



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**Εκτίμηση επιπτώσεων για τη σιδηροδρομική επανασύνδεση του
Λιμένα με τον Σιδηροδρομικό Σταθμό Βόλου μέσω μικροσκοπικής
κυκλοφοριακής προσομοίωσης**

ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΑΜΠΟΥΡΑΚΗΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΚΟΛΑΚΗΣ



Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

ΒΟΛΟΣ 2025

© 2025 ΚΑΜΠΟΥΡΑΚΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΟΚΟΛΑΚΗΣ

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

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Ιωάννης Καρακικέ, Εντεταλμένος Διδάσκων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής (Συνεπιβλέπων)	Δρ. Παντελεήμων Κοπελιάς, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Αθανάσιος Θεοφιλάτος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μας, Καθηγητή κ. Καρακικέ, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μας. Επίσης, είμαστε ευγνώμονες στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μας, Αναπλ. Καθηγητή Δρ. Παντελεήμων Κοπελιά και Επικ. Καθηγητή Δρ. Αθανάσιο Θεοφιλάτο για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μας και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Πάνω απ' όλα, είμαστε ευγνώμονες στους γονείς μας, για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια και τους αφιερώνουμε αυτή την εργασία.

Καμπουράκης Ανδρέας & Κοκολάκης Νίκος

Εκτίμηση επιπτώσεων για τη σιδηροδρομική επανασύνδεση του Λιμένα με τον Σιδηροδρομικό Σταθμό Βόλου μέσω μικροσκοπικής κυκλοφοριακής προσομοίωσης

Καμπουράκης Ανδρέας και Κοκολάκης Νικόλαος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2025

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Ιωάννης Καρακικές

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την επανασύνδεση της **σιδηροδρομικής γραμμής** στην περιοχή του Βόλου και συγκεκριμένα στην περιοχή των «Παλαιών» κοντά στο λιμάνι της πόλης. Οι σύγχρονοι λιμένες απαιτούν την οδική και σιδηροδρομική σύνδεση για την αρτιότερη κυκλοφορία οχημάτων που σχετίζονται με εμπορευματικές και επιβατικές μεταφορές, με τρόπο τέτοιο ώστε να επωφελείται και η **αστική κυκλοφορία**. Κατά συνέπεια ο στόχος της εργασίας αυτής είναι η εκτίμηση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων λόγω επανασύνδεσης του σιδηροδρομικού δικτύου που διέρχεται από την οδό Γρ. Λαμπράκη κοντά στον κυκλικό κόμβο (Γρ.Λαμπράκη-Παπαδιαμάντη-Λιμανιού) όπου υπήρχε το παλιό σιδηροδρομικό δίκτυο και πιο συγκεκριμένα επί της οδού Γρηγορίου Λαμπράκη.

Η συνεισφορά αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι στην κατανόηση των επιπτώσεων που φέρει μια τέτοια αλλαγή στην κυκλοφοριακή ροή μίας **κεντρικής αρτηρίας** της πόλης του Βόλου.

Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού μικροσκοπικής κυκλοφοριακής προσομοίωσης **PTV Vissim**. Η προσομοίωση κατέδειξε ότι η σιδηροδρομική (επανα)σύνδεση, προκαλεί μια καθυστέρηση διέλευσης των οχημάτων στο τμήμα της οδού Γρ.Λαμπράκη, όταν τα δρομολόγια αυξάνονται. Πιο συγκεκριμένα αναλύθηκαν δύο σενάρια με και χωρίς την σιδηροδρομική επέκταση με την βοήθεια του **Microsoft Office Excel**. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η **δημιουργία ουράς** εννεαπλασιάζεται, ο **χρόνος ταξιδιού** αυξάνεται κατά 31 %, με την εφαρμογή της επανασύνδεσης. Μάλιστα η εργασία παρέχει και άλλα κυκλοφοριακά συμπεράσματα, όπως τα στοιχεία της επέκτασης αυτής και αντίστοιχων περιπτώσεων, όπου η σύγκρισή τους αποτελεί στοιχείο για μελλοντικές περιπτώσεις τέτοιων επεκτάσεων σε μια αν μη τι άλλο περιοχή στρατηγικής σημασίας, με γνώμονα τις **Βιώσιμες μεταφορές**.

Λέξεις Κλειδιά: Σιδηροδρομική γραμμή, Αστική κυκλοφορία, Βιώσιμες μεταφορές, PTV Vissim, Κυκλοφοριακή προσομοίωση, Microsoft Office Excel, Δημιουργία ουράς, Χρόνος ταξιδιού, Αριθμός σταθμεύσεων.

Impact Assessment for the Railway Reconnection of the Port with the Volos Railway Station through Microscopic Traffic Simulation

Kampourakis Andreas and Kokolakis Nikolaos

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2025

Supervisor: Dr. Ioannis Karakikes

Abstract

This diploma thesis concerns the reconnection of the **railway** line in Volos and specifically in the area of "Palaia" near the port of the city. Modern ports require road and rail connections for better movement of vehicles related to freight and passenger transport, in such a way that **urban traffic** also benefits. Consequently, the objective of this thesis is to assess the traffic impact of the reconnection of the railway network passing through Gr. Lambraki near the roundabout (Gr. Lambraki-Papadiamanti-Limaniou) where the old railway network existed and more specifically on Grigoriou Lambraki Street. The contribution of this diploma thesis is to the understanding of the impact that such a change brings to the traffic flow of a central artery of the city of Volos. The simulation was carried out using **PTV Vissim** micro **traffic simulation** software. The simulation showed that the railway (re)connection causes a delay in the passage of vehicles on the section of Gr. Lambraki Street, when the routes of the train are increased. More specifically, two scenarios with and without the railway extension were analyzed with **Microsoft Excel**. **Queue creation** increases ninefold, **travel time** increases by 31% and the **number of stops** increases sevenfold with the implementation of reconnection. In fact, the paper provides other traffic conclusions, such as the data of this expansion and corresponding cases, where their comparison is an element for future cases of such extensions in an area of strategic importance, with **sustainable transport** as the main axe.

Keywords: Railway, Urban traffic, Sustainable transport, PTV Vissim, Traffic simulation, Queue creation, Travel time.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή	10
Κίνητρο και υπόβαθρο	10
Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	11
Οργάνωση διπλωματικής εργασίας	11
2. Βασικές έννοιες και στοιχεία πολιτικής	12
Ιστορικό κατασκευής του σταθμού του Βόλου	12
Πολιτική	13
Ευρωπαϊκή πολιτική	13
Πολιτική στην Ελλάδα	14
3. Μελέτες περίπτωσης	17
Η περίπτωση του Πουκέτ	17
Μοντελοποίηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών των συστημάτων (LRT) σε ισόπεδες διαβάσεις και κυκλικό κόμβο στην Αιθιοπία	23
Μελέτη σχεδιασμού σιδηροδρόμου κοντά σε λιμένα στην Βενετία μέσα από I-BIM	27
4. Μελέτη Περίπτωσης στον Βόλο	29
Περιγραφή περιοχής μελέτης	29
Εντολές του προγράμματος Vissim για επέκταση και σχεδίαση	30
Μεθοδολογία και Βαθμονόμηση μοντέλου στο Vissim	31
Μέθοδος επεξεργασίας δεδομένων	31
Τοποθέτηση στοιχείων κυκλοφορίας - Βαθμονόμηση	31
Διαδικασία προσομοίωσης και αποτελέσματα	43
Στιγμιότυπα Προσομοίωσης	43
Αποτελέσματα της Μελέτης	46

Σύγκριση των 2 Σεναρίων	49
5. Συμπεράσματα μελέτης, ανάλυση και στοιχεία μελλοντικής ερευνάς	51
Συμπεράσματα και ανάλυση	51
Μελλοντική έρευνα	54
Βιβλιογραφία	55

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα Καθυστερήσεων από το Vissim	19
Πίνακας 3.2 Βαθμονόμηση κυκλοφοριακού φόρτου	24
Πίνακας 3.4: Στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου των 5 σεναρίων 11 προσομοιώσεων στον κυκλικό κόμβο	26
Πίνακας 3.5 Καθυστερήσεις του κάθε σεναρίου κατά κατεύθυνση στην ισόπεδη διάβαση.....	26
Πίνακας 3.6: Καθυστερήσεις του κάθε σεναρίου κατά κατεύθυνση στον κυκλικό κόμβο	27
Πίνακας 3.7: Κόστος κατασκευής ανά σενάριο.....	28
Πίνακας 4.1: Τοποθέτηση φόρτου στις οδούς Λαμπράκη από και προς τον κόμβο, Λιμανιού και Παπαδιαμάντη	34
Πίνακας 4.2: Σύνθεση της κυκλοφορίας και ταχύτητες στις οδούς Λαμπράκη και Λιμανιού	34
Πίνακας 4.3: Χρόνοι ταξιδιού και φόρτοι σε πέντε προσομοιώσεις στο Vissim Σεναρίου χωρίς τρένο 1 ^ο Σενάριο	46
Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα με τα Queue Counters 1 ^{ου} Σεναρίου	47
Πίνακας 4.5: Χρόνοι ταξιδιού και φόρτοι σε δέκα προσομοιώσεις στο Vissim Σεναρίου με τρένο	47
Πίνακας 4.6: Αποτελέσματα με τα Queue Counters 2 ^{ου} Σεναρίου	48
Πίνακας 4.7: Μεταβολή των μεγεθών κατά την σύγκριση των σεναρίων με και χωρίς την διέλευση τρένου	50

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1: Σχέση μειούμενης ταχύτητας με άφιξη του Τραμ.....	20
Σχήμα 3.2: Σχέση καθυστέρησης Τραμ με άφιξη	20
Σχήμα 3.3: Μέση καθυστέρηση στην οδό λόγω της αύξησης του κυκλοφοριακού φόρτου.	21
Σχήμα 3.4: Σχέση μέσου μήκους ουράς με τον κυκλοφοριακό φόρτο των οχημάτων.....	21
Σχήμα 3.5: Σχέση μέγιστου μήκους ουράς με τον κυκλοφοριακό φόρτο των οχημάτων.	22
Σχήμα 3.6: Αποτελέσματα σεναρίων των διαβάσεων	25
Σχήμα 4.1: Ποσοστιαία αύξηση των μεγεθών κατά την σύγκριση των σεναρίων με και χωρίς την διέλευση τρένου	50

1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση πληροφοριών εισαγωγικού χαρακτήρα που δίνουν το κίνητρο και το υπόβαθρο αυτής της διπλωματικής εργασίας και περιγράφουν συνοπτικά τις βασικές ενότητες της εργασίας. Ακόμη επεξηγείται ο λόγος της εξέτασης του θέματος και ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας. Τελικά σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η οργάνωση της εργασίας σε κεφάλαια και υποενότητες.

Κίνητρο και υπόβαθρο

Στην εργασία αυτή εξετάζεται η επανασύνδεση ενός λιμανιού με τον σιδηρόδρομο και τις επιπτώσεις αυτής πάνω στην κυκλοφοριακή ροή μίας κεντρικής αρτηρίας στην πόλη του Βόλου. Η εκτίμηση των επιπτώσεων αυτού του μέτρου είναι πρωτεύουσας σημασίας για τον σχεδιασμό και τη λειτουργία του κυκλικού κόμβου και της συνδεδεμένης γραμμής σε αυτή την περιοχή, διαδραματίζει δε βασικό ρόλο στην κυκλοφορία της πόλης του Βόλου. Σε αυτή την εργασία θα γίνει μια διεξοδική ανάλυση αυτών μέσω κυκλοφοριακής μικροπροσομοίωσης.

Η δυσκολία στην εκτίμηση της απόδοσης ενός τέτοιου μέτρου ιδιαίτερα στην Ελλάδα έγκειται στον περιορισμό παραδειγμάτων εφαρμογής τέτοιων μέτρων ειδικά σε μικρές πόλεις για τα ευρωπαϊκά δεδομένα όπως ο Βόλος. Κατά συνέπεια υπάρχει μια αοριστία των κυκλοφοριακών επιπτώσεων λόγω εφαρμογής αυτής της επανασύνδεσης, αν και η εφαρμογή του μέτρου επανασύνδεσης σιδηροδρομικής γραμμής ενδέχεται απλώς να καθυστερήσει την κυκλοφορία στο οδικό δίκτυο.

Ένας ακόμη λόγος της εξέτασης του ζητήματος αυτού είναι η έλλειψη ερευνών επάνω στο συγκεκριμένο θέμα. Η διέλευση τραίνου σε σημείο της οδού που αποτελεί είσοδο και έξοδο από τον κυκλικό κόμβο είναι ένα φαινόμενο σπάνιο στην κυκλοφορία. Ένα κοντινό και σπάνιο παράδειγμα στην μελέτη αυτής της εργασίας αφορά την διέλευση γραμμής Τραμ (LRT) μέσω κυκλικού κόμβου, όπου εξετάζεται η κυκλοφοριακή ροή και η οδηγική συμπεριφορά (Novale et al., 2017). Οι προηγούμενες έρευνες πέραν της μελέτης ισχυρίστηκαν ότι τέτοια εγχειρήματα αποτελούν ειδικές περιπτώσεις με πρωτοστάτες τους Γάλλους. Οπότε η διερεύνηση τέτοιων ζητημάτων έχει αρκετό ερευνητικό ενδιαφέρον λόγω

της καινοτομίας και της σπανιότητας τέτοιων διεργασιών. Φυσικά όμως οι περισσότερες μελέτες που έχουν γίνει έχουν πληθώρα διαφοροποιήσεων σε σχέση με την μελέτη στην πόλη του Βόλου.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η εκτίμηση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων στην κυκλοφορία, λόγω επανασύνδεσης του σιδηροδρόμου στην πόλη του Βόλου. Πιο συγκεκριμένα η επέκταση αυτή αφορά την οδό Γρ. Λαμπράκη κοντά στον κυκλικό κόμβο (Λαμπράκη-Παπαδιαμάντη-Λιμανιού) όπου υπήρχε σιδηροδρομικό δίκτυο και παλαιότερα. Το παραπάνω με κατά το δυνατόν την ασφαλέστερη και αδιάκοπη λειτουργία τόσο του κυκλικού κόμβου, όσο και του τραίνου το οποίο θα διέρχεται με δρομολόγια. Η συνεισφορά αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι στην κατανόηση των επιπτώσεων που φέρει μια τέτοια αλλαγή στην κυκλοφορία μίας κεντρικής αρτηρίας της πόλης του Βόλου, όπως η Γρ.Λαμπράκη. Για την πραγματοποίηση αυτής της προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα της PTV Vissim, το οποίο εξειδικεύεται στην μικροσκοπική κυκλοφοριακή προσομοίωση (PTV-Group, 2024).

