



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική εργασία:

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ ΕΞΟΔΟΥ - ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟ



ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ

Επιβλέπων: Α. Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Φ. Μερτζάνης

Αθήνα, 2018

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες, πριν από όλους, στους γονείς μου, για την υπομονή, την αμέριστη συμπαράσταση και άνευ όρων στήριξη που μου παρείχαν ανέκαθεν και ιδιαίτερα τα τελευταία έτη, προκειμένου να ολοκληρώσω τις προπτυχιακές σπουδές μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ακολουθως, θα ήθελα να ευχαριστήσω εν τω συνόλω τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, αλλά ιδιαίτερα τον κ. Φώτη Μερτζάνη για την έμπνευση, την εμπιστοσύνη και τη δυνατότητα που μου παρείχε να εκπονήσω την παρούσα διπλωματική εργασία, ως το ιδανικότερο επιστέγασμα των σπουδών μου, καθώς και για τον χρόνο που ο ίδιος απλόχερα διέθεσε στη σχολαστική επίβλεψή της.

Αθήνα, 2018
Χαρίκλεια Πρασίνου

Σύνοψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί ο σχεδιασμός των περιοχών εξόδου και εισόδου από και προς τον αυτοκινητόδρομο. Εξετάζονται και αναλύονται όλα τα στοιχεία εκείνα που χαρακτηρίζουν κάθε μορφή εισόδου και εξόδου, ενώ γίνεται αναφορά και στα διάφορα είδη κλάδων που μαζί με τις εισόδους και τις εξόδους διαμορφώνουν έναν ανισόπεδο κόμβο. Δίδεται ιδιαίτερη σημασία στις προϋποθέσεις χρησιμοποίησης ανισόπεδων κόμβων καθώς και στη λειτουργία αυτών σε συνδυασμό με τον αυτοκινητόδρομο ως ένα ενιαίο σύστημα. Το μείζονος όμως σημασίας θέμα, το οποίο και καταλαμβάνει σημαντικό χώρο στο πλαίσιο της εργασίας, είναι ο γεωμετρικός σχεδιασμός των λωρίδων εισόδου και εξόδου από αυτοκινητόδρομο και οι παράμετροι από τις οποίες αυτός καθορίζεται. Για τον λόγο αυτό γίνεται μια λεπτομερής παρουσίαση και ανάλυση εθνικών κανονισμών και οδηγιών τόσο βρετανικών και γερμανικών, όσο και αμερικανικών, που αφορούν στον γεωμετρικό σχεδιασμό εισόδων και εξόδων, ενώ γίνεται και αναφορά στις παραμέτρους που εφαρμόζονται στην Ελλάδα. Επίσης προτείνεται μία μέθοδος χάραξης της μηκοτομής των λωρίδων εισόδου και εξόδου που θα μπορούσε να υιοθετηθεί μελλοντικά. Τέλος, παρουσιάζεται αναλυτικά η μελέτης χάραξης ενός ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου με χρήση κατάλληλου προγράμματος Η/Υ.

Λέξεις κλειδιά

Αυτοκινητόδρομος, ανισόπεδος κόμβος, είσοδος / συμβολή, έξοδος / διαχωρισμός, κλάδος εισόδου / εξόδου (ράμπες), λωρίδα επιτάχυνσης, λωρίδα επιβράδυνσης, βοηθητική λωρίδα, διαγραμμισμένη νησίδα, διαμόρφωση μεταβλητού πλάτους, παράλληλη διαμόρφωση, γεωμετρικός σχεδιασμός εισόδων και εξόδων από αυτοκινητόδρομο.

Abstract

The subject of this diploma thesis is the design of Highway entrances and exits. All elements that characterize each entrance and exit layout are examined, while reference is made to the different types of ramps which along with the exits or entrances areas form an interchange. Particular importance is attached to the conditions of using interchanges and their incorporation in the Highway system. The most important objective though, that has a huge impact on Highway interchanges' operational performance and safety, is the geometric design of entrance and exit areas and as such, it is analyzed and examined thoroughly. This analysis includes German, British and American design guides as well as the parameters applied in Greece. A method of designing the profile of entrance and exit lanes is also proposed for future use. Finally, the geometric design of a diamond interchange, using the appropriate software, is roundly presented.

Key words

Highway, interchange, entrance / merge, exit / diverge, entrance / exit ramp, acceleration lane , deceleration lane, auxiliary lane, ghost island, tapered type, parallel type, geometric design of Highways' entrances and exits.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας	1
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας	2
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	5
2.1 Δομή Οδικού Δικτύου	5
2.1.1 Στοιχεία του Οδικού Δικτύου.....	5
2.1.2 Λειτουργική Ιεράρχηση των Οδών.....	6
2.2 Ο Αυτοκινητόδρομος	7
2.3 Κυκλοφοριακοί Κόμβοι	9
2.3.1 Βασικές Αρχές Σχεδιασμού και Διαμόρφωσης Κόμβων (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).....	10
2.3.2 Ανισόπεδοι κόμβοι	11
2.3.3 Κλάδοι εισόδου – εξόδου (Ράμπες).....	22
2.4 Σύστημα αυτοκινητόδρομου – ανισόπεδων κόμβων	28
2.4.1 Χώροι Στάθμευσης και Ανάπαυσης στον Αυτοκινητόδρομο.....	34
3. Προδιαγραφές Σχεδιασμού Λωρίδων Εισόδου και Εξόδου από Αυτοκινητόδρομο	35
3.1 Εισαγωγή.....	35
3.2 Κανονισμοί Γερμανίας (RAA, 2008).....	36
3.2.1 Τάξεις μελέτης και χαρακτηριστικά διαμόρφωσης.....	36
3.2.2 Διατομές ραμπών και πεδία χρήσης τους	37
3.2.3 Στοιχεία μελέτης ραμπών	41
3.2.4 Έξοδοι	45
3.2.5 Είσοδοι	53
3.3 Κανονισμοί Η.Π.Α (AASHTO, 2004)	61
3.3.1 Έξοδοι	61
3.3.2 Είσοδοι	64
3.3.3 Διαμόρφωση αιχμής.....	67
3.3.4 Είσοδοι και έξοδοι σε οριζοντιογραφικές καμπύλες	70
3.3.5 Είσοδοι και έξοδοι δύο λωρίδων κυκλοφορίας.....	72
3.3.6 Μηκοτομή ράμπας	74

3.3.7	Μήκος ορατότητας	75
3.3.8	Απόσταση μεταξύ των εισόδων/εξόδων και της κατασκευής του ανισόπεδου κόμβου.....	75
3.4	Κανονισμοί Μεγάλης Βρετανίας (TD 22/06)	76
3.4.1	Έξοδοι	76
3.4.2	Είσοδοι	81
3.5	Εφαρμογές στην Ελλάδα	86
3.5.1	Τύποι εισόδων / εξόδων	87
3.5.2	Λεπτομέρειες σχεδιασμού κλάδου.....	87
3.5.3	Επιφάνεια αποκλεισμού τριγωνικής μορφής.....	90
3.6	Παρατηρήσεις.....	91
4.	Διαδικασία προσαρμογής αυτοκινητοδρόμου – κλάδου σε ενιαίο κατάστρωμα	93
4.1	Διαδικασίες που ακολουθούνται αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα.....	93
4.2	Πρόταση μεθόδου χάραξης της μηκοτομής του κλάδου	94
4.3	Παρατηρήσεις.....	104
5.	Χρήση λογισμικού για τον γεωμετρικό σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων	107
5.1	Ανασκόπηση υφιστάμενων προγραμμάτων Η/Υ, για τον σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων	107
5.2	Παράδειγμα χρήσης λογισμικού FM17 για τον γεωμετρικό σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου τύπου Ρόμβου.....	113
5.2.1	Χάραξη Αρτηρίας (αρχείο Α1).....	116
5.2.2	Χάραξη Τοπικής οδού (αρχείο Α2).....	130
5.2.3	Χάραξη κλάδων ανισόπεδου κόμβου (αρχείο Α3)	132
5.2.4	Περαιτέρω διαμόρφωση των περιοχών εξόδου και εισόδου	141
6.	Συμπεράσματα και προτάσεις.....	145
6.1	Συμπεράσματα	145
6.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	146
	Βιβλιογραφία.....	147
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	149

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Οι κυκλοφοριακοί κόμβοι, ισόπεδοι και ανισόπεδοι, αποτελούν κρίσιμα σημεία του οδικού δικτύου, καθώς αποτελούν τα σημεία εκείνα όπου οι οδηγοί επιλέγουν κατευθύνσεις ούτως ώστε να πραγματοποιούνται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί προελεύσεων – προορισμών κάνοντας χρήση της βέλτιστης διαδρομής. Καθώς οι οδηγοί προσεγγίζουν τους κόμβους μειώνουν ή και μηδενίζουν την ταχύτητα που είχαν αποκτήσει, συνεπώς οι κόμβοι αποτελούν κρίσιμα σημεία του οδικού δικτύου από άποψη ικανότητας, επιπέδου εξυπηρέτησης και ασφάλειας. Επίσης, ο σχεδιασμός των κόμβων πρέπει να είναι προσαρμοσμένος στις ανάγκες των χρηστών της οδού που είτε δεν είναι εξοικειωμένοι με την περιοχή, είτε δε διαθέτουν μεγάλη εμπειρία στην οδήγηση, είτε είναι ηλικιωμένοι, είτε όλα τα παραπάνω. Σε αυτό, φυσικά, σημαντικό ρόλο παίζει η διατήρηση της ομοιογένειας και της τυποποίησης του σχεδιασμού κατά μήκος του οδικού δικτύου.

Είναι γεγονός ότι τα περισσότερα τμήματα αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα άρχισαν να κατασκευάζονται κατά την τελευταία εικοσαετία, σε αντίθεση με άλλες χώρες της Δυτικής Ευρώπης στις οποίες η ανάπτυξη εκτεταμένων δικτύων αυτοκινητοδρόμων ξεκίνησε από τη δεκαετία του 1950. Η καθυστέρηση αυτή αντικατοπτρίζεται και στα νομοθετικά κείμενα που καθορίζουν τις Οδηγίες Μελέτης Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ). Είναι χαρακτηριστικό ότι, έως τη στιγμή συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η τελευταία δημοσιοποιημένη έκδοση των ΟΜΟΕ δεν περιλαμβάνει οδηγίες σχετικές με τον γεωμετρικό σχεδιασμό των ανισόπεδων κόμβων, οι οποίοι αποτελούν ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των αυτοκινητοδρόμων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ανισόπεδοι κόμβοι, και ιδιαίτερα οι περιοχές εισόδου και εξόδου από αυτούς, εμφανίζουν αυξημένη συγκέντρωση οδικών ατυχημάτων, κυρίως εξαιτίας των υψηλών ταχυτήτων που αναπτύσσονται μέσα στον αυτοκινητόδρομο. Για τον λόγο αυτό ο σχεδιασμός των περιοχών αυτών απαιτεί ιδιαίτερη έρευνα και προσοχή.

1.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας

Στη παρούσα διπλωματική εργασία καταβάλλεται μία προσπάθεια να καταστούν σαφή τα χαρακτηριστικά των σύγχρονων ανισόπεδων κόμβων και το πόσο οι τελευταίοι πλεονεκτούν σημαντικά σε πολλά σημεία σε σχέση με αντίστοιχες ισόπεδες διασταυρώσεις, ιδιαίτερα σε επίπεδο ασφάλειας,

λειτουργικότητας, κυκλοφοριακής ικανότητας και εξυπηρέτησης της κυκλοφορίας.

Θεμελιώδης στόχος της διπλωματικής εργασίας όμως είναι η παρουσίαση και η όσο το δυνατόν λεπτομερέστερη ανάλυση των χαρακτηριστικών στοιχείων της αρχής και του τέλους ενός ανισόπεδου κόμβου ή αλλιώς των λωρίδων εισόδου και εξόδου από αυτόν, οι οποίες αποτελούν αντίστοιχα λωρίδες εξόδου και εισόδου για τον αυτοκινητόδρομο. Για τον λόγο αυτό, παρατίθενται, αξιολογούνται και αναλύονται οι ισχύουσες προδιαγραφές σχεδιασμού των περιοχών αυτών σε Η.Π.Α., Μεγάλη Βρετανία και Γερμανία, καθώς και η προσπάθεια σύνταξης των αντίστοιχων προδιαγραφών στην Ελλάδα. Γίνεται επίσης, από μέρος μου, μια πρόταση τυποποίησης της διαδικασίας σχεδιασμού των λωρίδων εισόδου και εξόδου, όσον αφορά την υψομετρική διαμόρφωση αυτών (μηκοτομή).

Τέλος παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μελέτης σχεδιασμού ενός ανισόπεδου κόμβου τύπου Ρόμβου, καθώς και των αντίστοιχων λωρίδων εισόδου και εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο, με τη χρήση προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των προδιαγραφών και των μεθόδων σχεδίασης που προτάθηκαν.

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** της διπλωματικής εργασίας δίνονται οι βασικές έννοιες των ανισόπεδων κυκλοφοριακών κόμβων με αναφορά στα πλεονεκτήματα αυτών έναντι των αντίστοιχων ισόπεδων διασταυρώσεων. Επίσης ορίζεται η έννοια του αυτοκινητοδρόμου καθώς και η λειτουργία αυτού με τους ανισόπεδους κόμβους ως ένα ενιαίο σύστημα. Στο ίδιο κεφάλαιο αναλύονται τα είδη των τυπικών ανισόπεδων κόμβων καθώς και οι βασικές αρχές σχεδιασμού τους.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** πραγματοποιείται λεπτομερής αναφορά στο γεωμετρικό σχεδιασμό των περιοχών εισόδου και εξόδου από αυτοκινητόδρομο, στις παραμέτρους που το πλαίσιο κάθε χώρας εκ των Η.Π.Α., Μεγάλης Βρετανίας και Γερμανίας επιβάλλει και στις συνιστώσες που διαμορφώνουν τις παραμέτρους αυτές, όπως για παράδειγμα η κυκλοφοριακή ικανότητα, η ορατότητα, κ.ά.. Επίσης, αναφέρεται το πλαίσιο οδηγιών για τον γεωμετρικό σχεδιασμό των λωρίδων εισόδου και εξόδου που εφαρμόζεται στην Ελλάδα μέχρι σήμερα, όπως και αυτό που έχει προταθεί για μελλοντική χρήση.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά τη μελέτη χάραξης των λωρίδων εισόδου και εξόδου από

αυτοκινητόδρομο, στην Ελλάδα, ώστε τελικά οι λωρίδες αυτές να σχηματίζουν με τον αυτοκινητόδρομο ένα ενιαίο κατάστρωμα. Στη συνέχεια προτείνεται μία μέθοδος χάραξης των προαναφερόμενων λωρίδων, και συγκεκριμένα της μηκοτομής αυτών, με σκοπό την τυποποίηση, εν μέρει, της παραπάνω διαδικασίας.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στα δημοφιλέστερα προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιούνται σήμερα για τον γεωμετρικό σχεδιασμό των ανισόπεδων κόμβων και παρουσιάζεται αναλυτικά ένα παράδειγμα μελέτης χάραξης ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου με χρήση του λογισμικού FM17.

Στο **έκτο κεφάλαιο** αναφέρονται όλα εκείνα τα συμπεράσματα που συνάγονται από την παρούσα διπλωματική εργασία, βάση της ανάλυσης των εθνικών προδιαγραφών σχεδιασμού εισόδων και εξόδων, αλλά και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που προηγήθηκαν. Επιπρόσθετα, τίθενται κάποια θέματα, τα οποία χρήζουν περαιτέρω διερεύνηση σε πιθανές μελλοντικές εργασίες.

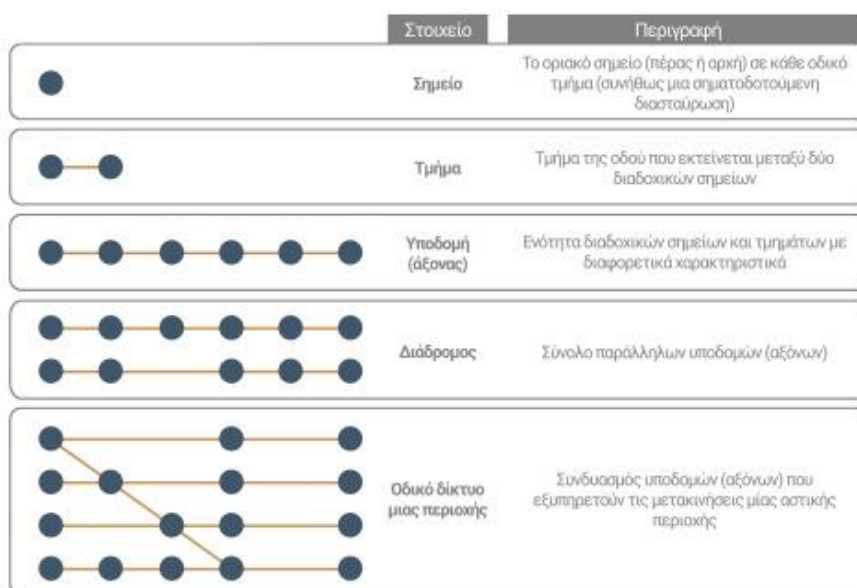
Στη **βιβλιογραφία** παρουσιάζονται όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές της διπλωματικής εργασίας.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Δομή Οδικού Δικτύου

2.1.1 Στοιχεία του Οδικού Δικτύου

Τα στοιχεία που δομούν ένα **οδικό δίκτυο** από το επίπεδο ενός μεμονωμένου κόμβου έως το επίπεδο του διαδρόμου και μιας ολόκληρης περιοχής περιγράφονται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Στοιχεία του αστικού οδικού δικτύου (State of Florida, Department of Transportation-QLOS, 2013).

Τα «σημεία» αποτελούν συνήθως σηματοδοτούμενους κόμβους ή διασταυρώσεις κυκλοφοριακών ροών, ενώ μπορεί επίσης να ορίζουν την αλλαγή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών σε δύο διαδοχικά οδικά τμήματα, όπως για παράδειγμα η μείωση ή αύξηση του αριθμού των λωρίδων από το ένα οδικό τμήμα στο άλλο. Στο «τμήμα» οδού που εκτείνεται μεταξύ δύο σημείων, τα γεωμετρικά και τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά θεωρούνται σταθερά. Η «υποδομή» του οδικού δικτύου αποτελείται από διαδοχικά σημεία και τμήματα με κοινά ή διαφορετικά χαρακτηριστικά ώστε να διαμορφώνεται ένας ενιαίος άξονας μεταξύ δύο σημείων του οδικού δικτύου. Ένας «διάδρομος» μπορεί να αποτελείται από παράλληλους άξονες τόσο οδικούς όσο και άλλων δικτύων, όπως αστικού σιδηροδρόμου, ποδηλάτων, πεζών

κλπ. Σε αντίθεση με τον διάδρομο, το «οδικό δίκτυο μιας περιοχής» συντίθεται από ένα σύνολο υποδομών που δεν είναι απαραίτητα παράλληλες μεταξύ τους, αλλά συνδυάζονται έτσι ώστε να εξυπηρετούν τις ανάγκες μετακίνησης τόσο μέσα στη συγκεκριμένη χωρική ενότητα όσο και μεταξύ της ενότητας αυτής και άλλων εξωτερικών χωρικών ενοτήτων (Transportation Research Board/HCM, 2010).

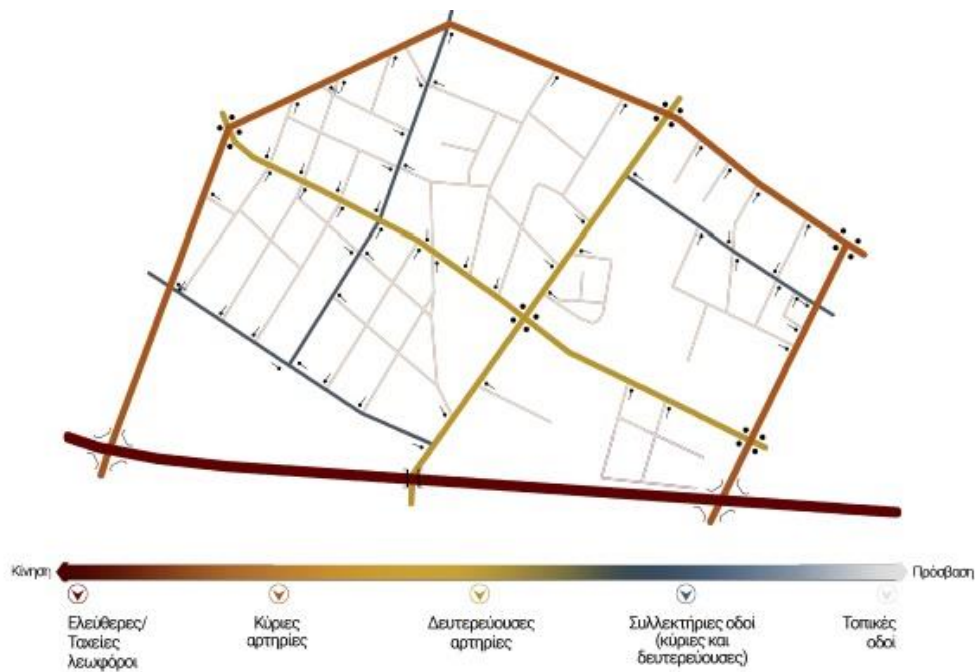
2.1.2 Λειτουργική Ιεράρχηση των Οδών

Η **λειτουργική ιεράρχηση των οδών** του αστικού δικτύου είναι η κατάταξη των οδών σε κατηγορίες ανάλογα με τον βαθμό της βασικής λειτουργίας (κινητικότητας ή πρόσβασης) που επιτελούν. Διακρίνονται πέντε (5) βασικές κατηγορίες (Φραντζεσκάκης κ.ά., 2009; Ανδρικοπούλου κ.ά., 2007):

- «Ελεύθερη λεωφόρος». Είναι μία κύρια αρτηρία μη διακοπτόμενης ροής, δηλαδή με πλήρη έλεγχο των προσβάσεων μέσω ανισόπεδων κόμβων/διαβάσεων σε όλες τις διασταυρώσεις με άλλες οδούς και με παράπλευρες οδούς για την εξυπηρέτηση της τοπικής κυκλοφορίας. Οι ελεύθερες λεωφόροι προορίζονται για την εξυπηρέτηση μετακινήσεων μεγάλου μήκους με υψηλή ταχύτητα. Παράδειγμα ελεύθερης λεωφόρου είναι ο αστικός αυτοκινητόδρομος των Αθηνών, η Αττική Οδός.
- «Κύρια αρτηρία». Είναι μια αρτηρία με μερικό έλεγχο των προσβάσεων μέσω ανισόπεδων και σηματοδοτούμενων κόμβων και με περιορισμό της απευθείας πρόσβασης από την τοπική κυκλοφορία και τις οδούς δευτερεύουσας σημασίας, ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα εξυπηρέτησης διαμπερών μετακινήσεων με σχετικά υψηλή ταχύτητα.
- «Δευτερεύουσα αρτηρία». Οι αρτηρίες αυτές εξυπηρετούν μετακινήσεις μικρότερου μήκους και με μικρότερη ταχύτητα σε σύγκριση με μία κύρια αρτηρία. Οι δευτερεύουσες αρτηρίες συμπληρώνουν τις κύριες αρτηρίες σε ένα αστικό οδικό δίκτυο.
- «Συλλεκτήρια οδός». Σκοπός είναι η κατανομή των μετακινήσεων από τις αρτηρίες στο δίκτυο των τοπικών οδών και, αντίστροφα, η διοχέτευση της κυκλοφορίας από το τοπικό δίκτυο στις αρτηρίες. Οι συλλεκτήριες οδοί μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω σε κύριες και δευτερεύουσες.
- «Τοπική οδός». Χρησιμοποιείται για την άμεση πρόσβαση από/προς το υπόλοιπο οδικό δίκτυο προς/από τις παρόδιες χρήσεις γης. Στις

τοπικές οδούς δεν επιδιώκονται υψηλές ταχύτητες και διαμπερείς συνδέσεις.

Ένα κύριο γνώρισμα της λειτουργικής ιεράρχησης από την κατηγορία της ελεύθερης λεωφόρου προς την κατηγορία της τοπικής οδού είναι η μείωση της δυνατότητας ανεμπόδιστης και συνεχούς κίνησης σε αντιδιαστολή με την ενίσχυση της δυνατότητας πρόσβασης στις παρόδιες χρήσεις γης. Η σχέση αυτή σε συνδυασμό με τη σχηματική διάταξη ενός λειτουργικά ιεραρχημένου αστικού οδικού δικτύου περιγράφεται στο Σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2 Σχηματική διάταξη του λειτουργικά ιεραρχημένου οδικού δικτύου και σχέση κίνησης-πρόσβασης.

2.2 Ο Αυτοκινητόδρομος

Ο όρος «Ελεύθερη λεωφόρος» χρησιμοποιείται στην Ελλάδα συνήθως μόνο για αστικές οδούς. Γενικότερα και ιδιαίτερα για υπεραστικές οδούς χρησιμοποιείται ο όρος «Αυτοκινητόδρομος», ο οποίος όμως αναφέρεται σε μία οδό με χαρακτηριστικά όμοια με αυτά της «Ελεύθερης λεωφόρου».

Συγκεκριμένα ως **Αυτοκινητόδρομος** (Highway) ορίζεται μία οδός ειδικής κατηγορίας, σχεδιασμένη έτσι ώστε να διακινεί τον μεγαλύτερο φόρτο της οδικής κυκλοφορίας οχημάτων, συνήθως μεταξύ πόλεων, και να επιτρέπει την οδήγηση με σταθερά υψηλή ταχύτητα. Το κύριο χαρακτηριστικό του, που τον

διακρίνει από άλλα είδη οδών (εθνική ή επαρχιακή οδό), είναι η έλλειψη ισόπεδων διασταυρώσεων. Ο αυτοκινητόδρομος είναι κλειστός, συνήθως και με κιγκλιδώματα στα πλάγια, και η διασταύρωση με άλλες οδούς, όπως και η είσοδος και έξοδος των οχημάτων από αυτόν, γίνεται μόνο μέσω ανισόπεδων διασταυρώσεων (κόμβων / εξόδων).

Πριν από κάθε έξοδο, υπάρχει συνήθως μια χωριστή λωρίδα επιβράδυνσης για τα οχήματα που σκοπεύουν να εξέλθουν από τον αυτοκινητόδρομο και αντίστοιχα αμέσως μετά την είσοδο μια λωρίδα επιτάχυνσης για τα νεοεισελθόντα οχήματα. Επειδή δεν έχει ισόπεδες διασταυρώσεις, ο αυτοκινητόδρομος δεν έχει και φωτεινούς σηματοδότες.

Οι αυτοκινητόδρομοι είναι οδικές αρτηρίες διπλής κατεύθυνσης με δύο, τρεις ή και περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, διαχωριστικό κράσπεδο μεταξύ των αντίθετων ρευμάτων και μία βοηθητική λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, γνωστή στην Ελλάδα ως Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης / ΛΕΑ.

Η Ιταλία ήταν η πρώτη χώρα στον κόσμο που άρχισε να κατασκευάζει αυτοκινητόδρομους, δηλαδή οδούς ταχείας κυκλοφορίας μόνο για αυτοκίνητα. Ο αυτοκινητόδρομος *Μιλάνο – Λάγκι* (που συνέδεε το Μιλάνο με το Βαρέζε) επινοήθηκε από τον Πιέρο Πουριτσέλι, πολιτικό μηχανικό και επιχειρηματία. Πήρε τις πρώτες άδειες να κατασκευάσει μία δημόσιας χρήσης οδό ταχείας κυκλοφορίας το 1921 και ολοκλήρωσε την κατασκευή του (μιας λωρίδας ανά κατεύθυνση) μεταξύ 1924 και 1926. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1920 είχαν κατασκευασθεί πάνω από 4.000 χιλιόμετρα αυτοκινητοδρόμων πολλών λωρίδων (έναντι των 6.400 εν έτει 2012) σε όλη την Ιταλία, συνδέοντας τις Ιταλικές μεγαλουπόλεις και τις μικρές αγροτικές πόλεις. Οι αυτοκινητόδρομοι προπαγανδίστηκαν από τον Μπενίτο Μουσολίνι το 1930 ως ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα του καθεστώτος του και ως απόδειξη της δέσμευσης του στην πρόοδο και στον εκσυγχρονισμό.

2.3 Κυκλοφοριακοί Κόμβοι

Όπως αναφέρθηκε, βασικά στοιχεία του οδικού δικτύου αποτελούν οι **κυκλοφοριακοί κόμβοι**. Οι κυκλοφοριακοί κόμβοι είναι οι κρίσιμες εκείνες θέσεις των οδικών δικτύων, όπου συναντώνται – συνδέονται δύο ή περισσότερες οδοί. Στόχο ενός Μελετητή Μηχανικού αποτελεί η άνετη, ταχεία και πρωτίστως ασφαλής κυκλοφορία των οχημάτων που κινούνται στην περιοχή του κόμβου, είτε αστική είτε υπεραστική.

Υφίσταται μία σαφής διάκριση των ποικίλων μορφών κόμβων που υιοθετούνται. Ειδικότερα, αν η συνάντηση – σύνδεση των οδών πραγματοποιείται στο ίδιο επίπεδο, χρησιμοποιείται ο όρος ισόπεδος κόμβος (at grade intersection), που περιλαμβάνει και τις διαμορφώσεις – εξοπλισμό των οδών και του παρόδιου χώρου για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας, ενώ για την περιοχή όπου η σύνδεση των οδών πραγματοποιείται σε διαφορετικά επίπεδα (με μεταξύ τους σύνδεση), χρησιμοποιείται ο όρος ανισόπεδος κόμβος (interchange), που περιλαμβάνει επίσης τα έργα υπομετρικού διαχωρισμού, τους οδικούς κλάδους σύνδεσης (ράμπες) και τις διαμορφώσεις – εξοπλισμό του παρόδιου χώρου. Επισημαίνεται πως στην περίπτωση μη – σύνδεσης των οδών που διασταυρώνονται, έχουμε απλή ανισόπεδη διασταύρωση (two – level crossing) και όχι ανισόπεδο κόμβο (Φραντζεσκάκης & Γιαννόπουλος, 1986).

Η επιλογή της κατάλληλης μορφής κόμβου (ισόπεδου ή ανισόπεδου) πραγματοποιείται βάσει μίας τεχνικοοικονομικής φύσης έρευνας – σύγκρισης μεταξύ διάφορων λύσεων ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων. Βασικές παράμετροι αυτής της σύγκρισης είναι:

- Κατηγορίες Διασταυρούμενων Οδών (Κύρια ή Δευτερεύουσα Αρτηρία, Συλλεκτήρια Οδός, Τοπική Οδός).
- Έλεγχος των Προσβάσεων (Πλήρης ή όχι)
- Κυκλοφοριακοί Φόρτοι (Σύνθεση και Διακύμανση)
- Εξάλειψη Επικίνδυνων Σημείων
- Τοπογραφία και διαθέσιμη επιφάνεια γης
- Οφέλη για τους χρήστες
(Φραντζεσκάκης & Γιαννόπουλος, 1986)

2.3.1 Βασικές Αρχές Σχεδιασμού και Διαμόρφωσης Κόμβων (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Οι κόμβοι αποτελούν σημαντικό μέρος ενός οδικού δικτύου επειδή, σε μεγάλο βαθμό, η ασφάλεια, η ταχύτητα, το κόστος λειτουργίας και η κυκλοφοριακή ικανότητα στο οδικό δίκτυο εξαρτώνται από την ποιότητα λειτουργίας των κόμβων του. Για τον λόγο αυτό, κατά τη διαμόρφωση των κόμβων πρέπει να εξασφαλίζονται:

- Ασφάλεια της κυκλοφορίας.
- Επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα.
- Αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας.
- Ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο.

Η **ασφάλεια της κυκλοφορίας** στον κόμβο εξαρτάται από την:

- Έγκαιρη αναγνώριση από όλες τις προσβάσεις του, ώστε οι οδηγοί να πραγματοποιήσουν εγκαίρως τους απαιτούμενους ελιγμούς (ένταξη στην κατάλληλη λωρίδα, τροχοπέδηση, στροφές εισόδου/εξόδου, διασταυρώσεις κτλ.)
- Επαρκή εποπτεία ώστε οι υποχρεούμενοι να περιμένουν κατά την προσέγγιση στον κόμβο να μπορούν εγκαίρως να βλέπουν εκείνους που έχουν προτεραιότητα κίνησης.
- Καταληπτή λειτουργία ώστε να γίνονται ευχερώς αντιληπτά από τους χρήστες οι θέσεις εισόδων/εξόδων, η προτεραιότητα κτλ.
- Κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να κινούνται ασφαλώς τα οχήματα και οι χρήστες (κατάλληλα πλάτη λωρίδων, επαρκείς ακτίνες στροφών, σωστή υψομετρική διαμόρφωση, ασφαλείς διαβάσεις πεζών κτλ.)

Η **κυκλοφοριακή ικανότητα** ενός κόμβου εξαρτάται από τη διευθέτηση της κίνησης όλων των κυκλοφοριακών ρευμάτων, ώστε να μη προκύπτουν υπερβολικά χρονικά διαστήματα αναμονής για κανένα από αυτά.

Το **κόστος κατασκευής** και λειτουργίας θεωρείται αποδεκτό όταν, για δεδομένο επίπεδο ασφάλειας, κυκλοφοριακής ικανότητας, και προσαρμογής στον περιβάλλοντα χώρο, το σύνολο των δαπανών κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης είναι ελάχιστο.

Η **προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο** ενός κόμβου θεωρείται ικανοποιητική όταν οι επιβαρύνσεις στο περιβάλλον της περιοχής του κόμβου (ηχορύπανση, ατμοσφαιρική ρύπανση από εκπομπές αερίων, παρεμπόδιση της υφιστάμενης χρήσης γης, οπτική παρείδυση, απορροή ομβρίων υδάτων) παραμένουν κάτω από τα επιτρεπτά όρια.

2.3.2 Ανισόπεδοι κόμβοι

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, όλες οι διασταυρώσεις του αυτοκινητοδρόμου με άλλες οδούς, όπως και η είσοδος και έξοδος των οχημάτων από αυτόν, πραγματοποιείται μόνο μέσω ανισόπεδων κόμβων.

Οι **ανισόπεδοι κόμβοι** προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια και κυκλοφοριακή ικανότητα με την εξάλειψη όλων ή των πιο σημαντικών ισόπεδων διασταυρώσεων ρευμάτων και την αντικατάστασή τους με ανισόπεδες διασταυρώσεις δύο ή περισσότερων επιπέδων που συνδέονται μεταξύ τους με ράμπες (ramps) που ονομάζονται και κλάδοι.

Προϋποθέσεις χρησιμοποίησης ανισόπεδων κόμβων

Οι ανισόπεδοι κόμβοι παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους ισόπεδους κόμβους. Μεταξύ άλλων παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια, ταχύτητα και κυκλοφοριακή ικανότητα. Παρουσιάζουν όμως το σοβαρό μειονέκτημα του μεγάλου κόστους κατασκευής, απαλλοτρίωσης και συντήρησης και επομένως πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν η πρόσθετη δαπάνη, σε σύγκριση με έναν ισόπεδο κόμβο, μπορεί να δικαιολογηθεί. Αυτό προκύπτει συνήθως μετά από μια τεχνικοοικονομική σύγκριση μεταξύ διαφόρων λύσεων ανισόπεδων και ισόπεδων κόμβων. Οι βασικές προϋποθέσεις που μπορούν να δικαιολογήσουν τη χρησιμοποίηση ενός ανισόπεδου κόμβου είναι:

1. Έλεγχος των προσβάσεων. Όταν απαιτείται η κατασκευή ενός κόμβου στη διασταύρωση μιας ελεύθερης λεωφόρου με μία άλλη αρτηρία, ο κόμβος αυτός θα πρέπει να προσφέρει πλήρη έλεγχο των προσβάσεων.
2. Κυκλοφοριακοί φόρτοι. Η αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων σε συνδυασμό με την μειωμένη κυκλοφοριακή ικανότητα ενός ισόπεδου κόμβου μπορεί να προκαλέσει κυκλοφοριακή συμφόρηση σε μία ή περισσότερες από τις προσβάσεις του. Η αδυναμία να επιτευχθεί η

απαιτούμενη κυκλοφοριακή ικανότητα με μία διάταξη ισόπεδου κόμβου αποτελεί κριτήριο εφαρμογής ενός ανισόπεδου κόμβου.

3. Εξάλειψη επικίνδυνων σημείων. Όταν ένας ισόπεδος κυκλοφοριακός κόμβος παρουσιάζει αδικαιολόγητα μεγάλο αριθμό ατυχημάτων και δεν υπάρχουν άλλοι τρόποι μικρού κόστους για τη βελτίωσή του, μπορεί να δικαιολογηθεί η κατασκευή ενός ανισόπεδου κόμβου.
4. Τοπογραφία. Σε ορισμένες θέσεις η τοπογραφία προσφέρεται ιδιαίτερα για την κατασκευή ανισόπεδου κόμβου. Είναι δυνατό η διαμόρφωση του εδάφους να είναι τέτοια ώστε η κατασκευή ισόπεδου κόμβου να είναι αδύνατη ή πιο δαπανηρή από την κατασκευή ανισόπεδου κόμβου.
5. Οφέλη για εκείνους που χρησιμοποιούν την οδό. Οι μεγαλύτερες καθυστερήσεις που προκύπτουν από την απαιτούμενη διακοπή πορείας, αναμονή ή μείωση της ταχύτητας των οχημάτων σε έναν ισόπεδο κόμβο, σε σύγκριση με έναν ανισόπεδο, προκαλούν σημαντικές δαπάνες σε καύσιμα, ελαστικά, λιπαντικά κ.λπ. , καθώς και απώλεια χρόνου. Η διαφορά των δαπανών χρησιμοποίησης ενός ισόπεδου κόμβου σε σχέση με τον αντίστοιχο ανισόπεδο αποτελεί όφελος για εκείνους που θα χρησιμοποιούν τον ανισόπεδο κόμβο. Ο λόγος του οφέλους αυτού προς τη διαφορά δαπάνης μεταξύ του ανισόπεδου και του ισόπεδου κόμβου (περίπτωση εξαρχής κατασκευής) ή προς την απαιτούμενη δαπάνη για τη μετατροπή του ισόπεδου κόμβου σε ανισόπεδο, αποτελεί ένα οικονομικό κριτήριο για την επιλογή μια λύσης ανισόπεδου κόμβου.

Τύποι Ανισόπεδων Κόμβων

Οι ανισόπεδοι κόμβοι χαρακτηρίζονται συνήθως από:

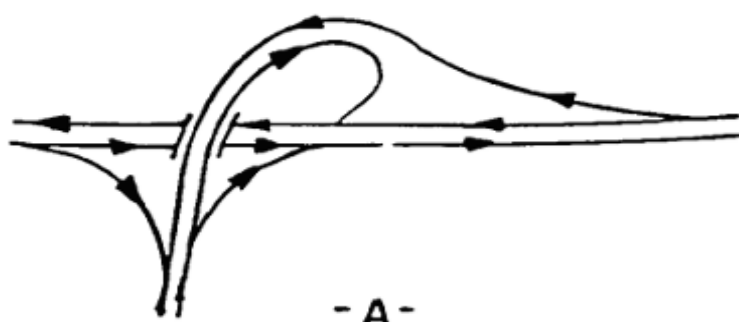
- Τον αριθμό των σκελών τους: Τρισκελείς (π.χ. Σάλπιγγα), Τετρασκελείς (π.χ. Ρόμβος, Πλήρες ή Μερικό Τετράφυλλο, Κατευθυντήριο), Πολυσκελείς,
- Τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων τεχνικών έργων: ένα ή περισσότερα τεχνικά έργα,
- Τη μορφή τους: Πλήρες Τετράφυλλο (Clover Leaf), Μερικό Τετράφυλλο (Partial Clover Leaf - Parclo), Ρόμβος (Diamond), Σάλπιγγα ή Τρομπέτα (Trumpet).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικοί τύποι ανισόπεδων κόμβων τριών και τεσσάρων σκελών. Πολυσκελείς ανισόπεδοι κόμβοι, δηλαδή κόμβοι με

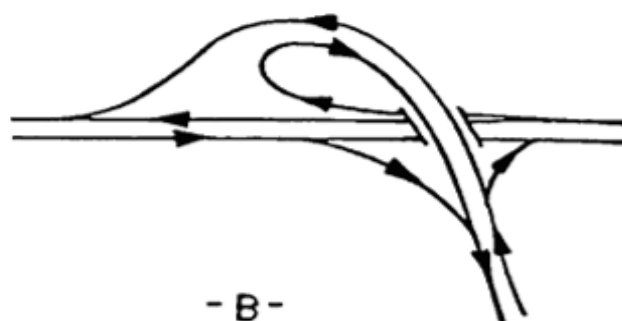
περισσότερα από 4 σκέλη, παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες διαμόρφωσης και πρέπει να αποφεύγονται κατά το δυνατό. (Φραντζεσκάκης & Γιαννόπουλος, 1986)

A. Ανισόπεδος κόμβος μορφής σάλπιγγας (Τρομπέτα)

Η «**Τρομπέτα**» αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή ανισόπεδου κόμβου τριών σκελών, με ένα απλό τεχνικό έργο. Η επιλογή μεταξύ δεξιάς (Σχήμα 2.3A) και αριστερής (Σχήμα 2.3B) σάλπιγγας γίνεται κατά τρόπο ώστε η σημαντικότερη αριστερή κίνηση να εξυπηρετείται από τη ράμπα ενδιάμεσης μορφής, και η λιγότερο σημαντική από το βρόχο. Η «Τρομπέτα» προσφέρεται για κόμβους όπου μία δευτερεύουσα αρτηρία συναντά μια ελεύθερη λεωφόρο. Αν και η οδός που διακόπτεται είναι ελεύθερη λεωφόρος με μεγάλο ευθύγραμμο τμήμα πριν τη διασταύρωση, ο τύπος της δεξιάς σάλπιγγας δεν προσφέρεται, γιατί η μείωση της ταχύτητας που απαιτείται για τη μετάβαση από το ευθύγραμμο τμήμα της ελεύθερης λεωφόρου στις μικρές καμπύλες του βρόχου αποτελεί συνήθως αιτία ατυχημάτων.



- A -



- B -

Σχήμα 2.3 Ανισόπεδος Κόμβος μορφής Σάλπιγγας (A. Δεξιάς, B. Αριστερής) – Λειτουργικό Σκαρίφημα



Σχήμα 2.4 Φωτογραφία ανισόπεδου κόμβου μορφής Σάλπιγγας (Δεξιάς)
(<http://imgur.com>)

B. Ανισόπεδος κόμβος μορφής ρόμβου (Διαμάντι)

Ο **Ρόμβος** (Diamond) αποτελεί την απλούστερη και την πιο συνηθισμένη μορφή ανισόπεδου τετρασκελή κόμβου τόσο για αστικές όσο και για μη αστικές περιοχές. Χρησιμοποιείται συνήθως στις διασταυρώσεις μιας ελεύθερης ή ταχείας λεωφόρου με άλλες αρτηρίες μικρότερης σημασίας. Αποτελείται από τέσσερις ράμπες απλής κατεύθυνσης. Όλες οι αριστερές στροφές πραγματοποιούνται ισόπεδα στη δευτερεύουσα από τις δύο διασταυρούμενες οδούς, ενώ στην κύρια οδό δημιουργούνται είσοδοι και έξοδοι μεγάλης ταχύτητας (Σχήμα 2.5). Στις περιπτώσεις που η δευτερεύουσα οδός παρουσιάζει σημαντικούς κυκλοφοριακούς φόρτους, οι ισόπεδες διασταυρώσεις απαιτούν σηματοδότηση.

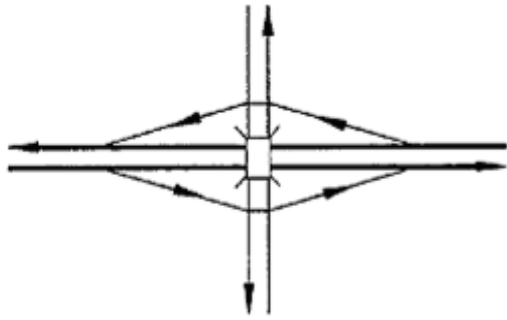
Ο κόμβος μορφής ρόμβου είναι δυνατό να σχεδιαστεί ώστε να μη χρειάζεται επιπλέον πλάτος απαλλοτρίωσης από ό,τι υπάρχει στην κύρια από τις δύο διασταυρούμενες αρτηρίες, γι' αυτό προσφέρεται για τις αστικές περιοχές και ιδιαίτερα για τις κεντρικές περιοχές πόλεων.



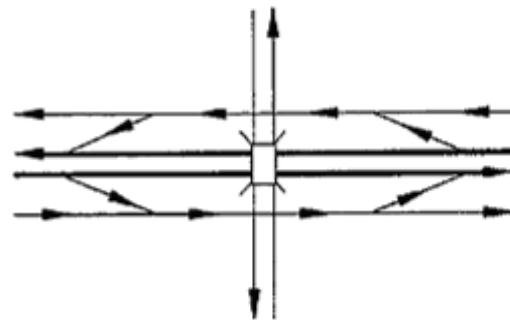
Σχήμα 2.5 Φωτογραφία ανισόπεδου κόμβου μορφής ρόμβου (Diamond)
(<http://imgur.com>)

Στο Σχήμα 2.6 δίνονται οι πιο συνηθισμένοι τύποι κόμβων μορφής ρόμβου. Οι τύποι A και B αποτελούν τη συνηθισμένη μορφή ρόμβου χωρίς ή με παράπλευρες οδούς αντίστοιχα. Παράπλευρες οδοί χρησιμοποιούνται σε οικιστικά ανεπτυγμένες περιοχές και χρησιμεύουν, εκτός από την εξυπηρέτηση των προσβάσεων στις ιδιοκτησίες κατά μήκος της κύριας οδού, και στη σύνδεση του κόμβου με το τοπικό δίκτυο της περιοχής του. Οι ράμπες πρέπει να συνδέονται με τις παράπλευρες οδούς σε αρκετή απόσταση από την διασταύρωση ώστε να απλοποιούνται οι ελιγμοί στην περιοχή των ισόπεδων κόμβων.

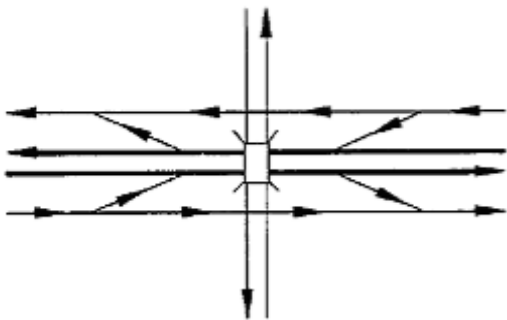
A - Conventional Diamond



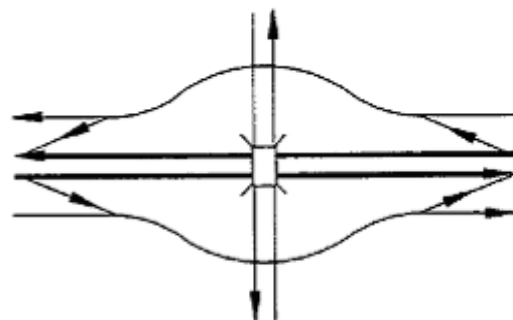
B - Conventional Diamond with Frontage Roads



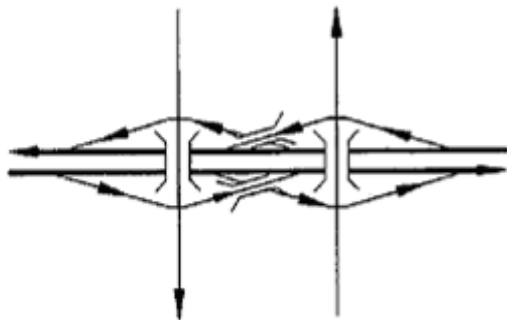
C - Reverse Diamond or X



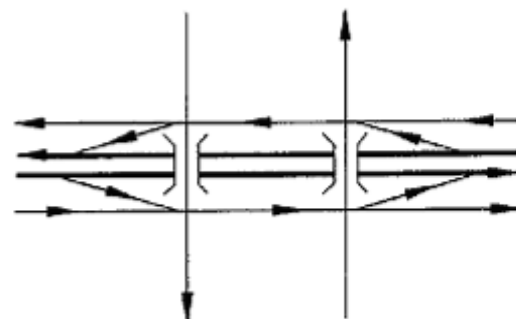
D - Spread Diamond



E - Stacked Diamond



F - Split Diamond



Σχήμα 2.6 Λειτουργικά σκαριφήματα τυπικών ανισόπεδων κόμβων μορφής ρόμβου

C. Ανισόπεδος κόμβος μορφής τετράφυλλου (Clover leaf)

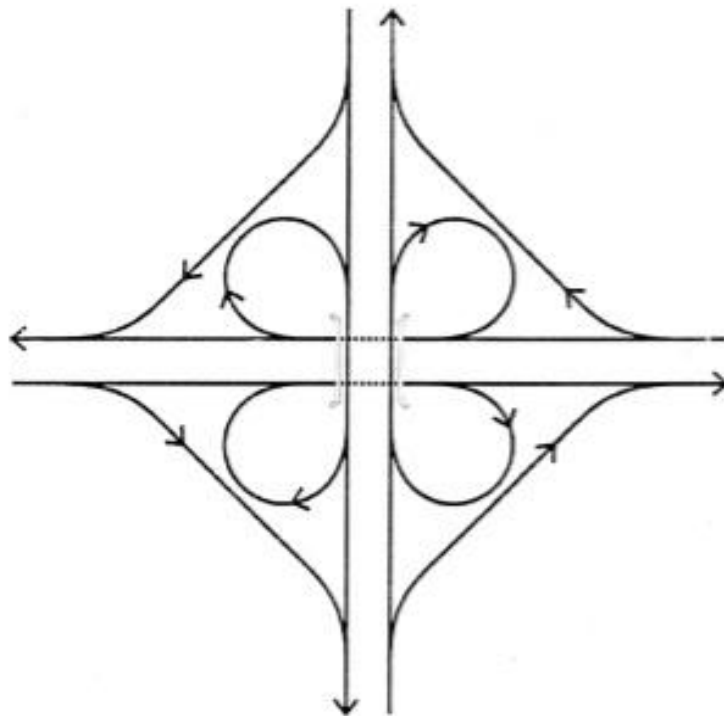
Το **Πλήρες Τετράφυλλο** (Full clover leaf) αποτελεί τον μόνο ανισόπεδο κόμβο που εξαλείφει όλες τις ισόπεδες διασταυρώσεις με ένα μόνο τεχνικό έργο. Όλες οι αριστερές στροφές πραγματοποιούνται με βρόχους και όλες οι δεξιές με κατευθείαν συνδέσεις. Επειδή η είσοδος από κάθε βρόχο δημιουργείται πριν από την έξοδο του επόμενου (κατά τη φορά της κίνησης) βρόχου, δημιουργούνται 4 περιοχές πλέξης, που μπορούν να εξαλειφθούν με την προσθήκη συλλεκτήριων – κατανεμητήριων οδών (Collector – distributor streets) παράλληλων προς τα κύρια οδοστρώματα, όπου μεταφέρονται τα τμήματα πλέξης.

Στο **Μερικό Τετράφυλλο** (Partial cloverleaf ή Parclo) καταργούνται ορισμένοι βρόχοι (συνήθως δύο) ή ακόμη και ορισμένες ράμπες κατευθείαν κίνησης για δεξιές στροφές και οι αντίστοιχες κινήσεις διοχετεύονται στις υπόλοιπες ράμπες, όπου εξυπηρετούνται με ισόπεδες διασταυρώσεις. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει οικονομία, κυρίως στην επιφάνεια κατάληψης του κόμβου. Διακρίνονται οι εξής τύποι ανισόπεδων κόμβων μορφής μερικού τετράφυλλου:

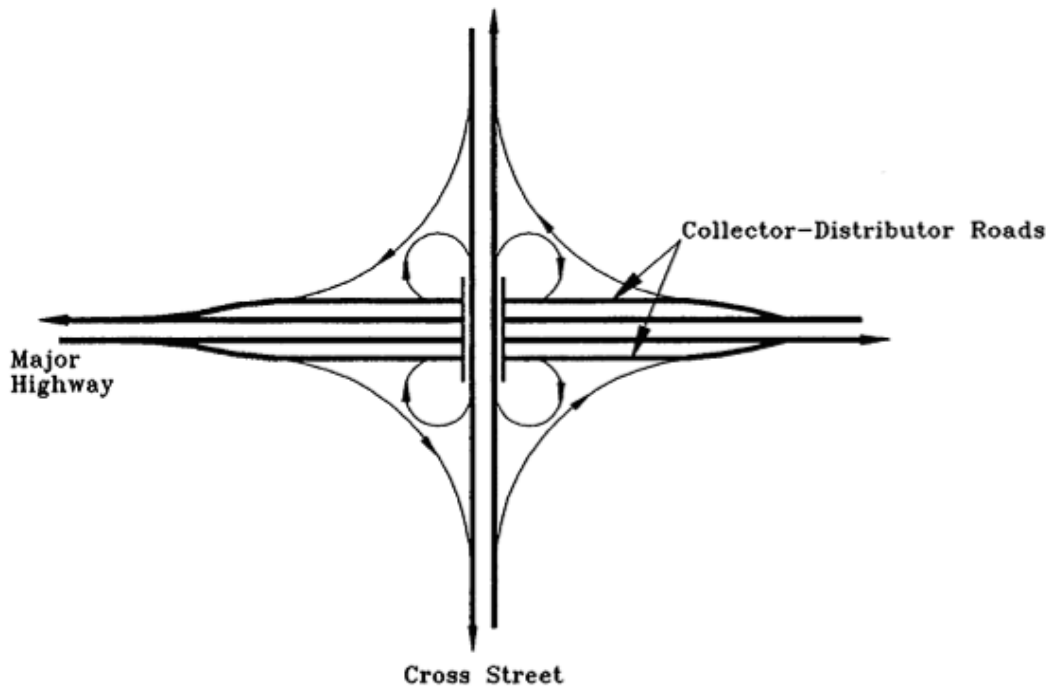
- Τύπος A : Έχει μόνο βρόχους εισόδου στη κύρια οδό,
- Τύπος B : Έχει μόνο βρόχους εξόδου από την κύρια οδό,
- Τύπος AB : Έχει βρόχους εισόδου και εξόδου από την κύρια οδό.

Οι κόμβοι μορφής τετράφυλλου καταλαμβάνουν μεγάλη επιφάνεια και επομένως δεν συνηθίζονται στις αστικές περιοχές όπου το κόστος γης είναι μεγάλο. Εκτός από τις υπεραστικές οδούς χρησιμοποιούνται και σε προαστιακές περιοχές, κυρίως στις διασταυρώσεις δύο κύριων αρτηριών, όπου δεν είναι δυνατό να γίνουν δεκτές οι ισόπεδες διασταυρώσεις που απαιτεί ο κόμβος τύπου ρόμβου και δεν δικαιολογείται το υψηλό κόστος κατασκευής που απαιτούν οι κατευθυντήριοι κόμβοι.

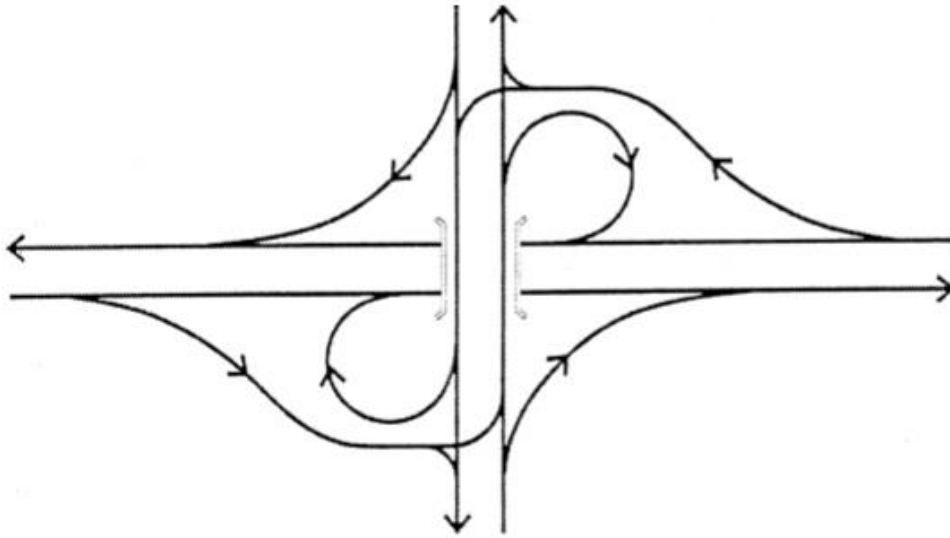
Παρακάτω δίνονται διάφοροι τύποι κόμβων μορφής πλήρους ή μερικού τετράφυλλου.



Σχήμα 2.7 Φωτογραφία και λειτουργικό σκαρίφημα κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου (<http://imgur.com>)



Σχήμα 2.8 Φωτογραφία και λειτουργικό σκαρίφημα κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου με κατανεμητήρια οδοστρώματα (<http://www.fhwa.dot.gov/>)



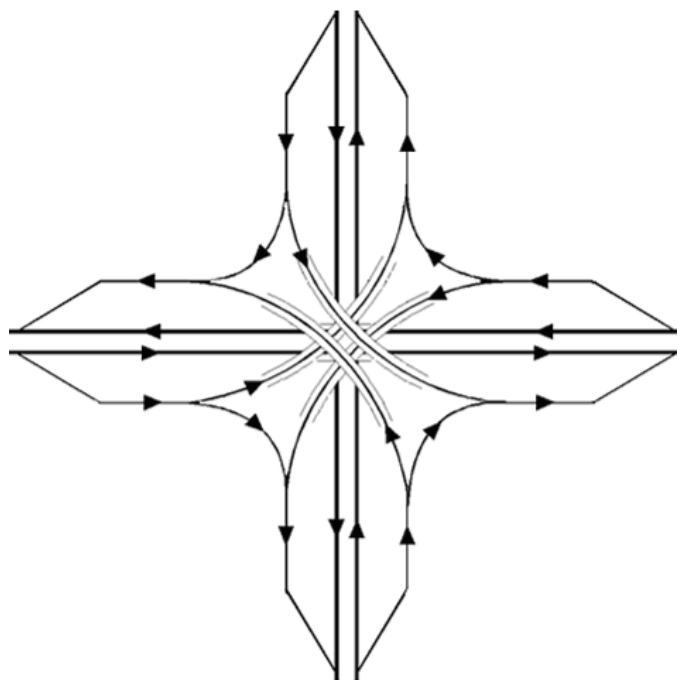
Σχήμα 2.9 Φωτογραφία και λειτουργικό σκαρίφημα κόμβου μορφής μερικού τετράφυλλου (τύπου A) (<http://imgur.com>)

D. Κατευθυντήριοι κόμβοι (Directional interchanges)

Κατευθυντήριοι ονομάζονται οι ανισόπεδοι κόμβοι που χρησιμοποιούν μία ή περισσότερες συνδέσεις κατευθείαν ή ενδιάμεσης μορφής. Αν όλες οι κινήσεις στροφής εξυπηρετούνται με ράμπες κατευθείαν ή ενδιάμεσης μορφής, ο κόμβος ονομάζεται «**πλήρως κατευθυντήριος**» (Fully directional). Αντιθέτως στους «**μερικώς κατευθυντήριους κόμβους**» οι κύριες μόνο κινήσεις εξυπηρετούνται με ράμπες, κατευθείαν σύνδεσης ή σύνδεσης ενδιάμεσης μορφής, ενώ οι υπόλοιπες με βρόχους.

Οι κατευθυντήριοι κόμβοι χρησιμοποιούνται σε κύριες διασταυρώσεις αστικών περιοχών, όπως π.χ. σε διασταυρώσεις μεταξύ δύο ελεύθερων λεωφόρων. Στις περιπτώσεις αυτές οι κινήσεις στροφής παρουσιάζουν υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, συγκρίσιμους με τους φόρτους των κατευθείαν κινήσεων. Οι κατευθείαν συνδέσεις ή οι συνδέσεις ενδιάμεσης μορφής προσφέρουν, σε σχέση με τους βρόχους, μικρότερες διαδρομές, υψηλότερη ταχύτητα και κυκλοφοριακή ικανότητα και, τις περισσότερες φορές, αποφεύγουν την πλέξη.

Υπάρχει μεγάλος αριθμός μορφών κατευθυντήριων κόμβων που προκύπτουν από διάφορους συνδυασμούς συνδέσεων κατευθείαν, ενδιάμεσης μορφής ή με αναστροφή. Το υψηλό κόστος και η σημασία των κατευθυντήριων κόμβων επιβάλλουν την εκπόνηση τεχνικοοικονομικών μελετών διάφορων εναλλακτικών λύσεων προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μορφή.



Σχήμα 2.10 Λειτουργικό σκαρίφημα πλήρως κατευθυντήριου κόμβου
(<http://onlinemanuals.txdot.gov>)

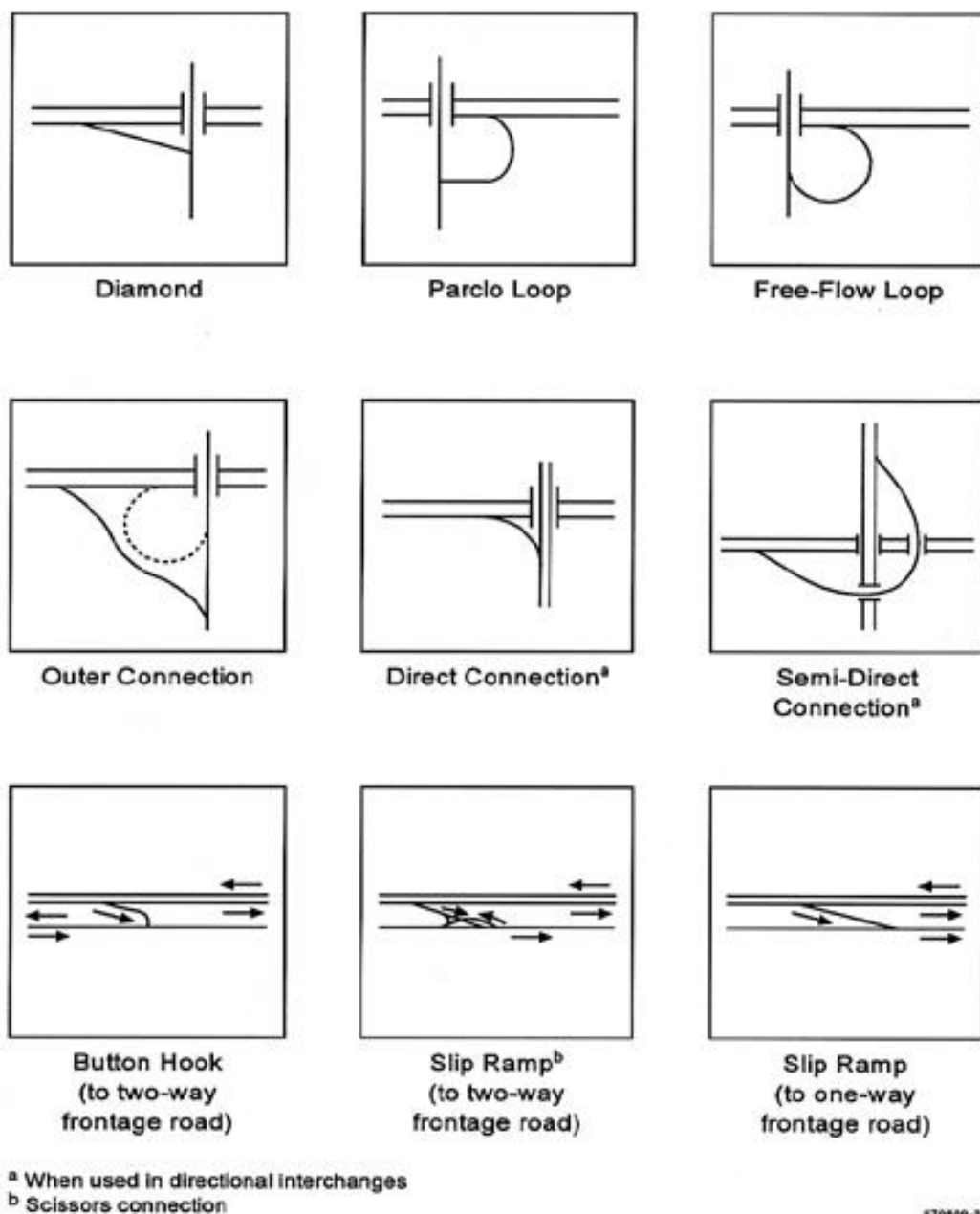
2.3.3 Κλάδοι εισόδου – εξόδου (Ράμπες)

Ο όρος **ράμπα** ή κλάδος χρησιμοποιείται για να δηλώσει την κάθε τύπου σύνδεση μεταξύ δύο ή περισσότερων σκελών ενός ανισόπεδου κόμβου. Κάθε ράμπα αποτελείται από τα άκρα της, δηλαδή από μία έξοδο και μία είσοδο και από το μεταξύ τους τμήμα σύνδεσης.

