



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
ΑΝΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ**

Στέκας Ιωάννης Δημήτριος

Επιβλέπων Καθηγητής: Αθανάσιος Θεοφιλάτος

Επιστημονικός Συνεργάτης: Γεώργιος Καλιαμπέτσος

Βόλος, Μάρτιος 2025

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Αθανάσιος Θεοφιλάτος
(Επιβλέπων) Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Παντελεήμων Κοπελιάς
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Ιωάννης Καρακικές
Εντεταλμένος Διδάσκων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Η υπάρχουσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας κατά τη διάρκεια του έτους 2024 και με την τέλεση της φτάνουν στο τέλος τους οι σπουδές μου για την απόκτηση του πτυχίου Πολιτικών Μηχανικών.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου τον κ. Νικόλαο Ηλιού, καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ανάθεση της διπλωματικής και την αρχική επίβλεψη. Στη συνέχεια τον κ. Αθανάσιο Θεοφιλάτο επίκουρο καθηγητή που ανέλαβε την επίβλεψη. Επίσης Θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμησή και τις ευχαριστίες μου προς τον συνεπιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιστημονικό συνεργάτη κ. Γεώργιο Καλιαμπέτσο, για την σημαντική βοήθεια και επίβλεψη που παρείχε σε όλη τη διάρκεια της διπλωματικής, την καταπληκτική καθοδήγηση καθώς και για τις εύστοχες και άκρως εποικοδομητικές παρατηρήσεις του.

Επιπλέον θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και την κοπέλα μου, για την πλήρης συμπαράσταση και υπομονή που μου επέδειξαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την ισχυρή κίνηση για την επιτυχή ολοκλήρωσή τους.

Βόλος, Μάρτιος 2025

Στέκας Ιωάννης Δημήτριος

ΛΙΠΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

Στέκας Ιωάννης Δημήτριος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2025

Επιβλέπων Καθηγητής: Αθανάσιος Θεοφιλάτος

Επιστημονικός Συνεργάτης: Γεώργιος Καλιαμπέτσος

Σύνοψη

Οι ανισόπεδοι κόμβοι είναι πολύ κρίσιμα σημεία των αυτοκινητοδρόμων, εφόσον μέσω αυτών πραγματοποιείται η είσοδος και η έξοδος των οχημάτων που κινούνται μέσα σε αυτούς. Η σωστή υψομετρική διαμόρφωση των ανισόπεδων κόμβων είναι πολύ σημαντική γιατί εξασφαλίζει την σωστή χάραξη για την κατασκευή, την ασφάλεια των οδηγών και την ομαλή κυκλοφορία. Παρ' όλα αυτά δεν έχει μελετηθεί τόσο διεξοδικά όσο άλλα χαρακτηριστικά τους.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν οι κανονισμοί των ΟΜΟΕ και πιο συγκεκριμένα οι ΟΜΟΕ-ΑΚ. Δόθηκε έμφαση στις μηκοτομές των βρόχων στους ανισόπεδους κόμβους και κατά πόσο είναι εφικτή η κατασκευή αυτών μέσα στα επιτρεπτά όρια που ορίζονται από τους κανονισμούς. Σε πρώτη φάση παρουσιάστηκε αναλυτικά το θεωρητικό υπόβαθρο, μέσα στο οποίο εξηγείται μεταξύ άλλων η διαδικασία δημιουργίας των βρόχων, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ότι άλλο είναι αναγκαίο για την μελέτη αυτών. Βασισμένο σε αυτό στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε το πρακτικό κομμάτι της εργασίας.

Κατασκευάστηκαν με τη χρήση του προγράμματος Anadelta Tessera μια πληθώρα βρόχων με διαφορετικό εύρος ακτίνων, ταχυτήτων και επικλίσεων σε έναν συγκεκριμένο τύπο ανισόπεδου κόμβου για όλες τις περιπτώσεις. Εξετάστηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν όσον αφορά τις μέγιστες επιτρεπτές κατά μήκος κλίσεις σε σχέση με την επάρκεια των κανονισμών (ΟΜΟΕ-ΑΚ) .

Αφού παρουσιάστηκαν όλες οι περιπτώσεις που μελετήθηκαν με τα συμπεράσματα τους, ακολούθησαν οι δυσμενέστερες περιπτώσεις που μέσα από την αξιολόγηση που έγινε, είναι εκτός των ορίων των ΟΜΟΕ και δοθήκαν πιθανές λύσεις που με κατάλληλα χαρακτηριστικά εξομαλύνουν το πρόβλημα.

Όπως θα δούμε από τα αποτελέσματα για την σωστή δημιουργία ενός έργου πέρα από τους κανονισμούς πρέπει να δίνουμε προσοχή και σε ένα σύνολο δεδομένων γιατί η κάθε περίπτωση μελέτης είναι διαφορετική.

Λέξεις Κλειδιά

Μηκοτομή, βρόχος, κυκλικό τόξο, ανισόπεδος κόμβος, κατά μήκος κλίση, Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων

INVESTIGATION OF INTERCHANGES

STEKAS IOANNIS DIMITRIOS

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2025

Supervising Professor: Athanasios Theofilatos

Scientific Associate: Georgios Kaliabetsos

Abstract

interchanges constitute critical elements of motorway, as they facilitate the ingress and egress of vehicles. The proper grading of such interchanges is of paramount importance, as it ensures optimal alignment for construction, enhances driver safety, and promotes smooth traffic flow. Nevertheless, this aspect has not been examined as extensively as other design parameters.

This thesis focuses on the study of the Road Design Guidelines (OMOE) regulations, with particular emphasis on the Road Design Guidelines interchanges (OMOE-AK) guidelines. Special attention was given to the longitudinal sections of loops within interchanges and the extent to which their construction is feasible within the permissible limits established by the regulations. Initially, a comprehensive theoretical framework was presented, elucidating the process of loop formation, their geometric characteristics, and other essential parameters required for their analysis. This theoretical foundation then informed the subsequent practical component of the study.

A series of loop designs, incorporating variations in loop radius, speeds, and superelevation, were generated for a specific type of interchanges using Anadelta Tessera software. The resulting configurations were analyzed in relation to the maximum permissible road grade, assessing their compliance with Road Design Guidelines interchanges (OMOE-AK) standards.

Following the presentation of all examined cases and their respective conclusions, the study identified the most critical scenarios, which, based on the evaluation, exceeded the regulatory limits set by Road Design Guidelines (OMOE). For these cases, potential solutions were proposed, incorporating appropriate design modifications to mitigate the identified challenges.

As the findings indicate, the successful development of such infrastructure necessitates not only adherence to regulatory frameworks but also a holistic consideration of multiple design parameters, as each case presents unique constraints and requirements.

Keywords:

longitudinal section, loop, circular arc, interchange, road grade, Road Design Guidelines

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση	1
1.2 Στόχοι διπλωματικής Διατριβής	1
1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας	1
Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	3
2.1 Γενικά	3
2.2 Ανισόπεδοι Κόμβοι (AK).....	4
2.2.1 Γενικά.....	4
2.2.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ανισόπεδων Κόμβων.....	7
2.2.2 Διαμόρφωση Γεωμετρικών Στοιχείων	8
2.2.3 Τετρασκελείς AK	11
2.2.4 Τρισκελείς AK	15
2.3 Συνδετήριοι κλάδοι	18
2.3.1 Συνδετήριος κλάδος απευθείας σύνδεσης	20
2.3.2 Διαστήματα μεταξύ των συμβολών	21
Κεφάλαιο 3 Θεωρητικά Στοιχεία	23
3.1 Γενικά	23
3.1.1 Γενικά.....	23
3.1.2 Εφαρμογή.....	24
3.1.3 Τυπικές και οριακές τιμές	25
3.1.4 Σχέση διαδοχικών καμπυλών	27
3.1.5 Τόξο κανίστρου	29
3.2 Καμπύλες συναρμογής.....	29
3.2.1 Γενικά.....	29
3.2.2 Οριακές Τιμές.....	30
3.3 Διαμόρφωση Βρόχων Ανισόπεδων Κόμβων	38
3.3.1 Γενικά.....	38
3.3.2 Ορισμός και χαρακτηριστικά μεγέθη βρόχου	38
3.3.3 Οριζοντιογραφία βρόχου	39
3.3.4 Χάραξη οριζοντιογραφίας βρόχου	40
3.3.5 Μηκοτομή βρόχου.....	45
Κεφάλαιο 4 Πρόγραμμα Οδοποιίας Anadelta Tessera.....	49
4.1 Γενικά	49
4.2 Παρουσίαση του προγράμματος.....	49
4.3 Κατασκευή βρόχων.....	54
4.4 Κατασκευή απευθείας κλάδων	57
4.5 Εισαγωγή μηκοτομών	59

Κεφάλαιο 5 Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων	65
5.1 Γενικά	65
5.2 Βρόχοι	65
5.3 Υπολογισμός Στοιχείων Μηκοτομών.....	68
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα	79
Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	80
Κεφάλαιο 7 Βιβλιογραφία.....	83
Κεφάλαιο 8 Παράρτημα.....	85
8.1 Πίνακες - σχήματα από θεωρητικό υπόβαθρο – κανονισμοί.....	85
8.2 Οριζοντιογραφίες βρόχων από Anadelta Tessera	89
8.3 Αντίστοιχες μηκοτομές από Anadelta Tessera	99

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1 Αποστάσεις ανάμεσα σε διαδοχικές συμβολές συνδετήριων κλάδων.....	21
Πίνακας 3-1 Κριτήριο Ασφαλείας I για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (κατηγορίες AI έως A IV) (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	25
Πίνακας 3-2 Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	26
Πίνακας 3-3 Σχέση μεταξύ μηκών ευθυγραμμίας και μεταβολής της ταχύτητας V85 κατά την αλληλουχία ευθυγραμμία – καμπύλη (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	27
Πίνακας 3-4 Οριακές τιμές ωσειδούς καμπύλης (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	37
Πίνακας 3-5 Ελάχιστες ακτίνες (min Rs) σε κλωθοειδείς κορυφές (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	37
Πίνακας 3-6 Οριακές τιμές οριζοντιογραφίας ανισόπεδων κόμβων (ΟΜΟΕ-ΑΚ, 2013)	39
Πίνακας 3-7 Επικλίσεις σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων (ΟΜΟΕ-ΑΚ, 2013)	42
Πίνακας 3-8 Οριακές τιμές μηκοτομής ανισόπεδων κόμβων (ΟΜΟΕ-ΑΚ, 2013)	46
Πίνακας 5-1 Περιπτώσεις που μελετήθηκαν.....	67
Πίνακας 5-2 Αποτελέσματα Υποχρεωτικών Σημείων	71
Πίνακας 5-3 Αποτελέσματα κλίσεων περιπτώσεων που μελετήθηκαν	73
Πίνακας 5-4 Διαφορετικές κατά μήκος κλίσεις κύριων δρόμων	76

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2-1(α, β) Ισόπεδοι κόμβοι συμβατικής και κυκλικής διάταξης (Μαυρομάτης, 2020)	4
Σχήμα 2-2 Απλή ανισόπεδη διασταύρωση (Οδοποιία II, 1998)	5
Σχήμα 2-3 (α, β) Ανισόπεδοι κόμβοι σε δύο και τέσσερα επίπεδα κυκλοφορίας (Μαυρομάτης, 2020).....	5
Σχήμα 2-4 Ελιγμοί σε ισόπεδο τετρασκελή κόμβο (α) και σε ανισόπεδο κόμβο μορφής τετράφυλλου (β) (Οδοποιία II, 1998)	6
Σχήμα 2-5(α, β) Σχεδιασμός κλάδου εξόδου σε αριστερόστροφη καμπύλη αρτηρίας (Μαυρομάτης, 2020).....	10
Σχήμα 2-6(α, β, γ) Σχεδιασμός κλάδου εξόδου υψομετρικά (Μαυρομάτης, 2020)	11
Σχήμα 2-7 Λειτουργικό σκαρίφημα ανισόπεδου κόμβου μορφής ρόμβου (Πασιάς, 2019).....	11
Σχήμα 2-8 Λειτουργικό σκαρίφημα ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου (Πασιάς, 2019).....	12
Σχήμα 2-9(α, β) Λειτουργικά σχήματα ΑΚ μορφής “πλήρους τετράφυλλου” με και χωρίς συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδό (Μαυρομάτης, 2020)	13
Σχήμα 2-11 μορφής «Σταυρός Μάλτας» (Μαυρομάτης, 2020)	14
Σχήμα 2-10 ΑΚ μορφής «Ανεμόμυλος» (Μαυρομάτης, 2020)	14
Σχήμα 2-12 (α, β) Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ μορφής “σάλπιγγα” (Ζαχαρή & Χριστοδούλης, 1999)	15
Σχήμα 2-13 (α, β) Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ μορφής “αχλάδι” (Μαυρομάτης, 2020).....	17
Σχήμα 2-14 (α, β) Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ με ομοιόμορφες αριστερόστροφες κινήσεις (Μαυρομάτης, 2020)	18
Σχήμα 2-15 (α, β, γ, δ, ε, στ) Βασικοί τύποι συνδετήριων κλάδων (Α.Α.Σ.Η.Ο., 1970 & Greenbook, 2001).....	19
Σχήμα 2-16 Απευθείας κλάδος με πρόσθετη απόσταση (Greenbook, 2001)	20
Σχήμα 3-1 Σχέση διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων για οδούς της ομάδας Α και της κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ (Επιθυμητή για τις κατηγορίες ΒΙΙΙ και ΒΙV) (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	28
Σχήμα 3-2 Ελάχιστες τιμές κλωθοειδούς παραμέτρου σε σχέση με την ακτίνα και την επίκεντρη γωνία του κυκλικού τόξου (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	31
Σχήμα 3-3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κλωθοειδούς (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	33
Σχήμα 3-4 Μορφές τόξων συναρμογής (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	35
Σχήμα 3-5 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου	40
Σχήμα 3-6 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου (Οδοποιία II, 1998).....	41
Σχήμα 3-7 Σχέσεις υπολογισμού κατακόρυφων καμπυλών	45
Σχήμα 3-8 Σχήμα κοίλης καμπύλης μηκοτομής	47
Σχήμα 3-9 Σχήμα κυρτής καμπύλης μηκοτομής	47
Σχήμα 4-1 Περιβάλλον Οριζοντιογραφίας του Anadelta Tessera.....	49
Σχήμα 4-2 Ενδεικτική παράσταση διατομής του προγράμματος	50

Σχήμα 4-3 Τυπικές εργασίες στις διατομές (Anadelta Tessera)	52
Σχήμα 4-4 Περιβάλλον τυπικής διατομής Anadelta Tessera	53
Σχήμα 4-5 Χαρακτηριστικά για την εισαγωγή βρόχων (Anadelta Tessera)	54
Σχήμα 4-6 Προδιαγραφές βρόχου εξ' ορισμού (Anadelta Tessera)	55
Σχήμα 4-7 Προδιαγραφές μερισμού (Anadelta Tessera)	56
Σχήμα 4-8 Προδιαγραφές συμβολής (Anadelta Tessera)	56
Σχήμα 4-9 Αρχικές παράμετροι δημιουργίας απευθείας κλάδων (Anadelta Tessera).....	57
Σχήμα 4-10 Προδιαγραφές απευθείας κλάδου εξ' ορισμού (Anadelta Tessera)	57
Σχήμα 4-11 Προδιαγραφές απευθείας κλάδων (Anadelta Tessera)	58
Σχήμα 4-12 Προδιαγραφές μερισμού βρόχου (Anadelta Tessera)	59
Σχήμα 4-13 Προδιαγραφές συμβολής βρόχου (Anadelta Tessera).....	60
Σχήμα 4-14 Περιβάλλον τυπικής μηκοτομής (Anadelta Tessera)	62
Σχήμα 4-15 Διάφορες λειτουργίες σχεδίασης και επεξεργασίας (Anadelta Tessera)	63
Σχήμα 5-1 Τυπικός βρόχος (Anadelta Tessera).....	66
Σχήμα 5-2 Μηκοτομή ακτίνας 22m (Anadelta Tessera)	68
Σχήμα 5-3 Επίκλιση Οδοστρώματος (Anadelta tessera)	70
Σχήμα 5-4 Δημιουργία αντίθετων βρόχων (Anadelta Tessera).....	74
Σχήμα 5-5 Μηκοτομή αντίθετου βρόχου στο 2 ^ο τεταρτημόριο (Anadelta Tessera).....	75
Σχήμα 5-6 Μηκοτομή βρόχου στο 1 ^ο τεταρτημόριο (Anadelta Tessera).....	75
Σχήμα 5-7 Οριζοντιογραφία / μηκοτομή Βρόχου με κλίση 1,4 % (Anadelta Tessera).....	77
Σχήμα 5-8 Μηκοτομές κύριων δρόμων με κλίση 1,4% (Anadelta Tessera).....	77

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Για τον σχεδιασμό μίας οδού βασική προϋπόθεση είναι η λήψη πολλών παραμέτρων. Μέσα από τα θέματα που παρουσιάζονται στην χάραξη της, όπως οι απαλλοτριώσεις η το ίδιο το έδαφος παρατηρούμε πώς την λύση θα δώσει η εφαρμογή καμπυλών με αρκετά διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

Γνωρίζουμε πως οι καμπύλες χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα την γωνιά αλλαγής διεύθυνσης. Πρέπει να δίνεται μεγάλη σημασία σε αυτές χωρίς να μας ενδιαφέρει σε ποια κατηγορία ανήκουν διότι προσδιορίζονται από συγκεκριμένα ειδικά εργαλεία χάραξης σε αντίθεση με την απλή ευθυγραμμία.

Η μηκοτομή είναι από τις παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το κομμάτι της χάραξης για αυτόν τον λόγο λοιπόν χρειάζεται να προσεχθεί ιδιαίτερος και να βρεθεί ανάλογα την κατάσταση η καλύτερη δυνατή λύση.

1.2 Στόχοι διπλωματικής Διατριβής

Σε αυτήν τη διπλωματική δίνουμε έμφαση στη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ ακτίνας και επίκλισης, δύο θεμελιωδών παραμέτρων που επηρεάζουν τη γεωμετρία και τη λειτουργικότητα των μηκοτομών. Ο στόχος της μελέτης είναι να κατανοήσει πώς οι μεταβολές στην ακτίνα επηρεάζουν την κατά μήκος κλίση, ώστε να εξασφαλιστεί η βέλτιστη ασφάλεια. Η ανάλυση βασίζεται σε αριθμητικά δεδομένα που εξάγονται από συγκεκριμένες περιπτώσεις διερεύνησης, όπου κάθε τιμή ακτίνας βρόχου από τις ΟΜΟΕ -ΑΚ συνδυάζεται με την αντίστοιχη επίκλιση και την ταχύτητα ώστε να έχουμε μια σωστή χάραξη. Τα δεδομένα παρουσιάζονται σε πίνακες, παρέχοντας σαφή εικόνα για τις μεταβολές.

1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** θα δούμε μια σύνοψη της βιβλιογραφίας πάνω στην οποία στηρίχθηκαν τα θεμέλιά της εργασίας. Το μαθηματικό κομμάτι που θα εξηγηθεί στο επόμενο κεφάλαιο είναι θεμελιωμένο σε αυτό το κεφάλαιο.

Στο **τρίτο κεφάλαιο**, γίνεται λεπτομερής ανάλυση των παραμέτρων που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό μιας καμπύλης και των βρόχων ανισόπεδων κόμβων. Ειδικότερα , δείχνονται τα διαγράμματα, τις εξισώσεις καθώς και τους κανονισμούς που αξιοποιήθηκαν σε αυτή την εργασία.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** θα γνωρίσουμε το πρόγραμμα Οδοποιίας Anadelta Tessera ,θα ανέρθουμε στις βασικές εντολές του, και θα αναφέρουμε τα βήματα τα οποία χρειάστηκαν για τις περιπτώσεις της εργασίας.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** παρουσιάστηκε αναλυτικά η διαδικασία που έγινε για την μελέτη. Μέσα από πίνακες αναδειχθήκαν όλα τα αποτελέσματα τις εργασίας και όλων των περιπτώσεων. Παρουσιάστηκαν και σχηματικά για την καλύτερη κατανόηση των όσων ειπώθηκαν.

Στο **έκτο κεφάλαιο** θα δούμε αρχικά τα όσα ειπώθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο με τα συμπεράσματα και τις επισημάνσεις που θα προκύψουν από αυτά, και στο τέλος θα προβούμε στις εισηγήσεις για μελλοντική έρευνα.

Στο **έβδομο κεφάλαιο** διατυπώνεται η βιβλιογραφία που ήταν αναγκαία για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, στο **όγδοο κεφάλαιο** ακολουθεί το **παράρτημα** στο οποίο είναι συγκεντρωμένοι οι βασικοί πίνακες τις θεωρίας, όπως επίσης και όλα τα σχήματα από τους βρόχους και τις μηκοτομές που μελετήθηκαν.

Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Γενικά

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο ασχολείται με τη βιβλιογραφική επισκόπηση που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής διατριβής. Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται τα κύρια είδη ανισόπεδων κόμβων και συνδετήριων κλάδων.

Κάθε ενότητα του επόμενου κεφαλαίου έχει οργανωθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζει την πλήρη κάλυψη των στοιχείων που συνθέτουν κάθε κατηγορία, αποφεύγοντας παράλληλα την υπερβολική ή αποπροσανατολιστική πληροφορία. Πιο συγκεκριμένα, δόθηκε έμφαση στις περιπτώσεις που ήταν απαραίτητες για την υλοποίηση της παρούσας μελέτης. Η προσέγγιση αυτή εξασφαλίζει ότι οι αναγνώστες θα αποκτήσουν σαφή κατανόηση των κρίσιμων παραμέτρων και διαδικασιών, χωρίς όμως να επιβαρυνθούν με δευτερεύουσες ή μη σχετικές λεπτομέρειες. Κάθε ενότητα παρατίθεται με τη σειρά της, προκειμένου να κατασκευαστεί μια οργανωμένη ροή που να διευκολύνει την κατανόηση και την εφαρμογή των σχετικών

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα είδη των ανισόπεδων κόμβων αλλά και οι παράμετροι που είναι αναγκαίοι για την κατασκευή τους. Κάτι αντίστοιχο θα γίνει και για τους συνδετήριους κλάδους αφού παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην κατασκευή ανισόπεδων κόμβων.

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.2 Ανισόπεδοι Κόμβοι (ΑΚ)

2.2.1 Γενικά

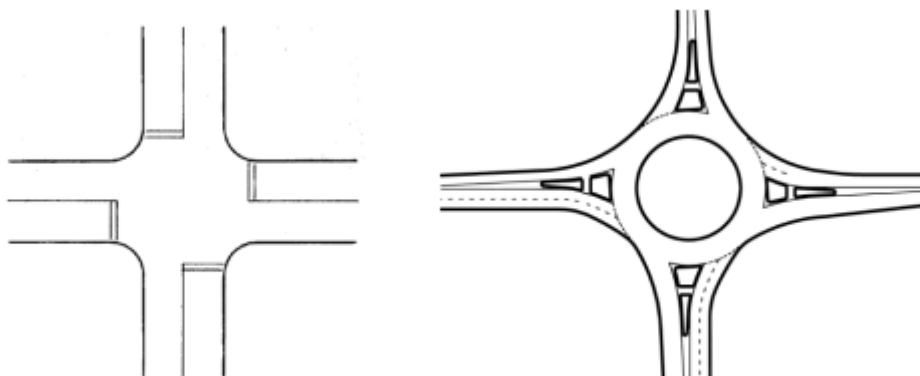
Μια περιοχή όπου διασταυρώνονται δύο ή περισσότερες οδοί, αποτελώντας τμήμα του οδικού δικτύου, ονομάζεται κόμβος. Η ζώνη του κόμβου περιέχει τόσο τις υποδομές στο οδόστρωμα όσο και τις παρόδιες, οι οποίες διευκολύνουν τη ρύθμιση και την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας. Ο κόμβος γίνεται να έχει διάφορους τύπους διαρρύθμισης, όπως κυκλικούς ή ανισόπεδους, ανάλογα με τις ανάγκες της περιοχής και την ποσότητα της κυκλοφορίας. Οι διάφοροι τύποι κόμβων επιλέγονται με βάση τη δυνατότητα βελτίωσης της κυκλοφοριακής ροής και τη μείωση των κινδύνων για την ασφάλεια των χρηστών του οδικού δικτύου. Η σωστή μελέτη και χάραξη ενός κόμβου περιλαμβάνει την ανάλυση των παραμέτρων της κυκλοφορίας, της χωρητικότητας και της ομαλότητας των διαδρομών, καθώς και τη λήψη υπόψη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του εδάφους και των υποδομών στην περιοχή.

Υπάρχουν οι εξής κατηγορίες οδικών κόμβων:

- Ισόπεδοι κόμβοι (ΙΚ): Αναφέρονται στη σύνδεση οδών στο ίδιο επίπεδο υψομετρικά, περιλαμβάνοντας τις διαμορφώσεις και τον εξοπλισμό των συνδεόμενων οδών, καθώς και τον παρόδιο χώρο που συμβάλλει στη εξομάλυνση της κυκλοφορίας. Υπάρχουν 2 κατηγορίες, αυτή της συμβατικής [Σχήμα 2-1(α)], και αυτή της κυκλικής μορφής[Σχήμα 2-1β].

(α) Συμβατική διάταξη

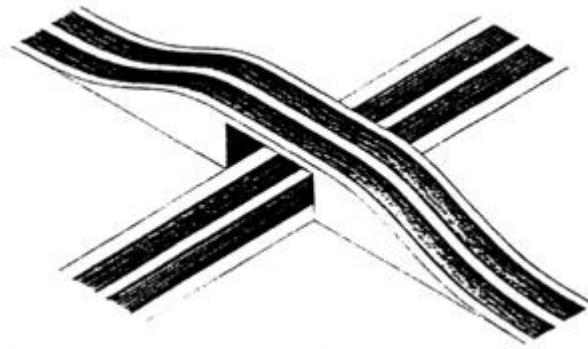
(β) κυκλική διάταξη



Σχήμα 2-1(α, β) Ισόπεδοι κόμβοι συμβατικής και κυκλικής διάταξης
(Μαυρομάτης, 2020)

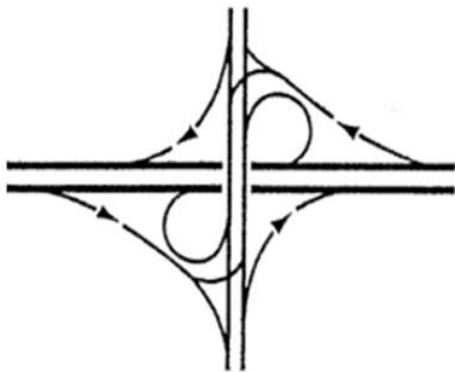
- Ανισόπεδοι κόμβοι (ΑΚ): Αποτελούν το τμήμα όπου δύο ή περισσότερες οδοί συνδέονται σε διαφορετικά υψομετρικά επίπεδα, περιλαμβάνοντας τον παρόδιο χώρο καθώς και τις ράμπες σύνδεσης, τα έργα διαχωρισμού και τις σχετικές διαμορφώσεις και εξοπλισμούς.
- Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα επικεντρωθεί στους ανισόπεδους κόμβους, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι διασταυρώσεις των οποίων πραγματοποιούνται σε διαφορετικά ή σε πολλαπλά επίπεδα. Παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ανισόπεδης διασταύρωσης (Σχήμα 2-2),.

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

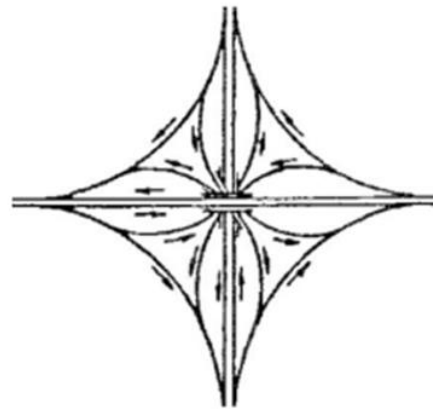


Σχήμα 2-2 Απλή ανισόπεδη διασταύρωση (Οδοποια II, 1998)

Οι ΑΚ τείνουν να αναπτύσσονται σε δύο (Σχήμα 2.3α) έως τέσσερα επίπεδα κυκλοφορίας [Σχήμα 2-3(β)],



(α) 2 επίπεδα κυκλοφορίας



(β) 4 επίπεδα κυκλοφορίας

Σχήμα 2-3 (α, β) Ανισόπεδοι κόμβοι σε δύο και τέσσερα επίπεδα κυκλοφορίας (Μαυρομάτης, 2020)

Ακολουθεί ένα γραφικό παράδειγμα διαφοροποίησης τύπων ελιγμού μεταξύ ισόπεδου και ανισόπεδου κόμβου [Σχήμα 2-4]:

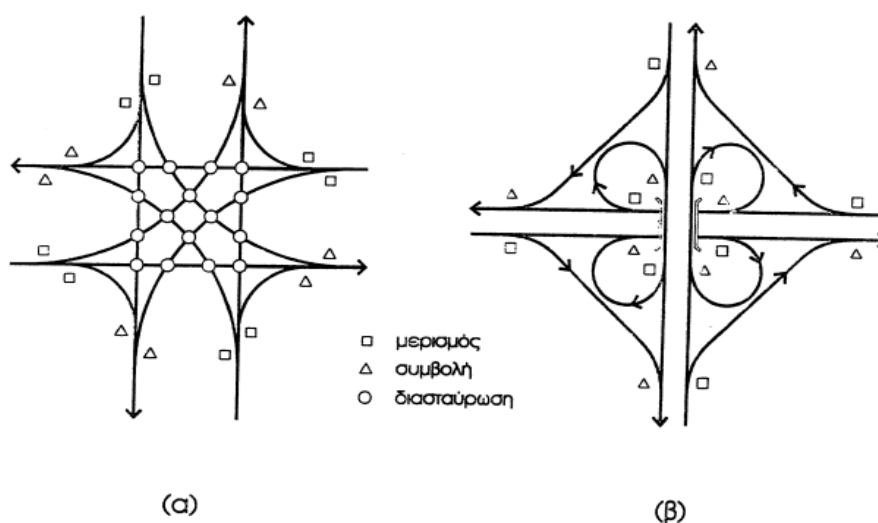
Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Ισόπεδος κόμβος:

- 8 μερισμοί
- 8 συμβολές
- 16 διασταυρώσεις

Ανισόπεδος κόμβος:

- 8 μερισμοί
- 8 συμβολές
- 0 διασταυρώσεις



Σχήμα 2-4 Ελιγμοί σε ισόπεδο τετρασκελή κόμβο (α) και σε ανισόπεδο κόμβο μορφής τετράφυλλου (β) (Οδοποιία II, 1998)

Χρειάζεται να αναφερθεί πως υπάρχει διαφορά μεταξύ φόρτου κυκλοφορίας ανάμεσα στα σημεία διαχωρισμού του ανισόπεδου με του ισόπεδου κόμβου.

Η καλή λειτουργία ενός έναν κόμβο μπορεί να ρυθμίσει αρκετές από τις παραμέτρους (λειτουργικό κόστος ,ταχύτητα) που είναι αναγκαίες για ένα οδικό δίκτυο. Για αυτόν το λόγο οι κομβοί είναι αρκετά σημαντικοί και χρειάζεται να διασφαλίζονται τα παρακάτω :

- Σωστή κυκλοφοριακή ικανότητα
- Ασφαλής κυκλοφορία
- Προσαρμογή στο περιβάλλοντα χώρο
- Αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας

Η ασφαλής κυκλοφοριακή ροή βασίζεται τόσο στον γεωμετρικό σχεδιασμό του κόμβου όσο και στην γενική οργάνωση της κυκλοφορίας σε αυτόν. Ιδιαίτερη σημασία για την ασφάλεια έχει ο καθορισμός σαφούς πορείας στους χρήστες, ειδικά σε εκείνους που δεν γνωρίζουν καλά τις τοπικές κυκλοφοριακές συνθήκες.

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο ενός κόμβου θεωρείται δεκτή, εφόσον οι επιπτώσεις στο περιβάλλον (όπως η ρύπανση της ατμοσφαίρας, η ηχορύπανση και η παρεμπόδιση της υφιστάμενης χρήσης γης) είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων.

Το μήκος των ανισόπεδων κόμβων παίζει σημαντικό ρόλο στους αυτοκινητοδρόμους. Επιπλέον, η κατώτατη απόσταση μεταξύ των κόμβων, εξαρτάται από παράγοντες όπως, οι φόρτοι πλέξης κτλ.

Ως θεσμοθετημένος κανόνας απόστασης μεταξύ ΑΚ ισχύει:

- 3χλμ σε υπεραστικές
- 1,5χλμ σε αστικές

2.2.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ανισόπεδων Κόμβων

Οι κύριες θετικές πλευρές των ανισόπεδων κόμβων είναι:

- Ο επαρκής χώρος των δρόμων που οδηγούν προς και από τον κόμβο είναι σχεδόν ίση με τη συνολική χωρητικότητα που εξασφαλίζουν τους επιμέρους κλάδους.
- Οι ελιγμοί διέλευσης πραγματοποιούνται χωρίς την ανάγκη αλλαγής ταχύτητας και, κυρίως, χωρίς να υπάρχουν στάσεις. Τα οχήματα μειώνουν ταχύτητα ελάχιστα τους ελιγμούς στροφές, υπό την προϋπόθεση ότι ο κόμβος έχει σχεδιαστεί σωστά.
- Η συνεχής ροή της κυκλοφορίας οδηγεί σε εξοικονόμηση χρόνου και μείωση του κόστους λειτουργίας των οχημάτων, συμβάλλοντας έτσι στη αναβάθμιση της άνεσης και της εξυπηρέτησης των οδηγών.
- Η μελέτη της διασταύρωσης των οδών δεν απαιτεί αυστηρές προδιαγραφές, καθώς επιτρέπεται η σύνδεση των διαφορετικών οδών σε ένα ευρύ φάσμα
- Οι ανισόπεδοι κόμβοι προτιμώνται για σταδιακή κατασκευή, γιατί με έναν ή περισσότερους συνδετικούς κλάδους αποτελούν μια ολοκληρωμένη μονάδα. Σε μεταγενέστερα στάδια κατασκευής, είναι δυνατή η προσθήκη επιπλέον κλάδων.

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Τα μειονεκτήματα των ανισόπεδων κόμβων προκύπτουν κυρίως από πρακτικές δυσκολίες στην κατασκευή, καθώς και από οικονομικούς παράγοντες. Αυτά είναι ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο ή περιορισμένη διαθέσιμη έκταση για απαλλοτρίωση.

Τα σημαντικότερα είναι τα εξής:

- Το κόστος της απαλλοτρίωσης, της μελέτης, της συντήρησης και της κατασκευής, με ελάχιστες εξαιρέσεις, είναι υψηλότερο σε σύγκριση με τις αντίστοιχες εργασίες στους ισόπεδους κόμβους.
- Κάποιοι κόμβοι παρουσιάζουν περιορισμένη. Η δομή τους μπορεί να φέρει αναστάτωση σε οδηγούς που δεν είναι εξοικειωμένοι με τα είδη ανισόπεδων κόμβων.
- Απλές μορφές ανισόπεδων κόμβων παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκολία όταν περιλαμβάνουν αρκετές συμβάλλουσες οδούς. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ενδέχεται κάποιες από τις συνδέσεις των οδών να χρειαστεί να γίνουν μακριά από την βασική περιοχής του κόμβου.

2.2.2 Διαμόρφωση Γεωμετρικών Στοιχείων

Ότι έχει να κάνει την δημιουργία των ανισόπεδων κόμβων, είναι υποχρεωτικό να διασφαλίζονται ορισμένες θεμελιώδεις κανόνες. Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται μια περιγραφή αυτών, ενώ πιο διεξοδική αξιολόγηση του γεωμετρικού σχεδίου των ανισόπεδων κόμβων παρουσιάζεται παρακάτω.

Παρακάτω αναγράφονται οι βασικές αρχές:

- Η διαμόρφωση του κόμβου πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο που να διευκολύνει την απρόσκοπτη κίνηση των κύριων διαμετρικά αντίθετων ροών, ιδιαίτερα αυτών με τον μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο.
- Η διαμόρφωση των ραμπών πρέπει να εξασφαλίζει την ομαλή και σωστή ροή των κύριων στροφών.
- Τα ρεύματα στην είσοδο χρειάζεται να ολοκληρώνονται με έναν κλάδο στον αυτοκινητόδρομο και να συγχωνεύονται στις ράμπες. Εξαιρέσεις μπορεί να γίνουν για στρεφόμενες κινήσεις με μεγάλο φόρτο ή όταν απαιτείται εξοικονόμηση τεχνικών έργων.
- Στις περιπτώσεις ένωσης ρευμάτων, το νοούμενο των λωρίδων κατάντη απαγορεύεται να υπερβαίνει τις συνολικές λωρίδες των ανάντη ρευμάτων μείον μία λωρίδα. Εξαίρεση μπορεί να γίνει όταν οι ώρες αιχμής των διαφόρων κινήσεων διαφέρουν σημαντικά ή όταν οι φόρτοι εισόδου είναι σταθερά μεγαλύτεροι από τους αντίθετους φόρτους.

Οι ανισόπεδοι κόμβοι συγκροτούνται από άλλους τομείς, όπως, κύρια οδοστρώματα, βοηθητικές λωρίδες και συνδετήριους κλάδους εισόδου και εξόδου. Σε κάθε έναν από αυτούς τους τομείς, οι οδηγοί απαιτείται να εκτελούν συγκεκριμένους ελιγμούς.

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Όσον αφορά το πρωτεύον οδόστρωμα (κύριο ή διερχόμενο), ο γεωμετρικός σχεδιασμός του διατηρείται συνήθως σταθερός. Στο μέρος των ανισόπεδων κόμβων σύμφωνα με τις οδηγίες των RAA 2008, είναι σωστό να εφαρμόζονται επιπλέον οδηγίες, οι οποίες είναι:

- Οι λεπτομέρειες προγραμματισμού της κύριας αρτηρίας χρειάζεται να ξεπερνούν τις ελάχιστες οριακές τιμές για να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η άνεση των οδηγών.
- Οι τομείς εισόδου και εξόδου καλό είναι να κατασκευάζονται σε ευθύγραμμα τμήματα για την αποφυγή επικίνδυνων ελιγμών.
- Καλό θα ήταν να βρίσκεται πιο χαμηλά από το 3% η κατά μήκος κλίση της κύριας αρτηρίας, ώστε να διατηρείται η ευκολία κίνησης και η ασφάλεια.
- Όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, είναι προτιμότερη η υποβίβαση της κύριας αρτηρίας σε σχέση με τη δευτερεύουσα. Αυτό διευκολύνει την επιβράδυνση στις περιοχές εξόδου και την επιτάχυνση στις περιοχές εισόδου, ενώ παράλληλα μειώνει τη δημιουργούμενη ηχορύπανση από την κυκλοφορία.



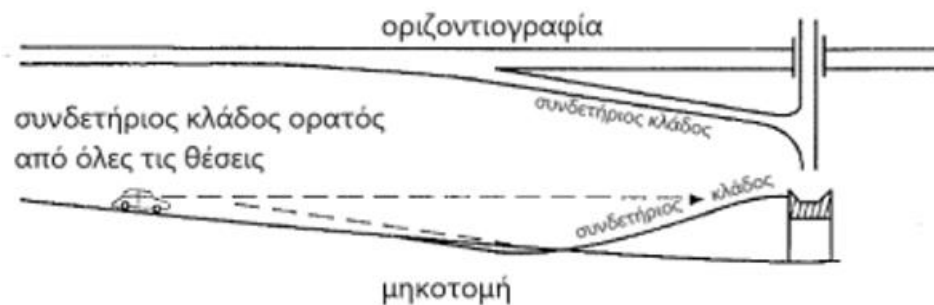
(α) διάταξη εξόδου προς αποφυγή

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

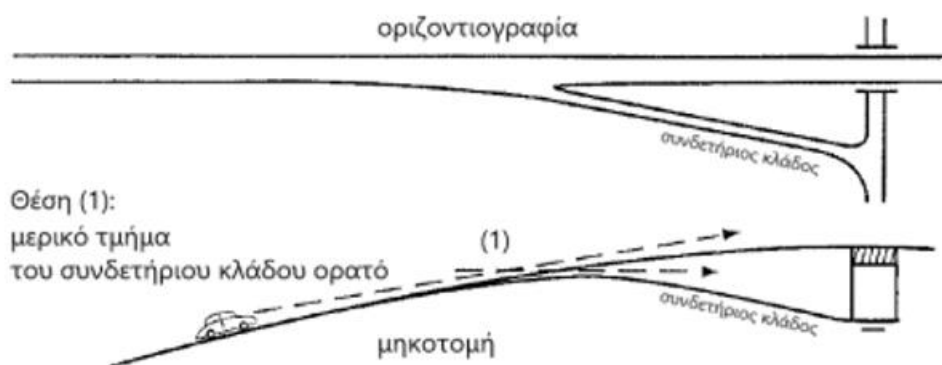


(β) διάταξη εξόδου κατάλληλη προς εφαρμογή

Σχήμα 2-5(α, β) Σχεδιασμός κλάδου εξόδου σε αριστερόστροφη καμπύλη αρτηρίας (Μαυρομάτης, 2020)

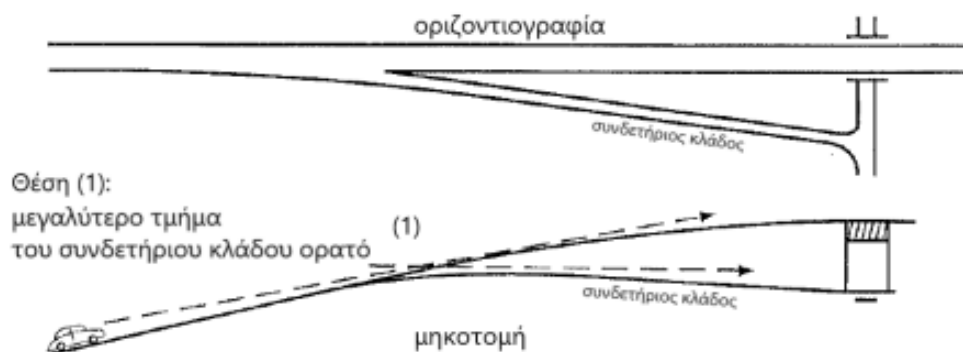


(α) διάταξη εξόδου προς αποφυγή (κυρτό τόξο μεγάλης καμπυλότητας)



(β) διάταξη εξόδου προς εφαρμογή (κυρτό τόξο μικρής καμπυλότητας με επαύξηση του μήκους του συνδετήριου κλάδου)

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



(γ) διάταξη εξόδου προς εφαρμογή (κοίλο τόξο)

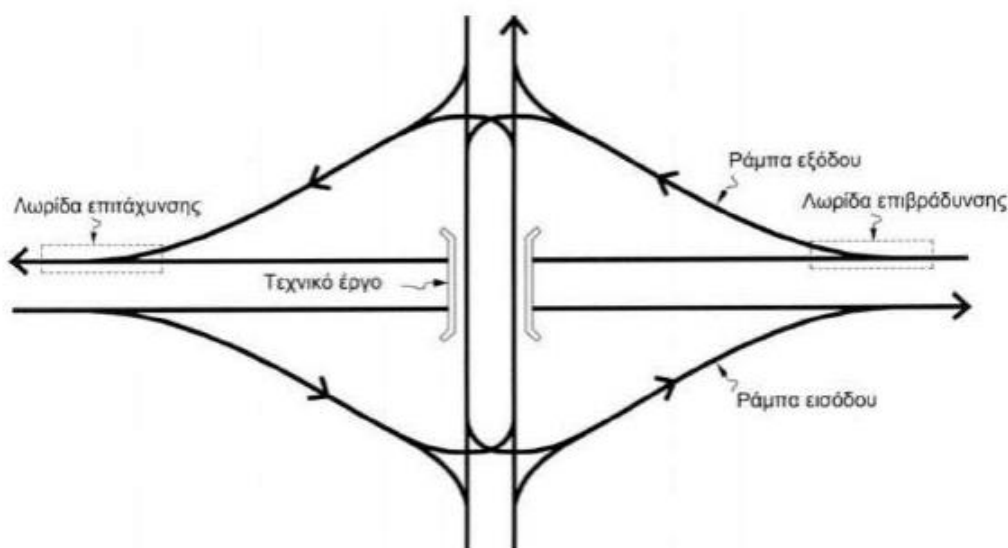
Σχήμα 2-6(α, β, γ) Σχεδιασμός κλάδου εξόδου υψομετρικά (Μαυρομάτης, 2020)

2.2.3 Τετρασκελείς ΑΚ

- Ανισόπεδος κόμβος μορφής ρόμβου (διαμαντιού).

