



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΙΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

---

ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΟ ΝΑΥΤΙΚΟ  
ΟΜΙΛΟ ΒΟΛΟΥ

---

ΜΗΛΙΑ ΚΛΕΙΩ

Βόλος, Σεπτέμβριος 2018

© 2018 Κλειώ Μηλιά

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέα (N 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:

**Κωνσταντίνος Βογιατζής**

*Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

Τρίτος εξεταστής:

**Παντελεήμων Κοπελιάς**

*Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Μελέτη κυκλικού κόμβου στο Ναυτικό Όμιλο Βόλου» εκπονήθηκε στο πλαίσιο της προπτυχιακής εκπαίδευσης του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Επιβλέπων καθηγητής ήταν ο κ. Νικόλαος Ηλιού, καθηγητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Στην τριμελή επιτροπή συμμετείχαν ο επιβλέπων καθηγητής, ο κ. Κωνσταντίνος Βογιατζής, καθηγητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ο κ. Παντελεήμων Κοπελιάς, επίκουρος καθηγητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ο λόγος επιλογής του θέματος της διπλωματικής εργασίας υπήρξε το ενδιαφέρον σχετικά με τα θέματα οδοποιίας και η διάθεση διεύρυνσης των γνώσεών μου στον τομέα των οδικών έργων. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Ηλιού για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, καθώς και για την σημαντική συμβολή και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

## Περίληψη

Οι κυκλικοί κόμβοι αποτελούν το πλέον καινοτόμο και λειτουργικό μέσο ελέγχου των διασταυρώσεων στο αστικό και στο υπεραστικό δίκτυο. Αντικαθιστούν ολοένα και περισσότερο τους υφιστάμενους σηματοδοτούμενους και μη κόμβους, όπως επίσης προτιμώνται και στην περίπτωση σχεδιασμού καινούργιου κόμβου, τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Με την διάταξή τους στο δίκτυο προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια και άνεση στις περιοχές όπου γίνεται αλλαγή κατεύθυνσης, καθώς μειώνουν την ταχύτητα των οχημάτων και τον σχηματισμό ουρών. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί ο σωστός γεωμετρικός σχεδιασμός τους, που είναι τελικά αυτός που καθιστά ένα κόμβο αποδοτικό με τις παραπάνω ιδιότητες.

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιγράφει τα γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων, καθώς και την διαδικασία που ακολουθείται για τον ορθό σχεδιασμό τους. Γίνεται μελέτη περίπτωσης σχεδιασμού ενός κυκλικού κόμβου στην πόλη του Βόλου, σύμφωνα πάντα με τις ισχύουσες προδιαγραφές. Παρουσιάζεται ο σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου, με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού, που πρόκειται να αντικαταστήσει υφιστάμενη σηματοδοτούμενη διασταύρωση.

## **Abstract**

Roundabouts are the most innovative and utilitarian means of controlling intersections in the urban and interurban networks. They are increasingly replacing existing signalized and non-signalized intersections, as are also preferred when designing a new one, in a local and global range. Their conformation in the area offers greater road safety and comfort in places where there is a change of direction as they reduce vehicle speed and queue. A prerequisite is their proper geometric design, which is ultimately the one that makes a roundabout efficient with the above properties.

This diploma thesis describes the geometric and functional characteristics of circular junctions and the procedure followed for their proper design. A plan for the design of a roundabout in the city of Volos is being carried out according to the applicable specifications. It is presented the design of the roundabout, using the appropriate software to replace an existing signalized intersection.

## Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος.....	IV
Περίληψη .....	V
Abstract .....	VI
Πίνακας εικόνων .....	X
Κατάλογος πινάκων .....	XIV
Πίνακας σχημάτων .....	XIV
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Αντικείμενο μελέτης .....	1
1.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας .....	2
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας .....	2
2. Βασικά Ορισμοί - Χαρακτηριστικά $K^3$ .....	5
2.1 Ιστορική αναδρομή.....	5
2.2 Τύποι κυκλικών διασταυρώσεων .....	7
2.3 Βασικά χαρακτηριστικά κυκλικών κόμβων .....	9
2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Κυκλικών Κόμβων .....	13
2.5 Κατηγορίες $K^3$ .....	18
2.6 Εφαρμογή σε ανισόπεδους κόμβους.....	23
2.7 Άλλες μορφές κυκλικών κόμβων .....	27
3. Προκαταρκτικός Σχεδιασμός.....	30
3.1 Γενικά .....	30
3.2 Πρόσθετες αναλύσεις.....	32
4. Γεωμετρικός Σχεδιασμός.....	35
4.1 Εισαγωγή.....	35
4.2 Όχημα σχεδιασμού .....	36
4.3 Στοιχεία σχεδιασμού .....	37
4.4 Πλάτος δακτυλίου.....	44
4.5 Αριθμός λωρίδων δακτυλίου και προσβάσεων .....	45

4.6	Διάταξη κλάδων πρόσβασης.....	46
4.7	Γωνίες μεταξύ σκελών .....	48
4.8	Είσοδοι.....	51
4.9	Έξοδοι .....	53
4.10	Πορεία οχημάτων .....	55
4.11	Υψομετρική διαμόρφωση και αποχέτευση καταστρώματος.....	57
4.12	Νησίδα διαχωρισμού .....	59
4.13	Ορατότητα.....	60
4.14	Πεζοδιαβάσεις .....	63
4.15	Ποδηλάτες.....	67
5.	Στοιχεία Εξοπλισμού Κ <sup>3</sup> .....	69
5.1	Οδοφωτισμός .....	69
5.2	Αισθητική .....	71
5.3	Οριζόντια σήμανση .....	72
5.4	Κατακόρυφη σήμανση .....	73
6.	Λειτουργική Ανάλυση .....	76
6.1	Συλλογή δεδομένων.....	76
6.2	Ανάλυση χωρητικότητας .....	78
6.3	Ανάλυση καθυστερήσεων.....	79
7.	Οδική Ασφάλεια .....	81
7.1	Γενικά .....	81
7.2	Τύποι και περιπτώσεις ατυχημάτων .....	82
8.	Σχεδιασμός Αστικού Κυκλικού Κόμβου στην πόλη του Βόλου.....	87
8.1	Εισαγωγή.....	87
8.2	Υφιστάμενη κατάσταση .....	89
8.3	Στόχοι σχεδιασμού του προτεινόμενου Κ <sup>3</sup> .....	93
8.4	Γεωμετρία προτεινόμενου Κ <sup>3</sup> .....	94
8.5	Έλεγχος γρηγορότερης διαδρομής .....	98
8.6	Ορατότητα.....	100



<b>8.7</b>	<b>Οριζοντιογραφία.....</b>	<b>105</b>
<b>8.8</b>	<b>Λειτουργική ανάλυση .....</b>	<b>107</b>
<b>8.9</b>	<b>Ζητήματα περαιτέρω μελέτης .....</b>	<b>108</b>
<b>9.</b>	<b>Σύνοψη και Συμπεράσματα .....</b>	<b>109</b>
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>112</b>

## Πίνακας εικόνων

Εικόνα 2-1: "Ο Κύκλος του Κολόμβου", 1910-1920.....	5
Εικόνα 2-2:Place de l'Etoile, Παρίσι.....	6
Εικόνα 2-3: Περιστροφική Διαμόρφωση στο Τέξας.....	8
Εικόνα 2-4: Κυκλοφοριακοί Κύκλοι Γειτονιάς στην Ουάσιγκτον .....	8
Εικόνα 2-5: Χαρακτηριστικά στοιχεία κυκλικού κόμβου .....	10
Εικόνα 2-6: Βασικά στοιχεία κόμβου 4 προσβάσεων .....	11
Εικόνα 2-7: Κινήσεις διαμέσου κυκλικού κόμβου .....	12
Εικόνα 2-8:Σημεία εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και κυκλικό κόμβο 4 σκελών .....	13
Εικόνα 2-9:Σημεία εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και σε κυκλικό κόμβο 3 σκελών.....	14
Εικόνα 2-10: Σημεία σύγκρουσης σε κόμβο διασταύρωσης και σε κυκλικό κόμβο .....	14
Εικόνα 2-11: Χαρακτηριστικά Κομβιδίου.....	20
Εικόνα 2-12: Διέλευση οχήματος μπροστά από κεντρική νησίδα .....	20
Εικόνα2-13:Βελτιώσεις σχεδιασμού επίλυσης προβλημάτων στροφών	21
Εικόνα 2-14: Περίπτωση ζεύγους κυκλικών κόμβων (διάταξη διπλής σταγόνας) σε ανισόπεδο κόμβο μορφής ρόμβου με δύο σημεία διασταύρωσης .....	23
Εικόνα 2-15: Περίπτωση κυκλικού κόμβου σε ανισόπεδο κόμβο μορφής ρόμβου με ένα σημείο διασταύρωσης .....	24
Εικόνα 2-16: Ανισόπεδος κόμβος - διάταξη διπλής σταγόνας .....	24
Εικόνα 2-17:Ανισόπεδος κόμβος με εφαρμογή κυκλικών κόμβων με πολλαπλά σκέλη.....	25
Εικόνα 2-18:Ανισόπεδος κόμβος με εφαρμογή κυκλικών κόμβων με πολλαπλά σκέλη (μισό τετράφυλλο).....	26
Εικόνα 2-19: Ανισόπεδος κόμβος μορφής τρομπέτας .....	26
Εικόνα 2-20: Κυκλικός κόμβος μορφής hamburger στο Fairfax, Virginia .....	27
Εικόνα 2-21:Κυκλικός κόμβος μορφής turbo στην Ολλανδία .....	28
Εικόνα 2-22: Κυκλικός κόμβος διάταξης dumb-bell .....	29

Εικόνα 2-23:Κυκλικός κόμβος μορφής διπλής σταγόνας.....	29
Εικόνα 4-1:Βήματα σχεδιασμού $K^3$ .....	36
Εικόνα 4-2: Βασικές γεωμετρικές παράμετροι .....	38
Εικόνα 4-3: Αποστάσεις ελέγχου επικάλυψης πορείας.....	40
Εικόνα 4-4: Αποστάσεις από τις οριογραμμές στην ευθεία πορεία.....	40
Εικόνα 4-5:Αποστάσεις από τις οριογραμμές για δεξιά στροφή .....	40
Εικόνα 4-6: Ακτίνες συντομότερης διαδρομής .....	42
Εικόνα 4-7: Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων .....	43
Εικόνα 4-8:Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων στον δακτύλιο κυκλοφορίας .....	46
Εικόνα 4-9: Άξονας οδού πρόσβασης σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου .....	47
Εικόνα 4-10:Άξονας οδού πρόσβασης αριστερά .....	47
Εικόνα 4-11: Άξονας οδού πρόσβασης δεξιά από το κέντρο του κόμβου .....	48
Εικόνα 4-12:3-σκελής κόμβος μορφής "T" .....	49
Εικόνα 4-13:3-σκελής κόμβος μορφής "Y" .....	50
Εικόνα 4-14:3-σκελής κόμβος τροποποιημένης διάταξης "Y" .....	50
Εικόνα 4-15:Τυπική διάταξη εισόδου .....	51
Εικόνα 4-16:Ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο.....	52
Εικόνα 4-17: Δημιουργία θλάσης στον κλάδο εισόδου .....	52
Εικόνα 4-18: Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου .....	54
Εικόνα 4-19:Έξοδος με άξονα οδού αριστερά από το κέντρο του κόμβου .....	54
Εικόνα 4-20: Προβληματική διάταξης πορείας οχημάτων.....	55
Εικόνα 4-21: Βελτιωμένη διάταξη παράλληλης πορείας οχημάτων .....	56
Εικόνα 4-22:Ρύθμιση άξονα και τόξων πορείας οχημάτων.....	56
Εικόνα 4-23: Μονοκλινές οδόστρωμα.....	58
Εικόνα 4-24:Δικλινές οδόστρωμα .....	58
Εικόνα 4-25:Στοιχεία νησίδας με πεζοδιάβαση.....	59
Εικόνα 4-26:Λεπτομέρειες σχεδιασμού νησίδας.....	60
Εικόνα 4-27: Ορατότητα κατά την προσέγγιση στον δακτύλιο .....	61
Εικόνα 4-28:Ορατότητα επί του δακτυλίου .....	61

Εικόνα 4-29:Ορατότητα στην προσέγγιση πεζοδιάβασης.....	61
Εικόνα 4-30: Τρίγωνο ορατότητας κατά την είσοδο στον κόμβο.....	62
Εικόνα 4-31: Παράδειγμα σύνθεσης επιφανειών για καλύτερη ορατότητα .....	63
Εικόνα 4-32: Διαμόρφωση πεζοδρομίου στην περίμετρο του κόμβου ...	64
Εικόνα 4-33:Ιδανικότερη διαμόρφωση πεζοδρομίου στην περίμετρο του κόμβου .....	65
Εικόνα 4-34:Πεζοδιαβάσεις κάθετες στις οριογραμμές .....	66
Εικόνα 4-35:Πεζοδιαβάσεις ευθυγραμμισμένες κάθετα στον άξονα του κλάδου.....	66
Εικόνα 4-36:Κυκλοφοριακός χώρος ποδηλάτου.....	68
Εικόνα 5-1: Κρίσιμες περιοχές για στύλους φωτισμού (τοποθετούνται πίσω από αυτές).....	70
Εικόνα 5-2:Απεικόνιση επιφανειών ανάλογα με τη διάταξη στύλων .....	70
Εικόνα 5-3:Περιοχές τοπιοτεχνίας .....	71
Εικόνα 5-4:Οριζόντια σήμανση με βέλη χρήσης λωρίδων .....	72
Εικόνα 5-5:Βελτιωμένη μορφή βελών χρήσης λωρίδας ανάλογα με τον προορισμό.....	73
Εικόνα 5-6: Κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση σε πρόσβαση του κυκλικού κόμβου.....	74
Εικόνα 5-7:Κατακόρυφη σήμανση χρήσης λωρίδας σε πρόβολο .....	74
Εικόνα 5-8:Κατακόρυφη σήμανση χρήσης λωρίδας σε πλευρικές πινακίδες .....	74
Εικόνα 5-9:Κατακόρυφη σήμανση σε προσβάσεις $K^3$ .....	75
Εικόνα 6-1: Κινήσεις ανά κλάδο πρόσβασης.....	77
Εικόνα 6-2:Κινήσεις-Φόρτοι εισόδου, εξόδου και επί του δακτυλίου.....	78
Εικόνα 7-1: Σύγκρουση εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας για ευθεία πορεία.....	82
Εικόνα 7-2: Σύγκρουση κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου στο δακτύλιο.....	83
Εικόνα 7-3: Σύγκρουση λόγω λάθους επιλογής λωρίδας κατά την έξοδο από την έναρξη χρήσης του δακτυλίου.....	83
Εικόνα 7-4: Σύγκρουση οχημάτων με πεζούς.....	84
Εικόνα 7-5:Τύποι ατυχημάτων (1-8) .....	85

Εικόνα 7-6: Τύποι οχημάτων (9-16).....	85
Εικόνα 8-1: Τοποθέτηση του κόμβου στην ευρύτερη περιοχή του .....	89
Εικόνα 8-2: Εγγύτερη περιοχή του κόμβου.....	90
Εικόνα 8-3: Όψη του υπό μελέτη κόμβου .....	90
Εικόνα 8-4: Ράγες κατά μήκος της ΕΟ Βόλου-Αγριάς.....	92
Εικόνα 8-5: Σύνδεση Αγριάς με Βόλο και Περιφερειακή Οδό.....	92
Εικόνα 8-6: Διαστάσεις οχήματος σχεδιασμού .....	94
Εικόνα 8-7: Ακτίνες στροφής οχήματος σχεδιασμού .....	95
Εικόνα 8-8: Όχημα σχεδιασμού στο δακτύλιο κυκλοφορίας .....	96
Εικόνα 8-9: Ακτίνες στροφής οχήματος σχεδιασμού του δακτυλίου κυκλοφορίας .....	96
Εικόνα 8-10: Γρηγορότερες διαδρομές .....	99
Εικόνα 8-11: Μήκος ορατότητας κατά προσέγγιση στον κυκλικό κόμβο (Πολυμέρη).....	100
Εικόνα 8-12: Μήκος ορατότητας κατά προσέγγιση στον κυκλικό κόμβο(Σταδίου).....	100
Εικόνα 8-13: Μήκος ορατότητας κατά προσέγγιση στον κυκλικό κόμβο (ΕΟ Βόλου-Αγριάς).....	101
Εικόνα 8-14: Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου .....	102
Εικόνα 8-15: Τρίγωνα ορατότητας .....	103
Εικόνα 8-16: Γωνία ορατότητας.....	103
Εικόνα 8-17: Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας .....	104
Εικόνα 8-18: Οριζοντιογραφία κυκλικού κόμβου στο Ναυτικό Όμιλο Βόλου .....	105
Εικόνα 8-19: Οριζοντιογραφία κυκλικού κόμβου στο Ναυτικό Όμιλο Βόλου με κατακόρυφη σήμανση .....	106

## Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2-1: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα $K^3$ .....	15
Πίνακας 4-1: Προτεινόμενη διάμετρος του κύκλου της εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου.....	37
Πίνακας 4-2: Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών παραμέτρων .....	39
Πίνακας 4-3: Μέθοδος ελέγχου επικάλυψης πορείας .....	41
Πίνακας 4-4: Μέγεθος ακτινών συντομότερης διαδρομής.....	42
Πίνακας 4-5: Μέγεθος ταχυτήτων .....	43
Πίνακας 4-6: Ταχύτητες σχεδιασμού εισόδου ανά κατηγορία $K^3$ .....	53
Πίνακας 4-7: Είδος κρασπέδου ανάλογα της θέσης του .....	58
Πίνακας 4-8:Απόσταση ορατότητας συναρτήσει της ταχύτητας κίνησης.....	62
Πίνακας 7-1:Τύποι ατυχημάτων.....	84
Πίνακας 8-1:Χαρακτηριστικά στοιχεία προτεινόμενου κυκλικού κόμβου.....	97
Πίνακας 8-2: Αποτελέσματα λειτουργικής ανάλυσης .....	107

## Πίνακας σχημάτων

Σχήμα 3-1: Διαδικασία απόφασης υλοποίησης κυκλικού κόμβου.....	31
--	----



# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Αντικείμενο μελέτης

Οι ισόπεδες διασταυρώσεις στο οδικό δίκτυο αποτελούν περιοχές υψηλής επικινδυνότητας, καθώς χαρακτηρίζονται από μεγάλο αριθμό εμπλοκών οχημάτων, ιδιαίτερα με πεζούς. Στο αστικό δίκτυο κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό όσον αφορά τη συχνότητα ατυχημάτων. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των χαμηλών επιπέδων ασφαλείας, σε σηματοδοτούμενους και μη κόμβους. Πρόταση βελτίωσης αυτής της κατάσταση είναι ο σχεδιασμός κυκλικών κόμβων (roundabouts), σε αντικατάσταση υφιστάμενων διασταυρώσεων ή στην κατασκευή νέων (Κ.Μουρατίδης, 2008).

Οι κυκλικοί κόμβοι εφαρμόζονται ολοένα και περισσότερο διεθνώς, καθώς η διαμόρφωση αυτών επιφέρει μειωμένες ταχύτητες των οχημάτων κατά την είσοδο και έξοδο στον κόμβο και καλύτερα επίπεδα οδικής ασφάλειας. Εξασφαλίζει μείωση των σημείων σύγκρουσης τόσο μεταξύ οχημάτων όσο και μεταξύ οχημάτων με πεζούς, προσφέροντας ασφάλεια στους πεζούς με την ύπαρξη διαχωριστικών νησίδων. Όμως για την ορθή λειτουργία και αποδοτικότητά τους απαιτούν σωστό γεωμετρικό σχεδιασμό, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και την κατάλληλη προσαρμογή των παραμέτρων στην εκάστοτε περιοχή. Συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κυκλικού κόμβου σε μια περιοχή μπορεί να μην λειτουργήσουν ορθά σε κάποια άλλη (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



## 1.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η κατανόηση της γεωμετρίας και του σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η περιγραφή όλων των βασικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τους κόμβους αυτού του είδους, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα για τη θέση τους στο αστικό και υπεραστικό οδικό δίκτυο. Παράλληλα, αναλύεται η διαδικασία γεωμετρικού σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων, σύμφωνα με τις ελληνικές Οδηγίες Μελετών Οδικών έργων – Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ – Κ<sup>3</sup>).

Στο τέλος εφαρμόζονται στην πράξη οι παραπάνω οδηγίες προκειμένου να πραγματοποιηθεί η οριζοντιογραφία ενός κυκλικού κόμβου προς αντικατάσταση της υφιστάμενης σηματοδοτούμενης διασταύρωσης των οδών Πολυμέρη – ΕΟ Βόλου Αγριάς - Σταδίου στην πόλη του Βόλου. Ο σχεδιασμός έγινε με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού.

## 1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία απαρτίζεται από εννέα επιμέρους κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο (**Εισαγωγή**) παρουσιάζεται το αντικείμενο και οι στόχοι της τρέχουσας εργασίας καθώς και η δομή της, αναφέροντας επιγραμματικά όλα τα κεφάλαια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο (**Βασικοί Ορισμοί-Χαρακτηριστικά Κ<sup>3</sup>**) γίνεται μια ιστορική αναδρομή και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων καθώς και η σύγκρισή τους με τους ισόπεδους κόμβους. Επίσης, περιγράφονται οι κατηγορίες των κυκλικών κόμβων και οι συνθήκες που ευνοούν στην επιλογή σχεδιασμού αυτών.

Στο τρίτο κεφάλαιο (**Προκαταρκτικός Σχεδιασμός**) πραγματοποιείται η εκτίμηση όλων των ζητημάτων πριν τον γεωμετρικό σχεδιασμό που αφορούν τον σχεδιασμό του περιβάλλοντος της διασταύρωσης όπως και επιμέρους χαρακτηριστικά, για παράδειγμα η επιλογή του κατάλληλου οχήματος για έλεγχο του κόμβου, η ύπαρξη διαβάσεων πεζών και ποδηλατοδρόμων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο (**Γεωμετρικός Σχεδιασμός**) παρουσιάζονται όλα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού του κόμβου, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ –  $K^3$ . Αναφέρεται η σωστή εφαρμογή αυτών με σκοπό την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια του κόμβου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο (**Στοιχεία Εξοπλισμού  $K^3$** ) αναφέρονται τα επιπλέον χαρακτηριστικά που προστίθενται στον κόμβο, σχετικά με την οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση, τον απαραίτητο φωτισμό, καθώς και την τοπιοτεχνία.

Στο έκτο κεφάλαιο (**Λειτουργική Ανάλυση**) γίνεται περιγραφή της διαδικασίας συλλογής δεδομένων από τους κυκλικούς κόμβους, που αφορούν τους κυκλοφοριακούς φόρτους και την επεξεργασία των δεδομένων για τον υπολογισμό της χωρητικότητας των κλάδων και των καθυστερήσεων.

Στο έβδομο κεφάλαιο (**Οδική Ασφάλεια**) αναφέρονται οι επιπτώσεις που παρουσιάζονται στην κατασκευή ενός τέτοιου έργου, που σχετίζονται με την οδική ασφάλεια μέσα από τα ατυχήματα που παρατηρούνται.

Στο όγδοο κεφάλαιο (**Σχεδιασμός Αστικού Κυκλικού Κόμβου στην πόλη του Βόλου**) παρουσιάζεται η εφαρμογή στην πράξη όλων των παραπάνω για την αντικατάσταση υφιστάμενης διασταύρωσης από κυκλική διάταξη. Περιγράφεται αναλυτικά όλη η διαδικασία σχεδίασης της οριζοντιογραφίας με παρουσίαση του σχεδίου, καθώς και όλων των πρόσθετων αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο (**Σύνοψη και Συμπεράσματα**) γίνεται σύνοψη όλων των ζητημάτων που παρουσιάστηκαν. Έπειτα εξήχθησαν συμπεράσματα, ύστερα και από τη μελέτη περίπτωσης στην πόλη του Βόλου, σε συνδυασμό με τις προηγούμενες αναλύσεις.

## 2. Βασικά Ορισμοί - Χαρακτηριστικά Κ<sup>3</sup>

### 2.1 Ιστορική αναδρομή

Ως όρος, ο κυκλικός κόμβος ή roundabout, τοποθετείται στη Γαλλία, όπου μεγάλοι διαγώνιοι δρόμοι συναντιόντουσαν σε ένα σημείο, πιθανόν πάρκο. Η πρώτη ιδέα για κίνηση των οχημάτων σε κυκλική πορεία σημειώθηκε το 1903 από τον Eugène Hénard, σκεπτόμενος ότι αποτελεί τη λύση στις πόλεις, που λόγω της αστικοποίησης που κυριαρχούσε την περίοδο εκείνη, είχαν πρόβλημα κυκλοφοριακής συμφόρησης. Την κατασκευή του πρώτου κυκλικού κόμβου σημείωσε ο William Phelps Eno στην Νέα Υόρκη το 1905 με την ονομασία "Columbus Circle" ή αλλιώς «Ο Κύκλος του Κολόμβου». Το όνομά του προέρχεται από το μνημείο του Χριστόφορου Κολόμβου που δεσπόζει στο κέντρο του. Ήταν σύνηθες να τοποθετείται στο κέντρο του κόμβου κάποιο άγαλμα ή μνημείο, γεγονός που βοήθησε στον προσανατολισμό εντός πόλεως (Tollazzi, Alternative Types of Roundabouts ).



Εικόνα 2-1: "Ο Κύκλος του Κολόμβου", 1910-1920

Πηγή: <https://untappedcities.com/2013/11/07/vintage-photos-columbus-circle-nyc-over-the-years-since-1900s/>

Η πιο αναγνωρίσιμη κυκλική διασταύρωση είναι η Place de l'Etoile στο Παρίσι, η οποία λειτουργεί από το 1907, στην οποία συμβάλλουν 12 λεωφόροι ( (Brown, 1995) όπως αναφέρει ο (Tollazzi, Alternative Types of Roundabouts )).



Εικόνα 2-2: Place de l'Etoile, Παρίσι

Πηγή: <http://parismuseescollections.paris.fr>

Έπειτα από τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο που η ανάπτυξη των πόλεων είχε σταματήσει, η Γαλλία αποτέλεσε πρότυπο για τον σχεδιασμό του αστικού δικτύου. Με αυτό τον τρόπο, οι κυκλικές διασταυρώσεις άρχισαν να κερδίζουν περισσότερο έδαφος σε όλη την Ευρώπη αλλά και την Αμερική, μέχρις ότου να υπάρξει μια περίοδος διχασμού εξαιτίας των ατυχημάτων που σημειώθηκαν στην Αμερική και επηρέασε την κρίση όλων των χωρών παγκοσμίως. Έτσι, μετά το 1950 ξεκίνησε νέα περίοδος έρευνας πάνω στους κυκλικούς κόμβους, δίνοντας προτεραιότητα στα κινούμενα οχήματα εντός του κόμβου και εντάσσοντας καινούργιους τύπους που χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα. Οι αλλαγές που ακολούθησαν επέφεραν μεγαλύτερη ασφάλεια και λειτουργικότητα, γεγονός που ανέδειξε τη φήμη τους (Tollazzi, Alternative Types of Roundabouts ).

## 2.2 Τύποι κυκλικών διασταυρώσεων

Οι ισόπεδοι κόμβοι χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των τμημάτων που διασταυρώνονται σε τριών σκελών ή αλλιώς μορφή «Τ», τεσσάρων σκελών με τη μορφή σταυρού ή πολλαπλών σκελών (Κ.Μουρατίδης, 2008). Παράλληλα υπάρχουν και τέσσερις κατηγορίες κυκλικών διασταυρώσεων:

- Κυκλικό κόμβοι (Roundabouts): Είναι αυτοί που κατασκευάζονται υπό συγκεκριμένες προδιαγραφές και χαρακτηριστικά ελέγχου της κυκλοφορίας και των ταχυτήτων. Διαθέτουν μία κεντρική κυκλική νησίδα γύρω από την οποία κινούνται τα οχήματα, έχοντας προτεραιότητα έναντι των οχημάτων από τους κλάδους εισόδου.

- Περιστροφικές Κυκλοφοριακές Διαμορφώσεις (Rotaries): Αποτελεί ένα παλαιό σχέδιο κυκλικής διασταύρωσης που συναντιόταν συχνά στις Η.Π.Α. πριν τη δεκαετία του 1960. Κυρίαρχο χαρακτηριστικό τους είναι η κυκλική διάμετρος που συχνά είναι μεγαλύτερη των 100m και δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης υψηλών ταχυτήτων. Επίσης, η προτεραιότητα δίνεται στους εισερχόμενους στην κυκλική κίνηση με αποτέλεσμα να προκαλείται συμφόρηση.

- Σηματοδοτούμενοι Κυκλοφοριακοί Κόμβοι (Signalized traffic circles): Αυτή η μορφή χρησιμοποιούνταν ιδιαίτερα στις Η.Π.Α. και χαρακτηρίζεται από την ρύθμιση της κυκλοφορίας μέσω ειδικής σηματοδότησης, σε ένα ή δύο κλάδους εισόδου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διαφοροποιείται όσον αφορά τη λειτουργία και τις απαιτήσεις χωρητικότητας ως προς τους σύγχρονους κυκλικούς κόμβους που λειτουργούν με παραχώρηση προτεραιότητας.

- Κυκλοφοριακοί Κύκλοι Γειτονιάς (Neighborhood traffic circles): Κατασκευάζονται σε διασταυρώσεις τοπικών οδών, προσφέροντας ησυχία και καλύτερη αισθητική του περιβάλλοντος χώρου. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν διαθέτουν διαχωριστικές νησίδες για την σωστή κατεύθυνση του οχήματος στη διασταύρωση (National Cooperative Highway Research Program, 2010).



*Εικόνα 2-3: Περιτροφική Διαμόρφωση στο Τέξας*

Πηγή: (National Cooperative Highway Research Program, 2010)



*Εικόνα 2-4: Κυκλοφοριακοί Κύκλοι Γειτονιάς στην Ουάσιγκτον*

Πηγή: (National Cooperative Highway Research Program, 2010)

## 2.3 Βασικά χαρακτηριστικά κυκλικών κόμβων

Οι Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης –  $K^3$  έχουν συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τα οποία συναντώνται σε διαμορφώσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Τα βασικά αυτά στοιχεία είναι:

- Κεντρική νησίδα κόμβου κυκλικής κίνησης, που είναι η υπερυψωμένη νησίδα στο κέντρο της διασταύρωσης, γύρω από την οποία πραγματοποιείται η κυκλοφορία.

- Σκέλη κόμβου, αποτελούν οι κλάδοι πρόσβασης στον κόμβο που μπορεί να είναι 3,4 ή και περισσότεροι.

- Νησίδα διαχωρισμού, είναι αυτή που καθοδηγεί τα οχήματα για την ελεγχόμενη είσοδο και έξοδο των οχημάτων από και προς το δακτύλιο. Πρόκειται για υπερυψωμένα κράσπεδα ή διαγραμμισμένη επιφάνεια του οδοστρώματος, που παράλληλα προσφέρει και καταφύγιο στους πεζούς.

- Δακτύλιος κυκλοφορίας, είναι η περιοχή του οδοστρώματος γύρω από την κεντρική νησίδα στον οποίο κινούνται τα οχήματα με τη αντισωρολογιακή φορά.

- Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας, σχεδιάζεται σε ορισμένες περιπτώσεις, ανάλογα με την ακτίνα της κυκλικής κεντρικής νησίδας και το όχημα σχεδιασμού, που προβλέπεται αυξημένη κυκλοφορία βαρέων οχημάτων. Είναι μια επιφάνεια η οποία βρίσκεται περιμετρικά της κεντρικής νησίδας.

- Γραμμή εισόδου, είναι η οριζόντια διαγράμμιση που υπάρχει στον κλάδο εισόδου. Είναι στο σημείο εμπλοκής των κινούμενων οχημάτων επί του δακτυλίου και των εισερχόμενων σε αυτόν, δίνοντας προτεραιότητα στους πρώτους.

- Εγκάρσιες πεζοδιαβάσεις, όπου με τον κατάλληλο σχεδιασμό για την πρόσβαση σε ΑμΕΑ είναι απαραίτητες κυρίως στο αστικό περιβάλλον. Τοποθετούνται εγκάρσια στις νησίδες διαχωρισμού σε όλες τις προσβάσεις, δίνοντας τη δυνατότητα στους πεζούς της στάσης και της ασφαλής διέλευσης από την διασταύρωση.



- Διαμορφώσεις για ποδήλατα. Απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός για την είσοδο στην κυκλική διαμόρφωση των ποδηλάτων είτε ως οχήματα είτε ως πεζοί.