Διακρίνονται τρεις βασικοί τύποι ράμπας ανάλογα με τη μορφή και τον τρόπο που συνδέονται τα σκέλη του ανισόπεδου κόμβου:

1. **Κατ' ευθείαν σύνδεση** (Direct connection): Ακολουθεί τη φυσική τροχιά των ρευμάτων και χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα για δεξιές στροφές, που μπορούν να εξυπηρετηθούν με κατ' ευθείαν σύνδεση χωρίς να γίνονται διασταυρώσεις ρευμάτων. Κατευθείαν συνδέσεις χρησιμοποιούνται και για αριστερές στροφές κύριων ρευμάτων που θα πρέπει να εξυπηρετηθούν χωρίς σημαντική απόκλιση από τη φυσική τροχιά. Σε αυτή τη περίπτωση η έξοδος και η είσοδος της κυκλοφορίας γίνεται στα αριστερά των συνδεόμενων οδών. Για το λόγο αυτό οι κατ' ευθείαν συνδέσεις για αριστερές στροφές θεωρούνται μειονεκτικές.
2. **Σύνδεση με αναστροφή – Βρόχος** (Loop): χρησιμοποιείται συνήθως για εξυπηρέτηση αριστερών στροφών. Αποτελείται από έξοδο στο δεξιό της μιας από τις συνδεόμενες οδούς, στροφή κατά περίπου 270° , και είσοδο πάλι από δεξιά της δεύτερης από τις συνδεόμενες οδούς. Κατά τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η διασταύρωση με τα κατ' ευθείαν ρεύματα που θα συνέβαινε αν οι αριστερές στροφές ακολουθούσαν τη συντομότερη τροχιά τους.
3. **Σύνδεση ενδιάμεσης μορφής** (Semi – direct connection): Χρησιμοποιείται και αυτή για αριστερές στροφές. Αποτελεί μία ενδιάμεση μορφή ανάμεσα στην κατ' ευθείαν σύνδεση και τη σύνδεση με αναστροφή. Η στροφή πραγματοποιείται με μια μερική απόκλιση από τη φυσική τροχιά της.
(Φραντζεσκάκης & Γιαννόπουλος, 1986)

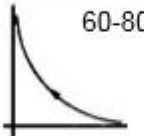
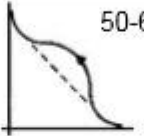
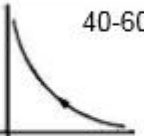
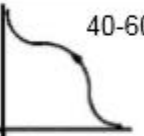
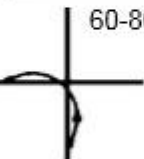
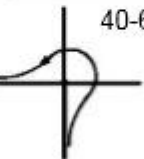
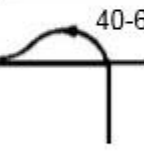
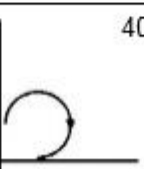
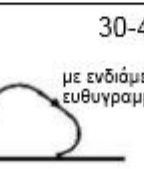
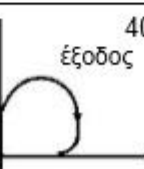
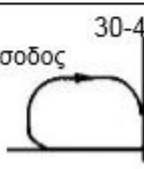
Το Σχήμα 2.11 εικονογραφεί τις παραπάνω τρεις κατηγορίες σύνδεσης, όπως αυτές εμφανίζονται στους διάφορους ανισόπεδους κόμβους.



Σχήμα 2.11 Τύποι ράμπας (<https://ntl.bts.gov>)

Οι ράμπες διακρίνονται, επιπλέον, σε δύο ομάδες ανάλογα με τις οδούς στις οποίες απολήγουν. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι τύποι ραμπών ανισόπεδων κόμβων και οι αντίστοιχες συνιστώμενες ταχύτητες μελέτης, και στον Πίνακα 2.2 περιλαμβάνονται οι οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης για τις ράμπες ανισόπεδων κόμβων, ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης. (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Πίνακας 2.1 Τύποι ράμπας και συνιστώμενες ταχύτητες μελέτης (km/h)
(Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Τύπος ράμπας (καθοδήγηση κυκλοφορίας)	Ομάδα ραμπών 1 αυτ/μος - αυτ/μος		Ομάδα ραμπών 2 αυτ/μος - δευτερεύουσα οδός	
	Πορεία της χάραξης			
	μη προσαρμοσμ.	προσαρμοσμένη	μη προσαρμοσμ.	προσαρμοσμένη
κατευθείαν σύνδεση	 60-80	 50-60	 40-60	 40-60
σύνδεση ενδιάμεσης μορφής	 60-80	 40-60	—	 40-60
βρόχος	 40	 30-40 με ενδιάμεση ευθυγράμμιση	 40 έξοδος	 30-40 είσοδος

Πίνακας 2.2 Οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης για τις ράμπες ανισόπεδων κόμβων
(Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Στοιχείο μελέτης		Συμβολισμός	Οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης για ταχύτητα V (km/h)					
			30	40	50	60	70	80
Ελάχιστη ακτίνα σε καμπύλες		R (m)	30	50	80	125	180	250
Μέγιστη κατά μήκος κλίση	Ανωφέρεια	+s (%)	6.0					
	Κατωφέρεια	-s (%)	7.0					
Ελάχιστη ακτίνα κυρτώματος		H _κ (m)	1000	1500	2000	2800	3000	3500
Ελάχιστη ακτίνα κοιλώματος		H _w (m)	500	750	1000	1400	2000	2600
Ελάχιστη επίκλιση		q (%)	2.5					
Μέγιστη επίκλιση στις καμπύλες		q _κ (%)	6.0					
Ελάχιστη πρόσθετη κλίση των οριογραμμών		Δs (%)	0.1 · a a = απόσταση της οριογραμμής από τον άξονα περιστροφής (m)					
Ελάχιστο μήκος ορατότητας για στάση		S _h (m)	30	40	55	75	100	115

Διαμόρφωση άκρων ράμπας

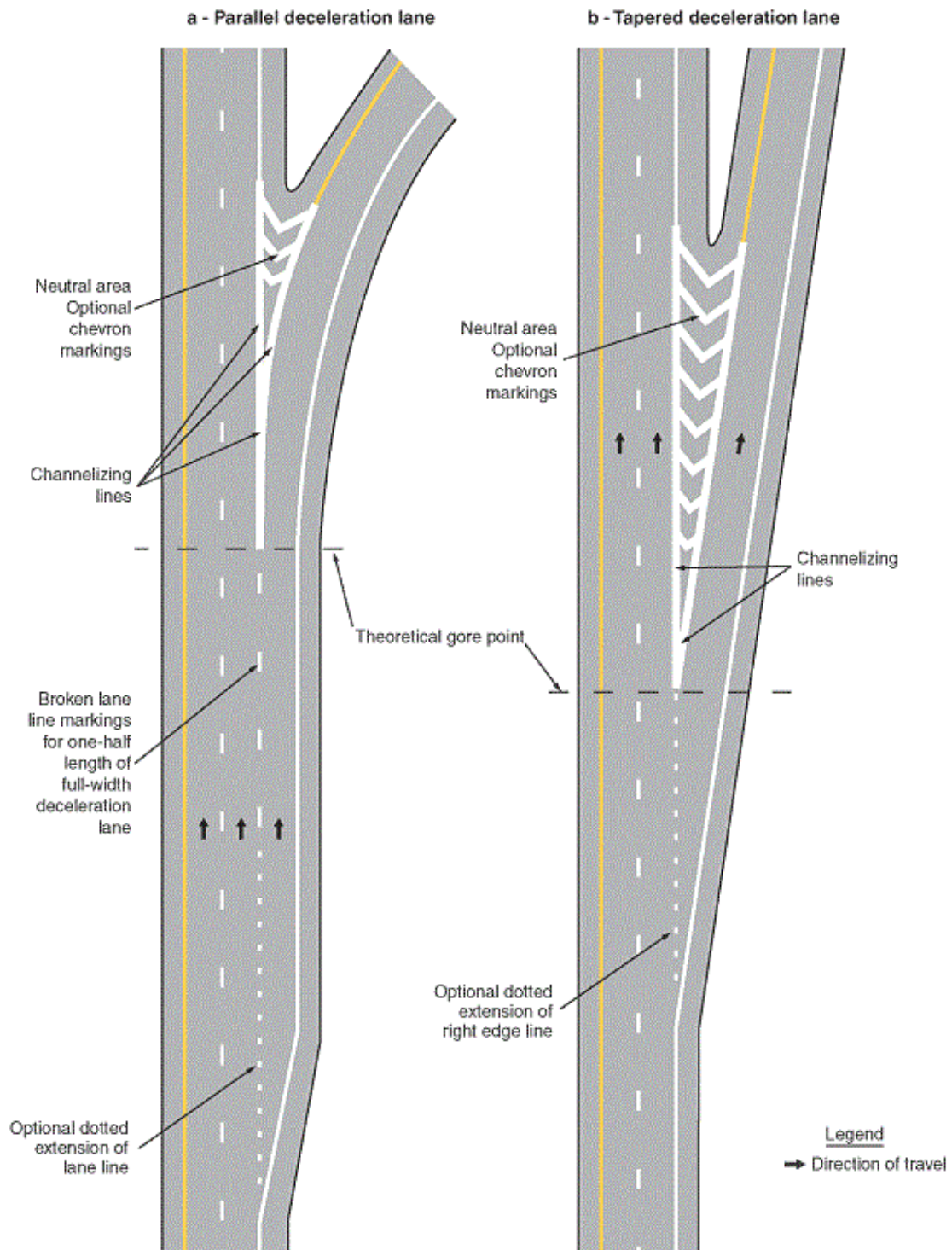
Τα **άκρα** μιας ράμπας, δηλαδή τα τμήματά της που καταλήγουν στις συνδεόμενες οδούς, μπορεί να είναι ισόπεδοι κόμβοι, όταν η ράμπα καταλήγει σε μία οδό που δεν είναι ελεύθερη λεωφόρος, είτε είσοδοι – έξοδοι ελεύθερης ροής, που περιλαμβάνουν **λωρίδες αλλαγής ταχύτητας** (speed change lanes). Οι τελευταίες επιτρέπουν τη μετάβαση από την ταχύτητα της ράμπας στην ταχύτητα της κύριας οδού και αντίστροφα. Στην περίπτωση που έχουμε είσοδο στην κύρια οδό, η λωρίδα αλλαγής ταχύτητας διαμορφώνεται σε **λωρίδα επιτάχυνσης** (acceleration lane), ενώ στην περίπτωση εξόδου, σε **λωρίδα επιβράδυνσης** (deceleration lane).

Τα άκρα μιας ράμπας προς ή από μία κύρια οδό μπορούν να διαμορφωθούν είτε κατά τον τύπο **μεταβλητού πλάτους** (tapered type), είτε κατά τον **παράλληλο τύπο** (parallel type). Στον παράλληλο τύπο υπάρχει μια πλήρης λωρίδα κυκλοφορίας παράλληλη προς εκείνες της κύριας οδού. Στο άκρο της προς τη λεωφόρο η λωρίδα αυτή διαμορφώνεται σε τμήμα μεταβλητού πλάτους που αποτελεί μία συναρμογή (taper). Στον τύπο μεταβλητού πλάτους η είσοδος και έξοδος πραγματοποιούνται κατευθείαν με μικρή γωνία συμβολής ή μερισμού, με μία πρόσθετη λωρίδα κυκλοφορίας το πλάτος της οποίας μειώνεται συνεχώς. Υπάρχει μια τάση στη χρησιμοποίηση του τύπου μεταβλητού πλάτους τόσο στις εισόδους όσο και στις εξόδους. Ειδικότερα ο παράλληλος τύπος τείνει να καταργηθεί για τις εξόδους.

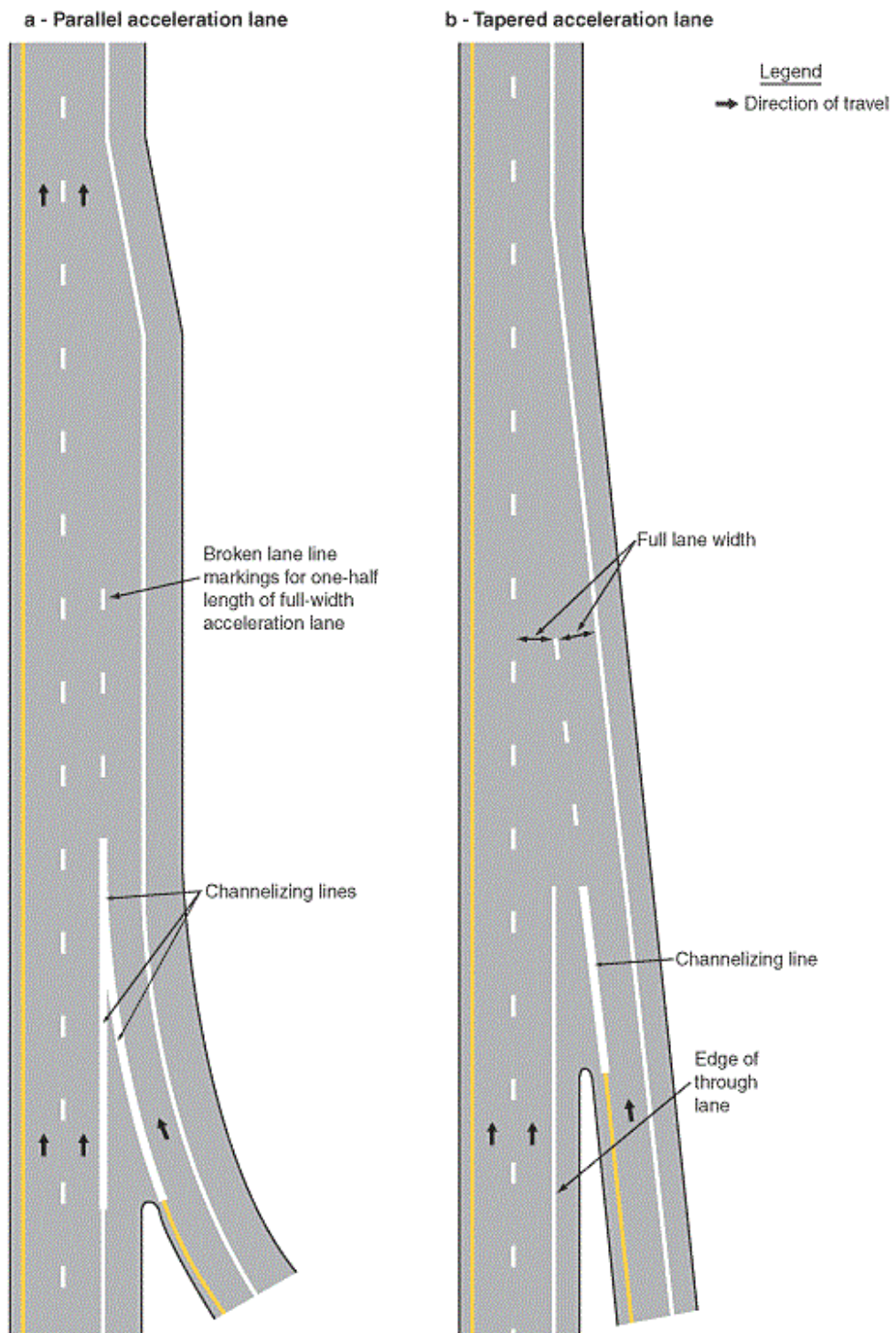
Τα μήκη των λωρίδων επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης καθορίζονται κυρίως από τις ταχύτητες μελέτης της κύριας οδού και της ράμπας στο σημείο εισόδου ή εξόδου και από την κατά μήκος κλίση της λωρίδας αλλαγής ταχύτητας. Ο υπολογισμός και η διαμόρφωση των λωρίδων αλλαγής ταχύτητας αποτελεί το βασικό αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και εξετάζεται διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Ειδικά για τις λωρίδες επιτάχυνσης, το μήκος τους εξαρτάται και από το μέγεθος των κυκλοφορούντων φόρτων της κύριας οδού και της ράμπας. Ένα μήκος λωρίδας επιτάχυνσης τουλάχιστον 250 μέτρα, πέρα από τη συναρμογή, είναι επιθυμητό όπου αναμένεται ότι η ράμπα και η κύρια οδός θα εξυπηρετούν κυκλοφοριακούς φόρτους κοντά στην κυκλοφοριακή ικανότητα της περιοχής συμβολής.

(Φραντζεσκάκης & Γιαννόπουλος, 1986)



Σχήμα 2.12 Παραδείγματα λωρίδων εξόδου παράλληλου τύπου και τύπου μεταβλητού πλάτους (<http://www.fhwa.dot.gov/>)



Σχήμα 2.13 Παραδείγματα λωρίδων εισόδου παράλληλου τύπου και τύπου μεταβλητού πλάτους (<http://www.fhwa.dot.gov/>)

2.4 Σύστημα αυτοκινητόδρομου – ανισόπεδων κόμβων

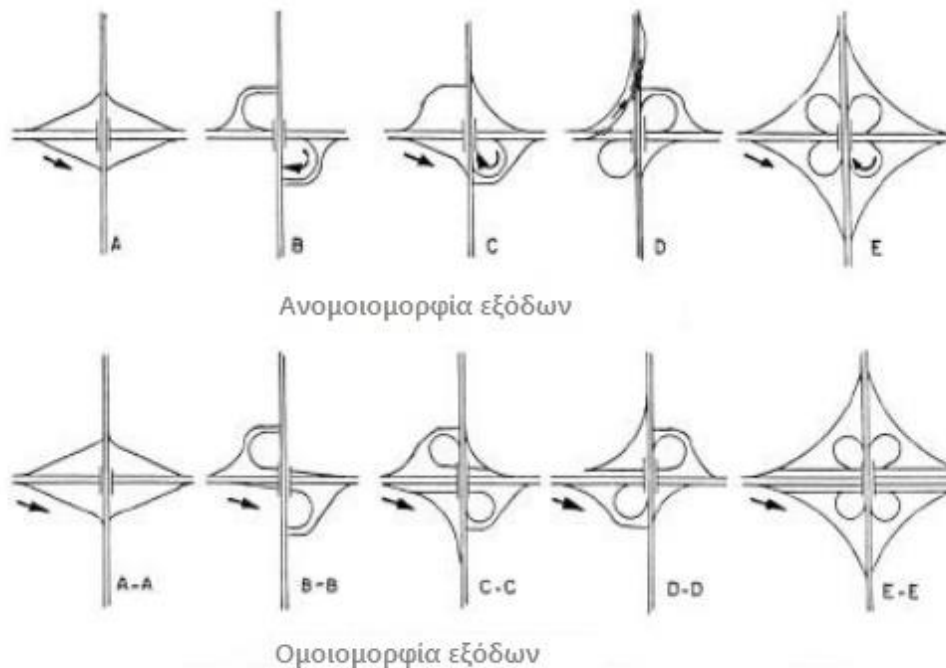
Οι ανισόπεδοι κόμβοι κατά μήκος των αυτοκινητοδρόμων δε θα πρέπει να σχεδιάζονται μεμονωμένα, αλλά με βάση την ενιαία θεώρηση τους με τον αυτοκινητόδρομο. Θα πρέπει συγκεκριμένα να λαμβάνονται υπ' όψη τα εξής (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013) :

Αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων

Σε υπεραστικές περιοχές η απόσταση μεταξύ των κόμβων θα πρέπει να είναι 3-8 Km, ενώ σε αστικές περιοχές 1,5-3 Km (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Ομοιομορφία στον σχεδιασμό εισόδων και εξόδων

Με ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να εξετάζεται η θέση των εξόδων και των εισόδων από και προς τον αυτοκινητόδρομο. Γενικά, οι εξοδοί και οι εισοδοί θα πρέπει να προβλέπονται προς τα δεξιά, ενώ οι εξοδοί πριν το τεχνικό έργο προσφέρουν καλύτερη ορατότητα. Θα πρέπει επίσης να τηρείται ομοιομορφία (consistency) των εισόδων και εξόδων κατά μήκος του αυτοκινητόδρομου (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).



Σχήμα 2.14 Διαμόρφωση εξόδων κατά μήκος αυτοκινητόδρομου (AASHTO, 2004)

Αριθμός βασικών λωρίδων

Καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των λωρίδων κυκλοφορίας στην ευρύτερη περιοχή ενός κόμβου είναι ο αριθμός βασικών λωρίδων κυκλοφορίας. Στους Αμερικανικούς κανονισμούς ως αριθμός βασικών λωρίδων ορίζεται *“ο ελάχιστος αριθμός λωρίδων που διατηρούνται σε σημαντικό μήκος μιας αρτηρίας, ανεξάρτητα από αλλαγές στον κυκλοφοριακό φόρτο και λοιπές ανάγκες ισοζυγίου λωρίδων”*. Πιο απλά, αριθμός βασικών λωρίδων είναι ο σταθερός αριθμός λωρίδων μιας αρτηρίας, μη λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσθετες λωρίδες (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Ο αριθμός βασικών λωρίδων προσδιορίζεται με κατάλληλη ανάλυση των αναμενόμενων κυκλοφοριακών φόρτων και της αντίστοιχης κυκλοφοριακής ικανότητας της οδού, και θα πρέπει να διατηρείται σταθερός για σημαντικό μήκος της. Για παράδειγμα, δεν θα πρέπει να μεταβάλλεται μεταξύ ενός ζεύγους κόμβων επειδή σημαντικό κυκλοφοριακό φόρτος εισέρχεται στον έναν κόμβο και εξέρχεται στον επόμενο. Σε αυτή την περίπτωση η αύξηση του φόρτου πρέπει να εξυπηρετείται με κατάλληλες πρόσθετες λωρίδες κυκλοφορίας (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Ισοζύγιο λωρίδων

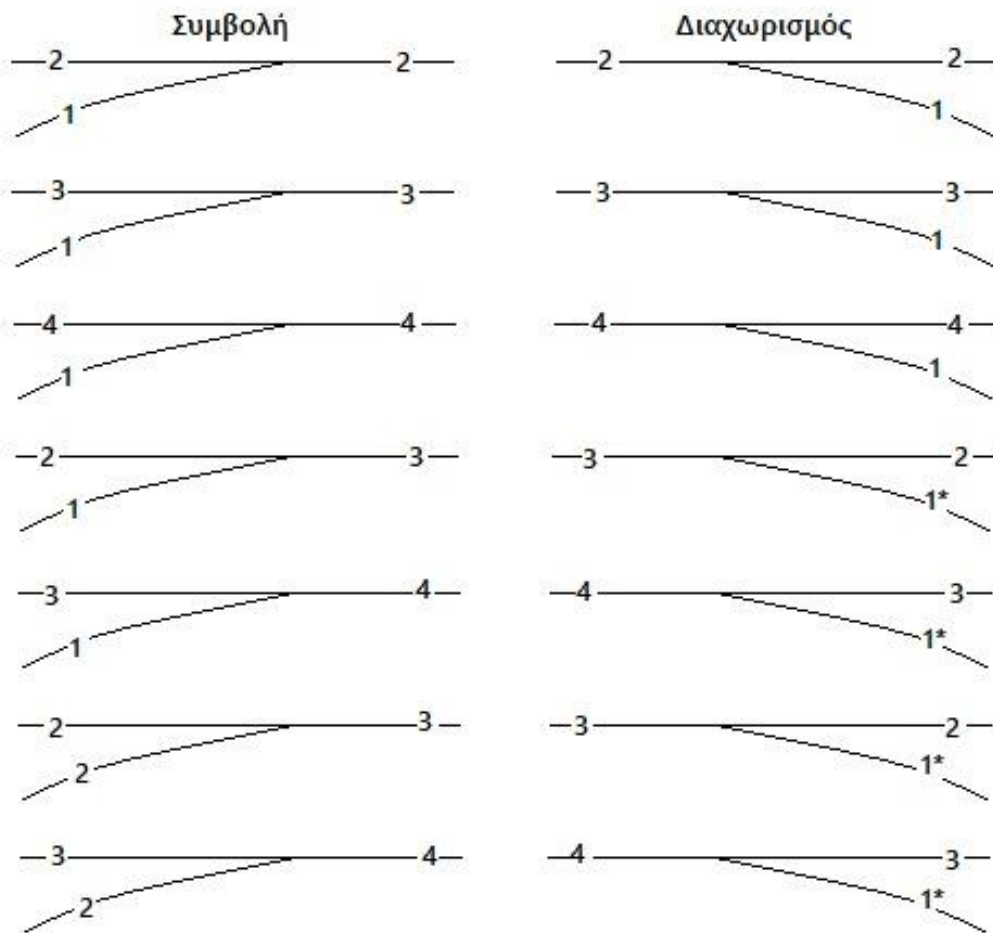
Για να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία στην περιοχή ενός ανισόπεδου κόμβου θα πρέπει να υπάρχει το λεγόμενο ισοζύγιο λωρίδων κυκλοφορίας στις διασταυρούμενες οδούς και στις ράμπες. Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι μελέτης και η προσφερόμενη κυκλοφοριακή ικανότητα προσδιορίζουν τον ελάχιστο επιβαλλόμενο αριθμό λωρίδων κυκλοφορίας για τις διασταυρούμενες οδούς και τις ράμπες. Ο αριθμός αυτός θα πρέπει να ελέγχεται με βάση τις παρακάτω αρχές (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013):

1. Ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας μετά τη συμβολή δύο κυκλοφοριακών ρευμάτων (είσοδοι αυτοκινητόδρομοι) δεν θα πρέπει να είναι μικρότερος από το άθροισμα των λωρίδων των οδών που συμβάλουν, μείον μία. (Σχήμα 2.15)
2. Σε θέσεις διαχωρισμού σε δύο ρεύματα κυκλοφορίας (έξοδοι αυτοκινητόδρομου) , ο αριθμός λωρίδων του αυτοκινητοδρόμου πριν την έξοδο αυξημένος κατά μία λωρίδα θα πρέπει να ισούται με το άθροισμα των λωρίδων του αυτοκινητοδρόμου μετά την έξοδο συν τις λωρίδες της ράμπας εξόδου (Σχήμα 2.15). Εξάιρεση στον κανόνα αυτόν αποτελούν οι κλάδοι εξόδου σε ανισόπεδο κόμβο μορφής τετράφυλλου, καθώς και οι είσοδοι και έξοδοι σε πυκνά διατεταγμένους κόμβους (* στο Σχήμα 2.15). Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται

ως λωρίδα επιβράδυνσης η λωρίδα επιτάχυνσης του κλάδου εισόδου που προηγείται, και επομένως η πρόσθετη λωρίδα μπορεί να μην διατηρηθεί μετά την θέση εξόδου.

3. Ο συνολικός αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας (βασικές και πρόσθετες λωρίδες) δεν θα πρέπει να ελαττώνεται περισσότερο από μία λωρίδα κάθε φορά.

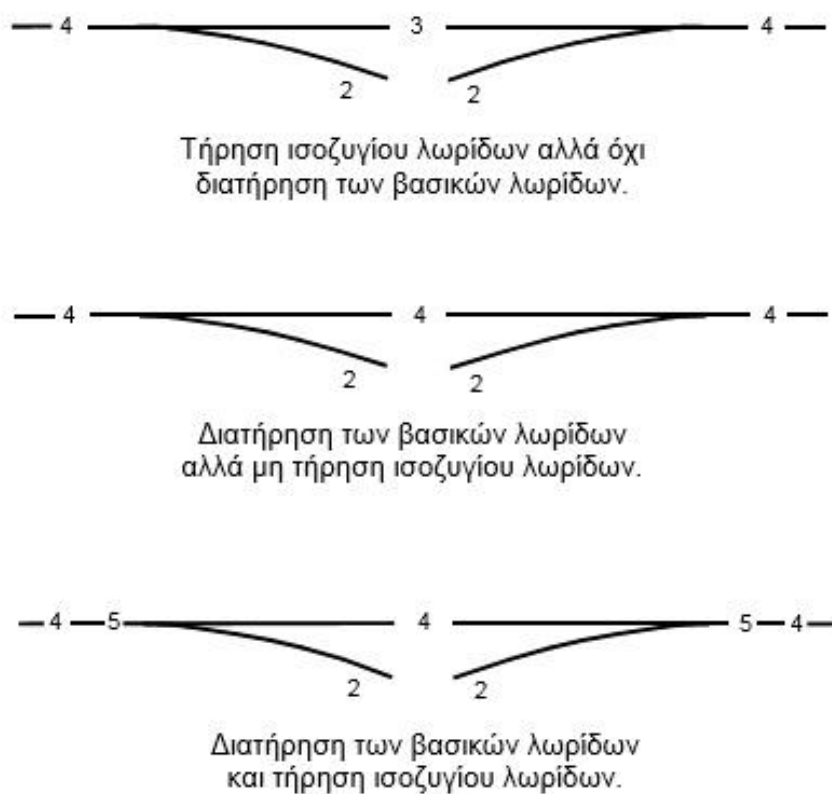
Τυπικά παραδείγματα εφαρμογής των παραπάνω αρχών τήρησης του ισοζυγίου λωρίδων στη συμβολή (είσοδο) και τον διαχωρισμό (έξοδο) ρευμάτων κυκλοφορίας παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.15.



Σχήμα 2.15 Παραδείγματα τήρησης ισοζυγίου λωρίδων στη συμβολή και στον διαχωρισμό ρευμάτων κυκλοφορίας (AASHTO, 2004)

Συνδυασμός αριθμού βασικών λωρίδων και ισοζυγίου λωρίδων

Οι παραπάνω αρχές για την τήρηση του ισοζυγίου λωρίδων συχνά φαίνεται να έρχονται σε αντίθεση με την απαίτηση για διατήρηση του αριθμού βασικών λωρίδων. Αυτό γίνεται ευκολότερα κατανοητό στο Σχήμα 2.16, όπου απεικονίζονται τρεις διαφορετικές διαμορφώσεις λωρίδων, στην περίπτωση κατά την οποία σε ένα ρεύμα κυκλοφορίας με τέσσερις βασικές λωρίδες προβλέπεται μια έξοδος (δύο λωρίδες) και στη συνέχεια μία είσοδος (δύο λωρίδες) (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).



Σχήμα 2.16 Συνδυασμός αριθμού βασικών λωρίδων και ισοζυγίου λωρίδων (AASHTO, 2004)

Στην πρώτη περίπτωση τηρείται το ισοζύγιο λωρίδων, δεν τηρείται όμως ο αριθμός βασικών λωρίδων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, στο τμήμα μεταξύ της εισόδου και της εξόδου, στην οδό να διατίθεται μειωμένος αριθμός λωρίδων και πιθανόν να μην διατίθεται η απαιτούμενη κυκλοφοριακή ικανότητα (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Στην δεύτερη περίπτωση, διατηρείται ο αριθμός βασικών λωρίδων, δεν τηρείται όμως το ισοζύγιο λωρίδων. Με τη διάταξη αυτή, τα οχήματα

διερχόμενης κυκλοφορίας στην θέση εξόδου θα πρέπει να περιοριστούν στις δύο αριστερές λωρίδες (εφόσον οι δύο δεξιότερες είναι λωρίδες εξόδου), με πιθανές κυκλοφοριακές εμπλοκές. Οξύτερο πρόβλημα δημιουργείται στη συμβολή, όπου έξι συνολικά λωρίδες κυκλοφορίας περιορίζονται σε τέσσερις (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Στην τελευταία περίπτωση, διατηρείται τόσο ο αριθμός βασικών λωρίδων όσο και το ισοζύγιο λωρίδων, με κατάλληλη μεταβολή στον αριθμό των πρόσθετων λωρίδων κυκλοφορίας. Με τον τρόπο αυτό ικανοποιούνται οι ανάγκες κυκλοφοριακής ικανότητας αλλά και ομαλής κυκλοφοριακής λειτουργίας στην περιοχή του κόμβου (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Διακοπή πρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας

Η λειτουργία μιας οδού είναι δυνατόν να βελτιωθεί προβλέποντας μια συνεχόμενη πρόσθετη λωρίδα κυκλοφορίας μεταξύ της θέσης εισόδου και εξόδου στις περιπτώσεις κατά τις οποίες (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013):

- Οι κόμβοι βρίσκονται σε κοντινή απόσταση.
- Η απόσταση μεταξύ του τέλους της λωρίδας επιτάχυνσης και της αρχής της λωρίδας επιβράδυνσης είναι μικρή.
- Δεν προβλέπονται παράπλευρες οδοί εξυπηρέτησης των γειτονικών ιδιοκτησιών.

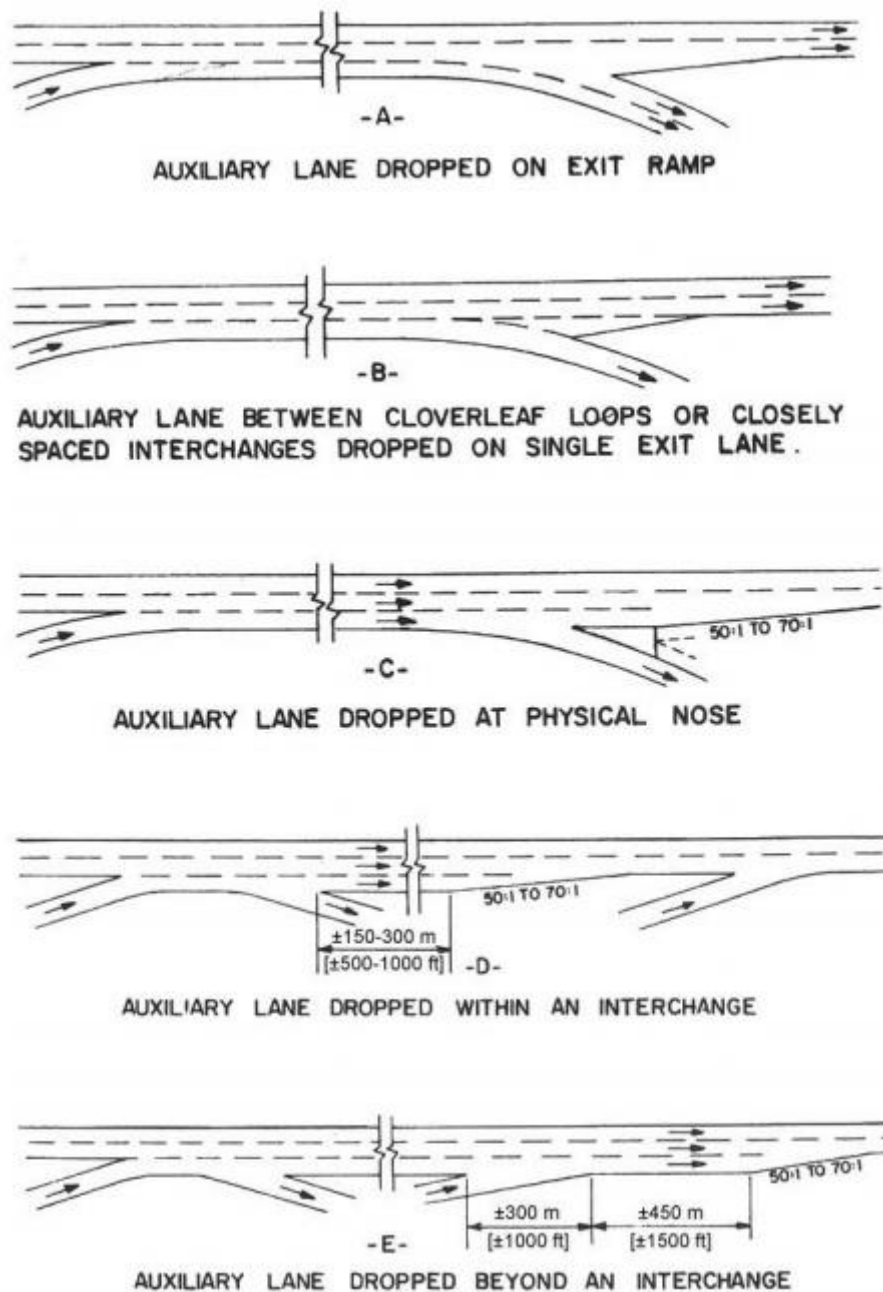
Η διακοπή της πρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας είναι δυνατόν να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους (Σχήμα 2.17). Μπορεί να διακοπεί σε κλάδο εξόδου δύο λωρίδων κυκλοφορίας (Σχήμα 2.17A), πρακτική κατά την οποία τηρείται το ισοζύγιο λωρίδων (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Μπορεί ακόμη να διακοπεί σε κλάδο εξόδου μιας λωρίδας (Σχήμα 2.17B), που περιλαμβάνεται στις εξαιρέσεις που αναφέρονται στο ισοζύγιο λωρίδων. Επίσης, μπορεί να διακοπεί μετά τη θέση εξόδου, προβλέποντας κατάλληλο μήκος συναρμογής (Σχήμα 2.17C). Η πρακτική αυτή παρέχει τη δυνατότητα διόρθωσης της επιλογής διαδρομής στους οδηγούς που βρίσκονταν στην πρόσθετη λωρίδα κατά λάθος, επιτρέποντάς τους να διατηρήσουν την ευθεία πορεία (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Για την μείωση των κυκλοφοριακών εμπλοκών λόγω οχημάτων που μεταβαίνουν από πρόσθετη λωρίδα στις λωρίδες διερχόμενης κυκλοφορίας, προτείνεται η διατήρηση μετά την θέση εξόδου της πρόσθετης λωρίδας, με

πλήρες πλάτος, για μήκος 150 έως 300m (Σχήμα 2.17D) (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Τέλος, στις περιπτώσεις που μία πρόσθετη λωρίδα διατηρείται σε περισσότερους από έναν κόμβους, συνιστάται αυτή να συναρμόζεται με τις λωρίδες διερχόμενης κυκλοφορίας περίπου 750m μετά την τελευταία είσοδο, ώστε η συναρμογή να πραγματοποιείται σε θέση εκτός της επίδρασης του κόμβου (Σχήμα 2.17E) (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).



Σχήμα 2.17 Εναλλακτικοί τρόποι διακοπής πρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας (AASHTO, 2004)

2.4.1 Χώροι Στάθμευσης και Ανάπαυσης στον Αυτοκινητόδρομο

Ανά τακτά διαστήματα κατά μήκος του Αυτοκινητοδρόμου υπάρχει είτε κάποιος **Χώρος Στάθμευσης και Ανάπαυσης** (safety rest areas), είτε κάποιος **Σταθμός Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών (ΣΕΑ)** που βοηθά τους οδηγούς να κάνουν ένα μικρό αλλά πολύ σημαντικό διάλειμμα στο ταξίδι τους, όποτε και όταν το χρειάζονται. Σύμφωνα με έρευνες ένα μικρό διάλειμμα ανάπαυσης στο ταξίδι βοηθά σημαντικά στην μείωση των τροχαίων ατυχημάτων που προκαλούνται από την κόπωση των οδηγών.

Ο σχεδιασμός των χώρων αυτών ποικίλει ανάλογα την τοποθεσία και τις ανάγκες. Μπορεί να πρόκειται είτε για αρκετά μεγάλους χώρους που περιλαμβάνουν καταστήματα, εστιατόρια, ακόμη και πρατήρια καυσίμων, είτε για χώρους που εξυπηρετούν ελάχιστο αριθμό οχημάτων κυρίως για σύντομη στάση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Σε κάθε περίπτωση, αυτοί επιβάλλεται να σχεδιάζονται με ράμπες εισόδου και εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο. Οι ράμπες εισόδου και εξόδου θα πρέπει να σχεδιάζονται με τον ίδιο τρόπο όπως και στους ανισόπεδους κόμβους.

Επειδή οι Χώροι Στάθμευσης και Ανάπαυσης εξυπηρετούν μεγάλο αριθμό βαρέων οχημάτων, κατά τον σχεδιασμό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η καλύτερη εξυπηρέτηση αυτών. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί, για παράδειγμα, κατασκευάζοντας λωρίδες αλλαγής ταχύτητας μεγαλύτερου μήκους. Η παροχή επίπεδης γεωμετρίας στα τμήματα από και προς τις ράμπες διευκολύνει επίσης την λειτουργία των οχημάτων αυτών.



Σχήμα 2.18 Αμφίπλευρος Σταθμός Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών (ΣΕΑ) Κορινού, 447 χλμ, ΝΕΟ Αθήνας – Θεσσαλονίκης (<http://www.aegeanmotorway.gr>)

3. Προδιαγραφές Σχεδιασμού Λωρίδων Εισόδου και Εξόδου από Αυτοκινητόδρομο

3.1 Εισαγωγή

Η διαμόρφωση της περιοχής **εξόδου** από τον αυτοκινητόδρομο πρέπει να πραγματοποιείται με στόχους την έγκαιρη αναγνώριση, την εξασφάλιση επαρκούς κυκλοφοριακής ικανότητας και τη δυνατότητα ομαλής επιβράδυνσης. Τμήμα του κλάδου εξόδου, πριν τη θέση διαχωρισμού από τον αυτοκινητόδρομο αποτελεί και η **λωρίδα επιβράδυνσης**, η οποία είναι μια πρόσθετη λωρίδα κυκλοφορίας πριν τον διαχωρισμό ενός κλάδου εξόδου από την αρτηρία, που έχει επαρκές μήκος ώστε το εξερχόμενο από την αρτηρία όχημα να μπορεί να επιβραδύνει με ασφάλεια, χωρίς εμπλοκή με τη διερχόμενη κυκλοφορία, σε ταχύτητα κατάλληλη για τον κλάδο εξόδου. Κατά τη διαμόρφωση μιας λωρίδας επιβράδυνσης είναι δυνατόν να εφαρμοστεί είτε διάταξη μεταβλητού πλάτους (tapered) είτε παράλληλη (parallel) (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Η διαμόρφωση της περιοχής **εισόδου**, αντίστοιχα, πρέπει να πραγματοποιείται με στόχους την ελαχιστοποίηση της διαφοράς ταχύτητας μεταξύ εισερχόμενων και διερχόμενων οχημάτων και την εξασφάλιση επαρκούς κυκλοφοριακής ικανότητας. Τμήμα του κλάδου εισόδου, μετά τη συμβολή στην αρτηρία, αποτελεί και η **λωρίδα επιτάχυνσης**, η οποία είναι μια πρόσθετη λωρίδα κυκλοφορίας επαρκούς μήκους ώστε το εισερχόμενο στην αρτηρία όχημα να μπορεί να επιταχύνει σε ταχύτητα παραπλήσια της διερχόμενης κυκλοφορίας και να εισέλθει με ασφάλεια στις βασικές λωρίδες κυκλοφορίας. Κατά τη διαμόρφωση μιας λωρίδας επιτάχυνσης είναι δυνατόν να εφαρμοστεί είτε διάταξη μεταβλητού πλάτους (tapered) είτε παράλληλη (parallel) (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για τη διαμόρφωση των κλάδων εισόδου και εξόδου, καθώς και των λωρίδων επιτάχυνσης και επιβράδυνσης αντίστοιχα, σύμφωνα με τους κανονισμούς διαφόρων χωρών.

3.2 Κανονισμοί Γερμανίας (RAA, 2008)

3.2.1 Τάξεις μελέτης και χαρακτηριστικά διαμόρφωσης

Στους Γερμανικούς κανονισμούς, για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας αυτοκινητοδρόμων με συγκρίσιμη λειτουργία δικτύωσης και σημασία από κυκλοφοριακής άποψης, αυτοί ταξινομούνται και σχεδιάζονται σύμφωνα με **τάξεις μελέτης** (TMA, Τάξεις Μελέτης Αυτοκινητοδρόμων). Μεγέθη προσδιορισμού της τάξης μελέτης αποτελούν η κατηγορία της οδού, η θέση σε σχέση με οικοδομημένες περιοχές (περιοχές εντός σχεδίου) και η κατάταξη σύμφωνα με το Γερμανικό Οδικό Δίκαιο. Έτσι, λαμβάνονται υπόψη η χωροταξική και η κυκλοφοριακή σημασία του αυτοκινητοδρόμου, καθώς και οι απαιτήσεις που προκύπτουν από τον περίγυρο. Στη πράξη, οι εκάστοτε κυκλοφοριακές λειτουργίες μπορεί να αλληλεπικαλύπτονται έτσι ώστε να μην είναι εφικτή η ξεκάθαρη οριοθέτηση σε κάθε μεμονωμένη περίπτωση (FGSV, 2008).

Η κατηγορία οδού και η τάξη μελέτης καθορίζουν τα χαρακτηριστικά, τις οριακές τιμές και τις τιμές αναφοράς των στοιχείων μελέτης και λειτουργίας (Πίνακας 3.1). Έτσι, για αυτοκινητοδρόμους και παρόμοιες με αυτοκινητοδρόμους οδούς προκύπτουν διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Από την **τάξη μελέτης** καθορίζονται άμεσα:

- οι διατομές,
- οι οριακές τιμές και τιμές αναφοράς των στοιχείων μελέτης,
- οι βασικές μορφές και αποστάσεις των κόμβων,
- ενδεχομένως μια επιτρεπτή μέγιστη ταχύτητα κίνησης (FGSV, 2008).

Πίνακας 3.1 Τάξεις μελέτης και χαρακτηριστικά διαμόρφωσης (FGSV, 2008)

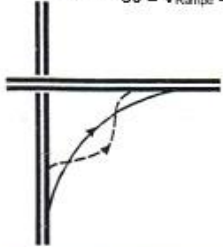
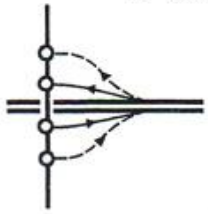

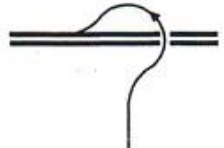

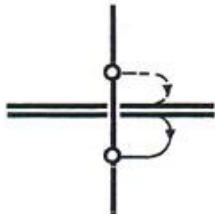
Τάξη μελέτης	TMA 1 A	TMA 1 B	TMA 2	TMA 3
Χαρακτηρισμός	Αυτοκινητόδρομος μακρινών αποστάσεων	Υπερτοπικός αυτοκινητόδρομος	Οδός παρόμοια με αυτοκινητόδρομο	Αστικός αυτοκινητόδρομος
Πινακίδα οδικής σήμανσης	Σήμα Z 330 του Γερμανικού ΚΟΚ (αυτοκινητόδρομος)		Σήμα Z 331 του Γερμανικού ΚΟΚ (οδός μόνο για μηχανοκίνητα οχήματα)	Σήμα Z 330 ή Z 331 του Γερμανικού ΚΟΚ
Κατευθυντήριες πινακίδες οδικής σήμανσης	Μπλε		Κίτρινες	Μπλε, κίτρινες
Επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα*	ΔΥ		ΔΥ	≤ 100 km/h
Συνιστώμενες αποστάσεις κόμβων	> 8000 m	> 5000 m	> 5000 m	ΔΥ

* Οι αυτοκινητόδρομοι της TMA 1 μελετώνται βάσει των απαιτήσεων αυτών των οδηγιών κατά τέτοιο τρόπο ώστε, κατά κανόνα, να μην απαιτείται περιορισμός της επιτρεπόμενης μέγιστης ταχύτητας. Ισχύει η ταχύτητα αναφοράς των 130 km/h.

3.2.2 Διατομές ραμπών και πεδία χρήσης τους

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο (2.3.3) οι ράμπες κατατάσσονται ανάλογα με τον τύπο τους σε κατευθυντήριες, ημικατευθυντήριες (ενδιάμεσης μορφής) ή έμμεσης μορφής (βρόχοι), αλλά και ανάλογα της ομάδας τους (Πίνακας 3.2). Κριτήριο κατάταξης των ομάδων ραμπών είναι το είδος του κόμβου: οι ράμπες σύνδεσης των διασταυρώσεων αυτοκινητοδρόμων και των κόμβων τριγωνικής μορφής και τα διανεμητήρια οδοστρώματα, δηλαδή οι ράμπες, οι οποίες αρχίζουν σε έξοδο και καταλήγουν σε είσοδο, ανήκουν στην **ομάδα ραμπών I** (ανισόπεδο προς ανισόπεδο), ανεξάρτητα από το αν η έξοδος ή είσοδος βρίσκεται δίπλα στο πρωτεύον οδόστρωμα ή εντός του συστήματος ραμπών. Οι ράμπες σύνδεσης των συμβολών, δηλαδή οι ράμπες, οι οποίες αρχίζουν σε έξοδο και καταλήγουν σε ισόπεδο μερικό κόμβο στην δευτερεύουσα οδό ή το αντίθετο, ανήκουν στην **ομάδα ραμπών II** (ανισόπεδο προς ισόπεδο).

Πίνακας 3.2 Τύποι ραμπών και ομάδες ραμπών με συνιστώμενες ταχύτητες ακτίνων [km/h] (FGSV, 2008)

Τύπος ράμπας	Ομάδα ραμπών I (ανισόπεδο προς ανισόπεδο)	Ομάδα ραμπών II (ανισόπεδο προς ισόπεδο)
Κατευθυντήρια	$60 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 80$ $50 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 60$ 	$V_{\text{Ramp}} \geq 80$ $40 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 80$ 
Ημικατευθυντήρια	$60 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 70$ $40 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 60$ 	$40 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 60$ 
Έμμεσης μορφής (βρόχος)	$40 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 50$ $30 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 50$ (είσοδος) $40 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 50$ (έξοδος) 	$V_{\text{Ramp}} \geq 40$ $30 \leq V_{\text{Ramp}} \leq 40$ 

Υπόμνημα:
 ----- V_{Ramp} επί μη-προσαρμοσμένης όδευσης (απρόσκοπτη χάραξη, TMA 1)
 - - - - V_{Ramp} επί προσαρμοσμένης όδευσης (μη απρόσκοπτη χάραξη, TMA 2 και 3)

Ο αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας των ραμπών καθορίζεται ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Όρια χρήσης μπορούν να αναφερθούν μόνο για τα ελεύθερα πλέξεων τμήματα των ραμπών. Σε περίπτωση μεγάλων μηκών ραμπών, και προ πάντων στις ημικατευθυντήριες ράμπες και τα διανεμητήρια οδοστρώματα μεγάλου μήκους, η δυνατότητα προσπέρασης των βραδυπορούντων οχημάτων αποτελεί πρόσθετο κριτήριο για τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας. Μήκος της ράμπας θεωρείται το μέγεθος μεταξύ της αιχμής της νησίδας της εξόδου και της αιχμής της νησίδας της εισόδου, όπου θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι καθοριστικές για το εκάστοτε εξεταζόμενο ρεύμα οχημάτων, έξοδοι και είσοδοι (FGSV, 2008).

Οι λωρίδες έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) περιορίζονται στην ομάδα ραμπών I και απαιτούνται μόνον όταν η διατομή της ράμπας δεν επιτρέπει το πέρασμα δίπλα από όχημα που έπαθε βλάβη χωρίς αρνητικές επιπτώσεις για την κυκλοφορία για άλλους λόγους (διαπλάτυνση λωρίδων κυκλοφορίας, δύο λωρίδες κυκλοφορίας αποκλειστικά λόγω μεγάλου μήκους ράμπας). Οι ημικατευθυντήριες ή οι έμμεσης μορφής ράμπες (βρόχοι) εντός σηράγγων θα πρέπει για λόγους κυκλοφοριακής ασφάλειας να έχουν πάντοτε διατομή με λωρίδες έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) (FGSV, 2008).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι **τυπικές διατομές των ραμπών** (Σχήμα 3.1) καθώς και οι **όροι χρήσης** τους.

Ομάδα ραμπών I (διασταυρώσεις αυτοκινητοδρόμων/κόμβοι τριγωνικής μορφής) (FGSV, 2008):

- Η **διατομή ράμπας Q 1** (μίας λωρίδας) χρησιμοποιείται σε όλα τα ελεύθερα πλέξεων τμήματα όλων των τύπων ραμπών (ράμπες σύνδεσης και διανεμητήρια οδοστρώματα), εφόσον η κυκλοφοριακή ικανότητα της ράμπας δεν υπερβαίνει τα 1.350 οχήματα/ώρα και το μήκος της ράμπας τα 500 m. Η λωρίδα κυκλοφορίας πλάτους 4,50 m επίσης επιτρέπεται σε περίπτωση ανάγκης να διαγραμμιστεί κατά ασύμμετρο τρόπο.
- Η **διατομή ράμπας Q 2** (δύο λωρίδων χωρίς λωρίδα έκτακτης ανάγκης) χρησιμοποιείται σε όλα τα ελεύθερα πλέξεων τμήματα όλων των τύπων ραμπών (ράμπες σύνδεσης και διανεμητήρια οδοστρώματα), όταν η κυκλοφοριακή ικανότητα της ράμπας δεν υπερβαίνει τα 1.350 οχήματα/ώρα και το μήκος της ράμπας τα 500 m, και εκτός αυτού σε περιοχές πλέξης δύο λωρίδων σε ράμπες χωρίς λωρίδα έκτακτης ανάγκης.
- Η **διατομή ράμπας Q 3** (δύο λωρίδων με λωρίδα έκτακτης ανάγκης) χρησιμοποιείται σε όλους τους τύπους ραμπών (ράμπες σύνδεσης και

διανεμητήρια οδοστρώματα), όταν η κυκλοφοριακή ικανότητα της ράμπας υπερβαίνει τα 1.350 οχήματα/ώρα, και εκτός αυτού σε περιοχές πλέξης δύο λωρίδων σε ράμπες με λωρίδα έκτακτης ανάγκης.

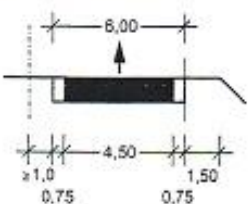
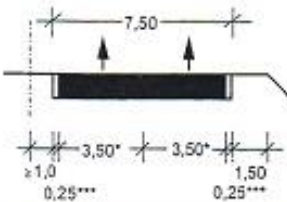
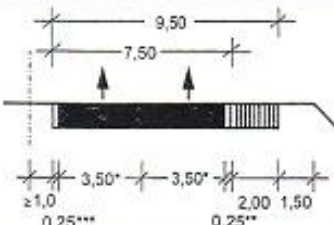
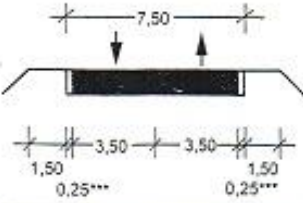
- Κατά παρέκκλιση από τα παραπάνω στους κόμβους τριγωνικής μορφής στις ράμπες σύνδεσης, οι οποίες δημιουργούνται απευθείας από το ελεύθερο κόμβων οδικό τμήμα ή συμβάλλουν σε αυτό, χρησιμοποιείται αντί της τυπικής διατομής ράμπας, η τυπική διατομή του πρωτεύοντος οδοστρώματος.
- Το πλάτος της λωρίδας έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) που ανέρχεται σε 2,50 m συνεχίζεται στην περιοχή της εισόδου και εξόδου.
- Η διαγράμμιση (με πλατιά γραμμή) της λωρίδας καθοδήγησης γίνεται εις βάρος της λωρίδας έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ).
- Στις περιοχές των εξόδων και των εισόδων θα πρέπει στην ομάδα ραμπών I στο ύψος της αιχμής της νησίδας να προβλέπεται δομικά η ίδια διατομή όπως στην συνδεδεμένη ράμπα. Στις διατομές Q1 και Q2 οι απαιτούμενες στην περιοχή της εισόδου στενώσεις της διατομής υλοποιούνται μόνο με διαγράμμιση του οδοστρώματος.

Ομάδα ραμπών II (συμβολές) (FGSV, 2008):

- Στις συμβολές στις αντίθετες ράμπες εξόδου και εισόδου επιτρέπεται να εφαρμόζονται διαφορετικές διατομές, εφόσον ανάμεσα διατάσσεται κεντρική νησίδα πλάτους τουλάχιστον 2 m.
- Στις συμβολές θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιείται η διατομή δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας σε ενιαία (μη διαχωρισμένη) επιφάνεια κυκλοφορίας, εφόσον αυτό είναι οικονομικότερο απ' ό,τι η ξεχωριστή όδευση των ραμπών εξόδου και εισόδου. Κριτήρια γι' αυτό αποτελούν το μήκος της περιοχής παράλληλης όδευσης (μετρούμενη μεταξύ αιχμής τριγωνικής νησίδας και αιχμής νησίδας μορφής σταγόνας) και η συμβατότητα των μηκοτομών και των δύο κατευθύνσεων.
- Η **διατομή ράμπας Q 1** (μίας λωρίδας) αποτελεί την τυπική περίπτωση για ράμπες εξόδου και εισόδου ξεχωριστής χάραξης, εφόσον το μήκος της περιοχής παράλληλης όδευσης δεν υπερβαίνει τα 125 m.
- Κατά παρέκκλιση, ενδέχεται να απαιτείται η χρήση της **διατομής ράμπας Q 2** (δύο λωρίδων χωρίς λωρίδα έκτακτης ανάγκης), εάν ο κυκλοφοριακός φόρτος στην ράμπα απαιτεί παραπάνω από μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά

κατεύθυνση κίνησης ή όταν με την διάταξη δύο λωρίδων δύναται να αποφευχθεί η δημιουργία ουράς στον αυτοκινητόδρομο από κυκλοφοριακή συμφόρηση στην ράμπα.

- Η **διατομή ράμπας Q 4** (οδόστρωμα δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας με δύο λωρίδες κυκλοφορίας) χρησιμοποιείται όταν υπάρχει δυνατότητα κοινής όδευσης της ράμπας εξόδου και της ράμπας εισόδου σε μήκος που υπερβαίνει τα 125 m, και δεν απαιτούνται άλλες διατομές για κυκλοφοριακούς λόγους.
- Οι περιοχές εξόδων και εισόδων της ομάδας ραμπών II έχουν στο ύψος της αιχμής νησίδας πάντοτε διατομή Q1 ή Q2.

Περιοχές χρήσης	
Q 1	 <p>στην ομάδα ραμπών I $q_{\text{ράμπας}} \leq 1.350$ οχήματα/h και $l_{\text{ράμπας}} \leq 500$ m</p> <p>στην ομάδα ραμπών II ξεχωριστή χάραξη ραμπών εξόδου και εισόδου με $l_{\text{παράλληλης αόικωσης}} \leq 125$ m</p>
Q 2	 <p>στην ομάδα ραμπών I $q_{\text{ράμπας}} \leq 1.350$ οχήματα/h και $l_{\text{ράμπας}} > 500$ m</p> <p>ακόμη: περιοχές πλέξης δύο λωρίδων χωρίς λωρίδα έκτακτης ανάγκης</p> <p>στην ομάδα ραμπών II $q_{\text{ράμπας}} > 1.350$ οχήματα/h</p>
Q 3	 <p>μόνο στην ομάδα ραμπών I: $q_{\text{ράμπας}} > 1.350$ οχήματα/h</p> <p>ακόμη: περιοχές πλέξης δύο λωρίδων με λωρίδα έκτακτης ανάγκης</p>
Q 4	 <p>μόνο στην ομάδα ραμπών II: από κοινού χαραγμένες ράμπες εξόδου και εισόδου $l_{\text{παράλληλης αόικωσης}} > 125$ m</p>

*) Στην ΤΜΑ 3 και σε τεταμένη (επιμηκυμένη) χάραξη, επιτρέπεται μείωση του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας σε 3,25 m.

**) Η διαγράμμιση (με πλατιά γραμμή) της λωρίδας καθοδήγησης γίνεται εις βάρος της λωρίδας έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ).

***) Στο πλαίσιο τεχνικών έργων γεφυροποιίας η λωρίδα καθοδήγησης έχει πλάτος 0,50 m.

Σχήμα 3,1 Διατομές ραμπών και περιοχές χρήσης τους (διαστάσεις σε m)
(FGSV, 2008)

3.2.3 Στοιχεία μελέτης ραμπών

Τα **στοιχεία μελέτης** των ραμπών εξαιτίας των επιδιωκόμενων χαμηλότερων ταχυτήτων παρουσιάζονται μειωμένα σε σύγκριση με τα ελεύθερα κόμβων οδικά τμήματα. Θα πρέπει όμως να εξασφαλίζονται επαρκή μήκη ορατότητας για την κατευθυντήρια οδική σήμανση και για στάση. Η αναγνωρισιμότητα των μικρότερων στοιχείων χάραξης, τα οποία απαιτούν ισχυρή μείωση ταχύτητας κατά την διέλευση της ράμπας έχει προτεραιότητα σε σχέση με την οπτική εικόνα της υποθετικής ταινίας που σχηματίζει η επιφάνεια κυκλοφορίας/το οδόστρωμα στον χώρο (FGSV, 2008).

Η διαστασιολόγηση των στοιχείων μελέτης των ραμπών γίνεται σε εξάρτηση από τις προδιαγραφές μελέτης, με βάση την ταχύτητα της ράμπας για βρεγμένο οδόστρωμα σύμφωνα με τον Πίνακα 3.3.

Κατά περίπτωση, στις περιοχές εισόδου, εξόδου και πλέξης που δέχονται μεγάλο φόρτο, για λόγους ασφάλειας και ποιότητας της κυκλοφοριακής ροής, μπορεί σε συνεννόηση με τις υπηρεσίες συγκοινωνιών, να γίνουν τυχόν απαραίτητοι περιορισμοί ταχύτητας (FGSV, 2008).

Το **ελάχιστο μήκος μιας ράμπας** σύνδεσης καθορίζεται από τον τύπο της ράμπας, το απαιτούμενο μήκος εξέλιξης, και ακόμη, από τις αποστάσεις αναγνωσιμότητας των κατευθυντήριων πινακίδων οδικής σήμανσης, τον επαρκή χωρικό και χρονικό διαχωρισμό των σημείων απόφασης, την προδιαλογή και τις ενδεχομένως απαιτούμενες λωρίδες αναμονής πριν από τους ισόπεδους μερικούς κόμβους σε συμβολές. Σε συνδυασμό με ένα σύστημα φωτεινών σηματοδοτών στον ισόπεδο μερικό κόμβο θα πρέπει κατά περίπτωση να μελετάται η χρήση συστήματος επιτήρησης του μήκους αναμονής (FGSV, 2008).

Στην οριζοντιογραφία η **ευθυγραμμία** μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς περιορισμό. Το μήκος των παράλληλων ραμπών (με την εξαίρεση των διανεμητήριων οδοστρωμάτων) δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 300 m, για να μην προκαλούν την εντύπωση αυτόνομης οδού παράλληλης χάραξης. Οι ράμπες εξόδου των συμβολών θα πρέπει πριν από την σύνδεση στην δευτερεύουσα οδό να χαράσσονται τεταμένες (επιμηκυμένες) στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή, έτσι ώστε πριν από τις κατευθυντήριες πινακίδες οδικής σήμανσης να υπάρχει διαθέσιμο μήκος ανάγνωσης τουλάχιστον 50 m. Διαφορετικά θα πρέπει να διατάσσονται εντός των ραμπών εξόδου προειδοποιητικές κατευθυντήριες πινακίδες οδικής σήμανσης (FGSV, 2008).

