



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Συγκοινωνιακός Τομέας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ



ΛΑΜΠΡΙΝΗ ΠΑΠΑΦΩΤΗ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ε. ΝΑΘΑΝΑΗΛ

ΒΟΛΟΣ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2014

Ναθαναήλ Ευτυχία, Επίκουρος Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ηλίου Νικόλαος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Κούγκολος Αθανάσιος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Ευτυχία Ναθαναήλ, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας καθώς και για την καθοδήγηση και τις υποδείξεις που μου παρείχε σε κάθε φάση της.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πρόεδρο του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου κ. Τρύφωνα Πλαστάρα, για τη συνεργασία και την παροχή χρήσιμων στοιχείων.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την ηθική στήριξη που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη βελτίωση της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης των γραμμών του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου και τη διερεύνηση της λειτουργίας τους με περιβαλλοντικά φιλικά λεωφορεία. Από τις μετρήσεις πληρότητας καθώς και από την έρευνα ερωτηματολογίου που διενεργήθηκε στο επιβατικό κοινό, αναδείχθηκε η ανάγκη για ανασχεδιασμό γραμμών που θα εξυπηρετούν περιοχές του βορειοδυτικού Βόλου και η επιθυμία για αντικατάσταση του στόλου των οχημάτων με νέα οχήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας. Για το λόγο αυτό προτείνονται νέα σενάρια γραμμών και γίνεται η διερεύνηση της οικονομικής βιωσιμότητάς τους, καθώς και έλεγχος ευαισθησίας έναντι μεταβολών στην τιμή του καυσίμου και στην επιβατική κίνηση. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι ρύποι από τη λειτουργία των νέων γραμμών με τον υφιστάμενο στόλο, καθώς και με στόλους λεωφορείων διαφορετικών τεχνολογιών και καυσίμων με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος COPERTE4, και αποδεικνύεται ότι η χρήση υβριδικών λεωφορείων θα επιφέρει τα πιο θετικά αποτελέσματα ως προς την περιβαλλοντική απόδοση. Τέλος, πραγματοποιείται ανάλυση κόστους οφέλους για την αγορά και τη χρήση νέων υβριδικών οχημάτων για την εκτέλεση των δρομολογίων των ανασχεδιασμένων γραμμών.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ	1
ΚΑΛΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΠΟΛΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	3
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	4
1. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΒΟΛΟΥ.....	5
1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	5
1.2. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ –ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	6
1.3. ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	10
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ ...	13
2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ	13
2.2. ΕΙΣΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΑ ΔΕΛΤΙΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	14
2.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	16
3. Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ ΚΟΙΝΟ	18
3.1. ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	18
3.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ ΚΟΙΝΟ	20
3.3. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9 ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ	24
3.3.1. ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ.....	26
3.3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΤΑΡΤΗΜΟΡΙΩΝ (QUADRANT ANALYSIS).....	29
3.3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ	31
3.3.4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΦΙΛΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	33
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9 (ΜΗΔΕΝΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ)	36
4.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9.....	36
4.2. ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	39
4.2.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 2.....	40
4.2.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 9.....	44
4.2.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	46
4.3. ΕΣΟΔΑ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ.....	48
4.3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΣΟΔΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	48
4.3.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΣΟΔΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9.....	50

4.4. ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ.....	50
4.4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΡΑΜΜΩΝ	50
4.4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9.....	53
4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΡΔΟΥΣ/ΖΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	56
5. ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9.....	57
5.1. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	57
5.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	58
5.2.1. ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΓΡΑΜΜΩΝ	59
5.2.2. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ.....	60
5.2.3. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ	60
5.2.4. ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΥΡΙΑ ΓΡΑΜΜΗ	61
5.2.5. ΎΠΑΡΞΗ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	61
5.2.6. ΑΠΟΦΥΓΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΓΡΑΜΜΕΣ.....	62
5.2.7. ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ.....	62
5.2.8. ΑΛΛΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	62
5.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9	63
5.3.1. ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ Α.....	63
5.3.2. ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ Β.....	68
5.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ.....	70
5.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΣΕΝΑΡΙΟΥ Α.....	71
5.5.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΣΟΔΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	71
5.5.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	75
5.5.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΡΔΟΥΣ/ΖΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ..	79
5.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΣΕΝΑΡΙΟΥ Β.....	79
5.6.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΣΟΔΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	79
5.6.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	80
5.6.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΡΔΟΥΣ/ΖΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ..	82
5.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	82
5.8. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	86
6. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ	90
6.1. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	90
6.1.1. ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	91
6.1.2. ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ.....	92

6.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ	93
7. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ ΜΕ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	100
7.1. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	100
7.1.1. ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΤΙΖΕΛ.....	101
7.1.2. ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (CNG).....	101
7.1.3. ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (LPG).....	103
7.1.4. ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	104
7.1.5. ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ.....	105
7.1.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΑ	107
7.1.7. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΝΤΙΖΕΛΟΚΙΝΗΤΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ.....	109
7.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΑ.....	113
7.2.1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΤΟΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Α.....	114
7.2.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΤΟΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Β	116
7.2.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΤΟΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Γ.....	117
7.2.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΤΟΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Δ.....	119
7.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΣΤΟΛΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	121
7.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΟΦΕΛΟΥΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΟΥ ΣΤΟΛΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ.....	124
7.4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ	124
7.4.2. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΕΣΟΔΑ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΣΤΟΛΟ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ	127
7.4.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΣΤΟΛΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ	128
7.4.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ.....	130
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	132
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	134
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	139
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	145

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Στη Λευκή Βίβλο «Η ευρωπαϊκή πολιτική μεταφορών με ορίζοντα το έτος 2010: η ώρα των επιλογών», η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναλύει το πρόβλημα της αύξησης της κυκλοφορίας και της συμφόρησης στις αστικές περιοχές και τις επιπτώσεις του προβλήματος αυτού στο περιβάλλον.

Λόγω του ότι οι μετακινήσεις στις περιοχές αυτές είναι μικρές και πραγματοποιούνται με ψυχρούς κινητήρες, η κατανάλωση καυσίμου αυξάνει υπερβολικά και οι εκπομπές μπορεί να τριπλασιάζονται ή να τετραπλασιάζονται τη στιγμή που η ταχύτητα μειώνεται αναλόγως. Το 40% του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τις οδικές μεταφορές προέρχεται αποκλειστικά από τις αστικές μεταφορές. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο αέριο του φαινομένου του θερμοκηπίου που είναι υπεύθυνο για την αλλαγή του κλίματος. Πέραν αυτού πρέπει να προστεθούν και άλλοι ρύποι που είναι επικίνδυνοι για την υγεία των κατοίκων των πόλεων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001).

Σε αυτό το πλαίσιο στη Λευκή Βίβλο του 2001 τονίζεται ότι πρέπει να γίνει έλεγχος της κυκλοφορίας και κυρίως του ιδιωτικού αυτοκινήτου στα αστικά κέντρα. Η εναλλακτική λύση που προτείνεται είναι η προώθηση καθαρών οχημάτων και η ανάπτυξη δημοσίων μεταφορών ποιότητας.

Στην Πράσινη Βίβλο «Διαμόρφωση νέας παιδείας αστικής κινητικότητας» αναφέρεται ότι οι πολίτες προσδοκούν από τις αστικές συγκοινωνίες να καλύπτουν τις ανάγκες τους ως προς την ποιότητα, την αποτελεσματικότητα και τη διάθεσή τους. Για να είναι ελκυστικές οι αστικές συγκοινωνίες πρέπει να είναι όχι μόνον προσβάσιμες αλλά και συχνές, γρήγορες, αξιόπιστες και άνετες. Η πείρα δείχνει ότι εμπόδιο στη στροφή από το ιδιωτικό αυτοκίνητο στις συγκοινωνίες είναι συχνά η

χαμηλή ποιότητα εξυπηρέτησης, οι αργοί ρυθμοί και η αναξιοπιστία των αστικών συγκοινωνιών.

Επιπλέον, επισημαίνεται ότι πρέπει να γίνει προώθηση της καθιέρωσης στην αγορά καθαρών και ενεργειακά αποδοτικών οχημάτων μέσω των πράσινων δημόσιων προμηθειών (π.χ αστικά λεωφορεία). Αναφέρεται ότι πιθανή προσέγγιση θα μπορούσε να βασισθεί στην ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους με τη χρήση, ως κριτηρίων ανάθεσης της σύμβασης πέραν της τιμής των οχημάτων, του κόστους της ενεργειακής κατανάλωσης, των εκπομπών CO₂ και των ρυπογόνων εκπομπών που συνδέονται με τη λειτουργία των οχημάτων που θα αποτελέσουν αντικείμενο των συμβάσεων. Επιπλέον, η σύμβαση δημόσιας προμήθειας θα μπορούσε να δίνει προτεραιότητα στα νέα ευρωπαϊκά πρότυπα.

Κρίνεται απαραίτητο να προωθηθεί η ανταλλαγή των βέλτιστων πρακτικών στο πεδίο των καθαρών αστικών συγκοινωνιών πέραν συνόρων στην Ευρώπη και να κεφαλαιοποιηθούν οι γνώσεις και η πείρα που έχουν αποκτηθεί με κοινοτικές πρωτοβουλίες όπως είναι η πρωτοβουλία CIVITAS. Η πρωτοβουλία CIVITAS είναι ένα πρόγραμμα έρευνας για καθαρές αστικές συγκοινωνίες, το οποίο βοηθά πόλεις να θέτουν σε δοκιμή και επίδειξη ολοκληρωμένα πακέτα πολιτικών και τεχνολογικών μέτρων, τα οποία αποβλέπουν να επιτευχθεί ένα σύστημα αστικών συγκοινωνιών πιο βιώσιμο, καθαρό και ενεργειακά αποδοτικό.

Στη Λευκή Βίβλο «Χάρτης πορείας για έναν Ενιαίο Ευρωπαϊκό Χώρο Μεταφορών – Για ένα ανταγωνιστικό και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα μεταφορών» αναφέρεται ότι μέχρι το 2020 πρέπει να έχει επιτευχθεί μείωση των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων κατά περίπου 20% κάτω από τα επίπεδα του 2008. Υπό αυτό το πρίσμα, πρέπει να ενθαρρυνθεί η χρήση μικρότερων, ελαφρύτερων και πιο εξειδικευμένων οχημάτων οδικής μεταφοράς επιβατών. Οι μεγάλοι στόλοι αστικών λεωφορείων, είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για την καθιέρωση εναλλακτικών συστημάτων πρόωσης και καυσίμων. Η σταδιακή εξάλειψη των οχημάτων «που κινούνται με συμβατικά καύσιμα» από το αστικό περιβάλλον αποτελεί μείζονα συμβολή στην αισθητή μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο.

ΚΑΛΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΠΟΛΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Τα τελευταία χρόνια σε πολλές πόλεις της Ευρώπης δοκιμάζονται στόλοι λεωφορείων που βασίζονται σε εναλλακτικά καύσιμα ή συστήματα πρόωσης. Στη συνέχεια αναφέρονται κάποια παραδείγματα πόλεων όπου γίνεται χρήση περιβαλλοντικά φιλικών λεωφορείων.

Στη Ρώμη χρησιμοποιούνται από το 1992, 42 ηλεκτρικά λεωφορεία. Μέσω της πρωτοβουλίας CIVITAS MIRACLES, αποφασίστηκε η αγορά επιπλέον 10 ηλεκτρικών mini λεωφορείων, χωρητικότητας 27 ατόμων. Τα νέα οχήματα είναι πλήρως αθόρυβα και παράγουν μηδενικούς ρύπους. Τα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών mini λεωφορείων είναι οι αυξημένες δαπάνες σε σχέση με τα συμβατικά λεωφορεία και το χαμηλό εύρος που περιορίζεται στα 45 χιλιόμετρα, ή αντίστοιχα στις 6 ώρες λειτουργίας. Μετά από αυτή την περίοδο είναι αναγκαίο να γίνει αντικατάσταση της μπαταρίας με μία πλήρως φορτισμένη. Παρόλα τα μειονεκτήματα, ο φορέας διαχείρισης των αστικών λεωφορείων σχεδιάζει την αγορά 36 επιπλέον ηλεκτρικών λεωφορείων τα οποία, ωστόσο, θα έχουν νέο τύπο μπαταρίας και διπλάσιο εύρος.

Στο Γκρας της Αυστρίας δοκιμάστηκε η χρήση 100% μίγματος βιοντίζελ σε λεωφορεία με τροποποιημένους κινητήρες καθώς και σε νέα λεωφορεία. Η λειτουργία των λεωφορείων με βιοντίζελ συνέβαλλε σε μείωση των ρύπων καθώς και σε απαλλαγή από τις υψηλές τιμές του πετρελαίου.

Το 2002 στη Βαρκελώνη αγοράστηκαν 70 λεωφορεία που κινούνται με συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) . Με τη λειτουργία του νέου στόλου λεωφορείων εκτιμήθηκε ότι θα υπάρξει μείωση στα επίπεδα του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), των υδρογονανθράκων (HC), των οξειδίων του αζώτου (NO_x) και των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) από 82-98% σε σχέση με ντιζελοκίνητα λεωφορεία προτύπων Euro I (<http://www.civitas.eu>).

Μέχρι το 2016 αναμένεται ότι το 20% των λεωφορείων που θα κυκλοφορούν στο Λονδίνο, δηλαδή τουλάχιστον 1.700 λεωφορεία, θα είναι υβριδικά. Τα υβριδικά λεωφορεία, που χρησιμοποιούνται ήδη για τη λειτουργία πολλών γραμμών,

παράγουν 30% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα, μειωμένους ρύπους που ευθύνονται για την αέρια ρύπανση, καταναλώνουν 30% λιγότερο ντίζελ και μειώνουν τα αντιληπτά επίπεδα ήχου κατά 3 dB(A). Επίσης, κάποιες γραμμές λειτουργούν με λεωφορεία με κυψέλες καυσίμου που εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους και επιπλέον προγραμματίζεται η αγορά πλήρως ηλεκτρικών οχημάτων (<http://www.tfl.gov.uk>).

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες το σύστημα των αστικών συγκοινωνιών πρέπει να καλύπτει πλήρως τις ανάγκες του επιβατικού κοινού, να είναι περιβαλλοντικά φιλικό και ενεργειακά αποδοτικό καθώς και βιώσιμο για το φορέα που το διαχειρίζεται.

Όπως έγινε εμφανές και από την έρευνα ερωτηματολογίου που διενεργήθηκε στους επιβάτες των γραμμών που εξυπηρετούν το βορειοδυτικό τομέα της πόλης, ένα μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων επιθυμεί τον ανασχεδιασμό των γραμμών για την καλύτερη εξυπηρέτηση του με τα αστικά λεωφορεία. Έτσι, αρχικά σκοπός της εργασίας είναι η αναδιάρθρωση των γραμμών του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου έτσι ώστε να καλύψει καλύτερα τις ανάγκες των κατοίκων της περιοχής για αστικές μεταφορές και να αυξηθεί το μερίδιο των αστικών λεωφορείων ως προς το συνολικό μεταφορικό έργο που επιτελείται στο Δήμο Βόλου. Παράλληλα με τη βελτίωση της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης των κατοίκων του Βόλου, στόχος της αναδιάρθρωσης είναι και η οικονομική βιωσιμότητα του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου.

Επιπλέον, πρέπει να γίνει διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία των νέων γραμμών και να εξεταστούν εναλλακτικοί στόλοι οχημάτων, έτσι ώστε να επιτευχθεί μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Ωστόσο, επειδή στην περίπτωση λειτουργίας των γραμμών με εναλλακτικά οχήματα υπεισέρχεται και το κόστος της αγοράς τους, το οποίο είναι ιδιαίτερα αυξημένο σε σχέση με αυτό των συμβατικών, πρέπει να γίνει ανάλυση κόστους οφέλους για να ελεγχθεί αν η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα για το φορέα διαχείρισης.

1. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΒΟΛΟΥ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο Δήμος Βόλου όπως διαμορφώθηκε μετά την εφαρμογή του Ν.3852/2010 «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης» αποτελεί τον έβδομο μεγαλύτερο Δήμο της χώρας με βάση το νόμιμο πληθυσμό όπως προέκυψε από την απογραφή του 2011. Η συνολική του έκταση ανέρχεται στα 385.614 τ.χλ. , βρίσκεται στο Νομό Μαγνησίας και στο νοτιοανατολικό τμήμα της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Συνορεύει βόρεια και δυτικά με το Δήμο Ρήγα Φεραίου, νοτιοδυτικά με το Δήμο Αλμυρού, βορειοανατολικά με το Δήμο Ανατολικού Πηλίου, νοτιοδυτικά με το Δήμο Νοτίου Πηλίου, ενώ νότια βρέχεται από τον Παγασητικό κόλπο.

Η θέση του Δήμου χαρακτηρίζεται ως κεντροβαρική ως προς τον ελληνικό χώρο, αφού βρίσκεται στον κύριο αναπτυξιακό άξονα της χώρας, σε περίπου ίση απόσταση από την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη, χωρίς όμως να έχει σχέση εξάρτησης με αυτές. Συγκριτικά χωροταξικά χαρακτηριστικά της περιοχής συνιστούν το λιμάνι του Βόλου, η γειτνίαση με τον κύριο οδικό άξονα της χώρας (ΠΑΘΕ) , με τον οποίο συνδέεται σε δύο σημεία : στις Μικροθήβες και στο Βελεστίνο, η ύπαρξη του διεθνής αερολιμένα Ν. Αγχιάλου καθώς και η επαφή με το βουνό του Πηλίου, ένα μοναδικό φυσικό και ιστορικό μνημείο (Δήμος Βόλου, 2012).

Η σημερινή μορφή του Δήμου Βόλου προέκυψε από τη συνένωση των προϋπαρχόντων Δήμων Βόλου, Ν. Ιωνίας, Ν. Αγχιάλου, Αγριάς, Αρτέμιδας, Πορταριάς, Αισωνίας, Ιωλκού και την πρώην Κοινότητα Μακρινίτσας σε εφαρμογή του προγράμματος «Καλλικράτης». Το αστικό ΚΤΕΛ Βόλου εξυπηρετεί με τα καθημερινά δρομολόγια όλες αυτές τις Δημοτικές Ενότητες πλην της Κοινότητας Μακρινίτσας. Η πρόσβαση στην πόλη του Βόλου επιτυγχάνεται με τους εξής τρόπους:

- Οδικώς, μέσω της ΠΑΘΕ η οποία διέρχεται σε απόσταση 15 χλμ. από το κέντρο του Βόλου.
- Σιδηροδρομικώς, με γραμμή από τη Λάρισα που οδεύει προς τον κεντρικό σιδηροδρομικό σταθμό του Βόλου που βρίσκεται στο δυτικό κομμάτι της πόλης σε μικρή απόσταση από το λιμάνι, τον κεντρικό σταθμό των υπεραστικών λεωφορείων και την αφετηρία των αστικών.
- Αεροπορικώς , μέσω του στρατιωτικού αλλά και πολιτικού αερολιμένα Ν. Αγχιάλου, το οποίο αποτελεί και το μοναδικό αεροδρόμιο της ευρύτερης περιοχής και αντιπροσωπεύει τη μοναδική δυνατότητα διασύνδεσης του Νομού αλλά και της Περιφέρειας με τον ευρωπαϊκό χώρο.
- Δια θαλάσσης, με το λιμάνι του Βόλου που εξυπηρετεί τόσο τουριστικούς όσο και εμπορικούς σκοπούς.

1.2. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ –ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πριν από κάθε προσπάθεια ανάλυσης της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία μίας εικόνας για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής αυτής. Από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) προκύπτουν χρήσιμα στοιχεία όπως η πληθυσμιακή υποδομή, η κίνηση του πληθυσμού (αύξηση ή μείωση), ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός, το εκπαιδευτικό επίπεδο κ. ά.

- *Πληθυσμιακή υποδομή*

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι κάποια από τα παρακάτω στοιχεία αναφέρονται σε μόνιμο πληθυσμό και άλλα σε νόμιμο και πραγματικό. Επομένως, υπάρχουν κάποιες μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δεδομένων που ακολουθούν. Επιπλέον, από την απογραφή του 2011 τα μόνα δεδομένα που έχουν προκύψει από την επεξεργασία προς το παρόν αφορούν μόνο στην πληθυσμιακή υποδομή.

Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου Βόλου ανέρχεται στους 144.449 κατοίκους ενώ ο νόμιμος στους 124.656. Με τον όρο μόνιμος πληθυσμός αναφερόμαστε στον αριθμό των ατόμων που έχουν τη συνήθη διαμονή τους στο Δήμο Βόλου ενώ με τον όρο νόμιμος πληθυσμός αναφερόμαστε στον αριθμό των δημοτών που είναι άτομα με Ελληνική υπηκοότητα. Στον πίνακα 1.1 που ακολουθεί φαίνεται ο πληθυσμός κάθε Δημοτικής Ενότητας.

Πίνακας 1.1: Νόμιμος και μόνιμος πληθυσμός ανά Δημοτική Ενότητα Δήμου Βόλου, απογραφή 2011.

ΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΝΟΜΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
ΑΓΡΙΑΣ	5.686	5.632
ΑΙΣΩΝΙΑΣ	3.525	3.249
ΑΡΤΕΜΙΔΑΣ	3.540	4.145
ΒΟΛΟΥ	73.719	86.046
ΙΩΛΚΟΥ	2.046	2.138
ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΗΣ	814	694
ΝΕΑΣ ΑΓΧΙΑΛΟΥ	5.946	6.819
ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	26.951	33.815
ΠΟΡΤΑΡΙΑΣ	2.429	1.911
ΣΥΝΟΛΟ	124.656	144.449

Πηγή: <http://www.statistics.gr>

Μεταξύ των Δημοτικών Ενοτήτων παρατηρούνται έντονες πληθυσμιακές διαφορές. Με βάση τα στοιχεία του μόνιμου πληθυσμού από τις απογραφές του 2001 και του 2011, όπως φαίνονται στον Πίνακα 1.2, καθώς και από τον ρυθμό μεταβολής μέσα σε αυτή τη δεκαετία προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Οι Δ.Ε Βόλου και Ν. Ιωνίας αποτελούν τον πυρήνα του Δήμου Βόλου με μικρό σχετικά ρυθμό αύξησης πληθυσμού για την τελευταία δεκαετία.
- Οι Δ.Ε Αγριάς, Αρτέμιδας, Πορταριάς και Ν. Αγχιάλου παρουσιάζουν τον πιο έντονο ρυθμό μείωσης πληθυσμού.
- Οι Δ.Ε Αισωνίας, Ιωλκού και η Κοινότητα Μακρινίτσας παρόλο που είναι μικρές Δ.Ε παρουσιάζουν ιδιαίτερα δυναμική εξέλιξη.

Πίνακας 1.2: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δημοτικών ενοτήτων Βόλου (2001 – 2011).

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΜΟΝ.ΠΛΗΘ		Ποσοστιαία μεταβολή (%)
	2001	2011	
ΒΟΛΟΥ	85.001	86.046	1,23
Ν. ΙΩΝΙΑΣ	32.979	33.815	2,53
ΑΓΡΙΑΣ	5.835	5.632	-3,48
ΑΙΣΩΝΙΑΣ	3.059	3.249	6,21
ΑΡΤΕΜΙΔΑΣ	4.397	4.145	-5,73
ΙΩΛΚΟΥ	2.081	2.138	2,74
Ν. ΑΓΧΙΑΛΟΥ	6.877	6.819	-0,84
ΠΟΡΤΑΡΙΑΣ	2.033	1.911	-6,00
Κ. ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑΣ	661	694	4,99
ΣΥΝΟΛΟ	142.923	144.449	1,07
Διαφορά 2011/2001		1.526	

Πηγή: <http://www.statistics.gr>

- *Διάρθρωση πληθυσμού κατά ηλικία*

Εξετάζοντας τη διάρθρωση του πληθυσμού κατά ηλικία ανά Δημοτική Ενότητα (Πίνακας 1.3) , παρατηρείται μεγάλος δείκτης γήρανσης όπως ισχύει και για όλη τη χώρα. Ο δείκτης γήρανσης εκφράζει το κατά πόσο γερασμένος είναι ο πληθυσμός και κατά πόσο μία περιοχή παρουσιάζει πρόβλημα ανανέωσης του πληθυσμού της. Υπολογίζεται διαιρώντας τον πληθυσμό άνω των 65 ετών με τον πληθυσμό από 0 έως 5 ετών.

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1.4 εσωτερικά του Δήμου παρατηρούνται έντονες διαφοροποιήσεις, με τις Δ.Ε Ιωλκού και Μακρινίτσας να βρίσκονται στη χειρότερη θέση από άποψη γηρασμένου πληθυσμού ενώ αντίθετα στην καλύτερη θέση βρίσκονται οι Δ.Ε Ν. Ιωνίας και Αισωνίας. Οι τιμές των δεικτών αυτών οφείλονται στο ότι η περιοχή της Μακρινίτσας προτιμάται ως τόπος κατοικίας πιο μεγάλων ανθρώπων, που την επιλέγουν λόγω της φυσικής της ομορφιάς, ενώ

αντίθετα οι Δ.Ε Ν. Ιωνίας και Αισωνίας έχουν νεαρότερο πληθυσμό με χαμηλότερο οικονομικό επίπεδο (π. χ περισσότεροι οικονομικοί μετανάστες στη Ν. Ιωνία με περισσότερα παιδιά ανά οικογένεια).

Πίνακας 1.3: Ηλικιακή κατανομή πραγματικού πληθυσμού (2001).

ΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	0-5	6-14	15-24	25-39	40-54	55-64	65-79	>80
ΑΓΡΙΑΣ	6.112	277	691	925	1.269	1.279	684	857	130
ΑΙΣΩΝΙΑΣ	3.031	162	371	462	631	627	333	369	76
ΑΡΤΕΜΙΔΑΣ	4.583	190	453	596	933	894	609	757	151
ΒΟΛΟΥ	82.439	3.893	8.915	11.611	18.153	17.506	8.947	10.842	2.572
ΙΩΛΚΟΥ	2.071	72	207	303	341	480	238	339	91
ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΗΣ	898	23	76	130	226	179	115	130	19
Ν. ΑΓΧΙΑΛΟΥ	7.411	341	734	1.122	1.635	1.425	975	1.012	167
ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	31.929	1.824	3.845	5.266	6.906	6.332	3.273	3.796	687
ΠΟΡΤΑΡΙΑΣ	3.201	117	325	663	619	609	373	432	63

Πηγή: <http://www.statistics.gr>

Πίνακας 1.4: Δείκτης γήρανσης ανά Δημοτική Ενότητα (2001).

ΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΗΡΑΝΣΗΣ
ΑΓΡΙΑΣ	3,56
ΑΙΣΩΝΙΑΣ	2,75
ΑΡΤΕΜΙΔΑΣ	4,78
ΒΟΛΟΥ	3,45
ΙΩΛΚΟΥ	5,97
ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΗΣ	6,48
ΝΕΑΣ ΑΓΧΙΑΛΟΥ	3,46
ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	2,46
ΠΟΡΤΑΡΙΑΣ	4,23

Πηγή: <http://www.statistics.gr>

1.3. ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην παρούσα ενότητα γίνεται μία περιγραφή των χρήσεων γης για την περιοχή μελέτης. Η παράθεση των στοιχείων αυτών έχει ιδιαίτερη σημασία για την ανάλυση της υφιστάμενης εξυπηρέτησης του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου καθώς οι χρήσεις γης επηρεάζουν τη δημιουργία και την κατανομή των μετακινήσεων καθώς και τη χρήση ή μη Ι.Χ και αστικών συγκοινωνιών. Για παράδειγμα, οι απλωμένες σε έκταση χρήσεις γης και η χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού δεν ευνοούν τη χρήση αστικών συγκοινωνιών.

Η πόλη του Βόλου έχει αναπτυχθεί ως μία μονοκεντρική πόλη, όπου οι περισσότερες και σημαντικότερες λειτουργίες συγκεντρώνονται στο ιστορικό κέντρο. Οι χρήσεις γης στο κέντρο παρουσιάζουν σχετική διάχυση με την κατοικία να συνυπάρχει με τις χρήσεις εμπορίου, υπηρεσιών και αναψυχής.

Η χαρακτηριστική μορφή καννάβου (Ιπποδάμειο σύστημα) που διατηρείται ακόμη και σήμερα, οφείλεται στην αρχική λειτουργία της πόλης σαν μια εμπορική πόλη-λιμάνι. Για τον λόγο αυτό, αναπτύχθηκαν σε οριζόντια διάταξη οι αποθήκες των τοπικών εμπορών, με πρόσωπο σε μεγάλους οριζόντιους δρόμους, παράλληλα της ακτογραμμής, ενώ οι κάθετοι δρόμοι που οδηγούσαν στη σκάλα του λιμανιού της εποχής, ήταν στενοί και με μοναδική χρήση την μεταφορά προϊόντων στην αποβάθρα. Ακόμη και σήμερα, οι οριζόντιοι δρόμοι, παράλληλα της ακτογραμμής, παραμένουν ως οι πιο σημαντικοί και με τις περισσότερες λειτουργίες, ενώ οι κάθετοι που οδηγούν στην παραλία της πόλης, παρόλο που οδηγούν στον πιο σημαντικό κοινόχρηστο χώρο, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη ένταση λειτουργιών και περιορίζονται σε δευτερεύουσες υποστηρικτικές χρήσεις του ιστορικού κέντρου (Δήμος Βόλου, 2008).

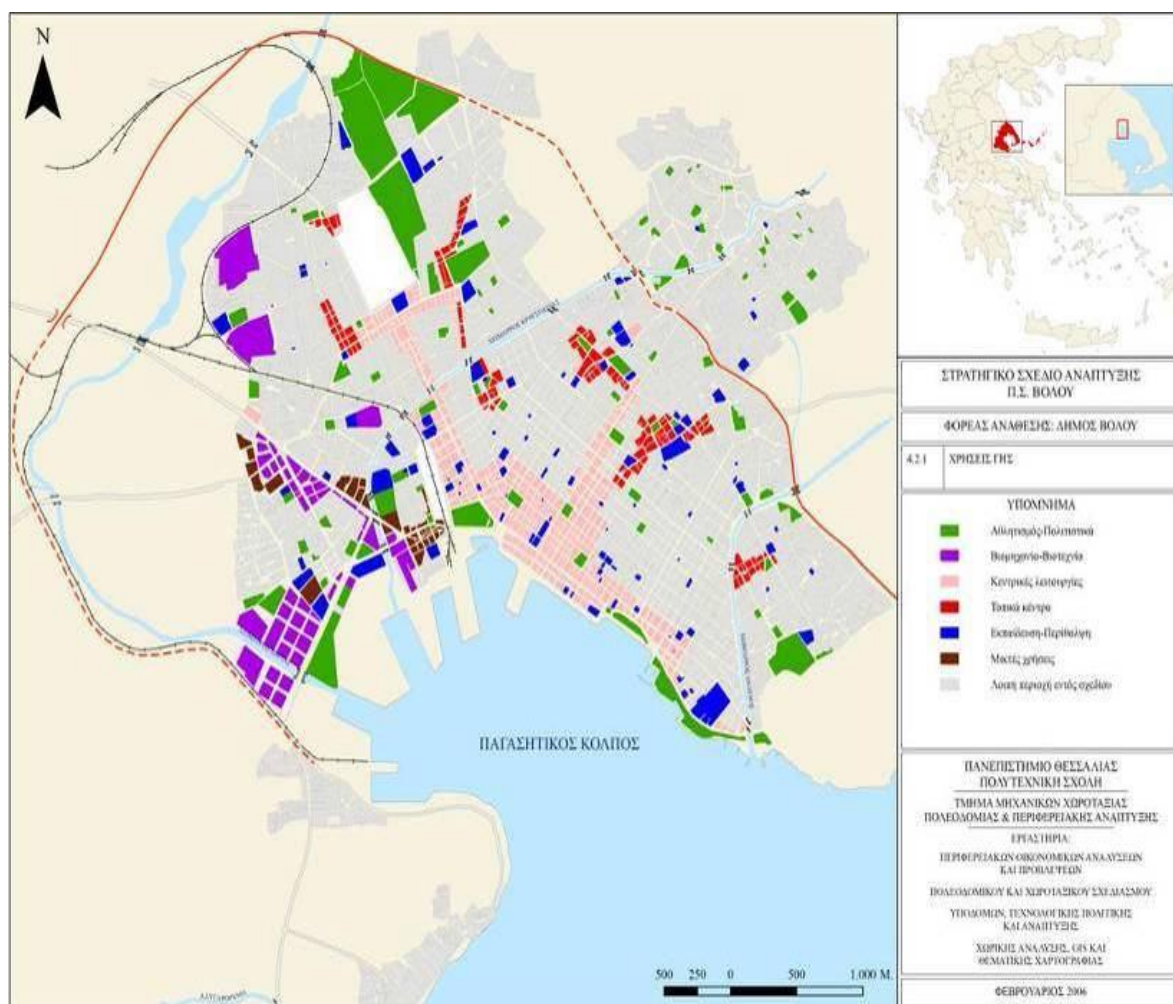
Το ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα Βόλου αναπτύχθηκε με μια σειρά επεκτάσεων της πόλης του Βόλου, με την δημιουργία του συνοικισμού της Νέας Ιωνίας από πρόσφυγες της Μικρασιατικής καταστροφής (1923), και από την ενσωμάτωση σ' αυτό γειτονικών οικισμών όπως η Αγριά, ο Άνω Βόλος κλπ. Διακριτές περιοχές μέσα στο πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου είναι το ιστορικό κέντρο

πολλαπλών χρήσεων, η Δ.Ε της Ν. Ιωνίας με κύρια χρήση την κατοικία και με περιορισμένες δημόσιες και κοινωφελείς χρήσεις που χωροθετούνται κατά κύριο λόγο κατά μήκος βασικών οδικών αξόνων (π.χ Λ. Ειρήνης) , το ενδιάμεσο τμήμα μεταξύ Βόλου και Ν. Ιωνίας που συγκεντρώνει κυρίως κατοικίες και διάσπαρτες δημόσιες χρήσεις, την παραλιακή ζώνη με κύριες χρήσεις αναψυχής και τουρισμού, το βόρειο τμήμα της πόλης του Βόλου με τις επεκτάσεις και την δημιουργία περιοχών κατοικίας υψηλών κοινωνικών στρωμάτων, τις περιφερειακές βιομηχανικές και βιοτεχνικές περιοχές προς τα δυτικά (Νεάπολη, Παλαιά και Άγιοι Ανάργυροι), και τέλος τους γύρω οικισμούς των Νέων Παγασών, Αγριάς, Πορταριάς κλπ. με έμφαση στον τουρισμό και στην αναψυχή. Γενικά, στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται τα εξής:

- Η βιομηχανική δραστηριότητα αναπτύσσεται κατά κύριο λόγο στα δυτικά του Δήμου, κοντά στην σιδηροδρομική γραμμή, στα δυτικά του χειμάρρου Ξηριά, αλλά κυρίως στις βιομηχανικές περιοχές της ΕΤΒΑ (Α' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου) με έκταση περίπου 2.750 στρεμμάτων, και στη Β' Βιομηχανική Περιοχή με επιφάνεια 1.700 στρεμμάτων. Επιπλέον, στην περιοχή της Αγριάς υπάρχει η τσιμεντοβιομηχανία της ΑΓΕΤ και άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Διάσπαρτες βιομηχανικές και βιοτεχνικές ομάδες υπάρχουν και στο δυτικό τμήμα της Δ.Ε Βόλου (δυτική Ν. Ιωνία, Νεάπολη).
- Ο Δήμος Βόλου απαρτίζεται από διάφορες Δημοτικές Ενότητες στις οποίες παρατηρούνται διάφορες χρήσεις γης. Το κοινό χαρακτηριστικό όλων αυτών των Δ.Ε είναι η εξάρτηση τους από το ιστορικό κέντρο του Δ. Βόλου όπου συγκεντρώνεται ο μεγαλύτερος αριθμός δημόσιων υπηρεσιών (π.χ το Δημαρχείο, η Δημόσια Οικονομική Υπηρεσία, το Ι.Κ.Α κ. ά).
- Αντίστοιχα, οι κύριες εμπορικές δραστηριότητες συναντώνται στο κέντρο του Δ. Βόλου και κατά κύριο λόγο σε ένα πεζόδρομο, την οδό Ερμού (σε ό,τι αφορά την ένδυση και την υπόδηση). Παράλληλα και κάθετα στην οδό αυτή αναπτύσσεται ένα πλέγμα υπηρεσιών όπως γραφεία, ιατρεία, χώροι αναψυχής, βιβλιοπωλεία, τράπεζες κ.ά.
- Η περιοχή κατά μήκος του παραλιακού άξονα, η περιοχή του Αγ. Νικολάου καθώς και των Παλαιών, αποτελούν πόλο αναψυχής. Οι Δ.Ε Πορταριάς,

Ιωλκού και Αγριάς παρέχουν υπηρεσίες τουρισμού και αναψυχής και προσελκύουν μεγάλο αριθμό επισκεπτών λόγω του ιδιαίτερου φυσικού αλλά και δομημένου περιβάλλοντος καθώς και της μικρής απόστασης από το κέντρο του Βόλου.

- Άλλες περιοχές ενδιαφέροντος που έλκουν μετακινήσεις είναι το Αχιλλοπούλειο νοσοκομείο στην οδό Πολυμέρη , αρχαιολογικοί χώροι και μνημεία στην περιοχή του Διμηνίου, στο λόφο Γορίτσας κ.ά , το λιμάνι, ο σιδηροδρομικός σταθμός καθώς και ο σταθμός υπεραστικών λεωφορείων επί της οδού Σέκερη.



Χάρτης 1.1: Χρήσεις γης στο Δήμο Βόλου [Πηγή: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας στο Δήμος Βόλου 2008].

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ

Η «ΑΣΤΙΚΟ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε» είναι μια επιχείρηση ιδιωτικού δικαίου η οποία συστάθηκε το 2003 με βάση το Ν.2963/2001. Στο δυναμικό του έχει 54 μισθωμένα οχήματα τα οποία ανήκουν σε φυσικά πρόσωπα. Η πλειοψηφία των οχημάτων είναι αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, με συστήματα κλιματισμού και υποβοήθησης ΑΜΕΑ.

2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ

Σήμερα λειτουργούν 12 γραμμές οι οποίες καλύπτουν χωρικά τόσο το Π.Σ του Βόλου όσο και την ευρύτερη περιαστική περιοχή. Μετά από Έρευνα Πληρότητας μέσα στα Λεωφορεία, που εκπονήθηκε από το ΔΕΚΑΜΜ το 2005 (πριν την λειτουργία της Γραμμής 15) για λογαριασμό της Αστικό ΚΤΕΛ Βόλου Α.Ε., διαπιστώθηκε μέσο ποσοστό πληρότητας για όλες τις Γραμμές 22,9%, με καλύτερη την Γραμμή 5 «Λεχώνια-Πλατανίδια» (40,0%) και χειρότερη την Γραμμή 6Α «Άγιος Στέφανος» (10,9%) (Δήμος Βόλου, 2008). Συγκεκριμένα, οι διαδρομές των γραμμών είναι:

- Γραμμή 1: Άναυρος – Ν. Ιωνία.
- Γραμμή 2: Κεντρική Αφετηρία – Αμπελόκηποι.
- Γραμμή 3 : Άναυρος – Ν. Ιωνία (ΜΕΤΚΑ).
- Γραμμή 4: Κεντρική αφετηρία – Αηδονοφωλιές.
- Γραμμή 5: Κεντρική αφετηρία – τέρμα Λεχώνια/Πλατανίδια.
- Γραμμή 6: Δημητριάδος και Σόλωνος – Αλυκές/Αγ. Στέφανος.
- Γραμμή 7: Κεντρική αφετηρία – Άλλη μεριά/Ανακασιά.
- Γραμμή 8: Δημητριάδος και Σόλωνος – Διμήνι.
- Γράμμη 9: Κεντρική αφετηρία – Χιλιαδού.
- Γραμμή 10: Κεντρική αφετηρία – Μελισσάτικα.
- Γραμμή 11: Κεντρική αφετηρία – Νέο κοιμητήριο.
- Γραμμή 15: Άναυρος – Γ. Δήμου- Παλαιά.