Οργάνωση διπλωματικής εργασίας

Το υπόλοιπο αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε πέντε ενότητες που καταλαμβάνουν τα Κεφάλαια 2 έως 5. Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι εισαγωγικές έννοιες για το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί και τον τύπο των κυκλικών κόμβων. Στο 0 περιγράφονται κάποιες μελέτες σιδηροδρομικών συστημάτων και κυκλικών κόμβων μέσω προσομοίωσης με διαφορετικά λογισμικά. Στο **Error! Reference source not found.** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της Περίπτωσης στην Πόλη του Βόλου. Τα τελικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.

2. Βασικές έννοιες και στοιχεία πολιτικής

Αφού στο 1^ο Κεφάλαιο έγινε αναφορά στον λόγο και τον στόχο εξέτασης του θέματος, σειρά έχει η μελέτη βασικών εννοιών. Αρχικά εξετάζεται η λειτουργία του λογισμικού PTV Vissim μικροπροσομοίωσης της κυκλοφορίας. Επιπλέον θα πραγματοποιηθεί αναφορά στο ιστορικό κατασκευής του σταθμού του Βόλου. Θα αναλυθεί επίσης και η πολιτική που διαπνέει το σχεδιασμό έργων όπως η επανασύνδεση και επέκταση σιδηροδρομικών γραμμών με βάση την Ευρωπαϊκή επιτροπή και το Υπουργείο μεταφορών της Ελλάδας.

Λογισμικό PTV Vissim

Το λογισμικό PTV Vissim έχει την δυνατότητα να αναπαράγει σε ψηφιακή μορφή τα μοτίβα κυκλοφορίας σε μικροσκοπική κλίμακα (PTV Group, 2024). Με τη κυκλοφοριακή προσομοίωση και τη διαχείριση σεναρίων, γίνεται δυνατή η αξιολόγηση και βελτιστοποίηση των μεταφορικών συστημάτων. Μεταξύ άλλων το λογισμικό κάνει και διαχείριση παραμέτρων όπως οι υποδομές των μεταφορών. Μέσα δηλαδή από την εκτίμηση της κυκλοφοριακής κατάστασης καθίσταται δυνατή η εφαρμογή των μέτρων προκειμένου να γίνει η αντιμετώπιση και πρόληψη σημαντικών προκλήσεων όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, οι εκπομπές αερίων και η δίκαιη και ισορροπημένη κατανομή του οδικού χώρου για πολλούς και διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς (PTV Group, 2024).

Ιστορικό κατασκευής του σταθμού του Βόλου

Μιας και η περίπτωση επέκτασης του σιδηροδρομικού δικτύου αφορά στο τμήμα που συνδέεται η πόλη του Βόλου με το παλαιό δίκτυο και τον λιμένα, αξίζει η αναφορά στην ιστορία κατασκευής του σταθμού.

Κάθε χρόνο, χιλιάδες επισκέπτες επιλέγουν να θαυμάσουν από κοντά τον ιστορικό Σιδηροδρομικό Σταθμό του Βόλου με βάση τον ΟΣΕ. Το κτίριο σχεδίασε ο Ιταλός μηχανικός Εβαρίστο Ντε Κίρικο και η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 1884, ως μέρος του έργου του Θεσσαλικού Σιδηροδρόμου που θα συνέδεε το λιμάνι του Βόλου με τον Θεσσαλικό κάμπο και την πόλη της Λάρισας. Η ύπαρξη αυτού του σιδηροδρομικού δικτύου αποτέλεσε μια από

τις βασικές αιτίες της ταχείας ανάπτυξης της πόλης. Ο γραφικός Σιδηροδρομικός Σταθμός παραμένει ίδιος από το 1884 μέχρι σήμερα και είναι ένα από τα λίγα κτίρια που διασώθηκαν μετά τους ισχυρούς σεισμούς που έπληξαν τον Βόλο στη δεκαετία του '50 (Hellenic train, 2024). Σήμερα σύμφωνα με τον ΟΣΕ, στον πρώτο όροφο του κτιρίου λειτουργεί το Σιδηροδρομικό Μουσείο Θεσσαλίας. Στο μουσείο εκτίθενται πλούσια κειμήλια σχετικά με την ιστορία των σιδηροδρόμων. Παλιές φωτογραφίες, τηλέγραφοι, ρολόγια σταθμού, στολές εποχής, εκδοτήρια εισιτηρίων, εξαρτήματα μηχανών, αρχεία, βιβλία για την αρχιτεκτονική των σιδηροδρόμων και σχέδια του Εβαρίστο Ντε Κίρικο είναι μερικά μόνο από τα ποικίλα εκθέματα που αποτελούν σημαντικά ιστορικά ντοκουμέντα. Το μουσείο, εμπλουτίζεται διαρκώς με νέο υλικό και στοχεύει να γίνει ένα διεθνούς φήμης σταθμός για τους φίλους του σιδηροδρόμου (Hellenic train, 2024).

Πολιτική

Σε αυτή την υποενότητα θα γίνει αναφορά στην Ευρωπαϊκή πολιτική που διαπνέει τα σιδηροδρομικά συστήματα.

Ευρωπαϊκή πολιτική

Η Απόφαση (ΕΕ) 2020/2228 σχετικά με το Ευρωπαϊκό Έτος Σιδηροδρόμων 2021 εφαρμόστηκε στις 29 Δεκεμβρίου 2020. Υπαγορεύει δε σύμφωνα τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας ότι, ο κύριος στόχος του Ευρωπαϊκού Έτους Σιδηροδρόμων είναι η ενθάρρυνση και η υποστήριξη των προσπάθειών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), των χωρών της ΕΕ, των περιφερειακών και τοπικών αρχών, καθώς και άλλων οργανισμών να αυξήσουν το μερίδιο των επιβατών και των εμπορευμάτων που διακινούνται σιδηροδρομικώς. Οι σιδηροδρομικές μεταφορές προωθούνται ως ένας βιώσιμος καινοτόμος και ασφαλής τρόπος μεταφοράς σύμφωνα με τους στόχους της ευρωπαϊκής πράσινη συμφωνίας. Οι βασικοί στόχοι αυτής της απόφασης είναι ενθάρρυνση χρήσης του σιδηροδρόμου για μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων. Η προώθηση του σιδηροδρομικού μέσου το οποίο είναι περιβαλλοντικά ασφαλές για την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας έως στο 2050. Στη συνέχεια την ενίσχυση διασυνοριακής

διάστασης των σιδηροδρομικών μεταφορών στην Ευρώπη. Με βασικό στόχο την ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τα οφέλη του σιδηρόδρομου. Για την πραγματοποίηση αυτού του εγχειρήματος η ευρωπαϊκή επιτροπή αποφάσισε τη διοργάνωση εκδηλώσεων και πρωτοβουλιών για την προώθηση του διαλόγου και ευαισθητοποίηση του κοινού. Ο λόγος αυτής της ενθάρρυνσης έγινε και για λόγους έλλειψης εμπιστοσύνης ειδικά μετά την κρίση της επιδημίας COVID-19. Ενθάρρυνε τα επιχειρηματικά ταξίδια και της μετακινήσεις με αυτό το μέσο τόσο σε δημόσιο όσο και σε ιδιωτικό τομέα. (Ευρωπαϊκή επιτροπή, 2021).

Πολιτική στην Ελλάδα

Για την εκπλήρωση των στόχων του στρατηγικού σχεδιασμού του Ελληνικού Υπουργείου μεταφορών κατά την περίοδο 2021-2027 προσδιορίστηκαν οκτώ προκλήσεις, που αντιπροσωπεύουν το όραμα της Ελλάδας για την ανάπτυξη των μεταφορών. Μεταξύ άλλων καθορίζονται και οι ειδικοί τομείς στους οποίους πρέπει να επικεντρωθεί η προσοχή, προκειμένου να επιτευχθεί ένας οικονομικά αποδοτικός, ασφαλής, περιβαλλοντικά βιώσιμος, προσβάσιμος και διασυνδεδεμένος τομέας μεταφορών (Υπουργείο μεταφορών, 2021).

Στο πλαίσιο των Εθνικών Στρατηγικών Στόχων, των Επιλογών Πολιτικής του ΕΣΠΑ 2021-2027, της Εθνικής Λιμενικής Πολιτικής 2020 – 2030, του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την Οδική Ασφάλεια και του Εθνικού Σχεδίου οι Δράσης για τα Logistics, διαμόρφωσαν τους βασικούς στόχους του Προγράμματος Υποδομών και Μεταφορών:

Την προώθηση της ολοκλήρωσης μέρους των υποδομών του κεντρικού ΔΕΔ-Μ (Διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφορών) και περαιτέρω ανάπτυξη και αναβάθμιση του αναλυτικού ΔΕΔ-Μ, που περιλαμβάνει την ολοκλήρωση του κεντρικού σιδηροδρομικού ΠΑΘΕΠ και κλάδους του με την εγκατάσταση σύγχρονων συστημάτων έλξης και διαχείρισης της κυκλοφορίας, την διασύνδεση υφιστάμενου αναλυτικού ΔΟΔ στην ηπειρωτική Ελλάδα και συνδέσεων με αυτό, την ολοκλήρωση διασυννοριακών οδικών συνδέσεων, καθώς και επιλεγμένες παρεμβάσεις σε μεγάλες νησιωτικές περιφέρειες. Σχετίζεται με τον 1ο και 2ο Εθνικό Στρατηγικό Στόχο (Υπουργείο μεταφορών, 2021).

Την προώθηση των συνδυασμένων μεταφορών, που περιλαμβάνει σιδηροδρομικές (υπεραστικές και προαστιακές) συνδέσεις καθώς και οδικές συνδέσεις με λιμάνια και ΒΙΠΕ και υλοποιείται στο πλαίσιο του 1ου και 2ου Εθνικού Στρατηγικού Στόχου.

Την Ενίσχυση και διασφάλιση της συνδεσιμότητας των νησιών, που περιλαμβάνει την βελτίωση των υποδομών πλέγματος λιμένων νησιωτικών περιφερειών και καλύπτει τον 2ο Εθνικό Στρατηγικό Στόχο.

Την Βελτίωση της ασφάλειας μεταφορών, με την υλοποίηση εστιασμένων παρεμβάσεων παθητικής οδικής ασφάλειας, και συστημάτων για την βελτίωση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας και αεροναυτιλίας, στο πλαίσιο του 5ου Εθνικού Στρατηγικού Στόχου.

Την Ανάπτυξη και επέκταση βιώσιμων και οικολογικών αστικών μέσων μεταφοράς, που περιλαμβάνει επέκταση και βελτίωση των μέσων σταθερής τροχιάς και την ανανέωση του στόλου των λεωφορείων με ηλεκτρικά στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη, στο πλαίσιο του 3ου Εθνικού Στρατηγικού Στόχου.

Ο 4ος Εθνικός Στρατηγικός Στόχος «Παροχή Προσβασιμότητας και Κοινωνικής Ένταξης» διέπει όλες τις προτεινόμενες παρεμβάσεις και αποτελεί τον βασικό κορμό σε επίπεδο προδιαγραφών (Υπουργείο μεταφορών, 2021).

Η Δομή του Προγράμματος Υποδομών Μεταφορών 2021-2027 περιλαμβάνει τις εξής προτεραιότητες:

Πρώτον την Ολοκλήρωση Σιδηροδρομικού ΔΕΔ-Μ μέσα από επενδύσεις για την ολοκλήρωση του κεντρικού σιδηροδρομικού άξονα και συνδέσεων με λιμάνια και βιομηχανικά κέντρα. Έπειτα την Αναβάθμιση Οδικού ΔΕΔ-Μ με την κατασκευή και την αναβάθμιση σημαντικών τμημάτων του οδικού δικτύου για ενίσχυση της συνδεσιμότητας και της οδικής ασφάλειας. Την Ασφάλεια Ναυσιπλοΐας και Αεροναυτιλίας με εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας και βελτίωση της ασφάλειας σε θαλάσσιες και εναέριες μεταφορές. Τελικά την Αναβάθμιση Αστικής Κινητικότητας με την ανάπτυξη φιλοπεριβαλλοντικών μέσων μεταφοράς στα αστικά κέντρα, όπως νέες γραμμές μετρό και ηλεκτροκίνητα λεωφορεία (Υπουργείο μεταφορών, 2021).

Οι παρεμβάσεις του Προγράμματος Υποδομών και Μεταφορών αποτελούν επιλογές πολιτικής, άμεσα συνδεδεμένες με τις προκλήσεις που έχουν τεθεί, η ολοκλήρωση των

οποίων θα συμβάλλει στην ανάπτυξη ασφαλούς, συνεκτικού, προσβάσιμου σε όλους πολυτροπικού και διαλειτουργικού συστήματος σιδηροδρομικών, οδικών, θαλασσίων μεταφορών υψηλής ποιότητας.

