ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

<u>ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ</u>

Σύγκριση διαφορετικών τρόπων οδήγησης σε αστικές και υπεραστικές περιοχές του Ηρακλείου με πετρελαιοκίνητο όχημα.

ΧΑΛΚΙΑΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΤΜ6739

Επιβλέπων καθηγητής: ΤΖΙΡΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Ηράκλειο 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επιθυμώ να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους βοήθησαν για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ευάγγελο Τζιράκη για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και την υποστήριξη σε όλη την διάρκεια της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους φίλους μου και τους συμφοιτητές μου για την στήριξη και για το ότι στάθηκαν δίπλα μου σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο και κατά τη διάρκεια συγγραφής αυτής της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει τη σύγκριση μεταξύ δύο διαφορετικών τρόπων οδήγησης – της αμυντικής και της επιθετικής – με στόχο την αξιολόγηση της επίδρασής τους στην κατανάλωση καυσίμου, στις περιβαλλοντικές εκπομπές και στη συνολική οδηγική συμπεριφορά. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε αστικό (Λεωφόρος 62 Μαρτύρων) και υπεραστικό (Εθνική Οδός Β.Ο.Α.Κ.) περιβάλλον του Ηρακλείου, με τη χρήση πετρελαιοκίνητου οχήματος και συστήματος καταγραφής δεδομένων μέσω OBD II και της εφαρμογής Torque.

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η αμυντική οδήγηση, με ήπιες επιταχύνσεις, σταθερή ταχύτητα και μειωμένες στάσεις, επιτυγχάνει σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και περιορίζει τις εκπομπές ρύπων σε σύγκριση με την επιθετική οδήγηση. Αντιθέτως, η επιθετική οδήγηση οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση, περισσότερες στάσεις και μηχανική καταπόνηση του οχήματος.

Τα ευρήματα της εργασίας αναδεικνύουν τη σημασία της ήπιας και προνοητικής οδήγησης για την ενεργειακή αποδοτικότητα, την οδική ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος, ενώ ενισχύουν την ανάγκη για ενίσχυση της οδηγικής εκπαίδευσης και της περιβαλλοντικής συνείδησης.

ABSTRACT

This thesis examines the comparison between two different driving styles — defensive and aggressive — aiming to assess their impact on fuel consumption, pollutant emissions, and overall driving behavior. Measurements were conducted in both urban (62 Martiron Avenue) and highway (National Road V.O.A.K.) environments in Heraklion, using a diesel-powered vehicle and data logging via an OBD II system and the Torque mobile application.

Data analysis revealed that defensive driving, characterized by smooth acceleration, consistent speed, and fewer stops, results in significantly lower fuel consumption and reduced pollutant emissions compared to aggressive driving. Conversely, aggressive driving leads to higher fuel usage, more frequent stops, and increased mechanical strain on the vehicle.

The findings of this study highlight the importance of adopting a mild and anticipatory driving approach in terms of energy efficiency, road safety, and environmental protection. They further underline the need to promote driver education and raise awareness on eco-friendly driving practices.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 9

ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΟΧΗΜΑΤΑ 9

1.1) Ατμοσφαιρική ρύπανση 9

1.2) Εκπομπές αέριων ρύπων από πετρελαιοκινητήρες (ντίζελ) 9

1.3) Επιπτώσεις στην υγεία από τους ρύπους 11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 12

ΕΥΡΩΠΑΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ – Euro 12

2.1) Κατηγοριοποίηση Euro 12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 18

ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ 18

3.1 Ορισμός κύκλων οδήγησης 18

3.2 Κατηγορίες κύκλων οδήγησης 19

3.3 Διάφορα είδη κύκλων οδήγησης 19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 28

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 28

4.1 Τρόπος λήψης δεδομένων 28

4.2 Εφαρμογή καταγραφής δεδομένων κίνησης (Torque) 30

4.3 Όχημα καταγραφής μετρήσεων 33

4.4 Διαδικασία καταγραφής δεδομένων 34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 35

ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 35

5.1 Εξαγωγή των μετρήσεων 35

5.2 Επεξεργασία μετρήσεων 35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 37

6.1 Αποτελέσματα και διαγράμματα μετρήσεων 37

6.1.1 Αμυντικός τρόπος οδήγησης Λεωφόρος 62 Μαρτύρων 37

6.1.2 Επιθετικός τρόπος οδήγησης Λεωφόρος 62 Μαρτύρων 40

6.1.3 Σύγκριση και συμπεράσματα για την Λεωφόρο 62 Μαρτύρων 43

6.1.4 Αμυντικός τρόπος οδήγησης Εθνική οδός Β.Ο.Α.Κ. 46

6.1.5 Επιθετικός τρόπος οδήγησης Εθνική οδός Β.Ο.Α.Κ. 49

6.1.6 Σύγκριση και συμπεράσματα για την Εθνική οδό Β.Ο.Α.Κ. 52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 55

7.1 Συμπεράσματα 55

7.2 Επίλογος 56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Διάφορες εκπομπές ρύπων(Πηγή: test-meter.co.uk) 12
Εικόνα 2: Κύκλος EUDC(Πηγή: dieselnet.com) 20
Εικόνα 3: Κύκλος EUDC χαμηλής ισχύος(Πηγή: dieselnet.com) 21
Εικόνα 4: Κύκλος ECE(Πηγή: dieselnet.com) 21
Εικόνα 5: Κύκλος Artemis σε αστική οδό(Πηγή: dieselnet.com) 22
Εικόνα 6: Κύκλος Artemis σε αγροτικό δρόμο(Πηγή: dieselnet.com) 22
Εικόνα 7: Κύκλος Artemis σε αυτοκινητόδρομο(Πηγή: dieselnet.com) 23
Εικόνα 8: Κύκλος FTP-72(Πηγή: dieselnet.com) 23
Εικόνα 9:Κύκλος FTP-75(Πηγή: dieselnet.com) 25
Εικόνα 10: Κύκλος IM240(Πηγή: dieselnet.com) 25
Εικόνα 11:Κύκλος οδήγησης 10-mode(Πηγή: dieselnet.com) 26
Εικόνα 12:Κύκλος οδήγησης 10-15 mode(Πηγή: dieselnet.com) 27
Εικόνα 13:Κύκλος οδήγησης JC08(Πηγή: dieselnet.com) 28
Εικόνα 14: Θύρα αυτοκινήτου OBD(Πηγή: trop.gr) 30
Εικόνα 15:Κεντρικό μενού εφαρμογής Torque(Πηγή: Google Play Store-Torque) 32
Εικόνα 16:Περιβάλλον εφαρμογής κατά τις μετρήσεις(Πηγή: Google Play Store-Torque) 33
Εικόνα 17:Fiat Fiorino 2012(Πηγή: auto.cz) 33
Εικόνα 18: Η διαδρομή στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων(Πηγή: Google Earth) 34
Εικόνα 19: Η διαδρομή στην Εθνική οδό Β.Ο.Α.Κ. (Πηγή: Google Earth) 34
Εικόνα 20: Διάρκεια διαδρομής ανά ημέρα 38
Εικόνα 21: Αριθμός στάσεων ανά ημέρα 39
Εικόνα 22: Σύγκριση μέσης διάρκειας στάσης και κίνησης 39
Εικόνα 23: Σύγκριση μέσης ταχύτητας οδήγησης και κίνησης ανά ημέρα 40
Εικόνα 24: Διάρκεια διαδρομής ανά ημέρα 41
Εικόνα 25: Αριθμός στάσεων ανά ημέρα 42
Εικόνα 26: Σύγκριση μέσης διάρκειας στάσης και κίνησης 42
Εικόνα 27: : Σύγκριση μέσης ταχύτητας οδήγησης και κίνησης ανά ημέρα 43
Εικόνα 28 Σύγκριση Μέση Ταχύτητας οδήγησης ανά ημέρα 43
Εικόνα 29: Ποσοστό χρόνου σε στάση για αμυντική και επιθετική οδήγηση 44
Εικόνα 30: Σύγκριση Μέσης επιτάχυνσης ανά ημέρα 45
Εικόνα 31: Σύγκριση Μέσης επιβράδυνσης ανά ημέρα 45
Εικόνα 32: Σύγκριση κατανάλωσης καυσίμου σε λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα 46
Εικόνα 33: Διάρκεια διαδρομής ανά ημέρα 47
Εικόνα 34: Συνολικός αριθμός στάσεων ανά ημέρα 48
Εικόνα 35: Σύγκριση μέσης διάρκειας στάσης και κίνησης 48
Εικόνα 36: Σύγκριση μέσης ταχύτητας οδήγησης και κίνησης ανά ημέρα 49
Εικόνα 37: Διάρκεια διαδρομής ανά ημέρα 50
Εικόνα 38: Συνολικός αριθμός στάσεων ανά ημέρα 50
Εικόνα 39: Σύγκριση μέσης διάρκειας στάσης και κίνησης 51
Εικόνα 40: Σύγκριση μέσης ταχύτητας οδήγησης και κίνησης ανά ημέρα 51
Εικόνα 41: Σύγκριση Μέση Ταχύτητας οδήγησης ανά ημέρα 52

Εικόνα 42: Ποσοστό χρόνου σε στάση για αμυντική και επιθετική οδήγηση 53
Εικόνα 43: Σύγκριση Μέσης επιτάχυνσης ανά ημέρα..... 53
Εικόνα 44: Σύγκριση Μέσης επιβράδυνσης ανά ημέρα..... 54
Εικόνα 45: Σύγκριση κατανάλωσης καυσίμου σε λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα 54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Εκπομπές ρύπων(Πηγή elinyae.gr) 11
Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση Euro 18
Πίνακας 3: Πίνακας μετρήσεων ανά ημέρα καταγραφής για την αμυντική οδήγηση στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων 38
Πίνακας 4: Πίνακας μετρήσεων ανά ημέρα καταγραφής για την επιθετική οδήγηση στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων 41
Πίνακας 5: Πίνακας μετρήσεων ανά ημέρα καταγραφής για την αμυντική οδήγηση στην Εθνική οδό Β.Ο.Α.Κ. 47
Πίνακας 6: Πίνακας μετρήσεων ανά ημέρα καταγραφής για την επιθετική οδήγηση στην Εθνική οδό Β.Ο.Α.Κ. 49

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των μηχανοκίνητων οχημάτων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν το περιβάλλον, την κατανάλωση ενέργειας και την ποιότητα ζωής στις σύγχρονες κοινωνίες. Ιδιαίτερα σε αστικά κέντρα, η ρύπανση του αέρα, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση συνδέονται άμεσα με τον τρόπο που οι οδηγοί χειρίζονται τα οχήματά τους.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα εργασία εστιάζει στη συγκριτική μελέτη δύο διαφορετικών τρόπων οδήγησης: της αμυντικής, που δίνει έμφαση στην ήπια και προνοητική συμπεριφορά, και της επιθετικής, που χαρακτηρίζεται από έντονες επιταχύνσεις, απότομα φρεναρίσματα και υψηλές ταχύτητες. Σκοπός της μελέτης είναι να αναδειχθεί η επίδραση του τρόπου οδήγησης στην κατανάλωση καυσίμου, στις εκπομπές ρύπων, καθώς και στην αποδοτικότητα και ασφάλεια των μετακινήσεων.

Η έρευνα βασίστηκε σε πειραματική καταγραφή δεδομένων με τη χρήση διαγνωστικού εξοπλισμού OBD II και της εφαρμογής Torque, σε πραγματικές διαδρομές εντός και εκτός της πόλης του Ηρακλείου. Μέσα από την ανάλυση των μετρήσεων, επιδιώκεται η εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων που μπορούν να συνεισφέρουν στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των οδηγών και στην υιοθέτηση ορθότερων οδηγικών πρακτικών.

Η εργασία αυτή φιλοδοξεί να αποδείξει πως η αμυντική, ήπια και προνοητική οδήγηση είναι ο κατάλληλος τρόπος οδήγησης για την οδική ασφάλεια, την εξοικονόμηση καυσίμου και την προστασία του περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΟΧΗΜΑΤΑ

1.1) Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ύπαρξη ρύπων στην ατμόσφαιρα, όπως επιβλαβών χημικών ουσιών και ενώσεων που παράγονται από μη φυσικά αίτια και δεν θα έπρεπε να υπάρχουν εκεί, είναι γνωστή ως ατμοσφαιρική ρύπανση. Έχει επιζήμιες συνέπειες για το περιβάλλον, τα ζώα και την ανθρώπινη υγεία και προκαλείται από στερεά, υγρά και ορισμένα αέρια σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα.

Παρατηρείται ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση δημιουργείται από δύο παράγοντες: φυσικές πηγές που δεν σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ανθρωπογενείς εκπομπές.

Η ρύπανση προέρχεται από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας, τις μεταφορές, τις κατοικίες, τη διαχείριση αποβλήτων, τη μεταποίηση και τις επιχειρήσεις. Η αυξημένη χρήση και κυκλοφορία των οχημάτων μεταφοράς, δηλαδή των οχημάτων που κινούνται με κινητήρες εσωτερικής καύσης, βενζίνης, ντίζελ και υγραερίου, φέρει σημαντικό μερίδιο ευθύνης για την ατμοσφαιρική ρύπανση, καθώς αποτελούν μια από τις κύριες πηγές ρύπανσης λόγω των ρύπων που εκπέμπουν και συγκεντρώνονται σε μεγάλες αστικές περιοχές.[1]

1.2) Εκπομπές αέριων ρύπων από πετρελαιοκινητήρες (ντίζελ)

Ο κινητήρας ντίζελ είναι ένας κινητήρας αυτόματης ανάφλεξης που αναμειγνύει καύσιμο και αέρα στον κινητήρα. Ο θάλαμος καύσης συμπιέζει σε μεγάλο βαθμό τον αέρα που απαιτείται για την καύση. Αυτό δημιουργεί υψηλές θερμοκρασίες που επιτρέπουν στο καύσιμο ντίζελ να αναφλέγεται αυτόματα όταν τροφοδοτείται στον κύλινδρο.[2]

Κύριες εκπομπές ρύπων από κινητήρα ντίζελ:

α) <u>Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)</u>

Το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται όταν η καύση του καυσίμου είναι ατελής, δηλαδή η διαδικασία οξείδωσης δεν ολοκληρώνεται πλήρως. Προκαλείται κυρίως κατά την εκκίνηση και την άμεση επιτάχυνση, όταν απαιτείται πλούσια ανάμειξη καυσίμου και αέρα. Στον άνθρωπο, το CO του αέρα εισπνέεται μέσω των πνευμόνων και μεταφέρεται στην κυκλοφορία του αίματος. Δεσμεύεται στην αιμοσφαιρίνη, αναστέλλοντας την ικανότητά της να μεταφέρει οξυγόνο.[3]

β) <u>Οξείδια του αζώτου (NOx)</u>

Τα οξείδια του αζώτου παράγονται κατά τη διαδικασία καύσης του πετρελαίου υπό συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Τα οχήματα που κινούνται με καύσιμο ντίζελ είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που συμβάλλουν στη δημιουργία οξειδίων του αζώτου, δεδομένου ότι απαιτούν υψηλότερες θερμοκρασίες για να λειτουργήσουν σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες, επειδή το καύσιμο αναφλέγεται μέσω συμπίεσης και όχι μέσω καύσης. Ως αποτέλεσμα, οι κινητήρες ντίζελ ευθύνονται για το 85% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου.

Τα οξείδια του αζώτου αποτελούν σοβαρή περιβαλλοντική απειλή, καθώς οι εκπομπές τους παράγουν όζον και συμβάλλουν σημαντικά στην όξινη βροχή.[4]

γ) Υδρογονάνθρακες (HC)

Οι υδρογονάνθρακες είναι επίσης παραπροϊόντα της ατελούς καύσης του πετρελαίου. Οι εκπομπές τους είναι ως επί το πλείστων ορατές στην εξάτμιση και παράγονται συνήθως από κακή ποιότητα καύσης ή δυσκολίες στον κύλινδρο, αλλά μπορούν επίσης να δημιουργηθούν από ακανόνιστες συνθήκες λειτουργίας, όπως απότομες αλλαγές στις στροφές του κινητήρα. Οι μεγάλες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων συμβάλλουν στη δημιουργία όζοντος, αλλά προκαλούν επίσης σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα λόγω φλεγμονής του αναπνευστικού συστήματος και οφθαλμικών ενοχλήσεων.[5]

δ) Σωματίδια (PM)

Τα σωματίδια προκαλούνται από την καύση άκαυστου καυσίμου ή πετρελαίου, καθώς και από ενώσεις θείου.

Τα σωματίδια ταξινομούνται σε δύο ομάδες με βάση το μέγεθος: PM2.5 (με διάμετρο μικρότερη από 2,5 μm) και PM10 (με διάμετρο μικρότερη από 10 μm).

Τα σωματίδια αυτά εκπέμπονται μόνο από τους κινητήρες ντίζελ και η εισπνοή τους μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές λοιμώξεις και καρδιαγγειακές δυσκολίες. Οι εκπομπές τους συμβάλλουν επίσης σημαντικά στη ρύπανση του αέρα και των υδάτων, η οποία επηρεάζει άμεσα την κλιματική αλλαγή.[6]

Κατηγορία		Κλάση	Εφαρμογή από [β]	Μάζα αναφοράς (RW) (kg)	Οριακές τιμές								
					Μονοξείδιο του άνθρακα		Υδρογονάνθρακες		Οξείδια του αζώτου		Μείγμα υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου		Σωματίδια [γ]
					L1 (g/km)		L2 (g/km)		L3 (g/km)		L2+L3 (g/km)		L4 (g/km)
					Βενζίνη	Ντίζελ	Βενζίνη	Ντίζελ	Βενζίνη	Ντίζελ	Βενζίνη	Ντίζελ	Ντίζελ
A	M [α]		1.1.2001	Όλα [δ]	2.3	0.64	0.20	-	0.15	0.50	-	0.56	0.05
	N1 [δ]	I	1.1.2001 [ε]	RW ≤ 1305	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05
		II	1.1.2002	1305 < RW ≤ 1760	4,17	0,80	0,25	-	0,18	0,65	-	0,72	0,07
		III	1.1.2002	1760 < RW	5,22	0,95	0,29	-	0,21	0,78	-	0,86	0,10
B	M [α]		1.1.2006	Όλα	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025
	N1 [δ]	I	1.1.2006 [ζ]	RW ≤ 1305	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025
		II	1.1.2007	1305 < RW ≤ 1760	1,81	0,63	0,13	-	0,10	0,33	-	0,39	0,04
		III	1.1.2007	1760 < RW	2,27	0,74	0,16	-	0,11	0,39	-	0,46	0,06

Πίνακας 1: Εκπομπές ρύπων(Πηγή elinyae.gr)

1.3) Επιπτώσεις στην υγεία από τους ρύπους

Οι αναπνευστικές συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθορίζονται από τον τύπο και το μείγμα των ρύπων, τη συγκέντρωσή τους, τη διάρκεια της έκθεσης και την ποσότητα που εισπνέεται και απορροφάτε από τους πνεύμονες. Ο ερεθισμός των αεραγωγών, η δύσπνοια και η αυξημένη πιθανότητα κρίσης άσθματος είναι ορατοί δείκτες κακής υγείας των πνευμόνων που εμφανίζονται αμέσως μετά την έκθεση σε υψηλά επίπεδα ρύπανσης.

Η σημαντική ανησυχία είναι κατά πόσον αυτές οι επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα είναι αναστρέψιμες αν σταματήσει η έκθεση στο όζον ή αν παραμένουν και προκαλούν μόνιμη βλάβη. Σύμφωνα με μελέτες, οι μεταβολές που δημιουργούνται στους πνεύμονες διαρκούν αρκετές ημέρες μετά το τέλος του επεισοδίου Ο3. Έχει αποδειχθεί ότι εμφανίζεται φλεγμονή, η οποία προκαλεί βλάβη στα κύτταρα της αναπνευστικής οδού, μια διαδικασία γνωστή ως πρώιμη γήρανση των πνευμόνων. Άλλες παρατηρούμενες επιπτώσεις στην υγεία περιλαμβάνουν αύξηση των περιπτώσεων άσθματος, δυσλειτουργία της καρδιάς, μείωση της αερόβιας ικανότητας και διαταραχές στο κεντρικό νευρικό, το ηπατικό, το αιματολογικό και το ενδοκρινικό σύστημα.