2.2. ΕΙΣΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΑ ΔΕΛΤΙΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

Το κόμιστρο των εισιτηρίων διαφοροποιείται ανάλογα με τη ζώνη στην οποία ανήκει το δρομολόγιο που πραγματοποιείται. Η αστική συγκοινωνία στο Βόλο χωρίζεται σε δύο ζώνες την Α και τη Β. Στη ζώνη Α περιλαμβάνονται οι διαδρομές εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου ενώ στη ζώνη Β οι διαδρομές εκτός του κέντρου της πόλεως. Για κάθε ζώνη υπάρχουν τρεις κατηγορίες εισιτηρίων: τα ολόκληρα, τα μειωμένα και τα φοιτητικά. Έτσι, συνολικά για τα αστικά λεωφορεία υπάρχουν έξι διαφορετικοί τύποι εισιτηρίου, διαφορετικής τιμής και διαφορετικού χρώματος. Εκτός από τα εισιτήρια που πωλούνται στα εκδοτήρια υπάρχουν και τα επιβαρυμένα εισιτήρια που πωλούνται από τους οδηγούς εντός των λεωφορείων.

Για κάθε ζώνη διατίθενται κάρτες απεριόριστων διαδρομών οι οποίες ισχύουν για ένα μήνα με δυνατότητα ανανέωσης τους. Η κάρτα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να χρησιμοποιεί απεριόριστα τα αστικά λεωφορεία πληρώνοντας το κόστος των πενήντα εισιτηρίων. Αντίστοιχα με τα εισιτήρια, η τιμή των καρτών διαφοροποιείται ανάλογα με τη ζώνη αλλά υπάρχουν μόνο δύο κατηγορίες: οι φοιτητικές κάρτες και οι ολόκληρες.

Η τιμή τόσο των εισιτηρίων όσο και των καρτών καθορίζεται με βάση Υπουργική Απόφαση. Τα μειωμένα και τα φοιτητικά εισιτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά από χρήστες των αστικών συγκοινωνιών που δικαιούνται τα αντίστοιχα ειδικά δελτία μετακίνησης.

Πίνακας 2.1: Ισχύον κόστος (€) για κάθε τύπο εισιτηρίου ανά λεωφορειακή γραμμή για τη ζώνη Α.

Γραμμή	Ολόκληρο (μπλε)		Μειωμένο (κόκκινο)		Φοιτητικό (μωβ)	
	Εκδοτήριο	Εντός λεωφ.	Εκδοτήριο	Εντός λεωφ.	Εκδοτήριο	Εντός λεωφ.
1	1,10	1,50	0,60	1,00	0,80	1,00
2						
3						
4 (εώς Ανακασιά)						
5(εώς ΕΟΒ)						
6(εώς Κάστρο)						
7						
8						
9						
10						
11						
15						

Πηγή: <http://www.astikovoulou.gr>

Πίνακας 2.2: Ισχύον κόστος (€) για κάθε τύπο εισιτηρίου ανά λεωφορειακή γραμμή για τη ζώνη Β.

Γραμμή	Ολόκληρο (πράσινο)		Μειωμένο (καφέ)		Φοιτητικό (κίτρινο)	
	Εκδοτήριο	Εντός λεωφ.	Εκδοτήριο	Εντός λεωφ.	Εκδοτήριο	Εντός λεωφ.
4(από Τούμπα)	1,50	2,00	0,75	1,00	1,10	1,50
5(από Τσιμέντα)						
6(από Κάστρο)						
7(στάσεις Τούμπα, Επισκοπή)						

Πηγή: <http://www.astikovoulou.gr>

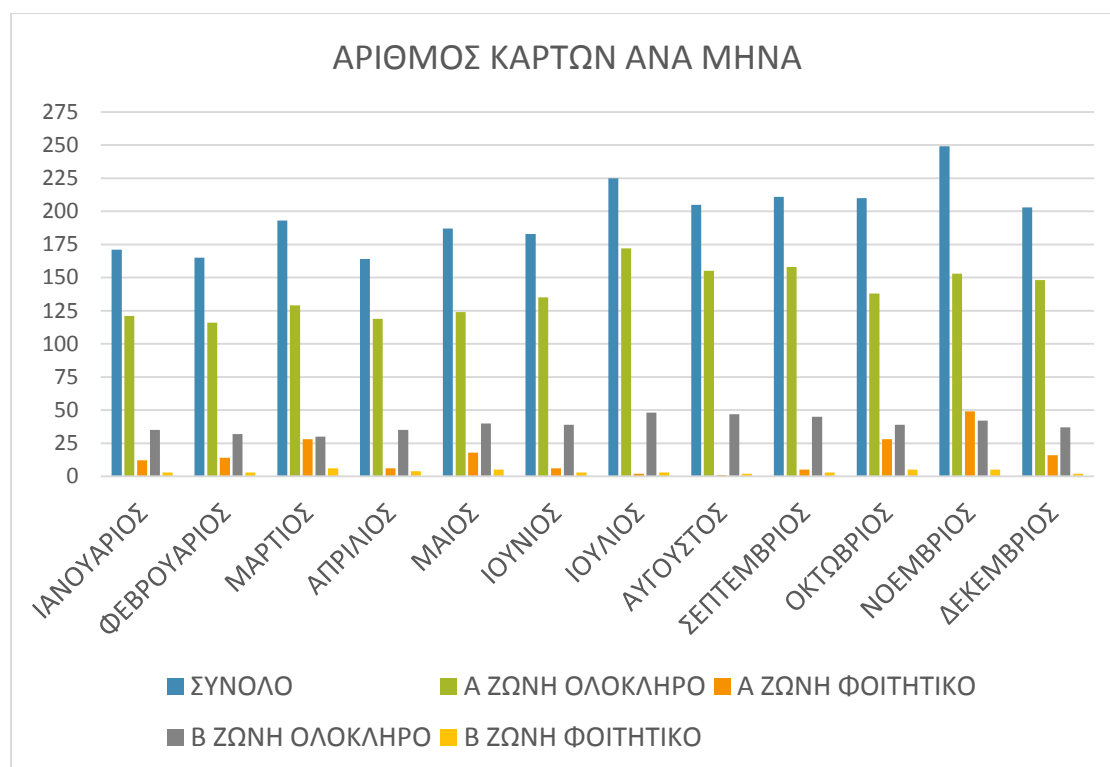
2.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Ο Πίνακας 2.3 που ακολουθεί απεικονίζει τις ποσότητες των εισιτηρίων που πωλήθηκαν εντός των λεωφορείων, από τα εκδοτήρια και τους αυτόματους πωλητές καθώς και τις ποσότητες των μηνιαίων καρτών. Επιπλέον, παρουσιάζεται το σύνολο των εισπράξεων του φορέα. Οι ποσότητες αυτές αναφέρονται στο σύνολο του έτους 2012.

Πίνακας 2.3: Πωλήσεις εισιτηρίων και μηνιαίων καρτών και εισπράξεις για το έτος 2012.

ΤΥΠΟΣ ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΥ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΥ (€)	ΕΙΣΠΡΑΞΗ (€)
A ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	78.912	1,50	118.368,0
A ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	2.933.201	1,10	3.226.521,1
A ΖΩΝΗ ΜΕΙΩΜΕΝΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	9.165	1,00	9.165,0
A ΖΩΝΗ ΜΕΙΩΜΕΝΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	332.510	0,60	199.506,0
A ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	22.662	1,00	22.662,0
A ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	312.476	0,80	249.980,8
B ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	26.969	2,00	53.938,0
B ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	438.441	1,50	657.661,5
B ΖΩΝΗ ΜΕΙΩΜΕΝΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	1.743	1,00	1.743,0
B ΖΩΝΗ ΜΕΙΩΜΕΝΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	75.903	0,18	13.283,0
B ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	1.742	1,50	2.613,0
B ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	31.005	1,10	34.105,5
ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΩΝ ΚΟΚΚΙΝΟ-ΚΑΦΕ-ΜΩΒ	48.634	1,00	48.634,0
ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΩΝ ΜΠΛΕ-ΚΙΤΡΙΝΟ	93.178	1,10	102.495,8
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΤΩΝ A ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ	1.668	55,00	91.740,0
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΤΩΝ A ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ	185	40,00	7.400,0
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΤΩΝ B ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ	469	75,00	35.175,0
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΤΩΝ B ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ	44	55,00	2.420,0
ΣΥΝΟΛΟ	4.408.907		4.877.411,7

Διάγραμμα 2.1: Αριθμός καρτών που πωλήθηκαν το έτος 2012 ανά μήνα.



Από την ανάλυση των πωλήσεων των καρτών ανά μήνα γίνεται εμφανής η αύξηση της χρήσης της ολόκληρης μηνιαίας κάρτας για την Α αλλά και τη Β ζώνη κατά τη θερινή περίοδο και η μείωση των αντίστοιχων φοιτητικών καρτών. Μεγαλύτερη χρήση της μηνιαίας κάρτας έγινε κατά το Νοέμβριο στο έτος 2012.

3. Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ ΚΟΙΝΟ

3.1. ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Ένας από τους πλέον βασικούς στόχους των διαχειριστών συστημάτων αστικών συγκοινωνιών είναι η κάλυψη των αναγκών του επιβατικού κοινού με υψηλό επίπεδο ασφάλειας και άνεσης. Ο στόχος αυτός εμπεριέχει την ικανοποίηση διαφόρων δεικτών ποιότητας όπως είναι η ασφάλεια, η διαθεσιμότητα πληροφοριών, η τήρηση του προγράμματος κ.ά. Με την αξιολόγηση της ποιότητας από το επιβατικό κοινό οι διαχειριστές έχουν στα χέρια τους ένα χρήσιμο εργαλείο που τους επιτρέπει να προσαρμόσουν το επίπεδο των υπηρεσιών που παρέχουν στις απαιτήσεις του επιβατικού κοινού και να πάρουν αποφάσεις σχετικές με μελλοντικές ενέργειες – βελτιώσεις (Tygrinopoulos and Aifadopoulou, 2008).

Η αξιολόγηση της ποιότητας αντανακλά τις αντιλήψεις του επιβατικού κοινού ως προς τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Το Transportation Research Board ορίζει την ποιότητα των υπηρεσιών ως τη συνολική μετρούμενη ή αντιληπτή απόδοση από την πλευρά του επιβατικού κοινού (Transportation Research Board, 1999). Η αξιολόγηση της απόδοσης που χρησιμοποιείται για να εκφράσει την αντίληψη αυτή των επιβατών διαφέρει από τη μέτρηση της οικονομικής απόδοσης του συστήματος συγκοινωνιών ή της απόδοσης των χρησιμοποιούμενων οχημάτων. Η ποιότητα των υπηρεσιών και κατά συνέπεια και η ικανοποίηση του επιβατικού κοινού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κύριες επιχειρηματικές αποφάσεις που λαμβάνονται σε ένα σύστημα μεταφορών εντός των οικονομικών περιορισμών, δηλαδή αποφάσεις για την περιοχή, τη συχνότητα, τη διάρκεια και το είδος των υπηρεσιών.

Η AFNOR, η Γαλλική οργάνωση τυποποίησης, διαχωρίζει την ποιότητα σε αντιληπτή, προσδοκώμενη, στοχευμένη και παρεχόμενη. Οι δύο πρώτες αναφέρονται στους επιβάτες και οι δύο τελευταίες στο διαχειριστή. Ανάμεσα στα

τέσσερα αυτά είδη ποιότητας υπάρχουν και τέσσερα κενά που όσο μειώνονται τόσο βελτιώνεται η ποιότητα του συστήματος συγκοινωνιών (<http://www.afnor.org>).

Αντίστοιχα, το Transportation Research Board αναγνωρίζει πέντε κενά – διαφορές: το κενό ανάμεσα στις προσδοκίες των επιβατών και την αντίληψη του διαχειριστή ως προς τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για να θεωρείται υψηλό το επίπεδο υπηρεσιών, το κενό ανάμεσα σε αυτήν την αντίληψη και στις προδιαγραφές για υψηλή ποιότητα λόγω οικονομικών περιορισμών ή απουσίας ουσιαστικής δέσμευσης ως προς την υψηλή ποιότητα, το κενό ανάμεσα στις προδιαγραφές και στην παρεχόμενη ποιότητα, το κενό ανάμεσα στην παρεχόμενη ποιότητα και σε αυτή που διαφημίζεται και τέλος το κενό ανάμεσα στην προσδοκώμενη ποιότητα και στην αντιληπτή από το επιβατικό κοινό (Transportation Research Board, 1999).

Η μέτρηση της ικανοποίησης των επιβατών επιτυγχάνεται μέσω της έρευνας ερωτηματολογίου. Η έρευνα αυτή βοηθά τους διαχειριστές να αναγνωρίζουν την ποιότητα των σημαντικότερων παραγόντων για τους πελάτες τους. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ιεραρχηθούν επιθυμητές μελλοντικές αλλαγές, να μετρηθεί ο βαθμός ικανοποίησης από παλαιότερες βελτιώσεις και τέλος να γίνει μία ανάλυση ως προς τις μεταβολές του επιπέδου ποιότητας με το χρόνο. Η έρευνα ερωτηματολογίου βοηθά να εκτιμηθεί όχι μόνο η ικανοποίηση ή η δυσαρέσκεια για κάθε παράγοντα άλλα και ο βαθμός στον οποίο ο κάθε παράγοντας επηρεάζει την ικανοποίηση (Transportation Research Board, 2003).

Οι βασικές παράμετροι της ποιότητας είναι οι ακόλουθες (CEN, 2002):

- Διαθεσιμότητα, με την έννοια της έκτασης των παρεχόμενων υπηρεσιών (γεωγραφική, χρονική κ.τ.λ.).
- Προσβασιμότητα, δηλαδή πρόσβαση στο σύστημα που περιλαμβάνει και την πρόσβαση από άλλα μέσα μεταφοράς.
- Πληροφόρηση για τη λειτουργία είτε σε κανονικές είτε σε έκτακτες συνθήκες.
- Χρόνος, δηλαδή παράμετροι που σχετίζονται με το χρόνο και το σχεδιασμό και την εκτέλεση των δρομολογίων.

- Εξυπηρέτηση των επιβατών, δηλαδή στοιχεία που εισάγονται για να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη δυνατή αντιστοίχιση του επιπέδου εξυπηρέτησης με τις απαιτήσεις των πελατών – επιβατών.
- Άνεση είτε εντός του οχήματος είτε εκτός.
- Ασφάλεια είτε με την έννοια της οδικής ασφάλειας είτε με την έννοια της εγκληματικότητας.
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία του μέσου.

3.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ ΚΟΙΝΟ

Οι συμμετέχοντες σε έρευνες συχνά καλούνται να βαθμολογήσουν ένα σύστημα συγκοινωνιών ως προς την ικανοποίηση ή τη σημαντικότητα σε κάποια κλίμακα. Για παράδειγμα, μπορεί να τους ζητηθεί να απαντήσουν πόσο ικανοποιημένοι είναι από διάφορες παραμέτρους του συστήματος σε μία κλίμακα από πολύ ικανοποιημένος/ικανοποιημένος/λίγο δυσαρεστημένος/δυσαρεστημένος είτε αντίστοιχα με μία κλίμακα από 1 μέχρι και 4. Οι κλίμακες αυτές ονομάζονται κλίμακες Likert (Likert, 1932). Το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των ερωτήσεων, από την άποψη της μοντελοποίησης είναι ότι οι απαντήσεις των ερωτηθέντων είναι ήδη σε κάποια κατάταξη. Δηλαδή, το πολύ ικανοποιημένος είναι υψηλότερο από το ικανοποιημένος το οποίο με τη σειρά του είναι υψηλότερο από το λίγο ικανοποιημένος κ.τ.λ.

Όπως ήδη αναφέρθηκε από τις περισσότερες έρευνες ερωτηματολογίου προκύπτει και η ικανοποίηση των επιβατών ως προς τους διάφορους δείκτες ποιότητας αλλά και η σημαντικότητα που αναγνωρίζουν σε αυτούς. Η σημαντικότητα της κάθε παραμέτρου προκύπτει με δύο τρόπους (Transportation Research Board, 1999):

- Με τη μορφή δηλωμένων προτιμήσεων: ζητώντας, δηλαδή, από τους ερωτώμενους να βαθμολογήσουν τη σημαντικότητα που αναγνωρίζουν σε κάποια παράμετρο με κάποια κλίμακα Likert, όπως ακριβώς γίνεται για την ικανοποίηση.

- Μελετώντας την ισχύ της σχέσης που προκύπτει μεταξύ των μεμονωμένων παραμέτρων και της συνολικής ικανοποίησης στατιστικά.

Οι Stradling et al. (1997) πρότειναν μία μεθοδολογία έξι βημάτων για την εύρεση των στοιχείων που είναι σημαντικά για τους χρήστες και χρήζουν παρεμβάσεων:

1. Αναγνωρίζονται οι βασικές παράμετροι της ποιότητας από συζητήσεις με τους επιβάτες ή με το διαχειριστή ή με βάση τη σχετική βιβλιογραφία.
2. Γίνεται έρευνα ερωτηματολογίου είτε σε επιβάτες που χρησιμοποιούν το μέσο στο παρόν, είτε σκοπεύουν να το χρησιμοποιήσουν, είτε το έχουν χρησιμοποιήσει στο παρελθόν. Στην έρευνα οι επιβάτες βαθμολογούν τους δείκτες ποιότητας ως προς τη σημαντικότητα και την ικανοποίηση σε κάποιο κλίμακα.
3. Τα ποσοστά της κάθε βαθμολογίας τοποθετούνται σε πίνακα με σειρές τις βαθμολογίες της σημαντικότητας και στήλες τις αντίστοιχες της ικανοποίησης. Δημιουργώντας ένα πίνακα για κάθε στοιχείο υπολογίζεται το ποσοστό των δυσαρεστημένων επιβατών για κάθε ένα από αυτά, από τα στοιχεία του πίνακα που αντιστοιχούν στις δύο υψηλότερες βαθμολογίες της σημαντικότητας με στις δύο κατώτερες της ικανοποίησης (χρησιμοποιώντας κλίμακα Likert πέντε βαθμών). Αθροίζοντας τα στοιχεία αυτά προκύπτει το ποσοστό των δυσαρεστημένων επιβατών.
4. Στη συνέχεια δημιουργείται διάγραμμα με κάθετους άξονες το ποσοστό των δυσαρεστημένων επιβατών και το ποσοστό αυτών που θεωρούν την παράμετρο σημαντική έως πολύ σημαντική.
5. Χωρίζεται το διάγραμμα σε τέσσερις ζώνες.
6. Αναγνωρίζονται τα στοιχεία που χρήζουν άμεσα βελτιώσεων και διερευνάται από τον διαχειριστή η δυνατότητα εύρεσης πόρων για τη συνιστώμενη βελτίωση.

Με την τεχνική αυτή που μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικά μέσα, τοποθεσίες, ομάδες πληθυσμού και για διαφορετικούς σκοπούς μετακίνησης

αναγνωρίζεται το ποσοστό των δυσανεσθημένων επιβατών και μπορούν να ιεραρχηθούν σχέδια για βελτιώσεις (Stradling et al., 2007).

Μία αντίστοιχη μέθοδος που προσφέρει βαθύτερη κατανόηση των υποκειμενικών απόψεων των επιβατών ως προς τις διάφορες παραμέτρους είναι η ανάλυση τεταρτημόριου (quadrant analysis). Σε αυτή τη μέθοδο δημιουργείται διάγραμμα με βάση τις μέσες βαθμολογίες σημαντικότητας – ικανοποίησης. Κατά αυτόν τον τρόπο φαίνονται οι παράμετροι που αποτελούν τα «δυνατά σημεία» των υπηρεσιών στο τεταρτημόριο που βρίσκεται πάνω από τη μέση βαθμολογία για την ικανοποίηση και από την αντίστοιχη για τη σημαντικότητα, και τα «αδύνατα σημεία», δηλαδή αυτά που βρίσκονται πάνω από τη μέση βαθμολογία για τη σημαντικότητα και κάτω από την αντίστοιχη για την ικανοποίηση. Οι παράμετροι που βρίσκονται κάτω από τη μέση βαθμολογία για τη σημαντικότητα και κάτω από την αντίστοιχη για την ικανοποίηση ορίζονται ως «μη κρίσιμες», ενώ οι παράμετροι κάτω από τη μέση βαθμολογία σημαντικότητας και πάνω από την αντίστοιχη της ικανοποίησης ορίζουν τα στοιχεία για τα οποία θα πρέπει να γίνεται «συνέχιση της προσπάθειας» (Transportation Research Board, 1999).

Ένα από τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ο αυθαίρετος διαχωρισμός του γραφήματος σε τεταρτημόρια και ότι το μέγεθος των διαφορών μεταξύ των βαθμολογιών των διαφόρων παραμέτρων δε φαίνεται τόσο έντονα (Transportation Research Board, 1999 ; Figler et al., 2011).

Οι Tyrinopoulos and Antoniou (2008) προτείνουν μία μεθοδολογία που βασίζεται στο συνδυασμό δύο στατιστικών μεθόδων, την ανάλυση παραγόντων (Factor Analysis) και τα πρότυπα διακριτών επιλογών (Ordered Logit), για την ανάλυση της διαφοροποίησης της συμπεριφοράς των χρηστών και του επιπέδου της ικανοποίησης από τη χρήση διαφόρων συστημάτων. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε πέντε διαφορετικά συστήματα (ΑΜΕΛ, ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ, ΟΑΣΘ) και οι επιβάτες έπρεπε να βαθμολογήσουν 23 κριτήρια ποιότητας ως προς τη σημαντικότητα και την ικανοποίηση. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το πρώτο μέρος (σημαντικότητα) χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα για την ανάλυση παραγόντων, ενώ από το δεύτερο κομμάτι (ικανοποίηση) για τη μέθοδο διακριτών επιλογών.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν λίγες έρευνες που έχουν ασχοληθεί με τη μέτρηση της ικανοποίηση των επιβατών και ταυτόχρονα με τη μέτρηση της απόδοσης του μέσου με αντικειμενικά κριτήρια (Eboli and Mazzulla, 2011).

Οι Tyrinopoulos and Aifadopoulou (2008) προτείνουν μία μεθοδολογία για τον έλεγχο της ποιότητας των δημοσίων συγκοινωνιών. Η εργασία τους αποτελεί μία γενική επισκόπηση της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε από το Ινστιτούτο Μεταφορών για την αξιολόγηση της ποιότητας και της απόδοσης των συνολικών υπηρεσιών των δημοσίων μέσων μεταφοράς. Χρησιμοποιούνται 39 δείκτες οι οποίοι ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες: ασφάλεια – άνεση – καθαριότητα, πληροφόρηση - επικοινωνία με τους επιβάτες, προσβασιμότητα, απόδοση των τερματικών και των ενδιάμεσων σταθμών, επίδοση των γραμμών, γενικά στοιχεία και ενωμένοι δείκτες που βασίζονται σε αποτελέσματα από τους δείκτες των προηγούμενων κατηγοριών.

Ανάμεσα στα στοιχεία της τελευταίας κατηγορίας, μία επιμέρους παράμετρος είναι και η ικανοποίηση των επιβατών έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η αντίληψη των επιβατών. Οι συγγραφείς προτείνουν τη χρήση στατιστικών μεθόδων για τη διερεύνηση της επιρροής των δεικτών λειτουργικής απόδοσης στην ικανοποίηση των επιβατών.

Η Nathanail (2008) παρουσιάζει ένα πλαίσιο για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας των υπηρεσιών ενός σιδηροδρομικού συστήματος. Το πλαίσιο βασίζεται σε 22 επιμέρους δείκτες, που ομαδοποιούνται σε 6 κριτήρια: ακρίβεια – αξιοπιστία δρομολογίων, ασφάλεια, καθαριότητα, άνεση, εξυπηρέτηση και πληροφόρηση των επιβατών. Η αξιολόγηση των δεικτών γίνεται τόσο με ποσοτικές όσο και με ποιοτικές παραμέτρους που προκύπτουν από στατιστικά στοιχεία που προσφέρει ο διαχειριστής των σιδηροδρομικών μεταφορών είτε από έρευνα ερωτηματολογίου που απευθύνεται στους επιβάτες. Στη μεθοδολογία αυτή συμπεριλαμβάνονται και αντικειμενικά κριτήρια και υποκειμενικές κρίσεις των χρηστών των σιδηροδρομικών γραμμών. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένας συνολικός δείκτης, τα υποκειμενικά και τα αντικειμενικά κριτήρια είναι στην ίδια κλίμακα και χρησιμοποιείται πολυκριτηριακή ανάλυση.

Οι Eboli and Mazzulla (2011) προτείνουν μία μέθοδο που βασίζεται στον υπολογισμό ενός δείκτη για κάθε παράμετρο της ποιότητας των υπηρεσιών με το συνδυασμό υποκειμενικών και αντικειμενικών κριτηρίων, λαμβάνοντας υπόψη τις απόψεις των επιβατών και ταυτόχρονα τη μετρημένη απόδοση. Η μεθοδολογία στοχεύει στην ανάπτυξη ενός δείκτη ποιότητας θεωρώντας μία τιμή ανάμεσα στην τιμή του υποκειμενικού και του αντικειμενικού. Ο τελικός δείκτης μπορεί να υπολογιστεί λύνοντας ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης που να ελαχιστοποιεί την επιθυμητή απόσταση από τον αντίστοιχο υποκειμενικό και αντικειμενικό. Έτσι, και τα υποκειμενικά κριτήρια και τα αντικειμενικά συμβάλλουν στην αξιολόγηση της ποιότητας και το πιο αξιόπιστο από τα δύο συνεισφέρει με μεγαλύτερη βαρύτητα στον τελικό δείκτη.

3.3. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9 ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκε η γραμμή 2: κεντρική αφετηρία – Αμπελόκηποι και η γραμμή 9: κεντρική αφετηρία – Χιλιαδού. Προκειμένου να γίνει η αξιολόγηση της υφιστάμενης συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης των γραμμών αυτών πραγματοποιήθηκε έρευνα ερωτηματολογίου στο επιβατικό κοινό.

Η συλλογή ερωτηματολογίων που αφορούσαν στο επιβατικό κοινό έγινε στις περιόδους 7 Αυγούστου έως 12 Αυγούστου και 20 Αυγούστου έως 14 Σεπτέμβρη. Συνολικά συμπληρώθηκαν 117 ερωτηματολόγια από επιβάτες της γραμμής 2 και 9 στη στάση Ερμού επί της οδού Καρτάλη. Η στάση Ερμού επιλέχθηκε καθώς εξυπηρετεί το μεγαλύτερο ποσοστό του επιβατικού κοινού λόγω της κοντινής απόστασης από το εμπορικό κέντρο της πόλης του Βόλου. Η έρευνα διεξάχθηκε ανά διαστήματα 2 και 3 ωρών από τις 07:00 έως και τις 22:00. Η ακριβής διάρθρωση του ερωτηματολογίου φαίνεται στο Παράρτημα Α.

Το ερωτηματολόγιο διαρθρώνεται σε 7 βασικές ενότητες όπως περιγράφονται παρακάτω:

- Χαρακτηριστικά του δείγματος (φύλο και ηλικία)
- Χαρακτηριστικά των μετακινήσεων (συχνότητα και λόγος χρήσης αστικών λεωφορείων)
- Δήλωση του βαθμού σημαντικότητας των επιμέρους δεικτών ποιότητας με κλίμακα βαθμολόγησης από 1 έως 5 (ασήμαντο έως πολύ σημαντικό). Οι δείκτες ποιότητας που βασίζονται στη βιβλιογραφία που αναφέρθηκε, επιλέχτηκαν έτσι ώστε να είναι κατανοητοί από τους ερωτηθέντες επιβάτες και έτσι ώστε να γίνει μία πλήρης αξιολόγηση των βασικών παραμέτρων ποιότητας. Οι 16 δείκτες ποιότητας που αξιολογούνται ως προς τη σημαντικότητα τους σε αυτή την ενότητα, και στην επόμενη ως προς την ικανοποίηση, είναι οι ακόλουθοι:
 1. Διαδρομή (οι οδοί από τις οποίες διέρχεται η συγκεκριμένη γραμμή)
 2. Αριθμός στάσεων
 3. Θέση των στάσεων στο οδικό δίκτυο
 4. Συχνότητα άφιξης γραμμών στη στάση (η καθορισμένη συχνότητα της γραμμής)
 5. Πρόγραμμα των αφίξεων (οι καθορισμένες ώρες λειτουργίας της γραμμής για κάθε ημέρα)
 6. Αξιοπιστία των γραμμών (η τήρηση του καθορισμένου προγράμματος της γραμμής)
 7. Κόστος του εισιτηρίου
 8. Οδηγική συμπεριφορά του οδηγού
 9. Εγκληματικότητα εντός οχήματος και στη στάση
 10. Επίπεδα ηχορύπανσης μέσα και έξω από το όχημα
 11. Επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσα και έξω από το όχημα
 12. Χρήση φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων (η χρήση οχημάτων που εκπέμπουν μικρές ποσότητες καυσαερίων για τη λειτουργία της γραμμής)
 13. Διαθεσιμότητα πληροφοριών στη στάση (ωρολόγιο πρόγραμμα, ηλεκτρονικοί πίνακες άφιξης γραμμών)
 14. Διαθεσιμότητα πληροφοριών μέσω διαδικτύου και τηλεφώνου

15. Κατάσταση και καθαριότητα της στάσης

16. Κατάσταση και καθαριότητα του οχήματος

- Αξιολόγηση των διαφόρων δεικτών ποιότητας με κλίμακα από 1 έως 5 (καθόλου ικανοποιημένος/η έως πολύ ικανοποιημένος/η)
- Ιεράρχηση των προτεινόμενων αλλαγών από τους ερωτηθέντες
- Διερεύνηση της αντίδραση τους στην περίπτωση αντικατάστασης των συμβατικών οχημάτων με περιβαλλοντικά φιλικά, με την παραδοχή ότι το κόστος του εισιτηρίου παραμένει σταθερό και με την παραδοχή ότι το κόστος αυξάνεται
- Δήλωση του επιπλέον ποσού που διατίθεται να πληρώσει ο κάθε επιβάτης για την αγορά και τη χρήση περιβαλλοντικά φιλικών οχημάτων για τη λειτουργία της γραμμής

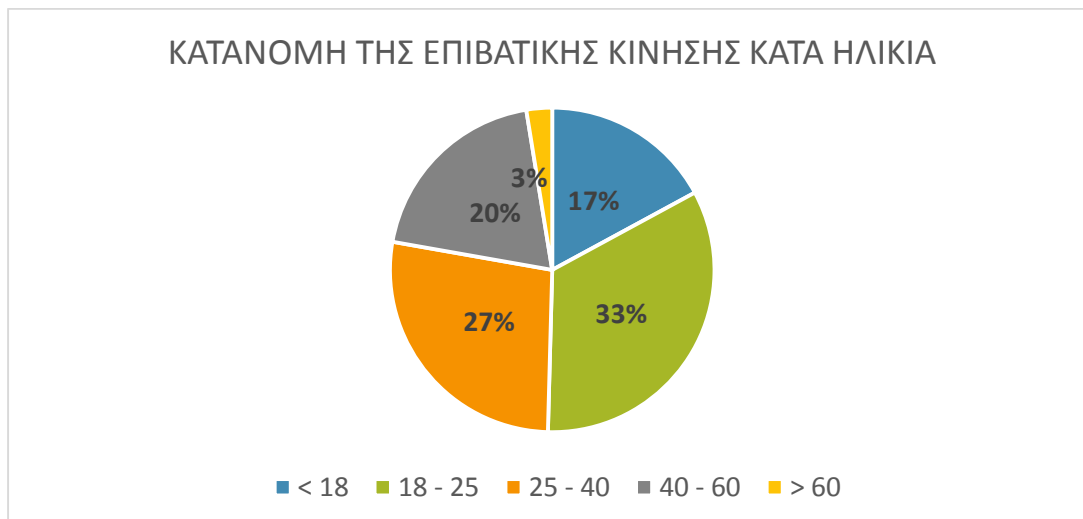
3.3.1. ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

Στα διαγράμματα που ακολουθούν συνοψίζονται τα αποτελέσματα της έρευνας που αφορούν στα βασικά χαρακτηριστικά του δείγματος. Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.1, ήταν γυναίκες σε ποσοστό 69% έναντι των ανδρών που ήταν 31%. Σε ό,τι αφορά τα αποτελέσματα της έρευνας ερωτηματολογίου ως προς την ηλικιακή κατανομή το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος ήταν 18 - 25 (33% επί του συνόλου) και ακολουθούν οι ηλικιακές ομάδες 25 – 40, 40 – 60, η ομάδα των μικρότερων από 18 ετών και τέλος η ομάδα των μεγαλύτερων από 60 ετών. Η κατανομή του επιβατικού κοινού ως προς την ηλικία απεικονίζεται στο διάγραμμα 3.2.

Διάγραμμα 3.1: Αποτελέσματα έρευνας ερωτηματολογίου ως προς το φύλο του επιβατικού κοινού.



Διάγραμμα 3.2: Αποτελέσματα έρευνας ερωτηματολογίου ως προς την ηλικιακή κατανομή.

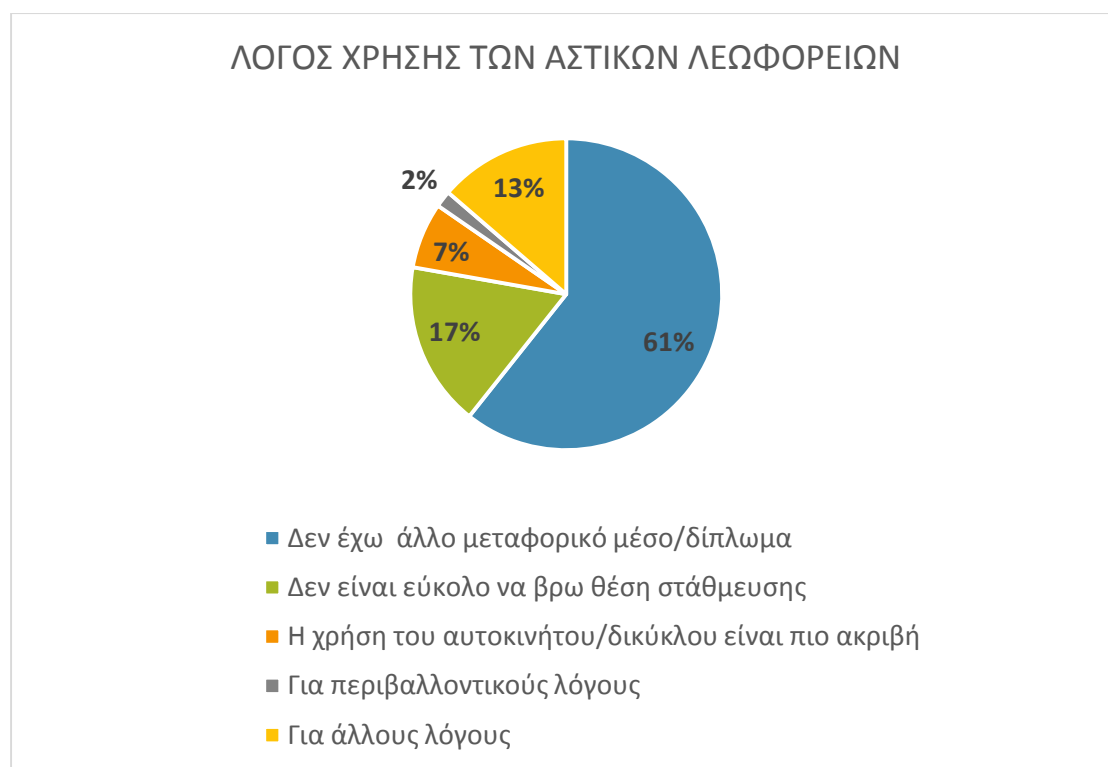


Σε ό,τι αφορά τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων, ο βασικότερος λόγος που οι ερωτηθέντες χρησιμοποιούν τα αστικά λεωφορεία είναι η μη κατοχή άλλου μεταφορικού μέσου ή διπλώματος. Αρκετοί είναι αυτοί που δηλώνουν ότι χρησιμοποιούν τις γραμμές αυτές γιατί είναι δύσκολο να βρουν θέση στάθμευσης ενώ μόλις το 2% του δείγματος τις χρησιμοποιεί για περιβαλλοντικούς λόγους. Αξίζει

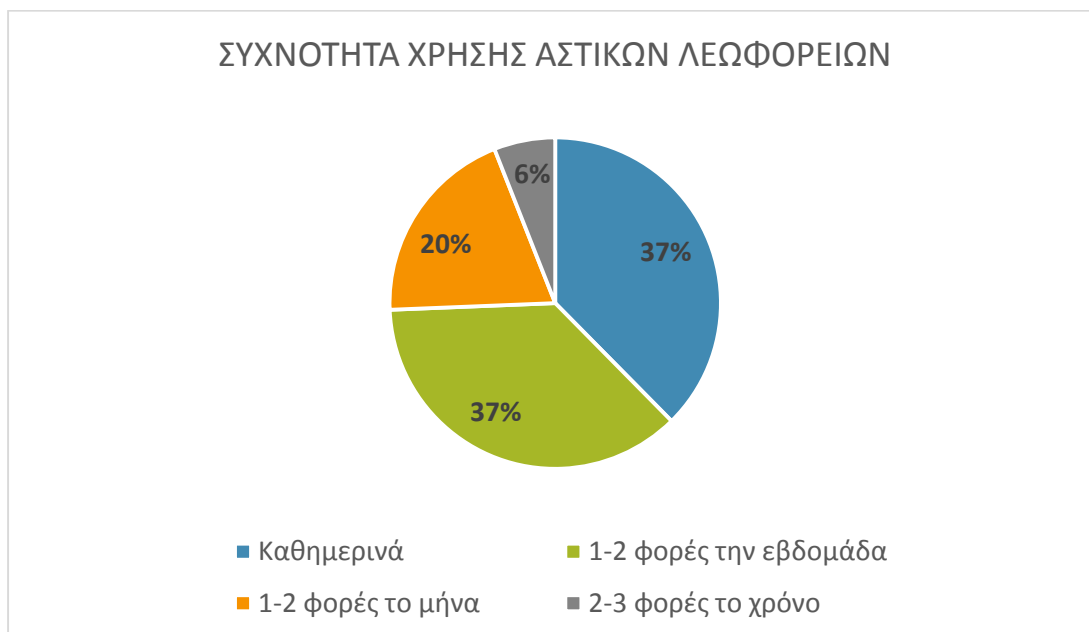
να σημειωθεί ότι μικρό ποσοστό του δείγματος (μόλις 7%), χρησιμοποιεί τα αστικά λεωφορεία γιατί θεωρεί ότι η χρήση του Ι.Χ ή του δίκυκλου είναι πιο δαπανηρή (διάγραμμα 3.3).

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.4 το 74% του δείγματος χρησιμοποιεί τις γραμμές 2 και 9 καθημερινά ή 1 – 2 φορές την εβδομάδα. Λίγοι από τους ερωτηθέντες τις χρησιμοποιούν 2 – 3 φορές το χρόνο (ποσοστό 6%).

Διάγραμμα 3.3: Αποτελέσματα έρευνας ερωτηματολογίου για το λόγο χρήσης των αστικών λεωφορείων.



Διάγραμμα 3.4: Αποτελέσματα έρευνας ερωτηματολογίου για τη συχνότητα χρήσης των αστικών λεωφορείων.



3.3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΤΑΡΤΗΜΟΡΙΩΝ (QUADRANT ANALYSIS)

Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την αξιολόγηση της ποιότητας από το επιβατικό κοινό είναι η ανάλυση τεταρτημορίων με δηλωμένες προτιμήσεις τόσο για τη σημαντικότητα όσο και την ικανοποίηση. Τα υπό εξέταση ποιοτικά χαρακτηριστικά του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου είναι 16 και οι βαθμολογήσεις πραγματοποιήθηκαν σε κλίμακα Likert από 1 έως 5 (από πολύ σημαντικό έως ασήμαντο ως προς τη σημαντικότητα και πολύ ικανοποιημένος/η έως καθόλου ικανοποιημένος/η ως προς την ικανοποίηση).

Το επιβατικό κοινό των γραμμών 2 και 9 θεωρεί ως πιο σημαντικά στοιχεία το κόστος του εισιτηρίου, την αξιοπιστία των γραμμών, δηλαδή την τήρηση του προγράμματος και τη συχνότητα των γραμμών, με μέση βαθμολογία για τη σημαντικότητα από 4,5 και πάνω. Ως λιγότερο σημαντική θεωρεί την ηχορύπανση μέσα και έξω από το όχημα. Σε ό,τι αφορά την ικανοποίηση των δεικτών αυτών, το κόστος του εισιτηρίου, το σημαντικότερο στοιχείο για τους χρήστες, συγκεντρώνει μέση βαθμολογία 2,2, η αξιοπιστία των γραμμών 3,32, η συχνότητα των γραμμών 3,18 και το λιγότερο σημαντικό στοιχείο, ηχορύπανση 3,48. Υψηλότερη μέση βαθμολογία ως προς την ικανοποίηση εμφανίζει ο δείκτης της εγκληματικότητας στη στάση και στο όχημα.