- Ζώνη τοπιοτεχνίας. Εκτός από το γεγονός ότι προσδίδει μια ιδιαιτερότητα στην αισθητική της περιοχής, δίνει σωστή κατεύθυνση στους πεζούς για τη διάσχιση του κόμβου και αναπτύσσεται μεταξύ του δακτυλίου κυκλοφορίας και του περιφερειακού πεζοδρομίου. Πρόκειται για φύτευση χαμηλού πρασίνου, ώστε να μην παρεμποδίζεται και η ορατότητα των οδηγών (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

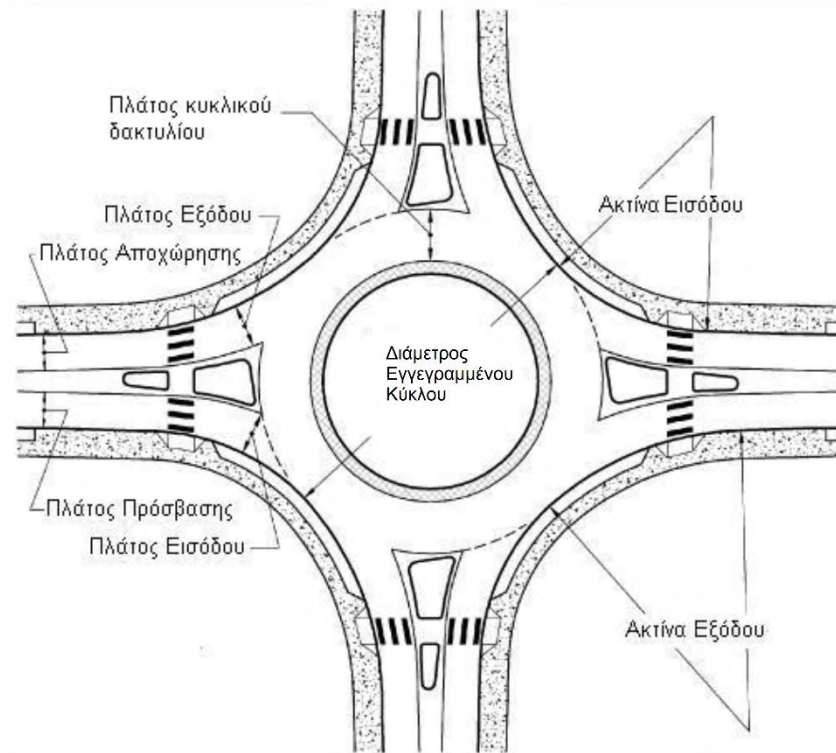


- |  |   |
|--|---|
| 1 Καταφύγιο πεζών στη νησίδα διαχωρισμού                 | A Ιστός οδοφωτισμού                     |
| 2 Πεζοδιάβαση  | B Πεζοδρόμιο                            |
| 3 Νησίδα διαχωρισμού                                     | C Ρυθμιστική πινακίδα Π-75              |
| 4 Οριζόντια σήμανση χρήσης λωρίδας                       | D Πινακίδα σήμανσης εξόδου από δακτύλιο |
| 5 Γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας                      | E Πινακίδα παραχώρησης προτεραιότητας   |
| 6 Οριογραμμή εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας |   |
| 7 Ζώνη τοπιοτεχνίας                                      |   |
| 8 Δακτύλιος κυκλοφορίας                                  |   |
| 9 Κεντρική νησίδα  |   |
| 10 Υπερβατή ζώνης κεντρικής νησίδας                      |   |

Εικόνα 2-5: Χαρακτηριστικά στοιχεία κυκλικού κόμβου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται βασικά στοιχεία κυκλικού κόμβου με 4 προσβάσεις :



Εικόνα 2-6: Βασικά στοιχεία κόμβου 4 προσβάσεων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Αναφορικά με την Εικόνα 2-6:

- Διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου (Inscribed circle diameter), όπου μετρείται μεταξύ των ορίων του κόμβου και αποτελεί σημαντική παράμετρό του για τον καθορισμό του μεγέθους του.
- Πλάτος κυκλικού δακτυλίου (Circulatory roadway width), είναι η επιφάνεια στην οποία κινούνται τα οχήματα γύρω από την κεντρική νησίδα. Είναι η περιοχή ανάμεσα στα εξωτερικά όρια το κόμβου και της υπερβατής ζώνης.
- Πλάτος εξόδου (Exit width), είναι το πλάτος που συναντά τον εγγεγραμμένο κύκλο και μετρείται κάθετα από το σημείο που τέμνονται η αριστερή οριογραμμή και ο εγγεγραμμένος κύκλος προς την δεξιά οριογραμμή.

- Πλάτος αποχώρησης (Departure width), είναι το πλάτος της οδού που καταλαμβάνεται από τα οχήματα που εξέρχονται από τον κυκλικό κόμβο. Είναι μικρότερο συγκριτικά με το συνολικό πλάτος της οδού.

- Πλάτος πρόσβασης (Approach width), είναι το πλάτος της οδού που καταλαμβάνει η κυκλοφορία με κατεύθυνση τον κυκλικό κόμβο και δεν υφίσταται αλλαγές λόγω της ύπαρξης αυτού.

- Πλάτος εισόδου (Entry width), είναι το πλάτος της οδού που συναντά τον εγγεγραμμένο κύκλο και μετρείται κάθετα από το σημείο που τέμνονται η αριστερή οριογραμμή και ο εγγεγραμμένος κύκλος προς τη δεξιά οριογραμμή.

- Ακτίνα εισόδου (Entry radius), είναι η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας που πρέπει να έχει το εξωτερικό κράσπεδο του πεζοδρομίου στην πλευρά των εισόδων του κόμβου.

- Ακτίνα εξόδου (Exit radius), είναι η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας που πρέπει να έχει το εξωτερικό κράσπεδο του πεζοδρομίου στην πλευρά των εξόδων του κόμβου.

Σε ένα κυκλικό κόμβο εκτελούνται όλες οι κινήσεις που προϋπήρχαν αυτού στην διασταύρωση. Μια επιπλέον κίνηση που προστίθεται είναι αυτή της αναστροφής.

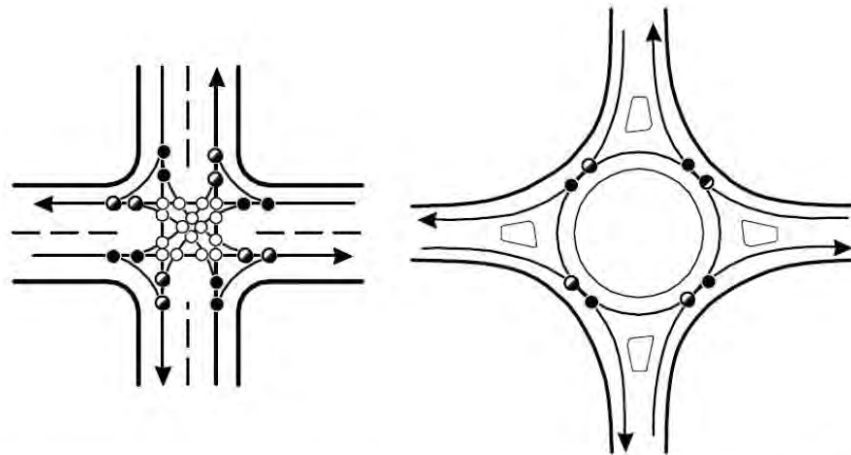


Εικόνα 2-7: Κινήσεις διαμέσου κυκλικού κόμβου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

## 2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Κυκλικών Κόμβων

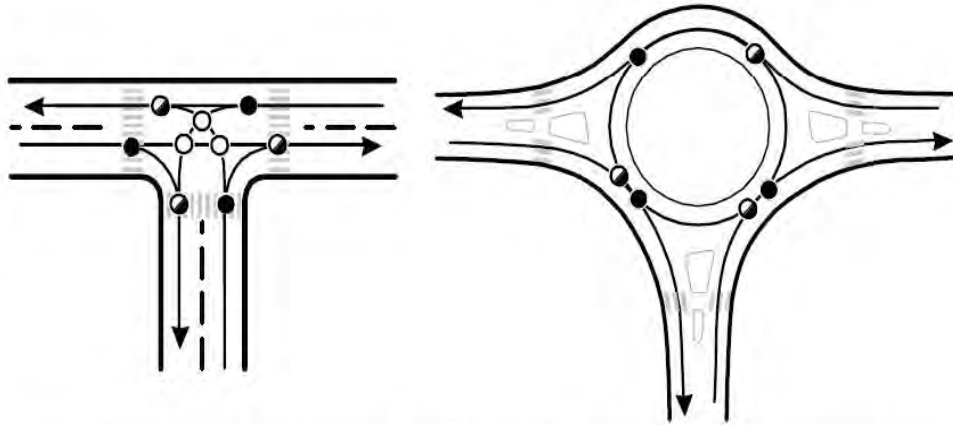
Γενικά οι ισόπεδοι κόμβοι δεν συναντώνται συχνά στο οδικό δίκτυο. Παρ' όλα αυτά, ευθύνονται για το 50% των ατυχημάτων στον αστικό ιστό, με μεγαλύτερο δείκτη ατυχημάτων να κατέχουν οι κόμβοι με 4 σκέλη (Φρατζεσκάκης & Γκόλιας , 1994). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα σημεία εμπλοκής μεταξύ οχημάτων σε μια τέτοια διάταξη κόμβου είναι 32. Ένα πλεονέκτημα σε αυτή τη συνθήκη έχουν οι κυκλικοί κόμβοι, μειώνοντας σημαντικά την πιθανότητα σύγκρουσης, καθώς τα πιθανά σημεία εμπλοκής είναι μόλις 8. Αντίστοιχα όσον αφορά την περίπτωση 3 σκελών, τα 9 σημεία πιθανής εμπλοκής μειώνονται σε 6 με τον σχεδιασμό κυκλικού κόμβου.



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

Εικόνα 2-8:Σημεία εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και κυκλικό κόμβο 4 σκελών

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

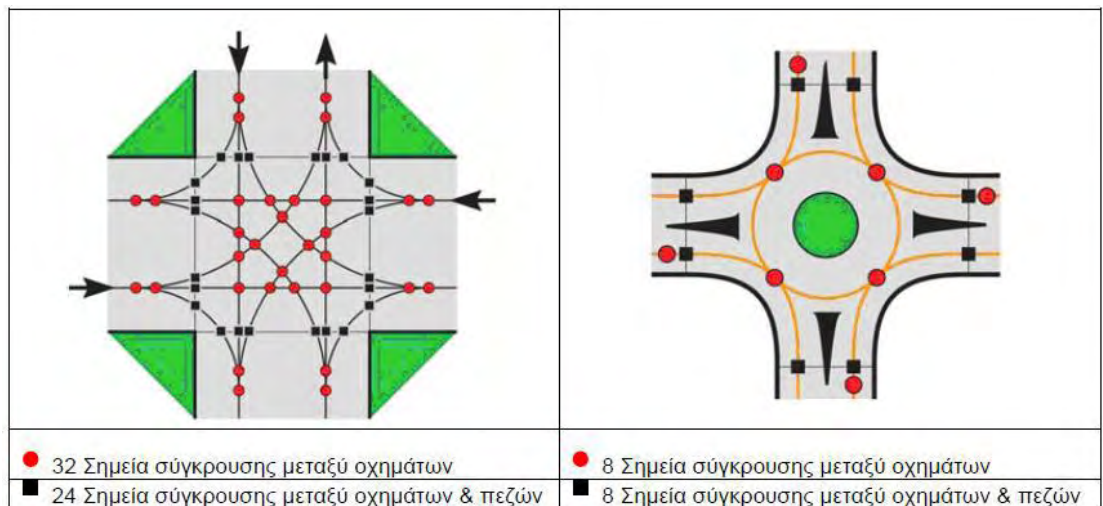


Τύπος Εμπλοκής	Μορφή Κόμβου/ Αριθμός σημείων σύγκρουσης	
	Συμβολής	$K^3$
● Χωρισμός	3	3
◐ Συμβολή	3	3
○ Διασταύρωση	3	0
<b>Σύνολο</b>	<b>9</b>	<b>6</b>

Εικόνα 2-9: Σημεία εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και σε κυκλικό κόμβο 3 σκελών

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Αντίστοιχα, με την μείωση των εμπλοκών μεταξύ οχημάτων μειώνονται και τα πιθανά σημεία σύγκρουσης με πεζούς. Σε μία συμβατική διασταύρωση 4 σκελών, τα σημεία εμπλοκής με πεζούς ανέρχονται σε 24 ενώ στην περίπτωση κυκλικού κόμβου μειώνονται σε μόλις 8.



Εικόνα 2-10: Σημεία σύγκρουσης σε κόμβο διασταύρωσης και σε κυκλικό κόμβο

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Εκτιμάται ότι με την μετατροπή μιας συμβατικής διασταύρωσης σε κυκλικό κόμβο μειώνεται ο αριθμός των ατυχημάτων με τραυματισμούς κατά 30-50%, καθώς και ο αριθμός των θανάτων κατά 50-70%, ποσοστά που εξαρτώνται από τον αριθμό των κλάδων της κυκλικής διασταύρωσης (Elvik, 2002).

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα ενός κυκλικού κόμβου γίνεται αντιληπτό σε χρονική στιγμή εκτός της ώρας αιχμής. Σε αντίστοιχη περίπτωση σε συμβατική σηματοδοτούμενη διασταύρωση τα οχήματα υποχρεούνται να σταματήσουν υπό τις ενδείξεις του σηματοδότη ακόμα και αν η διασταύρωση είναι άδεια, σε αντίθεση με την περίπτωση της κυκλικής διάταξης όπου το όχημα εισέρχεται και εξέρχεται από τον κόμβο χωρίς υποχρεωτική διακοπή της κίνησής του. Με αυτόν τον τρόπο οι εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα είναι σημαντικά λιγότερες, καθώς τα οχήματα βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Σύμφωνα με μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Keene στις Η.Π.Α., η αντικατάσταση διασταυρώσεων με κυκλικούς κόμβους συμβάλλει στη μείωση της συγκέντρωσης PM<sub>2,5</sub>, σωματίδια μεγέθους μικρότερου από 2,5μm που είναι πολύ επιβλαβή για την υγεία των ανθρώπων (Garceau, 2018). Επιπλέον οι χαμηλές ταχύτητες που προσδίδει ο κόμβος επιτρέπει στον οδηγό να κινείται επί αυτού με μεγαλύτερη ασφάλεια και περισσότερη ευκολία για την διόρθωση των τυχόν σφαλμάτων του και να προσαρμόζεται στις εκάστοτε συνθήκες κυκλοφορίας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται επιπρόσθετα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των K<sup>3</sup>, όπως συντάχθηκαν στις ΟΜΟΕ – K<sup>3</sup>.

Πίνακας 2-1: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα K<sup>3</sup>

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011) και επεξεργασία ίδια

<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
<b>1. Χρήστες εκτός μηχανοκίνητων οχημάτων</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Οι πεζοί χρειάζεται να ελέγξουν μόνο μία κατεύθυνση επερχόμενης κυκλοφορίας κάθε φορά.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Πεζοί με δυσκολίες στην όραση ίσως έχουν πρόβλημα να βρουν τις πεζοδιαβάσεις και να ελέγξουν αν τα</li> </ul>

	οχήματα τους έχουν παραχωρήσει προτεραιότητα.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Οι ποδηλάτες έχουν την επιλογή να χρησιμοποιήσουν τον κόμβο κυκλικής κίνησης όπως οι πεζοί.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Οι ράμπες για ποδήλατα μπορεί να εκληφθούν και ως ράμπες πεζών και αντίστροφα</li> </ul>
<b>2. Οδική ασφάλεια</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Μείωση σοβαρότητας συγκρούσεων για όλους τους χρήστες, ασφαλέστερη συγχώνευση στην κυκλική κυκλοφορία, μικρότερες ταχύτητες και άρα διάθεση περισσότερου χρόνου στους χρήστες, ώστε αυτοί να αναγνωρίσουν τις συνθήκες και να διορθώσουν τα σφάλματά τους ή να αντιμετωπίσουν τα σφάλματα άλλων χρηστών.</li> <li>Λιγότερα συνολικά σημεία εμπλοκής και εξάλειψη εμπλοκών αριστερής στροφής.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αύξηση συγκρούσεων ενός οχήματος, με άλλα και με σταθερά εμπόδια σε σχέση με άλλες διαμορφώσεις διασταυρώσεων.</li> <li>Οι κόμβοι σε οδούς με περισσότερες από 2 λωρίδες παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυσκολίες σε χρήστες με μειωμένη όραση εξαιτίας της ανάγκης για ανίχνευση των κενών μεταξύ οχημάτων και αναγνώριση παραχώρησης προτεραιότητας από τα οχήματα.</li> </ul>
<b>3. Λειτουργία</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ενδέχεται να παρουσιάζονται μικρότερες καθυστερήσεις και ουρές από άλλες μορφές ρύθμισης της κυκλοφορίας.</li> <li>Μπορεί να μειωθούν οι ανάγκες για πρόσθετες λωρίδες σε ενδιάμεσα τμήματα μεταξύ δυο 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.</li> <li>Δημιουργεί τη δυνατότητα σε γειτονικούς σηματοδότες να λειτουργήσουν με πιο αποδοτικούς κύκλους, όταν ο <math>K^3</math> αντικαθιστά διασταύρωση που καθορίζει τον κύκλο σηματοδότησης.</li> <li>Ρυθμίζει την κυκλοφορία σε κόμβους με υψηλό ποσοστό αριστερών στροφών.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Η εξίσωση προτεραιότητας για όλες τις προσβάσεις μπορεί να μειώσει την προχώρηση της κυκλοφορίας για προσβάσεις υψηλών φόρτων.</li> <li>Δεν μπορεί να προσφέρει αποκλειστική προτεραιότητα σε ειδικές κατηγορίες χρηστών (Τραίνα, οχήματα έκτακτης ανάγκης, μέσα μαζικής μεταφοράς κτλ.) εκτός αν υπάρχουν συσκευές ελέγχου κυκλοφορίας, π.χ. σηματοδότηση, δρύφακτα, κτλ.</li> <li>Δεν προτείνονται μεταξύ σηματοδοτούμενων κόμβων.</li> </ul>
<b>4. Διαχείριση προσβάσεων</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Προσφέρεται δυνατότητα για ασφαλή αναστροφή, στοιχείο που κατά</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μπορεί να μειώσει τον αριθμό των διαθέσιμων χρονικών κενών για την</li> </ul>

<p>κανόνα δεν ισχύει στις άλλες μορφές ισόπεδων κόμβων.</p>	<p>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.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 στροφές, είτε από την κύρια οδό προς την παρόδια εγκατάσταση, είτε αντιθέτως, αφού αποτελεί σχεδόν κανόνα η απουσία παράπλευρης οδού εξυπηρέτησης.</li> </ul>	
<p><b>5. Περιβάλλον</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ενδέχεται να μειωθούν: η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ηχορύπανση και η κατανάλωση καυσίμου.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πιθανές επιπτώσεις σε φυσικούς και πολιτιστικούς πόρους, λόγω απαιτήσεων μεγαλύτερης κατάληψης που χρειάζεται απαλλοτρίωση.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λιγότερες στάσεις σε περιόδους εκτός αιχμής.</li> </ul>	
<p><b>6. Ρύθμιση κυκλοφορίας</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μειωμένες ταχύτητες κυκλοφορίας.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πιο ακριβή λύση σε σχέση με άλλες διαμορφώσεις κόμβων κυρίως εκείνων χωρίς εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ωφέλιμη διάταξη σε μεταβατικές περιοχές (από υπεραστική σε αστική), που δίνει έμμεσα την εντύπωση σημαντικής αλλαγής στο περιβάλλον οδήγησης.</li> </ul>	
<p><b>7. Έκταση κυκλοφορίας</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συχνά απαιτεί λιγότερο χώρο αποθήκευσης για ουρές στις προσβάσεις του κόμβου, επιτρέποντας μικρότερες αποστάσεις μεταξύ κόμβων.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συχνά απαιτεί περισσότερη έκταση κατάληψης απ' ότι άλλες διαμορφώσεις κόμβων, πρόβλημα που δεν αντιμετωπίζεται κυρίως σε υφιστάμενους προς αναβάθμιση κόμβους.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μειώνει την ανάγκη για μεγαλύτερου πλάτους απαλλοτριώσεις κατά μήκος των συνδετήριων οδών μεταξύ των διασταυρώσεων.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καλύτερη δυνατότητα για εξυπηρέτηση χώρων στάθμευσης, πλατύτερα πεζοδρόμια, μεγαλύτερη έκταση φύτευσης πρασίνου, πλατύτερες εξωτερικές λωρίδες, ώστε να</li> </ul>	



περιλαμβάνονται και ποδηλατόδρομοι στις προσβάσεις.	
<b>8. Λειτουργία και Συντήρηση</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συνήθως δεν απαιτείται συντήρηση για εξοπλισμό σηματοδότησης (εκτός των περιπτώσεων σηματοδοτούμενου κόμβου).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μπορεί να απαιτεί συντήρηση της ζώνης τοπιοτεχνίας.</li> </ul>
<b>9. Αισθητική</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Προσφέρει δυνατότητα διαμόρφωσης ελκυστικών εισόδων ή κεντρικών πλατειών σε περιοχές οικισμών.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 (<math>\leq 40</math> km/h) προσέγγισης.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρήση ως τοπόσημο σε τουριστικές ή εμπορικές περιοχές για να διαχωριστούν οι περιοχές κατοικίας και εμπορίου.</li> </ul>	

## 2.5 Κατηγορίες Κ<sup>3</sup>

Οι κυκλικοί κόμβοι ταξινομούνται ανάλογα με το μέγεθος και το περιβάλλον στο οποίο εφαρμόζονται. Η έννοια «Κ<sup>3</sup> 1 λωρίδας» σημαίνει Κόμβος Κυκλικής Κίνησης με μία λωρίδα κυκλοφορίας στο δακτύλιο κυκλοφορίας.

Ανάλογα με το μέγεθος, τον αριθμό των λωρίδων πρόσβασης και το περιβάλλον κατασκευής, διακρίνονται σε:

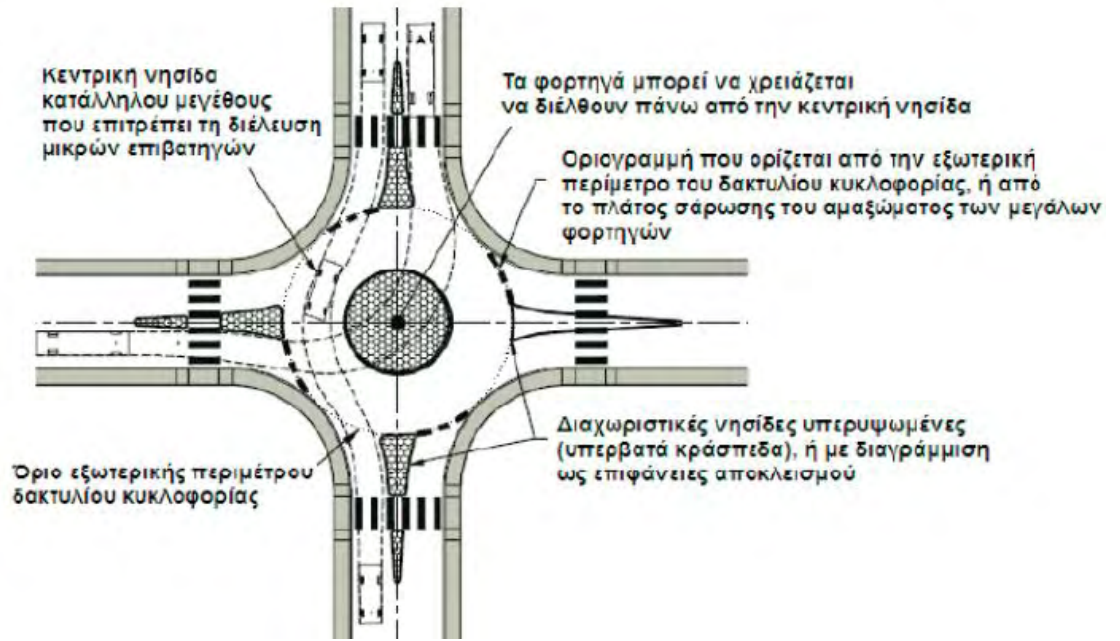
✓ Κουβίδια Κυκλικής Κίνησης (Mini Roundabouts)

Αυτή η μορφή εφαρμόζεται σε αστικό περιβάλλον με χαρακτηριστικό την υπερβατή κεντρική νησίδα, υπερυψωμένη, είτε με διαμόρφωση κυρτώματος και υπερβατό κράσπεδο είτε εντελώς επίπεδη. Η κεντρική νησίδα θα πρέπει να κατασκευάζεται από σκυρόδεμα ή άλλο υλικό

επίστρωσης με ευδιάκριτο έντονο χρωματισμό. Τα φορτηγά οχήματα είναι δυνατό να διέλθουν πιθανώς πάνω από αυτή για την καλύτερη εξυπηρέτησή τους. Αυτή η κατηγορία απαιτεί μικρή έκταση με εξωτερική διάμετρο  $\leq 30\text{m}$ , γι' αυτό το λόγο προτιμώνται σε περιπτώσεις περιορισμένου χώρου με ταυτόχρονη εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων και ταχύτητες  $\leq 40\text{ km/h}$ . Λόγω του μεγέθους είναι ιδιαίτερα φιλικά ως προς την αισθητική του περιβάλλοντος χώρου και ως προς τους πεζούς με σύντομες αποστάσεις διαβάσεων. Στην περίπτωση που επιτρέπεται η διέλευση πάνω από την κεντρική νησίδα των φορτηγών και των λεωφορείων η υπερύψωση ισούται με  $100\text{mm}$  από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Τα κύρια ζητήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν είναι ο δομικός διαχωρισμός της πορείας των οχημάτων, το πλάτους 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:

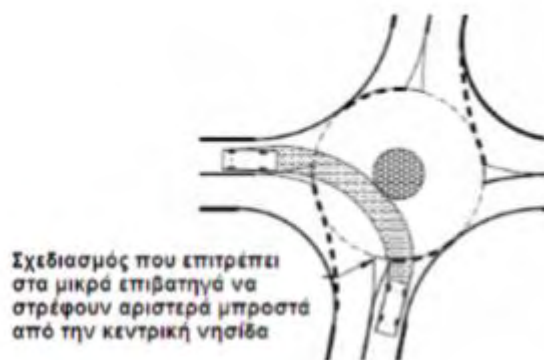
- Την εκτέλεση αριστερών στροφών μπροστά από την κεντρική νησίδα.
- Τη διέλευση πάνω από την κεντρική νησίδα, μη τηρώντας την παραχώρηση προτεραιότητας κατά την είσοδο.
- Τη διέλευση από τον κόμβο με υπερβολικές ταχύτητες.



Εικόνα 2-11: Χαρακτηριστικά Κομβιδίου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Ιδιαίτερη περίπτωση είναι αυτή όπου επιτρέπει στα μικρά επιβατηγά οχήματα να εκτελούν αριστερή στροφή μπροστά από την κεντρική νησίδα, όπου ο συνδυασμός του υπό οξεία γωνία σκέλους, του μικρού μεγέθους της κεντρικής νησίδας και του μεγάλου πλάτους του δακτυλίου κυκλοφορίας προσφέρουν αυτή τη δυνατότητα.



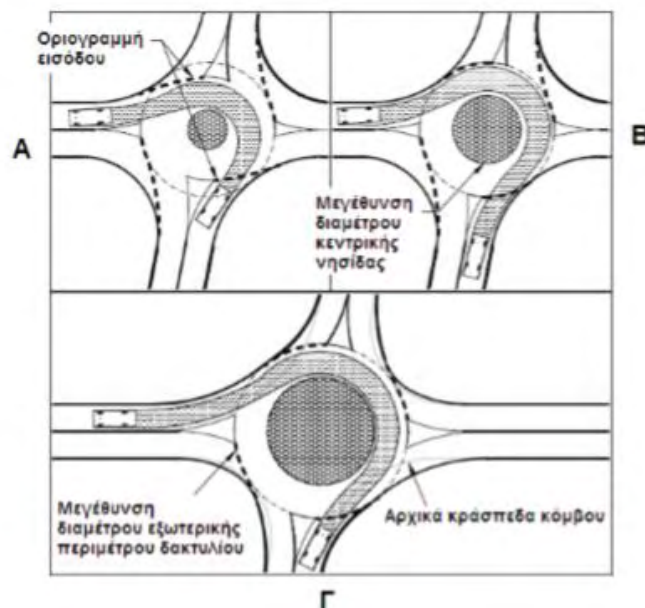
Εικόνα 2-12: Διέλευση οχήματος μπροστά από κεντρική νησίδα

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Σχετικά με αυτό το ζήτημα υπάρχουν 3 διαφορετικές περιπτώσεις βελτίωσης του σχεδιασμού. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2-13 οι τρεις περιπτώσεις είναι: Α) προχώρηση της οριογραμμής εισόδου, Β) ταυτόχρονη μεγέθυνση της κεντρικής νησίδας και μείωση του πλάτους του δακτυλίου κυκλοφορίας και Γ) μεγέθυνση της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

✓ Αστικοί συνεπτυγμένοι (Urban Compact)

Και αυτοί έχουν ως στόχο ένα ευνοϊκότερο περιβάλλον ως προς τους πεζούς και τους ποδηλάτες, λόγω των χαμηλών ταχυτήτων που επιβάλλουν. Η μορφή τους χαρακτηρίζεται από τη σχετικά μικρή διάμετρο εξωτερικής περιμέτρου, 25-30m, και την κατασκευή μη υπερβατής κεντρικής νησίδας. Όλοι οι κλάδοι πρόσβασης διαθέτουν μία λωρίδα κυκλοφορίας. Συνήθως υπάρχει μία υπερβατή ζώνη περιμετρικά της κεντρικής νησίδας για να διευκολύνει τα βαρέα οχήματα (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



Εικόνα2-13:Βελτιώσεις σχεδιασμού επίλυσης προβλημάτων στροφών

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

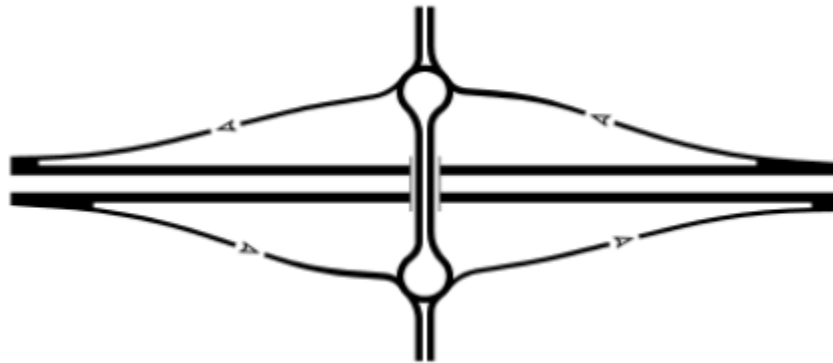
- ✓ Αστικοί κυκλικοί κόμβοι μίας λωρίδας  
Επιλέγονται κυρίως σε κομμάτι του αστικού δικτύου με υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, με μεγαλύτερα μεγέθη ταχύτητας και χωρητικότητας. Αυτή η διάταξη κυκλικού κόμβου είναι παρόμοια με αυτή των αστικών συνεπτυγμένων και διαφέρουν στην διάμετρο της εξωτερικής περιμέτρου, που σε αυτή την περίπτωση κυμαίνεται 30-40m, και στις μεγαλύτερες ακτίνες καμπής στις προσβάσεις πριν από την είσοδο στο δακτύλιο. Διαθέτουν εξίσου υπερβατή ζώνη περιμετρικά της κεντρικής νησίδας και υπερυψωμένες διαχωριστικές νησίδες (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).
- ✓ Αστικοί κυκλικοί κόμβοι δύο λωρίδων  
Κατασκευάζονται σε αστικό περιβάλλον στη περίπτωση όπου λόγω υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου δεν δύναται να εξυπηρετήσουν οι δύο προηγούμενες διατάξεις. Αποτελούν την περίπτωση ύπαρξης δύο λωρίδων σε τουλάχιστον ένα κλάδο πρόσβασης με κατεύθυνση την είσοδο στον δακτύλιο. Η διαφορά τους με τους κόμβους μίας λωρίδας είναι ότι απαιτούν μεγαλύτερη επιφάνεια ώστε να εξυπηρετείται η κίνηση σε δύο λωρίδες (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).
- ✓ Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι μίας λωρίδας  
Κατασκευάζονται σε περιβάλλον με ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων. Για το λόγο αυτό φέρουν ειδική σήμανση ελάττωσης της ταχύτητας κατά την προσέγγιση στον δακτύλιο. Ως προς τη γεωμετρία, έχουν μεγαλύτερες ακτίνες και γι' αυτό δεν υπάρχει υπερβατή ζώνη καθώς τα βαρέα οχήματα εξυπηρετούνται (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).
- ✓ Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι δύο λωρίδων  
Η διαφορά τους από τους υπεραστικούς κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας είναι ότι διαθέτουν δύο λωρίδες στον δακτύλιο κυκλοφορίας και τουλάχιστον σε έναν από τους κλάδους

πρόσβασης. Επιπλέον η διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου είναι συνήθως μεγαλύτερη για να εξυπηρετεί τις υψηλές ταχύτητες και την μεγαλύτερη επιφάνεια κίνησης (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

## 2.6 Εφαρμογή σε ανισόπεδους κόμβους

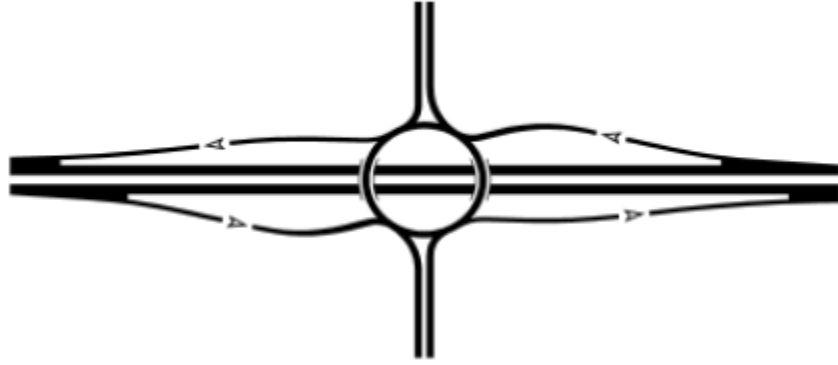
Ένας κυκλικός κόμβος μπορεί να αποτελέσει τμήμα ανισόπεδου κόμβου, σε ένα από τα επίπεδά του. Η πιο συχνή περίπτωση μιας τέτοιας εφαρμογής είναι σε διασταύρωση αυτοκινητοδρόμων με δευτερεύουσες αρτηρίες. Με την κατασκευή κυκλικής διάταξης επιτυγχάνεται μείωση των ουρών και των καθυστερήσεων στα σκέλη του κόμβου που συνιστούν τη δευτερεύουσα οδό.

Η πιο συνήθης περίπτωση κυκλικής διάταξης σε ανισόπεδο κόμβο είναι αυτή της μορφής **ρόμβου (diamond)**, όπου ο  $K^3$  αντικαθιστά τις ισόπεδες διασταυρώσεις επί της δευτερεύουσας οδού.



