



Ανάλυση Εναλλακτικών Σεναρίων Διαχείρισης Κυκλοφοριακού Συμβάντος Μέσω Μικροσκοπικής Προσομοίωσης

(Analysis of Alternative Scenarios for Managing Traffic Incidents Through Micro Simulation)

Eleni Charoniti ¹, Foteini Orfanou ², Dimitris Sermpis³, George Yannis ⁴

¹ Department of Built Environment, Urban Planning Group, Eindhoven University of
Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands
e.charoniti@tue.nl

² Department of Transportation Planning and Engineering, National Technical University of
Athens, 5 Iroon Polytechniou Str, Zografou Campus, 15773 Athens, Greece
forfanou@central.ntua.gr

³ Athens Traffic Management Centre
Region of Attica 102-108 3rd September Str., 10434, Athens, Greece
dsermpis@teemail.gr

⁴ Department of Transportation Planning and Engineering, National Technical University of
Athens, 5 Iroon Polytechniou Str, Zografou Campus, 15773 Athens, Greece
geyannis@central.ntua.gr

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση των επιπτώσεων ενός κυκλοφοριακού συμβάντος σε κεντρικό αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας και η αντιμετώπισή του μέσω της εφαρμογής εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης της κυκλοφορίας, με χρήση του προγράμματος μικροσκοπικής προσομοίωσης PTV Vissim (www.ptv.de). Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, ορίστηκαν ως δείκτες λειτουργικής απόδοσης ο χρόνος διαδρομής, οι καθυστερήσεις, ο μέσος αριθμός στάσεων ανά όχημα και το μήκος ουρών. Το πρώτο σενάριο αντιμετώπισης αφορά στην επέμβαση στους χρόνους των φωτεινών σηματοδοτών επί του οδικού άξονα του συμβάντος. Το δεύτερο σενάριο αντιμετώπισης περιλαμβάνει την καθοδήγηση των οχημάτων σε εναλλακτική διαδρομή, η οποία προτείνεται στους οδηγούς μέσω Πινακίδας Μεταβλητών Μηνυμάτων ανάντη του συμβάντος. Από την εφαρμογή των μοντέλων, στα συγκεκριμένα κυκλοφοριακά δεδομένα, προέκυψε ότι οι κυκλοφοριακές συνθήκες βελτιώνονται σημαντικά στο πρώτο εναλλακτικό σενάριο, ενώ στο δεύτερο, η επιδείνωση στα οδικά τμήματα της εναλλακτικής διαδρομής είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τη βελτίωση που προσφέρει.

Λέξεις - Κλειδιά: προσομοίωση της κυκλοφορίας, κυκλοφοριακό συμβάν, διαχείριση κυκλοφορίας, φωτεινή σηματοδότηση, πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων



Abstract

The objective of this paper is the investigation of the impacts of a traffic incident occurrence on a central urban road network in Athens and its management, through the implementation of alternative traffic control scenarios, using the microscopic traffic simulation software package, PTV Vissim. In order to evaluate the results, travel time, delays, number of stops per vehicle and queue length were defined as measures of operational performance. The first scenario is related to the intervention in traffic signal programs of the road axis where the incident occurred, while the guidance of drivers to an alternative route by information provided through a Variable Message Sign constitutes the second scenario. The application of these models, indicates that the traffic conditions are significantly improved during the first scenario, whereas during the second scenario the deterioration in the traffic conditions of the road segments of the alternative route is more serious than the improvement succeeded.

Keywords: *traffic simulation, traffic incident, traffic management, signal control, variable message signs*



1. Εισαγωγή

Η λειτουργία και η διαχείριση των συστημάτων οδικών μεταφορών έχουν ως πρωτεύοντα στόχο την εξασφάλιση ασφάλειας, άνεσης, ταχύτητας και οικονομίας στις μεταφορές προσώπων και αγαθών, καθώς και τις λιγότερες δυνατές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η αύξηση του αριθμού των οχημάτων, που συχνά προκαλεί προβλήματα κορεσμού της οδικής υποδομής, καθιστά τις αρτηρίες των μεγαλουπόλεων τα υπ' αριθμόν ένα στοιχεία προς μελέτη. Σε τέτοια δίκτυα, η κατασκευή ή αναβάθμιση ενός έργου υποδομής απαιτεί μεγάλες επενδύσεις και συχνά οι συνέπειες είναι δυσμενείς για το περιβάλλον. Σύντομα, η πρόσθετη κυκλοφορία που θα παρουσιασθεί από την κατασκευή νέων οδών, θα μηδενίσει τα οφέλη της δημιουργίας τους. Δευτερογενείς επιδράσεις του παραπάνω φαινομένου είναι ο θόρυβος, η ατμοσφαιρική ρύπανση, καθώς και η αύξηση των χρόνων μετακίνησης και της κατανάλωσης καυσίμων.

Είναι φανερό πως η αντιμετώπιση κυκλοφοριακών συμβάντων, ή αλλιώς γεγονότων, αποτελεί ένα σημαντικό αντικείμενο μελέτης, με κύριο σκοπό την ανίχνευση και την αποτροπή συμβάντων, ώστε η ροή των οχημάτων να αποκατασταθεί όσο το δυνατόν ομαλότερα, ασφαλέστερα και γρηγορότερα. Αναλυτικότερα, μια αποτελεσματική εφαρμογή μέτρων διαχείρισης της κυκλοφορίας σε περίπτωση πρόκλησης κάποιου συμβάντος σε μία οδό ή σε ένα δίκτυο οδών οδηγεί στη βελτίωση της στάθμης εξυπηρέτησης, την αύξηση των μέσων ταχυτήτων κίνησης, τη μείωση των χρόνων μετακίνησης και των συνεπακόλουθων μέσων καθυστερήσεων κίνησης και τον περιορισμό της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των ατυχημάτων καθιστώντας ασφαλέστερες τις επικρατούσες συνθήκες. Τα προβλήματα που τίθενται λόγω της εξαιρετικά τυχαίας φύσης των συμβάντων και της έλλειψης ικανοποιητικής διαθεσιμότητας σε κυκλοφοριακά δεδομένα, έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη διαφορετικών προσεγγίσεων για τη βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών, όπως τη μοντελοποίηση της κίνησης των οχημάτων και την αποτύπωση της κυκλοφορίας μέσω χρήσης προγραμμάτων προσομοίωσης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η εκτίμηση των επιπτώσεων και διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων σχετικά με την εφαρμογή ή κατάργηση κυκλοφοριακών ρυθμίσεων, ενώ παράλληλα διευκολύνεται η ανάλυση και αξιολόγηση σεναρίων που περιλαμβάνουν αλλαγές στην υποδομή (προσθήκη ή κατάργηση λωρίδας κυκλοφορίας, επιμήκυνση λωρίδας επιτάχυνσης, κλπ).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση της μεταβολής των κυκλοφοριακών συνθηκών σε κύριο αστικό οδικό δίκτυο μετά από ένα κυκλοφοριακό συμβάν και η συγκριτική ανάλυση εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης της κυκλοφορίας με τη χρήση του προγράμματος μικροσκοπικής προσομοίωσης Vissim (www.ptv.de). Τα δύο μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας που εξετάστηκαν περιλαμβάνουν αλλαγές στη φωτεινή σηματοδότηση και χρήση Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων (Variable Message Signs). Για κάθε μέτρο αναπτύχθηκε και προσομοιώθηκε το αντίστοιχο σενάριο και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων προκειμένου να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητά του. Για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλοι δείκτες λειτουργικής απόδοσης οι οποίοι παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.



2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Διαχείριση Κυκλοφοριακών Συμβάντων

Ως συμβάν ορίζεται οποιοδήποτε γεγονός προκαλεί μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας μίας οδού ή μη φυσιολογική αύξηση της κυκλοφοριακής ζήτησης. Σε αυτό το σημείο, προς αποφυγήν σύγχυσης των όρων, θα πρέπει να σημειωθεί πως η λέξη «γεγονός», θα χρησιμοποιείται ως εναλλακτική της λέξης «συμβάν» στο παρόν άρθρο. Στα γεγονότα αυτά, επομένως, συμπεριλαμβάνονται οδικά ατυχήματα, ακινητοποιημένα οχήματα, έργα υποδομής, συντήρησης και διαγράμμισης, ειδικές - μη έκτακτης ανάγκης - εκδηλώσεις, όπως μια παρέλαση, ένας αγώνας, μια συναυλία, διαρροή φορτίου εμπορεύματος αλλά και οτιδήποτε άλλο επιδρά στη λειτουργία μιας οδού, όπως κάποια συγκέντρωση ή πορεία. Η εμφάνιση ενός συμβάντος, επηρεάζει τη στάθμη εξυπηρέτησης της οδού και τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες, μειώνει τα επίπεδα ασφάλειας στους οδικούς άξονες, προκαλεί καθυστερήσεις και αυξήσεις των ουρών αναμονής και παράλληλα αύξηση στις εκπομπές ρύπων που παράγονται κατά την οδήγηση (PB Farradyne, 2000). Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει περαιτέρω τα επίπεδα ασφάλειας είναι ο κίνδυνος εμφάνισης δευτερευόντων συμβάντων (Orfanou et al, 2011, Vlahogianni et al, 2012). Ως δευτερογενές συμβάν ορίζεται ένα γεγονός (π.χ. ατύχημα) το οποίο προκλήθηκε εντός ορισμένης χωροχρονικής περιοχής επιρροής του πρωτογενούς συμβάντος (που έχει ήδη προκληθεί) και μειώνει τη κυκλοφοριακή ικανότητα του δικτύου (Moore et al., 2004, Zhang and Khattak, 2010), ενώ πρέπει να τονισθεί ότι η σοβαρότητα ενός γεγονότος που θα προκληθεί σε δεύτερη φάση, συχνά μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του αρχικού συμβάντος (Karlaftis et al., 1999). Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι το 13% των ατυχημάτων σε ώρες αιχμής είναι άμεσο επακόλουθο ενός προηγμένου συμβάντος (PB Farradyne, 2000).

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η διαχείριση κυκλοφοριακών συμβάντων είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς έχει ως στόχο τη μείωση της διάρκειας και των επιπτώσεων των συμβάντων, καθώς και τη βελτίωση της ασφάλειας των οδηγών. Η διαδικασία διαχείρισης κυκλοφοριακών γεγονότων μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα σύνολο ενεργειών οι οποίες περιλαμβάνουν τον εντοπισμό του συμβάντος, την πληροφόρηση των οδηγών, την αντιμετώπιση του συμβάντος, τη λήψη μέτρων διαχείρισης κυκλοφορίας και την αποκατάσταση της κυκλοφορίας.

2.2 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων

Ένας από τους τρόπους διαχείρισης των κυκλοφοριακών συμβάντων είναι η πληροφόρηση των οδηγών. Οι Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων (Variable Message Signs (VMS) ή Changeable Message Signs (CMS) ή Dynamic Message Signs (DMS) ή Electronic Message Signs (EMS)), αποτελούν ένα από τα πιο ευέλικτα και δυναμικά μέσα για τη διάδοση πληροφοριών στους οδηγούς προκειμένου να τους ενημερώσουν σχετικά με την κυκλοφοριακή κατάσταση και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τα μεταβλητά όρια ταχύτητας, την πρόκληση ατυχήματος και την εκτιμώμενη διάρκεια των καθυστερήσεων, καθώς και για τις εναλλακτικές διαδρομές που μπορούν να ακολουθήσουν (PB Farradyne, 2000, Levinson and Huo,



2002, Tay and De Barros, 2010). Λόγω της σημασίας που έχουν για τη διαχείριση της κυκλοφορίας, ο σχεδιασμός των ΠΜΜ θα πρέπει να διέπεται από συγκεκριμένους κανόνες και προδιαγραφές που αφορούν τόσο το μέγεθός τους και τον τρόπο απεικόνισης του μηνύματος, όσο και το σημείο τοποθέτησής τους (Σερμπής κ.α., 2006, Καραβάς, 2013, Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003, Φρατζεσκάκης κ.α., 2009).