Επομένως, από την ανάλυση τεταρτημορίων σημαντικότητας – ικανοποίησης προκύπτει ότι χρειάζονται άμεσες παρεμβάσεις από το αστικό ΚΤΕΛ Βόλου στο κόστος του εισιτηρίου, στη χρήση περιβαλλοντικά φιλικών οχημάτων και στη διαθεσιμότητα πληροφοριών στη στάση.

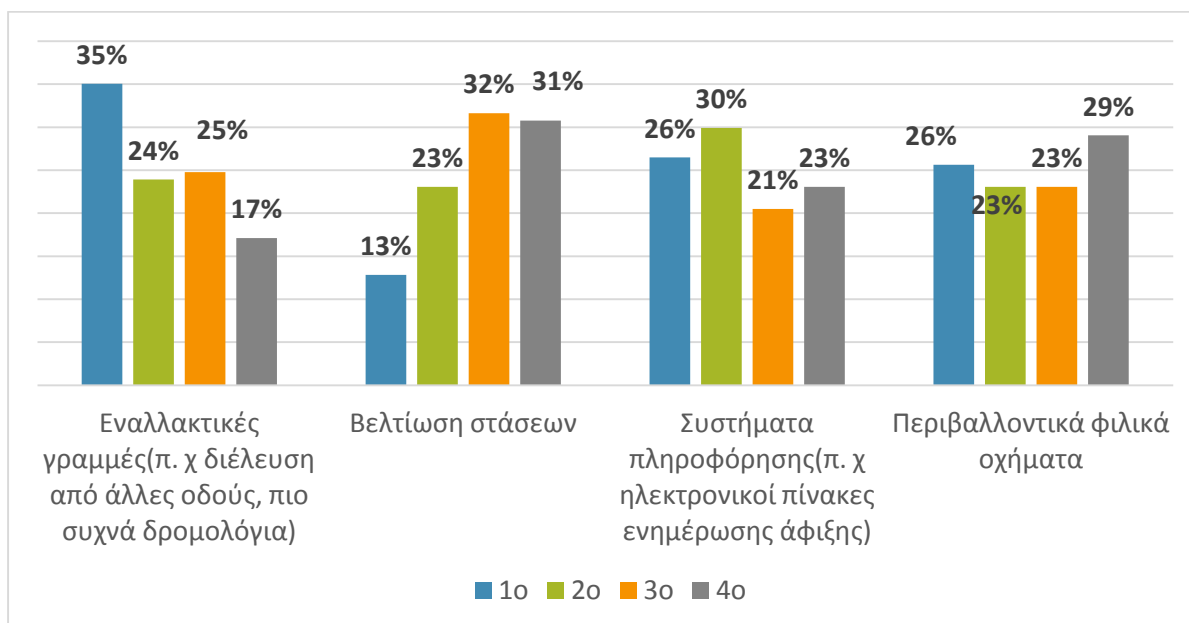
3.3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Προκειμένου να γίνει βαθύτερη ανάλυση των στοιχείων που χρήζουν παρεμβάσεων, το επιβατικό κοινό ιεράρχησε κάποιες προτεινόμενες αλλαγές στη λειτουργία των αστικών γραμμών 2 και 9. Οι αλλαγές αυτές αφορούν στη δημιουργία εναλλακτικών γραμμών, στη βελτίωση των στάσεων, στην εγκατάσταση νέων συστημάτων πληροφόρησης και στην αγορά και τη χρήση περιβαλλοντικά φιλικών οχημάτων. Από το διάγραμμα 3.6 είναι εμφανές ότι η αλλαγή που επιθυμεί το 36% των χρηστών των γραμμών 2 και 9 είναι η δημιουργία εναλλακτικών γραμμών. Ακολουθούν με ποσοστό 26% η χρήση περιβαλλοντικά φιλικών οχημάτων και η εγκατάσταση συστημάτων πληροφόρησης, όπως είναι οι ηλεκτρονικοί πίνακες ενημέρωσης άφιξης που υπάρχουν ήδη σε περιορισμένες στάσεις. Στο διάγραμμα 3.7 απεικονίζεται η ιεράρχηση των αλλαγών από το επιβατικό κοινό.

Διάγραμμα 3.6: Προτίμηση επιβατικού κοινού ως προς τις προτεινόμενες αλλαγές στη λειτουργία των γραμμών.



Διάγραμμα 3.7: Ιεράρχηση των προτεινόμενων αλλαγών από τους χρήστες των γραμμών.

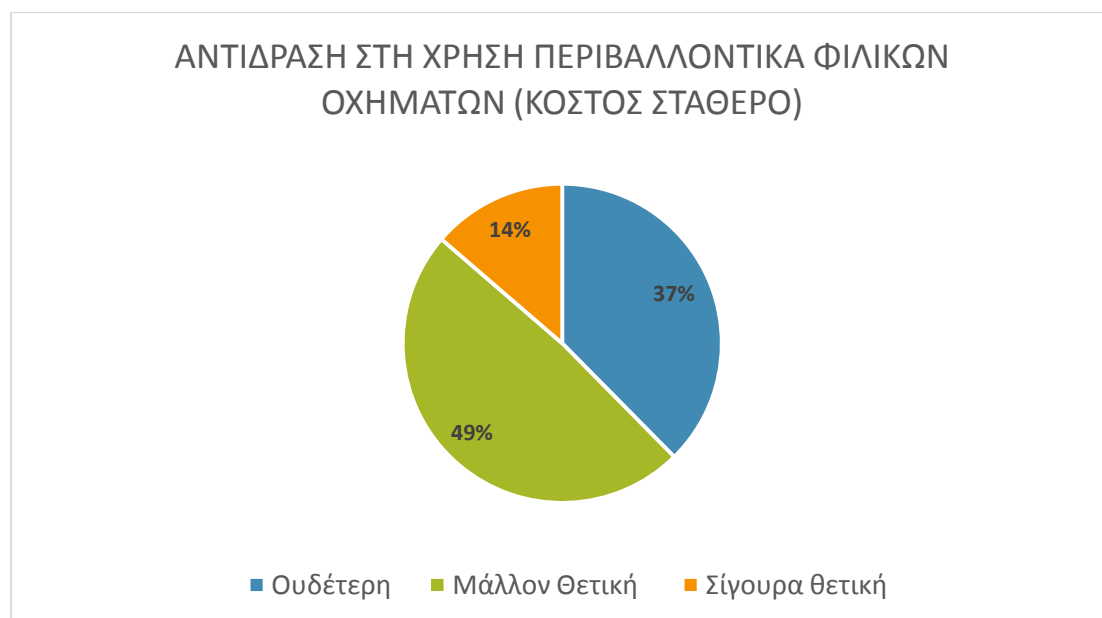


3.3.4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΦΙΛΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Στο τελευταίο μέρος της έρευνας ερωτηματολογίου έγινε η διερεύνηση της αντίδρασης του επιβατικού κοινού σε περίπτωση που αποφασίζονταν η αγορά και η χρήση περιβαλλοντικά φιλικών οχημάτων από το αστικό ΚΤΕΛ Βόλου. Αρχικά, οι ερωτηθέντες απάντησαν αν θα χρησιμοποιούσαν περισσότερο τα αστικά λεωφορεία με την παραδοχή ότι το κόστος του εισιτηρίου θα παρέμενε σταθερό.

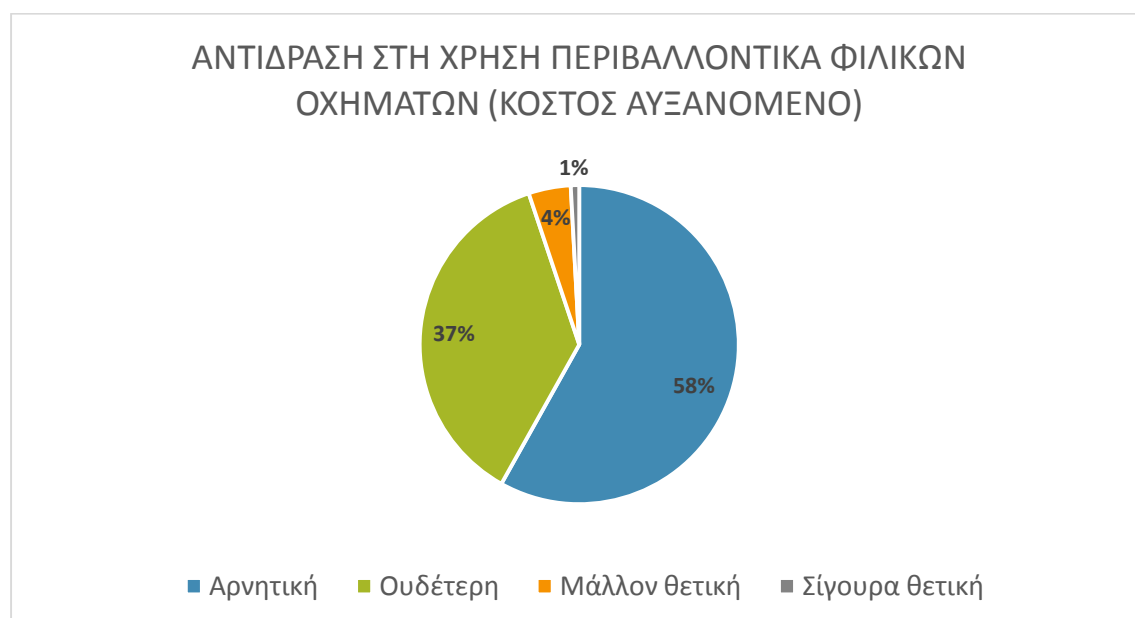
Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.8 το 49% του συνόλου θα είχε μάλλον θετική αντίδραση, δηλαδή μάλλον θα χρησιμοποιούσε περισσότερο τα αστικά λεωφορεία, το 37% δηλώνει ότι θα είχε ουδέτερη αντίδραση, δηλαδή θα τα χρησιμοποιούσε όσο και υπό τις υφιστάμενες συνθήκες, ενώ μόνο το 14% θα θεωρούσε τη χρήση εναλλακτικών οχημάτων ως κίνητρο για να τα χρησιμοποιήσει σίγουρα περισσότερο.

Διάγραμμα 3.8: Αντίδραση των επιβατών ως προς τη χρήση εναλλακτικών τύπων οχημάτων με την παραδοχή ότι το κόστος του εισιτηρίου παραμένει σταθερό.



Στη συνέχεια, ερωτήθηκαν για την αντίδραση τους με την παραδοχή όμως ότι το κόστος του εισιτηρίου θα αυξανόταν. Στο διάγραμμα 3.9 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι σε αυτήν την περίπτωση το 58% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι θα είχε αρνητική αντίδραση, δηλαδή θα περιορίζε τη χρήση των αστικών συγκοινωνιών ενώ σύνολο μόλις το 5% θα είχε μάλλον ή σίγουρα θετική αντίδραση.

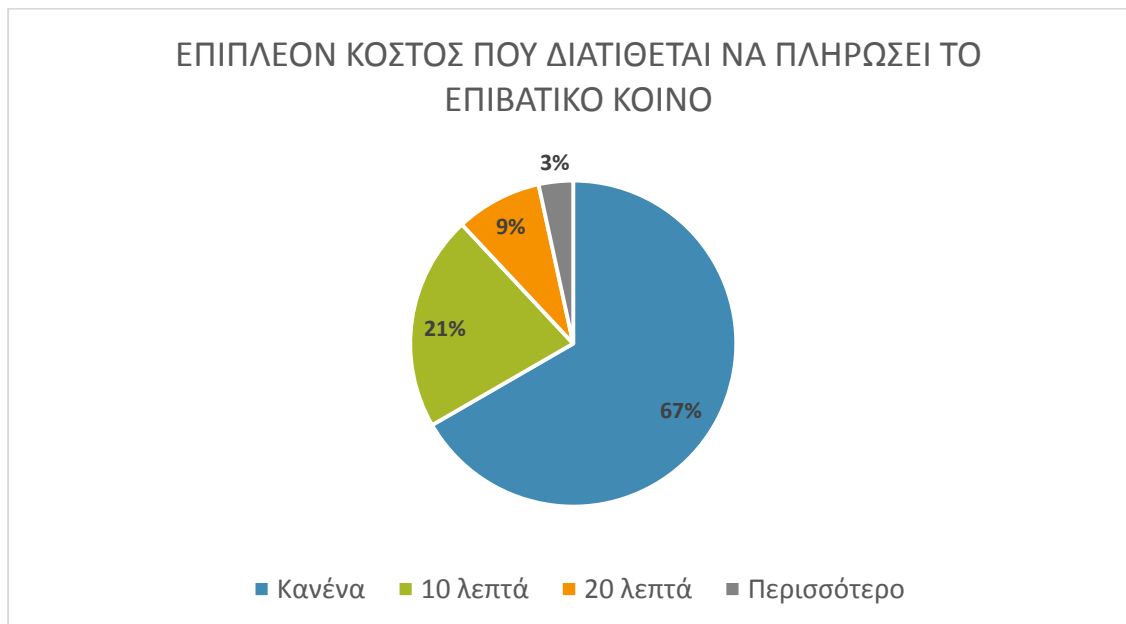
Διάγραμμα 3.9 : Αντίδραση των επιβατών ως προς τη χρήση εναλλακτικών τύπων οχημάτων με την παραδοχή ότι το κόστος του εισιτηρίου αυξάνεται.



Η τελευταία ερώτηση διερευνούσε την προθυμία των επιβατών να πληρώσουν περισσότερο για τη λειτουργία των γραμμών 2 και 9 με περιβαλλοντικά φιλικά οχήματα. Έτσι, οι ερωτηθέντες απάντησαν αν θα ήταν διατεθειμένοι να πληρώνουν κάποιο επιπλέον ποσό στο εισιτήριο τους και αν ναι πόσο είναι αυτό.

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.10 η συντριπτική πλειοψηφία (67%) δεν προθυμοποιείται να πληρώσει περισσότερο, το 21% διατίθεται να πληρώσει 10 λεπτά επιπλέον, το 9% 20 λεπτά και μόλις το 3% περισσότερο από 20 λεπτά.

Διάγραμμα 3.10: Το επιπλέον κόστος που διατίθεται να πληρώσει το επιβατικό κοινό για την αγορά και τη χρήση εναλλακτικών τύπων οχημάτων.



4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9 (ΜΗΔΕΝΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ)

4.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9.

Η γραμμή 2 (κεντρική αφετηρία – Αμπελόκηποι) ακολουθεί κατά τη μετάβασή της την πορεία: Λαμπράκη – Ιάσωνος – Καρτάλη – Αναλήψεως – Παγασών – Αναπαύσεως – Ταξιαρχών – Παρασκευοπούλου – Φυτόκου – Αγ. Νεκταρίου – Σταδίου – Αγ. Διονυσίου (Αμπελόκηποι). Η γραμμή 9 (κεντρική Αφετηρία – Χιλιαδού) ακολουθεί την εξής πορεία: Λαμπράκη – Ιάσωνος – Καρτάλη – Αναλήψεως – Μεταμορφώσεως – Γ. Δήμου – Παρασκευοπούλου – Καζανάκη – Ταξιαρχών – Νάξου.

Στις επιστροφές αυτών, ακολουθούνται οι εξής διαδρομές αντίστοιχα: Φυτόκου – Αναπαύσεως – Παγασών – Αναλήψεως – Ιωλκού – Δημητριάδος – Λαμπράκη και για τη γραμμή 9: Αγίας Κυριακής – Βάρναλη – Ταξιαρχών – Καζανάκι – Παρασκευοπούλου – Δήμου – Μεταμορφώσεως – Αναλήψεως – Ιωλκού – Δημητριάδος – Λαμπράκη.

Πίνακας 4.1: Μήκη διαδρομών μετάβασης και επιστροφής για τις γραμμές 2 και 9.

Μήκος σε χλμ.		Μετάβαση	Επιστροφή
Γραμμή	2	6,97	7,12
	9	6,00	5,97

Πίνακας 4.2: Αριθμός δρομολογίων μετάβασης και επιστροφής για τις γραμμές 2 και 9.

Αρ. Δρομολογίων		Ημέρα	Μετάβαση	Επιστροφή
Γραμμή	2	Τυπική καθημερινή	72	72
		Σάββατο	56	55
		Κυριακή	37	36
	9	Τυπική καθημερινή	7	7
		Σάββατο	3	3
		Κυριακή	0	0

Επομένως, εκτελούνται 453 δρομολόγια την εβδομάδα για τη γραμμή 2, από κεντρική Αφετηρία ως Αμπελόκηπους και 451 από Αμπελόκηπους προς κεντρική Αφετηρία. Επίσης, για τη γραμμή 9 εκτελούνται 38 δρομολόγια τόσο στη διαδρομή από κεντρική Αφετηρία προς το τέρμα στη Χιλιαδού όσο και στη διαδρομή επιστροφής.



Εικόνα 4.1: Υφιστάμενη διαδρομή γραμμής 2 (μετάβαση πορτοκαλί – επιστροφή κόκκινο) [Πηγή: Ναθαναήλ, 2014].



Εικόνα 4.2: Υφιστάμενη διαδρομή γραμμής 9 (μετάβαση γαλάζιο – επιστροφή κίτρινο) [Πηγή: Ναθαναήλ, 2014].

4.2. ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Για τον υπολογισμό της επιβατικής κίνησης των υπό εξέταση γραμμών έγιναν μετρήσεις στο διάστημα 16 ως και 23 Σεπτεμβρίου. Στις μετρήσεις αυτές καταγράφονταν τόσο οι επιβιβάσεις και οι αποβιβάσεις σε κάθε στάση όσο και οι χρόνοι άφιξης και αναχώρησης από αυτές. Για τη γραμμή 9 έγινε καταγραφή της επιβατικής κίνησης σε όλα τα δρομολόγια μίας τυπικής καθημερινής και ενός Σαββάτου, ενώ για τη γραμμή 2 λόγω του μεγάλου αριθμού δρομολογίων

πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε κάποια δρομολόγια τυπικής καθημερινής, Σαββάτου και Κυριακής. Με βάση τα στοιχεία της επιβατικής κίνησης στη συνέχεια θα γίνει ανάλυση της οικονομικής βιωσιμότητας των υφιστάμενων γραμμών.

4.2.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 2

Για τη γραμμή 2 όπως ήδη αναφέρθηκε λόγω του μεγάλου όγκου δρομολογίων μετρήθηκαν συγκεκριμένα δρομολόγια. Συγκεκριμένα, μετρήσεις έγιναν στην επιβατική κίνηση μετάβασης και επιστροφής και στον χρόνο εκτέλεσης του κάθε δρομολογίου σε δείγμα 7 δρομολογίων μιας τυπικής καθημερινής ημέρας, 6 δρομολογίων ημέρας Σαββάτου και 3 δρομολογίων Κυριακής. Οι μετρήσεις αυτές αντιστοιχούν στο 9,7% των συνολικών δρομολογίων μίας τυπικής καθημερινής, στο 10,7% των συνολικών δρομολογίων του Σαββάτου και στο 8,3% των συνολικών δρομολογίων της Κυριακής.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζεται ο συνολικός αριθμός των επιβατών τόσο από την αφετηρία προς τους Αμπελοκήπους όσο και το αντίθετο σε κάθε δρομολόγιο που μετρήθηκε, καθώς επίσης φαίνεται η διακύμανση της επιβατικής κίνησης στη διάρκεια της κάθε ημέρας.

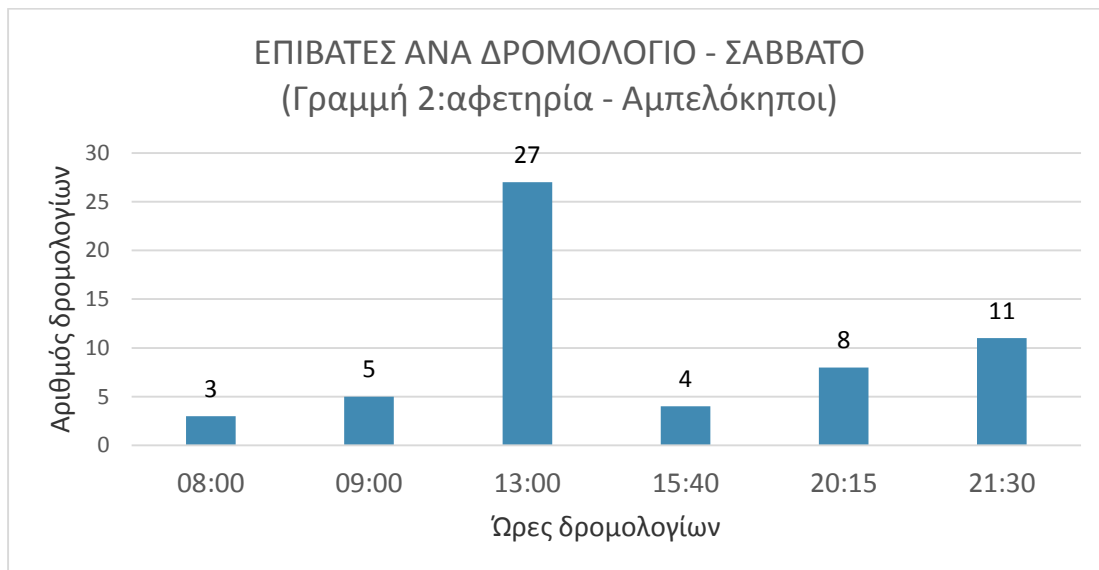
Διάγραμμα 4.1: Επιβατική κίνηση δρομολογίων τυπικής καθημερινής της γραμμής 2 (αφετηρία - Αμπελόκηποι).



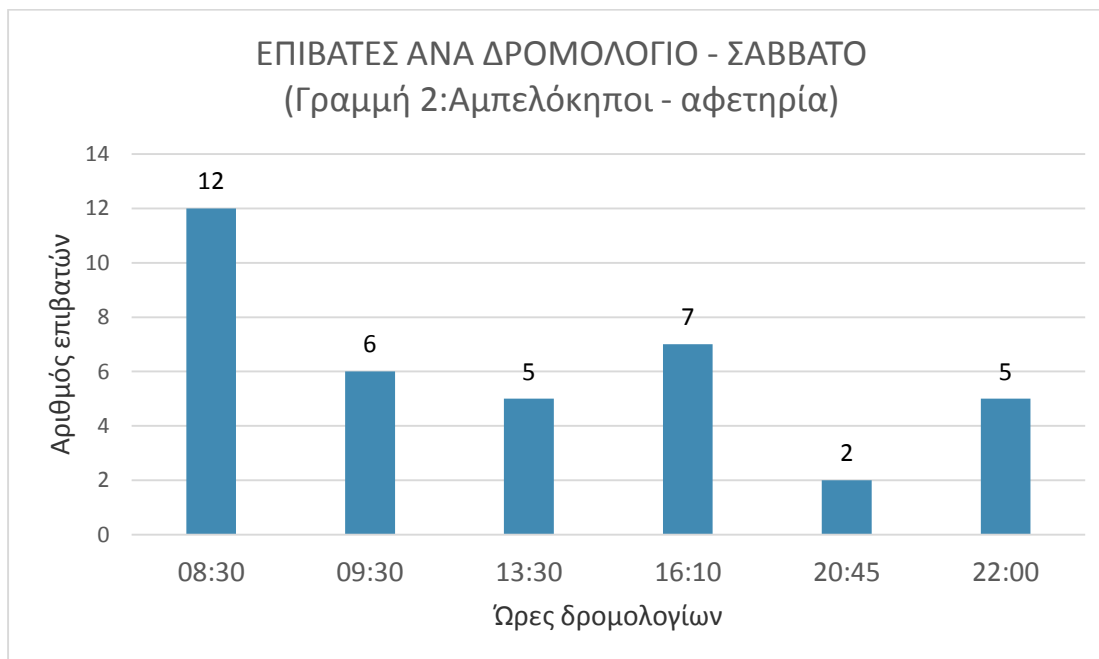
Διάγραμμα 4.2: Επιβατική κίνηση δρομολογίων τυπικής καθημερινής της γραμμής 2 (Αμπελόκηποι - αφετηρία).



Διάγραμμα 4.3: Επιβατική κίνηση δρομολογίων Σαββάτου της γραμμής 2 (αφετηρία - Αμπελόκηποι).



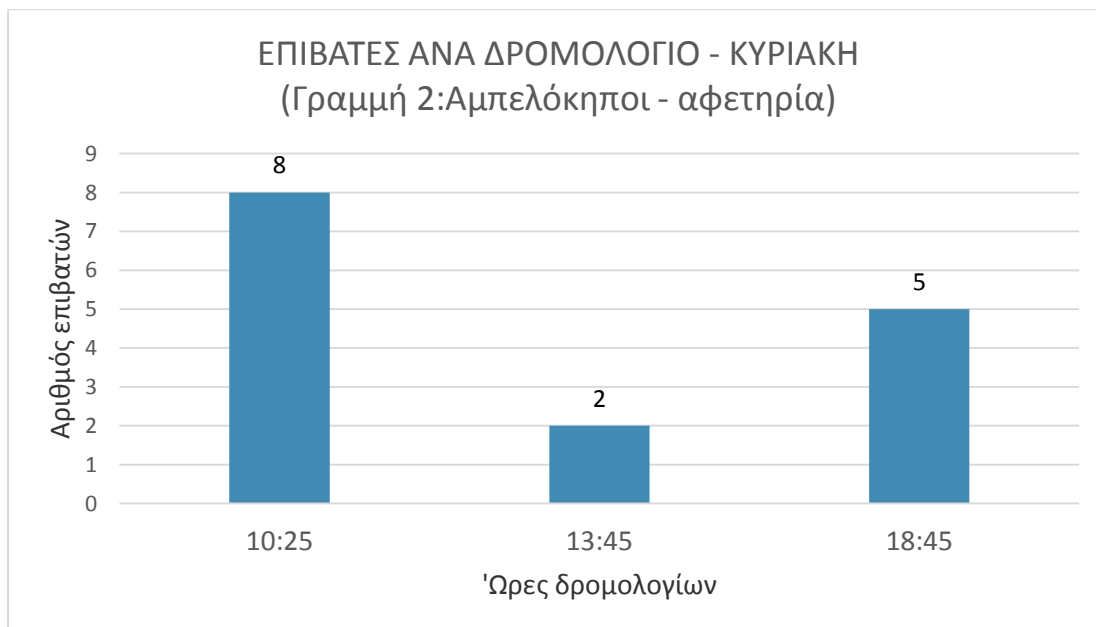
Διάγραμμα 4.4: Επιβατική κίνηση δρομολογίων Σαββάτου της γραμμής 2 (Αμπελόκηποι - αφετηρία).



Διάγραμμα 4.5: Επιβατική κίνηση δρομολογίων Κυριακής της γραμμής 2 (αφετηρία - Αμπελόκηποι).



Διάγραμμα 4.6: Επιβατική κίνηση δρομολογίων Κυριακής της γραμμής 2 (Αμπελόκηποι - αφετηρία).



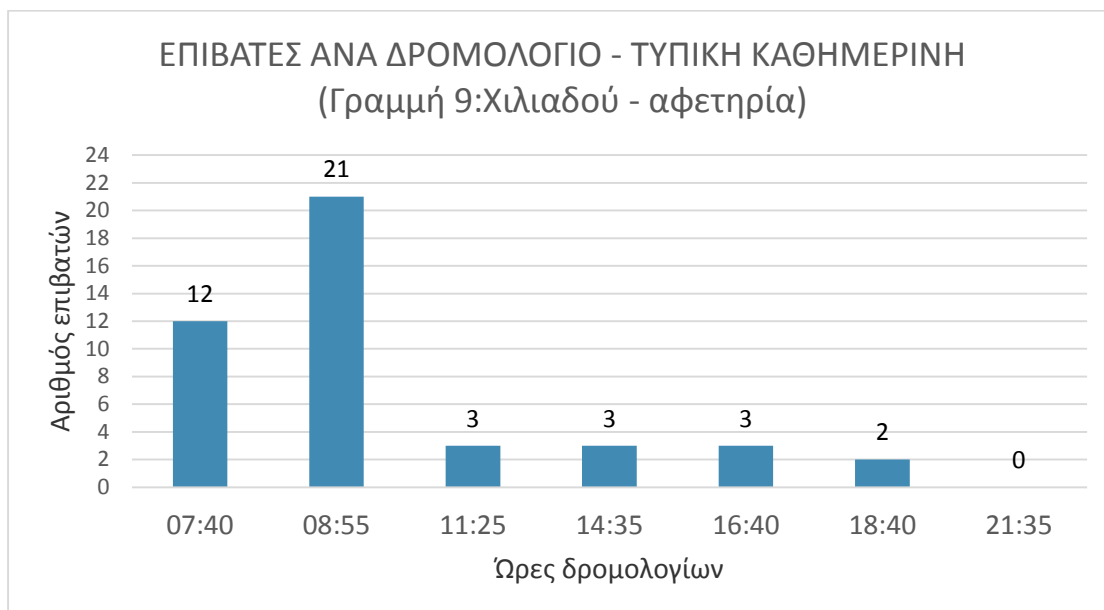
4.2.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 9

Οι μετρήσεις στη γραμμή 9 έγιναν σε 7 δρομολόγια μίας τυπικής καθημερινής ημέρας και σε 3 δρομολόγια Σαββάτου. Έτσι, καλύφθηκε το σύνολο των δρομολογίων στη διάρκεια μίας τυπικής ημέρας και ενός Σαββάτου. Την Κυριακή δεν εκτελούνται δρομολόγια της γραμμής 9. Στα διαγράμματα 4.7 και 4.8 φαίνεται ο αριθμός των επιβατών στα δρομολόγια των καθημερινών τόσο από την αφετηρία προς τη Χιλιάδου όσο και στην αντίθετη διαδρομή. Όπως φαίνεται οι περισσότεροι επιβάτες της διαδρομής Χιλιάδου - αφετηρία είναι στα πρωινά δρομολόγια, ενώ στην επιστροφή η μεγαλύτερη κίνηση εμφανίζεται τις μεσημεριανές ώρες και το απόγευμα. Αντίστοιχη εικόνα εμφανίζεται και στα δρομολόγια του Σαββάτου (διαγράμματα 4.9 και 4.10).

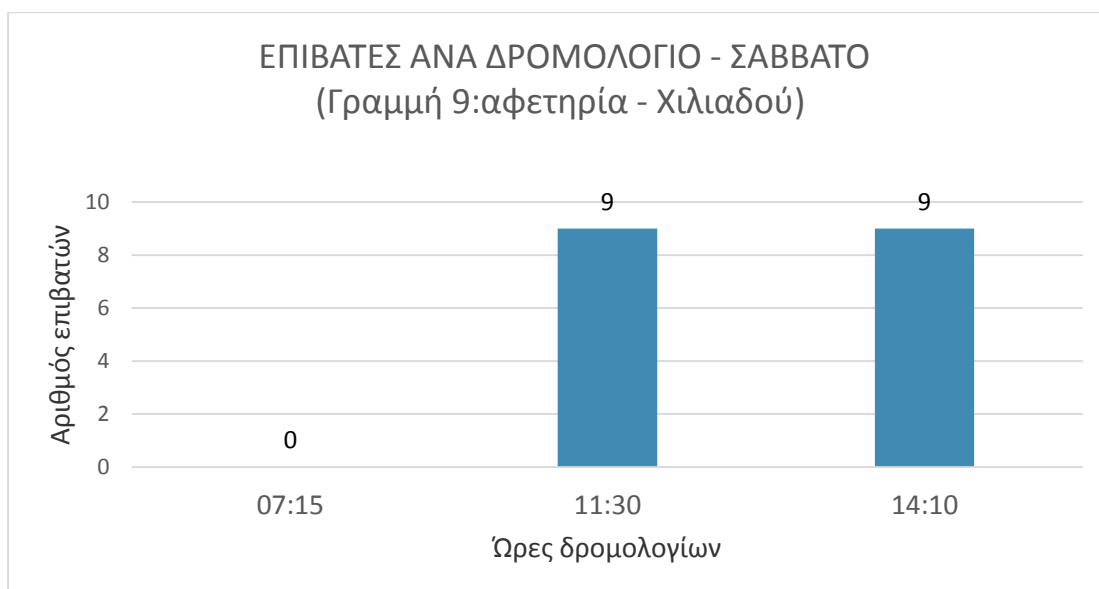
Διάγραμμα 4.7: Επιβατική κίνηση καθημερινών δρομολογίων της γραμμής 9 (αφετηρία – Χιλιάδου).



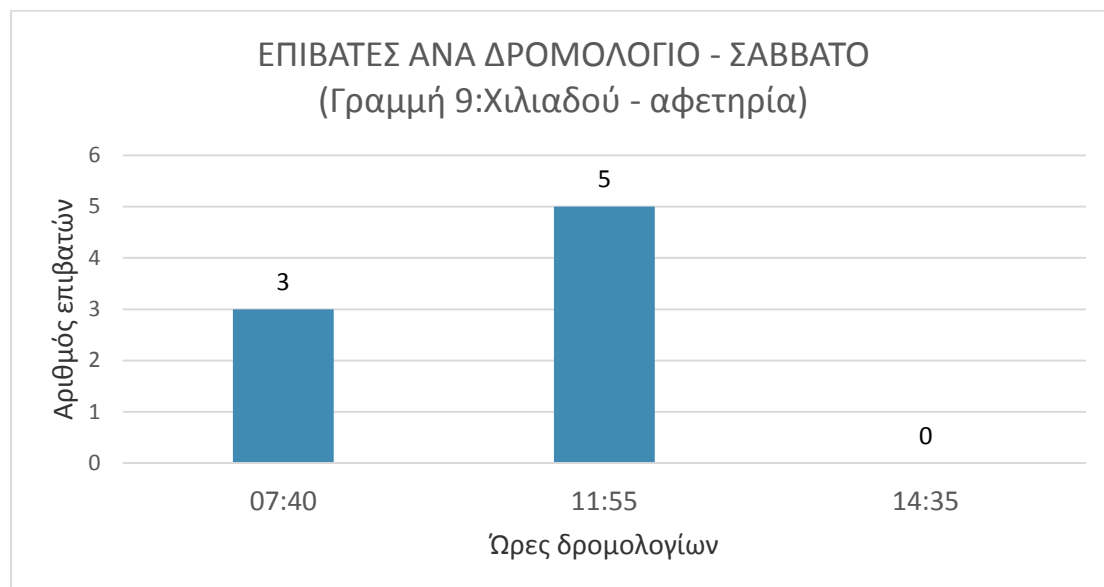
Διάγραμμα 4.8: Επιβατική κίνηση καθημερινών δρομολογίων της γραμμής 9 (Χιλιαδού – αφετηρία).



Διάγραμμα 4.9: Επιβατική κίνηση δρομολογίων Σαββάτου της γραμμής 9 (αφετηρία – Χιλιαδού).



Διάγραμμα 4.10: Επιβατική κίνηση δρομολογίων Σαββάτου της γραμμής 9 (Χιλιαδού - αφετηρία).



4.2.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Γραμμή 2: Για τη γραμμή 2, δεν έγιναν μετρήσεις για το σύνολο των δρομολογίων. Έτσι, για να υπολογιστεί η σταθμισμένη μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο χωρίστηκε η κάθε ημέρα σε χρονικά διαστήματα. Τα διαστήματα αυτά ήταν διαφορετικά στη μετάβαση από ότι στην επιστροφή και αντίστοιχα διαφορετικά για την τυπική καθημερινή ημέρα, το Σάββατο και την Κυριακή. Ο διαχωρισμός σε χρονικά διαστήματα έγινε έτσι ώστε να προκύψει πιο ακριβής υπολογισμός της επιβατικής κίνησης και τα διαστήματα καθορίστηκαν με βάση και παλαιότερες μετρήσεις της γραμμής, παρατηρώντας ποια δρομολόγια παρουσίαζαν ομοιογένεια. Ο υπολογισμός της σταθμισμένης μέσης επιβατικής κίνησης ανά δρομολόγιο κατά τη μετάβαση και την επιστροφή γίνεται ως εξής:

$$EK_{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta i * E_i}{\sum_{i=1}^n \Delta i} \quad (1)$$

Όπου n ο αριθμός των χρονικών διαστημάτων, Δi το σύνολο των δρομολογίων που εκτελούνται μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα και E_i ο αριθμός των επιβατών που μετρήθηκε σε ένα από τα δρομολόγια εντός του χρονικού διαστήματος. Επίσης, λόγω

του ότι σε κάποια από τα διαστήματα δεν έγινε μέτρηση επιβατών σε κανένα δρομολόγιο, έγινε η υπόθεση ότι ο αριθμός των επιβατών στο διάστημα αυτό (E_i) ισούται με τον αριθμό των επιβατών από κάποιο δρομολόγιο σε κάποιο άλλο διάστημα, παρατηρώντας τη διακύμανση της επιβατικής κίνησης από παλαιότερες μετρήσεις.

Γραμμή 9: Για τη γραμμή 9 υπολογίστηκε η μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο για κάθε ημέρα αφού πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε όλα τα δρομολόγια. Έτσι, η μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο για μετάβαση και επιστροφή είναι:

$$EK_{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2)$$

Όπου n το σύνολο των δρομολογίων στη διάρκεια της κάθε ημέρας και E_i ο αριθμός των επιβατών σε κάθε δρομολόγιο.

Πίνακας 4.3: Υπολογισμός ετήσιας επιβατικής κίνησης για τη γραμμή 2.

Γραμμή 2 - Μετάβαση	Σταθμισμένη μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο	Ημερήσια επιβατική κίνηση	Εβδομαδιαία επιβατική κίνηση	Ετήσια επιβατική κίνηση (52 εβδομ.)
Τυπική καθημερινή	16,38	1.179	5.895	346.372
Σάββατο	8,80	493	493	
Κυριακή	7,38	273	273	
			6.661	
Γραμμή 2 - Επιστροφή	Σταθμισμένη μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο	Ημερήσια επιβατική κίνηση	Εβδομαδιαία επιβατική κίνηση	Ετήσια επιβατική κίνηση (52 εβδομ.)
Τυπική καθημερινή	11,00	792	3.960	234.572
Σάββατο	6,47	356	356	
Κυριακή	5,42	195	195	
			4.511	

Πίνακας 4.4: Υπολογισμός ετήσιας επιβατικής κίνησης για τη γραμμή 9.

Γραμμή 9 - Μετάβαση	Μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο	Ημερήσια επιβατική κίνηση	Εβδομαδιαία επιβατική κίνηση	Ετήσια επιβατική κίνηση (52 εβδομ.)
Τυπική καθημερινή	6,86	48	240	13.416
Σάββατο	6,00	18	18	
			258	
Γραμμή 9 - Επιστροφή	Μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο	Ημερήσια επιβατική κίνηση	Εβδομαδιαία επιβατική κίνηση	Ετήσια επιβατική κίνηση (52 εβδομ.)
Τυπική καθημερινή	6,29	44	220	11.856
Σάββατο	2,67	8	8	
			228	

4.3. ΕΣΟΔΑ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

4.3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΣΟΔΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Έχοντας ως δεδομένο την επιβατική κίνηση των γραμμών 2 και 9 για το διάστημα ενός χρόνου, μπορούν πλέον να υπολογιστούν τα έσοδα του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου α.ε στο διάστημα αυτό. Λόγω των διαφορετικών τιμών εισιτηρίων που καλούνται να πληρώσουν οι διάφοροι χρήστες είτε στα εκδοτήρια είτε μέσα στα οχήματα και προκειμένου να γίνει μία ορθή εκτίμηση των εσόδων, έγινε μία ανάλυση των διαφόρων εισιτηρίων και εισπράξεων για το 2012 για τη ζώνη Α (πίνακας 4.5), όπου ανήκουν και οι υπό εξέταση γραμμές, και έτσι βρέθηκε μία μέση αξία εισιτηρίου επιβίβασης.

Πίνακας 4.5: Έσοδα ανά τύπο εισιτηρίου για τη ζώνη Α (2012).