Εικόνα 2-14: Περίπτωση ζεύγους κυκλικών κόμβων (διάταξη διπλής σταγόνας) σε ανισόπεδο κόμβο μορφής ρόμβου με δύο σημεία διασταύρωσης

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 2-15: Περίπτωση κυκλικού κόμβου σε ανισόπεδο κόμβο μορφής ρόμβου με ένα σημείο διασταύρωσης

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

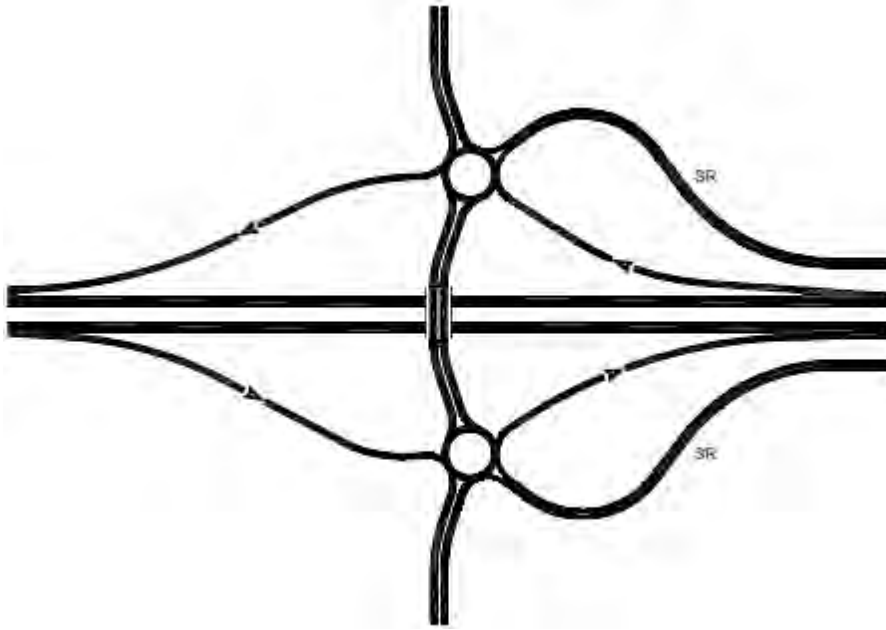
Η διάταξη της διπλής σταγόνας αποτελεί μια ειδική περίπτωση σχεδιασμού  $K^3$ . Υπάρχουν δύο κυκλικές διαμορφώσεις που λειτουργούν ως ένας επιμήκης ενιαίος κόμβος κυκλικής κίνησης. Με αυτό τον τρόπο αποτρέπεται η εσφαλμένη είσοδος σε κλάδο αντίθετης κυκλοφορίας, έχοντας παράλληλα τη δυνατότητα αναστροφής που μπορεί να χρειάζονται οι παρόδιες στη δευτερεύουσα οδό χρήσεις γης. Για τη σωστή λειτουργία του επιβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή στη γεωμετρία και τη σήμανση.



Εικόνα 2-16: Ανισόπεδος κόμβος - διάταξη διπλής σταγόνας

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

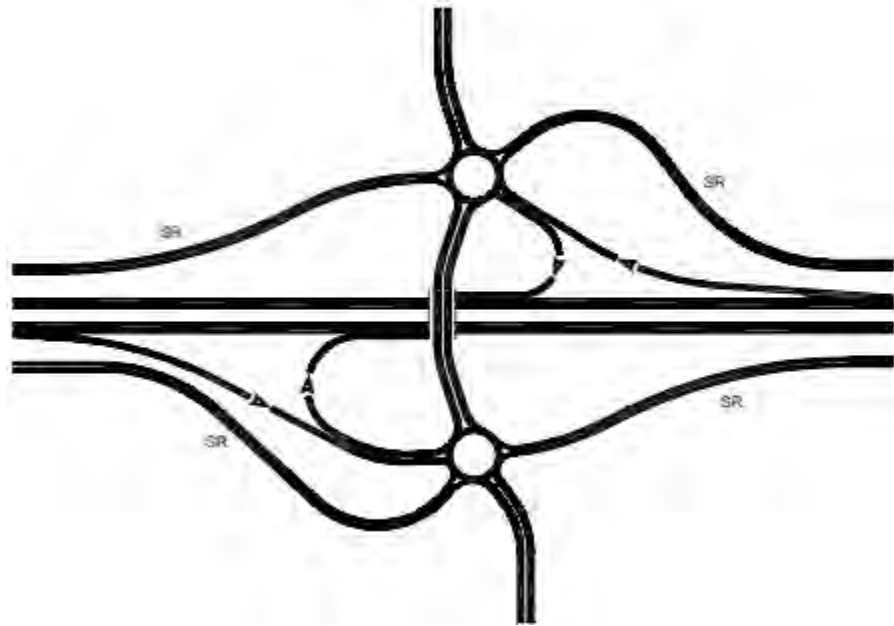
Επιπλέον, πολύ χρήσιμη εφαρμογή χρίζουν οι κυκλικές διατάξεις στην περίπτωση συμβολής άλλων οδών στις διασταυρώσεις επί της δευτερεύουσας οδού, όπως παράπλευροι οδοί εξυπηρέτησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μορφή **μισό τετράφυλλο**, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2-18, όπου διευκολύνει την αποτελεσματική λειτουργία 5-σκελούς κόμβου.



Εικόνα 2-17:Ανισόπεδος κόμβος με εφαρμογή κυκλικών κόμβων με πολλαπλά σκέλη

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

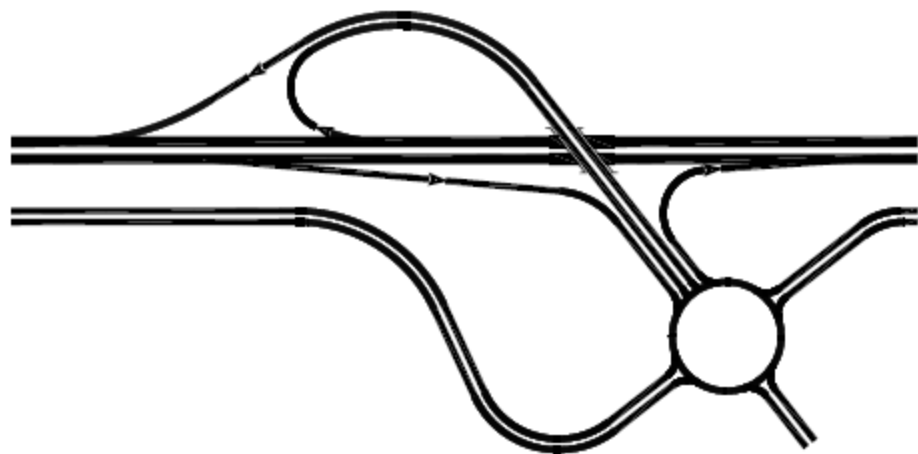




Εικόνα 2-18: Ανισόπεδος κόμβος με εφαρμογή κυκλικών κόμβων με πολλαπλά σκέλη (μισό τετράφυλλο)

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Ανάλογα, στην περίπτωση που χρειάζεται αποκατάσταση της συνέχειας παράπλευρου σε αυτοκινητόδρομο οδικού άξονα, αλλά και πρόσβασης σε ανισόπεδο κόμβο, σχεδιάζεται η μορφή **τρομπέτα** (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



Εικόνα 2-19: Ανισόπεδος κόμβος μορφής τρομπέτας

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

## 2.7 Άλλες μορφές κυκλικών κόμβων

Έκτος από τις τυπικές μορφές κυκλικών κόμβων που παρουσιάστηκαν παραπάνω, υπάρχουν και άλλοι τύποι οι οποίοι χρησιμοποιούνται παγκοσμίως σε μικρότερη συχνότητα και κάποιοι είναι ακόμα στο στάδιο μελέτης. Αποτελούν τις εναλλακτικές μορφές κυκλικής διάταξης, οι οποίες ήρθαν στην επιφάνεια για να καλύψουν τυχόν ατέλειες στην χωρητικότητα και την ασφάλεια των τυποποιημένων μορφών.

Μία εναλλακτική περίπτωση αποτελεί η μορφή **hamburger**. Η κεντρική νησίδα αυτής της μορφής είναι διαιρεμένη σε 3 κομμάτια, που το πλάτος του μεσαίου τμήματος είναι ίσο με το πλάτος ενός λεωφορείου ή ενός βαρέως οχήματος. Η διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου είναι 60m ή και περισσότερο. Επίσης η διάταξη αυτή μπορεί να κατασκευαστεί και σε παραπάνω από ένα επίπεδα κόμβο (Tollazzi & Rencelj, *Modern and alternative types of roundabouts- state of the art*, 2014).



Εικόνα 2-20: Κυκλικός κόμβος μορφής *hamburger* στο Fairfax, Virginia

Πηγή: <http://www.spackconsulting.com/alternative-intersections/>

Μια νέα μορφή κυκλικού κόμβου η οποία είναι ευρέως διαδεδομένη στην Ευρώπη είναι η **turbo**. Διαθέτει συνήθως δύο λωρίδες κυκλοφορίας οι οποίες διαχωρίζονται αμέσως με την είσοδο του οχήματος στην κυκλική διάταξη, με την τοποθέτηση κρασπέδου,

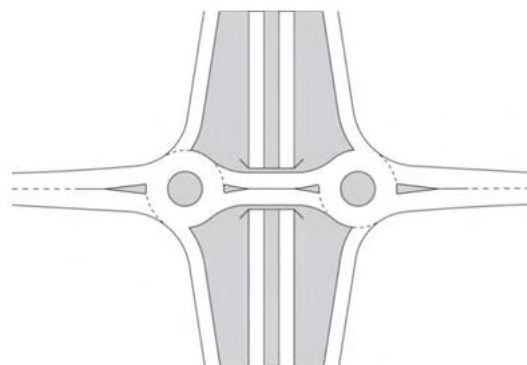
και παραμένουν έτσι μέχρι τον κλάδο εξόδου του οχήματος, αυξάνοντας έτσι την οδική ασφάλεια. Η εφαρμογή του ξεκίνησε από την Ολλανδία στα τέλη της δεκαετίας του '90 και έπειτα ακολούθησαν αυτό το παράδειγμα πολλές χώρες (Tollazzi, *Alternative Types of Roundabouts* ).



Εικόνα 2-21:Κυκλικός κόμβος μορφής turbo στην Ολλανδία

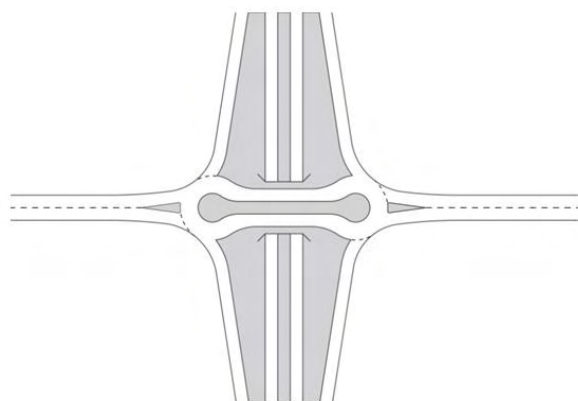
Πηγή:<http://www.aviewfromthecyclepath.com/2013/06/when-going-dutch-doesnt-mean-what-you.html>

Η **dumb-bell** μορφή κυκλικού κόμβου μοιάζει με την διάταξη της διπλής σταγόνας. Αποσκοπεί στην κατασκευή δύο κανονικών κυκλικών κόμβων που ενώνονται με μία γέφυρα. Η διαφορά του είναι ότι το πρώτο εφαρμόζεται στην περίπτωση μίας λωρίδας κυκλοφορίας και με αυτό τον τρόπο έχει μικρότερο κόστος κατασκευής σε σχέση με τη διάταξη διπλής σταγόνας που απαιτεί διευρυμένη επιφάνεια γέφυρας. Με την ύπαρξη δύο κυκλικών κόμβων οι ταχύτητες των οχημάτων μειώνονται αισθητά (Tollazzi & Rencelj, *Modern and alternative types of roundabouts- state of the art*, 2014).



Εικόνα 2-22: Κυκλικός κόμβος διάταξης dumb-bell

Πηγή: (Tollazzi & Rencelj, Modern and alternative types of roundabouts- state of the art, 2014)



Εικόνα 2-23:Κυκλικός κόμβος μορφής διπλής σταγόνας

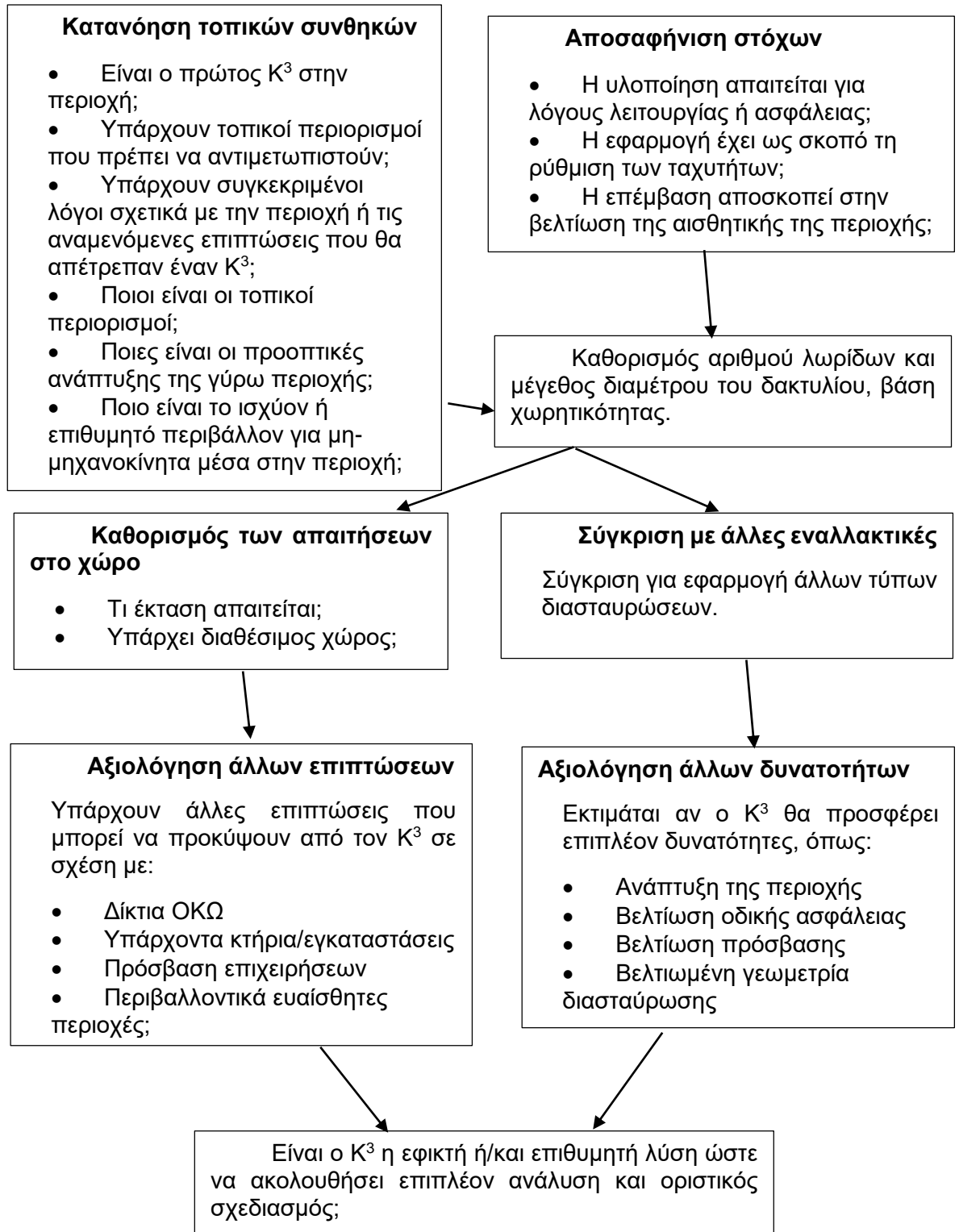
Πηγή: (Tollazzi & Rencelj, Modern and alternative types of roundabouts- state of the art, 2014)

### 3. Προκαταρκτικός Σχεδιασμός

#### 3.1 Γενικά

Στο στάδιο του σχεδιασμού πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν οι λόγοι υλοποίησης ενός κυκλικού κόμβου προς αντικατάσταση υφιστάμενης ή κατασκευή νέας διασταύρωσης. Παρ' όλη τη διαδεδομένη φήμη τους σχετικά με την αποδοτικότητά τους και την τάση των περισσότερων κρατών να τους προτιμούν, είναι αναγκαίος κάθε φορά ο έλεγχος εφαρμογής τους και αποτελεσματικότητάς τους. Σε κάθε περιοχή, μια κυκλική διαμόρφωση μπορεί να αποσκοπεί σε διαφορετικό πλαίσιο, όπως βελτίωση της ασφάλειας και της λειτουργικότητας, βελτίωση της αισθητικής, καλύτερη διαχείριση των προσβάσεων κ.ά.. Σε κάθε περίπτωση όμως από τις παραπάνω επιβάλλεται να προηγηθούν κάποιες σχετικές αναλύσεις.

Αρχικά λοιπόν είναι αναγκαίο να καθοριστούν οι στόχοι και το πλαίσιο που οδεύουν στην υλοποίηση κυκλικής διαμόρφωσης. Έπειτα στην προκαταρκτική διαμόρφωση του κόμβου εκτιμάται ο ελάχιστος αριθμός λωρίδων που απαιτείται σε κάθε κλάδο και αντίστοιχα ποιος τύπος κυκλικού κόμβου ικανοποιεί αυτές τις απαιτήσεις. Αναλόγως με την διαθέσιμη έκταση κατασκευής εκτιμάται και η χωρητικότητα. Στο παρακάτω Σχήμα παρουσιάζονται πτυχές σχεδιασμού, οι οποίες πρέπει να εξεταστούν για να καθορίσουν αναγκαία την υλοποίηση ενός κυκλικού κόμβου (National Cooperative Highway Research Program, 2010).



Σχήμα 3-1: Διαδικασία απόφασης υλοποίησης κυκλικού κόμβου

Πηγή: (National Cooperative Highway Research Program, 2010) και επεξεργασία η ίδια

Συνεπώς, από τις παραπάνω κατευθυντήριες οδηγίες καταλήγουμε στη απόφαση αν είναι η κατασκευή ενός κυκλικού κόμβου η καλύτερη εναλλακτική λύση, καθώς και όλες τις απαιτήσεις που θα προκύψουν για την υλοποίηση αυτή όσον αφορά το μέγεθος του κόμβου και τη γεωμετρία του, όπως και τους τρόπους για την καλύτερη απόδοση και λειτουργία του.

### 3.2 Πρόσθετες αναλύσεις

Εκτός από τις βασικές αναλύσεις που λαμβάνονται υπόψιν για την τελική απόφαση πραγματοποίησης ενός κυκλικού κόμβου που ισχύουν σε κάθε περίπτωση, σημαντικό παράγοντα σε αυτή τη διαδικασία αποτελεί το εγγύτερο περιβάλλον, το οποίο τελικά διαφοροποιεί την κάθε περίπτωση. Πιο συγκεκριμένα ένας κυκλικός κόμβος μπορεί να :

- *σχεδιαστεί για νέο οδικό δίκτυο.* Στην περίπτωση που πρόκειται να κατασκευαστεί ένα νέο οδικό δίκτυο και στο σχέδιο υπάρχει και ένας κυκλικός κόμβος, η διαδικασία λήψης της απόφασης αυτής είναι ευκολότερη. Αυτό συμβαίνει διότι δεν υπάρχουν παρατηρήσεις του πεδίου ή προβλήματα τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν με μια τέτοια εφαρμογή.

- *είναι ο πρώτος κυκλικός κόμβος της περιοχής.* Σε αυτή τη συνθήκη ο σχεδιασμός της κυκλικής διάταξης αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα αναφορικά με την αποδοχή του από τους πολίτες. Ο φορέας υλοποίησης πρέπει να λαμβάνει σημαντικά υπόψιν του τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των χρηστών, τις πιθανές κοινωνικές επιπτώσεις και να συνεργάζεται σωστά με τους υπαλλήλους του δημοσίου για την αποφυγή αυτών. Η σωστή εκτέλεση μια κυκλικής διάταξης προς επίλυση ενός τοπικού εμφανούς προβλήματος δίνει ώθηση στην κατασκευή περισσότερων στην ευρύτερη περιοχή.

Είναι απαραίτητο λοιπόν σε αυτή την περίπτωση το προβλεπόμενο έργο να ικανοποιεί το κοινό και να συμμερίζεται τις

μελλοντικές ανάγκες που θα προκύψουν. Για παράδειγμα, η κατασκευή ενός κυκλικού κόμβου μιας λωρίδας είναι περισσότερο κατανοητή στους χρήστες και για αυτό το λόγο θα υποστηρίξουν μια τέτοια προοπτική. Παράλληλα όμως, η εφαρμογή ενός κυκλικού κόμβου πολλών λωρίδων στις Η.Π.Α. ήταν πολύ επιτυχής και αποδεκτή από το κοινό, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στον καλό σχεδιασμό και τη σωστή εκπαίδευση των χρηστών. Γενικά υπάρχει η τάση στην πρώτη απόπειρα κατασκευής κυκλικής διάταξης να προτιμάται μία λωρίδα κυκλοφορίας, ώστε οι χρήστες να συνηθίσουν και να αποδεχτούν αυτή τη διαμόρφωση και να δεχτούν ευκολότερα έναν πιο πολύπλοκο κόμβο μακροπρόθεσμα.

Έτσι στη φάση σχεδιασμού αυτής της περίπτωσης πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι πιθανές μελλοντικές απαιτήσεις επέκτασης του κόμβου ως προς τον αριθμό λωρίδων, που συνδέεται με την επιπλέον έκταση που θα καλυφθεί, καθώς και αν ένας τέτοιος σχεδιασμός μπορεί να οδηγήσει σε οικονομική ανάπτυξη.

- αντικαταστήσει υπάρχουσα διασταύρωση σε περιοχή όπου οι κυκλικοί κόμβοι έχουν γίνει αποδεκτοί. Σε αυτή την περίπτωση, εφόσον οι κυκλικοί κόμβοι μίας λωρίδας είχαν ιδιαίτερη αποδοχή από το κοινό, μπορούν να εφαρμοστούν και πιο πολύπλοκες διατάξεις. Στόχοι αποτελούν η επιλογή του κατάλληλου τύπου κυκλικής κίνησης για να καλύψει τις ανάγκες της περιοχής σε ώρες αιχμής, ανάλογα με την διαθέσιμη υπό κατάληψη επιφάνεια (National Cooperative Highway Research Program, 2010).

Επιπρόσθετα, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με τον περιβάλλοντα χώρο και επηρεάζουν σημαντικά το σχεδιασμό ενός κυκλικού κόμβου, όπως:

- ✓ Φυσικοί ή γεωμετρικοί περιορισμοί, για παράδειγμα κακή τοπογραφία, προβλήματα αποστράγγισης κ.ά., που καθιστούν τον κόμβο ανέφικτο.
- ✓ Η γεινίαση με οδούς διέλευσης οχημάτων που λόγω μεγέθους θα δυσκολευτούν να διασχίσουν την κυκλική διάταξη.
- ✓ Πιθανή γεινίαση με σιδηροδρομική τροχιά, που θα οδηγήσει σε περιόδους ουράς στον κόμβο.



✓ Περίπτωση διασταύρωσης κύριας αρτηρίας με δευτερεύουσα ή τοπικό δρόμο, όπου μπορεί να δημιουργήσει καθυστέρηση στο κύριο ρεύμα. Σε αυτή τη περίπτωση καλύτερη λύση μπορεί να είναι η ύπαρξη συμβατικής σηματοδοτούμενης διασταύρωσης.

✓ Ο μεγάλος αριθμός πεζών και ποδηλάτων σε συνδυασμό με τον αυξημένο φόρτο κυκλοφορίας στον κόμβο.

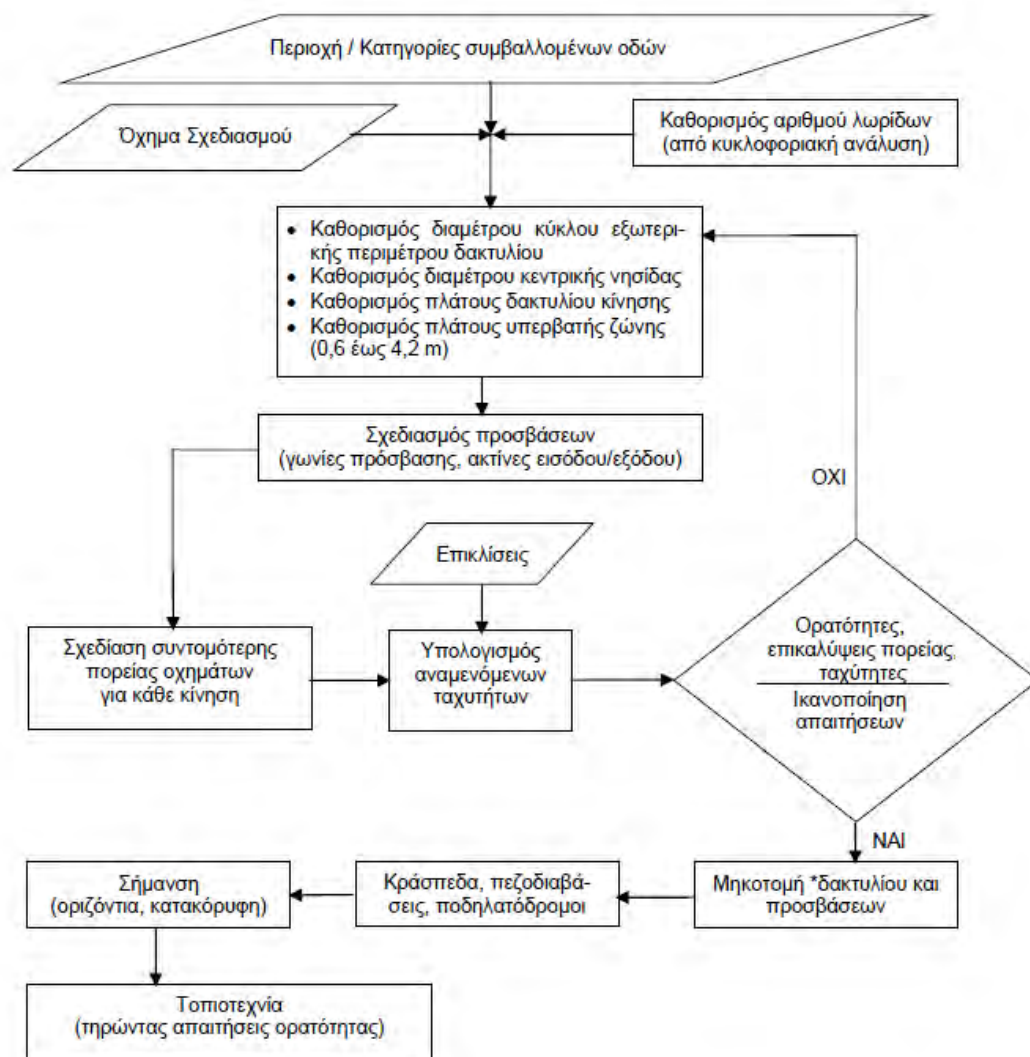
Σε γενικές γραμμές, δεν κρίνεται απαραίτητο να εξαλειφθούν όλοι οι αρνητικοί παράγοντες. Είναι όμως απαραίτητο να ληφθούν κάποια μέτρα ώστε να είναι επιτυχής τελικά η εφαρμογή του αντίστοιχου κόμβου (National Cooperative Highway Research Program, 2010).

## 4. Γεωμετρικός Σχεδιασμός

### 4.1 Εισαγωγή

Έπειτα από την οριστική απόφαση για κατασκευή ενός  $K^3$ , ακολουθεί ο λεπτομερής γεωμετρικός σχεδιασμός. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της ασφάλειας και της λειτουργικότητας που θα προσφέρει. Ένας κακός γεωμετρικός σχεδιασμός έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην αποδοτικότητά του και στην οδική συμπεριφορά. Για το λόγο αυτό, ο σχεδιασμός απαιτεί συνεχή επαναπροσδιορισμό με σκοπό την επίτευξη μιας συνολικής αποδεκτής λύσης. Στην Εικόνα 4-1 παρουσιάζονται τα βήματα σχεδιασμού ενός  $K^3$ .

Γενικά, για την επίτευξη σωστού σχεδιασμού κρίνεται απαραίτητη η ορθή κατανόηση του προβλήματος που ζητά λύση της μορφής  $K^3$ , η πλήρης ενημέρωση για τους τυχόν περιορισμούς στην επιφάνεια υλοποίησης, η γνώση των τύπων οχημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν τον κόμβο και να επιλέγεται το αντίστοιχο όχημα σχεδιασμού για τη χωροθέτηση και το μέγεθος του κόμβου, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα χρήσης του από το μεγαλύτερο όχημα που προβλέπεται (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



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

Εικόνα 4-1:Βήματα σχεδιασμού Κ<sup>3</sup>

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

## 4.2 Όχημα σχεδιασμού

Για τον σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων με κατάλληλες διαστάσεις χρησιμοποιούνται τα ίχνη των οχημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν τον κόμβο. Το όχημα σχεδιασμού καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως τις λειτουργικές κατηγορίες των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο, το χαρακτήρα της περιοχής από όπου

παράγεται η κυκλοφορία στις συμβαλλόμενες οδούς (π.χ. αστική ή υπεραστική, εμπορική/βιομηχανική, κατοικίας), τη σύνθεση της κυκλοφορίας και τον κυκλοφοριακό φόρτο.

Σε όλες τις οδούς κατηγορίας AIII ή ανώτερης και BIII ή ανώτερης, οι κυκλικοί κόμβοι σχεδιάζονται ώστε να εξυπηρετείται το αρθρωτό φορτηγό όχημα (ανεξάρτητο ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο), εκτός αν προβλέπεται διαφορετικά από την αρμόδια Υπηρεσία που μπορεί να επιτρέψει ως όχημα σχεδιασμού μικρότερο ή μεγαλύτερο από το αρθρωτό φορτηγό. Οι διαστάσεις που καθορίζονται από αυτό είναι η εξωτερική περίμετρος του δακτυλίου κυκλοφορίας και το πλάτος της υπερβατής ζώνης της κεντρικής νησίδας (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

### 4.3 Στοιχεία σχεδιασμού

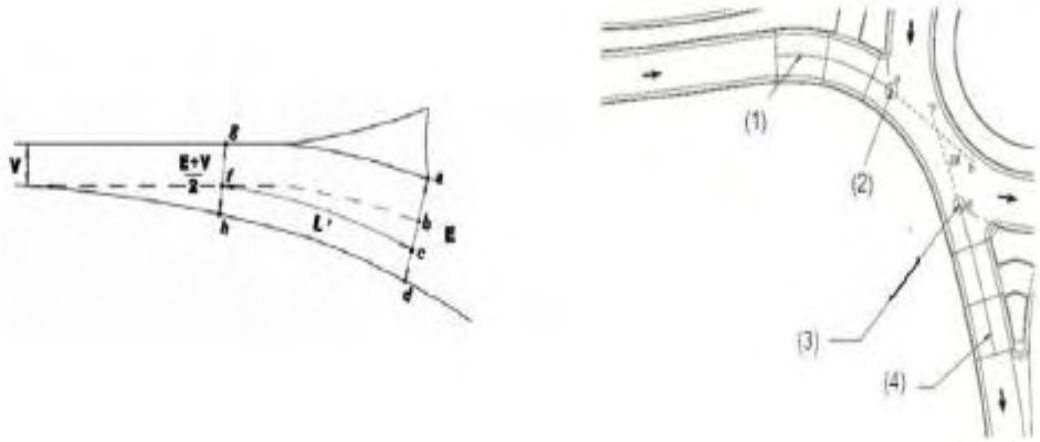
Η διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες της περιοχής, όπως τις συμβαλλόμενες οδούς στον κόμβο, την κατηγορία του κόμβου και τον αριθμό των λωρίδων στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Τα προτεινόμενα μεγέθη για τη διάμετρο απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4-1: Προτεινόμενη διάμετρος του κύκλου της εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011) και ίδια επεξεργασία

Κατηγορία Κ <sup>3</sup>	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		55-75

Στην συνέχεια απεικονίζονται τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων, όπου:



Εικόνα 4-2: Βασικές γεωμετρικές παράμετροι

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

V: Κανονικό πλάτος λωρίδας της κανονικής διατομής της οδού πρόσβασης

E: Πλάτος λωρίδας

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

Φ: Γωνία εισόδου

(1): Καμπύλη στο μέσον της διαπλατυσμένης 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 αυτή 1,5m.

(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 1,5m.

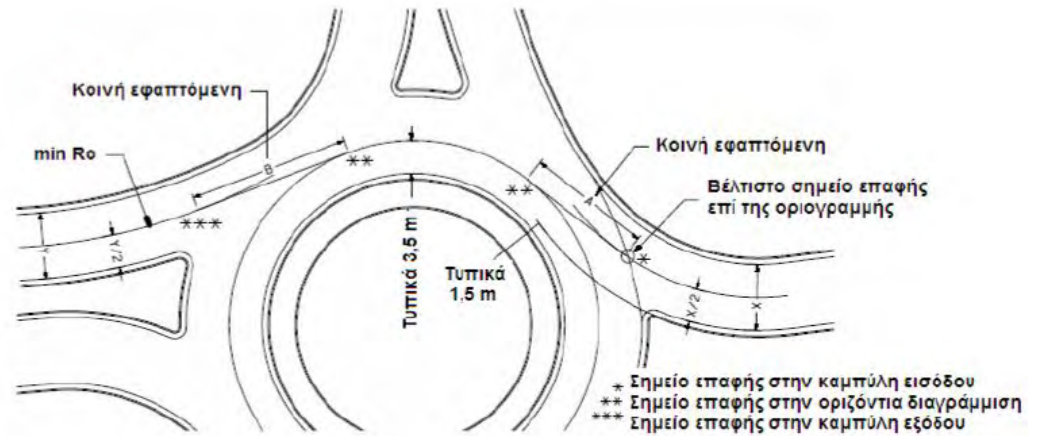
(4): Καμπύλη στο μέσον της διαπλατυσμένης λωρίδας εξόδου.

Πίνακας 4-2: Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών παραμέτρων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)  
και ίδια επεξεργασία

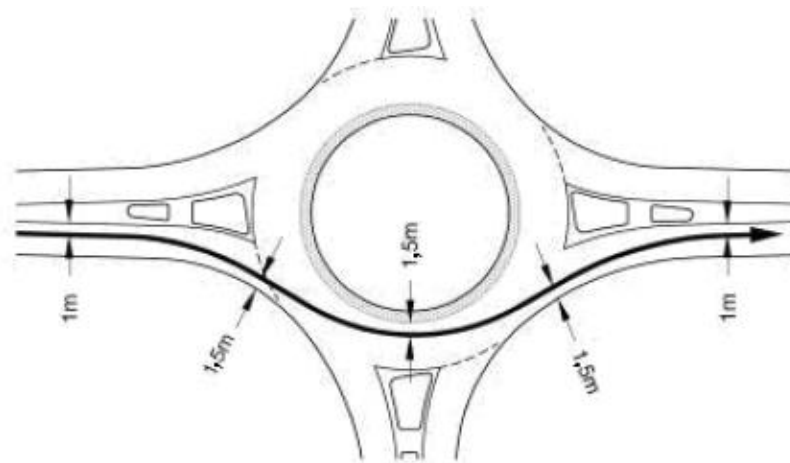
Γεωμετρικές παράμετροι	Αριθμός λωρίδων στην είσοδο		
	1 λωρίδα	2 λωρίδες	3 λωρίδες
Πλάτος εισόδου (E)	5,5-6,7m	7,3-8,5m	10,4-12,2m
Αποτελεσματικό τμήμα μήκους διαπλάτυνσης (L')	50 έως 100m Εάν χρειάζεται για αυξημένη κυκλοφοριακή ικανότητα		
Ακτίνα εισόδου (Ri)	17-27m	17-30m	20-30m
Γωνία εισόδου (Φ)	16°-30°		
Διάμετρος εξωτερικής περιμέτρου (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		

Ο έλεγχος προς αποφυγή της επικάλυψης της πορείας εισόδου και εξόδου πραγματοποιείται όπως απεικονίζεται παρακάτω, καθώς και οι πορείες των οχημάτων που πρέπει να απέχουν σε συγκεκριμένες αποστάσεις από τις οριογραμμές του κόμβου.