Τρεις μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση της απόκρισης των οδηγών στα μηνύματα των ΠΜΜ, οι οποίες αφορούν (α) τη χρήση ερωτηματολογίων (Chatterjee, κ.α., 2002, Wardman, κ.α., 1997), (β) την εξέταση και σύγκριση των κυκλοφοριακών στοιχείων (Tarry and Graham, 1995 – Carden, κ.α., 1998), τόσο στη διαδρομή για την οποία ειδοποιήθηκαν οι οδηγοί ότι υπήρξε κάποιο συμβάν, όσο και στις πιθανές εναλλακτικές διαδρομές και (γ) τη χρήση μαθηματικών προτύπων κίνησης και προσομοίωσης των οχημάτων σε δίκτυα (Bonsall, 1993, McDonald, et al, 1995, Bonsall and Hounsell, 1994, McDonald and Richards, 1996, Bonsall, et al, 1997). Από την ανάλυση της βιβλιογραφίας, έγινε αντιληπτό ότι δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το κατά πόσο οι οδηγοί συμμορφώνονται ή όχι με τα μηνύματα των ΠΜΜ καθώς τα αποτελέσματα των ερευνών που έχουν διεξαχθεί έδειξαν ότι το ποσοστό των οδηγών που αντιδρούν θετικά σε τέτοια μηνύματα διαφέρει σημαντικά (Chatterjee et al., 2002, Emmerink et al., 1996, Benson, 1996, Lee et al, 2004, Tay and De Barros ,2010, Swann et al., 1995, Erke et al., 2007, Σερμπής κ.α., 2006).

2.3 Πρόγραμμα Προσομοίωσης VISSIM

Το Vissim (Verkehr In Städten – SIMulationsmodell) είναι ένα πρόγραμμα μικροσκοπικής προσομοίωσης χρονικής εξέλιξης της κυκλοφορίας, αναπαριστά δηλαδή την κίνηση των οχημάτων στο οδικό δίκτυο το οποίο αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο του Karlsruhe στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Το λογισμικό Vissim μπορεί να αναλύσει κινήσεις I.X. και μέσω μαζικής μεταφοράς υπό διάφορους περιορισμούς όπως η διαμόρφωση λωρίδων, η σύνθεση της κυκλοφορίας, οι φωτεινοί σηματοδότες, οι στάσεις των αστικών συγκοινωνιών κλπ, καθιστώντας το ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση διαφόρων σεναρίων εφαρμογής μέτρων συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Επιπλέον, μπορούν να προσομοιωθούν ροές πεζών, είτε κατ' αποκλειστικότητα, είτε σε συνδυασμό με I.X. και/ή μέσα μαζικής μεταφοράς.

Το πρόγραμμα Vissim αποτελείται εσωτερικά από δύο κύριες συνιστώσες, τον προσομοιωτή κυκλοφορίας και τη γεννήτρια σηματοδότησης. Ο προσομοιωτής κυκλοφορίας είναι υπεύθυνος για την κίνηση των οχημάτων ενώ η γεννήτρια προσομοιώνει την κατάσταση της σηματοδότησης σύμφωνα με πληροφορίες που λαμβάνει από τους ανιχνευτές που έχουν προστεθεί στον προσομοιωτή και μεταβιβάζει την κατάσταση της σηματοδότησης πίσω στον προσομοιωτή (Bloomberg and Dale, 2000). Το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιεί το μοντέλο του Wiedemann (1974) το οποίο ακολουθεί το μοντέλο του ακολουθούντος οχήματος και κανόνων αλλαγής λωρίδας, στα οποία η κίνηση των οχημάτων κατά μήκος ενός οδικού δικτύου επηρεάζεται από οχήματα που προπορεύονται στην ίδια λωρίδα, ενώ το μοντέλο αλλαγής λωρίδας που χρησιμοποιείται από το λογισμικό αναπτύχθηκε από τους Willmann και Sparmann (1978).



3. Ανάπτυξη Μοντέλου Προσομοίωσης

3.1 Δεδομένα και Περιοχή Μελέτης

Έπειτα από ανάλυση βάσης δεδομένων συμβάντων που έχουν καταγραφεί από κάμερες εγκατεστημένες στις μεγαλύτερες αρτηρίες της Αττικής και των διαθέσιμων στοιχείων κυκλοφοριακών φόρτων από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ) της Περιφέρειας Αττικής, επιλέχθηκε η περιοχή μελέτης η οποία πληρούσε τα παρακάτω κριτήρια:

- Παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον προς μελέτη και στην οποία να συμβαίνουν με αρκετά μεγάλη συχνότητα διαφόρων ειδών κυκλοφοριακά συμβάντα (τροχαίο ατύχημα, διαδήλωση, βλάβη σε φωτεινό σηματοδότη, κλπ).
- Περιλαμβάνει Πινακίδα Μεταβλητών Μηνυμάτων επί αστικής λεωφόρου, η οποία βρίσκεται σε κατάλληλη θέση ώστε να πληροφορείται εγκαίρως ο οδηγός για τα διάφορα γεγονότα και, ειδικότερα, να του επιτρέπεται να αλλάξει διαδρομή σε περίπτωση ανάγκης, χρησιμοποιώντας άλλες βασικές ή δευτερεύουσες αρτηρίες του δικτύου.

Το δίκτυο που επιλέχθηκε προς μελέτη περιλαμβάνει τη Λ. Αλεξάνδρας από το ύψος της οδού Πατησίων όπου ξεκινά έως το τέλος της, τη Λ. Κηφισίας και τη Λ. Μεσογείων έως το ύψος των δύο ανισόπεδων κόμβων (Α/Κ) με τη Λ. Κατεχάκη αντίστοιχα, τη Λ. Κατεχάκη στο τμήμα ενδιάμεσα στους Α/Κ, καθώς και το τμήμα του κόμβου Λ. Βασιλίσσης Σοφίας- Ζαχάρωφ- Λ. Μεσογείων, την οδό Φειδιππίδου και την οδό Πανόρμου. Τα τμήματα των λεωφόρων και των οδών αυτών εξυπηρετούν τη σύνδεση πολλών περιοχών της Αθήνας με το κέντρο της πόλης άλλα και με άλλες περιοχές και δύναται να προσφέρουν εναλλακτικές διαδρομές σε περίπτωση αποκλεισμού κάποιας από αυτές. Το δίκτυο, το οποίο σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα προσομοίωσης Vissim, έχει συνολικό μήκος περίπου 25 χλμ και συνολικά 33 σηματοδοτούμενους κόμβους.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν δόθηκαν από το Κ.Δ.Κ. και περιλαμβάνουν τόσο οριζοντιογραφίες κόμβων όσο και κυκλοφοριακά δεδομένα. Τα δεδομένα κυκλοφορίας περιλαμβάνουν κυκλοφοριακούς φόρτους κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2012 και αφορούν τη χρονική περίοδο 08:00 – 09:00 το πρωί, η οποία αποτελεί την ώρα αιχμής με σημαντικό αντίκτυπο στην κυκλοφορία. Τέλος, δόθηκαν τα χαρακτηριστικά 33 προγραμμάτων σηματοδότησης, όσοι και οι υπό μελέτη κόμβοι, τα οποία αφορούν στην ώρα αιχμής που επιλέχθηκε.

3.2 Δείκτες Λειτουργικής Απόδοσης

Ως δείκτες λειτουργικής απόδοσης (measures of operational performance), ορίζονται τα μεγέθη τα οποία επιλέγονται να εκτιμηθούν και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ως κριτήρια για την αξιολόγηση της προσομοίωσης. Συνολικά επιλέχθηκαν τέσσερις δείκτες απόδοσης: ο χρόνος διαδρομής, οι καθυστερήσεις και ο μέσος αριθμός στάσεων ανά όχημα και το μήκος ουρών αναμονής. Κάθε ένας από τους δείκτες αναλύεται στη συνέχεια.



Χρόνοι διαδρομής

Το πρόγραμμα προσομοίωσης υπολογίζει το μέσο όρο των χρόνων που χρειάζεται κάθε όχημα να διασχίσει το εκάστοτε οδικό τμήμα και τα αποτελέσματα που εξάγονται αφορούν αυτό το μέσο χρόνο διαδρομής σε δευτερόλεπτα. Συνολικά, ορίστηκαν 57 οδικά τμήματα για την καταγραφή των χρόνων διαδρομής, τα οποία στη συνέχεια, όπου ήταν προτιμότερο, αθροίστηκαν για την ευκολότερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Καθυστερήσεις και μέσος αριθμός στάσεων ανά όχημα

Οι καθυστερήσεις καταγράφονται για τα ίδια χωρικά και χρονικά διαστήματα όπως αυτά ορίζονται στους χρόνους διαδρομής. Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι η μέση καθυστέρηση ανά όχημα σε δευτερόλεπτα και ο μέσος αριθμός των στάσεων ανά όχημα. Η μέση καθυστέρηση εκτιμάται ως ο χρόνος που απομένει εάν από τον πραγματικό χρόνο διαδρομής που χρειάζεται κάθε όχημα προκειμένου να διασχίσει το συγκεκριμένο διάστημα στο οποίο αναφέρεται, αφαιρεθεί ο θεωρητικός χρόνος. Πραγματικός χρόνος θεωρείται εκείνος που καταγράφεται ως χρόνος διαδρομής, ενώ θεωρητικός είναι εκείνος ο οποίος θα χρειαζόταν το όχημα για να διασχίσει το εκάστοτε οδικό τμήμα εάν δεν υπήρχαν άλλα οχήματα, φωτεινοί σηματοδότες ή οτιδήποτε που μπορεί να καθυστερήσει την πορεία του.

Μήκος ουρών αναμονής

Οι μετρητές ουρών αναμονής στο Vissim τοποθετούνται στα επιμέρους οδικά τμήματα του δικτύου και μετρούν την ουρά που σχηματίζεται ανάντη. Δίνουν αποτελέσματα για το μέσο μήκος ουρών που καταγράφεται στο οδικό τμήμα στο οποίο αναφέρονται, το μέγιστο μήκος ουράς σε αυτό και τον αριθμό των στάσεων που πραγματοποιήθηκαν από τα οχήματα που βρέθηκαν σε ουρά στο τμήμα αυτό. Τα μήκη παρουσιάζονται σε μέτρα και συνολικά τοποθετήθηκαν 76 μετρητές ουρών στο σύνολο του δικτύου.

4. Εφαρμογή Μοντέλου Προσομοίωσης

Μετά την ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές δοκιμαστικές εκτελέσεις του προγράμματος, προκειμένου να ελεγχθεί και να διασφαλισθεί η σωστή εισαγωγή των κυκλοφοριακών δεδομένων και να ανιχνευθούν σποραδικές ανωμαλίες σε διάφορα σημεία του δικτύου. Σημειώνεται πως τα επιμέρους στοιχεία, όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, ο χρόνος προσομοίωσης και η γεωμετρία του δικτύου διατηρούνται αμετάβλητα σε όλα τα δοκιμαστικά τρεξίματα.

4.1. Βασικό Σενάριο

Το βασικό σενάριο αποτελείται ουσιαστικά από το δίκτυο όπως αυτό διαμορφώθηκε με βάση τα στοιχεία που υπήρχαν για αυτό, σε συνήθεις συνθήκες λειτουργίας. Σε αυτό το στάδιο δεν πραγματοποιήθηκε καμία επέμβαση στο δίκτυο, καθώς ήταν χρήσιμη η συλλογή στοιχείων προκειμένου να γίνει η σύγκριση στη συνέχεια με το δίκτυο να βρίσκεται υπό διαφορετικές συνθήκες.



4.2. Επιλογή Κυκλοφοριακού Συμβάντος

Το οδικό τροχαίο ατύχημα που προσομοιώθηκε, έλαβε χώρα στην άνοδο της λεωφόρου Κηφισίας, δηλαδή με κατεύθυνση την Κηφισιά, στο ύψος της Πανόρμου με αποτέλεσμα τον αποκλεισμό της πρόσβασης στην επικείμενη λωρίδα κυκλοφορίας και είχε διάρκεια 20 λεπτά. Λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη λεωφορειολωρίδας κατά μήκος της Λ. Κηφισίας, επιλέχθηκε να αποκλεισθεί ακόμη μία λωρίδα, επιτρέποντας ουσιαστικά την κίνηση σε μία μόνο λωρίδα.