δημιουργεί την απλοποιημένη εκδοχή τετρασκελούς ΑΚ, η οποία κυρίως σε αστικές περιοχές λόγω του σχετικά περιορισμένου χώρου που καταλαμβάνει. Η κυκλοφορία στους συνδετήριους κλάδους, οι τέσσερις που είναι μονής κατεύθυνσης, διατηρεί συνήθως ομαλή μορφή, ακόμη και στις ταχύτητες.

Το κύριο χαρακτηριστικό του ανισόπεδου κόμβου τύπου «διαμάντι» είναι ότι η δευτερεύουσα οδός με τις ισόπεδες διασταυρώσεις πρέπει να σηματοδοτούνται όταν καταγράφεται αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος στη δευτερεύουσα ή αυξημένη αριστερόστροφη κινήσεις προς και από τους συνδετικούς κλάδους. 4 είναι στην τυπική αυτή διάταξη οι φάσεις σηματοδότησης.



Σχήμα 2-7 Λειτουργικό σκαρίφημα ανισόπεδου κόμβου μορφής ρόμβου (Πασιάς, 2019)

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

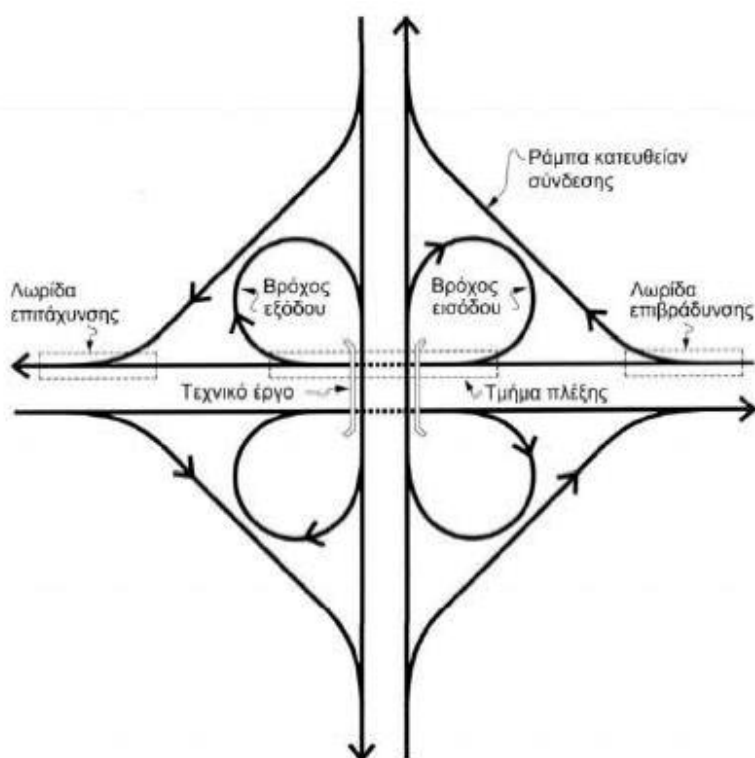
Η βασική εικόνα του ΑΚ τύπου «διαμάντι» (βλ. Σχήμα 2-7), υπό προϋποθέσεις, υπάρχουν εναλλακτικές συνδέσεις κ.λπ.), δεν είναι υποχρεωτικό ο σχεδιασμός των δύο συνδετήριων κλάδων που βρίσκονται απέναντι. Προκύπτει ημι-κόμβος: είτε εισόδου-εξόδου (παραλείπεται το αριστερό ζεύγος συνδετήριων κλάδων) είτε εξόδου-εισόδου (παραλείπεται το δεξί ζεύγος συνδετήριων κλάδων).

Επιπλέον, η απόσταση μεταξύ των κόμβων στη δευτερεύουσα οδό πρέπει γενικά να υπερβαίνει τα 200 m, προκειμένου να διατηρούν τα απαραίτητα μήκη ορατότητας που καθορίζονται.

- Ανισόπεδος κόμβος μορφής “Τριφύλλι”

Ο ΑΚ "τριφύλλι" τύπου, εμφανίζεται σε πολλές εκδοχές με τη συνηθισμένη να είναι ο ανισόπεδος κόμβος τύπου "πλήρους τετράφυλλου". Σε αυτή τη διάταξη, κάθε τεταρτημόριο περιλαμβάνει έναν κατευθυντήριο συνδετήριο κλάδο εξόδου (ή εισόδου) και έναν βρόχο εισόδου (ή εξόδου).

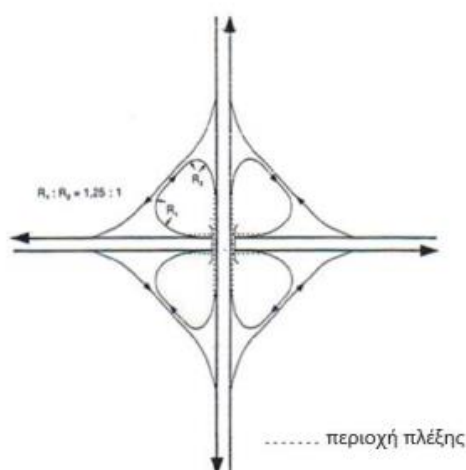
Το κύριο χαρακτηριστικό του "πλήρους τετράφυλλου" είναι το γεγονός ότι έχει την μοναδική εικόνα ΑΚ με ένα έργο τεχνικό, το οποίο δεν έχει διασταυρώσεις ισόπεδες.



Σχήμα 2-8 Λειτουργικό σκαρίφημα ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου (Πασιάς, 2019)

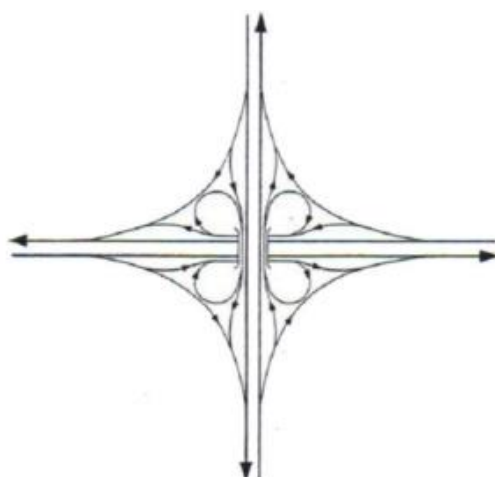
Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η διάταξη του «πλήρους τετράφυλλου» χαρακτηρίζεται από έναν κύριο ελάττωμα, καθώς χρειάζεται επιπλέον απόσταση για την κυκλοφορία που στρίβει αριστερά, ενώ παράλληλα προϋποθέτει αξιοσημείωτη έκταση για απαλλοτρίωση. Ένα ακόμη ζήτημα είναι οι ελιγμοί πλέξης, οι οποίοι πραγματοποιούνται σε περιορισμένο μήκος στις τέσσερις περιοχές [Σχήμα 2-9(α)]. Το πρόβλημα του μήκους πλέξης όσον αφορά τον περιορισμό είναι εφικτό να διορθωθεί αποτελεσματικά σε αρκετές περιπτώσεις με την κατασκευή συλλεκτήριας-κατανεμητήριας οδού επαρκούς μήκους, που έχει τοποθετηθεί σε απόσταση πριν το τεχνικό έργο και βρίσκεται εκτός του βασικού οδοστρώματος. Αυτή η μέθοδος μεγαλώνει το διαθέσιμο μήκος για τη διαχείριση των πλέξεων και μειώνει τις ταχύτητες των οδικών μέσων [Σχήμα 2-9(β)]. Επιπλέον λεπτομέρειες σχετικά με το απαιτούμενο μήκος για τους ελιγμούς πλέξης παρουσιάζονται σε επόμενο κομμάτι. Ένα μειονέκτημα αυτής της λύσης, η οποία κρίνεται συνήθως αναπόφευκτη, είναι το αυξημένο κόστος λόγω της μεγαλύτερης



επιφάνειας που χρειάζεται για την υλοποίηση του τεχνικού έργου.

(α) “πλήρες τετράφυλλο” χωρίς συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδό



Σχήμα 2-9(α, β) Λειτουργικά σχήματα ΑΚ μορφής “πλήρους τετράφυλλου” με και χωρίς συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδό (Μαυρομάτης, 2020)

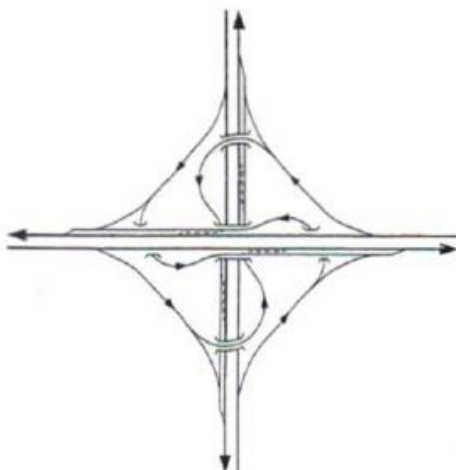
Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

(β) “πλήρες τετράφυλλο” με συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδό.

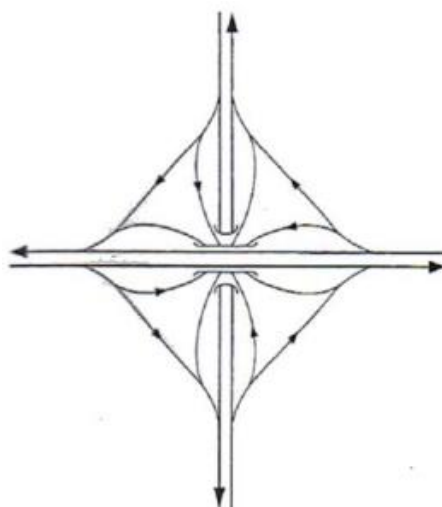
Όταν στόχος είναι οι ελάχιστοι φόρτοι κυκλοφορίας ο σχεδιασμός βρόχων κυρίως αποφεύγεται. Σπάνια εφαρμόζονται δύο μορφές ΑΚ στις οποίες δεν εντοπίζονται τμήματα πλέξης.

Ο ανισόπεδος κόμβος τύπου "ανεμόμυλος" επιλέγεται συνήθως όταν υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί στη διαθέσιμη που περιοχή για κατάληψη (Σχήμα 2-10).

Η πιο διαδεδομένη διάταξη είναι η "σταυρού Μάλτας" (Σχήμα 2-11) για τη διασταύρωση δύο δρόμων. Η διάταξη αυτή διαμορφώνεται σε τέσσερα επίπεδα, προσφέροντας υψηλή κυκλοφοριακή ικανότητα.



Σχήμα 2-11 ΑΚ μορφής «Ανεμόμυλος» (Μαυρομάτης, 2020)

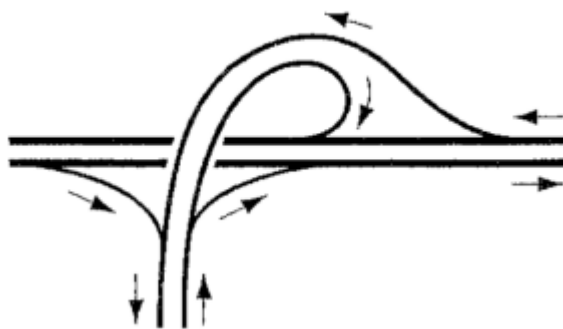


Σχήμα 2-10 μορφής «Σταυρός Μάλτας» (Μαυρομάτης, 2020)

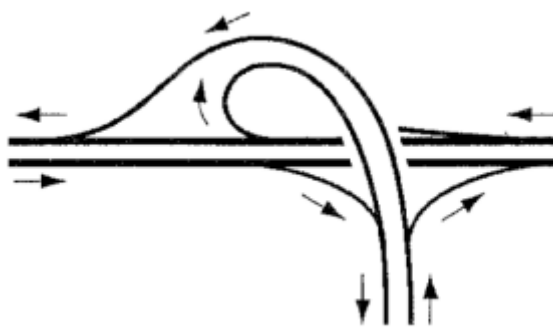
2.2.4 Τρισκέλεις ΑΚ

Οι ανισόπεδοι κόμβοι με 3 σκέλη χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου δεν θεωρείται πιθανή μια μελλοντική διεύρυνση στο υπόλοιπο σκέλος. Παρακάτω παρατίθενται οι πιο γνωστές διατάξεις ανισόπεδων κόμβων με 3 σκέλη.

Η μορφή "σάλπιγγας" αποτελεί την λύση για ανισόπεδους κόμβους με 3 σκέλη, με δύο βασικές διατάξεις [Σχήμα 2-12(α, β)]. Η επιλογή της κατάλληλης διάταξης στηρίζεται στην προσβασιμότητα γης, στο ανάγλυφο του εδάφους, καθώς και στους φόρτους. Ειδικότερα, επιλέγεται ο βρόγχος να καλύπτει ανάγκες της κίνησης με τον μικρότερο φόρτο, ώστε να γίνεται καλύτερη η κυκλοφοριακή ροή.



(α) Μορφή σάλπιγγας τύπος α



(β) Μορφή σάλπιγγας τύπος β

Σχήμα 2-12 (α, β) Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ μορφής "σάλπιγγα" (Ζαχαρή & Χριστοδούλης, 1999)

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

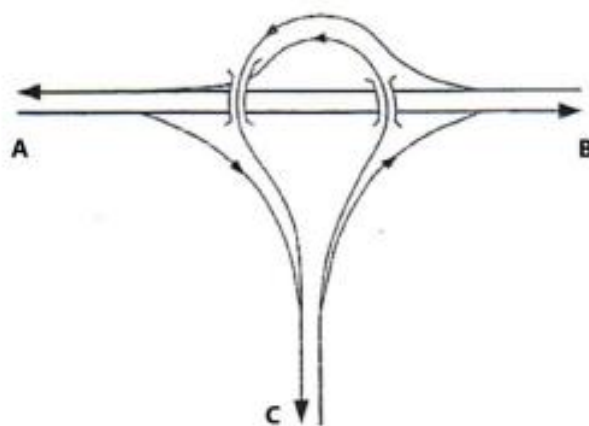
Υποχρεωτικό είναι στα τμήματα εξόδου και εισόδου αντίστοιχα από την δευτερεύουσα οδό να υπάρχει διαχωριστική νησίδα στις δύο κατευθύνσεις. Αυτό αποτρέπει την λανθασμένη είσοδο οχημάτων στην αντίθετη κατεύθυνση.

Η διάταξη "σάλπιγγας" τύπου Α χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, με ταυτόχρονη εφαρμογή μέτρων για τη ελάττωση των ταχυτήτων των οχημάτων που στρίβουν αριστερά και μπαίνουν στην αρτηρία που είναι κύρια μέσω του βρόγχου.

Στην περίπτωση τύπου Β της "σάλπιγγας", ο κλάδος σύνδεσης της εξόδου με αριστερόστροφη κίνηση χρειάζεται να ξεκινά πριν από την τεχνική κατασκευή. Έτσι, η περιοχή εξόδου γίνεται πιο εύκολα κατανοητή από τους οδηγούς. Ακόμη, η προσθήκη ενός τόξου αντίθετης κατεύθυνσης πριν από το κύριο τόξο του συνδετήριου κλάδου έχει θετική επίδραση στην ελαχιστοποίηση της ταχύτητας.

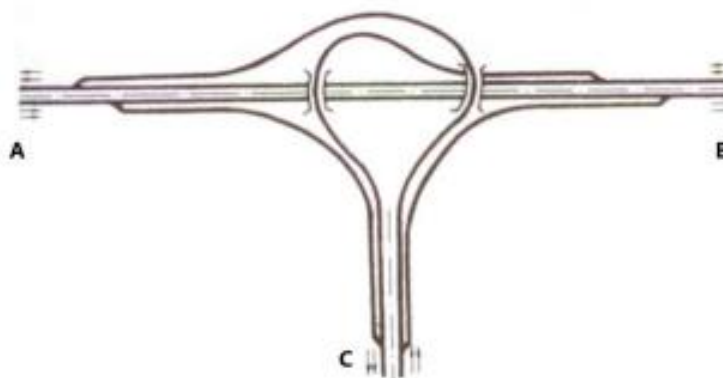
Όπως και στην περίπτωση των τετρασκελών ανισόπεδων κόμβων, η χρήση βρόγχων κατά τη διασταύρωση αυτοκινητόδρομων περιορίζεται, εκτός εάν είναι απαραίτητη λόγω μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου.

Στην περίπτωση ΑΚ τύπου "αχλάδι", διαπιστώνεται πρόοδος σε δύο επίπεδα, αποτελώντας μια παραλλαγή του ανισόπεδου κόμβου τύπου "σάλπιγγα", όπου ο βρόγχος παραχωρεί τη θέση του από έναν ημι-κατευθυντήριο συνδετήριο κλάδο. Για την υλοποίηση αυτής της διάταξης χρειάζονται 2 έργα [Σχήμα 2-13(α, β)]. Συγκεκριμένα, στο Σχήμα 2-13(α) παρουσιάζεται αλλαγή που είναι προτιμότερη όταν η αριστερόστροφη κίνηση ανάμεσα στους άξονες BC έχει μεγαλύτερη κυκλοφοριακή ροή σε σύγκριση με των αξόνων CA την κίνηση. Αντιθέτως, στο Σχήμα 2-13(β) είναι προτιμότερη η αλλαγή όταν οι φόρτοι κίνησης είναι αυξημένοι στους άξονες CA.



(α) αυξημένος φόρτος στην κίνηση BC

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

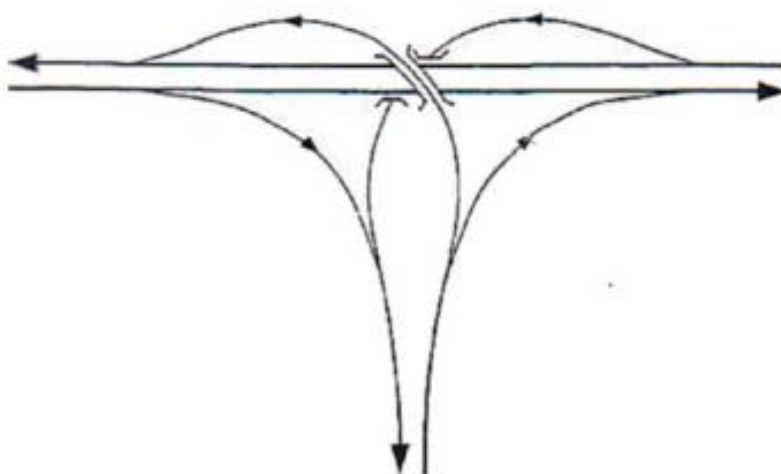


(β) αυξημένος φόρτος στην κίνηση CA

Σχήμα 2-13 (α, β) Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ μορφής “αχλάδι”
(Μαυρομάτης, 2020)

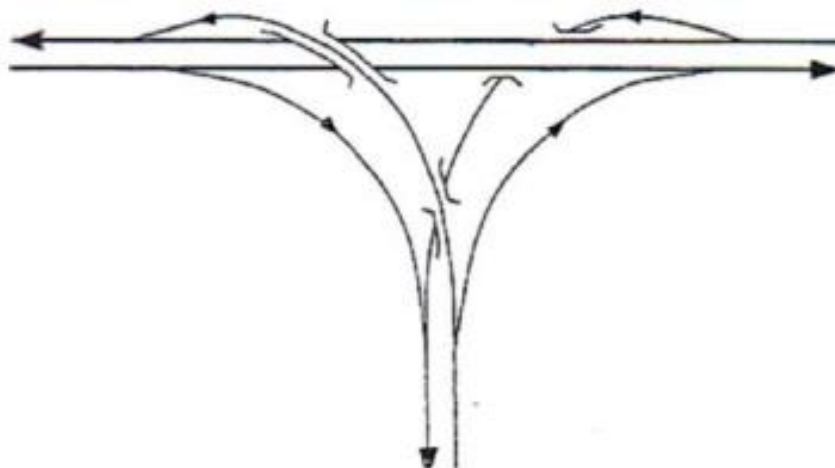
Όταν το μέγεθος των φόρτων των αριστερόστροφων κινήσεων είναι γενικά σε παρόμοια κατηγορία, επιλέγονται κλασικές κατευθυντήριες διατάξεις, όπως αυτές που απεικονίζονται στο Σχήμα 2-14(α, β).

Συγκεκριμένα, στο Σχήμα 2-14(α) ο ΑΚ διαμορφώνεται σε τρία επίπεδα, κάνοντας απαραίτητη την κατασκευή ενός ενιαίου τεχνικού έργου, γεγονός που μεγαλώνει το συνολικό κόστος της κατασκευής. Όμως, το χρηματικό ποσό είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση της λύσης δύο επιπέδων, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2-14(β). Σε αυτήν την περίπτωση, προβλέπονται τρία ξεχωριστά τεχνικά έργα, τα οποία όμως χρειάζονται μεγαλύτερη χωροθέτηση.



(α) τυπική κατευθυντήρια διάταξη με 1 τεχνικό έργο

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



(β) τυπική κατευθυντήρια διάταξη με 3 τεχνικά έργα

Σχήμα 2-14 (α, β) Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ με ομοιόμορφες αριστερόστροφες κινήσεις (Μαυρομάτης, 2020)

2.3 Συνδετήριοι κλάδοι

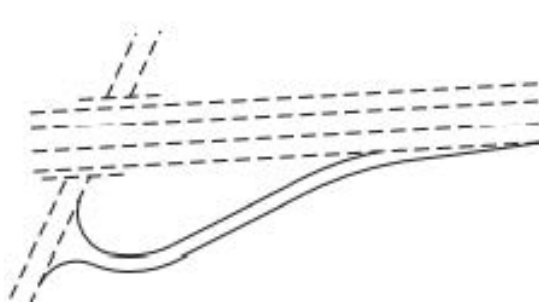
Με τον συνδετήριο κλάδο ενώνονται ένας ή και περισσότεροι κλάδοι μεταξύ τους πιο συχνά μια κύρια με μια δευτερεύουσα οδό. Ενσωματώνει, μια πληθώρα τύπων και μεγεθών διαδρόμων στροφής που με αυτόν τον τρόπο ενώνουν δύο ή περισσότερα μέρη ενός ανισόπεδου κόμβου. Το γεγονός ότι η σύνδεση εφαρμόζεται χωρίς κόμβο έχει και οφέλη όπως αδιάκοπη ροή της κυκλοφορίας. Αυτό μειώνει τη διάρκεια των ταξιδιών και την καθυστέρηση για τους οδηγούς.

Στο Σχήμα 2-15 φαίνονται οι πιο βασικοί τύποι κλάδων μαζί με τα σχήματά τους, αν και υπάρχουν και άλλες παραλλαγές αυτών.

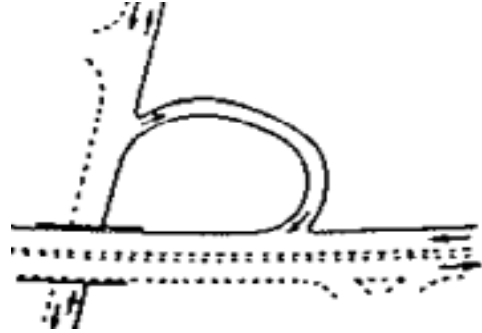
Ακόμα, οι κλάδοι αυτοί δεν περιορίζονται μόνο σε καμπύλη χάραξη, καθώς γίνεται να έχουν και ευθύγραμμη μορφή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-15(α).

Τέλος, στους ανισόπεδους ρομβοειδείς κόμβους συνήθως περιλαμβάνονται τέσσερις διαγώνιοι συνδετήριοι κλάδοι.

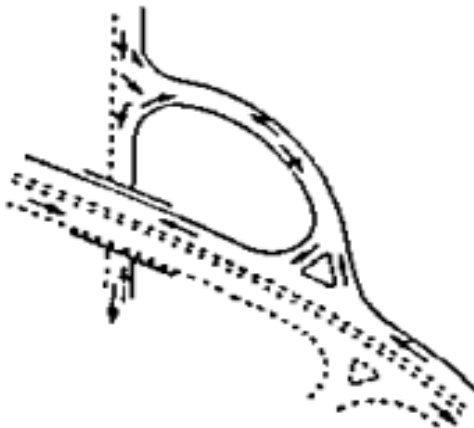
Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



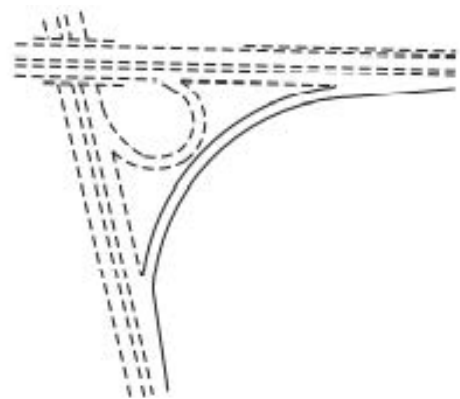
(α) Διαγώνιος



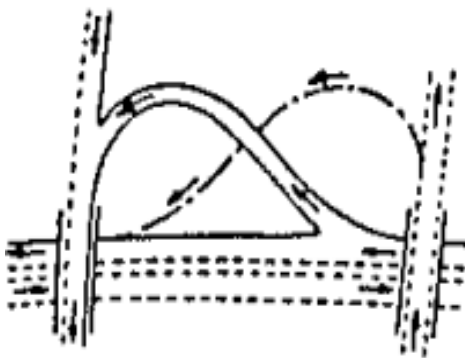
(β) Δακτύλιος καμπύλη



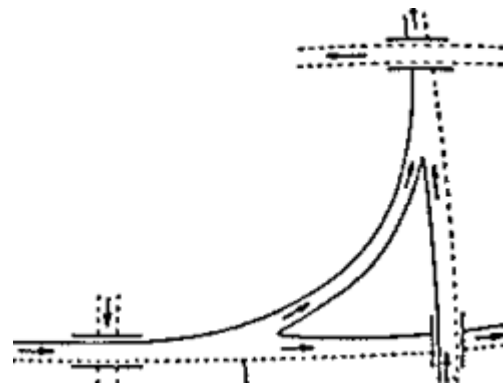
(γ) Τρίφυλλο 2 κατευθύνσεων



(δ) Τρίφυλλο μιας κατεύθυνσης



(ε) Ημιευθεία σύνδεση



(στ) Απευθείας σύνδεση

Σχήμα 2-15 (α, β, γ, δ, ε, στ) Βασικοί τύποι συνδετήριων κλάδων (Α.Α.Σ.Η.Ο., 1970 & Greenbook, 2001)

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Στη βασική διάταξη της δακτυλίου καμπύλης, τα οχήματα παίρνουν το σημείο όπου διαχωρίζονται τα επίπεδα και συνεχίζουν έως ότου φτάσουν στο σημείο εκκίνησης της δακτυλίου καμπύλης. Εκεί, κάνοντας δεξιά, ακολουθώντας μια καμπύλη περίπου 270° , και στη συνέχεια μπαίνουν στη συνδεόμενη οδό. Η διαδρομή που γίνεται πάνω στη δακτύλιο καμπύλη είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με άλλους τύπους συνδετήριων κλάδων.

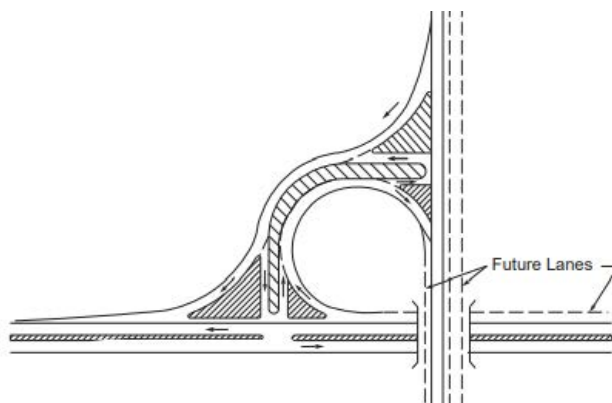
Ο συνδυασμός δακτυλίου καμπύλης στο τριφύλλι μονής κατεύθυνσης, που περιλαμβάνει ένα τεταρτημόριο [Σχήμα 2-15(δ)], θεωρείται ένας από τους κύριους τύπους αυτής της κατηγορίας κόμβων. Αυτός ο κλάδος χαρακτηρίζεται συχνά από καμπύλη χάραξη με αντίστροφη καμπυλότητα στις εξωτερικές συνδέσεις.

Εάν υπάρχει μεγάλος φόρτος στην εξωτερική σύνδεση, είναι πιθανό να καταστεί απαραίτητη η διαφοροποίηση του σχήματος της καμπύλης έτσι ώστε να εξυπηρετηθεί πιο σωστά η κυκλοφορία.

Οι συνδετήριοι κλάδοι εκτελούν τη συντομότερη διαδρομή σε σχέση με άλλους τύπους, ωστόσο αποφεύγονται λόγω της απαίτησης για δύο ή περισσότερες γέφυρες, κάτι που μεγαλώνει πολύ σημαντικά το χρηματικό ποσό για την κατασκευή.

2.3.1 Συνδετήριος κλάδος απευθείας σύνδεσης

Οι απευθείας κλάδοι συγκροτούνται όπως έχουμε δει από μια συμβολή και ένα μερισμό και συνδέουν δυο δρόμους μεταξύ τους οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο τεταρτημόριο ενός ανισόπεδου κόμβου. Στο σχήμα φαίνεται παρακάτω ένας απευθείας κλάδος με πρόσθετη απόσταση, που έχει τη δυνατότητα να μην επικαλύπτεται με τον



Σχήμα 2-16 Απευθείας κλάδος με πρόσθετη απόσταση (Greenbook, 2001)

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.3.2 Διαστήματα μεταξύ των συμβολών

Είναι σημαντικό ότι θα αναφερθεί στα μεγέθη που διατυπώνονται στον παραπάνω πίνακα δεν είναι αποδεκτό να είναι πιο μικρά από εκείνα που χρειάζονται για την εκτέλεση ελιγμών, τις αλλαγές ταχύτητας κτλ.

Στους ανισόπεδους κόμβους, εμφανίζεται τακτικά η ύπαρξη δύο ή περισσότερων συμβολών συνδεδεμένων κλάδων σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Για αυτό τον λόγο, οι συμβολές αυτές πρέπει να συνενώνονται στις περιοχές εισόδου ή εξόδου. Παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ συμβολών που αφορούν τους συνδεδεμένους κλάδους. Οι τιμές αυτές καθορίζονται από χρονικούς παράγοντες απόφασης και εκτέλεσης ελιγμού, που κυμαίνεται από 5 έως 10 δευτερόλεπτα.

Στις υπεραστικές οδούς, οι επιθυμητές αποστάσεις συνήθως συμπίπτουν με τις κατώτατες που αναγράφονται στον πίνακα. Όμως, είναι γενικά πρέπει να διαλέγονται μεγαλύτερες αποστάσεις, ώστε να διασφαλίζεται χώρος που είναι επαρκής για τα προειδοποιητικά σήματα.

Ιδανικά, οι σωστές αποστάσεις είναι:

- 180 μέτρα ανάμεσα σε μία έξοδο ελεύθερης οδού και μια έξοδο συλλεκτήριας οδού.
- 300 μέτρα μεταξύ εξόδων σε ελεύθερες οδούς.
- 180 μέτρα μεταξύ ορισμένων διαδοχικών εξόδων.

Πίνακας 2-1 Αποστάσεις ανάμεσα σε διαδοχικές συμβολές συνδεδεμένων κλάδων

Ταχύτητα μελέτης (km/h)	≤ 48	64-80	96-112	128
Μέση ταχύτητα κίνησης (km/h)	37-45	58-70	83-93	103
Αποστάσεις L (m)				
Ελάχιστη	60	120	150	270
Επιθυμητή	120	210	270	360

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Κεφάλαιο 3 Θεωρητικά Στοιχεία

3.1 Γενικά

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι προβλέψεις των κανονισμών για τα θέματα που εξετάζονται στην παρούσα εργασία. Η ανάλυση περιορίστηκε στους ελληνικούς κανονισμούς, καθώς και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων διαμορφώθηκαν με βάση αυτούς. Παράλληλα, εκτός της σύνοψης που έχει γίνει για τους τύπους, εμφανίζονται οι θεμελιώδεις αρχές και εξηγήσεις που έχουν να κάνουν με τα θέματα που θα εξετάσουμε.

Στα σημεία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης δόθηκε προσοχή στην πιο λεπτομερή ανάλυση των κανονισμών, προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια τους στις διάφορες εφαρμογές.

Η έρευνα περιλαμβάνει τη θεωρία του κυκλικού τόξου, τις καμπύλες συναρμολόγησης, την περίπτωση της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής βρόχου ανισόπεδου κόμβου.

3.1.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό διατυπώνεται η διαδικασία σχεδίασης και διαμόρφωσης του κυκλικού και του τόξου συναρμογής, όπως ορίζεται στις ΟΜΟΕ-Χ. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη συστηματική ανάλυση των γεωμετρικών παραμέτρων που καθορίζουν τη σωστή χάραξη των τόξων, καθώς και τους υπολογισμούς που απαιτούνται για να εξασφαλιστεί η ομαλή μετάβαση μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων του οδικού δικτύου. Ακόμη, θα εξεταστεί η εφαρμογή των κανονισμών και των προτύπων που ισχύουν στην κατασκευή αυτών των τόξων, λαμβάνοντας υπόψη τη μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση, την ακτίνα καμπυλότητας και τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας. Μέσα από την παρουσίαση των υπολογισμών και των σχεδίων, βλέπουμε τη σημασία της ακριβούς εφαρμογής αυτών των παραμέτρων για την διασφάλιση της λειτουργικότητας.

3.1.2 Εφαρμογή

Για τα κυκλικά τόξα των οδών της ομάδας Α (Παράρτημα), εφαρμόζονται οι μεγαλύτερες δυνατές ακτίνες, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μικρές επίκεντρες γωνίες ή όταν τα τόξα είναι συνδεδεμένα με ευθυγραμμίες, έτσι ώστε να επιτευχθούν:

- κατάλληλη απόσταση ορατότητας για ελιγμούς προσπέρασης
- κατά κύριο λόγο μικρές καμπύλες
- ομοιογένεια και συνέπεια στον τρόπο οδήγησης

Μαζί με τους ήδη αναφερόμενους στόχους, η επιλογή των ακτίνων πρέπει να διασφαλίζει:

- Την ενσωμάτωση της οδού, ως προς τη μορφή και το μέγεθός της, στο περιβάλλον που βρίσκεται.
- Τη αντιστοιχία ανάμεσα στην οριζοντιογραφία και στην μηκοτομή, με πρόθεση να παραμένει σταθερή η αρμονική διαδοχή των καμπυλών και η βέλτιστη ανάπτυξη της οδού στον χώρο
- Τον συσχετισμό της ταχύτητας μελέτης και λειτουργικής ταχύτητας σύμφωνα με την Περίπτωση 1, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-1.

Η χάραξη επιτρέπεται χωρίς την ανάγκη εφαρμογής οριζόντιας καμπύλης, όταν η γωνία θλάσης γ είναι πιο μικρή από την τιμή που καταλήγει (ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης V_e) από τις σχέσεις:

- όταν $V_e < 70\text{km/h}$, $\gamma = \arctan (1,6/V_e)$
- όταν $V_e > 70\text{km/h}$, $\gamma = \arctan (155/V_e^2)$

Πίνακας 3-1 Κριτήριο Ασφαλείας I για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (κατηγορίες ΑΙ έως Α IV) (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Περίπτωση 1: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού $ V_{85} - V_e \leq 10 \text{ km/h}$ Δεν απαιτούνται προσαρμογές ή διορθωτικές επεμβάσεις στη χάραξη της οδού
Περίπτωση 2: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού $10 \text{ km/h} < V_{85} - V_e \leq 20 \text{ km/h}$ Στην περίπτωση αυτή οι επικλίσεις πρέπει να επαναυπολογιστούν με βάση την ταχύτητα V_{85} προκειμένου να εξασφαλισθεί, ότι ο διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής θα αντιστοιχεί στον απαιτούμενο συντελεστή τριβής. Οι απαιτούμενες βελτιώσεις αντιμετωπίζονται κατά περίπτωση. Επίσης συνιστάται η τοποθέτηση των κατάλληλων προειδοποιητικών πινακίδων.
Περίπτωση 3: Μη αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού $ V_{85} - V_e > 20 \text{ km/h}$ Ο προβλεπόμενος δείκτης σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων χαρακτηρίζει τη μη ασφαλή και μη οικονομική χρήση της οδού. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται κατά κανόνα η ανακατασκευή της οδού και οπωσδήποτε η λήψη διορθωτικών μέτρων.

3.1.3 Τυπικές και οριακές τιμές

Για τα οδικά τμήματα που ταξινομούνται στις κατηγορίες Α και Β οι αποδεκτές ελάχιστες τιμές των ακτίνων καμπυλότητας φαίνονται στον Πίνακα 3-2.

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Οι εν λόγω τιμές παρουσιάζουν άμεση εξάρτηση με την V_e (ταχύτητα μελέτης) , τις ελάχιστες τιμές της επίκλισης και τον βαθμό εγκάρσιας τριβής . Προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη η εναρμόνιση στις γεωμορφολογικές συνθήκες της Ελλάδας, αυτές οι ακτίνων καμπυλότητας R_{min} λαμβάνει υπόψη και την τμήμα της οδού, αλλά και το έδαφος στο οποίο είναι (πεδινή, λοφώδης ή ορεινή). Ο Πίνακας 3-2 παρέχει τη προσέγγιση στις τιμές της επίκλισης

Σε οδούς με ανεξάρτητες πλευρές κυκλοφορίας, όταν υπάρχουν δυσκολίες στην

Πίνακας 3-2 Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β
(ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

V_e [km/h]	R_{min} [m]					
	Ομάδα οδών Α				Ομάδα οδών Β	
	πεδινά εδάφη		λοφώδη και ορεινά εδάφη		όλες οι κατηγορίες εδαφών	
	$q_{max}=8$ (9) ^ο +	$q_{min}=2,5\%$	$q_{max}=7\%$	$q_{min}=2,5\%$	$q_{max}=6\%$	$q_{min}=2,5\%$
	$\mu=45\%$	$\mu=10\%$	$\mu=40\%$	$\mu=10\%$	$\mu=60\%$	$\mu=30\%$
1	2	3	4	5	6	7
50	80	325	95	325	70	150
60	125 (120)	490	140	490	110	230
70	180 (170)	700	200	700	160	335
80	250 (235)	960	280	960	220	470
90	330 (310)	1.260	370	1.260	300	630
100	420 (400)	1.620	480	1.620	—	—
110	530 (500)	2.020	600	2.020	—	—
120	650 (620)	2.470	740	2.470	—	—
(130)	790 (740)	2.970	890	2.970	—	—

κεντρική νησίδα που μειώνουν την ορατότητα, χρειάζεται να γίνει κάποια διαπλάτυνση εις βάρος της νησίδας αυτής ή η επιλογή πιο μεγάλων ακτίνων από τις ελάχιστες που αναφέρονται στον Πίνακα 3-2. Στις αριστερόστροφες καμπύλες, πρέπει να εξετάζεται το μήκος της ορατότητας στη λωρίδα προσπέρασης (αριστερή λωρίδα) αν είναι επαρκείς για ασφαλή στάση.

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

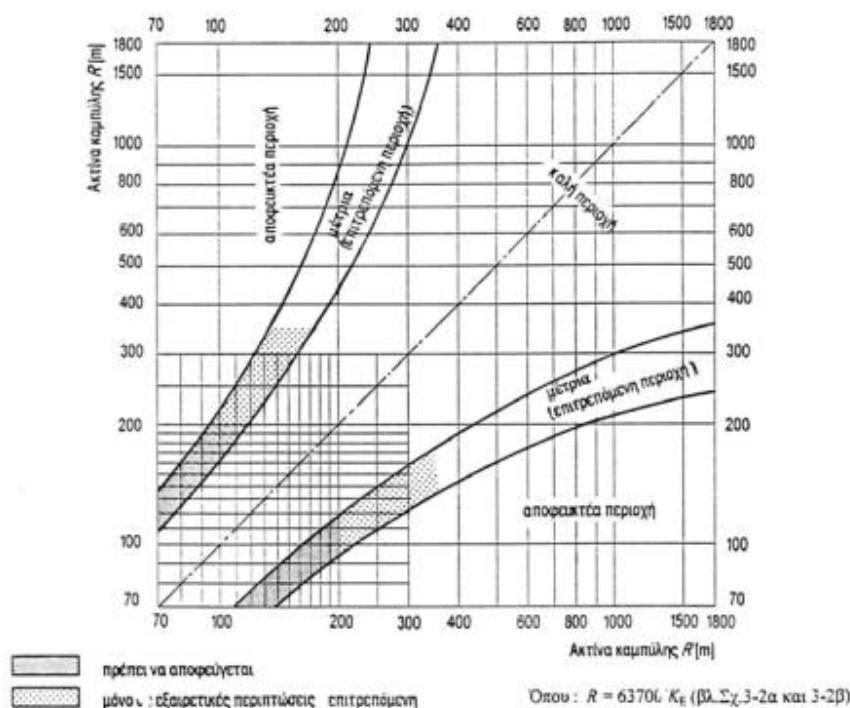
3.1.4 Σχέση διαδοχικών καμπυλών

Πίνακας 3-3 Σχέση μεταξύ μηκών ευθυγραμμίας και μεταβολής της ταχύτητας V85 κατά την αλληλουχία ευθυγραμμία – καμπύλη (ΟΜΟΕ-X, 2001)

V_{85K} σε καμπύλη [km/h]	Τιμές TL_1 και TL_2						
	V_{85T} σε ευθυγραμμία [km/h]						
	70	75	80	85	90	95	100
1	2	3	4	5	6	7	8
50	110	145	180	215	255	300	345
55		120	155	195	230	275	320
60			130	165	205	250	295
65				140	175	220	265
70					145	190	235
75						155	200
80							165

Στα διαδοχικά κυκλικά τόξα οι ακτίνες των αντίρροπων ή ομόρροπων, που διαχωρίζονται από ευθύγραμμο τμήμα μήκους από μηδέν έως TLS, όπως αναφέρεται στην Πίνακα 3-3, για δρόμους της ομάδας Α ή των κατηγοριών ΒΙ και ΒΙΙ, είναι αναγκαίο να διασφαλίσουν μια καλή σχέση που υποστηρίζει την αναβάθμιση της οδικής προστασίας.