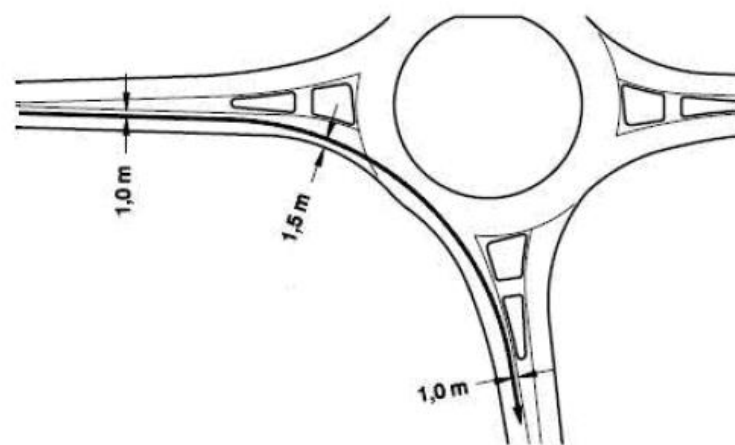
Εικόνα 4-3: Αποστάσεις ελέγχου επικάλυψης πορείας

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-4: Αποστάσεις από τις οριογραμμές στην ευθεία πορεία

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-5: Αποστάσεις από τις οριογραμμές για δεξιά στροφή

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Πίνακας 4-3: Μέθοδος ελέγχου επικάλυψης πορείας

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Διάσταση	Ελάχιστη [m]	Επιθυμητή [m]
A	8,0	12,0-15,0
B	8,0	≥12,0

Η ορθότητα της γεωμετρίας ενός κυκλικού κόμβου διαπιστώνεται με τη σχεδίαση της συντομότερης διαδρομής και τον υπολογισμό των ταχυτήτων σε κάθε μια από τις καμπύλες με τις ακτίνες R1, R2, R3, R4 και R5. Η τιμή της R1 είναι η ελάχιστη ακτίνα διαδρομής πριν την είσοδο στο δακτύλιο, η R2 είναι η ελάχιστη ακτίνα στη γρηγορότερη ευθεία διαδρομή που μπορεί να πραγματοποιήσει το όχημα επί του δακτυλίου, η R3 είναι η ελάχιστη ακτίνα διαδρομής στην έξοδο από τον δακτύλιο, η R4 αναφέρεται στη διαδρομή αριστερής στροφής όταν το όχημα κινείται κυκλικά επί του δακτυλίου και η τιμή R5 πρόκειται για δεξιά στροφή χωρίς ουσιαστικά να διαγράψει κυκλική πορεία το όχημα. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με τον υπολογισμό των αναπτυσσόμενων ταχυτήτων κατά το μήκος της συντομότερης διαδρομής, με σκοπό να επιτευχθεί η διαφορά των ταχυτήτων να μην υπερβαίνει τα 20km/h.

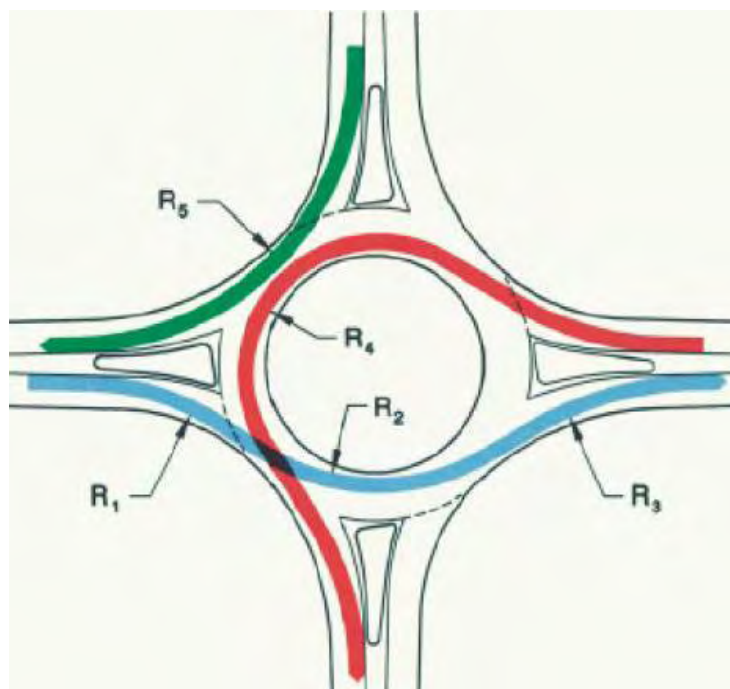
Η ταχύτητα στην πορεία συντομότερης διαδρομής εξόδου δεν εξαρτάται από την ακτίνα της καμπύλης εξόδου, αλλά από:

- Την ακτίνα R2 του κύκλου της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου.
- Την απόσταση από το τέλος της καμπύλης με ακτίνα R2 έως την πεζοδιάβαση που διασταυρώνει την έξοδο.
- Την επιτάχυνση, η οποία μπορεί να αναπτύσσεται, από το τέλος της καμπύλης με ακτίνα R2 έως την πεζοδιάβαση που διασχίζει την έξοδο.

Εκτιμάται ότι οι οδηγοί επιταχύνουν αμέσως μόλις φτάσουν στο τέλος της καμπύλης ακτίνας R2. Η τιμή της επιτάχυνσης λαμβάνεται ίση με  $3,5 \text{ m/s}^2$ . Στη μικρή απόσταση μεταξύ του δακτυλίου και της



διάβασης πεζών παρατηρείται μια αύξηση της ταχύτητας από 5 έως 10 km/h.



Εικόνα 4-6: Ακτίνες συντομότερης διαδρομής

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Πίνακας 4-4: Μέγεθος ακτινών συντομότερης διαδρομής

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

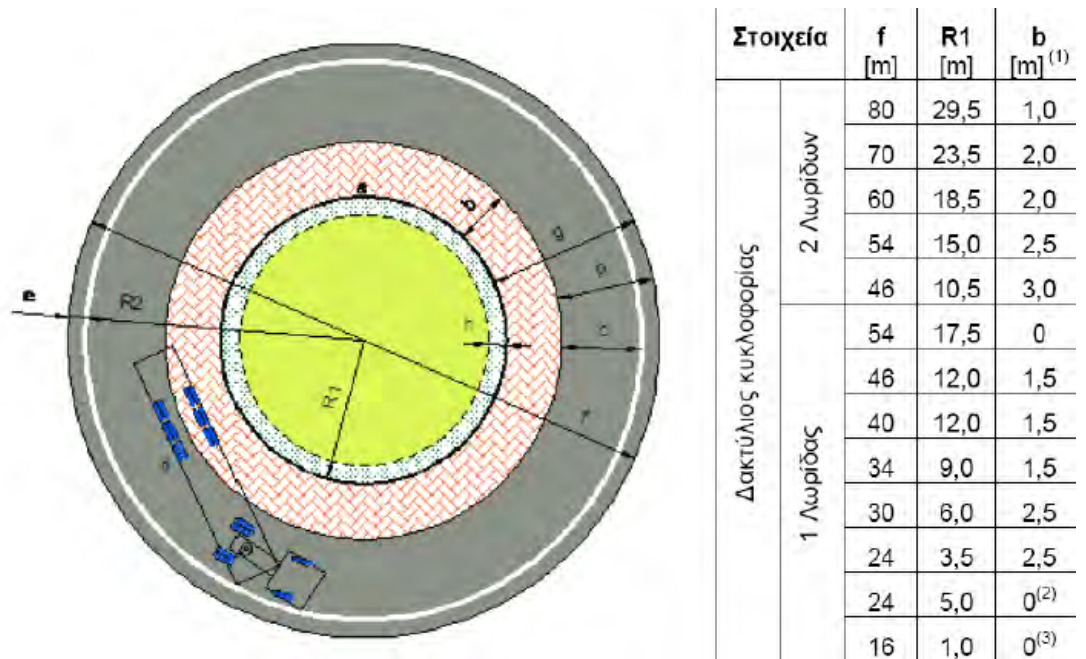
Γεωμετρία συντομότερης διαδρομής	Δακτύλιος κυκλοφορίας			
	1 Λωρίδας		2 Λωρίδων	
	Rmax [m]	V [km/h]	Rmax [m]	V [km/h]
R1 εισόδου	26-30	32	46-54	40
R2 δακτυλίου	30-35	31	54-63	40
R3 εξόδου	46-54	40	46-54	40
R4 αριστερής στροφής	30-35	31	54-63	40
R4 ελάχιστη	5.5-6.0	16	10-11	20
R5 δεξιάς στροφής	46-54	40	46-54	40

Πίνακας 4-5: Μέγεθος ταχυτήτων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Καμπύλες	Εξισώσεις
R1, R3 και R5	$V = 8,7602 * R^{0,3861}$
R2 και R4	$V = 8,6164 * R^{0,3673}$

Όπου στην πρώτη εξίσωση η τιμή της επίκλισης είναι +2%, ενώ στη δεύτερη είναι -2%.



Εικόνα 4-7: Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

- a: Κράσπεδο κεντρικής νησίδας
- b: Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας
- c: Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας
- d: Όχημα σχεδιασμού
- e: Ελάχιστο πλάτος ασφαλτικού ερείσματος 1,0m
- f: Εξωτερική διάμετρος
- g: Πλάτος κυκλοφορίσιμο μεταξύ κρασπέδων

h: Πλάτος λωρίδας μόνο με χλοοτάπητα 1,0m χωρίς οπτικά εμπόδια

r: Πλάτος ασφαλτικού οδοστρώματος

Όσον αφορά τις νησίδες διαχωρισμού στις προσβάσεις, δεν επιτρέπεται να εισέρχονται μέσα στο πλάτος g του δακτυλίου, εφόσον το περιμετρικό ασφαλτικό έρεισμα έχει το ελάχιστο πλάτος  $e=0,1m$ .

Στην περίπτωση που απαιτείται υπερβατή ζώνη περιμετρικά της κεντρικής νησίδας, αυτή θα έχει πλάτος 0,6 έως 4,2m. Στην αντίθετη περίπτωση θα εξεταστεί ο σχεδιασμός το χώρου ώστε να παρέχεται η κίνηση οχημάτων χωρίς χρήση υπερβατής ζώνης (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

#### 4.4 Πλάτος δακτυλίου

Πρόκειται για τη μεγαλύτερη διάμετρο που μπορεί να εγγραφεί στο εξωτερικό περίγραμμα του κύκλου. Το πλάτος του τυχόν ρείθρου στην εσωτερική ή εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου δεν προλαμβάνεται σε αυτό το πλάτος.

Απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός ώστε το πλάτος αυτό να εξυπηρετεί την κίνηση του μεγαλύτερου οχήματος σχεδιασμού, που συνήθως λαμβάνεται το ανεξάρτητο ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο. Στην περίπτωση 2 λωρίδων κυκλοφορίας ο σχεδιασμός αυτός προϋποθέτει την παράλληλη κίνηση του οχήματος σχεδιασμού με μικρό επιβατηγό όχημα, χωρίς να εμπλέκονται τα ίχνη των αμαξωμάτων τους. Παρ' όλα αυτά το αμάξωμα του φορτηγού δεν είναι απαραίτητο να βρίσκεται εντός του πλάτους των οριογραμμών κυκλοφορίας και ο πρόβολος στο εμπρόσθιο ή οπίσθιο μέρος του μπορεί να τις υπερβαίνει. Έτσι προβλέπεται στην περίμετρο του δακτυλίου ελεύθερη ζώνη πλάτους 1,0m. Για δακτύλιο 1 λωρίδας κυκλοφορίας ο υπολογισμός του απαιτούμενου πλάτους του οδοστρώματος χρησιμοποιεί το αποτύπωμα ενός λεωφορείου ενιαίου

σώματος 15m, μεγάλο όχημα πυροσβεστικής ή οποιοδήποτε μεγαλύτερο όχημα (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

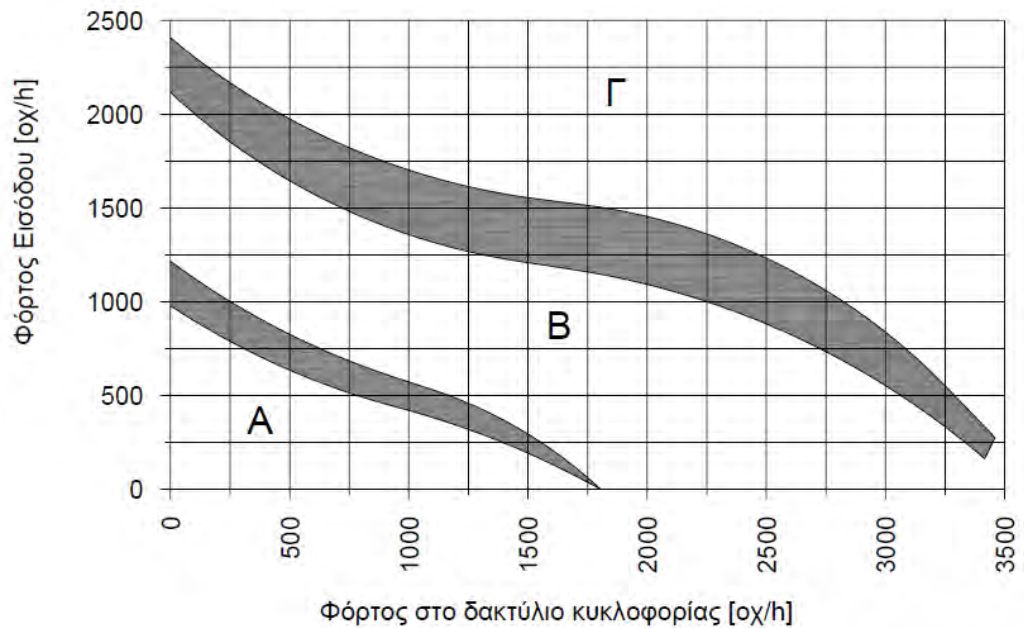
#### 4.5 Αριθμός λωρίδων δακτυλίου και προσβάσεων

Ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας πρέπει να είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος σύμφωνα με την λειτουργική ανάλυση που υπολογίζει την υφιστάμενη και μελλοντική ζήτηση. Κρίνεται απαραίτητο να αποφεύγεται η πρόσθεση επιπλέον λωρίδων προς αύξηση χωρητικότητας, για την αποφυγή μείωσης της οδικής ασφάλειας και την αποτελεσματικότητας του κόμβου. Στην περίπτωση που προβλέπεται μελλοντικά να χρειαστούν επιπλέον λωρίδες, ο σχεδιασμός γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την επέκταση του έργου κατά φάσεις.

Σε κυκλικό κόμβο με δύο λωρίδες στον δακτύλιο κυκλοφορίας, οι οδοί δύο λωρίδων (μία ανά κατεύθυνση) κατηγορίας ΑII ή ΒIV που συμβάλλουν σε αυτόν θα διαμορφώνονται έτσι ώστε το οδόστρωμα εισόδου να έχει δύο λωρίδες, ενώ το οδόστρωμα εξόδου μπορεί να έχει μία ή δυο ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις στρέφουσες κινήσεις. Όταν οι οδοί πρόσβασης είναι δύο λωρίδων αλλά κατώτερης κατηγορίας των ΑII και ΒIV, ο δακτύλιος έχει μία λωρίδα. Στην περίπτωση 4-ιχνων ή 6-ιχνων οδών πρόσβασης στον κόμβο, αυτές διαμορφώνονται στον κλάδο εισόδου σε 2 ή 3 λωρίδες ανάλογα με τον δακτύλιο κυκλοφορίας.

Ο απαιτούμενος αριθμός λωρίδων στον δακτύλιο μπορεί να υπολογιστεί και με την χρήση του παρακάτω διαγράμματος, ανάλογα με τον φόρτο στις εισόδους και στον δακτύλιο κυκλοφορίας, όπου Α είναι ο δακτύλιος μιας, Β δύο και Γ τριών λωρίδων κυκλοφορίας αντίστοιχα. Οι γκρι περιοχές είναι αυτές που επιτρέπουν τη χρήση λιγότερων λωρίδων υπό συγκεκριμένους λόγους. Το διάγραμμα

βασίζεται σε αποδεκτό αριθμό κορεσμού (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

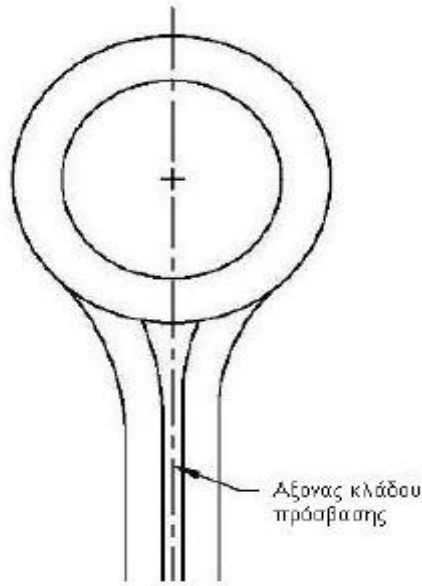


Εικόνα 4-8: Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων στον δακτύλιο κυκλοφορίας

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

#### 4.6 Διάταξη κλάδων πρόσβασης

Η σωστή διάταξη των σκελών πρόσβασης αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη λειτουργία του κυκλικού κόμβου, για το λόγο ότι επηρεάζει την ταχύτητα των οχημάτων, το όχημα σχεδιασμού και την ορατότητα μεταξύ των διαδοχικών κλάδων. Η πιο κλασική περίπτωση είναι αυτή που ο άξονας του κλάδου πρόσβασης είναι στην ίδια ευθεία με το κέντρο του κόμβου, γενικότερα όμως υπάρχουν τρεις διατάξεις που περιγράφονται στη συνέχεια (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



Εικόνα 4-9: Αξονας οδού πρόσβασης σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου

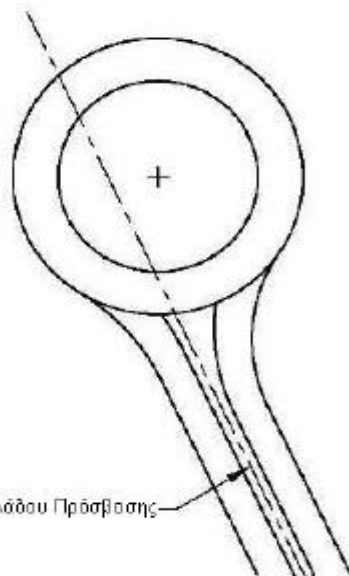
Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011) και επεξεργασία η ίδια

### Πλεονεκτήματα

- Αναμενόμενη από τους οδηγούς διάταξη.
- Απαιτούνται λιγότερες επεμβάσεις στη χάραξη των προσβάσεων, οπότε περιορίζονται οι επιπτώσεις στη στενή περιοχή του κόμβου.
- Η καμπυλότητα στις εξόδους αποθαρρύνει τους οδηγούς να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες εξερχόμενοι του κόμβου.

### Μειονεκτήματα

- Ίσως απαιτεί μεγαλύτερη διάμετρο για να επιτευχθεί ικανοποιητική ρύθμιση ταχύτητας.
- Δεν είναι πάντα εφικτή διάταξη και εξαρτάται από την χάραξη των κλάδων.



Εικόνα 4-10: Αξονας οδού πρόσβασης αριστερά

από το κέντρο του κόμβου

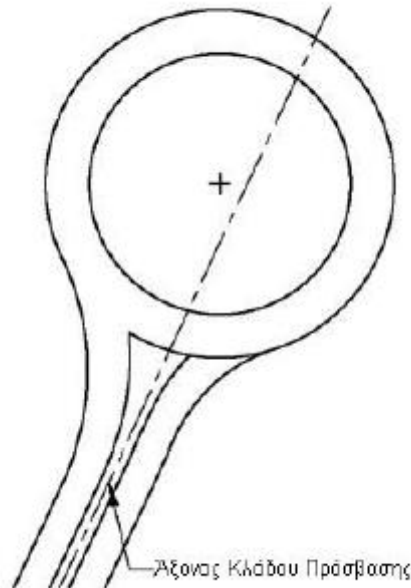
Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

### Πλεονεκτήματα

- Επιτρέπει μεγαλύτερη γωνία εκτροπής και ρύθμιση της ταχύτητας.
- Ευνοεί την εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων, έχοντας μικρή διάμετρο κύκλου.
- Εξυπηρετεί ενδεχόμενη ανάγκη μείωσης απαλλοτριώσεων στην αριστερή πλευρά του κλάδου.

### Μειονεκτήματα

- Στην έξοδο υπάρχει μεγάλη ακτίνα στροφής που ευνοεί μεγάλες ταχύτητες, ενώ αποτελεί πρόβλημα στην πεζοδιάβαση.
- Επιβάλλει ενδεχόμενη αύξηση απαλλοτριώσεων στη δεξιά πλευρά του κλάδου.



Εικόνα 4-11: Άξονας οδού πρόσβασης δεξιά από το κέντρο του κόμβου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

#### **Πλεονεκτήματα**

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κόμβους με μεγαλύτερη διάμετρο με ταυτόχρονη διατήρηση ικανοποιητικού ελέγχου ταχυτήτων.
- Βελτίωση ορατότητας μεταξύ διαδοχικών κλάδων στην είσοδο.
- Εξυπηρετεί την ενδεχόμενη ανάγκη μείωσης απαλλοτριώσεων στη δεξιά πλευρά της οδού πρόσβασης

#### **Μειονεκτήματα**

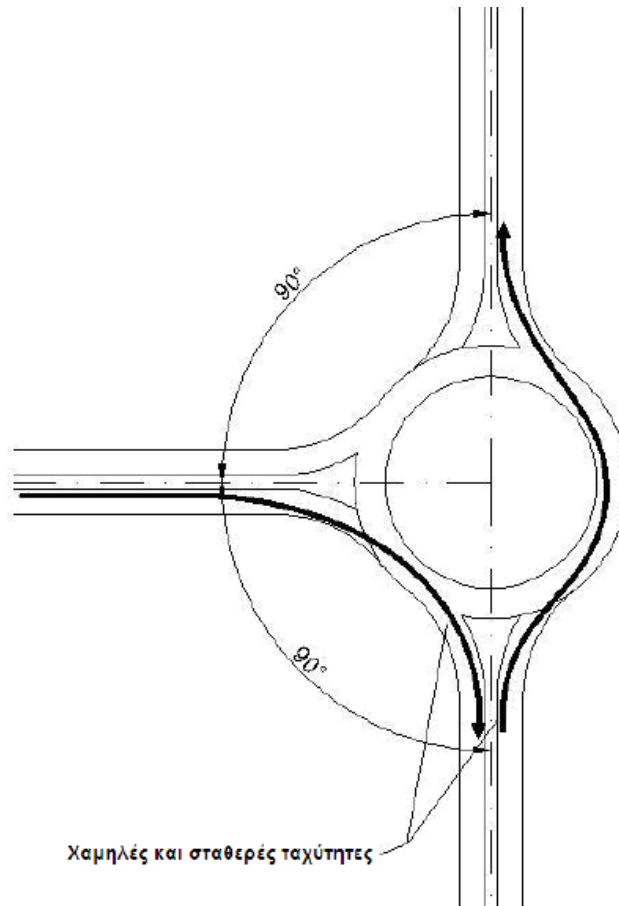
- Δυσκολία στη ρύθμιση της ταχύτητας των οχημάτων, ειδικά σε περιπτώσεις κύκλου μικρής διαμέτρου.
- Επιβάλλει την ενδεχόμενη ανάγκη αύξησης των απαλλοτριώσεων στην αριστερή πλευρά του κλάδου.

## 4.7 Γωνίες μεταξύ σκελών

Είναι ευρέως γνωστό ότι η εφαρμογή ενός κυκλικού κόμβου έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των σημείων εμπλοκής μεταξύ των οχημάτων και των πεζών καθώς και την επικινδυνότητά τους. Σε αυτή τη συνθήκη σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι γωνίες μεταξύ των συμβαλλόμενων κλάδων. Με την ύπαρξη μεγάλων γωνιών μεταξύ των κλάδων παρουσιάζονται μεγαλύτερες ταχύτητες και τάσεις των οδηγών να ακολουθούν την πιο σύντομη διαδρομή επί του δακτυλίου, διασχίζοντας πορείες οι οποίες δεν αντιστοιχούν σε προκαθορισμένες πορείες εξόδου από τον κόμβο. Αυτό δυσκολεύει ιδιαίτερα στην κίνηση βαρέων οχημάτων. Η ιδανική διάταξη είναι αυτή των 90 μοιρών. Για

την ρύθμιση της επιθυμητής ταχύτητας σε κόμβους με γωνίες μεγαλύτερες των  $90^\circ$  απαιτείται μεγαλύτερη διάμετρος κύκλου.

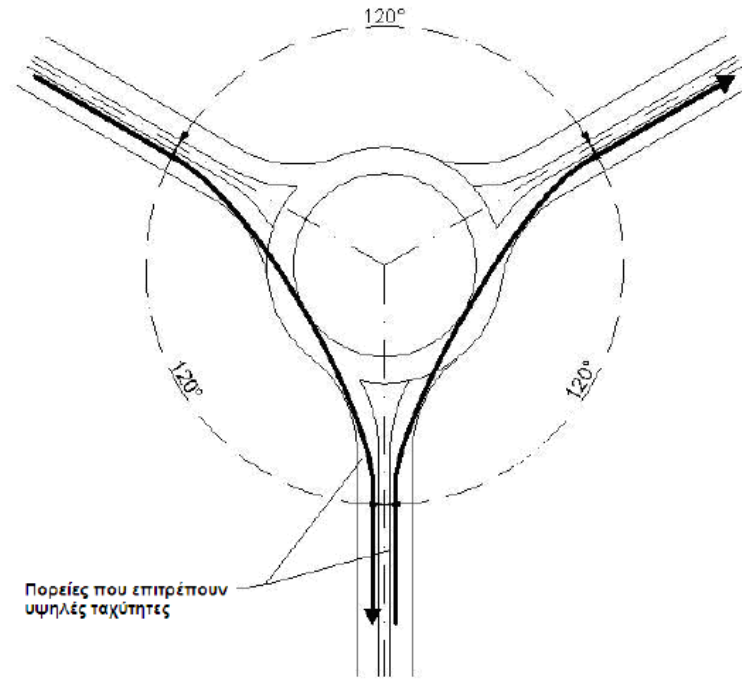
Σε κόμβους με τρεις οδούς πρόσβασης η προτιμότερη διάταξη είναι αυτής της μορφής «Τ» με γωνία  $90^\circ$  σε σύγκριση με τη διάταξη «Υ» στην οποία απαιτούνται επεμβάσεις για τη ρύθμιση της ταχύτητας, όπως αλλαγή διαμέτρου του δακτυλίου, μείωση του πλάτους και των ακτινών καμπής των κλάδων πρόσβασης κατά την είσοδο στον κόμβο και η μετατόπιση του άξονα των κλάδων πρόσβασης προς τα αριστερά (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



Εικόνα 4-12:3-σκελής κόμβος μορφής "Τ"

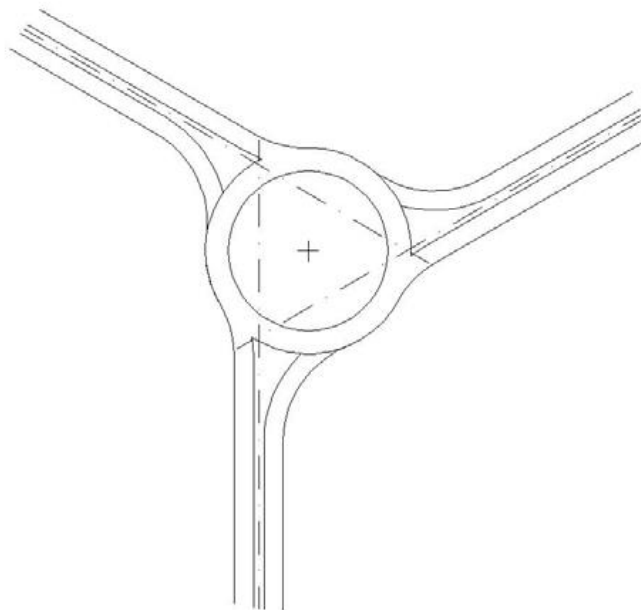
Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)





Εικόνα 4-13:3-σκελής κόμβος μορφής "Υ"

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

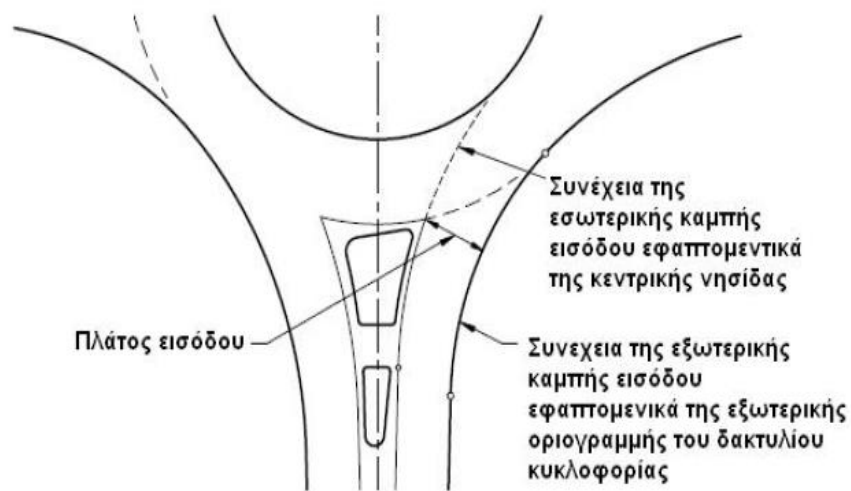


Εικόνα 4-14:3-σκελής κόμβος τροποποιημένης διάταξης "Υ"

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

## 4.8 Είσοδοι

Η είσοδος στον κυκλικό κόμβο θα πρέπει να επιτρέπει την ομαλή μετάβαση των οχημάτων, όπως και να ρυθμίζει κατάλληλα την ταχύτητα εισόδου. Για μία λωρίδα στους κλάδους οι ακτίνες εισόδου είναι μεταξύ 15-20m και το πλάτος των προσβάσεων είναι από 4 έως 5m. Δεν προτείνεται μεγαλύτερο πλάτος από το καθορισμένο εύρος, ώστε να αποφεύγεται η παράλληλη κίνηση των οχημάτων.

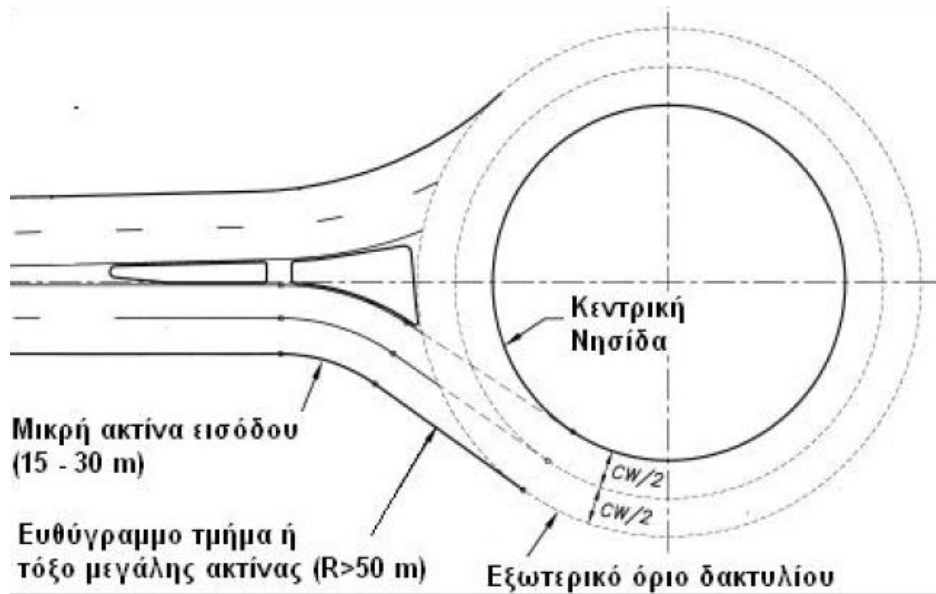


Εικόνα 4-15: Τυπική διάταξη εισόδου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Η αλληλουχία των καμπών στον κλάδο εισόδου και μέχρι την είσοδο στον κυκλικό δακτύλιο δεν πρέπει να επιφέρει διαφορές στην ταχύτητα των οχημάτων μεγαλύτερες των 20km/h.

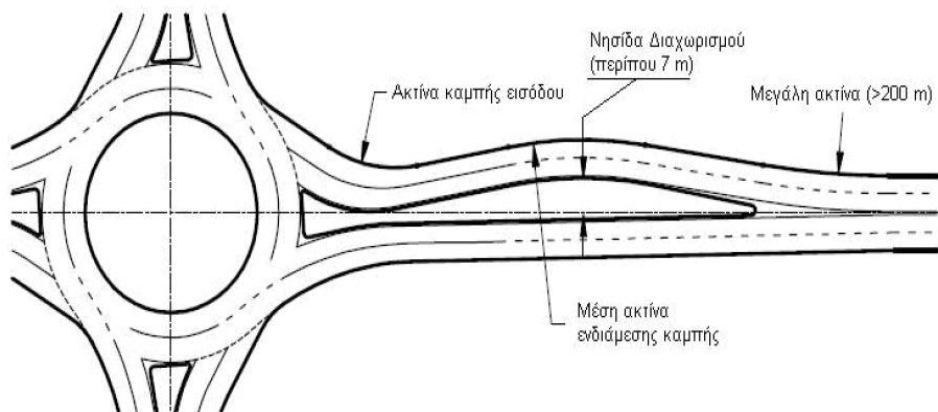
Στην περίπτωση δύο ή περισσότερων λωρίδων, για την σωστή και ομαλή είσοδο των οχημάτων στον δακτύλιο χρησιμοποιείται ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο μεγάλης ακτίνας για την επιτυχή σύνδεση του τόξου του δακτυλίου και της εισόδου.