4.3 Επιλογή Εναλλακτικών Σεναρίων Αντιμετώπισης

4.3.1. Περιγραφή Μηδενικού Σεναρίου

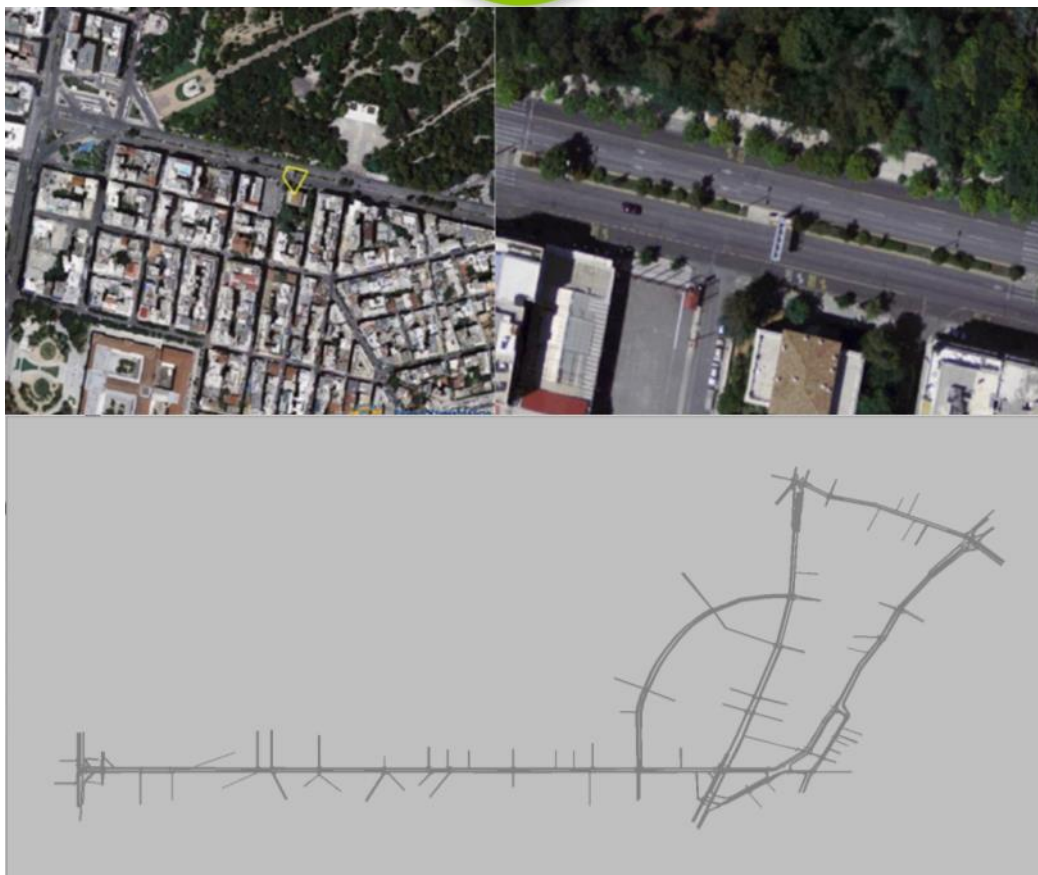
Έπειτα από την εκτέλεση της προσομοίωσης για την εξαγωγή αποτελεσμάτων για το υπό εξέταση δίκτυο υπό κανονικές συνθήκες, πραγματοποιήθηκαν οι κατάλληλες αλλαγές για τη δημιουργία των συνθηκών του γεγονότος στη Λ. Κηφισίας. Το μηδενικό σενάριο περιλαμβάνει την πρόκληση του ατυχήματος αλλά δεν πραγματοποιείται καμία εφαρμογή κάποιου συστήματος οδικής κυκλοφορίας.

4.3.2. Περιγραφή Πρώτου Σεναρίου

Ως πρώτο σενάριο αντιμετώπισης, επιλέχθηκε να διερευνηθεί η επιρροή της αλλαγής της φωτεινής σηματοδότησης κατά μήκος της Λ. Κηφισίας, με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνεται προτεραιότητα στην κίνηση της κύριας οδού. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί, δίνοντας τον ελάχιστο χρόνο πράσινης ένδειξης στις κάθετες οδούς των κόμβων της Λ. Κηφισίας, ο οποίος αντιστοιχεί σε 8 δευτερόλεπτα. Επισημαίνεται πως αυτό πραγματοποιήθηκε για τους κόμβους έως το ύψος της Πανόρμου, όπου λαμβάνει χώρα το γεγονός, και στις δύο κατευθύνσεις (άνοδο και κάθοδο) και όχι στους επόμενους κόμβους καθώς εκεί δεν υπήρχε αυτή η ανάγκη.

4.3.3. Περιγραφή Δεύτερου Σεναρίου

Η χρήση Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων επιλέχθηκε ως δεύτερο σενάριο αντιμετώπισης. Η ύπαρξη πινακίδας στην άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας, μεταξύ των οδών Μπουμπουλίνας – Σπύρου Τρικούπη, έδινε τη δυνατότητα να ενημερωθούν οι οδηγοί εγκαίρως για το συμβάν αλλά και να επιλέξουν τη διαδρομή που θα ακολουθήσουν, προκειμένου να αποφευχθεί υπερβολική συμφόρηση στη Λ. Κηφισίας. Σημειώνεται ότι ο κωδικός αριθμός της πινακίδας είναι 23 και στο εξής θα συμβολίζεται ως ΠΜΜ23. Ακολουθούν δύο εικόνες στις οποίες συμβολίζεται η συγκεκριμένη πινακίδα και η θέση της στο δίκτυο καθώς και το προσομοιωμένο δίκτυο στο VISSIM (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: (α) Θέση ΠΜΜ23 στο οδικό δίκτυο. Πηγή:
<http://www.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/> (β) Προσομοιωμένο δίκτυο μέσω του λογισμικού
Vissim

Τα 20 λεπτά που ήταν η διάρκεια του γεγονότος, θεωρείται ότι αποτελούν ικανό χρονικό διάστημα ώστε το μήνυμα στην πινακίδα να γίνει αντιληπτό από αρκετά μεγάλο αριθμό οδηγών, των οποίων η απόφαση για τη διαδρομή που θα ακολουθήσουν επηρεάζεται λόγω αυτής της ενημέρωσης. Η ενεργοποίηση του μηνύματος στην ΠΜΜ23, το οποίο καθοδηγεί τα οχήματα, με κατεύθυνση τη Λ. Κηφισίας, σε αλλαγή πορείας, θεωρήθηκε ότι συμβαίνει 3 λεπτά μετά την πρόκληση του συμβάντος. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι περίπου το 60% των οδηγών που διαβάζουν το μήνυμα, επιλέγουν τελικά την προτεινόμενη εναλλακτική διαδρομή, διαμορφώθηκαν αναλόγως τα ποσοστά στρεφόντων οχημάτων. Η εναλλακτική διαδρομή η οποία δόθηκε ήταν μέσω της Λ. Μεσογείων και για την πραγματοποίησή της, θεωρήθηκε ότι η πλειοψηφία των οδηγών ακολουθούν τη διαδρομή Λ. Αλεξάνδρας – Ζαχάρωφ – Λ. Βασ. Σοφίας – Λ. Μεσογείων. Χρησιμοποιήθηκε, επίσης, η ίδια διαδρομή αλλά αντί της οδού Ζαχάρωφ, τα οχήματα οδηγήθηκαν από την ακριβώς διπλανή οδό, όπου είναι η αφετηρία των τρόλεϊ. Εκεί το ποσοστό που δόθηκε ήταν αρκετά μικρότερο.

Για την προσομοίωση του συγκεκριμένου σεναρίου η διαδικασία που ακολουθήθηκε, περιλαμβάνει τη δημιουργία περισσότερων διαδρομών αλλά και αποφάσεων για τις διαδρομές αυτές, από ότι το βασικό σενάριο. Επιπλέον, για να είναι εφικτή η τήρηση των διαδρομών αυτών, ήταν απαραίτητη η χρήση περισσότερων χρονικών



διαστημάτων, τα οποία ορίζουν τα διαφορετικά ποσοστά κατανομής για τα οχήματα, σε κάθε φάση της προσομοίωσης.

5. Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα διαδοχικών εκτελέσεων προσομοίωσης για το ίδιο σενάριο συχνά διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό, κάθε σενάριο είναι απαραίτητο να εκτελείται στο πρόγραμμα προσομοίωσης περισσότερες από μία φορές ώστε να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία και η αντιπροσωπευτικότητα των αποτελεσμάτων. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν δέκα επαναλήψεις (με δέκα διαφορετικά random seeds) για κάθε σενάριο και για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος τους. Ο αριθμός αυτός για την επανάληψη των εκτελέσεων του προγράμματος θεωρήθηκε ως εύλογος και ικανοποιητικός, λαμβάνοντας υπόψιν το μέγεθος του οδικού δικτύου που προσομοιώθηκε, αλλά και την χωρητικότητα οσον αφορά τους κυκλοφοριακούς φόρτους των κύριων και των παρακείμενων οδών, προκειμένου να εξασφαλιστεί η παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Έπειτα από την εκτέλεση των δέκα επαναλήψεων για κάθε ένα από τα σενάρια τα οποία προσομοιώθηκαν, συλλέχθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία για τη σύγκριση μεταξύ τους και την αξιολόγηση η οποία οδηγεί στα διάφορα συμπεράσματα. Τα αποτελέσματα αφορούν στους φόρτους σε συγκεκριμένες διατομές, στους χρόνους διαδρομής, στις καθυστερήσεις και στο σχηματισμό ουρών. Συγκεκριμένα, έχει υπολογισθεί ο μέσος όρος από τις δέκα επαναλήψεις για κάθε σενάριο, καθώς και το τυπικό σφάλμα της μέσης τιμής (ή απόλυτο σφάλμα μέσης τιμής) το οποίο υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\delta = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Για κάθε ένα από τα σενάρια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα «κρίσιμα» σημεία του δικτύου, εκείνα δηλαδή που επηρεάζονται άμεσα λόγω του γεγονότος και τα οποία εμφανίζουν σημαντικές αλλαγές από τις επεμβάσεις στο δίκτυο. Τα σημεία αυτά αφορούν στην άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας, την άνοδο της Λ. Κηφισίας από τη Λ. Αλεξάνδρας έως την Πανόρμου, την άνοδο της Λ. Μεσογείων από τη Λ. Βασιλίσσης Σοφίας έως τη Λ. Κατεχάκη, καθώς και τη Λ. Κατεχάκη. Η σύγκριση των σεναρίων χωρίζεται σε τρεις επιμέρους άξονες ανάλογα με τα ζεύγη σεναρίων που εξετάζονται: (1) βασικό – μηδενικό σενάριο, (2) βασικό – 1ο σενάριο αντιμετώπισης (αλλαγή φωτεινής σηματοδότησης), (3) βασικό - 2ο σενάριο αντιμετώπισης (πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και αναλύονται στις επόμενες ενότητες. Ο Πίνακας 5.1 παρουσιάζει τις πραγματοποιούμενες διαδρομές οι οποίες εξετάστηκαν για την παραγωγή και σύγκριση όλων των επιμέρους δεικτών λειτουργικής απόδοσης.