ΤΥΠΟΣ ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΥ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΥ (€)	ΕΙΣΠΡΑΞΗ (€)
Α ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	78.912	1,50	118.368,0
Α ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	2.933.201	1,10	3.226.521,1
Α ΖΩΝΗ ΜΕΙΩΜΕΝΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	9.165	1,00	9.165,0
Α ΖΩΝΗ ΜΕΙΩΜΕΝΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	332.510	0,60	199.506,0
Α ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ(ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΟ)	22.662	1,00	22.662,0
Α ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ(ΕΚΔΟΤΗΡΙΑ)	312.476	0,80	249.980,8
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΤΩΝ Α ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ	1.668	55,00	91.740,0
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΤΩΝ Α ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ	185	40,00	7.400,0

Η μεσοσταθμική τιμή του εισιτηρίου υπολογίζεται από τις πρώτες 6 σειρές του πίνακα ως εξής:

$$\frac{78.912 * 1,50 + 2.933.201 * 1,10 + 9.165 * 1,00 + 332.510 * 0,60 + 22.662 * 1,00 + 312.476 * 0,80}{78.912 + 2.933.201 + 9.165 + 332.510 + 22.662 + 312.476}$$

=1,037 €

Επιπλέον, επειδή κάθε κάρτα χρησιμοποιείται παραπάνω από μια φορά, και για να υπάρχει και κατά το δυνατόν ενσωμάτωση της επιβατικής κίνησης που χρησιμοποιεί μηνιαίες κάρτες, υπολογίστηκε η «συνεισφορά» των εισπράξεων από κάρτες στις συνολικές εισπράξεις από εισιτήρια και κάρτες για τη Ζώνη Α. Με βάση τον πίνακα 4.5, τα έσοδα από κάρτες (εισπράξεις ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΤΩΝ Α ΖΩΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟ και ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΤΩΝ Α ΖΩΝΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ) αποτελούν το 2,53% των συνολικών εσόδων για τη ζώνη Α. Επομένως, για να υπολογιστούν τα συνολικά έσοδα για τις δύο γραμμές θα πρέπει να προστεθεί σε κάθε γινόμενο επιβατών με τη μεσοσταθμική τιμή του εισιτηρίου και ένα ποσοστό 2,53% των εισπράξεων από εισιτήρια για την κάθε γραμμή ως αναμενόμενη συνεισφορά από τη χρήση μηνιαίας κάρτας. Άρα ο τύπος για τα συνολικά έσοδα γίνεται ο εξής:

$$E_{\text{ΣΥΝ}} = \text{επιβατική κίνηση} * \text{μέση τιμή του εισιτηρίου} + 2,53\% * (\text{επιβατική κίνηση} * \text{μέση τιμή του εισιτηρίου}) \quad (3)$$

4.3.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΣΟΔΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9

Γραμμή 2 (Κεντρική αφετηρία - Αμπελόκηποι): Από τον προηγούμενο τύπο (3) και από τα στοιχεία του πίνακα 4.3 προκύπτουν $E_{ΣΥΝ} = 346.372 * 1,037 + 2,53\% * 346.372 * 1,037 = 368.335,3 \text{ €}$.

Γραμμή 2 (Αμπελόκηποι - Κεντρική αφετηρία): Αντίστοιχα, από τον τύπο (3) και από τα στοιχεία του πίνακα 4.3 προκύπτουν $E_{ΣΥΝ} = 234.572 * 1,037 + 2,53\% * 234.572 * 1,037 = 249.446,1 \text{ €}$.

Γραμμή 9 (Κεντρική αφετηρία – Χιλιάδου): Από τον τύπο (3) και τα στοιχεία του πίνακα 4.4 προκύπτουν $E_{ΣΥΝ} = 13.416 * 1,037 + 2,53\% * 13.416 * 1,037 = 14.266,7 \text{ €}$.

Γραμμή 9 (Χιλιάδου – Κεντρική αφετηρία): Αντίστοιχα, από τον τύπο (3) και τα στοιχεία του πίνακα 4.4 προκύπτουν $E_{ΣΥΝ} = 11.856 * 1,037 + 2,53\% * 11.856 * 1,037 = 12.607,8 \text{ €}$.

4.4. ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

4.4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΡΑΜΜΩΝ

Για την εκτίμηση του κόστους τόσο των υφιστάμενων γραμμών 2 και 9 όσο και των γραμμών στα σενάρια παρέμβασης που εξετάζονται στο επόμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που ανήκει στην εταιρεία ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ – Σπύρος Παρασκευόπουλος και Συνεταίροι Ο.Ε. Η μέθοδος αυτή βασίστηκε σε στοιχεία της βιβλιογραφίας και σε μετρήσεις που έγιναν για όλα σχεδόν τα Αστικά και Υπεραστικά ΚΤΕΛ της χώρας από το 1985 μέχρι σήμερα καθώς και σε εκατοντάδες αυτοψίες γραμμών Δημοτικής Συγκοινωνίας οι οποίες έγιναν το 2009 στα πλαίσια του προγράμματος ΣΥΝ-ΚΟΙΝΩΝΙΑ της ΚΕΔΚΕ.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε υπολογισμός μόνο των επιμέρους στοιχείων κόστους που εξαρτώνται από το παραχθέν μεταφορικό έργο των γραμμών, δηλαδή από τα διανυθέντα χιλιόμετρα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ

διαφορετικών σεναρίων γραμμών. Επομένως, υπολογίστηκε το κόστος των καυσίμων, των ελαστικών, της συντήρησης καθώς και το μισθολογικό κόστος των οδηγών. Η εκτίμηση του κόστους διοίκησης, ασφάλισης και τελών κυκλοφορίας δεν απαιτείται καθώς είναι κόστη που παραμένουν σταθερά και δεν εξαρτώνται ούτε από τα χιλιόμετρα που διανύονται ούτε από τις αυξομειώσεις της επιβατικής κίνησης.

Στην περίπτωση των γραμμών που εξετάζονται θεωρείται τμήμα οδικού δικτύου εντός πόλεων με ασφαλτο καλής βατότητας και με μικρές κλίσεις. Επιπλέον, θεωρείται ότι η λειτουργία των γραμμών γίνεται με μεσαία λεωφορεία στο μηδενικό σενάριο και με μικρά και μεσαία στα σενάρια αναδιάρθρωσης. Οι παραδοχές που γίνονται συνολικά για την εκτίμηση του κόστους των γραμμών συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.6: Παραδοχές στον υπολογισμό κόστους της λειτουργίας των γραμμών.

Χαρακτηριστικά οχήματος μεσαίου μεγέθους	Κατανάλωση καυσίμου (λτρ./100χλμ.)		32,31
	Συνολικές θέσεις midi οχήματος		100
	Τιμή αγοράς νέου οχήματος (€)		230.000
	Αξία ελαστικού (€)		350
	Ταχύτητα midi οχήματος (χλμ./ώρα)		15
Χαρακτηριστικά οχήματος μικρού μεγέθους	Κατανάλωση καυσίμου (λτρ./100χλμ)		20,29
	Συνολικές θέσεις mini οχήματος		20
	Τιμή αγοράς νέου οχήματος (€)		90.000
	Αξία ελαστικού (€)		350
	Ταχύτητα mini οχήματος (χλμ./ώρα)		18
Συντελεστές κόστους	Καυσίμου	Τιμή πετρελαίου κίνησης (1 λίτρο σε €)	1,37
	Συντήρησης	Σταθερό ποσοστό (μέχρι 200.000 χλμ.) ετήσιου κόστους συντήρησης ως ποσοστό επί του κόστους αγοράς	8,37%
	Φθοράς ελαστικών	Ετήσιος αριθμός ελαστικών που χρειάζονται αλλαγή ανά 1.000 χλμ.	0,0793
	Μισθολογικού (οδήγησης)	Μεικτό ωρομίσθιο οδηγού (€)	12

Πηγή: www.fuelprices.gr ; Μορφουλάκη και Κοτούλα, 2011.

Κόστος καυσίμων: Σε ό,τι αφορά το κόστος καυσίμων, στο κόστος που υπολογίζεται με βάση τα προγραμματισμένα χιλιόμετρα προστίθεται ένα ποσοστό 10% του τελικού κόστους το οποίο λαμβάνει υπόψη καθυστερήσεις, αστοχίες, κ.ά (Ναθαναήλ, 2014). Έτσι από τα παραπάνω το κόστος κατανάλωσης καυσίμων σε διάστημα ενός χρόνου προκύπτει ως εξής:

$K_{καυσ.} = 110\% * \text{κατανάλωση ανά } 100 \text{ χιλιόμετρα} * \text{αριθμός ετησίων χιλιομέτρων} * \text{τιμή ντίζελ κίνησης/100}$

Κόστος ελαστικών: Οι συντελεστές κατανάλωσης ελαστικών υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη ότι τα λεωφορεία έχουν 6 ελαστικά και ότι υπό ιδανικές συνθήκες (Οδός τύπου Α και κλίση 0%) η αντικατάστασή τους γίνεται κάθε 150.000 χιλιόμετρα (0,04 λάστιχα/1.000 χιλιόμετρα). Το συνολικό μήκος που διανύεται χωρίς να γίνει αντικατάσταση των ελαστικών μειώνεται στις άλλες συνθήκες και οι συντελεστές διαμορφώνονται ανάλογα (Μορφουλάκη και Κοτούλα, 2011). Στην περίπτωση μας ο συντελεστής κόστους ελαστικών είναι 0,0793 και υποδηλώνει τον αριθμό των ελαστικών που χρειάζονται αλλαγή ανά 1.000 χλμ. Το κόστος κατανάλωσης ελαστικών σε διάστημα ενός χρόνου προκύπτει ως εξής:

$K_{ελασ.} = 0,0793 * \text{αριθμός ετήσιων χιλιομέτρων} * \text{κόστος τεμαχίου ελαστικού/1000}$

Κόστος συντήρησης: Το κόστος συντήρησης συμμετέχει σε μεγάλο ποσοστό στο συνολικό λειτουργικό κόστος και επηρεάζεται από την ποιότητα της οδού που κινείται το όχημα, από το πρόγραμμα συντήρησης που τηρεί ο ιδιοκτήτης του οχήματος, αλλά και από τον τρόπο οδήγησης που αποτελεί κρίσιμη μεταβλητή για την καλή κατάσταση του οχήματος και την ελαχιστοποίηση βλαβών και επισκευών. Το κόστος συντήρησης ισοδυναμεί με ένα ετήσιο κόστος των 19.251 € για όχημα αξίας 230.000 €. Επομένως αφορά ένα 8,37% της αρχικής αξίας του. Το ποσοστό αυτό ισχύει μέχρι τα 200.000 χλμ. το χρόνο και εμφανίζει σταθερότητα μέχρι αυτή την τάξη μεγέθους (Μορφουλάκη και Κοτούλα, 2011). Ο τύπος υπολογισμού του κόστους συντήρησης είναι ο εξής:

$$K_{\text{συντ.}} = \text{αρχική αξία οχήματος} * 0,0837$$

Μισθολογικό κόστος: Το μισθολογικό κόστος υπολογίζεται με βάση τις ώρες που χρειάζεται για να εκτελεσθούν τα συνολικά ετήσια χιλιόμετρα της κάθε γραμμής. Η πληροφορία αυτή προκύπτει διαιρώντας τα ετήσια χιλιόμετρα της κάθε γραμμής με τη μέση εμπορική ταχύτητα του οχήματος. Το αποτέλεσμα είναι οι ώρες που χρειάζονται για να εκτελεσθούν όλα τα ετήσια δρομολόγια. Πολλαπλασιάζοντάς το με ένα ωρομίσθιο προκύπτει το εργατικό κόστος (οδήγησης) στο σύνολο του έτους (Ναθαναήλ, 2014).

$$K_{\text{μισθ.}} = \text{ωρομίσθιο} * \text{ετήσια χιλιόμετρα} / \text{μέση εμπορική ταχύτητα}$$

Το συνολικό κόστος μιας γραμμής εκτιμάται ως το άθροισμα των παραπάνω δεικτών:

$$K_{\text{ΣΥΝ}} = K_{\text{καυσ.}} + K_{\text{ελασ.}} + K_{\text{συντ.}} + K_{\text{μισθ.}}$$

4.4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9

Γραμμή 2 (Κεντρική αφετηρία – Αμπελόκηποι): Γνωρίζοντας τον αριθμό των δρομολογίων ανά ημέρα και τα χιλιόμετρα της διαδρομής, προκύπτει ότι σε περίοδο ενός έτους διανύονται **164.185,32 χιλιόμετρα** από τη γραμμή 2 κατά τη μετάβαση.

Στη συνέχεια μπορούν να υπολογιστούν σύμφωνα με τους τύπους του κεφαλαίου 4.4.1. οι επιμέρους δείκτες κόστους καθώς και το συνολικό κόστος στην περίοδο ενός έτους.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 164.185,32 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

$$K_{\text{καυσ.}} = 79.943,8 \text{ €}$$

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 164.185,32 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

Κ_{ελασ.}= 4.557,0 €

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 164.185,32 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

Κ_{συντ.}=19.251,0 €

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 164.185,32 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

Κ_{μισθ.}=131.348,3 €

Άρα, **Κ_{ΣΥΝ}=235.100,0 €** για τη γραμμή 2 στη διαδρομή κεντρική αφετηρία – Αμπελόκηποι.

Γραμμή 2 (Αμπελόκηποι - Κεντρική αφετηρία): Αντίστοιχα, ο αριθμός των χιλιομέτρων που διανύθηκαν στην περίοδο ενός έτους είναι **166.978,24** . Στη συνέχεια υπολογίζονται οι δείκτες κόστους από τη λειτουργία της γραμμής.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 166.978,24 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

Κ_{καυσ.}= 81.303,7 €

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 166.978,24 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

Κ_{ελασ.}= 4.634,5 €

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 166.978,24 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

Κ_{συντ.}=19.251,0 €

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 166.978,24 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

Κ_{μισθ}=133.582,6 €

Άρα, $K_{\Sigma\gamma\eta}=238.771,7 \text{ €}$ για τη γραμμή 2 στη διαδρομή Αμπελόκηποι - κεντρική αφετηρία.

Γραμμή 9 (Κεντρική αφετηρία – Χιλιαδού): Σε περίοδο ενός έτους διανύονται **11.856,00 χιλιόμετρα** από τη γραμμή 9 κατά τη μετάβαση.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 11.856,00 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

$K_{\text{καυσ.}}=5.772,8 \text{ €}$

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 11.856,00 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

$K_{\text{ελασ.}}=329,1 \text{ €}$

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 11.856,00 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

$K_{\text{συντ.}}=19.251,0 \text{ €}$

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 11.856,00 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

$K_{\text{μισθ.}}=9.484,8 \text{ €}$

Άρα, $K_{\Sigma\gamma\eta}=34.837,7 \text{ €}$ για τη γραμμή 9 στη διαδρομή κεντρική αφετηρία – Χιλιαδού.

Γραμμή 9 (Χιλιαδού – κεντρική αφετηρία): Σε περίοδο ενός έτους διανύονται **11.796,72 χιλιόμετρα** από τη γραμμή 9 κατά την επιστροφή.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 11.796,72 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

$K_{\text{καυσ.}}=5.744,0 \text{ €}$

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 11.796,72 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

$$K_{\text{ελασ.}} = 327,4 \text{ €}$$

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 11.796,72 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

$$K_{\text{συντ.}} = 19.251,0 \text{ €}$$

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 11.796,72 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

$$K_{\text{μισθ.}} = 9437,4 \text{ €}$$

Άρα, $K_{\text{ΣΥΝ}} = 34759,8 \text{ €}$ για τη γραμμή 9 στη διαδρομή Χιλιαδού - κεντρική αφετηρία.

4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΡΔΟΥΣ/ΖΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται το κέρδος ή η ζημία από κάθε γραμμή στη μετάβαση και στην επιστροφή. Παρατηρούμε ότι η γραμμή 2 παρουσιάζει κέρδος και στο δρομολόγιο της μετάβασης και της επιστροφής, ενώ η γραμμή 9 παρουσιάζει και στα δύο ζημία. Το συνολικό κέρδος των γραμμών ανέρχεται στα **101.186,7 €**.

Πίνακας 4.7: Υπολογισμός διαφοράς εσόδων και κόστους για τις γραμμές 2 και 9 ανά κατεύθυνση.

ΓΡΑΜΜΗ	ΕΣΟΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ	ΕΣΟΔΑ - ΚΟΣΤΟΣ
2 - Μετάβαση	368.335,3	235.100,0	133.235,3
2 - Επιστροφή	249.446,1	238.771,7	10.674,4
9 - Μετάβαση	142.66,7	34.837,7	-20.571,0
9 - Επιστροφή	12.607,8	34.759,8	-22.152,0
Σύνολο	644.655,9	543.469,1	101.186,7

5. ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η περιγραφή δύο εναλλακτικών σεναρίων σε ό,τι αφορά την αναδιάρθρωση των γραμμών 2 και 9, η ανάλυση της οικονομικής τους βιωσιμότητας και τέλος έλεγχος ευαισθησίας τόσο για τα σενάρια αυτά όσο και για το μηδενικό σενάριο (υφιστάμενη κατάσταση).

5.1. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Η διαδικασία της δρομολόγησης περιλαμβάνει πέντε διαδοχικά βήματα (Ceder and Wilson, 1985):

- α) Το σχεδιασμό της γραμμής
- β) Τον καθορισμό των συχνοτήτων
- γ) Τον καθορισμό των πινάκων δρομολογίων
- δ) Το χρονικό προγραμματισμό των οχημάτων
- ε) Το χρονικό προγραμματισμό των οδηγών

Τα αποτελέσματα από κάθε βήμα που βρίσκεται υψηλότερα στην αλληλουχία είναι δεδομένα που εισάγονται στα επόμενα. Ωστόσο, οι αποφάσεις που παίρνονται στα επόμενα βήματα επιδρούν στις αποφάσεις στα προηγούμενα, καθώς η ακολουθία μπορεί να επαναλαμβάνεται πολλές φορές και τα αποτελέσματα από το τελευταίο βήμα να είναι δεδομένα εισαγωγής για το πρώτο.

Με το σχεδιασμό της γραμμής καθορίζονται η αφετηρία και το τέρμα, οι στάσεις και οι οδοί από τις οποίες θα διέρχεται η γραμμή. Κατά αυτόν τον τρόπο υπολογίζονται και το μήκος και ο χρόνος του δρομολογίου. Τα δεδομένα εισαγωγής που χρειάζονται είναι δεδομένα ζήτησης και δείκτες απόδοσης. Στο επίπεδο αυτό αποφασίζονται ο τύπος οχημάτων και οι ώρες λειτουργίας του συστήματος.

Στο στάδιο όπου καθορίζονται οι συχνότητες εισάγεται ως δεδομένο εκτός από τη ζήτηση και ο αριθμός των διαθέσιμων λεωφορείων. Οι συχνότητες κατά κανόνα διακρίνονται σε λειτουργικές, συχνότητες ζήτησης και συχνότητες απόδοσης.

Οι λειτουργικές συχνότητες καθορίζονται με βάση την πολιτική της διαχειριστικής αρχής και αντιστοιχούν σε διελεύσεις λεωφορείων ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι συχνότητες ζήτησης είναι αποτέλεσμα του σχεδιασμού των λεωφορειακών γραμμών με στόχο την κάλυψη των αναγκών σε μεταφορική εξυπηρέτηση. Για τον προσδιορισμό τους απαιτούνται είτε στοιχεία επιβατικών φόρτων είτε εκτίμηση τους. Τέλος, για τον προσδιορισμό συχνοτήτων απόδοσης χρησιμοποιούνται δείκτες ποιότητας με βάση τους οποίους ελέγχεται αν οι επιλεγμένες συχνότητες επιτυγχάνουν την επιθυμητή απόδοση (Καρλαύτης και Λυμπέρης, 2009).

Στο βήμα του καθορισμού των πινάκων δρομολογίων είναι απαραίτητα τα στοιχεία της ζήτησης ανά περίοδο της ημέρας καθώς και του απαιτούμενου χρονικού διαστήματος του συνολικού δρομολογίου. Έτσι, δημιουργούνται πίνακες με τις ακριβείς ώρες αφίξεων - αναχωρήσεων σε στάσεις, αφετηρία και τέρμα που συχνά διαφέρουν για κάθε ημέρα (τυπική καθημερινή – Σάββατο – Κυριακή).

Προκειμένου να γίνει ο χρονικός προγραμματισμός των οχημάτων πρέπει να ληφθούν υπόψη τα σημεία στάθμευσης των οχημάτων, οι ανάγκες για συντήρηση και οι περιορισμοί που προκύπτουν στον προγραμματισμό.

Τέλος, για το χρονικό προγραμματισμό των οδηγών λαμβάνεται υπόψη οι εργασιακοί κανόνες που πρέπει να τηρούνται, οι εργασιακές σχέσεις που επικρατούν στο φορέα παροχής των υπηρεσιών της γραμμής και το κόστος των οδηγών.

5.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Ο σχεδιασμός του δικτύου της γραμμής είναι από τα πλέον δύσκολα ζητήματα που αντιμετωπίζει κάθε εταιρεία που διαχειρίζεται αστικά λεωφορεία. Επιδρά στο παρεχόμενο μεταφορικό έργο και συνεπώς και στην οικονομική απόδοση του συστήματος. Σε γενικές γραμμές ένα αποδοτικό σχέδιο γραμμής πρέπει να έχει τις ακόλουθες ιδιότητες (Chakroborty and Dwivedi, 2002):

- Να ικανοποιεί το σύνολο ή, τουλάχιστον, το μεγαλύτερο κομμάτι της μεταφορικής ζήτησης,
- Να περιορίζει την ανάγκη για μετεπιβίβαση σε άλλη γραμμή,

- Να προσφέρει μικρούς χρόνους διαδρομής για το επιβατικό κοινό (συμπεριλαμβανομένου και το χρόνο για την άφιξη στη στάση).

Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται αναλυτική περιγραφή όλων των κριτηρίων που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό των γραμμών αστικών λεωφορείων.

5.2.1. ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΓΡΑΜΜΩΝ

Η πυκνότητα των γραμμών είναι ένα από τα βασικά κριτήρια για την επίτευξη ικανοποιητικής κάλυψης από ένα δίκτυο λεωφορείων και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πυκνότητα του πληθυσμού και την ανάπτυξη μίας περιοχής. Επιδιώκεται η χάραξη των γραμμών ώστε η προσβασιμότητα να είναι η μεγαλύτερη δυνατή για κάποιο ελάχιστο επίπεδο εξυπηρέτησης. Η πυκνότητα των γραμμών είναι αλληλένδετη και με τη συχνότητα διέλευσης οχημάτων αλλά και με τη ζήτηση για μεταφορική εξυπηρέτηση. Ειδικά σε περιοχές με μεγάλη ζήτηση προτιμάται να βρίσκονται αραιότερα οι γραμμές αλλά με μεγαλύτερη συχνότητα διέλευσης παρά πυκνότερα με μικρότερη συχνότητα (Καρλαύτης και Λυμπέρης, 2009).

Τα εφαρμοζόμενα πρότυπα που σχετίζονται με την πυκνότητα των γραμμών και την κάλυψη μίας περιοχής με γραμμές είναι δύο ειδών. Το πρώτο είδος προτύπων απαιτεί η απόσταση μεταξύ δύο λεωφορειακών διαδρομών να διατηρείται μεταξύ 800 μέτρων και 3 χιλιομέτρων, ανάλογα με την οικιστική πυκνότητα της περιοχής και την εγγύτητα της με επαγγελματικές δραστηριότητες. Αποστάσεις 800 μέτρων συνήθως απαιτούνται σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα και κοντά στο κέντρο. Αποστάσεις μεγαλύτερες του 1,5 χιλιομέτρου εφαρμόζονται σε διαδρομές τύπου εξπρές που εξυπηρετούν πιο αραιοκατοικημένες περιοχές, όπως εξοχικές ή προαστιακές.

Το δεύτερο είδος των προτύπων εστιάζεται συγκεκριμένα στη δυνατότητα πρόσβασης των επιβατών. Αυτά τα πρότυπα ορίζουν ένα κατώτατο ποσοστό των κατοίκων μίας περιοχής (50 έως 95%) που εκτιμάται ότι κατοικεί εντός μίας καθορισμένης απόστασης από μία στάση λεωφορείου (400 έως 800 μέτρα), ανάλογα με την οικιστική πυκνότητα της περιοχής ή την τοποθεσία. Εν γένει, αυτά τα πρότυπα θεωρούν ότι για αστικές ή περιοχές υψηλής πυκνότητας που εξυπηρετούνται από

τοπικές διαδρομές , το 85 ή 95% των κατοίκων της περιοχής κατοικούν σε μία απόσταση 400 μέτρων από τη στάση. Για τα προάστια ή τις αραιοκατοικημένες περιοχές, οι ανάλογες εκτιμήσεις είναι 50 έως 60% των κατοίκων σε απόσταση 800 μέτρων από τη λεωφορειακή γραμμή (Φραντζεσκάκης κ.ά, 1997).

5.2.2. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η πυκνότητα του πληθυσμού αντιπροσωπεύει τον αριθμό κατοίκων ανά οικοδομικό τετράγωνο. Με βάση αυτό το στοιχείο εκτιμάται η ζήτηση για μετακίνηση. Ένα άλλο στοιχείο που συμπεριλαμβάνεται σε αυτό το κριτήριο και λαμβάνουν υπόψη εταιρείες αστικών λεωφορείων είναι η κατοχή και η χρήση αυτοκινήτου (Transportation Research Board, 1995).

5.2.3. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ

Η καλή χωροθέτηση των στάσεων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα λειτουργίας της γραμμής αλλά και την προσβασιμότητα στις στάσεις, κατά συνέπεια και το επίπεδο εξυπηρέτησης. Οι παραπάνω αποτελούν ουσιαστικά αντικρουόμενες συνθήκες αφού:

- Δεδομένης της ανάγκης για συνέχεις στάσεις, όσο αραιότερες είναι οι τελευταίες, τόσο υψηλότερη είναι η λειτουργική ταχύτητα κάθε γραμμής. Οι επιβάτες αντιλαμβάνονται το μειωμένο αριθμό στάσεων και την αυξημένη ταχύτητα ως δείγματα καλύτερης εξυπηρέτησης.
- Οι αραιότερες στάσεις σημαίνουν από την άλλη μεριά μεγαλύτερο χρόνο βαδίσματος για πρόσβαση στις στάσεις (Καρλαύτης και Λυμπέρης, 2009).

Ωστόσο, η τάση που κυριαρχεί σήμερα είναι η αύξηση της απόστασης των στάσεων ώστε να επιτυγχάνονται μεγαλύτερες συχνότητες και αξιοπιστία των δρομολογίων των λεωφορειακών γραμμών (Γιαννόπουλος, 1994).

5.2.4. ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΥΡΙΑ ΓΡΑΜΜΗ

Τα πρότυπα που υπάρχουν θέτουν διάφορους περιορισμούς ή όρους στη δρομολόγηση του λεωφορείου προκειμένου να ελέγξουν το βαθμό στον οποίο οι τακτικές λεωφορειακές γραμμές εγκαταλείπουν βασικές οδικές αρτηρίες για να εξυπηρετήσουν κενούς θύλακες ή κέντρα δραστηριοτήτων. Στα πρότυπα που έχουν σχεδιαστεί για τη αξιολόγηση αυτού του κριτηρίου χρησιμοποιούνται διαφορετικά είδη ελέγχου ή περιορισμών όπως (Φραντζεσκάκης κ.ά, 1997):

- Ο επιπλέον συνολικός χρόνος παρέκκλισης δεν μπορεί να υπερβαίνει τα πέντε με οχτώ λεπτά.
- Χρησιμοποιούνται όρια αποστάσεων παράκαμψης, με ανώτατο όριο 1,5 χιλιόμετρο ανά διαδρομή.
- Το μήκος της διαδρομής κατά την παρέκκλιση να είναι τόσο ώστε ο συνολικός χρόνος διαδρομής με λεωφορείο να μην υπερβαίνει το 20 – 40% του αντίστοιχου χρόνου με Ι.Χ.
- Τίθεται ο περιορισμός των δύο παρακάμψεων ανά διαδρομή.
- Περιορίζεται η αύξηση του μέσου χρόνου μετακίνησης ανά επιβάτη σε ένα ανώτατο όριο (10 – 20%), σαν αποτέλεσμα οποιωνδήποτε παρακάμψεων κατά το μήκος της κύριας διαδρομής.
- Οι παρακάμψεις από τη διαδρομή είτε δεν πρέπει να μειώνουν τη μέση παραγωγικότητα της γραμμής, είτε πρέπει στο τμήμα της διαδρομής όπου πραγματοποιείται η παράκαμψη η παραγωγικότητα να είναι μεγαλύτερη από αυτή του συνόλου.

5.2.5. ΎΠΑΡΞΗ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η ύπαρξη ικανοποιητικής επιβατικής κίνησης αποτελεί θεμελιώδες κριτήριο για την ύπαρξη μίας λεωφορειακής γραμμής. Η επιβατική κίνηση θα πρέπει να δικαιολογεί το κόστος (οικονομικό ή/και κοινωνικό) λειτουργίας μίας λεωφορειακής γραμμής. Για τη χάραξη μιας λεωφορειακής γραμμής λαμβάνεται υπόψη η υπάρχουσα ζήτηση με βάση μετρήσεις, σύγκριση με άλλες μελέτες κ.ά. Επιπλέον

όμως θα πρέπει να συνυπολογιστούν οι επιδράσεις των λεωφορειακών γραμμών στις χρήσεις γης οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε περαιτέρω ανάπτυξη της περιοχής οπότε και σε αύξηση της ζήτησης (Καρλαύτης και Λυμπέρης, 2009).

5.2.6. ΑΠΟΦΥΓΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΓΡΑΜΜΕΣ

Η εξυπηρέτηση μίας περιοχής είναι η καλύτερη δυνατή όταν οι γραμμές διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτουν το σύνολο της περιοχής. Το γεγονός όμως ότι οι λεωφορειακές γραμμές πρέπει να ακολουθούν βασικούς οδικούς άξονες οδηγεί πολλές φορές σε γραμμές οι οποίες επικαλύπτονται, γεγονός που είναι δύσκολο να αποφευχθεί λόγω των περιορισμένων βασικών οδικών αξόνων κάθε περιοχής. Σε μεγάλες οδούς, η αλληλεπικάλυψη είναι αποδεκτή αν (α) τα διαδοχικά λεωφορεία των διαφορετικών γραμμών διέρχονται κάθε τρία λεπτά κατά τη διάρκεια της αιχμής και έξι λεπτά εκτός αιχμής, (β) οι γραμμές έχουν μέση πληρότητα τουλάχιστον 60% της μέγιστης και (γ) το επικαλυπτόμενο μήκος μίας γραμμής δεν υπερβαίνει το 50% του συνολικού μήκους της (Καρλαύτης και Λυμπέρης, 2009).

5.2.7. ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Το μήκος των γραμμών πρέπει να περιορίζεται έτσι ώστε να μην απαιτούνται πολλά οχήματα, να διατηρούνται οι συχνότητες λειτουργίας και να μην επιδρά σε μεγάλο βαθμό η λοιπή κυκλοφορία. Τα πρότυπα συνήθως περιορίζουν τη διάρκεια διαδρομής μετ' επιστροφής σε ένα ανώτατο όριο περίπου 75 – 90 λεπτών (Φραντζεσκάκης κ.ά, 1997).

5.2.8. ΑΛΛΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

- Ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων που απαιτούνται να είναι περιορισμένος. Σε πολλές περιπτώσεις η διαχειριστική αρχή πρέπει να επιλέξει είτε το σχεδιασμό μίας τοπικής γραμμής που να συνδέεται με μία μεγαλύτερη

γραμμή είτε μία ενιαία γραμμή που να εξυπηρετεί τον ίδιο προορισμό (Transportation Research Board, 1995).

- Η οδική υποδομή πρέπει να μπορεί να εξυπηρετήσει τα διατιθέμενα οχήματα για τη γραμμή. Για παράδειγμα, σε περιορισμένο αστικό χώρο η επιλογή αρθρωτών λεωφορείων ενδεχομένως να μην είναι η κατάλληλη (Καρλαύτης και Λυμπέρης, 2009).

5.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ 2 ΚΑΙ 9

Οι πιο αισθητές αλλαγές και στα δύο σενάρια παρέμβασης που εξετάζονται, είναι η νέα διαδρομή της γραμμής 9 και η ανάπτυξη μίας νέας τοπικής γραμμής. Οι αλλαγές αυτές απαιτούνται λόγω της μικρής επιβατικής κίνησης και της ζημίας που εμφανίζει η λειτουργία της γραμμής 9. Έτσι, θεωρείται αναγκαίο να ανασχεδιαστεί η γραμμή 9 και να δημιουργηθεί μία νέα τοπική γραμμή έτσι ώστε να εξυπηρετηθούν νέες περιοχές με περισσότερη μεταφορική ζήτηση και οι οποίες πριν δεν καλύπτονταν από άλλες γραμμές του αστικού ΚΤΕΛ.

Αντίστοιχα, γίνεται ανασχεδιασμός της γραμμής 2 ώστε να εξυπηρετήσει περιοχές που μέχρι σήμερα δεν εξυπηρετούνταν από καμία γραμμή. Επιπλέον, η διαδρομή της γραμμής 2 καθορίζεται έτσι ώστε να μην υπάρχει αλληλεπικάλυψη περιοχών της Νέας Ιωνίας με τη νέα γραμμή 9, η οποία επίσης θα διέρχεται πλέον από συνοικίες αυτής.

Πλεονέκτημα του νέου σχεδιασμού των γραμμών 2 και 9 είναι η διέλευση από κύριους οδικούς άξονες και οι περιορισμένες αποκλίσεις από αυτούς. Το μήκος της διαδρομής της γραμμής 2 δε μεταβάλλεται σημαντικά ενώ το μήκος της γραμμής 9 μειώνεται, γεγονός που θα συμβάλλει στη διατήρηση των νέων συχνοτήτων.

5.3.1. ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ Α

Με βάση το νέο σχεδιασμό της γραμμής 2, η διαδρομή της θα είναι η ακόλουθη: Πεδίον Άρεως – Λαμπράκη – Ιάσωνος – Καρτάλη - Αναλήψεως – Παγασών

– Αναπαύσεως – Μερκούρη - Αγ. Νεκταρίου - Φυτόκου – Πανεπιστήμιο κατά τη μετάβαση, και κατά την επιστροφή: Πανεπιστήμιο – Φυτόκου – Αγ. Νεκταρίου – Μ. Μερκούρη – Αναπαύσεως – Παγασών – Αναλήψεως – Βενιζέλου – Δημητριάδος – Λαμπράκη – Πεδίον Άρεως.

Η νέα διαδρομή της γραμμής 9 κατά τη μετάβαση είναι: Λιμάνι – Καρτάλη – Δήμου – Παρασκευοπούλου – Φυτόκου - τέννις (Δημοτικό κολυμβητήριο Ν. Ιωνίας στην Αγ. Διονυσίου). Αντίστοιχα, στην επιστροφή: Αγ. Διονυσίου – Παρασκευοπούλου - Δήμου – Βενιζέλου – Λιμάνι.

Εκτός από αυτές τις δύο γραμμές θα υπάρξει και μία νέα τοπική, κυκλική γραμμή που θα συνδέει τις περιοχές Αγ. Παρασκευή και Αγ. Γεώργιο και στην οποία θα χρησιμοποιούνται mini buses. Η νέα κυκλική γραμμή θα ακολουθεί την εξής πορεία: Μακαρίου – Παναγούλη – Ιατρίδη – Αγ. Παρασκευής – Κ. Βάρναλη – Νάξου – Αγ. Κυριακής – Κ. Βάρναλη – Αγ. Παρασκευής – Ιατρίδη.

Πίνακας 5.1: Μήκη διαδρομών μετάβασης και επιστροφής για τις νέες γραμμές 2, 9 και τοπική στο σενάριο Α.

Μήκος σε χλμ.		Μετάβαση	Επιστροφή
Γραμμή	2	6,10	6,27
	9	4,80	4,60
	Νέα	3,66	

Σε ό,τι αφορά τις συχνότητες των νέων γραμμών στις ώρες αιχμής καθορίστηκαν ως εξής:

- Γραμμή 2: 12 λεπτά
- Γραμμή 9: 15 λεπτά
- Τοπική κυκλική γραμμή: 20 λεπτά

Η συχνότητα της κυκλικής γραμμής καθορίστηκε θεωρώντας ταχύτητα 18 χλμ./ώρα για mini buses και μήκος διαδρομής 3,66 χιλιόμετρα. Έτσι, προκύπτει ότι ο χρόνος στον οποίο διανύεται ένα συνολικό δρομολόγιο είναι 12,2 λεπτά και

θεωρώντας και κάποιες καθυστερήσεις γίνεται 15 λεπτά. Αν προστεθούν και 5 λεπτά αναμονής στην αφετηρία ή/και στο τέρμα η συχνότητα γίνεται 20 λεπτά.

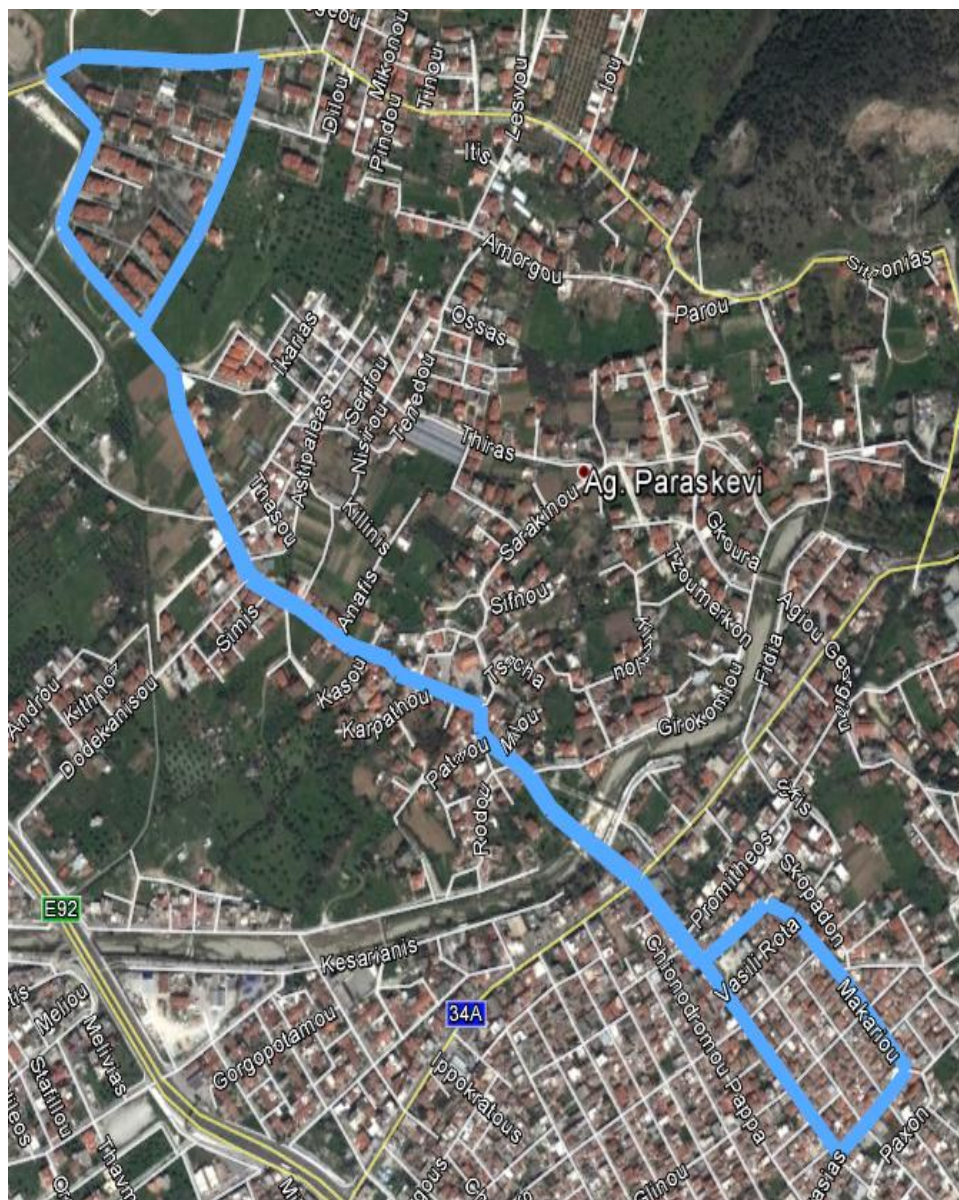
Για τη γραμμή 2 οι συχνότητες είναι όπως και στο μηδενικό σενάριο ενώ για τη γραμμή 9 θεωρούνται 16 ώρες λειτουργίας τις καθημερινές και 15,5 ώρες το Σάββατο και την Κυριακή, και έτσι προκύπτει ο αριθμός των δρομολογίων που φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 5.2: Αριθμός δρομολογίων μετάβασης και επιστροφής για τις γραμμές 2, 9 και τοπική στο σενάριο Α.