Εικόνα 4-16: Ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Σε οδούς υψηλών ταχυτήτων ( $V \geq 70 \text{ km/h}$ ) συνίσταται να δημιουργείται μια θάλαση προς την αριστερή πλευρά κίνησης, ώστε να υπάρξει μείωση ταχύτητας κατά την προσέγγιση στον δακτύλιο.



Εικόνα 4-17: Δημιουργία θάλασης στον κλάδο εισόδου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Όταν παρουσιάζεται το φαινόμενο εμπλοκής των τροχιών με βαρέα οχήματα κατά την είσοδο, προβλέπεται να χρησιμοποιούνται

ειδικές ακτίνες καμπυλότητας. Οι τιμές αυτές ωστόσο δε θα πρέπει να ενισχύουν την τάση για ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων. Μία λύση που προτείνεται είναι η κατασκευή διαχωριστικής νησίδας με ταυτόχρονη διαγράμμιση επί του οδοστρώματος, για την καλύτερη καθοδήγηση των οχημάτων χωρίς να εμπλέκονται οι τροχιές τους.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προτεινόμενες ταχύτητες σχεδιασμού εισόδου ανάλογα με την κατηγορία κυκλικού κόμβου που πρόκειται να σχεδιαστεί (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

Πίνακας 4-6: Ταχύτητες σχεδιασμού εισόδου ανά κατηγορία  $K^3$

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)  
και επεξεργασία η ίδια

<b>Κατηγορία <math>K^3</math></b>	<b>Ταχύτητα [km/h]</b>
Κομβίδιο	25-30
Αστικός συνεπτυγμένος	25-30
Αστικός 1 λωρίδας	30-40
Υπεραστικός 1 λωρίδας	40-50
Αστικός 2 λωρίδων	40-50
Υπεραστικός 2 λωρίδων	50

## 4.9 Έξοδοι

Οι ακτίνες στις εξόδους είναι μεγαλύτερες έναντι αυτών στις εισόδους, ώστε να αποφεύγεται πιθανή συμφόρηση και ατυχήματα. Παράλληλα δεν πρέπει η ακτίνα της διαδρομής εξόδου να είναι πολύ μεγαλύτερη από την ακτίνα της διαδρομής κυκλικής κίνησης επί του κόμβου, με σκοπό να εξασφαλίζονται χαμηλές ταχύτητες στις πεζοδιαβάσεις.

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στην ορατότητα στο στάδιο σχεδιασμού. Είναι απαραίτητο να δίνεται η δυνατότητα στους οδηγούς να αποφασίσουν σωστά την πιθανότητα στάσης καθώς και στους πεζούς να ερμηνεύουν σωστά τις κινήσεις των οδηγών ώστε εκτιμούν ορθά τον χρόνο που χρειάζονται για να διασχίσουν σωστά την

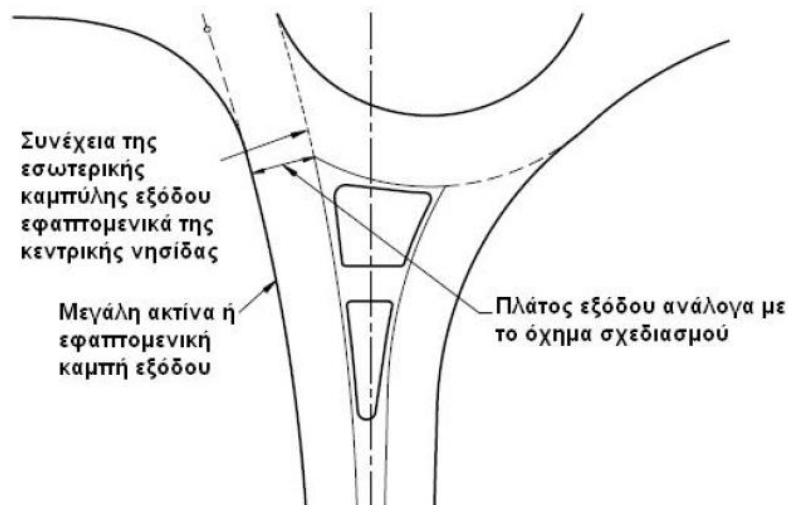
διάβαση. Με χαμηλές ταχύτητες οχημάτων οι πεζοί έχουν τη δυνατότητα να καταλάβουν εγκαίρως την πρόθεση των οδηγών, και οι οδηγοί έχουν τη δυνατότητα να αντιληφθούν την ύπαρξη πεζού στη διάβαση με αποτέλεσμα να μην επιταχύνουν στην όψη τους.

Κατά την έξοδο του οδηγού από τον δακτύλιο στον κλάδο εξόδου πρέπει να υπάρχει ομαλή μετάβαση. Γενικότερα, ισχύουν οι δύο παρακάτω διατάξεις που απεικονίζονται στις Εικόνες 4-18 και 4-19 (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



Εικόνα 4-18: Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

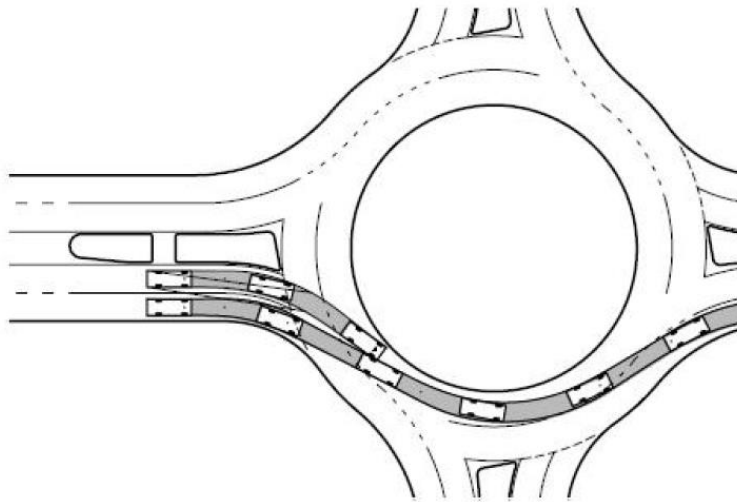


Εικόνα 4-19: Έξοδος με άξονα οδού αριστερά από το κέντρο του κόμβου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

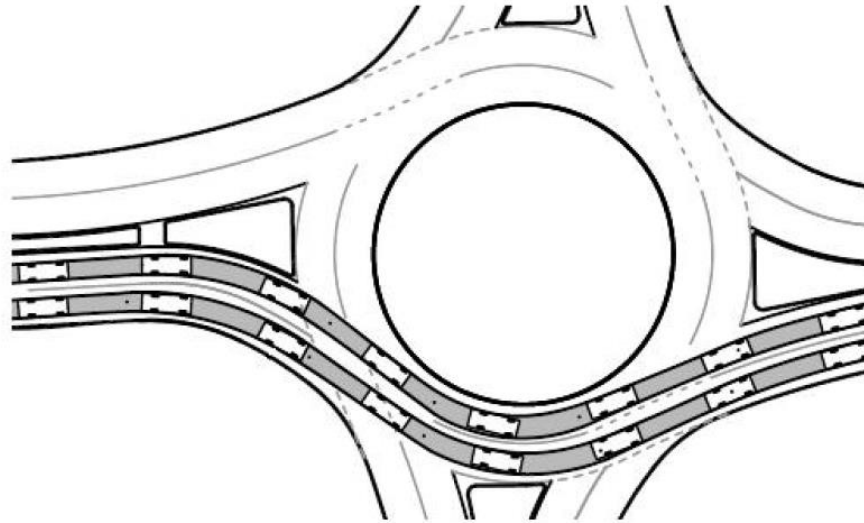
#### 4.10 Πορεία οχημάτων

Κατά το σχεδιασμό, είναι απαραίτητο να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην σωστή καθοδήγηση των οχημάτων κατά την κίνησή τους στους κλάδους εισόδου και εξόδου καθώς και επί του δακτυλίου κυκλοφορίας. Είναι επιθυμητό οι προβλεπόμενες πορείες των οχημάτων να είναι ευδιάκριτες ακόμα και στην παράλληλη κίνηση αυτών ώστε να αποφεύγεται τυχόν επικάλυψη πορειών. Στην Εικόνα 4-20 απεικονίζεται μία προβληματική διάταξη κυκλικού κόμβου, ενώ στην Εικόνα 4-21 και 4-22 φαίνονται τρόποι βελτίωσης αυτής της γεωμετρίας (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



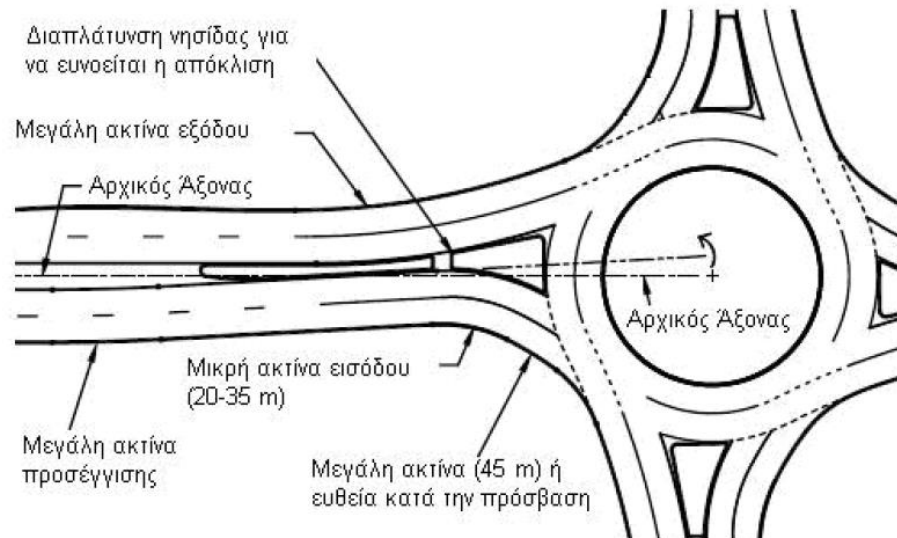
Εικόνα 4-20: Προβληματική διάταξη πορείας οχημάτων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-21: Βελτιωμένη διάταξη παράλληλης πορείας οχημάτων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-22: Ρύθμιση άξονα και τόξων πορείας οχημάτων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

#### 4.11 Υψομετρική διαμόρφωση και αποχέτευση καταστρώματος

Στην περίπτωση κατασκευής του κόμβου επί οριζοντίου εδάφους γίνεται λήψη μέτρων για την ομαλή αποχέτευση του καταστρώματος του δακτυλίου κυκλοφορίας. Σχεδιάζεται όλος ο δακτύλιος με κλίση 0,5-1,0% ώστε να γίνεται σωστή καθοδήγηση της απορροής προς φυσικό ή τεχνητό αποδέκτη, με την κατάλληλη ελάχιστη κλίση κατά μήκος των πλευρικών ρείθρων.

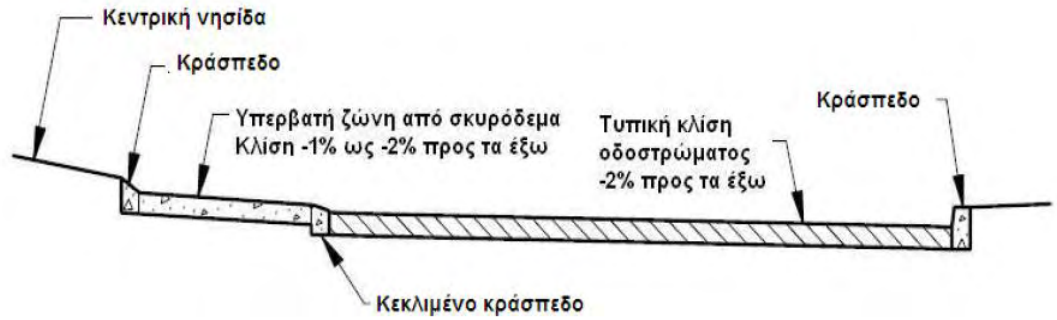
Στην περίπτωση που λόγω του ανάγλυφου του εδάφους δεν εφαρμόζονται οι παραπάνω κλίσεις, δύναται ο κυκλικός κόμβος να κατασκευάζεται με κλίση 4% κατά μήκος δύο κάθετων μεταξύ τους διαμέτρων και μόνο στη μία εξ' αυτών αν είναι δυνατό.

Στις προσβάσεις στον δακτύλιο δεν επιτρέπεται η κατά μήκος κλίση να είναι μεγαλύτερη από 2,5%, τουλάχιστον σε μήκος 12m (ιδανικότερα 20m) από την περίμετρο του δακτυλίου. Στις εξόδους η κλίση μπορεί να είναι λίγο μεγαλύτερη, με μέγιστη τιμή 4%.

Σε δακτύλιο 1 λωρίδας κυκλοφορίας το οδόστρωμα είναι συνήθως μονοκλινές με κλίση 2-2,5% προς την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου. Στην περίπτωση των δύο λωρίδων μπορεί να είναι και δικλινές, με σημείο αλλαγής επίκλισης στα  $\frac{2}{3}$  ή στο  $\frac{1}{2}$  του πλάτους του δακτυλίου, μετρούμενο από την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου.

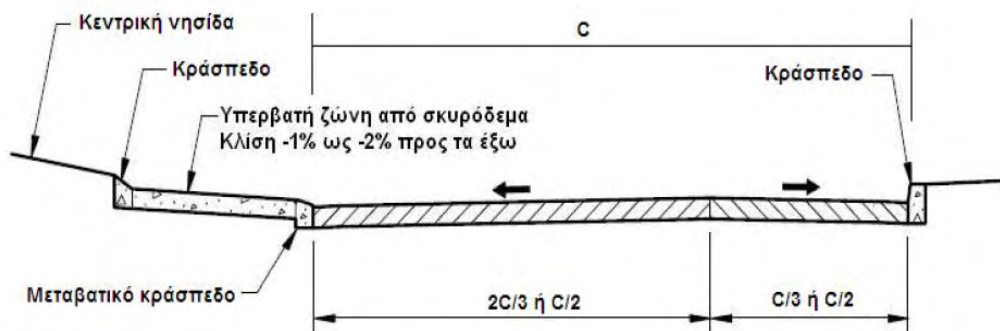
Τα φρεάτια υδροσυλλογής τοποθετούνται στην εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου πάντα ανάντη των πεζοδιαβάσεων. Στην περίπτωση απορροής προς την κεντρική νησίδα, τα φρεάτια τοποθετούνται στην εσωτερική περίμετρο και με κατάλληλο σύστημα διοχετεύονται στους αγωγούς που οδηγούν στην εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).





Εικόνα 4-23: Μονοκλινές οδόστρωμα

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-24: Δικλινές οδόστρωμα

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Τα κράσπεδα, ανάλογα με τη θέση τους, διακρίνονται σε υπερβατά και μη υπερβατά, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

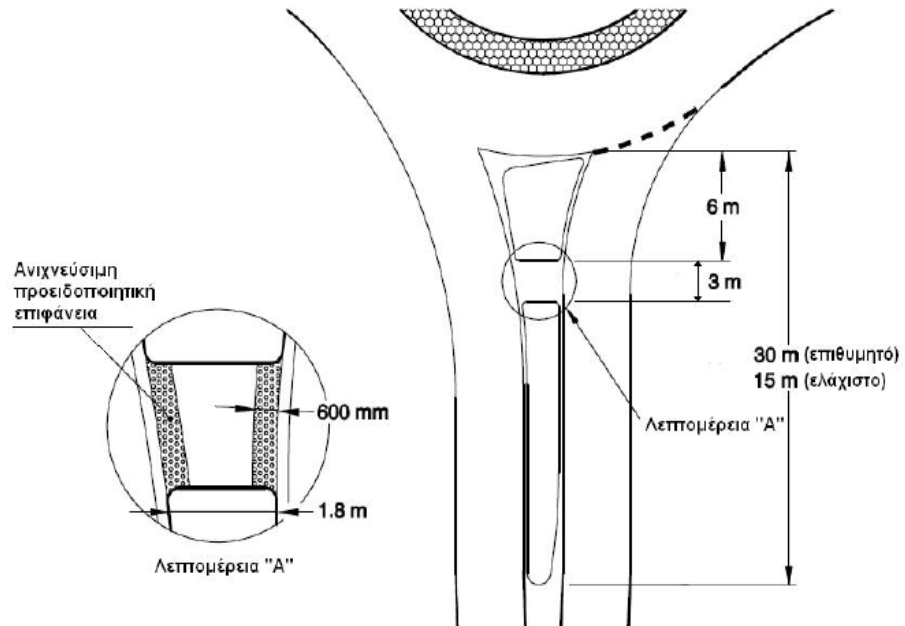
Πίνακας 4-7: Είδος κρασπέδου ανάλογα της θέσης του

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011) και επεξεργασία ίδια

Θέση κρασπέδου	Είδος κρασπέδου	
	Αστική περιοχή	Υπεραστική περιοχή
Περίμετρος κυκλικής νησίδας	Υπερβατό	Υπερβατό
Νησίδες διαχωρισμού στις προσβάσεις	Υπερβατό	Μη-υπερβατό
Εξωτερική περίμετρος δακτυλίου	Μη-υπερβατό	Άνευ κρασπέδου

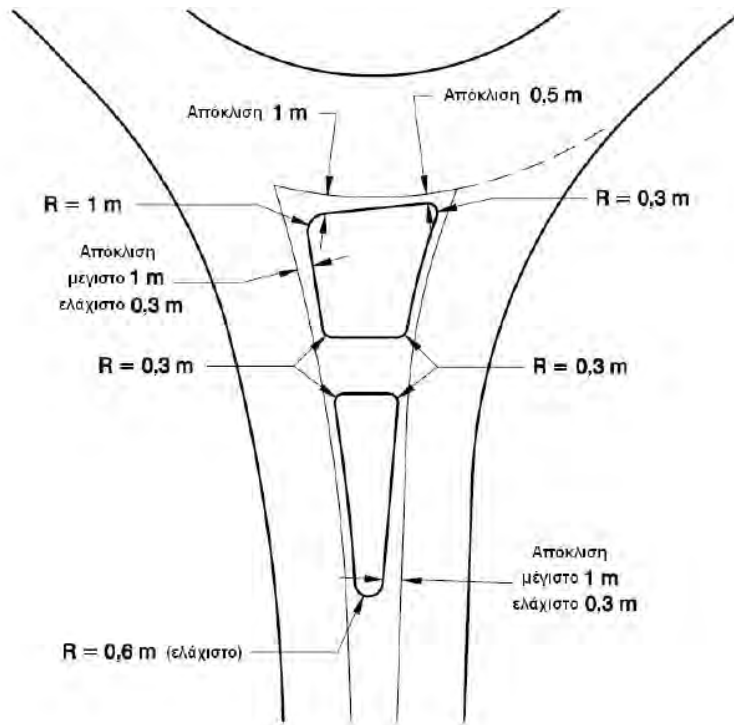
## 4.12 Νησίδα διαχωρισμού

Στους κυκλικούς κόμβους συνηθίζεται οι πεζοδιαβάσεις να τοποθετούνται εγκάρσια της νησίδας διαχωρισμού και στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας σε όλα τα σκέλη του κόμβου. Η τοποθέτηση πεζοδιαβάσεων γίνεται στα 6m από την εξωτερική οριογραμμή του δακτυλίου κυκλοφορίας, για ασφαλέστερη διέλευση πεζών, ποδηλάτων και ΑμΕΑ. Το συνολικό μήκος της νησίδας διαχωρισμού ανέρχεται στα 15m (ιδανικότερο 30m). Σε περιπτώσεις υψηλών ταχυτήτων το μήκος αυτό μπορεί να αυξηθεί στα 45m, με ταυτόχρονη διαμόρφωση καμπύλης στο οδόστρωμα του κλάδου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία σχεδιασμού των διαχωριστικών νησίδων (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



Εικόνα 4-25: Στοιχεία νησίδας με πεζοδιάβαση

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

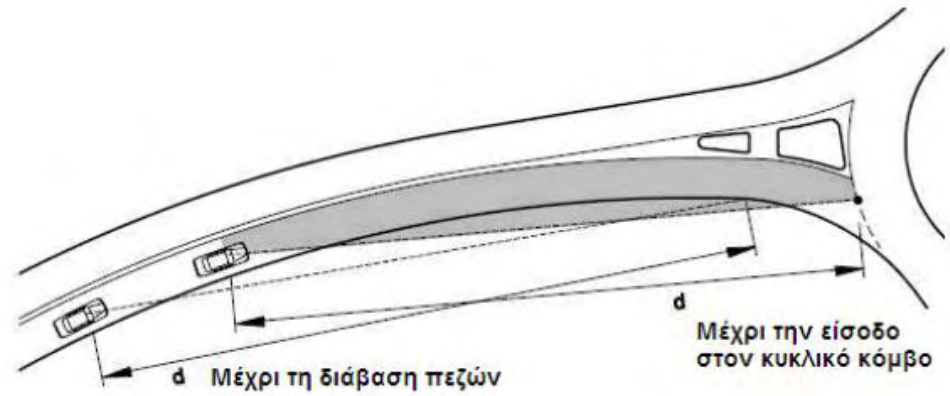


Εικόνα 4-26: Λεπτομέρειες σχεδιασμού νησίδας

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

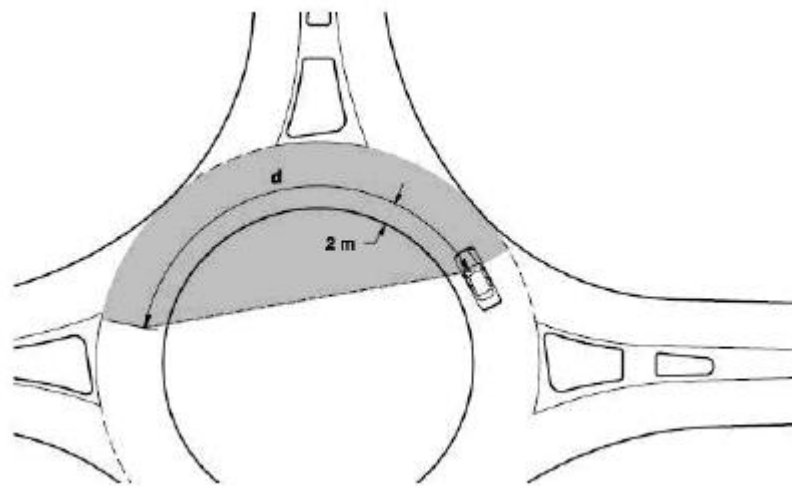
### 4.13 Ορατότητα

Οι οδηγοί κάθε στιγμή πρέπει να αναγνωρίζουν τι ακολουθεί στην πορεία τους, να εκτιμήσουν τη δυνατότητα στάσης και να αποφασίσουν τον κατάλληλο χειρισμό που θα πραγματοποιήσουν. Για το λόγο αυτό απαιτείται επαρκής απόσταση ορατότητας για τους οδηγούς που θα καλύπτει τον απαιτούμενο χρόνο αντίληψης και στάσης. Έτσι, απαιτείται η τήρηση των ελαχίστων αποστάσεων ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον κόμβο, επί του δακτυλίου και κατά την προσέγγιση στις πεζοδιαβάσεις κατά την έξοδο.



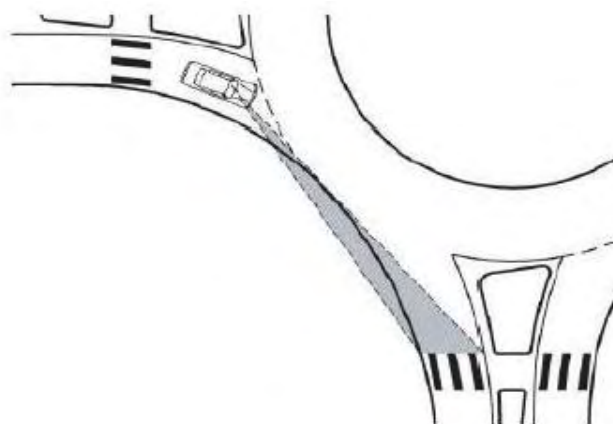
Εικόνα 4-27: Ορατότητα κατά την προσέγγιση στον δακτύλιο

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-28: Ορατότητα επί του δακτυλίου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-29: Ορατότητα στην προσέγγιση πεζοδιάβασης

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

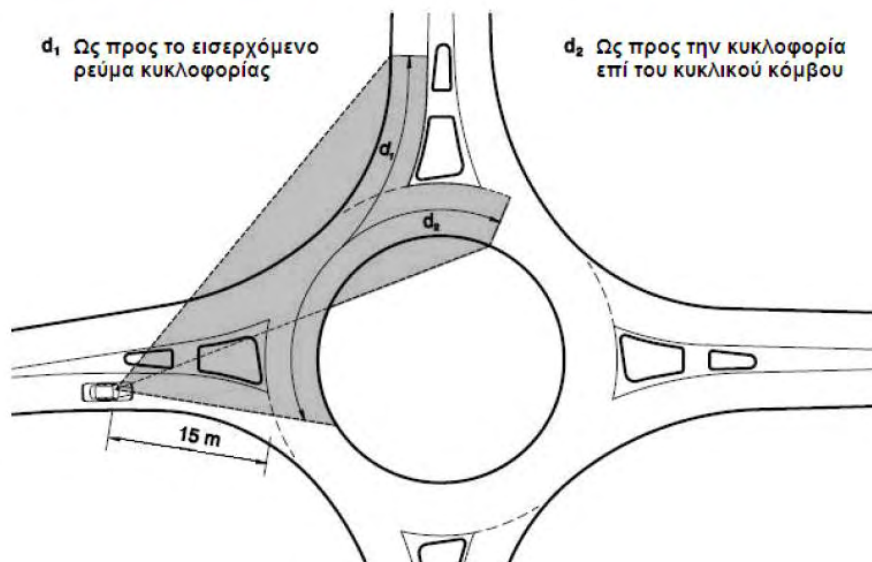
Ανάλογα με την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων απαιτείται και η αντίστοιχη απόσταση ορατότητας, υπολογισμένη με βάση το χρόνο αντίληψης-αντίδρασης 2,5s και επιβράδυνσης 3,4m/s<sup>2</sup>.

Πίνακας 4-8: Απόσταση ορατότητας συναρτήσει της ταχύτητας κίνησης

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)  
και επεξεργασία η ίδια

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

Κατά την είσοδο του οχήματος στον δακτύλιο κυκλοφορίας, πρέπει να έχει πλήρη ορατότητα των κινούμενων οχημάτων που υπάρχει πιθανότητα εμπλοκής. Το πεδίο ορατότητας ελεύθερο από εμπόδιο αναγράφεται ως τρίγωνο ορατότητας, που το εμπόδιο ορίζεται σε ύψος 1m, όπως το ύψος οφθαλμών του οδηγού.

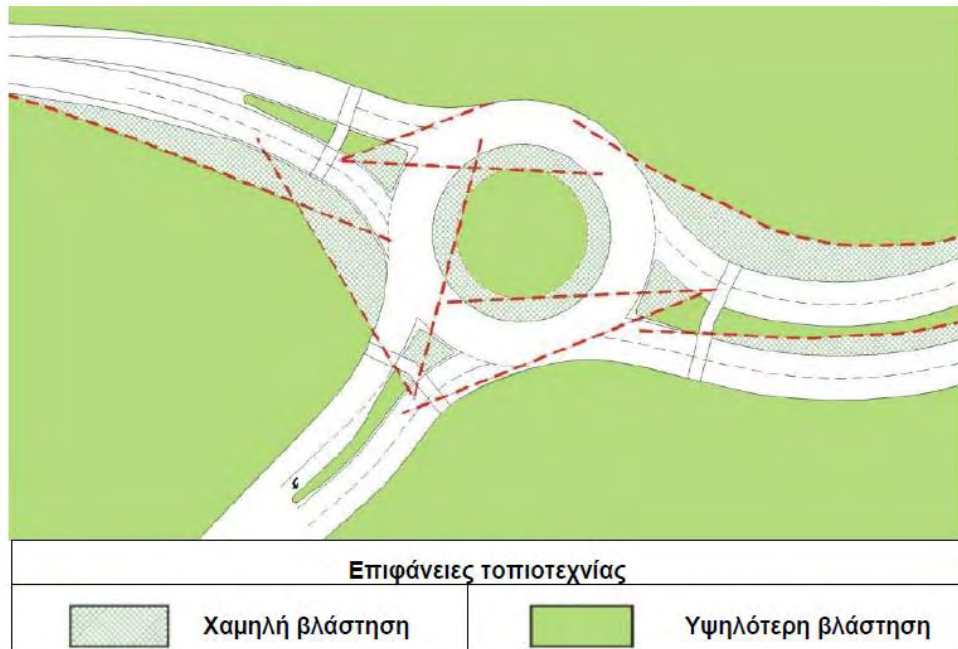


Εικόνα 4-30: Τρίγωνο ορατότητας κατά την είσοδο στον κόμβο

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Όπου  $d_1=1,468 \cdot V_{\text{εισερχόμενων οχημάτων}} \cdot t_c$  και  $d_2=1.468 \cdot V_{\text{οχημάτων επί του δακτυλίου}} \cdot t_c$ , με  $t_c=5s$  κρίσιμο διάκενο αποδοχής για είσοδο.

Η γωνία εισόδου στον κλάδο προσέγγισης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και για την ορατότητα του οδηγού, καθώς το οπτικό του πεδίο χωρίς να στρίψει το κεφάλι ανέρχεται στις  $112^\circ$ , πέραν του οποίου θα παρουσιαστεί δυσκολία στον οδηγό να αντιληφθεί τα οχήματα που εισέρχονται από την επόμενη πρόσβαση. Πρέπει να υπάρχει η απαραίτητη ορατότητα μεταξύ των προσβάσεων για την αποφυγή ατυχημάτων σε κάθε περίπτωση (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



Εικόνα 4-31: Παράδειγμα σύνθεσης επιφανειών για καλύτερη ορατότητα

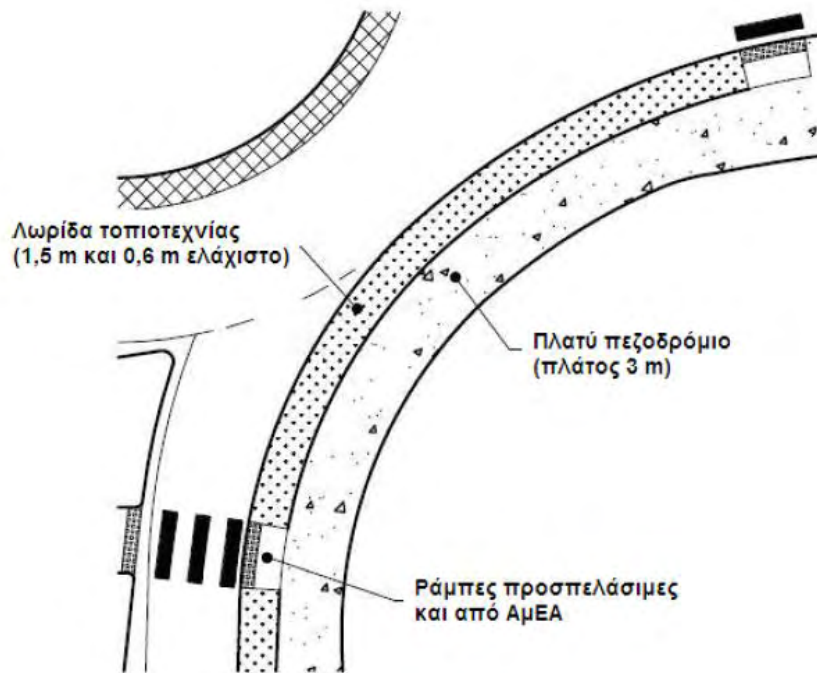
Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

#### 4.14 Πεζοδιαβάσεις

Οι διαβάσεις πεζών διαμορφώνονται για την μετακίνηση των πεζών με ασφάλεια και άνεση. Τοποθετούνται σε συγκεκριμένες αποστάσεις από τα άκρα των λωρίδων κυκλοφορίας, ώστε να υπάρξει ειδική σήμανση, κατάλληλη συσσώρευση του χιονιού κατά τον

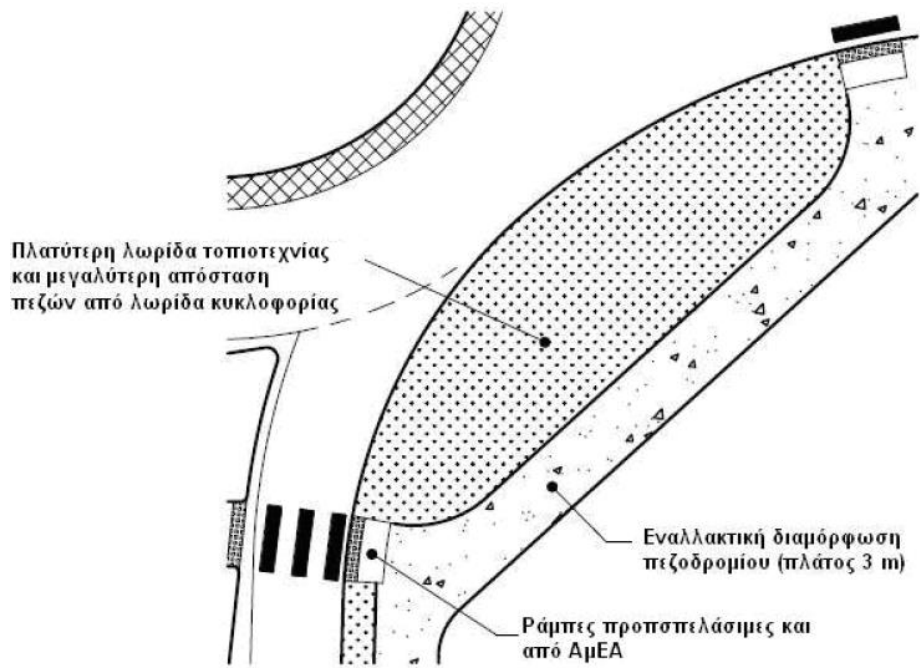
εκχιονισμό του δρόμου και ανεμπόδιστο πέρασμα του εμπρόσθιου προβόλου των οχημάτων.

Το απαιτούμενο πλάτος του πεζοδρομίου είναι τουλάχιστον 3,0m και απέχει από το οδόστρωμα του δακτυλίου κυκλοφορίας τουλάχιστον 0,6m.