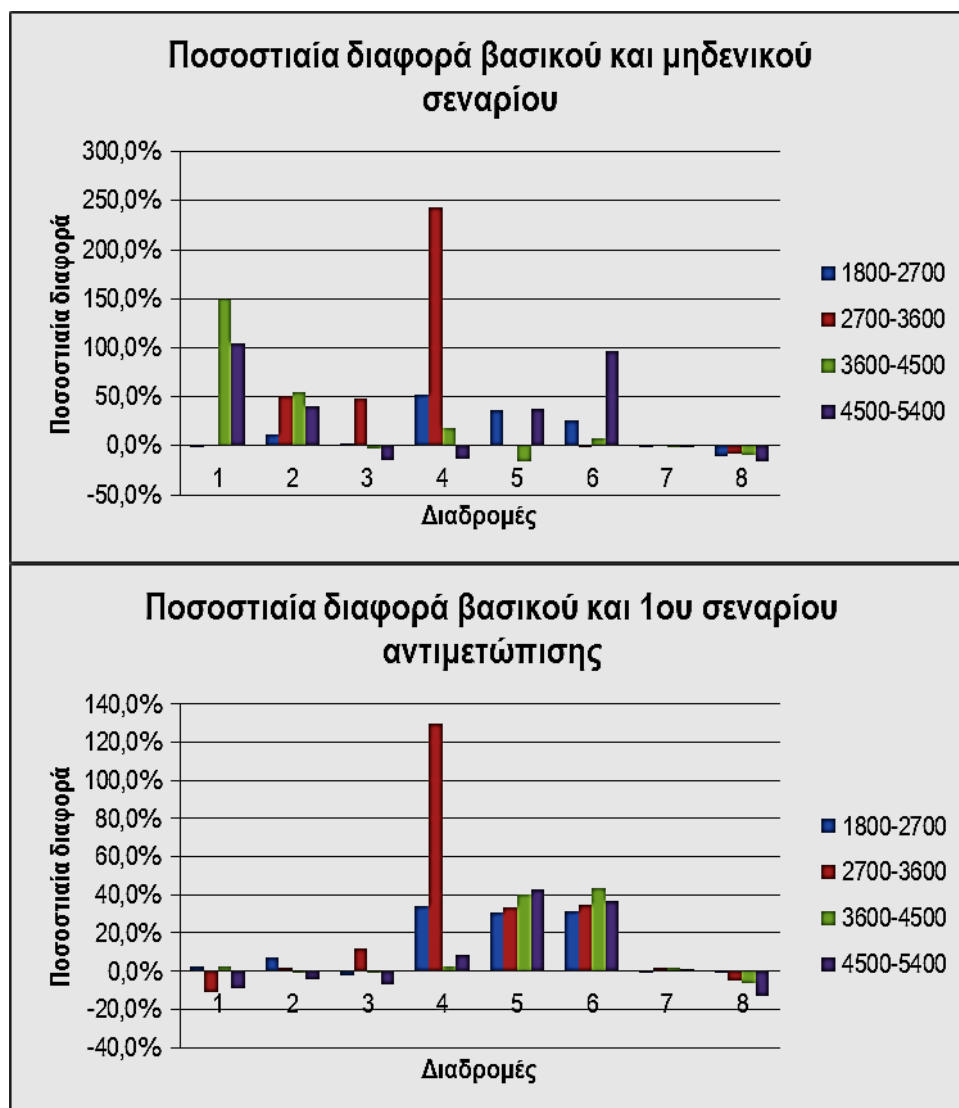
Πίνακας 5.1: Εξετάζόμενες Διαδρομές



A/A	ΔΙΑΔΡΟΜΗ
1	ΠΜΜ23 έως Παπαρηγοπούλου
2	Λ. Αλεξάνδρας από Χαριλάου Τρικούπη έως Πανόρμου
3	Λ. Αλεξάνδρας (λίγο μετά την Πανόρμου) - Ζαχάρωφ - Βασ.Σοφίας
4	Λ. Αλεξάνδρας (λίγο μετά την Πανόρμου) - Κηφισίας (έως Πανόρμου)
5	Λ. Βασ.Σοφίας, στροφή για Λ. Μεσογείων, έως Φειδιππίδου
6	Λ. Μεσογείων (από Βασ.Σοφίας έως Φειδιππίδου)
7	Άνοδος Μιχαλακοπούλου (λίγο πριν τη Φειδιππίδου), άνοδος Λ. Μεσογείων έως τη ράμπα εξόδου στον Α/Κ με την Κατεχάκη
8	Άνοδος Κατεχάκη, ανάμεσα στους Α/Κ με Λ. Μεσογείων και Λ. Κηφισίας

5.1 Σύγκριση Χρόνων Διαδρομής

Η πρώτη συγκριτική ανάλυση αφορά στους μέσους χρόνους διαδρομής όπως αυτοί υπολογίστηκαν για κάθε ένα από τα σενάρια. Το Σχήμα 5.1 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της σύγκρισης ανά ζεύγος σεναρίων.





Σχήμα 5. 1: Ποσοστιαία διαφορά χρόνων διαδρομής (α) βασικού και μηδενικού σεναρίου (β) βασικού και 1^{ου} σεναρίου αντιμετώπισης και (γ) βασικού και 2^{ου} σεναρίου αντιμετώπισης

Όπως παρατηρείται από το Σχήμα 5.1 (α), στη διάρκεια του συμβάντος (δεύτερο τέταρτο της διάρκειας της προσομοίωσης), οι χρόνοι διαδρομής παρουσιάζονται ιδιαίτερος αυξημένοι τόσο για την άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας και της Λ. Κηφισίας, όσο και στη διαδρομή από Λ. Αλεξάνδρας προς την οδό Ζαχάρωφ, ενώ η αύξηση στην άνοδο της Λ. Κηφισίας φτάνει σχεδόν μέχρι 250%. Δέκα λεπτά μετά τη λήξη του συμβάντος, η κατάσταση στη Λ. Αλεξάνδρας συνεχίζει να είναι επιβαρυνόμενη, στο μεγαλύτερο τμήμα της ανόδου της. Στα τελευταία δεκαπέντε λεπτά της προσομοίωσης, αυξήσεις στο χρόνο διαδρομής εμφανίζονται στο τμήμα από τη Σπύρου Τρικούπη, όπου βρίσκεται η ΠΜΜ23, έως την Πανόρμου, ενώ παρακάτω το δίκτυο έχει επανέλθει σε φυσιολογικές τιμές των χρόνων διαδρομής. Μόνο στο τμήμα Λ. Βασ. Σοφίας προς Λ. Μεσογείων συνεχίζει να υπάρχει αύξηση, κάτι που φανερώνει τη δυσκολία του δικτύου να επανέλθει σύντομα έπειτα από το γεγονός.

Όσον αφορά στην επίδραση της εφαρμογής του 1ου σεναρίου αντιμετώπισης στην κυκλοφορία (σχήμα 5.1 (β)), διαπιστώνεται ότι η αύξηση των χρόνων διαδρομής στο τμήμα της ανόδου της Λ. Αλεξάνδρας είναι αρκετά μικρή και εμφανίζεται κυρίως στο τέταρτο του συμβάντος, ενώ στη συνέχεια το δίκτυο επανέρχεται πλήρως. Μάλιστα παρατηρούνται και αρνητικές τιμές ποσοστών, πράγμα το οποίο υποδηλώνει ότι η κατάσταση είναι ευνοϊκότερη και από τις κανονικές συνθήκες του δικτύου. Ελάχιστη είναι η αύξηση των χρόνων και στη διαδρομή από Λ. Αλεξάνδρας προς Λ. Βασ. Σοφίας μέσω της οδού Ζαχάρωφ. Όπως είναι λογικό, η βελτίωση αυτή αφορά και στην άνοδο της Λ. Κηφισίας, αλλά σίγουρα σε μικρότερο βαθμό καθώς είναι εκείνη που πλήττεται άμεσα από την πρόκληση του συμβάντος. Η αύξηση, όμως, του χρόνου διαδρομής εκεί είναι της τάξεως του 130%, έναντι του 250% που είχε σημειωθεί στο μηδενικό σενάριο. Πρέπει να σημειωθεί πως οι χρόνοι διαδρομής στη στροφή από Λ. Βασ. Σοφίας προς Λ. Μεσογείων, όπως και στην άνοδο της Λ. Μεσογείων, μεταξύ Λ.

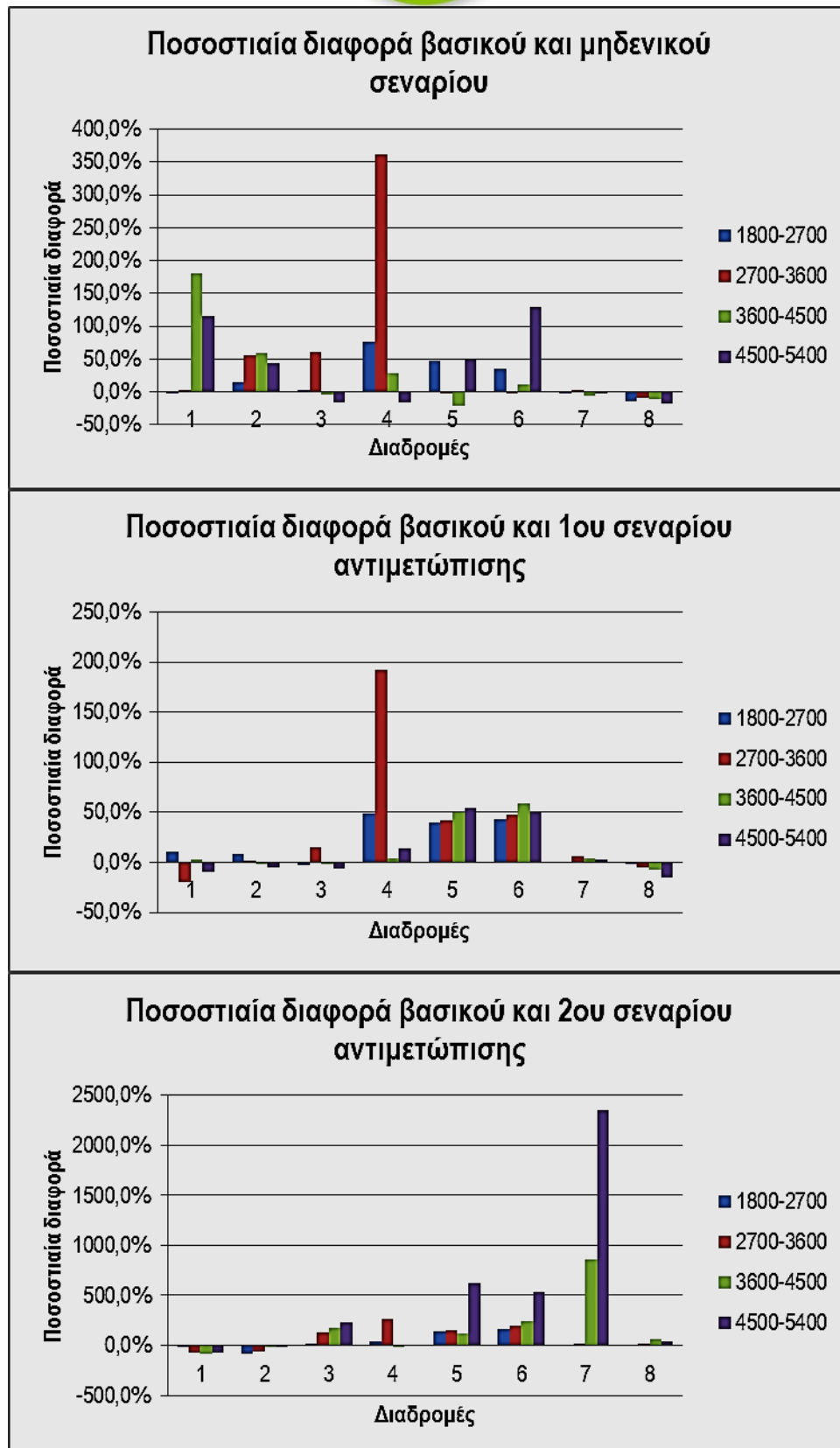


Βασ. Σοφίας και Φειδιππίδου, έχουν αυξηθεί λόγω αυξημένου χρόνου πράσινης ένδειξης στη Λ. Κηφισίας.

Τέλος, η σύγκριση των αποτελεσμάτων του βασικού σεναρίου και του 2ου σεναρίου αντιμετώπισης αποκαλύπτει ότι η αύξηση του χρόνου διαδρομής στη Λ. Κηφισίας, στη διάρκεια του γεγονότος αγγίζει το 190%, ποσοστό βελτιωμένο σε σχέση με το μηδενικό σενάριο, αλλά αρκετά μεγαλύτερο συγκριτικά με το πρώτο σενάριο αντιμετώπισης. Αρκετά μεγαλύτερα είναι και τα ποσοστά αύξησης των χρόνων διαδρομής στην άνοδο της Λ. Μεσογείων. Στη διάρκεια του γεγονότος, αλλά και το επόμενο τέταρτο, αγγίζουν το 120% έως 190%, ενώ στα τελευταία δεκαπέντε λεπτά της προσομοίωσης ο χρόνος που χρειάζεται ένα όχημα για να στρίψει από τη Λ. Βασ. Σοφίας, στην κάθοδό της, προς τη Λ. Μεσογείων και να τη διασχίσει έως τη Φειδιππίδου, είναι αυξημένος κατά 500%. Για την ίδια κίνηση αλλά από την άνοδο της Λ. Βασ. Σοφίας, η αύξηση αγγίζει το 400%. Επίσης, πρώτη φορά παρατηρείται αύξηση και σε ολόκληρη την άνοδο της Λ. Μεσογείων, από την άνοδο της Μιχαλακοπούλου, έως τη ράμπα εξόδου για τη Λ. Κατεχάκη. Η αύξηση δεν μπορεί να αγνοηθεί καθώς ξεπερνά το 600%. Ως αποτέλεσμα, επηρεάζεται και η άνοδος της Λ. Κατεχάκη, καθώς χρησιμοποιείται πλέον από σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό οχημάτων και πρέπει να σημειωθεί ότι ο φόρτος που εξυπηρετούσε ήταν ήδη μεγάλος.

5.2 Σύγκριση Καθυστερήσεων

Ο δεύτερος δείκτης λειτουργικής απόδοσης που εξετάστηκε είναι η μέση καθυστέρηση που παρατηρείται στα επιμέρους τμήματα του υπό μελέτη οδικού δικτύου με την πρόκληση του συμβάντος. Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2 (α), η μη εφαρμογή κάποιου συστήματος διαχείρισης κυκλοφορίας οδηγεί σε σημαντικές αυξήσεις των καθυστερήσεων στην άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας και στην άνοδο της Λ. Κηφισίας, οι οποίες φτάνουν το 80% στη διάρκεια του γεγονότος και το 360%, για την τελευταία, λίγο πριν το τέλος του. Στο πρώτο και το τελευταίο τέταρτο της προσομοίωσης, οι καθυστερήσεις αυξάνονται κατά 50% στην κάθοδο της Λ. Βασ. Σοφίας, προς τη Λ. Μεσογείων και κατά 130% στο τελευταίο τέταρτο της προσομοίωσης για την άνοδο της Λ. Μεσογείων μέχρι το ύψος της Φειδιππίδου. Στη συνέχεια της λεωφόρου δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια σημαντική αύξηση των καθυστερήσεων.



Σχήμα 5.2: Ποσοστιαία διαφορά καθυστερήσεων (α) βασικού και μηδενικού σεναρίου (β) βασικού και 1^{ου} σεναρίου αντιμετώπισης και (γ) βασικού και 2^{ου} σεναρίου αντιμετώπισης



Η αλλαγή στο πρόγραμμα φωτεινής σηματοδότησης έχει ως αποτέλεσμα στην άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας, οι καθυστερήσεις να έχουν μειωθεί, καθώς το ποσοστό που φτάνουν είναι μόλις 10% στη διάρκεια του συμβάντος, ενώ σημαντικό είναι το ποσοστό -20% που σημειώνεται το δεύτερο τέταρτο, στο τμήμα από την ΠΜΜ23 έως την οδό Παπαρηγοπούλου, το οποίο φανερώνει τη βελτίωση της κυκλοφοριακής κατάστασης. Η αύξηση των καθυστερήσεων στην άνοδο της Λ. Κηφισίας εξακολουθεί να είναι μεγάλη (190%) έως και 10 λεπτά μετά τη λήξη του γεγονότος, ωστόσο είναι σημαντικά μικρότερη από το 360% που καταγράφεται χωρίς την επέμβαση στη φωτεινή σηματοδότηση.

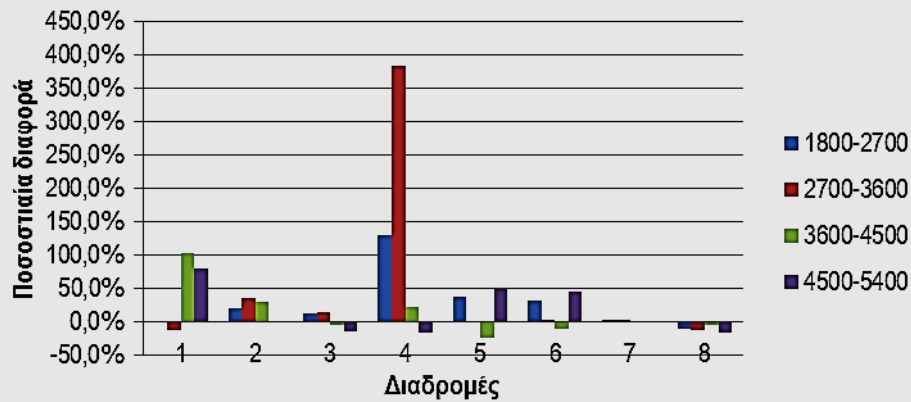
Τέλος, παρατηρώντας τα διαγράμματα του σχήματος 5.2 (γ), το πρώτο πράγμα που αξίζει να τονισθεί είναι η βελτίωση στην άνοδο της Λ. Κηφισίας, από την ΠΜΜ23 έως την Πανόρμου, όπου προκύπτουν αρνητικά ποσοστά, άρα η καθυστέρηση σε αυτά τα τμήματα είναι μικρότερη και από το βασικό σενάριο. Η μεγαλύτερη αύξηση στις καθυστερήσεις στην άνοδο της Λ. Κηφισίας φτάνει το 260% κατά τη διάρκεια του δεύτερου δεκαπεντάλεπτου (2700 – 3600), ενώ υπενθυμίζεται πως χωρίς επέμβαση το ποσοστό αυτό ήταν 360%. Ωστόσο, δεν μπορούν να αγνοηθούν οι μεγάλες καθυστερήσεις που προκύπτουν στο τμήμα του δικτύου το οποίο χρησιμοποιείται ως εναλλακτική διαδρομή. Η επιδείνωση της ανόδου της Λ. Μεσογείων ξεκινά δέκα λεπτά μετά τη λήξη του συμβάντος, με αύξηση στις καθυστερήσεις έως 860%, και καταλήγει, στο τέλος της προσομοίωσης, να παρουσιάζει αύξηση έως 2350%. Για να γίνει πιο κατανοητό, αναφέρεται ότι το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε 14 λεπτά καθυστέρηση, ενώ στο βασικό σενάριο η αντίστοιχη καθυστέρηση ήταν περίπου μισό λεπτό. Ως επακόλουθο, αυξάνονται και οι καθυστερήσεις στη Λ. Κατεχάκη, έως 60%.

5.3 Σύγκριση Αριθμού Στάσεων ανά Όχημα

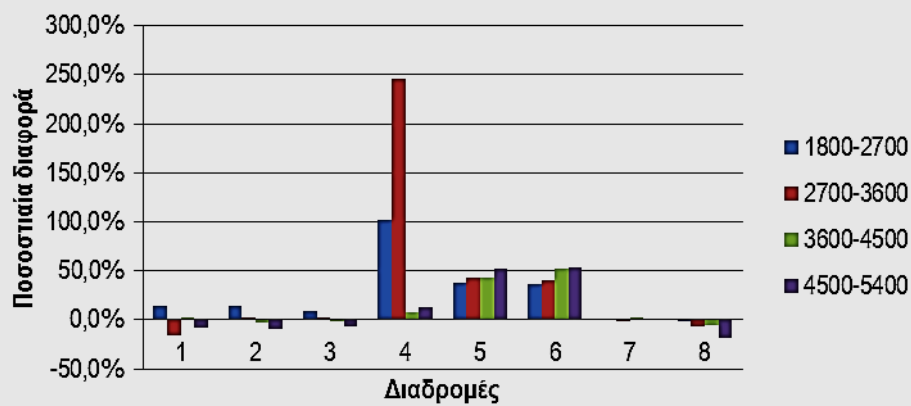
Ο επόμενος δείκτης λειτουργικής απόδοσης που εξετάζεται είναι ο μέσος αριθμός των στάσεων ανά όχημα και τα αποτελέσματα της σύγκρισης μεταξύ των σεναρίων παρουσιάζονται στο σχήμα 5.3. Εξετάζοντας το βασικό και μηδενικό σενάριο, διαπιστώνεται από τη μελέτη του διαγράμματος 5.3 (α), ότι η σημαντικότερη αύξηση του μέσου αριθμού στάσεων ανά όχημα καταγράφεται κατά τη διάρκεια του συμβάντος αλλά και δέκα λεπτά μετά τη λήξη του στην άνοδο της Λ. Κηφισίας, η οποία πλησιάζει το 400% (στην πράξη οι στάσεις από 3 έγιναν 16). Αύξηση, επίσης, αλλά μικρότερου βαθμού, σημειώνεται στην άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας, κυρίως μετά το πέρας του γεγονότος, αφοτου δηλαδή η επίδρασή του έχει εξαπλωθεί στο δίκτυο. Κάποιες μικρότερες μεταβολές παρατηρούνται στην αρχή της ανόδου της Λ. Μεσογείων.



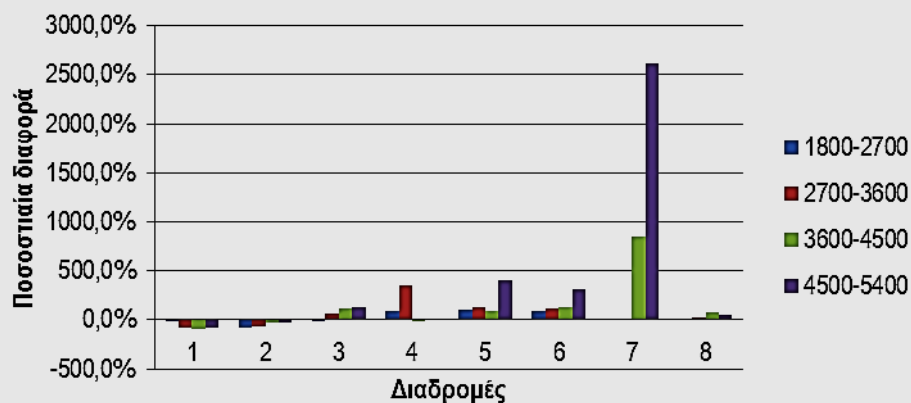
Ποσοστιαία διαφορά βασικού και μηδενικού σεναρίου



Ποσοστιαία διαφορά βασικού και 1ου σεναρίου αντιμετώπισης



Ποσοστιαία διαφορά βασικού και 2ου σεναρίου αντιμετώπισης





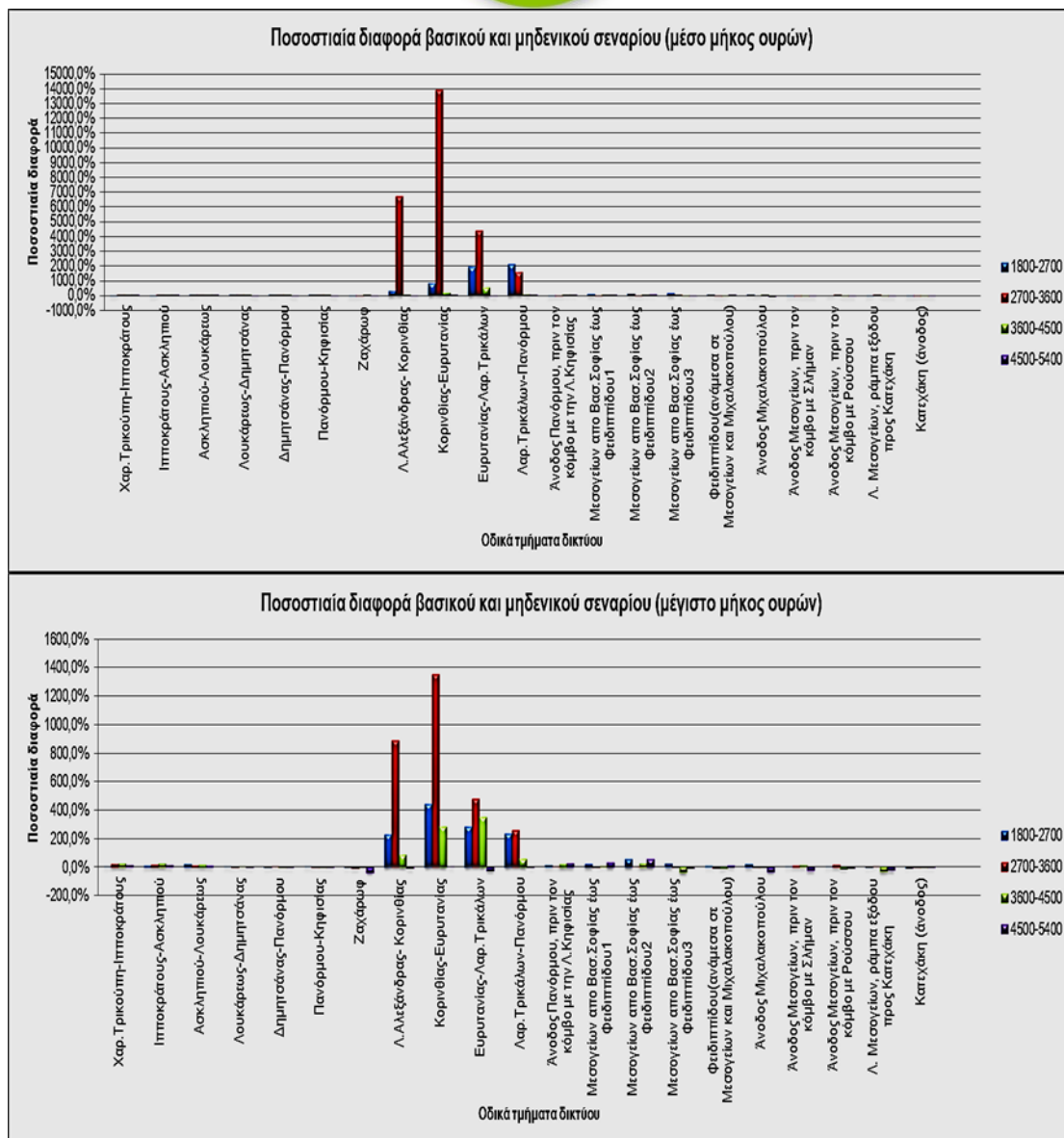
Σχήμα 5.3: Ποσοστιαία διαφορά αριθμού στάσεων ανά όχημα (α) βασικού και μηδενικού σεναρίου (β) βασικού και 1^ο σεναρίου αντιμετώπισης και (γ) βασικού και 2^ο σεναρίου αντιμετώπισης

Μετά την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου αντιμετώπισης (σχήμα 5.3 (β)), η κατάσταση στην άνοδο της Λ. Κηφισίας εξακολουθεί να είναι αρκετά δυσμενής, ωστόσο η αύξηση του μέσου αριθμού στάσεων σε αυτήν την περίπτωση είναι 12 στάσεις έναντι των 3 στο βασικό σενάριο, κατά το δεύτερο δεκαπεντάλεπτο της προσομοίωσης. Ελάχιστα διαφέρουν οι αριθμοί για την άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας, ενώ μάλιστα σημειώνονται και μειώσεις σε ορισμένα σημεία. Σε αυτό το σενάριο, ωστόσο, ο αριθμός στάσεων έχει αυξηθεί, αλλά όχι σημαντικά, στην κάθοδο της Λ. Βασ. Σοφίας στη στροφή για Λ. Μεσογείων, καθώς και στην άνοδο της Λ. Μεσογείων. Αυτό οφείλεται στις σχετικά αυξημένες καθυστερήσεις σε εκείνα τα σημεία, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενη ενότητα.

Τέλος, τα αποτελέσματα από τη χρήση ΠΜΜ για τη διαχείριση της κυκλοφορίας (σχήμα 5.3 (γ)), δείχνουν καταρχάς ότι στη Λ. Κηφισίας, παρότι το δίκτυο επανέρχεται γρηγορότερα, στο δεύτερο δεκαπεντάλεπτο της προσομοίωσης η βελτίωση είναι μηδαμινή, καθώς ο αριθμός μειώνεται μόλις κατά μία στάση. Εξαίρεση αποτελεί η άνοδος της Λ. Αλεξάνδρας όπου τα ποσοστά εμφανίζονται αρνητικά, πράγμα που σημαίνει ότι το σενάριο αυτό ήταν ιδιαίτερα ευνοϊκό για αυτήν την οδό. Σε αντιδιαστολή με αυτό, η άνοδος της Λ. Μεσογείων, ήδη από την αρχή της, παρουσιάζει έντονες αυξήσεις του μέσου αριθμού στάσεων ανά όχημα. Η σημαντικότερη αύξηση καταγράφεται στην άνοδό της Μιχαλακοπούλου και στη συνέχεια στην άνοδο της Λ. Μεσογείων έως τη ράμπα εξόδου προς τη Λ. Κατεχάκη, όπου ο μέσος αριθμός στάσεων προκύπτει 27 από μόλις 1 στάση που ήταν στο βασικό σενάριο.

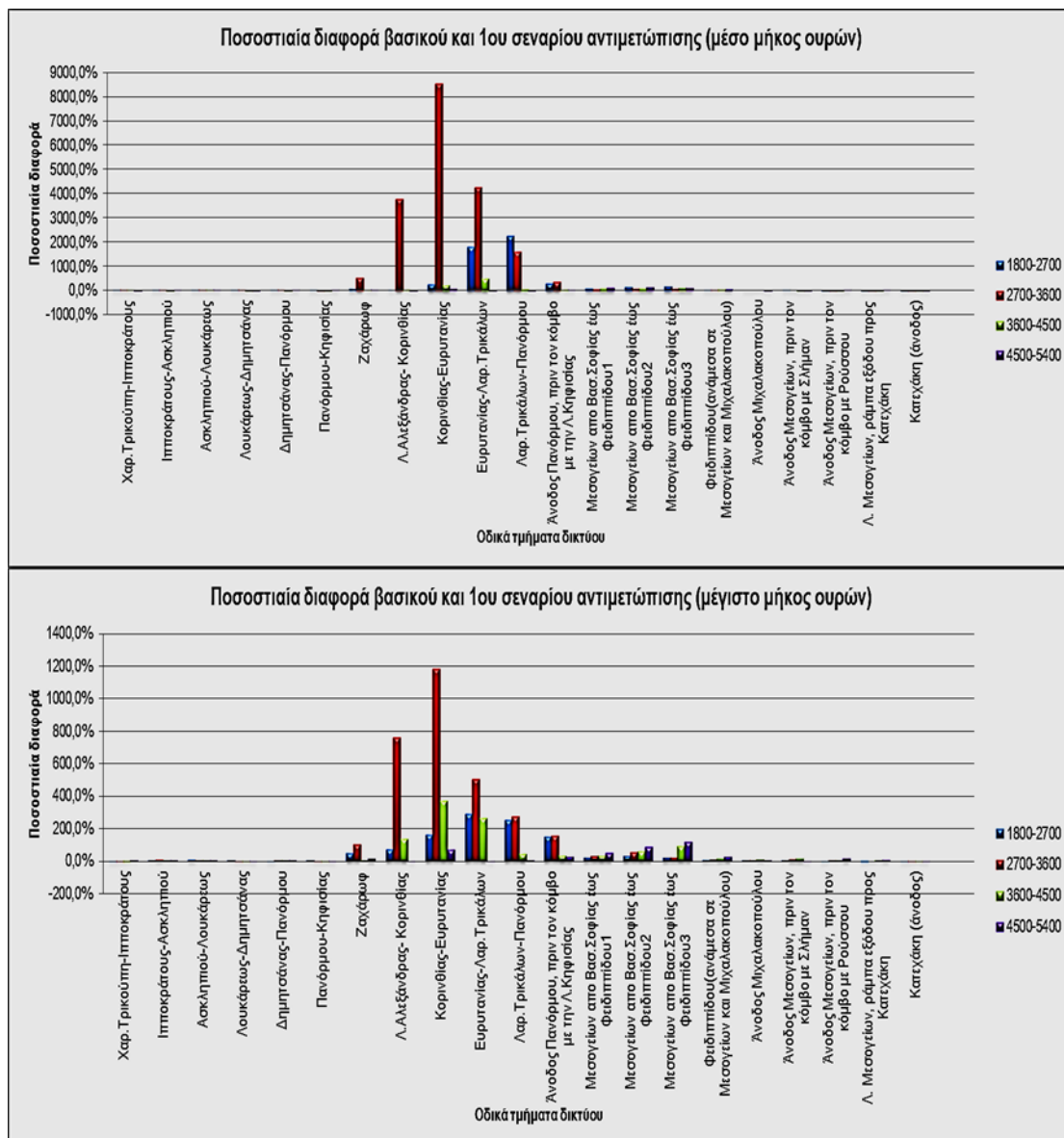
5.4 Σύγκριση Μήκους Ουρών

Το μήκος ουρών αποτελεί τον τέταρτο δείκτη λειτουργικής απόδοσης που αναλύεται και χωρίζεται σε δύο επιμέρους κατηγορίες: μέσο και μέγιστο μήκος ουρών. Η σύγκριση μεταξύ βασικού και μηδενικού σεναρίου, όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα (α) του σχήματος 5.4, δείχνει ότι στην άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας, σημειώνονται αυξήσεις από 5% έως 28% στο πρώτο δεκαπεντάλεπτο, από 4% έως 45% στο δεύτερο δεκαπεντάλεπτο, από 5% έως 52% στο τρίτο δεκαπεντάλεπτο και από 13% έως 30% στο τελευταίο δεκαπεντάλεπτο της προσομοίωσης. Κυρίως στη διάρκεια του γεγονότος, αλλά και μέχρι δέκα λεπτά μετά από αυτό, τα ποσοστά αύξησης των ουρών φανερώουν την αξιοσημείωτη επίδραση του γεγονότος στη Λ. Κηφισίας. Τα ποσοστά αυτά, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, ξεκινούν από 1500% και φτάνουν σχεδόν το 14000% στο τμήμα μεταξύ των οδών Κορινθίας – Ευρυτανίας. Αυτό, πρακτικά, για το συγκεκριμένο σημείο, σημαίνει ότι από 2 μέτρα ουρά που εμφανιζόταν στο βασικό σενάριο, πλέον εμφανίζεται ουρά 320 μέτρων. Ομοίως με τις μέσες τιμές διαφέρουν και οι μέγιστες τιμές στα μήκη ουρών ανάμεσα στα δύο αυτά σενάρια. Γενικότερα, η κατάσταση ως προς τις ουρές που σχηματίζονται είναι δυσμενής και φανερώνει την ανάγκη επέμβασης.



Σχήμα 5.4: Βασικό και μηδενικό σενάριο (α) μέσο και (β) μέγιστο μήκος ουρών

Σε αντίθεση με το μηδενικό σενάριο, η προσομοίωση του πρώτου σεναρίου αντιμετώπισης έδειξε ότι τα ποσοστά αύξησης του μέσου μήκους ουρών που σημειώνονται στην άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας, είναι αρκετά μειωμένα (διάγραμμα 5.5 (α)). Αναλυτικότερα, στο πρώτο δεκαπεντάλεπτο ξεκινούν από 3% έως 25%, ενώ στο δεύτερο δεκαπεντάλεπτο από 0,1% έως 13%. Στο τρίτο δεκαπεντάλεπτο η μόνη αύξηση είναι 0,3% από τη Χαριλάου Τρικούπη έως την Ιπποκράτους και από την Ασκληπιού έως τη Λουκάρεως. Στα υπόλοιπα τμήματα, τα ποσοστά αυτά είναι αρνητικά, κάτι που κάνει φανερή τη βελτίωση της κατάστασης λόγω της επέμβασης στη φωτεινή σηματοδότηση. Μεγάλα ποσοστά αύξησης εξακολουθεί να έχει το μήκος των ουρών στην άνοδο της Λ. Κηφισίας, αλλά με μικρότερες τιμές σε σχέση με το μηδενικό σενάριο, επομένως υπάρχει βελτίωση. Η ίδια τάση παρατηρείται και στα ποσοστά, όπως αυτά έχουν προκύψει από τη σύγκριση μεταξύ των μέγιστων τιμών του μήκους των ουρών όπως παρουσιάζεται και στα διαγράμματα του σχήματος 5.5.

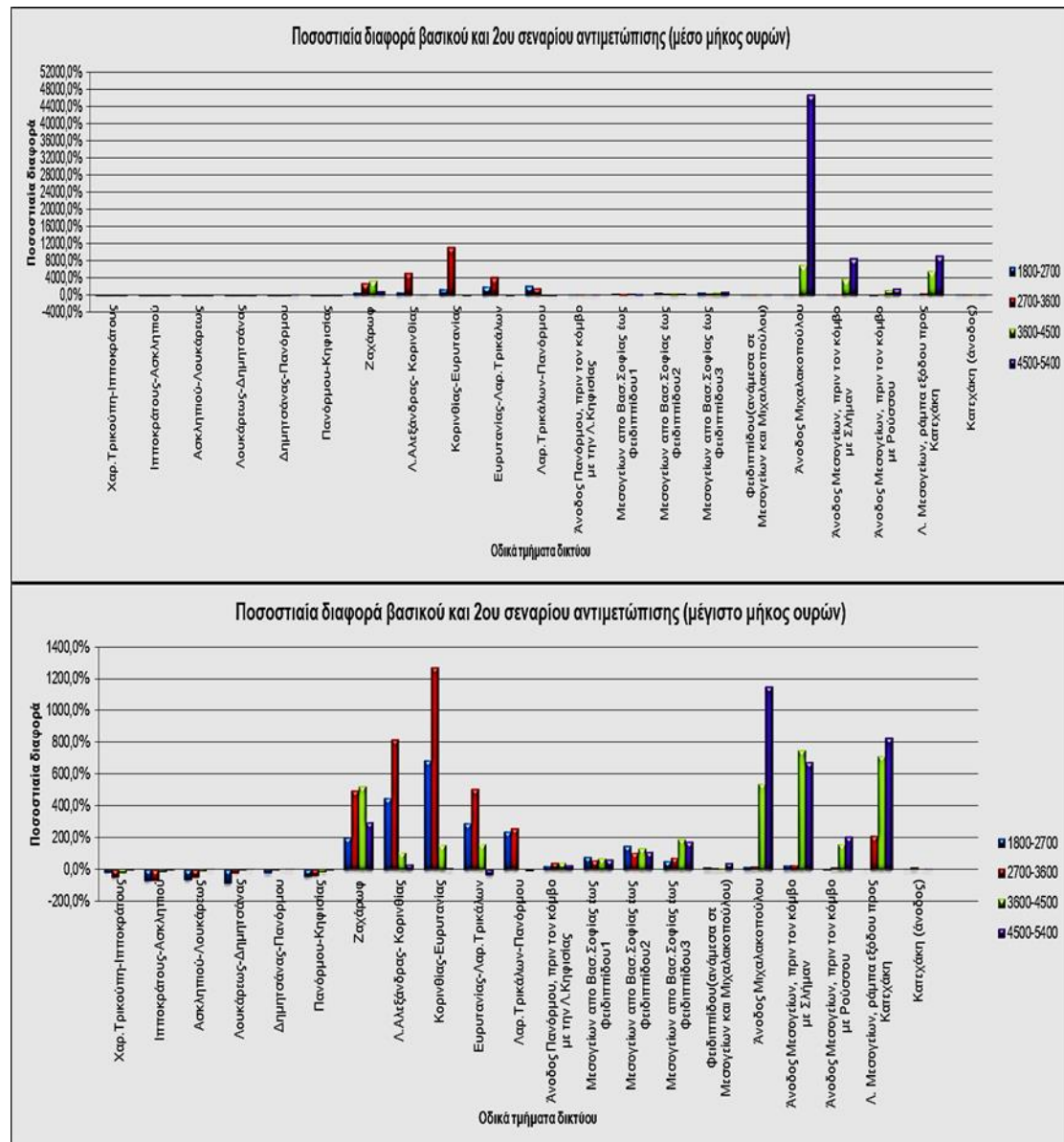


Σχήμα 5.5: Βασικό και 1ο σενάριο αντιμετώπισης (α) μέσο και (β) μέγιστο μήκος ουρών

Τέλος, σημαντική βελτίωση παρουσιάζουν οι τιμές του μέσου μήκους ουρών στην άνοδο της Λ. Κηφισίας και την άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας κατά το 2ο σενάριο αντιμετώπισης μετά δηλαδή την καθοδήγηση των οχημάτων για επιλογή εναλλακτικής διαδρομής. Ιδιαίτερα στη Λ. Αλεξάνδρας, τα αρνητικά ποσοστά δείχνουν μείωση των ουρών κατά μήκος της σε σχέση με το βασικό σενάριο. Όσον αφορά στην άνοδο της Λ. Κηφισίας, ναι μεν υπάρχει βελτίωση, καθώς τα ποσοστά είναι μικρότερα από ότι στη σύγκριση με το μηδενικό σενάριο, αλλά εξακολουθούν να είναι αρκετά μεγάλα. Είναι αξιοπρόσεκτη, επίσης, η αύξηση του μήκους των ουρών στην άνοδο της Λ. Μεσογείων, η οποία αγγίζει το 8500% στο μεγαλύτερο μέρος της, καθώς και το 47000% στην άνοδο της οδού Μιχαλακοπούλου. Οι ακραίες τιμές που διακρίνονται στο διάγραμμα 5.6 (β), εκτός από τα κρίσιμα τμήματα της ανόδου της Λ. Κηφισίας, αφορούν και στην οδό Ζαχάρωφ αλλά και στη Λ. Μεσογείων. Όπως είχε αναφερθεί και στην ανάλυση του δεύτερου σεναρίου



αντιμετώπισης, τα τμήματα αυτά του δικτύου επηρεάστηκαν σημαντικά από την αλλαγή διαδρομών, με αποτέλεσμα την αύξηση του μήκους των ουρών τους. Για αυτό το λόγο και εμφανίζουν τόσο μεγάλες αποκλίσεις από το βασικό σενάριο.



Σχήμα 5.6: Βασικό και 2ο σενάριο αντιμετώπισης (α) μέσο και (β) μέγιστο μήκος ουρών

Στον Πίνακα I.1 του Παραρτήματος I παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από τη σύγκριση τριών ενδεικτικών δεικτών λειτουργικής απόδοσης κάθε εναλλακτικού σεναρίου σε σχέση με το βασικό σενάριο.



6. Συμπεράσματα και Προτάσεις

6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε τη μεταβολή των κυκλοφοριακών συνθηκών σε κύριο αστικό οδικό δίκτυο μετά από ένα κυκλοφοριακό συμβάν και τη συγκριτική ανάλυση εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης της κυκλοφορίας με τη χρήση προγράμματος μικροσκοπικής προσομοίωσης (PTV Vissim). Για την ανάλυση επιλέχθηκαν τέσσερις δείκτες λειτουργικής απόδοσης και διαμορφώθηκαν τρία σενάρια διαχείρισης της κυκλοφορίας: μηδενικό σενάριο (καμία επέμβαση στο δίκτυο), πρώτο σενάριο αντιμετώπισης, που περιλαμβάνει την προσωρινή αλλαγή σε συγκεκριμένα προγράμματα φωτεινής σηματοδότησης και το δεύτερο σενάριο αντιμετώπισης, το οποίο περιλαμβάνει την χρήση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων σε μία από τις κεντρικές λεωφόρους του υπό εξέταση οδικού δικτύου.

Η εξέταση και ανάλυση των παραπάνω σεναρίων οδήγησε στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, τόσο για την επίδραση ενός τέτοιου γεγονότος στο δίκτυο, όσο και για τη βελτίωση που επιδέχεται το δίκτυο, σε περίπτωση εφαρμογής κάποιων μέτρων διαχείρισης της κυκλοφορίας. Οι δείκτες λειτουργικής απόδοσης που επιλέχθηκαν ήταν ο μέσος χρόνος διαδρομής, η μέση καθυστέρηση και ο μέσος αριθμός στάσεων ανά όχημα, καθώς και το μέσο και το μέγιστο μήκος ουρών. Ως γενική εικόνα, αξίζει να σημειωθεί η αύξηση των χρόνων διαδρομής, των καθυστερήσεων και των ουρών που σχηματίζονται, όταν στην περίπτωση κάποιου γεγονότος δεν πραγματοποιηθεί καμία επέμβαση στο δίκτυο. Οι αυξήσεις αυτές αφορούν, κυρίως, στα τμήματα που επηρεάζονται από την εμφάνιση γεγονότος, τα οποία στην προκειμένη περίπτωση είναι η άνοδος της Λ. Κηφισίας, η άνοδος της Λ. Αλεξάνδρας, καθώς και η άνοδος της Πανόρμου και της Λ. Μεσογείων αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό.

Για το πρώτο σενάριο αντιμετώπισης, τονίζεται η σημαντική βελτίωση των παραπάνω δεικτών λειτουργικής απόδοσης σε όλα τα κρίσιμα τμήματα του δικτύου. Για το δεύτερο σενάριο αντιμετώπισης, ομοίως η κατάσταση προκύπτει ευνοϊκότερη για την άνοδο της Λ. Κηφισίας, όπως και για την άνοδο της Λ. Αλεξάνδρας, αλλά η εφαρμογή αυτού του μέτρου φαίνεται να επιδρά αρνητικά για την οδό Ζαχάρωφ και την άνοδο της Λ. Μεσογείων, οι οποίες παρουσιάζουν δυσμενή αποτελέσματα ως προς τους παραπάνω δείκτες. Μέσα από την ανάλυση που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, καθώς και από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, καθίσταται προφανές ότι η επέμβαση στη φωτεινή σηματοδότηση υπερτερεί ως λύση συγκριτικά με την καθοδήγηση σε εναλλακτική διαδρομή, όταν το γεγονός συμβαίνει σε ώρα αιχμής, σε κεντρικό σημείο του υπό μελέτη δικτύου.

6.2 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να εφαρμοσθεί στο υπάρχον οδικό δίκτυο με την προσομοίωση διαφορετικών συνθηκών γεγονότων ή ακόμη και σε διαφορετικό σημείο του δικτύου όπως για παράδειγμα η προσομοίωση συμβάντος στη Λ. Μεσογείων ή στη Λ. Αλεξάνδρας. Επιπλέον, ενδιαφέρουσα θα ήταν η διερεύνηση ενός διαφορετικού γεγονότος με πολύ μεγαλύτερη διάρκεια, ούτως ώστε να



διαπιστωθεί η σοβαρότητα της κατάστασης του οδικού δικτύου σε αυτήν την περίπτωση. Ενδιαφέρον θα είχε και εναλλακτικός χειρισμός της κυκλοφοριακής κατάστασης που διαμορφώνεται στο πρώτο σενάριο αντιμετώπισης, με την επέκταση του μέτρου αλλαγής των φωτεινών σηματοδοτών, (π.χ. έως την αρχή της Λ. Αλεξάνδρας) καθώς και με τη χρήση σηματοδότησης επενεργούμενης από την κυκλοφορία.



7. Αναφορές – Βιβλιογραφία

Benson, P. G, (1996). “Motorist attributes about content of variable message sign”, *Transportation Research Record 1550*, *Transportation Research Board*, Washington, DC, pp. 48–57.

Bloomberg, L., and J. Dale (2000). “Comparison of VISSIM and CORSIM Traffic Simulation Models on a Congested Network”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1727, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 52–60.

Bonsall P., P. Firmin, M. Anderson, I. Palmer and P. Balmforth (1997). “Validating the results of a route choice simulator”, *Transportation Research*, 5C (6), pp. 371–387.

