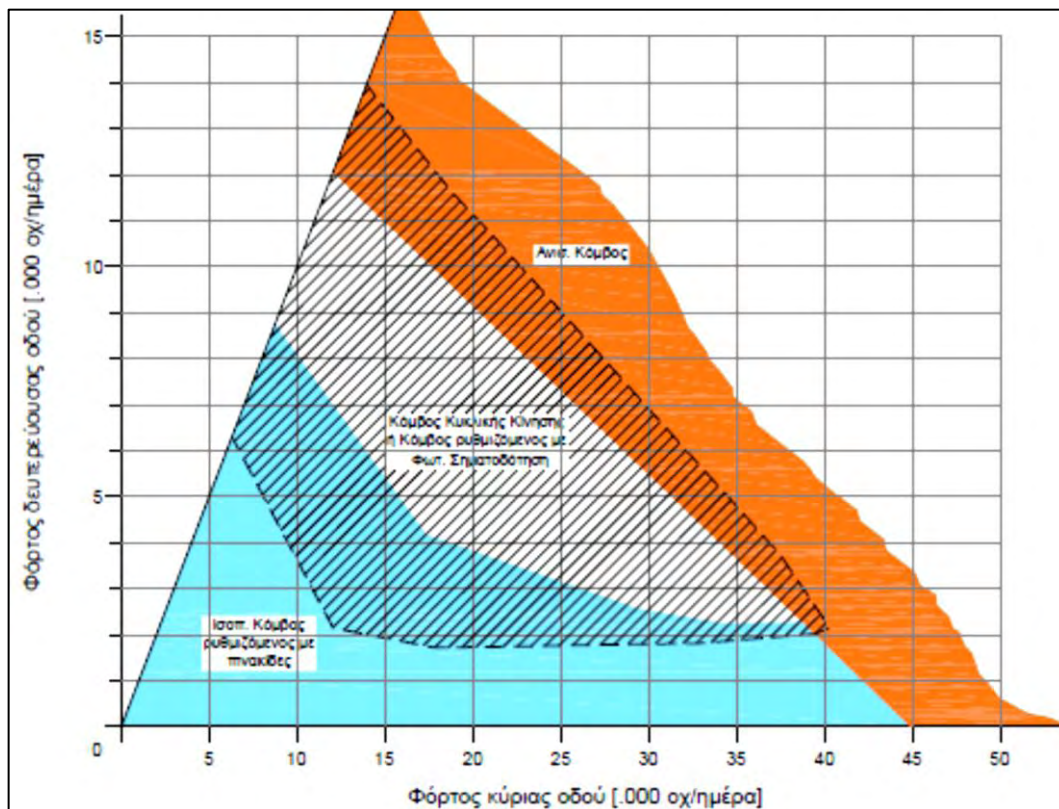
Εικόνα 2.6 Ελιγμοί – σημεία εμπλοκής σε ισόπεδο τετρασκελή κόμβο [9]

Η διασταύρωση δύο ρευμάτων κυκλοφορίας της ίδιας φοράς μπορεί να αντικατασταθεί σε ορισμένες περιπτώσεις από μία πλέξη, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στους κυκλικούς κόμβους. Οι περιοχές πλέξης μπορούν να αποδειχθούν χρήσιμες για την αντικατάσταση δαπανηρών κατασκευών δύο επιπέδων και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στη διασταύρωση δευτερευόντων ρευμάτων

κυκλοφορίας. Όταν όμως το μέγεθος των διασταυρούμενων ρευμάτων είναι σημαντικό και το μήκος πλέξης περιορισμένο, οι περιοχές πλέξης παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα λειτουργίας και ασφάλειας και πρέπει να αποφεύγονται. [10], [14], [15]

2.5 Ρύθμιση της κυκλοφορίας στους ισόπεδους κόμβους

Για να επιτευχθεί η ασφάλεια, πρέπει οι εμπλοκές μεταξύ ανταγωνιστικών κινήσεων να διευθετούνται μέσω ρύθμισης της κυκλοφορίας, η οποία θα παρέχει προτεραιότητα σε μία κίνηση έναντι των άλλων. Όταν υπάρχουν αυξημένοι κυκλοφοριακοί φόρτοι σε κάποιες κινήσεις, η προτεραιότητα πρέπει να μοιράζεται από κοινού σε δύο διαφορετικές ομάδες χρηστών, να εναλλάσσεται ή να κατανέμεται με κατάλληλο τρόπο, ώστε να αποφεύγεται σε κάποια κίνηση η εμφάνιση μεγάλων καθυστερήσεων.



Διάγραμμα 2.1 Ενδεικτικός οδηγός επιλογής μεθόδου ρύθμισης λειτουργίας κόμβου[11]

Έναν ενδεικτικό οδηγό για την επιλογή της ρύθμισης της κυκλοφορίας (που καθορίζει και την κατασκευαστική μορφή του κόμβου), αναλόγως του συνδυασμού του φόρτου των δύο συμβαλλόμενων στον κόμβο οδών, αποτελεί το Διάγραμμα 2.1.

Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου ρύθμισης της κυκλοφορίας αποτελεί ένα από τα πρώτα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού ενός ισόπεδου κόμβου. Συνήθως χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι γενικοί κανόνες για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας:

Παραχώρηση προτεραιότητας στους εκ δεξιών

Όταν δεν υπάρχουν μέτρα ρύθμισης της κυκλοφορίας, προτεραιότητα έχει το όχημα που είναι από δεξιά (σύμφωνα με τον ΚΟΚ). Εξαιτίας προβλημάτων οδικής ασφάλειας όμως πρέπει να αποφεύγεται η ρύθμιση της κυκλοφορίας με το συγκεκριμένο τρόπο, ιδιαίτερα σε οδούς με μεγάλους φόρτους ή υψηλές ταχύτητες οχημάτων.

Σταθερή προτεραιότητα

Περιλαμβάνει δύο περιπτώσεις: α) Παρέχεται προτεραιότητα στα οχήματα που κινούνται ευθεία επί της οδού που διέρχεται από τον κόμβο, έναντι εκείνων που επιθυμούν να στρίψουν αριστερά. β) Παρέχεται προτεραιότητα στα οχήματα που κινούνται σε μία οδό η οποία είναι χαρακτηρισμένη ως κύρια οδός με προτεραιότητα (με Πινακίδες «P-3» του ΚΟΚ), ενώ στην άλλη οδό υπάρχει πινακίδα υποχρεωτικής στάσης «STOP» ή παραχώρησης προτεραιότητας «P-1». Προτείνεται, η συγκεκριμένη μέθοδος ρύθμισης της κυκλοφορίας, να χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η μία οδός είναι εμφανώς πιο σημαντική από την άλλη, αλλά και όπου απαιτείται από τις τοπικές συνθήκες.

Εναλλασσόμενη προτεραιότητα

Εφαρμόζεται με φωτεινή σηματοδότηση. Η εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης προτείνεται μόνο όταν ικανοποιούνται μία ή περισσότερες από καθορισμένες προϋποθέσεις και αναμένονται βελτιώσεις στην οδική ασφάλεια ή/και στη λειτουργία του κόμβου. Σε περίπτωση που προκαλεί σοβαρές διακοπές στην ομαλή ροή της κυκλοφορίας, η φωτεινή σηματοδότηση πρέπει να αποφεύγεται.

Κινήσεις πλέξης

Ακόμα και όταν τα οχήματα κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση, οι πορείες τους μπορεί να πλέκονται εφόσον η διαφορετική προέλευση ή προορισμός τα οδηγεί σε διασταύρωση των πορειών τους. Οι κινήσεις πλέξης επιλύουν τις εμπλοκές σε υποχρεωτικές κυκλικές πορείες.

Μία σημαντική λύση για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας και η οποία διαδίδεται ολοένα και περισσότερο, είναι η κατασκευή κόμβων κυκλικής κίνησης, οι οποίοι έχουν αποδεδειγμένη αξία για την εξυπηρέτηση μέσω κυκλοφοριακών φόρτων με μικρότερες καθυστερήσεις, καθώς και για τη βελτιωμένη οδική ασφάλεια σε σύγκριση με τη λειτουργία φωτεινής σηματοδότησης σε ισόπεδους κόμβους. [11]

2.6 Προβλήματα ισόπεδων κόμβων

Οι ισόπεδοι κόμβοι παρουσιάζουν συχνά σοβαρά προβλήματα οδικής ασφάλειας και λειτουργικότητας. Αυτά τα προβλήματα οφείλονται κυρίως στην εξέλιξη των κυκλοφοριακών μεγεθών και των απαιτήσεων των προδιαγραφών της σύγχρονης οδοποιίας, στις οποίες δε μπορεί να ανταποκριθεί η αρχική κατασκευή. Τα κυριότερα από αυτά τα προβλήματα είναι τα εξής:

- Η λοξή διασταύρωση (oblique crossing), όπου η γωνία των αξόνων των κλάδων που διασταυρώνονται αποκλίνει αισθητά της ορθής. Αυτό οδηγεί σε υψηλή επικινδυνότητα, λόγω μειωμένης ορατότητας.
- Η μηκοτομική ακαταλληλότητα, όταν η διασταύρωση πραγματοποιείται στην κορυφή της μηκοτομής της πρωτεύουσας οδού, με αποτέλεσμα μειωμένη ορατότητα και ασφάλεια.
- Η οριζοντιογραφική ακαταλληλότητα, όπου αλλαγή πορείας (στροφή) πραγματοποιείται σε περιοχή διασταύρωσης.
- Η ακαταλληλότητα των στοιχείων ρυθμιστικής διοχέτευσης της κυκλοφορίας, δηλαδή μήκη και γωνίες σφηνών, μήκος και πλάτος επιφάνειας αποκλεισμού, θέση κατευθυντήριας και διαχωριστικής νησίδας.
- Η στάση λεωφορείων επί της οδού ή με ακατάλληλη διαμόρφωση, κατά τρόπο που να δημιουργεί αυξημένη επικινδυνότητα για εποχούμενους και πεζούς.
- Η έλλειψη ηλεκτροφωτισμού σε κόμβους σημαντικού κυκλοφοριακού φόρτου.
- Η έλλειψη ορατότητας λόγω ύπαρξης εμποδίων, δέντρων, κατασκευών κλπ.
- Η ανεπάρκεια στοιχείων κατακόρυφης σήμανσης στην πρωτεύουσα και στη δευτερεύουσα αρτηρία.
- Τα ζητήματα αποστράγγισης.

Γενικά οι ισόπεδοι κόμβοι παρουσιάζουν, ως θέσεις κυκλοφοριακών εμπλοκών, αυξημένη επικινδυνότητα και υψηλούς δείκτες ατυχημάτων. Σημαντική βελτίωση όμως επέρχεται στο επίπεδο της οδικής ασφάλειας, όταν οι διαμορφωμένοι κόμβοι μετατραπούν σε κυκλικούς κόμβους (roundabouts). Η στρατηγική αυτή, της ευρείας δηλαδή εφαρμογής των κυκλικών κόμβων σε περιαστικό καθώς και σε επαρχιακό δίκτυο, έχει αποδώσει σημαντικά και έχει αναγνωριστεί διεθνώς ως ένα αποτελεσματικό μέσο αντιμετώπισης της επικινδυνότητας των ισόπεδων διασταυρώσεων. Περισσότερα για τους κυκλικούς κόμβους θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια. [12]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΚΟΜΒΟΙ

Ένας σύγχρονος κυκλικός κόμβος είναι μια κυκλική διασταύρωση όπου οι οδηγοί κινούνται αριστερόστροφα γύρω από μία κυκλική κεντρική νησίδα. Δεν υπάρχουν πινακίδες υποχρεωτικής στάσης «STOP» σε μια σύγχρονη κυκλική διασταύρωση. Οι οδηγοί παραχωρούν την προτεραιότητα στα οχήματα που κινούνται στον κυκλικό κόμβο, μετά εισέρχονται σε αυτόν και τελικά βγαίνουν στην επιθυμητή γι' αυτούς οδό.

Οι κυκλικόι κόμβοι αποτελούν έναν τύπο διασταύρωσης που χαρακτηρίζεται από γενικά κυκλικό σχήμα και γεωμετρικά χαρακτηριστικά που δημιουργούν ένα περιβάλλον χαμηλής ταχύτητας. Έχει αποδειχθεί ότι παρέχουν μια σειρά πλεονεκτημάτων σε σύγκριση με άλλους τύπους διασταυρώσεων, όσον αφορά την ασφάλεια και τη λειτουργικότητα. Σε έργα κατασκευής νέων ή βελτιωμένων διασταυρώσεων, οι σύγχρονοι κυκλικόι κόμβοι πρέπει να εξεταστούν ως εναλλακτική λύση.



Εικόνα 3.1 Κυκλικός κόμβος στο Βόλο [19]

Μία βασική διαφορά που προκύπτει από τη διαμόρφωση κυκλικών κόμβων σε ήδη υπάρχοντες τυπικούς ισόπεδους κόμβους, είναι ότι γίνεται μετατροπή όλων των

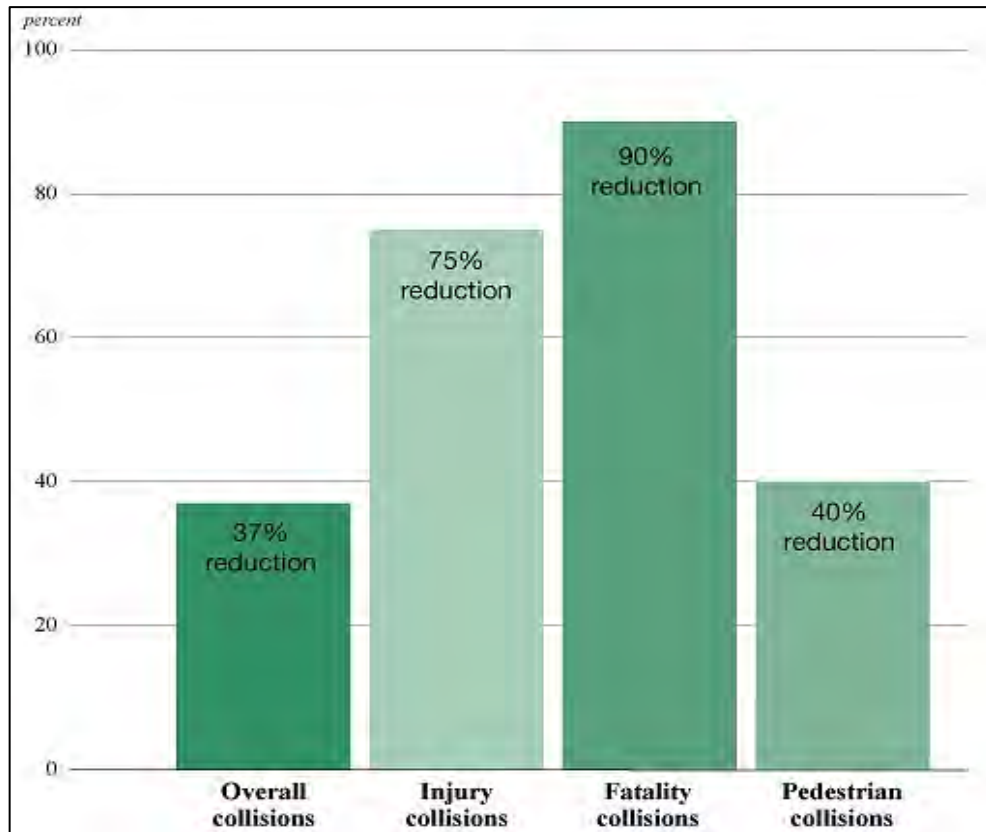
διασταυρώσεων κυκλοφοριακών ρευμάτων σε διαδοχικούς ελιγμούς συμβολής και μερισμού. Με αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται η διασταύρωση, αλλά δημιουργείται περιοχή πολλαπλής πλέξης.

Έχουν κατάλληλη διαρρύθμιση διοχέτευσης της κυκλοφορίας, η οποία περιλαμβάνει τις κατευθυντήριες νησίδες, τις επιφάνειες αποκλεισμού κλπ., καθώς και σήμανση και διαγράμμιση που καθοδηγούν τις εισερχόμενες ροές κυκλοφορίας στη σωστή κατεύθυνση, ώστε αυτές να χρησιμοποιήσουν με ασφαλή τρόπο τον κόμβο. Προτεραιότητα στους κυκλικούς κόμβους έχουν τα οχήματα που κινούνται ήδη μέσα στον κόμβο, ενώ οι οδηγοί των εισερχόμενων οχημάτων έχουν την υποχρέωση παραχώρησης προτεραιότητας στην εντός του κόμβου κυκλοφορία.

Παράλληλα, μελέτες (Federal Highway Administration - FHWA) έχουν δείξει ότι οι κυκλικοί κόμβοι μπορούν να αυξήσουν την κυκλοφοριακή ικανότητα κατά 30% έως 50% σε σύγκριση με τις παραδοσιακές διασταυρώσεις. [10], [16], [17], [18]

Οι κυκλικοί κόμβοι (K^3) πιο αναλυτικά, μπορεί να προσφέρουν σε σχέση με τους συμβατικούς ισόπεδους κόμβους συμβολής ή διασταύρωσης (με ή χωρίς φωτεινή σηματοδότηση) πλεονεκτήματα, όπως:

- Να αυξήσουν το επίπεδο της οδικής ασφάλειας (Διάγραμμα 3.1) και της κυκλοφοριακής εξυπηρέτησης. Από στατιστικά στοιχεία χωρών έχει προκύψει ότι, σε σύγκριση με τους κόμβους άλλων μορφών, οι K^3 οδηγούν σε ελάττωση του αριθμού των ατυχημάτων: σοβαρού τραυματισμού και θανατηφόρων μέχρι 90%, τραυματισμού μέχρι 75% και αύξηση κυκλοφοριακής ικανότητας, όπως προαναφέρθηκε, κατά 30-50%. Αξίζει μάλιστα να αναφέρουμε, πως έχει αποδειχθεί ότι οι K^3 μπορεί να παρουσιάζουν μικρότερο αριθμό ατυχημάτων ακόμη και σε σύγκριση με τους ανισόπεδους κόμβους.
- Να περιορίσουν τις καθυστερήσεις αποτρέποντας το σχηματισμό ουρών.
- Να επιτύχουν μικρότερες ουρές, ιδιαίτερα εκτός των περιόδων αιχμής κυκλοφορίας.
- Να προσφέρουν καλύτερη διαχείριση της ταχύτητας, της οποίας η ρύθμιση είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για έναν ισόπεδο κόμβο. Αυτό συμβαίνει γιατί η μείωσή της δίνει στους οδηγούς περισσότερο χρόνο να αντιληφθούν τα άλλα κινούμενα οχήματα και τους πεζούς και στη συνέχεια να λάβουν την κατάλληλη απόφαση και να αντιδράσουν. Παράλληλα τα ατυχήματα που εμφανίζονται είναι λιγότερο σοβαρά, ενώ και οι πεζοί κινούνται ασφαλέστερα.
- Να παρέχουν ευκαιρίες για βελτίωση των χαρακτηριστικών των οδών στα σημεία εισόδου σε κατοικημένες περιοχές. Έτσι οι καλύτερες συνθήκες κυκλοφορίας που θα προκύψουν, θα οδηγήσουν σε μειωμένη κατανάλωση καυσίμων και παραγωγή ρύπων.



Διάγραμμα 3.1 Μείωση των ατυχημάτων σε ισόπεδους κόμβους μετά τη μετατροπή τους σε κυκλικούς κόμβους, σύμφωνα με έρευνα των FHWA και HIS [16]

- Να αποτρέψουν ή να μεταθέσουν στο μέλλον την ανάγκη υλοποίησης δαπανηρών έργων, όπως κατασκευή ανισόπεδου κόμβου, έργα διαπλατύνσεων διαμόρφωσης αριστερών στρωφών ή εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης.
- Αποταμίευση χρηματικών πόρων καθώς δεν υπάρχει ανάγκη για εγκατάσταση και συντήρηση φωτεινής σηματοδότησης. Σε ετήσια βάση, είναι δυνατή η εξοικονόμηση περίπου 5.000 € από δαπάνες οδοφωτισμού και συντήρησης, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η ζωή των έργων μπορεί είναι διάρκειας μέχρι 25 ετών συγκριτικά με τα 10 έτη ζωής που έχει μια τυπική εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης. [20]

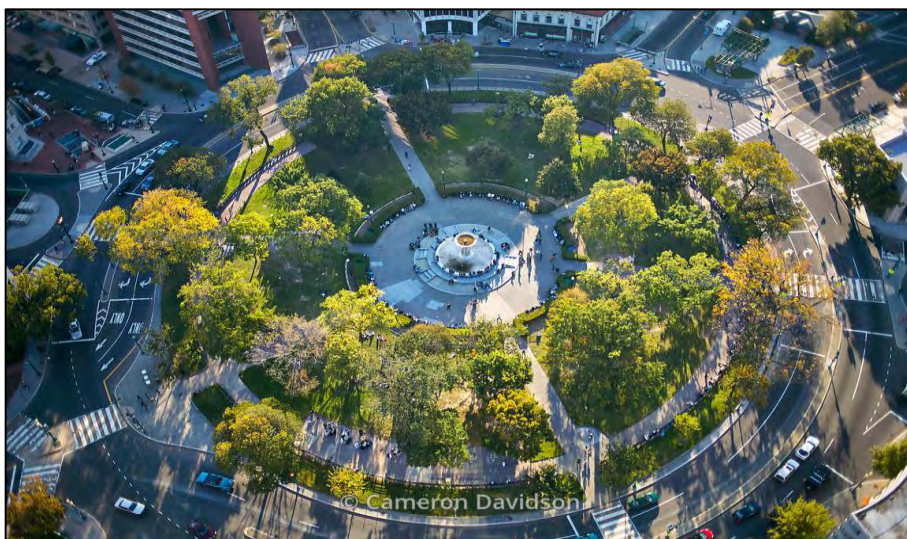
3.1 Διαφορά κυκλικών κόμβων με κυκλοφοριακούς κύκλους και κυκλοφοριακούς κύκλους γειτονιάς

Υπάρχουν πολλές διαφορές μεταξύ των σύγχρονων κυκλικών κόμβων, των κυκλοφοριακών κύκλων (traffic circles – rotaries) και των κυκλοφοριακών κύκλων γειτονιάς (neighborhood traffic circles), ωστόσο αρκετές φορές ο όρος «κυκλικός

κόμβος» χρησιμοποιείται λανθασμένα για να περιγράψει περιπτώσεις που ανήκουν στις άλλες δύο κατηγορίες.

Οι Κυκλοφοριακοί Κύκλοι (Traffic Circles ή Rotaries) αποτελούν παλιές κυκλικές διαμορφώσεις, οι οποίες εφαρμόζονταν ιδιαίτερα στις Η.Π.Α. μέχρι τη δεκαετία του 1960, καθώς και σε ευρωπαϊκές πόλεις. Είναι αρκετά μεγαλύτεροι από τους σύγχρονους κυκλικούς κόμβους και η διάμετρός τους ξεπερνούσε σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και τα 100 μέτρα, κάτι που επέτρεπε τη διατήρηση υψηλών ταχυτήτων (>50χλμ./ώρα). Χαρακτηριστικά παραδείγματα κυκλοφοριακών κύκλων αποτελούν ο κυκλοφοριακός κύκλος του Ντιπόν στην Ουάσιγκτον (Dupont Circle), ο κύκλος του Κολόμβου στη Νέα Υόρκη (Columbus Circle) και ο κυκλοφοριακός κύκλος στην αψίδα του θριάμβου στο Παρίσι.

Η λειτουργία τους βασιζόταν στον κανόνα της δεξιάς προτεραιότητας (yield to the right), σύμφωνα με τον οποίο τα οχήματα που κινούνταν εντός της διασταύρωσης, δηλαδή εντός του κυκλικού δακτυλίου, όφειλαν να σταματούν την κίνησή τους και να παραχωρούν την προτεραιότητα σε εκείνα τα οχήματα τα οποία εισέρχονταν σε αυτόν. Το γεγονός αυτό είχε ως άμεση συνέπεια, από τη μία υψηλές ταχύτητες εισόδου των οχημάτων κι από την άλλη την πρόκληση κυκλοφοριακής συμφόρησης στον κυκλικό δακτύλιο και κατ' επέκταση στις προσβάσεις, υποβαθμίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τη στάθμη εξυπηρέτησης και τη λειτουργικότητα της διασταύρωσης. Στην πλειοψηφία αυτού του είδους των διασταυρώσεων, η κεντρική νησίδια διαμορφωνόταν με μνημεία ή ακόμα και κτίρια. Με το πέρασμα των χρόνων η εφαρμογή τους εγκαταλείφθηκε εξαιτίας της κυκλοφοριακής συμφόρησης που προκαλούσαν, καθώς και λόγω της περιορισμένης κυκλοφοριακής τους ικανότητας και των υψηλών δεικτών ατυχημάτων.



Εικόνα 3.2 Ο κύκλος του Ντιπόν στην Ουάσιγκτον [21]



Εικόνα 3.3 Ο κύκλος του Κολόμβου στη Νέα Υόρκη [22]

Οι Κυκλοφοριακοί Κύκλοι Γειτονιάς (Neighborhood Traffic Circles) κατασκευάζονται σε θέσεις σύνδεσης τοπικών οδών εντός του πολεοδομικού ιστού. Είναι πολύ μικρότεροι από τους σύγχρονους κυκλικούς κόμβους και συχνά αντικαθιστούν τις πινακίδες «STOP» σε τετρασκελείς διασταυρώσεις. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατοικημένες γειτονιές με σκοπό τη μείωση της ταχύτητας των οχημάτων και των ατυχημάτων, αλλά συνήθως δε διαθέτουν τις προδιαγραφές για να φιλοξενήσουν τα μεγαλύτερου μεγέθους οχήματα. Πολλοί οδηγοί μάλιστα, στρίβουν συχνά παράνομα αριστερά, μπροστά από τους κύκλους και όχι γυρίζοντάς τους από τη δεξιά τους πλευρά. Στόχος της δημιουργίας τους είναι η ανακούφιση της πυκνής κυκλοφορίας στις γειτονιές, ενώ προτιμώνται επίσης και για λόγους αισθητικής, εύκολης προσαρμογής στο περιβάλλον και αποδοχής από τους κατοίκους.



Εικόνα 3.4 Τρισδιάστατη απεικόνιση κυκλοφοριακού κύκλου γειτονιάς [23]

Η προτεραιότητα της κυκλοφορίας ρυθμίζεται είτε με σχετική σήμανση (πινακίδες «STOP» παραχώρησης προτεραιότητας στην κυκλοφορία του κύκλου) και ανάλογη διαγράμμιση, είτε χωρίς σήμανση, οπότε και ισχύει η προτεραιότητα εκ δεξιών (yield to the right), δηλαδή τα οχήματα που κινούνται στην κυκλική οδό σταματούν την κίνησή τους, παραχωρώντας προτεραιότητα στα οχήματα που πρόκειται να εισέλθουν στον κύκλο. [16], [18]

3.2 Ιστορική εξέλιξη των κυκλικών κόμβων

Οι σύγχρονοι κυκλικοί κόμβοι αποτελούν τη φυσική συνέχεια των κυκλοφοριακών κύκλων, οι οποίοι συνιστούν τμήμα του συστήματος μεταφορών των Η.Π.Α. από το 1905 τουλάχιστον, όταν κατασκευάστηκε ένας από τους πρώτους κυκλοφοριακούς κύκλους, ο «Κύκλος του Κολόμβου» στη Νέα Υόρκη, σχεδιασμένος από τον William Phelps Eno. Στη συνέχεια πολλοί ακόμα μεγάλοι κυκλοφοριακοί κύκλοι δημιουργήθηκαν στις Η.Π.Α.

Τα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού τους επέτρεπαν τη συμβολή και την πλέξη των οχημάτων με υψηλή ταχύτητα, ενώ η παραχώρηση προτεραιότητας στα εισερχόμενα στον κύκλο οχήματα ευνόησε ακόμα περισσότερο την είσοδο οχημάτων στον κόμβο με υψηλή ταχύτητα. Αυτό ωστόσο είχε ως αποτέλεσμα μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1950, όταν και η χρήση του αυτοκινήτου άρχισε να γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη, μεγάλο αριθμό συγκρούσεων και κυκλοφοριακή συμφόρηση εντός των κύκλων, γεγονός που έδρασε αρνητικά στην περαιτέρω εφαρμογή αυτών. Σε διεθνές επίπεδο, η εμπειρία με τους κυκλοφοριακούς κύκλους ήταν εξίσου αρνητική, καθώς πολλές χώρες βίωσαν παρόμοια προβλήματα με κυκλοφοριακούς κύκλους που δε μπορούσαν να ανταπεξέλθουν στον αυξανόμενο κυκλοφοριακό φόρτο.



Εικόνα 3.5 Ο κύκλος του Κολόμβου το 1907 [25]

Ο σύγχρονος κυκλικός κόμβος εν τέλει, αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο με σκοπό να διορθώσει εκείνα τα προβλήματα που δε μπορούσαν να αντιμετωπίσουν οι κυκλοφοριακοί κύκλοι. Το 1966, το Ηνωμένο Βασίλειο υιοθέτησε έναν κανόνα σε όλες τις κυκλικές διασταυρώσεις που απαιτούσε από την εισερχόμενη κυκλοφορία να παραχωρεί προτεραιότητα στα οχήματα που κινούνταν εντός του κύκλου. Αυτός ο κανόνας εμπόδιζε τις εγκάρσιες διασταυρώσεις μεταξύ των οχημάτων, μην επιτρέποντας στα εισερχόμενα οχήματα να εισέλθουν στο δακτύλιο μέχρις ότου να υπάρξουν επαρκή κενά στην κυκλική κυκλοφορία. Επιπλέον, προτάθηκαν μικρότερες κυκλικές διασταυρώσεις που απαιτούσαν επαρκή οριζόντια καμπύλη στην τροχιά των εισερχόμενων οχημάτων, ώστε να επιτευχθούν μικρότερες ταχύτητες τόσο εισόδου όσο και κυκλοφορίας εντός του δακτυλίου.

Αυτές οι αλλαγές βελτίωσαν τα χαρακτηριστικά ασφαλείας των κυκλικών διασταυρώσεων, μειώνοντας τον αριθμό και τη σοβαρότητα των συγκρούσεων. Ο σύγχρονος κυκλικός κόμβος αντιπροσωπεύει μια σημαντική βελτίωση τόσο από άποψη λειτουργικότητας όσο και από πλευράς ασφάλειας σε σύγκριση με τους παλαιότερους κυκλοφοριακούς κύκλους. Ως εκ τούτου, πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει τον σύγχρονο κυκλικό κόμβο ως μία κοινή μορφή διασταύρωσης και ορισμένες μάλιστα έχουν αναπτύξει εκτεταμένους οδηγούς σχεδιασμού, καθώς και μεθόδους για την αξιολόγηση της λειτουργικής απόδοσης των K^3 . [24]

3.3 Κύρια χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων

Από τεχνολογική σκοπιά οι κυκλικοί κόμβοι εμφανίζουν ορισμένα χαρακτηριστικά, εκ των οποίων τα κυριότερα είναι:

Ρύθμιση κυκλοφορίας

Σε όλες τις εισόδους ισχύει η παραχώρηση προτεραιότητας στα οχήματα που κινούνται εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας έναντι εκείνων που προσεγγίζουν τον κόμβο.

Γεωμετρία προσέγγισης

Ο κλάδος εισόδου στο δακτύλιο δεν προσεγγίζει κάθετα την περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας, αλλά πραγματοποιείται θλάση του. Αυτό συμβαίνει με τη χρήση τριγωνικών νησίδων διαχωρισμού, με αποτέλεσμα η είσοδος των οχημάτων στο δακτύλιο να γίνεται με τη μικρότερη δυνατή γωνία. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός δηλαδή του κόμβου, επιβάλλει ομοιόμορφες και χαμηλού μεγέθους ταχύτητες σε όλο το σύνολο των κινήσεων τις οποίες εξυπηρετεί ο κόμβος.

Προτεραιότητα

Παρέχεται προτεραιότητα στα οχήματα που κινούνται εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Πεζοδιαβάσεις

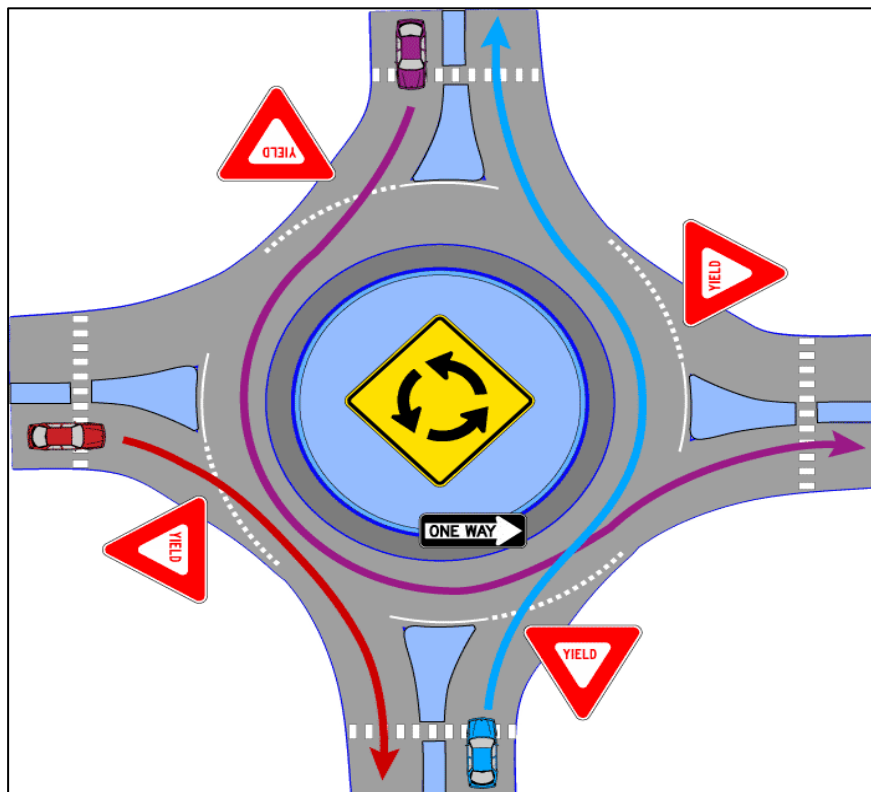
Οι πεζοδιαβάσεις κατασκευάζονται εγκάρσια στις συμβαλλόμενες στον κόμβο οδούς και σε θέση πριν τη γραμμή «STOP» των κλάδων εισόδου. Στην περίπτωση των κλάδων εξόδου αντίστοιχα, κατασκευάζονται σε απόσταση τουλάχιστον 7,5 μέτρων (επιθυμητή η τριπλάσια) από την περίμετρο του δακτυλίου.

Στάθμευση

Η στάθμευση δεν επιτρέπεται σε όλο το δακτύλιο κυκλοφορίας.

Κατεύθυνση κυκλοφορίας

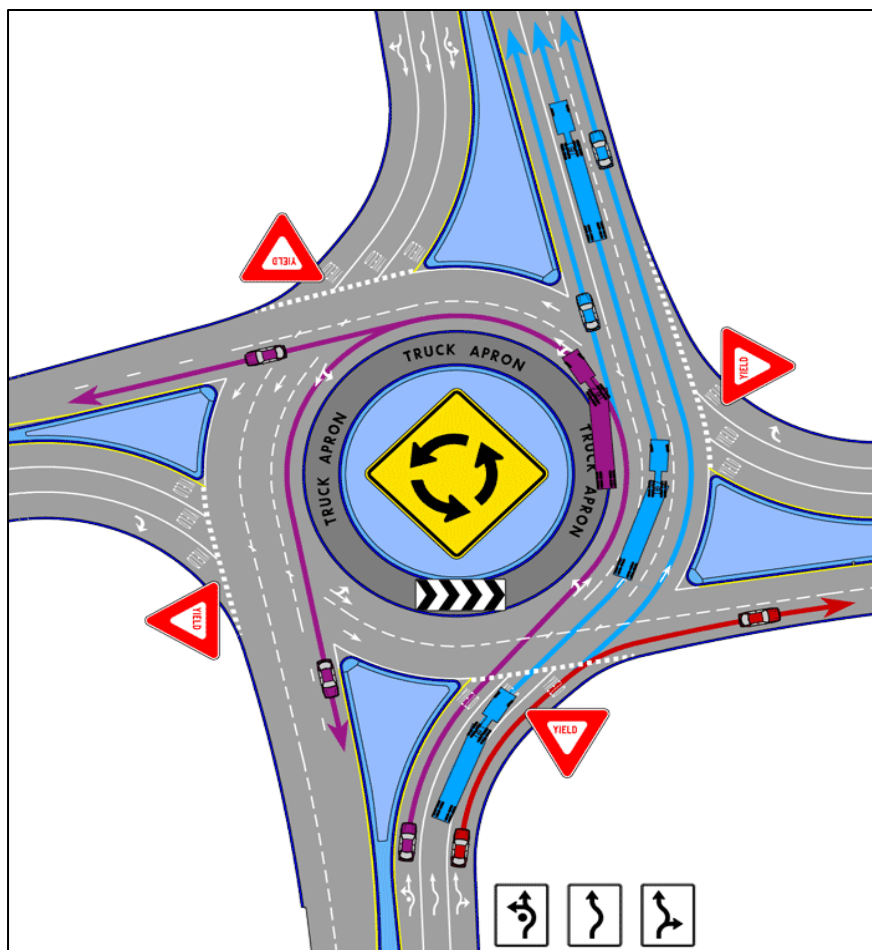
Τα οχήματα κινούνται στο δακτύλιο αριστερόστροφα.



Εικόνα 3.6 Τρόπος κίνησης οχημάτων σε Κ³ μίας λωρίδας [26]



Εικόνα 3.7 Τρόπος κίνησης οχημάτων σε K^3 δύο λωρίδων [27]



Εικόνα 3.8 Τρόπος κίνησης οχημάτων σε K^3 τριών λωρίδων [26]

Νησίδα διαχωρισμού

Πέραν της κατηγορίας του κομβιδίου, οι κυκλικοί κόμβοι διαθέτουν υποχρεωτικά υπερυψωμένες (κрасπεδωμένες) νησίδες διαχωρισμού ανάμεσα στις αντίθετες κατευθύνσεις των οδών πρόσβασης. Στην περίπτωση του κομβιδίου, η νησίδα διαχωρισμού είναι συνήθως πολύ μικρή και συχνά υλοποιείται μόνο με τη μορφή επιφάνειας αποκλεισμού με οριζόντια διαγράμμιση.

3.4 Χαρακτηριστικά στοιχεία των κυκλικών κόμβων

Εκτός των ειδικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν οι K^3 και τα οποία δε συναντώνται στις άλλες μορφές ισόπεδων κόμβων, διαθέτουν και κάποια στοιχεία τα οποία εμφανίζονται και σε άλλους τύπους διασταυρώσεων ή συμβολών με παρόμοια λειτουργία. Τα σημαντικότερα στοιχεία τους λοιπόν είναι τα εξής:

Κεντρική νησίδα κόμβου κυκλικής κίνησης (Central island)

Πρόκειται για μία υπερυψωμένη επιφάνεια κυκλικής μορφής στο κέντρο του κόμβου, γύρω από την οποία βρίσκεται ο δακτύλιος κυκλοφορίας στον οποίο διεξάγεται η κυκλοφορία.

Σκέλη κόμβου (Legs)

Είναι οι προσβάσεις του κόμβου, δηλαδή τα οδικά τμήματα τα οποία συμβάλλουν σε αυτόν. Μπορεί να είναι 3 ή 4 ή και περισσότερα υπό ορισμένες συνθήκες.

Νησίδα διαχωρισμού (Splitter island)

Υπάρχει σε κάθε πρόσβαση και πρόκειται για επιφάνεια υπερυψωμένη με κράσπεδο. Διαφορετικά μπορεί να είναι η επιφάνεια του οδοστρώματος της πρόσβασης διαμορφωμένη με οριζόντια διαγράμμιση ως επιφάνεια αποκλεισμού. Στόχος της είναι ο διαχωρισμός μεταξύ εισερχόμενης και εξερχόμενης κυκλοφορίας, η διοχέτευση και η επιβράδυνση της εισερχόμενης κυκλοφορίας, αλλά και η παροχή χώρου καταφυγίου για τους πεζούς που διασχίζουν κάθετα την οδό πρόσβασης.

Δακτύλιος κυκλοφορίας (Circulatory roadway)

Είναι το οδόστρωμα περίξ της κεντρικής νησίδας του κόμβου, επί του οποίου κινούνται αριστερόστροφα τα οχήματα.

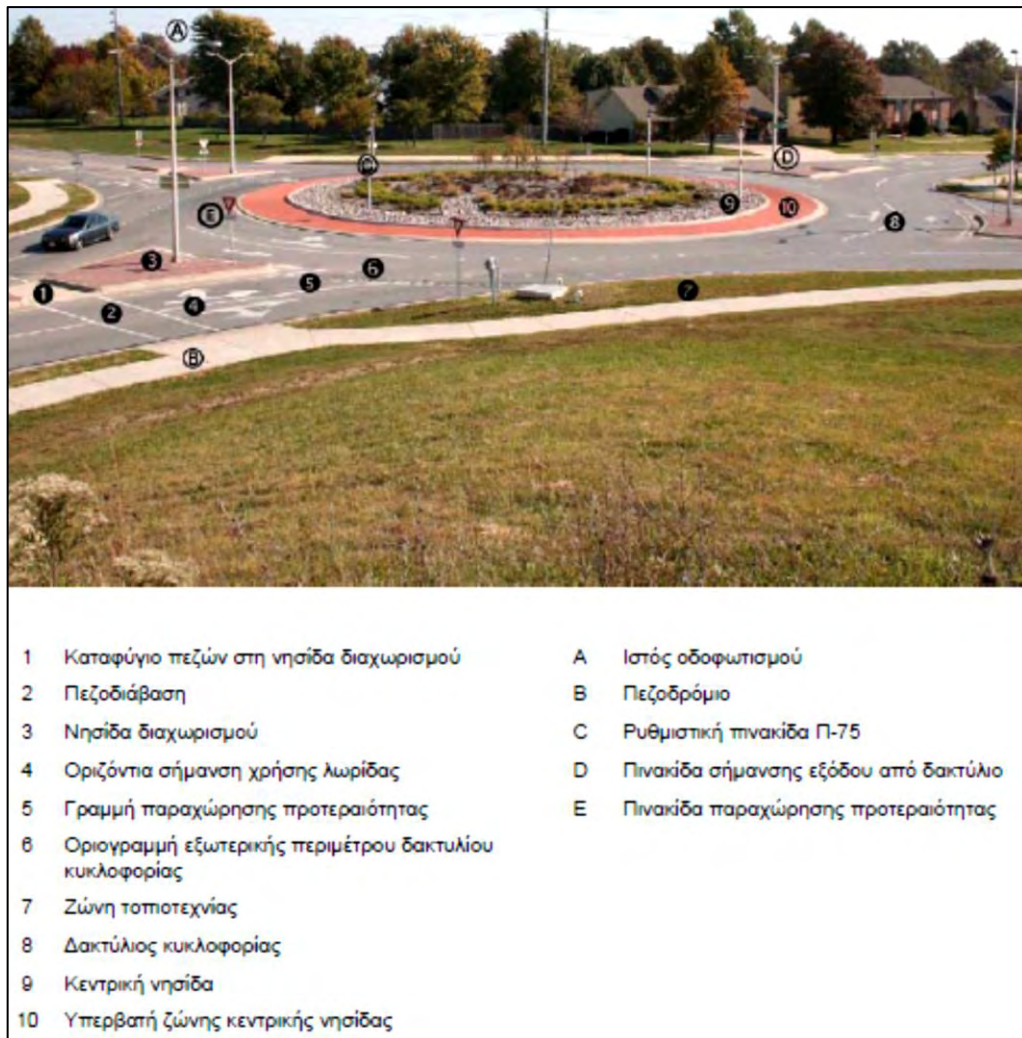
Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας (Truck Apron)

Η κατασκευή της δεν επιβάλλεται σε όλους τους K^3 , αλλά η αναγκαιότητά της εξαρτάται από το μέγεθος της ακτίνας της κεντρικής νησίδας και το όχημα σχεδιασμού.

Κατασκευάζεται μόνο στις περιπτώσεις που απαιτείται, ώστε να είναι δυνατή η διέλευση των βαρέων οχημάτων στην περίμετρο της κεντρικής νησίδας.

Γραμμή εισόδου (Entrance line)

Πρόκειται για τη διαγράμμιση εγκάρσια στο οδόστρωμα της πρόσβασης, με την οποία επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός του σημείου εισόδου από την πρόσβαση στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Η τοποθέτησή της γίνεται στην εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου και είναι το σημείο στο οποίο παρουσιάζονται τα σημεία εμπλοκής ανάμεσα στα εισερχόμενα στο δακτύλιο κυκλοφορίας οχήματα και εκείνα που ήδη κινούνται στο δακτύλιο. Όπως αναφέρθηκε, προτεραιότητα έχουν τα κινούμενα στο δακτύλιο οχήματα, εκτός και αν ορίζεται αλλιώς.



Εικόνα 3.9 Χαρακτηριστικά στοιχεία ενός Κ³ [20]

Εγκάρσιες Πεζοδιαβάσεις (Accessible-Perpendicular pedestrian crossings)

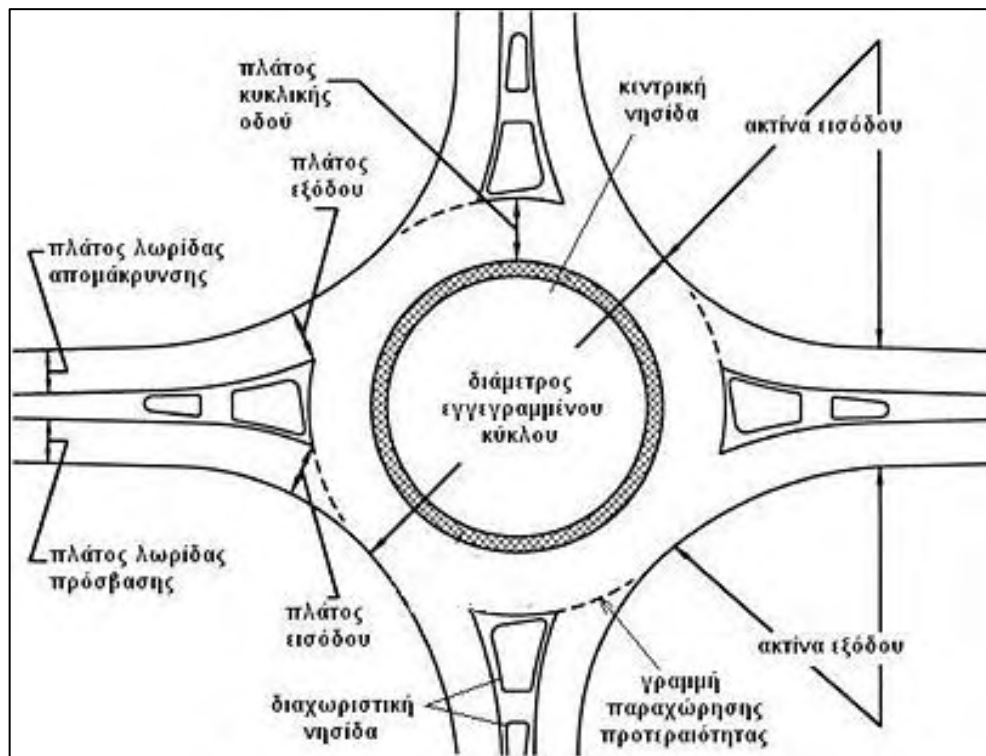
Είναι απαραίτητες κυρίως σε αστικό περιβάλλον, καθώς δίνουν τη δυνατότητα και σε ΑμΕΑ να διασχίζουν εγκάρσια τις προσβάσεις του κόμβου. Είναι κάθετες στη νησίδα διαχωρισμού, όπου προσφέρεται καταφύγιο στους πεζούς για ενδιάμεση στάση προτού διασχίσουν το οδόστρωμα της αντίθετης κατεύθυνσης.

Διαμορφώσεις για ποδήλατα (Bicycle treatments)

Πρέπει να δίνεται η δυνατότητα και στους ποδηλάτες να κινηθούν εντός και περίξ της διάταξης του K^3 , είτε ως οχήματα εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας, είτε ως πεζοί με χρήση των κατάλληλα διευρυμένων πεζοδιαβάσεων.

Ζώνη τοπιοτεχνίας (Landscaping buffer)

Όταν ο κόμβος αποτελεί τμήμα αστικού περιβάλλοντος, τότε ανάμεσα στο περιφερειακό πεζοδρόμιο και το δακτύλιο κυκλοφορίας συνίσταται η παρεμβολή ζώνης τοπιοτεχνίας (φύτευση χαμηλού πράσινου), για το διαχωρισμό πεζών-οχημάτων και την καθοδήγηση των πεζών ώστε να διασχίζουν τον κόμβο μέσω των πεζοδιαβάσεων. Ο ρόλος αυτής της ζώνης είναι καθοριστικός τόσο για την αισθητική του κόμβου, όσο και για τη διασφάλιση του απαιτούμενου ελεύθερου πεδίου ορατότητας. [20], [24]



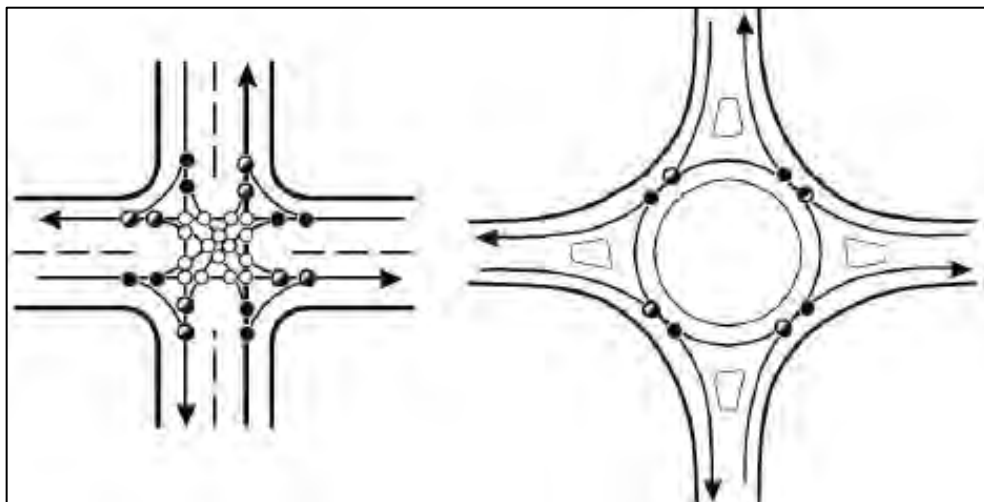
Εικόνα 3.10 Βασικά στοιχεία τυπικού κυκλικού κόμβου με 4 σκέλη [17]

3.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κυκλικών κόμβων

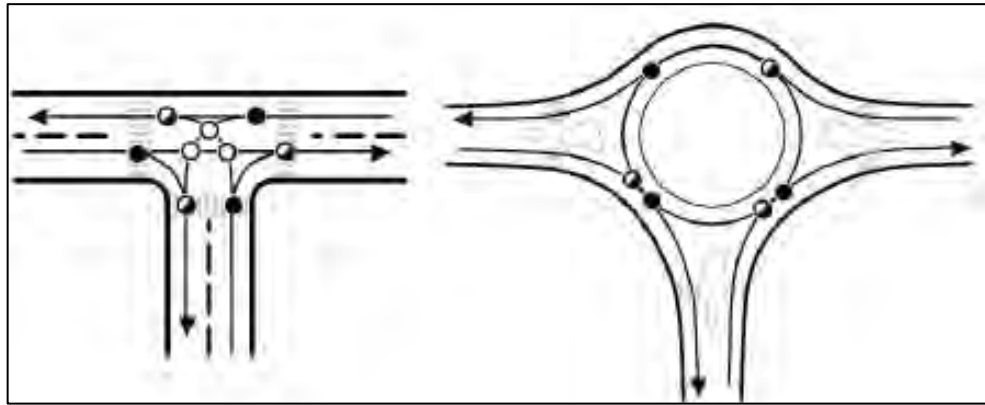
Οι κυκλικοί κόμβοι αποτελούν έναν από τους ασφαλέστερους τύπους διαθέσιμων διασταυρώσεων. Σύμφωνα με το ΙΙHS (Insurance Institute for Highway Safety), όπως επισημάνθηκε και στο Διάγραμμα 3.1, ένας σύγχρονος κυκλικός κόμβος επιφέρει μείωση κατά 37% των συνολικών συγκρούσεων και 90% μείωση των πολύ σοβαρών και θανατηφόρων συγκρούσεων. [28]

Το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει από το κυριότερο πλεονέκτημα των K^3 σε σχέση με τους συμβατικούς ισόπεδους κόμβους, δηλαδή την ελάττωση των σημείων εμπλοκής των οχημάτων. Ένας K^3 συγκεκριμένου αριθμού σκελών παρουσιάζει αρκετά μικρότερο αριθμό σημείων εμπλοκής από τον αντίστοιχο τυπικό ισόπεδο κόμβο.

Σε έναν τυπικό 4-σκελή ισόπεδο κόμβο προκύπτουν 32 σημεία εμπλοκής, ενώ σε έναν 4-σκελή K^3 μόλις 8. Απαλείφονται οι περιπτώσεις εμπλοκής λόγω διασταύρωσης, δηλαδή οι πλέον επικίνδυνες καθώς αποτελούν προϋπόθεση για πλαγιομετωπικές συγκρούσεις, και απομένουν μόνο εμπλοκές συμβολής σε 4 σημεία και χωρισμού σε 4 σημεία. Αντίστοιχα, για έναν 3-σκελή κόμβο, έχουμε μείωση των σημείων εμπλοκής από 9 σε 6, ενώ και πάλι εκείνα που αφορούν τις πλαγιομετωπικές συγκρούσεις απαλείφονται.



Εικόνα 3.11 Σύγκριση σημείων εμπλοκής σε συμβατικό 4-σκελή ισόπεδο κόμβο και 4-σκελή κυκλικό κόμβο [20]



Εικόνα 3.12 Σύγκριση σημείων εμπλοκής σε συμβατικό 3-σκελή ισόπεδο κόμβο και 3-σκελή κυκλικό κόμβο [20]

Τύπος εμπλοκής	Μορφή κόμβου - Αριθμός σημείων σύγκρουσης			
	Τετρασκελής		Τρισκελής	
	Τυπικός ισόπεδος κόμβος	Κυκλικός κόμβος	Τυπικός ισόπεδος κόμβος	Κυκλικός κόμβος
Διασταύρωση ○	16	0	3	0
Μερισμός ●	8	4	3	3
Συμβολή ■	8	4	3	3
Σύνολο:	32	8	9	6

Πίνακας 3.1 Σύγκριση σημείων και τύπων εμπλοκής μεταξύ τυπικών ισόπεδων κόμβων και των αντίστοιχων K^3

Ωστόσο, η διαμόρφωση των K^3 πρέπει να εξετάζεται λεπτομερώς και δεν πρέπει να θεωρείται ως δεδομένο ότι αποτελεί σε κάθε περίπτωση την καλύτερη δυνατή λύση σε σχέση με τις άλλες μορφές κόμβων και ιδιαίτερα τις καινοτόμες. Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζουν οι K^3 σε κάθε κατηγορία του «κύκλου ζωής» τους, φαίνονται στον επόμενο πίνακα. [20]

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χρήστες πέραν των μηχανοκίνητων οχημάτων	
<ul style="list-style-type: none"> • Χρειάζεται έλεγχος μίας μονάχα κατεύθυνσης κυκλοφορίας κάθε φορά από τους πεζούς. • Χρήση του K^3 από τους ποδηλάτες όπως και από τους πεζούς. 	<ul style="list-style-type: none"> • Πρόβλημα εύρεσης των πεζοδιαβάσεων και ελέγχου αν τα οχήματα τους δίνουν προτεραιότητα, για πεζούς με μειωμένη όραση. • Οι ράμπες για ποδήλατα μπορεί να εκληφθούν και ως ράμπες πεζών και αντίστροφα.
Οδική ασφάλεια	
<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση της σοβαρότητας των συγκρούσεων για τους χρήστες, ασφαλέστερη συγχώνευση στην κυκλική κυκλοφορία, μικρότερες ταχύτητες και άρα παροχή επαρκούς χρόνου στους χρήστες, ώστε να αναγνωρίσουν τις συνθήκες και να διορθώσουν τα λάθη τους ή να αντιδράσουν στα λάθη άλλων χρηστών. • Λιγότερα σημεία εμπλοκής και απαλοιφή εμπλοκών στις αριστερές στροφές. 	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση συγκρούσεων ενός οχήματος με άλλα και με σταθερά εμπόδια συγκριτικά με άλλες μορφές διασταυρώσεων. • Οι κόμβοι σε οδούς 2 ή περισσότερων λωρίδων δημιουργούν αυξημένη δυσκολία σε χρήστες με μειωμένη όραση, λόγω της ανάγκης για εντοπισμό των κενών μεταξύ οχημάτων και αναγνώρισης πιθανής παραχώρησης προτεραιότητας από τους οδηγούς.
Λειτουργία	
<ul style="list-style-type: none"> • Ενδεχόμενη μείωση των ουρών και των καθυστερήσεων σε σχέση με άλλες μορφές ρύθμισης της κυκλοφορίας. • Μείωση της ανάγκης για πρόσθετες λωρίδες σε ενδιάμεσα τμήματα μεταξύ δυο ισόπεδων διασταυρώσεων, που στην περίπτωση ύπαρξης γέφυρας μεταξύ τους, όπως στην περίπτωση των ανισόπεδων κόμβων (μορφής ρόμβου, μισό τετράφυλλο), έχει πολύ μεγάλη οικονομική σημασία. • Δίνεται η δυνατότητα σε γειτονικούς σηματοδότες να λειτουργήσουν με πιο αποδοτικούς κύκλους, όταν ο K^3 αντικαθιστά διασταύρωση η οποία καθορίζει τον κύκλο σηματοδότησης. • Ρύθμιση της κυκλοφορίας σε περιπτώσεις κόμβων που παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό αριστερών στροφών. 	<ul style="list-style-type: none"> • Η εξίσωση προτεραιότητας για όλες τις προσβάσεις μπορεί να μειώσει την προχώρηση της κυκλοφορίας για προσβάσεις υψηλών φόρτων. • Δεν είναι δυνατή η παροχή αποκλειστικής προτεραιότητας σε ειδικές ομάδες χρηστών (τρένα, οχήματα έκτακτης ανάγκης κλπ.) εκτός εάν διατίθενται συσκευές ελέγχου της κυκλοφορίας, όπως σηματοδότηση κλπ. • Αποφυγή της εφαρμογής τους μεταξύ σηματοδοτούμενων κόμβων. • Δύσκολη προσαρμογή σε οδούς πολλών λωρίδων κυκλοφορίας.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Διαχείριση προσβάσεων	
<ul style="list-style-type: none"> • Δυνατότητα πραγματοποίησης ασφαλούς αναστροφής, κάτι που συνήθως δε συμβαίνει στις υπόλοιπες μορφές ισόπεδων κόμβων. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στις εθνικές και επαρχιακές οδούς της χώρας όπου, ενώ δίνονται άδειες για σύνδεση παρόδιων εγκαταστάσεων, δεν εξασφαλίζονται οι αριστερές στροφές, είτε από την κύρια οδό προς την παρόδια εγκατάσταση, είτε αντιθέτως. 	<ul style="list-style-type: none"> • Πιθανή μείωση των διαθέσιμων χρονικών κενών για την είσοδο στις οδούς-σκέλη του κόμβου, από γειτονικές του κόμβου οδικές ή άλλου είδους (π.χ. χώροι στάθμευσης) προσβάσεις οι οποίες δε διαθέτουν σηματοδότηση.
Περιβάλλον	
<ul style="list-style-type: none"> • Ενδεχόμενη μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, της ηχορύπανσης και της κατανάλωσης καυσίμου. • Μικρότερος αριθμός στάσεων στις περιόδους εκτός αιχμής. 	<ul style="list-style-type: none"> • Πιθανές συνέπειες για φυσικούς και πολιτιστικούς πόρους, καθώς η απαίτηση για μεγαλύτερη κατάληψη μπορεί να οδηγήσει σε απαλλοτριώσεις.
Ρύθμιση κυκλοφορίας	
<ul style="list-style-type: none"> • Μειωμένες ταχύτητες κυκλοφορίας. • Ωφέλιμη διάταξη σε μετάβαση από υπεραστική σε αστική περιοχή, δίνοντας έμμεσα την εντύπωση σημαντικής αλλαγής στο περιβάλλον οδήγησης. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακριβότερη λύση συγκριτικά με άλλες διαμορφώσεις κόμβων, κυρίως εκείνων που δεν περιλαμβάνουν την εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης.
Έκταση Κατάληψης	
<ul style="list-style-type: none"> • Απαιτείται συνήθως μικρότερος χώρος αποθήκευσης των ουρών στις προσβάσεις, επιτρέποντας κατ' αυτόν τον τρόπο μικρότερες αποστάσεις μεταξύ κόμβων. • Μειώνεται η ανάγκη για μεγαλύτερου πλάτους απαλλοτριώσεις κατά μήκος των συνδετήριων οδών μεταξύ των διασταυρώσεων. • Καλύτερη δυνατότητα για εξυπηρέτηση χώρων στάθμευσης, πλατύτερα πεζοδρόμια, περισσότερο πράσινο και πλατύτερες εξωτερικές λωρίδες, ώστε να περιλαμβάνονται και ποδηλατόδρομοι στις προσβάσεις. 	<ul style="list-style-type: none"> • Συχνά απαιτείται μεγαλύτερη έκταση κατάληψης σε σχέση με τις άλλες διαμορφώσεις κόμβων, κάτι το οποίο δε μπορεί να αντιμετωπιστεί σε υφιστάμενους κόμβους οι οποίοι πρόκειται να αναβαθμιστούν.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Λειτουργία και Συντήρηση	
<ul style="list-style-type: none"> Δεν υπάρχει ανάγκη συντήρησης εξοπλισμού σηματοδότησης (εκτός από τις περιπτώσεις κόμβων με εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης). 	<ul style="list-style-type: none"> Απαιτήση για συντήρηση της ζώνης τοπιοτεχνίας.
Αισθητική	
<ul style="list-style-type: none"> Δυνατότητα διαμόρφωσης ελκυστικών εισόδων ή ακόμα και κεντρικών πλατειών σε περιοχές οικισμών. Χρήση ως τοπόσημο σε τουριστικές ή εμπορικές περιοχές, για το διαχωρισμό των περιοχών κατοικίας από τις περιοχές εμπορίου. 	<ul style="list-style-type: none"> Πιθανός παράγοντας κινδύνου σε περίπτωση που υπάρχουν σταθερά εμπόδια στην κεντρική νησίδα σε ευθεία με τις εισόδους, εφόσον η γεωμετρία της πρόσβασης δε συμβάλλει στη μείωση της ταχύτητας προσέγγισης (≤ 40 χλμ./ώρα).

Πίνακας 3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κυκλικών κόμβων [20]

3.6 Κατηγορίες κυκλικών κόμβων

Ανάλογα με το μέγεθός τους, τον αριθμό των λωρίδων τους, καθώς και με το αν πρόκειται για αστικούς ή υπεραστικούς κόμβους, οι κυκλικοί κόμβοι διακρίνονται σε έξι βασικές κατηγορίες:

- | | | |
|---|---|-------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Κομβίδια • Αστικοί συνεπτυγμένοι • Αστικοί 1 λωρίδας • Υπεραστικοί 1 λωρίδας | } | Single-lane roundabouts |
| <ul style="list-style-type: none"> • Αστικοί 2 λωρίδων • Υπεραστικοί 2 λωρίδων | } | Multilane roundabouts |

Οι κυκλικοί κόμβοι σε αστικές περιοχές ενδέχεται να απαιτούν μικρότερες εγγεγραμμένες διαμέτρους κύκλου, λόγω μικρότερων οχημάτων σχεδιασμού και υφιστάμενων περιορισμών. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν πιο εκτεταμένα χαρακτηριστικά για τους πεζούς και τους ποδηλάτες. Οι κυκλικοί κόμβοι σε υπεραστικές περιοχές από την άλλη πλευρά, έχουν συνήθως υψηλότερες ταχύτητες προσέγγισης και συνεπώς μπορεί να χρειαστούν ιδιαίτερη προσοχή στην ορατότητα και στη διάταξη προσέγγισης. Οι προαστιακοί κόμβοι τέλος, μπορεί να συνδυάζουν χαρακτηριστικά αστικού και υπεραστικού περιβάλλοντος.

Στοιχείο σχεδιασμού	Κομβίδια	Αστικοί			Υπεραστικοί	
		Συνεπτυγμένοι	1 λωρίδας	2 λωρίδων	1 λωρίδας	2 λωρίδων
Συνιστώμενη V_{max} εισόδου [χλμ./ώρα]	25	25	35	40	40	50
Μέγιστος αριθμός λωρίδων εισόδου ανά πρόσβαση	1	1	1	2	1	2
Συνήθης διάμετρος περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας D [μ]	13-25	25-30	30-40	45-55	35-40	55-60
Δομική διαμόρφωση διαχωριστικής νησίδας	Υπερυψωμένη εάν είναι δυνατόν, με διακοπή για πεζοδιάβαση	Υπερυψωμένη με διακοπή για πεζοδιάβαση			Υπερυψωμένη επιμήκης διακοπή για πεζοδιάβαση αν χρειάζεται	
Τυπική ημερήσια εξυπηρέτηση φόρτου σε 4-σκελή K^3 [οχ./ημέρα]	≤ 10.000	≤ 15.000	≤ 25.000	≤ 45.000	≤ 20.000	≤ 45.000

Πίνακας 3.3 Γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία K^3 [20]

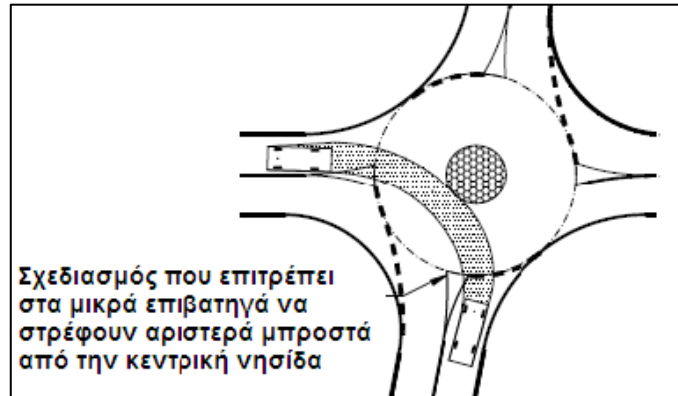
Κομβίδια κυκλικής κίνησης (Mini-roundabouts)

Τα κομβίδια κυκλικής κίνησης αποτελούν μια κατηγορία μικρών κυκλικών κόμβων που διαθέτουν πλήρως υπερβατή κεντρική νησίδα, γεγονός που επιτρέπει την εξυπηρέτηση φορτηγών οχημάτων με διέλευση πάνω από αυτήν. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε αστικό, με χαμηλές ταχύτητες κυκλοφορίας περιβάλλον (≤ 40 χλμ./ώρα).

Για την κατασκευή τους απαιτείται μικρή έκταση και γι' αυτό το λόγο κατασκευάζονται όταν δεν υπάρχει επαρκής χώρος για την εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού, μέσω της διαμόρφωσης τυπικού K^3 μίας λωρίδας. Αυτό, μαζί με τη δυνατότητα υλοποίησής της χωρίς να χρειάζονται μεγάλες τροποποιήσεις στις γωνίες της υφιστάμενης διασταύρωσης, αποτελούν τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτής της μορφής K^3 . Λόγω του μεγέθους τους, είναι φιλικά προς τους πεζούς, με χαμηλές ταχύτητες οχημάτων τόσο κατά την προσέγγιση όσο και κατά την έξοδο.

Τα ζητήματα που πρέπει ελέγχονται είναι ο διαχωρισμός της πορείας των οχημάτων, το πλάτος που σαρώνεται από το αμάξωμά τους και η ορατότητα στον κόμβο. Επειδή η κεντρική νησίδα είναι πλήρως διελεύσιμη, ο κακός σχεδιασμός μπορεί να οδηγήσει σε

εκτέλεση αριστερών στροφών προ της κεντρικής νησίδας, διελεύσεις πάνω από την κεντρική νησίδα και διελεύσεις με πολύ μεγάλη ταχύτητα.

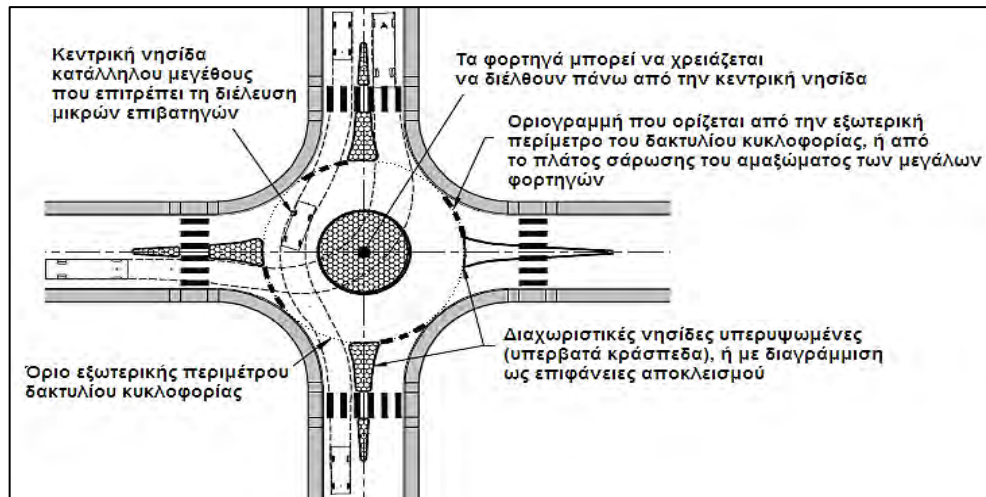


Εικόνα 3.13 Σχεδιασμός κομβιδίου που επιτρέπει εκτέλεση αριστερών στροφών μπροστά από την κεντρική νησίδα [20]

Το μέγεθός τους πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο, εντός βεβαίως των ορίων του χώρου, ενώ η εξωτερική διάμετρος του δακτυλίου κυκλοφορίας δεν πρέπει να ξεπερνά τα 30 μ. Σε διαφορετική περίπτωση, είναι αρκετά μεγάλη για την εξυπηρέτηση των οχημάτων σχεδιασμού με διέλευση γύρω από υπερυψωμένη κεντρική νησίδα και θεωρείται προτιμότερο να σχεδιαστεί ένας K^3 1 λωρίδας.

Η θέση και το μέγεθος της κεντρικής νησίδας (και το αντίστοιχο πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας) καθορίζονται για την εξυπηρέτηση των μικρών επιβατηγών οχημάτων. Η κεντρική νησίδα είναι πλήρως διελεύσιμη και μπορεί να είναι είτε υπερυψωμένη, με διαμόρφωση κυρτώματος και υπερβατό κράσπεδο, είτε εντελώς επίπεδη. Τα μικρά επιβατηγά πρέπει να εκτελούν τις κινήσεις τους χωρίς να απαιτείται η χρήση της κεντρικής νησίδας, ενώ είναι επίσης προτιμότερο να εξυπηρετούνται και τα λεωφορεία μέσω του δακτυλίου κυκλοφορίας, για να μην ενοχλούνται οι επιβάτες κατά τη διέλευση πάνω από τη νησίδα.

Αναλόγως του μεγέθους του κομβιδίου, οι νησίδες διαχωρισμού είναι είτε υπερυψωμένες, είτε πλήρως διελεύσιμες με τη μορφή επιφανειών αποκλεισμού όταν φορτηγά χρειάζεται να διέλθουν πάνω από αυτές. Όταν ο διαθέσιμος χώρος είναι επαρκής και δεν υπάρχουν περιορισμοί, χρησιμοποιούνται υπερυψωμένες νησίδες. Αντιθέτως, οι νησίδες που έχουν τη μορφή απλής διαγράμμισης πρέπει να αποφεύγονται. [20], [24]



Εικόνα 3.14 Βασικά χαρακτηριστικά κομβιδίου [20]

Αστικοί συνεπτυγμένοι (Urban Compact roundabouts)

Αυτή η κατηγορία K^3 έχει ως βασικό χαρακτηριστικό της τη σχετικά μικρή διάμετρο της εξωτερικής περιμέτρου, δηλαδή 25-30μ., με κατασκευή μη υπερβατής κεντρικής νησίδας.

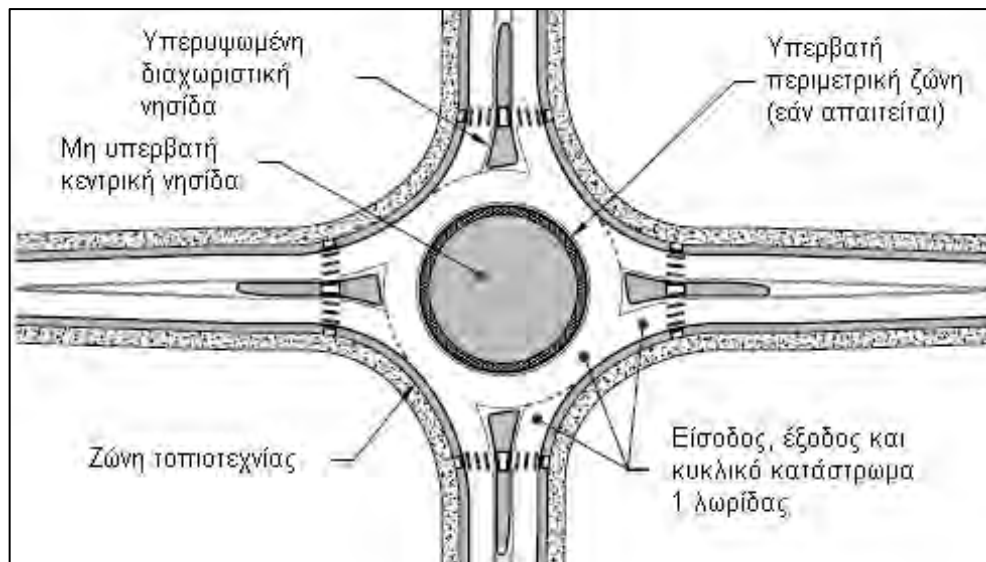


Εικόνα 3.15 Αστικός συνεπτυγμένος K^3 , Village of Great Neck Plaza, Νέα Υόρκη [29]

Έχουν μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας καθώς και από μία λωρίδα εισόδου και εξόδου σε κάθε σκέλος του κόμβου. Ορισμένες φορές ενδέχεται να χρειαστεί υπερβατή ζώνη για την εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων. Η επιλογή τους γίνεται συνήθως για παρόμοιους λόγους με εκείνους των κομβιδίων, αλλά προσφέρουν ευνοϊκότερο περιβάλλον για πεζούς και ποδηλάτες λόγω των ήπιων συνθηκών κυκλοφορίας που επιβάλλουν.

Αστικοί 1 λωρίδας (Urban single-lane roundabouts)

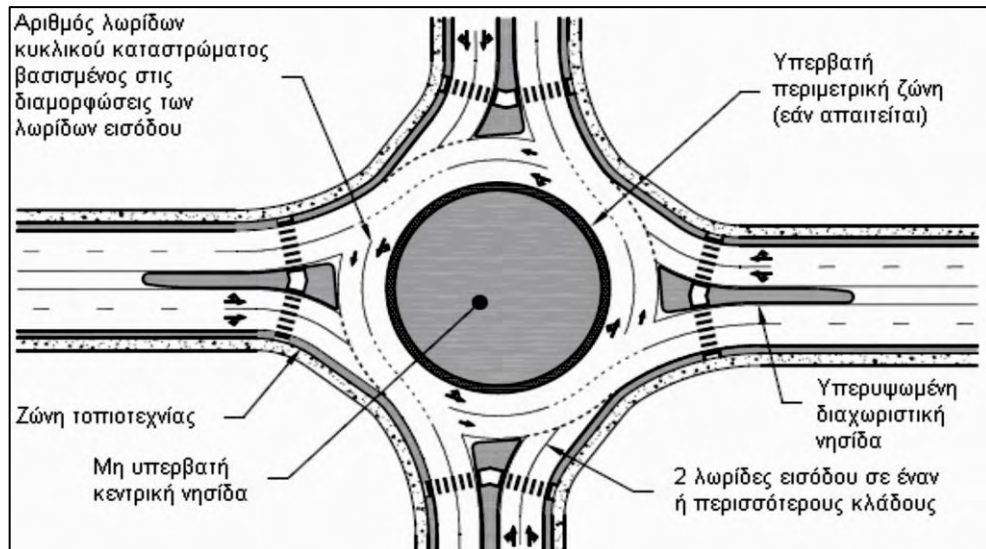
Οι K^3 της συγκεκριμένης κατηγορίας διαθέτουν μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας και μία ανά κατεύθυνση στα σκέλη του κόμβου, όπως οι αστικοί συνεπτυγμένοι. Είναι γενικά παρόμοιοι με εκείνους, με μεγαλύτερη όμως διάμετρο εξωτερικής περιμέτρου (30-40 μ.) και μεγαλύτερες ακτίνες καμπής στις προσβάσεις. Μπορεί να διαθέτουν υπερβατή ζώνη πέριξ της κεντρικής κυκλικής νησίδας (εφόσον απαιτείται για την εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων), ενώ οι νησίδες διαχωρισμού είναι υπερυψωμένες. Επιλέγονται για αστικό περιβάλλον με μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους απ' ότι στους αστικούς συνεπτυγμένους και επιτρέπουν μεγαλύτερες ταχύτητες κίνησης και μεγαλύτερη χωρητικότητα.



Εικόνα 3.16 Τυπικά χαρακτηριστικά αστικού K^3 μίας λωρίδας [30]

Αστικοί 2 λωρίδων (Urban double-lane roundabouts)

Πρόκειται για K^3 σε αστικό περιβάλλον, οι οποίοι έχουν τουλάχιστον σε έναν κλάδο πρόσβασης δύο λωρίδες στην κατεύθυνση εισόδου στο δακτύλιο. Έχουν παρόμοια γεωμετρία με αυτή των αστικών K^3 μίας λωρίδας, απαιτούν όμως μεγαλύτερη επιφάνεια ώστε να είναι εφικτή η κίνηση των οχημάτων σε δύο στοίχους στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Η εφαρμογή τους συνίσταται όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι μεγαλύτεροι από αυτούς που να δικαιολογούν την κατασκευή κάποια από τις κατώτερες κατηγορίες K^3 .

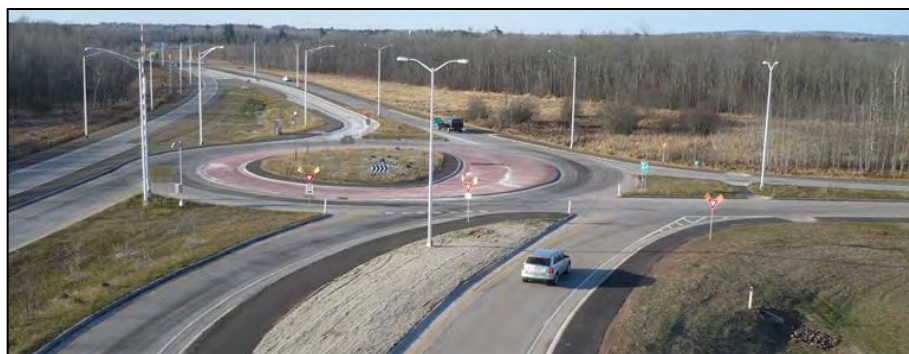


Εικόνα 3.17 Τυπικά χαρακτηριστικά αστικού K^3 δύο λωρίδων [30]

Υπεραστικοί 1 λωρίδας (Rural single-lane roundabouts)

Είναι παρόμοιοι με τους αντίστοιχους αστικούς, έχουν όμως γεωμετρία με μεγαλύτερες ακτίνες, με σκοπό να επιτρέπονται μεγαλύτερες ταχύτητες τόσο στο δακτύλιο όσο και στις εξόδους. Συνήθως δεν κατασκευάζεται υπερβατή ζώνη γύρω από την κεντρική νησίδα, καθώς οι μεγάλες ακτίνες του δακτυλίου κυκλοφορίας ευνοούν την άνετη κίνηση και των βαρέων οχημάτων.

Επειδή συχνά η εφαρμογή τους πραγματοποιείται σε περιβάλλον όπου αναπτύσσονται αρκετά υψηλές ταχύτητες, ενδέχεται σε αρκετές περιπτώσεις να απαιτούνται μέτρα περιορισμού της ταχύτητας των οχημάτων. Τέτοια μέτρα περιορισμού της ταχύτητας μπορεί να είναι η σήμανση, η ειδική γεωμετρία (καμπυλοειδής) στους κλάδους εισόδου κλπ.



Εικόνα 3.18 Υπεραστικός K^3 μίας λωρίδας [31]

Υπεραστικοί 2 λωρίδων (Rural double-lane roundabouts)

Είναι και αυτοί παρόμοιοι με τους αντίστοιχους υπεραστικούς K^3 μίας λωρίδας, αλλά έχουν δύο λωρίδες στο δακτύλιο κυκλοφορίας καθώς και σε έναν τουλάχιστον από τους κλάδους πρόσβασης, έστω μόνο σε τμήμα πριν από την είσοδο στο δακτύλιο. Επίσης η διάμετρος της περιμέτρου είναι συνήθως μεγαλύτερη, αλλά και οι ταχύτητες υψηλότερες. [20]



Εικόνα 3.19 Υπεραστικός K^3 δύο λωρίδων [32]

3.6.1 Turbo Roundabouts - Σπειροειδείς κυκλικοί κόμβοι

Πρόκειται για έναν σχετικά νέο τύπο κυκλικού κόμβου, που παρέχει μία σπειροειδή ροή της κυκλοφορίας και απαιτεί από τους οδηγούς να επιλέξουν την κατεύθυνση τους πριν εισέλθουν στον κυκλικό δακτύλιο. Αναπτύχθηκε και καθιερώθηκε στην Ολλανδία από τον καθηγητή Lambertus G.H. Fortuijn, λέκτορα του πανεπιστημίου του Delft, ως μία ασφαλέστερη και πιο αποτελεσματική εναλλακτική λύση σε σχέση με τους τυπικούς κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων.

Έχει καταστεί σαφές πως ενώ οι τελευταίοι υπερτερούν στο θέμα της χωρητικότητας έναντι των κυκλικών κόμβων μίας λωρίδας, μειονεκτούν σημαντικά στον τομέα της ασφάλειας, αφενός λόγω των υψηλότερων λειτουργικών ταχυτήτων που διατηρούνται ως αποτέλεσμα του ευρύτερου διαθέσιμου πλάτους της οδού και αφετέρου λόγω της πολυπλοκότερης κυκλοφοριακής κατάστασης, εξαιτίας των ελιγμών των οχημάτων (περιοχές πολλαπλής πλέξης) και των εμπλοκών κατά την είσοδο/έξοδο και κατά την αλλαγή λωρίδας στον κυκλικό δακτύλιο. Επιπρόσθετα, στους κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων είναι προφανές πως αυξάνεται ο κίνδυνος για πεζούς και ποδηλάτες, οι οποίοι διανύουν μεγαλύτερα πλάτη οδού στις διαβάσεις και εμπλέκονται με τις ροές δύο λωρίδων, σε κάθε μία από τις δύο φάσεις που διασχίζουν σε κάθε

σκέλος του κόμβου (αν προσφέρονται δύο λωρίδες εισόδου και εξόδου στις προσβάσεις του κυκλικού κόμβου).



Εικόνα 3.20 Σπειροειδής K^3 στην Ολλανδία [33]

Από την εισαγωγή του σπειροειδή κόμβου στα τέλη της δεκαετίας του '90, οι τυπικοί K^3 δύο λωρίδων δεν κατασκευάζονται πλέον στην Ολλανδία. Ο πρώτος σπειροειδής κυκλικός κόμβος κατασκευάστηκε στην Ολλανδία το 2000 και σύντομα έγινε τόσο δημοφιλής ώστε η ολλανδική κυβέρνηση ανέπτυξε τις δικές του αποκλειστικές οδηγίες σχεδιασμού. Σήμερα υπάρχουν σχεδόν 300 σπειροειδείς κόμβοι στην Ολλανδία, ενώ παράλληλα κατά την τελευταία δεκαετία οι σπειροειδείς κόμβοι εξαπλώθηκαν και εκτός Ολλανδίας, κυρίως στην Ανατολική Ευρώπη και τη Γερμανία, αλλά και στη Βόρεια Αμερική. Ενώ ορισμένες χώρες εφάρμοσαν αυστηρά το ολλανδικό μοντέλο, άλλες προχώρησαν στην κατασκευή τους πειραματικά, σε συγκεκριμένους χώρους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία διάφορων γεωμετρικών παραλλαγών ανά περιοχή. Σήμερα υπολογίζονται 390 σπειροειδείς κυκλικοί κόμβοι παγκοσμίως. [18], [33]

Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ο σπειροειδής K^3 αλλά και ο τρόπος με τον οποίο υπερτερεί έναντι του τυπικού K^3 δύο λωρίδων, εξηγείται από τα εξής: μπορεί να απαιτείται αρκετές φορές, ανάλογα με τις ανάγκες, διαφορετικός αριθμός λωρίδων στους κλάδους εισόδου απ' ότι στους κλάδους εξόδου, ενώ αντίστοιχα μπορεί να προσαρμοστούν και οι λωρίδες επί του δακτυλίου κυκλοφορίας. Έτσι με την ειδική διαμόρφωση που προσφέρει ο σπειροειδής K^3 , εξαλείφονται οι απαιτούμενες αλλαγές λωρίδας εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας καθώς κάθε λωρίδα του δακτυλίου δίνει αποκλειστικό προορισμό σε συγκεκριμένη λωρίδα του κλάδου εξόδου. Με αυτήν την απαγόρευση της αλλαγής λωρίδας επί του δακτυλίου (μέσω κατάλληλης οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης) μειώνεται ο αριθμός των σχετικών σημείων εμπλοκής. [20]

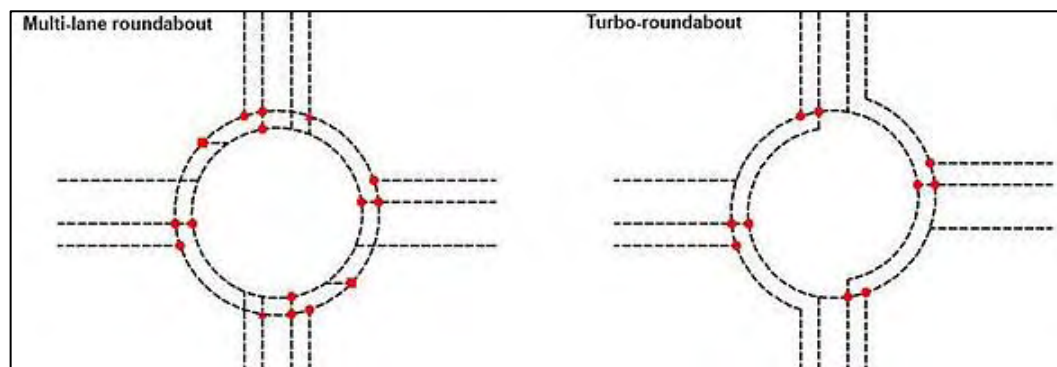


Εικόνα 3.21 Τυπική διάταξη σπειροειδούς κυκλικού κόμβου [20]

3.6.1.1 Πλεονεκτήματα σπειροειδούς κυκλικού κόμβου

Περιορισμένοι ελιγμοί πλέξης

Ένας σπειροειδής K^3 δεν επιτρέπει στους οδηγούς να αλλάζουν λωρίδες εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας, αλλά τους ωθεί να επιλέξουν τη λωρίδα εισόδου ανάλογα με την κατεύθυνση (προορισμό) εξόδου τους. Έτσι περιορίζονται οι ελιγμοί πλέξης, γεγονός το οποίο οδηγεί σε αύξηση της ασφάλειας στον κυκλικό κόμβο, καθώς μειώνονται τα σχετικά σημεία εμπλοκής.



Εικόνα 3.22 Σύγκριση σημείων εμπλοκής ανάμεσα σε τυπικό K^3 δύο λωρίδων και αντίστοιχο σπειροειδή [33]

Χαμηλότερη ταχύτητα οχημάτων

Μέσω της διάταξης του καθώς και με διάφορα εργαλεία, όπως υπερυψωμένα ή μη διαχωριστικά λωρίδων (Εικόνα 3.23, Εικόνα 3.24), ένας σπειροειδής K^3 κατευθύνει τις κινήσεις των οχημάτων σε στενότερη περιοχή σε σχέση με έναν τυπικό κυκλικό κόμβο πολλαπλών λωρίδων. Αυτό οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας οδήγησης των οχημάτων στη λωρίδα κυκλοφορίας, ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη ασφάλεια.



Εικόνα 3.23 Υπερυψωμένο διαχωριστικό λωρίδων (Raised mountable lane divider) σε σπειροειδή K^3 [34]



Εικόνα 3.24 Υπερυψωμένο διαχωριστικό λωρίδων σε σπειροειδή K^3 [35]

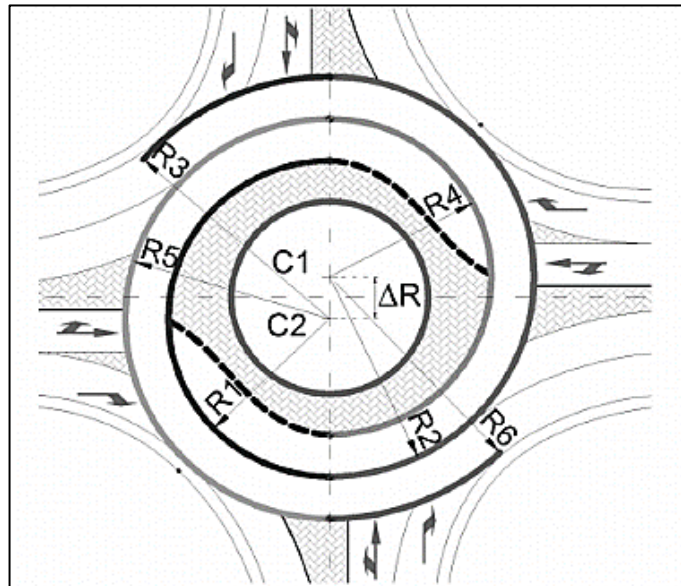
Αυξημένη χωρητικότητα

Η διατήρηση μίας χαμηλής ταχύτητας οδήγησης στον κυκλικό κόμβο δε μειώνει απαραίτητα την κυκλοφοριακή ικανότητά του. Αντιθέτως, με την εξασφάλιση χαμηλής ταχύτητας οδήγησης καθώς και μίας ασφαλούς και συνεχόμενης κυκλοφοριακής ροής, η χωρητικότητα ενός σπειροειδούς K^3 παραμένει τόσο αποτελεσματική όσο και ενός κυκλικού κόμβου πολλαπλών λωρίδων.

Συνοπτικά

Διάφορες έρευνες δείχνουν ότι τα τροχαία ατυχήματα μειώνονται κατά 72% στους σπειροειδείς K^3 σε σύγκριση με τους τυπικούς K^3 πολλαπλών λωρίδων, γεγονός που τους καθιστά σχεδόν εξίσου ασφαλείς με τους τυπικούς K^3 μιας λωρίδας. [33]

Ο σπειροειδής κόμβος επομένως, συνδυάζει την ασφάλεια ενός K^3 μιας λωρίδας, περιορίζοντας τις εμπλοκές οχημάτων και τις υψηλές ταχύτητές τους, με την αυξημένη χωρητικότητα ενός K^3 δύο λωρίδων. Τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι ότι διαθέτει δύο λωρίδες κυκλοφορίας στον κόμβο, τουλάχιστον μία έξοδο δύο λωρίδων, σπειροειδή (όχι ομόκεντρη κυκλική) γεωμετρική χάραξη των λωρίδων εντός του κόμβου (Εικόνα 3.25) ώστε να εκλείπουν οι ελιγμοί εντός αυτού και να αυξάνεται η ασφάλεια, και μία ή κατά το μέγιστο δύο λωρίδες κυκλοφορίας στις οποίες η εισερχόμενη κυκλοφορία παραχωρεί προτεραιότητα. [18]



Εικόνα 3.25 Σπειροειδής χάραξη των λωρίδων εντός του κόμβου [36]

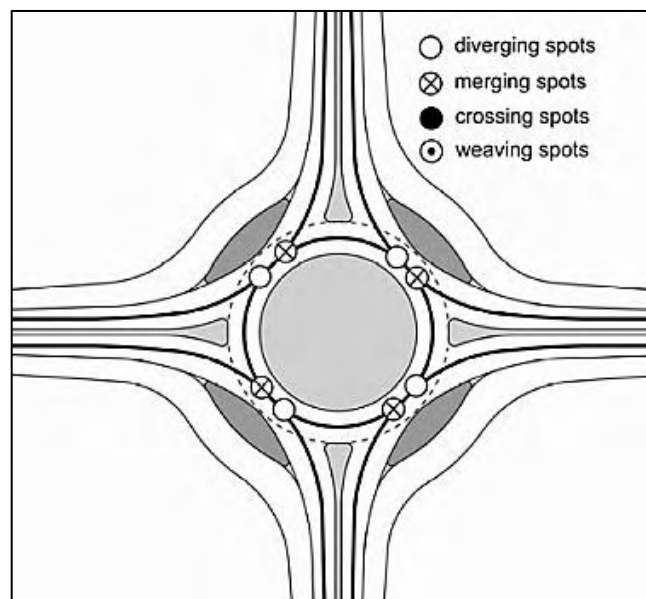
3.6.2 Κυκλικοί κόμβοι με αποκλειστικές λωρίδες δεξιών στροφών ή κυκλικοί κόμβοι τύπου «Άνθος» (Flower Roundabout)

Οι κυκλικοί κόμβοι τύπου «Άνθος» ή αλλιώς κυκλικοί κόμβοι με αποκλειστικές λωρίδες δεξιών στροφών, δημιουργήθηκαν στη Σλοβενία ως μία λύση για την επίτευξη υψηλότερου επιπέδου κυκλοφοριακής ασφάλειας σε υφιστάμενους, λιγότερο ασφαλείς τυπικούς κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων.

Πρόκειται για κυκλικούς κόμβους οι οποίοι διαθέτουν 2 λωρίδες εισόδου, δύο λωρίδες εξόδου και μία λωρίδα στον κυκλικό δακτύλιο, γεγονός που οδηγεί τα οχήματα που επιθυμούν να στρίψουν δεξιά σε αποκλειστικές λωρίδες δεξιάς στροφής και όχι στον κυκλικό δακτύλιο.

Τα δύο βασικά χαρακτηριστικά τους δηλαδή είναι ότι πετυχαίνουν, όπως και οι σπειροειδείς κόμβοι, φυσικό διαχωρισμό των λωρίδων κυκλοφορίας και ότι τα οχήματα που πρόκειται να στρίψουν δεξιά διαθέτουν τη δική τους ξεχωριστή λωρίδα κυκλοφορίας. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι ο κυκλικός δακτύλιος χρησιμοποιείται μόνο από τα οχήματα που πρόκειται να συνεχίσουν ευθεία (180°), να στρίψουν κατά $\frac{3}{4}$ (270°) ή να πραγματοποιήσουν αναστροφή (360°).

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της μορφής κυκλικού κόμβου, σε σχέση με τους σπειροειδείς κόμβους, είναι το μικρότερο κόστος μετατροπής των ήδη υφιστάμενων κυκλικών κόμβων δύο λωρίδων σε κυκλικούς κόμβους τύπου «άνθος», καθώς απλά διαχωρίζεται η μία λωρίδα κυκλοφορίας του κυκλικού δακτυλίου από τις λωρίδες των δεξιών στροφών, με μία νησίδα.



Εικόνα 3.26 Κυκλικός κόμβος τύπου «άνθος» και σημεία εμπλοκής στο δακτύλιο κυκλοφορίας [36]

Όσον αφορά την οδική ασφάλεια, εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας εμφανίζονται μόνο 8 σημεία εμπλοκής (4 μερισμού/diverging spots και 4 συμβολής/merging spots), που ισοδυναμεί με τυπικό K^3 μίας λωρίδας. [35], [36]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Στο στάδιο του σχεδιασμού, υπάρχουν διάφοροι πιθανοί λόγοι ή στόχοι για την εξέταση της κατασκευής ενός κυκλικού κόμβου σε μια συγκεκριμένη διασταύρωση. Οι λόγοι της εξέτασης της κατασκευής ενός K^3 σε μία διασταύρωση μπορεί να περιλαμβάνουν τη βελτίωση της ασφάλειας, τη βελτίωση της αισθητικής, την καλύτερη διαχείριση των προσβάσεων ή την προώθηση της ανάπλασης. Ωστόσο, όποιες και αν είναι οι αιτίες για την εξέταση της δημιουργίας ενός K^3 , ορισμένες κοινές σκέψεις πρέπει να εξετάζονται πάντα σε επίπεδο σχεδιασμού:

- Είναι κατάλληλος ένας κυκλικός κόμβος για αυτήν την τοποθεσία;
- Πόσο μεγάλος πρέπει να είναι ή πόσες λωρίδες κυκλοφορίας απαιτούνται;
- Τι είδους αντίκτυπο αναμένεται να έχει;
- Ποιο είδος ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των πολιτών είναι κατάλληλο;

Επιβεβαιώνοντας ότι υπάρχουν βάσιμοι λόγοι να πιστεύουμε ότι η κατασκευή ενός K^3 είναι εφικτή και ότι αποτελεί την καλύτερη εναλλακτική λύση, αυτές οι ενέργειες προγραμματισμού αποτρέπουν την κατανάλωση περιττής προσπάθειας που θα απαιτούνταν στα επόμενα και πιο λεπτομερή βήματα.

Τα αρχικά βήματα στο σχεδιασμό ενός K^3 είναι να διευκρινιστούν οι στόχοι και να κατανοηθεί το πλαίσιο εντός του οποίου εξετάζεται η κατασκευή του. Το επόμενο βήμα είναι να πραγματοποιηθεί μια προκαταρκτική διαμόρφωση του κόμβου, ώστε να προσδιοριστεί ο ελάχιστος αριθμός λωρίδων που απαιτούνται σε κάθε πρόσβαση και επομένως ποιος τύπος K^3 είναι ο καταλληλότερος να χρησιμοποιηθεί ως βάση για το σχεδιασμό: κομβίδιο, K^3 μίας λωρίδας ή K^3 δύο και περισσότερων λωρίδων. Δεδομένου του επαρκούς χώρου, οι κυκλικοί κόμβοι μπορούν να σχεδιαστούν για να δέχονται μεγάλους όγκους μεταφοράς.

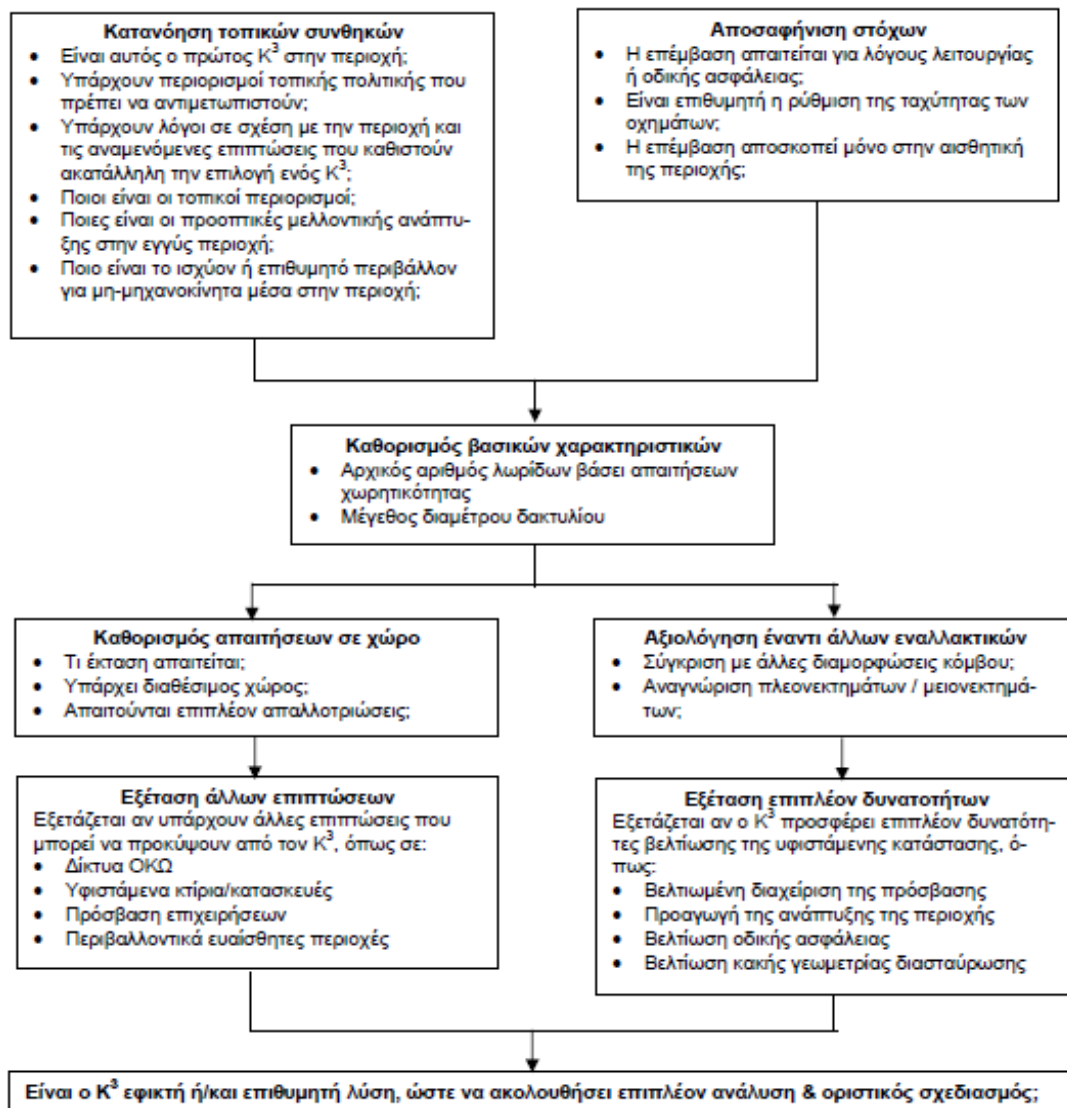
Υπάρχουν επίσης πολλά επιπλέον επίπεδα λεπτομέρειας που απαιτούνται για το σχεδιασμό και την ανάλυση ενός K^3 πολλαπλών λωρίδων και μεγάλης χωρητικότητας, που δεν εξετάζονται στο προκαταρκτικό αυτό στάδιο της διαδικασίας σχεδιασμού.

Η μελέτη σκοπιμότητας ωστόσο που είναι απαραίτητο να γίνει, απαιτεί την εκτίμηση ορισμένων παραμέτρων σχεδιασμού και λειτουργικών χαρακτηριστικών. Ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να πρέπει να διερευνηθούν ένα ή περισσότερα βασικά χαρακτηριστικά του K^3 πέρα από τις βασικές εκτιμήσεις, ώστε να εξασφαλιστεί η συμβατότητα και η σκοπιμότητά του. Πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ασφάλειας, της λειτουργίας και του γεωμετρικού σχεδιασμού, κατά το σχεδιασμό. Ιδιαίτερα στα πρώιμα στάδια του σχεδιασμού, αυτές οι

βασικές πτυχές και οι επιπτώσεις της μίας στην άλλη μπορούν να βοηθήσουν στην αξιολόγηση της σκοπιμότητας ενός K^3 . Κάποιες αλλαγές στις αρχικές εκτιμήσεις ενδέχεται να είναι απαραίτητες καθώς εξελίσσεται ο σχεδιασμός. [24]

4.1 Διαδικασία επιλογής του κυκλικού κόμβου ως κατάλληλης λύσης

Η διαδικασία για την επιλογή ενός K^3 ως λύσης περιλαμβάνει πολλά στάδια, από τη σύλληψη της ιδέας και την αναγνώριση των τοπικών αναγκών ή περιορισμών, μέχρι και τη διαπραγμάτευση με τοπικούς φορείς και τον οριστικό σχεδιασμό της μελέτης. Μια τυπική διαδικασία η οποία ακολουθείται για να φανεί εάν θα επιλεγεί ή απορριφθεί μία λύση μορφής K^3 σε μια περιοχή, προτού υλοποιηθούν οι οριστικές αναλύσεις και η εκπόνηση των λεπτομερών μελετών, φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα. [20]



Διάγραμμα 4.1 Αρχικά στάδια διαδικασίας απόφασης επιλογής κατασκευής ενός K^3 [20]

Τα αποτελέσματα των παραπάνω βημάτων θα πρέπει να τεκμηριωθούν εγγράφως σε κάποιο βαθμό. Το επίπεδο λεπτομέρειας ωστόσο ποικίλλει και επηρεάζεται από το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του κυκλικού κόμβου. Γι' αυτό το σκοπό επομένως, συντάσσεται μία έκθεση μελέτης σκοπιμότητας για την εφαρμογή ενός K^3 , η οποία μπορεί να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Μπορεί να προσδιορίζει γιατί ένας K^3 θεωρείται ως καλύτερη εναλλακτική λύση στη συγκεκριμένη διασταύρωση.
- Μπορεί να προσδιορίζει την τρέχουσα κυκλοφοριακή κατάσταση και το επίπεδο ασφάλειας στη διασταύρωση, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση με την αναμενόμενη απόδοση του K^3 .
- Μπορεί να υποδεικνύει μια θεωρητική διαμόρφωση K^3 , η οποία να περιλαμβάνει τον αριθμό των λωρίδων σε κάθε πρόσβαση και τον σχεδιασμό των λωρίδων αυτών.
- Μπορεί να αποδεικνύει εάν ένας K^3 κατάλληλου μεγέθους και διαμόρφωσης είναι εφικτό να εφαρμοστεί.
- Μπορεί να εντοπίζει όλους τους πιθανούς παράγοντες που ενδεχομένως να περιπλέκουν την εφαρμογή ενός K^3 , να αξιολογεί τη συνάφεια τους με την τοποθεσία και να προσδιορίζει ενέργειες μετριασμού αυτών, που ενδεχομένως να απαιτούνται.

Όταν απαιτείται πιο ολοκληρωμένη ή επίσημη αιτιολόγηση, η έκθεση μελέτης σκοπιμότητας μπορεί να περιλαμβάνει και τις ακόλουθες πρόσθετες εκτιμήσεις:

- Μπορεί να αποδεικνύει θεσμική και κοινοτική υποστήριξη, υποδεικνύοντας ότι έχουν γίνει διαβουλεύσεις και έχουν ληφθεί υπόψη οι γνώμες σημαντικών οργανισμών (π.χ. αστυνομία, πυροσβεστική και σχολεία).
- Μπορεί να δίνει λεπτομερείς συγκρίσεις απόδοσης του K^3 σε σχέση με άλλες λύσεις (συμπεριλαμβανομένων των καθυστερήσεων, της χωρητικότητας, των εκπομπών ρύπων ή της αλληλεπίδρασης με γειτονικούς κόμβους)
- Μπορεί να περιλαμβάνει μια οικονομική ανάλυση που να δείχνει ότι ένας K^3 αποτελεί προτιμότερη λύση από άποψη κόστους - οφέλους.
- Μπορεί να περιλαμβάνει λεπτομερή συζήτηση σχετικά με πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ασφάλειας, της λειτουργίας και του σχεδιασμού.
- Μπορεί να περιλαμβάνει αναλυτικά παραρτήματα που περιέχουν δεδομένα, όπως κυκλοφοριακό φόρτο κλπ. [24]

4.2 Κατάλληλες συνθήκες για την εφαρμογή των κυκλικών κόμβων

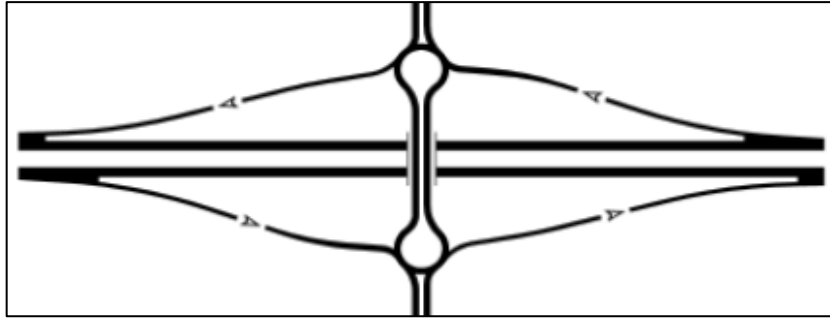
Η υλοποίηση των K^3 έχει μεγάλη πιθανότητα να αποτελεί την κατάλληλη λύση, όταν υφίστανται οι παρακάτω συνθήκες:

1. Υφιστάμενοι κόμβοι οι οποίοι παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό ή μεγαλύτερης σοβαρότητας ατυχήματα.
2. Υφιστάμενοι κόμβοι οι οποίοι αποτυγχάνουν να εξυπηρετήσουν επαρκώς την κυκλοφοριακή ζήτηση.
3. Θέσεις στις οποίες άλλες εναλλακτικές κρίνονται περισσότερο δαπανηρές.
4. Θέσεις στις οποίες η αισθητική αποτελεί πρωταρχικό στόχο.

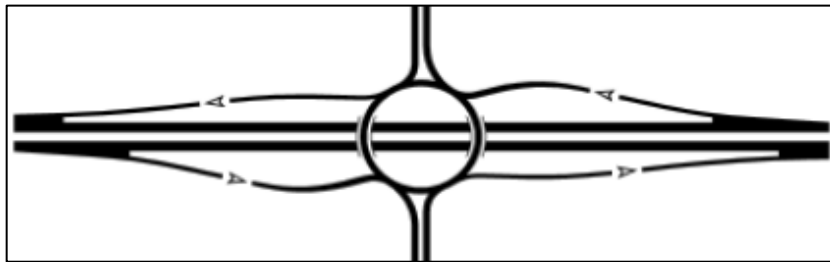


Εικόνα 4.3 Περίπτωση K^3 όπου η αισθητική αποτελεί κεντρικό στόχο [37]

5. Θέσεις όπου αλλάζει η λειτουργική κατηγορία της οδού ή επιδιώκεται η αλλαγή των επιτρεπόμενων ορίων ταχύτητας. Σε αυτήν την περίπτωση περιλαμβάνονται θέσεις μετάβασης από υπεραστικό σε αστικό περιβάλλον (θέσεις κόμβων εισόδου πόλεων). Ειδικότερα για κόμβους εισόδου από υπεραστικό αυτοκινητόδρομο σε αστική αρτηρία επιβάλλεται η χρήση των ακόλουθων ανισόπεδων κόμβων μορφής ρόμβου (Εικόνα 4.2, Εικόνα 4.3).
6. Θέσεις στις οποίες ο ρυθμός αφίξεων είναι τυχαίος/συνεχής.
7. Θέσεις στις οποίες είναι επιθυμητός ο τυχαίος/συνεχής ρυθμός αφίξεων ή τα έργα για την εξυπηρέτηση συγκεντρώσεων οχημάτων (platoons) απαιτούν μεγάλες δαπάνες ή και δεν δύναται να κατασκευαστούν.
8. Τερματικοί κόμβοι σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων.
9. Ισόπεδοι κόμβοι σε υπεραστικές οδούς υψηλών ταχυτήτων, όπως σε ισόπεδους κόμβους στο πέρας αυτοκινητοδρόμων.
10. Ισόπεδοι κόμβοι οι οποίοι συνδέουν διαφορετικές κατηγορίες οδών (σε αστικό δίκτυο: αρτηρία-αρτηρία, αρτηρία-συλλεκτήρια, αρτηρία-τοπική, συλλεκτήρια-συλλεκτήρια, συλλεκτήρια-πρόσβαση).
11. Ισόπεδοι 4-σκελείς κόμβοι που παρουσιάζουν φόρτους εισόδου ≤ 8.000 οχ./ώρα, ή ΕΜΗΚ=80.000 περίπου.
12. Ισόπεδοι 3-σκελείς κόμβοι οποιουδήποτε φόρτου.



Εικόνα 4.4 Χρήση ζεύγους K^3 σε ανισόπεδο κόμβο με τη διάταξη διπλής σταγόνας [20]



Εικόνα 4.3 Χρήση ενός K^3 σε ανισόπεδο κόμβο [20]

13. Ισόπεδοι κόμβοι με ρύθμιση STOP (επί της δευτερεύουσας οδού) οι οποίοι εμφανίζουν υψηλό ποσοστό ατυχημάτων ή πολύ σοβαρά ατυχήματα.
14. Ισόπεδοι κόμβοι ανάμεσα σε δύο αρτηρίες, οι οποίοι λειτουργούν με συντονισμένη σηματοδότηση και με υψηλά ποσοστά στρεφουσών κινήσεων.
15. Ισόπεδοι κόμβοι σε εγγύτητα (Εικόνα 4.4), όπου δε δύναται να συντονισθεί η σηματοδότηση.
16. Ισόπεδοι κόμβοι όπου προβλέπεται στο μέλλον η προσθήκη νέων προσβάσεων.
17. Ισόπεδοι κόμβοι που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από σχολεία.
18. Ισόπεδοι κόμβοι στους οποίους η οδική ασφάλεια έχει μέγιστο ενδιαφέρον. [20]



Εικόνα 4.4 Διαμόρφωση κυκλικών κόμβων σε εγγύτητα [38]

4.3 Γενικές κατευθύνσεις σχεδιασμού κυκλικών κόμβων

Μερικές γενικές κατευθύνσεις τις οποίες πρέπει να ακολουθούν οι μελετητές για το σχεδιασμό των K^3 , είναι οι εξής:

- Να υπάρχει πλήρης γνώση των προβλημάτων που υφίστανται (λειτουργίας και οδικής ασφάλειας) πριν από τη διαμόρφωση της λύσης.
- Να υπάρχει επαρκής ενημέρωση για όλους τους περιορισμούς (όπως απαλλοτριώσεις, δίκτυα ΟΚΩ ή άλλα, τεχνικά έργα, περιβάλλον κλπ.), που μπορεί να επηρεάσουν τη διαθέσιμη επιφάνεια διαμόρφωσης του κόμβου, καθώς οι K^3 απαιτούν μεγαλύτερη κατάληψη στις γωνίες ενός υφιστάμενου ισόπεδου κόμβου.
- Να είναι γνωστά τα είδη των οχημάτων που αναμένεται να κινηθούν στον κόμβο και η επιλογή του οχήματος σχεδιασμού να γίνεται βάσει της χωροθέτησης του κόμβου, των γειτονικών χρήσεων γης που θα τροφοδοτήσουν την κυκλοφορία του, την κατηγορία των συμβαλλουσών οδών, αλλά και τυχόν άλλων παραμέτρων. Το όχημα σχεδιασμού αποτελεί συχνά τον καθοριστικό παράγοντα, ο οποίος καθορίζει την ακτίνα της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας και το πλάτος του οδοστρώματος στις εισόδους και στις εξόδους, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για δακτύλιο μίας λωρίδας.
- Να δίνεται η δυνατότητα κυκλοφορίας στο μεγαλύτερο πιθανό όχημα που αναμένεται να χρησιμοποιήσει τον κόμβο. Όταν ο κόμβος δε σχεδιάζεται κατάλληλα για την εξυπηρέτηση φορτηγών, αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση πρόωρων φθορών, εξαιτίας της διέλευσης των φορτηγών πάνω από κράσπεδα και πεζοδρόμια. [20]

4.4 Εκτίμηση απαιτούμενου χώρου (έκτασης κατάληψης) του κυκλικού κόμβου

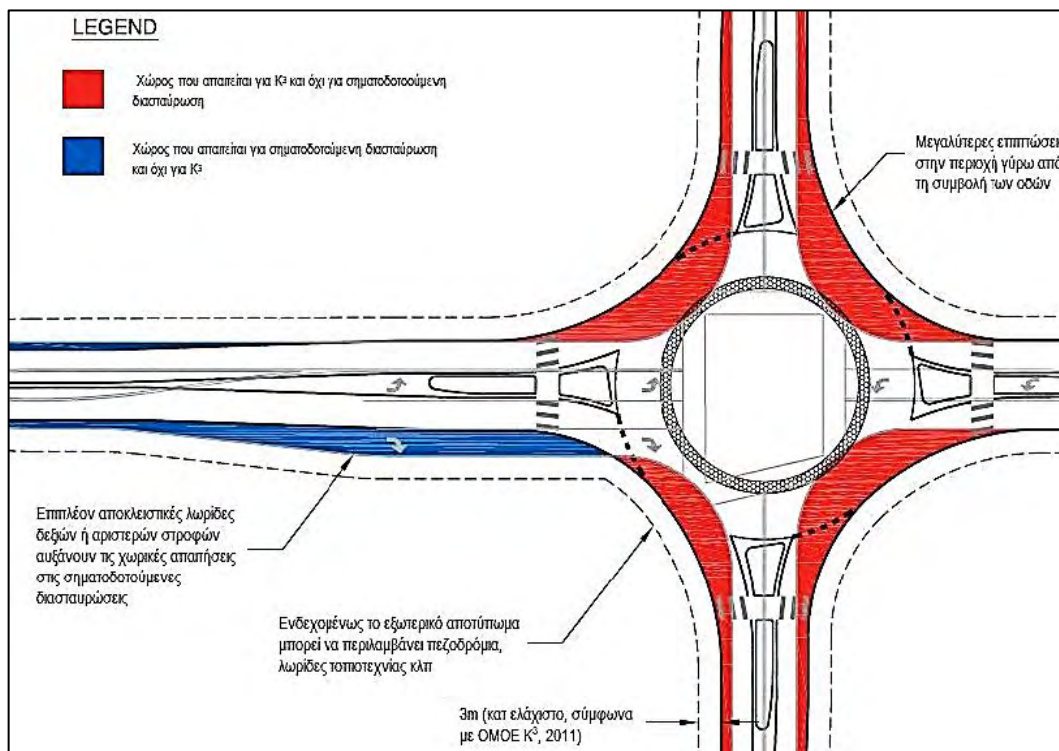
Μια αρχική εκτίμηση του χώρου (αποτύπωμα) που απαιτείται για τη διαμόρφωση του K^3 , είναι ένα κοινό και σημαντικό ζήτημα στο στάδιο του σχεδιασμού και μπορεί να επηρεάσει τη σκοπιμότητα διαμόρφωσης ενός K^3 σε οποιαδήποτε τοποθεσία. Σε αυτό το αρχικό επίπεδο σχεδιασμού πρέπει να αρχίσει η διερεύνηση σημαντικών ζητημάτων, όπως εάν επαρκεί ο χώρος για τη φιλοξενία ενός K^3 κατάλληλου μεγέθους ή εάν θα υπάρξουν επιπτώσεις στις παρόδιες ιδιοκτησίες. Ακόμη πρέπει να διερευνάται εάν υπάρχει πιθανότητα να απαιτηθούν πρόσθετες απαλλοτριώσεις και αν υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί οι οποίοι μπορεί να επηρεάσουν τη θέση και το γεωμετρικό σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου.

Λόγω της ανάγκης να φιλοξενηθούν μεγάλα φορτηγά μέσω της διασταύρωσης, οι K^3 χρειάζονται συνήθως περισσότερο χώρο από τις συμβατικές διασταυρώσεις. Ωστόσο, αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί από το γεγονός ότι δε χρησιμοποιείται χώρος

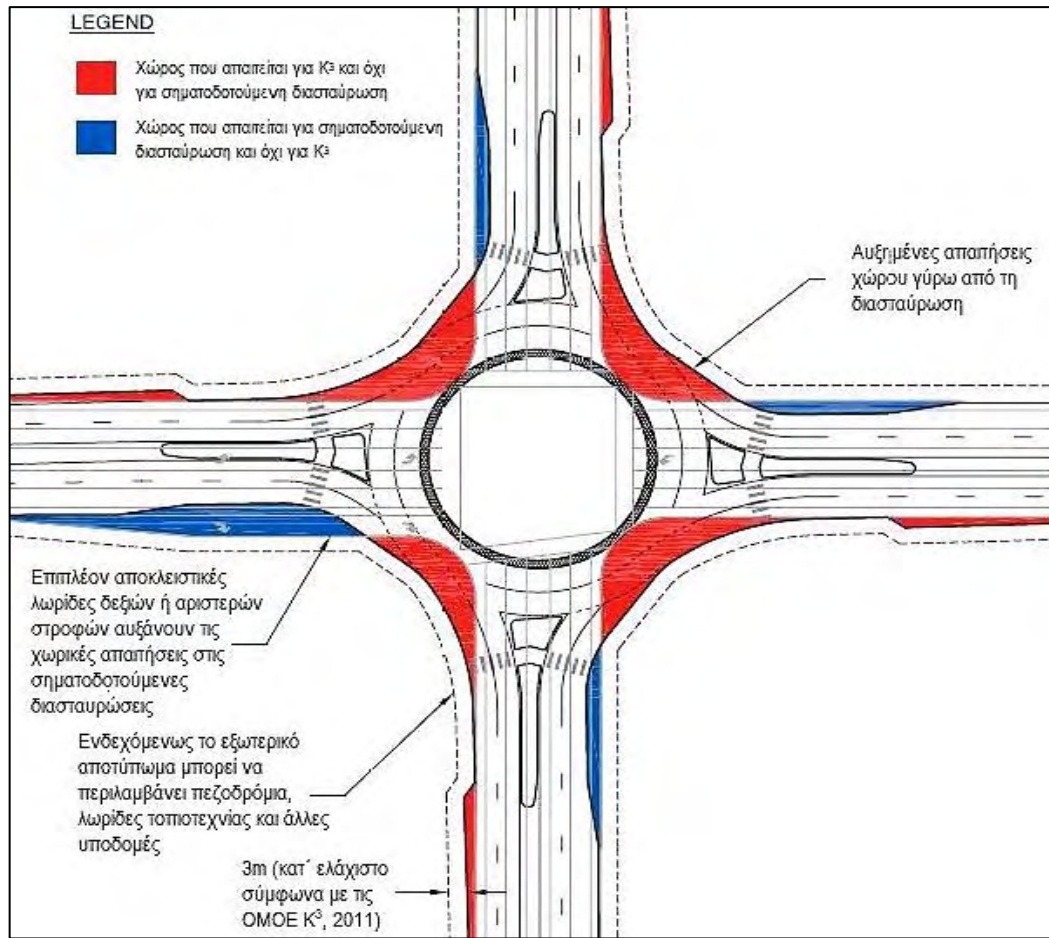
για τη διαμόρφωση λωρίδων αποκλειστικά για στροφή, όπως μπορεί να συμβαίνει συχνά σε άλλες μορφές διασταύρωσης.

Ο δείκτης κλειδί για την εκτίμηση του απαιτούμενου χώρου είναι η εγγεγραμμένη διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου του κυκλικού δακτυλίου. Γι' αυτό απαιτείται λεπτομερής σχεδιασμός για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων χώρου σε συγκεκριμένο σημείο, ειδικά στις περιπτώσεις που απαιτούνται περισσότερες από μία λωρίδες για την εξυπηρέτηση της εισερχόμενης και της επί του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Ωστόσο, καθώς οι ανάγκες για χωρητικότητα αυξάνουν παράλληλα και το μέγεθος του K^3 και της συγκρίσιμης συμβατικής (σηματοδοτούμενης) διασταύρωσης, η αύξηση των απαιτήσεων χώρου, σε σχέση με έναν τυπικό ισόπεδο κόμβο, αντισταθμίζεται όλο και περισσότερο από τη μείωση των απαιτήσεων χώρου στις προσβάσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, η διαπλάτυνση που απαιτείται στις εισόδους ενός K^3 μπορεί να επιτευχθεί σε μικρότερη απόσταση από την τυπικά απαιτούμενη για την ανάπτυξη αποκλειστικών λωρίδων στροφής στις συμβατικές διασταυρώσεις.



Εικόνα 4.5 Σύγκριση απαιτούμενου χώρου μεταξύ ενός K^3 μία λωρίδας και συγκρίσιμης σηματοδοτούμενης διασταύρωσης [39]



Εικόνα 4.6 Σύγκριση απαιτούμενου χώρου μεταξύ ενός K^3 δύο λωρίδων και συγκρίσιμης σηματοδοτούμενης διασταύρωσης [39]

Συνοψίζοντας, οι K^3 απαιτούν συνήθως μεγαλύτερη έκταση στη διασταύρωση αυτή καθ' αυτή και μικρότερη στις προσβάσεις, σε σύγκριση με τις συμβατικές διασταυρώσεις, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα για μεγαλύτερη χωρητικότητα στη διασταύρωση και μικρότερο αριθμό λωρίδων κυκλοφορίας μεταξύ των διασταυρώσεων. [24]

4.5 Μέρμνα για πεζούς και ποδηλάτες κατά το σχεδιασμό

Πεζοί

Σε αστικές και προαστιακές περιοχές όπου αναμένονται πεζοί, σημαντικοί παράγοντες σχεδιασμού είναι οι εξής:

- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των λωρίδων κυκλοφορίας για τη βελτίωση της απλότητας και της ασφάλειας των κυκλικών κόμβων για τους πεζούς.
- Σχεδιασμός για μικρές ταχύτητες οχημάτων.

- Παροχή πεζοδρομίων σε επαρκή απόσταση από τον κυκλικό δακτύλιο.
- Παροχή καλά προσδιορισμένων και καλά τοποθετημένων πεζοδιαβάσεων.
- Παροχή διαχωριστικών νησίδων πλάτους τουλάχιστον 1,8 μέτρων στις πεζοδιαβάσεις.

Ποδηλάτες

Η ασφάλεια και η χρηστικότητα των K^3 για τους ποδηλάτες εξαρτάται από τις λεπτομέρειες του σχεδιασμού του K^3 και τις ειδικές διατάξεις για τους ποδηλάτες. Δεδομένου ότι οι τυπικές ταχύτητες ταξιδιού για τα ποδήλατα είναι από 19 έως 32 χλμ./ώρα, οι K^3 , που έχουν σχεδιαστεί για να περιορίζουν τις ταχύτητες των μηχανοκίνητων οχημάτων σε παρόμοια επίπεδα, θα ελαχιστοποιούν τη διαφορά ταχύτητας μεταξύ ποδηλατών και οδηγών και ως εκ τούτου θα αυξάνουν την ασφάλεια και την ευχρηστία για τους ποδηλάτες.



Εικόνα 4.7 Διάταξη ποδηλατοδρόμου σε κυκλικό κόμβο [40]

Οι K^3 μίας λωρίδας είναι πολύ απλούστεροι για τους ποδηλάτες από τους K^3 περισσότερων λωρίδων, επειδή δεν απαιτούν από αυτούς να αλλάζουν λωρίδες ώστε να επιλέξουν την κατάλληλη λωρίδα για τον προορισμό τους. Οι ποδηλάτες που έχουν τις γνώσεις και τις δεξιότητες για να οδηγούν αποτελεσματικά και με ασφάλεια στους δρόμους, μπορούν να περιηγηθούν στους χαμηλής ταχύτητας, μίας λωρίδας K^3 , χωρίς πολύ μεγάλη δυσκολία. Το πρωταρχικό σχεδιαστικό κριτήριο ωστόσο για τους K^3 μίας λωρίδας είναι να τερματίζουν οι ποδηλατολωρίδες πριν από τους K^3 και να μην περιλαμβάνονται λωρίδες για τα ποδήλατα στον κυκλικό δακτύλιο.

Σε K^3 πολλών λωρίδων, όπου οι τυπικοί ποδηλάτες δεν μπορούν να αισθάνονται άνετα όταν τους διασχίζουν με τον ίδιο τρόπο όπως και τα άλλα οχήματα, μπορούν να δημιουργηθούν ράμπες που θα επιτρέπουν την πρόσβαση των ποδηλατών στο πεζοδρόμιο ή σε μια διαδρομή κοινής χρήσης στον κυκλικό κόμβο. [24]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός ενός K^3 απαιτεί την εξισορρόπηση των ανταγωνιστικών στόχων σχεδιασμού του. Οι K^3 λειτουργούν με μεγαλύτερη ασφάλεια όταν η γεωμετρία τους αναγκάζει την κυκλοφορία να εισέλθει στο δακτύλιο κυκλοφορίας και να κινηθεί εντός αυτού με χαμηλές ταχύτητες. Ενδεχόμενη κακή γεωμετρία του K^3 έχει βρεθεί ότι επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία του, επηρεάζοντας την επιλογή λωρίδας από τους οδηγούς και τη συμπεριφορά τους εντός του δακτυλίου. Παράλληλα, πολλές από τις γεωμετρικές παραμέτρους σχεδιασμού εξαρτώνται από τις απαιτήσεις ελιγμών του οχήματος σχεδιασμού. Έτσι, ο σχεδιασμός ενός K^3 είναι μια διαδικασία προσδιορισμού της βέλτιστης ισορροπίας μεταξύ των διατάξεων ασφάλειας, της λειτουργικής απόδοσης του K^3 και της επαρκούς εξυπηρέτησης του οχήματος σχεδιασμού.

Ενώ η βασική μορφή και τα χαρακτηριστικά των K^3 είναι συνήθως ανεξάρτητα από την τοποθεσία αυτή καθ' αυτή, πολλές από τις παραμέτρους σχεδιασμού εξαρτώνται από την ταχύτητα στο ευρύτερο περιβάλλον, την επιθυμητή χωρητικότητα, το διαθέσιμο χώρο, τον απαιτούμενο αριθμό λωρίδων, το όχημα σχεδιασμού και άλλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μοναδικά για την εκάστοτε τοποθεσία. Σε αγροτικές περιοχές όπου οι ταχύτητες προσέγγισης είναι υψηλές και η παρουσία ποδηλάτων και πεζών μπορεί να είναι ελάχιστη, οι στόχοι σχεδιασμού διαφέρουν σημαντικά απ' ό,τι σε έναν K^3 σε αστικό περιβάλλον, όπου η ασφάλεια για ποδηλάτες και πεζούς αποτελεί πρωταρχική μέριμνα. Επιπλέον, πολλές από τις τεχνικές σχεδιασμού είναι ουσιαστικά διαφορετικές για K^3 μίας λωρίδας απ' ό,τι για K^3 με δύο ή περισσότερες λωρίδες.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι πληροφορίες από τη λειτουργική ανάλυση χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου αριθμού λωρίδων του κόμβου (μίας ή περισσότερων), ο οποίος καθορίζει και το απαιτούμενο μέγεθος και άλλες λεπτομέρειες σχεδιασμού.

Για το γεωμετρικό σχεδιασμό των K^3 υπάρχουν ορισμένες βασικές αρχές, οι οποίες επηρεάζουν τόσο την ασφάλεια όσο και τη λειτουργία του κόμβου. Κατά το σχεδιασμό, πρέπει να τηρείται ισορροπία μεταξύ της ασφάλειας, της χωρητικότητας και του κόστους. Ευνοώντας κάποιο από τα αυτά τα στοιχεία σχεδιασμού έναντι των άλλων, μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, αύξηση του πλάτους εισόδου ή της ακτίνας εισόδου για την εξυπηρέτηση των μεγάλων φορτηγών, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της ταχύτητας με την οποία τα οχήματα εισέρχονται στον κόμβο και κατ' επέκταση σε αύξηση της επικινδυνότητας.

Η τήρηση λοιπόν των παρακάτω αρχών πρέπει να είναι ο στόχος κάθε σχεδιασμού ενός Κ³:

- Εξασφάλιση χαμηλών ταχυτήτων εισόδου, μέσω εκτροπής της τροχιάς κίνησης, καθώς και συνεχούς ταχύτητας (ομαλή ροή) εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας.



Εικόνα 5.1 Παράδειγμα χρήσης της γεωμετρίας για διαχείριση της ταχύτητας των οχημάτων [24]

- Παροχή του κατάλληλου αριθμού λωρίδων για την επίτευξη επαρκούς χωρητικότητας, ισορροπημένης κατανομής του φόρτου των λωρίδων και ομαλής συνέχειας αυτών.
- Παροχή ομαλής καθοδήγησης των οδηγών με σκοπό τη σωστή χρήση των λωρίδων.
- Παροχή επαρκούς εξυπηρέτησης για τα οχήματα σχεδιασμού.
- Σχεδιασμός με σκοπό την κάλυψη των αναγκών τόσο των πεζών όσο και των ποδηλατών.
- Παροχή της κατάλληλης απόστασης ορατότητας, για την αναγνώριση από τους οδηγούς της διασταύρωσης και των πιθανών εμπλεκόμενων χρηστών. [24]

5.1 Όχημα σχεδιασμού

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη διάταξη ενός Κ³ είναι η ανάγκη να εξυπηρετηθεί το μεγαλύτερο όχημα που πιθανόν θα χρησιμοποιήσει τη διασταύρωση. Οι απαιτήσεις των κινήσεων στροφής αυτού του οχήματος, που

ονομάζεται όχημα σχεδιασμού, καθορίζουν πολλές από τις διαστάσεις του κυκλικού κόμβου.

Οι διαστάσεις σχεδιασμού των K^3 (εξωτερική περίμετρος δακτυλίου κυκλοφορίας, πλάτος υπερβατικής ζώνης) στις οδούς κατηγορίας ΑΙΙΙ ή ανώτερης και ΒΙΙΙ ή ανώτερης, πρέπει να εξυπηρετούν το αρθρωτό φορτηγό όχημα (ανεξάρτητο ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο), εκτός αν ορίζεται άλλο όχημα σχεδιασμού από την αρμόδια Υπηρεσία.



Εικόνα 5.2 Παράδειγμα K^3 σχεδιασμένου για να εξυπηρετεί και μεγάλα φορτηγά [24]

Στις κατώτερες κατηγορίες οδών το όχημα σχεδιασμού καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων οι λειτουργικές κατηγορίες των συμβαλλόμενων στον κόμβο οδών, ο χαρακτήρας και οι χρήσεις γης της γύρω περιοχής (π.χ. αστική - υπεραστική, εμπορική/βιομηχανική, κατοικίας), η σύνθεση της κυκλοφορίας (ποσοστό βαρέων οχημάτων) και ο κυκλοφορικός φόρτος που εξυπηρετεί ο κόμβος. Ανάλογα με την κάθε περίπτωση, αυτοί μπορεί να επιτρέπουν όχημα σχεδιασμού μικρότερο ή μεγαλύτερο του αρθρωτού φορτηγού. [20], [24]

5.2 Γεωμετρικές παράμετροι σχεδιασμού K^3

Οι βασικές γεωμετρικές παράμετροι για το σχεδιασμό ενός K^3 περιγράφονται στον Πίνακα 5.2 και στην Εικόνα 5.3, ενώ οι συνιστώμενες τιμές της διαμέτρου της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας, στον Πίνακα 5.1.

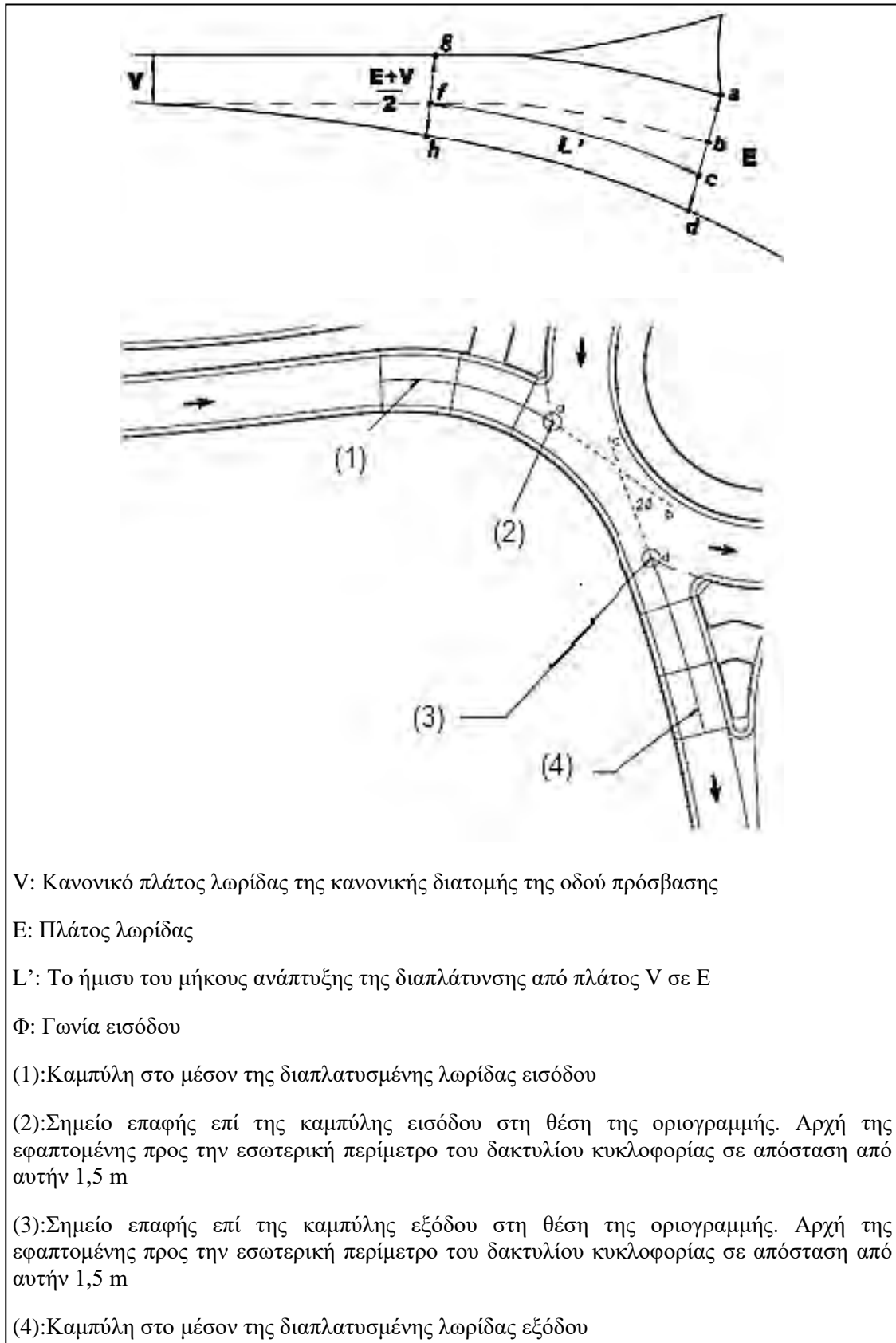
Κατηγορία K^3	Όχημα σχεδιασμού Μήκος οχήματος [m]	* Διάμετρος f [m]
Κομβίδιο	Λεωφορείο / 12,00	15-30
Αστικός Συνεπτυγμένος		25-35
Αστικός 1 Λωρίδας	Φορτηγό / 16,50	35-45
Αστικός 2 Λωρίδων		45-70
Υπεραστικός 1 Λωρίδας	Φορτηγό / 18,70	40-60
Υπεραστικός 2 Λωρίδων		55-75

* Τα μεγέθη αφορούν σε κόμβους με αριθμό σκελών το πολύ 4, που διασταυρώνονται με γωνίες περίπου 90° .

Πίνακας 5.1 Συνιστώμενη διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας [20]

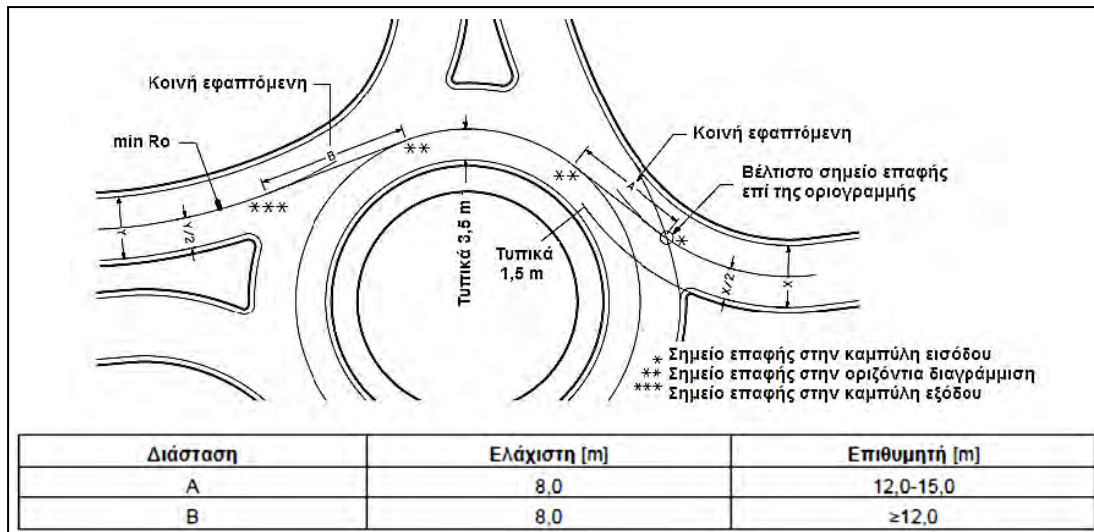
Γεωμετρικές παράμετροι	Αριθμός λωρίδων στην είσοδο		
	1 λωρίδα	2 λωρίδες	3 λωρίδες
Πλάτος εισόδου (E)	5,5-6,7 m	7,3-8,5 m	10,4-12,2 m
Αποτελεσματικό τμήμα μήκους διαπλάτυνσης (L')	50 έως 100 m Εάν χρειάζεται για αυξημένη κυκλοφοριακή ικανότητα		
Ακτίνα εισόδου (R_i)	17-27 m	17-30 m	20-30 m
Γωνία εισόδου (Φ)	16°-30°		
Διάμετρος εξωτερικής περιμέτρου (f)	35-45 m	50-65 m	60-90 m
Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας (c)	1,0 έως 1,2 φορές του μεγαλύτερου (E)		
Ακτίνα εξόδου (R_o)	Πρέπει να είναι $> R_i$		

Πίνακας 5.2 Τυπικές τιμές των γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού [20]



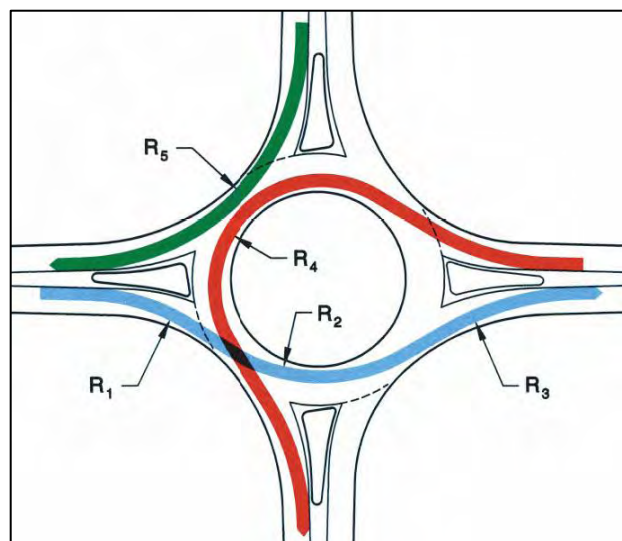
Εικόνα 5.3 Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού σε K^3 [20]

Ο έλεγχος για την αποφυγή της επικάλυψης της πορείας εισόδου και εξόδου γίνεται με βάση την Εικόνα 5.4.



Εικόνα 5.4 Επιθυμητές τιμές για αποφυγή επικάλυψης πορείας [20]

Η γεωμετρία ενός K^3 ελέγχεται ως προς την καταλληλότητά της, μέσω της σχεδίασης της συντομότερης διαδρομής και του υπολογισμού των ταχυτήτων στις καμπύλες με ακτίνες R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 (Εικόνα 5.5). Οι προτεινόμενες ακτίνες λαμβάνονται από τον Πίνακα 5.3, ενώ ο έλεγχος γίνεται ώστε να διαπιστωθεί ότι η διαφορά μεταξύ των ταχυτήτων κατά μήκος της συντομότερης διαδρομής, δεν ξεπερνά τα 20 χλμ./ώρα.



Εικόνα 5.5 Πορείες οχημάτων και ακτίνες συντομότερης διαδρομής [20]

Γεωμετρία συντομότερης διαδρομής		Δακτύλιος κυκλοφορίας			
		1 Λωρίδας		2 Λωρίδων	
		Rmax [m]	V [km/h]	Rmax [m]	V [km/h]
R ₁	Εισόδου	26-30	32	46-54	40
R ₂	Δακτυλίου	30-35	31	54-63	40
R ₃	Εξόδου	46-54	40	46-54	40
R ₄	Αριστερής στροφής	30-35	31	54-63	40
R ₄	Ελάχιστη	5,5-6,0	16	10-11	20
R ₅	Δεξιάς στροφής	46-54	40	46-54	40

* Η ελάχιστη τιμή της R₄ απαιτείται για μείωση πιθανών νωτο-μετωπικών συγκρούσεων από υπερβολική διαφορά ταχυτήτων.

Σημείωση: Οι τιμές των ακτινών δίνονται σε ένα εύρος πεδίου για τιμές επικλίσεων +2% για τις R₁, R₃ και R₅, και -2% για τις R₂ και R₄.

Πίνακας 5.3 Ακτίνες και ταχύτητες συντομότερης διαδρομής [20]

Η σχέση μεταξύ των ακτινών R₁ έως R₅ και των αντίστοιχων ταχυτήτων σε κάθε μία από αυτές είναι οι εξής:

- Για τις καμπύλες R₁, R₃ και R₅, με την παραδοχή ότι η επίκλιση είναι +2%:
 $V=8,7602 \cdot R^{0,3861}$
- Για τις καμπύλες R₂ και R₄ και με την παραδοχή ότι η επίκλιση είναι -2%:
 $V=8,6164 \cdot R^{0,3673}$

Όσον αφορά τις νησίδες διαχωρισμού των προσβάσεων, εφόσον το περιμετρικό ασφαλτικό έρεισμα διαθέτει το ελάχιστο πλάτος του ενός μέτρου, δεν πρέπει να εισέρχονται εντός του πλάτους του δακτυλίου κυκλοφορίας.

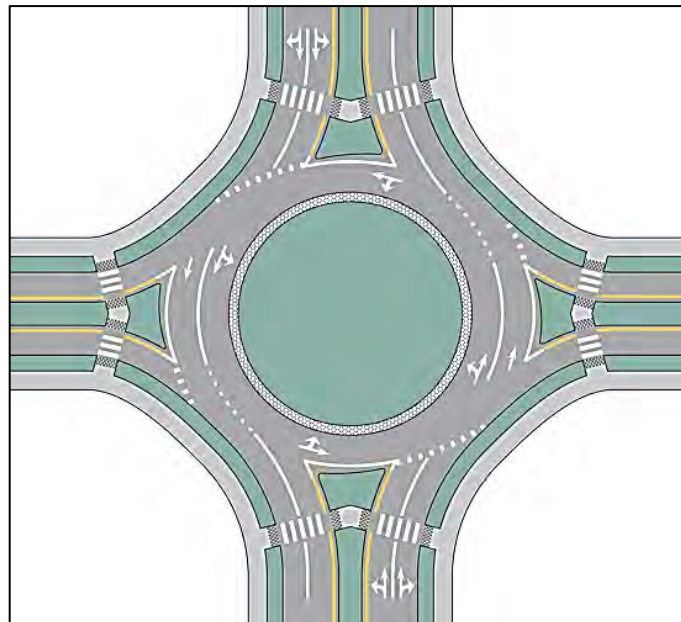
Αφού σχεδιαστούν τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία του K³, ελέγχεται μέσω λογισμικού το πλάτος κατάληψης από το όχημα σχεδιασμού. Εάν αυτός ο έλεγχος δείξει ότι είναι αναγκαία η κατασκευή υπερβατής ζώνης γύρω από την κεντρική νησίδα, το επιτρεπόμενο εύρος του πλάτους αυτής θα είναι από 0,6 ως 4,2 μ. Εναλλακτικά θα εξετάζεται επανάληψη του σχεδιασμού με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ώστε να είναι δυνατή μέσω της διάθεσης επαρκούς χώρου η κίνηση των οχημάτων χωρίς την ανάγκη κατασκευής υπερβατής ζώνης. [20]

5.3 Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας

Το πλάτος του οδοστρώματος του δακτυλίου κυκλοφορίας εξαρτάται κυρίως από τους τύπους οχημάτων που ενδέχεται να χρησιμοποιούν τον κόμβο και μπορεί να χρειαστεί να κινηθούν το ένα δίπλα στο άλλο στις λωρίδες του K³ (στην περίπτωση K³ δύο ή περισσότερων λωρίδων). Με άλλα λόγια η σύνθεση της κυκλοφορίας και το

ποσοστό βαρέων οχημάτων πιο συγκεκριμένα, αποτελούν σημαντικό παράγοντα επιρροής.

Σε K^3 πολλαπλών λωρίδων, το πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας μπορεί να μεταβάλλεται επίσης ανάλογα με τον αριθμό των λωρίδων. Δεν απαιτείται σταθερό πλάτος σε ολόκληρο τον κυκλικό δακτύλιο και είναι επιθυμητό να παρέχεται μόνο το ελάχιστο πλάτος, το οποίο είναι απαραίτητο για την εξυπηρέτηση των απαιτούμενων προδιαγραφών εντός του συγκεκριμένου τμήματος της κυκλικής διαδρομής. Για παράδειγμα, ένας κοινός συνδυασμός είναι 2 λωρίδες κυκλοφορίας κατά μήκος της κύριας αρτηρίας (2 λωρίδες εισόδου-εξόδου), αλλά μόνο 1 λωρίδα επί της δευτερεύουσας οδού (1 λωρίδα εισόδου-εξόδου) (Εικόνα 5.6).



Εικόνα 5.6 Παράδειγμα K^3 με μεταβλητό πλάτος δακτυλίου ανά κατεύθυνση, λόγω διαφορετικού αριθμού λωρίδων εντός του δακτυλίου [41]

Σε δακτυλίους 2 λωρίδων όπου υπάρχει υψηλός φόρτος βαρέων οχημάτων, πρέπει να γίνεται έλεγχος του πλάτους μέσω λογισμικού, ώστε να εξασφαλίζεται η παράλληλη κίνηση του οχήματος σχεδιασμού με μικρό επιβατηγό όχημα. Στην περίμετρο του δακτυλίου προβλέπεται ελεύθερη ζώνη πλάτους 1 μέτρου (ασφαλτικό έρεισμα), ώστε να υπάρχει η δυνατότητα η κατακόρυφη προβολή του αμαξώματος του φορτηγού να βρίσκεται εκτός των οριογραμμών κυκλοφορίας κατά την κίνησή του.

Το πλάτος του δακτυλίου σε περιπτώσεις δακτυλίου 1 λωρίδας πρέπει να παρέχει εξυπηρέτηση σε λεωφορείο ενιαίου σώματος και μήκους 15 μέτρων ή σε μεγάλο

πυροσβεστικό όχημα. Τα μεγαλύτερα οχήματα μπορούν να κάνουν χρήση της υπερβατής ζώνης περίξ της κεντρικής νησίδας.

Ένα φαινόμενο προς αποφυγή είναι αυτό του ύβου καμήλας, το οποίο προκύπτει λόγω μη χρήσης του περιμετρικού τμήματος του δακτυλίου. Συγκεκριμένα εμφανίζεται όταν τα οχήματα που εκτελούν δεξιά στροφή με σκοπό την έξοδο στο αμέσως επόμενο σκέλος, δε χρησιμοποιούν το πλήρες πλάτος του δακτυλίου. Σε δακτυλίους 2 ή περισσότερων λωρίδων η αιτία εμφάνισης του φαινομένου είναι ο κακός σχεδιασμός, ενώ προκύπτει και υψηλός κίνδυνος για πλαγιομετωπικές συγκρούσεις, καθώς επικαλύπτονται οι τροχιές των οχημάτων που κινούνται παράλληλα. [20], [24]



Εικόνα 5.7 Φαινόμενο ύβου καμήλας σε δακτύλιο κυκλοφορίας [20]

5.4 Αριθμός λωρίδων δακτυλίου κυκλοφορίας και εισόδων/εξόδων

Οι K^3 δύο λωρίδων πρέπει να διαθέτουν τουλάχιστον μία πρόσβαση με δύο λωρίδες στην είσοδο ή την έξοδο. Ο αριθμός των λωρίδων μπορεί να ποικίλλει από πρόσβαση σε πρόσβαση, εφόσον διαμορφώνονται κατάλληλα μέσω οριζόντιας σήμανσης. Ομοίως, ο αριθμός των λωρίδων του δακτυλίου κυκλοφορίας μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τον αριθμό των λωρίδων εισόδου και εξόδου.

Η σημαντική αρχή είναι ότι ο σχεδιασμός πρέπει να εξασφαλίζει μία συνέχεια μεταξύ των λωρίδων εισόδου, των λωρίδων του δακτυλίου και των λωρίδων εξόδου, έτσι ώστε να μην απαιτούνται αλλαγές λωρίδας από τους οδηγούς. Ο οδηγός πρέπει να είναι σε θέση να επιλέξει την κατάλληλη λωρίδα ανάντη της εισόδου και να παραμείνει εντός αυτής κατά την κυκλική διαδρομή προς την επιθυμητή έξοδο χωρίς αλλαγές λωρίδας.

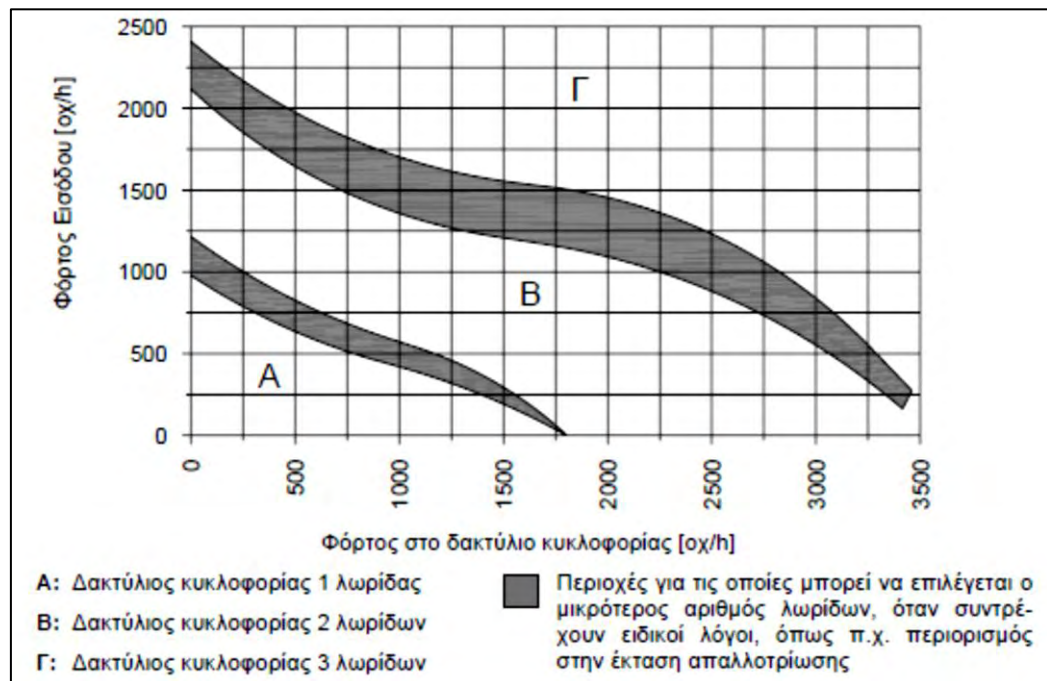
Ο αριθμός των λωρίδων του δακτυλίου πρέπει να είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος, βάσει της υφιστάμενης και της προβλεπόμενης μελλοντικής ζήτησης. Η παροχή

πρόσθετων λωρίδων που δεν προσφέρουν αυξημένη χωρητικότητα πρέπει να αποφεύγεται, καθώς μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της οδικής ασφάλειας λόγω μη ισορροπημένης λειτουργίας των λωρίδων. Αν προβλέπεται η ανάγκη πρόσθετων λωρίδων στο μέλλον, τότε συνίσταται ένας σχεδιασμός με πρόβλεψη υλοποίησης του έργου κατά φάσεις, ο οποίος θα καθιστά δυνατή μια μελλοντική επέκταση.

Για δακτύλιο 2 λωρίδων, σε συμβαλλόμενες στον κόμβο οδού 2 λωρίδων (μία ανά κατεύθυνση) κατηγορίας ΑΠ και ΒΙV ή ανώτερης, το οδόστρωμα εισόδου θα έχει 2 λωρίδες, ενώ στις εξόδους είτε 1 είτε 2 λωρίδες, αναλόγως του κυκλοφοριακού φόρτου και των στρεφουσών κινήσεων. Όταν λόγω υψηλού φόρτου, η έξοδος από το δακτύλιο προς οδό μίας λωρίδας ανά κατεύθυνση γίνεται με διαμόρφωση δύο λωρίδων εξόδου, η πρόσθετη λωρίδα συνεχίζει σε μήκος 175 μέτρων (120 μ. τουλάχιστον), προτού συμβάλλει στη μία μοναδική λωρίδα. Σ' αυτό το μήκος περιλαμβάνεται και taper 60 μέτρων (40 μ. το ελάχιστο).

Δακτύλιος 1 λωρίδας χρησιμοποιείται συνήθως σε κόμβους με συμβάλλουσες οδούς 2 λωρίδων, κατηγορίας κατώτερης των ΑΠ και ΒΙV.

Ο αριθμός των λωρίδων στο δακτύλιο μπορεί να προκύπτει αρχικά από το επόμενο διάγραμμα, βάσει του φόρτου της εισόδου και του δακτυλίου κυκλοφορίας. [20], [24]



Διάγραμμα 5.1 Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων δακτυλίου κυκλοφορίας [20]

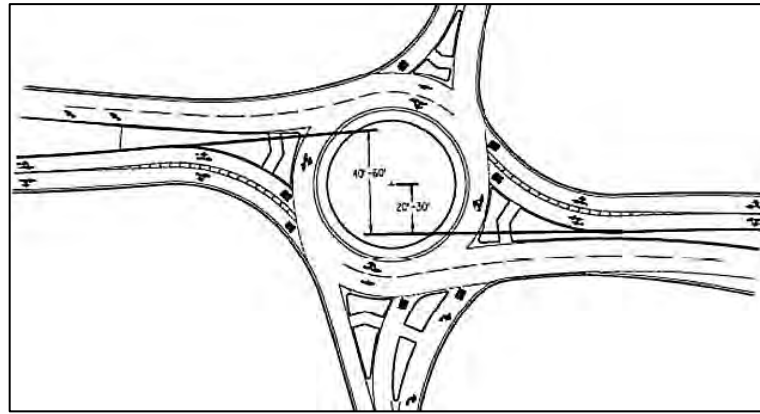
5.5 Διάταξη κλάδων πρόσβασης

Σημαντικό παράγοντα για τη σωστή λειτουργία του κόμβου, αφού επηρεάζει τη ρύθμιση της ταχύτητας, την εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού και την ορατότητα μεταξύ διαδοχικών κλάδων, αποτελεί η διάταξη των κλάδων πρόσβασης (σκελών του κόμβου). Η βέλτιστη διάταξη καθορίζεται γενικά από το μέγεθος και τη θέση του κυκλικού κόμβου σε σχέση με τις προσβάσεις του.

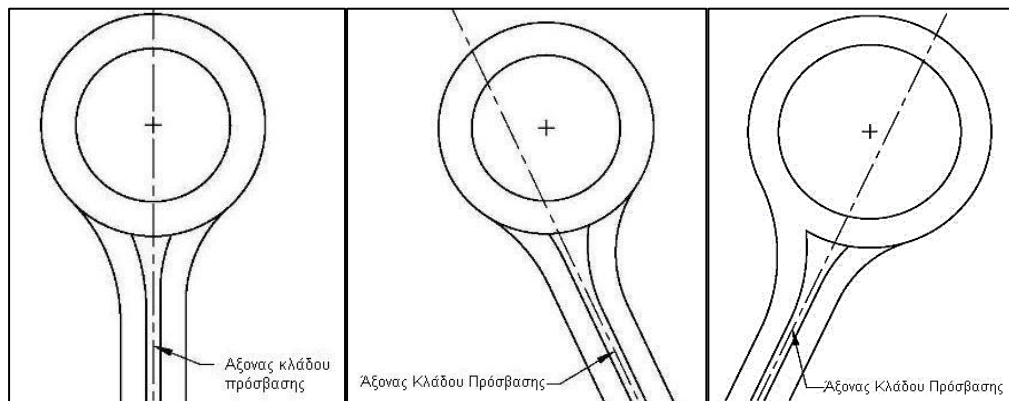
Στην τυπική περίπτωση, ο άξονας των οδών πρόσβασης στον κόμβο βρίσκεται σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου. Η διάταξη αυτή καθιστά την κεντρική νησίδα πιο εμφανή κατά την προσέγγιση στον κόμβο και ελαχιστοποιεί τις απαιτούμενες τροποποιήσεις του οδοστρώματος πριν από τη διασταύρωση, ενώ παράλληλα η καμπυλότητα που προκύπτει στις εξόδους αποτρέπει την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων από τους οδηγούς. Από την άλλη πλευρά, ίσως απαιτεί μεγαλύτερη διάμετρο ώστε να ρυθμιστεί με ικανοποιητικό τρόπο η ταχύτητα και επιπλέον η εφαρμογή της δεν είναι πάντα δυνατή, αναλόγως της υφιστάμενης χάραξης των οδών που προϋπάρχουν. Η εξέταση εναλλακτικών λύσεων θα γίνεται μόνο αν για συγκεκριμένους λόγους η διάταξη αυτή δεν είναι η προτιμότερη.

Μία άλλη συχνά αποδεκτή εναλλακτική λύση είναι η μετατόπιση του άξονα της οδού πρόσβασης προς τα αριστερά από το κέντρο του κόμβου (Εικόνα 5.8). Αυτή η διάταξη αυξάνει την εκτροπή που διαμορφώνεται στην είσοδο για τη βελτίωση της ρύθμισης της ταχύτητας και απαιτεί συνήθως μικρότερη διάμετρο κύκλου, γεγονός που ευνοεί την κίνηση των βαρέων οχημάτων και μειώνει την ανάγκη απαλλοτριώσεων αριστερά της οδού. Παρόλα αυτά, οι μεγάλες ακτίνες εξόδου προκαλούν ανεπαρκή έλεγχο της ταχύτητας κατά την έξοδο, κάτι που μπορεί να φέρει σε κίνδυνο τους πεζούς που επιθυμούν να διασχίσουν την οδό κατάντη του κόμβου. Ακόμη, η πιθανώς μειωμένη ανάγκη απαλλοτριώσεων αριστερά της οδού μπορεί να αντισταθμίζεται από αυξημένη ανάγκη απαλλοτριώσεων δεξιά της.

Όσον αφορά τη διάταξη με μετατόπιση του άξονα του κλάδου πρόσβασης προς τα δεξιά από το κέντρο του κόμβου, αυτή κατά κανόνα δεν επιτυγχάνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, κυρίως λόγω της έλλειψης εκτροπής της πορείας των οχημάτων στην είσοδο, που οδηγεί σε αδυναμία ρύθμισης της ταχύτητας και πιθανώς σε αυξημένο αριθμό συγκρούσεων μεταξύ των εισερχόμενων και των κινούμενων στο δακτύλιο οχημάτων. Στο κομμάτι των απαλλοτριώσεων, τα αποτελέσματά της είναι τα ακριβώς αντίθετα από την προηγούμενη διάταξη, ενώ ένα θετικό στοιχείο είναι ότι βελτιώνει την ορατότητα μεταξύ διαδοχικών κλάδων κατά την είσοδο. Η εφαρμογή μιας τέτοιας διάταξης σε έναν σχεδιασμό δεν πρέπει να θεωρείται ως τρομακτικό ελάττωμα εάν μπορούν να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ταχύτητας και σχεδιασμού γενικότερα. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγαλύτερες διαμέτρους κύκλου με ταυτόχρονη διατήρηση ικανοποιητικού ελέγχου της ταχύτητας. [20], [24]



Εικόνα 5.8 Μετατόπιση του άξονα του κλάδου πρόσβασης προς τα αριστερά από το κέντρο του κόμβου [24]



Εικόνα 5.9 Άξονας οδού πρόσβασης σε σχέση με το κέντρο του κόμβου (σε ευθεία-προς τα αριστερά-προς τα δεξιά) [20]

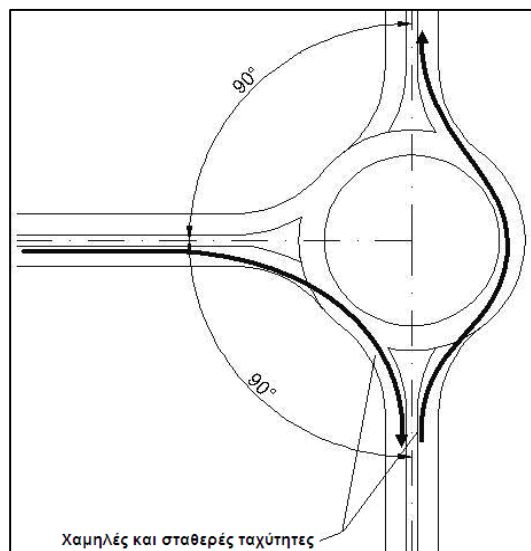
5.6 Γωνίες μεταξύ των σκελών του κόμβου

Η διατάξεις K^3 μειώνουν τις εμπλοκές σε κατάσταση σύγκρουσης και την επικινδυνότητά τους και διευκολύνουν τη ροή των οχημάτων. Η γωνία όμως που σχηματίζουν μεταξύ τους οι κλάδοι πρόσβασης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και πρέπει να ελέγχεται κατά το σχεδιασμό.

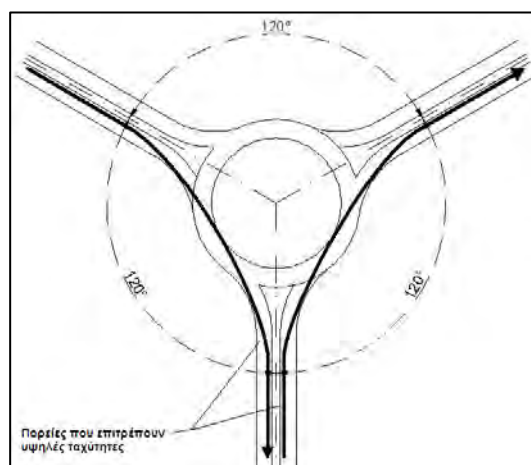
Γωνίες πολύ μεγαλύτερες από 90° οδηγούν σε υψηλότερες ταχύτητες κίνησης και επιτρέπουν στους οδηγούς να αναζητούν πιο σύντομη διαδρομή επί του δακτυλίου, διασχίζοντας λωρίδες που δεν αντιστοιχούν στη σωστή πορεία εξόδου τους από τον κόμβο. Από την άλλη, γωνίες πολύ μικρότερες από 90° δυσκολεύουν την κίνηση των βαρέων οχημάτων.

Επομένως, η γωνία μεταξύ διαδοχικών κλάδων πρέπει να είναι κατά το δυνατόν περίπου 90° . Για να ρυθμιστεί η ταχύτητα σε κόμβους με γωνίες πολύ μεγαλύτερες από 90° , απαιτούνται μεγαλύτερες διαμέτροι κύκλου.

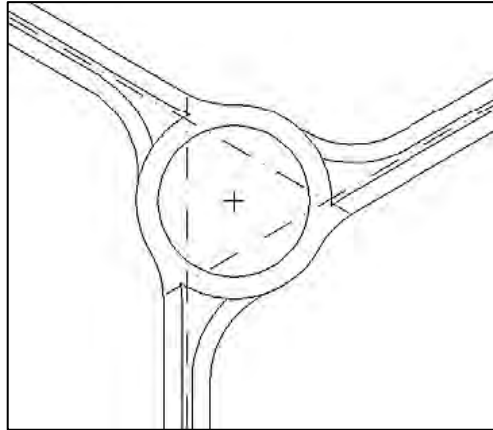
Σε κόμβους με 3 σκέλη προτιμάται η διάταξη «Τ» (συμβολή με γωνία 90°) από τη διάταξη «Υ», γιατί η «Υ» επιτρέπει μεγαλύτερες ταχύτητες από τις επιθυμητές. Έτσι ενδεχομένως να απαιτηθούν τροποποιήσεις, όπως αλλαγή της διαμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας, μείωση του πλάτους και των ακτινών καμπής των κλάδων πρόσβασης κατά την είσοδο στον κόμβο και μετατόπιση του άξονα των σκελών πρόσβασης προς τα αριστερά από το κέντρο του κόμβου (Εικόνα 5.12). [20], [24]



Εικόνα 5.10 Τυπική διαμόρφωση 3-σκελή κόμβου μορφής «Τ» [20]



Εικόνα 5.11 Τυπική διαμόρφωση 3-σκελή κόμβου μορφής «Υ» [20]

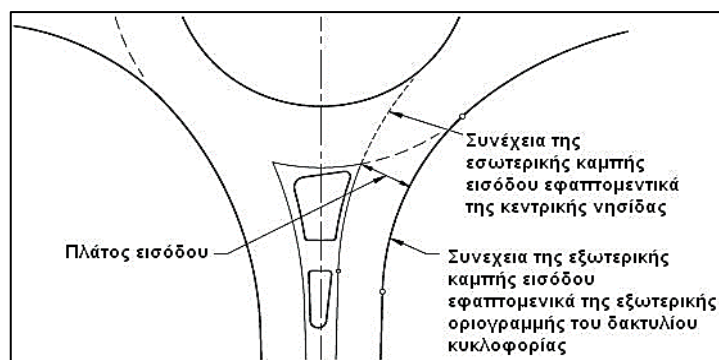


Εικόνα 5.12 Μετατόπιση του άξονα των σκελών πρόσβασης κόμβου μορφής «Υ» προς τα αριστερά από το κέντρο του κόμβου [20]

5.7 Είσοδοι

Η είσοδος στο δακτύλιο κυκλοφορίας πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο που να επιτρέπει την ομαλή μετάβαση των οχημάτων και με κατάλληλη γεωμετρική διαμόρφωση που να εξασφαλίζει τη ρύθμιση της ταχύτητας εισόδου.

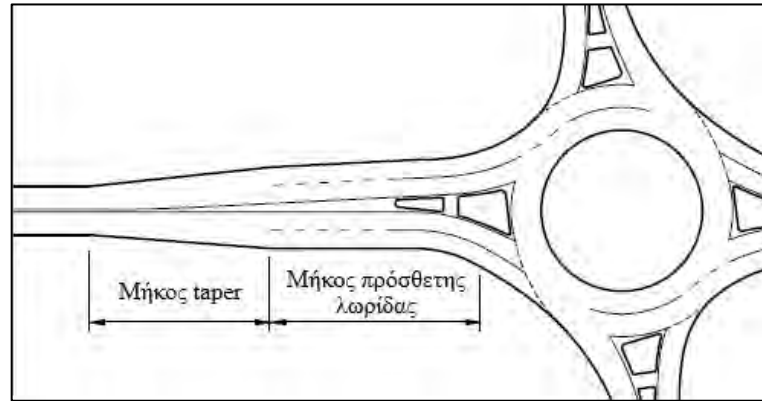
Το πλάτος εισόδου, όταν ο κλάδος πρόσβασης διαθέτει μία λωρίδα εισόδου, πρέπει να κυμαίνεται από 4 έως 5 μ. (τυπική διάσταση 4,6 μ.). Επειδή οι οδηγοί έχουν την τάση να σχηματίζουν παράλληλους στοίχους, πολύ πλατύτερες λωρίδες πρέπει να αποφεύγονται.



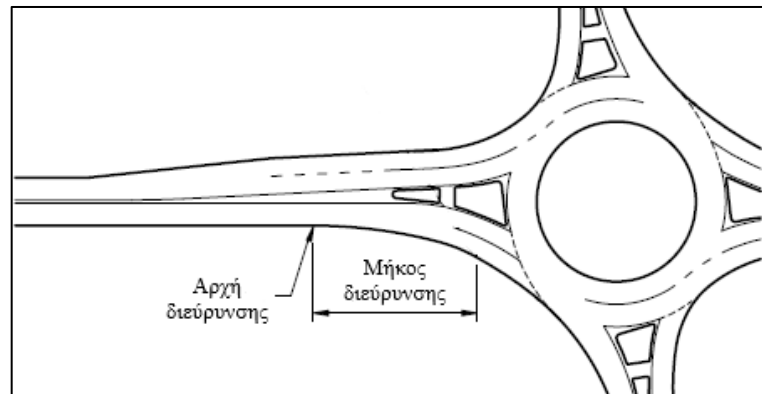
Εικόνα 5.13 Τυπική μορφή εισόδου [20]

Για περιπτώσεις όπου απαιτείται πρόσθετη χωρητικότητα εισόδου, υπάρχουν γενικά δύο επιλογές:

- Προσθήκη πλήρους λωρίδας ανάντη του K^3 και διατήρηση παράλληλων λωρίδων μέσω της γεωμετρίας εισόδου.
- Διεύρυνση της πρόσβασης σταδιακά (flaring) μέσω της γεωμετρίας εισόδου.



Εικόνα 5.14 Αύξηση χωρητικότητας εισόδου με προσθήκη λωρίδας [24]



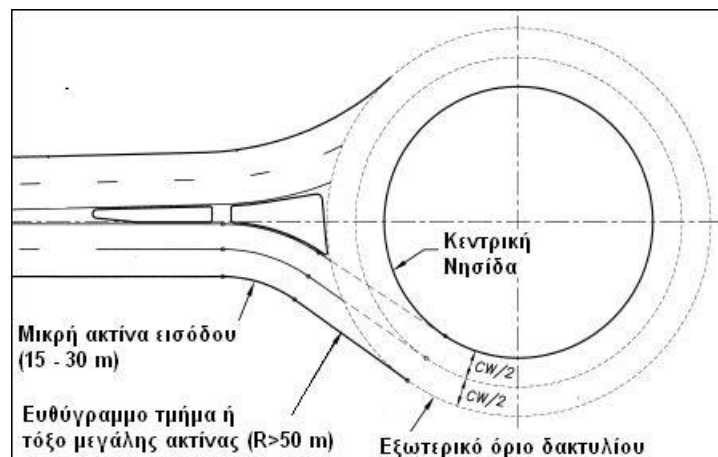
Εικόνα 5.15 Αύξηση χωρητικότητας εισόδου με διεύρυνση της πρόσβασης [24]

Η ακτίνα καμπής εισόδου είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας για τη λειτουργία ενός K^3 , επειδή επηρεάζει τόσο τη χωρητικότητα όσο και την ασφάλεια του κόμβου. Η ακτίνα καμπής εισόδου, σε συνδυασμό με το πλάτος εισόδου, το πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας και τη γεωμετρία της κεντρικής νησίδας, ρυθμίζουν το μέγεθος της εκτροπής στην πορεία εισόδου των οχημάτων.

Σε K^3 με είσοδο 1 λωρίδας, οι καμπές μίας ενιαίας ακτίνας θεωρούνται ικανοποιητικές, ενώ σε κόμβους με είσοδο 2 λωρίδων μπορεί να απαιτούνται καμπές συνδυασμού ακτινών. Σε αστικούς K^3 μίας λωρίδας οι ακτίνες εισόδου πρέπει να είναι μεταξύ 15 και 30 μ.

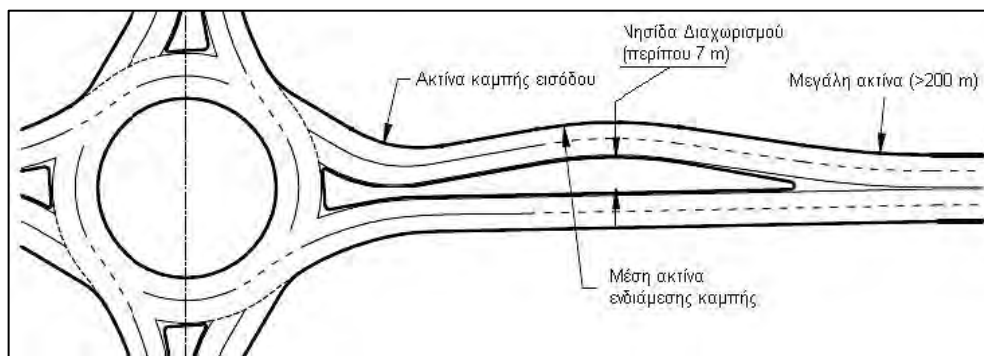
Γενικά πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η αλληλουχία των καμπών εισόδου μέχρι την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας δε θα οδηγεί σε διαφορές ταχυτήτων από τμήμα σε τμήμα μεγαλύτερες από 20 χλμ./ώρα. Διαφορετικά, χρειάζονται ειδικές γεωμετρικές επεμβάσεις προκειμένου να ρυθμιστεί η ταχύτητα.

Σε K^3 με εισόδους δύο ή περισσότερων λωρίδων, προκειμένου να καθοδηγηθούν κατάλληλα τα οχήματα στη σωστή λωρίδα του δακτυλίου, μπορεί να εφαρμοστεί ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο μεγάλης ακτίνας για τη συναρμογή ανάμεσα στα τόξα της εισόδου και του δακτυλίου.



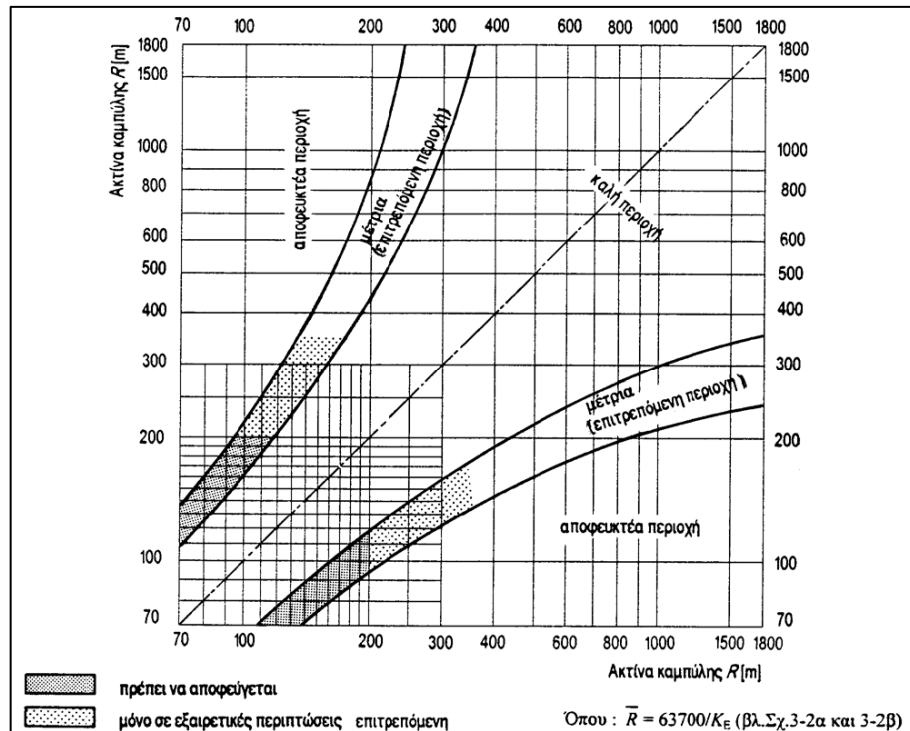
Εικόνα 5.16 Ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο μεγάλης ακτίνας μεταξύ εισόδου και δακτυλίου [20]

Όταν οι κόμβοι βρίσκονται σε οδούς που αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες ($V \geq 70$ χλμ./ώρα), συνίσταται να σχεδιάζεται η χάραξη με θλάση προς την αριστερή πλευρά της κίνησης, ώστε να ρυθμίζεται η ταχύτητα των οχημάτων πριν από την είσοδο στο δακτύλιο.



Εικόνα 5.17 Διαμόρφωση θλάσης κλάδου εισόδου για μείωση της ταχύτητας [20]

Η επιτρεπόμενη αλληλουχία ακτινών των καμπών του κλάδου πρόσβασης, εφόσον πρόκειται για περιοχές υψηλών ταχυτήτων, καθορίζεται από το αντίστοιχο διάγραμμα των ΟΜΟΕ-Χ που ακολουθεί.



Διάγραμμα 5.2 Σχέση διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων για οδούς της ομάδας Α και της κατηγορίας Β Ι και Β ΙΙ (Επιθυμητή για τις κατηγορίες Β ΙΙΙ και Β ΙV) [42]

Στις κατηγορίες οδών Α Ι έως Α ΙV και Β Ι και Β ΙΙ η αλληλουχία των ακτινών πρέπει να βρίσκεται στην καλή περιοχή. Στις κατηγορίες οδών Β ΙΙΙ και Β ΙV η αλληλουχία των ακτινών μπορεί να βρίσκεται και στη μέτρια περιοχή.

Όταν κατά το σχεδιασμό εμφανίζεται το φαινόμενο της εμπλοκής των τροχιών μεγάλων φορτηγών κατά την είσοδο, πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλου μεγέθους ακτίνες, π.χ. $R \geq 30$ μ. Πρέπει όμως παράλληλα, το μέγεθος της ακτίνας να μην επιτρέπει στα οχήματα την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων κατά την είσοδο στο δακτύλιο. Μία καλή μέθοδος αντιμετώπισης είναι η διαμόρφωση διαχωριστικής νησίδας με διαγράμμιση του οδοστρώματος μεταξύ των δύο λωρίδων εισόδου, ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος για τη διέλευση των φορτηγών, χωρίς να εμπλέκονται οι τροχιές τους με άλλα οχήματα. [20], [24], [42]



Εικόνα 5.18 Παράδειγμα διαμόρφωσης διαχωριστικής νησίδας με διαγράμμιση του οδοστρώματος, για διέλευση μεγάλων φορτηγών [24]

Τέλος, οι συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού ανά κατηγορία K^3 αναφέρονται στον επόμενο πίνακα.

#	Κατηγορία K^3	Ταχύτητα [km/h]
1	Κομβίδιο	25 – 30
2	Αστικός Συνεπτυγμένος	25 – 30
3	Αστικός 1 Λωρίδας	30 – 40
4	Υπεραστικός 1 Λωρίδας	40 – 50
5	Αστικός 2 Λωρίδων	40 – 50
6	Υπεραστικός 2 Λωρίδων	50

Πίνακας 5.4 Συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού βάσει της κατηγορίας του K^3 [20]

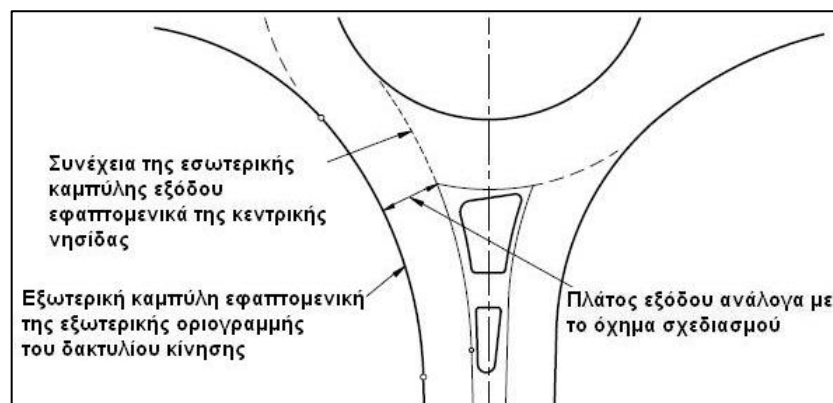
5.8 Έξοδοι

Αντίθετα με τις εισόδους, όπου η γεωμετρία πρέπει να διασφαλίζει χαμηλή ταχύτητα, οι ακτίνες στις θέσεις εξόδου από το δακτύλιο συνήθως είναι μεγαλύτερες. Αυτό συμβαίνει για να μειωθεί η πιθανότητα συμφόρησης και συγκρούσεων στις εξόδους. Πρέπει να προσφέρεται στον οδηγό ομαλή μετάβαση από το δακτύλιο κυκλοφορίας στον κλάδο εξόδου, ενώ ο σχεδιασμός των εξόδων επηρεάζεται από το περιβάλλον σχεδιασμού (αστικό ή υπεραστικό), την παρουσία πεζών, το όχημα σχεδιασμού και τους φυσικούς περιορισμούς.

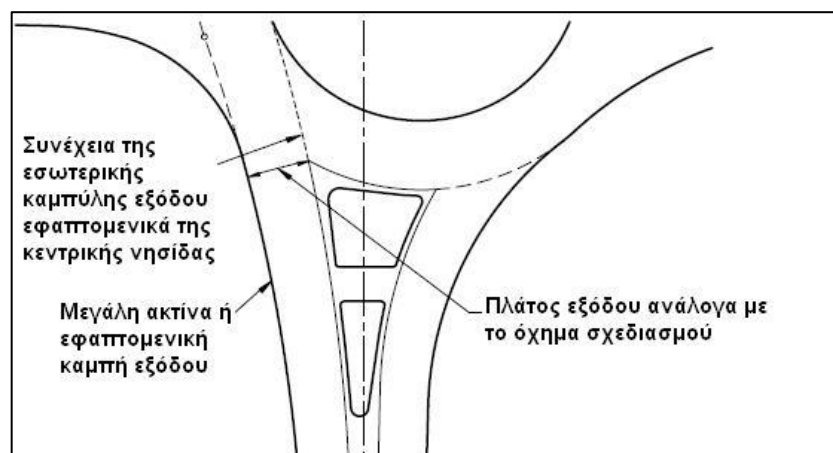
Κατά το σχεδιασμό K^3 σε αστικό περιβάλλον, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απόσταση ορατότητας στάσης για τους οδηγούς, ενώ για τους πεζούς ο χρόνος που χρειάζονται να αποφασίσουν και να διασχίσουν το οδόστρωμα, ερμηνεύοντας τον τρόπο με τον οποίο θα κινηθεί το όχημα εντός του δακτυλίου και εκτιμώντας το χρόνο που χρειάζονται ώστε να καταφέρουν να διασχίσουν τον κλάδο εξόδου.

Χαμηλές ταχύτητες εξόδου των οχημάτων δίνουν τη δυνατότητα τόσο στους οδηγούς να αντιληφθούν την παρουσία πεζών στην πεζοδιάβαση, με αποτέλεσμα να μην επιταχύνουν, όσο και στους πεζούς να αντιληφθούν την κίνηση που προτίθενται να εκτελέσουν οι οδηγοί.

Οι γενικές αρχές σχεδιασμού για δύο διατάξεις του κλάδου εξόδου, σε σχέση με το κέντρο του κόμβου, φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.

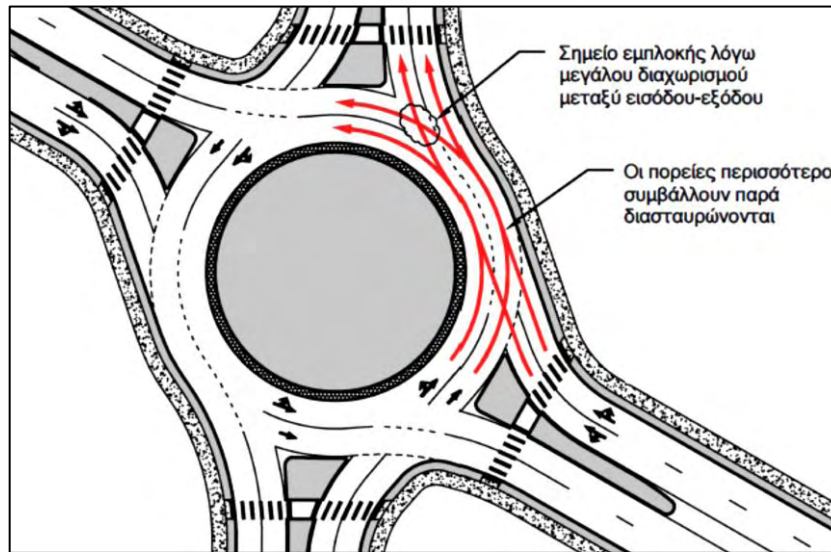


Εικόνα 5.19 Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου [20]



Εικόνα 5.20 Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο αριστερά από το κέντρο του κόμβου [20]

Προβλήματα μπορεί επίσης να προκύψουν, στην περίπτωση K^3 πολλαπλών λωρίδων, όταν ο σχεδιασμός επιτρέπει τον πολύ μεγάλο διαχωρισμό μεταξύ των εισόδων και των αμέσως επόμενων εξόδων. Οι μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των σκελών προκαλούν την είσοδο οχημάτων δίπλα στα κινούμενα επί του δακτυλίου οχήματα, τα οποία όμως μπορεί να σκοπεύουν για παράδειγμα να βγουν στο επόμενο σκέλος. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει εμπλοκές στα σημεία εξόδου, μεταξύ των εξερχόμενων και των κινούμενων στο δακτύλιο οχημάτων. [20], [24]

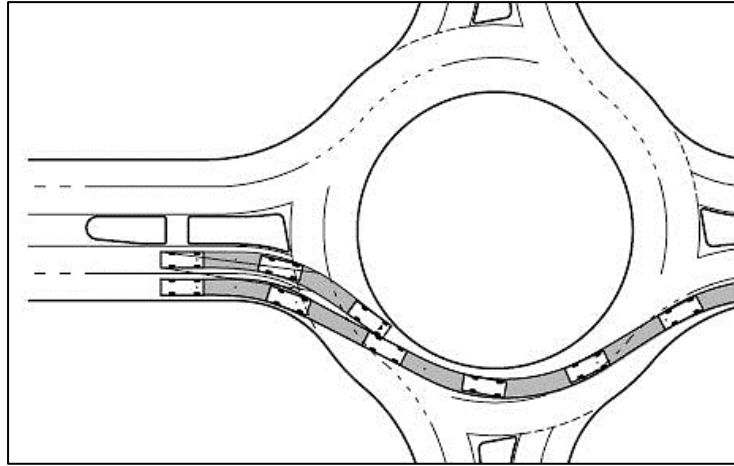


Εικόνα 5.21 Σημείο εμπλοκής λόγω μεγάλου διαχωρισμού μεταξύ των σκελών [24]

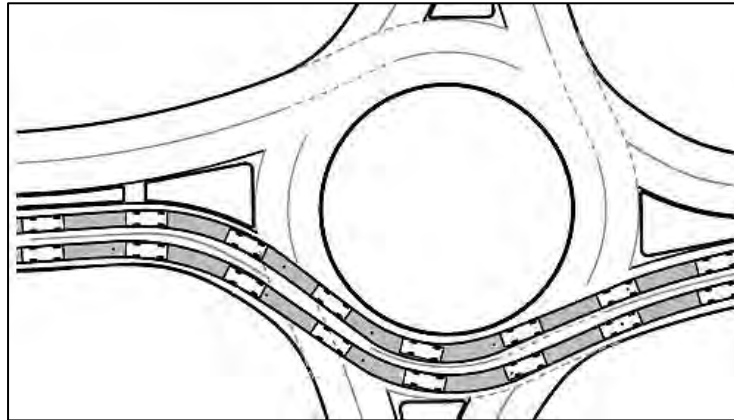
5.9 Έλεγχος Πορείας Οχημάτων

Οι διατάξεις της εισόδου, της εξόδου και των λωρίδων κυκλοφορίας καθορίζουν αν θα οδηγηθούν τα οχήματα στις σωστές πορείες. Η επικάλυψη της πορείας των οχημάτων είναι ένας τύπος εμπλοκής που συμβαίνει όταν οι φυσικές διαδρομές γειτονικών λωρίδων διασταυρώνονται. Εμφανίζεται συνήθως στις εισόδους, όπου η γεωμετρία της δεξιάς λωρίδας τείνει να οδηγήσει τα οχήματα στην αριστερή λωρίδα.

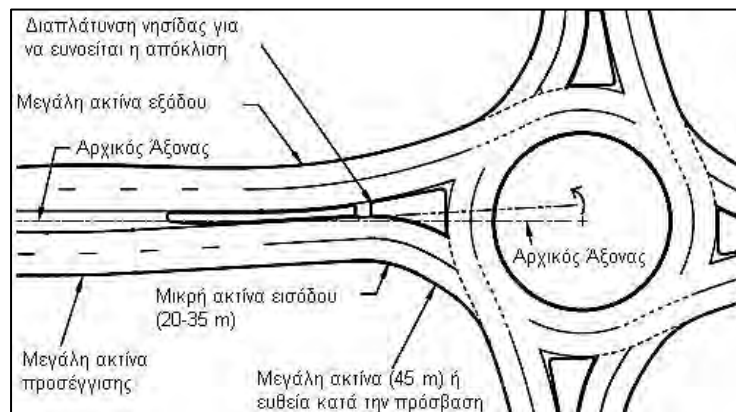
Ωστόσο μπορεί επίσης να συμβεί και σε εξόδους, όπου η γεωμετρία τείνει να οδηγήσει τα οχήματα από την αριστερή λωρίδα στη δεξιά. Το επιθυμητό είναι να μην υπάρχει επικάλυψη πορειών, ούτε κατά την παράλληλη κίνηση οχημάτων που έχουν ίδια προέλευση και ίδιο προορισμό, ούτε κατά τη διασταύρωση οχημάτων που πραγματοποιούν διαφορετικές πορείες. Εάν αυτό δε συμβαίνει, απαιτούνται τρόποι βελτίωσης της γεωμετρίας με στόχο τη σωστή καθοδήγηση στις πορείες των οχημάτων (Εικόνα 5.23, Εικόνα 5.24). [20], [24]



Εικόνα 5.22 Επικάλυψη πορειών οχημάτων λόγω προβληματικής διάταξης [20]



Εικόνα 5.23 Βελτιωμένη διάταξη και παράλληλη πορεία οχημάτων [20]



Εικόνα 5.24 Εκκεντρότητα και σύνθετα τόξα ρύθμισης πορείας οχημάτων [20]

5.10 Διαμόρφωση Αποκλειστικών Λωρίδων Δεξιάς Στροφής

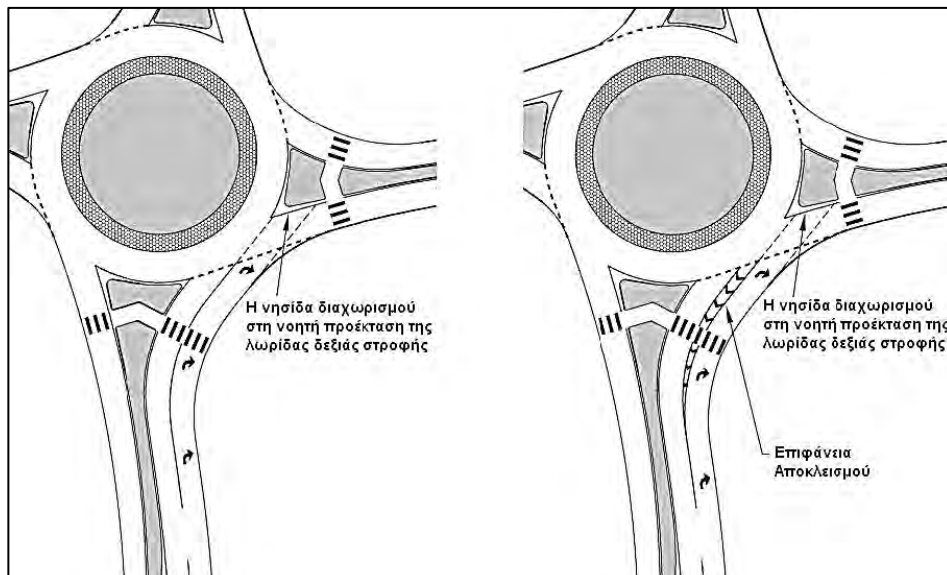
Οι αποκλειστικές λωρίδες δεξιάς στροφής (παρακαμπτήριοι κλάδοι) εφαρμόζονται όταν παρουσιάζεται υψηλός φόρτος δεξιά στρεφόντων οχημάτων από μία είσοδο προς την αμέσως επόμενη έξοδο, με σημαντικό ποσοστό ($\geq 10\%$) μεγάλων φορτηγών οχημάτων, αλλά και ζητήματα ασφαλείας για πεζούς και ποδηλάτες. Ακόμη, η εφαρμογή παρακαμπτηρίου κλάδου δεξιάς στροφής σε K^3 1 λωρίδας μπορεί να μεταθέσει την ανάγκη διαμόρφωσης δακτυλίου 2 λωρίδων για το μέλλον ή και να την απαλείψει, αναλόγως του πώς θα εξελιχθεί η ζήτηση.

Παρακαμπτήριοι κλάδοι είναι επίσης απαραίτητοι σε κόμβους με περισσότερα από 5 σκέλη, καθώς και όπου λόγω περιορισμών ο δακτύλιος κυκλοφορίας έχει μικρή ακτίνα. Εκεί, η είσοδος με την έξοδο βρίσκονται τόσο κοντά, ώστε τα βαρέα φορτηγά δε μπορούν να εκτελέσουν άμεση στροφή από την πρώτη στη δεύτερη μέσω του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Οι αποκλειστικές λωρίδες δεξιάς στροφής μπορεί να έχουν τις ακόλουθες μορφές:

Προσθήκη παράλληλης λωρίδας δεξιάς στροφής μέχρι την περίμετρο του δακτυλίου

Αυτή η διαμόρφωση πραγματοποιείται με τη δημιουργία δύο λωρίδων πριν από την είσοδο στο δακτύλιο, όμως η συνέχεια της δεξιάς διακόπτεται στη γραμμή εισόδου και στην νοητή προέκτασή της είναι η νησίδα διαχωρισμού.

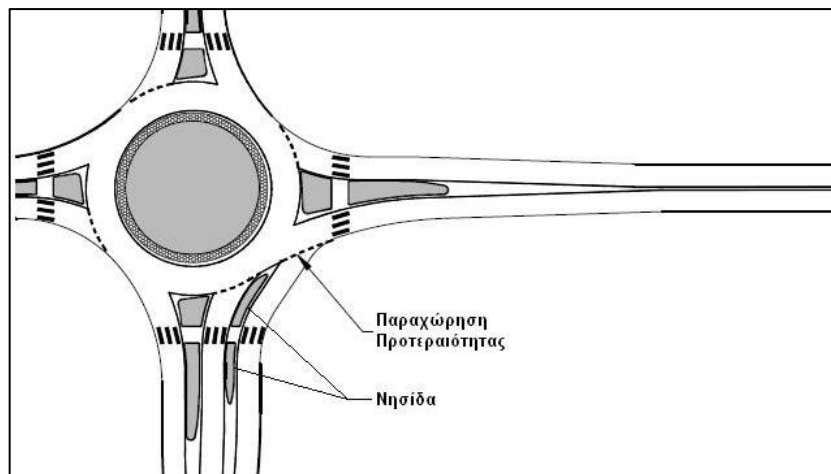


Εικόνα 5.25 Παράλληλη λωρίδα δεξιάς στροφής που σταματά στην περίμετρο του δακτυλίου κίνησης, χωρίς επιφάνεια αποκλεισμού και με επιφάνεια αποκλεισμού [20]

Περιορίζει στο ελάχιστο τον επιπλέον χώρο που απαιτείται σε σχέση με τον τυπικό K^3 μίας λωρίδας, ενώ η νησίδα διαχωρισμού στη νοητή προέκταση επισημαίνει ότι η πρόσθετη λωρίδα στην είσοδο είναι αποκλειστικά για δεξιά στροφή. Για να διοχετευτεί σωστά η κυκλοφορία και να αποφευχθεί χρήση της λωρίδας με σκοπό την ευθεία κίνηση, μπορεί να σχεδιαστεί επιφάνεια αποκλεισμού.

Χρήση υπερυψωμένης νησίδας για το διαχωρισμό της λωρίδας δεξιάς στροφής

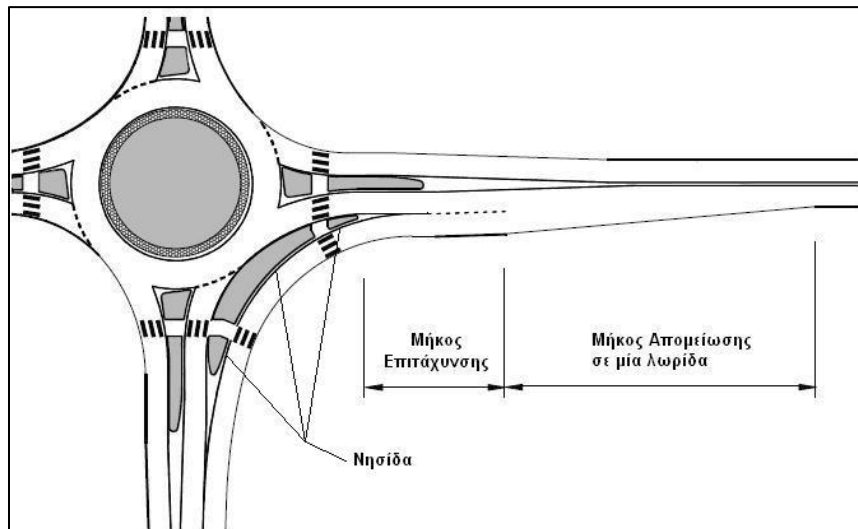
Εδώ, στη θέση της διαγραμμισμένης επιφάνειας αποκλεισμού της προηγούμενης διάταξης, κατασκευάζεται μη υπερβατή νησίδα που επιτυγχάνει το δομικό διαχωρισμό των πορειών των οχημάτων, κατ' ελάχιστον 10-15 μ. πριν τη γραμμή εισόδου στο δακτύλιο.



Εικόνα 5.26 Χρήση νησίδας διαχωρισμού στη λωρίδα δεξιάς στροφής [20]

Χρήση παρακαμπτήριου κλάδου άμεσης δεξιάς στροφής

Αποτελεί παραλλαγή της προηγούμενης διάταξης. Εδώ έχουμε πλήρη διαχωρισμό της δεξιάς στροφής επεκτείνοντας τη διαχωριστική νησίδα, ενώ εάν ο κλάδος εξόδου έχει μία λωρίδα προστίθεται λωρίδα επιτάχυνσης. Διευκολύνονται έτσι τόσο η κίνηση των βαρέων οχημάτων που στρίβουν δεξιά όσο και η συγχώνευση των οχημάτων με το κυρίως ρεύμα κυκλοφορίας. Μπορεί η εφαρμογή της να απαιτεί μεγαλύτερη έκταση και μεγαλύτερο κόστος, βελτιώνει όμως σε μεγάλο βαθμό την οδική ασφάλεια. [20]



*Το συνολικό μήκος επιτάχυνσης και απομείωσης του πλάτους της λωρίδας (taper) ορίζεται ανάλογα με τους αναμενόμενους φόρτους από 120 έως 175 m, με αντίστοιχο μήκος taper από 40 έως 60 m.

Εικόνα 5.27 Παρακαμπτήριος κλάδος δεξιάς στροφής, με λωρίδα επιτάχυνσης [20]

5.11 Κράσπεδα

Τα κράσπεδα κατασκευάζονται ως υπερβατά, μη υπερβατά, ή καθόλου, ανάλογα με τη θέση τους (κεντρική νησίδα, νησίδες διαχωρισμού, εξωτερική περίμετρος δακτυλίου) και με βάση την περιοχή του κόμβου (αστική, υπεραστική).

Σε αστικές περιοχές, στην εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου, τα κράσπεδα συνδυάζονται με την κατασκευή ρείθρου στο οποίο συγκεντρώνεται η απορροή από το οδόστρωμα του δακτυλίου. Το πλάτος του ρείθρου δεν επιτρέπεται να βρίσκεται μέσα στο πλάτος του δακτυλίου, ενώ το βάθος της ροής που αναπτύσσεται δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10 εκ. Το ρείθρο διαμορφώνεται με εγκάρσια κλίση 8% προς το κράσπεδο, με πλάτος τουλάχιστον 25 ή 50 εκ., σε δακτύλιο μίας ή δύο λωρίδων αντίστοιχα. [20]

5.12 Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας

Η υπερβατή ζώνη διαμορφώνεται με εγκάρσια κλίση το πολύ 2%, ώστε να διευκολύνονται τα βαρέα οχήματα και μην κινδυνεύουν τα φορτία των φορτηγών. Για να αποθαρρύνεται η χρήση της από επιβατηγά οχήματα, το εξωτερικό άκρο της ανυψώνεται περίπου 50 έως 75 χιλ. πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος του δακτυλίου. Δημιουργείται δηλαδή μεταξύ της υπερβατής ζώνης και της επιφάνειας κυκλοφορίας του δακτυλίου μεταβατικό (υπερβατό) κράσπεδο. Αυτό πρέπει να

προσφέρει μία ομαλή μετάβαση από το οδόστρωμα στην υπερβατή ζώνη, ώστε να αποτρέπεται η φθορά των ελαστικών των οχημάτων

Η επίστρωση της επιφάνειάς της γίνεται με υλικά χρωματικά αντίθετα από το οδόστρωμα, όπως με κυβόλιθους κοκκινόχρωμους ή με κυβόλιθους ενός ανοιχτού και ενός σκούρου χρώματος (κόκκινου ή μαύρου), σχηματίζοντας βέλη τα οποία επισημαίνουν την κατεύθυνση κυκλοφορίας. [20], [24]



Εικόνα 5.28 Ειδική επίστρωση υπερβατής ζώνης με σχηματισμό βελών [24]

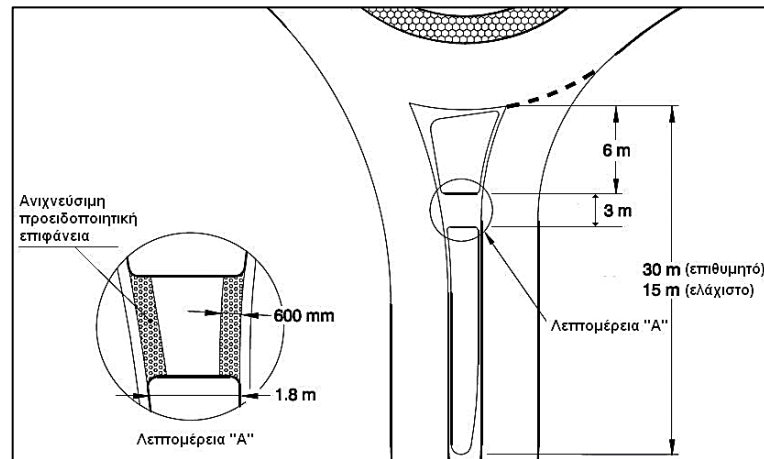


Εικόνα 5.29 Τυπική διατομή μεταβατικού (υπερβατού) κρασπέδου [20]

5.13 Νησίδια διαχωρισμού

Η νησίδια διαχωρισμού πρέπει να έχει συνολικό μήκος τουλάχιστον 15 μ., αν και το επιθυμητό είναι 30 μ., ώστε να παρέχει επαρκή προστασία για τους πεζούς και να προειδοποιεί τους οδηγούς για τη γεωμετρία του κόμβου. Σε περιοχές υψηλών ταχυτήτων πρέπει να εξετάζεται αν μπορεί να κατασκευαστεί νησίδια μήκους 45 μ. ή παραπάνω, παράλληλα με καμπυλοειδή διαμόρφωση του οδοστρώματος του κλάδου προσέγγισης (βλ. Εικόνα 5.17).

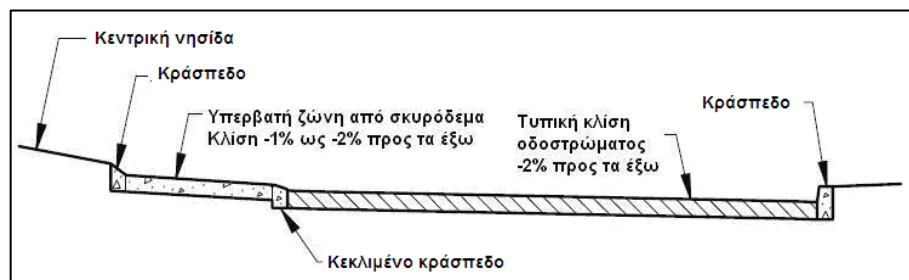
Όσον αφορά τις πεζοδιαβάσεις, προτείνεται αυτές να περνούν εγκάρσια της νησίδας διαχωρισμού, ενώ για τη χωροθέτησή τους η νησίδα διακόπτεται σε απόσταση τουλάχιστον 6 μ. από την εξωτερική οριογραμμή του δακτυλίου κυκλοφορίας. Το ελάχιστο πλάτος της νησίδας στην περιοχή που διακόπτεται για την πεζοδιάβαση πρέπει να είναι 1,8 μ. για την παροχή κατάλληλου καταφυγίου για πεζούς, ΑμΕΑ, κλπ. [20], [24]



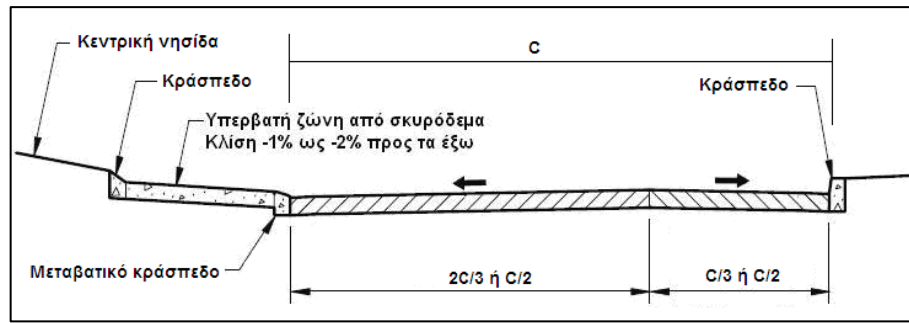
Εικόνα 5.30 Χαρακτηριστικά σχεδιασμού νησίδας και διακοπή πεζοδιάβασης [20]

5.14 Οδόστρωμα

Σε κόμβους με δακτύλιο κυκλοφορίας μίας λωρίδας το οδόστρωμα είναι συνήθως μονοκλινές, με κλίση 2 έως 2,5% προς την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου. Για δακτυλίους δύο ή περισσότερων λωρίδων κατασκευάζεται πάντα δικλινές οδόστρωμα, με σημείο αλλαγής της επίκλισης στα 2/3 ή το 1/2 του πλάτους του δακτυλίου, από την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου.



Εικόνα 5.31 Μονοκλινές οδόστρωμα, με υπερβατή ζώνη στην κεντρική νησίδα [20]



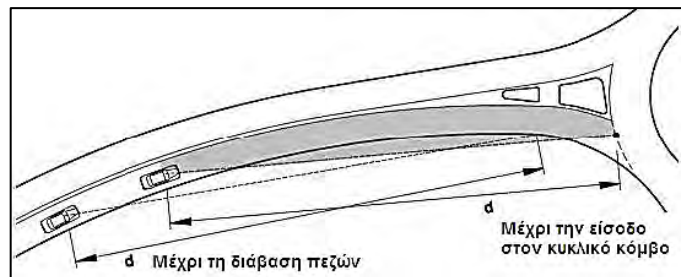
Εικόνα 5.32 Δικλινές οδόστρωμα, με υπερβατή ζώνη στην κεντρική νησίδα (σε δακτύλιο με 2 ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας) [20]

Τα φρεάτια υδροσυλλογής τοποθετούνται στην εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου του κόμβου, ανάντη των πεζοδιαβάσεων. Σε περίπτωση απορροής προς την κεντρική νησίδα, τα φρεάτια που τοποθετούνται στην εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου, πρέπει να συνδέονται με το σύστημα απορροής της περιφέρειας, ώστε η ροή να οδηγείται προς την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου. [20]

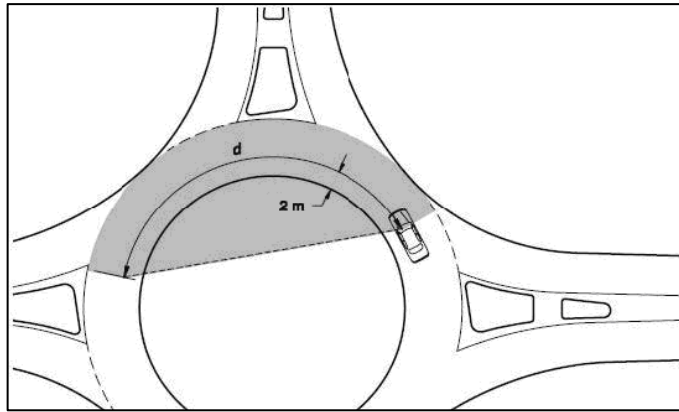
5.15 Ορατότητα

Για να παρέχεται η δυνατότητα στους οδηγούς να αναγνωρίσουν τη διάταξη που ακολουθεί στην πορεία τους, να εκτιμήσουν πιθανές αιτίες στάσης, να αποφασίσουν τον κατάλληλο τρόπο χειρισμού και να πράξουν την απόφασή τους, πρέπει να παρέχεται επαρκής απόσταση ορατότητας για στάση καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης προς, εντός και από τον K^3 .

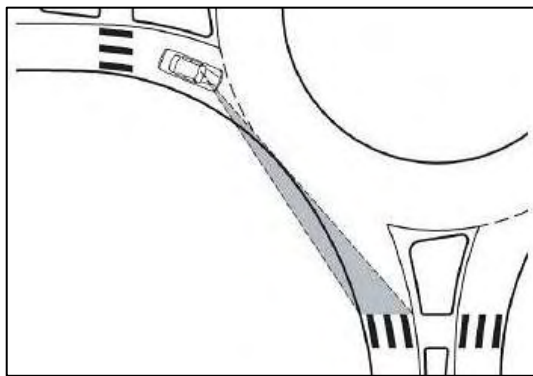
Στους K^3 πρέπει να εξασφαλίζονται ελάχιστες αποστάσεις ορατότητας για στάση, τόσο κατά την προσέγγιση στον κόμβο (Εικόνα 5.33), όσο και κατά την εκτέλεση της κυκλικής πορείας στο δακτύλιο (Εικόνα 5.34) και κατά την προσέγγιση στη διάβαση πεζών στις εξόδους (Εικόνα 5.35).



Εικόνα 5.33 Μήκη ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον K^3 [20]



Εικόνα 5.34 Μήκος ορατότητας για στάση στο δακτύλιο κυκλοφορίας [20]



Εικόνα 5.35 Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών στην έξοδο [20]

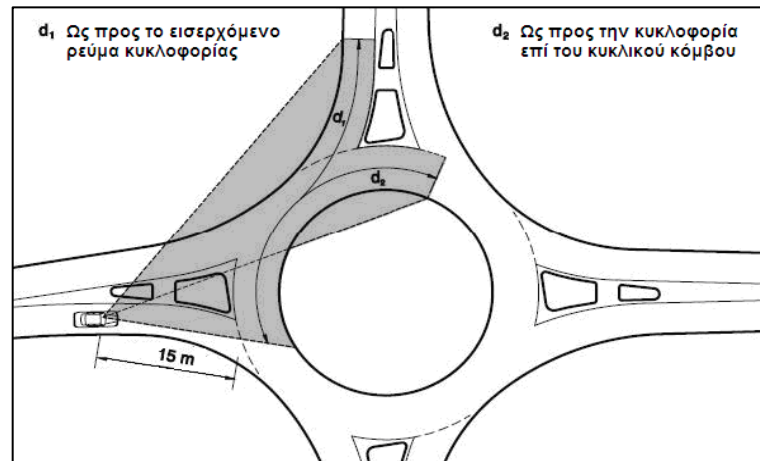
Οι αποστάσεις ορατότητας είναι ανάλογες της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων, ενώ για τον υπολογισμό τους λαμβάνεται χρόνος αντίληψης-αντίδρασης ίσος με 2,5 sec και επιβράδυνση ίση με $3,4 \text{ m/sec}^2$.

Ταχύτητα [km/h]	15	25	30	40	50
Απόσταση Ορατότητας [m]	20	30	40	50	60

Πίνακας 5.5 Απόσταση ορατότητας αναλόγως της ταχύτητας κίνησης [20]

Όταν εισέρχεται στο δακτύλιο κυκλοφορίας, πρέπει ο οδηγός να έχει πλήρη θέαση των επερχόμενων οχημάτων με τα οποία υπάρχει πιθανότητα εμπλοκής. Το ελεύθερο οπτικών εμποδίων πεδίο, ώστε να είναι δυνατή η αναγνώριση των επερχόμενων οχημάτων, παρουσιάζεται με τη μορφή των τριγώνων ορατότητας στην Εικόνα 5.36.

Το κοινό σκέλος των δύο τριγώνων ορατότητας πρέπει να περιορίζεται σε μήκη της τάξης των 15 μ, ώστε να αποθαρρύνεται η υπερβολική ταχύτητα κατά την προσέγγιση και είσοδο στο δακτύλιο, γεγονός που βοηθά τη δυνατότητα στάσης σε περίπτωση διάβασης πεζού και ρυθμίζει την ταχύτητα κίνησης επί του δακτυλίου κυκλοφορίας αμέσως μετά. Το ύψος εμποδίου ορίζεται στο 1,0 μ, όπως και το ύψος των ματιών του οδηγού.



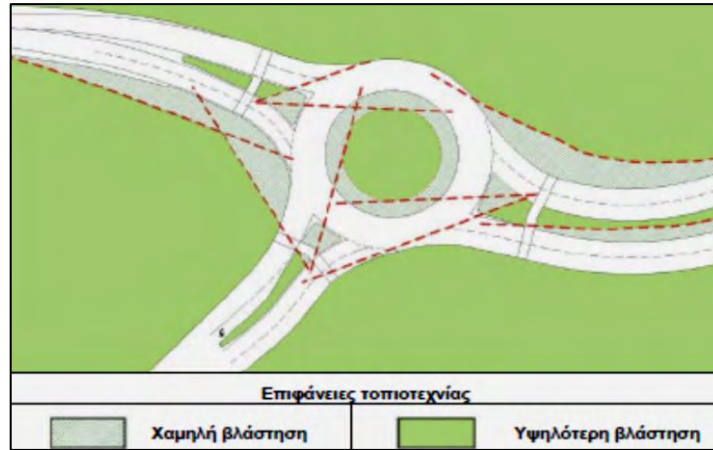
Εικόνα 5.36 Τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο στο δακτύλιο [20]

Τα μήκη των τόξων d_1 και d_2 υπολογίζονται βάσει των ταχυτήτων κίνησης των επερχόμενων οχημάτων. Η απόσταση d_1 (μήκος ορατότητας για το σκέλος εισόδου) αφορά στην αμέσως προηγούμενη είσοδο, ενώ η απόσταση d_2 (μήκος ορατότητας για την κίνηση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας) αφορά στα οχήματα που κινούνται ήδη εντός του δακτυλίου, πριν από την αμέσως προηγούμενη είσοδο.

Ταχύτητα επερχόμενης κυκλοφορίας [km/h]	20	25	30	35	40
Απόσταση ορατότητας [m]	28	35	42	49	56

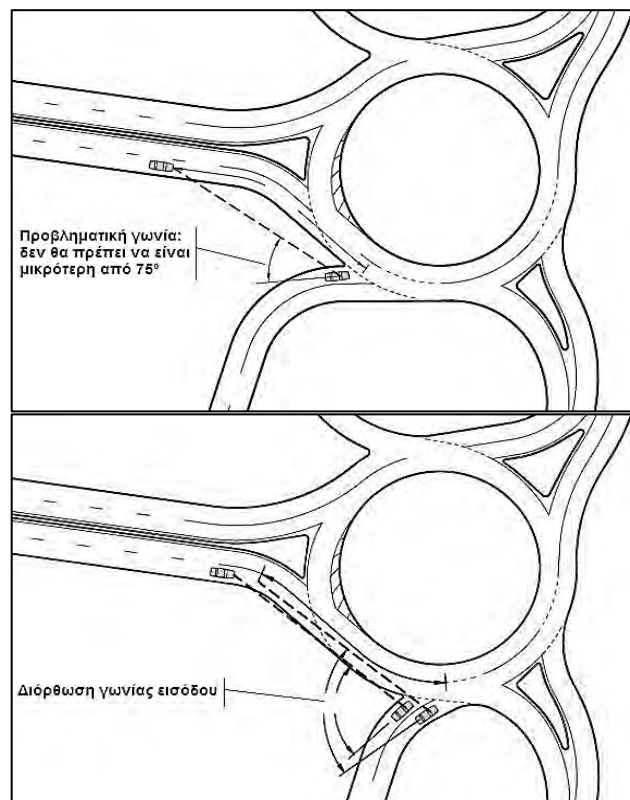
Πίνακας 5.6 Ελάχιστα μήκη πλευρών τριγώνων ορατότητας [20]

Αφού υπολογιστούν οι απαραίτητες αποστάσεις και επιφάνειες ορατότητας, προκύπτει ένα σχεδιάγραμμα των επιφανειών στις οποίες υπάρχει δυνατότητα διαμόρφωσης του περιβάλλοντος με χαμηλά ή ψηλά οπτικά εμπόδια.



Εικόνα 5.37 Σύθεση επιφανειών ορατότητας σε K^3 [20]

Σημαντικό ρόλο επίσης στην εξασφάλιση επαρκούς ορατότητας παίζει και η γωνία εισόδου στον K^3 . Πολύ μικρές γωνίες δημιουργούν δυσκολίες στους οδηγούς, επειδή πρέπει να γυρίσουν πολύ το κεφάλι τους για να ελέγξουν την είσοδο οχημάτων από την προηγούμενη πρόσβαση. Οι οδηγίες σχεδιασμού, για τους μεγαλύτερους σε ηλικία οδηγούς και τους πεζούς, συνιστούν να χρησιμοποιείται γωνία τουλάχιστον 75° . [20], [24]

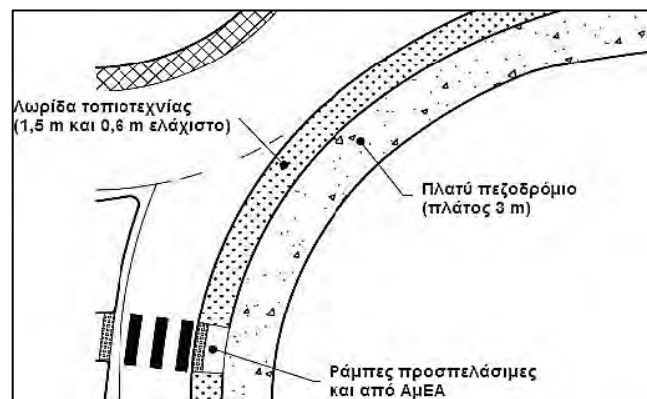


Εικόνα 5.38 Προβληματική ($<75^\circ$) και διορθωμένη ($>75^\circ$) γωνία εισόδου [20]

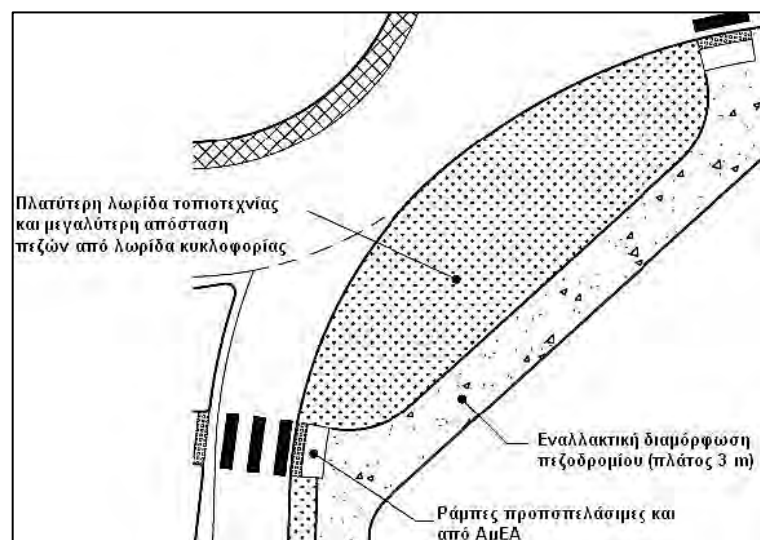
5.16 Πεζοδιαβάσεις

Οι πεζοδιαβάσεις στην περιοχή ενός K^3 πρέπει να παρέχουν στους πεζούς άνετη και ασφαλή μετακίνηση και να τοποθετούνται σε κατάλληλη απόσταση από τα άκρα των λωρίδων κυκλοφορίας, ώστε να υπάρχει χώρος για να τοποθετηθεί παρόδια σήμανση και να περνά ανεμπόδιστα ο πρόσθιος πρόβολος των οχημάτων. Ακόμη πρέπει να παρεμβάλλεται λωρίδα τοπιοτεχνίας, που θα εμποδίζει την κίνηση των πεζών εγκάρσια στις λωρίδες του K^3 από σημεία εκτός των διαβάσεων.

Το πεζοδρόμιο πρέπει να απέχει από το άκρο του οδοστρώματος του δακτυλίου κυκλοφορίας τουλάχιστον 0,6 μ. ή καλύτερα περισσότερο από 1,5 μ. και να έχει πλάτος 3 μ. ή και μεγαλύτερο.



Εικόνα 5.39 Διαμόρφωση πεζοδρομίου στην περίμετρο του K^3 [20]



Εικόνα 5.40 Διαμόρφωση πεζοδρομίου με μεγαλύτερες διαστάσεις στην περιφέρεια του K^3 (προτιμώμενη διαμόρφωση, εφόσον επαρκεί ο χώρος) [20]

Η τοποθέτηση των πεζοδιαβάσεων σε έναν K^3 απαιτεί ισορροπία ανάμεσα στην άνεση των πεζών, την ασφάλειά τους και τη λειτουργία του κόμβου.

Άνεση των πεζών

Οι πεζοί επιθυμούν να διασχίζουν τον κάθε κλάδο σε θέσεις όσο το δυνατόν πιο κοντά στον K^3 για να ελαχιστοποιήσουν τη διαδρομή τους. Όσο πιο μακριά είναι η πεζοδιάβαση από τον K^3 , τόσο πιο πιθανό είναι οι πεζοί να επιλέξουν μια συντομότερη διαδρομή που θα τους θέσει σε μεγαλύτερο κίνδυνο. Από την άλλη πλευρά, η τοποθέτηση πεζοδιαβάσεων σε αποστάσεις πολύ μικρές από τη γραμμή εισόδου, μειώνει την πιθανότητα να σταματήσουν τα οχήματα, παρεμποδίζοντας έτσι τις διελεύσεις των πεζών.

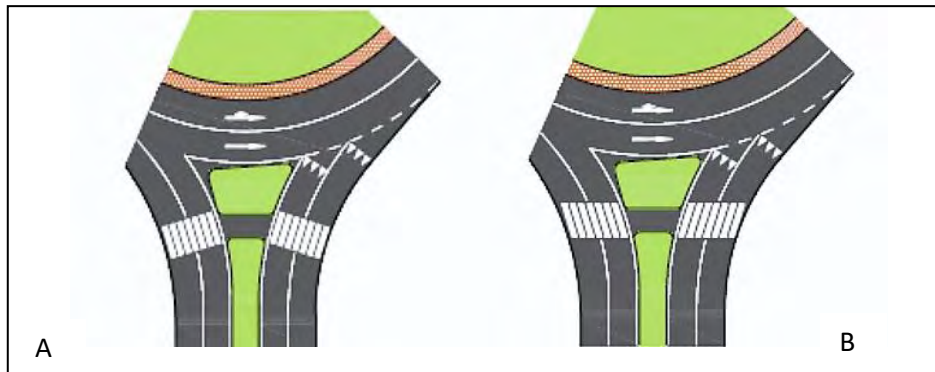
Ασφάλεια των πεζών

Η απόσταση κάθετης διέλευσης από τους πεζούς και η θέση διέλευσης είναι σημαντικές. Η απόσταση διέλευσης πρέπει να ελαχιστοποιείται, ώστε να μειώνεται η έκθεση των πεζών σε τροχαία ατυχήματα. Η τοποθέτηση πεζοδιαβάσεων σε κατάλληλη απόσταση πριν τη γραμμή εισόδου στον K^3 μειώνει το μήκος της κάθετης διέλευσης των πεζών και βοηθά τους οδηγούς να εστιάσουν την προσοχή τους στην πεζοδιάβαση, προτού προχωρήσουν εστιάζοντας την προσοχή τους προς τα αριστερά για να αναζητήσουν κενά στο ρεύμα κυκλοφορίας.