Εικόνα 1: Διάφορες εκπομπές ρύπων(Πηγή: test-meter.co.uk)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχοντας επίγνωση των κινδύνων που εγκυμονεί για την υγεία μας η ρύπανση του περιβάλλοντος, ανακοίνωσε μια στρατηγική με στόχο τη βελτίωση της νομοθεσίας για την ποιότητα του αέρα, τη θέσπιση ανώτατων ορίων κινδύνου για διάφορους ρύπους και την παρακολούθησή τους, καθώς και τη σταδιακή και δραστική μείωση των ρύπων, προκειμένου να μειωθεί η νοσηρότητα και η θνησιμότητα που προκαλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση τα επόμενα χρόνια.[7]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΥΡΩΠΑΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ – Euro

2.1) Κατηγοριοποίηση Euro

Η Ευρωπαϊκή Ένωση χρησιμοποιεί από τη δεκαετία του 1990 ένα σύστημα ταξινόμησης των αυτοκινήτων με βάση τις εκπομπές ρύπων. Η ομαδοποίηση Euro ξεκίνησε το 1992 με τις απαιτήσεις Euro 1 και από τώρα βρισκόμαστε στην κατηγορία Euro 6, η οποία έχει εξαιρετικά αυστηρούς κανονισμούς για τον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας. Η πώληση ενός αυτοκινήτου πρέπει να τηρεί τους περιορισμούς του Euro προκειμένου να εγκριθεί.[8]

a) Euro 1: Από 31 Δεκεμβρίου 1992

Η οδηγία Euro 1 είναι η λιγότερο αυστηρή όσο αφορά την εκπομπή ρύπων. Τα όρια εκπομπών των ρύπων από βενζινοκινητήρες και κινητήρες πετρελαίου είναι.

-Μονοξείδιο του άνθρακα CO – 2,72 g/km (βενζινοκινητήρες και πετρελαιοκινητήρες)

-Υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου HC+ NOx – 0,97 g/km (βενζινοκινητήρες και πετρελαιοκινητήρες)

-Σωματίδια PM – 0,14 g/km (μόνο πετρελαιοκινητήρες)

Όπου παρατηρούμε πως είναι τα ίδια όρια και για τα δύο είδη κινητήρων. Με το πέρασμα των χρόνων τα όρια έχουν μειωθεί και οι οδηγίες διαφορετικές για βενζινοκινητήρες και κινητήρες ντίζελ.

b) Euro 2: Από 1 Ιανουαρίου 1997

Το Euro 2 μείωσε τα όρια εκπομπών των ρύπων του μονοξειδίου του άνθρακα και το

συνδυασμένο όριο για τους άκαυστους υδρογονάνθρακες και το οξείδιο του αζώτου.

Επίσης διαχώρισε τα όρια μεταξύ των κινητήρων πετρελαίου και ντίζελ.

Όρια εκπομπών του Euro 2 (βενζινοκινητήρες):

-CO – 2,2 g/km

-HC+ NOx – 0,5 g/km

-PM – χωρίς όριο

Όρια εκπομπών του Euro 2 (πετρελαιοκινητήρες)

-CO – 1,0 g/km

-HC+ NOx – 0,7 g/km

-PM – 0,08 g/km

c) Euro 3: Από 1 Ιανουαρίου 2001

Οι περιορισμοί των οξειδίων του αζώτου και των υδρογονανθράκων για τους κινητήρες ντίζελ και βενζίνης διαχωρίζονται στο Euro 3. Επιπλέον, καθιέρωσε ξεχωριστούς περιορισμούς για τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα. Επιπλέον, η

τεχνική δοκιμής δεν περιλαμβάνει πλέον τον χρόνο προθέρμανσης του κινητήρα.

Όρια εκπομπών του Euro 3 (βενζινοκινητήρες)

-CO – 2,3 g/km

-HC – 0,20 g/km

-NOx - 0,15

-PM – χωρίς όριο

Όρια εκπομπών του Euro 3 (πετρελαιοκινητήρες)

-CO – 0,64 g/km

-HC+ NOx – 0,56 g/km

-NOx – 0,50 g/km

-PM – 0,05 g/km

d) Euro 4: Από 1 Ιανουαρίου 2006

Λόγω των σημαντικά αυστηρότερων ορίων του, ο εφαρμοσμένος κανόνας Euro 4 διαφέρει σημαντικά από τον προηγούμενο. Σε ορισμένα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα Euro 4 τοποθετήθηκαν φίλτρα σωματιδίων.

Όρια εκπομπών του Euro 4 (βενζινοκινητήρες)

-CO – 1,0 g/km

-HC – 0,10 g/km

-NOx – 0,08 g/km

-PM – χωρίς όριο

Όρια εκπομπών του Euro 4 (πετρελαιοκινητήρες)

-CO – 0,50 g/km

-HC+ NOx – 0,30 g/km

-NOx – 0,25 g/km

-PM – 0,025 g/km

e) Euro 5: Από 1 Ιανουαρίου 2011

Προκειμένου να συμμορφωθούν με τους νέους κανονισμούς, όλα τα πετρελαιοκίνητα οχήματα έπρεπε να έχουν εγκατεστημένα φίλτρα σωματιδίων DPF. Το πρότυπο Euro 5 θέσπισε ακόμη αυστηρότερα όρια για τις εκπομπές σωματιδίων από κινητήρες ντίζελ.

Κάθε νέο πετρελαιοκίνητο όχημα είναι εξοπλισμένο με φίλτρο σωματιδίων DPF, το οποίο απορροφά το 99% όλων των σωματιδίων. Ένας κόκκος άμμου απελευθερώνεται κάθε χιλιόμετρο από τα οχήματα που πληρούν τις απαιτήσεις Euro 5.

Όρια εκπομπών του Euro 5 (βενζινοκινητήρες)

-CO – 1,0 g/km

-HC - 0,10 g/km

-NOx – 0,06 g/km

-PM – 0,005 g/km (μόνο άμεσος ψεκασμός καυσίμου)

Όρια εκπομπών του Euro 5 (πετρελαιοκινητήρες)

-CO – 0,50 g/km

-HC+ NOx – 0,23 g/km

-NOx – 0,18 g/km

-PM – 0,005 g/km

-PN – 6,0x10 ^11/km

f) Euro 6: Από 1 Ιανουαρίου 2015

Παρόμοιες απαιτήσεις τίθενται για τους βενζινοκινητήρες και τους κινητήρες ντίζελ στο πλαίσιο του προτύπου Euro 6, το οποίο απαιτεί επίσης περαιτέρω σημαντική μείωση των εκπομπών NOx από τους κινητήρες ντίζελ (67% μείωση σε σύγκριση με το Euro 5).

Έρευνες έχουν δείξει ότι τα αναπνευστικά προβλήματα προκαλούνται από τις εκπομπές NOx από τους κινητήρες ντίζελ. Ορισμένες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν εφαρμόσει την επιλεκτική καταλυτική μείωση (SCR), η οποία περιλαμβάνει την εισαγωγή ενός υγρού παράγοντα μείωσης στα καυσαέρια ενός οχήματος ντίζελ μέσω ενός καταλύτη, προκειμένου να επιτευχθούν τα αναθεωρημένα πρότυπα. από μια χημική διαδικασία, το άζωτο μετατρέπεται σε

αβλαβές νερό και άζωτο, τα οποία στη συνέχεια απελευθερώνονται από τον σωλήνα εξάτμισης.

Η νέα τεχνική δοκιμών WLTP (προηγουμένως NEDC), η οποία αποδίδει πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα δοκιμών, θα αντικαταστήσει τον τρόπο αξιολόγησης των αριθμών κατανάλωσης όταν τεθεί σε ισχύ το EURO 6c την 1η Σεπτεμβρίου 2018. Με την εφαρμογή του EURO 6d-temp την 1η Σεπτεμβρίου 2019, περισσότερες μετρήσεις θα γίνονται υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης (RDE, ή εκπομπές κατά την πραγματική οδήγηση). Κατά τη λειτουργία υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης (RDE, ή πραγματικές εκπομπές κατά την οδήγηση), οι τιμές θα είναι σημαντικά πιο περιορισμένες από την 1η Ιανουαρίου 2021, όταν τίθεται σε ισχύ το EURO 6d. Ένα χρόνο αργότερα, τα επαγγελματικά οχήματα (N1) υπόκεινται στους ίδιους περιορισμούς. Όλοι οι κινητήρες διαθέτουν πλέον νέα δεδομένα μέτρησης χάρη στις νέες τεχνικές, οι οποίες συχνά οδηγούν σε υψηλότερες τιμές CO2 από ό,τι με την παλαιά προσέγγιση. Όλοι οι κατασκευαστές επηρεάζονται από αυτές τις εξελίξεις.

Όρια εκπομπών του Euro 6 (βενζινοκινητήρες)

-CO – 1,0 g/km

-HC – 0,10 g/km

-NOx – 0,06 g/km

-PM – 0,005 g/km (μόνο άμεσος ψεκασμός καυσίμου)

-PN – 6,0x10 ^11/km (μόνο άμεσος ψεκασμός καυσίμου)

Όρια εκπομπών του Euro 6 (πετρελαιοκινητήρες)

-CO – 0,50 g/km

-HC+ NOx – 0,17 g/km

-NOx – 0,08 g/km

-PM – 0,005 g/km

-PN – 6,0x10 ^11/km [9]

g) <u>Euro 7: Από Νοέμβριο 2027</u>

Το πρότυπο Euro 7 αποτελεί το νέο κανονιστικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις εκπομπές ρύπων από οχήματα, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και τη μείωση της ρύπανσης από τις μεταφορές. Υιοθετήθηκε επίσημα τον Απρίλιο του 2024 και αντικαθιστά τα προηγούμενα

πρότυπα Euro 6 και Euro VI για επιβατικά και βαρέα οχήματα αντίστοιχα . Θα τεθεί σε εφαρμογή από 29 Νοεμβρίου 2027 για επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά επαγγελματικά οχήματα και από 29 Μαΐου 2029 για βαρέα οχήματα.

- **Επέκταση του πεδίου εφαρμογής**: Για πρώτη φορά, το Euro 7 καλύπτει τόσο τις εκπομπές από την εξάτμιση όσο και τις μη εξάτμισης εκπομπές, όπως τα σωματίδια από τα φρένα και τα ελαστικά, καθώς και την ανθεκτικότητα των μπαταριών στα ηλεκτρικά οχήματα .
- **Εκπομπές φρένων**: Εισάγονται όρια για τα σωματίδια από τα φρένα, με 3 mg/km για τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα και 7 mg/km για τα υπόλοιπα .
- **Ανθεκτικότητα μπαταριών**: Τα ηλεκτρικά οχήματα υποχρεούνται να διατηρούν ένα ελάχιστο επίπεδο απόδοσης της μπαταρίας τους για να μειωθεί η ανάγκη πρόωρης αντικατάστασης .
- **Ενοποίηση κανονισμών**: Το Euro 7 ενοποιεί τις προδιαγραφές για όλα τα οχήματα, ανεξαρτήτως καυσίμου ή τύπου κινητήρα, σε ένα ενιαίο νομικό πλαίσιο .

Όρια εκπομπών του Euro 7 (βενζινοκινητήρες)

-CO – 1,0 g/km

-HC – 0,10 g/km

-NOx – 0,06 g/km

-PM – 0,0055 g/km

-PN – 6,0x10 ^11/km

Όρια εκπομπών του Euro 7 (πετρελαιοκινητήρες)

-CO – 0,50 g/km

-HC+ NOx – 0,17 g/km

-NOx – 0,08 g/km

-PM – 0,0045 g/km

-PN – 6,0x10 ^11/km [10]

Stage	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN†
		g/km					*#/km*
Positive Ignition (Gasoline)							
Euro 1‡	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09[b]	1.0	0.10[d]	-	0.06	0.005[e,f]	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10[d]	-	0.06	0.005[e,f]	6.0×10^{11} [e,g]
Euro 7	2026.11.29	1.0	0.10[d]	-	0.06	0.0045	6.0×10^{11} [e,g]
Compression Ignition (Diesel)							
Euro 1‡	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01[a]	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09[b]	0.50	-	0.23	0.18	0.005[f]	-
Euro 5b	2011.09[c]	0.50	-	0.23	0.18	0.005[f]	6.0×10^{11}
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005[f]	6.0×10^{11}
Euro 7	2026.11.29	0.50	-	0.17	0.08	0.0045	6.0×10^{11}

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση Euro(Πηγή: dieselnet.com)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

3.1 Ορισμός κύκλων οδήγησης

Ο κύκλος οδήγησης είναι ένα σύνολο μετρήσεων που δείχνουν πόσο γρήγορα κινείται ένα αυτοκίνητο σε σχέση με το χρόνο. Ο κύκλος οδήγησης είναι ένα προκαθορισμένο πρόγραμμα λειτουργίας του κινητήρα ή οδήγησης που προσομοιώνει τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται και οδηγείται ένα αυτοκίνητο στην πόλη. Η ταχύτητα και ο χρόνος ενός οχήματος μετρούνται επανειλημμένα. Παράγεται ένα πρότυπο για ένα διάγραμμα που δείχνει τους περιορισμούς των εκπομπών επικίνδυνων ρύπων. Τα κριτήρια αυτά χρησιμοποιούνται για τη φορολόγηση των οχημάτων. Στόχος του είναι η μείωση των εκπομπών καυσαερίων. Σε μια δυναμομετρική εξέδρα σε ένα εξουσιοδοτημένο εργαστήριο, τα αυτοκίνητα παραγωγής και οι κινητήρες δοκιμάζονται σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές για τις εκπομπές ρύπων. Ωστόσο, η πιο πρόσφατη ευρωπαϊκή οδηγία έχει αλλάξει τον τρόπο μέτρησης των ρύπων. Οι μετρήσεις γίνονται πλέον εκτός του δυναμόμετρου, οδηγώντας το όχημα στην πόλη, λαμβάνοντας μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο.

Πολλά έθνη έχουν πλέον δημιουργήσει τυποποιημένους κύκλους δοκιμών για τη μέτρηση των εκπομπών ρύπων των οχημάτων, οι οποίοι ουσιαστικά περιγράφουν μια προκαθορισμένη διαδικασία για τον υπολογισμό των ρύπων. Επειδή επιτρέπει τη σύγκριση πολλών οχημάτων που εκτελούν το ίδιο καθήκον, αυτή η τυποποίηση είναι ζωτικής σημασίας και συμβάλλει όσο το δυνατόν περισσότερο στη μείωση των εκπομπών. Είναι κοινή πρακτική των αυτοκινητοβιομηχανιών να βελτιστοποιούν τις εκπομπές των οχημάτων τους στην περιοχή όπου ελέγχεται η τήρηση των κανονισμών. Αυτό οδηγεί συχνά

στο να είναι τα πραγματικά επίπεδα ρύπανσης των οχημάτων μεγαλύτερα από τα αναμενόμενα, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο τόσο τα πρότυπα όσο και τη δημόσια υγεία.[11]

3.2 Κατηγορίες κύκλων οδήγησης

Οι κύκλοι οδήγησης, ανάλογα με τη χρήση τους, διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

α) Κυκλώματα οδήγησης που χρησιμοποιούνται στους απαιτούμενους ελέγχους που διενεργούνται κατά τη διαδικασία έγκρισης τύπου (έγκριση τύπου, υποχρεωτική) και στους ελέγχους επιθεώρησης και συντήρησης οχημάτων σύμφωνα με τη νομοθεσία. Σε αυτά περιλαμβάνονται ο αμερικανικός κύκλος οδήγησης (FTP-75 Unified LA-92), ο ιαπωνικός κύκλος οδήγησης (Japan 10-15 mode) και ο ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης (NEDC).

β) Κύκλοι οδήγησης που χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία έγκρισης τύπου προορίζονταν προηγουμένως για έρευνα, όπως μελέτες εξοικονόμησης ενέργειας και αξιολογήσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Δημιουργούνται με τη χρήση δεδομένων που συλλέγονται υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης και οι κύκλοι προκύπτουν στη συνέχεια μέσω στατιστικής ανάλυσης. Αυτοί οι κύκλοι αναφέρονται ως «Real Word» επειδή αντικατοπτρίζουν πραγματικές συνθήκες και πρέπει να διακρίνονται από τους κύκλους οδήγησης που χρησιμοποιούνται για την πιστοποίηση οχημάτων.

Οι κύκλοι οδήγησης ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους χωρίζονται σε άλλες δύο κατηγορίες :

α) Σε modal κύκλους, οι οποίοι είναι κύκλοι που αποτελούνται από ευθείες γραμμές με σταθερή επιτάχυνση, ταχύτητα και επιβράδυνση. Αυτοί οι κύκλοι είναι ο ιαπωνικός τρόπος 10-15 και ο ευρωπαϊκός κύκλος.

β) Σε κύκλους που αποτελούνται από καμπύλες, αφού συντίθενται από πραγματικά στοιχεία δοκιμών όπως ο Αμερικάνικος FTP-75.[12]

3.3 Διάφορα είδη κύκλων οδήγησης

ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ

i. Κύκλος Πόλης ECE+EUDC

Στην Ευρώπη, οι εκπομπές των ελαφρών επιβατικών αυτοκινήτων πιστοποιούνται με τον κύκλο ECE+EUDC, ο οποίος εκτελείται στο φρένο του οχήματος (οδηγία ΕΟΚ 90/C81/01).

Ο κύκλος αποτελείται από ένα τμήμα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) μετά από τέσσερα τμήματα ECE που επαναλαμβάνονται συνεχώς (διάγραμμα 3.4). Το όχημα πρέπει να παραμείνει σε θερμοκρασία δοκιμής 20 έως 30 βαθμών

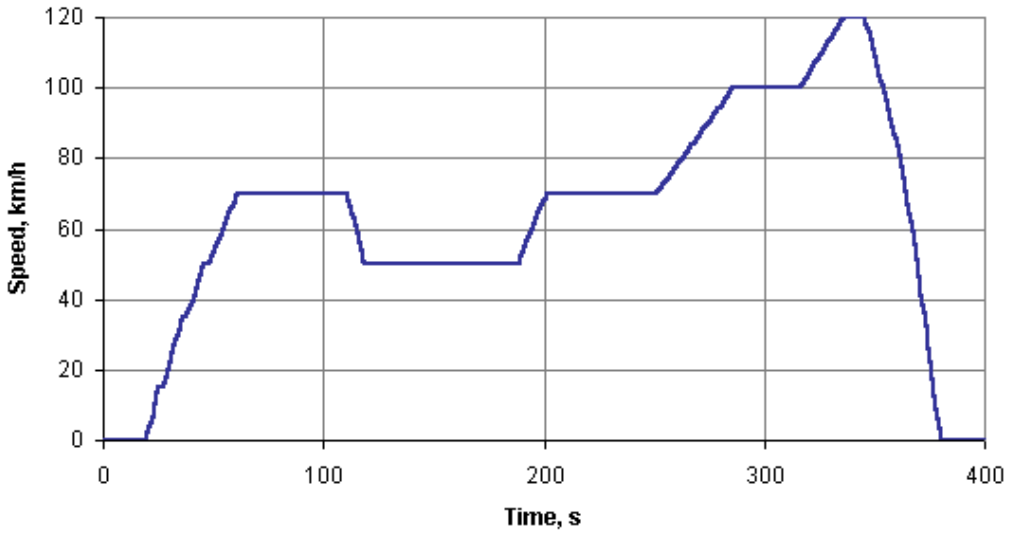
Κελσίου για τουλάχιστον έξι ώρες πριν από τη δοκιμή. Μετά από αυτό, τίθεται σε λειτουργία και αφήνεται στο ρελαντί για σαράντα δευτερόλεπτα.

Από το 2000, ο κινητήρας εκκινείται «κρύος» και η διαδικασία δειγματοληψίας εκπομπών ξεκινά αμέσως, εξαλείφοντας το χρόνο που το αυτοκίνητο παραμένει στο ρελαντί. Ο Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης, ή NEDC, είναι μια άλλη ονομασία για αυτή την τροποποιημένη διαδικασία ψυχρής εκκίνησης.