Bonsall, P. and N. Hounsell (1994). “Modelling drivers' route choice behaviour in the context of route guidance and information systems”, *Towards an Intelligent Transport System. Proceedings of the First World Congress on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle Highway Systems*, Paris, 30 November–3 December, vol. 2. ERTICO, Brussels, pp. 508–515.

Bonsall, P.W., (1993). “Research methods for the study of driver response to in-vehicle and roadside guidance-methods”, In: Frybourg, M., Bonnafous, A. (Eds.), *Selected Proceedings of the Sixth World Conference on Transport Research*, vol. 4: Technical Innovation and Network Management, WCTRS, Lyon, pp. 2515–2530.

Carden P.J.C, R.J. Meekums and I.H. Beck (1998). “The Midlands driver information system: operation and analysis of benefits”, *IEE Ninth International Conference on Road Transport Information and Control*.

Chatterjee, K., N. Hounsell, P. Firmin, and P. Bonsall. (2002). “Driver Response to Variable Message Sign Information in London.” *Transportation Research C*, 10, 149–169.

Emmerink R.H.M, P. Nijkamp, P. Rietveld and J.N. Van Ommeren (1996). “Variable message signs and radio traffic information: an integrated empirical analysis of drivers' route choice behavior”, *Transportation Research-A*, 30 (1996), pp. 135–153.

Erke A., F. Sagberg and R. Hagman (2007). “Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behavior”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10 (6), pp. 447–457.

Karlaftis, M.G., S.P. Latoski, N.J. Richards and K.C. Sinha (1999). “ITS Impacts on Safety and Traffic Management: An Investigation of Secondary Crash Causes”, *ITS Journal* 5: 39–52.

Lee C., B. Hellinga and F. Saccomanno (2004). “Assessing safety benefits of variable speed limits”, *83rd TRB Annual Meeting*, Paper No. 04-4835.



Levinson D. and Huo H. (2002). “Effectiveness Evaluation of VMS Using Empirical Loop Detector Data”, DRAFT November 26, 2002.

McDonald M. and A. Richards (1996). “Urban incident management using integrated control and information systems”, *Proceedings of the Eighth International Conference on Road Traffic Monitoring and Control*, London, 23–25 April, IEE Conference Publication No. 422. IEE, London, pp. 188–191.

McDonald M., N.B. Hounsell and S.R. Njoze (1995). “Strategies for route guidance systems taking account of driver response”, *Proceedings of the 1995 Vehicle Navigation and Information Systems Conference in conjunction with the 1995 Pacific Rim TransTech Conference*, Seattle, 30 July–2 August. IEEE Service Center, Piscataway, NJ, pp. 328–333.

Moore, J.E., G. Giuliano and S. Cho (2004). “Secondary Accident Rates on Los Angeles Freeways”, *Journal of Transportation Engineering* 130.3: 280–285.

Orfanou, F., E. I Vlahogianni and M. G., Karlaftis (2011) “Identifying Secondary accidents in Freeways”, *3rd International Conference on Road Safety and Simulation* Indianapolis, Indiana, USA, September 2011.

PB Farradyne, Traffic Incident Management Handbook, *Federal Highway Administration Office of Travel Management*, November 2000.

Sparmann, U. (1978). “*Spurwechselforgänge auf zweispurigen*”, BAB-Richtungsfahr.

Swann, J., I.W. Routledge, J. Parker and S. Tarry (1995). “Results of practical applications of variable message signs (VMS): A64/A1 accident reduction scheme and Forth Estuary Driver Information and Control System (FEDICS)”, *Traffic Management and Road Safety. Proceedings of Seminar G held at the 23rd PTRC European Transport Forum*, University of Warwick, 11–15 September, P394. PTRC Education and Research Services Ltd., London, pp. 149–167.

Tarry S., and A. Graham (1995). “The role of evaluation in ATT development”, *Traffic Engineering and Control*, 36 (12), pp. 688–693.

Tay R. and A. De Barros (2010). “Effectiveness of Road Safety Messages on Variable Message Signs”, *Journal of Transportation Systems engineering and Information Technology*, Volume 10, Issue 3, June 2010.

Vlahogianni E. I., M.G. Karlaftis and F. Orfanou (2012). “Modeling the Effects of Weather and Traffic on the Risk of Secondary Incidents”, *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*, 16(3), 109–117.

Wardman M., P.W. Bonsall and J.D. Shires (1997). “Driver response to variable message signs: a stated preference investigation”, *Transportation Research*, 5C (6), pp. 389–405.



Wiedemann, R. (1974). “Simulation des Straßenverkehrsflusses”, Technical Report, *Institute for Traffic Engineering*, University of Karlsruhe (in German).

Willman, G. (1978). „Zustandsformen des Verkehr sablaufs auf Autobahnen“, Tech. rep., Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen, University Karlsruhe, Karlsruhe, Germany.

Zhang H. and A. Khattak (2010). “What Is the Role of Multiple Secondary Incidents in Traffic Operations?”, *Journal of Transportation, Engineering*, Vol. 136, No. 11, November 1, 986-997.

Καραβάς, Μ. (2013). “Παράμετροι που επηρεάζουν την απόκριση των οδηγών στην πληροφόρηση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων”, Διπλωματική Εργασία ΣΑΤΜ ΕΜΠ, 2013.

Σερμπής Δ., Χ. Μπάμπης και Γ. Θεοφίλης (2006). “Η χρησιμοποίηση των Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων από το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας της Αθήνας“, *Πρακτικά 3ου Διεθνούς Συνεδρίου*.

Τσανακτσίδης, Δ. και Δ. Τσίτσουλας (2003). “Σύγχρονα συστήματα εξοπλισμού των οδών”, Διπλωματική Εργασία ΑΠΘ, 2003.

Φρατζεσκάκης, Ι., Μ., Ι.Κ. Γκόλιας και Μ.Χ. Πιτσιαβά-Λατινοπούλου, *Κυκλοφοριακή Τεχνική*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2009.



8. Παράρτημα Ι

Πίνακας Ι.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΕΝΔΕΛΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ												
	Μηδενικό σενάριο				Πρώτο σενάριο				Δεύτερο σενάριο			
	1ο (0-15)	2ο (15-30)	3ο (30-45)	4ο (45-60)	1ο (0-15)	2ο (15-30)	3ο (30-45)	4ο (45-60)	1ο (0-15)	2ο (15-30)	3ο (30-45)	4ο (45-60)
Δεκαετησίελλα προσομοίωσης												
ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ												
Λ. Αεζάνδρας από Χαριλάου Τρικούπη έως Παρόριου	12.1%	51.0%	54.7%	40.5%	7.2%	1.6%	-1.1%	-4.2%	-67.3%	-58.3%	-17.5%	-12.1%
Λ. Αεζάνδρας (λίγο μετά την Παρόριου) - Ζογράφου - Βασ Σοφίας	2.9%	48.4%	-2.8%	-14.1%	-2.1%	11.7%	-1.0%	-6.6%	11.3%	99.3%	130.4%	180.7%
Λ. Αεζάνδρας (λίγο μετά την Παρόριου) - Κηφισίας (έως Παρόριου)	52.5%	243.5%	17.9%	-12.9%	34.0%	129.4%	2.3%	8.6%	25.8%	174.5%	-12.3%	6.4%
Αιόδος Μιχαλακοπούλου (λίγο πριν τη Φειδιππίδου), αιόδος Λ. Μεσογείων έως τη ράμπα εξέδου στον ΑΚ με την Κατεράκη	-0.7%	1.3%	-1.4%	-0.3%	-0.1%	1.8%	1.6%	1.0%	1.0%	5.4%	239.6%	652.9%
ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΟΧΗΜΑ												
Λ. Αεζάνδρας από Χαριλάου Τρικούπη έως Παρόριου	19.7%	35.0%	28.9%	-0.6%	14.0%	3.0%	-2.9%	-9.4%	-84.5%	-2.0%	94.0%	4.8%
Λ. Αεζάνδρας (λίγο μετά την Παρόριου) - Ζογράφου - Βασ Σοφίας	11.1%	13.0%	-6.5%	-15.1%	8.4%	2.2%	-2.0%	-6.1%	-68.7%	59.4%	356.4%	6.4%
Λ. Αεζάνδρας (λίγο μετά την Παρόριου) - Κηφισίας (έως Παρόριου)	129.8%	383.0%	21.9%	-16.9%	101.9%	245.4%	7.9%	12.9%	-24.4%	113.9%	-8.1%	854.1%
Αιόδος Μιχαλακοπούλου (λίγο πριν τη Φειδιππίδου), αιόδος Λ. Μεσογείων έως τη ράμπα εξέδου στον ΑΚ με την Κατεράκη	0.2%	0.1%	-1.3%	-2.3%	1.6%	-0.2%	2.7%	1.1%	-21.8%	125.7%	7.6%	2613.7%
ΜΕΣΟ ΜΗΚΟΣ ΟΥΡΑΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ												
Λ. Αεζάνδρας μεταξύ Ασκληπιού και Λουκάρεως (αιόδος)	21.4%	22.2%	28.7%	13.2%	19.1%	4.7%	0.3%	0.3%	-89.0%	-83.6%	-24.9%	-4.9%
Λ. Αεζάνδρας μεταξύ Λουκάρεως και Δημητσάνας (αιόδος)	27.6%	7.3%	0.3%	-0.9%	12.7%	1.5%	-2.3%	-0.2%	-98.3%	-67.4%	-9.8%	-2.8%
Λ. Αεζάνδρας μεταξύ Δημητσάνας και Παρόριου (αιόδος)	5.3%	3.9%	0.8%	-0.2%	2.8%	0.1%	-1.6%	0.9%	-69.4%	-29.5%	-1.6%	0.6%
Λ. Αεζάνδρας μεταξύ Παρόριου και Λ. Κηφισίας (αιόδος)	4.7%	1.2%	4.0%	-5.0%	7.5%	-1.0%	-5.6%	0.9%	-69.7%	-57.0%	-42.6%	-5.8%
Οδός Ζογράφου	-22.1%	-35.4%	5.2%	-60.2%	73.0%	523.0%	19.1%	34.4%	636.9%	2878.8%	3380.0%	926.1%
Λ. Κηφισίας μεταξύ Λ. Αεζάνδρας και Κορινθίας (αιόδος)	302.9%	6694.6%	44.7%	-13.9%	8.8%	3770.3%	44.7%	-5.6%	661.8%	5164.9%	55.3%	5.6%
Λ. Κηφισίας μεταξύ Κορινθίας και Ευρυτανίας (αιόδος)	835.7%	13939.1%	186.7%	7.7%	267.9%	8530.4%	226.7%	76.9%	1435.7%	11221.7%	106.7%	-7.7%
Λ. Κηφισίας μεταξύ Ευρυτανίας και Λαο. Τρικάλων (αιόδος)	1933.3%	4382.4%	553.2%	-26.5%	1822.2%	4272.5%	485.1%	-6.1%	2019.4%	4258.8%	176.6%	-42.9%
Λ. Κηφισίας μεταξύ Λαο. Τρικάλων και Παρόριου (αιόδος)	2134.1%	1567.0%	83.2%	2.2%	2262.6%	1589.8%	65.3%	-3.3%	2149.5%	1576.1%	-5.0%	-24.4%
Λ. Μεσογείων από Λ. Βασ Σοφίας έως Φειδιππίδου	118.5%	-6.9%	10.2%	79.7%	150.1%	71.4%	96.1%	142.1%	501.5%	321.3%	419.6%	345.5%
Αιόδος Λ. Μεσογείων, πριν τον κόμβο με Σηρίαν	-5.9%	-3.7%	-5.4%	-13.2%	5.9%	0.0%	-10.7%	-3.8%	19.6%	9.3%	3717.9%	8500.0%
Αιόδος Λ. Μεσογείων, πριν τον κόμβο με Ρούσου	0.0%	2.7%	-13.9%	-11.1%	-4.0%	-0.9%	-0.8%	3.4%	-2.4%	16.4%	1091.8%	1517.9%
Λ. Μεσογείων, ράμπα εξέδου προς Κατεράκη	-12.2%	3.7%	-41.7%	-33.3%	-6.1%	-16.7%	-16.7%	10.4%	8.2%	411.1%	5654.2%	9089.6%