



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διερεύνηση τροχιάς βαρέων οχημάτων σε τρισκελείς κόμβους



ΑΝΤΩΝΟΥ ΙΩΑΝ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Επιβλέπων: Στέργιος Μαυρομάτης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2022

Ευχαριστίες

Με την περάτωση της διπλωματικής μου εργασίας και συνεπώς των προπτυχιακών μου σπουδών, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της αλλά και όλους όσους συντρόφευσαν και στήριξαν τη φοιτητική μου πορεία.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Στέργιο Μαυρομάτη, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και Επιβλέποντα Καθηγητή στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και την άψογη συνεργασία που είχαμε σε όλα τα στάδια εκπόνησής της. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τη σωστή καθοδήγηση αλλά και τις γενικότερες γνώσεις που μου μετέδωσε.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βασίλειο Ματράγκο, Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ ο οποίος συνέβαλε καθοριστικά στην ολοκλήρωση της εργασίας και κάθε φορά που χρειάστηκε ήταν έτοιμος να απαντήσει στις απορίες μου και να με καθοδηγήσει.

Και φυσικά τίποτα δεν θα ήταν εφικτό χωρίς την οικογένεια και τους φίλους μου, οι οποίοι στάθηκαν δίπλα μου προσφέροντας την πολύτιμη βοήθεια τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2022

ΑΝΤΩΝΟΥΙΩΑΝ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντωνού Ιωαν. Νικόλαος

Επιβλέπων: Στέργιος Μαυρομάτης, Επίκουρος καθηγητής ΕΜΠ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό ασφαλών και λειτουργικών κόμβων υπεραστικών οδών, αναφορικά με την κίνηση βαρέων οχημάτων με βάση τους νέους γερμανικούς κανονισμούς RAL-2012. Συγκεκριμένα, διερευνώνται τα ίχνη κατάληψης (διάγραμμα οπισθοτροχιών) δύο κρίσιμων βαρέων οχημάτων.

Η μεθοδολογία βασίζεται στη διερεύνηση των καμπυλών στροφής φορτηγών οχημάτων, οι οποίες παρουσιάζουν τα ίχνη κατάληψης των τροχών, της πρόσθιας και οπίσθιας προβολής του αμαξώματος του οχήματος, όπως αυτές παρέχονται από το λογισμικό AutoTURN. Οι νεότεροι γερμανικοί κανονισμοί προτείνουν συγκεκριμένους τύπους τρισκελών ισόπεδων κόμβων με συγκεκριμένες περιπτώσεις σχεδιασμού εισόδου και εξόδου σε αυτούς. Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά αυτές τις περιπτώσεις με στόχο το εντοπισμό δυνητικών περιοχών στις οποίες η ασφαλής κίνηση των οχημάτων σχεδιασμού παραβιάζεται.

Λέξεις κλειδιά: **Βαρέα οχήματα, Οδικός συρμός, Αρθρωτό φορτηγό, AutoTURN**

Abstract

Antonou Ioan. Nikolaos

Supervisor: Mavromatis Stergios, Professor NTUA

This Thesis deals with the design of safe and functional interurban road junctions, regarding the movement of heavy vehicles based on the new German regulations RAL-2012. Specifically, the traces of occupation (rear wheels' diagram) of two critical heavy vehicles are investigated.

The methodology is based on the investigation of the turning curves of trucks, which show the traces of wheel occupation, front and rear view of the vehicle body, as provided by AutoTURN software. The newer German regulations propose specific types of three-level level junctions with specific cases of entry and exit planning in them. The present thesis investigates these cases in order to identify potential areas where the safe movement of design vehicles is violated.

Key words: **Heavy vehicles, Road train, Articulated truck, AutoTURN**

1 Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	7
1.1 Γενική Ανασκόπηση	7
1.2 Στόχος διπλωματικής εργασίας.....	9
1.3 Μεθοδολογία	9
1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας	10
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση-Θεωρητικό Υπόβαθρο	12
2.1 Τύποι Ελιγμών	12
2.2 Χαρακτηριστικοί τύποι ισόπεδων κόμβων	14
2.3 Κατηγοριοποίηση οδών κατά RAL-2012.....	16
2.4 Χαρακτηριστικά σχεδιασμού.....	17
2.5 Ανάλυση κλάσεων.....	19
2.6 Σχεδίαση ισόπεδων κόμβων	22
2.7 Κατασκευή μικρής σταγόνας.....	34
2.8 Κατασκευή μεγάλης σταγόνας	36
2.9 Κατασκευή δεξιάς οριογραμμής και τριγωνικής νησίδας με σφήνα εξόδου	39
2.10 Κατασκευή δεξιάς οριογραμμής εξόδου και τριγωνικής νησίδας με λωρίδα επιβράδυνσης.....	43
2.11 Σύγκριση χάραξης δεξιάς οριογραμμής εξόδου με λωρίδα επιβράδυνσης και σφήνας εξόδου κατά RAL-2012	46
2.12 Συναρμογή οριογραμμών	48
2.13 Βαρέα οχήματα.....	50
2.14 AutoTURN Pro.....	54
3. Εφαρμογή μεθοδολογίας-Αποτελέσματα	56
3.1 Εισαγωγή	56
3.2 Προσδιορισμός τροχιάς με προσομοιωτή τροχιάς οχημάτων	56
3.3 Περιπτώσεις που εξετάστηκαν.....	57
3.4 Αποτελέσματα	75
4. Συμπεράσματα – Προτάσεις	81
4.1 Βασικά Συμπεράσματα	81
4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	83
5. Βιβλιογραφικές αναφορές	84
6.Παράρτημα	86

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Ως οδικός κόμβος ορίζεται η κυκλοφοριακή επιφάνεια στην οποία τέμνονται δύο ή περισσότερες οδοί. Η επιφάνεια αυτή εξυπηρετεί την ομαλή κατανομή της κυκλοφορίας από και προς την κύρια οδό καθώς και την άνετη διέλευση πεζών και ποδηλάτων όπου αυτό προβλέπεται. Επιπλέον, αποτελεί κρίσιμο σημείο του οδικού δικτύου καθώς οι οδηγοί αλλάζουν/επιλέγουν διαδρομές ώστε να πραγματοποιούνται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί προελεύσεων-προορισμών με το ελάχιστο δυνατό δίκτυο.

Σύμφωνα με τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Χαράξεις (ΟΜΟΕ-Χ) κατά το γεωμετρικό σχεδιασμό οδικών έργων, και συνεπώς και των κόμβων, οι βασικοί στόχοι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να επιτυγχάνονται, αναφέρονται στα εξής:

- ασφάλεια
- οικονομία
- περιβάλλον
- λειτουργία
- αισθητική
- ποιότητα κυκλοφορίας

Είναι προφανές, ότι είναι αδύνατη η επίτευξη ενός από αυτούς τους στόχους, χωρίς να επιβαρύνεται κάποιος άλλος. Αυτό σημαίνει ότι λόγω της μεταξύ τους αλληλεξάρτησης, κατά το σχεδιασμό κόμβων, δεν είναι εφικτή η ταυτόχρονη επίτευξη όλων των στόχων στο μέγιστο βαθμό και η «απόλυτα βέλτιστη χάραξη» είναι στην πραγματικότητα ανύπαρκτη. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στην εύρεση απλώς μιας «αποδεκτής συμβιβαστικής λύσης», που να επιφέρει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Για το λόγο αυτό, οι οδηγίες μελετών οδικών έργων διεθνώς προσαρμόζονται με βάση τρέχουσες αντιλήψεις οδικής ασφάλειας και ανάλογα με την εξέλιξη της τεχνολογίας, την οικονομική ανάπτυξη των κοινωνιών και την παγκόσμια οικολογική ευαισθητοποίηση. Πρωτοπόροι στην σύνταξη κανονισμών οδοποιίας θεωρούνται η Γερμανία και η Αμερική, χωρίς να θεωρείται ότι έχουν συμβάλει λιγότερο σε αυτό άλλες χώρες όπως για παράδειγμα η Αυστραλία και η Σουηδία.

Οι οδηγίες αυτές αποτελούν μια βάση για τον εκάστοτε μελετητή, χωρίς ωστόσο να αποκλείονται παρεκκλίσεις. Για αυτό το λόγο προσδιορίζονται από τις οδηγίες οριακές τιμές των στοιχείων χάραξης εντός των οποίων θα πρέπει να κινείται ο μελετητής. Οι τιμές αυτές

προκύπτουν από την δυναμική της κίνησης των οχημάτων, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της τροχιάς τους, την οπτική επενέργεια της χάραξης καθώς και την απορροή των ομβρίων.

Μέχρι πρότινος για την ολοκληρωμένη μελέτη και χάραξη μιας οδού ο εκάστοτε μελετητής μηχανικός αναγκαζόταν να ανατρέξει σε ένα πλήθος οδηγιών που αφορούσαν το σχεδιασμό δικτύων, τη χάραξη, τις διατομές και τους συγκοινωνιακούς κόμβους (RAS-K-1).

Με την δημοσίευση των «Οδηγιών για το Σχεδιασμό Υπεραστικών Οδών» το έτος 2012 (RAL 2012), ολοκληρώνεται η νέα γενιά Οδηγιών Οδοποιίας, που αποτελούνται πλέον από τις «Οδηγίες για το Σχεδιασμό Αυτοκινητόδρομων» (RAA 2008) και τις «Οδηγίες για το Σχεδιασμό Αστικών Οδών» (RASt 2006). Η φιλοσοφία που διέπει τις νέες Οδηγίες για το Σχεδιασμό Υπεραστικών Οδών αντικατοπτρίζεται στις λέξεις της τυποποίησης, διευκόλυνσης και ομαδοποίησης των διαδικασιών για την εκ νέου χάραξη μιας οδού ή την εξέλιξη μιας υφιστάμενης. Έτσι, διατίθεται πλέον ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια του μηχανικού για την μελέτη και σχεδιασμό των υπεραστικών οδών που στόχο έχει την απλούστευση της διαδικασίας σχεδιασμού των υπεραστικών οδών. Η εποχή της αυτοματοποίησης που διανύουμε όχι μόνο ευνοεί αλλά επιτάσσει την αναγκαιότητα αλλαγής των παραδοσιακών τρόπων μετακίνησης, με την εισαγωγή των αυτόνομων πια οχημάτων. Η αυτοκινητοβιομηχανία αποτελεί έναν κλάδο συνεχώς εξελισσόμενο που επιχειρεί τη δοκιμή και παρουσίαση στην αγορά τεχνολογικών επιτευγμάτων που κάποτε περιείχαν μόνο οι ταινίες επιστημονικής φαντασίας. Ένα παράδειγμα επαναστατικής τεχνολογίας είναι τα αυτόνομα οχήματα. Χάρη στην τεχνολογία τους, τα αυτόνομα οχήματα κινούνται χωρίς την παρέμβαση οδηγού. Μάλιστα, όπως υποστηρίζεται και από έρευνες που παρουσιάζει το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, τα οφέλη που συνοδεύουν την αξιοποίηση της αυτοματοποιημένης κινητικότητας είναι αρκετά και βαρύνουσας σημασίας.

1.2 Στόχος διπλωματικής εργασίας

Ειδικότερα λοιπόν, **στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των ίχνων κατάληψης(διάγραμμα οπισθοτροχιών) δύο κρίσιμων Βαρέων Οχημάτων και ο εντοπισμός δυνητικών περιοχών στις οποίες η ασφαλής κίνηση των οχημάτων σχεδιασμού παραβιάζεται.** Ο σχεδιασμός των κόμβων έγινε σύμφωνα με τους νεότερους γερμανικούς κανονισμούς RAL 2012 μέσω του προγράμματος AutoCAD. Η διερεύνηση των καμπυλών στροφής φορτηγών οχημάτων, οι οποίες παρουσιάζονται ίχνη κατάληψης των τροχών, της πρόσθιας και οπίσθιας προβολής του αμαξώματος του οχήματος, παρέχονται από το λογισμικό AutoTURN.

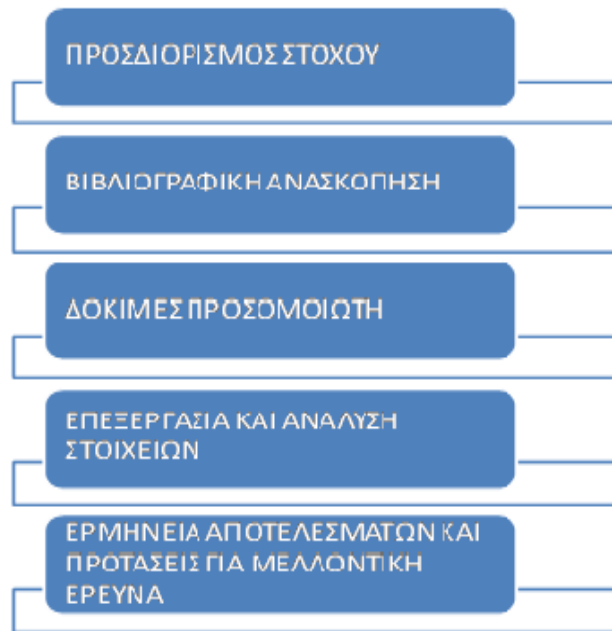
1.3 Μεθοδολογία

Στο σημείο αυτό περιγράφεται σε αδρές γραμμές η μέθοδος που ακολουθήθηκε ώστε να διαμορφωθεί τόσο ο στόχος της παρούσας μελέτης όσο και ο τρόπος επίτευξης του.

Το πρώτο βήμα ήταν η βιβλιογραφική ανασκόπηση του θέματος των βαρέων οχημάτων. Έγινε σχετική έρευνα που βασίστηκε σε διαδικτυακή αναζήτηση άρθρων που επεξεργάζονται το ζητούμενο θέμα αλλά και προηγούμενων διπλωματικών αντίστοιχου περιεχομένου. Στόχος ήταν η εξοικείωση με το θέμα αλλά και η συλλογή πληροφοριών για τον τρόπο προσέγγισης και των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν ως τώρα. Επιπλέον, δημιουργήθηκε μια σαφής και εμπειριστατωμένη εικόνα για τη δομή της διπλωματικής εργασίας, καθώς και για τη μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία που μελετήθηκε.

Αναφορικά με τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την παρούσα διπλωματική, αποφασίστηκε πως θα χρησιμοποιηθεί **λογισμικό προσομοίωσης τροχιάς οχημάτων.** Ύστερα, επιλέχθηκαν δύο συγκεκριμένα βαρέα οχήματα(SEMITRAILER, TOWBAR FULL) με τα οποία έγινε λεπτομερής έλεγχος σε όλες τις περιπτώσεις κόμβων μορφής "T" για την ομαλή κίνηση σε αυτούς. Στο σύνολο αναλύθηκαν 36 ελιγμοί στροφής. Τα δεδομένα καταγράφηκαν σε πίνακα με τη χρήση υπολογιστικού φύλλου.

1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας



Σχήμα 1.1: Βήματα της διπλωματικής εργασίας

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το γενικό πλαίσιο της Διπλωματικής εργασίας, η οποία θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια. Αρχικά, επιχειρείται η γενική ανασκόπηση του αντικειμένου που πραγματεύεται η παρούσα έρευνα. Έπειτα, δηλώνεται ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας που αφορά τη διερεύνηση της τροχιάς προσπέρασης αυτόνομων οχημάτων. Καταληκτικά, αναφέρεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε η οποία περιλαμβάνει τις δοκιμές του προσομοιωτή οδήγησης.

Κεφαλαίο 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση-Θεωρητικό υπόβαθρο

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης αναφορικά με έρευνες που αντικείμενο τους έχουν τη μελέτη των κόμβων μορφής Τα καθώς και πληροφορίες για τα βαρέα οχήματα. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιλαμβάνει το θεωρητικό υπόβαθρο που αποτελεί τη βάση για τη συγκεκριμένη Διπλωματική εργασία. Αναλυτικότερα, περιέχει πληροφορίες που αφορούν στα βασικά στοιχεία του προσομοιωτή που χρησιμοποιήθηκε στο πειραματικό κομμάτι της.

Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή Μεθοδολογίας-Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται όλη η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων που καταγράφηκαν.

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

Μέσω του κεφαλαίου αυτού, σταχυολογούνται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας . Παράλληλα, τονίζεται η χρησιμότητα των συμπερασμάτων που ενισχύουν τις υπάρχουσες γνώσεις για την κίνηση βαρέων οχημάτων στις διάφορες μορφές κόμβων. Επιπλέον, μελλοντικές έρευνες μπορούν να αξιοποιήσουν τα ευρήματα της παρούσας έρευνας καθώς και τις προτάσεις που δίνονται.

Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφικές αναφορές

Κλείνοντας παρατίθενται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική εργασία για τη διευκόλυνση του αναγνώστη που επιθυμεί να αναζητήσει τις συνημμένες πηγές.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση-Θεωρητικό Υπόβαθρο

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση και περιλαμβάνονται αναλυτικές οδηγίες για την κατασκευή ισόπεδων κόμβων μορφής "T". Αναφέρονται αναλυτικά όλες οι κλάσεις οδών, καθώς και τα βήματα κατασκευής μικρής και μεγάλης σταγόνας. Επίσης αναφέρονται στοιχεία για τα Βαρέα Οχήματα αλλά και για το πρόγραμμα προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε (AutoTurn Pro) για να γίνει η διερεύνηση της τροχιάς τους και εν συνεχεία ο έλεγχος επάρκειας των κόμβων από στρέφοντα Βαρέα Οχήματα.

2.1 Τύποι Ελιγμών

Βασικό στοιχείο κάθε κόμβου (ισόπεδου και ανισόπεδου) αποτελούν οι χώροι ελιγμών στα σημεία συναντήσεως των κυκλοφοριακών ρευμάτων. Διακρίνονται τρεις μορφές ελιγμών:

(α) Μερισμός,

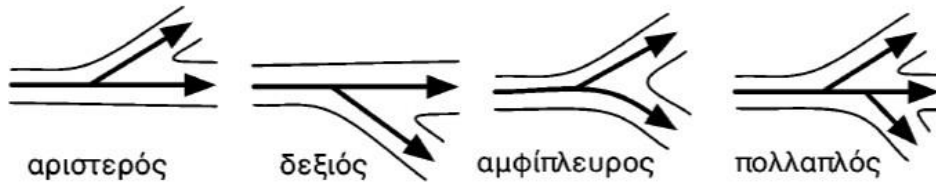
(β) Συμβολή,

(γ) Διασταύρωση.

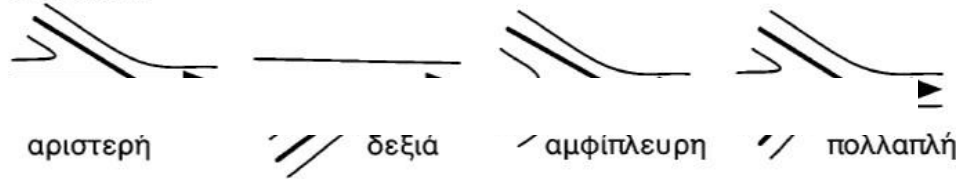
Οι ελιγμοί ονομάζονται στοιχειώδεις όταν συναντώνται δύο μόνο ρεύματα μιας κατεύθυνσης ή πολλαπλοί όταν συναντώνται περισσότερα ρεύματα. Όταν ένας ελιγμός συμβολής ακολουθείται από έναν ελιγμό μερισμού σε μικρή απόσταση, δημιουργείται ένας σύνθετος ελιγμός που ονομάζεται πλέξη (περίπτωση (δ)).

Μερισμός - Συμβολή

ΜΕΡΙΣΜΟΣ

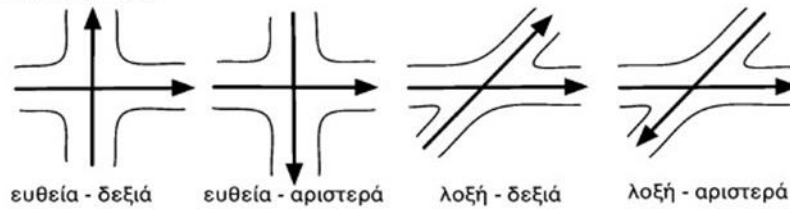


ΣΥΜΒΟΛΗ

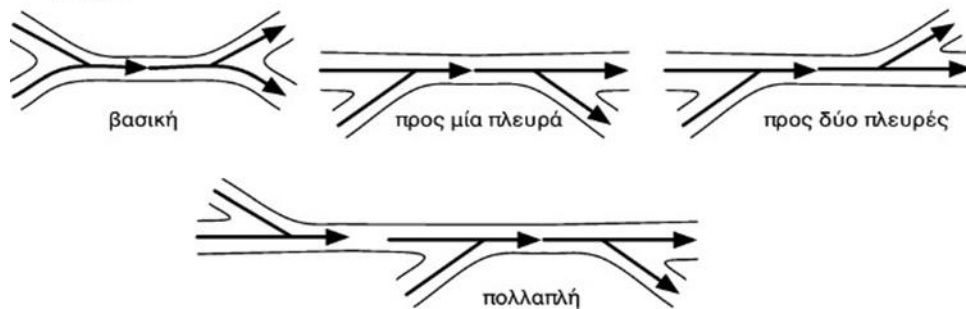


Διασταύρωση - Πλέξη

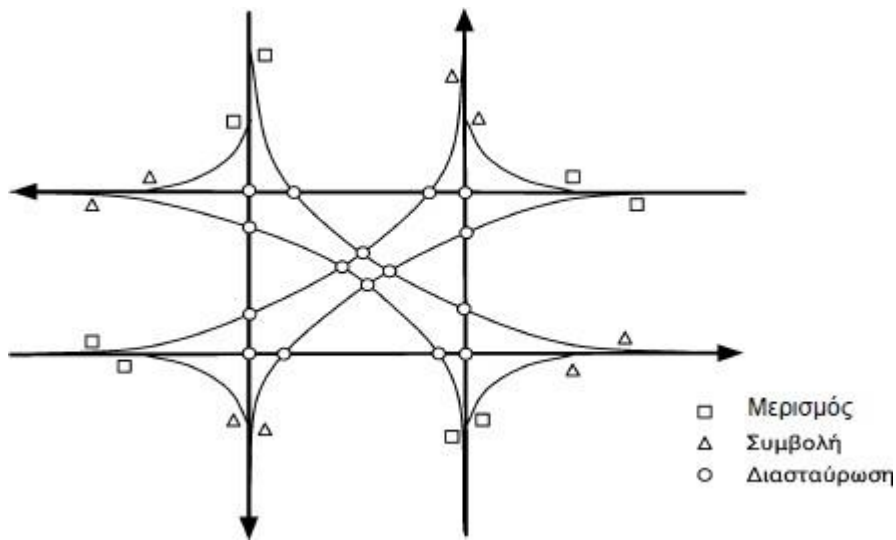
ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ



ΠΛΕΞΗ



Σχήμα 2.1: Τύποι Ελιγμών



Σχήμα 2.2.: Ελιγμοί σε ισόπεδο τετρασκελή κόμβο.

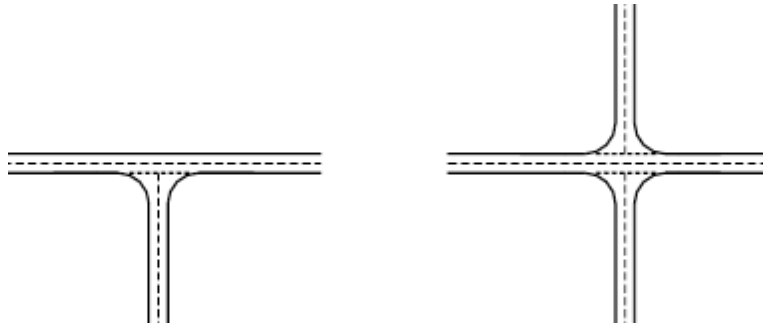
2.2 Χαρακτηριστικοί τύποι ισόπεδων κόμβων

Οι ισόπεδοι κόμβοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με:

- τον αριθμό των σκελών τους (τριών σκελών, τεσσάρων σκελών, πολυσκελών),
- τη γωνία συνάντησης των σκελών (κόμβοι κατ' ορθή γωνία ή λοξοί),
- τη μορφή τους: ταυ (Τ), ύψιλον (Υ) κτλ.,
- τον τρόπο διαμόρφωσής τους (με ή χωρίς διοχετευτικές νησίδες),
- τον τρόπο ρύθμισης της κυκλοφορίας (σηματοδοτούμενοι ή όχι, με ή χωρίς σήμανση κτλ.)

Ο τύπος του κόμβου επιλέγεται κυρίως με βάση τον αριθμό των ρευμάτων κυκλοφορίας, την τοπογραφία της περιοχής, την κατηγορία των διασταυρούμενων οδών, το μέγεθος και τη διακύμανση των κυκλοφοριακών φόρτων, τις ταχύτητες και το επιθυμητό επίπεδο λειτουργίας.

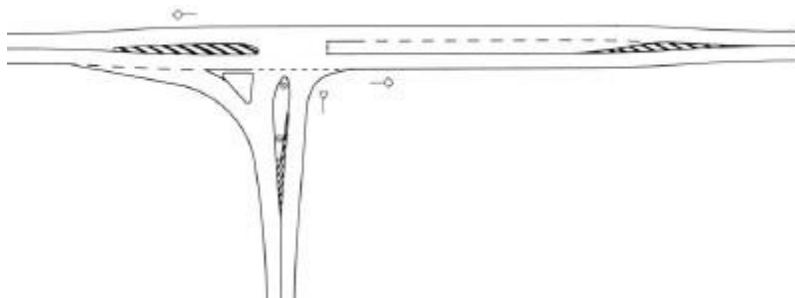
Παρακάτω δίνονται παραδείγματα τρισκελών και τετρασκελών ισόπεδων κόμβων χωρίς επιφάνεια αποκλεισμού (σχήμα 2.3), με μικρές σταγόνες (σχήμα 2.4) και με μεγάλη σταγόνα, τριγωνική νησίδα και επιφάνειες αποκλεισμού (σχήμα 2.5 και 2.6).



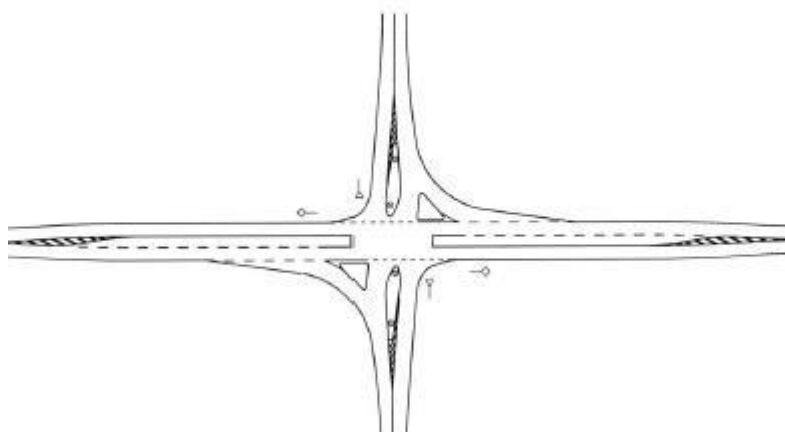
Σχήμα 2.3: Τρισκελής και τετρασκελής κόμβος χωρίς επιφάνεια αποκλεισμού.



Σχήμα 2.4: Τρισκελής και τετρασκελής ισόπεδος κόμβος με μικρές σταγόνες.



Σχήμα 2.5: Τρισκελής κόμβος με μεγάλη σταγόνα, τριγωνική νησίδα και επιφάνειες αποκλεισμού.



Σχήμα 2.6: Τετρασκελής κόμβος με μεγάλες σταγόνες, τριγωνικές νησίδες και επιφάνειες αποκλεισμού.

2.3 Κατηγοριοποίηση οδών κατά RAL-2012

Οι κόμβοι στις υπεραστικές οδούς σχεδιάζονται βάσει της κυκλοφοριακής σημασίας της προς σύνδεση οδού. Οι παλαιότεροι Γερμανικοί Κανονισμοί χάραξης οδών RAS- K-1, τους οποίους ακολουθούν κατά κανόνα και οι ελληνικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν πέντε ομάδες οδών (A,B,C,D και E). Οι υπεραστικές οδοί ανήκουν στην ομάδα A. Οι RAL αποτελούν τις οδηγίες για την κατασκευή υπεραστικών οδών και πλέον για τη μελέτη τους ορίζονται κλάσεις LS I μέχρι LS IV σύμφωνα με τον Πίνακα 2.1.

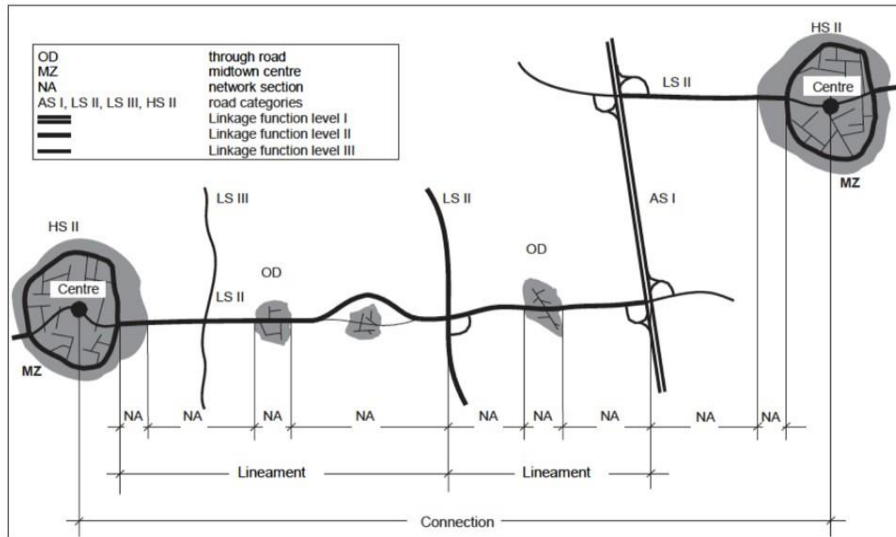
Επίπεδο σύνδεσης	Κατηγορίες οδών					
	Αυτοκινητόδρομοι	Υπεραστικές οδοί	Οδοί χωρίς παρόδια δόμηση	Οδοί με παρόδια δόμηση	Αστικές οδοί	
	AS	LS	VS	HS	ES	
Ευρωπαϊκό	0	AS 0		-	-	-
Διακρατικό	I	AS I	LS I		-	-
Εθνικό	II	AS II	LS II	VS II		-
Περιφερειακό	III	-	LS III	VS III	HS III	
Εντός της περιφέρειας	IV	-	LS IV	-	HS IV	ES IV
Τοπικό	V	-	LS V	-	-	ES V

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες οδών και πεδίο ισχύος για υπεραστικές οδούς.

Για λόγους κυκλοφοριακής ασφάλειας και ποιότητας κυκλοφοριακής ροής πρέπει οι υπεραστικές οδοί να είναι ανεπτυγμένες όπως στο σχήμα 2.1, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται από τους χρήστες τους με ομοιόμορφη ταχύτητα. Για να διασαφηνιστούν στο χρήστη της οδού ποια χαρακτηριστικά του προσχέδιου αναμένεται να δει στην πορεία του και κάτω από ποιο επίπεδο ταχύτητας μπορεί να κινηθεί, υπάρχουν για τις υπεραστικές οδούς σύμφωνα με τους RAL-2012 κλάσεις μελέτης (EKL 1 μέχρι EKL 4). Δρόμοι διαφορετικών κλάσεων μελέτης θα πρέπει να μπορούν να διαχωριστούν μεταξύ τους βάσει της εμφάνισής τους.

Οι κλάσεις μελέτης θα πρέπει να επιλέγονται ενιαία για τα τμήματα των οδών. Τμήματα οδών βάσει των RAL είναι τμήματα του δικτύου μεταξύ κόμβων, στους οποίους μια υπεραστική οδός συνδέεται με μια άλλη ίδιας ή ανώτερης κλάσης (Πίνακας 2.1).

Οι κατηγορίες των οδών ως μέρη ενός οδικού δικτύου φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.7: Κατηγορίες οδών ως μέρος οδικού δικτύου.

OD	Δίοδος από περιοχή
MZ	Επίκεντρο
NA	Τμήμα οδού
AS I, LS II, LS III, HS II	Κατηγορίες οδών
— (thick)	Κατηγορία λειτουργίας I
— (medium)	Κατηγορία λειτουργίας II
— (thin)	Κατηγορία λειτουργίας III

Κατηγορία οδού	Κλάση μελέτης
LS I	EKL1
LS II	EKL2
LS III	EKL3
LS IV	EKL4

Πίνακας 2.2: Κλάσεις μελέτης υπεραστικών οδών σε σχέση με την κατηγορία των οδών.

Είναι δυνατόν να επιλεγεί μια ανώτερη κλάση μελέτης από εκείνες του Πίνακα 2.2 στην περίπτωση που σε ένα τμήμα οδού μιας συγκεκριμένης κατηγορίας ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι αυξημένος. Αντίστοιχα σε τμήμα οδού συγκεκριμένης κατηγορίας που ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι χαμηλός, μπορεί να επιλεγεί μια κατώτερη κλάση μελέτης. Αυτό ωστόσο δεν ισχύει σε υπεραστικές οδούς κατηγορίας LS III.

2.4 Χαρακτηριστικά σχεδιασμού

Ανάλογα με τα λειτουργικά και σχεδιαστικά χαρακτηριστικά των οδών επιλέγονται οι ταχύτητες των οχημάτων των υπεραστικών οδών.

Οι γερμανικοί κανονισμοί RAS-K-1, για τις υπεραστικές οδούς που ανήκουν στην κατηγορία Α, αναφέρουν πως η επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα ανέρχεται κατά κανόνα σε δρόμους

ενιαίου οδοστρώματος σε 100km/h και για δρόμους διαχωρισμένου οδοστρώματος σε 130-140km/h.

Στους RAL-2012 πλέον, στόχος κατά τον σχεδιασμό των υπεραστικών οδών συγκεκριμένης κλάσης μελέτης είναι να ορισθεί μια ταχύτητα μελέτης, η οποία εξυπηρετεί τις λειτουργίες του οδικού αυτού δικτύου και διαφέρει από κλάση σε κλάση οδού. Έτσι προσδιορίζεται η οριακή τιμή των παραμέτρων σχεδιασμού, στην οποία λαμβάνεται υπόψη και η δυναμική της οδήγησης. Σημαντικές είναι και οι διαγραμμαμίσεις κατά μήκος της οδού.

Γνωρίζοντας την κλάση μελέτης μιας υπεραστικής οδού, μπορούν να καθοριστούν άμεσα:

- η μορφή λειτουργίας οδού,
- οι διατομές όπου λαμβάνεται υπόψη η διαδικασία προσπέρασης,
- τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας,
- η μορφή κυκλοφορίας στους κόμβους,
- τα διάφορα χαρακτηριστικά λειτουργίας.

Στον παρακάτω πίνακα 2.3, φαίνεται ο συνδυασμός των παραπάνω στοιχείων που προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά της οδού, καθώς και οι κλάσεις μελέτης, που διαχωρίζουν τις οδούς.

Κλάση οδού	χαρακτηριστικά μελέτης και λειτουργίας					κίνηση στην οδό				καθοδήγηση σε κόμβους
	ταχύτητα σχεδιασμού (km/h)	μορφή λειτουργίας	διατομή	τμήματα προσπέρασης ανά Κατεύθυνση	κίνηση των ποδηλάτων	χάραξη στον χώρο	προτεινόμενη ακτίνα R (m)	μέγιστη κατ'άκρως κλίση s (%)	ακτίνα καμπυλότητας κυρτού τόξου συναρμογής Hk (m)	συνηθέστερη διάταξη κύριες οδούς

EKL1	110	μηχανοκίνητα οχήματα	RQ 15.5	~40%	ανεξαρτήτως οδού	με μεγάλες ευθυγραμμίες	≥500	4.5	≥8.000	είσοδος/έξοδος
EKL2	100	γενική κίνηση οχημάτων	RQ 11.5+	≥20%	ανεξαρτήτως οδού ή στην λωρίδα κυκλοφορίας	ευθύγραμμη χάραξη	400-900	5.5	≥6.000	στροφή σε διασταύρωση/ διασταύρωση με σηματοδότες
EKL3	90	γενική κίνηση οχημάτων	RQ 11	καθόλου	στην λωρίδα κυκλοφορίας	προσαρμοσμένη στο τοπίο	300-600	6.5	≥5.000	στροφή σε διασταύρωση/ διασταύρωση με ή χωρίς σηματοδότες
EKL4	70	γενική κίνηση οχημάτων	RQ 9	καθόλου	στη λωρίδα κυκλοφορίας	αρκετά προσαρμοσμένη στο τοπίο	200-400	8.0	≥3.000	στροφή σε διασταύρωση/ διασταύρωση χωρίς σηματοδότες

Πίνακας 2.3: κλάσεις μελέτης και χαρακτηριστικά διαμόρφωσης.

2.5 Ανάλυση κλάσεων

-Κλάση μελέτης EKL 1



Εικόνα 2.1 : οδός κατηγορίας EKL1.

Οδοί τριών λωρίδων κυκλοφορίας που συνδέονται στους κόμβους ισόπεδα με ενιαίο οδόστρωμα. Από την διαρκή εναλλαγή τμημάτων μιας ή δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση παρέχεται ασφαλής δυνατότητα προσπέρασης η οποία ανέρχεται στο 40%. Οδοί αυτής της κλάσης συνίσταται να χρησιμοποιούνται από επιβατηγά. Οχήματα αγροτικής χρήσης και μη μηχανοκίνητα οχήματα θα οδηγούνται σε ξεχωριστό δίκτυο. Προβλέπεται ισόπεδη σύνδεση των οδών που ανήκουν στην ίδια κλάση.



Εικόνα 2.2: οδός κατηγορίας EKL1.

Λόγω της χρήσης του δικτύου και τις μεγάλες έως πολύ μεγάλες αποστάσεις που διανύονται σε αυτό, συνίσταται ταχύτητα μελέτης 110 χλμ. / ώρα. Γι' αυτό οι δύο κατευθύνσεις χωρίζονται μέσω συνεχόμενης διαχωριστικής γραμμής.

-Κλάση μελέτης EKL 2

Οδοί 2 λωρίδων κυκλοφορίας στις οποίες κατασκευάζονται κατά τμήματα λωρίδες προσπέρασης(με διακεκομμένη διαχωριστική γραμμή) και για τις δυο κατευθύνσεις με σκοπό η προσπέραση να γίνεται σε ελεγχόμενα τμήματα χωρίς να χρησιμοποιείται η αντίθετη λωρίδα. Άρα, ασφαλής προσπέραση μπορεί να υπάρξει εάν δύναται να κατασκευαστεί και τρίτη λωρίδα ή σπανιότερα εάν υπάρχει επαρκές μήκος ορατότητας ώστε να χρησιμοποιηθεί η αντίθετη λωρίδα. Οι δυο κατευθύνσεις κυκλοφορίας χωρίζονται μεταξύ τους μέσω διπλής συνεχόμενης διαχωριστικής γραμμής.



Εικόνα 2.3 και 2.4: Οδός της κατηγορίας EKL2.

Η δυνατότητα προσπέρασης σ' αυτή την κλάση οδού παρέχεται στο 20% του συνολικού τμήματος. Σε οδούς της κλάσης EKL 2 συνίσταται η εκτροπή των οχημάτων αγροτικής χρήσης μέσω άλλων διαδρομών. Μη μηχανοκίνητα οχήματα δεν θα πρέπει να κινούνται σ' αυτά τα τμήματα αλλά σε ειδικές διαμορφωμένες ανεξάρτητες οδεύσεις (π.χ. ποδηλατοδρόμοι). Σε αυτή την κλάση οι πολύ μεγάλες αποστάσεις που διανύονται μαζί με την χρήση του δικτύου συνιστούν ταχύτητα μελέτης 100 χλμ./ώρα και γι' αυτό οι δύο κατευθύνσεις χωρίζονται μέσω συνεχόμενης διαχωριστικής γραμμής.

Σύνδεση με οδούς της ίδιας κλάσης θα πρέπει να πραγματοποιείται σε κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση.

-Κλάση μελέτης EKL 3

Οδοί 2 λωρίδων κυκλοφορίας όπου οι λωρίδες διαχωρίζονται μέσω οριζόντιας διαχωριστικής σήμανσης κατευθύνσεων. Η προσπέραση επιτρέπεται εάν το επιτρέπουν τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά κάθε φορά. Όταν δεν υπάρχει επαρκές μήκος ορατότητας, η προσπέραση απαγορεύεται. Επίσης σε περιπτώσεις μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου μπορεί να προστεθεί λωρίδα προσπέρασης.

Η κίνηση των ποδηλατών μπορεί να γίνει στην λωρίδα κυκλοφορίας ή σε ποδηλατόδρομο επί του πεζόδρομου.

Στην κλάση μελέτης EKL 3 η σύνδεση των οδών ίδιων κλάσεων γίνεται μέσω κόμβων συμβατικών ή κυκλικών. Στην περίπτωση μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου του κόμβου, θα πρέπει να ελεγχθεί εάν διευκολύνεται η κυκλοφορία με την εγκατάσταση φωτεινών σηματοδοτών.

Σε ό,τι αφορά τους συμβατικούς ισόπεδους κόμβους, προτιμάται η τρισκελής διάταξη.



Εικόνα 2.5: οδός της κατηγορίας EKL3.

Σ αυτή την κλάση η ταχύτητα μελέτης που συνίσταται είναι 90 χλμ. /ώρα και αυτό λόγω της χρήσης του δικτύου και των μικρών/μέτριων αποστάσεων που διανύονται σ αυτό.

Με αυτή την ταχύτητα μπορούν να σχεδιαστούν άνετες καμπύλες στην οριζοντιογραφία.

-Κλάση μελέτης EKL 4

Οδοί ενιαίου οδοστρώματος που εξυπηρετούν την τοπική κυκλοφορία. Σ' αυτήν την κλάση μελέτης δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Η οδός διαμορφώνεται με σταθερό πλάτος εξαιτίας της χαμηλής κυκλοφοριακής ζήτησης και των σπάνιων διασταυρώσεων. Για την προσπέραση τα οχήματα καταλαμβάνουν όλο το πλάτος της οδού. Επίσης, αντί μίας κεντρικής διαγράμμισης, σχεδιάζονται δυο λωρίδες καθοδήγησης στην άκρη της οδού. Γι' αυτό οι οδηγοί πρέπει να οδηγούν με ιδιαίτερη προσοχή σε περίπτωση συνάντησης με άλλο όχημα μειώνοντας προφανώς ταχύτητα.



Εικόνα 2.6: οδός της κατηγορίας ΕΚΛ4.

Οι οδοί της κλάσης ΕΚΛ 4, χρησιμοποιούνται και από οχήματα αγροτικής χρήσης και από μη μηχανοκίνητα οχήματα. Συνίστανται να κατασκευάζονται ξεχωριστά οι ποδηλατόδρομοι απ' τους πεζόδρομους εάν λόγω της σύνθεσης της κυκλοφορίας (π.χ. κυκλοφορίας μαθητών), προκύψουν ειδικές ανάγκες. Η σύνδεση των οδών πραγματοποιείται με κόμβους χωρίς φωτεινή σηματοδότηση επειδή η κυκλοφοριακή ζήτηση είναι χαμηλή. Η ταχύτητα μελέτης που συνίσταται είναι 70 χλμ. / ώρα και αυτό λόγω της χρήσης του δικτύου και των μικρών αποστάσεων που διανύονται σ αυτό. Το σχετικά μικρό πλάτος της οδού δυσκολεύει την διαδικασία προσπέρασης και για λόγους κυκλοφοριακής ασφάλειας είναι ωφέλιμο οι ταχύτητες που αναπτύσσονται να μην ξεπερνούν την ταχύτητα μελέτης.

2.6 Σχεδίαση ισόπεδων κόμβων

Οι κόμβοι διακρίνονται βάσει κατασκευαστικών και λειτουργικών σχημάτων. Τα βασικά κατασκευαστικά σχήματα είναι οι ανισόπεδοι, μερικώς ανισόπεδοι και ισόπεδοι κόμβοι ή αντίστοιχα διασταυρώσεις όπως και κυκλικό κόμβοι. Αποτελούνται από πολλά επιμέρους στοιχεία κόμβων όπως τμήματα εισόδου, εξόδου, συμβολές, διασταυρώσεις, κυκλικούς κόμβους καθώς και από τις συμπεριλαμβανόμενες ράμπες (πίνακας 2.4). Στα λειτουργικά σχήματα περιλαμβάνεται η διάκριση για προτεραιότητα εισόδου στο κόμβο μέσω σήμανσης ή φωτεινής σηματοδότησης.

Βασικά κατασκευαστικά σχήματα	Καθοδήγηση στους κόμβους		Παραδείγματα (η κύρια οδός απεικονίζεται κάθετα)	
	Κλίση πλάη	Δευτερεύουσα οδός		
Ανισόπεδος κόμβος	Είσοδος/έξοδος από τον κόμβο	Είσοδος/έξοδος από τον κόμβο		
Μερικώς Ανισόπεδος κόμβος	Είσοδος/έξοδος από τον κόμβο	Είσοδος/έξοδος από τον κόμβο -κυκλικός κόμβος		
Μερικώς Ισόπεδος κόμβος	Στρέφουσα κίνηση εισόδου/εξόδου	Είσοδος/έξοδος από τον κόμβο -Κυκλικός κόμβος		
Ισόπεδος κόμβος				
Τρισκελής κόμβος	Στρέφουσα κίνηση εισόδου/εξόδου	Στρέφουσα κίνηση Εισόδου/εξόδου		
Τετρασκελής κόμβος	Είσοδος/έξοδος από τον κόμβο	Είσοδος/έξοδος από τον κόμβο		
Κυκλικός Κόμβος	Κυκλικός Κόμβος			

Πίνακας 2.4: Βασικές κατασκευαστικές μορφές κόμβων.

Για τις οδούς μιας κλάσης μελέτης συνήθως προβλέπονται συγκεκριμένα είδη κόμβων. Στους παρακάτω πίνακες (2.5, 2.6), φαίνεται η δυνατότητα σύνδεσης οδών ίδιων ή και διαφορετικών κλάσεων μελέτης σε τρισκελίες και τετρασκελίες ισόπεδους κόμβους υπεραστικών οδών. Επισημαίνεται πως μία κύρια οδός μπορεί να συνδεθεί με δευτερεύουσα οδό ίδιας ή κατώτερης κλάσης μελέτης.

κύρια οδός / δευτερεύουσα οδός	EKL1	EKL2	EKL3	EKL4
EKL1			Περιεχόμενο: Φωτεινός σηματοδότης με προ-στατευόμενη αριστερή στροφή Έλεγχος της τοποθέτησης φωτεινού σηματοδότη Η κύρια οδός απεικονίζεται κάθετα	
EKL2				
EKL3				
EKL4	δεν υπάρχει	δεν συνιστάται		

Πίνακας 2.5: Πεδίο εφαρμογής για τρισκελίες κόμβους.

κύρια οδός / δευτερεύουσα οδός	EKL1	EKL2	EKL3	EKL4
EKL1			<p>περιεχόμενο: φωτεινός σηματοδότης με προ-στατευόμενη αριστερή στροφή (A) έλεγχος της τοποθέτησης φωτεινού σηματοδότη Η κύρια οδός απεικονίζεται κάθετα</p>	
EKL2				
EKL3				
EKL4	δεν υπάρχει	δεν συνίσταται		

Πίνακας 2.6: Πεδίο εφαρμογής για τετρασκελείς κόμβους.

Οι γερμανικοί κανονισμοί RAL-2012 επισημαίνουν πως δεν πραγματοποιείται η κατασκευή ισόπεδων κόμβων (τρισκελών και τετρασκελών) σύνδεσης οδών κλάσης κύριας οδού EKL 1 με δευτερεύουσας EKL 4, καθώς και δεν συνιστάται η σύνδεση οδών κλάσης κύριας οδού EKL 2 με δευτερεύουσας EKL 4.

Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όπου οι κυκλοφοριακές απαιτήσεις και οι τοπικές συνθήκες το απαιτούν, μπορεί να κατασκευαστεί ένα άλλο είδος κόμβου.

Γενικότερα, για την επιλογή και κατασκευή ενός (ισόπεδου) κόμβου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη :

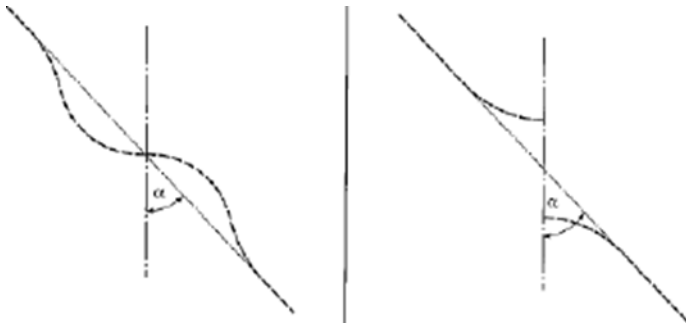
- η κατεύθυνση και ο φόρτος του εκάστοτε κυκλοφοριακού ρεύματος,
- οι γειτονικοί κόμβοι,
- η διαθεσιμότητα έκτασης για την κατασκευή,
- τα χαρακτηριστικά σημεία,
- οι κλίσεις των επιφανειών.

Η οδός με την μεγαλύτερη κλάση μελέτης σε ισόπεδους κόμβους αποτελεί την κύρια οδό. Εάν συνδέονται οδοί ίδιων κλάσεων μελέτης, τότε κύρια οδός είναι εκείνη με τον μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο. Οι άξονες των οδών οι οποίοι πρόκειται να συνδεθούν, θα πρέπει να τέμνονται κατά βάση σε ορθή γωνία, σε εύρος γωνίας α , $80 \text{ gon} < \alpha < 120 \text{ gon}$. Διαφορετικά, θα πρέπει ο άξονας της δευτερεύουσας οδού να τροποποιηθεί.

Με αυτή τη διάταξη:

- αυξάνεται η χωρητικότητα,

- μειώνονται οι χρόνοι αναμονής,
- διασαφηνίζεται καλύτερα η προτεραιότητα,
- αυξάνεται η κυκλοφοριακή ασφάλεια.



Σχήμα 2.8: Σύνδεση δευτερευόντων τμημάτων εισόδων σε κόμβο.

Όσον αφορά την κυκλοφοριακή ασφάλεια, η πιο σημαντική παράμετρος είναι αυτή της αναγνωρισιμότητας των κόμβων. Στις δευτερεύουσες οδούς και ιδιαίτερα στις οδούς χωρίς φωτεινούς σηματοδότες, η κατανόηση της προτεραιότητας για είσοδο/έξοδο απ' την κύρια οδό είναι απαραίτητη για την αποφυγή συγκρούσεων. Γι' αυτό οι RAL θέτουν αποστάσεις ορατότητας των κόμβων ανάλογα με την κλάση των κύριων οδών που πρόκειται να συνδεθούν. Για τις κύριες οδούς κλάσεων μελέτης EKL 1 και EKL 2, πρέπει οι ισόπεδοι κόμβοι να είναι ορατοί από απόσταση μεγαλύτερη από 300 m και των κλάσεων EKL και EKL 4, η απόσταση να είναι μεγαλύτερη από 200 m.

Οι επικλίσεις και οι επιφάνειες του οδοστρώματος του δευτερεύοντος τμήματος εισόδου του κόμβου θα πρέπει να προσαρμόζονται στην γεωμετρία της κύριας οδού.

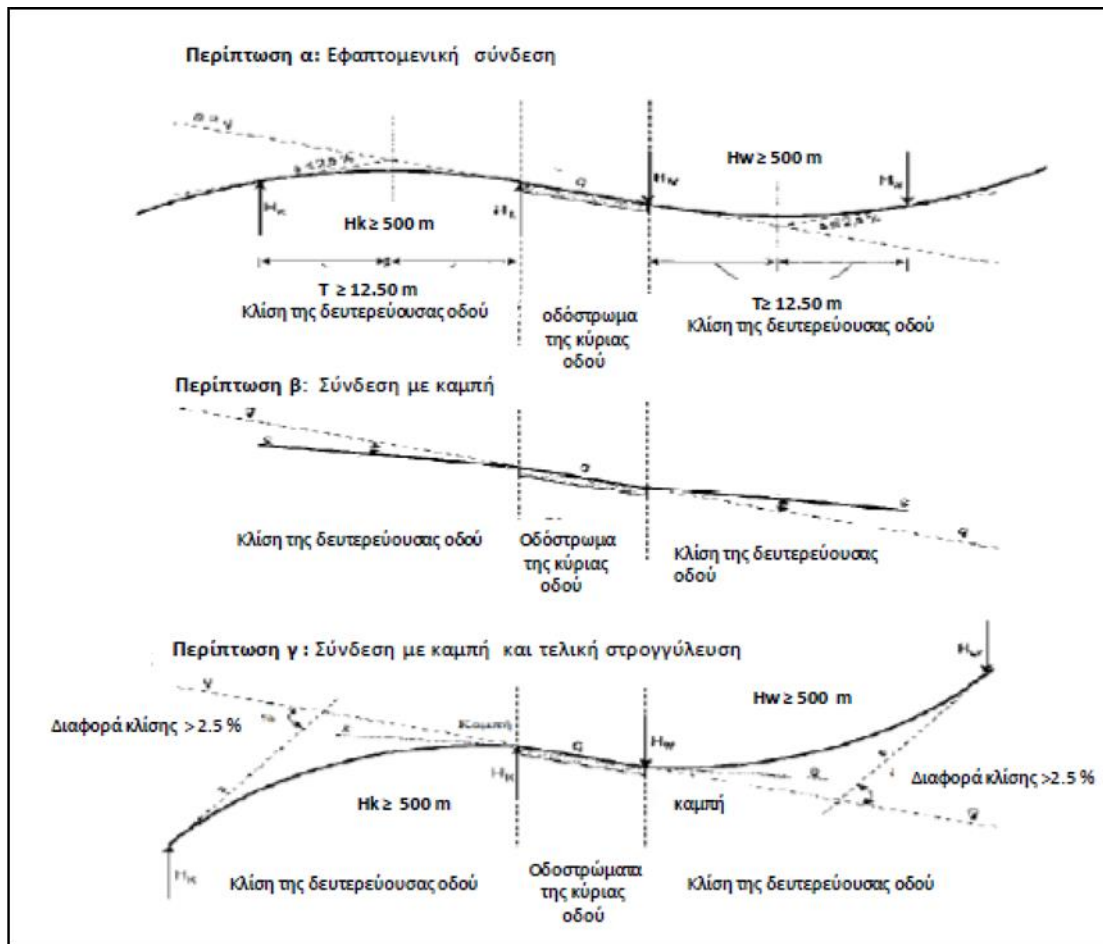
Σε όλα τα τμήματα εισόδου στον κόμβο, η κατά μήκος κλίση θα πρέπει να είναι ελάχιστη. Οι γερμανικοί κανονισμοί RAS-K-1 και RAL αναφέρουν πως στις κύριες οδούς δεν θα πρέπει η κατά μήκος κλίση να υπερβαίνει το 4% (max 6%).

Στο παρακάτω σχήμα 2.9, φαίνονται τρεις περιπτώσεις σύνδεσης δευτερευόντων εισόδων σε μηκοτομή. Στους γερμανικούς κανονισμούς RAS-K-1 υπάρχουν οι 2 πρώτες περιπτώσεις και πλέον με τους RAL-2012 προστίθεται και μία τρίτη.

Στους κόμβους των κύριων οδών της κατηγορίας EKL 2 και EKL 3 θα πρέπει να εφαρμόζεται μια εφαπτομενική σύνδεση (σχήμα 2.9, περίπτωση α). Για την μετάβαση των επικλίσεων θα πρέπει να γίνεται στρογγύλευση με ακτίνα $H_k/H_w > 500$ m και το μήκος της εφαπτομένης θα πρέπει να είναι $T > 12,50$ m.

Υπάρχει όμως περίπτωση, να μην είναι εφικτή η εφαπτομενική σύνδεση. Τότε μπορεί να προβλεφθεί μια καμπή στην οριογραμμή της κύριας οδού (σχήμα 2.9, περίπτωση β και γ). Στην περίπτωση γ, στην σύνδεση με την καμπή με διαφορά κλίσης μεγαλύτερη του 2,5 %, μπορεί να προβλεφθεί μια στρογγύλευση με $H_k/H_w \geq 500$ m.

