

ΕΙΔΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

Κυκλικοί Κόμβοι

Στέργιος Μαυρομάτης
stemavro@central.ntua.gr

Κυκλικοί Κόμβοι

- ❑ Κυκλική μορφή ισόπεδου κόμβου
- ❑ Κυκλοφορία οχημάτων
 - πορεία αντίστροφη των δεικτών του ρολογιού
 - γύρω από μια κυκλική, κατά βάση, νησίδα



Κυκλικοί Κόμβοι

- Κυκλική μορφή ισόπεδου κόμβου
 - προτεραιότητα ???



Ιστορική Αναδρομή

□ Ohio, USA (1893)



Ιστορική Αναδρομή

- ❑ **Colombus Circle**
New York, USA (1905)



Ιστορική Αναδρομή

- ❑ Place Etoile
Paris, France (1907)



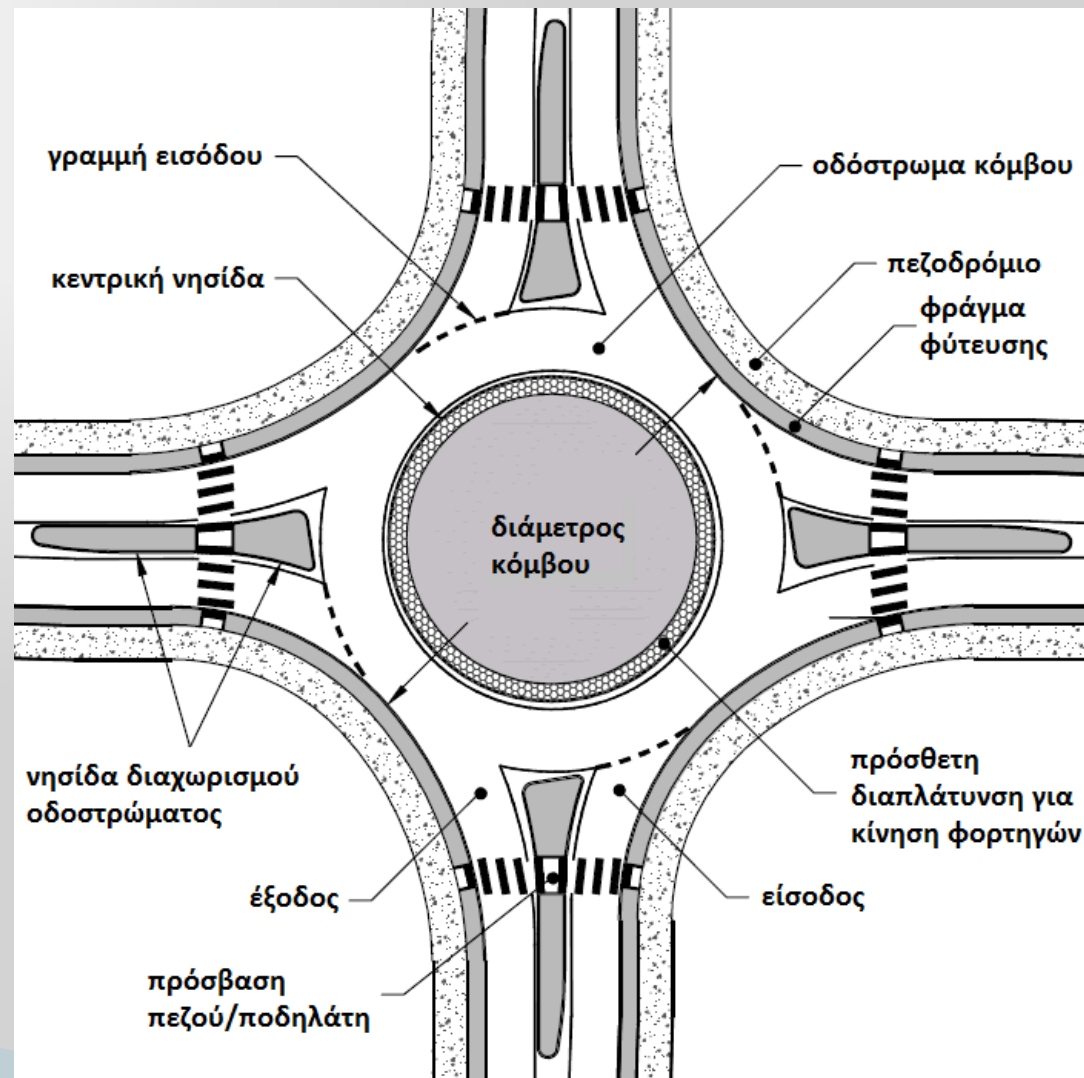
Ιστορική Αναδρομή

- Place Etoile
Paris, France (1907)



Βασικά Στοιχεία Διαμόρφωσης

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

□ Παράμετροι επιρροής

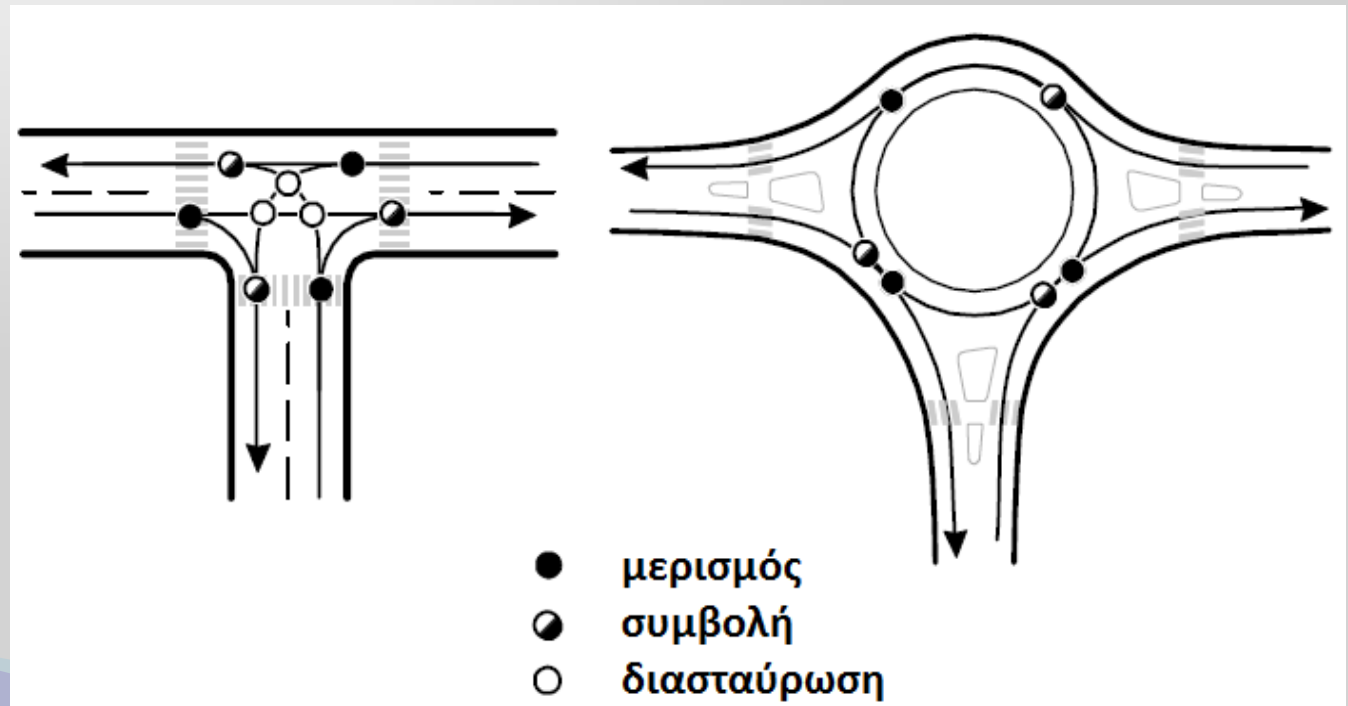
- έγκαιρη αναγνώριση
- κυκλοφορία πεζών – ποδηλάτων
- διαχείριση ταχυτήτων κατά τη διαδικασία προσέγγισης
- γεωμετρία περιοχής εισόδου
- υποχρεωτικές αλλαγές λωρίδων
- αυξημένες τιμές κυκλοφοριακού φόρτου



Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

- Εξαλείφονται ή μειώνονται δραστικά τα σημεία εμπλοκής

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

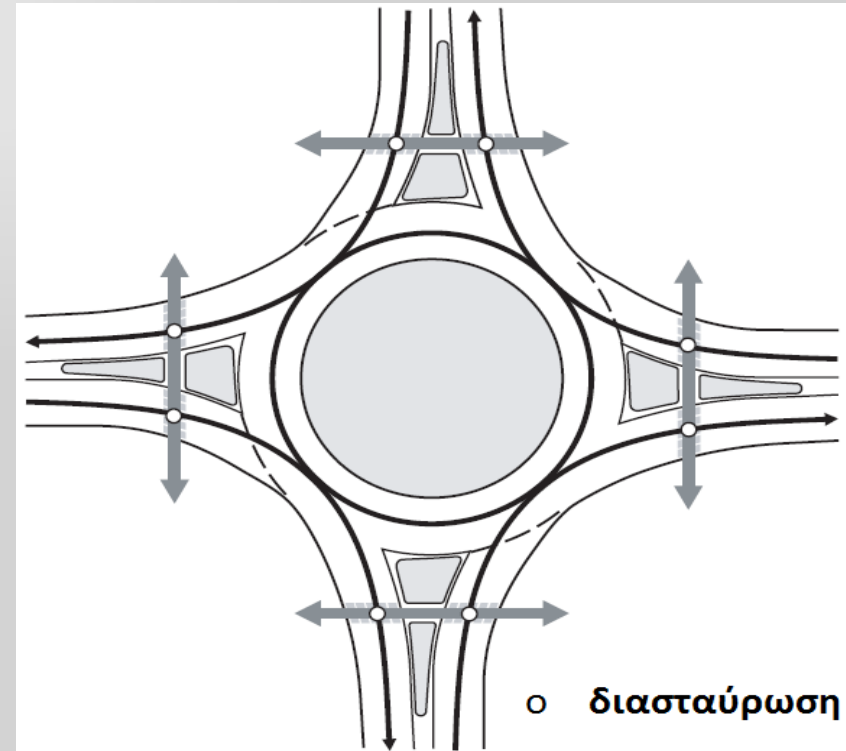
- ❑ Τα οχήματα εξαναγκάζονται να κινούνται με μειωμένη ταχύτητα στην περιοχή προσέγγισης
 - υπάρχει περισσότερος χρόνος στους οδηγούς να προβούν σε επιθυμητούς ή ανεπιθύμητους ελιγμούς
 - μειώνεται η σοβαρότητα των ατυχημάτων



Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

- Η διαχωριστική νησίδα στην περιοχή εισόδου/εξόδου του κυκλικού κόμβου προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια στους πεζούς
 - διαχωρίζονται οι κατευθύνσεις κυκλοφορίας
 - μειώνονται οι καθυστερήσεις

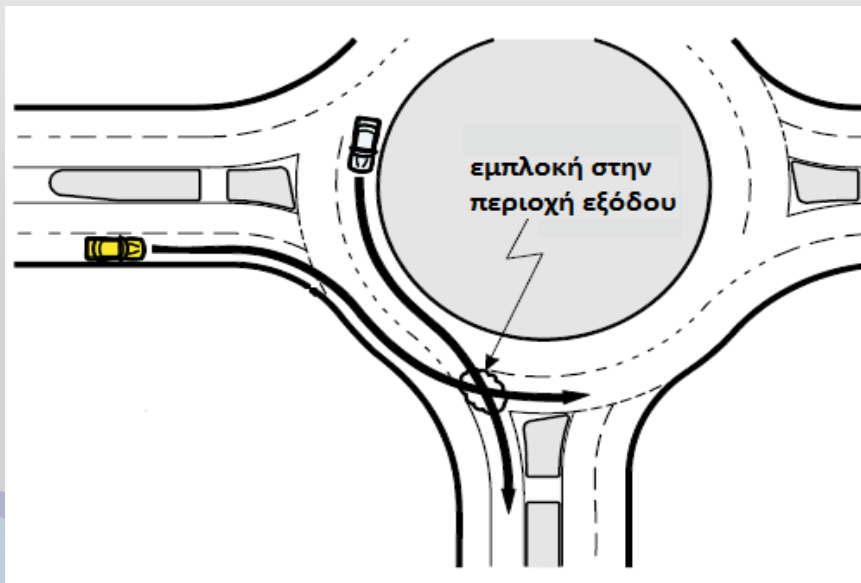
ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



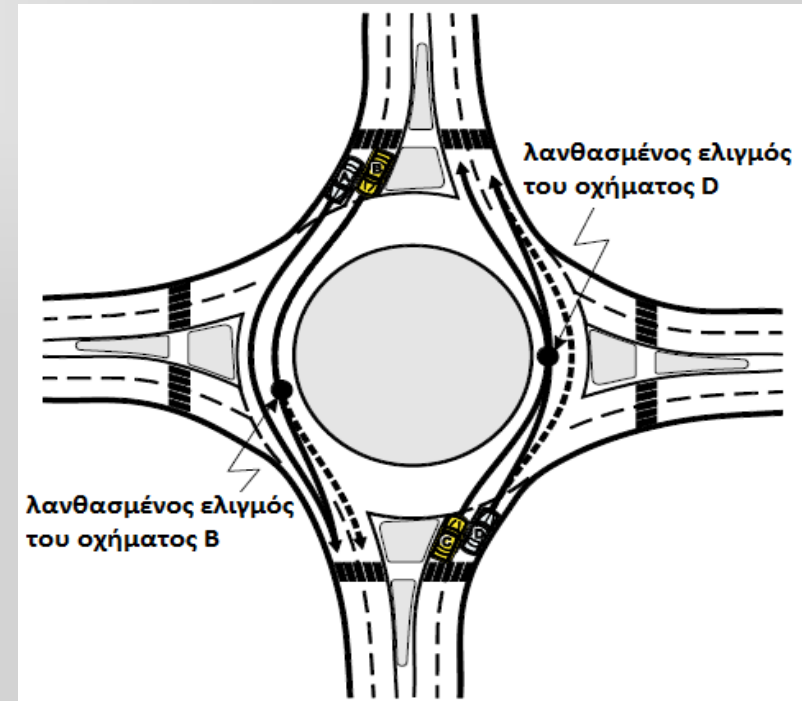
Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

❑ +1 λωρίδες vs 1 λωρίδας

- πρόσθετα σημεία εμπλοκών →
πιο αυξημένες πιθανότητες πρόκλησης ατυχημάτων
- λανθασμένες επιλογές των οδηγών
 - ✓ πρόσθετες λωρίδες
 - ✓ σημεία πλέξης στις περιοχές εμπλοκών



ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

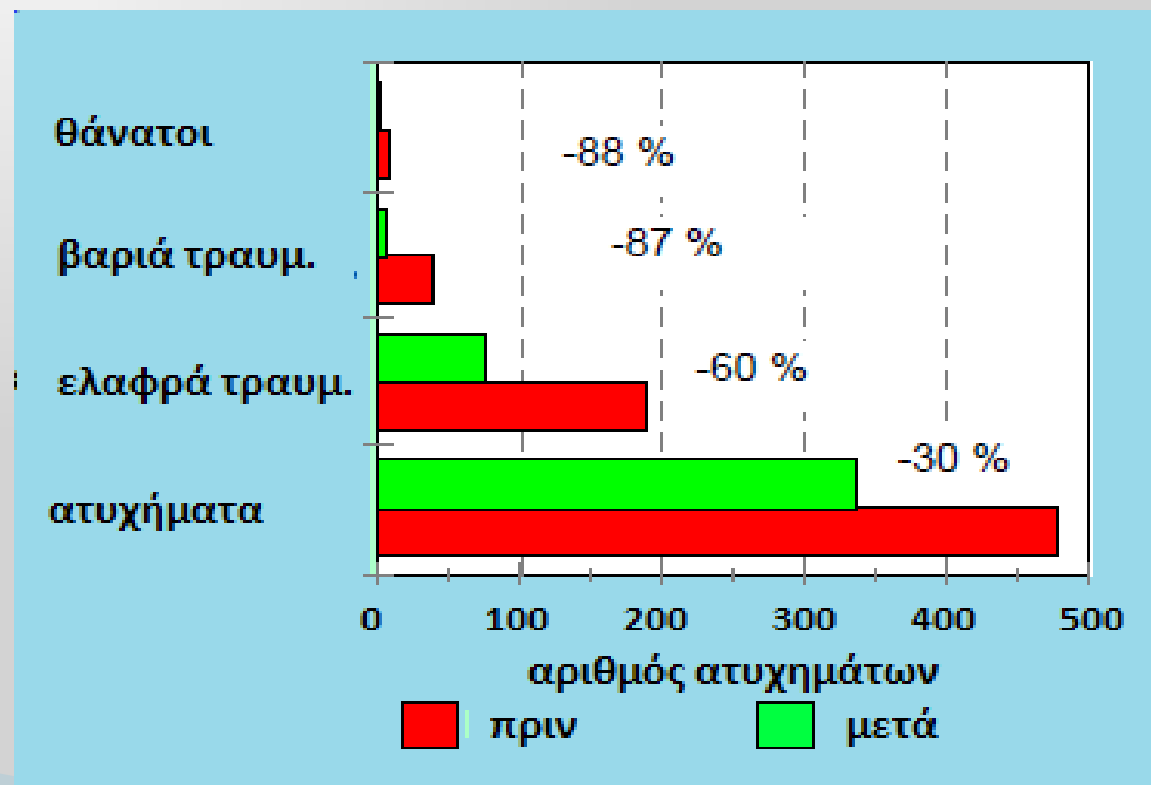
❑ Κυκλικός κόμβος vs συμβατικός ισόπεδος κόμβος

- λιγότερα και μικρότερης σοβαρότητας ατυχήματα
- εξαίρεση οι κυκλικοί κόμβοι μεγάλης διαμέτρου
 - ✓ αριθμός των ατυχημάτων (συμβάντα ως προς τον ημερήσιο κυκλοφοριακό φόρτο) πιο αυξημένος εντούτοις αλλά μικρής σοβαρότητας



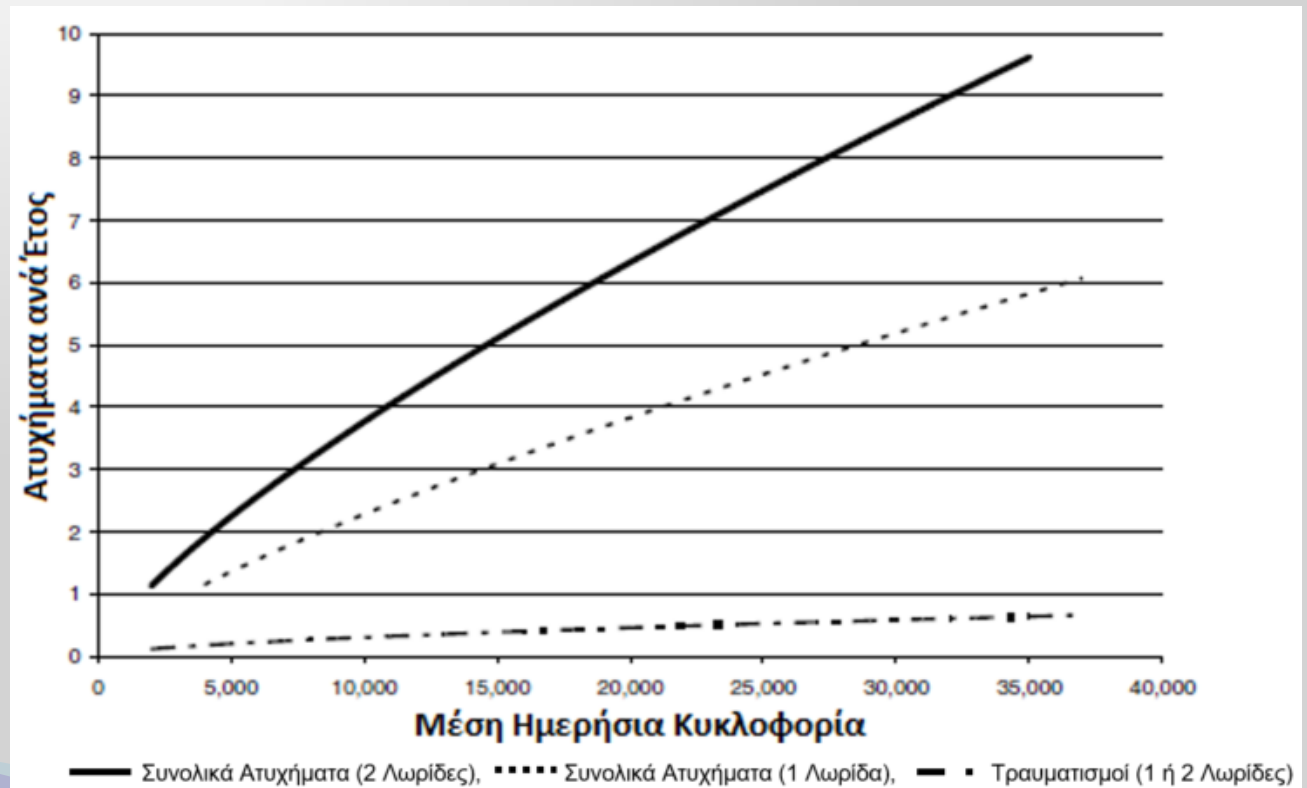
Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

- ❑ Μετατροπή συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε κυκλικό 1 λωρίδας κυκλοφορίας



Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

- Πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων, αυξάνει όσο αυξάνονται οι λωρίδες προσέγγισης



ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)

Κυκλοφοριακή Ασφάλεια

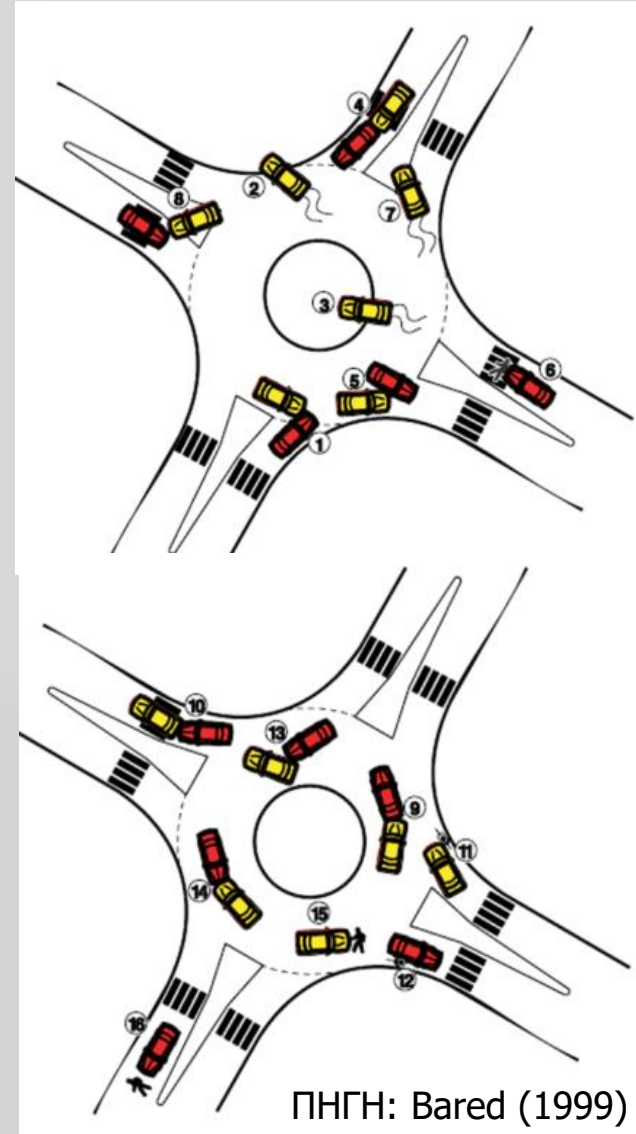
- ❑ Μέση μείωση ατυχημάτων κατά τη μετατροπή συμβατικών ισόπεδων κόμβων σε κυκλικούς

Χώρα	Μέση Μείωση (%)	
	Σύνολο Ατυχημάτων	Τραυματισμοί
Αυστραλία	41 – 61	45 – 87
Γαλλία	-	57 – 78
Γερμανία	36	-
Ολλανδία	47	-
Ηνωμένο Βασίλειο	-	25 – 39
ΗΠΑ	35	76

ΠΗΓΗ: Garder (2010), Guichet (1997)

Τύποι Ατυχημάτων

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



ΠΗΓΗ: Bared (1999)

Κυκλοφορία Ποδηλάτων

□ Προς αποφυγή

- λωρίδα ποδηλάτου εξωτερικά του κυκλικού κόμβου



ΠΗΓΗ: Brilon (2005)

Κυκλοφορία Ποδηλάτων

□ Προς εφαρμογή

- εντός του κυκλικού κόμβου σε αστικούς κυκλικούς κόμβους με $MHK \leq 15000$ οχ/μέρα
 - ✓ λωρίδα κίνησης ποδηλάτου διακόπτεται στην περιοχή εισόδου