Σε υπεραστικές οδούς, γίνεται να επιτευχθεί το ίδιο μέσω της εφαρμογής του Κριτηρίου Ασφαλείας ΙΙ, σύμφωνα με τις Οδηγίες που αναγράφονται στην αξιολόγηση ευθυγραμμιών κατά τη φάση της μελέτης. Συντίθενται διαδοχικά μοτίβα στοιχείων μελέτης, όπου κάθε στοιχείο είναι συνδεδεμένο με το προγενέστερο και το επακόλουθο σε συγκεκριμένη σχέση. Οι επιτρεπτές σχέσεις των ακτινών των συνεχόμενων κυκλικών τόξων φαίνονται στο Σχήμα 3-1.



Σχήμα 3-1 Σχέση διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων για οδούς της ομάδας Α και της κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ (Επιθυμητή για τις κατηγορίες ΒΙΙΙ και ΒΙΥ) (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Σε δρόμους (ΑΙ ,ΑΙΥ, ΒΙ, ΒΙΙ) κατηγορίας, η διάταξη των ακτινών χρειάζεται να περιλαμβάνεται στην βέλτιστη περιοχή. Αντίθετα για κατηγορίες (ΒΙΙΙ,ΒΙΥ), κ η διάταξη είναι πιθανό να εισαχθεί και αν βρίσκεται στη μέση περιοχή. Η καλή σχέση ανάμεσα στις διαδοχικές καμπύλες είναι πολλές φορές πιο απαιτητική λόγω αρκετών δυσκολιών, (κόστους, πολεοδομικών περιορισμών ή περιβαλλοντικών επιπτώσεων).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως κατά την ανακατασκευή ή τη βελτίωση οδών, είναι υποχρεωτική η υλοποίηση του Κριτηρίου Ασφαλείας ΙΙ για τις διαδοχικές ακτίνες. Με αυτό το κριτήριο διασφαλίζεται η αρμονία και με τη λειτουργική ταχύτητα, διασφαλίζοντας ότι η ταχύτητα V85 μέσα από τα συγκεκριμένα τόξα δεν θα ξεπερνά τα 15 km/h.

Με στόχο τη διατήρηση της ομαλής αλληλουχίας μεταξύ της ανεξάρτητης ευθυγραμμίας, του τόξου συναρμολόγησης και του κυκλικού τόξου, χρησιμοποιείται η χρήση κυκλικών τόξων με ακτίνα πιο μεγάλη από τετρακόσια μέτρα . Αφού η ακτίνα με μήκος τα τετρακόσια μέτρα τοποθετείται στο μεταίχμιο μεταξύ επιτρεπόμενης και καλής περιοχής, για την ενίσχυση της κυκλοφοριακής ασφάλειας κατά τη μετάβαση από την ευθυγραμμία στην καμπύλη, λαμβάνει χώρα η χρήση κυκλικών τόξων με ελάχιστη ακτίνα R_{min} ίση με 500 m. Είναι απαραίτητο να διατηρείται η ελάχιστη ακτίνα που σχετίζεται με την ταχύτητα μελέτης, ιδίως κατά την εναρμόνιση διαδοχικών ακτινών.

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Σε περιπτώσεις επισκευής ή αναβάθμισης υποδομών των δρόμων, η διασφάλιση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των συνεχόμενων ακτινών μπορεί να οδηγήσει σε λύσεις που συγκρούονται με τους στόχους του σχεδιασμού της αστικής ανάπτυξης ή του σχεδιασμού που αφορά το περιβάλλον. Όταν συμβαίνουν αυτά, θα ήταν καλό να μην εφαρμόζεται η σχέση κοντά στο όριο συνεχόμενων ακτινών στις κατηγορίες οδών ΑΙΙΙ-ΑΙΙΙ-ΒΙ-ΒΙΙ, γιατί η υλοποίησή της είναι πιθανό να έχει αρνητικές περιβαλλοντικές ή πολεοδομικές συνέπειες.

3.1.5 Τόξο κανίστρου

Το τόξο κανίστρου απαρτίζεται από αλληλοδιαδοχικά κυκλικά τόξα που είναι ομόρροπα με ξεχωριστές ακτίνες και αντάξεις εφαπτόμενες στα σημεία σύνδεσής τους. Αυτή η καμπύλη καλό είναι να μην συμβαίνει. Όμως, τό κανίστρου δεν μπορεί να χρησιμοποιείται στις οδούς (Ι-ΒΙΙ-ΒΙΙΙ-ΒΙΙΙ), όταν η χρήση τόξου συναρμολόγησης δεν είναι εφικτή για διάφορους λόγους (τοπικών περιορισμών, όπως η ανάγκη τήρησης συγκεκριμένων αποστάσεων ή η διάβαση από υποχρεωτικά σημεία.).

Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι η αξιοποίηση των τόξων αυτών με πιο πολλά από 3 τόξα που είναι κυκλικά δεν επιτρέπεται, καθώς κάτι τέτοιο επιδρά δυσμενώς την οδική ασφάλεια και τη συνολική απόδοση της καμπύλης.

3.2 Καμπύλες συναρμογής

3.2.1 Γενικά

Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται εν συντομία αυτά που ορίζονται από κανονισμούς καθώς και οδηγίες που έχουν να κάνουν με τις καμπύλες συναρμογής.

Στις ΟΜΟΕ που θα αναγράφονται οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή της κλωθοειδούς καμπύλης, οι κρίσιμες μονάδες των παραμέτρων της, όπως και οι τιμές των συντελεστές των αναλογιών L^{n+1}/A^n για τους πρώτους 5 όρους στους υπολογισμούς των συντεταγμένων. Ακόμη, αναγράφονται οι εξισώσεις που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά των κλωθοειδών.

Με όσα αναγράφονται στις ΟΜΟΕ-Χ, δηλαδή για σύνδεση 2 κυκλικών τόξων που είναι ομόρροπα, αυτό που χρησιμοποιείται είναι η ωοειδής καμπύλη. Στις οδηγίες προσδιορίζονται οι προϋποθέσεις χρήσης της, οι οριοθετημένες τιμές και οι παράγοντες που καθορίζουν τις ακτίνες των κυκλικών τόξων της καμπύλης.

3.2.2 Οριακές Τιμές

Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ, το τόξο συναρμογή χρειάζεται να :

- να εφαρμόζεται για τη σταδιακή μετάβαση της επίκλισης,
- να εξασφαλίσει μια προοδευτική μεταβολή της καμπυλότητας, που οδηγεί σε αρμονική και συνεχόμενη χάραξη, ευνοώντας την ανάπτυξη ομοιόμορφης λειτουργικής ταχύτητας,
- να εξασφαλίσει άριστη χάραξη, ποσό μάλλον για οδούς των ομάδων Α και Β.

Η κλωθοειδής διατυπώνεται από την σχέση :

$$RL = A^2 \quad (3.1)$$

όπου:

- $A(m)$: παράμετρος της κλωθοειδούς
- $R(m)$: ακτίνα καμπυλότητας στο πέρας του τμήματος της κλωθοειδούς
- $L(m)$: μήκος του τόξου της κλωθοειδούς που λαμβάνεται από την αρχή του ($R=\infty$) μέχρι και την ακτίνα R .

Για όλες τις οδούς και τις ταχύτητες μελέτης (V_e), είναι δυνατή η απευθείας σύνδεση ευθυγραμμίων με κυκλικά τόξα, έχοντας υπόψη τα στοιχεία της απορροής των ομβρίων, την ασφάλεια, την άνεση των οχημάτων και την αισθητική της οδού.

Όταν η μεταβολή κατεύθυνσης είναι ίση τουλάχιστον με $\tau=3,5gon$, τότε η διάταξη του τόξου συναρμογής είναι οπτικά αντιληπτή. Συνεπώς τιμή της παραμέτρου A ορίζεται ως :

$$A_{min} = \frac{R}{3} \quad (3.2)$$

όπου:

- $A_{min} (m)$: ελάχιστη παράμετρος κλωθοειδούς
- $R (m)$: ακτίνα καμπυλότητας στο τέλος της κλωθοειδούς

Είναι σωστή η επιλογή παραμέτρου A μικρότερη από το ένα τρίτο της ακτίνας σε αρκετά μεγαλύτερες, αν υποθέσουμε ότι η εκτροπή ΔR ισούται με 0,25m.

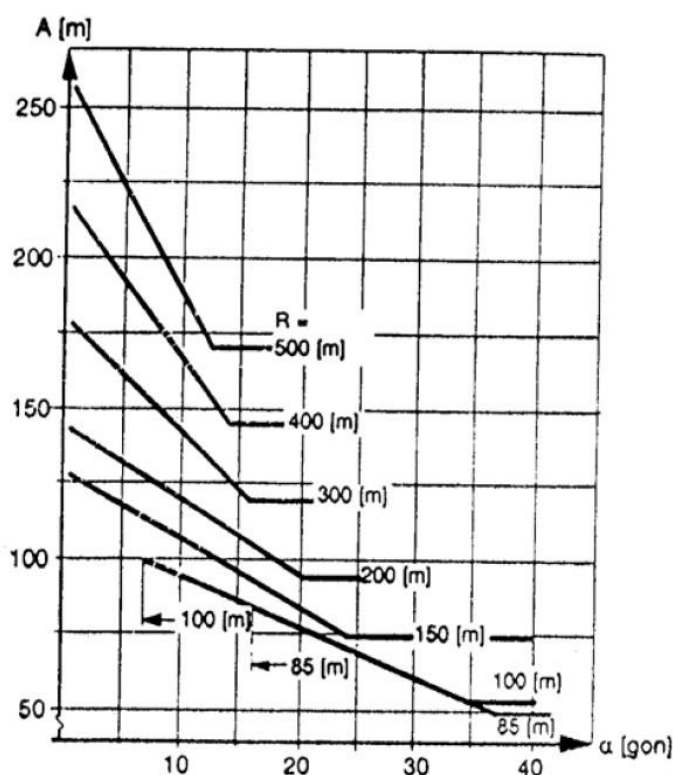
Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Σε καμπύλες με επίκεντρη γωνία αρκετά μικρή, χρειάζεται το μήκος της κλωθοειδούς και του κυκλικού τόξου να είναι ίσα ($L_1 = L_c = L_2$), ώστε σε κλωθοειδείς με $A \geq R/3$ να διασφαλίζει το μήκος κυκλικού τόξου ίσο με εκείνο που διαγράφει ένα όχημα κινούμενο επί 2 sec με την V_c . Για αυτό χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψιν η μέγιστη επιτρεπόμενη πρόσθετη κλίση οριογραμμών $\Delta s_{\max}$ (Πίνακας 3-2).

Η μέγιστη τιμή της παραμέτρου A της κλωθοειδούς για θέματα ασφάλειας της κυκλοφορίας πρέπει να είναι εντός ορίων της τιμής:

$$A_{\max} = R \quad (3.3)$$

- $A_{\max}[\text{m}]$: μεγαλύτερη τιμή παραμέτρου κλωθοειδούς
- $R [\text{m}]$: ακτίνα καμπυλότητας στο πέρας της κλωθοειδούς



Σχήμα 3-2 Ελάχιστες τιμές κλωθοειδούς παραμέτρου σε σχέση με την ακτίνα και την επίκεντρη γωνία του κυκλικού τόξου (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Προκειμένου να διασφαλιστεί η δυναμική των οχημάτων με την κίνηση τους και της οπτικής προσαρμογής της η μικρότερη παράμετρος A διασφαλίζεται από το διάγραμμα που εμφανίζεται στο Σχήμα 3-2. Η παράμετρος αυτή εκφράζεται σε σχέση με την ακτίνα του κυκλικού τόξου και την επίκεντρη γωνία του.

Σε περιπτώσεις όπου η χρήση του διαγράμματος δεν είναι δυνατή λόγω ορισμένων κατασκευαστικών περιορισμών, η μικρότερη τιμή της παραμέτρου A_{min} , πρέπει να υπολογίζεται βάσει της επίκλισης που είναι απαιτούμενης, σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{a \cdot (q_{\tau} \pm q_a)}{\Delta s_{max}}} \cdot R \quad (3.4)$$

Όταν συμβαίνει να έχουμε ωοειδούς καμπύλη (τμήμα κλωθοειδούς) η σχέση (3.4) γίνεται:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{a \cdot (q_{\tau} - q_a)}{\Delta s_{max} \cdot \left(\frac{1}{R_{\tau}} - \frac{1}{R_a}\right)}} \quad (3.5)$$

όπου:

- $A_{min} [m]$: μικρότερη τιμή παραμέτρου κλωθοειδούς
- $R [m]$: ακτίνα στο τέλος της κλωθοειδούς
- $R_a [m]$: ακτίνα κυκλικού τόξου στην αρχή του τμήματος της κλωθοειδούς
- $R_{\tau} [m]$: ακτίνα κυκλικού τόξου στο τέλος του τμήματος της κλωθοειδούς
- $a [m]$: απόσταση οριογραμμής οδοστρώματος από τον άξονα περιστροφής του οδοστρώματος
- $\Delta s_{max} [\%]$: μέγιστη τιμή πρόσθετης κλίσης οριογραμμών (υπερύψωσης)
- $q_a [\%]$: επίκλιση στην αρχή του τμήματος της κλωθοειδούς
- $q_{\tau} [\%]$: επίκλιση στο πέρας του τμήματος της κλωθοειδούς (επίκλιση στο κυκλικό τόξο)
- "+" : όταν επίκλιση q_a αντίρροπη με q_{τ}
- "-" : όταν επίκλιση q_a ομόρροπη με q_{τ}

Για τα γεωμετρικά στοιχεία της κλωθοειδούς ισχύουν οι σχέσεις που ακολουθούν:

$$\text{Μήκος κλωθοειδούς } L \quad L = \frac{A^2}{R} \quad (3.6)$$

$$\text{Γωνία εφαπτομένης } \tau \quad \tau = \frac{L^2 \cdot \rho}{2 \cdot A^2} = \frac{L \cdot \rho}{2 \cdot R} = \frac{A^2 \cdot \rho}{2 \cdot R^2} \quad (3.7)$$

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

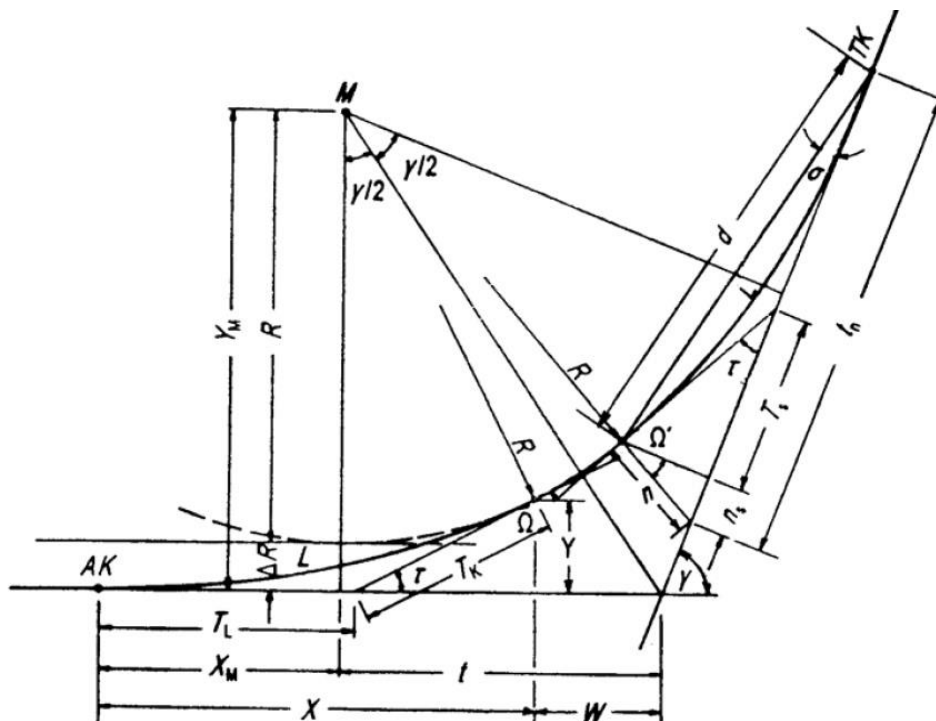
Τοπικές συντεταγμένες X ,
 Y τυχόντος σημείου της
 κλωθοειδούς

$$X = a_0 L + a_1 \frac{L^5}{A^4} + a_2 \frac{L^9}{A^8} + a_3 \frac{L^{13}}{A^{12}} + a_4 \frac{L^{17}}{A^{16}} + a_5 \frac{L^{21}}{A^{20}} \quad (3.8)$$

$$Y = \beta_0 \frac{L^3}{6A^2} + \beta_1 \frac{L^7}{A^6} + \beta_2 \frac{L^{11}}{A^{10}} + \beta_3 \frac{L^{15}}{A^{14}} + \beta_4 \frac{L^{19}}{A^{18}} \quad (3.9)$$

όπου:

a0 =	1	b0 =	0,16666 66667
a1 =	-0,24999 99568 · 10 ⁻¹	b1 =	-0,29761 71940 · 10 ⁻²
a2 =	0,28934 94937 · 10 ⁻³	b2 =	0,23668 17123 · 10 ⁻⁴
a3 =	-0,16689 02491 · 10 ⁻⁵	b3 =	-0,10266 50462 · 10 ⁻⁶
a4 =	0,56630 02773 · 10 ⁻⁸	b4 =	0,25203 17142 · 10 ⁻⁹
a5 =	-0,11442 20675 · 10 ⁻¹⁰		



Σχήμα 3-3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κλωθοειδούς (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Συντεταγμένες x_M, y_M του κέντρου $X_M = X - R \cdot \sin \tau$ (3.10)

$$Y_M = Y + R \cdot \cos \tau \quad (3.11)$$

Εκτροπή ΔR $\Delta R = Y_M - R = Y + R \cdot \cos \tau - R$ (3.12)

Εφαπτομένη T_L $T_L = X - Y \cdot \cot \tau$ (3.13)

$$(3.14)$$

Εφαπτομένη T_K $T_K = \frac{Y}{\sin \tau}$ (3.15)

Πολικές συντεταγμένες d και σ $d = \sqrt{X^2 + Y^2}$ (3.16)

$$\sigma = \arctan \frac{Y}{X}$$

Πολλές φορές είναι χρήσιμες και οι εξής τιμές: (3.17)

Κάθετος της κλωθοειδούς n $n = \frac{Y}{\cos \tau} = T_K \cdot \tan \tau$ (3.18)

Υποεφαπτομένη T_s $T_s = Y \cdot \cot \tau = T_K \cdot \cos \tau$ (3.19)

Υποκάθετος n_s $n_s = Y \cdot \tan \tau$ (3.19)

διάστημα της τομής της καθέτου n με τον άξονα x από την αρχή της κλωθοειδούς καμπύλης $t_n = X + Y \cdot \tan \tau$ (3.20)

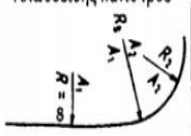
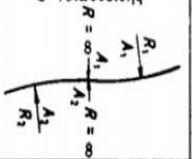
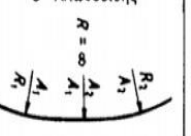
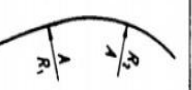
Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

όπου:

- L [m]: μήκος τόξου της κλωθοειδούς από την αρχή της μέχρι την υπόψη θέση
- A [m]: παράμετρος κλωθοειδούς
- R [m]: ακτίνα καμπυλότητας της κλωθοειδούς στην υπόψη θέση
- τ [gon]: γωνία εφαπτομένης στην υπόψη θέση
- ρ [-]: 63,661977 συντελεστής μετατροπής σε gon
- X [m]: τετμημένη της κλωθοειδούς στην υπόψη θέση
- Y [m]: τεταγμένη της κλωθοειδούς στην υπόψη θέση
- T_K [m]: μήκος της εφαπτομένης από την υπόψη θέση έως το σημείο τομής με την εφαπτομένη της αρχής
- T_L [m]: μήκος της εφαπτομένης της αρχής έως το σημείο τομής με την εφαπτομένη T_K στην υπόψη θέση
- d [m]: απόσταση του σημείου στην υπόψη θέση από την αρχή της κλωθοειδούς .
- σ [gon]: γωνία μεταξύ χορδής TK-Ω' και άξονα τετμημένων X
- T_s [m]: μήκος της υποεφαπτομένης στην υπόψη θέση
- n_s [m]: μήκος της υποκαθέτου στην υπόψη θέση
- t_n [m]: απόσταση της τομής της καθέτου n με τον άξονα X από την αρχή της κλωθοειδούς

Τα στοιχεία είναι αναφορά από τις (ΟΜΟΕ-Χ) κα αποτελούν χαρακτηριστικό δείγμα των όσον αφορούν την κλωθοειδή

Στο Σχήμα 3-4 παρουσιάζονται οι διάφορες παραλλαγές των τόξων συναρμογής.

Σύνδεση	συνήθης	να αποφεύγεται	Σύνδεση	συνήθης	να αποφεύγεται
Ευθεία με κυκλικό τόξο			Δύο κυκλικά τόξα	S - Κλωθοειδής 	C - Κλωθοειδής 
Δύο ευθείες μόνο με τόξα συναρμογής		Κλωθοειδής κορυφής 		Ωσειδής κλωθοειδής 	

Σχήμα 3-4 Μορφές τόξων συναρμογής (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Απλή Κλωθοειδής

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Είναι δεδομένη η χρήση του τόξο συναρμογής για τη σύνδεση μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικού τόξου με σκοπό την σωστή μεγέθυνση.

S - καμπύλη

Η διάταξη αυτή αποτελείται από 2 κλωθοειδείς που είναι αντίρροπες, χωρίς ενδιάμεσά καμία ευθυγραμμία (βλ. Σχήμα 3-5). Για τις κλωθοειδείς ισχύουν οι ίδιες συνθήκες που εφαρμόζονται στις απλές κλωθοειδείς.

Ενδείκνυται οι δύο κλωθοειδείς να διαθέτουν παρόμοια παράμετρο, προκειμένου να διατηρείται η αρμονία της χάραξης και η ομοιόμορφη πρόσθετη κλίση των οριογραμμών. Αν οι παράμετροι A1, A2 των κλωθοειδών είναι διαφορετικές, πρέπει για $A2 \leq 200$ σε οδούς των κατηγοριών AI και AII και σε οδούς των κατηγοριών A III, B I και BII να ισχύει η σχέση:

$$A1 \leq 1,5 * A2 \quad (3.21)$$

όπου :

A1 [m] = αυξημένη παράμετρος κλωθοειδούς

A2 [m] = μειωμένη παράμετρος κλωθοειδούς

Για τη διαμόρφωση των τοπικών υποχρεωτικών σημείων, εφαρμόζεται η διάταξη ευθυγραμμίας μειωμένου μέσου ανάμεσα από τα δύο σημεία αρχής. Όμως, για να μείνει η οπτική παρουσίαση της S-καμπύλης, το διάστημα της ευθυγραμμίας που είναι ενδιάμεση χρειάζεται να μην είναι μεγαλύτερο από :

$$LZ \leq (A1 + A2) \quad (3.22)$$

όπου :

A1,2 [m] = παράμετροι κλωθοειδούς

LZ [m] = μήκος της ενδιάμεσης ευθυγραμμίας

Ωοειδής καμπύλη

Με βάση τους (ΟΜΟΕ-X, 2001), η ωοειδής καμπύλη αποτελεί μέρος κλωθοειδούς καμπύλης, της οποίας η πρώτη καμπυλότητα έχει να κάνει με την καμπυλότητα του πρώτου κυκλικού τόξου. Στην περίπτωση που τα κυκλικά τόξα τέμνονται είναι διατεταγμένα δίπλα-δίπλα, χρησιμοποιείται βοηθητικό κυκλικό τόξο. Έτσι, η τελική ακολουθία των στοιχείων καθορίζεται με τον εξής τρόπο: κυκλικό τόξο - ωοειδής - κυκλικό τόξο (βοηθητικό) - ωοειδής - κυκλικό τόξο.

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Πίνακας 3-4 Οριακές τιμές ωοειδούς καμπύλης (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Πεδίο μικρότερης ακτίνας R_2 [m]	Επιτρεπόμενη σχέση ακτινών $R_1 : R_2$	Ελάχιστο μήκος κλωθοειδούς L_{min} [m]
$R_2 \leq 100$	1,5	$\left\} \frac{V_e \text{ [km/h]}}{3,6}\right.$
$100 < R_2 \leq 500$	2,0	
$R_2 > 500$	Χωρίς περιορισμό	

C – κλωθοειδής

Η C-κλωθοειδής συγκροτείται από 2 ομόρροπες κλωθοειδείς που εφάπτονται στα αρχικά τους σημεία. Το γεγονός ότι στην περιοχή που η καμπυλότητα είναι μικρή, όπου $t < 3,5$ gon, διαφέρει λίγο από μια ευθεία, δημιουργείται η οπτική η εντύπωση ότι υπάρχει ενδιάμεση ευθυγραμμία.

Για αυτόν τον λόγο, η χρήση της C-κλωθοειδούς πρέπει να αποφεύγεται.

Κλωθοειδής κορυφής

Για να γίνει διαρρύθμιση της κλωθοειδής τότε θα πρέπει, χωρίς να υπάρχει ενδιάμεσα κυκλικό τόξο, από δυο συνέχεις ομόρροπες και έχοντας ως παραμέτρους A1-A2 με ακτίνα καμπυλότητας στο σημείο επαφής ίση ($R1 = R2 = RS$).

Η αξιοποίησή της είναι περιορισμένη, καθώς η άμεση μετάβαση από καμπύλη με διαρκώς αυξημένη καμπυλότητα σε καμπύλη με διαρκώς μειωμένη καμπυλότητα είναι φυσικό να δυσχεράνει την κίνηση. Αναγκαίο είναι ιδίως στους δρόμους ΑΙ και ΑΙΙ παράμετροι αυτών να είναι ίσες ($A1 = A2$). Ακόμη, η χρήση της κλωθοειδούς κορυφής με ακτίνες μικρότερες σε σύγκριση με τις τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα 3-5 καλό είναι να αποφεύγεται.

Πίνακας 3-5 Ελάχιστες ακτίνες (min Rs) σε κλωθοειδείς κορυφές (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

min RS [m] σε οδούς της ομάδας	
A	B
500	260

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Υπάρχουν πολλοί λόγοι $\pi\chi$ (και κατασκευαστικών απαιτήσεων) για τους οποίους η μεγαλύτερη από την επίκλιση εφαρμόζεται σε κατάλληλο μήκος ισομερώς μεταξύ των δύο κλωθοειδών. Το κατάλληλο μήκος υπολογίζεται από την σχέση:

$$L_{\text{σταθ } q} = 0,3 \cdot V_e \quad (3.23)$$

όπου :

$L_{\text{σταθ } q} [\text{m}]$ = μήκος με σταθερή επίκλιση

$V_e [\text{km/h}]$ = ταχύτητα μελέτης

3.3 Διαμόρφωση Βρόχων Ανισόπεδων Κόμβων

3.3.1 Γενικά

Το συγκεκριμένο υποκεφάλαιο αναφέρεται στη γεωμετρική διαμόρφωση των βρόχων ανισόπεδων κόμβων που εφαρμόζονται στην Ελλάδα. Όπως είδαμε και στα προηγούμενα κεφάλαια για την δημιουργία του βρόχου σημαντικό ρόλο παίζουν πολλοί και σημαντικοί παράμετροι. Στο κεφάλαιο αυτό θα εμβαθύνουμε στο θεωρητικό υπόβαθρο και θα επικεντρωθούμε στα κομμάτια τα οποία ήταν καθοριστικά για την εξέλιξη της εργασίας. Πάνω σε αυτά στηρίχθηκαν πολλά κομμάτια από αυτήν και ήταν αναγκαία για την ολοκλήρωση της.

3.3.2 Ορισμός και χαρακτηριστικά μεγέθη βρόχου

Ο ορισμός ενός βρόχου στους ανισόπεδους κόμβους αφορά τις κυκλικές ή ημικυκλικές διαδρομές που συνδέουν δύο διαφορετικά επίπεδα του οδικού δικτύου, επιτυγχάνοντας τη μετάβαση μεταξύ τους χωρίς την χρήση διασταύρωσης. Κάποια από τα χαρακτηριστικά μεγέθη ενός βρόχου περιλαμβάνουν την ακτίνα καμπυλότητας, το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, τη μέγιστη κλίση, το μήκος της διαδρομής, καθώς

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

και τη γεωμετρική του σχεδίαση, που είναι απαραίτητα για την κατασκευή του. Επιπλέον, η διασταύρωση των κυκλικών διαδρομών πρέπει να εξασφαλίζει τη μέγιστη ασφάλεια για τους χρήστες του οδικού δικτύου, καθώς και την ομαλή ροή της κυκλοφορίας, αποφεύγοντας τυχόν σημεία συμφόρησης ή κινδύνου. Η σωστή μελέτη των παραμέτρων αυτών είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και της αποδοτικότητας του κόμβου σε διάφορες συνθήκες κυκλοφορίας.

3.3.3 Οριζοντιογραφία βρόγχου

Η Οριζοντιογραφία ενός βρόχου στους ανισόπεδους κόμβους συμβολίζει τη γεωμετρική απεικόνιση του σχεδιασμού σε κάτοψη. Είναι ένα κρίσιμο στοιχείο του γεωμετρικού σχεδιασμού, καθώς καθορίζει την πορεία που ακολουθεί το αυτοκίνητο κατά την αλλαγή επιπέδου.

Βασικά στοιχεία της οριζοντιογραφίας περιλαμβάνουν:

1. **Ακτίνα καμπυλότητας** : Προσδιορίζει τη στροφή του βρόχου. Οι μικρότερες ακτίνες κάνουν τη δημιουργία πιο συμπαγών βρόχων, όμως μπορεί να μειώσουν την ταχύτητα και την άνεση.
2. **Γωνίες κατεύθυνσης** : Αποτυπώνουν τις μεταβολές στην πορεία του δρόμου κατά τη σύνδεση δύο επιπέδων.
3. **Πλάτος λωρίδων** : Καθορίζεται από τον τύπο και τη χωρητικότητα του βρόχου, λαμβάνοντας υπόψη τον κυκλοφοριακό φόρτο και το είδος των οχημάτων.
4. **Εσωτερικά και εξωτερικά όρια** : Έχουν να κάνουν με τη γεωμετρική μορφή του βρόχου, ενσωματώνοντας τις περιοχές πρανών, νησίδων και τυχόν πράσινων ζωνών.
5. **Σημεία εισόδου και εξόδου** : Σχεδιάζονται έτσι ώστε να διατηρούν ασφαλή και ομαλή κυκλοφορία, αποτρέποντας επικαλύψεις με άλλες ροές κίνησης.

Όσο πιο ακριβής είναι η οριζοντιογραφική σχεδίαση τόσο πιο καθοριστική θα είναι για την αποφυγή προβλημάτων, όπως ανεπαρκείς ταχύτητες διέλευσης, περιορισμένη ορατότητα και αυξημένος κίνδυνος ατυχημάτων.

Για την οριζοντιογραφία και για την μελέτη αυτής, αρχικά θα παρουσιάσουμε τις οριακές τιμές των στοιχείων της, που αφορά τους ανισόπεδους κόμβους. Αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-6

Πίνακας 3-6 Οριακές τιμές οριζοντιογραφίας ανισόπεδων κόμβων (ΟΜΟΕ-AK, 2013)

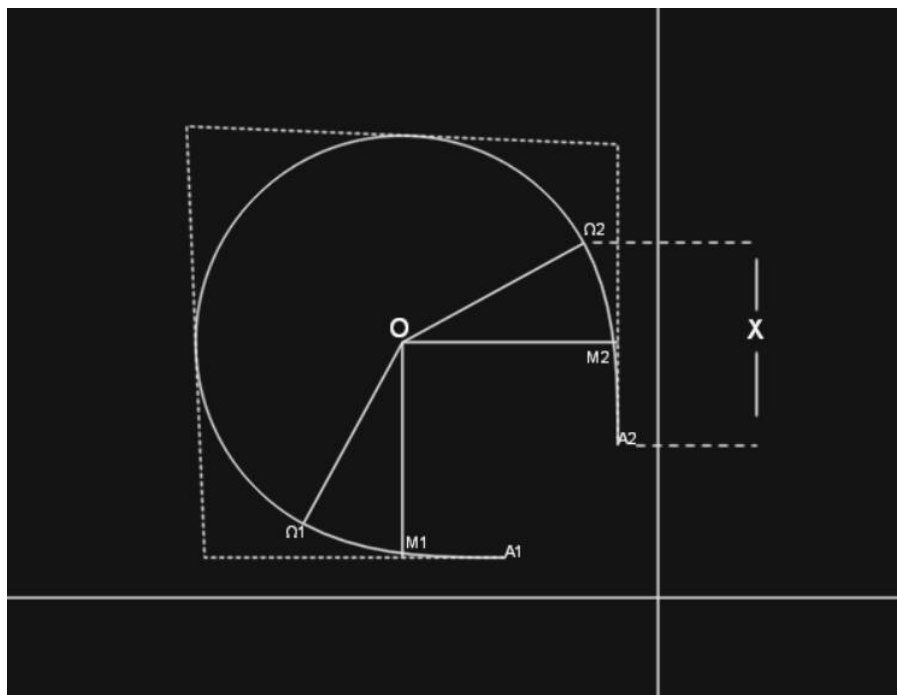
Στοιχεία μελέτης				Καθοριστική ταχύτητα	Οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης σύμφωνα με την καθοριστική ταχύτητα V_e ή V_{85} [km/h]					
					30	40	50	60	70	80
1				2	3	4	5	6	7	8
Οριζοντιογραφία	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης ⁽¹⁾	max q = 7%	min R [m]	V_e	22	42	69	107	155	214
		min q=2,5%			47	90	149	230	335	465
	Ελάχιστη παράμετρος κλωθοειδούς		min A [-]	V_e	⁽²⁾					
	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης ⁽¹⁾ και ⁽³⁾		min R [m]	V_{85}	90	170	300	500	750	1.100

Υπάρχουν δύο κατηγορίες για τις ελάχιστες τιμές ακτίνων καμπυλότητας, η μία για τις ελάχιστες τιμές επίκλισης ($q=2,5\%$) και η άλλη για τις μέγιστες τιμές ($q=7\%$) επίκλισης προς το εσωτερικό της καμπύλης. Στη κάθε κατηγορία η ελάχιστη τιμή ακτίνας καμπυλότητας του βρόχου μεγαλώνει με την αύξηση της καθοριστική ταχύτητας (ταχύτητας μελέτης ή λειτουργικής ταχύτητας V_{85}).

Επίσης, στην τελευταία γραμμή του πίνακα, προβλέπονται και οι ελάχιστες τιμές ακτίνων, πάλι με βάση την καθοριστική ταχύτητα, για εφαρμογή αρνητικής επίκλισης ($q=-2,5\%$). Αυτές οι τιμές είναι περίπου διπλάσιες από αυτές που προβλέπονται για τις ελάχιστες τιμές επίκλισης ($q=2,5\%$).

3.3.4 Χάραξη οριζοντιογραφίας βρόχου

Σε κάθετους δρόμους με 90 μοίρες μεταξύ τους γωνία που κατά κύριο λόγο θα ασχοληθούμε στην συγκεκριμένη εργασία ο βρόχος που σχηματίζεται απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα από το πρόγραμμα Anadelta Tessera

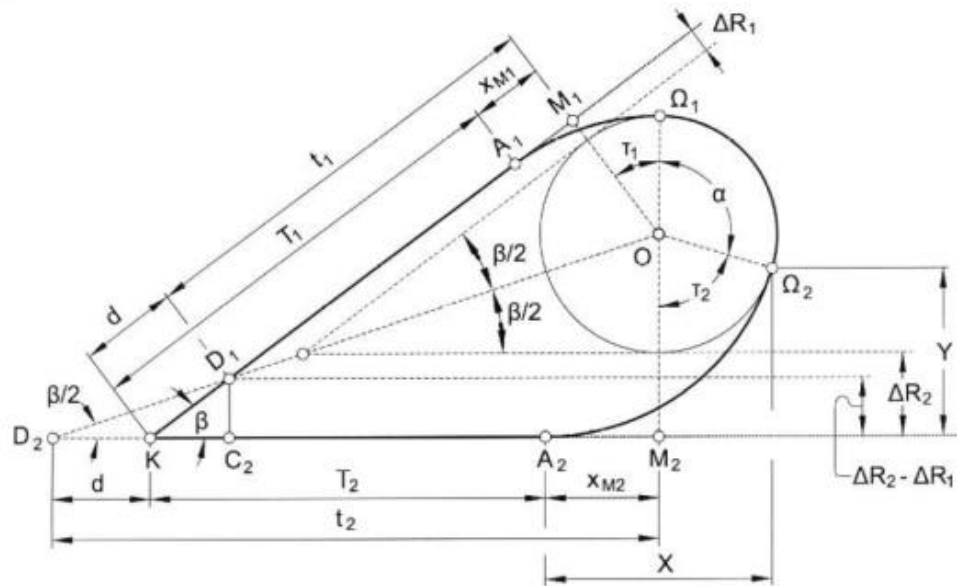


Σχήμα 3-5 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Για τη γεωμετρική λύση του βρόχου χρειάζεται να υπολογιστούν τα μεγέθη:

Σε κάθε κλωθοειδή είναι:



Σχήμα 3-6 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου (Οδοποιία II, 1998)

$$LZ \leq (A1 + A2) \quad (3.24)$$

$$L = A2 / R \quad (3.25)$$

$$X = L - L^3 / 40 * R^2 + L^5 / 3456 * R^4 \dots \quad (3.26)$$

$$Y = L^2 / R - (1/6 - L^2 / 336 * R^2 + L^4 / 42240 * R^4 \dots \quad (3.27)$$

$$XM = X - R * \sin(\tau) \quad (3.28)$$

$$\Delta R = Y - R * (1 - \cos(\tau)) \quad (3.29)$$

Στις κλωθοειδείς A_1 , R και A_2 , R εκτιμώνται οι τιμές των ανωτέρω παραμέτρων, δηλαδή οι τιμές L_1 , τ_1 , X_1 , Y_1 , ΔR_1 , XM_1 , και L_2 , τ_2 , X_2 , Y_2 , ΔR_2 , XM_2 . Από το ισοσκελές τρίγωνο $K D_2 D_1$ προκύπτει ότι $D = (\Delta R_2 - \Delta R_1) / \sin(\beta)$. Από τα ορθογώνια τρίγωνα $O M_1 D_1$ και $O M_2 D_2$ προκύπτει ότι:

$$t_1 = (R + \Delta R_1) * \tan((\pi - \beta)/2) \quad (3.30)$$

$$t_2 = (R + \Delta R_2) * \tan((\pi - \beta)/2) \quad (3.31)$$

$$T_1 = t_1 + d - XM_1 \quad (3.32)$$

$$T_2 = t_2 + d - XM_2 \quad (3.33)$$

το μήκος $\Omega_1\Omega_2$ του κυκλικού τόξου είναι:

$$\Omega_1\Omega_2 = R * (\pi + \beta - \tau_1 - \tau_2) \quad (3.34)$$

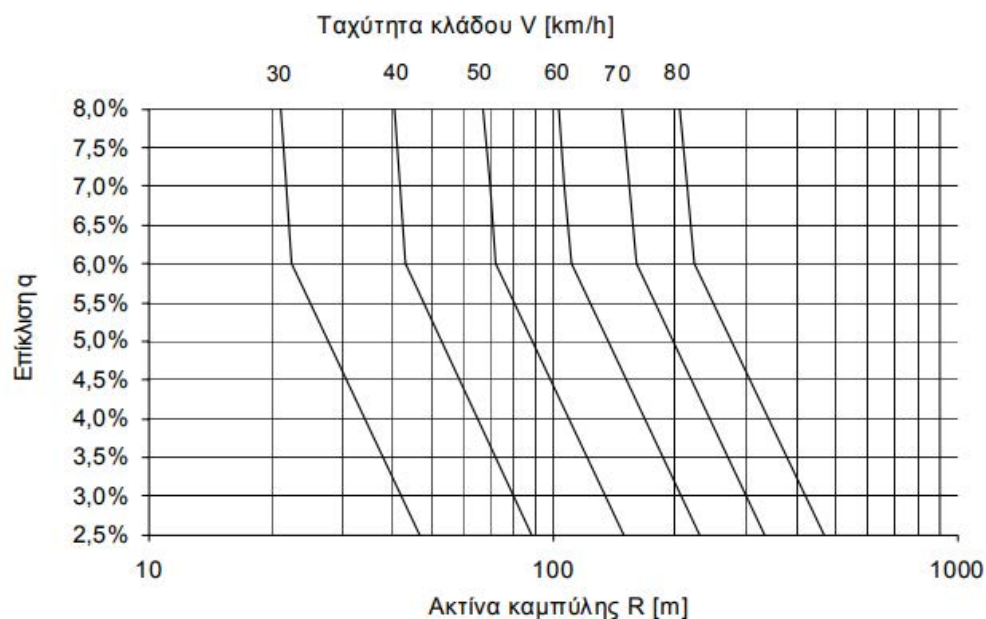
και το συνολικό μήκος της καμπύλης του βρόχου υπολογίζεται ως:

$$A_1\Omega_1\Omega_2A_2 = L_1 + L_2 + \Omega_1\Omega_2 \quad (3.35)$$

Τα ανωτέρω μήκη έχουν σαν μονάδα μέτρησης μέτρα, ενώ οι γωνίες β , τ_1 και τ_2 εκφράζονται σε ακτίνια [rad].

Όσον αφορά τις επικλίσεις σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων θα ακολουθήσουμε τον πίνακα 3-7.

Πίνακας 3-7 Επικλίσεις σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων (ΟΜΟΕ-AK, 2013)



Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Ανάλογα με τις ακτίνες και τις ταχύτητες που θα επιλέξουμε από πίνακα 3-7 θα βρούμε και τις αντίστοιχες επικλίσεις για την οριζοντιογραφία του βρόχου .

Για να διαφυλάσσεται η έγκαιρη αντίληψη της εκάστοτε διαμόρφωσης του βρόχου, όπως και ο απαραίτητος χώρος και χρόνος για τους αντίστοιχους ελιγμούς που ίσως χρειαστούν υπεύθυνες για αυτό είναι οι λωρίδες επιβράδυνσης και επιτάχυνσης πριν και μετά τους κλάδους, αντίστοιχα, των ανισόπεδων κόμβων. Αυτό κατά κύριο λόγο γίνεται έτσι ώστε να διαμορφώσουν κατάλληλα τη θέση και την ταχύτητα τους σύμφωνα με την οδό που πρόκειται να ακολουθήσουν οι οδηγοί.