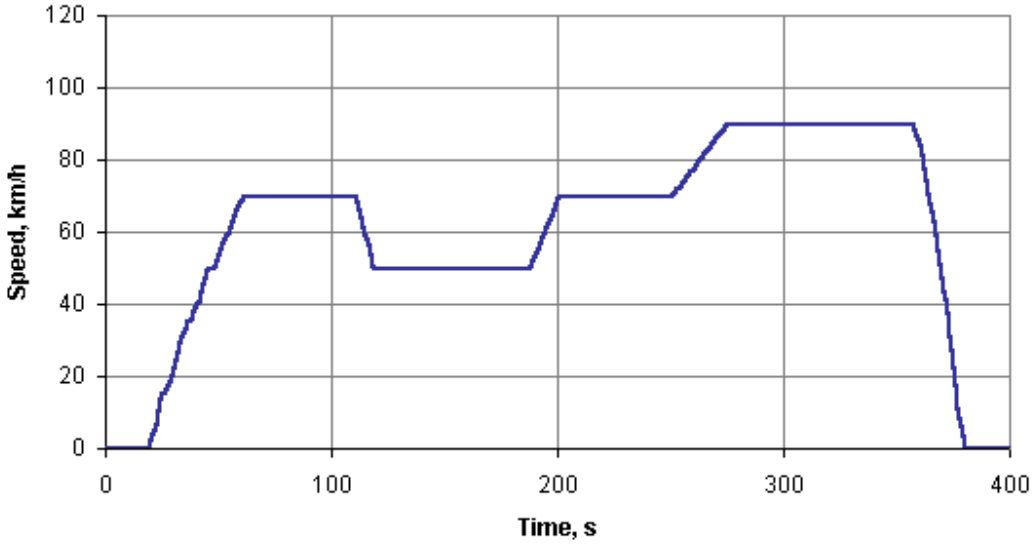
Για κάθε έναν από τους ανιχνευόμενους ρύπους, οι εκπομπές συλλέγονται κατά τη διάρκεια του κύκλου με τη μέθοδο «(Δειγματοληψία σταθερού όγκου)», εξετάζονται και στη συνέχεια εκφράζονται σε g/km.

Το ECE, που συνήθως αναφέρεται ως UDC (Urban Driving Cycle), είναι ένας κύκλος αστικής οδήγησης. Δημιουργήθηκε για να απεικονίσει το περιβάλλον οδήγησης στις πόλεις όπως η Ρώμη και το Παρίσι. Διακρίνεται από το χαμηλό φορτίο του κινητήρα, τη χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων και τη χαμηλή ταχύτητα του οχήματος.

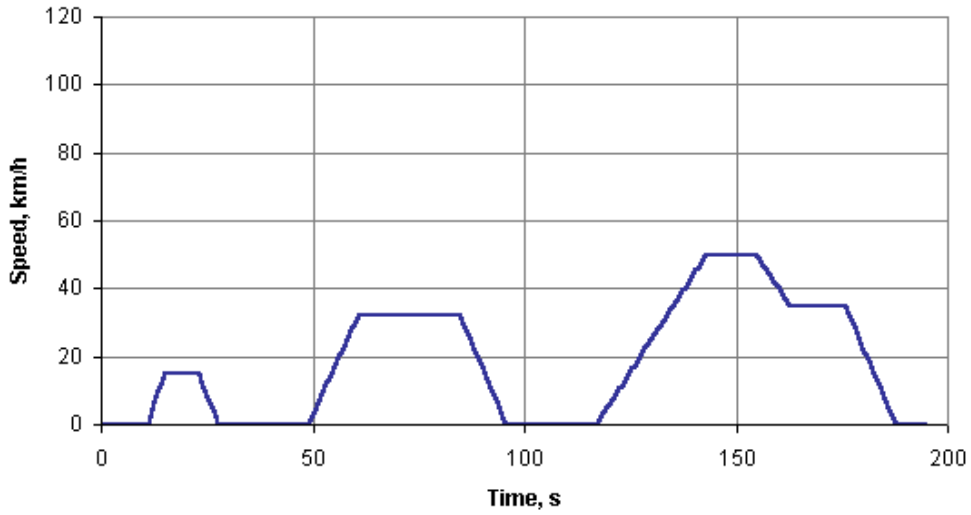
Μετά τον τέταρτο κύκλο ECE, το τμήμα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) συμπεριλήφθηκε για να περιγράψει την πιο «νευρική» και γρήγορη οδήγηση. Ο κύκλος EUDC μπορεί να φτάσει την τελική ταχύτητα των 120 km/h. Για τα οχήματα χαμηλής ταχύτητας, έχει επίσης καθιερωθεί ένας εναλλακτικός κύκλος EUDC, με ανώτατο όριο μέγιστης ταχύτητας τα 90 km/h.[13]



Εικόνα 2: Κύκλος EUDC(Πηγή: dieselnet.com)



Εικόνα 3: Κύκλος EUDC χαμηλής ισχύος(Πηγή: dieselnet.com)

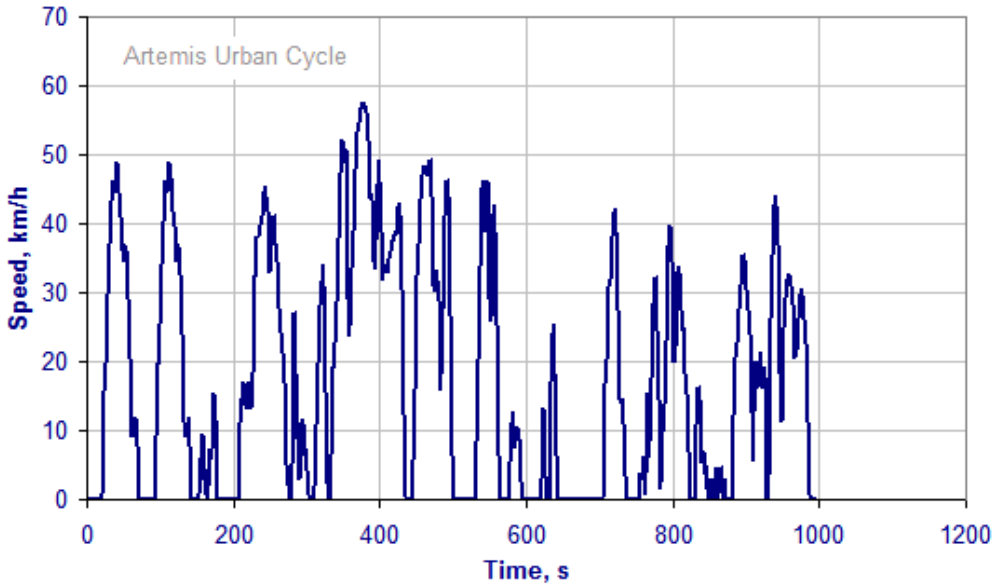


Εικόνα 4: Κύκλος ECE(Πηγή: dieselnet.com)

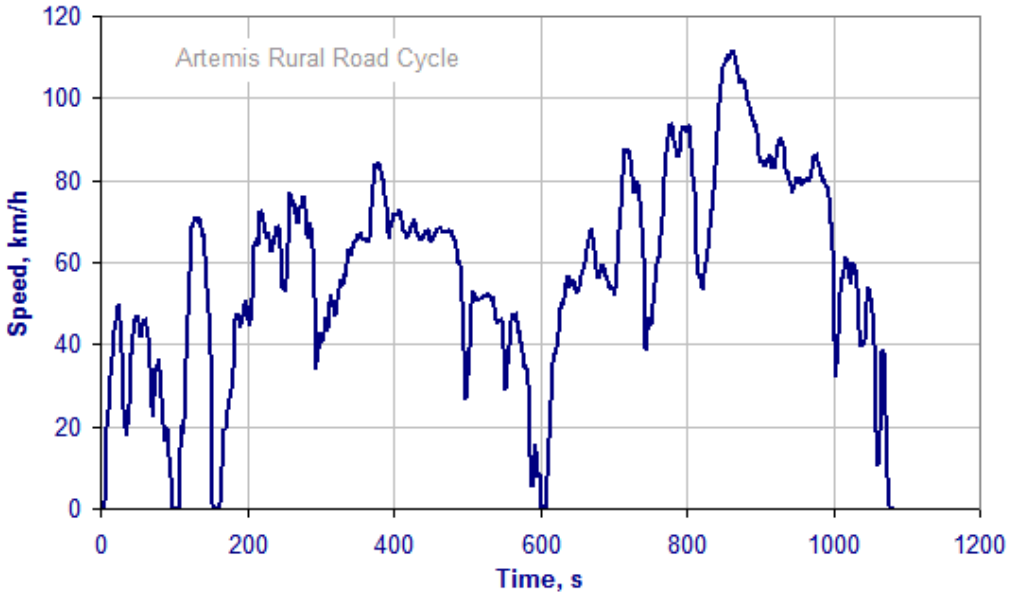
ii. Κύκλος οδήγησης Artemis (CADC)

Με βάση μια στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε όλη την Ευρώπη στο πλαίσιο του προγράμματος Artemis, δημιουργήθηκε αυτός ο κύκλος. Διατίθενται τρεις διαφορετικές διαμορφώσεις, καθώς και μια επιπλέον παραλλαγή: τον αστικό δρόμο, τον αγροτικό δρόμο, τον αυτοκινητόδρομο 130 km/h και τον αυτοκινητόδρομο 150 km/h.

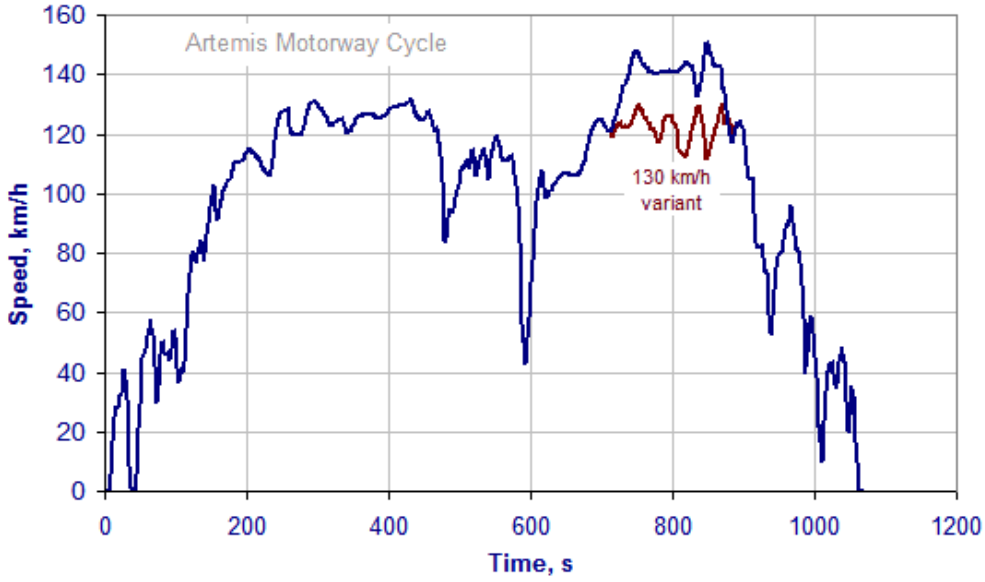
Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων, ωστόσο, χρησιμοποιούν αυτόν τον κύκλο για να αξιολογήσουν τις πραγματικές επιδόσεις των οχημάτων τους και να κατανοήσουν καλύτερα τις συνθήκες οδήγησης.[14] [15]



Εικόνα 5: Κύκλος Artemis σε αστική οδό(Πηγή: dieselnet.com)



Εικόνα 6: Κύκλος Artemis σε αγροτικό δρόμο(Πηγή: dieselnet.com)



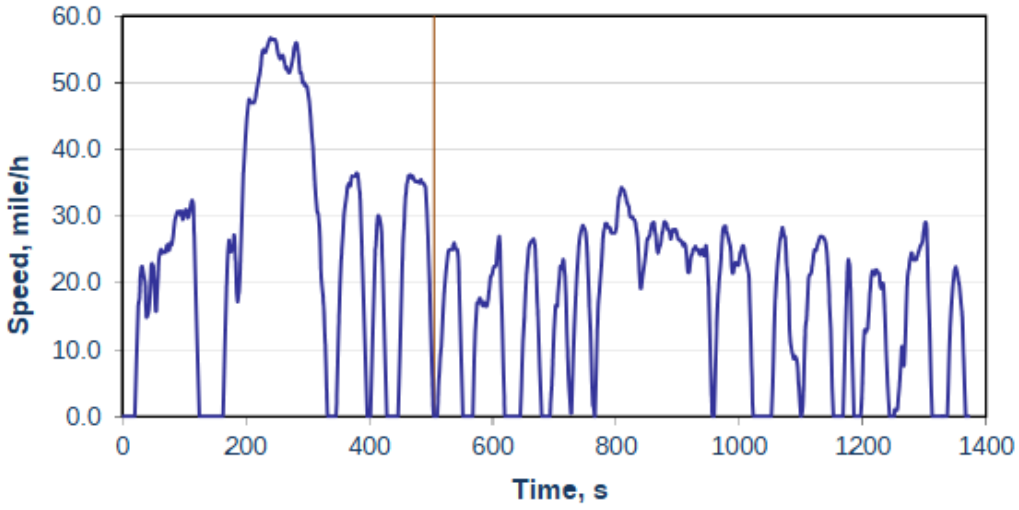
Εικόνα 7: Κύκλος Artemis σε αυτοκινητόδρομο(Πηγή: dieselnet.com)

ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ

i. Κύκλος U.S FTP-72

Μια άλλη ονομασία για το αμερικανικό FTP-72 (Σχήμα 3.6) είναι ο κύκλος LA-4 ή UDDS. Ο πανομοιότυπος κύκλος αναφέρεται ως ADR 27 στην Αυστραλία και ως κύκλος A10 ή CVS (δειγματοληψία υπό σταθερό όγκο) στη Σουηδία.

Ο κύκλος μιμείται μια μητροπολιτική διαδρομή 12,07 χιλιομέτρων (7,5 μιλίων) με πολλές παύσεις. Η μέση ταχύτητα είναι 31,5 km/h (19,6 mi/h), ενώ η μέγιστη ταχύτητα είναι 91,2 km/h (56,7 mi/h).[16]



Εικόνα 8:_Κύκλος FTP-72(Πηγή: dieselnet.com)

ii. Κύκλος FTP-75

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα ελαφρά φορτηγά, τα επιβατικά αυτοκίνητα και άλλα οχήματα λαμβάνουν έγκριση τύπου χρησιμοποιώντας τον κύκλο FTP-75. Δύο συμπληρωματικές διαδικασίες (SFTP), οι οποίες προορίζονται να αντιμετωπίσουν τις ελλείψεις του FTP-75 όσον αφορά

α) την επιθετική οδήγηση με υψηλές ταχύτητες και

β) τη χρήση κλιματισμού, έχουν χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή 2000 αυτοκινήτων.

Μια τρίτη φάση 505s προστίθεται στον κύκλο FTP-72 για να δημιουργηθεί ο κύκλος FTP-75, ο οποίος είναι ο ίδιος με την πρώτη φάση του κύκλου FTP-72 με τη διαφορά ότι ο κινητήρας εκκινεί εν θερμώ. Αφού ο κινητήρας παραμείνει σβηστός για δέκα λεπτά, αρχίζει η τρίτη φάση. Έτσι, ο κύκλος FTP-75 αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

1. κρύα φάση εκκίνησης

2. μεταβατική φάση

3. ζεστή φάση εκκίνησης.

Τα παρακάτω είναι βασικές παράμετροι του κύκλου:

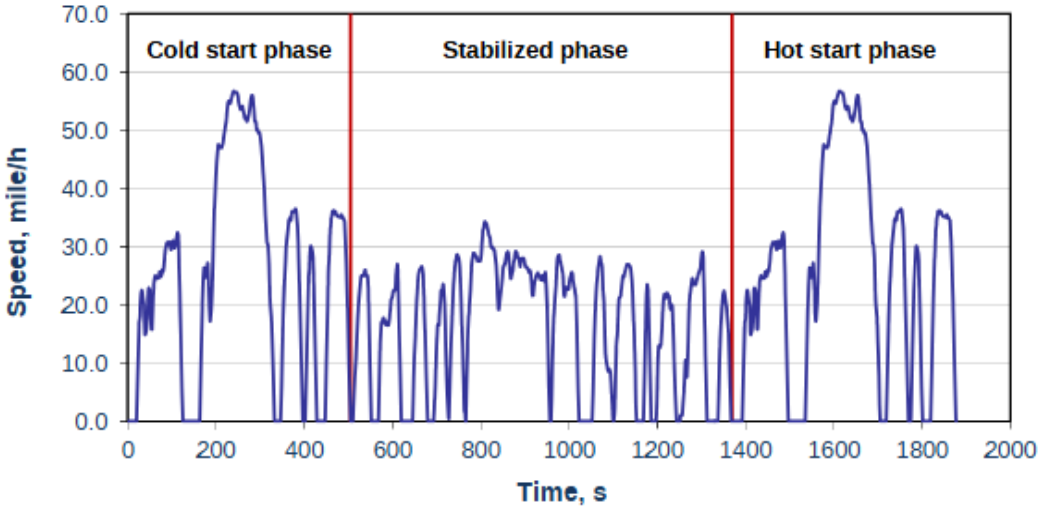
1. Διανυθείσα απόσταση 17,77 χιλιόμετρα

2. Διάρκεια: 1874s

3. Μέση ταχύτητα: 34.1 km / h

Οι εκπομπές κάθε φάσης πρέπει να συγκεντρώνονται σε ξεχωριστές σακούλες από τεφλόν, να εξετάζονται και να αναφέρονται σε g/mile ή g/km. Ο συντελεστής στάθμισης της ψυχρής εκκίνησης είναι 0,43, ο συντελεστής στάθμισης της μεταβατικής φάσης είναι 1 και ο συντελεστής στάθμισης της θερμής φάσης είναι 0,57.

Στην Αυστραλία, ο κύκλος FTP-75 αναφέρεται ως ADR 37.[17]

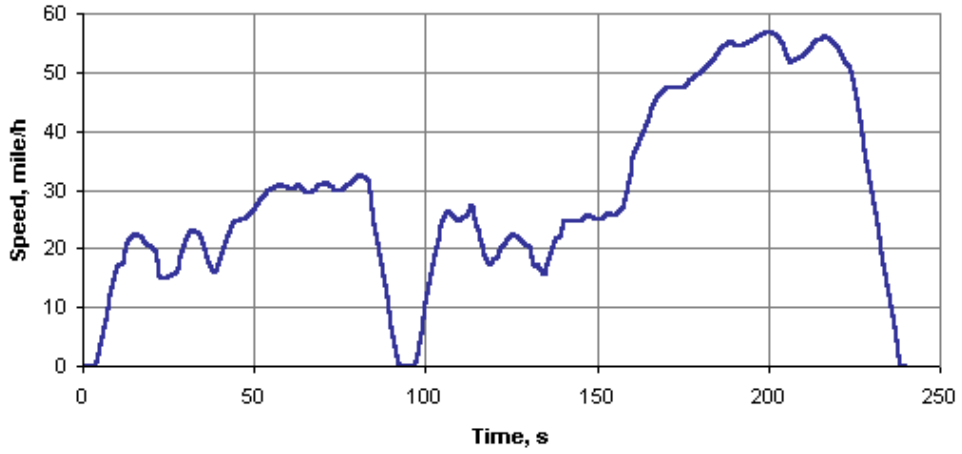


Εικόνα 9:Κύκλος FTP-75(Πηγή: dieselnet.com)

iii. Κύκλος IM240

Ο κύκλος αυτός χρησιμοποιείται σε δυναμομετρική εξέδρα για την αξιολόγηση των καυσαερίων ελαφρών αυτοκινήτων κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους. Οι πρωτοβουλίες αυτές εφαρμόζονται σε μερικές πολιτείες των ΗΠΑ.

Με μέγιστη ταχύτητα 91,2 km/h (56,7 mph) και μέση ταχύτητα 47,3 km/h (29,4 mph), η δοκιμή αυτή είναι σύντομη, διαρκεί 240 δευτερόλεπτα και καλύπτει 3,1 km (1,96 μίλια).[18]



Εικόνα 10: Κύκλος IM240(Πηγή: dieselnet.com)

ΙΑΠΩΝΙΑ

i. Κύκλος οδήγησης 10-mode

Στην Ιαπωνία, ο κύκλος οδήγησης 10-mode χρησιμοποιείται για την έγκριση του είδους των ελαφρών φορτηγών και των επιβατικών αυτοκινήτων.