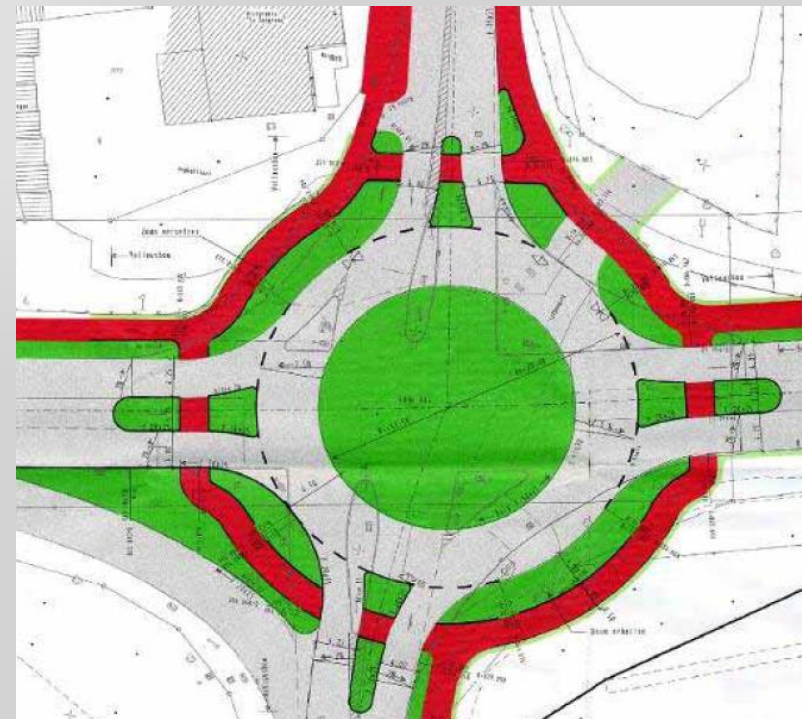
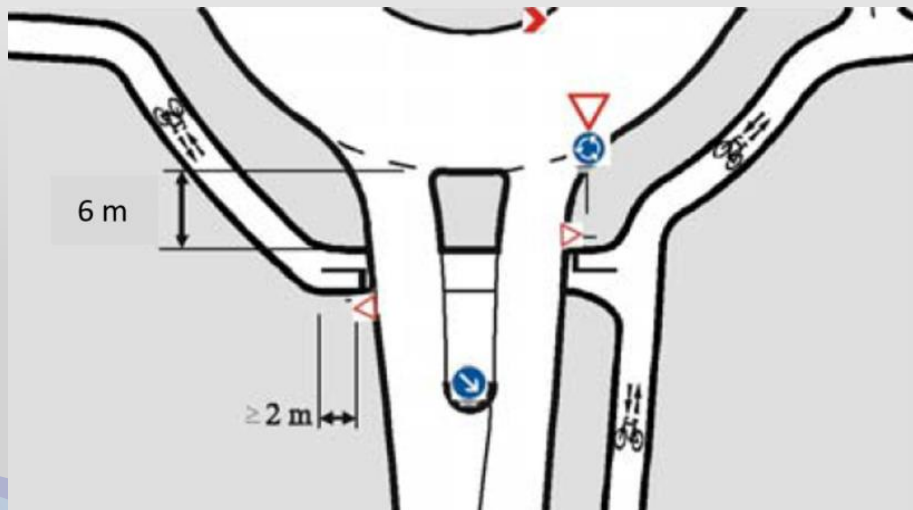


ΠΗΓΗ: Brilon (2005)

Κυκλοφορία Ποδηλάτων

□ Προς εφαρμογή

- ξεχωριστή όδευση για ποδήλατα σε αστικούς και περι-αστικούς κυκλικούς κόμβους με ΜΗΚ > 15000οχ/μέρα
 - ✓ σε περιοχές διασταύρωσης, λωρίδα κίνησης ποδηλάτου τουλάχιστον 6m από δακτύλιο κυκλοφορίας



Κριτήρια Σχεδιασμού

❑ Ασφάλεια

- επίτευξη χαμηλών τιμών ταχυτήτων στις περιοχές εισόδου

❑ Λειτουργικότητα

- ορθολογική επιλογή του απαιτούμενου αριθμού λωρίδων κυκλοφορίας
 - ✓ ικανοποιητική ισορροπία στον κυκλοφοριακό φόρτο
 - ✓ ομαλή προσέγγιση των οχημάτων

❑ Επιλογή κατάλληλου οχήματος σχεδιασμού

- κυκλοφοριακή, γεωμετρική και λειτουργική επάρκεια

❑ Γεωμετρικός σχεδιασμός

- επάρκεια μήκους ορατότητας και δυνατότητας αναγνώρισης του κόμβου
- ικανοποιητική εξυπηρέτηση ως προς την κίνηση πεζών και ποδηλάτων
- συνολική διαχείριση - αποκατάσταση των προσβάσεων στις περιβάλλουσες χρήσεις

❑ Κόστος



Διαχείριση Ταχυτήτων

- ❑ Συχνότητα ατυχημάτων
σχετίζεται άμεσα με τον όγκο
του προς εξυπηρέτηση κυκλοφοριακού φόρτου
- ❑ Σοβαρότητα ατυχημάτων
άρρηκτα συνδεδεμένη με την ταχύτητα
- ❑ Προσοχή στη διαχείριση ταχυτήτων
 - περιοχή προσέγγισης
 - περιοχή εισόδου - εντός του κυκλικού κόμβου

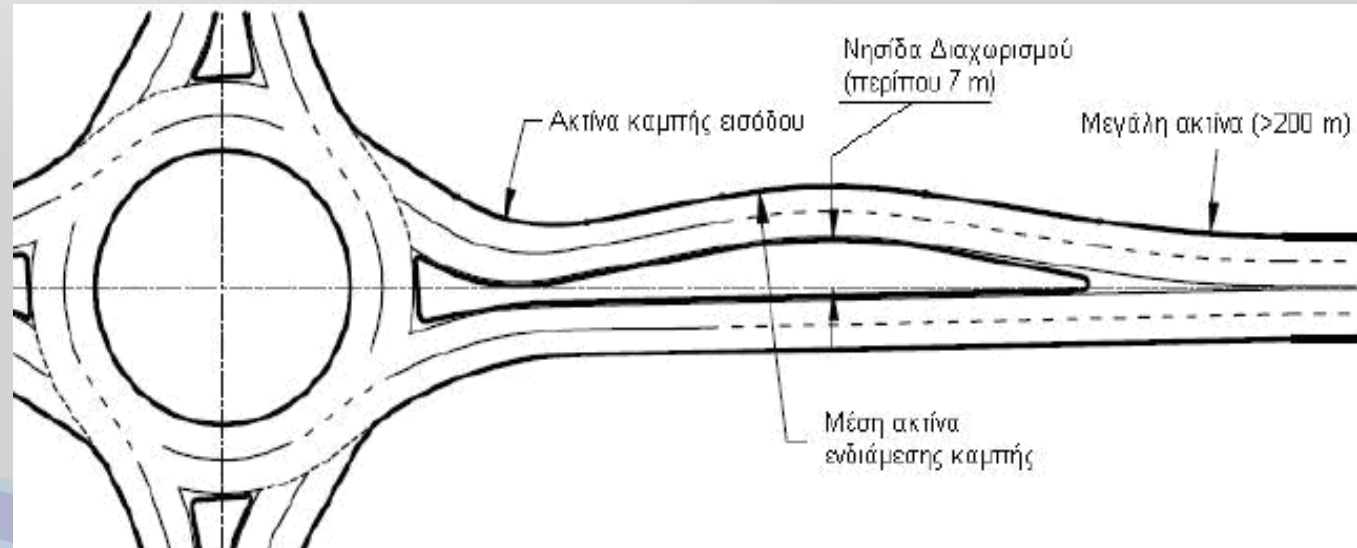


Διαχείριση Ταχυτήτων

□ Περιοχή προσέγγισης

- σταδιακή και ομοιόμορφη μείωση στις τιμές ταχυτήτων
 - ✓ μεγαλύτερο περιθώριο αντίδρασης
 - ✓ ηπιότερες επιπτώσεις σε ενδεχόμενες συγκρούσεις
- ✓ επιτυγχάνεται μέσω γεωμετρικών παρεμβάσεων εφαρμόζοντας διαδοχικά τόξα αυξανόμενης καμπυλότητας

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



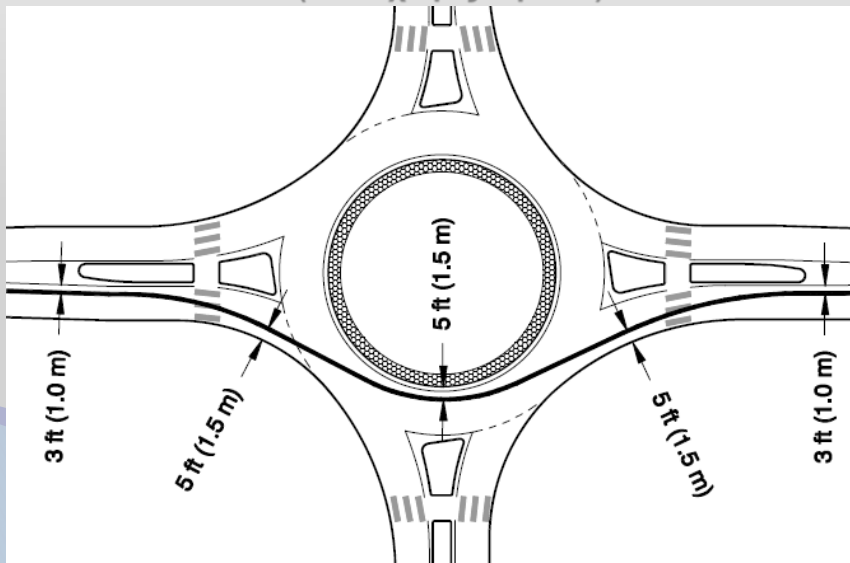
Διαχείριση Ταχυτήτων

❑ Περιοχή εισόδου - εντός του κυκλικού κόμβου

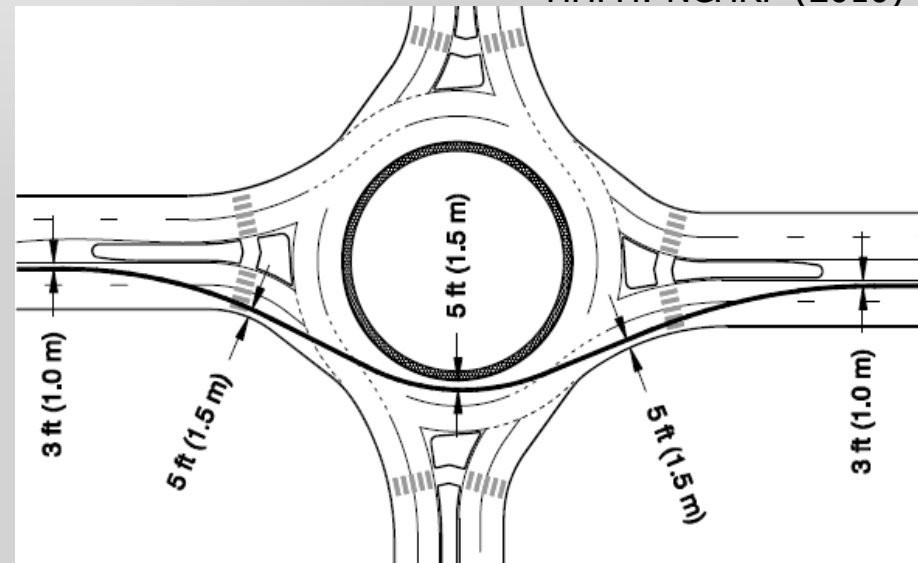
➤ “ταχύτερη διαδρομή”

- ✓ διαδρομή η οποία αναμένεται να ενθαρρύνει τη ταχύτερη πορεία κίνησης
- ✓ πορεία που κινείται το όχημα μεταξύ εισόδου – εξόδου, σε συνθήκες ελεύθερης ροής και αγνοώντας τις οριογραμμές των λωρίδων
- ✓ 1.5m από τις εξωτερικές οριογραμμές οδοστρώματος
- ✓ 1.0m από τις εσωτερικές οριογραμμές οδοστρώματος (1.5m χωρίς νησίδα)

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



1 λωρίδα κυκλοφορίας



2 λωρίδες κυκλοφορίας

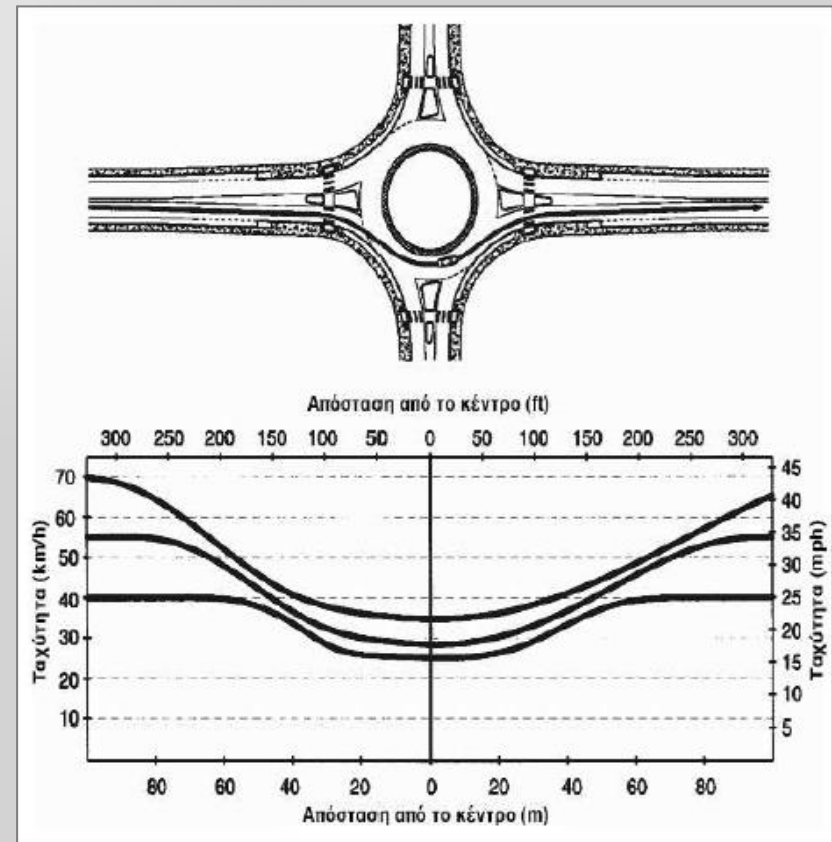
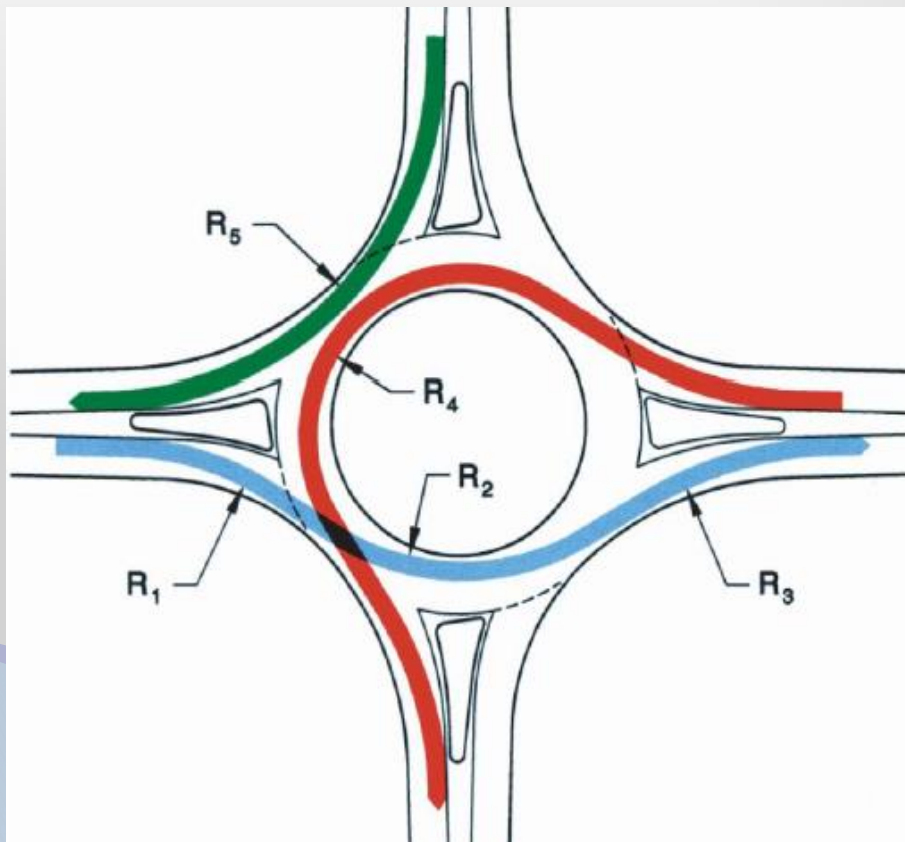
Διαχείριση Ταχυτήτων

❑ Περιοχή εισόδου - εντός του κυκλικού κόμβου

➤ “ταχύτερη διαδρομή”

- ✓ ελέγχεται ανά πρόσβαση και για κάθε κίνηση σε αυτή

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)

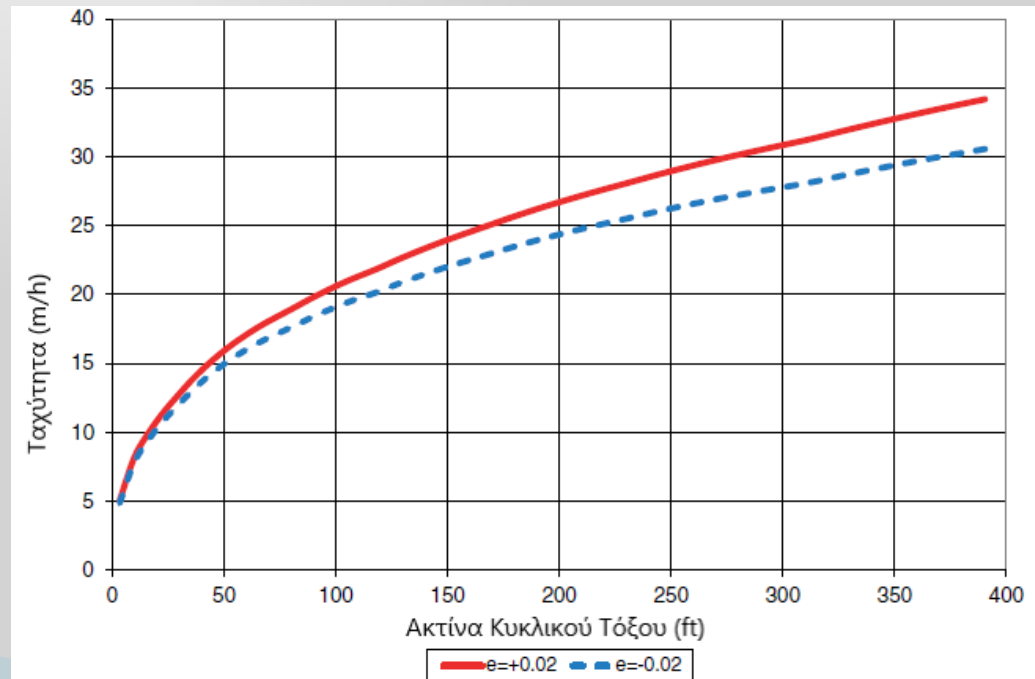


Διαχείριση Ταχυτήτων

❑ Περιοχή εισόδου - εντός του κυκλικού κόμβου

- “ταχύτερη διαδρομή”
 - ✓ ενδεικτική τιμή ταχύτητας σχεδιασμού
- V_e κυκλικού κόμβου
 - ✓ 30km/h – 40km/h (1 λωρίδα)
 - ✓ 40km/h – 50km/h (1+ λωρίδες)

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Διαχείριση Ταχυτήτων

- ❑ Σχεδιασμός κυκλικού κόμβου επιτυχής
 - ΔV μεταξύ διαδοχικών στοιχείων σχεδιασμού στην περιοχή προσέγγισης $\leq 20\text{km/h}$
 - ΔV μεταξύ περιοχής εισόδου και ταχύτητας σχεδιασμού κόμβου $\leq 20\text{km/h}$



Διαχείριση Προσβάσεων

- Ύπαρξη παρόδιων χρήσεων στην περιοχή χωροθέτησης κυκλικού κόμβου → εξυπηρέτηση προσβάσεων σε αυτές
 - εναλλακτικές προτάσεις



Όχημα Σχεδιασμού

❑ Κρίσιμη παράμετρος

- επηρεάζεται άμεσα γεωμετρία
 - ✓ σχεδιασμός ακτίνων εισόδου - εξόδου.



Όχημα Σχεδιασμού

❑ Ικανοποιητική εξυπηρέτηση



Όχημα Σχεδιασμού

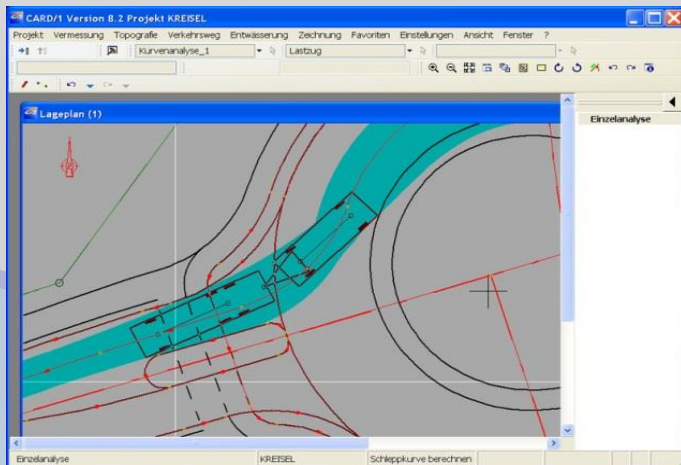
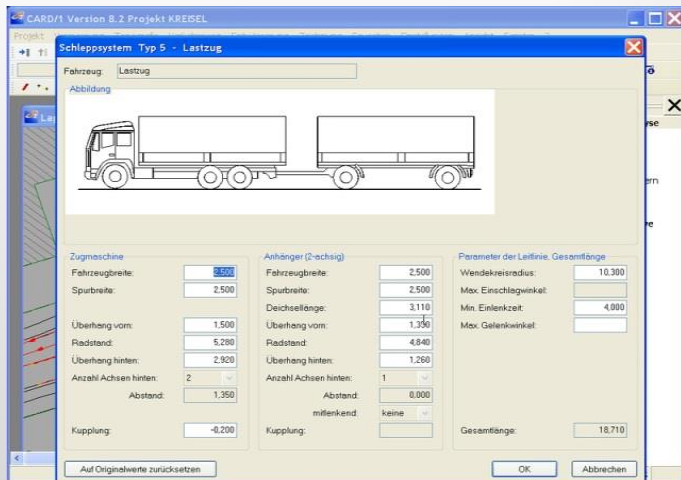
❑ Διαδικασία επιλογής

- κατηγορίας συμβαλλόμενων
- γενικότερων χαρακτηριστικών των χρήσεων γης



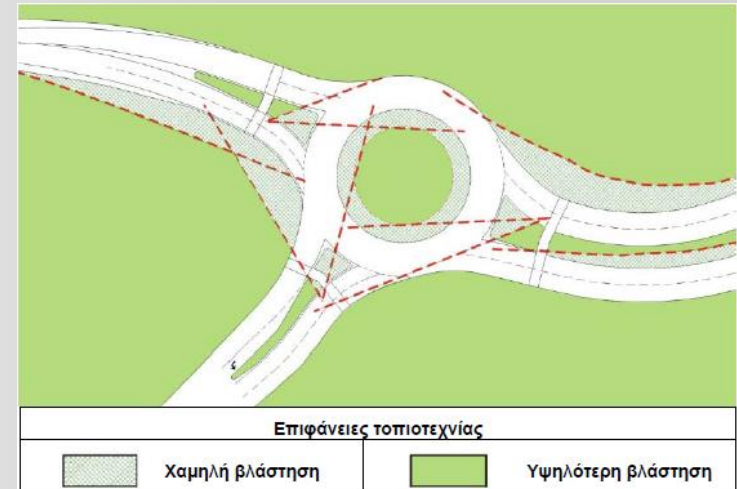
'Όχημα Σχεδιασμού

❑ Ίχνη κατάληψης



Μήκος Ορατότητας

- ❑ Επάρκεια μήκους ορατότητας και δυνατότητας αναγνώρισης του κόμβου
 - μήκος ορατότητας για στάση
 - μήκος ορατότητας για προσέγγιση



ΠΗΓΗ: ΡΙΑΡC (2003)