Πίνακας 3.3 Οριακές τιμές παραμέτρων στοιχείων μελέτης ραμπών (FGSV, 2008)

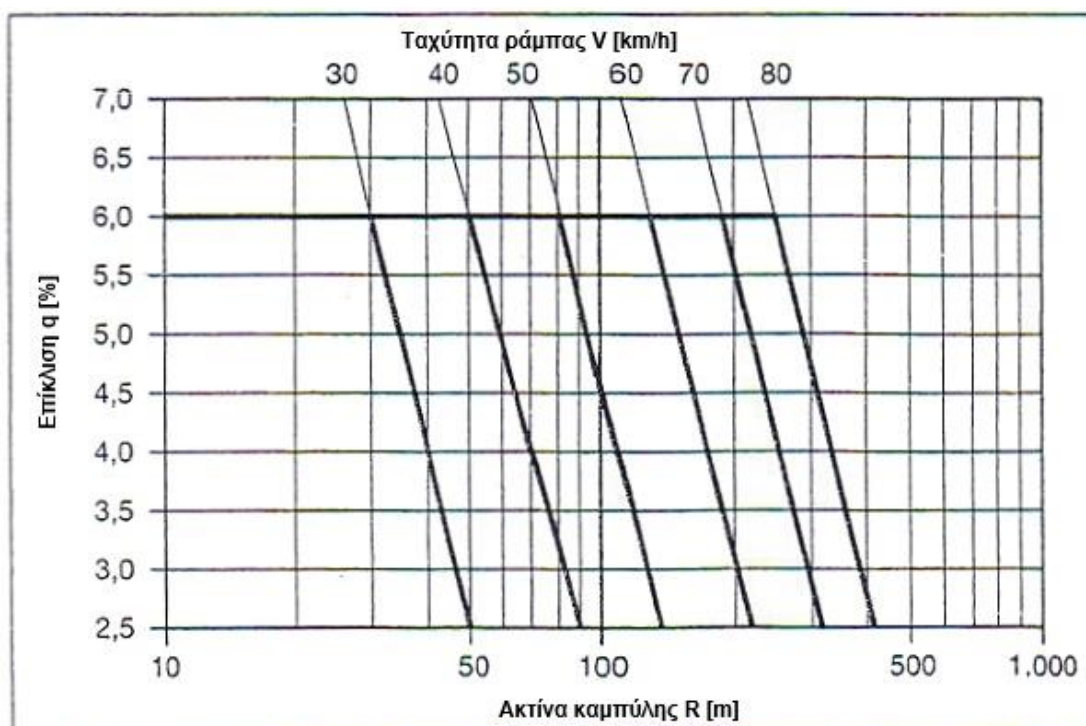
Ταχύτητα ράμπας	V	[m]	30	40	50	60	70	80
Ακτίνα κορυφής της ράμπας	min R	[m]	30	50	80	125	180	250
Ελάχιστη ακτίνα κυρτώματος	min H _k	[m]	1.000	1.500	2.000	2.800	3.000	2.500
Ελάχιστη ακτίνα κοιλώματος	min H _w	[m]	500	750	1.000	1.400	2.000	2.600
Μήκος ορατότητας για στάση ^{*)}	S _h	[m]	30	40	55	75	100	115
Οριακές τιμές της κατά μήκος κλίσης	max s	[%] [ανωφέρεια]	+ 6,0					
	min s	[%] [κατωφέρεια]	- 7,0					
Ελάχιστη επίκλιση εκτός των περιοχών προσαρμογής των επικλίσεων με στροφή του οδοστρώματος	min q	[%]	2,5					
Μέγιστη επίκλιση	max q	[%]	6,0					
Ελάχιστη κλίση υπερύψωσης	Min Δs	[%]	0,1 x a a [m]: απόσταση άξονα περιστροφής – οριογραμμής οδοστρώματος					
Μέγιστη λοξή κλίση	max p	[%]	9,0					

Συνοπτική παρουσίαση των **οριακών τιμών των άλλων στοιχείων χάραξης** υπάρχει στον Πίνακα 3.3. Στο άνω τμήμα του πίνακα αναφέρονται οι παράμετροι με κυμαινόμενες, σε εξάρτηση από την ταχύτητα, οριακές τιμές, ενώ στο κάτω τμήμα του πίνακα παρατίθενται οι παράμετροι με ενιαίες οριακές τιμές για όλους τους τύπους ραμπών. Το άνω τμήμα του πίνακα θα πρέπει να εφαρμόζεται μεμονωμένα για κάθε ράμπα. **Ως τιμή εισόδου λαμβάνεται η ταχύτητα ράμπας, καθώς περιγράφει καλύτερα τα χαρακτηριστικά των ραμπών απ' ό,τι η τάξη μελέτης.** Το άνω τμήμα του πίνακα είναι σημαντικό προ πάντων για τις ράμπες σύνδεσης, καθώς υπάρχει σε μεγάλο βαθμό δυνατότητα αυτόνομης χάραξής τους. Αντίθετα, η μελέτη της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής των διανεμητήριων οδοστρωμάτων καθορίζονται κυρίως από το παράλληλα κείμενο πρωτεύον οδόστρωμα, έτσι ώστε να υπάρχει πλέον μικρό μόνο περιθώριο αλλαγής της χάραξης (FGSV, 2008).

Η **ακτίνα κορυφής** μιας ράμπας σύνδεσης καθορίζεται από το επιλεγθέν σύστημα κόμβου και τον συνακόλουθο τύπο ράμπας, εντός στενών πλαισίων. Η γραμμή αναφοράς της ακτίνας είναι η εσωτερική οριογραμμή του οδοστρώματος (FGSV, 2008).

Το εναπομένον περιθώριο σύμφωνα με τις αναφερόμενες στον Πίνακα 3.2 ταχύτητες ράμπας θα πρέπει να αξιοποιείται ανάλογα με τις απαιτήσεις των διαφόρων τάξεων μελέτης. Όσο χαμηλότερες είναι οι τάξεις μελέτης των συνδεόμενων με τις ράμπες αυτοκινητοδρόμων ή της δευτερεύουσας οδού, τόσο συχνότερα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι προσαρμοσμένοι τύποι ράμπας ή τόσο σπανιότερα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι συνεχούς οδευσης τύποι ράμπας (FGSV, 2008).

Ως **τόξα συναρμογής** θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κλωθοειδείς με παραμέτρους $R/3 \leq A < R$. Για το τόξο που βρίσκεται στην περιοχή της αιχμής νησίδας, για λόγους πρώιμης αναγνωρισιμότητας της ακτίνας καμπύλης που έπεται, θα πρέπει να επιδιώκεται η χρήση κατά το δυνατόν μικρών παραμέτρων κλωθοειδούς. Στις ράμπες εξόδου με μορφή βρόχου (έμμεσης μορφής, με αναστροφή) με ακτίνες κύριου τόξου 40 m έως 60 m, αντίθετα απαιτούνται συχνά παράμετροι κλωθοειδούς $A \approx R$, για την περιστροφή του οδοστρώματος στο τόξο συναρμογής. Προς όφελος της αναγνωρισιμότητας της αιχμής νησίδας θα πρέπει να επιδιώκεται γωνία μερισμού τουλάχιστον 12 gon (10,8°). Στα διανεμητήρια οδοστρώματα, για την επίτευξη αυτής της τιμής ενδέχεται να απαιτείται η εφαρμογή συναρμογής. Όταν δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί χαμηλότερη τιμή, θα πρέπει να τηρούνται οπωσδήποτε τα 6 gon (5,4°). Οι ράμπες εισόδου θα πρέπει να συμβάλλουν με κατά το δυνατόν μικρή γωνία συμβολής (3 gon έως 5 gon ή 2,7° έως 4,5°) στις διερχόμενες λωρίδες κυκλοφορίας (FGSV, 2008).



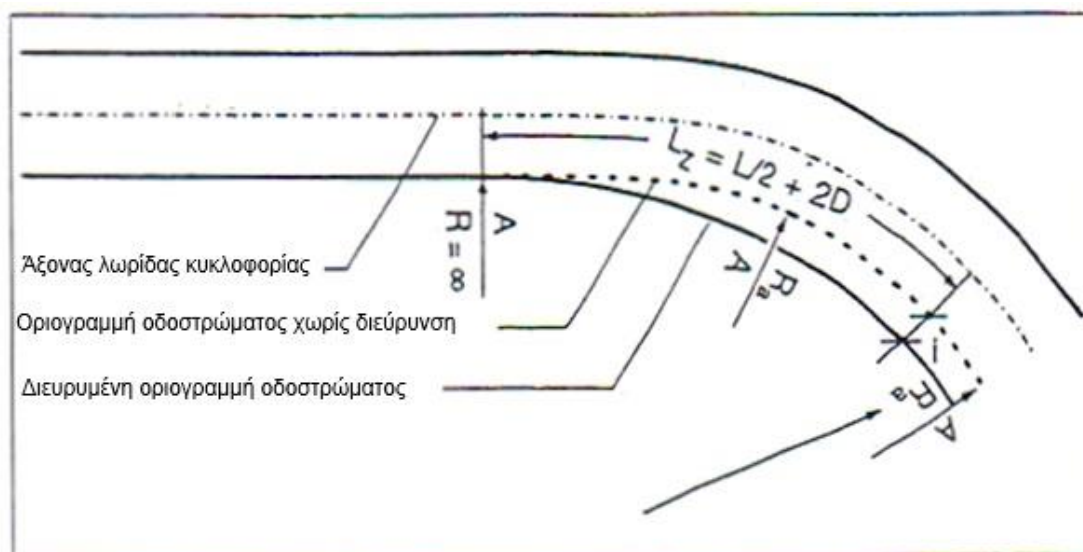
Σχήμα 3.3 Επίκλισεις ραμπών σε εξάρτηση από την ταχύτητα ράμπας (Πίνακας 3.3) και την ακτίνα καμπύλης (FGSV, 2008)

Στην **μηκοτομή** θα πρέπει να τηρούνται ως μέγιστες τιμές της κατά μήκος κλίσης το 6 % για ανωφέρειες και το -7 % για κατωφέρειες. Σε περίπτωση ισχυρής κατά μήκος κλίσης των προς σύνδεση οδών και ύπαρξη της λεγόμενης «ελκόμενης» κατά μήκος κλίσης (trailing gradient) στις ράμπες σύνδεσης, επιτρέπονται υπερβάσεις αυτών των οριακών τιμών, εφόσον τηρείται η μέγιστη λοξή κλίση του 9 % (FGSV, 2008).

Οι αλλαγές της κατά μήκος κλίσης στρογγυλεύονται σύμφωνα με τις ίδιες αρχές, όπως στο ελεύθερο τμήμα. Επιτρέπεται η χρήση μικρότερων ακτίνων στρογγύλευσης από τις **ελάχιστες ακτίνες στρογγύλευσης**, εφόσον στην τρισδιάστατη μελέτη της ράμπας τεκμηριώνεται το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση (FGSV, 2008).

Το **οδόστρωμα** σε όλους τους τύπους ραμπών παρουσιάζει μονοκλινή επίκλιση. Η ελάχιστη επίκλιση εκτός των τμημάτων προσαρμογής των επικλίσεων με στροφή του οδοστρώματος ανέρχεται σε 2,5 %, και η μέγιστη επίκλιση 6 %. Η επίκλιση στις στροφές έχει κατεύθυνση προς την εσωτερική πλευρά (Σχήμα 3.3). Κατ' εξαίρεση, προς αποφυγή τμημάτων προσαρμογής των επικλίσεων με στροφή του οδοστρώματος γύρω από τον άξονα περιστροφής, όπου η επίκλιση διέρχεται από την οριζόντια θέση (μηδενική επίκλιση) σε αντίθετο τόξο διανεμητήριου οδοστρώματος, όπου έχει εφαρμοστεί συναρμογή, επιτρέπεται επίκλιση 2,5 % με κατεύθυνση προς την εξωτερική πλευρά, εφόσον το αντίθετο τόξο χαράσσεται με $R \geq 1.000 \text{ m}$ (FGSV, 2008).

Η **διαπλάτυνση του οδοστρώματος** μπορεί να γίνει απαραίτητη, καθώς κατά την κίνηση σε στροφές οι πίσω τροχοί ενός οχήματος διαγράφουν στενότερο τόξο απ' ό,τι οι μπροστινοί τροχοί. Εξ αιτίας αυτού στις στενές στροφές των ραμπών πρέπει το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας να είναι μεγαλύτερο απ' ό,τι στην ευθυγραμμία (Σχήμα 3.4). Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για ακτίνες καμπυλών με $R < 150 \text{ m}$ (FGSV, 2008).



Σχήμα 3.4 Διαπλάτυνση οδοστρώματος σε στενές στροφές με ακολουθία στοιχείων «Ευθυγραμμία - κλωθειδής - κυκλικό τόξο» (FGSV, 2008)

Η απαιτούμενη διαπλάτυνση του οδοστρώματος στο κυκλικό τόξο υπολογίζεται για λωρίδες κυκλοφορίας με την βοήθεια της σχέσης:

$$i = n \cdot (R_a - \sqrt{(R_a^2 - D^2)})$$

όπου

D [m] = απόσταση μεταξύ των αξόνων συν το μήκος της προεξοχής του μπροστινού τμήματος του οχήματος
(σε συνδυασμό ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο: D = 11,90 m)

i [m] = διαπλάτυνση οδοστρώματος

n [-] = αριθμός διερχόμενων λωρίδων κυκλοφορίας

R_a [m] = ακτίνα του κυκλικού τόξου εξωτερικής οριογραμμής

L [m] = μήκος του τόξου συναρμογής

L_z [m] = μήκος μέχρι την επίτευξη της διάστασης διαπλάτυνσης i.

Το μέγεθος της διαπλάτυνσης κατανέμεται εξ ίσου και στις δύο λωρίδες κυκλοφορίας.

Σύμφωνα με την εμπειρία στον τύπο ραμπών Q1 το διατιθέμενο πλάτος της σταθεροποιημένης επιφάνειας επαρκεί για να καλυφθεί και η πρόσθετη ανάγκη επιφάνειας των πίσω τροχών. Γι' αυτό, διαπλάτυνση του οδοστρώματος απαιτείται μόνο στις ράμπες στις οποίες υπάρχει κίνηση δύο λωρίδων (τύποι ραμπών Q2, Q3 και Q4) (FGSV, 2008).

Τέλος, κατ' αναλογία με τα ισχύοντα για το ελεύθερο τμήμα θα πρέπει να καταδεικνύεται στην τρισδιάστατη μελέτη της ράμπας, ότι σε κανένα σημείο της ράμπας το υφιστάμενο μήκος ορατότητας για στάση δεν είναι μικρότερο από το **απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση** (Πίνακα 3.3). Εάν απαιτείται, θα πρέπει να αυξηθούν οι παράμετροι των στοιχείων χάραξης, και ειδικότερα η ακτίνα κυρτώματος. Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση εξαρτάται από την ταχύτητα ράμπας που ελήφθη ως βασική, η οποία προκύπτει σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2 και την κατά μήκος κλίση. Οι ενδιάμεσες τιμές θα πρέπει να υπολογίζονται με γραμμική παρεμβολή. Εάν απαιτείται, θα πρέπει να εξετάζεται ο καθορισμός μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας προς τήρηση της ταχύτητας ράμπας (FGSV, 2008).

3.2.4 Έξοδοι

Στους Γερμανικούς κανονισμούς σημαντικό κριτήριο για την διαμόρφωση των περιοχών των εξόδων είναι η αναγνωρισιμότητα και η ικανότητα αυτών. Για τον λόγο αυτό οι περιοχές των εξόδων θα πρέπει με την χρήση

τυποποιημένων τύπων εξόδων να διαμορφώνονται κατά το δυνατόν με ενιαίο τρόπο και πάντοτε με παράλληλες λωρίδες επιβράδυνσης.

Οι **τύποι εξόδων (τύποι A)** που βρίσκουν εφαρμογή σε ένα πρωτεύον οδόστρωμα παρατίθενται στα Σχήματα 3.5α και 3.5β, με αναφορά των διατομών ραμπών που επιδέχονται σύνδεση με αυτές, και της ελάχιστης απόστασης μέχρι μία έξοδο που ενδεχομένως έπεται και βρίσκεται επί της ράμπας, η οποία είναι απαραίτητη για τον προσανατολισμό και την αλλαγή λωρίδας κυκλοφορίας. Όλοι οι τύποι εξόδων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κατ' αντίστοιχο τρόπο σε πρωτεύοντα οδοστρώματα που έχουν τρεις ή τέσσερις λωρίδες κυκλοφορίας (FGSV, 2008).

Οι **τύποι εξόδων για το σύστημα ραμπών (τύποι AR)** παρατίθενται στο Σχήμα 3.6, με αναφορά των διατομών ραμπών που μπορούν να συνδεθούν στα σημεία διασύνδεσης (FGSV, 2008).

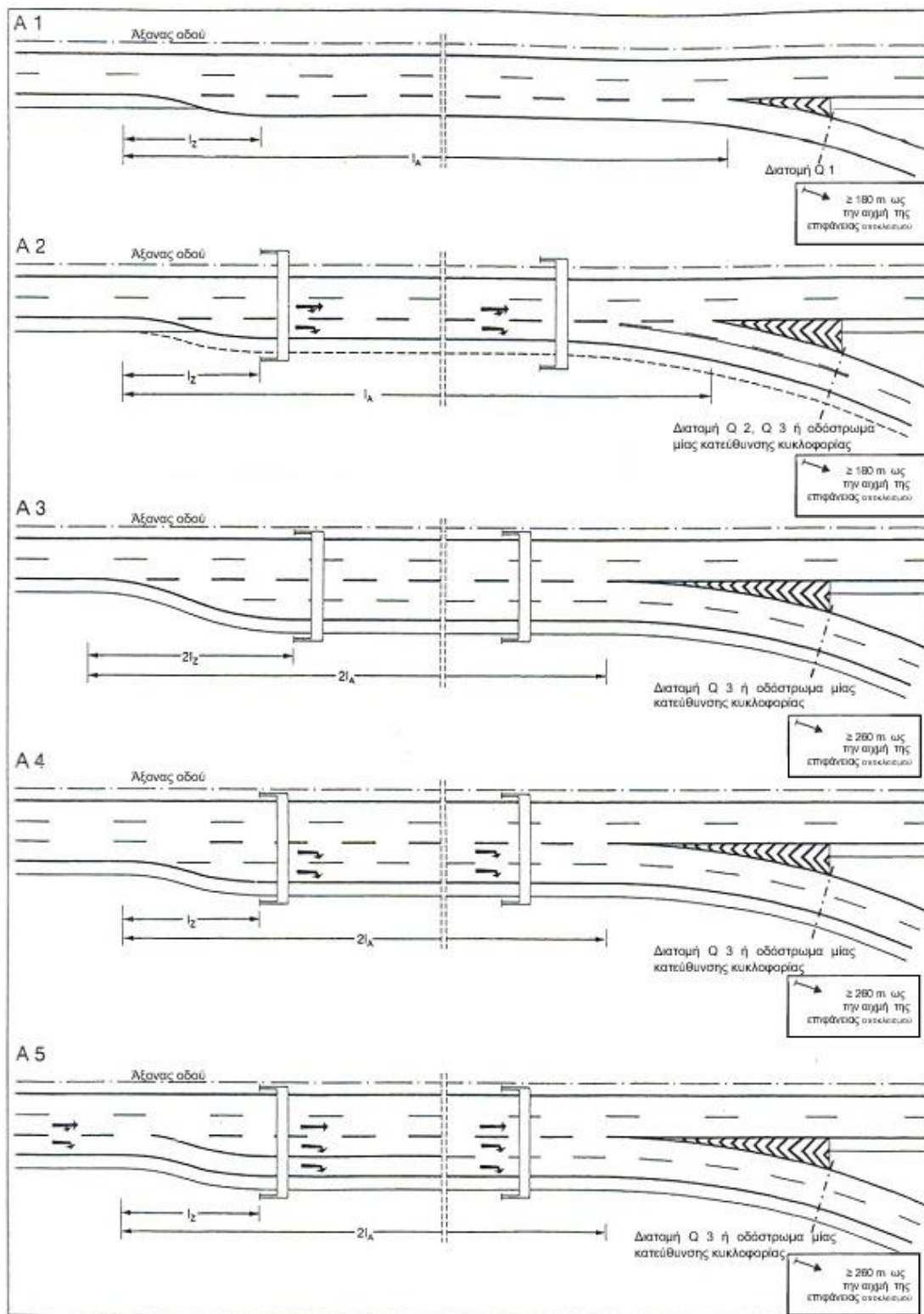
Τα μήκη I_A και I_Z που περιλαμβάνονται στις παρατιθέμενες διαστάσεις των σχεδίων των τύπων εξόδων διαφοροποιούνται σύμφωνα με τις διάφορες τάξεις μελέτης και τους τύπους εξόδων (Πίνακας 3.4). Οι λωρίδες μεγάλου μήκους ενδείκνυνται σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όταν

- το πρωτεύον οδόστρωμα έχει πάνω από δύο λωρίδες κυκλοφορίας,
- το ποσοστό βαριάς κυκλοφορίας είναι πολύ μεγάλο, ή
- πρόκειται για την προσπέλαση σε κόμβο που δέχεται υψηλό φόρτο (FGSV, 2008).

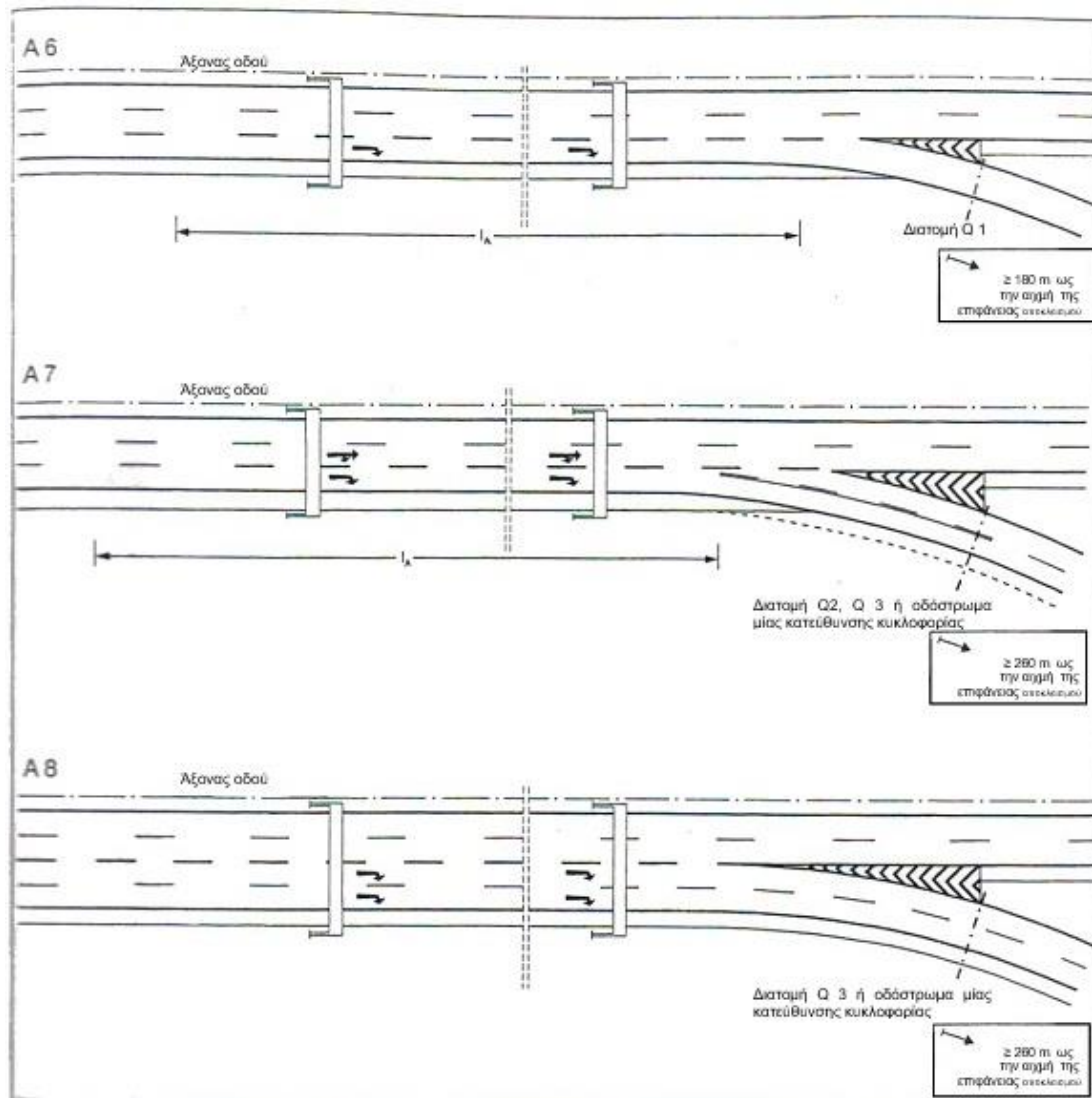
Πίνακας 3.4 Αριθμητικές τιμές των μεγεθών I_A και I_Z στα σχέδια τύπων εξόδων [m] (FGSV, 2008)

Μέγεθος	Τύπος εξόδου	TMA 1 / TMA 2	TMA 3
I_A	Όλοι οι τύποι A	250	150
	AR 1 AR 3 (Q 2), AR 4 9Q 2)	150	100
	AR 1*	-	100
	AR 3 (Q 3), AR 4 (Q 3)	200	125
I_Z	Όλοι οι τύποι	60	30

Οι **περιοχές χρήσης** των τύπων εξόδων καθορίζονται από την ικανότητά τους, την ενδεχομένως απαραίτητη μείωση του αριθμού των λωρίδων κυκλοφορίας πίσω από την έξοδο, τον αριθμό των προορισμών στους οποίους οδηγούνται τα οχήματα μέσω αυτών, καθώς και την απόσταση μέχρι το επόμενο σημείο διακλάδωσης (FGSV, 2008).



Σχήμα 3.5α Τύποι εξόδων σε πρωτεύοντα οδοστρώματα (FGSV, 2008)



Σχήμα 3.5β Τύποι εξόδων σε πρωτεύοντα οδοστρώματα (FGSV,2008)

Ο **τύπος εξόδου A 1** είναι η τυπική μορφή για τις συμβολές, όταν ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας δεν μεταβάλλεται κατά την πορεία του πρωτεύοντος οδοστρώματος και ο κυκλοφοριακός φόρτος δεν υπερβαίνει τα 1.350 οχήματα/ώρα. Κατά κανόνα συνδυάζεται με την διατομή ράμπας Q1, και σε ράμπες μεγάλου μήκους της ομάδας ραμπών I ακόμη και με την διατομή ράμπας Q2. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μεταβατική περιοχή ανάμεσα στην έξοδο και την ράμπα θα πρέπει να διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η κίνηση σε δύο λωρίδες κυκλοφορίας μόνο κατάντη της αιχμής της νησίδας διαχωρισμού (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εξόδου A 2** μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά προς τον A 1 για κυκλοφοριακούς φόρτους εξόδου μικρότερους από 1.350 οχήματα/ώρα στις ράμπες μεγάλου μήκους (ομάδα ραμπών I) σε συνδυασμό με την διατομή ράμπας Q2 (FGSV, 2008).

Εφόσον ο κυκλοφοριακός φόρτος εξόδου υπερβαίνει τα 1.350 οχήματα/ώρα θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο τύπος A2 στην ομάδα ραμπών I με την διατομή ράμπας Q3 ή την τυπική διατομή οδοστρώματος μίας κατεύθυνσης κυκλοφορίας (FGSV, 2008).

Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να ληφθεί επιπρόσθετα υπόψη, ότι μια περαιτέρω διακλάδωση δεν θα πρέπει να τοποθετείται ή να τοποθετείται τουλάχιστον σε απόσταση 250m, καθώς και ότι δεν πρέπει να αλλάζει ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας κατά την πορεία του πρωτεύοντος οδοστρώματος (FGSV, 2008).

Στην ομάδα ραμπών II θα πρέπει να επιλέγεται ο τύπος A2 σε συνδυασμό με την διατομή ράμπας Q2.

Η ικανότητα αυτού του τύπου εξόδου μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα, όταν επισημαίνεται η ύπαρξη δύο λωρίδων κυκλοφορίας στην έξοδο μέσω διαγράμμισης (βέλη κατεύθυνσης επί του οδοστρώματος) και κατευθυντήριας οδικής σήμανσης. Για την αποφυγή μεγάλων καθυστερήσεων στην δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας του πρωτεύοντος οδοστρώματος, η ράμπα εξόδου δεν θα πρέπει να παρουσιάζει πολύ έντονη καμπυλότητα αμέσως πίσω από την αιχμή της νησίδας (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εξόδου A 3** θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος εξόδου υπερβαίνει τα 2.300 οχήματα/ώρα και δεν αλλάζει ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας κατά την πορεία του πρωτεύοντος οδοστρώματος. Με τον τύπο εξόδου A3 μπορεί να συνδυαστεί η διατομή ράμπας Q3 με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ή η τυπική διατομή ενός οδοστρώματος μίας κατεύθυνσης κυκλοφορίας με δύο λωρίδες κυκλοφορίας (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εξόδου A 4** θα πρέπει να επιλέγεται, όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος εξόδου υπερβαίνει τα 1.350 οχήματα/ώρα, μειώνεται ο αριθμός των διερχόμενων λωρίδων κυκλοφορίας κατά μία λωρίδα κυκλοφορίας, και ήδη στο πρωτεύον οδόστρωμα απαιτείται προδιαλογή για δύο διαφορετικούς προορισμούς εξόδου. Η αφαιρεθείσα λωρίδα κυκλοφορίας σε αυτήν την λύση οδηγείται στην αριστερή λωρίδα κυκλοφορίας της ράμπας. Η δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας της ράμπας επιμηκύνεται με μια λωρίδα επιβράδυνσης δεξιά. Με τον τύπο εξόδου A4 μπορεί να συνδυαστεί η διατομή ράμπας Q3 με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ή η τυπική διατομή οδοστρώματος μίας κατεύθυνσης κυκλοφορίας με δύο λωρίδες κυκλοφορίας (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εξόδου A 5** θα πρέπει να χρησιμοποιείται αντί για τον τύπο εξόδου A4, όταν στο πρωτεύον οδόστρωμα δεν απαιτείται προδιαλογή για δύο διαφορετικούς προορισμούς εξόδου. Η ύπαρξη δύο λωρίδων κυκλοφορίας στην έξοδο θα πρέπει να επισημαίνεται μέσω οριζόντιας διαγράμμισης και

οδικής σήμανσης. Με τον τύπο εξόδου A5 μπορεί να συνδυαστεί η διατομή ράμπας Q3 με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ή η τυπική διατομή οδοστρώματος μίας κατεύθυνσης κυκλοφορίας με δύο λωρίδες κυκλοφορίας (FGSV, 2008).

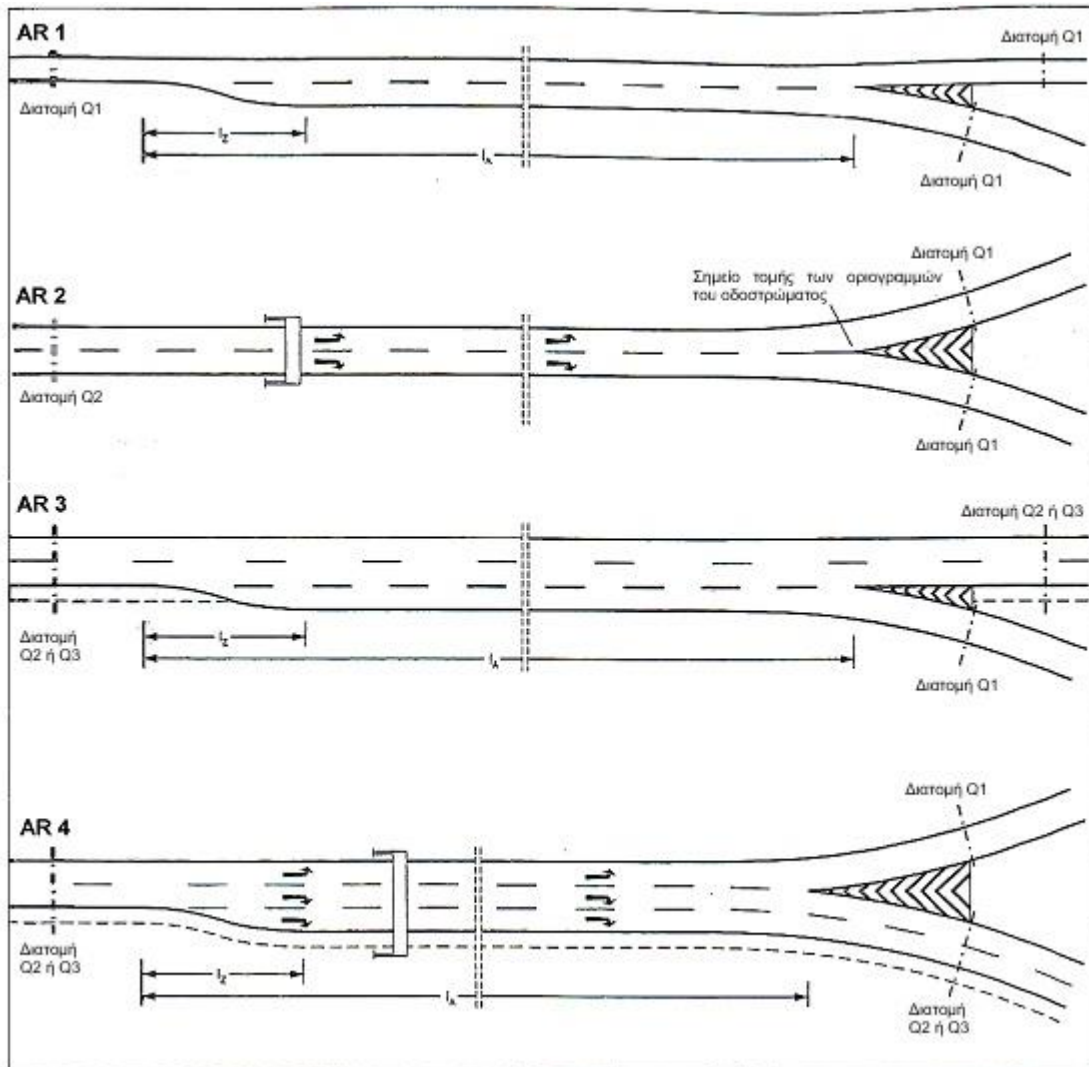
Ο **τύπος εξόδου A 6** χρησιμοποιείται όταν από την διατομή του πρωτεύοντος οδοστρώματος αφαιρείται μία λωρίδα κυκλοφορίας και ο κυκλοφοριακός φόρτος της εξόδου δεν υπερβαίνει τα 1.350 οχήματα/ώρα. Κατά κανόνα συνδυάζεται με την διατομή ράμπας Q1, στην περίπτωση ραμπών μεγάλου μήκους της ομάδας ραμπών I, όμως, επίσης με την διατομή ράμπας Q2. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μεταβατική περιοχή ανάμεσα στην έξοδο και την ράμπα θα πρέπει να διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η κίνηση σε δύο λωρίδες κυκλοφορίας μόνο κατόπιν της αιχμής της νησίδας διαχωρισμού (FGSV, 2008).

Ειδική περίπτωση για την επέκταση υφιστάμενων αυτοκινητοδρόμων αποτελεί ο **τύπος εξόδου A 7**. Για αυτόν τον τύπο εξόδου ισχύουν κατά τα άλλα οι ίδιες περιοχές χρήσης όπως για τον τύπο A5. Για την αποφυγή μεγάλων καθυστερήσεων στην δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας του πρωτεύοντος οδοστρώματος, η ράμπα εξόδου δεν θα πρέπει να παρουσιάζει πολύ έντονη καμπυλότητα αμέσως πίσω από την αιχμή της νησίδας (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εξόδου A 8** εφαρμόζεται όταν σε πρωτεύον οδόστρωμα τεσσάρων λωρίδων κυκλοφορίας πρόκειται να γίνει αφαίρεση δύο λωρίδων κυκλοφορίας, επί περίπου ίσων κυκλοφοριακών ρευμάτων. Η ράμπα εξόδου εδώ έχει την διατομή Q3 ή την τυπική διατομή οδοστρώματος μίας κατεύθυνσης κυκλοφορίας με δύο λωρίδες κυκλοφορίας (FGSV, 2008).

Πίνακας 3.5 Όρια χρήσης για τύπους εξόδων σε πρωτεύοντα οδοστρώματα (FGSV, 2008)

Απόσταση ως την επόμενη διακλάδωση	Αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας του πρωτεύοντος οδοστρώματος πριν από/μετά την έξοδο	Κυκλοφοριακός φόρτος της εξόδου σε οχήματα/ώρα		
		≤ 1.350	≤ 2.300	> 2.300
≥ 250 m (ή δεν υπάρχει περαιτέρω διαχωρισμός)	2/2, 3/3, 4/4	A 1, A 2	A 2	A 3
	3/2, 4/3		A 5	
	4/2	-	A 7	
< 250 m	2/2, 3/3, 4/4	A 1	A 3	
	3/2, 4/3	A 6	A 4	
	4/2	-	A 7	



Σχήμα 3.6 Τύποι εξόδων στο σύστημα ραμπών (FGSV, 2008)

Ο **τύπος εξόδου AR 1** θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν και οι δύο ράμπες συνεχίζονται με μία λωρίδα κυκλοφορίας (διατομή Q1). Στην περιοχή των δύο παράλληλα κείμενων λωρίδων κυκλοφορίας (περιοχή επιβράδυνσης) αντί για την πρόσθεση δύο διατομών ράμπας Q1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά επίσης η διατομή Q2. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να γίνει περιστροφή της λωρίδας κυκλοφορίας και της οριογραμμής του οδοστρώματος για προσαρμογή των επικλίσεων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργείται οπτικά ικανοποιητική λύση (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εξόδου AR 2** θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν η απόσταση από άλλη έξοδο που υπάρχει ενδεχομένως πριν από την εν λόγω έξοδο, υπερβαίνει το οριακό μήκος των 500m ή όταν λόγω του συγκεκριμένου συστήματος ενδείκνυται η διακλάδωση της ράμπας (π.χ., στην περίπτωση συναρμογής διανεμητήριου οδοστρώματος) (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εξόδου AR 3** θα πρέπει να εφαρμόζεται όταν από μία μεγάλο μήκους ή υποδεχόμενη υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο ράμπα (διατομής Q2 ή Q3) διακλαδίζεται μια μικρού μήκους και υποδεχόμενη χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο ράμπα (διατομής Q1) (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εξόδου AR 4** θα πρέπει να εφαρμόζεται όταν το ισχυρότερο κυκλοφοριακό ρεύμα συνεχίζει να κινείται δεξιά (FGSV, 2008).

Διαμόρφωση των περιοχών των εξόδων

Οι λωρίδες επιβράδυνσης έχουν το ίδιο πλάτος με την αμέσως γειτονική διερχόμενη λωρίδα κυκλοφορίας.

Το πλάτος της λωρίδας καθοδήγησης είναι 0,50m.

Η λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) θα πρέπει να εκτελείται παράλληλα προς την λωρίδα επιβράδυνσης μόνο όταν και η παρακάμπτουςα ράμπα έχει διατομή με λωρίδα έκτακτης ανάγκης. Το πλάτος της τότε ανέρχεται σε 2,50m. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις αρκεί να μετατεθούν οι υφιστάμενες δίπλα στην λωρίδα επιβράδυνσης προστατευτικές διατάξεις σε τέτοια απόσταση, ώστε να είναι δυνατές οι έκτακτες στάσεις επί του ερείσματος. Το πλάτος του ερείσματος που σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να διαμορφώνεται ευσταθές, θα πρέπει προ της προστατευτικής διάταξης να ανέρχεται σε τουλάχιστον 2,00m (FGSV, 2008).

Κοντά σε τεχνικά έργα το μήκος του τμήματος συναρμογής επιτρέπεται να βραχύνεται στα 30m, εφόσον αυτό συνεπάγεται εξοικονόμηση δαπανών για το τεχνικό έργο (FGSV, 2008).

Η **διαμόρφωση της αιχμής νησίδας** επηρεάζει την αναγνωρισιμότητα της εξόδου και συνεπώς την κυκλοφοριακή ασφάλεια. Οι μικρές ακτίνες ραμπών στην περιοχή της εξόδου μπορούν να επισημαίνονται με πυκνότερη διάταξη των οριοδεικτών και πινακίδων ένδειξης κατεύθυνσης επί της εξωτερικής οριογραμμής των στροφών. Πριν από την αιχμή της νησίδας, συνιστάται συμπληρωματικά η διάταξη επιφάνειας αποκλεισμού, της οποίας η ορατότητα θα πρέπει να εξασφαλίζεται τη νύχτα. Η επιφάνεια αποκλεισμού καθίσταται σημαντικότερη όταν στην εγκάρσια διατομή μεταξύ πρωτεύοντος οδοστρώματος και λωρίδας επιβράδυνσης δημιουργείται περιοχή επικάλυψης (FGSV, 2008).

Η κεφαλή της νησίδας θα έχει πλάτος 1,50 m. Θα πρέπει να στρογγυλεύεται ($R=0,75m$) μόνον όταν κατ' εξαίρεση περιβάλλεται από κράσπεδα. Η επιφάνεια πίσω από την κεφαλή της νησίδας θα πρέπει κατά το δυνατόν να

βρίσκεται στο ύψος του οδοστρώματος και να διατηρείται ελεύθερη από πινακίδες οδικής σήμανσης, προστατευτικές διατάξεις και άλλα εμπόδια (FGSV, 2008).

3.2.5 Είσοδοι

Όπως και στην περίπτωση των κλάδων εξόδου, επιδιώκεται η ενιαία διαμόρφωση των εισόδων σε ένα σύστημα αυτοκινητοδρόμων – ανισόπεδων κόμβων, με στόχο την ευχερέστερη αναγνώριση από τους οδηγούς, για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της κυκλοφοριακής ροής. Για το λόγο αυτό προβλέπονται ορισμένοι πρότυποι τύποι λωρίδων επιτάχυνσης – κλάδων εισόδου σε αυτοκινητόδρομο, ανάλογα με τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας στον κλάδο εισόδου στην αρτηρία και τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας στη ζώνη επιτάχυνσης. Οι παρακάτω περιγραφόμενοι τύποι εισόδων σε πρωτεύοντα οδοστρώματα και σε ράμπες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτοκινητοδρόμους όλων των τάξεων μελέτης και εκτελούνται πάντοτε με παράλληλες λωρίδες επιτάχυνσης. Η διαφορά της ταχύτητας μεταξύ των εισερχόμενων και των διερχόμενων οχημάτων θα πρέπει να είναι κατά το δυνατό μικρή.

Οι τύποι εισόδων (τύποι E) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πρωτεύοντα οδοστρώματα, με αναφορά των διατομών ραμπών που επιδέχονται σύνδεση με αυτές, απεικονίζονται στο Σχήμα 3.7. Οι τύποι εισόδων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κατ' αντίστοιχο τρόπο σε πρωτεύοντα οδοστρώματα που έχουν τρεις ή τέσσερις λωρίδες κυκλοφορίας (FGSV, 2008).

Οι απεικονιζόμενοι στο Σχήμα 3.8 **τύποι EE για διαδοχικές εισόδους** (διπλές εισόδους) θα πρέπει να εφαρμόζονται όταν τα κυκλοφοριακά ρεύματα των ραμπών για λόγους ικανότητας πρόκειται να οδηγηθούν μεμονωμένα στο πρωτεύον οδόστρωμα. Οι επί μέρους είσοδοι θα πρέπει να διαμορφώνονται, τηρώντας τα όρια χρήσης, ως τυποποιημένοι τύποι. Δεν θα πρέπει να γίνεται υπέρβαση προς τα κάτω των αναφερόμενων στο Σχήμα 3.8 αποστάσεων μεταξύ των δύο εισόδων (FGSV, 2008).

Στους αυτοκινητοδρόμους της ΤΜΑ 3 μπορούν επιπρόσθετα να εφαρμοστούν οι παρατιθέμενοι στο Σχήμα 3.9 **τύποι E* για εισόδους σε πρωτεύοντα οδοστρώματα** (FGSV, 2008).

Οι **τύποι εισόδων για το σύστημα ραμπών (τύποι ER)** παρατίθενται στο Σχήμα 3.10, με αναφορά των διατομών ραμπών που μπορούν να συνδεθούν στα σημεία διασύνδεσης (FGSV, 2008).

Τα μεγέθη I_E και I_Z που περιλαμβάνονται στις παρατιθέμενες διαστάσεις των σχεδίων των τύπων εισόδων διαφοροποιούνται σύμφωνα με τις διάφορες τάξεις μελέτης και τους τύπους εισόδων (Πίνακας 3.6). Για εισόδους στις οποίες η κατά μήκος κλίση της συμβάλλουσας ράμπας διαφέρει από εκείνη του πρωτεύοντος οδοστρώματος, ενδέχεται να απαιτούνται λωρίδες επιτάχυνσης μεγάλου μήκους. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα σε περίπτωση που το πρωτεύον οδόστρωμα παρουσιάζει μεγαλύτερη ανωφέρεια από την ράμπα. Οι λωρίδες επιτάχυνσης μεγάλου μήκους ενδέχεται να ενδείκνυνται επίσης όταν υπάρχει πολύ μεγάλο ποσοστό βαριάς κυκλοφορίας στο πρωτεύον οδόστρωμα, προ πάντων σε τμήματα με ανωφέρεια (FGSV, 2008).

Πίνακας 3.6 Αριθμητικές τιμές των μεγεθών I_E και I_Z στα σχέδια τύπων εισόδων [m] (FGSV, 2008)

Μέγεθος	Τύπος εισόδου	TMA 1 / TMA 2	TMA 3
I_E	Όλοι οι τύποι E και E*	250 *)	150
	Όλοι οι τύποι EE ER 1, ER 4, ER 3	150	100
I_Z	Όλοι οι τύποι	60	30

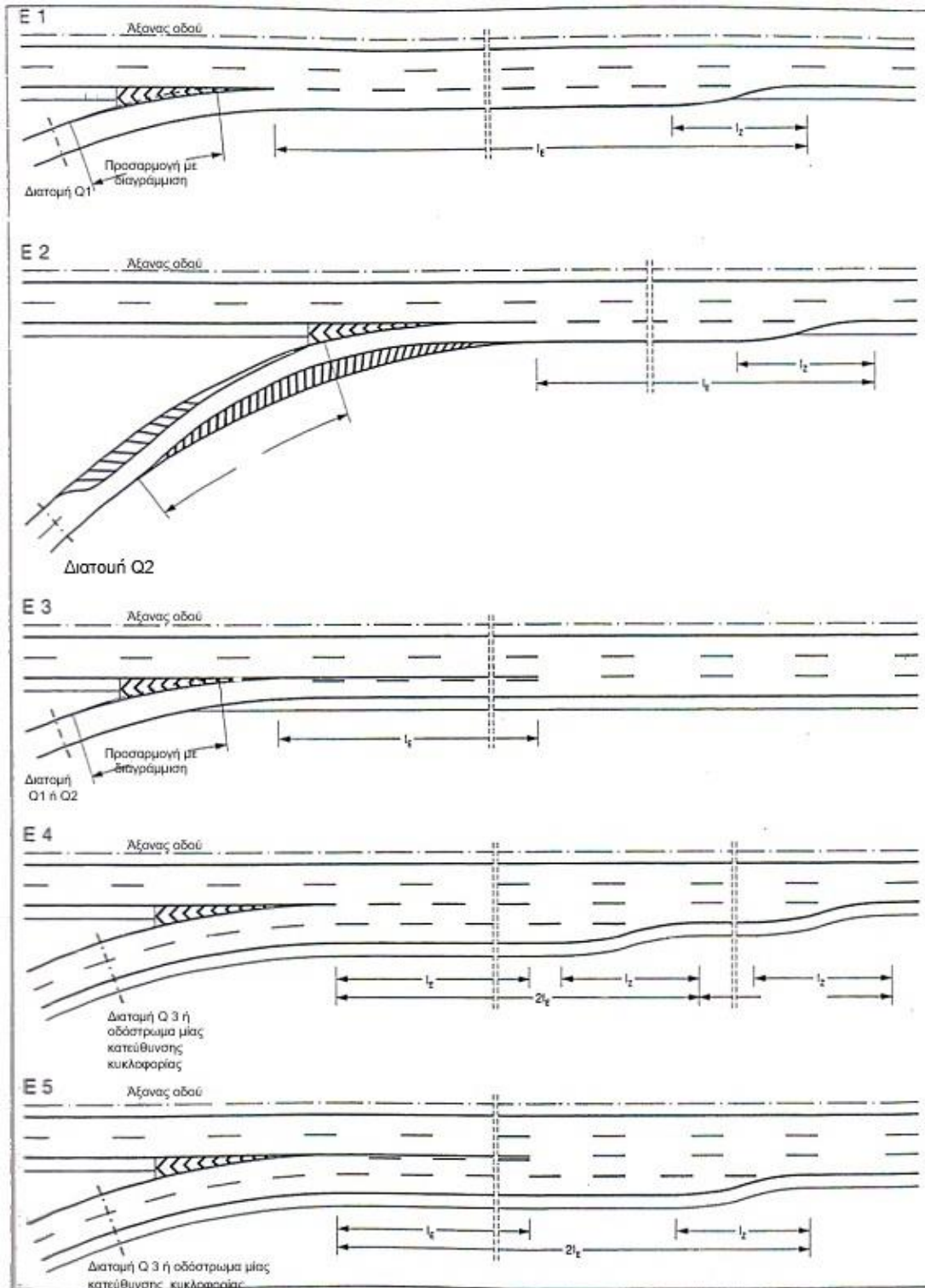
*) σε ανωφέρειες, εάν απαιτείται, πρέπει να επιμηκύνεται (για $s > 4,0 \%$)

Οι **περιοχές χρήσης** των τύπων εισόδων προσανατολίζονται στους κυκλοφοριακούς φόρτους της συνδεδεμένης ράμπας και του πρωτεύοντος οδοστρώματος κάτω από την είσοδο, καθώς και στην τάξη μελέτης.

Ο **τύπος εισόδου E 1** είναι η τυπική μορφή για τις συμβολές. Η ράμπα με μία λωρίδα κυκλοφορίας (διατομή Q1) προσαρμόζεται πριν από την άφιξη στην αιχμή της νησίδας με μια επιφάνεια αποκλεισμού στο πλάτος της διερχόμενης λωρίδας κυκλοφορίας (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εισόδου E 2** μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν επιλέγεται ως διατομή ράμπας η Q2. Η διατομή ράμπας με δύο λωρίδες κυκλοφορίας προσαρμόζεται σε μία λωρίδα κυκλοφορίας, με μια επιφάνεια αποκλεισμού προς τα δεξιά, έτσι ώστε να επιβάλλονται διαδικασίες επιβράδυνσης που να λαμβάνουν χώρα σε μία λωρίδα κυκλοφορίας και να επιτυγχάνεται κατά το δυνατόν νωρίς η παράλληλη όδευση προς το πρωτεύον οδόστρωμα. Σε περίπτωση που εντοπίζονται κυρτώματα και καμπύλες στην τερματική περιοχή μιας ράμπας, ενδέχεται να χρειαστεί μετατόπιση της στένωσης και μείωσης της λωρίδας κυκλοφορίας νωρίτερα στο εν λόγω τμήμα, τόσο ώστε να είναι έγκαιρα ορατή η προσαρμογή. Συμπληρωματικά θα πρέπει να προβλέπεται και στην αριστερή λωρίδα κυκλοφορίας μια επιφάνεια αποκλεισμού, η οποία θα εντοπίζεται πριν από την επιφάνεια αποκλεισμού της δεξιάς λωρίδας κυκλοφορίας. Έτσι εξασφαλίζεται ότι τα οχήματα που

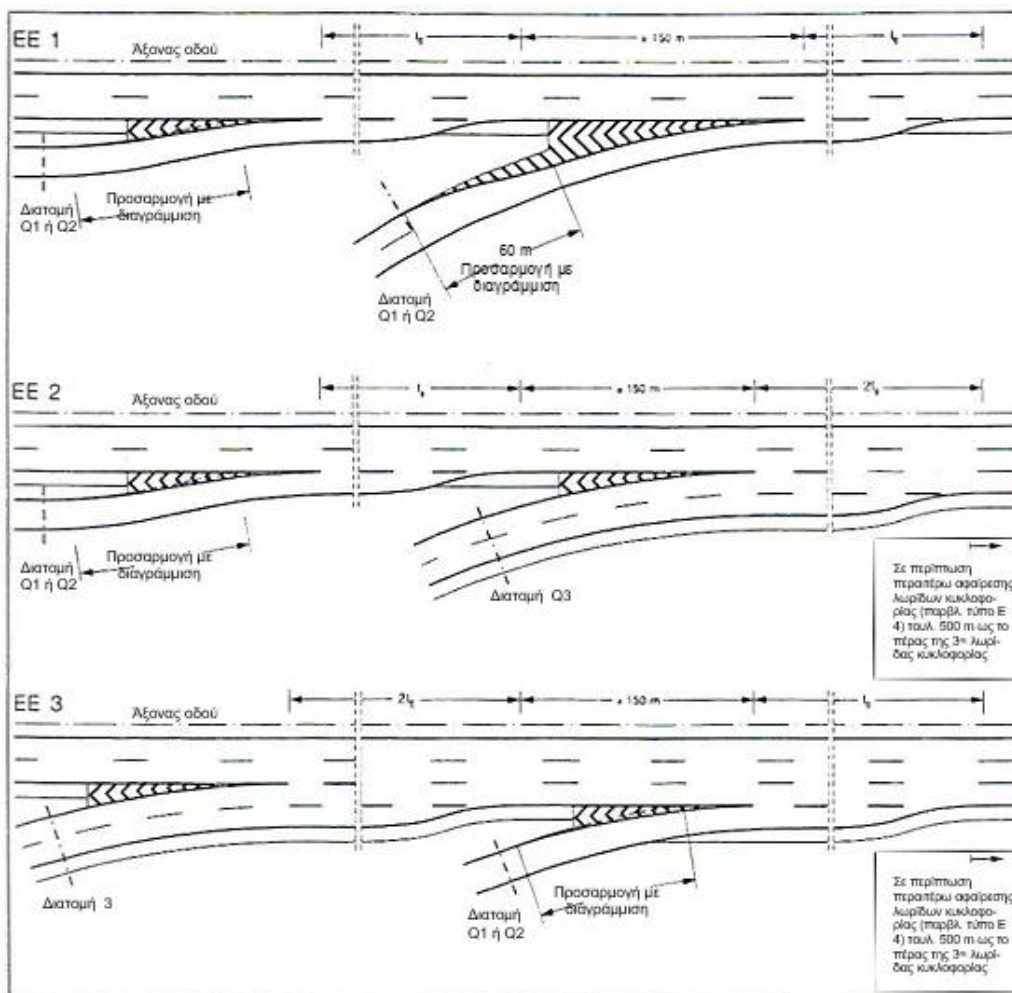
κινούνται στην αριστερή λωρίδα κυκλοφορίας εντάσσονται στην δεξιά «λωρίδα βαριάς κυκλοφορίας» της βραδυπορούσας κυκλοφορίας(FGSV, 2008).



Σχήμα 3.7 Τύποι εισόδων σε πρωτεύοντα οδοστρώματα (FGSV, 2008)

Ο **τύπος εισόδου E 3** θα πρέπει να εφαρμόζεται, όταν στην ράμπα εισόδου επαρκεί η διατομή Q1 ή Q2, όμως, η εισερχόμενη κυκλοφορία είναι τόσο ισχυρή, ώστε το πρωτεύον οδόστρωμα των τύπων εισόδου E1 ή E2 να μην μπορεί πλέον να την υποδεχθεί (FGSV, 2008).

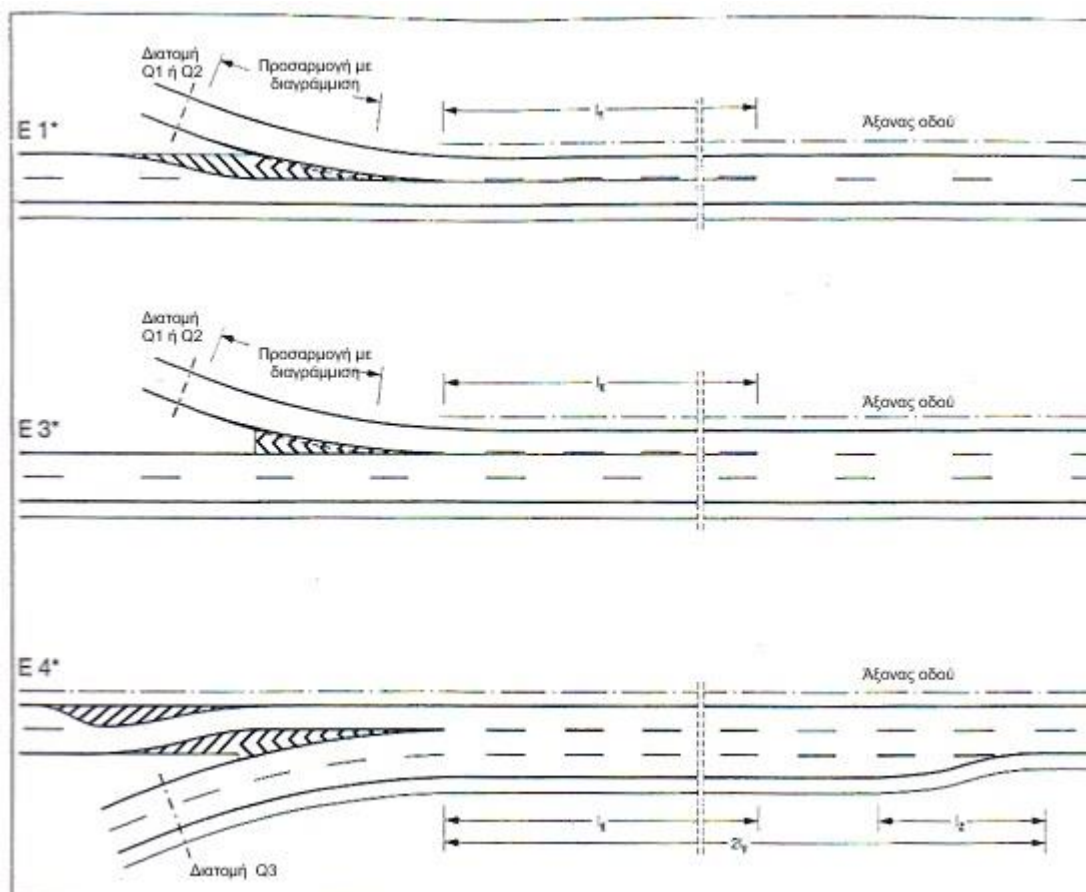
Ο **τύπος εισόδου E 4** ή ο **τύπος εισόδου E 5** θα πρέπει να χρησιμοποιείται, όταν για λόγους φόρτισης πρέπει να επιλεγεί διατομή ράμπας με δύο λωρίδες κυκλοφορίας (Q3). Η αριστερή λωρίδα κυκλοφορίας της ράμπας σε αυτούς τους τύπους εισόδου προστίθεται. Η δεξιά καταλήγει σε μια λωρίδα επιτάχυνσης (τύπος εισόδου E5). Όταν η συνέχιση ενός πρωτεύοντος οδοστρώματος δεν απαιτείται για λόγους φόρτισης (η εισερχόμενη κυκλοφορία πρόσκαιρα ή μόνιμα υπερισχύει σε σχέση με την διερχόμενη κυκλοφορία), τότε η προστεθείσα λωρίδα κυκλοφορίας μπορεί να εξαλειφθεί σταδιακά το νωρίτερο 500 m μετά το πέρας της λωρίδας επιτάχυνσης (τύπος εισόδου E4). Το πέρας της θα πρέπει να επισημαίνεται στους συμμετέχοντες στην κυκλοφορία με πινακίδες ρύθμισης της κυκλοφορίας στις οποίες θα αναφέρεται η απόσταση (FGSV, 2008).



Σχήμα 3.8 Τύποι διαδοχικών μεταξύ τους εισόδων σε πρωτεύοντα οδοστρώματα (FGSV, 2008)

Ο **τύπος εισόδου EE 1** θα πρέπει να εφαρμόζεται όταν και στις δύο ράμπες εισόδου επαρκεί η διατομή Q1 ή Q2.

Οι **τύποι εισόδου EE 2** και **EE 3** θα πρέπει να εφαρμόζονται όταν μία από τις ράμπες εισόδου για λόγους φόρτισης πρέπει να λάβει την διατομή Q3.



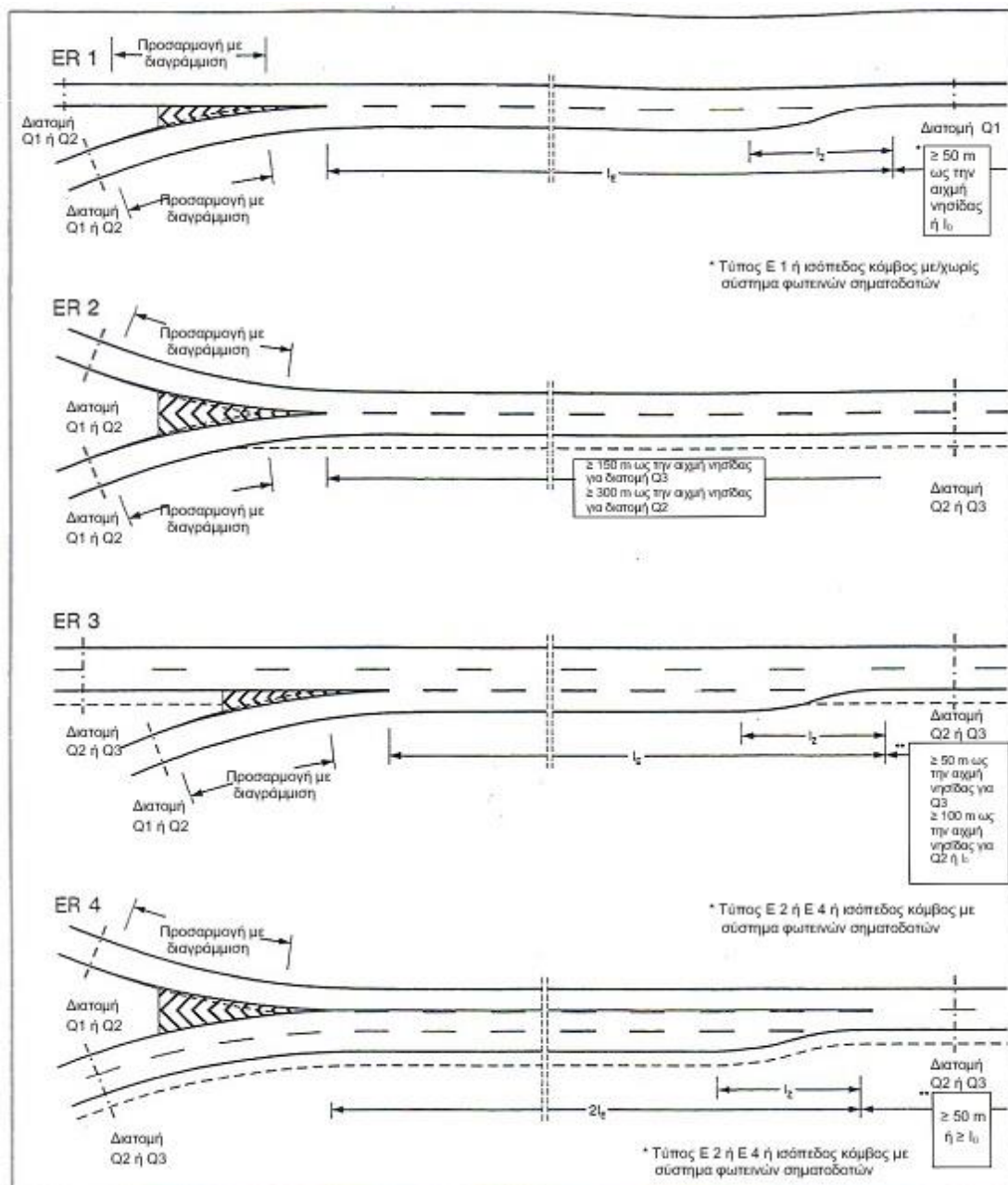
Σχήμα 3.9 Πρόσθετοι τύποι εισόδων σε πρωτεύοντα οδοστρώματα αυτοκινητοδρόμων της TMA 3 (FGSV, 2008)

Οι **τύποι εισόδου E 1***, **E 3*** και **E 4*** μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιπρόσθετα σε αυτοκινητοδρόμους της TMA 3. Οι εισοδοί από τα αριστερά επιτρέπονται μόνο με την μορφή μιας πρόσθεσης λωρίδας κυκλοφορίας. Ο τύπος εισόδου E4* στον οποίο μετατοπίζεται η εξάλειψη μιας λωρίδας κυκλοφορίας του πρωτεύοντος οδοστρώματος μπροστά από την είσοδο, αντικαθιστά στους αυτοκινητοδρόμους της TMA 3 τον τύπο εισόδου E4, καθώς εκεί κατά κανόνα δεν υφίστανται οι συνθήκες εφαρμογής του (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εισόδου ER 1** θα πρέπει να εφαρμόζεται όταν υπάρχει η δυνατότητα συνέχισης της ράμπας με μία λωρίδα κυκλοφορίας μετά την είσοδο. Στην περιοχή των δύο παράλληλων λωρίδων κυκλοφορίας (περιοχή

πλέξης) μπορεί αντί για την πρόσθεση δύο διατομών ράμπας Q1 εναλλακτικά να εφαρμοστεί επίσης η διατομή ράμπας Q2. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να γίνει περιστροφή της λωρίδας κυκλοφορίας και της οριογραμμής του οδοστρώματος για προσαρμογή των επικλίσεων κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να δημιουργείται οπτικά ικανοποιητική λύση (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εισόδου ER 2** με την προσθήκη δύο ραμπών με διατομές Q1 ή Q2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν πριν από το σημείο συμβολής επαρκούν οι διατομές Q1 ή Q2, όμως, μετά το σημείο συμβολής απαιτείται διατομή Q2 ή Q3 (FGSV, 2008).