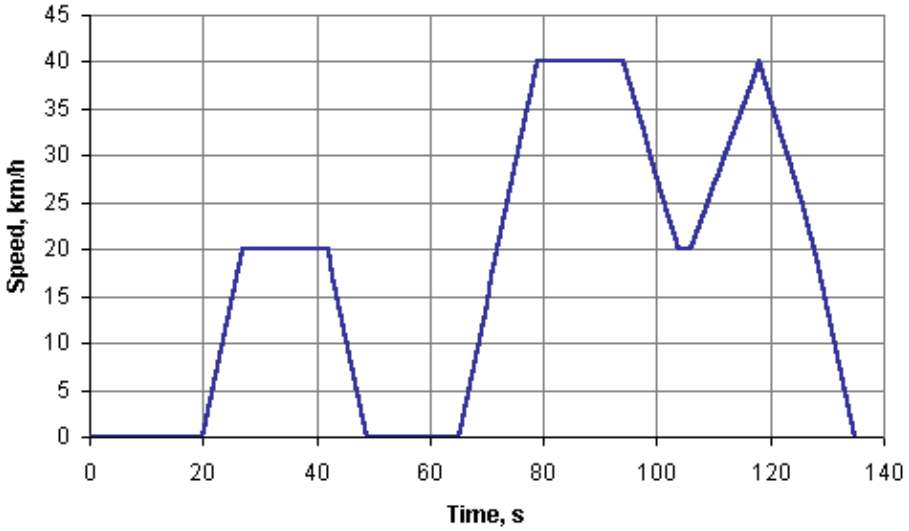
Απεικονίζει συνθήκες οδήγησης σε πόλεις και μετρά τις εκπομπές για πέντε επαναλήψεις του ίδιου τμήματος. Περιέχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Απόσταση: 0,664 χιλιόμετρα

Μέση ταχύτητα: 17,7 km/h

Διάρκεια: 135 s

Μέγιστη Ταχύτητα: 40 km/h.[19][20]



Εικόνα 11:Κύκλος οδήγησης 10-mode(Πηγή: dieselnet.com)

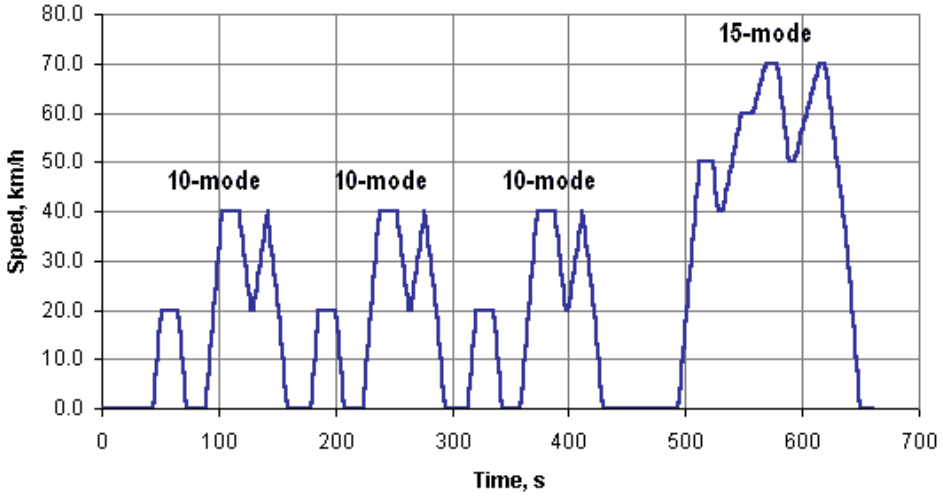
ii. Κύκλος οδήγησης 10-15 mode

Στην Ιαπωνία, αυτός ο κύκλος οδήγησης χρησιμοποιείται για την έγκριση επιβατικών αυτοκινήτων και ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων με βάση την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές τους. Ο κύκλος 10-mode τροποποιείται με την προσθήκη ενός τμήματος 15-mode, το οποίο έχει τελική ταχύτητα 70 km/h.

Τα βήματα έχουν ως εξής:

Ο κινητήρας ζεσταίνεται για δεκαπέντε λεπτά. Η φάση των 15 λεπτών έρχεται μετά από 5 λεπτά προθέρμανσης στα 60 km/h και 15 λεπτά μέτρησης στο ρελαντί. Τρεις επαναλήψεις κύκλου 10-mode, ακολουθούμενες αμέσως από έναν άλλο κύκλο 15-mode. Στις τέσσερις τελευταίες φάσεις εξετάζονται οι εκπομπές.

Ο κύκλος διαρκεί 660 δευτερόλεπτα, καλύπτει 4,16 km και έχει μέση ταχύτητα 22,7 km/h.[21]



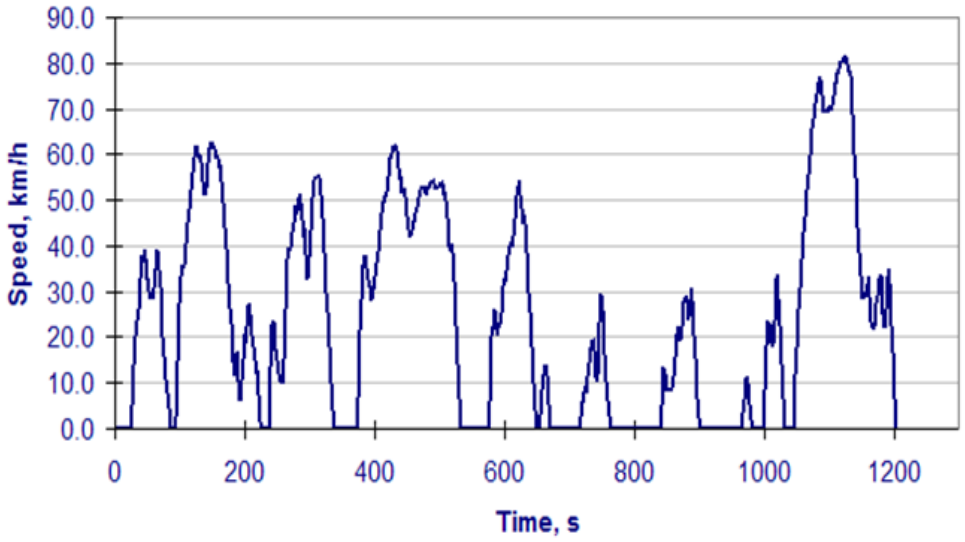
Εικόνα 12:Κύκλος οδήγησης 10-15 mode(Πηγή: dieselnet.com)

iii. Κύκλος οδήγησης JC08

Ο ιαπωνικός κανονισμός περί εκπομπών του 2005 εισήγαγε έναν νέο κύκλο δοκιμών με δυναμόμετρο πλαισίου JC08 για ελαφρά οχήματα (< 3500 kg GVW). Η δοκιμή αντιπροσωπεύει την οδήγηση σε συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης στην πόλη, συμπεριλαμβανομένων περιόδων ρελαντί και συχνής εναλλαγής επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων. Η μέτρηση γίνεται δύο φορές, με ψυχρή εκκίνηση και με θερμή εκκίνηση. Η δοκιμή χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των εκπομπών και τον προσδιορισμό της οικονομίας καυσίμου, για βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα.

Η δοκιμή JC08 είχε τεθεί πλήρως σε εφαρμογή από τον Οκτώβριο του 2011. Κατά τη μεταβατική περίοδο οι εκπομπές προσδιορίστηκαν με τη χρήση σταθμισμένων μέσων όρων από διάφορους κύκλους, ως εξής:

- 2005.10: 12% του 11 τρόπου ψυχρής εκκίνησης + 88% του 10-15 τρόπου θερμής εκκίνησης,
- 2008.10: 25% της λειτουργίας JC08 ψυχρή εκκίνηση + 75% της λειτουργίας 10-15 θερμή εκκίνηση,
- 2011.10: 25% της ψυχρής εκκίνησης JC08 + 75% της θερμής εκκίνησης JC08.[22]



Εικόνα 13:Κύκλος οδήγησης JC08(Πηγή: dieselnet.com)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Οι μετρήσεις από τις διαδρομές μέσα από την πόλη του Ηρακλείου περιλαμβάνονται στο πειραματικό μέρος της πτυχιακής, ώστε τα δεδομένα να μπορούν να αναλυθούν.

Οι διαδρομές που θα ακολουθηθούν είναι δύο σε κεντρικές αρτηρίες της πόλης του Ηρακλείου και είναι η Λεωφόρος 62 Μαρτύρων και η Εθνική Οδός (ΒΟΑΚ). Επίσης θα συγκριθούν δύο διαφορετικοί τρόποι οδήγησης μία με επιθετική προσέγγιση και μία πιο συντηρητική για να γίνει η σύγκριση των αποτελεσμάτων με σκοπό να αναδειχθεί η προνοητική-οικονομική-αμυντική οδήγηση.

4.1 Τρόπος λήψης δεδομένων

Το OBD (On Board Diagnostics), που ουσιαστικά μεταφράζεται ως «διαγνωστικά επί του οχήματος», ήταν το διαγνωστικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη των μετρήσεων. Από μόνο του, αυτό το gadget μπορεί να συνδεθεί με τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου και να ανιχνεύσει τυχόν προβλήματα στον κινητήρα. Προκειμένου να μπορέσει ο τεχνικός να διορθώσει και να συντηρήσει άμεσα τον κινητήρα, ο μηχανικός μπορεί να το κάνει επίσης αποφεύγοντας πιο σημαντικά και δαπανηρά ζητήματα. Οι σύγχρονες ενσωματώσεις OBD επιτρέπουν τη γρήγορη ανίχνευση και διόρθωση των ελαττωμάτων του αυτοκινήτου, χρησιμοποιώντας ένα καθορισμένο σύνολο κωδικών διαγνωστικών προβλημάτων ή κωδικών DTC σε συνδυασμό με μια τυπική ψηφιακή σύνδεση επικοινωνίας για την παροχή.

Δεδομένου ότι αυτό το gadget δεν μπορεί να μας παρέχει δεδομένα από μόνο του, μπορεί να συνδεθεί με έναν φορητό υπολογιστή, ένα tablet ή ακόμη και με μια εφαρμογή κινητού τηλεφώνου. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε ένα smartphone. Χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Torque για να λάβουμε όλα τα στατιστικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένης της επιτάχυνσης, της ροής καυσίμου, της ταχύτητας και των ρύπων. Μέσω των θυρών Bluetooth, συνδέεται με τον εξοπλισμό OBD II και σε αυτή την περίπτωση, το κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη όλων των μετρήσεων.

Κάθε αυτοκίνητο με συμβατότητα OBD II διαθέτει μια «σύνδεση σύνδεσης δεδομένων» (DLC). Η κεντρική μονάδα ελέγχου (ECM) του οχήματος συνδέθηκε απευθείας σε αυτόν τον ακροδέκτη 16 ακίδων. Η θύρα DLC βρίσκεται συχνά κοντά στη θέση οδήγησης, κάτω από την κονσόλα οργάνων. Υπάρχουν δύο σκοποί για τη μονάδα καταγραφής:

1. αποθηκεύει τις πληροφορίες που συλλέγονται από τους αισθητήρες του αυτοκινήτου.

2. μπορεί να διαθέτει επιπλέον αισθητήρες για την καταγραφή δεδομένων.[23]

Τα δεδομένα αυτά χαρακτηρίζουν τη λειτουργία του οχήματος. Μερικά από τα κυριότερα μεγέθη που καταγράφονται είναι:

- Μέση κατανάλωση καυσίμου (lt/100km)
- Μέση κατανάλωση ταξιδιού (lt/100km)
- Μέση ταχύτητα ταξιδιού (km/h)
- Διανυθήσα απόσταση ταξιδιού (km)
- Οδόμετρο (km)
- Στροφές κινητήρα (RPM)
- Θερμοκρασία αέρα εισαγωγής (C^o)
- Θέση πεντάλ γκαζιού (%)
- Επιτάχυνση οχήματος (m/s^2)
- Ταχύτητα οχήματος (km/h)



Εικόνα 14: Θύρα αυτοκινήτου OBD(Πηγή: trop.gr)

4.2 Εφαρμογή καταγραφής δεδομένων κίνησης (Torque)

Όπως εξηγήσαμε προηγουμένως, η υποδοχή OBDII στο αυτοκίνητο σας επιτρέπει να διαβάζετε τα δεδομένα από την κεντρική μονάδα ελέγχου του κινητήρα. Για την ανάγνωση αυτών των δεδομένων απαιτείται ένα εξειδικευμένο εργαλείο. Ωστόσο, αυτή η συσκευή θα μπορεί μόνο να διαβάζει τα δεδομένα-δεν θα μπορεί να καταγράφει. Το κινητό τηλέφωνο με εγκατεστημένο το ειδικό υλικό λαμβάνει αυτά τα δεδομένα μέσω Bluetooth.

Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση της εφαρμογής Torque – Engine Diagnosticsand Tools, η οποία κάλυψε τις ανάγκες της καταγραφής πλήρως και ήταν σχετικά εύκολη στην χρήση.

Η εφαρμογή Torque είναι μια γνωστή εφαρμογή διάγνωσης και παρακολούθησης αυτοκινήτων που παρέχει στατιστικά στοιχεία και πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του οχήματος μέσω της σύνδεσης OBD-II (On-Board Diagnostics). Διαθέτει διάφορες λειτουργίες και είναι συμβατή με smartphones.

Η εφαρμογή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τους μηχανικούς και τους οδηγούς που επιθυμούν να παρακολουθούν και να αξιολογούν τις επιδόσεις του οχήματος σε πραγματικό χρόνο. Με τη δυνατότητα ανάγνωσης και αφαίρεσης κωδικών βλαβών, είναι επίσης ένα χρήσιμο εργαλείο για τον εντοπισμό και την επίλυση προβλημάτων.

Κύριες δυνατότητες της εφαρμογής Torque:

- **Διαγνωστικά Κωδικοί:**

Μπορείς να διαβάσεις και να διαγράψεις κωδικούς σφαλμάτων (DTCs) του οχήματος, βοηθώντας στην αναγνώριση προβλημάτων του κινητήρα ή άλλων συστημάτων.

- **Ενδείξεις Οχημάτων σε Πραγματικό Χρόνο:**

Προβάλλει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, όπως θερμοκρασία κινητήρα, ταχύτητα, ροπή, RPM, κατανάλωση καυσίμου, πίεση καυσίμου και άλλα σημαντικά στοιχεία.

- **Αναφορές και Ιστορικό:**

Μπορείς να καταγράψεις και να αποθηκεύσεις δεδομένα, όπως τα αποτελέσματα των διαγνωστικών και τις επιδόσεις του οχήματος, με δυνατότητα εξαγωγής τους σε αρχεία CSV για ανάλυση.

- **Προσαρμογή Dashboard:**

Το Torque επιτρέπει την προσαρμογή του dashboard για να δείχνει τις πληροφορίες που χρειάζεσαι πιο συχνά. Μπορείς να προσθέσεις διάφορα γραφήματα και δείκτες για παρακολούθηση.

- **Κατανάλωση Καυσίμου:**

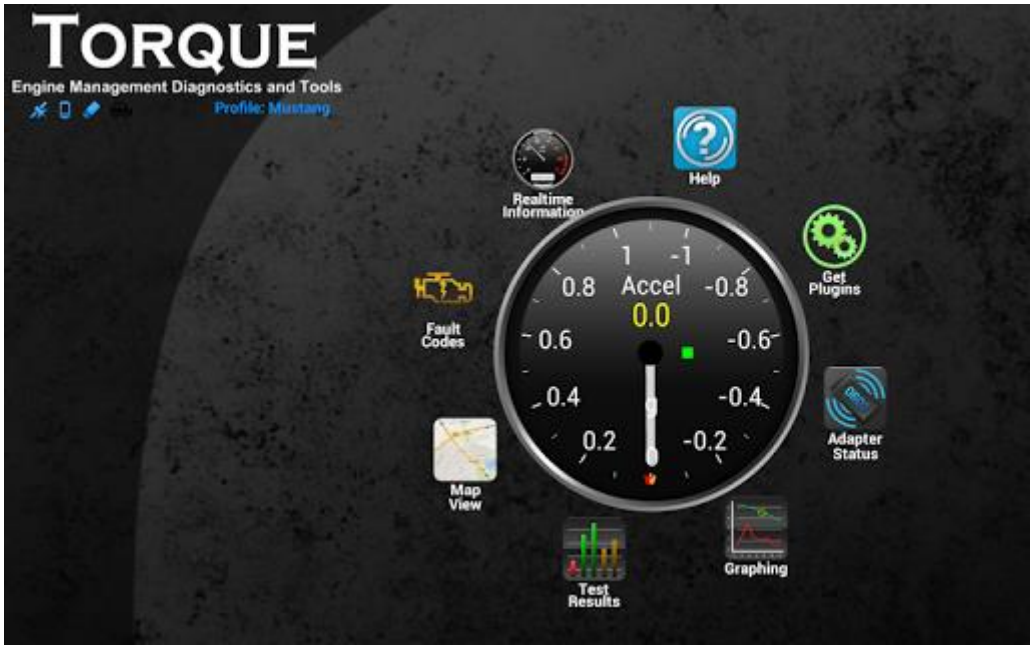
Η εφαρμογή υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμου και την αποδοτικότητα του οχήματος σε πραγματικό χρόνο, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της οικονομίας καυσίμου.

- **Προβολή ροπής και ισχύος:**

Μπορείς να δεις την ισχύ και τη ροπή του κινητήρα με τη βοήθεια του Torque, χρήσιμο για την παρακολούθηση των επιδόσεων του οχήματος.

- **Υποστήριξη για Αξιολογήσεις GPS:**

Παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησης των γεωγραφικών δεδομένων, όπως τη θέση του οχήματος, ταχύτητες και άλλες παραμέτρους μέσω GPS.



Εικόνα 15:Κεντρικό μενού εφαρμογής Torque(Πηγή: Google Play Store-Torque)

Εκτός από την καταγραφή των πληροφοριών από την κεντρική μονάδα, το πρόγραμμα καθορίζει δυναμικά ορισμένες από τις ποσότητες που είναι σημαντικές για τους κύκλους που τις οδηγούν. Ως αποτέλεσμα, δημιουργήθηκε ένα προφίλ που περιείχε ορισμένες τεχνικές λεπτομέρειες για το αυτοκίνητο που καταγραφόταν δηλαδή, Τα κυβικά του κινητήρα, ο τύπος κινητήρα, Diesel στην συγκεκριμένη περίπτωση, Μέγιστος αριθμός στροφών κινητήρα.

Στη συνέχεια, καθορίστηκαν οι μεταβλητές οι οποίες θα καταγραφούν και θα αποθηκευτούν στο τελικό αρχείο. [24]

Οι μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- Στιγμιαία Ταχύτητα OBD
- Μέση Ταχύτητα Κίνησης (με στάσεις)
- Χρόνος από την έναρξη του κινητήρα
- Πραγματικό Φορτίο Μηχανής
- Συνολική Διανυθείσα απόσταση
- Θερμοκρασία Ψυκτικού Μηχανής
- Χρόνος Ταξιδιού
- Μέση κατανάλωση καυσίμου
- Στροφές κινητήρα (RPM)
- Θέση πεντάλ γκαζιού (%)



Εικόνα 16:Περιβάλλον εφαρμογής κατά τις μετρήσεις(Πηγή: Google Play Store-Torque)

4.3 Όχημα καταγραφής μετρήσεων

Το όχημα που θα χρησιμοποιηθεί για τις μετρήσεις της παρούσας εργασίας είναι ένα Fiat Fiorino του 2012 τύπου van. Είναι διθέσιο με χειροκίνητο κιβώτιο 6 ταχυτήτων και είναι σχεδιασμένο για αστική χρήση.

Το συγκεκριμένο όχημα διαθέτει κινητήρα πετρελαίου 1300 κυβικών και βγάζει 95 άλογα. Ζυγίζει 1750 κιλά και έχει μέση κατανάλωση 5-6 λίτρα καυσίμου ανά 100 χιλιόμετρα.