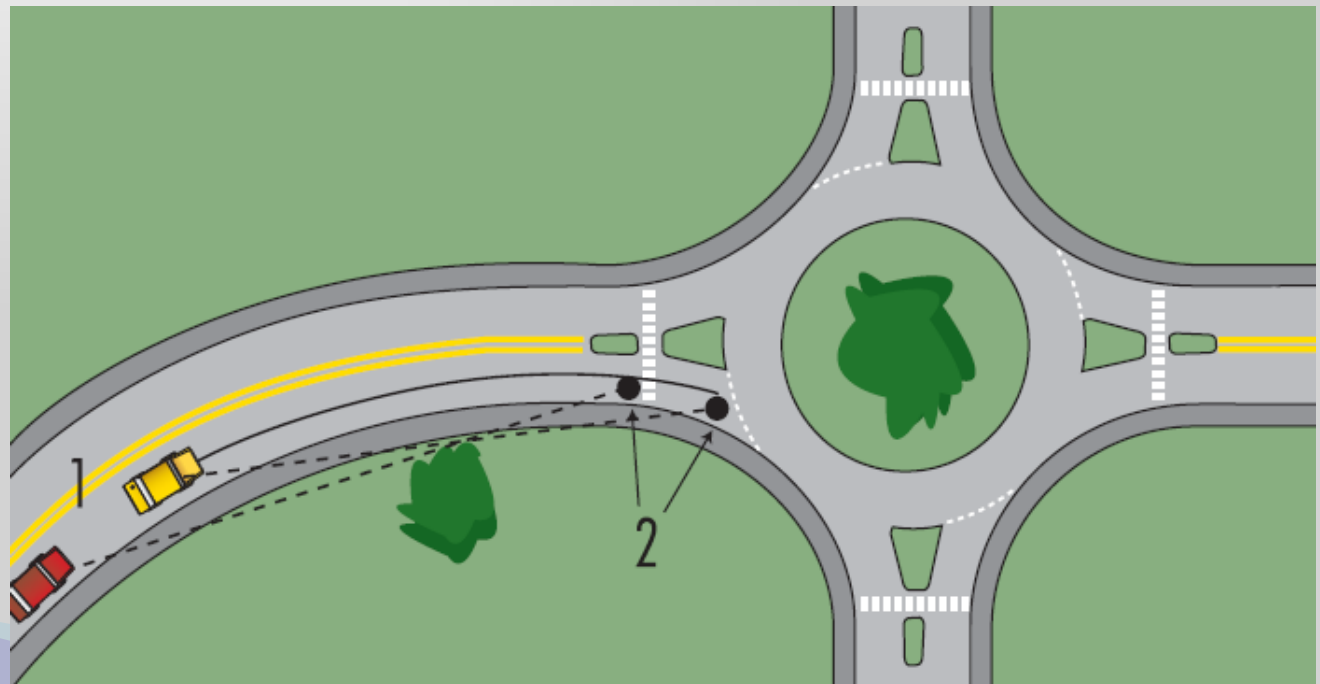


Μήκος Ορατότητας

❑ Μήκος ορατότητας για στάση

- κυκλοφορία πεζών - οχημάτων

ΠΗΓΗ: ΠΙARC (2003)

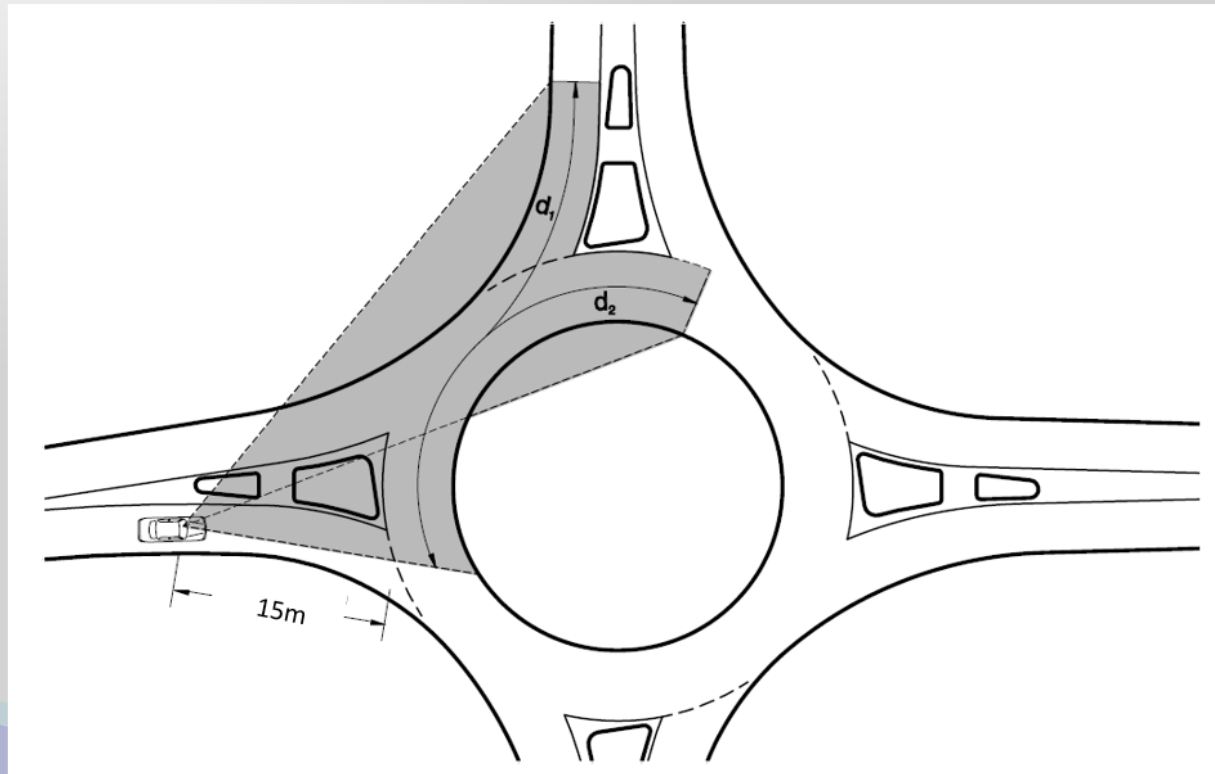


Μήκος Ορατότητας

❑ Μήκος ορατότητας για προσέγγιση

- διατιθέμενα μήκη ορατότητας να μην υπερβαίνουν ιδιαίτερα τα αντίστοιχα απαιτούμενα
 - ✓ αναπτύσσονται πιο αυξημένες τιμές ταχυτήτων στις περιοχές εισόδου
- d_1, d_2
 - ✓ μέγεθος κόμβου
 - ✓ ταχύτητας κίνησης

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Τύποι Κυκλικών Κόμβων

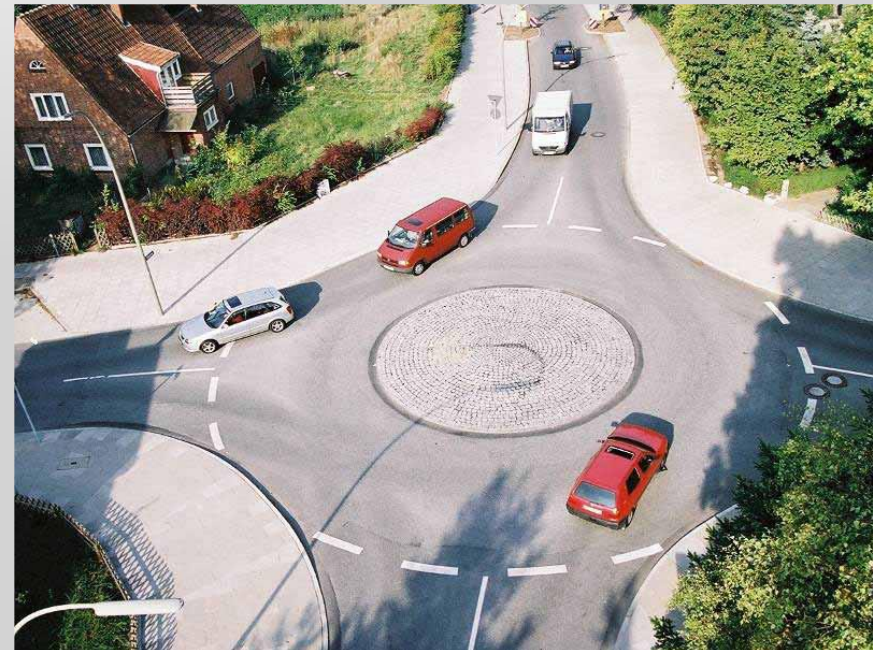
- ❑ “Μικροί” κυκλικοί κόμβοι
(mini roundabouts)
- ❑ “Τυπικοί” κυκλικοί κόμβοι μιας λωρίδας
(single lane roundabouts)
- ❑ Κυκλικοί κόμβοι πολλαπλών λωρίδων
(multilane roundabouts)



Τύποι Κυκλικών Κόμβων

❑ “Μικροί” κυκλικοί κόμβοι (mini roundabouts)

- εφαρμόζονται σε αστικό περιβάλλον
- κεντρική νησίδα πλήρως υπερβατή
 - ✓ κυκλοφορία βαρέων οχημάτων
- οριοθετούν γενικά περιοχές γειτονιάς - κατοικιών
- ταχύτητες οχημάτων περιορισμένες



Τύποι Κυκλικών Κόμβων

❑ “Τυπικοί” κυκλικοί κόμβοι μιας λωρίδας (single lane roundabouts)

- εφαρμόζονται κυρίως σε αστικό περιβάλλον
- μία λωρίδα κυκλοφορίας (κλάδοι προσέγγισης, κυκλικό δακτύλιο)
- κεντρική νησίδα υπερυψωμένη
- πιθανή χρήση υπερβατής ζώνης (κυκλοφορία βαρέων οχημάτων)
- ασφαλέστερος τύπος κυκλικού κόμβου



Τύποι Κυκλικών Κόμβων

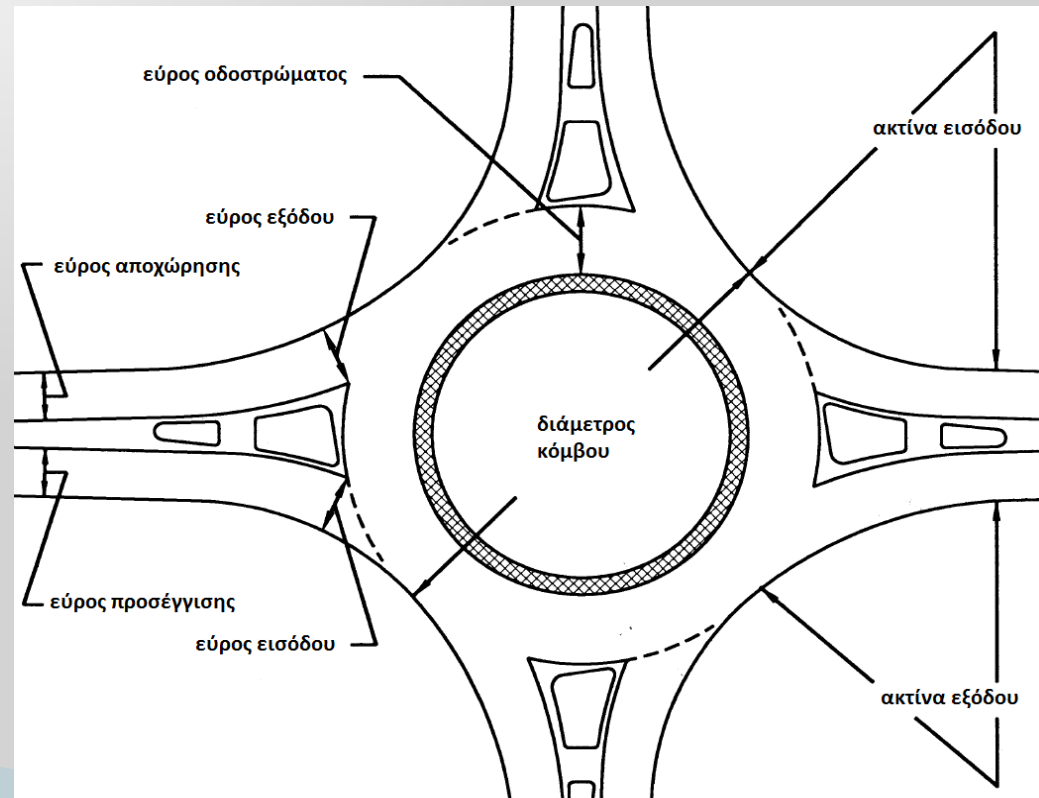
❑ Κυκλικοί κόμβοι πολλαπλών λωρίδων (multilane roundabouts)

- εφαρμόζονται σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον
- αυξημένοι κυκλοφοριακοί φόρτοι
- περιλαμβάνουν τουλάχιστον 1 κλάδο εισόδου με 2 ή 2+ λωρίδες κυκλοφορίας
- μικρότερη σχετικά καμπυλότητα
 - ✓ διάμετρο υπερυψωμένης κεντρικής νησίδας
 - ✓ τόξα περιοχών εισόδου – εξόδου
- μεγαλύτερες ταχύτητες



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

- ❑ **Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen (FGSV), 2006**
- ❑ **Roundabouts: An Informational Guide, Report no 672 (NCHRP), 2010**



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ FGSV vs NCHRP

- η μόνη αποδεκτή διάταξη πολλαπλών λωρίδων σε κυκλικό κόμβο περιλαμβάνει το πολύ 2 λωρίδες εισόδου αλλά σε καμιά περίπτωση >1 λωρίδας εξόδου (FGSV)
 - ✓ άνω όριο εξυπηρέτησης (40000οχ/24h), δεν αντισταθμίζεται από αυξημένη, σε σχέση με άλλους τύπους, επικινδυνότητα που παρουσιάζουν (αυξημένες ταχύτητες, περιοχές με πλέξεις, κλπ.)
 - ✓ αποφυγή πλέξης μεταξύ του οχήματος που εξέρχεται από την εσωτερική οριογραμμή του κυκλικού δακτυλίου και αυτού που κινείται επί του δακτυλίου
 - επί του κυκλικού δακτυλίου εφαρμόζεται 1 διευρυμένη λωρίδα χωρίς διαγράμμιση για το διαχωρισμό λωρίδων
 - ✓ σηματοδοτούμενοι κυκλικοί κόμβοι διαχειρίζονται με επιτυχία φόρτους έως 50000οχ/24h



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ “Μικροί” κυκλικοί κόμβοι (mini roundabouts)

“Μικροί” Κυκλικοί Κόμβοι		
Στοιχεία Σχεδιασμού	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
Μέση Λειτουργική Ταχύτητα (km/h)	< 50	< 50
Κεντρική Νησίδα	πλήρως υπερβατή	
Διάμετρος Κόμβου (m)	13 - 27	13 - 24
Εύρος Οδοστρώματος Κόμβου (m)	4.2 – 5.5	4.5 – 6.0
ΜΗΚ (οχ/24 ^h)	≤ 15000	≤ 20000
Λωρίδες Εισόδου	1	1
Λωρίδες Εξόδου	1	1
Αστικός - Υπεραστικός	αστικός	

Η διάμετρος και το εύρος οδοστρώματος δεν περιλαμβάνουν το πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης.



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ “Τυπικοί” κυκλικοί κόμβοι μιας λωρίδας (single lane roundabouts)

“Τυπικοί” 1 Λωρίδας Κυκλικοί Κόμβοι		
Στοιχεία Σχεδιασμού	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
Μέση Λειτουργική Ταχύτητα (km/h)	< 50	< 50
Κεντρική Νησίδα	υπερυψωμένη	
Υπερβατή Ζώνη Ομόκεντρα της Κεντρικής Νησίδας	ναι	ναι (αστικοί) όχι (υπεραστικοί)
Διάμετρος Κόμβου (m)	27 - 55	26 - 50
Εύρος Οδοστρώματος Κόμβου (m)	≤ 6.5	6.0 – 8.0
ΜΗΚ (οχ/24 ^h)	≤ 25000	≤ 25000
Λωρίδες Εισόδου	1	1
Λωρίδες Εξόδου	1	1
Αστικός - Υπεραστικός	αστικός - υπεραστικός	

Η διάμετρος και το εύρος οδοστρώματος δεν περιλαμβάνουν το πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης.



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Κυκλικοί κόμβοι πολλαπλών λωρίδων (multilane roundabouts)

2+ Λωρίδων Κυκλικοί Κόμβοι		
Στοιχεία Σχεδιασμού	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
Μέση Λειτουργική Ταχύτητα (km/h)	< 50	< 50
Κεντρική Νησίδα	υπερυψωμένη	
Υπερβατή Ζώνη Ομόκεντρα της Κεντρικής Νησίδας	ναι	ναι (αστικοί) όχι (υπεραστικοί)
Διάμετρος Κόμβου (m)	46 - 90	40 - 60
Εύρος Οδοστρώματος Κόμβου (m)	8.5 – 9.8 (2 λωρίδων) 12.8 – 14.6 (3 λωρίδων)	8.0 – 10.0
ΜΗΚ (οχ/24 ^h)	≤ 45000	≤ 32000
Λωρίδες Εισόδου	2+	1 ή 2
Λωρίδες Εξόδου	2+	1
Αστικός - Υπεραστικός	αστικός - υπεραστικός	υπεραστικός (κυρίως)

Η διάμετρος και το εύρος οδοστρώματος δεν περιλαμβάνουν το πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης.



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Θέση κυκλικού κόμβου ως προς τους κλάδους προσέγγισης

- εκτροπή του κλάδου προσέγγισης προς τα αριστερά του κυκλικού κόμβου
- η προέκταση του άξονα στον κλάδο προσέγγισης διέρχεται από το κέντρο του κυκλικού κόμβου
- εκτροπή του κλάδου προσέγγισης προς τα δεξιά του κυκλικού κόμβου

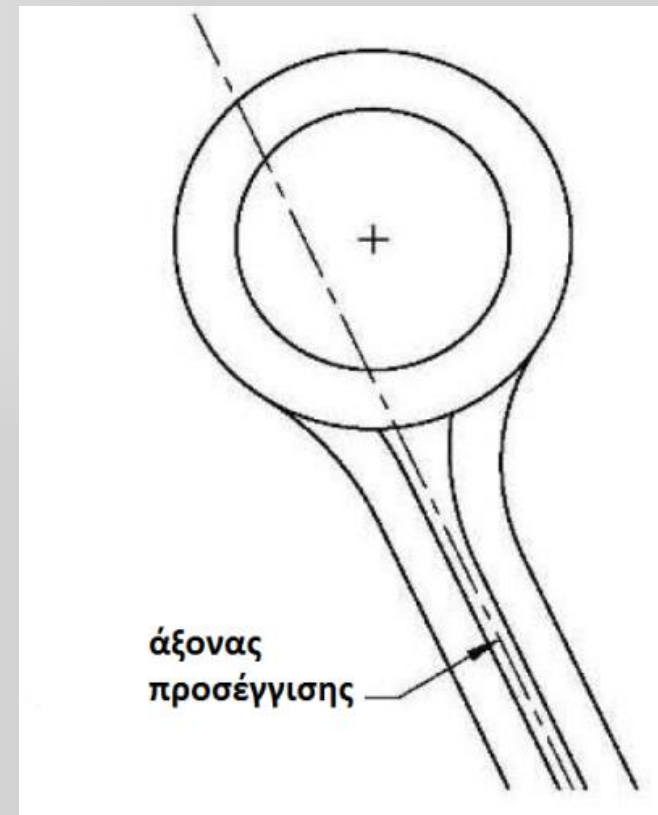


Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Εκτροπή του κλάδου προσέγγισης προς τα αριστερά του κυκλικού κόμβου

- η πλέον επιθυμητή περίπτωση (NCHRP), καθώς η αυξημένη εκτροπή στην περιοχή προσέγγισης
 - ✓ παρέχει ευχέρεια στην είσοδο βαρέων οχημάτων σε κυκλικούς κόμβους μικρής σχετικά διαμέτρου
 - ✓ επιτρέπει την εφαρμογή αυξημένης ακτίνας εισόδου, διατηρώντας όμως έλεγχο στις τιμές ταχυτήτων
- μειονέκτημα
 - ✓ ενδεχόμενη επιτάχυνση των οχημάτων στην περιοχή εξόδου από τον κόμβο, ιδιαίτερα στην περιοχή διάβασης πεζών, δεδομένης της εφαρμογής τόξων σχετικά μικρής καμπυλότητας

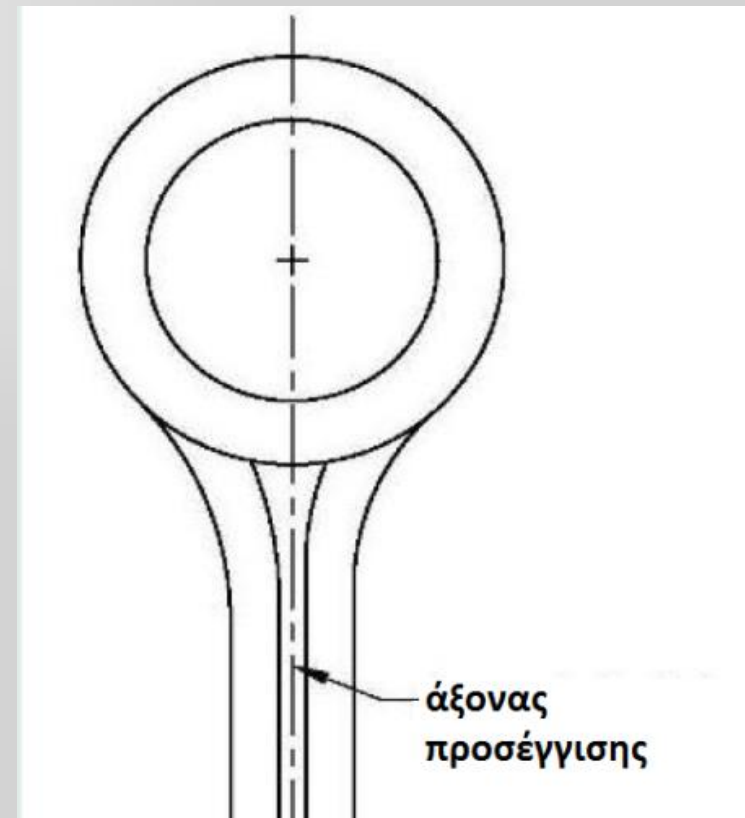
ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

- ❑ **Η προέκταση του άξονα στον κλάδο προσέγγισης διέρχεται από το κέντρο του κυκλικού κόμβου**
 - αποτελεί προτεινόμενη διάταξη για όλους τους τύπους κυκλικών κόμβων (FGSV)
 - ✓ αποφεύγονται εκτενείς επεμβάσεις στο σχεδιασμό των προσβάσεων προ του κόμβου
 - ✓ στην περιοχή εξόδου, η χρήση κατάλληλης καμπυλότητας αποθαρρύνει τους οδηγούς να αναπτύξουν αυξημένες τιμές ταχυτήτων
 - **μειονέκτημα**
 - ✓ πιθανή απαίτηση μεγαλύτερης διαμέτρου στον κυκλικό κόμβο
 - επίτευξη ίδιων τιμών ταχυτήτων εισόδου

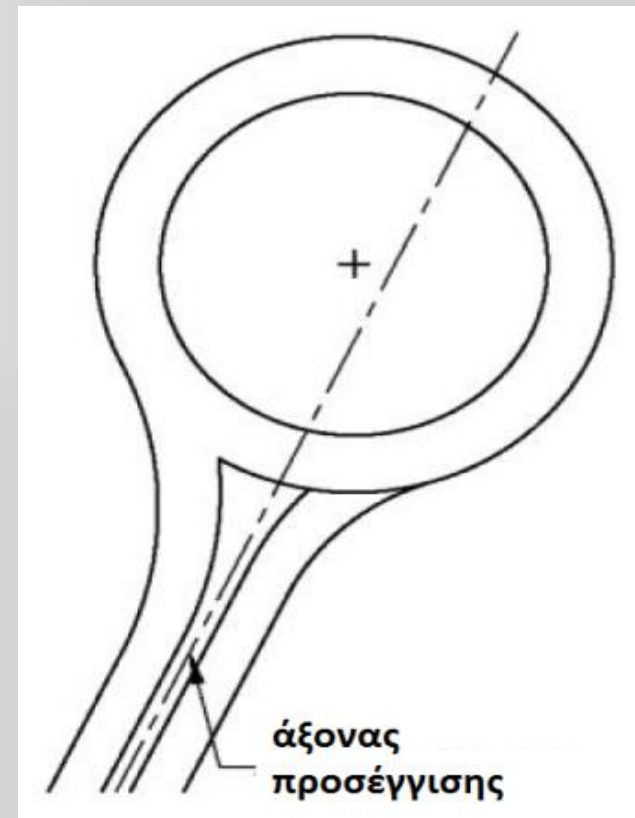
ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

- ❑ **Εκτροπή του κλάδου προσέγγισης προς τα δεξιά του κυκλικού κόμβου**
 - αναπόφευκτα ενθαρρύνονται αυξημένες ταχύτητες στην περιοχή εισόδου
 - επιθυμητή μόνο στις περιπτώσεις εφαρμογής αυξημένης διαμέτρου στον κυκλικό κόμβο