Επιδιώκεται ο εκσυγχρονισμός και η βελτίωση των υπηρεσιών του συστήματος μεταφορών. Στις σιδηροδρομικές μεταφορές επιδιώκεται η μείωση του χρόνου μετακίνησης επιβατών και εμπορευμάτων, η αύξηση του αριθμού των επιβατών και τέλος η αύξηση των εμπορευματικών μεταφορών. Συνολικά δηλαδή, αναμένεται η αύξηση του μεριδίου των σιδηροδρομικών μεταφορών με αντίστοιχη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Υπουργείο μεταφορών, 2021).

Οι παρεμβάσεις επί του οδικού δικτύου αναμένεται να μειώσουν το χρόνο μετακίνησης επιβατών και εμπορευμάτων. Επιπλέον να αυξήσουν την κινητικότητα ανθρώπων και αγαθών, να βελτιώσουν τη διασυνοριακή κινητικότητα και την προσβασιμότητα. Τελικός στόχος για την κυκλοφορία είναι η αποσυμφόρηση των αστικών περιοχών.

Ως προς την ενίσχυση της ασφάλειας, επιδιώκεται μείωση των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων, αύξηση των επιπέδων ασφαλείας και συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα σε όλο το σύστημα των μεταφορικών υπηρεσιών.

Χρηματοδότηση και διαθέσιμοι πόροι:

Το Πρόγραμμα Υποδομών Μεταφορών χρηματοδοτείται με 1.912.389.466€ Κοινοτική Συνδρομή, εκ των οποίων 1.329.511.143€ από το ΤΣ (69,52%) και 582.878.323€ από το ΕΤΠΑ (30,48%). Οι συνολικά διαθέσιμοι πόροι, συμπεριλαμβανομένης της Εθνικής Συμμετοχής, ανέρχονται σε 2.313.798.223€ ΣΔΔ, εκ των οποίων 1.564.130.757€ από το ΤΣ (67,60%) και 749.667.466€ από το ΕΤΠΑ (32,40%). Οι σχετικές παρεμβάσεις υλοποιούνται στο πλαίσιο του ΣΠ3 (64,79% των διαθέσιμων πόρων του Προγράμματος) και του ΣΠ2 (33,77% επί της συνολικής ΣΔΔ) (Υπουργείο μεταφορών, 2021).

Σε ότι αφορά στις θαλάσσιες μεταφορές, οι σχετικές παρεμβάσεις αναμένεται να διασφαλίσουν τη διασύνδεση των νησιωτικών περιφερειών με την ηπειρωτική χώρα προκειμένου να διατηρηθεί η εδαφική συνοχή σε αυτές. Η αναμενόμενη ενίσχυση της ελκυστικότητας των φιλοπεριβαλλοντικών αστικών μέσων μεταφοράς και η προώθηση της

βιώσιμης αστικής κινητικότητας θα συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου από τη μεταφορική δραστηριότητα (Υπουργείο μεταφορών, 2021).

3. Μελέτες περίπτωσης

Στην ενότητα αυτή αναφέρονται κάποιες μελέτες με λογισμικά προσομοίωσης κυκλοφορίας που προσεγγίζουν σε θεματολογία την μελέτη περίπτωσης του Βόλου.

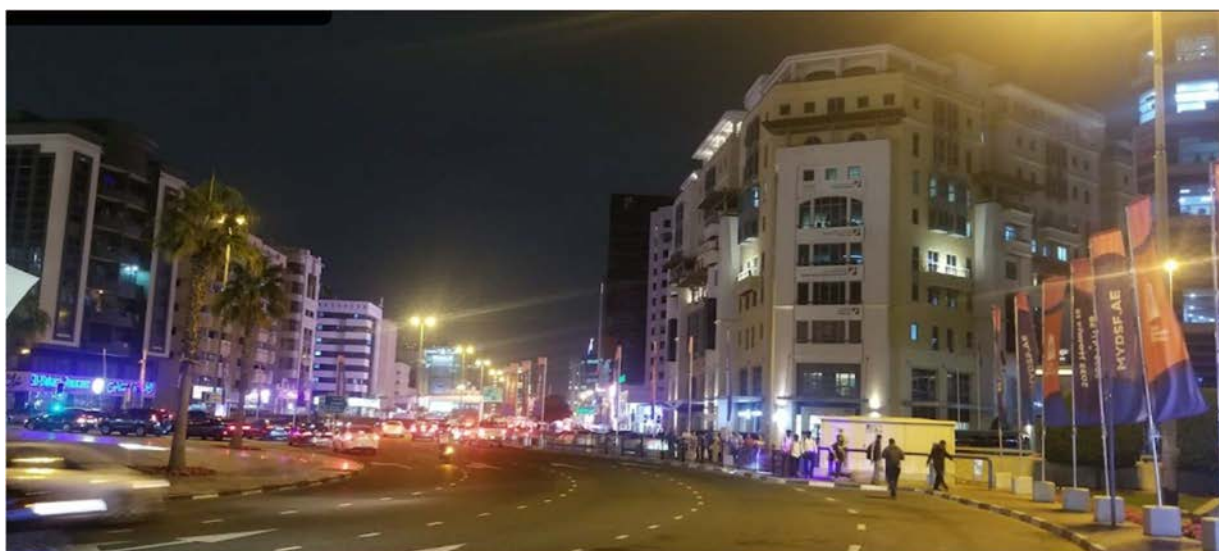
Η περίπτωση του Πουκέτ

Η μελέτη περίπτωσης η οποία αναφέρεται στο έργο σιδηρόδρομου Τραμ στο Πουκέτ της Ταϊλάνδης και σχεδιάστηκε ως διαδρομή 58,6 χιλιομέτρων και ήταν χωρισμένη σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση του έργου περιλαμβάνει μια διαδρομή 41,7 χιλιομέτρων από το Διεθνές Αεροδρόμιο του Πουκέτ έως τη διασταύρωση Chalong. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει μια επέκταση γραμμής προς τα βόρεια από τη διασταύρωση μεταξύ των αυτοκινητοδρόμων στο σταθμό Tha Nun, ο οποίος είναι επίσης ο μελλοντικός τερματικός σταθμός της γραμμής Surat Thani-Tha Nun του Κρατικού Σιδηροδρόμου της Ταϊλάνδης (SRT). Το δίκτυο LRT αποτελείται από 24 σταθμούς (Yongcharoen et al, 2022).

Η μελέτη αυτή αναφέρεται και στην εξέταση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων του κυκλικού κόμβου στο Ντουμπαι (βλ. εικόνα 3.1& 3.2) με την παρουσία Τραμ LRT μέσα από τον συνδυασμό των λογισμικών Vissim & Transyt.



Εικόνα 0.1: Κυκλικός Κόμβος Πύργος ρολογιού της Ντέιρα, πηγή : Google Maps



Εικόνα 0.2: Πύργος ρολογιού της Ντέιρα

Η βαθμονόμηση του κυκλοφοριακού φόρτου ήταν 515 οχήματα σαν μέγιστη τιμή αιχμής ανά κατεύθυνση και βασίζεται σε πραγματικές μετρήσεις, ενώ η σύνθεση της κυκλοφορίας ήταν 9% ελαφριά φορτηγά, 63% δίκυκλα, 26% ΙΧ, 2% Βαρέα οχήματα.

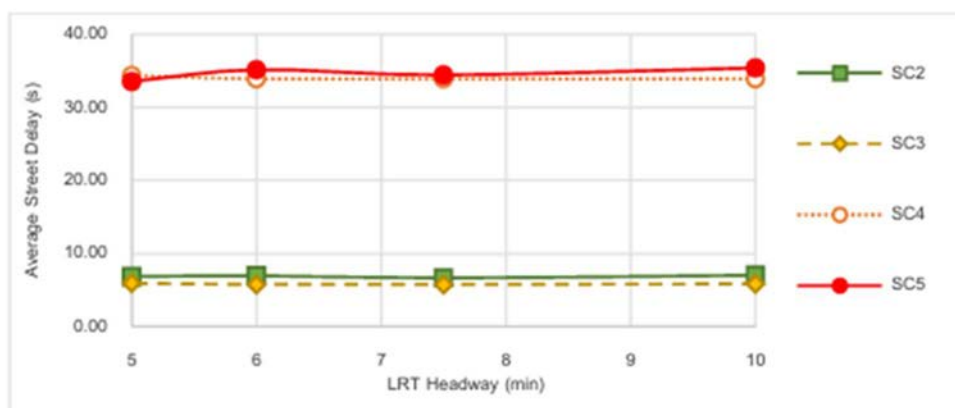
Τα σενάρια της κυκλοφορίας ήταν πέντε. Το πρώτο αφορούσε στην απουσία σηματοδότησης και γραμμής τραμ. Το δεύτερο σενάριο περιέχει μονάχα προτεραιότητα σε οχήματα εντός του κυκλικού κόμβου και στα οχήματα τραμ. Το τρίτο σενάριο περιέχει σήμανση για την γραμμή του Τραμ, ενώ το τέταρτο και το πέμπτο σενάριο περιέχουν σταθερούς χρόνους σηματοδότησης για τα οχήματα, με το τελευταίο να έχει ως επιπλέον στοιχείο την σηματοδότηση γραμμής τραμ (LRT) (Yongcharoen et al, 2022).

Πίνακας 0.1: Αποτελέσματα Καθυστερήσεων από το Vissim

Scenarios	Avg. Road Delay (s)				Avg. LRT Delay (s)			
	Headway (min)				Headway (min)			
	10	7.5	6	5	10	7.5	6	5
SC1	8.12				5.91			
SC2	7.04	6.66	6.98	6.85	0.04	0.01	0	0
SC3	5.85	5.78	5.78	5.96	1.21	1.21	1.26	1.25
SC4	33.92	33.92	33.92	34.38	16.11	8.76	8.83	16.19
SC5	35.42	34.45	35.18	33.55	11.74	0.78	0.78	8.45

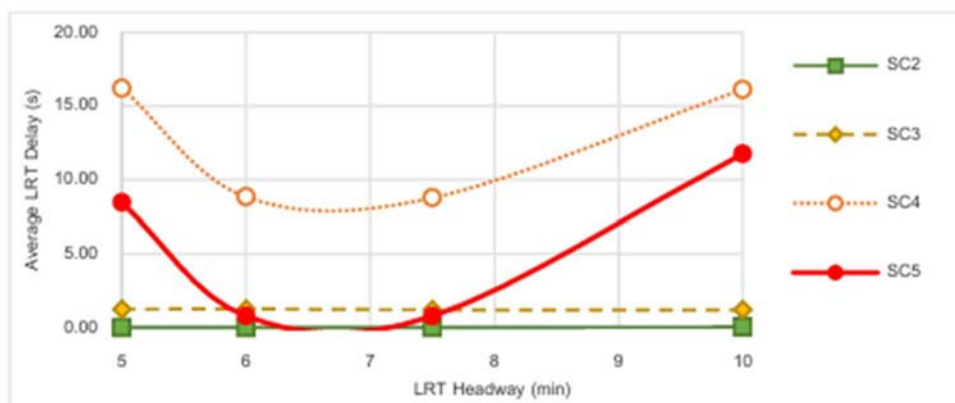
Τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνονται στον πίνακα 3.1 και αποδεικνύουν ότι οι χρόνοι καθυστέρησης για τα οχήματα κυκλοφορίας και το σχηματισμό ουράς είναι οι βέλτιστοι στο τρίτο σενάριο. Τα σενάρια 4 και 5 είναι αναποτελεσματικά στην κυκλοφορία οχημάτων, ενώ στα 1 και 2 έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα για τα οχήματα πλην του τραμ (Yongcharoen et al, 2022).

Το σχήμα 3.1 εκφράζει τη σχέση μεταξύ της μέσης καθυστέρησης στο δρόμο λόγω άφιξης του Τραμ, όπου η πράσινη καμπύλη αντιπροσωπεύει το 2^ο σενάριο, η κίτρινη διακεκομμένη καμπύλη αντιπροσωπεύει το 3^ο σενάριο που λαμβάνεται υπόψιν, η πορτοκαλί και διακεκομμένη καμπύλη περιγράφει την μέτρηση κάθε φορά του 4^{ου} σεναρίου και τέλος η κόκκινη καμπύλη το 5^ο.



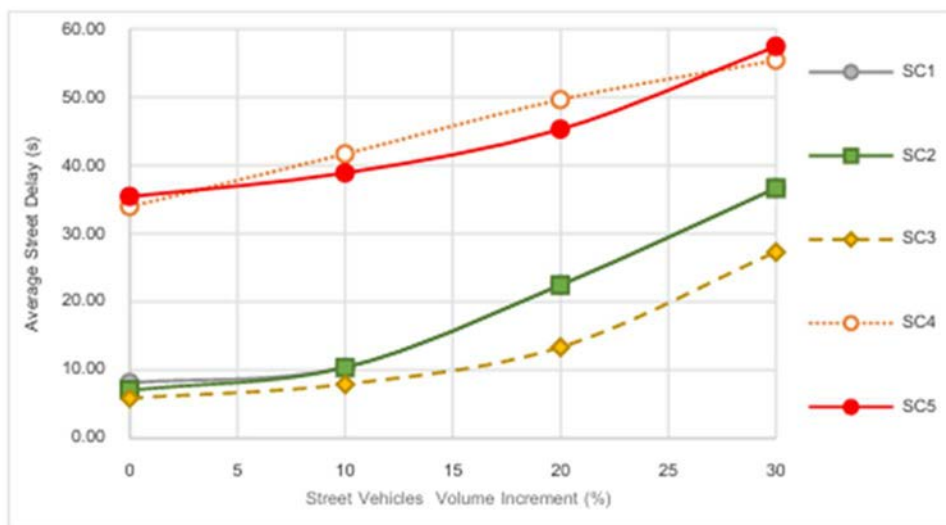
Σχήμα 3.1: Σχέση μειούμενης ταχύτητας με άφιξη του Τραμ

Το παρακάτω σχήμα 3.2 εκφράζει τις σχέσεις καθυστέρησης και άφιξης του Τραμ, οι καμπύλες διαμορφώνονται όπως στο παραπάνω σχήμα ανάλογα με το σενάριο που αντιπροσωπεύουν, όπως ακριβώς και στα επόμενα σχήματα (3.3 έως 3.5).



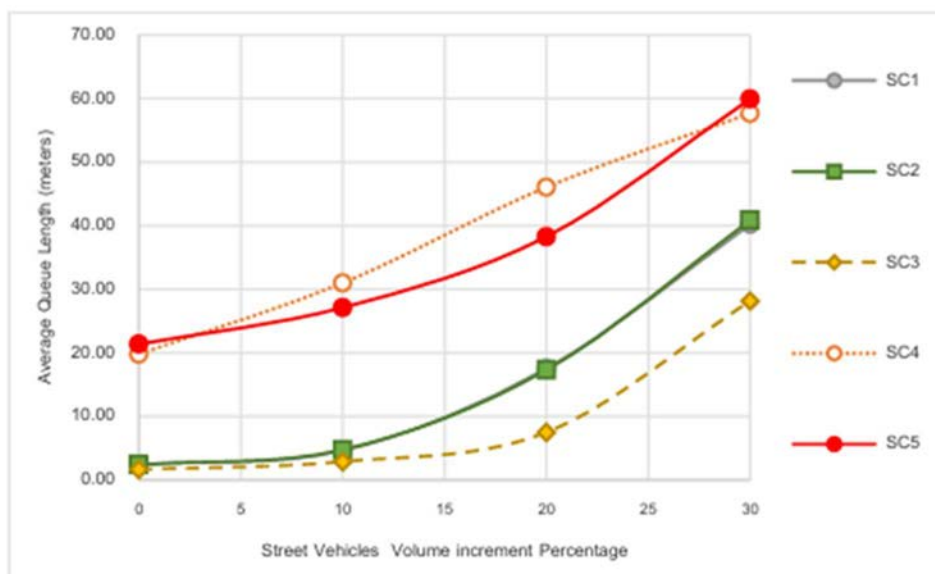
Σχήμα 3.2: Σχέση καθυστέρησης Τραμ με άφιξη

Το σχήμα 3.3 εκφράζει την μέση καθυστέρηση στην οδό της αύξησης του κυκλοφοριακού φόρτου.



Σχήμα 3.3: Μέση καθυστέρηση στην οδό λόγω της αύξησης του κυκλοφοριακού φόρτου.

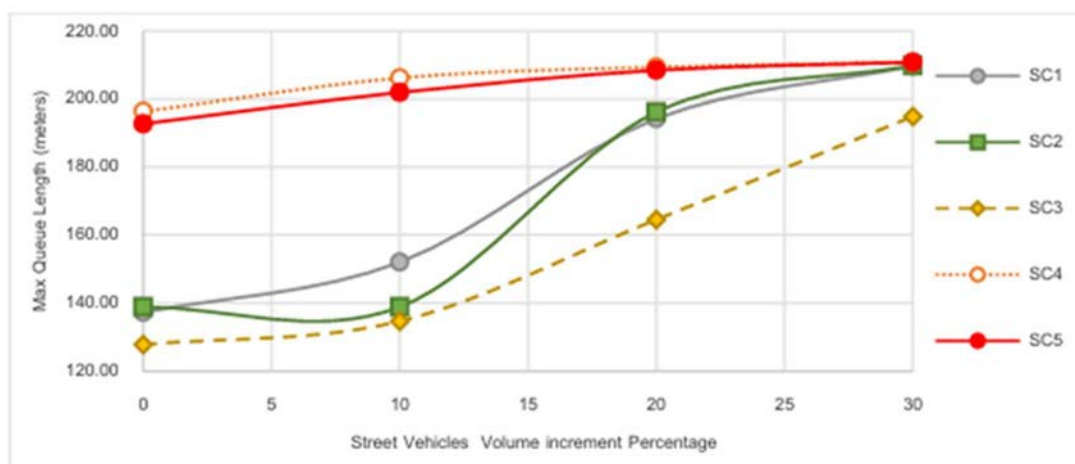
Το σχήμα 3.4 εκφράζει τη σχέση μέσου μήκους ουράς με τον όγκο οχημάτων.



Σχήμα 3.4: Σχέση μέσου μήκους ουράς με τον κυκλοφοριακό φόρτο των οχημάτων.

Αναφορικά στο τρίτο σενάριο το μέσο μήκος ουράς ξεκινάει από τα 3 και φτάνει μέχρι 30 μέτρα. Από την άλλη το μέγιστο μήκος της ουράς στο τρίτο σενάριο ξεκινάει από τα 130 μέτρα και φτάνει περίπου τα 190 μέτρα. Οι παραπάνω αυξήσεις στα δύο είδη του μήκους ουράς γίνονται λόγω της θεωρητικής μελλοντικής αύξησης του υπάρχοντος όγκου των οχημάτων κατά 30%.

Το σχήμα 3.5 εκφράζει το μέγιστο μήκος ουράς και το ποσοστό αύξησης όγκου των οχημάτων.



Σχήμα 3.5: Σχέση μέγιστου μήκους ουράς με τον κυκλοφοριακό φόρτο των οχημάτων.

Συμπερασματικά ο κυκλικός κόμβος Surin Clock εξυπηρετεί ένα μέσο εύρος ζήτησης με πληρότητα μετρίου βαθμού. Στο υπάρχον σύστημα δεν υπάρχει κυκλοφορία Τραμ και έτσι ο κόμβος έχει σχετικά χαμηλό όγκο εξυπηρέτησης με μικρές καθυστερήσεις και χωρίς υπερβολική συμφόρηση. Η εγκατάσταση και λειτουργία γραμμής Τραμ επηρεάζει αν μη τι άλλο αρνητικά την όλη κατάσταση της κυκλοφορίας, με την παρουσία του κυκλικού κόμβου να επηρεάζει ωστόσο θετικά την όλη κατάσταση (θα μπορούσε να ήταν άλλο είδος κόμβου π.χ. ισόπεδος). Το βασικότερο σενάριο της έρευνας των (Yongcharoen et al., 2022) ήταν το τρίτο στο οποίο η ελεγχόμενη σηματοδότηση επηρεάζει θετικά τα οχήματα που εισέρχονται στον κυκλικό κόμβο, ταυτοχρόνως με τη διέλευση του Τραμ. Ως αποτέλεσμα δεν υπάρχουν μεγάλες καθυστερήσεις και μεγάλες ουρές και αυτό το σενάριο το οποίο και προτιμήθηκε από τις επιχειρήσεις του Πουκέτ προς εφαρμογή και λειτουργία λόγω της αποτελεσματικότητάς του (Yongcharoen et al., 2022).

Μοντελοποίηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών των συστημάτων (LRT) σε ισόπεδες διαβάσεις και κυκλικό κόμβο στην Αιθιοπία

Η συγκεκριμένη έρευνα επικεντρώνεται στη μοντελοποίηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών των συστημάτων ελαφρού σιδηρόδρομου LRT σε ισόπεδες διαβάσεις σε κυκλικό κόμβο στην Αντίς Αμπέμπα, Αιθιοπία (Desta et al, 2021).



Εικόνα 0.3: Κυκλικός κόμβος Αντίς Αμπέμπα

Ο κόμβος αυτός επιλέχθηκε για να αξιολογηθεί η απόδοση και η ασφάλεια των συστημάτων ελαφρού σιδηρόδρομου (LRT) σε ισόπεδες διαβάσεις, χρησιμοποιώντας το λογισμικό VISSIM (βλ. εικόνα 3.3).

Αναπτύχθηκε ένα μαθηματικό μοντέλο βελτιστοποίησης για την ελαχιστοποίηση της συνολικής καθυστέρησης εισόδου και αναλύθηκαν τέσσερα σενάρια.

Το σενάριο χωρίς LRT, το σενάριο με ένα τραμ LRT, το σενάριο με διπλή άφιξη τραμ και αυτό των σηματοδοτούμενων αφίξεων LRT με μία ή δύο αφίξεις.

Η βαθμονόμηση του μοντέλου έγινε μέσα από την εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου του Geoffrey E. Havers (GEH) και της κατανομής t-student. Ο έλεγχος GEH είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στην κυκλοφοριακή μηχανική για τη σύγκριση δύο συνόλων κυκλοφοριακών φορτίσεων, των μοντελοποιημένων και των παρατηρημένων, για να ελεγχθεί η εγκυρότητα των μοντέλων κυκλοφορίας. Η κατανομή t-student χρησιμοποιήθηκε συνδυαστικά με τις εξής παραμέτρους. Δηλαδή 95% Διάστημα εμπιστοσύνης, (N-1) βαθμούς ελευθερίας και επίπεδο σημαντικότητας 0.025 (Desta et al, 2021).

Με αυτόν τον τρόπο στον πίνακα 3.2 φαίνεται η βαθμονόμηση του κυκλοφοριακού φόρτου.

Πίνακας 0.2 Βαθμονόμηση κυκλοφοριακού φόρτου

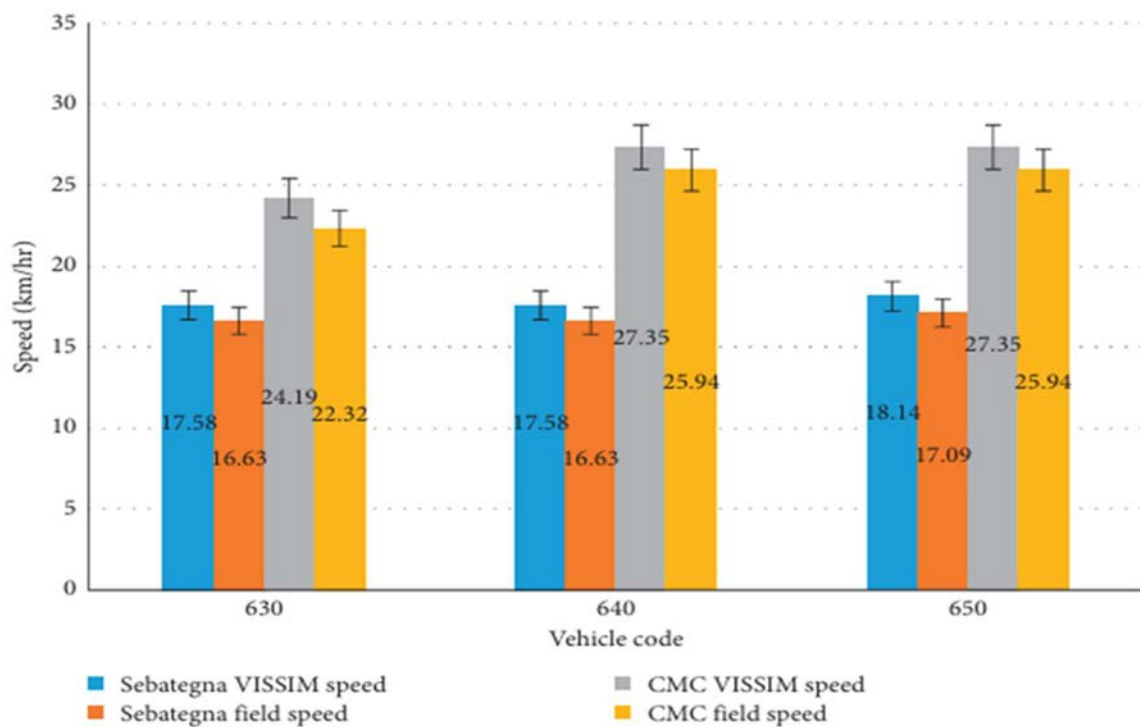
Equation variables	m	c	$m - c$	$(m - c)^2$	$2 * (m - c)^2$	$m + c$	$2 (m - c)^2 / m + c$	GEH
Actual LRT arrival (Sebategna)	2456	2450	6	36	72	4906	0.01	0.12
Actual LRT arrival (CMC)	5256	5475	-219	47961	95922	10731	8.94	2.99

Κατά τη διάρκεια προσομοίωσης του τελευταίου σεναρίου των διαβάσεων LRT με διπλή άφιξη, επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση χρόνου ταξιδιού με εμφανή βελτίωση στις μη συγκρουόμενες φάσεις (που δεν υπάρχει κίνδυνος εμπλοκών). Ωστόσο, η αυξημένη συχνότητα διαβάσεων με τραμ οδηγεί σε μεγαλύτερες καθυστερήσεις στις ισόπεδες διαβάσεις με βάση την εικόνα 3.4.



Εικόνα 0.4: Διαβάσεις της Μελέτης

Σε γενικό πλαίσιο η αυξημένη συχνότητα διαβάσεων LRT οδήγησε σε μεγαλύτερες καθυστερήσεις στις ισόπεδες διαβάσεις. Αλλά οι σηματοδοτούμενες αφίξεις LRT μείωσαν τις καθυστερήσεις σε σύγκριση με τα άλλα σενάρια, όπως φαίνεται στο σχήμα



Σχήμα 3.6: Αποτελέσματα σεναρίων των διαβάσεων

Η εφαρμογή σηματοδότησης σύμφωνα με τους μελετητές (Desta et al., 2021) βελτίωσε την ασφάλεια στις ισόπεδες διαβάσεις, μειώνοντας τα ατυχήματα και τις συγκρούσεις. Η μελέτη προτείνει διάφορες λύσεις με την ανάγκη για επαλήθευση να ικανοποιείται με βάση την ισορροπία μεταξύ των λειτουργικών εξόδων των ισόπεδων διαβάσεων και των εξόδων που προκύπτουν αν εφαρμοστεί διαχωρισμός των επιπέδων (Desta et al., 2021).

Στον πίνακα 3.4 φαίνονται τα στοιχεία των σεναρίων του κυκλοφοριακού φόρτου στις 11 προσομοιώσεις και λαμβάνεται ο γενικός μέσος όρος για κάθε σενάριο.

Πίνακας 0.3: Στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου των 5 σεναρίων 11 προσομοιώσεων στον κυκλικό κόμβο

No. of simulations	Without LRT	Actual LRT arrival	Twice arrival	Signalized actual arrival	Signalized twice arrival
1	5610	5220	5182	5616	5605
2	5621	5228	5207	5627	5597
3	5631	5237	5215	5632	5664
4	5638	5248	5229	5610	5601
5	5622	5265	5246	5665	5642
6	5617	5281	5253	5676	5741
7	5602	5290	5251	5683	5733
8	5611	5311	5262	5695	5712
9	5622	5292	5258	5693	5703
10	5722	5215	5199	5716	5726
11	5731	5229	5217	5724	5734
Average	5639	5256	5229	5667	5678

Στον πίνακα 3.5 φαίνονται οι καθυστερήσεις κατά μέσο όρο σε δευτερόλεπτα ανά σενάριο στην περίπτωση της ισόπεδης διάβασης, στο σενάριο χωρίς LRT είναι 22.3, στο σενάριο με ένα τραμ LRT 23.5, στο σενάριο με διπλή άφιξη τραμ 33.1 χωρίς σήμανση και των σηματοδοτούμενων αφίξεων LRT 67.3 για ένα τραμ και 98.5 για δύο (Desta et al, 2021).

Πίνακας 0.4 Καθυστερήσεις του κάθε σεναρίου κατά κατεύθυνση στην ισόπεδη διάβαση

Parameters	Without LRT	Actual LRV arrival	Twice actual LRV arrival	Signalized actual LRV arrival	Signalized twice actual LRV arrival
No. of vehicles (all)	2441	2456	2453	2297	2211
LOS (overall)	LOS_C	LOS_C	LOS_D	LOS_E	LOS_F
	(1) E-2%	(1) E-21%	(1) E-30%	(1) E-5%	(1) E-36%
Vehicle delay (all) in Sec.	22.3	23.5	33.1	67.3	98.5
	(2) W-50%	(2) W-70%	(2) W-64%	(2) W-44%	(2) W-39%
	(3) S-3%	(3) S-4%	(3) S-3%	(3) S-25%	(3) S-11%
	(4) N-45%	(4) N-5%	(4) N-3%	(4) N-27%	(4) N-13%

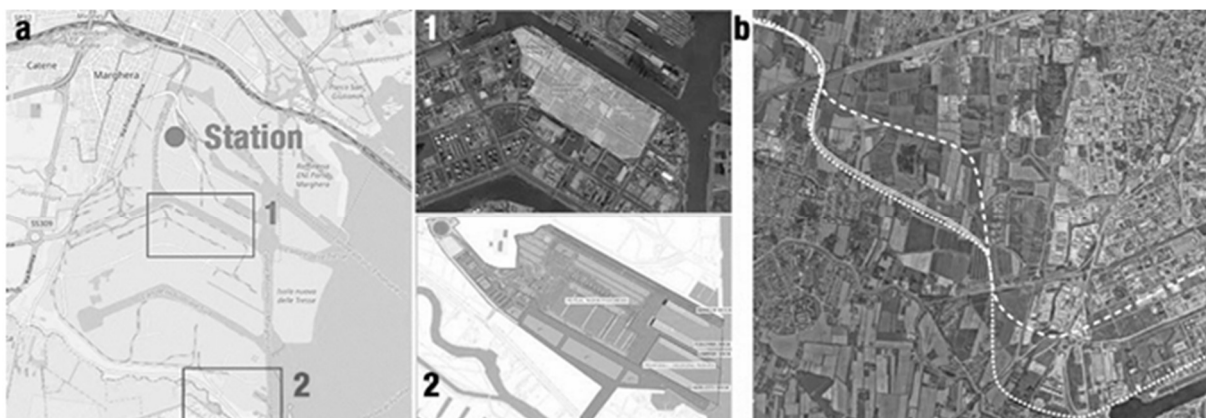
Στον πίνακα 3.6 φαίνονται οι καθυστερήσεις κατά μέσο όρο σε δευτερόλεπτα ανά σενάριο στην περίπτωση του κυκλικού κόμβου, στο σενάριο χωρίς LRT είναι 134.6, στο σενάριο με ένα τραμ LRT 135.2, σενάριο με διπλή άφιξη τραμ 136.2 χωρίς σήμανση και των σηματοδοτούμενων αφίξεων LRT 124 για ένα τραμ και 120.1 για δύο (Desta et al., 2021).

Πίνακας 0.5: Καθυστερήσεις του κάθε σεναρίου κατά κατεύθυνση στον κυκλικό κόμβο

Parameters	Without LRT	Actual LRV arrival	Twice actual LRV arrival	Signalized actual LRV arrival	Signalized twice actual LRV arrival
No. of vehicles (all)	5669	5256	5229	5667	5678
LOS (overall)	LOS_F	LOS_F	LOS_F	LOS_F	LOS_F
	(1) E-47%	(1) E-53%	(1) E-47%	(1) E-29%	(1) E-28%
Vehicle delay (all) in Sec.	134.6	135.2	136.2	124	120.1
	(2) W-5%	(2) W-2%	(2) W-5%	(2) W-2%	(2) W-2%
	(3) S-32%	(3) S-29%	(3) S-31%	(3) S-24%	(3) S-26%
	(4) N-16%	(4) N-16%	(4) N-18%	(4) N-45%	(4) N-44%

Μελέτη σχεδιασμού σιδηροδρόμου κοντά σε λιμένα στην Βενετία μέσα από I-BIM

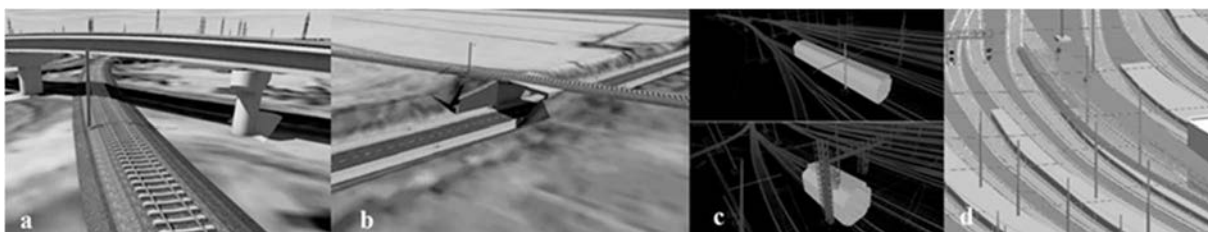
Το βασικό ζήτημα που μελετήθηκε σε αυτή την έρευνα ήταν η αναζήτηση των επιπτώσεων επέκτασης χώρου υποδομής του λιμένα σε συνδυασμό με τον σχεδιασμό και την λειτουργία σιδηροδρομικού δικτύου στην Βενετία. Ο λόγος ανάγκης αυτής της επέκτασης είναι η ανοδική τάση των εμπορευμάτων και ένας από τους σκοπούς της έρευνας ήταν η σύγκριση των σιδηροδρομικών και λιμενικών μεταφορών του τμήματος Padova Mestre (Pasetto et al 2020). Με την χρήση του λογισμικού I-BIM (INFRASTRUCTURE BUILDING INFORMATION MODELING) έγινε απεικόνιση και σχεδιασμός της περιοχής, (εικόνα 3.5). Στην συνέχεια τηρήθηκαν οι προδιαγραφές για την συντήρηση της κατασκευής. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση των εκτιμώμενων συγκρούσεων και μοντελοποίηση του χρονοδιαγράμματος και του κόστους του έργου για τις τρεις σιδηροδρομικές χαράξεις που προτείνουν οι ερευνητές, (πίνακας 3.7). Τέλος η προσομοίωση της κυκλοφοριακής ροής στην περιοχή σε συνδυασμό με την εικονική επιθεώρηση συνέβαλλε σε μια πολυκριτηριακή αξιολόγηση. Η μελέτη εν τέλει συνδυάζει τον τρισδιάστατο με τον παραδοσιακό σχεδιασμό εκτιμώντας τα συνολικά κόστη συντήρησης και επέκτασης του λιμανιού και του σιδηροδρομικού δικτύου (Pasetto et al., 2020). Στην συνέχεια φαίνονται τα έργα σιδηρόδρομου που πραγματοποιήθηκαν στα σημεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής για κάποια σύγκρουση στην εικόνα 3.6.



Εικόνα 0.5: Χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης

Πίνακας 0.6: Κόστος κατασκευής ανά σενάριο

Costs (million euro)	Layout 1 (dotted line)	Layout 2 (dashed line)	Layout 3 (double continuous line)
Train control system and other technologies	1.12	1.07	1.08
Embankment/Cutting	6.59	6.20	6.26
Bridge	5.22	5.22	5.22
Tunnel	0.62	0.62	0.62
Railway equipment	44.96	43.02	43.32
Station	1.00	1.00	1.00
Total cost	59.51	57.13	57.50



Εικόνα 0.6: Μέτρα που λήφθηκαν στον σιδηρόδρομο

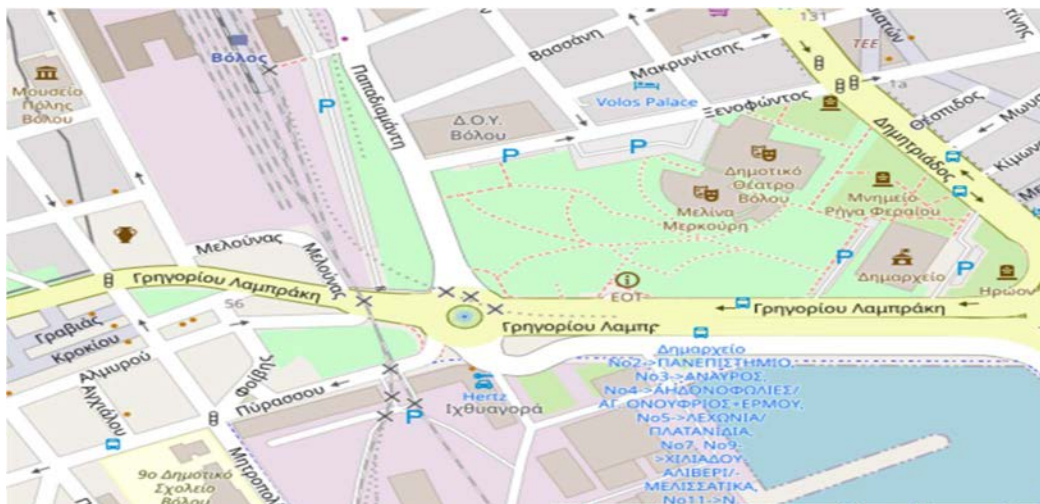
4. Μελέτη Περίπτωσης στον Βόλο

Προηγουμένως πραγματοποιήθηκε η αναφορά σε μελέτες σχετικές με την επέκταση δικτύων παρεμφερών με σιδηρόδρομο (LRT) και η μελέτη σχετικά με την επέκταση συστήματος (Λιμένα-Σιδηρόδρομου). Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσεται η μελέτη επανασύνδεσης σιδηροδρομικού δικτύου δια μέσου του κυκλικού κόμβου κοντά στον Λιμένα του Βόλου με χρήση του λογισμικού μικροσκοπικής κυκλοφοριακής προσομοίωσης PTV-Vissim.

Περιγραφή περιοχής μελέτης

Η συγκεκριμένη εργασία αφορά την επέκταση της σιδηροδρομικής γραμμής από τον σιδηροδρομικό σταθμό του Βόλου, προς το παλιό δίκτυο της οδού Γρ.Λαμπράκη και ενώ η σιδηροδρομική γραμμή θα διέρχεται από τον πλησιέστερο κυκλικό κόμβο θα συνεχίζει και προς το λιμάνι. Κατά συνέπεια υπάρχει επανασύνδεση στο παλιό ιστορικό δίκτυο της πόλης και στο λιμάνι της.

Το παραπάνω υποθετικό σχέδιο μελετήθηκε στο πρόγραμμα του PTV Group – Vissim το οποίο είναι υπεύθυνο για τον σχεδιασμό και την επέκταση οδών και σιδηροδρομικών γραμμών μέσα από την χρήση χαρτών της μορφής (Bing maps & Open street maps, 2024), (βλ. εικόνα 4.1).



Εικόνα 0.1: Απεικόνιση του χάρτη στον Βόλο, Πηγή: Open Street Maps

Εντολές του προγράμματος Vissim για επέκταση και σχεδίαση

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βήματα σχεδιασμού και σήμανσης του δικτύου στο πρόγραμμα PTV Vissim.

- Σχεδιασμός (επέκταση) του σιδηροδρομικού δικτύου με χρήση της εντολής Links & Connectors.
- Σηματοδότηση του κόμβου από όπου θα διέρχεται η σιδηροδρομική γραμμή που επεκτείνεται.
- Χρήση κανόνων προτεραιότητας (Priority Rules).
- Χρόνοι φαναριών
- Προσδιορισμός και σύνθεση φόρτου και χρονική κατανομή του (σημειώνεται ότι η αναλογία του φόρτου φαίνεται στις εικόνες της επόμενης ενότητας σε ποσοστά).

Στόχοι εξέτασης της μελέτης αποτελούν :

- Η εκτίμηση της κυκλοφοριακής ικανότητας και της επικρατούσας κατάστασης με βάση τα δοθέντα χαρακτηριστικά.
- Η επιρροή στον κυκλοφοριακό φόρτο της Γρ.Λαμπράκη από και προς το κέντρο της πόλης.

Πρώτες παρατηρήσεις που προκύπτουν από την οπτικό έλεγχο του μοντέλου:

1. Σε χρόνο περίπου 10 λεπτών ξεκινάει να κανονικοποιείται ως προς την κυκλοφοριακή ροή ο κόμβος μετά την διέλευση του τραίνου.
2. Η κατεύθυνση προς την οδό Παπαδιαμάντη δεν επηρεάζεται , αλλά οι άλλες τρεις είσοδοι της Γρ. Λαμπράκη επηρεάζονται και συνεπώς χρειάζεται η μέτρηση των Q(Counters) & t (Travels).