Εικόνα 4-32: Διαμόρφωση πεζοδρομίου στην περίμετρο του κόμβου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-33: Ίδανικότερη διαμόρφωση πεζοδρομίου στην περίμετρο του κόμβου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Η τοποθέτηση της διάβασης πρέπει να είναι σε απόσταση από την περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας ίση με το μήκος ενός τυπικού μικρού επιβατηγού οχήματος και από το όχημα που ακολουθεί, δηλαδή σε απόσταση περίπου 6m. Έπειτα η νησίδα διαχωρισμού διακόπτεται ώστε η διάβαση να συνεχίζεται ισόπεδα, με πλάτος 2m, ώστε να προσφέρεται καταφύγιο στους πεζούς και ΑμΕΑ κατά την αναμονή τους για διάσχιση του οδοστρώματος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται δυο διαμορφώσεις εγκάρσιων πεζοδιαβάσεων (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).





Εικόνα 4-34:Πεζοδιαβάσεις κάθετες στις οριογραμμές

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 4-35:Πεζοδιαβάσεις ευθυγραμμισμένες κάθετα στον άξονα του κλάδου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

#### 4.15 Ποδηλάτες

Η ασφάλεια αλλά και η ικανότητα χρήσης του κυκλικού κόμβου από ποδηλάτες, υπάγεται στον κατάλληλο σχεδιασμό που έχει προβλέψει την ύπαρξη αυτών στην κυκλοφορία. Οι ποδηλάτες ωστόσο έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν είτε σε συνύπαρξη στο χώρο κίνησης των οχημάτων είτε σε διαχωρισμένο περιβάλλον. Σε περιοχές κατοικιών, η συνύπαρξη ποδηλάτων με τα μηχανοκίνητα είναι σχεδόν πάντα η μόνη λύση. Μέσω κατάλληλου σχεδιασμού, που βασικοί παράγοντες πρέπει να είναι η οδική ασφάλεια, η συνοχή και η αμεσότητα, το δίκτυο ποδηλάτων σε τοπικές περιοχές μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση χρήσης του μέσου αυτού (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, 2015).

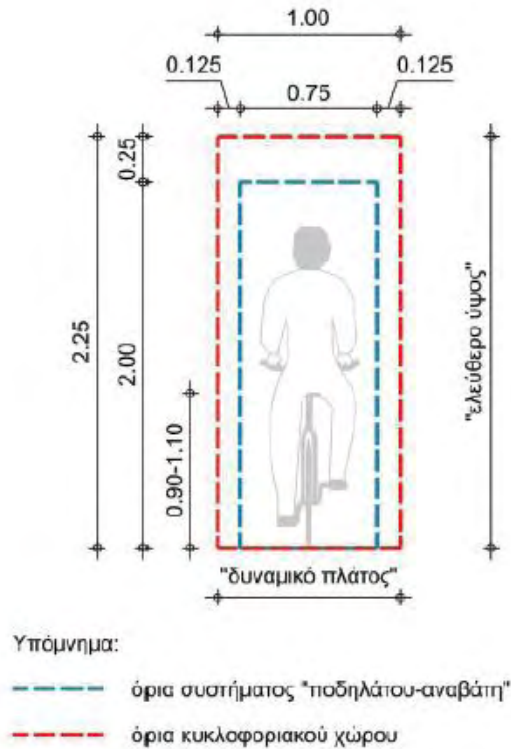
Οι ποδηλάτες κινούνται με ταχύτητα 19-32 km/h και είναι ευάλωτοι χρήστες του κυκλοφοριακού δικτύου λόγω μικρού όγκου και χαμηλής ταχύτητας. Οι Κ<sup>3</sup> οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για να περιορίσουν την ταχύτητα των οχημάτων σε αυτά τα επίπεδα, που αυτοί βρίσκονται στο αστικό περιβάλλον κυρίως, καθιστούν την πιθανότητα εμπλοκής τους με ποδήλατο ιδιαίτερα μικρή. Επιπλέον, οι κόμβοι μίας λωρίδας κυκλοφορίας αποτελούν ασφαλέστερη συνθήκη για τους ποδηλάτες, για το λόγο του ότι δεν προβαίνουν σε κίνηση αλλαγής λωρίδας που θα τους φέρει αντιμέτωπους με άλλα οχήματα.

Στις περιπτώσεις χαμηλών ταχυτήτων σε κόμβο μίας λωρίδας κυκλοφορίας που προβλέπεται ποδηλατόδρομος, αυτός θα πρέπει να διακόπτεται πριν τη γραμμή εισόδου ώστε να εντάσσεται ο ποδηλάτης στην κυκλοφορία των μηχανοκίνητων. Η συνέχιση του ποδηλατόδρομου θα οδηγούσε σε συγκρούσεις με τα εισερχόμενα στον δακτύλιο οχήματα ή τα εξερχόμενα από αυτόν.

Στην περίπτωση ανάμειξή τους με τους πεζούς, ο ποδηλατόδρομος εντάσσεται ομαλά από τη γραμμή εισόδου στο πεζοδρόμιο παράλληλα με τον άξονα των πεζών και κινούμενοι όπως αυτοί. Η συνθήκη αυτή αποτρέπει τη σύμμιξη με τα οχήματα και την

αποφυγή εμπλοκών με αυτά (National Cooperative Highway Research Program, 2010).

Ο χώρος ο οποίος υπολογίζεται ότι καταλαμβάνει το ποδήλατο με τον αναβάτη είναι 0,75m. Παρακάτω απεικονίζεται το κυκλοφοριακό πλάτος ενός ποδηλάτου.



Εικόνα 4-36:Κυκλοφοριακός χώρος ποδηλάτου

Πηγή: (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, 2015)

## 5. Στοιχεία Εξοπλισμού Κ<sup>3</sup>

### 5.1 Οδοφωτισμός

Στη διάταξη ενός κυκλικού κόμβου απαιτείται επαρκής φωτισμός του, ώστε οι χρήστες του κόμβου να αναγνωρίζουν τη διαμόρφωσή του καθώς και την ύπαρξη άλλων χρηστών επί αυτού. Αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για το λόγο του ότι οι προβολείς των οχημάτων λειτουργούν σε χαμηλό επίπεδο λόγω των κυκλικών τροχιών. Γενικότερα, ισχύει ότι:

✓ 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 οδού πρόσβασης θα πρέπει να παρέχεται κατά μήκος αυτών μεταβατικός φωτισμός για να επιτρέπει την ομαλή προσαρμογή του οδηγού κατά την πρόσβαση στον κυκλικό κόμβο.

✓ 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.

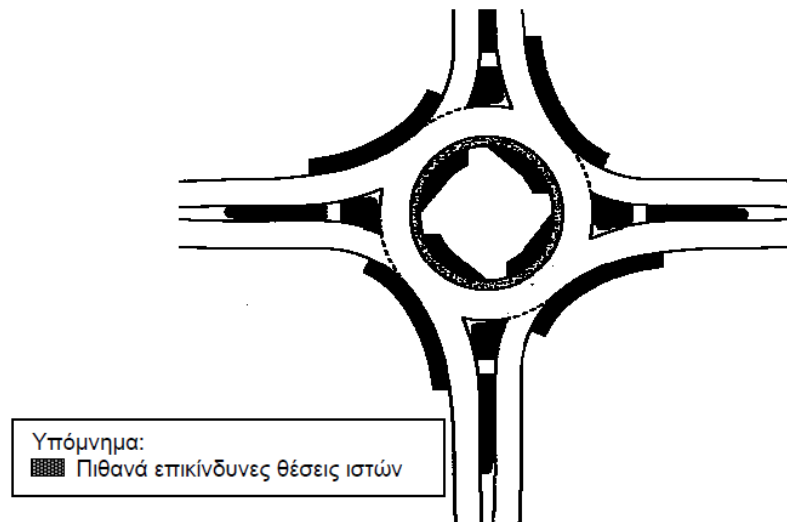
✓ Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού στις πεζοδιαβάσεις και στις τυχόν περιοχές συγχώνευσης των ποδηλάτων με την κυκλοφορία των οχημάτων.

✓ Η λήψη προληπτικών μέτρων, ώστε να μην προκαλείται όχληση από το φωτισμό σε γειτνιάζουσες ιδιοκτησίες.

✓ Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού των υπερυψωμένων νησίδων (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

Υπάρχει η τάση αποφυγής τοποθέτησης στύλων φωτισμού, με σκοπό να περιορίζονται τα σταθερά εμπόδια επί του κόμβου. Στις περιπτώσεις με υψηλούς φόρτους πεζών χρησιμοποιούνται στύλοι με

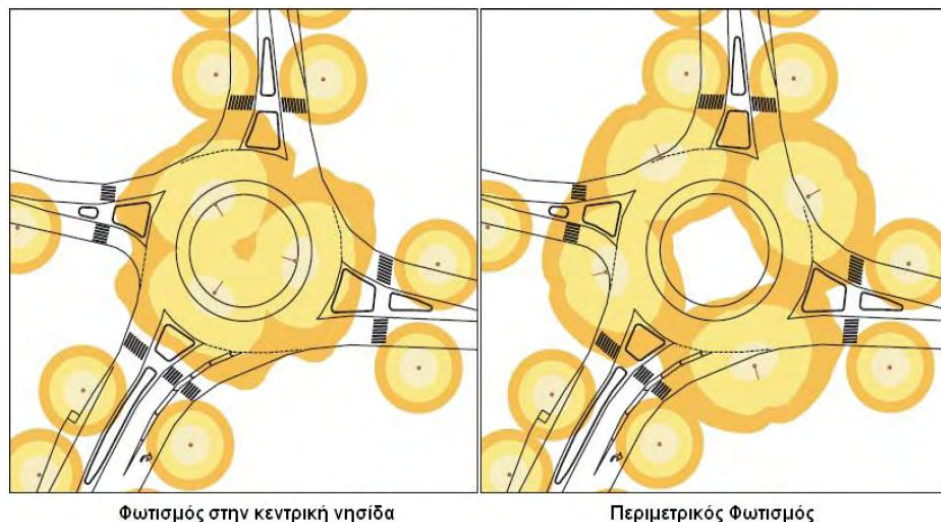
χαμηλό ύψος. Οι στύλοι φωτισμού τοποθετούνται περιμετρικά ή στο κέντρο του κόμβου, αποφεύγοντας κάποιες κρίσιμες περιοχές.



Εικόνα 5-1: Κρίσιμες περιοχές για στύλους φωτισμού (τοποθετούνται πίσω από αυτές)

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Συνήθως επιλέγεται φωτισμός περιμετρικά του κόμβου έναντι του φωτισμού με έμφαση στην κεντρική νησίδα, διότι αποσκοπεί σε καλύτερη ορατότητα των διαβάσεων, των σημείων εμπλοκής, των σημείων τοποθέτησης πινακίδων, των κρασπέδων κ.ά. (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



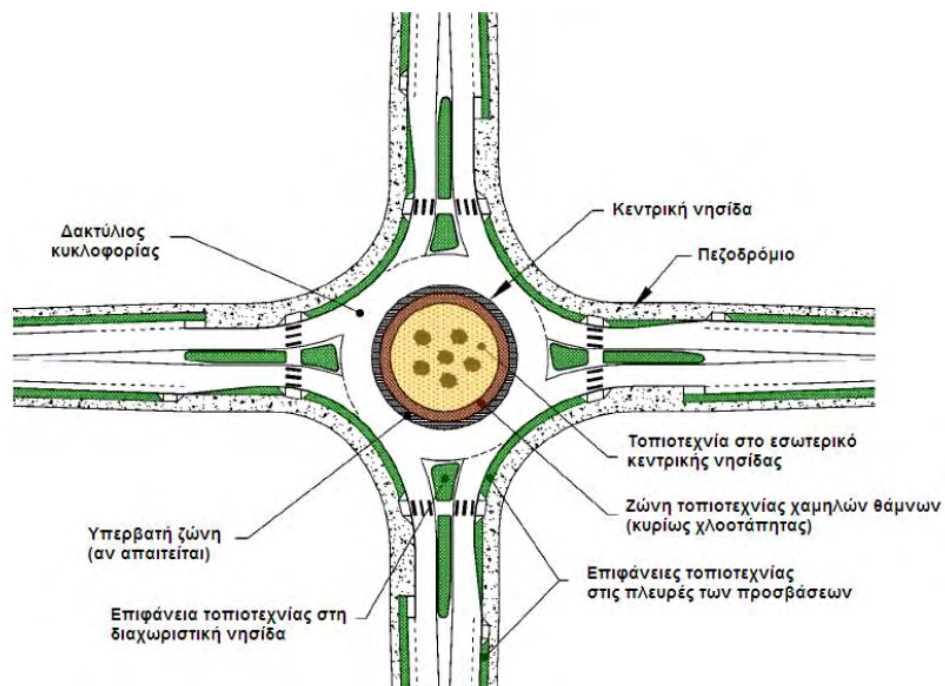
Εικόνα 5-2: Απεικόνιση επιφανειών ανάλογα με τη διάταξη στύλων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

## 5.2 Αισθητική

Με την κατασκευή ενός κυκλικού κόμβου επιτυγχάνεται, εκτός από βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών και της οδικής ασφάλειας, και αναβάθμιση της αισθητικής της περιοχής. Η δημιουργία χώρων τοπιοτεχνίας είναι αδιαμφισβήτητα ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα που προσδίδει.

Δημιουργώντας τοπιοτεχνία στην κεντρική νησίδα βελτιώνεται η ασφάλεια του κόμβου, για το λόγο ότι μεταδίδει το αίσθημα για διέλευση με χαμηλή ταχύτητα, διακόπτοντας και την θάμβωση μεταξύ των οχημάτων που κινούνται σε αντίθετη κατεύθυνση. Ταυτόχρονα τοποθετούνται έτσι ώστε να μην προκαλούν μείωση της ορατότητας στα επιθυμητά σημεία για τους οδηγούς, τους ποδηλάτες και τους πεζούς.

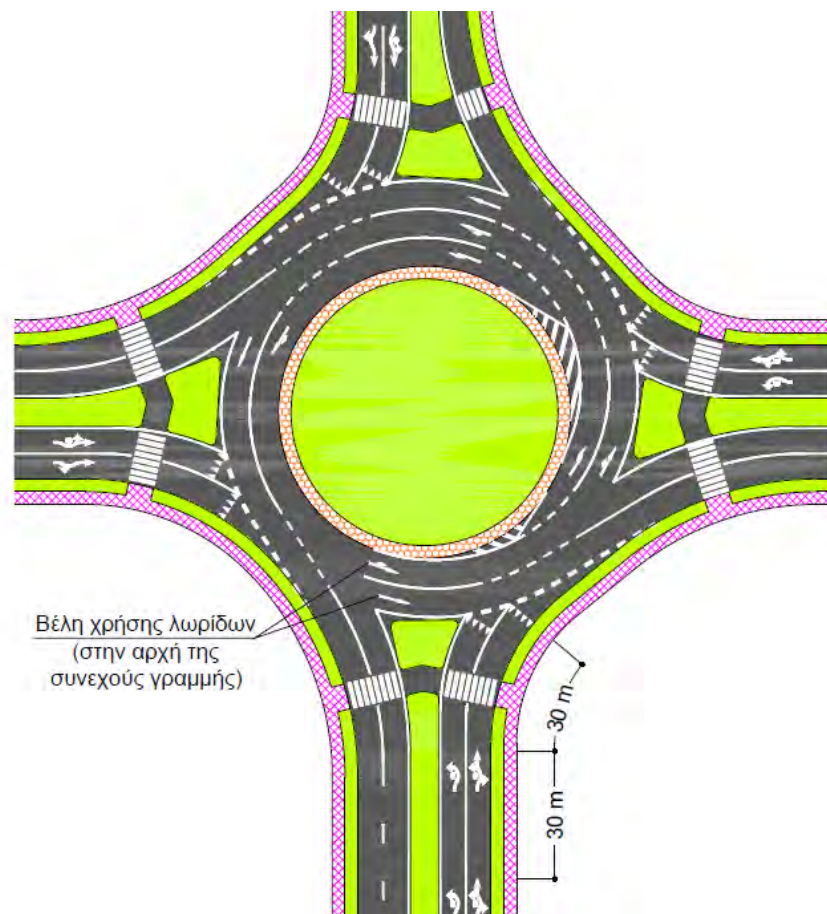


Εικόνα 5-3: Περιοχές τοπιοτεχνίας

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

### 5.3 Οριζόντια σήμανση

Όσον αφορά την οριζόντια σήμανση επί του οδοστρώματος, πραγματοποιείται τοποθέτηση βελών χρήσης λωρίδων ανά προορισμό και διαμήκους διαγράμμισης διαχωρισμού λωρίδων και κατευθύνσεων κυκλοφορίας, επιτυγχάνοντας ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία της κυκλοφορίας στον Κ<sup>3</sup>. Η τοποθέτηση των βελών γίνεται εγκαίρως σε κατάλληλα σημεία, ώστε ο οδηγός να ειδοποιείται πλήρως για τους κανόνες χρήσης του κόμβου. Τα βέλη που βρίσκονται κοντά στον δακτύλιο κυκλοφορίας τοποθετούνται στα 30m από την περίμετρό του, μετρούμενα κατά μήκος του άξονα του κλάδου πρόσβασης, και σε απόσταση 50-60m από τα προηγούμενα.

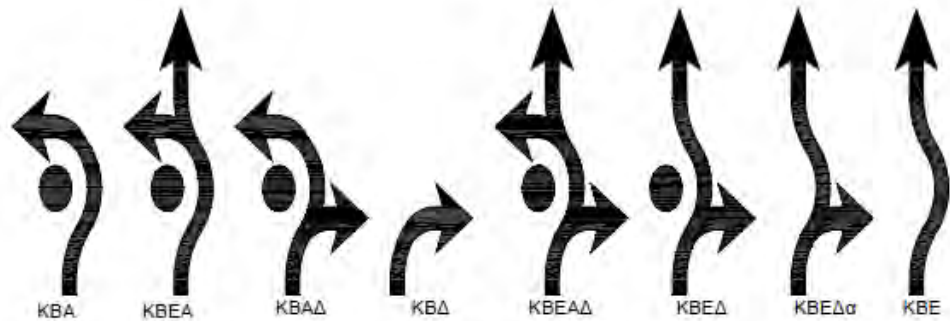


Εικόνα 5-4: Οριζόντια σήμανση με βέλη χρήσης λωρίδων

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Έχουν παρατηρηθεί καταστάσεις όπου τα βέλη αριστερής στροφής στους κλάδους πρόσβασης προκαλούν σύγχυση στον οδηγό. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι βελτιωμένες μορφές των βελών χρήσης λωρίδας, όπως φαίνεται παρακάτω, που υποδεικνύουν ορθά τη δυνατότητα αριστερής στροφής με το πέρασμα της κεντρικής νησίδας.

Παράλληλα, η διαγράμμιση των διαβάσεων θα πρέπει να είναι ορατή και αναγνωρίσιμη τόσο από τους οδηγούς όσο και από τους πεζούς. Προτείνονται οι διαγραμμίσεις τύπου Ζέβρας, με τις γραμμές να είναι ευθυγραμμισμένες με τη ροή της κυκλοφορίας (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



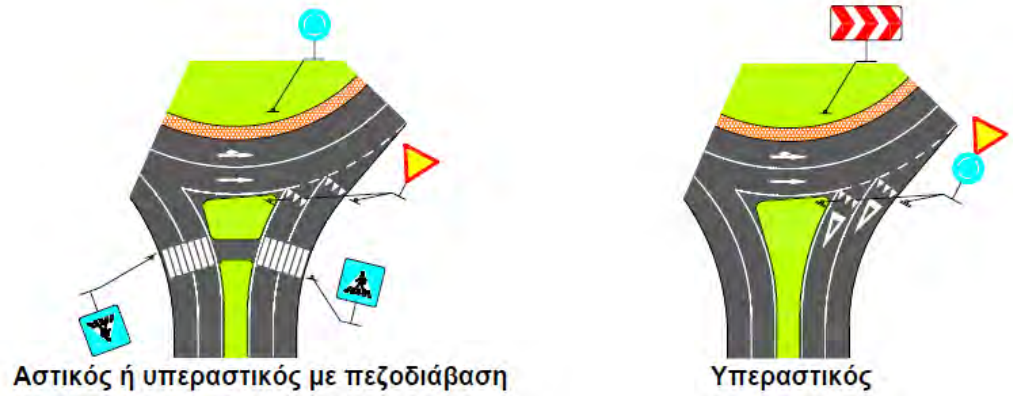
Εικόνα 5-5: Βελτιωμένη μορφή βελών χρήσης λωρίδας ανάλογα με τον προορισμό

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

#### 5.4 Κατακόρυφη σήμανση

Η έννοια της κατακόρυφης σήμανσης συνδέεται με τις ρυθμιστικές πινακίδες του ΚΟΚ (Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας) και με τις πληροφοριακές πινακίδες για τις πορείες ανά προορισμό. Η εφαρμογή της κατακόρυφης και οριζόντιας σήμανσης στις προσβάσεις του κυκλικού κόμβου ακολουθεί παρακάτω.





Εικόνα 5-6: Κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση σε πρόσβαση του κυκλικού κόμβου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Στην περίπτωση σημαντικών αρτηριών, με δύο ή περισσότερες λωρίδες ανά κατεύθυνση, μετά από πινακίδα προαναγγελίας του  $K^3$ , συνίσταται εγκατάσταση κατακόρυφης σήμανσης χρήσης λωρίδων σε πρόβολο ή σε παράπλευρες πινακίδες (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



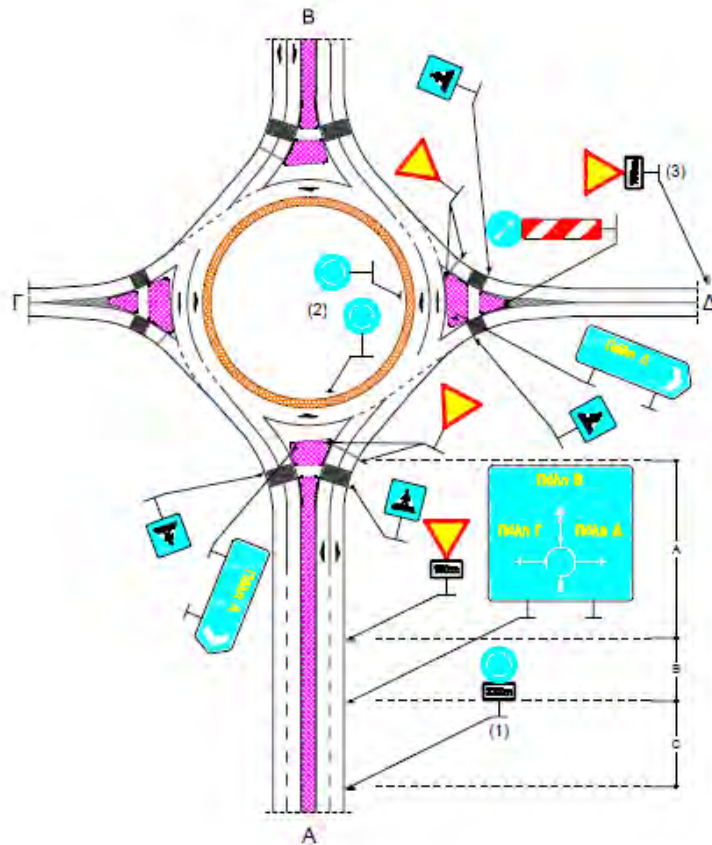
Εικόνα 5-7: Κατακόρυφη σήμανση χρήσης λωρίδας σε πρόβολο




Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 5-8: Κατακόρυφη σήμανση χρήσης λωρίδας σε πλευρικές πινακίδες

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



- |   |  |
|---|--|
|  | 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 στα σκέλος Α  |

Εικόνα 5-9: Κατακόρυφη σήμανση σε προσβάσεις Κ<sup>3</sup>

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

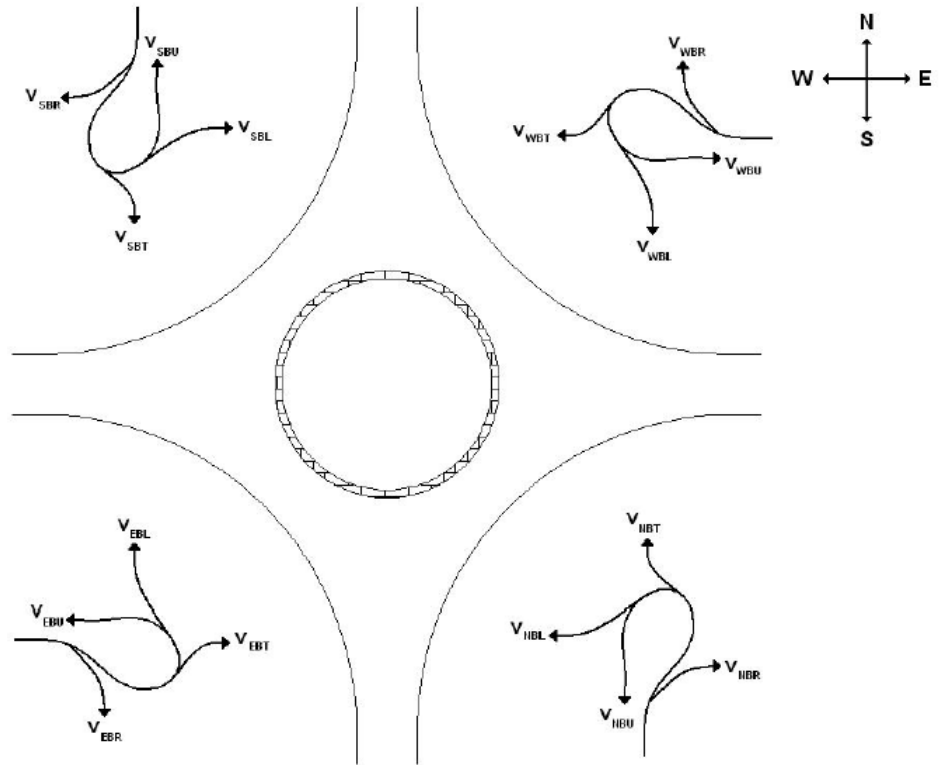
## 6. Λειτουργική Ανάλυση

Η απόφαση για την υλοποίηση ενός κυκλικού κόμβου 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. Παράλληλα, είναι σημαντικό να παρακολουθείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα η λειτουργικότητα ενός υπάρχοντος  $K^3$  για να εξετάζεται η ενδεχόμενη ανάγκη παρεμβάσεων.

Η ανάλυση χωρητικότητας, καθυστερήσεων και ταχυτήτων μπορεί να υπολογιστεί μέσω ειδικών σχέσεων αλληλεπίδρασης οχημάτων. Ο μελετητής θα πρέπει να προσδιορίζει με βάση τους εκτιμώμενους φόρτους στο έτος σχεδιασμού και με τη βοήθεια εξισώσεων, προκειμένου να υπάρξει μια γενική εικόνα για κάθε πρόσβαση του κόμβου ως προς τη χωρητικότητα εισόδου, το λόγο εξυπηρετούμενου φόρτου προς τη χωρητικότητα, τη μέση καθυστέρηση ανά ΜΕΑ και το μήκος ουράς για το 95% των περιπτώσεων (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

### 6.1 Συλλογή δεδομένων

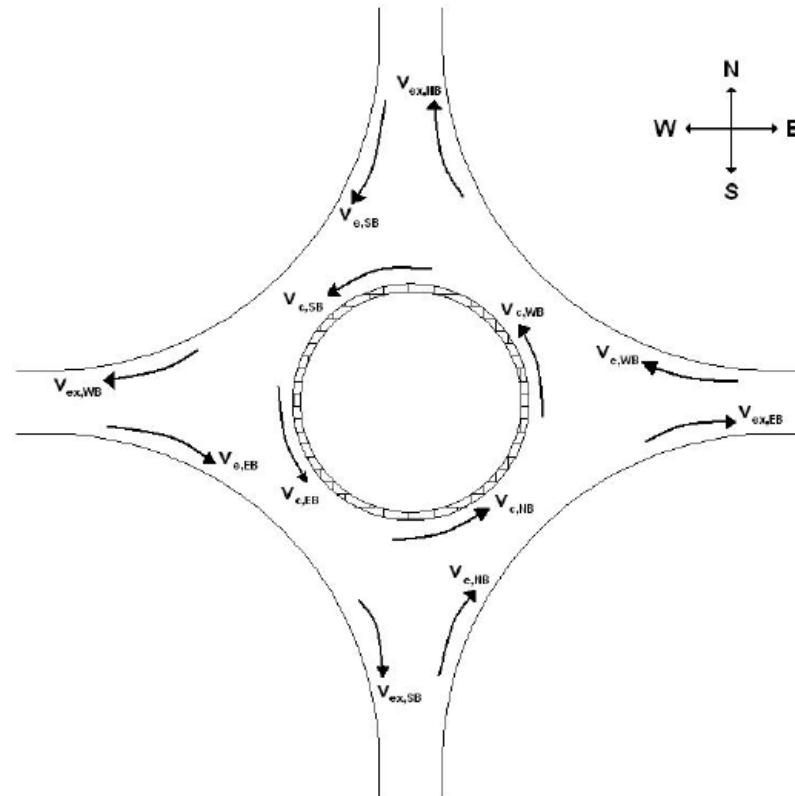
Η συλλογή των κυκλοφοριακών δεδομένων ενός κυκλικού κόμβου γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως σε έναν συμβατικό ισόπεδο κόμβο. Συλλέγονται οι φόρτοι όλων των στρεφουσών κινήσεων ανά κλάδο πρόσβασης και μετατρέπονται σε Μονάδες Επιβατηγών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ), ανάλογα με το ποσοστό βαρέων οχημάτων και τον Συντελεστή Ωριαίας Αιχμής (ΣΩΑ).



Εικόνα 6-1: Κινήσεις ανά κλάδο πρόσβασης

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Για την λειτουργική ανάλυση είναι αναγκαίο να χωριστούν οι φόρτοι στις εισόδους και εξόδους, καθώς και σε αυτούς επί του δακτυλίου κυκλοφορίας, ανά πρόσβαση και ανά προορισμό. Οι φόρτοι που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς απεικονίζονται παρακάτω (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



Εικόνα 6-2:Κινήσεις-Φόρτοι εισόδου, εξόδου και επί του δακτυλίου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

## 6.2 Ανάλυση χωρητικότητας

Η χωρητικότητα ενός κυκλικού κόμβου εξαρτάται από τους διασταυρούμενους φόρτους, την επιθετικότητα των οδηγών και τη γεωμετρία του κόμβου. Υπολογίζονται χωρητικότητες ανά λωρίδα στις προσβάσεις και στο δακτύλιο, υπό την προϋπόθεση ότι προτεραιότητα έχουν οι κινούμενοι επί του δακτυλίου.

Στην περίπτωση που υπάρχουν αποκλειστικές λωρίδες δεξιάς στροφής, αυτές υπολογίζονται ξεχωριστά, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η κίνηση με την οποία αναμένεται εμπλοκή είναι αυτή της εξόδου του επόμενου κλάδου.

Για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας του κόμβου κυκλικής κίνησης υπολογίζεται ο λόγος φόρτου προς χωρητικότητα ( $v/c$ ). Αν η τιμή του λόγου είναι μέχρι 0,85 θεωρείται ικανοποιητική η

αποδοτικότητα του κόμβου και δεν προβλέπονται προβλήματα στη λειτουργία του. Στην περίπτωση που η τιμή του είναι παραπάνω από το καθορισμένο όριο, εκτελείται περαιτέρω ανάλυση για την επίπτωση μικρών αλλαγών στις καθυστερήσεις και στο σχηματισμό ουρών.

Εάν κρίνεται απαραίτητο να συμπεριληφθούν στην ανάλυση χωρητικότητας και οι φόρτοι των πεζών, γίνονται ειδικές τροποποιήσεις στην μεταβλητή «c» του λόγου φόρτου-χωρητικότητας. Σε αυτή την περίπτωση γίνεται η παραδοχή ότι οι πεζοί έχουν προτεραιότητα κίνησης και χρησιμοποιούνται ειδικά διαγράμματα που σχετίζουν τους φόρτους πεζών-οχημάτων με το συντελεστή τροποποίησης της χωρητικότητας οχημάτων. Τα διαγράμματα αυτά δεν επισυνάπτονται στην παρούσα εργασία, για λόγους συντομίας (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

### 6.3 Ανάλυση καθυστερήσεων

Οι καθυστερήσεις είναι το σημαντικότερο μέγεθος που κρίνεται υπολογισμός για την απόδοση της κυκλικής διάταξης. Με την έννοια καθυστέρηση εννοείται ολική καθυστέρηση, λόγω της παρουσίας κανόνων προτεραιότητας και συγκεκριμένης γεωμετρίας. Στο χρόνο καθυστέρησης περιλαμβάνεται το άθροισμα των επιπλέον χρόνων σε σχέση με τη συνθήκη ελεύθερης ροής, όπου το όχημα επιβραδύνει για την αναμονή στην ουρά, αναμένει ένα αποδεκτό διάκενο αποδοχής για είσοδο στη νέα λωρίδα και επιταχύνει μετά τη συγχώνευση.

Στις περιπτώσεις που ο λόγος φόρτου-χωρητικότητας είναι κοντά στη μονάδα, ο υπολογισμός της ολικής καθυστέρησης δεν επιφέρει αξιόπιστα αποτελέσματα και η ακρίβεια επηρεάζεται από την περίοδο ανάλυσης. Γενικά συνίσταται η περίοδος ανάλυσης να είναι 15min.

Η καθυστέρηση ανά πρόσβαση υπολογίζεται ως ο σταθμισμένος μέσος των καθυστερήσεων των λωρίδων της, με βάση τους φόρτους

τους. Στον υπολογισμό αυτό συμπεριλαμβάνεται και η καθυστέρηση της αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής. Αντίστοιχα, υπολογίζεται η καθυστέρηση του κόμβου συνολικά, με βάση τις καθυστερήσεις των προσβάσεων ανάλογα με τους συνολικούς τους φόρτους.

Αν ο λόγος φόρτου-χωρητικότητας δεν υπερβαίνει τη μονάδα, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της στάθμης εξυπηρέτησης. Στην αντίθετη περίπτωση η στάθμη εξυπηρέτησης είναι η  $F$  (κατάσταση συμφόρησης).

Για τον υπολογισμό των ουρών που ενδέχεται να σχηματιστούν χρησιμοποιούνται τα δεδομένα που χρειάστηκαν στους προηγούμενους υπολογισμούς. Ουσιαστικά, υπολογίζεται η ουρά σε οχήματα, η οποία προβλέπεται να δημιουργείται στο 95% των περιπτώσεων. Το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται για να παρουσιαστούν τυχόν προβλήματα με γειτονικές διασταυρώσεις και την ανάγκη ή μη δημιουργίας αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).