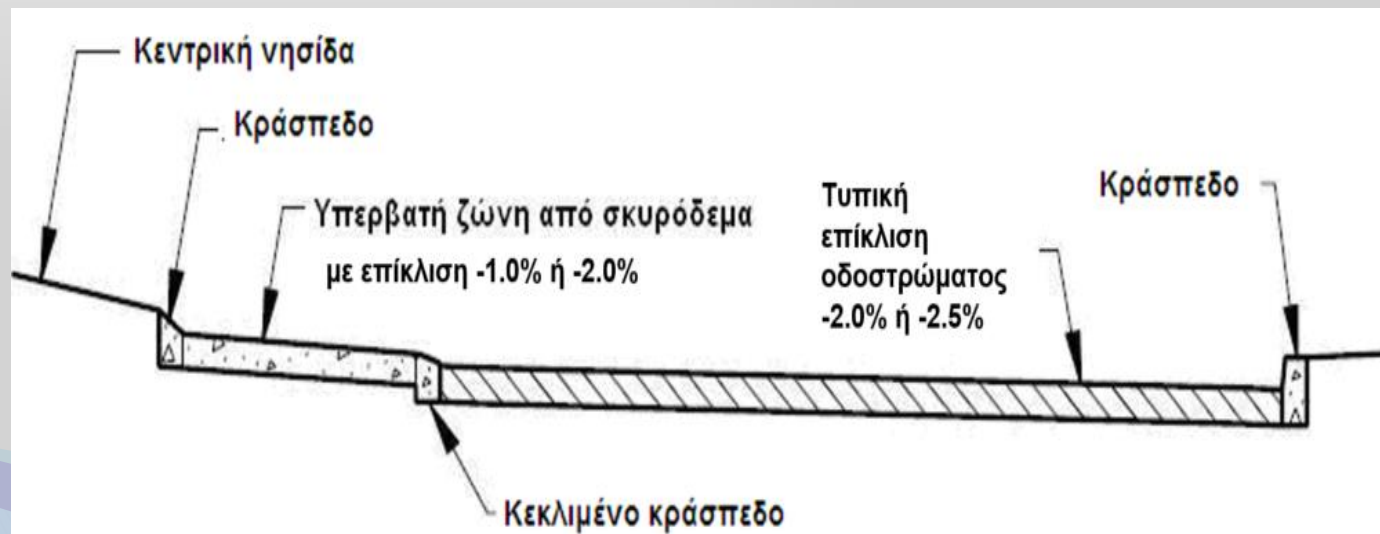
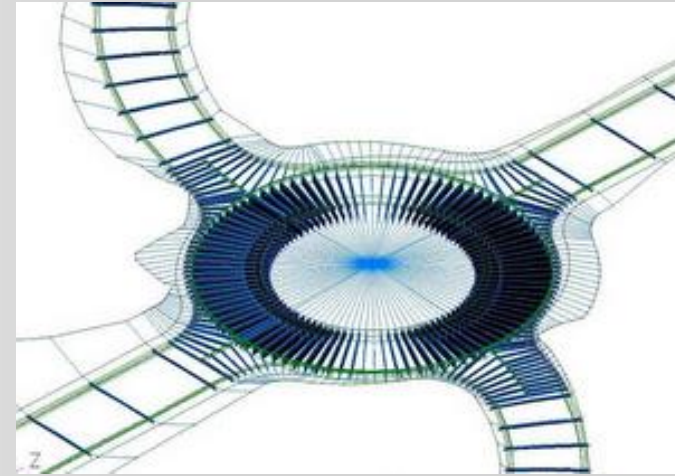
ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

□ Επικλίσεις επί του κυκλικού οδοστρώματος

- Δεδομένων των χαμηλών ταχυτήτων και προκειμένου να διευκολύνεται η απορροή ομβρίων, εφαρμόζεται αρνητική επίκλιση
 - ✓ -2.0% (NCHRP)
 - ✓ -2.5% (FGSV)



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

□ Υπερβατή ζώνη

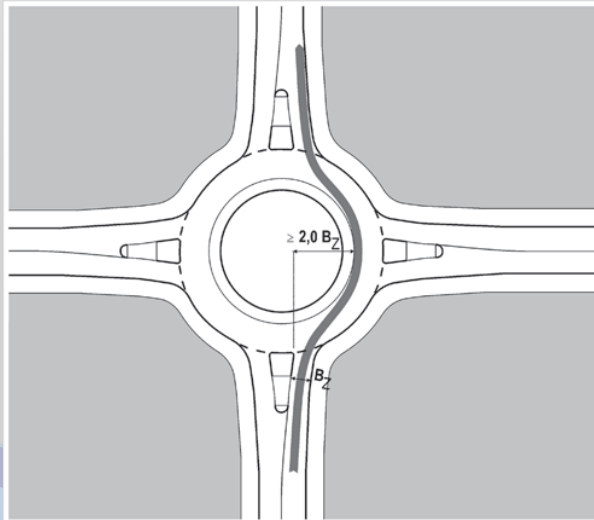
- περιοχή στην εσωτερική οριογραμμή του κυκλικού δακτυλίου κυκλοφορίας, ομόκεντρα της κεντρικής νησίδας
 - ✓ εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων
- αρνητικές επικλίσεις
- ελαφρώς υπερυψωμένη 3cm – 7cm σε σχέση με το εύρος οδοστρώματος, με πλάτος $< 1/3$ αυτού
- εφαρμόζεται κυρίως σε αστικούς τυπικούς κυκλικούς κόμβους 1 λωρίδας κυκλοφορίας (FGSV)



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

□ Περιοχή εισόδου

- ομαλή καθοδήγηση οχημάτων εντός του κυκλικού κόμβου με βάση την επιθυμητή ταχύτητα, λαμβάνοντας υπόψη
 - ✓ όχημα σχεδιασμού
 - ✓ αναγκαία μήκη ορατότητας
- συνδυασμός
 - ✓ εύρους οδοστρώματος
 - ✓ ακτίνων εισόδου



ΠΗΓΗ: FGSV (2006)



ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)

Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Περιοχή εισόδου

➤ εύρος οδοστρώματος

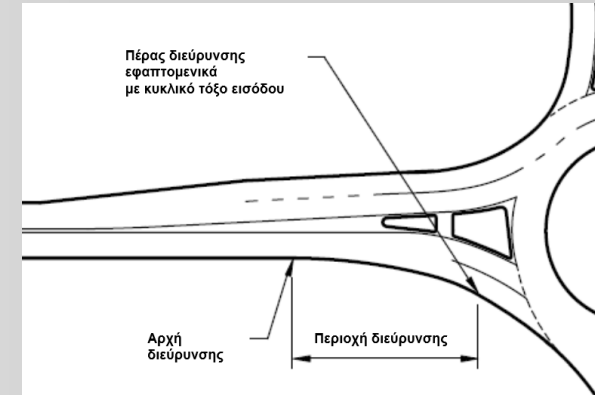
✓ (NCHRP)

- τοπική διεύρυνση (flaring) στην περιοχή εισόδου (40m περίπου), όπου η πρόσθετη λωρίδα έχει πλάτος ίσο με αρχικό πλάτος εισόδου
- ανάλογα με τα ίχνη κατάληψης του οχήματος σχεδιασμού, μεταξύ των δύο λωρίδων διαγραμμισμένη νησίδα (vane island)

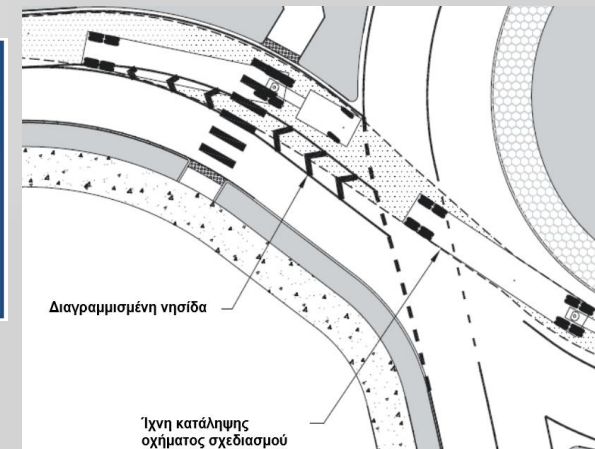
Εύρος Οδοστρώματος Εισόδου (m)		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός” - “Τυπικός” 1 Λωρίδας	4.20 – 5.50	3.25 – 3.75 (αστικός) 3.50 – 4.00 (υπεραστικός)
2+ Λωρίδων (m/λωρίδα)	3.70 – 4.60	3.25 – 3.75 (αστικός) 3.50 – 4.00 (υπεραστικός)

(FGSV): Αριθμός λωρίδων εισόδου μέχρι 2.

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



(NCHRP): Τοπική διεύρυνση



(NCHRP): Διαγραμμισμένη επιφάνεια

Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Περιοχή εισόδου

➤ εύρος οδοστρώματος

✓ (NCHRP)

- τοπική διεύρυνση (flaring) στην περιοχή εισόδου (40m περίπου), όπου η πρόσθετη λωρίδα έχει πλάτος ίσο με αρχικό πλάτος εισόδου
- ανάλογα με τα ίχνη κατάληψης του οχήματος σχεδιασμού, μεταξύ των δύο λωρίδων διαγραμμισμένη νησίδα (vane island)

(NCHRP): Διαγραμμισμένη επιφάνεια



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Περιοχή εισόδου

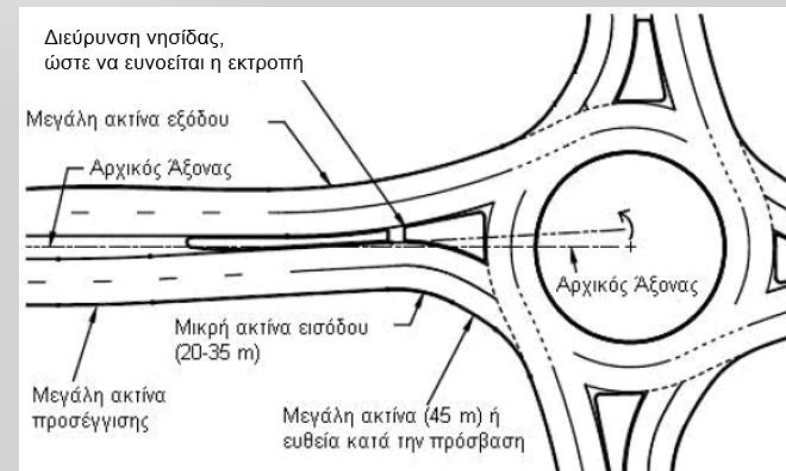
➤ ακτίνες εισόδου

- ✓ εφαρμογή τόξων μικρής καμπυλότητας
 - ευνοείται η είσοδος με αυξημένη ταχύτητα
- ✓ εφαρμογή τόξων μεγάλης καμπυλότητας
 - κίνδυνος εκτροπής οχήματος από την επιθυμητή πορεία
- ✓ να λαμβάνεται υπόψη η ταχύτητα που προκύπτει από την “ταχύτερη διαδρομή”

Ακτίνες Εισόδου (m)		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός” - “Τυπικός” 1 Λωρίδας	15 – 30	8 – 10 (μικρός) 10 – 14 (αστικός) 14 – 16 (υπεραστικός)
2 ⁺ Λωρίδων	ακολουθία R= (20 – 45) μετά R=∞ ή R>45	12 – 16 (αστικός) 14 – 16 (υπεραστικός)

(FGSV): Αριθμός λωρίδων εισόδου μέχρι 2.

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)

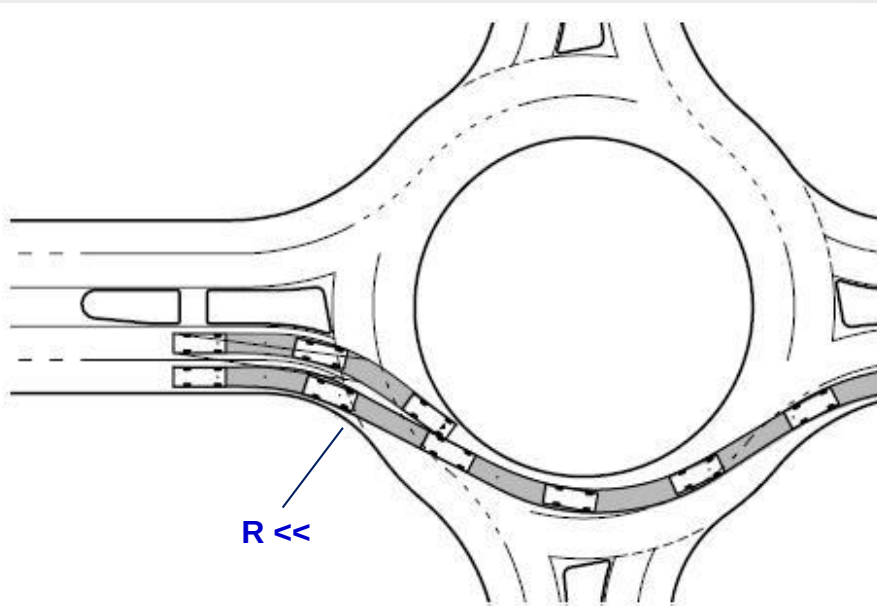


(NCHRP): Δεξιά είσοδος

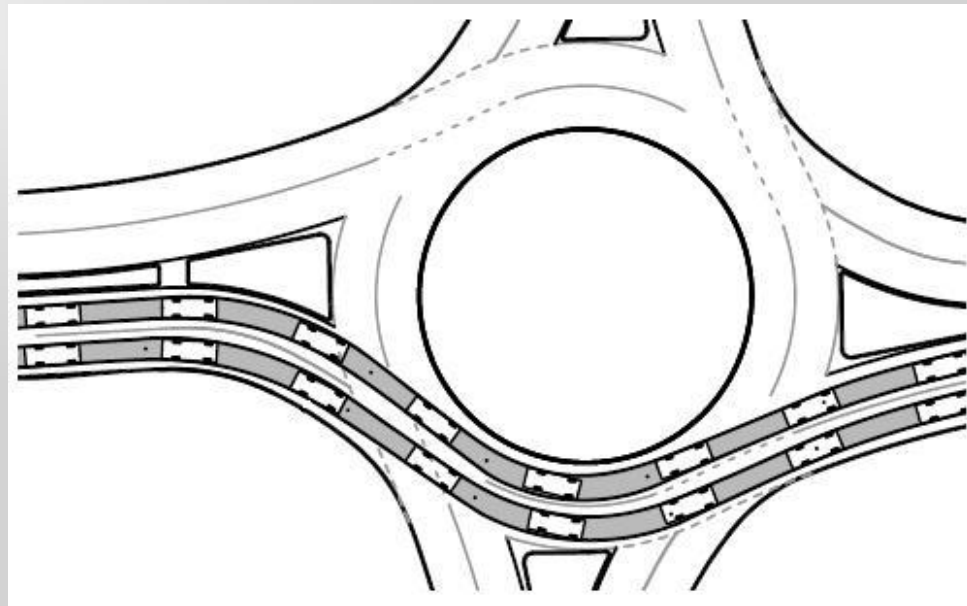
Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Περιοχή εισόδου

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



επικάλυψη τροχιών



παράλληλη πορεία

Γεωμετρικός Σχεδιασμός

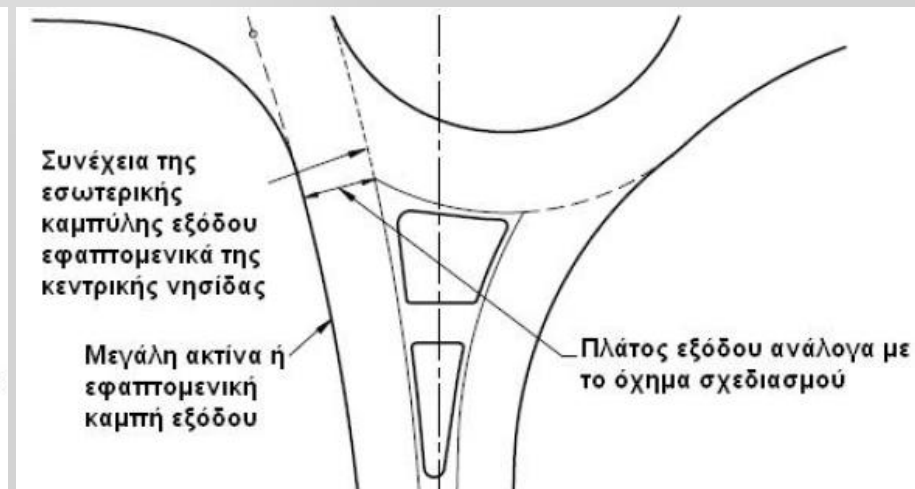
❑ Περιοχή εξόδου

- αποφυγή καθυστερήσεων
 - ✓ χρήση ακτίνων μικρότερης καμπυλότητας
- προσοχή στην περίπτωση ύπαρξης διαβάσεων πεζών - ποδηλάτων (αστικοί κόμβοι)
 - ✓ μικρές ταχύτητες
- συνδυασμός
 - ✓ εύρους οδοστρώματος
 - ✓ ακτίνων εξόδου

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Τυπική διάταξη εξόδου



Να εφαρμόζεται με προσοχή

Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Περιοχή εξόδου

➤ εύρος οδοστρώματος

- ✓ πλάτος λωρίδων κυκλοφορίας
δεν μεταβάλλεται σε σχέση με περιοχή εισόδου (NCHRP)
- ✓ πλάτος της 1 και μοναδικής λωρίδας,
λίγο πιο αυξημένο σε σχέση με περιοχή εισόδου (FGSV)

Εύρος Οδοστρώματος Εξόδου (m)		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός” - “Τυπικός” 1 Λωρίδας	4.20 – 5.50	3.50 – 4.00 (αστικός) 3.75 – 4.50 (υπεραστικός)
2* Λωρίδων (m/λωρίδα)	3.70 – 4.60	3.50 – 4.00 (αστικός) 3.75 – 4.50 (υπεραστικός)

(FGSV): Αριθμός λωρίδων εξόδου μόνο 1.

ΠΡΟΣΟΧΗ



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

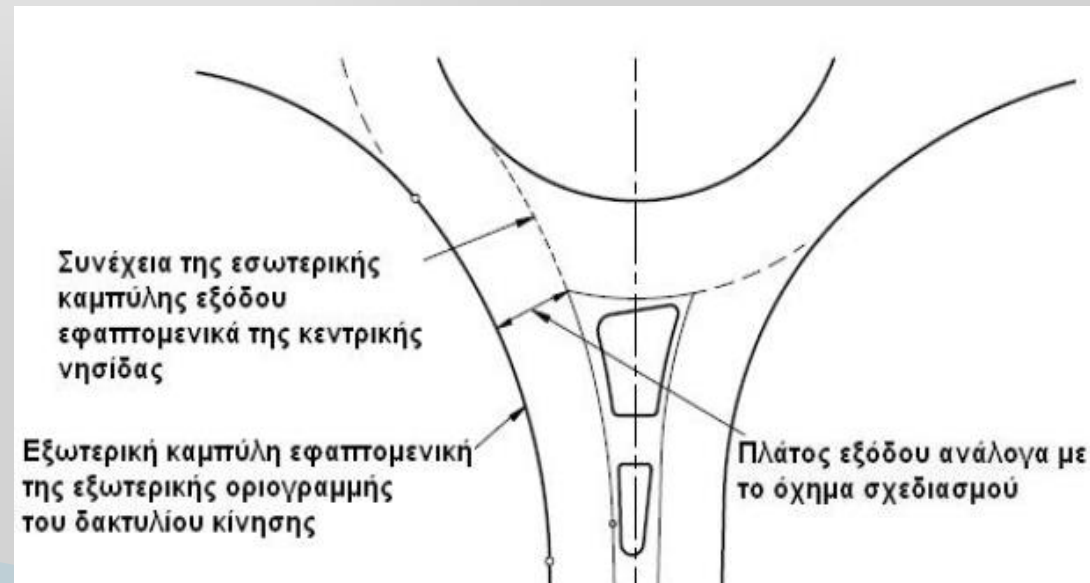
□ Περιοχή εξόδου

➤ ακτίνες εξόδου

Ακτίνες Εξόδου (m)		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός” - “Τυπικός” 1 Λωρίδας	30 – 60 ή $R \approx 250$	8 – 10 (μικρός) 12 – 16 (αστικός) 16 – 18 (υπεραστικός)
2+ Λωρίδων	μεγαλύτερες από αντίστοιχες εισόδου	16 – 18

(FGSV): Αριθμός λωρίδων εξόδου μόνο 1.

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



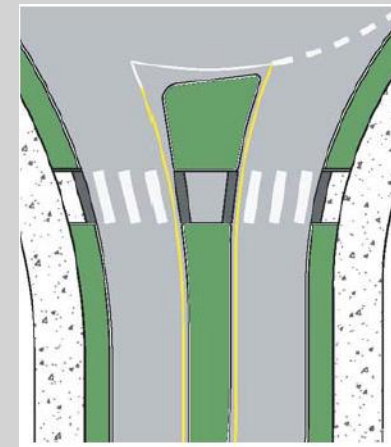
Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Κατευθυντήριες – διαχωριστικές νησίδες

- **υπερυψωμένες**
 - ✓ παροχή προστασίας σε πεζούς – ποδηλάτες
- **με διαγράμμιση**
- **εύρος**
 - ✓ (FGSV)
 - με πεζούς – ποδήλατα > 2.50m
 - χωρίς πεζούς – ποδήλατα > 1.60m
 - ✓ (NCHRP)
 - > 1.80m
 - > 4.50m²
- **μήκος**
 - ✓ (NCHRP)
 - > 15m (επιθυμητό 30m)

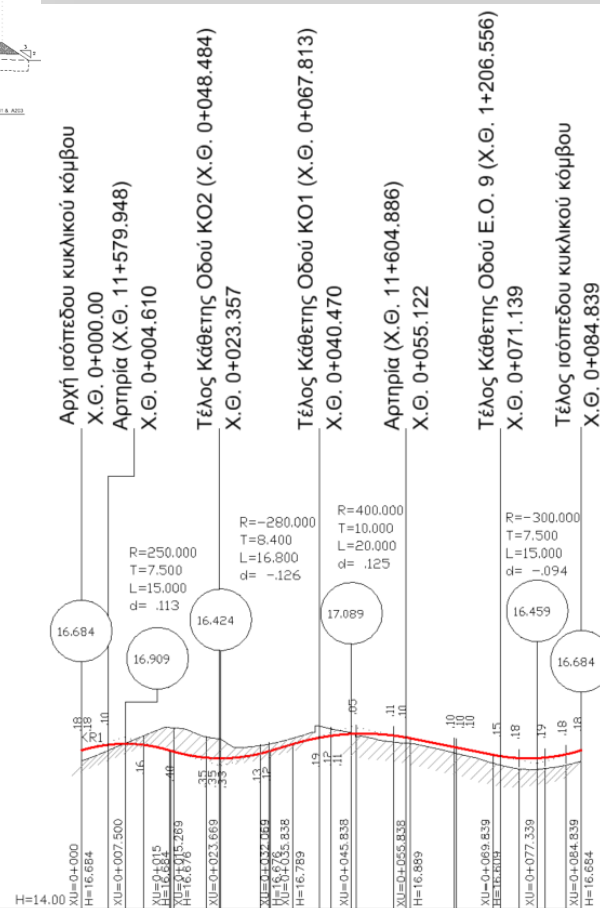
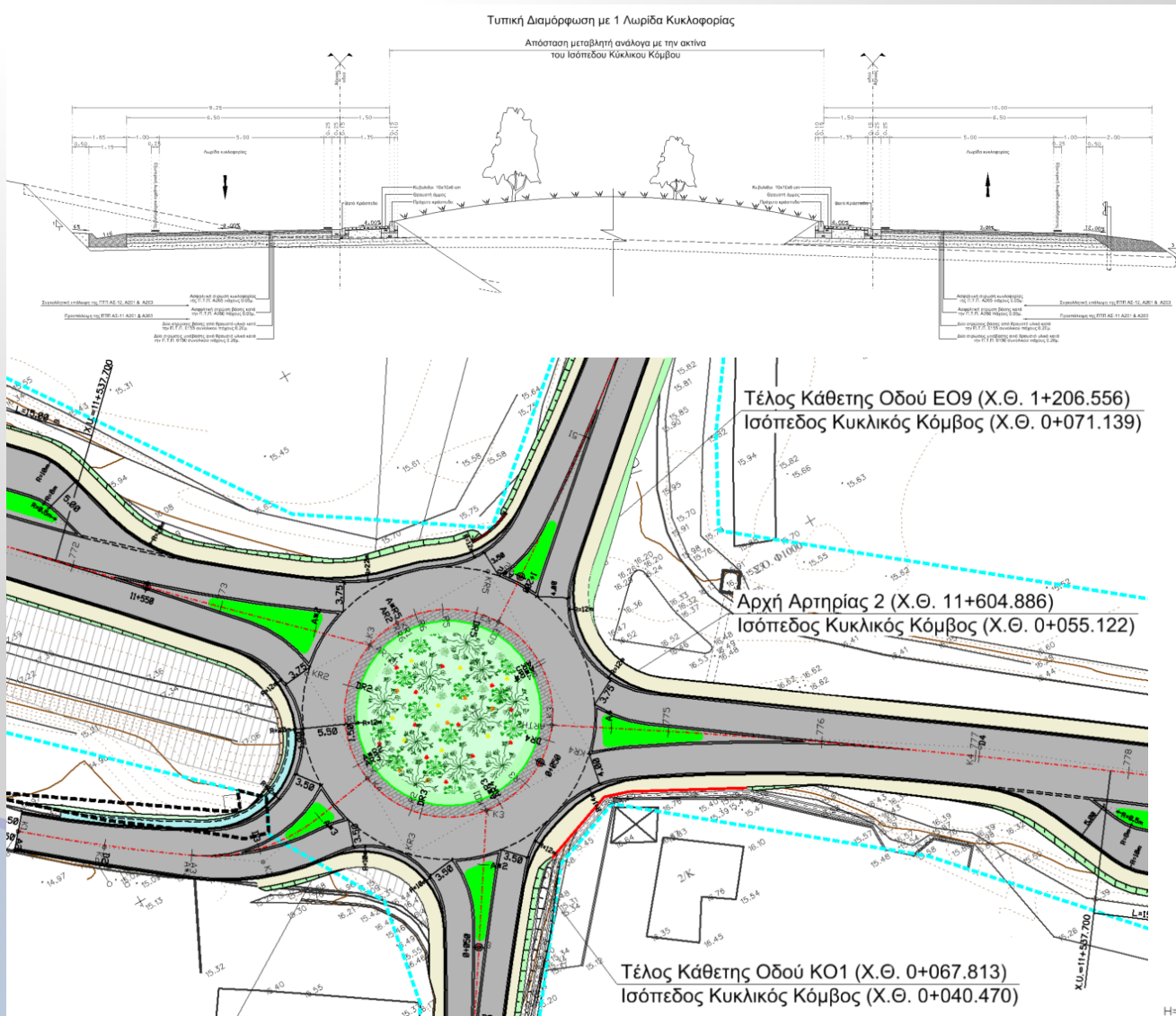