Μεθοδολογία και Βαθμονόμηση μοντέλου στο Vissim

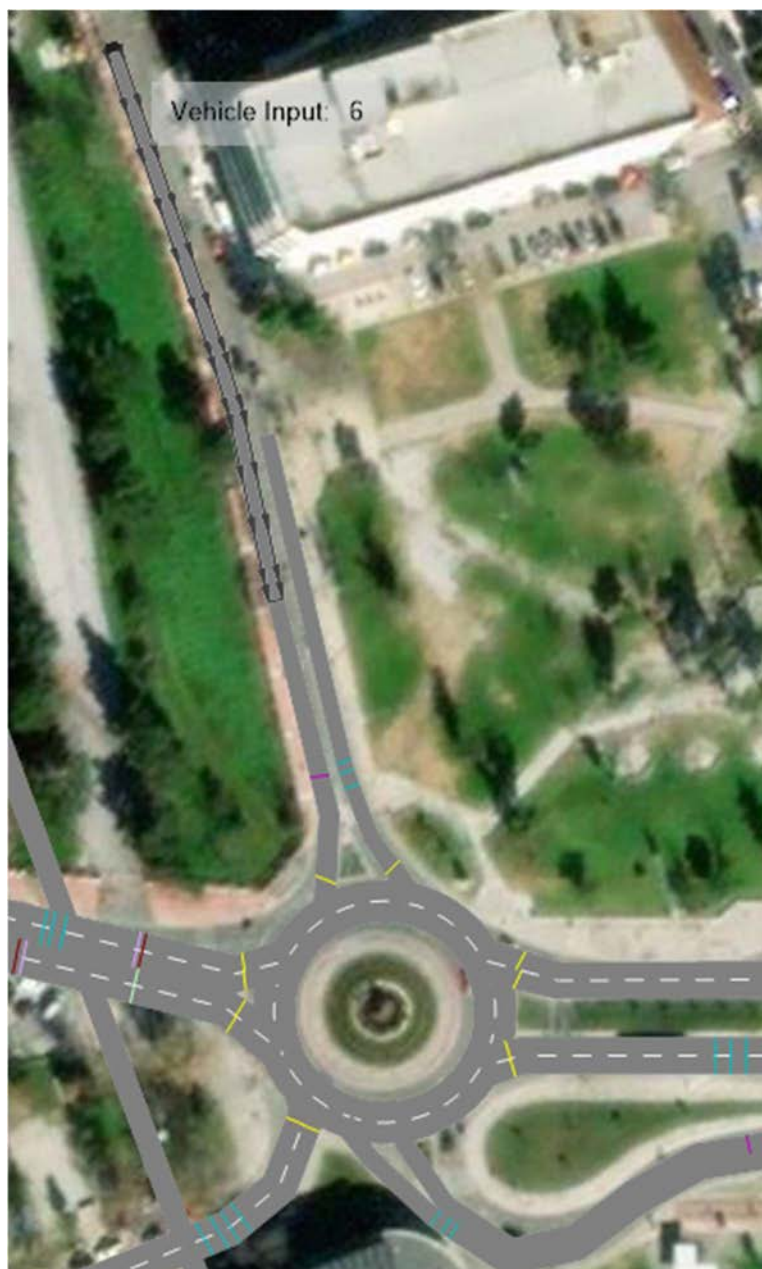
Μέθοδος επεξεργασίας δεδομένων

Η μέθοδος επεξεργασίας των στοιχείων γίνεται με κάποια βήματα τα οποία αναφέρονται παρακάτω. Αρχικά γίνεται επεξεργασία των αρχικών στοιχείων όπως ο φόρτος της κυκλοφορίας ανά οδό, η σύνθεση της κυκλοφορίας, οι χρόνοι άφιξης και στάθμευσης του τραίνου κ.α. Στη συνέχεια όλο αυτό το σύνολο των στοιχείων κι αφού δημιουργηθεί μέσα από το πρόγραμμα μικροπροσομοίωσης της κυκλοφορίας PTV Vissim (PTV Group, 2024) το οδικό δίκτυο του κυκλικού κόμβου στην περιοχή μελέτης, κωδικοποιείται. Με την ολοκλήρωση επιπλέον της βαθμονόμησης του μοντέλου γίνεται και η αναπαράσταση της προσομοίωσης του μοντέλου του κυκλικού κόμβου με την παρουσία του τραίνου. Κάπου εδώ να σημειωθεί ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος και η σύνθεσή του έγινε με επιτόπια παρατήρηση και μέτρηση σε πραγματικό χρόνο στον κόμβο μελέτης τις ώρες 4-6 το απόγευμα. Ενώ η σηματοδότηση του τμήματος του οδικού δικτύου που μελετάται έγινε μέσα από στοιχεία από το τμήμα κυκλοφοριακού σχεδιασμού της πόλης του Βόλου. Τα υπόλοιπα στοιχεία λήφθηκαν από χάρτες της google και επιτόπια παρατήρηση.

Τοποθέτηση στοιχείων κυκλοφορίας - Βαθμονόμηση

Σε αυτή την υποενότητα γίνεται η περιγραφή τοποθέτησης τόσο του κυκλοφοριακού φόρτου, όσο και η ανάλυση των οχημάτων που απαρτίζουν την κυκλοφορία σύμφωνα με επιτόπια παρατήρηση. Επίσης εντοπίζονται και οι πιθανές διαδρομές των οχημάτων, δηλαδή οι κινήσεις μέσα στον κυκλικό κόμβο.

Στις παρακάτω εικόνες 4.2 μέχρι 4.5 φαίνεται η τοποθέτηση του κυκλοφοριακού φόρτου στην μελέτη του κυκλικού κόμβου (Γρ.Λαμπράκη-Πυράσσου-Λιμανιού-Παπαδιαμάντη).



Εικόνα 0.2: Τοποθέτηση φόρτου στην οδό Παπαδιαμάντη προς τον κόμβο



Εικόνα 0.3: Τοποθέτηση φόρτου στην οδό Λαμπράκη-Κέντρο προς τον κόμβο



Εικόνα 0.4: Τοποθέτηση φόρτου στην οδό επί του Λιμανιού από τον κόμβο



Εικόνα 0.5: Τοποθέτηση φόρτου στην οδό Λαμπράκη- εκτός Κέντρου προς τον κόμβο

Στην συνέχεια στους πίνακες 4.1 και 4.2 φαίνεται η κατανομή της εισαγωγής των φόρτων ανά οδό ακόμη παρουσιάζεται η σύνθεση της κυκλοφορίας και οι ταχύτητες διέλευσης κάθε τύπου των οχημάτων.

Πίνακας 0.1: Τοποθέτηση φόρτου στις οδούς Λαμπράκη από και προς τον κόμβο, Λιμανιού και Παπαδιαμάντη

Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval					
Number: 4	No	Name	Link	Volume(1-MAX)	VehComp(1-MAX)
1	6		5	100.0	2: 100
2	9		1	1000.0	1: 1000
3	10		11	100.0	2: 100
4	11		3	1100.0	9: 1100

Πίνακας 0.2: Σύνθεση της κυκλοφορίας και ταχύτητες στις οδούς Λαμπράκη και Λιμανιού

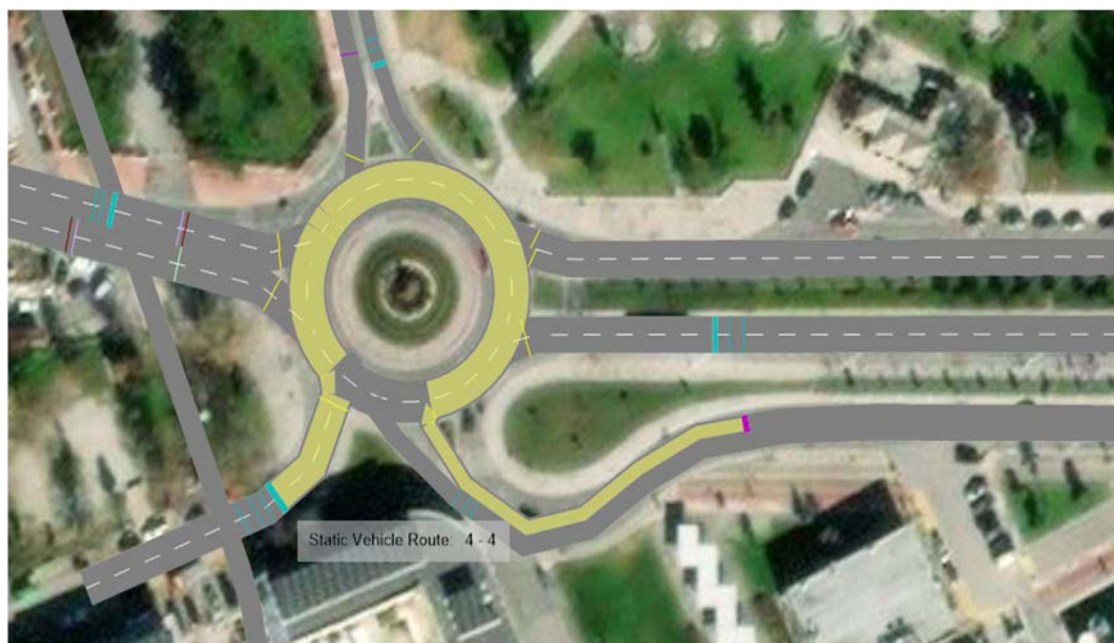
Number: 3	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	50: 50 km/h	980.000
2	200: HGV	40: 40 km/h	5.000
3	300: Bus	40: 40 km/h	15.000

Number: 3	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	50: 50 km/h	1073.000
2	200: HGV	40: 40 km/h	7.000
3	300: Bus	40: 40 km/h	20.000

Number: 3	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	50: 50 km/h	96.000
2	200: HGV	40: 40 km/h	1.000
3	300: Bus	40: 40 km/h	3.000

Όσον αφορά τους τύπους οχημάτων αυτοί ήταν τρεις είτε ΙΧ με μέση ταχύτητα 50 χιλιόμετρα την ώρα, είτε φορτηγά με μέση ταχύτητα 40 χιλιόμετρα την ώρα, είτε ήταν λεωφορεία με μέση ταχύτητα 40 χιλιόμετρα. Το ποσοστό συχνότητας κυκλοφορίας για κάθε τύπο οχήματος αναγράφεται παραπάνω ανά οδό που μελετήθηκε(βλ. πίνακα 4.2).

Στις παρακάτω εικόνες (4.7 έως 4.22) φαίνονται οι πιθανές διαδρομές των οχημάτων που κυκλοφορούν στον κυκλικό κόμβο στο Vissim (Static Vehicle Routes). Το σύνολο των διαδρομών-κινήσεων στον κυκλικό κόμβο είναι 16.



Εικόνα 0.6: Επιλογή διαδρομής οχήματος Πυράσσου-Λιμανιού



Εικόνα 0.7: Επιλογή διαδρομής οχήματος Πυράσσου-Παπαδιαμάντη



Εικόνα 0.8: Επιλογή διαδρομής οχήματος Πυράσσου-Λαμπράκη



Εικόνα 0.9: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λαμπράκη-Πυράσσου



Εικόνα 0.10: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λιμάνι-Λαμπράκη προς κέντρο



Εικόνα 0.11 Επιλογή διαδρομής οχήματος Λιμάνι-Λαμπράκη προς Παλαιά



Εικόνα 0.12: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λιμάνι-Παπαδιαμάντη



Εικόνα 0.13: Επιλογή διαδρομής οχήματος Παπαδιαμάντη-Λαμπράκη προς Παλαιά



Εικόνα 0.14: Επιλογή διαδρομής οχήματος Παπαδιαμάντη-Λαμπράκη προς κέντρο



Εικόνα 0.15: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λαμπράκη-Λιμάνι



Εικόνα 0.16: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λαμπράκη-Παπαδιαμάντη



Εικόνα 0.17: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λαμπράκη-Παλαιά



Εικόνα 0.18: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λιμάνι-Λαμπράκη προς κέντρο



Εικόνα 0.19: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λαμπράκη-Κέντρο



Εικόνα 0.20: Επιλογή διαδρομής οχήματος Λαμπράκη-Παπαδιαμάντη



Εικόνα 0.21: Επιλογή διαδρομής οχήματος Παπαδιαμάντη-Λιμάνι

Διαδικασία προσομοίωσης και αποτελέσματα

Αυτή η υποενότητα περιλαμβάνει την προσομοίωση και τα αποτελέσματά της, στον κυκλικό κόμβο που μελετήθηκε. Πιο αναλυτικά εμφανίζονται κάποια στιγμιότυπα και τα αποτελέσματα δημιουργίας ουράς και σταθμεύσεων οχημάτων λόγω συμφόρησης, επίσης παρουσιάζονται και οι χρόνοι ταξιδιού. Το αρχικό σενάριο πραγματοποιήθηκε με τα ίδια ακριβώς στοιχεία πλην την παρουσία της σιδηροδρομικής γραμμής, η οποία μελετάται στο δεύτερο σενάριο. Η σύγκριση της δημιουργίας ουράς σε μέσο όρο και μέγιστη τιμή (Qlen, Qlenmax) και του χρόνου ταξιδιού (Timetravels) θα καταδείξει την μεταβολή της κυκλοφοριακής ροής στο τμήμα μελέτης της οδού που επηρεάζεται από το διερχόμενο τρένο

Στιγμιότυπα Προσομοίωσης

Στη συνέχεια ακολουθούν στιγμιότυπα από την προσομοίωση του 2^{ου} Σεναρίου στις εικόνες 4.23 έως 4.27 με τρισδιάστατη και δισδιάστατη απεικόνιση του μοντέλου στο λογισμικό PTV Vissim.