Τέλος, στην περίπτωση β, διαφορές μικρότερες του 2,5% ανάμεσα στην κατά μήκος κλίση της δευτερεύουσας οδού με την επίκλιση της κύριας, δεν πρέπει να υπόκεινται σε στρογγύλευση.



Σχήμα 2.9: Σύνδεση δευτερευόντων εισόδων κόμβων σε μηκοτομή.

Στις περιοχές όπου δύο κυκλοφοριακά ρεύματα ενώνονται ή διαχωρίζονται, χρειάζεται ειδική μελέτη για την ασφάλεια και τη καλή λειτουργία της οδού. Σύμφωνα με το τεύχος “Οδοποιία-Τόμος Α: Η μελέτη των οδών”, Γ. Τσώχος, βοηθητικές λωρίδες ονομάζονται “οι πρόσθετες λωρίδες κυκλοφορίας, που δημιουργούνται και θα επιτρέψουν την παροχέτευση της κυκλοφορίας σε διάφορες διευθύνσεις ανάλογα με τη μορφή του κόμβου”. Διακρίνονται σε δεξιόστροφες και αριστερόστροφες λωρίδες, ανάλογα με το ποια κίνηση θα εξυπηρετήσουν. Επιπλέον, αναφέρονται και οι λωρίδες εξόδου και εισόδου σε συνδυασμό με το είδος στροφής που εξυπηρετούν (π.χ. λωρίδα δεξιάς στροφής εξόδου, αριστερής στροφής εισόδου κτλ.). Για τη διαμόρφωση στροφών εξόδου και περιοχών αναμονής, από τους γερμανικούς κανονισμούς RAS-K-1 διακρίνονται κυρίως τα εξής τρία τμήματα :

- το τμήμα σταθμεύσεως ή αναμονής (IA), κατά μήκος του οποίου συσσωρεύονται τα οχήματα, που αναμένουν για την εκτέλεση της στροφής εξόδου και τοποθετείται παράλληλα προς την κύρια οδό.
- το τμήμα επιβραδύνσεως (Iv), κατά μήκος του οποίου το όχημα μειώνει την

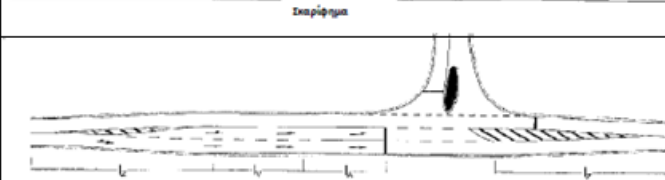
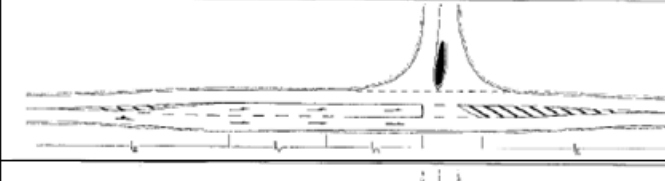
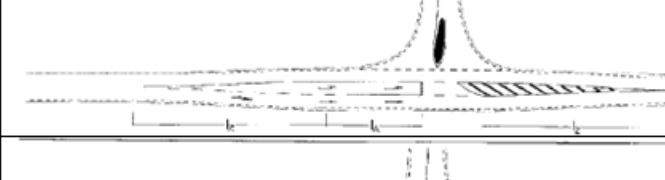
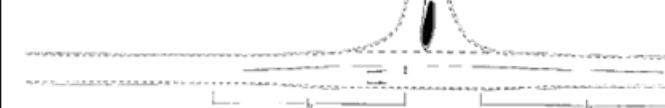
ταχύτητα κίνησής του, έτσι ώστε να αποκτήσει την επιθυμητή ταχύτητα για την εκτέλεση της στρέφουσας κίνησης. Η επιθυμητή αυτή ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ της μηδενικής και μιας τιμής, που εξασφαλίζει την απευθείας, αλλά ασφαλή στροφή του οχήματος, όταν το επιτρέπουν οι κυκλοφοριακές συνθήκες.

- το τμήμα αλλαγής λωρίδας ή μεταβαλλόμενου άκρου διατομής ή λωρίδα συναρμογής (Iz). Αποτελεί το τμήμα, κατά μήκος του οποίου το πλάτος της οδού μεταβάλλεται βαθμιαία (διαπλάτυνση), έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ο απαραίτητος χώρος για τη λωρίδα αριστερής στροφής.

Σε υπεραστικές οδούς με υψηλές ταχύτητες και κυκλοφοριακούς φόρτους, οι **λωρίδες αριστερής στροφής** βελτιώνουν σημαντικά την ασφάλεια και αποτελούν το καλύτερο ίσως σημάδι αναγνώρισης του κόμβου.

Στους γερμανικούς κανονισμούς RAS-K-1, το μήκος του τμήματος επιβράδυνσης Iν υπολογιζόταν ανάλογα με τον φόρτο οχημάτων, την κατά μήκος κλίση και την επιτρεπόμενη ταχύτητα κυκλοφορίας του κόμβου . Επίσης, το τμήμα IZ δινόταν από τον τύπο $I Z = V K v_i / 3$, όπου VK η επιτρεπόμενη ταχύτητα κυκλοφορίας στον κόμβο και i η συνολική διαπλάτυνση του οδοστρώματος.

Πλέον, σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς RAL-2012, ο σχεδιασμός των αριστερών στροφών κατηγοριοποιείται ανάλογα με την κλάση μελέτης της οδού απ' την οποία πραγματοποιείται η στροφή και την κλάση μελέτης της οδού στην οποία εισέρχεται το όχημα. Οι κινήσεις αριστερών στροφών κατά RAL-2012 διακρίνονται σε τέσσερις τύπους (πίνακας 2.7) και τα τμήματα επιβράδυνσης(Iν), αναμονής(IA) και συναρμογής (IZ) είναι καθορισμένα ανάλογα με το είδος της στροφής.

Τύπος αριστερής στροφής	Σκρίφημα
IA1	
IA2	
IA3	
IA4	

Πίνακας 2.7: Τύποι αριστερών στροφών.

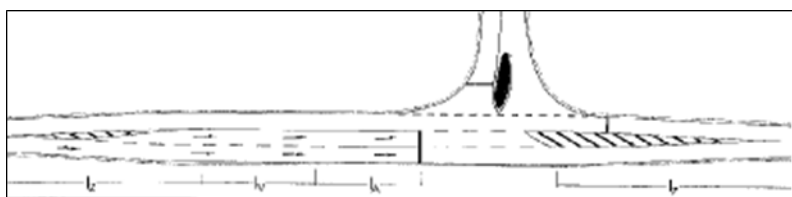
Στη συνέχεια, ο πίνακας 2.8 παρουσιάζει τα πεδία εφαρμογής των διαφόρων ειδών αριστερής στροφής σε σχέση με την κλάση μελέτης της οδού από την οποία πραγματοποιείται η στρέφουσα κίνηση, την ύπαρξη ή όχι φωτεινής σηματοδότησης και την κλάση μελέτης της οδού, στην οποία εισέρχεται το όχημα.

κλάση μελέτης της οδού, από την οποία πραγματοποιείται η στροφή	Υπαρξη φωτεινής σηματοδότησης	κλάση μελέτης της οδού, στην οποία εισέρχεται ο οδηγός	τύπος αριστερής στροφής
EKL2	ναι	EKL2,EKL3	LA1
EKL3	ναι	EKL3,EKL4	LA2
EKL3	όχι	EKL3,EKL4	LA2
EKL4	όχι	EKL4	LA3
EKL4	όχι	EKL4* LSV*	LA4

* σε μικρό φόρτο αριστερά στρεφόντων οχημάτων

Πίνακας 2.8: Πεδία εφαρμογής των αριστερών στροφών.

• Ο τύπος αριστερής στροφής **LA1** χρησιμοποιείται συχνά σε οδούς των κλάσεων EKL 2 όταν συνδέονται με οδούς της κλάσης EKL 3, σε ισόπεδους κόμβους με φωτεινούς σηματοδότες. Ο τύπος LA1 αποτελείται από μια λωρίδα αριστερής στροφής με το τμήμα ΙΑ, το τμήμα επιβράδυνσης ΙV και ένα τμήμα συναρμογής ΙΖ. Σύμφωνα με τους RAL, το πλάτος της λωρίδας αριστερής στροφής είναι ίσο με 3,25 m. Από αυτό προκύπτει, ότι σε οδούς της κλάσης EKL 2, λαμβάνοντας υπόψη και την διπλή διαγράμμιση, το πλάτος του οδοστρώματος είναι 2,75 m.



Σχήμα 2.10: Τύπος αριστερής στροφής LA1.

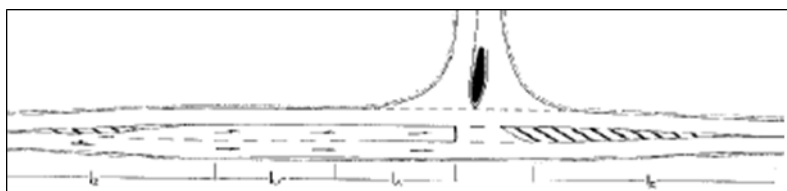
Κατά τον προσδιορισμό της διαγράμμισης αναμονής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και πιθανά σημεία διαβάσεων, πεζών, ποδηλατών και σημεία του συστήματος φωτεινής σηματοδότησης. Ιδιαίτερη προσοχή σ' αυτό πρέπει να δίνεται όταν το σύστημα φωτεινής σηματοδότησης είναι τοποθετημένο στην αριστερή πλευρά της οδού. Εάν αυτό τοποθετηθεί σε νησίδα εισόδου δευτερεύουσας οδού κόμβου, τότε μπορεί να μετατοπιστεί η διαγράμμιση στα πιο στενά σημεία του κόμβου.

Στον προσδιορισμό της διαγράμμισης αναμονής θα πρέπει επίσης, να λαμβάνονται υπόψη τα ίχνη των οχημάτων που εισέρχονται και εξέρχονται καθώς και η περίπτωση ταυτόχρονης στροφή οχημάτων.

Το μήκος του τμήματος επιβράδυνσης Ιv είναι 40 m σε οδούς της κλάσης EKL 2 και 20 m σε οδούς της κλάσης EKL 3.

• Ο τύπος αριστερής στροφής **LA2** χρησιμοποιείται συχνά σε οδούς της κλάσης EKL 3, σε κόμβους χωρίς φωτεινούς σηματοδότες. Ο τύπος LA2 αποτελείται από μια λωρίδα αριστερής στροφής, η οποία αποτελείται από το τμήμα ΙΑ, το τμήμα επιβράδυνσης ΙV και ένα τμήμα συναρμογής ΙΖ.

Η λωρίδα αριστερής στροφής έχει πλάτος 3,25 m.



Σχήμα 2.11: Τύπος αριστερής στροφής LA2.

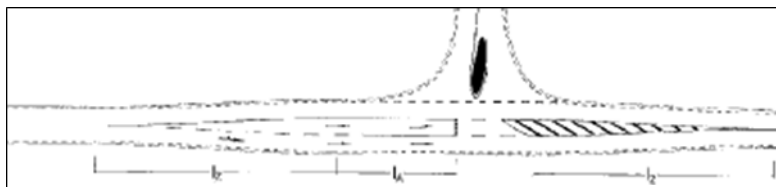
Η διαγράμμιση αναμονής λόγω διευρυμένου ίχνους των οχημάτων κατά την στροφή τους, θα πρέπει ενδεχομένως να μετακινηθεί. Σε διασταυρώσεις θα πρέπει να εξασφαλίζεται εξίσου, ότι δεν θα διασταυρώνονται τα ίχνη δύο ταυτόχρονα αριστερά στρεφόντων οχημάτων.

Σε αυτή την περίπτωση αριστερής στροφής, το μήκος του τμήματος επιβράδυνσης Iν είναι 20 m και μπορεί να αποφευχθεί εάν βάσει του HBS δεν δημιουργείται αξιόλογη ουρά αναμονής για τους αριστερά στρέφοντες.

Και στις δύο πρώτες περιπτώσεις για τον προσδιορισμό του μήκους για το τμήμα ΙΑ, βασικό μέγεθος είναι η δημιουργία ουράς αναμονής, που υπολογίστηκε βάσει HBS. Θα πρέπει να έχει τουλάχιστον 20 m μήκος.

Η προσαρμογή της αριστερής στροφής ξεκινά σε μονόπλευρη επέκταση έπειτα από 40 m και σε αμφίπλευρη επέκταση έπειτα από 30 m.

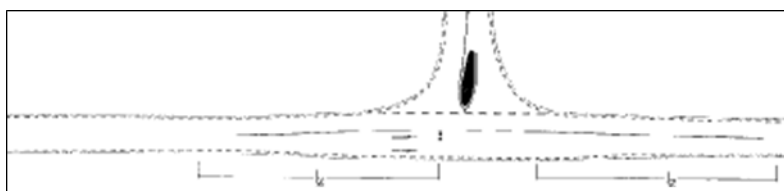
- Ο τύπος αριστερής στροφής **LA3** χρησιμοποιείται συχνά για την σύνδεση οδών της κλάσης EKL 4, χωρίς φωτεινή σηματοδότηση. Μπορεί να εφαρμοστεί και σε κύριες οδούς της κλάσης EKL 3, όταν συνδέονται με οδούς της EKL 4 ή οδούς αγροτικής χρήσης (LSV) χωρίς την δημιουργία αξιόλογης ουράς αναμονής για τους αριστερά στρέφοντες. Ο τύπος LA3 αποτελείται από μια λωρίδα αριστερής στροφής, η οποία αποτελείται από το τμήμα ΙΑ, το τμήμα επιβράδυνσης Iν και ένα τμήμα συναρμογής ΙΖ. Η λωρίδα αριστερής στροφής έχει πλάτος 2,75 m. Το πλάτος της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης είναι 0,50 m.



Σχήμα 2.12: Τύπος αριστερής στροφής LA3.

Επίσης, η ουρά αναμονής σύμφωνα με τους RAL πρέπει να έχει τουλάχιστον 10 m μήκος.

- Ο τύπος αριστερής στροφής **LA4** χρησιμοποιείται σε οδούς της κλάσης EKL4, όταν συνδέονται με οδούς της EKL 4 ή με οδούς αγροτικής χρήσης (LSV), χωρίς την δημιουργία αξιόλογης ουράς αναμονής για τους αριστερά στρέφοντες. Ο τύπος LA 4 αποτελείται από το τμήμα ΙΑ και ένα τμήμα συναρμογής ΙΖ.









Σχήμα 2.13: Τύπος αριστερής στροφής LA4.

Για την δημιουργία του χώρου αναμονής για την αριστερή στροφή με μήκος και εδώ 10 m, επιμηκύνεται το οδόστρωμα τόσο, ώστε από την λωρίδα απ' την οποία πραγματοποιείται η

στρέφουσα κίνηση, να υπάρχει δυνατότητα ανάπτυξης λωρίδας με πλάτος 4,75 m. Το πλάτος της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης είναι 0,50m.

Σε όλους τους τύπους στροφής, οι RAL ορίζουν ότι το μήκος του τμήματος συναρμογής ΙΖ είναι 70m σε μονόπλευρη διεύρυνση και 50 m σε αμφίπλευρη διεύρυνση. Στους δύο πρώτους τύπους(LA1, LA2),η λωρίδα αριστερής στροφής εισάγεται με ένα τμήμα αποκλεισμού ενώ στους δύο τελευταίους χωρίς (LA3, LA4) χωρίς. Στην τρίτη και τέταρτη περίπτωση(LA3, LA4), ο περιορισμός της λωρίδας δίπλα από την λωρίδα αριστερής στροφής ξεκινά και τελειώνει εκεί, όπου το πλάτος γίνεται 6,50 m.

Οι γερμανικοί κανονισμοί RAL-2012, διακρίνουν πλέον έξι τύπους (πίνακας 2.9) **δεξιών στροφών**. Όπως και στις αριστερές στροφές, έτσι και στις δεξιές, η αντιστοίχιση των διαφορετικών τύπων δεξιάς στροφής σε έξι κατηγορίες πραγματοποιήθηκε ανάλογα με την κλάση μελέτης της οδού από την οποία πραγματοποιείται η στρέφουσα κίνηση, την μορφή λειτουργίας του κόμβου και την κλάση μελέτης της οδού στην οποία εισέρχεται το όχημα.

Τύπος δεξιάς στροφής	Σκαρίφημα	Τύπος εισόδου
RA1		KE1 / KE2
RA2		KE1 / KE2
RA3		KE3
RA4		KE4
RA5		KE5
RA6		KE6

Πίνακας 2.9: Τύποι δεξιών στροφών.

Ο πίνακας 2.10 παρουσιάζει τα πεδία εφαρμογής των διαφόρων ειδών δεξιάς στροφής.

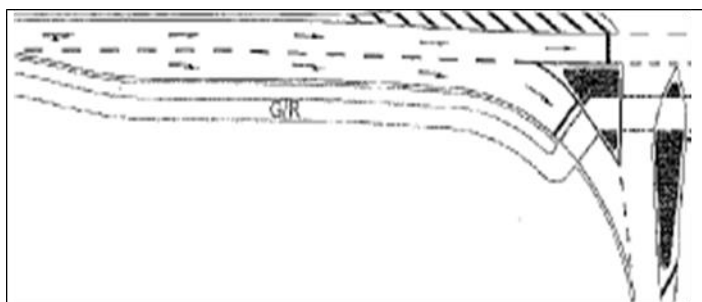
κλάση μελέτης οδού, από την οποία πραγματοποιείται η στροφή	ύπαρξη φωτεινής σηματοδότησης	κλάση μελέτης οδού, στην οποία εισέρχεται ο οδηγός	ξεχωριστή κίνηση ποδηλατών/πεζών		τύπος Δεξιάς Στροφής	αντίστοιχος τύπος εισόδου σε κόμβο
			παράλληλα προς την κύρια οδό μέσω της δευτερεύουσας εισόδου	διαγώνια προς την κύρια οδό		
EKL2	ναι	EKL2/EKL3	ναι	ναι	RA1	KE1/KE2
(EKL2)/EKL3	ναι	EKL3/EKL4	ναι	ναι	RA2	KE1/KE2
EKL3	όχι	EKL3	όχι	όχι	RA3/RA4	KE3/KE4
EKL3	όχι	EKL3	ναι	ναι*	RA4	KE4
EKL3	όχι	EKL4	ναι	ναι*	RA5	KE5
EKL4	όχι	EKL4	-	-	RA6	KE6

*εφαρμόζεται μόνο σε τρισκελείς ισόπεδους κόμβους. Η διάβαση τοποθετείται απέναντι απ την λωρίδα αριστερής στροφής.

Πίνακας 2.10: πεδία εφαρμογής των δεξιών στροφών.

Σύμφωνα λοιπόν με τον πίνακα 2.10:

- ο τύπος δεξιάς στροφής RA1 εφαρμόζεται σε οδούς της κλάσης EKL2 ή EKL3 με φωτεινή σηματοδότηση. Συνδυάζεται με τον τύπο εισόδου KE1 ή KE2 και αποτελείται από μια παράλληλη λωρίδα δεξιάς στροφής ως προς το κύριο οδόστρωμα, μια τριγωνική νησίδα και μια μεγάλη σταγόνα.



Σχήμα 2.14: Τύπος δεξιάς στροφής RA 1.

Ο τύπος RA1 αποτελείται από το τμήμα ΙΑ, το τμήμα επιβράδυνσης Ιν και ένα τμήμα συναρμογής ΙΖ. Το μήκος του τμήματος επιβράδυνσης Ιν είναι 40 m σε οδούς της κλάσης EKL2 και 20 m σε οδούς της EKL3. Το μήκος του τμήματος συναρμογής ΙΖ είναι 70m. Η λωρίδα δεξιάς στροφής έχει πλάτος 3,25 m. Το πλάτος της εξωτερικής λωρίδας καθοδήγησης είναι 0,50 m.

Το πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ της τριγωνικής νησίδας και της στρογγύλευσης της άκρης του είναι 5,50 m. Η στρογγύλευση των γωνιών πραγματοποιείται με απλό κυκλικό τόξο. Η ακτίνα αυτού προκύπτει από τις υπάρχουσες γεωμετρικές συνθήκες (οριογραμμή της λωρίδας για δεξιά στρέφουσες κινήσεις όπως και ελάχιστες αποστάσεις προς την τριγωνική νησίδα και την μεγάλη σταγόνα).

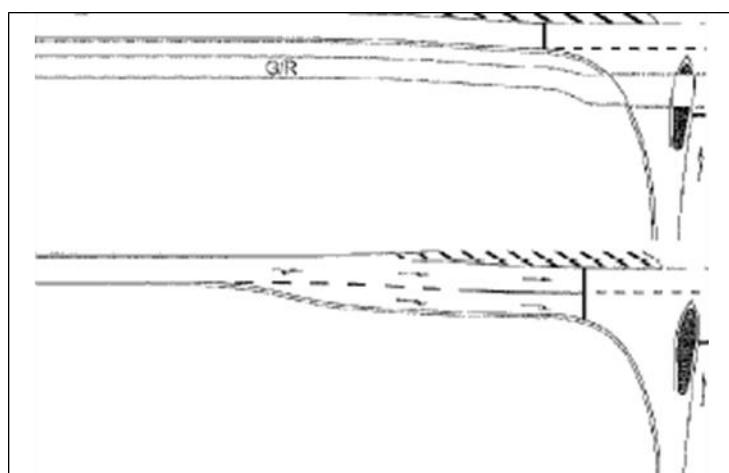
Τα δεξιά στρέφοντα οχήματα, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαχείριση του συστήματος φωτεινής σηματοδότησης. Αυτό ισχύει επίσης, εάν βάσει της διαδικασίας ΗΒS, δεν απαιτείται ξεχωριστή λωρίδα για δεξιά στρέφοντα οχήματα.

Κατά τους RAL, εάν απαιτηθεί η κυκλοφορία ποδηλατών και πεζών, πρέπει να πραγματοποιείται παράλληλα στο κύριο οδόστρωμα, σε ειδικά διαμορφωμένη λωρίδα,

πάνω από την δευτερεύουσα είσοδο. Η διάβαση θα βρίσκεται κοντά στο κύριο οδόστρωμα (κατά κανόνα μέχρι 4,00 m απόσταση) μέσω της τριγωνικής νησίδας και της μεγάλης σταγόνας. Η κατασκευή σταγόνας και τριγωνικής νησίδας θα αναλυθεί στο 7ο κεφάλαιο.

- Ο τύπος δεξιάς στροφής RA2 εφαρμόζεται για την σύνδεση οδών της κλάσης EKL 3 με φωτεινή σηματοδότηση. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε οδούς της κλάσης EKL 2, με χαμηλό φόρτο όταν δεν απαιτείται τριγωνική νησίδα. Συνδυάζεται και αυτός ο τύπος με τον τύπο εισόδου KE1 ή KE2 και διαθέτει μια παράλληλη λωρίδα δεξιάς στρέφουσας κίνησης προς το κύριο οδόστρωμα, όταν αυτό προκύψει βάσει της διαδικασίας HBS.

Η λωρίδα δεξιάς στρέφουσας κίνησης αποτελείται από το τμήμα ΙΑ, το τμήμα επιβράδυνσης Ιν και ένα τμήμα συναρμογής ΙΖ. Για τον προσδιορισμό του μήκους για το τμήμα ΙΑ, βασικό μέγεθος είναι η δημιουργία ουράς αναμονής, που υπολογίστηκε βάση ΗΒS. Θα πρέπει να έχει τουλάχιστον 20 m μήκος.



Σχήμα 2.15: Τύπος δεξιάς στροφής RA 2.

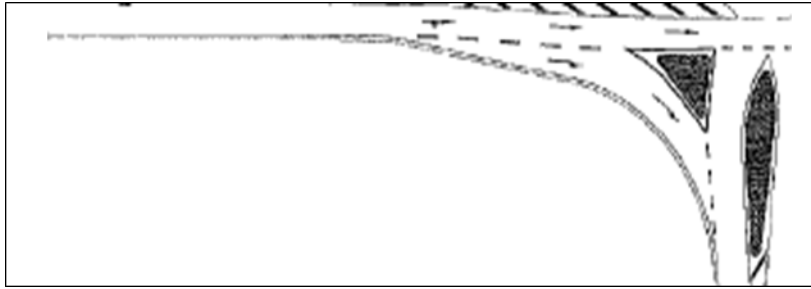
Ομοίως με τον πρώτο τύπο RA1, το τμήμα επιβράδυνσης Ιν έχει μήκος 40 m σε οδούς της κατηγορίας EKL2 και 20 m σε EKL3, η λωρίδα δεξιάς στροφής έχει πλάτος 3,25 m και το πλάτος της εξωτερικής λωρίδας καθοδήγησης είναι 0,50 m. Το τμήμα συναρμογής ΙΖ έχει μήκος 30 m και η στρογγύλευση των γωνιών πραγματοποιείται με τρίτοξο κεντρικής ακτίνας $R_H = 15$ m.

Στον τύπο RA2, στην περίπτωση που απαιτηθεί η κυκλοφορία ποδηλατών και πεζών να πραγματοποιείται παράλληλα στο κύριο οδόστρωμα, σε ειδικά διαμορφωμένη λωρίδα, μέσω της δευτερεύουσας εισόδου, θα πρέπει η διάβαση και σε περίπτωση ύπαρξης λωρίδας για δεξιά στρέφουσα κίνηση, να περνά μέσω της μικρής σταγόνας.

- Ο τύπος δεξιάς στροφής RA3 εφαρμόζεται σε ισόπεδους κόμβους όπου οδοί της κλάσης EKL3 ενώνονται, χωρίς σύστημα φωτεινής σηματοδότησης. Επίσης, αυτός ο τύπος δεξιάς στροφής χρησιμοποιείται όταν απαιτείται η γρήγορη διάβαση του κόμβου των δεξιά στρεφόντων οχημάτων σε περίπτωση αυξημένου φόρτου.

Συνδυάζεται με τον τύπο εισόδου KE3.

Η τελική στρογγύλευση πραγματοποιείται με κυκλικό τόξο, μια τριγωνική νησίδα και μια μεγάλη σταγόνα με ακτίνα του κυκλικού τόξου $R=25$ m. Το πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ τελικής στρογγύλευσης και τριγωνικής νησίδας είναι 5,50 m.

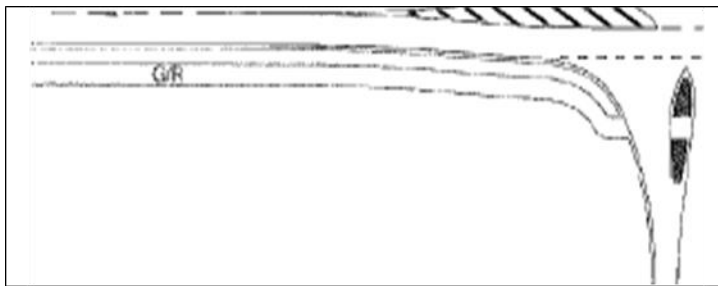


Σχήμα 2.16: Τύπος δεξιάς στροφής RA 3.

Σημειώνεται ότι ο τύπος δεξιάς στροφής RA3 δεν είναι κατάλληλος, όταν ποδηλάτες και πεζοί πρέπει να διασχίσουν αυτή την λωρίδα.

- Ο τύπος δεξιάς στροφής RA4 εφαρμόζεται σε κόμβους όπου οδοί της κλάσης EKL3 ενώνονται, χωρίς σύστημα φωτεινής σηματοδότησης. Συνδυάζεται με τον τύπο εισόδου KE4.

Σε αυτό τον τύπο στροφής η τελική στρογγύλευση πραγματοποιείται με τρίτοξο κεντρικής ακτίνας $RH=15\text{ m}$. και μικρή σταγόνα.



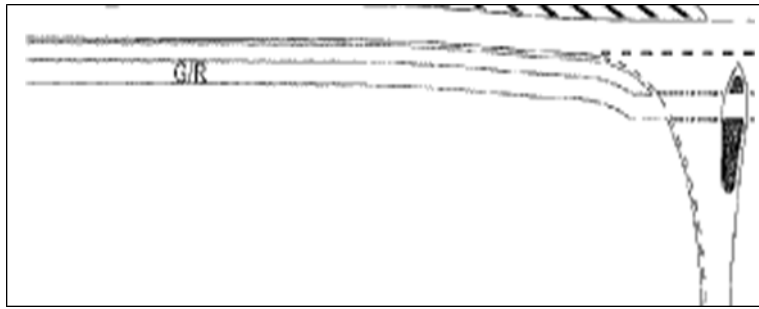
Σχήμα 2.17: Τύπος δεξιάς στροφής RA 4.

Όσον αφορά την κυκλοφορία ποδηλατών και πεζών, αν απαιτηθεί να πραγματοποιείται παράλληλα στο κύριο οδόστρωμα, σε ειδικά διαμορφωμένη λωρίδα, μέσω της δευτερεύουσας εισόδου, θα πρέπει η διάβαση να πραγματοποιείται ξεχωριστά από το κύριο οδόστρωμα (κατά κανόνα σε απόσταση 6,00 m) με υποχρέωση παροχής προτεραιότητας, μέσω της μικρής σταγόνας.

- Ο τύπος δεξιάς στροφής RA5 εφαρμόζεται σε οδούς της κλάσης EKL 3, όταν συνδέονται με οδούς της κλάσης EKL 4, σε κόμβο χωρίς σύστημα φωτεινής σηματοδότησης, καθώς και στην σύνδεση οδών κλάσης EKL 3 με οδούς αγροτικής χρήσης (LSV), και με εισόδους σε ιδιωτικούς χώρους.

Συνδυάζεται με τον τύπο εισόδου KE5.

Όπως στον τύπο δεξιάς στροφής RA4, έτσι και σ αυτόν η τελική στρογγύλευση πραγματοποιείται με τρίτοξο κεντρικής ακτίνας $RH=15\text{ m}$ και μικρή σταγόνα.



Σχήμα 2.18: τύπος δεξιάς στροφής RA 5.

Εάν απαιτηθεί η κυκλοφορία ποδηλατών και πεζών να πραγματοποιείται παράλληλα στο κύριο οδόστρωμα, σε ειδικά διαμορφωμένη λωρίδα, μέσω της δευτερεύουσας εισόδου, θα πρέπει η διάβαση να πραγματοποιείται κοντά στο κύριο οδόστρωμα (κατά κανόνα σε απόσταση 4,00 m) σε ειδική λωρίδα με προτεραιότητα για τους ποδηλάτες μέσω της μικρής σταγόνας.

Τέλος, να σημειωθεί ότι ο τύπος RA5 είναι κατάλληλος, όταν ο φόρτος είναι χαμηλός στην κύρια οδό, ώστε να αναγνωρίζεται έγκαιρα η κίνηση κάθε ποδηλάτη.

Ο τύπος δεξιάς στροφής RA6 εφαρμόζεται σε οδούς της κλάσης EKL 4 που ενώνονται σε κόμβο με επίσης οδούς της κλάσης EKL 4, αλλά και με οδούς αγροτικής χρήσης (LSV), και με εισόδους σε ιδιωτικούς χώρους. Συνδυάζεται με τον τύπο εισόδου KE6.

Η τελική στρογγύλευση πραγματοποιείται και εδώ με τρίτοξο κεντρικής ακτίνας $RH=12\text{ m}$ και μικρή σταγόνα.

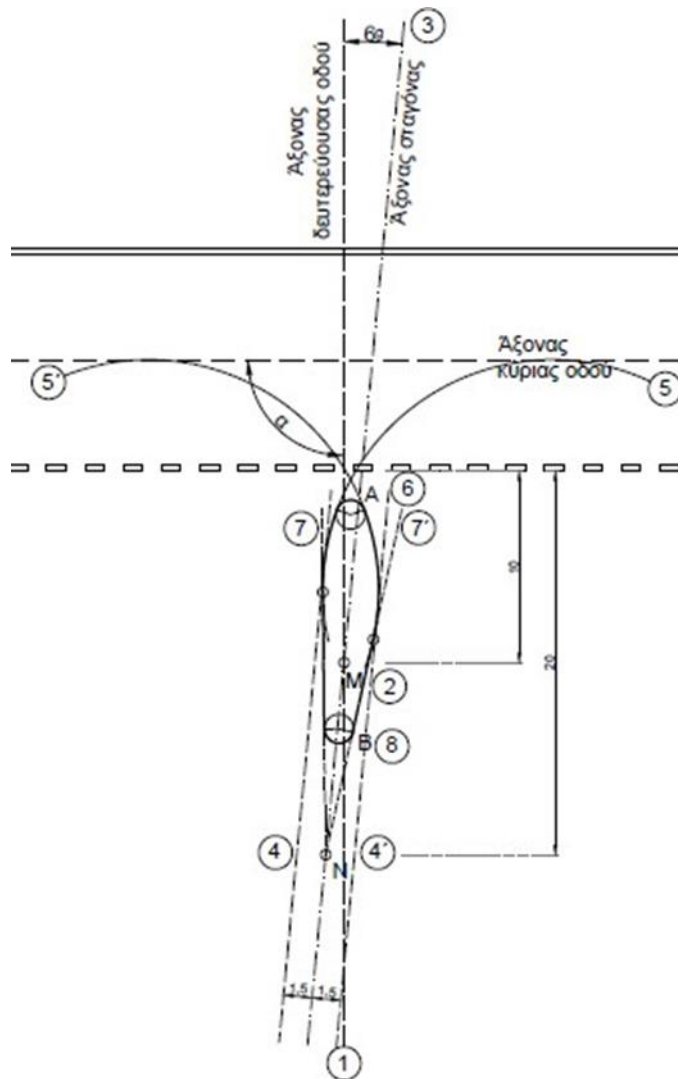


Σχήμα 2.19: Τύπος δεξιάς στροφής RA 6.

Στις περιπτώσεις δεξιών στροφών RA5 και RA6, εάν η αριστερή στροφή των οχημάτων που εισέρχονται στην κύρια οδό πραγματοποιείται χωρίς ξεχωριστή λωρίδα αριστερής στροφής, τότε μπορεί να παραληφθεί η κατασκευή της μικρής σταγόνας εάν εξασφαλιστεί η αναγνωρισιμότητα του κόμβου μέσω δενδροφύτευσης ή κατάλληλης σήμανσης.

2.7 Κατασκευή μικρής σταγόνας

Τα βήματα κατασκευής της μικρής σταγόνας για γωνία διασταυρώσεως $\alpha=80$ έως 120 gon είναι κατά RAL-2012 τα εξής :



Σχήμα 2.20: Κατασκευή μικρής σταγόνας.

- (1) Καθορισμός του άξονα της δευτερεύουσας οδού.
- (2) Καθορισμός ενός σημείου M στον άξονα της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο σε απόσταση 10 m από την οριογραμμή της κύριας οδού.
- (3) Σχεδιάζεται άξονας της σταγόνας που διέρχεται από το M και σχηματίζει γωνία $6g$ προς τα δεξιά με τον άξονα (1).
- (4) Σχεδιασμός δυο βοηθητικών ευθειών (4 και 4') σε απόσταση 1,50 m αριστερά και δεξιά από τον άξονα της σταγόνας.
- (5) Σχεδιασμός δύο κυκλικών τόξων (5 και 5') για την αριστερά στρέφουσα κίνηση με $R=12$ m. Σύμφωνα με τους RAL-2012 το κυκλικό τόξο (5) εφάπτεται για τους τύπους αριστερής στροφής LA1, LA2 και LA3, στην αριστερή άκρη της αριστερής στροφής και στην αριστερή κατά το Βήμα (4) βοηθητική γραμμή. Στον τύπο αριστερής στροφής LA4 ξεκινά το κυκλικό τόξο από τον άξονα της κύριας οδού. Σε τετρασκελείς ισόπεδους κόμβους, με τον τύπο εισόδου KE1, θα πρέπει η ακτίνα να αυξάνεται σε 15 m, ώστε να εξασφαλίζεται η ταυτόχρονη αριστερή στροφή. Όσον αφορά το κυκλικό τόξο 5' για την αριστερά στρέφουσα

κίνηση (είσοδο στον κόμβο) με $R = 12 \text{ m}$, στον τύπο αριστερής στροφής LA4, μπορεί να μειωθεί λίγο η ακτίνα (το πολύ μέχρι $R = 10 \text{ m}$). Αυτό το κυκλικό τόξο εφάπτεται στους τύπους αριστερής στροφής LA1, LA2 και LA3, στην δεξιά βοηθητική γραμμή του βήματος (4) και στην αριστερή άκρη της λωρίδας κυκλοφορίας της κυρίας οδού, στην οποία θα γίνεται η είσοδος. Στον τύπο αριστερής στροφής LA4 τελειώνει το κυκλικό τόξο στον άξονα της κυρίας οδού. Για γωνία διασταυρώσεως $\alpha < 100 \text{ gon}$ θα πρέπει η ακτίνα του (5') να μειωθεί σε 8 m , για να επιτευχθεί η απαιτούμενη μορφή σταγόνας.

(6) Στρογγυλοποίηση της μπροστινής κεφαλής της σταγόνας (σημείο A) μεταξύ των δύο κυκλικών τόξων για τους αριστερά στρέφοντες με ακτίνα $R = 0,75 \text{ m}$.

(7) Φέρονται δυο ευθειών (7 και 7') εφάπτόμενες στα κυκλικά τόξα 5 και 5' που τέμνουν τον άξονα της σταγόνας σε απόσταση 20 m (σημείο N) από την οριογραμμή της κύριας οδού.

(8) Στρογγυλοποίηση της όπισθεν κεφαλής (σημείο B) με $R = 0,75 \text{ m}$.

2.8 Κατασκευή μεγάλης σταγόνας

Τα βήματα κατασκευής της μεγάλης σταγόνας για γωνία διασταυρώσεως $\alpha = 80$ έως 120 gon είναι τα εξής :

(1) Καθορισμός του άξονα της κύριας οδού.

(2) Καθορισμός του άξονα της δευτερεύουσας οδού.

(3) Κατασκευή μιας παράλληλης ευθείας προς τον άξονα της δευτερεύουσας οδού. Σε περίπτωση κάθετης εισόδου στον κόμβο ($\alpha = 100 \text{ gon}$), η απόσταση e της ευθείας είναι $2,50 \text{ m}$. Για μεταβολή της γωνίας κατά 1 gon η απόσταση μεταβάλλεται κατά $0,05 \text{ m}$.

(4) Κατασκευή ενός κυκλικού τόξου για την αριστερά εισερχόμενη κίνηση στον κόμβο. Το κυκλικό αυτό τόξο εφάπτεται από την μία στην παράλληλη ευθεία προς τον άξονα της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο και από την άλλη σ' εκείνη την αριστερή άκρη του οδοστρώματος της κυρίας οδού, στην οποία επιθυμείται η είσοδος. Σε τρισκελείς ισόπεδους κόμβους το κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση είναι κατά $2,50 \text{ m}$ μεγαλύτερο από το πλάτος του οδοστρώματος της κύριας οδού. Σε τετρασκελείς, θα πρέπει να εξασφαλίζεται η ταυτόχρονη αριστερή στροφή.

(5) Σχεδιασμός ενός κυκλικού τόξου με ακτίνα μεγαλύτερη κατά $2,00 \text{ m}$ γύρω από το ίδιο κέντρο όπου κατασκευάστηκε η λωρίδα αριστερής στροφής (O3=O5).

(6) Σύνδεση του κέντρου του κύκλου με το σημείο όπου το κυκλικό τόξο τέμνει την κύρια οδό μέσω ευθείας (B). Προσδιορισμός του σημείου C, στο οποίο αυτή η ευθεία τέμνει το κυκλικό τόξο του βήματος (4).

(7) Κατασκευή ενός κυκλικού τόξου για την αριστερή στρέφουσα κίνηση, ώστε να περνά από το σημείο τομής C και ταυτόχρονα να εφάπτεται στην αριστερή άκρη της κύριας οδού, από την οποία πραγματοποιείται η αριστερή στροφή. Η τομή των κυκλικών τόξων (4) και (7), προσδιορίζει σε απόσταση 2 m έως 4 m απ την εξωτερική οριογραμμή, το τμήμα της μπροστινής κεφαλής της μεγάλης σταγόνας. Η ακτίνα του κυκλικού τόξου για τους αριστερά στρέφοντες είναι σε τρισκελείς ισόπεδους κόμβους κατά κανόνα όσο η ακτίνα της αριστερής

στροφής των εισερχόμενων οχημάτων στον κόμβο. Ωστόσο θα πρέπει να τηρείται πλάτος σταγόνας από 3 έως 5 m (στους RAS-K- 1 αναφέρεται πλάτος από 1.5 έως 5).

(8) Στρογγυλοποίηση της μπροστινής κεφαλής της σταγόνας με $R \geq 0,75$ m.

(9) Σχεδιασμός δύο ευθειών (90, 9i), οι οποίες από την μία εφάπτουν το κυκλικό τόξο της αριστερής στροφής και από την άλλη τον άξονα της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο σε απόσταση 40 m από την οριογραμμή της κύριας οδού.

(10) Προσαρμογή της διάστασης των 2,50 m κάθετα στον άξονα της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο μεταξύ των δύο αυτών ευθειών.

(11) Από τη δεξιά του άξονα ευρισκόμενη ευθυγραμμία, τοποθετείται 1 m προς τα αριστερά και από το σημείο αυτό χαράσσεται μια νέα ευθεία, η οποία εφάπτει το κυκλικό τόξο του βήματος (4).

(12) Στρογγύλευση της κάτω κεφαλής της σταγόνας με $R \geq 0,75$ m.

Γωνία διασταυρώσεως (gon)	Ακτίνα εισόδου (m)	Ακτίνα εξόδου (m)	Κάθετη μετατόπιση με ύπαρξη φωτεινής σηματοδότησης (m)
80	10	18	1.00
100	15	15	3.00
120	20	11	3.00

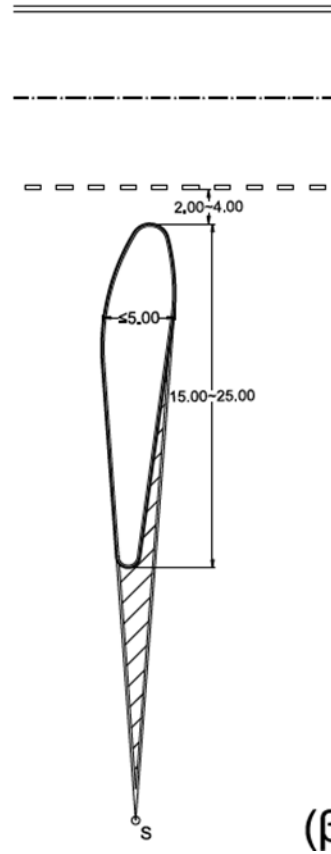
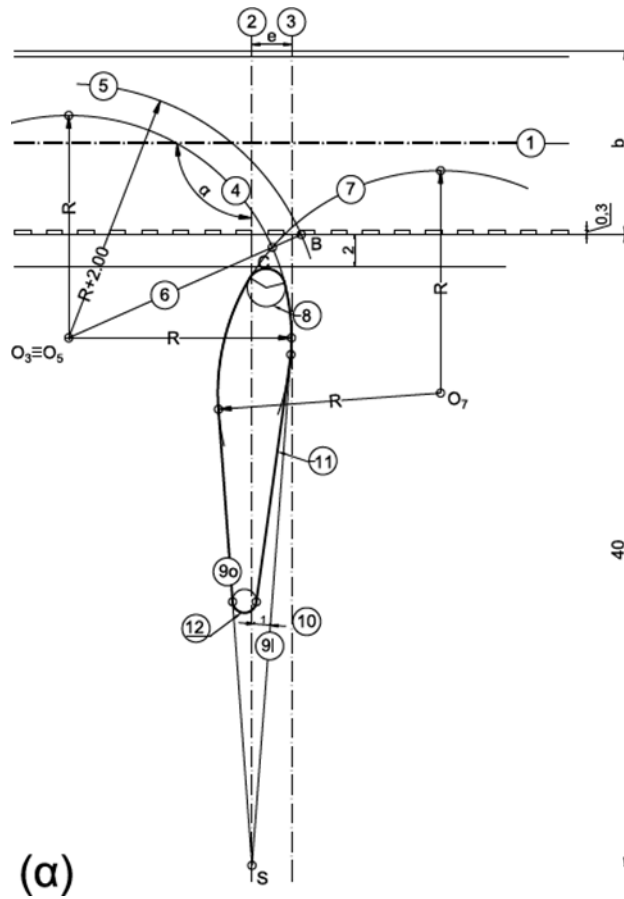
Πίνακας 2.11: Ακτίνες εισόδου, εξόδου και μετατόπιση των σταγόνων σε τετρασκελείς ισόπεδους κόμβους.

Παρατηρήσεις

- Όπως φαίνεται και στο σχήμα 7.2(β), η επιφάνεια που δεν υπερκαλύπτεται απ την νησίδα, αποτελεί διαγραμμισμένη απαγορευτική επιφάνεια.

- Σε τετρασκελείς ισόπεδους κόμβους με τύπο εισόδου ΚΕ1, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι οι άξονες της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο μετατοπίζονται προς τα δεξιά.

- Σε τετρασκελείς ισόπεδους κόμβους με τύπο εισόδου ΚΕ1, στην περίπτωση ταυτόχρονης αριστερής στροφής, ίσως απαιτηθεί να μειωθεί η απόσταση e του βήματος (3) μεταξύ των παραλλήλων κατά 2 m (για $\alpha=100$ gon). Η αριστερή στροφή θα πρέπει να εξασφαλίζεται μέσω διαπλάτυνσης του οδοστρώματος της.



Σχήμα 2.21 : Κατασκευή μεγάλης σταγόνας

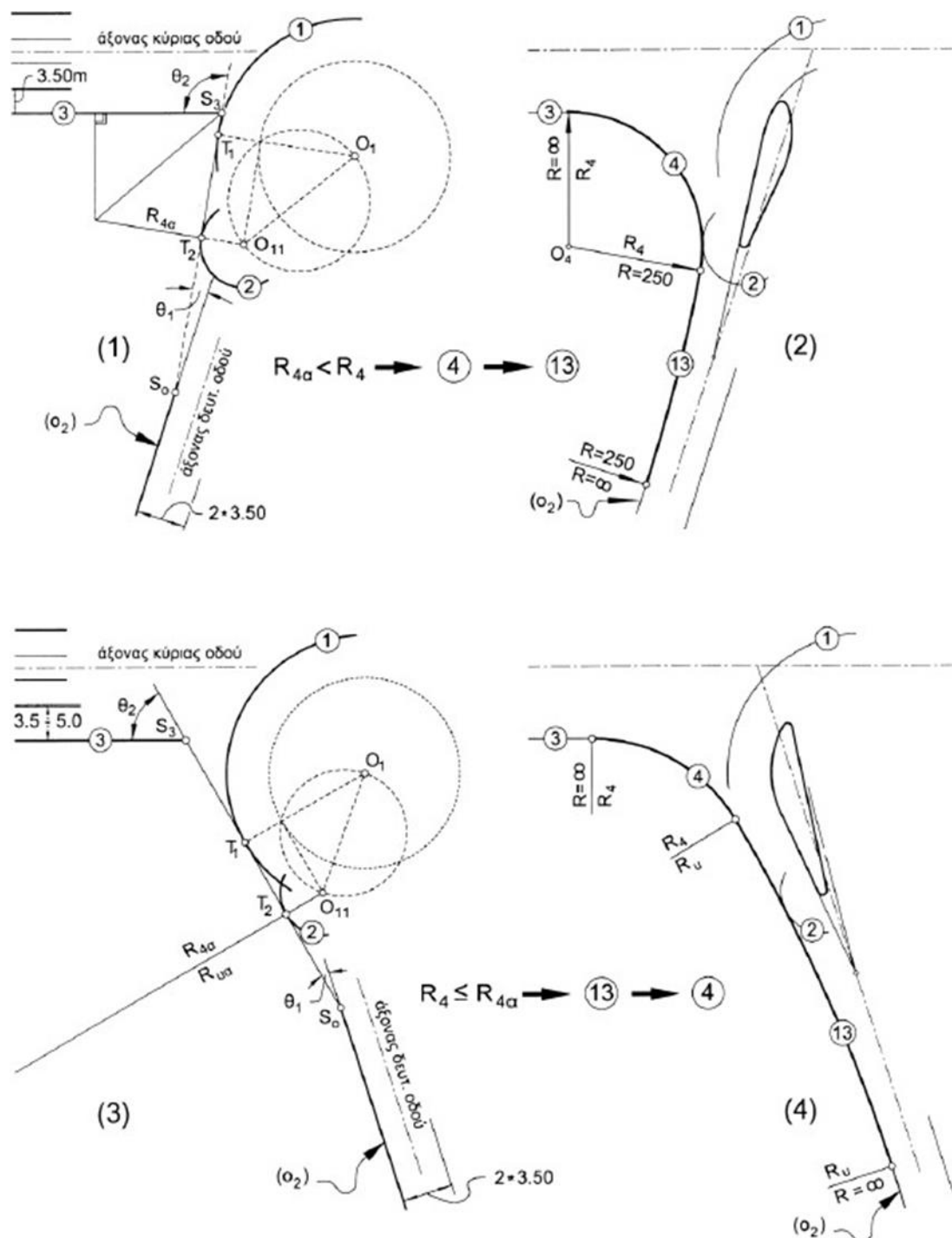
2.9 Κατασκευή δεξιάς οριογραμμής και τριγωνικής νησίδας με σφήνα εξόδου

Έχοντας ολοκληρώσει το σχεδιασμό της μεγάλης σταγόνας, ακολουθούν παρακάτω τα βήματα για την κατασκευή δεξιάς οριογραμμής και τριγωνικής νησίδας με σφήνα εξόδου σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς RAL-2012 και RAS-K-1.

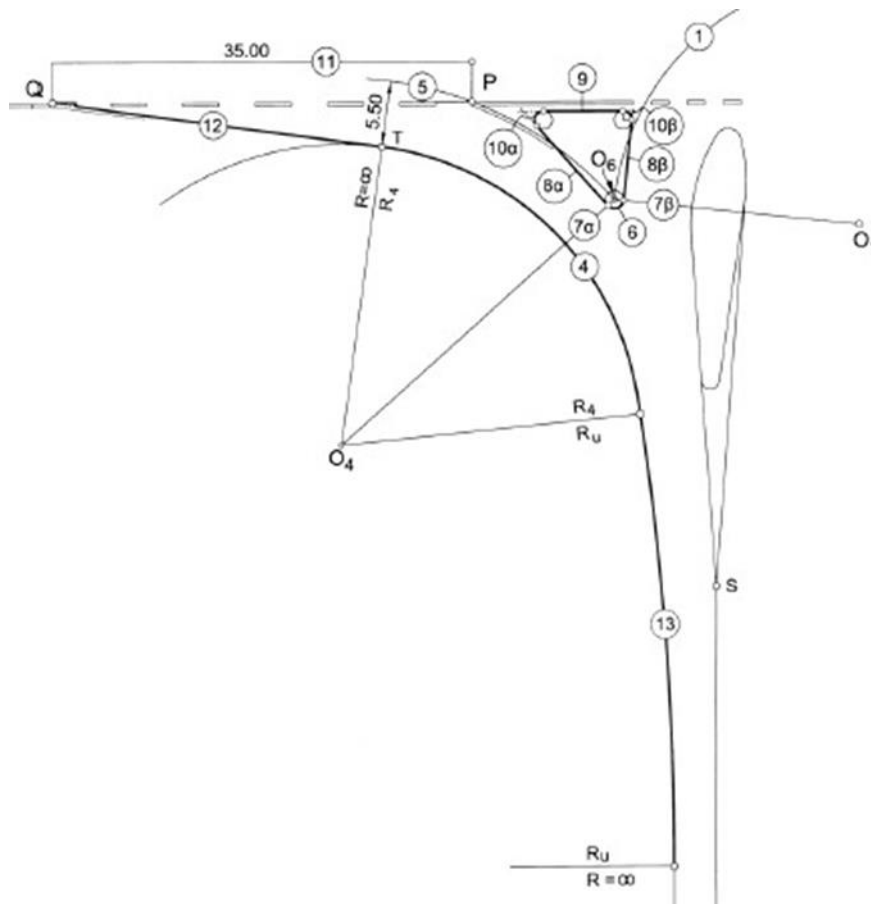
	RAS-K-1	RAL-2012
1	Χαράζεται κύκλος O1 για την αριστερή στρέφουσα κίνηση με $R1=R+6.5 \text{ m}$.	Χαράζεται κύκλος O1, κέντρου $M_{1,4}$ για την αριστερή στρέφουσα κίνηση με $R1=R+6.5 \text{ m}$.
2	Χαράζεται κύκλος O2 με κέντρο αυτό του κύκλου ουράς της σταγόνας με $R2=5.50+0.75=6.25\text{m}$.	Χαράζεται κύκλος O2 με κέντρο, το χαμηλότερο σημείο της ουράς της σταγόνας με $R2=5.50\text{m}$
3	Χαράζεται μια παράλληλη ευθεία στην οριογραμμή του κύριου οδοστρώματος σε απόσταση 3.50m έως 5,00m.	Χαράζεται μια παράλληλη ευθεία στην οριογραμμή του κύριου οδοστρώματος σε απόσταση 3,25m.
4	<p>Χαράζεται κοινή εφαπτομένη T1T2 των κύκλων O1O2 η οποία τέμνει την παράλληλη που χαράχθηκε στο προηγούμενο βήμα (S3) και την οριογραμμή O2 στο (S0).</p> <p>Προσδιορίζονται οι αποστάσεις S3T2, S0T2 και η ακτίνα R4:</p> $R4 = \begin{cases} 25 \text{ m}, & 100^\circ \leq \alpha \\ 0.25 \alpha \text{ m}, & 80^\circ \leq \alpha < 100^\circ \end{cases}$ $R4\alpha = \frac{S3T2}{\tan(\theta_2/2)}$ <p>Εάν $R4 \leq R4$, χαράζονται ένας κύκλος(4)εφαπτόμενος των (3) και (2) και κύκλος(13) εφαπτόμενος των (4) και O2 με $Ru=250\text{m}$.</p> <p>Αλλιώς υπολογίζεται η $Ru\alpha = \frac{S0T2}{\tan(\theta_1/2)}$</p> <p>Αν η $Ru\alpha \leq 250 \text{ m}$: (α)χαράζεται κύκλος (13) εφαπτόμενος των (2) και (ο2) με ακτίνα $Ru = 250 \text{ m}$. (β) χαράζεται κύκλος (4) εφαπτόμενος των (13) και (3) με ακτίνα R4. Αν $Ru\alpha > 250 \text{ m}$ τότε:</p>	<p>Προσαρμογή ενός κυκλικού τόξου για την δεξιά στρέφουσα κίνηση που εφάπτεται στον βοηθητικό κύκλο του βήματος (2) και της παράλληλης του βήματος (3).</p> <p>Η ακτίνα του τόξου είναι κατά βάση:</p> <p>για $\alpha < 80 \text{ gon}$ είναι 20m και</p> <p>για $\alpha > 100 \text{ gon}$ είναι 25 m , για γωνίες διασταυρώσεως .</p>

	(α) χαράζεται κύκλος (13) εφαπτόμενος των (2) και (α2) με ακτίνα $R_3 = R_{\alpha}$. (β) χαράζεται κύκλος (4) εφαπτόμενος των (13) και (3) με ακτίνα R_4 . (σχήμα)	
5	Χαράζεται κύκλος (5) που είναι ομόκεντρος με τον (4) και έχει ακτίνα μεγαλύτερη κατά 5.50 m, δηλαδή $R_5 = R_4 + 5.50$ m.	Κατασκευή ενός βοηθητικού κύκλου O5 γύρω από το κέντρο του κατασκευασμένου τόξου του βήματος (4). Μια ακτίνας $R=R_{\alpha}+5,50$ m+ 0,50 m. Το σημείο τομής του O5 με τον βοηθητικό κύκλο του βήματος (1) είναι το κέντρο για την στρογγύλευση (R=0,50m) της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας.
6	Εκεί που τέμνεται ο (1) με τον (5) είναι το κέντρο κύκλου O6 με $R=0.50$ m της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας.	Προσαρμογή κυκλικού τόξου R_6 στο τόξο του βήματος (4) και στην οριογραμμή της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο.
7	Σχεδιάζονται οι ευθείες (7α) και (7b) που ενώνουν το κέντρο της ακτίνας στρογγύλευσης της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας με τα κέντρα των βοηθητικών κύκλων (1) και (4).	Σχεδιάζονται οι ευθείες που ενώνουν το κέντρο της ακτίνας στρογγύλευσης της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας με τα κέντρα (Μικ) του βοηθητικού κύκλου (1) και του τόξου με κέντρο Μικ.
8	Σχεδιάζονται οι ευθείες (8α) και (8b) ως κάθετες στις δύο ευθείες του βήματος (7) στα σημεία τομής τους με τον κύκλο (6).	Διερεύνηση της παράπλευρης ακμής της τριγωνικής νησίδας ως κάθετη στις δύο ευθείες του βήματος(7). Γίνεται στρογγύλευση(R=0.50m) του κάτω άκρου της νησίδας που προκύπτει απ τις δυο κάθετες.
9	Σχεδιάζεται ευθεία παράλληλη στον άξονα της κύριας οδού σε απόσταση α από την εξωτερική παρειά της λωρίδας καθοδήγησης. Είναι :	Καθορισμός της άκρης της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή της κύριας οδού.
	$\alpha=0.50$ m σε οδούς των ομάδων κατηγοριών Α,Β χωρίς λωρίδες πολλαπλών χρήσεων και $\alpha=0.00$ m με λωρίδες πολλαπλών χρήσεων και στην κατηγορία C.	
10	Στρογγύλευση της μπροστινής κεφαλής που σχηματίστηκε μεταξύ των καθέτων του βήματος (7) και της παράλληλης ευθείας του βήματος (9).	Γίνεται Στρογγύλευση (R=0,50m) στις κεφαλές του τριγώνου που σχηματίστηκε μεταξύ των καθέτων του βήματος (8) και της άκρης της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή.
11	Καθορισμός του σημείου τομής P μεταξύ του βοηθητικού κύκλου του βήματος (5) και της οριογραμμής της κύριας οδού.	Καθορισμός του σημείου τομής P μεταξύ του βοηθητικού κύκλου του βήματος (5) και της οριογραμμής της κύριας οδού.
12	Απομάκρυνση του ανοίγματος εισόδου από το σημείο P με απόσταση 35 m επί της οριογραμμής της κύριας οδού, ορίζεται σημείο Q.	Απομάκρυνση του ανοίγματος εισόδου από το σημείο P με απόσταση 35 m επί της οριογραμμής της κύριας οδού, ορίζεται σημείο Q.
13	Σχεδιάζεται ευθεία που ενώνει το σημείο Q με τον κύκλο (4).	Ενώνεται το σημείο Q με το τόξο του βήματος (4) μέσα από μια ευθεία στη λωρίδα εξόδου και με την παράλληλη του βήματος (3) με εισαγωγή του στενέματος στην αρχή του ανοίγματος σε δεξιά στρεφόμενη λωρίδα.