## 7. Οδική Ασφάλεια

### 7.1 Γενικά

Πρωταρχικός παράγοντας επιλογής κατασκευής ενός κυκλικού κόμβου είναι τα καλύτερα συνολικά επίπεδα οδικής ασφάλειας που προσδίδει έναντι των συμβατικών ισόπεδων κόμβων. Οι μικροί ή μεσαίοι κυκλικοί κόμβοι χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα ασφάλειας, σε σχέση με τους κυκλικούς κόμβους πολλών λωρίδων. Με τη μορφή του αυτό το είδος κόμβων παρουσιάζει λιγότερα σημεία πιθανής εμπλοκής. Παρόλο που συνολικά μειώνεται σημαντικά η συχνότητα σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων, μεταξύ οχημάτων και πεζών η συχνότητα αυτή μειώνεται σε μικρότερο ποσοστό, ενώ για τους ποδηλάτες είναι ανάλογη του γενικότερου σχεδιασμού και αναλόγως της κάθε περίπτωσης. Παράλληλα, μέσω της ιδιαίτερης γεωμετρίας των κυκλικών κόμβων προβλέπεται αποτελεσματικότερη ρύθμιση της ταχύτητας των οχημάτων, τα οποία καθοδηγούνται έτσι ώστε να κινούνται σε χαμηλά και ομοιόμορφα επίπεδα ταχύτητας, που και σε περιπτώσεις σύγκρουσης αποφέρει ηπιότερα δυσμενή αποτελέσματα.

Συνοπτικά οι λόγοι για τους οποίους οι κυκλικοί κόμβοι χαρακτηρίζονται από αυξημένο επίπεδο ασφάλειας είναι:

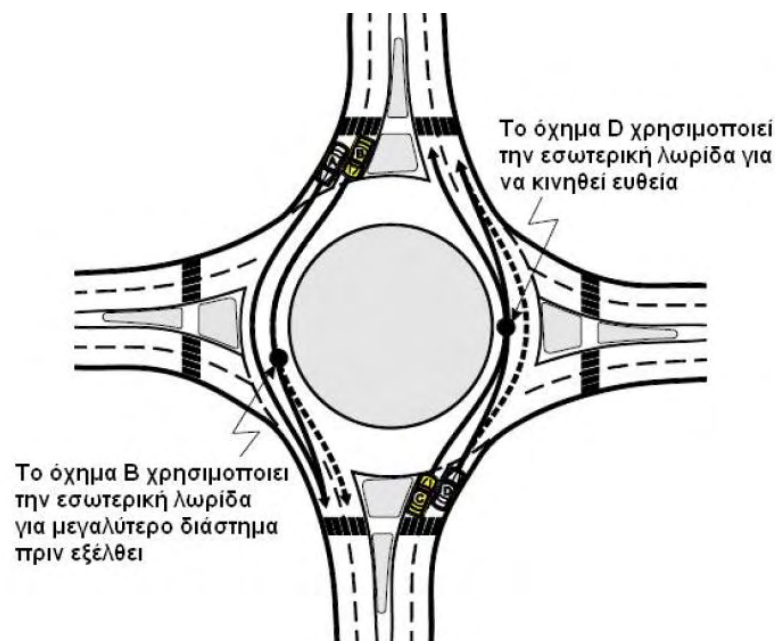
- Οι  $K^3$  έχουν λιγότερα σημεία σύγκρουσης, σε σχέση με τις συμβατικές ισόπεδες διασταυρώσεις, ειδικότερα όσον αφορά τις πλάγιες συγκρούσεις που αποτελούν υψηλής σοβαρότητας.
- Στους κυκλικούς κόμβους κυριαρχούν οι χαμηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα οι οδηγοί να έχουν περισσότερο χρόνο αντίληψης και αντίδρασης προς αποφυγή ενός συμβάντος. Ως απόρροια αυτού, μειώνεται η σοβαρότητα των συγκρούσεων με χαμηλότερα ποσοστά θανάτων αλλά και τραυματισμών.
- Οι πεζοί κάθε φορά διασχίζουν το οδόστρωμα μίας κατεύθυνσης έχοντας έτσι καλύτερη αντίληψη της κυκλοφορίας του



κόμβου. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται αισθητά τα σημεία εμπλοκής με οχήματα. Επιπλέον, με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κόμβου για μειωμένες ταχύτητες οχημάτων, οι οδηγοί κατέχουν καλύτερα ελεγχόμενη αντίδραση και περιορίζονται έτσι τα επίπεδα σοβαρότητας πιθανής σύγκρουσης (National Cooperative Highway Research Program, 2010).

## 7.2 Τύποι και περιπτώσεις ατυχημάτων

Παρ' όλο που οι  $K^3$  μειώνουν σημαντικά την πιθανότητα σύγκρουσης, σημειώνοντας λιγότερα σημεία πιθανής εμπλοκής, δεν μπορούν να προσδιοριστούν όλα αυτά τα σημεία σε όλες τις περιπτώσεις κόμβων. Σημαντικό ρόλο σε αυτή την κατάσταση διαδραματίζουν οι λωρίδες κίνησης επί του κόμβου καθώς και η συμπεριφορά των οδηγών για κρίσιμα σημεία. Στη συνέχεια παρουσιάζονται περιπτώσεις λανθασμένης απόφασης των οδηγών και το πιθανό σημείο σύγκρουσης (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011).



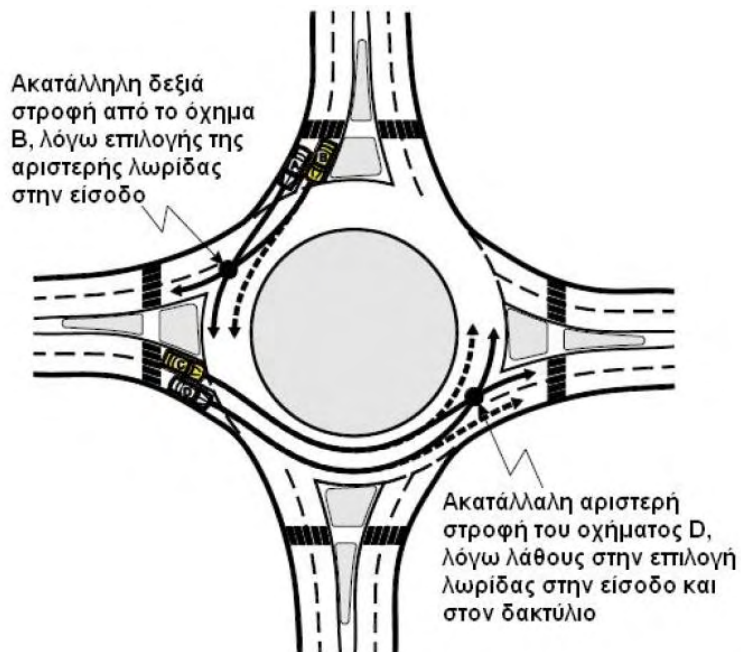
Εικόνα 7-1: Σύγκρουση εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας για ευθεία πορεία

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 7-2: Σύγκρουση κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου στο δακτύλιο

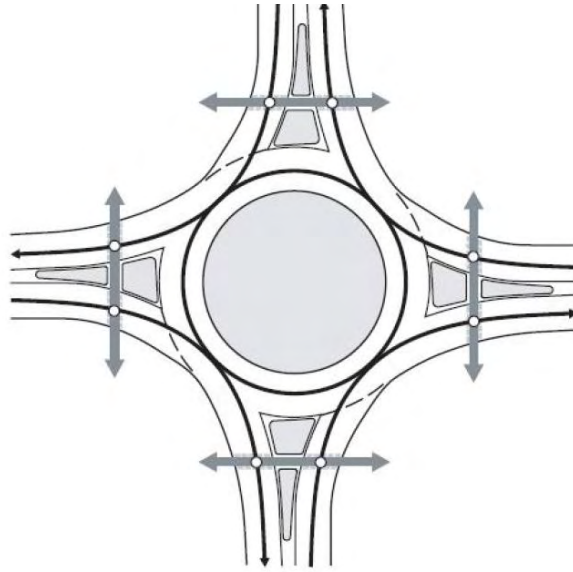
Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 7-3: Σύγκρουση λόγω λάθους επιλογής λωρίδας κατά την έξοδο από την έναρξη χρήσης του δακτυλίου

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Στην περίπτωση εμπλοκής με πεζό, αυτό συμβαίνει κατά κύριο λόγο στις διαβάσεις των πεζών, όπως φαίνεται παρακάτω, ή σε χώρο όπου κινούνται οι πεζοί που δεν προβλέπεται για αυτή τους την κίνηση.



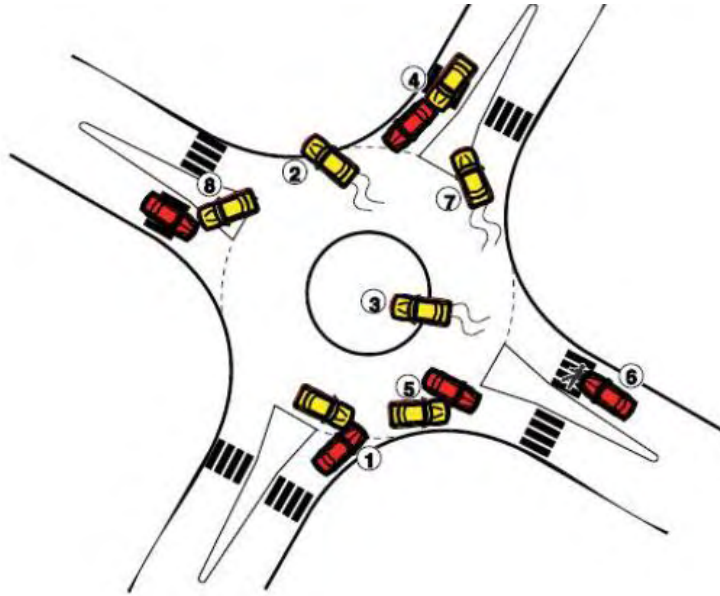
Εικόνα 7-4: Σύγκρουση οχημάτων με πεζούς

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τύποι συγκρούσεων οι οποίοι παρατηρούνται σε περιπτώσεις λανθασμένης κίνησης των οδηγών, είτε από τις συνήθεις εμπλοκές οχημάτων ή οχημάτων-πεζών.

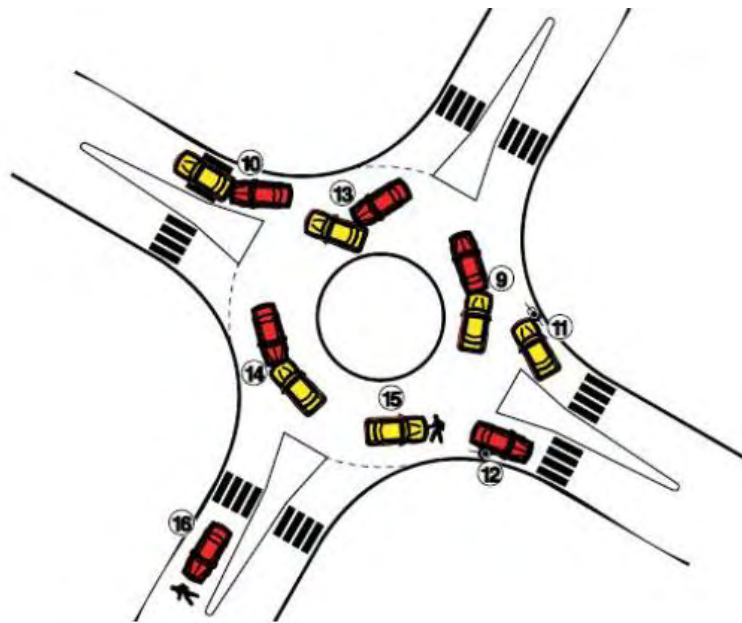
Πίνακας 7-1: Τύποι ατυχημάτων

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



Εικόνα 7-5: Τύποι ατυχημάτων (1-8)

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)



Εικόνα 7-6: Τύποι οχημάτων (9-16)

Πηγή: (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, 2011)

Όσον αφορά τους ποδηλάτες, έχουν την τάση να κινούνται στη δεξιά πλευρά του οδοστρώματος. Κατά αυτόν τον τρόπο είναι περισσότερο ορατοί στους οδηγούς. Η πιθανότητα εμπλοκής όμως παρουσιάζεται στην περίπτωση που επιχειρήσουν να εισέλθουν κανονικά στον δρόμο και βρίσκονται σε άμεση αλληλεπίδραση με τα οχήματα. Σε περίπτωση σύγκρουσης με όχημα οι ποδηλάτες είναι

αυτοί που θα παρουσιάσουν τραύματα υψηλότερης σοβαρότητας λόγω αυξημένης έκθεσης. Επιπλέον όμως υπάρχει η περίπτωση οι ποδηλάτες να κινούνται στον χώρο των πεζών, με σημεία σύγκρουσης αυτά των διαβάσεων, όπου υπάρχει αυξημένη πιθανότητα σύγκρουσης λόγω της ταχύτητάς τους έναντι των πεζών και της περιορισμένης ταχύτατης αντίδρασής τους (National Cooperative Highway Research Program, 2010).

## 8. Σχεδιασμός Αστικού Κυκλικού Κόμβου στην πόλη του Βόλου

### 8.1 Εισαγωγή

Στο τρέχον κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας θα πραγματοποιηθεί πρακτική εφαρμογή των Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων – Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ – Κ<sup>3</sup>) και όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, για μια προσπάθεια σχεδιασμού ενός κυκλικού κόμβου για αντικατάσταση υπάρχουσας σηματοδοτούμενης ισόπεδης διασταύρωσης στην πόλη του Βόλου. Πρόκειται για κυκλικό κόμβο μίας λωρίδας κυκλοφορίας, στη διασταύρωση των οδών Πολυμέρη, ΕΟ Βόλου-Αγριάς και Σταδίου, στην περιοχή του Ναυτικού Ομίλου Βόλου. Σκοπός αυτού του έργου είναι η βελτίωση των συνθηκών σε αυτόν τον κόμβο που σχετίζονται με την οδική ασφάλεια, τη γενικότερη λειτουργία και αποδοτικότητα της διασταύρωσης καθώς και την βελτίωση της αισθητικής του περιβάλλοντος χώρου.

Η παρούσα εργασία έχει σαν αποτέλεσμα την ολοκληρωμένη οριζοντιογραφία του μελλοντικού αυτού κυκλικού κόμβου, με το σχεδιασμό όλων των βασικών παραμέτρων που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Συγκεκριμένα, ο κυκλικός αυτός κόμβος διαθέτει:

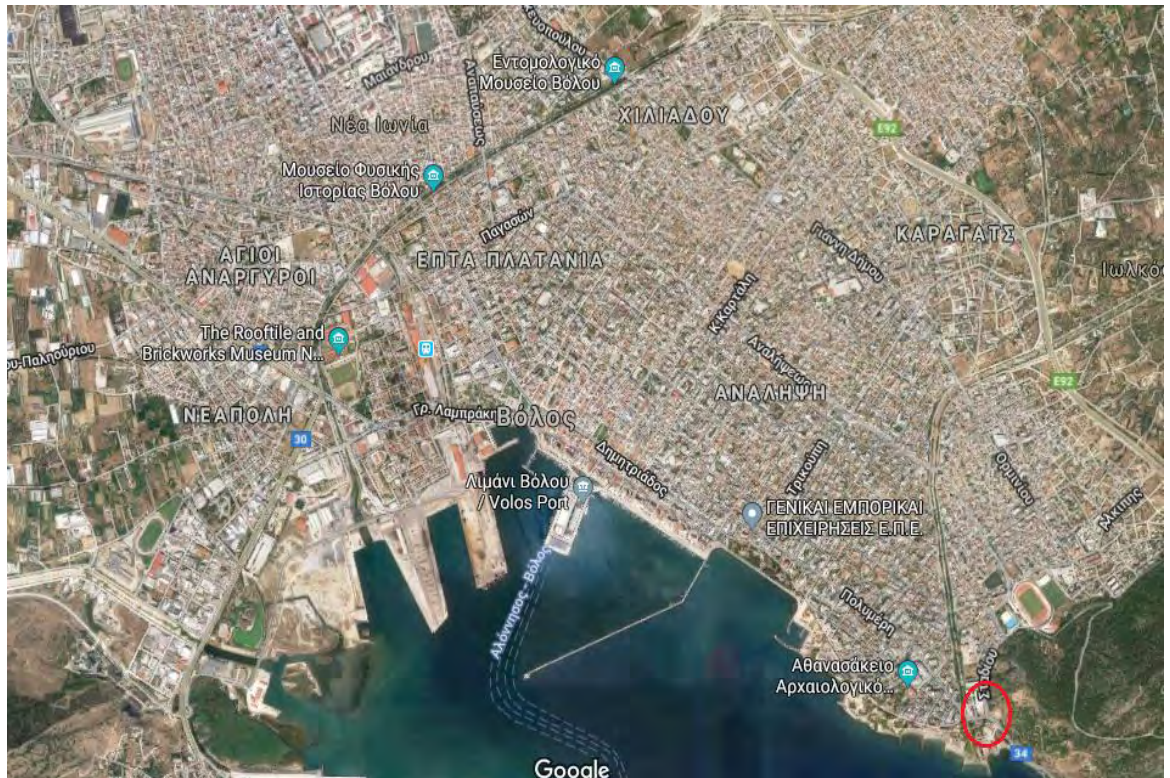
- Μία λωρίδα κυκλοφορίας στο δακτύλιο και στις προσβάσεις.
- Υπερυψωμένες διαχωριστικές νησίδες.
- Υπερυψωμένη κεντρική νησίδα.
- Υπερβατή ζώνη περιμετρικά της κεντρικής νησίδας για διευκόλυνση των βαρέων οχημάτων κατά την κίνησή τους επί του δακτυλίου κυκλοφορίας.
- Επαρκή πεζοδρόμια για την ασφαλή κίνηση των πεζών.
- Πλατιές ισόπεδες διαβάσεις πεζών, ώστε να εξυπηρετούνται αυτοί καθώς και ΑμΕΑ με ασφάλεια.

Απώτερος σκοπός του έργου αυτού ήταν η αποφυγή επέμβασης στην ρυμοτομία της περιοχής και η διατήρηση του αρχικού σχεδιασμού της. Παράλληλα, δόθηκε έμφαση στο σχεδιασμό ως προς την εξασφάλιση ασφάλειας στην κίνηση πεζών και οδηγών και την εξάλειψη τυχόν προβλημάτων που υπήρχαν στην προηγούμενη διαμόρφωση.

Ο σχεδιασμός της διάταξης καθώς και ο έλεγχος συγκεκριμένων παραμέτρων της πραγματοποιήθηκε με ειδικό λογισμικό της εταιρείας Transoft, και πιο συγκεκριμένα τα προγράμματα AUTOTURN και TORUS.

## 8.2 Υφιστάμενη κατάσταση

Η περιοχή του προβλεπόμενου κυκλικού κόμβου βρίσκεται εντός σχεδίου πόλεως του Βόλου και ανατολικά από το κέντρο της πόλης, στον δρόμο προς την περιοχή της Αγριάς Βόλου, νοτιοδυτικά από τον λόφο της Γορίτσας. Στην υφιστάμενη διασταύρωση, στην γωνία των οδών Σταδίου-Πολυμέρη βρίσκεται ένα σχολείο, επί της οδού Πολυμέρη κυριαρχούν κατοικίες, ενώ η ΕΟ Βόλου-Αγριάς χαρακτηρίζεται από εκτάσεις πρασίνου. Στη συνέχεια απεικονίζεται καλύτερα η περιοχή του υπό μελέτη κόμβου.



Εικόνα 8-1: Τοποθέτηση του κόμβου στην ευρύτερη περιοχή του

Πηγή: Google Earth





Εικόνα 8-2: Εγγύτερη περιοχή του κόμβου



Εικόνα 8-3: Όψη του υπό μελέτη κόμβου

Πηγή: Google Earth

Η λειτουργική κατάταξη των οδών, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων - Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου (ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ), 2001), είναι:

-Οδός Πολυμέρη → ΓΙV

-ΕΟ Βόλου-Αγριάς → ΒΙΙΙ

-Οδός Σταδίου → ΓΙΥ

Συνολικά, και οι τρεις αποτελούνται από 1 λωρίδα (ανά κατεύθυνση) σε ενιαίο οδόστρωμα και κατά την άφιξή τους στη διασταύρωση έχουν αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής. Στην οδό Σταδίου, κατά την προσέγγιση στη διασταύρωση υπάρχει υπερυψωμένη διαχωριστική νησίδα, για τη διαίρεση των δύο ρευμάτων, ενώ επί της Εθνικής Οδού Βόλου-Αγριάς υπάρχει διαγραμμισμένη διαχωριστική νησίδα μεταξύ των δύο ρευμάτων κυκλοφορίας κατά την προσέγγιση της διασταύρωσης. Γενικότερα στη σηματοδοτούμενη αυτή διασταύρωση δεν υπάρχει κανένας περιορισμός ως προς τις κινήσεις, που επιτρέπονται όλες κανονικά.

Και στις τρεις προσβάσεις υπάρχουν πεζοδρόμια επαρκούς πλάτους για την ασφαλή κίνηση των πεζών, καθώς και διαβάσεις για την διάσχιση της διασταύρωσης από τους πεζούς. Ωστόσο, η κίνηση των πεζών στην περιοχή είναι ιδιαίτερα μικρή, καθώς δεν υπάρχουν πόλοι έλξης για να τους προσεγγίσουν. Η στάθμευση απαγορεύεται σε όλους τους κλάδους του κόμβου.

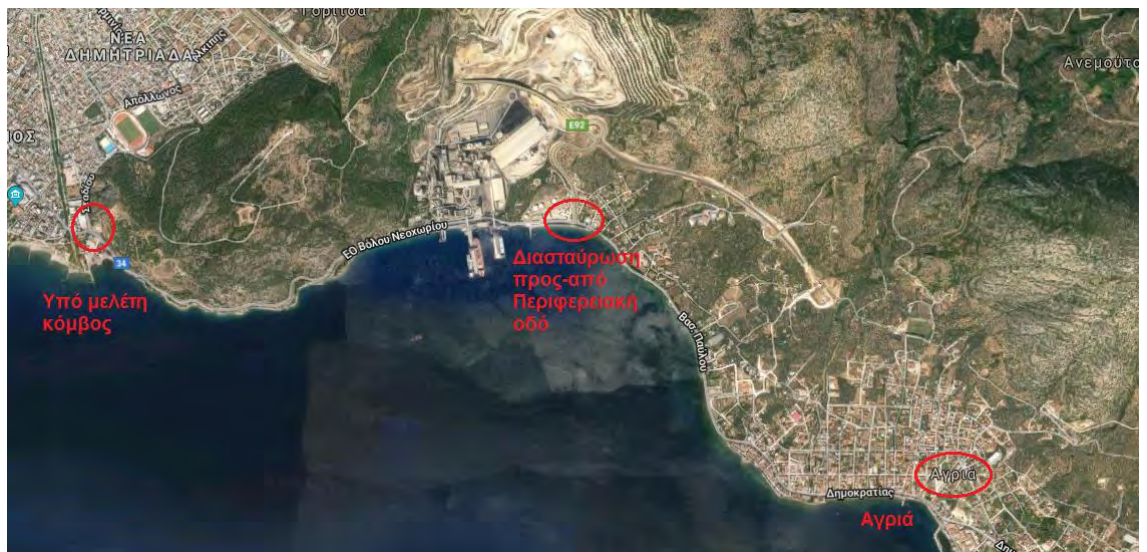
Κινούμενοι προς την επαρχία της Αγριάς, στη δεξιά πλευρά της Εθνικής Οδού, από το ύψος της διασταύρωσης υπάρχουν οι ράγες από το Τρενάκι του Πηλίου ή αλλιώς του τρένου Μουτζούρης, το οποίο εκτελούσε τη διαδρομή Βόλος-Μηλιές, ξεκινώντας από τον σιδηροδρομικό σταθμό Βόλου. Με πλάτος γραμμής 60 εκατοστά, πλέον εκτελεί τη διαδρομή Λεχώνια – Μηλιές για τουριστικούς κυρίως σκοπούς, οπότε δεν διασχίζει την υπό μελέτη περιοχή. Παρ' όλα αυτά οι ράγες του συνεχίζουν να υπάρχουν κατά μήκος του δρόμου.



Εικόνα 8-4: Ράγες κατά μήκος της ΕΟ Βόλου-Αγριάς

Πηγή: Google Earth

Η σύνθεση της κυκλοφορίας αποτελείται κυρίως από Ι.Χ. επιβατηγά αυτοκίνητα και δίκυκλα. Επιπλέον, η διασταύρωση χρησιμοποιείται από αστικά λεωφορεία με κατεύθυνση την επαρχία της Αγριάς και φορτηγά οχήματα με κατεύθυνση τη Βιομηχανική Περιοχή προς την Αγριά. Παρ' όλα αυτά, ύστερα από την επέκταση της Περιφερειακής οδού, η οποία φτάνει μέχρι την Αγριά, δόθηκε η δυνατότητα άφιξης ή αναχώρησης από την περιοχή αυτή χωρίς την είσοδο στην πόλη του Βόλου μέσω της ΕΟ Βόλου-Αγριάς. Με αυτό τον τρόπο, οι κινήσεις αυτές αποδεδesμεύτηκαν από την υπό μελέτη διασταύρωση με μία μικρή ελάφρυνση του δικτύου.



Εικόνα 8-5: Σύνδεση Αγριάς με Βόλο και Περιφερειακή Οδό

Πηγή: Google Earth

### 8.3 Στόχοι σχεδιασμού του προτεινόμενου Κ<sup>3</sup>

Έπειτα από μελέτη της εν λόγω περιοχής και των ζητημάτων της που κρίνονται βελτίωσης, δημιουργήθηκε η πρόταση αντικατάστασης της υφιστάμενης συμβατικής ισόπεδης διασταύρωσης από κόμβο κυκλικής κίνησης. Η νέα διάταξη του δικτύου έχει ως απώτερο σκοπό εκτός από την βελτίωση της κυκλοφορίας, την αναβάθμιση της αισθητικής της περιοχής καθώς και βλέψεις για μελλοντική εξέλιξη αυτής.

Επιπλέον η ύπαρξη του κυκλικού κόμβου σε αυτή τη διασταύρωση των οδών, θα επιφέρει βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών καθώς και του επιπέδου εξυπηρέτησης του κόμβου. Σε συνθήκες χαμηλής κυκλοφορίας, η διέλευση των οχημάτων διακόπτεται από την ύπαρξη σηματοδότη σε όλες τις προσβάσεις, ενώ η διασταύρωση ενδέχεται να είναι άδεια. Με τον σχεδιασμό λοιπόν του εν λόγω κυκλικού κόμβου, η συνθήκη αυτή πλέον δεν θα υφίσταται και τα οχήματα δεν θα αναγκάζονται να περιμένουν επί των οδών για τη διέλευσή τους. Παράλληλα προβλέπεται καλύτερη ρύθμιση των ταχυτήτων μέσω αυτής της διαμόρφωσης, για καλύτερα επίπεδα οδικής ασφάλειας και ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ανάπτυξης υψηλής ταχύτητας κυρίως προς την Εθνική οδό, όπου οι οδηγοί έχουν την τάση να αναπτύσσουν μεγάλη ταχύτητα από το σημείο της διασταύρωσης.

Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο της αναβάθμισης της οδικής ασφάλειας του κόμβου δίνεται έμφαση και στην ασφαλή διέλευση των πεζών από τη διασταύρωση, με τη σωστή καθοδήγηση αυτών περιμετρικά του δακτυλίου κυκλοφορίας μέσω ισόπεδων διαβάσεων ορθά διαμορφωμένων για την όσο το δυνατό μέγιστη ασφάλειά τους.

Με βάση τη χωροταξία της περιοχής, επιλέχθηκε κυκλικός κόμβος μίας λωρίδας κυκλοφορίας. Για την αποφυγή επέμβασης στη ρυμοτομία του χώρου και απαλλοτριώσεων, η εξωτερική διάμετρος του δακτυλίου ορίστηκε λίγο μικρότερη από τα προβλεπόμενα όρια. Παρ'

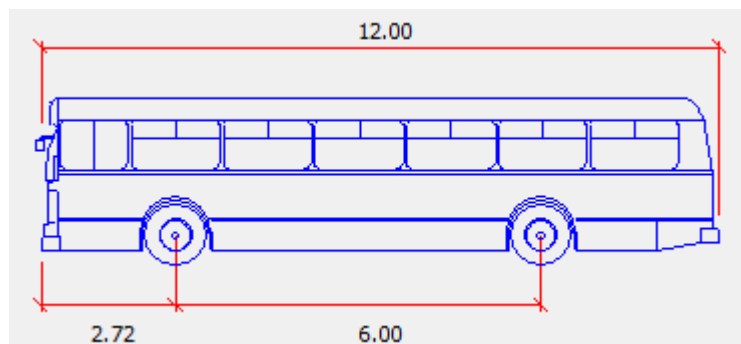
όλα αυτά, όπως θα παρουσιαστεί και στη συνέχεια, έγινε έλεγχος με το όχημα σχεδιασμού για την ύπαρξη επαρκούς χώρου για την λειτουργική κίνηση βαρέων οχημάτων.

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα αυτά τα στοιχεία καθώς και τη χρησιμότητα των κυκλικών κόμβων έναντι των συμβατικών ισόπεδων διασταυρώσεων που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, ορίστηκε η απόφαση σχεδιασμού ενός  $K^3$ . Παράλληλα, σημαντικός παράγοντας στην απόφαση αυτή αποτέλεσε το γεγονός κατασκευής προηγούμενων διατάξεων  $K^3$  στην πόλη του Βόλου, με τις ιδιαίτερα θετικές εντυπώσεις τους.

#### 8.4 Γεωμετρία προτεινόμενου $K^3$

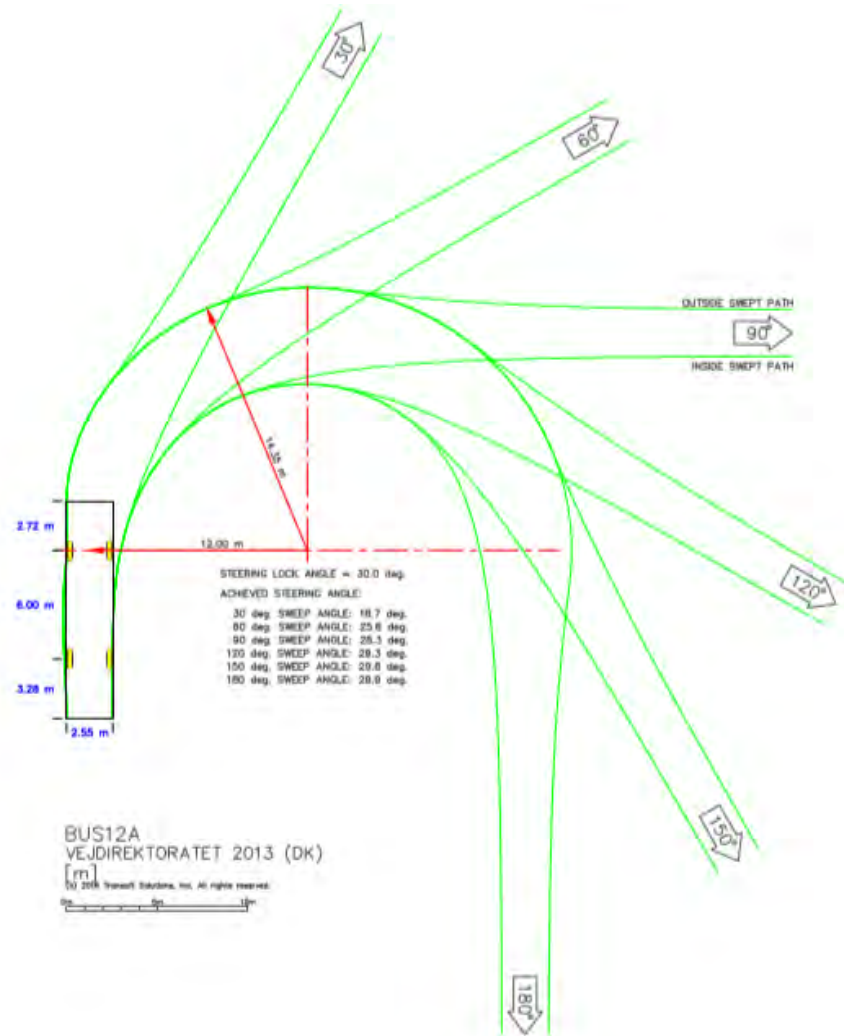
Οι οδηγίες για τον σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου που λήφθηκαν υπόψιν είναι οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων τεύχος  $K^3$  (Κόμβος Κυκλικής Κίνησης) και ΛΚΟΔ (Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου).

Για τη μελέτη του εν λόγω κυκλικού κόμβου, ως όχημα σχεδιασμού επιλέχθηκε το λεωφορείο μήκους 12,00m και στη συνέχεια φαίνονται τα χαρακτηριστικά του.