Σχήμα 3.10 Τύποι εισόδων στο σύστημα ραμπών (FGSV, 2008)

Ο **τύπος εισόδου ER 3** ενδείκνυται όταν σε μια ράμπα δύο λωρίδων κυκλοφορίας (διατομή Q2 ή Q3) πρόκειται να συμβάλλει μια ράμπα διατομής Q1 ή Q2 και το εισερχόμενο ρεύμα κυκλοφορίας είναι μικρότερης σημασίας από το διερχόμενο ρεύμα (FGSV, 2008).

Ο **τύπος εισόδου ER 4** μπορεί να χρησιμοποιείται στην περίπτωση αυξημένων κυκλοφοριακών φόρτων στην δεξιά συμβάλλουσα ράμπα σύνδεσης. Εναλλακτικά υπάρχει επίσης η δυνατότητα διαχωρισμού (με ανισόπεδη διασταύρωση) της ράμπας που δέχεται χαμηλότερους κυκλοφοριακούς φόρτους στο σημείο της συμβολής ή οδήγησης της ράμπας αυτής από ξεχωριστή είσοδο (τύπος εισόδου EE 2) στο πρωτεύον οδόστρωμα (FGSV, 2008).

Σε περίπτωση που της εισόδου, στο σύστημα ραμπών, έπεται είσοδος στο πρωτεύον οδόστρωμα, τότε θα πρέπει να υπάρχει ελάχιστη απόσταση 50 m ανάμεσα στις δύο εισόδους.

Διαμόρφωση των περιοχών των εισόδων

Οι λωρίδες επιτάχυνσης έχουν το ίδιο πλάτος με την αμέσως παρακείμενη διερχόμενη λωρίδα κυκλοφορίας.

Η λωρίδα καθοδήγησης έχει πλάτος 0,50 m.

Η λωρίδα έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να οδηγείται παράλληλα με την λωρίδα επιτάχυνσης μόνον όταν και η συμβάλλουσα ράμπα διαθέτει διατομή με λωρίδα έκτακτης ανάγκης. Το πλάτος της τότε είναι 2,50 m. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις αρκεί να μετατεθούν οι υφιστάμενες δίπλα στην λωρίδα επιτάχυνσης προστατευτικές διατάξεις σε τέτοια απόσταση, ώστε να είναι δυνατές οι έκτακτες στάσεις επί του ερείσματος. Το πλάτος του ερείσματος που σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να διαμορφώνεται ευσταθές, θα πρέπει προ της προστατευτικής διάταξης να ανέρχεται σε τουλάχιστον 2,00 m (FGSV, 2008).

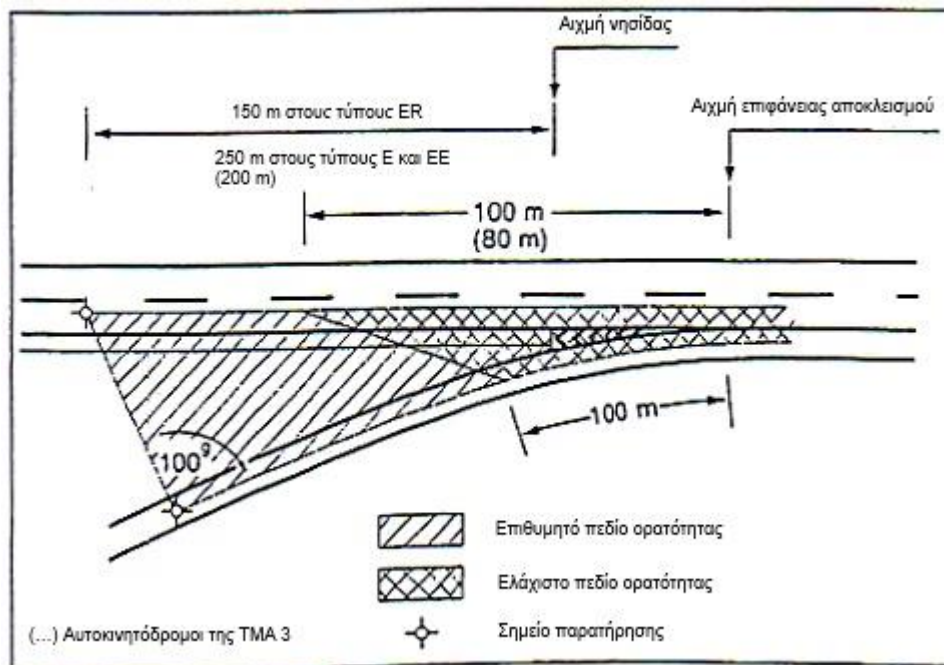
Εάν σε αυτοκινητόδρομο της TMA 3 σε ένα πρωτεύον οδόστρωμα κατ' εξαίρεση δεν υπάρχει λωρίδα έκτακτης ανάγκης, τότε θα πρέπει δίπλα στην λωρίδα επιτάχυνσης να προβλέπεται λωρίδα έκτακτης ανάγκης μήκους περίπου 150 m (FGSV, 2008).

Η **διαμόρφωση της αιχμής νησίδας** επηρεάζει την εποπτικότητα της εισόδου. Γι' αυτό η αιχμή νησίδας θα πρέπει να διατηρείται ελεύθερη από βλάστηση που εμποδίζει την ορατότητα και τεχνικές εγκαταστάσεις. Θα πρέπει να δίδεται προσοχή στο τρίγωνο ορατότητας κατά την προσέγγιση. Οι

οριογραμμές της νησίδας και η επιφάνεια αποκλεισμού θα πρέπει να διαμορφωθούν γεωμετρικά κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται κατά το δυνατόν νωρίτερα η παράλληλη όδευση των εισερχόμενων οχημάτων ως προς το πρωτεύον οδόστρωμα (ορατότητα καθρέφτη οπισθοπορείας) (FGSV, 2008).

Η αιχμή της νησίδας έχει πλάτος 1,50 m. Θα πρέπει να στρογγυλεύεται ($R = 0,75$ m) μόνον όταν κατ' εξαίρεση περιβάλλεται από κράσπεδα.

Για όλες τις εισόδους θα πρέπει να τεκμηριώνεται το **επαρκές μήκος ορατότητας** για είσοδο σύμφωνα με το Σχήμα 3.11. Τα πεδία ορατότητα που θα πρέπει να διατηρούνται ελεύθερα, θα πρέπει να επισημαίνονται στα σχέδια (FGSV, 2008).

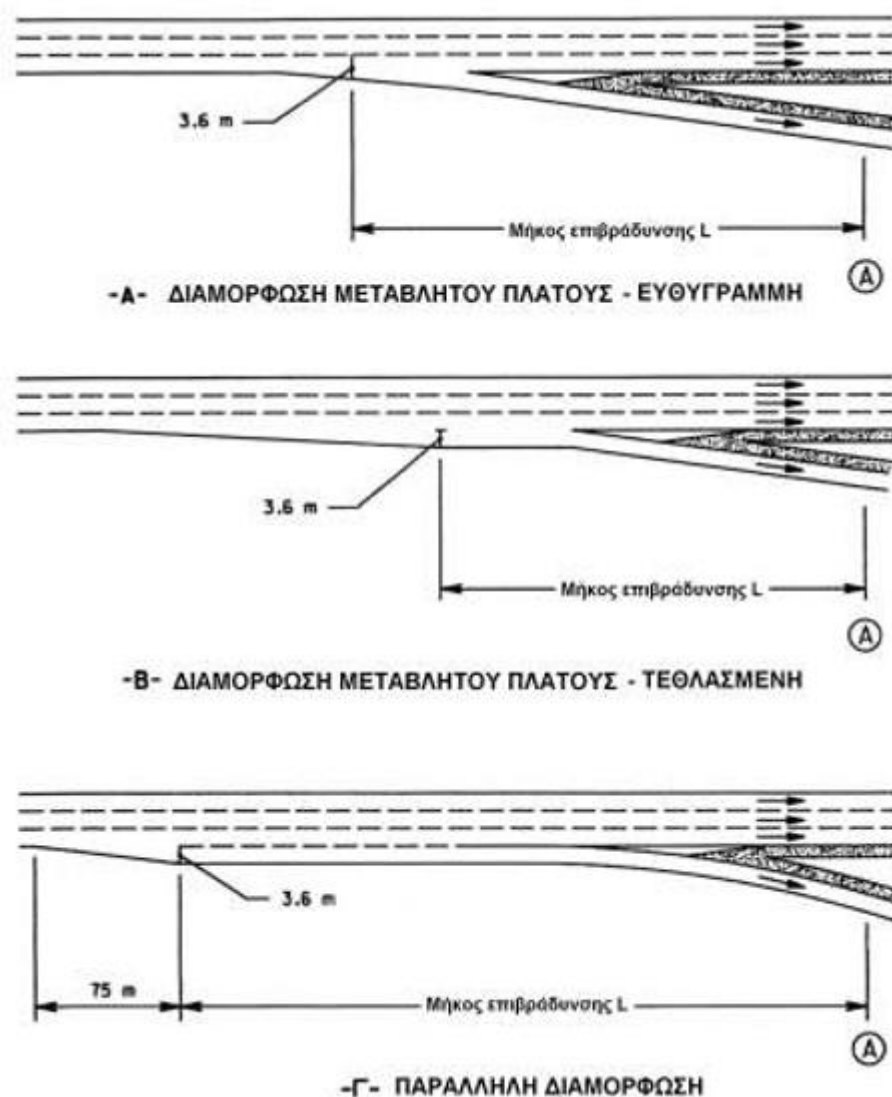


Σχήμα 3.11 Μήκος ορατότητας για είσοδο (FGSV, 2008)

3.3 Κανονισμοί Η.Π.Α (AASHTO, 2004)

Σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς, κατά τη διαμόρφωση μιας λωρίδας εισόδου ή εξόδου είναι δυνατόν να εφαρμοστεί είτε διάταξη **μεταβλητού πλάτους** (tapered) είτε **παράλληλη**. Η διάταξη μεταβλητού πλάτους παρέχει μια απευθείας είσοδο ή έξοδο σε μία επίπεδη γωνία, ενώ η παράλληλη διάταξη περιλαμβάνει και μία πρόσθετη λωρίδα αλλαγής ταχύτητας. Και οι δύο διατάξεις, όταν εφαρμόζονται σύμφωνα με τους κανονισμούς λειτουργούν ικανοποιητικά. Ωστόσο, η παράλληλη διάταξη προτιμάται περισσότερο σε πολλές περιοχές. Επιπλέον, κάποιες εταιρείες εφαρμόζουν τον τύπο του μεταβλητού πλάτους για τις εξόδους και τον παράλληλο τύπο για τις εισόδους (AASHTO, 2004).

3.3.1 Έξοδοι



Σχήμα 3.12 Τυπικές διαμορφώσεις λωρίδας εξόδου (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Στην περίπτωση της **διαμόρφωσης μεταβλητού πλάτους** (Σχήμα 3.12 Α και Β), η αρχή της λωρίδας επιβράδυνσης σηματοδοτείται από μια θλάση στην εξωτερική οριογραμμή της οδού, η οποία και αποτελεί την απαραίτητη ένδειξη προς τους οδηγούς για την έξοδο από την αρτηρία. Η γωνία απόκλισης στον διαχωρισμό των ρευμάτων κυκλοφορίας κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 2° και 5°. Η μεταβολή της ταχύτητας του εξερχόμενου οχήματος πραγματοποιείται εντός της λωρίδας επιβράδυνσης και μέρους του κλάδου εξόδου (**τμήμα επιβράδυνσης**). Ως αρχή του τμήματος επιβράδυνσης θεωρείται η θέση όπου η λωρίδα επιβράδυνσης έχει πλάτος 3,6m, και ως τέλος (σημείο Α – Σχήμα 3.12), η θέση όπου αρχίζει η καμπυλότητα του κλάδου εξόδου (σημείο ελέγχου ταχύτητας) (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Μελέτες πάνω σε αυτόν τον τύπο διαμόρφωσης έδειξαν πως τα οχήματα εξέρχονται της λωρίδας διερχόμενης κυκλοφορίας με σχετικά υψηλές ταχύτητες, μειώνοντας ταχύτητα μετά την είσοδο στο τμήμα επιβράδυνσης. Ως εκ τούτου, μειώνεται η πιθανότητα ατυχήματος εξαιτίας απότομης επιβράδυνσης επί της λωρίδας διερχόμενης κυκλοφορίας.

Το ελάχιστο μήκος του τμήματος επιβράδυνσης πρέπει να είναι ίσο με την απόσταση που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη μείωση ταχύτητας και καθορίζεται από την ταχύτητα μελέτης, τόσο της λωρίδας διερχόμενης κυκλοφορίας όσο και της ράμπας εξόδου, και από την κατά μήκος κλίση της ράμπας (Πίνακες 3.7 και 3.8).

Στην περίπτωση της **παράλληλης διάταξης** (Σχήμα 3.12 Γ), η λωρίδα επιβράδυνσης αρχίζει με ένα **τμήμα συναρμογής** μήκους 75m συνήθως, που ακολουθείται από μία πρόσθετη λωρίδα, παράλληλη στις βασικές λωρίδες κυκλοφορίας. Το **μήκος τμήματος επιβράδυνσης** μετράται από το σημείο που η πρόσθετη λωρίδα αποκτά πλήρες πλάτος (3.6m) έως το σημείο όπου η αριστερή οριογραμμή του κλάδου εξόδου διαχωρίζεται από την δεξιά οριογραμμή της αρτηρίας. Στην περίπτωση που η καμπυλότητα του κλάδου εξόδου είναι περιορισμένη (ακτίνα μεγαλύτερη από 300m), είναι δυνατόν να θεωρηθεί και ένα τμήμα του κλάδου ως μέρος του τμήματος επιβράδυνσης, μειώνοντας έτσι το συνολικό απαιτούμενο μήκος της λωρίδας επιβράδυνσης (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Ο συγκεκριμένος τύπος διαμόρφωσης προσφέρει μια φιλόξενη περιοχή εξόδου καθώς η όλη διάταξη είναι αρκετά εμφανής στους οδηγούς. Οι έξοδοι παράλληλου τύπου λειτουργούν καλύτερα όταν οι οδηγοί επιλέγουν να βγουν από τη βασική λωρίδα κυκλοφορίας αρκετά πριν πλησιάσουν την αιχμή εξόδου, ώστε να επιτραπεί η επιβράδυνση στην προστιθέμενη λωρίδα (λωρίδα επιβράδυνσης) κι έπειτα να ακολουθήσουν μια πορεία παρόμοια με αυτή της διάταξης μεταβλητού πλάτους. Σε θέσεις όπου τόσο η κύρια αρτηρία όσο και η ράμπα εξόδου μεταφέρουν μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους , η

πρόσθετη λωρίδα επιβράδυνσης εξασφαλίζει την ταχύτερη εξυπηρέτηση των εξερχόμενων οχημάτων, τα οποία σε άλλη περίπτωση θα σχημάτιζαν ουρά στην λωρίδα διερχόμενης κυκλοφορίας ή στην ΛΕΑ (AASHTO, 2004).

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται τα απαιτούμενα μήκη του τμήματος επιβράδυνσης, για κλίσεις μικρότερες από 2%, σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς (Πίνακας 3.7) και οι διορθωτικοί συντελεστές των μηκών αυτών για την επίδραση της κατά μήκος κλίσης (Πίνακας 3.8).

Πίνακας 3.7 Μήκος τμήματος επιβράδυνσης L (m) σε κατά μήκος κλίσεις μικρότερες από 2% (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

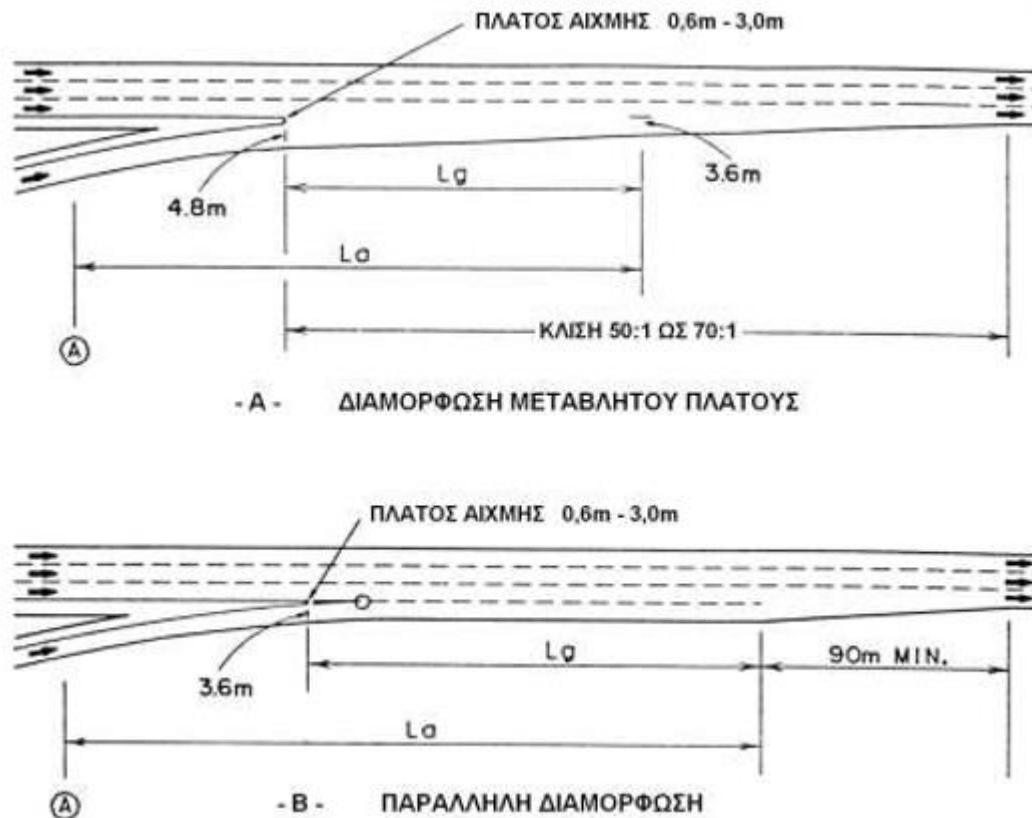
Αρτηρία		Ταχύτητα μελέτης κλάδου εξόδου (Km/h)							
Ταχύτητα Μελέτης V (Km/h)	Λειτουργική ταχύτητα V _a (Km/h)	Στάση	20	30	40	50	60	70	80
		Λειτουργική ταχύτητα V' _a κλάδου εξόδου (Km/h)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	47	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	63	110	105	95	85	70	55	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	55	-
90	77	145	140	135	120	110	100	75	60
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	91	180	180	170	160	150	140	120	105
120	98	200	195	185	175	170	155	140	120

Πίνακας 3.8 Διορθωτικός συντελεστής μήκους τμήματος επιβράδυνσης L, για την επίδραση της κατά μήκος κλίσης (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Ανωφέρεια 3% ÷ 4%	0,9
Ανωφέρεια 5% ÷ 6%	0,8
Κατωφέρεια 3% ÷ 4%	1,2
Κατωφέρεια 5% ÷ 6%	1,35

Οι παραπάνω συντελεστές ισχύουν ανεξάρτητα από την ταχύτητα μελέτης της αρτηρίας και του κλάδου εξόδου. Το διορθωμένο μήκος επιβράδυνσης προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το μήκος από τον Πίνακα 3.7 με τον κατάλληλο συντελεστή του Πίνακα 3.8.

3.3.2 Είσοδοι



Σχήμα 3.13 Τυπικές διαμορφώσεις λωρίδας εισόδου (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Κατά τη **διαμόρφωση μεταβλητού πλάτους** (Σχήμα 3.13 A), η είσοδος συναρμόζεται στην αρτηρία με μια λωρίδα μεταβλητού πλάτους (taper), με ενιαία ευθύγραμμη οριογραμμή κλίσης 50:1 έως 70:1. Το πλάτος της λωρίδας αυτής είναι 4.8m στην αρχή της και 3.6m στο τέλος μέτρησης του τμήματος επιτάχυνσης, όπως αυτό περιγράφεται στη συνέχεια (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Όταν έχει σχεδιαστεί σωστά, η είσοδος μεταβλητού πλάτους συνήθως λειτουργεί ομαλά σε όλους τους κυκλοφοριακούς φόρτους μέχρι και την κυκλοφοριακή ικανότητα της περιοχής συμβολής. Με σχετικά μικρή ρύθμιση της ταχύτητας, ο εισερχόμενος οδηγός μπορεί να δει και να χρησιμοποιήσει ένα διαθέσιμο κενό στη διερχόμενη κυκλοφορία για να εισέλθει στην αρτηρία (AASHTO, 2004).

Στην περίπτωση της **παράλληλης διαμόρφωσης** (Σχήμα 3.13 B), διαμορφώνεται μια πρόσθετη λωρίδα σταθερού πλάτους (ίσο με τις βασικές λωρίδες κυκλοφορίας κατά τους Αμερικανικούς κανονισμούς), παράλληλα στην αρτηρία, με μήκος ικανό ώστε να παρέχεται η δυνατότητα επιτάχυνσης

σε ταχύτητα παραπλήσια με την ταχύτητα διερχόμενης κυκλοφορίας πριν την είσοδο σε αυτή. Ιδανικά, μια καμπύλη ακτίνας τουλάχιστον 300m και ένα μήκος τουλάχιστον 60m θα πρέπει να προηγείται της πρόσθετης λωρίδας. Αν η καμπύλη αυτή έχει μικρή ακτίνα, οι οδηγοί τείνουν να οδηγούν απευθείας προς την κύρια αρτηρία, χωρίς να χρησιμοποιούν την λωρίδα επιτάχυνσης. Αυτή η συμπεριφορά μπορεί να έχει ανεπιθύμητα αποτελέσματα στη διερχόμενη κυκλοφορία.

Σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς, η λωρίδα επιτάχυνσης αποτελείται από τα εξής αλληλοεπικαλυπτόμενα τμήματα (βλ. Σχήμα 3.13):

- **Τμήμα επιτάχυνσης L_a**

Πρόκειται για το τμήμα εντός του οποίου πραγματοποιείται η επιτάχυνση του εισερχόμενου οχήματος, από αρχική ταχύτητα V'_a σε ταχύτητα εισόδου στην οδό V_a ($V'_a < V_a$). Η αρχή του τμήματος επιτάχυνσης (σημείο A – Σχήμα 3.13) κανονικά τίθεται στη θέση όπου η αριστερά οριογραμμή του κλάδου εισόδου συναντά την δεξιά οριογραμμή της αρτηρίας. Στην περίπτωση που η οριζοντιογραφική καμπύλη του κλάδου

εισόδου στη θέση συμβολής έχει ακτίνα μεγαλύτερη από 300m, είναι δυνατόν να μετατοπιστεί η αρχή του τμήματος επιτάχυνσης στο εσωτερικό της καμπύλης, σε θέση όμως που ο οδηγός έχει ελεύθερο πεδίο όρασης προς την αρτηρία και την διερχόμενη κυκλοφορία. Τα μήκη του τμήματος επιτάχυνσης για κλίσεις μικρότερες από 2% (σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς) δίνονται στον Πίνακα 3.9, και στον Πίνακα 3.10 δίνονται διορθωτικοί συντελεστές για την επίδραση της κατά μήκος κλίσης.

- **Τμήμα χειρισμού L_g**

Το τμήμα αυτό χρησιμεύει στην εξεύρεση κατάλληλου χρονικού διαχωρισμού στη διερχόμενη κυκλοφορία και στην είσοδο από την λωρίδα επιτάχυνσης στη δεξιά βασική λωρίδα κυκλοφορίας. Η αρχή του τίθεται στην θέση που η αριστερά οριογραμμή του κλάδου εισόδου απέχει 0,60m (πλάτος αιχμής) από την δεξιά οριογραμμή της αρτηρίας, και το μήκος του πρέπει να είναι τουλάχιστον 90m έως 150m, ανάλογα με το πλάτος αιχμής.

- **Τμήμα συναρμογής (taper)**

Στο τμήμα αυτό, που προβλέπεται μόνο σε λωρίδες επιτάχυνσης παράλληλης διάταξης, μειώνεται σταδιακά το πλάτος της λωρίδας επιτάχυνσης, μέχρι μηδενισμού. Για ταχύτητες μέχρι 110km/h συνιστάται μήκος τμήματος συναρμογής 90m, με γραμμική μεταβολή του πλάτους της λωρίδας επιτάχυνσης.

(Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Πίνακας 3.9 Μήκος τμήματος επιτάχυνσης La (m) σε κατά μήκος κλίσεις μικρότερες από 2% (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Αρτηρία		Ταχύτητα μελέτης κλάδου εισόδου (Km/h)							
Ταχύτητα Μελέτης V (Km/h)	Θεωρούμενη Τελική Ταχύτητα V _a (Km/h)	Στάση	20	30	40	50	60	70	80
		Θεωρούμενη αρχική ταχύτητα V' _a (Km/h)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	37	60	50	30	-	-	-	-	-
60	45	95	80	65	45	-	-	-	-
70	53	150	130	110	90	65	-	-	-
80	60	200	180	165	145	115	65	-	-
90	67	260	245	225	205	175	125	35	-
100	74	345	325	305	285	255	205	110	40
110	81	430	410	390	370	340	290	200	125
120	88	545	530	515	490	460	410	325	245

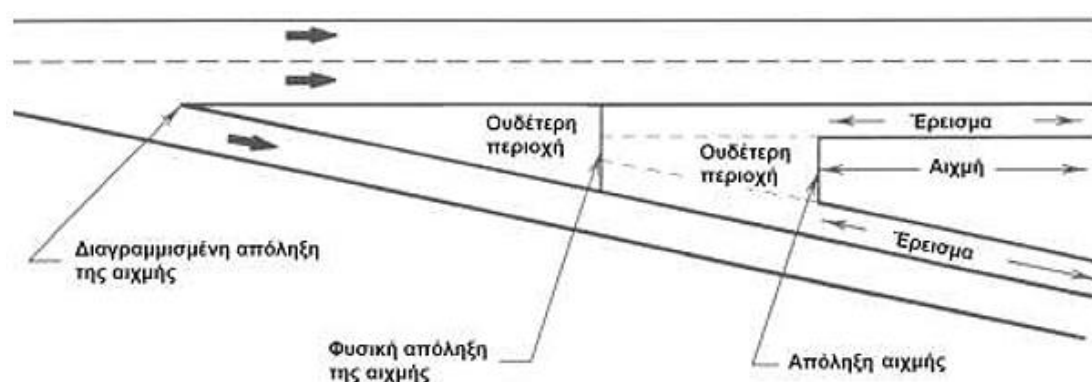
Πίνακας 3.10 Διορθωτικός συντελεστής μήκους τμήματος επιτάχυνσης La, για την επίδραση της κατά μήκος κλίσης (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Ταχύτητα Μελέτης αρτηρίας (Km/h)	Ταχύτητα Μελέτης κλάδου εισόδου (Km/h)						Οποιαδήποτε ταχύτητα
	40	50	60	70	80		
Ανωφέρεια 3 ÷ 4%							Κατωφέρεια 3 ÷ 4%
60	1,3	1,4	1,4	-	-	-	0,7
70	1,3	1,4	1,4	1,5	-	-	0,65
80	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	-	0,65
90	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	0,6
100	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	0,6
110	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	0,6
120	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	0,6
Ανωφέρεια 5 ÷ 6%							Κατωφέρεια 5 ÷ 6%
60	1,5	1,5	-	-	-	-	0,6
70	1,5	1,6	1,7	-	-	-	0,6
80	1,5	1,7	1,9	1,8	-	-	0,55
90	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	-	0,55
100	1,7	1,9	2,2	2,4	2,5	-	0,5
110	2,0	2,2	2,6	2,8	3,0	-	0,5
120	2,3	2,5	3,0	3,2	3,5	-	0,5

Για τον προσδιορισμό του συνολικού μήκους της λωρίδας επιτάχυνσης, κατά τους Αμερικανικούς κανονισμούς, χρησιμοποιείται το μεγαλύτερο από τα δύο τμήματα, επιτάχυνσης και χειρισμού, ενώ στην περίπτωση των παράλληλων λωρίδων επιτάχυνσης, συνιστάται η χρήση λωρίδων επιτάχυνσης μήκους τουλάχιστον 360m (εξαιρουμένου του τμήματος συναρμογής), σε περιπτώσεις που αναμένονται κυκλοφοριακοί φόρτοι παραπλήσιοι της κυκλοφοριακής ικανότητας της περιοχής συμβολής του κλάδου εισόδου (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

3.3.3 Διαμόρφωση αιχμής

Ο όρος **αιχμή** (gore) αναφέρεται στη διαμόρφωση της τριγωνικής περιοχής που δημιουργείται στην περιοχή διαχωρισμού ενός κλάδου εξόδου από την αρτηρία (Σχήμα 3.14). Η απόληξη της αιχμής σημαίνεται με διαγράμμιση πάνω στο οδόστρωμα και εξυπηρετεί στον διαχωρισμό της διερχόμενης κυκλοφορίας από την κυκλοφορία στον κλάδο εξόδου. Η **ουδέτερη περιοχή** αναφέρεται στην τριγωνική επιφάνεια μεταξύ της απόληξης της αιχμής και της αιχμής αυτής καθ' αυτής και περιλαμβάνει και τη φυσική απόληξη της αιχμής. Η γεωμετρική διαμόρφωση των παραπάνω στοιχείων αποτελεί σημαντικό παράγοντα κατά τη μελέτη ενός κλάδου εξόδου, καθώς πρέπει να είναι ευκρινή, διαμορφωμένα ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης και η λειτουργία τους εύκολα κατανοητή από τους οδηγούς. Κατά μήκος ενός οδικού άξονα θα πρέπει όλες οι αιχμές να είναι διαμορφωμένες με ομοιόμορφο τρόπο (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).



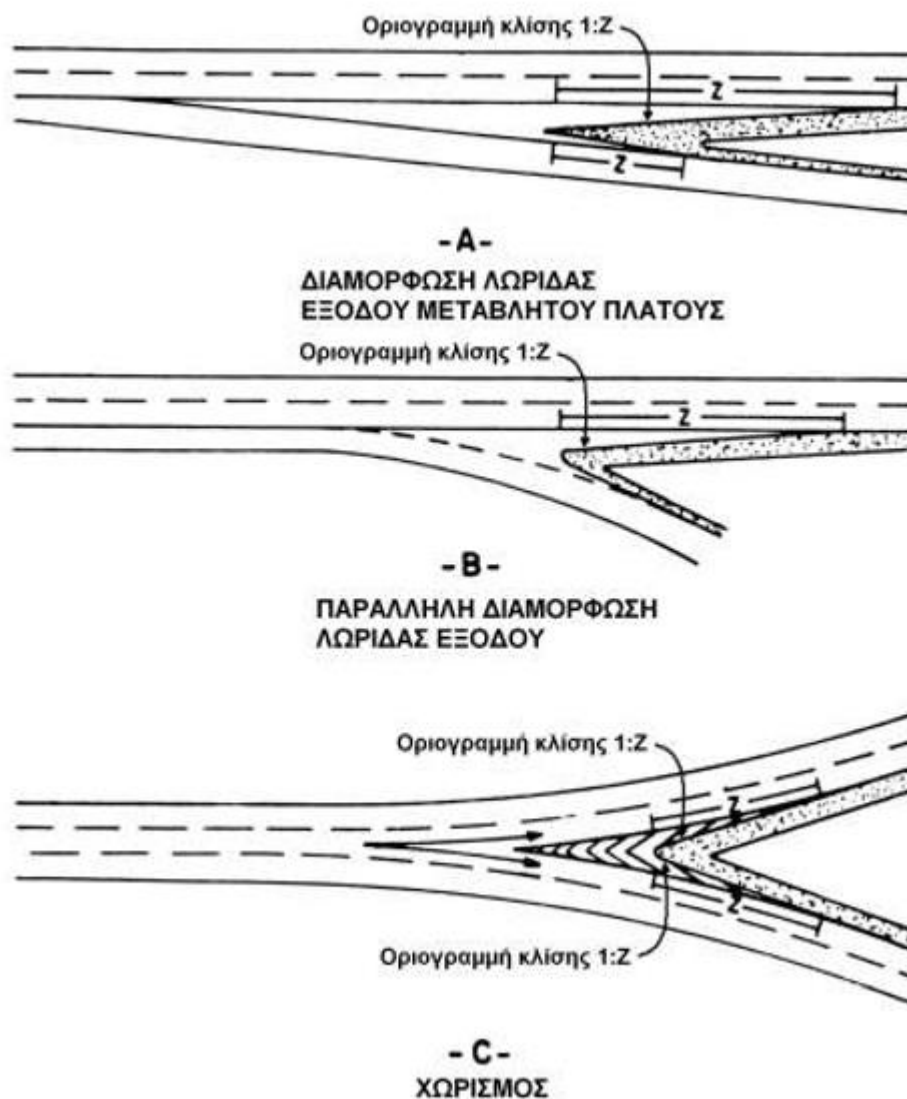
Σχήμα 3.14 Τυπική διαμόρφωση αιχμής λωρίδας επιβράδυνσης (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Το μέγιστο πλάτος της απόληξης στη θέση αιχμής είναι 6,0m έως 9,0m (περιλαμβανομένων και των εκατέρωθεν ερεισμάτων). Η τριγωνική επιφάνεια της αιχμής θα πρέπει να διαγραμμίζεται (επιφάνεια αποκλεισμού) και να σημαίνεται κατάλληλα, με ανακλαστικές επιφανείας κυκλοφορίας ("μάτια γάτας") και άλλα μέσα σήμανσης, ώστε να διακρίνεται εύκολα, ακόμη και υπό δυσμενείς συνθήκες ορατότητας (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Οι θέσεις αιχμής κατά κανόνα εμφανίζουν αυξημένη συγκέντρωση ατυχημάτων. Για τον λόγο αυτό, στην περιοχή της αιχμής και στην ανασφάλτωση επιφάνεια όπισθεν αυτής είναι σκόπιμο να μην τοποθετούνται εμπόδια, ώστε να περιορίζονται οι συνέπειες στα οχήματα που παρεκκλίνουν της επιθυμητής πορείας και εισέρχονται στον χώρο της αιχμής. Η περιοχή θα

πρέπει να διαμορφώνεται κατά το δυνατό στην ίδια στάθμη με την οδό και να αποφεύγεται η τοποθέτηση ιστών οδοφωτισμού, ικριωμάτων σήμανσης κ.λπ. Στις περιπτώσεις που η κατασκευή εμποδίων, όπως για παράδειγμα βάθρα γεφυρών, στην περιοχή της αιχμής δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί, θα πρέπει, για την προστασία των χρηστών της οδού, να προβλέπονται κατάλληλα συστήματα απορρόφησης ενέργειας κατά τη σύγκρουση (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς, στην περιοχή της αιχμής θα πρέπει να διαμορφώνεται μια τριγωνική επιφάνεια επαναφοράς του οχήματος (Σχήμα 3.15). Οι κλίσεις των εξωτερικών οριογραμμών της περιοχής αυτής, ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης, δίνονται στον Πίνακα 3.11 (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).



Σχήμα 3.15 Λεπτομέρεια διαμόρφωσης αιχμής (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Πίνακας 3.11 Μέγιστη οριζοντιογραφική κλίση οριογραμμής τριγωνικής επιφάνειας επαναφοράς Z (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

<i>Ταχύτητα Μελέτης Αρτηρίας (Km/h)</i>	<i>Μέγιστη οριζοντιογραφική κλίση οριογραμμής τριγωνικής επιφάνειας επαναφοράς (1 : Z)</i>
50	1:15,0
60	1:20,0
70	1:22,5
80	1:25,0
90	1:27,0
100	1:30,0
110	1:35,0
120	1:40,0

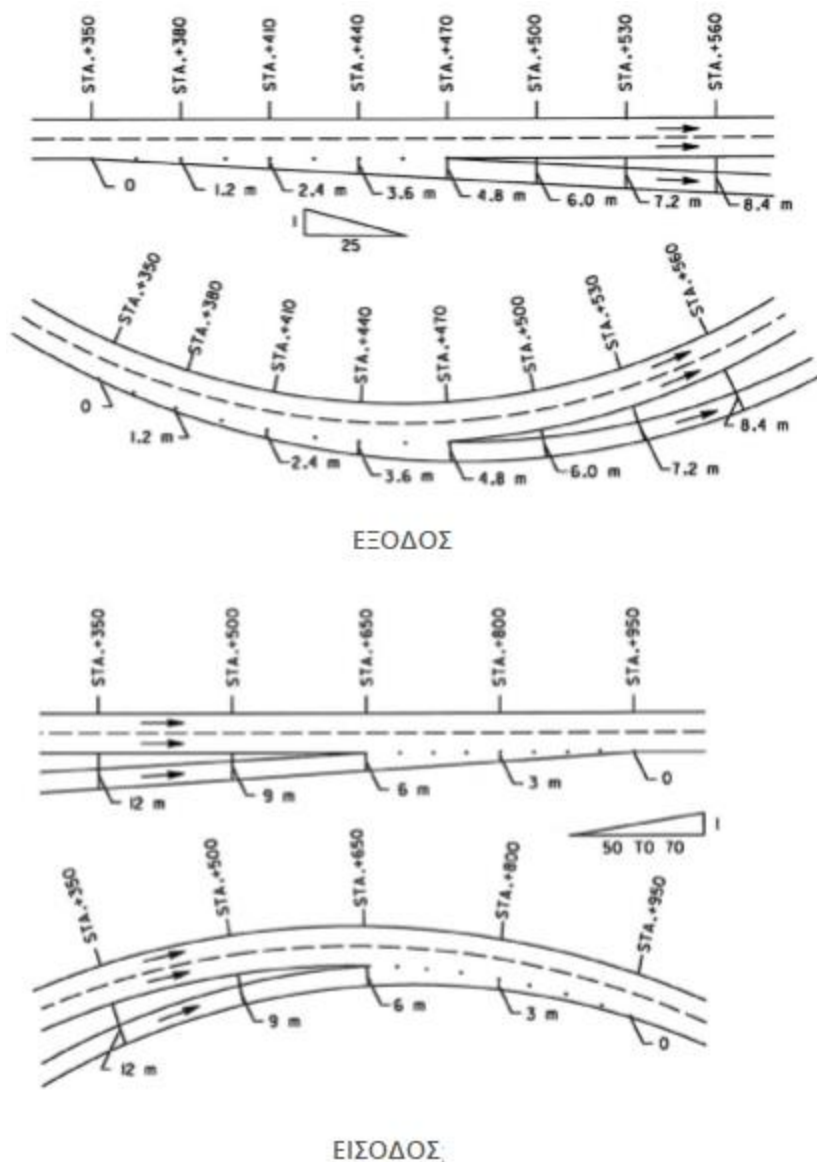
Παρόλο που ο όρος «αιχμή» γενικά αναφέρεται στην περιοχή μεταξύ της διερχόμενης αρτηρίας και της ράμπας εξόδου, ο όρος μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την παρόμοια περιοχή μεταξύ της αρτηρίας και της συγκλίνουσας ράμπας εισόδου. Σε μια λωρίδα εισόδου, η μύτη της αιχμής (αρχή όλων των οδοστρωμένων επιφανειών) ορίζει το τέλος της συγχώνευσης. Σε σχήμα, διάταξη και επέκταση, η τριγωνική επιφάνεια στην είσοδο είναι παρόμοια με αυτή της εξόδου. Εντούτοις, δείχνει κατάντη και διαχωρίζει κυκλοφοριακά ρεύματα που βρίσκονται ήδη σε ξεχωριστές λωρίδες κυκλοφορίας· συνεπώς δεν αποτελεί κομβικό σημείο αποφάσεων για τους οδηγούς. Το πλάτος της βάσης της οδοστρωμένης τριγωνικής επιφάνειας είναι στενότερο και περιορίζεται στο άθροισμα των πλατών των ερεισμάτων της ράμπας και του αυτοκινητοδρόμου, συν μια στενή φυσική απόληξη 1.2m έως 2.4m πλάτους (AASHTO, 2004).



Σχήμα 3.16 Περιοχή αιχμής σε έξοδο μίας λωρίδας (AASHTO, 2004)

3.3.4 Είσοδοι και έξοδοι σε οριζοντιογραφικές καμπύλες

Τα προηγούμενα αφορούσαν αυτοκινητοδρόμους ευθύγραμμης χάραξης. Επειδή η καμπυλότητα στους περισσότερους αυτοκινητόδρομους είναι μικρή, δεν υπάρχει συνήθως ανάγκη να γίνουν αισθητές προσαρμογές στα άκρα των ραμπών σε καμπύλες. Ωστόσο, όπου οι καμπύλες σε έναν αυτοκινητόδρομο είναι σχετικά απότομες και υπάρχουν εισοδοι και έξοδοι επί αυτών, ορισμένες προσαρμογές στο σχεδιασμό μπορεί να είναι επιθυμητές για την αποφυγή λειτουργικών δυσκολιών.



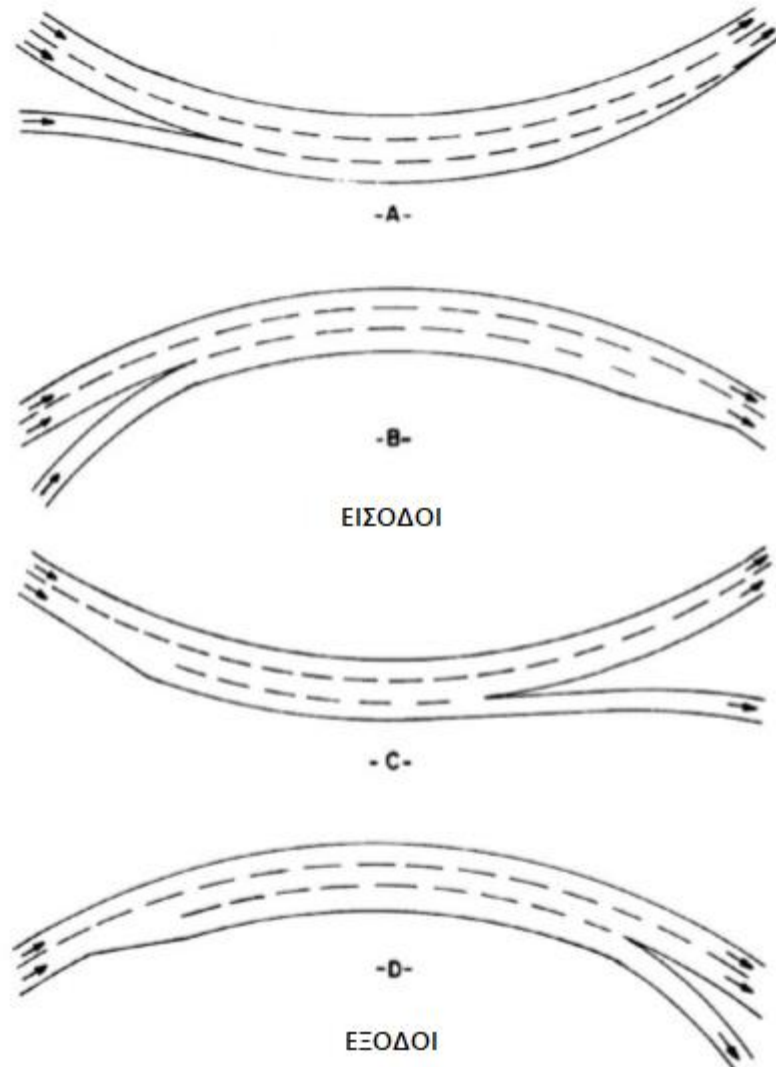
Σχήμα 3.17 Διαμόρφωση μεταβλητού πλάτους σε καμπύλη (AASHTO, 2004)

Σε αυτοκινητοδρόμους με ταχύτητα μελέτης από 100km/h και πάνω, οι καμπύλες είναι αρκετά ήπιες ώστε τόσο οι παράλληλη διάταξη όσο και η διάταξη μεταβλητού πλάτους να είναι κατάλληλες. Στην περίπτωση της παράλληλης διαμόρφωσης, το σχέδιο είναι παρόμοιο με αυτό της ευθύγραμμης χάραξης και η πρόσθετη λωρίδα συνήθως ακολουθεί την καμπυλότητα του αυτοκινητοδρόμου. Στη διαμόρφωση μεταβλητού πλάτους, οι διαστάσεις που εφαρμόζονται στην ευθυγραμμία είναι επίσης κατάλληλες και για εφαρμογή σε καμπύλες. Στο Σχήμα 3.17 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χάραξης λωρίδας αλλαγής ταχύτητας μεταβλητού πλάτους σε καμπύλη (AASHTO, 2004).

Όταν τμήμα της λωρίδας αλλαγής ταχύτητας μεταβλητού πλάτους πέφτει πάνω στην καμπύλη, είναι επιθυμητό ολόκληρο το μήκος να βρίσκεται μέσα στα όρια της καμπύλης. Αν η συναρμογή ξεκινάει σε ευθυγραμμία ακριβώς πριν την αρχή της καμπύλης, τότε το εξωτερικό άκρο της συναρμογής θα εμφανίζεται σαν σημείο καμπής μέσα στην καμπύλη (AASHTO, 2004).

Σε λωρίδες εισόδου/εξόδου σε σχετικά απότομες καμπύλες, όπως αυτές που μπορεί να υπάρχουν σε αυτοκινητοδρόμους με ταχύτητα μελέτης 80km/h, η παράλληλη διάταξη παρουσιάζει πλεονεκτήματα έναντι της διάταξης μεταβλητού πλάτους. Στις εξόδους, ο παράλληλος τύπος είναι λιγότερο πιθανό δημιουργήσει προβλήματα στη διερχόμενη κυκλοφορία, και στις εισόδους αυτός ο τύπος συνήθως οδηγεί σε ομαλότερες συγχωνεύσεις. Σκαρίφημα χάραξης λωρίδας αλλαγής ταχύτητας παράλληλου τύπου, σε καμπύλη, δίνεται στο Σχήμα 3.18 (AASHTO, 2004).

Οι είσοδοι που βρίσκονται σε καμπύλη αποτελούν γενικά μικρότερο πρόβλημα από τις εξόδους. Στο Σχήμα 3.18 Α και Β φαίνονται είσοδοι με αριστερή και δεξιά καμπύλη αυτοκινητοδρόμου, αντίστοιχα. Είναι σημαντικό η πορεία της ράμπας να ακολουθεί καμπύλη πολύ μεγάλης ακτίνας καθώς το όχημα εισέρχεται στην λωρίδα επιτάχυνσης. Αυτό ευθυγραμμίζει το όχημα με την λωρίδα επιτάχυνσης και μειώνει τις πιθανότητες ο οδηγός να εισέλθει απευθείας στις λωρίδες διερχόμενης κυκλοφορίας. Το τμήμα συναρμογής, στο τέλος της λωρίδας επιτάχυνσης, θα πρέπει να είναι μακρύ, περίπου 90m. Όταν η ράμπα και η λωρίδα επιτάχυνσης παρουσιάζουν αντίθετες καμπύλες, τότε ένα ευθύγραμμο τμήμα θα πρέπει να μεσολαβεί για να βοηθήσει στη μετάβαση. Μια έξοδος μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα όταν ο αυτοκινητόδρομος παρουσιάζει αριστερή καμπύλη (Σχήμα 3.18 C), διότι η κίνηση στην εξωτερική λωρίδα του αυτοκινητοδρόμου τείνει να ακολουθεί την πορεία της ράμπας. Έξοδοι σε αριστερές καμπύλες θα πρέπει να αποφεύγονται, αν είναι δυνατόν (AASHTO, 2004).



Σχήμα 3.18 Διαμόρφωση παράλληλου τύπου σε καμπύλη (AASHTO, 2004)

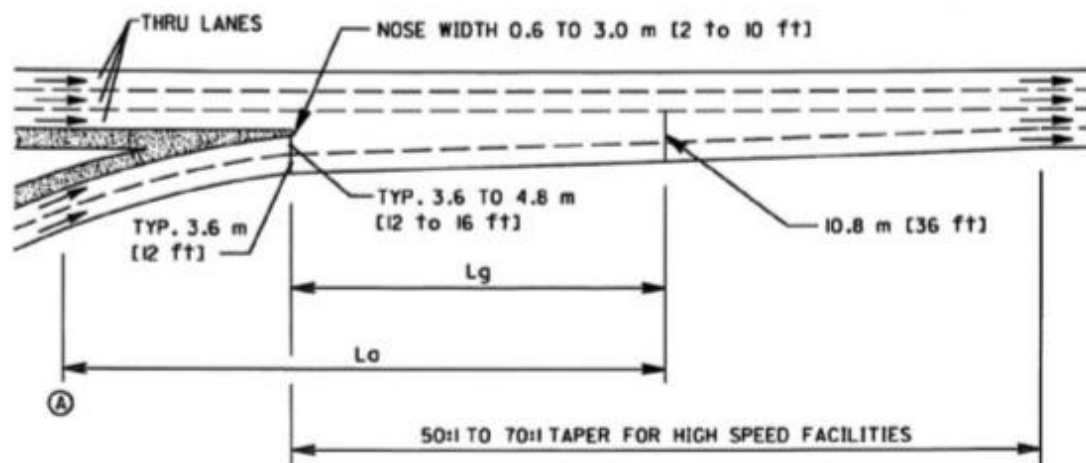
3.3.5 Είσοδοι και έξοδοι δύο λωρίδων κυκλοφορίας

Οι είσοδοι και έξοδοι πολλαπλών λωρίδων κυκλοφορίας θεωρούνται κατάλληλες όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι πολύ μεγάλος για τη λειτουργία μιας λωρίδας. Άλλοι παράγοντες που μπορεί να επιβάλουν τη χρήση παραπάνω λωρίδων είναι η ομοιομορφία στον σχεδιασμό, ο σχηματισμός «ουρών» σε ράμπες μεγάλου μήκους, το ισοζύγιο λωρίδων και η ευελιξία στον σχεδιασμό. Συνήθως εφαρμόζονται ράμπες το πολύ δύο λωρίδων κυκλοφορίας (AASHTO, 2004).

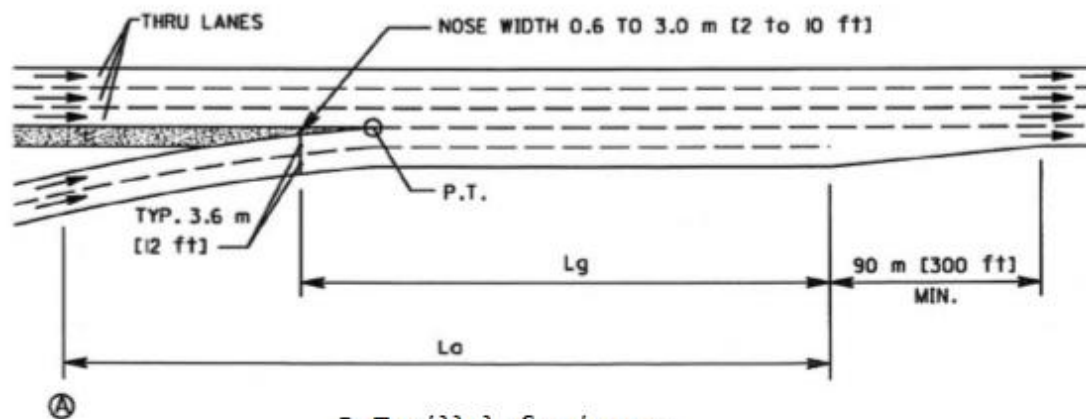
Είσοδοι δύο λωρίδων δικαιολογούνται σε δυο περιπτώσεις: είτε σε μερισμό, είτε για λόγους χωρητικότητας στη ράμπα. Για να ικανοποιείται το ισοζύγιο λωρίδων, τουλάχιστον μια επιπλέον λωρίδα θα πρέπει να παρέχεται στον

αυτοκινητόδρομο μετά την είσοδο. Η λωρίδα αυτή μπορεί να είναι είτε μια βασική λωρίδα κυκλοφορίας αν το απαιτεί ο φόρτος, είτε μια λωρίδα επιτάχυνσης που θα εκτείνεται κατά 750m έως 900m κατάντη της εισόδου ή έως τον επόμενο κόμβο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο κυκλοφοριακός φόρτος μπορεί να απαιτεί την προσθήκη ακόμη και δύο λωρίδων κυκλοφορίας (AASHTO, 2004).

Στο Σχήμα 3.19 φαίνεται μία είσοδος δύο λωρίδων, όπου μια λωρίδα κυκλοφορίας έχει προστεθεί στον αυτοκινητόδρομο.



-A- Διαμόρφωση μεταβλητού πλάτους

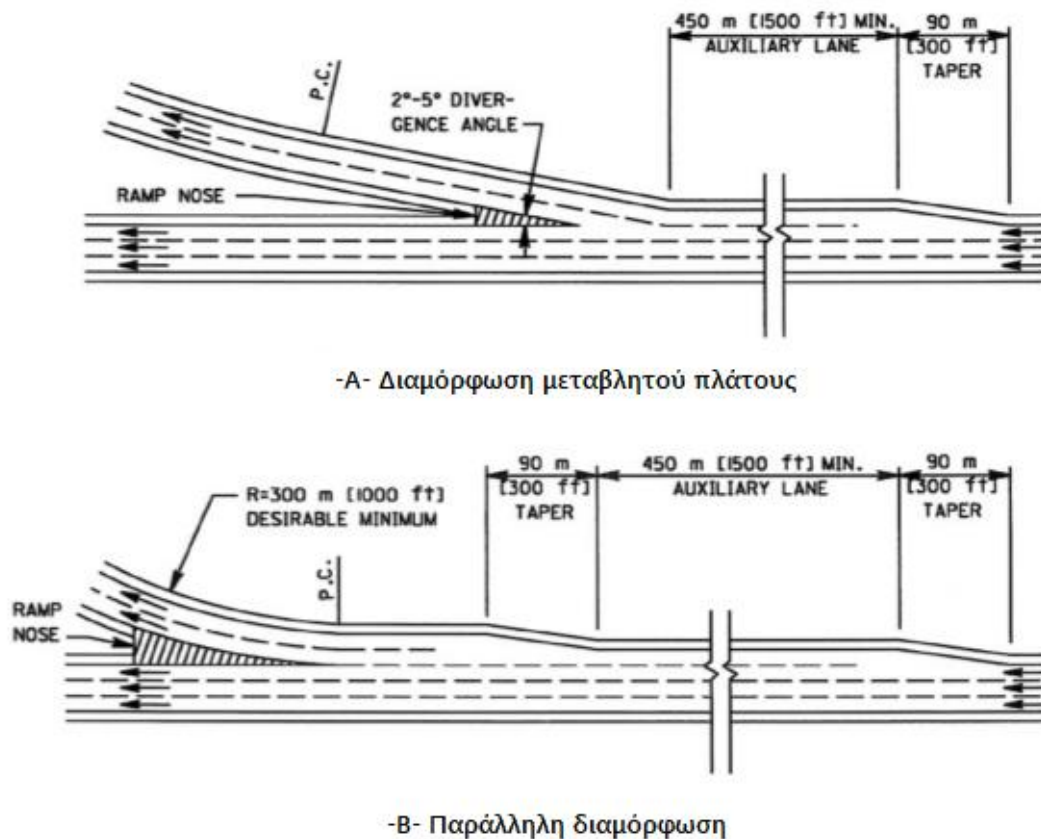


-B- Παράλληλη διαμόρφωση

Σχήμα 3.19 Τυπικές μορφές εισόδων δύο λωρίδων κυκλοφορίας (AASHTO, 2004).

Έξοδοι δύο λωρίδων κυκλοφορίας θα πρέπει να εφαρμόζονται όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος που εξέρχεται του αυτοκινητοδρόμου ξεπερνά την κυκλοφοριακή ικανότητα της μίας λωρίδας. Για να ικανοποιείται το ισοζύγιο

λωρίδων και να μην μειώνονται οι βασικές λωρίδες στον αυτοκινητόδρομο, καλό είναι να προστίθεται μια λωρίδα επιβράδυνσης πριν την έξοδο. Μία απόσταση περίπου 450m είναι επαρκής για να αναπτύξει η έξοδος την απαραίτητη χωρητικότητα. Τυπικές μορφές εξόδων δύο λωρίδων δίνονται στο Σχήμα 3.20 (AASHTO, 2004).



Σχήμα 3.20 Τυπικές μορφές εξόδων δύο λωρίδων κυκλοφορίας (AASHTO, 2004)

3.3.6 Μηκοτομή ράμπας

Η μηκοτομή θα πρέπει να σχεδιάζεται λαμβάνοντας υπόψη τις οριζοντιογραφικές καμπύλες ώστε να αποφεύγονται περιορισμοί στην ορατότητα που θα επηρεάσουν αρνητικά τον οδηγό. Για παράδειγμα, η αρχική κυρτή καμπύλη θα πρέπει να σχεδιάζεται μεγαλύτερη και η απόσταση ορατότητας πάνω από αυτή να αυξάνεται, έτσι ώστε η θέση και η κατεύθυνση της οριζόντιας καμπύλης να γίνονται εμφανή στον οδηγό σε επαρκή χρόνο για να ανταποκριθεί κατάλληλα (AASHTO, 2004).

Επιπλέον, στο τέλος μιας εισόδου, που έπεται μιας ράμπας ανόδου, η μηκοτομή θα πρέπει να ταυτίζεται με την μηκοτομή της κύριας διερχόμενης αρτηρίας, ώστε ο οδηγός να έχει πλήρη ορατότητα της τελευταίας.

3.3.7 Μήκος ορατότητας

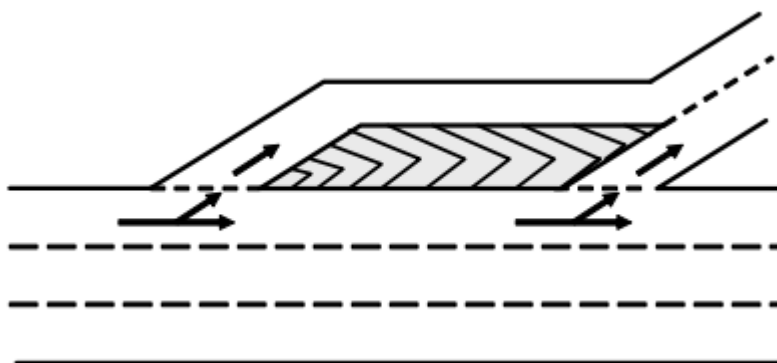
Το μήκος ορατότητας κατά μήκος μιας ράμπας θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το μήκος ορατότητας σχεδιασμού για στάση. Αντίθετα, η απόσταση ορατότητας σε έναν αυτοκινητόδρομο προσεγγίζοντας την ράμπα εξόδου, θα πρέπει να υπερβαίνει το ελάχιστο μήκος ορατότητας, για την αντίστοιχη ταχύτητα μελέτης, τουλάχιστον κατά 25% (AASHTO, 2004).

3.3.8 Απόσταση μεταξύ των εισόδων/εξόδων και της κατασκευής του ανισόπεδου κόμβου

Τα άκρα μιας ράμπας δεν θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στην υπόλοιπη κατασκευή. Αν μια έξοδος δεν είναι εφικτό να τοποθετηθεί πριν τη κατασκευή, τότε θα πρέπει να τοποθετηθεί αρκετά μετά από αυτή, ώστε οι οδηγοί να έχουν την απαιτούμενη απόσταση, προσπερνώντας την κατασκευή, να εντοπίσουν την έξοδο και να εισέλθουν στην λωρίδα επιβράδυνσης, χωρίς να δημιουργηθούν προβλήματα στην διερχόμενη κυκλοφορία (AASHTO, 2004).

3.4 Κανονισμοί Μεγάλης Βρετανίας (TD 22/06)

Όπως και στους κανονισμούς των υπολοίπων χωρών που αναφέρθηκαν παραπάνω, έτσι και στην Μεγάλη Βρετανία συναντάμε συνήθως τους δύο βασικούς τύπους διαμόρφωσης των λωρίδων εισόδου και εξόδου από αυτοκινητόδρομο (motorway): την **διαμόρφωση μεταβλητού πάτους (taper)** και την **παράλληλη διαμόρφωση (parallel)**. Ωστόσο στην τελευταία αναθεώρηση του εγχειριδίου της, η Μεγάλη Βρετανία εισήγαγε και κάποιες παραλλαγές των τύπων αυτών, οι οποίες περιλαμβάνουν στον σχεδιασμό τους μια **διαγραμμισμένη νησίδα (ghost island)** (Σχήμα 3.21). Με τον όρο διαγραμμισμένη νησίδα εννοούμε μια περιοχή του οδοστρώματος, διαγραμμισμένη κατάλληλα, ώστε να διαχωρίζει δυο λωρίδες κυκλοφορίας της ίδιας κατεύθυνσης. Στην περίπτωση μιας εισόδου, σκοπός της νησίδας είναι να διαχωρίσει τα σημεία εισόδου κάθε λωρίδας της ράμπας. Αντίστοιχα, σε μία έξοδο χωρίζει τα σημεία εξόδου από τη βασική αρτηρία. Ύστερα από δοκιμές αποδεικνύεται ότι οι εξόδοι τέτοιου τύπου μειώνουν τα προβλήματα που προκαλούνται από οδηγούς οι οποίοι, επικίνδυνα, εισέρχονται στην λωρίδα εξόδου την τελευταία στιγμή.



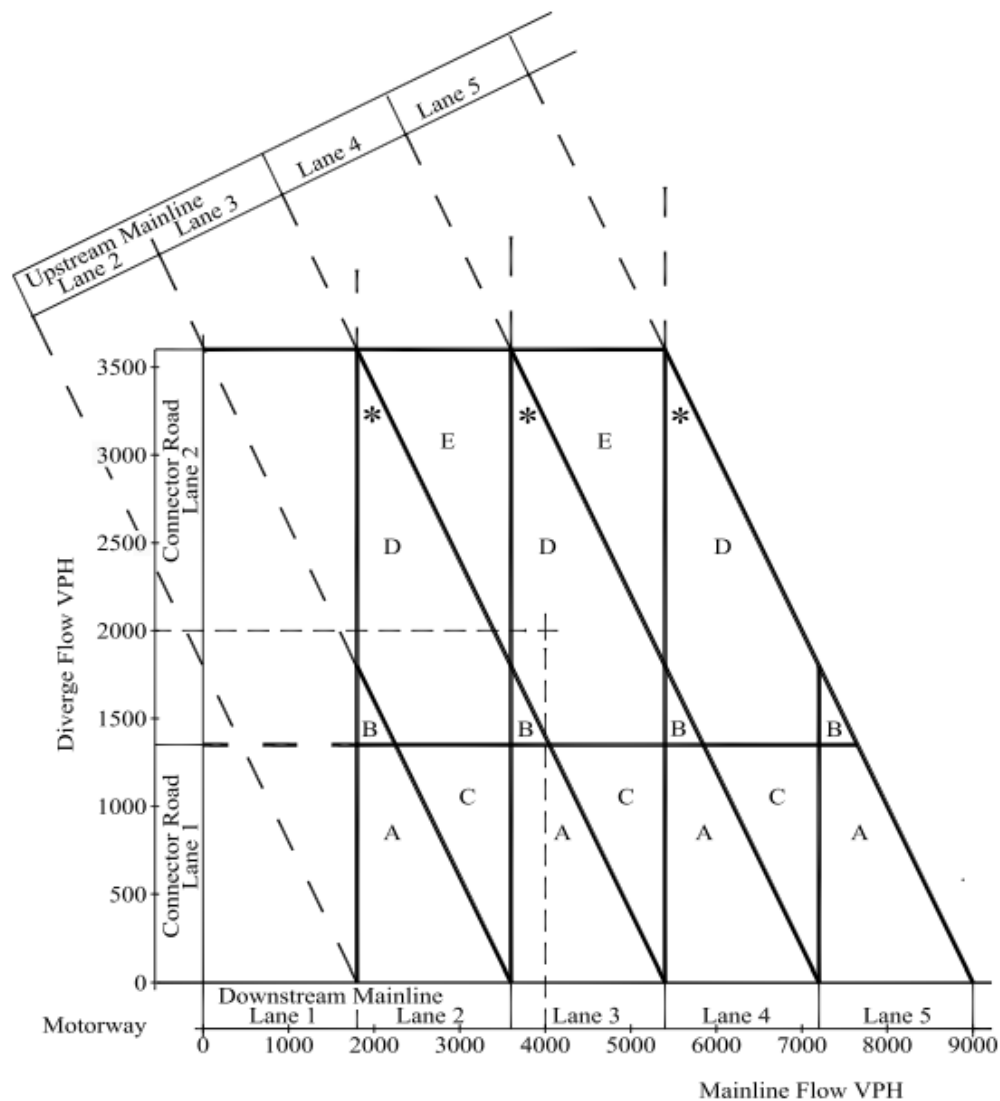
Σχήμα 3.21 Σκαρίφημα εξόδου με διαμόρφωση διαγραμμισμένης νησίδας

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά όλοι οι προτεινόμενοι τύποι εξόδου και εισόδου σύμφωνα με τους κανονισμούς της Μεγάλης Βρετανίας.