Αρ. Δρομολογίων		Ημέρα	Μετάβαση	Επιστροφή
Γραμμή	2	Τυπική καθημερινή	72	72
		Σάββατο	56	55
		Κυριακή	37	36
	9	Τυπική καθημερινή	64	64
		Σάββατο	62	62
		Κυριακή	62	62
	Νέα	Οποιαδήποτε	49	



Εικόνα 5.1: Διαδρομή γραμμής 2 στο σενάριο Α (μετάβαση κόκκινο – επιστροφή κίτρινο) [Πηγή: Ναθαναήλ, 2014].



Εικόνα 5.3: Διαδρομή τοπικής κυκλικής γραμμής Αγ. Παρασκευή - Αγ. Γεώργιος [Πηγή: Ναθαναήλ, 2014].

5.3.2. ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ Β

Στο σενάριο Β η μόνη διαφοροποίηση σε σχέση με το σενάριο Α είναι στη γραμμή 9. Η γραμμή 9 πλέον ξεκινά από το Πεδίον του Άρεως. Επομένως, η διαδρομή γίνεται κατά τη μετάβαση: Πεδίον Άρεως – Λαμπράκη - Καρτάλη – Δήμου – Παρασκευοπούλου – Φυτόκου - τένις (Δημοτικό κολυμβητήριο Ν. Ιωνίας στην Αγ. Διονυσίου). Στην επιστροφή η διαδρομή ακολουθεί τις οδούς: Αγ. Διονυσίου –

Παρασκευοπούλου - Δήμου – Βενιζέλου – Δημητριάδος – Λαμπράκη – Πεδίον Άρεως. Επιπλέον, οι συχνότητες και ο αριθμός των δρομολογίων για κάθε ημέρα είναι όπως και στο σενάριο Α.

Πίνακας 5.3: Μήκη διαδρομών μετάβασης και επιστροφής για τις νέες γραμμές 2, 9 και τοπική στο σενάριο Β.

Μήκος σε χλμ.		Μετάβαση	Επιστροφή
Γραμμή	2	6,10	6,27
	9	5,90	5,82
	Νέα	3,66	



Εικόνα 5.4: Διαδρομή γραμμής 9 στο σενάριο Β (μετάβαση μαύρο – επιστροφή λευκό [Πηγή: Ναθαναήλ, 2014].

5.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Προκειμένου να γίνει ο υπολογισμός της επιβατικής κίνησης των νέων γραμμών γίνεται η παραδοχή ότι η απολεσθείσα επιβατική κίνηση από μια γραμμή που μετατοπίζεται από μια περιοχή πηγαίνει στην εγγύτερη γραμμή μαζικών συγκοινωνιών που διασχίζει την ίδια περιοχή. Έτσι, κρίνεται αναγκαίος ο υπολογισμός της επιβατικής κίνησης σε συγκεκριμένα τμήματα της διαδρομής. Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η εξής (Ναθαναήλ, 2014):

1. Υπολογίζεται η επιβατική κίνηση που εισέρχεται εντός του τμήματος ή/και εξέρχεται του οχήματος της γραμμής τόσο στην μετάβαση όσο και στην επιστροφή ως ποσοστό της συνολικής επιβατικής κίνησης του δρομολογίου.
2. Αθροίζουμε τα ποσοστά που προκύπτουν από το κάθε δρομολόγιο και εξάγουμε ένα μέσο όρο ημέρας.
3. Αυτό γίνεται για τις ημέρες τυπική καθημερινή, Σάββατο και Κυριακή.
4. Τον κάθε έναν μέσο όρο από αυτούς τον πολλαπλασιάζουμε με τον αριθμό των δρομολογίων την εβδομάδα που αναλογούν στον τύπο ημέρας (τυπική καθημερινή, Σάββατο και Κυριακή) και επίσης με το μέσο ποσοστό επιβατικής κίνησης (γραμμή 9) ή με το σταθμισμένο ποσοστό επιβατικής κίνησης (γραμμή 2) στο συγκεκριμένο τύπο ημέρας για τη συγκεκριμένη γραμμή και κατεύθυνση.
5. Προσθέτουμε τα γινόμενα για: τυπική καθημερινή, Σάββατο και Κυριακή και εξάγουμε το τελικό ποσοστό επιβατικής κίνησης που αναλογεί σε αυτό το τμήμα του δρομολογίου.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει τις αλλαγές στα επίπεδα της επιβατικής κίνησης μετά από μικροτροποποιήσεις στις χαράξεις των γραμμών. Οι γενικοί μαθηματικοί τύποι για τον υπολογισμό της εβδομαδιαίας επιβατικής κίνησης σε συγκεκριμένο τμήμα ανά ημέρα μέτρησης και κατεύθυνση που βασίζονται σε διαθέσιμα δεδομένα είναι οι εξής:

$$\text{Γραμμή 2: } EK_{\text{τμημ.}} = m * \frac{\sum \frac{k_i}{\beta_i}}{N} * EK\sigma \quad (3)$$

$$\text{Γραμμή 9: } EK_{\text{τμημ.}} = m * \frac{\sum \frac{k_i}{\beta_i}}{N} * EK\mu \quad (4)$$

Όπου k_i ο αριθμός των παρατηρούμενων επιβατών για το συγκεκριμένο τμήμα στο δρομολόγιο i , β_i ο αριθμός των συνολικών επιβατών στο δρομολόγιο i σε σύνολο δρομολογίων N , m ο αριθμός δρομολογίων την εβδομάδα που αφορά το συγκεκριμένο τύπο ημέρας (τυπική καθημερινή/Σάββατο/Κυριακή), EK_σ η σταθμισμένη μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο και αντίστοιχα EK_μ η μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο (διαφορετικά για κάθε τύπο ημέρας).

Σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμη η επιβατική κίνηση που αναμένεται να προσελκύσει μια νέα γραμμή και πρέπει να εκτιμηθεί εκ του μηδενός (όπως είναι η νέα τοπική κυκλική γραμμή) ακολουθείται η διαδικασία εκτίμησης αναγκών μετακινήσεων βάσει στοιχείων πληθυσμού, ανεργίας, ηλικιακών κατηγοριών, σκοπού μετακίνησης, μέση κατανομή μετακινήσεων ανά μέσο μεταφοράς και άλλων πληθυσμιακών και χωροταξικών δεδομένων. Σε πρώτη φάση γίνεται ο καθορισμός της ζώνης επιρροής της ίδρυσης της νέας γραμμής αστικών συγκοινωνιών και έπειτα εξάγεται ο σχετικός πληθυσμός της ζώνης με βάση την πληθυσμιακή πυκνότητα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (Ναθαναήλ, 2014).

5.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΣΕΝΑΡΙΟΥ Α

5.5.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΣΟΔΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Γραμμή 2 (Κεντρική αφετηρία - Αμπελόκηποι): Ο σχεδιασμός αφορά την παράκαμψη της οδού Παρασκευοπούλου και την εξυπηρέτηση της οδού Μ. Μερκούρη αλλά και της Αγ. Νεκταρίου μέχρι το Πανεπιστήμιο. Ο υπολογισμός της αναμενόμενης επιβατικής κίνησης θα είναι σε σχέση με αυτήν της υφιστάμενης γραμμής 2. Σημειώνεται ότι η παράκαμψη της Παρασκευοπούλου αναμένεται να στερήσει το 50% της προηγούμενης επιβατικής κίνησης που εξυπηρετούνταν στην οδό Παρασκευοπούλου και η επιβατική κίνηση στην παράλληλη της οδού Παρασκευοπούλου, Μ. Μερκούρη, εκτιμάται στο 30% της οδού Παρασκευοπούλου λόγω των παρόδιων χρήσεων γης και της εκτιμώμενης τοπικής πληθυσμιακής πυκνότητας.

Για να εκτιμηθεί η αναμενόμενη επιβατική κίνηση θα πρέπει να υπολογιστεί η επιβατική κίνηση που εξυπηρετεί το όχημα λόγω της κάλυψης της οδού Παρασκευοπούλου, να αφαιρεθεί το 50% από την υφιστάμενη και να προστεθεί το 30% της κίνησης αυτής (Ναθαναήλ, 2014).

Για να υπολογιστεί η επιβατική κίνηση σε τμήμα της διαδρομής χρησιμοποιείται ο τύπος (3) που αναλύεται στην ενότητα 5.4 και η σταθμισμένη μέση επιβατική κίνηση ανά δρομολόγιο που αναφέρεται στον πίνακα 4.3. Έτσι, η εβδομαδιαία επιβατική κίνηση που εξυπηρετείται από την οδό Παρασκευοπούλου μέχρι και το τέλος της γραμμής είναι:

$$EK_{\text{μετ.-Παρασκ.}} = (360 * 0,57 * 16,38) + (56 * 0,61 * 8,80) + (37 * 0,59 * 7,38) = 3.823 \text{ επιβάτες.}$$

Όπως ήδη αναφέρθηκε μόνο οι μισοί εξ' αυτών αναμένεται να απορροφηθούν από τη νέα γραμμή 2 λόγω της παράκαμψης της Παρασκευοπούλου και το 30% αυτών λόγω της διέλευσης από την οδό Μ. Μερκούρη. Επομένως, η τελική αναμενόμενη ετήσια επιβατική κίνηση για την ανασχεδιασμένη γραμμή 2 στο δρομολόγιο της μετάβασης θα είναι:

$$EK_{2-\text{μετ.}(A)} = 52 * (EK_{\text{υφιστ.}} - EK_{\text{μετ.-Παρασκ.}} * 0,5 + EK_{\text{μετ.-Παρασκ.}} * 0,3) =$$

$$52 * (6.661 - 3.823 * 0,5 + 3.823 * 0,3) = 306.614 \text{ επιβάτες.}$$

Για τα έσοδα των γραμμών ισχύει ο τύπος (3) στην ενότητα 4.3.1. Έτσι τα έσοδα από τη νέα γραμμή 2 κατά τη μετάβαση είναι:

$$E_{\Sigma N} = 306.614 * 1,037 + 2,53\% * 306.614 * 1,037 = 326.056,2 \text{ €.}$$

Γραμμή 2 (Αμπελόκηποι - Κεντρική αφετηρία): Αντίστοιχα, με το δρομολόγιο μετάβασης, έτσι και εδώ, η επιβατική κίνηση για το δρομολόγιο επιστροφής της γραμμής 2 στο σενάριο Α εξαρτάται κυρίως από την τροποποίηση της υφιστάμενης διαδρομής 2 στην περιοχή της οδού Παρασκευοπούλου. Έτσι, η εβδομαδιαία

επιβατική κίνηση που επιβιβάζεται ή αποβιβάζεται στις στάσεις που υπάρχουν από το τέρμα της γραμμής ως την οδό Παρασκευοπούλου είναι:

$$EK_{\text{επιστ.-Παρασκ.}} = (360 * 0,74 * 11,00) + (56 * 0,41 * 6,47) + (37 * 0,59 * 5,42) = 3.198 \text{ επιβάτες.}$$

Αντίστοιχα με προηγουμένως το 50% της επιβατικής κίνησης του τμήματος αυτού θα απωλεσθεί λόγω της παράκαμψης της Παρασκευοπούλου, ενώ το 30% θα διατηρηθεί λόγω της διέλευσης από την οδό Μ. Μερκούρη. Επομένως, η τελική αναμενόμενη ετήσια επιβατική κίνηση για την ανασχεδιασμένη γραμμή 2 στο δρομολόγιο της επιστροφής θα είναι:

$$EK_{2-\text{επιστ.}(A)} = 52 * (EK_{\text{υφιστ.}} - EK_{\text{επιστ.-Παρασκ}} * 0,5 + EK_{\text{επιστ.-Παρασκ}} * 0,3) =$$

$$52 * (4.511 - 3.198 * 0,5 + 3.198 * 0,3) = 201.320 \text{ επιβάτες.}$$

Έτσι, τα έσοδα από τη νέα γραμμή 2 κατά την επιστροφή είναι:

$$E_{\text{ΣΥΝ}} = 201.320 * 1,037 + 2,53\% * 201.320 * 1,037 = 214.086,0 \text{ €.}$$

Γραμμή 9 (Λιμάνι – Αγ. Διονυσίου): Η επιβατική κίνηση της γραμμής 9 εκτιμάται εμπειρικά ότι θα είναι ίση με το 30% της γραμμής 2 κατά τη μετάβαση επιπλέον της επιβατικής κίνησης στο τμήμα της Παρασκευοπούλου που δεν εξυπηρετείται πλέον ούτε από τη νέα γραμμή 2 (Ναθαναήλ, 2014). Άρα, η αναμενόμενη ετήσια επιβατική κίνηση για την ανασχεδιασμένη γραμμή 9 στο δρομολόγιο της μετάβασης θα είναι:

$$EK_{9-\text{μετ.}(A)} = (0,3 * EK_{2-\text{μετ.}(A)} + 0,5 * 52 * EK_{\text{μετ.-Παρασκ.}}) = 191.379 \text{ επιβάτες.}$$

Έτσι, τα έσοδα από τη νέα γραμμή 9 κατά τη μετάβαση είναι:

$$E_{\text{ΣΥΝ}} = 191.379 * 1,037 + 2,53\% * 191.379 * 1,037 = 203.514,6 \text{ €.}$$

Γραμμή 9 (Αγ. Διονυσίου - Λιμάνι): Αντίστοιχα με προηγουμένως, η αναμενόμενη ετήσια επιβατική κίνηση για την ανασχεδιασμένη γραμμή 9 στο δρομολόγιο της επιστροφής θα είναι:

$$EK_{9-επιστ.(A)} = (0,3 * EK_{2-επιστ.(A)} + 0,5 * 52 * EK_{επιστ.-Παρασκ.}) = 143.525 \text{ επιβάτες.}$$

Έτσι, τα έσοδα από τη νέα γραμμή 9 κατά την επιστροφή είναι:

$$E_{ΣΥΝ} = 143.525 * 1,037 + 2,53\% * 143.525 * 1,037 = 152.626,0 \text{ €.}$$

Νέα κυκλική γραμμή Αγ. Παρασκευή – Αγ. Γεώργιος: Επειδή η νέα αυτή γραμμή σχεδιάζεται να εξυπηρετήσει μία περιοχή που μέχρι τώρα δεν καλύπτονταν από άλλες γραμμές η εκτίμηση της επιβατικής κίνησης βασίστηκε κυρίως σε στατιστικά δεδομένα και παραδοχές. Ειδικά για αυτήν την περίπτωση, τα μεθοδολογικά βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής (Ναθαναήλ, 2014)

1. Χάραξη ζωνών επιρροής της νέας αστικής γραμμής
2. Εκτίμηση συνολικού πληθυσμού της κάθε ζώνης
3. Εκτίμηση εργασιακά ενεργού πληθυσμού και αναγωγή στις ζώνες - Κατηγοριοποίηση ηλικιακών ομάδων και αναγωγή στις δύο εξεταζόμενες ζώνες
4. Εκτίμηση αναγκών μετακινήσεων
5. Εκτίμηση πιθανού αριθμού αναγκών για μετακινήσεις ανά ηλικιακή ομάδα και αναγωγή στην περιοχή

Από τη μεθοδολογία αυτή προκύπτουν 267 επιβάτες την εβδομάδα για τη ζώνη του Αγ. Γεωργίου και 755 για τη ζώνη της Αγ. Παρασκευής. Σε περίπτωση εγκαθίδρυσης νέας γραμμής, τοπικής εξυπηρέτησης σε προαστιακή περιοχή, έχει εκτιμηθεί ότι επέρχεται μια αύξηση της τάξεως του 13% από αυτούς που προηγουμένως χρησιμοποιούσαν άλλο μέσο. Επομένως, στις πιθανές μετακινήσεις της περιοχής προστίθεται 13%, με αποτέλεσμα το σύνολο των αναμενόμενων αναγκών μετακινήσεων που θα εξυπηρετείται με αστική συγκοινωνία για την περιοχή

αυτή να είναι 1.155 επιβάτες εβδομαδιαίως και 60.060 ετησίως που υπολογίζεται από (Ναθαναήλ, 2014):

$$EK_{\text{κυκλ.}} = 52 * (1.022 + 1.022 * 13\%) = 60.060 \text{ επιβάτες}$$

Έτσι, τα έσοδα από τη νέα γραμμή 9 κατά την επιστροφή είναι:

$$E_{\text{ΣΥΝ}} = 60.060 * 1,037 + 2,53\% * 60.060 * 1,037 = 63.868,4 \text{ €}.$$

5.5.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Γραμμή 2 (Κεντρική αφετηρία – Αμπελόκηποι): Αντίστοιχα με τους υπολογισμούς στο μηδενικό σενάριο απαιτείται αρχικά ο υπολογισμός των χιλιομέτρων που διανύονται για τη γραμμή. Στην περίπτωση της νέας γραμμής 2 κατά τη μετάβαση θα διανύονται **143.691,60 χιλιόμετρα**.

Στη συνέχεια μπορούν να υπολογιστούν σύμφωνα με τους τύπους του κεφαλαίου 4.4.1. οι επιμέρους δείκτες κόστους καθώς και το συνολικό κόστος στην περίοδο ενός έτους.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 143.691,60 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

$$K_{\text{καυσ.}} = 69.965,1 \text{ €}$$

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 143.691,60 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

$$K_{\text{ελασ.}} = 3.988,2 \text{ €}$$

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 143.691,60 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

$$K_{\text{συντ.}} = 19.251,0 \text{ €}$$

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 143.691,60 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

$$K_{\text{μισθ.}} = 114.953,3 \text{ €}$$

Άρα, $K_{\Sigma\gamma\kappa}=208.157,6 \text{ €}$ για τη γραμμή 2 στη διαδρομή κεντρική αφετηρία – Αμπελόκηποι.

Γραμμή 2 (Αμπελόκηποι - Κεντρική αφετηρία): Αντίστοιχα, ο αριθμός των χιλιομέτρων που διανύθηκαν στην περίοδο ενός έτους είναι 147.044,04. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι δείκτες κόστους από τη λειτουργία της γραμμής.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 147.044,04 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

$K_{\text{καυσ.}}=71.597,5 \text{ €}$

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 147.044,04 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

$K_{\text{ελασ.}}=4.081,2 \text{ €}$

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 147.044,04 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

$K_{\text{συντ.}}=19.251,0 \text{ €}$

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 147.044,04 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

$K_{\text{μισθ}}=117.635,2 \text{ €}$

Άρα, $K_{\Sigma\gamma\kappa}=212.564,9 \text{ €}$ για την ανασχεδιασμένη γραμμή 2 στη διαδρομή Αμπελόκηποι - κεντρική αφετηρία.

Γραμμή 9 (Λιμάνι– Αγ. Διονυσίου): Σε περίοδο ενός έτους θα διανύονται **110.822,40 χιλιόμετρα** από τη γραμμή 9 κατά τη μετάβαση.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 110.822,40 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

$$K_{\text{καυσ.}} = 53.960,7 \text{ €}$$

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 110.822,40 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

$$K_{\text{ελασ.}} = 3.075,9 \text{ €}$$

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 110.822,40 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

$$K_{\text{συντ.}} = 19.251,0 \text{ €}$$

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 110.822,40 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

$$K_{\text{μισθ.}} = 88.657,9 \text{ €}$$

Άρα, $K_{\text{ΣΥΝ}} = 164.945,5 \text{ €}$ για τη γραμμή 9 στη διαδρομή Λιμάνι – Αγ. Διονυσίου.

Γραμμή 9 (Αγ. Διονυσίου - Λιμάνι): Σε περίοδο ενός έτους θα διανύονται **106.204,80 χιλιόμετρα** από τη γραμμή 9 κατά την επιστροφή.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 106.204,80 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

$$K_{\text{καυσ.}} = 51.712,4 \text{ €}$$

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 106.204,80 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

$$K_{\text{ελασ.}} = 2.947,7 \text{ €}$$

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 106.204,80 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

Κ_{συντ.}=19.251,0 €

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 106.204,80 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

Κ_{μισθ.}= 84.963,8 €

Άρα, **Κ_{ΣΥΝ}=158.874,9 €** για τη γραμμή 9 στη διαδρομή Αγ. Διονυσίου - Λιμάνι.

Νέα κυκλική γραμμή Αγ. Παρασκευή – Αγ. Γεώργιος: Στην περίπτωση της νέας τοπικής γραμμής έχει υπολογιστεί ότι θα διανύονται **65.279,76 χιλιόμετρα**. Όπως ήδη αναφέρθηκε για τη λειτουργία αυτής της γραμμής θα χρησιμοποιηθούν mini buses οπότε χρησιμοποιούνται οι τύποι που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4.4.2. και οι συντελεστές για mini λεωφορεία από τον πίνακα 4.6.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 20,29 €/100 χλμ. και την δiάνυση 65.279,76 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

Κ_{καυσ.}= 19.960,6 €

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την δiάνυση 65.279,76 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

Κ_{ελασ.}= 1.811,8 €

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 90.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 65.279,76 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

Κ_{συντ.}=7.533,0 €

Κόστος μισθοδοσίας: : Για κάλυψη 65.279,76 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 18 χλμ/ώρα γίνεται:

Κ_{μισθ.}=43.519,8 €

Άρα, **Κ_{ΣΥΝ}=72.825,3 €** για τη νέα κυκλική γραμμή Αγ. Παρασκευή – Αγ. Γεώργιος.

5.5.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΡΔΟΥΣ/ΖΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα έσοδα, οι δαπάνες και η διαφορά τους για το σύνολο των γραμμών ανά κατεύθυνση. Παρατηρούμε ότι στο σενάριο Α προκύπτει ζημία από τη λειτουργία των δρομολογίων της επιστροφής της γραμμής 9 και από την τοπική κυκλική γραμμή. Συνολικά, το σενάριο Α είναι πιο κερδοφόρο σε σχέση με το μηδενικό. Τα κέρδη των γραμμών στην περίπτωση αυτή ανέρχονται σε **142.783,0 €**.

Πίνακας 5.4: Υπολογισμός διαφοράς εσόδων και κόστους για τις ανασχεδιασμένες γραμμές.

ΓΡΑΜΜΗ	ΕΣΟΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ	ΕΣΟΔΑ - ΚΟΣΤΟΣ
2 - Μετάβαση	326.056,2	208.157,6	117.898,6
2 - Επιστροφή	214.086,0	212.564,9	1.521,1
9 - Μετάβαση	203.514,6	164.945,5	38.569,1
9 - Επιστροφή	152.626,0	158.874,9	-6.248,9
Νέα κυκλική	63.868,4	72.825,3	-8.956,9
Σύνολο	960.151,2	817.368,2	142.783,0

5.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΣΕΝΑΡΙΟΥ Β

5.6.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΣΟΔΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Στο σενάριο Β δεν αλλάζει η συχνότητα και η διαδρομή ούτε της γραμμής 2 ούτε της τοπικής κυκλικής οπότε δεν υπάρχουν αλλαγές στα έσοδα και στα κόστη των γραμμών αυτών. Έτσι, απαιτούνται υπολογισμοί μόνο για τη γραμμή 9.

Γραμμή 9 (Κεντρική αφετηρία– Αγ. Διονυσίου): Η μετάθεση της αφετηρίας στο Πεδίο του Άρεως αναμένεται να τροφοδοτήσει την επιβατική κίνηση στο δρομολόγιο μετάβασης με ένα ποσοστό της τάξης του 24% σε σχέση με την επιβατική κίνηση του σεναρίου Α (Ναθαναήλ, 2014). Επομένως η ετήσια αναμενόμενη επιβατική κίνηση για τη μετάβαση θα είναι:

$E_{K9-μετ.(B)}=124\% * E_{K9-μετ.(A)}=237.310$ επιβάτες.

Έτσι, τα έσοδα από τη νέα γραμμή 2 κατά την επιστροφή είναι:

$$E_{ΣΥΝ}=237.310 * 1,037 + 2,53\% * 237.310 * 1,037 = 252.358,1$$

Γραμμή 9 (Αγ. Διονυσίου – Κεντρική αφετηρία): Αντίστοιχα, η επιβατική κίνηση στην επιστροφή θα είναι:

$E_{K9-επιστ.(B)}=124\% * E_{K9-επιστ.(A)}=177.971$ επιβάτες.

Έτσι, τα έσοδα από τη νέα γραμμή 9 κατά την επιστροφή είναι:

$$E_{ΣΥΝ}=177.971 * 1,037 + 2,53\% * 177.971 * 1,037 = 189.256,2 \text{ €}.$$

5.6.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Γραμμή 9 (Κεντρική αφετηρία - Αγ. Διονυσίου): Σε περίοδο ενός έτους θα διανύονται **136.219,20 χιλιόμετρα** από τη γραμμή 9 κατά τη μετάβαση.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την διάνυση 136.219,20 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

$$K_{καυσ.}=66.326,7 \text{ €}$$

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την διάνυση 136.219,20 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

$$K_{ελασ.}=3.780,8 \text{ €}$$

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 136.219,20 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

Κ_{συντ.}=19.251,0 €

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 136.219,20 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

Κ_{μισθ.}=108.975,4 €

Άρα, **Κ_{ΣΥΝ}=198.333,8 €** για τη γραμμή 9 στη διαδρομή Κεντρική αφετηρία - Αγ. Διονυσίου.

Γραμμή 9 (Αγ. Διονυσίου - Κεντρική αφετηρία): Σε περίοδο ενός έτους θα διανύονται **134.372,16 χιλιόμετρα** από τη γραμμή 9 κατά την επιστροφή.

Κόστος καυσίμων: Για τιμή πετρελαίου κίνησης 1,37 €/λίτρο, κατανάλωση 32,31 €/100 χλμ. και την δiάνυση 134.372,16 χιλιομέτρων το έτος το κόστος καυσίμων γίνεται:

Κ_{καυσ.}= 65.427,4 €

Κόστος ελαστικών: Για αξία ελαστικού 350 € και την δiάνυση 134.372,16 χιλιομέτρων το έτος το κόστος φθοράς ελαστικών γίνεται:

Κ_{ελασ.} =3.729,5 €

Κόστος συντήρησης: Για αρχική αξία αγοράς του οχήματος 230.000 € το κόστος συντήρησης για κάλυψη 134.372,16 χιλιομέτρων ετησίως γίνεται:

Κ_{συντ.}=19.251,0 €

Κόστος μισθοδοσίας: Για κάλυψη 134.372,16 χιλιομέτρων ετησίως και για ταχύτητα 15 χλμ/ώρα γίνεται:

Κ_{μισθ.}= 107.497,7 €

Άρα, **Κ_{ΣΥΝ}=195.905,6 €** για τη γραμμή 9 στη διαδρομή Αγ. Διονυσίου – κεντρική αφετηρία.

5.6.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΡΔΟΥΣ/ΖΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Στον πίνακα 5.5 φαίνονται τα έσοδα, οι δαπάνες και η διαφορά τους για όλες τις γραμμές ανά κατεύθυνση. Στο σενάριο Β προκύπτει μεγαλύτερη ζημία στη γραμμή 9 στην επιστροφή σε σχέση με το Α, ίδια στην τοπική κυκλική γραμμή, αλλά συνολικά προκύπτει μεγαλύτερο κέρδος το οποίο ανέρχεται στα **157.837,7 €**.

Πίνακας 5.5: Υπολογισμός διαφοράς εσόδων και κόστους για τις ανασχεδιασμένες γραμμές.

ΓΡΑΜΜΗ	ΕΣΟΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ	ΕΣΟΔΑ - ΚΟΣΤΟΣ
2 - Μετάβαση	326.056,2	208.157,6	117.898,6
2 - Επιστροφή	214.086,0	212.564,9	1.521,1
9 - Μετάβαση	252.358,1	198.333,8	54.024,2
9 - Επιστροφή	189.256,2	195.905,6	-6.649,4
Νέα κυκλική	638.68,4	728.25,3	-8.956,9
Σύνολο	1.045.624,9	887.787,2	157.837,7

5.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Στις προηγούμενες ενότητες έγινε η ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας των γραμμών του μηδενικού σεναρίου και των σεναρίων αναδιάρθρωσης Α και Β. Τα αποτελέσματα δίνονται συνοπτικά στον πίνακα 5.6. Συνολικά, το σενάριο Β είναι το πιο κερδοφόρο όλων.

Πίνακας 5.6: Υπολογισμός διαφοράς εσόδων και κόστους στα υπό εξέταση σενάρια.

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΕΣΟΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ	ΕΣΟΔΑ - ΚΟΣΤΟΣ
Μηδενικό σενάριο	644.655,9	543.469,1	101.186,7
Σενάριο παρέμβασης Α	960.151,2	817.368,2	142.783,0
Σενάριο παρέμβασης Β	1.045.624,9	887.787,2	157.837,7

Επειδή τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης εξαρτώνται από τις αλλαγές της καταναλωτικής συμπεριφοράς του επιβατικού κοινού καθώς και από

διακυμάνσεις της τιμής των καυσίμων, είναι αναγκαίο να γίνει έλεγχος ευαισθησίας των αποτελεσμάτων κάτω από διάφορα σενάρια. Τα σενάρια διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να καλύψουν διάφορες αλλαγές που είναι πιθανό να συμβούν στο γενικότερο οικονομικό περιβάλλον. Τα οκτώ σενάρια που εξετάζονται είναι τα εξής:

- Αύξηση επιβατικής κίνησης κατά 10% σε σχέση με την υφιστάμενη
- Αύξηση επιβατικής κίνησης κατά 20% σε σχέση με την υφιστάμενη
- Μείωση επιβατικής κίνησης κατά 10% σε σχέση με την υφιστάμενη
- Μείωση επιβατικής κίνησης κατά 20% σε σχέση με την υφιστάμενη
- Αύξηση τιμής λίτρου πετρελαίου κίνησης κατά 10% σε σχέση με την υφιστάμενη
- Αύξηση τιμής λίτρου πετρελαίου κίνησης κατά 20% σε σχέση με την υφιστάμενη
- Μείωση τιμής λίτρου πετρελαίου κίνησης κατά 10% σε σχέση με την υφιστάμενη
- Μείωση τιμής λίτρου πετρελαίου κίνησης κατά 20% σε σχέση με την υφιστάμενη

Οι αλλαγές στην τιμή του καυσίμου σχετίζονται καθαρά με τα κόστη λειτουργίας των γραμμών ενώ οι διακυμάνσεις της επιβατικής κίνησης επηρεάζουν μόνο τα έσοδα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.7: Ανάλυση ευαισθησίας διαφοράς εσόδων - κέρδους ως προς πιθανές αλλαγές για το μηδενικό σενάριο (με πράσινο συμβολίζονται τα κέρδη, με κόκκινο η ζημία).

Γραμμή	Βασικές παραδοχές σεναρίου	Επιβ. Κίνηση				Τιμή πετρελαίου κίνησης			
		+10%	+20%	-10%	-20%	+10%	+20%	-10%	-20%
2-Μετάβαση	133.235,3	170.068,8	206.902,4	96.401,8	59.568,2	125.240,9	117.246,6	141.229,7	149.224,1
2-Επιστροφή	10.674,4	35.619,0	60.563,6	-14.270,2	-39.214,9	2.544,0	-5.586,4	18.804,7	26.935,1
9-Μετάβαση	-20.571,0	-19.144,3	-17.717,6	-21.997,7	-23.424,3	-21.148,3	-21.725,6	-19.993,7	-19.416,4
9-Επιστροφή	-22.152,0	-20.891,2	-19.630,4	-23.412,8	-24.673,5	-22.726,4	-23.300,8	-21.577,6	-21.003,2
Νέα Κυκλική	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Διαφορά	101.186,7	165.652,3	230.117,9	36.721,1	-27.744,5	83.910,3	66.633,9	118.463,1	135.739,5

Πίνακας 5.8: Ανάλυση ευαισθησίας διαφοράς εσόδων - κέρδους ως προς πιθανές αλλαγές για το σενάριο παρέμβασης Α (με πράσινο συμβολίζονται τα κέρδη, με κόκκινο η ζημία).

Γραμμή	Βασικές παραδοχές σεναρίου	Επιβ. Κίνηση				Τιμή πετρελαίου κίνησης			
		+10%	+20%	-10%	-20%	+10%	+20%	-10%	-20%
2-Μετάβαση	117.898,6	150.504,2	183.109,9	85.293,0	52.687,4	110.902,1	103.905,6	124.895,1	13.1891,7
2-Επιστροφή	1.521,1	22.929,7	44.338,3	-19.887,5	-41.296,1	-5.638,6	-12.798,4	8.680,9	15.840,6
9-Μετάβαση	38.569,1	69.680,4	102.748,0	9.414,1	-17.784,6	33.173,0	27.776,9	43.965,1	49.361,2
9-Επιστροφή	-6.248,9	16.078,5	39.690,5	-27.291,8	-47.050,3	-11.420,2	-16.591,4	-1.077,7	4.093,5
Νέα Κυκλική	-8.956,9	-2.570,1	3.816,8	-15.343,8	-21.730,6	-10.953,0	-12.949,0	-6.960,9	-4.964,8
Διαφορά	142.783,0	256.622,8	373.703,4	32.184,0	-75.174,1	116.063,3	89.343,7	169.502,6	196.222,2

Πίνακας 5.9: Ανάλυση ευαισθησίας διαφοράς εσόδων - κέρδους ως προς πιθανές αλλαγές για το σενάριο παρέμβασης Β (με πράσινο συμβολίζονται τα κέρδη, με κόκκινο η ζημία).

Γραμμή	Βασικές παραδοχές σεναρίου	Επιβ. Κίνηση				Τιμή πετρελαίου κίνησης			
		+10%	+20%	-10%	-20%	+10%	+20%	-10%	-20%
2/Μετάβαση	117.898,6	150.504,2	183.109,9	85.293,0	52.687,4	110.902,1	103.905,6	124.895,1	131.891,7
2/Επιστροφή	1.521,1	22.929,7	44.338,3	-19.887,5	-41.296,1	-5.638,6	-12.798,4	8.680,9	15.840,6
9/Μετάβαση	54.024,2	79.260,0	104.495,8	28.788,4	3.552,6	47.391,6	40.758,9	60.656,9	67.289,6
9/Επιστροφή	-6.649,4	12.276,2	31.201,9	-25.575,0	-44.500,6	-13.192,1	-19.734,9	-106,6	6.436,1
Νέα Κυκλική	-8.956,9	-2.570,1	3.816,8	-15.343,8	-21.730,6	-10.953,0	-12.949,0	-6.960,9	-4.964,8
Διαφορά	157.837,7	262.400,2	366.962,7	53.275,2	-51.287,3	128.510,0	99.182,2	187.165,4	216.493,1

Όπως φαίνεται και από την ανάλυση οι διακυμάνσεις της επιβατικής κίνησης επιδρούν περισσότερο στη διαφορά εσόδων και δαπανών σε σχέση με τις αντίστοιχες διακυμάνσεις στην τιμή του καυσίμου, το οποίο είναι αναμενόμενο αφού το κόστος των καυσίμων είναι μόνο ένας επιμέρους δείκτης του συνολικού κόστους ενώ τα έσοδα των γραμμών εξαρτώνται αποκλειστικά από την επιβατική κίνηση και την τιμή του εισιτηρίου.

Η γραμμή 9 στο δρομολόγιο επιστροφής παρουσιάζει αρκετά αποτελέσματα ζημίας ενώ παρουσιάζει θετικό αποτέλεσμα μόνο στις περιπτώσεις που γίνεται υπόθεση για αύξηση 10% και 20% της επιβατικής κίνησης και μείωση 20% στην τιμή του πετρελαίου κίνησης στα σενάρια Α και Β. Αντίστοιχη εικόνα παρουσιάζει και η νέα τοπική γραμμή η οποία εμφανίζει κέρδος μόνο για αύξηση της επιβατικής κίνησης κατά 20%. Η γραμμή 2 στο δρομολόγιο της επιστροφής παρουσιάζει επίσης ζημία στα απαισιόδοξα σενάρια, ενώ τα αποτελέσματα είναι χειρότερα για τα σενάρια παρέμβασης σε σχέση με το μηδενικό. Η γραμμή 2 στο δρομολόγιο της μετάβασης σε όλα τα σενάρια παρουσιάζει τη θετικότερη μεταβολή κυρίως στις αισιόδοξες υποθέσεις. Η νέα κυκλική γραμμή παρουσιάζει ζημία εκτός από την περίπτωση που γίνεται υπόθεση για 20% αύξηση επιβατικής κίνησης.

Το σενάριο Β είναι αυτό που παρουσιάζει τα περισσότερα θετικά αποτελέσματα στο σύνολο των διαφόρων περιπτώσεων και επομένως ανταποκρίνεται καλύτερα στις πιθανές αλλαγές. Ωστόσο, ο συνδυασμός του σεναρίου Α με αύξηση της επιβατικής κίνησης κατά 20% αποδεικνύεται ο περισσότερο κερδοφόρος. Ενδιαφέρον, επίσης, παρουσιάζει το γεγονός ότι το μηδενικό σενάριο παρουσιάζει τη μικρότερη ζημία στο πιο απαισιόδοξο σενάριο, δηλαδή στη μείωση επιβατικής κίνησης κατά 20%.

5.8. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Παρόλο που τελικά επιλέγεται το σενάριο Β ως το πλέον κερδοφόρο, είναι αναγκαίο να γίνουν κάποιες αλλαγές στο σενάριο έτσι ώστε όλες οι γραμμές κατά τη μετάβαση και την επιστροφή να προσδίδουν κέρδος. Επομένως, μειώνεται ο αριθμός

των δρομολογίων που προγραμματίζονται για τη γραμμή 9 και για τη νέα κυκλική. Οι μειώσεις αυτές εφαρμόζονται κυρίως στις ημέρες του Σαββάτου και της Κυριακής και στις ώρες μη αιχμής των καθημερινών.

Έχει παρατηρηθεί ότι η μεγαλύτερη συχνότητα των δρομολογίων μίας γραμμής προσελκύει μεγαλύτερη επιβατική κίνηση. Ωστόσο, οι παρατηρήσεις που έχουν γίνει δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη μίας μόνο αριθμητικής σχέσης μεταξύ της συχνότητας λειτουργίας και της επιβατικής κίνησης. Γενικά, η μείωση των συχνοτήτων τείνει να επιδρά στην επιβατική κίνηση σε δρομολόγια που είχαν εκ των προτέρων χαμηλή συχνότητα, σε δρομολόγια στις ώρες αιχμής και σε δρομολόγια μικρής απόστασης όπου το περπάτημα αποτελεί εναλλακτική λύση (Transportation Research Board, 2004).

Στην περίπτωση της γραμμής 9 και της νέας κυκλικής γραμμής δε θεωρείται ότι θα υπάρξει κάποια μείωση στην επιβατική κίνηση λόγω της μείωσης των δρομολογίων. Η παραδοχή αυτή γίνεται διότι οι μειώσεις των δρομολογίων που θεωρούνται για την επίτευξη της οικονομικής βιωσιμότητας των γραμμών είναι αρκετά περιορισμένες και προγραμματίζονται μόνο για ώρες μη αιχμής και κατά βάση για τις ημέρες του Σαββατοκύριακου. Στις περιόδους αυτές η ζήτηση για μεταφορά είναι ούτως ή άλλως αισθητά μικρότερη και σε ό,τι αφορά τον προγραμματισμό των δρομολογίων που έγινε στην ενότητα 5.3.1. υπάρχει περιθώριο για μείωση της συχνότητας.

Έτσι, για τη γραμμή 9 θεωρούνται και πάλι 16 ώρες λειτουργίας τις καθημερινές ημέρες, από τις 06:30 π.μ. ως τις 22:30 μ.μ., 4 δρομολόγια μέσα στο διάστημα μίας ώρας εκτός από το διάστημα 15:00 μ.μ. ως τις 17:00 μ.μ. όπου θα πραγματοποιούνται 3 δρομολόγια στο διάστημα της μίας ώρας. Αντίστοιχα με τη γραμμή 2, προγραμματίζονται λιγότερα δρομολόγια για το Σαββατοκύριακο και ταυτόχρονα λιγότερες ώρες λειτουργίας για την Κυριακή.

Σε ό,τι αφορά την τοπική γραμμή που συνδέει την Αγ. Παρασκευή με τον Αγ. Γεώργιο χρειάζεται προσοχή στον προσδιορισμό των συχνοτήτων και των ωρών λειτουργίας, καθώς η γραμμή αυτή θα συνδέεται με τη γραμμή 4 του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου και επομένως οι επιβάτες της θα χρειάζεται να κάνουν μία μετεπιβίβαση. Έτσι,

οι ώρες λειτουργίας της τοπικής γραμμής πρέπει να είναι προσαρμοσμένες σε αυτές της γραμμής 4, και οι συχνότητες της μπορούν να μειωθούν στα χρονικά διαστήματα όπου και η γραμμή 4 έχει μειωμένες συχνότητες. Αντίστοιχα με τη γραμμή 9, και για τη τοπική γραμμή προγραμματίζονται λιγότερα δρομολόγια για τις ημέρες του Σαββατοκύριακου.