Εικόνα 17:Fiat Fiorino 2012(Πηγή: auto.cz)

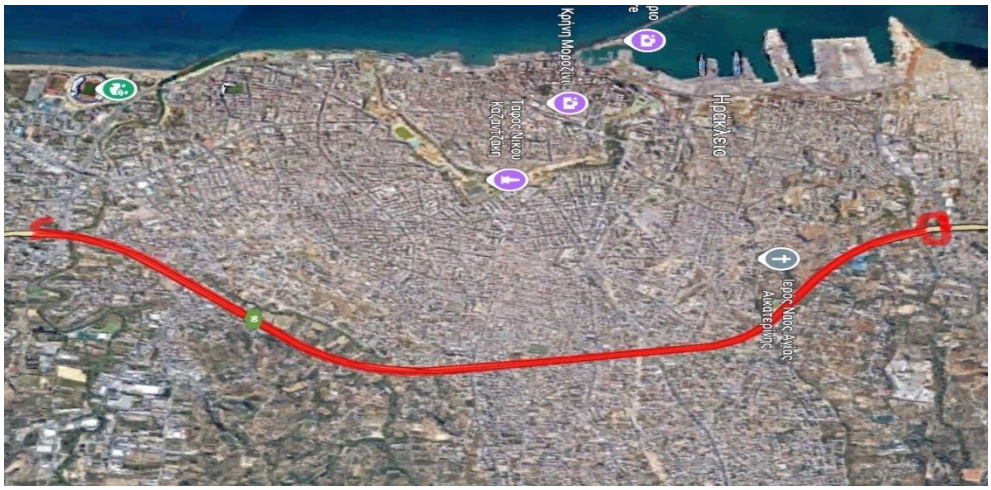
4.4 Διαδικασία καταγραφής δεδομένων

Οι μετρήσεις για το πειραματικό μέρος πραγματοποιήθηκαν σε δύο εβδομάδες από Δευτέρα έως Παρασκευή εκτελώντας δύο ξεχωριστές μετρήσεις ανά ημέρα για αμυντική και επιθετική οδήγηση αντίστοιχα.

Οι διαδρομές που ακολουθήθηκαν είναι δύο μεγάλες οδικές αρτηρίες της πόλης του Ηρακλείου, η Λεωφόρος 62 Μαρτύρων και η εθνική οδός Β.Ο.Α.Κ..



Εικόνα 18: Η διαδρομή στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων(Πηγή: Google Earth)



Εικόνα 19: Η διαδρομή στην Εθνική οδό Β.Ο.Α.Κ. (Πηγή: Google Earth)

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για να ξεκινήσει η καταγραφή των μετρήσεων ξεκινάει προετοιμάζοντας το πείραμα συνδέοντας την συσκευή OBD II στην κατάλληλη θύρα κάτω και αριστερά από το τιμόνι του αυτοκινήτου. Έπειτα θέτουμε σε λειτουργία το όχημα και ελέγχουμε ότι έχει ανάψει η λυχνία του OBD II ώστε να γνωρίζουμε ότι είναι σε λειτουργία. Εκκινούμε την εφαρμογή

Torque από το smartphone και την συνδέουμε μέσω Bluetooth με την συσκευή OBD II.

Στο στάδιο καταγραφής αφού έχουμε εκκινήσει τον κινητήρα του οχήματος και ξεκινάμε από την εφαρμογή την καταγραφή των δεδομένων πατώντας (Start Logging).

Στο στάδιο της λήξης της καταγραφής αφού ολοκληρώσουμε την διαδρομή κάνουμε στάση με το όχημα μας και διακόπτουμε από την εφαρμογή την καταγραφή πατώντας (Stop Logging).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 Εξαγωγή των μετρήσεων

Αφού ολοκληρώσουμε την καταγραφή η εφαρμογή εξάγει της μετρήσεις σε αρχείο CSV(Comma Delimited Values) και τις αποθηκεύουμε μέσω email στον υπολογιστή μας. Για να μπορέσουμε να τις επεξεργαστούμε τις μετατρέπουμε σε αρχείο Excel (XLSX) ώστε να είναι αναγνωρίσιμες και επεξεργάσιμες οι τιμές του αρχείου.

5.2 Επεξεργασία μετρήσεων

Μόλις ολοκληρωθεί η συλλογή των δεδομένων και για αμυντική και για επιθετική οδήγηση για τις δύο διαδρομές, έπειτα από την μετατροπή των αρχείων από CSV σε Excel, δημιουργήθηκαν τέσσερα ξεχωριστά αρχεία Excel, δύο αρχεία για την κάθε διαδρομή, όπου περάστηκαν οι μετρήσεις από κάθε ήμερα σε ξεχωριστό αρχείο για κάθε είδος οδήγησης.

Έπειτα δημιουργήθηκε ένα καινούργιο φύλλο Excel όπου σε έναν καινούργιο πίνακα εισάχθηκαν οι υπολογισμοί που έγιναν όπου θα μας βοηθήσουν στην μετέπειτα εξαγωγή των διαγραμμάτων:

- Συνολικός χρόνος καταγραφής (s)
- Συνολικός χρόνος καταγραφής (h)
- Συνολική απόσταση (km)
- Μέση ταχύτητα Οδήγησης (km/h)
- Μέση ταχύτητα κίνησης (km/h)
- Συνολικός χρόνος σε στάση (s)
- Συνολικός χρόνος σε κίνηση (s)
- Συνολικός αριθμός στάσεων
- Ποσοστό χρόνου σε στάση (%)
- Ποσοστό χρόνου σε κίνηση (%)
- Μέση επιτάχυνση (m/s2)
- Μέση επιβράδυνση (m/s2)
- Μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου(Lt/100km)

a) Συνολικός χρόνος καταγραφής (s)

Συνολικός χρόνος καταγραφής είναι η διάρκεια που αντιστοιχεί σε μια διαδρομή από την έναρξη της σε στάση μέχρι την λήξη όπου είναι η επιστροφή στο σημείο έναρξης. Οι μετρήσεις από την εφαρμογή Torque επιλέχθηκαν να μετριούνται ανά ένα δευτερόλεπτο, επομένως η διάρκεια της διαδρομής αντιστοιχεί στο πλήθος των μετρήσεων ανά ημέρα.

b) Συνολικός χρόνος καταγραφής (h)

Είναι η μετατροπή του χρόνου καταγραφής από δευτερόλεπτα (s) σε ώρες (h) για την χρησιμοποίηση μετέπειτα σε υπολογισμούς.

c) Συνολική απόσταση (km)

Η συνολική απόσταση είναι η απόσταση που διανύσαμε με το όχημα σε μια διαδρομή σε χιλιόμετρα(km).

d) Μέση ταχύτητα Οδήγησης (km/h)

Η μέση ταχύτητα οδήγησης υπολογίσθηκε για όλη την διαδρομή διαιρώντας την συνολική απόσταση (km) με τον συνολικό χρόνο καταγραφής (h).

$$U = \frac{Συνολική\ απόσταση(km)}{Συνολικός\ χρόνος\ καταγρασφής(h)}$$

e) Μέση ταχύτητα κίνησης (km/h)

Η μέση ταχύτητα κίνησης υπολογίσθηκε για τα χρονικά διαστήματα που το όχημα ήταν μόνο σε κίνηση χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν ο χρόνος των στάσεων δηλαδή διαιρέθηκε η συνολική απόσταση με τον συνολικό χρόνο σε κίνηση.

$$x = \frac{Συνολική\ απόσταση\ (km)}{Συνολικός\ χρόνος\ σε\ κίνηση(h)}$$

f) Συνολικός χρόνος σε στάση (s)

Ο χρόνος σε στάση μετρήθηκε μέσα από το αρχείο του Excel μετρώντας τον χρόνο που είναι το όχημα τελείως ακίνητο δηλαδή μετρήθηκαν με την βοήθεια μιας COUNTIF εντολής οι τιμές από την στήλη Speed OBD που ισούταν με μηδέν.

g) Συνολικός χρόνος σε κίνηση (s)

Ο συνολικός χρόνος σε κίνηση υπολογίσθηκε κάνοντας την αφαίρεση :

$$T = Συνολικός\ χρόνος\ καταγραφής\ (s) - Συνολικός\ χρόνος\ σε\ στάση\ (s)$$

h) Συνολικός αριθμός στάσεων

Ο αριθμός των στάσεων υπολογίσθηκε μετρώντας το πλήθος των φορών που η ταχύτητα είναι μηδέν χωρίς να μετρηθεί η στάση της εκκίνησης με την βοήθεια μιας εντολής IF.

i) Ποσοστό χρόνου σε στάση (%)

Το ποσοστό χρόνου σε στάση υπολογίσθηκε με μια διαίρεση του συνολικού χρόνου σε στάση δια τον συνολικό χρόνο καταγραφής σε επί τοις εκατό ποσοστό.

$$P = \frac{\text{Συνολικός χρόνος σε στάση}(s)}{Συνολικός\ χρόνος\ καταγραφής(s)}\%$$

j) Ποσοστό χρόνου σε κίνηση (%)

Αντίστοιχα το ποσοστό χρόνου σε κίνηση υπολογίζεται:

$$P = \frac{Συνολικός\ χρόνος\ σε\ κίνηση(s)}{Συνολικός\ χρόνος\ καταγραφής(s)}\%$$

k) Μέση επιτάχυνση (m/s²) και Μέση επιβράδυνση (m/s2)

Για να υπολογισθεί η επιτάχυνση και η επιβράδυνση στην στήλη του Excel GPS Speed(m/s) γινόταν η αφαίρεση δύο συνεχόμενων μετρήσεων αφαιρώντας την δεύτερη τιμή από την πρώτη ακολουθώντας τον τύπο της μέσης επιτάχυνσης :

$$a = \frac{\text{Υτελικό} - Υτελικό}{t(χρόνος)}$$

Όπου το αποτέλεσμα αυτής της πράξης είναι θετικό είναι οι επιταχύνσεις και όπου το αποτέλεσμα είναι αρνητικό είναι οι επιβραδύνσεις.

l) Μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου(Lt/100km)

Από την στήλη Litres per 100 km βγήκε ο μέσος όρος της κατανάλωσης καυσίμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Αποτελέσματα και διαγράμματα μετρήσεων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν τα διαγράμματα όλων των μετρήσεων και για τις δύο διαδρομές, και για τους δύο τρόπους οδήγησης. Επίσης θα γίνει και η σύγκριση των διαγραμμάτων αυτών για να βγει ένα συμπέρασμα για το ποιος είναι καταλληλότερος τρόπος οδήγησης.

6.1.1 Αμυντικός τρόπος οδήγησης Λεωφόρος 62 Μαρτύρων

Η αμυντική οδήγηση σε αστική περιοχή επικεντρώνεται σε έναν τρόπο οδήγησης με σκοπό την πρόβλεψη κινδύνων και ατυχημάτων όπως και στην διατήρηση της ασφάλειας και της οικονομίας καυσίμου.

Στις μετρήσεις που έγιναν κύριος στόχος ήταν να μην αυξάνεται η ταχύτητα έντονα δηλαδή όχι απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις πιέζοντας ομαλά

το πεντάλ του γκαζιού και του φρένου τηρώντας το όριο ταχύτητας των 50 km/h και χωρίς προσπεράσεις και ελιγμούς.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία από τους υπολογισμούς των μετρήσεων από όπου προέκυψαν και τα διαγράμματα των μετρήσεων.

ΑΜΥΝΤΙΚΗ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
Συνολικός χρόνος καταγραφής (s)	1147	982	1085	995	1199
Συνολικός χρόνος καταγραφής (h)	0,319	0,273	0,301	0,276	0,333
Συνολική απόσταση (km)	5,17	5,82	5,35	5,36	5,14
Μέση ταχύτητα Οδήγησης (km/h)	16,20	21,30	17,76	19,42	15,43
Μέση ταχύτητα κίνησης (km/h)	20,45	24,60	22,62	22,13	19,03
Συνολικός χρόνος σε στάση (s)	237	131	234	123	227
Συνολικός χρόνος σε κίνηση (s)	910	851	851	872	972
Συνολικός αριθμός στάσεων	20	14	23	14	24
Ποσοστό χρόνου σε στάση (%)	20,66	13,34	21,57	12,36	18,93
Ποσοστό χρόνου σε κίνηση (%)	79,34	86,66	78,43	87,64	81,07
Μέση επιτάχυνση (m/s2)	0,34	0,35	0,31	0,35	0,32
Μέση επιβράδυνση (m/s2)	-0,39	-0,42	-0,38	-0,40	-0,38
Μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου(Lt/100km)	4,16	4,45	4,48	4,11	4,24

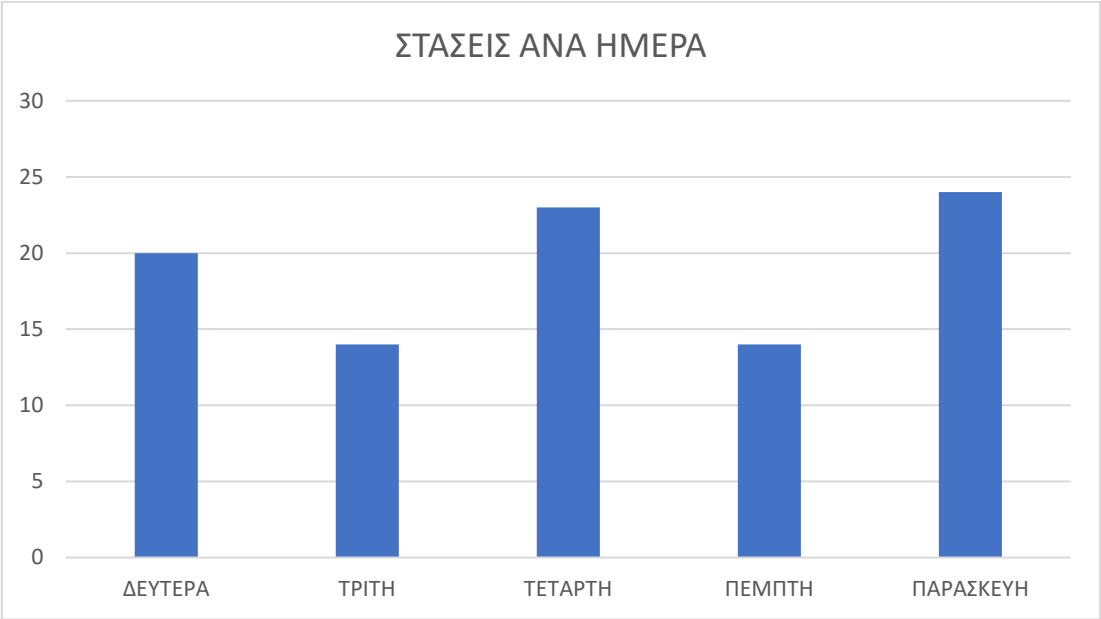
Πίνακας 3: Πίνακας μετρήσεων ανά ημέρα καταγραφής για την αμυντική οδήγηση στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων



Εικόνα 20: Διάρκεια διαδρομής ανά ημέρα

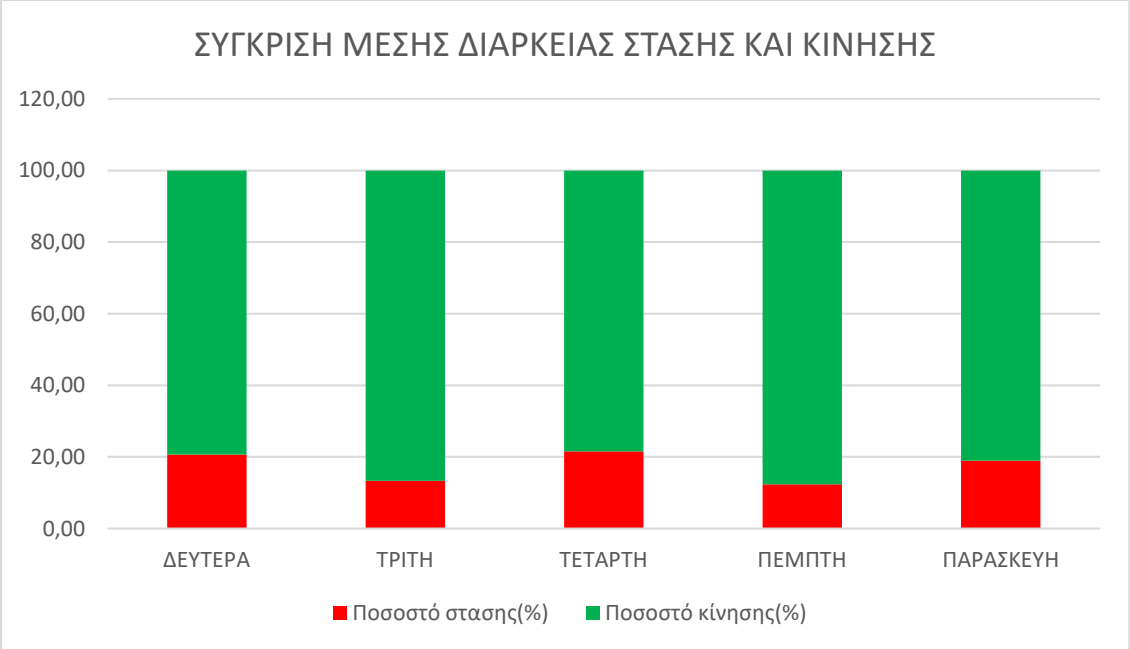
Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει τη συνολική διάρκεια της διαδρομής (σε δευτερόλεπτα) για κάθε ημέρα της εβδομάδας από Δευτέρα έως Παρασκευή. Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη διάρκεια διαδρομής καταγράφεται την Παρασκευή, με 1199 δευτερόλεπτα, ενώ η μικρότερη την Τρίτη με 982 δευτερόλεπτα. Η Δευτέρα, η Τετάρτη και η Πέμπτη βρίσκονται σε ενδιάμεσες τιμές. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν αλλαγές στον χρόνο μετακίνησης, πιθανόν

λόγω διαφοροποιημένων κυκλοφοριακών συνθηκών ή άλλων παραγόντων, όπως ο αριθμός των στάσεων ή η μέση ταχύτητα.



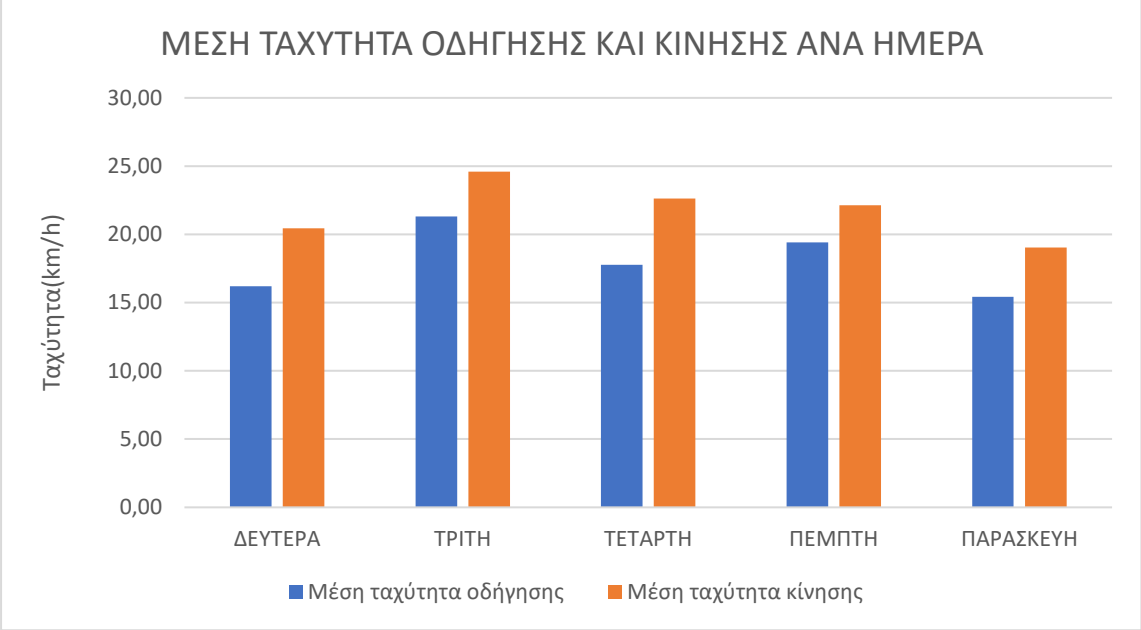
Εικόνα 21: Αριθμός στάσεων ανά ημέρα

Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τον αριθμό των στάσεων που πραγματοποιήθηκαν καθημερινά. Εντοπίζεται αυξημένος αριθμός στάσεων την Τετάρτη με 25, ενώ οι λιγότερες στάσεις έγιναν την Τρίτη και την Πέμπτη με 14 στάσεις. Η Δευτέρα καταλαμβάνει ενδιάμεση θέση με 20 στάσεις. Αυτή η μεταβλητότητα υποδεικνύει αλλαγές στην κυκλοφοριακή συμφόρηση ανάλογα με την ημέρα.