Οι εικόνες 4.23 και 4.24 απεικονίζουν τις δύο όψεις της άφιξης του Τραίνου στον κόμβο στην οδό Λαμπράκη. Ενώ οι εικόνες 4.25 και 4.26 δείχνουν το στιγμιότυπο κυκλοφορίας με και χωρίς την άφιξη του Τραίνου στην οδό αυτή. Η εικόνα 4.27 είναι η κάτοψη του κόμβου μελέτης πριν την προσομοίωση.



Εικόνα 0.22: Τρισδιάστατο σχέδιο άφιξης του Τραίνου στο Vissim



Εικόνα 0.23: Τρισδιάστατο σχέδιο άφιξης του Τραίνου στο Vissim όψη



Εικόνα 0.24: Κάτοψη προσομοίωσης χωρίς τραίνο στο Vissim



Εικόνα 0.25: Κάτοψη προσομοίωσης με τραίνο στο Vissim



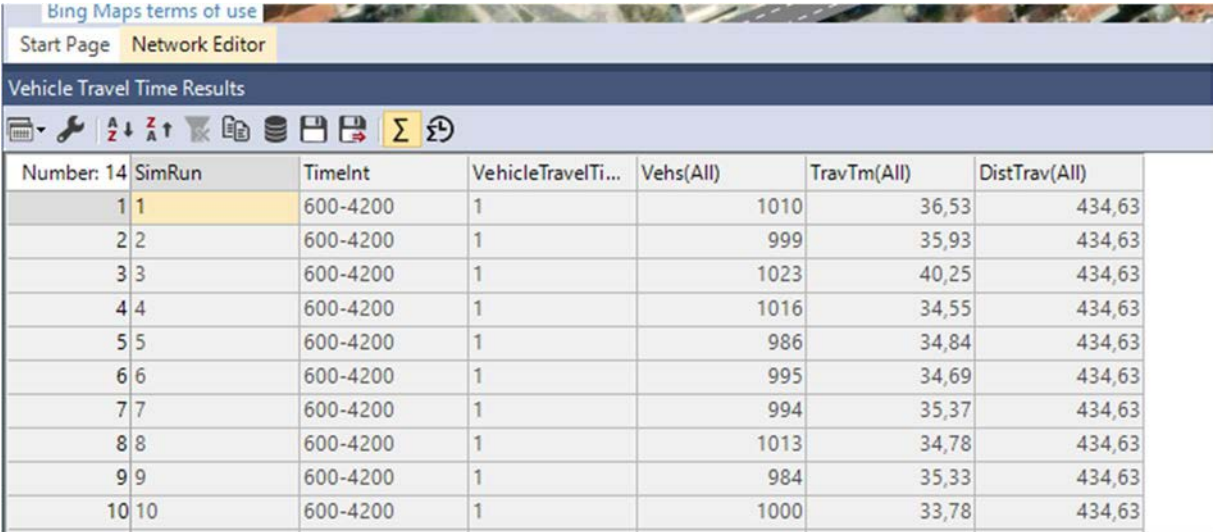
Εικόνα 0.26: Κάτοψη του μοντέλου πριν την προσομοίωση στο Vissim

Αποτελέσματα της Μελέτης

Τα αποτελέσματα του μοντέλου της κυκλοφορίας στα σημεία τα οποία αφορούσαν στη δημιουργία ουράς φαίνονται παρακάτω για το πρώτο Σενάριο.

Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε 10 φορές στα 2 σημεία που λήφθηκαν τα αποτελέσματα δημιουργίας ουράς και των χρόνων ταξιδιού. Ο χρόνος της προσομοίωσης είναι 3600 sec δηλαδή μια ώρα, ενώ τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 4.3 για τους χρόνους ταξιδιού και 4.4 για την δημιουργία ουράς.

Πίνακας 0.3: Χρόνοι ταξιδιού και φόρτοι σε πέντε προσομοιώσεις στο Vissim Σεναρίου χωρίς τρένο 1^ο Σενάριο



The screenshot shows the Vissim software interface with the 'Vehicle Travel Time Results' table. The table has 7 columns: Number, SimRun, TimeInt, VehicleTravelTi..., Vehs(All), TravTm(All), and DistTrav(All). The data is organized into 10 rows, each representing a simulation run. The first row is highlighted in yellow.

Number: 14	SimRun	TimeInt	VehicleTravelTi...	Vehs(All)	TravTm(All)	DistTrav(All)
1	1	600-4200	1	1010	36,53	434,63
2	2	600-4200	1	999	35,93	434,63
3	3	600-4200	1	1023	40,25	434,63
4	4	600-4200	1	1016	34,55	434,63
5	5	600-4200	1	986	34,84	434,63
6	6	600-4200	1	995	34,69	434,63
7	7	600-4200	1	994	35,37	434,63
8	8	600-4200	1	1013	34,78	434,63
9	9	600-4200	1	984	35,33	434,63
10	10	600-4200	1	1000	33,78	434,63

Πίνακας 0.4: Αποτελέσματα με τα Queue Counters 1^{ου} Σεναρίου

Start Page

Network Editor

Queue Results

Number: 28	SimRun	TimeInt	QueueCounter	QLen	QLenMax	QStops
1	1	600-4200	1	0,00	0,00	0
2	1	600-4200	2	3,68	60,61	127
3	2	600-4200	1	0,00	0,00	0
4	2	600-4200	2	3,17	78,52	121
5	3	600-4200	1	0,00	0,00	0
6	3	600-4200	2	7,90	79,11	277
7	4	600-4200	1	0,00	0,00	0
8	4	600-4200	2	2,32	59,00	100
9	5	600-4200	1	0,00	0,00	0
10	5	600-4200	2	2,35	57,02	84

Τα αποτελέσματα του μοντέλου του 2^{ου} Σεναρίου της κυκλοφορίας στα σημεία τα οποία αφορούσαν στη δημιουργία ουράς φαίνονται στην εικόνα 4.28.

Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε 10 φορές στα σημεία που λήφθηκαν τα αποτελέσματα δημιουργίας ουράς και τις διαδρομές των χρόνων ταξιδιού. Ο χρόνος της προσομοίωσης είναι 3600 sec δηλαδή μια ώρα, ενώ τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 4.5 για τους χρόνους ταξιδιού και 4.6 για την δημιουργία ουράς.

Πίνακας 0.5: Χρόνοι ταξιδιού και φόρτοι σε δέκα προσομοιώσεις στο Vissim Σεναρίου με τρένο

Vehicle Travel Time Results						
Number: 14	SimRun	TimeInt	VehicleTravelTi...	Vehs(All)	TravTm(All)	DistTrav(All)
1	1	600-4200	1	1010	61.25	434.63
2	2	600-4200	1	997	41.80	434.63
3	3	600-4200	1	1021	52.84	434.63
4	4	600-4200	1	1012	50.42	434.63
5	5	600-4200	1	986	42.74	434.63
6	6	600-4200	1	998	44.22	434.63
7	7	600-4200	1	994	46.61	434.63
8	8	600-4200	1	1013	44.47	434.63
9	9	600-4200	1	989	40.08	434.63
10	10	600-4200	1	998	43.61	434.63
11	Average	600-4200	1	1002	46.80	434.63
12	Standard deviat...	600-4200	1	12	6.39	0.00
13	Minimum	600-4200	1	986	40.08	434.63
14	Maximum	600-4200	1	1021	61.25	434.63



Εικόνα 0.27: Κάτοψη στο Vissim με τα Queue Counters

Πίνακας 0.6: Αποτελέσματα με τα Queue Counters 2^{ου} Σεναρίου

Queue Results						
Number: 28	SimRun	TimeInt	QueueCounter	QLen	QLenMax	QStops
1	1	600-4200	1	9.40	232.20	160
2	1	600-4200	2	33.85	290.10	968
3	2	600-4200	1	7.70	240.91	102
4	2	600-4200	2	9.26	140.13	260
5	3	600-4200	1	6.55	157.91	102
6	3	600-4200	2	22.58	165.33	745
7	4	600-4200	1	8.88	219.34	123
8	4	600-4200	2	21.24	241.09	611
9	5	600-4200	1	4.33	174.07	53
10	5	600-4200	2	10.61	170.08	311
11	6	600-4200	1	9.78	212.72	156
12	6	600-4200	2	13.62	198.54	386
13	7	600-4200	1	4.13	144.76	68
14	7	600-4200	2	15.94	191.62	479
15	8	600-4200	1	5.12	177.51	76
16	8	600-4200	2	13.83	198.31	422
17	9	600-4200	1	9.45	193.58	186
18	9	600-4200	2	7.64	149.16	225
19	10	600-4200	1	2.88	104.67	37
20	10	600-4200	2	12.11	177.94	319
21	Average	600-4200	1	6.82	185.77	106
22	Average	600-4200	2	16.07	192.23	473
23	Standard deviat...	600-4200	1	2.57	42.62	49
24	Standard deviat...	600-4200	2	7.88	44.76	237
25	Minimum	600-4200	1	2.88	104.67	37
26	Minimum	600-4200	2	7.64	140.13	225
27	Maximum	600-4200	1	9.78	240.91	186
28	Maximum	600-4200	2	33.85	290.10	968

Σύγκριση των 2 Σεναρίων

Μετά από το συνολικό αριθμό 10 προσομοιώσεων και στο χρονικό διάστημα μεταξύ 600-4200 sec οι μετρήσεις των δύο περιοχών για το 1^ο σενάριο έβγαλαν τα εξής αποτελέσματα για τη δημιουργία ουράς και στο συνολικό αριθμό οχημάτων που σταμάτησαν. Στο πρώτο σημείο η μέση δημιουργία ουράς είναι μηδενική ενώ στο δεύτερο σημείο ο μέσος όρος δημιουργίας ουράς είναι στα 3,88 μέτρα. Όσον αφορά τη μέγιστη δημιουργία ουράς αυτή είναι μηδενική στο 1^ο σημείο και 66,85(13 οχήματα σε ουρά) μέτρα στο 2^ο. Ενώ ο μέσος όρος QStops είναι στις 0 και 142 φορές αντίστοιχα.

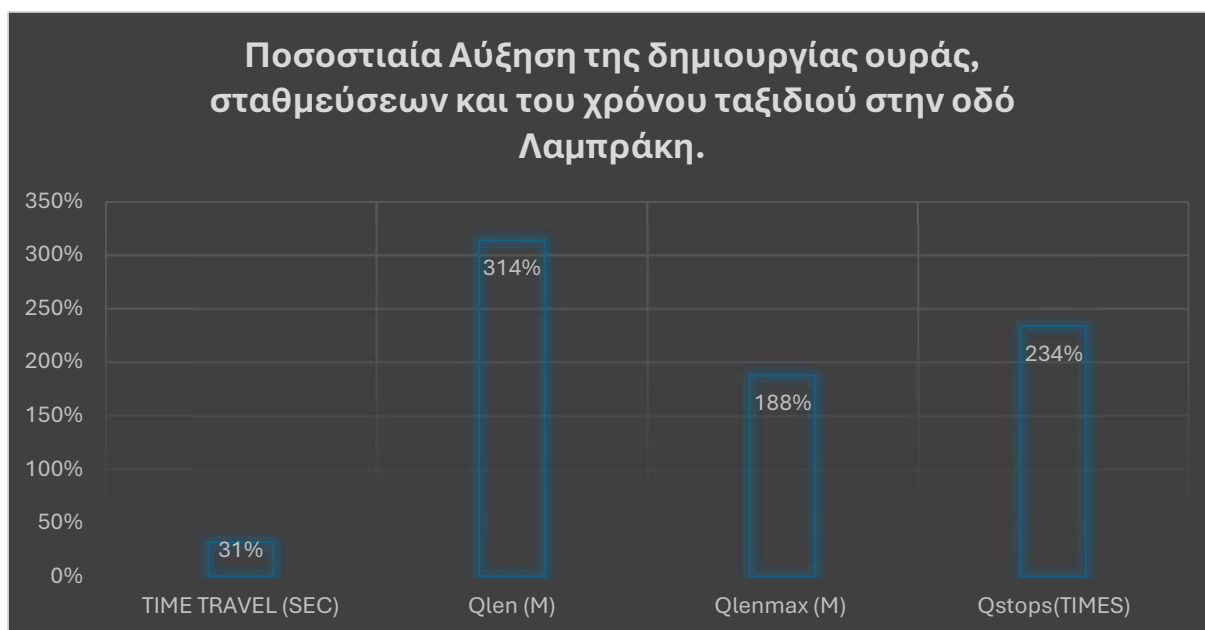
Για το 2^ο σενάριο προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα για την δημιουργία ουράς και τις συνολικές φορές που σταμάτησε όχημα. Στο πρώτο σημείο η μέση δημιουργία ουράς είναι τα 6,82 μέτρα (κάτι λιγότερο από 2 οχήματα σε ουρά) ενώ στο δεύτερο σημείο ο μέσος όρος δημιουργίας ουράς είναι στα 16,07 μέτρα (περίπου 3 οχήματα σε ουρά). Όσον αφορά τη μέγιστη δημιουργία ουράς αυτή φαίνεται να είναι πολύ κοντά και στα δύο σημεία και στα 177,94 μέτρα (35 οχήματα σε ουρά) και 185,77(37 οχήματα σε ουρά) μέτρα αντίστοιχα. Ενώ ο μέσος όρος QStops είναι στις 106 και 473 φορές αντίστοιχα. Συμπερασματικά η κυκλοφοριακή ροή στο πρώτο σημείο (Γρ.Λαμπράκη από τον κόμβο προς Παλαιά Βόλου) είναι αρτιότερη σε σχέση με το δεύτερο σημείο (Γρ.Λαμπράκη προς κόμβο από Παλαιά Βόλου), εάν αναλογιστούμε ότι κάθε όχημα έχει μήκος περίπου 5 μέτρα μαζί με την απόσταση από το επόμενο ή το προηγούμενο όχημα.