Πίνακας 2.12: Σύγκριση βημάτων κατασκευής δεξιάς οριογραμμής με τριγωνική νησίδα και σφήνα εξόδου.



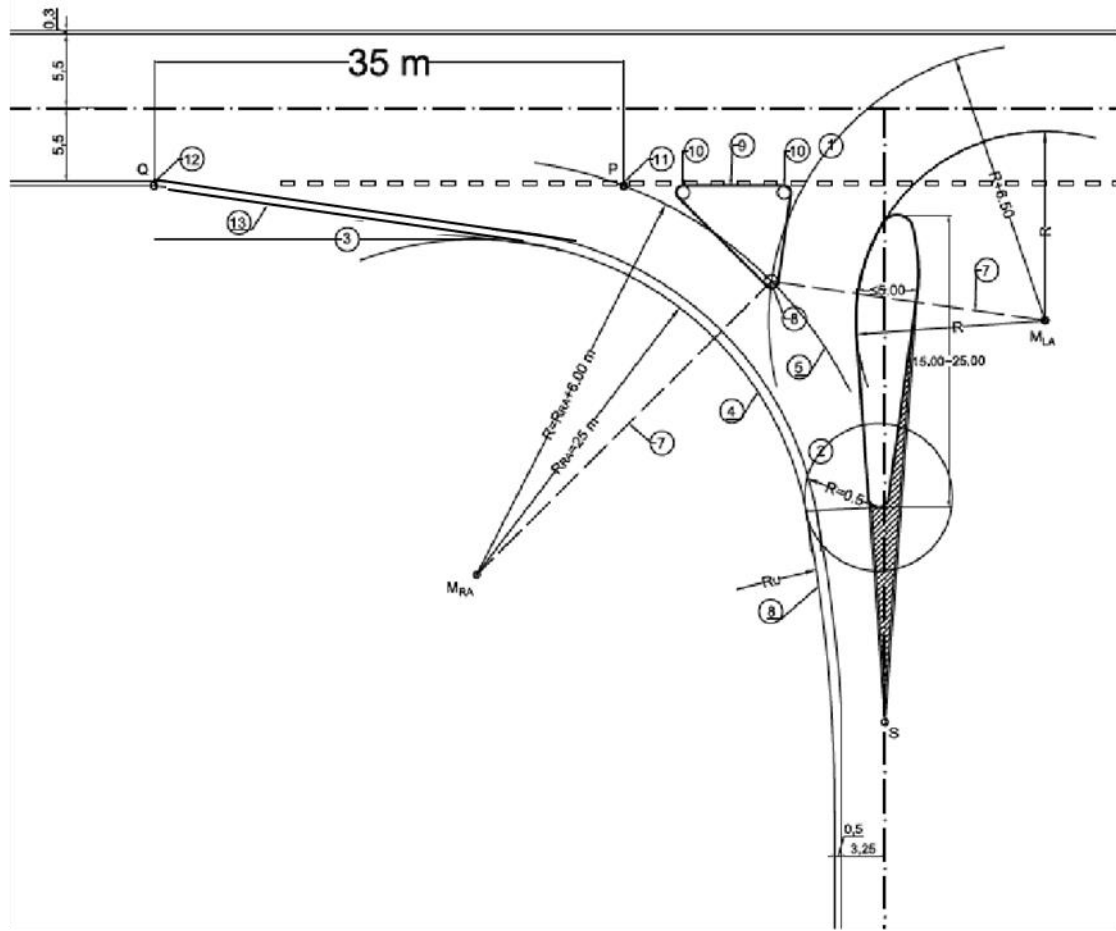
Σχήμα 2.22: Χάραξη δεξιάς οριογραμμής της λωρίδας εξόδου από την κύρια οδό (RAS-K-1).



Σχήμα 2.23: Χάραξη δεξιάς οριογραμμής της λωρίδας εξόδου από την κύρια οδό (RAS-K-1).

Παρατηρήσεις

- Η παρακάτω κατασκευή λαμβάνει χώρο σύμφωνα με τους RAL-2012 κατά κανόνα στους τύπους δεξιάς στροφής RA3, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, σε κόμβους χωρίς σύστημα φωτεινής σηματοδότησης. Δεν είναι κατάλληλος τύπος για ποδηλάτες και πεζούς. Η τελική στρογγύλευση πραγματοποιείται με κυκλικό τόξο, μια τριγωνική νησίδα και μια μεγάλη σαγόνα. Η ακτίνα του κυκλικού τόξου είναι 25 m και το πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ τελικής στρογγύλευσης και τριγωνικής νησίδας είναι 5,50 m.



Σχήμα 2.24: Κατασκευή δεξιάς οριογραμμής και τριγωνικής νησίδας με σφήνα εξόδου.

2.10 Κατασκευή δεξιάς οριογραμμής εξόδου και τριγωνικής νησίδας με λωρίδα επιβράδυνσης

Στην κατασκευή δεξιάς οριογραμμής εξόδου και τριγωνικής νησίδας με λωρίδα επιβράδυνσης, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις οδηγίες μεταξύ γερμανικών κανονισμών RAS-K-1 και RAL-2012. Αφού έχει προηγηθεί η σχεδίαση της μεγάλης σταγόνας, συνεχίζουμε στον σχεδιασμό της δεξιάς οριογραμμής εξόδου με τριγωνική νησίδα και λωρίδα επιβράδυνσης σύμφωνα με τις οδηγίες των RAL-2012.

- (1) Χαράζεται κύκλος O1 για την αριστερή στρέφουσα κίνηση με $R_1=R+6.5$ m.
- (2) Χαράζεται κύκλος O2 με κέντρο, το χαμηλότερο σημείο της ουράς της σταγόνας με $R_2=5.50$ m
- (3) Χαράζεται μια παράλληλη ευθεία στην οριογραμμή του κύριου οδοστρώματος σε απόσταση 3.25 m. (Στους RAS-K-1, η ευθεία χαράζεται σε απόσταση από 3.00 m έως 5.00 m)
- (4) Χαράζεται μια παράλληλη ευθεία (4) από την άκρη της οριογραμμής σε απόσταση η οποία έχει το επιθυμητό μήκος της άκρης της τριγωνικής νησίδας που βρίσκεται απέναντι απ τη σταγόνα. Αυτό το μήκος επιλέγεται ώστε η διάβαση πάνω απ τη δευτερεύουσα είσοδο στον

κόμβο να γίνεται σε σταθερή απόσταση με την οριογραμμή της κύριας οδού τόσο πάνω απ την τριγωνική νησίδα όσο και από την σταγόνα. Το σημείο της παράλληλης με τον κύκλο (1) μπορεί να είναι το σημείο κέντρου της ακτίνας στρογγύλευσης ($R=0,50\text{ m}$) της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας.

(5) Κατασκευή ενός βοηθητικού κύκλου O5 γύρω από το κέντρο που βρέθηκε στο Βήμα (4) με ακτίνα ίση με $R=5,50\text{ m}+0,50\text{ m}$.

(6) (α) Προσαρμογή του κυκλικού τόξου με επαναλαμβανόμενη ακτίνα (κέντρο MRA) ώστε να εφάπτεται στους κύκλους του βήματος (2) και (5) και στην παράλληλη στην οριογραμμή ευθεία του βήματος (3).

(β) Προσαρμογή ενός κατάλληλου κυκλικού τόξου R_u μεταξύ του τόξου του προηγούμενου βήματος και της οριογραμμής της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο.

(7) Σχεδιάζονται οι ευθείες που ενώνουν το κέντρο της ακτίνας στρογγύλευσης της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας με το κέντρο (MLA) του βοηθητικού κύκλου (1) και του τόξου με κέντρο MRA .

(8) Διερεύνηση της παράπλευρης ακμής της τριγωνικής νησίδας ως κάθετη στις δύο ευθείες του βήματος (7) και στρογγύλευση ($R=0.50\text{m}$) του κάτω άκρου της νησίδας που προκύπτει απ τις δυο κάθετες.

(9) Καθορισμός της άκρης της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή της κύριας οδού. (Στους RAS-K-1 , η άκρη της τριγωνικής νησίδας είναι ευθεία παράλληλη στον άξονα της κύριας οδού, σε απόσταση $\alpha=0,50\text{m}$ για υπεραστικές οδούς, από την εξωτερική παρειά της λωρίδας καθοδήγησης)

(10) Γίνεται στρογγύλευση ($R=0,50\text{m}$) στις κεφαλές του τριγώνου που σχηματίστηκε μεταξύ των καθέτων του βήματος (8) και της άκρης της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή.

(11) Καθορισμός του σημείου τομής μεταξύ του βοηθητικού κύκλου του βήματος (5) και της οριογραμμή της κυρίας οδού.

(12) Το σημείο Q που απέχει απόσταση ($l_v + l_z=110\text{ m}$) m από το σημείο P.

(13) Ενώνεται το σημείο Q με την παράλληλη του Βήματος (3) με λωρίδα επιβράδυνσης.

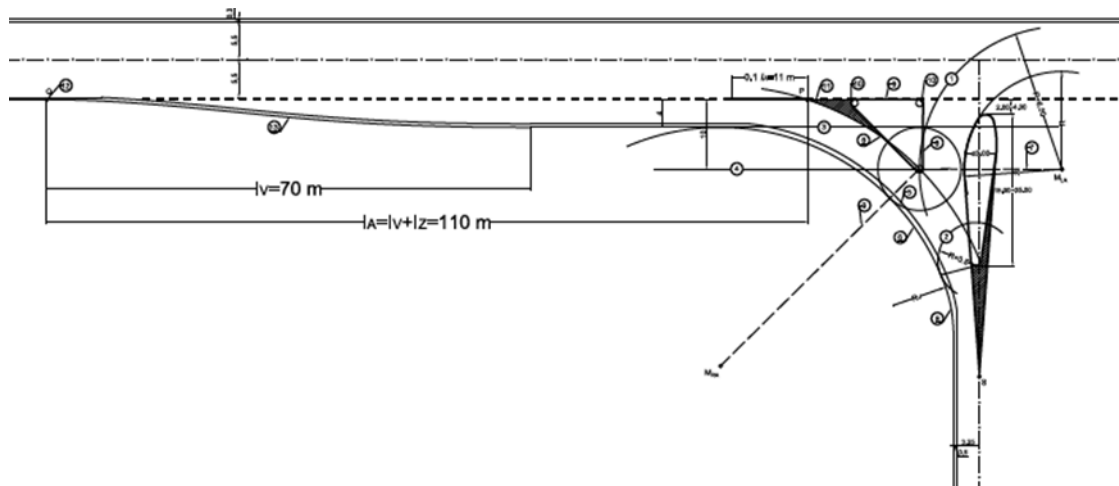
Παρατηρήσεις:

- Για την κατασκευή του σχήματος 7.6, για την χάραξη της παράλληλης ευθείας του βήματος (4), εκλέγεται αυθαίρετα μήκος 10 m.

- Η παρακάτω κατασκευή λαμβάνει χώρο σύμφωνα με τους RAL-2012 κατά κανόνα στους τύπους δεξιάς στροφής RA1, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, σε ισόπεδους κόμβους με σύστημα φωτεινής σηματοδότησης. Αυτός ο τύπος επιτρέπει την κυκλοφορία των πεζών και ποδηλατών. Η στρογγύλευση των γωνιών πραγματοποιείται με απλό κυκλικό τόξο, η ακτίνα του οποίου προκύπτει απ τις υπάρχουσες γεωμετρικές συνθήκες, με τριγωνική νησίδα και μεγάλη σταγόνα.

- Στο βήμα (8), στους ισόπεδους τετρασκελείς κόμβους, πρέπει η τριγωνική πλευρά που αρμόζει στην σταγόνα να προσαρμοστεί στην διασταυρούμενη πορεία. Εάν προκύψουν μήκη

ακμών πάνω από περίπου 8m – 10 m, τότε μπορεί να είναι καταλληλότερο, η πλευρά της δεξιά στρεφόμενης διεύθυνσης της τριγωνικής νησίδας να εκτελεστεί ως παράλληλη στην οριογραμμή των δεξιά στρεφόμενων σε απόσταση 5,50m.



Σχήμα 2.25: Κατασκευή δεξιάς οριογραμμής εξόδου και τριγωνικής νησίδας με λωρίδα επιβράδυνσης.

2.11 Σύγκριση χάραξης δεξιάς οριογραμμής εξόδου με λωρίδα επιβράδυνσης και σφήνας εξόδου κατά RAL-2012

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται σύγκριση των βημάτων χάραξης δεξιάς οριογραμμής εξόδου με λωρίδα επιβράδυνσης και σφήνα εξόδου σύμφωνα με τις οδηγίες των γερμανικών κανονισμών RAL-2012.

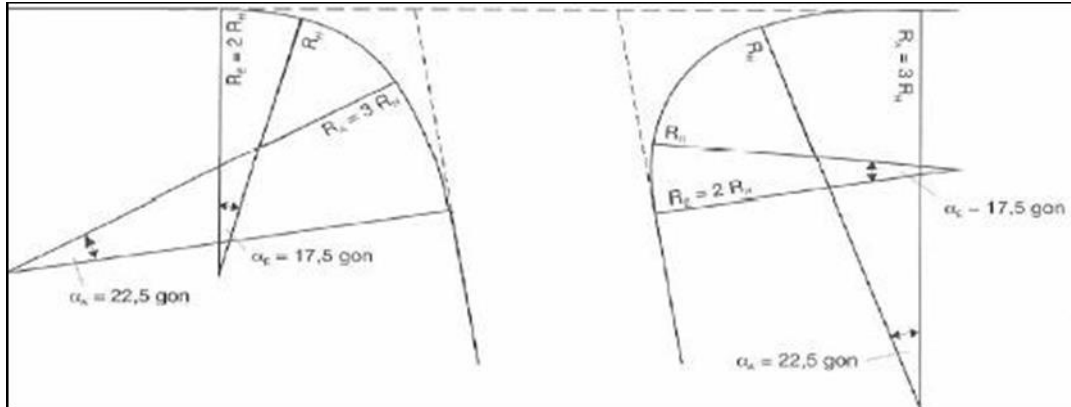
	Με λωρίδα επιβράδυνσης	Με σφήνα εξόδου
1	Χαράζεται κύκλος O1 για την αριστερή στρέφουσα κίνηση με $R1=R+6.5\text{ m}$.	Χαράζεται κύκλος O1 για την αριστερή στρέφουσα κίνηση με $R1=R+6.5\text{ m}$.
2	Χαράζεται κύκλος O2 με κέντρο, το χαμηλότερο σημείο της ουράς της σταγόνας με $R2=5.50\text{m}$	Χαράζεται κύκλος O2 με κέντρο, το χαμηλότερο σημείο της ουράς της σταγόνας με $R2=5.50\text{m}$.
3	Χαράζεται μια παράλληλη ευθεία στην οριογραμμή του κύριου οδοστρώματος σε απόσταση 3.25m.	Χαράζεται μια παράλληλη ευθεία στην οριογραμμή του κύριου οδοστρώματος σε απόσταση 3.25m.
4	<p>Χαράζεται μια παράλληλη ευθεία (4) από την άκρη της οριογραμμής σε απόσταση η οποία έχει το επιθυμητό μήκος της άκρης της τριγωνικής νησίδας που βρίσκεται απέναντα απ τη σταγόνα. Αυτό το μήκος επιλέγεται ώστε η διάβαση πάνω απ τη δευτερεύουσα είσοδο στον κόμβο να γίνεται σε σταθερή απόσταση με την οριογραμμή της κύριας οδού τόσο πάνω απ την τριγωνική νησίδα όσο και από την σταγόνα.</p> <p>Το σημείο της παράλληλης με τον κύκλο (1) μπορεί να είναι το σημείο κέντρου της ακτίνας στρογγύλευσης ($R=0,50\text{ m}$) της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας.</p>	<p>Προσαρμογή ενός κυκλικού τόξου για την δεξιά στρέφουσα κίνηση που εφάπτεται στον βοηθητικό κύκλο του Βήματος (2) και της παράλληλης του Βήματος (3).</p> <p>Η ακτίνα του τόξου είναι κατά βάση:</p> <p>για $\alpha < 80\text{ gon}$ είναι 20m και</p> <p>για $\alpha > 100\text{ gon}$ είναι 25 m , για γωνίες διασταυρώσεως .</p>

5	Κατασκευή ενός βοηθητικού κύκλου O5 γύρω από το κέντρο που βρέθηκε στο Βήμα (4) με ακτίνα ίση με $R= 5,50 \text{ m}+ 0,50 \text{ m}$.	Κατασκευή ενός βοηθητικού κύκλου O5 γύρω από το κέντρο του κατασκευασμένου τόξου του Βήματος (4) με ακτίνα ίση με $R=R_{\text{β}}+ 5,50 \text{ m}+ 0,50 \text{ m}$. Το σημείο τομής του O5 με τον βοηθητικό κύκλο του Βήματος (1) είναι το κέντρο για την στρογγύλευση ($R=0,50\text{m}$) της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας.
6	α) Προσαρμογή του κυκλικού τόξου με επαναλαμβανόμενη ακτίνα ώστε να εφάπτεται τους κύκλους του βήματος (2 και (5) και την παράλληλη στην οριογραμμή ευθεία του βήματος (3). β) Προσαρμογή ενός κατάλληλου κυκλικού τόξου R_{u} μεταξύ του τόξου του προηγούμενου βήματος και της οριογραμμής της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο.	Προσαρμογή κυκλικού τόξου R_{u} στο τόξο του βήματος (4) και στην οριογραμμή της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο.
7	Σχεδιάζονται οι ευθείες που ενώνουν το κέντρο της ακτίνας στρογγύλευσης της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας με το κέντρο($M_{\text{κλ}}$) του βοηθητικού κύκλου (1) και του τόξου με κέντρο $M_{\text{κλ}}$.	Σχεδιάζονται οι ευθείες που ενώνουν το κέντρο της ακτίνας στρογγύλευσης της κάτω κεφαλής της τριγωνικής νησίδας με το κέντρο($M_{\text{κλ}}$) του βοηθητικού κύκλου (1) και του τόξου με κέντρο $M_{\text{κλ}}$.
8	Διερεύνηση της παράπλευρης ακμής της τριγωνικής νησίδας ως κάθετη στις δύο ευθείες του βήματος(7) και στρογγύλευση ($R=0,50\text{m}$)του κάτω άκρου της νησίδας που προκύπτει απ τις δυο κάθετες.	Διερεύνηση της παράπλευρης ακμής της τριγωνικής νησίδας ως κάθετη στις δύο ευθείες του βήματος (7) και στρογγύλευση ($R=0,50\text{m}$) του κάτω άκρου της νησίδας που προκύπτει απ τις δυο κάθετες.
9	Καθορισμός της άκρης της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή της κύριας οδού.	Καθορισμός της άκρης της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή της κύριας οδού.
10	Γίνεται στρογγύλευση ($R=0,50\text{m}$) στις κεφαλές του τριγώνου που σχηματίστηκε μεταξύ των καθέτων του βήματος (8) και της άκρης της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή.	Γίνεται στρογγύλευση ($R=0,50\text{m}$) στις κεφαλές του τριγώνου που σχηματίστηκε μεταξύ των καθέτων του βήματος (8) και της άκρης της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή.
11	Καθορισμός του σημείου τομής P μεταξύ του βοηθητικού κύκλου του βήματος (5) και της οριογραμμής της κύριας οδού.	Καθορισμός του σημείου τομής P μεταξύ του βοηθητικού κύκλου του βήματος (5) και της οριογραμμής της κύριας οδού.
12	Το σημείο Q που απέχει απόσταση($l_{\text{v}} + l_{\text{z}}$) m από το σημείο P.	Απομάκρυνση του ανοίγματος εισόδου από το σημείο P με απόσταση 35 m επί της οριογραμμής της κύριας οδού, ορίζεται σημείο Q.
13	Ενώνεται το σημείο Q με την παράλληλη του βήματος (3) με λωρίδα επιβράδυνσης.	Ενώνεται το σημείο Q με το τόξο του βήματος (4) μέσα από μια ευθεία στη λωρίδα εξόδου και με την παράλληλη του βήματος (3) με εισαγωγή του στενέματος στην αρχή του ανοίγματος σε δεξιά στρεφόμενη λωρίδα.

Πίνακας 2.13: σύγκριση βημάτων κατασκευής δεξιάς οριογραμμής εξόδου κατά RAL-2012 με λωρίδα επιβράδυνσης και σφήνα εξόδου.

2.12 Συναρμογή οριογραμμών

Η συναρμογή οριογραμμών πραγματοποιείται με την χάραξη της τρίτοξης καμπύλης. Η μέθοδος αυτή προσαρμόζει καλύτερα το ίχνος του οχήματος στην οδό και βελτιώνει την ποιότητα, αφού μειώνεται η έκταση που καταλαμβάνεται από το όχημα κατά την στροφή του. Τα οχήματα κατά την στρέφουσα κίνηση πρέπει να μην χρησιμοποιούν την αντίθετη λωρίδα κατεύθυνσης. Αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας κατάλληλο κυκλικό τόξο RH.



Σχήμα 2.26 : Στρογγύλευση με τρίτοξο.

Η αλληλουχία ακτινών του τριτόξου είναι:

$RE : RH : RA = 2 : 1 : 3$, όπου RE [m] = κυκλικό τόξο αρχής

RH [m] = κεντρικό κυκλικό τόξο

RA [m] = κυκλικό τόξο πέρατος

Το κυκλικό τόξο πέρατος RA και το κυκλικό τόξο αρχής RE έχουν σταθερές επίκεντρες γωνίες ($\alpha_E = 17,5$ gon και $\alpha_A = 22,5$ gon).

Οι γερμανικοί κανονισμοί RAS-K-1 αναφέρουν πως στην περίπτωση που η κίνηση εξυπηρετεί σχεδόν αποκλειστικά ΙΧ, ενδεικτικές τιμές για τις ακτίνες είναι $RE=16m$, $RH=8m$, $RA=24m$. Αντίστοιχα, αν η κίνηση εξυπηρετεί σημαντικό ποσοστό βαρέων οχημάτων, τότε οι ακόλουθες τιμές που χρησιμοποιούνται είναι $RE=20m$, $RH=10m$ και $RA=30m$.

Οι RAL-2012 για τους κόμβους με γωνία τομής 100 gon και μια διαχωριστική νησίδα προτείνουν για το κεντρικό κυκλικό τόξο RH , για τους τύπους δεξιάς στροφής $RA2$, $RA4$ και $RA5$ η τιμή να είναι 15 m και για τους τύπους εισόδου $KE1$, $KE2$, $KE3$, $KE4$ και $KE5$ 12m. Για τον τύπο δεξιάς στροφής $RA6$ προτείνεται το κεντρικό κυκλικό τόξο RH να είναι 12 m και για τον τύπο $KE6$ 10 m.

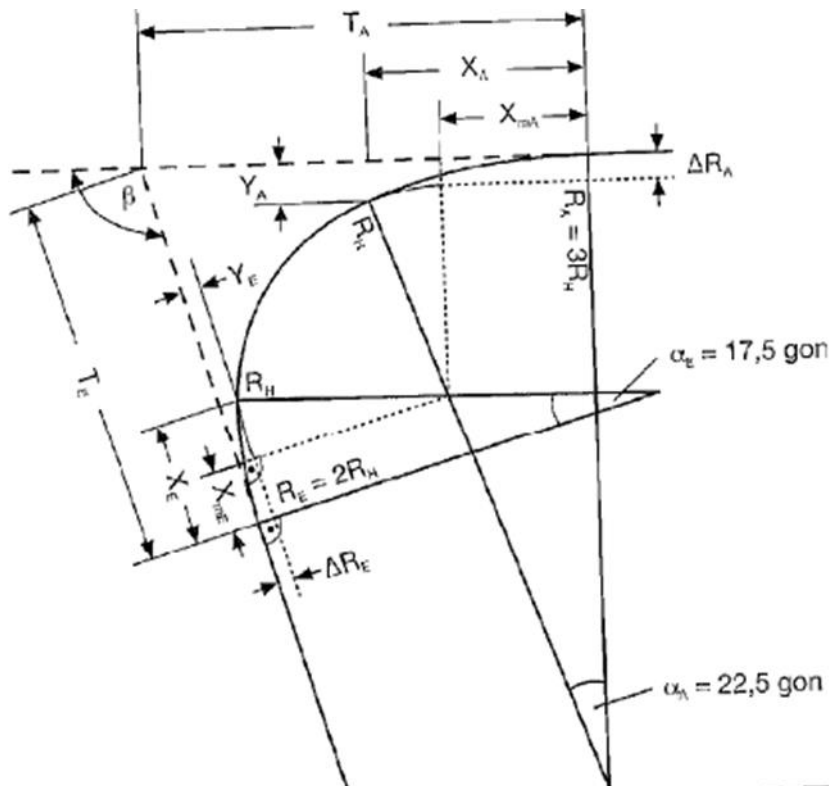
Όπως στους RAS-K-1, έτσι και στους RAL, αναφέρεται πως σε περιπτώσεις όπου υπάρχει χαμηλή κυκλοφορία, η οποία αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ΙΧ μπορεί να γίνει συναρμογή με απλό κυκλικό τόξο, σύμφωνα με τις τιμές που φαίνονται στο παρακάτω πίνακα.

a(grad)	Ακτίνα κυκλικού τόξου R(m)
80	20
100	25
120	25

Πίνακας 2.14: Ακτίνα κυκλικού τόξου ανάλογα με τη γωνία στην περίπτωση καμπύλης στρογγύλευσης απλού κυκλικού τόξου (RAS-K-1).

Σημειώνεται πως ενδιάμεσες τιμές μπορούν να παρθούν με παρεμβολή και ότι από τα μεγέθη αυτά προκύπτει μια ελαχίστου μεγέθους τριγωνική νησίδα.

Τέλος, όσον αφορά το πλάτος της οδού μεταξύ στρογγυλεμένης οριογραμμής και σταγόνας, πρέπει να είναι τουλάχιστον 4,50 m. Εάν ξεπερνάται αυτή η τιμή, θα πρέπει να ελέγχεται εάν με ακτίνα $R_H < 15$ m είναι δυνατή μια ασφαλής προσέγγιση.



Σχήμα 2.27: χάραξη τρίτοξης καμπύλης.

Ισχύουν οι σχέσεις:			
$R_E : R_H : R_A = 2 : 1 : 3$			
$\Delta R_E = R_H \cdot 0,0375$	$Y_E = R_H \cdot 0,0750$	$X_{ME} = R_H \cdot 0,2714$	$X_E = R_H \cdot 0,5428$
$\Delta R_A = R_H \cdot 0,1236$	$Y_A = R_H \cdot 0,1854$	$X_{Ma} = R_H \cdot 0,6922$	$X_A = R_H \cdot 1,0383$

$$TE = R_H \cdot [0,2714 + 1,0375 \tan(\beta/2) + (0,0861/\sin\beta)]$$

$$TA = R_H \cdot [0,6922 + 1,1236 \tan(\beta/2) - (0,0861/\sin\beta)]$$

2.13 Βαρέα οχήματα

Η παροχή αποδοτικής, ευέλικτης και ασφαλούς υποδομής μεταφορών (οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου, λιμανιών, αεροδρομίων, εμπορευματικών κέντρων) και η ανάπτυξη των κατάλληλων μεταφορικών μέσων για την μεταφορά προϊόντων και επιβατών αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την οικονομική ανάπτυξη κάθε χώρας. Τα μεταφορικά δίκτυα δίδουν ώθηση στην ελεύθερη διακίνηση προσώπων και εμπορευμάτων όπως και στο εμπόριο αγαθών και υπηρεσιών. Αυξάνουν την παραγωγικότητα και ανταγωνιστικότητα των οικονομικών δραστηριοτήτων και επομένως τις αναπτυξιακές προοπτικές των περιφερειών και της χώρας ως σύνολο. Συγκεκριμένα ο κλάδος των οδικών εμπορευματικών μεταφορών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ελληνική οικονομία, λόγω αφενός της συμβολής του στις μεταφορές και την ανάπτυξη αυτής της οικονομίας και αφετέρου λόγω της γεωγραφικής θέσεως της χώρας που την καθιστά βασικό συνδετικό κρίκο της Βόρειας Ευρώπης με τις χώρες της ΝΑ Ευρώπης, της Ασίας και της Ανατολικής Μεσογείου. Οι οδικές εμπορευματικές μεταφορές γενικού φορτίου στον Ελλαδικό χώρο πραγματοποιούνται κυρίως με βαρέα οχήματα.

Τα βαρέα οχήματα χωρίζονται σε φορτηγά, ρυμουλκά, ρυμουλκούμενα, ημι-ρυμουλκούμενα και συνδυασμούς αυτών. Ρυμουλκούμενο ονομάζεται το όχημα που δεν διαθέτει δικό του κινητήρα. Μπορεί να μετακινείται μόνον εφόσον σύρεται από άλλο μηχανοκίνητο όχημα. Συνήθως διαθέτει 2 ή 3 άξονες. Ο εμπρόσθιος των οποίων είναι ο διευθυντήριος.

Το φορτηγό όχημα οδικός συρμός ('road train') είναι ο συνδυασμός ενός ρυμουλκού (ελκυστήρα ή τράκτορα) και ενός ή παραπάνω ρυμουλκούμενων. Η σύνδεση επιτυγχάνεται με την ένωση του 'κοτσαδόρου' του ρυμουλκού με το 'μάτι' του ρυμού έλξεως του ρυμουλκούμενου. Τα οχήματα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους και κινούνται ως μία μονάδα.



Εικόνα 2.7 Φορτηγό όχημα οδικός Συρμός.

Το αρθρωτό όχημα ('Articulated truck') είναι ο συνδυασμός ενός ρυμουλκού (ελκυστήρα ή τράκτορα) και ενός ημι-ρυμουλκούμενου. Η σύνδεση πραγματοποιείται με την ένωση της πλάκας επικαθήσεως του ρυμουλκού και του πύρου έλξεως του ημι-ρυμουλκούμενου.



Εικόνα 2.8 Αρθρωτό φορτηγό όχημα.

Ο ελιγμός των συμπαγών οχημάτων προσδιορίζεται με ακρίβεια με χρήση απλών γεωμετρικών σχέσεων, καθότι ανάλογα της γωνίας αλλαγής διεύθυνσης του οχήματος μπορεί να προσδιοριστεί η ακτίνα (R) του κυκλικού τόξου των ιχνών στροφής των τροχών κατά τον ελιγμό. Τα κρίσιμα μεγέθη και διαστάσεις των συμπαγών οχημάτων που επηρεάζουν την διαμόρφωση του καμπύλου τμήματος στροφής σε οδικό δίκτυο είναι τα εξής:

Τύπος οχήματος

Μήκος μεταξονίου= Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των αξόνων των εμπρόσθιων και οπίσθιων τροχών

Πλάτος οχήματος/Μήκος μετατροχίου= Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των δύο εμπρόσθιων ή των δύο οπίσθιων τροχών. Για την ευκολία των υπολογισμών σαν μήκος μετατροχίου συνήθως λαμβάνεται το πλάτος του οχήματος.

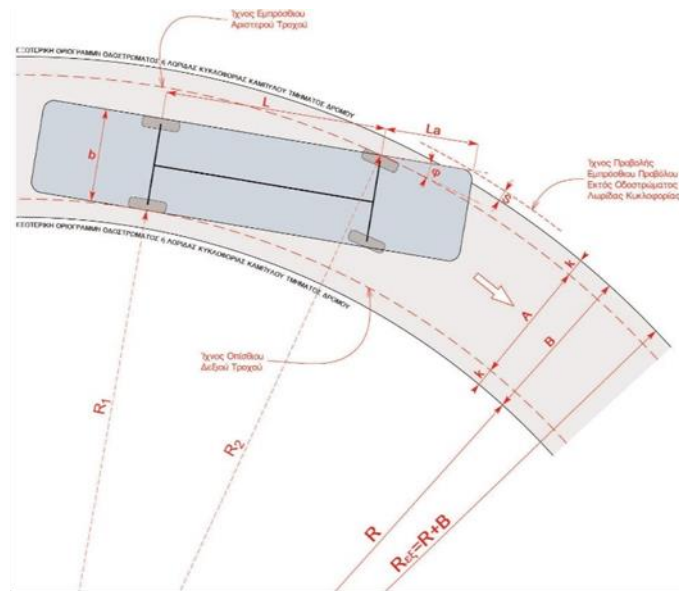
Μήκος εμπρόσθιου (και οπίσθιου) προβόλου αμαξώματος:

Η οριζόντια απόσταση μεταξύ της εμπρόσθιας ακρότατης ακμής του αμαξώματος και του άξονα των εμπρόσθιων τροχών (το μήκος που προβάλλεται το εμπρόσθιο τμήμα του οχήματος μπροστά από τον άξονα των εμπρόσθιων τροχών).

Γωνία αλλαγής διεύθυνσης:

Η γωνία αλλαγής διεύθυνσης των τροχών του οχήματος η οποία καθορίζει την απαιτούμενη ακτίνα του καμπύλου τμήματος του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας.

Τέλος, ένα πρόσθετο μέγεθος σχεδιασμού το οποίο επηρεάζει άμεσα την διαστασιολόγηση των στοιχείων του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας είναι ο καθορισμός της απόστασης που θα απέχουν οι πλευρές(δεξιά και αριστερά) οχήματος από τις οριογραμμές του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας, αυτό που αναφέρουμε στη συνέχεια ως περιθώριο ασφαλείας.



Εκ του σχήματος προκύπτει :

$$R_1 = R + k$$

$$R_2 = \sqrt{(R_1 + b)^2 + L^2} = \sqrt{(R + k + b)^2 + L^2}$$

$$A = R_2 + R_1 = \sqrt{(R + k + b)^2 + L^2} + (R + k)$$

$$B = A + 2k$$

$$R_{εξ} = R + B$$

$$S \approx \frac{La \cdot L}{R + k + A} - k$$

$$R_{min} = k + L \sin \varphi - b$$

Εικόνα 2.8 Διαμόρφωση καμπύλου τμήματος σε διασταύρωση μονόδρομου με μία λωρίδα κυκλοφορίας.

Τα στοιχεία που ανέφερα καθορίζουν τους ελιγμούς και των φορτηγών οχημάτων και όταν αυτά είναι συμπαγή οι σχέσεις που παρατίθενται στην εικόνα ισχύουν στο ακέραιο, όμως για συστήματα ρυμουλκού- ρυμουλκούμενου εμφανίζεται το φαινόμενο της απόκλισης μεταξύ των ιχνών στροφής των τροχών του οχήματος για τον οποίο εντοπίζονται δυσκολίες στην ακριβή προσέγγιση του. Συνεπώς αν ο τύπος οχήματος περιλαμβάνει άρθρωση ('κοτσαδόρο'), ο ελιγμός δυσκολεύει. Όσο πιο μεγάλη είναι η καμπυλότητα (κλειστή στροφή) τόσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια που σαρώνει ένα φορτηγό στο πέρασμα του, ενώ το τόξο που διαγράφει το ρυμουλκούμενο είναι μικρότερο εκείνου που διαγράφει το ρυμουλκό. Γι' αυτό χρειάζεται πρώτον μικρή ταχύτητα, δεύτερον όχι απότομοι χειρισμοί και τρίτον πέδηση πριν από τις στροφές και όχι επάνω στις στροφές. Σε κανονικές συνθήκες κυκλοφορίας ο οδηγός του πρέπει να οδηγεί το όχημα κοντά στο δεξιό άκρο του δρόμου. Εάν όμως πρόκειται σε κάποια διασταύρωση να στρίψει δεξιά, είναι απαραίτητο λόγω διαστάσεων του οχήματος να το μετακινήσει, λίγο πριν από την στροφή ελαφρά προς τα αριστερά, ώστε να πραγματοποιήσει τον ελιγμό χωρίς να ανέβει στο πεζοδρόμιο και χωρίς να εισέλθει στο αντίθετο ρεύμα. Η μετατόπιση προς τα αριστερά πρέπει να είναι η ελάχιστη αναγκαία, ώστε να μην δημιουργηθούν επικίνδυνες καταστάσεις για την ομαλή κυκλοφορία των οχημάτων που κινούνται στο ίδιο ή το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Ανάλογες δυσκολίες και ιδιομορφίες παρουσιάζονται και στις στροφές προς τα αριστερά. Στην περίπτωση του αρθρωτού οχήματος ή συρμού, όταν γίνει απότομο φρενάρισμα επάνω στη στροφή ή σε βρεγμένο δρόμο ή όταν υπάρχουν άλλες δυσμενείς καιρικές συνθήκες στο οδικό περιβάλλον ή όταν το όχημα είναι υπέρβαρο, τότε είναι μεγαλύτερος ο κίνδυνος να 'διπλώσει' το όχημα. Συνεπώς κρίσιμοι παράγοντες που καθορίζουν τους ελιγμούς και κατ' επέκταση την επιφάνεια που καταλαμβάνει ένα φορτηγό όχημα στο οδόστρωμα κατά τον ελιγμού του είναι ο τύπος οχήματος, η γωνία αλλαγής διεύθυνσης οι οποίες καθορίζουν την απόκλιση μεταξύ των ιχνών στροφής κατευθυντήριου, πρόσθιου και οπίσθιου άξονα ρυμουλκούμενου και οι προβολές (πρόσθια και οπίσθια) του αμαξώματος του οχήματος. Λιγότερο σημαντικοί παράγοντες αποτελούν επίσης η απόσταση πέδησης, το μήκος ορατότητας, τα χαρακτηριστικά της επιτάχυνσης και η διατήρηση σταθερής ταχύτητας.

1) Τύπος οχήματος

Η ισχύουσα νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζει την τυποποίηση των οχημάτων που επιτρέπεται να κυκλοφορούν στους δρόμους της ως εξής:

-Βαρύ όχημα, με μικτό βάρος >3,5 tn , Οχήματα με βάρος 7,5 και 12 tn, που αποτελούν και βαθμίδες για δίπλωμα οδήγησης, Βαρύ φορτηγό, κάθε όχημα με βάρος μεγαλύτερο των 16 tn., όριο για όχημα χωρίς ρυμουλκούμενο 25/26tn, όχημα με λιγότερους από 5 άξονες 36tn, για όχημα με 5 ή παραπάνω άξονες 44tn. Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καθορίζεται από τη διάταξη που ακολουθείται, δηλαδή την ύπαρξη ή όχι ρυμουλκούμενου.

Συμπαγές όχημα: μήκος έως 12 μέτρα

Αρθρωτό όχημα με ένα ρυμουλκούμενο: μήκος έως 16,5 μέτρα, με μήκος ρυμουλκούμενου έως 13,6 μέτρα

Οδικός συρμός με δύο ρυμουλκούμενα: συνολικό μήκος 18,75 μέτρα, με ρυμουλκούμενα μήκους έως 7,8 μέτρα έκαστο.

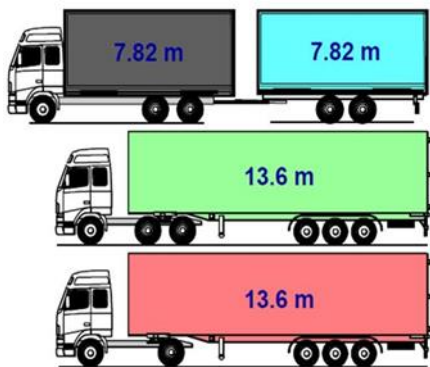
Η σχέση των αξόνων με το βάρος του οχήματος για νόμιμα φορτηγά εντός της ΕΕ είναι η εξής:

Όχημα 2 αξόνων: μικτό βάρος έως 18 tn,

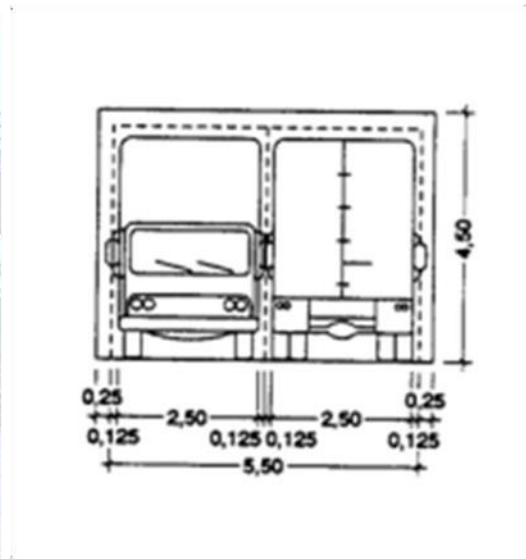
Όχημα 3 αξόνων: έως 26 tn

Όχημα με ρυμουλκούμενο έως 4 αξόνων: έως 36 tn

Όχημα με ρυμουλκούμενο 5 ή παραπάνω αξόνων: έως 44 tn .



Εικόνα 2.9 Διαστάσεις φορτηγών οχημάτων σχεδιασμού Ευρωπαϊκής νομοθεσίας.



Εικόνα 2.10 Ύψος και πλάτος φορτηγών οχημάτων.

Στον υπόλοιπο κόσμο οι νομοθετικές διατάξεις για το μήκος οχήματος ποικίλλουν. Στην Βόρεια Αμερική το συνηθέστερο μήκος οχήματος είναι 21,055μ (αρθρωτό), στην Νότια Αφρική και στην Βραζιλία 22,00μ και 19,80μ (Συρμός) αντίστοιχα, ενώ στην Σκανδιναβία συνηθέστερο όχημα (και μέγιστου μήκους) έχει μήκος 25,25μ (Συρμός).

2.14 AutoTURN Pro

Το AutoTURN Pro είναι ένα καινοτόμο εργαλείο για την εκτέλεση υπολογισμών και αναλύσεων της κίνησης οχημάτων σε συγκεκριμένη διαδρομή η οποία περιλαμβάνει στροφές, με αποτέλεσμα το όχημα να κάνει ελιγμούς. Μέσω της τεχνολογίας Swept Path 2.0 η ανάλυση της κίνησης μετατρέπεται από έναν απλό αυτοματισμό σε μία 3D εξελιγμένη ανάλυση. Για το σχεδιασμό της κίνησης, το AutoTURN Pro διαθέτει βιβλιοθήκη η οποία περιλαμβάνει πάνω από 1300+ κανονιστικά πρότυπα οχήματα (π.χ trailers, πυροσβεστικά οχήματα, απορριμματοφόρα, γερανούς για κατασκευές, λεωφορεία, λιμουζίνες κ.α) και πάνω από 700+ οχήματα κατασκευαστών. Ενσωματώνοντας την αξιόπιστη μηχανή AutoTURN μαζί με την κατοχυρωμένη πατέντα που αφορά την τεχνολογία αυτόματης δημιουργίας διαδρομών με το IntelliPath™ και την γεννήτρια τρισδιάστατης περιβάλλουσας οχημάτων, οι επαγγελματίες μηχανικοί, αρχιτέκτονες και σχεδιαστές, μπορούν να αναλύσουν τα σχέδια τους καθώς αξιολογούν την κυκλοφορία των οχημάτων ή καθώς ελέγχουν τις αποστάσεις από το έδαφος.

Το AutoTURN®Pro γενικότερα έχει αναπτυχθεί με σκοπό να βοηθήσει τους μελετητές να ολοκληρώσουν σύνθετα έργα στα οποία αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις στο σχεδιασμό, παρέχοντας τους εργαλεία με τα οποία κάθε τροποποίηση:

Ενημερώνει ταχύτητα το συνολικό σχεδιασμό

Βελτιστοποιείται ο σχεδιασμός με ειδικές αναλύσεις και εξελιγμένη παρουσίαση

Εξοικονομείται χρόνος με την εφαρμογή πολλαπλών σεναρίων για ασφαλείς λύσεις

Αντιμετωπίζονται θέματα του σχεδιασμού που σε ένα 2D σχέδιο δεν ανιχνεύονται καθώς στον 3D σχεδιασμό ενσωματώνονται τα υψόμετρα του εδάφους, τα διάφορα εμπόδια και τα δεδομένα για τις αποστάσεις των οχημάτων, όλα μαζί σε ένα σχέδιο για το σύνολο του έργου.

Με την χρήση της τεχνολογίας BIM (Building Information Modeling) και του VDC (Virtual Design and Construction) στην σημερινή εποχή της βιομηχανίας και της κατασκευής, όλο και περισσότεροι μηχανικοί υιοθετούν αυτές τις αρχές και τις εντάσσουν στην καθημερινότητα του με σκοπό να σχεδιάζουν και να ολοκληρώνουν κάθε μελέτη σε ένα τρισδιάστατο χώρο ο οποίος τους παρέχει εργαλεία για ολοκληρωμένες παρουσιάσεις με οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και με μεγάλη λεπτομέρεια. Το AutoTURN® Pro αναπτύχθηκε ακριβώς για το σκοπό αυτό και πάνω σε αυτές τις αρχές, προσφέροντας στους χρήστες εξειδικευμένες λύσεις σχεδιασμού και ανάλυσης της προσομοίωσης της κίνησης των οχημάτων σε ένα 3D CAD περιβάλλον.

Οι μελετητές μπορούν να κάνουν διάφορες προσαρμογές στις διαδρομές των οχημάτων μέσω του χειρισμού των σημείων κατά μήκος της κίνησης του οχήματος. επιτρέποντας την εύρεση της τέλει θέσης του οχήματος.

Ταχύς σχεδιασμός S-Καμπύλων και ελιγμών κατεύθυνσης έχοντας μία αρχική προεπισκόπηση της επόμενης αριστερής ή δεξιάς στροφής στην προσομοίωση της κίνησης του οχήματος, με βάση την ελάχιστη ακτίνα στροφής και την καθορισμένη τρέχουσα ταχύτητα.

Στο AutoTURN γίνεται έλεγχος του προσομοιώματος για την επιβεβαίωση των βασικών παραμέτρων (κλίση των ελαστικών, ταχύτητα, προσέγγιση αντικειμένων και άλλων οχημάτων) και για το αν ικανοποιούνται τα κριτήρια σχεδιασμού. Αυτή η λειτουργία προστατεύει τον χρήστη από μη ρεαλιστικούς σχεδιασμούς που μπορεί ο ίδιος να δημιουργήσει, όπως για παράδειγμα στις περιπτώσεις οχημάτων που στρίβουν με ιδιαίτερα μικρές ή μεγάλες ταχύτητες και υπάρχει ολίσθηση των τροχών.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να εφαρμόσει σχήματα υπερμεγεθών φορτίων με την μορφή 2D κλειστών πολυγραμμών σε κάθε τμήμα του οχήματος. Με βάση τα επιμέρους σχήματα παράγονται οι 2D ή 3D περιβάλλουσες για να υπολογιστεί αν υπάρχει επαρκής απόσταση του υπερμεγέθους φορτίου κατά μήκος της διαδρομής.

3. Εφαρμογή μεθοδολογίας-Αποτελέσματα.

3.1 Εισαγωγή

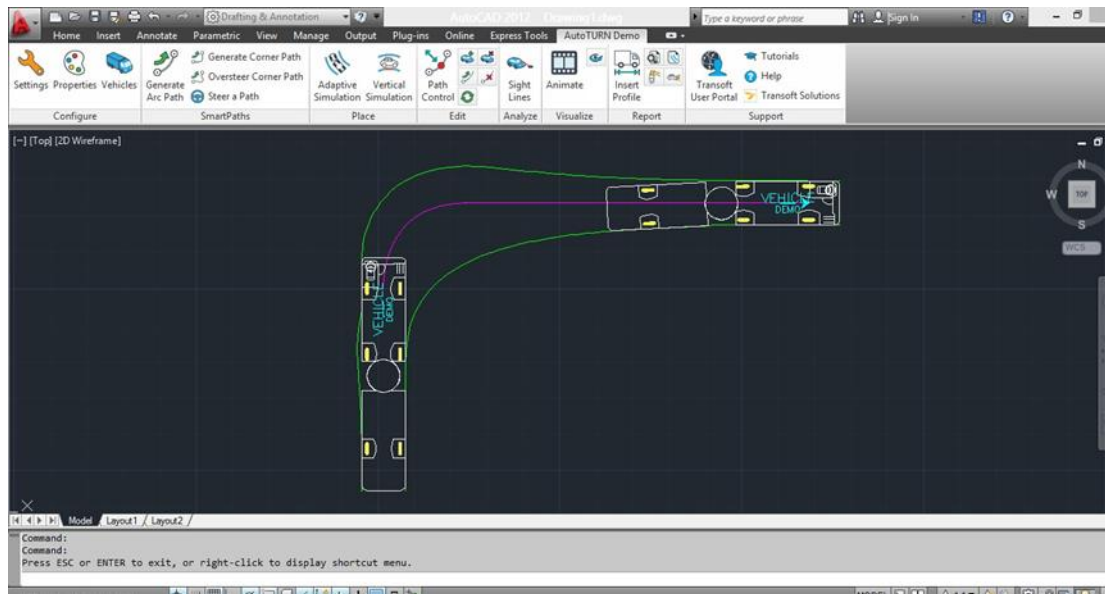
Στο σημείο αυτό της εργασίας αναλύεται η μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία μελετήθηκαν λεπτομερώς οι τροχιές των δύο χαρακτηριστικών Βαρέων Οχημάτων (αρθρωτό όχημα και οδικός συρμός) και ειδικότερα στις στροφές εισόδου-εξόδου από τους κόμβους.

3.2 Προσδιορισμός τροχιάς με προσομοιωτή τροχιάς οχημάτων

Ως πρώτο βήμα, έπρεπε να κατασκευαστούν όλες οι δυνατές μορφές τρισκελών κόμβων μορφής T υπό γωνίες συμβολής $\alpha=80,90,110,120\text{grad}$.

Το λογισμικό του προσομοιωτή παρέχει στον μελετητή τη δυνατότητα της δημιουργίας δικού του σεναρίου. Εν προκειμένω, σχεδιάστηκε ένα σενάριο, το οποίο εφαρμόστηκε εβδομήντα δύο φορές (τριάντα έξι φορές για κάθε όχημα χωριστά), κάθε φορά για διαφορετικές μορφές κόμβων και γωνιών συμβολής.

Το σενάριο έχει ως εξής: Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα προσομοίωσης AutoTurn επιλέγουμε αρχικά τα δύο χαρακτηριστικά οχήματα, που θα μελετήσουμε, από την βιβλιοθήκη οχημάτων που περιέχει. Αυτά είναι ένας οδικός συρμός με δύο ρυμουλκούμενα (LASTZUG) και ένα αρθρωτό όχημα με ένα ρυμουλκούμενο (SATTELZUG). Αφού έχουμε σχεδιάσει τριάντα έξι δυνατές μορφές ισόπεδων τρισκελών κόμβων μορφής T προσομοιάζουμε πάνω σε αυτές την είσοδο και έξοδο των Βαρέων Οχημάτων από τους κόμβους, δημιουργώντας εμείς κάθε φορά το μονοπάτι, την τροχιά και τους ελιγμούς που θα ακολουθήσουν. Ο έλεγχος κατευθύνσεως του οχήματος επιτυγχάνεται μέσω του καθορισμού διεύθυνσεως που προσφέρει το πρόγραμμα. Ανάλογα τον τύπου του ελιγμού που πραγματοποιείται, ο καθορισμός της γωνίας διεύθυνσεως και αλλαγής αυτής γίνεται είτε για να επιτευχθεί η επιθυμητή γωνία αλλαγής διεύθυνσης είτε για να καθοδηγηθεί το όχημα επί προϋπάρχουσας διαδρομής. Ονομάζονται **generate a path** και **steer a path** αντίστοιχα. **Στο σύστημα generate a path θέτονται συγκεκριμένα δεδομένα για τη γωνία αλλαγής διεύθυνσης και το όχημα παρατηρείται να ανταπεξέρχεται. Στο steer a path, ο σχεδιαστής εμπλέκεται ενεργά στη διαδικασία και μπορεί να κάνει τη διόρθωση της στροφής βασισμένος στις διαθέσιμες πιθανές κινήσεις του οχήματος.** Τα ίχνη των εξωτερικών στοιχείων του οχήματος αποτυπώνονται με καμπύλες, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό, ως η δυσμενέστερη επιφάνεια που σαρώνεται από το όχημα. Επίσης για να μπορούμε να καθοδηγούμε συνεχώς το όχημα καθώς και να του αλλάζουμε την γωνία διεύθυνσης όπως εμείς επιθυμούμε έγινε η παραδοχή μικρών ταχυτήτων των οχημάτων, απόλυτης εξοικείωσης των οδηγών με το όχημα αλλά και με τους κόμβους καθώς και με φυσιολογικές συνθήκες καιρού.