Η μεταβολή της ταχύτητας (επιβράδυνση και επιτάχυνση) κατά την έξοδο ή την είσοδο από και προς την κύρια οδό πραγματοποιείται σε μία ή περισσότερες λωρίδες οι οποίες ενσωματώνονται παράλληλα στις διερχόμενες λωρίδες της κύριας οδού. Επιπλέον, στους κλάδους εξόδου χρειάζεται να εξετάζεται το διαθέσιμο μήκος για τη μείωση της ταχύτητας έως την επόμενη θέση όπου απαιτείται περαιτέρω επιβράδυνση.

Για την εξασφάλιση του απαιτούμενου επιπέδου οδικής ασφάλειας, στο σημείο διαχωρισμού του κλάδου εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο, κρίνεται αναγκαία η υλοποίηση της ελάχιστης δυνατής οριζόντιας καμπύλης, η οποία σε συνεργασία με την εφικτή επίκλιση, επιτρέπει ταχύτητα εξόδου ιδανικά 80 km/h ή το λιγότερο 60 km/h.

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Το μήκος επιβράδυνσης και επιτάχυνσης που είναι απαιτούμενο αντίστοιχα θα υπολογιστεί από τις εξισώσεις:

Μήκος επιβράδυνσης:

$$L_d = \frac{(0,75 \cdot V_e)^2 - V_d^2}{26 \cdot (d + g \cdot s)} \quad (3.36)$$

Μήκος επιτάχυνσης:

$$L_a = \frac{(0,75 \cdot V_e)^2 - V_a^2}{26 \cdot (a - g \cdot s)} \quad (3.37)$$

Όπου:

L_d [m] : μήκος επιβράδυνσης

L_a [m] : μήκος επιτάχυνσης

V_e [km/h] : ταχύτητα μελέτης της διερχόμενης κυκλοφορίας

V_d [km/h] : ταχύτητα μελέτης του κλάδου στη θέση εξόδου

V_a [km/h] : ταχύτητα μελέτης του κλάδου στη θέση εισόδου

g [m/s²] : επιτάχυνση βαρύτητας

d [m/s²] : μέση επιβράδυνση υπολογισμού των επιβατηγών οχημάτων, λαμβάνεται ίση με 1,5 m/s²

a [m/s²] : μέση επιτάχυνση υπολογισμού των επιβατηγών οχημάτων λαμβάνεται ίση με 1,0 m/s²

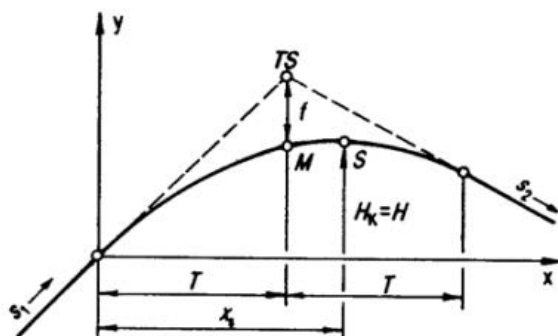
s [m/m] : κατά μήκος κλίση αυτοκινητοδρόμου (ανωφέρεια: +s, κατωφέρεια: -s)

Τα μήκη των λωρίδων επιβράδυνσης, επιτάχυνσης καθώς και αυτά της συναρμογής ορίζονται ανάλογα με την κατηγορία της οδού και θα παρουσιαστούν σχηματικά παράρτημα.

3.3.5 Μηκοτομή βρόχου

Είναι αναγκαίο για αρκετούς λόγους (π.χ. κυκλοφοριακής ασφάλειας, φυσική μορφολογία της περιοχής), οι κατά μήκος κλίσεις των οδών να μειώνονται στον ελάχιστο δυνατό βαθμό. Επίσης μέσα από τις κλίσεις μπορεί να επιτευχθεί και οικονομία στην κατασκευή του έργου αλλά και μεταγενέστερα μια μείωση ενεργειακής απόδοσης που θα αφορά τους χρήστες των οχημάτων. Τέλος όσο το δυνατόν περισσότερο εναρμονίζεται η κατά μήκος κλίση στο ανάγλυφο της περιοχής τόσο περισσότερο μειώνονται οι πιθανότητες ατυχήματος.

Κρίσιμος γεωμετρικός συντελεστής της κατακόρυφης καμπύλης είναι η ακτίνα καμπυλότητας H , στο σημείο όπου η κατά μήκος κλίση αλλάζει πρόσημο ($s = 0\%$). Οι βασικές εξισώσεις για τον υπολογισμό μίας κατακόρυφης καμπύλης παρέχονται στο παρακάτω σχήμα.



$$x_s = -\frac{s_1}{100} \cdot H \quad (8-3)$$

$$s(x) = s_1 + \frac{x}{H} \cdot 100 \quad (8-4)$$

$$y(x) = \frac{s_1}{100} \cdot x + \frac{x^2}{2 \cdot H} \quad (8-5)$$

$$T = \frac{H}{2} \cdot \frac{s_2 - s_1}{100} \quad (8-6)$$

$$f = \frac{T^2}{2 \cdot H} = \frac{T}{4} \cdot \frac{s_2 - s_1}{100} = \frac{H}{8} \cdot \left(\frac{s_2 - s_1}{100} \right)^2 \quad (8-7)$$

Σχήμα 3-7 Σχέσεις υπολογισμού κατακόρυφων καμπυλών

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

Κανόνες προσήμων :

Ανωφέρεια : θετική (+s 1 , +s 2)

Κατωφέρεια : αρνητική (-s 1 , -s 2)

Ακτίνα κοίλης κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής (H_w) : θετική (+H)

Ακτίνα κυρτής κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής (H_K) : αρνητική (-H)

H [m] = παράμετρος της τετραγωνικής παραβολής (ακτίνα καμπυλότητας στη θέση αλλαγής προσήμου της κατά μήκος κλίσης)

T [m] = μήκος εφαπτομένης

s 1 , s 2 [%] = κατά μήκος κλίσεις εφαπτομένων

s (x) [%] = κατά μήκος κλίση σε οποιοδήποτε σημείο της κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής

y (x) [m] = τεταγμένη σε τυχαίο σημείο

xS [m] = τετμημένη θέση αλλαγής προσήμου της κατά μήκος κλίσης (s = 0%)

f [m] = βέλος καμπύλης

M = μέσον κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής

S = θέση αλλαγής προσήμου της κατά μήκος κλίσης

TS = σημείο τομής εφαπτομένων

Για κοίλες και για κυρτές καμπύλες ακολουθούμε τον Πίνακα 3-8

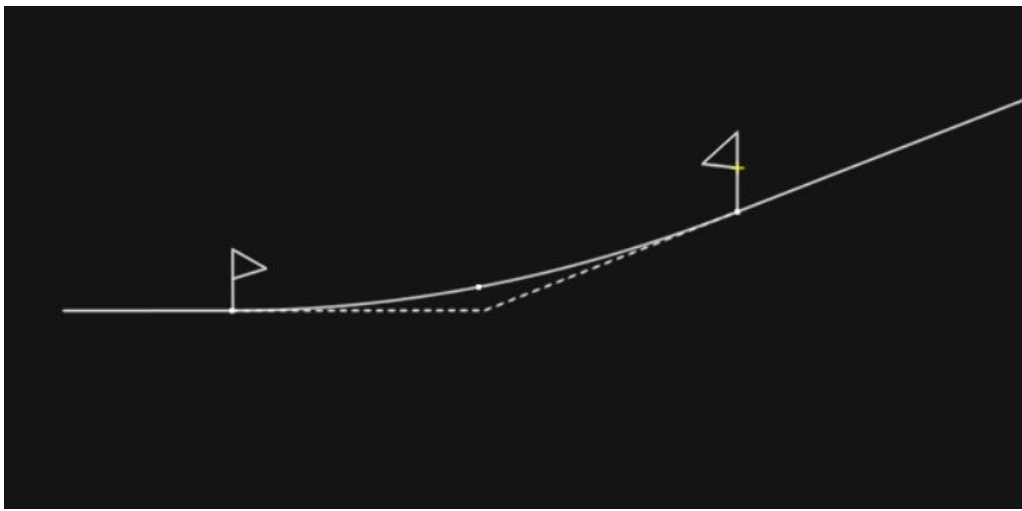
Πίνακας 3-8 Οριακές τιμές μηκοτομής ανισόπεδων κόμβων (ΟΜΟΕ-AK, 2013)

				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
				2	3	4	5	6	7	8
				V _e	22	42	69	107	155	214
					47	90	149	230	335	465
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 _h	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

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικά Στοιχεία

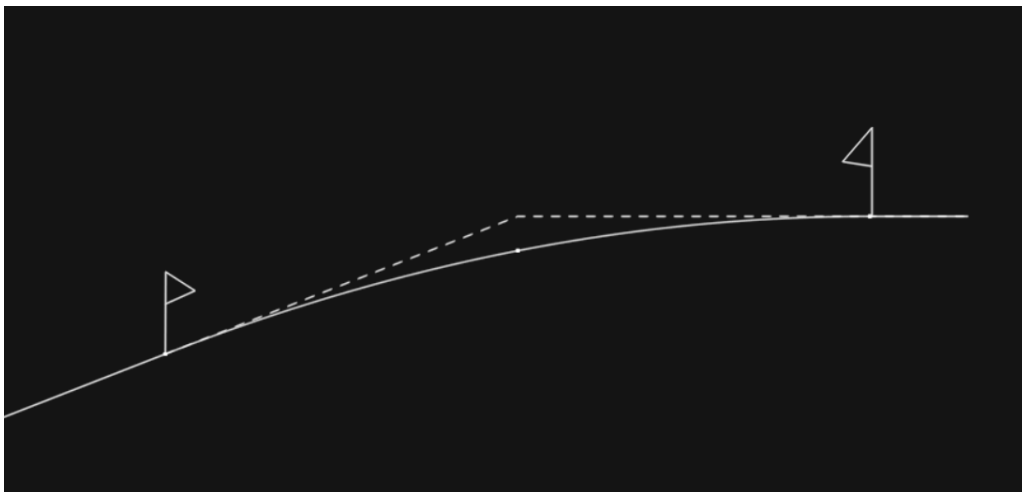
Στη μηκοτομή έχουμε τις μέγιστες κατά μήκος κλίσεις, για ανωφέρεια και κατωφέρεια ξεχωριστά, με + 6% και - 7% αντίστοιχα, ανεξάρτητα από την τιμή της καθοριστικής ταχύτητας (ταχύτητας μελέτης ή λειτουργικής ταχύτητας V_{85}). Ακριβώς από κάτω ο πίνακας παρουσιάζει τις ελάχιστες ακτίνες καμπύλης για κάθε ταχύτητα ξεχωριστά. Υπάρχουν δύο κατηγορίες, κυρτή ή κοίλη καμπύλη. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν και για κυρτές και για κοίλες καμπύλες, ακτίνες μεγαλύτερες ή ίσες με τις ελάχιστες ανάλογα με την καθοριστική ταχύτητα του κάθε παραδείγματος.

Ένα παράδειγμα κοίλης καμπύλης είναι το επόμενο σχήμα:



Σχήμα 3-8 Σχήμα κοίλης καμπύλης μηκοτομής

Ένα παράδειγμα κυρτής καμπύλης φαίνεται στο επόμενο σχήμα:



Σχήμα 3-9 Σχήμα κυρτής καμπύλης μηκοτομής

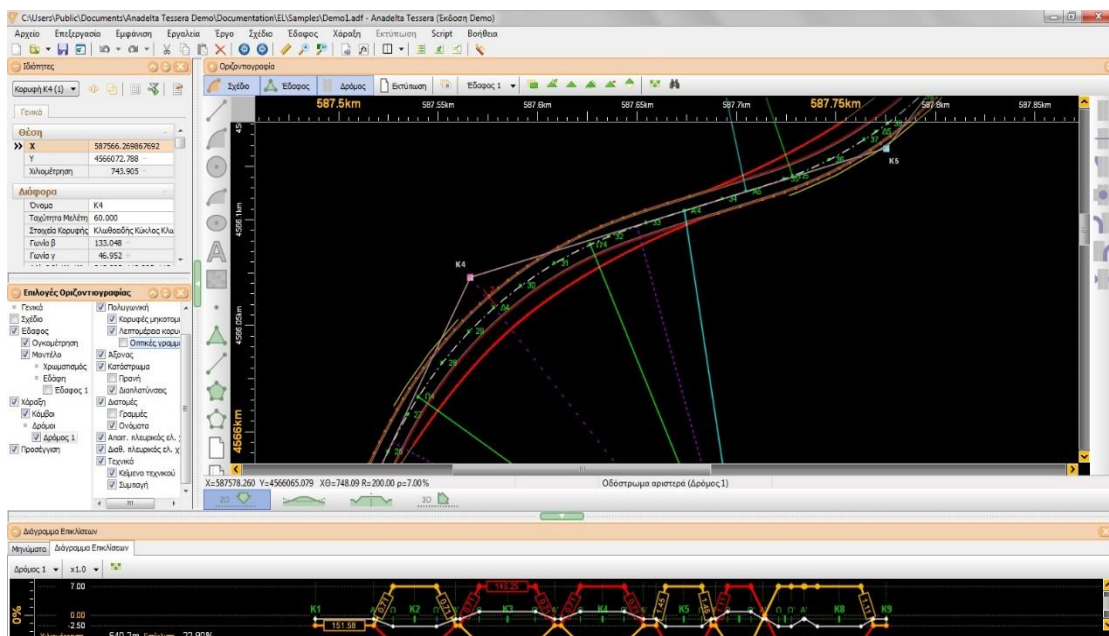
Κεφάλαιο 4 Πρόγραμμα Οδοποιίας Anadelta Tessera

4.1 Γενικά

Μέσα από το κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε κάποιες κύριες λειτουργίες του παρόντος προγράμματος Anadelta Tessera, όπως και μια αναλυτική επεξήγηση των διαδικασιών που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των παραδειγμάτων που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο. Επιπλέον, θα γίνει μια αναφορά στις δυνατότητες του λογισμικού που εξυπηρετούν τις ανάγκες της μελέτης και πώς αυτές οι δυνατότητες ενσωματώνονται στην όλη διαδικασία. Θα αναλυθούν τα βήματα της διαδικασίας, καθώς και οι προσαρμογές που απαιτούνται ανάλογα με τις γεωμετρικές παραμέτρους του έργου, ενώ θα δοθούν πρακτικά παραδείγματα για την εφαρμογή κάθε εντολής σε πραγματικές συνθήκες.

4.2 Παρουσίαση του προγράμματος

Το Anadelta Tessera είναι ένα πρόγραμμα για οδοποιία, που συνδυάζει σχεδιαστικό περιβάλλον με λειτουργίες υπολογισμού - διαχείρισης του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και μελέτης - επιμέτρησης οδικών έργων.



Σχήμα 4-1 Περιβάλλον Οριζοντιογραφίας του Anadelta Tessera

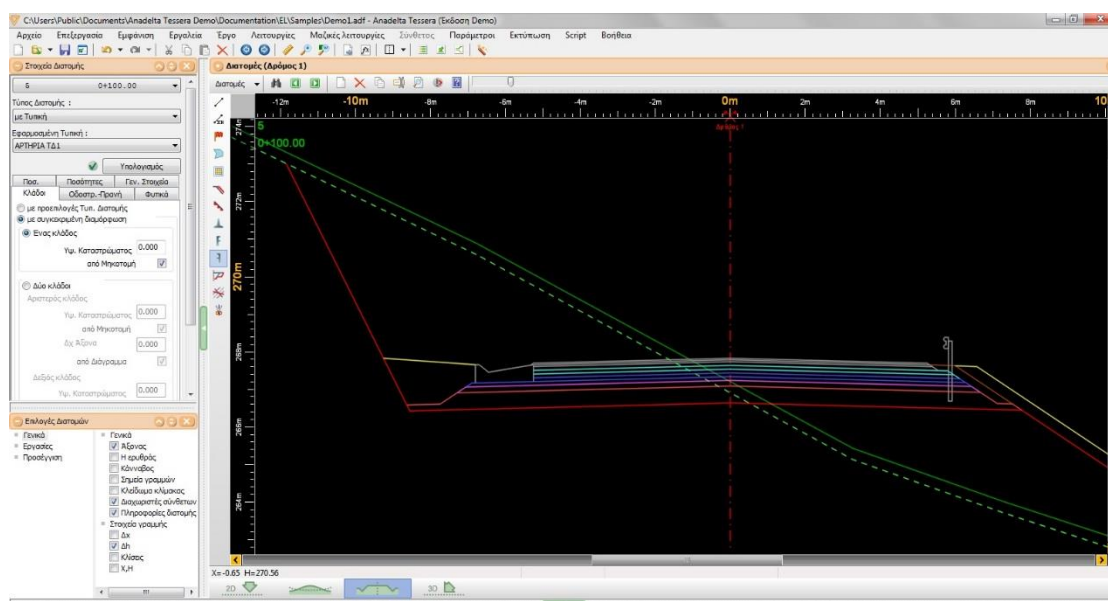
Κεφάλαιο 4. Πρόγραμμα Οδοποιίας Anadelta Tessera

Τα πρόγραμμα διαθέτει τα επιμέρους περιβάλλοντα εργασίας για όλα τα επίπεδα της μελέτης: την Οριζοντιογραφία, την Μηκοτομή, τις Διατομές. Το αποτέλεσμα του συνδυασμού των παραπάνω φαίνεται στο τρισδιάστατο περιβάλλον. Στο επιμέρους περιβάλλον της Οριζοντιογραφίας συνυπάρχουν τα στοιχεία: «Σχέδιο», «Εδαφος», «Δρόμος» και «Εκτύπωση».

Με το που γίνει η εισαγωγή ενός δρόμου στο τμήμα της οριζοντιογραφίας είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν οι προδιαγραφές. Κάποιες από αυτές είναι η κατηγορία της οδού, η ταχύτητα μελέτης, ο τύπος οχήματος σχεδιασμού, ο συντελεστής πλευρικής τριβής. Οι προδιαγραφές δίνεται η ευκαιρία να τροποποιηθούν και αργότερα ανά πασά στιγμή. Κάποια αλλά χαρακτηριστικά – παράμετροι είναι τα πλάτη, οι διατομές ακόμη και παράμετροι των κορυφών.

Η εισαγωγή της πολυγωνικής γίνεται ευκολά με 2 τρόπους. Υπάρχει η δυνατότητα της εισαγωγής δεδομένων από αρχεία κειμένου ή από πίνακες αλλιώς μπορεί να γίνει και με την βοήθεια του ποντικιού. Ο δρόμος κατασκευάζεται αυτόματα, βασισμένος στην πολυγωνική και στα στοιχεία των κορυφών.

Όταν οι θέσεις των διατομών στην οριζόντια χάραξη καθοριστούν τότε θα γίνει ορατή η μηκοτομή του εδάφους. Ακόμη, κάθε φορά που αλλάζει η οριζόντια χάραξη, δημιουργείται μια καινούργια μηκοτομή εδάφους. Για να γίνει η προσθήκη της πολυγωνικής για την κατακόρυφη χάραξη πρέπει μέσω του ποντικιού, με εισαγωγή από κείμενα ή πίνακες. Έχει την δυνατότητα το πρόγραμμα να υπολογίζει την καμπύλη της ερυθράς με δεδομένα τις κορυφές της μηκοτομής (πολυγωνική) και τις αντίστοιχες ακτίνες καμπυλότητας. Υπολογίζονται για αυτές οι οριακές τιμές βάσει των κριτηρίων ορατότητας των προδιαγραφών.



Σχήμα 4-2 Ενδεικτική παράσταση διατομής του προγράμματος

Κεφάλαιο 4. Πρόγραμμα Οδοποιίας Anadelta Tessera

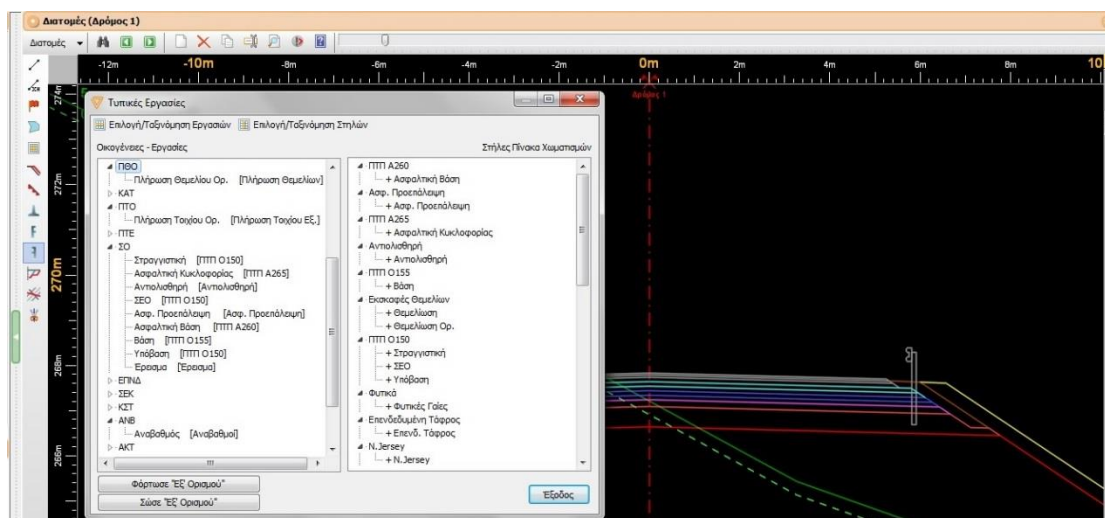
Οι αναγκαίες πληροφορίες, όπως υψόμετρα, κλίσεις, θέσεις και αποστάσεις, εμφανίζονται σε έναν διαφορετικό πίνακα στο κάτω μέρος της οθόνης. Στοιχεία αυτού του πίνακα μπορούν να εκτυπωθούν βάσει των αντίστοιχων επιλογών εκτύπωσης. Χρειάζεται προσοχή στις τιμές που εμφανίζονται για τις λοξές κλίσεις. Επίσης πρέπει να αποφευχθούν οι μικρές τιμές στις κλίσεις των οριογραμμών. Οι παραπάνω επισημάνσεις είναι ζωτικής σημασίας για να αποφευχθούν προβλήματα στην απορροή των ομβρίων από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Η τοποθέτηση των κορυφών της πολυγωνικής που αφορά την κατακόρυφη χάραξη γίνεται από το πρόγραμμα στον χώρο, στις τρεις διαστάσεις. Έτσι αν γίνουν αλλαγές στην οριζόντια χάραξη θα οδηγήσουν αυτόματα σε αλλαγές της πολυγωνικής της κατακόρυφης χάραξης. Συγκεκριμένα αυτές θα αλλάξουν χιλιομετρική θέση ώστε να παραμείνουν στην ίδια θέση στον χώρο. Αυτό ελαχιστοποιεί το φόρτο εργασίας του μελετητή, ο οποίος θα χρειαστεί να παρέμβει μόνο τοπικά, ειδικά στην περιοχή που υπάρχει εγκάρσια μετατόπιση της οδού.

Η ανάλυση και η συνέχεια του υπολογισμού των διατομών με μια μέθοδο που επιτρέπει να γίνονται μαζικοί υπολογισμοί με βάση τυπικές διατομές και να προσαρμόζονται όταν είναι αναγκαίο. Επίσης, είναι δυνατό να γίνει ομαδικός υπολογισμός και χωρίς τυπική διατομή, εφόσον οι διάφορες γραμμές είναι καθορισμένες.

Πάνω στο υπάρχον φυσικό έδαφος, ο υπολογισμός γίνεται αυτοματοποιημένα με βάση την οριζόντια χάραξη και το έδαφος. Κάθε φορά που η οριζόντια χάραξη αλλάζει, γίνεται ξανά ο υπολογισμός. Το λογισμικό επιτρέπει άμεσες διορθώσεις στο μοντέλο εδάφους, έστω και εκ των υστέρων, εάν αυτό κριθεί αναγκαίο στο επίπεδο της διατομής.

Οι τυπικές εργασίες, όπως φαίνονται στο επόμενο σχήμα, χρησιμοποιούνται για την αντιστοίχιση συνδυασμού γραμμών και εμβαδών στη φάση του υπολογισμού. Οι γραμμές χωρίζονται σε κατηγορίες που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό τομών και των κατάλληλων εμβαδών. Μπορούν σε κάθε κατηγορία να δημιουργηθούν και νέα μέλη που θα χρησιμοποιηθούν για τον τρόπο εμφάνισης των γραμμών αλλά και στον τρόπο εμφάνισης των τελικών ποσοτήτων ανά διατομή (εμβαδά – μήκη). Οι υπολογισμοί γίνονται για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς, όμως με βάση τα παραπάνω (αλλά και με δυνατότητα τροποποίησης από τον χρήστη) διαμορφώνονται οι στήλες του πίνακα χρωματισμών.



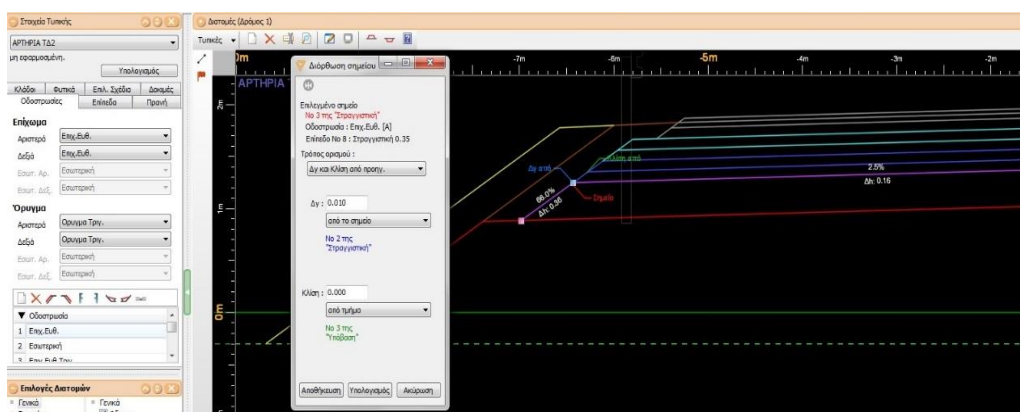
Σχήμα 4-3 Τυπικές εργασίες στις διατομές (Anadelta Tessera)

Η επιλογή των τυπικών διατομών εξαρτώνται από τον εκάστοτε δρόμο. Από το περιβάλλον του Anadelta, οι χρήστες μπορούν να επεξεργαστούν μια τυπική διατομή ή ακόμα και να εγγραφούν από την αρχή με τον τρόπο, εφόσον υφίσταται μια τυπική βιβλιοθήκη διατομών που μπορεί να γίνει μέσω διαδικτύου ή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Τα πλάτη οι κλίσεις τα στρώματα οδοστρώσας, οι υπενδεδυμένοι τάφροι είναι πιθανών να περιλαμβάνονται σε κωδικοποιημένη η αριθμητική μορφή στην τυπική διατομή. Η διαδικασία υπολογισμού γίνεται γρήγορα και με ευκολία, είτε για κάθε ξεχωριστή είτε για όλες είτε για επιλεγμένες ομάδες διατομών, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα δεδομένα

Σε περίπτωση που δημιουργηθούν ορισμένα προβλήματα για τον πολλαπλό υπολογισμό αυτά θα λυθούν αφού θα καταγράφουν με την επιλογή γρήγορης πλοήγησης σε κάθε διατομή.

Αφού ολοκληρωθεί ο υπολογισμός με την τυπική διατομή, είναι εφικτό να επεκταθεί στη διατομή με μικρές τροποποιήσεις της τυπικής, ή με τις αλλαγές στις γραμμές της διατομής.



Σχήμα 4-4 Περιβάλλον τυπικής διατομής Anadelta Tessera

Αφού παρουσιάσαμε λίγο το πρόγραμμα θα περιγράψουμε τη διαδικασία την οποία ακολουθήσαμε για την μελέτη των περιπτώσεων της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Η μελέτη χωρίστηκε σε 2 τμήματα, το πρώτο ήταν η κατασκευή βρόχων και το δεύτερο η δημιουργία της μηκοτομής των βροχών αυτών. Στα επόμενες ενότητες του κεφαλαίου αυτού και στην διαδικασία παρουσίασης της μεθόδου που ακολουθήθηκε μέσα όμως από το λογισμικό, θα γίνει μεγαλύτερη ανάλυση για τον τρόπο κατασκευής των δυο τμημάτων.

Θα παρουσιαστεί και ο τρόπος δημιουργίας των βρόχων σε όλες τις φάσεις κατασκευής όπως και της διαδικασίας της μηκοτομής με σχήματα και λεπτομέρειες στις εντολές που ακολουθήθηκαν.

Επιπλέον, θα αναλυθούν οι βασικές παράμετροι που διαμορφώνουν την κατασκευή των βρόχων και τη δημιουργία της μηκοτομής, με ιδιαίτερη έμφαση στην ακρίβεια και τη συμβατότητα της διαδικασίας με τα πρότυπα οδοποιίας. Εν συνεχεία, θα γίνει μια πιο διεξοδική περιγραφή στα εργαλεία και τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό για την αποτύπωση και τον έλεγχο των γεωμετρικών δεδομένων, ενώ θα παρουσιαστούν και ενδεικτικά παραδείγματα που διευκολύνουν την κατανόηση της διαδικασίας.

4.3 Κατασκευή βρόχων

Η διαδικασία ξεκινά με την κατασκευή δυο δρόμων που διασταυρώνονται σε διαφορετικά επίπεδα έτσι ώστε να μετάνουμε στην δημιουργία των βρόχων.

Για την Κατασκευή δρόμων: θα ακολουθηθεί η εξής σειρά : *Χάραξη* μετά *Νέος Δρόμος*, και με δεξί κλικ να επιλεγεί ο δρόμος και πατώντας την εντολή *προδιαγραφές δρόμου* είναι εύκολο να τροποποιηθούν κάποιες από τις παραμέτρους του δρόμου.

Έπειτα, ταυτόχρονα πρέπει να γίνει επιλογή των δύο δρόμων (κρατώντας το Ctrl) και μέσα από την εφαρμογή της εντολής *Χάραξη* έπειτα *Κόμβοι* μετά *Εισαγωγή Βρόχων*, είναι εφικτό να επιλέξουμε μέσω του αρχικού μενού το μέγεθος της σωστή ακτίνα του βρόχου, καθώς και τις παραμέτρους 1 και 2 . Αυτοί οι παράμετροι είναι σημαντικές για τις ρυθμίσεις εισόδου και εξόδου (κλωθοειδείς).

Δημιουργία βρόχων X

	Ακτίνα	Παράμετρος 1	Παράμετρος 2
☐ 1ο Τεταρτημόριο	50	30	30
☐ 2ο Τεταρτημόριο	50	30	30
☐ 3ο Τεταρτημόριο	50	30	30
☐ 4ο Τεταρτημόριο	50	30	30

Σχήμα 4-5 Χαρακτηριστικά για την εισαγωγή βρόχων (Anadelta Tessera)

Πριν την επιλογή *Εντάξει* υπάρχει η δυνατότητα μέσα από την εντολή *Επιλογές εξ' ορισμού* η εισαγωγή περισσότερων στοιχείων για τον βρόχο που πρόκειται να δημιουργηθεί όπως θα δούμε στο Σχήμα 4-6.

Προδιαγραφές βρόχου (εξ ορισμού) ✕

Λωρίδες αλλαγής ταχύτητας		
Πλάτος λωρίδας	Πλάτος μεταβατικής ΛΕΑ	
3.75	0.5	
Μήκος λωρίδας	Μήκος συναρμογής	
210	60	
Κλάδος		
Πλάτος κυκλοφορίας	Πλάτος ΛΕΑ	Πλάτος ερείσματος
5	0.5	0.75
Πλάτος εισερχ. λωρίδων	Μήκος συναρμογής διαπλ.	Κοινό μήκος
3.75	25	10
Ακτίνα εισόδου/εξόδου	Παράμετρος εισόδου	Παράμετρος εξόδου
50	50	50

Σχήμα 4-6 Προδιαγραφές βρόχου εξ' ορισμού (Anadelta Tessera)

Πατώντας *Εντάξει* θα γίνει εισαγωγή του βρόχου με τις εξ' ορισμού προδιαγραφές.

Για να γίνει επιπλέον επεξεργασία στους βρόχους πρέπει να επιλεγούν με το ποντίκι πατώντας αριστερό και μετά δεξί κλικ με την εντολή *Προδιαγραφές βρόχου* δίνεται η ευκαιρία να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά - παραμετρικού φαίνονται στο Σχήμα 4-6.

Το μήκος της Λωρίδας έχει σχέση με τη Λωρίδα αλλαγής ταχύτητας όταν το αυτοκίνητο περνά από την κεντρική λωρίδα έως την είσοδό στον βρόχο. Το μήκος συναρμογής (που περιλαμβάνεται στο συνολικό μήκος της λωρίδας) δείχνει πόσο μήκος χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η διαπλάτυνση της λωρίδας μεταβολής ταχύτητας.

Κάθε βρόχος αποτελείται από ένα μερισμό και μία συμβολή. Μετά την εισαγωγή όλων των δεδομένων του βρόχου υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας του μερισμού διαλέγοντας τον μερισμό πατώντας αριστερό και μετά δεξί κλικ, να γίνει διαλογή της εντολής του προγράμματος *Προδιαγραφές μερισμού*. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι επιλογές των δεδομένων που παρέχονται προς αλλαγή από το πρόγραμμα για τον μερισμό.

Κεφάλαιο 4. Πρόγραμμα Οδοποιίας Anadelta Tessera

Προδιαγραφές μερισμού K1

Χ.Θ.
440.668

Πλευρά
☒ Αριστερά
☐ Δεξιά

Είδος
☒ Μερισμός
☐ Συμβολή

Λωρίδα αλλαγής ταχύτητας

Πλάτος λωρίδας
3.75

Πλάτος μεταβατικής ΛΕΑ
0.5

Μήκος λωρίδας
210

Μήκος συναρμογής
60

Κλάδος

Πλάτος κυκλοφορίας
5

Πλάτος ΛΕΑ
0.5

Πλάτος ερείσματος
0.75

Πλάτος εισερχ. λωρίδων
3.75

Μήκος συναρμογής διαπλ.
25

Καινό μήκος
10

Ακτίνα εισόδου/εξόδου
69

Παράμετρος 1
40

Παράμετρος 2
0

Γωνία κλάδου (°)
90

Γωνία εισόδου/εξόδου (°)
13.9192

Εντάξει Ακυρο Εφαρμογή

Σχήμα 4-7 Προδιαγραφές μερισμού (Anadelta Tessera)

Ίδια διαδικασία είναι δυνατόν να ακολουθηθεί και για την συμβολή του βρόχου, επιλέγοντας την συμβολή και πατώντας αριστερό και μετά δεξί κλικ να γίνει επιλογή της εντολής του προγράμματος *Προδιαγραφές συμβολής* όπως βλέπουμε στο σχήμα πιο κατώ.

Προδιαγραφές συμβολής K2

Χ.Θ.
440.668

Πλευρά
☐ Αριστερά
☒ Δεξιά

Είδος
☐ Μερισμός
☒ Συμβολή

Λωρίδα αλλαγής ταχύτητας

Πλάτος λωρίδας
3.75

Πλάτος μεταβατικής ΛΕΑ
0.5

Μήκος λωρίδας
210

Μήκος συναρμογής
60

Κλάδος

Πλάτος κυκλοφορίας
5

Πλάτος ΛΕΑ
0.5

Πλάτος ερείσματος
0.75

Πλάτος εισερχ. λωρίδων
3.75

Μήκος συναρμογής διαπλ.
25

Καινό μήκος
10

Ακτίνα εισόδου/εξόδου
69

Παράμετρος 1
40

Παράμετρος 2
0

Γωνία κλάδου (°)
90

Γωνία εισόδου/εξόδου (°)
13.9192

Εντάξει Ακυρο Εφαρμογή

Σχήμα 4-8 Προδιαγραφές συμβολής (Anadelta Tessera)

4.4 Κατασκευή απευθείας κλάδων

Η κατασκευή απευθείας κλάδων γίνεται ακριβώς με τον ίδιο ακριβώς χειρισμό που έγινε για την εισαγωγή των βρόχων, όπως αναφέρθηκε προηγούμενος με τη μόνη διαφορά μετά την εντολή *κομβόι* επιλέγεται *Εισαγωγή απευθείας κλάδων*.

Δημιουργία απευθείας κλάδων

	Ακτίνα	Παράμετρος 1	Παράμετρος 2		Απόσταση	Πρόσθετη
☒ 1ο Τεταρτημόριο	50	30	30	☐ Σε απόσταση	50	0
☒ 2ο Τεταρτημόριο	50	30	30	☐ Σε απόσταση	50	0
☒ 3ο Τεταρτημόριο	50	30	30	☐ Σε απόσταση	50	0
☒ 4ο Τεταρτημόριο	50	30	30	☐ Σε απόσταση	50	0

Επιλογές εξ' ορισμού... Εντάξει Ακυρο

Σχήμα 4-9 Αρχικές παράμετροι δημιουργίας απευθείας κλάδων (Anadelta Tessera)

Χρειάζεται να γίνεται σωστή επιλογή των δεδομένων ώστε να προσδιοριστεί και η απόσταση του μήκους μεταξύ του κλάδου από το σημείο τομής των οριογραμμών και της πρόσθετης απόστασης η οποία τροποποιεί την πολυγωνική του κλάδου, εισάγοντας μια νέα κορυφή.

Πριν την επιλογή *Εντάξει* υπάρχει η επιλογή όπως και στους βρόχους μέσα από την εντολή *Επιλογές εξ' ορισμού* η εισαγωγή περισσότερων στοιχείων για τον απευθείας κλάδο που πρόκειται να δημιουργηθεί όπως βλέπουμε στο Σχήμα 4-10

Προδιαγραφές απευθείας κλάδου (εξ' ορισμού)

Λωρίδες αλλαγής ταχύτητας		☐ Σε απόσταση 50
Πλάτος λωρίδας 3.75	Πλάτος μεταβατικής ΛΕΑ 0.5	
Μήκος λωρίδας 210	Μήκος συναρμογής 60	Πρόσθετη 0
Κλάδος		
Πλάτος κυκλοφορίας 5	Πλάτος ΛΕΑ 0.5	Πλάτος ερείσματος 0.75
Πλάτος εισρχ. λωρίδων 3.75	Μήκος συναρμογής διαπλ. 25	Κοινό μήκος 10
Ακτίνα εισόδου/εξόδου 50	Παράμετρος 1 30	Παράμετρος 2 30

Εντάξει Ακυρο

Σχήμα 4-10 Προδιαγραφές απευθείας κλάδου εξ' ορισμού (Anadelta Tessera)

Πατώντας *Εντάξει* θα γίνει εισαγωγή του απευθείας κλάδου με τις εξ' ορισμού προδιαγραφές.

Οι καμπύλες των κλάδων αυτών, γίνεται να τροποποιηθούν διαλέγοντας τον κλάδο και στη συνέχεια αυξάνοντας ή μειώνοντας την ακτίνα κάθε καμπύλης με το ποντίκι. Ακόμη, είναι δυνατόν να γίνει επιλογή του κλάδου ώστε να γίνει λεπτομερής επεξεργασία αυτού, από την εντολή *Προδιαγραφές απευθείας κλάδου*.

Προδιαγραφές απευθείας κλάδου

Λωρίδες αλλαγής ταχύτητας		☒ Σε απόσταση 50
Πλάτος λωρίδας 3.75	Πλάτος μεταβατικής ΛΕΑ 0.5	
Μήκος λωρίδας 210	Μήκος συναρμογής 60	Πρόσθετη 27.823

Κλάδος		
Πλάτος κυκλοφορίας 4	Πλάτος ΛΕΑ 0.5	Πλάτος ερείσματος 0.75
Πλάτος εισερχ. λωρίδων 3.75	Μήκος συναρμογής διαπλ. 25	Κοινό μήκος 10
Ακτίνα εισόδου/εξόδου 31.615	Παράμετρος 1 30	Παράμετρος 2 30

Εντάξει Ακυρο Εφαρμογή

Σχήμα 4-11 Προδιαγραφές απευθείας κλάδων (Anadelta Tessera)

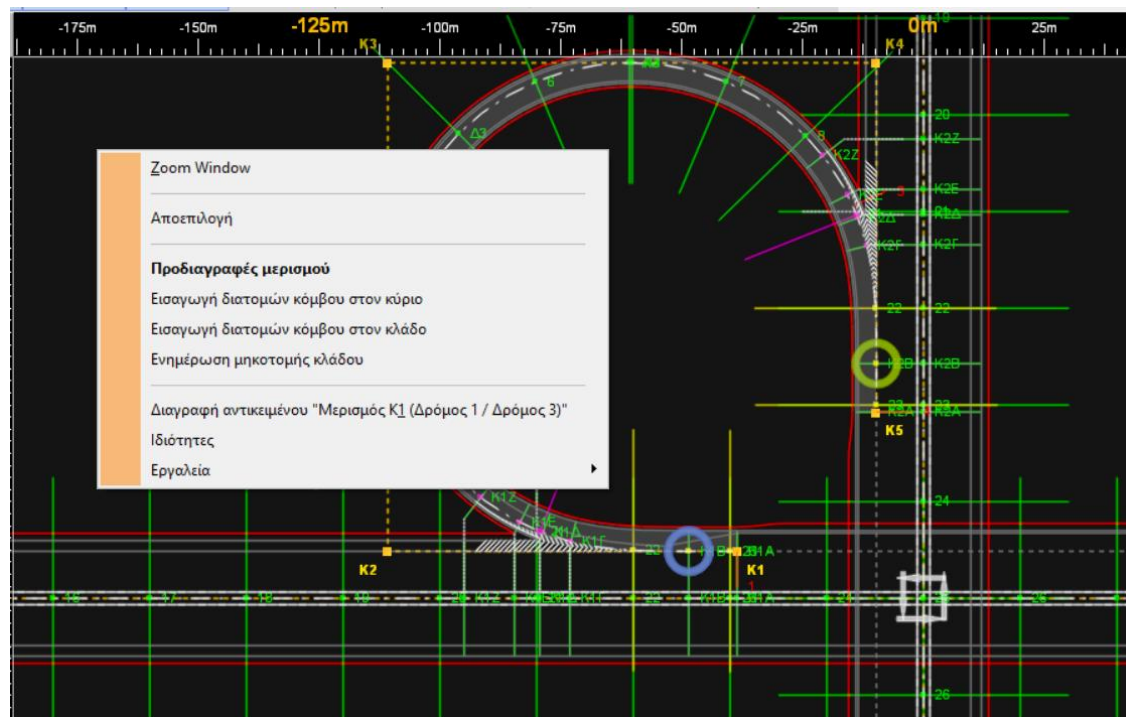
Όπως και στους βρόχους έτσι και οι απευθείας κλάδοι αποτελούνται από ένα μερισμό και μία συμβολή. Μετά την εισαγωγή όλων των δεδομένων του απευθείας κλάδου υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας του μερισμού επιλέγοντας τον μερισμό με το ποντίκι και ύστερα να γίνει διαλογή της εντολής *Προδιαγραφές μερισμού*. Στο Σχήμα 4-7 φαίνονται οι επιλογές των δεδομένων που παρέχονται προς αλλαγή από το πρόγραμμα για τον μερισμό και με την ίδια διαδικασία μπορεί να ακολουθηθεί για την συμβολή με το Σχήμα 4-8 να μας δείχνει τις επιλογές των δεδομένων που παρέχονται προς αλλαγή από το πρόγραμμα για την συμβολή.