3.4.1 Έξοδοι

Βασικό κριτήριο για την επιλογή του κατάλληλου τύπου εξόδου αποτελεί ο κυκλοφοριακός φόρτος τόσο του αυτοκινητοδρόμου, όσο και της εξόδου. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένα **διάγραμμα κυκλοφοριακής ροής**, το οποίο δίνει τον προτεινόμενο τύπο εξόδου για διάφορους συνδυασμούς κυκλοφοριακών φόρτων (Σχήμα 3.22). Οι διασταυρούμενες γραμμές στο διάγραμμα σχηματίζουν περιοχές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ένα γράμμα A, B, C, D ΚΑΙ E που αντιστοιχεί σε μία από τις πέντε διαφορετικές

διαμορφώσεις (Σχήμα 3.23). Ο εκάστοτε μηχανικός πρέπει να επιλέξει τον 30ο υψηλότερο συνδυασμό των αναμενόμενων ωριαίων ροών που αναμένονται στο 15ο έτος λειτουργίας. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός χρησιμοποιείται καθώς θεωρείται ότι υπάρχει πολύ χαμηλή εποχιακή διακύμανση στις προβλεπόμενες ωριαίες ροές στον αυτοκινητόδρομο. Για τον αυτοκινητόδρομο λαμβάνεται ο φόρτος κατάντη του κόμβου (The Highways Agency et al., 2006).

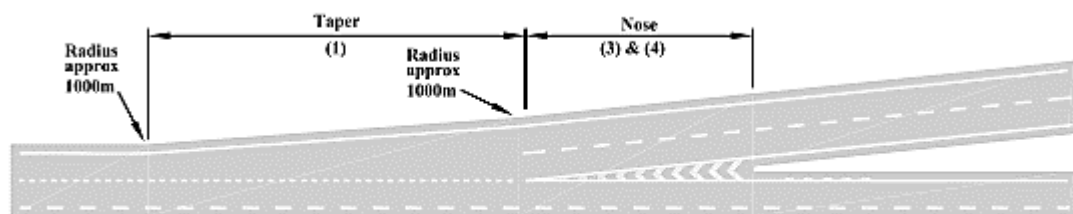
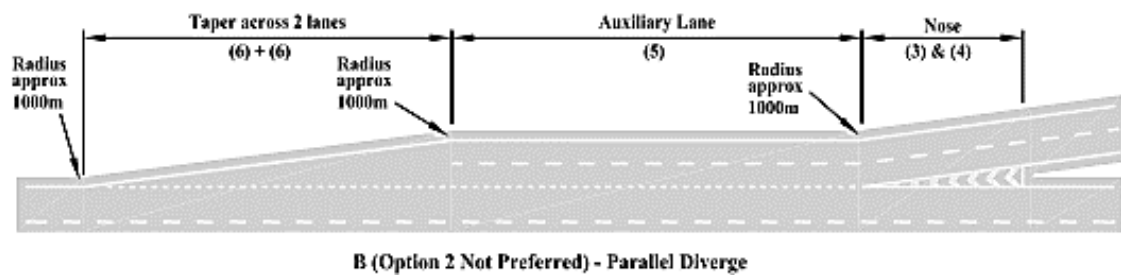
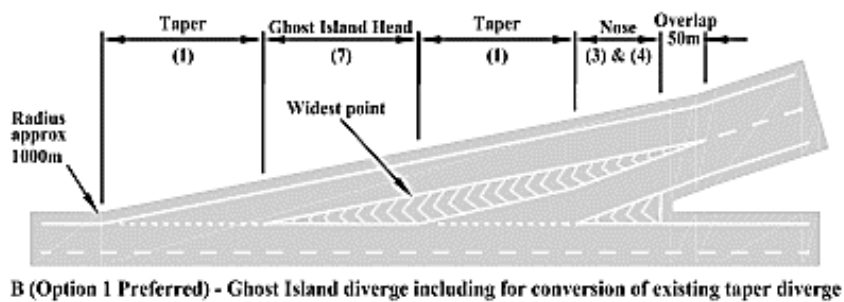
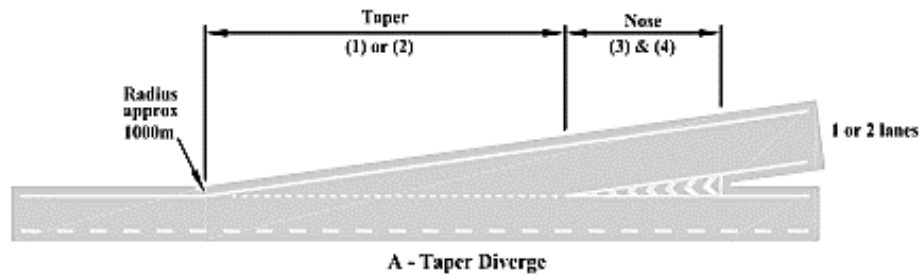


*εάν χρησιμοποιείται διαμόρφωση τύπου D(2) λαμβάνεται εκτεταμένη λωρίδα επιβράδυνσης

Σχήμα 3.22 Διάγραμμα εξόδων αυτοκινητοδρόμου (The Highways Agency et al., 2006)

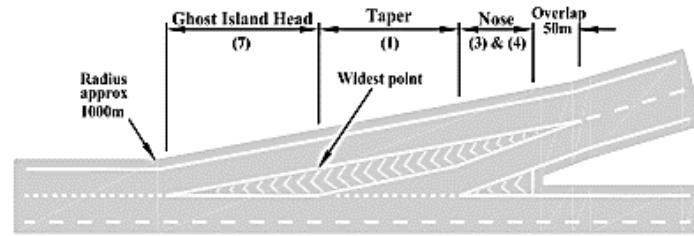
Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει πιθανότητα ατυχήματος στην έξοδο εάν η χωρητικότητα του κλάδου σύνδεσης με το τοπικό οδικό δίκτυο είναι ανεπαρκής και σχηματίζεται ουρά στον κλάδο. Οι οδηγοί που εγκαταλείπουν τον αυτοκινητόδρομο πρέπει να έχουν αρκετό χρόνο να αντιδράσουν και να επιβραδύνουν με ασφάλεια πριν το τέλος οποιασδήποτε ουράς. Ο μηχανικός οφείλει να εξασφαλίζει ότι ο κατάντη ισόπεδος κόμβος και η έξοδος δεν

προκαλούν ουρές που προσεγγίζουν τη βάση της αιχμής. Αυτό επιτρέπει στους οδηγούς να χρησιμοποιούν το μήκος της αιχμής, προκειμένου να επιβραδύνουν με άνεση, όπως προβλέπεται.

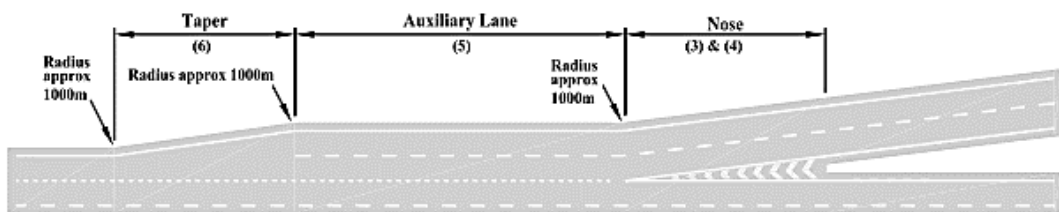


*Οι αριθμοί στις παρενθέσεις αντιστοιχούν στις διαστάσεις που δίνονται στον Πίνακα 3.12

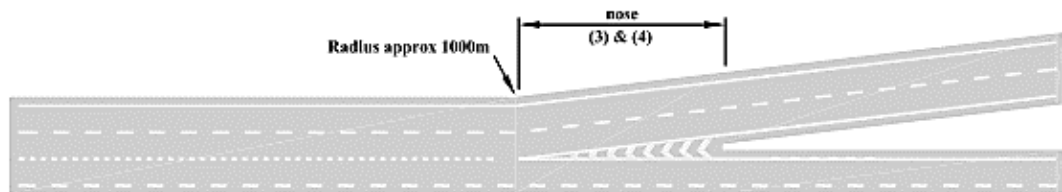
Σχήμα 3.23/1 Πρότυποι τύποι εξόδου που προκύπτουν από το διάγραμμα του Σχήματος 3.22 (The Highways Agency et al., 2006)



D (Option 1 Preferred) - Ghost Island diverge for Lane Drop including for conversion of existing Lane Drop at Taper Diverge



D (Option 2 Not Preferred) - Lane Drop at Parallel Diverge



E - 2 Lane Drop

*Οι αριθμοί στις παρενθέσεις αντιστοιχούν στις διαστάσεις που δίνονται στον Πίνακα 3.12

Σχήμα 3.23/2 Πρότυποι τύποι εξόδου που προκύπτουν από το διάγραμμα του Σχήματος 3.22 (The Highways Agency et al., 2006)

Η διάταξη διαγραμμισμένης νησίδας προτιμάται γενικά έναντι της αντίστοιχης παράλληλης διάταξης, εκτός αν για κάποιο λόγο θεωρείται αδύνατη η διαμόρφωση της νησίδας. Ειδικότερα, χρησιμοποιείται, όταν η ροή στην έξοδο είναι πολύ υψηλή, για να μειώσει την πιθανότητα σχηματισμού ουράς λόγω αργής ροής στη λωρίδα 1 ή αργών ελιγμών από τις λωρίδες 2 και 3 προς την ράμπα εξόδου. Παρέχοντας δύο σημεία πρόσβασης σε μία ράμπα εξόδου δυο

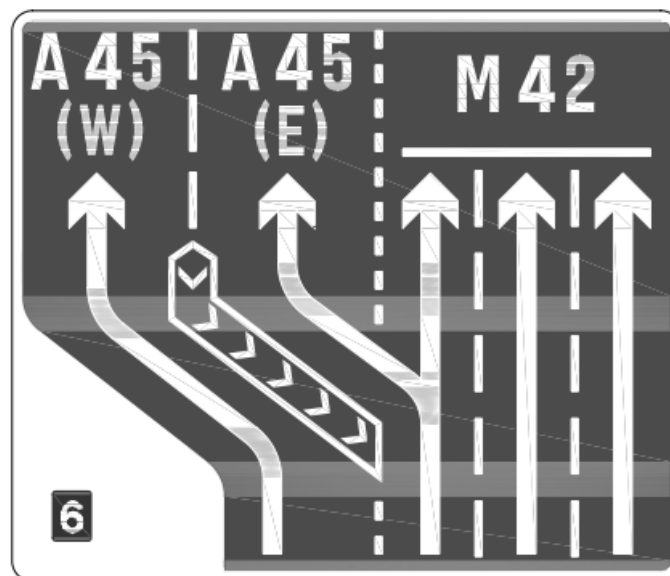
λωρίδων, αυξάνεται η χωρητικότητα της εξόδου και μειώνεται η συμφόρηση στην κύρια αρτηρία (The Highways Agency et al., 2006).

Το πλατύτερο σημείο της νησίδας (widest point) θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 2m, ενώ το ελάχιστο πλάτος της διαγράμμισης είναι 0.5m.

Πίνακας 3.12 Παράμετροι γεωμετρικού σχεδιασμού εξόδων
(The Highways Agency et al., 2006).

Length of Exit Taper m		Nose Ratio (See Note 1)	Nose Length m	Minimum Auxiliary Lane Length m	Length of Auxiliary Lane Taper m	Length of Ghost Island Head m
1 lane (1)	2 lane (2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
170	185	1:15	80	200	75	180

Μια πλήρης ακολουθία προειδοποιητικών πινακίδων απαιτείται πριν μια έξοδο διαγραμμισμένης νησίδας. Είναι σημαντικό οι οδηγοί να ενημερώνονται σχετικά με τους ελιγμούς που απαιτείται να πραγματοποιήσουν προσεγγίζοντας το κόμβο. Θα πρέπει να παρέχονται δύο πλαϊνές κατευθυντήριες πινακίδες, όπως αυτή του Σχήματος 3.24. Η πρώτη μεταξύ των δύο γεφυρών κατευθυντήριας σήμανσης (στα 500m και 1000m αντίστοιχα από τον κόμβο) και η δεύτερη μέσα στα επόμενα 500m. Στόχος είναι να επισημαίνεται στους οδηγούς η ύπαρξη δεύτερου σημείου εξόδου και να ενθαρρύνεται η χρήση του, ώστε να εξισορροπείται η κυκλοφορία στις δύο λωρίδες (The Highways Agency et al., 2006).



Σχήμα 3.24 Τυπική πινακίδα για έξοδο διαγραμμισμένης νησίδας
(The Highways Agency et al., 2006).



Σχήμα 3.25 Έξοδος με διαμόρφωση διαγραμμισμένης νησίδας (www.sabre-roads.org.uk)

Σημαντικές είναι επίσης οι απαιτήσεις για σήμανση, όταν στην περιοχή του κόμβου πραγματοποιείται προσθήκη (lane gain) ή αφαίρεση (lane drop) μίας ή περισσότερων λωρίδων κυκλοφορίας (Σχήμα 3.23 C, D, E).

Αφαίρεση λωρίδας (lane drop) υφίσταται όταν ο αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας του αυτοκινητοδρόμου κατάντη του κόμβου είναι μικρότερος από τον αριθμό των λωρίδων πριν την έξοδο. Αυτό οφείλεται στην μετατροπή μιας (ή περισσότερων στην παράλληλη διαμόρφωση) λωρίδων της κύριας αρτηρίας σε λωρίδες του κλάδου εξόδου. Αφαίρεση λωρίδας πραγματοποιείται συνήθως μόνο όταν το ποσοστό των εξερχόμενων οχημάτων είναι πολύ μεγάλο ή όταν μια είσοδος που βρίσκεται πριν την έξοδο παροχετεύει τον αυτοκινητόδρομο με μεγάλο αριθμό οχημάτων ώστε να απαιτείται **προσθήκη λωρίδας** (lane gain) μεταξύ των δύο κόμβων.

3.4.2 Είσοδοι

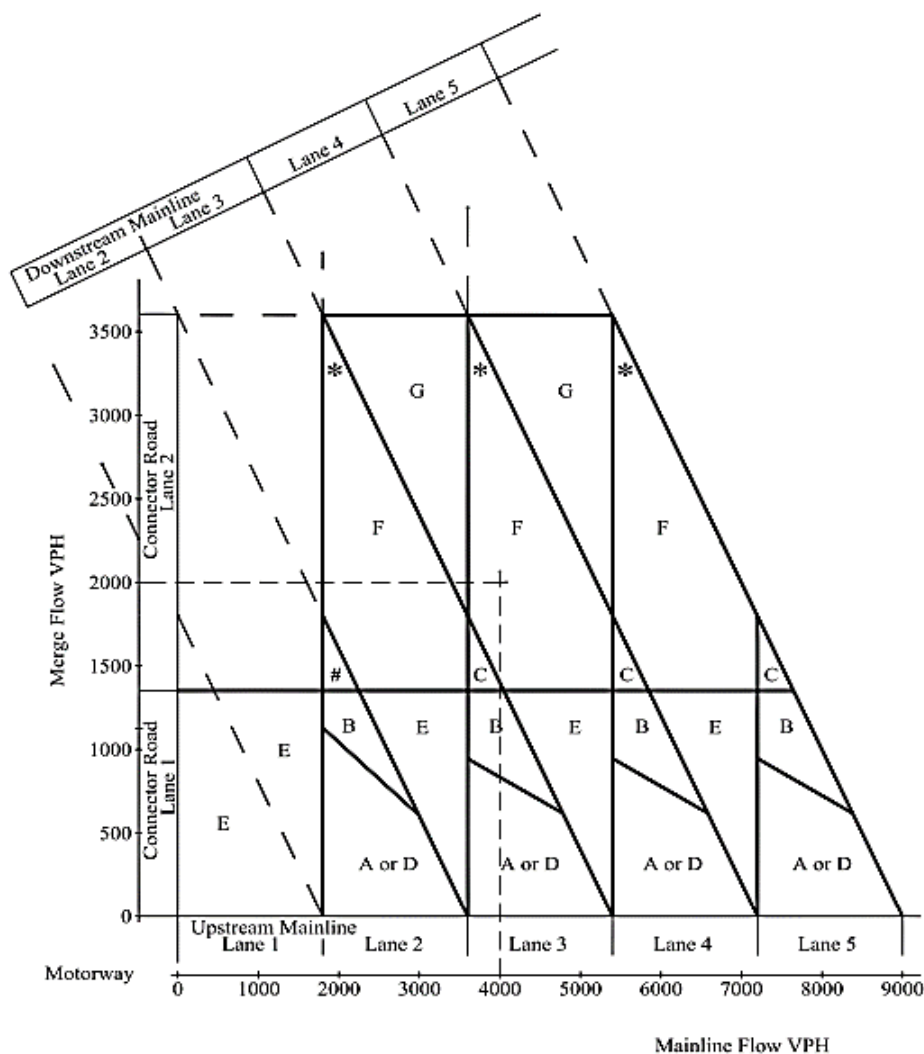
Όπως για τις εξόδους, έτσι και για τις εισόδους απαιτείται η χρήση του αντίστοιχου διαγράμματος κυκλοφοριακής ροής (Σχήμα 3.26) για την επιλογή του κατάλληλου τύπου διαμόρφωσης (Σχήμα 3.27). Εδώ λαμβάνεται υπόψη ο κυκλοφοριακός φόρτος του αυτοκινητοδρόμου ανάντη του κόμβου.

Εάν η εισερχόμενη ροή είναι μεγαλύτερη από τη χωρητικότητα μιας λωρίδας τότε θα πρέπει να προστεθεί στην κύρια αρτηρία μια επιπλέον λωρίδα. Τότε λέμε ότι έχουμε διαμόρφωση με **προσθήκη λωρίδας** (lane gain). Η περιοχή συγχώνευσης κάθε λωρίδας σύνδεσης θα πρέπει να διαχωρίζεται από την

προηγούμενη ώστε να υπάρχει αρκετός χώρος για την κύρια κυκλοφορία να προσαρμοστεί στην νέα ροή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση **διαγραμμισμένης νησίδας** (ghost island).

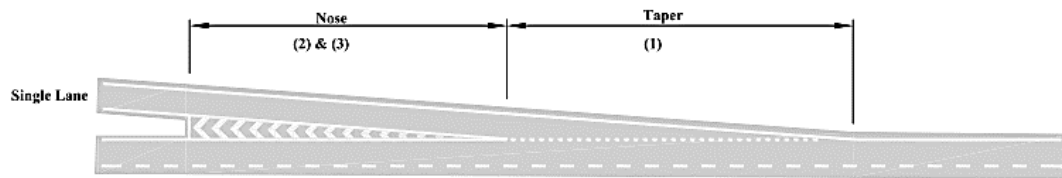
Το πλατύτερο σημείο της νησίδας (widest point) θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 2m, ενώ το ελάχιστο πλάτος της διαγράμμισης είναι 0.5m.

Ενδέχεται να υπάρχουν περιπτώσεις όπου η εισερχόμενη ροή είναι μεγαλύτερη από τη ροή κύριας κυκλοφορίας. Ο κόμβος θα πρέπει, εντούτοις, να διαμορφώνεται έτσι ώστε να δίνεται προτεραιότητα στην κύρια κυκλοφορία έναντι της κυκλοφορίας που εισέρχεται από τα αριστερά, εκτός αν υπάρχει προσθήκη λωρίδας.

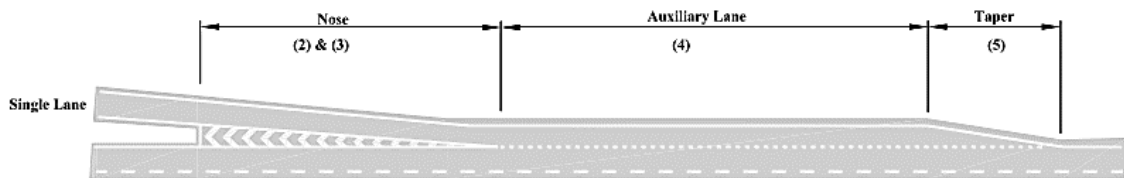


*εάν χρησιμοποιείται διαμόρφωση τύπου F(2) λαμβάνεται εκτεταμένη λωρίδα επιβράδυνσης
 #περιοχή αβεβαιότητας – Σε αυτή τη περιοχή η επιλογή εξαρτάται από την κατάντη παροχή.
 Αν υφίσταται προσθήκη λωρίδας προτείνονται οι τύποι E και F

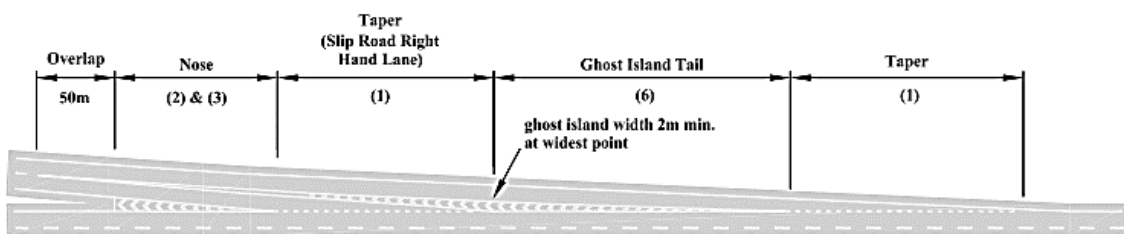
Σχήμα 3.26 Διάγραμμα εισόδων αυτοκινητοδρόμου (The Highways Agency et al., 2006)



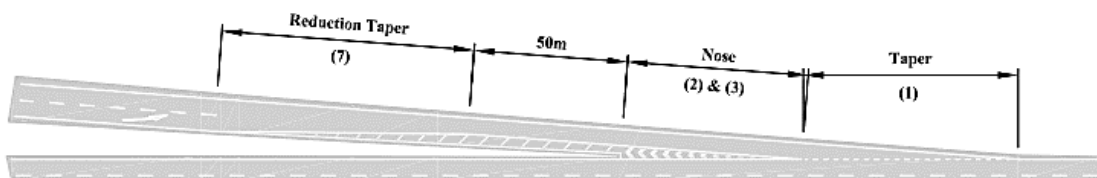
A - Taper Merge



B - Parallel Merge

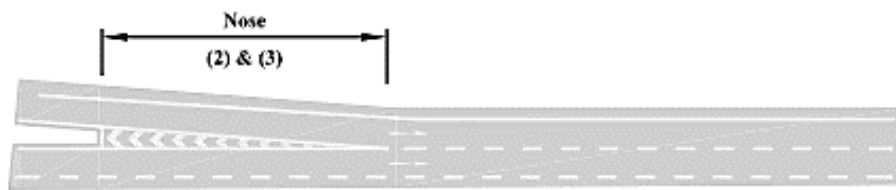


C - Ghost Island Merge

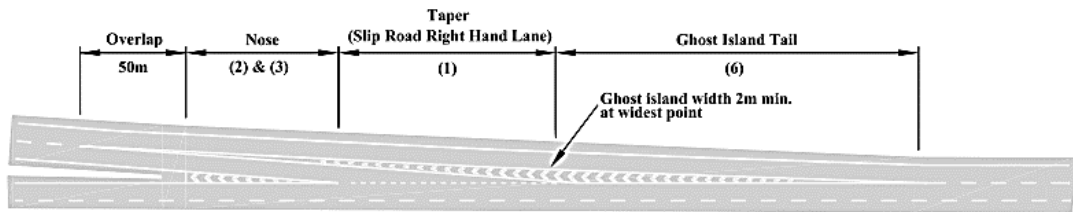


D - 2 Lane Urban Merge

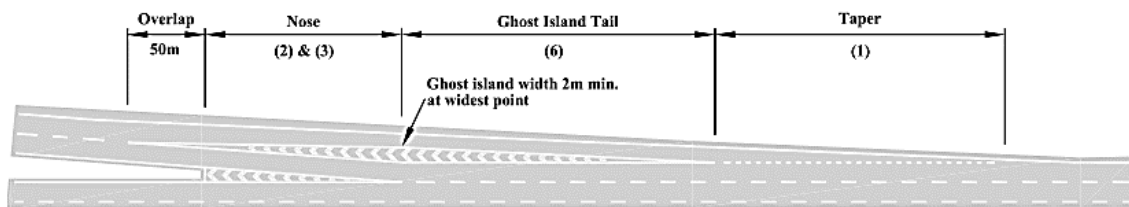
Σχήμα 3.27/1 Πρότυποι τύποι εισόδου που προκύπτουν από το διάγραμμα του Σχήματος 3.26 (The Highways Agency et al., 2006)



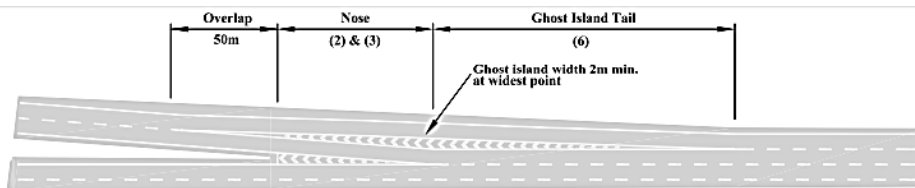
E - Lane Gain



F - Lane Gain with Ghost Island Merge (OPTION 1 - PREFERRED)

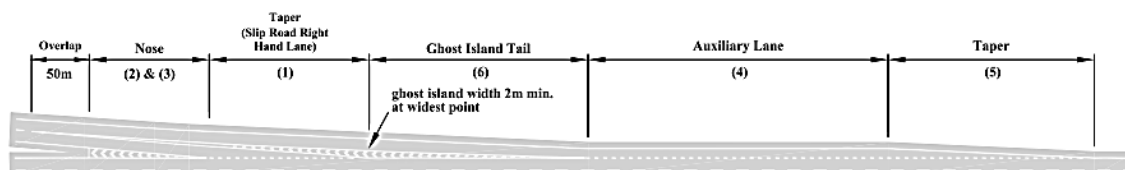


F - Lane Gain with Ghost Island Merge (OPTION 2 - ALTERNATIVE)



G - 2 Lane Gain with Ghost Island

*Ο τύπος Η αποτελεί μια εναλλακτική του τύπου F όταν η εφαρμογή του τελευταίου είναι αδύνατη λόγω έλλειψης χώρου.



H - Alternative Ghost Island Merge with Auxiliary Lane

Σχήμα 3.27/2 Πρότυποι τύποι εισόδου που προκύπτουν από το διάγραμμα του Σχήματος 3.26 (The Highways Agency et al., 2006)



Σχήμα 3.28 Είσοδος με διαμόρφωση διαγραμμισμένης νησίδας στην Ιρλανδία
(<http://www.skyscrapercity.com>)

3.5 Εφαρμογές στην Ελλάδα

Όπως και οι υπόλοιπες χώρες έτσι και η Ελλάδα διαθέτει τις δικές της **Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ)** με την τελευταία έκδοση αυτών να δημοσιεύεται το 2001 και να βασίζεται εν μέρη στους Γερμανικούς Κανονισμούς “RAS-K-2-B, 1995”. Ωστόσο, οι συγκεκριμένοι ΟΜΟΕ δεν φαίνεται να περιέχουν αναλυτικές οδηγίες προσανατολισμένες στον σχεδιασμό εισόδων και εξόδων ανισόπεδων κόμβων, με αποτέλεσμα μέχρι σήμερα ο σχεδιασμός να βασιζόταν σχεδόν εξ ολοκλήρου στους Γερμανικούς Κανονισμούς “RAS-K-2-B, 1995”. Επισημαίνεται ότι η εκπόνηση των ΟΜΟΕ δεν αποτελεί μια στατική διαδικασία. Η διαρκής συγκέντρωση γνώσεων που προέρχονται από την εμπειρία, τα αποτελέσματα επιστημονικών ερευνών, σε σχέση και με την εξέλιξη της τεχνολογίας των οχημάτων, επιβάλλει τη διαρκή συμπλήρωση ή/και την αναθεώρηση των οδηγιών και άλλων κανονισμών σε τακτά χρονικά διαστήματα, καθώς και την έκδοση ενδιάμεσων πρόσθετων ή και διευκρινιστικών οδηγιών. Η ανάγκη των συμπληρώσεων προκύπτει από τη συστηματική παρακολούθηση των εκπονούμενων μελετών, των κατασκευαζόμενων έργων και κυρίως από την αξιολόγηση της λειτουργίας τόσο των παλαιών όσο και των νέων έργων.

Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται στην Ελλάδα μια έντονη κινητοποίηση γύρω από την κατασκευή, συντήρηση και αναδιαμόρφωση των αυτοκινητοδρόμων που συνθέτουν τον κύριο οδικό άξονα της χώρας. Η έρευνα και οι μελέτες που προηγήθηκαν των έργων αυτών έφεραν στην επιφάνεια δυσλειτουργίες και ελλείψεις των προηγούμενων ΟΜΟΕ, ειδικότερα όσον αφορά στην κατασκευή των ανισόπεδων κόμβων. Για τον λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η σύνταξη των **ΟΜΟΕ-AK, 2013**, οδηγιών για τον σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων, οι οποίοι όμως βρίσκονται ακόμη σε διαδικασία έγκρισης. Σκοπός των ΟΜΟΕ-AK, 2013, είναι να υποστηριχθεί η ομοιογένεια και τυποποίηση του σχεδιασμού των ανισόπεδων κόμβων σε όλη τη χώρα. Αυτό μπορεί να επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ενιαίων κανόνων και πρακτικών, ώστε να περιορισθεί, τόσο ο υποσχεδιασμός, όσο και ο υπερσχεδιασμός των σχετικών έργων, ενώ ταυτόχρονα να παραμένει ως πρώτη προτεραιότητα η οδική ασφάλεια. Οι οδηγίες για τα βασικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού κλάδων ανισόπεδων κόμβων έχουν αναπτυχθεί με βάση τις οδηγίες της έκδοσης των γερμανικών οδηγιών “RAA, 2008”, παράλληλα με την πραγματικότητα των συνθηκών που επικρατούν στην Ελλάδα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία των νέων αυτών οδηγιών (ΟΜΟΕ-AK, 2013), συμπληρωματικά των Γερμανικών κανονισμών που έχουν ήδη παρατεθεί παραπάνω.

3.5.1 Τύποι εισόδων / εξόδων

Οι τύποι εισόδων και εξόδων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι αυτοί που δίνονται στους Γερμανικούς κανονισμούς (RAA, 2008), όπως και τα αντίστοιχα μήκη επιτάχυνσης και επιβράδυνσης (κεφάλαια 3.2.4, 3.2.5). Η επιλογή του κατάλληλου τύπου αλλά και της τυπικής διατομής ενός κλάδου καθορίζεται σε σχέση με τους εξυπηρετούμενους φόρτους (Πίνακας 3.13), το μήκος του και τη λειτουργία του.

Πίνακας 3.13 Κυκλοφοριακή ικανότητα κλάδου μιας λωρίδας κυκλοφορίας (ΓΓΔΕ/ΔΜΕΟ)

Στάθμη Εξυπηρέτησης	% Φορτίγων στην ώρα αμχής σχεδιασμού	Ταχύτητα μελέτης V_e [km/h]											
		$V_e \leq 30$			$V_e \leq 40$			$V_e \leq 50-60$			$V_e \leq 80$		
		Κατά μήκος κλίση ανωφέρειας [%]											
		0-2	3-4	≥ 5	0-2	3-4	≥ 5	0-2	3-4	≥ 5	0-2	3-4	≥ 5
Κυκλοφοριακή ικανότητα [οχη/ώρα]													
ΣΕ - Β	0	800	800	800	1000	1000	1000	1100	1100	1100	1220	1220	1220
	5	760	720	700	950	900	870	1050	1000	950	1140	1090	1040
	10	720	670	610	910	830	770	1000	920	850	1090	1000	920
	20	670	570	500	830	720	620	920	780	690	1000	860	750
	30	610	500	420	770	620	530	850	690	580	920	750	630
ΣΕ - Γ	0	1000	1000	1000	1250	1250	1250	1400	1400	1400	1500	1500	1500
	5	950	900	870	1190	1140	1090	1330	1270	1220	1420	1360	1300
	10	910	830	770	1140	1040	960	1270	1170	1080	1360	1250	1150
	20	830	720	620	1040	890	780	1170	1000	870	1250	1070	940
	30	770	620	530	960	780	660	1080	880	740	1150	940	790
Πολλαπλασιαστικός συντελεστής για τον προσδιορισμό της ικανότητας κλάδου 2 λωρίδων		1,7			1,8			1,9			2,0		
Σημείωση:													
1. Για κατωφέρειες χρησιμοποιούνται οι τιμές που αντιστοιχούν σε ανωφέρεια 0 έως 2%													
2. Για την ικανότητα σε Στάθμη Εξυπηρέτησης E, πολλαπλασιάζονται επί 1,25 οι τιμές της ΣΕ-Γ του Πίνακα													

Πηγή : FHWA, capacity analysis for design and operation of freeway facilities

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τύποι που προτείνονταν από τους παλαιούς Γερμανικούς κανονισμούς, για τον υπολογισμό των μηκών των λωρίδων επιβράδυνσης και επιτάχυνσης, έδιναν τιμές αρκετά διαφορετικές από τις αντίστοιχες προτεινόμενες των νέων κανονισμών. Ειδικότερα, μπορεί να συναντούσαμε λωρίδες επιβράδυνσης μικρότερες από 150m ή λωρίδες επιτάχυνσης που άγγιζαν τα 400m. Αυτό, εκ των υστέρων, αποδείχτηκε πως είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων τόσο λειτουργικής, όσο και τεχνικοοικονομικής φύσεως.

3.5.2 Λεπτομέρειες σχεδιασμού κλάδου

Η απόσταση ορατότητας για στάση στον κλάδο υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$S = V \cdot t / 3.6 + 0.039V^2 / (d + g \cdot s)$$

όπου:

V [km/h]: ταχύτητα V₈₅

t [s]: χρόνος αντίληψης – αντίδρασης οδηγού (λαμβάνεται 2)

d [m/s²]: επιβράδυνση οχήματος (λαμβάνεται 3.7)

g [m/s²]: επιτάχυνση βαρύτητας (λαμβάνεται 9.81)

s [m/m]: κατά μήκος κλίση

Πίνακας 3.14 Οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης κλάδων ανισόπεδων κόμβων (ΓΓΔΕ/ΔΜΕΟ)

Στοιχεία μελέτης				Καθοριστική ταχύτητα	Οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης σύμφωνα με την καθοριστική ταχύτητα V _e ή V ₈₅ [km/h]					
					30	40	50	60	70	80
1				2	3	4	5	6	7	8
Οριζοντιογραφία	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης ⁽¹⁾	max q = 7%	min R [m]	V _e	22	42	69	107	155	214
		min q = 2,5%			47	90	149	230	335	465
	Ελάχιστη παράμετρος κλωθοειδούς		min A [-]	V _e	⁽²⁾					
Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης για την εφαρμογή αρνητικής επίκλισης -2,5% ^{(1), (3)}		min R [m]	V ₈₅	90	170	300	500	750	1.100	
Μηκοτομή	Μέγιστη κατά μήκος κλίση:	ανωφέρεια	max s [%]	V _e	+6,0					
		κατωφέρεια	max s [%]		-7,0					
	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης για τις ελάχιστες τιμές S _n	κυρτή ⁽⁴⁾	min H _k [m]	V _e	350	800	1.500	2.500	2.500	3.500
κοίλη ⁽⁴⁾		min H _w [m]	V _e	300	600	1.000	1.400	2.000	2.500	
Διατομή	Ελάχιστη επίκλιση		min q [%]	V ₈₅	2,5					
	Μέγιστη επίκλιση		max q [%]	V ₈₅	7,0 (κατ' εξαίρεση 8,0)					
	Μέγιστη πρόσθετη κλίση οριογραμμών ⁽⁵⁾	α < 4,0 m	max Δ _e [%]	V _e	0,5α			0,4α		0,25α
		α ≥ 4,0 m			2,0		1,6		1,0	
	Ελάχιστη πρόσθετη κλίση οριογραμμών ⁽⁵⁾		min Δ _e [%]	-	0,1 α					
Μέγιστη λοξή κλίση ⁽⁷⁾		max p [%]	V _e	9,0						
Ορατότητα	Ελάχιστο μήκος ορατότητας για στάση σε κατά μήκος κλίση 0%		min S _n [m]	V ₈₅	25	40	55	70	90	115
	Ελάχιστο μήκος ορατότητας για απόφαση σε κατά μήκος κλίση 0% ⁽⁸⁾		min S _a [m]	V ₈₅	70	95	125	160	190	225

⁽¹⁾ Σε κλάδους μιας λωρίδας κυκλοφορίας η ελάχιστη ακτίνα θα εφαρμόζεται στην οριογραμμή κυκλοφορίας που βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά της καμπύλης (δηλ. που μπορεί να μην συμπίπτει με την καμπύλη επί του άξονα χάραξης).

⁽²⁾ Η παράμετρος της κλωθοειδούς πρέπει να είναι $R/3 \leq A < R$. Για το τόξο που βρίσκεται στην περιοχή της αιχμής νησίδας, για λόγους έγκαιρης αναγνωρισιμότητας της ακτίνας καμπύλης που έπεται, θα πρέπει να επιδιώκεται η χρήση κατά το δυνατόν μικρών παραμέτρων κλωθοειδούς. Όμως σε κλάδους εξόδου με μορφή βρόχου και με ακτίνες κύριου τόξου 40 m έως 60 m, θα εφαρμόζεται παράμετρος κλωθοειδούς $A \approx R$, προκειμένου να επιτυγχάνεται περιστροφή του οδοστρώματος μέσα στο τόξο συναρμογής.

⁽³⁾ Επιτρέπεται να εφαρμόζεται σε περιοχές μερισμού κλάδου από το οδοστρώμα του αυτοκινητόδρομου.

⁽⁴⁾ Οι αναγραφόμενες τιμές προσδιορίζονται με βάση τις τιμές του ελάχιστου μήκους ορατότητας S_n. Στην πραγματικότητα οι τιμές S_n πρέπει να υπολογίζονται ανάλογα με τη μέση κατά μήκος κλίση στην περιοχή της εκάστοτε καμπύλης.

⁽⁵⁾ α = απόσταση του άξονα περιστροφής της επιφάνειας κυκλοφορίας από την οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας (δεν περιλαμβάνεται το πλάτος των ερεισμάτων)

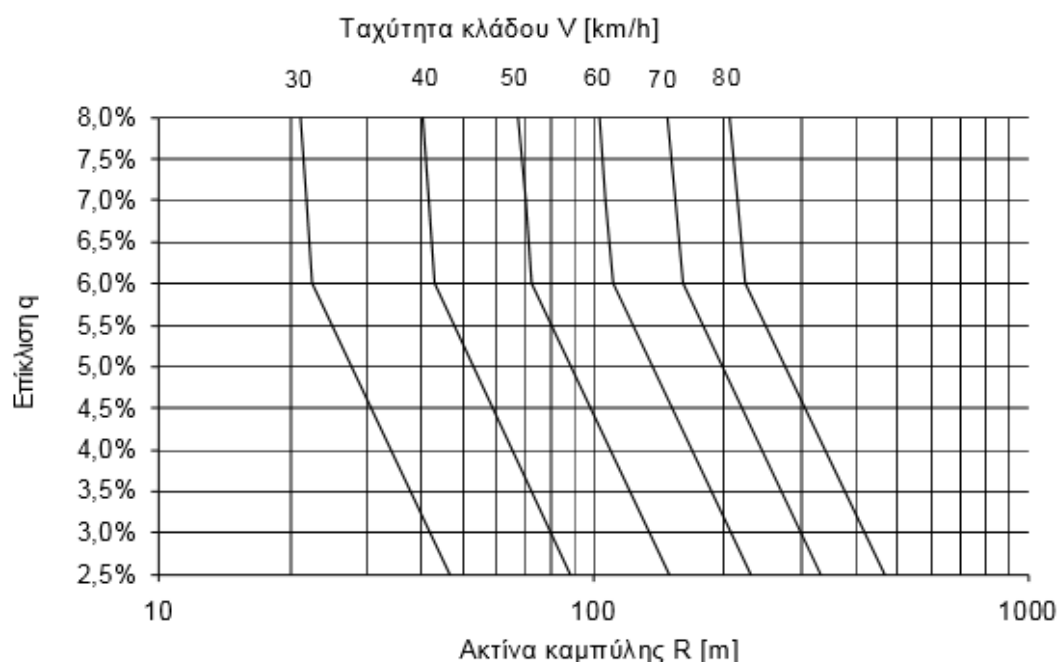
⁽⁶⁾ Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κλίση της μηκοτομής, ώστε να μην προκύπτει στην επιφάνεια του οδοστρώματος γραμμή μηδενικής κλίσης (αποφυγή λιμνάσματος ομβρίων), ιδιαίτερα σε 2-γχνους κλάδους. Ο περιορισμός δε ισχύει σε μονόχχνους κλάδους.

⁽⁷⁾ Πρέπει να τηρείται ελάχιστη λοξή κλίση 0,5%.

⁽⁸⁾ Η τιμή S_a υπολογίζεται με την ίδια εξίσωση που υπολογίζεται η S_n, μόνο που λαμβάνεται ως χρόνος αντίληψης – αντίδρασης τα 7s αντί των 2s.

Επικλίσεις κλάδου

Στο οδόστρωμα των κλάδων εφαρμόζεται μονοκλινής εγκάρσια κλίση. Η επίκλιση στις στροφές εφαρμόζεται με την κατωφέρεια προς την εσωτερική πλευρά. Κατ' εξαίρεση, προς αποφυγή τμημάτων προσαρμογής των επικλίσεων με στροφή του οδοστρώματος γύρω από τον άξονα περιστροφής, επιτρέπεται επίκλιση 2,5 % με κατωφέρεια προς την εξωτερική πλευρά, εφόσον εφαρμόζεται η κατάλληλη ακτίνα στροφής από τον επόμενο Πίνακα 3.15 και το επόμενο Σχήμα 3.29.



Σχήμα 3.29 Διάγραμμα προσδιορισμού της επίκλισης σε κλάδους κόμβων (ΓΓΔΕ/ΔΜΕΟ)

Η προσαρμογή των επικλίσεων με στροφή του οδοστρώματος θα πρέπει να επιτελείται κατά το δυνατόν εντός των τόξων συναρμογής. Δεν απαιτείται να εφαρμόζεται μέγιστη κλίση υπερύψωσης στην περιοχή μηδενικής επίκλισης, αντίθετα απαιτείται η εφαρμογή ελάχιστης κλίσης υπερύψωσης για την διασφάλιση της εγκάρσιας στράγγισης.

Πίνακας 3.15 Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών εφαρμογής αρνητικής επίκλισης (-2,5%)

V [km]	30	40	50	60	70	80
R [m]	90	170	300	500	750	1100

3.5.3 Επιφάνεια αποκλεισμού τριγωνικής μορφής

Οι τριγωνικής μορφής επιφάνειες αποκλεισμού είναι θέσεις λήψης απόφασης για συνέχιση ή αλλαγή της πορείας. Αυτές επιβάλλεται να διαμορφώνονται ομοιόμορφα σε μέγεθος, σχήμα και εμφάνιση, ώστε να αναγνωρίζονται εγκαίρως και σαφώς από τους οδηγούς. Οι εν λόγω επιφάνειες περιλαμβάνουν πλήρες οδόστρωμα το οποίο καλύπτει το διάστημα μεταξύ του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος οδοστρώματος, σε μήκος που ορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$0,7 V \leq L1 \leq 1,3 V$$

όπου:

V [km/h]: επιτρεπόμενη ταχύτητα στο πρωτεύον οδόστρωμα

L1 [km/h]: μήκος πλευράς σχηματιζόμενου «τριγώνου» επί του πρωτεύοντος οδοστρώματος

Στην επιφάνεια αποκλεισμού εφαρμόζεται λοξή οριζόντια διαγράμμιση και τοποθετούνται ανακλαστικές οδοστρώματος. Επιπροσθέτως μπορεί να εφαρμοστούν διαμήκεις έγγλυφες ραβδώσεις κατά μήκος της οριογραμμής κυκλοφορίας και συγκεκριμένα, εντός του πλάτους της ΛΕΑ του πρωτεύοντος οδοστρώματος και αντίστοιχα εντός του πλάτους του ερείσματος του δευτερεύοντος οδοστρώματος.

Η περιοχή πέρα από τη θέση συνένωσης των οδοστρωμάτων πρέπει να παραμένει ελεύθερη εμποδίων στο μεγαλύτερο δυνατό μήκος, ενώ πρέπει να διαμορφώνεται κατά το δυνατόν ομοεπίπεδη με τα οδοστρώματα κυκλοφορίας. Σε αυτή την περιοχή πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση ακλόνητων εμποδίων όπως, βαριές στηρίξεις πινακίδων, στύλοι οδοφωτισμού και βάρθρα γεφυρών.

Στην περίπτωση, που αναγκαστικά προβλέπεται ακλόνητο εμπόδιο εντός της περιοχής, τότε τοποθετείται αποσβεστήρας πρόσκρουσης στον οποίο θα καταλήγουν τα τυχόν στηθαία ασφαλείας. Ο αποσβεστήρας πρόσκρουσης τοποθετείται στη βάση της τριγωνικής μορφής επιφάνειας αποκλεισμού, κατά προτίμηση με το πίσω μέρος αυτού ακριβώς στο σημείο συνένωσης των οδοστρωμάτων.

3.6 Παρατηρήσεις

Μελετώντας κανείς τους παραπάνω κανονισμούς για τον γεωμετρικό σχεδιασμό των λωρίδων εισόδου και εξόδου από αυτοκινητόδρομο, αντιλαμβάνεται ότι η λογική που ακολουθείται είναι κοινή για όλες τις χώρες. Οι διαφορές έγκεινται κυρίως στις οριακές τιμές των παραμέτρων, οι οποίες έχουν καθοριστεί ύστερα από δοκιμές και ελέγχους με τις μεθόδους και τις απαιτήσεις που χρησιμοποιούνται στην εκάστοτε χώρα. Ορισμένες επιπλέον διαφορές παρατηρούνται στους κανονισμούς της Μεγάλης Βρετανίας και συγκεκριμένα στις πρότυπες μορφές των λωρίδων εισόδου και εξόδου, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την διάταξη διαγραμμισμένης νησίδας (ghost island merge / diverge), η οποία τείνει να προτιμάται έναντι της παράλληλης διάταξης. Η διαμόρφωση αυτή αποτελεί την πιο πρόσφατη προσθήκη των κανονισμών αυτών και δεν αποκλείεται να εμφανιστεί στο μέλλον και στις οδηγίες άλλων χωρών.

Βασική παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη σε όλες τις οδηγίες σχεδιασμού είναι η οδική ασφάλεια. Όπως είναι λογικό, κανένα τεύχος οδηγιών δεν αναμένεται ότι μπορεί να καλύπτει όλες τις συνθήκες των οδικών έργων, αλλά ούτε να προβλέπει ενίοτε ανυπέρβλητα εμπόδια και περιορισμούς ανά περίπτωση. Για το λόγο αυτό, μπορεί να απαιτείται αναπροσαρμογή μερικών υποδείξεων των οδηγιών, ανάλογα με τις εκάστοτε τοπικές συνθήκες. Ωστόσο, όσον αφορά τουλάχιστον την Ελλάδα, η απόκλιση από τους κανόνες και τις οριακές τιμές των παραμέτρων, που αναφέρονται στις οδηγίες, επιτρέπεται μόνον σε εξαιρετικές περιπτώσεις και εφόσον μια τέτοια ανάγκη αποδεικνύεται με πλήρη και ουσιαστική τεκμηρίωση. Σε αυτή τη περίπτωση απαιτείται οπωσδήποτε η σύμφωνη γνώμη της αρμόδιας Υπηρεσίας.

Όλες οι οδηγίες συντάσσονται ώστε να προσφέρουν τα ελάχιστα αποδεκτά επίπεδα οδικής ασφάλειας σε κάθε περιοχή εντός ή πλησίον του κόμβου. Συνεπώς, οι παράμετροι που αναφέρονται στις οδηγίες πρέπει να εκλαμβάνονται ως κατώτερη αποδεκτή κατάσταση σχεδιασμού και όχι ως πάγια και καθολικώς επιβαλλόμενα αριθμητικά πρότυπα. Ο μελετητής ενθαρρύνεται, όπου αυτό είναι δυνατό με βάση τα χωρικά και οικονομικά δεδομένα ή άλλους περιορισμούς, να προτείνει σχεδιασμό με ακόμα καλύτερα χαρακτηριστικά υπέρ της οδικής ασφάλειας.

Πέραν όμως από τις παραπάνω περιπτώσεις, υπάρχουν στάδια κατά τη μελέτη ενός έργου, κατά τα οποία οι οδηγίες δεν καλύπτουν πλήρως την διαδικασία σχεδιασμού, αφήνοντας στον μελετητή το περιθώριο λήψης πρωτοβουλιών και αποφάσεων. Σε τέτοιες περιπτώσεις κάθε μελετητής κρίνει, βάση των γνώσεων και της εμπειρίας του, πως θα ολοκληρώσει τη χάραξη, τηρώντας πάντα το γενικό πλαίσιο οδηγιών. Συγκεκριμένα, για τον γεωμετρικό

σχεδιασμό ενός κόμβου, και κατά συνέπεια μιας λωρίδας εισόδου ή εξόδου, οι οδηγίες καθορίζουν την τελική μορφή του κόμβου και των λωρίδων, χωρίς όμως να υποδεικνύουν πλήρως τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο μελετητής για να καταλήξει σε αυτήν.

Όλα τα παραπάνω γίνονται εύκολα αντιληπτά αν κινηθεί κανείς κατά μήκος ενός αυτοκινητοδρόμου, παρακολουθώντας τους διαδοχικούς κόμβους που θα συναντήσει. Τότε, θα παρατηρήσει ότι αυτοί μπορεί να παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους ακόμη κι αν πρόκειται για κόμβους ίδιας μορφής. Οι διαφορές αυτές μπορεί να αφορούν είτε τις διαστάσεις των διαφόρων τμημάτων του κόμβου, είτε τη χάραξη των επιμέρους σχεδίων (π.χ. στροφές οριζοντιογραφίας, μορφή μηκοτομής, κ.λ.π.), είτε ακόμη και τη μορφοποίηση ορισμένων στοιχείων της χάραξης όπως για παράδειγμα την εφαρμογή και προσαρμογή των επικλίσεων.

Η χάραξη της μηκοτομής καθώς και η προσαρμογή των επικλίσεων ενός κλάδου, στις περιοχές εισόδου και εξόδου, με σκοπό αυτός να αποτελεί με τον αυτοκινητόδρομο ένα ενιαίο κατάστρωμα, αποτελεί ίσως την πιο περίπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία κατά τη μελέτη χάραξης ενός κόμβου. Αυτή ακριβώς η διαδικασία διερευνάται και αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο, προτείνοντας μια μέθοδο εφαρμογής η οποία θα δώσει στους μελετητές την δυνατότητα να ακολουθούν μια κοινή λογική που θα συμβάλει περεταίρω στην ομοιογένεια και την τυποποίηση του σχεδιασμού των περιοχών αυτών.

4. Διαδικασία προσαρμογής αυτοκινητοδρόμου – κλάδου σε ενιαίο κατάστρωμα

4.1 Διαδικασίες που ακολουθούνται αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, μεγάλη σημασία κατά τον σχεδιασμό ενός κλάδου ανισόπεδου κόμβου είναι η ορθή μελέτη χάραξης αυτού, ώστε οι λωρίδες εισόδου και εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο να σχηματίζουν με αυτόν ένα ενιαίο κατάστρωμα. Με τον όρο **ενιαίο κατάστρωμα** εννοούμε ότι η δεξιά οριογραμμή του αυτοκινητοδρόμου ταυτίζεται με την αριστερή οριογραμμή του κλάδου, τόσο υψομετρικά όσο και οριζοντιογραφικά, έως ένα δεδομένο σημείο. Αυτό μπορεί να γίνει τόσο με την χάραξη της κατάλληλης μηκοτομής, όσο και με την κατάλληλη επεξεργασία των επικλίσεων του κλάδου στα αντίστοιχα σημεία. Πάντα όμως τηρώντας τις γενικές οδηγίες χάραξης ανισόπεδων κόμβων.

Παρακολουθώντας από κοντά την διαδικασία μελέτης χάραξης ενός ανισόπεδου κόμβου από έμπειρους πολιτικούς μηχανικούς και μελετητές, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι κάθε ένας από αυτούς ακολουθεί μια διαφορετική διαδικασία προκειμένου να επιτύχει το παραπάνω αποτέλεσμα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η δημιουργία, αρχικά, μιας απλής μηκοτομής του κλάδου, με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό «σημαιών», και στην συνέχεια η επεξεργασία των επικλίσεων του κλάδου σε κάθε διατομή ξεχωριστά έως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Σε άλλη περίπτωση, εφαρμόζονται πρώτα οι απαιτούμενες επικλίσεις του κλάδου, σε ευθυγραμμία και καμπύλη, και κατόπιν ακολουθεί η χάραξη της μηκοτομής τοποθετώντας όσες «σημαίες» απαιτούνται ώστε να ταυτιστούν οι οριογραμμές. Αυτό φυσικά απαιτεί πολλές δοκιμές και αλλαγές στα σχέδια προκειμένου αυτά να έχουν την επιθυμητή μορφή. Αντίστοιχα, μπορεί να χρησιμοποιούνται και διάφοροι άλλοι τρόποι ανάλογα με το πώς κάθε μελετητής αντιλαμβάνεται τη συγκεκριμένη διαδικασία.

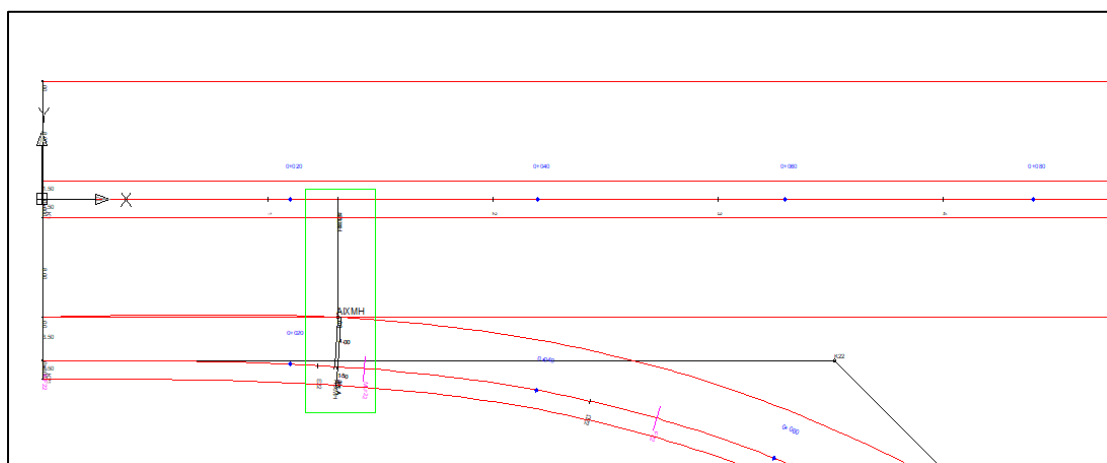
Όπως είναι φυσικό, η χρήση διαφορετικών μεθόδων έχει ως αποτέλεσμα και την διαφορετικότητα στις τελικές μορφές των κλάδων, ιδιαίτερα στις περιοχές εισόδου και εξόδου. Αυτό, κατά συνέπεια, επηρεάζει αρνητικά την ομοιογένεια και την τυποποίηση του σχεδιασμού, που όλοι οι κανονισμοί τείνουν να υποστηρίζουν.

Για τον λόγο αυτό, προτείνεται στη συνέχεια μια μέθοδος χάραξης, αρχικά, της μηκοτομής του κλάδου, με σκοπό την τυποποίηση του σχεδιασμού των περιοχών εισόδου και εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο.

4.2 Πρόταση μεθόδου χάραξης της μηκοτομής του κλάδου

Στο παρόν υποκεφάλαιο πρόκειται να παρουσιαστεί μία διαδικασία σχεδίασης της περιοχής εξόδου ενός αυτοκινητοδρόμου, ώστε τελικά κλάδος και κύρια αρτηρία να αποτελούν ένα ενιαίο κατάστρωμα. Σκοπός της συγκεκριμένης μεθόδου είναι να υπάρχει ένα κοινό σημείο αναφοράς στο οποίο θα βασίζεται η όλη σχεδίαση.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το ενιαίο κατάστρωμα υφίσταται έως ένα δεδομένο σημείο, αφού από το σημείο αυτό και μετά ο κλάδος ξεκινά να ακολουθεί την δική του πορεία χάραξης. Το δεδομένο αυτό σημείο είναι η αιχμή της εξόδου ή της εισόδου, αντίστοιχα. Με τον όρο «**αιχμή**» εννοούμε το σημείο στο οποίο η δεξιά οριογραμμή του αυτοκινητοδρόμου συναντά την αριστερή οριογραμμή του κλάδου, στο πλήρες πλάτος του (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1 Σύνθετη οριζοντιογραφία αυτοκ/μου – κλάδου

Στόχος μας, κατά τον σχεδιασμό του κλάδου, είναι η επιλογή, δεδομένης της οριζοντιογραφίας, της κατάλληλης μηκοτομής ώστε στη διατομή της αιχμής να δημιουργείται αυτόματα η μορφή του ενιαίου καταστρώματος. Αυτό, πρακτικά, σημαίνει ότι, στη συγκεκριμένη διατομή, το υψόμετρο της δεξιάς οριογραμμής της κύριας αρτηρίας και το υψόμετρο της αριστερής οριογραμμής του κλάδου, αυτόματα, θα ταυτίζονται.

Γνωρίζοντας το υψόμετρο του άξονα του αυτοκινητοδρόμου στη διατομή αυτή, μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε το υψόμετρο που θέλουμε να έχει ο άξονας του κλάδου. Έχοντας, λοιπόν, την χιλιομετρική θέση της αιχμής αλλά και το επιθυμητό υψόμετρο αυτής, μπορούμε εύκολα να σχεδιάσουμε μια μηκοτομή για τον κλάδο η οποία θα διέρχεται από το συγκεκριμένο σημείο.

Όσον αφορά την **κατά μήκος κλίση του κλάδου** αυτή λαμβάνεται, στην αρχή της εξόδου, όμοια με την κατά μήκος κλίση της κύριας διερχόμενης αρτηρίας. Αντίστοιχα, το ίδιο συμβαίνει και στο τέλος μιας εισόδου, ώστε ο οδηγός να έχει πλήρη ορατότητα της κύριας διερχόμενης κυκλοφορίας.

Έστω λοιπόν ότι έχουμε έναν αυτοκινητόδρομο σε ευθυγραμμία και τον αντίστοιχο κλάδο εξόδου από αυτόν. Για ευκολία θεωρούμε ότι οι αρχές των αξόνων τους βρίσκονται στην ίδια διατομή, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.1. Θεωρώντας γνωστό το υψόμετρο στην αρχή του αυτοκινητοδρόμου, την κατά μήκος κλίση του, καθώς και την χιλιομετρική θέση της αιχμής, μπορούμε να υπολογίσουμε το υψόμετρο του άξονα στη διατομή της αιχμής και κατά συνέπεια το **υψόμετρο της οριογραμμής**. Συγκεκριμένα θα είναι

$$h_{orA} = h_{1A} + s_1 \cdot x_1 + b_1 \cdot q_1$$

όπου: h_{orA} = το υψόμετρο της οριογραμμής του αυτοκ/μου στη θέση αιχμής
 h_{1A} = το υψόμετρο άξονα στην αρχή του αυτοκ/μου
 s_1 = η κατά μήκος κλίση του αυτοκ/μου (θετική για ανωφέρεια)
 x_1 = η χιλιομετρική θέση της αιχμής στον αυτοκ/μο (σε τμήμα αυτοκ/μου, ως x_1 λαμβάνεται η χιλιομετρική απόσταση της αιχμής από την αρχή του κλάδου)
 b_1 = το πλάτος κυκλοφορίας του αυτοκ/μου
 q_1 = η επίκλιση του αυτοκ/μου (με το πρόσημό της).

Το αντίστοιχο **υψόμετρο της οριογραμμής του κλάδου** ισούται με

$$h_{orK} = h_M + b_2 \cdot q_M$$

όπου: h_{orK} = το υψόμετρο της οριογραμμής του κλάδου στη θέση αιχμής
 h_M = το υψόμετρο άξονα του κλάδου στη θέση αιχμής
 b_2 = το πλήρες πλάτος του κλάδου
 q_M = η επίκλιση του κλάδου στη θέση της αιχμής.

Σημειώνεται πως η **επίκλιση του κλάδου στη θέση της αιχμής** δίνεται από τον τύπο:

$$q_M = q_1 + \frac{|x_2 - x_A|}{L} \cdot (q_2 - q_1) \leq q_2 \quad (4.1)$$

όπου: q_1 = η τιμή της επίκλισης σε ευθυγραμμία
 q_2 = η τιμή της επίκλισης στο τόξο
 x_2 = η χιλιομετρική θέση της αιχμής στον κλάδο
 x_A = η χιλιομετρική θέση της αρχής της κλωθοειδούς
 L = το μήκος του τόξου συναρμογής ($L = A^2/R$).

Εφόσον, λοιπόν, επιθυμούμε τα υψόμετρα των οριογραμμών να ταυτίζονται, από τα παραπάνω προκύπτει ότι **το τελικό υψόμετρο του κλάδου στη θέση αιχμής** θα ισούται με

$$h_M = h_{orK} + b_2 \cdot q_M = h_{orA} + b_2 \cdot q_M$$

$$h_M = h_{1A} + s_1 \cdot x_1 + b_1 \cdot q_1 + b_2 \cdot q_M$$

Αναλόγως, μπορούμε να υπολογίσουμε το υψόμετρο που θα είχε ο κλάδος στη θέση της αιχμής, **πριν την στρογγύλευση** της μηκοτομής:

$$h_{M'} = h_{1A} + b_1 \cdot q_1 + b_\Lambda \cdot q_1 + s_1 \cdot x_2$$

όπου: b_Λ : το πλάτος της λωρίδας αλλαγής ταχύτητας.