ΠΗΓΗ: ΡΙΑΡC (2003)

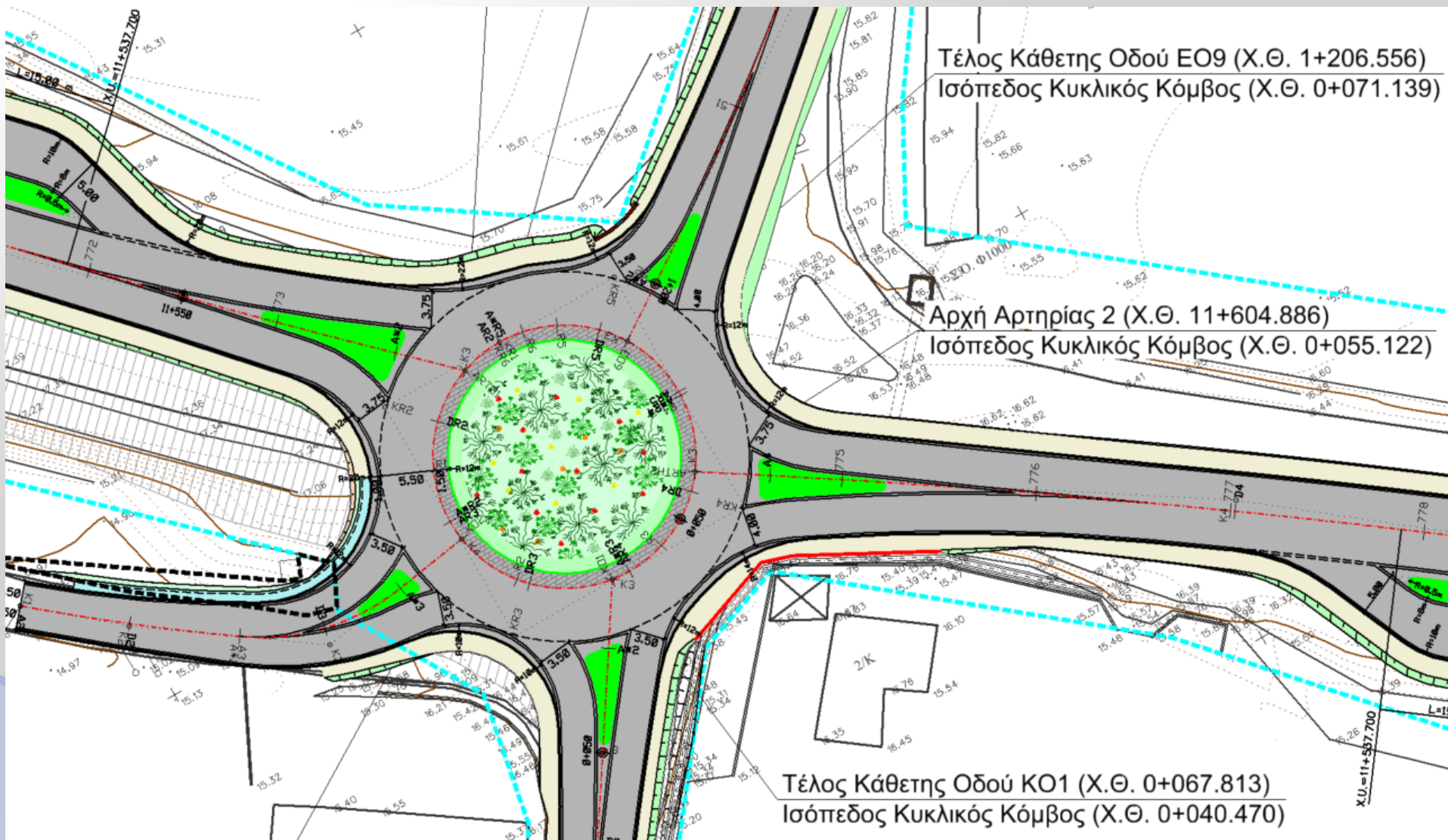


Κατευθυντήριες – Διαχωριστικές Νησίδες		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός”	υποχρεωτικά υπερυψωμένες ή με διαγράμμιση	προαιρετικά
Όλοι οι υπόλοιποι	υποχρεωτικά υπερυψωμένες	υποχρεωτικά υπερυψωμένες ή με διαγράμμιση

Γεωμετρικός Σχεδιασμός



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

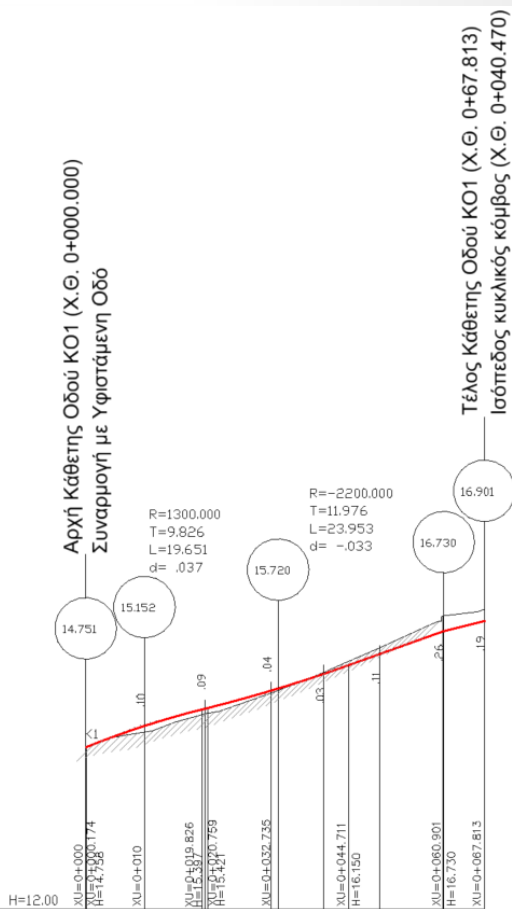


Γεωμετρικός Σχεδιασμός

ΚΑΘΕΤΗ ΟΔΟΣ ΚΟ 1

ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΥΝ 1:1000
ΚΛΙΜΑΚΑ ΥΨΥΝ 1:100

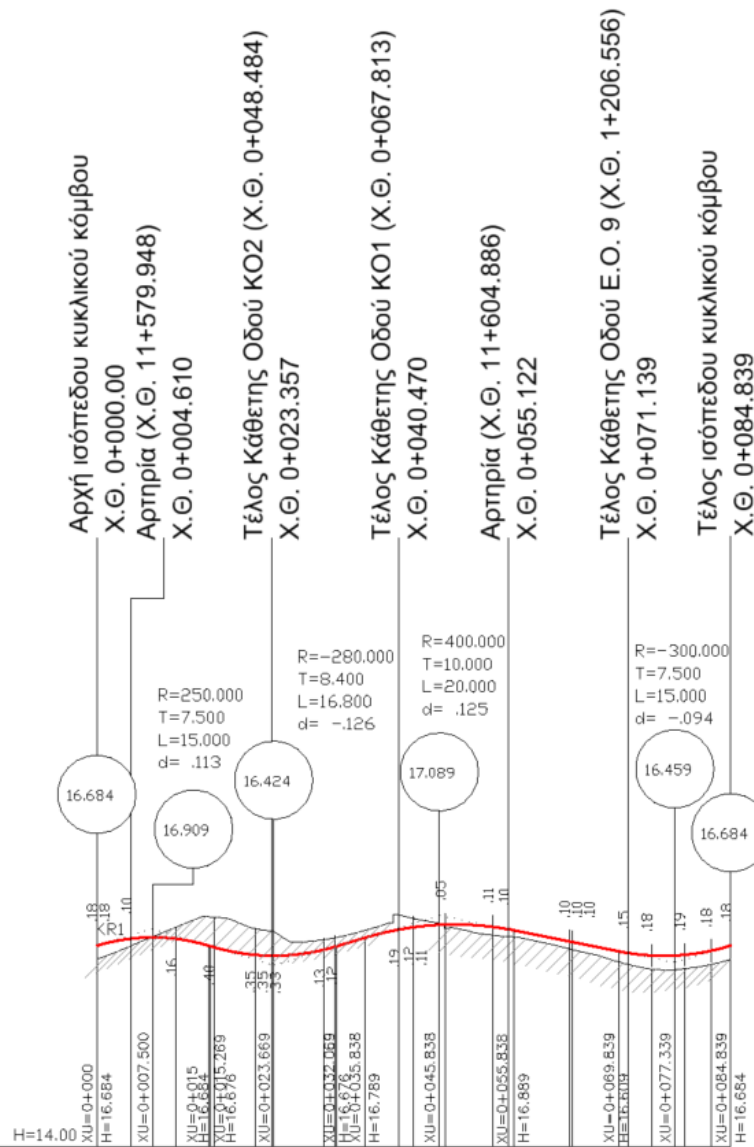
ΟΡΙΖΥΝ



ΚΥΚΛΙΚΟΣ ΚΟΜΒΟΣ

ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΥΝ 1:1000
ΚΛΙΜΑΚΑ ΥΨΥΝ 1:100

ΟΡΙΖΥΝ

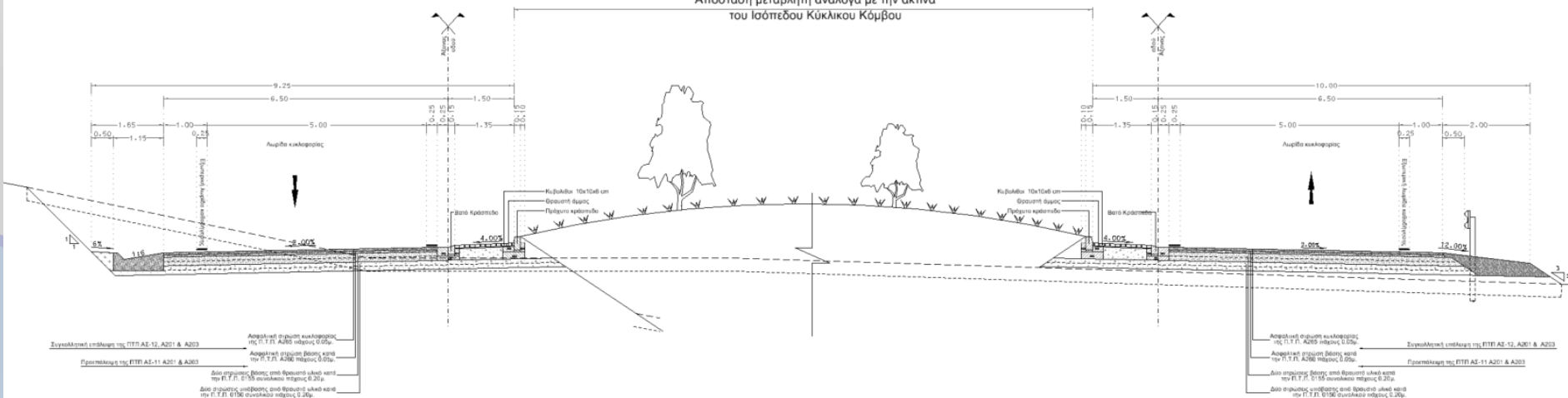


Γεωμετρικός Σχεδιασμός



Τυπική Διαμόρφωση με 1 Λωρίδα Κυκλοφορίας

Απόσταση μεταβλητή ανάλογα με την ακτίνα του Ισοπέδου Κύκλικου Κόμβου

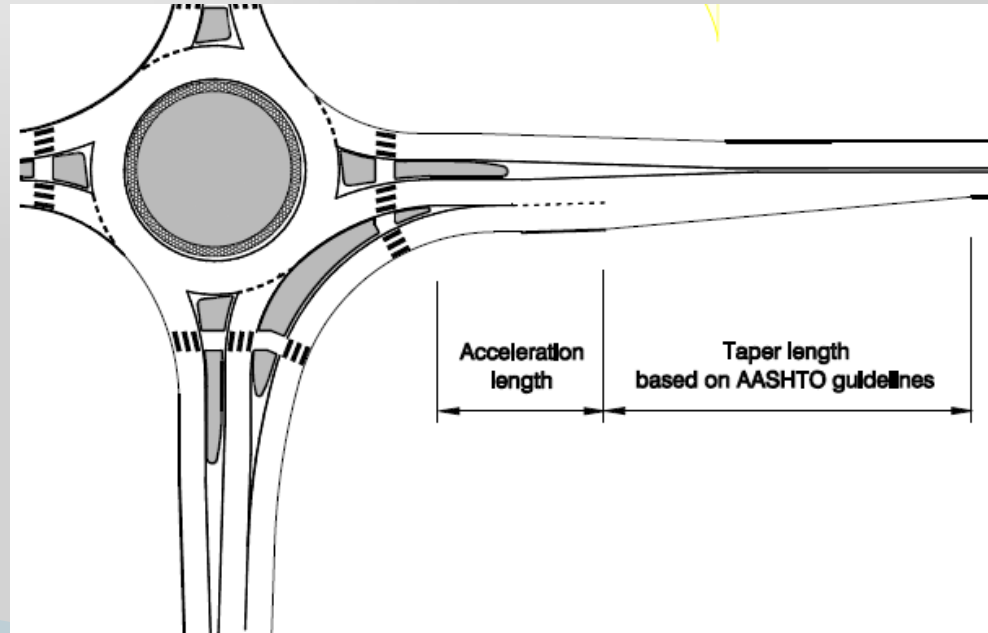


Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Παρακαμπτήριες Λωρίδες (by-pass lanes)

- απευθείας δεξιόστροφη κίνηση χωρίς είσοδο στον κυκλικό κόμβο
- εφαρμόζονται όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι της δεξιόστροφης κίνησης εισόδου είναι αυξημένοι
 - ✓ κίνδυνος υποβάθμισης της κυκλοφοριακής ικανότητας

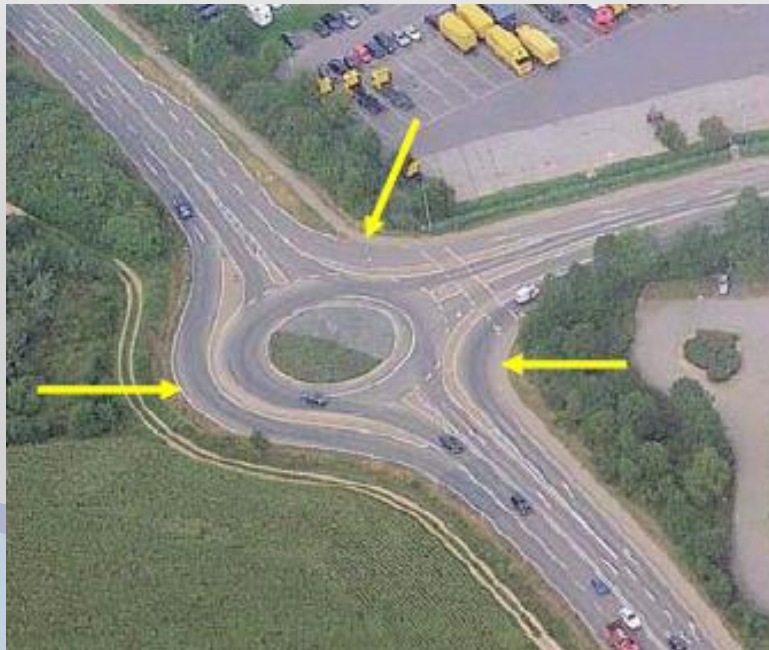
ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

❑ Παρακαμπτήριες Λωρίδες (by-pass lanes)

- απευθείας δεξιόστροφη (ή ευθεία) κίνηση χωρίς είσοδο στον κυκλικό κόμβο
- εφαρμόζονται όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι της δεξιόστροφης (ή ευθείας) κίνησης εισόδου είναι αυξημένοι
 - ✓ κίνδυνος υποβάθμισης της κυκλοφοριακής ικανότητας



Γεωμετρικός Σχεδιασμός

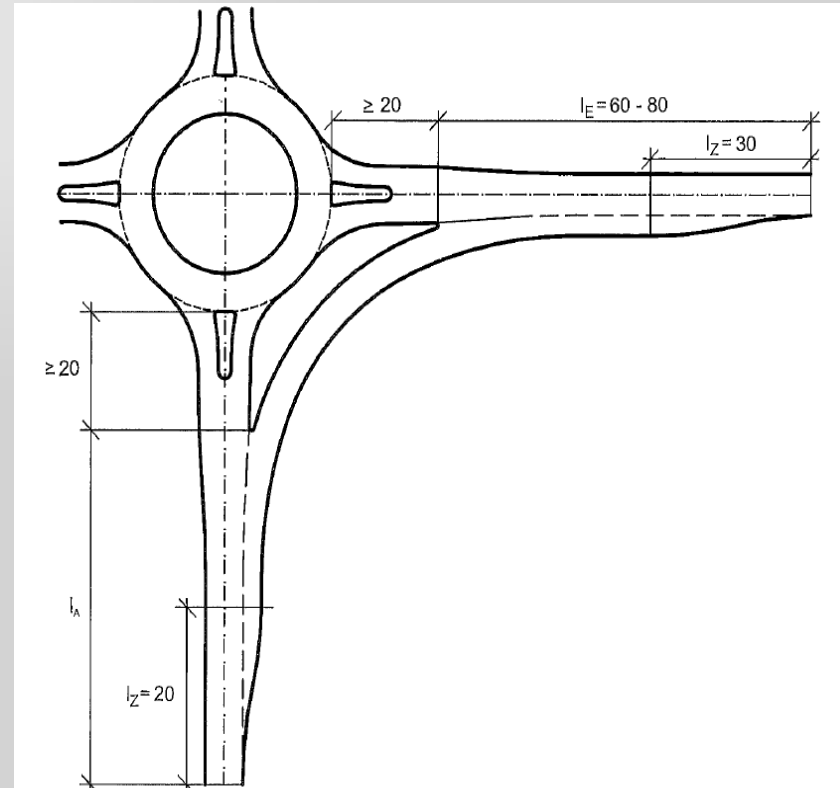
❑ Παρακαμπτήριες Λωρίδες (by-pass lanes)

- ικανοποιητική λύση σε “τυπικούς” κόμβους 1 λωρίδας
 - ✓ μεσοπρόθεσμη αποφυγή αναβάθμισής τους σε δύο λωρίδες

ΠΗΓΗ: FGSV (2006)

✓ (FGSV)

- πλάτος λωρίδας 5.50m
- πλάτος λωρίδων επιτάχυνσης – επιβράδυνσης 3.50m



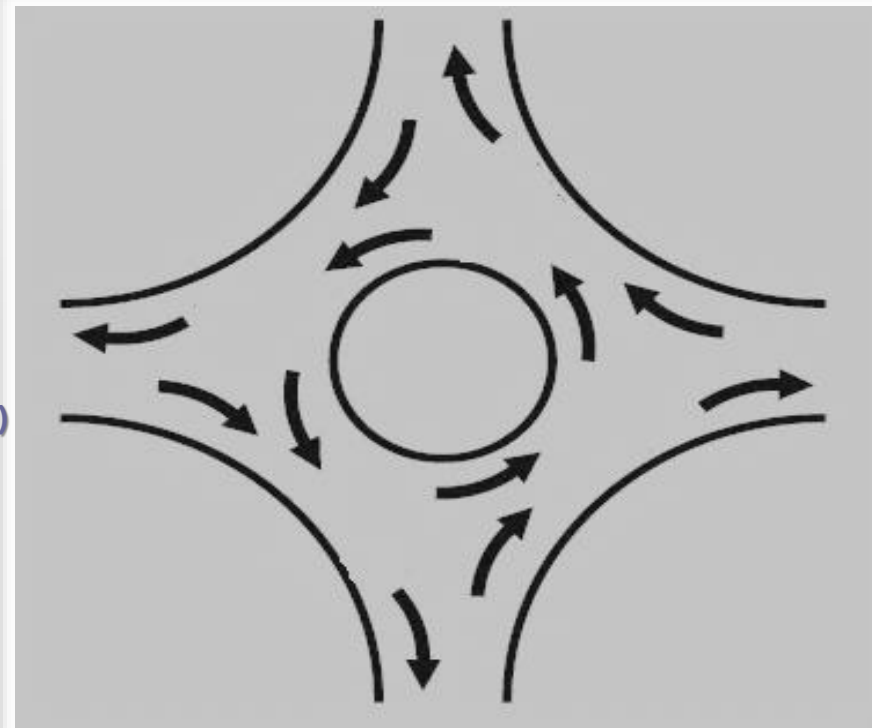
Λειτουργική Ανάλυση

❑ Εκτίμηση αναμενόμενης απόδοσής του κόμβου σε επίπεδο λειτουργίας

- επίπεδο εξυπηρέτησης
 - ✓ συνήθως το 20ο έτος από έναρξη λειτουργίας
 - ✓ παρακολούθηση λειτουργίας του ανά τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να αξιολογείται ενδεχόμενη αναγκαιότητα πρόσθετων παρεμβάσεων

❑ Διαδικασία (προσδιορισμός)

- εκτιμώμενοι φόρτοι
- χωρητικότητα εισόδου
 - ✓ γεωμετρία κόμβου
 - ✓ μέγεθος διασταυρούμενων φόρτων εντός του δακτυλίου
 - ✓ χωρικό διαχωρισμό οχημάτων
- εξυπηρετούμενος φόρτος προς χωρητικότητα (v/c)
 - ✓ < 0.85
 - ✓ > 0.85 σε ειδικές περιπτώσεις (πχ. περιοχές με κόμβους σε μικρές αποστάσεις)
- μέση καθυστέρηση
- επίπεδο εξυπηρέτησης
- μήκος ουράς (για το 95% των περιπτώσεων)



Λειτουργική Ανάλυση

❑ Συλλογή δεδομένων

- παρόμοιος τρόπος με την περίπτωση συμβατικών ισόπεδων κόμβων
- συλλέγονται φόρτοι στρεφουσών κινήσεων ανά κλάδο πρόσβασης και μετατρέπονται σε
 - ✓ ισοδύναμους ρυθμούς ροής
 - ΣΩΑ
 - ✓ μονάδες επιβατηγών αυτοκινήτων (ΜΕΑ)
 - % κίνησης βαρέων οχημάτων

Λειτουργική Ανάλυση

❑ Φόρτοι στρεφουσών κινήσεων ανά κλάδο πρόσβασης

➤ μετατροπή σε ισοδύναμους ρυθμούς ροής

✓ ΣΩΑ

✓ % κίνησης βαρέων οχημάτων

$$V_i = \frac{V_j}{\Sigma \Omega A}$$

$$V_{i,MEA} = \frac{V_i}{f_{HV}}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

όπου:

V_j : μετρούμενος φόρτος (οχ/h)

V_i : ωριαίος φόρτος (οχ/h)