Πίνακας 5.10: Αριθμός δρομολογίων μετάβασης και επιστροφής για τις γραμμές 2, 9 και τοπική στο τελικό σενάριο παρέμβασης.

Αρ. Δρομολογίων	Ημέρα	Μετάβαση	Επιστροφή
Γραμμή	2	Τυπική καθημερινή	72
		Σάββατο	55
		Κυριακή	36
	9	Τυπική καθημερινή	62
		Σάββατο	58
		Κυριακή	56
	Νέα	Τυπική καθημερινή	43
		Σάββατο	40
		Κυριακή	36

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τα οικονομικά αποτελέσματα για το τελικό σενάριο παρέμβασης. Σε αυτήν την περίπτωση όλες οι γραμμές εμφανίζουν κέρδος. Ομοίως με προηγουμένως γίνεται ανάλυση ευαισθησίας του σεναρίου για μείωση και αύξηση της επιβατικής κίνησης και της τιμής του πετρελαίου κίνησης.

Πίνακας 5.11: Υπολογισμός διαφοράς εσόδων και κόστους για το τελικό σενάριο παρέμβασης.

ΓΡΑΜΜΗ	ΕΣΟΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ	ΕΣΟΔΑ - ΚΟΣΤΟΣ
2 - Μετάβαση	326.056,2	208.157,6	117.898,6
2 - Επιστροφή	214.086,0	212.564,9	1.521,1
9 - Μετάβαση	252.358,1	190.267,1	62.091,0
9 - Επιστροφή	189.256,2	187.948,2	1.308,0
Νέα κυκλική	63.868,4	62.926,8	941,6
Σύνολο	1.045.624,9	861.864,5	183.760,4

Πίνακας 5.12: Ανάλυση ευαισθησίας διαφοράς εσόδων - κέρδους ως προς πιθανές αλλαγές για το τελικό σενάριο παρέμβασης (με πράσινο συμβολίζονται τα κέρδη, με κόκκινο η ζημία).

Γραμμή	Βασικές παραδοχές σεναρίου	Επιβ. Κίνηση				Τιμή πετρελαίου κίνησης			
		+10%	+20%	-10%	-20%	+10%	+20%	-10%	-20%
2/Μετάβαση	117.898,6	150.504,2	183.109,9	85.293,0	52.687,4	110.902,1	103.905,6	124.895,1	131.891,7
2/Επιστροφή	1.521,1	22.929,7	44.338,3	-19.887,5	-41.296,1	-5.638,6	-12.798,4	8.680,9	15.840,6
9/Μετάβαση	62.091,0	87.326,8	112.562,6	36.855,2	11.619,4	55.757,1	49.423,2	68.424,9	74.758,8
9/Επιστροφή	1.308,0	20.233,7	39.159,3	-17.617,6	-36.543,2	-4.940,0	-11.188,0	7.556,1	13.804,1
Νέα Κυκλική	941,6	7.328,5	13.715,3	-5.445,2	-11.832,1	-751,8	-2445,3	2.635,1	43.28,5
Διαφορά	183.760,4	288.322,9	392.885,4	79.197,9	-25.364,5	155.328,8	126.897,2	212.192,1	240.623,7

6. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ

6.1. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η συνεχής αύξηση των οδικών μεταφορών συμβάλλει στην κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας και υλικών και στη διαρκή επιδείνωση της ποιότητας του αέρα και των κλιματολογικών συνθηκών. Οι επιπτώσεις των μεταφορών στο περιβάλλον είναι πολυδιάστατες: καταναλώνεται ενέργεια, υλικά, προκαλείται ηχορύπανση και εκπομπή ρύπων στον αέρα, στη γη και στο νερό. Καταναλώνονται μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως είναι το πετρέλαιο και μεγάλες ποσότητες υλικών για την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση των απαραίτητων υποδομών και των οχημάτων (Mitropoulos, 2011). Πιο αναλυτικά οι επιδράσεις των μεταφορών στο περιβάλλον είναι οι ακόλουθες:

- Κατανάλωση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Στον τομέα των μεταφορών αποδίδεται η κατανάλωση του 52% της ενέργειας σε υγρή μορφή παγκοσμίως (αργό πετρέλαιο και προϊόντα του, φυσικό αέριο) και το ποσοστό αυτό προβλέπεται να φτάσει το 57,9% το 2030. Οι σύγχρονες τεχνολογίες οχημάτων βασίζονται κυρίως στο πετρέλαιο χωρίς, ωστόσο, οι πόροι αυτοί να αναπληρώνονται με γρηγορότερο ρυθμό από ότι καταναλώνονται. Η εξάρτηση αποκλειστικά από τα προϊόντα του πετρελαίου, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες για μετακινήσεις, διαταράσσει την οικονομική σταθερότητα λόγω των διακυμάνσεων στην τιμή και στον εφοδιασμό του πετρελαίου από αγοραστικές ή πολιτικές δυνάμεις. Επίσης, οδηγεί στην εξάντληση των φυσικών πόρων στερώντας τους από τις επόμενες γενιές (Mitropoulos, 2011).
- Θόρυβος: Ο θόρυβος αναφέρεται σε ανεπιθύμητους ήχους και δονήσεις. Τα μηχανοκίνητα οχήματα προκαλούν διάφορα είδη θορύβου, όπως από την επιτάχυνση του κινητήρα, από την επαφή οδοστρώματος και ελαστικών, από

την πέδηση, από συναγερμούς κ.ά. Τα βαρέα οχήματα μπορούν να προκαλέσουν κραδασμούς και ήχους χαμηλών συχνοτήτων (Victoria Transport Policy Institute, 2006). Τα αυξημένα επίπεδα θορύβου μπορεί να οδηγήσουν σε μετατόπιση κατοικιών, σε αλλαγές χρήσεων γης και σε μείωση της αξίας της ακίνητης περιουσίας κατά μήκος των οδών (Mitropoulos, 2011).

- Εκπομπή ρύπων: Οι ρύποι που παράγονται από τις μεταφορές χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς, έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και οδηγούν σε αισθητική και οικολογική υποβάθμιση (Victoria Transport Policy Institute, 2006). Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύονται εκτενέστερα οι διάφορες κατηγορίες ρύπων.

6.1.1. ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις κύριες κατηγορίες ρύπων με βάση την επίδραση τους στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον (Victoria Transport Policy Institute, 2006 ; EPA, 2009 ; Wall et al., 2008 ; EEA, 2012).

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Πρόκειται για ένα άοσμο, άχρωμο και άγευστο αέριο αλλά ιδιαίτερα τοξικό. Έχει επίδραση κυρίως τοπική. Σε μικρές συγκεντρώσεις προκαλεί κόπωση ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλεί διαταραχή της οράσεως, πονοκεφάλους, ναυτία και σύγχυση.
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): Προέρχεται από την καύση καυσίμων άνθρακα και είναι ένας από τους παράγοντες που συνεισφέρουν στην κλιματική αλλαγή και στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Βρίσκεται εκ φύσεως στην ατμόσφαιρα.
- Μεθάνιο (CH₄): Είναι και αυτό αέριο θερμοκηπίου που παραμένει στην ατμόσφαιρα για 9 με 15 έτη. Το μεθάνιο είναι κατά 25 φορές πιο αποτελεσματικό από το διοξείδιο του άνθρακα στην παγίδευση της θερμότητας στην ατμόσφαιρα στην περίοδο ενός αιώνα.
- Οξειδία του αζώτου (NO_x): Η κατηγορία αυτή αποτελείται από διάφορες ενώσεις κάποιες από τις οποίες είναι τοξικές, όλες όμως συμβάλλουν στη

δημιουργία του όζοντος. Προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα, ερεθισμό και φλεγμονές πνευμόνων.

- Υποξείδιο του αζώτου (N_2O): Είναι αέριο θερμοκηπίου και είναι 298 φορές πιο ισχυρό ως προς την παγίδευση της θερμότητας στην ατμόσφαιρα σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα στην περίοδο ενός αιώνα.
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC): Προκαλούν ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος, μόνιμη βλάβη στους πνεύμονες σε επανειλημμένη έκθεση, δημιουργία όζοντος που έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο οικοσύστημα.
- Αιωρούμενα σωματίδια ($\text{PM}_{2,5}$, PM_{10}): Είναι αποτελέσματα της ατελούς καύσης υδρογονανθράκων, προκαλούν αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα.
- Υδρογονάνθρακες (HC): Παράγονται κατά την καύση καυσίμων υδρογονάνθρακα. Η πλειοψηφία των ενώσεων αυτών είναι αβλαβής, αλλά κάποιες από αυτές προκαλούν μεταλλάξεις και καρκίνο.
- Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOC): Παράγεται από την ατελή καύση των καυσίμων και έχει έντονη επίδραση στην ανθρώπινη υγεία, στη χλωρίδα και την πανίδα.

6.1.2. ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ

Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών ή Euro πρότυπα όπως είναι ευρέως γνωστά είναι ένα σύνολο από απαιτήσεις, οι οποίες καθορίζουν τα αποδεκτά όρια των εκπεμπόμενων ρύπων των νέων οχημάτων που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα πρότυπα καθορίζονται σε μία σειρά από οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες κατευθύνονται στην σταδιακή επιβολή όλο και πιο αυστηρών προδιαγραφών. Εκπομπές NO_x , HC, CO και αιωρούμενων σωματιδίων ρυθμίζονται σε διαφορετικά πρότυπα ανάλογα με τον τύπο του οχήματος ενώ ο έλεγχος της συμμόρφωσης με τις προδιαγραφές γίνεται με τυποποιημένους «Κύκλους Πόλης» που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Οχήματα που δεν τηρούν τις προδιαγραφές δεν μπορούν να ταξινομηθούν στα κράτη μέλη της Ε.Ε. ενώ τα νέα πρότυπα δεν ισχύουν για οχήματα που βρίσκονται ήδη στη κυκλοφορία.

Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για τα καινούργια βαρέως τύπου οχήματα με κινητήρες Diesel αρχικά υιοθετήθηκαν από την Οδηγία 88/77/EEC η οποία έχει τροποποιηθεί 5 φορές. Με την τελευταία οδηγία 2007/46/EEC εισήχθησαν τα πρότυπα Euro VI. Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζονται τα πρότυπα των εκπομπών για βαρέως τύπου οχήματα (λεωφορεία και φορτηγά).

Πίνακας 6.1: Πρότυπα εκπομπών Ε.Ε για βαρέως τύπου οχήματα (g/kWh).

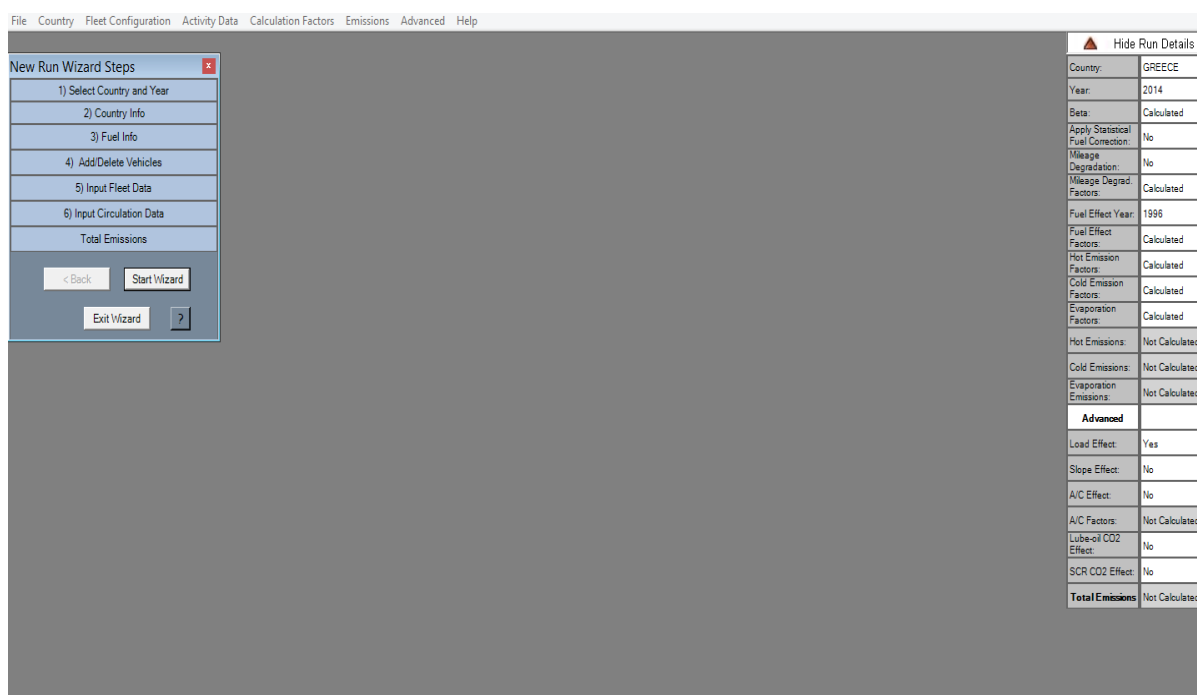
	Euro I (1993)	Euro II (1996)	Euro EEV (1999)	Euro III (2000)	Euro IV (2006)	Euro V (2009)	Euro VI (2014)
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	4,50	4,00	1,00	2,10	1,50	1,50	1,50
Υδρογονάνθρακες (HC)	1,10	1,10	0,25	0,66	0,46	0,46	0,13
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	8,00	7,00	2,00	5,00	3,50	2,00	0,40
Αιωρούμενα σωματίδια (PM ₁₀)	0,36	0,15	0,02	0,10	0,02	0,02	0,01
Καπνός (m ⁻¹)	-	-	0,15	0,80	0,50	0,50	-

6.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ

Για την εκτίμηση των ρύπων που εκπέμπονται από τη λειτουργία των υπό εξέταση γραμμών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα COPERT4. Το COPERT4 είναι ένα λογισμικό υπολογισμού των παραγόμενων ρύπων, νομοθετημένων και μη των οδικών οχημάτων: επιβατικών αυτοκινήτων, λεωφορείων, φορτηγών οχημάτων και μοτοσικλετών. Το πρόγραμμα αυτό είναι πιστοποιημένο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέργειας και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του είναι αδιαμφισβήτητη.

Το COPERT4 απαιτεί κατά τη χρήση του την εισαγωγή των ακόλουθων δεδομένων όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.1:

1. Χώρα αναφοράς και στοιχεία καυσίμων
2. Είδος των διαφόρων οχημάτων (επιβατικό, φορτηγό, λεωφορείο κ.ά)
3. Πρότυπα εκπομπών που πληροί το κάθε όχημα (κατηγορία Euro)
4. Είδος των καυσίμων με τα οποία λειτουργούν
5. Πλήθος των διαφόρων οχημάτων και χιλιόμετρα που διανύουν
6. Ταχύτητα του οχήματος
7. Το είδος του οδικού δικτύου (αστικό, επαρχιακό, εθνικό)

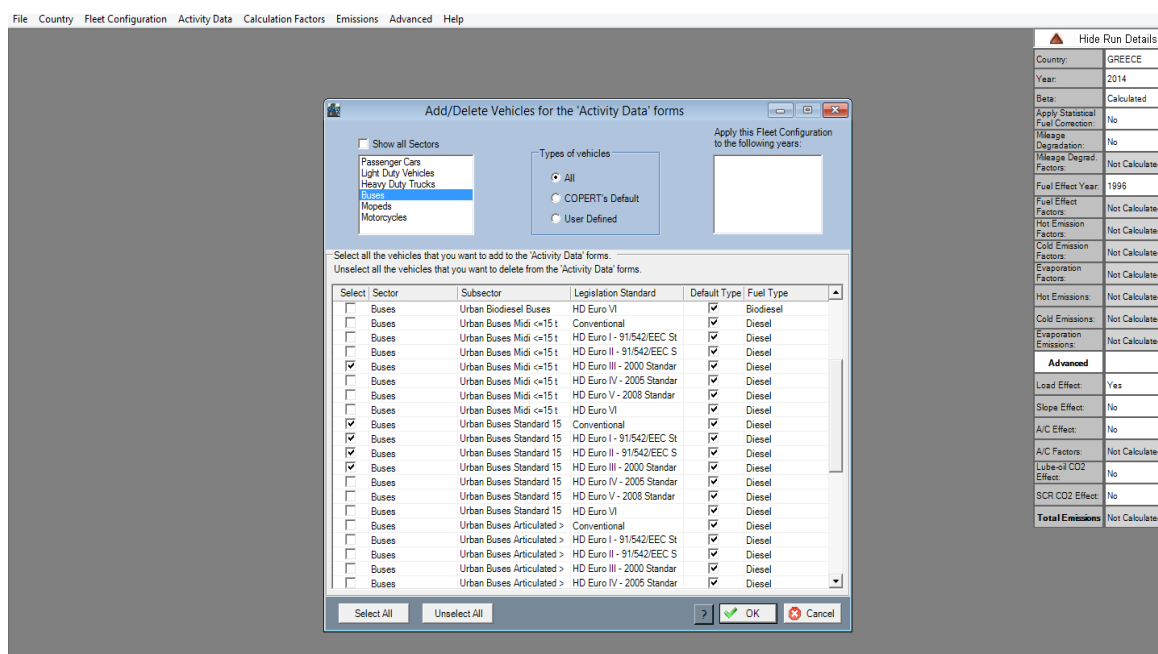


Εικόνα 6.1: Εισαγωγή δεδομένων στο COPERT4 [Πηγή: COPERT4].

Ως χώρα αναφοράς επιλέχθηκε η Ελλάδα. Τα λεωφορεία του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

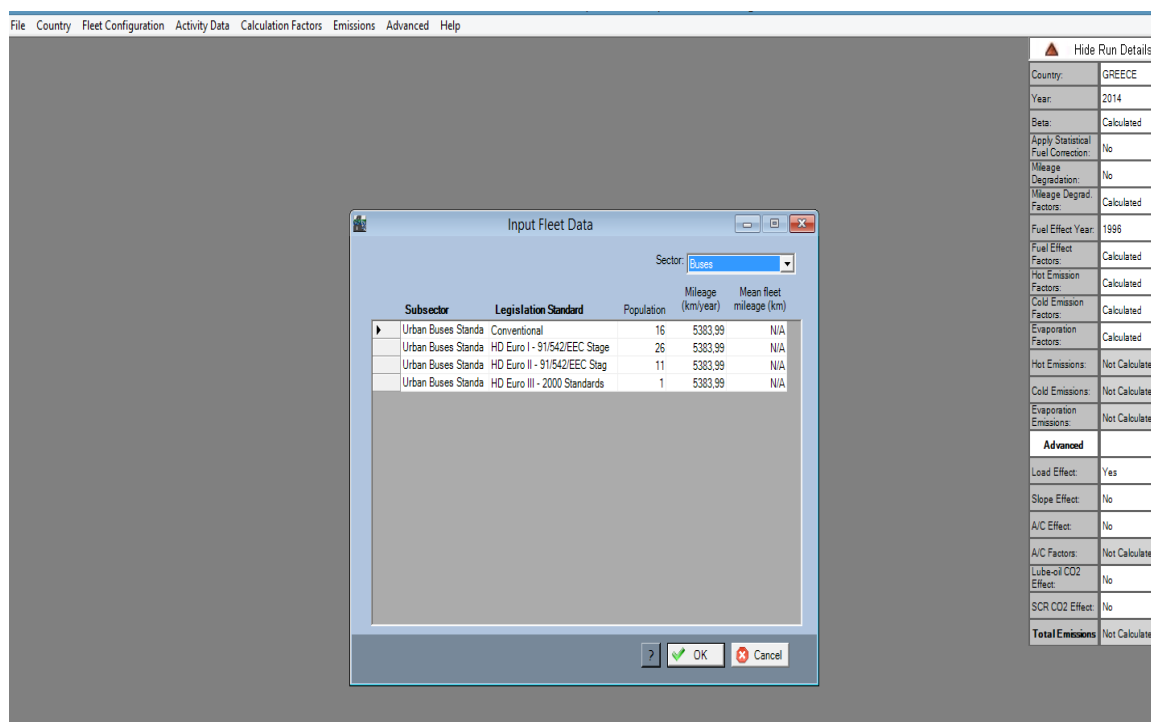
- 16 συμβατικά ντιζελοκίνητα λεωφορεία μεσαίου μεγέθους (πριν τα πρότυπα Euro, χρονολογία 1991)
- 26 ντιζελοκίνητα λεωφορεία μεσαίου μεγέθους κατηγορίας Euro I (χρονολογίες 1992 – 1994)
- 11 ντιζελοκίνητα λεωφορεία μεσαίου μεγέθους κατηγορίας Euro II (χρονολογίες 1996 – 1999)

- 1 ντιζελοκίνητο λεωφορείο μεσαίου μεγέθους κατηγορίας Euro III (χρονολογία 2003)
- 1 ντιζελοκίνητο mini λεωφορείο κατηγορίας Euro III (χρονολογία 2003)



Εικόνα 6.2: Επιλογή χρησιμοποιούμενων οχημάτων [Πηγή: COPERT4].

Γραμμή 2: Για τον υπολογισμό των ρύπων της γραμμής 2 δίνεται ο αριθμός του κάθε τύπου λεωφορείου καθώς και ο αριθμός των χιλιομέτρων που διανύει το κάθε ένα σε διάστημα ενός χρόνου. Επειδή δεν είναι γνωστός ο ακριβής αριθμός των χιλιομέτρων που διανύει ο κάθε τύπος λεωφορείου έγινε η εξής παραδοχή: θεωρήθηκε ότι τα 54 οχήματα μεσαίου μεγέθους του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου ισομοιράζονται τα χιλιόμετρα που διανύονται σε περίοδο ενός χρόνου από κάθε γραμμή. Έτσι, προέκυψε ότι για τη γραμμή 2 κάθε όχημα διανύει απόσταση ίση με **5.383,99 χλμ/έτος**. Στην εικόνα 6.3 απεικονίζεται η εισαγωγή των στοιχείων των οχημάτων.



Εικόνα 6.3: Εισαγωγή στοιχείων του στόλου οχημάτων [Πηγή: COPERT4].

Το επόμενο βήμα είναι και το τελευταίο για το βασικό υπολογισμό των ρύπων και είναι η εισαγωγή των ταχυτήτων στο οδικό δίκτυο. Επιλέχτηκε **αστικό δίκτυο** και μέση ταχύτητα **15 χλμ./ώρα** (εικόνα 6.4).

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η προχωρημένη επιλογή για την επίδραση του ποσοστού φόρτωσης, ή αλλιώς της πληρότητας στην περίπτωση των λεωφορείων, στις εκπομπές των ρύπων. Η επιλογή αυτή εφαρμόζεται στο COPERT4 μόνο σε φορτηγά και λεωφορεία. Στην περίπτωση της γραμμής 2 προκύπτει μέση πληρότητα δρομολογίων ίση με **10,8%** (εικόνα 6.5). Στον πίνακα 6.2 φαίνονται τα αποτελέσματα για τις εκπομπές ρύπων από τη λειτουργία της γραμμής 2.

«Πράσινες αστικές συγκοινωνίες στην πόλη του Βόλου»

File Country Fleet Configuration Activity Data Calculation Factors Emissions Advanced Help

Hide Run Details

Country:	GREECE
Year:	2014
Beta:	Calculated
Apply Statistical Fuel Correction:	No
Mileage Degradation:	No
Mileage Degrad. Factors:	Not Calculated
Fuel Effect Year:	1996
Fuel Effect Factors:	Not Calculated
Hot Emission Factors:	Not Calculated
Cold Emission Factors:	Not Calculated
Evaporation Factors:	Not Calculated
Hot Emissions:	Not Calculated
Cold Emissions:	Not Calculated
Evaporation Emissions:	Not Calculated
Advanced	
Load Effect:	Yes
Slope Effect:	No
A/C Effect:	No
A/C Factors:	Not Calculated
Lube-oil CO2 Effect:	No
SCR CO2 Effect:	No
Total Emissions	Not Calculated

Input Circulation Data

Sector: Buses

Subsector	Legislation Standard	Speed (km/h)			Driving Share (%)		
		Urban	Rural	Highway	Urban	Rural	Highway
Urban Buses Standard 1	Conventional	15	0	0	100	0	0
Urban Buses Standard 1	HD Euro I - 91/542/EEC	15	0	0	100	0	0
Urban Buses Standard 1	HD Euro II - 91/542/EEC	15	0	0	100	0	0
Urban Buses Standard 1	HD Euro III - 2000 Stand	15	0	0	100	0	0

Εικόνα 6.4:Εισαγωγή των ταχυτήτων στο οδικό δίκτυο [Πηγή: COPERT4].

File Country Fleet Configuration Activity Data Calculation Factors Emissions Advanced Help

Hide Run Details

Country:	GREECE
Year:	2014
Beta:	Calculated
Apply Statistical Fuel Correction:	No
Mileage Degradation:	No
Mileage Degrad. Factors:	Not Calculated
Fuel Effect Year:	1996
Fuel Effect Factors:	Not Calculated
Hot Emission Factors:	Not Calculated
Cold Emission Factors:	Not Calculated
Evaporation Factors:	Not Calculated
Hot Emissions:	Not Calculated
Cold Emissions:	Not Calculated
Evaporation Emissions:	Not Calculated
Advanced	
Load Effect:	Yes
Slope Effect:	No
A/C Effect:	No
A/C Factors:	Not Calculated
Lube-oil CO2 Effect:	No
SCR CO2 Effect:	No
Total Emissions	Not Calculated

Vehicle Load, Axes

Sector: Buses

Subsector	Legislation Standard	Load Percentage (%)			Number of axes
		Urban	Rural	Highway	
Urban Buses Standard	Conventional	10.8	0	0	2
Urban Buses Standard	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	10.8	0	0	2
Urban Buses Standard	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	10.8	0	0	2
Urban Buses Standard	HD Euro III - 2000 Standards	10.8	0	0	2

Apply Load Correction...

Εικόνα 6.5:Εισαγωγή της πληρότητας των δρομολογίων της γραμμής [Πηγή: COPERT4].

Πίνακας 6.2: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) ανά κατηγορία οχημάτων από τη λειτουργία της νέας γραμμής 2 σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Συμβατικά λεωφορεία	Euro I	Euro II	Euro III	Σύνολο
CO	686,69	481,06	177,91	18,13	1.363,79
CO ₂	133.513,22	174.184,95	69.749,69	6.713,07	384.160,92
CH ₄	15,08	24,497	6,74	0,56	46,87
NO _x	1.722,47	1.748,22	820,21	72,57	4.363,48
NO	1.533,00	1.555,92	729,99	62,41	3.881,32
NO ₂	189,47	192,31	90,22	10,16	482,16
N ₂ O	2,58	1,68	0,71	0,03	5,01
PM _{2,5}	102,93	83,66	16,17	1,60	204,36
PM ₁₀	105,45	87,76	17,91	1,76	212,87
PM (εξατμ.)	100,66	79,97	14,61	1,46	196,70
VOC	279,69	169,20	50,01	4,19	503,10
NMVOC	264,62	144,71	43,27	3,63	456,23

Γραμμή 9: Αντίστοιχα, υπολογίζεται ότι κάθε όχημα θα διανύει για τη γραμμή 9, **4.785,23 χλμ./έτος**. Θεωρώντας και πάλι **αστικό περιβάλλον** και ταχύτητα **15 χλμ./ώρα**, και υπολογίζοντας πληρότητα ίση με **9,4%**, προκύπτει ο πίνακας 6.3.

Πίνακας 6.3: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) ανά κατηγορία οχημάτων από τη λειτουργία της νέας γραμμής 9 σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Συμβατικά λεωφορεία	Euro I	Euro II	Euro III	Σύνολο
CO	609,51	426,80	157,33	16,06	1.209,70
CO ₂	118.480,29	154.432,33	61.827,14	5.952,04	340.691,79
CH ₄	13,40	21,77	5,99	0,49	41,65
NO _x	1.527,22	1.550,02	727,34	64,38	3.868,95
NO	1.359,22	1.379,52	647,33	55,36	3.441,43
NO ₂	167,99	170,50	80,01	9,01	427,52
N ₂ O	2,30	1,49	0,63	0,03	4,45
PM _{2,5}	91,34	74,23	14,32	1,42	181,31
PM ₁₀	93,56	77,84	15,84	1,56	188,79
PM (εξατμ.)	89,34	70,99	12,95	1,30	174,58
VOC	248,83	150,47	44,48	3,73	447,51
NMVOC	235,44	128,70	38,49	3,23	405,86

Νέα κυκλική γραμμή Αγ. Παρασκευή – Αγ. Γεώργιος: Για την κυκλική γραμμή θα χρησιμοποιείται ένα mini λεωφορείο το οποίο θα διανύει **55.383,12 χιλιόμετρα/έτος**. Θεωρώντας ότι διέρχεται από **προαστιακή περιοχή** και ότι κινείται με ταχύτητα ίση με **18 χλμ./ώρα**, και υπολογίζοντας πληρότητα ίση με **19,9%**, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας.

Πίνακας 6.4: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας κυκλικής γραμμής σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro III
CO	124,39
CO ₂	47.710,37
CH ₄	0,00
NO _x	507,02
NO	436,04
NO ₂	70,98
N ₂ O	0,00
PM _{2,5}	11,84
PM ₁₀	13,57
PM (εξατμ.)	10,28
VOC	27,58
NMVOC	27,58

7. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ ΜΕ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

7.1. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει μία αυξημένη ανησυχία για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεταφορών που αντανακλάται και στις εκθέσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε) ο τομέας των μεταφορών καταναλώνει περισσότερο από το 30% της συνολικής ενέργειας ενώ το μερίδιο της εισαγόμενης ενέργειας προς αυτή συνεχώς αυξάνεται. Με την τάση αυτή μέχρι το 2030 οι ανάγκες της Ε.Ε σε εισαγωγές θα αγγίξουν το 90% για το πετρέλαιο και το 80% για το φυσικό αέριο (European Commission, 2005), (European Commission, 2006). Ωστόσο, η εξάρτηση αυτή απειλεί την ανταγωνιστικότητα της Ε.Ε λαμβάνοντας υπόψη και τις αυξήσεις των τιμών των εν λόγω καυσίμων (Steenberghen and Lopez, 2008).

Αντίστοιχα, και στην Ελλάδα ο τομέας των μεταφορών προηγούνταν σε σχέση με όλους τους άλλους τομείς (βιομηχανίες, αγροτική παραγωγή, νοικοκυριά και υπηρεσίες) με ποσοστό 38,7% στην κατανάλωση ενέργειας, ποσοστό αυξημένο κατά 48% από το 1990 (<http://www.eea.europa.eu/>).

Σε ό,τι αφορά τους ρύπους που παράγονται από τις μεταφορές τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει σημαντική μείωση στα επίπεδα του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), των μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων (NMVOC), των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC), των οξειδίων του αζώτου (NO_x), των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) και άλλων ρύπων που παράγονται από τις μεταφορές, που οφείλεται εν μέρει στη σταδιακή εισαγωγή των προτύπων Euro (EEA, 2012). Περαιτέρω μειώσεις, ωστόσο, είναι απαραίτητες ώστε να καταφέρει η Ε.Ε να ανταποκριθεί στις διεθνείς της δεσμεύσεις όπως είναι το πρωτόκολλο του Κιότο (Steenberghen and Lopez, 2008).

Παρόλη τη βελτίωση των νέων τεχνολογιών των οχημάτων και τη σταδιακή εισαγωγή των προτύπων Euro έτσι ώστε να είναι λιγότερο ρυπογόνα, η καύση των συμβατικών ορυκτών καυσίμων και των προϊόντων τους οδήγησε στην αύξηση των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα στην περίοδο 1990 ως 2008. Συγκεκριμένα τα επίπεδα του CO₂ αυξήθηκαν κατά 24% και συνιστούσαν το 19,5% του συνόλου των αερίων θερμοκηπίου στην Ε.Ε. Ο στόχος που έχει θέσει η Ε.Ε για το 2050 είναι μία μείωση της τάξης του 80 – 95% (EEG-FTF, 2011α).

Όλα τα ζητήματα που αναφέρθηκαν συνοπτικά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι είναι αναγκαία η εισαγωγή καθαρότερων μορφών ενέργειας και τεχνολογιών οχημάτων. Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά στα διάφορα είδη καυσίμων, στις μη συμβατικές τεχνολογίες λεωφορείων, στις υποδομές που χρειάζονται για τη λειτουργία τους και στα εμπόδια που παρακωλύουν τη χρήση τους.

7.1.1. ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΤΙΖΕΛ

Ο κινητήρας ντίζελ είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος σε όλα τα βαρέα οχήματα και επομένως και στα λεωφορεία. Θεωρείται πιο αποδοτικός σε σχέση με τους υπόλοιπους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Το βασικό του μειονέκτημα είναι οι υψηλές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και οξειδίων του αζώτου. Έτσι, ο κινητήρας ντίζελ αντιμετωπίζει περισσότερες προκλήσεις σε ό,τι αφορά την τήρηση μελλοντικών κανονισμών ως προς την ποιότητα του αέρα. Οι κατασκευαστές προσπαθούν να λύσουν το πρόβλημα μέσω αλλαγών στον κινητήρα αλλά και με τη χρήση ντίζελ με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (Morita, 2003 ; Nylund and Koronen, 2012).

7.1.2. ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (CNG)

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται στα οχήματα σε διάφορες μορφές όπως είναι το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) και το συμπιεσμένο (CNG). Τα CNG οχήματα είναι ευρέως διαδεδομένα καθώς υπάρχουν πάνω από τέσσερα

εκατομμύρια στον κόσμο και κυκλοφορούν ευρέως στις χώρες που έχουν πηγές φυσικού αερίου (Tzeng et al., 2005). Το φυσικό αέριο έχει χαμηλή πυκνότητα ενέργειας και πρέπει να αποθηκεύεται σε δεξαμενές υπό πίεση. Προκειμένου να δοθεί στη λειτουργία των οχημάτων αυτών αυτονομία παρόμοια με αυτή των ντιζελοκίνητων πρέπει να διευρυνθεί η ικανότητα αποθήκευσης καυσίμου. Επίσης, οι δεξαμενές που βρίσκονται συνήθως στην οροφή είναι ιδιαίτερα βαριές και επομένως πρέπει να ενισχυθεί ο σκελετός του οχήματος.

Ως προς τις υποδομές τροφοδοσίας φυσικού αερίου υπάρχουν δύο διαδεδομένες επιλογές: είτε πρόσβαση όλων των CNG οχημάτων σε ένα κεντρικό σταθμό π.χ σε σταθμό εταιρειών εμπορικών μεταφορών, είτε ο εφοδιασμός των σταθμών παροχής συμβατικών καυσίμων με φυσικό αέριο. Το κόστος της ανάπτυξης δικτύου για οχήματα CNG είναι ιδιαίτερα σημαντικό και συνήθως αντικατοπτρίζεται στην τιμή πώλησης του φυσικού αερίου. Οι εταιρείες διστάζουν να επενδύσουν σε αυτόν τον κλάδο εκτός και αν εξαναγκάζονται βάσει εθνικής νομοθεσίας ή από τις πιέσεις των καταναλωτών (Steenberghen and Lopez, 2008).

Έτσι, τις περισσότερες φορές η εγκατάσταση υποδομών ανεφοδιασμού για επιβατικά και βαρέα οχήματα καθώς και για αστικές συγκοινωνίες προέρχεται από πρωτοβουλίες μεταξύ τοπικών αρχών και επιχειρήσεων. Οι ανισότητες που υπάρχουν στην Ευρώπη ως προς τη διάδοση της χρήσης του μεθανίου (φυσικού αερίου) στον τομέα των μεταφορών οφείλονται κυρίως σε εθνικές επενδυτικές στρατηγικές και στη διαθεσιμότητα οικονομικών πόρων. Επίσης, ένας ακόμα παράγοντας που εμποδίζει την ευρεία διάδοση των οχημάτων αυτών είναι το μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτείται για την κατασκευή σταθμών τροφοδότησης που είναι πέντε φορές υψηλότερο σε σχέση με τους συμβατικούς.

Είναι επομένως προφανές ότι σε χώρες όπως η Ελλάδα, που τώρα ξεκινά ουσιαστικά η κατασκευή σταθμών φυσικού αερίου, θα χρειαστεί πολύς χρόνος, τουλάχιστον μέχρι το 2025, ώστε να εξασφαλιστεί η επαρκής ανάπτυξη δικτύου σταθμών τροφοδότησης. Η υποστήριξη από την πολιτεία με τη μορφή επιδοτήσεων είναι σίγουρο ότι θα επιταχύνει τη διαδικασία (EEG-FTF, 2011β). Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή λειτουργούν τέσσερις σταθμοί φυσικού αερίου στην Αθήνα και στη Θεσσαλονίκη από την Δημόσια Επιχείρηση Αερίου α. ε (ΔΕΠΑ) ενώ στα άμεσα σχέδια

της ΔΕΠΑ είναι η εγκατάσταση αντλιών τροφοδοσίας συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG) σε πρατήρια υγρών καυσίμων στο Βόλο (<http://www.depa.gr>).

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του φυσικού αερίου είναι ότι είναι καθαρό και άοσμο καύσιμο καθώς παράγει σημαντικά μικρότερες ποσότητες ρύπων, συμπεριλαμβανομένου των αιωρούμενων σωματιδίων καθώς και των οξειδίων του αζώτου. Επιπλέον, είναι φθηνότερο σε σχέση με το ντίζελ (U.S Department of Energy, 2013).

7.1.3. ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (LPG)

Το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (υγραέριο) ήταν το πρώτο εναλλακτικό καύσιμο που εμφανίστηκε για τα οχήματα. Αποτελεί μίγμα προπανίου και βουτανίου και προέρχεται είτε από τη διύλιση του πετρελαίου (ποσοστό 40% σε παγκόσμιο επίπεδο και 75% για την Ευρώπη) είτε από την επεξεργασία του φυσικού αερίου (ποσοστό 60% και 25% αντίστοιχα). Το LPG μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τροποποιημένο κινητήρα εσωτερικής καύσης. Αν και στην αγορά κυριαρχούν τα οχήματα που μετατρέπονται ώστε να χρησιμοποιούν υγραέριο, τα τελευταία χρόνια σε αγορές της Ε.Ε εμφανίζεται τόσο η ζήτηση όσο και η προσφορά κατασκευασμένων οχημάτων LPG. Το δίκτυο σταθμών υγραερίου στην Ε.Ε είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο με περισσότερους από 27.000 σταθμούς συνολικά σε όλη την Ευρώπη (EEG-FTF, 2011α). Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετοί σταθμοί τροφοδοσίας υγραερίου.

Η χρήση του LPG οδηγεί σε μείωση των υδρογονανθράκων, του μονοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του αζώτου και των αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, είναι μη τοξικό και δε βλάπτει το έδαφος ή το νερό όταν έρχεται σε επαφή (U.S Department of Energy, 2013). Ωστόσο, στο μέλλον οι διαφορές στην εκπομπή ρύπων σε σχέση με τα ντιζελοκίνητα οχήματα μπορεί να μειωθούν λόγω των εξελίξεων στην τεχνολογία των τελευταίων (EEG-FTF, 2011α).

7.1.4. ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Η κυψέλη καυσίμου παράγει ενέργεια μέσω μία χημικής αντίδρασης μεταξύ υδρογόνου και οξυγόνου με υποπροϊόντα νερό και θερμότητα. Σε ένα λεωφορείο κυψελών καυσίμου η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει έναν ηλεκτροκινητήρα που κινεί τους τροχούς του οχήματος. Εκτός από τα μηδενικά καυσαέρια η τεχνολογία κυψελών καυσίμου είναι διαδεδομένη στις μεταφορές για δύο κυρίως λόγους: πρώτον, πολλές χώρες έχουν αρκετούς πόρους υδρογόνου, δεύτερον, οι κυψέλες καυσίμου είναι πιο αποδοτικές από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης ως προς τη χρήση της χημικής ενέργειας που περιέχεται στο καύσιμο. Οι κυψέλες καυσίμου μετατρέπουν περίπου το 50% της ενέργειας που περιέχεται στο υδρογόνο σε ηλεκτρική ενέργεια (U.S Department of Energy, 2013).