Συνεπώς, η διαφορά των υψομέτρων πριν και μετά τη στρογγύλευση προκύπτει ίση με:

$$dh = h_{M'} - h_M$$

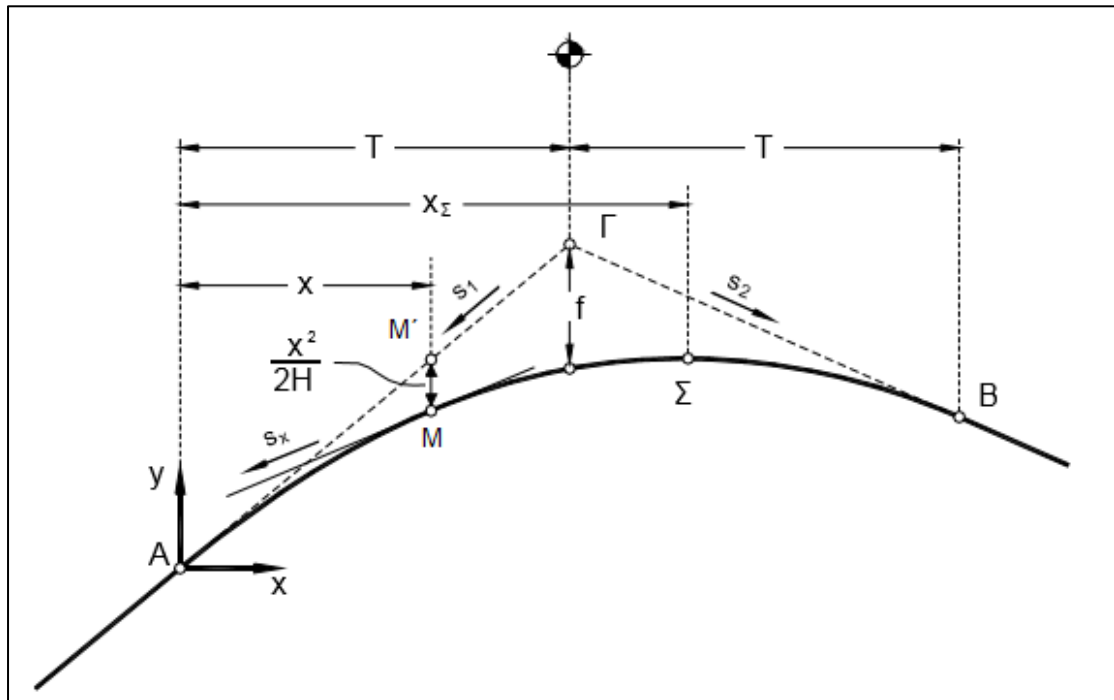
$$dh = h_{1A} + b_1 \cdot q_1 + b_\Lambda \cdot q_1 + s_1 \cdot x_2 - (h_{1A} + s_1 \cdot x_1 + b_1 \cdot q_1 + b_2 \cdot q_M)$$

$$dh = b_\Lambda \cdot q_1 + s_1 \cdot x_2 - s_1 \cdot x_1 - b_2 \cdot q_M \quad (4.2)$$

Όπως είναι γνωστό, στην οδοποιία η στρογγύλευση της μηκοτομής γίνεται με τη χρήση της τετραγωνικής παραβολής ως προσέγγιση του εγγύτατου κύκλου της καμπύλης (του οποίου η ακτίνα ισούται με την ακτίνα καμπυλότητας H στην κορυφή της παραβολής) (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Οι τετμημένες x μετρούνται οριζόντια και οι τεταγμένες y κατακόρυφα στο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων που φαίνεται στο Σχήμα 4.2. Επισημαίνεται ότι οι διαφορές των οριζόντιων αποστάσεων από τις αντίστοιχες επί της εφαπτομένης και των κατακόρυφων αποστάσεων από τις

αντίστοιχες επί της καθέτου στην εφαπτομένη είναι αμελητέες για τις κατά μήκος κλίσεις που εφαρμόζονται στην οδοποιία (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).



Σχήμα 4.2 Η τετραγωνική παραβολή ως τόξο στρογγύλευσης της μηκοτομής (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013)

Η εξίσωση της τετραγωνικής παραβολής δίνεται από τη σχέση:

$$y = s_1 \cdot x - x^2/2H$$

από την οποία προκύπτει ότι η **υψομετρική διαφορά** των σημείων πριν και μετά τη στρογγύλευση ισούται με:

$$dh = x^2/2H \quad (4.3)$$

Ισχύει επίσης η σχέση:

$$T = \frac{H}{2} \cdot \Delta s \quad (4.4)$$

Ο όρος Δs , που προσεγγιστικά ισούται με την εφαπτομένη της εξωτερικής γωνίας που σχηματίζεται από τις εφαπτομένες στο τόξο στρογγύλευσης της μηκοτομής στις τέσσερις περιπτώσεις εναλλαγής των κατά μήκος κλίσεων, όπως εμφανίζονται στην οδοποιία (μετάβαση από ανωφέρεια σε κατωφέρεια

ή αντίστροφα και αύξηση ή ελάττωση τη ηπιότητας της κλίσης) προκύπτει από τη σχέση:

$$\Delta s = s_1 - s_2 \quad (4.5)$$

όπου η κλίση s_i λαμβάνεται θετική στην περίπτωση της ανωφέρειας (Κανελλαΐδης κ.ά., 2013).

Από τις σχέσεις (4.3), (4.4) προκύπτει:

$$\Delta s = \frac{4 \cdot T \cdot dh}{x^2}$$

και αντικαθιστώντας από τις (4.2) και (4.5) για την περίπτωση του κλάδου εξόδου, προκύπτει η σχέση για τον υπολογισμό της κλίσης s_2 :

$$s_2 = s_1 - \frac{4 \cdot T \cdot (b_1 \cdot q_1 + s_1 \cdot x_2 - s_1 \cdot x_1 - b_2 \cdot q_M)}{x_2^2} \quad (4.6)$$

Επίσης, ο υπολογισμός της ακτίνας καμπυλότητας H γίνεται από τον τύπο:

$$H = \frac{2 \cdot T}{s_1 - s_2} \quad (4.7)$$

Ως μήκος εφαπτομένης T λαμβάνεται το ελάχιστο, ίσο με την ταχύτητα μελέτης V_e του κλάδου.

Γνωρίζοντας, λοιπόν, τις κλίσεις s_1 , s_2 καθώς και την ακτίνα H , μπορώ πλέον να σχεδιάσω την μηκοτομή της περιοχής εξόδου, ώστε στην διατομή της αιχμής αυτοκινητόδρομος και κλάδος να αποτελούν ένα ενιαίο κατάστρωμα.

Από εκεί κι έπειτα η διαδικασία που ακολουθείται για τις διαμορφώσεις της ευρύτερης περιοχής της αιχμής είναι η ίδια που ακολουθείται μέχρι σήμερα και περιγράφεται στους κανονισμούς. Όπως αντιλαμβάνεται κανείς, η περεταίρω επεξεργασία των διατομών σε θέματα πλατών και επικλίσεων, ώστε να επιτύχουμε την επιθυμητή μορφή, είναι αδύνατο να αποφευχθεί πλήρως.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εφαρμογής των παραπάνω τύπων, ωστόσο η όλη διαδικασία γίνεται περισσότερο κατανοητή στο επόμενο κεφάλαιο με την παρουσίαση μιας πλήρους μελέτης σχεδίασης ενός ανισόπεδου κόμβου.

Παράδειγμα

Έστω ο αυτοκινητόδρομος του Σχήματος 4.1, με κατά μήκος κλίση 1% και επίκλιση -2.50% και ο αντίστοιχος κλάδος εξόδου με τα εξής δεδομένα:

- Ταχύτητα μελέτης κλάδου 50 km/h
- Ακτίνα κυκλικού τόξου 100 m
- Παράμετρος κλωθοειδούς $2R/3$
- Πλάτος λωρίδας επιβράδυνσης 3,50 m
- Πλήρες πλάτος κυκλοφορίας κλάδου 4,00 m
- Επίκλιση στο τόξο -7,00%

Από την οριζοντιογραφία μπορούμε εύκολα να εντοπίσουμε το σημείο της αιχμής και κατά συνέπεια την χιλιομετρική θέση αυτής τόσο στον αυτοκινητόδρομο όσο και στον κλάδο.

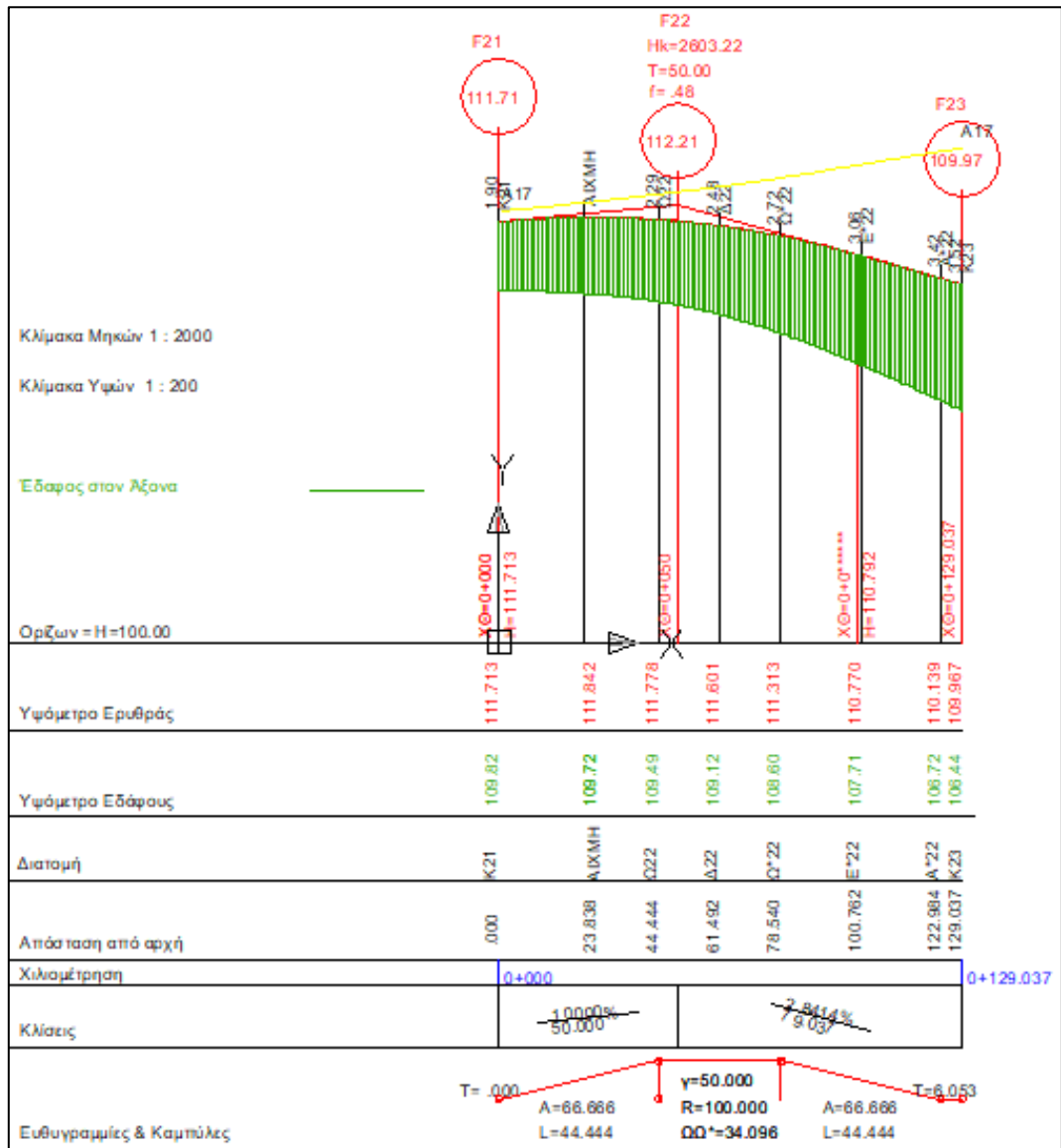
Για τον σχεδιασμό της μηκοτομής απαιτούνται οι κλίσεις και τα μήκη των εφαπτομένων καθώς και η ακτίνα καμπυλότητας. Ως **μήκος εφαπτομένων T** λαμβάνεται το ελάχιστο, όμοιο με την ταχύτητα μελέτης του κλάδου, ενώ η **κλίση της πρώτης εφαπτομένης s_1** λαμβάνεται ίση με την κατά μήκος κλίση του αυτοκινητοδρόμου. Η **κλίση της δεύτερης εφαπτομένης s_2** καθώς και η **ακτίνα καμπυλότητα H** υπολογίζονται από τους τύπους (4.6) και (4.7), αντίστοιχα.

Όλα τα δεδομένα καθώς και τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τα στοιχεία της μηκοτομής παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Παρουσίαση δεδομένων και υπολογισμός στοιχείων μηκοτομής κλάδου

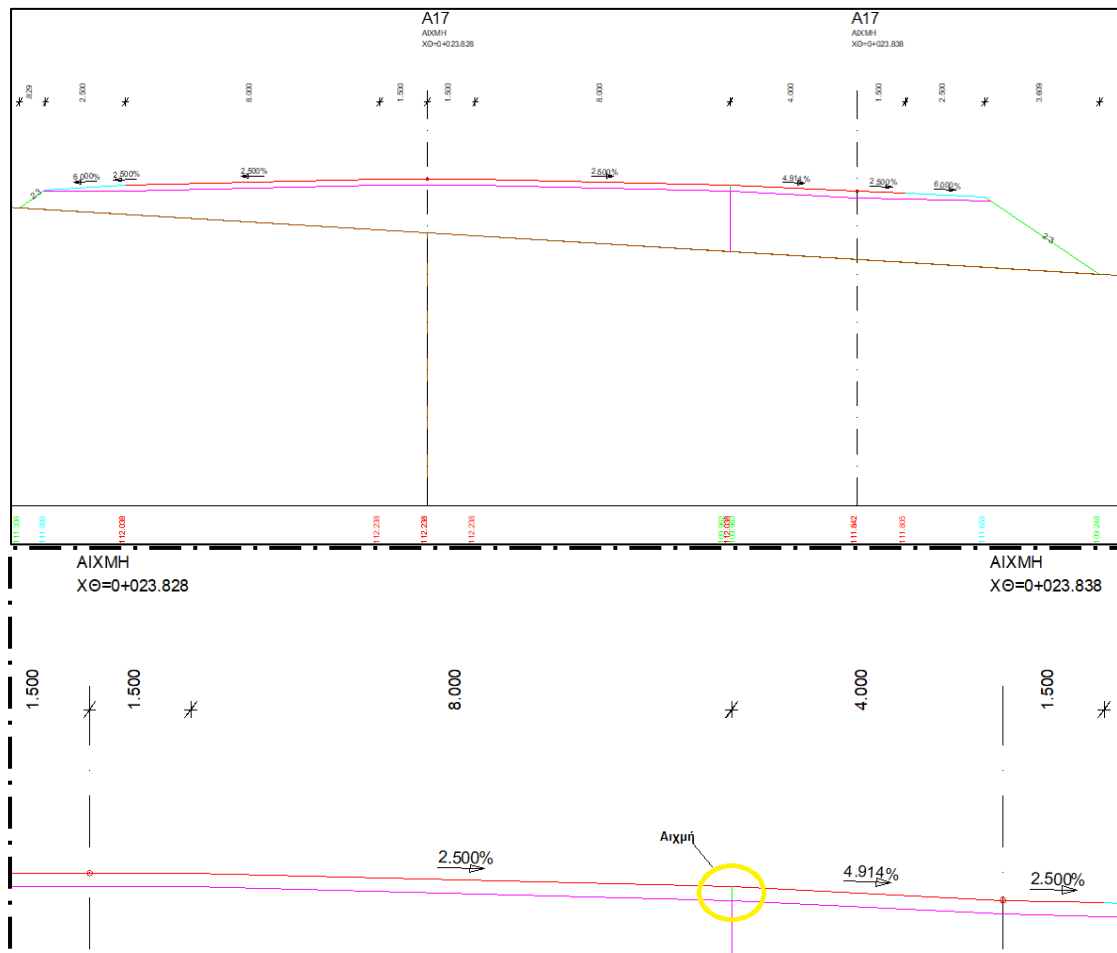
Δεδομένα		Αποτελέσματα	
$V_e = T$ (m)	50,00	x_1 (m)	23,828
R (m)	100,00	x_2 (m)	23,838
A (m)	66,667	x_A (m)	0,000
b_Λ (m)	3,50	L (m)	44,444
b_2 (m)	4,00	q_M	-4,9136%
q_1	-2,50%	dh (m)	0,1091439
q_2	-7,00%	s_2	-2,841403%
s_1	1,00%	H (m)	2603,2158

Η μηκοτομή του κλάδου εξόδου μαζί με όλα τα στοιχεία παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.2. Με κίτρινο χρώμα φαίνεται η προβολή της μηκοτομής του αυτοκινητοδρόμου.



Σχήμα 4.2 Μηκοτομή κλάδου εξόδου

Επίσης, στο Σχήμα 4.3 δίνεται η διατομή της αιχμής καθώς και η λεπτομέρεια του σημείου αιχμής στο οποίο τα υψόμετρα των οριογραμμών των δύο οδών ταυτίζονται.



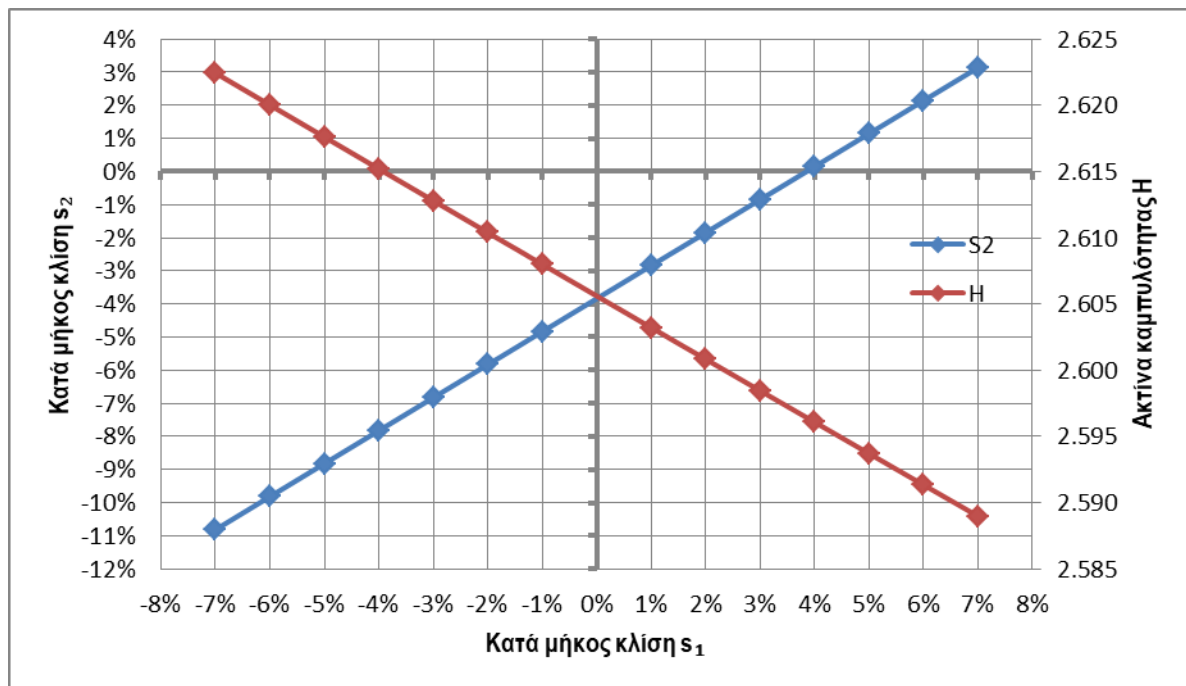
Σχήμα 4.4 Σύνθετη διατομή αυτοκινητοδρόμου – κλάδου στη θέση της αιχμής

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, θεωρήσαμε ως κατά μήκος κλίση του αυτοκινητοδρόμου την ελάχιστη από τους κανονισμούς, ίση με 1% και ως επίκλιση κυκλικού τόξου την μέγιστη δυνατή, ίση με -7,00%. Αξίζει όμως να σημειωθεί πως η μέθοδος υπολογισμού των στοιχείων μηκοτομής, που παρουσιάστηκε παραπάνω, λειτουργεί εξίσου καλά για όλους τους συνδυασμούς κατά μήκος κλίσεων και επικλίσεων. Ενδεικτικά, τα αποτελέσματα για τους πιο συνηθισμένους συνδυασμούς τιμών, για το συγκεκριμένο παράδειγμα, παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

Πίνακας 4.2 Υπολογιζόμενα στοιχεία μηκοτομής για δεδομένες τιμές κατά μήκος κλίσεων και επικλίσεων.

q ₂	-7,00%		-6,00%		-5,00%		-4,00%		-2,50%	
s ₁	s ₂	H (m)	s ₂	H (m)	s ₂	H (m)	s ₂	H (m)	s ₂	H (m)
7%	3,1375%	2.588,983	3,8926%	3.218,100	4,6477%	4.251,111	5,4028%	6.260,841	6,5354%	21.524,630
6%	2,1410%	2.591,345	2,8961%	3.221,750	3,6512%	4.257,481	4,4063%	6.274,668	5,5389%	21.688,941
5%	1,1445%	2.593,710	1,8996%	3.225,407	2,6547%	4.263,870	3,4098%	6.288,556	4,5425%	21.855,779
4%	0,1480%	2.596,080	0,9031%	3.229,073	1,6582%	4.270,279	2,4133%	6.302,505	3,5460%	22.025,203
3%	-0,8484%	2.598,454	-0,0933%	3.232,747	0,6618%	4.276,706	1,4168%	6.316,516	2,5495%	22.197,275
2%	-1,8449%	2.600,833	-1,0898%	3.236,429	-0,3347%	4.283,153	0,4204%	6.330,590	1,5530%	22.372,057
1%	-2,8414%	2.603,216	-2,0863%	3.240,120	-1,3312%	4.289,620	-0,5761%	6.344,727	0,5565%	22.549,613
-1%	-4,8344%	2.607,995	-4,0793%	3.247,527	-3,3242%	4.302,612	-2,5691%	6.373,191	-1,4364%	22.913,316
-2%	-5,8308%	2.610,391	-5,0757%	3.251,243	-4,3207%	4.309,137	-3,5656%	6.387,518	-2,4329%	23.099,603
-3%	-6,8273%	2.612,791	-6,0722%	3.254,967	-5,3171%	4.315,683	-4,5620%	6.401,911	-3,4294%	23.288,944
-4%	-7,8238%	2.615,196	-7,0687%	3.258,701	-6,3136%	4.322,248	-5,5585%	6.416,368	-4,4259%	23.481,415
-5%	-8,8203%	2.617,606	-8,0652%	3.262,442	-7,3101%	4.328,833	-6,5550%	6.430,891	-5,4223%	23.677,094
-6%	-9,8168%	2.620,019	-9,0617%	3.266,193	-8,3066%	4.335,438	-7,5515%	6.445,480	-6,4188%	23.876,061
-7%	-10,8132%	2.622,438	-10,0581%	3.269,952	-9,3031%	4.342,064	-8,5480%	6.460,135	-7,4153%	24.078,400

Τα ίδια αποτελέσματα μπορούν να απεικονιστούν και γραφικά, όπως φαίνεται, ενδεικτικά, και στο παρακάτω διάγραμμα για επίκλιση κυκλικού τόξου $-7,00\%$ και διαφορετικές κατά μήκος κλίσεις. Όπως παρατηρείται, αυξάνοντας την κατά μήκος κλίση του αυτοκινητοδρόμου, αυξάνεται και η κατά μήκος κλίση s_2 , ενώ η ακτίνα καμπυλότητας H μειώνεται.



Σχήμα 4.5 Διάγραμμα υπολογισμού στοιχείων μηκοτομής για επίκλιση κυκλικού τόξου εξόδου ίση με -7%

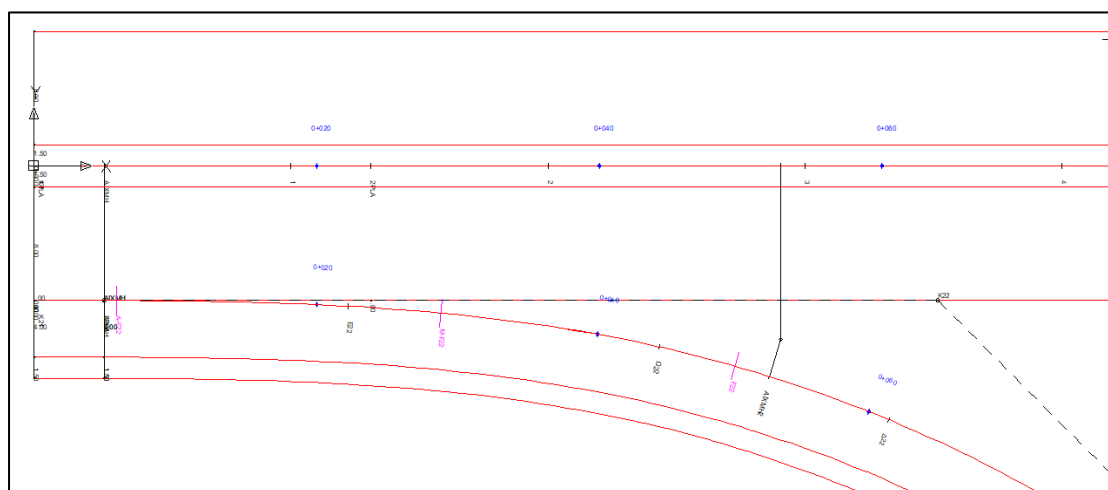
Παρατηρούμε ότι υπάρχουν φορές που οι υπολογισμοί δίνουν τιμές κατά μήκος κλίσεων αρκετά μικρότερες του 1% , δηλαδή της ελάχιστης τιμής που συνιστούν οι κανονισμοί. Αυτό, όμως, δεν αποτελεί πρόβλημα από τη στιγμή που στο συγκεκριμένο τμήμα του κλάδου η απαιτούμενη απορροή των ομβρίων εξασφαλίζεται μέσω της εφαρμοζόμενης επίκλισης, ενώ αμέσως μετά το τέλος του τόξου στρογγύλευσης που υπολογίσαμε, η κατά μήκος κλίση μπορεί να αλλάξει σε μεγαλύτερη.

4.3 Παρατηρήσεις

Η μέθοδος που παρουσιάστηκε παραπάνω αφορά, βέβαια, στην περίπτωση που ο κλάδος σχεδιάζεται σύμφωνα με την τυπική διατομή του Σχήματος 5.7 που δίνεται στο επόμενο κεφάλαιο. Δηλαδή, ο άξονας του κλάδου τοποθετείται σε απόσταση από την εξωτερική οριογραμμή του αυτοκινητοδρόμου, ίση με το πλάτος της λωρίδας αλλαγής ταχύτητας και το πλάτος κυκλοφορίας ορίζεται προς τον αυτοκινητόδρομο, σταδιακά αυξανόμενο έως την διατομή της αιχμής όπου και αποκτά την τελική τιμή του. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται ευκολότερη η διαμόρφωση των περιοχών εξόδου και εισόδου, ώστε να σχηματίζεται η επιθυμητή ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας.

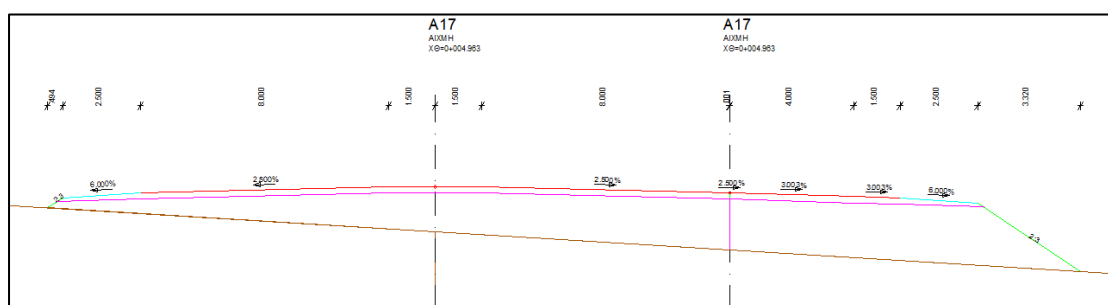
Αντίθετα, η τοποθέτηση του άξονα ακριβώς στην εξωτερική οριογραμμή του αυτοκινητοδρόμου και ο ορισμός του πλάτους κυκλοφορίας προς τα έξω συμβάλλει μεν στην ευκολότερη προσαρμογή της μηκοτομής έως τη διατομή της αιχμής, προκαλεί όμως άλλες δυσκολίες στον σχεδιασμό που είναι πιο δύσκολο να αντιμετωπιστούν. Για αυτόν το λόγο αποφεύγεται η συγκεκριμένη τακτική κατά τον σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων.

Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του παραδείγματος που παρουσιάστηκε παραπάνω, όπου εφαρμόζοντας τον άξονα επί της εξωτερικής οριογραμμής του αυτοκινητοδρόμου προκύπτουν τα παρακάτω σχέδια οριζοντιογραφίας και διατομών.

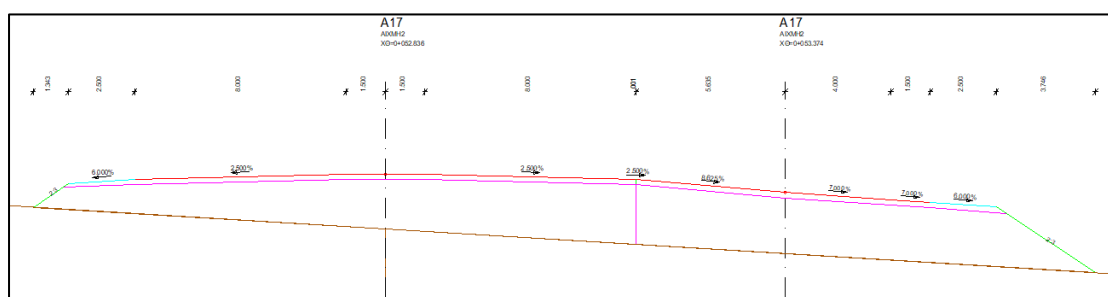


Σχήμα 4.6 Σύνθετη οριζοντιογραφία αυτοκ/μου – κλάδου με εφαρμογή του άξονα του κλάδου επί της εξωτερικής οριογραμμής του αυτοκ/μου

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.6 το σημείο της αιχμής εντοπίζεται τώρα νωρίτερα και κατά συνέπεια όλο το μήκος της λωρίδας αλλαγής ταχύτητας να μετατοπίζεται πιο πίσω σε σχέση με τον κόμβο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η όλη κατασκευή του κόμβου να καταλαμβάνει περισσότερο χώρο. Σε άλλη περίπτωση προκειμένου να διατηρήσουμε την έκταση του κόμβου θα μπορούσαμε να μειώσουμε το μήκος του κλάδου, με αποτέλεσμα όμως αυτός να μπορεί να καλύψει μικρότερη υψομετρική διαφορά έως την διασταυρούμενη οδό και παράλληλα τα γεωμετρικά στοιχεία της μηκοτομής να εμφανίζονται λίγο αυξημένα. Το τελευταίο δεν είναι τόσο έντονο σε κλάδους ανισόπεδου κόμβου μορφής Διαμαντιού αλλά είναι πολύ έντονο σε κλάδους με ακτίνες 30-50 m, που παρουσιάζονται σε κόμβους μορφής Τρομπέτας ή Τριφυλλιού.



Σχήμα 4.7 Σύνθετη διατομή αυτοκ/μου – κλάδου στη θέση της αιχμής με εφαρμογή του άξονα του κλάδου επί της εξωτερικής οριογραμμής του αυτοκ/μου



Σχήμα 4.8 Σύνθετη διατομή αυτοκ/μου – κλάδου στο τέλος της περιοχής διαμορφώσεων, με εφαρμογή του άξονα του κλάδου επί της εξωτερικής οριογραμμής του αυτοκ/μου

Επίσης, από τα Σχήματα 4.7 και 4.8 γίνεται αντιληπτή η δυσκολία που προκύπτει κατά τη διαμόρφωση της ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας, στη περιοχή εξόδου και εισόδου αντίστοιχα. Παρόλο που στη θέση αιχμής επιτυγχάνεται σχετικά εύκολα το «κούμπωμα» των δύο οδών, για να επιτευχθεί αυτό και στην υπόλοιπη περιοχή θα πρέπει να ορίσω μια αριστερή οριογραμμή στον κλάδο με μεταβαλλόμενα πλάτη και μεταβαλλόμενες επικλίσεις που ξεπερνούν όμως τα όρια τιμών που ορίζονται από τις

αντίστοιχες προδιαγραφές. Αντίθετα στη μέθοδο που παρουσιάστηκε προηγουμένως η γεωμετρική μετάβαση από τα χαρακτηριστικά του αυτοκινητοδρόμου στα χαρακτηριστικά του κλάδου πραγματοποιείται πιο ομαλά.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ένα πλεονέκτημα της εφαρμογής του άξονα του κλάδου επί της εξωτερικής οριογραμμής του αυτοκινητοδρόμου, το οποίο αφορά στην σπάνια περίπτωση όπου ο κλάδος ξεκινάει στο εσωτερικό καμπύλης αυτοκινητοδρόμου. Σε αυτήν τη περίπτωση κερδίζω αρκετά εκατοστά στη μηκοτομή του κλάδου γεγονός που βοηθάει να προσεγγίσω ευκολότερα την κάθετη διασταυρούμενη οδό σε περιπτώσεις κάτω διαβάσεων. Αντίθετα όμως χάνω κάποια εκατοστά στην περίπτωση που ο κλάδος ξεκινάει στο εξωτερικό καμπύλης αυτοκινητοδρόμου. Το αντίστροφο ισχύει αν έχω να εξυπηρετήσω κάθετη οδό που διέρχεται με άνω διάβαση.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η τελική επιλογή για την θέση τοποθέτησης του άξονα του κλάδου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και κυρίως από την μορφή του ανισόπεδου κόμβου και της σύνδεσης που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε. Σε κάθε περίπτωση η υλοποίηση του σχεδιασμού απαιτεί διαφορετικές διαδικασίες οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στα Κεφάλαιο 5 αλλά και στο Παράρτημα του συγκεκριμένου τεύχους.

5. Χρήση λογισμικού για τον γεωμετρικό σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων

5.1 Ανασκόπηση υφιστάμενων προγραμμάτων Η/Υ, για τον σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων

Υπάρχουν προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή για τον σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων, τα οποία προσφέρουν τη δυνατότητα της γρήγορης εισαγωγής ενός κόμβου σε έναν υπάρχων αυτοκινητόδρομο με αυτόματη εισαγωγή των λωρίδων επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης. Η γεωμετρία του κόμβου ορίζεται με ελάχιστες κινήσεις και στη συνέχεια μπορεί να παραμετροποιηθεί με λεπτομέρεια. Ωστόσο, τα πιο δημοφιλή προγράμματα αντιμετωπίζουν τους κλάδους ενός κόμβου σαν ξεχωριστές χαράξεις, οι οποίες όμως μπορούν να ενωθούν και να επεξεργαστούν με λεπτομέρεια και διαδραστικά. Τόσο στην Ελλάδα, όσο και διεθνώς χρησιμοποιούνται προγράμματα διάφορων εταιρειών λογισμικού, με τα παρακάτω να επικρατούν και να υπερτερούν σε καίρια σημεία τόσο όσον αφορά το περιβάλλον και τη συμβατότητά τους με άλλα δημοφιλή προγράμματα συναφούς αντικείμενου όσο και για τη δυνατότητα προσαρμογής σε πραγματικό χρόνο στις απαιτήσεις του σχεδιαστή – μελετητή μηχανικού.

Anadelta Tessera (anadelta software)

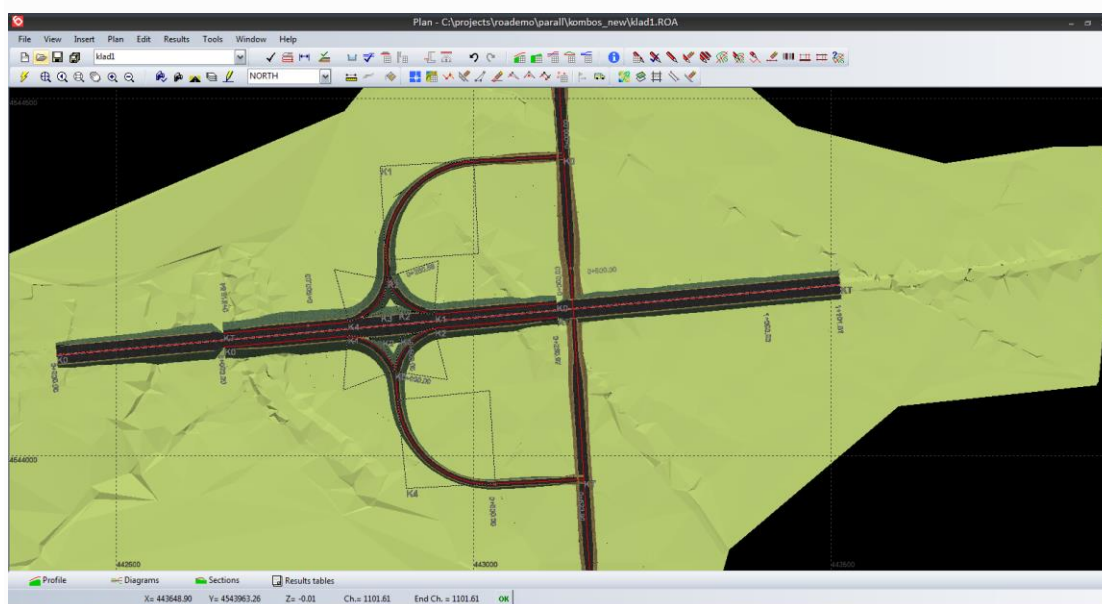
Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο λογισμικό σχεδιασμού και κατασκευής οδικών έργων. Συνδυάζει λειτουργίες χάραξης και CAD δύο και τριών διαστάσεων διευρύνοντας τους ορίζοντες σχεδιασμού. Δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή να επινοήσει εύκολες εναλλακτικές τεχνικές σχεδιασμού χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει περιβάλλον.

Η αυτοματοποιημένη διαχείριση ανισόπεδων κόμβων με πολλούς τρόπους εισαγωγής μερισμών και συμβολών και αυτόματη εισαγωγή των λωρίδων επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης είναι ένα από τα δυνατά σημεία του Tessera. Για κάθε μερισμό ή συμβολή επιλέγονται από τις προδιαγραφές κόμβων τα χαρακτηριστικά των λωρίδων αλλαγής ταχύτητας (πλάτος, μήκος, μήκος συναρμογής), οι γωνίες εισόδου / εξόδου καθώς και τα χαρακτηριστικά των σχετικών κλάδων (πλάτη, ακτίνες καμπυλότητας, παράμετροι, μήκη συναρμογής). Η έκδοση διαθέτει αυτοματοποιημένες λειτουργίες συγχρονισμού των διατομών κύριας οδού και κλάδου, προσαρμογής πλατών και επικλίσεων καθώς και υψομετρικής συναρμογής της μηκοτομής των κλάδων. Τέλος, δημιουργούνται αυτόματα οι σύνθετες διατομές στις περιοχές των κόμβων.

Diolkos (Diolkos3d)

Το **Diolkos** είναι ολοκληρωμένο και αυτόνομο λογισμικό σχεδιασμού οδών. Καλύπτει όλες τις περιπτώσεις οδοποιίας όπως αυτοκινητόδρομοι, επαρχιακές και αστικές οδοί κλπ. Επίσης αντιμετωπίζει σύνθετα οδικά έργα όπως κόμβοι, παράλληλο δίκτυο service road κλπ. Προσφέρει ολοκληρωμένη λύση για την μελέτη όλων των περιπτώσεων οδικών έργων, σε υπερσύγχρονο και ταχύτατο 3D γραφικό περιβάλλον.

Εδώ κάθε κλάδος ενός κόμβου (κύρια οδός, λωρίδα επιτάχυνσης και λωρίδα επιβράδυνσης) αποτελεί ξεχωριστή χάραξη. Με την χρήση, όμως, μερικών διατομών, δύο οι περισσότεροι κλάδοι προσαρμόζονται μεταξύ τους σχηματίζοντας κοινό κατάστρωμα κυκλοφορίας (π.χ. οι λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης σχηματίζουν με την κύρια οδό ενιαίο κατάστρωμα). Σημαντικό εργαλείο του Diolkos αποτελεί επίσης η προοπτική απεικόνιση οδικών έργων (απλών και σύνθετων), εικονική κίνηση σε πραγματικό χρόνο κατά μήκος της χάραξης για τον έλεγχο της ορατότητας.



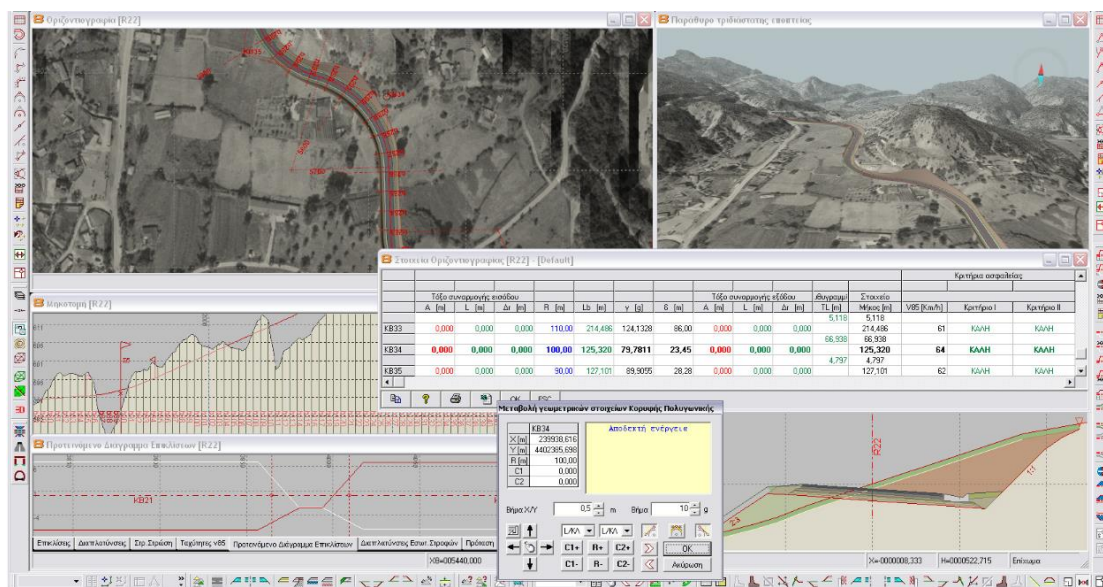
Σχήμα 5.2 Εικόνες από το περιβάλλον σχεδίασης του Diolkos

Οδός 8 (Odos software)

Το Οδός 8 αποτελεί το πιο δημοφιλές λογισμικό σχεδιασμού οδικών έργων στην Ελλάδα. Ξεκινώντας από το 1987, πάνω από χίλια Γραφεία Μελετών / Κατασκευαστικές Εταιρείες / Υπηρεσίες χρησιμοποιούν σήμερα λογισμικό Οδός 8. Σημαντικό πλεονέκτημα, έναντι άλλων προγραμμάτων, είναι η πρωτοποριακή πρακτική αυτοματοποιημένου σχεδιασμού, η οποία δίνει τη

δυνατότητα αυτόματης και σε πραγματικό χρόνο κατασκευής, συντήρησης και εποπτείας τρισδιάστατου μοντέλου του έργου. Ο σχεδιασμός σύνθετων οδικών έργων υλοποιείται με απόλυτη ακρίβεια και εξαπλουστεύεται, περιορίζοντας το χρόνο μελέτης έως και 70%. Περιέχει πλήρη σειρά εργαλείων σχεδιασμού για την αντιμετώπιση όλων των επιπέδων της μελέτης οδών και κυκλοφοριακών κόμβων (οριζοντιογραφίας, μηκοτομής, διαγραμμάτων επικλίσεων, διαπλατύνσεων και διατομών).

Και εδώ οι κλάδοι ενός ανισόπεδου κόμβου αντιμετωπίζονται σαν ξεχωριστές χαράξεις, οι οποίες όμως είναι εύκολο να συνδυαστούν και να προσαρμοστούν χάρη στο στοιχείο του αυτοματισμού. Το ΟΔΟΣ 8 δημιουργεί αυτόματα ένα τρισδιάστατο μοντέλο του έργου, λαμβάνοντας υπόψιν το φυσικό έδαφος, όλες τις οδούς του έργου και προκαθορισμένη χρονική σειρά κατασκευής των επί μέρους οδικών τμημάτων. Μετά από μεταβολή οποιουδήποτε στοιχείου σχεδιασμού οδού, το ΟΔΟΣ 8 ενημερώνει σε πραγματικό χρόνο το μοντέλο του έργου. Το Οδός 8 ελέγχει και βασίζει τους αυτοματισμούς του στις ΟΜΟΕ-Χ 2001 και στους γερμανικούς κανονισμούς (κυκλοφ. κόμβων).



Σχήμα 5.3 Εικόνες από το περιβάλλον σχεδίασης του Οδός 8

Vestra Civil (AKG Software)

Το **Vestra Civil**, γερμανικό λογισμικό, αποτελεί μια προσθήκη του γνωστού προγράμματος σχεδιασμού οδικών έργων AutoCAD Civil 3D. Παρέχει πλήθος εργαλείων διαχείρισης που βοηθούν τον χρήστη στη μελέτη σύνθετων οδικών έργων (διασταυρώσεις, ανισόπεδοι κόμβοι, κυκλικοί κόμβοι κλπ.) και στη

δημιουργία βέλτιστων λύσεων. Διαθέτει εύκολες επιλογές σχεδιασμού κόμβων, συμπεριλαμβανομένων των τριγωνικών νησίδων και της αυτόματης διαμόρφωσης των οριογραμμών. Τέλος αποτελεί και αυτό ένα διαδραστικό πρόγραμμα, καθώς οποιαδήποτε αλλαγή στον σχεδιασμό ενημερώνει αυτόματα το έργο, μέσω δυναμικά συνδεδεμένων αρχείων.

FM17 (Μερτζάνης Φώτης)

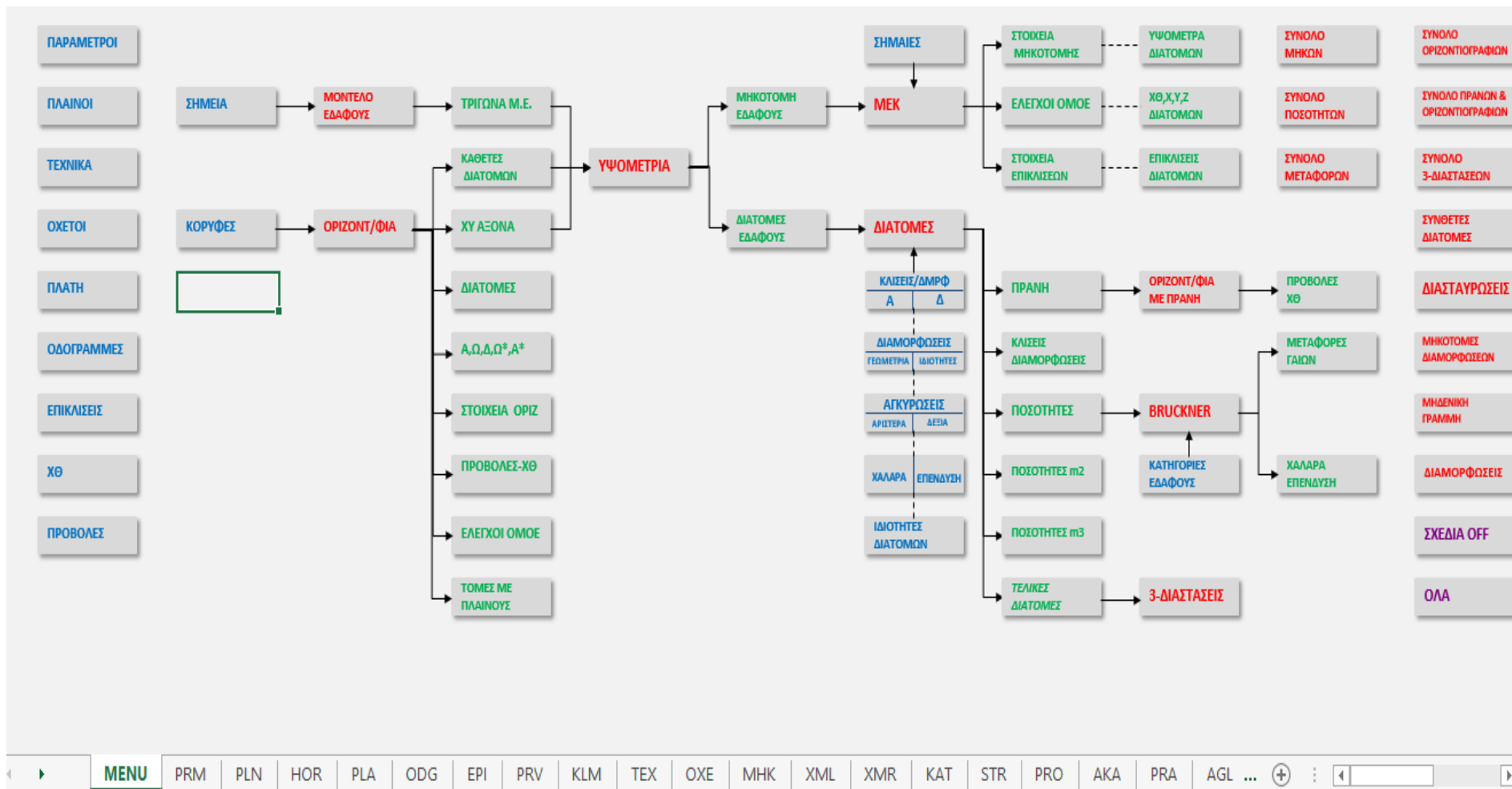
Το FM17 είναι ένα πρόγραμμα, του οποίου οι χρήστες, έχοντας βασικές γνώσεις οδοποιίας και λειτουργίας ηλεκτρονικού υπολογιστή, μπορούν να μελετήσουν μια οδό ή/και έναν ανισόπεδο κόμβο και να παράγουν τα βασικά σχέδια τους σε περιβάλλον **AutoCad** (Autodesk).

Το λογισμικό, ο αλγόριθμος του οποίου είναι γραμμένος σε γλώσσα **Fortran**, λειτουργεί στο περιβάλλον του προγράμματος **Microsoft Excel**, στα φύλλα του οποίου εισάγονται οι παράμετροι σχεδιασμού του υπό μελέτη έργου. Στη συνέχεια, εκτελούνται τα επιμέρους προγράμματα και εξάγονται τα αποτελέσματα (υπολογιζόμενα στοιχεία της χάραξης) και τα τελικά σχέδια της μελέτης.

Το **κεντρικό μενού** του λογισμικού αποτελείται από εικονίδια με τίτλους διάφορων χρωμάτων. Παρουσιάζει με εποπτικό τρόπο και καθιστά σαφή την αλληλουχία των επιμέρους σταδίων που συνθέτουν τη μελέτη μιας οδού.

Η **ροή εργασίας** για τη μελέτη μιας οδού είναι, συνοπτικά, η ακόλουθη:

- Τα απαιτούμενα **δεδομένα** σχεδιασμού της οδού εισάγονται σε φύλλα του αρχείου *Excel*, αφού πρώτα ο χρήστης πατήσει το αντίστοιχο εικονίδιο με **μπλε** κείμενο και μεταφερθεί αυτόματα στο αντίστοιχο φύλλο εισαγωγής δεδομένων.
- Στη συνέχεια, εκτελείται το αντίστοιχο **πρόγραμμα**, με πάτημα του εικονιδίου με **κόκκινο** κείμενο. Η εκτέλεση πρέπει να πραγματοποιηθεί όταν για το πρόγραμμα έχουν εισαχθεί όλα τα απαιτούμενα δεδομένα, σύμφωνα με το διάγραμμα ροής.
- Μόλις ολοκληρωθεί η εκτέλεση του αντίστοιχου προγράμματος, το αντίστοιχο **σχέδιο** ανοίγει αυτόματα. Ο χρήστης επίσης έχει τη δυνατότητα να ανοίξει τα αντίστοιχα **αρχεία εργασίας**, πατώντας τα αντίστοιχα εικονίδια με **πράσινο** κείμενο.
- Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ανά στάδιο μελέτης.



Σχήμα 5.4 Μορφή κεντρικού μενού (MENU)

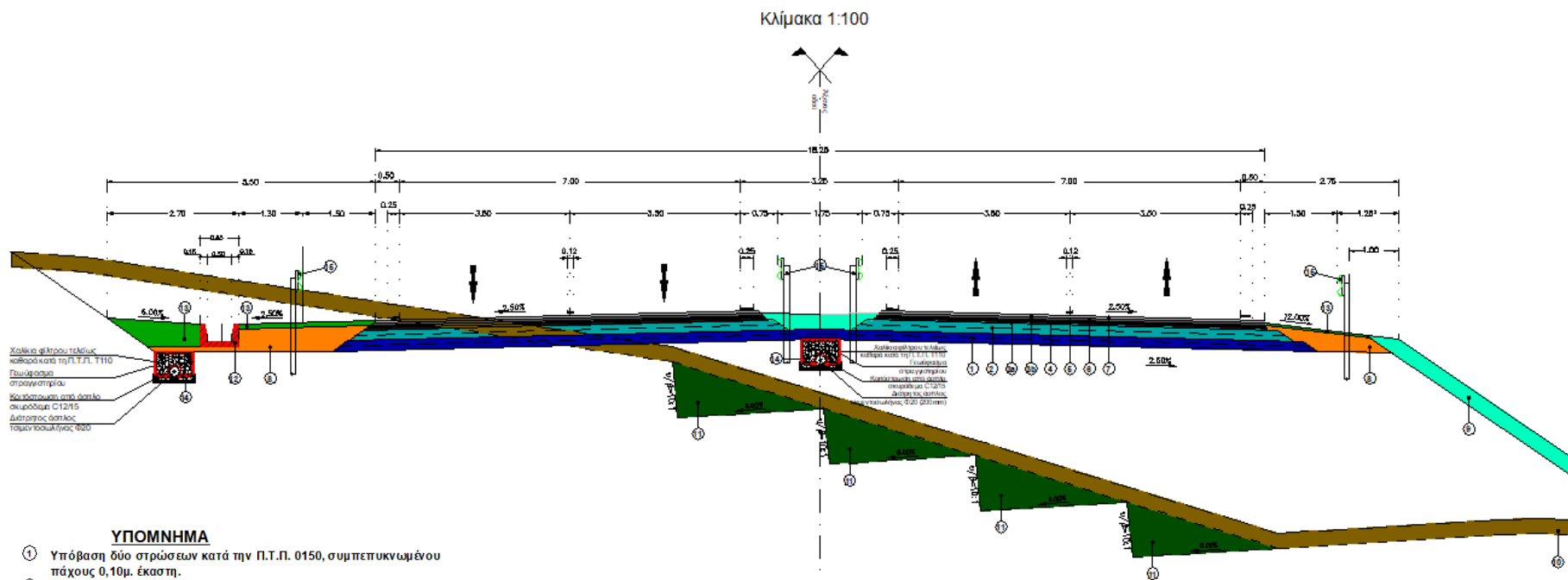
5.2 Παράδειγμα χρήσης λογισμικού FM17 για τον γεωμετρικό σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου τύπου Ρόμβου

Στα πλαίσια της καλύτερης παρουσίασης και κατανόησης των προδιαγραφών που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, αλλά κυρίως της μεθόδου προσαρμογής των σύνθετων διατομών που προτάθηκε παραπάνω, πραγματοποιήθηκε η χάραξη μιας αρτηρίας στην Κρήτη, καθώς και η μελέτη τμήματος ανισόπεδου κόμβου τύπου ρόμβου για την εξυπηρέτηση του οικισμού Καστέλι. Η χάραξη πραγματοποιείται σύμφωνα με τις ελληνικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (ΟΜΟΕ-Χ, 2001), οι οποίες βασίζονται στις γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού οδών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια εργασίας για την ολοκλήρωση της παραπάνω μελέτης.

Θεωρούνται **δεδομένα** τα εξής:

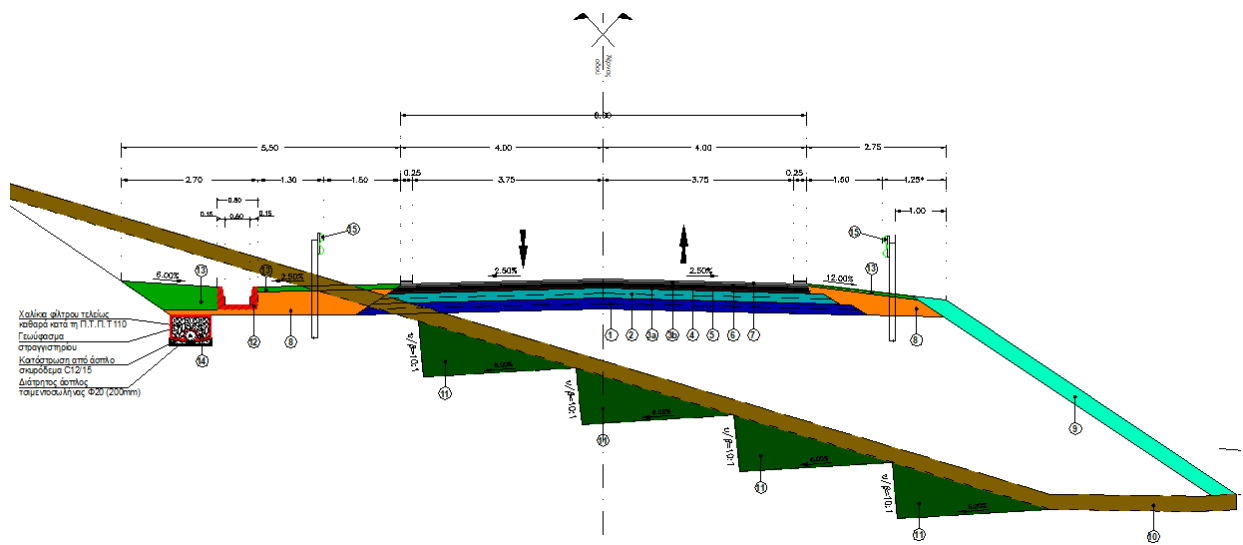
- οι συντεταγμένες ενός πλήθους **σημείων του εδάφους της περιοχής μελέτης**, οι οποίες έχουν ληφθεί από αποτύπωση της περιοχής
- κατηγορία αρτηρίας **AII**
- κατηγορία τοπικής οδού **AIII**
- ταχύτητα μελέτης αρτηρίας **$V_e=90\text{km/h}$**
- ταχύτητα μελέτης τοπικής οδού **$V_e=60\text{km/h}$**
- ταχύτητα μελέτης συνδετήριων κλάδων **$V_e=50\text{km/h}$**
- τυπική διατομή αρτηρίας (Σχήμα 5.5)
- τυπική διατομή τοπικής οδού (Σχήμα 5.6)
- τυπική διατομή κλάδων (Σχήμα 5.7)
- κλίση επιχωμάτων **2/3**
- κλίση ορυγμάτων **1/1**
- μέγιστο ύψος επιχωμάτων **20m**
- μέγιστο ύψος ορυγμάτων **30m** με αναβαθμούς 4m πλάτους ανά 10m ύψος
- ελεύθερο ύψος άνω διάβασης **5m** και ύψος φορέα **1,60m**
- συντεταγμένες των σημείων αρχής και τέλους αρτηρίας: **A8(621812,7156, 3895104,4870)** και **B8(622384,5123, 3897457,0429)**



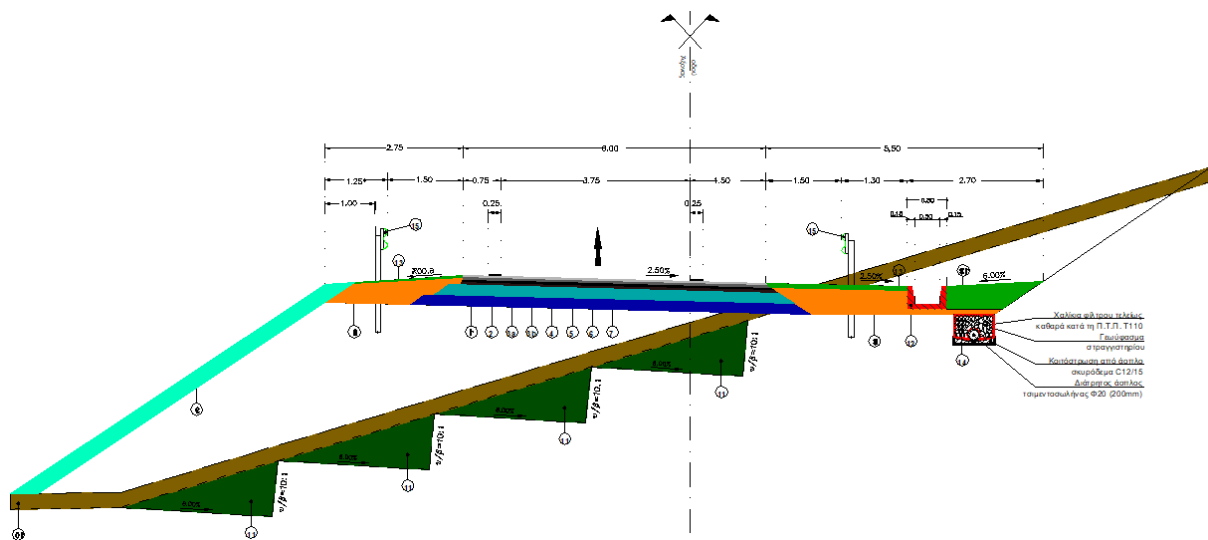
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ① Υπόβαση δύο στρώσεων κατά την Π.Τ.Π. 0150, συμπεπικνωμένου πάχους 0,10μ. έκαστη.
- ② Δύο στρώσεις βάσης κατά την Π.Τ.Π. 0155, συμπεπικνωμένου πάχους 0,10μ έκαστη.
- ③α Ασφαλτική προεπάλειψη ανασφάλτωσης βάσης.
- ③β Ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη.
- ④ Ασφαλτική στρώση βάσης συμπεπικνωμένου πάχους 0,05 μ. κατά τη Π.Τ.Π. Α260.
- ⑤ Ασφαλτική ισοπεδωτική στρώση συμπεπικνωμένου πάχους 0,05 m.
- ⑥ Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας συμπεπικνωμένου πάχους 0,05 m με χρήση κοινής ασφάλτου.
- ⑦ Αντιολισθηρή ασφαλτική στρώση συμπεπικνωμένου πάχους 0,04μ με χρήση κοινής ασφάλτου κατά τη Π.Τ.Π. Α265. (Προτείνεται να κατασκευασθεί αργότερα με χρονική διαφορά 3-4 μηνών από τη στρώση κυκλοφορίας για να εντοπισθούν και επισκευασθούν τυχόν μικρές αστοχίες της κατασκευής).
- ⑧ Κατασκευή ερασμάτων
- ⑨ Επένδυση πρανών επιχωμάτων με φυτική γη πάχους 0,30 μ.
- ⑩ Εκσκαφή χαλαρών εδαφών(*)-ακατάλληλα σε μέσο πάχος 0,30 μ.
- ⑪ Εκσκαφή αναβθμών ανκύρωσης επιχωμάτων για εγκάρσια κλίση εδάφους >15% κατά τη Π.Τ.Π. Χ1.
- ⑫ Ορθογωνικό ρείθρο ορυγμάτων με σκυρόδεμα C16/20
- ⑬ Πλήρωση νησίδων με φυτική γη
- ⑭ Στραγγιστήριο ορύγματος όπου απαιτείται
- ⑮ Σηθαίο ασφαλείας.

Σχήμα 5.5 Τυπική διατομή αρτηρίας σε ευθυγραμμία



Σχήμα 5.6 Τυπική διατομή τοπικής οδού σε ευθυγραμμία



Σχήμα 5.7 Τυπική διατομή κλάδων σε ευθυγραμμία

5.2.1 Χάραξη Αρτηρίας (αρχείο A1)

Γενικές παράμετροι χάραξης

Αρχικά καθορίζονται οι γενικές παράμετροι της υπό μελέτη οδού, όπως είναι η ονομασία της, η κατηγορία της, η ταχύτητα μελέτης κ.λ.π.. ([ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ](#))

	A	B	C	D
1	A1		Όνομα Έργου	Γενικά
2	90		Ταχύτητα Μελέτης ΟΜΟΕ (130, 120, 110, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40,30,20)	Γενικά
3	AII	MENU	Κατηγορία Δρόμου ΟΜΟΕ (AI, AII, AIII, AIV, AV, AVI, AK)	Γενικά
4	OREINO		Μορφολογία ΟΜΟΕ (PEDINO, LOFODES, OREINO)	Γενικά
5	0		0=Μη Διαχωρισμένος, 1=Διαχωρισμένος	Γενικά

Σχήμα 5.8 Γενικές παράμετροι χάραξης (φύλλο δεδομένων ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ)

Στη συνέχεια, πατάμε το πλήκτρο **MENU** και επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού.

Μοντέλο εδάφους

Για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους της περιοχής μελέτης, απαιτείται η εισαγωγή των συντεταγμένων ενός πλήθους σημείων, οι οποίες έχουν ληφθεί από αποτύπωση της περιοχής μελέτης.

Επομένως, μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων [ΣΗΜΕΙΑ](#) και καταχωρούμε τις συντεταγμένες των σημείων αυτών. Σε αυτό το φύλλο δεδομένων, η κάθε σειρά αντιστοιχεί σε ένα σημείο. Για κάθε σημείο, εισάγονται η τετμημένη, η τεταγμένη και το υψόμετρο.