4.5 Εισαγωγή μηκοτομών

Αφού ολοκληρωθεί η χάραξη της οριζοντιογραφίας του δρόμου στον αντίστοιχο χώρο εργασίας, συνέχεια έχει η δημιουργία και η τροποποίηση της Μηκοτομής.

Στο χώρο εργασίας Οριζοντιογραφία και πριν γίνει η επιλογή του δρόμου του οποίου η μηκοτομή θα δημιουργηθεί ή θα ενημερωθεί χρειάζεται να γίνει πύκνωση διατομών σε όλους τους δρόμους.

Στην συνέχεια πρέπει να επιλεγεί ο μερισμός του βρόγχου και με δεξί κλικ θα εμφανιστούν οι προδιαγραφές του μερισμού όπως στο Σχήμα 4-12

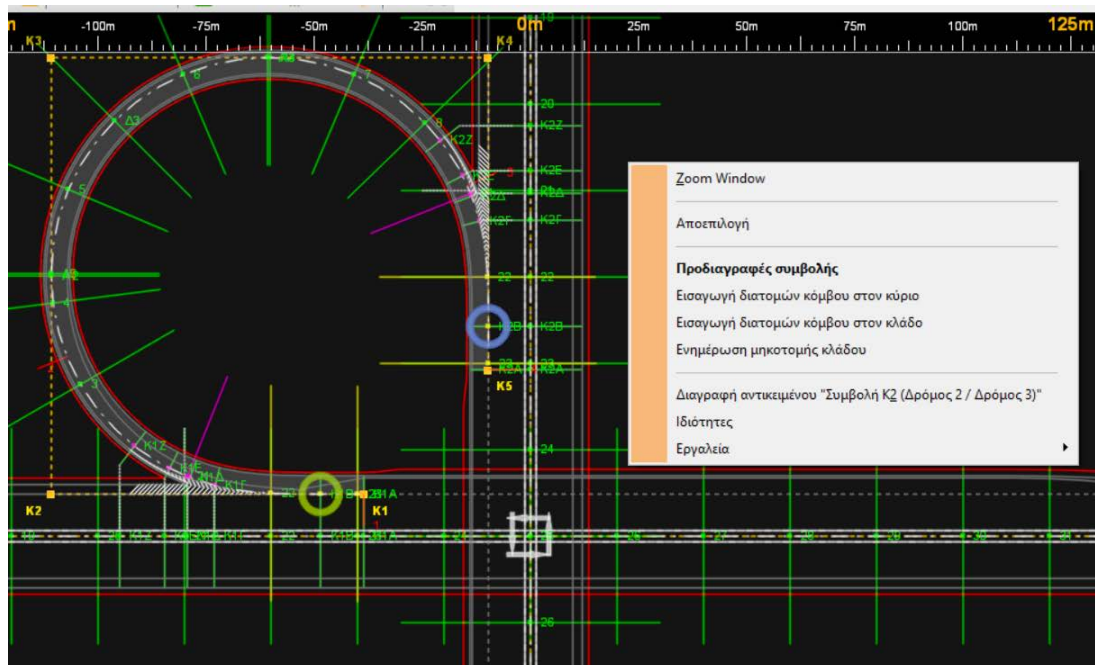


Σχήμα 4-12 Προδιαγραφές μερισμού βρόγχου (Anadelta Tessera)

Θα χρειαστεί με την σειρά να γίνει *Εισαγωγή διατομών κόμβου στο κύριο*, *Εισαγωγή διατομών κόμβου στον κλάδο* και στο τέλος *Ενημέρωση μηκοτομής κλάδου*.

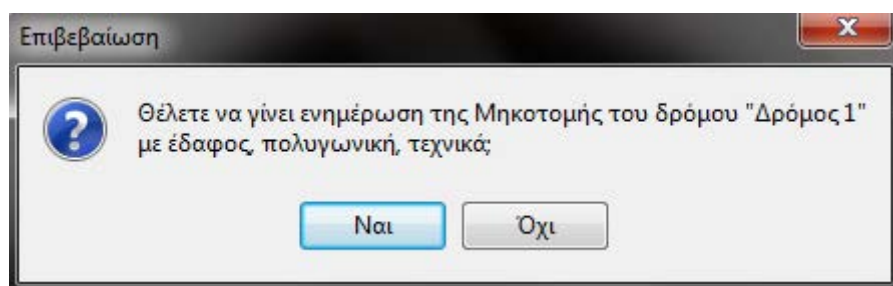
Η *Εισαγωγή διατομών κόμβου στο κύριο* δημιουργεί διατομές αντίστοιχες με τις χαρακτηριστικές θέσεις του κλάδου. Η *Εισαγωγή διατομών κόμβου στον κλάδο* δημιουργεί τις αντίστοιχες «εξαρτημένες» διατομές στον κλάδο. Πρέπει να έχει προηγηθεί η Πύκνωση Διατομών στον κλάδο. Με την *Ενημέρωση μηκοτομής κλάδου* θα δημιουργηθούν στη μηκοτομή του κλάδου «υποχρεωτικά σημεία», τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως οδηγοί για να σχεδιαστεί η ερυθρά του κλάδου αργότερα.

Οι παραπάνω εντολές αφορούν μόνο το πρώτο τμήμα του βρόγχου, του μερισμού. Οι ίδιες διαδικασίες είναι απαραίτητο να γίνουν στη συνέχεια και για το δεύτερο τμήμα του βρόγχου, την συμβολή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-13.



Σχήμα 4-13 Προδιαγραφές συμβολής βρόχου (Anadelta Tessera)

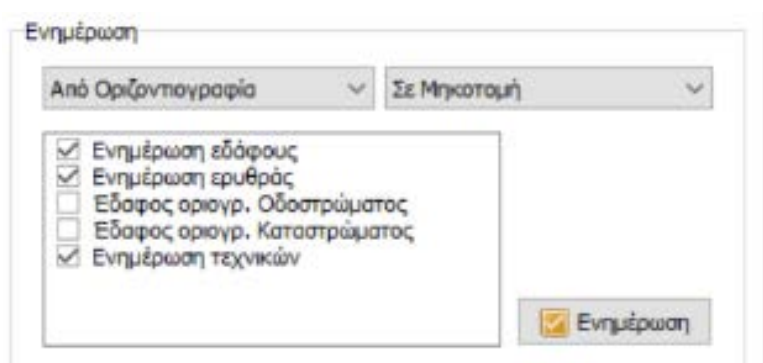
Από τον κατάλογο επιλογών (μενού) Έργο, εκτελείται η εντολή *Διαχείριση* ή από τη κύρια γραμμή που περιέχει όλα τα εργαλεία με το κουμπί . Το επόμενο βήμα είναι αυτό της ενότητας γρήγορη ενημέρωση με το κουμπί (*Από Οριζοντιογραφία σε μηκοτομή*). Εμφανώς στην οθόνη θα εξέλθει το πλαίσιο διαλόγου για την επιβεβαίωση.



Για να δημιουργηθούν οι μηκοτομές χρειάζεται να διαδεχθεί το *Ναι* μέσα από το λογισμικού. Μετά το πέρας της διαδικασίας θα γίνει ενημέρωση από το πρόγραμμα με ένα μήνυμα. Για να υλοποιηθεί η εντολή χρειάζεται να έχει γίνει πύκνωση στον επιλεγμένο δρόμο όπως προαναφέραμε προηγουμένως. Με τον τρόπο αυτόν θα δημιουργηθεί η κύρια γραμμή του εδάφους με τα σημεία της.

Ακόμη είναι δυνατόν να καθοριστούν ,σε ποια στοιχεία της *Μηκοτομής* θα γίνει η ενημέρωση, το οποίο εκτελείται μέσα από την εντολή *Διαχείριση*. Αφού γίνει αυτό από την εντολή *Ενημέρωση*, της καρτέλας *Ενημερώσεις* του διαλόγου της εντολής, στην πρώτη λίστα *Από Οριζοντιογραφία* και στη δεύτερη *Σε Μηκοτομή*.

Έπειτα ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας τα αντίστοιχα πεδία θα επιλεγθεί σε ποια τμήματα θα γίνει η ενημέρωση απλά στο τέλος χρειάζεται να πατηθεί το κουμπί *Ενημέρωση*.



Να επισημανθεί ότι στο περιβάλλον της οριζοντιογραφίας, κατά το πρώτο στάδιο κατασκευής του δρόμου δεν είναι αναγκαία κάποια χειροκίνητη εντολή της ενημέρωσης διότι εκτελείτε αυτοματοποιημένα.

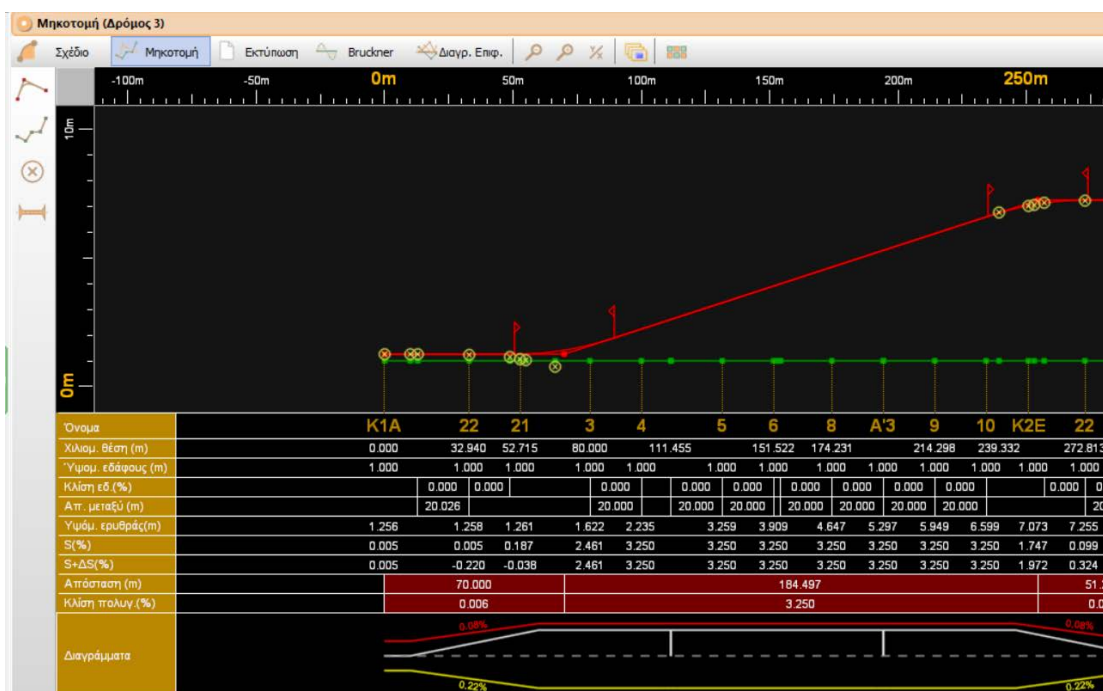
Το περιβάλλον εργασίας της *Μηκοτομής* θα το φτιάξει το πρόγραμμα, αν δεν υπάρχει για τον συγκεκριμένο δρόμο, θα δημιουργήσει τη γραμμή εδάφους μέσα στον δρόμο , αν έγινε επιλογή χειροκίνητη αλλιώς υποχρεωτικά αν δημιουργείται για πρώτη φορά αυτός ο χώρος.

Έτσι υπάρχουν διατομές, στο περιβάλλον της Οριζοντιογραφίας, του δρόμου έξω όμως από το μοντέλου εδάφους, σε αυτήν την περίπτωση θα λάβουν το υψόμετρο της αμέσως προηγούμενης διατομής.

Το πρόγραμμα εμφανίζει ένα προειδοποιητικό μήνυμα, ενημερώνοντάς για τη μη εύρεση του φυσικού εδάφους για τις συγκεκριμένες διατομές..

Κεφάλαιο 4. Πρόγραμμα Οδοποιίας Anadelta Tessera

Για να πραγματοποιηθεί η μεταφορά στον χώρο εργασίας της Μηκοτομής: Από την λίστα (μενού) Εμφάνιση, επιλέγεται η εντολή της *Μηκοτομής* διαφορετικά ενεργοποιείται η καρτέλα της *Μηκοτομής* σε παράθυρο του προγράμματος. Το πρόγραμμα μεταβαίνει αυτόματα στον χώρο εργασίας της μηκοτομής .Σε ολόκληρη την οθόνη, φαίνεται η γραφική παράσταση της μηκοτομής. Επίσης κάτω στην οθόνη υπάρχουν τα διαγράμματα ευθυγραμμίων-καμπυλών και επικλίσεων.



Σχήμα 4-14 Περιβάλλον τυπικής μηκοτομής (Anadelta Tessera)

Στο πάνω μέρος της οθόνης του προγράμματος και πιο συγκεκριμένα στο χώρο της οριζοντιογραφίας υπάρχουν αρκετά μενού πχ (*Εμφάνιση, Εργαλεία, Έργο, Εκτύπωση*). Επιπρόσθετα μια νέα κατηγορία μενού (*Μηκοτομή*) μπαίνει και αυτή. Η κύρια γραμμή εργαλείων βρίσκεται ακριβώς από κάτω. Αμέσως μετά κάνει την εμφάνιση της παρακάτω με πληθώρα επιλογών και κουμπιών που σχετίζονται με τα στοιχεία της οθόνης και λέγεται γραμμή εργαλείων *Εμφάνιση*



Σχήμα 4-15 Διάφορες λειτουργίες σχεδίασης και επεξεργασίας (Anadelta Tessera)

Στα αριστερά της οθόνης είναι η γραμμή εργαλείων *Σχεδίαση Στοιχείων* με κάποιες εντολές, που διατάσσονται σε τέσσερις ενότητες.

Για να εντοπίσει κάποιος την γραμμή κατάστασης που χωρίζετε σε 4 τμήματα θα χρειαστεί να πάει χαμηλά στο κάτω μέρος της οθόνης. Το σταυρόνημα με τις συντεταγμένες του θα παρουσιαστούν στο ένα από τα τέσσερα τμήματα. Επίσης για την εντολή *Φόρμα Εισαγωγής* και την ενεργοποίηση της, θα είναι εφικτό μέσα από το δεύτερο τμήμα. Για το τρίτο κατά σειρά τμήμα που είναι πλάι στο προηγούμενο είναι αυτό της ταυτότητα της γραμμής (π.χ. φυσικό έδαφος). Για το τέλος όπου είναι οι πληροφορίες της διατομής που επιλέχθηκε η της κορυφής μένει το τέταρτο τμήμα.

Κεφάλαιο 5 Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

5.1 Γενικά

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται με λεπτομέρεια οι διαδικασίες που εφαρμόζονται για την υλοποίηση όσων αναφέρθηκαν στα προηγούμενα.

Όπου κρίθηκε αναγκαίο, ο σχολιασμός γίνεται αμέσως μετά την παρουσίαση των σχετικών αντικειμένων, για λόγους συνοχής, ενώ στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των συνολικών αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, παρέχεται λεπτομερής ανάλυση των παραμέτρων που χρειάστηκαν για τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν .

Οι διάφορες μελέτες έγιναν αξιοποιώντας το λογισμικού Anadelta Tessera, λεπτομέρειες του οποίου αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4.

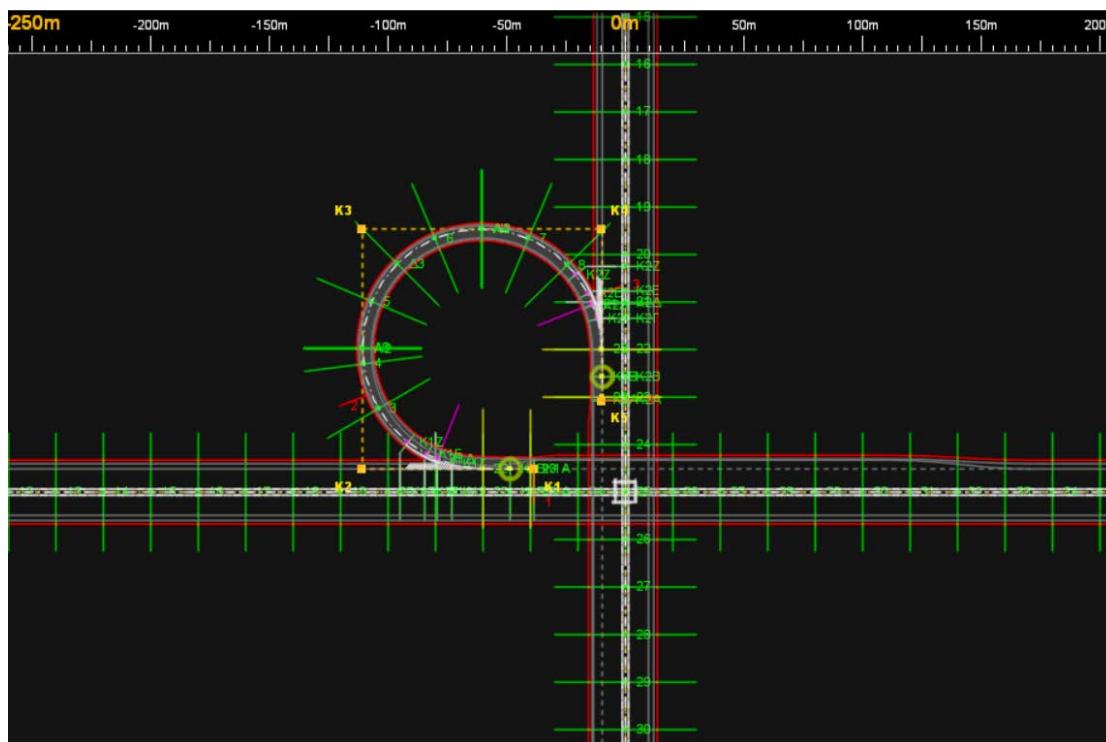
Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, παρατίθενται αριθμητικά ευρήματα σε πίνακες, οι οποίοι εξήχθησαν από αρχεία Excel. Στους πίνακες καταγράφονται οι παράμετροι και τα αποτελέσματα των σχετικών περιπτώσεων.

5.2 Βρόχοι

Για την δημιουργία των βρόχων, αρχικά κατασκευάστηκαν δύο τεμνόμενες οδοί, υπό γωνία 90 μοιρών μεταξύ τους. Η κάθε οδός επιλέχτηκε να έχει μήκος 1000 μέτρα, για λόγους τυποποίησης, με μηδενική κατά μήκος κλίση. Μελετήθηκαν και κάποιες περιπτώσεις με διαφορετική κατά μήκος κλίση.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των αξόνων των δύο οδών, στο σημείο ανισόπεδης διασταύρωσης, θεωρήθηκε στα 6 μέτρα. Στις περιπτώσεις μηδενικής κατά μήκος κλίσης, ο ένας κύριος δρόμος (με οριζόντια κατεύθυνση στην οθόνη) έχει υψόμετρο 1,5 μέτρο από το φυσικό έδαφος και ο κάθετος σ' αυτόν κύριος δρόμος 7,5 μέτρα αντίστοιχα.

Χρησιμοποιήθηκε ως φυσικό έδαφος ένα οριζόντιο επίπεδο με υψόμετρο 1 μέτρο. Πάνω στη διασταύρωση δημιουργήθηκε ένας βρόχος, στο πρώτο τεταρτημόριο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-1.



Σχήμα 5-1 Τυπικός βρόχος (Anadelta Tessera)

Μετά την δημιουργία του βρόγχου στον μερισμό αυτού μέσα από το πρόγραμμα με τις εντολές που διαθέτει εισάγουμε τις διατομές του κόμβου στον κύριο δρόμο και τις διατομές του κόμβου στον κλάδο. Το αντίστοιχο γίνεται και με την συμβολή αυτού όπως έχουμε ήδη αναλύσει σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Πρέπει να γίνει αναφορά ότι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των βρόχων, σε κάθε περίπτωση ήταν κάποια από τα οποία αναγράφονται παρακάτω :

Το πλάτος της Λ.Ε.Α. ήταν ίσο με 0,5m και είχε συνολικό πλάτος 1 μετρό γιατί εισάχθηκε δεξιά και αριστερά της λωρίδας κυκλοφορίας, αντίθετα το πλάτος των ερεισμάτων εισάχθηκε ίσο με 0,75m (δηλαδή συνολικά 1,5m).

Οι παράμετροι εισόδου και εξόδου υπολογίστηκαν βάσει του τύπου $R/3 \leq A < R$ από ΟΜΟΕ-ΑΚ. Ειδικά σε κλάδους εξόδου με μορφή βρόχου και με ακτίνες κύριου τόξου 40 m έως 60 m, εφαρμόζεται, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-ΑΚ, παράμετρος κλωθοειδούς $A \approx R$, προκειμένου να επαρκεί για ομαλή περιστροφή του οδοστρώματος μέσα στο τόξο συναρμογής.

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

Πίνακας 5-1 Περιπτώσεις που μελετήθηκαν

Ακτίνα (m)	22	30	42	45	47	50	60	69	70	80	90	107	110	130	149	230
Παράμετρος Εισόδου (m)	15	30	42	45	20	50	60	40	40	50	50	60	60	60	60	90
Παράμετρος Εξόδου (m)	15	30	42	45	20	50	60	40	40	50	50	60	60	60	60	90
Ταχύτητα μελέτης βρόγχου(m)	30	40	40	40	30	40	40	50	50	50	40	60	60	60	50	60
Επίκλιση (%)	7	7	7	6	2,5	5,5	4.5	7	7	5.5	2,5	7	6.5	5.5	2,5	2,5

Επιπρόσθετα, όσον αφορά τις λωρίδες για αλλαγή ταχύτητας, το πλάτος της λωρίδας παρέμεινε σταθερό στα 3,75 m, Το μήκος της λωρίδας όπως και το μήκος της συναρμογής αν και έχουν παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 3.3.4 θα οριστούν στα 210 m και 60 m αντίστοιχα όπως είναι στο πρόγραμμα, καθώς δεν επηρεάζουν υψομετρικά την μελέτη μας. Ο βασικός μηχανισμός σχηματισμού βρόγχων βασίστηκε στα δεδομένα των ΟΜΟΕ-ΑΚ, Πίνακας 3-6.

Από τον Πίνακα 3-6 παρατηρούμε ότι έχουμε 6 διαφορετικές κατηγορίες ταχυτήτων από 30 km/h έως και 80 km/h όπου αυξάνονται κατά 10 km/h και με βάση αυτές επιλέχθηκε η αντίστοιχη ακτίνα καμπύλης. Οι ακτίνες καμπύλες χωρίζονται σε 2 κατηγορίες με μέγιστη επίκλιση το 7% και με ελάχιστη επίκλιση το 2.5%. Εμείς ασχοληθήκαμε και με τις 2 κατηγορίες με όλες τις ταχύτητες που περιέχονται στον πίνακα και με πληθώρα διαφορετικών ακτίνων καμπύλης.

Για να πραγματοποιηθεί η μελέτη με τις παραμέτρους που είδαμε πριν, θα χρησιμοποιεί το πρόγραμμα που αναλύσαμε στο κεφάλαιο τέσσερα. Στόχος είναι η βέλτιστη ανάλυση των μηκοτομών .

5.3 Υπολογισμός Στοιχείων Μηκοτομών

Για τις μηκοτομές της εργασίας οι δοκιμές που έγιναν στηρίχθηκαν στους κανονισμούς και στις διατάξεις των ΟΜΟΕ-AK και αναλυτικά όλη η μελέτη βασίστηκε στους πίνακες 3-6, 3-7, 3-8 που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3. Εξετάστηκαν κάποιες μηκοτομές βρόχων, τα δεδομένα των περιπτώσεων που μελετήθηκαν προέρχονται από τον Πίνακα 3-6.

Ανάλογα με την ακτίνα της καμπύλης και την επιλεγμένη ταχύτητα, ανατρέξαμε στον Πίνακα 3-7 για να προσδιορίσουμε την κατάλληλη επίκλιση που θα πρέπει να εφαρμοστεί. Αυτή η τιμή είναι καθοριστική για τη σωστή γεωμετρική διαμόρφωση της χάραξης, διασφαλίζοντας τόσο την ομαλή μετάβαση των οχημάτων όσο και την ασφάλεια της κυκλοφορίας. Έχοντας προσδιορίσει τη σωστή επίκλιση, που θα εισάγουμε στο Anadelta ώστε να δημιουργήσουμε τις πρώτες μηκοτομές.

Για την δημιουργία της πρώτης μηκοτομής επιλέχθηκαν βρόχος με τα παρακάτω χαρακτηριστικά : ακτίνα καμπύλης 22 μέτρα, ταχύτητα 30 km/h και επίκλιση 7 % .

Αφού δημιουργήσαμε τα πρώτα υποχρεωτικά σημεία που ήταν απαραίτητα για τη δημιουργία των μηκοτομών, προχωρήσαμε στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, που αφορά τη χάραξη της ερυθράς γραμμής. Η επιλογή της γεωμετρίας της ερυθράς εξαρτάται άμεσα από την κατηγορία που εξετάζουμε, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Πίνακα 3-8. Σε αυτή την περίπτωση, δεδομένου ότι η μελέτη μας αφορά οδικό τμήμα με ταχύτητα 30 km/h, έπρεπε να διασφαλιστεί ότι οι ακτίνες καμπυλότητας στις κορυφές της ερυθράς πληρούν τα απαιτούμενα όρια.



Σχήμα 5-2 Μηκοτομή ακτίνας 22m (Anadelta Tessera)

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

Πιο συγκεκριμένα, για τις κυρτές καμπύλες η ελάχιστη επιτρεπόμενη ακτίνα καθορίστηκε στα 350 μέτρα, ώστε να εξασφαλιστεί η ομαλή και ασφαλής μετάβαση μεταξύ των κλίσεων. Αντίστοιχα, για τις κοίλες καμπύλες, η ελάχιστη απαιτούμενη ακτίνα ήταν 300 μέτρα, διασφαλίζοντας ότι η πορεία της ερυθράς παραμένει εντός των προδιαγεγραμμένων ορίων άνεσης και ασφάλειας.

Παράλληλα, καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε η ερυθρά γραμμή να συμπίπτει όσο το δυνατόν καλύτερα με τα υποχρεωτικά σημεία που είχαν καθοριστεί από προηγούμενα στάδια της μελέτης.

Για τα υποχρεωτικά σημεία έγινε μια επιπλέον μελέτη μέσα από το πρόγραμμα, σε συνδυασμό με πράξεις οι οποίες έγιναν σε φύλλο του Excel οι οποίες θα αναφερθούν αναλυτικά για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων. Για να καταλάβουμε καλύτερα τη διαδικασία θα αναφερθούμε βήμα προς βήμα στις ενέργειες που κάναμε, στις πράξεις και στις παραμέτρους που λήφθηκαν υπόψη για τα αποτελέσματα της εργασίας.

Αρχικά σε ένα φύλλο του Excel δημιουργήθηκε ένας πίνακας ο οποίος έχει 10 διαφορετικές παραμέτρους σε κατακόρυφα κελιά που αφορούν υπολογισμούς για το υψόμετρο των υποχρεωτικών σημείων. Τις παραμέτρους αυτές θα την εξηγήσουμε : αρχικά, στο πρώτο κελί έχουμε τις ακτίνες των βροχών που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε περίπτωση είναι οι ίδιες ακτίνες με αυτές που παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1 που αναφερθήκαμε προηγουμένως. Ακόμη στα 2 επόμενα κελιά έχουμε τις παραμέτρους των υψομέτρων και των 2 κύριων δρόμων, πιο συγκεκριμένα για τον οριζόντιο σε κατεύθυνση κύριο δρόμο είναι 1,5m και για τον κάθετο σε αυτόν κύριο δρόμο η παράμετρος αυτή είναι στα 7,5m.

Η τέταρτη και πολύ σημαντική παράμετρος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι αυτή της απόστασης από το σημείο περιστροφής του οδοστρώματος του κύριου δρόμου σε σχέση με τον βρόχο και όπως θα δούμε από το πρόγραμμα σε όλες τις περιπτώσεις είναι το ίδιο. Όπως θα δούμε και παρακάτω η απόσταση αυτή ορίζεται στα 10,65 m.

Επίσης η πέμπτη παράμετρος που θα χρησιμοποιήσουμε όπως και η έκτη είναι τα υψόμετρα της γωνίας η μία αφορά τη διατομή K1Δ στο μερισμό του βρόχου σε σχέση με τον κύριο δρόμο και η άλλη αφορά τη συμβολή του βρόγχου προς τον κάθετο δρόμο και ονομάζεται K2Δ αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση αυτά τα νούμερα λαμβάνονται μέσα από συγκεκριμένες πράξεις και είναι διαφορετικά για κάθε περίπτωση που θα μελετήσουμε. Για να βρεθεί το υψόμετρο γωνίας σε καθένα από τα 2 σημεία που μας ενδιαφέρουν θα πρέπει να ακολουθηθεί η εξίσωση :

$$\text{Υψόμετρο γωνίας} = (\text{υψόμετρο κυρίου άξονα}) - 0,025 \cdot 10,65\text{m}$$

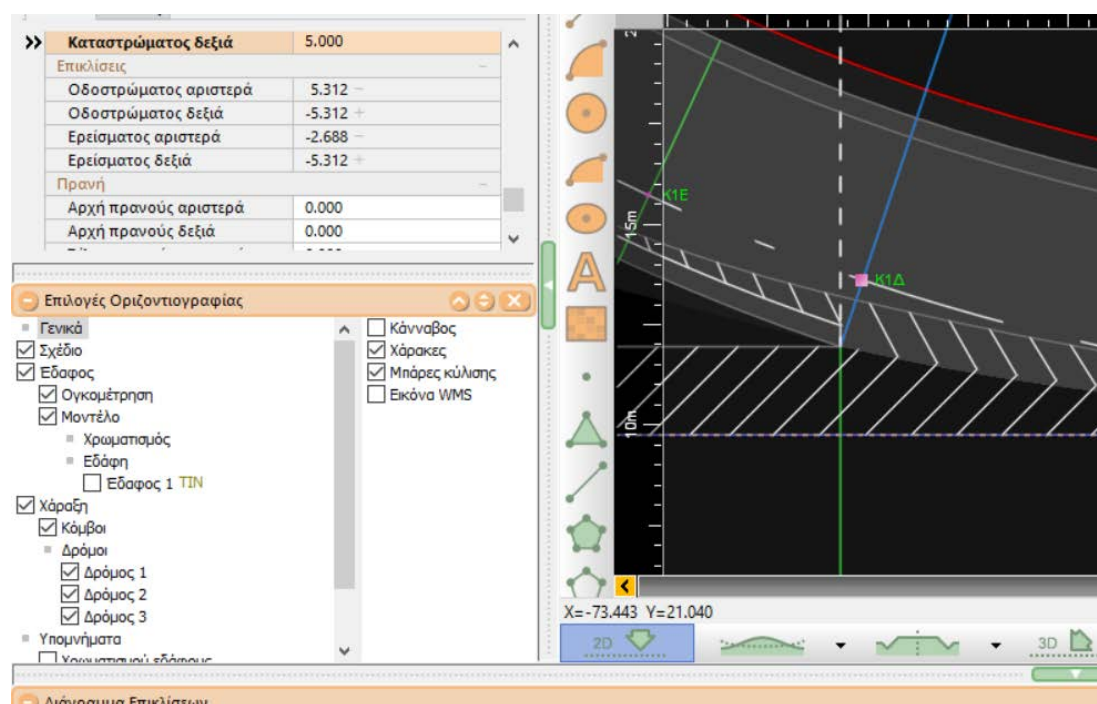
Όπως καταλαβαίνουμε το υψόμετρο του κυρίου άξονα έχει να κάνει με το σημείο που θέλουμε να υπολογίσουμε. Για το σημείο στο μερισμό του βρόγχου K1Δ τότε θα πάρουμε τον οριζόντιο κατεύθυνσης κύριο άξονα ενώ αν θέλουμε να υπολογίσουμε το σημείο στη συμβολή του βρόγχου K2Δ τότε θα πάρουμε το υψόμετρο του κάθετου κυρίου δρόμου σε αυτό. Ο συντελεστής 0,025 είναι οι επικλίσεις του οδοστρώματος

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

δεξιά και αριστερά στους κύριους δρόμους. Πώς καταλαβαίνουμε το 10,65 m είναι η απόσταση από το σημείο περιστροφής του οδοστρώματος του δρόμου που αναφέραμε προηγουμένως.

Ενδιαφέρον έχει η αμέσως επόμενη παράμετρος θα μας βοηθήσει για την εργασία μας η οποία είναι η απόσταση από τον άξονα του κλάδου. Αυτή η απόσταση είναι σε όλες τις περιπτώσεις σταθερή και η τιμή της είναι 1,75 m. Η τιμή αυτή προκύπτει από την μαθηματική σχέση : $(5m - 3,75m + 0,5m) = 1,75 m$. Για να καταλάβουμε πως βγαίνει το νούμερο θα το αναλύσουμε περαιτέρω. Αρχικά προσθέτουμε το πλάτος κυκλοφορίας αριστερά του δρόμου όπου είναι ίσο με 1,25m μαζί με το πλάτος κυκλοφορίας δεξιά όπου είναι ίσο με 3,75m, δίνοντας μας ένα σύνολο 5 μετρά. Αν από αυτό το νούμερο αφαιρέσουμε το πλάτος της κυκλοφορίας δεξιά και προσθέσουμε το πλάτος της λωρίδας έκτακτης ανάγκης δεξιά που είναι ίσο με 0,5m τότε θα πάρουμε την απόσταση από τον άξονα που θέλουμε.

Σημαντικό κομμάτι της μελέτης ώστε να μπορέσει να διεξαχθούν οι πράξεις είναι αυτό της επίκλισης. Η επίκλιση δώ δεν έχει να κάνει με κανέναν από τους 2 κύριους δρόμους αλλά επειδή μελετάμε υποχρεωτικά σημεία πάνω στον βρόχο έχει να κάνει με την επίκλιση του σημείου. Την επίκλιση αυτή θα μας την δώσει το πρόγραμμα πατώντας πάνω στο σημείο που μελετάμε το K1Δ η το K2Δ αντίστοιχα και από τα χαρακτηριστικά του σημείου θα δούμε την επίκλιση του οδοστρώματος αριστερά και δεξιά όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 5-3 Επίκλιση Οδοστρώματος (Anadelta tessera)

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

Αφού έχουμε συγκεντρώσει όλες τις προαπαιτούμενες παραμέτρους το μόνο που μένει είναι να υπολογίσουμε τα υψόμετρα του δευτερεύοντα άξονα για τον οποίο έγινε όλη η μελέτη.

Οπότε έχουμε Κ1Δ :

$$= (\text{Υψόμετρο γωνίας Κ1Δ} - \text{Απόσταση από άξονα κλάδου} * \text{επίκλιση})$$

Από κάτω θα παρουσιάσουμε όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν για όλες τις ακτίνες βρόχων που είχαμε στην εργασία . Όλα φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 5-2.

Πίνακας 5-2 Αποτελέσματα Υποχρεωτικών Σημείων

Ακτίνα (m)	22	30	42	45	47	50	60	69
Υψόμετρο Κύριου Άξονα ΟΡΙΖ(m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Υψόμετρο Κύριου Άξονα ΚΑΘ(m)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Απόσταση Από Σημείο Περιστροφής, Κυρίου - βρόχο(m)	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65
Υψόμετρο Γωνίας Κ1Δ (m)	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234
Υψόμετρο Γωνίας Κ2Δ(m)	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234
Απόσταση Από Άξονα Κλάδου (m)	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
Επίκλιση %	7,000	6,623	6,197	5,312	2,500	4,828	5,790	7,000
Υψόμετρο Άξονα Δευτερεύοντα Κ1Δ(m)	1,111	1,118	1,125	1,141	1,190	1,149	1,132	1,111
Υψόμετρο Άξονα Δευτερεύοντα 2ΚΔ(m)	7,111	7,118	7,125	7,141	7,190	7,149	7,132	7,111

Ακτίνα (m)	70	80	90	107	110	130	149	230
Υψόμετρο Κύριου Άξονα ΟΡΙΖ(m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Υψόμετρο Κύριου Άξονα ΚΑΘ(m)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Απόσταση Από Σημείο Περιστροφής, Κυρίου - βρόχο (m)	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65
Υψόμετρο Γωνίας Κ1Δ (m)	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234
Υψόμετρο Γωνίας Κ2Δ(m)	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234
Απόσταση Από Άξονα Κλάδου (m)	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
Επίκλιση %	7,000	5,500	2,500	7,000	6,500	5,500	2,500	2,500
Υψόμετρο Άξονα Δευτερεύοντα Κ1Δ(m)	1,111	1,138	1,190	1,111	1,120	1,138	1,190	1,190
Υψόμετρο Άξονα Δευτερεύοντα 2ΚΔ(m)	7,111	7,138	7,190	7,111	7,120	7,138	7,190	7,190

Μέσα από αυτές τις πράξεις και τον εντοπισμό μικρών διαφορών στα υψόμετρα Κ1Δ και Κ2Δ μπορούμε πλέον να χαράξουμε με μεγάλη ακρίβεια την ερυθρά μας γιατί ξέρουμε ότι υποχρεωτικά συγκεκριμένα σημεία είναι υπολογισμένα με ακρίβεια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια πιο ποιοτική χάραξη στην μηκοτομή μας και σε αρκετές περιπτώσεις ακόμη και αυτές οι μικρές αλλαγές μπορούν να αποφέρουν μείωση της μέγιστης κατά μήκος κλίσης.

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

Εκτός από τα άμεσα οφέλη στη συγκεκριμένη μελέτη, η διαδικασία που ακολουθήθηκε προσφέρει πολύτιμα συμπεράσματα και για μελλοντική έρευνα στον τομέα της οδοποιίας.

Η λεπτομερής ανάλυση των υψομέτρων και η βελτιστοποίηση της χάραξης με τη χρήση ψηφιακών εργαλείων αποτελούν την βάση ώστε γίνουν αντικείμενο περαιτέρω διερεύνησης, ειδικά σε έργα με πολύ αυξημένες απαιτήσεις ακρίβειας, όπως οι ορεινές ή αστικές χαράξεις. Η συστηματική μελέτη των διαφορών στα υψόμετρα μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη αλγορίθμων ή αυτοματοποιημένων μεθόδων που θα επιτρέπουν την ακόμη πιο ακριβή και αποδοτική επεξεργασία των δεδομένων

Η χάραξη της ερυθράς είναι πολύ σοβαρός παράγοντας για την επιτυχία ενός οδικού έργου, καθώς επηρεάζει τόσο την τεχνική όσο και την οικονομική και περιβαλλοντική του διάσταση. Ένα προσεκτικά σχεδιασμένο και ακριβές υψομετρικό προφίλ οδηγεί σε ασφαλέστερους, αποδοτικότερους και πιο ανθεκτικούς δρόμους, εξοικονομώντας πόρους και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των χρηστών. Ένας δρόμος με σωστά υπολογισμένη ερυθρά υπόκειται σε λιγότερες καταπονήσεις λόγω μη ορθών κλίσεων ή ανεπαρκούς αποστράγγισης. Έτσι, μειώνονται οι αστοχίες στο οδόστρωμα, όπως οι ρηγματώσεις και οι καθιζήσεις, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής της κατασκευής.

Οι μικρές αλλά σημαντικές διαφοροποιήσεις στη χάραξη μπορούν να επηρεάσουν την κατανάλωση καυσίμου των οχημάτων, ειδικά σε μεγάλες διαδρομές. Μια σωστά μελετημένη ερυθρά με ομαλές μεταβάσεις στις κλίσεις μειώνει τις απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, κάνοντας τη διαδρομή πιο άνετη και ενεργειακά αποδοτική.

Αφού αναλύθηκε σε βάθος το κομμάτι των υποχρεωτικών σημείων στο μερισμό και στη συμβολή του βρόγχου ήρθε η ώρα να συνεχίσουμε τη δημιουργία της μηκοτομής για την πρώτη περίπτωση που επιλέξαμε όπως αναφέραμε προηγουμένως.

Ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, η κλίση που προέκυψε στην πολυγωνική διαμορφώθηκε στο 10,9%.

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για άλλες περιπτώσεις, όπου εξετάστηκαν διαφορετικοί συνδυασμοί ταχυτήτων και ακτίνων καμπυλότητας, σύμφωνα με τις αναφορές της μελέτης. Τα δεδομένα που προέκυψαν από αυτές τις αναλύσεις παρουσιάζονται αναλυτικά, Πίνακας 5-1, όπου καταγράφονται οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε περίπτωση.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτές τις δοκιμές, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του προγράμματος Anadelta tessera, καταγράφηκαν και επεξεργάστηκαν προκειμένου να δημιουργηθεί ο ακόλουθος πίνακας στο Excel :

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

Πίνακας 5-3 Αποτελέσματα κλίσεων περιπτώσεων που μελετήθηκαν

Ακτίνα (m)	22	30	42	45	47	50	60	69
Παράμετρος Εισόδου (m)	15	30	42	45	20	50	60	40
Παράμετρος Εξόδου (m)	15	30	42	45	20	50	60	40
Ταχύτητα μελέτης βρόγχου(m)	30	40	40	40	30	40	40	50
Επικλίση (%)	7	7	7	6	2,5	5,5	4.5	7
Κλίση (%)	10,90	8,95	4,50	3,92	3,60	3,25	2,59	2,25
Ακτίνα (m)	70	80	90	107	110	130	149	230
Παράμετρος Εισόδου (m)	40	50	50	60	60	60	60	90
Παράμετρος Εξόδου (m)	40	50	50	60	60	60	60	90
Ταχύτητα μελέτης βρόγχου(m)	50	50	40	60	60	60	50	60
Επικλίση (%)	7	5.5	2,5	7	6.5	5.5	2,5	2,5
Κλίση (%)	2,25	1,95	1,76	1,37	1,34	1,11	0,99	0,59

Όλες οι μηκοτομές των περιπτώσεων που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στο παράρτημα με σχήματα από το πρόγραμμα .