Εικόνα 22: Σύγκριση μέσης διάρκειας στάσης και κίνησης

Σε αυτό το διάγραμμα συγκρίνεται το ποσοστό του χρόνου που αναλογεί σε στάση και σε κίνηση ανά ημέρα. Το μεγαλύτερο ποσοστό σε κάθε περίπτωση αφορά την κίνηση, ενώ το ποσοστό στάσης κυμαίνεται από περίπου 10% έως 20%. Ενδεικτικά, την Τρίτη και την Πέμπτη παρατηρείται το χαμηλότερο ποσοστό στάσης, γεγονός που συνάδει με τη μικρή διάρκεια και τον αριθμό στάσεων των συγκεκριμένων ημερών. Η Δευτέρα, η Τετάρτη και η Παρασκευή παρουσιάζουν πανομοιότυπο ποσοστό στάσης, υψηλότερο από τις άλλες δύο ημέρες, στοιχείο που ενδεχομένως συμβάλλει στην αυξημένη συνολική διάρκεια των διαδρομών εκείνων των ημερών.



Εικόνα 23: Σύγκριση μέσης ταχύτητας οδήγησης και κίνησης ανά ημέρα

Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται η σύγκριση της μέσης ταχύτητας οδήγησης με τη μέση ταχύτητα κίνησης για κάθε ημέρα. Η μέση ταχύτητα κίνησης είναι σταθερά υψηλότερη από τη μέση ταχύτητα οδήγησης, κάτι αναμενόμενο καθώς η ταχύτητα οδήγησης περιλαμβάνει και διαστήματα ακινητοποίησης. Την Τρίτη καταγράφεται η υψηλότερη μέση ταχύτητα με 24,60km/h, ενώ η χαμηλότερη εμφανίζεται την Παρασκευή με 19,03km/h, γεγονός που έρχεται ως αποτέλεσμα της αυξημένης διάρκειας διαδρομής και τον αριθμό στάσεων της ίδιας ημέρας. Η σύγκριση αυτή προσφέρει χρήσιμες ενδείξεις για την ρευστότητα της κυκλοφορίας και την αποδοτικότητα των διαδρομών ανά ημέρα.

6.1.2 Επιθετικός τρόπος οδήγησης Λεωφόρος 62 Μαρτύρων

Η επιθετική οδήγηση σε αστική περιοχή επικεντρώνεται στην ταχύτερη κάλυψη μιας απόστασης λόγω του ότι αναπτύσσεται περισσότερη ταχύτητα που όμως συνοδεύεται από απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, ανυπομονησία και μη τήρηση αποστάσεων ασφαλείας.

Στις μετρήσεις που έγιναν σε αυτό το πείραμα κύριος στόχος ήταν η απότομη αύξηση της ταχύτητας με απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις όπως και

ελιγμούς στην κυκλοφορία. Η ταχύτητα του οχήματος ήταν περίπου στο 70 km/h μένοντας για περισσότερο χρόνο στο γκάζι και το φρένο.

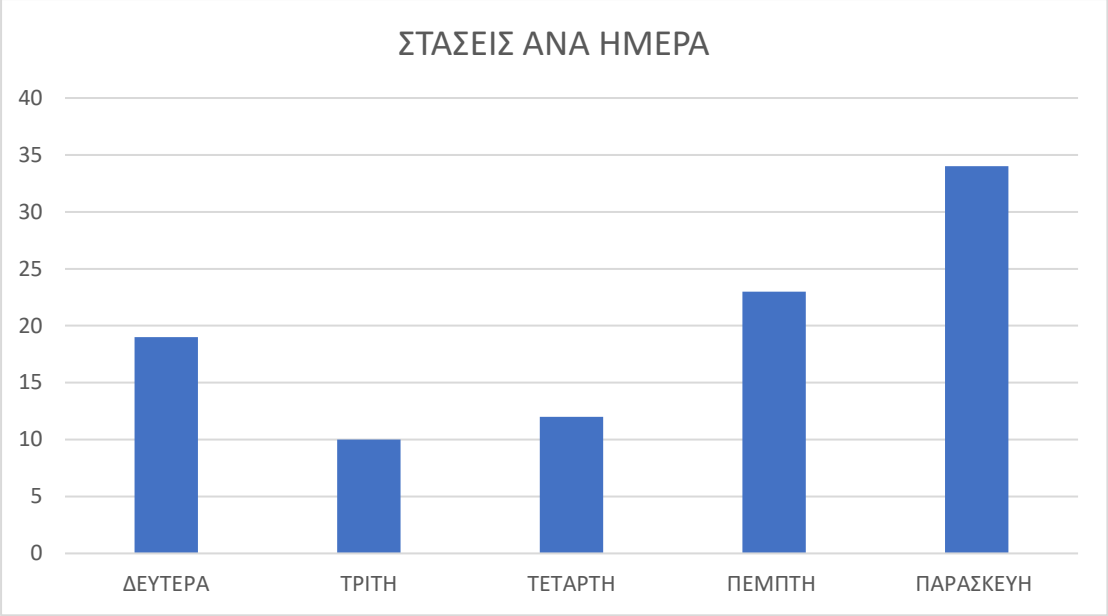
ΕΠΙΘΕΤΙΚΗ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
Συνολικός χρόνος καταγραφής (s)	901	835	799	1165	1219
Συνολικός χρόνος καταγραφής (h)	0,25	0,232	0,222	0,324	0,339
Συνολική απόσταση (km)	5,28	5,37	5,29	5,22	5,23
Μέση ταχύτητα Οδήγησης (km/h)	21,14	23,17	23,84	16,10	15,43
Μέση ταχύτητα κίνησης (km/h)	27,25	28,58	27,77	21,81	22,69
Συνολικός χρόνος σε στάση (s)	203	158	113	304	389
Συνολικός χρόνος σε κίνηση (s)	698	677	686	861	830
Συνολικός αριθμός στάσεων	19	10	12	23	34
Ποσοστό χρόνου σε στάση (%)	22,53	18,92	14,14	26,09	31,91
Ποσοστό χρόνου σε κίνηση (%)	77,47	81,08	85,86	73,91	68,09
Μέση επιτάχυνση (m/s2)	0,64	0,71	0,71	0,64	0,69
Μέση επιβράδυνση (m/s2)	-0,62	-0,67	-0,72	-0,62	-0,63
Μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου(Lt/100km	5,58	5,71	6,48	6,03	5,88

Πίνακας 4: Πίνακας μετρήσεων ανά ημέρα καταγραφής για την επιθετική οδήγηση στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων



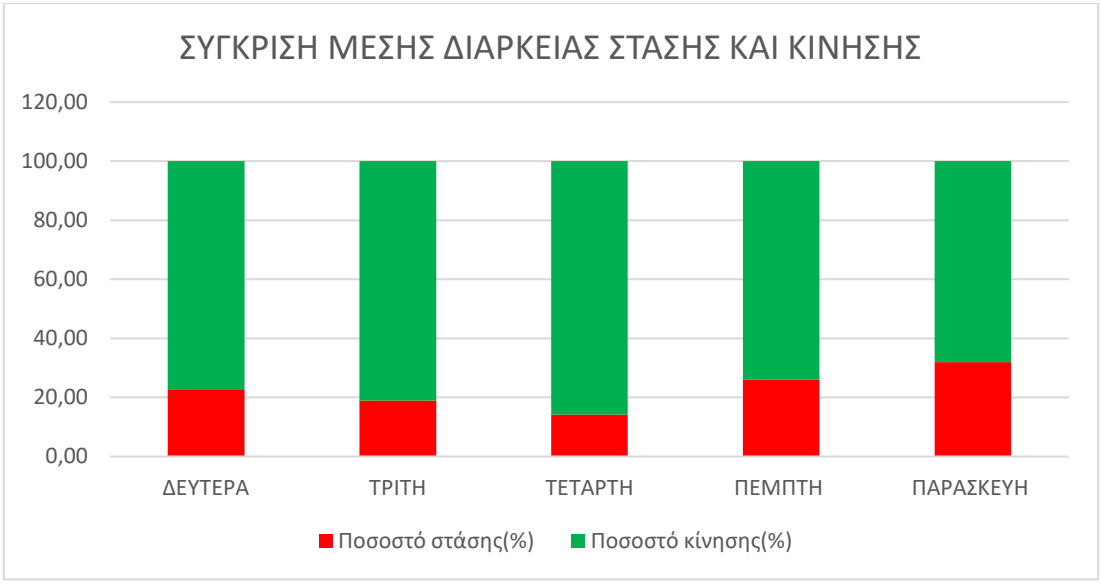
Εικόνα 24: Διάρκεια διαδρομής ανά ημέρα

Το διάγραμμα παρουσιάζει τη διάρκεια της διαδρομής σε δευτερόλεπτα ανά ημέρα της εβδομάδας. Παρατηρείται ότι η Παρασκευή εμφανίζει τη μεγαλύτερη διάρκεια με 1219 δευτερόλεπτα, με παρόμοια διάρκεια την Πέμπτη στα 1165 δευτερόλεπτα, γεγονός που αποδίδεται σε αυξημένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και μεγαλύτερο αριθμό στάσεων. Η μικρότερη διάρκεια εντοπίζεται την Τετάρτη με 799 δευτερόλεπτα. Τα δεδομένα αυτά καταδεικνύουν πως η ημέρα της εβδομάδας επηρεάζει σημαντικά τη συνολική διάρκεια της διαδρομής, λόγω αλλαγών στη ροή της κυκλοφορίας και στις καθημερινές μετακινήσεις του πληθυσμού.



Εικόνα 25: Αριθμός στάσεων ανά ημέρα

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζεται ο αριθμός των στάσεων που πραγματοποιήθηκαν ανά ημέρα. Η Παρασκευή ξεχωρίζει με σημαντικά αυξημένο αριθμό στάσεων (34). Αντίθετα, οι λιγότερες στάσεις καταγράφονται την Τρίτη και την Τετάρτη 10 και 12 αντίστοιχα. Οι διαφορές αυτές υποδηλώνουν ότι η συμπεριφορά οδήγησης ή οι απαιτήσεις της διαδρομής ποικίλλουν σημαντικά εντός της εβδομάδας.



Εικόνα 26: Σύγκριση μέσης διάρκειας στάσης και κίνησης

Αυτό το διάγραμμα συγκρίνει το ποσοστό του χρόνου που αφιερώνεται σε στάση και σε κίνηση ανά ημέρα. Η πλειοψηφία του χρόνου (πάνω από 70%) αναλώνεται σε κίνηση, ενώ το υπόλοιπο κατανέμεται σε στάσεις. Την Παρασκευή παρατηρείται το υψηλότερο ποσοστό στάσης, κάτι που συμβαδίζει με τον αυξημένο αριθμό στάσεων και τη μεγαλύτερη συνολική διάρκεια της

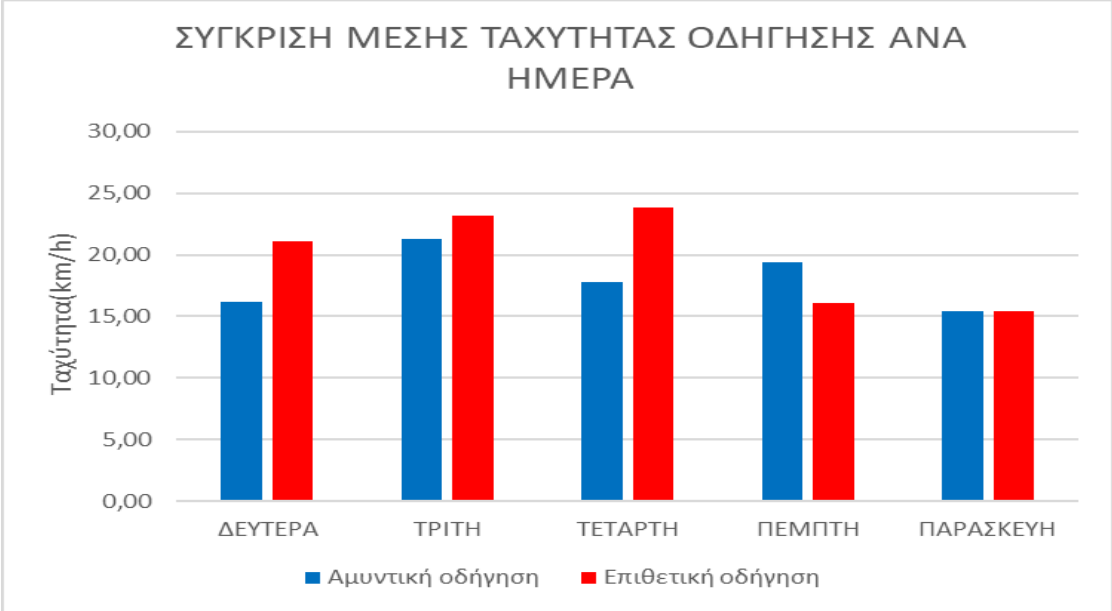
διαδρομής εκείνης της ημέρας. Η Τετάρτη παρουσιάζει το μικρότερο ποσοστό στάσης, δείχνοντας την εικόνα μιας πιο ομαλής και αποδοτικής διαδρομής.



Εικόνα 27: : Σύγκριση μέσης ταχύτητας οδήγησης και κίνησης ανά ημέρα

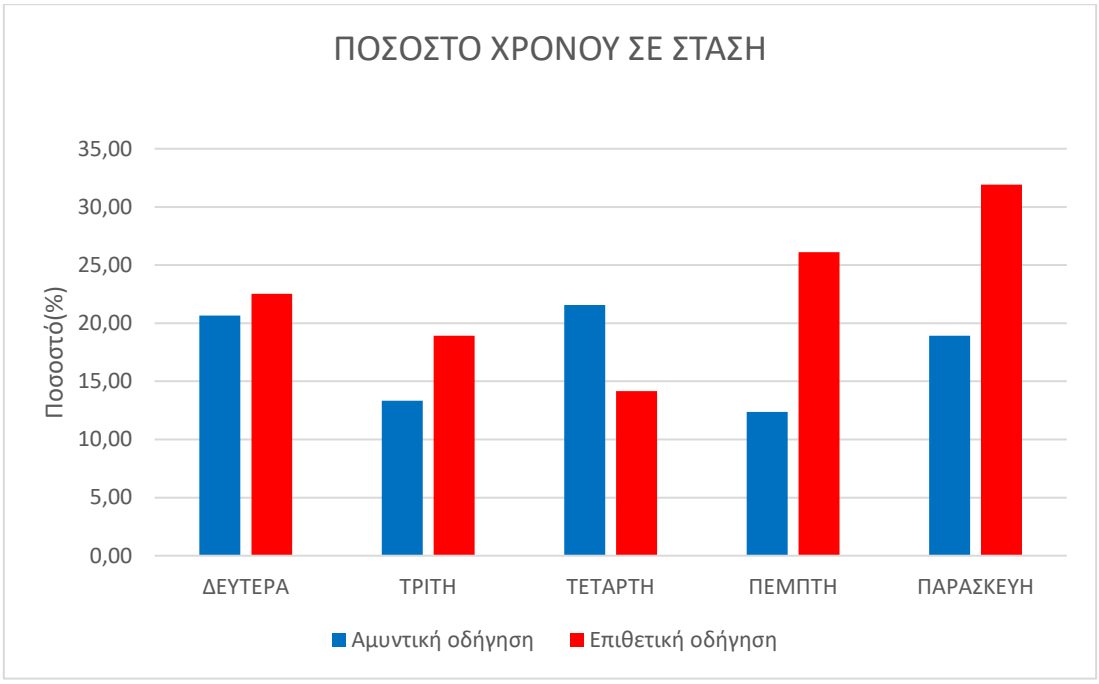
Το συγκεκριμένο διάγραμμα συγκρίνει τη μέση ταχύτητα οδήγησης με τη μέση ταχύτητα κίνησης ανά ημέρα. Σε όλες τις περιπτώσεις, η μέση ταχύτητα κίνησης είναι υψηλότερη, καθώς δεν υπολογίζει τα διαστήματα ακινησίας. Η υψηλότερη τιμή παρατηρείται την Τρίτη με 28,58 km/h για την κίνηση, κάτι που συνδέεται με τις λιγότερες στάσεις και τη μικρή διάρκεια διαδρομής. Αντίθετα, η Παρασκευή εμφανίζει τις χαμηλότερες ταχύτητες, γεγονός που φανερώνει μεγαλύτερη κυκλοφοριακή συμφόρηση και περισσότερες στάσεις.

6.1.3 Σύγκριση και συμπεράσματα για την Λεωφόρο 62 Μαρτύρων



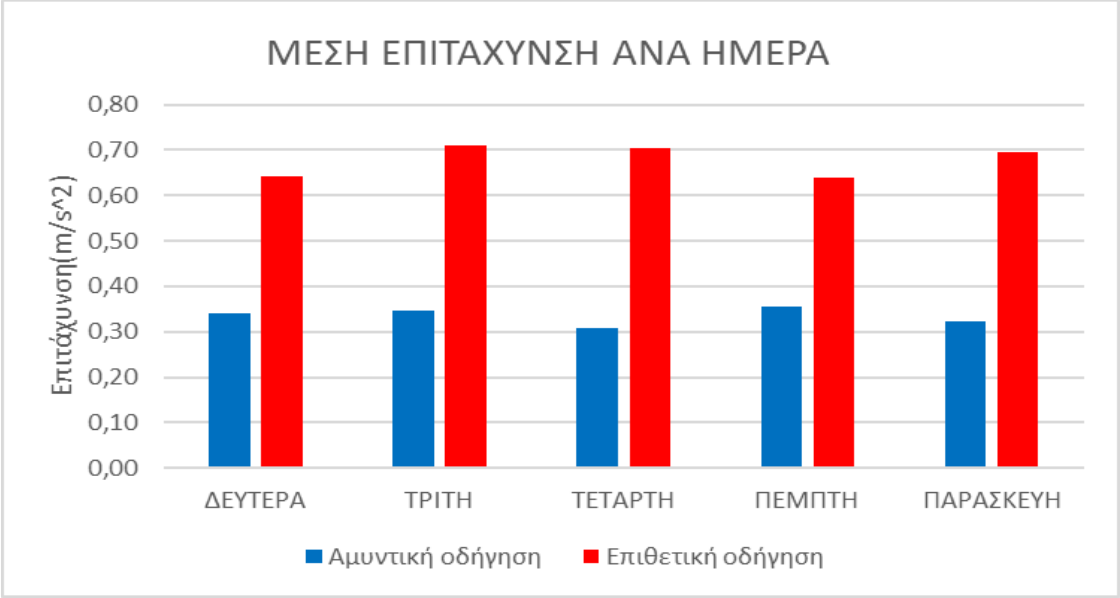
Εικόνα 28 Σύγκριση Μέση Ταχύτητας οδήγησης ανά ημέρα

Το διάγραμμα παρουσιάζει τη μέση ταχύτητα οδήγησης τόσο για αμυντική όσο και για επιθετική οδήγηση κατά τις εργάσιμες ημέρες. Η επιθετική οδήγηση συνοδεύεται από υψηλότερες μέσες ταχύτητες σχεδόν σε όλες τις ημέρες, με κορύφωση την Τετάρτη στα 23,84 km/h, έναντι της αμυντικής, που κυμαίνεται σταθερά γύρω από τα 15-20 km/h. Παρά την φαινομενική υπεροχή της επιθετικής οδήγησης σε ταχύτητα, η ανάλυση των υπολοίπων παραμέτρων καταδεικνύει πως η αύξηση αυτή δεν μεταφράζεται απαραίτητα σε πιο αποδοτική μετακίνηση.