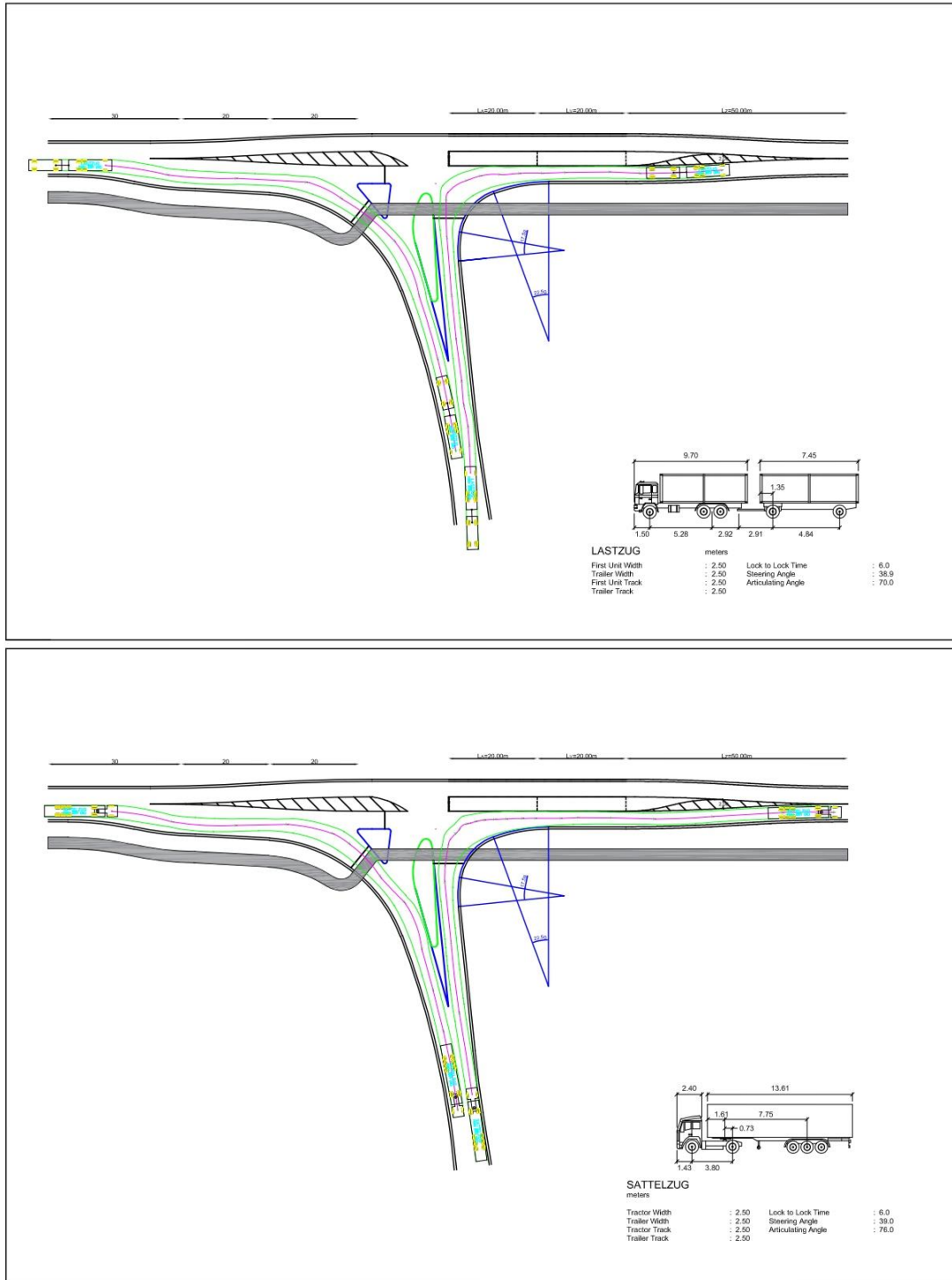


Εικόνα 3.1 Περιβάλλον εργασίας λογισμικού AutoTURN σε συνδυασμό με AutoCAD.

3.3 Περιπτώσεις που εξετάστηκαν.

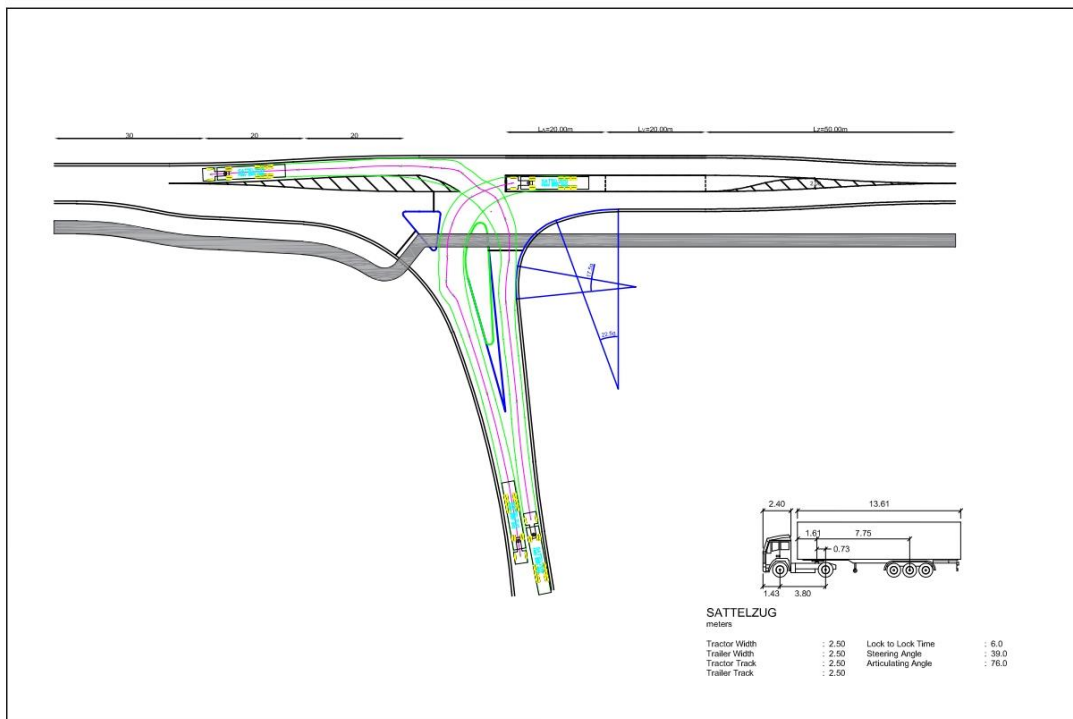
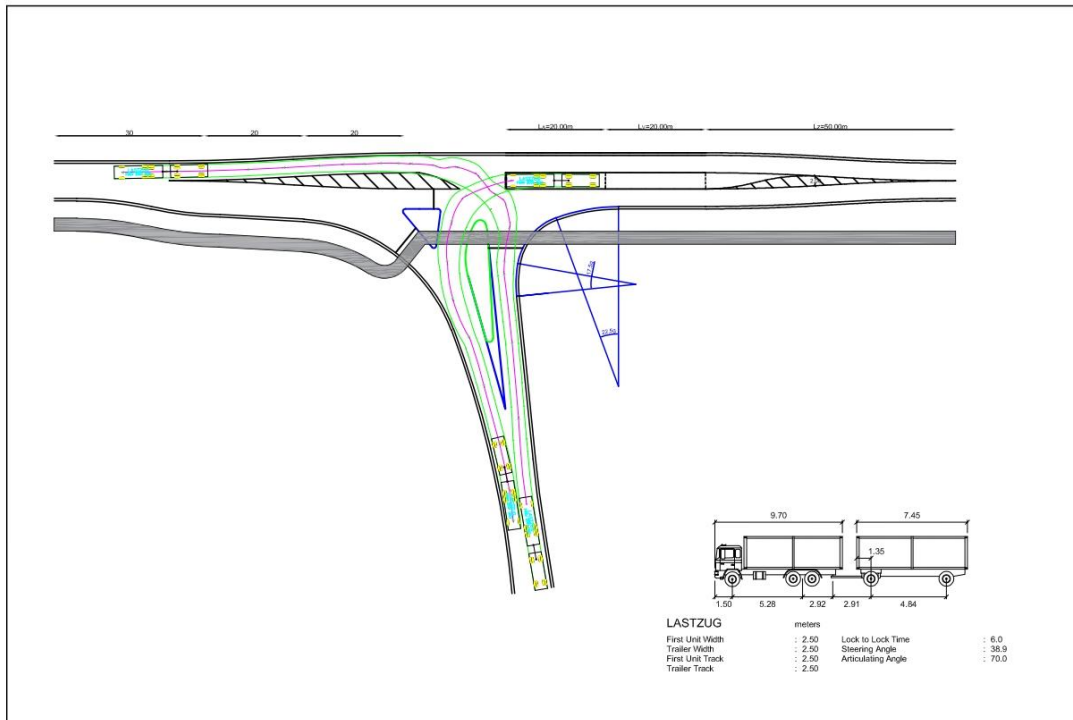
1. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO).
2. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO).
3. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τα ύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO).
4. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-

βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO).



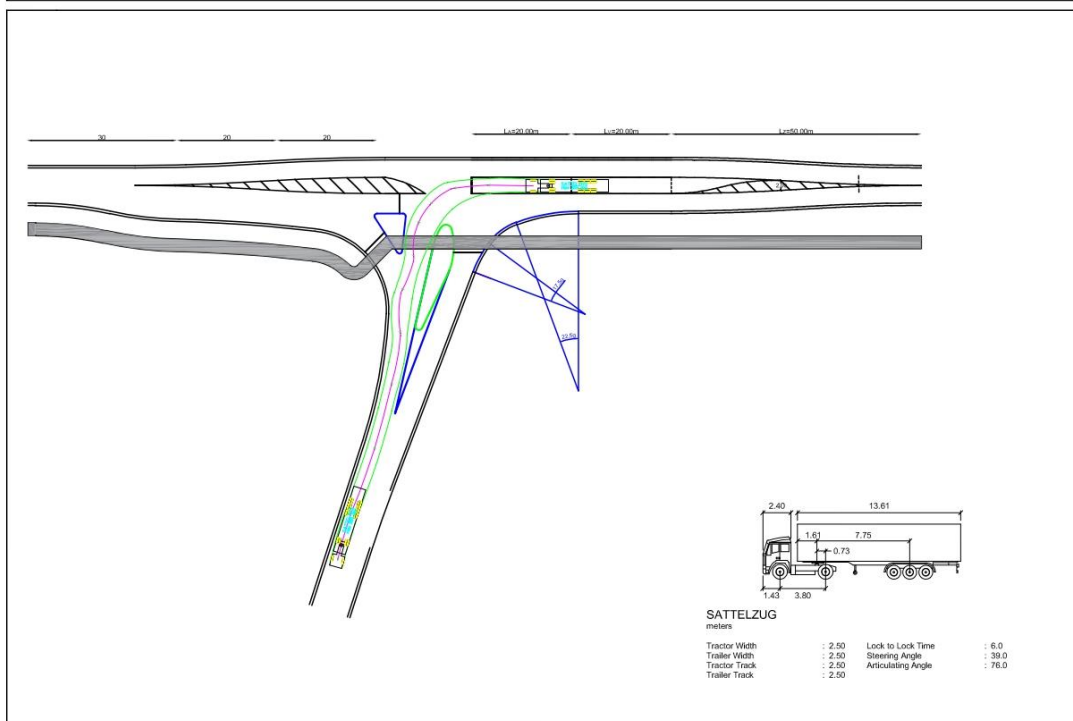
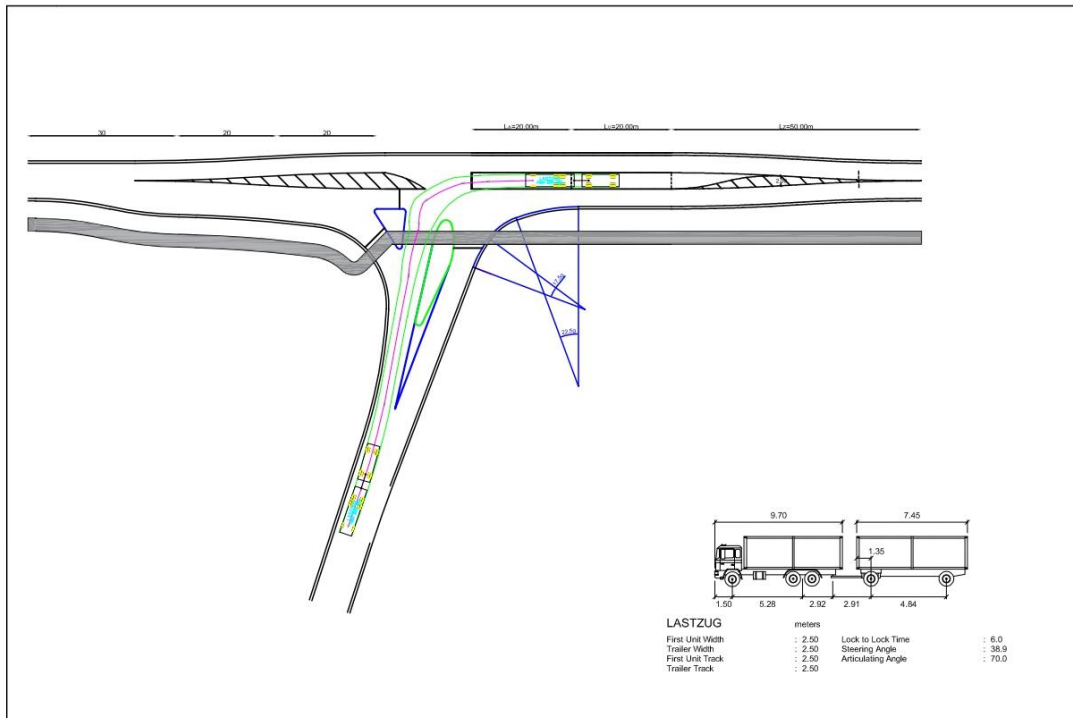
Εικόνα 3.2: Παράδειγμα δεξιών στροφών εισόδου-εξόδου.

5. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Όσον αφορά το όχημα που κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος αναμονής (IA).
6. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Όσον αφορά το όχημα που κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος αναμονής (IA).
7. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Όσον αφορά το όχημα που κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος αναμονής (IA).
8. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Όσον αφορά το όχημα που κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος αναμονής (IA).



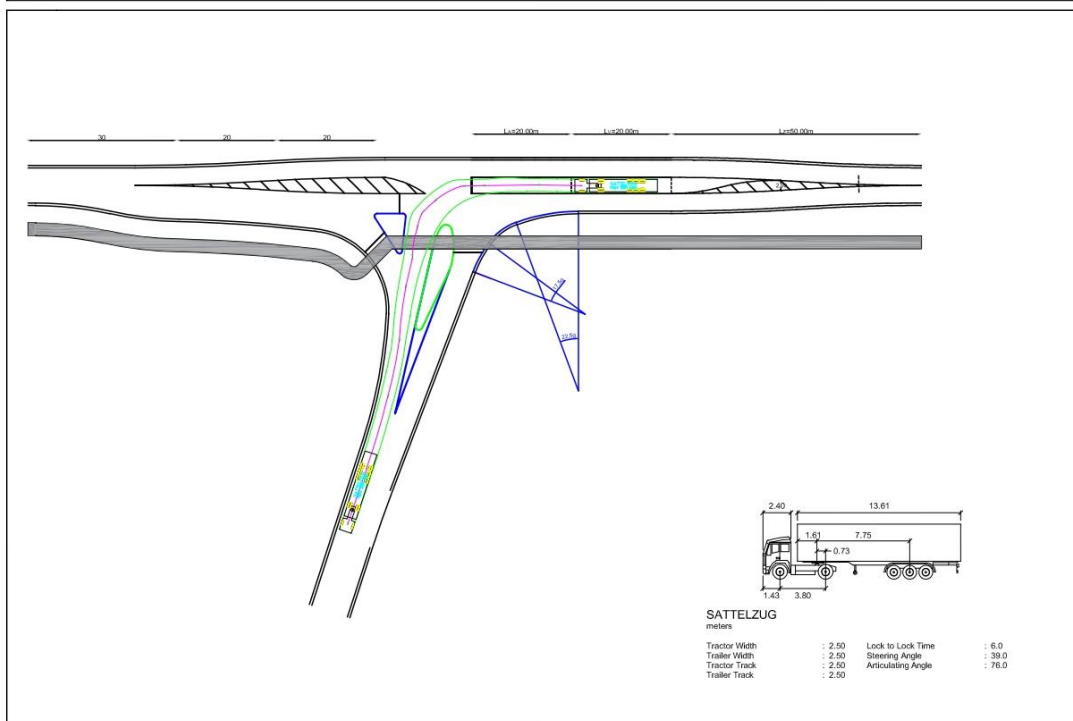
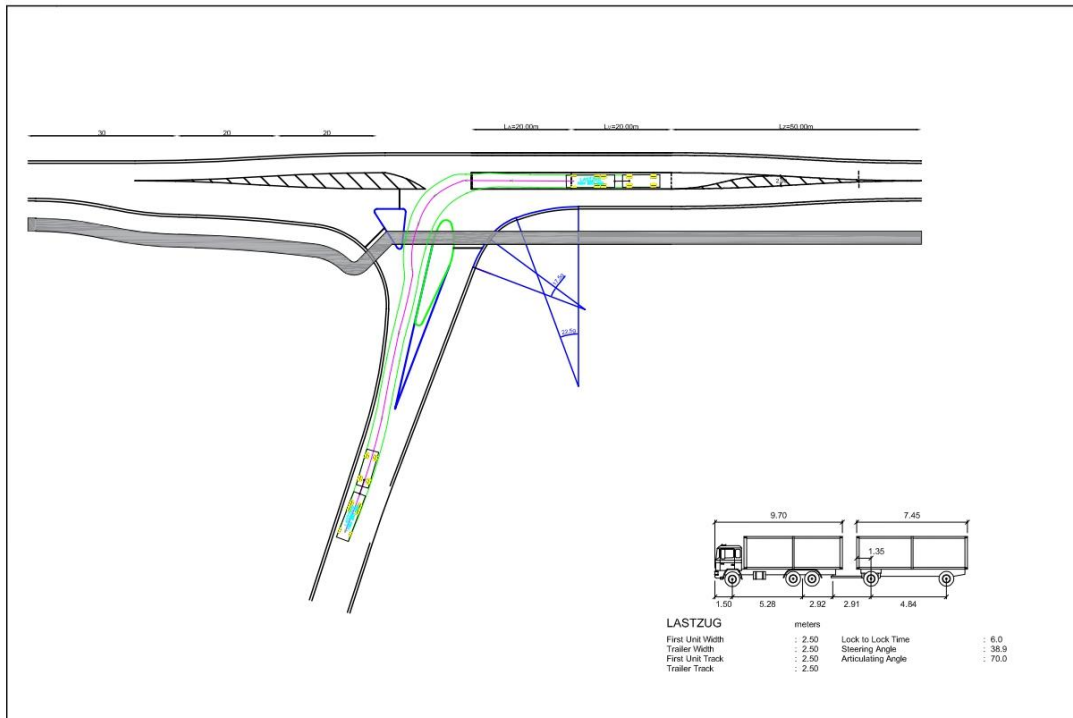
Εικόνα 3.3: Παράδειγμα αριστερών στροφών εισόδου-εξόδου.

9. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από την μέση των τμημάτων αναμονής(IA)-επιβράδυνσης(Iv).
10. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από την μέση των τμημάτων αναμονής(IA)-επιβράδυνσης(Iv).
11. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO) Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από την μέση των τμημάτων αναμονής(IA)-επιβράδυνσης(Iv).
12. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από την μέση των τμημάτων αναμονής(IA)-επιβράδυνσης(Iv).



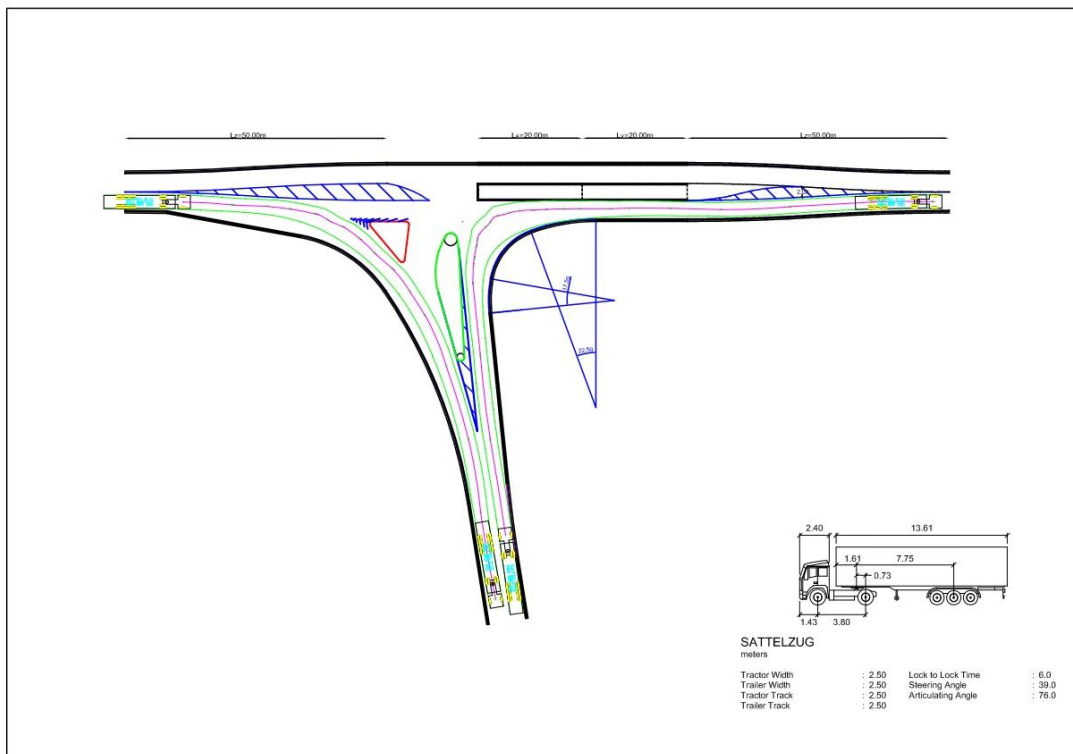
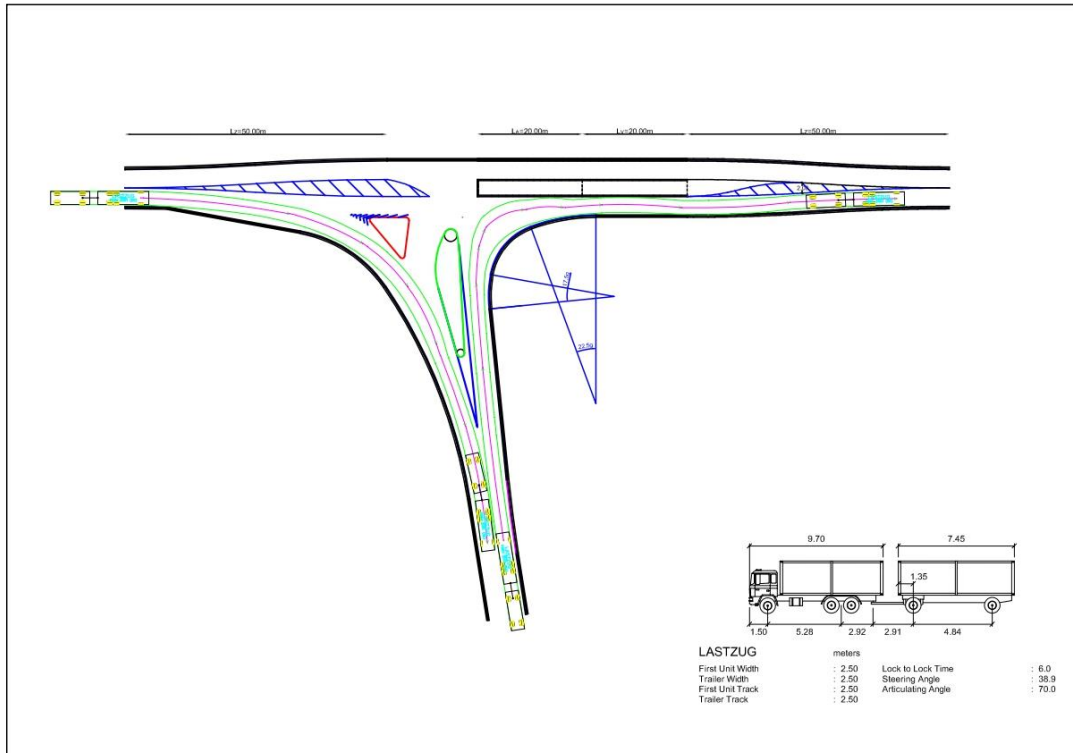
Εικόνα 3.4: Παράδειγμα αριστερής στροφής στο μέσον των τμημάτων αναμονής-επιβράδυνσης.

13. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος επιβράδυνσης(Iv).
14. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος επιβράδυνσης(Iv).
15. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος επιβράδυνσης(Iv).
16. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος επιβράδυνσης(Iv).



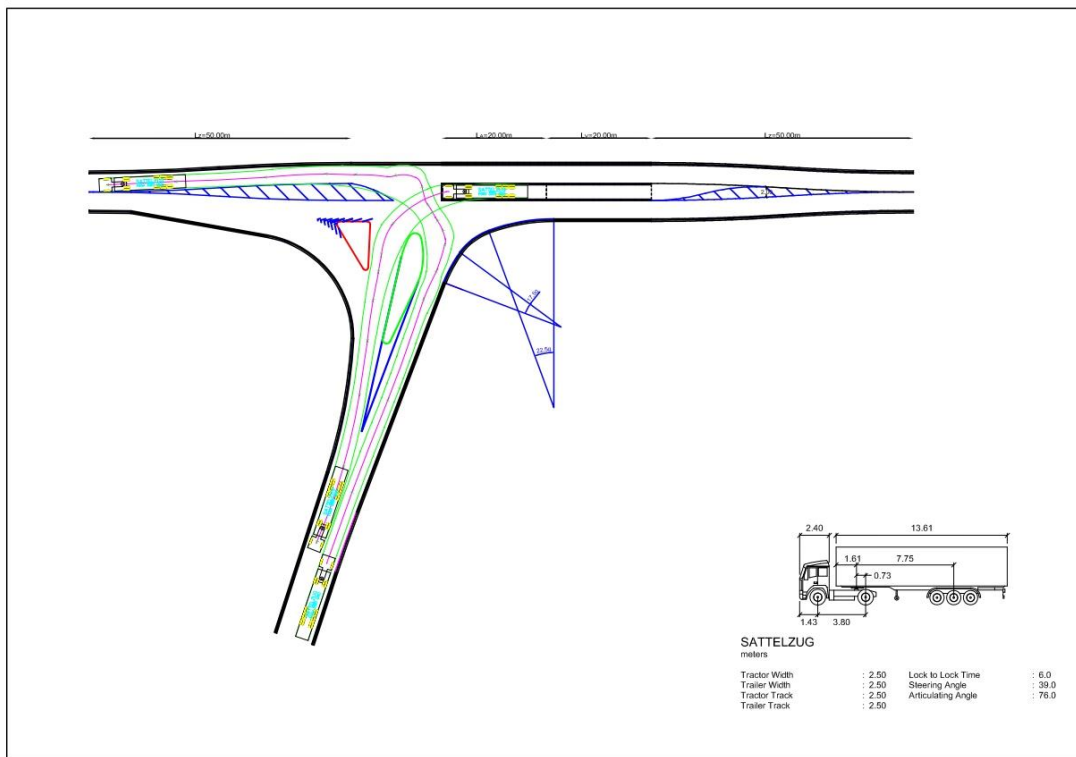
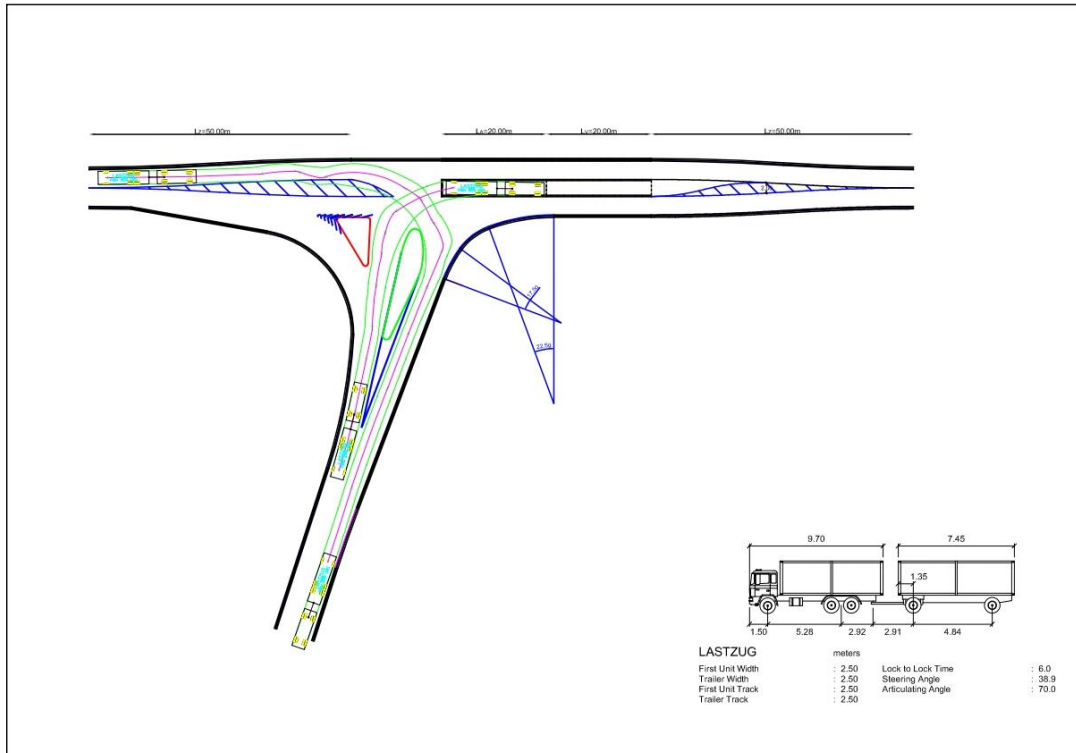
Εικόνα 3.5: Παράδειγμα αριστερής στροφής στο τέλος του τμήματος επιβράδυνσης.

17. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO).
18. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO).
19. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO).
20. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO).



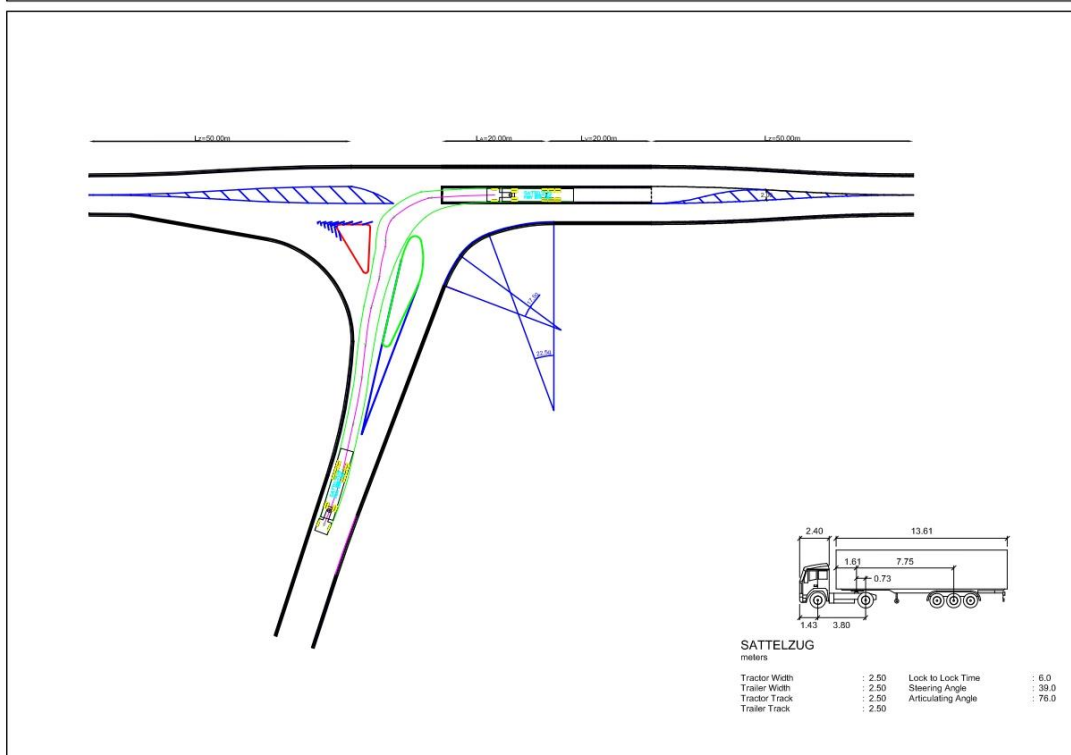
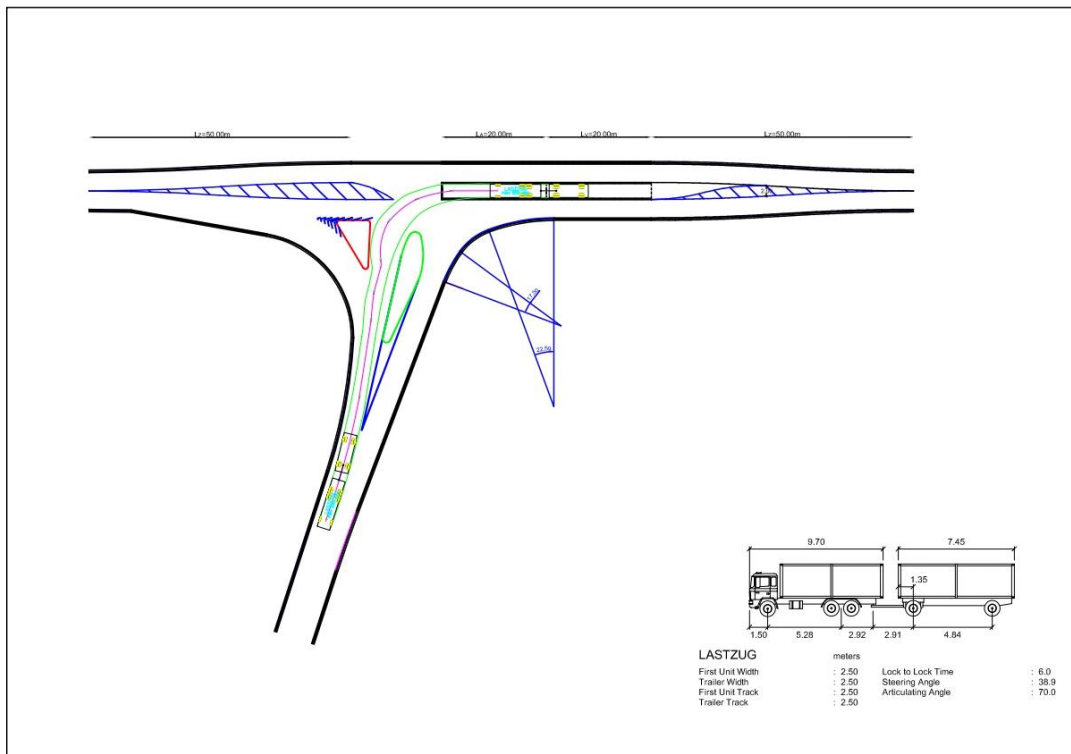
Εικόνα 3.6: Παράδειγμα δεξιών στροφών εισόδου-εξόδου.

21. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Όσον αφορά το όχημα που κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος αναμονής (IA).
22. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Όσον αφορά το όχημα που κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος αναμονής (IA).
23. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Όσον αφορά το όχημα που κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος αναμονής (IA).
24. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Όσον αφορά το όχημα που κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος αναμονής (IA).



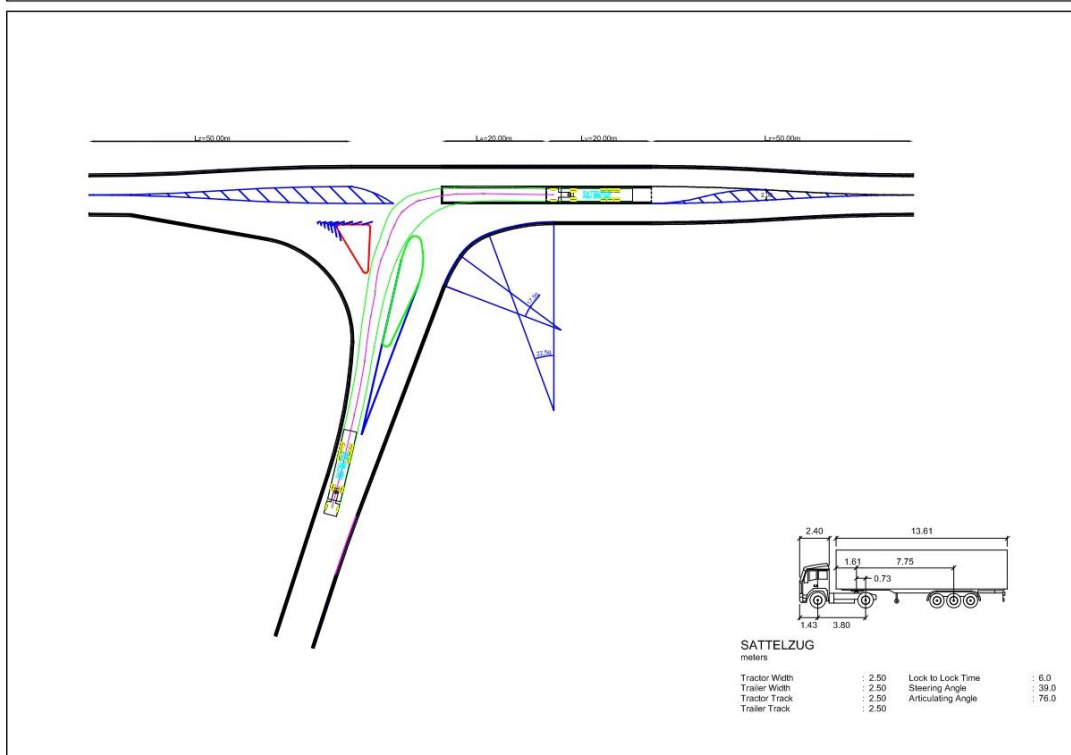
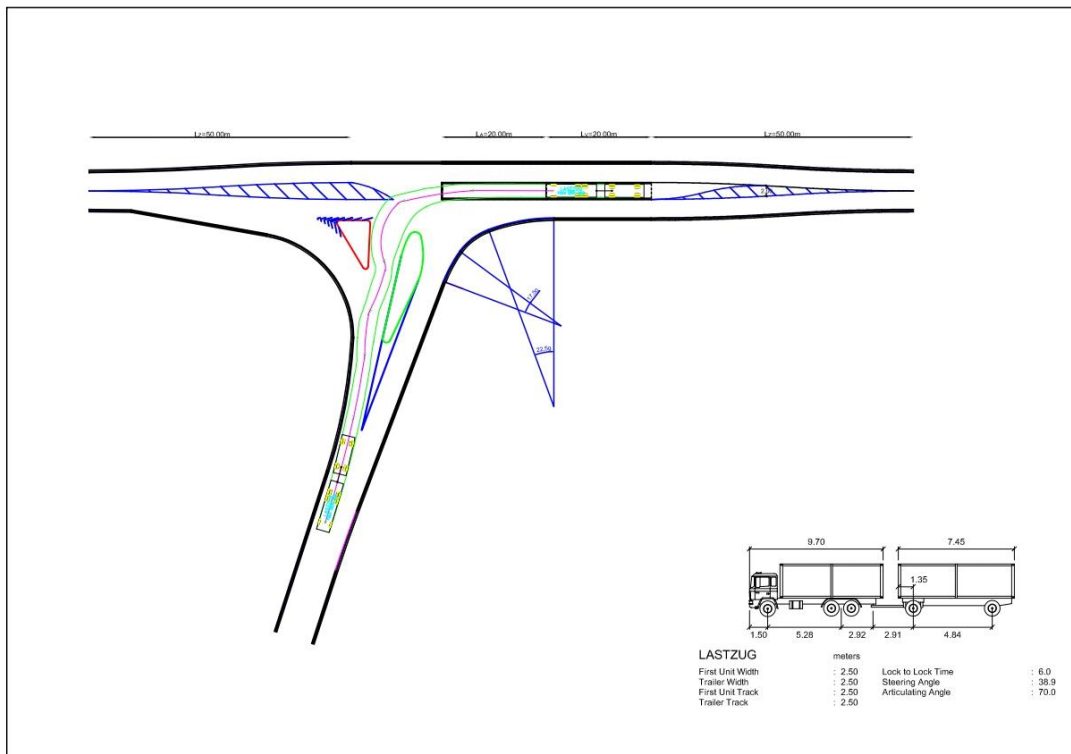
Εικόνα 3.7: Παράδειγμα αριστερών στροφών εισόδου-εξόδου.

25. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από την μέση των τμημάτων αναμονής (I_A)-επιβράδυνσης (I_v).
26. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από την μέση των τμημάτων αναμονής (I_A)-επιβράδυνσης (I_v).
27. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από την μέση των τμημάτων αναμονής (I_A)-επιβράδυνσης (I_v).
28. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από την μέση των τμημάτων αναμονής (I_A)-επιβράδυνσης (I_v).



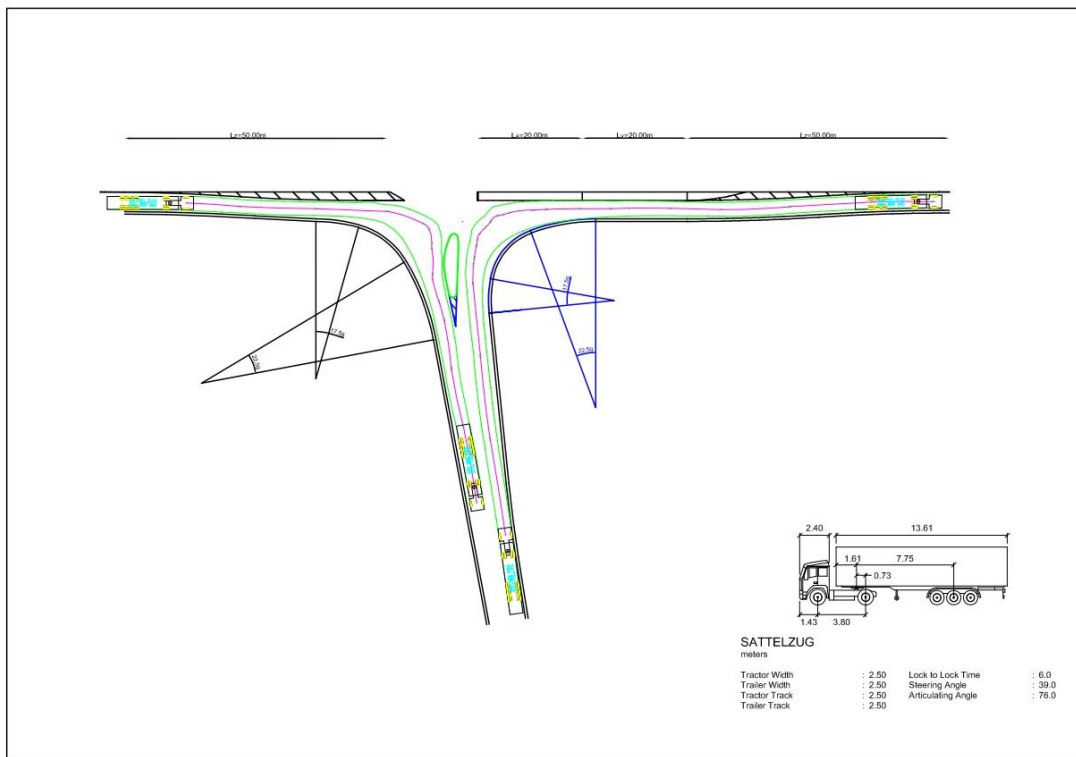
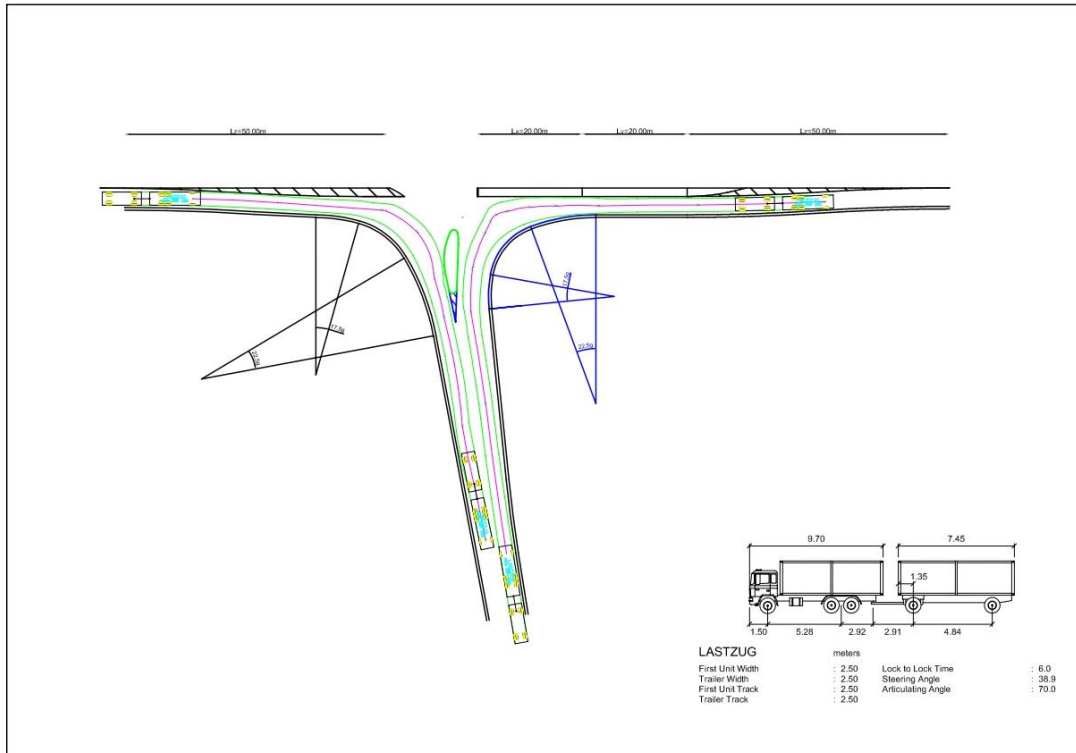
Εικόνα 3.8: Παράδειγμα αριστερής στροφής στο μέσον των τμημάτων αναμονής-επιβράδυνσης.

29. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος επιβράδυνσης (Iv).
30. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος επιβράδυνσης (Iv).
31. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος επιβράδυνσης (Iv).
32. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκε η αριστερή στροφή εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης (AutoTURN PRO). Το όχημα κατευθύνεται από τα δεξιά προς τα αριστερά της κύριας οδού και η εκκίνηση της τροχιάς του έγινε από το τέλος του τμήματος επιβράδυνσης (Iv).



Εικόνα 3.9: Παράδειγμα αριστερής στροφής στο τέλος του τμήματος επιβράδυνσης.

33. Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA2, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE2, μικρή σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO).
34. Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA2, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE2, μικρή σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO).
35. Για γωνία συμβολής $\alpha=110\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA2, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE2, μικρή σταγόνα, χωρίς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO).
36. Για γωνία συμβολής $\alpha=120\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA2, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE2, μικρή σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες εξετάστηκαν οι δεξιές στροφές εισόδου και εξόδου στον κόμβο με δημιουργία τροχιάς, αλλαγής διεύθυνσης και ελιγμού, βήμα-βήμα με τις εντολές **generate a path** και **steer a path** από το πρόγραμμα προσομοίωσης(AutoTURN PRO).

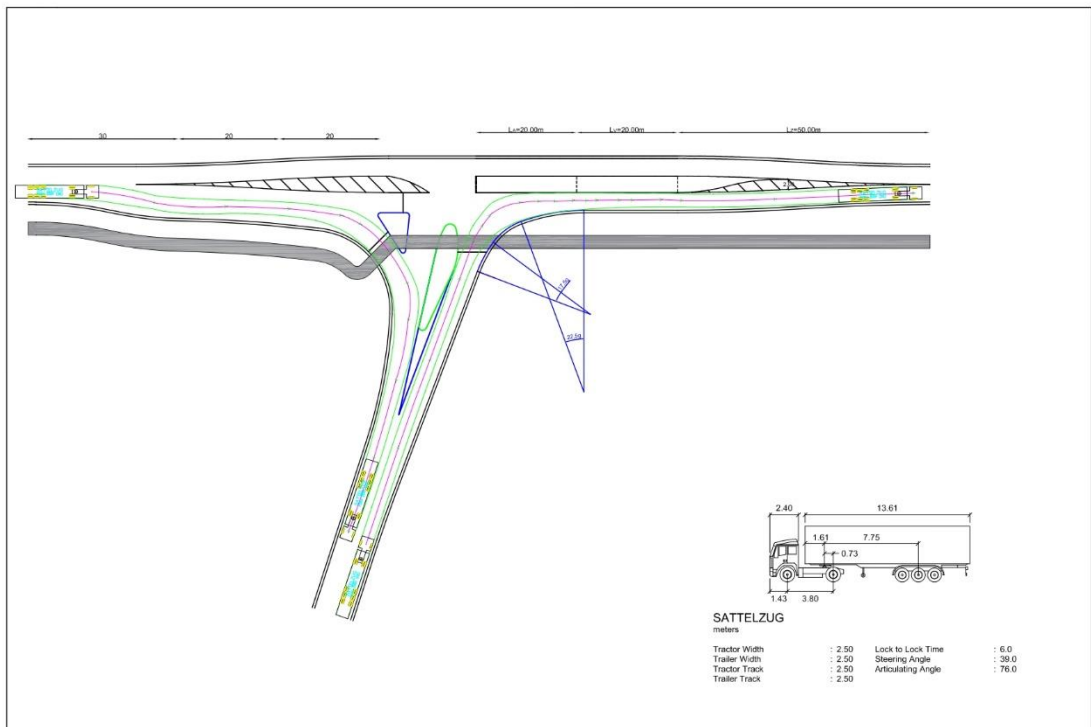


Εικόνα 3.10: Παράδειγμα δεξιών στροφών εισόδου-εξόδου.

3.4 Αποτελέσματα

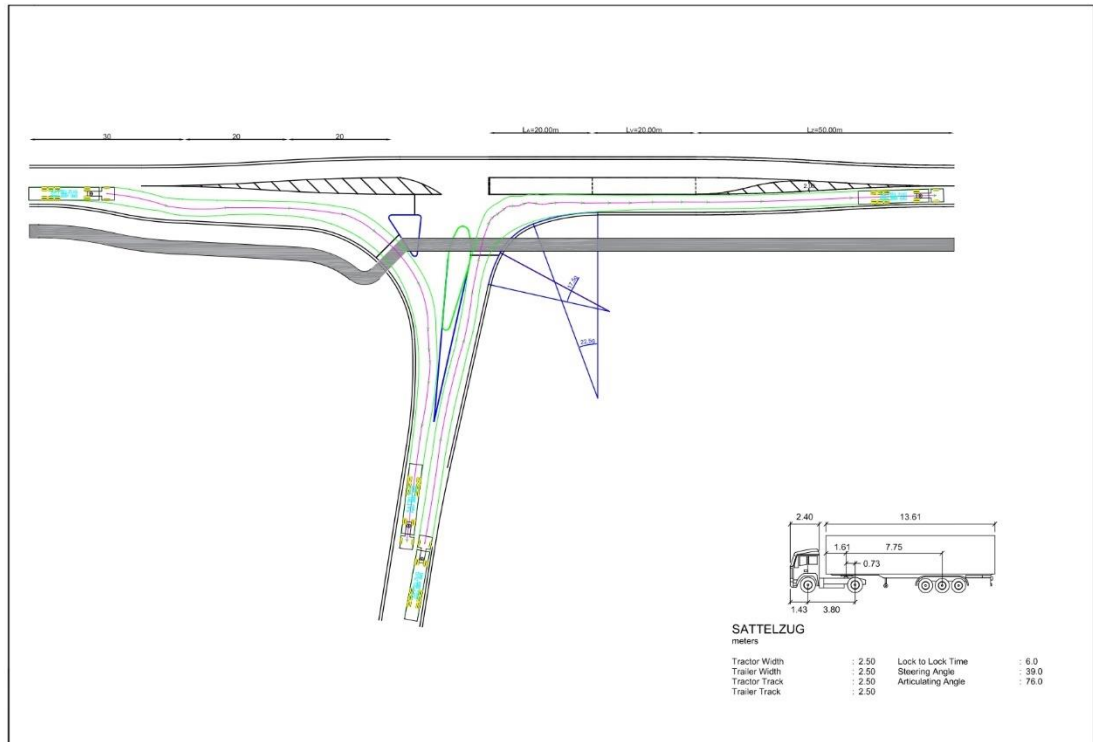
Από τα δύο βαρέα οχήματα που εξετάσαμε (οδικός συρμός με δύο ρυμουλκόμενα και αρθρωτό όχημα με ένα ρυμουλκούμενο) τους ελιγμούς τους στις στρέφουσες κινήσεις για διάφορες γωνίες συμβολής ισόπεδων κόμβων μορφής T, προέκυψε ως κρίσιμο όχημα το **αρθρωτό με ένα ρυμουλκούμενο** λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού κατάληψης οδοστρώματος κατά την στρέφουσα κίνηση. Παρόλο που σε όλες τις περιπτώσεις δεν φάνηκε εκτροπή από το οδόστρωμα εντοπίστηκαν οι πιο κρίσιμες. Συγκεκριμένα οι κρίσιμες τροχιές φαίνονται στις παρακάτω εικόνες. Οι οποίες αφορούν δεξιά στρέφουσα κίνηση εισόδου του κρίσιμου βαρέου οχήματος υπό γωνίες συμβολής κόμβων 80g και 90g.

- 1) Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες. Παρατηρούμε πως στην δεξιόστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού.



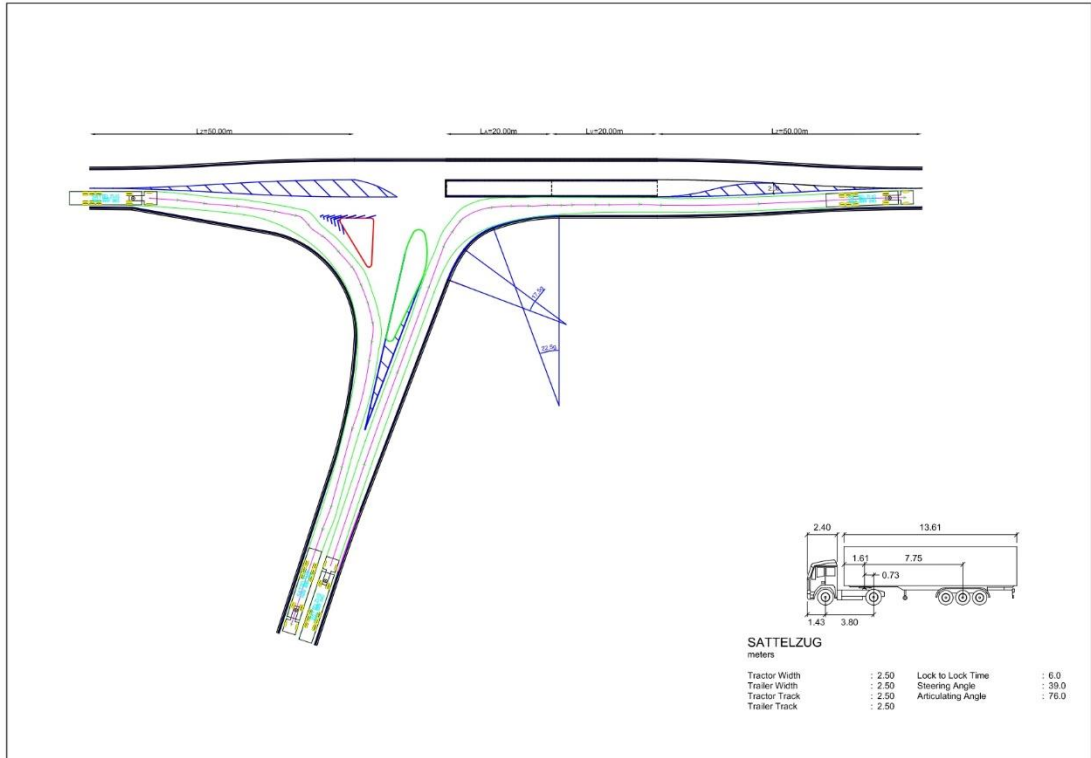
Εικόνα 3.11: 1η κρίσιμη τροχιά εκτροπής.

- 2) Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα, με φωτεινούς σηματοδότες. Παρατηρούμε πως στην δεξιόστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού.