Αφού εισαχθούν τα στοιχεία των σημείων, μεταβαίνουμε στο κεντρικό μενού και στη συνέχεια στο φύλλο δεδομένων [ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ](#), όπου έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλουμε κάποιες από τις παραμέτρους που σχετίζονται με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (σειρές 18 και 21 έως 30).

Ακολούθως, μεταβαίνουμε στο κεντρικό μενού και εκτελούμε το πρόγραμμα [ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ](#). Στο σχέδιο του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, φαίνονται με κίτρινο χρώμα τα τρίγωνα που δημιουργήθηκαν κατά τη διαδικασία του τριγωνισμού των δεδομένων σημείων και που αναπαριστούν την επιφάνεια του εδάφους, καθώς και οι κύριες (με έντονη γραμμή) και δευτερεύουσες ισοϋψείς που προέκυψαν.

Οριζοντιογραφία

Αρχικά, γίνεται η σχεδίαση της πολυγωνικής γραμμής της χάραξης. Η σχεδίαση πραγματοποιείται στο παραχθέν τοπογραφικό διάγραμμα, μεταξύ των δεδομένων σημείων αρχής και τέλους της οδού. Οι βασικές απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί η πολυγωνική της χάραξης είναι οι εξής:

- Προσαρμογή της χάραξης στο ανάγλυφο
- Μικρές κατά μήκος κλίσεις
- Επαρκές μήκος πλευρών πολυγωνικής
- Χαρακτηριστικά και τυχόν περιορισμοί της περιοχής μελέτης (ύπαρξη οικισμών, υφιστάμενων οδών κ.λπ.)

Βασιζόμενοι στις παραπάνω απαιτήσεις, σχεδιάζουμε μια πολυγωνική και σημειώνουμε τις συντεταγμένες των κορυφών της. Στη συνέχεια, μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **KOPYΦΕΣ**, όπου θα εισαχθούν οι συντεταγμένες των κορυφών της πολυγωνικής, καθώς και τα στοιχεία των καμπυλών της οριζοντιογραφίας, στα αντίστοιχα κελιά.

Οι **ακτίνες** που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερες από τις ελάχιστες επιτρεπόμενες σύμφωνα με τον Πίνακα 7-2 των ΟΜΟΕ-Χ (Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β), ο οποίος παρατίθεται στα δεξιά του φύλλου. Επίσης, επιλέγεται τέτοιο **μήκος κλωθοειδούς/συναρμογής (L)**, ώστε να ισχύει $R/9 \leq L \leq R$, όπου R είναι η ακτίνα του αντίστοιχου κυκλικού τόξου. Η σχέση αυτή προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη τη φυσική εξίσωση της κλωθοειδούς ($A^2 = R \cdot L$), σε συνδυασμό με τη σχέση $R/3 \leq A \leq R$ των ΟΜΟΕ-Χ (όπου A είναι η **παράμετρος της κλωθοειδούς**). Συνήθως επιλέγονται ίσα μήκη για την κλωθοειδή εισόδου στην καμπύλη και την κλωθοειδή εξόδου από αυτήν (συμμετρικά τόξα συναρμογής). Στην πρώτη και στην τελευταία κορυφή δεν υπάρχουν καμπύλες, επομένως στα κελιά των αντίστοιχων μεγεθών καταχωρείται η τιμή 0.

Το **Ποσοστό απόσβεσης στον κύκλο** αφορά στην περίπτωση όπου δεν χρησιμοποιούνται τόξα συναρμογής μεταξύ ευθυγραμμίων και κυκλικών τόξων, οπότε και καθορίζεται σε τι ποσοστό πραγματοποιείται η μεταβολή της επίκλισης εντός του κυκλικού τόξου, ενώ κατά το υπόλοιπο ποσοστό πραγματοποιείται στην ευθυγραμμία. Σε περίπτωση όπου γίνεται χρήση τόξων συναρμογής, όπως και στο συγκεκριμένο παράδειγμα, καταχωρείται η τιμή 0 σε όλα τα κελιά της στήλης.

Η **Διαπλάτωση** αφορά στη δημιουργία διαπλατύνσεων στο εσωτερικό των καμπυλών, οπότε και σε κάθε κελί καταχωρείται η εκάστοτε τιμή της διαπλάτωσης. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν εφαρμόζονται διαπλατύνσεις, οπότε και καταχωρείται η τιμή 0 σε όλα τα κελιά της στήλης.

Στη στήλη **Επίκλιση** καταχωρείται η τιμή 0 αφού αυτή θα καθοριστεί αργότερα με τη χρήση οδογραμμών.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Κορυφή	X	Y	Μήκος Συναρμογής Εισόδου	Ακτίνα Κυκλικού Τόξου	Μήκος Συναρμογής Εξόδου	Επίκλιση %	Ποσοστό απόσβεσης στον κύκλο	Διαπλάτ- ωση	A_Εισόδου	A_Εξόδου	R/9	R
1													
2	101	621812,7156	3895104,4870	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	102	621581,7727	3895576,3152	50,000	300,000	50,000	0,000	0,000	0,000	122,474	122,474	33,333	300,000
4	103	622282,2643	3895840,0388	60,000	400,000	60,000	0,000	0,000	0,000	154,919	154,919	44,444	400,000
5	104	622214,6126	3896735,5751	60,000	400,000	60,000	0,000	0,000	0,000	154,919	154,919	44,444	400,000
6	105	622397,5776	3897171,2695	60,000	400,000	60,000	0,000	0,000	0,000	154,919	154,919		400,000
7	106	622384,5123	3897457,0429	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
8													

Σχήμα 5.9 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΚΟΡΥΦΕΣ

Έπειτα, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΠΛΑΤΗ**, όπου θα καθοριστεί το πλάτος του οδοστρώματος. Για τον καθορισμό του πλάτους, χρησιμοποιούνται **«οδογραμμές»**. Οι οδογραμμές ορίζονται ως γραμμές οι οποίες διατρέχουν την οδό κατά τη διαμήκη έννοια και χωρίζουν τη διατομή της σε τμήματα με ομοιόμορφες ή γραμμικά μεταβαλλόμενες επικλίσεις. Οι οδογραμμές της δεξιάς πλευράς της οδού κατά τη φορά της χιλιομέτρησης, ορίζονται με αύξουσα αρίθμηση (1, 2, 3, ...), από τον άξονα προς τα έξω, ενώ οι αντίστοιχες οδογραμμές της αριστερής πλευράς της οδού ορίζονται με την ίδια αρίθμηση, αλλά με αρνητικό πρόσημο (-1, -2, -3, ...).

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Οδογραμμή	XΘ	Πλάτος	Ακτίνα	Απόσταση	Οδοστρωσία	Στράγγιση	Έδραση
1								
2	-1	0,000	1,375	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
3	-1	999999,000	1,375	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
4	1	0,000	1,375	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
5	1	999999,000	1,375	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
6	-2	0,000	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
7	-2	999999,000	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
8	2	0,000	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
9	2	999999,000	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000

Σχήμα 5.10 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΠΛΑΤΗ

Το **πλάτος** μιας οδογραμμής ορίζεται ως η απόσταση της οδογραμμής από την προηγούμενη ή από τον άξονα για την πρώτη οδογραμμή. Για κάθε οδογραμμή εισάγονται δύο σειρές, όπου η πρώτη σειρά αναφέρεται στη

χιλιομετρική θέση αρχής και η δεύτερη σειρά αναφέρεται στη χιλιομετρική θέση τέλους (τιμή 999999 στη δεύτερη σειρά, ώστε ως χιλιομετρική θέση τέλους να λαμβάνεται το τέλος της οδού). Εάν εισαχθούν διαφορετικά πλάτη στις δύο σειρές, τότε το πλάτος της οδογραμμής θα μεταβάλλεται γραμμικά από την τιμή αρχής στην τιμή τέλους, μεταξύ αυτών των δύο χιλιομετρικών θέσεων. Επίσης, εισάγονται τα στοιχεία τυχόν διαπλατυνσεων, καθώς και τα **πάχη οδοστρωσίας**, στράγγισης και έδρασης, σύμφωνα πάντα με την τυπική διατομή. Τα πάχη των στρώσεων στράγγισης και έδρασης, καθώς και τα στοιχεία διαπλάτυνσης (ακτίνα, απόσταση) δεν ενδιαφέρουν για το συγκεκριμένο παράδειγμα, επομένως εισάγεται η τιμή 0 σε όλα τα κελιά.

Αφού ορίσουμε τα παραπάνω στοιχεία, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και στη συνέχεια μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΟΔΟΓΡΑΜΜΕΣ**, όπου θα καθοριστεί ο τρόπος μεταβολής των επικλίσεων της οδού. Στο συγκεκριμένο φύλλο δεδομένων, η κάθε σειρά αντιστοιχεί σε μία **οδογραμμή** (όπως αυτή ορίστηκε στο φύλλο δεδομένων **ΠΛΑΤΗ**), για την οποία καθορίζεται ο **τρόπος μεταβολής των επικλίσεων** μεταξύ της οδογραμμής και της προηγούμενης της ή του άξονα, για την πρώτη οδογραμμή, με την εισαγωγή του αντίστοιχου κωδικού: εισάγεται «1» για επίκλιση 0% ή «2» για επίκλιση σύμφωνα με τις γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού οδών ή «3» για σταθερή επίκλιση προς τα έξω, με τιμή που ορίζεται στο φύλλο δεδομένων **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ** (σειρά 57).

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οι οδογραμμές -1 και 1 αναφέρονται στο αριστερό και το δεξί όριο, αντίστοιχα, της διαχωριστικής νησίδας με επίκλιση 0%. Ενώ οι οδογραμμές -2 και 2 αφορούν το άθροισμα του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας (3,75m+3,50m) και του πλάτους του ασφαλτοστρωμένου ερείσματος (0,50m), με επίκλιση σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς.

	A	B	C	D	E	F
	Οδογραμμή	Τύπος Επίκλισης	MENU			
1						
2	-1	1	Τύπος Επίκλισης			
3	1	1	1 Οριζόντιο			
4	-2	2	2 Γερμανικοί Κανονισμοί			
5	2	2	3 Κλίση από Παραμέτρους - Κελί 57			

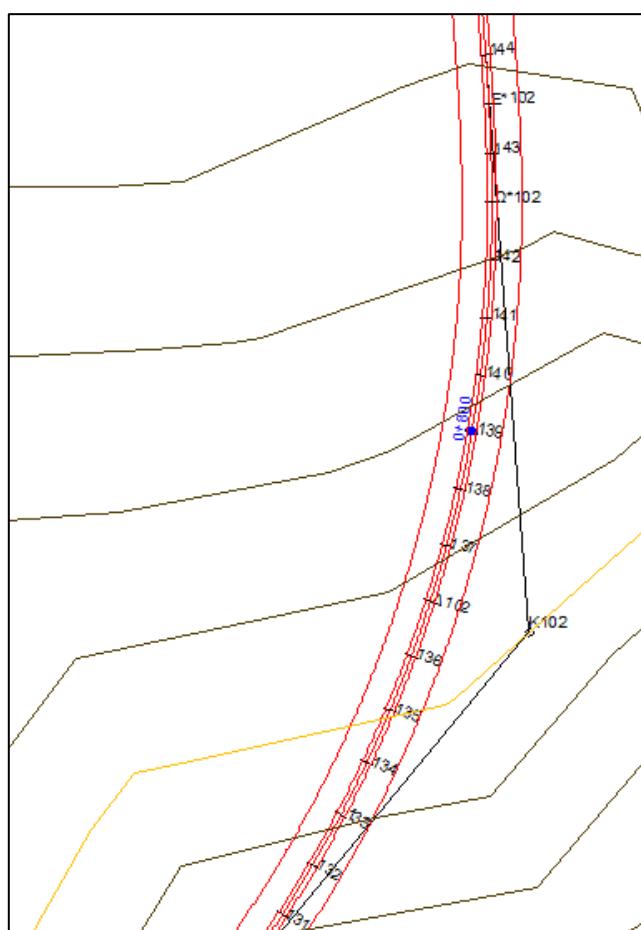
Σχήμα 5.11 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΟΔΟΓΡΑΜΜΕΣ

Στη συνέχεια, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ**, όπου έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλλουμε

κάποιες από τις παραμέτρους που σχετίζονται με την οριζοντιογραφία (σειρές 36 έως 59), όπως είναι το βήμα διατομών, η επίκλιση ευθυγραμμίας κ.α..

Σε αυτό το σημείο έχουν εισαχθεί όλα τα απαιτούμενα στοιχεία για την οριζοντιογραφία. Οπότε, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού, πατώντας το κουμπί **MENU**, και εκτελούμε το πρόγραμμα **ΟΡΙΖΟΝΤ/ΦΙΑ**.

Στο σχέδιο της οριζοντιογραφίας απεικονίζονται ο άξονας της οδού και οι οδογραμμές (οριογραμμές του οδοστρώματος) με κόκκινο χρώμα. Επίσης, σημειώνονται οι θέσεις των διατομών. Στο επάνω αριστερά μέρος του σχεδίου περιλαμβάνονται τα στοιχεία των οριζοντιογραφικών καμπυλών.



Σχήμα 5.12 Λεπτομέρεια σχεδίου οριζοντιογραφίας

Στο αρχείο εργασίας **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΙΖ.**, περιέχονται τα στοιχεία των κορυφών της πολυγωνικής γραμμής και των οριζοντιογραφικών καμπυλών.

Στο αρχείο εργασίας **ΔΙΑΤΟΜΕΣ**, περιλαμβάνονται τα στοιχεία όλων των διατομών (χαρακτηριστικών και μη). Από αυτό το αρχείο λαμβάνεται και το

συνολικό μήκος της οδού, το οποίο συμπίπτει με τη χιλιομετρική θέση της τελευταίας διατομής.

Στο αρχείο εργασίας **ΕΛΕΓΧΟΙ ΟΜΟΕ** περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα των ελέγχων της χάραξης σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ. Διαβάζουμε τα αποτελέσματα των ελέγχων που αφορούν στην οριζοντιογραφία. Σε περίπτωση όπου κάποιος από τους ελέγχους δεν ικανοποιούνται, προβαίνουμε στις κατάλληλες διορθώσεις των δεδομένων, εκτελούμε ξανά το πρόγραμμα **ΟΡΙΖΟΝΤ/ΦΙΑ** και ξαναδιαβάζουμε τα αποτελέσματα των ελέγχων. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου να μην υπάρχουν προβλήματα στη χάραξη.

Υψομετρία

Έχοντας καταλήξει σε μία αποδεκτή οριζοντιογραφία, εκτελούμε το πρόγραμμα **ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**, για το οποίο δεν απαιτείται η εισαγωγή επιπλέον δεδομένων. Με την εκτέλεση του προγράμματος, λαμβάνονται τα απαιτούμενα στοιχεία (υψόμετρα), μέσω του συνδυασμού του ψηφιακού μοντέλου του εδάφους και της οριζοντιογραφίας, για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου σχεδίου, στο οποίο απεικονίζεται η επιφάνεια του εδάφους κατά μήκος του άξονα της οδού, καθώς και εγκάρσια σε αυτόν, στις θέσεις των διατομών.

Μηκοτομή και Διάγραμμα επικλίσεων

Διαθέτοντας τα απαραίτητα δεδομένα για τη δημιουργία της μηκοτομής του εδάφους, μπορούμε να εκτελέσουμε το πρόγραμμα **ΜΕΚ**. Πριν από την εκτέλεση του προγράμματος, μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ** και ορίζουμε το πλάτος ελέγχου για τη σχέση $\Delta s = \frac{q_{\max} - q_0}{L} \cdot a$ (σειρά 69), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για το διάγραμμα επικλίσεων. Στο παράδειγμα αυτό, το πλάτος ελέγχου συμπίπτει με το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας (από τυπική διατομή – βλ. Σχήμα 4.5), επομένως είναι 7,75m.

Στη συνέχεια, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και εκτελούμε το πρόγραμμα **ΜΕΚ**, το σχέδιο του οποίου περιλαμβάνει τη μηκοτομή του εδάφους, το διάγραμμα επικλίσεων και το διάγραμμα διαπλάτυνσης της οδού. Η γραμμή εδάφους απεικονίζεται με πράσινο χρώμα. Οι μαύρες κατακόρυφες γραμμές αντιστοιχούν στις θέσεις των διατομών, ενώ ο υψομετρικός ορίζοντας της μηκοτομής (ορίζεται στο φύλλο δεδομένων **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ** – σειρά 66) αναγράφεται κάτω αριστερά στο σχέδιο.

Ο καθορισμός της ερυθράς γραμμής (μηκοτομή οδού), με βάση τη μηκοτομή του εδάφους, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα εξής βασικά κριτήρια:

- **Μικρός όγκος χωματισμών:** Επιδιώκεται ο συνολικός όγκος των χωματισμών να είναι όσο το δυνατόν μικρός, επομένως θα πρέπει η ερυθρά γραμμή να ακολουθεί, όσο είναι εφικτό, τη γραμμή εδάφους.
- **Μέγιστα ύψη επιχωμάτων και ορυγμάτων:** Θα πρέπει τα ύψη των πρανών των επιχωμάτων και ορυγμάτων να μην υπερβαίνουν κάποιες δεδομένες τιμές, για περιβαλλοντικούς και τεχνικούς λόγους.
- **Εξίσωση επιχωμάτων και ορυγμάτων:** Επιδιώκεται η εξίσωση των επιχωμάτων και ορυγμάτων, για πρακτικούς λόγους (τα προϊόντα των εκσκαφών για τη δημιουργία ορυγμάτων, θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή επιχωμάτων, με την προϋπόθεση ότι είναι κατάλληλα).
- **Μικρές κατά μήκος κλίσεις:** Οι κατά μήκος κλίσεις θα πρέπει να διατηρούνται όσο το δυνατόν μικρές για λόγους ασφάλειας της κυκλοφορίας, μείωσης εκπομπής καυσαερίων και ποιότητας της κυκλοφοριακής ροής. Παράλληλα, θα πρέπει να εξασφαλίζεται μία ελάχιστη τιμή της κατά μήκος κλίσης, για λόγους απορροής των ομβρίων της οδού.
- **Μήκος τμημάτων με σταθερή κατά μήκος κλίση:** Θα πρέπει τα επιμέρους τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση να μην έχουν υπερβολικά μικρό μήκος, διότι ενδεχομένως να υπάρξει εμπλοκή (αλληλοεπικάλυψη) μεταξύ των διαδοχικών καμπυλών.

Βάσει των παραπάνω κριτηρίων, σχεδιάζουμε μια τεθλασμένη γραμμή στη μηκοτομή του εδάφους και σημειώνουμε τις συντεταγμένες των κορυφών της («σημαίες»). Οι τετμημένες αντιστοιχούν στις **χιλιομετρικές θέσεις** και οι τεταγμένες αντιστοιχούν στα **υψόμετρα**. Σημειώνεται ότι η κλίμακα των υψόμετρων είναι δεκαπλάσια σε σχέση με την κλίμακα των χιλιομετρικών θέσεων, για λόγους ευκρίνειας του σχεδίου, και επιπλέον υπάρχει και ο ορίζοντας των υψόμετρων (δηλαδή η υψομετρική στάθμη πάνω από την οποία απεικονίζονται τα σημεία του εδάφους). Επομένως, το υψόμετρο κάθε σημαίας προκύπτει ως εξής:

$$H_i = \frac{Y_i}{10} + H_{op}$$

- όπου: - H_i : υψόμετρο της σημαίας i
- Y_i : τεταγμένη της σημαίας i
- H_{op} : υψόμετρο ορίζοντα

Ακολουθώντας, μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων ΣΗΜΑΙΕΣ, όπου θα εισαχθούν τα στοιχεία των σημαιών, καθώς και οι **ακτίνες** των τόξων στρογγύλευσης (κυρτές και κοίλες καμπύλες μηκοτομής), στα αντίστοιχα κελιά. Οι ακτίνες των τόξων στρογγύλευσης της μηκοτομής επιλέγονται σύμφωνα με τον Πίνακα 8-2 των ΟΜΟΕ-Χ, εάν πρόκειται για κυρτές καμπύλες (Οριακές τιμές ακτίνων κυρτών κατακόρυφων καμπυλών συναρμογής για οδούς των ομάδων Α και Β) και σύμφωνα με τον Πίνακα 8-3 των ΟΜΟΕ-Χ, εάν πρόκειται για κοίλες καμπύλες (Ελάχιστες τιμές ακτίνων κοίλων κατακόρυφων καμπυλών συναρμογής για οδούς των ομάδων Α και Β). Οι πίνακες αυτοί παρατίθενται στα δεξιά του φύλλου.

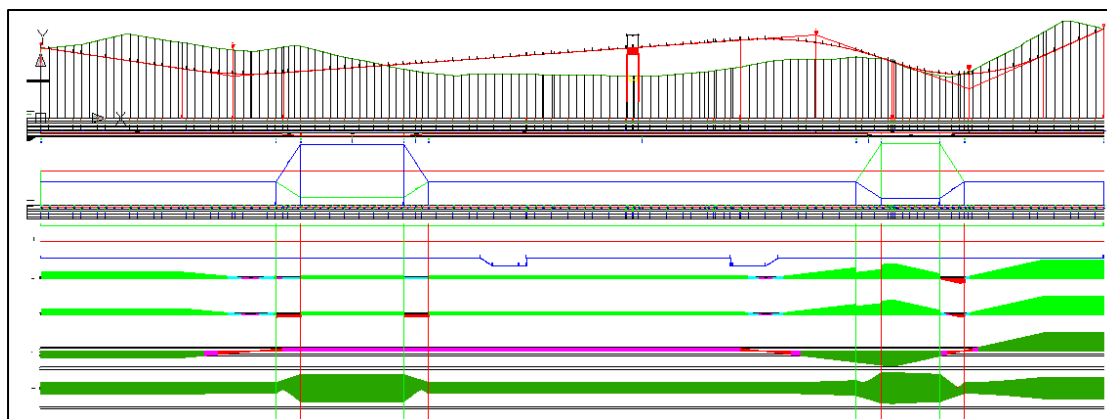
Επιπλέον, για κάθε σημαία υπολογίζονται αυτόματα και εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα οι κατά μήκος **κλίση s**, το **μήκος T** εφαπτομένης της καμπύλης και το **βέλος f** της καμπύλης (η κατακόρυφη απόσταση σημαίας και καμπύλης).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Σημαία	ΧΘ	351,300	Ακτίνα	Προσθήκη	Κλίση	Μήκος T	Βέλος f
2	F101	0,000	356,870	0,000	0			
3	F102	460,000	350,000	11000,000	1	-1,493%	121,427	0,670
4	F103	1860,000	360,000	8500,000	1	0,714%	181,313	1,934
5	F104	2226,000	347,000	4500,000	1	-3,552%	179,911	3,596
6	F105	2550,472	361,420	0,000	0	4,444%		

Σχήμα 5.13 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΣΗΜΑΙΕΣ

Αφού έχουν εισαχθεί όλα τα δεδομένα, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και εκτελούμε ξανά το πρόγραμμα **ΜΕΚ**. Τώρα, στο αντίστοιχο σχέδιο, υπάρχει η μηκοτομή της οδού, το διάγραμμα επικλίσεων, το διάγραμμα διαπλάτυνσης της οδού, καθώς και τρία διαγράμματα ελέγχου της χάραξης: τα διαγράμματα διαφοράς μεταξύ της κατά μήκος κλίσης και της πρόσθετης κλίσης των οριογραμμών (s-Δs), το διάγραμμα κατά μήκος κλίσης s και το διάγραμμα σύνθετης (λοξής) κλίσης.

Στο κάτω μέρος του σχεδίου της μηκοτομής της οδού υπάρχει υπόμνημα όπου περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, τα υψόμετρα ερυθράς και εδάφους, τα στοιχεία των διατομών και οι θέσεις και τα στοιχεία των ευθυγραμμιών και καμπυλών της οριζοντιογραφίας.



Σχήμα 5.14 Μηκοτομή

Στο αρχείο δεδομένων **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ**, περιέχονται τα στοιχεία των σημαιών, των κατά μήκος κλίσεων και των τόξων στρογγύλευσης της μηκοτομής.

Στα αρχεία δεδομένων **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΛΙΣΕΩΝ** και **ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ**, περιέχονται τα στοιχεία των επικλίσεων της οδού.

Στο αρχείο δεδομένων **ΕΛΕΓΧΟΙ ΟΜΟΕ** περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα των ελέγχων της χάραξης σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ. Διαβάζουμε τα αποτελέσματα των ελέγχων, οι οποίοι αφορούν στη μηκοτομή και στις επικλίσεις. Σε περίπτωση όπου κάποιοι από τους ελέγχους δεν ικανοποιούνται, προβαίνουμε στις κατάλληλες διορθώσεις των δεδομένων στο φύλλο **ΣΗΜΑΙΕΣ**, εκτελούμε ξανά το πρόγραμμα ΜΕΚ και ξαναδιαβάζουμε τα αποτελέσματα των ελέγχων. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου να μην υπάρχουν προβλήματα στη χάραξη.

Διατομές

Για την εκτέλεση του προγράμματος των διατομών και τη δημιουργία του αντίστοιχου σχεδίου, θα πρέπει πρώτα να καταχωρηθούν τα απαιτούμενα δεδομένα, όπως είναι η κλίση των πρηνών και η γεωμετρία των διαμορφώσεων της οδού.

Αρχικά, μεταβαίνουμε στα φύλλα δεδομένων **ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ Α & Δ**, όπου θα εισαχθούν τα δεδομένα για τις διαμορφώσεις και τις κλίσεις των πρηνών στην αριστερή (Α) και δεξιά (Δ) πλευρά της οδού. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα και σύμφωνα με την τυπική διατομή, εφαρμόζονται συνολικά δύο διαμορφώσεις: Η πρώτη διαμόρφωση είναι ορθογωνικό ρείθρο, σε περίπτωση ορύγματος, και εισάγεται με την ονομασία **«TAFROS»**. Η δεύτερη

διαμόρφωση είναι μη ασφαλοστρωμένο έρεισμα με στηθαίο ασφαλείας, σε περίπτωση επιχώματος, και εισάγεται με την ονομασία «**EREISMA**».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Από ΧΘ	Έως ΧΘ	Από ΔΗ	Έως ΔΗ	Από Επίκλιση	Έως Επίκλιση	Διαμόρφωση Δρόμου	Κλίση Πρανούς	Διαμόρφωση Εδάφους
1									
2	0,000	3000,000	-30,000	0,600	-10,000	10,000	TAFROS	-1,0000	0
3	0,000	3000,000	-1,000	0,600	-10,000	10,000	TAFROS	0,6667	0
4	0,000	3000,000	0,000	20,000	-10,000	10,000	EREISMA	0,6667	0
5									

Σχήμα 5.15 Εισαγωγή δεδομένων στα φύλλα δεδομένων ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ Α & Δ

Για κάθε διαμόρφωση καταχωρούνται οι **χιλιομετρικές θέσεις**, τα **ύψη των πρανών** και οι **τιμές της επίκλισης**, μεταξύ των οποίων θα σχεδιαστεί η αντίστοιχη διαμόρφωση. Καταχωρείται, επίσης, η **κλίση του πρανούς** μετά το τέλος της αντίστοιχης διαμόρφωσης. Η τιμή της κλίσης δίνεται σε μορφή δεκαδικού αριθμού και είναι θετική για πρανές σε επίχωμα και αρνητική για πρανές σε όρυγμα. Στο παράδειγμα αυτό, από την τυπική διατομή προκύπτει ότι η κλίση για πρανές σε επίχωμα (διαμόρφωση ΕΡΕΙΣΜΑ) είναι 2:3, δηλαδή 0,6667, και η κλίση για πρανές σε όρυγμα (διαμόρφωση ΤΑΦΡΟΣ) είναι -1:1, δηλαδή -1. Τέλος, στην στήλη **Διαμόρφωση εδάφους** καταχωρείται ο κωδικός που αντιστοιχεί σε κάποια διαμόρφωση στο πόδι ή στο φρύδι του πρανούς επιχώματος ή ορύγματος αντίστοιχα. Εδώ, σύμφωνα με την τυπική διατομή, δεν εφαρμόζεται κάποια διαμόρφωση σε αυτές τις θέσεις, επομένως καταχωρείται η τιμή 0 στα αντίστοιχα κελιά.

Αφού καθοριστούν τα παραπάνω στοιχεία και στα δύο φύλλα δεδομένων (αριστερά και δεξιά της οδού), επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ-ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ**, στο οποίο θα καθοριστεί η γεωμετρία των διαμορφώσεων που έχουν οριστεί. Στο συγκεκριμένο φύλλο δεδομένων, κάθε σειρά αντιστοιχεί σε ένα ευθύγραμμο τμήμα της αντίστοιχης διαμόρφωσης και συμπληρώνεται ως εξής:

Διαμόρφωση: Καταχωρείται η ονομασία της αντίστοιχης διαμόρφωσης, όπως ακριβώς καθορίστηκε στα φύλλα δεδομένων ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ Α & Δ.

ΔΧ, ΔΥ: Περιγράφεται η γεωμετρία της αντίστοιχης διαμόρφωσης ανά τμήμα, με χρήση των οριζόντιων (ΔΧ) και κατακόρυφων (ΔΥ) συνιστωσών (μηκών) των τμημάτων. Άρα, χρησιμοποιούνται τόσες σειρές στο φύλλο, όσα είναι και τα επιμέρους ευθύγραμμα τμήματα που συναποτελούν τη διαμόρφωση. Η περιγραφή της κάθε διαμόρφωσης έχει ως αφετηρία το σημείο τέλους του οδοστρώματος (δηλαδή την αντίστοιχη οδογραμμή) και ως τέλος το σημείο έναρξης του πρανούς. Οι τιμές των ΔΧ που καταχωρούνται είναι θετικές όταν οι αντίστοιχες οριζόντιες συνιστώσες των τμημάτων έχουν κατεύθυνση από

την οδό προς το πρηνές. Οι τιμές των ΔΥ που καταχωρούνται είναι θετικές όταν οι αντίστοιχες κατακόρυφες συνιστώσες των τμημάτων έχουν κατεύθυνση από επάνω προς τα κάτω.

ΔΥ/ΔΧ (%): Αναφέρεται στην κλίση του κάθε τμήματος της αντίστοιχης διαμόρφωσης και αποτελεί εναλλακτικό τρόπο περιγραφής της γεωμετρίας των διαμορφώσεων, αντί της χρήσης των κατακόρυφων συνιστωσών. Επομένως, για την περιγραφή ενός τμήματος διαμόρφωσης εισάγονται είτε τα ΔΧ και ΔΥ, είτε τα ΔΧ και κλίση, ανάλογα με τα στοιχεία που δίνονται κάθε φορά (στη στήλη που δεν χρησιμοποιείται καταχωρείται η τιμή 0). Οι τιμές των κλίσεων που καταχωρούνται είναι θετικές όταν η φορά τους είναι από επάνω προς τα κάτω.

ΔΖ: Εισάγεται το πάχος (βάθος) του τμήματος της διαμόρφωσης, σε περίπτωση όπου επιθυμείται να εμφανίζεται στο σχέδιο των διατομών. Εάν δεν επιθυμείται να εμφανίζεται, εισάγεται η τιμή 0.

Κωδικός: Εισάγεται ένας κωδικός που αντιστοιχεί σε κάποια πρόσθετη ενέργεια που περιγράφεται στον πίνακα στα δεξιά του φύλλου δεδομένων.

	A	B	C	D	E	F	G	V	W	X	Y	Z
	Διαμόρφωση	ΔΧ	ΔΥ	ΔΥ/ΔΧ [%]	ΔΖ	Κωδικός	Κλίση %	MENU				
1												
2	EREISMA	1,5000	0,00000	12,0000	0,0000	-1		Κωδικός				
3	EREISMA	0,2500	0,00000	12,0000	0,0000	2			-2 Στραγγιστήριο στο Τέλος του Τμήματος			
4	TAFROS	2,9000	0,00000	2,5000	0,0000	2			-1 Σηθαίο Ασφαλείας στο Τέλος του Τμήματος			
5	TAFROS	0,0500	0,35000	0,0000	0,0000	0			0 Καμιά Ενέργεια			
6	TAFROS	0,5000	0,00000	0,0000	0,0000	0			1 Κλίση η Κλίση της Τελευταίας Οδογραμμή			
7	TAFROS	0,0500	-0,35000	0,0000	0,0000	0			2 Αναγραφή Υψομέτρου/Κλίσης/Διαστάσεων			
8	TAFROS	2,0000	0,00000	-6,0000	0,0000	2						
9	TAFROS	0,0010	-0,00100	0,0000	0,0000	0						

Σχήμα 5.16 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ–ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ.

Αφού περιγραφεί η γεωμετρία των διαμορφώσεων, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και στη συνέχεια μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ–ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**, όπου θα καθοριστούν κάποιες ιδιότητες των διαμορφώσεων. Σε αυτό το φύλλο δεδομένων, κάθε σειρά αντιστοιχεί σε μία διαμόρφωση, όπως έχει καθοριστεί στα φύλλα δεδομένων **ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ Α & Δ**.

Για κάθε διαμόρφωση καταχωρούνται τα εξής στοιχεία:

Διαμόρφωση: Καταχωρείται η ονομασία της αντίστοιχης διαμόρφωσης, όπως ακριβώς καθορίστηκε στα φύλλα δεδομένων **ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ Α & Δ**.

Τομή οδοστρωσίας/στράγγισης/έδρασης: Εισάγεται ο αριθμός του τμήματος της διαμόρφωσης (ή στην προέκτασή του, εφόσον δεν υπάρχει τομή), όπως καθορίστηκε στο φύλλο δεδομένων **ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ-ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ**, όπου θα τερματιστεί η βάση της οδοστρωσίας/στράγγισης/έδρασης. Εάν εισαχθεί η τιμή 0, τότε η βάση της οδοστρωσίας/στράγγισης/έδρασης τερματίζεται στο πρηνές (ή στην προέκτασή του, εφόσον δεν υπάρχει τομή πρηνούς και στρώσης).

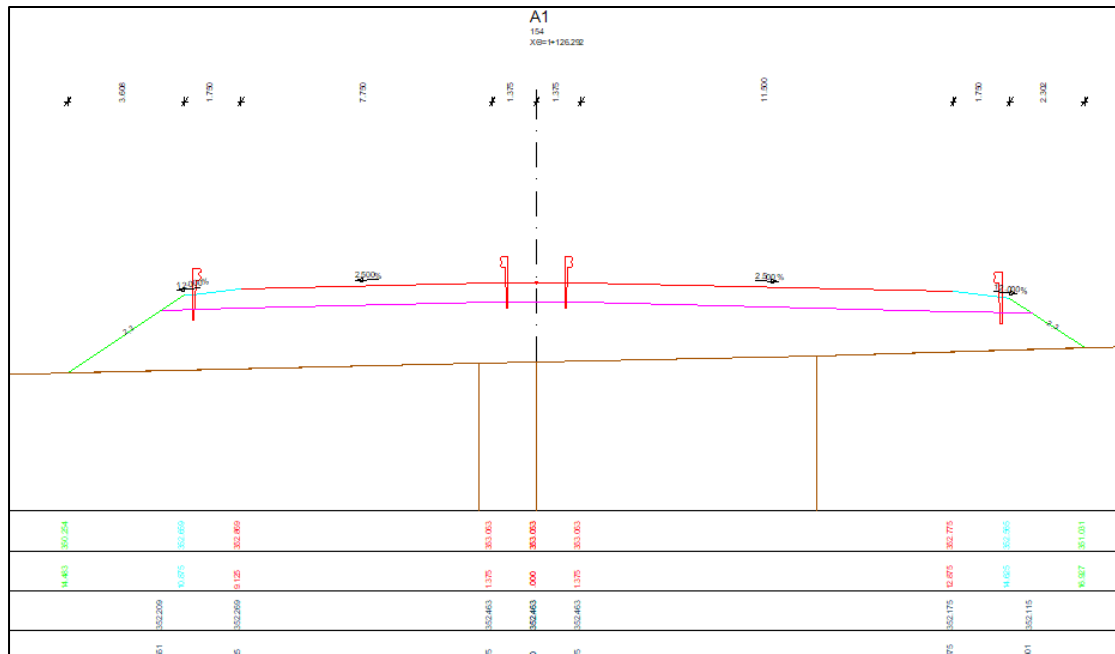
Έναρξη ή τέλος πρηνών οριζοντιογραφίας: Εισάγεται ο αριθμός του τμήματος διαμόρφωσης, από το τέλος του οποίου θα εμφανιστεί γραμμοσκίαση των πρηνών στην οριζοντιογραφία. Συνήθως εισάγεται ο αριθμός του τελευταίου τμήματος της διαμόρφωσης.

Χαρακτηριστικό υψόμετρο διαμόρφωσης: Εισάγεται ο αριθμός του τμήματος διαμόρφωσης, για το τέλος του οποίου θα δημιουργηθεί μηκοτομή (μηκοτομή διαμορφώσεων αριστερά και δεξιά).

	A	B	C	D	E	F
	Διαμόρφωση	Τομή Οδοστρωσίας	Τομή Στράγγισης	Τομή Έδρασης	Έναρξη ή Τέλος Πρηνών Οριζοντιογραφίας	Χαρακτηριστικό Υψόμετρο Διαμόρφωσης
1						
2	TAFROS	6	6	6	6	2
3	EREISMA	0	0	0	1	1

Σχήμα 5.17 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ-ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.

Έχοντας καταχωρήσει όλα τα απαιτούμενα δεδομένα για τις διατομές, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και εκτελούμε το πρόγραμμα **ΔΙΑΤΟΜΕΣ**. Το σχέδιο των διατομών περιλαμβάνει τις διατομές της οδού, τη μία πάνω από την άλλη, σε αύξουσα χιλιομετρική θέση από κάτω προς τα επάνω. Στο κάτω μέρος κάθε διατομής περιλαμβάνονται πληροφορίες για τα υψόμετρα και τις αποστάσεις από τον άξονα, των διάφορων στοιχείων της διατομής.



Σχήμα 5.18 Τυχαία διατομή της αρτηρίας σε επίχωμα.

Διάγραμμα Bruckner

Τα απαιτούμενα δεδομένα για τη δημιουργία του διαγράμματος Bruckner εισάγονται στο φύλλο δεδομένων **ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ**. Συγκεκριμένα, εισάγονται τα ποσοστά καταλλήλων, γαιωδών/ημιβραχωδών και βραχωδών εδαφών, καθώς και ο συντελεστής επιπλήσματος. Ως χιλιομετρική θέση αρχής ορίζεται η αρχή του οδικού τμήματος (τιμή 0) και ως χιλιομετρική θέση τέλους εισάγεται μια τιμή μεγαλύτερη ή ίση με το συνολικό μήκος του οδικού τμήματος. Στη συνέχεια, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και εκτελούμε το πρόγραμμα **BRUCKNER**.

Υπενθυμίζεται ότι η θέση του τελικού σημείου ως προς τον οριζόντιο άξονα (χιλιομετρικές θέσεις), δείχνει τη σχέση μεταξύ των όγκων ορυγμάτων και επιχωμάτων (αλγεβρικό άθροισμα κύβων) στο σύνολο της οδού. Εάν το τελικό σημείο βρίσκεται πάνω από τον οριζόντιο άξονα (θετικό άθροισμα κύβων), τότε υπάρχει περίσσια ορυγμάτων, ενώ εάν βρίσκεται κάτω από αυτόν (αρνητικό άθροισμα κύβων), τότε υπάρχει περίσσια επιχωμάτων. Γενικά, επιδιώκεται το τελικό σημείο να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στον οριζόντιο άξονα (το αλγεβρικό άθροισμα των κύβων να πλησιάζει στο μηδέν), προκειμένου οι όγκοι των χωματισμών να είναι περίπου ίσοι.

Στο αρχείο εργασίας **ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΓΑΙΩΝ**, περιέχονται πληροφορίες σχετικά με την κίνηση των εκχωμάτων (γαιών), κατά μήκος της οδού.

Τέλος, στο αρχείο εργασίας **ΧΑΛΑΡΑ - ΕΠΕΝΔΥΣΗ**, περιέχονται πληροφορίες σχετικά με τις ποσότητες των χαλαρών εδαφών (φυτικών γαιών) και την επένδυση των πρανών επιχωμάτων με φυτική γη, κατά μήκος της οδού.

Οριζοντιογραφία με πρανή

Για τη δημιουργία της οριζοντιογραφίας με τα πρανή δεν απαιτείται η εισαγωγή πρόσθετων δεδομένων, επομένως εκτελούμε απευθείας το πρόγραμμα **ΟΡΙΖΟΝΤ/ΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΝΗ**.

Δημιουργείται το σχέδιο της οριζοντιογραφίας της οδού, που περιλαμβάνει τα πρανή και τις διαμορφώσεις της οδού. Επιπλέον, στο σχέδιο σημειώνονται και οι θέσεις των σημαιών της μηκοτομής, καθώς και οι θέσεις αρχής και τέλους των τόξων στρογγύλευσης της μηκοτομής.

Τρισδιάστατο προσομοίωμα της οδού

Χωρίς την εισαγωγή πρόσθετων δεδομένων και εκτελώντας το πρόγραμμα **3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**, δημιουργείται ένα **τρειςδιάστατο σχέδιο**, στο οποίο απεικονίζονται το οδόστρωμα, οι διαμορφώσεις και τα πρανή της οδού. Επιπλέον, περιλαμβάνονται και οι ισοϋψείς της τελικής επιφάνειας.

Λοιπά σχέδια της οδού

Εκτός των βασικών σχεδίων μελέτης της οδού που περιγράφηκαν παραπάνω, δίνεται η δυνατότητα να παραχθούν και τα εξής σχέδια, εκτελώντας το αντίστοιχο πρόγραμμα:

- Σχέδιο που περιλαμβάνει τις οριζοντιογραφίες όλων των χαράξεων του συγκεκριμένου έργου (αρτηρία, τοπική οδός, κλάδοι), εκτελώντας το πρόγραμμα **ΣΥΝΟΛΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΩΝ**.
- Σχέδιο που περιλαμβάνει τις σύνθετες διατομές οδών που συμπίπτουν ή τρέχουν παράλληλα (αρτηρία-κλάδος), εκτελώντας το πρόγραμμα **ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ**.
- Σχέδιο που περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία των σημείων τομής (συντεταγμένες, χιλ. θέσεις, υψόμετρα, υψομ.διαφορές), οδών που διασταυρώνονται μεταξύ τους (αρτηρία-τοπική οδός), εκτελώντας το πρόγραμμα **ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ**. Τα παραπάνω στοιχεία εξάγονται ταυτόχρονα και σε αρχείο δεδομένων.

Προκειμένου, βέβαια, να εμφανιστούν τα παραπάνω σχέδια και αρχεία δεδομένων, θα πρέπει πρώτα να έχει γίνει η μελέτη όλων των επιμέρους οδών, ώστε να εισαχθούν τα αντίστοιχα αρχεία στο φύλλο δεδομένων ΠΛΑΙΝΟΙ. Στο συγκεκριμένο φύλλο δεδομένων κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε μία οδό της οποίας ζητάμε την προβολή ή την τομή. Για κάθε οδό εισάγονται οι **χιλιομετρικές θέσεις αρχής και τέλους** του τμήματος της αρτηρίας που περιλαμβάνει την ζητούμενη οδό, ο **φάκελος που περιέχει το αρχείο δεδομένων** της αντίστοιχης οδού, καθώς και ένας **κωδικός** που δηλώνει αν πρόκειται για διασταυρούμενη ή παράλληλη οδό (1:τομή, 2:προβολή).

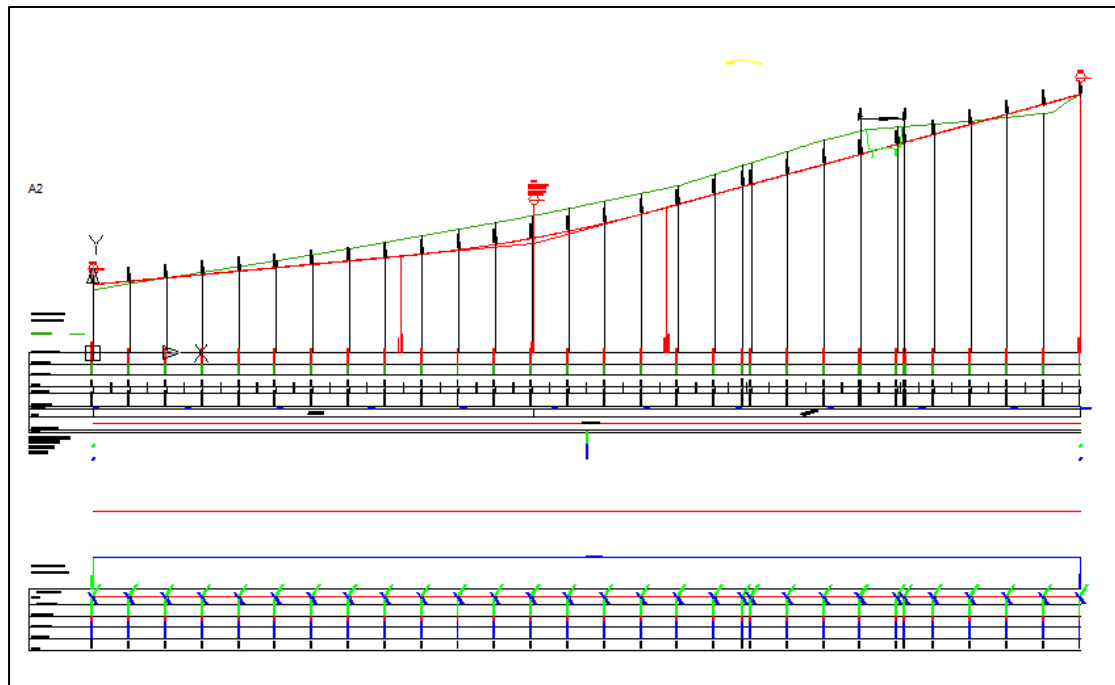
	A	B	C	D	E	F
	Από ΧΘ-1	Έως ΧΘ-1	Φάκελος Δρόμου Προβολής / Τομής	Από ΧΘ-2	Έως ΧΘ-2	Κωδικός
1						
2	1400,000	1450,000	C:\ΕΚΟ17-ΡΡΙΑ2	0	5000	1
3	1100,000	1700,000	C:\ΕΚΟ17-ΡΡΙΑ3	0	5000	2
4						

Σχήμα 5.19 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΠΛΑΙΝΟΙ.

5.2.2 Χάραξη Τοπικής οδού (αρχείο A2)

Με την ίδια διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω, σχεδιάζεται άλλη μία οδός, η **οριζοντιογραφία** της οποίας τέμνει κάθετα την αρτηρία και πληροί τις προδιαγραφές και τα δεδομένα της τοπικής οδού (κατηγορία, ταχύτητα, τυπική διατομή, κ.λ.π.).

Η **μηκοτομή** της τοπικής οδού, στο συγκεκριμένο παράδειγμα, διέρχεται κάτω από τη μηκοτομή της αρτηρίας, ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται η απαιτούμενη υψομετρική διαφορά ίση με 6,60m (5,00m ελεύθερο ύψος άνω διάβασης + 1.60m ύψος φορέα). Υπενθυμίζεται ότι η υψομετρική διαφορά των σημείων τομής των οριζοντιογραφιών λαμβάνεται εκτελώντας το πρόγραμμα **ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ** (στήλη ΔZij), αφού προηγουμένως έχει συμπληρωθεί το φύλλο δεδομένων ΠΛΑΙΝΟΙ.



Σχήμα 5.20 Μηκοτομή τοπικής οδού

Επιπλέον, από το αρχείο δεδομένων **ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ** λαμβάνονται οι συντεταγμένες του σημείου τομής των αξόνων (σημείο 1), οι οποίες εισάγονται στο φύλλο δεδομένων **ΠΡΟΒΟΛΕΣ** της αρτηρίας, με το όνομα T-A1-A2, ώστε η διατομή του να εμφανίζεται σε όλα τα σχέδια της αρτηρίας.

Τομές - L9									
A/A	Δρόμος_i	Δρόμος_j	X	Y	Zi	Zj	ΔZij	X0i	X0j
1	A1	A2	622242.5032	3896366.3749	356.004	349.065	6.939	1420.374	354.065
2	A1	A2	622242.2015	3896370.3689	356.044	348.959	7.085	1424.379	353.858
3	A1	A2	622242.8049	3896362.3809	355.964	348.971	6.993	1416.369	354.273
4	A1	A2	622241.1267	3896366.3425	356.005	349.028	6.977	1420.445	352.688
5	A1	A2	622240.8250	3896370.3365	356.045	348.922	7.122	1424.451	352.481
6	A1	A2	622241.4284	3896362.3485	355.964	348.933	7.031	1416.440	352.896
7	A1	A2	622233.3684	3896366.1598	355.815	348.815	7.000	1420.848	344.928
8	A1	A2	622233.0667	3896370.1537	355.855	348.709	7.145	1424.853	344.720
9	A1	A2	622233.6702	3896362.1658	355.774	348.721	7.054	1416.842	345.135
10	A1	A2	622243.8797	3896366.4073	356.003	349.103	6.900	1420.303	355.442
11	A1	A2	622243.5779	3896370.4014	356.043	348.997	7.046	1424.308	355.234
12	A1	A2	622244.1814	3896362.4133	355.963	349.009	6.954	1416.297	355.650
13	A1	A2	622251.6380	3896366.5901	355.805	349.316	6.489	1419.901	363.202
14	A1	A2	622251.3362	3896370.5841	355.845	349.210	6.635	1423.906	362.995
15	A1	A2	622251.9397	3896362.5961	355.765	349.221	6.544	1415.895	363.410

Σχήμα 5.21 Αρχείο δεδομένων ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ.

A	B	C	D	E	F	G	H
Όνομα	X	Y	Z_Επιθυμητό	Προσθήκη Διατομής	Από	Έως	MENU
1							
2	T-A1-A2	622242,5032	3896366,3749	0,0000	1	0,000	0,000
3							Προσθήκη Διατομής
4							0 Όχι 1 Ναι

Σχήμα 5.22 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΠΡΟΒΟΛΕΣ.

Τέλος, μεταβαίνουμε πάλι στο αρχείο της αρτηρίας (A1) και στο φύλλο δεδομένων **ΤΕΧΝΙΚΑ** εισάγουμε το αντίστοιχο τεχνικό έργο, στην προκειμένη περίπτωση μια γέφυρα για τη διασταύρωση της αρτηρίας με την τοπική οδό. Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε ένα τεχνικό έργο για το οποίο συμπληρώνονται το όνομα, η χιλιομετρική θέση αρχής και τέλους, ο κωδικός του έργου, όπως περιγράφεται στην αντίστοιχη λίστα, και το ύψος του φορέα.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Όνομα	Από ΧΘ	Έως ΧΘ	Κωδικός	Υψος	Προσθήκη Διατομών	ΔΜΦ Αρ.	ΔΜΦ Δεξ.	MENU		
1											
2	GEFYRA	1406,000	1434,000	G	1,600	1	0	0	Κωδικός		
3										0 Παρατήρηση	
4										G Γέφυρα	
5										S Σπραγγα	
6										C Εξοκαφή & Επανεπίχωση	
7										KD Κάτω Διάβαση	
8										TA Τμήχος Αριστερά	
9										TD Τμήχος Δεξιά	
10										E Εμπόδια Αεροδρομίων	

Σχήμα 5.23 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΤΕΧΝΙΚΑ

5.2.3 Χάραξη κλάδων ανισόπεδου κόμβου (αρχείο A3)

Η διαδικασία συμπλήρωσης του αρχείου δεδομένων των κλάδων εξόδου και εισόδου (αρχείο A3) είναι όμοια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω για τα αρχεία την αρτηρία και την τοπική οδό. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οι δύο κλάδοι αντιμετωπίζονται ως μία ενιαία χάραξη με αρχικό σημείο την αρχή του κλάδου εξόδου και τελικό σημείο το τέλος του κλάδου εισόδου.

Οριζοντιογραφία

Αρχικά, σχεδιάζεται η πολυγωνική γραμμή της χάραξης. Η σχεδίαση πραγματοποιείται πάνω στο σχέδιο **ΣΥΝΟΛΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΩΝ**, το οποίο στην παρούσα φάση περιλαμβάνει τις οριζοντιογραφίες της αρτηρίας και της τοπικής οδού.

Οι δύο πρώτες και οι δύο τελευταίες **κορυφές** της πολυγωνικής ορίζονται επάνω στην δεξιά οριογραμμή της λωρίδας αλλαγής ταχύτητας. Δηλαδή, σε απόσταση από τον άξονα της αρτηρίας ίση με 12,875m (1.375m + 7.75m + 3.75m). Οι υπόλοιπες κορυφές ορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε η χάραξη να τέμνει κάθετα την τοπική οδό.

Όσον αφορά στην απόσταση των κορυφών των κλάδων από το υπόλοιπο τεχνικό έργο (σημείο τομής αρτηρίας – τοπικής οδού), θα πρέπει η περιοχή εξόδου και εισόδου να τοποθετούνται σε αρκετή απόσταση από αυτό, προκειμένου να γίνονται εύκολα αντιληπτές από τον οδηγό, ενώ η

διασταύρωση των κλάδων με την τοπική οδό θα πρέπει να τοποθετείται όσο γίνεται πιο κοντά στην αρτηρία, ώστε το τελικό έργο να καταλαμβάνει λιγότερη έκταση. Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι η τελική απόσταση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η διαθέσιμη έκταση γης για την κατασκευή του έργου, οι έλεγχοι του ΟΜΟΕ, η μηκοτομή της χάραξης κ.α. Υπάρχει, συνεπώς, η πιθανότητα προχωρώντας τη μελέτη της χάραξης να χρειαστεί να μεταβάλλουμε την συγκεκριμένη απόσταση αρκετές φορές έως ότου πετύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Βασιζόμενοι στις παραπάνω απαιτήσεις, σχεδιάζουμε μια πολυγωνική και σημειώνουμε τις συντεταγμένες των κορυφών της στο φύλλο δεδομένων **KOPYΦΕΣ**. Οι **ακτίνες** που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερες από τις ελάχιστες επιτρεπόμενες για κλάδους, σύμφωνα με τους κανονισμούς (Πίνακας 3.3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Κορυφή	X	Y	Μήκος Συνοριακής Εισόδου	Ακτίνα Κυκλικού Τόξου	Μήκος Συνοριακής Εξόδου	Επικλίση %	Ποσοστό απόσβεσης στον κύκλο	Διαπλάτυνση	A_Εισόδου	A_Εξόδου	R/9	R	Απόσταση (i, i+1)
2	301	622276.0404	3896093.3456	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
3	302	622271.5464	3896152.8350	30,000	120,000	30,000	0,000	0,000	0,000	60,000	60,000	13,333	120,000	59,659
4	303	622321.8880	3896328.0466	17,000	120,000	17,000	0,000	0,000	0,000	45,166	45,166	13,333	120,000	182,245
5	304	622319.8487	3896407.8933	17,000	120,000	17,000	0,000	0,000	0,000	45,166	45,166	13,333	120,000	79,868
6	305	622240.7551	3896560.4323	30,000	120,000	30,000	0,000	0,000	0,000	60,000	60,000	13,333	120,000	171,825
7	306	622236.1303	3896621.6529	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	61,395

Σχήμα 5.24 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων KOPYΦΕΣ

Έπειτα, επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΠΛΑΤΗ**, όπου θα καθοριστεί το πλάτος του οδοστρώματος. Όπως είδαμε και παραπάνω, ο καθορισμός των πλατών γίνεται με τη χρήση οδογραμμών. Στην παρούσα φάση, θα ορίσουμε τα πλάτη σύμφωνα με την τυπική διατομή των κλάδων (Σχήμα 5.7), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.25. Επισημαίνεται ότι τα πλάτη πρόκειται να τροποποιηθούν στη συνέχεια για την διαμόρφωση των περιοχών εξόδου και εισόδου.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Οδογραμμή	ΧΘ	Πλάτος	Ακτίνα	Απόσταση	Οδοστρωσία	Στράγγιση	Έδραση
2	-1	0,000	4,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
3	-1	999999,000	4,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
4	1	0,000	1,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
5	1	999999,000	1,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000

Σχήμα 5.25 Εισαγωγή προσωρινών δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΠΛΑΤΗ

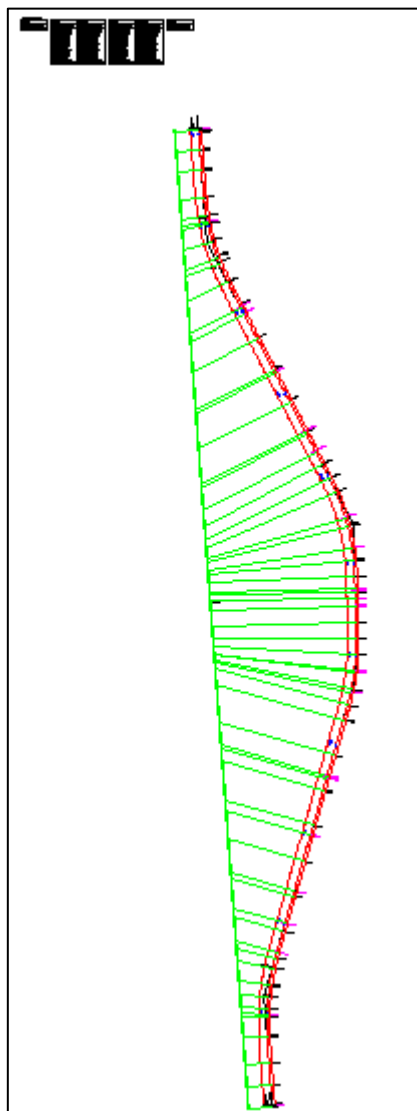
Στην περίπτωση των κλάδων, σε αντίθεση με την αρτηρία και την τοπική οδό, οι επικλίσεις καθορίζονται αναλυτικά στο φύλλο δεδομένων **ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ** λαμβάνοντας υπόψη τα εξής:

- Στην αρχή και στο τέλος της χάραξης (αρχή εξόδου και τέλος εισόδου, αντίστοιχα) εισάγεται επίκλιση ίση με την επίκλιση της κύριας αρτηρίας. (π.χ. από την πρώτη κορυφή έως την αρχή της πρώτης κλωθειδούς εισάγεται επίκλιση -2,5% για την οριογραμμή -1 και 2.5% για την οριογραμμή 1, αντίστοιχα.)
- Στα κυκλικά τόξα επιλέγεται επίκλιση σύμφωνα με την αντίστοιχη ακτίνα και την ταχύτητα μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη τις οριακές τιμές που δίνονται από τους κανονισμούς (Πίνακας 3.3, Σχήμα 3.3) και πάντα με την κατωφέρεια στην εσωτερική πλευρά.
- Στην περιοχή που οι κλάδοι διασταυρώνονται με την τοπική οδό, εφαρμόζεται μονοκλινής επίκλιση, ίση με την κατά μήκος κλίση της τοπικής οδού.
- Σε όλα τα ενδιάμεσα ευθύγραμμα τμήματα λαμβάνεται ενιαία επίκλιση ίση με 2.5%, κατά απόλυτη τιμή.

	A	B	C
	Οδογραμμή	ΧΘ	Επίκλιση
1			
2	-1	0,000	-2,500000
3	-1	23,138	-2,500000
4	-1	53,138	-6,000000
5	-1	65,634	-6,000000
6	-1	95,634	-2,500000
7	-1	251,000	-2,500000
8	-1	271,000	2,739900
9	-1	291,000	2,739900
10	-1	300,000	-2,500000
11	-1	452,173	-2,500000
12	-1	482,173	-6,000000
13	-1	500,527	-6,000000
14	-1	530,527	-2,500000
15	-1	552,357	-2,500000

Σχήμα 5.26 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ

Σε αυτό το σημείο έχουν εισαχθεί όλα τα απαιτούμενα στοιχεία, οπότε επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και εκτελούμε το πρόγραμμα **ΟΡΙΖΟΝΤ/ΦΙΑ**.



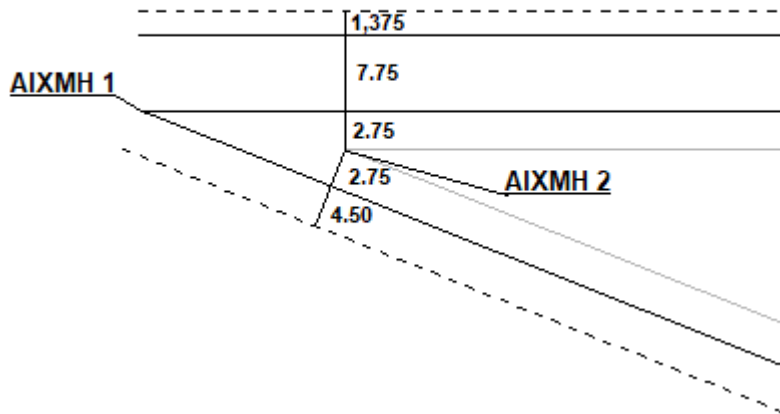
Σχήμα 5.27 Οριζοντιογραφία κλάδων

Σημείωση: Οι συντεταγμένες των κορυφών των κλάδων που βρίσκονται επί της αρτηρίας (κορυφές 301,302,305,306) εισάγονται επίσης στο φύλλο δεδομένων **ΠΡΟΒΟΛΕΣ** στο αρχείο της αρτηρίας.

Καθορισμός αιχμών

Το επόμενο βήμα είναι να καθορίσουμε τις αιχμές των περιοχών εξόδου και εισόδου. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, με τον όρο **αιχμή** εννοούμε το σημείο στο οποίο η δεξιά οριογραμμή του αυτοκινητοδρόμου συναντά την αριστερή οριογραμμή του κλάδου στο πλήρες πλάτος της. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, για την έξοδο, αυτή η αιχμή αναφέρεται ως «**Αιχμή 1**», ενώ το σημείο μέχρι το οποίο πραγματοποιούνται οι διαμορφώσεις του οδοστρώματος της περιοχής της αιχμής αναφέρεται ως «**Αιχμή 2**». Για την είσοδο τα σημεία αυτά είναι τα «**Αιχμή 4**» και «**Αιχμή 3**», αντίστοιχα.