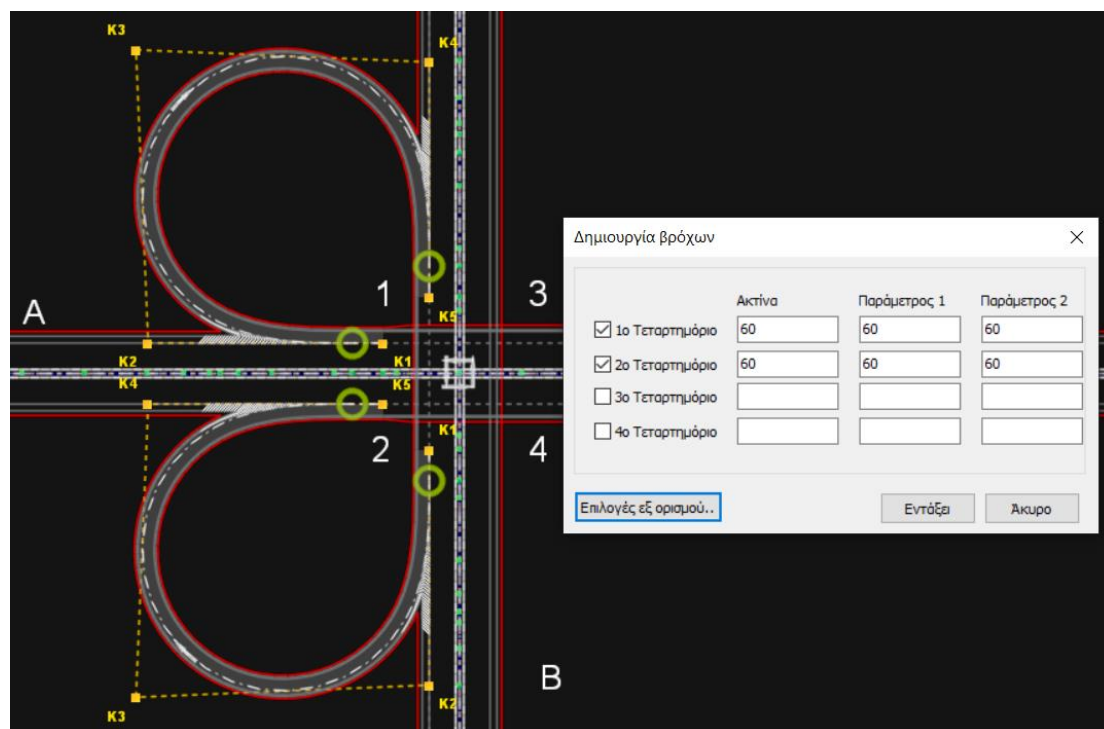
Αυτό που διαπιστώνουμε από τα αποτελέσματα είναι ότι όταν η ακτίνα του βρόχου είναι πολύ μικρή, περιπτώσεις με ακτίνες 22m και 30m στο πάνω μέρος του πίνακα, η κατά μήκος κλίση του δρόμου είναι σημαντικά αυξημένη. Στις παραπάνω περιπτώσεις φτάνουν σε τιμές 10,9% και 8,95% αντίστοιχα δηλαδή σε επίπεδα που ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια, δηλαδή +6% για ανωφέρεια και -7% για κατωφέρεια σύμφωνα με τις (ΟΜΟΕ ΑΚ ,Πίνακας 4.6.4-1) μέρος του οποίου φαίνονται στον Πίνακας 3-8 .

Αυτή η απότομη κλίση μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα τόσο στην οδική ασφάλεια όσο και στην άνεση των οδηγών, καθιστώντας τη χάραξη μη λειτουργική σε ορισμένες περιπτώσεις.

Ωστόσο, παρατηρούμε ότι όσο η ακτίνα του βρόχου αυξάνεται, η κλίση του δρόμου αρχίζει να εξομαλύνεται, πλησιάζοντας σε αποδεκτές τιμές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μεγαλύτερες ακτίνες συνδέονται με αύξηση του μήκους του βρόχου με συνέπεια την μείωση του ρυθμού της υψομετρικής μεταβολής .

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

Σε περίπτωση που ο βρόχος δεν βρίσκεται στο 1^ο τεταρτημόριο όπως τα παραδείγματα που αναλύσαμε πιο πάνω αλλά στο 2^ο τεταρτημόριο όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-4 οι μέγιστες κατά μήκος κλίσεις που θα προκύψουν από την μελέτη των ίδιων περιπτώσεων θα είναι αντίθετες αλλά ίδιες κατά απόλυτη τιμή με αυτές που εμφανίζονται στον Πίνακα 5-3.



Σχήμα 5-4 Δημιουργία αντίθετων βρόχων (Anadelta Tessera)

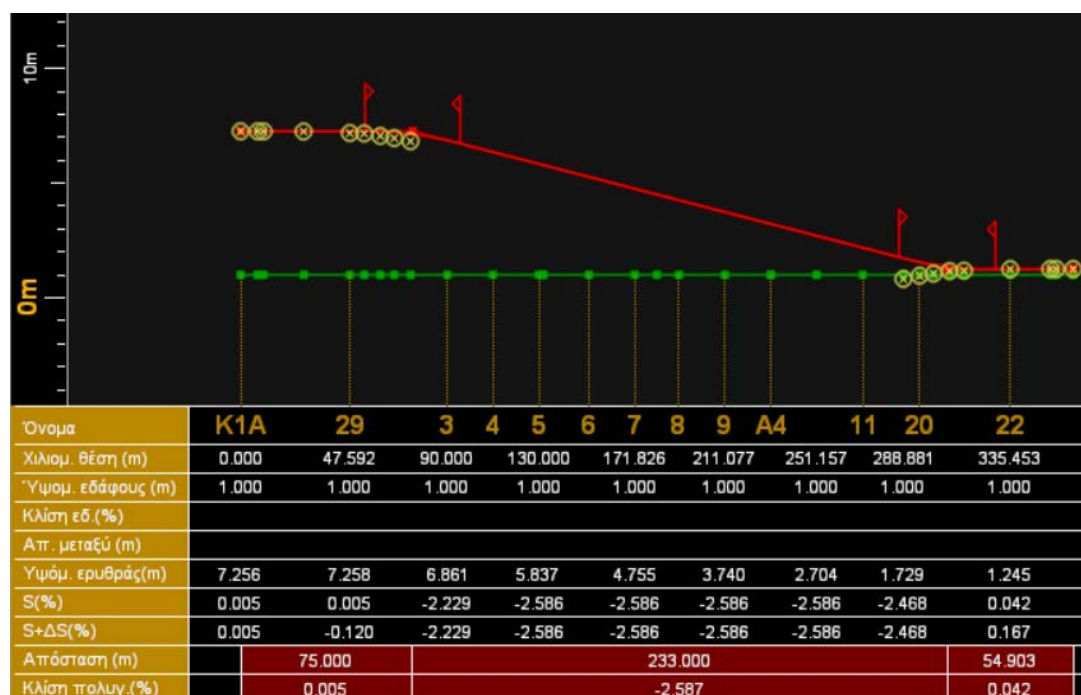
Αυτό εξηγείται παρακάτω και εμφανίζεται σε σχήματα. Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα που επιλέχθηκε για να δούμε τις αντίθετες κατά μήκος κλίσεις είναι αυτό με ακτίνα 60m, ταχύτητα μελέτης 40 km/h και επίκλιση 4,5%. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο κύριων δρόμων θεωρείται στο σημείο διασταύρωσης στα 6m. Η ίδια θα εμφανιστεί και μεταξύ αρχής και τέλους του κάθε βρόχου, διότι στα παραδείγματα που χρησιμοποιούμε θεωρούμε μηδενικές τις κατά μήκος κλίσεις των κύριων δρόμων.

Στο 1^ο τεταρτημόριο ο βρόχος εκτείνεται από το χαμηλότερο υψόμετρο του δρόμου Α προς το κατά 6m υψηλότερο υψόμετρο του δρόμου Β. Αντίθετα στο 2^ο τεταρτημόριο ο δρόμος αναπτύσσεται από το υψηλότερο υψόμετρο του δρόμου Β προς το κατά 6m χαμηλότερο υψόμετρο του δρόμου Α.

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων



Σχήμα 5-6 Μηκοτομή βρόχου στο 1° τεταρτημόριο (Anadelta Tessera)



Σχήμα 5-5 Μηκοτομή αντίθετου βρόχου στο 2° τεταρτημόριο (Anadelta Tessera)

Από τα παραπάνω σχήματα είναι εμφανές αυτό που προαναφέραμε. Στο 1° τεταρτημόριο ο βρόχος κινείται ανοδικά με κλίση 2.59% από το χαμηλότερο υψόμετρο του δρόμου A προς τον δρόμο B. Αντίθετα στο 2° τεταρτημόριο ο δρόμος κινείται καθοδικά με κλίση -2.59% από το υψηλότερο υψόμετρο του δρόμου B προς τον δρόμο A διανύοντας την ίδια απόσταση με την προηγούμενη περίπτωση.

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων

Οι περιπτώσεις των ακτίνων 22 m και 30 m παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς και αντικείμενο λεπτομερέστερης ανάλυσης λόγω των υψηλών κατά μήκος κλίσεων που παρατηρήθηκαν. Η διερεύνηση αυτών των περιπτώσεων κρίθηκε αναγκαία, καθώς οι μεγάλες κλίσεις ενδέχεται να επηρεάσουν τη λειτουργικότητα και την ασφάλεια της χάραξης.

Συγκεκριμένα, για ακτίνα 22 m, η κατά μήκος κλίση που προέκυψε ανήλθε στο 10,90%, ενώ για ακτίνα 30 m, η αντίστοιχη τιμή διαμορφώθηκε στο 8,95%. Αυτές οι τιμές καταγράφηκαν υπό την προϋπόθεση ότι οι δύο κύριοι δρόμοι που σχηματίζουν τον βρόχο θεωρήθηκαν με μηδενική κατά μήκος κλίση.

Για να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση της κατά μήκος κλίσης των κύριων δρόμων στη συνολική γεωμετρία του βρόχου, πραγματοποιήθηκε επιπλέον μελέτη με διάφορες τιμές της, συγκεκριμένα 1%, 1,4% και 1,8%.

Τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών παρατίθενται στον επόμενο πίνακα, παρέχοντας χρήσιμα δεδομένα για την κατανόηση της συμπεριφοράς των ακτίνων υπό διαφορετικές συνθήκες κλίσης.

Πίνακας 5-4 Διαφορετικές κατά μήκος κλίσεις κύριων δρόμων

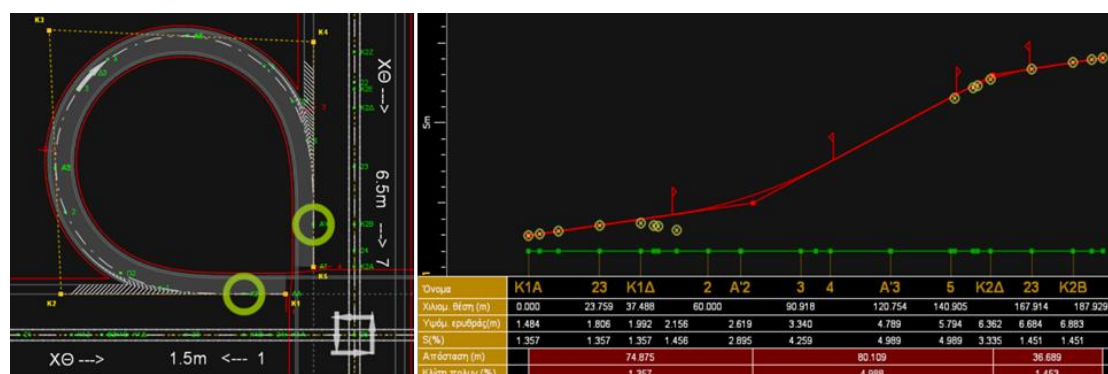
Ακτίνα (m)	22	22	30	30	30
Παράμετρος Εισόδου (m)	15	15	30	30	30
Παράμετρος Εξόδου (m)	15	15	30	30	30
Ταχύτητα μελέτης βρόγχου(m)	30	30	40	40	40
Επίκλιση (%)	7	7	7	7	7
Κλίση (%)	7,16	6,32	5,12	4,99	3,79
Κλίση μεταξύ κύριων δρόμων(%)	1	1,4	1	1,4	1,8

Όταν εξετάζουμε τους δύο κύριους δρόμους που σχημάτισαν τον βρόχο μας, παρατηρούμε ότι η αύξηση της κλίσης τους είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της συνολικής κατά μήκος κλίσης του βρόχου.

Η βελτίωση της κατά μήκος κλίσης του βρόχου συμβαίνει όταν το πρόσημό της (ανωφέρεια – κατωφέρεια) είναι το ίδιο με το πρόσημο της κατά μήκος κλίσης των κύριων δρόμων. Πιο συγκεκριμένα ο ανηφορικός βρόχος συνδυάζεται με ανηφορικό κύριο δρόμο στην κατεύθυνση του μερισμού και ανοδική πορεία στην κατεύθυνση της συμβολής. Σε διαφορετική περίπτωση τα αποτελέσματα δεν θα ήταν τόσο ευνοϊκά.

Ιδιαίτερα στην περίπτωση που είχαμε αντίθετες φορές, σε σχέση με αυτές της προηγούμενης ευνοϊκής, τα αποτελέσματα θα ήταν δυσμενέστερα αυτών που εμφανίζονται στον βασικό πίνακα. Αν το παράδειγμα της παραπάνω ευνοϊκής διάταξης αντιστοιχούσε στο 1^ο τεταρτημόριο, τότε για την ίδια διάταξη των κύριων δρόμων στο 2^ο τεταρτημόριο δεν θα ήταν τόσο ευνοϊκή.

Κεφάλαιο 5. Υψομετρική Διαμόρφωση Βρόχων



Σχήμα 5-7 Οριζοντιογραφία / μηκοτομή Βρόχου με κλίση 1,4 % (Anadelta Tessera)



Σχήμα 5-8 Μηκοτούμες κύριων δρόμων με κλίση 1,4% (Anadelta Tessera)

Όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 5-8 στην αριστερή μηκοτομή είναι ο οριζόντιος κύριος δρόμος και παρατηρούμε την ανοδική πορεία που έχει. Το ίδιο συμβαίνει και στην δεξιά μηκοτομή που αφορά τον κάθετο κύριο δρόμο με την ανοδική του πορεία. Βλέπουμε πως με τον τρόπο που έχει διαμορφωθεί ο βρόχος μας οι κύριοι δρόμοι τον ευνοούν ποσό μάλλον αν έχουν και κάποια κλίση πέραν της μηδενικής.

Ωστόσο, η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις περιπτώσεις, καθώς εξαρτάται άμεσα από τις γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής. Αν όμως το ανάγλυφο του εδάφους το επιτρέπει, η προσαρμογή των κλίσεων με αυτόν τον τρόπο μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, τόσο σε επίπεδο λειτουργικότητας όσο και άνεση στη μετακίνηση.

Συμπερασματικά, τα ευρήματα αυτής της μελέτης δεν έχουν μόνο εφαρμογή στην παρούσα εργασία, αλλά μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση των διαδικασιών σχεδιασμού και κατασκευής δρόμων, οδηγώντας σε πιο αποδοτικές, ασφαλείς και βιώσιμες λύσεις στην οδοποιία.

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εξετάστηκαν υψομετρικές διαμορφώσεις ανισόπεδων κόμβων με μεγαλύτερη έμφαση στις μηκοτομές των βρόχων. Οι δοκιμές βασίζονται σε καθιερωμένες κλασικές εξισώσεις που περιλαμβάνονται στους κανονισμούς, με στόχο τη διαμόρφωση κατάλληλων οδικών δικτύων με σωστά γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα όλη η μελέτη βασίστηκε στις ΟΜΟΕ και πιο ειδικά στις ΟΜΟΕ ΑΚ που αφορούν τους ανισόπεδους κόμβους. Η ανάλυση των μηκοτομών των βρόχων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της μελέτης, καθώς επηρεάζει τη λειτουργικότητα και την ασφάλεια των ανισόπεδων κόμβων. Η υψομετρική διαμόρφωση παίζει σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση ομαλής κυκλοφορίας, στη μείωση των κλίσεων και στην αποφυγή φαινομένων όπως η κακή ορατότητα. Η συμμόρφωση με τις ΟΜΟΕ ΑΚ διασφαλίζει ότι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κόμβων πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ασφάλειας και της κυκλοφοριακής ροής.

Στη συνέχεια, γίνεται η αξιολόγηση των δοκιμών, των οποίων τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα των υψομετρικών διαμορφώσεων και τη βελτιστοποίηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κόμβων. Επιπλέον, μέσω της σύγκρισης διαφορετικών σεναρίων διαμόρφωσης, προκύπτουν χρήσιμες παρατηρήσεις που μπορούν να αξιοποιηθούν σε μελλοντικές μελέτες και εφαρμογές στον τομέα της οδοποιίας.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αξιολόγηση των δοκιμών, των οποίων τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Μέσα από τα αποτελέσματα των δοκιμών μπορούμε να καταλήξουμε ότι:

- **Μικρές ακτίνες βρόχου και απότομες κλίσεις:** Όταν η ακτίνα του βρόχου είναι μικρή, η κατά μήκος κλίση του δρόμου αυξάνεται σημαντικά, φτάνοντας σε επίπεδα που ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην οδική ασφάλεια, καθιστώντας τη χάραξη ακατάλληλη σε ορισμένες περιπτώσεις.
- **Αύξηση ακτίνας και εξομάλυνση κλίσης:** Όσο η ακτίνα του βρόχου αυξάνεται, η μέγιστη κατά μήκος κλίση του δρόμου μειώνεται, οδηγώντας σε αποδεκτές τιμές.

- **Βρόχοι αντίθετης κατά μήκος κλίσης :** Είτε βρίσκεται στο 1^ο τεταρτημόριο ο βρόχος που σημαίνει ότι κινείται ανοδικά είτε βρίσκεται στο 2^ο τεταρτημόριο όπου κινείται καθοδικά, στα παραδείγματα που μελετήθηκαν στην εργασία διανύοντας την ίδια απόσταση θα έχουν την ίδια τιμή κατά μήκος κλίσης αλλά αντίθετου προσήμου .
- **Περίπτωση ακτίνας βρόχου 22m και 30m:** Οι ακτίνες βρόχου 22m και 30m στην περίπτωση της μελέτης αυτής, μας έδωσαν ως αποτέλεσμα υψηλές κλίσεις (10,90% και 8,95%, αντίστοιχα), οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργικότητα και την ασφάλεια της χάραξης.
- **Επίδραση της κατά μήκος κλίσης των κύριων δρόμων:** Στις προηγούμενες περιπτώσεις οι δύο κύριοι δρόμοι θεωρήθηκαν με μηδενική κατά μήκος κλίση. Μελετήθηκαν και περιπτώσεις όπου οι κατά μήκος κλίσεις των δύο κύριων δρόμων του βρόχου, είναι ευνοϊκές οδηγώντας σε σημαντική μείωση του ρυθμού της υψομετρικής μεταβολής των δρόμων .
- **Περιορισμοί και γεωγραφικές συνθήκες:** Η προσέγγιση της προσαρμογής της κλίσης για τη βελτίωση της ασφάλειας και της άνεσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις περιπτώσεις, καθώς εξαρτάται από τις γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής. Σε περιοχές όπου το ανάγλυφο το επιτρέπει, η προσαρμογή της κατά μήκος κλίσης μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας υπάρχουν ορισμένα θέματα που δεν ήταν εφικτό να διερευνηθούν μέσα στα χρονικά πλαίσια της. Η μελλοντική διερεύνηση είναι σημαντική γιατί βοηθά στη συμπλήρωση κενών, στη βελτίωση μεθόδων και στην προσαρμογή των ευρημάτων σε διαφορετικές συνθήκες. Επιτρέπει τη σύγκριση και επιβεβαίωση προηγούμενων μελετών, διασφαλίζοντας την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Επίσης, συμβάλλει στην εξέλιξη της γνώσης και την καινοτομία, οδηγώντας σε νέες ανακαλύψεις και πιο αποδοτικές προσεγγίσεις. Τα ακόλουθα ζητήματα προτείνονται για μελλοντική διερεύνηση:

- Πραγματοποίηση περαιτέρω μελέτης με διαφορετική γωνία μεταξύ των κύριων δρόμων (εκτός της κάθετης που διερευνήθηκε), ώστε να εξεταστεί η επίδραση της γωνίας στις υψομετρικές αλλαγές του βρόχου.
- Χρησιμοποίηση νέων υψομέτρων μεταξύ των κύριων δρόμων, ενδεχομένως μη σταθερών σε όλες τις περιπτώσεις. Θα μπορούσε να συμβάλει στην κατανόηση της επίδρασης των γεωγραφικών συνθηκών στις μηκοτομές βρόχων ανισόπεδων κόμβων.
- Διερεύνηση με προσθήκη κλίσης στους κύριους δρόμους, προκειμένου να υπάρξει μια πιο ευρεία βάση δεδομένων.
- Πραγματοποίηση αντίστοιχων μετρήσεων σε άλλους τύπους ανισόπεδων κόμβων.

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα

- Η σχέση μεταξύ ακρίβειας στη χάραξη και μείωσης της μέγιστης κατά μήκος κλίσης είναι ένα θέμα που μπορεί να διερευνηθεί περαιτέρω, τόσο σε θεωρητικό επίπεδο όσο και μέσα από προσομοιώσεις ή πραγματικές εφαρμογές. Η αξιολόγηση της επίδρασης μικρών αλλαγών στη χάραξη όσον αφορά την οδική ασφάλεια, την άνεση της κυκλοφορίας και τη μακροχρόνια αντοχή του οδοστρώματος θα μπορούσε να οδηγήσει σε νέες βέλτιστες πρακτικές.

Συμπερασματικά, τα ευρήματα αυτής της εργασίας δεν έχουν μόνο εφαρμογή στην παρούσα μελέτη, αλλά έχουν την δυνατότητα να αποτελέσουν τη βάση για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση των διαδικασιών σχεδιασμού και κατασκευής δρόμων, οδηγώντας σε πιο αποδοτικές, ασφαλείς και βιώσιμες λύσεις στην οδοποιία.

Κεφάλαιο 7 Βιβλιογραφία

AASHTO, 2011. *The Green Book*, Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Kaliabetsos, G., Lemonakis, P., Gkoutzini, A. & Eliou, N., 2019. *Parametric Investigation of Vehicle Minimum Turning Path*, Volos: University of Thessaly, Department of Civil Engineering.

Αγγελίδης, Θ., 2015. *Οι Μεταφορές Βαρέων Και Ογκωδών Εμπορευμάτων Στην Ελλάδα*, Πάτρα : Συνέδριο Επιθεώρησης Συγκοινωνιακού Δικαίου.

Αθανασιάδου, Β., 2015. *Συμβολή Στη Μελέτη Διαπλατύνσεων Σε Καμπύλες Οδών Μικρής Ακτίνας*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Αντωνίου, Κ. & Σπυροπούλου, Ι., χ.χ. *Σημειώσεις Μαθήματος: Οδοποιία III-Ανισόπεδοι Κόμβοι*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ.

Αποστολέρης, Α. Κ., 2015. *Οδοποιία I - Χαράξεις & Υπολογισμός Χωματισμών Θεωρία και Πρακτική*, Αθήνα: s.n.

Γκουτζινή, Α., 2019. *Συμβολή Στην Διερεύνηση Των Καμπυλών Συναρμογής Στο Συγκοινωνιακό Σχεδιασμό*, Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Έργων, Υ. Π. Χ. & Δ., 2001. *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων Χαράξεις*, s.l.: s.n.

Ζαχαρή, Ι. & Στυλιανός, Χ., 1999. *Προμελέτη Ανισόπεδου Κόμβου Εισόδου Καστοριάς*, Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Η.Π.Α.(ASHTOO), Υ. Δ. Έ., 1970. *Οδοποιία*, Αθήνα: Μόσχος Γκιούρδας.

Θαγιόπουλος, Θ., 2000. *Τεχνική Περιγραφή και Μελέτη Διαξονικού Οχήματος Στο οποίο Τοποθετήθηκε Μηχανισμός Γερανού*, Καβάλα: Τ.Ε.Ι Καβάλας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας.

Καλιαμπέτσος, Γ., 2017. *Ανάπτυξη και Βελτιστοποίηση Αλγορίθμων Για Τον Σχεδιασμό Συγκοινωνιακών Έργων*, Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Μαυρομάτης, Σ., 2020. *Σημειώσεις Μαθήματος: Ειδικά Κεφάλαια Σχεδιασμού Οδών - Οδικοί Κόμβοι Τεύχος Α*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών .

Κεφάλαιο 7. Βιβλιογραφία

Μπουτινάς, Κ. & Μπουρογιαννόπουλος, Σ., 2019. *Τεχνολογία Φορτηγών οχημάτων και ημιρυμουλκών*, Αττική: Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

Νίκου, Δ., 2012. *Γεωμετρικός Σχεδιασμός Ισόπεδων Κόμβων*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Πασιάς, Π., 2019. *Διερεύνηση ασφάλειας κίνησης οχημάτων σε συνδετήριους*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο .

Πίνακας 11-1: Οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης οδών (οι τιμές που θα εφαρμοσθούν πρέπει να ικανοποιούν όλες τις προαναφερόμενες απαιτήσεις)

Στοιχεία μελέτης	Βλέπε §	Ομάδες οδών	Καθοριστική ταχύτητα	Οριακές τιμές μεγεθών των στοιχείων μελέτης σύμφωνα με την καθοριστική ταχύτητα [km/h] για V_e ή V_{es} (βλέπε στήλη 4)												
				50	60	70	80	90	100	110	120	130				
Ορίωνογραφία	¹ Μέγιστο μήκος ευθυγράμμισης με σταθερή	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
	Ελάχιστο μήκος ευθυγράμμισης μεταξύ ομορροπών καμπυλών	7.1.2	V_e	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.600				
	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης πεδινά λοφώδη και ορεινά σε εδάφη	7.1.2	V_e	300	360	420	480	540	600	660	720	780				
	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης πεδινά λοφώδη και ορεινά σε εδάφη	7.2.2	V_e	80	125	180	250	330	420	530	650	790				
	Ελάχιστη παράμετρος κλινοειδούς	7.3.2	V_e	95	140	200	280	370	480	600	740	890				
Μικροτομή	Ελάχιστη παράμετρος κλινοειδούς	7.3.2	V_e	70	110	160	220	300	-	-	-	-				
	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης για την εφαρμογή αρνητικής επίκλισης	9.3	V_{es}	30	40	60	80	110	140	180	220	260				
	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης για την εφαρμογή αρνητικής επίκλισης	9.3	V_{es}	-	-	(700)	(1.000)	(1.500)	2.000	2.700	3.500	4.500				
	Ελάχιστη ακτίνα καμπύλης για την εφαρμογή αρνητικής επίκλισης	9.3	V_{es}	-	-	(800)	(1.200)	(1.700)	2.300	3.200	4.200	5.400				
	Μένιστρο κατά μήκος κλίση σε εδάφη	8.1.2.1	V_e	7,0	6,0	5,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0				
Κατομή	Μένιστρο κατά μήκος κλίση σε εδάφη	8.1.2.1	V_e	8,0	7,0	6,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0				
	Ελάχιστη επίκλιση	9.1	V_{es}	10,0	9,0	8,0	7,0	7,0	6,0	5,0	-	-				
	Ελάχιστη κατά μήκος κλίση στην περιοχή στοίβαξης του οδοστρώματος	8.1.2.2	V_{es}	8,0	7,0	6,0	5,0	-	-	-	-	-				
	Ελάχιστη ακτίνα κυρτής καμπύλης* (1)	8.2.2	V_e	800	2.000	3.000	4.500	6.200	8.500	-	-	-				
	Ελάχιστη ακτίνα κυρτής καμπύλης* (2)	8.2.2	V_e	-	3.000	4.500	6.200	8.500	11.000	-	-	-				
Ορατότητα	Ελάχιστη ακτίνα καλής καμπύλης*	8.2.2	V_e	1.350	1.900	2.500	3.300	4.200	5.200	6.300	7.500	10.000				
	Ελάχιστη επίκλιση	9.1	V_{es}	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	Μέγιστη επίκλιση σε καμπύλες	9.2.1	V_{es}	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	Μέγιστη πρόσθετη κλίση οριογραμμών $\alpha < 4,0$ m	9.4.2	V_e	0,50 α	0,40 α	0,25 α	-	-	-	0,20 α	-	-				
	Ελάχιστη πρόσθετη κλίση οριογραμμών $\alpha \geq 4,0$ m	9.4.2	V_e	2,0	1,6	1,0	-	-	-	0,9	-	-				

* (με ορατότητα για στάση με s=0%) (1) Οδοί με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας και διαχωρισμένης με Ι.Κ. (2) Οδοί με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας με Α.Κ

NAMA\XAP\205\205\TWIN\XAP\XAP_73.doc

73

Έκδοση : 30/01/2001

Λειτουργικά χαρακτηριστικά οδών			Παράμετροι μελέτης και λειτουργίας οδών						
Ομάδα οδών	Κατηγορία οδού	Χαρακτηριστικός οδού	Είδος οχημάτων	Επιτρεπόμενη ταχύτητα V_{lim2} [km/h]	Χαρακτηριστικά επιφάνειας κυκλοφορίας	Κόμβοι	Ταχύτητα Μελέτης V_e [km/h]		
1	2	3	4	5	6	7			
Α	Οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (υπεραστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση επιδημέρησης παρόδων ιδιοκτηριών	A I	Αυτοκινητόδρομος	μηχ.	≤ 120	διαχωρισμένη	ανισοπ.	(130) 120 110 100	
			Οδός ταχείας κυκλοφορίας	μηχ.	≤ 90 (100)	διαχωρισμένη / ενιαία	(ανισοπ.)	ισοπ.	(100) 90 (80)
		A II	Οδός μεταξύ νομών/επαρχιών	(μηχ.) γεν.	≤ 110	διαχωρισμένη	ανισοπ.	(ισοπ.)	(120) 110 100 90 (80)
			Οδός μεταξύ επαρχιών/οικισμών	μηχ.	≤ 90	ενιαία	ισοπ.	(100) 90 80 (70)	
			Οδός μεταξύ επαρχιών/οικισμών	γεν.	≤ 80	διαχωρισμένη	(ανισοπ.)	ισοπ.	90 80 70
			Οδός μεταξύ μικρών οικισμών	γεν.	≤ 80	ενιαία	ισοπ.	(90) 80 70 (60)	
Β	Οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (ημιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση των παρόδων ιδιοκτηριών	A IV	Συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 80	ενιαία	ισοπ.	(90) 80 70 60 (50)	
		A V	Δευτερεύουσα οδός	γεν.	≤ 60 (70)	ενιαία	ισοπ.	(70) 60 50 40 καμία*	
			Αγροτική οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	50 40 καμία*	
		A VI	Τριτεύουσα οδός	μηχ.	≤ 100	διαχωρισμένη	ανισοπ.	100 90 80 70	
			Δασική οδός	μηχ.	≤ 90	διαχωρισμένη	ανισοπ.	(100) 90 80 70 (60)	
			Αστική οδός ταχείας κυκλοφορίας	μηχ.	≤ 70	διαχωρισμένη	ισοπ.	(80) 70 60 (50)	
Γ	Οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης των παρόδων ιδιοκτηριών	B III	Αστική αρτηρία	γεν.	≤ 70	ενιαία	ισοπ.	70 60 (50)	
			Κύρια συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 60	ενιαία	ισοπ.	60 50	
		Γ III	Αστική αρτηρία	γεν.	50 (≤ 70)	διαχωρισμένη	ισοπ.	(70) (60) 50 (40)	
			Κύρια συλλεκτήρια οδός	γεν.	50 (≤ 60)	ενιαία	ισοπ.	(60) 50 (40)	
		Γ IV	Κύρια συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 50 (≤ 60)	ενιαία	ισοπ.	(60) 50 (40)	
		Δ	Οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές) με βασική λειτουργία την πρόσβαση		Συμείωση : Οι οδοί κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδες ιδιοκτηρίες				
Δ IV	Συλλεκτήρια οδός			γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	καμία*	
Δ V	Τοπική οδός			γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	καμία*	
Ε V	Τοπική οδός			γεν.	≤ 30	ενιαία	ισοπ.	καμία*	
	Τοπική οδός κατοικιών			γεν.	ταχύτητα βηματικού	ενιαία	ισοπ.	καμία*	
	Τοπική οδός κατοικιών			γεν.	ταχύτητα βηματικού	ενιαία	ισοπ.	καμία*	

μηχ. = οχήματα με μέγιστη αναπτυσσόμενη ταχύτητα >60km/h
γεν. = οχήματα παντός είδους
* δεν απαιτείται καθορισμός ταχύτητας μελέτης V_e
** νοούνται περιπτώσεις που από την ισχύουσα νομοθεσία επιτρέπεται η δόμηση (. . .) = εξαίρεση

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα

Πίνακας των ΟΜΟΕ-ΑΚ :

4.6.4 Οριακές τιμές στοιχείων κλάδων κόμβων

Πίνακας 4.6.4-1: Οριακές τιμές των στοιχείων μελέτης κλάδων ανισόπεδων κόμβων

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_h	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⁾	$\alpha < 4,0$ m	max Δ_s [%]	V_e	0,5 α			0,4 α		0,25 α
		$\alpha \geq 4,0$ m			2,0			1,6		1,0
	Ελάχιστη πρόσθετη κλίση οριογραμμών ⁽⁶⁾		min Δ_s [%]	-	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_h [m]	V_{85}	25	40	55	70	90	115
	Ελάχιστο μήκος ορατότητας για απόφαση σε κατά μήκος κλίση 0% ⁽⁸⁾		min S_d [m]	V_{85}	70	95	125	160	190	225

(1) Σε κλάδους μιας λωρίδας κυκλοφορίας η ελάχιστη ακτίνα θα εφαρμόζεται στην οριογραμμική 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 οδόστρωμα του αυτοκινητόδρομου.

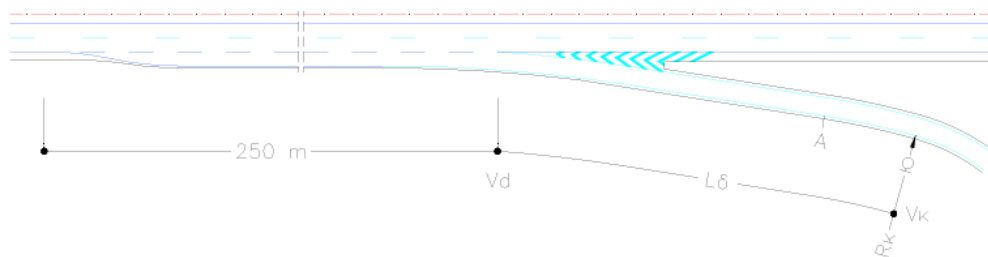
(4) Οι αναγραφόμενες τιμές προσδιορίζονται με βάση τις τιμές του ελάχιστου μήκους ορατότητας S_h . Στην πραγματικότητα οι τιμές S_h πρέπει να υπολογίζονται ανάλογα με τη μέση κατά μήκος κλίση στην περιοχή της εκάστοτε καμπύλης.

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

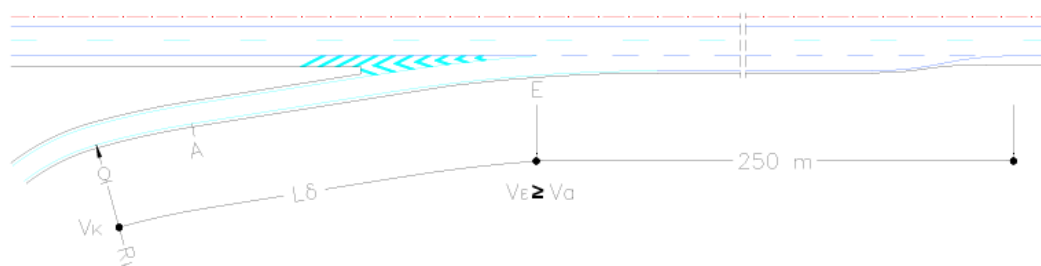
(6) Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κλίση της μηκοτομής, ώστε να μην προκύπτει στην επιφάνεια του οδοστρώματος γραμμή μηδενικής κλίσης (αποφυγή λιμνάσματος ομβρίων), ιδιαίτερα σε 2-ιχνους κλάδους. Ο περιορισμός δε ισχύει σε μονόιχνους κλάδους.

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

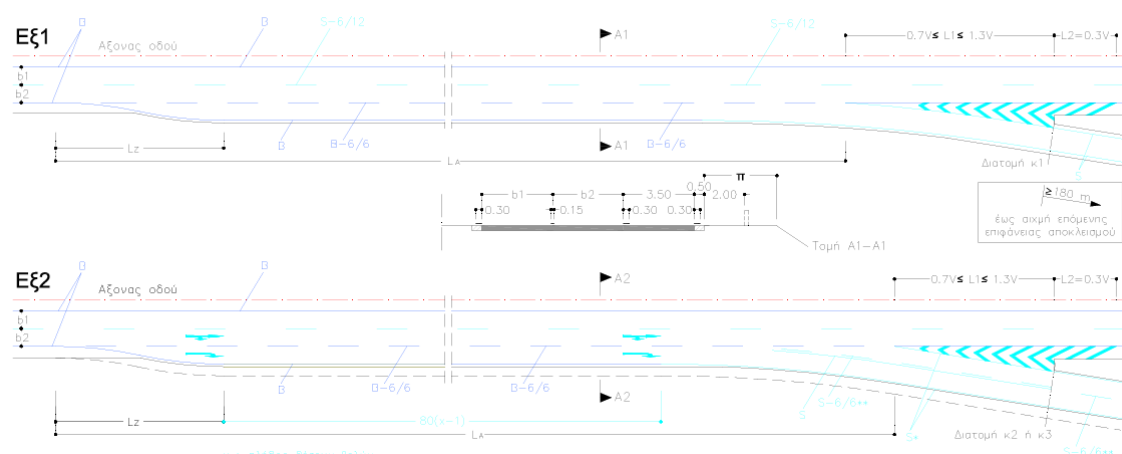
(8) Η τιμή S_d υπολογίζεται με την ίδια εξίσωση που υπολογίζεται η S_h , μόνο που λαμβάνεται ως χρόνος αντίληψης – αντίδρασης τα 7s αντί των 2s.



Μήκη επιβράδυνσης ΟΜΟΕ ΑΚ



Μήκη επιτάχυνσης ΟΜΟΕ ΑΚ

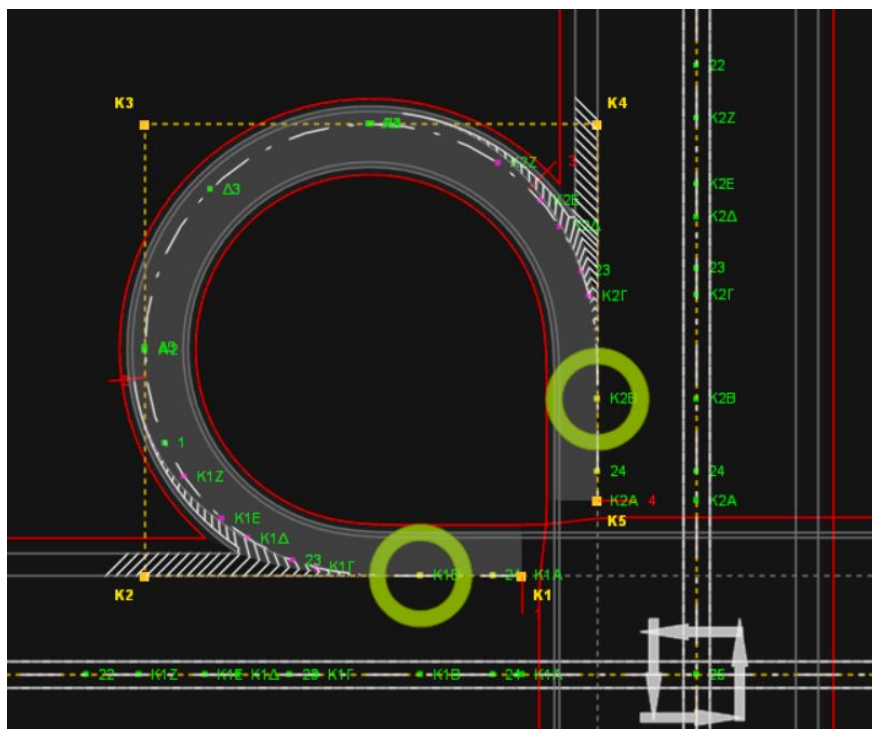


Τύποι εξόδων από πρωτεύοντα οδοστρώματα (αυτοκινητόδρομοι) ΟΜΟΕ ΑΚ

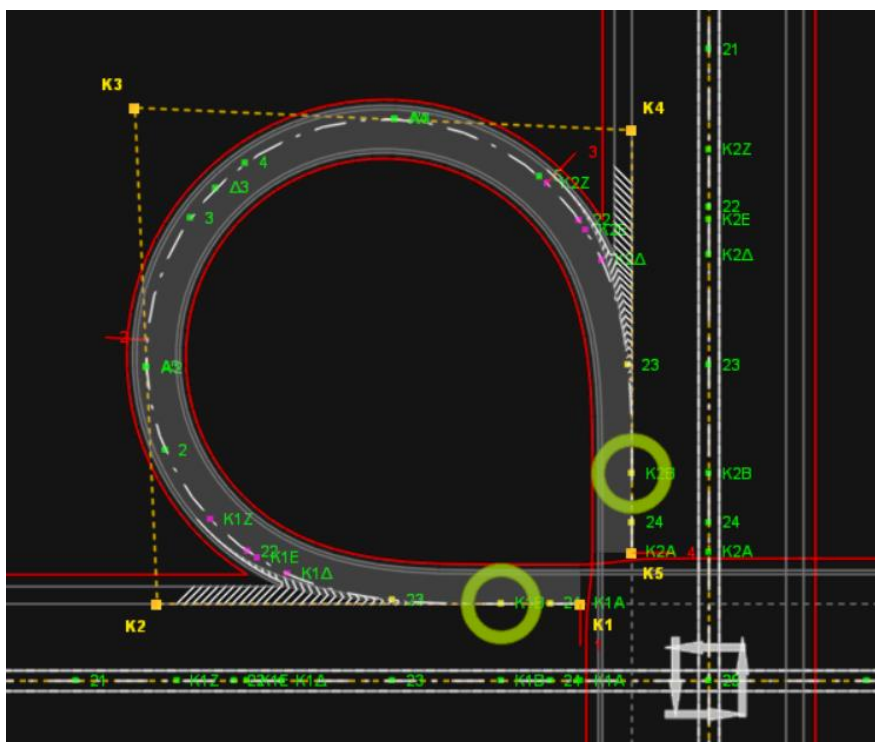
Μέγεθος	Τύπος εξόδου	Αυτοκινητόδρομοι	
		Υπεραστικοί	Αστικοί ⁽¹⁾
LA [m]	Όλοι οι τύποι Εξ	250	150
	ΕξΡ1 ΕξΡ3 (διατομή κ2) ΕξΡ4 (διατομή κ2)	150	100
	ΕξΡ1*	-	100
	ΕξΡ3 (διατομή κ3) ΕξΡ4 (διατομή κ3)	200	125
LZ [m]	Όλοι οι τύποι	60	30

Μήκη των μεγεθών LA και LZ σε εξόδους ΟΜΟΕ ΑΚ

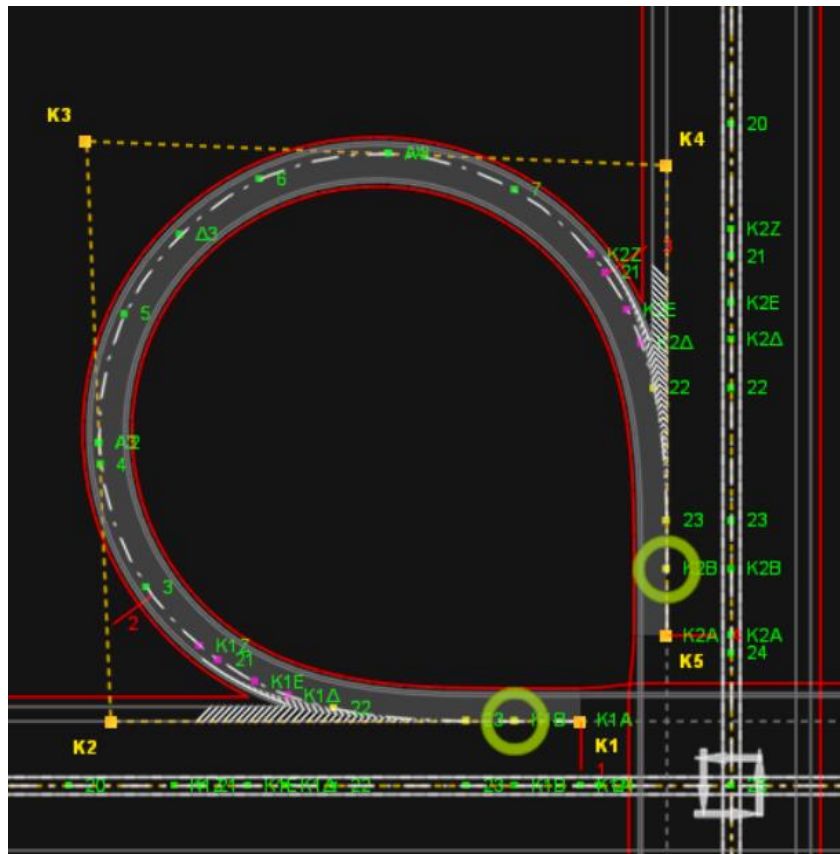
8.2 Οριζοντιογραφίες βρόχων από Anadelta Tessera



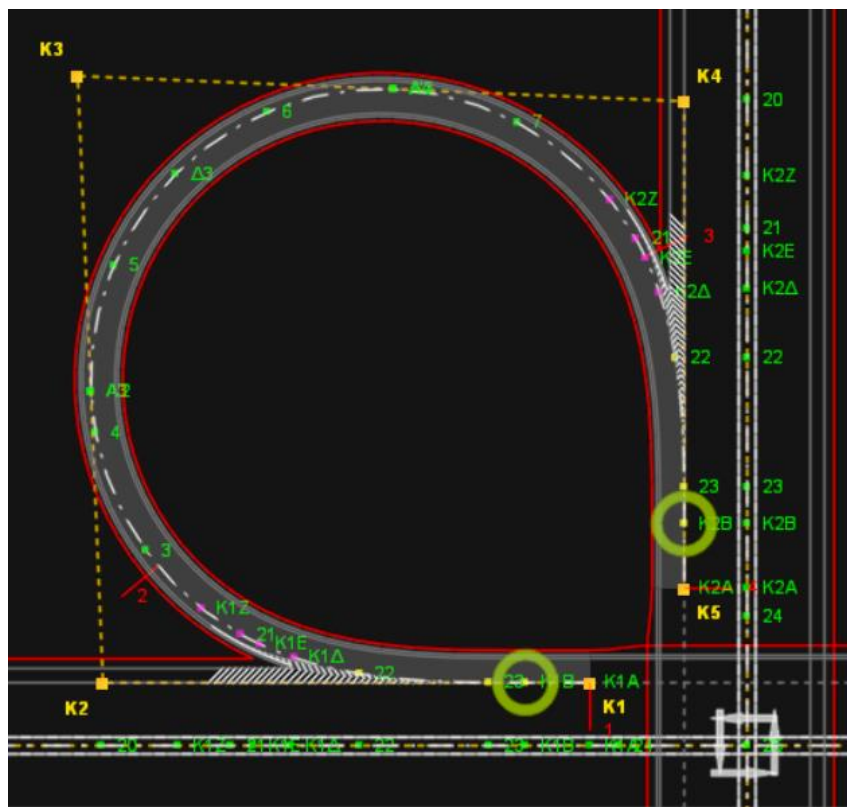
Βρόχος (R=22 m ,V= 30 km/h, A= 15 m)



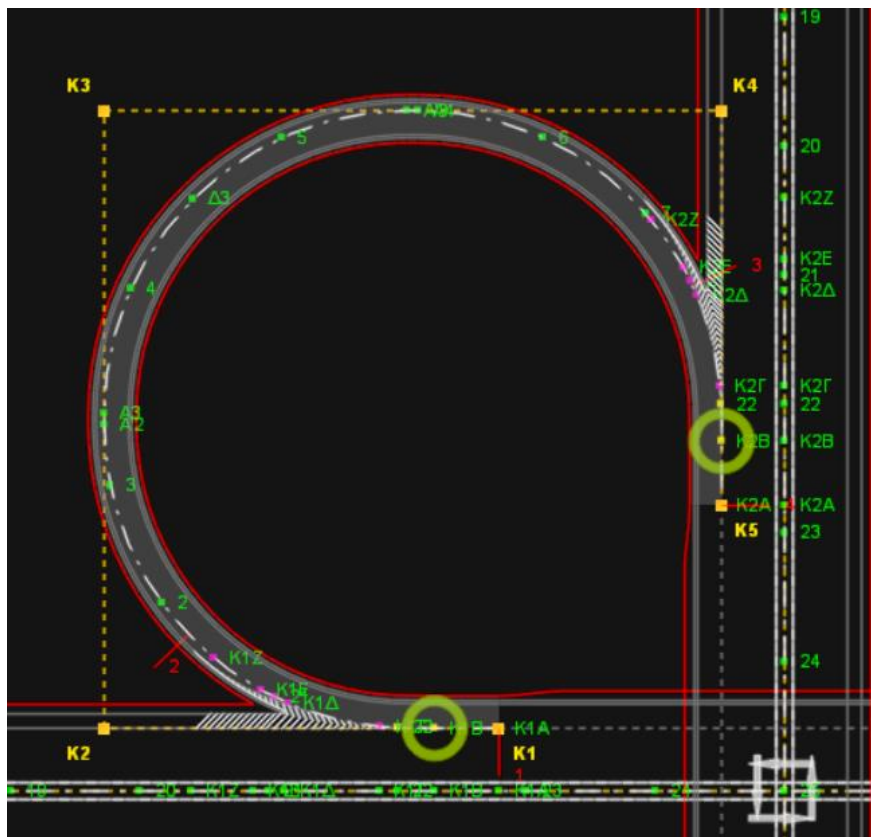
Βρόχος (R=30 m ,V= 40 km/h, A= 30m)



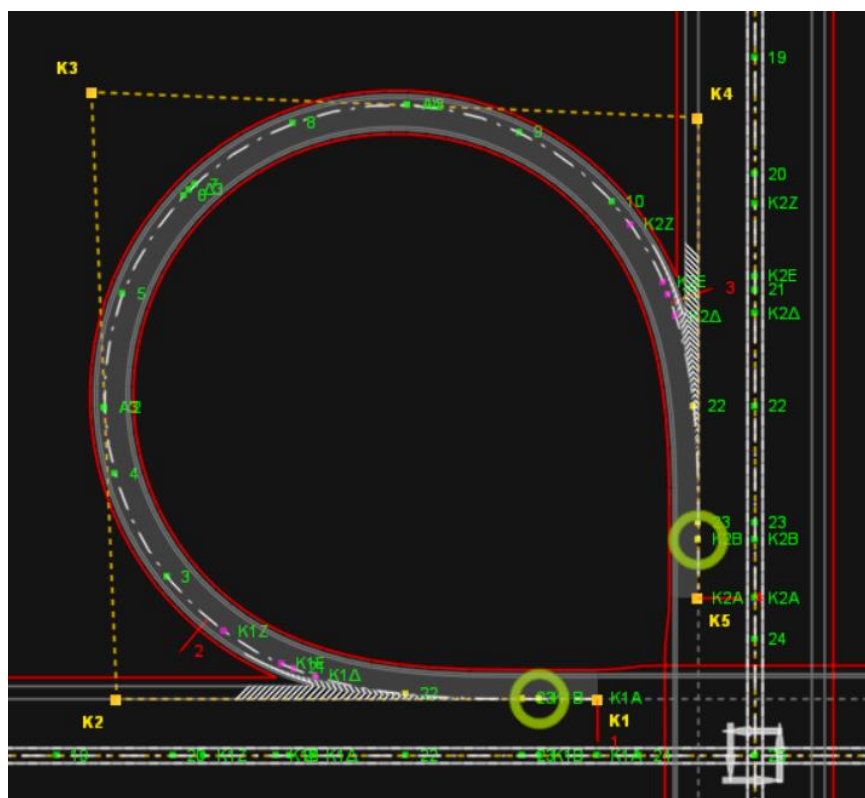
Βρόχος ($R=42\text{ m}$, $V= 40\text{ km/h}$, $A= 42\text{m}$)



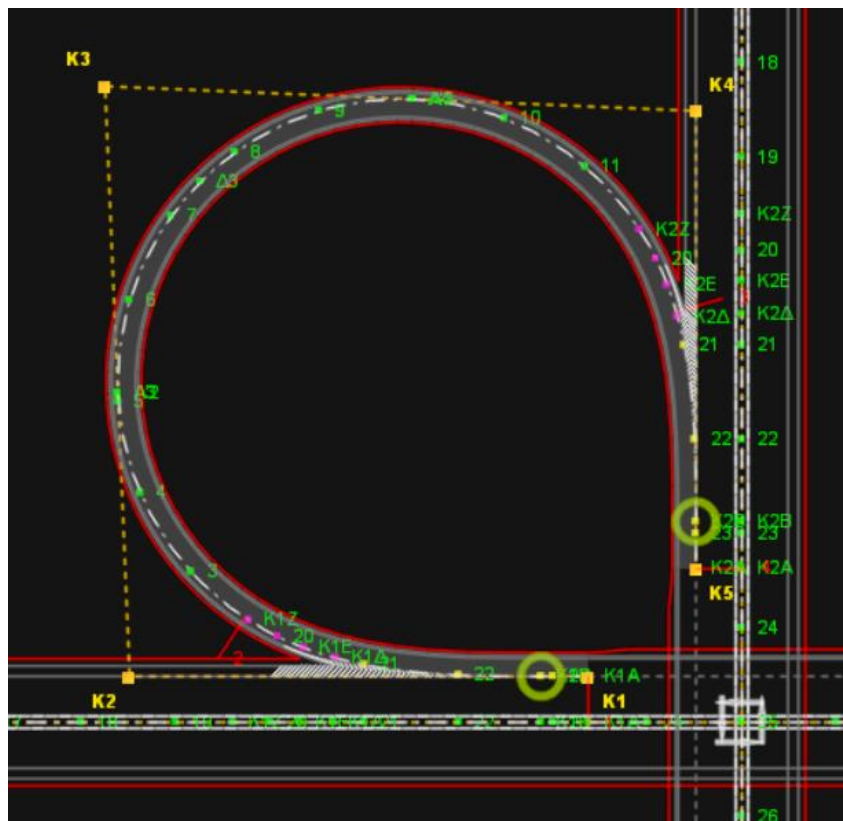
Βρόχος ($R=45\text{ m}$, $V= 40\text{ km/h}$, $A= 45\text{m}$)



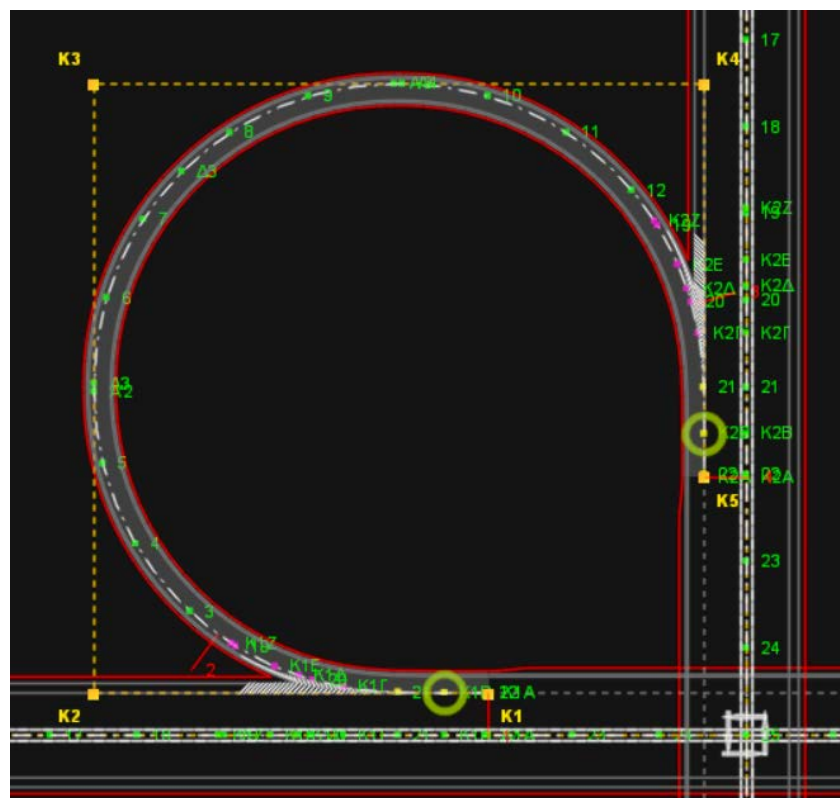
Βρόχος (R=47 m ,V= 30 km/h, A= 20m)



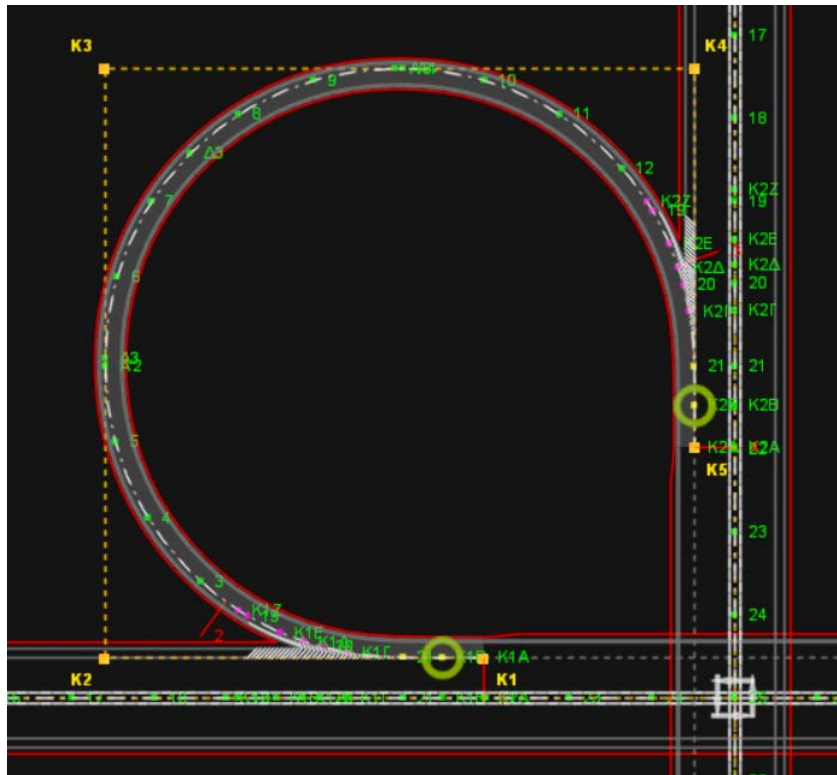
Βρόχος (R=50 m ,V= 40 km/h, A= 50m)



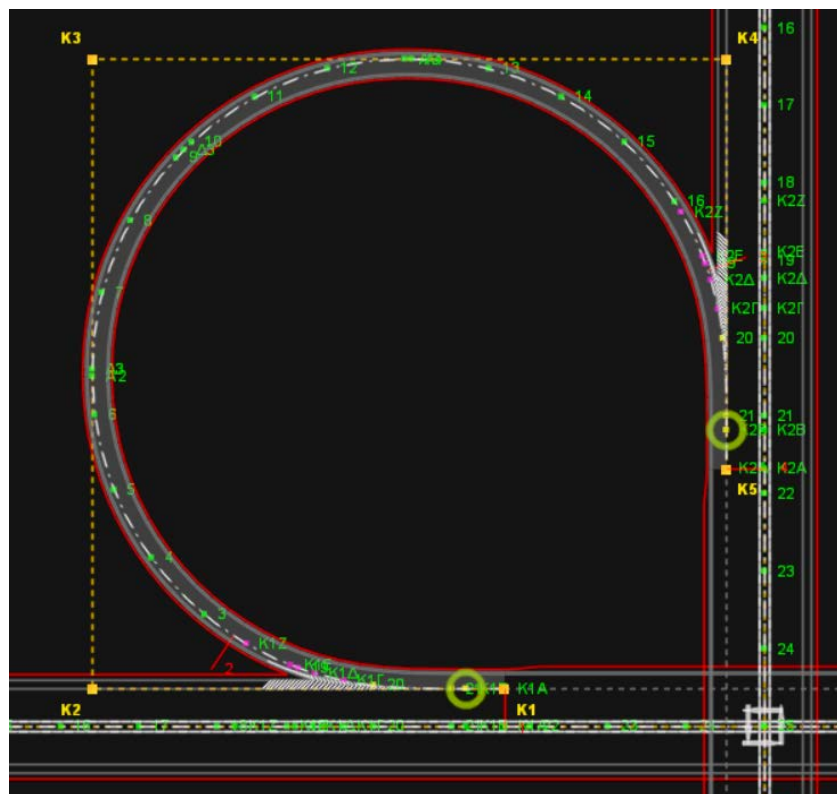
Βρόχος ($R=60\text{ m}$, $V= 40\text{ km/h}$, $A= 60\text{m}$)



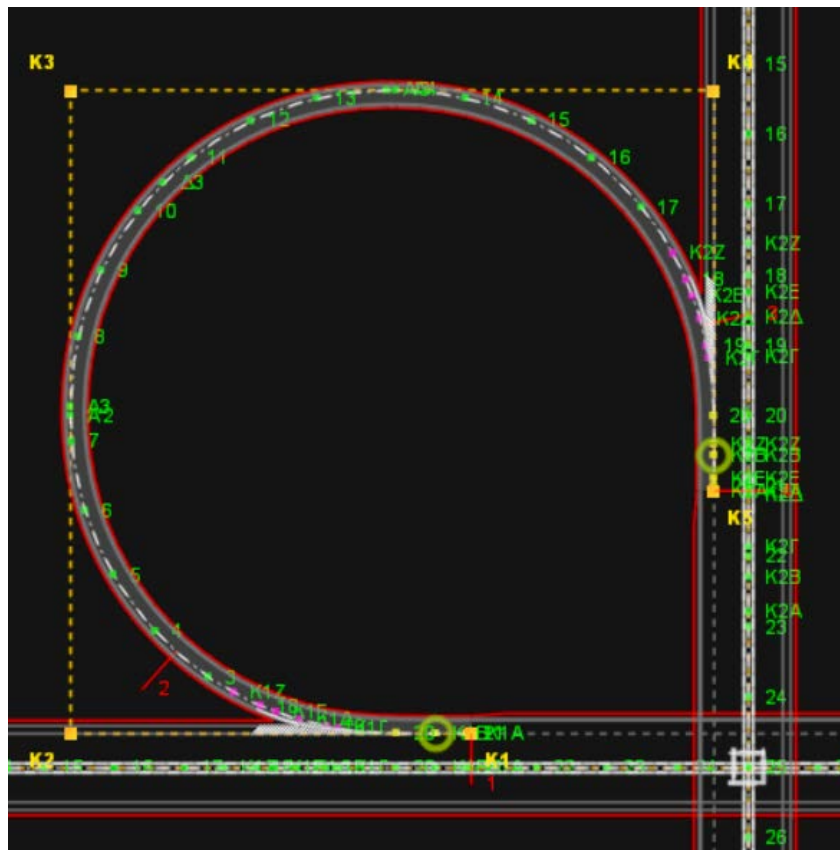
Βρόχος ($R=69\text{ m}$, $V= 50\text{ km/h}$, $A= 40\text{m}$)



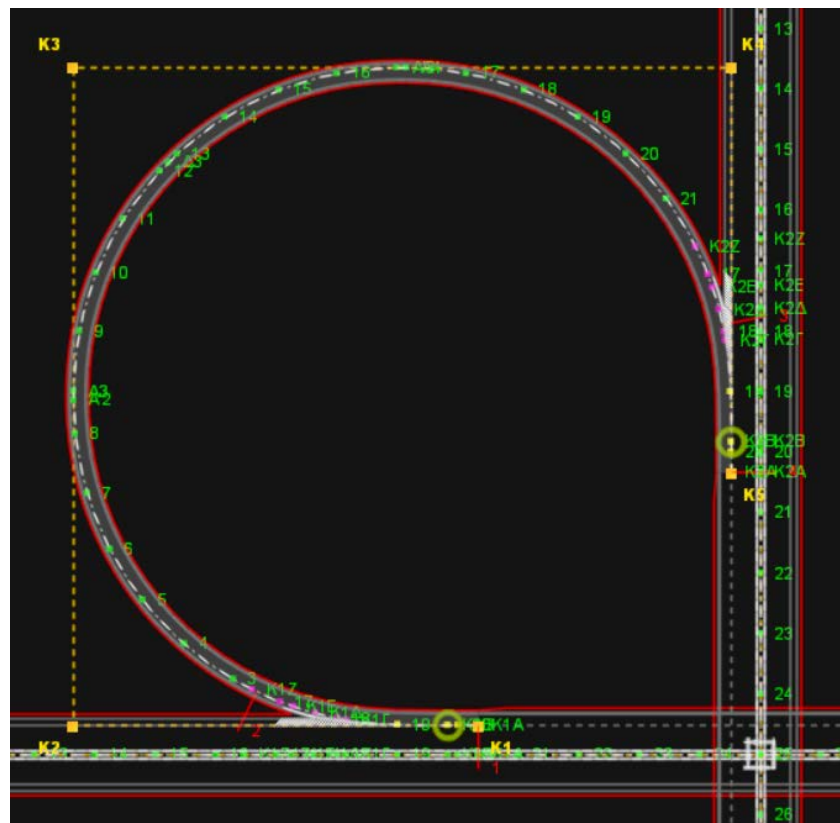
Βρόχος ($R=70\text{ m}$, $V= 50\text{ km/h}$, $A= 40\text{m}$)



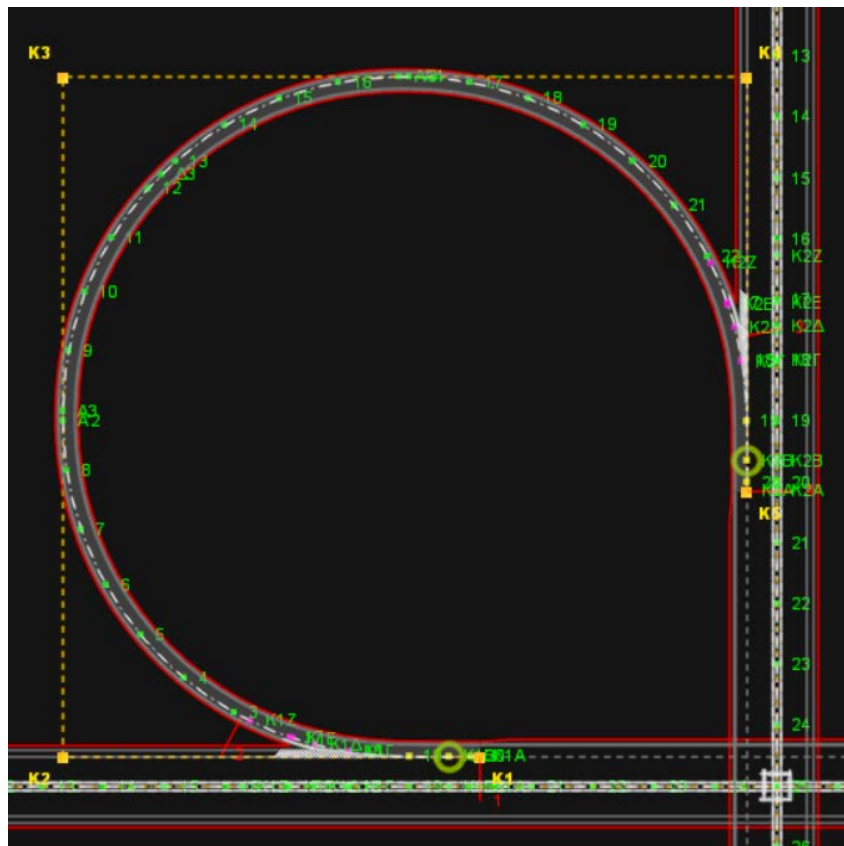
Βρόχος ($R=80\text{ m}$, $V= 50\text{ km/h}$, $A= 50\text{m}$)



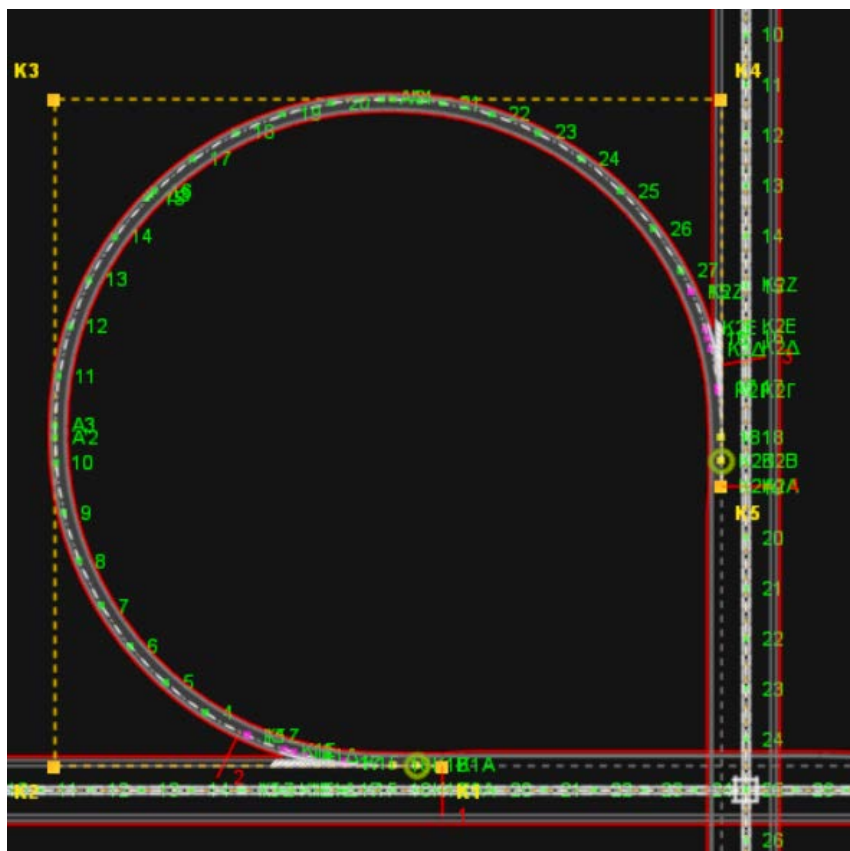
Βρόχος (R=90 m ,V= 40 km/h, A= 50m)



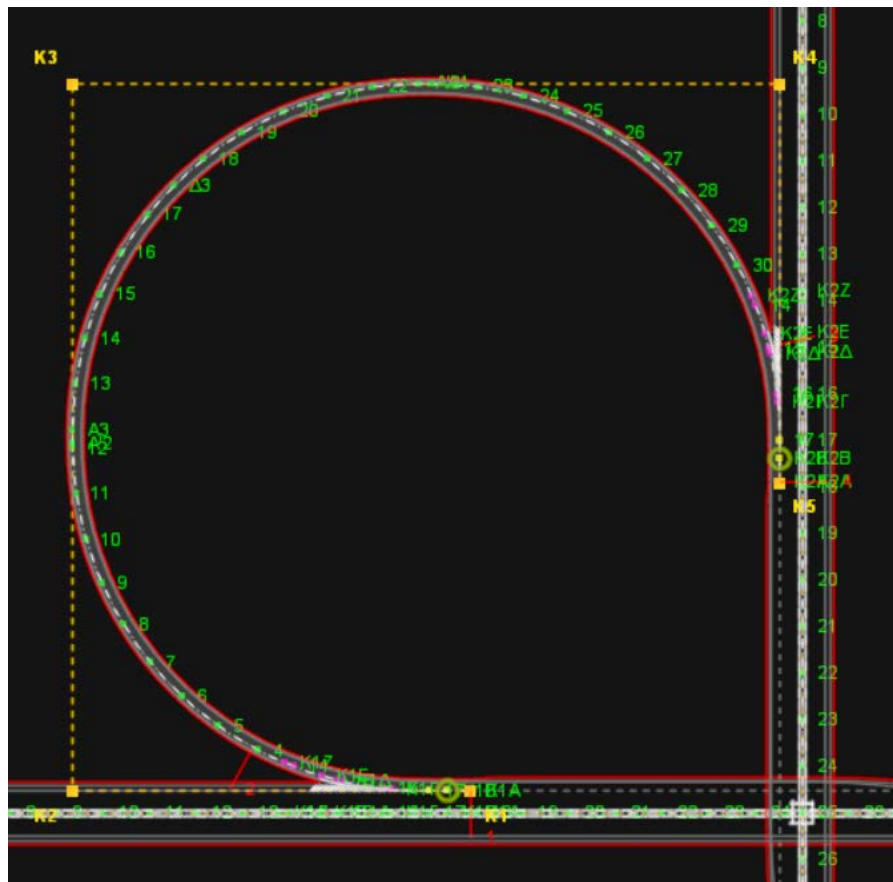
Βρόχος (R=107 m ,V= 60 km/h, A= 60m)



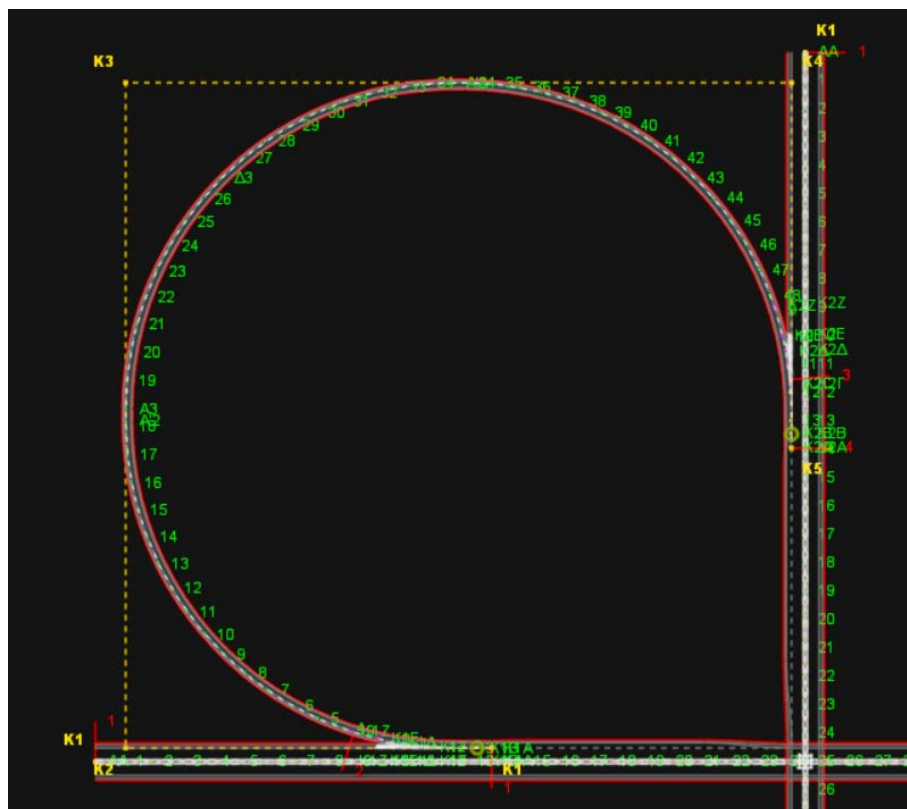
Βρόχος ($R=110\text{ m}$, $V= 60\text{ km/h}$, $A= 60\text{m}$)



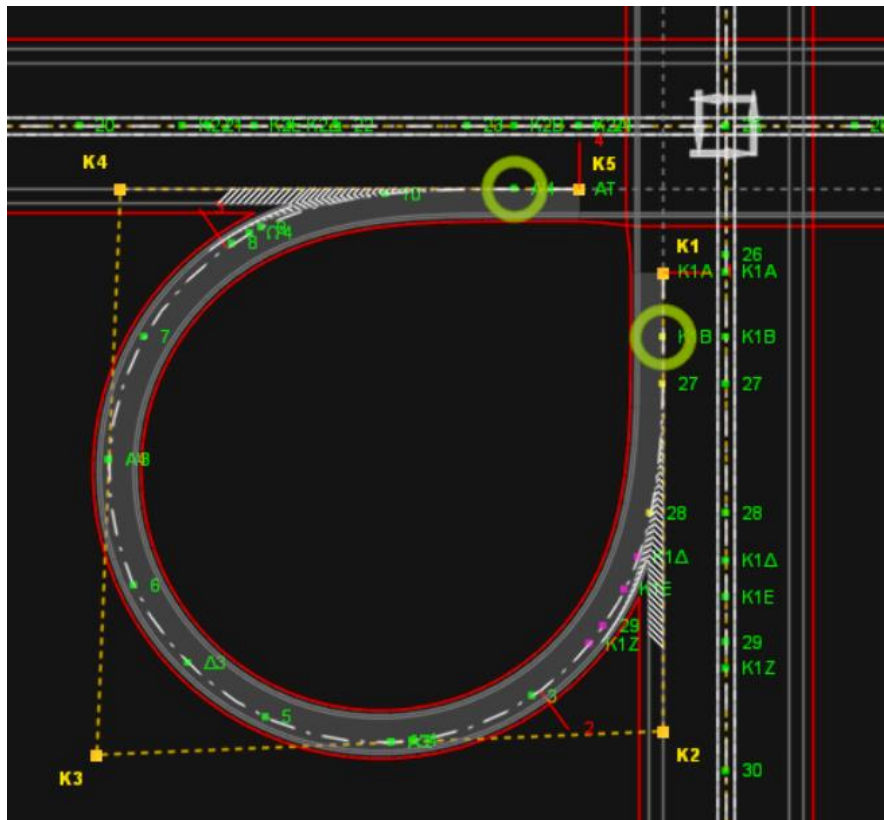
Βρόχος ($R=130\text{ m}$, $V= 60\text{ km/h}$, $A= 60\text{m}$)



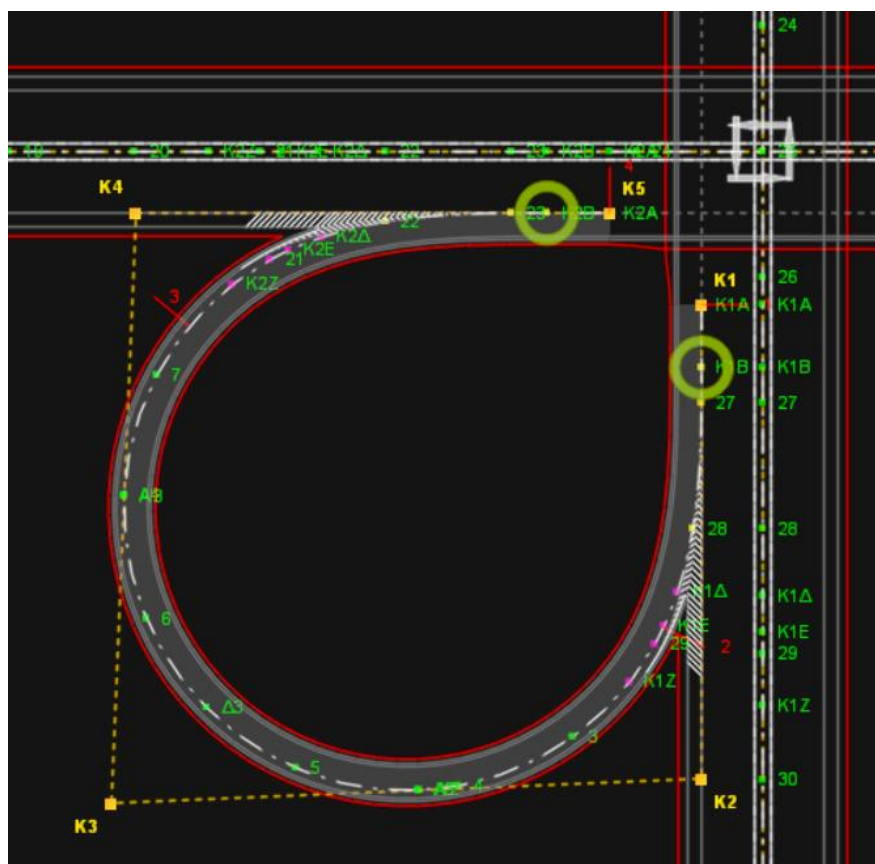
Βρόχος ($R=149\text{ m}$, $V= 50\text{ km/h}$, $A= 60\text{m}$)



Βρόχος ($R=230\text{ m}$, $V= 60\text{ km/h}$, $A= 90\text{m}$)



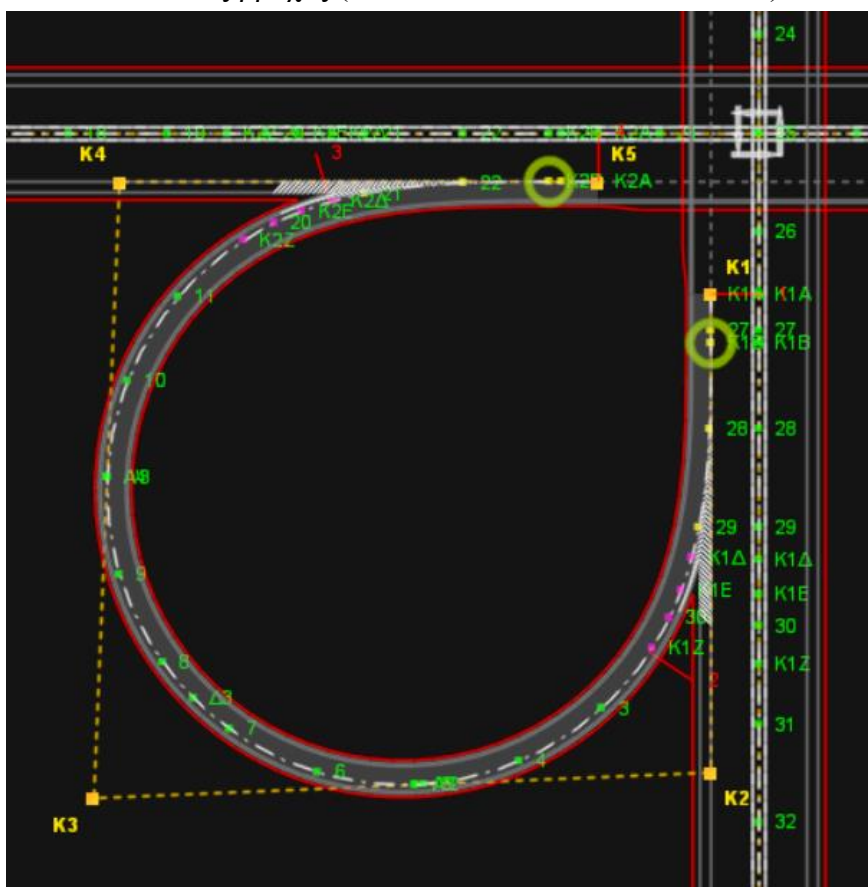
Αντίθετος βρόχος ($R=42\text{ m}$, $V= 40\text{ km/h}$, $A= 42\text{ m}$)



Αντίθετος βρόχος ($R=45\text{ m}$, $V= 40\text{ km/h}$, $A= 45\text{ m}$)

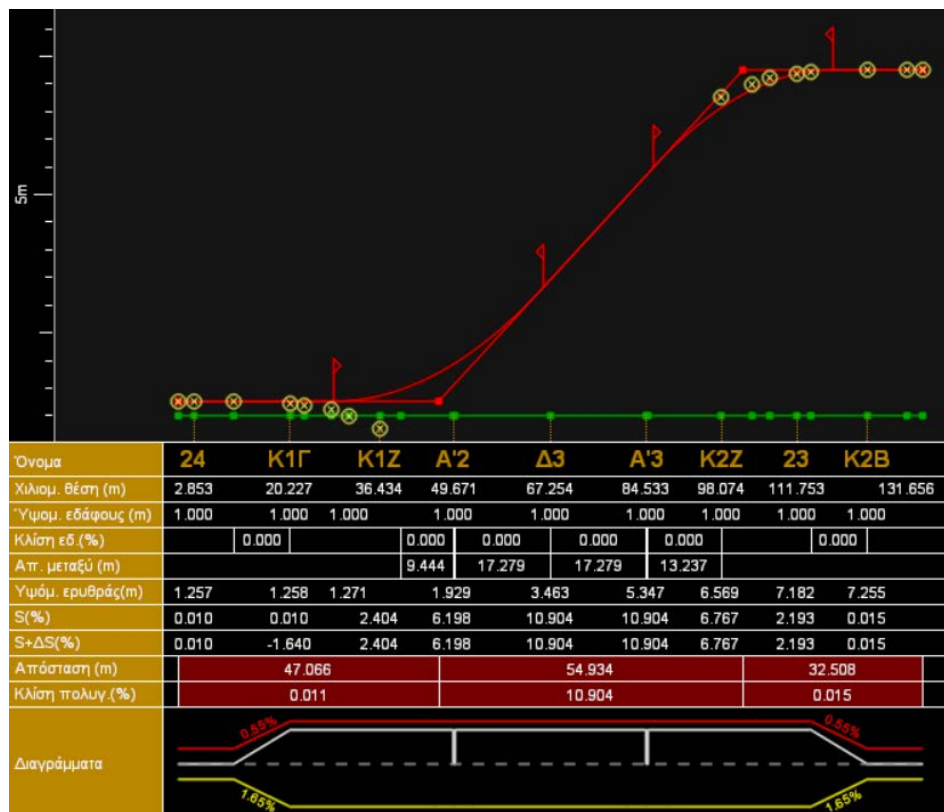


Αντίθετος βρόχος ($R=50\text{ m}$, $V= 40\text{ km/h}$, $A= 50\text{ m}$)