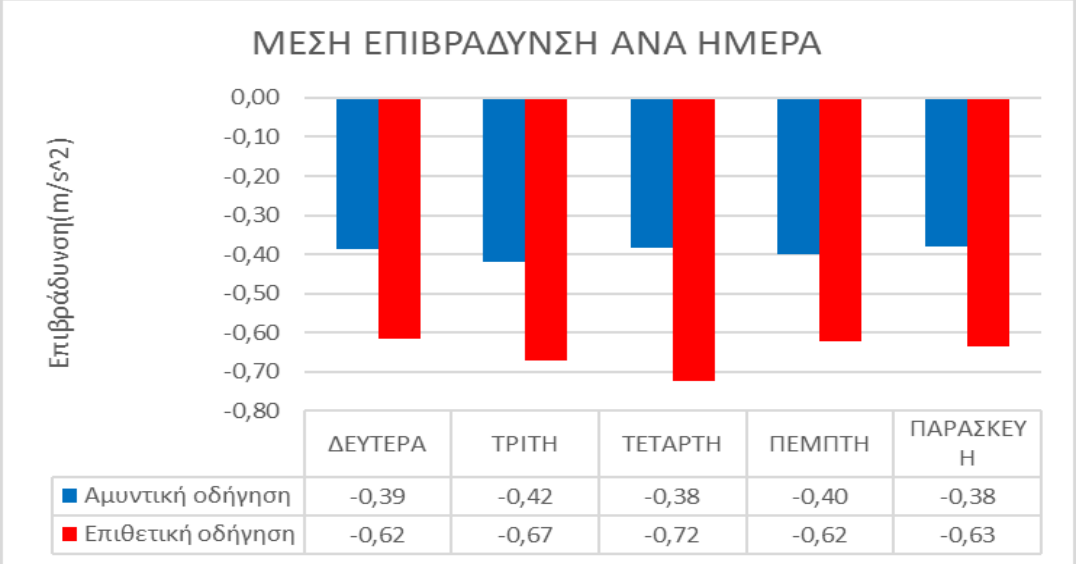
Εικόνα 29: Ποσοστό χρόνου σε στάση για αμυντική και επιθετική οδήγηση

Το διάγραμμα αποτυπώνει το ποσοστό του συνολικού χρόνου διαδρομής που αναλώνεται σε στάση. Η επιθετική οδήγηση εμφανίζει αισθητά υψηλότερα ποσοστά στάσης σε όλες τις ημέρες, με μέγιστη τιμή την Παρασκευή (περίπου 32%). Αντιθέτως, η αμυντική οδήγηση διατηρεί το ποσοστό στάσης σε χαμηλότερα επίπεδα (10-20%). Η αυξημένη παρουσία στάσεων στις επιθετικές διαδρομές υποδηλώνει ότι, παρά τη μεγαλύτερη μέση ταχύτητα, η επιθετική οδήγηση διακόπτεται συχνότερα, οδηγώντας σε μεγαλύτερες καθυστερήσεις.



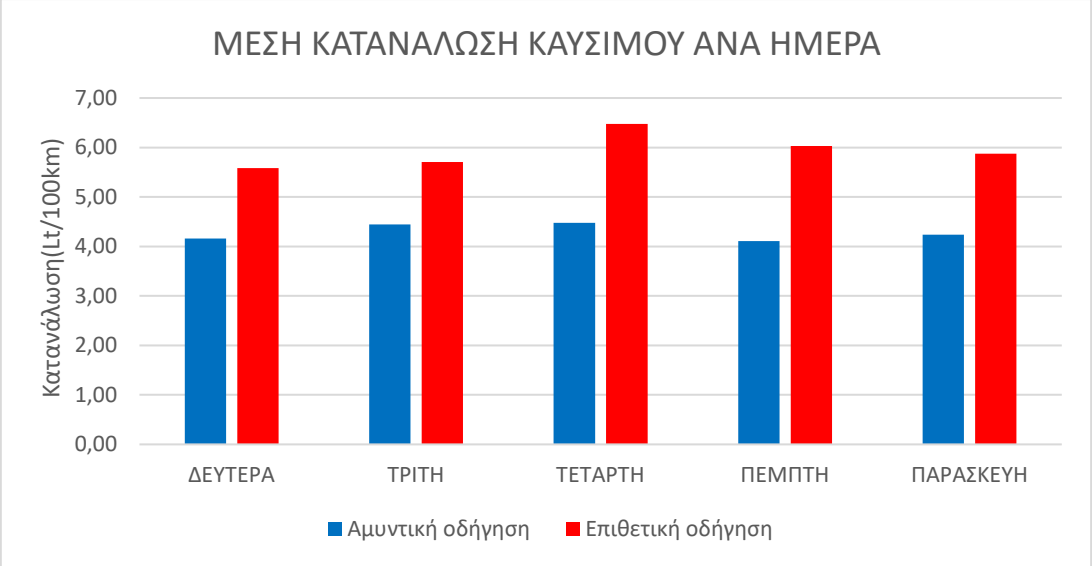
Εικόνα 30: Σύγκριση Μέσης επιτάχυνσης ανά ημέρα

Εδώ βλέπουμε την σύγκριση στις μέσες επιταχύνσεις. Φανερά υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στην επιθετική οδήγηση (έως και 0,70 m/s²), έναντι σημαντικά χαμηλότερων τιμών στην αμυντική (περίπου 0,35 m/s²). Οι απότομες και συχνές επιταχύνσεις που χαρακτηρίζουν την επιθετική οδήγηση ενισχύουν την αστάθεια της κίνησης, αυξάνουν την κατανάλωση καυσίμου και επιβαρύνουν το μηχανικό σύστημα του οχήματος.



Εικόνα 31: Σύγκριση Μέσης επιβράδυνσης ανά ημέρα

Η επιθετική οδήγηση παρουσιάζει και εδώ υψηλότερες τιμές (αρνητικής) επιβράδυνσης, φτάνοντας μέχρι και -0,72 m/s², ενώ η αμυντική διατηρεί σταθερές, πιο ήπιες επιβραδύνσεις μεταξύ -0,38 και -0,42 m/s². Οι έντονες επιβραδύνσεις συνδέονται με φρεναρίσματα τελευταίας στιγμής, απότομες αλλαγές πορείας και απώλεια της ομαλότητας οδήγησης. Αντίθετα, η ήπια επιβράδυνση στην αμυντική οδήγηση αντικατοπτρίζει πρόβλεψη και ασφάλεια.



Εικόνα 32: Σύγκριση κατανάλωσης καυσίμου σε λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα

Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα πως η επιθετική οδήγηση καταναλώνει σταθερά περισσότερο καύσιμο σε όλες τις ημέρες (μέσος όρος περίπου 5,5-6,5 L/100km), σε σύγκριση με την αμυντική (4-4,5 L/100km). Η διαφορά αυτή οφείλεται στις συνεχείς επιταχύνσεις, φρεναρίσματα και την απώλεια κινητικής ενέργειας, στοιχεία που εντείνουν την ενεργειακή αναποτελεσματικότητα του επιθετικού τρόπου οδήγησης.

Τα δεδομένα των διαγραμμάτων δείχνουν ξεκάθαρα ότι ο επιθετικός τρόπος οδήγησης δεν προσφέρει συνολική βελτίωση στην αποτελεσματικότητα της μετακίνησης. Αντιθέτως παρουσιάζει μεγαλύτερα ποσοστά στάσης, κάτι που αναιρεί τα οφέλη της ταχύτητας. Χαρακτηρίζεται από υψηλότερες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, που επιβαρύνουν τόσο το όχημα όσο και την κυκλοφορία. Οδηγεί σε σημαντικά αυξημένη κατανάλωση καυσίμου, με οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες. Δημιουργεί πιο ασταθή και απρόβλεπτη ροή κίνησης, αυξάνοντας τον κίνδυνο ατυχημάτων.

Ενώ η αμυντική οδήγηση Διατηρεί χαμηλότερες αλλά σταθερές ταχύτητες, προσφέροντας ομαλότητα στη μετακίνηση. Περιορίζει το ποσοστό στάσης και μειώνει την καταπόνηση του οχήματος. Οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου, ενισχύοντας την ενεργειακή αποδοτικότητα. Προάγει τη συνοχή της κυκλοφορίας και συμβάλλει στη βελτίωση της αστικής κινητικότητας.

6.1.4 Αμυντικός τρόπος οδήγησης Εθνική οδός Β.Ο.Α.Κ.

Η αμυντική οδήγηση σε υπεραστική περιοχή στοχεύει σε ένα προληπτικό και υπεύθυνο τρόπο οδήγησης με στόχο την ομαλή ροή και την πρόληψη ατυχημάτων κάτω από διαφορετικές και συχνά απρόβλεπτες συνθήκες εκτός πόλης.

Στις μετρήσεις που έγιναν κύριος στόχος ήταν να μην αυξάνεται η ταχύτητα έντονα δηλαδή όχι απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις πιέζοντας ομαλά το πεντάλ του γκαζιού και του φρένου τηρώντας το όριο ταχύτητας των 120-130

km/h με προσπεράσεις μόνο όταν είναι απολύτως ασφαλής, με πλήρη ορατότητα και αυξημένη απόσταση από προπορευόμενα οχήματα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία από τους υπολογισμούς των μετρήσεων από όπου προέκυψαν και τα διαγράμματα των μετρήσεων.

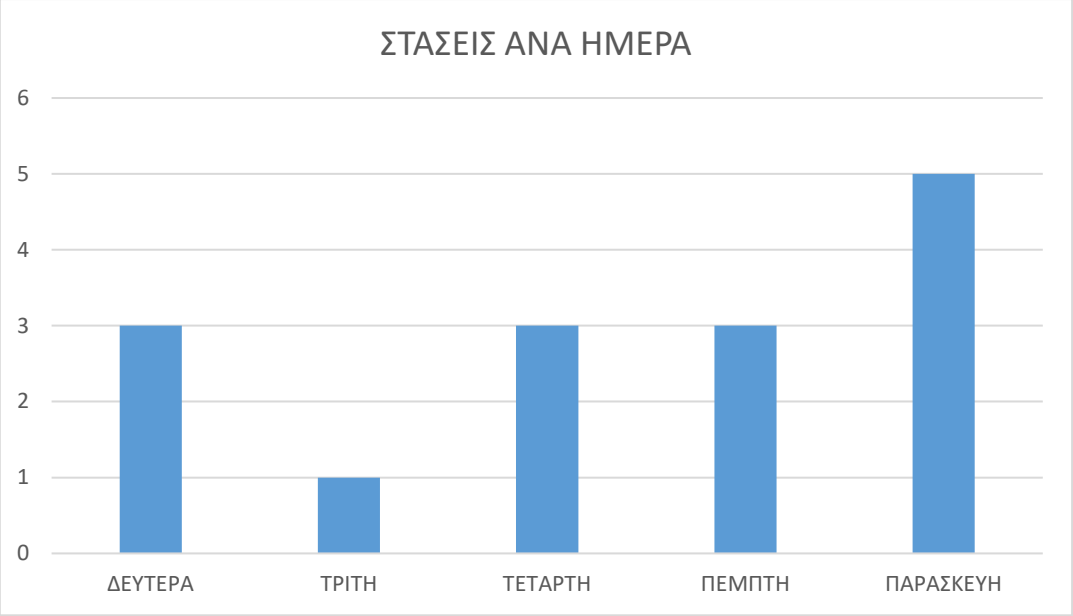
ΑΜΥΝΤΙΚΗ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
Συνολικός χρόνος καταγραφής (s)	811	725	765	819	905
Συνολικός χρόνος καταγραφής (h)	0,225	0,201	0,213	0,228	0,251
Συνολική απόσταση (km)	11,98	12,12	12,20	10,85	12,14
Μέση ταχύτητα Οδήγησης (km/h)	53,25	60,31	57,29	47,60	48,37
Μέση ταχύτητα κίνησης (km/h)	60,41	60,61	61,19	57,11	54,29
Συνολικός χρόνος σε στάση (s)	97	5	47	135	100
Συνολικός χρόνος σε κίνηση (s)	714	720	718	684	805
Συνολικός αριθμός στάσεων	3	1	3	3	5
Ποσοστό χρόνου σε στάση (%)	11,96	0,69	6,14	16,48	11,05
Ποσοστό χρόνου σε κίνηση (%)	88,04	99,31	93,86	83,52	88,95
Μέση επιτάχυνση (m/s2)	0,22	0,26	0,30	0,25	0,28
Μέση επιβράδυνση (m/s2)	-0,31	-0,31	-0,34	-0,30	-0,38
Μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου(Lt/100km)	2,94	2,76	2,76	3,77	3,52

Πίνακας 5: Πίνακας μετρήσεων ανά ημέρα καταγραφής για την αμυντική οδήγηση στην Εθνική οδό Β.Ο.Α.Κ.



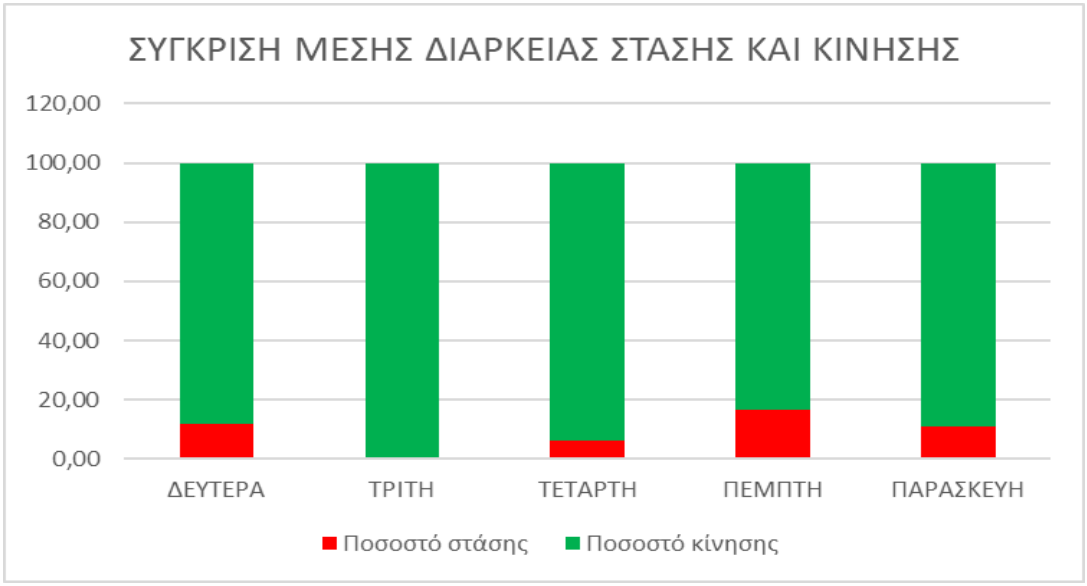
Εικόνα 33: Διάρκεια διαδρομής ανά ημέρα

Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τη συνολική διάρκεια διαδρομής (σε δευτερόλεπτα) για κάθε εργάσιμη ημέρα της εβδομάδας. Παρατηρείται ότι η Παρασκευή καταγράφει τη μεγαλύτερη διάρκεια διαδρομής (905s), γεγονός που ενδέχεται να οφείλεται σε αυξημένη κυκλοφοριακή κίνηση ή σε μεγαλύτερο αριθμό στάσεων. Η Τρίτη παρουσιάζει τη μικρότερη διάρκεια (725s), ενώ οι υπόλοιπες ημέρες κυμαίνονται ενδιάμεσα (750–820s). Η μεταβλητότητα αυτή υποδηλώνει διαφορές στις συνθήκες οδήγησης και ενδεχομένως στη φύση της διαδρομής ανά ημέρα.



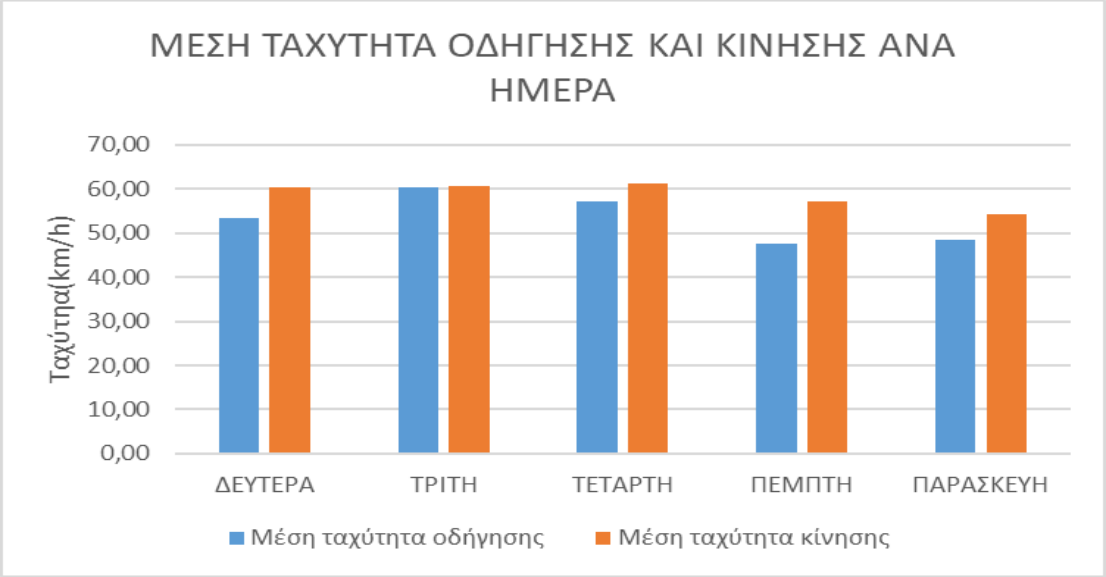
Εικόνα 34: Συνολικός αριθμός στάσεων ανά ημέρα

Το διάγραμμα απεικονίζει τον αριθμό των στάσεων που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε ημέρα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η Παρασκευή, όπου καταγράφονται πέντε στάσεις, αριθμός που ξεπερνά αισθητά τις υπόλοιπες ημέρες. Η Τρίτη καταγράφει μόλις μία στάση, γεγονός που συνδέεται άμεσα με τη μικρή διάρκεια διαδρομής που παρατηρείται την ίδια ημέρα.



Εικόνα 35: Σύγκριση μέσης διάρκειας στάσης και κίνησης

Εδώ παρουσιάζεται αναλογικά το ποσοστό του χρόνου που δαπανάται σε στάση και σε κίνηση για κάθε ημέρα. Το ποσοστό κίνησης υπερβαίνει το 85% σε όλες τις ημέρες, επιβεβαιώνοντας ότι το μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής πραγματοποιείται εν κινήσει. Ωστόσο, η Πέμπτη εμφανίζει αυξημένο ποσοστό στάσης (περίπου 16,5%), σε αντίθεση με την Τρίτη, όπου το ποσοστό στάσης είναι περιορισμένο. Το διάγραμμα αυτό ενισχύει τη σύνδεση μεταξύ αριθμού στάσεων και συνολικής διάρκειας διαδρομής.



Εικόνα 36: Σύγκριση μέσης ταχύτητας οδήγησης και κίνησης ανά ημέρα

Το τέταρτο διάγραμμα συγκρίνει τη μέση ταχύτητα οδήγησης και τη μέση ταχύτητα κίνησης για κάθε ημέρα. Η Τρίτη καταγράφει τις υψηλότερες τιμές και στις δύο κατηγορίες (60+ km/h), γεγονός που αντανακλά τη χαμηλή συμφόρηση και την ομαλή ροή κυκλοφορίας. Η Παρασκευή παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές, γεγονός που επιβεβαιώνει την επιβαρυμένη κυκλοφοριακά εικόνα της ημέρας αυτής. Η διαφορά ανάμεσα στη μέση ταχύτητα οδήγησης και κίνησης σε κάθε ημέρα υποδηλώνει τον βαθμό επιρροής των στάσεων στη συνολική ροή της διαδρομής.

6.1.5 Επιθετικός τρόπος οδήγησης Εθνική οδός Β.Ο.Α.Κ.

Η επιθετική οδήγηση σε υπεραστική περιοχή επικεντρώνεται κυρίως στις υψηλές ταχύτητες οδήγησης, στις προσπεράσεις και στους ελιγμούς.

Στις μετρήσεις που έγιναν κύριος στόχος ήταν η έντονη αύξηση της ταχύτητας με πιο απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις ενώ γινόντουσαν και πιο συχνές προσπεράσεις.