Εικόνα 8-6: Διαστάσεις οχήματος σχεδιασμού

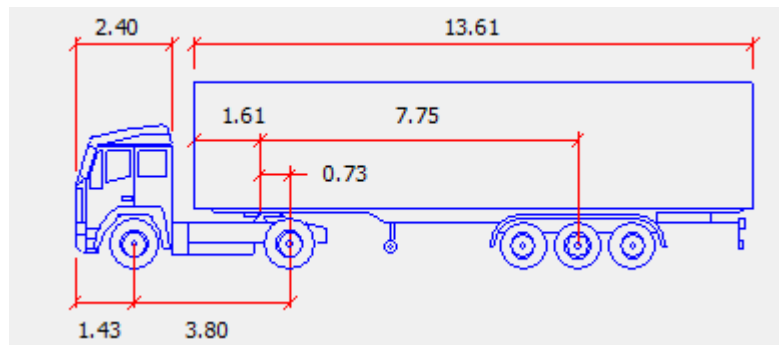
Πηγή: AUTOTURN-Template



Εικόνα 8-7:Ακτίνες στροφής οχήματος σχεδιασμού

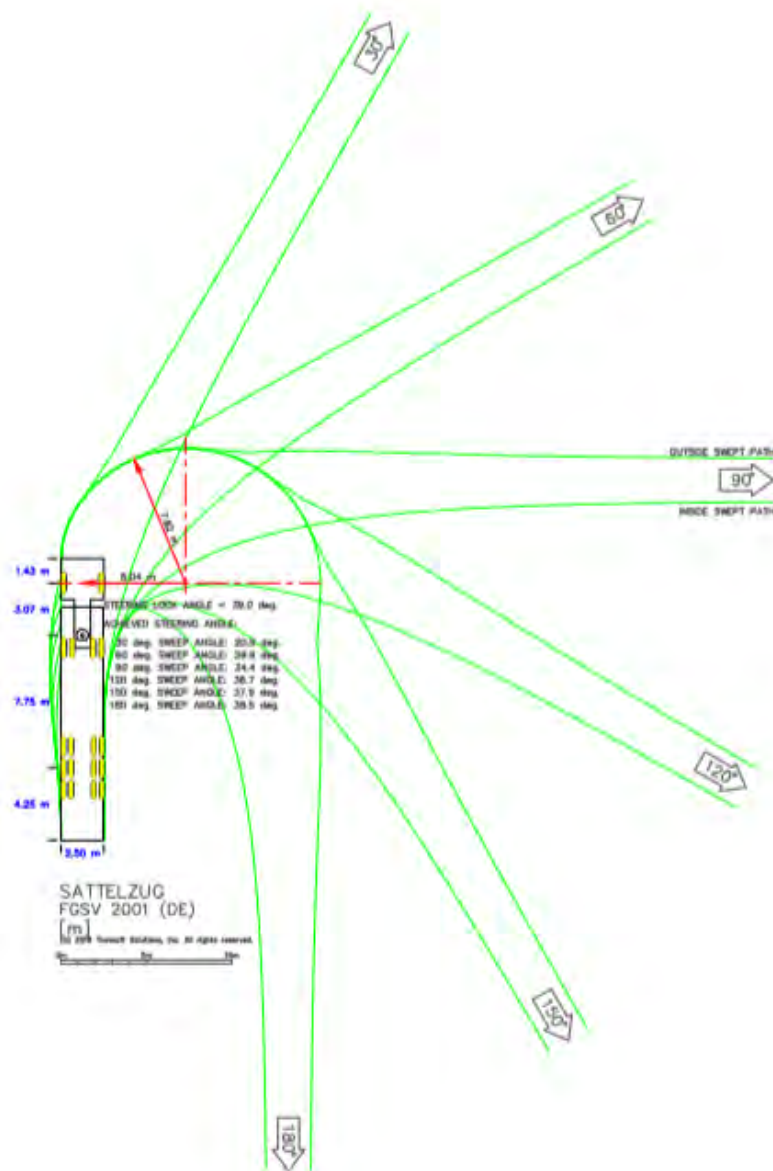
Πηγή:AUTOTURN-Template

Η διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας είναι 30m, τιμή μικρότερη από τα επιτρεπόμενα όρια για τη συγκεκριμένη κατηγορία κυκλικού κόμβου. Παρ' όλα αυτά, έγινε έλεγχος διέλευσης από τον δακτύλιο με φορτηγό όχημα μήκους 16,50m, που παρουσιάζεται στη συνέχεια, το οποίο διαγράφει μεγάλη επιφάνεια στροφής κατά τη διέλευσή του σε σχέση με το λεωφορείο.



Εικόνα 8-8: Όχημα σχεδιασμού στο δακτύλιο κυκλοφορίας

Πηγή: AUTOTURN-Template



Εικόνα 8-9: Ακτίνες στροφής οχήματος σχεδιασμού του δακτυλίου κυκλοφορίας

Πηγή: AUTOTURN-Template

Όσον αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου κόμβου, σχεδιάστηκε με τις παρακάτω διαστάσεις.

Πίνακας 8-1:Χαρακτηριστικά στοιχεία προτεινόμενου κυκλικού κόμβου

### ΚΥΚΛΙΚΟΣ ΚΟΜΒΟΣ ΣΤΟ ΝΑΥΤΙΚΟ ΟΜΙΛΟ

<b>ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ</b>	30m
<b>ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ</b>	16m
<b>ΠΛΑΤΟΣ ΥΠΕΡΒΑΤΗΣ ΖΩΝΗΣ</b>	2m
<b>ΠΛΑΤΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ</b>	5m

Για το σχεδιασμό του εν λόγω κόμβου ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Αρχικά, επιλέχθηκαν οι διαστάσεις του κυκλικού κόμβου σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις και τη γεωμετρία της περιοχής. Έπειτα ελέγχθηκε η τοποθέτηση του συγκεκριμένου κόμβου από τα οχήματα σχεδιασμού για την ορθή λειτουργία του.
- Όσον αφορά τους κλάδους πρόσβασης, οι λωρίδες κυκλοφορίας διατηρήθηκαν στον υφιστάμενο αριθμό τους καθώς και το πλάτος τους παρέμεινε ως έχει, με πλάτος λωρίδας 5m. Ανάμεσα στα ρεύματα κυκλοφορίας διαμορφώθηκαν υπερυψωμένες διαχωριστικές νησίδες.
  - Η κεντρική νησίδα σχεδιάστηκε με διάμετρο 16m και την τοποθέτηση κατάλληλης τοπιοτεχνίας στο εσωτερικό της. Εξωτερικά της περιμέτρου της τοποθετήθηκε υπερβατή ζώνη πλάτους 2m, προς διευκόλυνση στην κίνηση των βαρέων οχημάτων.
  - Τα πεζοδρόμια σχεδιάστηκαν με ελάχιστο πλάτος 2,10m για την ασφαλή και άνετη κίνηση των πεζών περιμετρικά του κόμβου, με διαπλάτυνση αυτών σε ορισμένα σημεία. Παράλληλα σχεδιάστηκαν και ισόπεδες διαβάσεις στους κλάδους πρόσβασης για την ασφαλή διάσχιση του κυκλικού κόμβου, με ενδιάμεση «στάση» στη διαχωριστική νησίδα.



- Οι τιμές των ακτίνων εισόδου προέκυψαν 17,18 και 25 ενώ των εξόδων 25 και 39. Όσον αφορά την οδό Πολυμέρη, ύστερα από τον έλεγχο ταχυτήτων που έγινε σε κάθε κλάδο για την συντομότερη διαδρομή, διαπιστώθηκε ότι στην περίπτωση κίνησης από την οδό Πολυμέρη στην ΕΟ Βόλου-Αγριάς το όχημα είχε την δυνατότητα ανάπτυξης ταχύτητας έως και 62km/h. Για το λόγο αυτό μειώθηκε η ακτίνα εισόδου, ώστε να αποτρέψει αυτή την περίπτωση.

## 8.5 Έλεγχος γρηγορότερης διαδρομής

Στον κυκλικό κόμβο έγινε έλεγχος ως προς την οδική ασφάλεια και τη λειτουργικότητά του, όπως προβλέπεται από τις ΟΜΟΕ – Κ<sup>3</sup>. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το λογισμικό TORUS, που ελέγχθηκαν οι δυνατές σύντομες διαδρομές που είναι πιθανόν να αναπτύξουν οι οδηγοί.

Αρχικά εμφανίστηκαν οι γρηγορότερες διαδρομές οι οποίες μπορούν να πραγματοποιηθούν στον κόμβο, σε σχεδόν ευθεία πορεία αλλά και σε στροφή, όπως φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 8-10: Γρηγορότερες διαδρομές

Στη συνέχεια, από τον έλεγχο των ταχυτήτων, προέκυψε δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλης ταχύτητας στη διαδρομή Πολυμέρη-ΕΟ Βόλου-Αγριάς, αυτή των 62km/h, με το όριο για αυτή τη διαδρομή να είναι 40km/h. Λόγω αυτού, ακολούθησε μείωση της ακτίνας εισόδου στον κλάδο της οδού Πολυμέρη, για μείωση της εν λόγω ταχύτητας με αποτέλεσμα να μειωθεί σε 60km/h, αποτέλεσμα ανεπαρκές. Για την μείωση της ταχύτητας έγινε περαιτέρω προσπάθεια στον τελικό σχεδιασμό της οριζοντιογραφίας με αποτελεσματικότερη σύνδεση της οδού Πολυμέρη με τον κυκλικό κόμβο ώστε να αποτρέπεται η ανάπτυξη υψηλής ταχύτητας.

## 8.6 Ορατότητα

- Μήκος ορατότητας για στάση κατά προσέγγιση στον Κ<sup>3</sup>: Η ταχύτητα που επιλέχθηκε για αυτό τον έλεγχο είναι η 50km/h και οι αποστάσεις ορατότητας απεικονίζονται στη συνέχεια.



Εικόνα 8-11:Μήκος ορατότητας κατά προσέγγιση στον κυκλικό κόμβο (Πολυμέρη)

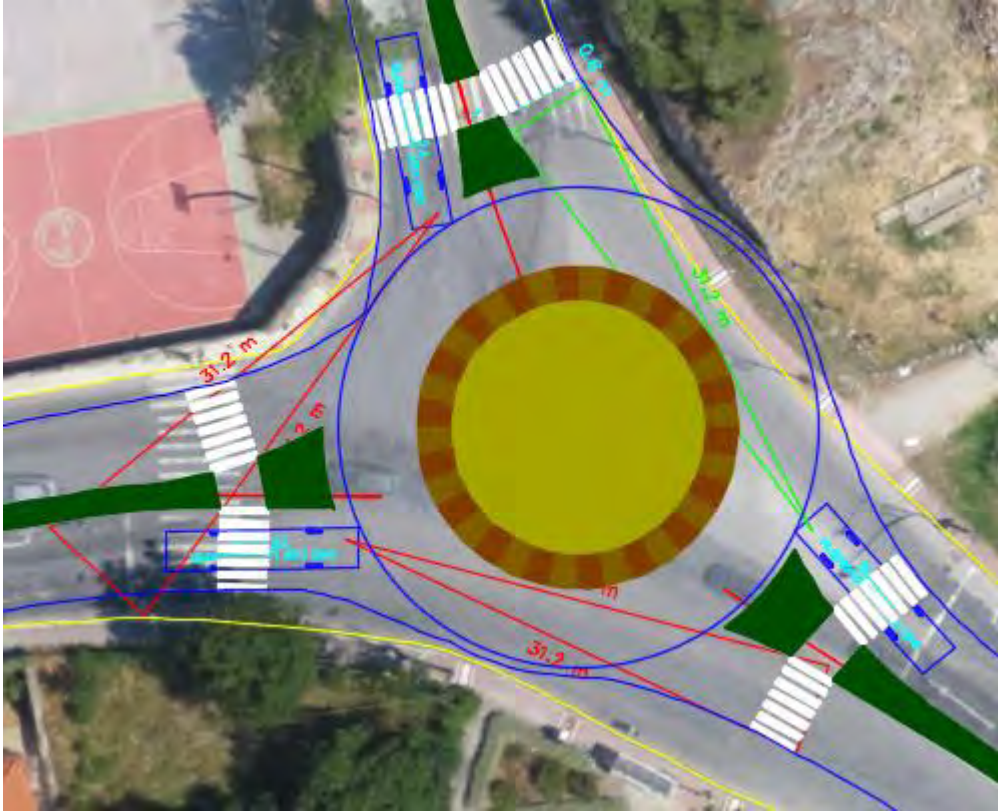


Εικόνα 8-12:Μήκος ορατότητας κατά προσέγγιση στον κυκλικό κόμβο(Σταδίου)



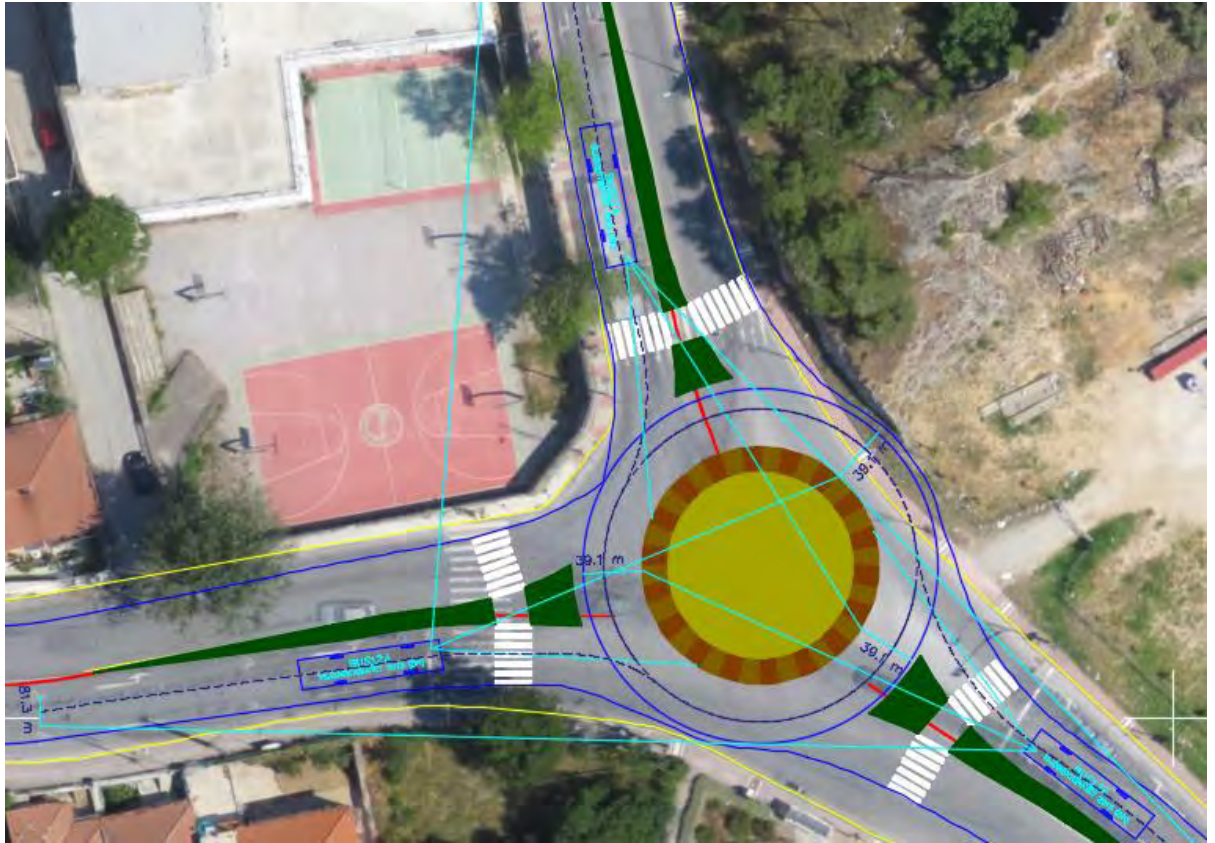
Εικόνα 8-13:Μήκος ορατότητας κατά προσέγγιση στον κυκλικό κόμβο (ΕΟ Βόλου-Αγριάς)

- Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου: Πρόκειται ουσιαστικά για την περίπτωση δεξιάς στροφής R5, όπου η ταχύτητα εκτιμήθηκε 30km/h.



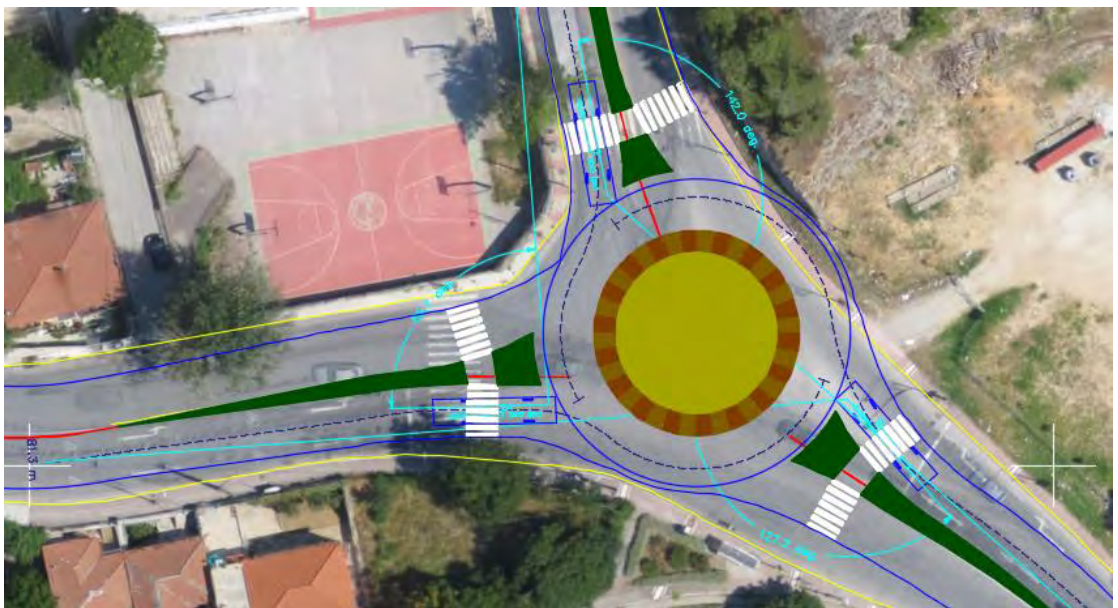
Εικόνα 8-14: Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου

➤ Τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας: Για τον υπολογισμό των μηκών αυτών χρησιμοποιήθηκαν ως ταχύτητες οι τιμές των R1 και R2, που αποτελούν την ταχύτητα εισόδου και την ταχύτητα κινούμενος επί του δακτυλίου αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι τα μήκη ορατότητας είναι εντός επιτρεπτών ορίων. Παρ' όλα αυτά, δεν παρέχεται επαρκής ορατότητα διασταύρωσης στην οδό Πολυμέρη λόγω της ύπαρξης σχολείου.



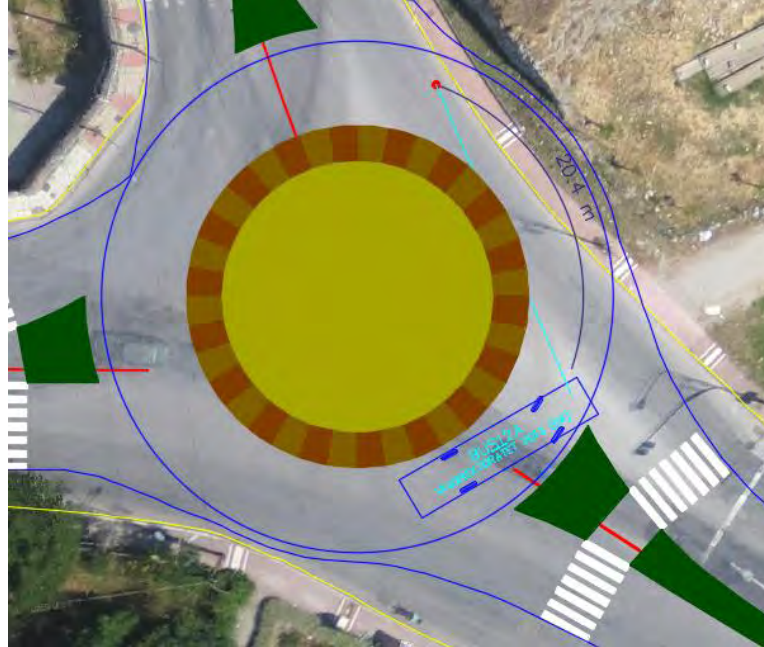
Εικόνα 8-15: Τρίγωνα ορατότητας

➤ Γωνία ορατότητας: Και σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν οι ταχύτητες των ακτινών R1 και όλες οι γωνίες είναι πάνω από 75° μοίρες που είναι το ελάχιστο επιτρεπτό όριο.



Εικόνα 8-16: Γωνία ορατότητας

- Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας: Ως ταχύτητα επί του δακτυλίου κυκλοφορίας επιλέχθηκε αυτή των 21,63km/h, ύστερα από υπολογισμό, και το μήκος ορατότητας απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 8-17: Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας

## 8.7 Οριζοντιογραφία

Έπειτα από τους παραπάνω ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν διαμορφώθηκε η τελική οριζοντιογραφική απεικόνιση του κυκλικού κόμβου, που παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 8-18: Οριζοντιογραφία κυκλικού κόμβου στο Ναυτικό Όμιλο Βόλου

Αρχικά, παρατηρείται ενίσχυση της αισθητικής του κόμβου με την τοποθέτηση τοπιοτεχνίας στην κεντρική νησίδα, επί των πεζοδρομίων αλλά και στις διαχωριστικές νησίδες των προσβάσεων. Στις προσβάσεις προβλέπεται φύτευση δέντρων μέχρι το ύψος των διαβάσεων των πεζών, ώστε να αποτρέπεται η μείωση της ορατότητας των οδηγών. Παράλληλα, έγινε επέκταση του πεζοδρομίου σε συγκεκριμένα σημεία για την καλύτερη διαμόρφωση της κυκλικής διάταξης, όπως και έντονη επισήμανση της υπερβατής ζώνης ώστε να οριοθετείται καλύτερα ο χώρος κίνησης των οχημάτων. Όσον αφορά την οριζόντια σήμανση εκτός από την διαγράμμιση των διαβάσεων τοποθετήθηκαν βέλη επισήμανσης πορείας καθώς και τρίγωνα παραχώρησης προτεραιότητας για τους κινούμενους επί του δακτυλίου.



Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν οι κατάλληλες ρυθμιστικές πινακίδες κατακόρυφης σήμανσης σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Κ<sup>3</sup>, για την ορθή λειτουργία του κόμβου, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 8-19: Οριζοντιογραφία κυκλικού κόμβου στο Ναυτικό Όμιλο Βόλου με κατακόρυφη σήμανση

Αρχικά παρατηρείται ενημέρωση των οδηγών για προσέγγιση σε κόμβο κυκλικής πορείας, με μείωση της ταχύτητας στα 30km/h και παραχώρηση προτεραιότητας στους κινούμενους επί του δακτυλίου. Επισημαίνεται η ύπαρξη διαβάσεων στους κλάδους πρόσβασης σε όλες τις κατευθύνσεις, καθώς και σωστή καθοδήγηση των οδηγών με χρήση πινακίδων P-25 και P-7. Η στάση και η στάθμευση απαγορεύεται και στους τρεις κλάδους ώστε να μην αποτρέπεται η προσέγγιση στον κόμβο. Παράλληλα, σε δύο κάθετες οδούς στις προσβάσεις τοποθετήθηκαν πινακίδες STOP με ταυτόχρονη βύθιση του πεζοδρομίου για την ομαλή τους είσοδο στο δίκτυο. Κατά την έξοδο από τον κυκλικό κόμβο τοποθετείται πινακίδα ρύθμισης της ταχύτητας

μέχρι 50km/h, ταχύτητα η οποία επικρατεί στην κίνηση στον αστικό ιστό.

## 8.8 Λειτουργική ανάλυση

Για τη λειτουργική ανάλυση του εν λόγω κόμβου χρησιμοποιήθηκαν φόρτοι κυκλοφορίας όλων των κινήσεων του κόμβου. Τα στοιχεία ελήφθησαν από τη Διεύθυνση Βιώσιμης Κινητικότητας του Δήμου Βόλου και αποτελούν μετρήσεις του 2017. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 26 Μαΐου του 2017 τις ώρες 9:50-10:50 και 11:10-12:10, σε μετρήσεις του 15'.

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση χωρητικότητας, ανάλυση καθυστερήσεων και καθορισμός του επιπέδου εξυπηρέτησης του κυκλικού κόμβου, με βάση τις ΟΜΟΕ – Κ<sup>3</sup>. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 8-2: Αποτελέσματα λειτουργικής ανάλυσης

	Πολυμέρη	Σταδίου	ΕΟ Βόλου-Αγριάς
<b>Φόρτοι εισόδου (ΜΕΑ/h)</b>	516,3	298,6	598,3
<b>Χωρητικότητα εισόδου (ΜΕΑ/h)</b>	960,6	726,4	991,5
<b>Λόγος <math>x=v/c</math></b>	0,54	0,41	0,60
<b>Καθυστερήση ανά πρόσβαση (s/οχ)</b>	9,8	9,2	11,2
<b>Ουρά για το 95% των περιπτώσεων (οχ)</b>	3	2	4
<b>Καθυστερήση κόμβου (s/οχ)</b>	10		
<b>Στάθμη εξυπηρέτησης</b>	Στάθμη εξυπηρέτησης - Α ή Β		

Η προβλεπόμενη στάθμη εξυπηρέτησης είναι στα όρια μεταξύ Α και Β στάθμης. Αυτή η κατάσταση μας παρέχει μια γενική εικόνα της

λειτουργικότητας του κόμβου, όπου προβλέπεται ιδιαίτερα αποδοτικός.

### **8.9 Ζητήματα περαιτέρω μελέτης**

Ο σχεδιασμός του μελλοντικού αυτού κυκλικού κόμβου, στην παρούσα εργασία σταματάει στο σημείο της οριζοντιογραφικής αποτύπωσης. Στη συνέχεια απαιτείται ο σχεδιασμός του διαγράμματος μηκοτομής καθώς και οι διατομές του κόμβου που θα προσφέρουν καλύτερη εικόνα του προβλεπόμενου έργου. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις διαμορφωμένες κλίσεις του οδοστρώματος, ώστε να προσφέρουν την απαιτούμενη απορροή και διοχέτευση των ομβρίων υδάτων.

Όσον αφορά τη λειτουργική ανάλυση, προτείνεται να πραγματοποιηθούν νέες μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων, περιλαμβάνοντας την καταγραφή της σύνθεσης της κυκλοφορίας. Στην περίπτωση που διαφοροποιούνται σημαντικά από τις μετρήσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει ίσως να αναθεωρηθεί ο σχεδιασμός του κόμβου με επιλογή μεγαλύτερης διαμέτρου εγγεγραμμένου κύκλου. Παράλληλα, πρέπει να γίνει εκτίμηση των κυκλοφοριακών φόρτων στο έτος σχεδιασμού (20ο έτος από την έναρξη λειτουργίας του κόμβου) και ο καθορισμός της Στάθμης Εξυπηρέτησης με βάση τα δεδομένα αυτά.

Κρίνεται χρήσιμο και ενδιαφέρον, να μελετηθεί η συγκεκριμένη διασταύρωση σε συσχέτιση με την προηγούμενη που είναι η διασταύρωση των οδών Πολυμέρη και Αθανασάκη.

Τέλος, κρίνεται απαραίτητο να γίνει μελέτη για την κίνηση ποδηλάτων επί του κυκλικού κόμβου. Η μελέτη αυτή απαιτεί σωστό και προσεκτικό σχεδιασμό, με σκοπό την ασφαλή και άνετη διάσχιση των ποδηλατιστών από τον κόμβο. Σε μία πόλη όπως ο Βόλος, όπου οι κάτοικοι χρησιμοποιούν το ποδήλατο στην καθημερινότητά τους για τις μετακινήσεις τους, αυτή η ενέργεια φαντάζει αναγκαία.

## 9. Σύνοψη και Συμπεράσματα

Οι κυκλικοί κόμβοι αποτελούν παγκόσμιο φαινόμενο το οποίο σταδιακά εξαπλώνεται και εφαρμόζεται σε περισσότερες χώρες. Αποτελούν την πλέον καινοτόμα και λειτουργική μορφή διάταξης διασταυρούμενων οδών. Έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό σηματοδοτούμενες και μη διασταυρώσεις, όπως και προτιμώνται στην περίπτωση σχεδιασμού νέας διασταύρωσης. Αυτή η κατάσταση προήλθε από τα σημαντικά πλεονεκτήματα των  $K^3$  έναντι των συμβατικών ισόπεδων διασταυρώσεων. Προσφέρουν καλύτερα επίπεδα οδικής ασφάλειας και κυκλοφορίας επί του δακτυλίου, καθιστώντας τη διαμόρφωση αυτή αποδοτική ως προς αυτές τις παραμέτρους. Η ασφάλεια αφορά όχι μόνο τους οδηγούς αλλά και τους πεζούς και τους ποδηλάτες που επιθυμούν να διασχίσουν τον δακτύλιο, λόγω των ήπιων ταχυτήτων που προσφέρει ο κόμβος διαμορφώνοντας έτσι ασφαλέστερο περιβάλλον. Επιπλέον, τα σημεία πιθανής σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων και μεταξύ οχημάτων και πεζών μειώνονται παραπάνω από το ήμισυ σε σχέση με τις τυπικές διασταυρώσεις, συνθήκη που φαντάζει ιδανική για την καλύτερη ασφάλεια. Συνδυάζοντας το μικρό αυτό αριθμό των σημείων με τις ήπιες ταχύτητες, τα πιθανά ατυχήματα στον κυκλικό κόμβο είναι λιγότερο συχνά και σε περίπτωση συμβάντος αυτό συνδέεται με υλικές ζημιές, αποφεύγοντας θανάτους σε μεγάλο ποσοστό.

Σε λειτουργικό επίπεδο, η διάταξη αυτή προσφέρει μείωση των καθυστερήσεων, εξαιτίας του ότι δεν υφίσταται φωτεινός σηματοδότης που να διακόπτει σε κάθε περίπτωση υποχρεωτικά την κίνηση των οχημάτων. Αυτό συνδέεται με τις ώρες μη αιχμής, που ενδεχομένως η διασταύρωση θα ήταν άδεια και παρ' όλα αυτά το όχημα ήταν υποχρεωμένο να περιμένει μέχρι την ένδειξη του πράσινου σηματοδότη. Με τον κυκλικό κόμβο αυτή η αναμονή δεν υφίσταται, παρα μόνο ένα διάκενο για την είσοδο στον δακτύλιο λόγω παραχώρησης προτεραιότητας στους κινούμενους επι αυτού. Επίσης, η ομαλότερη ροή στον κυκλικό κόμβο, αποσκοπεί σε μείωση της

ενέργειας που καταναλώνεται από τα οχήματα και των αέριων ρύπων, γεγονός που τους καθιστά φιλικούς ως προς το περιβάλλον. Όσον αφορά την αισθητική του περιβάλλοντος χώρου, με την δημιουργία ανάλογης τοπιοτεχνίας αποδίδει ιδιαίτερο γόητρο σε αυτή με σημαντική αναβάθμισή της.

Πέρα από τα θετικά στοιχεία των  $K^3$ , υπάρχουν στοιχεία τα οποία δεν τους καθιστούν πάντα ως τη βέλτιστη λύση. Εξαιτίας της ιδιαίτερης μορφής τους απαιτούν και την ύπαρξη του ανάλογου χώρου στο δίκτυο με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε πολλές φορές σε απαλλοτριώσεις που αυξάνει και το κόστος κατασκευής. Επίσης, για να είναι αποδοτικοί και λειτουργικοί, συνήθως πρέπει να είναι μίας ή δύο λωρίδων, γεγονός που μπορεί να μην εξυπηρετεί τον απαιτούμενο φόρτο οχημάτων λόγω έλλειψης χωρητικότητας. Γι' αυτό απαιτείται προσεκτική μελέτη των αναγκών της περιοχής για την ορθή εφαρμογή τους.

Ο σωστός λοιπόν σχεδιασμός των κόμβων κυκλικής κίνησης, πραγματοποιείται σύμφωνα με τις αμερικάνικες οδηγίες και κατ' επέκταση με τις ελληνικές οδηγίες των ΟΜΟΕ –  $K^3$ , που αποσκοπούν στην σωστή επιλογή των παραμέτρων για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Κάθε περίπτωση τέτοιας διάταξης είναι διαφορετική, και μια διαμόρφωση σε μία διασταύρωση δεν σημαίνει ότι θα είναι συμβατή σε μία άλλη παρόμοιων χαρακτηριστικών. Κάθε φορά, κρίνεται απαραίτητο να γίνεται έλεγχος των ταχυτήτων του κόμβου στις γρηγορότερες διαδρομές, πρόβλεψη της στάθμης εξυπηρέτησης για τον έλεγχο της αποδοτικότητας καθώς και τα μήκη ορατότητας των οδηγών, ώστε συνολικά να προσφέρεται υψηλό επίπεδο λειτουργίας και ασφάλειας.

Στην περίπτωση σχεδιασμού του κυκλικού κόμβου στον Ναυτικό Όμιλο Βόλου, στη διασταύρωση των οδών Πολυμέρη-Σταδίου- ΕΟ Βόλου-Αγριάς, για την αντικατάσταση της υπάρχουσας τυπικής ισόπεδης διασταύρωσης εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα ως προς τον γεωμετρικό σχεδιασμό. Για τη διαμόρφωση επαρκούς χώρου προς κατασκευή του εν λόγω κόμβου έγιναν επεμβάσεις στον

περιβάλλοντα χώρο, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτό ήταν απαραίτητο για το σχεδιασμό ενός δακτυλίου με επαρκή εξωτερική διάμετρο για την εύκολη κίνηση των βαρέων οχημάτων, ως όχημα σχεδιασμού. Επιπλέον, αποτέλεσε κρίσιμο στοιχείο η επίτευξη της απαραίτητης ορατότητας των οδηγών, για παροχή μιας πλήρους εικόνας της κυκλοφορίας του κόμβου που έχει ως απώτερο σκοπό την καλύτερη διαχείριση της κίνησής τους.

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω στάδια, και με την επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων για τη συγκεκριμένη διάταξη, εξήχθη ικανοποιητικό αποτέλεσμα για την επίτευξη ομαλών κυκλοφοριακών συνθηκών στην περιοχή, με καλύτερα επίπεδα ασφάλειας. Η προβλεπόμενη καθυστέρηση είναι σημαντικά μικρή, με μέγιστη αυτή των τεσσάρων οχημάτων σε συγκεκριμένο κλάδο. Η προτεινόμενη αυτή εφαρμογή αποσκοπεί στη βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών της περιοχής, σε καλύτερα επίπεδα ασφάλειας διάσχισης της διασταύρωσης είτε σαν οδηγός είτε σαν πεζός καθώς και αναβάθμισης αυτής μέσω της ιδιαίτερης αισθητικής του τοπίου που προσφέρει.

## Βιβλιογραφία

Brown, M. (1995). *The design of roundabouts* . London.

Elvik, R. (2002, July 10). Effects on road safety of converting intersections to roundabouts: A review of evidence from non-US studies. Oslo, Norway.

Garceau, T. J. (2018). Impacts of roundabouts on urban air quality: A case study of Keene, New Hampshire, USA. *Journal of Transport & Health*.

National Cooperative Highway Research Program. (2010). Roundabouts: An Informational Guide . WASHINGTON, D.C.

Tollazzi, T. (n.d.). *Alternative Types of Roundabouts* .

Tollazzi, T., & Rencelj, M. (2014, May 22-23). Modern and alternative types of roundabouts-state of the art. *The 9th International Conference "ENVIRONMENTAL ENGINEERING"*. Vilnius, Lithuania.

Κ.Μουρατίδης, Α. (2008). *Οδοποιία: Η Διαχείριση των Οδικών Έργων*. Θεσσαλονίκη: UNIVERSITY STUDIO PRESS.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων - Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου (ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ). (2001, Ιανουάριος 30).

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης. (2011, Νοέμβριος 25).

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, Μ. Κ. (2015, Νοέμβριος). ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ.

Φρατζεσκάκης, Ι., & Γκόλιας, Ι. (1994). *ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου .