



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ,
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ & ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗ ΛΑΡΙΣΑ, ΣΤΗ
ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΣΑΡΙΜΒΕΗ ΚΑΙ Ι. ΛΑΤΣΙΟΥ

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΜΠΟΥΛΑΣΙΚΗΣ

ΒΟΛΟΣ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2018

© 2018 Θεόδωρος Μπουλασίκης

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

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων):

Νικόλαος Ηλιού

Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής:

Ευτυχία Ναθαναήλ

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής:

Παντελής Κοπελιάς

Λέκτορας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κύριο Νικόλαο Ηλιού για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη που μου παρείχε, ως επιβλέπων, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, από την επιλογή του θέματος, την χρήσιμη τεχνική υποστήριξη για το λογισμικό σχεδιασμού, έως και το πέρας της.

Πολλά ευχαριστώ οφείλω, για την καλή συνεργασία, τη στήριξη και το ευχάριστο κλίμα μεταξύ μας, σε όλους τους συναδέλφους και κυρίως τους φίλους που είχα, αλλά και απέκτησα κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος. Εύχομαι σε όλους ξεχωριστά την καλύτερη δυνατή συνέχεια σε ό,τι επιλέξουν να ασχοληθούν.

Τέλος, θέλω να δώσω τις πιο εγκάρδιες και θερμές ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου και τους φίλους μου, για τη στήριξη, ηθική και ψυχολογική, την κατανόηση και την υπομονή που έδειξαν, καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Μπουλασίκης Θεόδωρος

Περίληψη

Οι σύγχρονοι κυκλικοί κόμβοι αποτελούν μία μορφή ελέγχου κυκλοφοριακών διασταυρώσεων, η οποία αποκτά τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερους υποστηρικτές, ενώ η εφαρμογή τους σε παγκόσμιο επίπεδο διευρύνεται συνεχώς. Ο λόγος για τη στροφή του ενδιαφέροντος προς τους κυκλικούς κόμβους είναι τα πλεονεκτήματα που συχνά παρουσιάζουν έναντι των τυπικών μορφών κόμβων, σηματοδοτούμενων και μη. Είναι ευρέως αποδεκτό, πλέον, ότι τα μειωμένα σημεία εμπλοκής που τους χαρακτηρίζουν και το περιβάλλον ήπιων ταχυτήτων που δημιουργούν, μπορούν να βελτιώσουν την οδική ασφάλεια σε μία διασταύρωση. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις δύνανται να προσφέρουν ικανοποιητική χωρητικότητα και υψηλή λειτουργική επίδοση με μικρές χρονικές καθυστερήσεις, ακόμη και σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής. Κλειδί στην υπόθεση αυτή είναι ο σωστός γεωμετρικός σχεδιασμός των κυκλικών κόμβων σύμφωνα με τις ισχύουσες οδηγίες και προδιαγραφές.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία επιχειρεί να περιγράψει και να αναλύσει τα βασικά λειτουργικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων και να παρουσιάσει τη συνολική διαδικασία σχεδιασμού αυτών, με στόχο την ανάδειξη των ορθών πρακτικών σχεδιασμού. Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας πραγματοποιείται προσπάθεια εφαρμογής του θεωρητικού πλαισίου και των οδηγιών σχεδιασμού καταλήγοντας σε μία μελέτη περίπτωσης για την πόλη της Λάρισας. Το αποτέλεσμα είναι ο σχεδιασμός, με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού, ενός αστικού κυκλικού κόμβου που προτείνεται να αντικαταστήσει υφιστάμενη σηματοδοτούμενη διασταύρωση.

Λέξεις-Κλειδιά: Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, ισόπεδος κυκλικός κόμβος, γεωμετρικός σχεδιασμός κυκλικού κόμβου, έλεγχοι επίδοσης, λογισμικό σχεδιασμού κυκλικών κόμβων, TORUS, AUTOTURN, μελέτη περίπτωσης, κυκλικός κόμβος στη Λάρισα.

Abstract

Modern roundabouts are a form of traffic control at intersections, which have acquired more and more supporters in recent years, and whose worldwide application is constantly expanding. The reason for this shift of interest towards roundabouts lies on the multiple advantages they exhibit over more typical intersection forms, both signaled and non-signaled. It is now widely accepted that their reduced conflict points and the low-speed driving environment they create, can improve road safety at an intersection. In addition, in many cases they can offer sufficient capacity and high operational performance with short delays, even at peak hour traffic. The key in this case is the correct geometric design of roundabouts in accordance with current guidelines and specifications.

This diploma thesis attempts to describe and analyze the basic functional and geometric features of roundabouts and to present their overall planning and design process in order to highlight good design practices. In the last part of the thesis an attempt is made to apply the theoretical framework and planning instructions, resulting in a case study for the city of Larissa. The result is the design, with the help of appropriate software, of an urban roundabout, which is proposed to replace an existing signaled intersection.

Key Words: Roundabout, roundabout geometric design, performance checks, roundabouts design software, TORUS, AUTOTURN, case study, roundabout in Larissa.

Πίνακας Περιεχομένων

1.	Εισαγωγή	1
1.1	Αντικείμενο εργασίας και στόχοι.....	1
1.2	Δομή διπλωματικής εργασίας	2
2.	Βασικοί ορισμοί – χαρακτηριστικά K^3	2
2.1	Γενικά	4
2.2	Ιστορικά στοιχεία	8
2.3	Βασικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις του σύγχρονου K^3	11
2.4	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα K^3	15
2.5	Κατηγορίες K^3	20
3.	Ζητήματα προκαταρκτικού σχεδιασμού.....	27
3.1	Γενικά	27
3.2	Κριτήρια καταλληλότητας για τη δημιουργία K^3	29
3.3	Εκτίμηση μεγέθους του κόμβου	31
3.3.1	Εκτίμηση αριθμού λωρίδων	31
3.3.2	Απαιτήσεις σε χώρο κάλυψης	34
3.4	Στοιχεία σχεδιασμού.....	36
3.4.1	Όχημα σχεδιασμού.....	36
3.4.2	Ταχύτητες και διευθέτηση της πορείας των οχημάτων επί του K^3	39
3.4.3	Ύπαρξη πεζών	41
3.4.4	Ύπαρξη ποδηλατιστών.....	42
4.	Γεωμετρικός Σχεδιασμός.....	43
4.1	Εισαγωγή.....	43
4.2	Εκπλήρωση στόχων σχεδιασμού – έλεγχοι.....	45
4.2.1	Εξυπηρέτηση οχήματος σχεδιασμού και έλεγχος επικάλυψης πορειών οχημάτων.....	46
4.2.2	Ταχύτητες σχεδιασμού και γρηγορότερη διαδρομή	47
4.2.3	Ορατότητα	50
4.3	Διάταξη κλάδων προσέγγισης	53
4.4	Διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου	55

4.5	Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας	57
4.6	Σύνοψη βασικών γεωμετρικών στοιχείων.....	58
4.7	Είσοδοι	60
4.7.1	Πλάτος εισόδου	60
4.7.2	Καμπύλη εισόδου	62
4.8	Έξοδοι.....	64
4.9	Κεντρική νησίδα	66
4.10	Νησίδες διαχωρισμού.....	67
4.11	Πεζοδιαβάσεις και πεζοδρόμια	69
4.12	Διαμορφώσεις για ποδήλατα	71
4.13	Υψομετρική διαμόρφωση και αποχέτευση καταστρώματος K^3	72
5.	Στοιχεία εξοπλισμού K^3	75
5.1	Οριζόντια σήμανση	75
5.2	Κατακόρυφη σήμανση	78
5.3	Οδοφωτισμός.....	80
5.4	Αισθητική και τοπιοτεχνία	81
6.	Λειτουργική Ανάλυση.....	84
6.1	Λειτουργία K^3 και βασικές αρχές.....	85
6.1.1	Επίδραση κυκλοφοριακού φόρτου και συμπεριφοράς χρηστών.....	85
6.1.2	Επίδραση γεωμετρίας κόμβου	87
6.2	Συλλογή Δεδομένων	88
6.3	Ανάλυση Χωρητικότητας	89
6.4	Ανάλυση Καθυστερήσεων	90
7.	Οδική Ασφάλεια	92
7.1	Η ασφάλεια στους K^3	92
7.2	Τύποι και περιπτώσεις ατυχημάτων	94
8.	Σχεδιασμός Κόμβου Κυκλικής Κίνησης (K^3) στην πόλη της Λάρισας, στη διασταύρωση των οδών Σαρίμβη και Λάτσιου Ιωάννη	98
8.1	Εισαγωγή.....	98
8.2	Υφιστάμενη κατάσταση και οδικό περιβάλλον	100

8.3	Στόχοι και ζητήματα σχεδιασμού του προτεινόμενου Κ ³	104
8.4	Γεωμετρία προτεινόμενου Κ ³	106
8.4.1	Οδηγίες που λήφθηκαν υπόψη	106
8.4.2	Όχημα Σχεδιασμού	107
8.4.3	Βασικές διαστάσεις προτεινόμενου Κ ³	109
8.4.4	Περιγραφή προτεινόμενου κόμβου	109
8.4.5	Οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση του υπό μελέτη Κ ³	114
8.5	Έλεγχοι επίδοσης της προτεινόμενης διαμόρφωσης	116
9.	Σύνοψη και συμπεράσματα	130
	Βιβλιογραφία	133

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα K^3 (ΟΜΟΕ K^3 , 2011).....	18
Πίνακας 2.2 Γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία K^3 (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)	21
Πίνακας 4.1 Υψηλότερες προβλεπόμενες ταχύτητες εισόδου σε κάθε κατηγορία K^3 (NCHRP, 2010).....	48
Πίνακας 4.2 Συνήθης διάμετρος κύκλου εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου (ΟΜΟΕ K^3 , 2011).....	56
Πίνακας 4.3 Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών στοιχείων (ΟΜΟΕ K^3)	59
Πίνακας 6.1 Εφαρμογές, απαιτούμενοι τύποι και εργαλεία ανάλυσης (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)	85
Πίνακας 8.1 Επιλεχθείσες διαστάσεις του υπό μελέτη κόμβου.....	109
Πίνακας 8.2 Αποτελέσματα ελέγχου επικάλυψης πορειών εισόδου-εξόδου	122
Πίνακας 8.3 Αποτελέσματα λειτουργικής ανάλυσης για τον κόμβο με τη μέθοδο του HCM	127

Κατάλογος Σχημάτων - Εικόνων

Εικόνα 2.1 Περιστροφική κυκλοφοριακή διαμόρφωση - Fort Worth, Texas (NCHRP, 2010).....	5
Εικόνα 2.2 Σηματοδοτούμενος κυκλοφοριακός κύκλος - Hollywood, Florida (NCHRP, 2010).....	6
Εικόνα 2.3 Κυκλοφοριακός κύκλος γειτονιάς - Portland, Oregon (NCHRP, 2010).....	6
Σχήμα 2.4 Κύρια χαρακτηριστικά σύγχρονου Κόμβου Κυκλικής Κίνησης (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία).....	7
Εικόνα 2.5 Κατασκευή νέου κυκλικού κόμβου εντός παλαιότερης περιστροφικής κυκλοφοριακής διαμόρφωσης - Kingston, New York (NCHRP, 2010).....	7
Εικόνα 2.6 Η πρόταση του Henard (Tollazzi, 2015).....	8
Εικόνα 2.7 Ο Κύκλος του Κολόμβου στη Νέα Υόρκη το 1905 (https://en.wikipedia.org/wiki/Columbus_Circle).....	9
Εικόνα 2.8 Ο Κύκλος του Κολόμβου στη σύγχρονη μορφή του (https://en.wikipedia.org/wiki/Columbus_Circle).....	9
Σχήμα 2.9 Βασικά στοιχεία σχεδιασμού τυπικού κυκλικού κόμβου μίας λωρίδας (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία).....	12
Εικόνα 2.10 Χαρακτηριστικά στοιχεία σύγχρονου κυκλικού κόμβου (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	13
Σχήμα 2.11 Βασικές γεωμετρικές διαστάσεις Κ ³ (FHWA, 2000, ίδια επεξεργασία).....	15
Σχήμα 2.12 Σημεία και τύποι εμπλοκής σε ισόπεδη διασταύρωση και σε Κ ³ (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	16
Σχήμα 2.13 Σημεία σύγκρουσης μεταξύ πεζών και οχημάτων σε συμβατική ισόπεδη διασταύρωση και σε Κ ³ (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	17
Εικόνα 2.14 Βασικά χαρακτηριστικά κομβιδίου (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	22
Εικόνα 2.15 Κομβίδια με υπερυψωμένη, πλήρως διελεύσιμη κεντρική νησίδα(ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	22
Σχήμα 2.16 Υπόδειγμα διάταξης σπειροειδούς δακτυλίου κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	25
Σχήμα 2.17 Εφαρμογή ζεύγους κυκλικών κόμβων (διάταξη διπλής σταγόνας) σε ανισόπεδο κόμβο μορφής ρόμβου με δύο σημεία διασταύρωσης (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)..	26
Σχήμα 2.18 Εφαρμογή κυκλικού κόμβου σε ανισόπεδο κόμβο μορφής ρόμβου με ένα σημείο διασταύρωσης (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	26

Σχήμα 2.19 Ανισόπεδος κόμβος με εφαρμογή δύο κυκλικών κόμβων και πολλαπλούς κλάδους προσέγγισης (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)	26
Σχήμα 3.1 Βήματα προκαταρκτικού σχεδιασμού (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	28
Σχήμα 3.2 Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων δακτυλίου κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)	32
Σχήμα 3.3 Σύγκριση χωρικών απαιτήσεων ενός Κ ³ μία λωρίδας έναντι του αντίστοιχου σηματοδοτούμενου κόμβου (NCHRP, 2010, Ίδια Επεξεργασία).....	34
Σχήμα 3.4 Σύγκριση χωρικών απαιτήσεων ενός Κ ³ δύο λωρίδων έναντι του αντίστοιχου σηματοδοτούμενου κόμβου (NCHRP, 2010, Ίδια Επεξεργασία).....	35
Σχήμα 3.5 Ευθεία κίνηση (αριστερά), αριστερή και δεξιά στροφή (δεξιά) αρθρωτού φορτηγού οχήματος (NCHRP, 2010,).....	37
Σχήμα 3.6 Κόμβος με ποδιά (truck apron) για την εξυπηρέτηση μεγάλων φορτηγών οχημάτων (NCHRP, 2010)	38
Σχήμα 3.7 Επικάλυψη πορειών οχημάτων κατά την είσοδο και έξοδο από τον Κ ³ (NCHRP, 2010).....	39
Σχήμα 3.8 Παράδειγμα («μικρού») υπεραστικού κυκλικού κόμβου δύο λωρίδων στη Γερμανία. Αποκλειστικά μία λωρίδα εξόδου και απουσία διαγράμμισης στον κυκλικό δακτύλιο (Brilon, 2011).....	41
Σχήμα 4.1 Διαδικασία γεωμετρικού σχεδιασμού (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	45
Σχήμα 4.2 Προβληματική (αριστερά) και βελτιωμένη (δεξιά) διάταξη κατά την είσοδο και παράλληλη κίνηση οχημάτων στον κόμβο (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).	46
Σχήμα 4.3 Μέθοδος ελέγχου επικάλυψης πορείας εισόδου/εξόδου (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)...	47
Σχήμα 4.4 Πορείες οχημάτων και ακτίνες συντομότερης διαδρομής (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).	49
Σχήμα 4.5 Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2010).....	51
Σχήμα 4.6 Μήκος ορατότητας για στάση επί του κυκλικού καταστρώματος (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2010)	51
Σχήμα 4.7 Μήκος ορατότητας για στάση πριν από την πεζοδιάβαση εξόδου (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2010)	52
Σχήμα 4.8 Ορατότητα διασταύρωσης - τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2010)	52
Σχήμα 4.9 Διατάξεις κλάδων προσέγγισης (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2010).....	53

Σχήμα 4.10 Γωνίες μεταξύ των κλάδων προσέγγισης σε διασταύρωση διάταξης «Τ» (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία)	55
Σχήμα 4.11 Γωνίες μεταξύ των κλάδων προσέγγισης σε διασταύρωση διάταξης «Υ» (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία)	55
Σχήμα 4.12 Παράλληλη κίνηση λεωφορείου και επιβατικού αυτοκινήτου (NCHRP, 2010)	58
Σχήμα 4.13 Βασικά στοιχεία σχεδιασμού (ΟΜΟΕ Κ ³).....	59
Σχήμα 4.14 Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων που διαμορφώνονται εντός της διάμετρου f (ΟΜΟΕ Κ ³ ,2011).....	60
Σχήμα 4.15 Προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας στην κατεύθυνση της εισερχόμενης ροής (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία)	61
Σχήμα 4.16 Διεύρυνση της αρχικής λωρίδας και τοπική αύξηση του πλάτους στην είσοδο (flaring) (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία).....	62
Σχήμα 4.17 Στοιχεία σχεδιασμού εισόδου σε κυκλικό κόμβο μία λωρίδας (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία)	63
Σχήμα 4.18 Διαμόρφωση εισόδου για καλύτερη καθοδήγηση των πορειών των οχημάτων (ΟΜΟΕ Κ ³ ,2011)	63
Σχήμα 4.19 Στοιχεία σχεδιασμού εξόδου σε κυκλικό κόμβο μία λωρίδας (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία)	64
Σχήμα 4.20 Πιθανά σημεία εμπλοκής οχημάτων κατά την έξοδο μίας ροής (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία)	66
Σχήμα 4.21 Ευμενής επαναδιάταξη των σκελών του κόμβου του σχ. 4.20 (NCHRP & FHWA, 2010, Ίδια επεξεργασία).	66
Σχήμα 4.22 Διαστάσεις νησίδας διαχωρισμού και διακοπή πεζοδιάβασης (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	68
Σχήμα 4.23 Μορφή υπερυψωμένης νησίδας διαχωρισμού (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)	68
Σχήμα 4.24 Αριστερά: Πεζοδιαβάσεις κάθετες στις οριογραμμές των κλάδων εισόδου και ευθυγραμμισμένες με τη ροή της κυκλοφορίας (προτιμώμενη διάταξη), Δεξιά: Πεζοδιαβάσεις κάθετες στον κεντρικό άξονα των κλάδων εισόδου (μη προτιμώμενη διάταξη) (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	69
Σχήμα 4.25 Διαμόρφωση πεζοδρομίου στην περίμετρο του Κ ³ (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία)	70
Σχήμα 4.26 Δυνατές διαμορφώσεις για χρήστες ποδηλάτων σε κυκλικό κόμβο μία λωρίδας (NCHRP, 2010, Ίδια επεξεργασία).....	71

Σχήμα 4.27 Μονοκλινές οδόστρωμα, με υπερβατή ζώνη στην κεντρική νησίδα (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	73
Σχήμα 4.28 Δικλινές οδόστρωμα, με υπερβατή ζώνη στην κεντρική νησίδα, εφαρμόζεται σε δακτύλιο με 2 ή 3 λωρίδες κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	73
Σχήμα 5.1 Βέλη υπόδειξης χρήσης λωρίδων ανάλογα με τον προορισμό (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	76
Σχήμα 5.2 Τυπική οριζόντια σήμανση Κ ³ με βέλη χρήσης λωρίδων (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011) .	77
Σχήμα 5.3 Κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση σε κλάδο πρόσβασης σε αστική ή υπεραστική περιοχή με πεζοδιάβαση (αριστερά) και σε υπεραστική περιοχή (δεξιά)	79
Σχήμα 5.4 Κατακόρυφη σήμανση σε προσβάσεις Κ3 μιας ή δυο λωρίδων (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	79
Σχήμα 5.5 Φωτομετρική απεικόνιση επιφανειών ανάλογα με διάταξη στύλων (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	81
Σχήμα 5.6 Περιοχές που προσφέρονται για τοπιοτεχνία (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	82
Σχήμα 5.7 Τυπική τοπιοτεχνία κεντρικής νησίδας με πρόβλεψη για ορατότητα (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	82
Εικόνα 5.8 Παραδείγματα αισθητικής διαμόρφωσης κεντρικών νησίδων σε Κ ³ (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	83
Σχήμα 6.1 Φόρτοι κινήσεων ανά κλάδο εισόδου και κατεύθυνση (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)...	88
Σχήμα 6.2 Φόρτοι κινήσεων εισόδου, εξόδου και δακτυλίου κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ Κ3, 2011).....	89
Σχήμα 7.1 Συγκρούσεις εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδων για ευθεία πορεία (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)	95
Σχήμα 7.2 Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου επί του δακτυλίου (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)	95
Σχήμα 7.3 Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας από την έναρξη της εισόδου στο δακτύλιο (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011)	96
Σχήμα 7.4 Σημεία σύγκρουσης οχημάτων και πεζών (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	96
Σχήμα 7.5 Τύποι ατυχημάτων (ΟΜΟΕ Κ ³ , 2011).....	97
Εικόνα 8.1 Ευρύτερη περιοχή του υπό μελέτη κόμβου (Google Earth, ίδια επεξεργασία)	100
Εικόνα 8.2 Εγγύτερη περιοχή του υπό μελέτη κόμβου (Google Earth, ίδια επεξεργασία)	101

Εικόνα 8.3 Άποψη κόμβου οδών Σαρίμβη και Ι. Λάτσιου (Google Maps, ίδια επεξεργασία)	101
Σχήμα 8.4 Κυκλοφοριακοί φόρτοι από μοντέλο προσομοίωσης κατά την πρωινή αιχμή 8:00-9:00 (αριστερά) και κατά τη μεσημβρινή αιχμή 14:00-15:00 (δεξιά) (Δήμος Λαρισαίων, 2015, ίδια επεξεργασία)	103
Σχήμα 8.5 Μετρήσεις ωριαίων (7:30-8:30 την 4/2/2015) κυκλοφοριακών φόρτων στεφουσών κινήσεων στην υπό μελέτη διασταύρωση (ΜΕΑ/ώρα) (Δήμος Λαρισαίων, 2015, ίδια επεξεργασία)	104
Σχήμα 8.6 Χαρακτηριστικά λεωφορείου μήκους 12,19m (AUTOTURN template).....	107
Σχήμα 8.7 Χαρακτηριστικά αρθρωτού φορτηγού οχήματος μήκους 16,50m (AUTOTURN template)	108
Σχήμα 8.8 Διαστάσεις του προτεινόμενου κυκλικού κόμβου στη διασταύρωση Σαρίμβη και Ι. Λάτσιου	109
Σχήμα 8.9 Οριζοντιογραφική αποτύπωση του προτεινόμενου K^3 στη διασταύρωση των οδών Σαρίμβη και Ι. Λάτσιου	110
Σχήμα 8.10 Διαμόρφωση υπερυψωμένων πεζοδιαβάσεων Error! Bookmark not defined.	
Σχήμα 8.11 Οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση στον υπό μελέτη K^3	115
Σχήμα 8.12 Πορεία επιβατικών αυτοκινήτων κατά τις γρηγορότερες διαδρομές διά μέσου του κόμβου	116
Σχήμα 8.13 Μήκη ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση του κόμβου και για στάση κατά την κυκλική πορεία επί του δακτυλίου	118
Σχήμα 8.14 Μήκη ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση της διάβασης πεζών στις εξόδους	119
Σχήμα 8.15 Γωνίες ορατότητας	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 8.16 Ορατότητα διασταύρωσης – τρίγωνα ορατότητας	121
Σχήμα 8.17 Δεξιά στρέφουσες κινήσεις λεωφορείου (όχημα σχεδιασμού)	123
Σχήμα 8.18 Δεξιά στρέφουσες κινήσεις επιβατικού αυτοκινήτου χωρίς τη χρήση των υπερβατών ζωνών	123
Σχήμα 8.19 (αριστερά) Ευθείες κινήσεις λεωφορείου επί της οδού Σαρίμβη, σε παραλληλία με επιβατικό αυτοκίνητο	124
Σχήμα 8.20 (δεξιά) Αριστερή στροφή Ανατολή-Νότος λεωφορείου σε παραλληλία με επιβατικό αυτοκίνητο	124

Σχήμα 8.21 Ευθεία κίνηση (Ανατολή-Δύση) επί της Ι. Λάτσιου λεωφορείου παράλληλα με επιβατικό αυτοκίνητο	124
Σχήμα 8.22 Εξυπηρέτηση αρθρωτού φορτηγού οχήματος κατά τις κινήσεις Ανατολή-Δύση, Ανατολή-Νότος, Νότος-Ανατολή	125
Σχήμα 8.23 Ευθείες κινήσεις αρθρωτού φορτηγού οχήματος επί της οδού Σαρίμβεη σε παραλληλία με επιβατικό αυτοκίνητο	125
Σχήμα 8.24 Δεξιά στρέφουσες κινήσεις αρθρωτού φορτηγού οχήματος με τη χρήση των υπερβατών ζωνών	126

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο εργασίας και στόχοι

Βασικός λόγος επιλογής του συγκεκριμένου θέματος αποτελεί το ενδιαφέρον για την οδοποιία, αλλά και για το σχεδιασμό ασφαλών μεταφορικών συστημάτων. Κύριο στοιχείο των σύγχρονων μεταφορικών συστημάτων που εξυπηρετούν τις ανάγκες για μεταφορά προσώπων και αγαθών αποτελούν τα οδικά δίκτυα. Οι κυκλοφοριακοί κόμβοι, ισόπεδοι και ανισόπεδοι, αποτελούν ίσως τα πιο κρίσιμα σημεία, από τη σκοπιά της οδικής ασφάλειας, των οδικών δικτύων, αστικών και υπεραστικών. Κυρίαρχα κριτήρια στον σχεδιασμό ενός κόμβου είναι η ασφαλής, ταχεία και ομαλή διακίνηση των διάφορων κυκλοφοριακών ρευμάτων που διέρχονται από αυτόν. Υπάρχει, πλέον, πληθώρα τύπων και επιλογών για τη διαμόρφωση ισόπεδων και ανισόπεδων κυκλοφοριακών κόμβων που εξυπηρετούν τις εκάστοτε ανάγκες, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς και τις δυνατότητες της θέσης μελέτης, καθώς και τη δαπάνη που μπορεί να διατεθεί για την κατασκευή τους.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τους κυκλικούς κόμβους, διεθνώς αλλά και στη χώρα μας, με εφαρμογή τους σε αστικό και σε υπεραστικό πλαίσιο. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν κυρίως ως προς την οδική ασφάλεια και την κυκλοφοριακή ικανότητα, καθώς και την αισθητική αναβάθμιση, τους καθιστούν σε πολλές περιπτώσεις ως καλύτερες λύσεις έναντι των υπόλοιπων κλασικών κατηγοριών διασταυρώσεων, σηματοδοτούμενων και μη.

Τα πλεονεκτήματα των κυκλικών κόμβων οφείλονται στο γεωμετρικό σχεδιασμό τους και τις ιδιαιτερότητες στη λειτουργία τους. Η βασική λογική σχεδιασμού τους βασίζεται στη μείωση των σημείων εμπλοκής μεταξύ των διασταυρούμενων ρευμάτων κυκλοφορίας και στη μείωση των ταχυτήτων που επικρατούν στον κόμβο, αποτέλεσμα των οποίων είναι το αυξημένο επίπεδο ασφαλείας. Χαρακτηριστικά σημεία του σχεδιασμού και της λειτουργίας τους είναι οι καμπύλες είσοδοι και έξοδοι με εκτροπή της πορείας των οχημάτων, η παραχώρηση προτεραιότητας στην ήδη κινούμενη εντός του κόμβου κυκλοφορία, η κυκλοφορία γύρω από την κεντρική νησίδα με χαμηλή ταχύτητα, η ύπαρξη διαχωριστικών νησίδων μεταξύ των αντίθετα κινούμενων ρευμάτων στους κλάδους πρόσβασης και η κυκλοφορία των πεζών αποκλειστικά και μόνο μέσω των κατάλληλα διαμορφωμένων διαβάσεων.

Βασικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφή των κυριότερων χαρακτηριστικών και παραμέτρων σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων και γενικότερα η συνολική επισκόπηση της διαδικασίας σχεδιασμού τους, καθώς και η λογική που τους

καθιστά ασφαλείς και λειτουργικά άρτιους. Η περιγραφή των χαρακτηριστικών και της διαδικασίας σχεδιασμού πραγματοποιείται στην παρούσα εργασία βάσει της φιλοσοφίας των ελληνικών οδηγιών μελέτης (σχέδιο Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων – Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης), οι οποίες με τη σειρά τους είναι κατά πολύ βασισμένες πάνω στις αμερικανικές οδηγίες (Roundabouts: An Informational Guide 2).

Το παρόν κείμενο καταλήγει σε μία απόπειρα να εφαρμοστούν στην πράξη οι προαναφερθείσες προδιαγραφές γεωμετρικού σχεδιασμού. Πρόκειται για την οριζοντιογραφική χάραξη ενός ισόπεδου αστικού κυκλικού κόμβου στην πόλη της Λάρισας, μιας πόλης με καλή πρόσφατη εμπειρία από τη διαμόρφωση πληθώρας κυκλικών κόμβων. Ο υπό μελέτη κυκλικός κόμβος προτείνεται να αντικαταστήσει τον υφιστάμενο σηματοδοτούμενο κόμβο στη διασταύρωση των οδών Σαρίμβη και Ι. Λάτσιου. Κατά το σχεδιασμό του λαμβάνονται υπόψη όλοι οι περιορισμοί, κυρίως χωρικοί, της συγκεκριμένης θέσης εφαρμογής.

1.2 Δομή διπλωματικής εργασίας

Το παρόν κείμενο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας απαρτίζεται από εννιά στον αριθμό κεφάλαια. Η δομή της έχει ως εξής:

- Στο πρώτο κεφάλαιο, που αποτελεί την εισαγωγή στο κείμενο παρουσιάζεται το αντικείμενο και οι στόχοι της εργασίας και αναλύεται η δομή της και τα περιεχόμενα κάθε κεφαλαίου.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο, μετά από μία σύντομη ιστορική αναδρομή, περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά των ισόπεδων κυκλικών κόμβων και οι διαστάσεις που καθορίζουν τη γεωμετρία τους. Στη συνέχεια γίνεται μία ανάλυση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν οι κυκλικοί κόμβοι και περιγράφονται σύντομα οι βασικές κατηγορίες αυτού του είδους των κόμβων.
- Στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθείται για το σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων, τα κριτήρια καταλληλότητας μιας θέσης του οδικού δικτύου για την εφαρμογή τους και γενικότερα όλα τα ζητήματα που άπτονται του προκαταρκτικού σταδίου σχεδιασμού, όπως είναι η εκτίμηση του μεγέθους του, καθώς και η επιλογή του κατάλληλου οχήματος σχεδιασμού, ο καθορισμός του περιβάλλοντος ταχυτήτων που επιδιώκεται να δημιουργηθεί με την κατασκευή του κόμβου και η ύπαρξη πεζών και ποδηλατιστών που θα πρέπει να εξυπηρετηθούν.
- Το τέταρτο κεφάλαιο, αφορά στη διαδικασία γεωμετρικού σχεδιασμού ενός κυκλικού κόμβου. Αρχικά αναφέρονται οι αρχές και οι στόχοι σχεδιασμού που συνηθέστερα τίθενται και οι αντίστοιχοι έλεγχοι εκπλήρωσής τους. Έπειτα γίνεται αναλυτική περιγραφή όλων των γεωμετρικών παραμέτρων υπό τη σκοπιά της άρτιας

διαμόρφωσής τους, ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι σχεδιασμού και να λειτουργεί αποτελεσματικά ο κόμβος, ως προς την κυκλοφοριακή ικανότητα και την ασφάλεια που παρέχει.

- Στο πέμπτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται αναφορά στα πρόσθετα στοιχεία εξοπλισμού των κυκλικών κόμβων και πιο συγκεκριμένα στην οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση, στον οδοφωτισμό και στην τοπιοτεχνία τους.
- Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η λειτουργία ενός κυκλικού κόμβου και η επίδραση που έχουν σε αυτή ο κυκλοφοριακός φόρτος που εξυπηρετείται από τον κόμβο, η συμπεριφορά των χρηστών του, καθώς και η γεωμετρία του. Πέραν αυτών περιγράφεται η λειτουργική ανάλυση που πραγματοποιείται στους κυκλικούς κόμβους και πιο συγκεκριμένα τα στοιχεία φόρτων που συλλέγονται, καθώς και οι αναλύσεις χωρητικότητας και καθυστερήσεων με τη μέθοδο του Highway Capacity Manual.
- Το έβδομο κεφάλαιο αφορά στην οδική ασφάλεια των κυκλικών κόμβων, όπου γίνεται μία επισκόπηση όλων των χαρακτηριστικών τους που συμβάλλουν στην αύξηση του επιπέδου ασφαλείας και καθιστούν συχνά την εφαρμογή τους ως μέτρο βελτίωσης της υπάρχουσας κατάστασης από τη σκοπιά αυτή. Αναφέρονται, επιπλέον, οι βασικοί τύποι και οι συνηθέστερες θέσεις των ατυχημάτων που συμβαίνουν στους κυκλικούς κόμβους.
- Στο όγδοο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η διαμόρφωση στην πράξη του κυκλικού κόμβου που προτείνεται να αντικαταστήσει σηματοδοτούμενη διασταύρωση στην Λάρισα. Αρχικά περιγράφεται η περιοχή μελέτης και η υφιστάμενη κατάσταση και καθορίζονται οι στόχοι που είναι επιθυμητό να επιτευχθούν από τη διαμόρφωση του νέου κόμβου. Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή της διαδικασίας σχεδιασμού και της γεωμετρίας του υπό μελέτη κόμβου και παρατίθεται το τελικό οριζοντιογραφικό σχέδιο. Έπειτα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων επίδοσης και της λειτουργικής ανάλυσης του κόμβου, μέσα από κατάλληλα σχέδια και πίνακες. Τέλος, προτείνονται θέματα περαιτέρω μελέτης που θα πρέπει να προχωρήσουν ώστε να ολοκληρωθεί η πρόταση για την κατασκευή του κόμβου.
- Στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο διατυπώνεται η σύνοψη και μία προσπάθεια εξαγωγής συμπερασμάτων που προκύπτουν τόσο από τη μελέτη της βιβλιογραφίας, όσο και από την εφαρμογή στην πράξη της διαδικασίας σχεδιασμού ενός κυκλικού κόμβου, όπως αυτή πραγματοποιήθηκε στη διασταύρωση Σαρίμβη και Ι. Λάτσιου στη Λάρισα.

2. Βασικοί ορισμοί – χαρακτηριστικά K^3

2.1 Γενικά

Οι Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (K^3 , διεθνώς γνωστοί ως roundabouts) αποτελούν ειδική μορφή κόμβων κατά την οποία τα οχήματα κινούνται με αντιωρολογιακή φορά (σε χώρες όπως η Ελλάδα κ.α., όπου η κυκλοφορία κινείται στη δεξιά πλευρά του δρόμου) ή ωρολογιακή φορά (σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο κ.α., όπου η κυκλοφορία κινείται στην αριστερή πλευρά του δρόμου), γύρω από μία κεντρική νησίδα, συνήθως κυκλικού σχήματος. Οι K^3 επιτρέπουν όλες τις κινήσεις ενός κλασικού ισόπεδου κόμβου (αριστερή στροφή, ευθεία κίνηση και δεξιά στροφή), ενώ επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα αναστροφής. Χαρακτηριστικό των κόμβων αυτών είναι ότι όλες οι διασταυρώσεις κυκλοφοριακών ρευμάτων μετατρέπονται σε διαδοχικούς ελιγμούς συμβολής και διαχωρισμού. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η διασταύρωση, αλλά δημιουργείται περιοχή πολλαπλής πλέξης (Φραντζεσκάκης & Γιαννόπουλος, 1986). Υπάρχουν τόσο ισόπεδοι όσο και ανισόπεδοι κυκλικοί κόμβοι, με τους τελευταίους να μην τυγχάνουν τόσο ευρείας αποδοχής και εφαρμογής, όσο τουλάχιστον οι πρώτοι.

Στοιχείο αναφοράς των κυκλικών κόμβων είναι η διάμετρος του εγγεγραμμένου κύκλου, η οποία είναι η διάμετρος του κύκλου που αποτελεί το εξωτερικό όριο της κυκλικής δακτυλιοειδούς επιφάνειας του οδοστρώματος (δακτύλιος κυκλοφορίας) του κόμβου που περιβάλλει την κεντρική νησίδα.

Ο κυκλικός κόμβος (K^3) είναι ένα είδος κυκλικής διασταύρωσης, όμως δεν είναι ορθό να λογίζονται όλες οι κυκλικές διασταυρώσεις ως κυκλικοί κόμβοι. Συνεπώς, έχει σημασία να διαχωρίζονται οι σύγχρονοι K^3 από παλαιότερου τύπου κυκλικές διασταυρώσεις.

Τέτοιες παλαιότερου τύπου ισόπεδες κυκλικές διασταυρώσεις, μπορούν να αναλυθούν στις εξής κατηγορίες:

- **Περιστροφικές Κυκλοφοριακές Διαμορφώσεις (Rotaries):** Οι περιστροφικές κυκλοφοριακές διαμορφώσεις αποτελούν ένα παλιό είδος κυκλικών διασταυρώσεων, εμφανίστηκαν πριν το 1960 και χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη διάμετρο, που συχνά υπερβαίνει τα 100 μ, επιτρέποντας έτσι μεγάλες ταχύτητες κυκλοφορίας. Στην κατηγορία αυτή και σε αντίθεση με τους σύγχρονους κυκλικούς κόμβους, η αλλαγή λωρίδας είναι σχεδόν απαραίτητη για ορισμένες κινήσεις. Ακόμη, η λειτουργία των διαμορφώσεων αυτών προϋποθέτει πως η κινούμενη επί αυτών κυκλοφορία παραχωρεί

προτεραιότητα στην εισερχόμενη, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται φαινόμενα συμφόρησης.

- **Σηματοδοτούμενοι Κυκλοφοριακοί Κύκλοι (Signalized traffic circles):** Οι σηματοδοτούμενοι κυκλοφοριακοί κύκλοι είναι ένα ακόμη παλιό είδος κυκλικών διασταυρώσεων, το οποίο χρησιμοποιείται σε θέσεις όπου υπάρχει σηματοδότηση, η οποία ελέγχει την κυκλοφορία σε ένα ή περισσότερα σημεία εισόδου στον κόμβο. Η ύπαρξη σηματοδότησης συνεπάγεται πολύ διαφορετικά λειτουργικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τους κόμβους που λειτουργούν με βάση τον κανονισμό παραχώρησης προτεραιότητας, με μεγαλύτερες απαιτήσεις χωρητικότητας σε οχήματα επί του κυκλικού καταστρώματος και ανάγκη βελτίωσης της σήμανσης.
- **Κυκλοφοριακοί Κύκλοι Γειτονιάς (Neighborhood traffic circles):** Οι κυκλοφοριακοί κύκλοι γειτονιάς κατασκευάζονται κυρίως σε διασταυρώσεις τοπικών οδών για λόγους αισθητικής και επικράτησης συνθηκών ήπιας κυκλοφορίας. Οι κλάδοι προσέγγισης μπορεί να είναι είτε μη ελεγχόμενοι είτε ελεγχόμενοι με STOP και συνήθως δεν περιλαμβάνονται υπερυψωμένες διαχωριστικές νησίδες που να κατευθύνουν τους εισερχόμενους στον κόμβο οδηγούς. Αξίζει να αναφερθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, επιτρέπονται για λόγους διευκόλυνσης αριστερές στροφές βαρέων οχημάτων μπροστά από την κεντρική νησίδα, αυξάνοντας όμως τον κίνδυνο σύγκρουσης με την υπόλοιπη κινούμενη επί του κόμβου κυκλοφορία.



Εικόνα 2.1 Περιστροφική κυκλοφοριακή διαμόρφωση - Fort Worth, Texas (NCHRP, 2010)



Εικόνα 2.2 Σηματοδοτούμενος κυκλοφοριακός κύκλος - Hollywood, Florida (NCHRP, 2010)



Εικόνα 2.3 Κυκλοφοριακός κύκλος γειτονιάς - Portland, Oregon (NCHRP, 2010)

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να οριστεί ο σύγχρονος κόμβος κυκλικής κίνησης (K^3). Ως **σύγχρονοι K^3 (modern roundabouts ή απλώς roundabouts)** ορίζονται οι ισόπεδοι κόμβοι που έχουν κυκλική κεντρική νησίδα, η κίνηση της κυκλοφορίας πραγματοποιείται υποχρεωτικά περιμετρικά της νησίδας αυτής σε μία ή περισσότερες λωρίδες και η έξοδος από τον κυκλικό δακτύλιο πραγματοποιείται προς τα δεξιά (σε χώρες όπως η Ελλάδα). Διαθέτουν πλήρη διοχετευτική διαρρύθμιση (υπερυψωμένες κατευθυντήριες νησίδες, επιφάνειες αποκλεισμού κ.λπ.), σήμανση (οριζόντια και κατακόρυφη), καθοδηγώντας τις εισερχόμενες ροές κυκλοφορίας με σαφήνεια προς τη σωστή κατεύθυνση, ώστε να διασχίσουν και να εξέλθουν με ασφάλεια από τον κόμβο. Προτεραιότητα στους κυκλικούς κόμβους έχει η κυκλοφορία εντός του κόμβου, η οποία βρίσκεται επί του δακτυλίου κυκλοφορίας, ενώ οι οδηγοί των εισερχόμενων οχημάτων υποχρεώνονται με ανάλογη σήμανση (πινακίδες υποχρεωτικής παραχώρησης προτεραιότητας ή/και STOP – υποχρεωτικής διακοπής πορείας) να παραχωρούν προτεραιότητα στην εντός του κόμβου κυκλική κίνηση. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός

αυτού του είδους των κόμβων πραγματοποιείται κατά τρόπο κατάλληλο ώστε η λειτουργική ταχύτητα του κόμβου να μην υπερβαίνει τα 50 km/h – 60km/h. (NCHRP, 2010)



Σχήμα 2.4 Κύρια χαρακτηριστικά σύγχρονου Κόμβου Κυκλικής Κίνησης (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία).



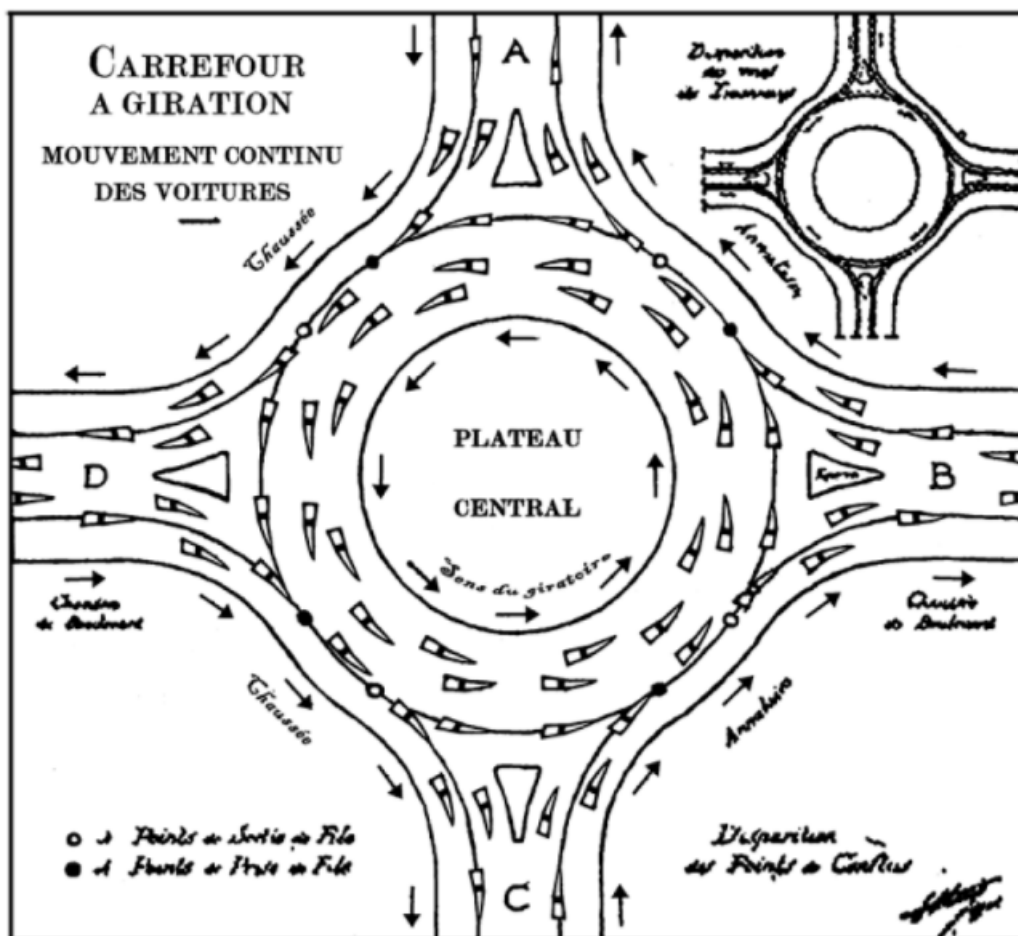
Εικόνα 2.5 Κατασκευή νέου κυκλικού κόμβου εντός παλαιότερης περιστροφικής κυκλοφοριακής διαμόρφωσης - Kingston, New York (NCHRP, 2010)

Ορισμένα επιπλέον τεχνολογικά χαρακτηριστικά του σύγχρονου K^3 αφορούν στην γεωμετρία προσέγγισης, όπου η προσέγγιση του κλάδου εισόδου στο δακτύλιο δεν κατασκευάζεται κάθετα στην περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας, αλλά ο κλάδος θλάται κατάλληλα με τη χρήση τριγωνικών νησίδων διαχωρισμού, ώστε τα οχήματα να εισέρχονται στο δακτύλιο με όσο είναι δυνατό μικρότερη γωνία. Αφορούν επίσης στην ύπαρξη πεζοδιαβάσεων οι οποίες υλοποιούνται μόνο εγκάρσια στις οδούς που συμβάλλουν στον κόμβο, σε θέση πριν από τη γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας

των κλάδων εισόδου, και σε απόσταση από αυτή. Τέλος, η στάση και η στάθμευση απαγορεύονται εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Είναι συνεπώς σαφές πως οι σύγχρονοι Κ³ διαφέρουν τόσο μορφολογικά όσο και λειτουργικά από τις υπόλοιπες κυκλικές διασταυρώσεις παλαιότερου τύπου (κυκλοφοριακοί κύκλοι ή traffic circles), με αποτέλεσμα να έχει βελτιωθεί σαφέστατα η λειτουργικότητα και η ασφάλεια που παρέχουν αυτού του είδους οι κόμβοι. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου παλαιού τύπου κυκλοφοριακοί κύκλοι έχουν μετασκευαστεί επιτυχώς σε σύγχρονους κυκλικούς κόμβους. (NCHRP, 2010).

2.2 Ιστορικά στοιχεία



Εικόνα 2.6 Η πρόταση του Henard (Tollazzi, 2015)

Οι κυκλικές διαμορφώσεις σε σημεία συμβολής πολλών σε αριθμό ακτινικών οδών υπήρξε σύνηθες στοιχείο αστικού σχεδιασμού ήδη από την Αναγέννηση και μέχρι τον 19ο αι. Ωστόσο στα σημεία αυτά αναπτύχθηκε έντονη συμφόρηση οχημάτων, αρχικά ιππήλατων και στη συνέχεια μηχανοκίνητων. Η ιδέα του πρώτου κυκλικού κόμβου ανήκει στο Γάλλο αρχιτέκτονα Eugene Henard και χρονολογείται στο έτος 1903. Ο Henard πρότεινε την κυκλική κίνηση των οχημάτων κατά την ίδια φορά γύρω από

κεντρική νησίδα, ως μέσο βελτίωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης στα κέντρα των μεγαλουπόλεων. (Tollazzi, 2015 και Brown, 1995)

Η πρώτη πρακτική εφαρμογή ενός τέτοιου κόμβου πραγματοποιήθηκε στη Νέα Υόρκη το 1905 από τον William Phelps Eno. Ο κόμβος έγινε γνωστός με το όνομα «ο κύκλος του Κολόμβου» και στην κεντρική νησίδα του φιλοξενεί μέχρι και σήμερα μνημείο προς τιμήν του γνωστού εξερευνητή. Σε άλλες χώρες όπως η Γαλλία και η Πορτογαλία, κόμβοι σχεδιάζονταν σύμφωνα με τη γενικότερη ιδέα του Henard. Η Place de l'Etoile στο Παρίσι, η οποία λειτουργεί από το 1907 και επί της οποίας βρίσκεται το μνημείο της Αψίδας του Θριάμβου, είναι μία από τις πρώτες αναγνωρίσιμες κατασκευές κυκλοφοριακού κύκλου και διαμορφώθηκε στη συμβολή δώδεκα οδών. (Tollazzi, 2015 και Brown, 1995)



Εικόνα 2.7 Ο Κύκλος του Κολόμβου στη Νέα Υόρκη το 1905
(https://en.wikipedia.org/wiki/Columbus_Circle)



Εικόνα 2.8 Ο Κύκλος του Κολόμβου στη σύγχρονη μορφή του
(https://en.wikipedia.org/wiki/Columbus_Circle)

Έκτοτε πολλοί κυκλοφοριακοί κύκλοι ή περιστροφικές κυκλικές διαμορφώσεις (rotaries) κατασκευάστηκαν σε πολλές χώρες. Ωστόσο, οι παραπάνω κυκλικές διασταυρώσεις που αναπτύχθηκαν στις Η.Π.Α. μέχρι τη δεκαετία του 1960, απέτυχαν

να εκπληρώσουν τους προσδοκώμενους σκοπούς και άρχισαν να μην προτιμώνται. Λόγω του σχεδιασμού τους, τόσο του γεωμετρικού (μεγάλη διάμετρος, ακόμα και >100m), όσο και του λειτουργικού (προτεραιότητα των εισερχόμενων οχημάτων) παρατηρούνταν υψηλές ταχύτητες εισόδου και η διατήρηση υψηλών ταχυτήτων εντός του κύκλου, ενώ συχνά ήταν τα φαινόμενα των αλλαγών λωρίδας εντός κύκλου ακόμα και των προσπεράσεων μεταξύ οχημάτων. Ως απόρροια αυτών, παρατηρούνταν αφενός υψηλοί δείκτες ατυχημάτων και αφετέρου υποβάθμιση της εξυπηρέτησης της κυκλοφορίας από τον κόμβο, λόγω της συμφόρησης που δημιουργούνταν, ιδιαίτερα στις περιόδους αιχμής. Μία ακόμη παράμετρος που κατέστησε παρωχημένους τους κυκλοφοριακούς κύκλους ήταν και η απρόβλεπτα μεγάλη αύξηση της χρήσης των Ι.Χ. αυτοκινήτων (NCHRP, 2010).

Ο κυκλικός κόμβος (roundabout) στη σύγχρονη μορφή του αναπτύχθηκε, καθόλου τυχαία, στο Ηνωμένο Βασίλειο τη δεκαετία του 1960 σε μία προσπάθεια να επιλυθούν τα προαναφερθέντα προβλήματα των κυκλοφοριακών κύκλων (traffic circles). Το 1966 η χώρα υιοθέτησε και εφάρμοσε τον κανόνα της παραχώρησης προτεραιότητας στα οχήματα ερχόμενα από τα δεξιά. Στις κυκλικές διασταυρώσεις εκεί, λόγω της ωρολογιακής φοράς κίνησης, αυτό σημαίνει ότι η εισερχόμενη κυκλοφοριακή ροή πρέπει να παραχωρεί προτεραιότητα κίνησης στην κυκλοφορία του κυκλικού δακτυλίου εντός της διασταύρωσης. Ο κανόνας αυτός απέτρεπε τη συμφόρηση των οχημάτων εντός της κυκλικής διασταύρωσης αφού τα οχήματα επιτρέπεται να εισέλθουν στον κυκλικό δακτύλιο μόνο όταν υπήρχε επαρκής χρονικός διαχωρισμός στην κυκλοφορία σε αυτή. Γίνεται επομένως αντιληπτό το γιατί οι κυκλικοί κόμβοι πέτυχαν κατά τη διάρκεια του 20ου αι. σε χώρες όπου ενώ η κίνηση διεξάγεται από την αριστερή πλευρά του δρόμου, εφαρμόστηκε η παραχώρηση προτεραιότητας στους από τα δεξιά ερχόμενους (Lay, 1992). Επίσης οι Βρετανοί πρότειναν τον σχεδιασμό μικρότερης διαμέτρου κυκλικών κόμβων με κατάλληλη γεωμετρία για τη μείωση της λειτουργικής ταχύτητας σε αυτούς (NCHRP, 2010)

Με την παγίωση της μορφής και των χαρακτηριστικών των σύγχρονων K^3 , βελτιώθηκε το επίπεδο ασφάλειας των κυκλικών διασταυρώσεων, μειώνοντας τόσο τον αριθμό όσο και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων. Οι σύγχρονοι κυκλικοί κόμβοι απέχουν πολύ από τους αναχρονιστικούς κυκλοφοριακούς κύκλους όσον αφορά στη λειτουργικότητά τους και στη στάθμη εξυπηρέτησης της κυκλοφορίας αλλά και στην ασφάλεια που παρέχουν στους χρήστες. Πολλές χώρες, μεταξύ των οποίων οι Η.Π.Α., η Μ. Βρετανία, η Γερμανία, η Γαλλία, η Ολλανδία και η Αυστραλία έχουν αναπτύξει εκτενείς οδηγίες με μεθόδους και πρότυπα διαμόρφωσης κυκλικών κόμβων καθιστώντας τους σημαντικό τμήμα των οδικών δικτύων και κατ' επέκταση των συγκοινωνιακών υποδομών.

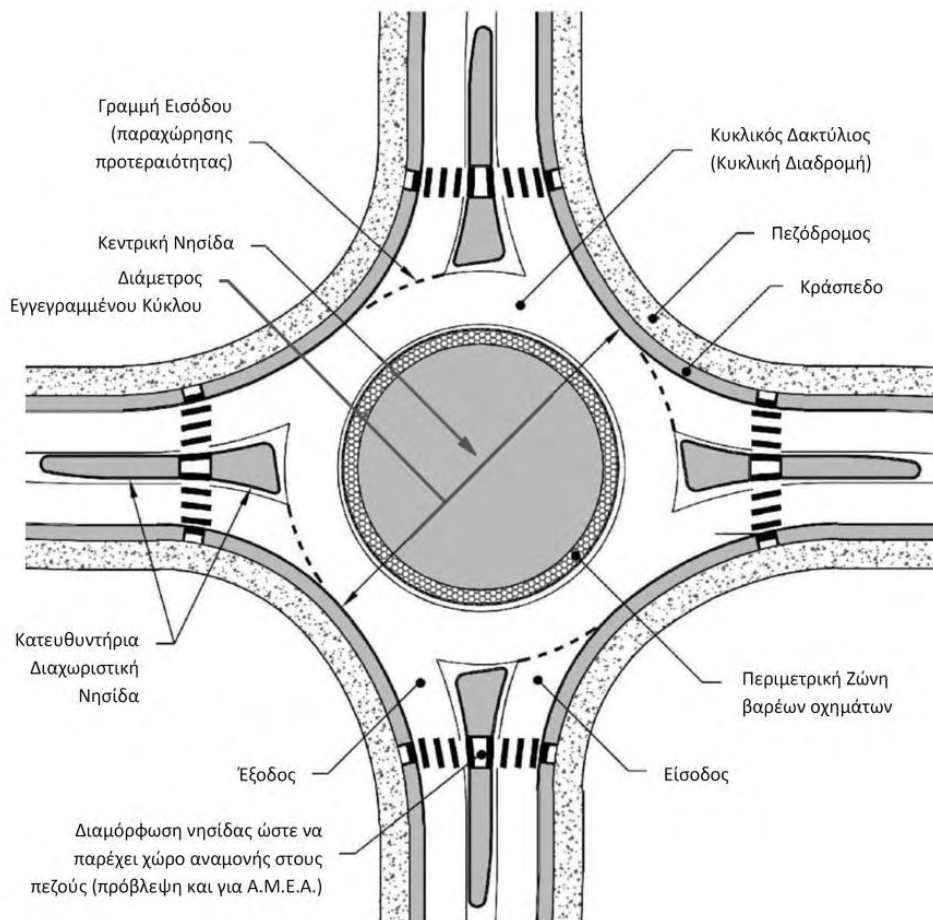
2.3 Βασικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις του σύγχρονου Κ³

Για καλύτερη κατανόηση των επόμενων κεφαλαίων, στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού που απαντώνται στους Κ³, όπως αυτά περιγράφονται στις Αμερικάνικες οδηγίες μελετών (NCHRP, 2010), αλλά και στο σχέδιο ΟΜΟΕ-Κ³ (σχέδιο ελληνικών οδηγιών) και παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.9 και την Εικόνα 2.10.

- **Κλάδοι Προσέγγισης (Intersection approaches):** Οι κλάδοι προσέγγισης αποτελούν τα οδικά τμήματα που συμβάλλουν στον κυκλικό κόμβο και είναι τουλάχιστον 3, ανάλογα με την περίπτωση.
- **Κεντρική Νησίδα (Central island):** Η κεντρική νησίδα είναι η υπερυψωμένη κυκλική επιφάνεια στο κέντρο του κυκλικού κόμβου, γύρω από την οποία πραγματοποιείται η κυκλοφορία.
- **Διαχωριστική Νησίδα (Splitter island):** Η διαχωριστική νησίδα είναι η υπερυψωμένη ή με διαγράμμιση (επιφάνεια αποκλεισμού) επιφάνεια στον κλάδο προσέγγισης, η οποία χρησιμοποιείται για να διαχωρίζει την εισερχόμενη από την εξερχόμενη κυκλοφορία, να εκτρέπει και να επιβραδύνει την κυκλοφορία και να παρέχει τον απαραίτητο χώρο αναμονής στους πεζούς που διασχίζουν το δρόμο σε δύο στάδια.
- **Κυκλικό Κατάστρωμα (Circulatory roadway):** Το κυκλικό κατάστρωμα είναι η επιφάνεια του οδοστρώματος που χρησιμοποιείται από τα οχήματα, ώστε να κινηθούν αριστερόστροφα γύρω από την κεντρική νησίδα.
- **Υπερβατή Περιμετρική Ζώνη (Apron):** Εφόσον απαιτείται σε κυκλικούς κόμβους να διευκολυνθεί η πορεία βαρέων οχημάτων, η υπερβατή περιμετρική ζώνη είναι το υπερβατό τμήμα στην περίμετρο της κεντρικής νησίδας, παρακείμενο του κυκλικού καταστρώματος.
- **Γραμμή Εισόδου (Entrance line):** Η γραμμή εισόδου είναι η οριζόντια σήμανση που χρησιμοποιείται για να ορίσει το σημείο εισόδου από έναν κλάδο προσέγγισης προς το κυκλικό κατάστρωμα και επισημαίνεται στην εξωτερική περίμετρο του κυκλικού καταστρώματος. Τα εισερχόμενα οχήματα υποχρεούνται να παραχωρούν προτεραιότητα στην κυκλοφορία που κινείται μέσα στον κόμβο και πλησιάζει από τα αριστερά, προτού διασχίσουν αυτή τη γραμμή προς το κυκλικό κατάστρωμα.
- **Προσβάσιμες Πεζοδιαβάσεις (Accessible pedestrian crossings):** Προσβάσιμες διαβάσεις πεζών θα πρέπει να παρέχονται σε όλους τους κυκλικούς κόμβους. Η διάβαση τοποθετείται εγκάρσια στις οδούς που συμβάλλουν στον κόμβο, πίσω από τη γραμμή εισόδου, σε απόσταση τουλάχιστον όσο το μήκος ενός οχήματος και η

διαχωριστική νησίδα διακόπτεται, ώστε να επιτρέψει τη διέλευση σε πεζούς, αναπηρικά αμαξίδια, καροτσάκια και ποδήλατα.

- **Διαμορφώσεις Για Ποδήλατα (Bicycle treatments):** Οι διαμορφώσεις για ποδήλατα σε κυκλικούς κόμβους δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες τους να κινηθούν μέσα στον κόμβο είτε ως οχήματα είτε ως πεζοί.
- **Ζώνη Τοπιοτεχνίας (Landscaping buffer):** Οι ζώνες τοπιοτεχνίας παρέχονται με φύτευση χαμηλού πρασίνου στους περισσότερους κυκλικούς κόμβους, ώστε να διαχωρίσουν την κυκλοφορία οχημάτων-πεζών και να ενθαρρύνουν τους πεζούς να κινηθούν δια μέσου μόνο των διαβάσεων που έχουν ορισθεί. Επίσης, οι ζώνες αυτές μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την αισθητική της διασταύρωσης.



Σχήμα 2.9 Βασικά στοιχεία σχεδιασμού τυπικού κυκλικού κόμβου μίας λωρίδας (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία).



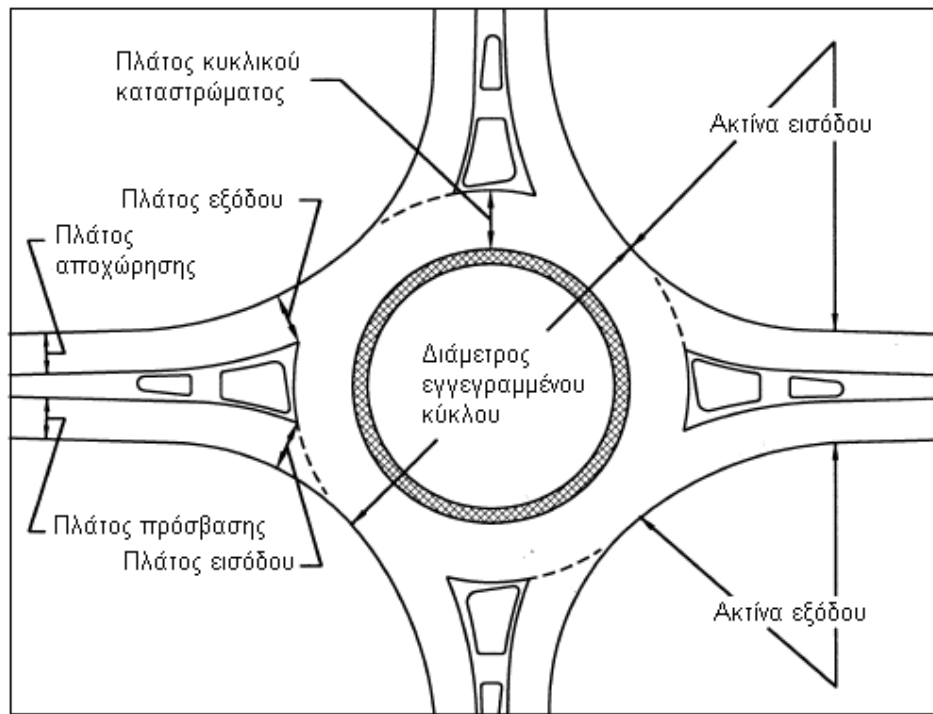
1. Καταφύγιο πεζών στη νησίδα διαχωρισμού
2. Πεζοδιάβαση
3. Νησίδα διαχωρισμού
4. Οριζόντια σήμανση χρήσης λωρίδας δακτύλιου
5. Γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας
6. Οριογραμμή εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας
7. Ζώνη τοπιοτεχνίας
8. Δακτύλιος κυκλοφορίας
9. Κεντρική νησίδα
10. Υπερβατή ζώνης κεντρικής νησίδας

- A. Ιστός οδοφωτισμού
- B. Πεζοδρόμιο
- C. Ρυθμιστική πινακίδα Π-75
- D. Πινακίδα σήμανσης εξόδου από δακτύλιο
- E. Πινακίδα παραχώρησης προτεραιότητας

Εικόνα 2.10 Χαρακτηριστικά στοιχεία σύγχρονου κυκλικού κόμβου (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Βασικές γεωμετρικές διαστάσεις σχεδιασμού των Κ³ είναι οι εξής:

- **Διάμετρος Εγγεγραμμένου Κύκλου (Inscribed circle diameter):** Η διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου είναι η βασική παράμετρος που χρησιμοποιείται για να καθορίσει το μέγεθος του κυκλικού κόμβου και μετριέται μεταξύ των εξωτερικών ορίων του κυκλικού καταστρώματος.
- **Πλάτος Κυκλικού Καταστρώματος (Circulatory roadway width):** Το πλάτος του κυκλικού καταστρώματος καθορίζει το πλάτος της οδού για την κυκλοφορία των οχημάτων γύρω από την κεντρική νησίδα. Το πλάτος αυτό μετριέται μεταξύ του εξωτερικού ορίου της οδού και της κεντρικής νησίδας και δεν περιλαμβάνει το πλάτος της υπερβατής περιμετρικής ζώνης, η οποία αποτελεί τμήμα της κεντρικής νησίδας.
- **Πλάτος Πρόσβασης (Approach width):** Το πλάτος πρόσβασης είναι το πλάτος της οδού που χρησιμοποιείται από την κυκλοφορία που προσεγγίζει τον κόμβο, χωρίς καμία διαμόρφωση αυτού λόγω της ύπαρξης του κόμβου και συνήθως δεν ξεπερνά το ήμισυ του συνολικού πλάτους της οδού.
- **Πλάτος Αποχώρησης (Departure width):** Το πλάτος αποχώρησης είναι το πλάτος της οδού που χρησιμοποιείται από την κυκλοφορία που εγκαταλείπει τον κόμβο, μετά από τις όποιες διαμορφώσεις αυτού λόγω της ύπαρξης του κόμβου και συνήθως είναι μικρότερο ή ίσο με το ήμισυ του συνολικού πλάτους της οδού.
- **Πλάτος Εισόδου (Entry width):** Το πλάτος εισόδου καθορίζει το πλάτος της εισόδου της οδού που συναντά τον εγγεγραμμένο κύκλο και μετριέται κάθετα από το σημείο τομής της αριστερής οριογραμμής με τον εγγεγραμμένο κύκλο προς το δεξιό άκρο της εισόδου.
- **Πλάτος Εξόδου (Exit width):** Το πλάτος εξόδου καθορίζει το πλάτος της εξόδου της οδού που συναντά τον εγγεγραμμένο κύκλο και μετριέται κάθετα από το σημείο τομής της αριστερής οριογραμμής με τον εγγεγραμμένο κύκλο προς το δεξιό άκρο της εξόδου.
- **Ακτίνα Εισόδου (Entry radius):** Η ακτίνα εισόδου είναι η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας του εξωτερικού κρασπέδου του πεζοδρομίου στην είσοδο του κόμβου.
- **Ακτίνα Εξόδου (Exit radius):** Η ακτίνα εξόδου είναι η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας του εξωτερικού κρασπέδου του πεζοδρομίου στην έξοδο του κόμβου.

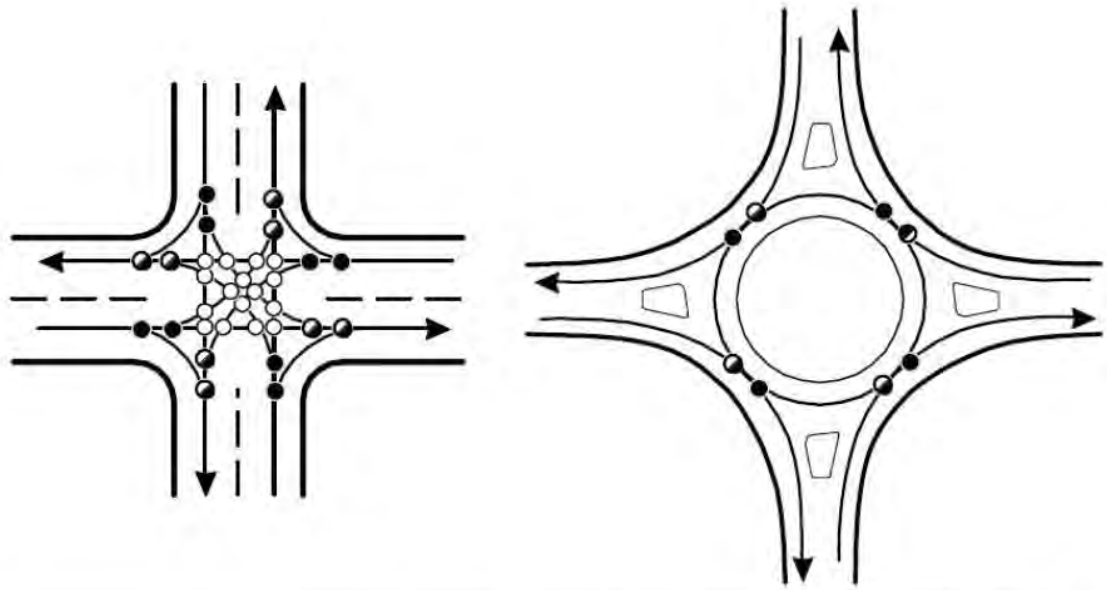


Σχήμα 2.11 Βασικές γεωμετρικές διαστάσεις K^3 (FHWA, 2000, ίδια επεξεργασία)

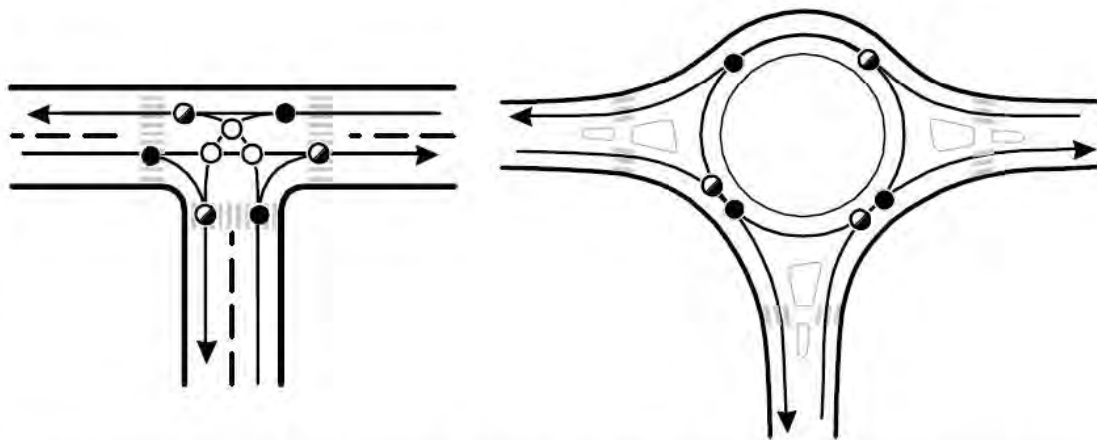
2.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα K^3

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά και σε γενικές γραμμές τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι K^3 έναντι των συμβατικών μορφών κόμβων σηματοδοτούμενων ή μη.

Σε επίπεδο οδικής ασφάλειας, ένα βασικό πλεονέκτημα των K^3 έναντι των συμβατικών ισόπεδων κόμβων είναι ο περιορισμός των σημείων πιθανής σύγκρουσης. Σε σχέση με μία τυπική διασταύρωση ισόπεδου κόμβου, ένας K^3 ίδιου αριθμού σκελών παρουσιάζει συνολικά σημαντικά λιγότερα σημεία εμπλοκής. Σε ένα τυπικό 4-σκελή ισόπεδο κόμβο παρουσιάζονται 32 σημεία εμπλοκής, ενώ σε ένα 4-σκελή K^3 τα σημεία περιορίζονται σε μόλις 8. Πρακτικά απαλείφονται οι περιπτώσεις εμπλοκής λόγω διασταύρωσης, που είναι οι πλέον επικίνδυνες, αφού αποτελούν προϋπόθεση για πλαγιομετωπικές συγκρούσεις, ενώ προκύπτουν μόνο εμπλοκές συμβολής σε 4 σημεία και χωρισμού σε 4 σημεία (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)



Τύπος Εμπλοκής	Μορφή Κόμβου/Αριθμός σημείων σύγκρουσης	
	Διασταύρωσης	K^3
● Χωρισμός	8	4
◐ Συμβολή	8	4
○ Διασταύρωση	16	0
Σύνολο	32	8

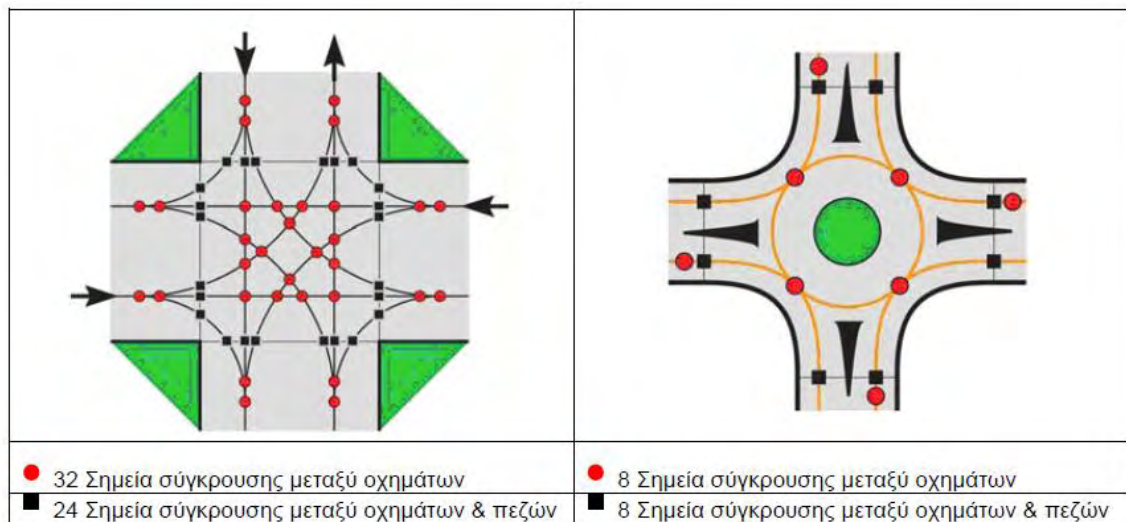


Τύπος Εμπλοκής	Μορφή Κόμβου/ Αριθμός σημείων σύγκρουσης	
	Συμβολής	K^3
● Χωρισμός	3	3
◐ Συμβολή	3	3
○ Διασταύρωση	3	0
Σύνολο	9	6

Σχήμα 2.12 Σημεία και τύποι εμπλοκής σε ισόπεδη διασταύρωση και σε K^3 (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)

Κατά αναλογία, στην περίπτωση 3-σκελή κόμβου, τα σημεία σύγκρουσης μειώνονται από 9 σε 6, όπου και πάλι εκλείπουν τα πλέον επικίνδυνα, που αφορούν στις πλαγιομετωπικές συγκρούσεις (ΟΜΟΕ K^3 , 2011).

Επιπρόσθετα, η διαφορά στον αριθμό των σημείων σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων και πεζών σε συμβατικό ισόπεδο κόμβο και σε κόμβο κυκλικής κίνησης, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα της επόμενης σελίδας.



Σχήμα 2.13 Σημεία σύγκρουσης μεταξύ πεζών και οχημάτων σε συμβατική ισόπεδη διασταύρωση και σε K^3 (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)

Σε λειτουργικό επίπεδο, το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που προσφέρουν οι κυκλικόι κόμβοι ως προς το επίπεδο εξυπηρέτησης και το οποίο γίνεται αντιληπτό κυρίως σε περιόδους μη αιχμής, είναι ότι η κυκλοφορία δε σταματά υποχρεωτικά σε περίπτωση όπου δεν υπάρχουν κινούμενα οχήματα επί του κυκλικού κόμβου, κάτι το οποίο δε συμβαίνει σε σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις. Ακόμη και όταν δημιουργούνται ουρές οχημάτων κατά την είσοδο λόγω συμφόρησης, η κυκλοφορία συνήθως δεν παραμένει απόλυτα σταματημένη. Αντίθετα, εξακολουθεί να προχωράει, έστω και με πολύ μικρές ταχύτητες, γεγονός που είναι περισσότερο ανεκτό από την πλευρά των οδηγών.

Επιπλέον, οι χαμηλές ταχύτητες που εφαρμόζονται στους κυκλικούς κόμβους συμβάλλουν σε μεγαλύτερη κυκλοφοριακή ικανότητα, καθώς όσο πιο γρήγορα κινούνται τα οχήματα μέσα στον κόμβο, τόσο πιο δύσκολο και χρονοβόρο είναι για τα εισερχόμενα οχήματα να εισέλθουν την κατάλληλη στιγμή, χωρίς να εμποδίσουν την ήδη κινούμενη κυκλοφορία και έχοντας στη διάθεσή τους αρκετό χρόνο ώστε να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες. Μία τέτοια κατάσταση, λοιπόν, θα οδηγούσε σε επιπρόσθετες καθυστερήσεις, από τα οχήματα που θα σταματούσαν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στη γραμμή εισόδου, προτού εισέλθουν ομαλά στον κυκλικό κόμβο.

Αξίζει να σημειωθεί, βέβαια, ότι οι κυκλοφοριακές ρυθμίσεις που σχετίζονται με την παραχώρηση προτεραιότητας στον κυκλικό κόμβο, πιθανόν να προκαλούν ανεπιθύμητες καθυστερήσεις σε κεντρικές αρτηρίες, οι οποίες υπό διαφορετικές

συνθήκες θα είχαν προτεραιότητα. Το γεγονός αυτό εντείνεται και σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, όπου ακόμη και οι μικρές καθυστερήσεις δημιουργούν σοβαρά προβλήματα.

Είναι λοιπόν σαφές ότι η κατασκευή κόμβων κυκλικής κίνησης δεν πρέπει να θεωρείται πάντα ότι υπερτερεί έναντι άλλων μορφών, ιδιαίτερα μάλιστα των καινοτόμων μορφών κυκλικών κόμβων. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των K^3 σε διάφορα επίπεδα παρουσιάζονται στον κάτωθι Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα K^3 (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)

<u>Πλεονεκτήματα</u>	<u>Μειονεκτήματα</u>
1. Χρήστες εκτός μηχανοκίνητων οχημάτων	
<ul style="list-style-type: none"> • Οι πεζοί χρειάζεται να ελέγξουν μόνο προς μία κατεύθυνση επερχόμενης κυκλοφορίας κάθε φορά • Οι ποδηλάτες έχουν την επιλογή να χρησιμοποιήσουν τον κόμβο όπως και οι πεζοί 	<ul style="list-style-type: none"> • Πεζοί με δυσκολία στην όραση ίσως έχουν πρόβλημα στο να βρουν τις πεζοδιαβάσεις και να ελέγξουν εάν τα οχήματα τους έχουν παραχωρήσει προτεραιότητα • Οι ράμπες για ποδήλατα μπορεί να εκληφθούν και ως ράμπες πεζών και αντίστροφα
2. Οδική ασφάλεια	
<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση σοβαρότητας συγκρούσεων για όλους τους χρήστες, ασφαλέστερη συγχώνευση στην κυκλική κυκλοφορία, μικρότερες ταχύτητες και άρα διάθεση περισσότερου χρόνου στους χρήστες ώστε και αυτοί να μπορούν να αναγνωρίσουν τις συνθήκες και να διορθώσουν τα σφάλματά τους ή και να αντιμετωπίσουν τα σφάλματα άλλων χρηστών • Λιγότερα συνολικά σημεία εμπλοκής και εξάλειψη εμπλοκών αριστερής στροφής 	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση συγκρούσεων ενός οχήματος, με άλλα και με σταθερά εμπόδια σε σχέση με άλλες διαμορφώσεις διασταυρώσεων • Οι κόμβοι σε οδούς με περισσότερες από δύο λωρίδες παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυσκολίες για τους χρήστες με μειωμένη όραση εξ αιτίας της ανάγκης για ανίχνευση των κενών μεταξύ των οχημάτων και αναγνώριση παραχώρησης προτεραιότητας από τα οχήματα.
3. Λειτουργία	

<ul style="list-style-type: none"> • Ενδέχεται να παρουσιάζονται μικρότερες καθυστερήσεις και ουρές από άλλες μορφές ρύθμισης της κυκλοφορίας σε διασταύρωση • Μπορεί να μειωθούν οι ανάγκες για πρόσθετες λωρίδες σε ενδιάμεσα τμήματα μεταξύ δύο ισόπεδων διασταυρώσεων, που στην περίπτωση παρουσίας γέφυρας στο ενδιάμεσο αυτών τμήμα όπως συνήθως συμβαίνει σε ανισόπεδους κόμβους (μορφής ρόμβου, μισό τετράφυλλο), αυτό έχει ακόμη μεγαλύτερη οικονομική σημασία • Δημιουργεί τη δυνατότητα σε γειτονικούς σηματοδότες να λειτουργήσουν και με πιο αποδοτικούς κύκλους, όταν ο Κ³ αντικαθιστά διασταύρωση που καθορίζει τον κύκλο σηματοδότησης • Ρυθμίζει την κυκλοφορία σε κόμβους με υψηλό ποσοστό αριστερών στροφών 	<ul style="list-style-type: none"> • Η εξίσωση προτεραιότητας σε όλες τις προσβάσεις μπορεί να μειώνει την προχώρηση της κυκλοφορίας για προσβάσεις υψηλών φόρτων • Δεν μπορεί να προσφέρει αποκλειστική προτεραιότητα σε ειδικές κατηγορίες χρηστών (τρένα, οχήματα έκτακτης ανάγκης, μέσα μαζικής μεταφοράς κτλ) εκτός εάν υπάρχουν συσκευές ελέγχου κυκλοφορίας π.χ. δρύφακτα, σηματοδότηση κλπ. • Δεν προτείνονται μεταξύ σηματοδοτούμενων κόμβων • Προσαρμόζονται δύσκολα σε οδούς με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας
4. Διαχείριση Προσβάσεων	
<ul style="list-style-type: none"> • Προσφέρεται δυνατότητα για ασφαλή αναστροφή, στοιχείο που κατά κανόνα δεν ισχύει στις άλλες μορφές ισόπεδων κόμβων • Ειδικά η δυνατότητα αναστροφής έχει εξαιρετική σημασία κατά μήκος των εθνικών και επαρχιακών οδών στη χώρα, όπου ενώ αδειοδοτούνται συνδέσεις παρόδιων εγκαταστάσεων δεν παρέχεται πρόνοια για τις αριστερές στρόφες, είτε από την κύρια οδό προς την παρόδια εγκατάσταση, είτε αντιθέτως, αφού αποτελεί σχεδόν κανόνα η απουσία παράπλευρης οδού εξυπηρέτησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να μειώσει τον αριθμό των διαθέσιμων χρονικών κενών για την είσοδο στις οδούς που αποτελούν τα σκέλη του κόμβου, από γειτονικές με τον κόμβο, οδικές ή άλλου είδους (π.χ. χώροι στάθμευσης), προσβάσεις, που δεν είναι σηματοδοτούμενες
5. Περιβάλλον	
<ul style="list-style-type: none"> • Ενδέχεται να μειωθούν: η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ηχορύπανση και η κατανάλωση καυσίμου • Λιγότερες στάσεις σε περιόδους εκτός αιχμής 	<ul style="list-style-type: none"> • Πιθανές επιπτώσεις σε φυσικούς και πολιτιστικούς πόρους, λόγω απαιτήσεων μεγαλύτερης κατάληψης που χρειάζεται απαλλοτρίωση
6. Ρύθμιση κυκλοφορίας	

<ul style="list-style-type: none"> • Μειωμένες ταχύτητες κυκλοφορίας • Ωφέλιμη διάταξη σε μεταβατικές περιοχές (από υπεραστική σε αστική), που δίνει έμμεσα την εντύπωση σημαντικής αλλαγής στο περιβάλλον οδήγησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Πιο ακριβή λύση σε σχέση με άλλες διαμορφώσεις κόμβων κυρίως εκείνων χωρίς εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης
7. Έκταση Κατάληψης	
<ul style="list-style-type: none"> • Συχνά απαιτεί λιγότερο χώρο αποθήκευσης για ουρές στις προσβάσεις του κόμβου, επιτρέποντας μικρότερες αποστάσεις μεταξύ κόμβων • Μειώνει την ανάγκη για μεγαλύτερου πλάτους απαλλοτριώσεις κατά μήκος των συνδετήριων οδών μεταξύ των διασταυρώσεων • Καλύτερη δυνατότητα για εξυπηρέτηση χώρων στάθμευσης, πλατύτερα πεζοδρόμια, μεγαλύτερη έκταση φύτευσης πρασίνου 	<ul style="list-style-type: none"> • Συχνά απαιτεί περισσότερη έκταση κατάληψης απ' ό,τι άλλες διαμορφώσεις κόμβων, πρόβλημα που αντιμετωπίζεται κυρίως σε υφιστάμενους προς αναβάθμιση κόμβους
8. Λειτουργία και Συντήρηση	
<ul style="list-style-type: none"> • Συνήθως δεν απαιτείται συντήρηση για εξοπλισμό σηματοδότησης (εκτός των περιπτώσεων σηματοδοτούμενου κόμβου) 	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να απαιτεί συντήρηση της ζώνης τοπιοτεχνίας
9. Αισθητική	
<ul style="list-style-type: none"> • Προσφέρει δυνατότητα διαμόρφωσης ελκυστικών εισόδων ή κεντρικών πλατειών σε περιοχές οικισμών • Χρήση ως τοπόσημο σε τουριστικές ή εμπορικές περιοχές για να διαχωριστούν οι περιοχές κατοικίας και εμπορίου 	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να αποτελεί παράγοντα κινδύνου όταν τοποθετούνται σταθερά εμπόδια στην κεντρική νησίδα, σε ευθεία με τις εισόδους, εφόσον η γεωμετρία της πρόσβασης δεν προτρέπει σε μειωμένη ταχύτητα (≤ 40 km/h) προσέγγισης

2.5 Κατηγορίες Κ³

Οι Κ³ μπορεί να ταξινομηθούν ανάλογα με το μέγεθος και το περιβάλλον όπου κατασκευάζονται στις κατηγορίες που περιγράφονται στη συνέχεια (ΟΜΟΕ Κ³, 2011). Οι έννοιες «Κ³ 1 λωρίδας», ή «Κ³ 2 λωρίδων» αναφέρονται αντίστοιχα σε Κόμβους Κυκλικής Κίνησης με 1 ή 2 λωρίδες κυκλοφορίας στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Τα γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

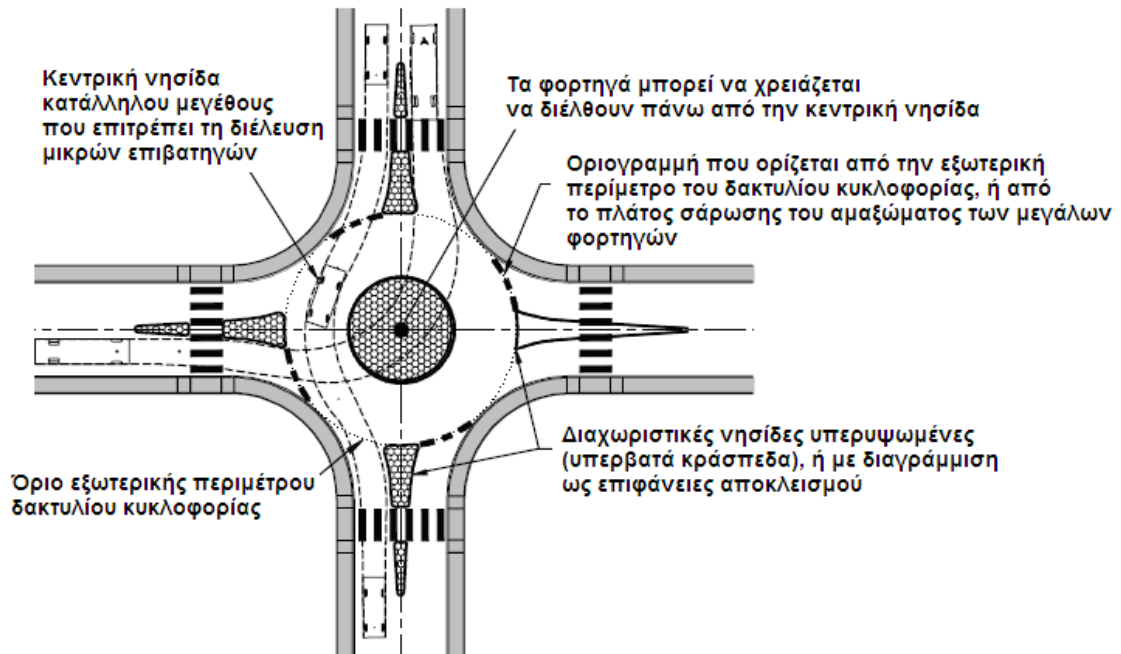
Πίνακας 2.2 Γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία Κ³ (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Στοιχείο σχεδιασμού	Κομβίδια	Αστικοί			Υπεραστικοί	
		Συνεπτυγμένοι	1 λωρίδας	2 λωρίδων	1 λωρίδας	2 λωρίδων
Συνιστώμενη V _{max} εισόδου (km/h)	25	25	35	40	40	50
Μέγιστος αριθμός λωρίδων εισόδου ανά πρόσβαση	1	1	1	2	1	2
Συνήθης διάμετρος περιμετρικού δακτυλίου κυκλοφορίας D (m)	13-25	25-30	30-40	45-55	35-40	55-60
Δομική διαμόρφωση διαχωριστικής νησίδας	Υπερυψωμένη, εάν είναι δυνατό, με διακοπή για πεζοδιάβαση	Υπερυψωμένη με διακοπή για πεζοδιάβαση			Υπερυψωμένη και επιμήκης, με διακοπή για πεζοδιάβαση, αν χρειάζεται	
Τυπική ημερήσια εξυπηρέτηση φόρτου σε 4-σκελή Κ ³ (οχ/ημέρα)	≤10.000	≤15.000	≤25.000	≤45.000	≤20.000	≤45.000

Κομβίδια κυκλικής κίνησης (Mini Roundabouts)

Αυτή η κατηγορία εφαρμόζεται εν γένει σε αστικό περιβάλλον. Έχει ως βασικό χαρακτηριστικό την εξ' ολοκλήρου υπερβατή κεντρική νησίδα, που επιτρέπει την εξυπηρέτηση φορτηγών οχημάτων, ενδεχομένως με διέλευση πάνω από αυτήν. Γενικά, απαιτούν μικρή έκταση και εφαρμόζονται σε οδούς με ταχύτητες ≤40 km/h. Αυτή η κατηγορία επιλέγεται συνήθως σε περιπτώσεις σημαντικών περιορισμών χώρου, όπου δεν είναι δυνατή η κατασκευή του τυπικού Κ³ μίας λωρίδας, με τον οποίο θα εξυπηρετούνται και τα βαρέα οχήματα. Πλεονέκτημα της διάταξης αποτελεί η μικρή απαίτηση σε έκταση κατάληψης και η δυνατότητα υλοποίησης, με μικρές τροποποιήσεις στις γωνίες μιας υφιστάμενης τυπικής ισόπεδης διασταύρωσης. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη για την υλοποίηση αυτών των διατάξεων σε υφιστάμενες διασταυρώσεις, υποδεικνύονται στο επόμενο Σχήμα 2.14. Στην περίπτωση που θα

επιτρέπεται η διέλευση πάνω από την κεντρική νησίδα μόνο των φορτηγών οχημάτων ή και λεωφορείων (και αυτό θα συμβαίνει ελάχιστες φορές την ημέρα), τότε η κεντρική νησίδα κατασκευάζεται υπερυψωμένη στην περίμετρό της κατά 100 mm από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Η μέγιστη υπερύψωση στο κέντρο της νησίδας συνίσταται να μην ξεπερνά τα 125mm.



Εικόνα 2.14 Βασικά χαρακτηριστικά κομβιδίου (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)



Εικόνα 2.15 Κομβίδια με υπερυψωμένη, πλήρως διελεύσιμη κεντρική νησίδα(ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Τα κύρια ζητήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι ο δομικός διαχωρισμός της πορείας των οχημάτων, το πλάτος που σαρώνεται από το αμάξωμα των οχημάτων, καθώς και η ορατότητα στον κόμβο. Δεδομένου ότι η κεντρική νησίδα πρέπει να είναι πλήρως διελεύσιμη, ο γενικός σχεδιασμός θα πρέπει να παρέχει δομική διαμόρφωση που θα καθοδηγεί φυσιολογικά τους οδηγούς στην ακολουθητέα πορεία. Ο υποβαθμισμένος σχεδιασμός μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα όπως είναι:

- Η εκτέλεση αριστερών στροφών μπροστά από την κεντρική νησίδα
- Η διέλευση πάνω από την κεντρική νησίδα, μη τηρώντας την παραχώρηση προτεραιότητας κατά την είσοδο
- Η διέλευση από τον κόμβο με υπερβολικές ταχύτητες

Τα ανωτέρω προβλήματα μπορούν να επιλυθούν με κατάλληλες διαμορφώσεις στη γεωμετρία του κομβιδίου.

Αστικοί συνεπτυγμένοι (Urban Compact)

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας είναι η σχετικά μικρή διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου 25 – 30 m, με κατασκευή μη υπερβατής κεντρικής νησίδας. Έχουν μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση στα σκέλη του κόμβου. Ενδέχεται να χρειαστεί υπερβατή ζώνη πέριξ της κεντρικής νησίδας για εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων. Αυτή η κατηγορία επιλέγεται συνήθως για λόγους παρόμοιους με εκείνους της κατηγορίας των κομβιδίων, όμως προσφέρει πολύ ευνοϊκό περιβάλλον για πεζούς και ποδηλάτες, λόγω των ήπιων συνθηκών κυκλοφορίας που επιβάλλει.

Αστικοί 1 λωρίδας

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει K^3 με μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση στα σκέλη του κόμβου. Είναι παρόμοιοι με τους αστικούς συνεπτυγμένους, όμως έχουν μεγαλύτερη διάμετρο στην εξωτερική περίμετρο (30 – 40 m) και μεγαλύτερες ακτίνες καμπής στις προσβάσεις πριν από την είσοδο στο δακτύλιο. Οι διαχωριστικές νησίδες είναι υπερυψωμένες, ενώ διαθέτουν υπερβατή ζώνη πέριξ της κεντρικής κυκλικής νησίδας, (αν απαιτείται για την εξυπηρέτηση βαρέων φορτηγών). Αυτή η κατηγορία επιλέγεται για αστικό περιβάλλον με μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους από αυτούς που προβλέπονται για την προηγούμενη κατηγορία και επιτρέπει μεγαλύτερα μεγέθη ταχυτήτων κίνησης και χωρητικότητας.

Αστικοί 2 λωρίδων

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τους K^3 σε αστικό περιβάλλον, που έχουν τουλάχιστο σε ένα κλάδο πρόσβασης δύο λωρίδες στην κατεύθυνση εισόδου στο δακτύλιο. Η

γεωμετρία τους είναι παρόμοια με αυτή των αστικών K^3 μίας λωρίδας, όμως απαιτεί μεγαλύτερη επιφάνεια, ώστε να επιτρέπεται η κίνηση των οχημάτων σε δυο στοίχους επί του δακτυλίου κυκλοφορίας. Αυτοί οι κόμβοι συνιστώνται όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι μεγαλύτεροι από αυτούς που δικαιολογούν την κατασκευή των προηγούμενων κατώτερων κατηγοριών K^3 .

Υπεραστικοί 1 λωρίδας

Είναι παρόμοιες διατάξεις με τις αντίστοιχες αστικές, όμως έχουν γεωμετρία με μεγαλύτερες ακτίνες, ώστε να επιτρέπονται υψηλότερες ταχύτητες επί του δακτυλίου και στις εξόδους. Συνήθως δεν υπάρχει υπερβατή ζώνη πέριξ της κεντρικής νησίδας, αφού οι μεγάλες ακτίνες στο δακτύλιο κυκλοφορίας επιτρέπουν την άνετη κυκλική κίνηση βαρέων φορτηγών. Επειδή συχνά τοποθετούνται σε περιβάλλον όπου αναπτύσσονται ελεύθερα αρκετά υψηλές ταχύτητες, ενδέχεται να απαιτούν μέτρα περιορισμού της ταχύτητας των οχημάτων, όπως σήμανση, ειδική γεωμετρία (καμπυλοειδής) στους κλάδους εισόδου κτλ.

Υπεραστικοί 2 λωρίδων

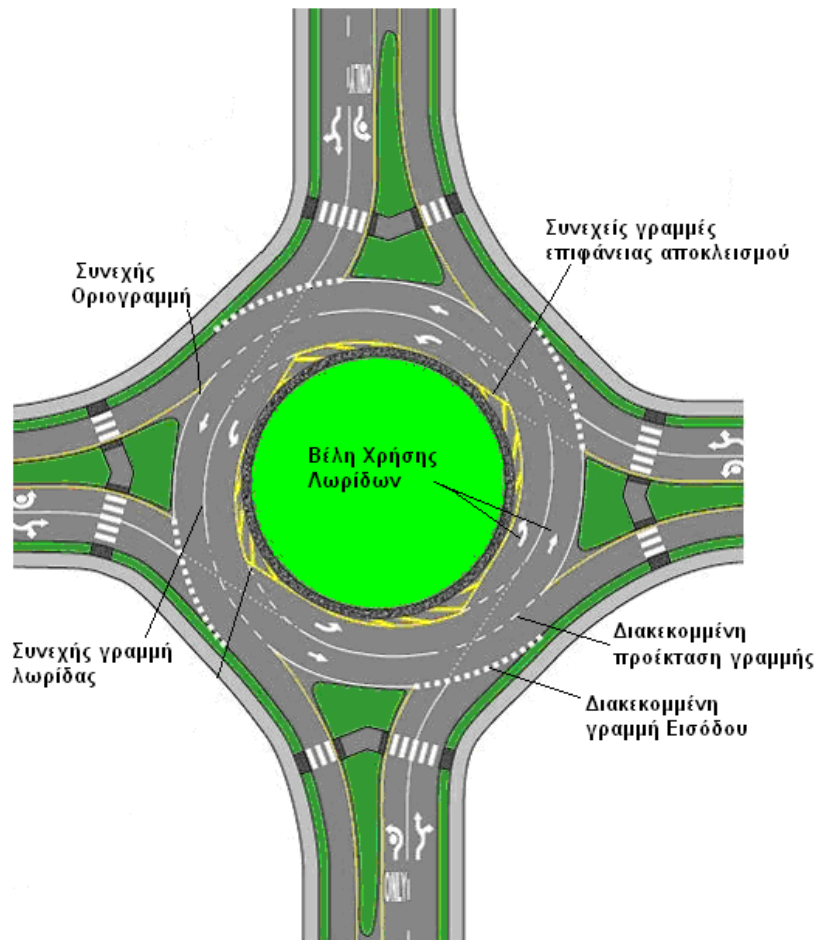
Είναι παρόμοιοι με τους αντίστοιχους υπεραστικούς μίας λωρίδας, ενώ έχουν δύο λωρίδες στο δακτύλιο κυκλοφορίας και τουλάχιστον για ένα από τους κλάδους πρόσβασης, έστω μόνο σε τμήμα πριν από την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Η διάμετρος της περιμέτρου είναι συνήθως μεγαλύτερη και οι ταχύτητες είναι υψηλότερες.

Σπειροειδείς Κυκλικόι κόμβοι (Turbo Roundabouts)

Πρόκειται για μία ειδική κατηγορία K^3 , η οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στην Ολλανδία πρακτικά έχουν εκτοπίσει τους κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων σαν κατασκευαστική επιλογή, ενώ τυγχάνουν ευρείας αποδοχής τόσο στη Γερμανία όσο και σε άλλες ευρωπαϊκές κυρίως χώρες.

Αποτελεί επί της ουσίας παραλλαγή κυκλικού κόμβου με δακτύλιο κυκλοφορίας με πάνω από μία λωρίδες. Σε αυτή την ειδική κατηγορία κυκλικών κόμβων ανήκουν οι κυκλικόι κόμβοι όπου οι λωρίδες κυκλοφορίας τους οριοθετούνται με κατάλληλη οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση και υπερυψωμένα κράσπεδα, κατασκευασμένα τόσο στις εισόδους όσο και εντός του κυκλικού καταστρώματος, μεταξύ των λωρίδων κυκλοφορίας. Οι σπειροειδείς κυκλικόι κόμβοι έχουν συγκεκριμένη γεωμετρία η οποία επιτρέπει το διαχωρισμό των ρευμάτων κυκλοφορίας, αποσκοπώντας στην αποφυγή των συγκρούσεων λόγω εναλλαγής λωρίδας εντός του κυκλικού καταστρώματος. Αυτές οι διαμορφώσεις διαχωρισμού των λωρίδων αναγκάζουν την κινούμενη επί του

κόμβου κυκλοφορία να ακολουθήσει σπειροειδείς τροχιές και έτσι οι εισερχόμενοι οδηγοί οφείλουν να επιλέξουν την κατάλληλη λωρίδα στην οποία θα κινηθούν, προτού εισέλθουν στον κόμβο. Ένα ακόμη βασικό χαρακτηριστικό των κόμβων αυτών είναι ότι, ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας μπορεί να διαφέρει στους κλάδους εισόδου και εξόδου, καθώς και επί του κυκλικού καταστρώματος, όπου προσαρμόζονται κατά περίπτωση. Οι κόμβοι αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται συνήθως σε διασταυρώσεις κύριων οδών με δευτερεύουσες αρτηρίες, ενώ δεν είναι δυνατή η πραγματοποίηση αναστροφής, καθώς κάθε λωρίδα επί του κυκλικού καταστρώματος οδηγεί σε συγκεκριμένη έξοδο (ΟΜΟΕ K^3 , 2011).

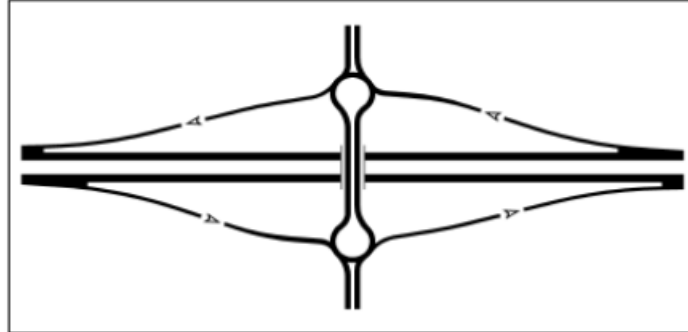


Σχήμα 2.16 Υπόδειγμα διάταξης σπειροειδούς δακτυλίου κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)

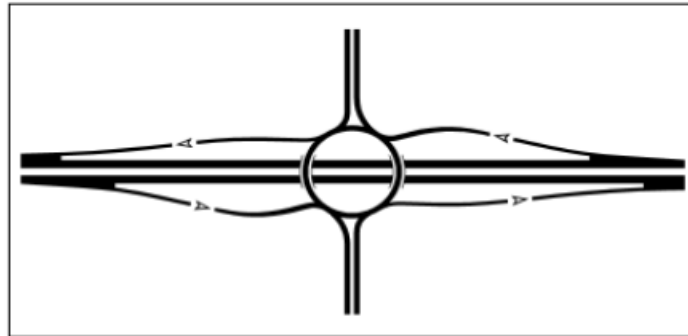
Εφαρμογή K^3 σε ανισόπεδους κόμβους

Επιπροσθέτως, οι K^3 μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες παραλλαγές ανισόπεδων κόμβων, αντικαθιστώντας τις διασταυρώσεις που δημιουργούνται σε ένα από τα επίπεδά τους. Πιο συνήθης περίπτωση εφαρμογής K^3 είναι αυτή της διασταύρωσης αστικών αυτοκινητοδρόμων με δευτερεύουσες αρτηρίες. Η παρουσία των K^3 μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των προβλημάτων ουρών και καθυστερήσεων επί των σκελών του κόμβου που συνιστούν τη δευτερεύουσα οδό.

Η πιο τυπική περίπτωση χρήσης της μορφής K^3 εφαρμόζεται σε ανισόπεδους κόμβους μορφής ρόμβου ενός ή δύο σημείων διασταύρωσης. Οι ισόπεδες διασταυρώσεις επί της δευτερεύουσας οδού διαμορφώνονται σε K^3 .

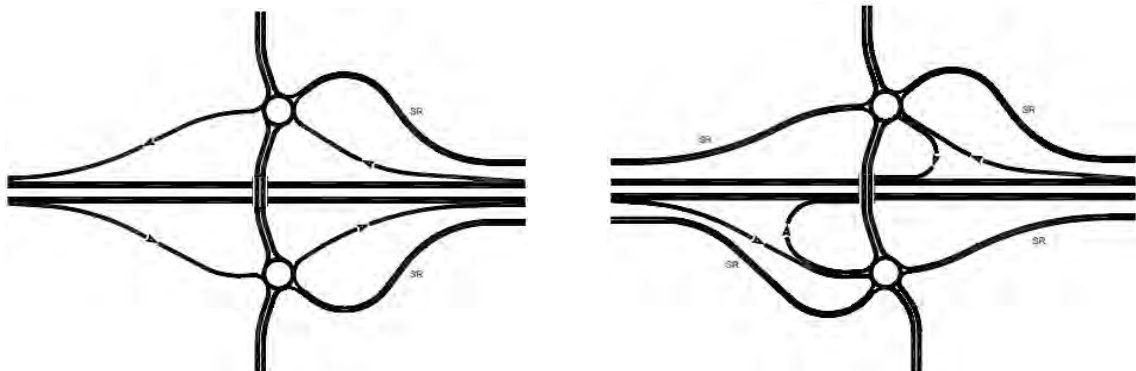


Σχήμα 2.17 Εφαρμογή ζεύγους κυκλικών κόμβων (διάταξη διπλής σταγόνας) σε ανισόπεδο κόμβο μορφής ρόμβου με δύο σημεία διασταύρωσης (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)



Σχήμα 2.18 Εφαρμογή κυκλικού κόμβου σε ανισόπεδο κόμβο μορφής ρόμβου με ένα σημείο διασταύρωσης (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)

Η χρήση κυκλικού κόμβου συνίσταται ιδιαίτερα σε διασταυρώσεις της δευτερεύουσας οδού με άλλα οδικά τμήματα που συμβάλλουν σε αυτή, όπως οι παράπλευρες οδοί εξυπηρέτησης (βλ. Σχήμα 2.19) (ΟΜΟΕ K^3 , 2011).



Σχήμα 2.19 Ανισόπεδος κόμβος με εφαρμογή δύο κυκλικών κόμβων και πολλαπλούς κλάδους προσέγγισης (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)

3. Ζητήματα προκαταρκτικού σχεδιασμού

3.1 Γενικά

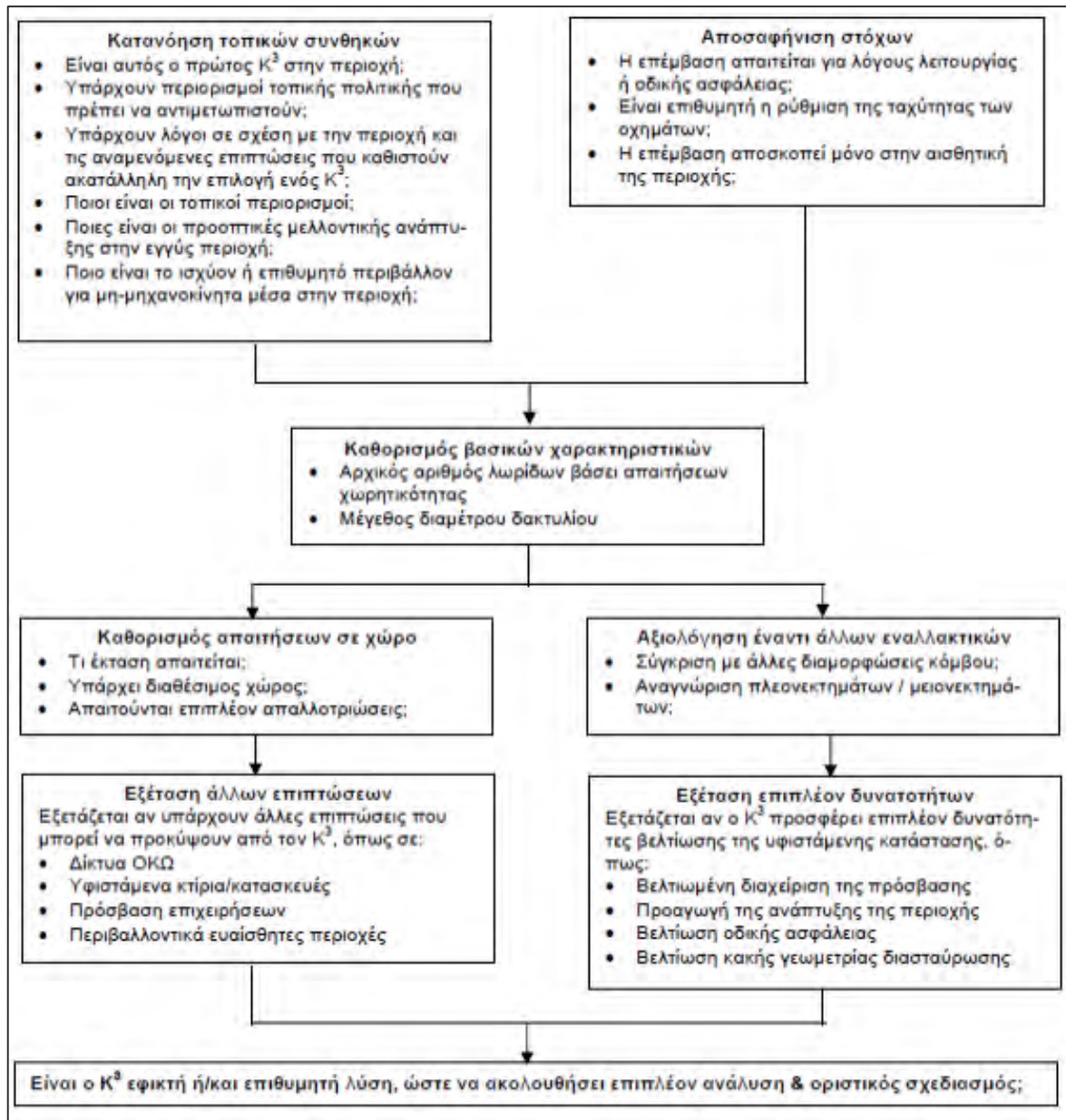
Βάσει της ολοένα και αυξανόμενης εμπειρίας επί των K^3 , υπάρχουν πολλοί πιθανοί λόγοι ή στόχοι που μπορεί να συντείνουν στην επιλογή αυτής της μορφής για τη διαμόρφωση μίας συγκεκριμένης διασταύρωσης. Ειδικά στο σημερινό πλαίσιο, όπου οι K^3 αποκτούν όλο και μεγαλύτερη δημοτικότητα, υπάρχουν περιοχές (π.χ. ορισμένες πολιτείες των ΗΠΑ), όπου η υλοποίηση μιας διασταύρωσης με τη μορφή του K^3 πρέπει υποχρεωτικά να ληφθεί υπόψη και να εξεταστεί εάν αποτελεί μία καλύτερη εναλλακτική λύση έναντι της υλοποίησης της διασταύρωσης με συμβατικό τρόπο. Σε κάθε συγκεκριμένη θέση διασταύρωσης μπορεί να υπάρχουν συγκεκριμένοι λόγοι για τη διαμόρφωση κυκλικών κόμβων, συμπεριλαμβανομένης της αναβάθμισης του επιπέδου ασφάλειας, την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας του κόμβου και γενικά της αναβάθμισης των λειτουργικών του χαρακτηριστικών, της βελτίωσης της αισθητικής, της καλύτερης διαχείρισης των προσβάσεων ή της δημιουργίας του K^3 στο πλαίσιο ευρύτερων σχεδίων ανάπλασης που αφορούν μια συγκεκριμένη περιοχή.

Οι πληροφορίες που δόθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο σχετικά με τις κατηγορίες K^3 και τα συνήθη γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά μπορούν να βοηθήσουν στο να επιβεβαιωθεί ή να απορριφθεί ότι υπάρχουν αρκετοί καλοί λόγοι ώστε η δημιουργία κυκλικού κόμβου σε μία συγκεκριμένη διασταύρωση είναι σκόπιμη και συγχρόνως αποτελεί την καλύτερη εναλλακτική, αποτρέποντας την άσκοπη προσπάθεια που απαιτείται για πιο λεπτομερή ανάλυση.

Τα αρχικά βήματα σχεδιασμού αποσαφηνίζουν τους στόχους και το πλαίσιο στο οποίο συζητιέται η δημιουργία ενός K^3 . Το επόμενο βήμα αποτελεί να διενεργηθεί μία προκαταρκτική διαμόρφωση του κόμβου, έτσι ώστε να προσδιοριστεί ο ελάχιστος αριθμός των λωρίδων που απαιτούνται σε κάθε πρόσβαση καθώς και το είδος του κόμβου που θα αποτελέσει τη βάση της μελέτης: κομβίδιο, K^3 μιας λωρίδας, K^3 δύο ή περισσότερων λωρίδων. Έχοντας επαρκή χώρο, ένας κόμβος κυκλικής κίνησης μπορεί να σχεδιαστεί κατάλληλα ώστε να εξυπηρετήσει υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους. Σημαντικό είναι να λαμβάνονται υπόψη από το μελετητή πιθανά αλληλοσυγκρουόμενα χαρακτηριστικά, αφού συνήθως οι μορφές K^3 που μπορούν να εξυπηρετήσουν υψηλότερους φόρτους, ίσως υστερεί σε επίπεδο οδικής ασφάλειας.

Η διαδικασία επιλογής ως λύσης της μορφής K^3 περιλαμβάνει διάφορα στάδια, από την αρχική σύλληψη και την αναγνώριση των τοπικών αναγκών και περιορισμών, έως την ενδεχόμενη διαπραγμάτευση με τους τοπικούς φορείς, την ενημέρωση και την

εκπαίδευση των οδηγών πάνω στη λειτουργία του κόμβου, και τελικά τον οριστικό σχεδιασμό της λύσης.



Σχήμα 3.1 Βήματα προκαταρκτικού σχεδιασμού (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο επικεντρώνεται σε στοιχειώδη ζητήματα σχεδιασμού, τα οποία μπορούν να απαντηθούν με την πραγματοποίηση λογικών υποθέσεων και εκτιμήσεων. Ωστόσο, μία μελέτη σκοπιμότητας για την διαμόρφωση και εγκατάσταση ενός Κ³ μπορεί κάποιες φορές να απαιτεί μία προσέγγιση των πιο λεπτομερών παραμέτρων γεωμετρικού σχεδιασμού και λειτουργικών χαρακτηριστικών, τα οποία θα παρουσιαστούν συνοπτικά σε επόμενα κεφάλαια.

3.2 Κριτήρια καταλληλότητας για τη δημιουργία Κ³

Η διαμόρφωση ενός κόμβου κυκλικής κίνησης έχει υψηλή πιθανότητα επιτυχίας όταν συντρέχουν οι ακόλουθες συνθήκες (ΟΜΟΕ Κ³, 2011, NCHRP, 1998 και 2010):

- Σημεία με υψηλό ποσοστό ατυχημάτων, τα οποία σχετίζονται κυρίως με κινήσεις διέλευσης των πεζών από διασταυρώσεις ή με αριστερόστροφες κινήσεις σε αυτές.
- Σημεία όπου δίνεται έμφαση στην ασφάλεια (π.χ. πλησίον σχολείων).
- Σημεία με μεγάλες καθυστερήσεις.
- Υφιστάμενοι κόμβοι, που για οποιοδήποτε λόγο, αποτυγχάνουν στην εξυπηρέτηση της κυκλοφοριακής ζήτησης
- Σημεία χωρίς ιδιαίτερη σήμανση.
- Διασταυρώσεις δευτερευουσών αρτηριών (απουσία σηματοδότησης και ρύθμιση της κυκλοφορίας με STOP).
- Διασταυρώσεις με περισσότερους από τέσσερις κλάδους προσέγγισης ή όπου μελλοντικά προβλέπεται να προστεθεί κλάδος προσέγγισης.
- Διασταυρώσεις με ασυνήθιστη γεωμετρία (Υ-διασταυρώσεις ή διασταυρώσεις με πολύ μικρές γωνίες μεταξύ των κλάδων εισόδου/εξόδου).
- Διασταυρώσεις με υψηλή αριστερόστροφη κυκλοφορία.
- Διασταυρώσεις με μεταβαλλόμενα πρότυπα κυκλοφορίας (π.χ. μετάβαση από διπλό σε μονό κατάστρωμα κυκλοφορίας, από ανισόπεδη σε ισόπεδη διασταύρωση κλπ.).
- Σε θέσεις όπου ο ρυθμός αφίξεων είναι τυχαίος/συνεχής ή είναι επιθυμητό να είναι.
- Διασταυρώσεις όπου οι αναστροφές είναι συχνές ή επιθυμητές (π.χ. σε εμπορικές διαδρομές και σε συνδυασμό με πολιτικές διαχείρισης προσβάσεων).
- Σημεία όπου η ικανότητα κατάληψης της επιφάνειάς τους από οχήματα σε σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις είναι περιορισμένη, καθώς οι μικροί κυκλικόι κόμβοι πολλές φορές απαιτούν μικρότερη επιφάνεια, ή όπου οι ουρές οχημάτων που δημιουργούνται από σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις προκαλούν προβλήματα στη λειτουργία και την ασφάλεια.
- Σημεία που ευνοούν την αντικατάσταση με κυκλικό κόμβο ζεύγους διασταυρώσεων, οι οποίες βρίσκονται σε πολύ κοντινή απόσταση μεταξύ τους.
- Σημεία όπου διασταυρώνονται αρτηρίες με μεγάλη συμφόρηση, αντί της διαπλάτυνσής τους.
- Διασταυρώσεις όπου η κατηγορία ή η ταχύτητα της οδού μεταβάλλονται (π.χ. τερματικοί κόμβοι σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων, ισόπεδοι κόμβοι στο πέρασ

υπεραστικών οδών υψηλών ταχυτήτων, σε αστικό δίκτυο κόμβοι μεταξύ αρτηρίας-αρτηρίας, αρτηρίας-συλλεκτήριας, αρτηρίας-τοπικής, συλλεκτήριας-συλλεκτήριας, συλλεκτήριας-πρόσβασης).

- Διασταυρώσεις που θεωρούνται σημαντικές από άποψη οπτικής και αισθητικής (εφόσον ικανοποιούνται τα βασικά κριτήρια λειτουργίας και ασφάλειας).
- Σημεία όπου η κατασκευή άλλων εναλλακτικών μορφών διασταυρώσεων θεωρείται περισσότερο δαπανηρή.

Οι παρακάτω συνθήκες θεωρούνται ως μη ευνοϊκές ή ακόμη και ακατάλληλες για την κατασκευή κυκλικών κόμβων (NCHRP, 1998):

- Σημεία όπου δεν υπάρχει αρκετός χώρος για μία αποδεκτή εξωτερική διάμετρο του κυκλικού κόμβου, καθώς οι κυκλικοί κόμβοι απαιτούν συνήθως περισσότερο χώρο σε σχέση με τις σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις.
- Σημεία που δεν έχουν επίπεδη επιφάνεια για την κατασκευή κυκλικού κόμβου. Οι περισσότερες οδηγίες διεθνώς προτείνουν μέγιστη κλίση της τάξης του 3-5%, ανάλογα με την ταχύτητα σχεδιασμού.
- Σημεία εντός συντονισμένου δικτύου σηματοδότησης, όπου ο κυκλικός κόμβος θα διατάραζε τη ροή της κυκλοφορίας.
- Σημεία με μεγάλες διαφοροποιήσεις στην κυκλοφορία μεταξύ κύριων και δευτερευουσών οδών, καθώς η ισότιμη διαχείριση της κυκλοφορίας θα μπορούσε να προκαλέσει αδικαιολόγητες καθυστερήσεις στις κεντρικές αρτηρίες.

Υπάρχουν και συνθήκες που χαρακτηρίζονται ως πιθανώς προβληματικές, χωρίς να αποκλείουν την κατασκευή κυκλικών κόμβων και όπου χρειάζεται μεγάλη προσοχή κατά τον σχεδιασμό και την επιλογή γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών. Τέτοιες συνθήκες αποτελούν οι κάτωθι (NCHRP, 1998):

- Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού πεζών και ποδηλάτων. Το θέμα αυτό αντιμετωπίζεται με ποδηλατόδρομους σε ξεχωριστές λωρίδες κυκλοφορίας εκτός του δακτυλίου κυκλοφορίας, κατάλληλη οριζόντια σήμανση των πεζοδιαβάσεων, υπόγειες ή υπέργειες πεζοδιαβάσεις ή σηματοδότες ενεργοποιούμενοι από τους πεζούς και σε ορισμένη απόσταση από τον κόμβο.
- Μεγάλος αριθμός χρηστών με αναπηρίες. Σε αυτές τις ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται ανάγλυφη σήμανση που ορίζει τις διαδρομές διέλευσης των χρηστών αυτών. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ενεργοποιούμενοι από τους ίδιους σηματοδότες, οι οποίοι να παράγουν ηχητικά σήματα.
- Μεγάλο ποσοστό βαρέων οχημάτων ή η χρήση του κόμβου από μεγάλα οχήματα ειδικών μεταφορών (με ιδιαίτερες απαιτήσεις σε μήκος, πλάτος ή

βάρος των μεταφερόμενων προϊόντων). Στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται σχεδιασμός με μεγαλύτερες διαστάσεις, οι οποίες μπορεί να συμβάλλουν αρνητικά στη χωροθέτηση, αλλά και στην ασφάλεια του κόμβου.

- Η παρουσία σταθμού πυροσβεστικής, όπου θα πρέπει να τοποθετηθούν σηματοδότες ώστε να δίνεται προτεραιότητα στα πυροσβεστικά οχήματα σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.
- Η ύπαρξη σιδηροδρομικής διάβασης, όπου αντίστοιχα με άλλου τύπου διασταυρώσεις θα πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα όπως οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση, κινητά φράγματα κλπ.
- Οι κλίσεις στην περιοχής μελέτης (σημείο σε κύρτωμα ή κοίλωμα), οι οποίες να δημιουργούν προβλήματα ορατότητας. Σε περίπτωση που τα μήκη ορατότητας στους κλάδους προσέγγισης δεν επαρκούν, απαιτείται τοποθέτηση ειδικής σήμανσης.
- Η ύπαρξη σηματοδοτούμενης διασταύρωσης πολύ κοντά στο κυκλικό κόμβο, της οποίας τα οχήματα σε ουρά θα μπορούσαν να μπλοκάρουν τον κυκλικό κόμβο.

3.3 Εκτίμηση μεγέθους του κόμβου

Όπως έχει προαναφερθεί στο στάδιο του προκαταρκτικού σχεδιασμού πρέπει να προσδιοριστεί η καταλληλότερη κατηγορία και το μέγεθος του υπό μελέτη K^3 . Όπως είναι λογικό η κυκλοφοριακή ικανότητα, δηλαδή οι κυκλοφοριακοί φόρτοι που πρέπει να εξυπηρετήσει ένας κόμβος συνδέεται άμεσα με τον αριθμό των λωρίδων στις εισόδους και εξόδους των κλάδων προσέγγισης, καθώς και στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Παράλληλα, και με βάση την εμπειρία, οι κυκλικοί κόμβοι μία λωρίδας κυκλοφορίας υπερτερούν έναντι αυτών με περισσότερες λωρίδες, όσον αφορά σε ζητήματα όπως οι υψηλότερες επιδόσεις ασφάλειας, η αυξημένη δυνατότητα προσπέλασης για πεζούς και ποδηλάτες, το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, και η ευκολία στη χρήση του κόμβου από τους μοτοσικλετιστές.

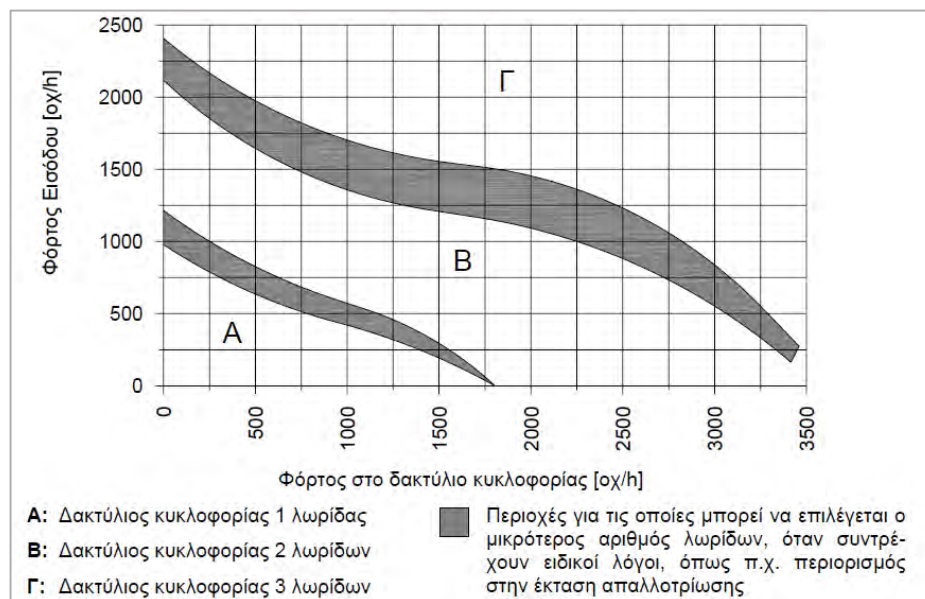
3.3.1 Εκτίμηση αριθμού λωρίδων

Ένα βασικό ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί στο στάδιο του σχεδιασμού αποτελεί ο αριθμός λωρίδων που απαιτούνται ώστε να εξυπηρετούνται οι κυκλοφοριακές ανάγκες και να καλύπτεται επαρκώς η ζήτηση. Ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας δεν επηρεάζει μόνο την κυκλοφοριακή ικανότητα του κυκλικού κόμβου αλλά και επίσης το μέγεθός του. Κάποιες αρχικές παραδοχές και εκτιμήσεις είναι υποχρεωτικές για μία πρώτη προσέγγιση του αριθμού λωρίδων κυκλοφορίας. Σε επόμενα στάδια απαιτείται

συνήθως βαθύτερη και λεπτομερέστερη λειτουργική ανάλυση του κόμβου, όπως θα περιγραφεί στο κεφάλαιο 6 της παρούσας εργασίας.

Σύμφωνα με τις ελληνικές οδηγίες (ΟΜΟΕ Κ³, 2011), ο αριθμός των λωρίδων στο δακτύλιο κυκλοφορίας πρέπει να περιορίζεται στον ελάχιστο απαιτούμενο, ανάλογα με την υφιστάμενη και προβλεπόμενη στο μέλλον ζήτηση, όπως αυτή προσδιορίζεται με τη σχετική λειτουργική ανάλυση. Οι μελετητές των Κ³ πρέπει να αποθαρρύνονται από την παροχή πρόσθετων λωρίδων, που δεν είναι χρήσιμες για αυξημένη χωρητικότητα, καθώς αυτές μπορεί να μειώνουν την αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού ως προς την οδική ασφάλεια. Εάν πράγματι προβλέπεται, ότι μελλοντικά θα απαιτηθούν πρόσθετες λωρίδες, τότε ένας σχεδιασμός με πρόβλεψη υλοποίησης του έργου κατά φάσεις θα μπορούσε να επιτρέψει τη μελλοντική επέκταση. Η μη ισορροπημένη λειτουργία των λωρίδων, λόγω του πλήθους αυτών, έγκειται σε ένα αριθμό παραγόντων που είναι, ο κακός γεωμετρικός σχεδιασμός στις εισόδους/εξόδους, ή στη διαμόρφωση των στροφών. Επίσης, χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη μεταβλητές του συστήματος μετά την έξοδο, όπως είναι θέσεις επί ενός των σκελών όπου: παράγεται σημαντικός αριθμός κινήσεων (λόγω κάποιας εγκατάστασης), λειτουργεί είσοδος/έξοδος κλάδου ανισόπεδου κόμβου, ή συμβαίνει συμφόρηση λόγω επόμενου ισόπεδου κόμβου.

Εφόσον ο δακτύλιος κυκλοφορίας θα έχει 2 λωρίδες, τότε σε οδούς 2 λωρίδων (μια ανά κατεύθυνση) κατηγορίας ΑII και ΒIV (βλ. ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ) ή ανώτερης, που συμβάλλουν στον κόμβο, το οδόστρωμα της εισόδου θα διαμορφώνεται με 2 λωρίδες. Στις εξόδους το οδόστρωμα μπορεί να διαμορφώνεται με μια ή δυο λωρίδες, ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις στρέφουσες κινήσεις.



Σχήμα 3.2 Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων δακτυλίου κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Όταν λόγω υψηλού φόρτου, η έξοδος από το δακτύλιο προς οδό 2 λωρίδων (μιας ανά κατεύθυνση) γίνεται με διαμόρφωση δύο λωρίδων, τότε η πρόσθετη δεύτερη λωρίδα θα συνεχίζεται σε μήκος 175 μέτρων (ελάχιστο 120 μέτρα) πέραν της περιμέτρου του δακτυλίου, πριν να συμβάλλει στη μοναδική λωρίδα της κατεύθυνσης. Στο εν λόγω μήκος περιλαμβάνεται και το μήκος απομείωσης του πλάτους της πρόσθετης λωρίδας (taper length) ίσο με 60 μέτρα (ελάχιστο 40 μέτρα).

Κόμβοι με δακτύλιο μιας λωρίδας συνήθως χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που οι συμβάλλουσες οδοί είναι 2 λωρίδων κατηγορίας κατώτερης των AII και BIV.

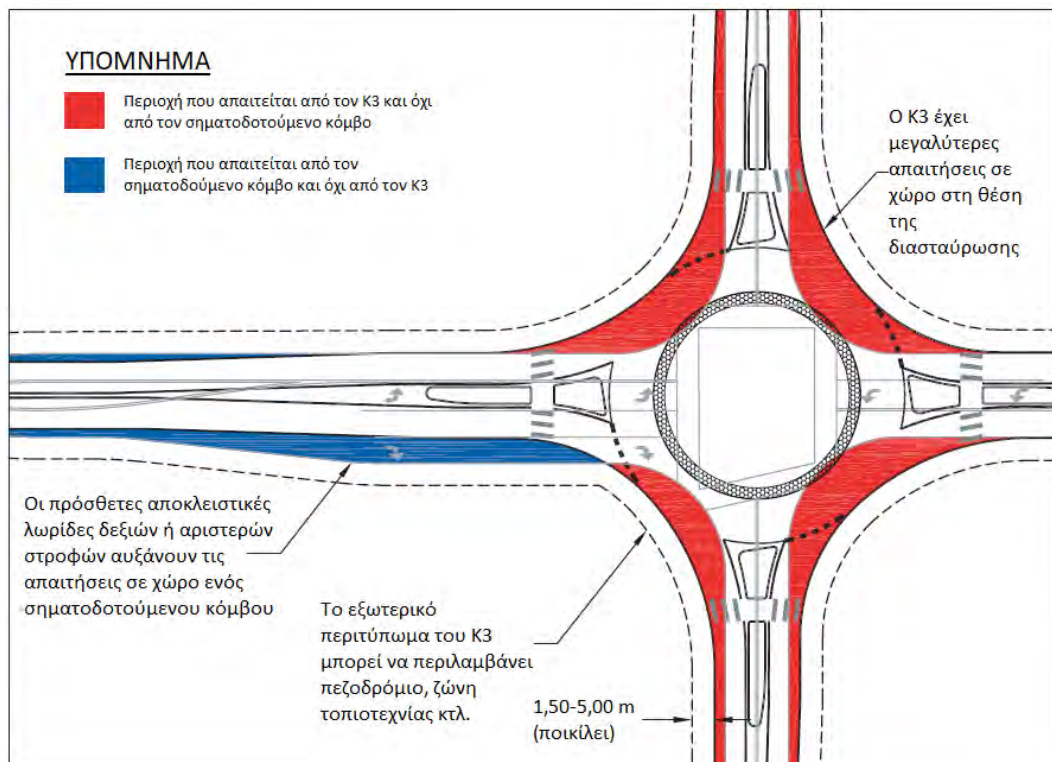
Όταν οι οδοί πρόσβασης στον κόμβο είναι 4-ιχνες (2 λωρίδες ανά κατεύθυνση) ή 6-ιχνες (3 λωρίδες ανά κατεύθυνση), αυτές θα διαμορφώνονται αντίστοιχα με οδόστρωμα 2 ή 3 λωρίδων στην κατεύθυνση εισόδου και με τον ίδιο αριθμό λωρίδων διαμορφώνεται και ο δακτύλιος κυκλοφορίας.

Υπάρχει, επίσης η δυνατότητα διαμόρφωσης στην είσοδο του κόμβο αποκλειστικής λωρίδας (διαχωρισμένη ή όχι με νησίδα) που θα εξυπηρετεί τις δεξιές στροφές. Σε μια τέτοια επιλογή μπορεί να οδηγηθεί ο μελετητής, π.χ. λόγω μεγάλου φόρτου οχημάτων είτε λόγω ιδιαίτερης γεωμετρίας στον κόμβο.

Ο αριθμός των λωρίδων στον δακτύλιο κυκλοφορίας μπορεί να προσδιορίζεται κατ' αρχήν από το διάγραμμα του σχήματος 3.2, ανάλογα με το συνδυασμό των φόρτων στις εισόδους και στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Το διάγραμμα βασίζεται σε αποδεκτό βαθμό κορεσμού.

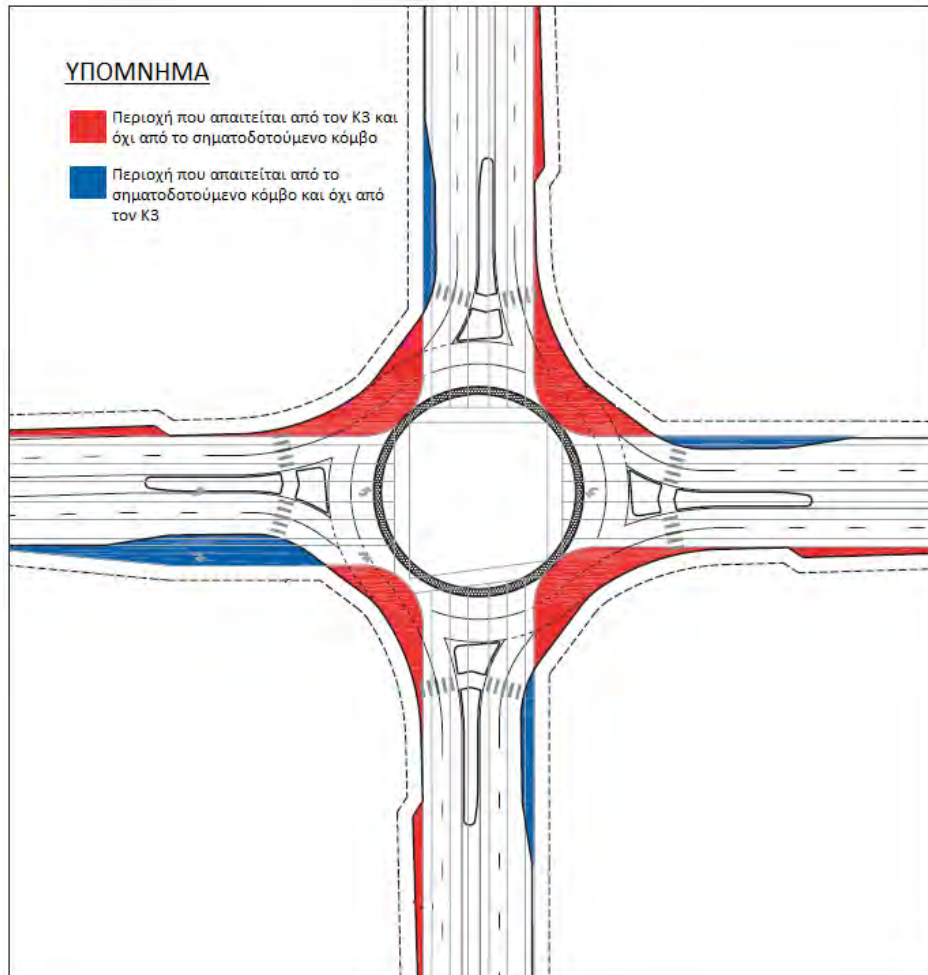
3.3.2 Απαιτήσεις σε χώρο κάλυψης

Η κατ' αρχήν εκτίμηση του χώρου που απαιτείται για τη διαμόρφωση ενός κυκλικού κόμβου είναι απαραίτητη ώστε να διαπιστωθεί η δυνατότητα εφαρμογής της λύσης τύπου K^3 σε μία διασταύρωση. Η δυνατότητα αυτή εξαρτάται από την ύπαρξη επαρκούς χώρου για τη διαμόρφωση του K^3 με το κατάλληλο μέγεθος, το κατά πόσο επηρεάζονται αρνητικά οι παρόδιες ιδιοκτησίες, από την απαίτηση για απαλλοτριώσεις παρόδιων ιδιοκτησιών και από την ύπαρξη φυσικών περιορισμών/εμποδίων στη χωροθέτηση του K^3 .



Σχήμα 3.3 Σύγκριση χωρικών απαιτήσεων ενός K^3 μία λωρίδας έναντι του αντίστοιχου σηματοδοτούμενου κόμβου (NCHRP, 2010, Ίδια Επεξεργασία).

Στις περιπτώσεις όπου πρέπει να εξυπηρετούνται μεγάλα φορτηγά, οι κυκλικοί κόμβοι συνήθως απαιτούν περισσότερο χώρο από ότι οι συμβατικού τύπου (σηματοδοτούμενες ή μη) διασταυρώσεις. Ωστόσο αυτό μπορεί να ισοσταθμιστεί από το χώρο ο οποίος εξοικονομείται από τη μη απαίτηση αποκλειστικών λωρίδων δεξιών ή αριστερών στρωφών, χαρακτηριστικό το οποίο συναντάται σε αρκετές συμβατικού τύπου διασταυρώσεις.



Σχήμα 3.4 Σύγκριση χωρικών απαιτήσεων ενός K^3 δύο λωρίδων έναντι του αντίστοιχου σηματοδοτούμενου κόμβου (NCHRP, 2010, ίδια Επεξεργασία).

Το σημαντικότερο στοιχείο για τον χώρο που απαιτεί μία λύση της μορφής K^3 είναι η διάμετρος του εγγεγραμμένου κύκλου. Η αποτύπωση του υπό μελέτη σε σχέδιο είναι απαραίτητη ώστε να καθοριστεί η ακριβής έκταση του απαιτούμενου χώρου κατάληψης σε μία συγκεκριμένη διασταύρωση, ειδικά αν περισσότερες από μία λωρίδες απαιτούνται για να εξυπηρετήσουν την κυκλοφορία στις εισόδους, στις εξόδους και στον δακτύλιο.

Εν τέλει το σημαντικό ζήτημα που προκύπτει είναι το κατά πόσο ο προτεινόμενος κόμβος κυκλικής κίνησης μπορεί να τοποθετηθεί πλήρως μεταξύ των υπαρχουσών

ρυμοτομικών γραμμών ή εάν θα χρειαστούν απαλλοτριώσεις. Τα επόμενα σχήματα 3.3 και 3.4 υποδεικνύουν ότι μία λύση της μορφής K^3 απαιτεί συνήθως περισσότερο χώρο στο σημείο της συμβολής των οδών έναντι των συμβατικών διασταυρώσεων, ενώ απαιτεί λιγότερο χώρο πιο μακριά από τον κόμβο και επί των προσβάσεων. Ωστόσο, όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι που πρέπει να εξυπηρετηθούν αυξάνονται, τότε αυξάνεται και το μέγεθος είτε των κυκλικών κόμβων (με την αύξηση των λωρίδων του δακτυλίου), είτε των συμβατικών διασταυρώσεων (με τη διαμόρφωση αποκλειστικών λωρίδων δεξιών ή αριστερών στροφών) (NCHRP, 2010).

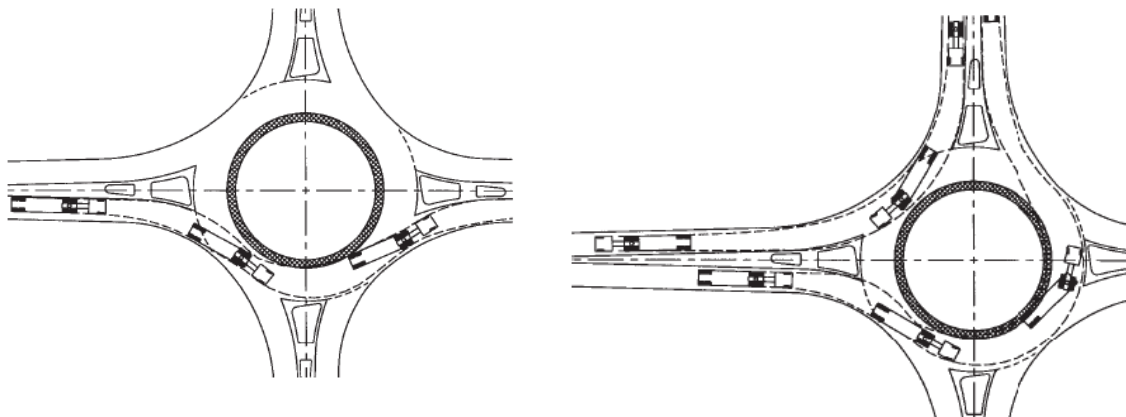
3.4 Στοιχεία σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός κυκλικών κόμβων συνεπάγεται από πλευράς μελετητή την προσπάθεια για αντισταθμίσεις μεταξύ της ασφάλειας, της ικανότητας, των επιπτώσεων, του κόστους και άλλων παραγόντων, έτσι ώστε να προκύψει μια ισορροπημένη λύση κατάλληλη για την εκάστοτε υπό μελέτη διασταύρωση. Τα βασικά στοιχεία του σχεδιασμού θα πρέπει να εκτιμώνται και να αξιολογούνται νωρίς σε επίπεδο σχεδιασμού, ώστε να κατανοηθεί καλύτερα το μέγεθος του κόμβου και οι πιθανές επιπτώσεις που θα έχει η εναλλακτική της διαμόρφωσης ενός K^3 . Σε τελική ανάλυση, ο σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου περιλαμβάνει τον καθορισμό της βέλτιστης ισορροπίας μεταξύ ασφάλειας, λειτουργικών επιδόσεων και εξυπηρέτησης των κατάλληλων οχημάτων σχεδιασμού με βάση τα δεδομένα και τους περιορισμούς που αφορούν στην συγκεκριμένη διασταύρωση (NCHRP, 2010).

3.4.1 Όχημα σχεδιασμού

Βασικός παράγοντας που καθορίζει το μέγεθος ενός κόμβου είναι η εξυπηρέτηση του μεγαλύτερου μηχανοκίνητου οχήματος (συνήθως αρθρωτού φορτηγού οχήματος) που είναι πιθανό να διέλθει από τον κόμβο. Οι ανάγκες ελιγμών του συγκεκριμένου οχήματος, το οποίο ονομάζεται «όχημα σχεδιασμού», καθορίζουν πολλές από τις γεωμετρικές διαστάσεις των κυκλικών κόμβων, ιδιαίτερα αυτών που περιλαμβάνουν μία λωρίδα κυκλοφορίας.

Η επιλογή του οχήματος σχεδιασμού εξαρτάται από τη λειτουργική κατηγορία των οδικών τμημάτων που συμβάλλουν στον κόμβο, τα χαρακτηριστικά των χρήσεων γης της ευρύτερης περιοχής, τη σύνθεση της κυκλοφορίας και τον κυκλοφοριακό φόρτο που εξυπηρετεί ο κόμβος. Στα οχήματα σχεδιασμού περιλαμβάνονται τα οχήματα που κινούνται σε συλλεκτήριες οδούς και αρτηρίες, τα μεγαλύτερα φορτηγά οχήματα, ενώ επιλέγονται και μικρότερα οχήματα σχεδιασμού τα οποία κινούνται σε κόμβους τοπικών οδών. Για τον καθορισμό του οχήματος σχεδιασμού σε αστικές περιοχές, λαμβάνεται υπόψη η κυκλοφορία οχημάτων έκτακτης ανάγκης και των μέσων μαζικής μεταφοράς και επιδιώκεται τα συγκεκριμένα οχήματα να μπορούν να κινηθούν χωρίς τη χρήση υπερβατής περιμετρικής ζώνης. Σε υπεραστικό περιβάλλον, μελετώνται οι περιπτώσεις υπερμεγεθών οχημάτων (π.χ. αγροτικά μηχανήματα, οχήματα ορυχείων, οχήματα με ρυμουλκούμενα ειδικών μεταφορών). Παρόλα αυτά, οι κυκλικόι κόμβοι δε θα πρέπει να σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας ως όχημα σχεδιασμού ένα πολύ μεγάλο φορτηγό, διότι κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε υπερβολικά μεγάλες διαστάσεις και υψηλές ταχύτητες για τα ΙΧ επιβατικά αυτοκίνητα. Όταν σύμφωνα με τοπικούς παράγοντες υπάρχει περιστασιακή διέλευση υπερμεγεθών ή πολύ μεγάλων φορτηγών, είναι προτιμότερο ο σχεδιασμός του κόμβου να γίνεται βάσει μικρότερων οχημάτων σχεδιασμού και τα υπερμεγέθη φορτηγά να ανακατευθύνονται μέσω εναλλακτικής διαδρομής στον τελικό τους προορισμό.



Σχήμα 3.5 Ευθεία κίνηση (αριστερά), αριστερή και δεξιά στροφή (δεξιά) αρθρωτού φορτηγού (NCHRP, 2010,)

Η εξυπηρέτηση μεγάλων οχημάτων επιτυγχάνεται με την κατασκευή μεγάλων σε μέγεθος κυκλικών κόμβων, που συνεπάγεται μεγαλύτερες διαμέτρους εγγεγραμμένων κύκλων και μεγαλύτερες ακτίνες εισόδου και εξόδου. Ταυτόχρονα, επιδιώκεται η διατήρηση χαμηλών ταχυτήτων για τα ΙΧ επιβατικά οχήματα, πράγμα που σημαίνει ότι οι διαστάσεις του κόμβου πρέπει να διατηρηθούν περιορισμένες. Συχνά, λόγω χωρικών περιορισμών της περιοχής, η δυνατότητα εξυπηρέτησης μεγάλων οχημάτων μέσω της μεγέθυνσης του εγγεγραμμένου κύκλου μπορεί να είναι περιορισμένη, ενώ παράλληλα να εξασφαλίζεται επαρκής εκτροπή της πορείας των μικρότερων οχημάτων. Σε αυτή την περίπτωση, συνίσταται η κατασκευή υπερβατής περιμετρικής ζώνης για τη διευκόλυνση των μεγαλύτερων οχημάτων, η οποία παράλληλα μειώνει το πλάτος του κυκλικού καταστρώματος και έτσι διατηρεί χαμηλές τις ταχύτητες των ΙΧ οχημάτων. Ωστόσο, η ζώνη αυτή προτείνεται να διαθέτει υπερυψωμένο εξωτερικό κράσπεδο, ώστε να μη χρησιμοποιείται από επιβατικά οχήματα. Τέλος, τα λεωφορεία που πιθανόν να διέρχονται από τον κόμβο θα πρέπει να εξυπηρετούνται αποκλειστικά και μόνο από το πλάτος του κυκλικού καταστρώματος και να μην απαιτείται η χρήση της υπερβατής περιμετρικής ζώνης, ώστε να μην ενοχλούνται οι επιβάτες από τη διακοπή της ομαλής πορείας του λεωφορείου.



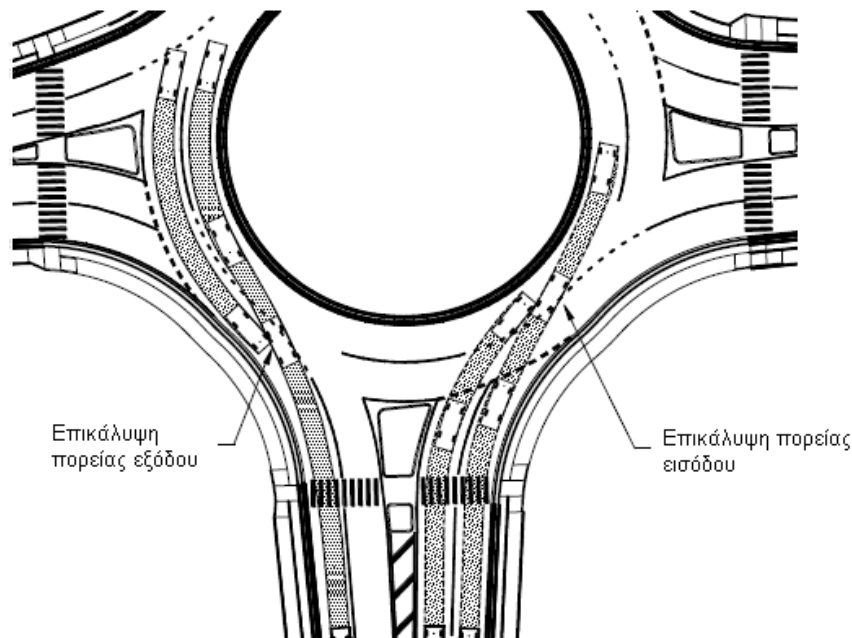
Σχήμα 3.6 Κόμβος με ποδιά (truck apron) για την εξυπηρέτηση μεγάλων φορτηγών οχημάτων (NCHRP, 2010)

Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ Κ³, σε όλες τις οδούς κατηγορίας ΑΙΙΙ ή ανώτερης και ΒΙΙΙ ή ανώτερης, οι κόμβοι κυκλικής κίνησης θα σχεδιάζονται με κατάλληλες διαστάσεις (εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας, πλάτος υπερβατής ζώνης της κεντρικής νησίδας), ώστε να εξυπηρετείται το αρθρωτό φορτηγό όχημα (ανεξάρτητο ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο), εκτός αν αλλιώς ορίσει η αρμόδια Υπηρεσία, τεκμηριώνοντας την απόφαση της για άλλο όχημα σχεδιασμού.

3.4.2 Ταχύτητες και διευθέτηση της πορείας των οχημάτων επί του K^3

Η επίτευξη των κατάλληλων ταχυτήτων των οχημάτων μέσω του κυκλικού κόμβου είναι ένας κρίσιμος στόχος σχεδιασμού που μπορεί να επηρεάσει την ασφάλεια. Ένας καλά σχεδιασμένος κυκλικός κόμβος μειώνει τις σχετικές ταχύτητες μεταξύ των διασταυρούμενων ροών κυκλοφορίας απαιτώντας από τα οχήματα να διαπραγματευτούν τον κυκλικό κόμβο κατά μήκος μιας καμπύλης διαδρομής. Ο σχεδιασμός που έχει πραγματοποιηθεί σε προκαταρκτικό επίπεδο θα πρέπει να καταλήγει σε ικανοποιητική θλάση της διαδρομής των οχημάτων στην είσοδο, έτσι ώστε η ταχύτητα να διατηρείται χαμηλή.

Οι λεπτομερείς διαδικασίες για την αξιολόγηση των ταχύτερων διαδρομών μέσω μιας κυκλικής διαδρομής παρέχονται στο Κεφάλαιο 4 και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση της εκπλήρωσης των στόχων σχεδιασμού (βλ. Κεφάλαια 4.1 και 4.2).



Σχήμα 3.7 Επικάλυψη πορειών οχημάτων κατά την είσοδο και έξοδο από τον K^3 (NCHRP, 2010)

Εκτός από την αξιολόγηση των ταχυτήτων του οχήματος, ο σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου με πολλαπλές λωρίδες, θα πρέπει να οδηγεί τις τροχιές παράλληλα κινούμενων οχημάτων από τις λωρίδες εισόδου, στις κατάλληλες λωρίδες τους μέσα στον δακτύλιο κυκλοφορίας και έπειτα στις κατάλληλες λωρίδες στην έξοδο. Εάν οι τροχιές των οχημάτων επικαλύπτονται, ο κυκλικός κόμβος μπορεί να μην λειτουργεί όσο πιο ασφαλής ή αποτελεσματικός γίνεται. Στο προκαταρκτικό επίπεδο, τα αρχικά σχέδια που θα προετοιμαστούν θα πρέπει να αξιολογούνται οπτικά για εύλογη ευθυγράμμιση των λωρίδων εισόδου με τις αντίστοιχες λωρίδες εντός του κυκλοφοριακού δρόμου.

Ο σχεδιασμός για επίτευξη τόσο μειώσεων ταχύτητας όσο και κατάλληλης διεύθεσης των τροχιών των οχημάτων μπορεί να απαιτεί μετακίνηση προς τα αριστερά των αξόνων των κλάδων προσέγγισης ή άλλων τεχνικών που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τον χώρο που απαιτείται για τον κυκλικό κόμβο. Ως εκ τούτου, κατά την αξιολόγηση της διαθεσιμότητας χώρου για τη διαμόρφωση K^3 , πρέπει επίσης να εντοπιστούν τυχόν περιορισμοί και κατά μήκος των οδών προσέγγισης. (NCHRP, 2010)

Κρίνεται απαραίτητο στο σημείο αυτό να επισημανθεί πως ανά τον κόσμο υιοθετούνται σχεδιαστικές λογικές, τα πρότυπα των οποίων είναι δυνατό να διαφέρουν λίγο έως πολύ. Ενδεικτικά αναφέρεται πως στη Γερμανία τα τελευταία χρόνια αντί των κυκλικών κόμβων δύο λωρίδων (two-lane roundabouts) προτιμώνται και χρησιμοποιούνται οι μικροί κυκλικοί κόμβοι δύο λωρίδων (compact or semi-two-lane roundabout) (βλ. σχήμα 3.8), με τη διαφορά από τους πρώτους πως οι λωρίδες στον κυκλικό δακτύλιο δεν ορίζονται με διαγράμμιση αλλά αφήνεται προς χρήση όλο το πλάτος της οδού, ενώ οι έξοδοι διαθέτουν αποκλειστικά μία λωρίδα. Αυτό συμβαίνει σε αντιπαράθεση με τη λογική πολλών άλλων μηχανικών, π.χ. των Αμερικανών και των Γάλλων, οι οποίοι ενστερνίζονται τη λογική πως οι τροχιές των οχημάτων εμπλέκονται. Οι Γερμανοί θεωρούν πως δεν υφίσταται «φυσική τροχιά» (natural trajectory) των οχημάτων και πως η γεωμετρία της οδού πρέπει να παρέχει χώρο σε όλα τα οχήματα στον κόμβο, ενώ όταν δύο οδηγοί διεκδικούν ένα χώρο θα πρέπει να διευθετούν οι ίδιοι την κατάσταση. Επίσης όταν ένα βαρύ όχημα εισέρχεται στον κυκλικό δακτύλιο χρησιμοποιεί όλο το πλάτος της για να κινηθεί κυκλικά και τα υπόλοιπα οχήματα θα πρέπει να αποφεύγουν εμπλοκή μαζί του (Brilon, 2011). Διευκρινίζεται πως κάθε μελετητής σχεδιάζει έναν κόμβο με κύριο γνώμονα την ασφάλεια των χρηστών και είναι αρμοδιότητά του η προσαρμογή στις εκάστοτε συνθήκες.



Σχήμα 3.8 Παράδειγμα («μικρού») υπεραστικού κυκλικού κόμβου δύο λωρίδων στη Γερμανία. Αποκλειστικά μία λωρίδα εξόδου και απουσία διαγράμμισης στον κυκλικό δακτύλιο (Brilon, 2011)

3.4.3 Ύπαρξη πεζών

Σε αστικές και περιαστικές περιοχές και γενικά όπου αναμένεται εντονότερη παρουσία πεζών, θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για ασφαλή εξυπηρέτηση τους μέσω των κάτωθι μέτρων και λογικών σχεδιασμού (NCHRP, 2010):

- Την ελαχιστοποίηση των λωρίδων κυκλοφορίας που θα πρέπει να διασχίζουν οι πεζοί για τη βελτίωση της εύκολης προσπέλασης και της ασφάλειας του κυκλικού κόμβου για τους πεζούς.
- Τον γεωμετρικό σχεδιασμό με γνώμονα τη μείωση των ταχυτήτων.
- Την εγκατάσταση πεζοδρομίων σε μία εύλογη απόσταση από τον δακτύλιο κυκλοφορίας
- Την εγκατάσταση νησίδων διαχωρισμού της κυκλοφορίας με ελάχιστο πλάτος 1,8m στη θέση των διαβάσεων.

Στις διαμορφώσεις που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση των πεζών θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο.

3.4.4 Ύπαρξη ποδηλατιστών

Η ασφάλεια και η δυνατότητα χρήσης ενός K^3 και από ποδηλάτες είναι κρίσιμο ζητούμενο ειδικά σε μία περίοδο όπου η λογική της βιώσιμης αστικής κινητικότητας αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία και εφαρμογή στις σύγχρονες πόλεις. Συνεπώς, απαιτείται ιδιαίτερη πρόνοια και κατάλληλες διαμορφώσεις για τους ποδηλάτες. Σύμφωνα με τις αμερικανικές οδηγίες (NCHRP, 2010) η ταχύτητα με την οποία κινείται ένας τυπικός ποδηλάτης κυμαίνεται από 19 έως 32km/h. Οι K^3 που σχεδιάζονται ώστε να περιορίζουν τις ταχύτητες των μηχανοκίνητων οχημάτων σε παρόμοιες ταχύτητες, θα μπορούσαν να δημιουργήσουν τη δυνατότητα χρήσης του K^3 από τους ποδηλάτες.

Στους κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας κάτι τέτοιο μπορεί πιο εύκολα να επιτευχθεί. Οι ποδηλάτες μπορούν να κινούνται διαμέσου του κυκλικού κόμβου μαζί με τα μηχανοκίνητα οχήματα και οι όποιοι ποδηλατόδρομοι να καταλήγουν στους κλάδους προσέγγισης πριν αυτοί καταλήξουν στον K^3 και σε κατάλληλη απόσταση από τις διαβάσεις πεζών.

Σε κυκλικούς κόμβους με περισσότερες από μία λωρίδες ή σε κόμβους με μεγάλους φόρτους, οι ποδηλάτες ίσως δε νοιώθουν άνετα να διέλθουν μέσω του κόμβου μαζί με τη μηχανοκίνητη κυκλοφορία καθώς αναπτύσσονται μεγαλύτερες ταχύτητες από τις προαναφερθείσες. Στις περιπτώσεις αυτές, εάν δεν υπάρχουν ποδηλατόδρομοι, θα πρέπει να κατασκευάζονται ράμπες επί των κλάδων πρόσβασης που να οδηγούν από το οδόστρωμα στο πεζοδρόμιο και η διάσχιση του κόμβου να πραγματοποιείται μαζί με τους πεζούς μέσω των (διαπλατυμένων ίσως) πεζοδιαβάσεων. Περισσότερες σχεδιαστικές λεπτομέρειες θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο.

4. Γεωμετρικός Σχεδιασμός

4.1 Εισαγωγή

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου απαιτεί την ισορροπία μεταξύ «ανταγωνιστικών» αντικειμενικών στόχων, όπως η ασφάλεια που παρέχει και η κυκλοφοριακή ικανότητα που διαθέτει. Η ασφαλής λειτουργία κόμβων τέτοιου είδους εξαρτάται από τη γεωμετρία, η οποία είναι αναγκαίο να υποχρεώνει τα οχήματα σε κίνηση με χαμηλές ταχύτητες τόσο κατά την είσοδο, όσο και κατά την κυκλοφορία τους στον κυκλικό δακτύλιο. Ελλιπής γεωμετρικός σχεδιασμός, έχει αποδειχθεί πως επηρεάζει αρνητικά τη συμπεριφορά και τις επιλογές των οδηγών. Καθοριστική παράμετρος διαστασιολόγησης είναι και το όχημα σχεδιασμού, σύμφωνα με το οποίο καθορίζονται τα τόξα ελιγμών της κυκλικής κίνησης. Έτσι, ουσιαστικά ο γεωμετρικός σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου συνιστά μία διαδικασία βέλτιστης εξισορρόπησης υψηλών προτύπων ασφάλειας, αυξημένης κυκλοφοριακής ικανότητας με ελαχιστοποίηση των καθυστερήσεων και αποτελεσματικής εξυπηρέτησης του οχήματος σχεδιασμού.

Ενώ η βασική μορφή και τα χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων είναι γενικά ανεξάρτητα της τοποθεσίας κατασκευής τους, η τελική γεωμετρική διαμόρφωση εξαρτάται από τις διατηρούμενες ταχύτητες στην ευρύτερη περιοχή, την επιθυμητή κυκλοφοριακή ικανότητα και χωρητικότητα του κόμβου, τον αναγκαίο αριθμό λωρίδων, τη διαθέσιμη επιφάνεια και άλλες συνιστώσες, μοναδικές για την εκάστοτε θέση. Σε υπεραστικά περιβάλλοντα, όπου οι ταχύτητες μελέτης είναι υψηλές και η κυκλοφορία πεζών και ποδηλατών είναι από ελάχιστη έως ανύπαρκτη, οι σχεδιαστικές παράμετροι διαφέρουν ουσιωδώς από εκείνες κυκλικών κόμβων που κατασκευάζονται εντός αστικών περιοχών, όπου η ασφάλεια πεζών και ποδηλατών κρίνεται μείζονος και πρωταρχικής σημασίας. Επισημαίνεται πως οι τεχνικές σχεδιασμού κόμβων μίας και δύο λωρίδων διαφέρουν επίσης σημαντικά. (NCHRP, 2010)

Η διαδικασία σχεδιασμού περιλαμβάνει διάφορα στάδια δοκιμών και διαδοχικών προσεγγίσεων, ώστε να διερευνηθούν εναλλακτικές λύσεις για την εκλογή της προσφορότερης.

Οι βασικότεροι στόχοι που θα πρέπει να τίθενται κατά το σχεδιασμό ενός K^3 είναι οι εξής:

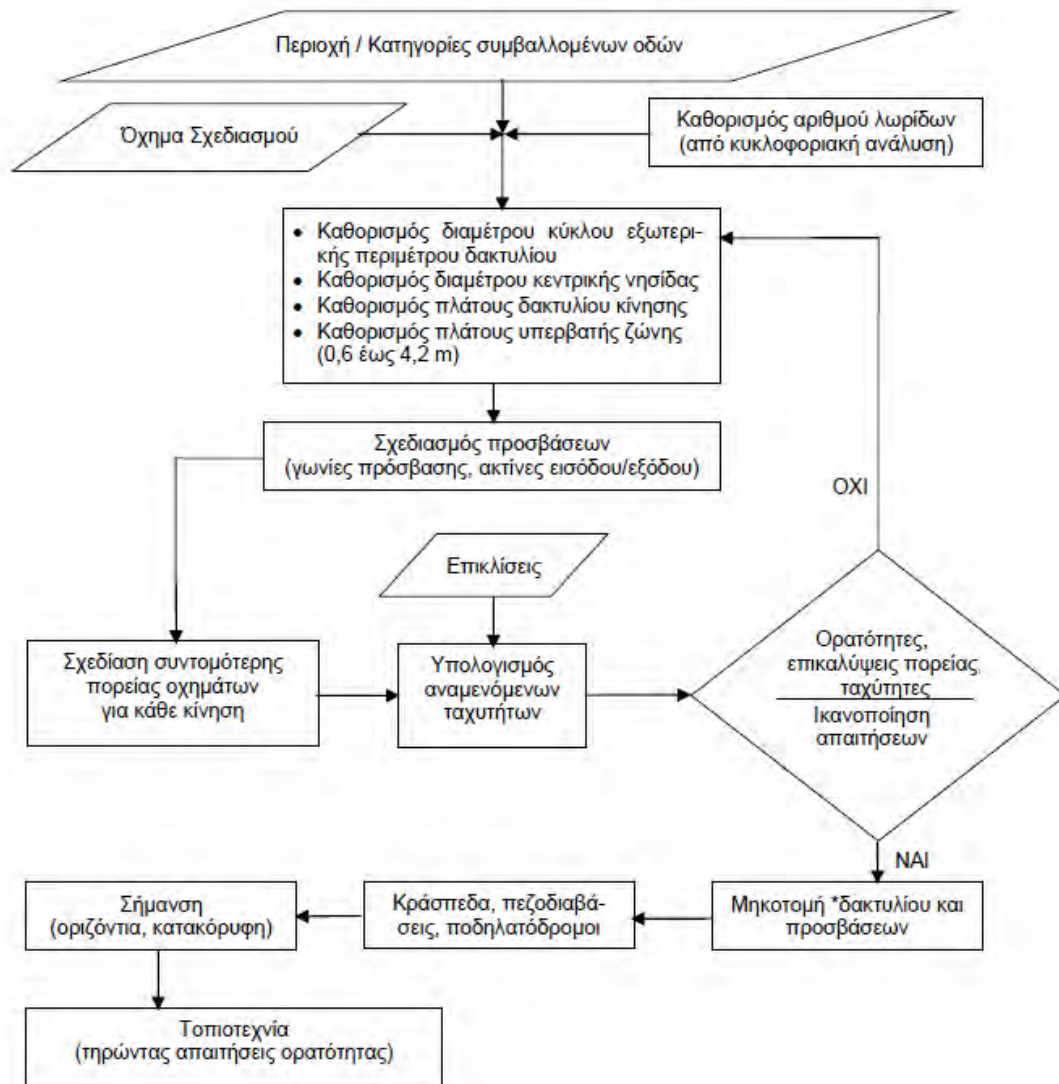
- Επαρκής εκτροπή της κυκλοφορίας, ώστε να εξασφαλίζονται χαμηλές ταχύτητες εισόδου και σταθερές ταχύτητες εντός του κόμβου.

- Κατάλληλος αριθμός λωρίδων, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή κυκλοφοριακή ικανότητα.
- Ομαλή καμπυλότητα με στόχο την άνετη οδήγηση.
- Ορθή εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού.
- Εξυπηρέτηση πεζών και ποδηλατιστών.
- Επαρκής ορατότητα, με απώτερο σκοπό την έγκαιρη αντίδραση των οδηγών ως προς την ύπαρξη του κόμβου και την αντικρουόμενη κυκλοφορία.

Στην περίπτωση των κυκλικών κόμβων πολλαπλών λωρίδων, λαμβάνονται επιπλέον υπόψη και τα εξής:

- Κατάλληλη διαμόρφωση λωρίδων, ώστε να επιτρέπεται στους οδηγούς η ομαλή μετάβαση από τη λωρίδα εισόδου στη σωστή λωρίδα επί του κυκλικού καταστρώματος και να αποφεύγεται η επικίνδυνη εναλλαγή λωρίδων.
- Εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας παρακείμενων οχημάτων.
- Κατάλληλη ευθυγράμμιση των κλάδων προσέγγισης, ώστε να αποφεύγονται οι συγκρούσεις μεταξύ εξερχόμενης και κινούμενης εντός του κόμβου κυκλοφορίας.
- Εξυπηρέτηση κάθε κατηγορίας οχήματος.

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στους βασικούς ελέγχους που εξετάζουν κατά πόσο οι ανωτέρω αναφερόμενοι στόχοι εκπληρώνονται και στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα συνήθη γεωμετρικά στοιχεία και οι κατασκευαστικές διαμορφώσεις που αφορούν στο σχεδιασμό ενός K^3 . Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η γενική διαδικασία γεωμετρικού σχεδιασμού σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ K^3 .



* ειδικά σε περιπτώσεις έντονου ανάγλυφου και μεγάλων κλίσεων, ενδέχεται ο σχεδιασμός της μηκοτομής να οδηγήσει σε αλλαγή συνολικού σχεδιασμού προς ικανοποίηση απαιτήσεων

Σχήμα 4.1 Διαδικασία γεωμετρικού σχεδιασμού (ΟΜΟΕ Κ³, 2011).

4.2 Εκπλήρωση στόχων σχεδιασμού – έλεγχοι

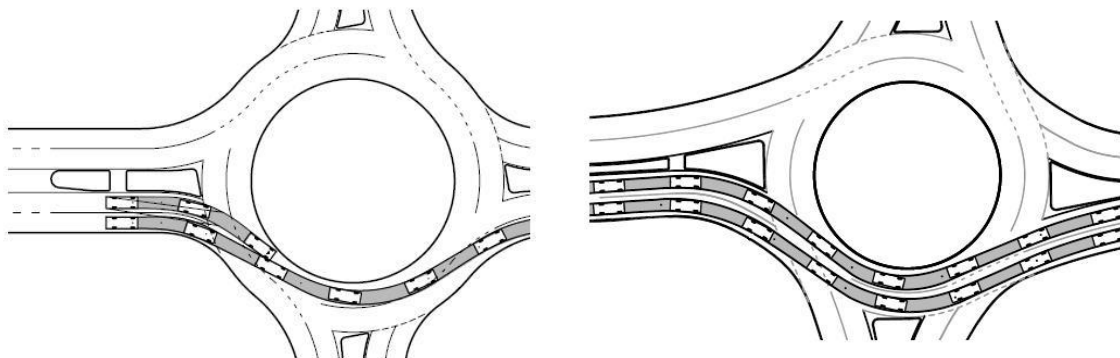
Οι έλεγχοι για την εκπλήρωση των στόχων σχεδιασμού όπως αυτοί ορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτελούν ένα ιδιαίτερα κομβικό σημείο στη διαδικασία σχεδιασμού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Επί της ουσίας, αρνητικά αποτελέσματα των ελέγχων οδηγούν σε επαναπροσδιορισμό των τιμών των γεωμετρικών παραμέτρων, της διάταξης των κλάδων πρόσβασης και ίσως σε συνολική αλλαγή της μορφής του κόμβου. Τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία και οι συνήθεις διαμορφώσεις σε Κ³ θα παρουσιαστούν σε επόμενα υποκεφάλαια του παρόντος κεφαλαίου.

Οι βασικοί έλεγχοι σχεδιασμού, όπως ορίζονται από τις αμερικάνικες και ελληνικές οδηγίες μελετών είναι οι εξής:

4.2.1 Εξυπηρέτηση οχήματος σχεδιασμού και έλεγχος επικάλυψης πορειών οχημάτων

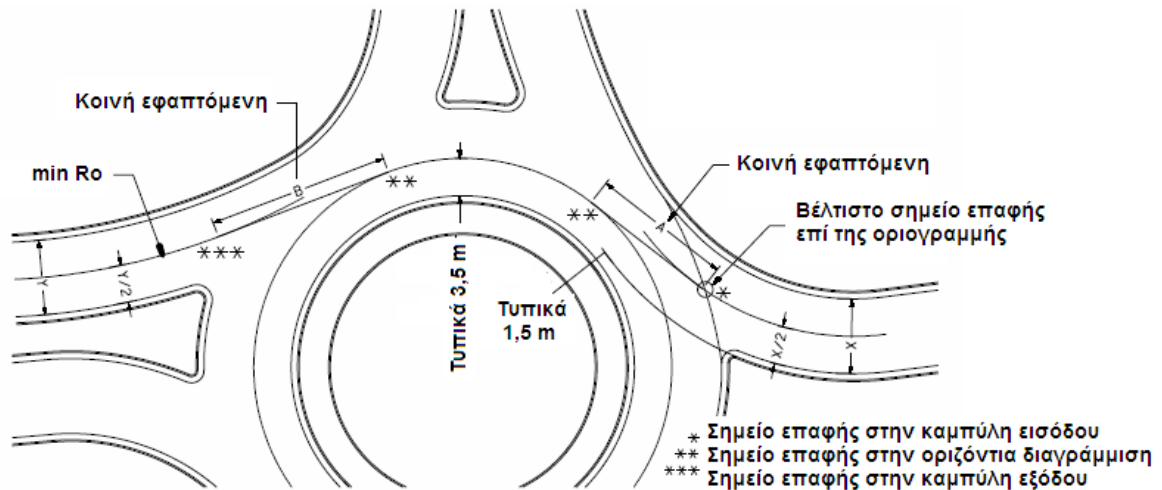
Έχοντας λάβει υπόψη όσα ειπώθηκαν στο κεφάλαιο 3.4.1 σχετικά με την επιλογή οχήματος σχεδιασμού, ο μελετητής θα πρέπει να εξετάζει με τη χρήση κατάλληλου CAD λογισμικού, όπως το AUTOTURN της Transoft, να ελέγχει επί του σχεδίου του κυκλικού κόμβου ότι το συγκεκριμένο όχημα που επιλέχθηκε εξυπηρετείται ομαλά, χωρίς υπερβάσεις κρασπέδων, οι οποίες εκτός από ταλαιπωρία των χρηστών, οδηγούν σε πρόωρες φθορές και αυξημένα κόστη συντήρησης του κόμβου.

Με ίδιο λογισμικό θα πρέπει σε κόμβους δυο λωρίδων κυκλοφορίας να ελέγχεται το κατά πόσο οι πορείες παράλληλα κινούμενων οχημάτων επικαλύπτονται, με στόχο να εξαλειφθεί κάτι τέτοιο. Οι πορείες των οχημάτων θα πρέπει να ακολουθούν φυσικές πορείες δια μέσου του κόμβου.



Σχήμα 4.2 Προβληματική (αριστερά) και βελτιωμένη (δεξιά) διάταξη κατά την είσοδο και παράλληλη κίνηση οχημάτων στον κόμβο (ΟΜΟΕ Κ³, 2011).

Σύμφωνα με το σχέδιο ΟΜΟΕ Κ³, θα πρέπει ο κόμβος να ελέγχεται έναντι επικάλυψης πορειών εισόδου και εξόδου σύμφωνα με την παρακάτω διάταξη (βλ. σχήμα 4.3).



Διάσταση	Ελάχιστη (m)	Επιθυμητή (m)
A	8,0	12,0-15,0
B	8,0	≥12,0

Σχήμα 4.3 Μέθοδος ελέγχου επικάλυψης πορείας εισόδου/εξόδου (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

4.2.2 Ταχύτητες σχεδιασμού και γρηγορότερη διαδρομή

Όπως είναι φανερό και από τα πλεονεκτήματα των κυκλικών κόμβων, ένας από τους βασικότερους στόχους του γεωμετρικού σχεδιασμού τους είναι η επίτευξη χαμηλών ταχυτήτων, διότι αυτό έχει μεγάλες επιπτώσεις στο επίπεδο οδικής ασφάλειας του κόμβου. Πιο συγκεκριμένα, αξίζει να αναφερθεί ότι ενώ η συχνότητα των ατυχημάτων σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό των οχημάτων, η σοβαρότητά τους εξαρτάται άμεσα από την ταχύτητα τους. Η σωστή γεωμετρία ενός κόμβου εκτρέπει επαρκώς τα οχήματα κατά την καμπύλη κίνηση τους και μειώνει τις ταχύτητες των οχημάτων στα διασταυρούμενα ρεύματα κυκλοφορίας.

Η επιβράδυνση των οχημάτων που προσεγγίζουν τον κόμβο επιδιώκεται να συμβαίνει σε ορισμένη απόσταση από την είσοδο σε αυτόν, ενώ κατά την κίνηση εντός αυτού η ταχύτητα κίνησης επιδιώκεται να διατηρείται κατά το δυνατόν σταθερή. Οποιαδήποτε μείωση της ακτίνας της καμπύλης πορείας επί του κόμβου, συνεπάγεται μείωση των ταχυτήτων κυκλοφορίας, με θετικό αποτέλεσμα στην ασφάλεια. Ωστόσο, σε κόμβους πολλαπλών λωρίδων κυκλοφορίας, η παραπάνω μείωση της ακτίνας κάτω από ορισμένες τιμές μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες πιθανότητες πλευρικής

σύγκρουσης ανάμεσα σε παράλληλα κινούμενα ρεύματα κυκλοφορίας, και πιθανώς να παρατηρηθούν επικίνδυνες εναλλαγές λωρίδων.

Πίνακας 4.1 Υψηλότερες προβλεπόμενες ταχύτητες εισόδου σε κάθε κατηγορία K^3 (NCHRP, 2010).

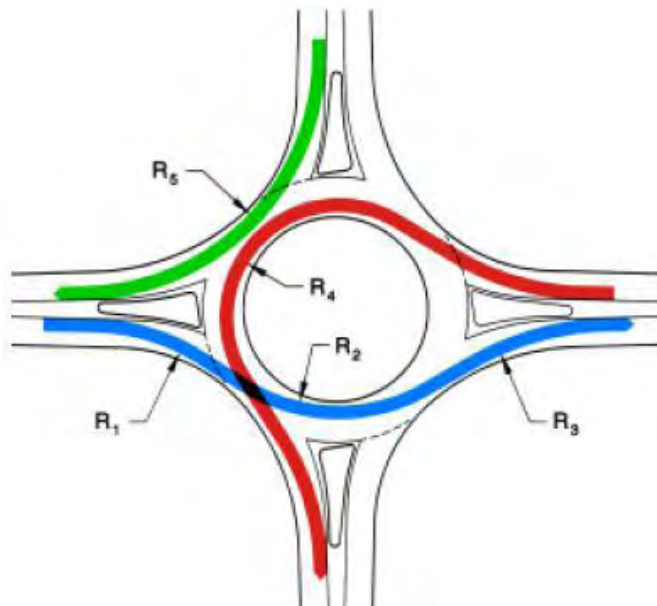
Κατηγορία K^3	Θεωρητική μέγιστη ταχύτητα εισόδου (km/h)
Κομβίδιο κυκλικής κίνησης (mini roundabout)	30
Κυκλικός κόμβος μίας λωρίδας	40
Κυκλικός κόμβος δύο λωρίδων	40 - 50

Η ταχύτητα σχεδιασμού του κυκλικού κόμβου καθορίζεται από την μικρότερη ακτίνα κατά τη γρηγορότερη διαδρομή που επιτρέπεται από τη γεωμετρία του. Η διαδρομή αυτή αποτελεί θεωρητικά την πιο ομαλή δυνατή πορεία που μπορεί να ακολουθήσει ένα όχημα από την είσοδο, επί του κυκλικού καταστρώματος και κατά την έξοδο, απουσία άλλων οχημάτων και αγνοώντας την οριζόντια σήμανση και την ύπαρξη των λωρίδων κυκλοφορίας. Η συντομότερη διαδρομή περιλαμβάνει μία σειρά από διαδοχικές αντίστροφες καμπύλες, ξεκινώντας με μία καμπύλη προς τα δεξιά μετά την είσοδο, ακολουθούμενη από δεύτερη καμπύλη προς τα αριστερά εντός του κυκλικού καταστρώματος και γύρω από την κεντρική νησίδα και αυτή με τη σειρά της ακολουθούμενη από τρίτη καμπύλη και πάλι προς τα δεξιά για την έξοδο. Οι καμπύλες αυτές ενώνονται μεταξύ τους με ένα μικρό εφαπτομενικό τμήμα, το οποίο καλύπτει το χρόνο που χρειάζεται ένας οδηγός για να στρίψει το τιμόνι του οχήματός του. Οι συντομότερες διαδρομές μπορούν να σχεδιαστούν είτε με ελεύθερο χέρι είτε με πρόγραμμα CAD. Η σχεδίαση με ελεύθερο χέρι μπορεί να προσφέρει μια φυσική αναπαράσταση του τρόπου με τον οποίο οι οδηγοί διαπραγματεύονται τον κυκλικό κόμβο, με ομαλές μεταβάσεις που συνδέουν τις καμπύλες και τις εφαπτόμενες ευθείες. Τέλος, η συντομότερη διαδρομή θα πρέπει να σχεδιάζεται για κάθε έναν από τους κλάδους προσέγγισης στον κυκλικό κόμβο. Εφόσον η διαδρομή αυτή προσδιοριστεί, η μικρότερη ακτίνα που θα εφαρμοστεί κατά μήκος αυτής θα καθορίσει και την ταχύτητα σχεδιασμού. Η μικρότερη ακτίνα συνήθως εφαρμόζεται στο τμήμα της διαδρομής κυκλικής κίνησης επί του κόμβου.

Για κάθε κλάδο προσέγγισης, λοιπόν, προσδιορίζονται πέντε βασικές ακτίνες διαδρομών και υπολογίζεται η ταχύτητα που αναπτύσσεται σε κάθε μία από αυτές σύμφωνα με τις εξισώσεις που αναφέρονται στις ελληνικές ή αμερικάνικες οδηγίες

μελετών. Βάσει των ακτίνων αυτών σχεδιάζεται η συντομότερη διαδρομή και ελέγχεται η καταλληλότητα της γεωμετρίας του κόμβου, έτσι ώστε η διαφορά των διαδοχικών ταχυτήτων κατά μήκος της συντομότερης διαδρομής να μην ξεπερνά τα 15-25 χλμ./ώρα (NCHRP, 2010). Στις ακτίνες αυτές περιλαμβάνονται:

- **Η ακτίνα της διαδρομής εισόδου (entry path radius - R1):** Είναι η ελάχιστη ακτίνα της συντομότερης διαδρομής πριν τη γραμμή εισόδου στον κόμβο.
- **Η ακτίνα της διαδρομής κυκλικής κίνησης επί του κόμβου (circulating path radius - R2):** Είναι η ελάχιστη ακτίνα της συντομότερης διαδρομής γύρω από την κεντρική νησίδα.
- **Η ακτίνα της διαδρομής εξόδου (exit path radius - R3):** Είναι η ελάχιστη ακτίνα της συντομότερης διαδρομής κατά την έξοδο από τον κόμβο.
- **Η ακτίνα της αριστερόστροφης διαδρομής (left-turn path radius - R4):** Είναι η ελάχιστη ακτίνα της συντομότερης διαδρομής της αριστερόστροφης κίνησης.
- **Η ακτίνα της δεξιόστροφης διαδρομής (right-turn path radius - R5):** Είναι η ελάχιστη ακτίνα της συντομότερης διαδρομής της δεξιόστροφης κίνησης.



Σχήμα 4.4 Πορείες οχημάτων και ακτίνες συντομότερης διαδρομής (ΟΜΟΕ Κ³, 2011).

Αξίζει να τονιστεί ότι οι ακτίνες αυτές δε θα πρέπει να συγχέονται με τις ακτίνες καμπυλών. Οι ακτίνες διαδρομών ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν την πορεία του άξονα του οχήματος σχεδιασμού, κατά τη διέλευσή του από τον κυκλικό κόμβο με βάση τη συντομότερη διαδρομή.

Όπως γίνεται φανερό από τα ανωτέρω, παράλληλα με την κατάλληλη ταχύτητα σχεδιασμού για τις γρηγορότερες κινήσεις, ο γεωμετρικός σχεδιασμός στοχεύει στο να επιτύχει σταθερές ταχύτητες για όλες τις κινήσεις. Όπως η μείωση, έτσι και η

σταθερότητα των ταχυτήτων ελαχιστοποιεί τη συχνότητα και σοβαρότητα των συγκρούσεων της κυκλοφορίας, διευκολύνει τη διείσδυση στην ήδη κινούμενη κυκλοφορία και αυξάνει την κυκλοφοριακή ικανότητα. Με την έννοια αυτή είναι σκόπιμο να επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση της διαφοράς ταχυτήτων κατά την κίνηση μεταξύ διαδοχικών γεωμετρικών στοιχείων, καθώς και ελαχιστοποίηση της διαφοράς ταχυτήτων μεταξύ των εισερχόμενων και των κυκλικά κινούμενων ρευμάτων κυκλοφορίας.

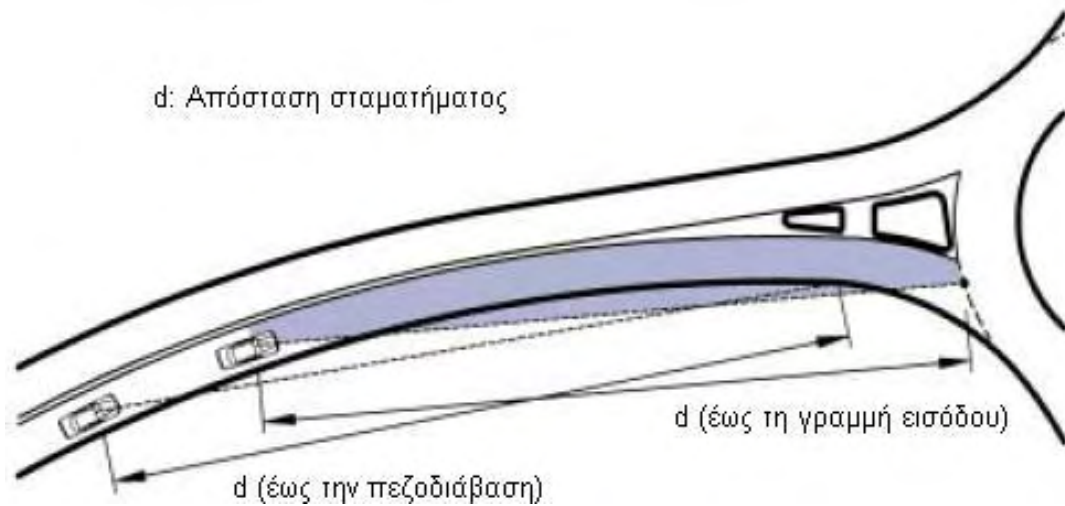
4.2.3 Ορατότητα

Ο ορισμός της επαρκούς ορατότητας σε έναν κυκλικό κόμβο έχει να κάνει με την απόσταση σταματήματος, δηλαδή την απόσταση που απαιτείται ώστε ένας οδηγός να αντιδράσει βλέποντας εμπόδιο και να ακινητοποιήσει πλήρως το όχημά του. Η απόσταση αυτή συνίσταται να προσδιορίζεται κατ' ελάχιστο στις ακόλουθες περιπτώσεις (NCHRP, 2010 και ΟΜΟΕ Κ³, 2010):

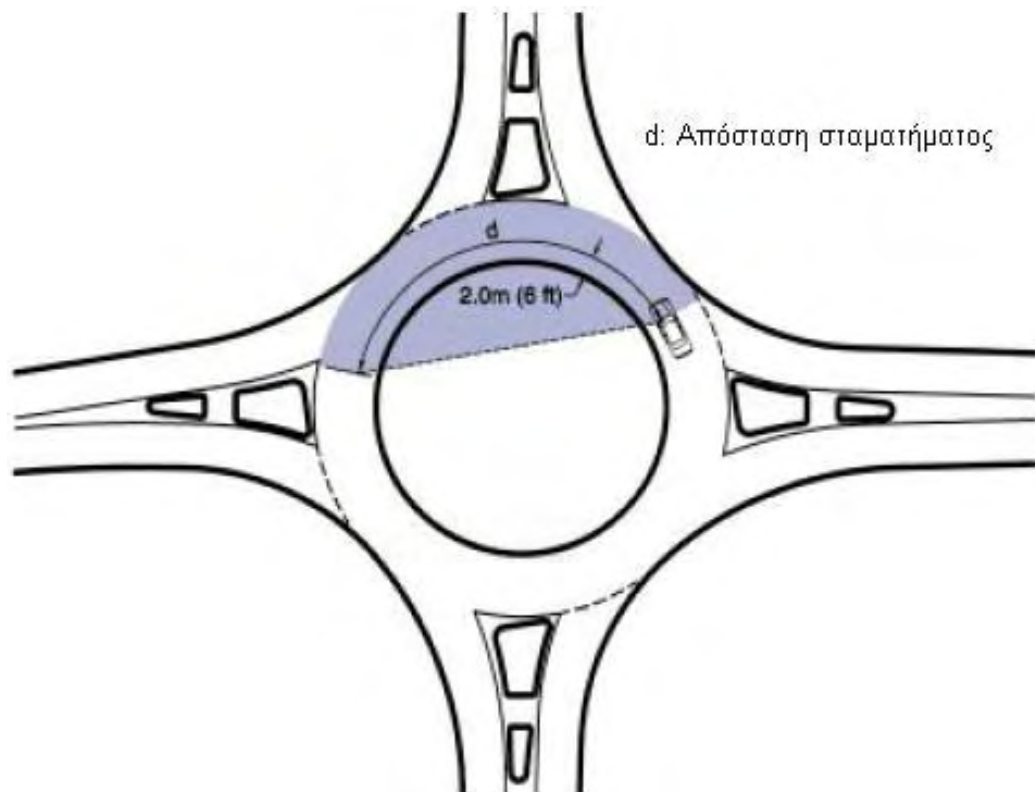
- Για στάση από εμπόδιο κατά την προσέγγιση.
- Για στάση από εμπόδιο επί του κυκλικού καταστρώματος.
- Για στάση από εμπόδιο επί της πεζοδιάβασης εξόδου.

Ο οδηγός, κατά την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας, θα πρέπει να έχει πλήρη θέαση των επερχόμενων οχημάτων, με τα οποία ενδέχεται να εμπλακεί σε σύγκρουση. Το ελεύθερο οπτικών εμποδίων πεδίο, προκειμένου να αναγνωρίζονται τα επερχόμενα οχήματα παρουσιάζεται με τη μορφή των τριγώνων ορατότητας στο σχήμα 4.8 (ΟΜΟΕ Κ³, 2011). Το λεγόμενο «τρίγωνο ορατότητας», το οποίο περιλαμβάνει την ελεύθερη από οπτικά εμπόδια επιφάνεια αριστερά του εισερχόμενου οχήματος και σχηματίζεται με βάση τα μήκη της πορείας των επερχόμενων οχημάτων ανά δύο κλάδους προσέγγισης. Προτείνεται να παρέχεται το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος ορατότητας (κοινό σκέλος τριγώνων ορατότητας ίσο με 15m, σχήμα 4.8), διότι αν το μήκος αυτό είναι πολύ μεγάλο, ευνοείται η ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων θέτοντας σε κίνδυνο όλους τους χρήστες του κόμβου, οχήματα και πεζούς.

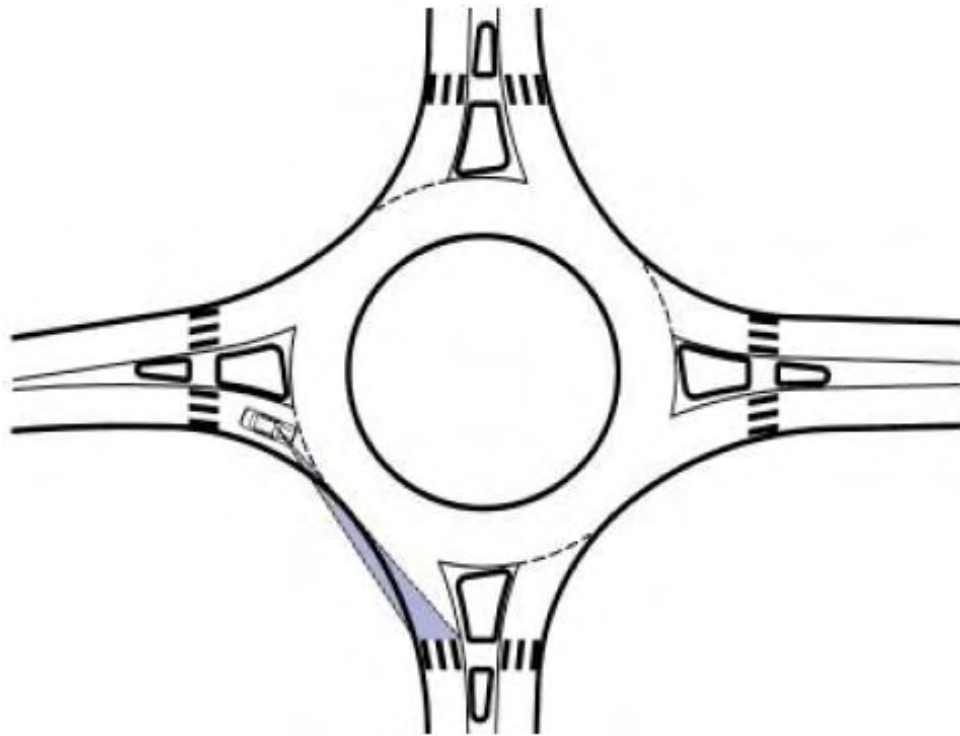
Ο υπολογισμός των μηκών ορατότητας πραγματοποιείται σύμφωνα με τις σχέσεις που παρατίθενται στις ΟΜΟΕ Κ³ ή στις αμερικάνικες οδηγίες. Στα κάτωθι σχήματα απεικονίζονται τα βασικά μήκη ορατότητας.



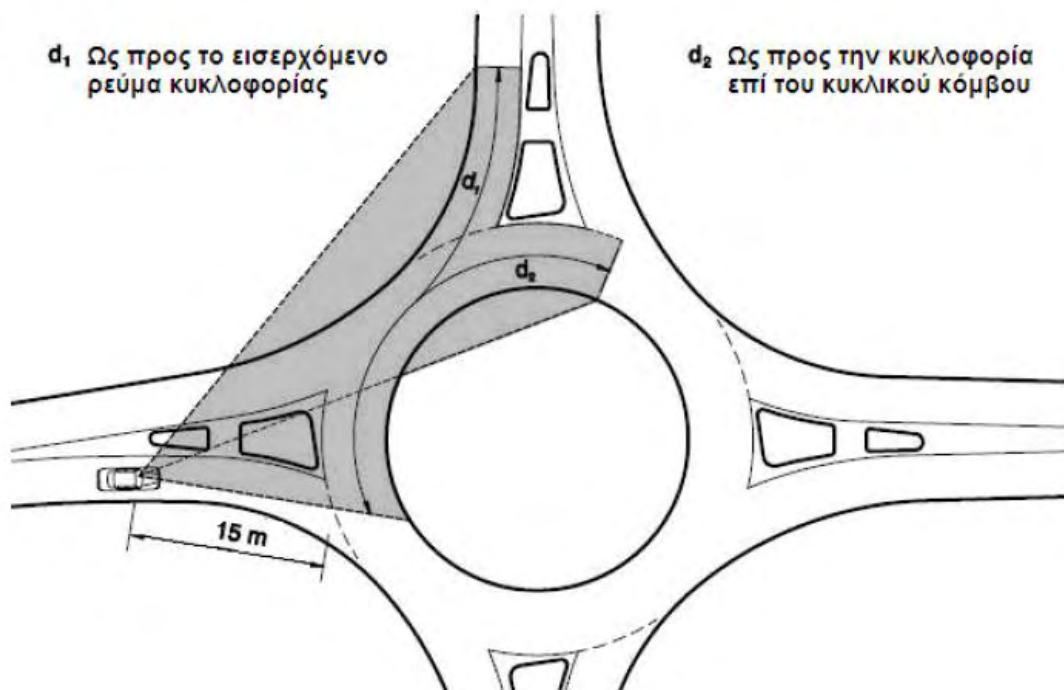
Σχήμα 4.5 Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση (ΟΜΟΕ Κ³, 2010)



Σχήμα 4.6 Μήκος ορατότητας για στάση επί του κυκλικού καταστρώματος (ΟΜΟΕ Κ³, 2010)



Σχήμα 4.7 Μήκος ορατότητας για στάση πριν από την πεζοδιάβαση εξόδου (ΟΜΟΕ Κ³, 2010)



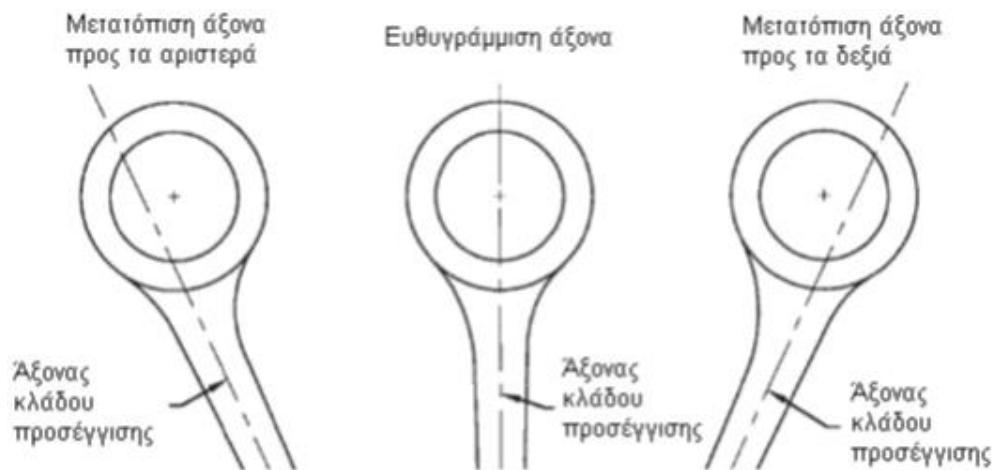
Σχήμα 4.8 Ορατότητα διασταύρωσης - τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο (ΟΜΟΕ Κ³, 2010)

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η γωνία εισόδου στον Κ³ θα πρέπει να διαμορφώνεται κατάλληλα και για λόγους ορατότητας, πέραν των αναγκών για ρύθμιση της ταχύτητας, άνεση και ασφάλεια στην κίνηση. Οι πολύ μικρές γωνίες δυσκολεύουν τους οδηγούς, επειδή χρειάζεται να στρέψουν πολύ την κεφαλή τους για να κατοπτρεύσουν τα οχήματα

που εισέρχονται από την αμέσως επόμενη πρόσβαση. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ο οδηγός μπορεί να κατοπτεύσει (χωρίς υπερβολική προσπάθεια) πεδίο γωνίας μέχρι 112° , που σχηματίζεται από τον άξονα του οχήματος και προς τα αριστερά του (ΟΜΟΕ Κ³, 2010).

4.3 Διάταξη κλάδων προσέγγισης

Η διάταξη των κλάδων προσέγγισης (ή σκελών) παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό ενός κυκλικού κόμβου. Η ευθυγράμμιση επηρεάζει το βαθμό εκτροπής (ο οποίος αφορά στον έλεγχο ταχύτητας) που επιτυγχάνεται, την ικανότητα προσαρμογής του οχήματος σχεδιασμού και τις γωνίες ορατότητας προς γειτονικά σκέλη. Η βέλτιστη διάταξη καθορίζεται γενικά από το μέγεθος (ακτίνα εγγεγραμμένου κύκλου και πλάτος δακτυλίου) και τη θέση του κυκλικού κόμβου σε σχέση με τις προσεγγίσεις του. Διάφορες επιλογές για τη διάταξη των κλάδων προσέγγισης συνοψίζονται στο σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9 Διατάξεις κλάδων προσέγγισης (ΟΜΟΕ Κ³, 2010)

Ένα σύνθημα σημείο εκκίνησης στο σχεδιασμό είναι να τοποθετείται χωρικά ο κυκλικός κόμβος έτσι ώστε ο κεντρικός άξονας κάθε σκέλους να περνά από το κέντρο του εγγεγραμμένου κύκλου (ακτινική διάταξη). Αυτή η θέση συνήθως επιτρέπει τη σωστή σχεδίαση της γεωμετρίας ενός κυκλικού κόμβου μίας λωρίδας έτσι ώστε τα οχήματα να διατηρούν χαμηλές ταχύτητες τόσο στις εισόδους όσο και στις εξόδους. Η ακτινική διάταξη κάνει επίσης την κεντρική νησίδα πιο εμφανή κατά την προσέγγιση των οδηγών και ελαχιστοποιεί συνήθως τις απαιτούμενες τροποποιήσεις του δρόμου πριν από τον κόμβο.

Μια άλλη συχνά αποδεκτή εναλλακτική λύση είναι η μετατόπιση του κεντρικού άξονα του κλάδου προσέγγισης προς τα αριστερά (δηλαδή, ο άξονας να περνά στα αριστερά του κεντρικού σημείου του εγγεγραμμένου κύκλου). Αυτή η διάταξη θα αυξήσει τυπικά

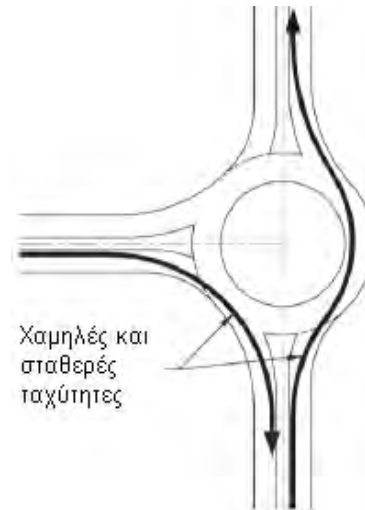
την παραμόρφωση που επιτυγχάνεται στην είσοδο, ώστε να βελτιωθεί ο έλεγχος της ταχύτητας. Παρόλα αυτά, απαιτείται μεγάλη προσοχή ώστε με αυτόν τον τρόπο να μην προκύψει υπερβολικά εφαπτομενική έξοδος (ή με πολύ μεγάλη ακτίνα καμπύλης) και ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές, όπου απαιτείται επαρκής καμπυλότητα της πορείας εξόδου για τη διατήρηση χαμηλών ταχυτήτων κοντά στην πεζοδιάβαση εξόδου. Ο έλεγχος της ταχύτερης διαδρομής που αναφέρεται στην ενότητα 3.4.2, μέσω της σχέσης που ορίζεται στα αντίστοιχα κεφάλαια των ΟΜΟΕ K^3 και των αμερικάνικων οδηγιών, προσδιορίζει μια μεθοδολογία για την εκτίμηση των ταχυτήτων σε εξόδους μεγάλης ακτίνας (ή εφαπτομενικές), όπου η επιτάχυνση μπορεί παίζει τον καθοριστικό ρόλο στην ταχύτητα που θα αναπτυχθεί.

Οι διατάξεις όπου οι κλάδοι προσέγγισης είναι μετατοπισμένοι προς στα δεξιά του κεντρικού σημείου της κυκλικής διαδρομής, συνήθως δεν επιτυγχάνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, κυρίως λόγω έλλειψης εκτροπής και έλλειψης ελέγχου ταχύτητας που προκύπτει από αυτή την ευθυγράμμιση. Μια τέτοια διάταξη φέρνει τον κλάδο σε μια πιο εφαπτομενική θέση και ίσως οδηγεί σε μη-επαρκή καμπυλότητα εισόδου. Τα οχήματα συνήθως θα μπορούν να εισέλθουν στην κυκλική διασταύρωση πολύ γρήγορα, με αποτέλεσμα περισσότερα ατυχήματα με απώλεια ελέγχου οχήματος και υψηλότερα ποσοστά συγκρούσεων μεταξύ οχημάτων που εισέρχονται και οχημάτων που βρίσκονται στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Ωστόσο, μια διάταξη με μετατόπιση του άξονα προς τα δεξιά γίνεται να μην απορριφθεί εάν μπορούν να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ταχύτητας και οι λοιποί στόχοι σχεδιασμού.

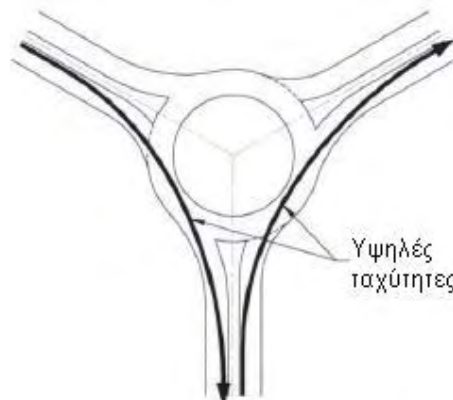
Η ορθά σχεδιασμένη διάταξη των κλάδων μειώνει τις συγκρούσεις και την επικινδυνότητά τους, ενώ διευκολύνει τη ροή των οχημάτων, αυτό όμως δεν εξαλείφει την ανάγκη για έλεγχο στη γωνία που σχηματίζουν μεταξύ τους οι κλάδοι προσέγγισης. Μεγάλες γωνίες μεταξύ των σκελών οδηγούν σε υψηλότερες ταχύτητες κίνησης και στην τάση των οδηγών για αναζήτηση της πιο σύντομης διαδρομής επί του δακτυλίου διασχίζοντας και λωρίδες που δεν αντιστοιχούν στην ακολουθητέα πορεία εξόδου τους από τον κόμβο. Οι πολύ μικρές γωνίες κάνουν δύσκολη την κίνηση βαρέων οχημάτων.

Είναι επιθυμητό, αλλά όχι απαραίτητο, οι σχηματιζόμενες γωνίες μεταξύ των εισόδων του κόμβου να είναι κάθετες ή σχεδόν κάθετες μεταξύ τους (π.χ. διασταύρωση διάταξης «Τ» σε κόμβο 3 σκελών), ώστε να εξασφαλίζονται χαμηλές και σταθερές ταχύτητες για όλες τις κινήσεις, καθώς και η απαραίτητη ορατότητα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο βέλτιστος διαχωρισμός μεταξύ των διαδοχικών εισόδων και εξόδων, καθώς προκύπτουν γωνίες 90° για κόμβους τεσσάρων κλάδων, 72° για κόμβους πέντε κλάδων κλπ. Σε περίπτωση που δύο κλάδοι προσέγγισης σχηματίζουν γωνία πολύ μεγαλύτερη των 90° (π.χ. διασταύρωση διάταξης «Υ» σε κόμβο 3 σκελών),

δημιουργείται ο κίνδυνος ανάπτυξης υπερβολικών ταχυτήτων κατά τις δεξιόστροφες κινήσεις. Το γεγονός αυτό αντιμετωπίζεται συνήθως με αύξηση της διαμέτρου του εγγεγραμμένου κύκλου ή με μείωση του πλάτους και των ακτίνων εισόδου, ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη εκτροπή. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή για γωνία πολύ μικρότερη των 90° , αυξάνεται η δυσκολία των οδηγών να ελέγξουν για τυχόν επερχόμενη κυκλοφορία. Σε αστικό περιβάλλον, όπου οι ταχύτητες γενικά είναι χαμηλές, η ευθυγράμμιση των κλάδων προσέγγισης δεν αποτελεί ιδιαίτερα κρίσιμο ζήτημα (NCHRP, 2010).



Σχήμα 4.10 Γωνίες μεταξύ των κλάδων προσέγγισης σε διασταύρωση διάταξης «Τ» (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)



Σχήμα 4.11 Γωνίες μεταξύ των κλάδων προσέγγισης σε διασταύρωση διάταξης «Υ» (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)

4.4 Διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου

Η διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.3, είναι η διάμετρος του κύκλου που ταυτίζεται με το εξωτερικό όριο του κυκλικού

καταστρώματος. Με άλλα λόγια, είναι το άθροισμα της διαμέτρου της κεντρικής νησίδας και του διπλάσιου πλάτους του κυκλικού καταστρώματος μαζί με το ασφατικό περιμετρικό έρεισμα.

Σε κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας κυκλοφορίας, η διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ανάγκες ελιγμών του οχήματος σχεδιασμού. Η διάμετρος θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να εξυπηρετεί το όχημα σχεδιασμού και ταυτόχρονα να δημιουργεί επαρκή εκτροπή της τροχιάς του, με αποτέλεσμα χαμηλές ταχύτητες κυκλοφορίας. Παράλληλα, το πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας, τα πλάτη εισόδου και εξόδου, οι ακτίνες εισόδου και εξόδου και οι γωνίες εισόδου και εξόδου παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού αλλά και στην επαρκή εκτροπή της τροχιάς του. Η προσεκτική επιλογή αυτών των γεωμετρικών στοιχείων μπορεί να επιτρέψει τη χρήση μικρότερης εγγεγραμμένης διαμέτρου κύκλου σε θέσεις με περιορισμένο διαθέσιμο χώρο (NCHRP, 2010).

Πίνακας 4.2 Συνήθης διάμετρος κύκλου εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου (ΟΜΟΕ Κ³, 2011).

Κατηγορία Κ ³	Όχημα σχεδιασμού / μήκος οχήματος (m)	*Διάμετρος f (m)
Κομβίδιο	Λεωφορείο / 12,00m	15-30
Αστικός συνεπτυγμένος		25-35
Αστικός 1 λωρίδας	Φορτηγό 16,50m	35-45
Αστικός 2 λωρίδων		45-70
Υπεραστικός 1 λωρίδας	Φορτηγό 18,70m	40-60
Υπεραστικός 2 λωρίδων		55-70

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

Σε κυκλικούς κόμβους πολλαπλών λωρίδων κυκλοφορίας, η εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού δεν απαιτεί ιδιαίτερους περιορισμούς. Το μέγεθος των κόμβων αυτών συνήθως καθορίζεται είτε από το μέγεθος εκτροπής της τροχιάς των οχημάτων είτε από τις ακτίνες των εισόδων και εξόδων. Συχνά συνίσταται η χρήση υπερβατής περιμετρικής ζώνης, έτσι ώστε η διάμετρος του εγγεγραμμένου κύκλου να παίρνει λογικές τιμές (όχι πολύ μεγάλες) και ταυτόχρονα να εξυπηρετείται το όχημα σχεδιασμού. Σε μικρούς κυκλικούς κόμβους, η χρήση μικρών τιμών διαμέτρου επιτυγχάνεται με κατασκευή πλήρως υπερβατής κεντρικής νησίδας, εξυπηρετώντας έτσι και τα μεγαλύτερα οχήματα (NCHRP, 2010).

Σε γενικές γραμμές, προτιμώνται οι μικρές τιμές διαμέτρου εγγεγραμμένου κύκλου, διότι εξασφαλίζουν χαμηλότερες ταχύτητες, άρα και μεγαλύτερη οδική ασφάλεια.

Αντίθετα, σε περιοχές με υψηλότερες επιτρεπόμενες ταχύτητες, όπου θεωρείται κρίσιμης σημασίας η γεωμετρία των κλάδων προσέγγισης, συνίσταται η χρήση μεγαλύτερων τιμών διαμέτρου. Αυτό συμβαίνει διότι οι μεγάλες τιμές διαμέτρου οδηγούν σε μία καλή γεωμετρία των κλάδων προσέγγισης, καθώς μειώνουν τις γωνίες μεταξύ των εισερχομένων και των εντός του κόμβου διαδρομών, μειώνοντας έτσι και τις πιθανότητες συγκρούσεων. Παρόλα αυτά, οι πολύ μεγάλες διάμετροι θα πρέπει να αποφεύγονται, καθώς επιτρέπουν την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων και κατ' επέκταση την πρόκληση σοβαρών ατυχημάτων.

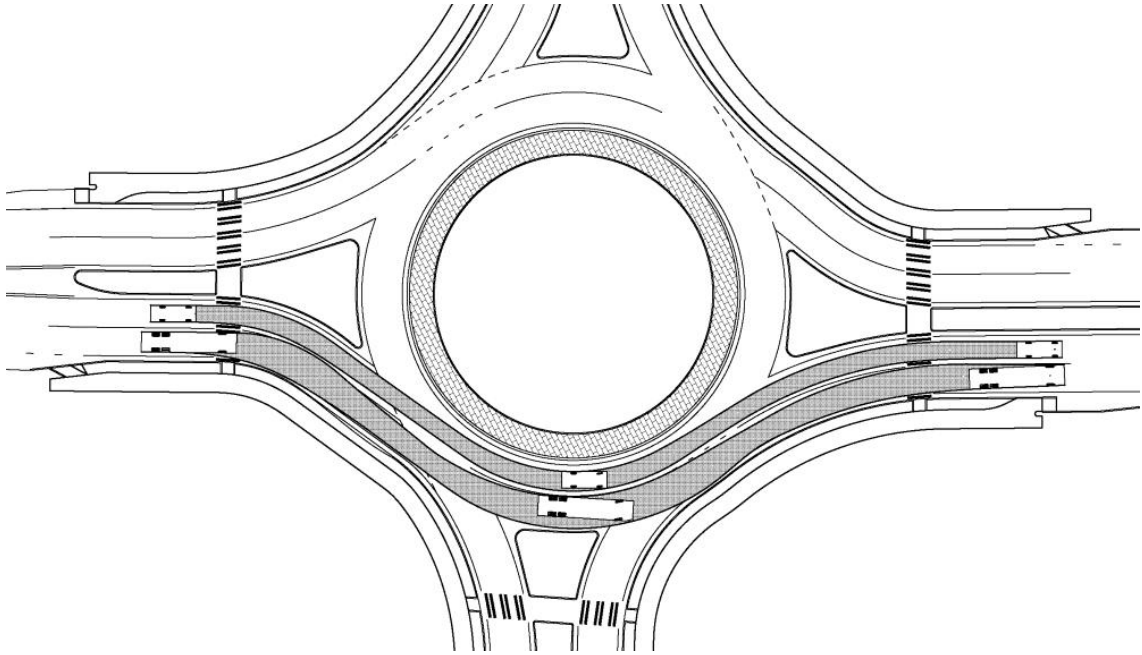
4.5 Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας

Το πλάτος του κυκλικού καταστρώματος καθορίζεται από το πλάτος εισόδου και τις απαιτήσεις εξυπηρέτησης του οχήματος σχεδιασμού, ενώ δεν περιλαμβάνει το πλάτος του πλευρικού ρείθρου (gutter). Συνήθως παραμένει σταθερό και πρέπει να ίσο ή μεγαλύτερο σε σχέση με το μεγαλύτερο πλάτος εισόδου στον κυκλικό κόμβο.

Στους κυκλικούς κόμβους μία λωρίδας κυκλοφορίας, το πλάτος του κυκλικού καταστρώματος κατά βάση εξυπηρετεί το όχημα σχεδιασμού. Αυτό που έχει σημασία συνήθως είναι οι κινήσεις αριστερής στροφής του οχήματος σχεδιασμού, κατά τις οποίες το πλάτος κατάληψης από το όχημα είναι το μεγαλύτερο και συνεπώς καθορίζει το πλάτος καταστρώματος. Σε περιπτώσεις όπου η διάμετρος του εγγεγραμμένου κύκλου είναι μικρή ή το όχημα σχεδιασμού μεγάλο, το πλάτος του κυκλικού καταστρώματος θα σχεδιάζεται το ελάχιστο δυνατό, ώστε να επιτυγχάνεται η απαραίτητη εκτροπή της πορείας που θα επιβραδύνει κατάλληλα τα οχήματα. Στις περιπτώσεις αυτές το πλάτος του κυκλικού καταστρώματος μπορεί να μειωθεί και να κατασκευαστεί υπερβατή περιμετρική ζώνη γύρω από την κεντρική νησίδα, για τη διευκόλυνση των βαρέων οχημάτων και τη διατήρηση χαμηλών ταχυτήτων. Ωστόσο, η χρήση υπερβατής περιμετρικής ζώνης ίσως μειώσει τη λειτουργικότητα του κυκλικού κόμβου, καθώς είναι δυνατόν να προκαλέσει μετατόπιση του φορτίου σε βαρέα οχήματα ή ενόχληση των επιβατών σε λεωφορεία, ενώ συχνά χρησιμοποιείται και από επιβατικά οχήματα, αυξάνοντας τις πιθανότητες ατυχήματος. Γενικά, συνίσταται το πλάτος του καταστρώματος να μην κατασκευάζεται πολύ μεγάλο σε κόμβους μίας λωρίδας, ώστε να αποφεύγεται η περίπτωση κίνησης οχημάτων δίπλα δίπλα, λόγω λανθασμένης αντίληψης των οδηγών για ύπαρξη δεύτερης λωρίδας.

Σε κυκλικούς κόμβους πολλαπλών λωρίδων κυκλοφορίας, το όχημα σχεδιασμού δεν αποτελεί παράγοντα μείζονος σημασίας. Αντίθετα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, λαμβάνεται υπόψη ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας στην πιο πλατιά είσοδο του

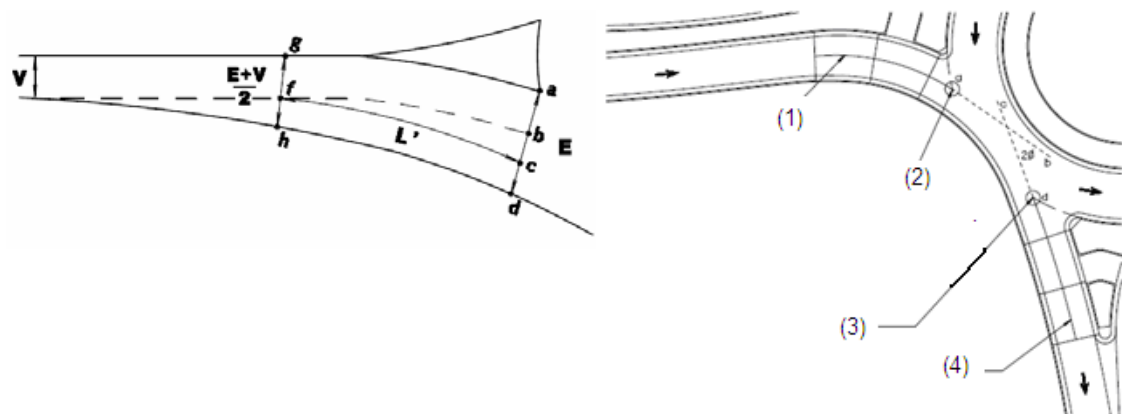
κόμβου, ώστε να εξασφαλιστεί η παράλληλη κίνηση επί του κυκλικού καταστρώματος του μεγαλύτερου οχήματος σχεδιασμού και ενός μικρού επιβατικού οχήματος.



Σχήμα 4.12 Παράλληλη κίνηση λεωφορείου και επιβατικού αυτοκινήτου (NCHRP, 2010)

4.6 Σύνοψη βασικών γεωμετρικών στοιχείων

Τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία σχεδιασμού των Κ3 απεικονίζονται στα σχήματα 4.13 και 4.14 και περιγράφονται στον επόμενο πίνακα 4.3.



V: Κανονικό πλάτος λωρίδας της κανονικής διατομής της οδού πρόσβασης

E: Πλάτος λωρίδας (βλ. Πίνακα 2.2-2)

L': Το ήμισυ του μήκους ανάπτυξης της διαπλάτυνσης από πλάτος V σε E

Φ: Γωνία εισόδου

(1): Καμπύλη στο μέσον της διαπλατυμένης λωρίδας εισόδου

(2): Σημείο επαφής επί της καμπύλης εισόδου στη θέση της οριογραμμής. Αρχή της εφαπτομένης προς την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας σε απόσταση από αυτήν 1,5 m

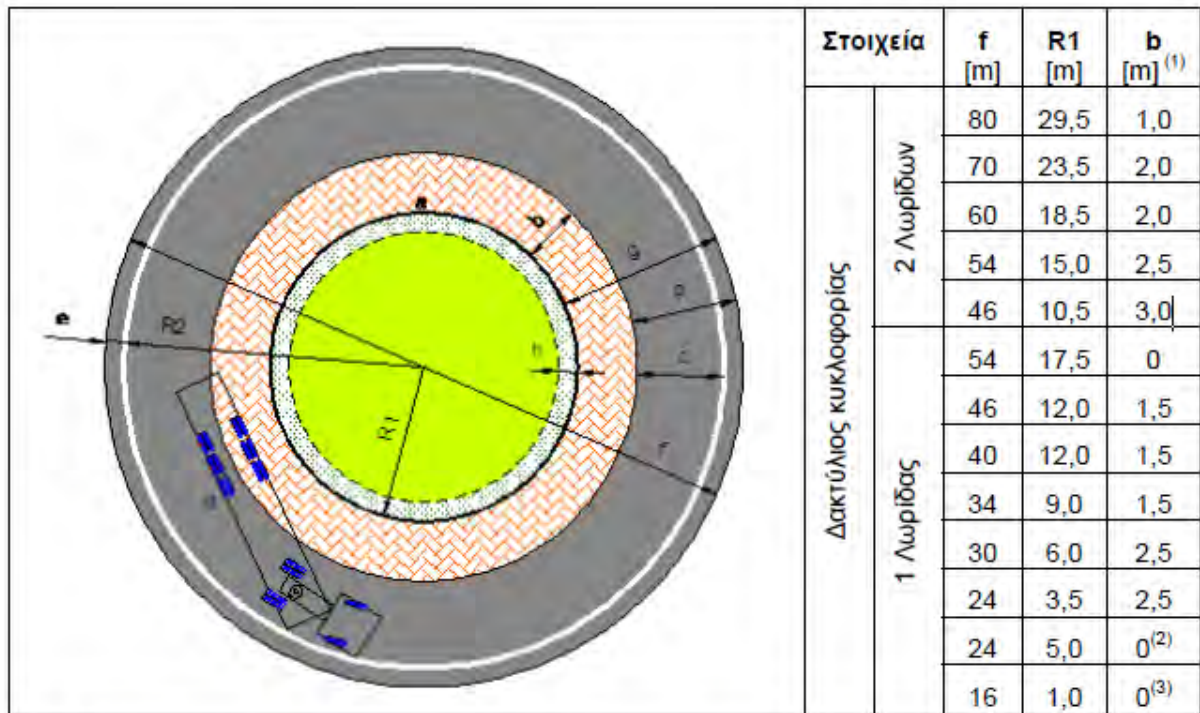
(3): Σημείο επαφής επί της καμπύλης εξόδου στη θέση της οριογραμμής. Αρχή της εφαπτομένης προς την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας σε απόσταση από αυτήν 1,5 m

(4): Καμπύλη στο μέσον της διαπλατυμένης λωρίδας εξόδου

Σχήμα 4.13 Βασικά στοιχεία σχεδιασμού (ΟΜΟΕ Κ³)

Πίνακας 4.3 Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών στοιχείων (ΟΜΟΕ Κ³)

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



- (1) Το πλάτος υπερβατικής ζώνης καλύπτει την εξυπηρέτηση φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο εκτός από τις επόμενες περιπτώσεις ⁽²⁾ και ⁽³⁾
- (2) Προσφέρεται εξυπηρέτηση μόνο φορτηγού και λεωφορείου, ενώ για εξυπηρέτηση φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο απαιτείται η κατασκευή πλήρως υπερβατικής κεντρικής νησίδας (βλ. Εικόνα 1.3.1-1)
- (3) Εφόσον χρειάζεται να εξυπηρετείται η διέλευση φορτηγού ή και λεωφορείου τότε η κεντρική νησίδα κατασκευάζεται υπερυψωμένη κατά 100 mm (βλ. υπερβατό κράσπεδο στο Σχήμα 2.13.3-2) πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος (βλ. Εικόνα 1.3.1-2)

a: Κράσπεδο κεντρικής νησίδας	e: Ελάχιστο πλάτος ασφαλτικού ερείσματος 1,0 m
b: Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας	f: Εξωτερική διάμετρος
p: Πλάτος ασφαλτικού οδοστρώματος	g: Πλάτος κυκλοφορίσμο μεταξύ κρασπέδων
c: Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας	h: Πλάτος λωρίδας μόνο με χλοοτάπητα 1,0 m χωρίς οπτικά εμπόδια
d: Όχημα σχεδιασμού	

Σχήμα 4.14 Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων που διαμορφώνονται εντός της διάμετρου f (ΟΜΟΕ Κ³,2011)

4.7 Είσοδοι

4.7.1 Πλάτος εισόδου

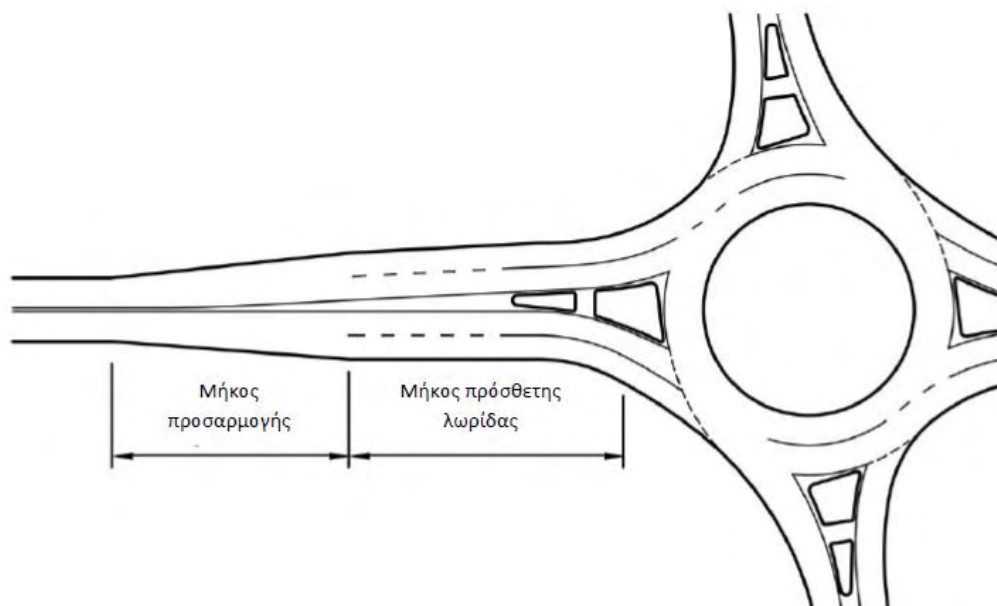
Η κυκλοφοριακή ικανότητα των κλάδων προσέγγισης, άρα και του κυκλικού κόμβου συνολικά, καθορίζεται όχι απλά από τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας, αλλά κυρίως από το συνολικό πλάτος εισόδου. Όσο αυξάνεται το πλάτος αυτό, τόσο μεγαλώνει η κυκλοφοριακή ικανότητα του κόμβου. Ωστόσο, θα πρέπει να σχεδιάζεται κατά το δυνατόν μικρότερο, ώστε να διατηρούνται χαμηλές οι ταχύτητες κατά την είσοδο, αλλά και να μην προκαλείται σύγχυση στους οδηγούς δίνοντας την εντύπωση

για την ύπαρξη περισσότερων λωρίδων εισόδου, οι οποίες δε θα αντιστοιχούν σε ίδιο αριθμό λωρίδων του δακτυλίου.

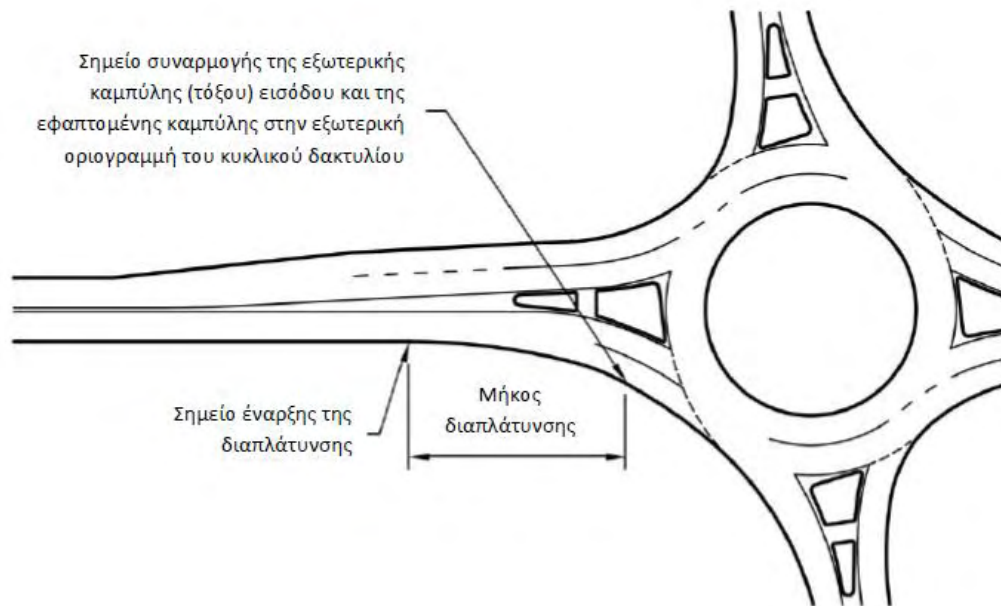
Το πλάτος εισόδου μετριέται κάθετα, από το σημείο όπου η γραμμή εισόδου τέμνει την αριστερή οριογραμμή του κλάδου προσέγγισης έως την αντίστοιχη δεξιά οριογραμμή. Το πλάτος της κάθε εισόδου του κυκλικού κόμβου υπαγορεύεται από τις ανάγκες της αντίστοιχης εισερχόμενης κυκλοφορίας και εκφράζεται από τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας (βλ. κεφάλαιο 3.3.1).

Το πλάτος εισόδου μίας λωρίδας τυπικά κυμαίνεται από 4,20m – 5,50m, με συνήθη τιμή τα 4,60m. Το απαιτούμενο πλάτος μίας εισόδου δύο λωρίδων εξαρτάται φυσικά από το όχημα σχεδιασμού, αλλά κυμαίνεται γενικά μεταξύ 7.30m – 9.10m (με τυπικές τιμές πλάτους μεμονωμένης λωρίδας: 3.70m – 4.60m).

Εάν λόγω απαιτήσεων κυκλοφοριακής ικανότητας, η αύξηση του πλάτους εισόδου σε κόμβο με δακτύλιο 2 λωρίδων είναι αναπόφευκτη, τότε πραγματοποιείται με προσθήκη λωρίδας κυκλοφορίας και διατήρηση των παράλληλων λωρίδων στη γεωμετρία της εισόδου (σχήμα 4.15) ή με σταδιακή διαπλάτυνση του κλάδου προσέγγισης (σχήμα 4.16) (NCHRP, 2010).



Σχήμα 4.15 Προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας στην κατεύθυνση της εισερχόμενης ροής (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)



Σχήμα 4.16 Διεύρυνση της αρχικής λωρίδας και τοπική αύξηση του πλάτους στην είσοδο (flaring) (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)

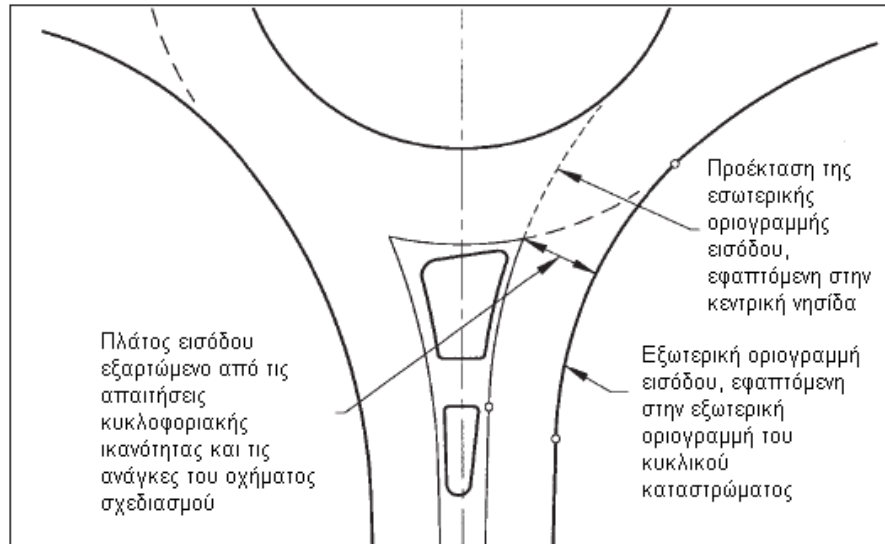
4.7.2 Καμπύλη εισόδου

Η ακτίνα εισόδου είναι η καμπύλη της δεξιάς (εξωτερικής) οριογραμμής του κλάδου προσέγγισης στον κυκλικό κόμβο. Η ακτίνα εισόδου αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη λειτουργία ενός κυκλικού κόμβου, επηρεάζοντας την κυκλοφοριακή του ικανότητα και την οδική ασφάλεια. Η ακτίνα εισόδου, σε συνδυασμό με το πλάτος εισόδου, το πλάτος κυκλικού καταστρώματος και τη γεωμετρία της κεντρικής νησίδας, ρυθμίζει το βαθμό εκτροπής της εισερχόμενης κυκλοφορίας. Μεγάλες ακτίνες εισόδου επιτρέπουν υψηλότερες ταχύτητες εισόδου, με αποτέλεσμα τη μείωση του επιπέδου ασφαλείας. Αντίθετα, η λειτουργικότητα του κόμβου βελτιώνεται, θεωρητικά τουλάχιστον, με τις μεγάλες ακτίνες εισόδου, ενώ στην περίπτωση αυτή εξυπηρετούνται ευκολότερα τα μεγαλύτερα οχήματα.

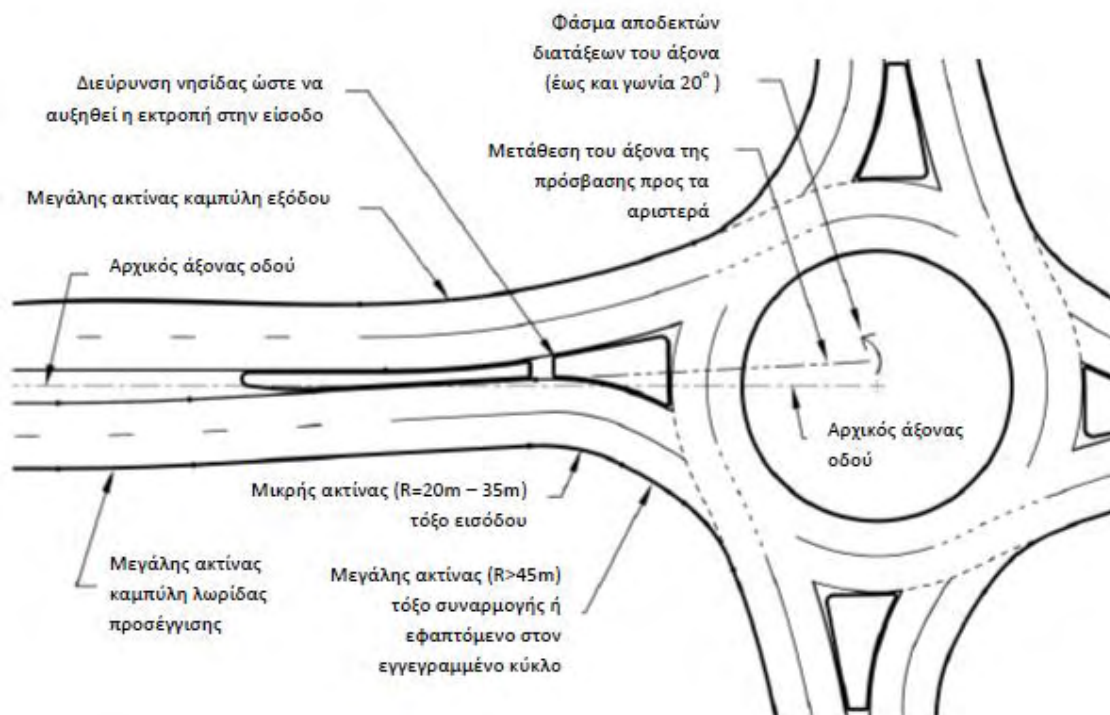
Η τυπική διαμόρφωση της εισόδου σε K^3 παρουσιάζεται στο σχήμα 4.17.

Στους κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας η τιμή της ακτίνα εισόδου θα πρέπει να είναι μεταξύ 15-30m (NCHRP, 2010).

Όσον αφορά στις γωνίες εισόδου (γωνίες μεταξύ του κλάδου εισόδου και της γραμμής εισόδου), οι μεγάλες γωνίες δεν παρέχουν επαρκή ορατότητα προς τα αριστερά, δυσκολεύοντας τις κινήσεις ελέγχου των οδηγών, ενώ αντίθετα οι μικρές γωνίες δεν παρέχουν την απαραίτητη ευθυγράμμιση του κλάδου εισόδου.



Σχήμα 4.17 Στοιχεία σχεδιασμού εισόδου σε κυκλικό κόμβο μία λωρίδας (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)



Σχήμα 4.18 Διαμόρφωση εισόδου για καλύτερη καθοδήγηση των πορειών των οχημάτων (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Στους κυκλικούς κόμβους πολλαπλών λωρίδων κυκλοφορίας, ο σχεδιασμός της καμπύλης εισόδου γίνεται πιο περίπλοκος. Οι μικρές ακτίνες εισόδου οδηγούν σε

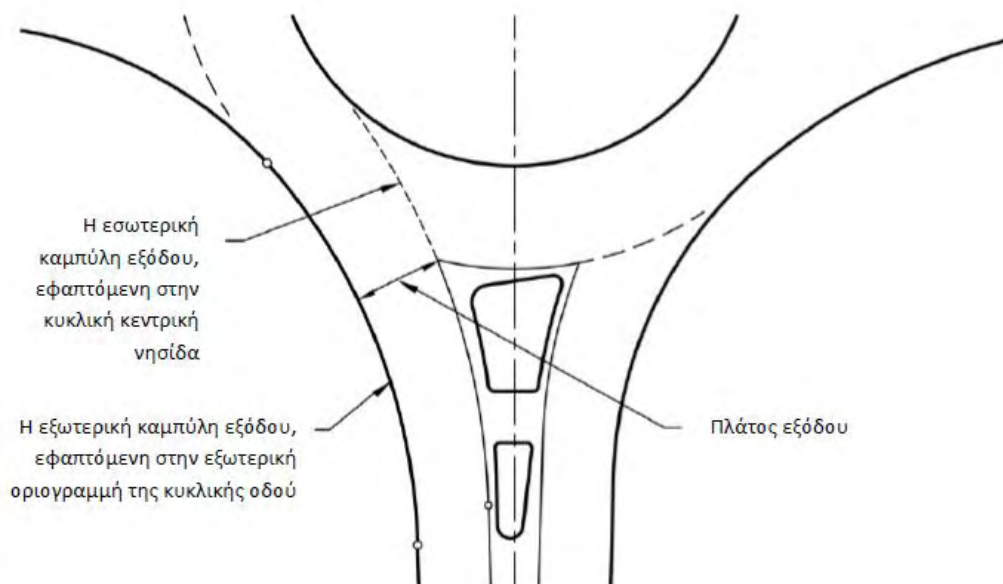
εμπλοκές μεταξύ των οχημάτων παρακείμενων λωρίδων, συντελώντας συχνά σε περιορισμένη χρήση μίας ή περισσότερων από τις υφιστάμενες λωρίδες κυκλοφορίας και κατ' επέκταση σε μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας και της συνολικής ασφάλειας του κόμβου. Οι τιμές της ακτίνας εισόδου σε κόμβους δύο λωρίδων θα πρέπει να είναι συνήθως μεγαλύτερες των 20m, ώστε να αποφεύγονται τα ανωτέρω.

Σε κόμβους με εισόδους δυο ή περισσότερων λωρίδων, για την επιτυχή καθοδήγηση των οχημάτων στη σωστή λωρίδα επί του δακτυλίου και για την αποφυγή επικάλυψης πορειών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο μεγάλης ακτίνας για τη συναρμογή μεταξύ των τόξων της εισόδου και του δακτυλίου (βλ. σχήμα 4.18).

4.8 Έξοδοι

Οι ακτίνες των καμπύλων εξόδου συνήθως σχεδιάζονται μεγαλύτερες εκείνων των καμπύλων εισόδου, ώστε να αποφεύγονται κυκλοφοριακή συμφόρηση και ατυχήματα στις εξόδους των κυκλικών κόμβων. Επίσης, ο σχεδιασμός της εξόδου εξαρτάται σημαντικά και από τη θέση του κόμβου (αστική, υπεραστική), την κίνηση πεζών καθώς και το όχημα σχεδιασμού.

Η εξωτερική καμπύλη εξόδου σχεδιάζεται εφαπτόμενη στην εξωτερική οριογραμμή της κυκλικής οδού και η εσωτερική, εφαπτόμενη στην κυκλική κεντρική νησίδα (βλ. σχήμα 4.19). Γενικά, η ακτίνα εξόδου πρέπει να σχεδιάζεται μεγαλύτερη από 15m, ενώ ένα σύνηθες εύρος τιμών είναι μεταξύ 30m – 60m (NCHRP, 2010).



Σχήμα 4.19 Στοιχεία σχεδιασμού εξόδου σε κυκλικό κόμβο μία λωρίδας (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)

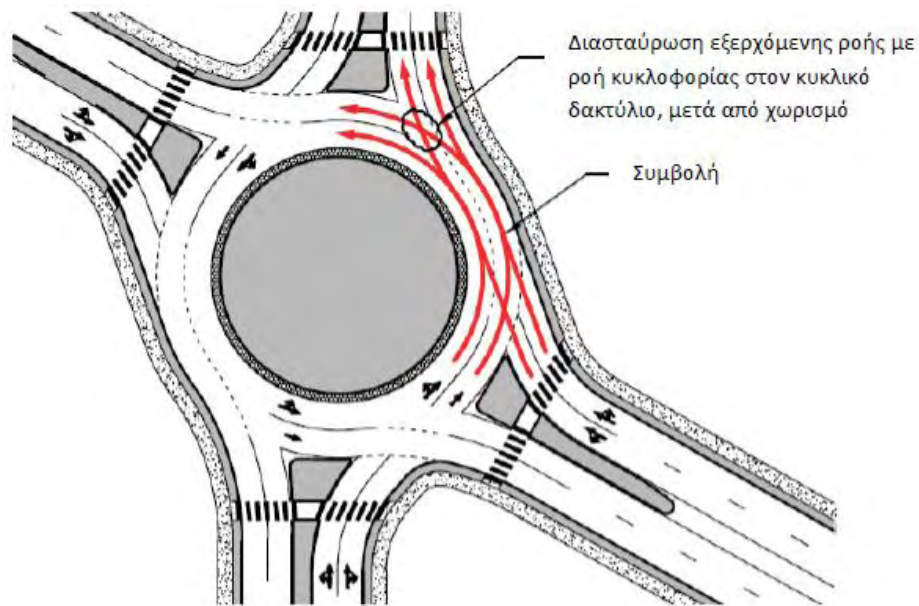
Το πλάτος εξόδου μετρείται κάθετα, από το σημείο όπου η γραμμή εισόδου τέμνει την δεξιά οριογραμμή του σκέλους απομάκρυνσης έως την αντίστοιχη δεξιά οριογραμμή. Η τιμή του πλάτους βασίζεται στο όχημα σχεδιασμού και στις απαιτήσεις κυκλοφοριακής ικανότητας (βλ. σχήμα 4.19).

Σε μερικές περιπτώσεις, απαιτείται, είτε λόγω ανάγκης αύξησης της εκτροπής της τροχιάς των εισερχόμενων οχημάτων (οπότε και μετατίθεται ο άξονας της πρόσβασης προς την αριστερή πλευρά της εισόδου), είτε λόγω της αυξημένης κίνησης βαρέων οχημάτων, αρκετά μεγαλύτερη ακτίνα εξόδου, σε σχέση με τις προαναφερθείσες τιμές, που κυμαίνεται από 90m έως και 245m ή και μεγαλύτερη αν κριθεί δόκιμο (NCHRP, 2010).

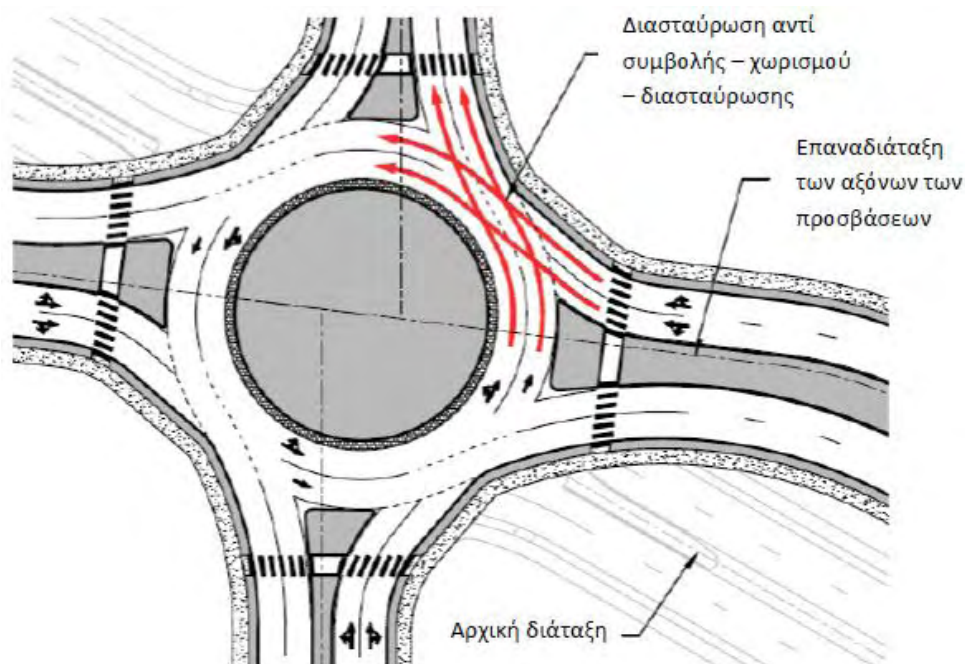
Επισημαίνεται, πως σε αστικούς κυκλικούς κόμβους, οι έξοδοι πρέπει να σχεδιάζονται κατά τρόπο τέτοιο ώστε να επιβάλλονται διαδρομές εξόδου χαμηλών ταχυτήτων, ώστε να προστατεύονται οι πεζοί.

Σε κόμβους δύο και περισσότερων λωρίδων, στις εξόδους η χάραξη και η οριζοντιογραφία πρέπει να είναι κατάλληλες ώστε να προλαμβάνονται οι εμπλοκές μεταξύ των ροών που κυκλοφορούν στον κυκλικό δακτύλιο και αυτών που εξέρχονται, αλλά και μεταξύ των οχημάτων που κινούνται παράλληλα και εξέρχονται ταυτόχρονα.

Είναι δυνατό να προκύψουν προβλήματα όταν η γεωμετρική χάραξη επιτρέπει μεγάλα μήκη συμβολής εντός του κυκλικού δακτυλίου, δηλαδή η εισερχόμενη ροή σε μία λωρίδα αναγκάζεται σε πορεία δίπλα σε μία ροή (εσωτερική λωρίδα), η οποία εξέρχεται στην επόμενη έξοδο, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εμπλοκές μεταξύ των οχημάτων με άμεσο κίνδυνο πλαγιομετωπικών συγκρούσεων (βλ. σχήμα 4.20). Μία λύση, μάλλον η ιδανικότερη, περιλαμβάνει χάραξη τέτοια, η οποία επιβάλλει επαναδιάταξη των σκελών ώστε αντί των συμβολών και έπειτα χωρισμών, να δημιουργούνται διασταυρώσεις, όταν ακόμα οι ταχύτητες των εισερχόμενων οχημάτων είναι χαμηλές (βλ. σχήμα 4.21). Η άλλη λύση είναι η δεξιά λωρίδα εισόδου να προορίζεται μόνο για δεξιές στροφές των οχημάτων (NCHRP, 2010).



Σχήμα 4.20 Πιθανά σημεία εμπλοκής οχημάτων κατά την έξοδο μίας ροής (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)



Σχήμα 4.21 Ευμενής επαναδιάταξη των σκελών του κόμβου του σχ. 4.20 (NCHRP & FHWA, 2010, ίδια επεξεργασία).

4.9 Κεντρική νησίδα

Σύμφωνα με τον επίσημο ορισμό της, η κεντρική νησίδα ενός κυκλικού κόμβου είναι η υπερυψωμένη, μη υπερβατή επιφάνεια (εκτός από την περίπτωση των μικρών κυκλικών κόμβων), που περικλείεται από το κυκλικό κατάστρωμα και μπορεί να περιλαμβάνει υπερβατή περιμετρική ζώνη. Η κεντρική νησίδα συνήθως

διαμορφώνεται κατάλληλα για λόγους αισθητικής, καθώς και για να προειδοποιεί τους επερχόμενους οδηγούς για την ύπαρξη του κυκλικού κόμβου.

Η κεντρική νησίδα προτιμάται να έχει κυκλικό σχήμα και να περιβάλλεται από κυκλικό κατάστρωμα σταθερής ακτίνας, ώστε να παρέχει σταθερές ταχύτητες κίνησης γύρω από αυτή.

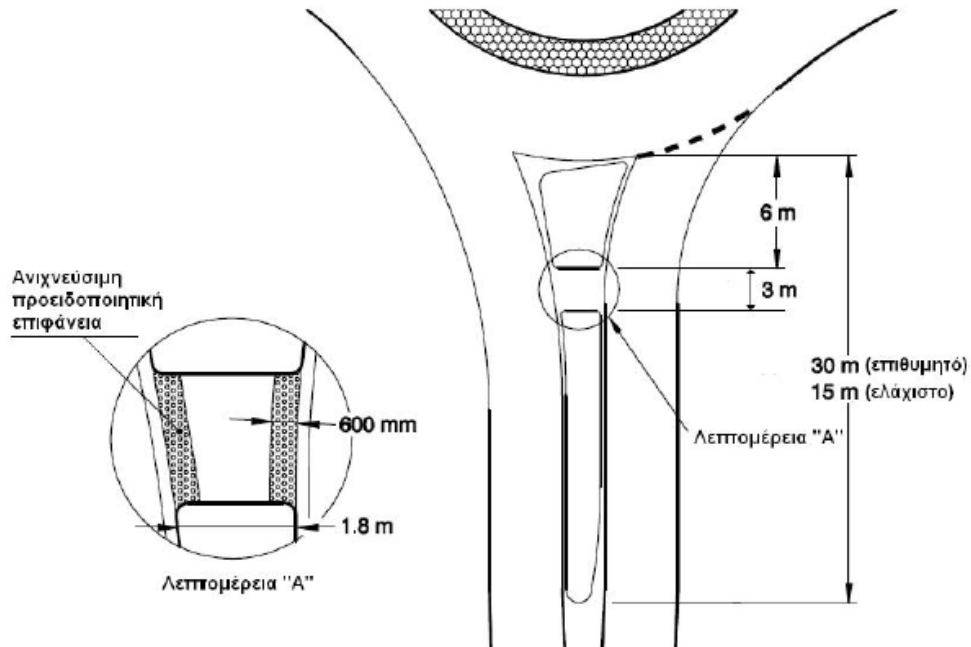
Το μέγεθος της κεντρικής νησίδας επηρεάζει σημαντικά και το βαθμό εκτροπής της κινούμενης κυκλοφορίας εντός του κυκλικού κόμβου, με αναλογικό πάντοτε τρόπο. Η διάμετρός της εξαρτάται εξ' ολοκλήρου από τη διάμετρο του εγγεγραμμένου κύκλου και το απαιτούμενο πλάτος του κυκλικού καταστρώματος. Σε περίπτωση που η αύξηση της διαμέτρου της κεντρικής νησίδας δεν είναι η επιθυμητή, η εκτροπή των οχημάτων μπορεί να αυξηθεί και με άλλους τρόπους, όπως η παράλληλη μετατόπιση της ευθυγραμμίας προσέγγισης προς τα αριστερά, η μείωση του πλάτους εισόδου ή η μείωση της ακτίνας εισόδου. Ωστόσο, τα μέτρα αυτά θα μπορούσαν να αποκλείσουν την ορθή εξυπηρέτηση των μεγαλύτερων οχημάτων. Η πιο κατάλληλη εναλλακτική λύση σε μία τέτοια περίπτωση είναι η προσθήκη υπερβατής περιμετρικής ζώνης, η οποία όμως θα είναι υπερυψωμένη στην εξωτερική οριογραμμή της, ώστε να αποθαρρύνει τη χρήση της από τα επιβατικά οχήματα. Ακόμη, η ζώνη αυτή θα πρέπει να επιστρωθεί με υλικά κατάλληλου χρώματος και υφής, έτσι ώστε να διαχωρίζεται από το κυκλικό κατάστρωμα. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί ώστε να μην προκαλείται μετατόπιση των φορτίων των βαρέων οχημάτων κατά τη διέλευση πάνω από τη ζώνη αυτή.

4.10 Νησίδες διαχωρισμού

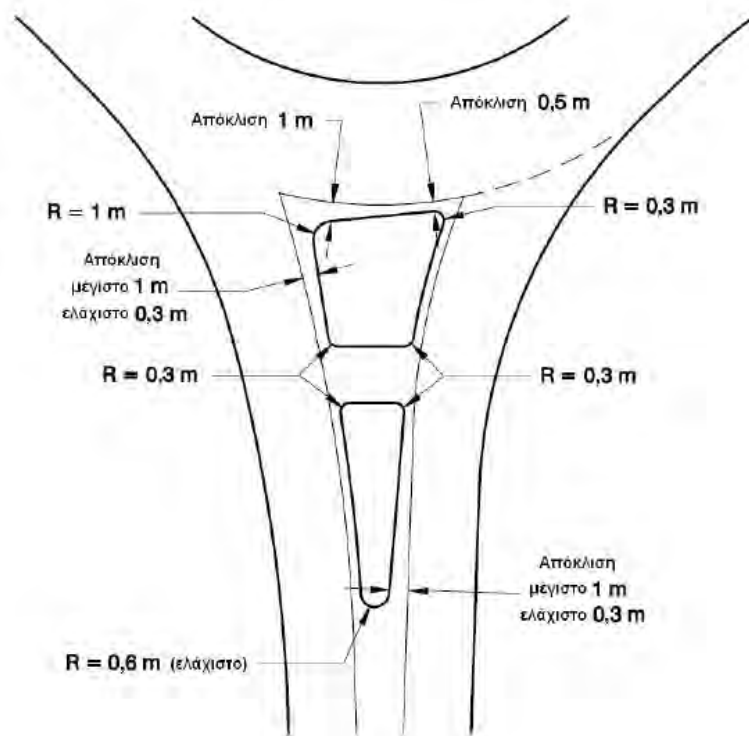
Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 2, ο ρόλος των διαχωριστικών νησίδων είναι να παρέχουν χώρο αναμονής στους πεζούς και τους λοιπούς χρήστες του κόμβου, να συμβάλλουν στη ρύθμιση της ταχύτητας, να καθοδηγούν την πορεία των οχημάτων προς τον κυκλικό κόμβο, να διαχωρίζουν την εισερχόμενη από την εξερχόμενη κυκλοφορία, να αποτρέπουν λανθασμένες κινήσεις (π.χ. αριστερές στροφές μπροστά από την κεντρική νησίδα) και να παρέχουν χώρο για την τοποθέτηση πινακίδων (NCHRP, 2010).

Η διαχωριστική νησίδα σχηματίζεται από τις εσωτερικές οριογραμμές εισόδου και εξόδου. Θα πρέπει να έχει επαρκές μήκος και κατάλληλη μορφή ώστε να εξυπηρετούνται οι πεζοί, να προετοιμάζονται οι επερχόμενοι οδηγοί για τη γεωμετρία του κόμβου και να αποτρέπονται οι κατά λάθος είσοδοι της εξερχόμενης κυκλοφορίας στο αντίθετο ρεύμα της εισερχόμενης κυκλοφορίας. Το μήκος της είναι κατ' ελάχιστο 15m και συνήθως είναι 30m, ενώ σε περιοχές υψηλών ταχυτήτων επεκτείνεται στα

45m. Επίσης, η διαχωριστική νησίδα θα πρέπει να διαθέτει την κατάλληλη καμπυλότητα, ώστε να αποφεύγονται τυχόν προσκρούσεις των επερχόμενων οχημάτων απευθείας πάνω στην κεντρική νησίδα, καθώς και να αποτρέπεται οποιαδήποτε λανθασμένη αριστερόστροφη κίνηση των οχημάτων μπροστά από αυτήν.



Σχήμα 4.22 Διαστάσεις νησίδας διαχωρισμού και διακοπή πεζοδιάβασης (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)



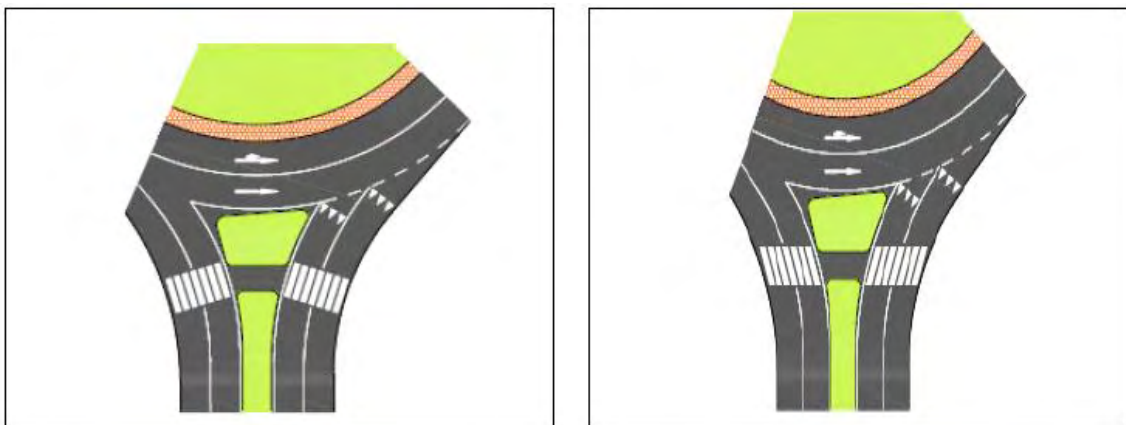
Σχήμα 4.23 Μορφή υπερυψωμένης νησίδας διαχωρισμού (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

4.11 Πεζοδιαβάσεις και πεζοδρόμια

Οι διαβάσεις εγκάρσια στους κλάδους πρόσβασης θα πρέπει να τοποθετούνται και να διαστασιολογούνται με τρόπο που να ευνοούν την άνετη και ασφαλή διέλευση των πεζών.

Εν γένει, όταν οι διαβάσεις βρίσκονται μακριά από την περίμετρο του K^3 , τότε οι πεζοί ωθούνται σε επιλογή διαδρομής εκτός διαβάσεων με σκοπό τη συντομότερη μετακίνησή τους. Η τοποθέτηση των πεζοδιαβάσεων στις εισόδους του κόμβου επηρεάζει επίσης το σημείο συσσώρευσης οχημάτων προ του κόμβου, ενώ η τοποθέτησή τους στις εξόδους επηρεάζει το σημείο μέχρι το οποίο θα δημιουργηθεί ουρά εντός του δακτυλίου κατά την αναμονή για διέλευση των πεζών. Γενικά, συνιστάται οι διαβάσεις να τοποθετούνται σε αποστάσεις πολλαπλάσιες του μέσου μήκους οχήματος από την περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας. Ιδανικά, αυτή η απόσταση θα πρέπει να καλύπτει το μήκος τουλάχιστον ενός τυπικού μικρού επιβατηγού οχήματος και της απόστασής του από το όχημα που ακολουθεί, δηλαδή συνολικά περίπου 6m.

Βασική προτεραιότητα αποτελούν η θέση και το μήκος της πεζοδιάβασης. Η διάβαση θα πρέπει να έχει το κατάλληλο μήκος, ώστε να διασφαλίζεται ο ελάχιστος απαιτούμενος χρόνος διέλευσής της από τους πεζούς, μειώνοντας έτσι τις πιθανότητες έκθεσης και σύγκρουσής τους με τη μηχανοκίνητη κυκλοφορία. Δύο διαφορετικές διατάξεις για τις εγκάρσιες πεζοδιαβάσεις παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 4.24.

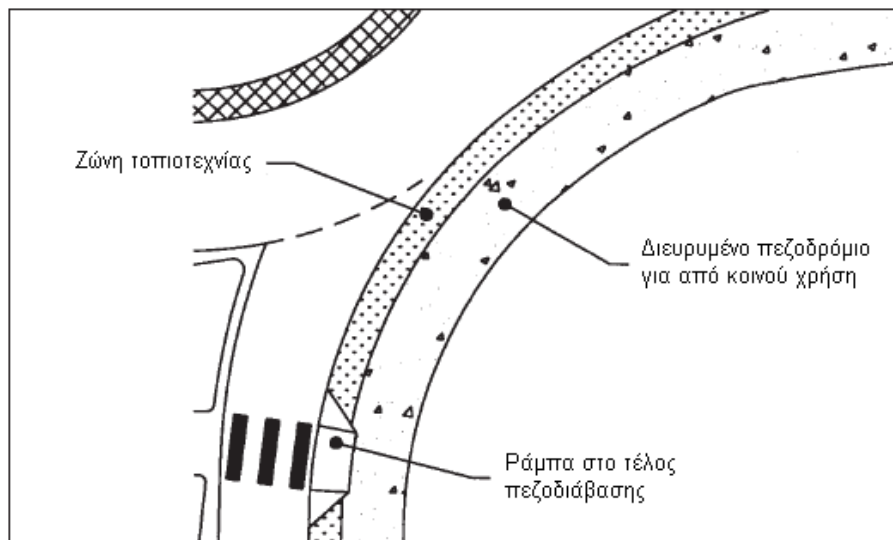


Σχήμα 4.24 Αριστερά: Πεζοδιαβάσεις κάθετες στις οριογραμμές των κλάδων εισόδου και ευθυγραμμισμένες με τη ροή της κυκλοφορίας (προτιμώμενη διάταξη), Δεξιά: Πεζοδιαβάσεις κάθετες στον κεντρικό άξονα των κλάδων εισόδου (μη προτιμώμενη διάταξη) (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)

Ακόμη, οι πεζοδιαβάσεις θα πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να επωφελούνται από τις διαχωριστικές νησίδες, οι οποίες παρέχουν χώρο αναμονής για

τους πεζούς. Σε περίπτωση τοποθέτησης των διαβάσεων σε αρκετή απόσταση από τη γραμμή εισόδου, θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για επιμήκυνση της διαχωριστικής νησίδας. Η κεντρική νησίδα συνιστάται να διακόπτεται και η πεζοδιάβαση να διέρχεται ισόπεδα, αντί να κατασκευάζονται ράμπες. Επίσης, στο σημείο εκείνο η νησίδα θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 1,8m, ώστε να παρέχει καταφύγιο προστασίας σε πεζούς και ΑμΕΑ κατά την αναμονή τους, πριν να διασχίσουν και το οδόστρωμα της άλλης κατεύθυνσης κυκλοφορίας. Ράμπες συνιστάται να κατασκευάζονται στο τέλος κάθε πεζοδιάβασης, ώστε να τη συνδέουν με τις υπόλοιπες πεζοδιαβάσεις του κόμβου και με το δίκτυο πεζοδρομίων. Το πλάτος της διάβασης θα πρέπει να επιτρέπει την άνετη διέλευση τόσο από πεζούς όσο και από άλλους ευαίσθητους χρήστες, όπως από άτομα σε αναπηρικά αμαξίδια ή από πεζούς που περπατούν με ποδήλατο.

Στην οριζόντια σήμανση καλό είναι να προστίθεται και το σήμα παραχώρησης προτεραιότητας.

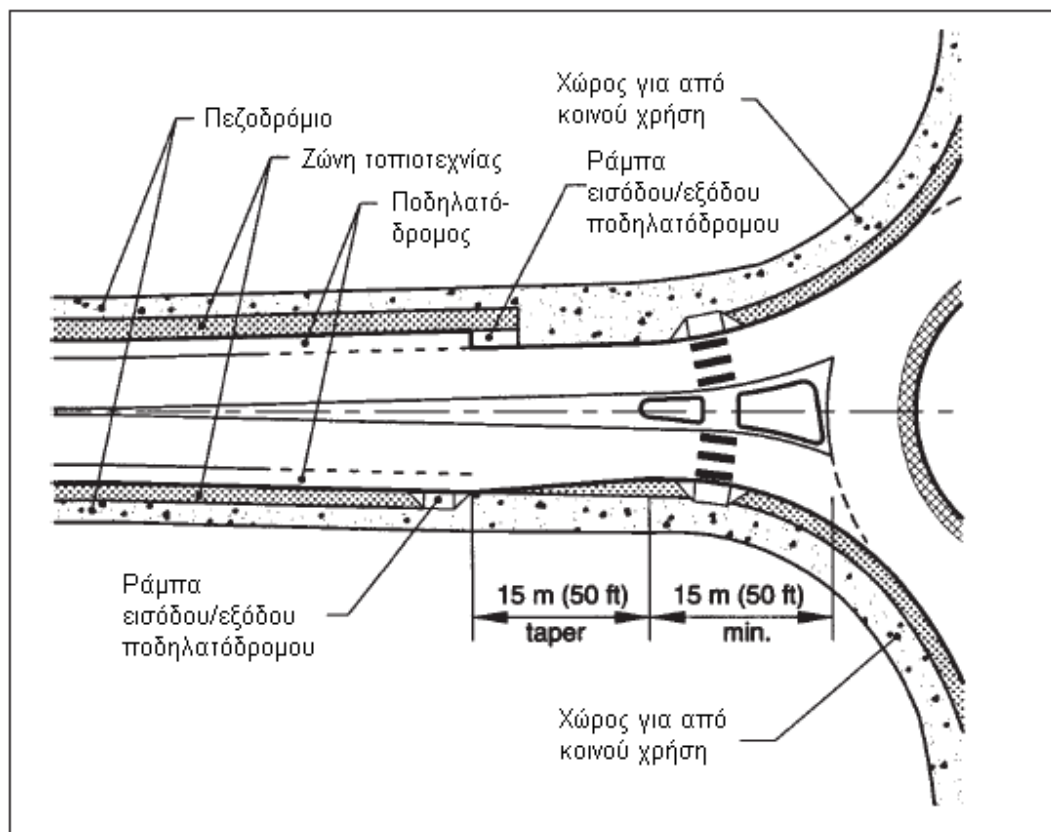


Σχήμα 4.25 Διαμόρφωση πεζοδρομίου στην περίμετρο του Κ³ (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)

Όπου είναι εφικτό, τα πεζοδρόμια θα πρέπει να κατασκευάζονται πίσω από την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού καταστρώματος, έτσι ώστε να αποθαρρύνουν τους πεζούς να διασχίσουν το οδόστρωμα κατευθυνόμενοι προς την κεντρική νησίδα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υπερβατή περιμετρική ζώνη στην οποία μπορούν να κινηθούν ή κάποιο μνημείο επί της κεντρικής νησίδας που θα επιλέξουν να επισκεφθούν. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, η ζώνη ανάμεσα στο πεζοδρόμιο και την οριογραμμή του οδοστρώματος συνιστάται να διαμορφώνεται με φύτευση χαμηλού πρασίνου. Επίσης, ο σχεδιασμός των πεζοδρομίων οφείλει να βοηθά τους πεζούς και κυρίως αυτούς με προβλήματα όρασης να αντιληφθούν την ύπαρξη των πεζοδιαβάσεων και να μην επιχειρήσουν διέλευση του οδοστρώματος από οποιοδήποτε άλλο σημείο.

4.12 Διαμορφώσεις για ποδήλατα

Βασικός στόχος του γεωμετρικού σχεδιασμού σχετικά με τους χρήστες ποδηλάτων, είναι να παρέχεται η δυνατότητα διέλευσης από τον κόμβο είτε με χρήση του ποδηλάτου σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο είτε πεζή. Στην περίπτωση κατασκευής ποδηλατοδρόμων, οι διαμορφώσεις αυτές θα πρέπει να σταματούν πριν τη γραμμή εισόδου, ώστε να ενθαρρύνεται η ανάμιξη των ποδηλατιστών με τη μηχανοκίνητη κυκλοφορία. Κάτι τέτοιο επιδιώκεται κυρίως σε μικρούς κυκλικούς κόμβους, όπου οι ταχύτητες κίνησης των οχημάτων είναι μικρές και παρέχεται η απαραίτητη ασφάλεια για την ταυτόχρονη και στον ίδιο χώρο κυκλοφορία τους με τα ποδήλατα. Η κατασκευή λωρίδας για ποδηλατιστές στην εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού καταστρώματος θα οδηγούσε σε συγκρούσεις ανάμεσα στα εξερχόμενα οχήματα και τα κινούμενα εντός του κόμβου ποδήλατα, καθώς και ανάμεσα στα εισερχόμενα οχήματα που παραβλέπουν να παραχωρήσουν προτεραιότητα στα εντός του κόμβου κινούμενα ποδήλατα.



Σχήμα 4.26 Δυνατές διαμορφώσεις για χρήστες ποδηλάτων σε κυκλικό κόμβο μία λωρίδας (NCHRP, 2010, ίδια επεξεργασία)

Για όσους επιθυμούν να κινηθούν ως πεζοί, συνίσταται η κατασκευή διευρυμένου πεζοδρομίου ή διαμορφωμένου χώρου για χρήση από κοινού με τους πεζούς, φυσικά διαχωρισμένου από το κυκλικό κατάστρωμα. Οι χώροι αυτοί θα πρέπει να συνδέονται

με κατάλληλες ράμπες με τους υφιστάμενους ποδηλατοδρόμους και το υπόλοιπο οδόστρωμα, στα σημεία εισόδων και εξόδων από αυτό. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στο σχεδιασμό των ραμπών αυτών, ώστε να μην παρερμηνεύονται από τους πεζούς ως πεζοδιαβάσεις και να μην επιτρέπουν είσοδο και έξοδο σε και από το οδόστρωμα με μεγάλες ταχύτητες.

Δύο βασικές αρχές είναι αναγκαίο να διέπουν την κατασκευή και τη λειτουργία ποδηλατοδρόμου, διαχωρισμένου από το κυκλικό κατάστρωμα, ο οποίος διαθέτει διαβάσεις παράλληλες των πεζοδιαβάσεων στους κλάδους πρόσβασης. α) Προτεραιότητα εντός του αστικού ιστού διαθέτουν οι ποδηλάτες, β) Εκτός αστικού ιστού, προτεραιότητα διαθέτουν τα οχήματα. Βέβαια, είναι φανερό πως η προτεραιότητα των ποδηλατών εντός του πολεοδομικού ιστού είναι θέμα, το οποίο εγείρει πολλαπλές δυσκολίες κατά την εφαρμογή του και συχνά τελικά δεν εφαρμόζεται επί του πρακτέου. Έρευνα του Ινστιτούτου Κυκλοφοριακής Τεχνικής και Συγκοινωνιακών Υποδομών (CROW) της Ολλανδίας, αναφέρει πως οι ποδηλάτες βρίσκονται σε μειονεκτική θέση, με τους οδηγούς αυτοκινήτων και μοτοσυκλετών να μην επιδεικνύουν την αρμόζουσα συμπεριφορά και υπομονή και να μην παραχωρούν προτεραιότητα στους ποδηλάτες (SWOV, 2012).

4.13 Υψομετρική διαμόρφωση και αποχέτευση καταστρώματος Κ³

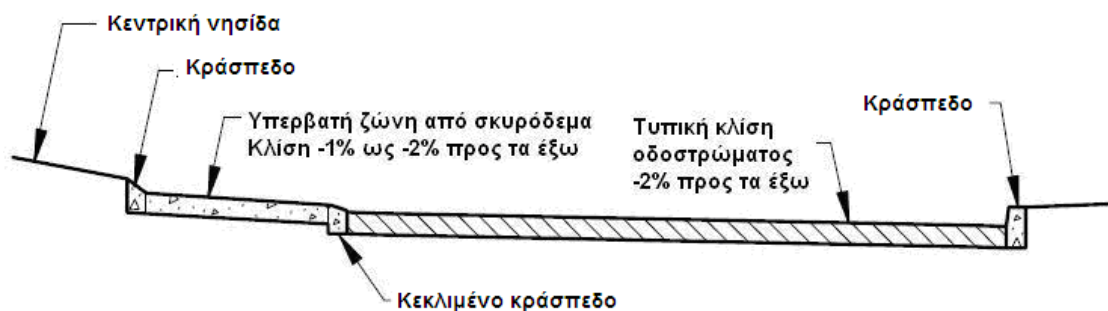
Καθώς ο κόμβος αναπτύσσεται συνήθως σε σχεδόν οριζόντιο έδαφος, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την αποχέτευση του καταστρώματος του δακτυλίου. Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ Κ³, συνιστάται ολόκληρος ο δίσκος του κόμβου να διαμορφώνεται με κλίση 0,5 έως 1,0%, ώστε να διασφαλίζεται η καθοδήγηση της απορροής προς συγκεκριμένη θέση φυσικού ή τεχνητού αποδεκτή. Παράλληλα, η ελάχιστη κλίση κατά μήκος των τυχόν πλευρικών ρείθρων θα πρέπει να διασφαλίζει τον αυτοκαθαρισμό αυτών από φερτά συντρίμματα, ο οποίος μπορεί να επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη επαρκούς ταχύτητας ροής εντός των ρείθρων.

Σε περίπτωση που ανάγλυφο του εδάφους δεν προσφέρει τη δυνατότητα εφαρμογής των προαναφερόμενων ήπιων κλίσεων, τότε ο Κ3 επιτρέπεται να κατασκευάζεται ως με σταθερή μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση 4% κατά μήκος δύο κάθετων μεταξύ τους διαμέτρων και κατά προτίμηση μόνο στη μια εξ' αυτών, αν είναι δυνατό. Γενικά, δεν παρατηρούνται προβλήματα σχεδιασμού σε κόμβους που κατασκευάζονται σε έδαφος με κλίση μικρότερη από 3%.

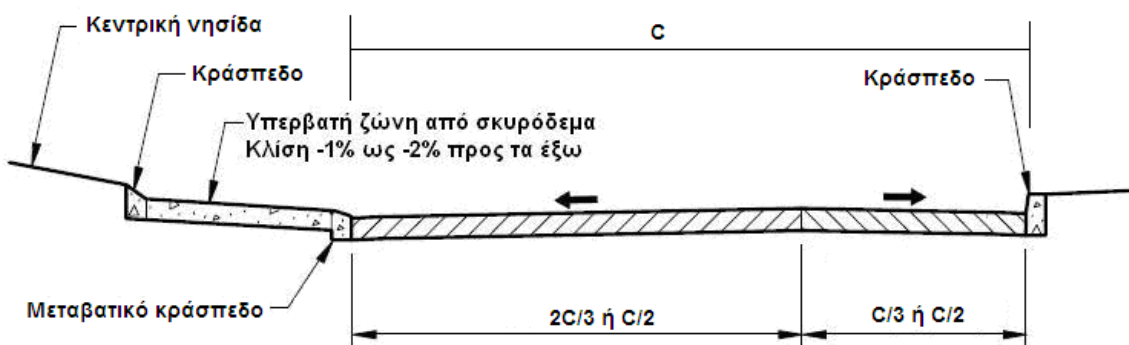
Οι κλάδοι πρόσβασης δεν επιτρέπεται να έχουν κατά μήκος κλίση μεγαλύτερη από 2,5%, τουλάχιστον σε μήκος 12 m (επιθυμητό 20 m) από την περίμετρο του δακτυλίου. Στις εξόδους η κλίση μπορεί να είναι ελαφρά μεγαλύτερη, με μέγιστη τιμή 4%. Αν

απαιτούνται εκτεταμένες επεμβάσεις για την υψομετρική διαμόρφωση του κόμβου, τότε συνιστάται αυτές να γίνονται κατά προτεραιότητα στους κλάδους πρόσβασης, ώστε η περιοχή του δακτυλίου κυκλοφορίας να έχει καλύτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (ΟΜΟΕ Κ³, 2011).

Σε περιπτώσεις κόμβου με δακτύλιο κυκλοφορίας μίας λωρίδας συνηθίζεται το οδόστρωμα να είναι μονοκλινές, με κλίση 2 έως 2,5% προς την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου. Σε κόμβους με δακτύλιο δύο λωρίδων μπορεί να κατασκευαστεί και δικλινές οδόστρωμα, με σημείο αλλαγής της επίκλισης στα 2/3 ή το 1/2 του πλάτους του δακτυλίου, μετρούμενο από την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας. Αυτές οι δύο διαμορφώσεις απεικονίζονται στα σχήματα 4.27 και 4.28. Σε δακτυλίους περισσότερες λωρίδες πρέπει να εφαρμόζεται πάντα η δικλινής επιφάνεια κυκλοφορίας.



Σχήμα 4.27 Μονοκλινές οδόστρωμα, με υπερβατή ζώνη στην κεντρική νησίδα (ΟΜΟΕ Κ³, 2011).



Σχήμα 4.28 Δικλινές οδόστρωμα, με υπερβατή ζώνη στην κεντρική νησίδα, εφαρμόζεται σε δακτύλιο με 2 ή 3 λωρίδες κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ Κ³, 2011).

Τα φρεάτια υδροσυλλογής θα πρέπει να τοποθετούνται στην εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου του κόμβου και σε κάθε περίπτωση ανάντι των πεζοδιαβάσεων. Αντίστοιχα σε περίπτωση απορροής προς την κεντρική νησίδα, τα φρεάτια, που τοποθετούνται στην εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου, θα πρέπει να συνδέονται κατάλληλα με το

σύστημα απορροής της περιφέρειας, ώστε τελικά η ροή στους αγωγούς να οδηγείται προς την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας.

5. Στοιχεία εξοπλισμού Κ³

Πέραν του βασικού γεωμετρικού σχεδιασμού ενός κυκλικού κόμβου, για να ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός του κόμβου θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο εξοπλισμός του κόμβου. Τα στοιχεία εξοπλισμού του κόμβου τοποθετούνται επί της οδού ή παρά την οδό και συμβάλλουν στη βελτίωση του επιπέδου λειτουργικότητας του κόμβου, στην οδική ασφάλεια, στην έγκαιρη αναγνώριση του κόμβου από τους χρήστες του και στην κατάλληλη πληροφόρηση τους, καθώς επίσης στην καλύτερη ενσωμάτωση του κόμβου στο περιβάλλον του ή απλά στην ενίσχυση της αισθητικής του.

Τέτοια στοιχεία εξοπλισμού μπορεί να είναι:

- Η οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση
- Ο ηλεκτροφωτισμός του κόμβου
- Η διαμορφωμένη τοπιοτεχνία

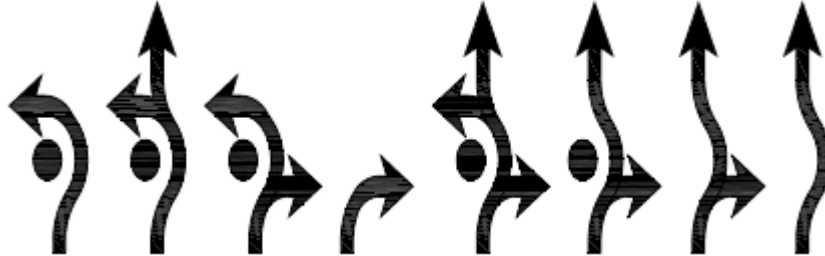
Οι εξοπλισμοί αυτοί θα πρέπει να υλοποιούνται στο ελάχιστο αναγκαίο επίπεδο για λόγους λειτουργικότητας και ασφάλειας. Συνεπώς ο μελετητής οφείλει να διατάσσει τα στοιχεία εξοπλισμού στο χώρο με σύνεση, ειδικά σε αστικές περιοχές όπου οι χρήστες της οδού λαμβάνουν πληθώρα πληροφοριών και ερεθισμάτων.

5.1 Οριζόντια σήμανση

Η οριζόντια σήμανση των κυκλικών κόμβων αφορά στην οριοθέτηση των εισόδων, των εξόδων και του κυκλικού καταστρώματος του κόμβου, καθοδηγώντας πεζούς και κινούμενα οχήματα. Πιο συγκεκριμένα, η οριζόντια σήμανση περιλαμβάνει τις γραμμές εισόδων, τις γραμμές λωρίδων, τις οριογραμμές, βέλη, γράμματα, σύμβολα και σήμανση στις πεζοδιαβάσεις (NCHRP, 2010).

Με τη χρήση βελών χρήσης λωρίδων ανά προορισμό και της διαμήκου διαγράμμισης διαχωρισμού λωρίδων και κατευθύνσεων κυκλοφορίας επιτυγχάνεται η ασφαλής διευθέτηση της κυκλοφορίας στον Κ³.

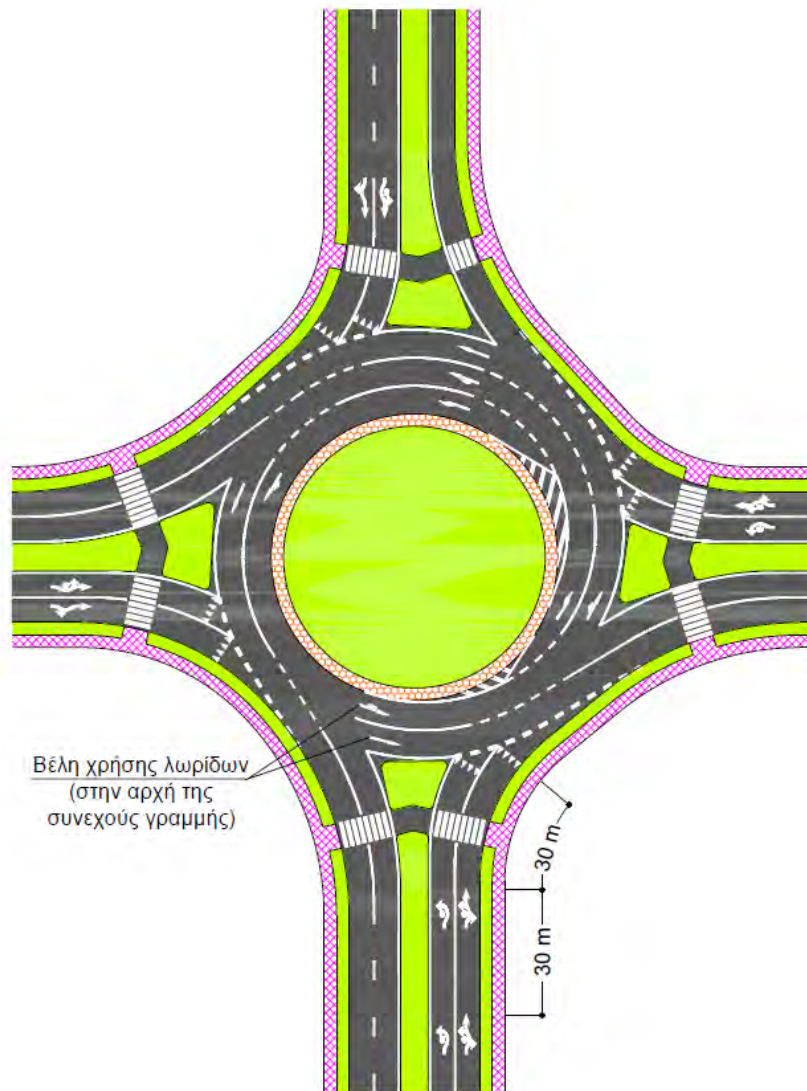
Η επισήμανση των λωρίδων κυκλοφορίας με συνεχείς γραμμές λευκού χρώματος είναι απαραίτητη στους κλάδους προσέγγισης και αποχώρησης, καθώς και εντός του κυκλικού καταστρώματος, για το διαχωρισμό των επιμέρους ρευμάτων που χρησιμοποιούν το οδόστρωμα και την αποφυγή επικίνδυνης αλλαγής λωρίδας, κυρίως σε κόμβους πολλαπλών λωρίδων. Γενικά, οι απλές συνεχείς γραμμές προτιμώνται ώστε να αποθαρρύνονται οι οδηγοί σε αλλαγές μεταξύ λωρίδων.



Σχήμα 5.1 Βέλη υπόδειξης χρήσης λωρίδων ανάλογα με τον προορισμό (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Η τοποθέτηση των βελών χρήσης λωρίδων γίνεται σε κατάλληλα σημεία, ώστε οι οδηγοί να ειδοποιούνται έγκαιρα για τους κανόνες χρήσης του κόμβου και επαναλαμβάνονται όπου κρίνεται απαραίτητο. Τα βέλη που βρίσκονται κοντά στο δακτύλιο κυκλοφορίας τοποθετούνται σε απόσταση 30 m από την περίμετρό του, μετρούμενα κατά μήκος του άξονα του κλάδου πρόσβασης. Τοποθετούνται, επίσης, βέλη σε απόσταση 50 – 60 m από τα προηγούμενα. Οι θέσεις των βελών παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 4.2. Προαιρετικά, μπορεί να τοποθετηθούν επαναληπτικά βέλη σε απόσταση 5 m από την περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Τα βέλη χρήσης λωρίδων είναι σημαντικό να μην προκαλούν σύγχυση, ειδικά στην περίπτωση των αριστερών λωρίδων. Έχουν σημειωθεί αρκετές περιπτώσεις κατά τις οποίες ο οδηγός εκλαμβάνει τα συμβατικά βέλη (προς τα αριστερά ως υπόδειξη για δυνατότητα αριστερής στροφής αμέσως μετά το τέλος της νησίδας διαχωρισμού. Για αυτό το λόγο θα εφαρμόζονται οι βελτιωμένες εκδοχές των βελών χρήσης λωρίδων (βλ. σχήμα 4.1), που υποδεικνύουν το πέρασμα της κεντρικής νησίδας ως προϋπόθεση για την αριστερή στροφή.



Σχήμα 5.2 Τυπική οριζόντια σήμανση Κ³ με βέλη χρήσης λωρίδων (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Οι γραμμές εισόδου χρησιμοποιούνται για να διαχωρίσουν τον κλάδο εισόδου από το κυκλικό κατάστρωμα και τοποθετούνται κατά μήκος του εγγεγραμμένου στον κόμβο κύκλου, ενώ δε χρησιμοποιούνται αντίστοιχες γραμμές για να διαχωρίσουν το κυκλικό κατάστρωμα από τις εξόδους. Στην απλούστερη μορφή της η γραμμή εισόδου αποτελεί μία λευκή διακεκομμένη γραμμή, ενώ σε πολλές χώρες απαρτίζεται από μία σειρά από λευκά ισοσκελή τρίγωνα.

Σε περίπτωση K³ μορφής σπειροειδούς δακτυλίου κυκλοφορίας (turbo K3) εφαρμόζεται ειδική διαγράμμιση.

Η διαγράμμιση των πεζοδιαβάσεων θα πρέπει να είναι ορατή και αναγνωρίσιμη από τους οδηγούς. Συνιστώνται οι διαγραμμίσεις τύπου «ζέβρας», με τις γραμμές να ευθυγραμμίζονται με τη ροή της κυκλοφορίας, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4.11.

5.2 Κατακόρυφη σήμανση

Η γενική έννοια της σήμανσης των κυκλικών κόμβων είναι παρόμοια με τη σήμανση άλλων τύπων διασταυρώσεων. Ο κατάλληλος ρυθμιστικός έλεγχος, η έγκαιρη προειδοποίηση και η σωστή καθοδήγηση ενισχύουν και υποστηρίζουν τις προσδοκίες των οδηγών. Οι πινακίδες πρέπει να βρίσκονται εκεί όπου έχουν τη μέγιστη ορατότητα για τους χρήστες του οδικού δικτύου, αλλά ελάχιστη πιθανότητα να αποκρύψουν ακόμη και στιγμιαία τους ευάλωτους χρήστες, συμπεριλαμβανομένων των πεζών, των μοτοσικλετιστών και των ποδηλατών. Οι ανάγκες σήμανσης είναι διαφορετικές για αστικές και αγροτικές περιοχές, καθώς και για τις διαφορετικές κατηγορίες κυκλικών κόμβων.

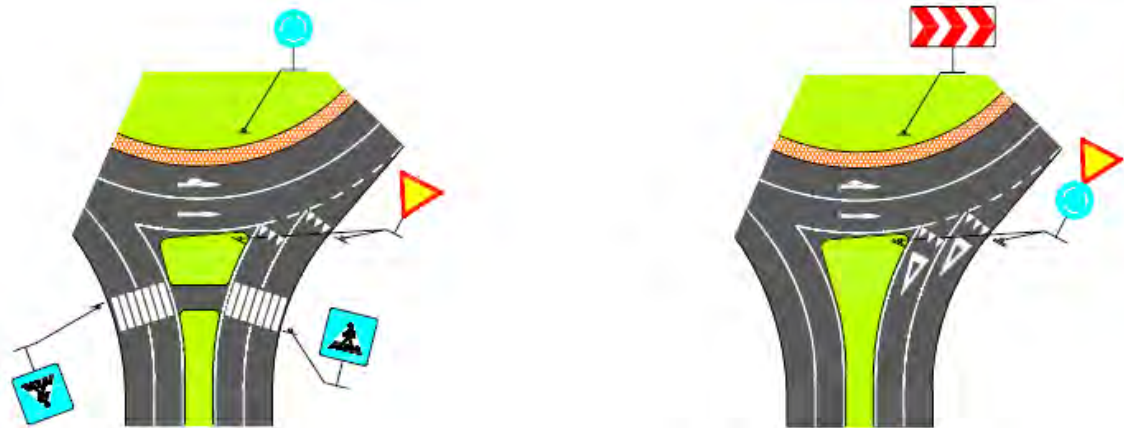
Η κατακόρυφη σήμανση σε K³ διακρίνεται σε δύο γενικές κατηγορίες που είναι:

- i. Πινακίδες ρυθμιστικές του ΚΟΚ (είδος κόμβου, παρουσία πεζοδιάβασης, κανόνες προτεραιότητας)
- ii. Πινακίδες πληροφοριακές για τις πορείες ανά προορισμό

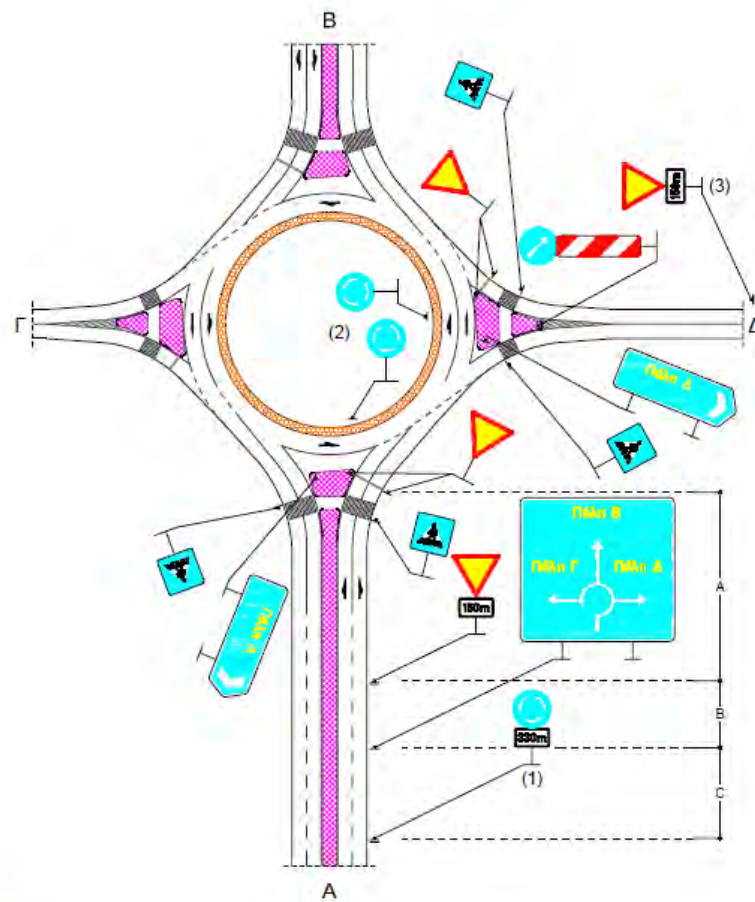
Χαρακτηριστικό υπόδειγμα κατακόρυφης σήμανσης παρουσιάζεται στο σχήμα 4.4, για κόμβο με δακτύλιο κυκλοφορίας 2 λωρίδων.




Στην περίπτωση σημαντικών αρτηριών, με δυο ή περισσότερες λωρίδες ανά κατεύθυνση, μετά από την πινακίδα προαναγγελίας του K³, συνιστάται η εγκατάσταση πινακίδων χρήσης λωρίδων πλευρικά της οδού ή πάνω από την οδό σε πρόβολο και σε απόσταση από τον κόμβο συμβατή με την ταχύτητα σχεδιασμού της οδού πρόσβασης.

Η εφαρμογή της κατακόρυφης και οριζόντιας σήμανσης σε προσβάσεις K³ σε αστικές και υπεραστικές περιοχές ακολουθεί τα υποδείγματα του επόμενου σχήματος 4.3



Σχήμα 5.3 Κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση σε κλάδο πρόσβασης σε αστική ή υπεραστική περιοχή με πεζοδιάβαση (αριστερά) και σε υπεραστική περιοχή (δεξιά)



-  Υπεριψωμένη νησίδα
 Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας
 (1) Τοποθετείται εφόσον δεν προβλέπεται πληροφοριακή πινακίδα αναγγελίας δυνατών κατευθύνσεων
 (2) Αντί των πινακίδων P-53 του ΚΟΚ μπορεί να τοποθετούνται οι πινακίδες Π-54 (βλ. ΟΜΟΕ-ΚΣΟ), ειδικά σε υπεραστικούς κόμβους 
 (3) Πριν από τη θέση της πινακίδας εφαρμόζονται αντίστοιχα η πινακίδα P-53 και η πληροφοριακή όπως δείχνεται στο σκέλος Α

Σχήμα 5.4 Κατακόρυφη σήμανση σε προσβάσεις Κ3 μιας ή δυο λωρίδων (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

5.3 Οδοφωτισμός

Ο φωτισμός των Κ³ θα πρέπει να προσφέρει τη δυνατότητα σε όλους τους χρήστες να αναγνωρίζουν τη διάταξη του κόμβου, καθώς και την παρουσία και πορεία των υπολοίπων χρηστών. Λόγω της καμπύλης τροχιάς και της συνεχούς αλλαγής στη διεύθυνση των οχημάτων, η αποτελεσματικότητα των προβολέων των οχημάτων είναι μειωμένη, καθιστώντας τον οδοφωτισμό εξαιρετικά κρίσιμης σημασίας.

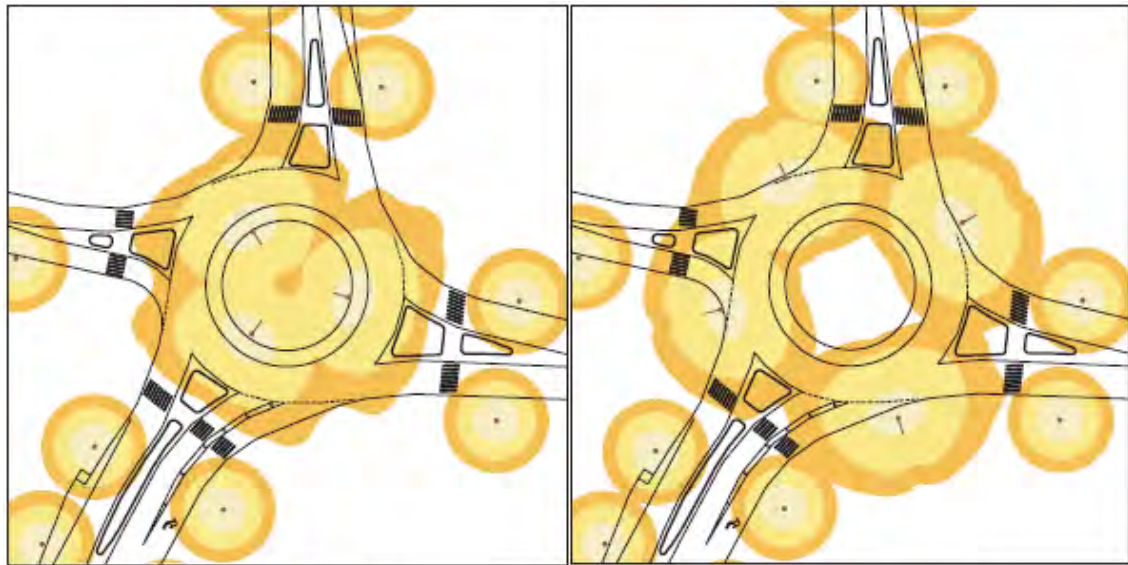
Γενικά, συνιστώνται τα ακόλουθα:

- Ο συνολικός φωτισμός του κόμβου θα πρέπει να είναι περίπου ίσος με το άθροισμα των επιπέδων φωτισμού των συμβαλλουσών οδών
- Αν δεν υπάρχει συνεχής φωτισμός στις οδούς πρόσβασης θα πρέπει να παρέχεται κατά μήκος αυτών μεταβατικός φωτισμός για να επιτρέπει την ομαλή προσαρμογή του οδηγού κατά την πρόσβαση στον Κ³
- Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού στην κορυφή της νησίδας διαχωρισμού, σε όλα τα σημεία εμπλοκής, όπου η κυκλοφορία εισέρχεται στο ρεύμα κυκλικής κίνησης και σε όλα τα σημεία όπου η κυκλοφορία αποχωρίζεται προς την έξοδο
- Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού στις πεζοδιαβάσεις και στις τυχόν περιοχές συγχώνευσης των ποδηλάτων με την κυκλοφορία των οχημάτων
- Η λήψη προληπτικών μέτρων, ώστε να μην προκαλείται όχληση από το φωτισμό σε γειτνιαζουσες ιδιοκτησίες
- Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού των υπερυψωμένων νησίδων

Σε Κ³ με κυκλοφορία πεζών, οι απαιτήσεις για φωτισμό είναι αυξημένες. Τα επίπεδα φωτισμού εξαρτώνται από το είδος της επιφάνειας οδοστρώματος (π.χ. ασφαλτική), από τη λειτουργική κατάσταση των συμβαλλόμενων οδών και το φόρτο των πεζών. Η ανάγκη φωτισμού ενισχύεται σε περιπτώσεις όπου πιθανόν μία περιοχή κοντά στον κόμβο να είναι αρκετά φωτισμένη ώστε να εμποδίζει την ορατότητα του οδηγού ή όπου αναμένεται μεγάλος όγκος κυκλοφορίας, κυρίως στο αντίθετο ρεύμα, κατά τις βραδινές ώρες.

Είναι επιθυμητό να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν λιγότεροι στύλοι φωτισμού προκειμένου να περιορίζονται τα σταθερά εμπόδια. Συνήθως αυτό επιτυγχάνεται με χρήση υψηλών στύλων και φωτιστικά με μεγάλη ισχύ. Σε περιπτώσεις μεγάλων φόρτων πεζών ενδέχεται να απαιτείται επιπλέον φωτισμός με πρόσθετους στύλους χαμηλού ύψους. Οι στύλοι οδοφωτισμού τοποθετούνται κυρίως στην περίμετρο του κόμβου ή στην κεντρική νησίδα, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5. Συνήθως επιλέγεται ο φωτισμός περιμετρικά του κόμβου, καθώς εξασφαλίζει τη βέλτιστη ορατότητα, ιδιαίτερα σε κρίσιμα σημεία, όπως οι πεζοδιαβάσεις, τα σημεία πιθανών συγκρούσεων των

ρευμάτων της κυκλοφορίας, τα σημεία ύπαρξης πινακίδων και τα κράσπεδα (ΟΜΟΕ Κ³, 2011).

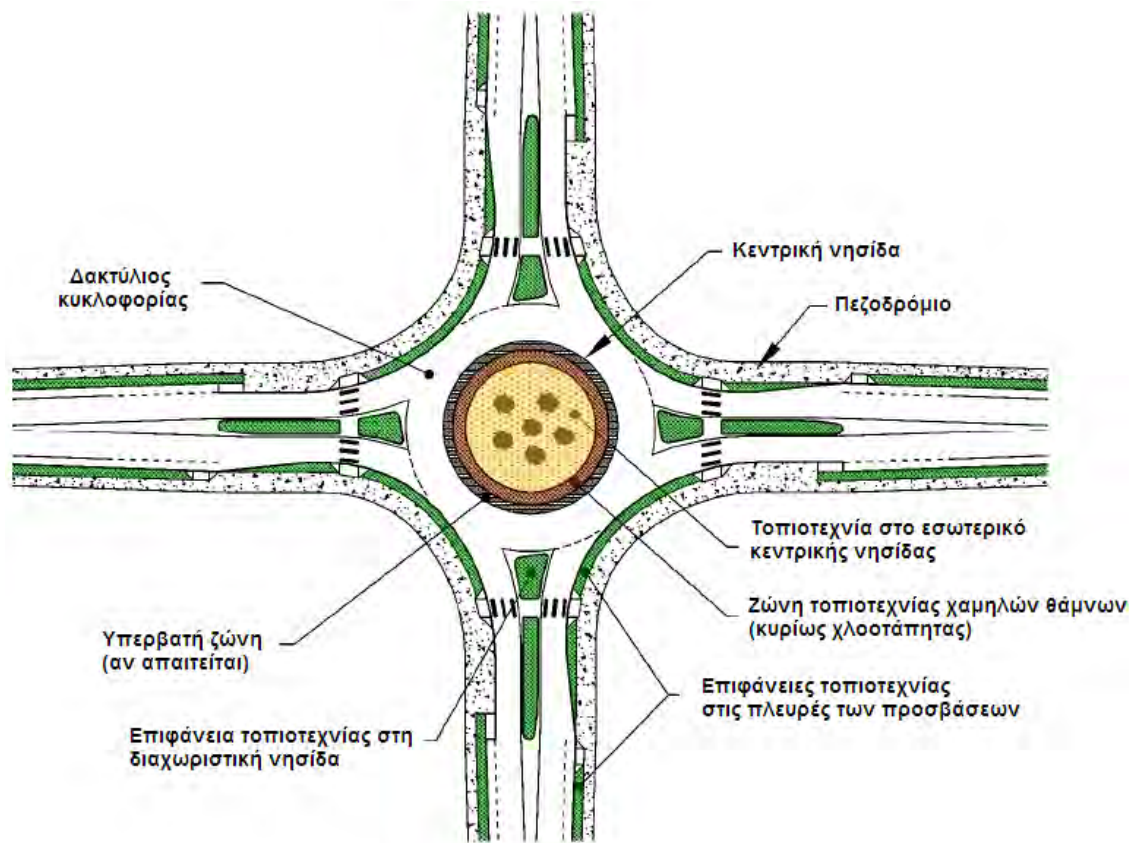


Κεντρικός φωτισμός
Περιμετρικός φωτισμός
Σχήμα 5.5 Φωτομετρική απεικόνιση επιφανειών ανάλογα με διάταξη στύλων (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

5.4 Αισθητική και τοπιοτεχνία

Η κατασκευή των Κ³ συνδέεται, τόσο με τη βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών και της οδικής ασφάλειας, όσο και με την αισθητική αναβάθμιση της περιοχής. Η δημιουργία ελεύθερων χώρων για τοπιοτεχνία είναι από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που παρέχουν οι Κ³ στην προαγωγή της αισθητικής. Οι περιοχές που προσφέρονται για τοπιοτεχνία παρουσιάζονται στο σχήμα 4.6.

Η τοπιοτεχνία στην κεντρική νησίδα μπορεί να βελτιώνει την ασφάλεια του κόμβου, προσδίδοντας σε αυτόν την έννοια του τοπόσημου, εξαναγκάζοντας τη διέλευση με χαμηλές ταχύτητες, διακόπτοντας ταυτόχρονα και τη θάμβωση μεταξύ των οχημάτων που κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Τα στοιχεία της τοπιοτεχνίας πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα, ώστε να παρέχονται οι απαιτούμενες αποστάσεις ορατότητας (βλ. κεφάλαιο 4.2.3). Αντιστρόφως, πρέπει να επιλέγονται στρατηγικές θέσεις για τα στοιχεία της τοπιοτεχνίας, ώστε να περιορίζεται το λογικά υπερβάλλον μέγεθος του ελεύθερου πεδίου ορατότητας και να επιβάλλεται η μείωση των ταχυτήτων.



Σχήμα 5.6 Περιοχές που προσφέρονται για τοπιοτεχνία (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Η τοπιοτεχνία θα πρέπει να γίνεται με τρόπο που να μην εμποδίζει την ορατότητα για τα οχήματα, τους ποδηλάτες και τους πεζούς. Ενδεικτικά, στο επόμενο σχήμα 4.7, παρουσιάζεται μια τομή κατά τη διάμετρο της κεντρικής νησίδας, ενώ πραγματικά παραδείγματα παρουσιάζονται στην εικόνα 4.8.



Σχήμα 5.7 Τυπική τοπιοτεχνία κεντρικής νησίδας με πρόβλεψη για ορατότητα (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)



Εικόνα 5.8 Παραδείγματα αισθητικής διαμόρφωσης κεντρικών νησίδων σε Κ³ (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

6. Λειτουργική Ανάλυση

Η απόφαση για την υλοποίηση ενός K^3 επιβάλλεται να συνοδεύεται από μια λεπτομερή εκτίμηση της απόδοσής του σε επίπεδο λειτουργίας. Δηλαδή, απαιτείται η εκτίμηση της Στάθμης Εξυπηρέτησης στο έτος σχεδιασμού του έργου. Ταυτόχρονα, είναι σημαντικό να παρακολουθείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα η λειτουργικότητα ενός υπάρχοντος K^3 για να εξετάζεται η ενδεχόμενη ανάγκη παρεμβάσεων.

Συνολικά η λειτουργική ανάλυση του συστήματος περιλαμβάνει τους παρακάτω παράγοντες:

- α. Συλλογή δεδομένων
- β. Ανάλυση χωρητικότητας
- γ. Ανάλυση Ταχυτήτων (έχει περιγραφθεί στο κεφ. 4.2.2)
- δ. Ανάλυση καθυστερήσεων

Η ανάλυση χωρητικότητας, καθυστερήσεων και ταχυτήτων μπορεί να γίνει μέσω ειδικών λογισμικών πακέτων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, που εκτελούν προσομοίωση σε μικροσκοπικό επίπεδο, με τη χρήση σχέσεων αλληλεπίδρασης οχημάτων. Σε κάθε περίπτωση, ο μελετητής πρέπει με βάση τους εκτιμώμενους φόρτους και με τη βοήθεια εξισώσεων, να προσδιορίσει τα κάτωθι λειτουργικά μεγέθη που είναι, η χωρητικότητα εισόδου και ο λόγος εξυπηρετούμενου φόρτου προς χωρητικότητα, καθώς και η μέση καθυστέρηση ανά ΜΕΑ, από την οποία προκύπτει η Στάθμη Εξυπηρέτησης. Προσδιορίζεται επίσης το μήκος ουράς (συνήθως για διάστημα εμπιστοσύνης 95%). Στις ΟΜΟΕ K^3 οι εξισώσεις που προσδιορίζουν τα ανωτέρω μεγέθη βασίζονται στην αμερικανική μέθοδο του Highway Capacity Manual (μέθοδος HCM).

Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει ενδεικτικές περιπτώσεις εφαρμογών και εργαλείων ανάλυσης.

Πίνακας 6.1 Εφαρμογές, απαιτούμενοι τύποι και εργαλεία ανάλυσης (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Εφαρμογή	Αποτέλεσμα	Δεδομένα Εισαγωγής	Εργαλείο Ανάλυσης
Προκαταρκτική μελέτη	Αριθμός λωρίδων	Κυκλοφοριακοί φόρτοι	Μέθοδος HCM, λογισμικό ντετερμινιστικής ανάλυσης
Προμελέτη σε Κ ³ με 1 ή 2 λωρίδες	Λεπτομερής διαμόρφωση λωρίδων	Κυκλοφοριακοί φόρτοι, γεωμετρία	Μέθοδος HCM, λογισμικό ντετερμινιστικής ανάλυσης
Προμελέτη σε Κ ³ με 3 λωρίδες	Λεπτομερής διαμόρφωση λωρίδων	Κυκλοφοριακοί φόρτοι, γεωμετρία	Λογισμικό ντετερμινιστικής ανάλυσης
Ανάλυση πεζοδιαβάσεων	Καθυστερήσεις οχημάτων, ουρές οχημάτων, ουρές μεταξύ διασταυρώσεων	Φόρτοι οχημάτων και πεζών, σχεδίαση πεζοδιαβάσεων	Μέθοδος HCM, λογισμικό ντετερμινιστικής ανάλυσης, λογισμικό προσομοίωσης
Ανάλυση Συστήματος	Χρόνοι διαδρομής, καθυστερήσεις και ουρές μεταξύ διασταυρώσεων	Κυκλοφοριακοί φόρτοι, γεωμετρία	Μέθοδος HCM, λογισμικό προσομοίωσης
Δημόσια παρουσίαση	Απεικόνιση συνθηκών χωρίς την κατασκευή και προτεινόμενων εναλλακτικών	Κυκλοφοριακοί φόρτοι, γεωμετρία	Λογισμικό προσομοίωσης

6.1 Λειτουργία Κ³ και βασικές αρχές

Η λειτουργία των κυκλικών κόμβων είναι σχετικά απλή, αν και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση των επιδόσεων μπορούν να είναι αρκετά περίπλοκες. Ορισμένες βασικές αρχές είναι κοινές στις τεχνικές μοντελοποίησης που χρησιμοποιούνται από όλα τα εργαλεία ανάλυσης (NCHRP, 2010):

- Οι οδηγοί πρέπει να παραχωρήσουν προτεραιότητα στα κυκλοφορούντα επί του δακτυλίου οχήματα και να αποδεχθούν κενά στο ρεύμα κυκλοφορίας που κινείται στον δακτύλιο του κόμβου, ώστε να εισέλθουν στον κόμβο. Επομένως, η λειτουργική επίδοση ενός κυκλικού κόμβου επηρεάζεται άμεσα από τον όγκο κυκλοφορίας και τα χαρακτηριστικά αποδοχής κενών.
- Όπως συμβαίνει και με άλλους τύπους διασταυρώσεων, η λειτουργική επίδοση ενός κυκλικού κόμβου επηρεάζεται άμεσα από τη γεωμετρία του.

Οι παρακάτω ενότητες περιγράφουν λεπτομερέστερα αυτές τις αρχές.

6.1.1 Επίδραση κυκλοφοριακού φόρτου και συμπεριφοράς χρηστών

Η χωρητικότητα μιας εισόδου σε κυκλικό κόμβο μειώνεται καθώς αυξάνεται η διασταυρούμενη ροή οχημάτων. Η πρωταρχική διασταυρούμενη ροή είναι η κυκλοφοριακή ροή επί του δακτυλίου που διέρχεται απευθείας μπροστά από την συγκεκριμένη είσοδο. Όταν η διασταυρούμενη ροή προσεγγίζει το μηδέν, η μέγιστη

ροή εισόδου είναι αντίστοιχη με την ροή κορεσμού για μια κίνηση που λαμβάνει πράσινη ένδειξη σε σηματοδοτούμενη διασταύρωση.

Παρουσιάζονται διάφορες πραγματικές συνθήκες που μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια μιας συγκεκριμένης τεχνικής μοντελοποίησης. Ο αναλυτής προειδοποιείται να εξετάσει αυτά τα αποτελέσματα και να καθορίσει εάν αυτά είναι σημαντικά για τον τύπο και τον βαθμό της ανάλυσης που πραγματοποιείται (προκαταρκτική ή οριστική μελέτη). Ορισμένες από αυτές τις συνθήκες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (NCHRP, 2010):

- Επίδραση των εξερχόμενων οχημάτων: Ενώ η ροή επί του δακτυλίου έρχεται σε άμεση σύγκρουση με τη ροή εισόδου, η εξερχόμενη ροή μπορεί επίσης να επηρεάσει την απόφαση του οδηγού σχετικά με το πότε θα εισέλθει στον κυκλικό κόμβο. Το φαινόμενο αυτό είναι παρόμοιο με το αποτέλεσμα κατά την κίνηση δεξιά στρεφόμενου οχήματος που πλησιάζει από την αριστερή πλευρά σε διασταύρωση ελεγχόμενη με στοπ. Μέχρις ότου αυτοί οι οδηγοί ολοκληρώσουν τον ελιγμό εξόδου ή τη δεξιά στροφή, μπορεί να υπάρχει κάποια αβεβαιότητα στο μυαλό του οδηγού που βρίσκεται στη γραμμή εισόδου σχετικά με τις προθέσεις του εξερχόμενου ή στρεφόμενου οχήματος, αν δηλαδή θα στρίψει ή θα συνεχίσει σε ευθεία κίνηση.
- Αλλαγές στην επί της ουσίας προτεραιότητα: Όταν οι φόρτοι στην είσοδο, αλλά και των κυκλικά κινούμενων οχημάτων είναι υψηλοί, η περιορισμένη προτεραιότητα (όπου η κυκλικά κινούμενη κυκλοφορία τροποποιεί την ταχύτητα της για να επιτρέψει την είσοδο των οχημάτων στον κόμβο), η αντιστροφή προτεραιότητας (όπου η εισερχόμενη κυκλοφορία επιβάλλει στην κυκλικά κινούμενη να της παραχωρήσει προτεραιότητα) και άλλες μη-κανονικές συμπεριφορές, οδηγούν στο γεγονός ότι το μοντέλο αποδοχής κενού στην κυκλοφορία δεν μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Περιορισμός χωρητικότητας: Όταν μια προσέγγιση λειτουργεί πάνω από την ικανότητα της κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάλυσης, μπορεί να προκύψει μια κατάσταση γνωστή ως περιορισμός της χωρητικότητας. Κατά τη διάρκεια αυτής της κατάστασης, η πραγματική ροή κυκλοφορίας κατάντι της συμφορημένης εισόδου θα είναι μικρότερη από τη ζήτηση. Η μείωση της πραγματικής ροής οχημάτων μπορεί συνεπώς να αυξήσει την χωρητικότητα των κατάντι εισόδων.

6.1.2 Επίδραση γεωμετρίας κόμβου

Η γεωμετρία, όπως έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 4, παίζει σημαντικό ρόλο στην λειτουργική επίδοση και την κυκλοφοριακή ικανότητα ενός κυκλικού κόμβου με διάφορους τρόπους:

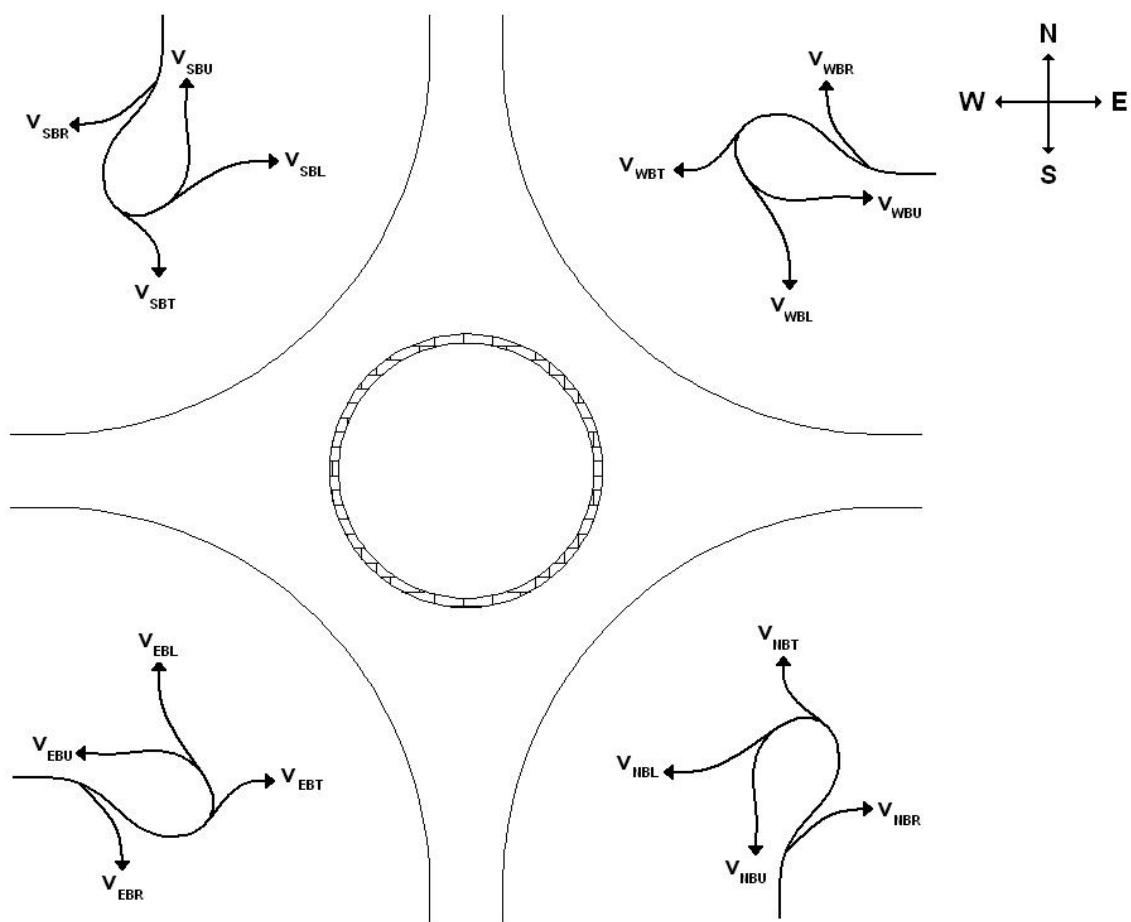
- Επηρεάζει την ταχύτητα των οχημάτων διαμέσου του κόμβου, επηρεάζοντας έτσι τον χρόνο ταξιδιού τους μόνο χάρη στη γεωμετρία (γεωμετρική καθυστέρηση). Η γεωμετρική καθυστέρηση μπορεί να είναι μια σημαντική συνιστώσα στο σχεδιασμό του οδικού δικτύου (ενδεχομένως επηρεάζοντας τον χρόνο ταξιδιού και την επιλογή διαδρομής) ή κατά τη σύγκριση λειτουργιών μεταξύ διαφορετικών τύπων διασταύρωσης, ωστόσο στις ΟΜΟΕ K^3 (μέθοδος HCM) δε λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της χωρητικότητας των εισόδων.
- Ορίζει τον αριθμό των λωρίδων πάνω στις οποίες κυκλοφορούν τα οχήματα στην είσοδο και στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Τα πλάτη του οδοστρώματος και της εισόδου καθορίζουν τον αριθμό των ρευμάτων οχημάτων που μπορεί να σχηματίζονται δίπλα-δίπλα στη γραμμή εισόδου και συνεπώς καθορίζουν το ρυθμό με τον οποίο τα οχήματα μπορούν να εξυπηρετηθούν.
- Μπορεί να επηρεάσει τον βαθμό στον οποίο η ροή σε μια δεδομένη λωρίδα διευκολύνεται ή περιορίζεται. Για παράδειγμα, η γωνία με την οποία εισέρχεται ένα όχημα επηρεάζει την ταχύτητα του οχήματος. Οι κάθετες στον κυκλικό δακτύλιο εισοδοί απαιτούν μικρότερες ταχύτητες και κατά συνέπεια μεγαλύτερες διαδρομές. Ομοίως, η γεωμετρία των εισόδων πολλαπλών λωρίδων μπορεί να επηρεάσει τον βαθμό στον οποίο οι οδηγοί μπορούν με άνεση να εισέρχονται δίπλα ο ένας στον άλλο.
- Μπορεί να επηρεάσει την αντίληψη του οδηγού για τον τρόπο με τον οποίο θα κινηθεί στον κυκλικό κόμβο και την αντίστοιχη επιλογή λωρίδας προσέγγισης. Η ακατάλληλη ευθυγράμμιση λωρίδων μπορεί να αυξήσει τις επικαλύψεις πορειών μεταξύ γειτονικών λωρίδων και έτσι να μειώσει την χωρητικότητα. Οι μη-ισορροπημένες ροές ανά λωρίδα σε μια είσοδο μπορούν να αυξήσουν την καθυστέρηση και την αναμονή σε μια είσοδο παρά το γεγονός ότι η είσοδος λειτουργεί κάτω από τη θεωρητική της χωρητικότητα.

Έτσι, τα γεωμετρικά στοιχεία ενός κυκλικού κόμβου, μαζί με τον όγκο της κυκλοφορίας που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει έναν κυκλικό κόμβο σε δεδομένη χρονική στιγμή, μπορεί να καθορίσουν την αποτελεσματικότητα με την οποία λειτουργεί ένας κυκλικός κόμβος. Αυτά τα στοιχεία αποτελούν τον πυρήνα των κοινώς χρησιμοποιούμενων μοντέλων. Πρόσφατη έρευνα στις Η.Π.Α. έχει προτείνει ότι ενώ οι συνολικές αλλαγές στη γεωμετρία είναι στατιστικά σημαντικές, οι μικρές αλλαγές στη γεωμετρία παίζουν

μικρότερο ρόλο και καλύπτονται από τη μεγάλη διακύμανση στη συμπεριφορά από οδηγό σε οδηγό (NCHRP, 2010).

6.2 Συλλογή Δεδομένων

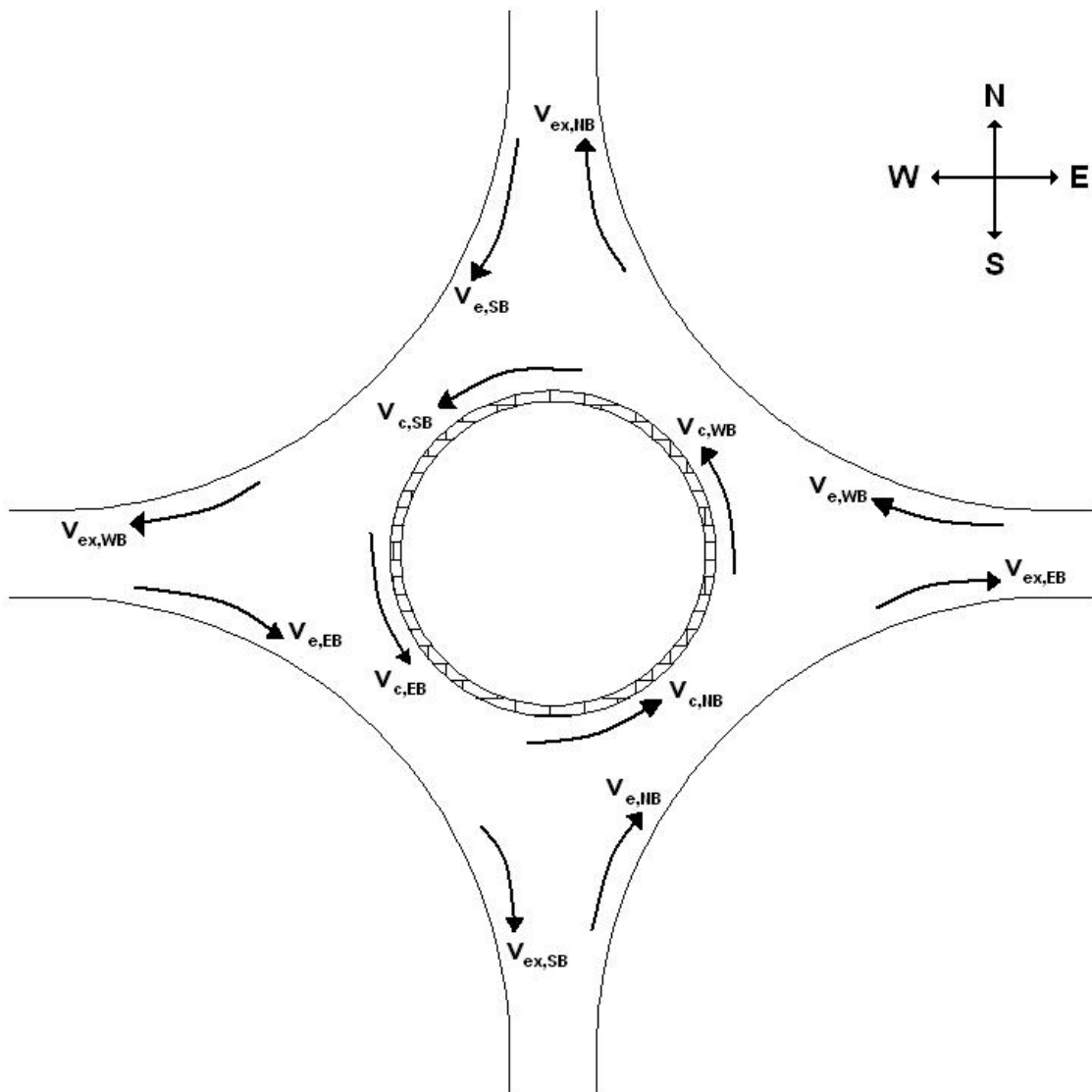
Η συλλογή των κυκλοφοριακών δεδομένων για K^3 γίνεται με αντίστοιχο τρόπο όπως και στην περίπτωση ενός τυπικού ισόπεδου κόμβου. Συλλέγονται δεδομένα φόρτων στρεφουσών κινήσεων ανά κλάδο πρόσβασης και μετατρέπονται σε Μονάδες Επιβατηγών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ) με βάση το ποσοστό βαρέων οχημάτων. Οι μετρούμενοι φόρτοι διαιρούνται με τον Συντελεστή Ωριαίας Αιχμής (ΣΩΑ), ώστε να προκύψουν ωριαίοι φόρτοι (ΟΜΟΕ K^3 , 2011).



Σχήμα 6.1 Φόρτοι κινήσεων ανά κλάδο εισόδου και κατεύθυνση (ΟΜΟΕ K^3 , 2011)

Για τη λειτουργική ανάλυση του K^3 είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι φόρτοι στις εισόδους και εξόδους, καθώς και επί του δακτυλίου κυκλοφορίας. Η συλλογή δεδομένων γίνεται ανά πρόσβαση και με βάση την κατεύθυνση προορισμού. Οι κινήσεις που εκτελούνται σε έναν τυπικό K^3 με 4 κλάδους πρόσβασης παρουσιάζονται στο σχήμα 6.1.

Οι φόρτοι που χρησιμοποιούνται στη λειτουργική ανάλυση φαίνονται στο σχήμα 6.2, που ακολουθεί. Οι φόρτοι αυτοί αποτελούν συνδυασμό των φόρτων που φαίνονται στο σχήμα 6.1, οι οποίοι είναι και οι φόρτοι που λαμβάνονται από τις μετρήσεις.



Σχήμα 6.2 Φόρτοι κινήσεων εισόδου, εξόδου και δακτυλίου κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ Κ3, 2011)

Μετά τη συλλογή των δεδομένων ακολουθεί η ανάλυσή τους, με διάφορες μεθόδους, ανάλογα με το σκοπό της μελέτης (Πίνακας 6.1).

6.3 Ανάλυση Χωρητικότητας

Η χωρητικότητα του K^3 ανά πρόσβαση εξαρτάται από τους διασταυρούμενους φόρτους, την επιθετικότητα των οδηγών και τη γεωμετρία του κόμβου.

Με την προϋπόθεση ότι ισχύει η προτεραιότητα των κινούμενων εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας, μπορεί να υπολογισθούν πιο συγκεκριμένα χωρητικότητες ανά λωρίδα,

για κάθε περίπτωση συνδυασμού αριθμού λωρίδων στην πρόσβαση και στον δακτύλιο, ενώ συνήθως η κυκλοφοριακή ικανότητα της αριστερής λωρίδας πρόσβασης είναι μικρότερη από αυτή της δεξιάς.

Αν υπάρχουν αποκλειστικές λωρίδες δεξιάς στροφής, αντιμετωπίζονται με ξεχωριστή ανάλυση, λαμβάνοντας υπόψη ότι η κίνηση με την οποία αναμένεται εμπλοκή είναι αυτή της εξόδου του επόμενου κλάδου.

Τέλος, ο λόγος φόρτου προς χωρητικότητα (v/c) χρησιμοποιείται ως μέσο για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας του κόμβου κυκλικής κίνησης. Ένας λόγος μέχρι 0,85 θεωρείται ικανοποιητικός και δεν αναμένονται σημαντικά προβλήματα λειτουργίας. Για τιμές άνω του 0,85 συνιστάται να εκτελεστεί ανάλυση ευαισθησίας για την επίπτωση μικρών αλλαγών στις καθυστερήσεις και το σχηματισμό ουρών.

Σε περίπτωση που είναι σκόπιμο να συμπεριληφθεί η επίδραση της παρουσίας πεζών στη χωρητικότητα, θα πρέπει να γίνουν τροποποιήσεις στους υπολογισμούς της χωρητικότητας. Η κυκλοφορία των πεζών μπορεί να μειώσει τη δυνατότητα των οχημάτων να εισέλθουν στον δακτύλιο κυκλοφορίας, αν υπάρχει επαρκής αριθμός πεζών, καθώς οι τελευταίοι διαθέτουν συνήθως την προτεραιότητα κίνησης. Υπό υψηλές ροές συγκρούσεων μεταξύ οχημάτων, οι πεζοί περνούν συνήθως μεταξύ των οχημάτων στην ουρά κατά την είσοδο, με αποτέλεσμα αμελητέο πρόσθετο αντίκτυπο στην χωρητικότητα της εισόδου. Ωστόσο, κάτω από χαμηλές ροές διασταυρούμενων οχημάτων, οι πεζοί μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά ως πρόσθετη διασταυρούμενη ροή και να μειώσουν την χωρητικότητα των εισόδων. Η επίδραση των πεζών είναι πιο έντονη με αυξημένο όγκο πεζών (NCHRP, 2010).

Για όλες τις προαναφερθείσες περιπτώσεις οι ΟΜΟΕ K^3 παρέχουν κατάλληλες εξισώσεις και διαγράμματα που βασίζονται στη μέθοδο HCM, οι οποίες δεν παρατίθενται στη συγκεκριμένη εργασία για λόγους συντομίας.

6.4 Ανάλυση Καθυστερήσεων

Οι καθυστερήσεις κατά τη διέλευση από ένα κόμβο κυκλικής κίνησης είναι από τα σημαντικότερα μεγέθη αξιολόγησης της απόδοσης της διάταξης.

Η καθυστέρηση που ενδιαφέρει είναι η ολική καθυστέρηση, λόγω της παρουσίας κανόνων προτεραιότητας και συγκεκριμένης γεωμετρίας. Σ' αυτό το χρόνο περιλαμβάνεται το άθροισμα των επιπλέον χρόνων σε σχέση με συνθήκες ελεύθερης ροής, ώστε το όχημα να επιβραδύνει για την αναμονή στην ουρά, να αναμένει ένα

αποδεκτό διάκενο αποδοχής για είσοδο στη νέα λωρίδα και να επιταχύνει μετά τη συγχώνευση.

Σε περίπτωση που ο λόγος φόρτου προς χωρητικότητα είναι κοντά στη μονάδα (άνω του 0,90) ο υπολογισμός των καθυστερήσεων γίνεται πιο σύνθετος και τα αποτελέσματα της μεθόδου HCM δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα, ενώ η ακρίβεια επηρεάζεται πολύ από τη διάρκεια της περιόδου ανάλυσης. Γενικά, συνιστάται η περίοδος ανάλυσης να είναι τα 15 λεπτά της ώρας.

Η καθυστέρηση ανά πρόσβαση υπολογίζεται ως σταθμισμένος μέσος των καθυστερήσεων των λωρίδων της, με βάση τους φόρτους τους, συμπεριλαμβανομένης της καθυστέρησης της λωρίδας αποκλειστικής δεξιάς στροφής, αν αυτή υπάρχει. Αντιστοίχως υπολογίζεται και η καθυστέρηση του κόμβου συνολικά, σταθμίζοντας τις καθυστερήσεις των προσβάσεων ανάλογα με τους συνολικούς τους φόρτους.

Αν ο λόγος φόρτου προς χωρητικότητα δεν υπερβαίνει τη μονάδα, η συνολική καθυστέρηση χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της Στάθμης Εξυπηρέτησης. Σε αντίθετη περίπτωση προφανώς η Στάθμη Εξυπηρέτησης είναι επιπέδου F (κατάσταση συμφόρησης).

Η εκτίμηση του μήκους της δημιουργούμενης ουράς οχημάτων σε μία λωρίδα γίνεται με βάση τον λόγο φόρτου προς χωρητικότητα της λωρίδας, τη χωρητικότητα της και την περίοδο ανάλυσης. Το μέγεθος της αναμενόμενης ουράς είναι βοηθητικό και χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό των σκελών πρόσβασης του κόμβου, αναδεικνύοντας κυρίως τις περιπτώσεις που προκαλείται πρόβλημα με τις γειτονικές διασταυρώσεις και την ανάγκη ή όχι δημιουργίας αποκλειστικής λωρίδας για δεξιά στροφή.

7. Οδική Ασφάλεια

7.1 Η ασφάλεια στους Κ³

Η κατασκευή κυκλικών κόμβων αποτελεί μια αποδεδειγμένα αποτελεσματική μέθοδο για τη βελτίωση της ασφάλειας των διασταυρώσεων, εξαλείφοντας ή μεταβάλλοντας τους τύπους συγκρούσεων, μειώνοντας τη σοβαρότητα της σύγκρουσης και αναγκάζοντας τους οδηγούς να μειώσουν ταχύτητα καθώς προσεγγίζουν και διέρχονται μέσα από τους κυκλικούς κόμβους. Οι μειωμένες ταχύτητες των οχημάτων σημαίνουν επίσης μικρές διαφορές ταχύτητας με άλλους χρήστες του δρόμου, προσφέροντας μεγαλύτερο περιθώριο για αντίδραση, αλλά και ηπιότερες επιπτώσεις σε συγκρούσεις. Η κατανόηση του ρόλου ως προς την ασφάλεια των διαφόρων στοιχείων γεωμετρικού σχεδιασμού συναρτήσκει και του επιπέδου κυκλοφορίας θα βοηθήσει τον σχεδιαστή να βελτιστοποιήσει την ασφάλεια όλων των χρηστών του κόμβου, δηλαδή των οχημάτων, των πεζών και των ποδηλάτων. Επιπλέον, η χρήση μοντέλων ασφαλείας διευκολύνει τον σχεδιασμό και το σχεδιασμό κυκλικών κόμβων αξιολογώντας την ασφάλειά τους σε σύγκριση με άλλους τύπους διασταυρώσεων και ποσοτικοποιώντας τις επιπτώσεις στην ασφάλεια των αποφάσεων σχεδιασμού.

Πολλές μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι ένα από τα οφέλη από την εγκατάσταση ενός κυκλικού κόμβου είναι η βελτίωση της συνολικής επίδοσης στην ασφάλεια. Αρκετές μελέτες στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ευρώπη και την Αυστραλία έχουν διαπιστώσει ότι οι κυκλικοί κόμβοι έχουν καλύτερες επιδόσεις από άποψη ασφαλείας από άλλες μορφές διασταυρώσεων. Πρόσφατες έρευνες στις Ηνωμένες Πολιτείες διαπίστωσαν ότι η κατασκευή κυκλικών κόμβων έχει μειώσει τις συχνότητες ατυχημάτων για ένα ευρύ φάσμα περιοχών εφαρμογής (αστικές, περιαστικές και αγροτικές) και για διαφορετικές προηγούμενες μορφές ελέγχου της κυκλοφορίας (ελεγχόμενες με STOP ή σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις). Η βελτίωση είναι ιδιαίτερα εμφανής στον αριθμό ατυχημάτων με τραυματισμό ή/και θάνατο. Το όφελος ως προς την ασφάλεια είναι μεγαλύτερο για τους κυκλικούς κόμβους μικρής και μεσαίας χωρητικότητας από ό, τι για τους κυκλικούς κόμβους μεγάλης διαμέτρου ή πολλών λωρίδων. Ταυτόχρονα, ενώ ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων έχει μειωθεί, η μείωση είναι πιο έντονη για τα οχήματα με κινητήρα, λιγότερο έντονη για τους πεζούς και αμφίβροχη για τους ποδηλάτες και τους μοτοσικλετιστές, ανάλογα και με το κατά πόσο έχουν υπάρξει ειδικές προβλέψεις ασφαλείας κατά το σχεδιασμό για τους χρήστες αυτούς.

Οι λόγοι για το αυξημένο επίπεδο ασφαλείας σε κυκλικούς κόμβους είναι οι εξής (NCHRP, 2010):

- Οι κυκλικοί κόμβοι έχουν λιγότερα σημεία εμπλοκής οχημάτων, σε σύγκριση με άλλου τύπου συμβατικές διασταυρώσεις. Επιπλέον, εμπλοκές αριστερών στροφών, οι οποίες είναι από τις σοβαρότερες, εξαλείφονται στους κυκλικούς κόμβους.
- Οι χαμηλές απόλυτες ταχύτητες που συνδέονται γενικά με τους κυκλικούς κόμβους επιτρέπουν στους οδηγούς περισσότερο χρόνο να αντιδράσουν σε ενδεχόμενες συγκρούσεις, συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση των επιδόσεων ασφαλείας των κυκλικών κόμβων. Οι χαμηλές ταχύτητες των οχημάτων συμβάλλουν στη μείωση της σοβαρότητας των συγκρούσεων, καθιστώντας τους θανάτους και τους σοβαρούς τραυματισμούς ασυνήθιστους σε κυκλικούς κόμβους.
- Επειδή οι περισσότεροι χρήστες του οδικού δικτύου κινούνται με παρόμοιες ταχύτητες στους κυκλικούς κόμβους (δηλαδή έχουν ομοιόμορφες ταχύτητες), η σοβαρότητα της σύγκρουσης μπορεί να μειωθεί σε σύγκριση με παραδοσιακού τύπου ελεγχόμενες διασταυρώσεις.
- Τα σημεία εμπλοκών μεταξύ πεζών και οχημάτων μειώνονται και αυτά, αφού οι πεζοί διασχίζουν με τη βοήθεια της ειδικά διαμορφωμένης διαχωριστικής νησίδας, ένα μόνο ρεύμα κυκλοφορίας τη φορά. Οι διασταυρώσεις πολλαπλών λωρίδων εξακολουθούν να παρουσιάζουν μια πρόκληση για τους πεζούς, ωστόσο το συνολικό περιβάλλον χαμηλότερης ταχύτητας συμβάλλει στη μείωση της πιθανότητας συγκρούσεων.

Η συχνότητα των ατυχημάτων σε μια διασταύρωση σχετίζεται με τον αριθμό των σημείων εμπλοκής σε μια διασταύρωση, καθώς και με το μέγεθος των διασταυρούμενων ροών. Ένα σημείο εμπλοκής είναι μια τοποθεσία όπου οι διαδρομές των δύο οχημάτων ή ενός οχήματος και ενός ποδηλάτου ή πεζού, διαχωρίζονται, συμβάλλουν ή διασταυρώνονται μεταξύ τους.

Οι συγκρούσεις μπορούν να προκύψουν τόσο από νόμιμους όσο και από παράνομους χειρισμούς. Πολλά από τα σοβαρότερα ατυχήματα προκαλούνται από την παραβίαση των συσκευών ελέγχου της κυκλοφορίας (σήμανση ή σηματοδότηση). Παρόλο που οι συσκευές ελέγχου της κυκλοφορίας μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις συγκρούσεις, δεν μπορούν να τις εξαλείψουν εξ 'ολοκλήρου εξαιτίας παραβιάσεων που πολλές φορές υφίστανται. Αρκετά από τα πιο σοβαρά ατυχήματα προκαλούνται από τέτοιου είδους παραβιάσεις.

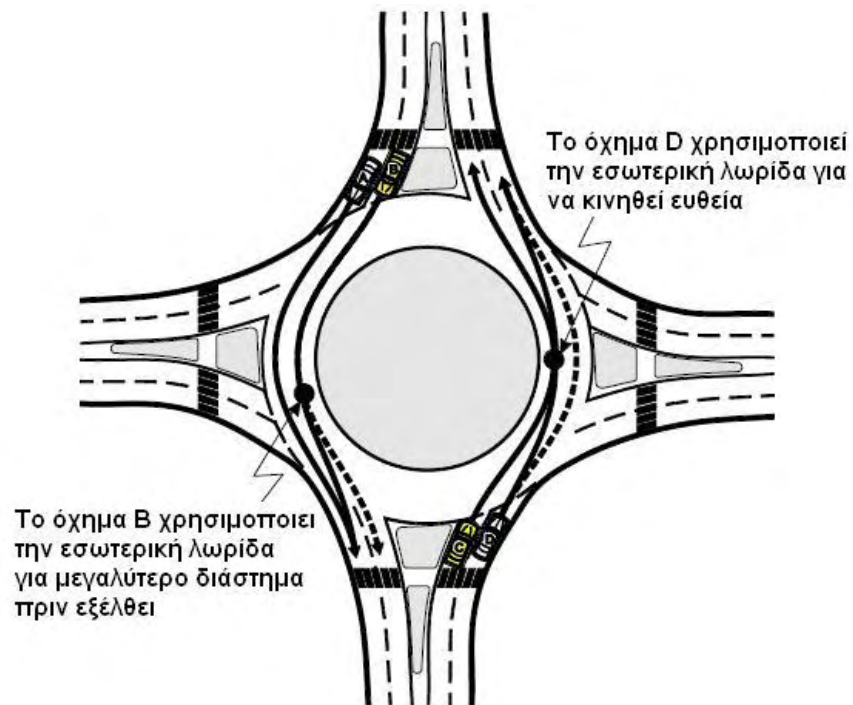
Από έρευνα του Ινστιτούτου Ασφαλίσεων για την Ασφάλεια των Αυτοκινητοδρόμων (Insurance Institute for Highway Safety - IIHS), το έτος 2004 στις Η.Π.Α. ή οποία αφορούσε σε 23 κόμβους, προκύπτει πως η μετατροπή τους από σηματοδοτούμενους

ή κόμβους με σήμανση, σε κυκλικούς κόμβους είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των οδικών ατυχημάτων με τραυματισμούς κατά 80% και μείωση συνολικά των ατυχημάτων κατά 40% (NCHRP, 2010). Κατ' αντιστοιχία, από έρευνες στην Ευρώπη κατά το διάστημα 1999-2005 σε 2000 κόμβους, προκύπτει πως η μετατροπή κόμβων σε κυκλικούς, επέφερε μείωση 45% έως 75% σε ατυχήματα με πολύ σοβαρούς τραυματισμούς και θανάτους (SWOV, 2012).

Από ευρωπαϊκές έρευνες προκύπτει πως η μετατροπή συμβατικών κόμβων σε κυκλικούς είναι δυνατό να οδηγήσει σε μείωση των ατυχημάτων με εμπλεκόμενους πεζούς. Ιδιαίτερα σε κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας, σπανίως παρατηρούνται ατυχήματα πεζών (Brilon, 2011).

7.2 Τύποι και περιπτώσεις ατυχημάτων

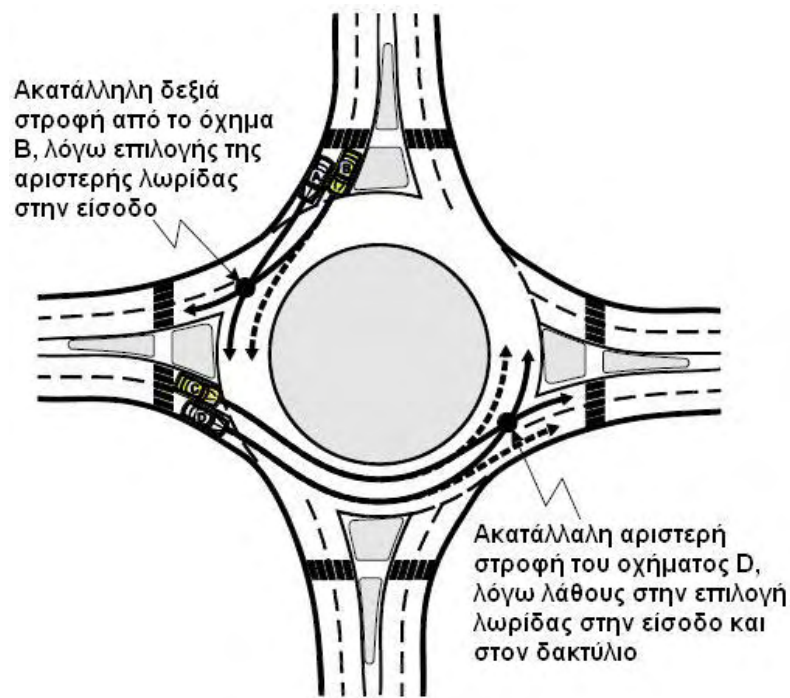
Τα σημεία και οι τύποι εμπλοκής, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο σχήμα 2.12 σε προηγούμενο κεφάλαιο, δεν αρκούν από μόνα τους ώστε να προσδιοριστούν όλες οι πιθανές περιπτώσεις συγκρούσεων σε έναν K^3 , καθώς λαμβάνουν υπόψη κόμβους μίας λωρίδας. Σε περιπτώσεις κυκλικών κόμβων πολλαπλών λωρίδων τα σημεία σύγκρουσης αυξάνονται, ενώ το ίδιο συμβαίνει και σε συμβατικού τύπου διασταυρώσεις. Η επιλογή της λωρίδας και πορείας από τους οδηγούς είναι κρίσιμης σημασίας. Ορισμένες λανθασμένες επιλογές των οδηγών, ειδικά των μη-εξοικειωμένων με τους K^3 , οδηγούν στις προβλεπόμενες συγκρούσεις που απεικονίζονται στα επόμενα σχήματα 7.1, 7.2 και 7.3. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ξεκαθαριστεί ότι και στους K^3 πολλαπλών λωρίδων, οι σοβαρότερου τύπου συγκρούσεις που συμβαίνουν στις συμβατικές διασταυρώσεις εξαλείφονται και αντικαθίστανται από ηπιότερες συγκρούσεις συμβολής-διαχωρισμού. Οι πρόσθετες περιπτώσεις που απαντώνται στους K^3 πολλαπλών λωρίδων είναι πλευρικές συγκρούσεις χαμηλής ταχύτητας και σοβαρότητας και κατά συνέπεια οι τελευταίοι μπορούν να θεωρηθούν εν γένει ασφαλέστεροι από τους κλασικούς τύπους διασταυρώσεων, όπως ισχύει και για τους K^3 μίας λωρίδας.



Σχήμα 7.1 Συγκρούσεις εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδων για ευθεία πορεία (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

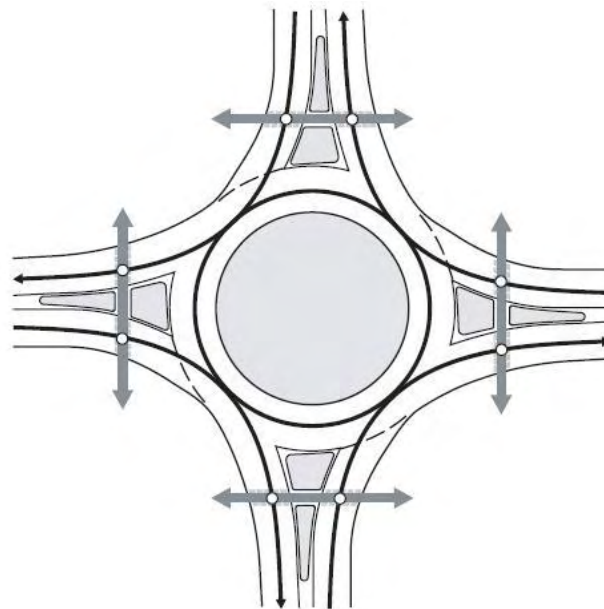


Σχήμα 7.2 Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου επί του δακτυλίου (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)



Σχήμα 7.3 Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας από την έναρξη της εισόδου στο δακτύλιο (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Οι εμπλοκές με πεζούς γίνονται, κατά κανόνα, πάνω στις πεζοδιαβάσεις, εκτός αν οι πεζοί κινούνται σε χώρο που δεν προβλέπεται γι' αυτούς. Τα σημεία διασταύρωσης της πορείας του οχήματος με πεζό απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.

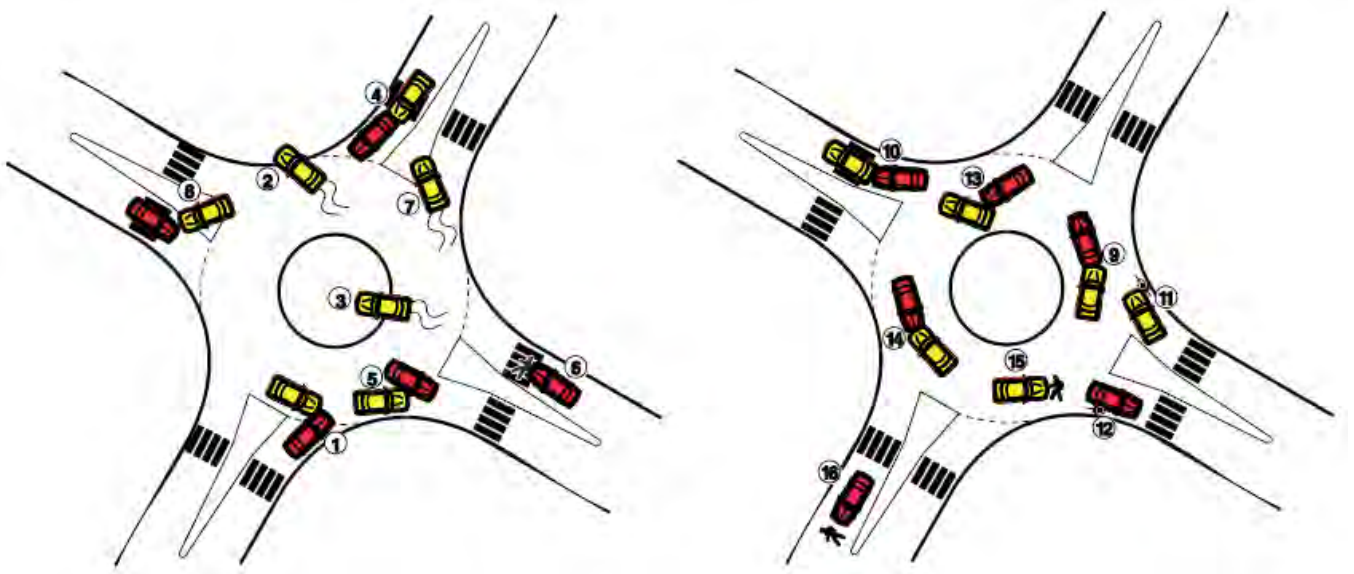


Σχήμα 7.4 Σημεία σύγκρουσης οχημάτων και πεζών (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

Τα ατυχήματα που συμβαίνουν στην περιοχή ενός Κ³ μπορεί να προκύπτουν από τις συνήθεις εμπλοκές μεταξύ οχημάτων, μεταξύ οχημάτων και πεζών ή ποδηλατών, αλλά

και από λανθασμένους χειρισμούς ή ολίσθηση των οχημάτων. Οι τύποι ατυχημάτων που παρατηρούνται (βλ. Σχήμα 7.5) είναι (NCHRP, 2010 και ΟΜΟΕ Κ³):

- (1) Σύγκρουση κατά την είσοδο λόγω παραβίασης προτεραιότητας
- (2) Εκτροπή οχήματος εκτός δακτυλίου κυκλοφορίας
- (3) Απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την είσοδο
- (4) Πρόσκρουση νωτο-μετωπική κατά την είσοδο
- (5) Σύγκρουση εξερχόμενου οχήματος με όχημα που κινείται στο δακτύλιο κυκλοφορίας
- (6) Σύγκρουση με πεζό στην πεζοδιάβαση
- (7) Απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την έξοδο
- (8) Σύγκρουση εισερχόμενου οχήματος με εξερχόμενο όχημα
- (9) Σύγκρουση νωτο-μετωπική επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
- (10) Σύγκρουση νωτο-μετωπική κατά την έξοδο
- (11) Προσπέραση ποδηλάτου στην είσοδο
- (12) Προσπέραση ποδηλάτου στην έξοδο
- (13) Πλαγιομετωπική κατά την πλέξη επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
- (14) Κίνηση με αντίθετη ροή επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
- (15) Σύγκρουση με πεζό επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
- (16) Σύγκρουση με πεζό εκτός πεζοδιάβασης επί του κλάδου



Σχήμα 7.5 Τύποι ατυχημάτων (ΟΜΟΕ Κ³, 2011)

8. Σχεδιασμός Κόμβου Κυκλικής Κίνησης (K³) στην πόλη της Λάρισας, στη διασταύρωση των οδών Σαρίμβη και Λάτσιου Ιωάννη

8.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας πραγματοποιείται μία πρακτική εφαρμογή των προδιαγραφών σχεδιασμού ισόπεδων κυκλικών κόμβων, κατά βάση των ελληνικών (σχέδιο ΟΜΟΕ K³) και των αμερικανικών, και με αντικείμενο την οριζοντιογραφική διαμόρφωση ενός αστικού κυκλικού κόμβου στην πόλη της Λάρισας. Πρόκειται για έναν αστικό κυκλικό κόμβο δύο λωρίδων κυκλοφορίας, ο οποίος προτείνεται να αντικαταστήσει την υφιστάμενη σηματοδοτούμενη διασταύρωση των οδών Σαρίμβη και Λάτσιου Ιωάννη. Η οδός Λάτσιου Ιωάννη αποτελεί την προέκταση της οδού Εχεκρατίδα μετά τη διασταύρωση της με την οδό Καρδίτσης. Στόχος είναι μέσω της μελλοντικής κατασκευής του κόμβου κυρίαρχα να αυξηθεί το επίπεδο οδικής ασφάλειας, αλλά και να βελτιωθεί η λειτουργία της συγκεκριμένης διασταύρωσης, ενώ παράλληλα να αναβαθμιστεί και αισθητικά.

Η παρούσα μελέτη καταλήγει στον οριζοντιογραφικό σχεδιασμό ενός ισόπεδου κυκλικού κόμβου σύγχρονου τύπου, με την έννοια των βασικών χαρακτηριστικών όπως αυτά αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 2.3 της παρούσας, ο οποίος θα διαθέτει ειδικότερα στοιχεία σχεδιασμού που απορρέουν από την αποτελεσματική εφαρμογή της λύσης K³ στη συγκεκριμένη θέση. Πιο συγκεκριμένα, ο υπό μελέτη κόμβος θα διαθέτει:

- Υπερυψωμένη κεντρική νησίδα με υπερβατή περιμετρική ζώνη (ποδιά)
- Υπερυψωμένες διαχωριστικές νησίδες
- Υπερβατές ζώνες σε δύο θέσεις στα εξωτερικά όρια του κόμβου, ώστε να εξυπηρετούνται οι στρέφουσες δεξιά κινήσεις βαρέων οχημάτων
- Πλατιές πεζοδιαβάσεις με διακοπή των διαχωριστικών νησίδων και ελαφρώς υπερυψωμένες σε σχέση με το οδόστρωμα, ώστε να παρέχεται ασφάλεια στους πεζούς και ποδηλάτες που θα τις χρησιμοποιούν
- Πεζοδρόμια με επαρκές πλάτος για την ασφαλή εξυπηρέτηση των χρηστών
- Ράμπες για την επικοινωνία του ποδηλατοδρόμου που υπάρχει στο πεζοδρόμιο με την οδό Σαρίμβη

Κατά το σχεδιασμό του υπό μελέτη κόμβου έγινε προσπάθεια μέσω της επιλογής των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του, αφενός να εξυπηρετούνται τα συνηθέστερα

κινούμενα βαρέα οχήματα και αφετέρου να μη θίγεται η ρυμοτομία της περιοχής και να εξασφαλίζονται όλες οι υφιστάμενες κινήσεις όπως ισχύουν σήμερα με γνώμονα την ασφάλεια των πεζών και των οχημάτων. Βασικός επίσης γνώμονας υπήρξε η ελαχιστοποίηση ή αποφυγή απαλλοτριώσεων παρόδιων ιδιοκτησιών και ο περιορισμός των απαιτούμενων παρεμβάσεων για τη διατήρηση μικρού κόστους κατασκευής.

Ο σχεδιασμός και ο έλεγχος επιδόσεων του κυκλικού κόμβου πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού της εταιρείας Transoft και συγκεκριμένα των προγραμμάτων TORUS και AUTOTURN.

8.2 Υφιστάμενη κατάσταση και οδικό περιβάλλον

Η περιοχή του υπό μελέτη κόμβου βρίσκεται εντός του σχεδίου πόλεως της Λάρισας και νοτιοδυτικά σε σχέση με το κέντρο της. Οι χρήσεις γης στην άμεση περιοχή του κόμβου είναι αυτές της κατοικίας, εμπορικές, στρατιωτικού χώρου και χώρου πρασίνου. Αυτές οι χρήσεις γης εξυπηρετούνται από την οδό Σαρίμβεη και τις κάθετες σε αυτή μικρότερες οδούς καθώς και από την οδό Ι. Λάτσιου. Πιο συγκεκριμένα, η υφιστάμενη σηματοδοτούμενη διασταύρωση των οδών Σαρίμβεη και Ι. Λάτσιου περιβάλλεται στη βορειοδυτική της γωνία από το στρατόπεδο της 1ης Στρατιάς, στη βορειοανατολική της γωνία από εμπορικό κατάστημα ηλεκτρολογικού υλικού και τη συνοικία της Νεράιδας, στη νοτιοανατολική της γωνία από εγκαταστάσεις πλυντηρίου αυτοκινήτων και την συνοικία των Ηπειρώτικων και στην νοτιοδυτική της γωνία από το πάρκο Χατζηχαλάρ και τη συνοικία της Νεάπολης. Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζεται η εν λόγω περιοχή μελέτης.



Εικόνα 8.1 Ευρύτερη περιοχή του υπό μελέτη κόμβου (Google Earth, ίδια επεξεργασία)



Εικόνα 8.2 Εγγύτερη περιοχή του υπό μελέτη κόμβου (Google Earth, ίδια επεξεργασία)



Εικόνα 8.3 Άποψη κόμβου οδών Σαρίμβεη και Ι. Λάτσιου (Google Maps, ίδια επεξεργασία)

Τόσο η διαμόρφωση του πάρκου όσο και η κατασκευή των οδών Σαρίμβεη και Ι. Λάτσιου αποτελούν σχετικά πρόσφατα έργα για τη Λάρισα, τα οποία ολοκληρώθηκαν εντός της τελευταίας δεκαετίας. Στόχος της διάνοιξης της οδού Σαρίμβεη υπήρξε η δημιουργία μιας επιπλέον αρτηρίας, με διεύθυνση Βορρά-Νότο, μεταξύ της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου (παλιά περιφερειακή οδός, πλέον βασική αρτηρία περιμετρικά του κέντρου της πόλης) και της εισόδου της πόλης από την πλευρά της Καρδίτσας, ώστε να αποσυμφορηθεί ένα κομμάτι της οδού Καρδίτσας, από το σημείο συμβολής τους

κοντά στο δημοτικό γηροκομείο και έως την Ηρώων Πολυτεχνείου. Οι οδοί Ι. Λάτσιου, Εχεκρατίδα και Β. Τσιτσάνη (προεκτάσεις της Ι. Λάτσιου ανατολικά της οδού Καρδίτσης) αποτελούν οδικό άξονα στη διεύθυνση Δύση-Ανατολή και μέσω της υπόγειας διάβασης κάτω από τις σιδηροδρομικές γραμμές συνδέουν νότιες και νοτιοανατολικές συνοικίες όπως η Ανθούπολη, τα Πυροβολικά και η Νέα Πολιτεία με δυτικές και νοτιοδυτικές συνοικίες όπως η Νεάπολη, το Λειβαδάκι και η Φιλιππούπολη.

Η λειτουργική κατάταξη των υπό μελέτη διασταυρούμενων οδών, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ, αλλά και τη Μελέτη Αστικής Κινητικότητας για το Δήμο Λαρισαίων (2015) είναι η εξής:

- Οδός Σαρίμβη: Δευτερεύουσα αστική αρτηρία, κατηγορία ΓΙΙΙ
- Οδός Ι. Λάτσιου: Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός, κατηγορία ΓΙV

Η οδός Σαρίμβη και ο ανατολικός κλάδος της οδού Ι. Λάτσιου, σε όλο το μήκος τους διαθέτουν δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση και είναι διαχωρισμένες με κεντρική νησίδα, ενώ κατά την είσοδο τους στον σηματοδοτούμενο κόμβο διαθέτουν αποκλειστική λωρίδα αναμονής για αριστερή στροφή. Ο δυτικός κλάδος της οδού Ι. Λάτσιου διαθέτει μία λωρίδα ανά κατεύθυνση σε ενιαίο οδόστρωμα. Ωστόσο, στην περιοχή του κόμβου διαπλατώνεται σε δύο λωρίδες κατά την έξοδο από αυτόν και σε τρεις λωρίδες κατά την είσοδο, συμπεριλαμβανομένης της λωρίδας για αριστερή στροφή, ενώ τα δύο ρεύματα διαχωρίζονται με μικρού σχετικά μήκους (περίπου 11 μέτρων) νησίδα. Στην περιοχή παρουσιάζονται πολύ ήπιες κλίσεις κατά μήκος των οδών. Επίσης, στον σηματοδοτούμενο κόμβο επιτρέπονται όλες οι τυπικές κινήσεις.

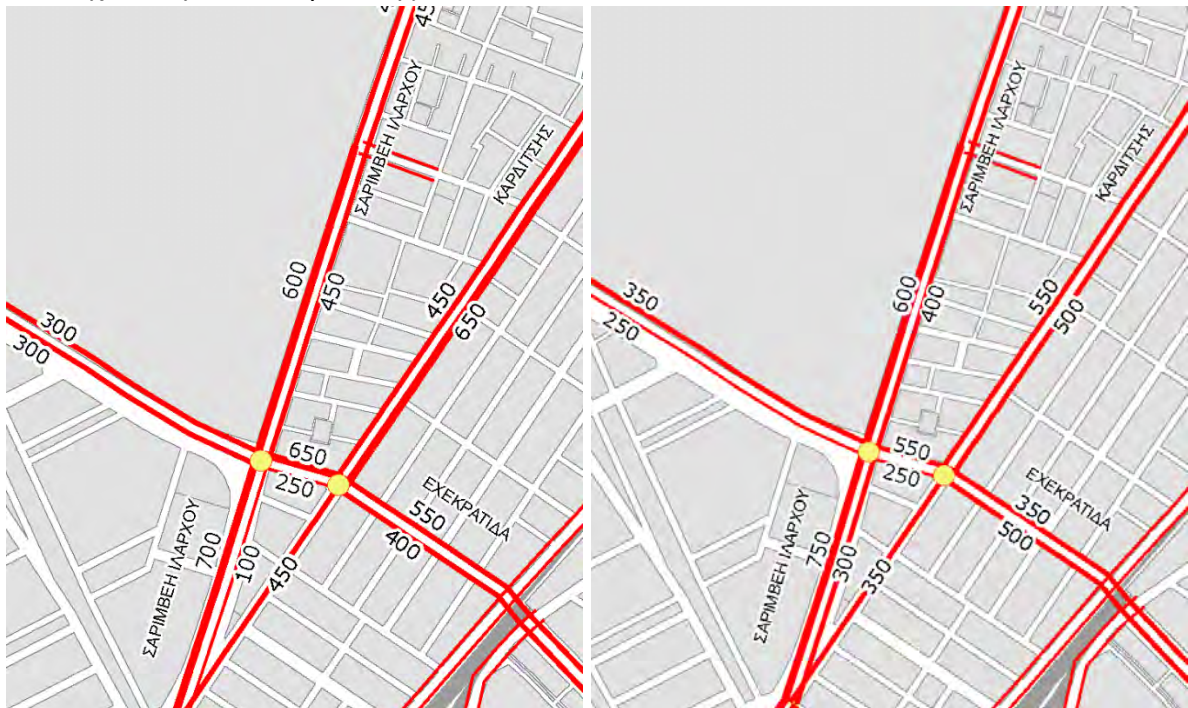
Οι κινήσεις των πεζών πραγματοποιούνται μέσω πεζοδιαβάσεων που υπάρχουν σε όλους τους κλάδους του κόμβου. Πεζοδρόμια μεγάλου γενικά πλάτους διατίθενται σε όλους τους κλάδους, πλην του δυτικού κλάδου της οδού Ι. Λάτσιου, ο οποίος διαθέτει πεζοδρόμια μόνο για λίγα μέτρα κοντά στη διασταύρωση. Το ελάχιστο πλάτος πεζοδρομίου που παρέχεται είναι ίσο με 2,40 μέτρα, καλύπτοντας την ελάχιστη απαίτηση των οδηγιών σχεδιασμού «Σχεδιάζοντας για όλους» (<http://www.ypeka.gr>). Η κυκλοφορία των πεζών στην περιοχή δεν είναι τόσο σημαντική όσο σε κεντρικότερες περιοχές της πόλης.

Στην περιοχή λειτουργεί ποδηλατόδρομος διπλής κατεύθυνσης με πλάτος 2 μέτρα, κατασκευασμένος επί του πεζοδρομίου. Τέτοιο ποδηλατόδρομο διαθέτει το πεζοδρόμιο στη ανατολική πλευρά της οδού Σαρίμβη σε όλο το μήκος της, καθώς και το πεζοδρόμιο της δυτικής της πλευράς στο τμήμα της οδού από τον κόμβο και νοτιότερα, έως την συμβολή με την οδό Καρδίτσης. Η επέκταση του ποδηλατοδρόμου

προς τα δυτικά κατά μήκος της νότιας πλευράς της Ι. Λάτσιου είναι ημιτελής και διακόπτεται έπειτα από περίπου 80 μέτρα.

Η στάθμευση απαγορεύεται σε όλους τους κλάδους του κόμβου, πλην του βόρειου τμήματος της Σαρίμβη, όπου υπάρχουν διαμορφωμένες θέσεις παράλληλης στάθμευσης σε εσοχές του πεζοδρομίου της ανατολικής πλευράς της οδού.

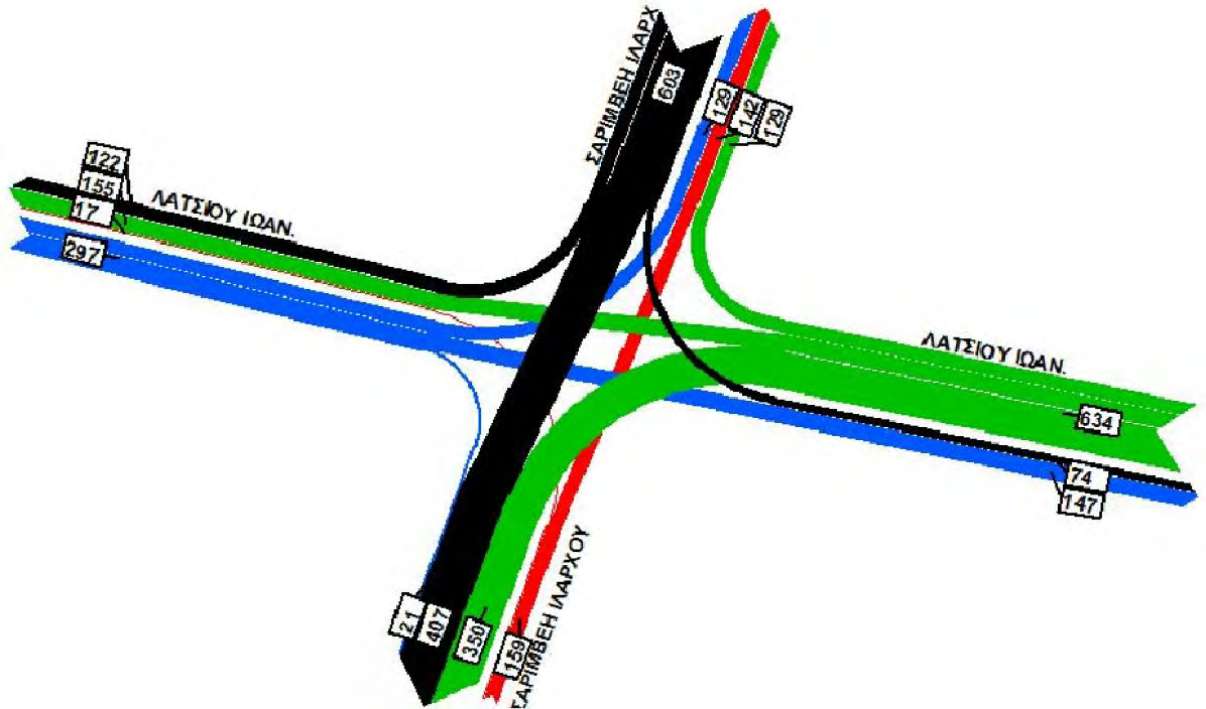
Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι πρωινής και μεσημβρινής αιχμής των κλάδων της εν λόγω διασταύρωσης, όπως εκτιμήθηκαν μέσω μοντέλου προσομοίωσης με βάση 24ωρων μετρήσεων αυτογραφικών μηχανημάτων, καθώς και οι φόρτοι των στρεφουσών κινήσεων, όπως αυτοί μετρήθηκαν κατά τη Μελέτη Αστικής Κινητικότητας για το Δήμο Λαρισαίων (2015), φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. Οι σημαντικότερες σε φόρτο κινήσεις είναι οι ευθείες κινήσεις επί της Σαρίμβη και κυρίως αυτή με κατεύθυνση προς Νότο, αλλά και η αριστερή στροφή των από την Ανατολή προερχόμενων οχημάτων προς το Νότο. Το τελευταίο συμβαίνει διότι η οδός Καρδίτσης μονοδρομείται με δυνατότητα κίνησης μόνο προς Βορρά στο τμήμα της μεταξύ οδών Σαρίμβη και Ι. Λάτσιου-Εχεκρατίδα. Συνεπώς, όλη η νότια κινούμενη κυκλοφορία της εκτρέπεται μέσω της Ι. Λάτσιου στην υπό μελέτη διασταύρωση, όπου στρίβει αριστερά ώστε να συνεχίσει τη νότια πορεία της.



Σχήμα 8.4 Κυκλοφοριακοί φόρτοι από μοντέλο προσομοίωσης κατά την πρωινή αιχμή 8:00-9:00 (αριστερά) και κατά τη μεσημβρινή αιχμή 14:00-15:00 (δεξιά) (Δήμος Λαρισαίων, 2015, ίδια επεξεργασία)

Η σύνθεση της κυκλοφορίας περιλαμβάνει κυρίως Ι.Χ. επιβατηγά αυτοκίνητα και δίκυκλα. Όσον αφορά στα βαρέα οχήματα η συγκεκριμένη διασταύρωση

χρησιμοποιείται συχνότερα από τα αστικά λεωφορεία των γραμμών Νο 4 (με συχνότητα διέλευσης ανά 10 λεπτά) και Νο 12 (με συχνότητα διέλευσης ανά μία ώρα). Τα λεωφορεία αυτά πραγματοποιούν στη διασταύρωση μόνο την αριστερή στροφή από Ανατολή προς Νότο, καθώς κατά την επιστροφή προς το κέντρο διέρχονται μόνο από την οδό Καρδίτσης. Η κίνηση μεγαλύτερων οχημάτων, όπως αρθρωτά φορτηγά, στον κόμβο είναι σπανιότερη και αφορά κυρίως σε ευθείες κινήσεις επί της Σαρίμβης.



Σχήμα 8.5 Μετρήσεις ωριαίων (7:30-8:30 την 4/2/2015) κυκλοφοριακών φόρτων στεφουσών κινήσεων στην υπό μελέτη διασταύρωση (ΜΕΑ/ώρα) (Δήμος Λαρισαίων, 2015, ίδια επεξεργασία)

8.3 Στόχοι και ζητήματα σχεδιασμού του προτεινόμενου Κ³

Αφού εξετάσθηκε η υπάρχουσα κατάσταση και οι ιδιαιτερότητες της περιοχής μελέτης, όπως αυτά περιγράφονται ανωτέρω και λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές ανάγκες, αλλά και τις δυνατότητες βελτίωσης και εξέλιξης, διαμορφώθηκε η πρόταση σχεδιασμού και κατασκευής ενός ισόπεδου κυκλικού κόμβου, ο οποίος θα μπορούσε να αντικαταστήσει την υφιστάμενη κλασικού τύπου σηματοδοτούμενη διασταύρωση.

Οι στόχοι που επιδιώκεται να επιτευχθούν μέσω της διαμόρφωσης Κ³ στην υπό μελέτη περιοχή είναι πολλαπλοί. Βασικός στόχος αποτελεί ο περιορισμός των μεγάλων ταχυτήτων που αναπτύσσονται κατά μήκος κυρίως της οδού Σαρίμβης, αλλά και στον δυτικό κλάδο της οδού Ι. Λάτσιου και οι οποίες μπορεί να αγγίζουν ακόμη και τα 100km/h. Η ύπαρξη του κυκλικού κόμβου θα αναγκάσει τα οχήματα να ελαττώνουν ταχύτητα, τουλάχιστον κατά τη διέλευση από τη διασταύρωση, όπου εμφανίζονται και

οι περισσότερες πιθανότητες συγκρούσεων. Ένα επιπλέον ζήτημα αποτελεί η βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών και η αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης του κόμβου, τόσο σε ώρες αιχμής, όσο και εκτός. Ειδικά σε ώρες χαμηλής κυκλοφορίας παρατηρούνται μεγάλοι χρόνοι αναμονής στους φωτεινούς σηματοδότες με συνέπεια να εμφανίζονται και φαινόμενα παραβίασης τους. Αυτό σε συνδυασμό με τις μεγάλες ταχύτητες οδηγεί σε ιδιαίτερα επικίνδυνες καταστάσεις. Παράλληλα, η ύπαρξη σημαντικού φόρτου αριστερά στρεφόντων οχημάτων με κατεύθυνση από Δύση προς Νότο, ενισχύει την πρόταση για κατασκευή K³. Η λύση του K³ θα επιφέρει συνεχή ροή των οχημάτων, μικρότερες καθυστερήσεις και καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας.

Ένας επιπλέον άξονας της λογικής πάνω στην οποία διαμορφώνεται η προτεινόμενη λύση είναι η διατήρηση και βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας που παρέχεται στους πεζούς μέσω της επιλογής κατάλληλων στοιχείων σχεδιασμού του κυκλικού κόμβου για την εξυπηρέτησή τους. Ταυτόχρονα, κατά το σχεδιασμό του K³, λήφθηκε υπόψη η διατήρηση στο βαθμό που είναι δυνατή της λειτουργικότητας του υφιστάμενου ποδηλατόδρομου που υπάρχει στην περιοχή.

Ταυτόχρονα στόχος υπήρξε και η αισθητική αναβάθμιση της περιοχής, μέσω της φυτεμένης, αν και μικρής, κεντρικής νησίδας, αλλά και της δημιουργίας νέων παρτεριών στον αυξημένο χώρο των πεζοδρομίων τα οποία προκύπτουν. Κατά αυτό τον τρόπο δημιουργείται μια αισθητική συνέχεια μεταξύ του γειτονικού πάρκου και του χώρου της διασταύρωσης.

Όσον αφορά στη διαδικασία επιλογής των βασικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών, όπως η διάμετρος του εγγεγραμμένου κύκλου και τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας του δακτυλίου κυκλοφορίας, η οποία έγινε με γνώμονα με την προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η επιφάνεια κάλυψης και οι απαιτούμενες απαλλοτριώσεις, έπρεπε να γίνουν ορισμένοι συμβιβασμοί. Επιλέχθηκε, λοιπόν, να σχεδιαστεί κυκλικός κόμβος δύο λωρίδων, ώστε να υπάρχει συνέχεια, κατά τη διέλευση από τον κόμβο, των ήδη παρεχόμενων λωρίδων κυκλοφορίας των κλάδων πρόσβασης, ακόμη και αν δεν προκύπτει τέτοια ανάγκη με βάση τα κυκλοφοριακά δεδομένα. Ωστόσο, ο διαθέσιμος χώρος και η επιλογή να υπάρξουν ελάχιστες απαλλοτριώσεις δεν επέτρεψαν την υιοθέτηση διαμέτρου εγγεγραμμένου κύκλου σύμφωνης με το εύρος των τυπικών τιμών που παρατίθενται στο σχέδιο των ΟΜΟΕ K³, αλλά μικρότερης. Όπως όμως θα φανεί σε επόμενο υποκεφάλαιο κατέστη δυνατή η εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού ακόμη και με μικρότερη τιμή της προαναφερθείσας παραμέτρου. Επίσης, επιλέχθηκε να δεσμευτεί μια μικρή επιφάνεια (περί τα 10m²) από το χώρο στάθμευσης του καταστήματος που βρίσκεται στην βορειοανατολική γωνία της διασταύρωσης και

να διαμορφωθεί κατάλληλα με τη χρήση κυβόλιθου, ώστε να επιτρέπει την ευχερέστερη δεξιά στροφή βαρέων οχημάτων με διέλευση επί αυτής.

Με βάση όλα τα παραπάνω και συνυπολογίζοντας όλα τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει ένας Κ³ έναντι ενός τυπικού σηματοδοτούμενου κόμβου, όπως αυτά περιεγράφηκαν στο κεφάλαιο 2 της παρούσας, θεωρήθηκε ως βέλτιστη λύση η αντικατάσταση της υπάρχουσας διάταξης με κυκλικό κόμβο. Στοιχείο που συντέινει σε αυτή την επιλογή είναι και η αρκετά επιτυχημένη εφαρμογή λύσεων Κ³ σε αντικατάσταση συμβατικού τύπου διασταυρώσεων, η οποία έχει λάβει χώρα σε πληθώρα άλλων θέσεων στην πόλη της Λάρισας, αλλά και η ιδιαίτερα καλή γνώμη που έχει σχηματιστεί στον κόσμο της Λάρισας για αυτές τις ενέργειες.

8.4 Γεωμετρία προτεινόμενου Κ³

8.4.1 Οδηγίες σχεδιασμού που λήφθηκαν υπόψη

Οι οδηγίες πάνω στις οποίες βασίστηκε ο σχεδιασμός του προτεινόμενου Κ³ είναι οι εξής:

- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 1: Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου (ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ), ΓΓΔΕ, ΥΠΕΧΩΔΕ
- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 3: Χαράξεις (ΟΜΟΕ-Χ), ΓΓΔΕ, ΥΠΕΧΩΔΕ
- Σχέδιο Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 10, Μέρος 1: Ισόπεδοι Κόμβοι (ΟΜΟΕ-ΙΚ)

και κυριότερα στο:

- Σχέδιο Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 10, Μέρος 2: Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ-Κ³)

Επικουρικά και για την καλύτερη κατανόηση των ΟΜΟΕ-Κ³ χρησιμοποιήθηκαν οι αμερικανικές προδιαγραφές, πάνω στις οποίες είναι βασισμένο και το σχέδιο ΟΜΟΕ-Κ³.

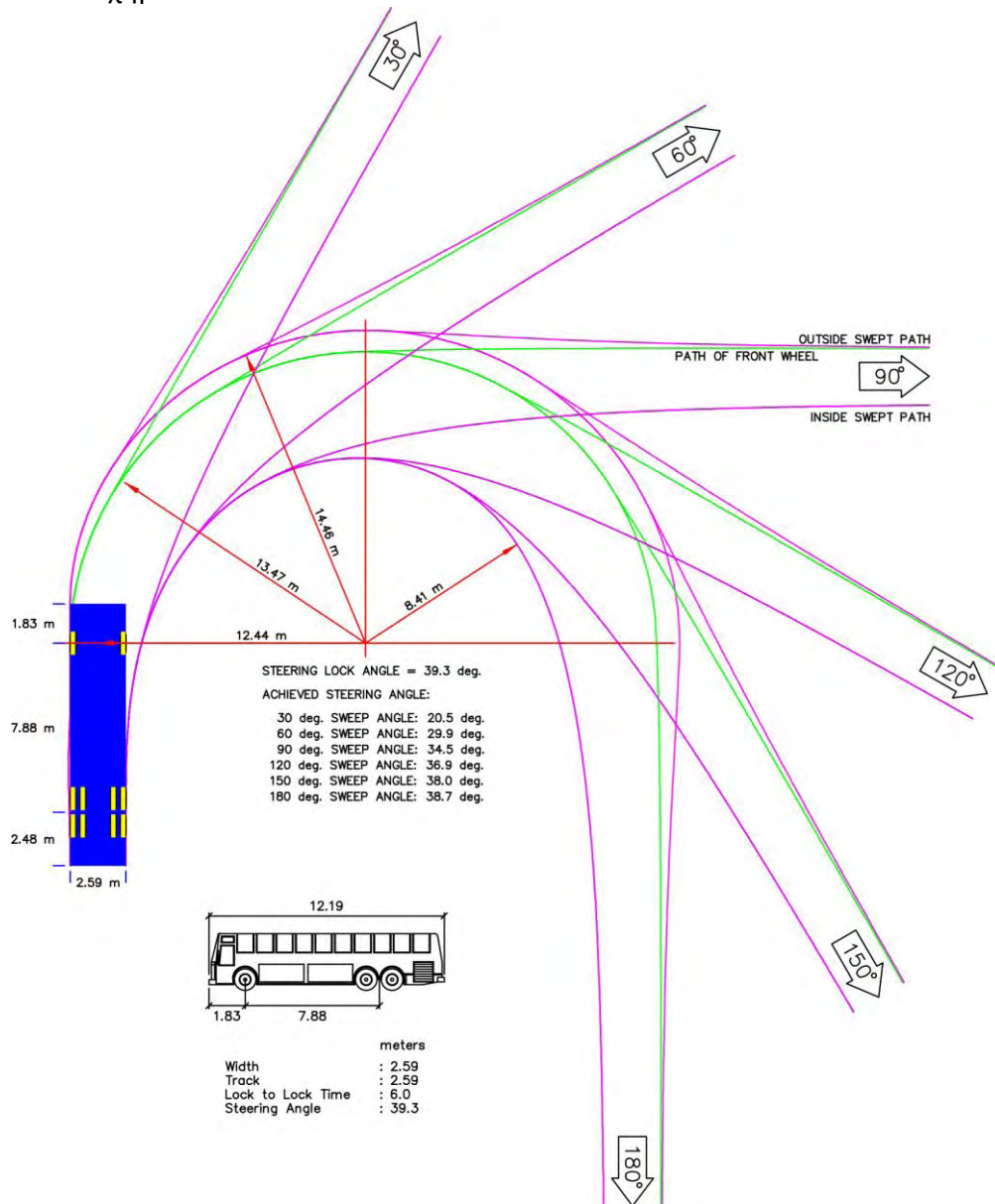
- “Roundabouts: An informational Guide, Second Edition”, NCHRP Report 672, TRB, Washington D.C., 2010

Για το σχεδιασμό των ραμπών για ΑμΕΑ στις πεζοδιαβάσεις, αλλά των πεζοδρομίων λήφθηκαν υπόψη οι:

- Οδηγίες Σχεδιασμού: «Σχεδιάζοντας για όλους», Γραφείο Μελετών για Άτομα με Αναπηρίες, ΥΠΕΧΩΔΕ (<http://www.ypeka.gr>)

8.4.2 Όχημα Σχεδιασμού

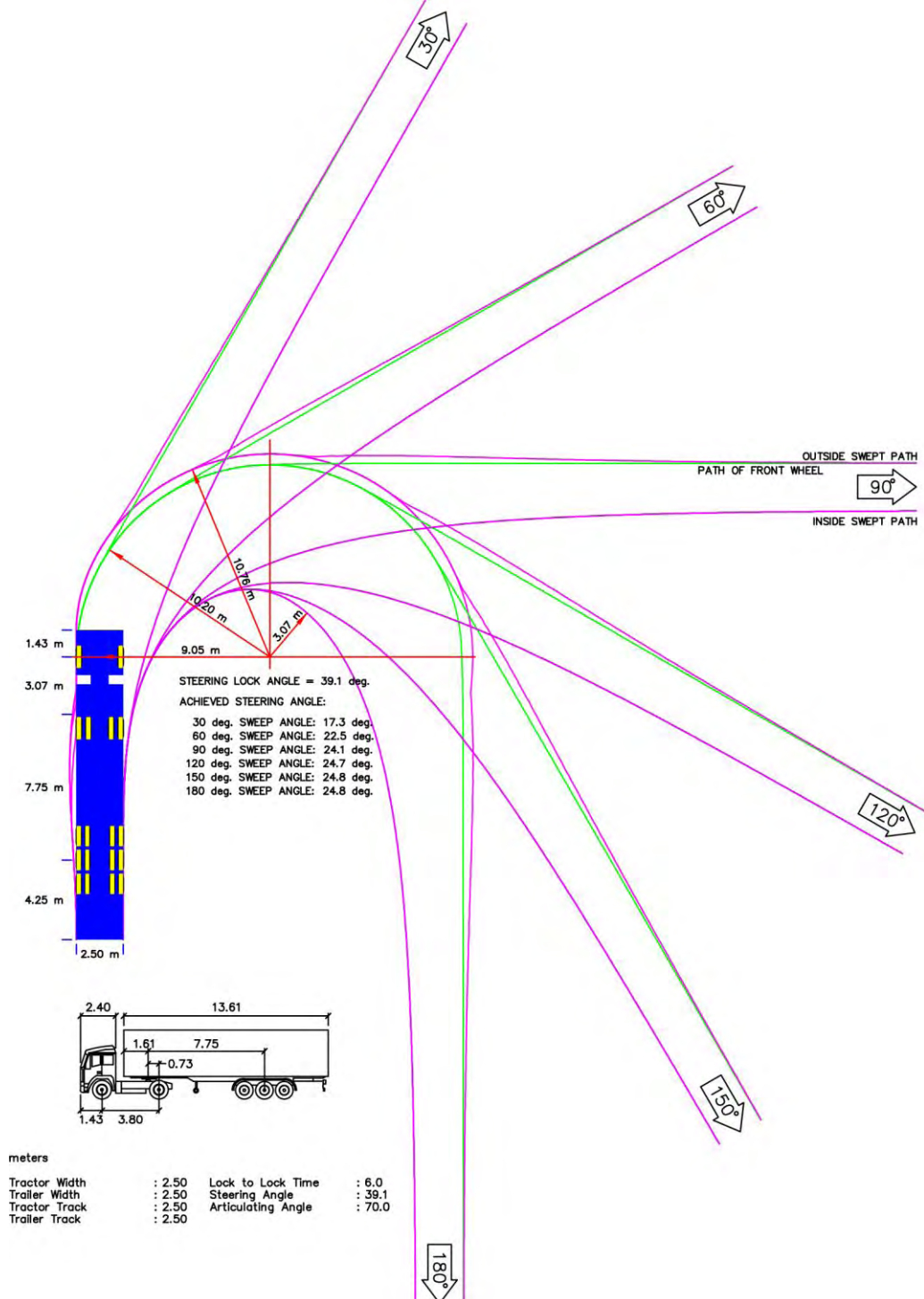
Αφού πρόκειται για μελέτη αστικού Κ³, με κλάδους πρόσβασης κατηγορίας (ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ) κατώτερης από ΒΙΙΙ, επιλέχθηκε ως όχημα σχεδιασμού το λεωφορείο μήκους 12,19m. Τα χαρακτηριστικά και οι ακτίνες στροφής του οχήματος αυτού φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 8.6 Χαρακτηριστικά λεωφορείου μήκους 12,19m (AUTOTURN template)

Η διάμετρος του εγγεγραμμένου κύκλου (36m) είναι μικρότερη από τις τυπικά οριζόμενες (ΟΜΟΕ-Κ³) για αστικό κυκλικό κόμβο δύο λωρίδων κυκλοφορίας (45-70m), για τους οποίους ορίζεται ως όχημα σχεδιασμού το αρθρωτό φορτηγό μήκους 16,50m. Ωστόσο, ο προτεινόμενος Κ³ επιλέγεται να ελεγχθεί και για την εξυπηρέτηση τέτοιου οχήματος, όπως θα παρουσιαστεί σε επόμενο υποκεφάλαιο, καθώς η διέλευση

φορτηγών οχημάτων, αν και έχει ελαττωθεί, δεν έχει εκλείψει από τη συγκεκριμένη διασταύρωση. Η επιλογή αυτή έγινε διότι το φορτηγό αν και έχει μικρότερη ακτίνα στροφής, διαγράφει όμως επιφάνεια μεγαλύτερου πλάτους κατά την στρέφουσα κίνηση του σε σχέση με το λεωφορείο.



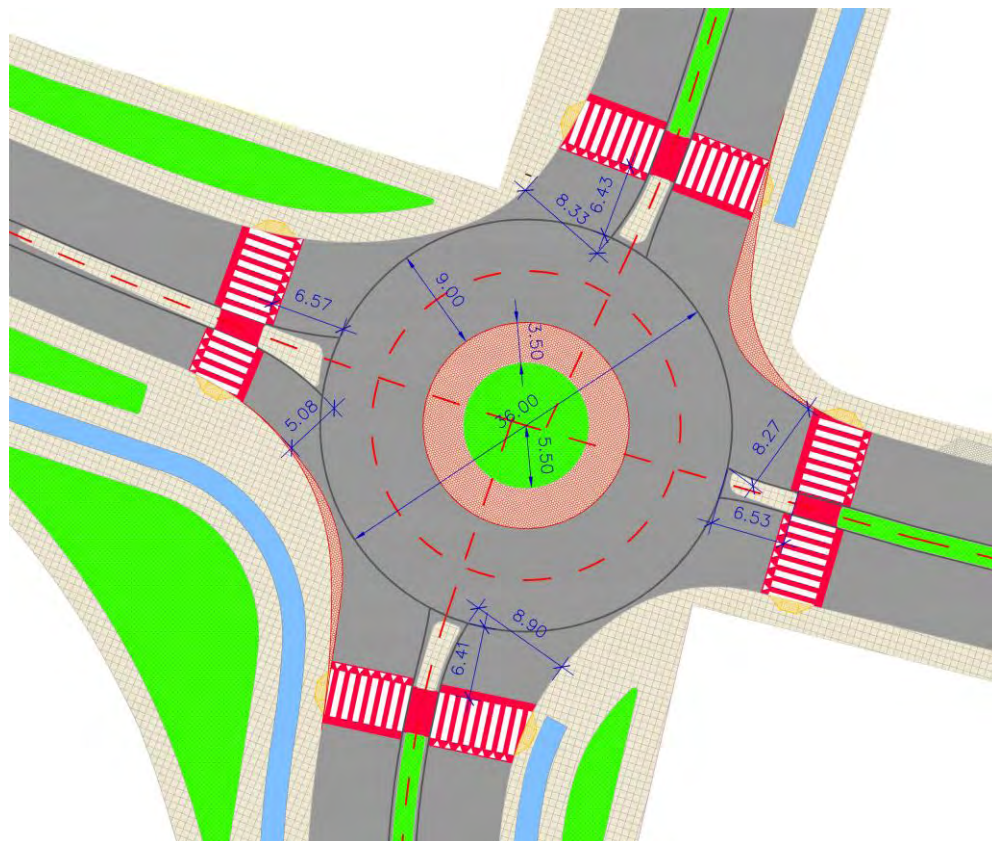
Σχήμα 8.7 Χαρακτηριστικά αρθρωτού φορτηγού οχήματος μήκους 16,50m (AUTOTURN template)

8.4.3 Βασικές διαστάσεις προτεινόμενου Κ³

Για το σχεδιασμό του κόμβου επελέγησαν τα κάτωθι γεωμετρικά χαρακτηριστικά βάσει όσων ορίζονται στις ΟΜΟΕ-Κ³ (βλέπε Σχήμα 4.14 της παρούσας εργασίας).

Πίνακας 8.1 Επιλεχθείσες διαστάσεις του υπό μελέτη κόμβου

	Κυκλικός Κόμβος (Σαρίμβεη & Ι. Λάτσιου)
Διάμετρος Εγγεγραμμένου Κύκλου	36,00 m
Διάμετρος Κεντρικής Νησίδας	18,00 m
Πλάτος Κυκλοφορίας	2 x 4,50 m
Πλάτος υπερβατής ζώνης κεντρικής νησίδας	3,50 m



Σχήμα 8.8 Διαστάσεις του προτεινόμενου κυκλικού κόμβου στη διασταύρωση Σαρίμβεη και Ι. Λάτσιου

8.4.4 Περιγραφή προτεινόμενου κόμβου

Η γενική διαμόρφωση του ισόπεδου κυκλικού κόμβου δύο λωρίδων κυκλοφορίας που επιλέχθηκε να αντικαταστήσει τον υφιστάμενο σηματοδοτούμενο κόμβο στη διασταύρωση των οδών Σαρίμβεη και Ι. Λάτσιου, αποτυπώνεται οριζοντιογραφικά στο επόμενο Σχήμα 8.9, όπου έχει τοποθετηθεί στο υπόβαθρο αεροφωτογραφία της περιοχής μελέτης όπως αυτή εμφανίζεται σήμερα.



Σχήμα 8.9 Οριζοντιογραφική αποτύπωση του προτεινόμενου Κ³ στη διασταύρωση των οδών Σαρίμβη και Ι. Λάτσιου

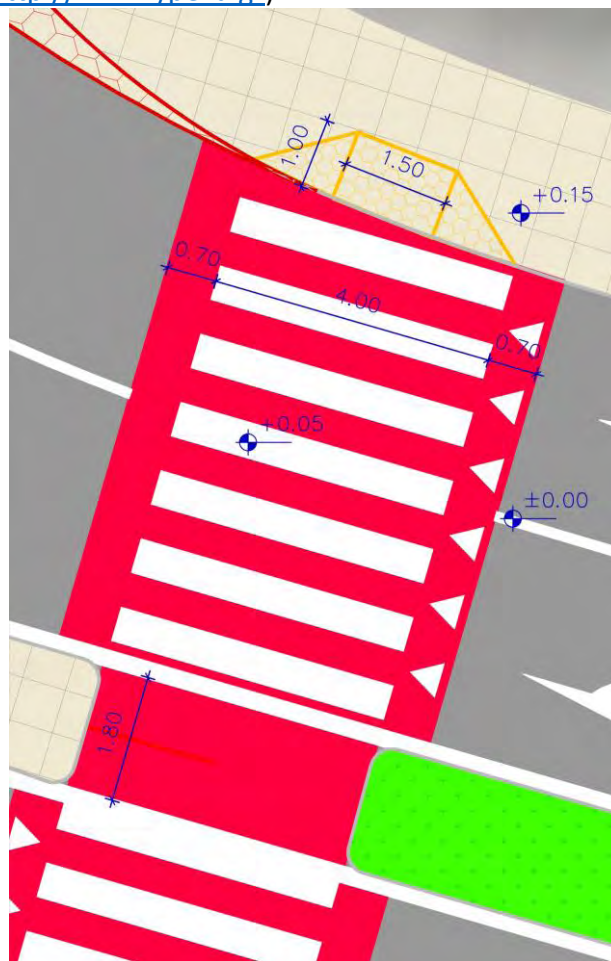
Η διαδικασία και τη λογική που ακολουθήθηκε κατά τον σχεδιασμό του συγκεκριμένου κόμβου είχε ως εξής:

- Καθορίστηκαν οι βασικές διαστάσεις (βλ. παράγραφο 8.4.3 της παρούσας) και τοποθετήθηκε το κέντρο του εγγεγραμμένου κύκλου του κόμβου. Τα μεγέθη αυτά καθώς και η τελική θέση του κύκλου οριστικοποιήθηκαν κατόπιν ελέγχου των κινήσεων-πορειών των οχημάτων σχεδιασμού. Αν και αρχικά επιλέχθηκε το κέντρο του κύκλου να βρίσκεται νοτιοδυτικότερα σε σχέση με την τελική θέση, κάτι που επέτρεπε τη χάραξη κύκλου μεγαλύτερης διαμέτρου (38,8m αντί 36m), η επιλογή αυτή απορρίφθηκε καθώς δημιουργούσε μια μεγάλη επιφάνεια στη βορειοανατολική γωνία της διασταύρωσης, στην οποία θα δημιουργούνταν μια υποτυπώδης λωρίδα αποκλειστικής δεξιάς στροφής και θα ήταν δύσκολο να οργανωθεί αποτελεσματικά κυκλοφοριακά με μία περιορισμένης έκτασης επιφάνεια αποκλεισμού. Για να μειωθεί λοιπόν η πιθανότητα να υπάρξει πτώση του επιπέδου οδικής ασφάλειας, επιλέχθηκε τελικά η παρούσα διαμόρφωση.
- Καθορίστηκε η διάταξη των αξόνων των κλάδων πρόσβασης, ώστε να συντείνουν στο κέντρο του εγγεγραμμένου κύκλου. Στην Ι. Λάτσιου οι άξονες των δύο κλάδων είναι πολύ κοντά στους υφιστάμενους. Στη Σαρίμβη και πλησίον του κόμβου οι άξονες των δύο κλάδων κάμφθηκαν σημαντικά. Στο βόρειο τμήμα της ο άξονας κάμφθηκε και μετατοπίστηκε παράλληλα προς τα αριστερά (σε σχέση με το κέντρο του κύκλου), ώστε να αυξηθεί η εκτροπή και η ταχύτητα των οχημάτων κατά την είσοδο, αλλά και να είναι δυνατή η ομαλή δεξιά στροφή προς τα δυτικά, ενώ ταυτόχρονα να διατίθεται χώρος για πεζοδρόμιο στη συγκεκριμένη γωνία. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να δεσμευθούν οι υφιστάμενες θέσεις στάθμευσης στο ανατολικό πεζοδρόμιο για ένα οικοδομικό τετράγωνο και μέχρι την οδό Λευκοθέας. Για παρόμοιους λόγους αλλά σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό κάμφθηκε και το νότιο τμήμα της Σαρίμβη με ελιγμό μορφής «S».
- Ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας των κλάδων πρόσβασης στον κόμβο διατηρήθηκε όμοιος με αυτόν της υφιστάμενης κατάστασης και το πλάτος τους διαμορφώθηκε σε αντίστοιχα επίπεδα με τα υπάρχοντα. Πιο συγκεκριμένα, η οδός Σαρίμβη (βόρειος και νότιος κλάδος) διαμορφώθηκε με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, πλάτους 3,50m η καθεμία. Ο ανατολικός κλάδος της Ι. Λάτσιου διαμορφώθηκε με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, πλάτους 3,40m η καθεμία. Ο δυτικός κλάδος της Ι. Λάτσιου διαμορφώθηκε με μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, με πλάτος ίσο με 4,10m. Στον κλάδο αυτό, το ρεύμα εισόδου θα διαθέτει μία λωρίδα, ενώ το ρεύμα εξόδου διαμορφώθηκε με δύο λωρίδες πλάτους 3,30m η κάθε μία, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα συγκρούσεων των οχημάτων κατά την έξοδο και λόγω της επιλογής διαφορετικής λωρίδας επί του

κυκλικού δακτυλίου. Η πρόσθετη λωρίδα συνεχίζεται για 80m περίπου μετά τη γραμμή εξόδου και έπειτα συγχωνεύεται με την εσωτερική λωρίδα σε μήκος συγχώνευσης ίσο με 40m.

- Στον βόρειο, στον νότιο και στον ανατολικό κλάδο σχεδιάστηκε διαχωριστική νησίδα ελάχιστου πλάτους 1,80m (ΟΜΟΕ-K³) σε όλο το μήκος των κλάδων, όπως συμβαίνει και στην πραγματικότητα. Το πλάτος των νησίδων αυξάνεται σε απόσταση από τον κόμβο, ώστε να συναρμοστούν ομαλά με τις νησίδες όπως αυτές υφίστανται σήμερα. Στον δυτικό κλάδο του κόμβου σχεδιάστηκε διαχωριστική νησίδα επίσης με ελάχιστο πλάτος 1,80m, η οποία εκτείνεται για 29,50m από την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας.
- Λόγω του μεγάλου φόρτου αριστερά στρεφόντων οχημάτων κατά την κίνηση Ανατολή-Νότος, η αριστερή (εσωτερική) λωρίδα εισόδου του ανατολικού κλάδου της Ι. Λάτσειου καθορίστηκε ως λωρίδα αποκλειστικής αριστερής στροφής (βλ. οριζόντια σήμανση-βέλη κατεύθυνσης).
- Σχεδιάστηκαν οι υπερβατές ζώνες με κυβόλιθους στην βορειοανατολική και στην νοτιοδυτική γωνία του κόμβου, λόγω της οξείας γωνίας μεταξύ των αντίστοιχων κλάδων πρόσβασης. Η λύση αυτή επιλέχθηκε για να είναι δυνατή η εξυπηρέτηση των δεξιά στρεφόντων βαρέων οχημάτων. Συνηθέστερη επιλογή σε τέτοιες περιπτώσεις είναι η δημιουργία λωρίδας αποκλειστικής δεξιάς στροφής, η οποία όμως αποφεύχθηκε ώστε να μην απαιτηθεί επιπλέον χώρος κάλυψης για τον K³, αλλά και για να μην υπάρξει διαπλάτυνση σε αυτό το σημείο, κάτι που θα μπορούσε να οδηγήσει σε μεγαλύτερες ταχύτητες.
- Τα πεζοδρόμια που προέκυψαν κατά τον σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου είναι ίσα ή μεγαλύτερα σε πλάτος από τα υφιστάμενα. Εξαίρεση αποτελούν τα πεζοδρόμια στη βορειοδυτική και στην νοτιοανατολική γωνία, όπου έπρεπε να τροποποιηθεί η γεωμετρία των εισόδων- εξόδων, όπως αυτή προέκυψε από το λογισμικό σχεδιασμού TORUS, ώστε να εξασφαλιστεί ελάχιστο πλάτος ίσο με 1,50m, το οποίο να μπορεί στοιχειωδώς να εξυπηρετήσει τους πεζούς. Η παρέμβαση αυτή έγινε επίσης με γνώμονα τη μη αύξηση του χώρου κάλυψης.
- Αρχικά επιλέχθηκαν για τους κλάδους πρόσβασης ακτίνες εισόδων ίσες με 20,00m και εξόδων ίσες με 30,00m. Αφού έγιναν οι προαναφερθείσες παρεμβάσεις, οι ακτίνες εισόδων- εξόδων τροποποιήθηκαν. Οι ελάχιστη ακτίνα που τελικά προέκυψε είναι ίση με 15,00m. Εξαίρεση αποτελεί το όριο της υπερβατής ζώνης στη βορειοανατολική γωνία, το οποίο παρουσιάζει τοπικά στην κορυφή ελάχιστη ακτίνα ίση με 7,40m. Συνολικά, οι εισοδοί- έξοδοι διαμορφώθηκαν κατάλληλα ώστε να συμβάλουν στη ρύθμιση των ταχυτήτων των οχημάτων.

- Όσον αφορά στον σχεδιασμό των πεζοδιαβάσεων (βλέπε σχήμα 8.10), επιλέχθηκε να εφαρμοστούν πεζοδιαβάσεις με πλάτος ίσο με 4m, το οποίο είναι ένα σχετικά μεγάλο πλάτος, ώστε να μπορούν να εξυπηρετηθούν παράλληλα με τους πεζούς και ποδηλάτες που θα φέρουν πεζή τα ποδήλατά τους. Οι πεζοδιαβάσεις επιλέχθηκε επίσης να είναι υπερυψωμένες κατά 5cm σε σχέση με το οδόστρωμα, ώστε να γίνονται πιο αισθητές στους οδηγούς των μηχανοκίνητων οχημάτων, παρέχοντας πρόσθετη ασφάλεια κατά την εξυπηρέτηση των μη-μηχανοκίνητων χρηστών του κόμβου. Στις θέσεις των πεζοδιαβάσεων οι διαχωριστικές νησίδες των κλάδων πρόσβασης διακόπτονται. Στα άκρα των πεζοδιαβάσεων εφαρμόζονται ράμπες για ΑμεΕΑ με πλάτος και κλίση σύμφωνα με τις προδιαγραφές «Σχεδιάζοντας για όλους» του ΥΠΕΧΩΔΕ (<http://www.ypeka.gr>).



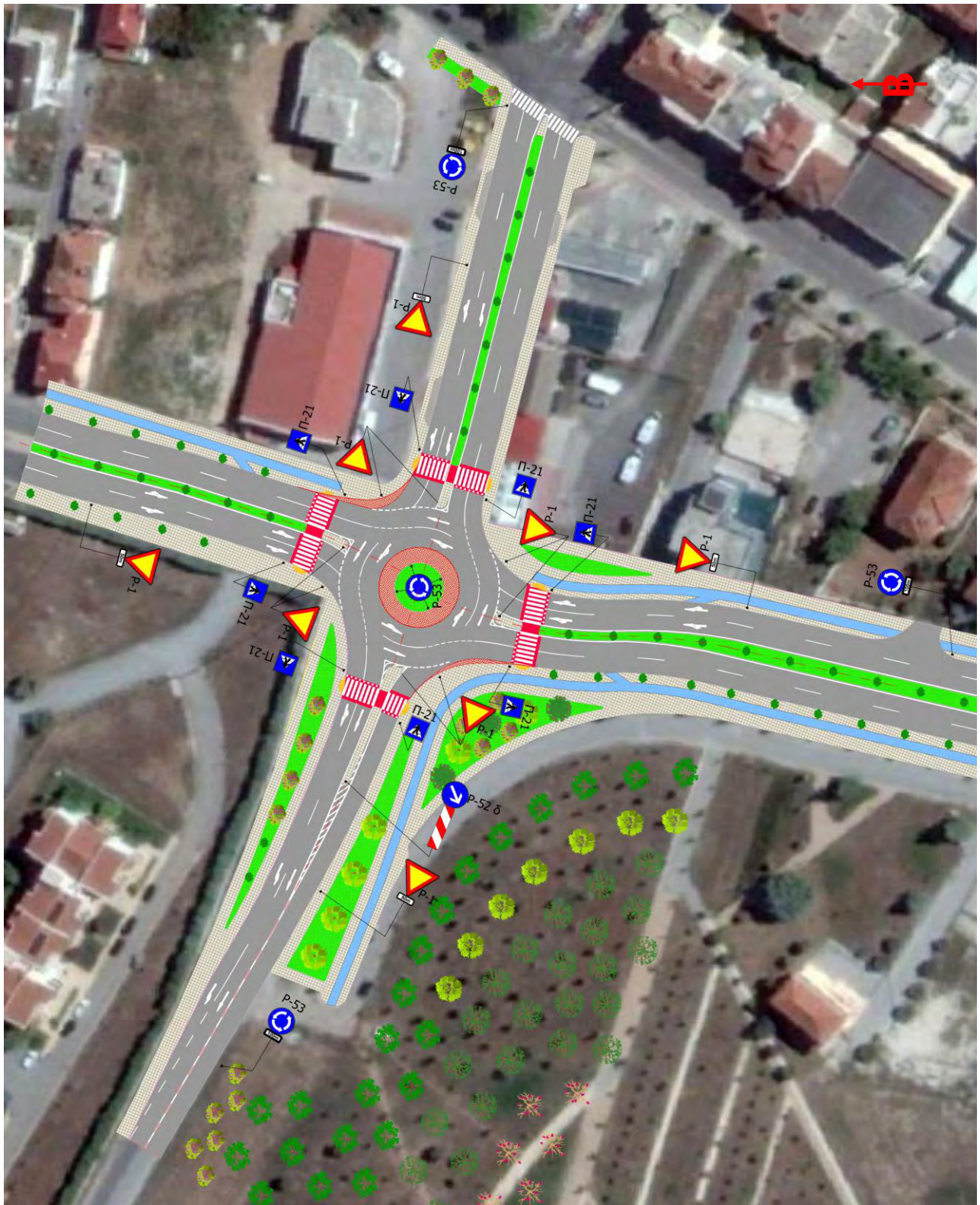
Σχήμα 8.10 Διαμόρφωση υπερυψωμένων πεζοδιαβάσεων

- Σχετικά με τους ποδηλατόδρομους επιλέχθηκε η διατήρηση του πλάτους τους (2m), ώστε να παραμείνουν διπλής κατεύθυνσης. Αποφασίστηκε να διακοπεί ο ποδηλατόδρομος στην ανατολική πλευρά της οδού Σαρίμβη λόγω έλλειψης διαθέσιμου χώρου. Ο κλάδος του ποδηλατόδρομου στην απέναντι πλευρά της Σαρίμβη κάμφθηκε κατάλληλα ώστε να συμβαδίζει με την νέα γεωμετρία του

κόμβου. Μέσω του σχεδιασμού κατάλληλων ραμπών δίνεται η δυνατότητα στους ποδηλάτες να εισέλθουν στο οδόστρωμα και να διέλθουν από τον κόμβο ως οχήματα. Διαφορετικά, μπορούν να διασχίσουν τον κόμβο πεζή μέσω των πεζοδιαβάσεων. Για τους ποδηλάτες με πορεία από Βορρά προς Νότο και εξαιτίας της μη ύπαρξης ποδηλατοδρόμου και στις δύο πλευρές του βορείου τμήματος της Σαρίμβη, η διάσχιση του κόμβου πεζή είναι η μόνη επιλογή. Οι επιλογές αυτές έγιναν όπως είναι λογικό με στόχο τη διατήρηση σε χαμηλά επίπεδα των απαιτούμενων απαλλοτριώσεων.

8.4.5 Οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση του υπό μελέτη Κ³

Στον υπό μελέτη κόμβο τοποθετήθηκε η τυπική οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο σχέδιο ΟΜΟΕ-Κ³ (βλέπε σχήμα 8.11)



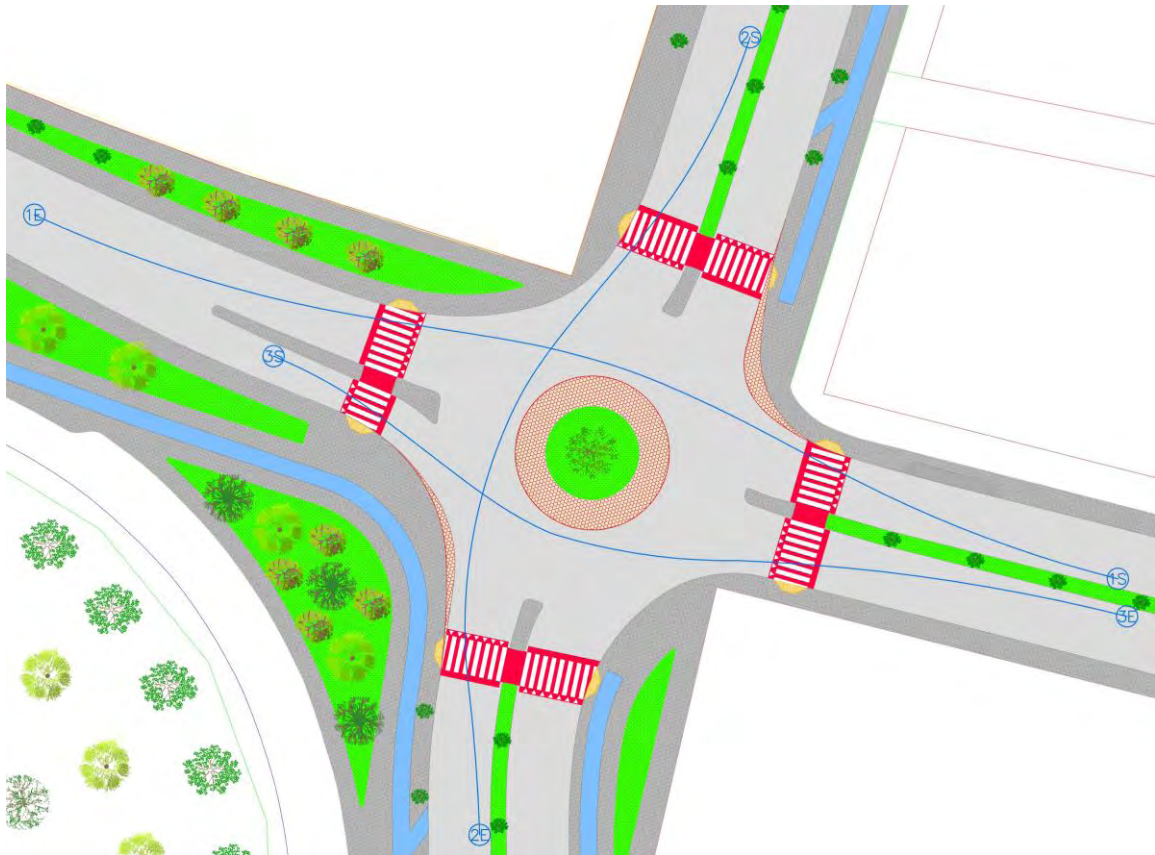
Σχήμα 8.11 Οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση στον υπό μελέτη Κ³

8.5 Έλεγχοι επίδοσης της προτεινόμενης διαμόρφωσης

Ο προτεινόμενος κυκλικός κόμβος ελέγχθηκε ως προς την λειτουργικότητα και το επίπεδο οδικής ασφάλειας που δύναται να προσφέρει, σύμφωνα με τους ελέγχους που ορίζονται στο σχέδιο ΟΜΟΕ Κ³ και στις αμερικανικές οδηγίες. Οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια των λογισμικών σχεδιασμού του Κ³, των προγραμμάτων TORUS και AUTOTURN.

8.5.1 Έλεγχος ταχυτήτων – γρηγορότερη διαδρομή

Οι πορείες ενός τυπικού επιβατικού κατά την εκτέλεση της γρηγορότερης διαδρομής σε ευθεία κίνηση δια μέσου του κόμβου, φαίνονται για όλους τους κλάδους στο παρακάτω σχήμα 8.12. Όπως προέκυψε από τον έλεγχο των ταχυτήτων που αναπτύσσονται κατά τη γρηγορότερη διαδρομή, οι ταχύτητες εισόδου είναι εντός του εύρους που είναι επιθυμητό για αστικούς Κ³ δύο λωρίδων (40-50km/h κατά τις ΟΜΟΕ Κ³). Εξάιρεση αποτελεί ο ανατολικός κλάδος του κόμβου, όπου προκύπτει ταχύτητα εισόδου που αγγίζει τα 60km/h, ωστόσο δεν είναι εύκολο να αναπτυχθεί πολύ μεγάλη ταχύτητα στον κλάδο αυτό, λόγω του μικρού μήκους του από τη διασταύρωση με την οδό Καρδίτσης μέχρι την είσοδο στον κόμβο.



Σχήμα 8.12 Πορεία επιβατικών αυτοκινήτων κατά τις γρηγορότερες διαδρομές διά μέσου του κόμβου

Οι διαφορές ταχυτήτων λόγω των διαφορετικών ακτίνων της καμπύλης τροχιάς των οχημάτων κατά την εκτέλεση της γρηγορότερης διαδρομής, δεν υπερβαίνουν τα 20km/h.

Οι ταχύτητες εξόδου που υπολογίστηκαν αγγίζουν τα 65km/h και κρίνονται μεγάλες. Οι ταχύτητες αυτές αναπτύσσονται λόγω του συνδυασμού μικρής ακτίνας εγγεγραμμένου κύκλου και μετατόπισης των αξόνων ορισμένων κλάδων προς τα αριστερά του κέντρου του κύκλου. Οι υψηλές ταχύτητες εξόδου οδήγησαν στην επιλογή να σχεδιαστούν υπερυψωμένες διαβάσεις διαφορετικού χρώματος σε σχέση με το οδόστρωμα, ώστε να παρέχεται μεγαλύτερη ασφάλεια σε πεζούς και ποδηλάτες (βλ. παράγραφο 8.4.4).

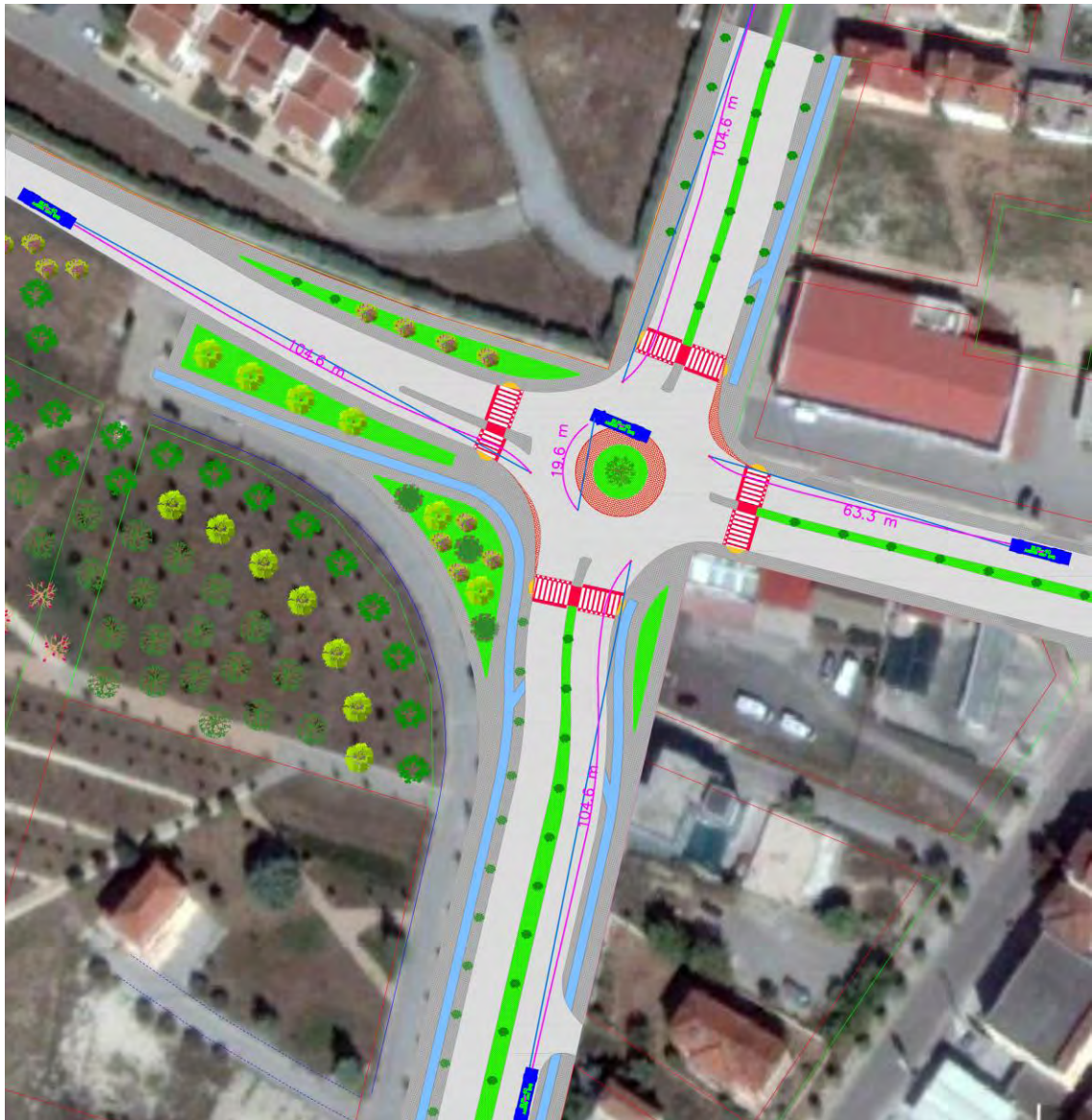
8.5.2 Ορατότητα

Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση του κόμβου:

Για τον υπολογισμό του θεωρήθηκε ότι τα οχήματα κινούνται, όχι με το όριο ταχύτητας (50km/h), αλλά με ταχύτητα πιο κοντά σε αυτές που συνηθίζεται να αναπτύσσονται στις συγκεκριμένες οδούς. Η ταχύτητα που επιλέχθηκε για το βόρειο, το νότιο και το δυτικό κλάδο είναι αυτή των 70km/h, ενώ για τον ανατολικό επιλέχθηκε η ταχύτητα των 50km/h λόγω της εγγύτητας της διασταύρωσης με την οδό Καρδίτσης, που δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων. Η παρεχόμενη ορατότητα κρίνεται επαρκής (βλ. σχήμα 8.13).

Μήκος ορατότητας για στάση κατά την κυκλική πορεία επί του δακτυλίου:

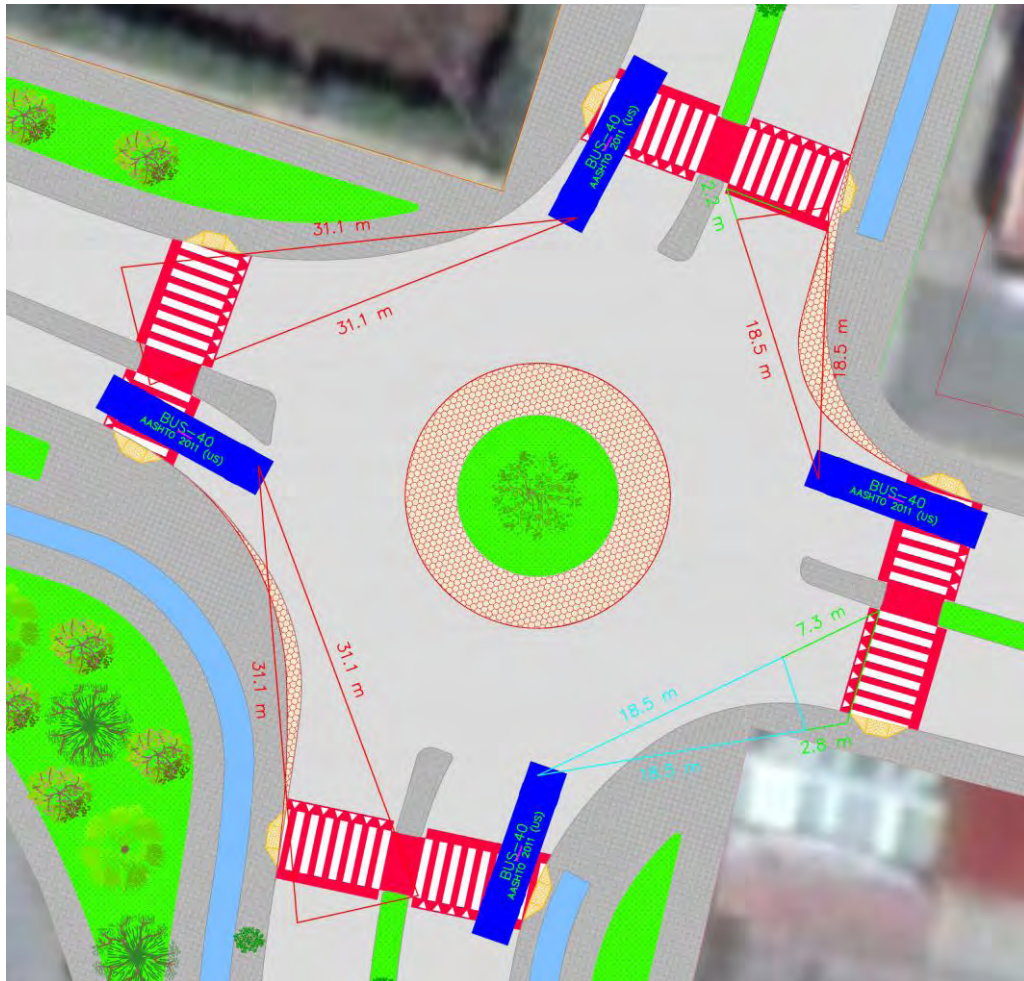
Για τον υπολογισμό του θεωρήθηκε ως ταχύτητα εκκίνησης των οχημάτων, η ταχύτητα αριστερής στροφής επί του δακτυλίου (ταχύτητα λόγω R4), όπως αυτή προέκυψε από τον έλεγχο ταχυτήτων και η οποία είναι ίση με 21km/h. Η παρεχόμενη ορατότητα κρίνεται επίσης επαρκής (βλ. σχήμα 8.13).



Σχήμα 8.13 Μήκη ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση του κόμβου και για στάση κατά την κυκλική πορεία επί του δακτυλίου

Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση της διάβασης πεζών στην έξοδο:

Εδώ ελήφθησαν υπόψη οι ταχύτητες δεξιάς στροφής (ταχύτητα λόγω R5, βλ. παράγραφο 4.2.2). Για προσέγγιση από το βόρειο και από το δυτικό κλάδο η ταχύτητα αυτή είναι περίπου 30km/h, ενώ για προσέγγιση από τον ανατολικό και από τον νότιο η ταχύτητα αυτή εκτιμήθηκε ίση με 20km/h, λόγω της μεγαλύτερης δυσχέρειας στην πραγματοποίηση των αντίστοιχων κινήσεων (βλ. σχήμα 8.14).



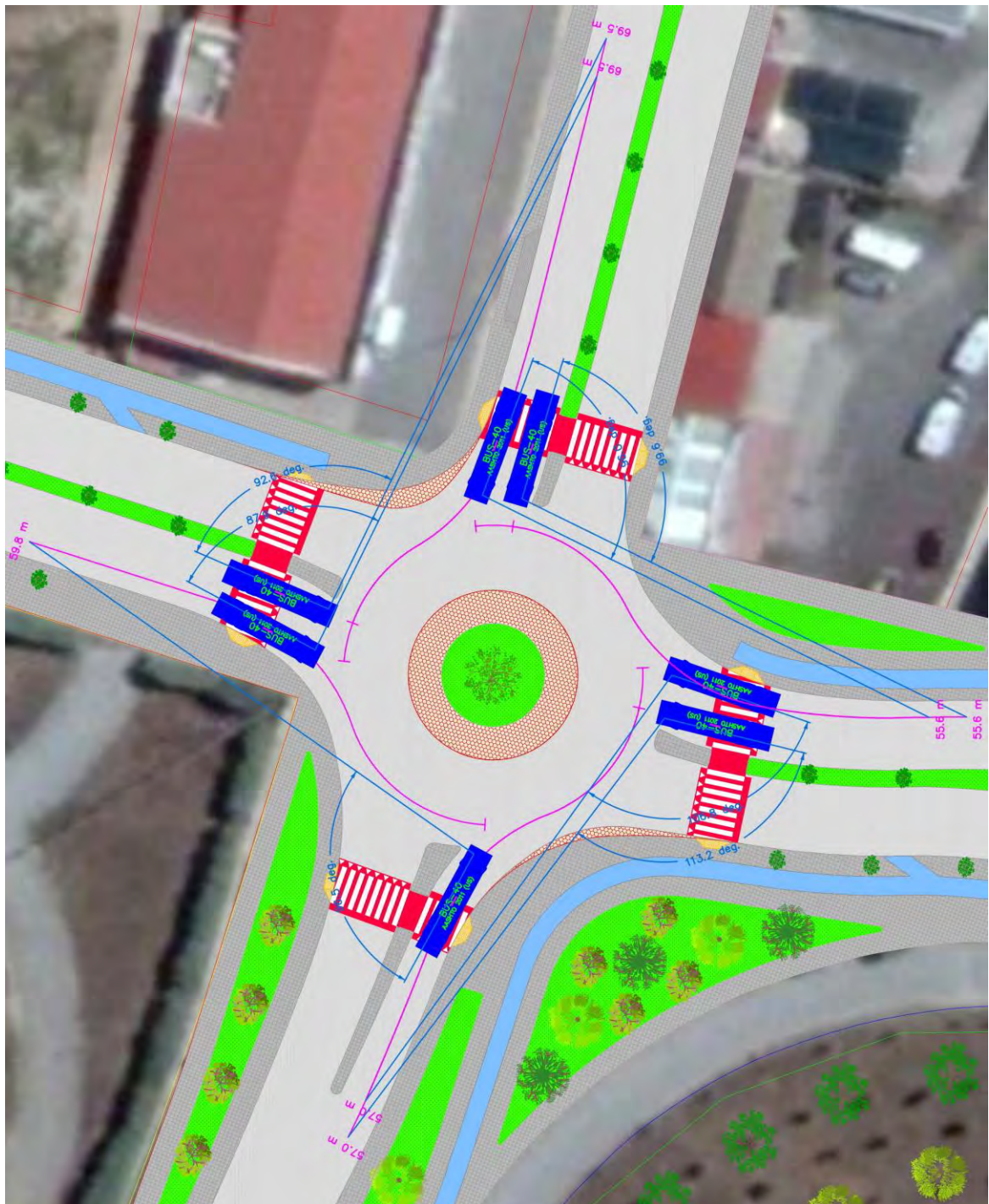
Σχήμα 8.14 Μήκη ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση της διάβασης πεζών στις εξόδους

Γωνίες ορατότητας:

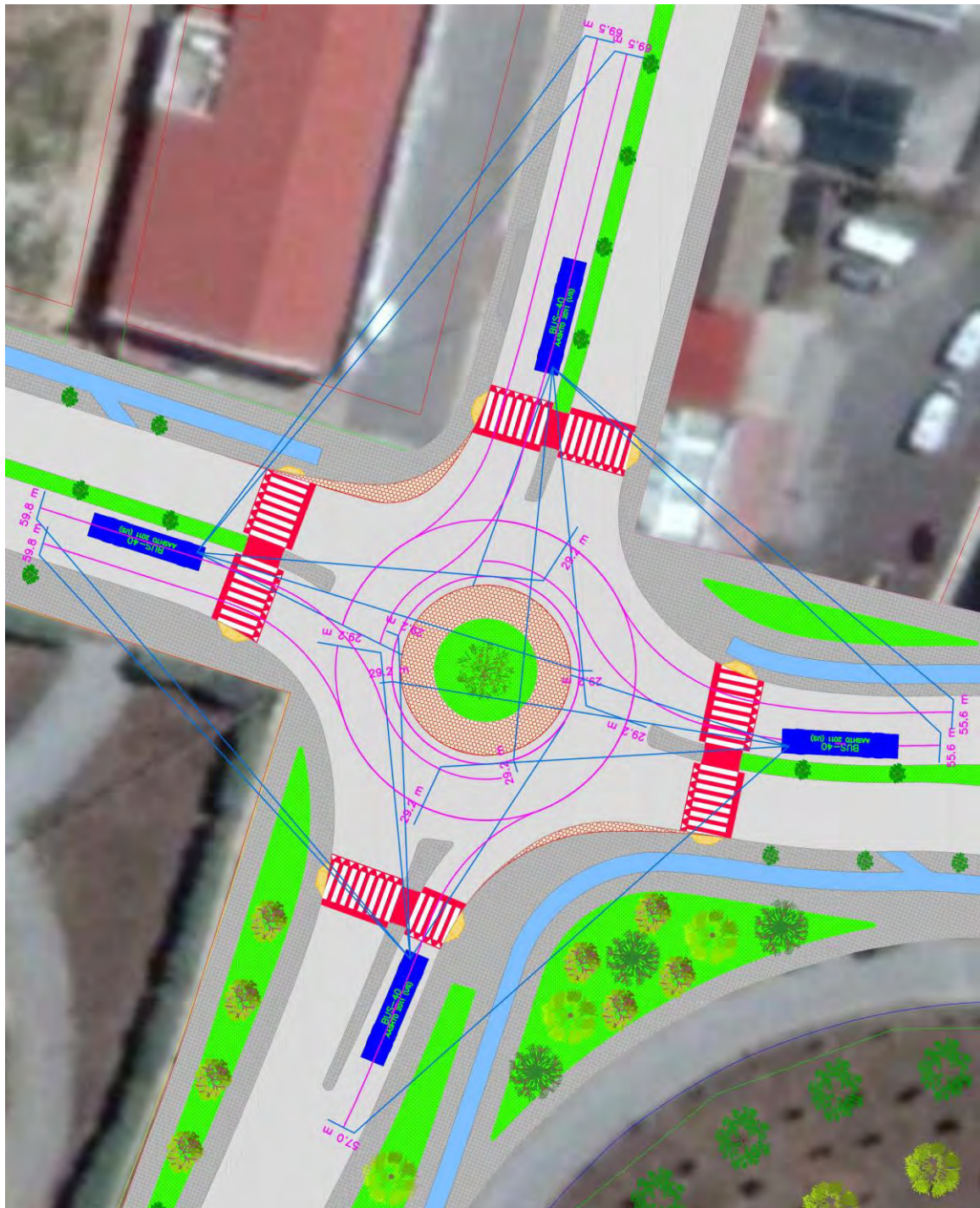
Όπως φαίνεται στο σχήμα 8.15 οι γωνίες ορατότητας είναι όλες πάνω από 75° , οπότε καμία δεν κρίνεται προβληματική. Οι ταχύτητες εισόδου των επερχόμενων οχημάτων θεωρήθηκαν ίσες με τον μέσο όρο των ταχυτήτων λόγω R1 και R2 (βλ. ανάλυση ταχυτήτων στην παράγραφο 4.2.2).

Ορατότητα διασταύρωσης – τρίγωνα ορατότητας:

Ως προς την ταχύτητα των επερχόμενων οχημάτων θεωρήθηκε ότι τα μεν κινούμενα κυκλικά έχουν την ταχύτητα λόγω R2, τα δε εισερχόμενα από τον προηγούμενο κλάδο ότι έχουν ταχύτητα ίση με τον μέσο όρο των ταχυτήτων λόγω R1 και R2. Στην επιφάνεια που συντίθεται από τα τρίγωνα ορατότητας (βλ. σχήμα 8.16) δεν τοποθετήθηκε υψηλή φύτευση, ενώ εκτός αυτής τοποθετήθηκε ώστε η ορατότητα να περιοριστεί στην ελάχιστη απαιτούμενη, αποτρέποντας την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 8.16, δεν παρέχεται η απαιτούμενη ορατότητα, καθώς παρεμποδίζεται από την ύπαρξη κτίσματος και περίφραξης, αντίστοιχα σε δύο γωνίες της διασταύρωσης.



Σχήμα 8.15 Γωνίες ορατότητας



Σχήμα 8.16 Ορατότητα διασταύρωσης – τρίγωνα ορατότητας

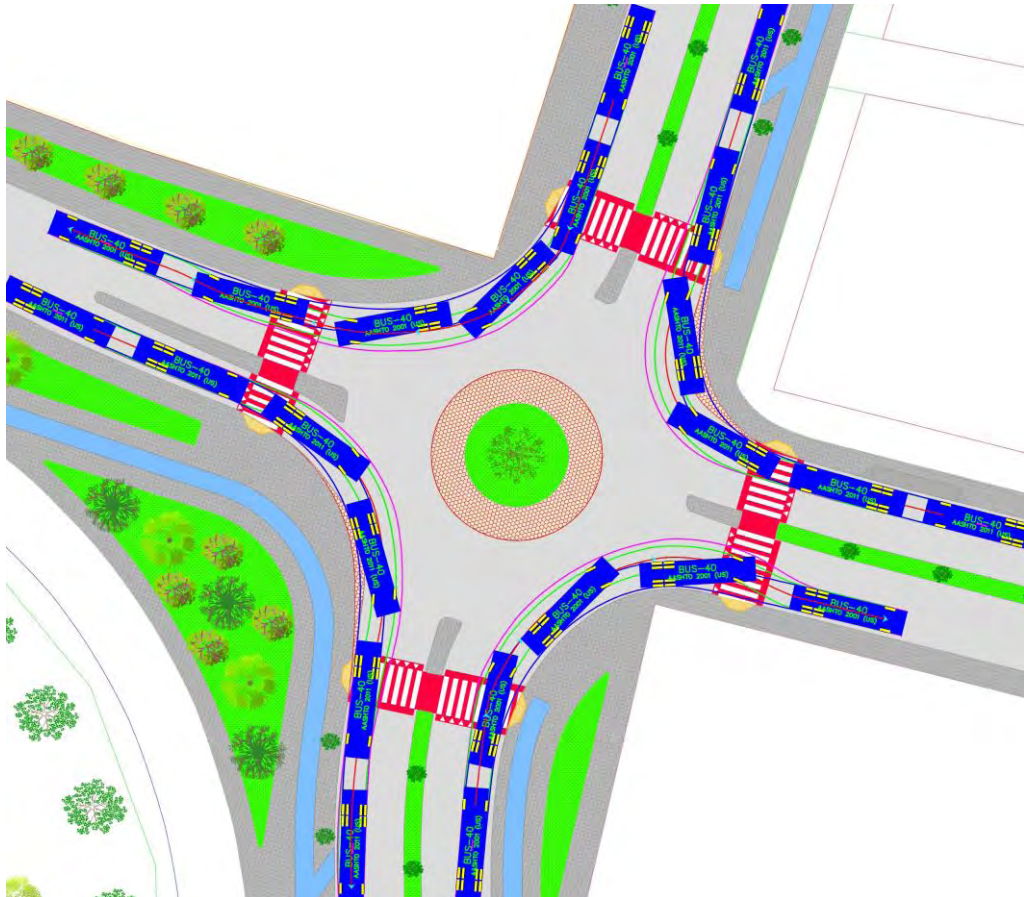
8.5.3 Κινήσεις οχημάτων – έλεγχος επικάλυψης πορειών

Τα αποτελέσματα του ελέγχου επικάλυψης πορειών εισόδου-εξόδου, όπως πραγματοποιήθηκε με το εργαλείο Dynamic Path Overlap του TORUS φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 8.2. Οι διαστάσεις Α και Β των κοινών εφαιπτομένων (βλ. σχήμα 4.3) είναι μεγαλύτερες από την ελάχιστη απαιτούμενη (8m).

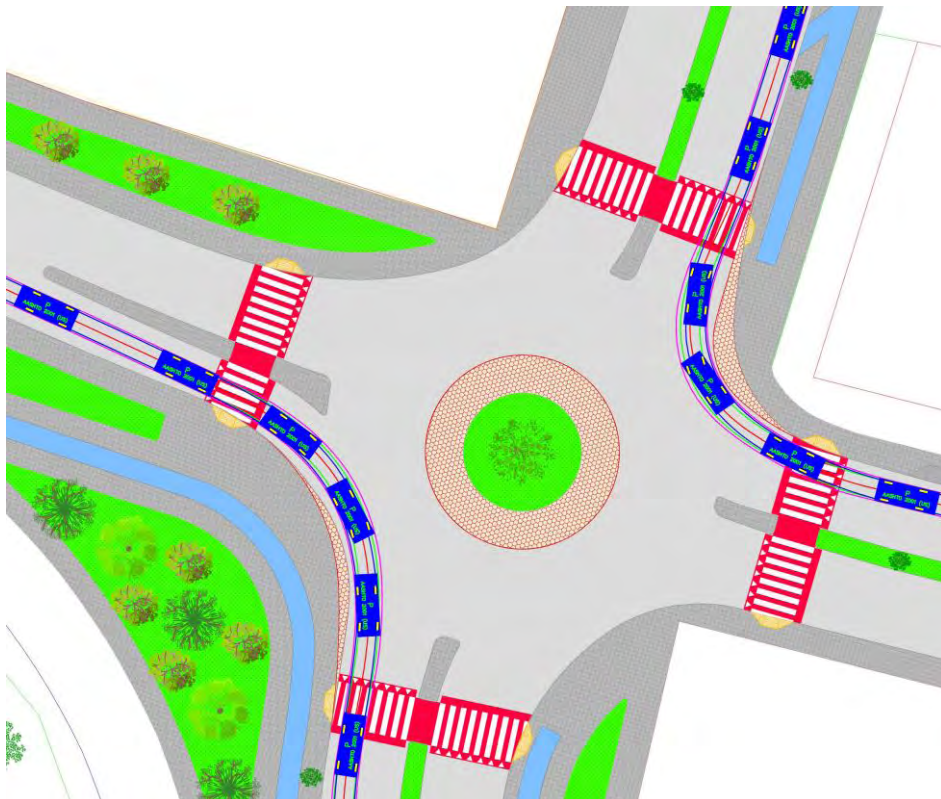
Πίνακας 8.2 Αποτελέσματα ελέγχου επικάλυψης πορειών εισόδου-εξόδου

Κλάδος Πρόσβασης	Απόσταση Α(m)	Απόσταση Β(m)
Ανατολικός κλάδος (Ι. Λάτσιου)	8,96	8,96
Βόρειος κλάδος (Σαρίμβεη)	8,95	10,23
Δυτικός κλάδος (Ι. Λάτσιου)	-	10,23
Νότιος κλάδος (Σαρίμβεη)	8,95	10,23

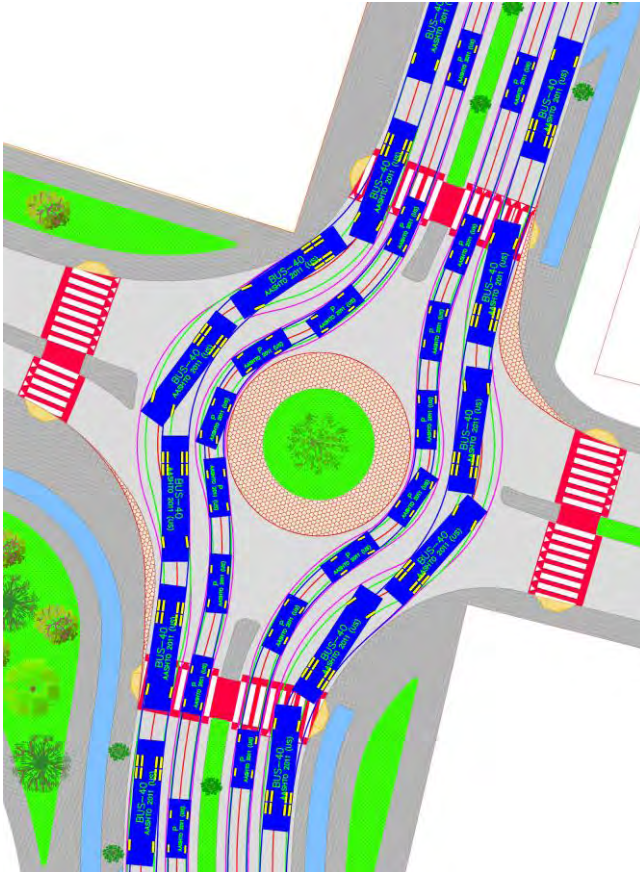
Οι πορείες των οχημάτων σχεδιάστηκαν επί του κυκλικού κόμβου με τη βοήθεια των λογισμικών TORUS και AUTOTURN. Στα ακόλουθα σχήματα παρουσιάζονται κινήσεις του οχήματος σχεδιασμού (λεωφορείο μήκους 12,19m), μόνο του και σε παραλληλία με επιβατικό αυτοκίνητο. Όπως έχει προαναφερθεί, επιλέχθηκε να γίνει έλεγχος των κινήσεων και του αρθρωτού φορτηγού οχήματος, μόνο του και σε παραλληλία με επιβατικό αυτοκίνητο. Όπως είναι αντιληπτό από τα αντίστοιχα σχήματα, είναι δυνατή η απρόσκοπτη εξυπηρέτηση των οχημάτων αυτών με τη χρήση των υπερβατών ζωνών που σχεδιάστηκαν. Τα Ι.Χ. επιβατικά αυτοκίνητα είναι σκόπιμο να διέρχονται από τον Κ³ χωρίς τη χρήση των υπερβατών ζωνών από κυβόλιθους, όπως και συμβαίνει στην προκειμένη περίπτωση.



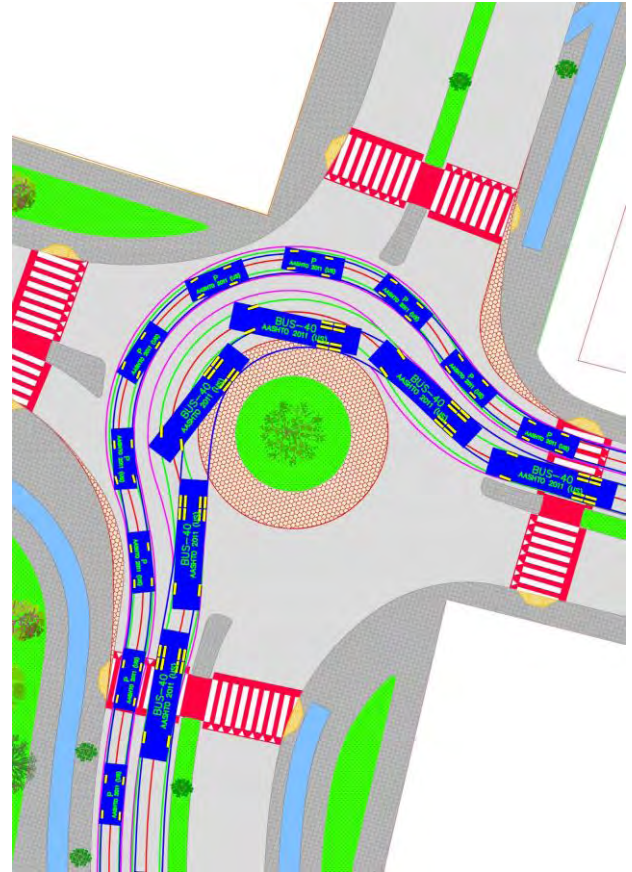
Σχήμα 8.17 Δεξιά στρέφουσες κινήσεις λεωφορείου (όχημα σχεδιασμού)



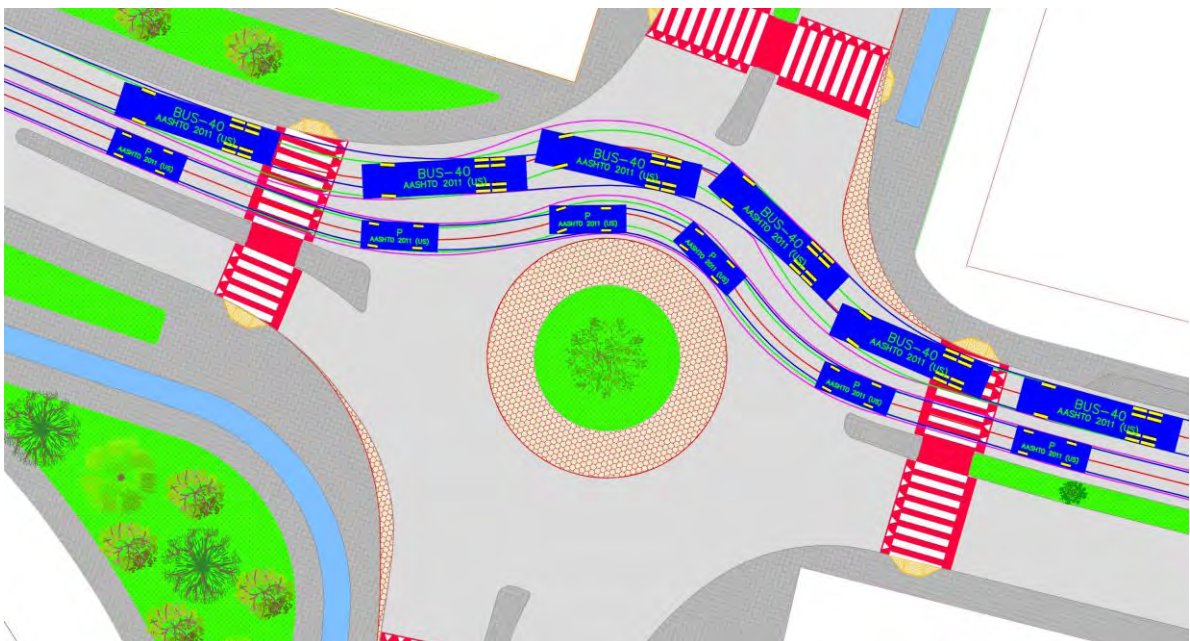
Σχήμα 8.18 Δεξιά στρέφουσες κινήσεις επιβατικού αυτοκινήτου χωρίς τη χρήση των υπερβατών ζωνών



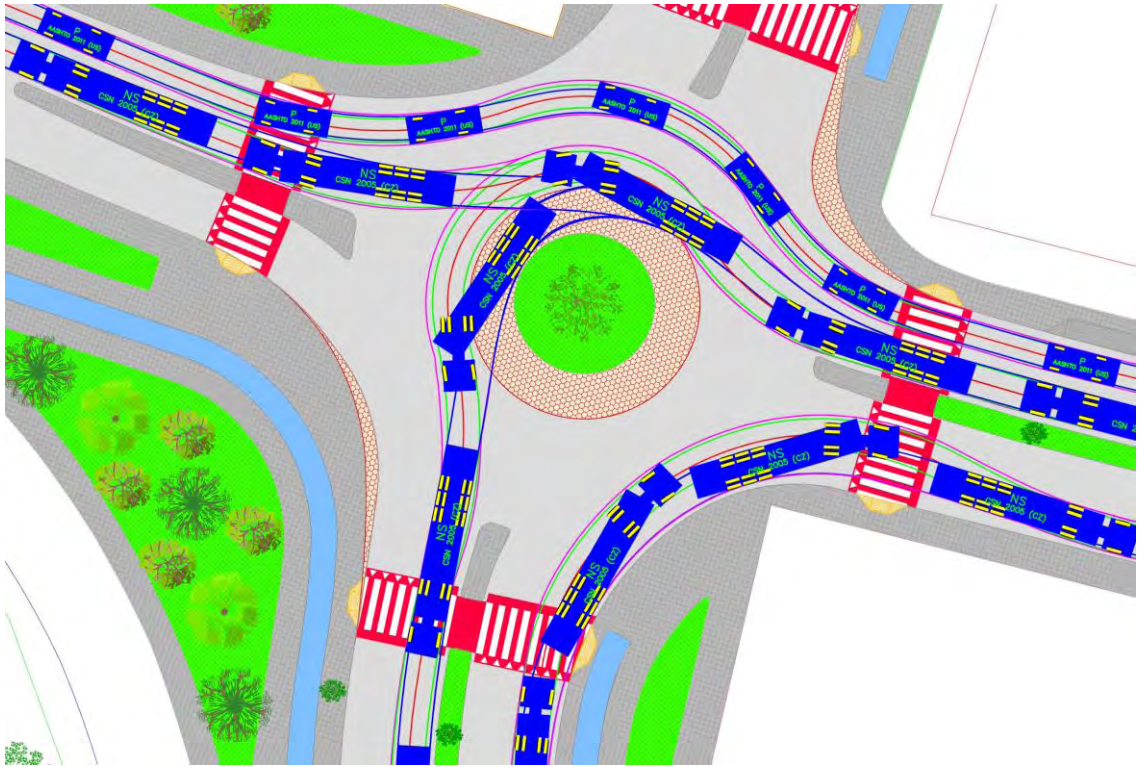
Σχήμα 8.19 (αριστερά) Ευθείες κινήσεις λεωφορείου επί της οδού Σαρίμβεη, σε παραλληλία με επιβατικό αυτοκίνητο



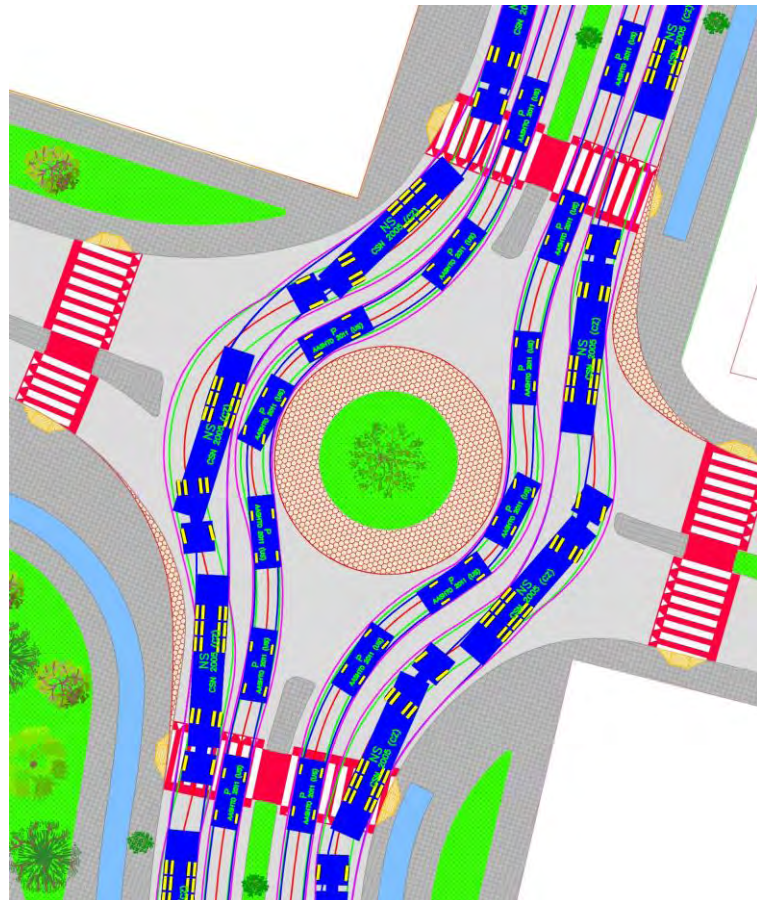
Σχήμα 8.20 (δεξιά) Αριστερή στροφή Ανατολή-Νότος λεωφορείου σε παραλληλία με επιβατικό αυτοκίνητο



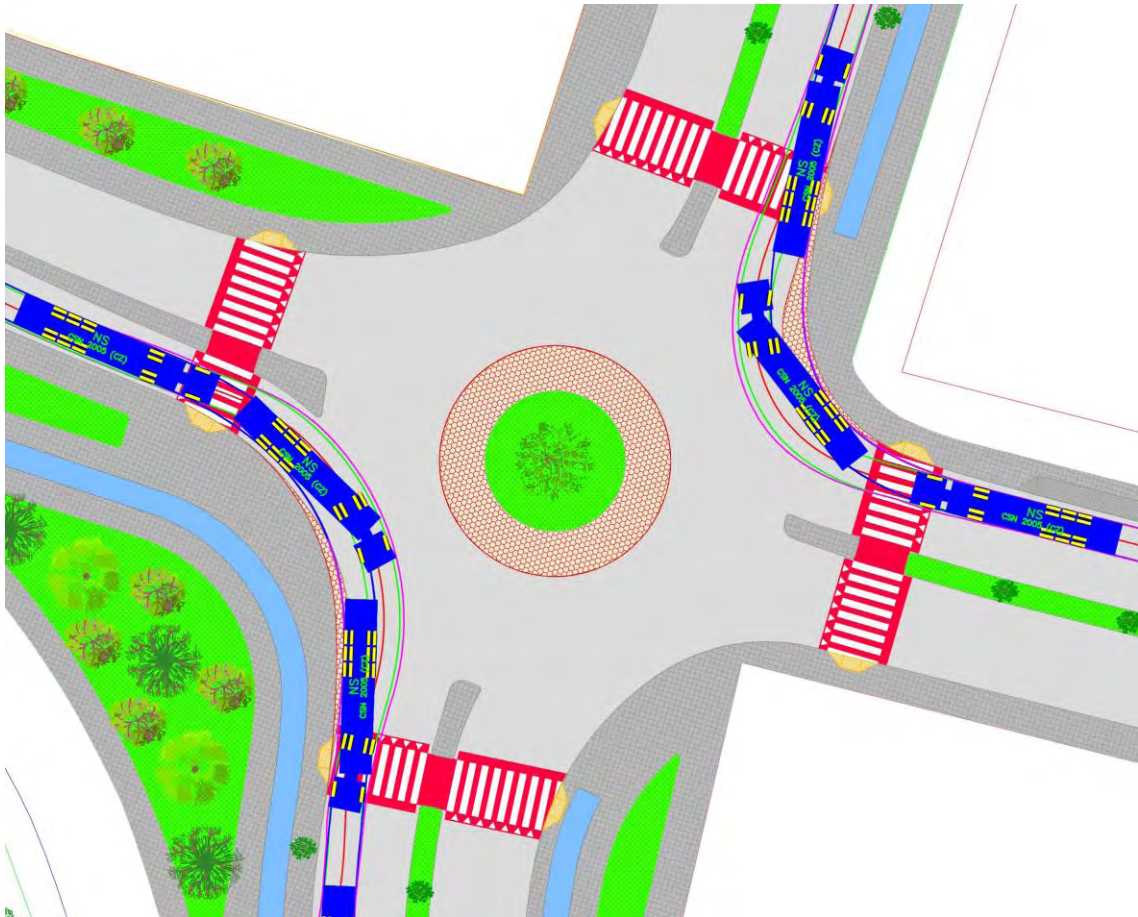
Σχήμα 8.21 Ευθεία κίνηση (Ανατολή-Δύση) επί της Ι. Λάτσειου λεωφορείου παράλληλα με επιβατικό αυτοκίνητο



Σχήμα 8.22 Εξυπηρέτηση αρθρωτού φορτηγού οχήματος κατά τις κινήσεις Ανατολή-Δύση, Ανατολή-Νότος, Νότος-Ανατολή



Σχήμα 8.23 Ευθείες κινήσεις αρθρωτού φορτηγού οχήματος επί της οδού Σαρίμβη σε παράλληλία με επιβατικό αυτοκίνητο



Σχήμα 8.24 Δεξιά στρέφουσες κινήσεις αρθρωτού φορτηγού οχήματος με τη χρήση των υπερβατών ζωνών

8.6 Λειτουργική ανάλυση

Για τη λειτουργική ανάλυση του υπό μελέτη κόμβου χρησιμοποιήθηκαν οι φόρτοι στρεφουσών κινήσεων του σχήματος 8.5. Οι φόρτοι αυτοί μετρήθηκαν κατά την εκπόνηση του Σχεδίου Βιώσιμης Κινητικότητας του Δήμου Λαρισαίων και έχουν μετατραπεί σε Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ). Όπως αναφέρεται στην ανωτέρω μελέτη, οι μετρήσεις στη συγκεκριμένη διασταύρωση έγιναν την 4/2/2015 στο χρονικό διάστημα 7:30π.μ.-8:30π.μ., ενώ από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ως ώρα πρωινής αιχμής το διάστημα 8:00π.μ.-9:00π.μ. μιας τυπικής καθημερινής. Τα συγκεκριμένα στοιχεία, λοιπόν, κρίνεται πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενδεικτικά για τον ωριαίο φόρτο των στρεφουσών κινήσεων, που να πλησιάζει τον φόρτο κατά την πρωινή αιχμή.

Η κατανομή των φόρτων ανά λωρίδα κυκλοφορίας έγινε σύμφωνα με τις δυνατότητες κινήσεων που ορίστηκαν για κάθε λωρίδα (βλ. οριζόντια σήμανση) και όπου οι φόρτοι των κινήσεων σε ευθεία ισομοιράστηκαν στις αντίστοιχες λωρίδες εισόδου.

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση χωρητικότητας, ανάλυση καθυστερήσεων και προσδιορισμός του επιπέδου εξυπηρέτησης των κλάδων πρόσβασης και του κόμβου συνολικά, με βάση τα όσα ορίζει το σχέδιο ΟΜΟΕ Κ³. Για καλύτερη κατανόηση του τρόπου υπολογισμού των ανωτέρω μεγεθών αξιοποιήθηκε η μέθοδος του Highway Capacity Manual (HCM method), η οποία εμπεριέχεται στις αμερικανικές οδηγίες (βλ. NCHRP, 2010) και της οποίας οι εξισώσεις έχουν ενσωματωθεί και στο σχέδιο ΟΜΟΕ Κ³. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τον υπό μελέτη κόμβο παρατίθενται στον κάτωθι πίνακα.

Πίνακας 8.3 Αποτελέσματα λειτουργικής ανάλυσης για τον κόμβο με τη μέθοδο του HCM

Κλάδος Πρόσβασης	Ανατολικός κλάδος (Ι. Λάτσιου)		Βόρειος κλάδος (Σαρίμβη)		Δυτικός κλάδος (Ι. Λάτσιου)	Νότιος κλάδος (Σαρίμβη)	
	Αρ. Λωρ.	Δεξ. Λωρ.	Αρ. Λωρ.	Δεξ. Λωρ.		Αρ. Λωρ.	Δεξ. Λωρ.
Λωρίδα							
Επερχόμενη Κυκλοφορία (ΜΕΑ/h)	288		522		831	350	
Χωρητικότητα (ΜΕΑ/h)	910	924	764	784	632	869	884
Φόρτος (ΜΕΑ/h)	350	284	278	326	297	88	71
Λόγος Φόρτου/ Χωρητικότητας	0,384	0,307	0,363	0,415	0,470	0,101	0,080
Καθυστέρηση Λωρίδας (sec/ΜΕΑ)	6,0	5,5	6,7	6,9	8,4	4,7	4,5
Καθυστέρηση Κλάδου (sec/ΜΕΑ)	5,8		6,8		8,4	4,6	
Ουρά (ΜΕΑ)	0	0	0	0	0	0	0
Στάθμη Εξυπηρέτησης	A		A		A	A	
Καθυστέρηση Κόμβου (sec/ΜΕΑ)	6,5						

Η ουρά που αναφέρεται στον πίνακα 8.3 αφορά στον αριθμό των οχημάτων (εκφρασμένα σε ΜΕΑ) που βρίσκονται σε ουρά, και ο οποίος δεν υπερβαίνεται στο 95% των περιπτώσεων.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει Στάθμη Εξυπηρέτησης A για τον κόμβο, κάτι που ενισχύει το επιχείρημα ότι η διαμόρφωση Κ³ στη συγκεκριμένη θέση μπορεί να

βελτιώσει τις κυκλοφοριακές συνθήκες και παράλληλα δίνει μια γενική εικόνα για τη λειτουργικότητα της προτεινόμενης λύσης.

8.7 Ζητήματα περαιτέρω μελέτης

Ο σχεδιασμός του προτεινόμενου κυκλικού κόμβου έχει περιοριστεί στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας σε επίπεδο οριζοντιογραφικής χάραξης. Για την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του συγκεκριμένου κόμβου θα πρέπει να χαραχθούν οι μηκοτομές και να σχεδιαστούν οι διατομές στις διάφορες θέσεις του κόμβου, ώστε να καθοριστούν υψομετρικά οι θέσεις του δακτυλίου κυκλοφορίας και των κλάδων πρόσβασης. Η υψομετρική διαμόρφωση του κόμβου θα πρέπει να έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων χωματισμών και παράλληλα να προσφέρει σωστή απορροή και διοχέτευση των όμβριων υδάτων. Για το προχώρημα του έργου απαραίτητες είναι, επίσης, οι προμετρήσεις υλικών και εργασιών ώστε να συνταχθεί ο προϋπολογισμός.

Σε λειτουργικό επίπεδο, προτείνεται να πραγματοποιηθούν νέες μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων στη συγκεκριμένη θέση, περιλαμβάνοντας την καταγραφή της σύνθεσης της κυκλοφορίας. Στην περίπτωση που η κυκλοφορία των βαρέων οχημάτων προκύψει σημαντικότερη από αυτή που έχει εκτιμηθεί στην παρούσα εργασία, θα πρέπει ίσως να αναθεωρηθεί ο σχεδιασμός του κόμβου με επιλογή μεγαλύτερης διαμέτρου εγγεγραμμένου κύκλου (και συνεπώς περισσότερες απαλλοτριώσεις), ώστε αυτά να εξυπηρετούνται με μεγαλύτερη ευχέρεια. Πιο σημαντικό, ωστόσο, είναι να γίνει εκτίμηση των κυκλοφοριακών φόρτων στο έτος σχεδιασμού (20^ο έτος από την έναρξη λειτουργίας του κόμβου) και ο καθορισμός της Στάθμης Εξυπηρέτησης με βάση τα δεδομένα αυτά.

Τα προηγούμενα θα είναι ιδιαιτέρως χρήσιμα, καθώς στην παρούσα εργασία δόθηκε μια γενική εικόνα για τη λειτουργική ανάλυση του κόμβου, βασισμένη στη σημερινή κατάσταση (πρόσφατες μετρήσεις του Φεβρουαρίου του 2015) και αξιοποιώντας δεδομένα στρεφουσών κινήσεων που κρίθηκε ότι πλησιάζουν την πρωινή αιχμή τυπικής καθημερινής, χωρίς όμως να τεκμηριώνεται κάτι τέτοιο. Συνεπώς, η περαιτέρω μελέτη της λειτουργικότητας του κόμβου κρίνεται απαραίτητη.

Αξίζει να μελετηθεί, επιπλέον, η αλληλεπίδραση της διαμόρφωσης κυκλικού κόμβου στην υπό μελέτη διασταύρωση με τις γειτονικές διασταυρώσεις και κυρίως με την εγγύτερη, δηλαδή τη διασταύρωση των οδών Ι. Λάτσιου και Καρδίτσης.

Τέλος, στην περίπτωση που η απόκλιση των τιμών των βασικών γεωμετρικών μεγεθών του υπό μελέτη K³ σε σχέση με τις οριζόμενες στις ΟΜΟΕ K³ κριθεί ως μη αποδεκτή, θα μπορούσε να εξετασθεί η μελέτη κόμβου με δακτύλιο μίας λωρίδας κυκλοφορίας, για

εφαρμογή στη συγκεκριμένη θέση. Βέβαια, μία τέτοια επιλογή, αν ήταν επιτρεπτή από την ανάλυση χωρητικότητας στο έτος σχεδιασμού, θα οδηγούσε σε σημαντική παρέμβαση επί των συμβαλλουσών οδών, ώστε να συγχωνευθούν πλησίον του κόμβου οι δύο λωρίδες κυκλοφορίας που διαθέτουν σε μία.

9. Σύνοψη και συμπεράσματα

Με βάση τη διεθνή εμπειρία είναι πλέον σαφές ότι οι ισόπεδοι κυκλικοί κόμβοι προσφέρουν πολλαπλά πλεονεκτήματα, τα οποία τους καθιστούν μία συχνά προτιμώμενη λύση για την διαμόρφωση νέων διασταυρώσεων του αστικού και υπεραστικού οδικού δικτύου, αλλά και για την αντικατάσταση παλαιότερων κλασικού τύπου (σηματοδοτούμενων ή μη). Βασικά πλεονεκτήματα των σύγχρονων K^3 είναι το υψηλό επίπεδο ασφάλειας που δύνανται να παρέχουν, καθώς και η αυξημένη κυκλοφοριακή ικανότητα και τα γενικότερα λειτουργικά οφέλη. Σε ότι αφορά στην ασφάλεια, αναφέρεται πως τα οδικά ατυχήματα που παρατηρούνται σε κυκλικούς κόμβους είναι σημαντικά μειωμένα και η σοβαρότητα όσων συμβαίνουν περιορίζεται σε υλικές κυρίως ζημιές, ενώ πεζοί και ποδηλάτες προστατεύονται με τη δημιουργία κυκλοφοριακού περιβάλλοντος ήπιων λειτουργικών ταχυτήτων. Σε λειτουργικό επίπεδο μπορεί να επιτευχθεί ελαχιστοποίηση των χρονικών καθυστερήσεων της μηχανοκίνητης κυκλοφορίας, σίγουρα εκτός περιόδων αιχμής όπου η ακινητοποίηση των οχημάτων οριακά εξαλείφεται, αλλά και εντός ωρών αιχμής, με τις μικρές αναπτυσσόμενες ταχύτητες να ευνοούν την αποδοχή μικρών διάκενων στην επερχόμενη κυκλοφορία με την προϋπόθεση ότι ο κόμβος λειτουργεί σε χαμηλότερο από την χωρητικότητα του επίπεδο. Η αισθητική αναβάθμιση κυρίαρχα μέσω των χώρων φύτευσης που δημιουργούνται θεωρείται επίσης θετικό στοιχείο των κυκλικών κόμβων. Ένα ακόμη εν δυνάμει όφελος τους που τους καθιστά φιλικούς ως προς το περιβάλλον, αποτελεί η μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται από τα οχήματα και των αντίστοιχων αέριων ρύπων, λόγω της ομαλότερης ροής της κυκλοφορίας, με αποφυγή των έντονων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων των οχημάτων.

Ωστόσο, η κατασκευή K^3 δεν αποτελεί πάντα τη βέλτιστη λύση. Κατ' αυτή την έννοια, υπάρχουν ορισμένα σημεία στα οποία οι κυκλικοί κόμβοι μπορεί να υστερούν έναντι άλλου τύπου διαμορφώσεων. Οι κυκλικοί κόμβοι έχουν αρκετά αυξημένες απαιτήσεις διαθέσιμης επιφάνειας γης, γεγονός που πιθανά να οδηγεί στην ανάγκη απαλλοτριώσεων και συνεπώς σε μεγαλύτερο κόστος κατασκευής. Επίσης, η προσαρμογή τους σε οδούς άνω των δύο λωρίδων κυκλοφορίας είναι δυσχερής και μη-αποτελεσματική. Όσον αφορά στη λειτουργία τους, προβληματική είναι εφαρμογή τους σε διασταυρώσεις μεταξύ οδών με μεγάλη διαφορά λειτουργικής κατάταξης, αφού η εξίσωση προτεραιότητας για όλες τις προσβάσεις μπορεί να μειώσει την ικανότητα στις προσβάσεις υψηλών φόρτων. Επομένως, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή από την πλευράς μελετητών, ώστε να γίνουν κατανοητές οι ανάγκες και οι περιορισμοί της εκάστοτε υπό μελέτη περιοχής και να καταλήξουν στην ορθότερη απόφαση.

Για την πραγμάτωση των προαναφερθέντων πλεονεκτημάτων απόλυτα ουσιώδης είναι ο άρτιος γεωμετρικός σχεδιασμός σύμφωνα με δοκιμασμένα και πλήρη πρότυπα σχεδιασμού, όπως είναι οι αμερικανικές οδηγίες και κατ' επέκταση το ελληνικό σχέδιο οδηγιών (ΟΜΟΕ Κ³) και με βάση τη λογική των οποίων παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία οι κυκλικοί κόμβοι. Ο σωστός γεωμετρικός σχεδιασμός θα πρέπει να βρίσκει τη χρυσή τομή μεταξύ ικανότητας εξυπηρέτησης και παροχής υψηλής οδικής ασφάλειας. Για να θεωρηθεί επιτυχής ο σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου, θα πρέπει να προσφέρει αποτελεσματικό έλεγχο των ταχυτήτων μέσω κατάλληλης εκτροπής των πορειών των οχημάτων, να παρέχει ικανοποιητικά επίπεδα ορατότητας και να εξυπηρετεί το όχημα σχεδιασμού, από την ορθολογική επιλογή του οποίου καθορίζεται η σωστή διαστασιολόγηση των βασικών στοιχείων του κόμβου. Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται ότι υπάρχει πλέον μεγάλη ανάγκη να θεσμοθετηθούν οι ελληνικές οδηγίες μελετών, καθώς κατασκευάζονται καθημερινά όλο και περισσότεροι κυκλικοί κόμβοι, χωρίς να υπάρχει εν ισχύ ένα ορισμένο πλαίσιο σχεδιασμού.

Κατά τη μελέτη σχεδιασμού του αστικού ισόπεδου κυκλικού κόμβου, ως πρόταση για την αντικατάσταση σηματοδοτούμενης διασταύρωσης στην πόλη της Λάρισας, προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα που αφορούν στο σχεδιασμό κυκλικών κόμβων σε αστικό περιβάλλον, με σημαντικούς περιορισμούς σε διαθέσιμο χώρο.

Είναι σαφές ότι για τον πιο «ορθόδοξο» σχεδιασμό του κόμβου σύμφωνα με τις οδηγίες μελετών, απαιτείται μεγαλύτερης έκτασης παρέμβαση στην υφιστάμενη κατάσταση, συμπεριλαμβανομένων περαιτέρω απαλλοτριώσεων. Ζητήματα που θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν μέσω της αύξησης της επιφάνειας που καταλαμβάνει ο Κ³ είναι τα εξής:

- Η ευχερέστερη εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων, μέσω της αύξησης της εξωτερικής διαμέτρου του κόμβου και της παράλληλης αύξησης της διαμέτρου της κεντρικής νησίδας, ώστε να εκτρέπονται ικανοποιητικά οι πορείες των οχημάτων.
- Η ύπαρξη ποδηλατοδρόμου διπλής κατεύθυνσης και στη δυτική πλευρά του βορείου κλάδου της Σαρίμβεη, η οποία θα είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της εξυπηρέτησης των ποδηλατιστών.
- Η παροχή επαρκούς ορατότητας κατά την προσέγγιση των οδηγών στη διασταύρωση (ανεμπόδιστα τρίγωνα ορατότητας). Η μη αντιμετώπιση του συγκεκριμένου ζητήματος αποτελεί ίσως τη σημαντικότερη έλλειψη της προτεινόμενης λύσης, όπως αυτή παρουσιάστηκε στην παρούσα εργασία.

Με εξαίρεση το θέμα της ορατότητας, ωστόσο, η διαμόρφωση που προτείνεται αποδεικνύει ότι ακόμα και με πιο συμπιεσμένες τιμές παραμέτρων σχεδιασμού του K^3 , είναι δυνατή η βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης λειτουργικά, αλλά και ως προς την οδική ασφάλεια περιορίζοντας τις μεγάλες ταχύτητες κυκλοφορίας που αναπτύσσονται στην περιοχή. Όπως περιγράφεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο, ο προτεινόμενος K^3 προσφέρει άριστο επίπεδο εξυπηρέτησης (Στάθμη Εξυπηρέτησης A) και μέγιστη χρονική καθυστέρηση της τάξης των 8 sec ανά όχημα. Επιπλέον, παρέχεται επαρκής έλεγχος και ομοιομορφία των ταχυτήτων κατά την διέλευση των οχημάτων διαμέσου αυτού, με τις ταχύτητες εισόδου να βρίσκονται εντός λογικών πλαισίων, ενώ τα προβλήματα ασφαλείας που ενδεχομένως να προκαλέσουν σε πεζούς και ποδηλάτες οι ελαφρώς αυξημένες ταχύτητες εξόδου από τον κόμβο, αντιμετωπίζονται με την χρήση των υπερυψωμένων πεζοδιαβάσεων. Τέλος, σημειώνεται ότι η προτεινόμενη λύση μπορεί να βελτιώσει περαιτέρω και την αισθητική της περιοχής.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Δήμος Λαρισαίων (2015). *Μελέτη αστικής κινητικότητας για το Δήμο Λαρισαίων*, Τεχνική Έκθεση, Α' Τεύχος, Απρίλιος 2015.

ΥΠΕΧΩΔΕ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας (2001). *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχη: Λειτουργική Κατάταξη Οδών - Διατομές - Χαράξεις Οδών (ΟΜΟΕ - ΛΚΟΔ)*. Σύμβουλος: NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, Έκδοση 2001

ΥΠΕΧΩΔΕ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας (2001). *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 3 : Χαράξεις (ΟΜΟΕ - Χ)*. Σύμβουλος: NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, Έκδοση 2001

ΥΠΥΜΕΔΙ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας (2011). *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 10 Μέρος 1: Ισόπεδοι Κόμβοι (ΟΜΟΕ - ΙΚ)*. Σύμβουλος: NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, (Σχέδιο), Έκδοση 2011

ΥΠΥΜΕΔΙ - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων - Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας (2011). *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 10 Μέρος 2: Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ - Κ³)*. Σύμβουλος: NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, (Σχέδιο), Έκδοση 2011

Φραντζεσκάκης, Ι.Μ. και Γιαννόπουλος, Γ.Α. (1986). «*Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική*». Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Επίκεντρο.

Φραντζεσκάκης, Ι.Μ. και Γκόλιας, Ι. (1994). «*Οδική ασφάλεια*». Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Ξενόγλωσση

Brilon, W. (2011). *Studies on Roundabouts in Germany: Lessons learned*, paper presented at the 3rd TRB Roundabout Conference, Carmel, Indiana, 2011.

Brown, M. (1995). *TRL State of the Art Review: The Design of Roundabouts*. London: HMSO.

Federal Highway Administration (2000). *Roundabouts: An Informational Guide*, U.S. Department of Transportation, Publication No. FHWA-RD-00-067, June 2000

Lay, M. (1992). *Ways of the world*. New Brunswick (N.J.): Rutgers University Press.

National Cooperative Highway Research Program (1998). *Modern Roundabout Practice in the United States, NCHRP Synthesis 264*, A Synthesis of Highway Practice, Transportation Research Board - National Research Council, Washington, D.C. 1998

National Cooperative Highway Research Program (2010). *Roundabouts: An Informational Guide, Second Edition, NCHRP Report 672*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), Washington, D.C., October 2010

SWOV (2012). *fact sheet "Roundabouts"*. Institute for Road Safety Research, Leidschendam (NL), 2012.

Tollazzi, T. (2015). *Alternative Types of Roundabouts*. Cham: Springer International Publishing.

Ηλεκτρονική

<http://www.fhwa.dot.gov/>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, τελευταία επίσκεψη: 25/11/2017.

<http://www.transoftsolutions.com/>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, τελευταία επίσκεψη: 15/10/2017.

<https://en.wikipedia.org/>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, τελευταία επίσκεψη: 20/12/2017.

<https://www.youtube.com/channel/UC9RM-iSvTu1uPJb8X5yp3EQ> διαδικτυακό κανάλι Wendover productions στον ιστότοπο Youtube, τελευταία επίσκεψη: 11/08/2017.

<http://www.ypeka.gr>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, οδηγίες σχεδιασμού «Σχεδιάζοντας για όλους», τελευταία επίσκεψη: 06/01/2018.