$\Sigma \Omega A$: Συντελεστής Ωριαίας Αιχμής

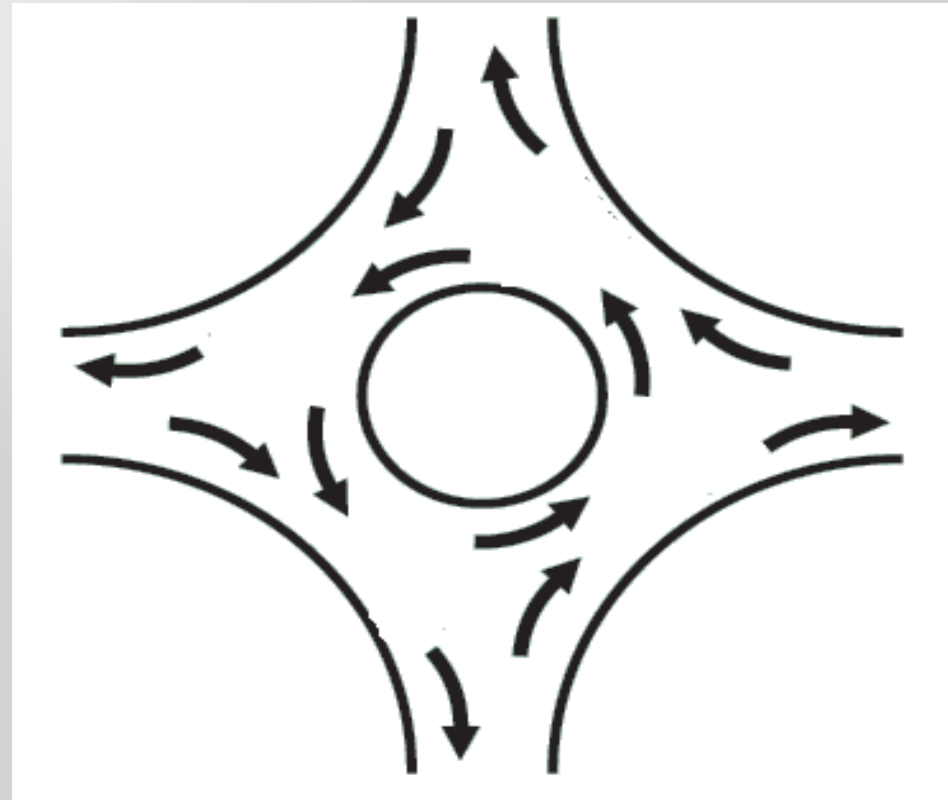
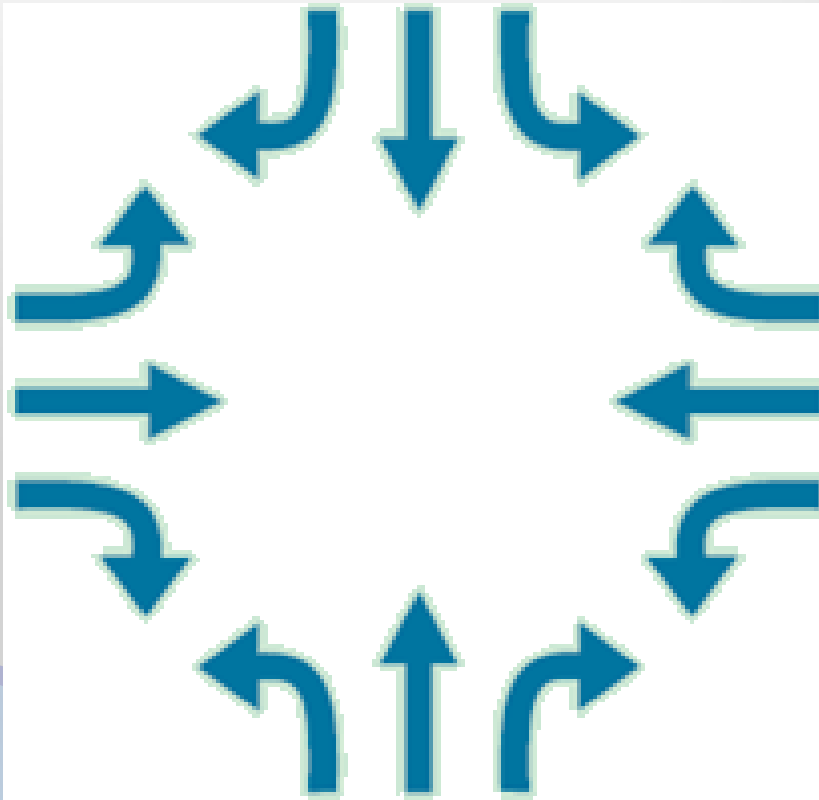
f_{HV} : συντελεστής βαρέων οχημάτων

P_T : ποσοστό βαρέων οχημάτων

E_T : αντιστοιχία βαρέων οχημάτων με MEA (συνήθως $E_T=2$)

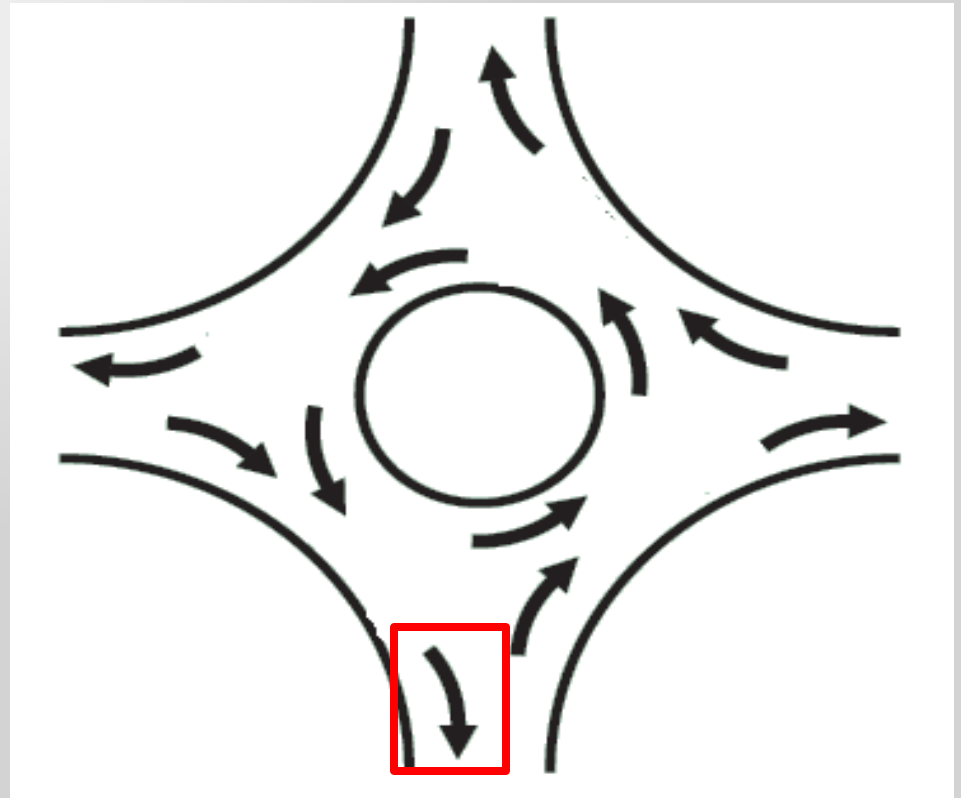
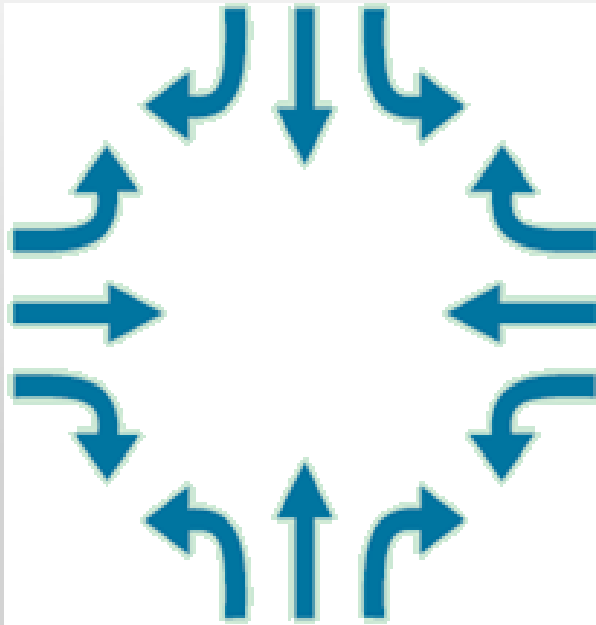
Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



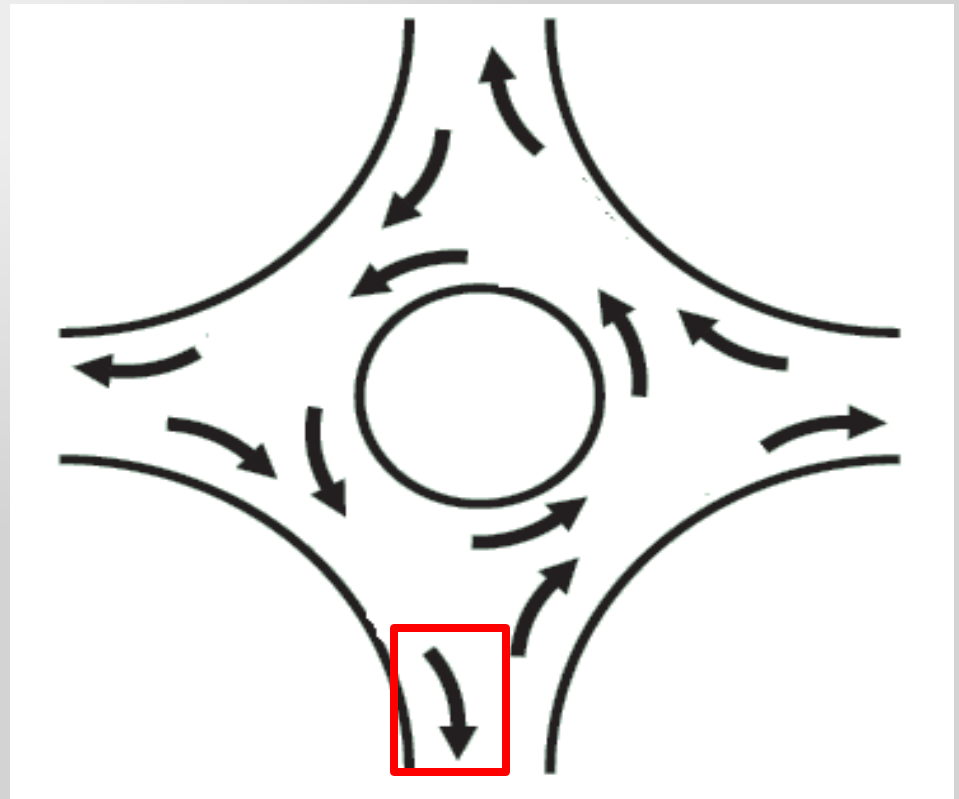
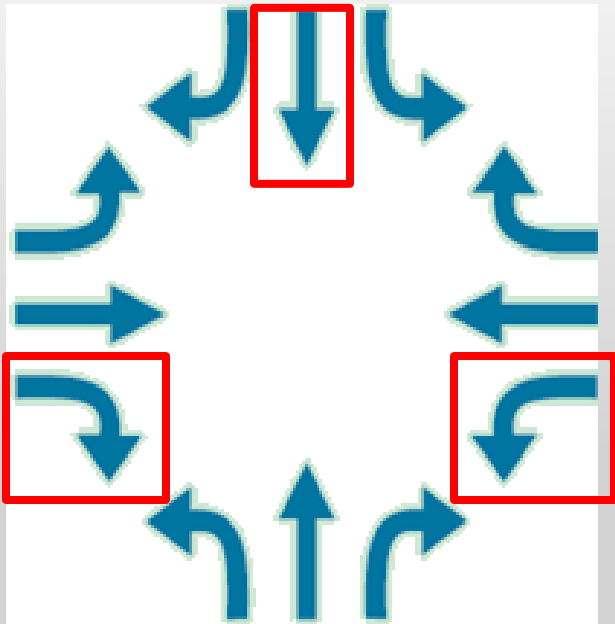
Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



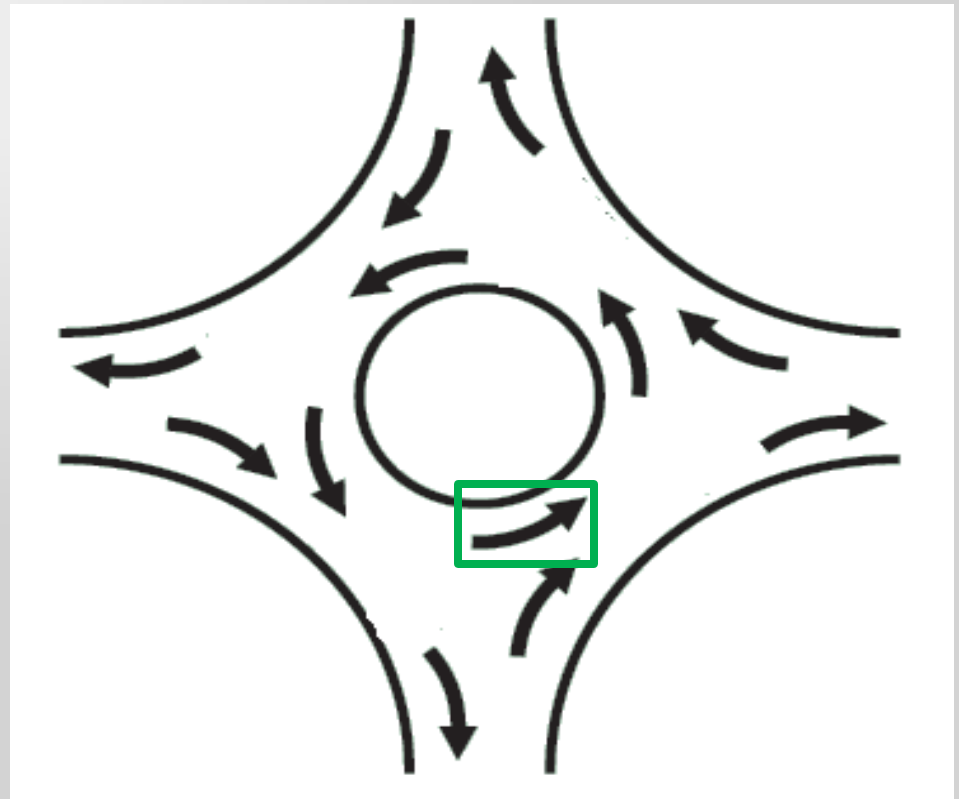
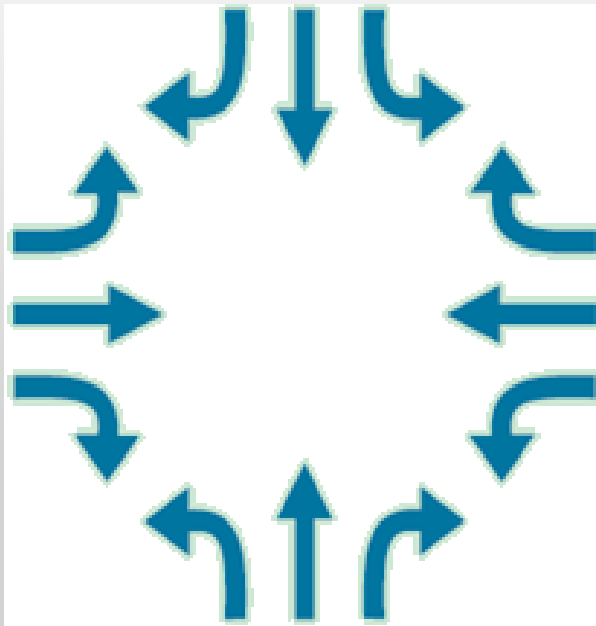
Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



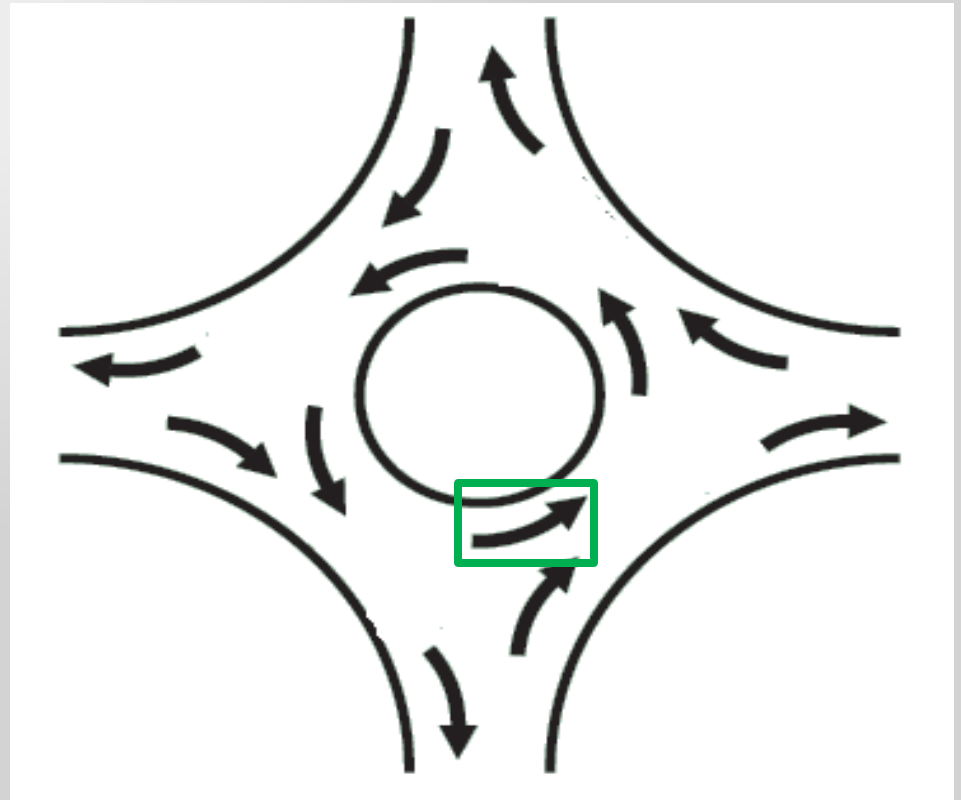
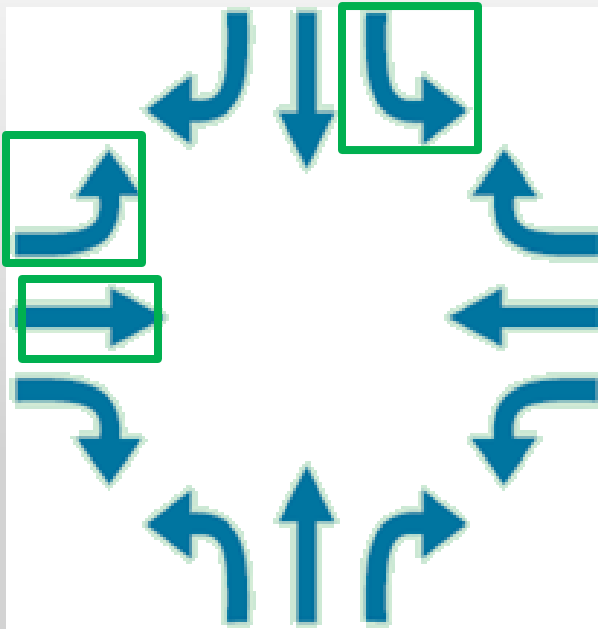
Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



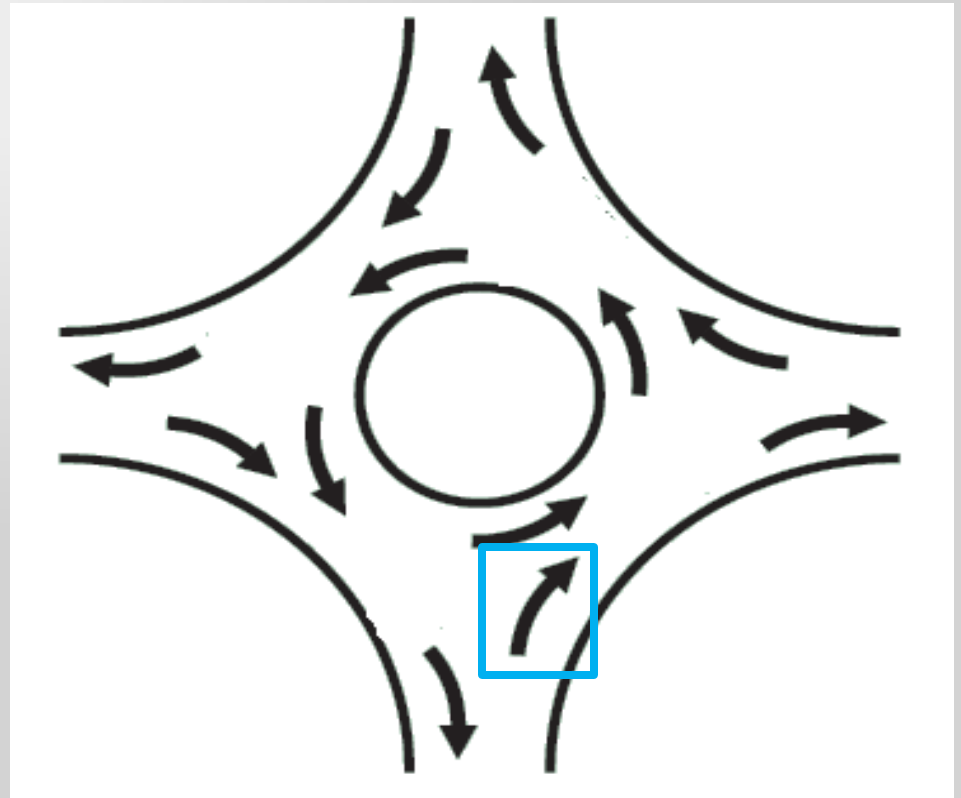
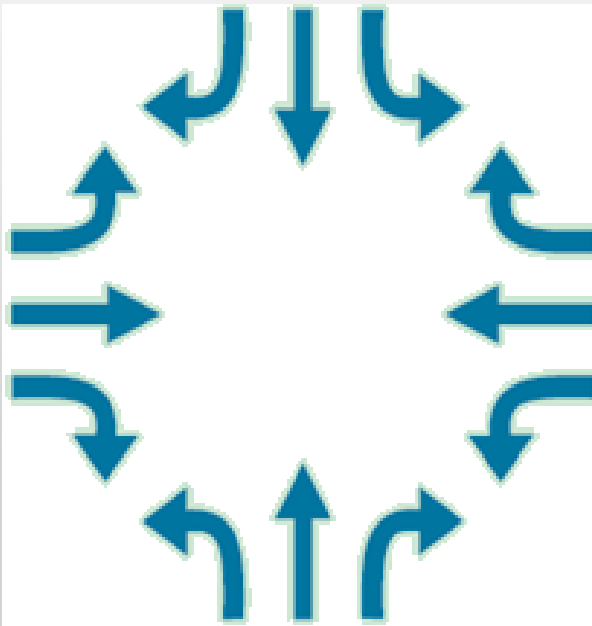
Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



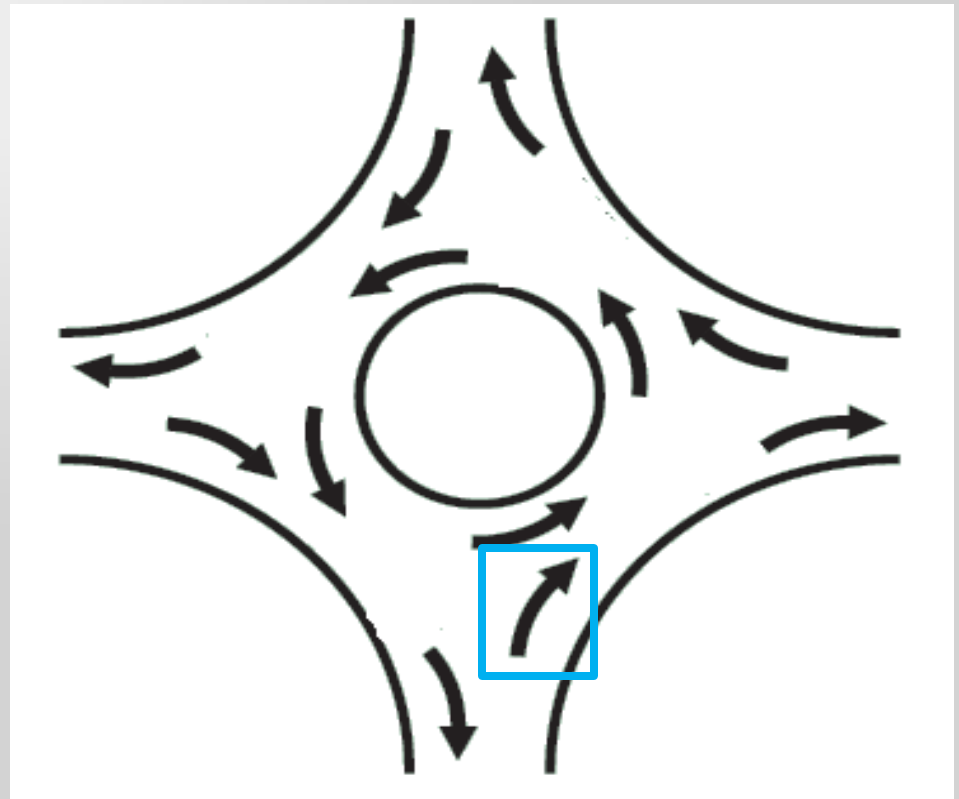
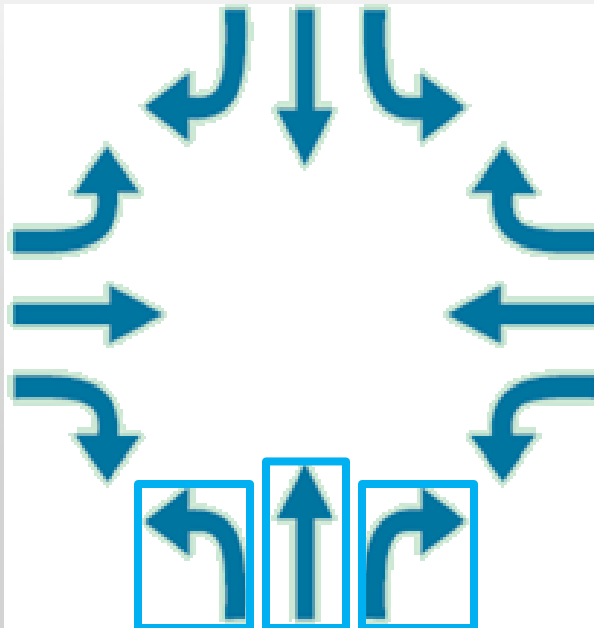
Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