Λειτουργία κυκλικού κόμβου

Η τοποθέτηση των πεζοδιαβάσεων επηρεάζει το σημείο συσσώρευσης οχημάτων πριν τον κόμβο. Επίσης οι πεζοδιαβάσεις μπορεί να επηρεάσουν τις κινήσεις των οχημάτων στον K^3 , ιδίως στην έξοδο και η τοποθέτησή τους σε απόσταση από την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας μεγαλύτερη από το μήκος ενός τυπικού οχήματος, μπορεί να μειώσει τη συμφόρηση επί του δακτυλίου.

Γενικά, συνίσταται οι πεζοδιαβάσεις να τοποθετούνται σε αποστάσεις πολλαπλάσιες του μέσου μήκους οχήματος από την περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας. Η ιδανική απόσταση θα πρέπει να καλύπτει το μήκος τουλάχιστον ενός τυπικού επιβατηγού οχήματος και της απόστασής του από το όχημα που ακολουθεί, δηλαδή περίπου 6 μ. Συνίσταται να γίνεται διακοπή της νησίδας διαχωρισμού και η πεζοδιάβαση να διέρχεται ισόπεδα. Επίσης οι πεζοδιαβάσεις είναι προτιμότερο να είναι κάθετες στις οριογραμμές του κλάδου πρόσβασης, ώστε να επιτυγχάνεται μικρότερη διανυόμενη απόσταση για τον πεζό επί του οδοστρώματος. [20], [24]



Εικόνα 5.41 Πεζοδιαβάσεις (Α) κάθετες στις οριογραμμές του κλάδου (προτιμώμενη διάταξη) και (Β) ευθυγραμμισμένες κάθετα στον κεντρικό άξονα του κλάδου [20]

5.17 Στάθμευση

Η στάθμευση στο δακτύλιο κυκλοφορίας δεν ευνοεί την αποτελεσματική και ασφαλή λειτουργία ενός K^3 και πρέπει να απαγορεύεται, όπως και η στάθμευση στις εισόδους και τις εξόδους πολύ κοντά στον κόμβο. Ο χώρος στάθμευσης σε εισόδους και εξόδους πρέπει να ρυθμίζεται τόσο μακριά όσο χρειάζεται, ώστε να μην περιορίζονται οι προδιαγραφές της λειτουργίας του K^3 ή να μειώνεται η ορατότητα των πεζών και των οδηγών.

Σύμφωνα με τον AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), η στάθμευση πρέπει να τερματίζεται τουλάχιστον 6.1 μ. (20ft) πριν από τις πεζοδιαβάσεις ενός κόμβου. [24]

5.18 Οδοφωτισμός

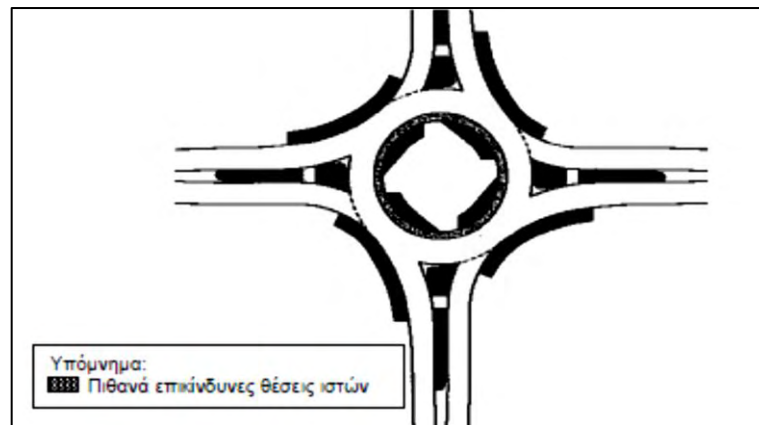
Ο φωτισμός των K^3 είναι σημαντικός γιατί επιτρέπει στους χρήστες να αναγνωρίζουν τη διάταξη του κόμβου, την παρουσία και την πορεία των υπολοίπων χρηστών, καθώς οι προβολείς των οχημάτων δεν είναι τόσο αποτελεσματικοί λόγω της συνεχούς αλλαγής διεύθυνσης κίνησης. Οι στόχοι οδοφωτισμού ενός K^3 είναι οι εξής:

- Ο συνολικός φωτισμός του κόμβου να είναι περίπου ίσος με το άθροισμα των επιπέδων φωτισμού των συμβαλλουσών οδών.
- Αν υπάρχει έλλειψη φωτισμού στις οδούς πρόσβασης να εξασφαλίζεται η παροχή μεταβατικού φωτισμού κατά μήκος τους, με σκοπό την ομαλή προσαρμογή του οδηγού στο επίπεδο φωτισμού του κόμβου.
- Να παρέχεται επαρκής φωτισμός στην κορυφή της νησίδας διαχωρισμού, σε όλα τα σημεία εμπλοκής όπου η κυκλοφορία εισέρχεται στο ρεύμα κυκλικής κίνησης και σε εκείνα όπου η κυκλοφορία αποχωρίζεται για την έξοδο.

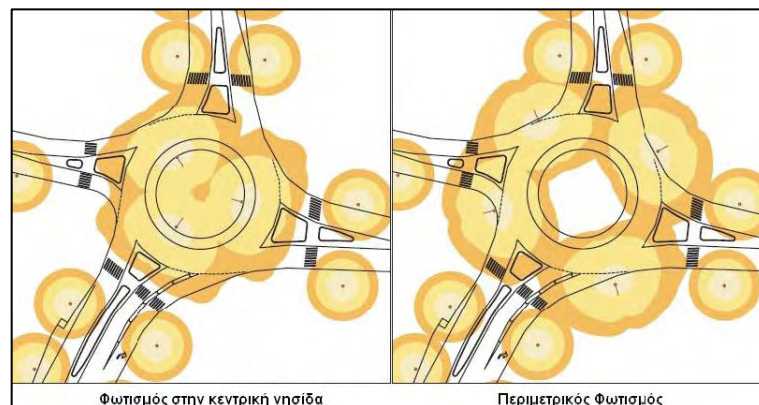
- Να παρέχεται επαρκής φωτισμός στις πεζοδιαβάσεις και στις περιοχές συγχώνευσης της κυκλοφορίας των ποδηλάτων με την κυκλοφορία των οχημάτων.
- Να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή της όχλησης γειτονικών ιδιοκτησιών.

Όταν στον K^3 κυκλοφορούν πεζοί, οι απαιτήσεις για φωτισμό είναι αυξημένες. Γενικά πρέπει να επιδιώκεται η χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων στύλων φωτισμού, ώστε να περιορίζονται τα σταθερά εμπόδια, ενώ όταν οι φόρτοι πεζών είναι υψηλοί μπορεί να απαιτείται πρόσθετος φωτισμός με τοποθέτηση χαμηλών στύλων.

Η θέση των στύλων οδοφωτισμού μπορεί να είναι είτε στην περίμετρο είτε στο κέντρο του κόμβου και οπωσδήποτε έξω από τις κρίσιμες επιφάνειες (Εικόνα 5.42). Οι απαιτούμενοι στύλοι γύρω απ' το δακτύλιο κυκλοφορίας πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση 3 μ. από την περίμετρο.



Εικόνα 5.42 Κρίσιμες επιφάνειες για την τοποθέτηση στύλων οδοφωτισμού (πρέπει να τοποθετούνται πίσω από αυτές) [20]



Εικόνα 5.43 Φωτομετρική απεικόνιση αναλόγως της διάταξης των στύλων [20]

5.18.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διατάξεων οδοφωτισμού

Περιμετρικός Φωτισμός

Επιτυγχάνει καλύτερο φωτισμό στις κρίσιμες περιοχές διάβασης πεζών και ποδηλατών, καθοδηγεί κατάλληλα τους οδηγούς στο δακτύλιο κυκλοφορίας, ενώ η θέση των στύλων οδοφωτισμού καθιστά πιο εύκολη τη συντήρηση των εγκαταστάσεων.

Αντιθέτως, ο φωτισμός της κεντρικής νησίδας είναι μειωμένος, γεγονός που μπορεί να δυσκολέψει την αναγνώριση του κόμβου από μακρινή απόσταση. Επιπλέον, για να επιτευχθεί ίδιο επίπεδο φωτισμού με μια κεντρική διάταξη χρειάζονται περισσότεροι στύλοι και πιθανώς να χρειαστούν πρόσθετοι στύλοι σε κρίσιμες περιοχές εμπλοκών.

Κεντρικός Φωτισμός

Η διάταξη αυτή είναι ευνοϊκή για την αναγνώριση του κόμβου από μακρινή απόσταση και απαιτεί μικρότερο αριθμό στύλων οδοφωτισμού, για το ίδιο επίπεδο φωτισμού σε σχέση με μια περιμετρική διάταξη. Ακόμη, η θέση του στύλου της κεντρικής νησίδας είναι μακριά από κρίσιμες περιοχές εμπλοκής, εκτός βέβαια αν πρόκειται για κόμβους μικρής διαμέτρου.

Ωστόσο εάν δε χρησιμοποιηθεί πρόσθετος φωτισμός στις προσβάσεις, ο φωτισμός δεν είναι ικανοποιητικός, ιδίως στις κρίσιμες περιοχές διάβασης πεζών και ποδηλατών. Παρουσιάζεται επίσης αυξημένος ο κίνδυνος θάμβωσης και σε αστικές περιοχές η πιθανότητα όχλησης γειτονικών κατοικιών. Τέλος, επηρεάζεται η τοπιοτεχνία της κεντρικής νησίδας, λόγω του κεντρικού στύλου. [20]

5.19 Αισθητική

Η τοπιοτεχνία είναι ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που δίνουν στους K^3 αισθητικό πλεονέκτημα έναντι των παραδοσιακών διασταυρώσεων και μπορεί να ωφελήσει τόσο την οδική ασφάλεια όσο και την αναβάθμιση της περιοχής.

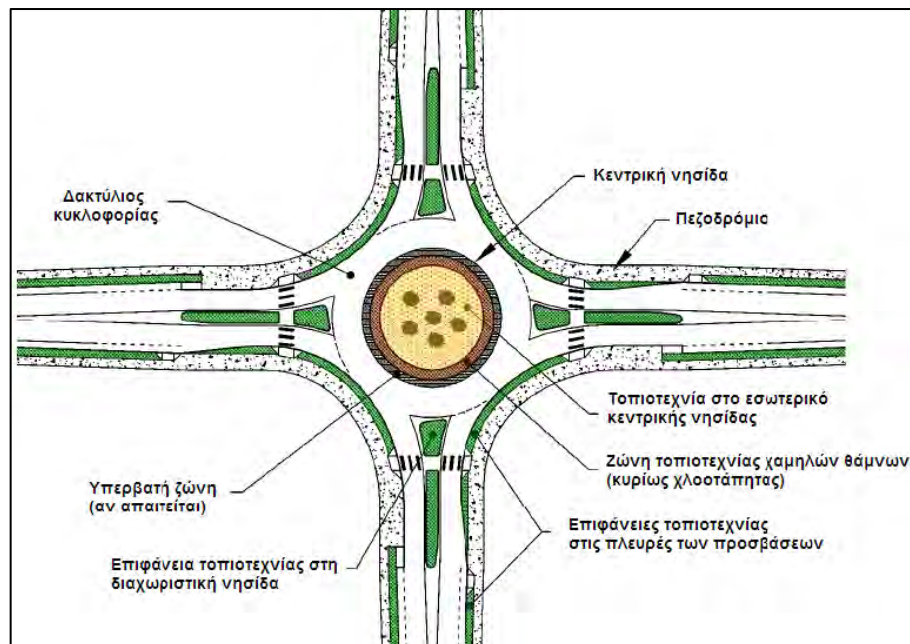
Η τοπιοτεχνία στην κεντρική νησίδα μπορεί να βελτιώνει την ασφάλεια του κόμβου, κάνοντάς την πιο εμφανή στους οδηγούς που προσεγγίζουν τον K^3 , οδηγώντας έτσι σε διέλευση με χαμηλές ταχύτητες και διακόπτοντας παράλληλα τη θάμβωση μεταξύ των αντίθετα κινούμενων οχημάτων. Άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι αποθαρρύνει τη διέλευση των πεζών μέσω της κεντρικής νησίδας. Στο άκρο της κεντρικής νησίδας πρέπει να αφήνεται τουλάχιστον 2μ. ελεύθερο πλάτος για εξασφάλιση ορατότητας.

Τα στοιχεία της τοπιοτεχνίας πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα, ώστε να παρέχονται οι απαιτούμενες αποστάσεις ορατότητας για τα οχήματα, τους ποδηλάτες και τους πεζούς. Αντιστρόφως, πρέπει να επιλέγονται στρατηγικές θέσεις τοπιοτεχνίας, ώστε να

περιορίζεται το υπερβάλλον μέγεθος του ελεύθερου πεδίου ορατότητας και να επιβάλλεται η μείωση των ταχυτήτων. [20], [24]



Εικόνα 5.44 Παράδειγμα τοπιτεχνίας σε Κ³ [43]



Εικόνα 5.45 Περιοχές που προσφέρονται για τοπιτεχνία [20]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΣΗΜΑΝΣΗ

Η οριζόντια και η κατακόρυφη σήμανση στους K^3 , λειτουργούν από κοινού για να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα για τη σωστή καθοδήγηση των χρηστών του οδικού δικτύου. Για τη σωστή εφαρμογή της οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης σε έναν K^3 , πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ορισμένες γενικές αρχές. Η οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση λοιπόν:

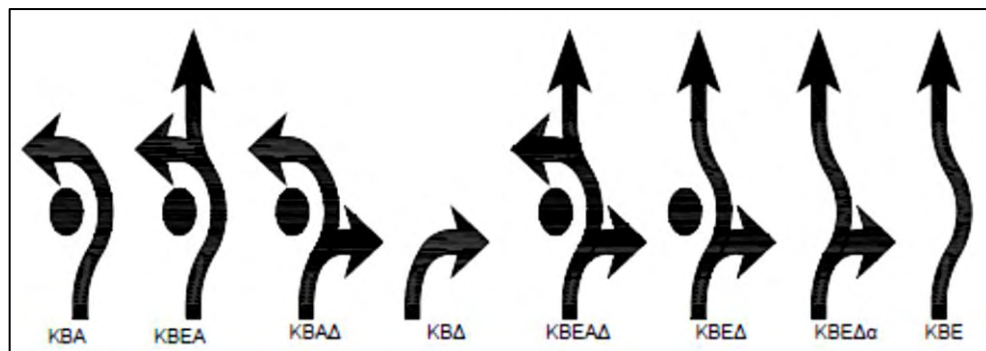
- Αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού των K^3 , ιδιαίτερα για εκείνους που έχουν 2 ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας. Ειδικά η οριζόντια σήμανση, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διάρκεια των προκαταρκτικών σταδίων του σχεδιασμού αντί να εντάσσεται αργότερα στη διαδικασία σχεδιασμού.
- Λειτουργούν συμπληρωματικά στο γεωμετρικό σχεδιασμό ενός K^3 . Διευκρινίζουν τους κανόνες του δρόμου στο χρήστη, αλλά δε διαμορφώνουν τα χαρακτηριστικά ασφαλείας στο βαθμό που το κάνει ο γεωμετρικός σχεδιασμός.
- Πρέπει να είναι συμβατές μεταξύ τους για να παρουσιάζουν ένα ξεκάθαρο μήνυμα στο χρήστη του κόμβου. Ομοίως, η οριζόντια σήμανση στις προσβάσεις του κόμβου πρέπει να είναι συμβατή με τη σήμανση του δακτυλίου κυκλοφορίας.
- Πρέπει να διευκολύνουν τις κινήσεις των οχημάτων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε οι οδηγοί να επιλέγουν την κατάλληλη λωρίδα όταν πλησιάζουν στον K^3 και να μη χρειάζεται στη συνέχεια να αλλάξουν λωρίδες μέσα στο δακτύλιο κυκλοφορίας για βγουν στην επιθυμητή κατεύθυνση.
- Πρέπει να παρέχουν επαρκή χρόνο και απόσταση στους οδηγούς που προσεγγίζουν τον κόμβο, ώστε να επιλέξουν την κατάλληλη λωρίδα που θα τους οδηγήσει στην επιθυμητή έξοδο. [24]

6.1 Οριζόντια σήμανση

Η ασφαλής διεύθυνση της κυκλοφορίας σε έναν K^3 επιτυγχάνεται με τα βέλη χρήσης λωρίδων ανά προορισμό και τη διαμήκη διαγράμμιση διαχωρισμού των λωρίδων και των κατευθύνσεων κυκλοφορίας

Τα βέλη χρήσης λωρίδων τοποθετούνται σε κατάλληλα σημεία, με σκοπό να ειδοποιούνται έγκαιρα οι οδηγοί για τους κανόνες χρήσης του κόμβου. Τοποθετούνται σε απόσταση 30 μ. από την περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας, μετρούμενα κατά

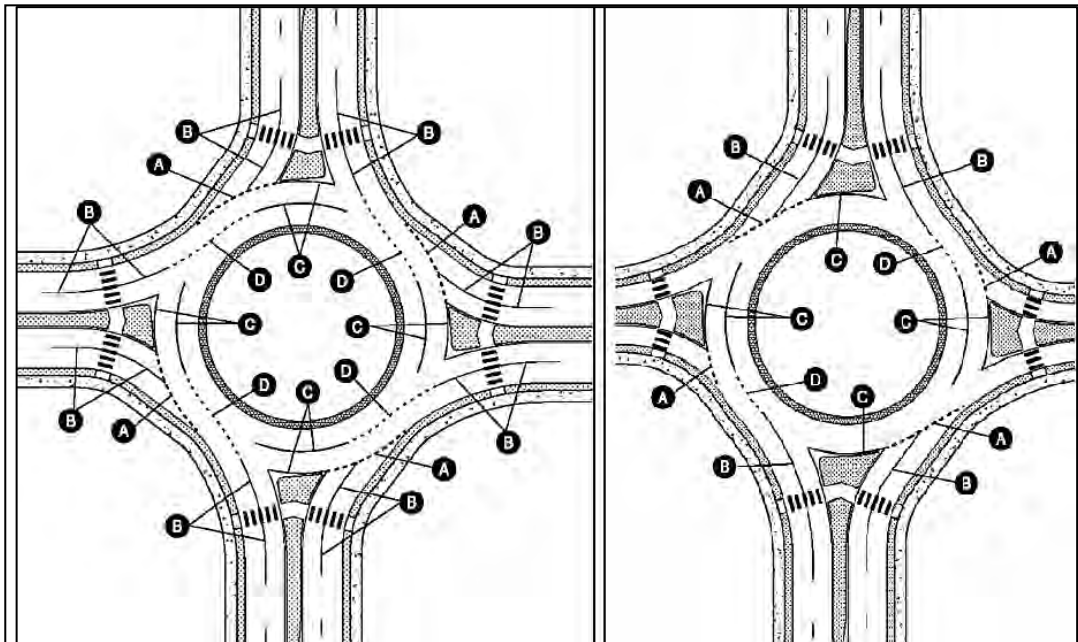
μήκος του άξονα του κλάδου πρόσβασης, αλλά και σε απόσταση 50 – 60 μ. από τα προηγούμενα. Προαιρετικά, μπορεί να τοποθετηθούν επαναληπτικά βέλη στα 5 μ. από την περίμετρο του δακτυλίου. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να μην προκαλούν σύγχυση, ιδιαίτερα στην περίπτωση των αριστερών λωρίδων και γι' αυτό δημιουργήθηκαν βελτιωμένες εκδοχές οι οποίες επισημαίνουν ότι το πέρασμα περίξ της κεντρικής νησίδας αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για στροφή αριστερά (Εικόνα 6.1). Στοιχίζονται στο μέσον των λωρίδων και η βάση τους πρέπει να βρίσκεται στην ίδια κάθετη γραμμή στις οριογραμμές κυκλοφορίας. Η τοποθέτηση των μορφών ΚΒΔ, ΚΒΔΕα και ΚΒΕ γίνεται μόνο στις εξωτερικές λωρίδες κλάδων πρόσβασης που διαθέτουν 2 ή περισσότερες λωρίδες.



Εικόνα 6.1 Βελτιωμένες εκδοχές βελών χρήσης λωρίδων ανάλογα με τον προορισμό [20]

Όσον αφορά τις γραμμές εισόδου, αυτές διαχωρίζουν τον κλάδο εισόδου από το δακτύλιο κυκλοφορίας, ενώ αντίστοιχες γραμμές δε χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό του δακτυλίου από τους κλάδους εξόδου. Σύμφωνα με το NCHRP (Report 672), ορισμένες φορές μπορεί να συμπληρώνονται από λέξεις που επισημαίνουν την υποχρεωτική παραχώρηση προτεραιότητας (YIELD στις Η.Π.Α.), σχεδιασμένες πριν από τη γραμμή εισόδου.

Οι λωρίδες κυκλοφορίας επισημαίνονται με συνεχείς γραμμές λευκού χρώματος στα σημεία εισόδου, εξόδου, αλλά και επί του δακτυλίου κυκλοφορίας, ώστε να διαχωρίζονται τα ρεύματα κυκλοφορίας που χρησιμοποιούν το οδόστρωμα και να αποφεύγονται οι αλλαγές λωρίδας σε κόμβους δύο ή περισσότερων λωρίδων. Επί του δακτυλίου κυκλοφορίας, η διαγράμμιση των λωρίδων αποτελείται από συνεχείς γραμμές μπροστά από τις διαχωριστικές νησίδες και τα κράσπεδα, οι οποίες γίνονται διακεκομμένες μπροστά από τα σημεία εισόδου.



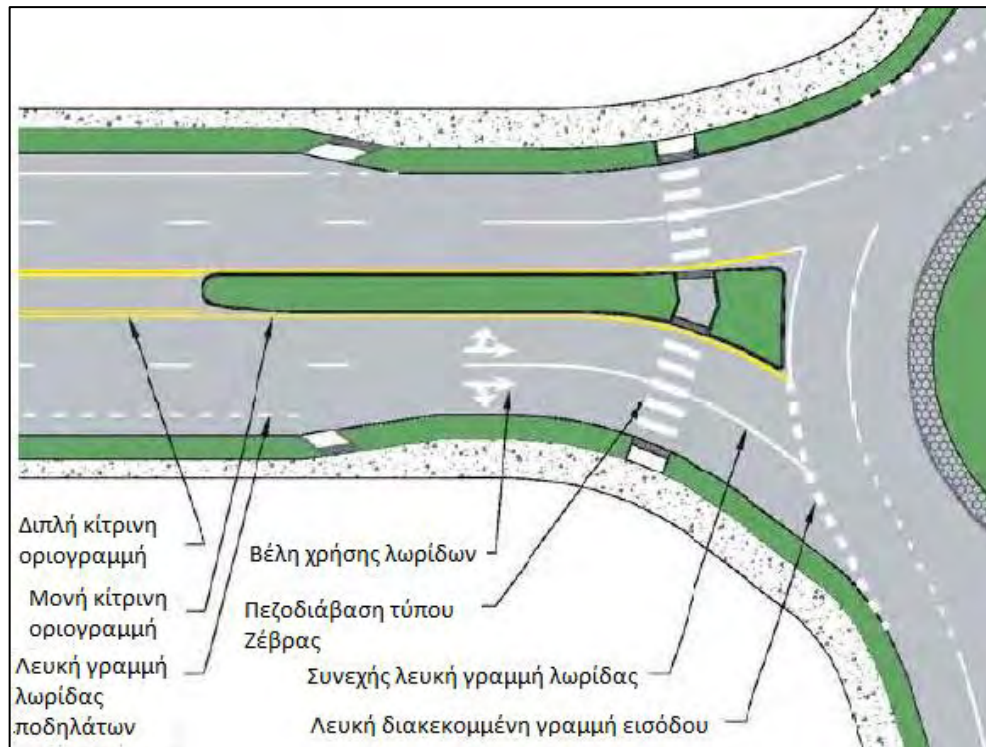
Υπόμνημα

- (A) Διακεκομμένη γραμμή πάχους 20 cm με αναλογία γραμμή/κενό = 1,50/1,50 m
 (B) Συνεχής γραμμή πάχους 15 cm και ελάχιστου μήκους 15 m ή μέχρι το άκρο της καμπύλης
 (C) Συνεχής γραμμή πάχους 15 cm
 (D) Διακεκομμένη γραμμή πάχους 15 cm με αναλογία γραμμή/κενό=1,50/1,50 m

Εικόνα 6.2 Τυπική περίπτωση διαγράμμισης σε Κ³ [20]

Συνίσταται ακόμη η κατάλληλη διαγράμμιση των ποδηλατοδρόμων με συνεχείς γραμμές επί των κλάδων εισόδου και εξόδου, για τη διαφοροποίησή τους από το υπόλοιπο οδόστρωμα. Η διαγράμμιση αυτή γίνεται διακεκομμένη λίγο πριν την είσοδο και λίγο μετά την έξοδο από το δακτύλιο, ώστε να τονίσει την αλλαγή στην ύπαρξη αποκλειστικής λωρίδας για ποδήλατα. Ωστόσο, αποφεύγεται η σήμανση των ποδηλατοδρόμων εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας, επειδή παροτρύνει τους οδηγούς να αναπτύξουν ταχύτητα, σκεπτόμενοι ότι παρέχεται επαρκής ασφάλεια στους ποδηλάτες λόγω του διαμορφωμένου χώρου.

Τέλος, η διαγράμμιση στις πεζοδιαβάσεις πρέπει να είναι ορατή και να αναγνωρίζεται εύκολα από τους οδηγούς, δείχνοντάς τους σε ποιο κομμάτι της οδού αναμένεται να συναντήσουν πεζούς. Συνίσταται η χρήση διαγραμμίσεων τύπου Ζέβρας, με γραμμές ευθύγραμμες προς τη ροή της κυκλοφορίας. [20], [24], [39]

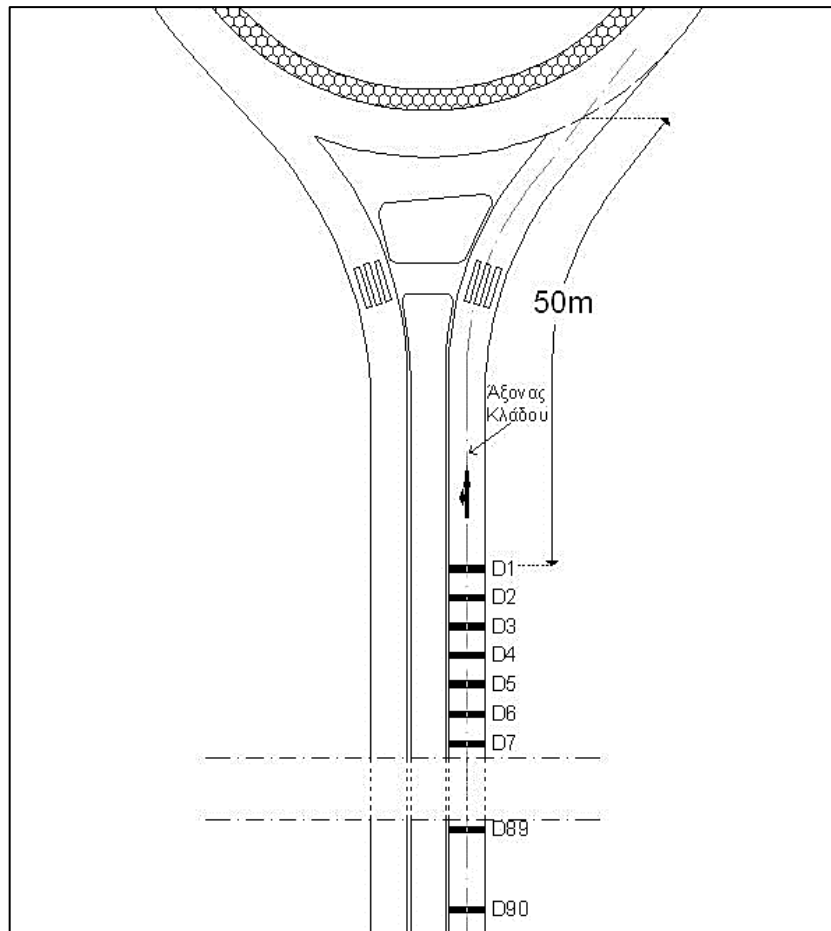


Εικόνα 6.3 Οριζόντια σήμανση σε κλάδους εισόδου – εξόδου [24]

6.1.1 Μέτρα ρύθμισης της ταχύτητας προσέγγισης

Για να επιτευχθεί αποτελεσματικότερη ρύθμιση-μείωση της ταχύτητας προσέγγισης στον κόμβο, είναι δυνατή η εφαρμογή στους κλάδους πρόσβασης ειδικών προειδοποιητικών διαγραμμίσεων κάθετων στην πορεία των οχημάτων (Εικόνα 6.4). Η απόσταση μεταξύ των γραμμών αυτών μειώνεται συνεχώς όσο πλησιάζουμε στον κόμβο, ενώ αποκτούν και ήπια ανάγλυφη κατασκευή, ώστε να αναγκάζουν τους οδηγούς σε μείωση της ταχύτητας, τόσο λόγω της θέασής τους όσο και λόγω των επαναλαμβανόμενων δονήσεων και του θορύβου που προκαλείται κατά το πέρασμα των τροχών των οχημάτων.

Η τοποθέτηση της πρώτης γραμμής γίνεται σε απόσταση 50 μ. από την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας, μετρούμενη κατά μήκος του άξονα του κλάδου πρόσβασης, ενώ εάν η πρόσβαση αποτελεί το πέρας αυτοκινητοδρόμου χρειάζεται να τοποθετηθούν 90 επάλληλες γραμμές. Όταν η πρόσβαση αποτελεί τμήμα οδού κατώτερης κατηγορίας οι γραμμές αυτές μπορεί να περιοριστούν σε 45. Πρέπει να τοποθετούνται κάθετα στον άξονα του κλάδου εισόδου και το πλάτος τους ανέρχεται σε 60 εκ. [20]



Εικόνα 6.4 Προειδοποιητική διαγράμμιση κλάδου πρόσβασης για μείωσης της ταχύτητας [20]

6.2 Κατακόρυφη σήμανση

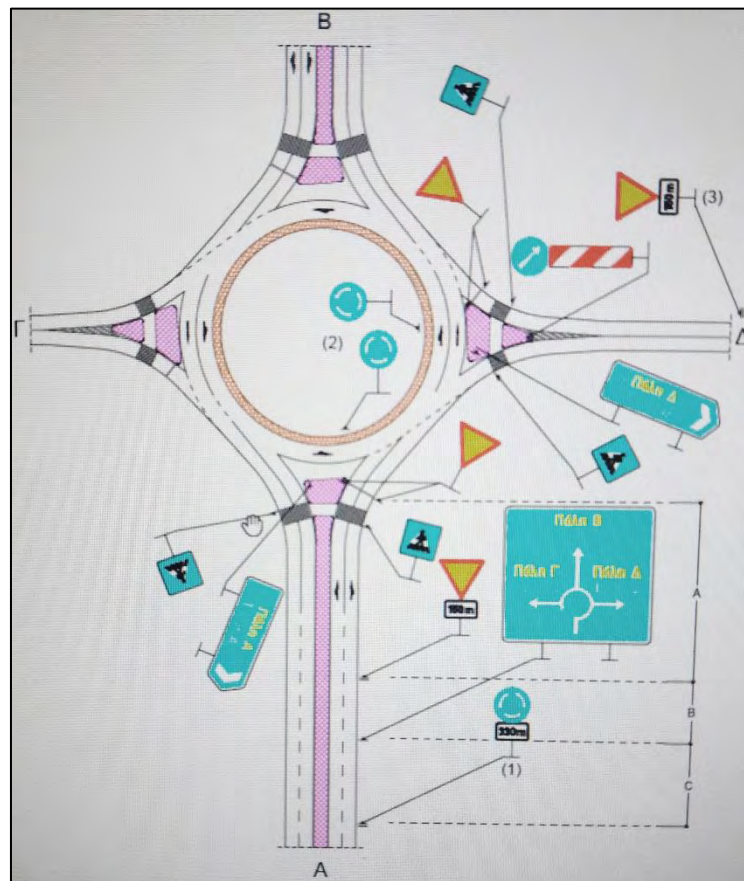
Η γενική ιδέα για την τοποθέτηση της κατακόρυφης σήμανσης στους K^3 είναι παρόμοια με εκείνη που ακολουθείται στους τυπικούς ισόπεδους κόμβους. Οι πινακίδες πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία τα οποία θα είναι απολύτως ορατά από τους χρήστες της οδού, ενώ πρέπει παράλληλα η θέση τους να ελαχιστοποιεί την πιθανότητα απόκρυψης, έστω και στιγμιαία, των ευάλωτων χρηστών της οδού (πεζοί, ποδηλάτες, μοτοσυκλετιστές). Επίσης, η κατακόρυφη σήμανση διαφοροποιείται για αστικούς και υπεραστικούς K^3 , καθώς και για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες.

Η κατακόρυφη σήμανση στους K^3 διακρίνεται στις Ρυθμιστικές πινακίδες του ΚΟΚ (είδος κόμβου, παρουσία πεζοδιάβασης, κανόνες προτεραιότητας) και στις Πληροφοριακές πινακίδες για τις πορείες ανά προορισμό.

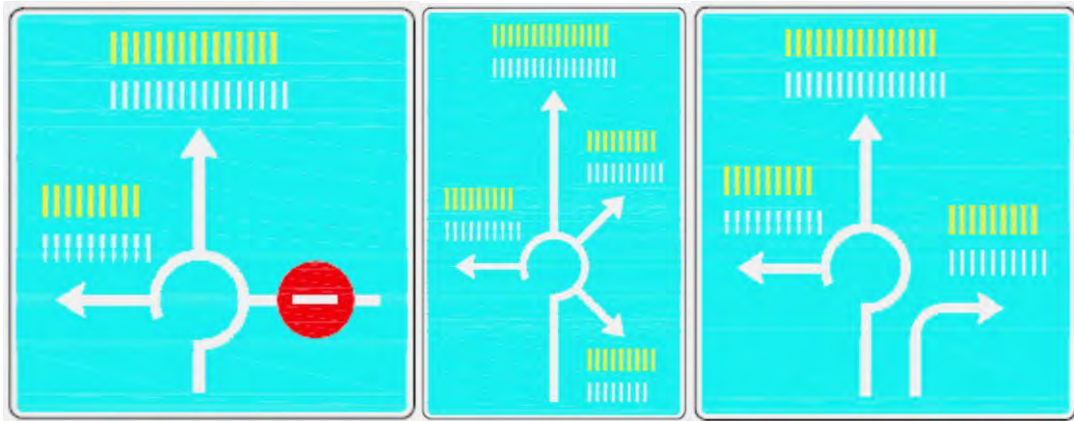
Δηλαδή οι K^3 ανακοινώνονται με πινακίδες οι οποίες περιγράφουν την πορεία της κυκλοφορίας με απλό και ενιαίο συμβολισμό βελών, ενώ με πινακίδες ρυθμιστικές και

αναγγελίας κινδύνου δίνονται στον οδηγό κατασκευαστικές και κυκλοφοριακές ιδιαιτερότητες του κόμβου.

Ακόμη, για να επιτευχθεί μία κατά το δυνατόν ενιαία εικόνα, όταν πρέπει να απεικονιστούν λιγότερες ή περισσότερες από τέσσερις κατευθύνσεις εξόδου από την κυκλική πορεία, μπορεί τα βέλη να παρουσιαστούν στην πινακίδα αναγγελίας δυνατών κατευθύνσεων στρεφόμενα κατά γωνία 45° . Δηλαδή οι γωνίες μεταξύ των βελών πρέπει, προσομοιάζοντας την πραγματική θέση των εξόδων, να είναι 45° , 90° , 135° ή 180° . Άλλες απεικονίσεις δεν επιτρέπονται, ενώ οι προορισμοί πρέπει να συναρτώνται σαφώς με τις εξόδους που αφορούν. Ειδική περίπτωση αποτελούν οδοί που συμβάλλουν στον κόμβο χωρίς να επιτρέπουν έξοδο (δηλαδή είναι μίας κατεύθυνσης κυκλοφορίας) και απεικονίζονται με βραχύ στέλεχος βέλους, χωρίς κεφαλή και με το σήμα P-7 του ΚΟΚ. Σε αυτήν την κατεύθυνση προφανώς δεν αναγράφονται προορισμοί (Εικόνα 6.6)

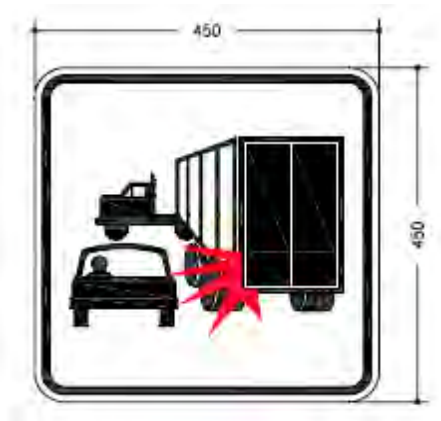


Εικόνα 6.5 Κατακόρυφη σήμανση σε K^3 μίας ή δύο λωρίδων [20]



Εικόνα 6.6 Πινακίδες πληροφοριακές για τις πορείες ανά προορισμό σε Κ³ [44]

Τέλος, σε περιπτώσεις Κ³ δύο ή περισσότερων λωρίδων οι οποίοι αναμένεται να εξυπηρετούν μεγάλα οχήματα και πιο συγκεκριμένα του είδους «φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο» (όπως συμβαίνει σε περιοχές ΒΠΠΕ ή ΒΠΠΑ), συνίσταται η τοποθέτηση της ακόλουθης πινακίδας, η οποία υποδεικνύει στους οδηγούς των μικρότερων οχημάτων ότι υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης με το ρυμουλκούμενο μέρος του φορτηγού. [20], [44]



Εικόνα 6.7 Πινακίδα απαραίτητη σε Κ³ δύο ή περισσότερων λωρίδων, οι οποίοι πρόκειται να εξυπηρετούν οχήματα του είδους «φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο» [20]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η λήψη της απόφασης να πραγματοποιηθεί ένας K^3 πρέπει να συνοδεύεται και να δικαιολογείται από λεπτομερή εκτίμηση της απόδοσής του σε επίπεδο λειτουργίας. Είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί η Στάθμη Εξυπηρέτησης στο έτος σχεδιασμού, δηλαδή το 20^ο έτος από τότε που ξεκίνησε να λειτουργεί ο κόμβος (απαίτηση για ΣΕ-Γ ή ανώτερης στα υπεραστικά δίκτυα και ΣΕ-Δ ή ανώτερης στα αστικά), ενώ ανά τακτά χρονικά διαστήματα είναι απαραίτητη η παρακολούθηση της λειτουργικότητας ενός υπάρχοντος K^3 , ώστε να εξετάζεται εάν χρειάζονται παρεμβάσεις.

Βάσει των εκτιμώμενων φόρτων στο έτος σχεδιασμού, πρέπει να προσδιορίζονται από το μελετητή 5 λειτουργικά μεγέθη για κάθε πρόσβαση του κόμβου: η χωρητικότητα εισόδου, ο λόγος του εξυπηρετούμενου φόρτου προς τη χωρητικότητα, η μέση καθυστέρηση ανά ΜΕΑ, η στάθμη εξυπηρέτησης και το μήκος ουράς για το 95% των περιπτώσεων.

Η εκτίμηση της λειτουργικής απόδοσης των K^3 είναι σχετικά απλή, αν και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση της απόδοσης μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκες. Μερικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι κοινά στις τεχνικές μοντελοποίησης και χρησιμοποιούνται από όλα τα εργαλεία ανάλυσης:

- Οι οδηγοί πρέπει να παραχωρούν προτεραιότητα στα κινούμενα εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας οχήματα και να αναζητούν κενά στην κυκλοφοριακή ροή ώστε να εισέλθουν στον κόμβο. Επομένως, η λειτουργική απόδοση ενός K^3 επηρεάζεται άμεσα από τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και την αποδοχή από τους οδηγούς των κενών στην κυκλοφοριακή ροή.
- Όπως συμβαίνει και με άλλους τύπους διασταυρώσεων, έτσι και η λειτουργική απόδοση ενός K^3 επηρεάζεται άμεσα από τη γεωμετρία του. [20], [24]

7.1 Επίδραση της κυκλοφοριακής ροής και της συμπεριφοράς των οδηγών

Υπάρχει μία ποικιλία πραγματικών συνθηκών που μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια μιας δεδομένης τεχνικής μοντελοποίησης. Ο αναλυτής πρέπει να εξετάζει τα αποτελέσματα αυτών των συνθηκών και να αποφασίζει αν είναι σημαντικές για τον τύπο της ανάλυσης που πραγματοποιείται. Ορισμένες από αυτές τις συνθήκες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

Επίδραση των εξερχόμενων οχημάτων.

Ενώ η ροή επί του δακτυλίου εμπλέκεται άμεσα με τη ροή εισόδου, σε πολλές περιπτώσεις μπορεί και η ροή εξόδου να επηρεάσει την απόφαση των οδηγών για το πότε θα εισέλθουν στον κόμβο. Μέχρις ότου οι οδηγοί της ροής εξόδου ολοκληρώσουν την έξοδό τους από τον κόμβο ώστε να γίνει απόλυτα σαφής ο προορισμός τους, μπορεί να υπάρχει αβεβαιότητα στους οδηγούς των εισερχόμενων οχημάτων που βρίσκονται στη γραμμή εισόδου σχετικά με τις προθέσεις των πρώτων.

Αλλαγές στην προτεραιότητα.

Όταν οι φόρτοι και της ροής εισόδου και της επί του δακτυλίου ροής είναι υψηλοί, περιορισμένη προτεραιότητα (όπου η επί του δακτυλίου ροή προσαρμόζει τη συμπεριφορά της για να δώσει τη δυνατότητα στη ροή εισόδου να εισέλθει στον κόμβο), αντιστροφή προτεραιότητας (όπου η ροή εισόδου αναγκάζει την εντός του δακτυλίου ροή να της παραχωρήσει προτεραιότητα), καθώς και άλλες συμπεριφορές μπορεί να προκύψουν, με αποτέλεσμα ένα απλοποιημένο μοντέλο να μη μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα.

Περιορισμός κυκλοφοριακής ικανότητας.

Όταν μία πρόσβαση λειτουργεί πάνω από την κυκλοφοριακή της ικανότητα κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, μπορεί να συμβεί μια κατάσταση γνωστή ως περιορισμός κυκλοφοριακής ικανότητας.

Μοτίβα προέλευσης-προορισμού.

Τα μοτίβα προέλευσης-προορισμού μπορεί να έχουν επιρροή στη χωρητικότητα μιας δεδομένης εισόδου. [24]

7.2 Επίδραση της γεωμετρίας του κόμβου

Η γεωμετρία παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στη λειτουργική απόδοση ενός K^3 με διάφορους βασικούς τρόπους:

- Επηρεάζει την ταχύτητα των οχημάτων στη διασταύρωση, επηρεάζοντας έτσι και το χρόνο ταξιδιού τους.
- Ορίζει τον αριθμό των λωρίδων στις οποίες κινούνται τα εισερχόμενα και τα εντός του δακτυλίου οχήματα. Τα πλάτος του οδοστρώματος στην είσοδο και στο δακτύλιο καθορίζουν τον αριθμό των ρευμάτων κυκλοφορίας που μπορεί να σταματάνε δίπλα-δίπλα στη γραμμή εισόδου, καθώς και το ρυθμό με τον οποίο τα οχήματα μπορούν να εισέρχονται στο δακτύλιο κυκλοφορίας.

- Μπορεί να επηρεάσει το βαθμό στον οποίο η ροή σε μια δεδομένη λωρίδα διευκολύνεται ή περιορίζεται. Για παράδειγμα, η γωνία με την οποία εισέρχεται στον κόμβο ένα όχημα επηρεάζει την ταχύτητά του, με εισόδους που είναι πιο κάθετες να απαιτούν χαμηλότερες ταχύτητες και έτσι μεγαλύτερες διαδρομές. Ομοίως, η γεωμετρία εισόδων με πολλές λωρίδες, ενδέχεται να επηρεάσει το βαθμό στον οποίο οι οδηγοί εισέρχονται άνετα ο ένας δίπλα στον άλλο.
- Μπορεί να επηρεάσει την αντίληψη του οδηγού για τον τρόπο οδήγησης στον K^3 και την αντίστοιχη επιλογή λωρίδας πλησιάζοντας στην είσοδο. Ακατάλληλη διάταξη των λωρίδων, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της τριβής μεταξύ γειτονικών λωρίδων και έτσι σε μείωση της χωρητικότητας. Ακόμη, μη ισορροπημένες ροές στις λωρίδες μιας εισόδου μπορούν να αυξήσουν την καθυστέρηση και τη συμφόρηση σε μια είσοδο, παρά το γεγονός ότι ο κλάδος εισόδου μπορεί να λειτουργεί κάτω από τη θεωρητική του κυκλοφοριακή ικανότητα.

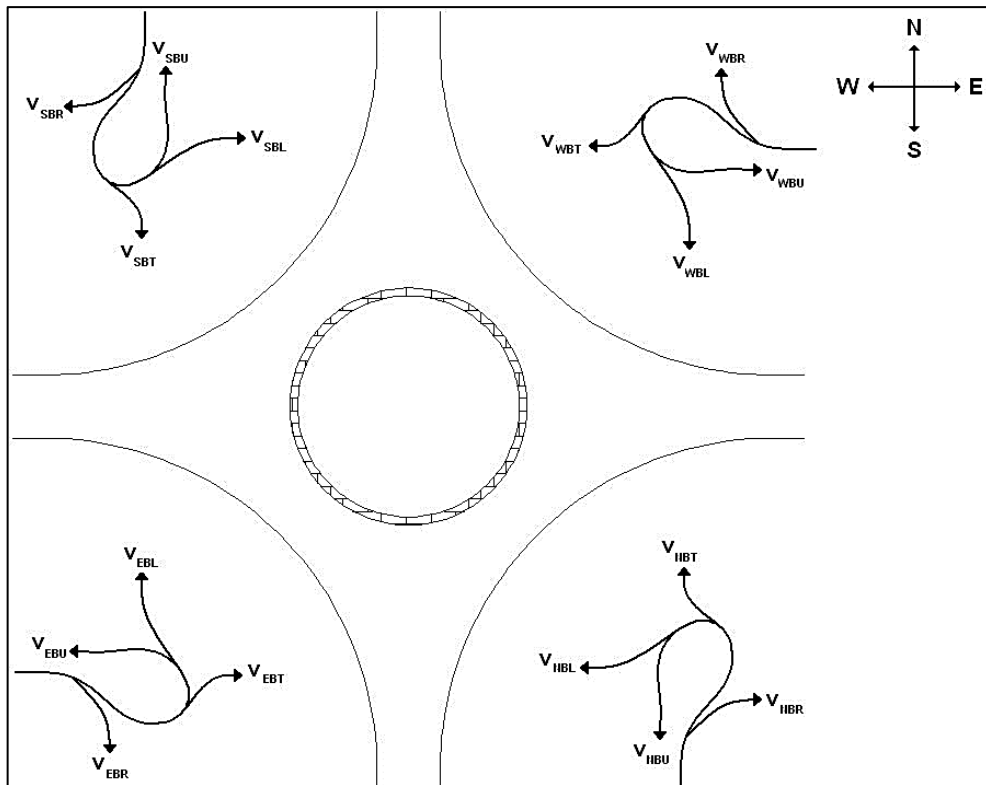
Έτσι, τα γεωμετρικά στοιχεία ενός K^3 μαζί με τον όγκο της κυκλοφορίας που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει τον K^3 σε μια δεδομένη στιγμή, μπορούν να καθορίσουν την αποτελεσματικότητα με την οποία αυτός λειτουργεί. [24]

7.3 Συλλογή δεδομένων

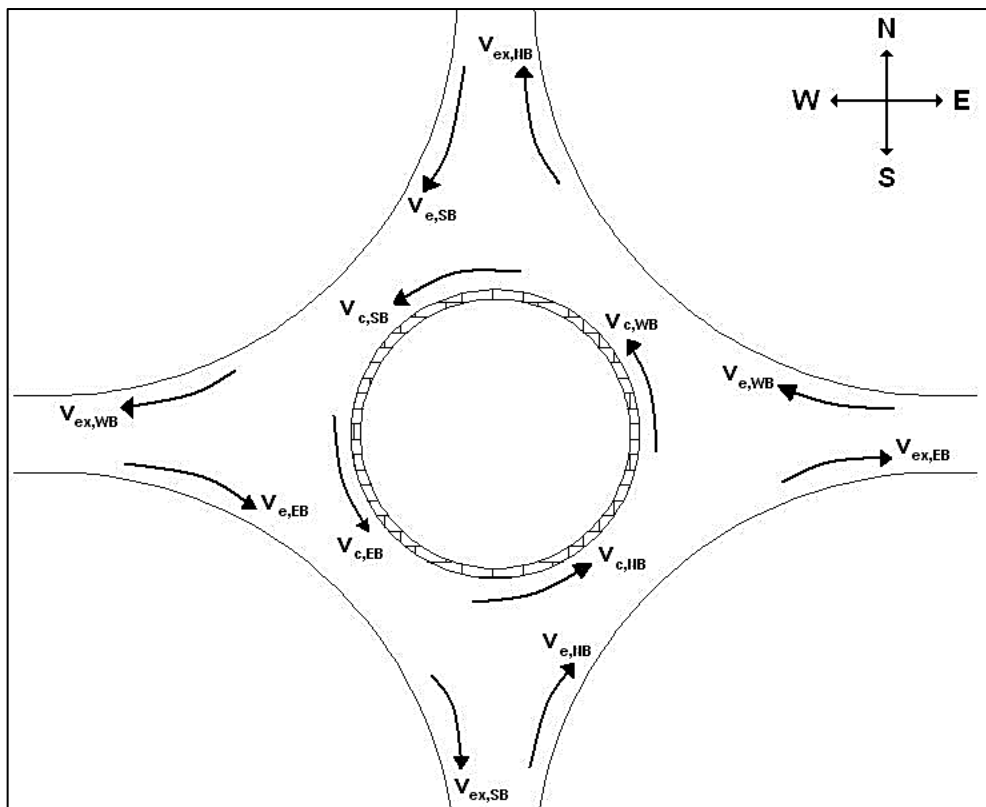
Τα κυκλοφοριακά δεδομένα για έναν K^3 συλλέγονται με τον ίδιο τρόπο όπως και σε έναν τυπικό ισόπεδο κόμβο. Συλλέγονται τα δεδομένα για τους φόρτους στρεφουσών κινήσεων ανά κλάδο πρόσβασης και αυτά με τη σειρά τους μετατρέπονται σε μονάδες επιβατηγών αυτοκινήτων (ΜΕΑ), αναλόγως του ποσοστού βαρέων οχημάτων και του συντελεστή ώρας αιχμής (ΣΩΑ).

Γενικά, για την υλοποίηση της λειτουργικής ανάλυσης ενός K^3 είναι απαραίτητος ο καθορισμός των φόρτων στις εισόδους, στις εξόδους και στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Τα δεδομένα συλλέγονται ανά πρόσβαση και προορισμό.

Οι κινήσεις που πραγματοποιούνται σε έναν τυπικό K^3 τεσσάρων προσβάσεων, παρουσιάζονται στην Εικόνα 7.1. Εκτός των τυπικών κινήσεων, δηλαδή αριστερά, ευθεία και δεξιά, πρέπει να λαμβάνεται ενδεχομένως υπόψιν και η αναστροφή. Ο φόρτος που μετριέται για κάθε κίνηση διαιρείται αρχικά με το ΣΩΑ για να προκύψουν οι ωριαίοι φόρτοι και στη συνέχεια με το συντελεστή βαρέων οχημάτων ώστε οι ωριαίοι φόρτοι να εκφράζονται σε ΜΕΑ.



Εικόνα 7.1 Φόρτοι κινήσεων ανά πρόσβαση και προορισμό [20]



Εικόνα 7.2 Φόρτοι κινήσεων εισόδου, εξόδου και δακτυλίου κυκλοφορίας [20]

Οι φόρτοι που χρειάζονται στη λειτουργική ανάλυση είναι αυτοί της Εικόνας 7.2. Ο φόρτος εισόδου προκύπτει ως το άθροισμα των φόρτων των κινήσεων της αντίστοιχης πρόσβασης, ο φόρτος κυκλικής κίνησης ως το άθροισμα όλων των κινήσεων όλων των προσβάσεων, ενώ κατ' αναλογία υπολογίζεται και ο φόρτος εξόδου. Αφού συλλεχθούν τα δεδομένα, ακολουθεί η ανάλυσή τους με διάφορες μεθόδους, αναλόγως του σκοπού και του μεγέθους της απαιτούμενης διαδικασίας. [20]

7.4 Ανάλυση χωρητικότητας

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη χωρητικότητα ενός K^3 ανά πρόσβαση είναι οι διασταυρούμενοι φόρτοι, η επιθετικότητα των οδηγών και η γεωμετρία του κόμβου. Η χωρητικότητα υπολογίζεται ανά λωρίδα, για κάθε συνδυασμό αριθμού λωρίδων στις προσβάσεις και στο δακτύλιο.

Γενικά ισχύει ότι η κυκλοφοριακή ικανότητα της δεξιάς λωρίδας πρόσβασης είναι μεγαλύτερη από εκείνη της αριστερής. Σε περιπτώσεις ύπαρξης αποκλειστικών λωρίδων δεξιάς στροφής, τότε αυτές αναλύονται ξεχωριστά, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η κίνηση με την οποία εμπλέκονται είναι αυτή της εξόδου του επόμενου κλάδου. Σε περίπτωση ύπαρξης λωρίδας επιτάχυνσης, όπου συγχωνεύεται η δεξιόστροφη κίνηση με την κυρίως ροή εξόδου του επόμενου κλάδου, η ανάλυση γίνεται όπως και στην περίπτωση συγχώνευσης λωρίδων.

Το μέσο το οποίο χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η αποδοτικότητα ενός K^3 , είναι ο λόγος του φόρτου προς τη χωρητικότητα:

$$x = \frac{v}{c}, \text{ όπου}$$

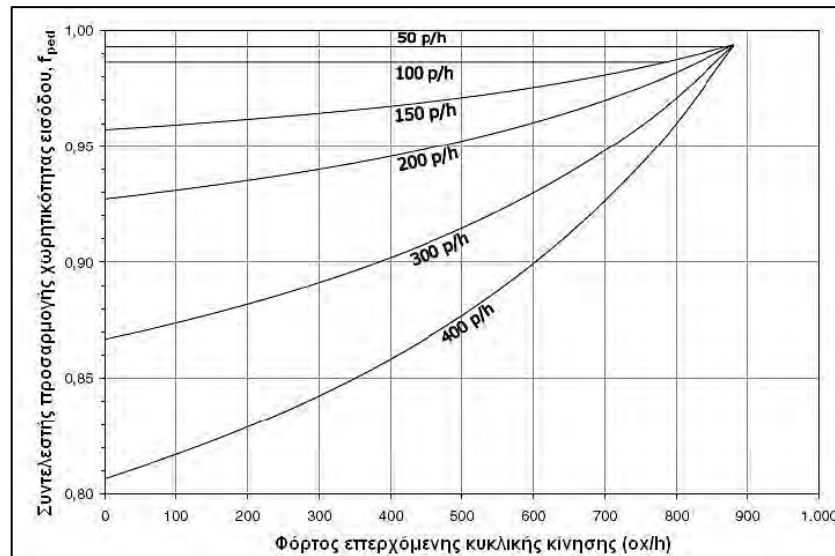
x : ο λόγος του φόρτου προς τη χωρητικότητα της λωρίδας που μελετάται

v [ΜΕΑ/ώρα] : ο φόρτος της λωρίδας

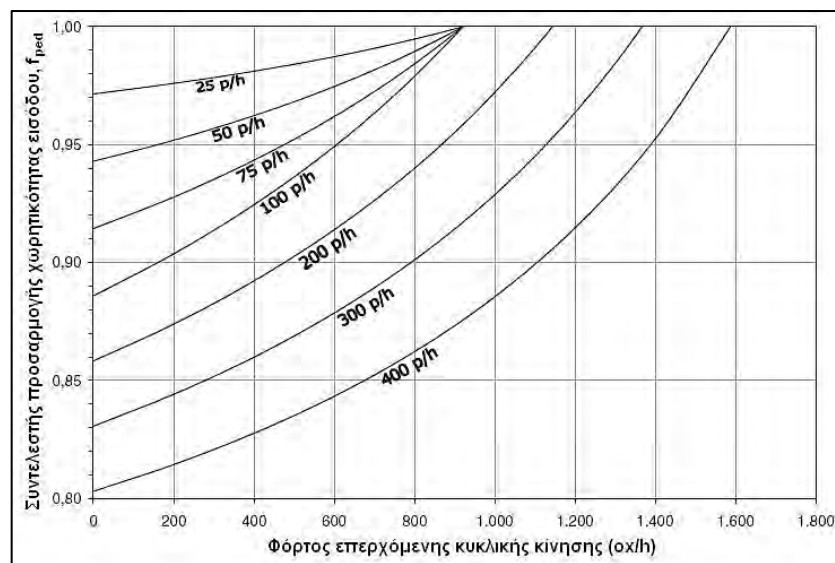
c [ΜΕΑ/ώρα] : η κυκλοφοριακή ικανότητα της λωρίδας

Όταν η τιμή του λόγου δεν ξεπερνά το 0,85 τότε αυτός θεωρείται ικανοποιητικός και δεν προβλέπονται σημαντικά προβλήματα λειτουργίας. Όταν όμως ο λόγος λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες του 0,85 συνίσταται η εκτέλεση ανάλυσης ευαισθησίας, για την επίπτωση μικρών αλλαγών στις καθυστερήσεις και το σχηματισμό ουρών.

Εάν θεωρηθεί ότι στη χωρητικότητα επιδρά και η παρουσία πεζών, τότε γίνονται τροποποιήσεις στην τιμή της κυκλοφοριακής ικανότητας « c », μέσω συντελεστών οι οποίοι προκύπτουν από τα ακόλουθα διαγράμματα των ΟΜΟΕ- K^3 (όπου P/h = οχήματα/ώρα). [20]



Διάγραμμα 7.1 Συντελεστής προσαρμογής χωρητικότητας λωρίδας εισόδου αναλόγως των φόρτων πεζών και επερχόμενης κυκλικής κίνησης (είσοδος μίας λωρίδας) [20]



Διάγραμμα 7.2 Συντελεστής προσαρμογής χωρητικότητας λωρίδας εισόδου αναλόγως των φόρτων πεζών και επερχόμενης κυκλικής κίνησης (είσοδος δύο λωρίδων) [20]

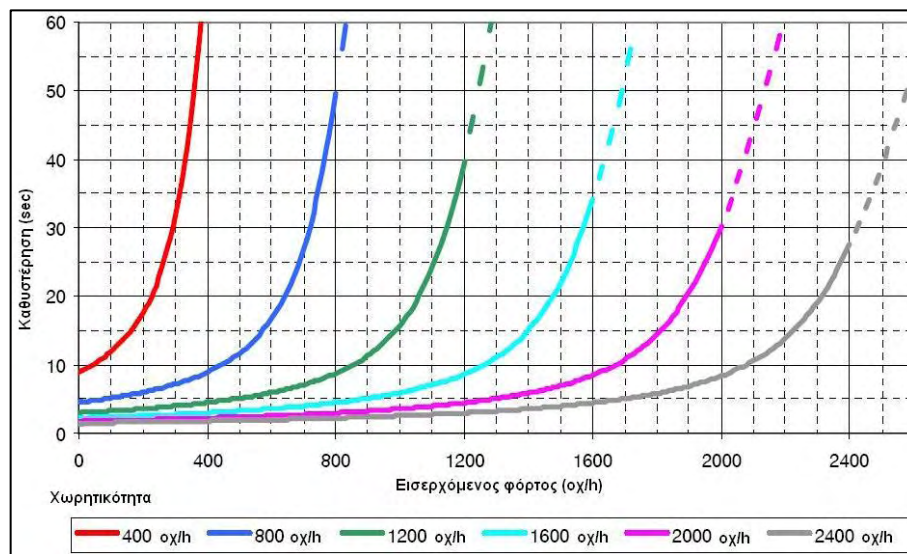
7.5 Ανάλυση Καθυστερήσεων

Η ανάλυση των καθυστερήσεων κατά τη διέλευση από έναν K^3 αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία για την αξιολόγηση της απόδοσης της διάταξης του κόμβου.

Αυτή που μας ενδιαφέρει είναι η ολική καθυστέρηση από την ύπαρξη των κανόνων προτεραιότητας και τη γεωμετρία του K^3 . Ο χρόνος της ολικής καθυστέρησης

περιλαμβάνει το άθροισμα των πρόσθετων χρόνων, συγκριτικά με συνθήκες ελεύθερης ροής, που χρειάζεται το όχημα για να επιβραδύνει πριν την αναμονή στην ουρά, να περιμένει ένα κατάλληλο διάκενο αποδοχής για είσοδο και να επιταχύνει μετά τη συγχώνευση.

Η καθυστέρηση ανά πρόσβαση είναι ο σταθμισμένος μέσος των καθυστερήσεων των λωρίδων της, βάσει των φόρτων τους, ενώ περιλαμβάνει και την καθυστέρηση της λωρίδας για δεξιά στροφή. Οι καθυστερήσεις που αναμένονται, αναλόγως του εισερχόμενου φόρτου και της χωρητικότητας, φαίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 7.3 Καθυστερήσεις σε σχέση με εισερχόμενο φόρτο και χωρητικότητα [20]

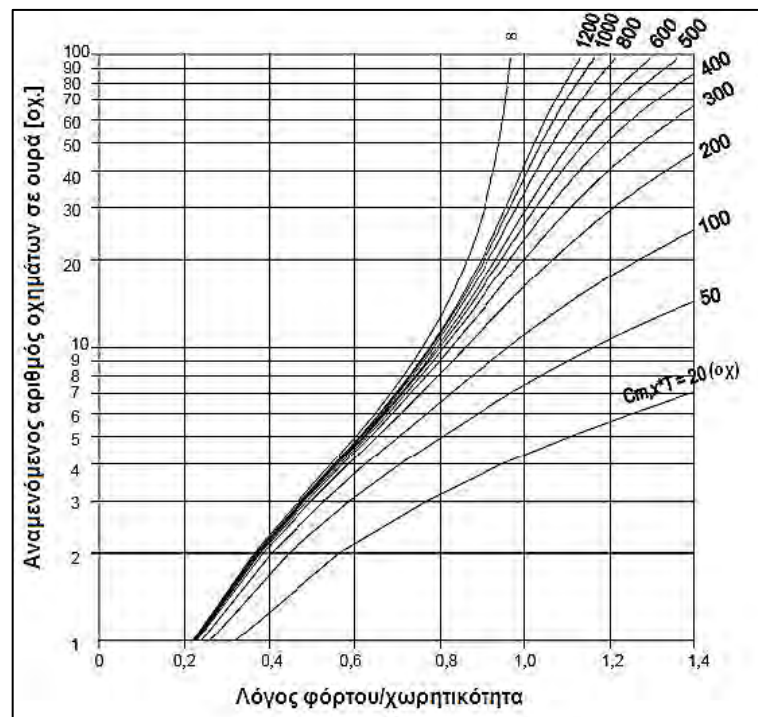
Εφόσον ο λόγος του φόρτου προς τη χωρητικότητα δεν είναι μεγαλύτερος από 1,0, καθορίζεται με βάση τη συνολική καθυστέρηση το επίπεδο εξυπηρέτησης από τον επόμενο πίνακα.

Συνολική Καθυστέρηση [sec/οχή]	Επίπεδο εξυπηρέτησης	
	$v/c \leq 1,0$	$v/c > 1,0$
0 – 10	A	F
10 – 15	B	F
15 – 25	C	F
25 – 35	D	F
35 – 50	E	F
> 50	F	F

Πίνακας 7.1 Επίπεδο εξυπηρέτησης αναλόγως της συνολικής καθυστέρησης [20]

Το μέγεθος της αναμενόμενης ουράς που εκτιμάται, είναι βοηθητικό και χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό των σκελών πρόσβασης του κόμβου, για την ανάδειξη κυρίως των περιπτώσεων στις οποίες προκύπτει πρόβλημα με τις γειτονικές διασταυρώσεις και κρίνεται αναγκαία η δημιουργία αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής.

Ο αναμενόμενος αριθμός οχημάτων σε ουρά, αναλόγως της χωρητικότητας και του λόγου φόρτου προς χωρητικότητα, υπολογίζεται από το Διάγραμμα 7.4. Οι καμπύλες ορίζονται ανά διαστήματα βάσει του γινομένου της χωρητικότητας επί την περίοδο ανάλυσης. [20]



Διάγραμμα 7.4 Αναμενόμενος αριθμός οχημάτων σε ουρά σε σχέση με τη χωρητικότητα, το λόγο φόρτου/χωρητικότητας και το γινόμενο χωρητικότητας επί την περίοδο ανάλυσης [20]

7.6 Ανάλυση ταχυτήτων

Ένα από τα κρισιμότερα στοιχεία τα οποία λαμβάνονται υπόψιν κατά το σχεδιασμό των K^3 είναι η ανάλυση των ταχυτήτων. Για την εκτίμηση των ταχυτήτων που αναπτύσσονται σε έναν K^3 λαμβάνεται υπόψη η συντομότερη, επιτρεπόμενη από τη γεωμετρία, διαδρομή.

Πρόκειται ουσιαστικά για την ομαλότερη δυνατή πορεία για ένα όχημα, απουσία κυκλοφορίας άλλων οχημάτων, αγνοώντας όλες τις οριζόντιες σημάνσεις των λωρίδων,

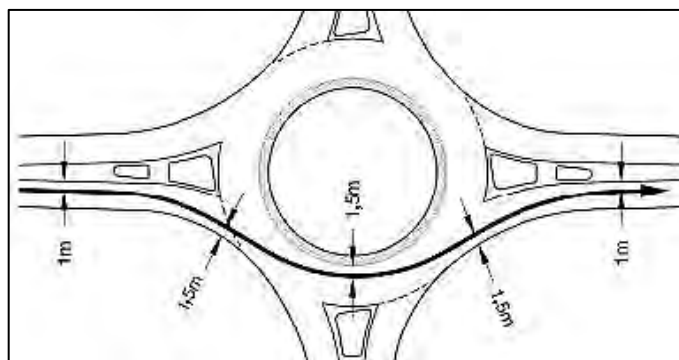
περνώντας από την είσοδο, γύρω από την κεντρική νησίδα και τέλος από την έξοδο και ο σχεδιασμός της πρέπει να γίνεται για κάθε πρόσβαση του κόμβου. Αυτή η πρακτική οφείλεται στο γεγονός ότι τα οχήματα που χρησιμοποιούν τον κόμβο συνήθως δεν ακολουθούν πιστά τις πορείες που τους ορίζουν οι οριογραμμές ή ο άξονας των λωρίδων πρόσβασης. Οι ακτίνες της συντομότερης διαδρομής απεικονίζονται στο Κεφάλαιο 5, στην Εικόνα 5.5.

Η ταχύτητα σχεδιασμού ενός K^3 καθορίζεται από τη μικρότερη ακτίνα κατά μήκος της συντομότερης διαδρομής. Ο υπολογισμός της ταχύτητας εξόδου αντίστοιχα, γίνεται με βάση την αναπτυσσόμενη ταχύτητα στο δακτύλιο και την επιτάχυνση των οχημάτων, η οποία ξεκινά στο σημείο επί του δακτυλίου όπου τα οχήματα αρχίζουν την πορεία τους προς την καμπύλη εξόδου.

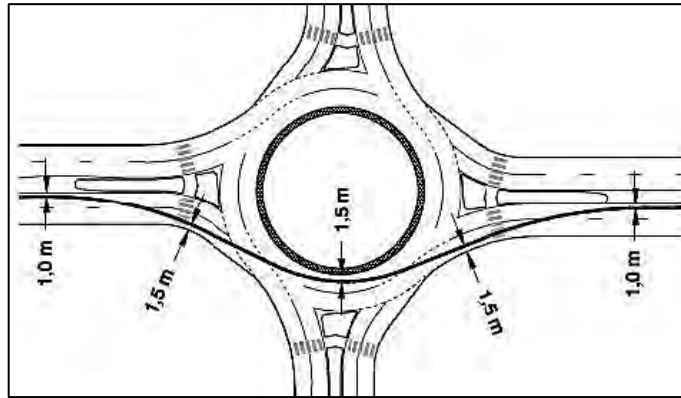
Γίνεται η παραδοχή ότι οι οδηγοί επιταχύνουν αμέσως μόλις φτάσουν στο τέλος της καμπύλης με ακτίνα R_2 , ενώ η επιτάχυνση λαμβάνεται ίση με $3,5 \text{ m/sec}^2$ (μπορεί ωστόσο να ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της ακτίνας R_2). Αυτή η κίνηση ωστόσο είναι πολύ επιθετική και συνήθως μεσολαβεί ένα χρονικό κενό.

Είναι απαραίτητο, η αλληλουχία των καμπών στον κλάδο εισόδου και μέχρι την είσοδο στο δακτύλιο να είναι τέτοια, ώστε οι διαφορές των ταχυτήτων από τμήμα σε τμήμα να μην υπερβαίνουν τα 20 χλμ./ώρα .

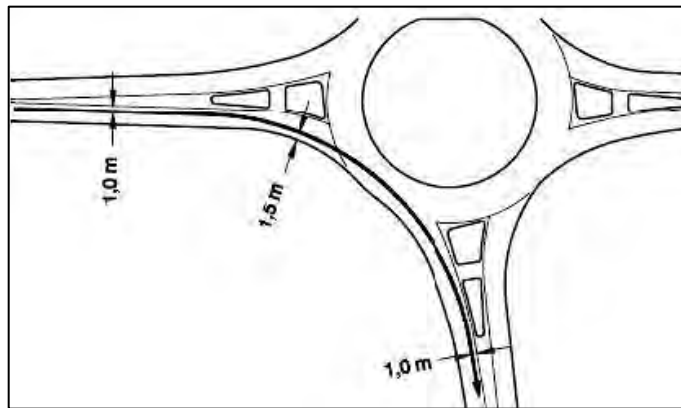
Οι πορείες των οχημάτων σχεδιάζονται με αλληλουχίες καμπυλών που ξεκινούν και περνούν από συγκεκριμένα σημεία σε σχέση με χαρακτηριστικές οριογραμμές του κόμβου. Αυτά τα σημεία, οι αποστάσεις τους από χαρακτηριστικές οριογραμμές του κόμβου και η αλληλουχία καμπυλών που ορίζουν απεικονίζονται στις εικόνες 7.3, 7.4 και 7.5. Τέλος, η πορεία ευθείας κίνησης σχεδιάζεται με τέτοιες καμπύλες, ώστε στο σημείο αλλαγής διεύθυνσης εντός του δακτυλίου (το σημείο σε απόσταση $1,5 \text{ μ.}$ από την εξωτερική οριογραμμή του δακτυλίου) να υπάρχει ευθύγραμμο τμήμα ίσο με το μήκος του οχήματος σχεδιασμού. [20], [24]



Εικόνα 7.3 Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε K^3 1 λωρίδας στο δακτύλιο κυκλοφορίας [20]



Εικόνα 7.4 Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε K^3 2 λωρίδων στο δακτύλιο κυκλοφορίας [20]



Εικόνα 7.5 Αποστάσεις από τις οριογραμμές για σχεδιασμό δεξιόστροφης πορείας [20]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η χρήση κυκλικών κόμβων είναι μια στρατηγική για τη βελτίωση της ασφάλειας των διασταυρώσεων, εξαλείφοντας ή μεταβάλλοντας τους τύπους εμπλοκής, μειώνοντας τη σοβαρότητα των συγκρούσεων και αναγκάζοντας τους οδηγούς να μειώνουν την ταχύτητά τους καθώς πλησιάζουν και εισέρχονται στη διασταύρωση. Κατ' επέκταση, μειωμένες ταχύτητες οχημάτων θα μειώσουν επίσης και τις διαφορές ταχύτητας με τους υπόλοιπους χρήστες του οδικού δικτύου.

Μελέτες στις Η.Π.Α, την Ευρώπη και την Αυστραλία έχουν δείξει ότι οι K^3 αποδίδουν καλύτερα όσον αφορά την ασφάλεια από τις άλλες μορφές διασταύρωσης.

Πρόσφατες έρευνες στις Ηνωμένες Πολιτείες έδειξαν ότι με εξαίρεση τις μετατροπές από διασταυρώσεις με έλεγχο όλων των προσβάσεων με πινακίδες «STOP», όπου το ποσοστό των συγκρούσεων παραμένει στατιστικά αμετάβλητο, οι K^3 έχουν μειώσει τις συχνότητες των συγκρούσεων για ένα ευρύ φάσμα ρυθμίσεων (αστικές, προαστιακές και υπεραστικές) και προηγούμενων μορφών ελέγχου κυκλοφορίας (π.χ. σηματοδότηση). Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές από τις λιγότερο συχνές συγκρούσεις με τραυματισμό. Το όφελος από την ασφάλεια είναι μεγαλύτερο για K^3 μικρής και μεσαίας χωρητικότητας απ' ό τι για μεγάλους ή πολλαπλών λωρίδων K^3 .

Οι λόγοι για το αυξημένο επίπεδο ασφάλειας στους K^3 είναι:

- Οι K^3 παρουσιάζουν λιγότερα σημεία εμπλοκής για τα οχήματα σε σχέση με τις τυπικές διασταυρώσεις, ενώ η πιθανότητα για υψηλής σοβαρότητας συγκρούσεις μειώνεται σημαντικά.
- Οι χαμηλές ταχύτητες που γενικά εφαρμόζονται στους K^3 δίνουν στους οδηγούς περισσότερο χρόνο αντίδρασης σε πιθανές εμπλοκές, γεγονός που επίσης αυξάνει την απόδοση των K^3 όσον αφορά την ασφάλεια. Πολύ σημαντικό επακόλουθο των χαμηλών ταχυτήτων είναι η μειωμένη σοβαρότητα των συγκρούσεων και ο μειωμένος αριθμός σοβαρών ή θανάσιμων τραυματισμών λόγω σύγκρουσης.
- Επειδή η διαφορά ταχύτητας μεταξύ των χρηστών της οδού είναι μικρότερη, μειώνεται και η σοβαρότητα των συγκρούσεων σε σύγκριση με τους τυπικούς ισόπεδους κόμβους.

- Οι πεζοί αντιμετωπίζουν μόνο μία διεύθυνση κυκλοφορίας κάθε φορά που διασχίζουν έναν κλάδο πρόσβασης, καθώς τον διασχίζουν σε δύο φάσεις λόγω της ειδικά διαμορφωμένης διαχωριστικής νησίδας που τους προσφέρει καταφύγιο. Επιπλέον, οι εμπλοκές μεταξύ πεζών και οχημάτων είναι μειωμένες, καθώς τα εμπλεκόμενα οχήματα για τους πεζούς έρχονται από λιγότερες κατευθύνσεις.

Σε σχέση με τη γεωμετρία των K^3 , οι ακόλουθες παρατηρήσεις προέκυψαν από τα αποτελέσματα ερευνών στις Η.Π.Α.:

Οι συγκρούσεις μεταξύ των εισερχόμενων και των εντός του δακτυλίου οχημάτων:

- Αυξάνονται όσο αυξάνει το πλάτος εισόδου.
- Μειώνονται όσο αυξάνει η διάμετρος της κεντρικής νησίδας.
- Μειώνονται όσο αυξάνεται η γωνία μεταξύ των σκελών του κόμβου.

Οι συγκρούσεις μεταξύ των εξερχόμενων και των εντός του δακτυλίου οχημάτων:

- Αυξάνονται όσο αυξάνει η εγγεγραμμένη διάμετρος του κύκλου.
- Αυξάνονται όσο αυξάνει η διάμετρος της κεντρικής νησίδας.
- Αυξάνονται όσο αυξάνει το πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Η επίγνωση των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών ενός κόμβου αλλά και των συμπερασμάτων που μπορούν να προκύψουν από αυτά ακριβώς τα χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με ένα πλήθος άλλων παραμέτρων, μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στο σχεδιασμό είτε αστικών, είτε υπεραστικών κόμβων.

Σύμφωνα με έκθεση της "Technical Committee on Road Safety" πολλοί οδηγοί οδηγούν μηχανικά και όταν αντιμετωπίσουν δυσκολίες αντιδρούν με βάση την εμπειρία τους. Άνθρωποι που κάνουν συνεχώς την ίδια διαδρομή έχουν εξοικειωθεί σε τέτοιο βαθμό με τον περιβάλλοντα χώρο, ώστε δεν παρατηρούν ουσιώδεις διαφορές στη διαμόρφωση των κόμβων κατά μήκος της διαδρομής. Αντιθέτως, οδηγοί που για πρώτη φορά οδηγούν σε μία περιοχή, ξαφνιάζονται από την έλλειψη ομοιομορφίας στη λειτουργία του οδικού δικτύου (π.χ. ύπαρξη λωρίδας αριστερής στροφής). Τα περισσότερα λάθη των οδηγών ξεκινούν από έναν συνδυασμό παραγόντων, όπως ο έλεγχος του αυτοκινήτου και η οδήγηση και η αναγνώριση της πορείας. [24], [39]

8.1 Τύποι συγκρούσεων σε κυκλικούς κόμβους

Στους K^3 μίας λωρίδας κυκλοφορίας, υπάρχουν τρεις κατηγορίες εμπλοκών:

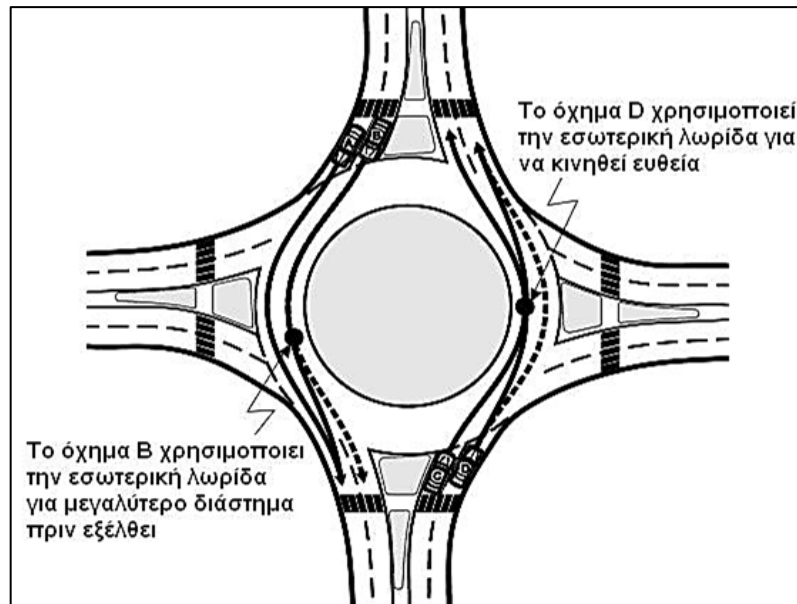
- Εμπλοκές λόγω ουράς.
- Εμπλοκές λόγω συμβολής.
- Εμπλοκές λόγω μερισμού.

Ωστόσο στους K^3 περισσότερων λωρίδων, προκύπτουν επιπρόσθετες κατηγορίες εμπλοκών λόγω της ύπαρξης επιπλέον λωρίδων κυκλοφορίας και της παράλληλης ανάγκης για μεγαλύτερα πλάτη δακτυλίου κυκλοφορίας και εξόδων. Καθίσταται επομένως απαραίτητη η χρησιμοποίηση των ελάχιστων απαιτούμενων λωρίδων στις εισόδους, τις εξόδους και το δακτύλιο, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τη χωρητικότητα.

Πέραν λοιπόν των βασικών σημείων και τύπων εμπλοκής, στους K^3 υπάρχουν και άλλες πιθανές περιπτώσεις εμπλοκών οι οποίες βασίζονται στη συμπεριφορά των οδηγών. Οι εμπλοκές αυτές που προκύπτουν σε K^3 περισσότερων λωρίδων κυκλοφορίας, και οι οποίες δε συμβαίνουν σε K^3 μίας λωρίδας κυκλοφορίας, μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Οι οδηγοί αποτυγχάνουν να διατηρήσουν τη θέση τους στη λωρίδα.
- Οι οδηγοί εισέρχονται δίπλα σε ένα εξερχόμενο όχημα.
- Οι οδηγοί στρίβουν από λάθος λωρίδα.

Ορισμένες λανθασμένες επιλογές των οδηγών και οι σχετικές προβλεπόμενες συγκρούσεις απεικονίζονται στις επόμενες εικόνες. [24]



Εικόνα 8.1 Συγκρούσεις εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδων για ευθεία πορεία [20]



Εικόνα 8.2 Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου επί του δακτυλίου [20]

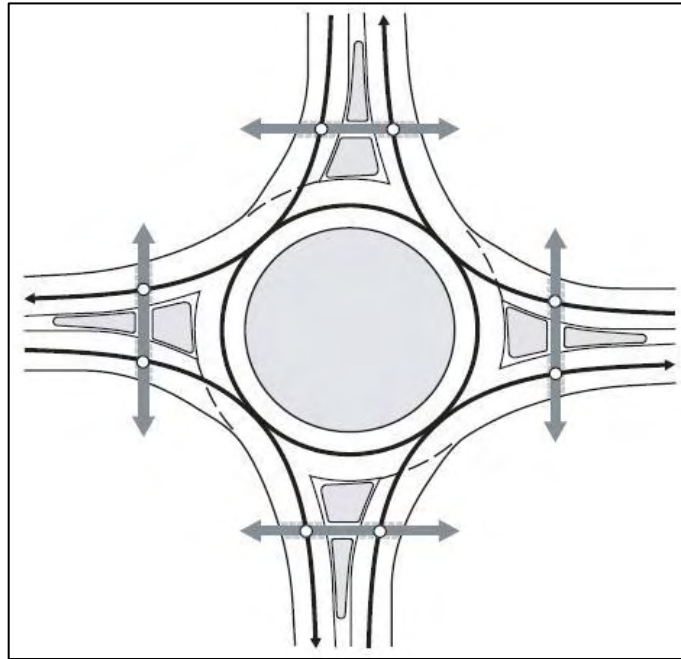
8.2 Εμπλοκές οχημάτων με πεζούς

Εμπλοκές μεταξύ πεζών και οχημάτων μπορεί να υπάρχουν σε κάθε διασταύρωση, ακόμα και σε εκείνες που διαθέτουν ελάχιστο φόρτο πεζών.

Οι πεζοί στους K^3 αντιμετωπίζουν σε κάθε πρόσβαση εμπλοκές με τα εισερχόμενα οχήματα και εμπλοκές με τα εξερχόμενα οχήματα, ενώ σε συμβατικές και κυκλικές

διασταυρώσεις με πολλαπλές λωρίδες στις προσβάσεις, προστίθεται μία επιπλέον εμπλοκή για κάθε επιπλέον λωρίδα που πρέπει να διασχίσει ένας πεζός.

Οι εμπλοκές μεταξύ οχημάτων και πεζών συμβαίνουν κατά κύριο λόγο επί των πεζοδιαβάσεων, εκτός από τις περιπτώσεις στις οποίες οι πεζοί κινούνται σε χώρους οι οποίοι δεν προβλέπονται γι' αυτούς. Τα σημεία στα οποία διασταυρώνεται η πορεία των οχημάτων με εκείνη των πεζών φαίνονται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 8.3 Σημεία εμπλοκής οχημάτων και πεζών [20]

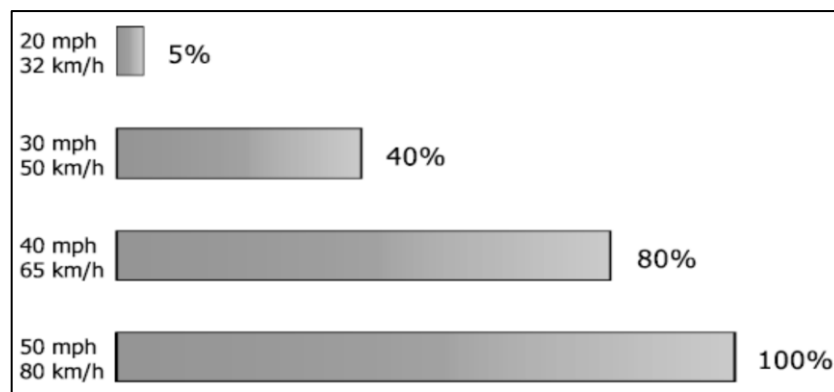
Για τους πεζούς, ο κίνδυνος να εμπλακούν σε σοβαρή σύγκρουση είναι χαμηλότερος στους K^3 σε σχέση με άλλες μορφές διασταυρώσεων, λόγω των χαμηλότερων ταχυτήτων των οχημάτων.

Επίσης για τους πεζούς, η ταχύτητα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο αν η σύγκρουση θα είναι θανάσιμη. Ένας πεζός είναι περίπου 8 φορές πιο πιθανό να πεθάνει όταν χτυπηθεί στα 50 χλμ./ώρα απ' ότι στα 32 χλμ./ώρα. Επομένως, η διαφορά στην ταχύτητα σχεδιασμού είναι κρίσιμη για όλους τους χρήστες που δεν βρίσκονται μέσα στο προστατευτικό σώμα ενός μηχανοκίνητου οχήματος.

Η μικρής σημασίας και μεγέθους πρόσθετη καθυστέρηση ή ταλαιπωρία για τους οδηγούς στους K^3 χαμηλότερης ταχύτητας (σε σύγκριση με τους K^3 υψηλότερης ταχύτητας), συνιστά συμβιβασμό για το σημαντικό πλεονέκτημα ασφάλειας για τους πεζούς (και τους ποδηλάτες). Ακόμη, οι γηραιότεροι οδηγοί μπορεί να αποκομίσουν

πρόσθετο χρόνο για να αντιληφθούν, να σκεφτούν, να αντιδράσουν και να διορθώσουν τυχόν λάθη τους (όπως και όλοι οι χρήστες).

Σημαντικό ωστόσο μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι στους πεζούς με προβλήματα όρασης δεν παρέχονται τα ακουστικά σήματα από τις ροές οχημάτων, όπως σε μια διασταύρωση ελεγχόμενη με φωτεινούς σηματοδότες. Για παράδειγμα, σε εξόδους των K^3 μπορεί να είναι δύσκολο να διακρίνεται ο ήχος των οχημάτων που θα συνεχίσουν την πορεία τους εντός του δακτυλίου, από εκείνα που εξέρχονται από τον κόμβο. Ως εκ τούτου, πρέπει να παρέχονται πληροφορίες σε αυτούς τους χρήστες μέσω διαφόρων κατάλληλων χαρακτηριστικών σχεδιασμού, ώστε να μπορούν να κινηθούν με ασφαλή τρόπο. [20], [24]



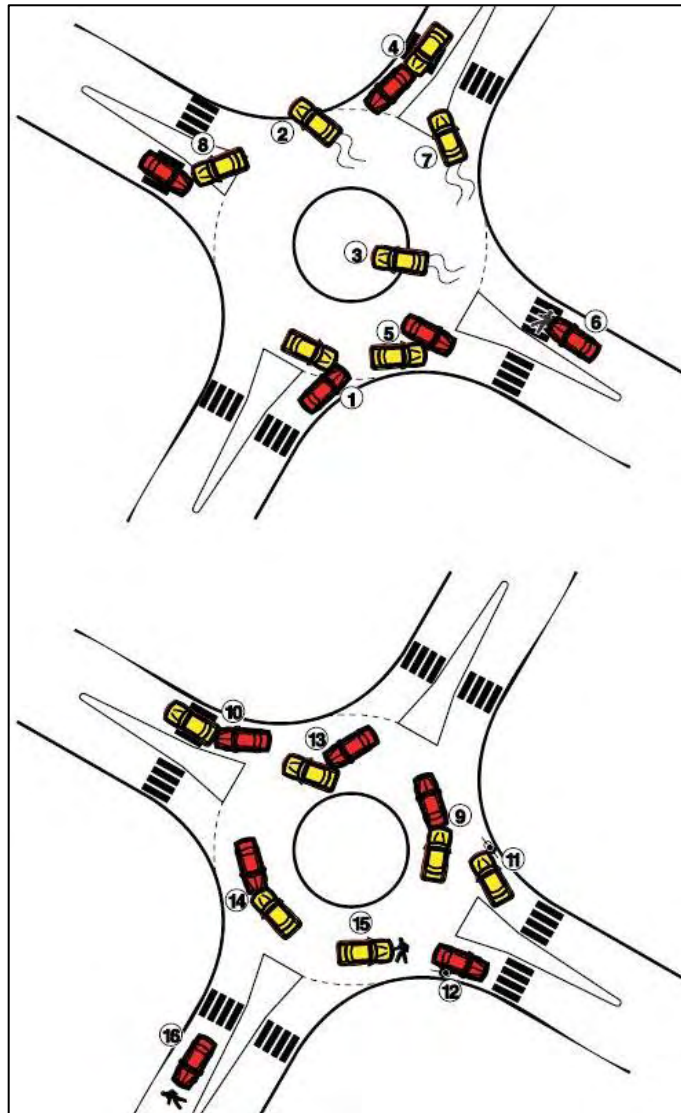
Εικόνα 8.4 Πιθανότητα θανάτου πεζού λόγω σύγκρουσης με μηχανοκίνητο όχημα, αναλόγως της ταχύτητας του οχήματος [45]

8.3 Σύνοψη ατυχημάτων σε κυκλικούς κόμβους

Συνοπτικά οι διάφοροι τύποι ατυχημάτων που εμφανίζονται σε έναν K^3 , μπορεί να οφείλονται είτε στις συνηθισμένες εμπλοκές μεταξύ οχημάτων και μεταξύ οχημάτων και πεζών ή ποδηλατών, είτε σε λανθασμένους χειρισμούς ή ολίσθηση των οχημάτων. Αναλυτικά, τα ατυχήματα τα οποία μπορεί να παρατηρηθούν παρουσιάζονται στην Εικόνα 8.5 και είναι αντίστοιχα τα εξής:

1. Σύγκρουση κατά την είσοδο που οφείλεται σε παραβίαση της προτεραιότητας.
2. Εκτροπή οχήματος εκτός του δακτυλίου κυκλοφορίας.
3. Απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την είσοδο.
4. Νωτο-μετωπική πρόσκρουση κατά την είσοδο.
5. Σύγκρουση ανάμεσα σε εξερχόμενο όχημα και σε όχημα το οποίο κινείται επί του δακτυλίου.
6. Σύγκρουση με πεζό σε κάποια πεζοδιάβαση.

7. Απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την έξοδο.
8. Σύγκρουση ανάμεσα σε εισερχόμενο και εξερχόμενο όχημα.
9. Νωτο-μετωπική σύγκρουση στο δακτύλιο κυκλοφορίας.
10. Νωτο-μετωπική σύγκρουση κατά την έξοδο.
11. Προσπέραση ποδηλάτου στην είσοδο.
12. Προσπέραση ποδηλάτου στην έξοδο.
13. Πλαγιομετωπική σύγκρουση κατά την πλέξη επί του δακτυλίου κυκλοφορίας.
14. Κίνηση με αντίθετη ροή στο δακτύλιο κυκλοφορίας.
15. Σύγκρουση με πεζό στο δακτύλιο κυκλοφορίας.
16. Σύγκρουση με πεζό εκτός της περιοχής της πεζοδιάβασης, στον κλάδο πρόσβασης. [20]



Εικόνα 8.5 Τύποι ατυχημάτων στην περιοχή ενός Κ³ [20]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ K^3 ΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ, ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΛΑΓΟΥ ΚΑΙ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΣΤΗ ΛΑΡΙΣΑ

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι, μέσω της εφαρμογής των Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων για κυκλικούς κόμβους (ΟΜΟΕ- K^3), ο σχεδιασμός ενός σύμφωνου με τις προδιαγραφές κυκλικού κόμβου στη θέση υφιστάμενης τυπικής ισόπεδης διασταύρωσης, στην οποία η ρύθμιση της κυκλοφορίας επιτυγχάνεται με εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης.

Στόχος της αντικατάστασης του υπάρχοντος τυπικού 4-σκελή ισόπεδου κόμβου, από κυκλικό κόμβο αντίστοιχων σκελών, είναι η γενικότερης βελτίωσης της ασφάλειας για όλους του χρήστες του κόμβου, η αύξηση της αποδοτικότητας του κόμβου και παράλληλα η επίτευξη αισθητικής αναβάθμισης της περιοχής.

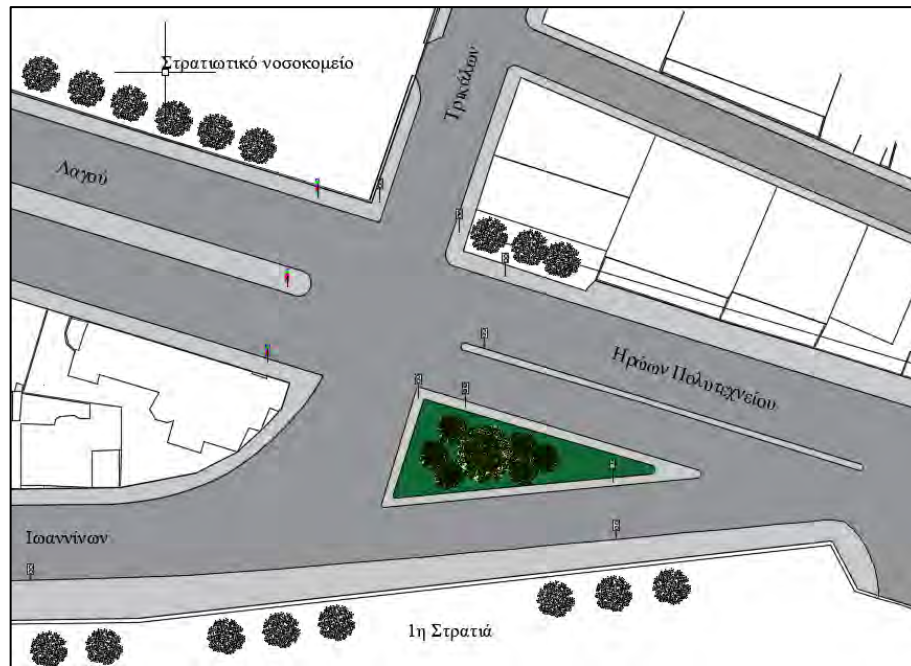
Αποτέλεσμα της παρούσας μελέτης είναι ο σχεδιασμός της οριζοντιογραφίας (γεωμετρικός σχεδιασμός) του προτεινόμενου K^3 , του οποίου η σχεδίαση και ο έλεγχος της κίνησης του οχήματος σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε με λογισμικό της εταιρείας Transoft Solutions και συγκεκριμένα τα προγράμματα TORUS 5.0 και AutoTURN Pro 10.0 αντίστοιχα.

Κατά το σχεδιασμό του K^3 δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στους περιορισμούς του χώρου, ώστε να μη χρειαστούν σημαντικές επεμβάσεις στη ρυμοτομία της περιοχής και απαλλοτριώσεις, αλλά και στην αποφυγή επικάλυψης των πορειών των οχημάτων.

9.1 Υφιστάμενη κατάσταση κόμβου

Ο κόμβος που μελετάται βρίσκεται μεταξύ των συνοικιών της Νεράιδας, του Αγίου Αθανασίου και της Φιλιππούπολης, ακριβώς δίπλα στην είσοδο της 1^{ης} Στρατιάς. Οι οδοί που διασταυρώνονται είναι οι Ηρώων Πολυτεχνείου, Τρικάλων, Αθανασίου Λαγού και Ιωαννίνων.

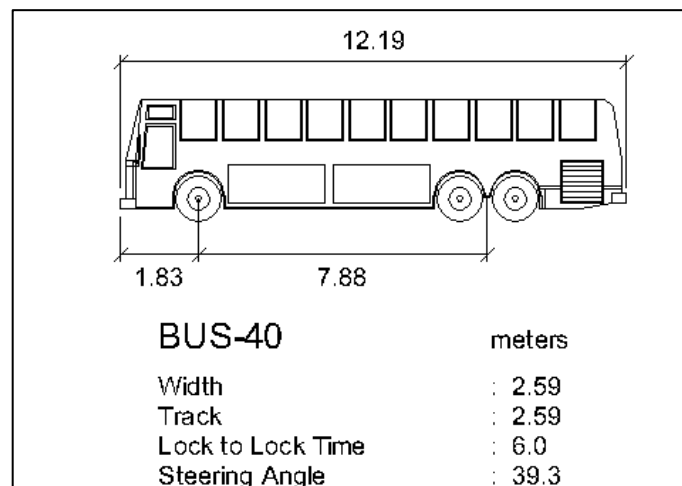
Βάσει της ιεράρχησης του οδικού δικτύου ανάλογα με τις λειτουργίες που εξυπηρετούν οι οδοί (σύνδεση με το κύριο δίκτυο, πρόσβαση στις παρόδιες χρήσεις), σε συνδυασμό με τους κυκλοφοριακούς φόρτους, τη διατομή και τα γενικότερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κάθε οδικού τμήματος, οι οδοί της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζονται ως εξής:



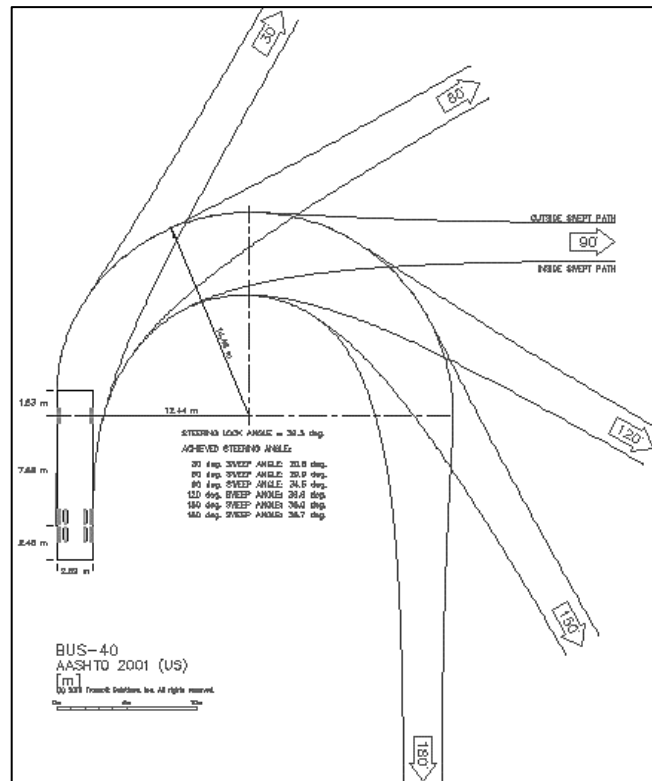
Εικόνα 9.3 Υφιστάμενη κατάσταση κόμβου

9.2 Όχημα σχεδιασμού

Ως όχημα σχεδιασμού επιλέχθηκε το λεωφορείο μήκους 12,19 μέτρων (BUS-40, AASHTO US (2001)) τα χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται, από το περιβάλλον εργασίας του AutoTURN, στις δύο επόμενες εικόνες.



Εικόνα 9.4 Προφίλ οχήματος σχεδιασμού

Εικόνα 9.5 Κινήσεις στροφής του οχήματος σχεδιασμού ανά 30°

9.3 Διαμόρφωση του K^3

Η όλη διαμόρφωση του κυκλικού κόμβου είναι τέτοια, ώστε να μη θίγεται η ρυμοτομία της περιοχής, με γνώμονα τη μειωμένη κατάληψη χώρου, ενώ υψομετρικά διαμορφώνεται κατά το δυνατόν στην υφιστάμενη κατάσταση.

Τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία του κόμβου σύμφωνα με τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (Τεύχος 10, Μέρος 2: Κόμβοι κυκλικής κίνησης ΟΜΟΕ- K^3 , Έκδοση 2011) και λαμβάνοντας υπόψιν τους περιορισμούς που επιβάλλει η αστική περιοχή στην οποία διαμορφώνεται ο κόμβος, υπολογίστηκαν ως εξής:

Διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου [μ]	34
Διάμετρος κεντρικής κυκλικής νησίδας [μ]	14,65
Πλάτος υπερβατικής ζώνης [μ]	3
Αριθμός λωρίδων δακτυλίου κυκλοφορίας	2
Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας [μ]	9,68

Όσον αφορά τους κλάδους προσέγγισης στον κόμβο, η διαμόρφωσή τους προέκυψε ως εξής:

Ηρώων Πολυτεχνείου

Διαμορφώνεται με 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση κίνησης, με νησίδα διαχωρισμού η οποία συνεχίζεται σε όλο το μήκος της οδού. Καθεμία λωρίδα έχει πλάτος 3,3 μέτρα, ενώ το πλάτος εισόδου είναι 7,5 μέτρα.

Τρικάλων

Διαμορφώνεται με 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση και με κατασκευή νησίδας διαχωρισμού. Κάθε λωρίδα έχει πλάτος 3,5 μέτρα, ενώ το πλάτος εισόδου είναι ίσο με 4,5 μέτρα.

Αθανάσιου Λαγού

Διαμορφώνεται με 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση κίνησης, με νησίδα διαχωρισμού η οποία συνεχίζεται σε όλο το μήκος της οδού. Τα πλάτη των λωρίδων ισούνται με 3,5 μέτρα η καθεμία και το πλάτος εισόδου με 8,8 μέτρα. Η δεξιά στροφή προς την οδό Ιωαννίνων απαγορεύεται..

Ιωαννίνων

Διαμορφώνεται με 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση κίνησης, με κατασκευή νησίδας διαχωρισμού. Το πλάτος κάθε λωρίδας είναι 4 μέτρα και το πλάτος εισόδου 6,3 μέτρα.

Λοιπά στοιχεία του κόμβου

Οι διαχωριστικές νησίδες κατασκευάζονται μη υπερβατές-κрасπεδωμένες. Κατά μήκος των οδών Ηρώων Πολυτεχνείου και Αθανάσιου Λαγού το ελάχιστο-σταθερό πλάτος της διαχωριστικής νησίδας ισούται με 2,5 και 2 μέτρα αντίστοιχα.

Οι πεζοδιαβάσεις διέρχονται ισόπεδα, διακόπτοντας τις νησίδες διαχωρισμού. Τοποθετούνται σε απόσταση 4 μέτρων από την εξωτερική διάμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας, ενώ το πλάτος του καταφυγίου είναι κι αυτό 4 μέτρα.

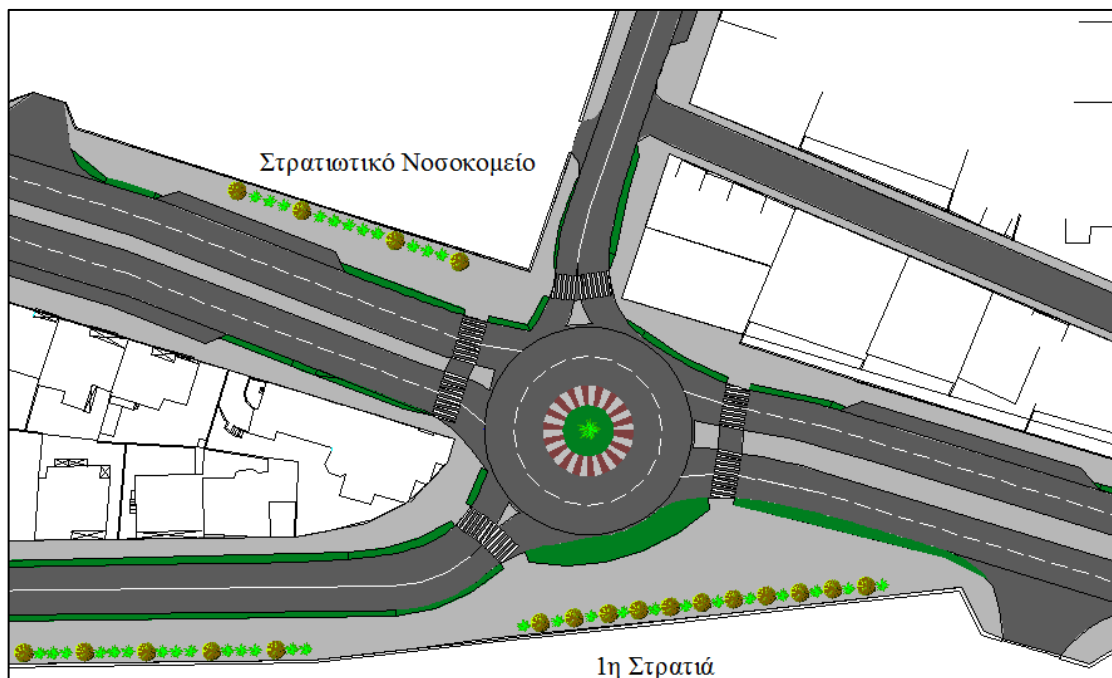
Στην κεντρική νησίδα εφαρμόζεται τοπιοτεχνία χαμηλής φύτευσης, με ελεύθερο πλάτος 2 μέτρων στην περίμετρό της για εξασφάλιση ορατότητας. Πέριξ του κόμβου η τοπιοτεχνία τοποθετείται με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποτρέπει την εγκάρσια διέλευση των κλάδων πρόσβασης από τους πεζούς από σημεία εκτός των πεζοδιαβάσεων. Υψηλή φύτευση τοποθετείται μόνο σε θέσεις που δεν επηρεάζουν την ορατότητα για τους οδηγούς.

Στην περιοχή γύρω απ' τον κόμβο οι θέσεις στάθμευσης διαμορφώνονται σε κατάλληλη απόσταση από τις πεζοδιαβάσεις, με τη δημιουργία εσοχής πλάτους 2,5

μέτρων όπως φαίνεται στην Εικόνα 9.6, ώστε να μην επηρεάζεται η ομαλή και ασφαλής λειτουργία του Κ³.

Ο σχεδιασμός των πεζοδρομίων έγινε έτσι, ώστε γύρω από το δακτύλιο να έχουν όπου αυτό είναι δυνατό πλάτος τουλάχιστον 3 μέτρα και να απέχουν 1 μέτρο από εκείνον. Στους κλάδους πρόσβασης βασική επιδίωξη ήταν να εξασφαλιστεί το ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος των 2,05 μέτρων.

Η τελική μορφή του κόμβου μετά τη διαμόρφωσή του ως Κ³, καθώς και οι αποστάσεις ορατότητας, οι γωνίες ορατότητας και οι κινήσεις του οχήματος σχεδιασμού ακολουθούν παρακάτω.



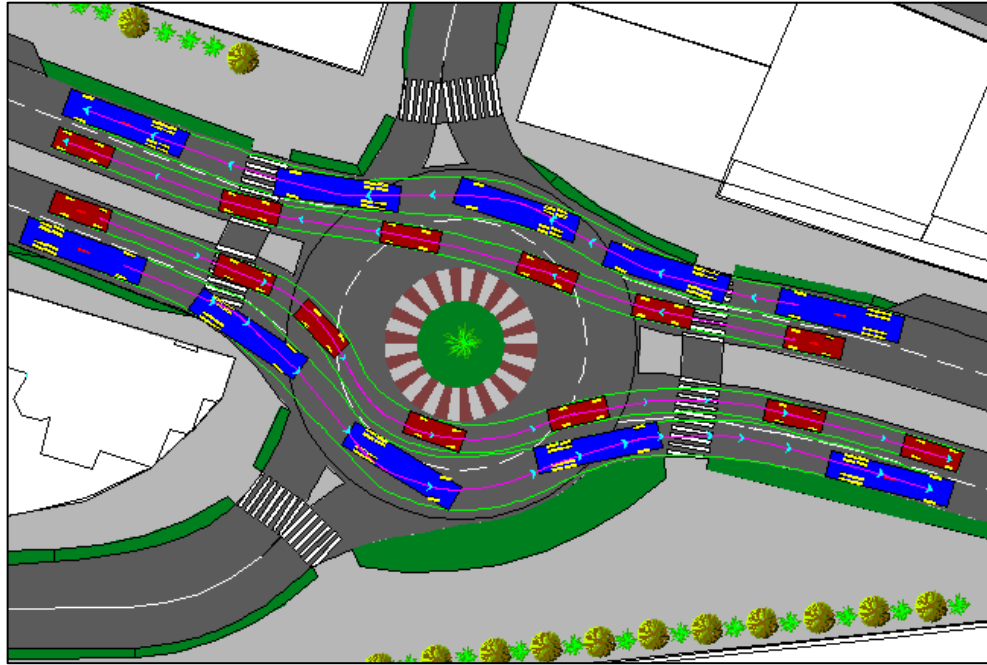
Εικόνα 9.6 Διαμόρφωση του Κ³ στην περιοχή μελέτης

9.3.1 Κινήσεις οχήματος σχεδιασμού

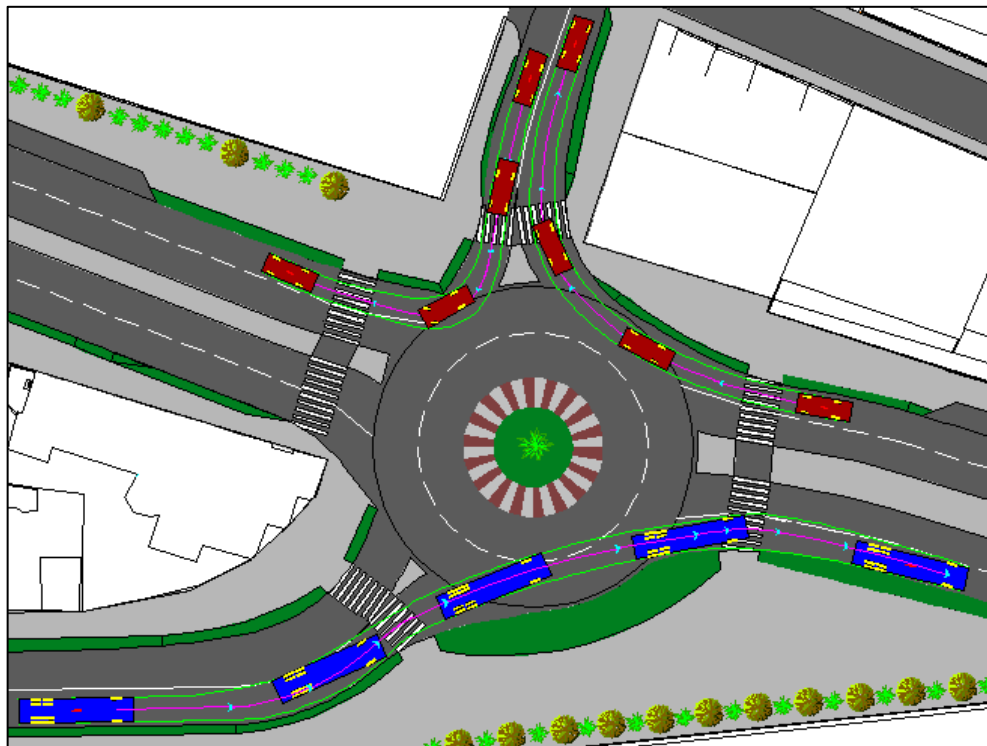
Ο σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου έγινε με τρόπο που να εξυπηρετεί τις κινήσεις του οχήματος σχεδιασμού. Ο έλεγχος της εξυπηρέτησης του οχήματος σχεδιασμού έγινε για όλες τις περιπτώσεις, δηλαδή δεξιές και αριστερές στροφές, ευθεία κίνηση και κίνηση του οχήματος σχεδιασμού παράλληλα με ΙΧ.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των κινήσεων από και προς την οδό Τρικάλων, αντί του οχήματος σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκε τυπικό επιβατηγό

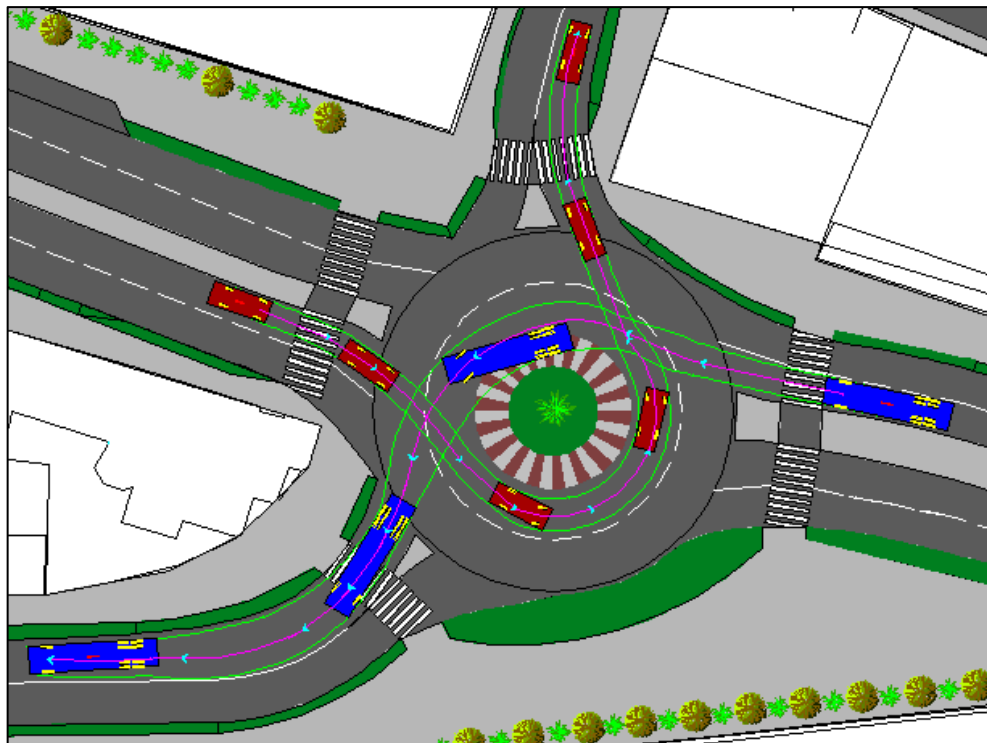
αυτοκίνητο (IX) μήκους 5,79 μέτρων (AASHTO US (2001)), καθώς η συγκεκριμένη οδός δε χρησιμοποιείται από λεωφορεία.



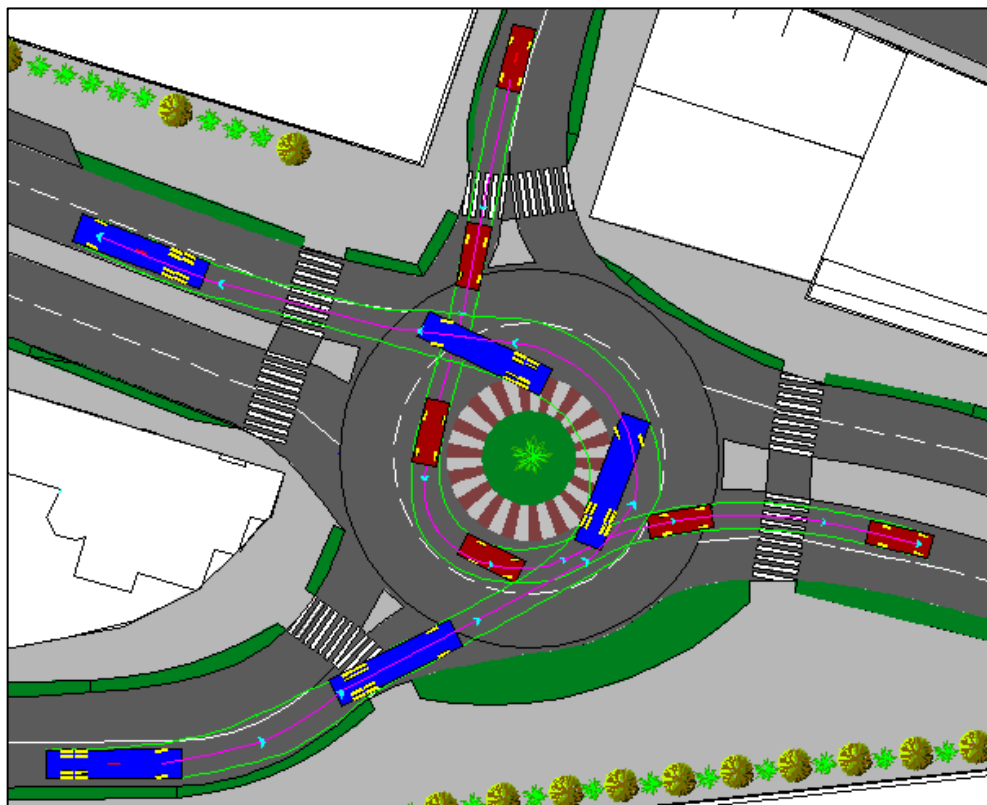
Εικόνα 9.7 Παράλληλη κίνηση του οχήματος σχεδιασμού με IX (Ηρ. Πολυτεχνείου – Λαγού)



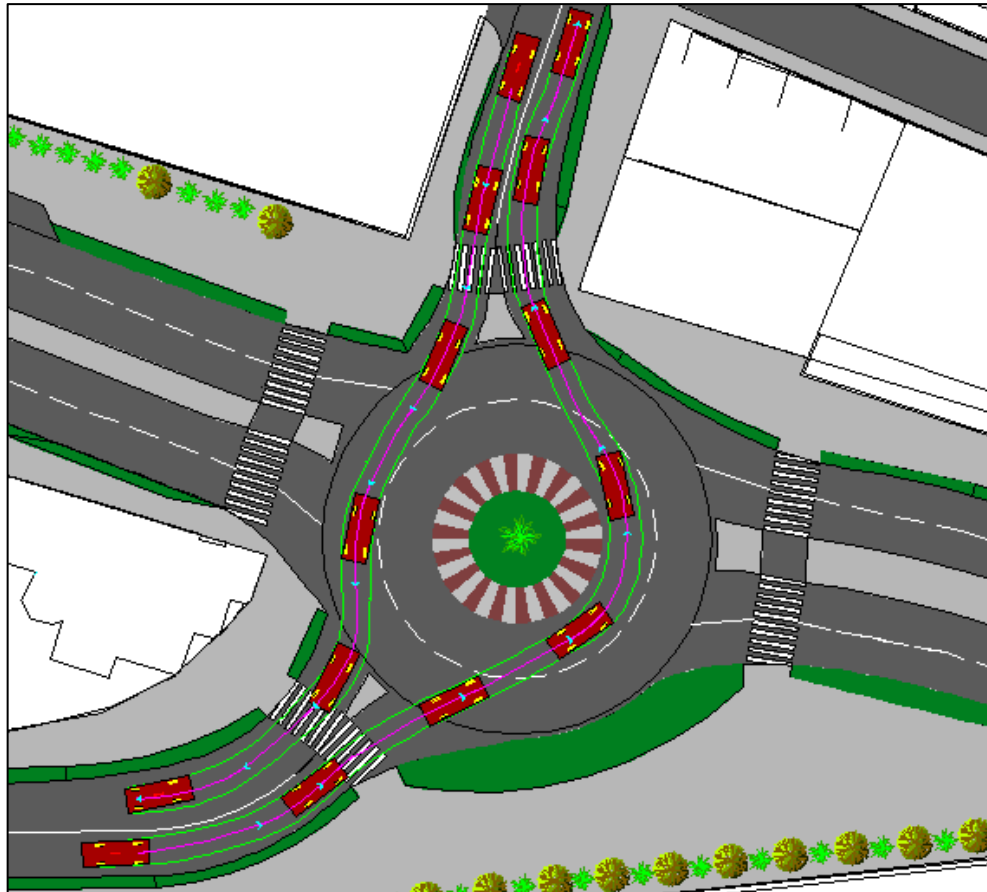
Εικόνα 9.8 Δεξιόστροφες κινήσεις επί του Κ³



Εικόνα 9.9 Αριστερόστροφες κινήσεις επί του K^3 (από Ηρ. Πολυτεχνείου προς Ιωαννίνων και από Λαγού προς Τρικάλων)



Εικόνα 9.10 Αριστερόστροφες κινήσεις επί του K^3 (από Ιωαννίνων προς Λαγού και από Τρικάλων προς Ηρ. Πολυτεχνείου)

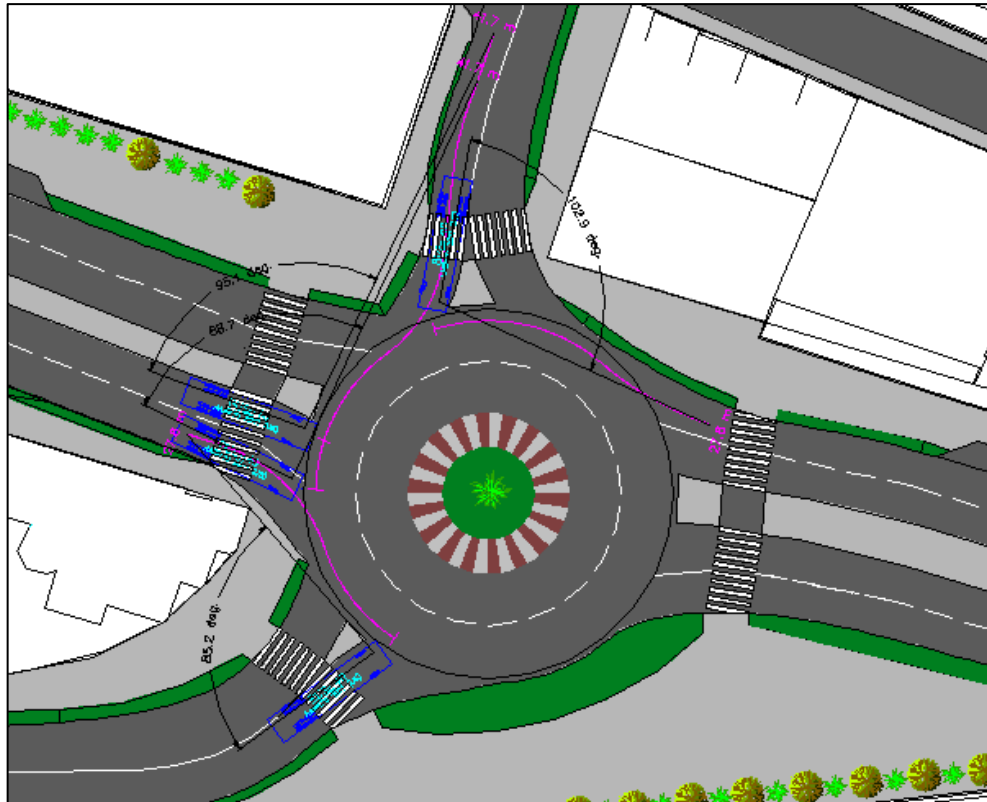


Εικόνα 9.11 Ευθεία κίνηση ΙΧ αυτοκινήτου (Ιωαννίνων – Τρικάλων)

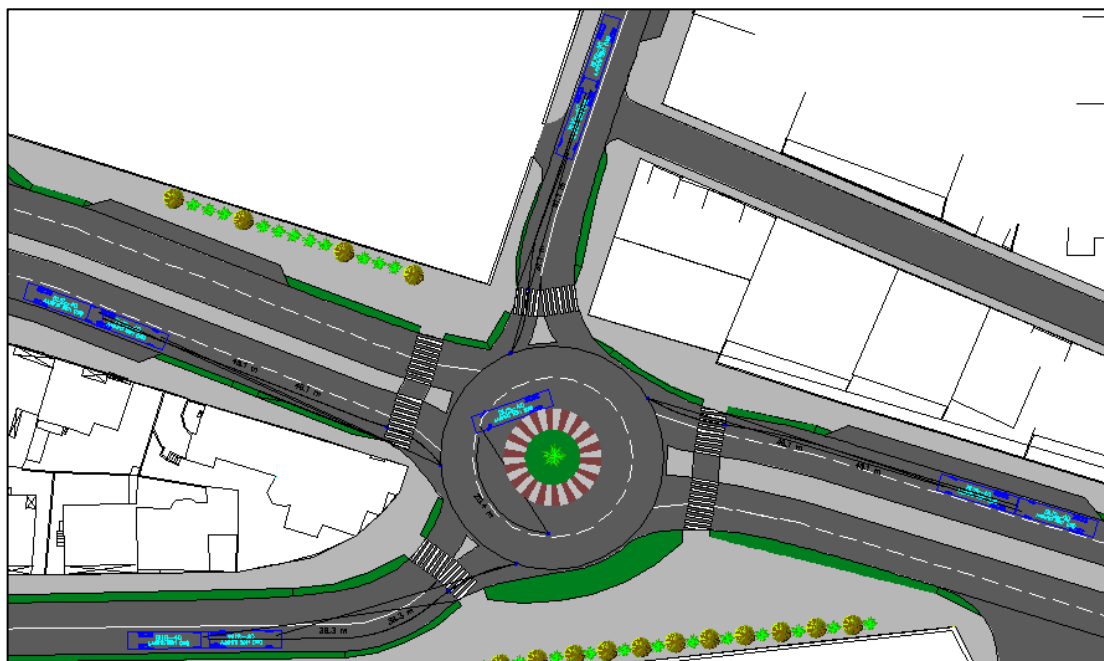
9.3.2 Μήκη - Γωνίες ορατότητας

Η εξασφάλιση ορατότητας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ασφαλή λειτουργία του K^3 και γι' αυτό είναι να απαραίτητο να παρέχονται στους οδηγούς ορισμένες ελάχιστες αποστάσεις ορατότητας για στάση, σε περίπτωση που αυτή κριθεί απαραίτητη λόγω κάποιας πιθανής αιτίας. Στην περίπτωση μελέτης τα μήκη και οι γωνίες ορατότητας υπολογίστηκαν για χαμηλές ταχύτητες εισόδου, καθώς η ρυμοτομία της περιοχής και ο περιορισμένος χώρος δημιουργούν προβληματικά σημεία ως προς την ορατότητα, ιδιαίτερα στη γωνία μεταξύ των οδών Αθ. Λαγού και Ιωαννίνων. Έτσι η ταχύτητα εισόδου στις δευτερεύουσες αρτηρίες λήφθηκε ίση με 30 χλμ./ώρα και στις πρωτεύουσες συλλεκτήριες ίση με 20 χλμ./ώρα.

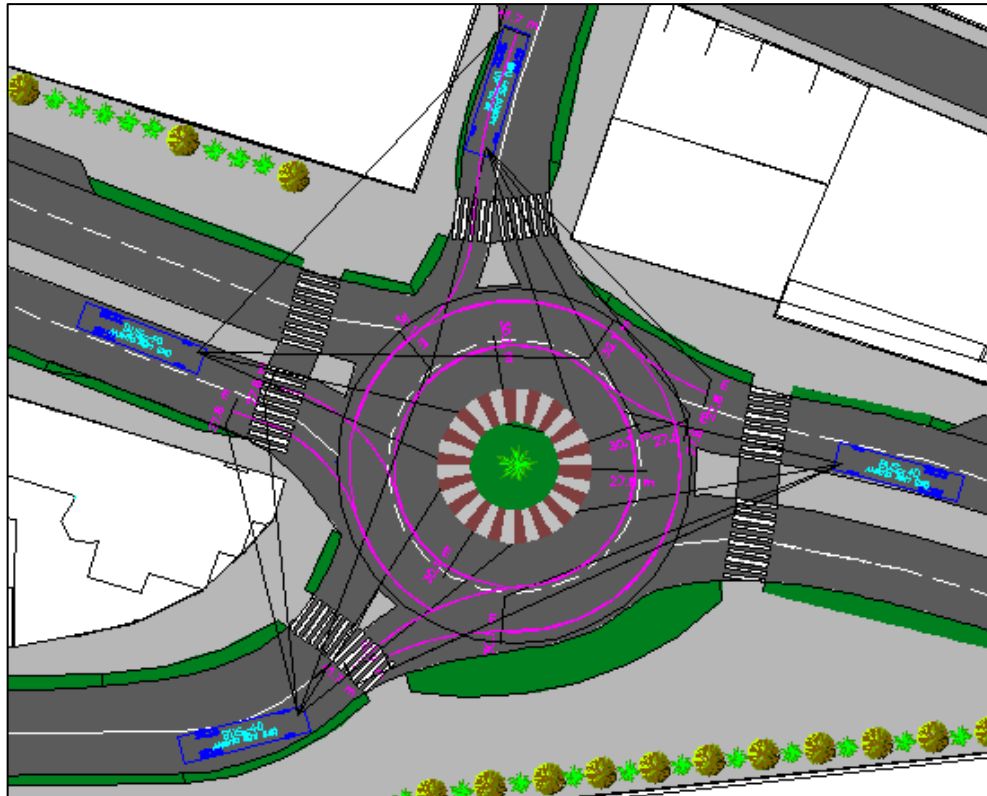
Οι γωνίες ορατότητας υπολογίστηκαν μεγαλύτερες από την ελάχιστη επιθυμητή των 75° , ενώ ο υπολογισμός όλων των αποστάσεων και επιφανειών ορατότητας επέτρεψε, στη συνέχεια, τον καθορισμό των επιφανειών στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί μόνο τοπιοτεχνία με χαμηλή βλάστηση και των επιφανειών στις οποίες είναι αποδεκτή και η εφαρμογή τοπιοτεχνίας με υψηλότερη βλάστηση.



Εικόνα 9.12 Γωνίες ορατότητας κατά την είσοδο



Εικόνα 9.13 Μήκη ορατότητας για στάση, κατά την προσέγγιση στον Κ³ (μέχρι την είσοδο στον Κ³ και μέχρι τη διάβαση πεζών) και επί του δακτυλίου κυκλοφορίας



Εικόνα 9.14 Τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Νικολαΐδης Αθ. «Εύκαμπτα Οδοστρώματα. Μέθοδος διαστασιολόγησης - Ασφαλτικά μίγματα - Αντιολισθηρές στρώσεις», Θεσσαλονίκη 2005
- [2] Pietzsch W. «Σχεδιασμός και χάραξη των οδών, 1976
- [3] Γαβάνας Ν., Παπαϊωάννου Π., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ., Πολίτης Ι. «Αστικά δίκτυα μεταφορών και διαχείριση κινητικότητας», ΣΕΑΒ 2015
- [4] Natzschka H. «Οδοποιία. Σχεδιασμός και κατασκευή», Αθήνα 2014
- [5] Δημοτική Κοινοφελής Επιχείρηση Καβάλας <http://www.kavalagreece.gr/>
- [6] ΥΠΕΧΩΔΕ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας. «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος: Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου (ΟΜΟΕ -ΛΚΟΔ)», Μελέτη: ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2001
- [7] Νικολαΐδης Αθ. «Οδοποιία. Οδοστρώματα - Υλικά - Έλεγχος ποιότητας», Θεσσαλονίκη 2002
- [8] Κασάπη Έ. «Ισόπεδοι Κόμβοι. Προβλήματα - Επισημάνσεις», ΡΙΑΡC
- [9] Αντωνίου Κ., Σπυροπούλου Ι., Σημειώσεις μαθήματος «Οδοποιία ΙΙΙ», ΕΜΠ
- [10] Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α. «Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή τεχνική, Τόμος 1», Θεσσαλονίκη 2005
- [11] ΥΠΥΜΕΔΙ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας. «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 10, Μέρος 1: Ισόπεδοι Κόμβοι (ΟΜΟΕ - ΙΚ)», Σύμβουλος: ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011
- [12] Μουρατίδης Α. «Οδοποιία. Η Διαχείριση των Οδικών Έργων», Θεσσαλονίκη 2008
- [13] US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Safety <https://safety.fhwa.dot.gov/>
- [14] Μίντσης Γ. «Ισόπεδοι Κόμβοι», Σημειώσεις μαθήματος «Ειδικά Θέματα Οδοποιίας» (ΑΠΘ)
- [15] Καλογεράκη Μ., «Ανάπτυξη λογισμικού ΗΥ για τον σχεδιασμό σπειροειδούς κυκλικού κόμβου», Διπλωματική εργασία, Αθήνα 2015
- [16] Washington State Department of Transportation <https://www.wsdot.wa.gov/>

- [17] US Department of Transportation, Federal Highway Administration. “Roundabouts”, Technical Summary, 2010
- [18] Νίκου Δ. «Γεωμετρικός σχεδιασμός ισόπεδων κυκλικών κόμβων», Διπλωματική εργασία, Αθήνα 2012
- [19] e-Θεσσαλία <https://e-thessalia.gr/>
- [20] ΥΠΥΜΕΔΙ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας. «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 10, Μέρος 2: Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ - Κ³)», Σύμβουλος: NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011
- [21] AerialStock <https://www.aerialstock.com/>
- [22] ABC News <https://www.abc.net.au/news/2015-08-04/columbus-circle-roundabout-new-york/6671454>
- [23] National Association of City Transportation Officials (NACTO) <https://nacto.org/>
- [24] National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Report 672, “Roundabouts: An Informational Guide”, Second edition, Washington 2010
- [25] Wikipedia <https://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>
- [26] City of Lincoln, Nebraska
<https://lincoln.ne.gov/city/ltu/engine/roundabout/how-to-drive.htm>
- [27] Municipality of Clarington
<https://www.clarington.net/en/live-here/roundabouts.asp>
- [28] Washtenaw County Road Commission
<http://www.wcroads.org/faq/roundabouts/roundabout-safety-benefits/>
- [29] Pedestrian Safety Guide and Countermeasure Selection System (PEDSAFE)
http://www.pedbikesafe.org/PEDSAFE/casestudies_detail.cfm?CM_NUM=6&CS_NUM=96
- [30] Σπανού Δ., «Κυκλικοί κόμβοι: γεωμετρικός σχεδιασμός, προσαρμογή στο τοπίο και οδική ασφάλεια - Μελέτη περίπτωσης στην πόλη της Καβάλας», Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη 2014
- [31] Roundabout Resources <http://roundaboutresources.org/single-lane.html>
- [32] Weber Ph., Tanaka K., Henderson B., “Solutions to Driver Errors at Multi-Lane Roundabouts”, Human Factors and Road Safety Culture Session of the 2017 Annual Conference of the Transportation Association of Canada

- [33] Turbo Roundabouts <http://www.turboroundabout.com/turbo-roundabout.html>
- [34] Fortuijn L.G.H. “Roundabouts in the Netherlands. Development and experiences”, International Roundabout Design and Capacity Seminar, Stockholm 2011
- [35] Tollazzi T., “Modern Types of Roundabouts – Trends and Future Expectations”, III International conference Road Safety in Local Communities, Banja Luka 2014
- [36] Tollazzi T., Mauro R., Guerrieri M., Rencelj M., “Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts: Turbo, Flower, Target and Four-Flyover Roundabout”, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 2016
- [37] The Telegraph <https://www.telegraph.co.uk/>
- [38] MTJ Roundabout Engineering <https://www.mtjengineering.com/>
- [39] Μαυρογιάννης Σ. «Διαμόρφωση κυκλικού κόμβου στον περιφερειακό του Βόλου, στη διασταύρωση με την οδό Φυτόκου», Διπλωματική εργασία, Βόλος 2017
- [40] Public Radio International (PRI)
<https://www.pri.org/stories/2017-01-05/welcome-carmel-indiana-roundabout-city-usa>
- [41] US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD)
https://mutcd.fhwa.dot.gov/htm/2009/part3/fig3c_04_1_longdesc.htm
- [42] ΥΠΕΧΩΔΕ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας. «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 3 : Χαράξεις (ΟΜΟΕ - Χ)», Σύμβουλος: NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2001
- [43] Transportation Agency for Monterey County (TAMC)
<https://www.tamcmonterey.org/programs/roundabout-projects/fun-facts-about-roundabouts/>
- [44] ΥΠΕΧΩΔΕ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας. «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 9: Κατακόρυφη Σήμανση Οδών (ΟΜΟΕ – ΚΣΟ)», Σύμβουλος: NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2012
- [45] Leaf W. A., Preusser D.F., “Literature Review on Vehicle Travel Speeds and Pedestrian Injuries”, National Highway Traffic Safety Administration, Department of Transportation, Washington 1999.
- [46] Ριζομυλιώτης Χ. «Μελέτη Αστικής Κινητικότητας για το Δήμο Λαρισαίων – Τεχνική Έκθεση», 2015