Η τελική σύγκριση του 1^{ου} με το 2^{ου} σεναρίου πραγματοποιήθηκε στο Microsoft Excel και έδειξε ότι ο χρόνος ταξιδιού αυξήθηκε κατά 31%, η δημιουργία ουράς σε μέσο όρο αυξήθηκε σε μέγιστο βαθμό κατά 188% για την κατεύθυνση προς το κόμβο ,ενώ συνολικά και για τις δύο διευθύνσεις αυξήθηκε κατά 465%.

Ο επόμενος πίνακας 4.7 και το σχήμα 6 δείχνουν με περισσότερες λεπτομέρειες την αλλαγή που επέφερε η εφαρμογή της διέλευσης τρένου.

Πίνακας 0.7: Μεταβολή των μεγεθών κατά την σύγκριση των σεναρίων με και χωρίς την διέλευση τρένου

AVG-TIME TRAVEL (SEC)	Qlen (M)	Qlenmax (M)	Qstops(TIMES)
35,61	3,88	66,85	141,80
46,8	16,07	192,23	473
ΑΥΞΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ			
TIME TRAVEL (SEC)	Qlen (M)	Qlenmax (M)	Qstops(TIMES)
31%	314	188%	234%



Σχήμα 4.1: Ποσοστιαία αύξηση των μεγεθών κατά την σύγκριση των σεναρίων με και χωρίς την διέλευση τρένου

5. Συμπεράσματα μελέτης, ανάλυση και στοιχεία μελλοντικής ερευνάς

Στο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας και στοιχεία που χρήζουν μελλοντικής έρευνας. Παρατίθεται επίσης μια σύγκριση της μελέτης του Βόλου με τις έρευνες της βιβλιογραφικής ανασκόπησης για τον σκοπό αυτό.

Συμπεράσματα και ανάλυση

Στη συγκεκριμένη μελέτη τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν μετά από 10 «τρέξιματα» (runs) προσομοιώσεις στο λογισμικό PTV Vissim είναι επαρκή. Όπως φαίνεται στα αποτελέσματα των μετρήσεων, δεν προκύπτουν σημαντικές διαφορές στα μεγέθη (σχηματισμού ουράς και χρόνων ταξιδιού) και δεδομένου αυτού περισσότερα runs δεν έχουν να προσφέρουν κάτι άλλο.

Η παρουσία του τρένου δημιουργεί κάποιες ουρές που στο μέγιστο βαθμό φτάνουν περίπου τα 180 μέτρα και για τις δύο οδούς της Γρηγορίου Λαμπράκη από και προς τον κυκλικό κόμβο.

Σε ότι αφορά στο τρίτο σενάριο της έρευνας του κόμβου στο Ντουμπαι το οποίο χαρακτηρίζεται από διέλευση τραμ και σηματοδότηση. Το μέσο μήκος ουράς ξεκινάει από τα 3 μέτρα και φτάνει μέχρι 30 μέτρα. Από την άλλη το μέγιστο μήκος της ουράς ξεκινάει από τα 130 μέτρα και φτάνει περίπου τα 190 μέτρα. Αυτή η αύξηση έγκειται σε ποσοστό αύξησης του υπάρχοντος όγκου των οχημάτων κατά 30% ως μελλοντική πρόβλεψη. Έτσι λοιπόν τα σενάρια τα οποία συγκρίθηκαν είναι της έρευνας του Βόλου με το αντίστοιχο τρίτο σενάριο της έρευνας του Πουκέτ και αυτό διότι και στα δύο σενάρια υπάρχει η σηματοδότηση διέλευσης είτε τρένου είτε τραμ και η σύγκριση έχει νόημα.

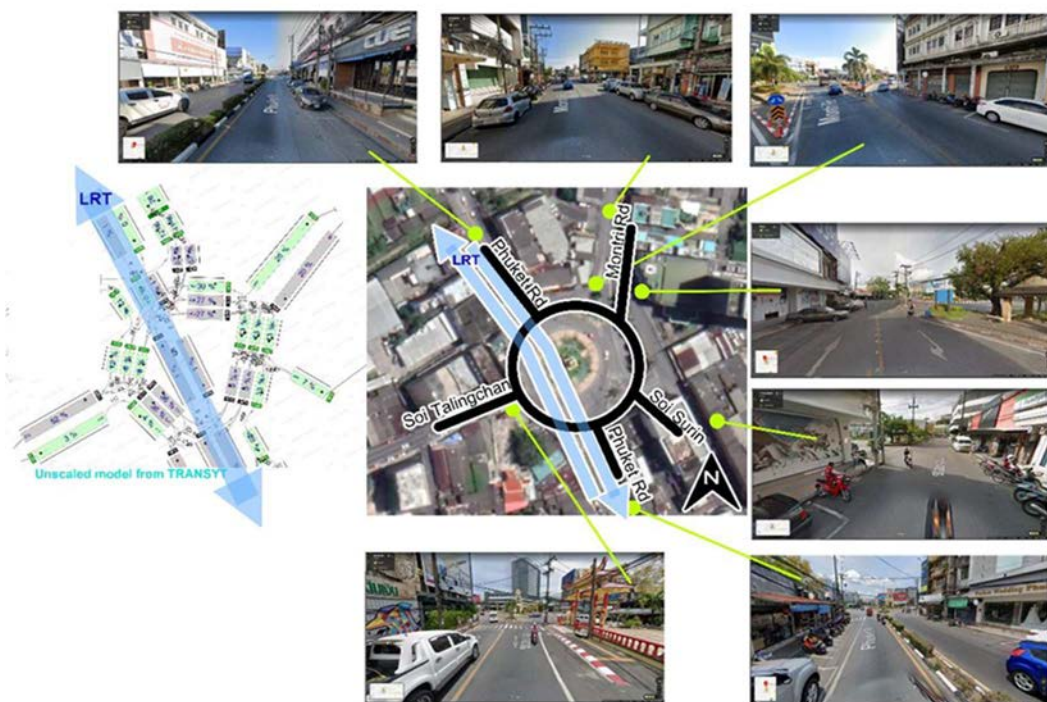
Εκ πρώτης όψεως εάν γίνει μια ποσοτική σύγκριση της δημιουργίας ουράς φαίνεται ότι ο κόμβος στο Ντουμπαι έχει πολύ καλύτερη κυκλοφοριακή ικανότητα σε σχέση με τον κόμβο στο Βόλο. Αυτό το συμπέρασμα όμως δεν ισχύει διότι ο κυκλικός κόμβος στο Ντουμπαι έχει μέγιστη τιμή οχημάτων περίπου 500 οχήματα, ενώ ο κυκλικός κόμβος του Βόλου έχει τον διπλάσιο κυκλοφοριακό φόρτο. Έτσι λοιπόν ακόμη και αν αυξηθεί ο κυκλοφοριακός φόρτος κατά 30%, δηλαδή τα οχήματα σε μέγιστη τιμή είναι περίπου 650 τότε η μέση ουρά ανά

κατεύθυνση θα φτάνει τα 30 μέτρα ενώ η μέγιστη ουρά τα 190 μέτρα. Τα αποτελέσματα ουράς δηλαδή ξεπερνούν τα αποτελέσματα του κυκλικού κόμβου του Βόλου ακόμα και με λιγότερο φόρτο αφού σε αυτή την περίπτωση όπου ο κυκλοφοριακός φόρτος ήταν στα 1000 οχήματα στη οδό Λαμπράκη που είναι και η βασική αρτηρία. Φυσικά και η σύνθεση της κυκλοφορίας είναι πολύ διαφορετική στις δύο περιπτώσεις. Διότι στην περίπτωση του κόμβου στο Ντουμπαι δεν κυριαρχούν τα ΙΧ οχήματα στην κυκλοφορία, ενώ στον Βόλο καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της κυκλοφορίας. Το οποίο σημαίνει ότι ο κυκλικός κόμβος του Βόλου έχει πολύ καλύτερη κυκλοφοριακή ικανότητα σε σχέση με τον κυκλικό κόμβο στο Ντουμπαι. Να σημειωθεί ωστόσο, ότι οι δύο κόμβοι έχουν διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά γιατί ο κόμβος στο Βόλο έχει δύο λωρίδες κυκλοφορίας ενώ στον κόμβο Surin Clock είναι τρεις και στον κόμβο Αμπέμπα είναι τέσσερις.

Επιπλέον η γεωμετρία τοποθέτησης επέκτασης της σιδηροδρομικής γραμμής ή της γραμμής του Τραμ διαφέρει όπως θα δούμε στις παρακάτω εικόνες 5.1 έως 5.3. Κατά συνέπεια η γραμμές διακόπτουν σε διαφορετικά σημεία την οδική κυκλοφορία και τα κυκλοφοριακά συμπεράσματα ενδεχομένως να διαφέρουν από περίπτωση σε περίπτωση.



Εικόνα 0.1: Διέλευση Τραίνου στην έξοδο και είσοδο του κόμβου



Εικόνα 0.2: Περίπτωση Κυκλικού Κόμβου στο Ντουμπαι, διέλευση Τραμ μέσα στον κυκλικό κόμβο και σε δύο οδούς του κόμβου.



Εικόνα 0.3: Περίπτωση Κυκλικού Κόμβου στην Αιθιοπία, διέλευση Τραμ μέσα από τον κυκλικό κόμβο.

Ωστόσο για τη μελέτη του κόμβου στην Αιθιοπία δεν έχουμε αποτελέσματα για την δημιουργία ουράς ωστόσο έχουμε αποτελέσματα για τις καθυστερήσεις των οχημάτων στο κυκλικό κόμβο και συνεπώς δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα.

Η τελική σύγκριση του 1ου με το 2ο σενάριο έδειξε ότι ο χρόνος ταξιδιού αυξήθηκε κατά 31%, η δημιουργία ουράς σε μέσο όρο αυξήθηκε κατά 772% , και σε μέγιστο βαθμό αυξήθηκε κατά 334% και ο αριθμός σταθμεύσεων των οχημάτων επί της οδού αυξήθηκαν κατά 583%. Έτσι λοιπόν η διέλευση τρένου μειώνει την κυκλοφοριακή ροή και αυξάνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση στις στιγμές διέλευσης του τραίνου.

Μελλοντική έρευνα

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία μελετήσαμε το σενάριο της επανασύνδεσης της σιδηροδρομικής γραμμής με το λιμάνι με δεδομένο κυκλοφοριακό φόρτο κατά τις απογευματινές ώρες (16:00-18:00) και τα αποτελέσματα αφορούσαν στην επιρροή της επανασύνδεσης αυτής στην κυκλοφοριακή ροή. Μερικά από τα ερωτήματα που έμειναν αναπάντητα και θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο περαιτέρω εργασίας είναι τα παρακάτω. Αρχικά, πως θα επηρεαζόταν η κυκλοφορία με δεδομένα από διαφορετικές ώρες της ημέρας ή σε αξιοσημείωτες χρονικές περιόδους για παράδειγμα (ημέρες γιορτών, Πάσχα κλπ.), όπου ο φόρτος είναι μεγαλύτερος και καθίσταται πιθανότερο να υπάρχουν προκλήσεις στη κυκλοφοριακή ροή. Στην συνέχεια, ένα σημαντικό κομμάτι μελλοντικής έρευνας είναι η περιβαλλοντική σκοπιά της επανασύνδεσης αυτής. Πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα προκύπτουν όσον αναφορά στις εκπομπές αερίων όπου σαφώς θα είναι μειωμένες. Επίσης, άμεσο επόμενο είναι και η οικονομική ανάπτυξη του λιμένα, αφού η μεταφορά και η ανταλλαγή εμπορευμάτων θα είναι πιο προσβάσιμη με την χρήση νέων τεχνολογικών μέσων όπως τα Logistics.

Βιβλιογραφία

1. Margarita Novale, Christian M. Marti, Manuel Teixeira, Dominique Schmitt, Franck Monti, Reddy Morley, Laetitia Fontaine, 2017, Design of safe Light Rail Transit (LRT) roundabouts, Science and Technology Vol 2, Page 87
2. Ιστορικό κατασκευής σταθμού Βόλου ΟΣΕ 2024 : <https://www.hellenictrain.gr>
3. Fortuijn L. G. H. 2009, Turbo Roundabouts: Estimation of Capacity. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2028, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2009.
4. Ευρωπαϊκή επιτροπή για την χρονιά του σιδηροδρόμου 2021- μέτρα εφαρμογής και στόχοι : <https://eur-lex.europa.eu>
5. Χαρτογράφηση του Ελληνικού Σιδηροδρομικού δικτύου ΟΣΕ 2021:<https://drive.google.com/file/d/1HLvUHC9a6yraUW8gyGKJM9qCR0gRHNGm/view>
6. Πρόγραμμα Ελληνικού Υπουργείου Υποδομών και μεταφορών 2021-2027:https://www.ymeperaa.gr/images/diavouleysi_metafores_2021-2027/PYMET_synopsi_April_2021.pdf
7. Phattarin Yongcharoen and Siradol Siridhara 2022, Phuket light railway transit, Surin clock tower, Signal control of a roundabout with light railway transportation operation, The Cluster of Logistics and Rail Engineering.
8. Marco Pasetto, Andrea Giordanoa, Paolo Borina, Giovanni Giacomello, 2020, Integrated railway design using Infrastructure-Building Information Modeling. The case study of the port of Venice. Transportation Research Procedia 45 850–857.
9. Desta, Daric Tesfaye, János Tóth 2021, Microscopic Traffic Characterization of Light Rail Transit Systems at Level Crossings, Advances in Civil Engineering.
10. PTV Group Vissim Περιγραφή του Λογισμικού 2024: <https://www.ptvgroup.com>
11. OpenStreetMap η περιοχή του Βόλου: <https://www.openstreetmap.org/>

12. Google Maps Κυκλικός Κόμβος Πύργος ρολογιού της Ντέρρα:
<https://www.google.co.in/maps/>
13. Google Maps Κυκλικός Κόμβος Βόλου: <https://www.google.co.in/maps/>