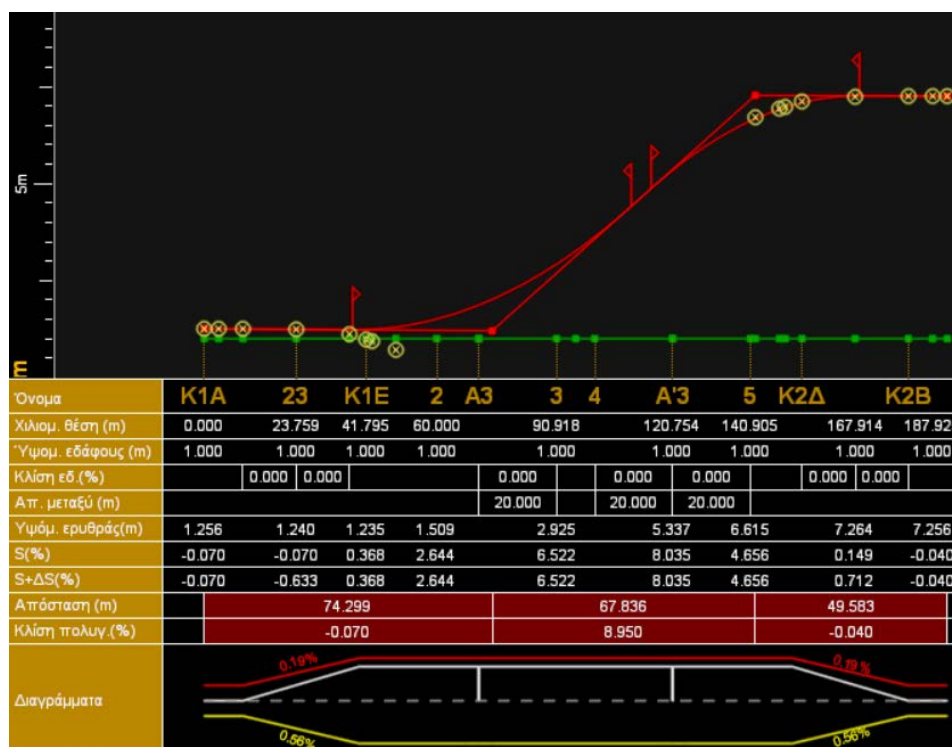


Αντίθετος βρόχος ($R=60\text{ m}$, $V= 40\text{ km/h}$, $A= 60\text{ m}$)

8.3 Αντίστοιχες μηκοτομές από Anadelta Tessera



Μηκοτομή (R=22 m ,V= 30 km/h, A= 15m)



Μηκοτομή (R=30 m ,V= 40 km/h, A= 30m)

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα

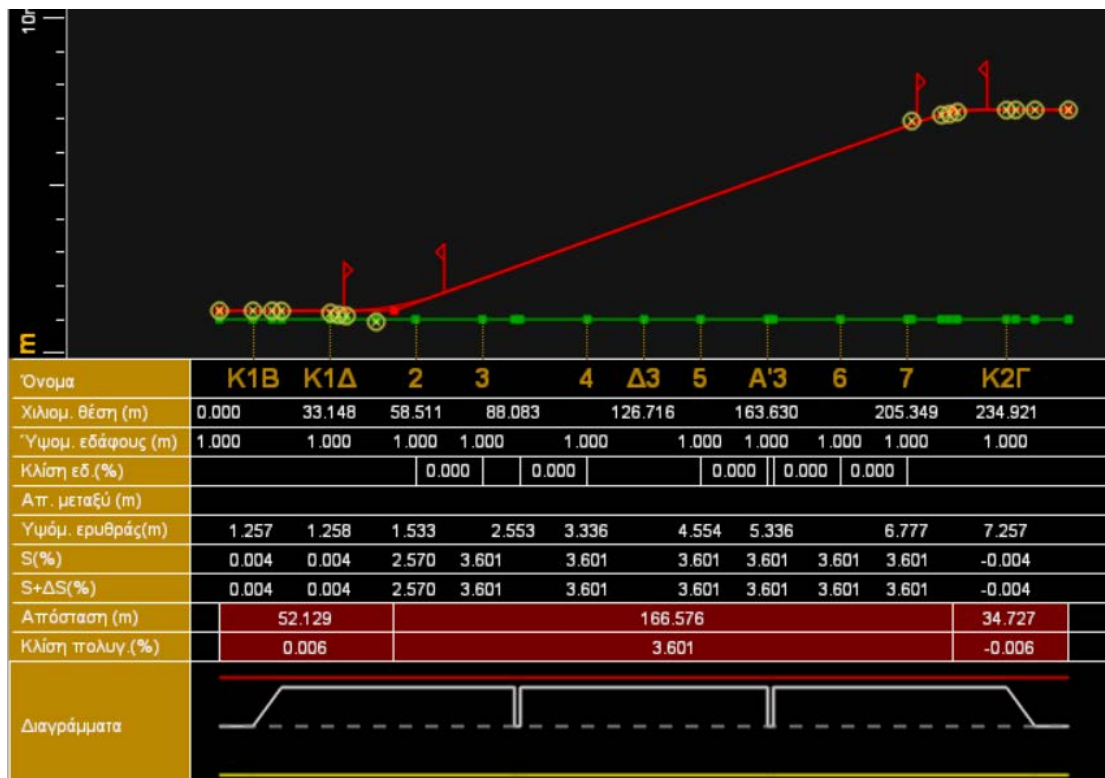


Μηκοτομή (R=42 m ,V= 40 km/h, A= 42m)

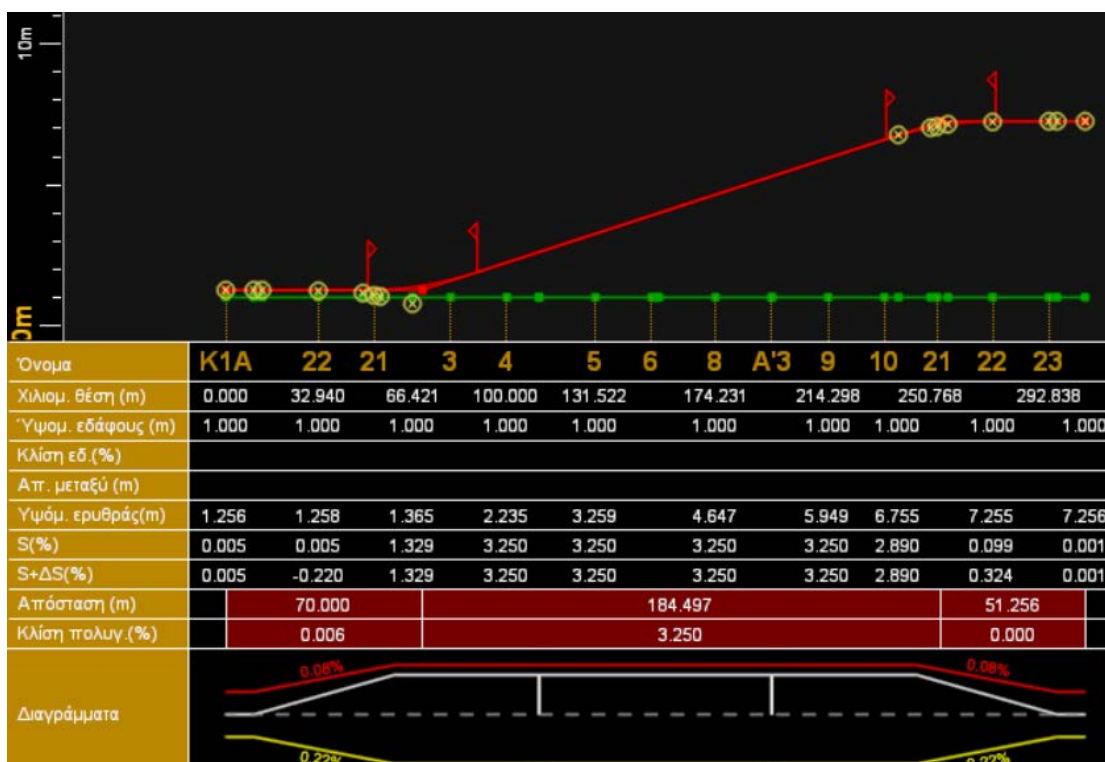


Μηκοτομή (R=45 m ,V= 40 km/h, A= 45m)

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα

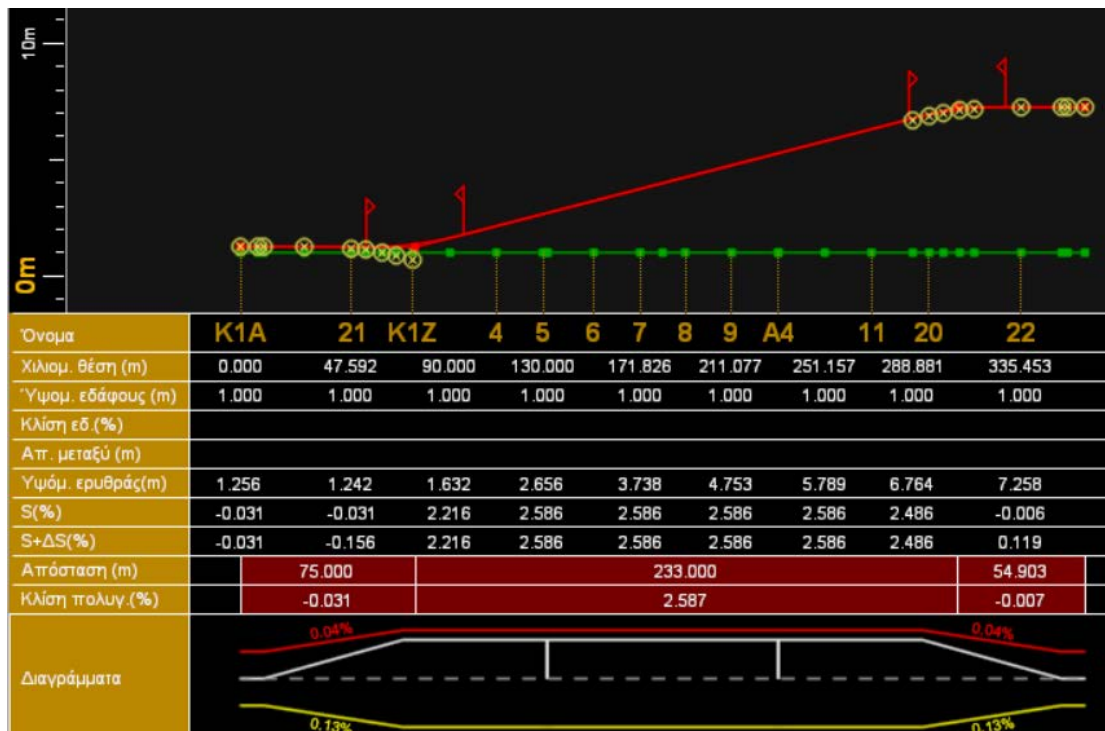


Μηκοτομή (R=47 m ,V= 30 km/h, A= 20m)

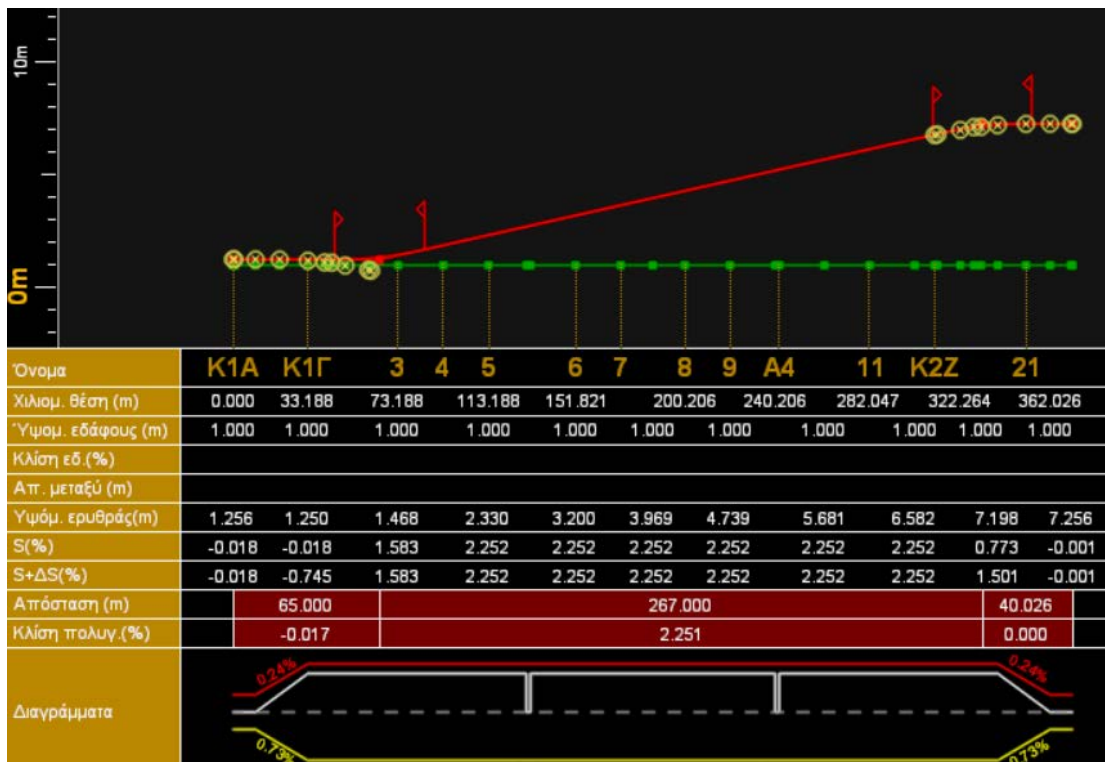


Μηκοτομή (R=50 m ,V= 40 km/h, A= 50m)

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα

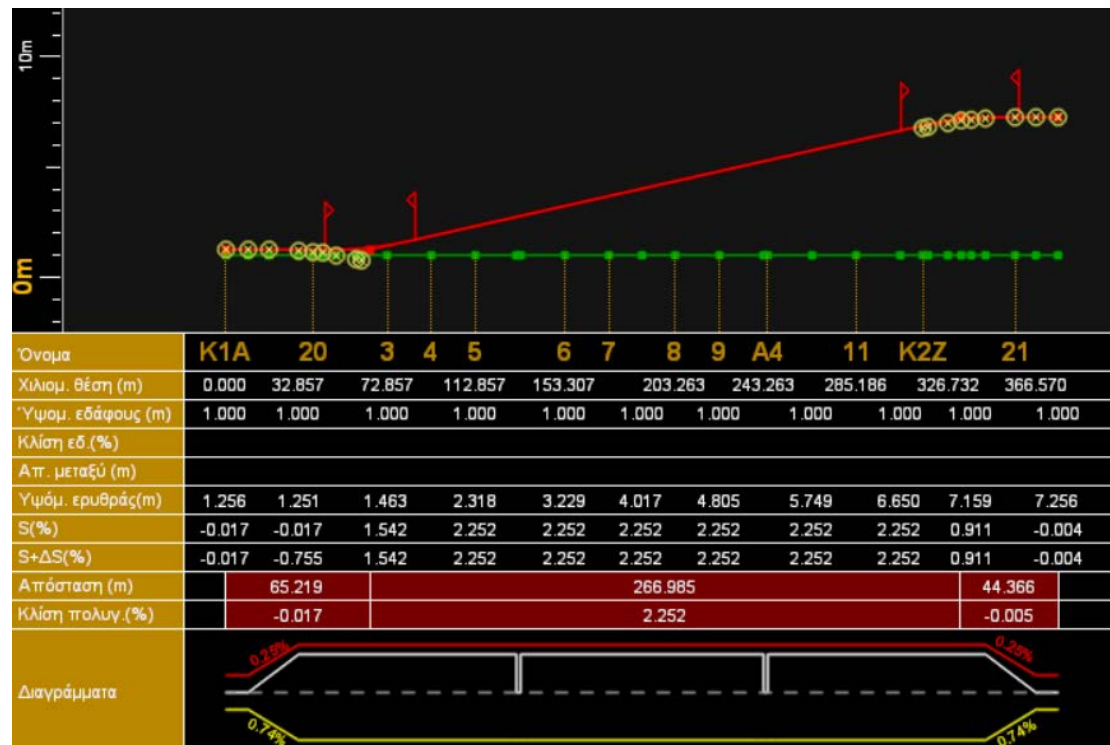


Μηκοτομή (R=60 m ,V= 40 km/h, A= 60m)

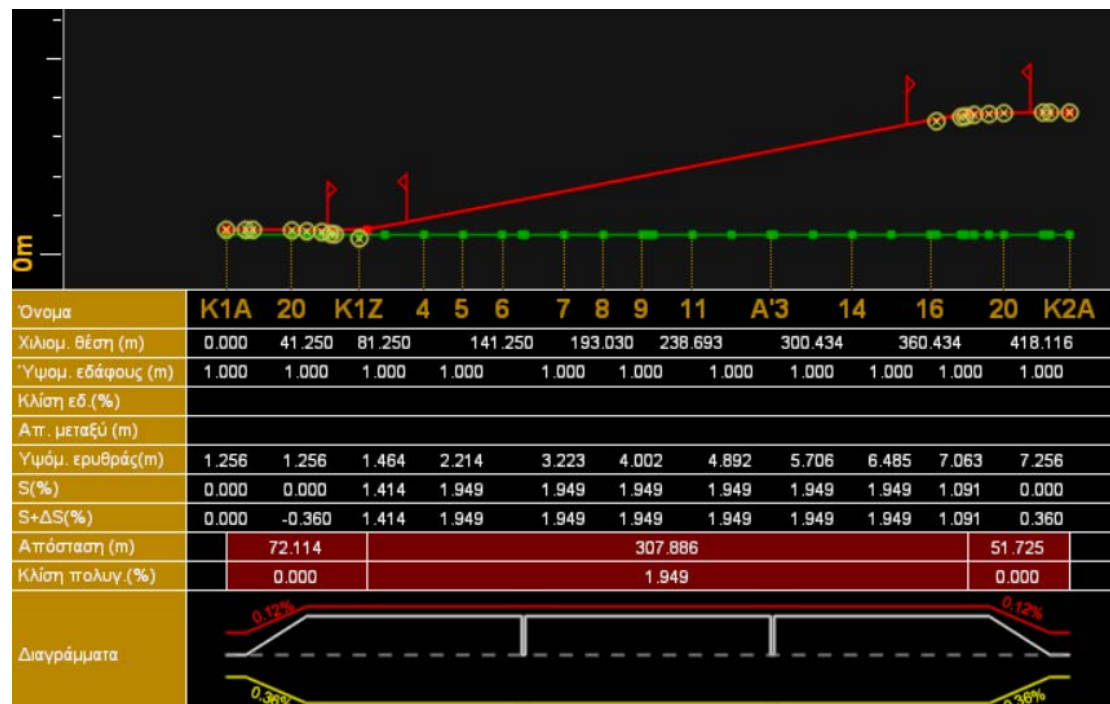


Μηκοτομή (R=69 m ,V= 50 km/h, A= 40m)

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα



Μηκοτομή (R=70 m ,V= 50 km/h, A= 40m)



Μηκοτομή (R=80 m ,V= 50 km/h, A= 50m)

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα



Μηκοτομή (R=90 m ,V= 40 km/h, A= 50m)

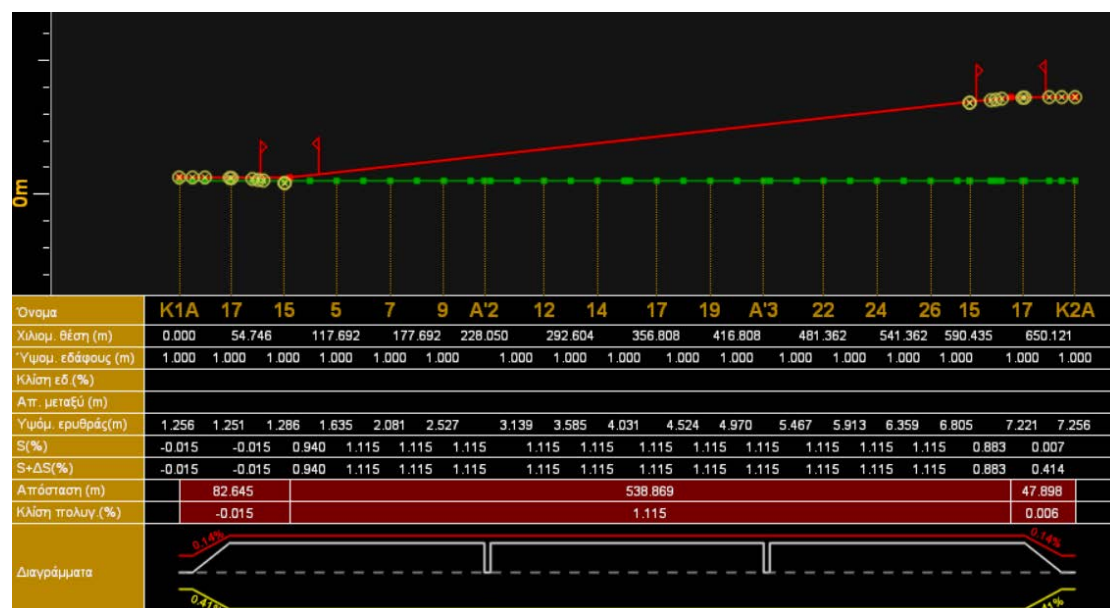


Μηκοτομή (R=107m ,V= 60 km/h, A= 60m)

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα

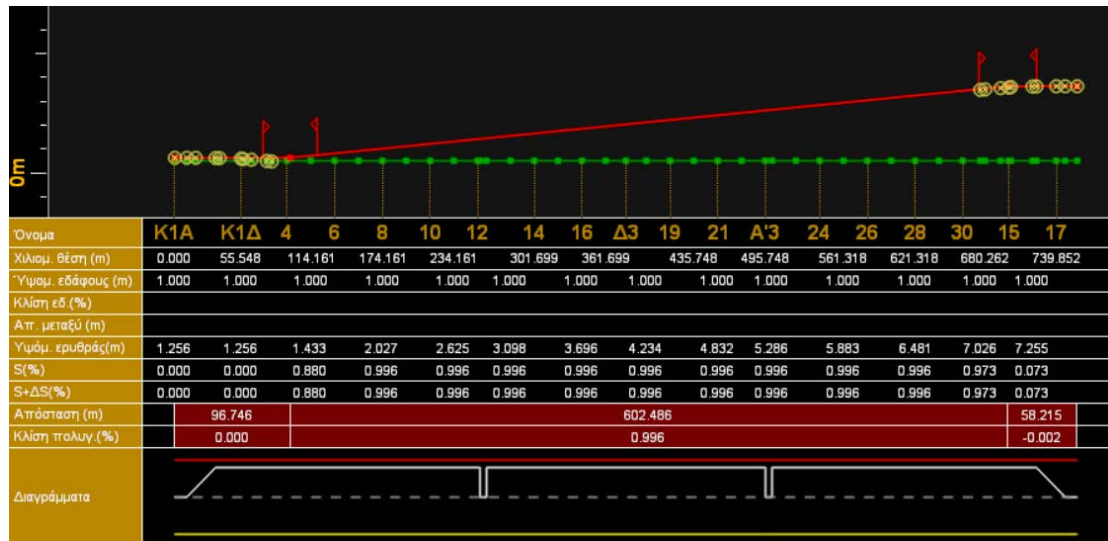


Μηκοτομή (R=110m ,V= 60 km/h, A= 60m)

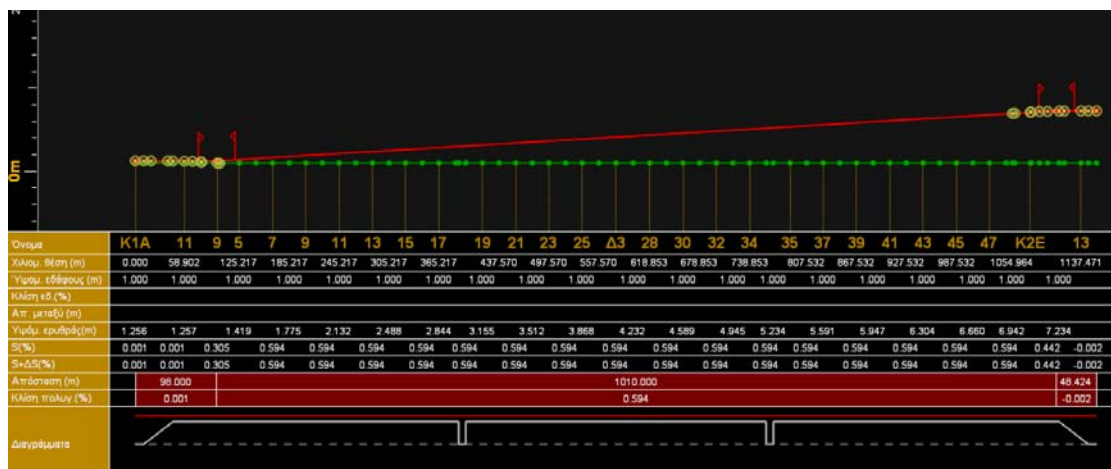


Μηκοτομή (R=130m ,V= 60 km/h, A= 60m)

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα

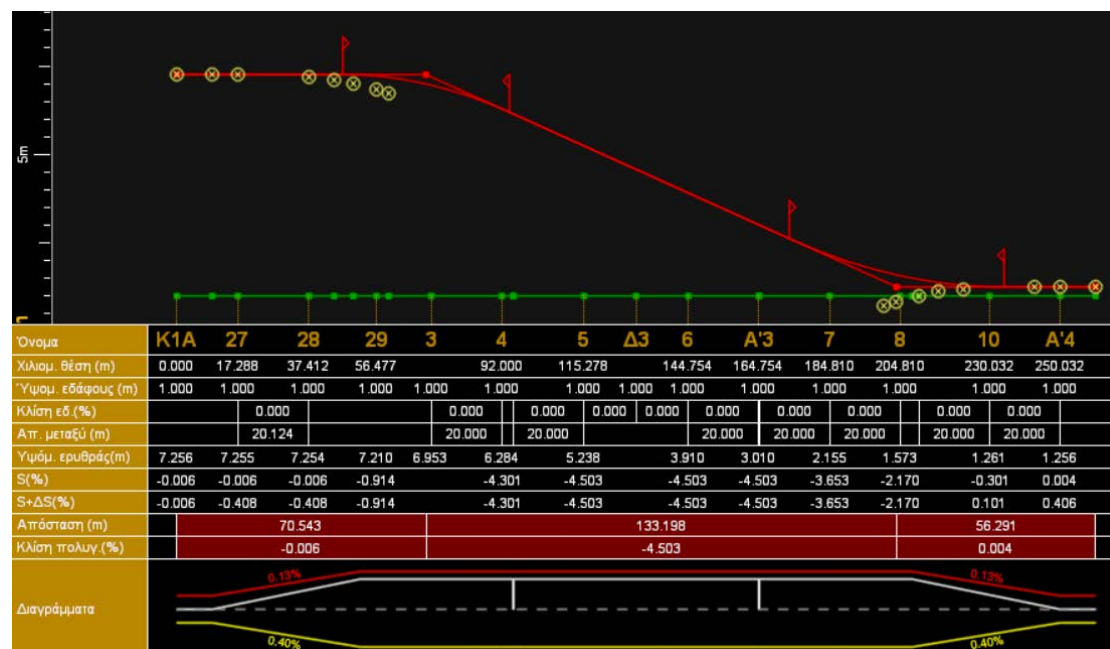


Μηκοτομή (R=149m ,V= 50 km/h, A= 60m)



Μηκοτομή (R=230m ,V= 60 km/h, A= 90m)

Κεφάλαιο 8. Παράρτημα



Αντίθετη μηκοτομή (R=42m ,V= 40 km/h, A= 40m)

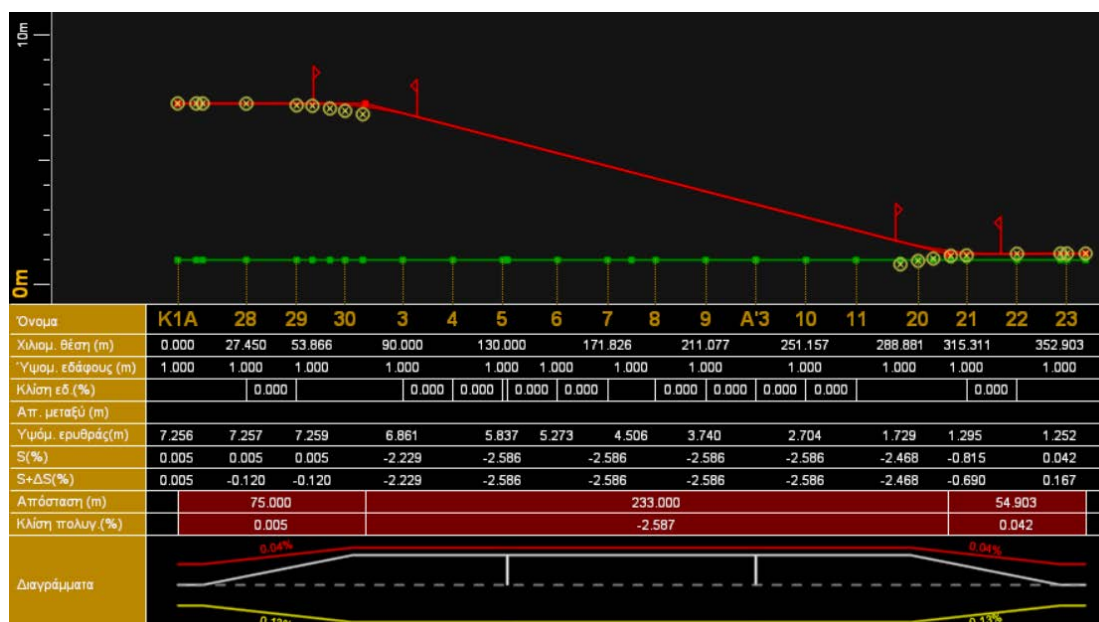


Αντίθετη μηκοτομή (R=45 m ,V= 40 km/h, A= 45m)

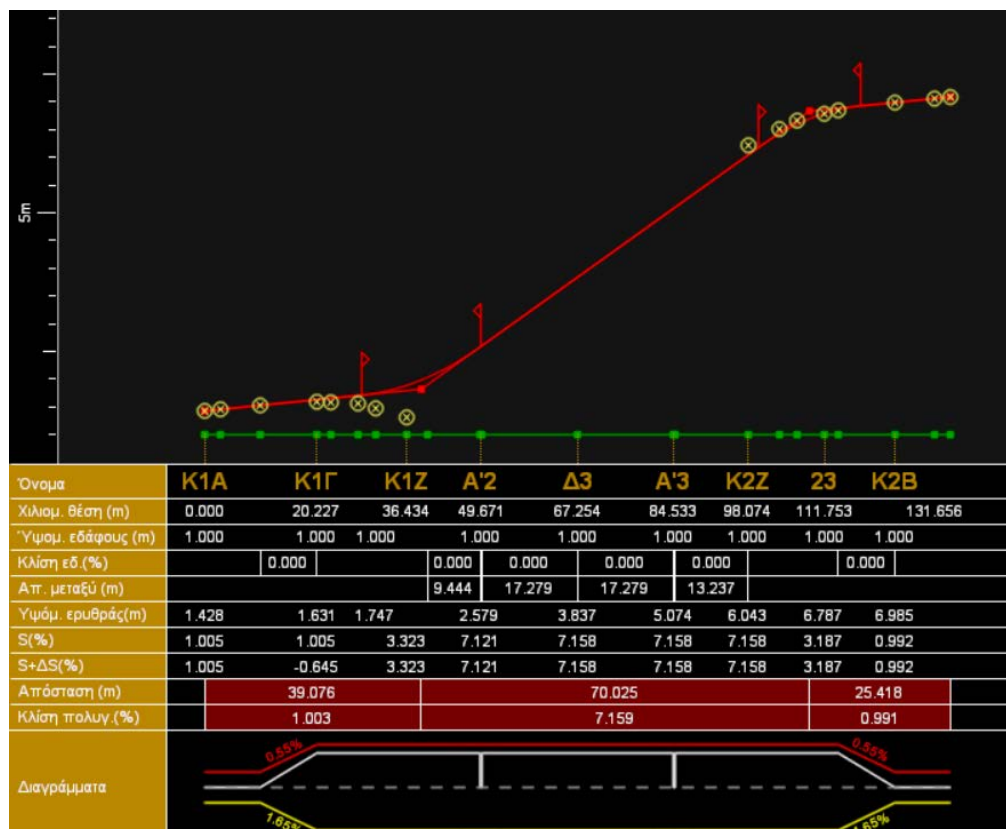
Κεφάλαιο 8. Παράρτημα



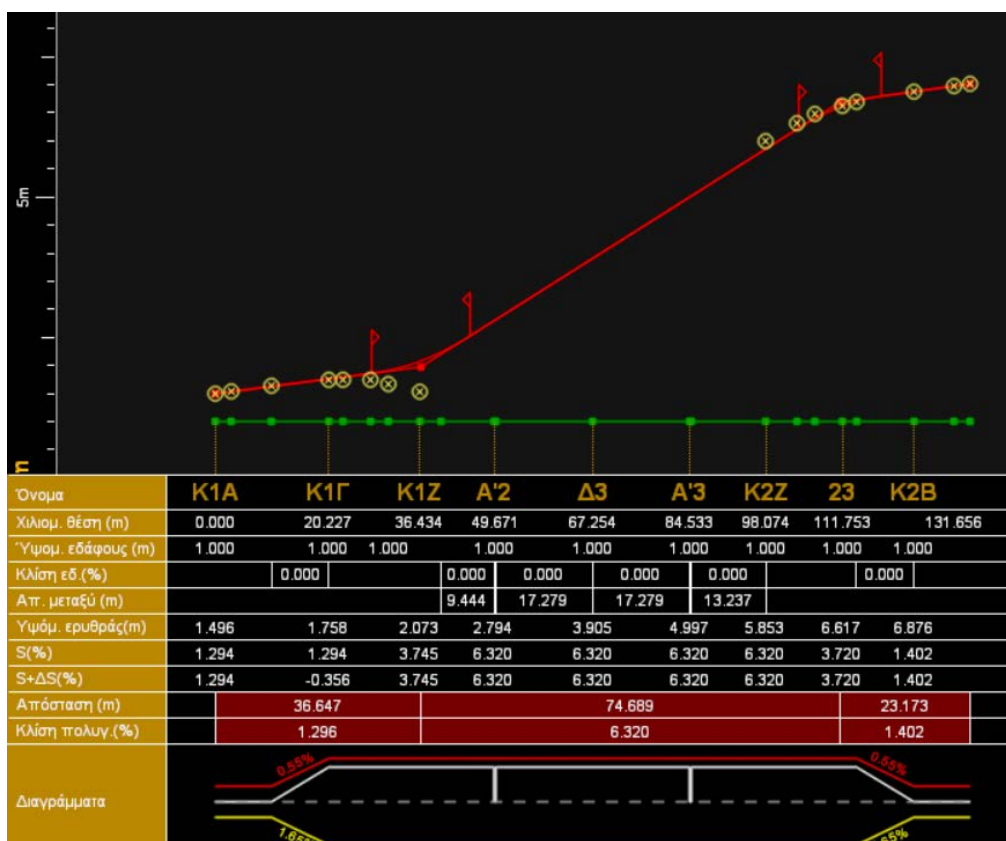
Αντίθετη μηκοτομή (R=50 m ,V= 40 km/h, A= 50m)



Αντίθετη μηκοτομή (R=60 m ,V= 40 km/h, A= 60m)

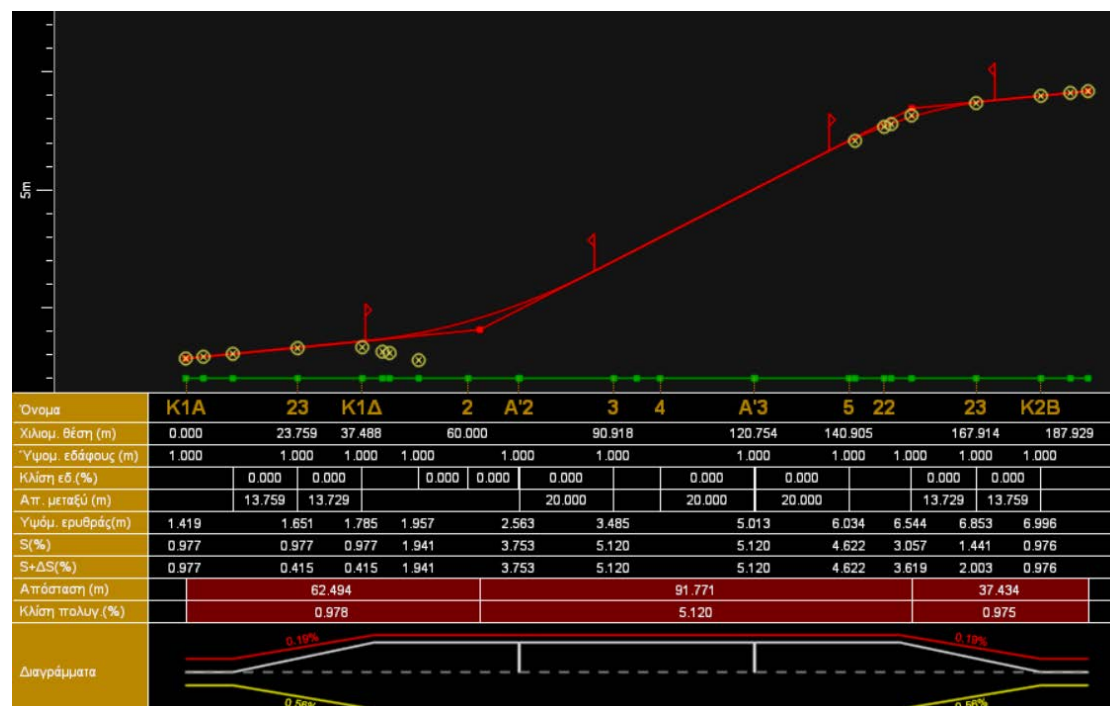


Μηκοτομή με κλίση 1% των κυριων δρόμων (R=22 m ,V= 30 km/h, A= 15m)

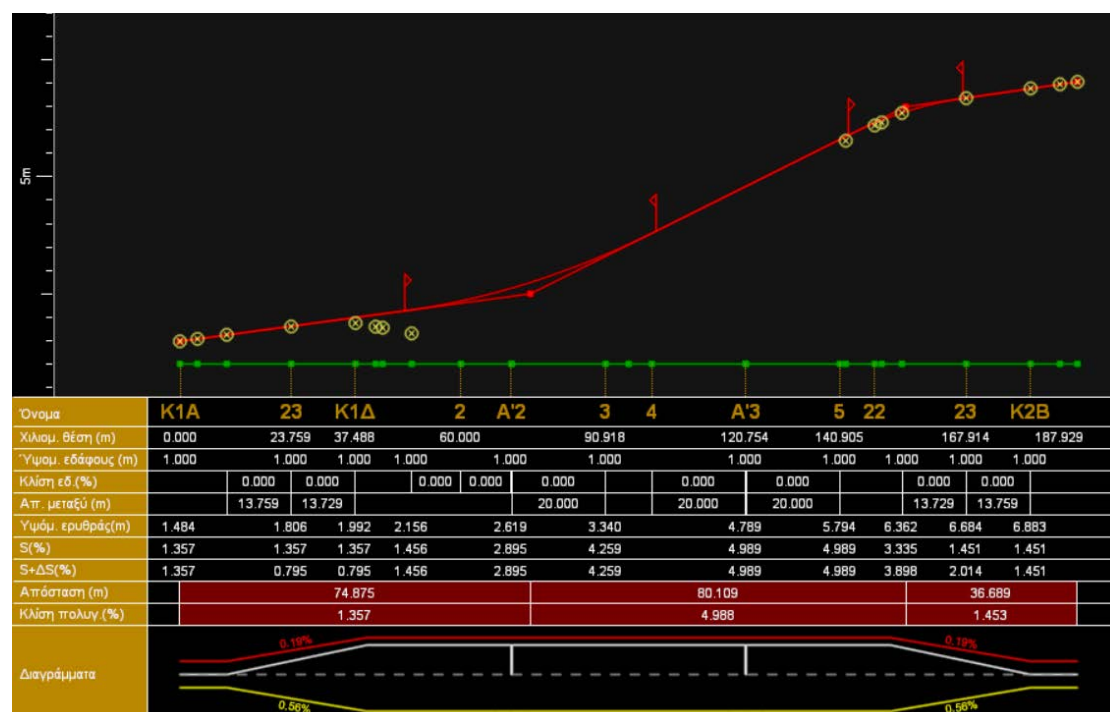


Μηκοτομή με κλίση 1,4% των κυριων δρόμων (R=22 m ,V= 30 km/h, A= 15m)

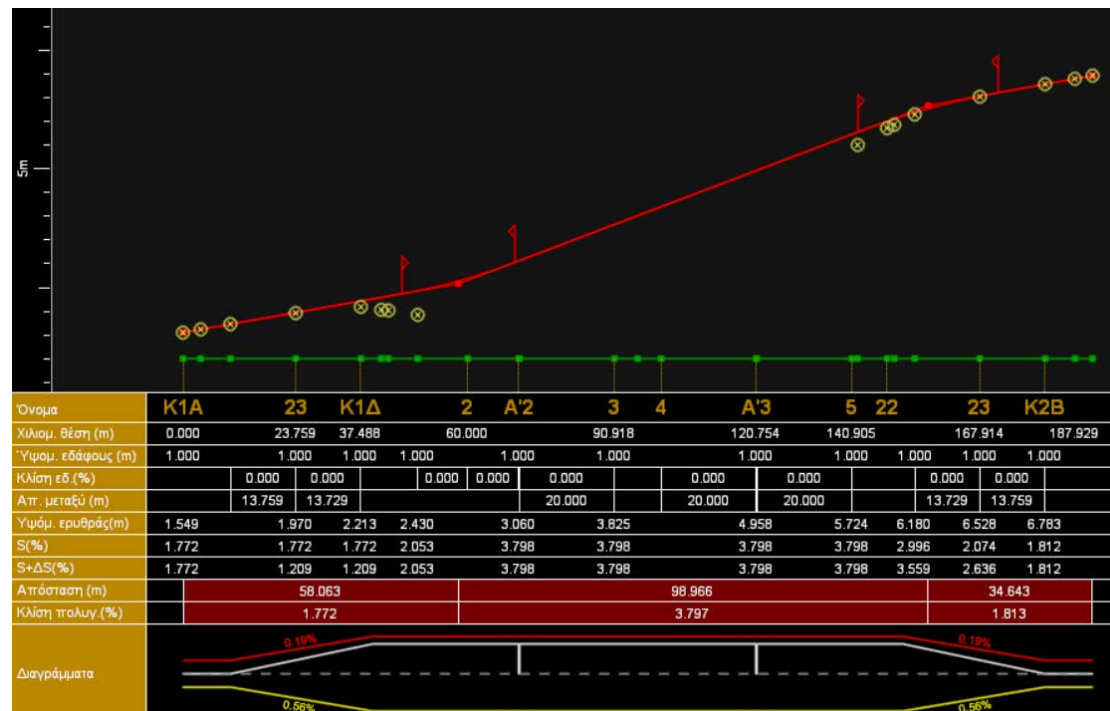
Κεφάλαιο 8. Παράρτημα



Μηκοτομή με κλίση 1% των κυριων δρόμων (R=30 m ,V= 40 km/h, A= 30m)



Μηκοτομή με κλίση 1,4% των κυριων δρόμων (R=30 m ,V= 40 km/h, A= 30m)



Μηκοτομή με κλίση 1,8% των κυριων δρόμων (R=30 m ,V= 40 km/h, A= 30m)