Λειτουργική Ανάλυση

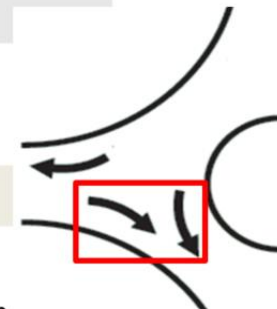
❑ Χωρητικότητα

- πλήθος των κινούμενων οχημάτων επί του δακτυλίου στις περιοχές εισόδου
 - ✓ αυξημένη κυκλοφορία οχημάτων επί του δακτυλίου μειώνει τη δυνατότητα εισόδου οχημάτων στον κυκλικό κόμβο
- υπολογισμοί
 - ✓ ξεχωριστά για κάθε πρόσβαση στον κυκλικό κόμβο
 - ✓ ανά λωρίδα για κάθε συνδυασμό αριθμού λωρίδων πρόσβασης και κίνησης στο δακτύλιο)

➤ αρχική εκτίμηση

ΠΗΓΗ: Leisch (2005)

Φόρτος Διασταυρωνόμενων Κινήσεων (οχ/h)	Απαιτηση Λωρίδων Εισόδου
0 – 1000	μία λωρίδα
1000 - 1300	δύο λωρίδες
1300 - 1800	μία λωρίδα
1300 - 1800	δύο λωρίδες
> 1800	> δύο λωρίδες
	περαιτέρω διερεύνηση



Λειτουργική Ανάλυση

❑ Χωρητικότητα

- ανά λωρίδα πρόσβασης, σε κυκλικούς κόμβους έως 2 λωρίδων κυκλοφορίας

- μία ή οποιαδήποτε από δύο λωρίδες πρόσβασης και μία λωρίδα επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο

$$C_{e,pce} = 1130e^{[(-1.0 \times 10^{-3})v_{c,pce}]}$$

όπου:

$C_{e,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας πρόσβασης (MEA/h)

$v_{c,pce}$: φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας (MEA/h)

- μία λωρίδα πρόσβασης και δύο λωρίδες επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο

$$C_{e,pce} = 1130e^{[(-0.7 \times 10^{-3})v_{c,pce}]}$$

όπου:

$C_{e,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας πρόσβασης (MEA/h)

$v_{c,pce}$: φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας (MEA/h)

- δύο λωρίδες πρόσβασης και δύο λωρίδες επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο

$$C_{e,R,pce} = 1130e^{[(-0.7 \times 10^{-3})v_{c,pce}]}$$

$$C_{e,L,pce} = 1130e^{[(-0.75 \times 10^{-3})v_{c,pce}]}$$

όπου:

$C_{e,R,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα δεξιάς λωρίδας πρόσβασης (MEA/h)

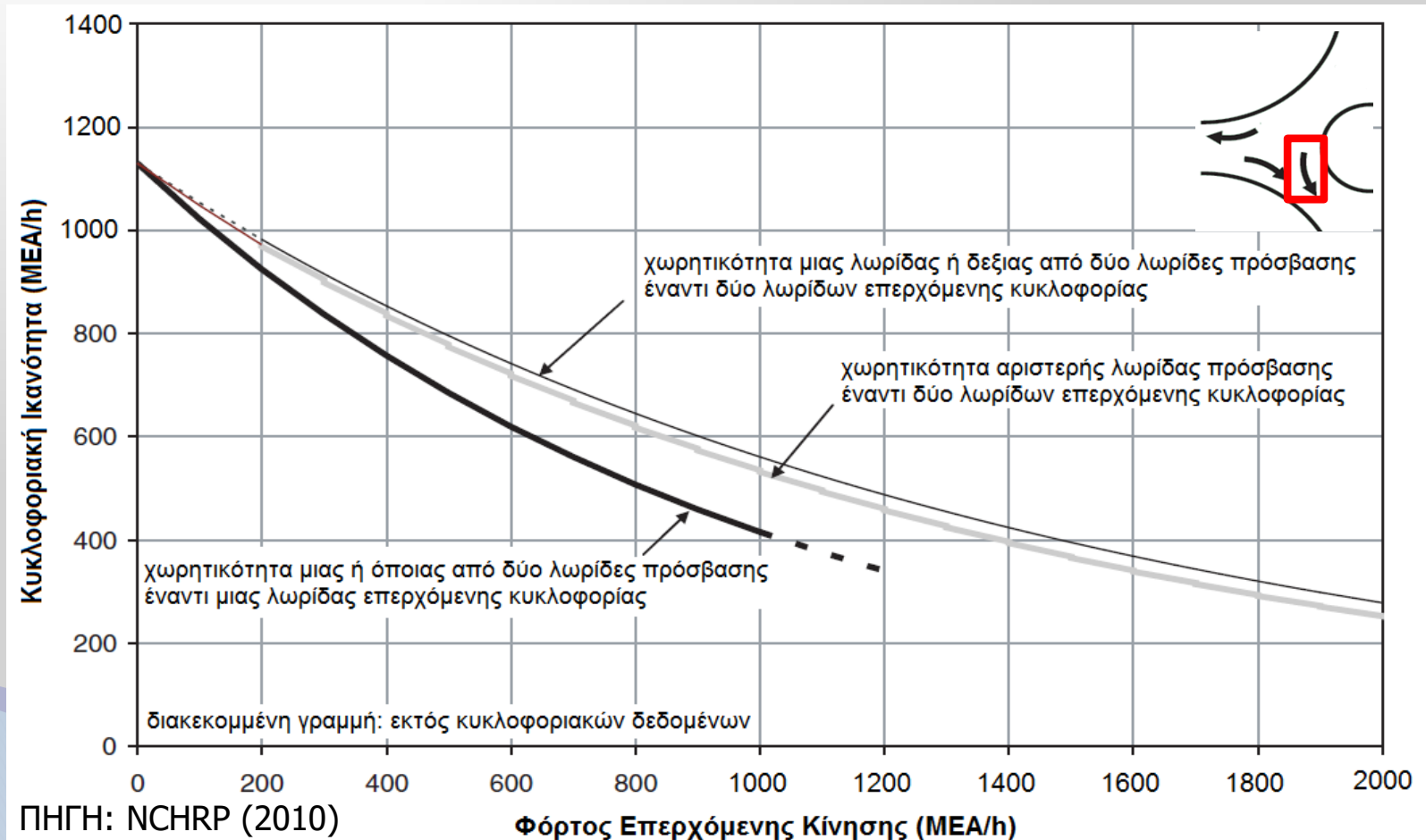
$C_{e,L,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα αριστερής λωρίδας πρόσβασης (MEA/h)

$v_{c,pce}$: φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας (MEA/h)

Λειτουργική Ανάλυση

❑ Χωρητικότητα

- ανά λωρίδα πρόσβασης, σε κυκλικούς κόμβους έως 2 λωρίδων κυκλοφορίας

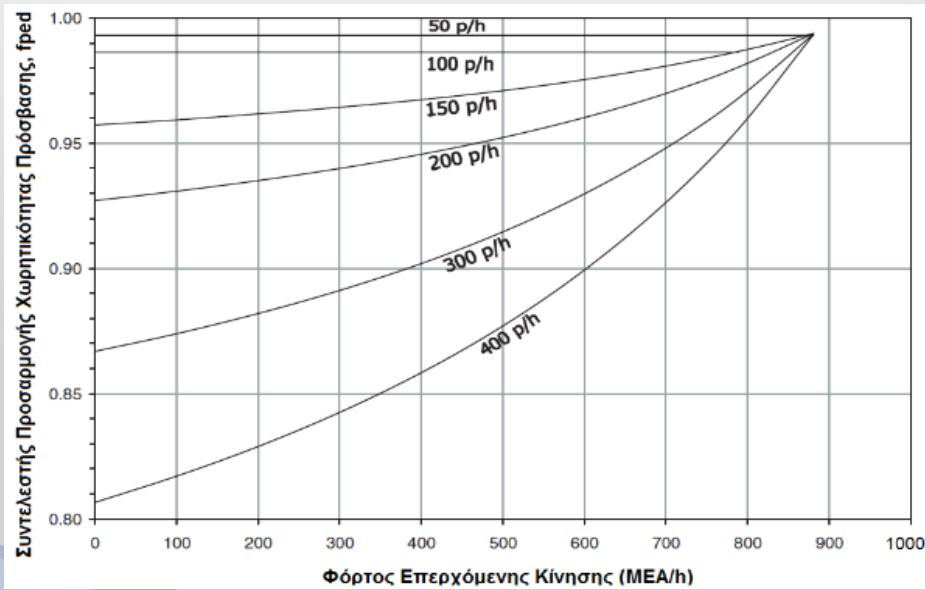


Λειτουργική Ανάλυση

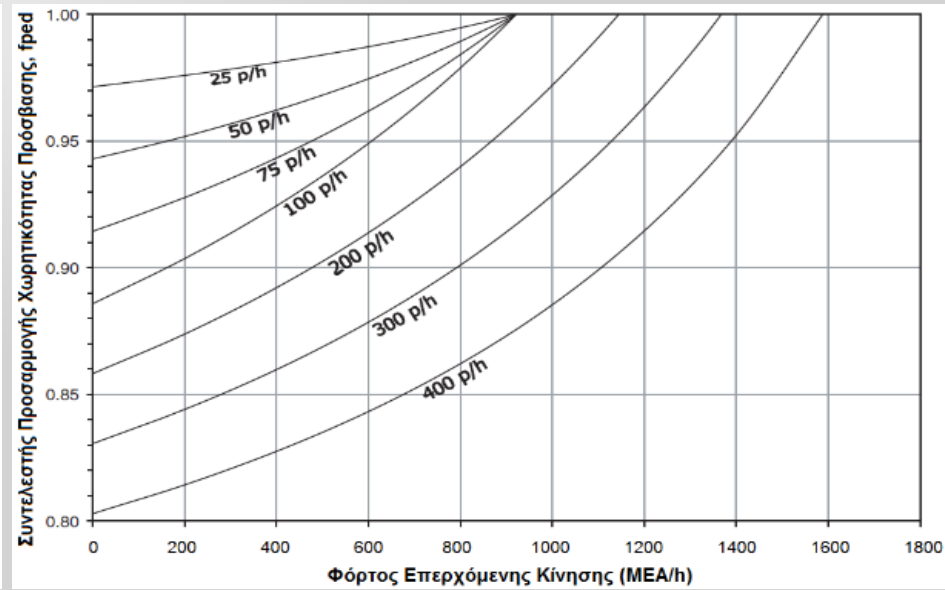
❑ Χωρητικότητα

➤ επιρροή παρουσίας πεζών

- ✓ μείωση στην υπολογισθείσα, χωρίς την παρουσία πεζών, χωρητικότητα



1 λωρίδα πρόσβασης



2 λωρίδες πρόσβασης

Λειτουργική Ανάλυση

□ Εξυπηρετούμενος φόρτος προς χωρητικότητα (v/c)

➤ μέσο αξιολόγησης

$$X = \frac{v}{c}$$

όπου:

x: λόγος φόρτου προς χωρητικότητα λωρίδας

v: φόρτος λωρίδας (ΜΕΑ/h)

c: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας (ΜΕΑ/h)



Λειτουργική Ανάλυση

□ Εκτίμηση καθυστερήσεων

- σημαντική παραμέτρους αξιολόγησης της απόδοσης του κόμβου
- συνολική καθυστέρηση, λόγω κανόνων προτεραιότητας και γεωμετρίας

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[\left[\frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)^v}{450T}} \right] + 5\min\left[\frac{v}{c}, 1\right] \right]$$

όπου:

d: μέση ολική καθυστέρηση (sec/οχ)

c: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας (οχ/h)

v: φόρτος λωρίδας (οχ/h)

T: 0.25h [χρονική περίοδος ανάλυσης 15min]

Προσοχή

sec/όχημα (sec/οχ) και όχι sec/MEA



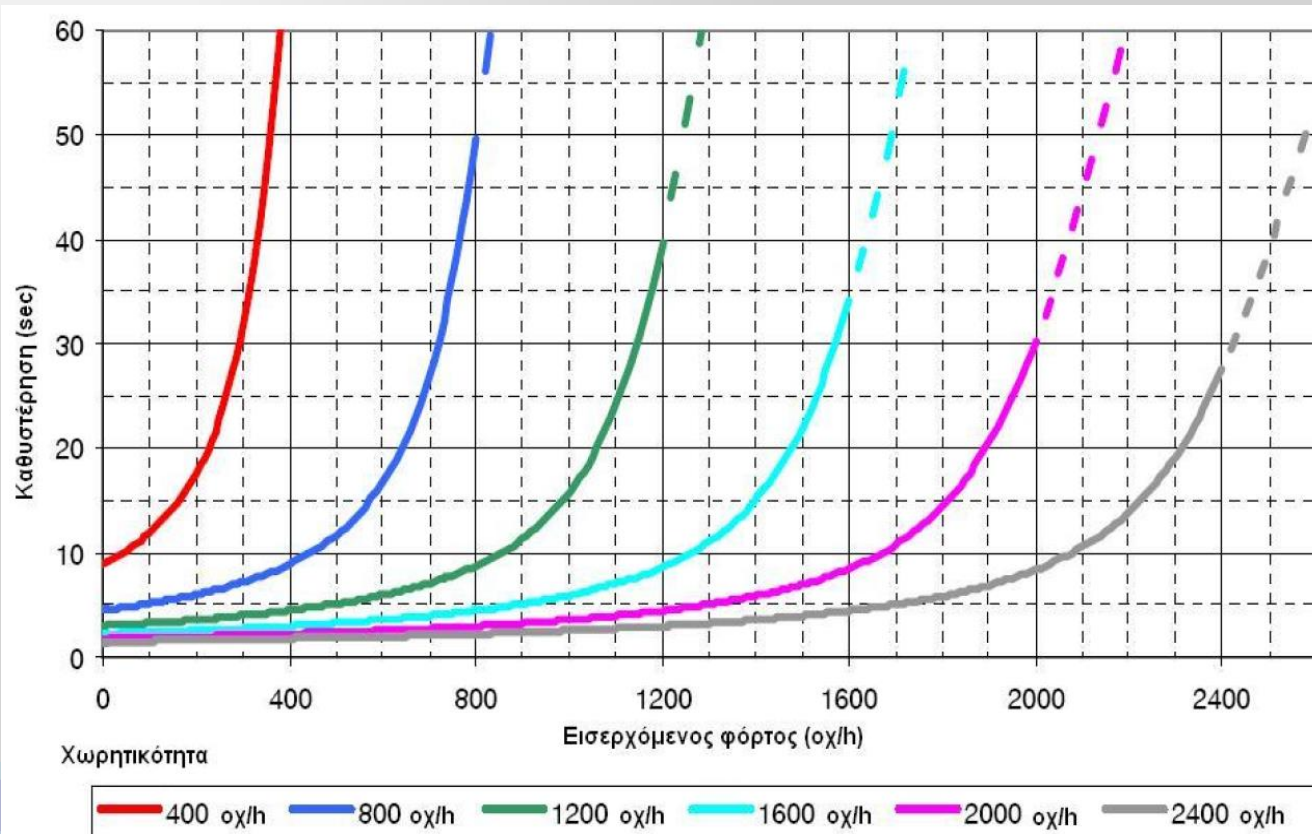
Λειτουργική Ανάλυση

□ Εκτίμηση καθυστερήσεων

➤ ανά λωρίδα πρόσβασης

- ✓ εισερχόμενο φόρτο
- ✓ χωρητικότητα

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Λειτουργική Ανάλυση

□ Εκτίμηση καθυστερήσεων

➤ ανά πρόσβαση

- ✓ σταθμισμένος μέσος των καθυστερήσεων των λωρίδων

$$d_{\text{πρόσβασης}} = \frac{d_{LL}v_{LL} + d_{RL}v_{RL} + d_{\text{Bypass}}v_{\text{Bypass}}}{v_{LL} + v_{RL} + v_{\text{Bypass}}}$$

όπου:

$d_{\text{πρόσβασης}}$: καθυστέρηση πρόσβασης (sec/οχ)

d_i : καθυστέρηση λωρίδας (sec/οχ)

v_i : φόρτος λωρίδας (οχ/h)

$_{LL}$: αριστερή λωρίδα

$_{RL}$: δεξιά λωρίδα

$_{\text{Bypass}}$: αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στροφής

➤ συνολική καθυστέρηση του κόμβου

$$d_{\text{κόμβου}} = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i}$$

όπου:

$d_{\text{κόμβου}}$: καθυστέρηση κόμβου (sec/οχ)

d_i : καθυστέρηση πρόσβασης (sec/οχ)

v_i : φόρτος πρόσβασης (οχ/h)



Λειτουργική Ανάλυση

□ Καθορισμός επιπέδου εξυπηρέτησης

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)

Συνολική Καθυστερήση (sec/veh)	Επίπεδο Εξυπηρέτησης	
	$v/c \leq 1.0$	$v/c > 1.0$
0 - 10	A	F
>10 - 15	B	F
>15 - 25	C	F
>25 - 35	D	F
>35 - 45	E	F
>50	F	F

Λειτουργική Ανάλυση

□ Εκτίμηση μήκους ουρών

- βοηθητικό μέγεθος στο σχεδιασμό των προσβάσεων

$$Q_{95} = 900T \left[\frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{v}{c}\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right) \frac{v}{c}}{150T}} \right] \left(\frac{c}{3600}\right)$$

όπου:

Q_{95} : ουρά που δεν υπερβαίνει το 95% των περιπτώσεων (οχ)

c : κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας (οχ/h)

v : φόρτος λωρίδας (οχ/h)

T : 0.25h [χρονική περίοδος ανάλυσης 15min]

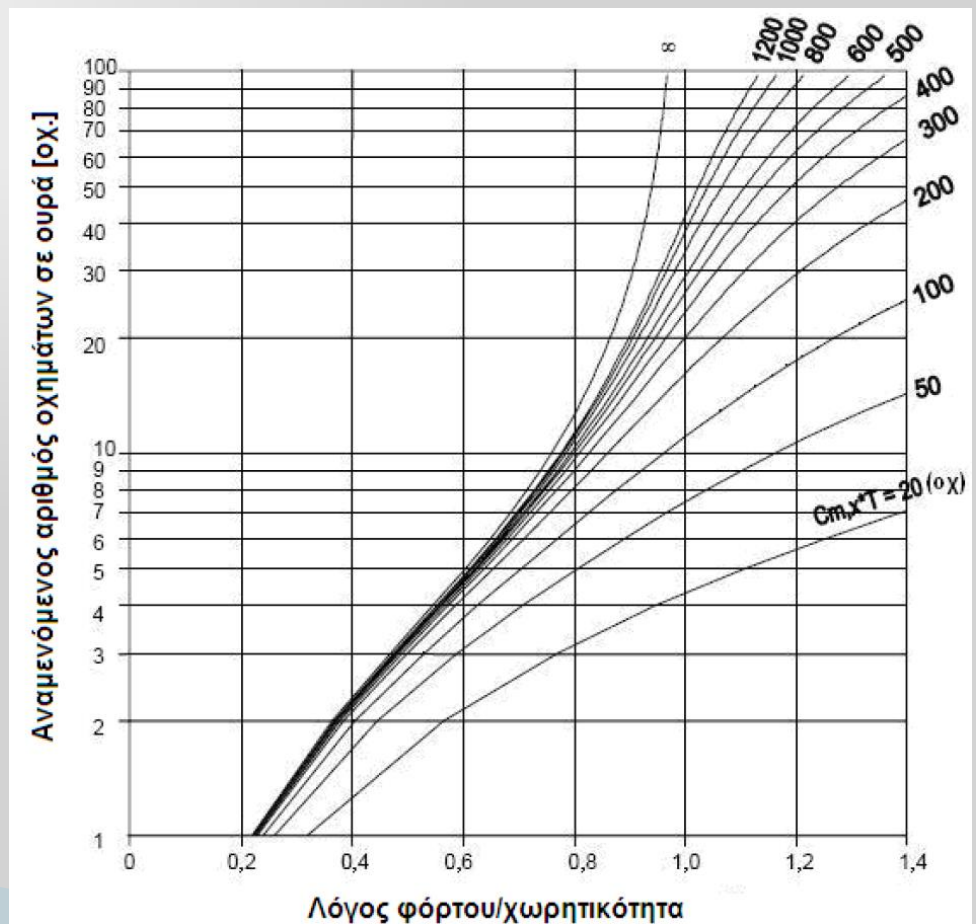


Λειτουργική Ανάλυση

□ Εκτίμηση μήκους ουρών

- βοηθητικό μέγεθος στο σχεδιασμό των προσβάσεων

ΠΗΓΗ: NCHRP (2010)



Λειτουργική Ανάλυση

□ Εφαρμογή

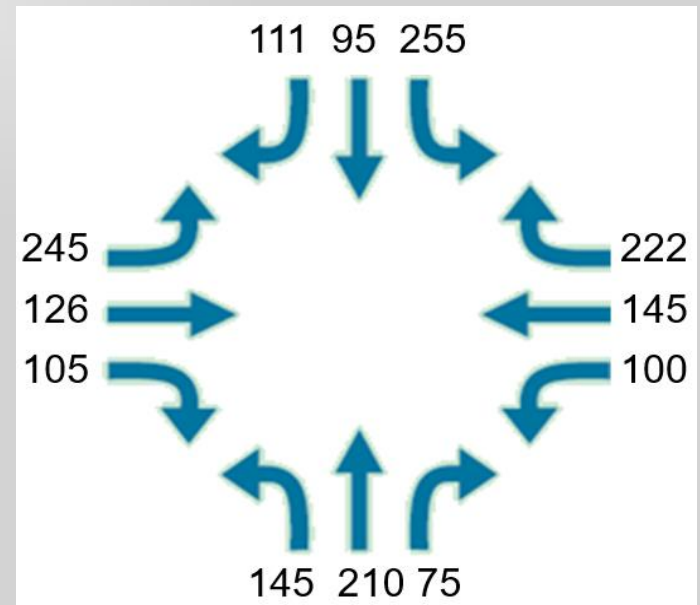
Τετρασκελής ισόπεδος κόμβος πρόκειται να μετατραπεί σε “τυπικό” κυκλικό κόμβο 1 λωρίδας κυκλοφορίας.
Ζητείται η αξιολόγηση του επιπέδου εξυπηρέτησης του κυκλικού κόμβου.