Πηγές του υδρογόνου είναι συνήθως ορυκτοί υδρογονάνθρακες όπως το φυσικό αέριο, τα ορυκτά έλαια και ο άνθρακας. Επίσης, υδρογόνο μπορεί να παραχθεί με την αεριοποίηση της βιομάζας. Όταν το υδρογόνο προέρχεται από ηλεκτρισμό, είναι σημαντικό η πρωταρχική ενέργεια να βασίζεται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αλλιώς, είναι δύσκολο να υπάρξει μείωση ως προς την παραγωγή ρύπων και αερίων θερμοκηπίου σε όλο τον κύκλο ζωής του οχήματος σε σχέση με τα συμβατικά. Το υδρογόνο προκύπτει, επιπλέον, ως υποπροϊόν σε βιομηχανικές διεργασίες και συνήθως είτε εξαερώνεται είτε χρησιμοποιείται για θέρμανση, επομένως δεν εκμεταλλεύεται πλήρως. Το απόθεμα αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τα οχήματα (CUTE Project consortium, 2006).

Η πυκνότητα ενέργειας του υδρογόνου υπό συνθήκες περιβάλλοντος είναι πολύ μικρότερη από εκείνη του ντίζελ ή της βενζίνης. Επομένως, συμπιέζεται ώστε να αποθηκευτεί στην οροφή του οχήματος και να κρατηθούν οι απαιτήσεις σε χώρο σε ένα κανονικό επίπεδο (Transportation Research Board, 2011). Το εύρος της διαδρομής που μπορούν να διανύσουν τα λεωφορεία αυτά με γεμάτη δεξαμενή καυσίμου κυμαίνεται στα 250 χιλιόμετρα (Tzeng et al., 2005).

Σε ό,τι αφορά τις απαιτούμενες υποδομές για τον εφοδιασμό των οχημάτων με κυψέλες καυσίμου, το κόστος τους είναι συγκρίσιμο με αυτό των υποδομών για

τα ηλεκτρικά οχήματα. Ωστόσο, δε θα ήταν σωστό να γίνει επιλογή για ανάπτυξη υποδομής είτε για τα ηλεκτρικά οχήματα είτε για αυτά με κυψέλες καυσίμου καθώς οι τεχνολογίες αυτές εξυπηρετούν οχήματα διαφορετικού εύρους: τα ηλεκτρικά οχήματα είναι ιδανικά για μικρές αποστάσεις ενώ οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να εξυπηρετήσουν καλύτερα ανάγκες μεγάλων οχημάτων και διαδρομών, άρα και λεωφορεία (δεδομένου ότι έχουν μεγαλύτερη αυτονομία και ότι τα ηλεκτρικά χρειάζονται συχνή φόρτιση).

Στην Ευρώπη αναμένεται να υπάρχουν 200 σταθμοί τροφοδότησης με υδρογόνο μέχρι το 2015. Η υποδομή για τον εφοδιασμό οχημάτων κυψελών καυσίμου θα μπορούσε να αναπτυχθεί σταδιακά και με οικονομικά αποδοτικό τρόπο παράλληλα με την αύξηση της ζήτησης στην αγορά, με την εισαγωγή συστημάτων αποθήκευσης και διανομής υδρογόνου σε ήδη υπάρχοντες σταθμούς καυσίμων, όπως γίνεται π. χ για το LPG (EEG-FTF, 2011β).

Το κόστος των οχημάτων με κυψέλες καυσίμου όπως και του υδρογόνου ως καυσίμου αναμένεται ότι θα μειωθεί στο μέλλον με τη βελτίωση της τεχνολογίας. Μία κρίσιμη προϋπόθεση για τη μείωση του κόστους είναι η επίτευξη οικονομιών κλίμακας τόσο στην παραγωγή οχημάτων όσο και καυσίμων. Οι οριακές συνθήκες για τις οποίες το υδρογόνο θα έχει προβάδισμα σε σχέση με άλλα καύσιμα είναι οι υψηλές τιμές του πετρελαίου σε συνδυασμό με χαμηλή τιμή για το φυσικό αέριο ή τον ηλεκτρισμό (Steenberghen and Lopez, 2008).

7.1.5. ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Το βιοντίζελ είναι καύσιμο που μπορεί να παραχθεί σε κάθε χώρα και προέρχεται από διάφορα φυτικά και ζωικά έλαια ή λίπη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως μίγμα μαζί με ντίζελ πετρελαίου είτε αυτούσιο σε οχήματα με κινητήρες ντίζελ. Το βιοντίζελ μπορεί να αναμιχθεί με το ντίζελ πετρελαίου σε οποιοδήποτε ποσοστό. Το ποσοστό ανάμιξης βιοντίζελ με ντίζελ πετρελαίου συμβολίζεται με έναν αριθμό που ακολουθεί το γράμμα Β. Για παράδειγμα, το Β100 συμβολίζει καθαρό

βιοντίζελ ενώ το B20 είναι κατά 20% από βιοντίζελ και κατά 80% από ντίζελ πετρελαίου (Transportation Research Board, 2011).

Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε οποιοδήποτε όχημα είτε χωρίς να απαιτηθεί καμία αλλαγή είτε με ελάχιστη τροποποίηση στον κινητήρα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοντίζελ σχετίζεται με εύκολα κατανοητές χημικές διεργασίες και με τη χρήση ευρέως δοκιμασμένων τεχνικών. Η ανάπτυξη του κλάδου του βιοντίζελ ήταν πολύ γρήγορη λόγω αυτού του παράγοντα, ωστόσο σημαντικές μειώσεις στο κόστος παραγωγής του δεν έχουν επιτευχθεί λόγω του σχετικού υψηλού κόστους των πρώτων υλών.

Οι κυριότεροι παράγοντες που συνετέλεσαν στην έρευνα και την παραγωγή βιοντίζελ και γενικότερα βιοκαυσίμων ήταν η ανάγκη για δημιουργία ενός εγχώριου καυσίμου λόγω της εξάρτησης από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα αλλά και η δαπανηρή αποθήκευση πλεονάσματος γεωργικών προϊόντων (Steenberghen and Lopez, 2008). Το βιοντίζελ μπορεί να είναι εγχώριο προϊόν από ποικίλες ανανεώσιμες καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων όπως από σογιέλαιο, ελαοκράμβη και ηλίανθο. Επίσης, οι κίνδυνοι από τη μεταφορά και την αποθήκευση του βιοντίζελ είναι μικρότεροι από αυτούς που σχετίζονται με το ορυκτό ντίζελ. Θεωρείται ασφαλέστερο διότι είναι βιοδιασπώμενο και έχει υψηλότερο σημείο ανάφλεξης.

Σε ό,τι αφορά τους ρύπους οι περισσότερες έρευνες διαπιστώνουν μία αύξηση στα επίπεδα των οξειδίων του αζώτου (NO_x), που πιθανώς να είναι επικίνδυνη σε περιοχές που δεν έχουν επιτύχει τους στόχους για τους ρύπους που σχετίζονται με τη δημιουργία όζοντος, ενώ φαίνεται να μειώνει τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τις οργανικές πτητικές ενώσεις (VOC). Συγκεκριμένα, σε βιοντίζελ B100 παρατηρείται αύξηση 13,2% στα επίπεδα του NO_x και μείωση 42,7%, 55,3% και 63,2% στα CO, PM και VOC αντίστοιχα. Τα ποσοστά αυτά για B20 ελαττώνονται σημαντικά: 2,4%, 13,1%, 8,9%, 17,9% αντίστοιχα (Demirbas, 2007).

Το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοντίζελ είναι χαμηλότερο από τα συμβατικά καύσιμα. Το B100 έχει 6 – 8 % χαμηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο, ενώ το βιοντίζελ φυτικής προέλευσης έχει υψηλότερο σε σχέση με το ζωικής προέλευσης. Αυτό οδηγεί

σε χαμηλότερη απόδοση καυσίμου που ωστόσο στην περίπτωση του B20 η μείωση δεν ξεπερνά το 1 – 2% (Transportation Research Board, 2011).

Στην Ελλάδα η διάθεση και η ανάμειξη ξεκίνησε από το τέλος του 2005 με ένα ποσοστό 2,5% κατ' όγκο σε βιοντίζελ, σύντομα ανέβηκε στο 4,5%, για να αυξηθεί από τις αρχές του 2010 στο 6,5%. Μετά από επτά χρόνια, στις αρχές του 2013, αποκτήθηκε και στην Ελλάδα το καύσιμο B7. Το B7, διατίθεται από κάθε αντλία σε οποιοδήποτε πρατήριο υγρών καυσίμων εντός της ελληνικής επικράτειας (<http://www.ypeka.gr>).

7.1.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΜΕ ΜΠΑΤΑΡΙΑ

Ένα πλήρως ηλεκτρικό όχημα (battery – electric vehicle, BEV) χρησιμοποιεί τη μπαταρία για να τροφοδοτήσει έναν ηλεκτρικό κινητήρα ως μοναδικό σύστημα πρόωσης. Οι μπαταρίες μπορεί να είναι μόλυβδου οξέος, νικελίου υδριδίου – μετάλλου ή ιόντων λιθίου (U.S Department of Energy, 2013).

Οι ηλεκτροκινητήρες βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση των βαρέων οχημάτων κατά 2 φορές σχεδόν σε σχέση με τους κινητήρες σε συμβατικά οχήματα. Ωστόσο, η ενεργειακή πυκνότητα των μπαταριών ακόμα και των τελευταίων τεχνολογιών (ιόντων λιθίου) είναι κατά 50 φορές χαμηλότερη από ότι των συμβατικών καυσίμων. Ακόμα και αν επιτυγχάνονταν 3 φορές υψηλότερη ενεργειακή απόδοση και πάλι θα χρειαζόταν 15 φορές περισσότερη αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας ώστε ένα ηλεκτρικό όχημα να μπορεί να διανύσει το ίδιο εύρος απόστασης με ένα που έχει κινητήρα εσωτερικής καύσης (EEG-FTF, 2011β).

Με την τεχνολογία που υπάρχει σήμερα ένα ηλεκτρικό λεωφορείο μπορεί να διανύσει απόσταση μέχρι και 200 χιλιόμετρα με μία μόνο φόρτιση της μπαταρίας. Η ισχύς της φόρτισης φτάνει μέχρι 100 kW και επομένως απαιτούνται τουλάχιστον 2 με 3 ώρες για τη φόρτιση του. Ωστόσο, τα λεωφορεία πρέπει να είναι σε λειτουργία για μεγάλη διάρκεια και δεν είναι εφικτό να φορτίζονται συνεχώς. Επομένως, τα μεγάλα ζητήματα που σχετίζονται με τα ηλεκτρικά λεωφορεία είναι τα εξής (Nylund and Koronen, 2012):

- Επαγωγική φόρτιση ή φόρτιση μπαταρίας μέσω καλωδίου.
- Ταχεία φόρτιση και μικρή αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με πολλούς κύκλους φορτίσεων κατά τη διάρκεια λειτουργίας των λεωφορείων ή λιγότερο γρήγορη φόρτιση με μεγαλύτερη αποθήκευση ενέργειας και λιγότερους κύκλους φορτίσεων.

Έτσι, στην ουσία υπάρχουν δύο τύποι ηλεκτρικών λεωφορείων: αυτά που φορτίζουν στην αρχή ή στο τέλος της διαδρομής και ενδεχομένως σε ενδιάμεσες στάσεις (opportunity charging) σε λιγότερο από 10 λεπτά και αυτά που φορτίζουν μία φορά την ημέρα για περίπου 3 με 5 ώρες (overnight charging) (FCH-JU, 2012). Εκτός από αυτά τα είδη υπάρχουν και ηλεκτρικά λεωφορεία των οποίων οι μπαταρίες αλλάζουν σε τακτά χρονικά διαστήματα και φορτίζονται. Το λεωφορείο τροποποιείται έτσι ώστε να υπάρχει περισσότερος χώρος για τις μπαταρίες και ο αριθμός των μπαταριών προσαρμόζεται στις ανάγκες των δρομολογίων (Tzeng et al., 2005). Παρόλο που η αύξηση του αριθμού ή του βάρους των μπαταριών αυξάνει την απόσταση που μπορεί να διανύσει το λεωφορείο, αυξάνει και το βάρος του οχήματος με αποτέλεσμα αυξημένη κατανάλωση ενέργειας (Morita, 2003).

Επομένως, η πρόκληση είναι η αξιολόγηση και η επιλογή της βέλτιστης λύσης λαμβάνοντας υπόψη τους ακόλουθους παράγοντες (Nylund and Koronen, 2012):

- Το βάρος των μπαταριών
- Τη διάρκεια ζωής και τους κύκλους φόρτισης των μπαταριών
- Την ανάγκη για όσο το δυνατόν περισσότερη αυτονομία των λεωφορείων (από άποψη αποθήκευσης ενέργειας)
- Το κόστος των υποδομών
- Το συνολικό κόστος λειτουργίας

Τα ηλεκτρικά λεωφορεία θεωρούνται μηδενικών ρύπων, καθώς δεν παράγουν καυσαέρια παρά μόνο στιγμιαία από τη φθορά των ελαστικών. Οι εκπομπές ρύπων και αερίων θερμοκηπίου σχετίζονται με τις πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί με διάφορα μέσα, που κυμαίνονται από αυτά που παράγουν μηδενικούς ρύπους (ανανεώσιμες πηγές) έως την παραγωγή με ορυκτά καύσιμα (Transportation Research Board, 2011).

7.1.7. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΝΤΙΖΕΛΟΚΙΝΗΤΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ

Τα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν δύο κινητήριες πηγές έτσι ώστε να έχουν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Συνήθως οι πηγές αυτές είναι μία μηχανή εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ) που λειτουργεί με ντίζελ και ένας ηλεκτροκινητήρας, αλλά εκτός από τα ντιζελοκίνητα υβριδικά οχήματα υπάρχουν στην αγορά και υβριδικά με κυψέλες καυσίμου, υδραυλικά υβριδικά κ.ά. Τα υβριδικά συστήματα μετάδοσης ισχύος μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κύριους τύπους ανάλογα με τη συνδεσμολογία (Nylund and Koronen, 2012):

- Σειριακά
- Παράλληλα
- Μικτά, που είναι ουσιαστικά συνδυασμός σειριακών και παραλλήλων.

Σειριακά υβριδικά οχήματα: Στο σύστημα αυτό η μηχανή εσωτερικής καύσης είναι συνδεδεμένη με μία γεννήτρια η οποία με τη σειρά της παρέχει ενέργεια στον ηλεκτρικό κινητήρα ή φορτίζει τις μπαταρίες. Μόνο ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέεται άμεσα στον άξονα μετάδοσης και χρησιμοποιείται για την πρόωση του οχήματος. Η μπαταρία φορτίζεται από τη σειρά της μηχανής εσωτερικής καύσης και της γεννήτριας και στην περίπτωση της αναγεννητικής πέδησης μέσω του ηλεκτρικού κινητήρα. Συμπληρωματικά προς τις μπαταρίες μπορούν να προστεθούν στο όχημα υπερπυκνωτές (προαιρετικά) για την επιμήκυνση του κύκλου ζωής και τη βελτίωση της απόδοσης των μπαταριών.

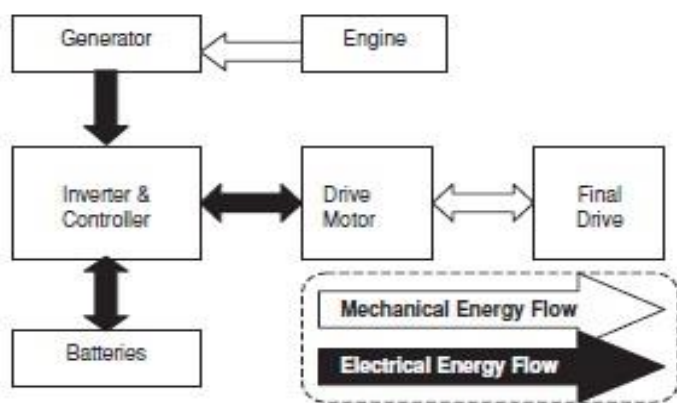
Η ανάγκη μετατροπής της εξόδου της μηχανής εσωτερικής καύσης σε ηλεκτρισμό πριν το στάδιο του κινητήρα δημιουργεί ανεπάρκειες αν ως πρωτεύουσα πηγή ισχύος χρησιμοποιείται η μηχανή εσωτερικής καύσης και έτσι σε αυτόν τον τύπο χρησιμοποιείται συνήθως μία μικρότερη μηχανή ενισχυτικά σε μεγάλες μπαταρίες. Τα οχήματα αυτά εκπέμπουν ελάχιστους ρύπους και είναι ιδιαίτερα αποδοτικά σε οδήγηση με συχνές στάσεις, σε αστικό περιβάλλον. Ωστόσο, το αυξημένο μέγεθος συστοιχιών μπαταριών αυξάνει το κόστος των λεωφορείων αυτών

και τα κάνει λιγότερο αποδοτικά. Επίσης, δεν είναι τόσο αποδοτικά στη γρήγορη οδήγηση λόγω απωλειών μετατροπής μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική εντός της μηχανής εσωτερικής καύσης και στη συχνή διαδικασία φόρτισης/αποφόρτισης της μπαταρίας (German, 2004).

Οι φάσεις λειτουργίας που συναντιούνται σε ένα τέτοιο όχημα είναι οι ακόλουθες (Houyu and Guirong, 2011 ; Ehsani, 2004):

1. Αμιγώς ηλεκτρική λειτουργία: Η μηχανή εσωτερικής καύσης είναι απενεργοποιημένη και το όχημα κινείται καταναλώνοντας ενέργεια από τις μπαταρίες.
2. Αποκλειστική λειτουργία της μηχανής εσωτερικής καύσης: Η ισχύς για την κίνηση του οχήματος προέρχεται από τη μηχανή εσωτερικής καύσης και τη γεννήτρια, ενώ οι μπαταρίες ούτε παρέχουν ούτε απορροφούν ισχύ από τον άξονα μετάδοσης κίνησης. Οι ηλεκτρικές μηχανές λειτουργούν ως ηλεκτρική μετάδοση από τη μηχανή εσωτερικής καύσης στους τροχούς.
3. Υβριδική λειτουργία: Η ισχύς για την κίνηση απορροφάται και από τις μπαταρίες (και τους υπερπυκνωτές, αν υπάρχουν) και από τη μηχανή εσωτερικής καύσης αν η απαιτούμενη ισχύς του ηλεκτροκινητήρα είναι μεγαλύτερη από την ισχύ εξόδου της γεννήτριας.
4. Φόρτιση μπαταριών και κίνηση από τη μηχανή εσωτερικής καύσης (Μικρό φορτίο): Το σύμπλεγμα μηχανής εσωτερικής καύσης - γεννήτριας παρέχει ισχύ για τη φόρτιση των μπαταριών (και των υπερπυκνωτών) και την πρόωση του οχήματος αν η απαιτούμενη ισχύς του ηλεκτροκινητήρα είναι μικρότερη από την ισχύ εξόδου της γεννήτριας.
5. Λειτουργία αναγεννητικής πέδησης: Ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια. Η ισχύς που παράγεται χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των μπαταριών.
6. Λειτουργία φόρτισης μπαταριών: Ο ηλεκτρικός κινητήρας δεν απορροφά ισχύ και το σύμπλεγμα μηχανής εσωτερικής καύσης - γεννήτριας φορτίζει τις μπαταρίες.

7. Υβριδική λειτουργία φόρτισης μπαταριών: Το σύμπλεγμα μηχανής εσωτερικής καύσης-γεννήτριας και ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργούν ως γεννήτριες για τη φόρτιση των μπαταριών.



Εικόνα 7.1: Σειριακό υβριδικό όχημα [Πηγή: Transportation Research Board, 2009].

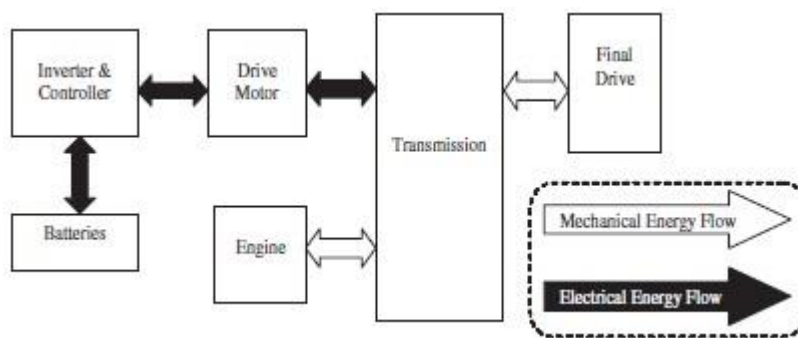
Παράλληλα υβριδικά οχήματα: Χρησιμοποιούν έναν ηλεκτροκινητήρα και μία μηχανή εσωτερικής καύσης που είναι απευθείας συνδεδεμένοι με το σύστημα μετάδοσης κίνησης. Και οι δύο μπορούν να παρέχουν πρόωση ανεξάρτητα ή και σε συνεργασία. Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας επιλέγεται το εύρος μέγιστης απόδοσης και για τις δύο μηχανές. Το παράλληλο σύστημα είναι πολυπλοκότερο του σειριακού, καθώς υπάρχουν αρκετές απαιτήσεις για τον συνδυασμό των μηχανών. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της συνδεσμολογίας είναι ότι μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη απόδοση ακόμα και με μικρή μπαταρία, με αποτέλεσμα το όχημα να απαλλάσσεται από το επιπλέον κόστος της και την επιβάρυνση της απόδοσης εξαιτίας του βάρους της (German, 2004).

Οι φάσεις λειτουργίας που συναντιούνται σε ένα τέτοιο όχημα είναι οι ακόλουθες (Houyu and Guirong, 2011 ; Ehsani, 2004):

1. Υβριδική λειτουργία (Εκκίνηση/Επιτάχυνση): Η μηχανή εσωτερικής καύσης μαζί με την ηλεκτρική μηχανή παρέχουν ισχύ στον άξονα μετάδοσης κίνησης

αν η απαιτούμενη ισχύς από τη μετάδοση είναι υψηλότερη από την έξοδο της μηχανής εσωτερικής καύσης.

2. Αποκλειστική λειτουργία της μηχανής εσωτερικής καύσης (Πορεία): Μόνο η μηχανή εσωτερικής καύσης παρέχει ισχύ στους τροχούς.
3. Αποκλειστική λειτουργία της ηλεκτρικής μηχανής (προαιρετική φάση λειτουργίας): Μόνο η ηλεκτρική μηχανή παρέχει ισχύ στους τροχούς.
4. Λειτουργία αναγεννητικής πέδησης: Ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια. Η κινητική ή δυναμική ενέργεια απορροφάται από το ηλεκτρικό σύστημα.
5. Φόρτιση μπαταριών από τη μηχανή εσωτερικής καύσης (Μικρό φορτίο): Αν η απαιτούμενη ισχύς από τη μετάδοση είναι μικρότερη από την έξοδο της μηχανής εσωτερικής καύσης, η εναπομείνασα ισχύς χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των μπαταριών. Τότε, ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια και απορροφά ενέργεια από τη μηχανή εσωτερικής καύσης.



Εικόνα 7.2: Παράλληλο υβριδικό όχημα [Πηγή: Transportation Research Board, 2009].

Μικτά υβριδικά οχήματα: Η συνδεσμολογία αυτή ονομάζεται αλλιώς «τοπολογία διαμοιρασμού ισχύος» (Power Split Vehicle) και παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα και των δύο κατηγοριών. Στα λεωφορεία χρησιμοποιείται είτε η σειριακή είτε η εν παραλλήλω συνδεσμολογία καθώς η μικτή έχει ιδιαίτερα αυξημένο κόστος για τα βαρέα οχήματα (Nylund and Koronen, 2012).

7.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή πραγματοποιείται διερεύνηση της χρήσης διαφόρων εναλλακτικών οχημάτων και καυσίμων για τη λειτουργία των γραμμών ως προς την περιβαλλοντική απόδοση. Οι εκπομπές των ρύπων από τα οχήματα εναλλακτικών τεχνολογιών ή καυσίμων θα υπολογιστούν και πάλι με το πρόγραμμα COPERT4. Τα σενάρια που εξετάζονται είναι:

1. *Σενάριο λειτουργίας με νέο στόλο λεωφορείων Α:* Λειτουργία γραμμών 2 και 9 με λεωφορεία Euro VI που χρησιμοποιούν ντίζελ και λειτουργία κυκλικής γραμμής με mini λεωφορείο Euro VI που χρησιμοποιεί ντίζελ
2. *Σενάριο λειτουργίας με νέο στόλο λεωφορείων Β:* Λειτουργία γραμμών 2 και 9 με λεωφορεία Euro VI που χρησιμοποιούν βιοντίζελ και λειτουργία κυκλικής γραμμής με mini λεωφορείο Euro VI που χρησιμοποιεί ντίζελ
3. *Σενάριο λειτουργίας με νέο στόλο λεωφορείων Γ:* Λειτουργία γραμμών 2 και 9 με λεωφορεία Euro EEV που χρησιμοποιούν συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) και λειτουργία κυκλικής γραμμής με mini λεωφορείο Euro VI που χρησιμοποιεί ντίζελ
4. *Σενάριο λειτουργίας με νέο στόλο λεωφορείων Δ:* Λειτουργία γραμμών 2 και 9 με υβριδικά λεωφορεία Euro VI που χρησιμοποιούν ντίζελ και λειτουργία κυκλικής γραμμής με υβριδικό mini λεωφορείο Euro VI που χρησιμοποιεί ντίζελ

Στα σενάρια που αναφέρθηκαν περιλαμβάνεται η χρήση μόνο ντιζελοκίνητων mini λεωφορείων για τη λειτουργία της νέας τοπικής γραμμής στα σενάρια Β και Γ λόγω του ότι το COPERT4 δεν εκτιμά ρύπους για mini λεωφορεία εναλλακτικών καυσίμων. Ωστόσο, η χρήση υβριδικών λεωφορείων οδηγεί, όπως αναφέρεται και στη συνέχεια, σε πολύ χαμηλότερους συντελεστές ρύπων (εκπομπές ρύπων/χλμ.) σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες και τα άλλα καύσιμα, και επομένως η σύγκριση μεταξύ των σεναρίων μπορεί να γίνει χωρίς να θεωρείται ότι κάποιο σενάριο έχει προβάδισμα λόγω της αδυναμίας αυτής.

7.2.1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΤΟΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Α

Γραμμή 2: Έχοντας ως δεδομένα ότι η ελάχιστη συχνότητα της γραμμής 2 είναι 12 λεπτά, ότι η απόσταση κατά τη μετάβαση είναι 6,10 χλμ. και κατά την επιστροφή 6,27 χλμ., ενώ η μέση ταχύτητα είναι 15χλμ./ώρα, υπολογίζεται ότι για τη λειτουργία της γραμμής απαιτείται η αγορά και η χρήση 5 ντιζελοκίνητων λεωφορείων τελευταίων προτύπων Euro. Έτσι, γίνεται η παραδοχή ότι κάθε ένα από τα λεωφορεία θα διανύει **58.147,13 χλμ./έτος**. Η μέση ταχύτητα θεωρείται και πάλι **15 χλμ./ώρα** και το περιβάλλον της οδού είναι **αστικό**. Σε ό,τι αφορά την επιβατική κίνηση των δρομολογίων, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 3.8, το 14% των ερωτηθέντων απάντησε ότι θα χρησιμοποιεί σίγουρα περισσότερο τα αστικά λεωφορεία σε περίπτωση που θα χρησιμοποιούνται περιβαλλοντικά φιλικά οχήματα. Έτσι, γίνεται η παραδοχή ότι το 14% των επιβατών θα χρησιμοποιεί μία ακόμα φορά μέσα στην εβδομάδα τη γραμμή 2 κατά τη μετάβαση, και αντίστοιχα μία φορά ακόμα για την επιστροφή. Έτσι, η μέση πληρότητα των δρομολογίων προκύπτει **12,3%**. Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη γραμμή 2.

Πίνακας 7.1: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας γραμμής 2 με στόλο ντιζελοκίνητων λεωφορείων Euro VI σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro VI
CO	530,15
CO ₂	316.338,31
CH ₄	1,53
NO _x	420,59
NO	378,53
NO ₂	42,06
N ₂ O	12,07
PM _{2,5}	9,52
PM ₁₀	18,12
PM (εξατμ.)	1,77
VOC	12,61
NM VOC	11,08

Γραμμή 9: Ομοίως, με τη γραμμή 2, υπολογίζεται ότι απαιτούνται 4 λεωφορεία για τη λειτουργία της γραμμής 9, αφού η ελάχιστη συχνότητα των δρομολογίων είναι 15 λεπτά. Γίνεται η παραδοχή ότι κάθε λεωφορείο θα διανύει **64.600,64 χλμ./έτος**. Η μέση ταχύτητα θεωρείται και πάλι **15 χλμ./ώρα** και το περιβάλλον της οδού είναι **αστικό**. Αντίστοιχα με τη γραμμή 2, με αύξηση της επιβατικής κίνησης κατά 14% στη μετάβαση και στην επιστροφή, η μέση πληρότητα των δρομολογίων θεωρείται **10,7%**. Στον πίνακα 7.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη γραμμή 9.

Πίνακας 7.2: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας γραμμής 9 με στόλο ντιζελοκίνητων λεωφορείων Euro VI σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro VI
CO	470,66
CO ₂	280.193,47
CH ₄	1,36
NO _x	376,21
NO	338,59
NO ₂	37,62
N ₂ O	10,72
PM _{2,5}	8,37
PM ₁₀	15,93
PM (εξατμ.)	1,57
VOC	11,20
NM VOC	9,84

Νέα κυκλική γραμμή Αγ. Παρασκευή – Αγ. Γεώργιος: Για την κυκλική γραμμή θα χρησιμοποιείται ένα mini λεωφορείο Euro VI το οποίο θα διανύει **55.383,12 χλμ./έτος**. Η πληρότητα και πάλι θεωρείται ότι αυξάνεται κατά 14%. Επομένως, θεωρώντας ότι διέρχεται από **προαστιακή περιοχή** και ταχύτητα ίση με **18 χλμ./ώρα**, και για πληρότητα ίση με **22,6%**, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας.

Πίνακας 7.3: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας κυκλικής γραμμής με στόλο ντιζελοκίνητων λεωφορείων Euro VI σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro VI
CO	68,31
CO ₂	42.113,93
CH ₄	0,00
NO _x	50,32
NO	45,29
NO ₂	5,03
N ₂ O	0,00
PM _{2,5}	1,82
PM ₁₀	3,59
PM (εξατμ.)	0,23
VOC	1,56
NM VOC	1,56

7.2.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΤΟΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Β

Γραμμή 2: Εισάγοντας στο COPERT4 τα χιλιόμετρα, την ταχύτητα και την πληρότητα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα για λεωφορεία προτύπων Euro VI και χρήση βιοντίζελ προκύπτει ο πίνακας 7.4. Το COPERT4 θεωρεί ότι το ποσοστό ανάμιξης βιοντίζελ με ντίζελ πετρελαίου είναι μέχρι και 30%.

Πίνακας 7.4: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας γραμμής 2 με στόλο λεωφορείων Euro VI που κινούνται με βιοντίζελ σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro VI
CO	482,44
CO ₂	309.255,27
CH ₄	1,53
NO _x	435,31
NO	391,78
NO ₂	43,53
N ₂ O	12,07
PM _{2,5}	9,25
PM ₁₀	17,86
PM (εξατμ.)	1,51
VOC	10,72
NM VOC	9,19

Γραμμή 9: Για τη λειτουργία της γραμμής 9 με λεωφορεία που κινούνται χρησιμοποιώντας βιοντίζελ, προκύπτει ο πίνακας 7.5.

Πίνακας 7.5: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας γραμμής 9 με στόλο λεωφορείων Euro VI που κινούνται με βιοντίζελ σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro VI
CO	428,30
CO ₂	273.919,74
CH ₄	1,36
NO _x	389,38
NO	350,44
NO ₂	38,94
N ₂ O	10,72
PM _{2,5}	8,13
PM ₁₀	15,69
PM (εξατμ.)	1,33
VOC	9,52
NM VOC	8,16

Νέα κυκλική γραμμή Αγ. Παρασκευή – Αγ. Γεώργιος: Για τη νέα κυκλική γραμμή ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 7.2.1.

7.2.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΤΟΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Γ

Γραμμή 2: Εισάγοντας στο COPERT4 τα χιλιόμετρα, την ταχύτητα και την πληρότητα για τη γραμμή 2 που αναφέρθηκαν στην ενότητα 7.2.1. για λεωφορεία προτύπων Euro EEV και χρήση συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG) προκύπτει ο πίνακας 7.6. Τα πρότυπα αυτά κυμαίνονται μεταξύ των προτύπων Euro V και Euro VI.

Πίνακας 7.6: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας γραμμής 2 με στόλο λεωφορείων Euro EEV που κινούνται με CNG σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro EEV
CO	365,37
CO ₂	389.667,10
CH ₄	284,92
NO _x	1.406,62
NO	1.350,35
NO ₂	56,27
N ₂ O	0,00
PM _{2,5}	11,54
PM ₁₀	20,05
PM (εξατμ.)	3,88
VOC	355,91
NM VOC	70,99

Γραμμή 9: Αντίστοιχα, για τη λειτουργία της γραμμής 9 με λεωφορεία που κινούνται χρησιμοποιώντας συμπιεσμένο φυσικό αέριο, προκύπτει ο πίνακας 7.7.

Πίνακας 7.7 :Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας γραμμής 9 με στόλο λεωφορείων Euro EEV που κινούνται με CNG σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro EEV
CO	324,74
CO ₂	346.331,71
CH ₄	253,24
NO _x	1.250,19
NO	1.200,18
NO ₂	50,01
N ₂ O	0,00
PM _{2,5}	10,18
PM ₁₀	17,66
PM (εξατμ.)	3,45
VOC	316,33
NM VOC	63,09

Νέα κυκλική γραμμή Αγ. Παρασκευή – Αγ. Γεώργιος: Για τη νέα κυκλική γραμμή ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 7.2.1.

7.2.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΝΕΟ ΣΤΟΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Δ

Γραμμή 2: Το COPERT4 δεν έχει στοιχεία για τον υπολογισμό των παραγόμενων ρύπων από υβριδικά οχήματα. Ωστόσο, ο υπολογισμός είναι εύκολο να γίνει θεωρώντας ντιζελοκίνητο όχημα και κάνοντας κάποιες παραδοχές. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 7.1.7. στα υβριδικά λεωφορεία η λειτουργία της μηχανής εσωτερικής καύσης περιορίζεται και σε κάποια διαστήματα μπορεί να λειτουργεί αποκλειστικά ο ηλεκτροκινητήρας. Η μειωμένη χρήση της μηχανής εσωτερικής καύσης σχετίζεται άμεσα με τους μειωμένους ρύπους που παράγονται από τα υβριδικά οχήματα σε σχέση με τα συμβατικά (Transportation Research Board, 2011).

Στο TCRP (2009) δίνονται εξισώσεις για την οικονομία καυσίμου (σε μίλια/γαλόνι) ντιζελοκίνητων και υβριδικών λεωφορείων, με βάση τη μέση ταχύτητα κίνησης (σε μίλια/ώρα). Μετατρέποντας τα 15χλμ./ώρα σε μίλια/ώρα, προκύπτει ότι τα υβριδικά λεωφορεία καταναλώνουν 27% λιγότερο ντίζελ κίνησης σε σχέση με τα συμβατικά.

Έτσι, για να υπολογιστούν οι ρύποι, γίνεται η παραδοχή ότι οι ρύποι των υβριδικών λεωφορείων που θα χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία της γραμμής 2 θα αντιστοιχούν σε αυτούς που παράγονται από ένα ντιζελοκίνητο όχημα που διανύει κατά 27% λιγότερα χιλιόμετρα. Κατά αυτόν τον τρόπο, θεωρώντας ότι κάθε ένα από τα 5 Euro VI οχήματα που θα χρησιμοποιούνται για τη γραμμή 2 θα διανύει **42.447,40 χλμ./έτος**, προκύπτει ο πίνακας 7.8.

Πίνακας 7.8: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας γραμμής 2 με στόλο υβριδικών λεωφορείων Euro VI σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro VI
CO	387,01
CO ₂	230.926,94
CH ₄	1,11
NO _x	307,03
NO	276,32
NO ₂	30,70
N ₂ O	8,81
PM _{2,5}	6,95
PM ₁₀	13,23
PM (εξατμ.)	1,29
VOC	9,21
NM VOC	8,09

Γραμμή 9: Αντίστοιχα, για τον υπολογισμό των παραγόμενων ρύπων από τη λειτουργία της γραμμής 9, θεωρούνται 4 λεωφορεία Euro VI που θα διανύουν **47.158,47 χλμ./έτος**.

Πίνακας 7.9: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας γραμμής 9 με στόλο υβριδικών λεωφορείων Euro VI σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro VI
CO	343,58
CO ₂	204.541,25
CH ₄	0,99
NO _x	274,63
NO	247,17
NO ₂	27,46
N ₂ O	7,83
PM _{2,5}	6,11
PM ₁₀	11,63
PM (εξατμ.)	1,14
VOC	8,17
NM VOC	7,18

Νέα κυκλική γραμμή Αγ. Παρασκευή – Αγ. Γεώργιος: Για τη νέα κυκλική γραμμή θα γίνεται χρήση mini ντιζελοκίνητων υβριδικών λεωφορείων. Αντίστοιχα, με την παραδοχή που έγινε για τα υβριδικά λεωφορεία μεσαίου μεγέθους, έτσι και σε αυτήν

την περίπτωση οι ρύποι του mini λεωφορείου υβριδικής τεχνολογίας εκτιμώνται με βάση τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου/χλμ. σε σχέση με τα συμβατικά λεωφορεία αντίστοιχου μεγέθους. Από τις εξισώσεις στο TCRP (2009) για ταχύτητα 18 χλμ./ώρα, ένα υβριδικό mini λεωφορείο καταναλώνει 23% λιγότερο πετρέλαιο κίνησης σε σχέση με ένα συμβατικό. Επομένως, για τον υπολογισμό των ρύπων θεωρείται ντιζελοκίνητο συμβατικό λεωφορείο το οποίο ωστόσο διανύει 23% λιγότερα χιλιόμετρα για την τοπική γραμμή, δηλαδή **42.645,00 χλμ./έτος**.

Πίνακας 7.10: Εκπομπές ρύπων σε κιλά (kg) από τη λειτουργία της νέας τοπικής γραμμής με στόλο υβριδικών mini λεωφορείων Euro VI σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Euro VI
CO	52,60
CO ₂	32.427,72
CH ₄	0,00
NO _x	38,75
NO	34,87
NO ₂	3,88
N ₂ O	0,00
PM _{2,5}	1,40
PM ₁₀	2,76
PM (εξατμ.)	0,18
VOC	1,20
NMVOC	1,20

7.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΣΤΟΛΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Αρχικά, υπολογίστηκαν οι παραγόμενοι ρύποι για το σύνολο των γραμμών, τόσο για την περίπτωση λειτουργίας τους με τον υφιστάμενο στόλο οχημάτων όσο και με τους εναλλακτικούς στόλους που εξετάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Στη συνέχεια, οι ρύποι ανάγονται ανά επιβάτη επειδή έχει γίνει η παραδοχή ότι στην περίπτωση των εναλλακτικών σεναρίων η επιβατική κίνηση είναι κατά 14% αυξημένη σε σχέση με αυτήν που θεωρείται για χρήση των υφιστάμενων λεωφορείων.

Στον πίνακα 7.11 φαίνονται τα αποτελέσματα για το σύνολο των ρύπων που υπολογίστηκαν καθώς και για το σύνολο των αερίων θερμοκηπίου (GHG) ενώ στον πίνακα 7.12 φαίνονται τα σύνολα ανά επιβάτη. Τα συνολικά παραγόμενα αέρια θερμοκηπίου υπολογίζονται με βάση τις εκπομπές των CO₂, CH₄ και N₂O και θεωρώντας ότι το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη που αντιστοιχεί στο καθένα είναι 1, 25 και 298, αντίστοιχα, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 6.1.1. Επομένως, τα αέρια θερμοκηπίου υπολογίζονται ως εξής:

$$GHG = CO_2 + 25 \cdot CH_4 + 298 \cdot N_2O$$

Πίνακας 7.11: Σύνολο παραγόμενων ρύπων σε κιλά (kg), από τη λειτουργία με διαφορετικούς στόλους λεωφορείων σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Υφιστάμενος στόλος	Περιβαλλοντικά φιλικά λεωφορεία			
		Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ	Σενάριο Δ
CO	2.697,87	1.069,12	979,05	758,42	783,19
CO ₂	772.563,09	638.645,71	625.288,94	778.112,73	467.895,91
CH ₄	88,52	2,88	2,88	538,16	2,10
NO _x	8.739,45	847,11	875,00	2.707,12	620,41
NO	7.758,79	762,40	787,50	2.595,82	558,37
NO ₂	980,66	84,71	87,50	111,30	62,04
N ₂ O	9,46	22,79	22,79	0,00	16,64
PM _{2,5}	397,51	19,71	19,21	23,54	14,46
PM ₁₀	415,24	37,64	37,14	41,30	27,62
PM (εξατμ.)	381,56	3,57	3,07	7,56	2,61
VOC	978,19	25,37	21,80	673,80	18,58
NMVOC	889,67	22,49	18,91	135,64	16,48
GHG	777.594,55	645.509,21	632.152,44	791.566,63	472.906,04

Πίνακας 7.12: Σύνολο παραγόμενων ρύπων σε μιλιγραμμάρια (mg)/επιβάτη, από τη λειτουργία με διαφορετικούς στόλους λεωφορείων σε περίοδο ενός έτους.