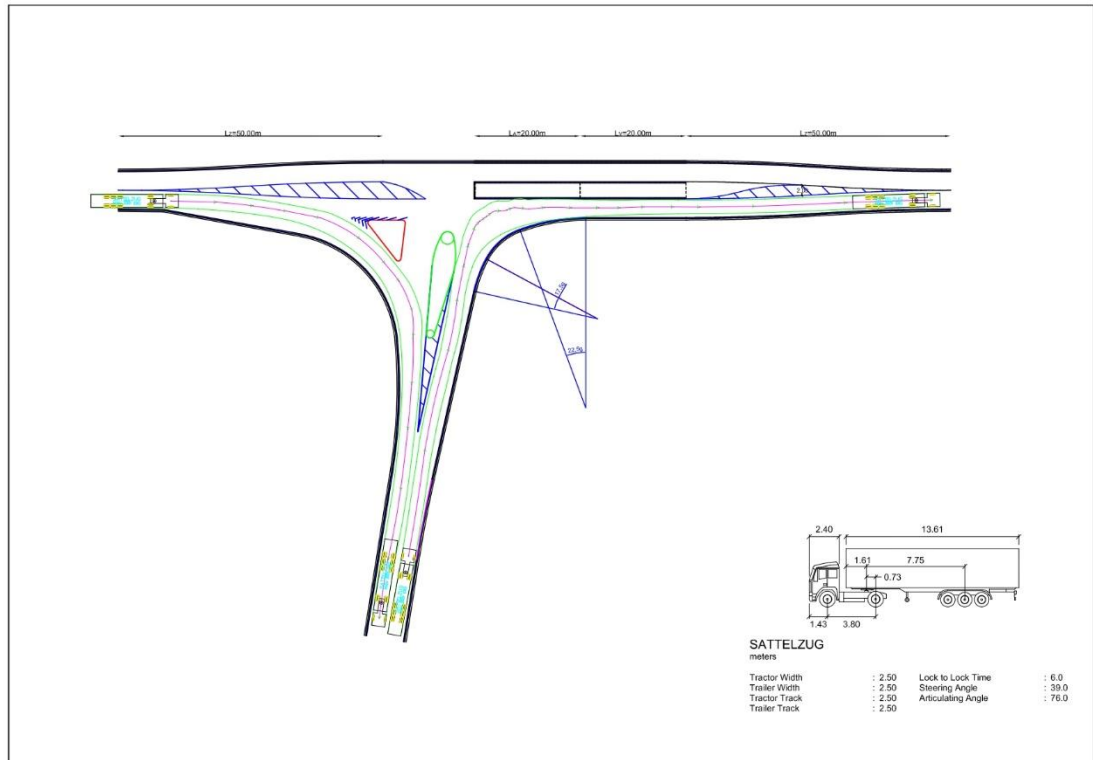
Εικόνα 3.12: 2η κρίσιμη τροχιά εκτροπής.

- 3) Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες. Παρατηρούμε πως στην δεξιόστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού.



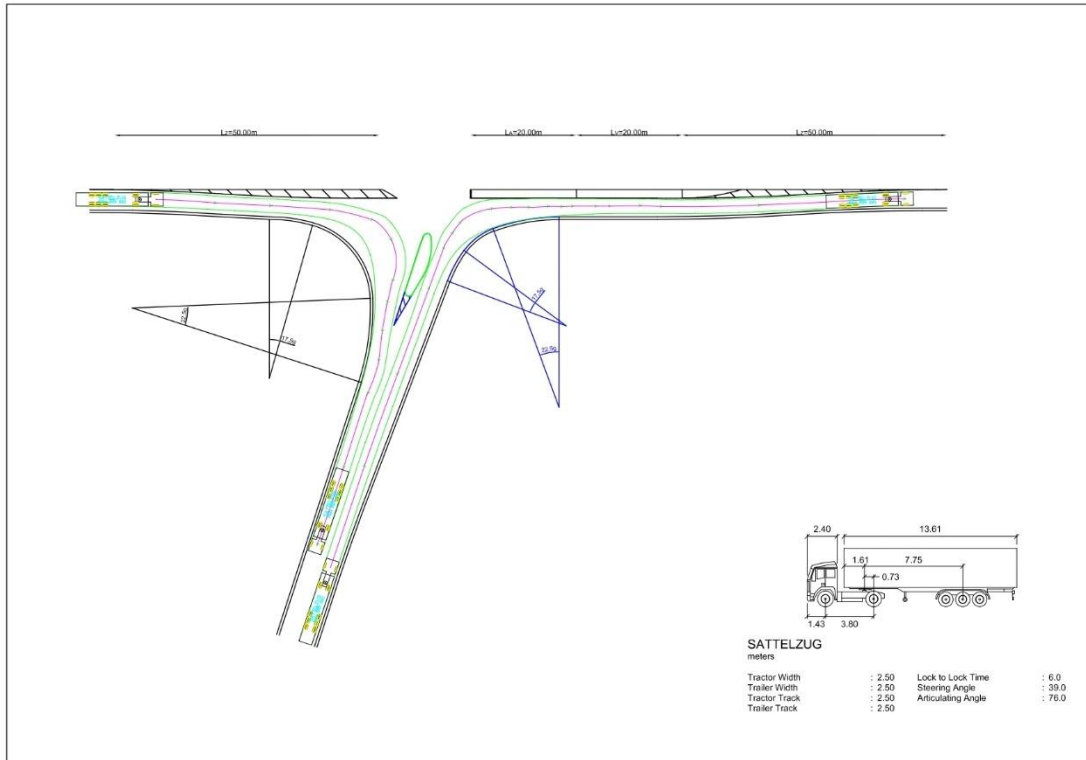
Εικόνα 3.13: 3η κρίσιμη τροχιά εκτροπής.

- 4) Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες. Παρατηρούμε πως στην δεξιόστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού.



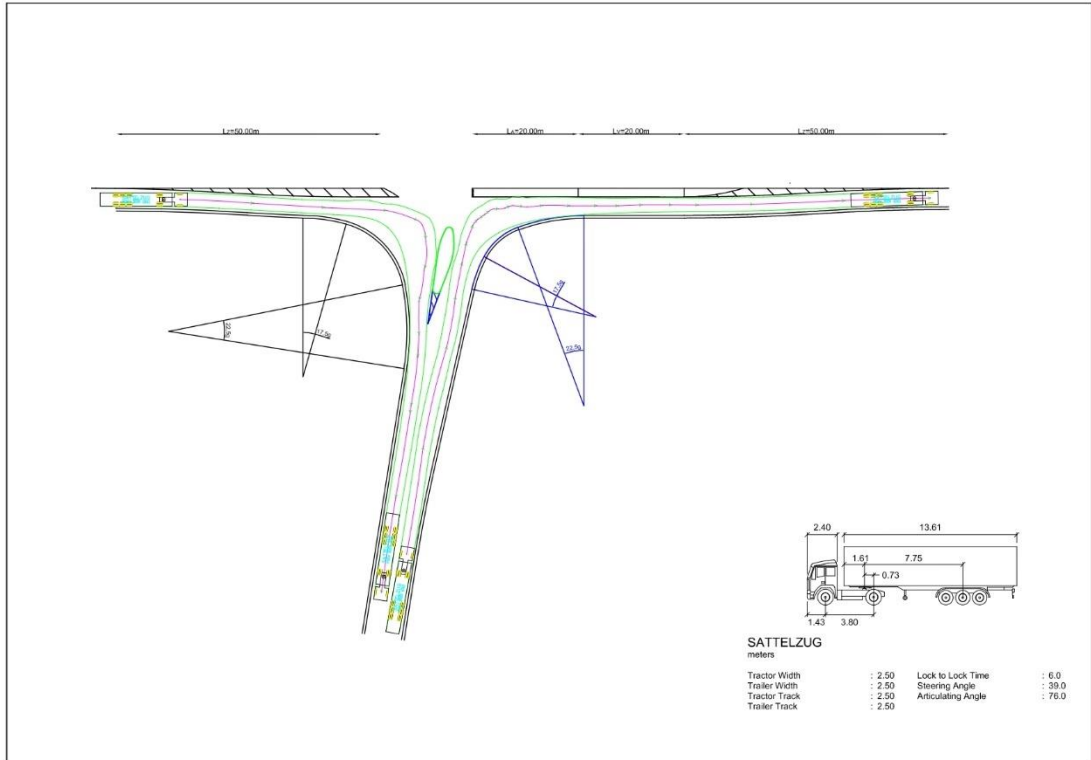
Εικόνα 3.14: 4η κρίσιμη τροχιά εκτροπής.

- 5) Για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA2, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE2, μικρή σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες. Παρατηρούμε πως στην δεξιόστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού.



Εικόνα 3.15: 5η κρίσιμη τροχιά εκτροπής.

- 6) Για γωνία συμβολής $\alpha=90\text{grad}$, κύρια οδός EKL3, δευτερεύουσα οδός EKL3, τύπος δεξιάς στροφής RA2, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE2, μικρή σταγόνα, χωρίς φωτεινούς σηματοδότες. Παρατηρούμε πως στην δεξιάστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού.



Εικόνα 3.16: 6η κρίσιμη τροχιά εκτροπής.

4. Συμπεράσματα – Προτάσεις

4.1 Βασικά Συμπεράσματα

Ο σχεδιασμός οδικών δικτύων παρουσιάζει ιδιαίτερες απαιτήσεις όταν σχεδιάζεται για να κυκλοφορούν βαρέα οχήματα. Αυτό συμβαίνει διότι η επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνει ένα φορτηγό όχημα κατά τις κινήσεις ελιγμών του είναι πολύ μεγαλύτερη από τα επιβατικά οχήματα. Περαιτέρω δυσκολίες έρχονται να προστεθούν στις περιπτώσεις που το φορτηγό όχημα δεν είναι συμπαγές, αλλά περιλαμβάνει ρυμουλκούμενα οχήματα. Στην περίπτωση οχημάτων που είναι συστήματα ρυμουλκού- ρυμουλκούμενου έναντι των συμπαγών εντοπίζεται η δυσκολία του προσδιορισμού της συνολικής επιφάνειας οδοστρώματος που καταλαμβάνει το όχημα κατά τον ελιγμό όπως αυτή προκύπτει από τα ίχνη στροφής των τροχών και των αμαξωμάτων του ρυμουλκού και του ρυμουλκούμενου. Σε ένα συμπαγές όχημα οι τροχοί του οχήματος ακολουθούν την κυκλική τροχιά βάσει της ακτίνας που ορίζει η γωνία αλλαγής διεύθυνσης του οχήματος. Αντίθετα στα συστήματα οχημάτων ρυμουλκού- ρυμουλκούμενου λόγω της άρθρωσης του οχήματος εντοπίζεται το φαινόμενο της απόκλισης μεταξύ των ιχνών στροφής των τροχών του οχήματος. Αυτό το φαινόμενο είναι που καθορίζει την συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει το όχημα κατά τον ελιγμό του. Η συνολική επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνει ένα αρθρωτό όχημα σε ελιγμό εξαρτάται πέραν τις προαναφερθείσας απόκλισης ιχνών στροφής, από την πρόσθια και οπίσθια προβολή του αμαξώματος, από τη δυνατότητα διατήρησης της ταχύτητας του φορτηγού καθώς το όχημα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν σταθερό λόγω κινδύνου ανατροπής, το μήκος πέδησης λειτουργία που απαιτεί κατάλληλο μήκος οδικού δικτύου πριν την υλοποίηση του ελιγμού για να συντελεστεί με ασφάλεια και το μήκος ορατότητας για λόγους ασφαλείας στο οδικό δίκτυο.

Από τα δύο βαρέα οχήματα που εξετάσαμε (οδικός συρμός με δύο ρυμουλκόμενα και αρθρωτό όχημα με ένα ρυμουλκόμενο) τους ελιγμούς τους στις στρέφουσες κινήσεις για διάφορες γωνίες συμβολής ισόπεδων κόμβων μορφής T, προέκυψε ως κρίσιμο όχημα το αρθρωτό με ένα ρυμουλκόμενο λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού κατάληψης οδοστρώματος κατά την στρέφουσα κίνηση. Παρόλο που σε όλες τις περιπτώσεις δεν φάνηκε εκτροπή από το οδόστρωμα εντοπίστηκαν οι πιο κρίσιμες. Συγκεκριμένα οι κρίσιμες τροχιές φαίνονται στις εικόνες: 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16. Οι οποίες αφορούν δεξιά στρέφουσα κίνηση εισόδου του κρίσιμου βαρέου οχήματος υπό γωνίες συμβολής κόμβων 80g και 90g.

Σημειώνεται ότι επιπλέον περιθώρια ασφαλείας πρέπει να προστεθούν σε κάθε πλευρά των καμπυλών ώστε να συμπεριληφθεί:

- Αβεβαιότητα λόγω της μη εξοικείωσης του οδηγού με το οδικό δίκτυο.
- Πιθανά λάθη εκτέλεσης της στροφής.
- Πιθανά λάθη στην κρίση του οδηγού.
- Διαφοροποιήσεις μεταξύ του οχήματος του προγράμματος και του πραγματικού οχήματος.

Τα βασικότερα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είναι τα παρακάτω:

- Όσον αφορά τους κόμβους με κύρια οδό EKL2, δευτερεύουσα οδός EKL2, τύπος δεξιάς στροφής RA1, τύπος αριστερής στροφής LA1, τύπος εισόδου KE2, μεγάλη σταγόνα και με φωτεινούς σηματοδότες, συμπεραίνουμε πως για γωνία συμβολής

- $\alpha=80\text{grad}$ και $\alpha=90\text{grad}$ στην δεξιόστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού ενώ σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις τόσο για τον οδικό συρμό όσο και για το αρθρωτό φορτηγό η τροχιά και οι ελιγμοί τους είναι εντός των ορίων του δρόμου.
- Όσον αφορά τους κόμβους με κύρια οδό EK3, δευτερεύουσα οδός EK3, τύπος δεξιάς στροφής RA3, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE3, μεγάλη σταγόνα και χωρίς φωτεινούς σηματοδότες, συμπεραίνουμε πως για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$ και $\alpha=90\text{grad}$ στην δεξιόστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού ενώ σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις τόσο για τον οδικό συρμό όσο και για το αρθρωτό φορτηγό η τροχιά και οι ελιγμοί τους είναι εντός των ορίων του δρόμου.
- Όσον αφορά τους κόμβους με κύρια οδό EK3, δευτερεύουσα οδός EK3, τύπος δεξιάς στροφής RA2, τύπος αριστερής στροφής LA2, τύπος εισόδου KE2, μικρή σταγόνα και χωρίς φωτεινούς σηματοδότες, συμπεραίνουμε πως για γωνία συμβολής $\alpha=80\text{grad}$ και $\alpha=90\text{grad}$ στην δεξιόστροφη κίνηση του αρθρωτού φορτηγού κατά την είσοδο στην κύρια οδό οριακά δεν εκτρέπεται της οδού ενώ σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις τόσο για τον οδικό συρμό όσο και για το αρθρωτό φορτηγό η τροχιά και οι ελιγμοί τους είναι εντός των ορίων του δρόμου.

4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

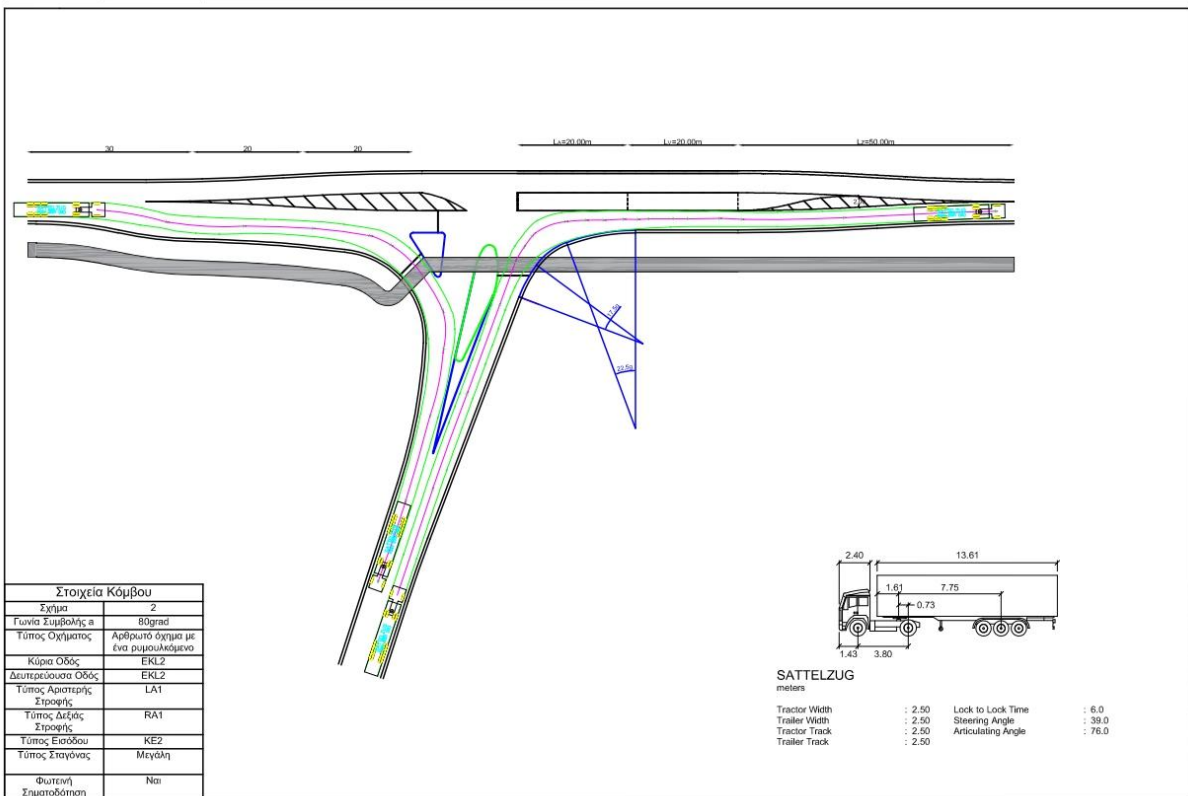
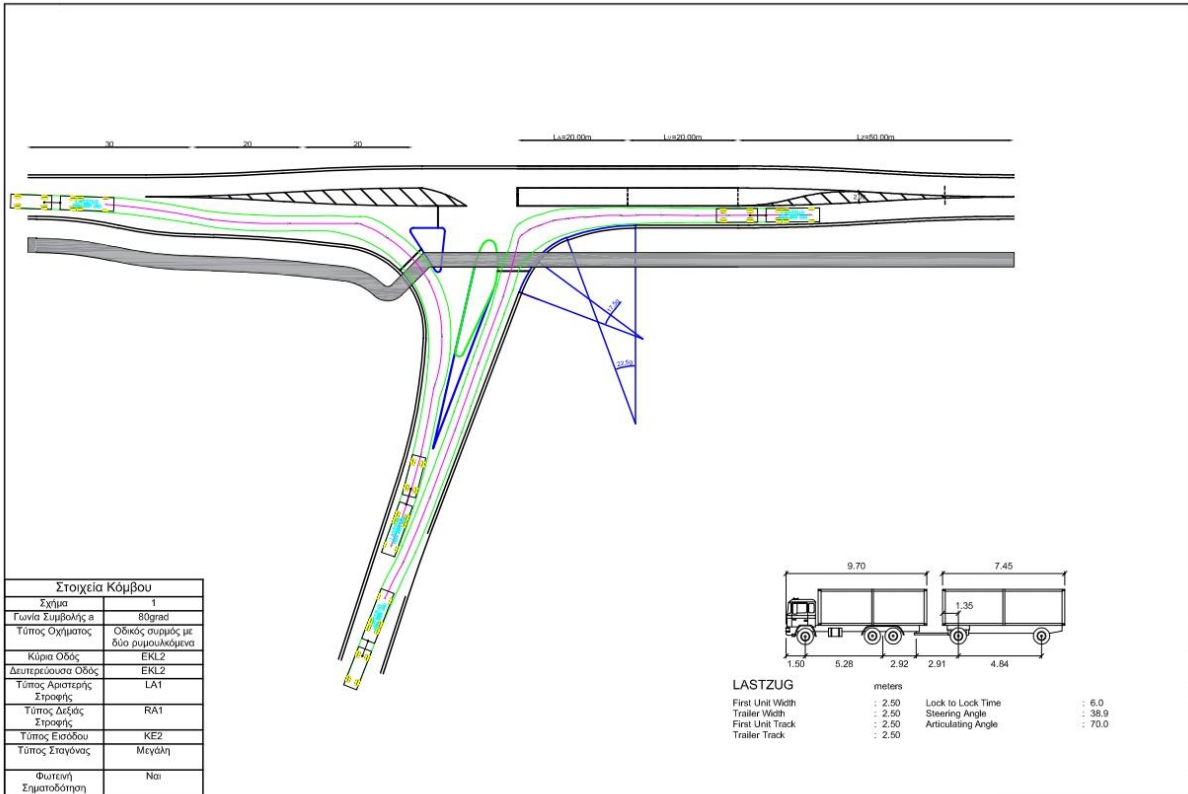
Στη Διπλωματική αυτή εργασία γίνεται μία προσπάθεια αξιολόγησης της τροχιάς και των ελιγμών στροφής των Βαρέων Οχημάτων σε τρισκελείς κόμβους μορφής T. Είναι ένα αρχικό και σημαντικό στάδιο το οποίο έχει πολλά περιθώρια για περαιτέρω μελέτη, όπως τα παρακάτω:

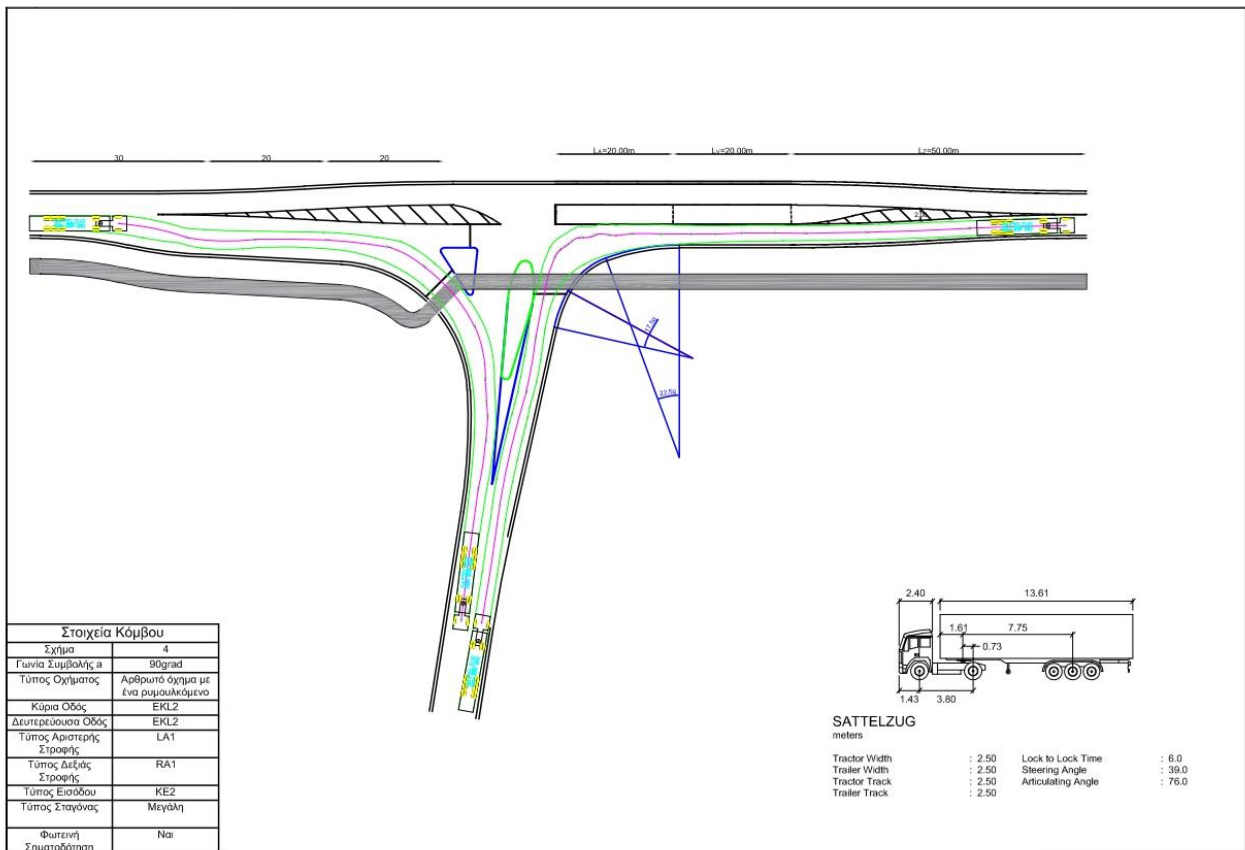
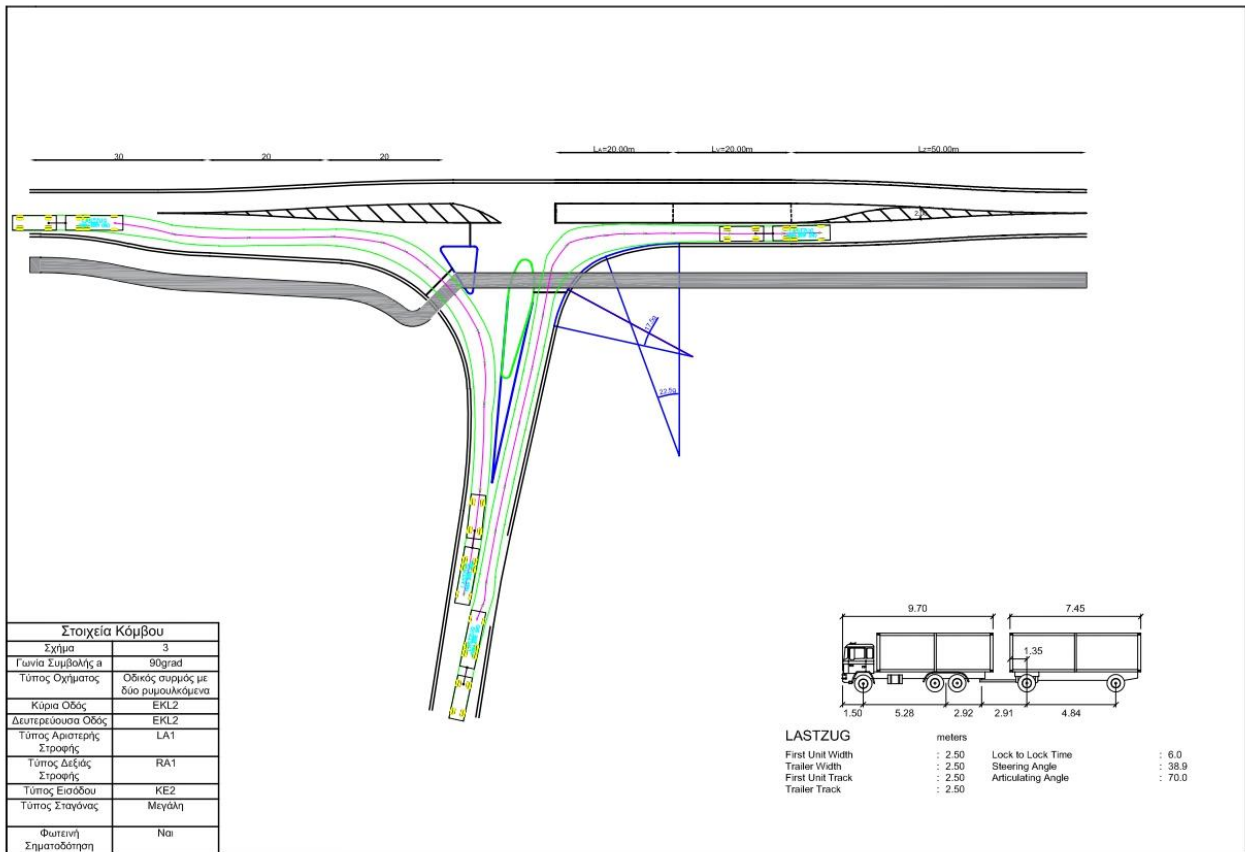
- Να γίνει διαπλάτυνση του οδοστρώματος στις κρίσιμες στροφές κόμβων που εντοπίστηκαν.
- Να διεξαχθούν μετρήσεις πεδίου για τον ακριβή προσδιορισμό των καμπύλων ιχνών στροφής για τους διάφορους τύπους βαρέων οχημάτων.
- Να γίνει εφαρμογή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε και με οχήματα σχεδιασμού αρθρωτά λεωφορεία και να συσχετιστούν τα αποτελέσματα.
- Να διερευνηθεί η τροχιά Βαρέων Οχημάτων και με άλλα λογισμικά προσομοίωσης (για παράδειγμα το Vehicle tracking της Autodesk), να συγκριθούν και αξιολογηθούν τα αποτελέσματα
- επίσης με βάση μετρήσεις πεδίου να αναπτυχθεί στατιστική μεθοδολογία προκειμένου να ληφθούν υπόψη περιθώρια ασφάλειας προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα εξής:
 - Αβεβαιότητα λόγω της μη εξοικείωσης του οδηγού με το οδικό δίκτυο.
 - Πιθανά λάθη εκτέλεση της στροφής.
 - Πιθανά λάθη στην κρίση του οδηγού.
 - Διαφοροποιήσεις μεταξύ του οχήματος της μεθόδου και του πραγματικού οχήματος.

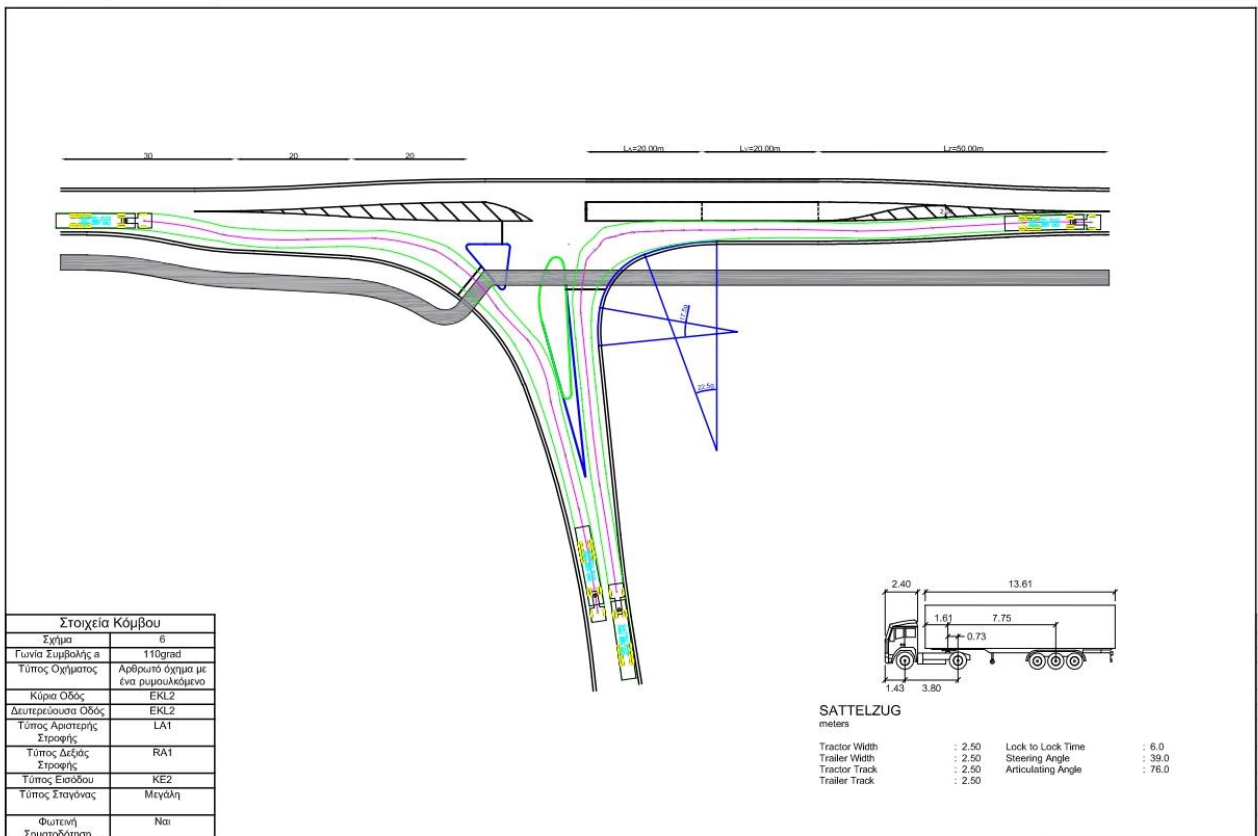
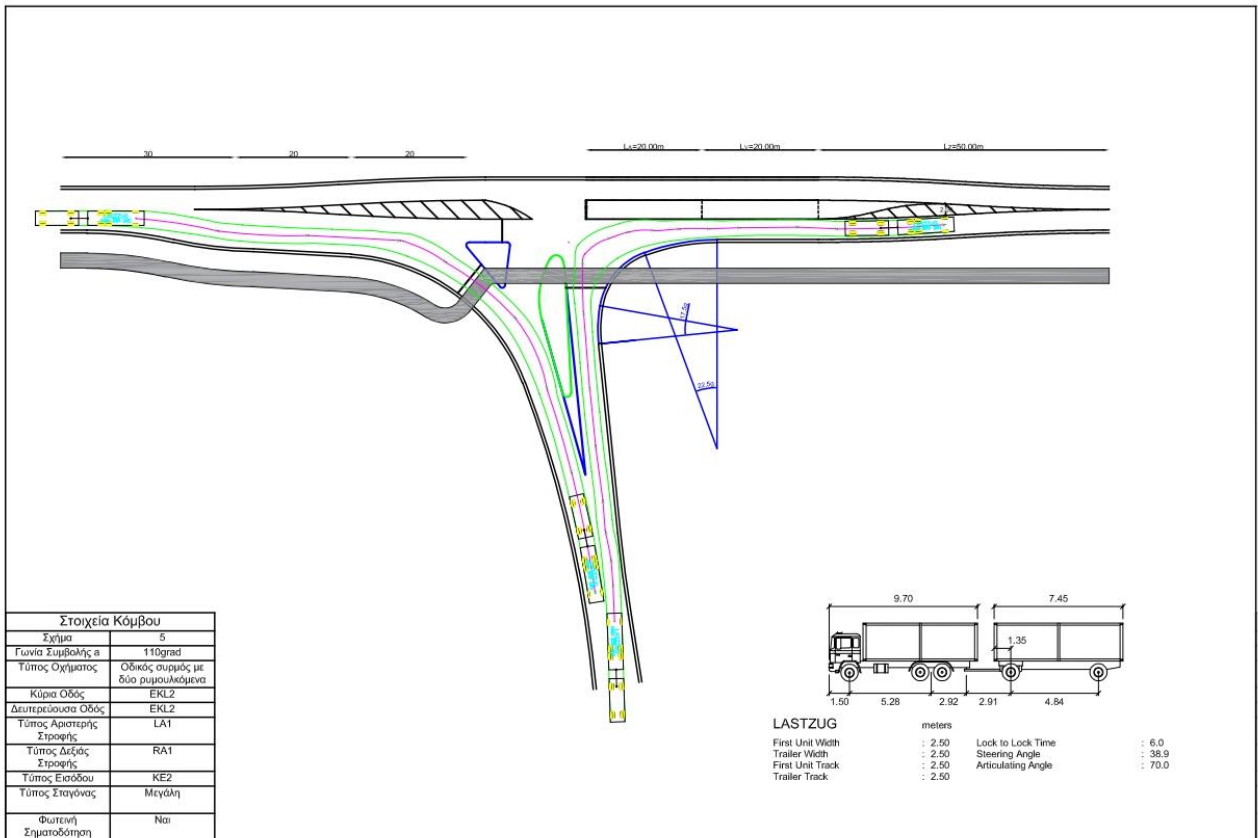
5. Βιβλιογραφικές αναφορές

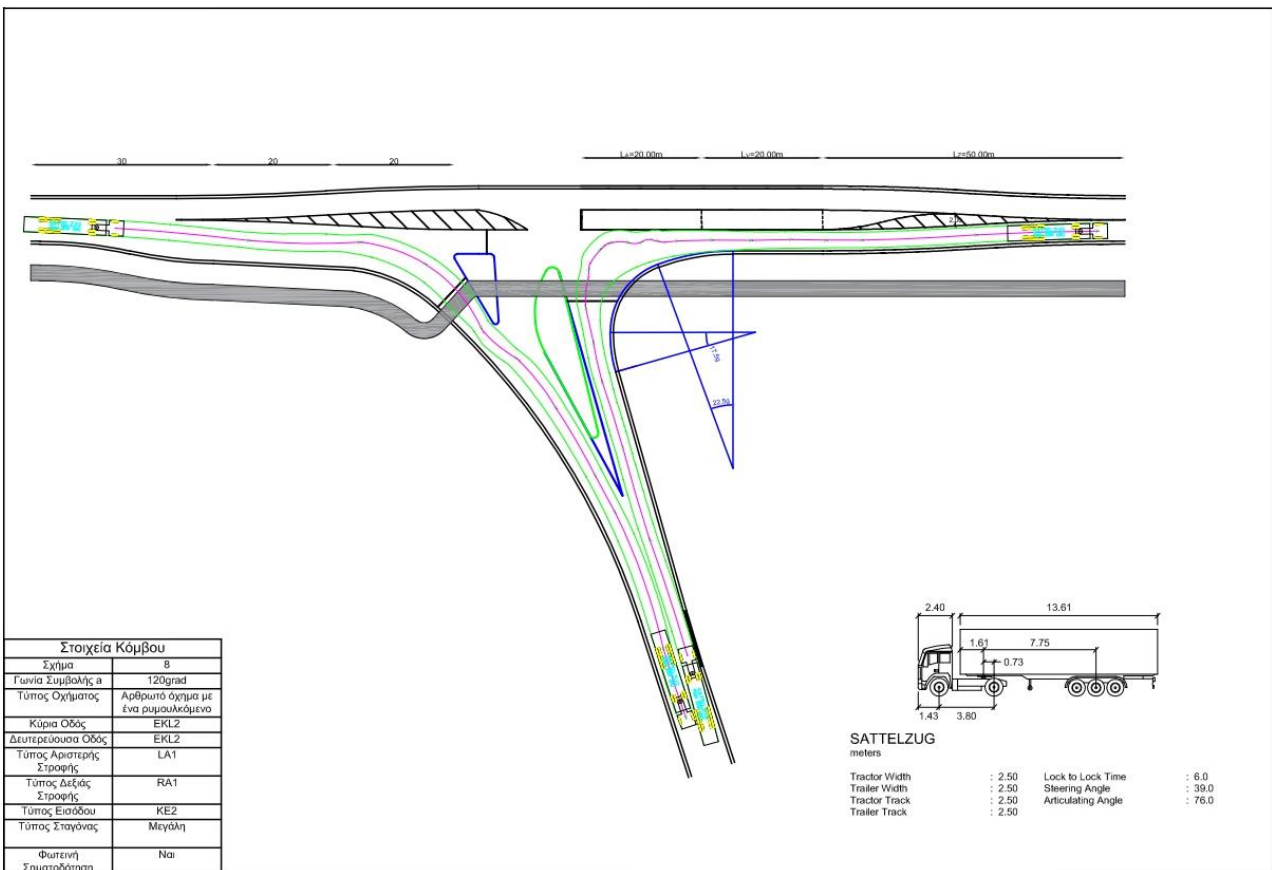
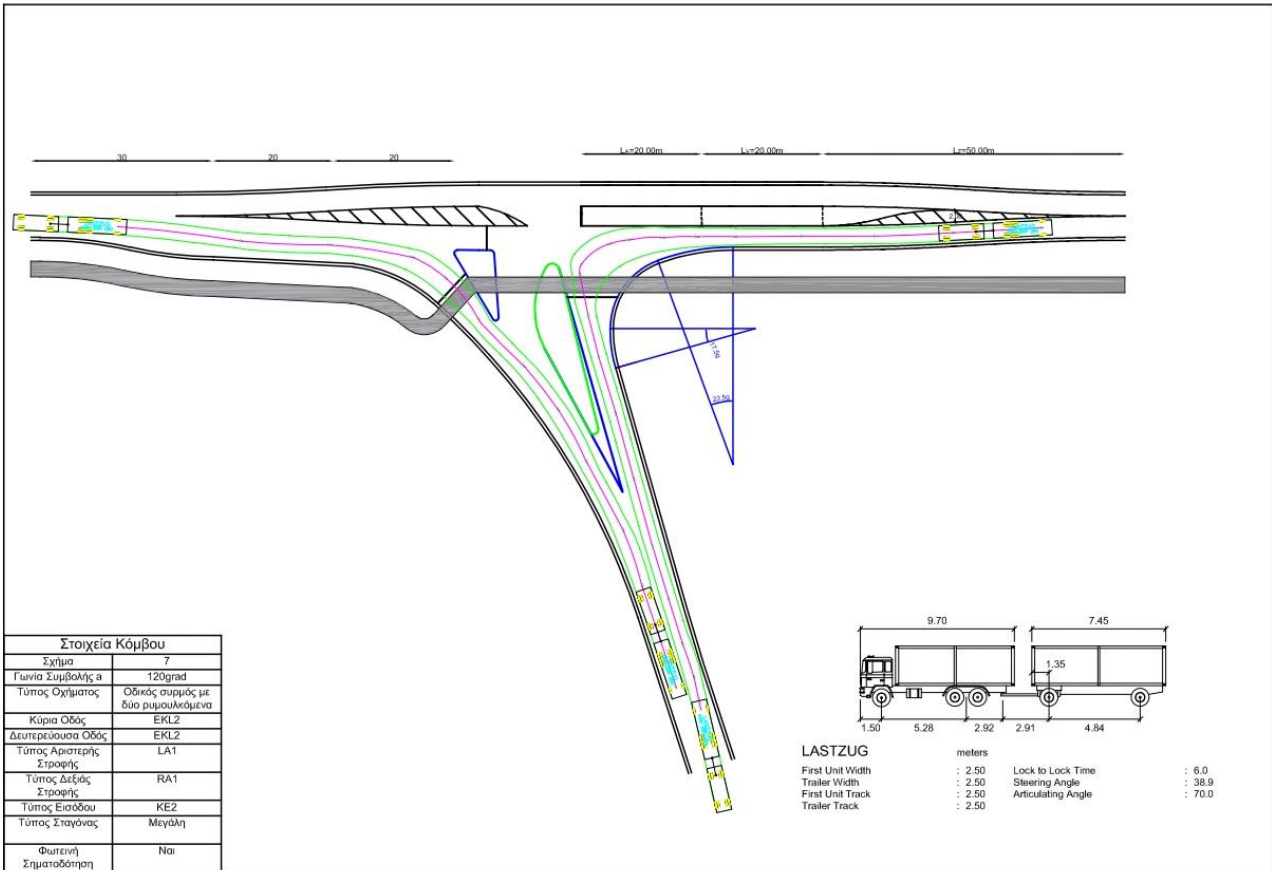
1. RAL, "Richtlinien für die Anlage von Landstraßen RAL" Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln, 2012
2. RAS-K-1, "Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS). Teil: Knotenpunkte (RAS-K). Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte (RAS-K-1). Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV), Bonn, 1988
3. Richter T., "Einsatzbereiche von Knotenpunktarten und Kontenpunktelementen für die für die Entwurfsklassen der RAL ", Koln, 2013
4. Ζουριδάκη Κ., «Υψομετρική διαμόρφωση ισόπεδου κόμβου μορφής Τ», διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2015
5. Καλλιώρα Ε. « Διερεύνηση τροχιάς οχημάτων με την χρήση προσομοιωτή οδήγησης» ,διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2021.
6. Κανελλαΐδης Γ., Μερτζάνης Φ., Γλαρός Γ., Βαρδάκη Σ., «Σημειώσεις για τον Γεωμετρικό Σχεδιασμό των Οδών», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα, 2017.
7. Μαυρομάτης Σ., «Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων Σχεδιασμού Οδών», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα, 2020.
8. Μιχόπουλος Κ., «Γερμανικές οδηγίες για το σχεδιασμό υπεραστικών οδών RAL 2012», διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2018.
9. Νικολέττου Μ., «Σχεδιασμός και αξιολόγηση ισόπεδων κόμβων υπεραστικών οδών κατά RAL 2012», διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2018.
10. ΟΜΟΕ-ΙΚ, "Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων", τεύχος 10, μέρος 1 "Ισόπεδοι Κόμβοι", 2011

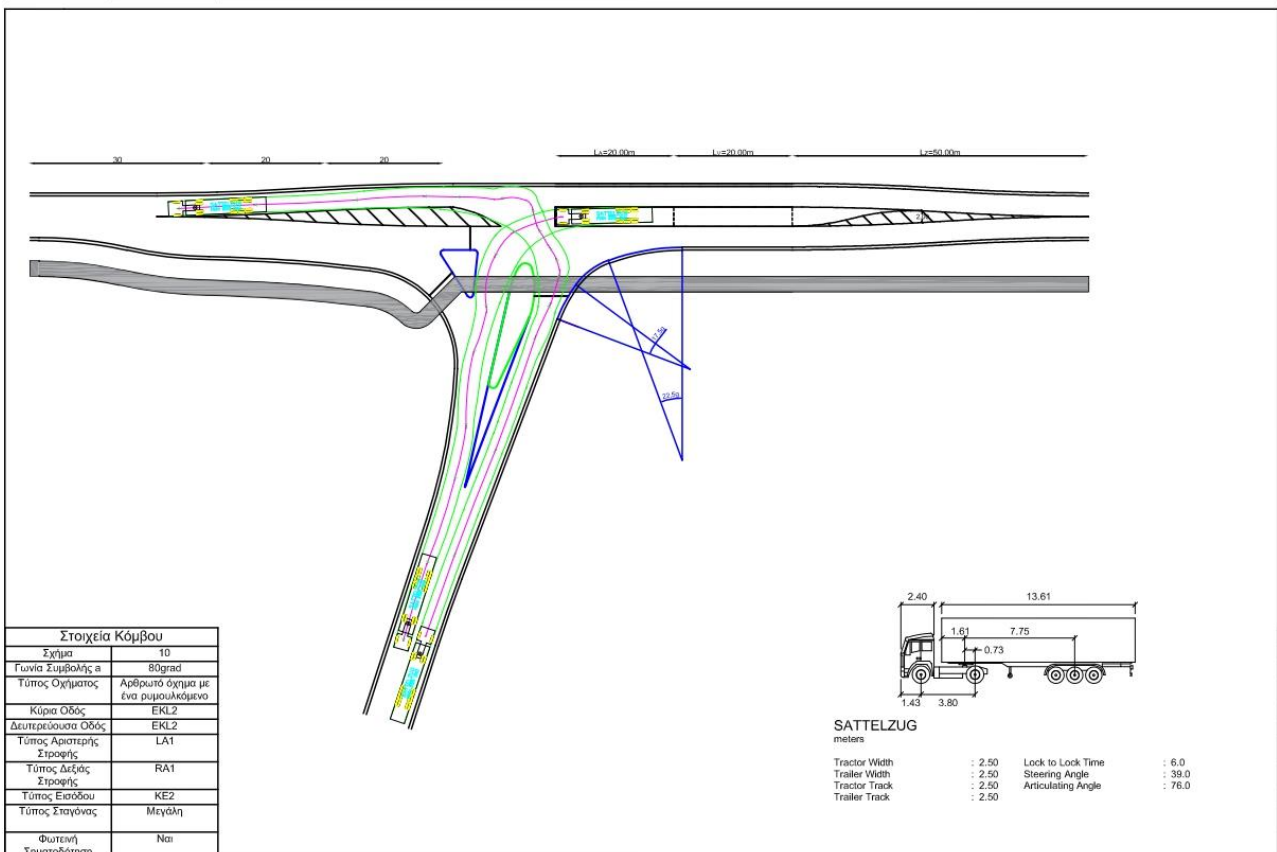
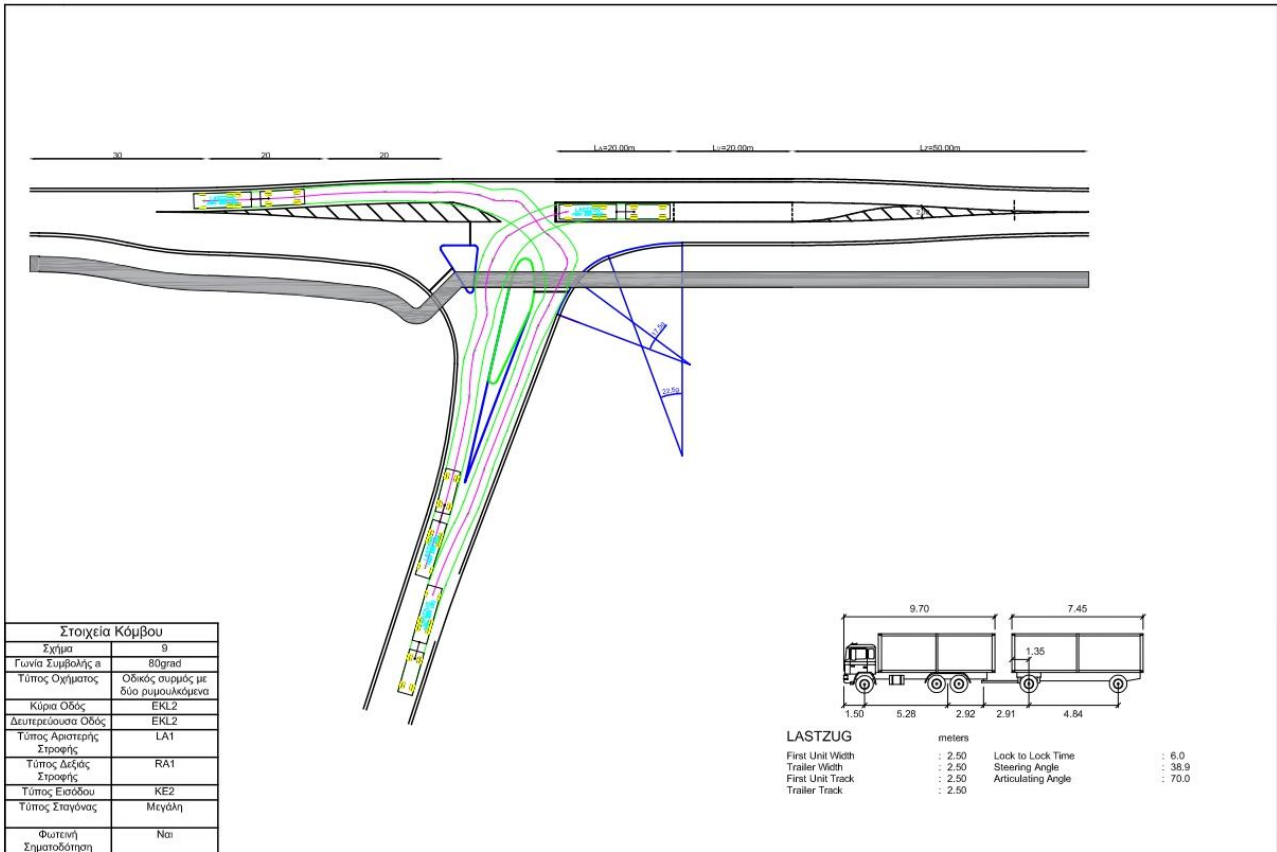
11. Ουρανία Λ., «Διερεύνηση ορατότητας για προσπέραση με βάση τα δυναμικά χαρακτηριστικά του οχήματος», διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2019.
12. Παπαδάκης Α., «Διερεύνηση θεμάτων κυκλοφοριακού σχεδιασμού εμπορευματικών κέντρων», διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2017.