Δίδονται:

Ποσοστό κίνησης βαρέων οχημάτων 2%

ΣΩΑ: 0.97

Φόρτοι στρεφουσών κινήσεων συμβατικού κόμβου



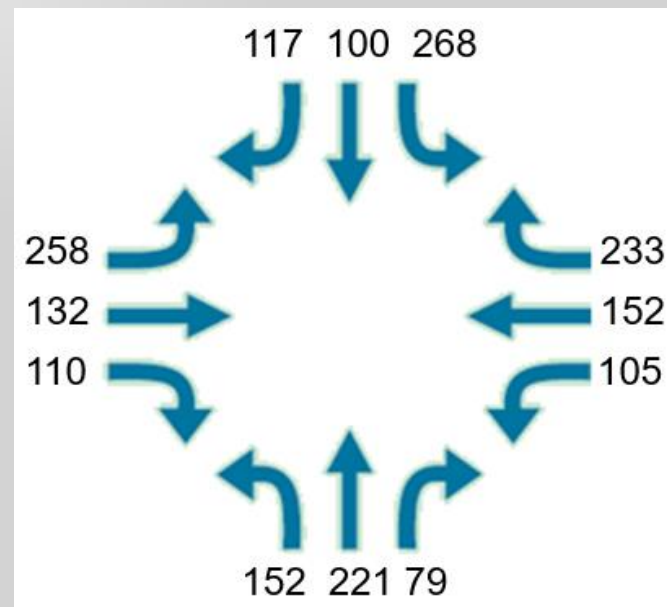
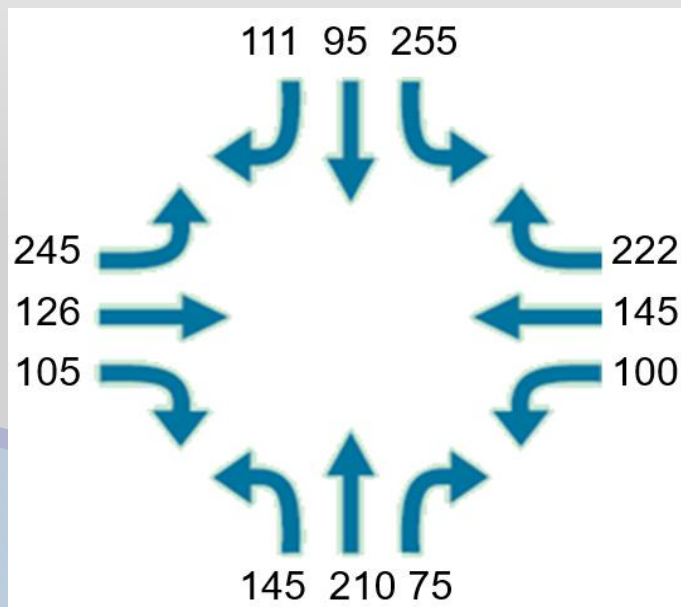
Λειτουργική Ανάλυση

❑ Μετατροπή σε ισοδύναμους ρυθμούς ροής

$$V_i = \frac{V_j}{\Sigma \Omega A}$$

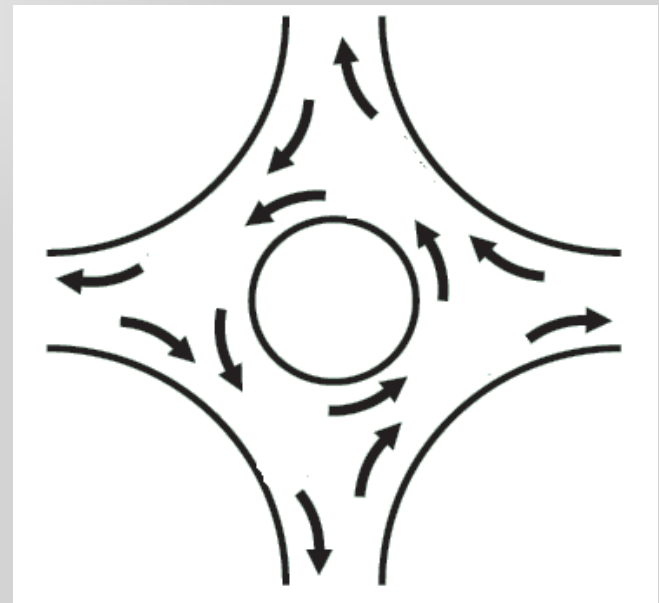
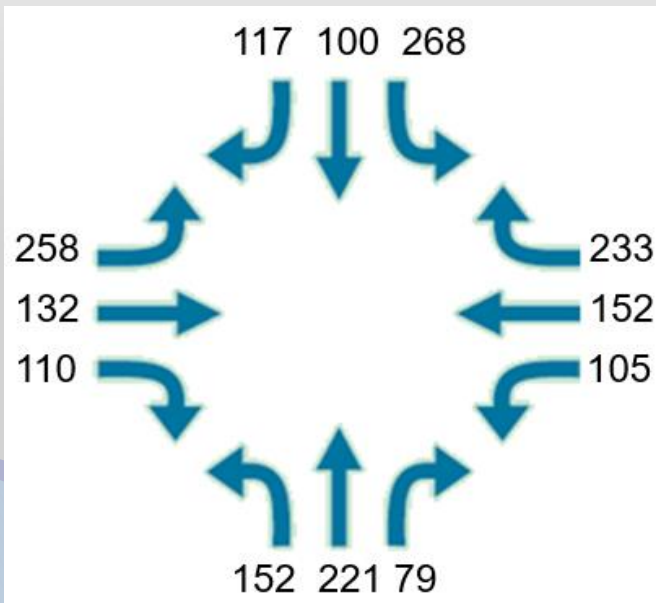
$$V_{i,MEA} = \frac{V_i}{f_{HV}}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$



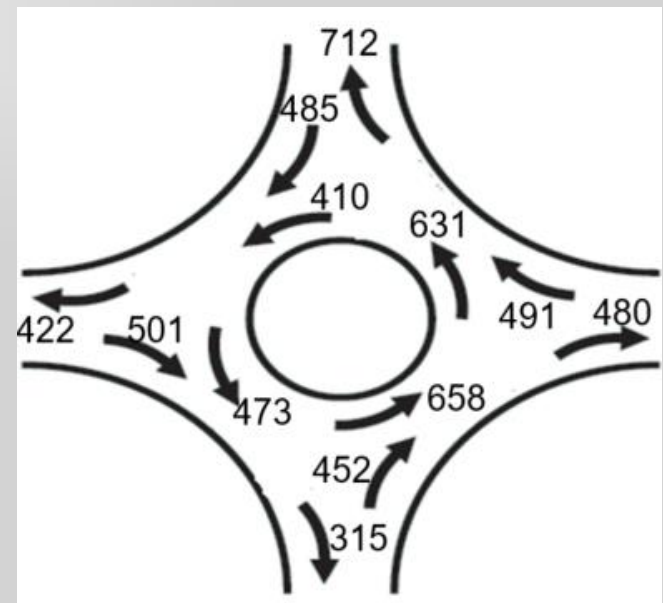
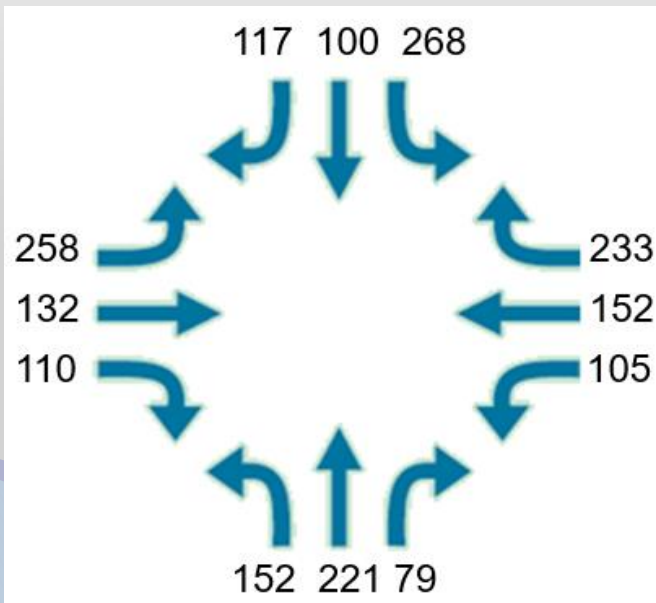
Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



Λειτουργική Ανάλυση

- Αντιστοίχιση φόρτων στρεφουσών κινήσεων συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε φόρτους κυκλικού κόμβου



Λειτουργική Ανάλυση

❑ Έλεγχος χωρητικότητας

- μία ή οποιαδήποτε από δύο λωρίδες πρόσβασης και μία λωρίδα επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο

$$c_{e,pce} = 1130e^{[-1.0 \times 10^{-3}]v_{c,pce}}$$

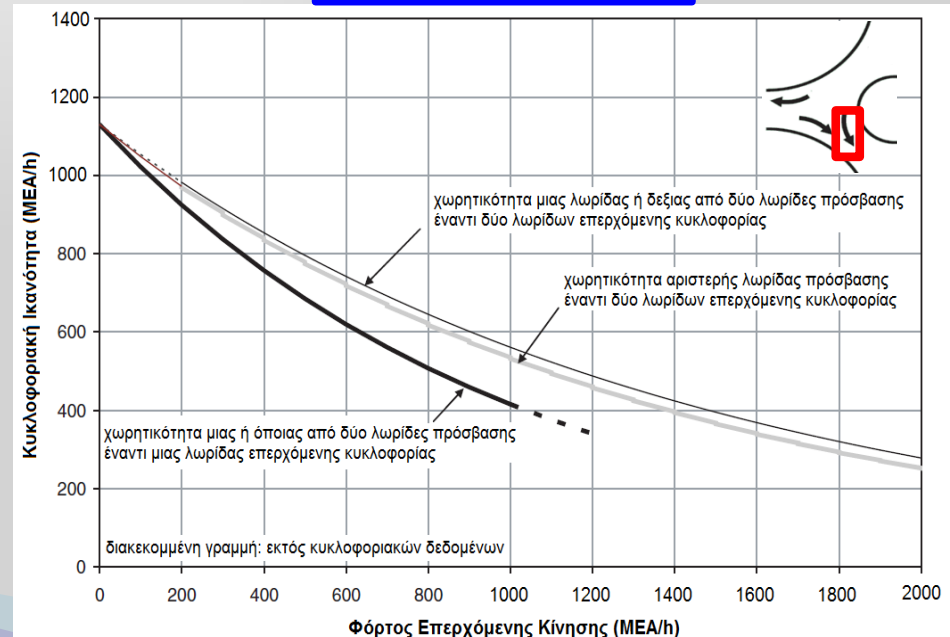
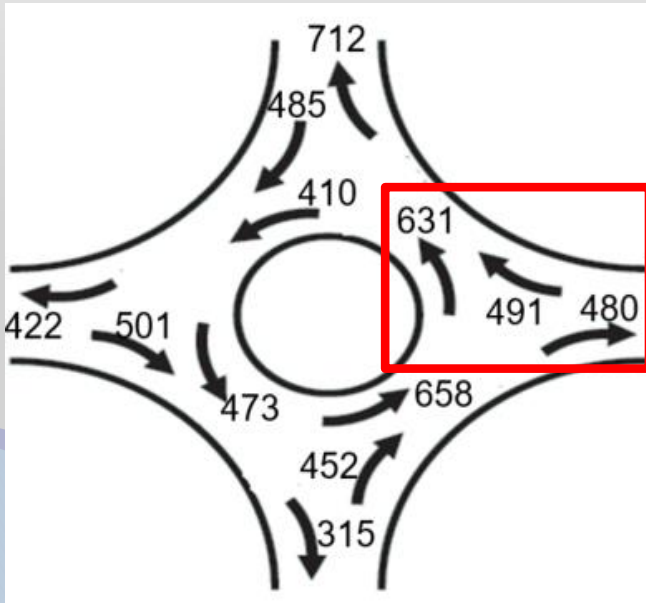
όπου:

$c_{e,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας πρόσβασης (ΜΕΑ/h)

$v_{c,pce}$: φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας (ΜΕΑ/h)

601
631

$$x = \frac{491}{601} = 0.82$$



Λειτουργική Ανάλυση

□ Έλεγχος χωρητικότητας

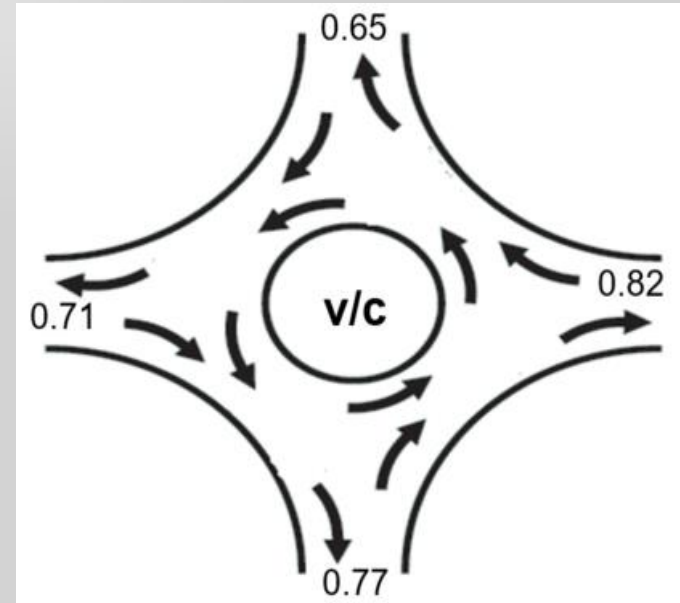
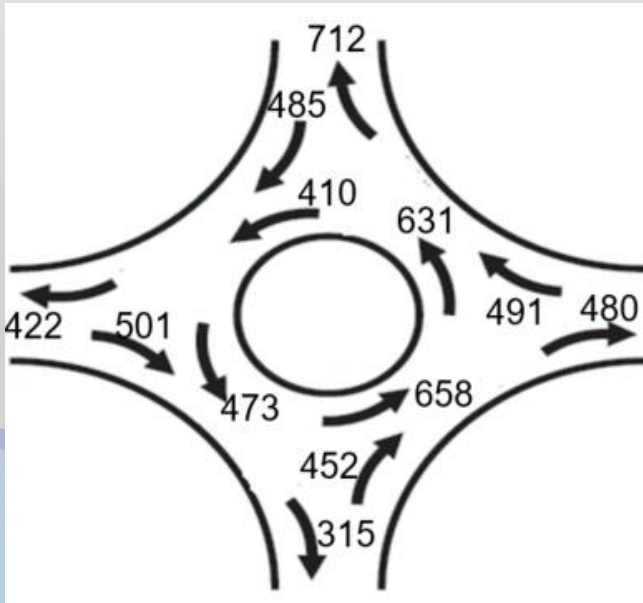
- μία ή οποιαδήποτε από δύο λωρίδες πρόσβασης και μία λωρίδα επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο

$$c_{e,pce} = 1130e^{[(-1.0 \times 10^{-3})v_{c,pce}]}$$

όπου:

$c_{e,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας πρόσβασης (MEA/h)

$v_{c,pce}$: φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας (MEA/h)



Λειτουργική Ανάλυση

□ Εκτίμηση καθυστέρησης

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[\left[\frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c} \right) \frac{v}{c}}{450T}} \right] + 5 \min \left[\frac{v}{c}, 1 \right] \right]$$

$$d_{\text{κόμβου}} = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i}$$

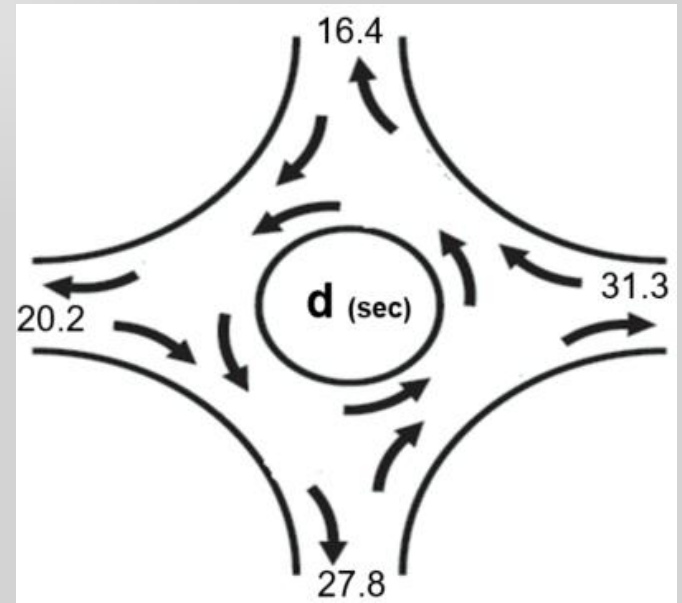
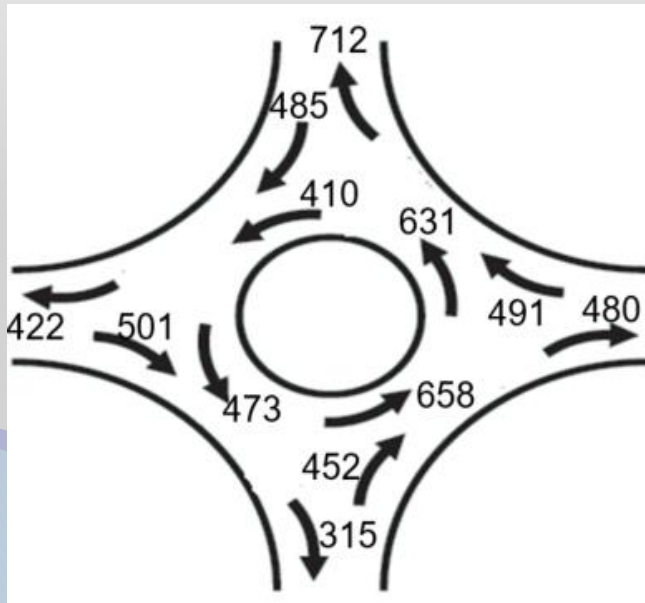
όπου:

d: μέση ολική καθυστέρηση (sec/οχ)

c: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας (οχ/h)

v: φόρτος λωρίδας (οχ/h)

T: 0.25h [χρονική περίοδος ανάλυσης 15min]



Λειτουργική Ανάλυση

□ Καθορισμός επιπέδου εξυπηρέτησης

$$d_{\text{κόμβου}} = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} = 23.9 \text{ sec}$$

Συνολική Καυστέρηση (sec/veh)	Επίπεδο Εξυπηρέτησης	
	v/c ≤ 1.0	v/c > 1.0
0 - 10	A	F
>10 - 15	B	F
>15 - 25	C	F
>25 - 35	D	F
>35 - 45	E	F
>50	F	F

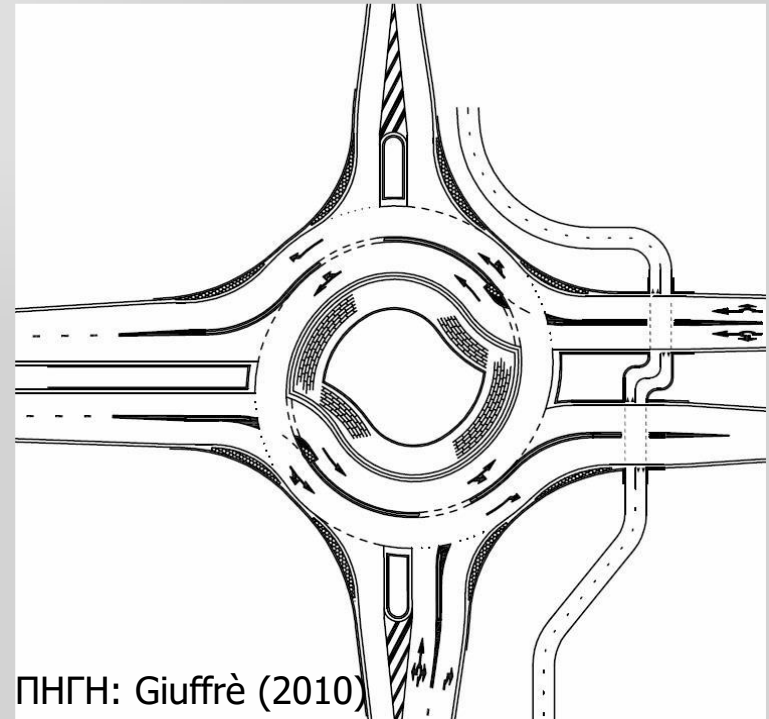
Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

❑ Αυξημένη χωρητικότητα

- παρόμοια με αυτή που εμφανίζουν οι κυκλικοί κόμβοι 2 λωρίδων

❑ Υψηλό επίπεδο ασφάλειας

- όπως αυτό παρέχεται στους “τυπικούς” κυκλικούς κόμβους 1 λωρίδας



ΠΗΓΗ: Giuffrè (2010)

Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

- ❑ Οι οδηγοί πρέπει να επιλέξουν την έξοδό τους από τον κυκλικό κόμβο πριν εισέλθουν σε αυτόν
 - μειώνονται τα σημεία εμπλοκής
 - αυξάνεται η κυκλοφοριακή ικανότητα
 - σχετικά χαμηλές ταχύτητες κίνησης



Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

❑ Περιοχή εισόδου



Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

❑ Περιοχή εξόδου



Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

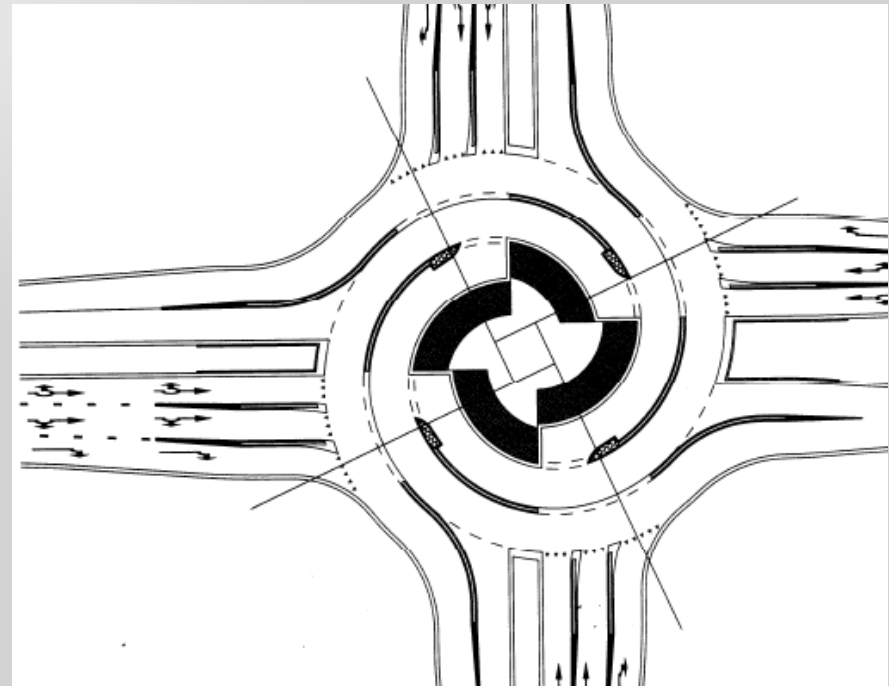
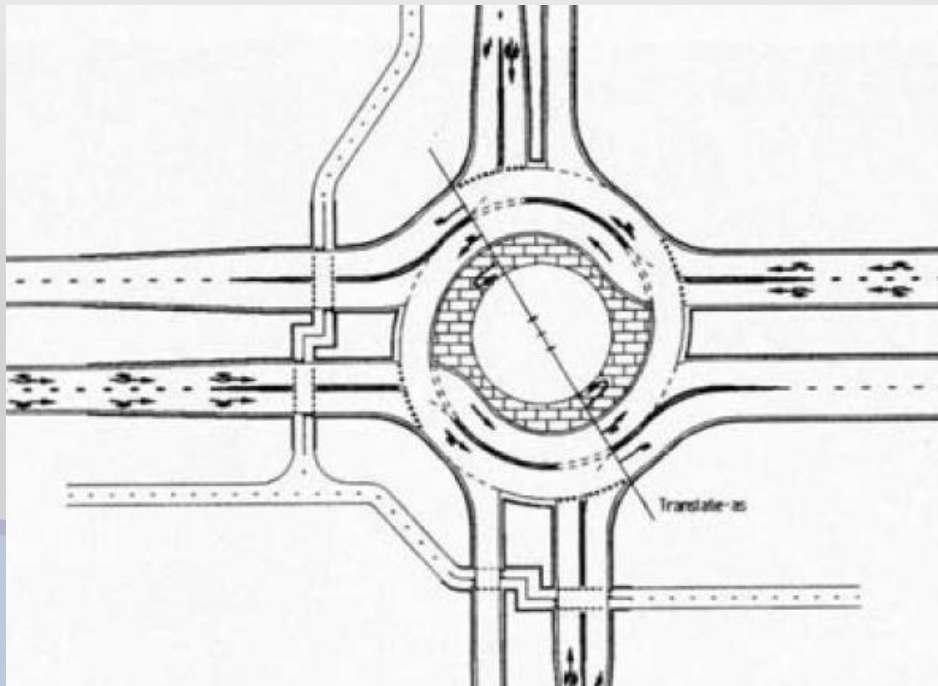
- ❑ Μεταβλητός αριθμός λωρίδων εντός
- ❑ Τα οχήματα δεν αλλάζουν λωρίδα εντός



Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

❑ Ολλανδικές οδηγίες

- υπερυψωμένος διαχωρισμός λωρίδων εντός κυκλικής τροχιάς



Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

❑ Ολλανδικές οδηγίες

- υπερυψωμένος διαχωρισμός λωρίδων εντός κυκλικής τροχιάς



Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

❑ Ολλανδικές οδηγίες

- υπερυψωμένος διαχωρισμός λωρίδων εντός κυκλικής τροχιάς



Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

❑ Γερμανικές οδηγίες

- μη-υπερυψωμένος διαχωρισμός λωρίδων εντός κυκλικής τροχιάς
 - ✓ ασφάλεια μοτοσικλετιστών
 - ✓ συντήρηση κατά τους χειμερινούς μήνες
- προτείνονται μόνο σε υπεραστικό περιβάλλον (απουσία πεζών – ποδηλάτων)