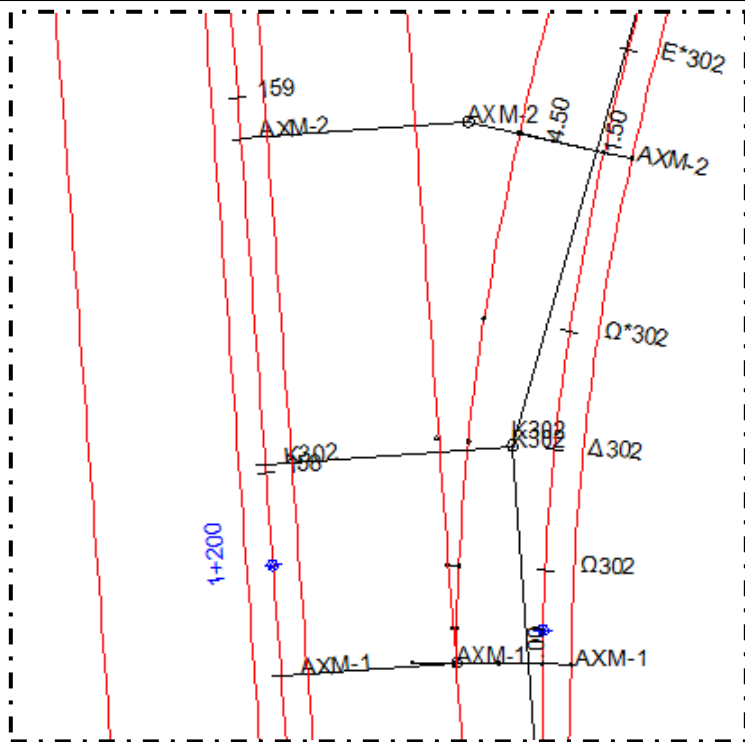
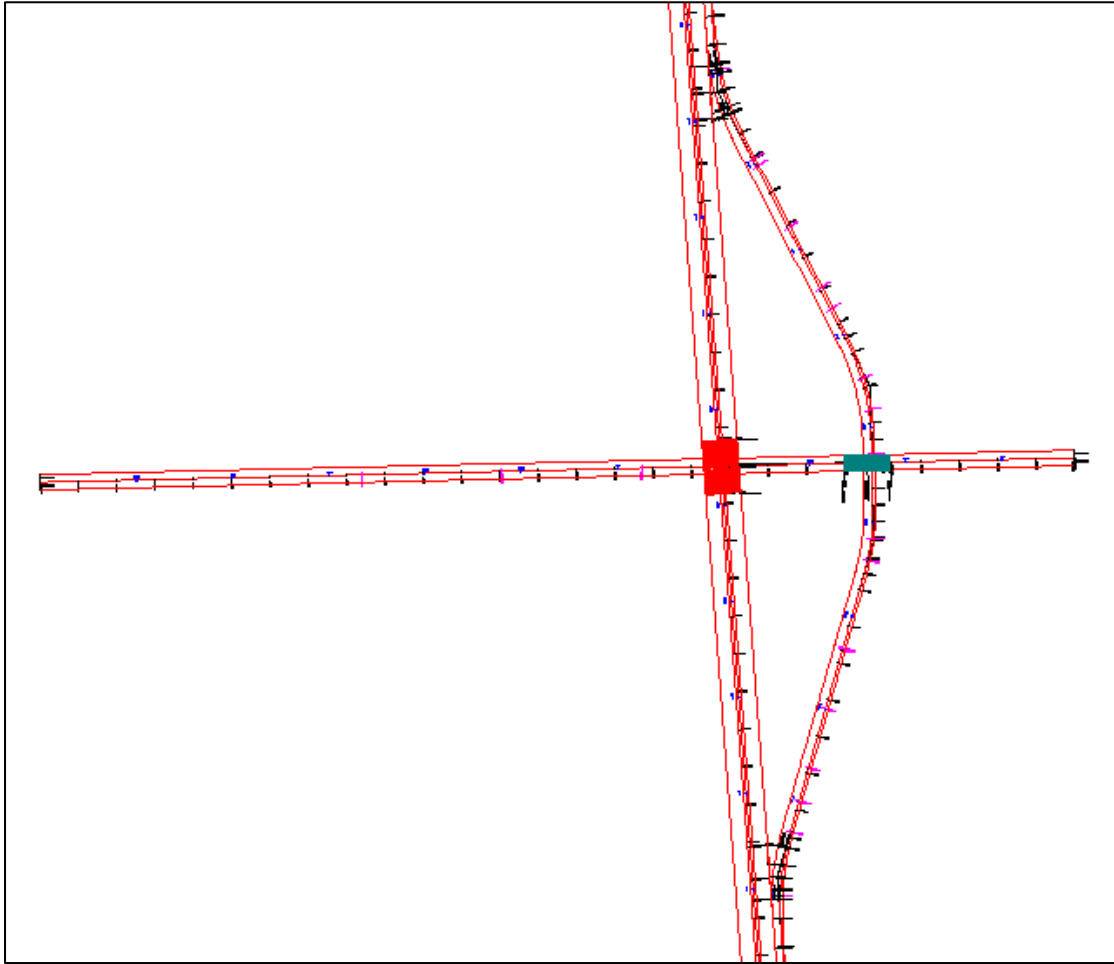
Για τον προσδιορισμό των παραπάνω σημείων ανατρέχουμε στο σχέδιο **ΣΥΝΟΛΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΩΝ** και εντοπίζουμε τις θέσεις των αιχμών, με τον τρόπο που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.28.



Σχήμα 5.28 Σκαρίφημα αιχμών εξόδου με τις αντίστοιχες αποστάσεις οριογραμμών

Αφού εντοπίσουμε τις θέσεις των αιχμών, σημειώνουμε τις συντεταγμένες τους και τις εισάγουμε στο φύλλο δεδομένων **ΠΡΟΒΟΛΕΣ** (στα αρχεία A1 και A3), ώστε να δημιουργηθούν οι αντίστοιχες διατομές.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να μεταβούμε πάλι στο φύλλο δεδομένων **ΠΛΑΤΗ** προκειμένου να τα διορθώσουμε. Συγκεκριμένα για την οδογραμμή -1, από την αρχή του κλάδου μέχρι την Αιχμή 1, το πλάτος πρέπει να είναι σταθερό και ίσο με 3,75m, δηλαδή όσο και το πλάτος της λωρίδας επιβράδυνσης. Στη συνέχεια ο κλάδος πρέπει να λάβει σταδιακά το πλάτος όπως δίνεται στη τυπική διατομή. Έτσι, μετά την Αιχμή 1, το πλάτος μεταβάλλεται γραμμικά από 3.75m σε 4.50m και παραμένει σταθερό μέχρι την Αιχμή 2, όπου από εκεί και μετά τα πλάτη μεταβάλλονται με όμοιο τρόπο. Για την οδογραμμή 1, από την αρχή μέχρι την Αιχμή 1 το πλάτος μεταβάλλεται γραμμικά από μηδέν σε 1.50m και μετά παραμένει σταθερό μέχρι την Αιχμή 2, όπου από τη θέση αυτή και μετά, τα πλάτη μεταβάλλονται με όμοιο τρόπο.



Σχήμα 5.29 Σύνολο Οριζοντιογραφιών με αιχμές

Μηκοτομή

Για την χάραξη της μηκοτομής των κλάδων χρησιμοποιείται η μέθοδος που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4. Στο σημείο που έχουμε φτάσει, έχουμε πλέον όλα τα απαιτούμενα δεδομένα για να χρησιμοποιήσουμε τους τύπους (4.6) και (4.7). Στους Πίνακες 5.1 και 5.2 παρουσιάζονται όλα τα δεδομένα καθώς και τα υπολογιζόμενα στοιχεία για την περιοχή της εξόδου και της εισόδου, αντίστοιχα.

Σημειώνεται ότι οι χιλιομετρικές θέσεις των απαιτούμενων σημείων λαμβάνονται από τα αρχεία δεδομένων **ΔΙΑΤΟΜΕΣ**, ενώ τα υπόλοιπα δεδομένα λαμβάνονται από τα αντίστοιχα φύλλα δεδομένων, όπως εμείς τα ορίσαμε προηγουμένως. Η κλίση s_1 λαμβάνεται ίση με την κλίση της κύριας αρτηρίας, δηλαδή ίση με 1%.

Πίνακας 5.1 Δεδομένα και υπολογιζόμενα στοιχεία μηκοτομής για την περιοχή εξόδου.

Δεδομένα		Αποτελέσματα	
$V_e = T$ (m)	50,00	x_1 (m)	49,413
R (m)	120,00	x_2 (m)	48,238
A (m)	60,000	x_A (m)	23,138
b_Λ (m)	3,75	L (m)	30,000
b_2 (m)	4,50	q_M	-5,4283%
q_1	-2,50%	dh (m)	0,1387750
q_2	-6,00%	s_2	-0,192786%
s_1	1,00%	H (m)	8383,7314

Πίνακας 5.2 Δεδομένα και υπολογιζόμενα στοιχεία μηκοτομής για την περιοχή εισόδου.

Δεδομένα		Αποτελέσματα	
$V_e = T$ (m)	50,00	x_1 (m)	48,118
R (m)	120,00	x_2 (m)	46,943
A (m)	60,000	x_A (m)	72,056
b_Λ (m)	3,75	L (m)	30,000
b_2 (m)	4,50	q_M	-5,4299%
q_1	-2,50%	dh (m)	0,1623433
q_2	-6,00%	s_2	-2,473406%
s_1	-1,00%	H (m)	6786,9938

Υπενθυμίζεται ότι:

x_1 = η χιλιομετρική απόσταση της αιχμής από την αρχή του κλάδου εξόδου ή το τέλος του κλάδου εισόδου, αντίστοιχα, επί της αρτηρίας.

x_2 = η χιλιομετρική απόσταση της αιχμής από την αρχή του κλάδου εξόδου ή το τέλος του κλάδου εισόδου, αντίστοιχα, επί του κλάδου.

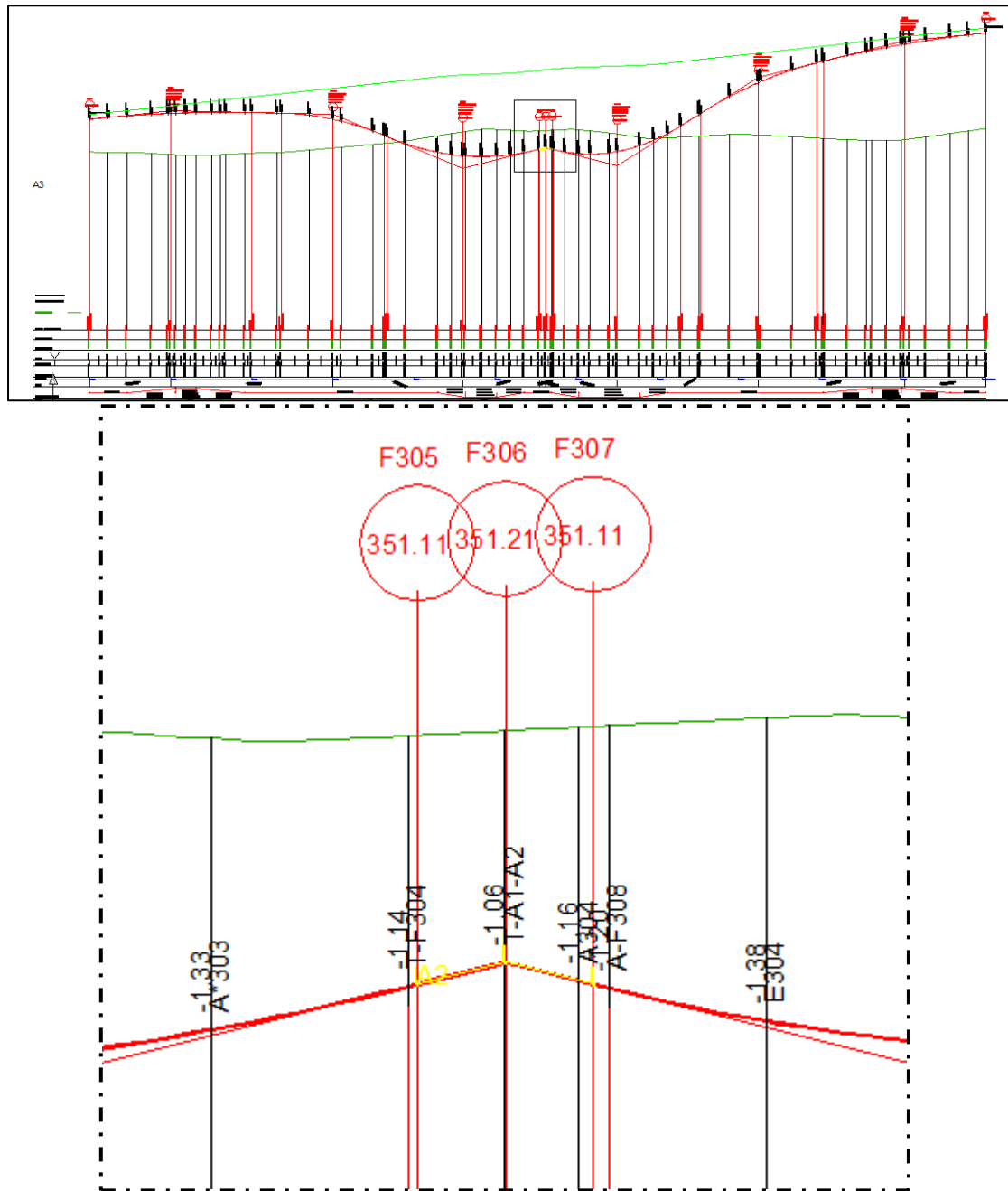
x_A = η χιλιομετρική απόσταση της αρχής της κλωθοειδούς από την αρχή του κλάδου εξόδου ή του τέλους της κλωθοειδούς από το τέλος του κλάδου εισόδου, αντίστοιχα, επί του κλάδου.

Επισημαίνεται ότι η διαδικασία υπολογισμού είναι ίδια για την έξοδο και την είσοδο. Η μόνη διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι στην έξοδο οι δεδομένες αποστάσεις μετρώνται από την αρχή του κλάδου εξόδου, ενώ στην είσοδο μετρώνται από το τέλος του κλάδου εισόδου. Αντίστοιχα, ως δεδομένη εφαπτομένη θεωρείται για την έξοδο η πρώτη, ενώ για την είσοδο η τελευταία. Δηλαδή, κατά τον υπολογισμό των στοιχείων τις μηκοτομής η περιοχή της εισόδου αντιμετωπίζεται σαν μία έξοδος με αντίθετη κλίση ή αλλιώς τα δεδομένα της μετρώνται από το τέλος προς τα πίσω.

Με τα στοιχεία που έχουμε ως τώρα μπορούμε να καθορίσουμε τις δύο πρώτες και τις δύο τελευταίες **σημείες** τις μηκοτομής, με τις αντίστοιχες **ακτίνες**, καθώς και τις **κλίσεις** με τις οποίες αυτές συνδέονται με τις γειτονικές σημείες. Ο καθορισμός των υπόλοιπων σημείων, συνεπώς και η ολοκλήρωση της μηκοτομής γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε στη περιοχή της διασταύρωσης με την τοπική οδό η κατά μήκος κλίση να ταυτίζεται με την επίκλιση της τοπικής οδού, δηλαδή οι δύο χαραξίες να ταυτίζονται στα σημεία τομής. Σύμφωνα με τις παραπάνω απαιτήσεις, συμπληρώνεται το φύλλο δεδομένων **ΣΗΜΑΙΕΣ**. Άρα τελικά προκύπτει η μηκοτομή του Σχήματος 5.31.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Σημεία	ΧΘ	Υψόμετρο	Ακτίνα	Προσθήκη	Κλίση	Μήκος T	Βέλος f
2	F301	0,000	352,9690	0,000	0			
3	F302	50,000	353,4690	8383,73138	1	1,0000%	50,000	
4	F303	150,000	353,2762	1600,00000	1	-0,1928%	31,928	
5	F304	230,000	349,9292	1400,000	1	-4,1838%	46,787	
6	F305	277,234	351,1100	0,000	0	2,5000%		
7	F306	281,234	351,2100	0,000	0	2,5000%		
8	F307	285,234	351,1100	0,000	0	-2,5000%		
9	F308	325,234	350,1100	900,000	1	-2,5000%	39,302	
10	F309	412,356	355,5409	1900,000	1	6,2337%	35,723	
11	F310	502,356	357,7670	6786,994	1	2,4734%	50,000	
12	F311	552,357	358,2670	0,000	0	1,0000%		

Σχήμα 5.30 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΣΗΜΑΙΕΣ.

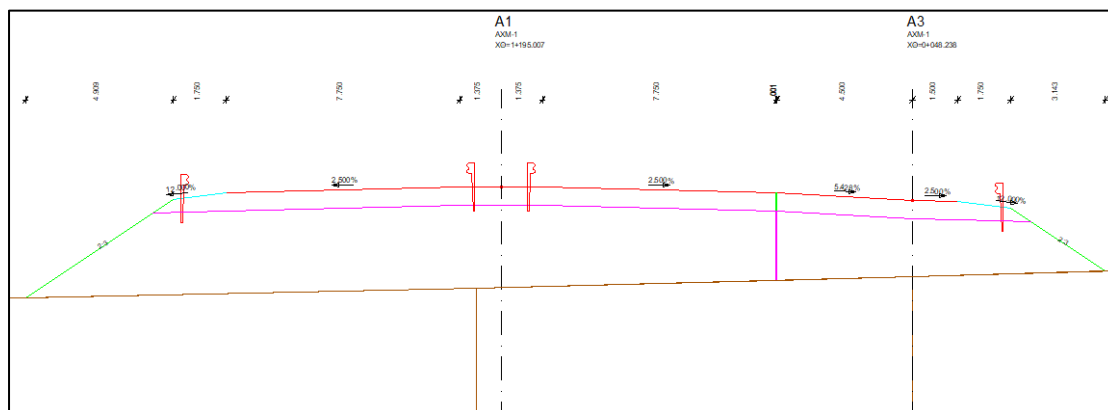


Σχήμα 5.31 Μηκοτομή κλάδων

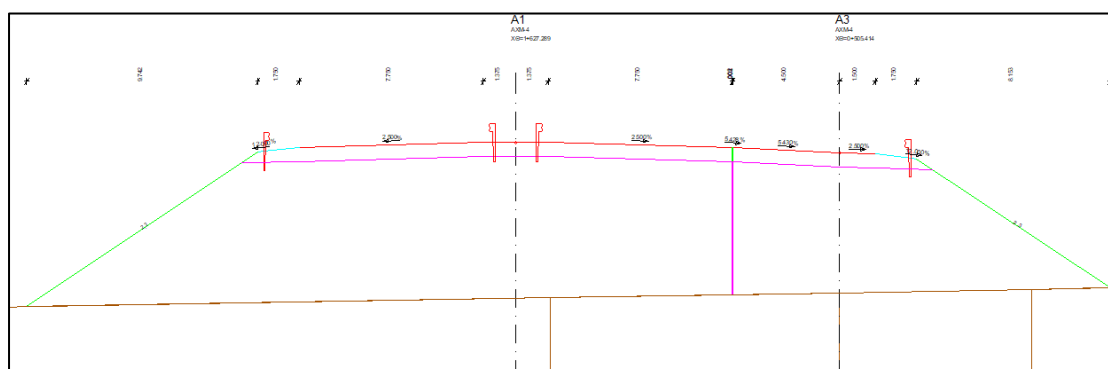
Διατομές

Για την εκτέλεση του προγράμματος των διατομών και τη δημιουργία του αντίστοιχου σχεδίου, συμπληρώνονται τα αντίστοιχα φύλλα δεδομένων όπως ακριβώς έγινε και για τις υπόλοιπες χαράξεις, σύμφωνα πάντα με την τυπική διατομή.

Εκτελώντας τώρα το πρόγραμμα **ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ** θα δούμε ότι στις διατομές της **αιχμής 1** και της **αιχμής 4** κλάδος και αρτηρία σχηματίζουν ένα ενιαίο κατάστρωμα.



Σχήμα 5.32α Σύνθετη διατομή αιχμής 1



Σχήμα 5.32β Σύνθετη διατομή αιχμής 4

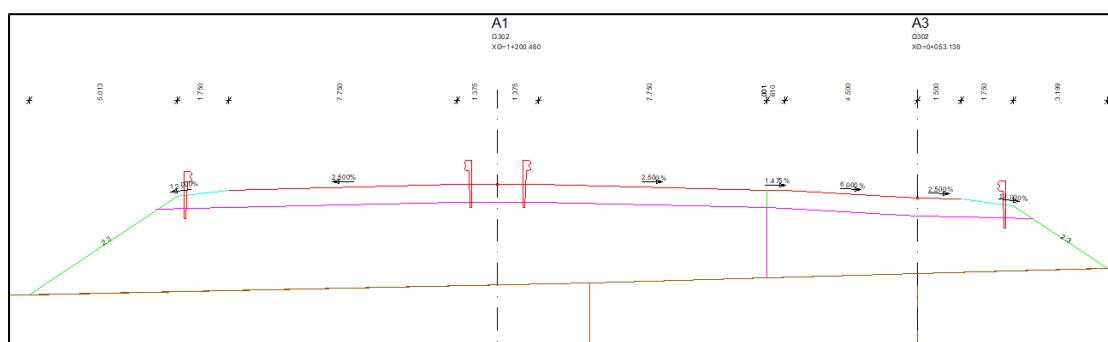
Τεχνικά έργα

Τέλος, μεταβαίνουμε πάλι στο αρχείο της τοπικής οδού (A2) και στο φύλλο δεδομένων **ΤΕΧΝΙΚΑ** εισάγουμε έναν ισόπεδο κόμβο στην περιοχή που η τοπική οδός διασταυρώνεται με τους κλάδους.

5.2.4 Περαιτέρω διαμόρφωση των περιοχών εξόδου και εισόδου

Για την τελική διαμόρφωση των περιοχών εξόδου και εισόδου απαιτείται η προσθήκη ή η διόρθωση ορισμένων στοιχείων που ορίστηκαν νωρίτερα.

Ειδικότερα, απαιτείται η επεξεργασία των **πλατών** και των **επικλίσεων** των κλάδων με τέτοιο τρόπο ώστε σε όλες τις διατομές, από την αρχή του κλάδου εξόδου έως την αιχμή 1 και από την αιχμή 4 έως το τέλος του κλάδου εισόδου, αρτηρία και κλάδοι να σχηματίζουν ένα ενιαίο κατάστρωμα. Αντίστοιχη διαμόρφωση απαιτείται και στα τμήματα μεταξύ αιχμής 1 και αιχμής 2, καθώς και μεταξύ αιχμής 3 και αιχμής 4. Στα τμήματα αυτά οι διαμορφώσεις πραγματοποιούνται με τη προσθήκη μίας επιπλέον **οριογραμμής** στον κλάδο με το κατάλληλο πλάτος και την κατάλληλη επίκλιση ανά διατομή, ώστε να οδοστρώνεται όλη η περιοχή μεταξύ κλάδου και αρτηρίας στα τμήματα αυτά. Χαρακτηριστικά στο Σχήμα 5.33 δίνεται μία τυχαία διατομή μεταξύ αιχμής 1 και αιχμής 2.



Σχήμα 5.33 Τυχαία σύνθετη διατομή μεταξύ αιχμής 1 και αιχμής 2

Όπως παρατηρούμε στις σύνθετες διατομές που παρουσιάστηκαν παραπάνω, στη διατομή της αρτηρίας δεξιά και στη διατομή του κλάδου αριστερά η διαμόρφωση του εδάφους γίνεται κάθετα. Αυτό συμβαίνει διότι στα σημεία που οι δύο διατομές εφάπτονται, δηλαδή από την αρχή του κλάδου έως και την αιχμή 2 και από την αιχμή 3 έως το τέλος, δεν απαιτούνται άλλες **διαμορφώσεις**. Συνεπώς στα φύλλα δεδομένων **ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ Δ** της αρτηρίας και **ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ Α** του κλάδου θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Από ΧΘ	Έως ΧΘ	Από ΔΗ	Έως ΔΗ	Από Επίκλιση	Έως Επίκλιση	Διαμόρφωση Δρόμου	Κλίση Πρανούς	Διαμόρφωση Εδάφους
1									
2	0,000	76,000	0,000	30,000	-10,000	10,000	0	9999,0000	0
3	478,500	552,357	0,000	30,000	-10,000	10,000	0	9999,0000	0
4	0,000	3000,000	-30,000	0,600	-10,000	10,000	TAFROS	-1,0000	0
5	0,000	3000,000	-1,000	0,600	-10,000	10,000	TAFROS	0,6667	0
6	0,000	3000,000	0,000	20,000	-10,000	10,000	EREISMA	0,6667	0

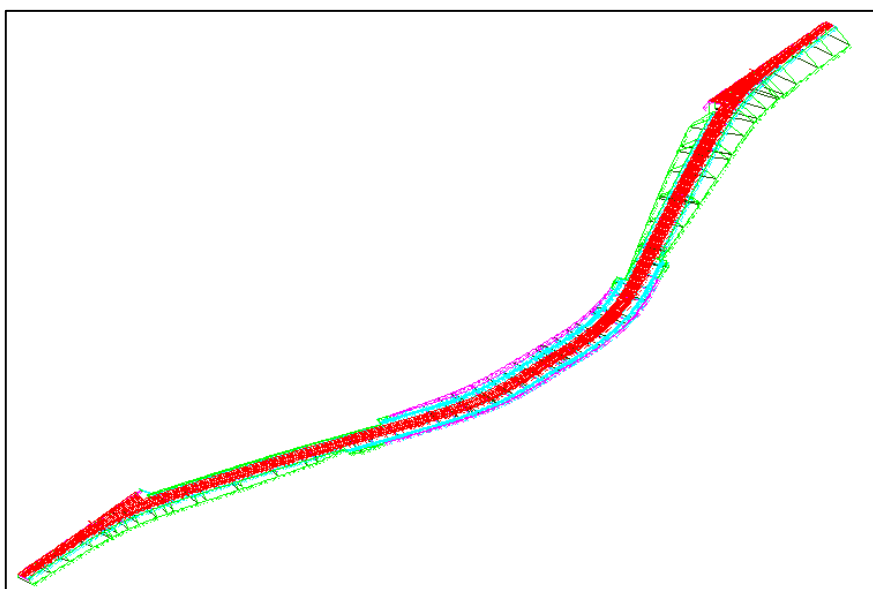
Σχήμα 5.34 Διόρθωση δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ Α του κλάδου.

Τέλος, μεταβαίνουμε στο αρχείο της αρτηρίας (A1) και στο φύλλο δεδομένων ΠΛΑΤΗ προκειμένου να καθορίσουμε τις λωρίδες επιβράδυνσης και επιτάχυνσης, στις περιοχές εξόδου και εισόδου, αντίστοιχα. Για να γίνει αυτό θα πρέπει σε ορισμένα σημεία να μεταβάλλουμε τα πλάτη της οριογραμμής 2. Ειδικότερα, σε απόσταση 150m πριν από την αιχμή 1 ξεκινά η **διαπλάτυνση** της οριογραμμής από τα 7,75m στα 11,50m. Το μήκος μέσα στο οποίο πραγματοποιείται αυτή η **συναρμογή** ισούται με 30m. Αντίστοιχα, για την λωρίδα επιτάχυνσης, η μείωση του πλάτους από τα 11,50m στα 7,75m ολοκληρώνεται σε απόσταση 150m από την αιχμή 4, με μήκος συναρμογής ίσο με 30m.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Οδογραμμή	ΧΘ	Πλάτος	Ακτίνα	Απόσταση	Οδοστρωσία	Στράγγιση	Έδραση
1								
2	-1	0,000	1,375	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
3	-1	999999,000	1,375	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
4	1	0,000	1,375	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
5	1	999999,000	1,375	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
6	-2	0,000	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
7	-2	999999,000	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
8	2	0,000	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
9	2	1044,210	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
10	2	1074,210	11,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
11	2	1126,292	11,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
12	2	1145,594	11,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
13	2	1145,595	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
14	2	1675,406	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
15	2	1675,407	11,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
16	2	1675,763	11,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
17	2	1748,091	11,500	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
18	2	1778,091	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
19	2	2548,098	7,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000

Σχήμα 5.35 Διαπλάτυνση αρτηρίας από το φύλλο δεδομένων ΠΛΑΤΗ

Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί η μελέτη χάραξης του ζητούμενου έργου.



Σχήμα 5.36 Σχέδιο τριών διαστάσεων του κλάδου

6. Συμπεράσματα και προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα

Ο σχεδιασμός των περιοχών εισόδου και εξόδου από αυτοκινητόδρομο, απαιτεί έναν σημαντικό αριθμό επαναλήψεων στις επιλογές των γεωμετρικών στοιχείων της χάραξης ώστε να επιτευχθεί ο βέλτιστος συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Σχεδόν όλα τα πλαίσια οδηγιών για τον γεωμετρικό σχεδιασμό εισόδων και εξόδων περιλαμβάνουν πλήρεις και αναλυτικές οδηγίες σχετικά με την μορφή της οριζοντιογραφίας των παραπάνω περιοχών, αναφέρονται όμως πολύ γενικά και αόριστα σε ζητήματα που αφορούν στην υψομετρική διαμόρφωση αυτών, δηλαδή στη μηκοτομή της χάραξης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε μελετητής μηχανικός να αντιλαμβάνεται και να πραγματοποιεί με διαφορετικό τρόπο της σχεδίαση της μηκοτομής, καταλήγοντας πολλές φορές σε ανομοιομορφίες μεταξύ διαδοχικών εξόδων, κατά μήκος ενός αυτοκινητοδρόμου. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ομοιομορφία και η τυποποίηση στον σχεδιασμό των εξόδων και εισόδων από και προς τον αυτοκινητόδρομο, συμβάλλει σημαντικά την ευχερέστερη αναγνώριση από τους οδηγούς, στην οδική ασφάλεια και την κυκλοφοριακή ικανότητα.

Επομένως, η μέθοδος που προτείνεται στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας για τον σχεδιασμό των λωρίδων εισόδου και εξόδου, θα τυποποιούσε, εν μέρει, τη διαδικασία χάραξης της μηκοτομής και θα παρείχε την απαραίτητη βοήθεια στον μηχανικό ώστε να ακολουθήσει μια προκαθορισμένη σειρά βημάτων προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η συγκεκριμένη μέθοδος ακολουθώντας τις υποδείξεις των κανονισμών, και μέσα από απλές μαθηματικές σχέσεις, επιτρέπει στον μηχανικό να υπολογίσει τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία της μηκοτομής, θεωρώντας ως δεδομένο ένα σημείο αυτής, το σημείο της αιχμής. Συνεπώς, πρώτα σχεδιάζεται η μηκοτομή σύμφωνα με τα γεωμετρικά στοιχεία που προκύπτουν από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις, κι έπειτα ακολουθούν οι απαιτούμενες ενέργειες για την περεταίρω διαμόρφωση των περιοχών των εισόδων και εξόδων.

6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε η προσπάθεια να τυποποιηθεί η διαδικασία σχεδιασμού της μηκοτομής των λωρίδων εξόδου και εισόδου από και προς τον αυτοκινητόδρομο, αντίστοιχα. Από εκεί και έπειτα όμως η διαδικασία της χάραξης απαιτεί την περαιτέρω επεξεργασία των διατομών, όσον αφορά τα πλάτη και τις επικλίσεις, προκειμένου τελικά κλάδος και αυτοκινητόδρομος να σχηματίζουν ένα ενιαίο κατάστρωμα, όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4. Το γεγονός αυτό από μόνο του υποδεικνύει ότι υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα για τη βελτιστοποίηση της συγκεκριμένης διαδικασίας, καθώς η παραπάνω επεξεργασία αποδείχτηκε ιδιαίτερα χρονοβόρα και περίπλοκη.

Δεδομένου του ότι ένας γεωμετρικός σχεδιασμός, στην πράξη, απαιτεί συνεχείς αναδιαμορφώσεις της χάραξης των περιοχών εισόδου και εξόδου ώστε να διορθώνονται ελλείψεις και ατέλειες που αυτή παρουσιάζει και οι οποίες εντοπίζονται στην πορεία, καθίσταται απαραίτητη η χρήση Η/Υ (ηλεκτρονικού υπολογιστή), ώστε οι αναδιαμορφώσεις να πραγματοποιούνται σε πραγματικό χρόνο από τον χρήστη. Όπως έχει ήδη αναφερθεί υπάρχουν αρκετά προγράμματα Η/Υ για την χάραξη ανισόπεδων κόμβων, τα οποία όμως προσφέρουν περιορισμένες δυνατότητες όσον αφορά στην αυτοματοποίηση της διαδικασίας. Συγκεκριμένα πολλά από αυτά δέχονται από τον χρήστη τις αριθμητικές τιμές συγκεκριμένων μεγεθών και παράγουν αυτόματα την οριζοντιογραφία ή και την μηκοτομή του ζητούμενου κόμβου. Εξακολουθεί όμως να υπάρχει η ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας των διατομών από την πλευρά του χρήστη προκειμένου να επιτευχθεί η τελική διαμόρφωση των λωρίδων εισόδου και εξόδου. Στο πλαίσιο αυτής της ανάγκης, θα ήταν δυνατό, ως αντικείμενο μιας διπλωματικής εργασίας για παράδειγμα, να αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα Η/Υ για τον σχεδιασμό ανισόπεδων κόμβων που θα αυτοματοποιεί τη διαδικασία σχεδιασμού και βελτιστοποίησης της τελικής διαμόρφωσης των λωρίδων εξόδου και εισόδου στον αυτοκινητόδρομο.

Βιβλιογραφία

- Ανδρικοπούλου, Ε., Γιαννακού, Α., Καυκαλάς, Γ. & Πισιάβα - Λατινοπούλου, Μ., «**Πόλη και πολεοδομικές πρακτικές για τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη**», Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, 2014.
- Εγνατία Οδός Α.Ε., «**Οδηγίες Σύνταξης Μελετών έργων Οδοποιίας (Ο.Σ.Μ.Ε.Ο.)**», πρώην Κ.Μ.Ε., Αναθεώρηση Α3, Κεφάλαιο 3: Μελέτη Οδών, 2001.
- Κανελλαΐδης Γ., Μαλέρδος Γ., Καλτσούνης Α., Γλαρός Γ., «**Σημειώσεις για τον Γεωμετρικό Σχεδιασμό των Οδών**», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα, 2010.
- Κανελλαΐδης Γ., Μαλέρδος Γ., Καλτσούνης Α., Γλαρός Γ., Δραγομάνοβιτς Α., «**Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων Οδοποιίας – Στοιχεία Ισόπεδων και Ανισόπεδων Κόμβων**», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα, 2013.
- Νίκου Δ., «**Γεωμετρικός Σχεδιασμός Ισόπεδων Κυκλικών Κόμβων**», διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2012.
- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ), Τεύχος 11: **Ανισόπεδοι Κόμβοι (ΟΜΟΕ – ΑΚ)**, ΥΠ.Υ.ΜΕ.ΔΙ., Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εσόδων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2013.
- Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α., «**Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική**», Εκδόσεις Επίκεντρο, Θεσσαλονίκη, 1986.
- Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Γκόλιας, Ι. Κ. & Πισιάβα - Λατινοπούλου, Μ. Χ., «**Κυκλοφοριακή τεχνική**», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2009.
- Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Γκόλιας, Ι. Κ., «**Οδική Ασφάλεια**», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994.
- Φώτης Μερτζάνης, Αντώνης Μπουτσάκης, Γιώργος Κανελλαΐδης, Γιώργος Γλαρός, «**Οδηγίες Χρήσης Λογισμικού Οδοποιίας FM17**», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2017.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), «**A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**» (“AASHTO’s Green Book”), Washington D.C., 2004.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV), «**Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA)**», Köln, 2008.

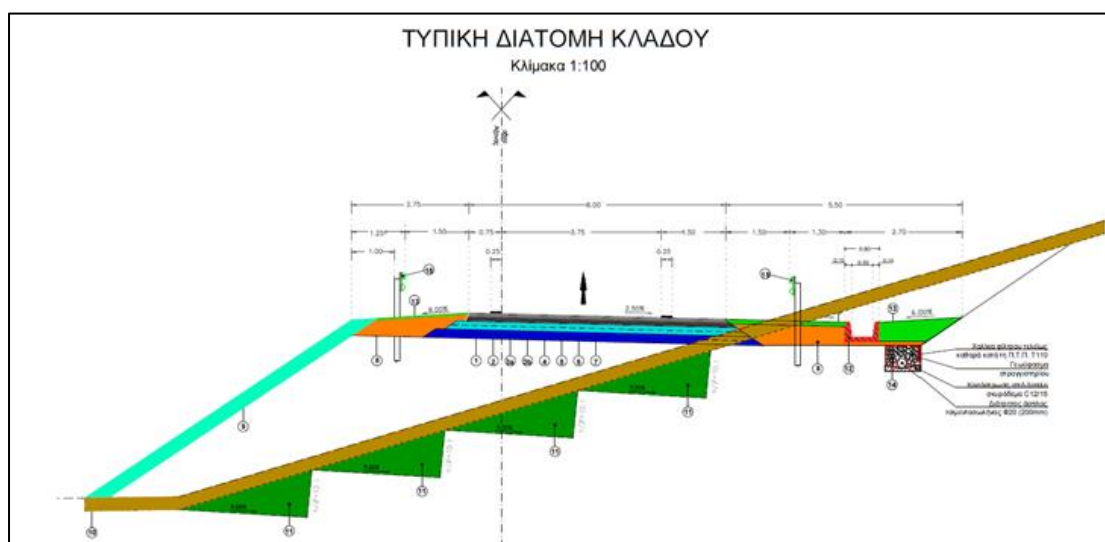
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV), **“Entwurfshinweise für planfreie Knotenpunkte an Straßen der Kategoriengruppe B (RAS-K-2-B)”**, Köln, 1995.
- G.T. Wall and N.B. Hounsell, **“A Critical Review of the Standards and Design Processes for Motorway Diverges in the UK”**, School of Civil Engineering and the Environment, University of Southampton, 2004.
- Oregon Department of Transportation (ODOT), Highway Design Manual, Chapter 9: **“Grade Separations & Interchanges”**, Oregon, 2012.
- The Highways Agency, Scottish Executive, Welsh Assembly Government, The Department for Regional Development, **“Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) – Layout of Grade Separated Junctions”**, United Kingdom, 2006.
- The Highways Agency, Scottish Executive, Welsh Assembly Government, The Department for Regional Development, **“Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) – The design of major interchanges”**, United Kingdom, 2006.
- The Highways Agency, Scottish Executive, Welsh Assembly Government, The Department for Regional Development, **“Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) – Geometric Design of Major/Minor Junctions”**, United Kingdom, 2006.
- U.S. Department of Transportation, **“Alternative Intersections / Interchanges: Informational Report (AIIR)”**, Federal Highway Administration Research and Technology, 2009.
- <http://onlinemanuals.txdot.gov/>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, τελευταία επίσκεψη: 20/10/2017.
- <http://www.aegeanmotorway.gr>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, τελευταία επίσκεψη: 20/10/2017.
- <https://en.wikipedia.org>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, τελευταία επίσκεψη: 20/10/2017.
- <https://maps.google.com>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, τελευταία επίσκεψη: 20/10/2017.
- <https://www.fhwa.dot.gov>, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο, τελευταία επίσκεψη: 20/10/2017.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Εναλλακτική λύση του παραδείγματος του Κεφαλαίου 5.2

Χάραξη κλάδων ανισόπεδου κόμβου

Με δεδομένα τα σχέδια της αρτηρίας και της τοπικής οδού όπως αυτά παρουσιάστηκαν προηγουμένως σχεδιάζεται η χάραξη των κλάδων του ανισόπεδου κόμβου αυτή τη φορά θέτοντας τον άξονα του κλάδου στα αριστερά του (κατά την έννοια της κατεύθυνσης κυκλοφορίας).



Σχήμα 1 Τυπική διατομή κλάδων σε ευθυγραμμία

Οριζοντιογραφία

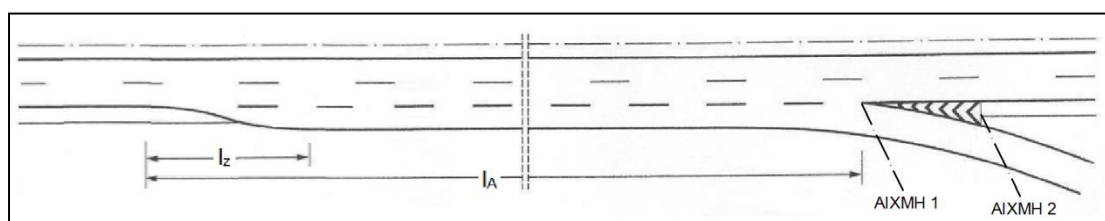
Αρχικά σχεδιάζεται η πολυγωνική του κλάδου τοποθετώντας τις δύο πρώτες και τις δύο τελευταίες κορυφές πάνω στην οριογραμμή της αρτηρίας και ενδιάμεσα άλλες δύο τέτοιες ώστε η πολυγωνική που θα δημιουργηθεί να τέμνει κάθετα την τοπική οδό.

Μεταβαίνουμε λοιπόν στο φύλλο δεδομένων **ΚΟΡΥΦΕΣ** όπου εισάγουμε τις συντεταγμένες των κορυφών της πολυγωνικής, καθώς και τα στοιχεία των καμπυλών της οριζοντιογραφίας, στα αντίστοιχα κελιά.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Κορυφή	X	Y	Μήκος Συνοριακής Εξόδου	Ακτίνα Κυκλικού Τόξου	Μήκος Συνοριακής Εξόδου	Επικύλιση %	Ποσοστό απόδοσης στον κύκλο	Διαπλάτυση	A_Εισόδου	A_Εξόδου	R/9	R	Απόσταση (i, i+1)
1														
2	301	622272,1507	3896095,0534	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
3	302	622267,5572	3896155,8591	25,000	100,000	25,000	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	11,111	100,000	60,979
4	303	622321,6880	3896328,0466	25,000	100,000	25,000	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	11,111	100,000	180,496
5	304	622319,8487	3896407,8933	25,000	100,000	25,000	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	11,111	100,000	79,866
6	305	622235,7361	3896577,0896	25,000	100,000	25,000	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	11,111	100,000	188,951
7	306	622231,1862	3896637,3189	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	60,401

Σχήμα 2 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΚΟΡΥΦΕΣ

Αφού κατασκευαστεί η οριζοντιογραφία του κλάδου στην οποία προς το παρόν απεικονίζεται μόνο ο άξονάς του, την ενσωματώνουμε σε κοινό σχέδιο με τις οριζοντιογραφίες της αρτηρίας και της τοπικής οδού. Στο σημείο αυτό, θα αναζητήσουμε τις θέσεις των χαρακτηριστικών σημείων «**ΑΙΧΜΗ 1**», «**ΑΙΧΜΗ 2**» για την διαμόρφωση της εξόδου και «**ΑΙΧΜΗ 3**», «**ΑΙΧΜΗ 4**» για την διαμόρφωση της εισόδου, αντίστοιχα.



Σχήμα 3 Λωρίδα επιβράδυνσης-εξόδου από αυτοκινητόδρομο

Δημιουργούμε παράλληλη γραμμή στον άξονα του κλάδου προς το μέρος της αρτηρίας που να απέχει από αυτόν 0,75m, απόσταση ίση με το πλάτος της αριστερής λωρίδας του κλάδου. Το σημείο τομής της γραμμής αυτής με την οριογραμμή της αρτηρίας αποτελεί την **ΑΙΧΜΗ 1**.

Δημιουργούμε μια παράλληλη γραμμή στην γραμμή του προηγούμενου βήματος προς το μέρος της αρτηρίας σε απόσταση ίση με 2.75m και με τον ίδιο τρόπο μια παράλληλη γραμμή στην οριογραμμή της αρτηρίας προς το μέρος του κλάδου σε όμοια απόσταση. Το σημείο τομής των γραμμών αυτών αποτελεί την **ΑΙΧΜΗ 2**.

Στις αντίστοιχες θέσεις στην είσοδο στην αρτηρία θα εντοπίσουμε τα σημεία **ΑΙΧΜΗ 3** και **ΑΙΧΜΗ 4**.

Αφού εντοπίσουμε τις θέσεις των αιχμών, σημειώνουμε τις συντεταγμένες τους και τις εισάγουμε στο φύλλο δεδομένων **ΠΡΟΒΟΛΕΣ**, ώστε να δημιουργηθούν οι αντίστοιχες διατομές. Αυτό θα είναι χρήσιμο προκειμένου να διαμορφώσουμε το πλάτος του οδοστρώματος ανά θέση του κλάδου. Επομένως, μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΠΛΑΤΗ** και προσωρινώς συμπληρώνουμε τα κελιά με τον γνωστό τρόπο. Σύμφωνα με την τυπική διατομή η οδός είναι με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας άρα θα χρησιμοποιηθούν οι οδογραμμές με αριθμούς -1 και 1. Πρέπει να δοθεί προσοχή προκειμένου η αρχή και το τέλος του κλάδου να κινείται παράλληλα με την αρτηρία. Για αυτό το λόγο στα πλάτη καταχωρούνται οι τιμές όπως φαίνονται στο Σχήμα 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Οδογραμμή	ΧΘ	Πλάτος	Ακτίνα	Απόσταση	Οδοστρωσία	Στράγγιση	Έδραση
1								
2	-1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
3	-1	51,569	0,000	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
4	-1	51,570	0,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
5	-1	517,697	0,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
6	-1	517,698	0,000	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
7	-1	568,380	0,000	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
8	1	0,000	3,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
9	1	51,570	3,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
10	1	76,070	5,250	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
11	1	493,231	5,250	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
12	1	517,697	3,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000
13	1	568,380	3,750	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000

Σχήμα 4 Εισαγωγή προσωρινών δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΠΛΑΤΗ

Για την οδογραμμή 1, από την αρχή του κλάδου μέχρι την ΑΙΧΜΗ 1, το πλάτος πρέπει να είναι σταθερό και ίσο με 3,75m, δηλαδή όσο και το πλάτος της λωρίδας επιβράδυνσης που θα δημιουργηθεί. Στη συνέχεια από την ΑΙΧΜΗ 1 έως την ΑΙΧΜΗ 2, το πλάτος μεταβάλλεται γραμμικά από 3,75m σε 5,25m (πλάτος λωρίδας κλάδου) και μετά παραμένει σταθερό μέχρι την ΑΙΧΜΗ 3, όπου από τη θέση αυτή και μετά, τα πλάτη μεταβάλλονται με όμοιο τρόπο.

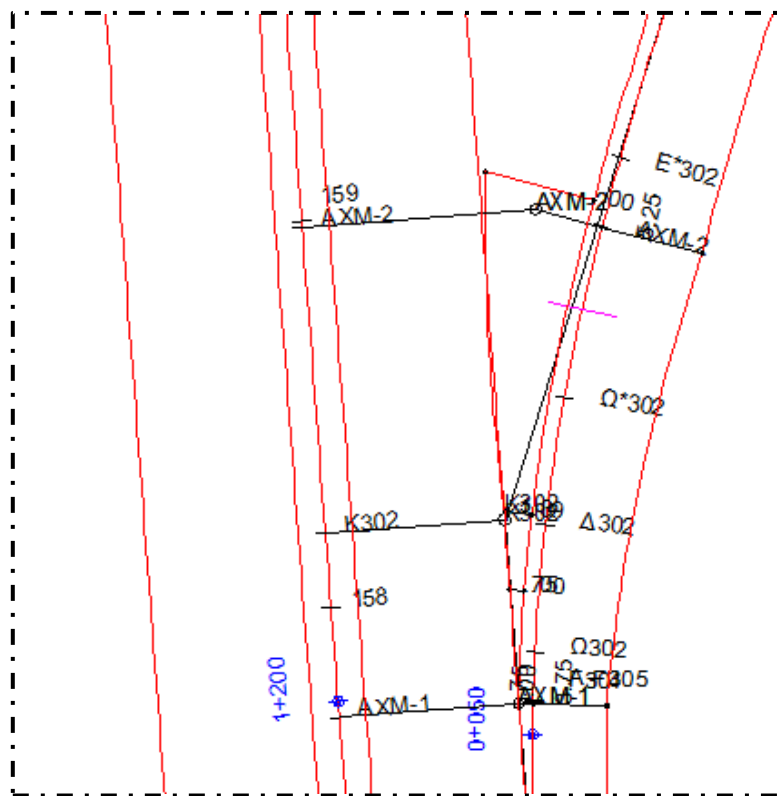
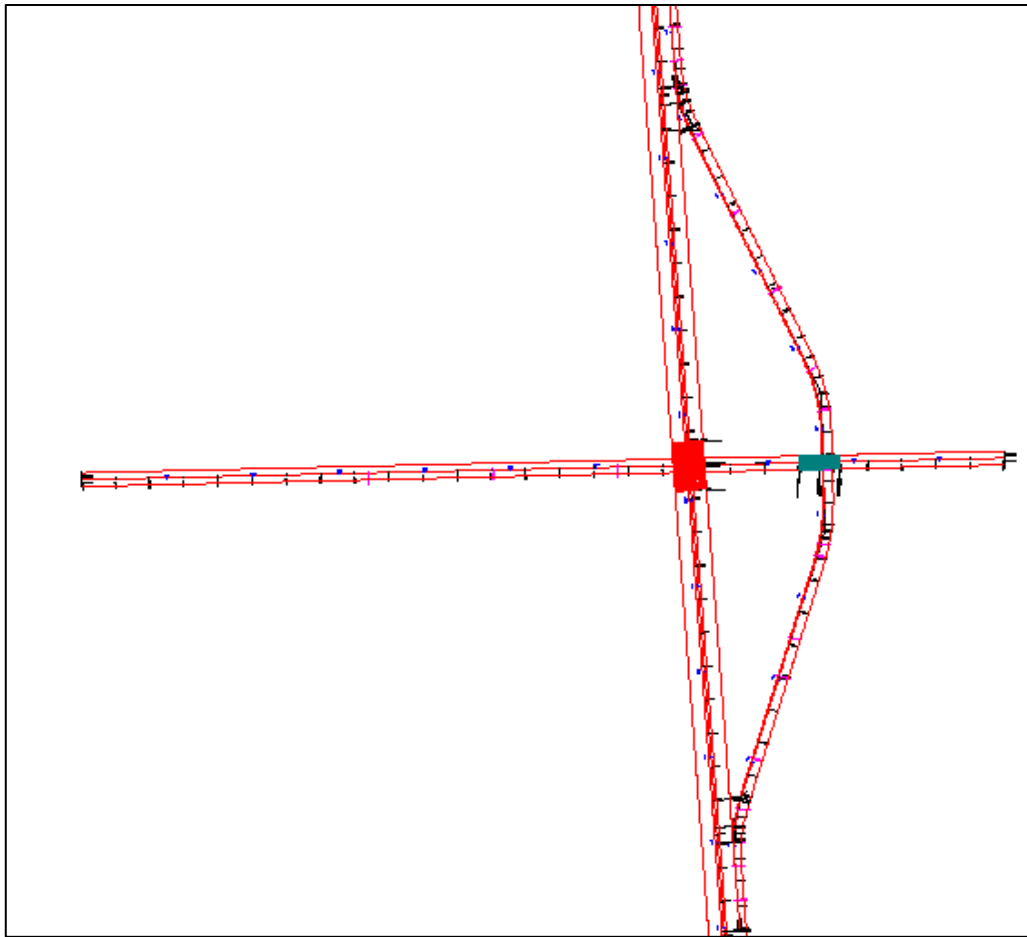
Για την οδογραμμή -1, από την αρχή του κλάδου μέχρι την ΑΙΧΜΗ 1 το πλάτος είναι μηδενικό και από την ΑΙΧΜΗ 1 έως και την ΑΙΧΜΗ 4 είναι σταθερό και ίσο με 0,75m όπου από τη θέση αυτή και μετά, τα πλάτη μεταβάλλονται με όμοιο τρόπο.

Στο σημείο αυτό, επανερχόμαστε στο αρχικό μενού και μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ** όπου θα καθοριστεί ο τρόπος μεταβολής των επικλίσεων της οδού. Για κάθε οδογραμμή που ορίστηκε στο φύλλο δεδομένων **ΠΛΑΤΗ** συμπληρώνουμε προσωρινά τις επικλίσεις της τυπικής διατομής προκειμένου να καταστεί δυνατή η εκτέλεση του προγράμματος.

Σε αυτό το σημείο έχουν εισαχθεί όλα τα απαιτούμενα στοιχεία, οπότε επιστρέφουμε στο κεντρικό μενού και εκτελούμε το πρόγραμμα **ΟΡΙΖΟΝΤ/ΦΙΑ**.

Επίσης με γνωστές τις θέσεις των αιχμών μπορεί τώρα να εφαρμοστεί η κατάλληλη διαπλάτυνση στην αρτηρία προκειμένου να διαμορφωθούν οι λωρίδες επιβράδυνσης και επιτάχυνσης, ακριβώς όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 5.2.

Τέλος, μεταβαίνουμε στο φύλλο δεδομένων **ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ** προκειμένου να τις καθορίσουμε αυτή τη φορά αναλυτικά, κατά τα γνωστά σύμφωνα με το Κεφάλαιο 5.2.



Σχήμα 5 Σύνολο Οριζοντιογραφιών με αιχμές

Μηκοτομή

Σε αυτό το σημείο, θα γίνει η κατασκευή της μηκοτομής του κλάδου η οποία πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα υψόμετρα που θα προκύψουν να εξασφαλίζουν πρώτον την κατασκευή του ισόπεδου κόμβου στο σημείο τομής του με την τοπική οδό και δεύτερον την ένωση της αρτηρίας και του κλάδου στην αρχή και στο τέλος αυτού.

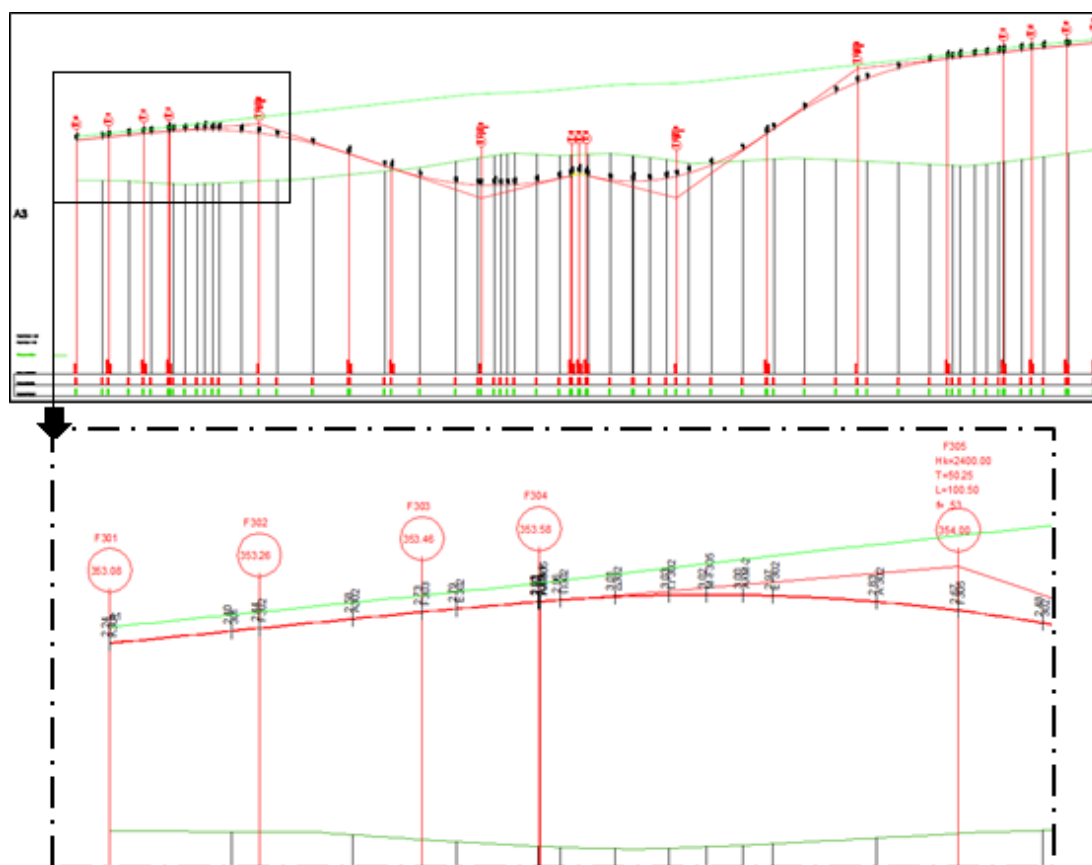
Όπως επισημάνθηκε παραπάνω, η αρτηρία και ο κλάδος στα σημεία συνάντησης τους θα πρέπει να μην εμφανίζουν υψομετρική διαφορά. Ειδικότερα, από την αρχή έως την ΑΙΧΜΗ 1 και από την ΑΙΧΜΗ 4 έως το τέλος του κλάδου, οι δύο οδοί θα πρέπει να βρίσκονται σε πλήρη επαφή έτσι ώστε να δημιουργούν ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Αυτό θα επιτευχθεί με την διαμόρφωση της μηκοτομής του κλάδου. Για αυτό το λόγο θα χρησιμοποιήσουμε τα σχέδια των διατομών της αρτηρίας και του κλάδου για να υπολογίσουμε τα υψόμετρα της ερυθράς του κλάδου σε κάθε διαφορετική χιλιομετρική θέση. Συνεπώς, το υψόμετρο που έχει η αρτηρία στη θέση του άξονα του κλάδου, στην πρώτη του διατομή, θα είναι ίσο με το υψόμετρο της πρώτης σημαίας της μηκοτομής. Το ίδιο θα πρέπει να συμβαίνει και για όλες τις διατομές στις οποίες οι δύο οδοί είναι σε επαφή.

Μεταβαίνουμε, λοιπόν, στο φύλλο δεδομένων **ΣΗΜΑΙΕΣ** του κλάδου και εισάγουμε τα δεδομένα που υπολογίσαμε παραπάνω. Με αυτόν τον τρόπο, έχουμε εξασφαλίσει τα υψόμετρα που είναι απαραίτητα για την ένωση μεταξύ κλάδου και αρτηρίας. Οι υπόλοιπες σημαίες καθορίζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε στην περιοχή της διασταύρωσης με την τοπική οδό η κατά μήκος κλίση του κλάδου να ταυτίζεται με την επίκλιση της τοπικής οδού, δηλαδή οι δύο χαραξείς να ταυτίζονται στα σημεία τομής. Φροντίζουμε να δημιουργήσουμε τόξα στρογγύλευσης, όπου είναι απαραίτητο, για την ομαλή προσαρμογή στις αλλαγές των κλίσεων.

	A	B	C	D	E	F	G
	Σημεία	ΧΘ	Υψόμετρο	Ακτίνα	Προσθήκη	Κλίση	Μήκος T
1							
2	F301	0,000	353,0820	0,000	1		
3	F302	17,950	353,262	0,000	1	1,0028%	
4	F303	37,574	353,4580	0,000	1	0,9988%	
5	F304	51,644	353,5800	0,000	1	0,8671%	
6	F305	102,000	354,0000	2400,000	1	0,8341%	50,252
7	F306	226,000	349,842	1710,000	1	-3,3536%	50,048
8	F307	276,738	351,110	0,000	1	2,5000%	
9	F308	280,738	351,210	0,000	1	2,5000%	
10	F309	284,738	351,110	0,000	1	-2,5000%	
11	F310	335,000	349,853	1040,000	1	-2,5000%	50,193
12	F311	436,000	357,078	1670,000	1	7,1526%	50,349
13	F313	517,622	357,994	0,000	1	1,1228%	
14	F314	533,119	358,168	0,000	1	1,1228%	
15	F315	552,743	358,364	0,000	1	0,9988%	
16	F316	568,380	358,520	0,000	1	0,9976%	

Σχήμα 6 Εισαγωγή δεδομένων στο φύλλο δεδομένων ΣΗΜΑΙΕΣ

Τέλος, εκτελούμε το πρόγραμμα **ΜΗΚΟΤΟΜΗ** του κλάδου.



Σχήμα 7 Μηκοτομή κλάδων

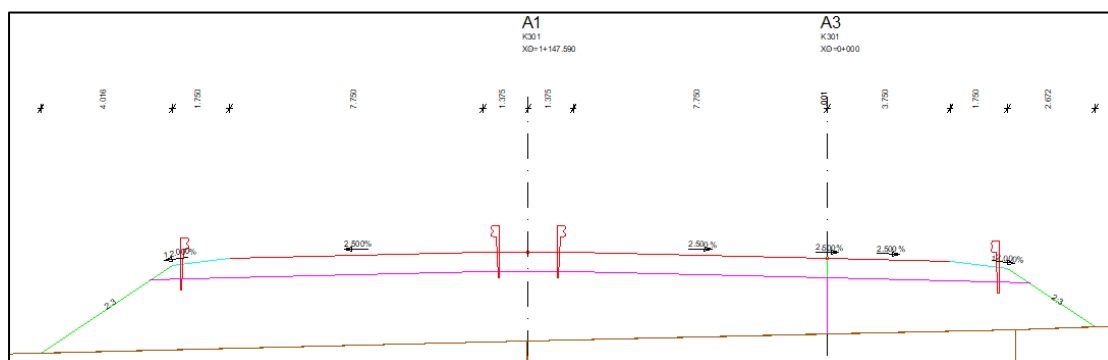
Όπως προαναφέρθηκε, θα πρέπει να ελέγξουμε εφόσον τελειώσαμε με την κατασκευή των βασικών σχεδίων αν η αρτηρία και οι κλάδοι βρίσκονται σε επαφή. Για να γίνει αυτό, αφού έχουμε εκτελέσει όλα τα προγράμματα του κλάδου, εκτελούμε και όλα τα προγράμματα της αρτηρίας και παρατηρούμε τα σχέδια των διατομών. Γίνεται αντιληπτό ότι τα πλάτη της αρτηρίας από την αρχή έως και την ΑΙΧΜΗ 1 και από την ΑΙΧΜΗ 4 έως το τέλος του κλάδου πρέπει να αλλάξουν και να εισαχθούν στο φύλλο δεδομένων ΠΛΑΤΗ νέες τιμές τέτοιες ώστε ο άξονας του κλάδου να ενώνεται με τις οδογραμμές της αρτηρίας.

Για το ίδιο λόγο, στα τμήματα της αρτηρίας που υπάρχει επαφή μεταξύ αυτής και του κλάδου, η αρτηρία θα πρέπει να μην παρουσιάζει διαμορφώσεις και να έχει κάθετη κλίση. Για να το επιτύχουμε αυτό μεταβαίνουμε στο φύλλο εργασίας **ΚΛΙΣΕΙΣ/ΔΜΡΦ-ΔΕΞΙΑ** και συμπληρώνουμε κατά τα γνωστά. Επιπλέον, ειδικότερα από την ΑΙΧΜΗ 1 έως την ΑΙΧΜΗ 2 και από την ΑΙΧΜΗ 3 έως την ΑΙΧΜΗ 4 θα πρέπει ακόμη να γίνουν οι κατάλληλες διαμορφώσεις ώστε και πάλι να μην υπάρχει απόκλιση μεταξύ των δρόμων εφόσον στο σημείο αυτό κατασκευάζεται η αιχμή της λωρίδας επιβράδυνσης και

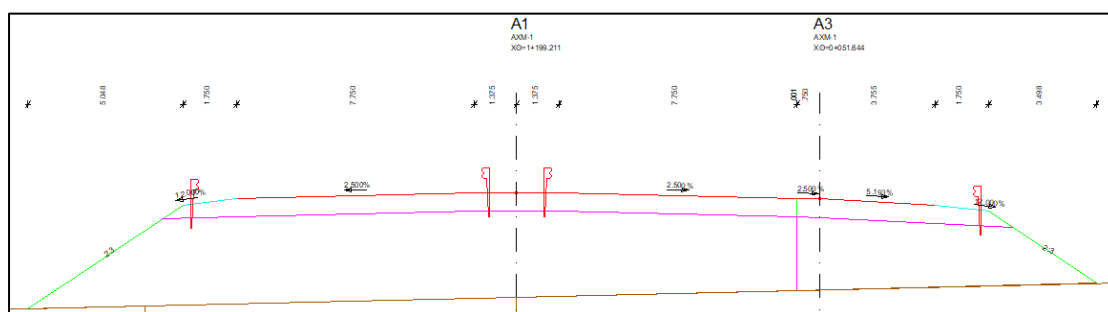
επιτάχυνσης αντίστοιχα. Για να γίνει αυτό, κατά τα γνωστά, εισάγεται μια επιπλέον οδογραμμή στον κλάδο με κατάλληλα πλάτη και επικλίσεις ανά διατομή.

Όλα τα υπόλοιπα φύλλα δεδομένων συμπληρώνονται κατά τα γνωστά από το Κεφάλαιο 5.2. και προκύπτουν τα αντίστοιχα ζητούμενα σχέδια.

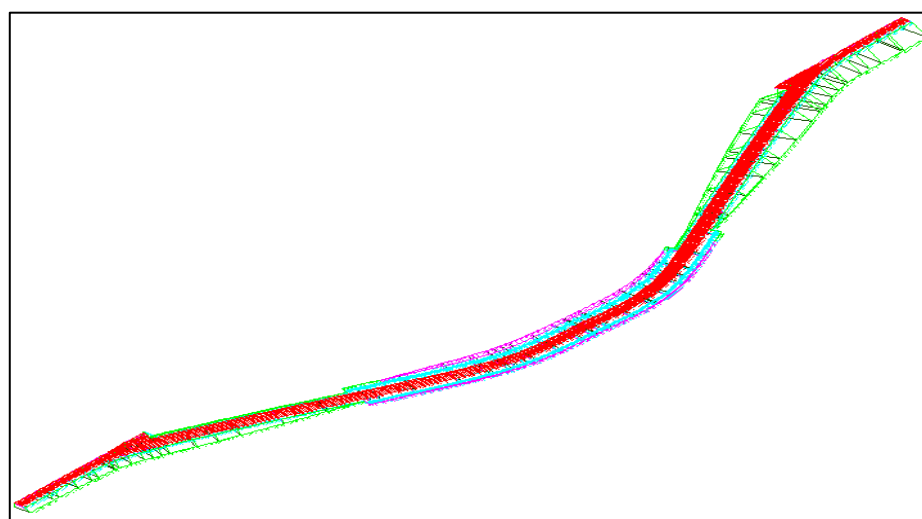
Αξίζει να σημειώσουμε πως όλες οι τιμές παραμέτρων που εισάχθηκαν (ακτίνες, επικλίσεις, κλίσεις, κ.λ.π.) θα πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες οριακές τιμές που δίνονται από τους εκάστοτε κανονισμούς.



Σχήμα 8 Πρώτη διατομή κλάδου



Σχήμα 9 Διατομή κλάδου στην Αιχμή 1



Σχήμα 10 Σχέδιο τριών διαστάσεων του κλάδου