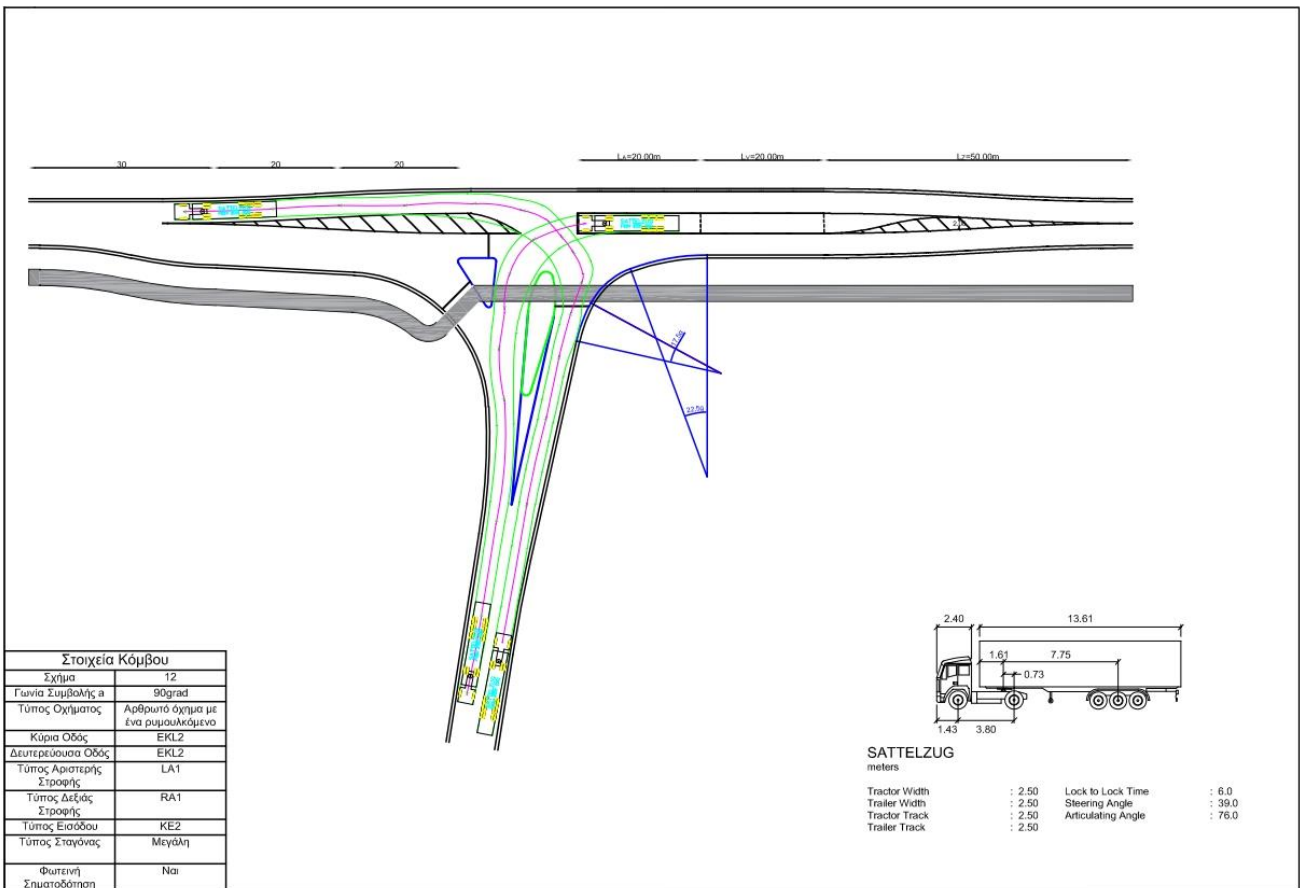
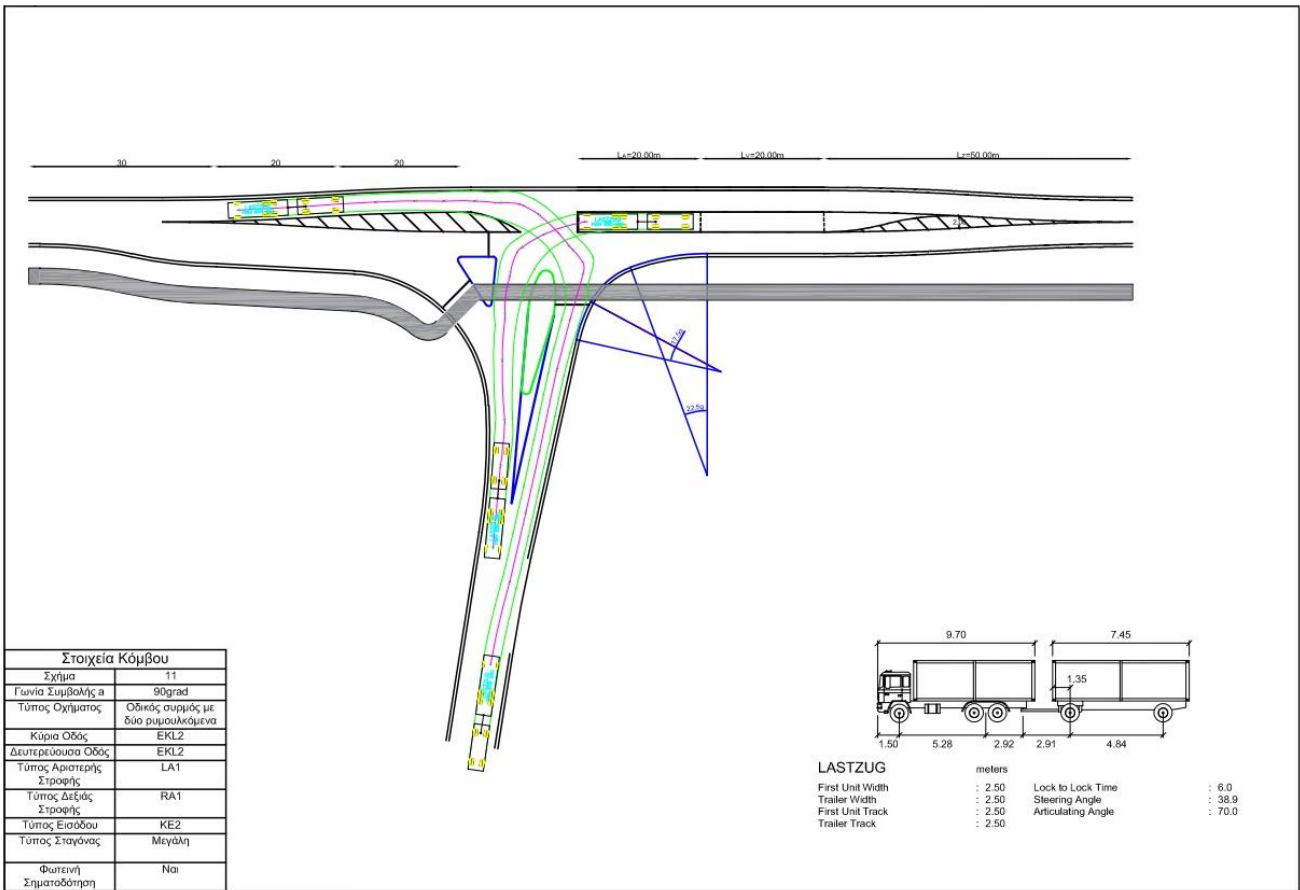


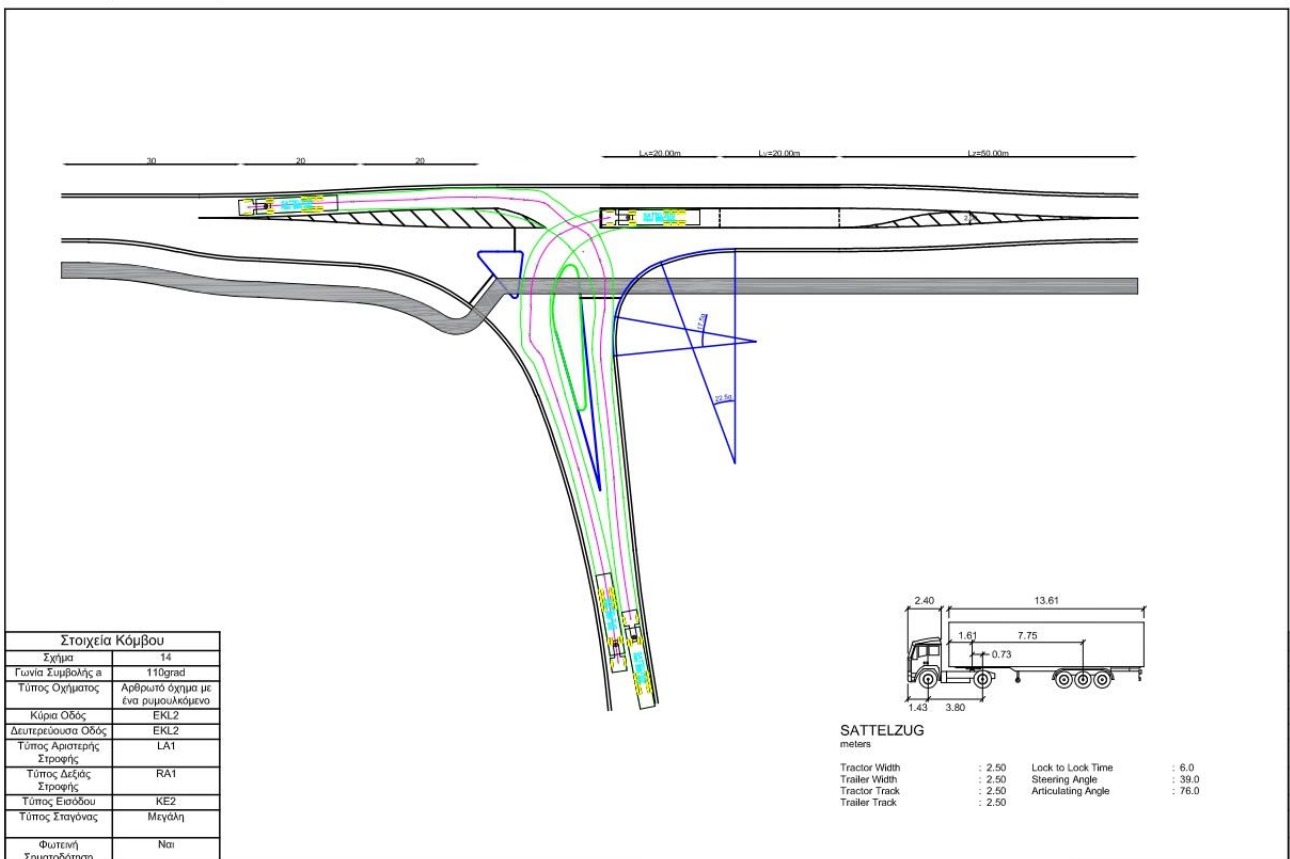
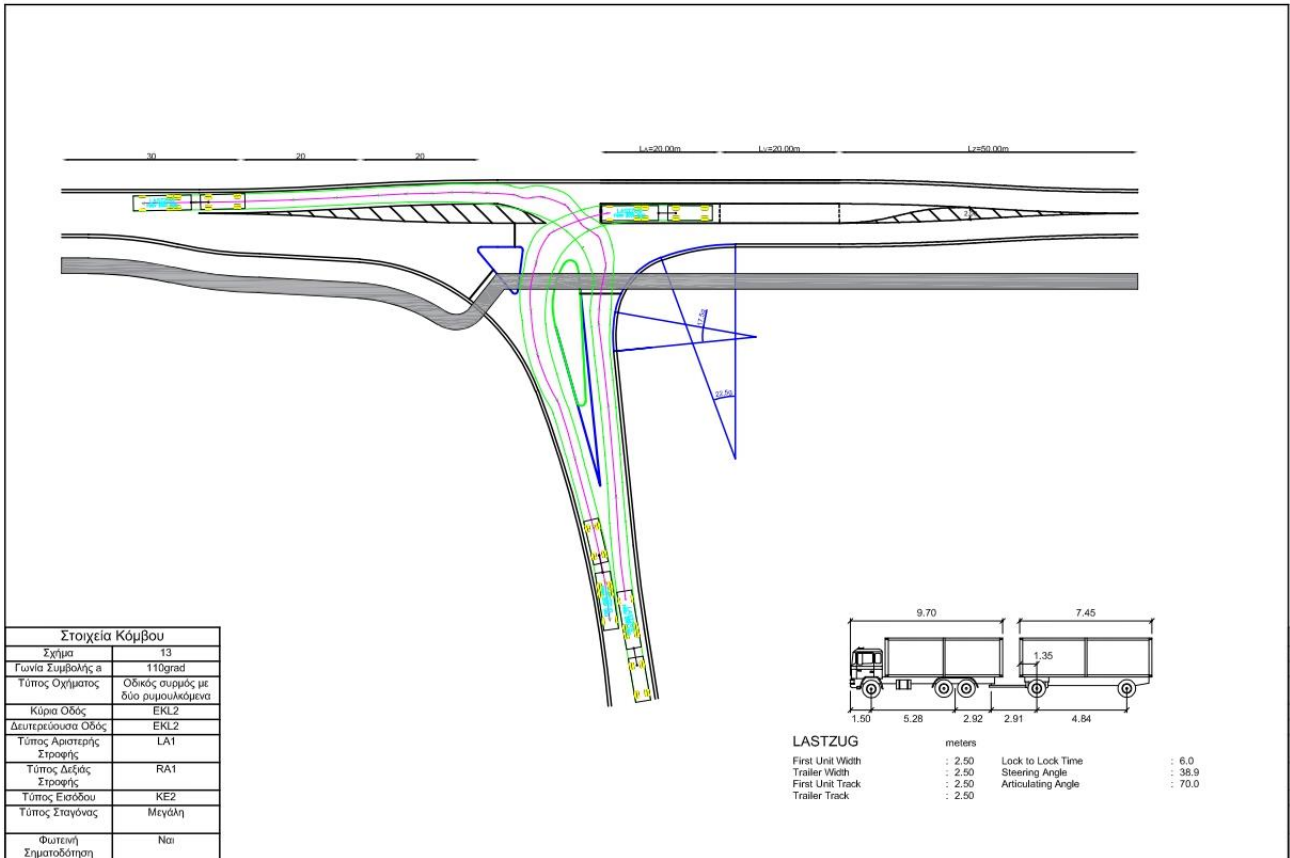


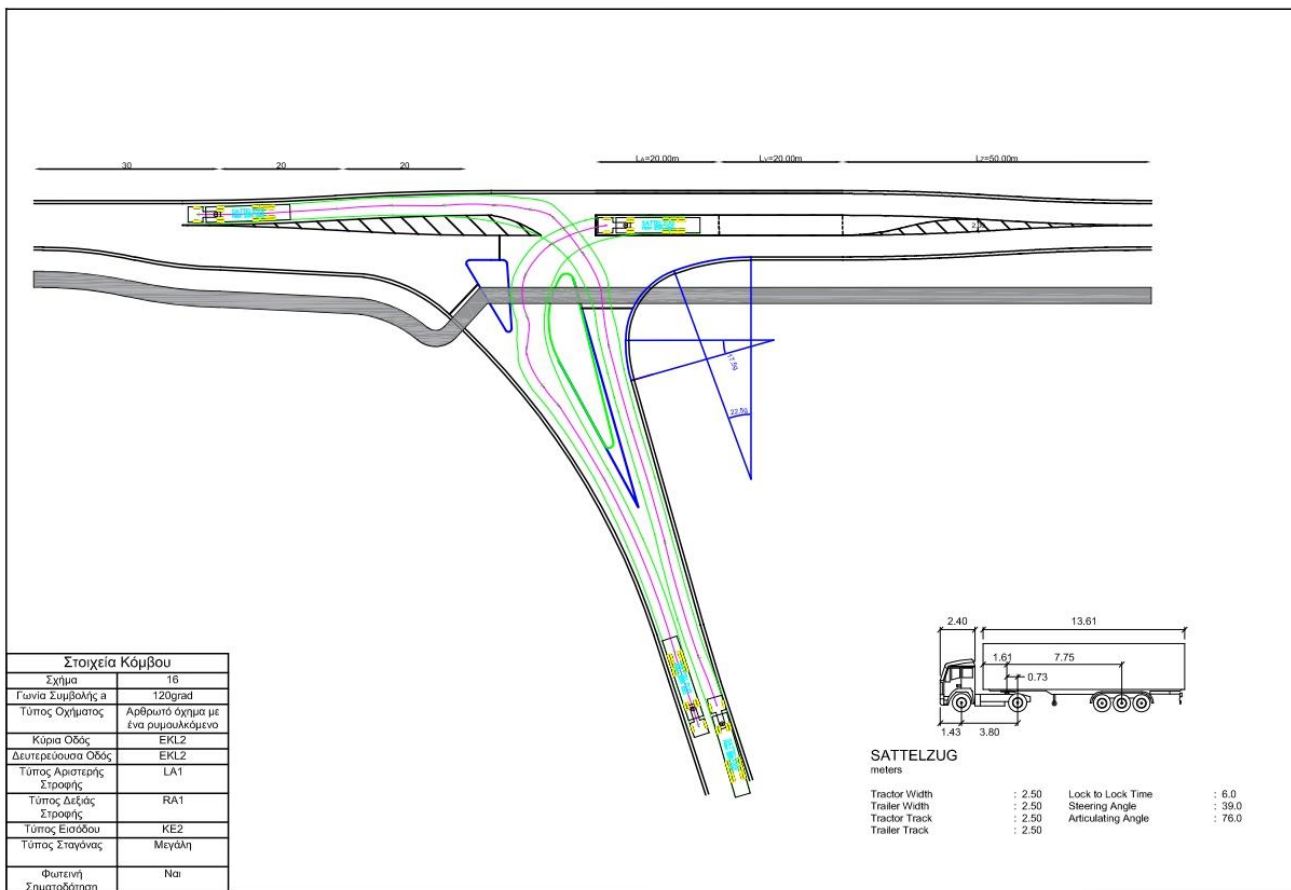
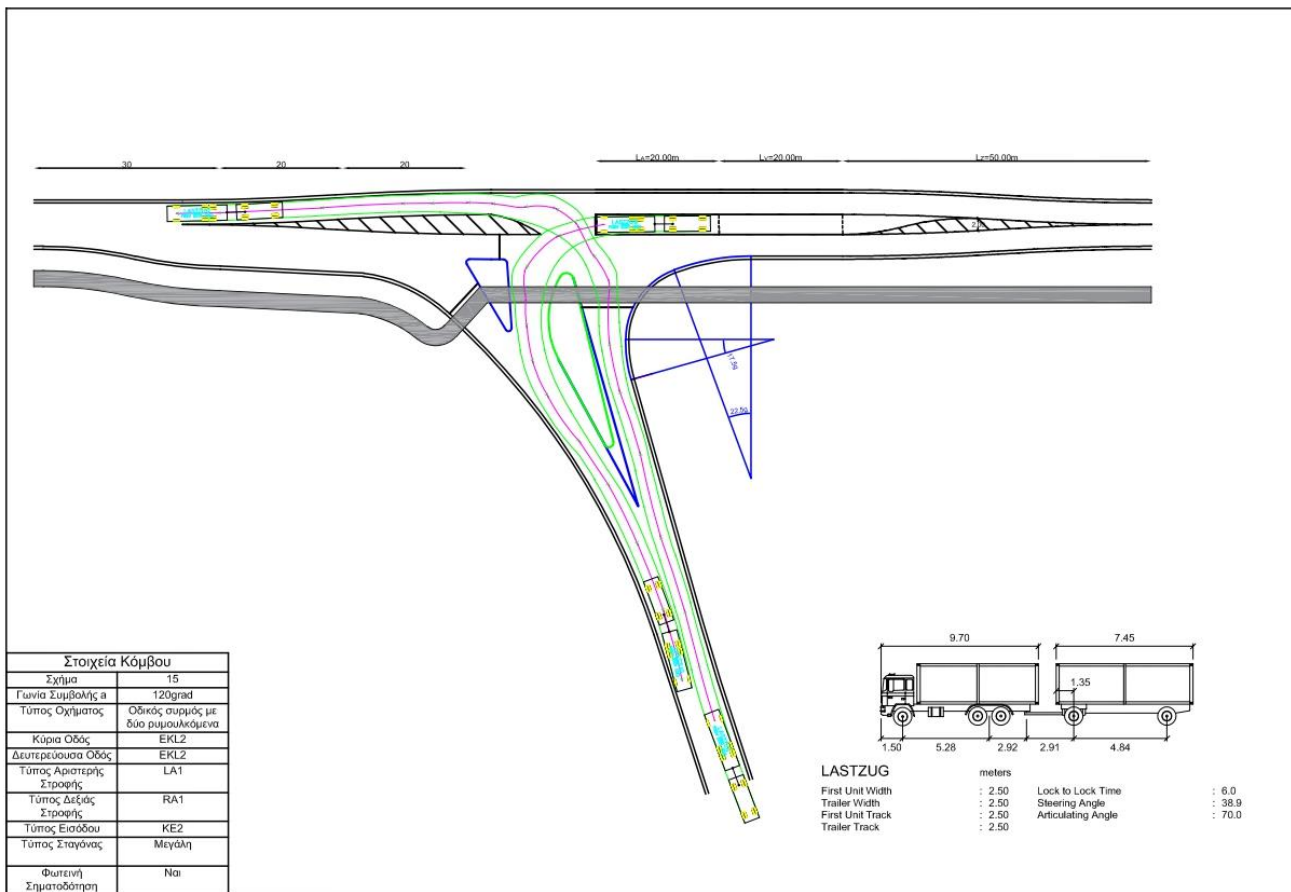


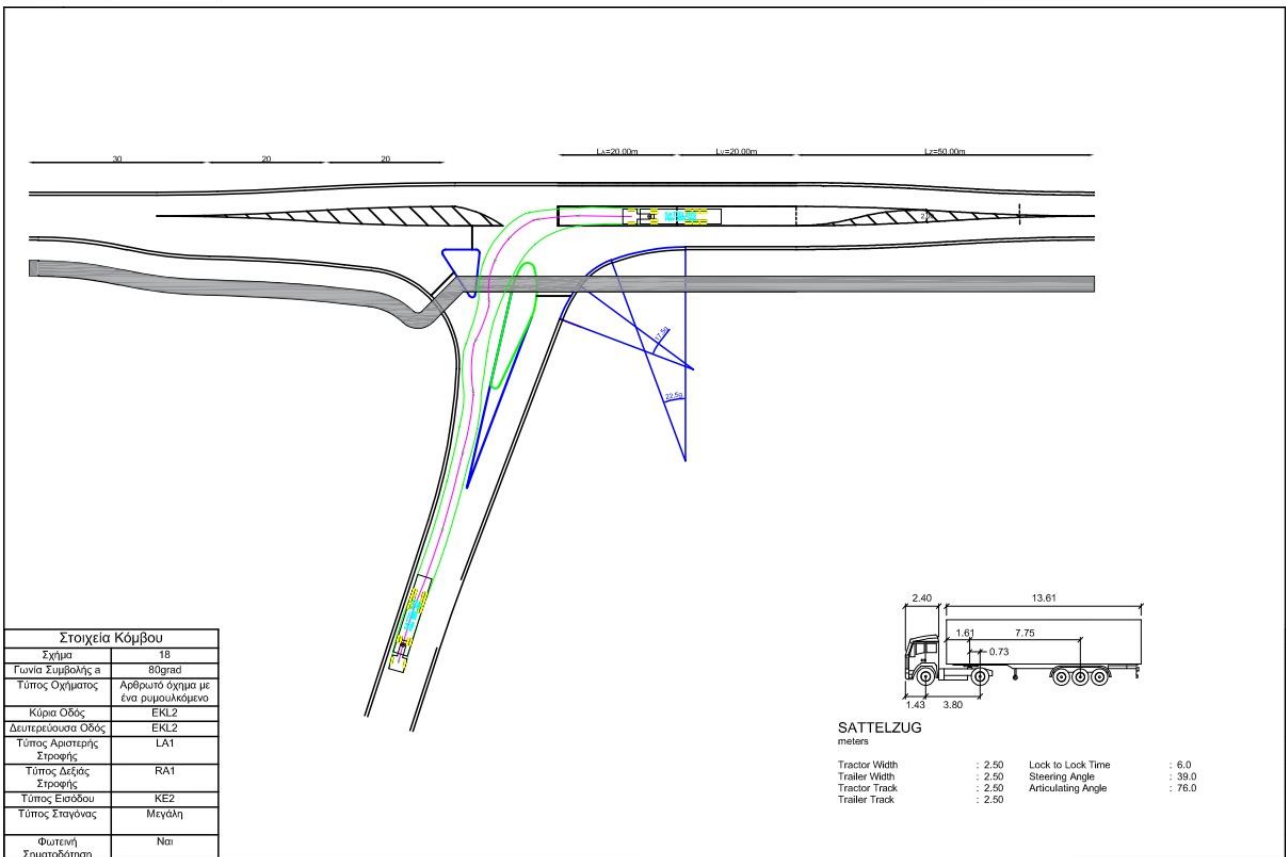
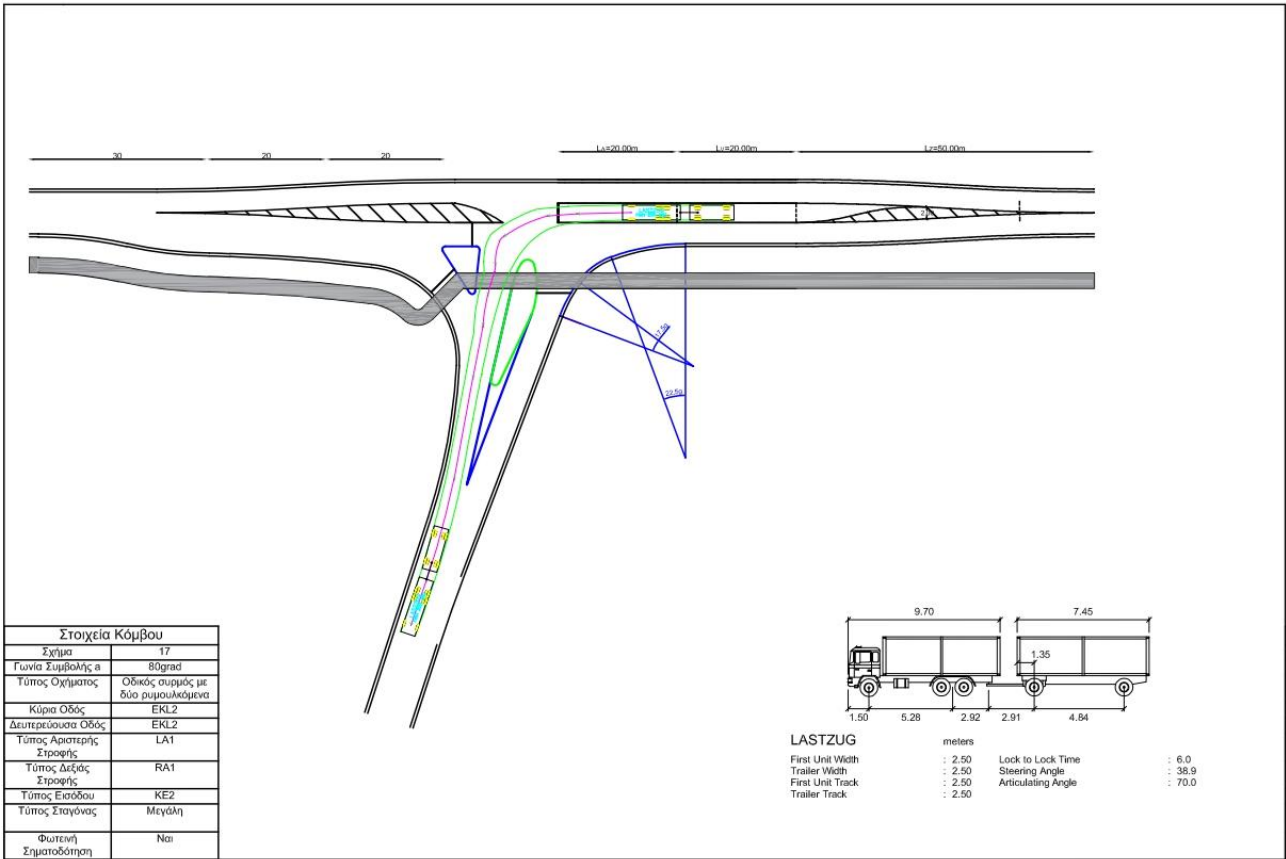


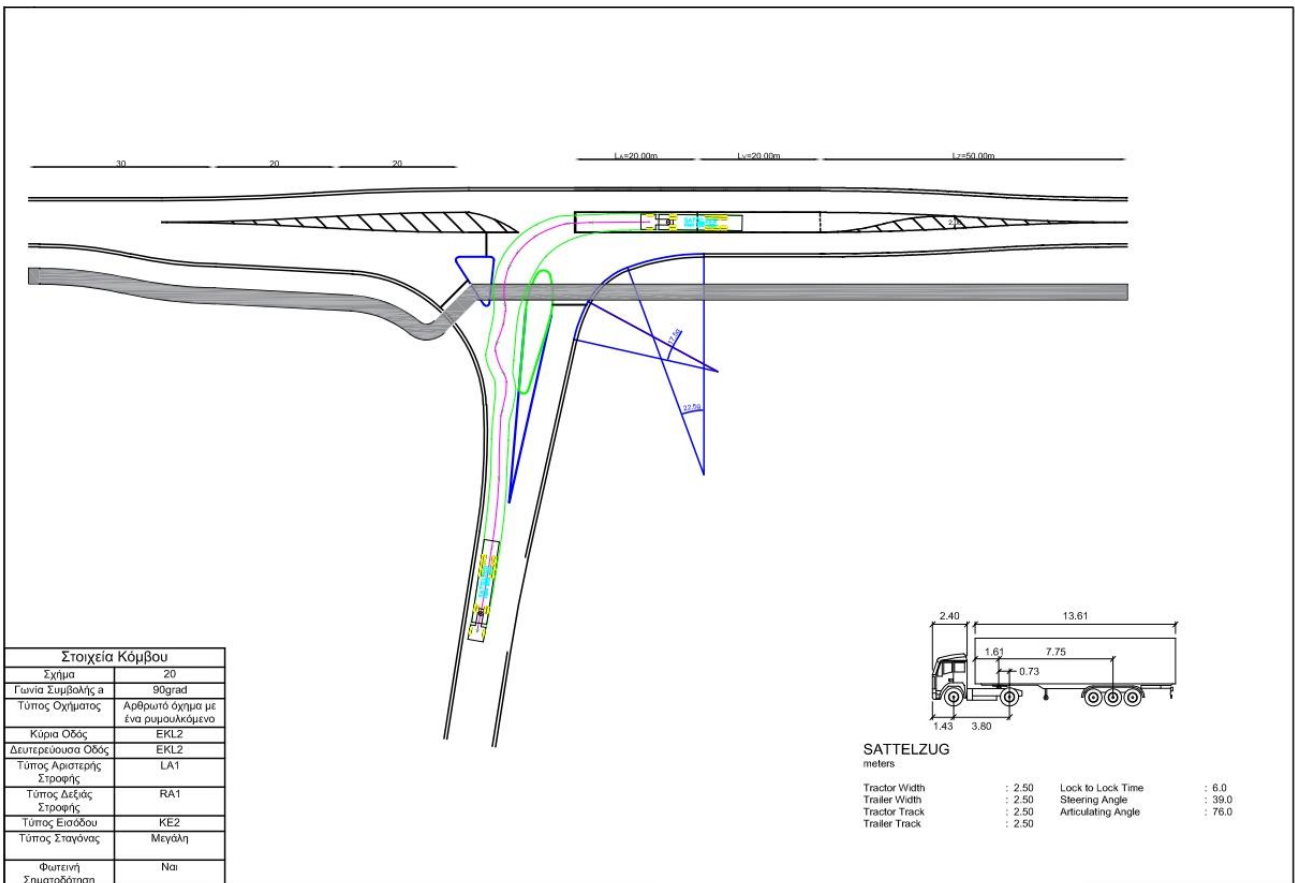
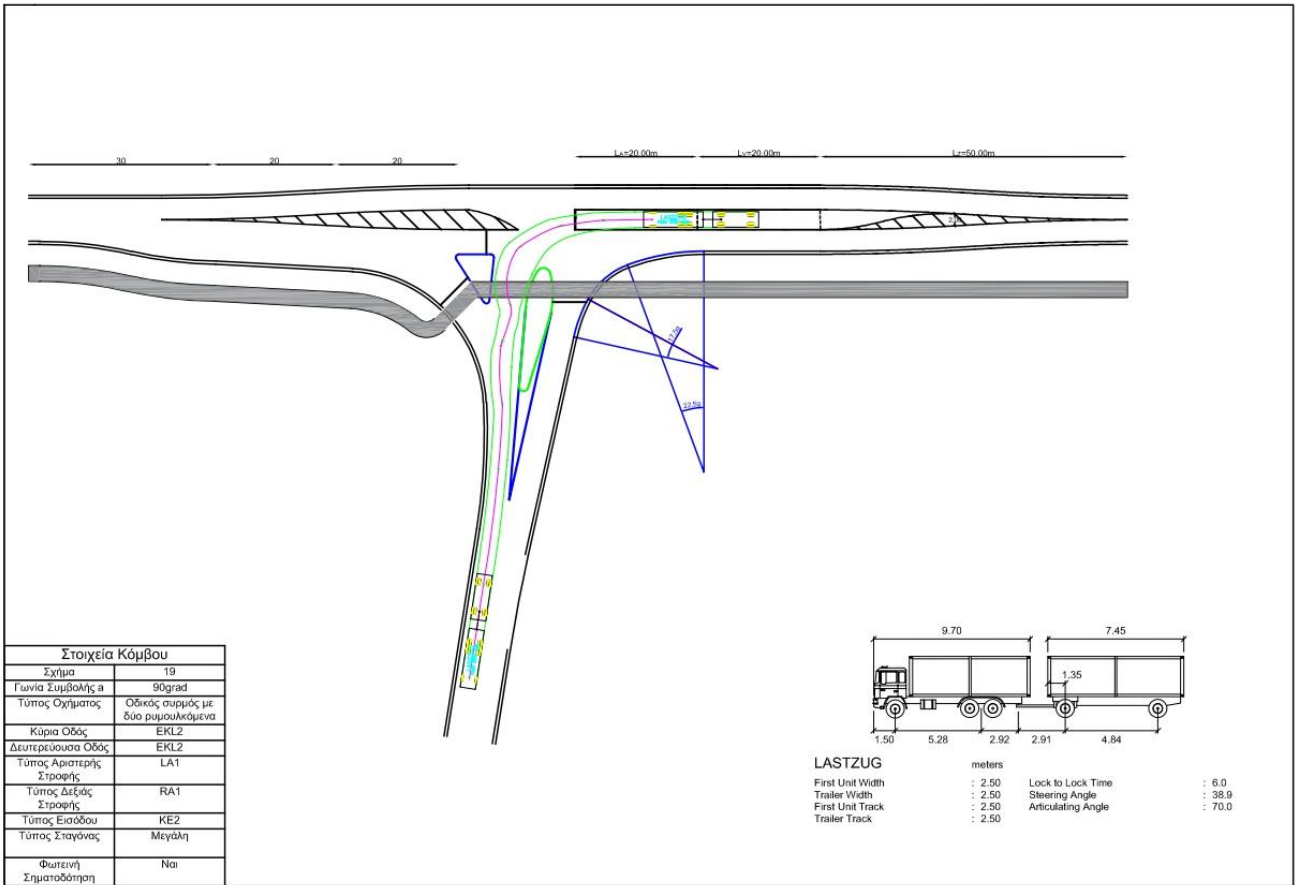


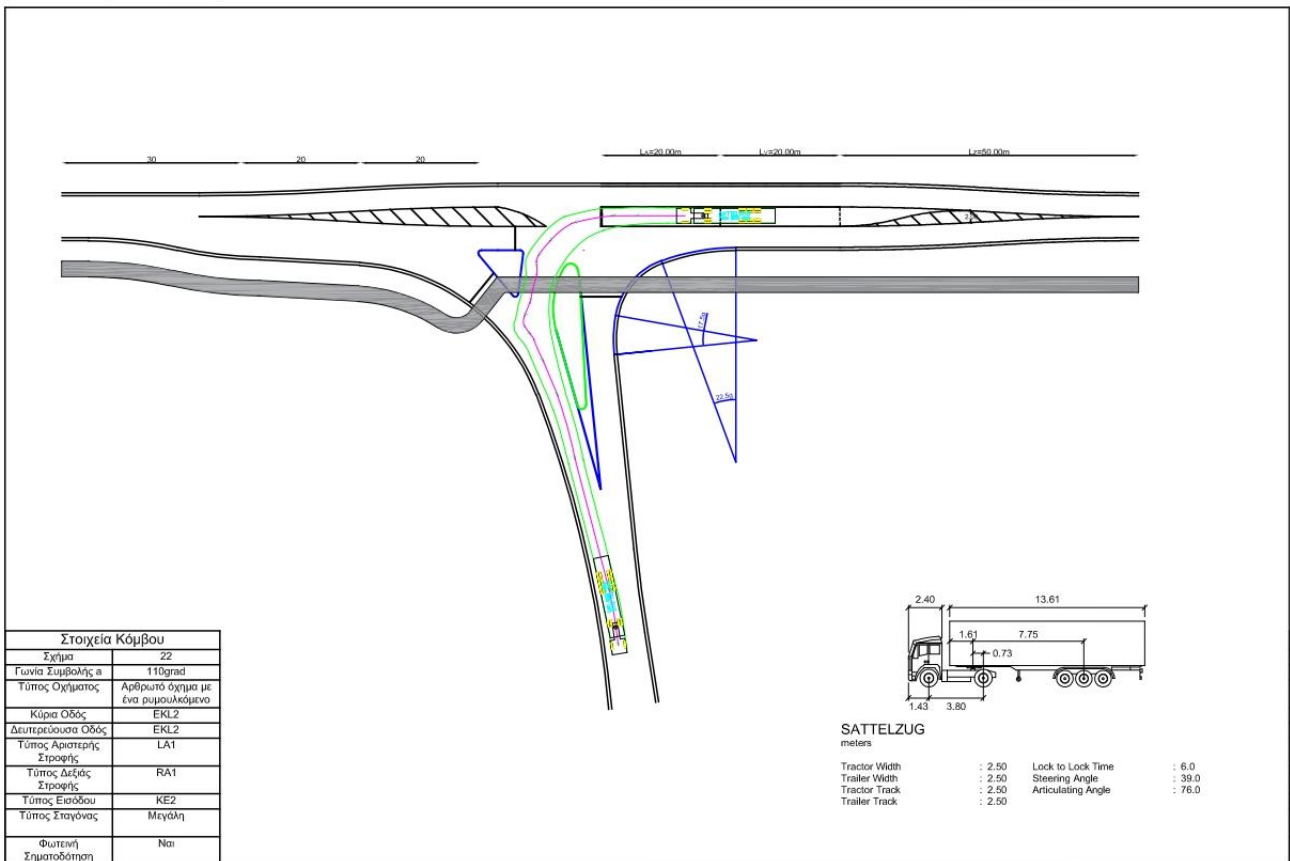
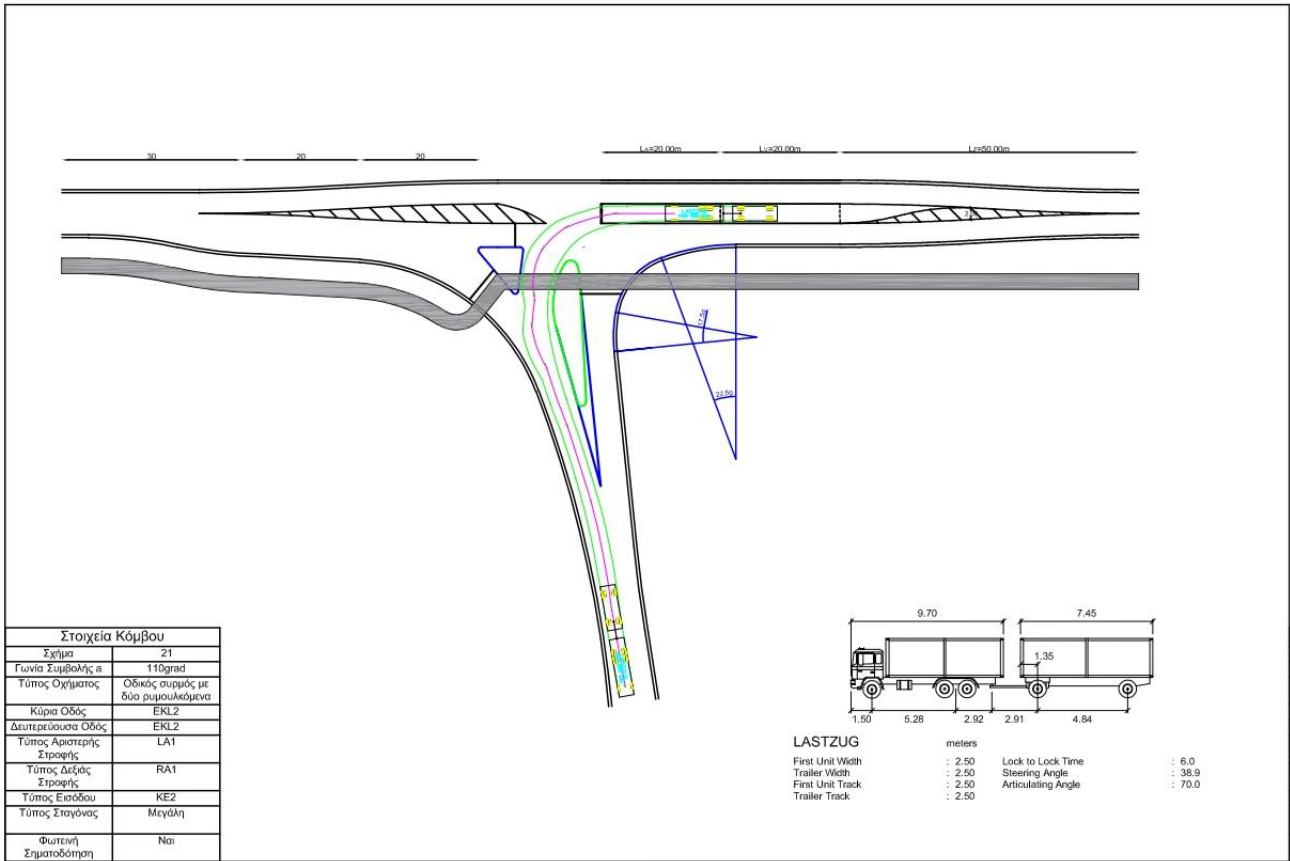


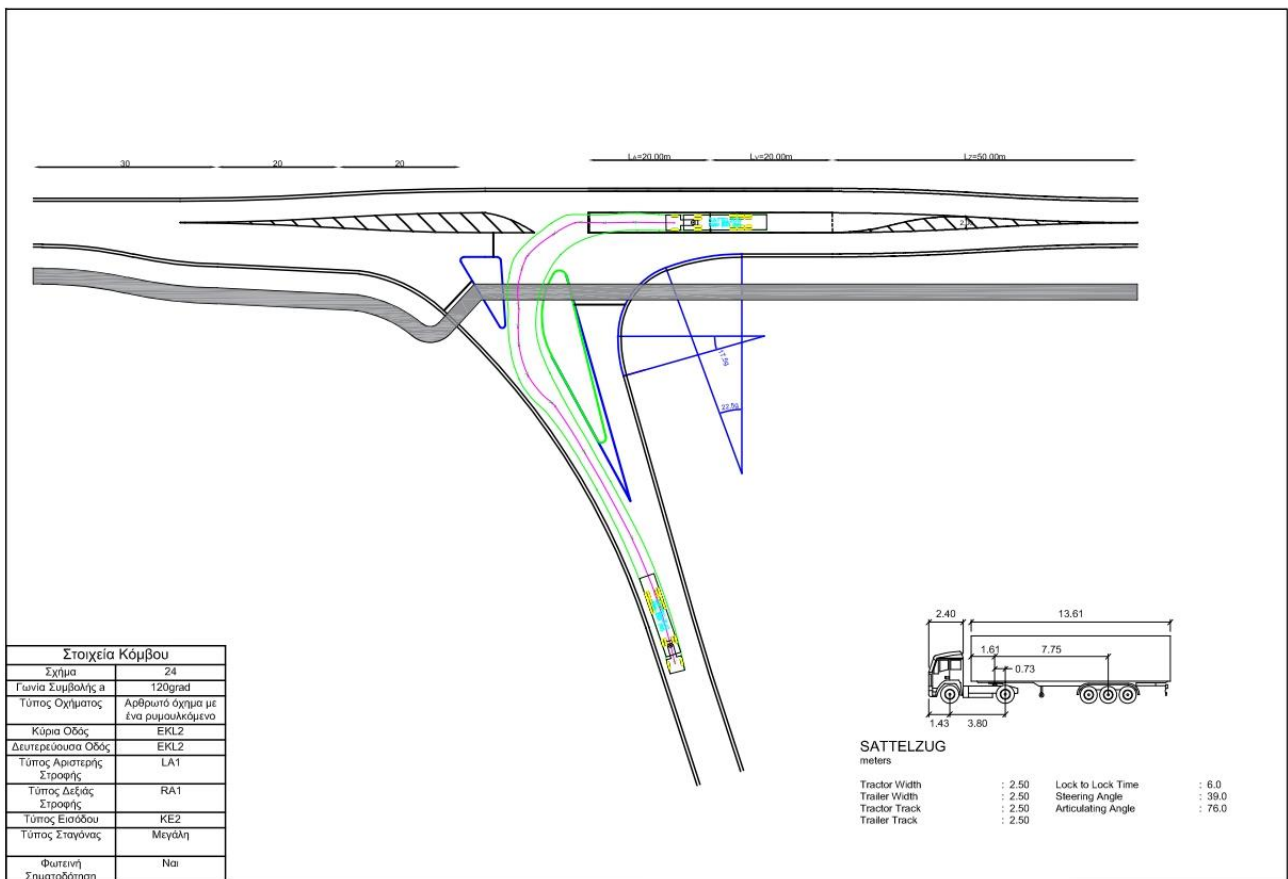
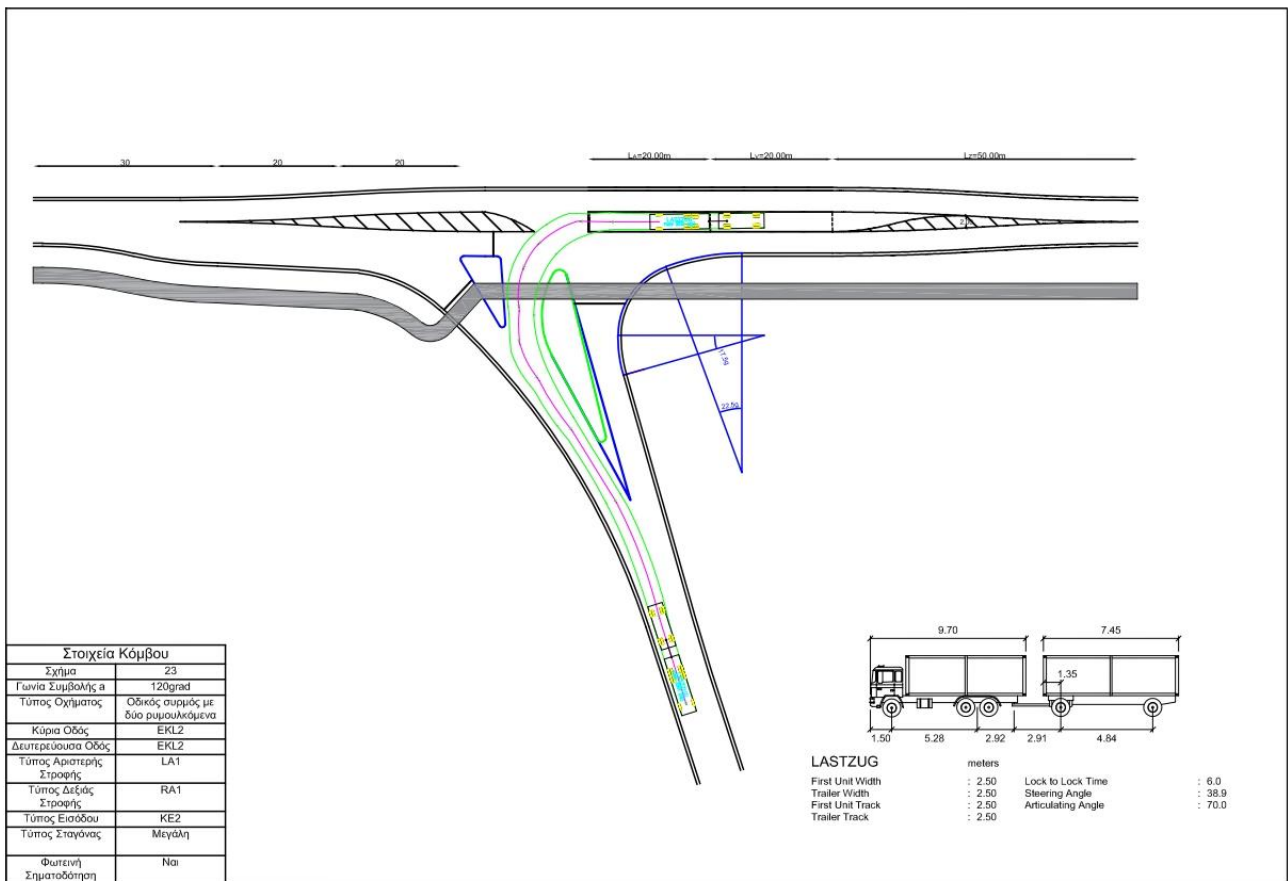


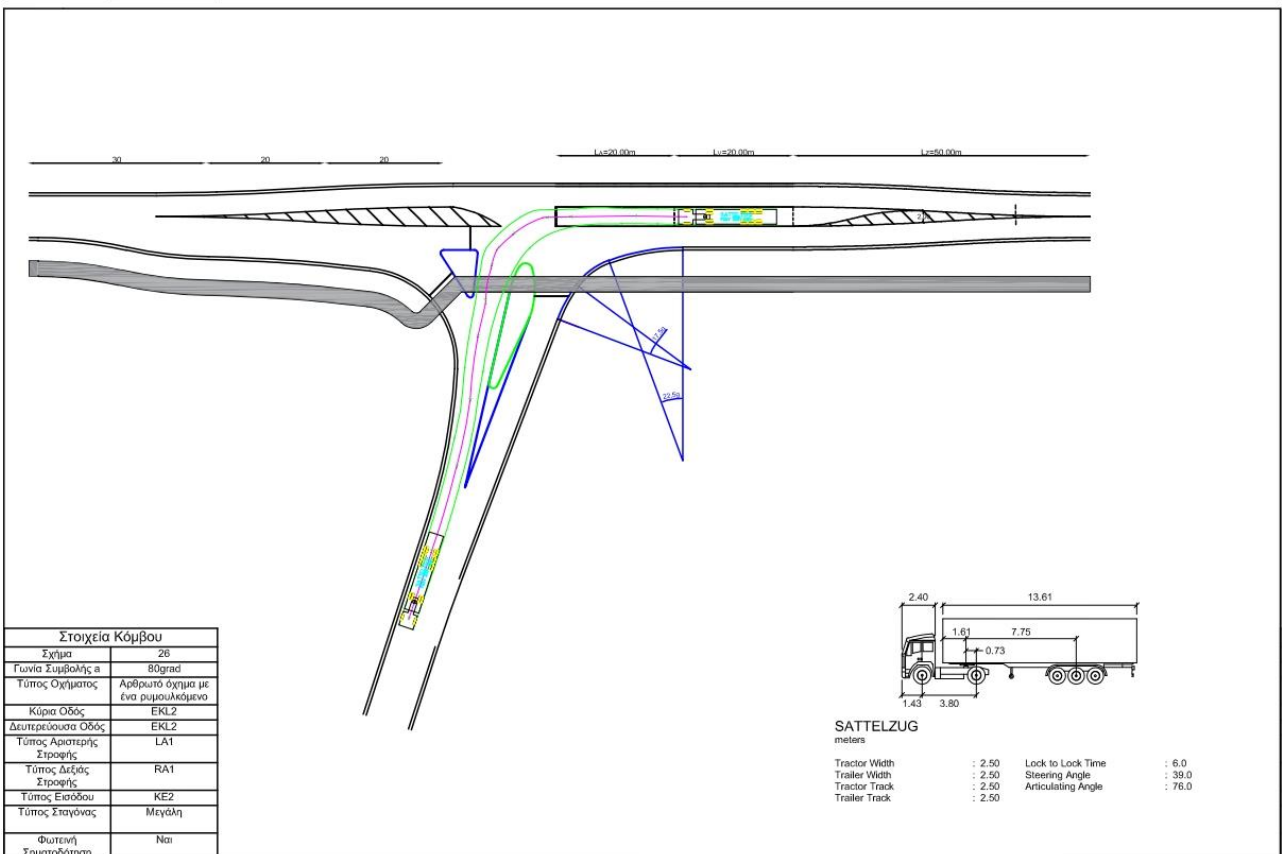
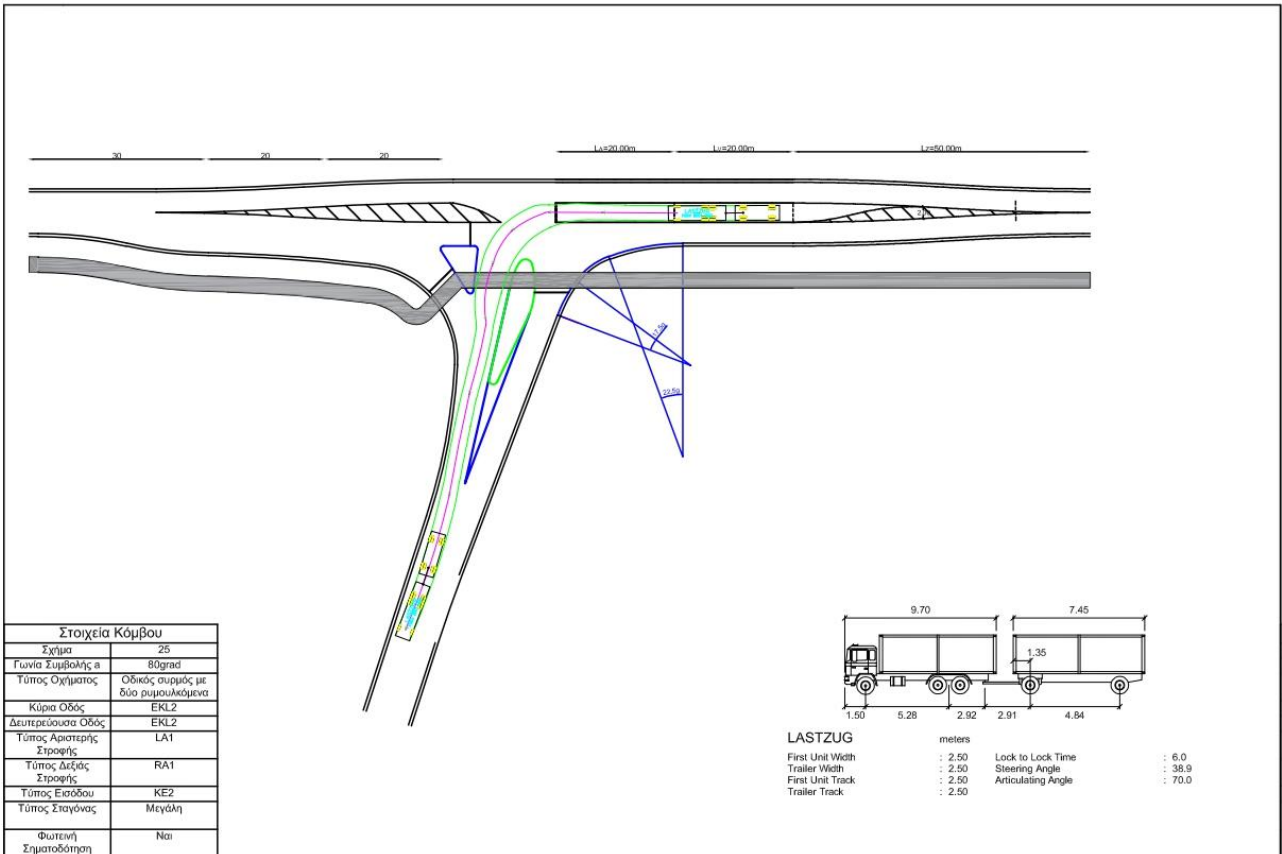


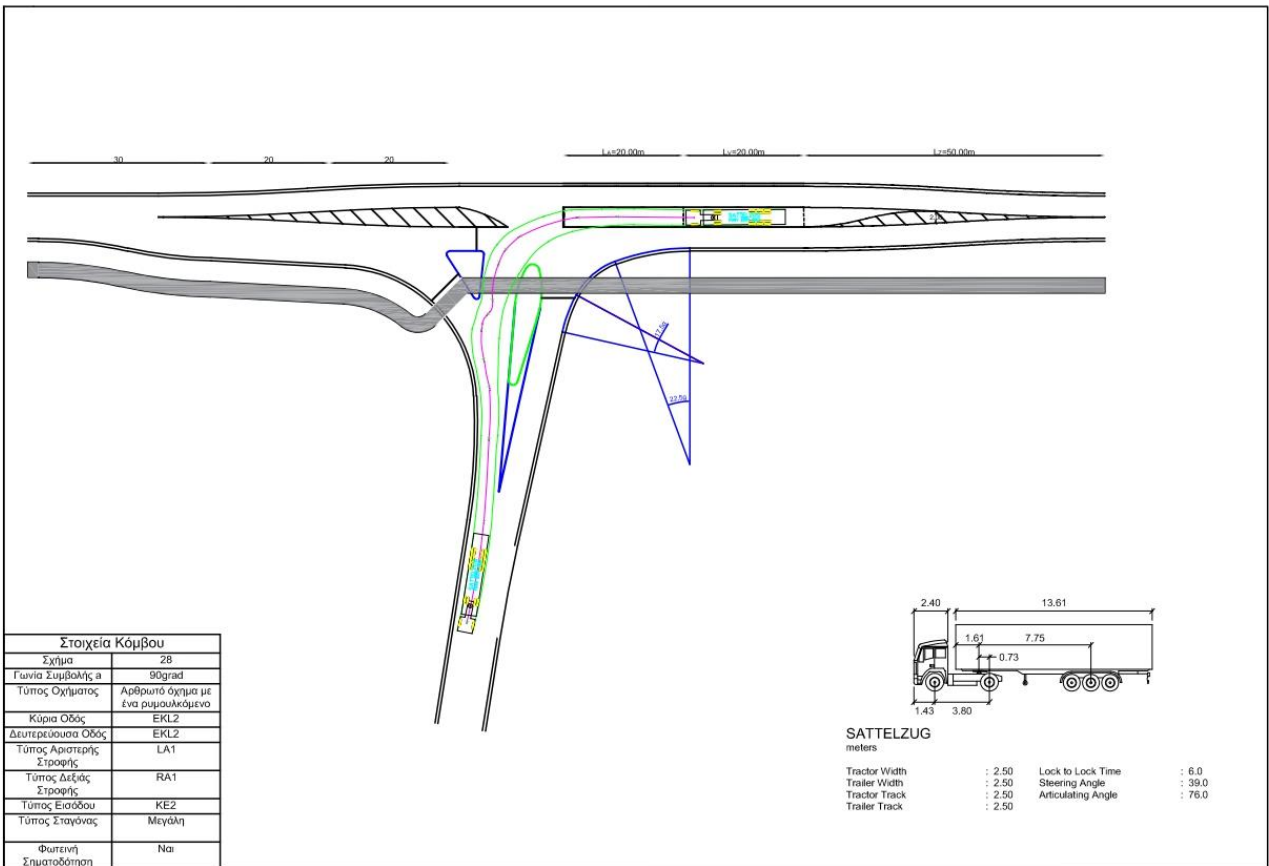
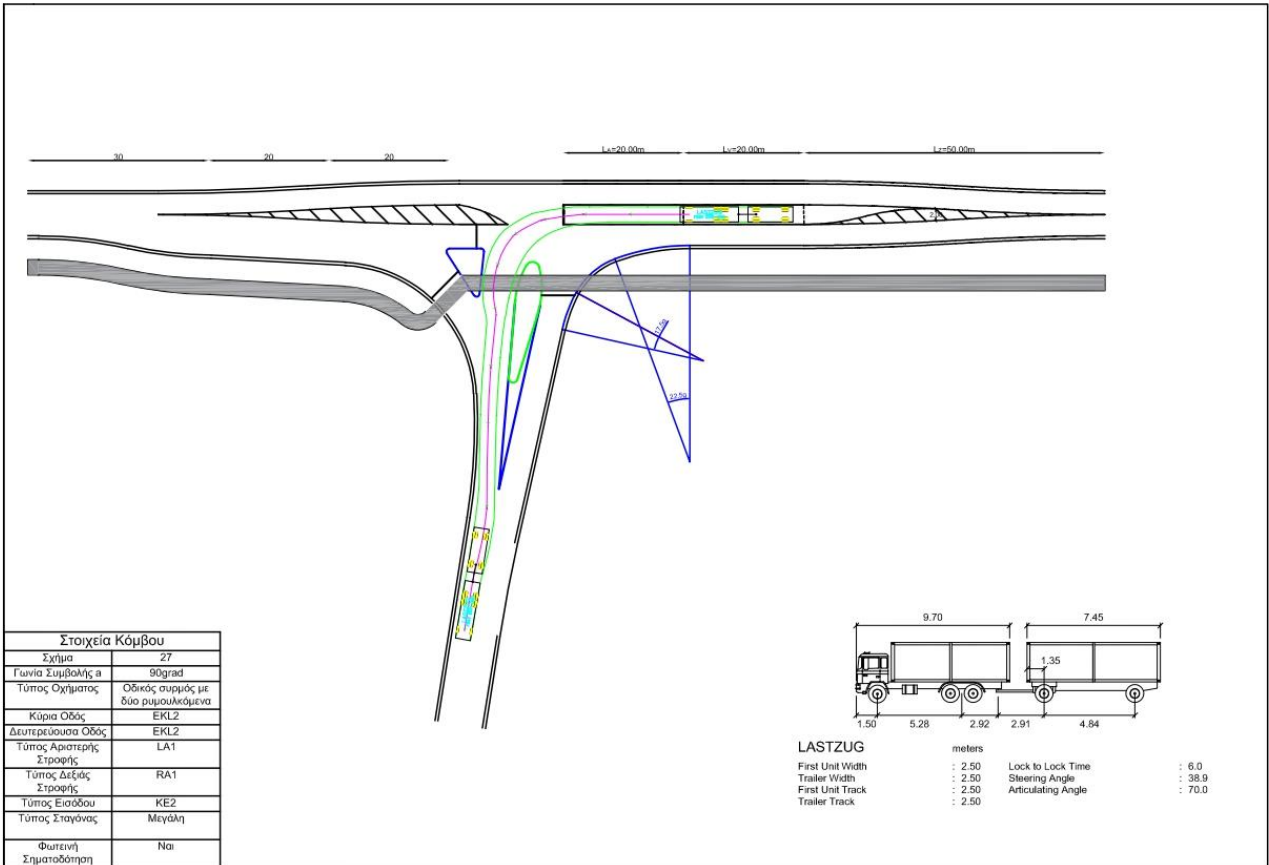