Ρύποι	Υφιστάμενος στόλος	Περιβαλλοντικά φιλικά λεωφορεία			
		Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ	Σενάριο Δ
CO	2.743,76	953,78	873,42	676,59	698,69
CO ₂	785.703,31	569.744,02	557.828,27	694.164,34	417.415,93
CH ₄	90,02	2,57	2,57	480,10	1,88
NO _x	8.888,09	755,72	780,60	2.415,06	553,47
NO	7.890,76	680,15	702,54	2.315,76	498,12
NO ₂	997,34	75,57	78,06	99,30	55,35
N ₂ O	9,62	20,33	20,33	0,00	14,84
PM _{2,5}	404,27	17,58	17,13	21,00	12,90
PM ₁₀	422,30	33,58	33,13	36,85	24,64
PM (εξατμ.)	388,05	3,18	2,74	6,74	2,33
VOC	994,82	22,63	19,45	601,10	16,58
NMVOC	904,80	20,06	16,87	121,01	14,70
GHG	790.820,34	575.867,03	563.951,28	706.166,73	421.885,53

Παρατηρούμε ότι το σενάριο Δ, όπου θεωρείται χρήση υβριδικών λεωφορείων Euro VI για τις γραμμές 2 και 9 και για τη νέα τοπική γραμμή αντίστοιχα, ελαχιστοποιεί την παραγωγή αερίων θερμοκηπίου, και επομένως την υπερθέρμανση του πλανήτη, ενώ έχει θετικά αποτελέσματα και ως προς τη ρύπανση του αέρα (CO, NO_x, VOC, PM).

Το σενάριο Β (χρήση βιοντίζελ για τις γραμμές 2 και 9) κατατάσσεται δεύτερο ως προς τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου, ενώ το σενάριο Α (χρήση συμβατικών ντιζελοκίνητων οχημάτων) κατατάσσεται τρίτο. Η χρήση λεωφορείων ΕΕV με συμπιεσμένο φυσικό αέριο για τις διαδρομές των γραμμών 2 και 9 δε θα οδηγούσε σε μείωση των αερίων θερμοκηπίου, παρά μόνο όταν γίνεται εκτίμηση ανά επιβάτη, αλλά ούτε σε σημαντική μείωση των ρύπων που οφείλονται για τη ρύπανση του αέρα. Ωστόσο, η χρήση συμπιεσμένου φυσικού αερίου ελαχιστοποιεί τις εκπομπές CO και N₂O.

7.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΟΦΕΛΟΥΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΟΥ ΣΤΟΛΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

Με βάση αυτά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα αποφασίστηκε η εφαρμογή του σεναρίου Δ. Έτσι, πρέπει να γίνει αγορά 1 mini υβριδικού λεωφορείου προτύπων Euro VI για τη λειτουργία της νέας κυκλικής γραμμής και 9 midi υβριδικών λεωφορείων για τη λειτουργία των γραμμών 2 και 9.

Προκειμένου να γίνει η ανάλυση αυτή είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν οι επιμέρους δείκτες κόστους και τα έσοδα από τη λειτουργία των γραμμών για κάθε έτος, όπως έγινε και στα κεφάλαια που εξετάστηκαν τα διάφορα σενάρια παρέμβασης. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή υπεισέρχεται και το κόστος αγοράς του νέου στόλου οχημάτων.

Για την ανάλυση αρχικά θεωρήθηκε ωφέλιμος χρόνος ζωής του στόλου των οχημάτων 12 χρόνια (Bartin, 2013 ; Lajunen, 2014). Ωστόσο, επειδή σύμφωνα με το Ν.2963/2001 τα λεωφορεία μπορούν να αποσύρονται από το συγκοινωνιακό έργο μετά από 23 έτη από το έτος της κατασκευής τους, ο οικονομικός χρόνος ζωής τους αντιστοιχεί σε 23 έτη. Επομένως, γίνεται ανάλυση για 12 και 23 έτη. Μετά από το πέρας αυτών των ετών γίνεται η παραδοχή ότι η υπολειμματική αξία των λεωφορείων, δηλαδή η αξία μεταπώλησης τους, είναι μηδενική.

7.4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

Στη συνέχεια, δίνονται οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν και αναλύεται η μεθοδολογία με την οποία γίνεται ο υπολογισμός των επιμέρους δεικτών του κόστους των υβριδικών λεωφορείων μεσαίου και μικρού μεγέθους.

Πίνακας 7.13: Παραδοχές στον υπολογισμό κόστους της λειτουργίας των γραμμών με υβριδικά οχήματα.

Χαρακτηριστικά υβριδικού οχήματος μεσαίου μεγέθους	Κατανάλωση καυσίμου (λτρ./100 χλμ.)		23,59
	Συνολικές θέσεις υβριδικού midi οχήματος		100
	Τιμή αγοράς νέου οχήματος (€)		345.000
	Αξία ελαστικού (€)		350
	Ταχύτητα midi οχήματος (χλμ./ώρα)		15
Χαρακτηριστικά υβριδικού οχήματος μικρού μεγέθους	Κατανάλωση καυσίμου (λτρ./100 χλμ.)		15,62
	Συνολικές θέσεις υβριδικού mini οχήματος		20
	Τιμή αγοράς νέου οχήματος (€)		135.000
	Αξία ελαστικού (€)		350
	Ταχύτητα mini οχήματος (χλμ./ώρα)		18
Συντελεστές κόστους	Καυσίμου	Τιμή πετρελαίου κίνησης (1 λίτρο σε €)	1,37
	Συντήρησης	Σταθερό ποσοστό (μέχρι 200.000 χλμ.) ετήσιου κόστους συντήρησης ως ποσοστό επί του κόστους αγοράς συμβατικού λεωφορείου	8,04%
	Φθοράς ελαστικών	Ετήσιος αριθμός ελαστικών που χρειάζονται αλλαγή ανά 1.000 χλμ.	0,0793
	Μισθολογικού κόστους (οδήγησης)	Μεικτό ωρομίσθιο οδηγού (€)	12

Πηγή: www.fuelprices.gr ; Μορφουλάκη και Κοτούλα, 2011 ; Transportation Research Board 2009 ; Chandler and Walkowicz, 2006 ; Lajunen, 2014.

Κόστος αγοράς: Δεδομένου ότι δε διατίθενται κατάλογοι τιμών πώλησης των αστικών λεωφορείων, στη βιβλιογραφία συναντιούνται μεγάλες διακυμάνσεις ανάμεσα στα κόστη αγοράς που θεωρούνται. Τα υβριδικά λεωφορεία που λειτουργούν με πετρέλαιο κίνησης είναι από 30 – 70% πιο ακριβά σε σχέση με τα αντίστοιχα τους συμβατικά (Lajunen, 2014). Η μεγάλη διακύμανση πιθανόν οφείλεται στις διαφορετικές υβριδικές τεχνολογίες που υπάρχουν (Nylund and Koronen, 2012). Με βάση τις εκτιμήσεις του κόστους που έχουν γίνει σε διάφορες έρευνες γίνεται η παραδοχή ότι το αρχικό κόστος ενός υβριδικού λεωφορείου είναι κατά 50% αυξημένο σε σχέση με ένα συμβατικό Euro VI (Lajunen, 2014). Έτσι, θεωρώντας ότι το κόστος αγοράς ενός συμβατικού λεωφορείου μεσαίου μεγέθους είναι 230.000 €, ενώ ενός μικρού μεγέθους είναι 90.000 €, προκύπτει:

Καγοράς=345.000 € , για λεωφορείο μεσαίου μεγέθους

Καγοράς=135.000 € , για λεωφορείο μικρού μεγέθους

Κόστος καυσίμων: Όπως ήδη αναφέρθηκε στην ενότητα 7.2.4., γίνεται η εκτίμηση ότι τα υβριδικά λεωφορεία μεσαίου και μικρού μεγέθους καταναλώνουν κατά 27% και κατά 23% λιγότερο πετρέλαιο κίνησης, αντίστοιχα, σε σχέση με τα συμβατικά αντίστοιχου μεγέθους (Transportation Research Board, 2009). Έτσι, προκύπτει η κατανάλωση καυσίμου που φαίνεται στον πίνακα 7.13. Στο κόστος που υπολογίζεται με βάση τα προγραμματισμένα χιλιόμετρα προστίθεται ένα ποσοστό 10% του τελικού κόστους το οποίο λαμβάνει υπόψη καθυστερήσεις, αστοχίες, κ.ά (Ναθαναήλ, 2014). Από τα παραπάνω το κόστος κατανάλωσης καυσίμων σε διάστημα ενός χρόνου προκύπτει ως εξής:

$K_{καυσ.} = 110\% * \text{κατανάλωση ανά } 100 \text{ χιλιόμετρα} * \text{αριθμός ετησίων χιλιομέτρων} * \text{τιμή ντίζελ κίνησης} / 100$

Κόστος ελαστικών: Το κόστος της φθοράς των ελαστικών υπολογίζεται όπως ακριβώς και στην περίπτωση των συμβατικών οχημάτων.

$K_{ελασ.} = 0,0793 * \text{αριθμός ετήσιων χιλιομέτρων} * \text{κόστος τεμαχίου ελαστικού} / 1000$

Κόστος συντήρησης: Οι Chandler and Walkowicz (2006) σε έρευνα τους όπου συγκρίνονται συμβατικά και υβριδικά λεωφορεία, κατέληξαν ότι το κόστος συντήρησης των υβριδικών οχημάτων είναι κατά 4% χαμηλότερο σε σχέση με αυτό των συμβατικών. Επομένως, θεωρείται συντελεστής συντήρησης κατά 4% μειωμένος και έτσι προκύπτει:

$K_{συντ.} = \text{αρχική αξία συμβατικού ντιζελοκίνητου οχήματος} * 0,0804$

Μισθολογικό κόστος: Υπολογίζεται όπως στην περίπτωση χρήσης συμβατικών λεωφορείων.

$$K_{\text{μισθ.}} = \omega \text{ρομίσθιο} * \text{ετήσια χιλιόμετρα} / \text{μέση εμπορική ταχύτητα}$$

7.4.2. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΕΣΟΔΑ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΣΤΟΛΟ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη ενότητα υπολογίζεται το λειτουργικό κόστος (καυσίμων, ελαστικών, συντήρησης) και το μισθολογικό κόστος ανά έτος από τη λειτουργία των γραμμών 2 και 9 με υβριδικά οχήματα. Τα κόστη αυτά θεωρούνται σταθερά για τις χρονικές περιόδους που εξετάζονται και τοποθετούνται στο τέλος του κάθε οικονομικού έτους.

Πίνακας 7.14: Κόστος ανά έτος για το σύνολο των γραμμών με τη χρήση νέου στόλου υβριδικών οχημάτων.

Γραμμή	Κόστος/έτος			
	Καυσίμων	Ελαστικών	Συντήρησης	Μισθολογικό
2-Μετάβαση	51.082,6	3.988,2	18.492,0	114.953,3
2-Επιστροφή	52.274,3	4.081,2	18.492,0	117.635,2
9-Μετάβαση	46.244,7	3.610,5	18.492,0	104.066,6
9-Επιστροφή	45.617,7	3.561,5	18.492,0	102.655,5
Νέα Κυκλική	13.039,6	1.537,2	7.533,0	36.922,1
Σύνολο	208.258,9	16.778,5	81.501,0	476.232,6

Αντίστοιχα, υπολογίζονται τα έσοδα από τη λειτουργία των γραμμών. Όπως ήδη έχει αναφερθεί η επιβατική κίνηση σε αυτήν την περίπτωση λαμβάνεται στην αρχή της περιόδου κατά 14% αυξημένη σε σχέση με το σενάριο λειτουργίας με τον υφιστάμενο στόλο λεωφορείων. Επιπλέον, γίνεται η παραδοχή ότι η επιβατική κίνηση αυξάνεται σε ετήσια βάση αναλογικά με τον πληθυσμό του Βόλου και της Ν. Ιωνίας. Από τον πίνακα 1.2 προκύπτει ότι η μέση ποσοστιαία αύξηση του πληθυσμού και συνεπώς και της επιβατικής κίνησης ανά έτος είναι 0,18%. Η επιβατική κίνηση ανά έτος παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

7.4.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΣΤΟΛΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

Οι οικονομικοί δείκτες που εκτιμήθηκαν για την αξιολόγηση της επένδυσης είναι:

1. Καθαρά παρούσα αξία (ΚΠΑ ή NPV)
2. Λόγος οφέλους κόστους (B/C)
3. Δείκτης εσωτερικής απόδοσης (IRR)

Καθαρά παρούσα αξία: Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται η παρούσα αξία όλων των εσόδων και των δαπανών που πραγματοποιούνται στη διάρκεια των ετών που τα λεωφορεία χρησιμοποιούνται για συγκοινωνιακό έργο. Για να προκύψει η ΚΠΑ τα κόστη και τα έσοδα πρέπει να επικαιροποιηθούν.

Ο συντελεστής επικαιροποίησης i ή επιτόκιο αναγωγής λαμβάνεται ίσος με το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου, που ορίζεται ως το κόστος του χρήματος υπό την προϋπόθεση ότι οι οικονομικές συναλλαγές πραγματοποιούνται χωρίς έξωθεν δεσμεύσεις ή περιορισμούς (Προφυλλίδης, 2008). Το επικαιροποιημένο ποσό υπολογίζεται ως εξής:

$$P = \frac{S}{(1+i)^n}$$

Όπου n είναι η χρονική περίοδος ανάλυσης, i ο συντελεστής επικαιροποίησης και S το μελλοντικό ποσό που αντιστοιχεί στο έτος n . Κατά αυτόν τον τρόπο, η ΚΠΑ υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΚΠΑ = B_0 - C_0 + \frac{B_1 - C_1}{(1+i)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+i)^2} + \frac{B_3 - C_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n}$$

Όπου B_i τα έσοδα στο έτος i και C_i οι δαπάνες στο αντίστοιχο έτος. Για τον υπολογισμό της ΚΠΑ κάνουμε την παραδοχή ότι το επιτόκιο αναγωγής είναι **5%** και προκύπτει:

ΚΠΑ= 481.342,55 € για περίοδο 12 ετών

Ωστόσο, επειδή όπως αναφέρθηκε τα οχήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το αστικό ΚΤΕΛ Βόλου για περίοδο 23 ετών, υπολογίζεται η ΚΠΑ και για αυτή την περίπτωση.

ΚΠΑ= 2.540.507,16 € για περίοδο 23 ετών

Λόγος οφέλους κόστους: Η μέθοδος αυτή συνίσταται στον υπολογισμό του πηλίκου:

$$B/C = \frac{\Omega - \Lambda}{K - \Upsilon}$$

Όπου Ω η παρούσα αξία όλων των ωφελειών που θα προκύψουν από την επένδυση, Λ η παρούσα αξία όλων των δαπανών, K η παρούσα αξία του κόστους αγοράς και Υ η παρούσα αξία της υπολειμματικής αξίας των λεωφορείων, η οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρείται μηδενική. Η επένδυση θεωρείται σκόπιμο να πραγματοποιηθεί εφόσον το πηλίκο προκύψει μεγαλύτερο από τη μονάδα (Προφυλλίδης, 2008). Για επιτόκιο αναγωγής ίσο με **5%** προκύπτει:

B/C= 1,15 για περίοδο 12 ετών

B/C= 1,78 για περίοδο 23 ετών

Δείκτης εσωτερικής απόδοσης: Ο δείκτης εσωτερικής απόδοσης ορίζεται ως η τιμή εκείνη του επιτοκίου επικαιροποίησης, για την οποία η παρούσα αξία των καθαρών ωφελειών ισούται προς την παρούσα αξία των δαπανών. Ο IRR προκύπτει με διαδοχικές δοκιμές.

Η μέθοδος αυτή δεν επηρεάζεται από την τιμή του επιτοκίου επικαιροποίησης. Αν ο IRR είναι σαφώς μεγαλύτερος από το επιτόκιο i τότε η επένδυση είναι σκόπιμο να πραγματοποιηθεί. Αν αντίθετα το $IRR < i$, τότε η επένδυση δεν ενδείκνυται για υλοποίηση. Αν, τέλος, ο IRR είναι σχεδόν ίσος με το επιτόκιο i τότε θα απαιτηθεί ανάλυση ευαισθησίας για την τελική αξιολόγηση (Προφυλλίδης, 2008). Έτσι, για την αγορά και τη χρήση υβριδικού στόλου λεωφορείων προκύπτει:

IRR= 7,52% για περίοδο 12 ετών

IRR= 12,12% για περίοδο 23 ετών

7.4.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ

Επειδή τα αποτελέσματα της ανάλυσης κόστους οφέλους εξαρτώνται από την επιβατική κίνηση καθώς και από την τιμή του επιτοκίου, είναι σκόπιμο να γίνει έλεγχος ευαισθησίας των αποτελεσμάτων κάτω από διάφορα σενάρια. Τα σενάρια διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να καλύψουν πιθανές αποκλίσεις στις παραδοχές που ελήφθησαν από την πραγματικότητα. Τα οκτώ σενάρια που εξετάζονται είναι τα εξής:

- Επιτόκιο επικαιροποίησης ίσο με 2%
- Επιτόκιο επικαιροποίησης ίσο με 4%
- Επιτόκιο επικαιροποίησης ίσο με 8%
- Επιτόκιο επικαιροποίησης ίσο με 10%
- Αύξηση επιβατικής κίνησης κατά 10%
- Αύξηση επιβατικής κίνησης κατά 20%
- Μείωση επιβατικής κίνησης κατά 10%
- Μείωση επιβατικής κίνησης κατά 20%

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται τα αποτελέσματα για την καθαρά παρούσα αξία και το δείκτη οφέλους κόστους για οικονομικό χρόνο ζωής του στόλου υβριδικών λεωφορείων 12 και 23 έτη. Όπως είναι εμφανές, με βάση τις βασικές παραδοχές που ελήφθησαν η επένδυση είναι συμφέρουσα. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση θεωρώντας ότι θα διατηρηθεί ο στόλος των λεωφορείων για 23 χρόνια αντί για 12, προκύπτει μεγαλύτερη ΚΠΑ, δείκτης B/C και δείκτης IRR. Για οικονομικό χρόνο ζωής 12 έτη η αύξηση του επιτοκίου και η μείωση της επιβατικής κίνησης καθιστά την επένδυση μη βιώσιμη ενώ για 23 έτη η επένδυση θεωρείται μη συμφέρουσα μόνο για μείωση της επιβατικής κίνησης κατά 20%.

Πίνακας 7.15: Ανάλυση ευαισθησίας οικονομικών δεικτών ως προς το επιτόκιο και την επιβατική κίνηση **για περίοδο 12 ετών** (το πράσινο σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα και το κόκκινο ότι είναι μη συμφέρουσα).

Γραμμή	Βασικές παραδοχές	Επιτόκιο				Επιβ. Κίνηση			
		2%	4%	8%	10%	+10%	+20%	-10%	-20%
ΚΠΑ	481.342,6	1.208.019,9	702.719,8	-81.205,9	-387.055,1	1.547.266,5	2.613.190,4	-584.581,4	-1.650.505,3
Β/Σ	1,15	1,37	1,22	0,97	0,88	1,48	1,81	0,82	0,49

Πίνακας 7.16: Ανάλυση ευαισθησίας οικονομικών δεικτών ως προς το επιτόκιο και την επιβατική κίνηση **για περίοδο 23 ετών** (το πράσινο σημαίνει ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα και το κόκκινο ότι είναι μη συμφέρουσα).

Γραμμή	Βασικές παραδοχές	Επιτόκιο				Επιβ. Κίνηση			
		2%	4%	8%	10%	+10%	+20%	-10%	-20%
ΚΠΑ	2.540.507,2	4.648.424,8	3.139.860,1	1.179.187,9	532.226,1	4.174.404,4	5.808.301,6	906.609,9	-727.287,3
Β/Σ	1,78	2,43	1,97	1,36	1,16	2,29	2,79	1,28	0,78

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την έρευνα ερωτηματολογίου που διενεργήθηκε στους επιβάτες των γραμμών 2 και 9 προέκυψε η επιθυμία για αναδιάρθρωση των γραμμών και για αγορά και χρήση περιβαλλοντικά φιλικών οχημάτων. Ωστόσο, από την έρευνα προέκυψε ότι οι επιβάτες δεν είναι καθόλου ικανοποιημένοι από το κόστος του εισιτηρίου και ότι η συντριπτική πλειοψηφία δε διατίθεται να πληρώσει επιπλέον κόστος για τη λειτουργία των γραμμών με εναλλακτικό στόλο λεωφορείων.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις πληρότητας για τη γραμμή 2 η υψηλότερη επιβατική κίνηση παρατηρείται στις πρωινές ώρες αιχμής, τόσο κατά τη μετάβαση όσο και κατά την επιστροφή. Επίσης, κατά την επιστροφή παρατηρείται υψηλή επιβατική κίνηση τις μεσημεριανές ώρες. Το Σάββατο το προφίλ της επιβατικής κίνησης της γραμμής 2 αλλάζει αφού εμφανίζει υψηλή επιβατική κίνηση τις μεσημεριανές ώρες στη μετάβαση και τις πρωινές ώρες κατά την επιστροφή. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την Κυριακή έδειξαν υψηλότερη επιβατική κίνηση το απόγευμα στα δρομολόγια μετάβασης και το πρωί στα δρομολόγια επιστροφής.

Σε ό,τι αφορά τη γραμμή 9, η υψηλότερη επιβατική κίνηση κατά τη μετάβαση εμφανίζεται τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες. Το δρομολόγιο επιστροφής εμφανίζει υψηλότερη κίνηση τις πρωινές ώρες. Το Σάββατο, υψηλότερη κίνηση παρουσιάζεται στα δρομολόγια μέχρι τις 14.00 ενώ στην επιστροφή η κίνηση είναι αισθητά μειωμένη και μετά τις 14.00 μηδενίζεται.

Η ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας των υφιστάμενων γραμμών έδειξε ότι τα δρομολόγια της γραμμής 2 κατά τη μετάβαση είναι τα πλέον κερδοφόρα. Ωστόσο, η γραμμή 2 κατά την επιστροφή εμφανίζει οριακά κέρδος. Ακόμη πιο δυσμενή είναι τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη γραμμή 9 η οποία εμφανίζει ζημία και κατά τη μετάβαση και κατά την επιστροφή.

Τα εναλλακτικά σενάρια που εξετάστηκαν, αποδείχτηκε ότι θα εξυπηρετήσουν περισσότερη επιβατική κίνηση και ότι είναι οικονομικά περισσότερο

βιώσιμα σε σχέση με το μηδενικό σενάριο. Παρόλα αυτά, τα δρομολόγια της επιστροφής της γραμμής 9 αποδίδουν και πάλι ζημία όπως και αυτά της νέας τοπικής γραμμής. Επομένως, πραγματοποιούνται μικρές τροποποιήσεις στη συχνότητα των γραμμών αυτών στο σενάριο παρέμβασης που επιλέγεται, έτσι ώστε να προκύψει κέρδος από τη λειτουργία τους, χωρίς ωστόσο να υπάρξει μείωση της ζήτησης.

Από τον υπολογισμό των εκπομπών ρύπων από τη λειτουργία των γραμμών για τα διάφορα σενάρια στόλου λεωφορείων με το υπολογιστικό πρόγραμμα COPER4, προκύπτει ότι η χρήση του υφιστάμενου στόλου συμβάλλει περισσότερο στην αέρια ρύπανση και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε σχέση με τους εναλλακτικούς στόλους που εξετάστηκαν. Η χρήση υβριδικών λεωφορείων αποδεικνύεται ότι θα συμβάλλει περισσότερο στη μείωση των ρύπων που προκαλούν ρύπανση του αέρα αλλά και των αερίων του θερμοκηπίου.

Έτσι, προτείνεται η χρήση υβριδικών λεωφορείων για τη λειτουργία των υπό εξέταση γραμμών. Τα υβριδικά λεωφορεία, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, καταναλώνουν λιγότερο καύσιμο σε σχέση με τα συμβατικά και έχουν μικρότερο κόστος συντήρησης. Επιπλέον, η επιβατική κίνηση σε αυτή την περίπτωση θεωρείται ότι θα αυξηθεί αφού για πολλούς κατοίκους της περιοχής η χρήση περιβαλλοντικά φιλικών λεωφορείων θα αποτελέσει κίνητρο για να στραφούν περισσότερο προς τις αστικές συγκοινωνίες. Εντούτοις, επειδή το κόστος αγοράς τους είναι αισθητά πιο υψηλό από ότι των συμβατικών είναι αναγκαίο να γίνει ανάλυση κόστους οφέλους σε μακροπρόθεσμη βάση. Με βάση τους οικονομικούς δείκτες που υπολογίστηκαν η αγορά και η χρήση υβριδικών λεωφορείων θα ήταν βιώσιμη επένδυση για το αστικό ΚΤΕΛ Βόλου.

Ως πρόταση για μελλοντική έρευνα ενδιαφέρον θα είχε η διερεύνηση χρήσης ηλεκτρικών λεωφορείων για τη λειτουργία των γραμμών. Σε αυτήν την περίπτωση θα ήταν σκόπιμο να γίνει εκτίμηση των παραγόμενων ρύπων στο σύνολο του κύκλου ζωής των λεωφορείων. Αντίστοιχα, θα μπορούσε να γίνει υπολογισμός των ρύπων στον κύκλο ζωής και για τους υπόλοιπους στόλους που εξετάστηκαν στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία και να εξεταστεί ποιο σενάριο οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση αέριας ρύπανσης και αερίων θερμοκηπίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Γιαννόπουλος, Γ., 1994. Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες: Λεωφορειακές Συγκοινωνίες. Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη.

Δήμος Βόλου, 2008. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Βόλου 2007 – 2010. Ενότητα 1: Στρατηγικός Σχεδιασμός, Βόλος.

Δήμος Βόλου, 2012. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Βόλου 2011 – 2014. Φάση Α': Στρατηγικός Σχεδιασμός, Βόλος.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001. Λευκή Βίβλος: Ευρωπαϊκή πολιτική μεταφορών με ορίζοντα το έτος 2010: η ώρα των επιλογών.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2007. Πράσινη Βίβλος: Διαμόρφωση νέας παιδείας Αστικής Κινητικότητας.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011. Λευκή Βίβλος: Χάρτης πορείας για έναν Ενιαίο Ευρωπαϊκό Χώρο Μεταφορών - Για ένα ανταγωνιστικό και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα μεταφορών.

Καρλαύτης, Μ., Λυμπέρης, Κ., 2009. Συστήματα Αστικών Συγκοινωνιών. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Μορφουλάκη, Μ., Κωτούλα, Ν., 2011. Παροχή υπηρεσίας σύνταξης μελέτης για την οργάνωση των Δημοσίων Συγκοινωνιών του Δήμου Κω: Π2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ. ΕΚΕΤΑ/ΙΜΕΤ. Θεσσαλονίκη.

Ναθαναήλ, Ε., 2014. Μελέτη αναβάθμισης της συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης που παρέχεται από το Αστικό ΚΤΕΛ Βόλου στο βορειο-δυτικό τομέα της πόλης του Βόλου. Βόλος.

Προφυλλίδης, Β., 2008. Οικονομική των μεταφορών. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Φραντζεσκάκης, Ι., Πιτσιάβα - Λατινοπούλου, Μ., Τσαμπούλας, Δ., 1997. Διαχείριση Κυκλοφορίας. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Ξένη βιβλιογραφία

Bartin, B., 2013. Life cycle cost analysis of Hybrid Bus Deployment on Transit Lines. Transportation Research Board's 92nd Annual Meeting, Washington, D.C.

Ceder, A. and Wilson, N.H.M., 1986. Bus Network Design. Transportation Research B, 20B(4), 331-334.

Chakroborty, P. and Dwivedi, T., 2002. Optimal Route Network Design for Transit Systems Using Genetic Algorithms. Engineering Optimization, 34(1), 83-100.

Chandler, K. and Walkowicz, N., 2006. King County Metro Transit Hybrid Articulated Buses: Final Evaluation Results. National Renewable Energy Laboratory.

CUTE Project consortium, 2006. Detailed summary of achievements. A Hydrogen Fuel Cell Bus Project in Europe 2001 – 2006. <<http://www.ec.europa.eu>>

Demirbas, A., 2007. Importance of biodiesel as transportation fuel. Energy Policy 35, 4661 – 4670.

Eboli, L. and Mazzulla, G., 2011. A Methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view. Transport Policy 18 (1), 172 – 181.

EEG-FTF, 2011α. Future Transport Fuels, Report of the European Expert Group on Future Transport Fuels.

EEG-FTF, 2011β. Infrastructure for Alternative Fuels, Report of the European Expert Group on Future Transport Fuels.

Ehsani, M., Gao, Y., Gay, S., Emadi, A., 2005. Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles, CRC Press LLC.

EPA – U.S. Environmental Protection Agency, 2009. Air and Radiation. <<http://www.epa.gov/air/>>.

European Commission, 2005. Green paper on energy efficiency or doing more with less. COM, 265 final. Brussels: Commission of the European Communities.

European Commission, 2006. Green paper: a European strategy for sustainable, competitive and secure energy. COM, 105 final. Brussels: Commission of the European Communities.

European Committee for Standardization (CEN), 2002. Transportation – Logistics and services – public passenger transport – service quality definition, targeting and measurement.

European Environmental Agency, 2012. The contribution of transport to air quality. TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe.

FCH-JU, 2012. Urban buses: alternative powertrains for Europe. <<http://www.fch-ju.eu>>

Figler, S., Sriraj, P.S, Welch, E., Yavuz N., 2011. Customer Loyalty and the CTA Bus: Results from the 2008 CTA Customer Satisfaction Survey. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2216, 148 – 156.

German, J., 2004. Hybrid Electric Vehicles. Encyclopedia of Energy, Volume 3, 197 – 213.

Houyu, L. and Guirong, Z., 2011. Hybrid Electric Vehicle Drive Control, 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011), Procedia Environmental Sciences 10 (2011), 403 – 407.

Lajunen, A., 2014. Energy consumption and cost-benefit analysis of hybrid and electric city buses. Transportation Research Part C (38), 1 - 15.

Likert, R., 1932. A Technique for the Measurement of Attitudes, Archives of Psychology 140, 55.

Mitropoulos, L., 2011. Sustainability framework for urban transportation modes and exploratory applications. Dissertation.

Morita, K., 2003. Automotive power source in 21st century. Japan Automobile Research Institute Review 24, 3 – 7.

Nathanail, E., 2008. Measuring the quality of service for passengers on the hellenic railways. *Transportation Research Part A* (42), 48–66

Nylund, N. and Koponen, K., 2012. Fuel and Technology Alternatives for Buses. *VTT Technology* 46.

Steenberghen, T. and Lopez, E., 2008. Overcoming barriers to the implementation of alternative fuels for road transport in Europe. *Journal of Cleaner Production* 16, 577–590.

Stradling, Skeelind, K.A., Fowler, D., Goh, J., 1997. The Manchester 6-step method. Measuring dissatisfaction with service delivery. *British Psychological Society Annual Conference*, Edindurgh.

Stradling, S., Anable, J., Carreno, M., 2007. Performance, importance and user disgruntlement: a six method for measuring satisfaction with travel modes. *Transportation Research Part A* 41 (1), 98–106.

Transportation Research Board, 1995. Bus route evaluation standards. *TCRP Report* 10.

Transportation Research Board, 1999. A Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Service Quality. *TCRP Report* 47.

Transportation Research Board, 2003. Transit Capacity and Quality of Service Manual. *TCRP Report* 100.

Transportation Research Board, 2004. Traveler Response to Transportation System Changes. *TCRP Report* 95.

Transportation Research Board, 2009. Assessment of Hybrid – Electric Transit Bus Technology. *TCRP Report* 132.

Transportation Research Board, 2011. Guidebook for Evaluating Fuel Choices for Post-2010 Transit Bus Procurements. *TCRP Report* 146.

Tyrinopoulos, Y. and Aifadopoulou, G., 2008. A complete methodology for the quality control of passenger services in the public transport business. *European Transport* 38, 1 – 16.

Tyrinopoulos, Y. and Antoniou, C., 2008. Public transit user satisfaction: variability and policy implications. *Transport Policy* 15 (4), 260–272.

Tzeng, G., Lin, C., Opricovic, S., 2005. Multi – criteria analysis of alternative - fuel buses for public transportation. *Energy Policy* 33, 1373 – 1383.

U.S. Department of Energy, 2013. Clean Cities Guide to Alternative Fuel and Advanced Medium- and Heavy-Duty Vehicles.

Victoria Transport Policy Institute, 2009. Transportation cost and benefit analysis: techniques, estimates and implications.

Wall, G., Felstead, T., Richards, A., McDonald, M., 2008. Cleaner vehicle buses in Winchester. *Transport Policy* 15, 55-68.

Ηλεκτρονικές πηγές

<http://www.civitas.eu/clean-fuels/fleet> (τελευταία επίσκεψη 2/3/2014)

<http://www.tfl.gov.uk/corporate/projectsandschemes/2019.aspx> (τελευταία επίσκεψη 2/3/2014)

http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-themes?p_param=A1602 (τελευταία επίσκεψη 2/3/2014)

http://astikovoulou.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=23&Itemid=182 (τελευταία επίσκεψη 2/3/2014)

<http://www.afnor.org/> (τελευταία επίσκεψη 2/3/2014)

<http://www.eea.europa.eu/soer/countries/gr/> (τελευταία επίσκεψη 3/3/2014)

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=292> (τελευταία επίσκεψη 3/3/2014)

<http://www.depa.gr/content/article/002003003/11.html> (τελευταία επίσκεψη 3/3/2014)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Ερωτηματολόγιο

Φύλο

Γυναίκα ☐

Άνδρας ☐

Ηλικία

<18 ☐

18 - 25 ☐

25 - 40 ☐

40 - 60 ☐

> 60 ☐

Για ποιο λόγο χρησιμοποιείτε τα αστικά λεωφορεία;

Δεν έχω άλλο μεταφορικό μέσο/δίπλωμα ☐

Δεν είναι εύκολο να βρω θέση στάθμευσης ☐

Η χρήση του αυτοκινήτου/δίκυκλου είναι πιο ακριβή ☐

Για περιβαλλοντικούς λόγους ☐

Για άλλους λόγους ☐

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε τα αστικά λεωφορεία για τις μετακινήσεις σας;

Καθημερινά ☐

Περιστασιακά (1-2 φορές την εβδομάδα) ☐

Σπάνια (1-2 φορές το μήνα) ☐

Πολύ σπάνια (2-3 φορές το χρόνο) ☐

Με σημαντικότητα από 1(χαμηλότερη βαθμολογία) έως το 5 (υψηλότερη βαθμολογία) πόσο σημαντικά θεωρείτε ότι είναι τα εξής στοιχεία του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου:

Παράμετροι δεικτών ποιότητας αστικού ΚΤΕΛ	1	2	3	4	5
διαδρομή (οδοί διέλευσης)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
αριθμός στάσεων	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
θέση των στάσεων στο οδικό δίκτυο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
συχνότητα άφιξης γραμμών σε στάση	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
πρόγραμμα αφίξεων (ώρες δρομολογίων)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
αξιοπιστία γραμμών (τήρηση προγράμματος)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
κόστος εισιτηρίου	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
οδηγική συμπεριφορά του οδηγού	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
εγκληματικότητα εντός του οχήματος και στη στάση	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
επίπεδα ηχορύπανσης μέσα και έξω από το όχημα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσα και έξω από το όχημα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
χρήση φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
διαθεσιμότητα πληροφοριών στη στάση(χαρτών,χρόνους άφιξης των γραμμών κ.τ.λ)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
διαθεσιμότητα πληροφοριών μέσω διαδικτύου και τηλεφώνου	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
κατάσταση και καθαριότητα στάσης	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
κατάσταση και καθαριότητα οχήματος	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Αξιολογήστε από το 1 (χαμηλότερη βαθμολογία) έως το 5 (υψηλότερη βαθμολογία)
τα εξής στοιχεία του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου:**

Παράμετροι δεικτών ποιότητας αστικού ΚΤΕΛ	1	2	3	4	5
διαδρομή (οδοί διέλευσης)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
αριθμός στάσεων	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
θέση των στάσεων στο οδικό δίκτυο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

συχνότητα άφιξης γραμμών σε στάση	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
πρόγραμμα αφίξεων (ώρες δρομολογίων)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
αξιοπιστία γραμμών (τήρηση προγράμματος)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
κόστος εισιτηρίου	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
οδηγική συμπεριφορά του οδηγού	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
εγκληματικότητα εντός του οχήματος και στη στάση	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
επίπεδα ηχορύπανσης μέσα και έξω από το όχημα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσα και έξω από το όχημα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
χρήση φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
διαθεσιμότητα πληροφοριών στη στάση(χαρτών,χρόνους άφιξης των γραμμών κ.τ.λ)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
διαθεσιμότητα πληροφοριών μέσω διαδικτύου και τηλεφώνου	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

κατάσταση και καθαριότητα
στάσης ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

κατάσταση και καθαριότητα
οχήματος ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Αν γινόταν κάποια αλλαγή στη λειτουργία του αστικού ΚΤΕΛ ποια θα προτιμούσατε να ήταν; (ιεραρχήστε με σειρά προτεραιότητας):

	<i>εναλλακτικές γραμμές (π.χ διέλευση από άλλες οδούς, πιο συχνά δρομολόγια)</i>	<i>βελτίωση στάσεων</i>	<i>συστήματα πληροφόρησης (π.χ ηλεκτρ. πίνακες ενημέρωσης άφιξης)</i>	<i>αγορά και χρήση φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων</i>
1 ^ο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 ^ο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 ^ο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 ^ο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Σε περίπτωση που αποφασίζονταν από το αστικό ΚΤΕΛ Βόλου η αγορά και η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων ποια θα ήταν η αντίδραση σας;

1) με την παραδοχή ότι το κόστος του εισιτηρίου παραμένει σταθερό

ουδέτερη: δε θα επηρέαζε τον αριθμό των μετακινήσεων μου ☐

μάλλον θετική: πιθανό να αυξανόταν ο αριθμός των μετακινήσεων μου ☐

σίγουρα θετική: θα αυξανόταν ο αριθμός των μετακινήσεων μου ☐

2) με την παραδοχή ότι το κόστος του εισιτηρίου αυξάνεται

αρνητική: θα μείωνε τον αριθμό των μετακινήσεων μου ☐

ουδέτερη: δε θα επηρέαζε τον αριθμό των μετακινήσεων μου ☐

μάλλον θετική: πιθανό να αυξανόταν ο αριθμός των μετακινήσεων μου ☐

σίγουρα θετική: θα αυξανόταν ο αριθμός των μετακινήσεων μου ☐

Σε περίπτωση που απαιτούνταν αύξηση του κόστους του εισιτηρίου λόγω της αγοράς φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων ποιο θα ήταν το επιπλέον κόστος που θα ήσασταν διατεθειμένοι να πληρώσετε;

κανένα	<input type="checkbox"/>
10 λεπτά	<input type="checkbox"/>
20 λεπτά	<input type="checkbox"/>
περισσότερο	<input type="checkbox"/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Υπολογισμός οικονομικών δεικτών για την αγορά και τη χρήση υβριδικών λεωφορείων

Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Συν. δαπάνες	-3240000,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0	-782771,0
Επιβατική κίνηση	-	1120934	1122952	1124973	1126998	1129027	1131059	1133095	1135135	1137178	1139225	1141276	1143330
Έσοδα	-	1192012,4	1194158,0	1196307,5	1198460,8	1200618,1	1202779,2	1204944,2	1207113,1	1209285,9	1211462,6	1213643,2	1215827,8
Καθαρές ροές	-3240000,0	409241,3	411386,9	413536,4	415689,8	417847,0	420008,1	422173,1	424342,0	426514,8	428691,5	430872,2	433056,7