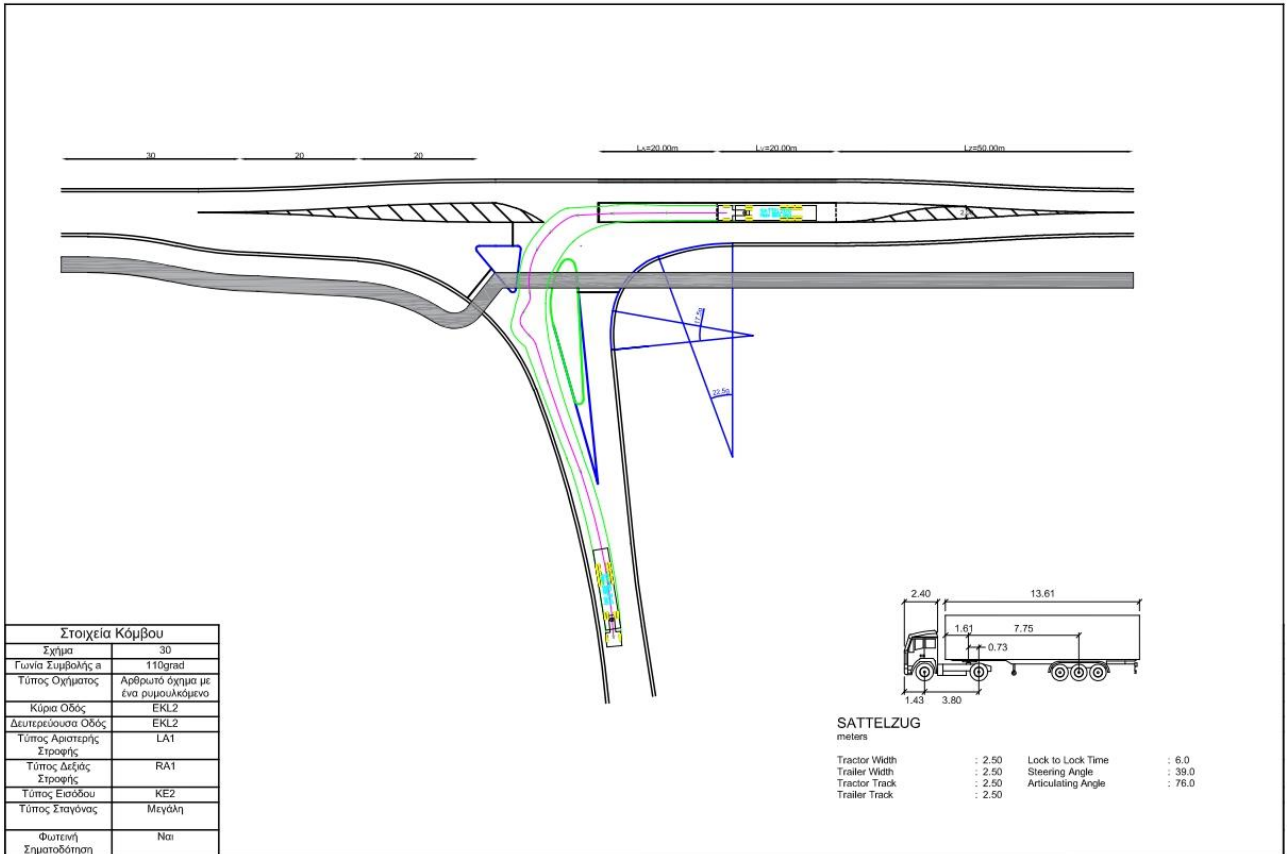
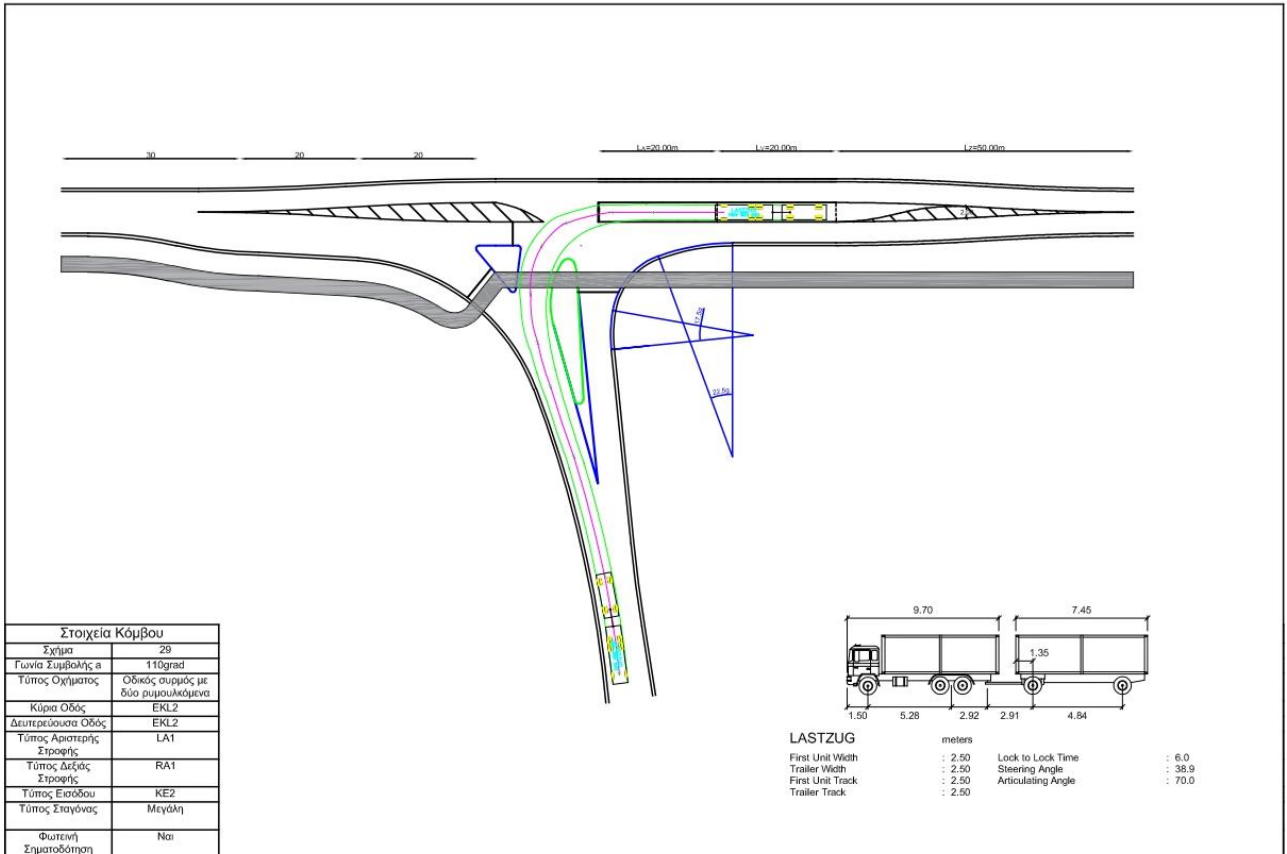


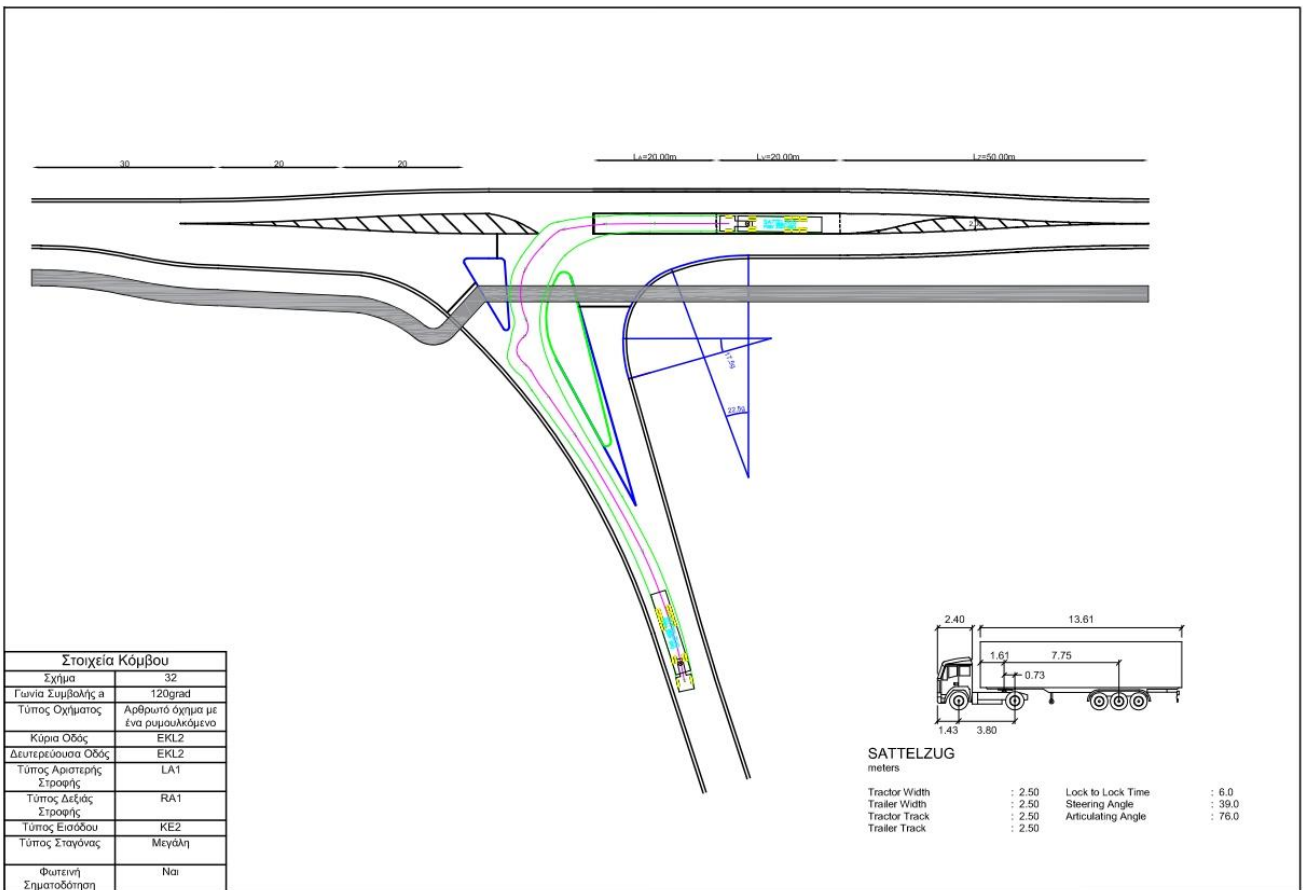
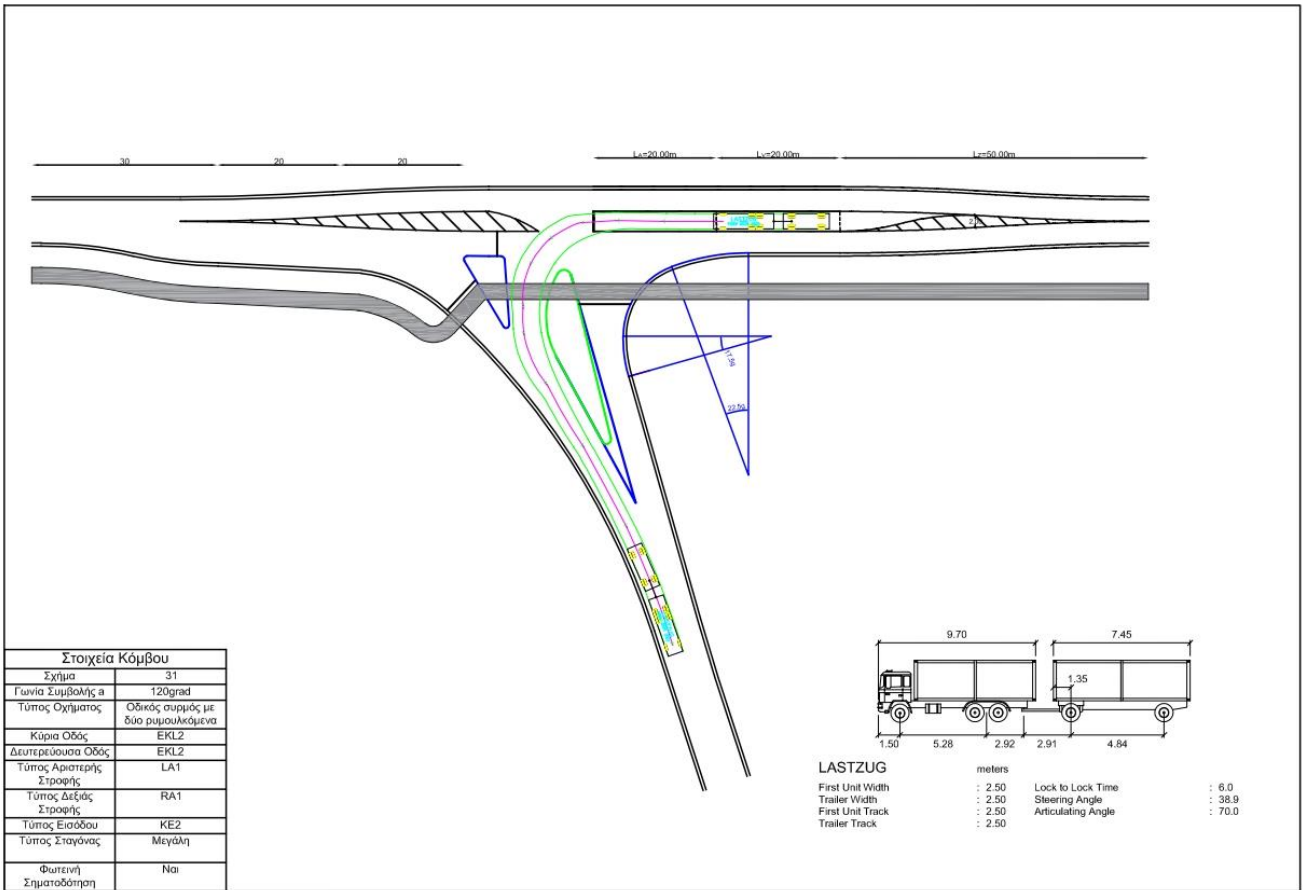


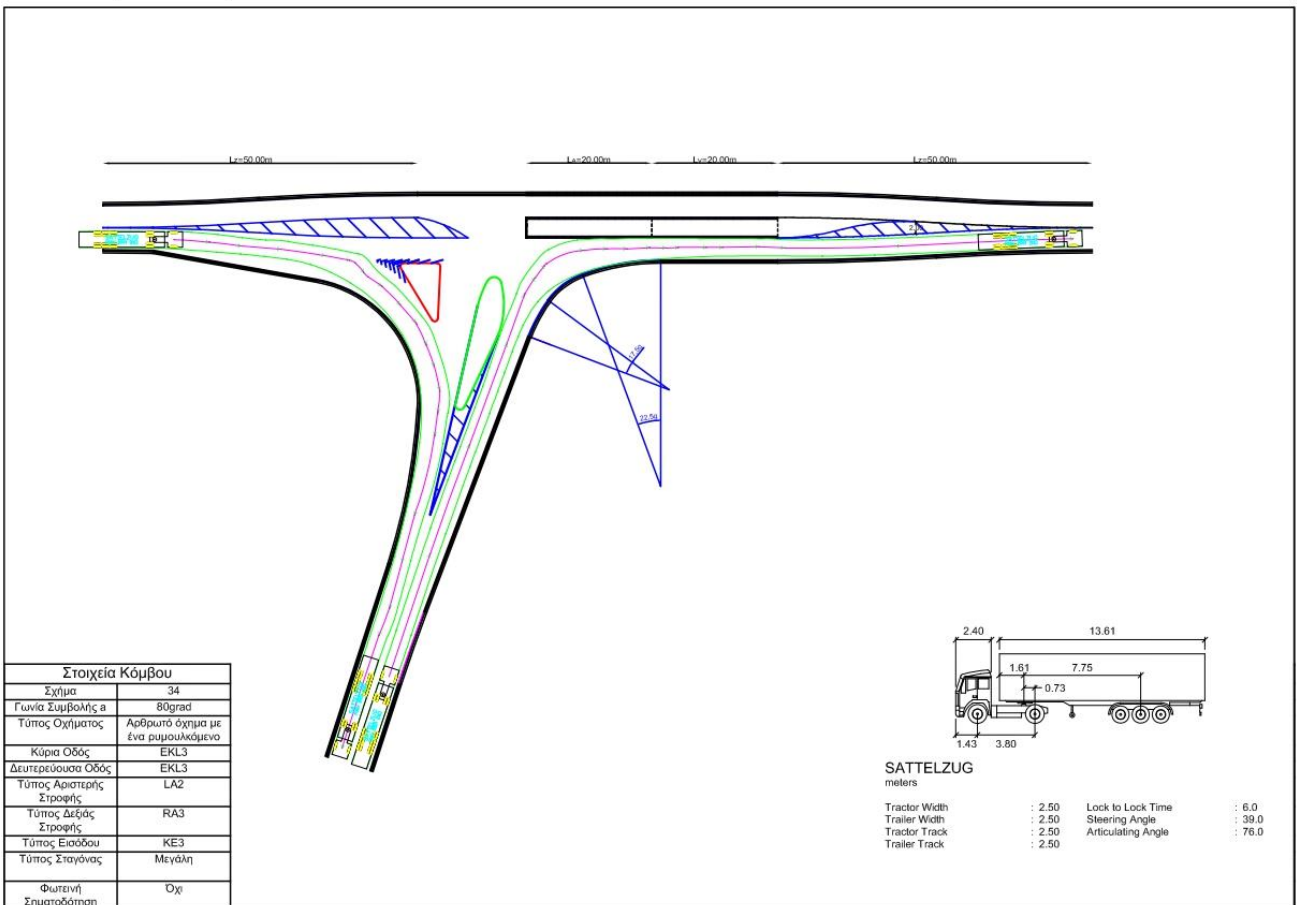
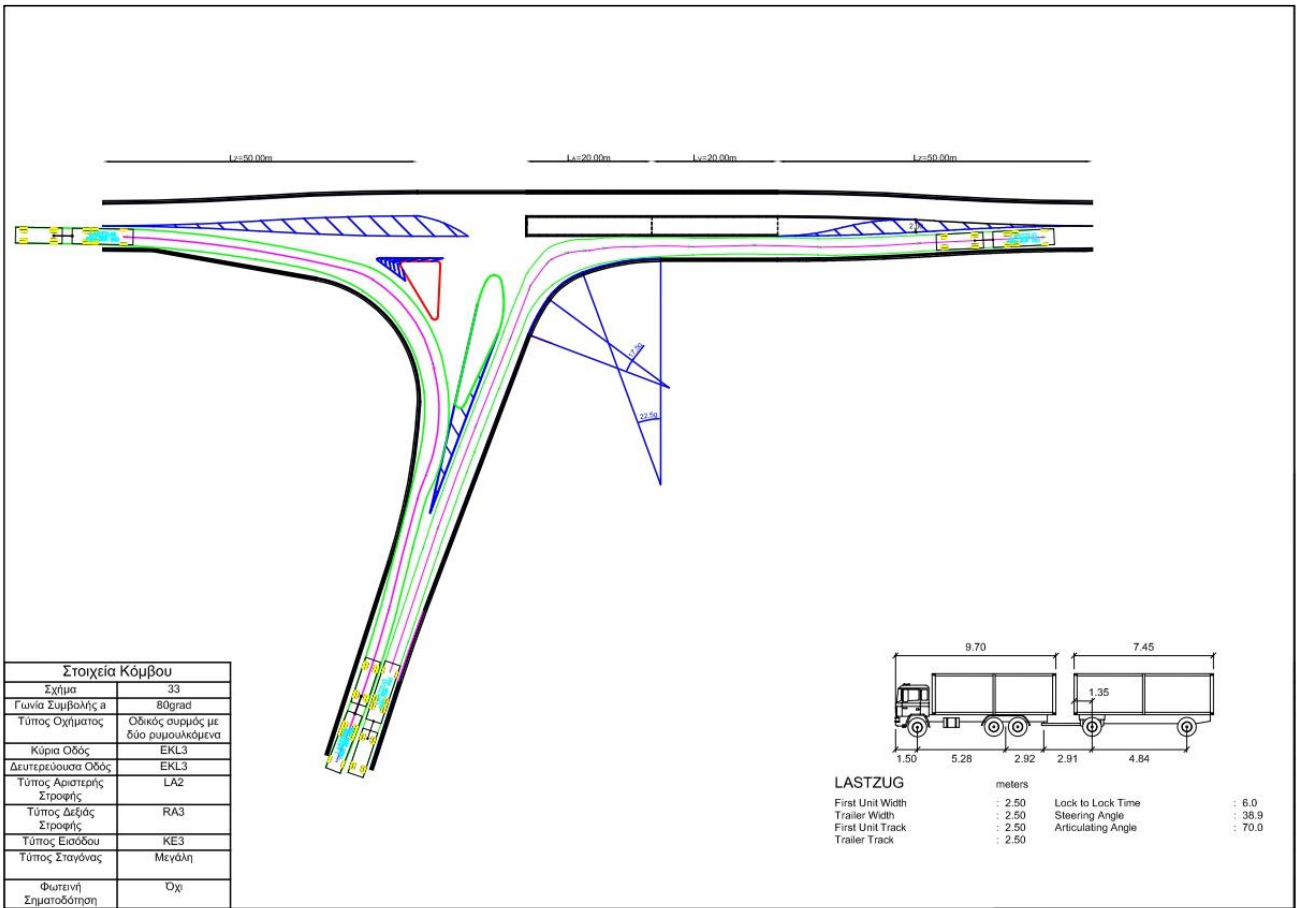


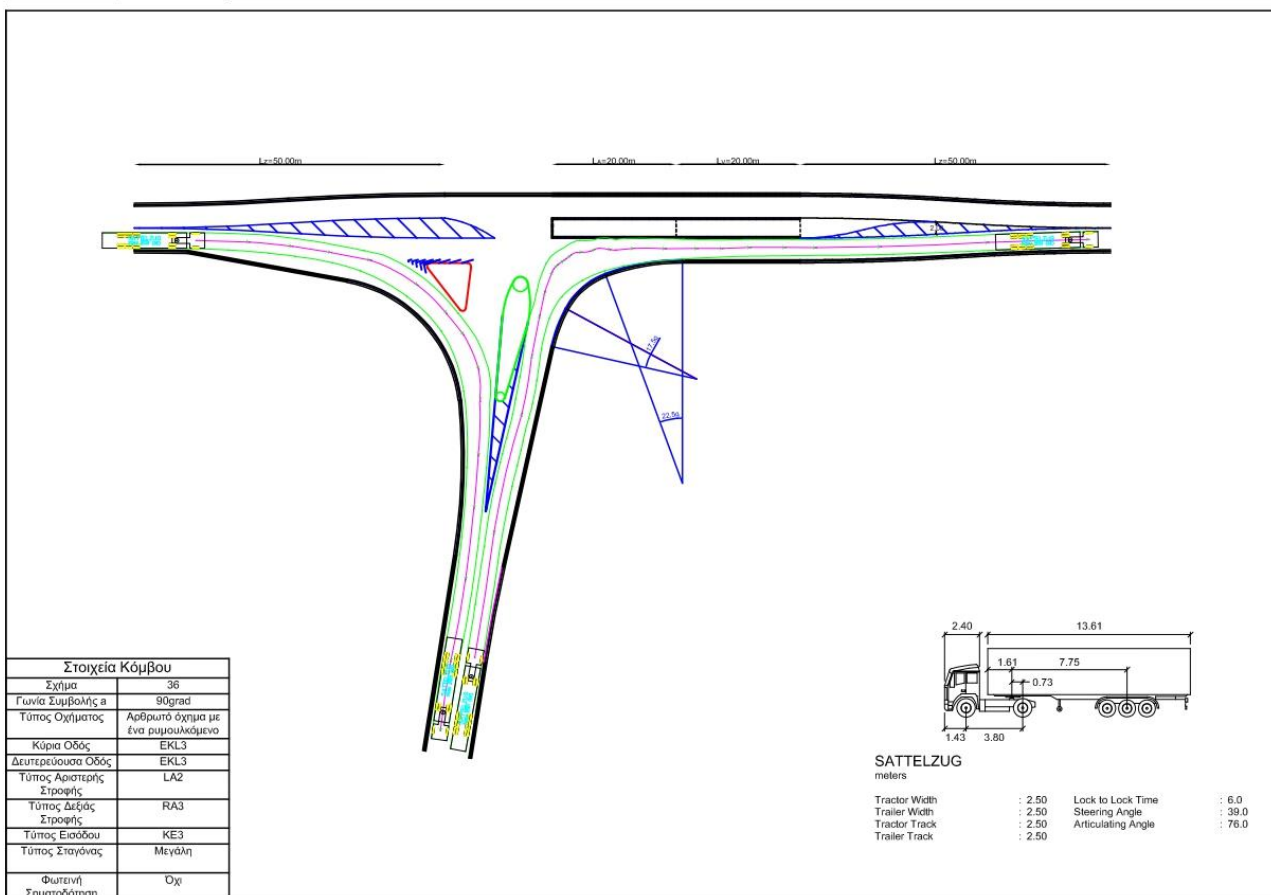
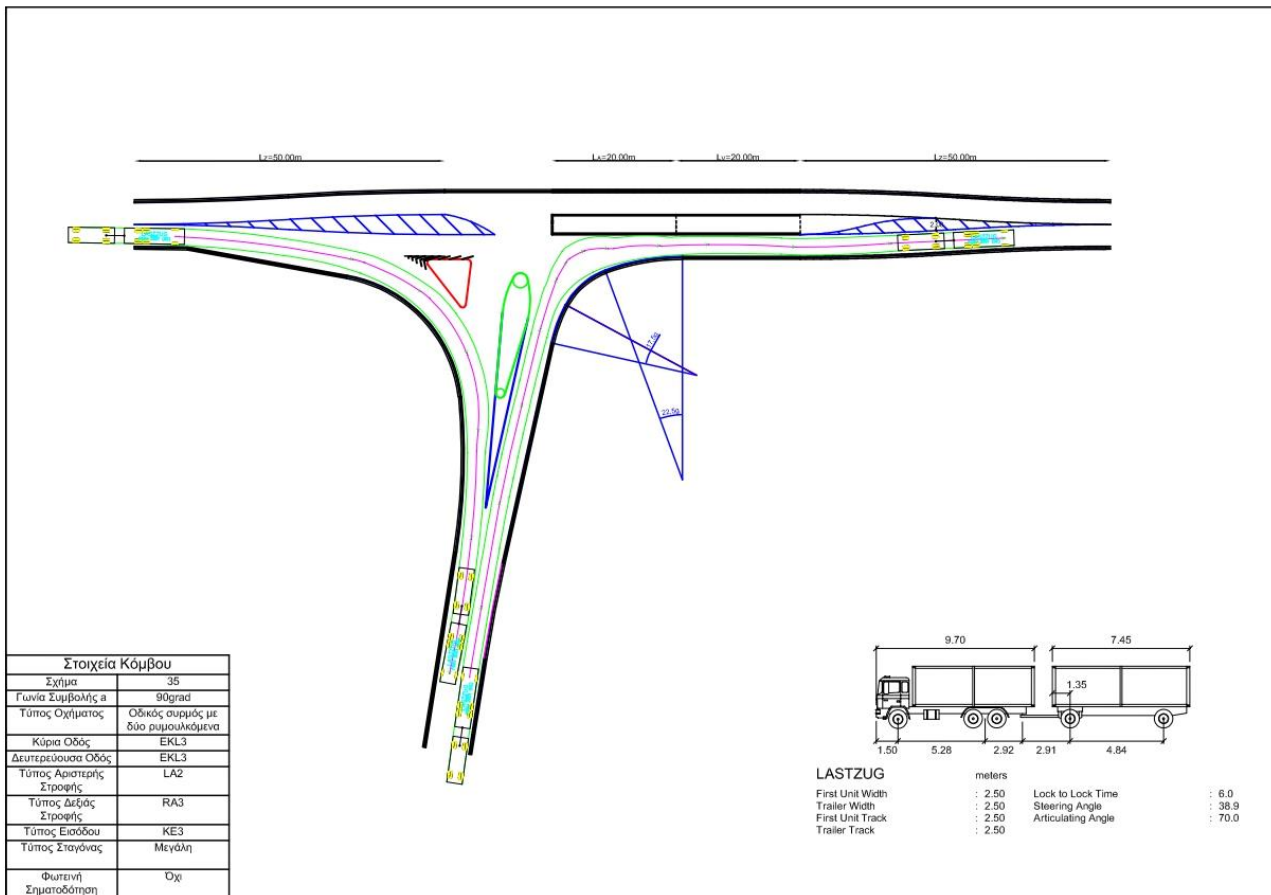


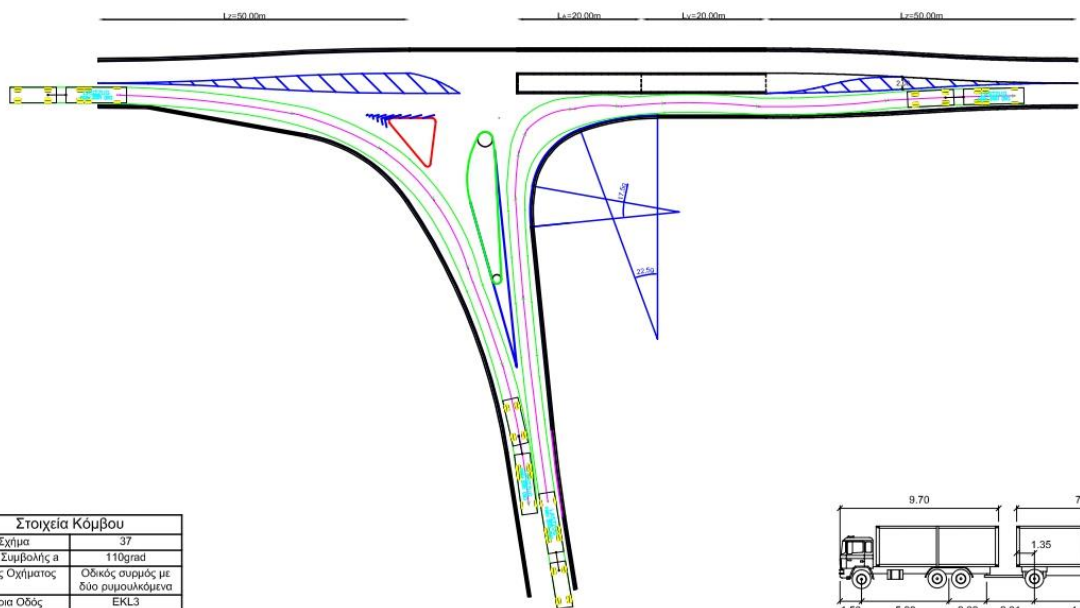






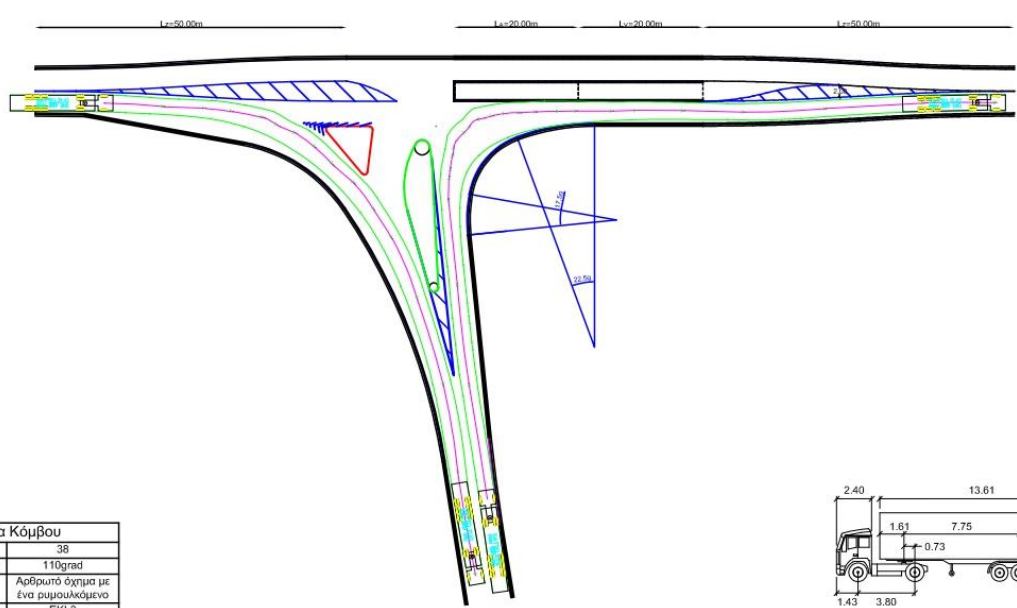






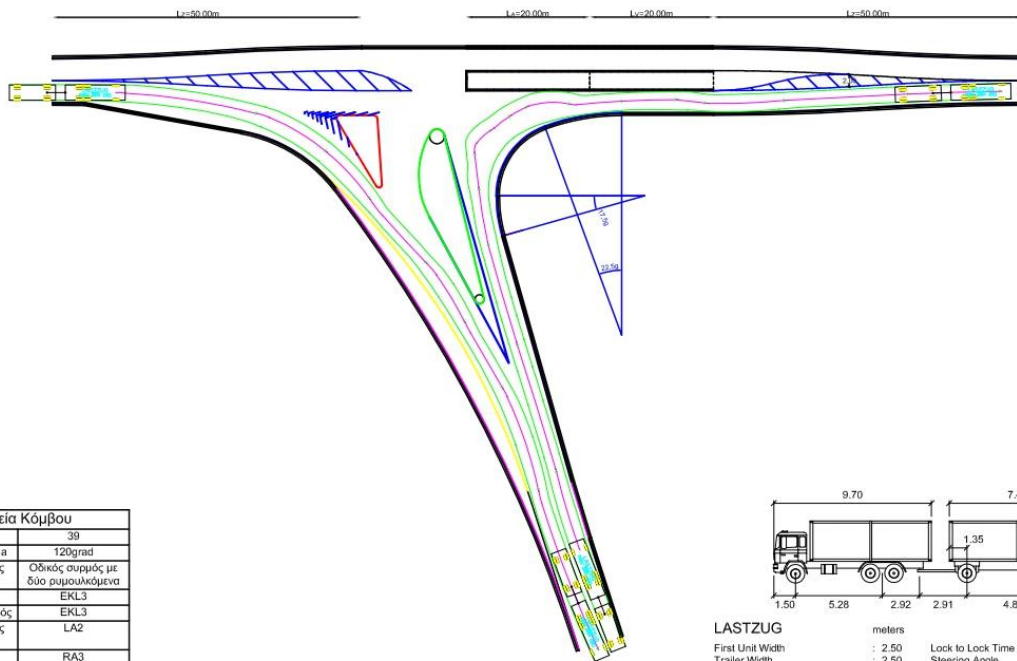
Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	37
Γωνία Συμβολής α	110grad
Τύπος Οχήματος	Οδικός σασμός με δύο ρυμουλκώμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνιας	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

LASTZUG	meters		
First Unit Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 38.9
First Unit Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.50		



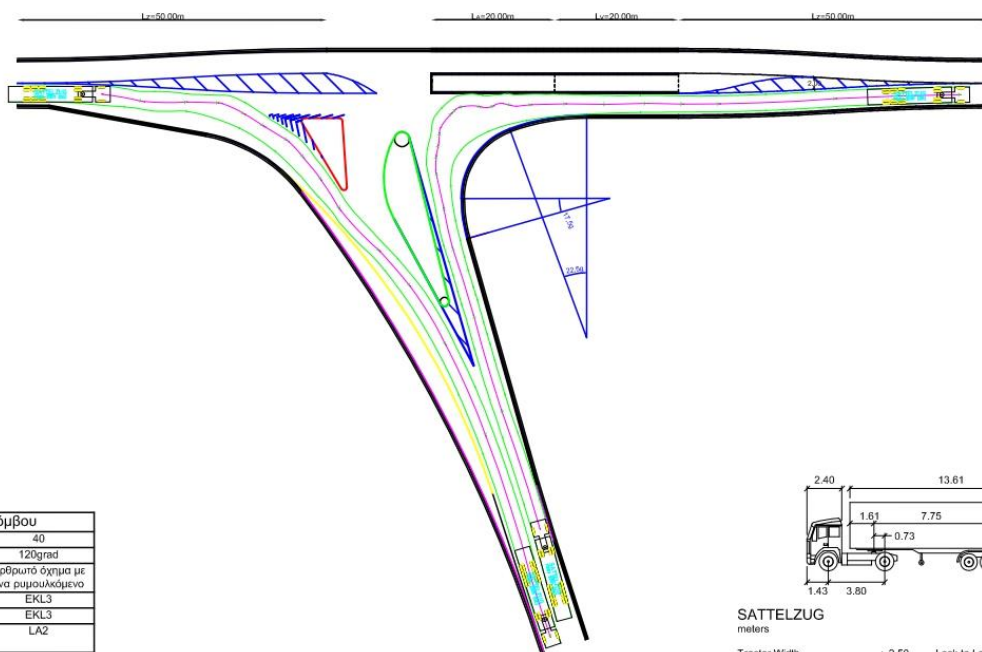
Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	38
Γωνία Συμβολής α	110grad
Τύπος Οχήματος	Αρθρωτό όχημα με ένα ρυμουλκώμενο
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνιας	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

SATTELZUG	meters		
Tractor Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 39.0
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 76.0
Trailer Track	: 2.50		



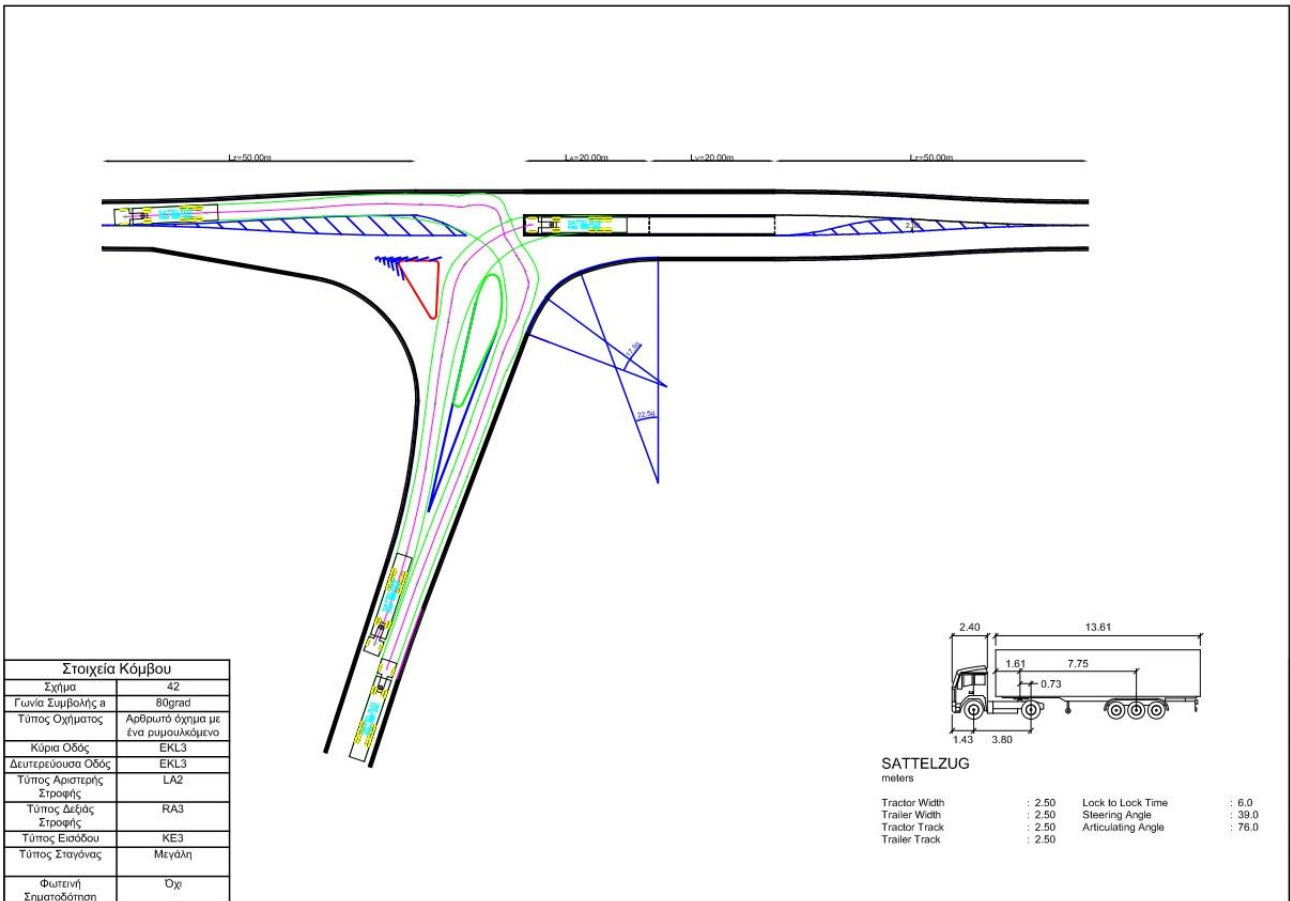
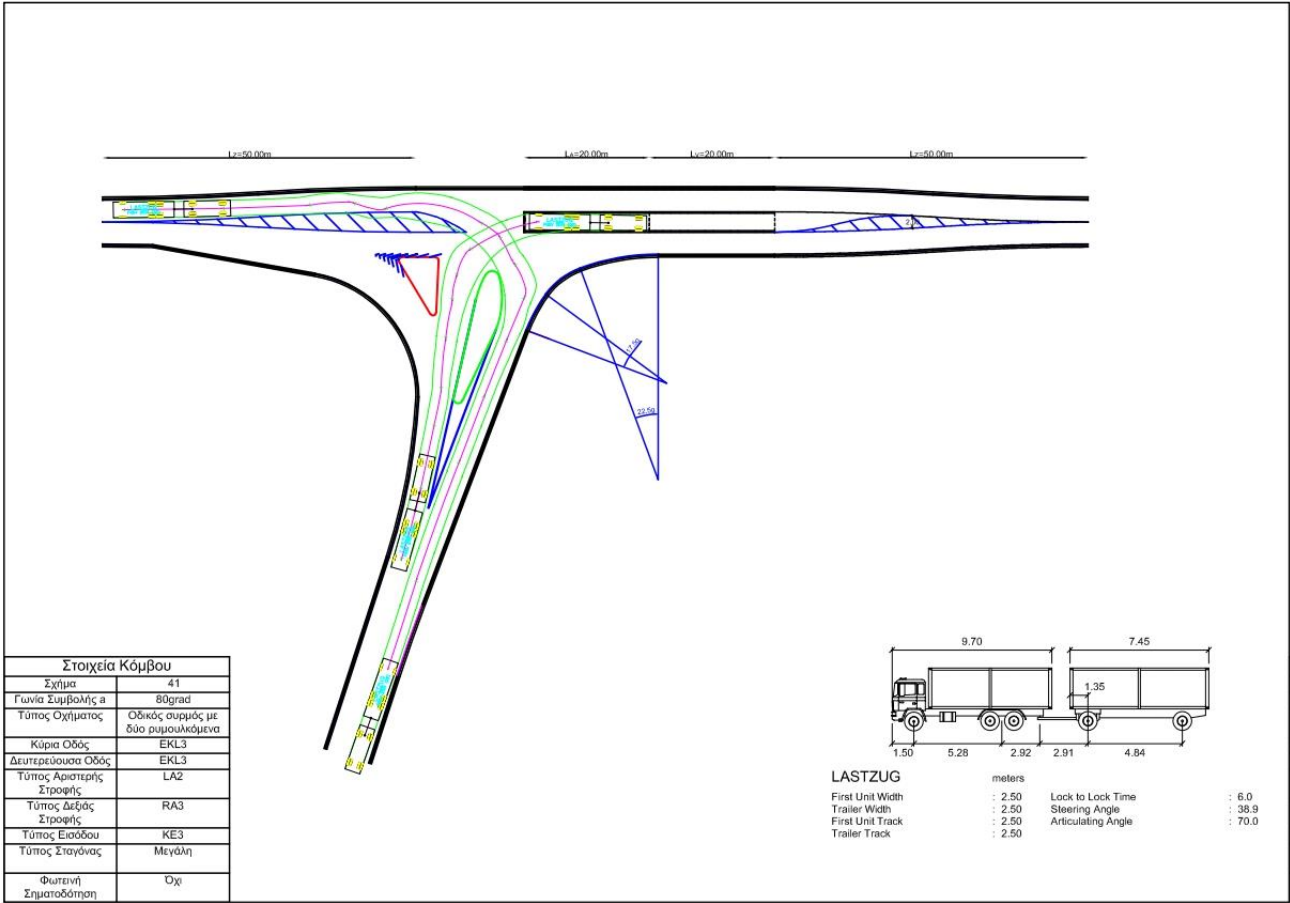
Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	39
Γωνία Συμβολής α	120grad
Τύπος Οχήματος	Οδικός σιμωτός με δύο ραμουλκόμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνος	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

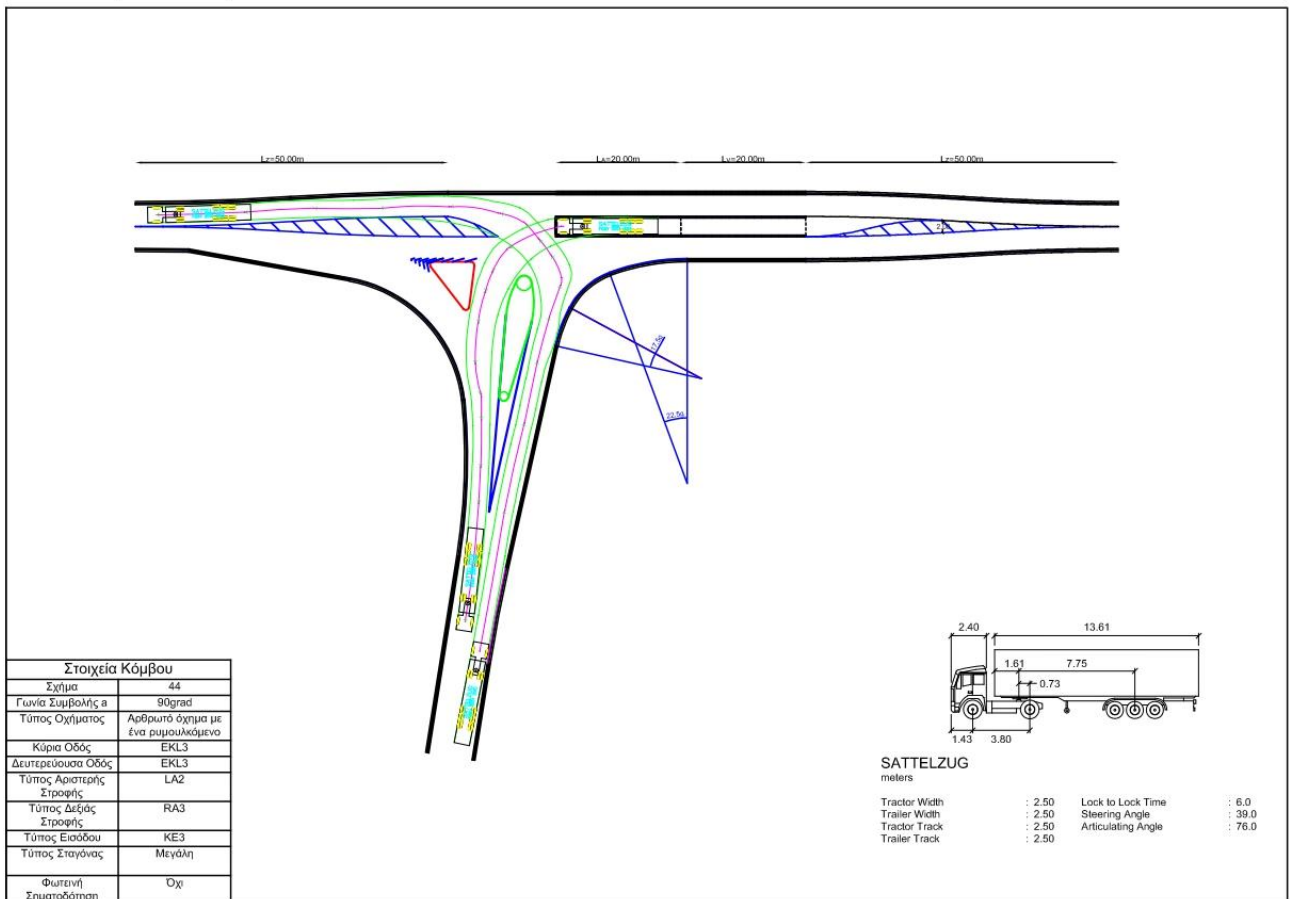
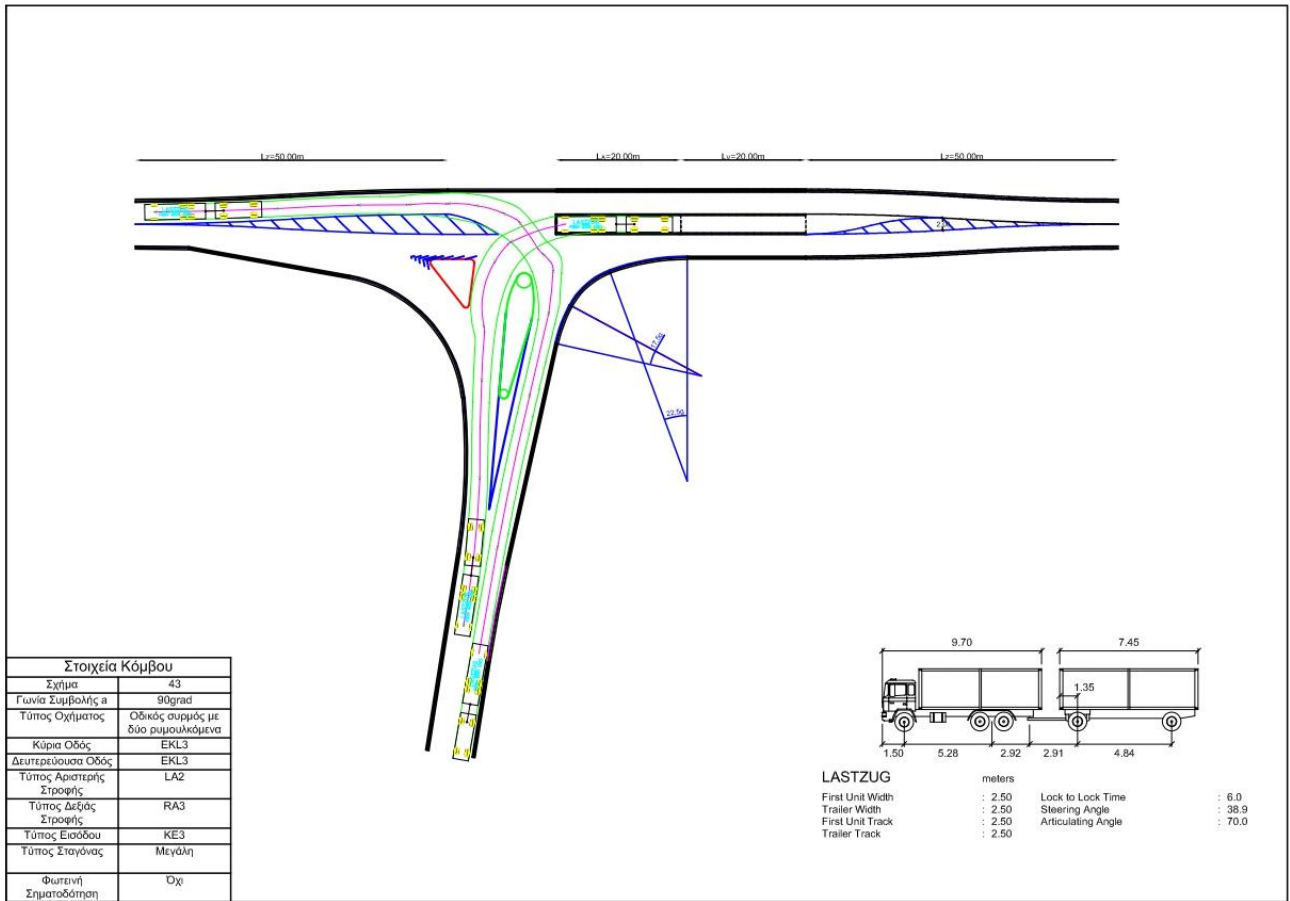
LASTZUG		meters	
First Unit Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 38.9
First Unit Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.50		

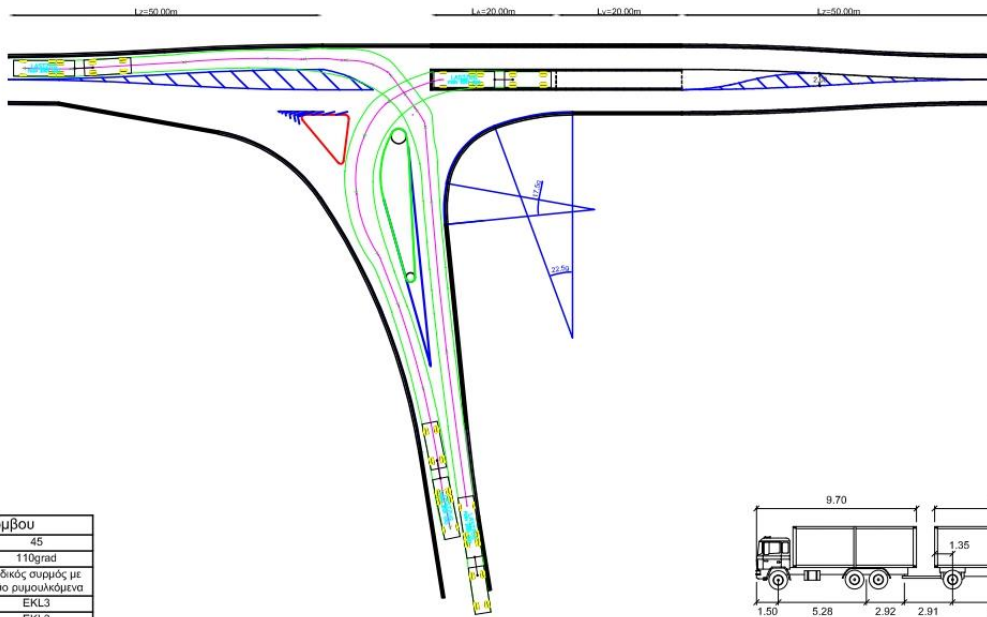


Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	40
Γωνία Συμβολής α	120grad
Τύπος Οχήματος	Αρθρωτό όχημα με ένα ραμουλκόμενο
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνος	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

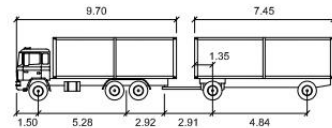
SATTELZUG		meters	
Tractor Width	: 2.40	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 39.0
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 76.0
Trailer Track	: 2.50		



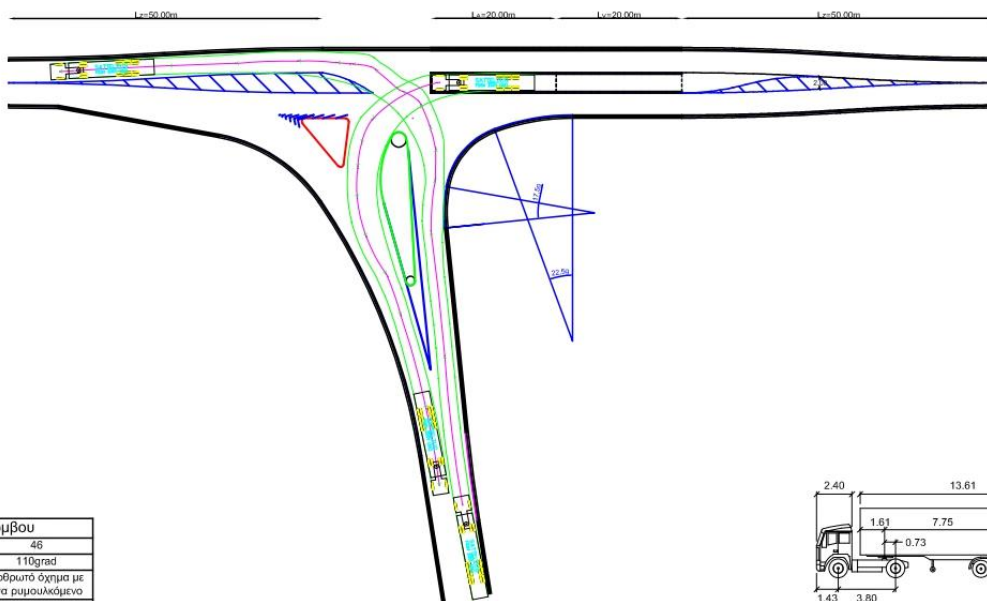




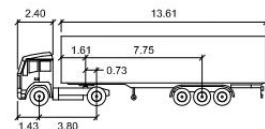
Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	45
Γωνία Συμβολής α	110grad
Τύπος Οχήματος	Οδικός οχημός με δύο ρυμουλκώμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνας	Μεγάλη
Φιαντενή Σηματοδότηση	Όχι



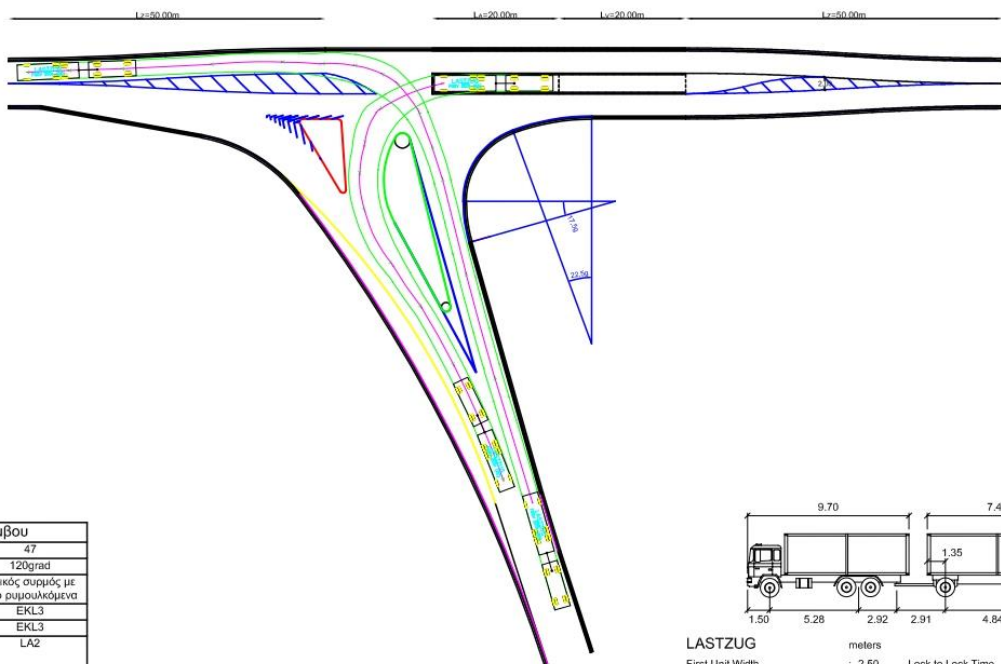
LASTZUG		meters	
First Unit Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 38.9
First Unit Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.50		



Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	46
Γωνία Συμβολής α	110grad
Τύπος Οχήματος	Αρθρωτό όχημα με ένα ρυμουλκώμενο
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνας	Μεγάλη
Φιαντενή Σηματοδότηση	Όχι

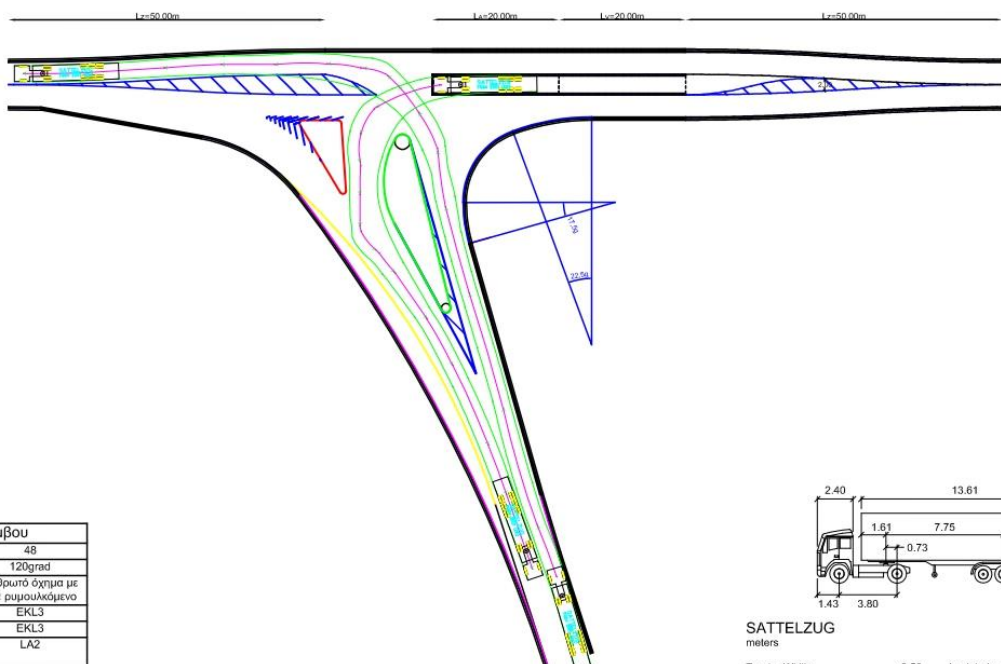


SATTELZUG		meters	
Tractor Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 39.0
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 76.0
Trailer Track	: 2.50		



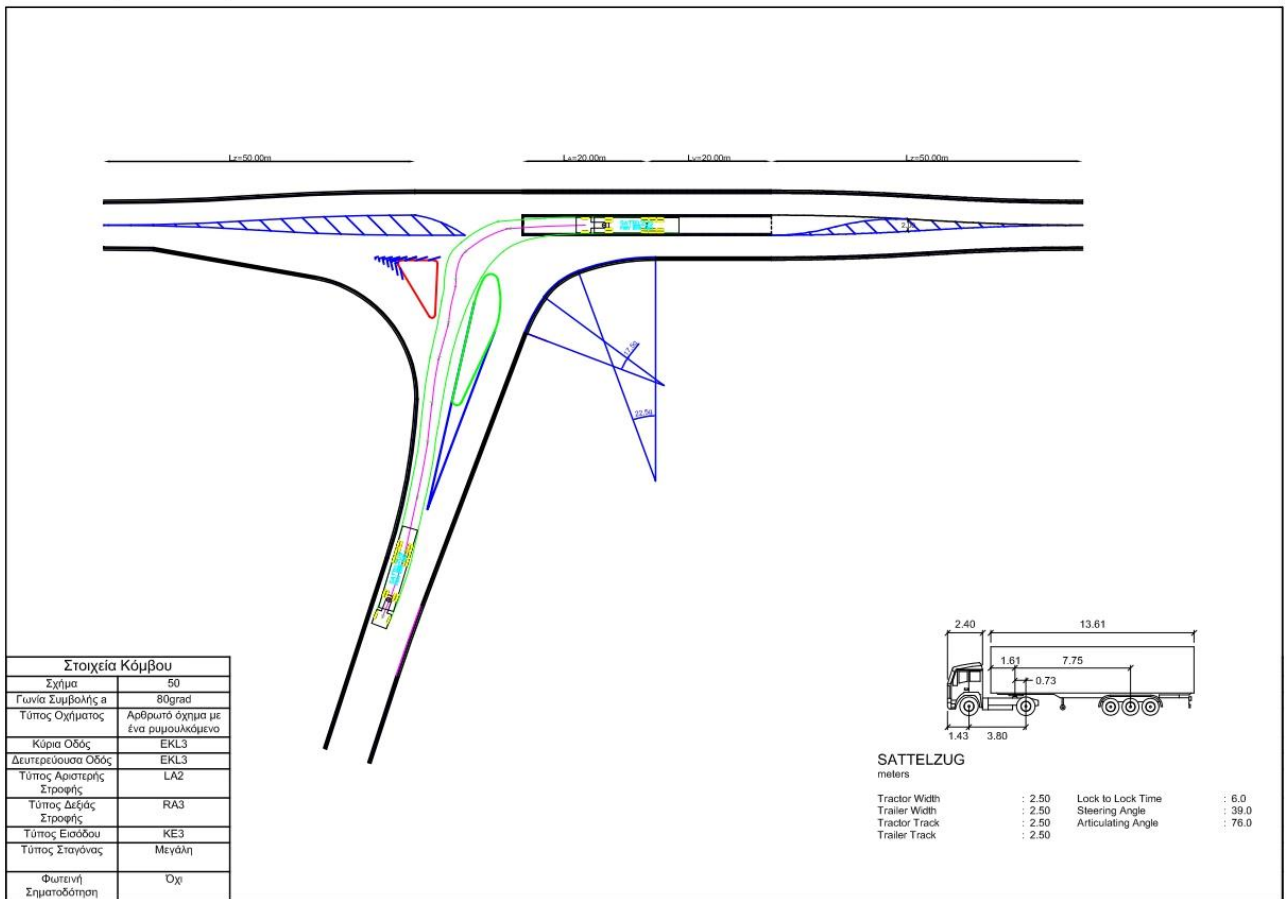
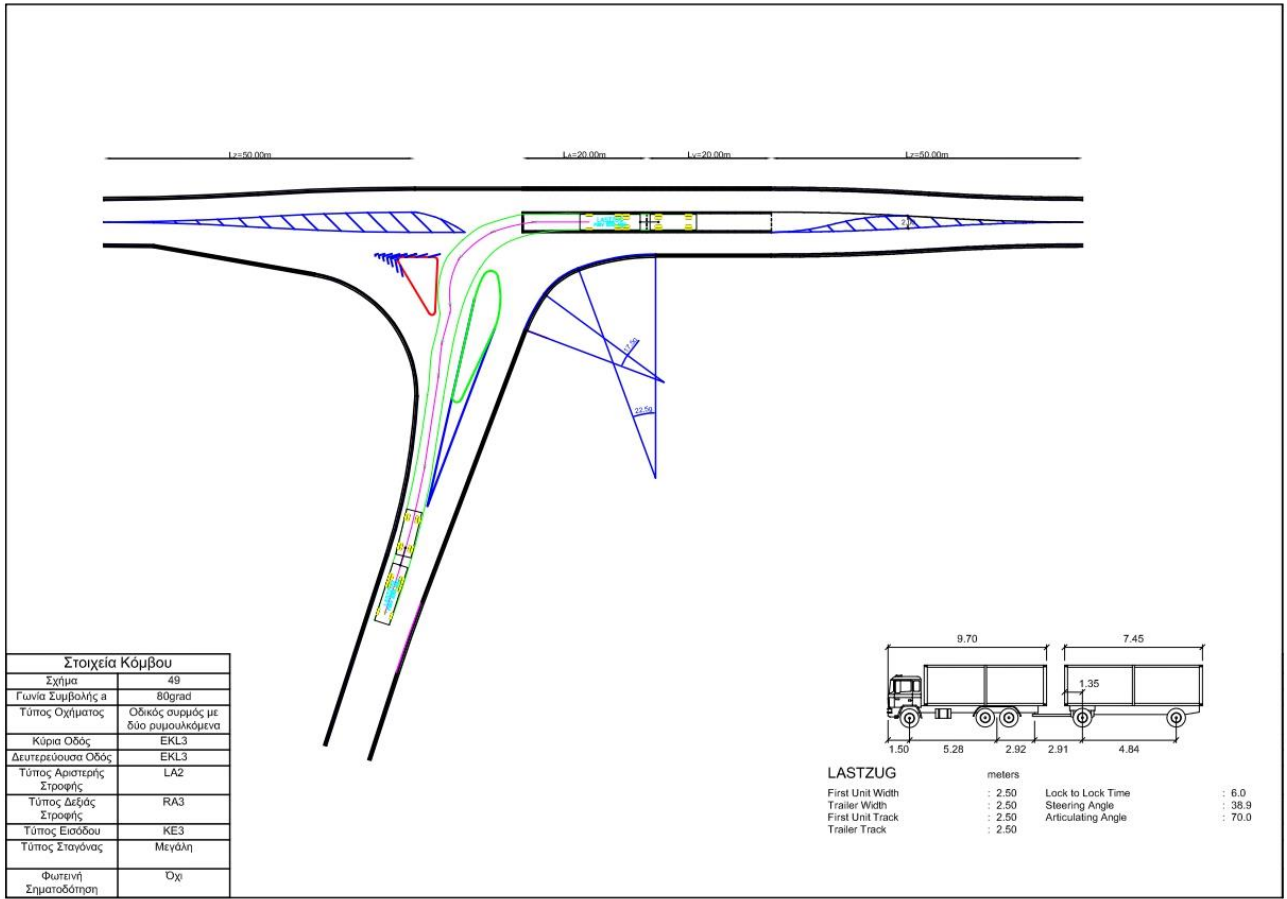
Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	47
Γωνία Συμβολής α	120grad
Τύπος Οχήματος	Οδικός συρμός με δύο ριμωκόμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	ΚΕ3
Τύπος Σιαγόνας	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

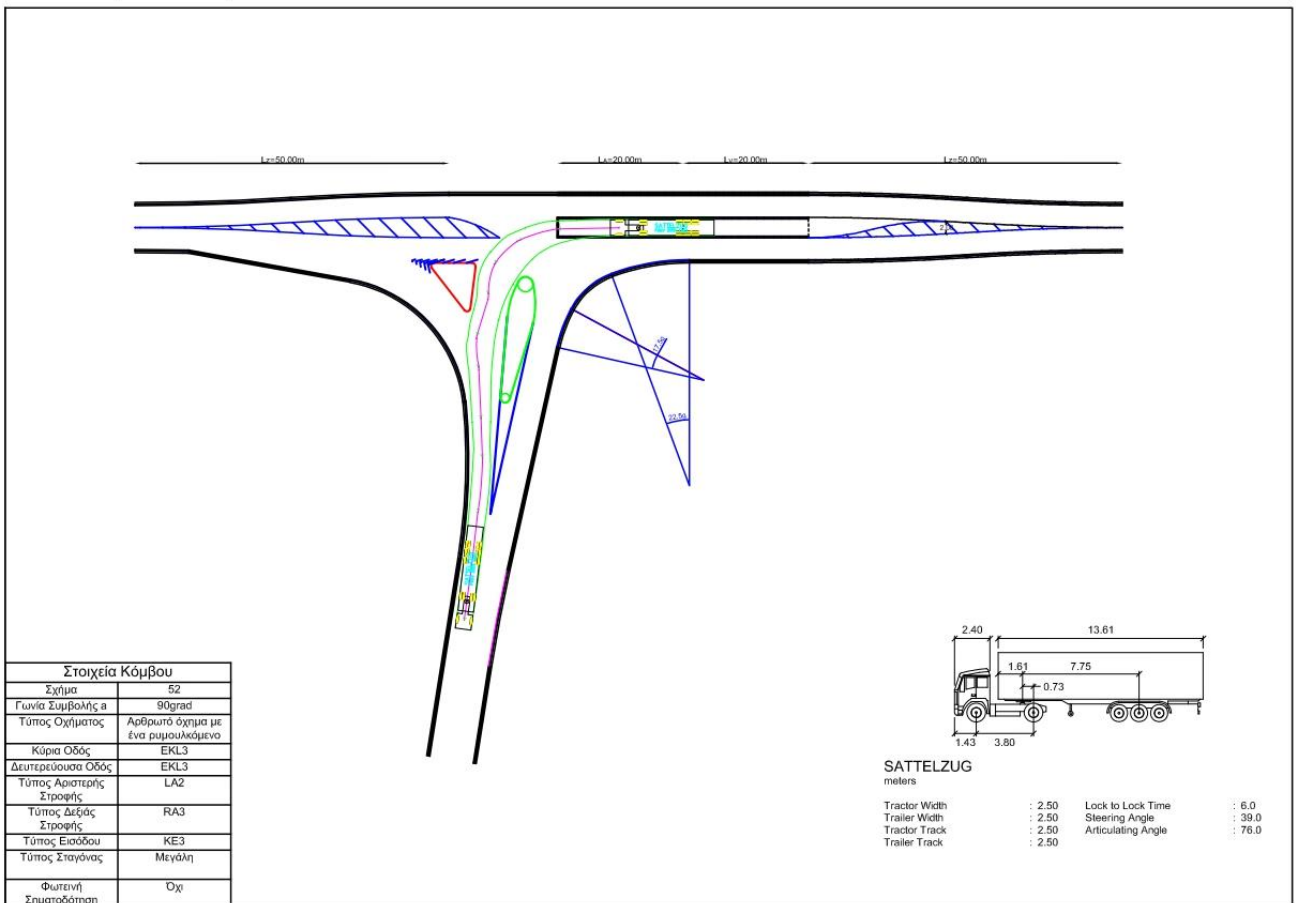
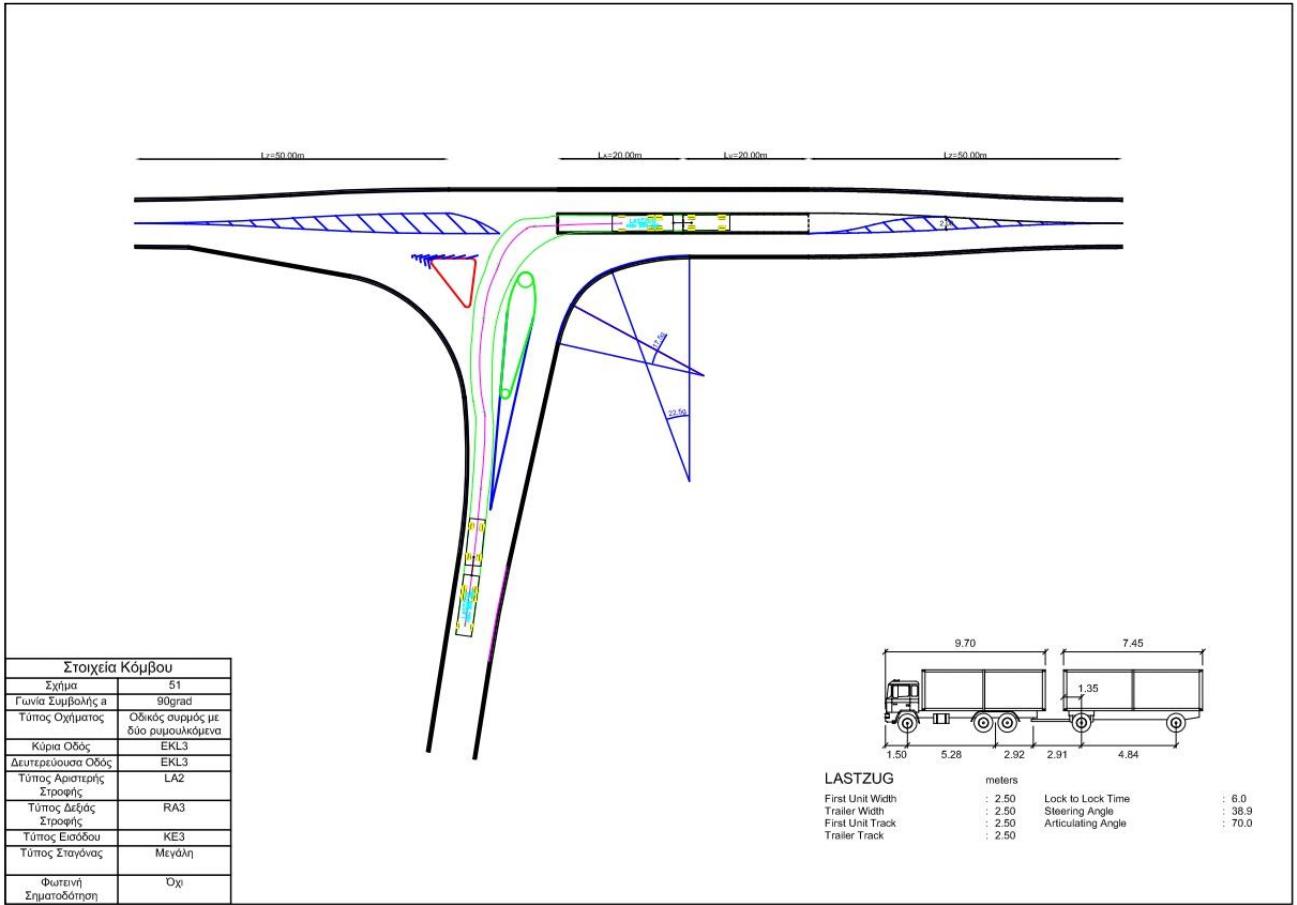
LASTZUG	meters		
First Unit Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 38.9
First Unit Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.50		

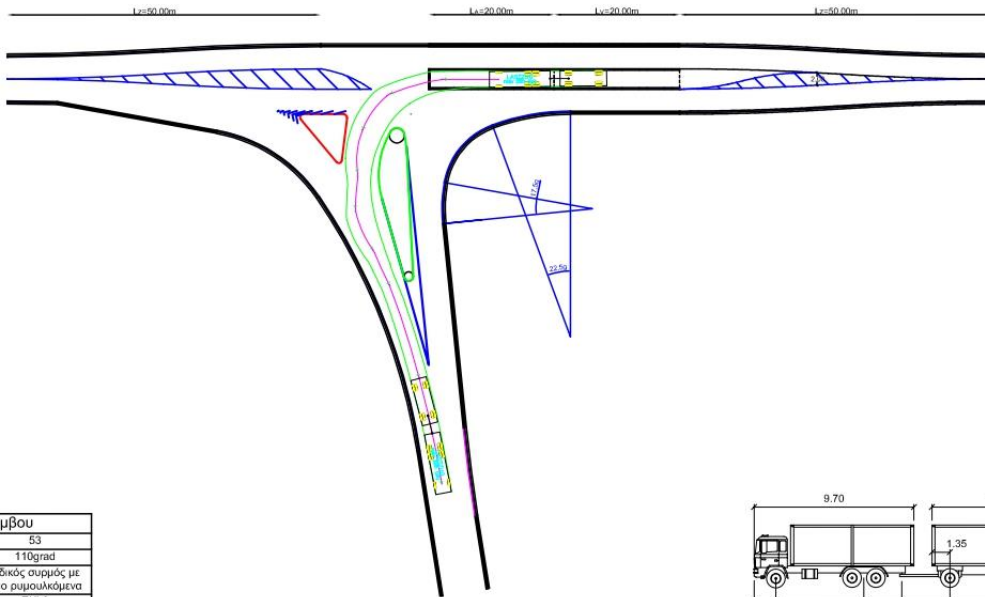


Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	48
Γωνία Συμβολής α	120grad
Τύπος Οχήματος	Αρθρωτό όχημα με ένα ριμωκόμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	ΚΕ3
Τύπος Σιαγόνας	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

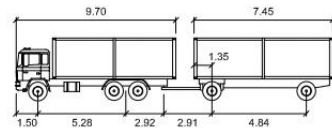
SATTELZUG	meters		
Tractor Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 39.0
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 76.0
Trailer Track	: 2.50		



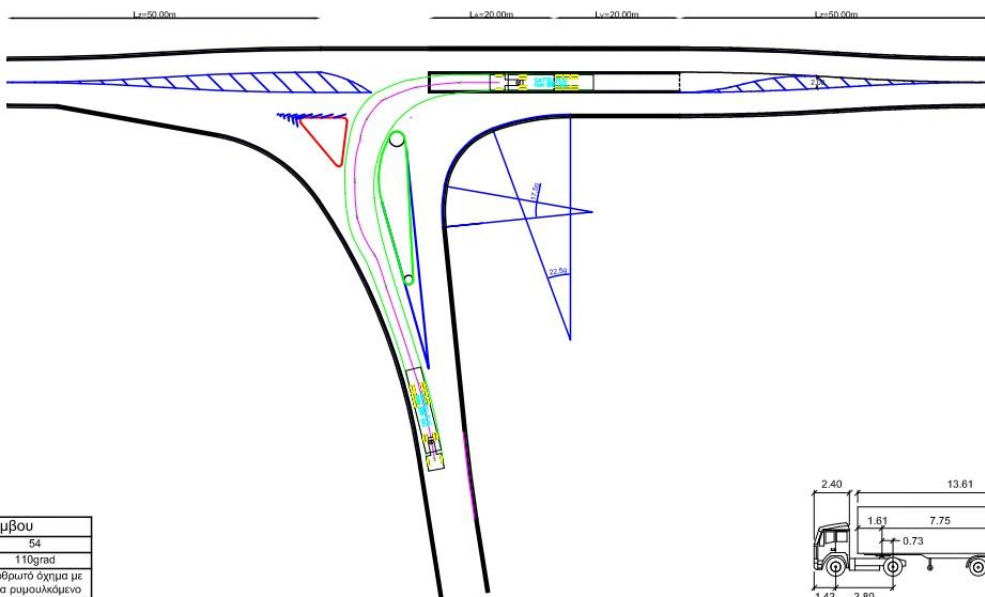




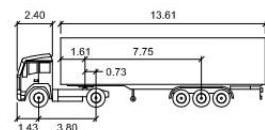
Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	53
Γωνία Συμβολής α	110grad
Τύπος Οχήματος	Οδικός οχημός με δύο ρημουκόμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνιας	Μεγάλη
Φιαντενί Σηματοδότηση	Όχι



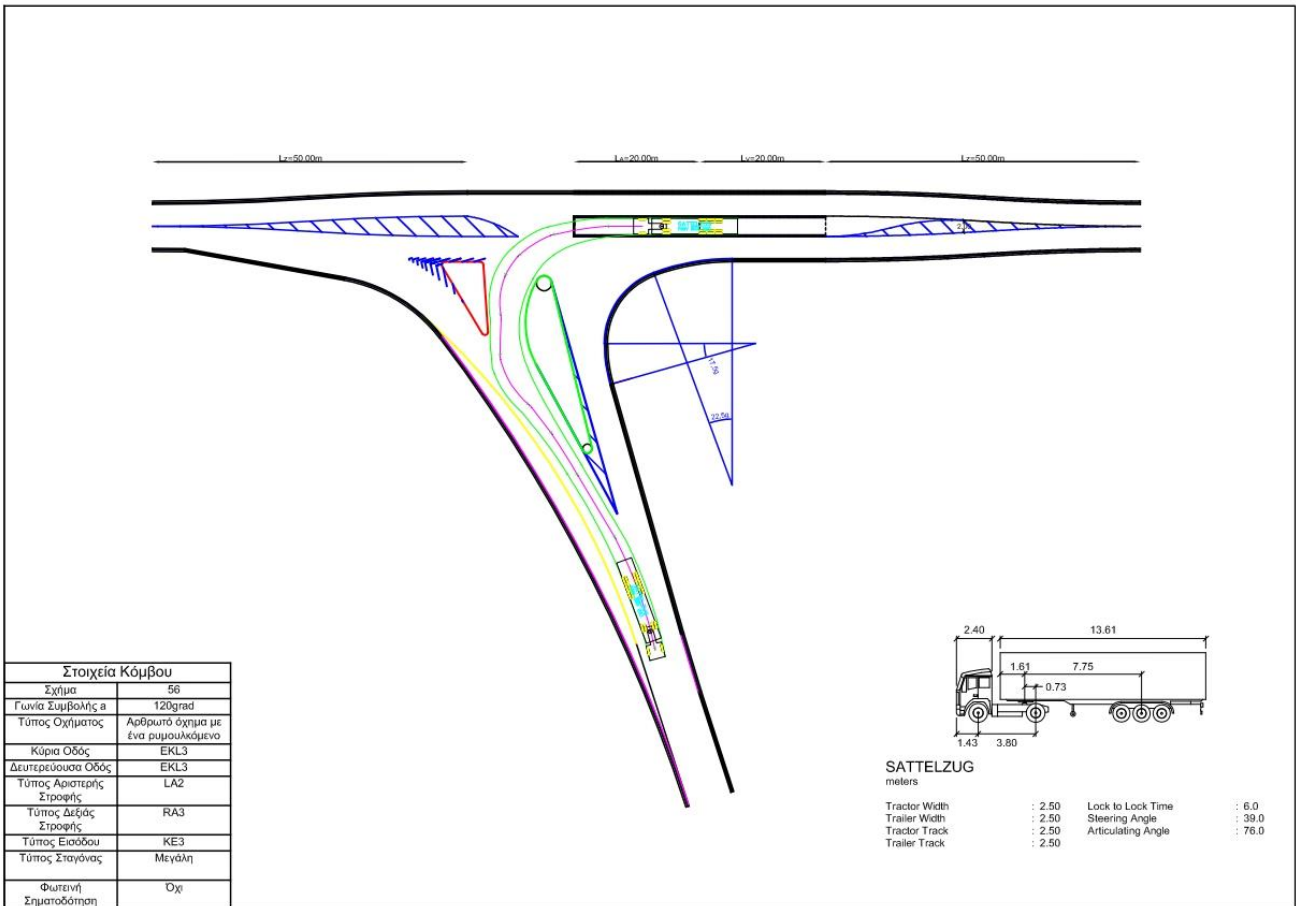
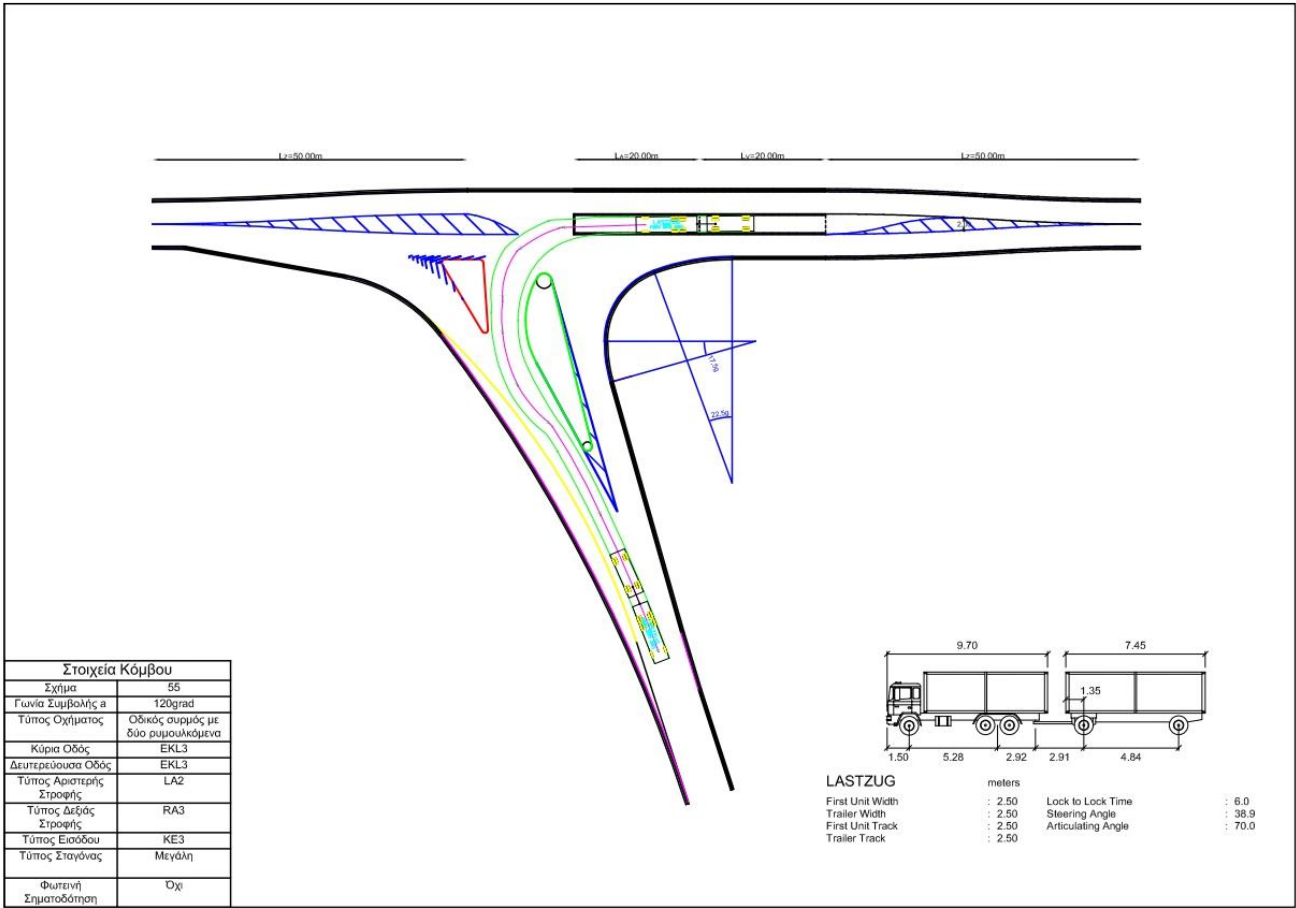
LASTZUG		meters	
First Unit Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 38.9
First Unit Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.50		

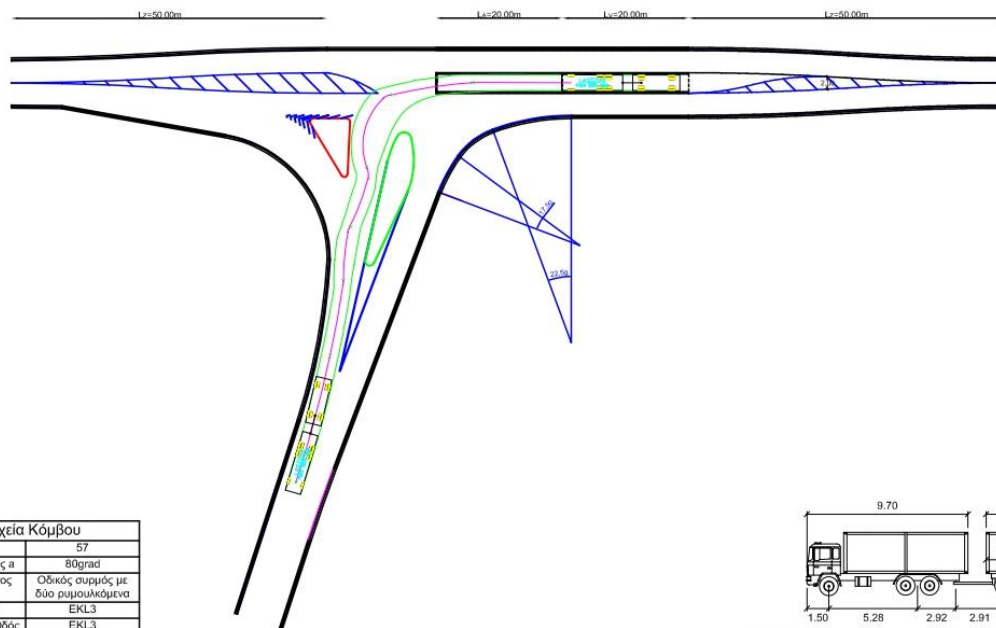


Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	54
Γωνία Συμβολής α	110grad
Τύπος Οχήματος	Αρθρωτό όχημα με ένα ρημουκόμενο
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνιας	Μεγάλη
Φιαντενί Σηματοδότηση	Όχι

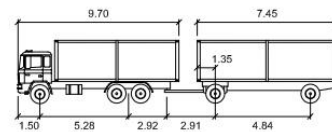


SATTELZUG		meters	
Tractor Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 39.0
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 76.0
Trailer Track	: 2.50		

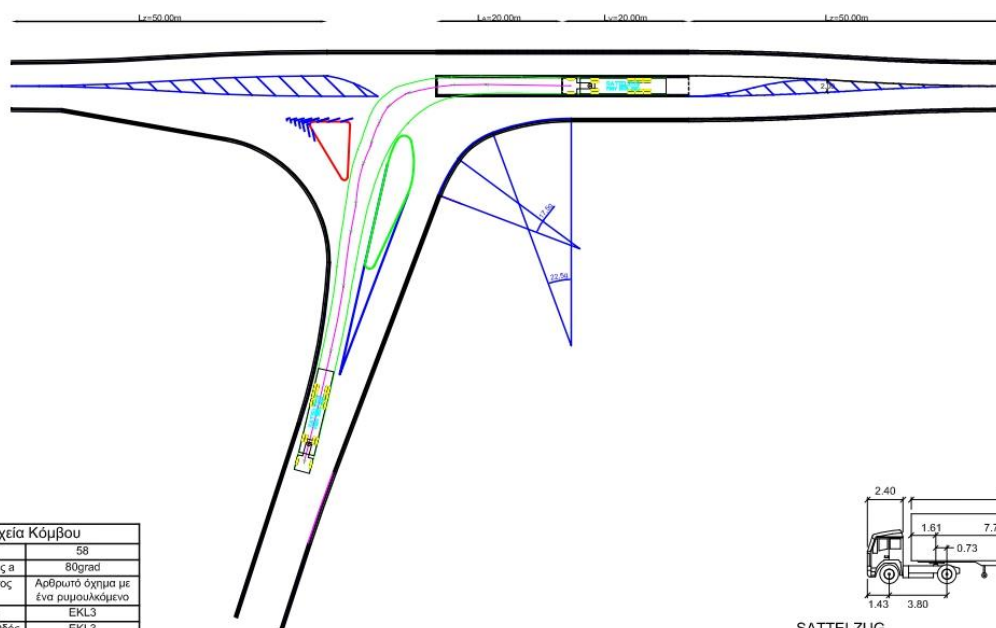




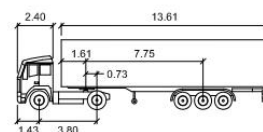
Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	57
Γωνία Συμβολής α	80grad
Τύπος Οχήματος	Οδικός συρμός με δύο ρυμουλκόμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνας	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι



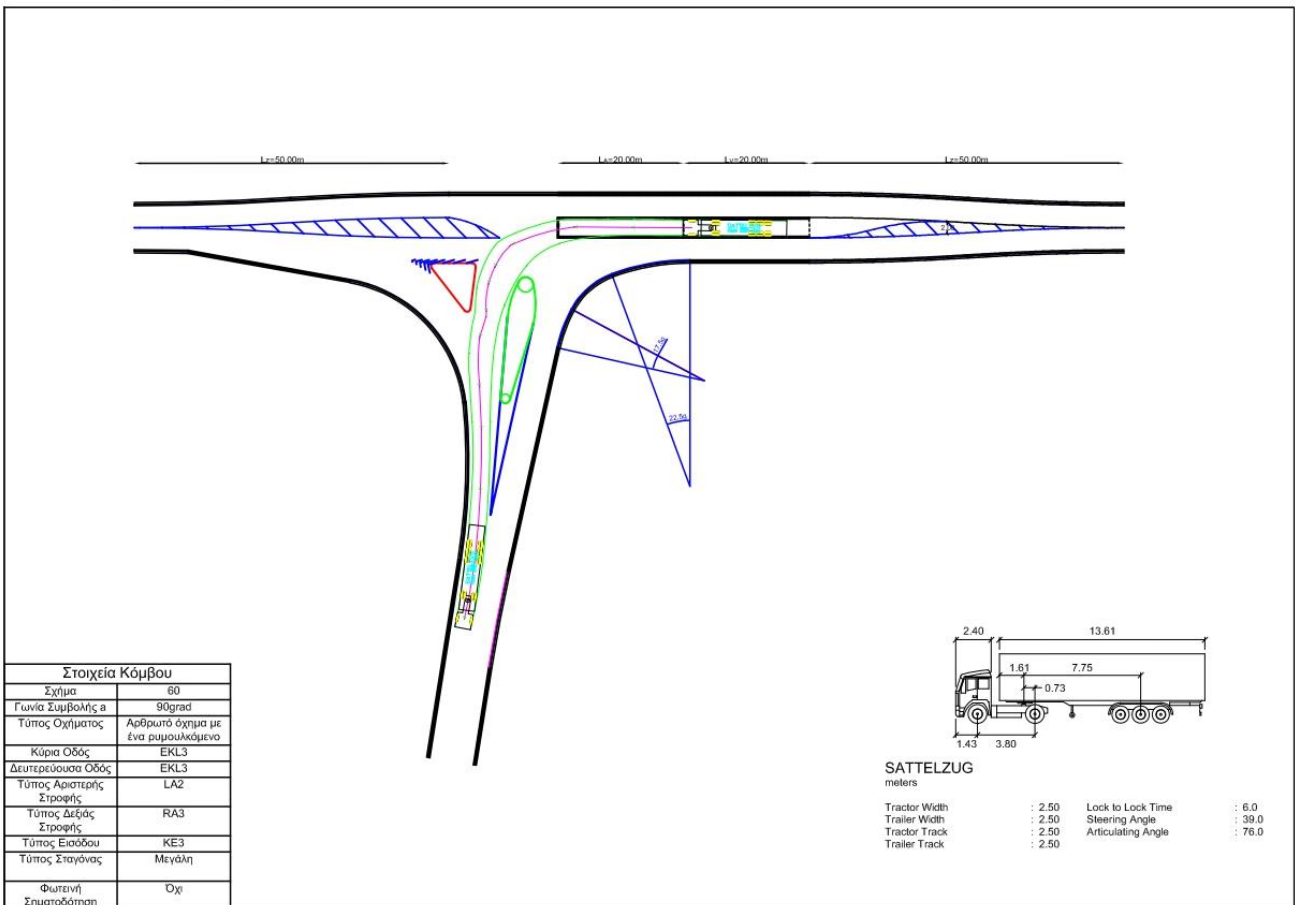
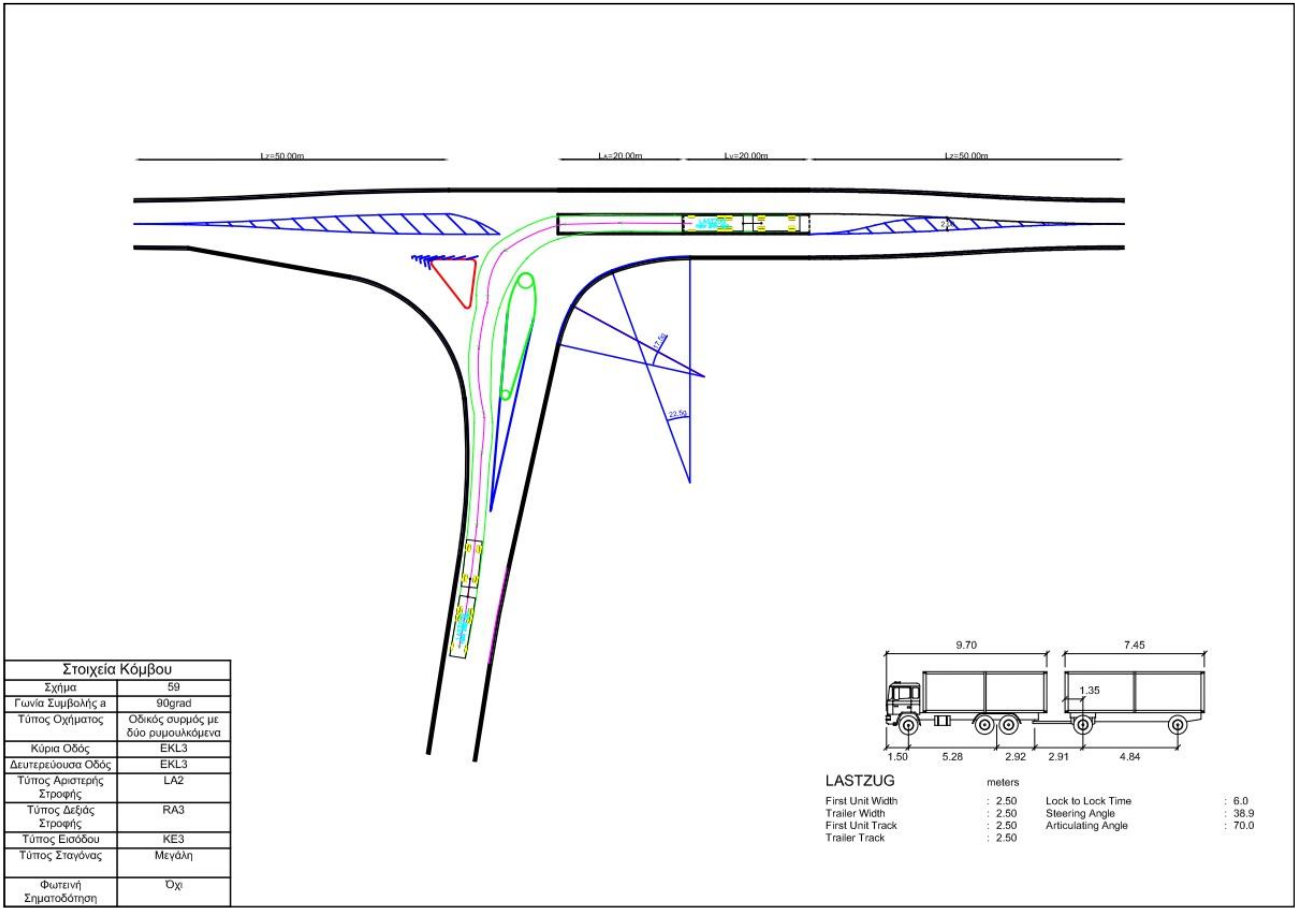
LASTZUG		meters	
First Unit Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 38.9
First Unit Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.50		

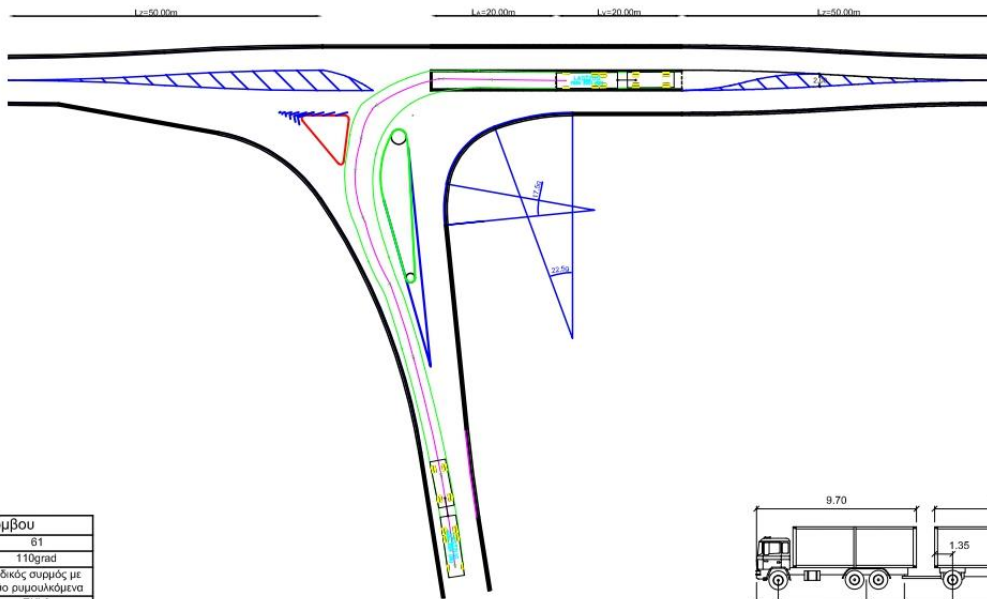


Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	58
Γωνία Συμβολής α	80grad
Τύπος Οχήματος	Αρθρατό όχημα με ένα ρυμουλκόμενο
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνας	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

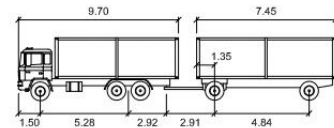


SATTELZUG		meters	
Tractor Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 39.0
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 76.0
Trailer Track	: 2.50		

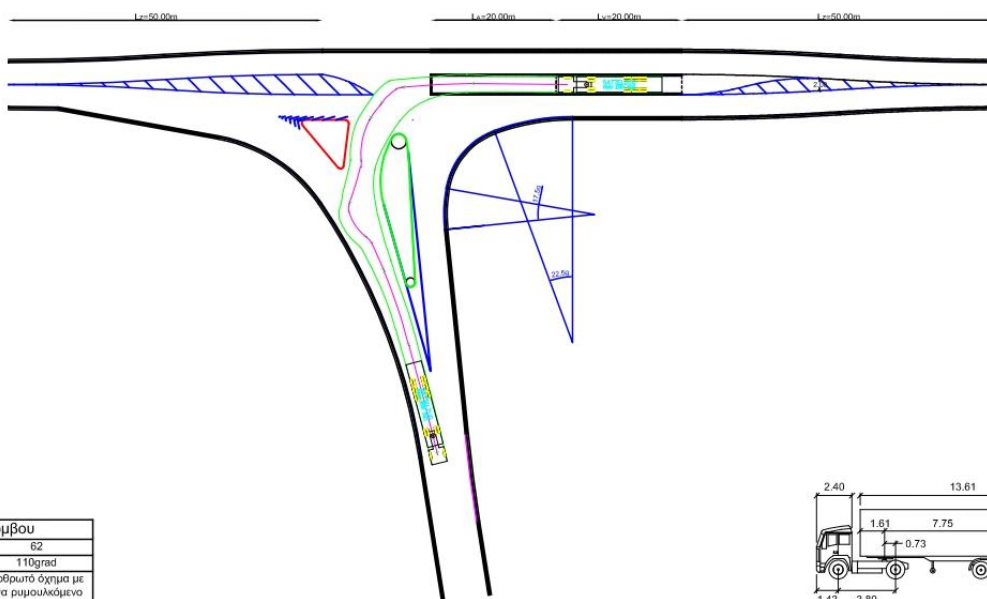




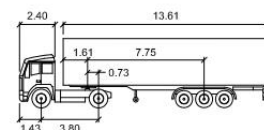
Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	61
Γωνία Συμβολής α	110grad
Τύπος Οχήματος	Οδικός οχημάς με δύο ρυμουλκόμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνας	Μεγάλη
Φιαντενή Σηματοδότηση	Όχι



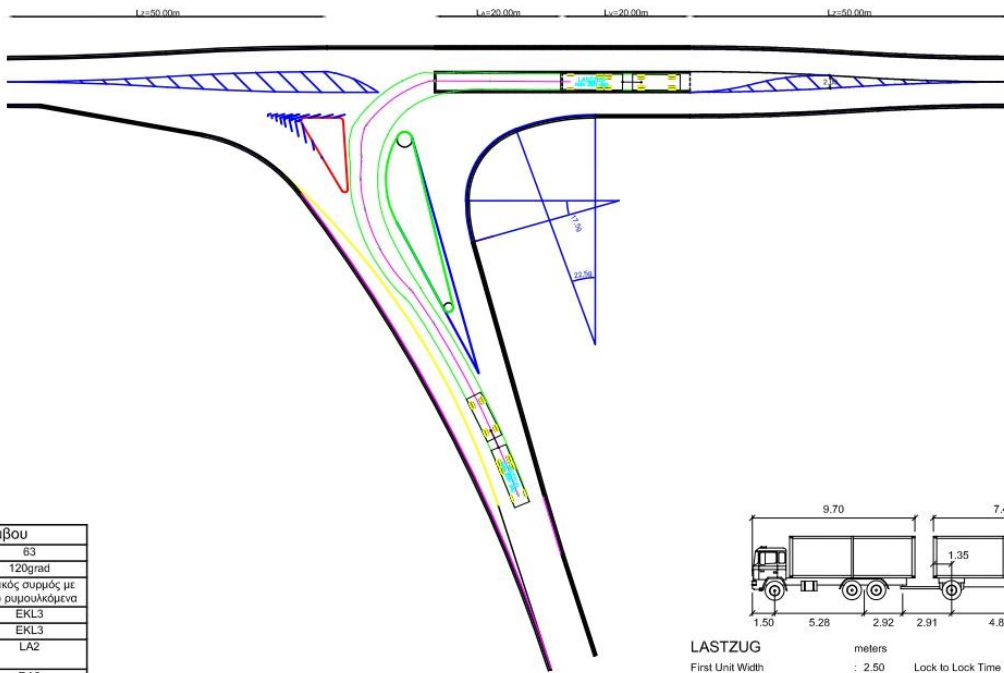
LASTZUG		meters	
First Unit Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 38.9
First Unit Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.50		



Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	62
Γωνία Συμβολής α	110grad
Τύπος Οχήματος	Αρθρωτό όχημα με ένα ρυμουλκόμενο
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνας	Μεγάλη
Φιαντενή Σηματοδότηση	Όχι

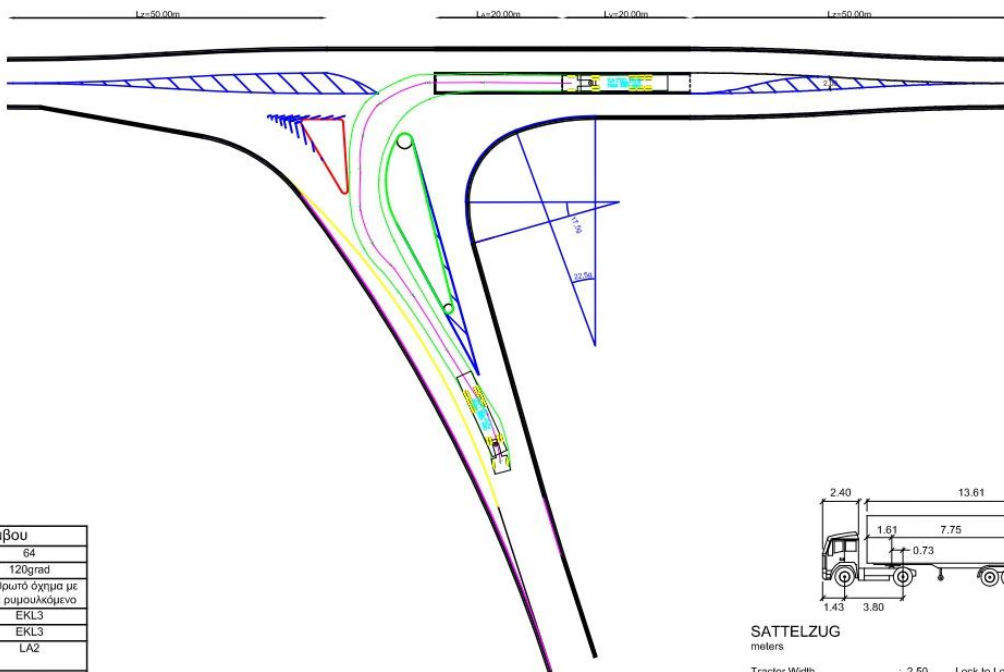


SATTELZUG		meters	
Tractor Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 39.0
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 76.0
Trailer Track	: 2.50		



Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	63
Γωνία Συμβολής α	120grad
Τύπος Οχήματος	Οδικός οχημός με δύο ραμωλλόμενα
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνας	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

LASTZUG		meters	
First Unit Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 38.9
First Unit Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.50		



Στοιχεία Κόμβου	
Σχήμα	64
Γωνία Συμβολής α	120grad
Τύπος Οχήματος	Αρθρωτό όχημα με ένα ραμωλλόμενο
Κύρια Οδός	EKL3
Δευτερεύουσα Οδός	EKL3
Τύπος Αριστερής Στροφής	LA2
Τύπος Δεξιάς Στροφής	RA3
Τύπος Εισόδου	KE3
Τύπος Σταγόνας	Μεγάλη
Φωτεινή Σηματοδότηση	Όχι

SATTELZUG		meters	
Tractor Width	: 2.50	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.50	Steering Angle	: 39.0
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 76.0
Trailer Track	: 2.50		