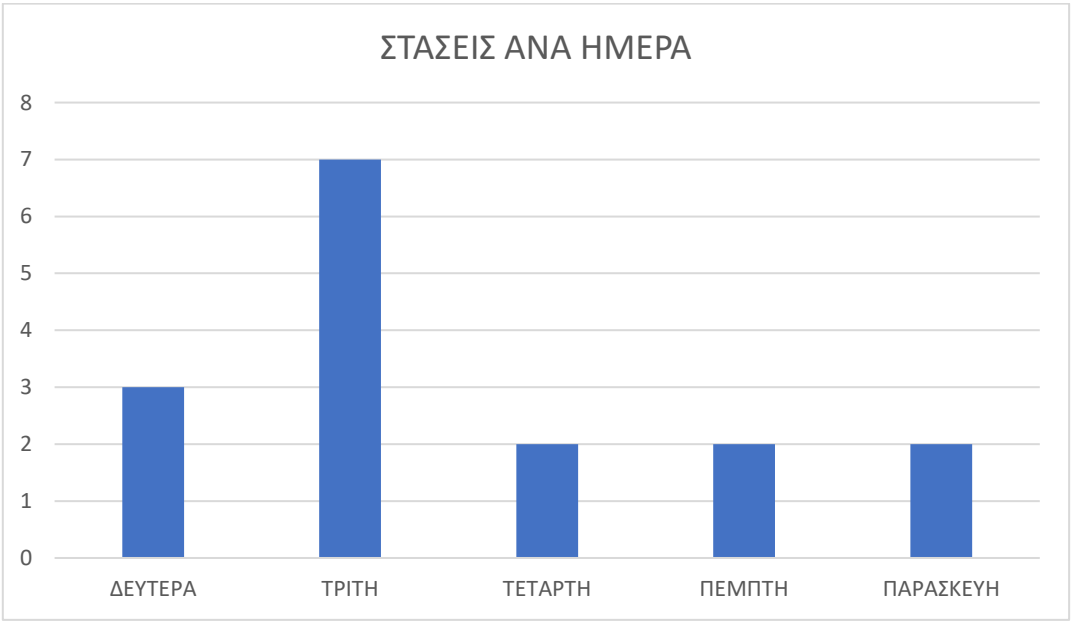
ΕΠΙΘΕΤΙΚΗ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
Συνολικός χρόνος καταγραφής (s)	696	644	587	611	585
Συνολικός χρόνος καταγραφής (h)	0,193	0,179	0,163	0,17	0,162
Συνολική απόσταση (km)	12,00	11,88	11,24	11,99	12,11
Μέση ταχύτητα Οδήγησης (km/h)	62,19	66,39	68,93	70,56	74,73
Μέση ταχύτητα κίνησης (km/h)	71,07	78,07	73,01	79,09	84,62
Συνολικός χρόνος σε στάση (s)	88	96	33	65	70
Συνολικός χρόνος σε κίνηση (s)	608	548	554	546	515
Συνολικός αριθμός στάσεων	3	7	2	2	2
Ποσοστό χρόνου σε στάση (%)	12,64	14,91	5,62	10,64	11,97
Ποσοστό χρόνου σε κίνηση (%)	87,36	85,09	94,38	89,36	88,03
Μέση επιτάχυνση (m/s2)	0,40	0,48	0,50	0,44	0,43
Μέση επιβράδυνση (m/s2)	-0,49	-0,64	-0,54	-0,48	-0,53
Μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου(Lt/100km)	5,07	4,98	4,28	5,41	5,32

Πίνακας 6: Πίνακας μετρήσεων ανά ημέρα καταγραφής για την επιθετική οδήγηση στην Εθνική οδό Β.Ο.Α.Κ.



Εικόνα 37: Διάρκεια διαδρομής ανά ημέρα

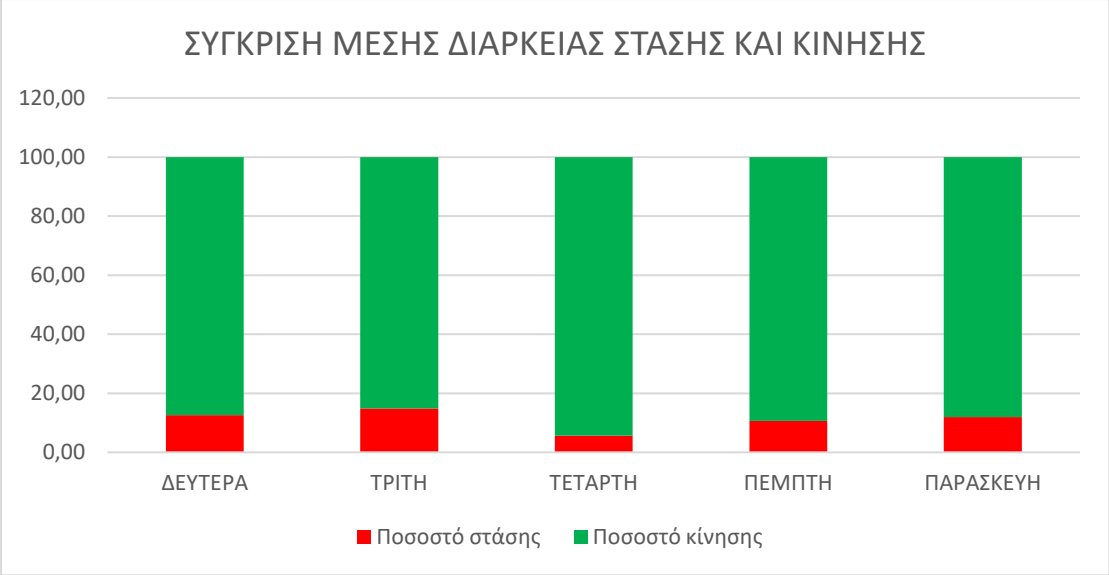
Το διάγραμμα απεικονίζει τη διάρκεια της διαδρομής (σε δευτερόλεπτα) για κάθε εργάσιμη ημέρα. Παρατηρείται ότι η Δευτέρα καταγράφει τη μεγαλύτερη διάρκεια (696s), ενώ η Παρασκευή και η Τετάρτη εμφανίζουν τη μικρότερη (με 587s και 585s αντίστοιχα). Η Τρίτη επίσης ξεχωρίζει με αυξημένη διάρκεια (644s), γεγονός που πιθανώς συνδέεται με τον μεγαλύτερο αριθμό στάσεων που καταγράφηκαν εκείνη την ημέρα. Συμπερασματικά, η διάρκεια της διαδρομής φαίνεται να επηρεάζεται τόσο από την κυκλοφορία όσο και από τις στάσεις που προκύπτουν κατά τη διαδρομή.



Εικόνα 38: Συνολικός αριθμός στάσεων ανά ημέρα

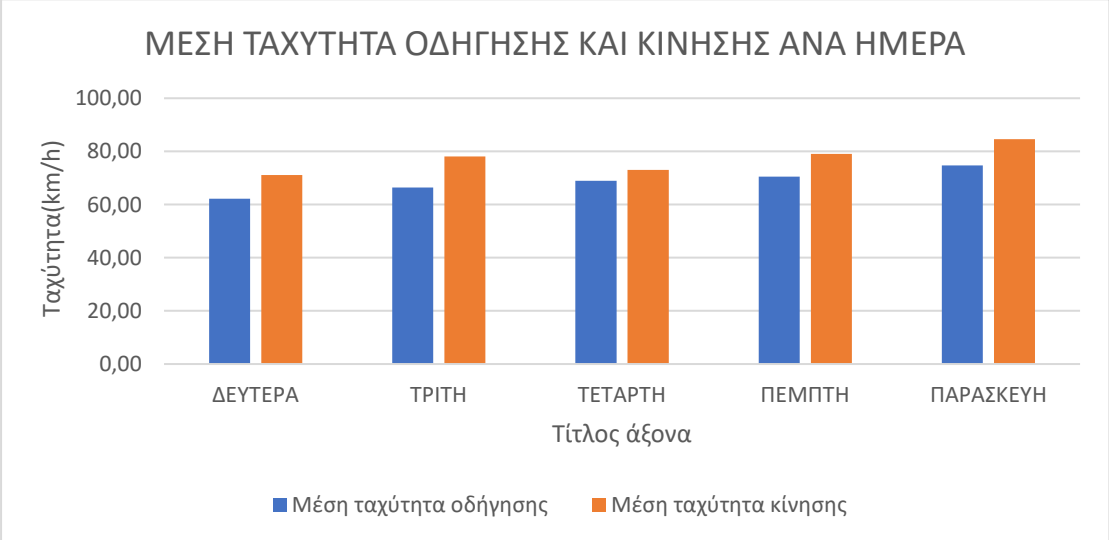
Το δεύτερο διάγραμμα παρουσιάζει τον αριθμό στάσεων που σημειώθηκαν καθημερινά. Η Τρίτη εμφανίζει σαφώς τις περισσότερες στάσεις (7), υπερδιπλάσιες από κάθε άλλη ημέρα. Οι υπόλοιπες ημέρες παρουσιάζουν

σταθερότητα με 2–3 στάσεις. Ο υψηλός αριθμός στάσεων την Τρίτη επηρεάζει άμεσα τη διάρκεια της διαδρομής, επιβεβαιώνοντας τη συσχέτιση μεταξύ διακοπών στην οδήγηση και συνολικού χρόνου μετακίνησης. Παράλληλα, η συνέπεια των υπόλοιπων ημερών υποδηλώνει σταθερότερη κυκλοφοριακή ροή.



Εικόνα 39: Σύγκριση μέσης διάρκειας στάσης και κίνησης

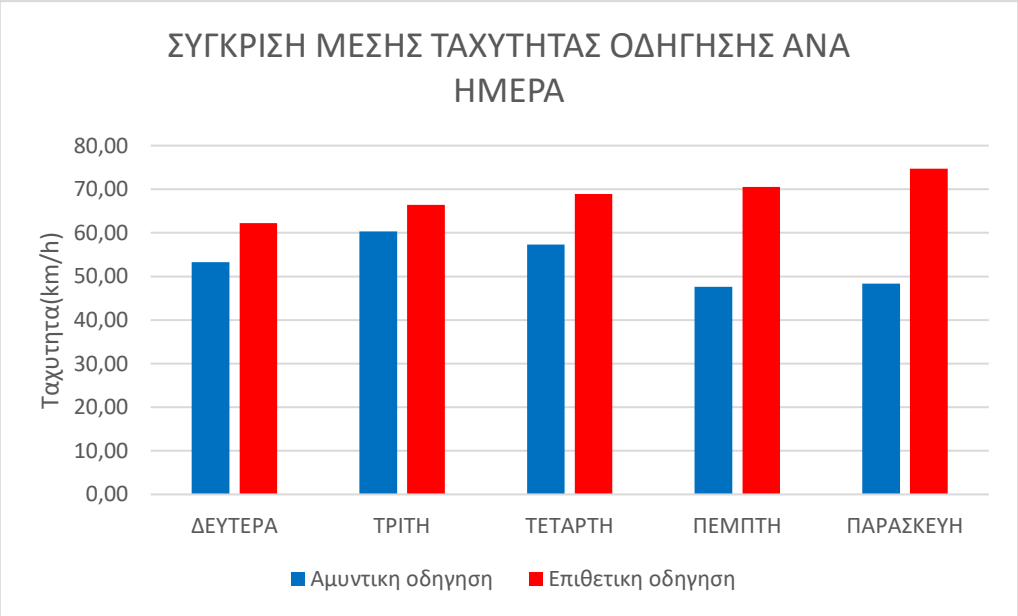
Στο συγκεκριμένο διάγραμμα γίνεται η σύγκριση στα ποσοστά του συνολικού χρόνου που αφιερώνονται σε στάση (κόκκινο) και σε κίνηση (πράσινο). Σε όλες τις ημέρες, το ποσοστό κίνησης υπερβαίνει το 90%, με τις στάσεις να αντιστοιχούν μόλις στο 5–10% του χρόνου. Αν και οι διαφορές ανά ημέρα είναι μικρές, η Τρίτη παρουσιάζει ελαφρώς αυξημένο ποσοστό στάσης, το οποίο συμβαδίζει με τον αυξημένο αριθμό στάσεων και την ελαφρώς μεγαλύτερη συνολική διάρκεια διαδρομής εκείνης της ημέρας. Το διάγραμμα επιβεβαιώνει ότι ακόμα και μικρή αύξηση στον χρόνο στάσης μπορεί να επηρεάσει τη συνολική αποδοτικότητα.



Εικόνα 40: Σύγκριση μέσης ταχύτητας οδήγησης και κίνησης ανά ημέρα

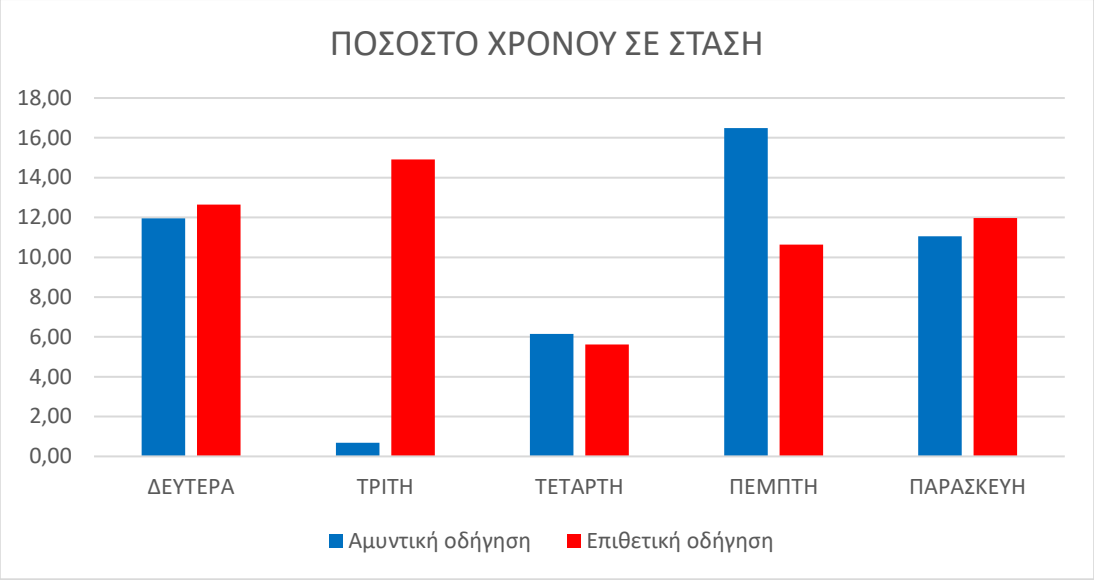
Το τελευταίο διάγραμμα παρουσιάζει τη μέση ταχύτητα οδήγησης και κίνησης σε km/h ανά ημέρα. Η Παρασκευή καταγράφει την υψηλότερη μέση ταχύτητα (πάνω από 80 km/h). Αντιθέτως, η Δευτέρα εμφανίζει τις χαμηλότερες τιμές, κάτι που συμφωνεί με τη μεγαλύτερη διάρκεια της διαδρομής εκείνης της ημέρας. Επίσης, παρατηρείται σταθερή υπεροχή της μέσης ταχύτητας κίνησης έναντι της μέσης ταχύτητας οδήγησης, επισημαίνοντας ότι μικρές παύσεις και στάσεις επιδρούν στη συνολική ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται η διαδρομή.

6.1.6 Σύγκριση και συμπεράσματα για την Εθνική οδό Β.Ο.Α.Κ.



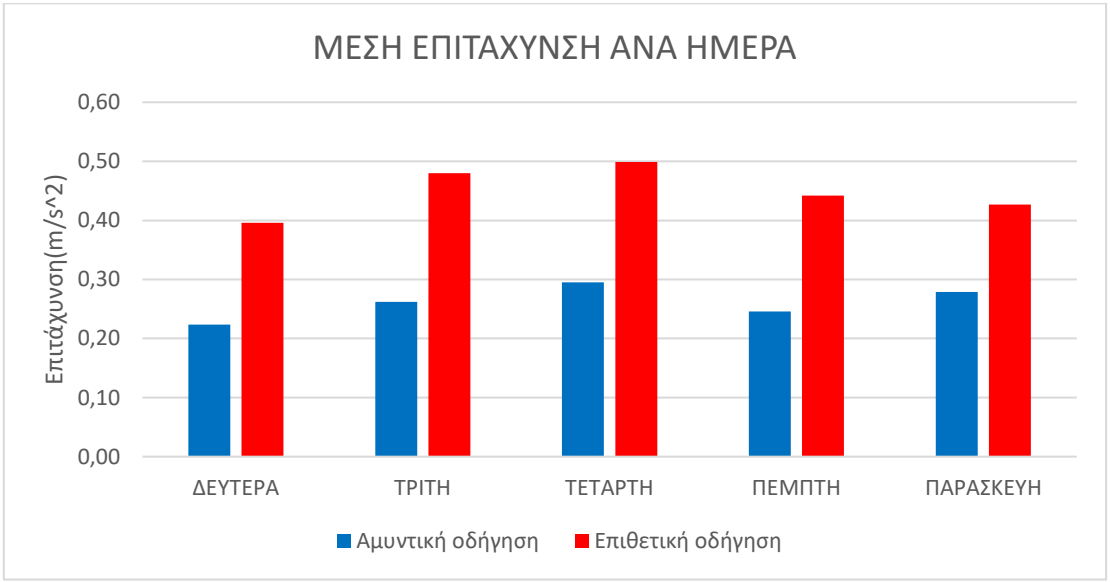
Εικόνα 41: Σύγκριση Μέση Ταχύτητας οδήγησης ανά ημέρα

Το διάγραμμα παρουσιάζει τη μέση ταχύτητα οδήγησης για τους δύο τρόπους οδήγησης. Η επιθετική οδήγηση εμφανίζει υψηλότερες ταχύτητες σε όλες τις ημέρες, φτάνοντας και ξεπερνώντας τα 75 km/h, σε αντίθεση με την αμυντική, που διατηρείται μεταξύ 40-60 km/h. Παρόλο που η επιθετική οδήγηση φαίνεται να προσφέρει ταχύτερη μετακίνηση, η υψηλή ταχύτητα συνοδεύεται από μεγαλύτερο ρίσκο και αστάθεια, ιδίως σε υπεραστικές περιοχές όπου οι συνθήκες μπορεί να αλλάζουν απρόβλεπτα.



Εικόνα 42: Ποσοστό χρόνου σε στάση για αμυντική και επιθετική οδήγηση

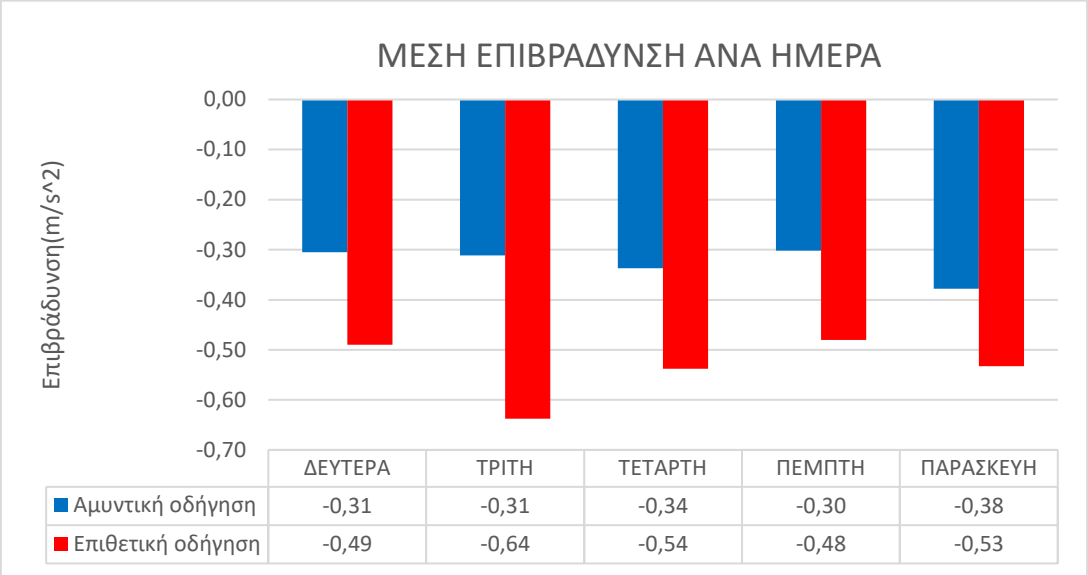
Το διάγραμμα παρουσιάζει το ποσοστό του συνολικού χρόνου διαδρομής που δαπανάται σε στάση. Οι διαφορές μεταξύ αμυντικής και επιθετικής οδήγησης δεν είναι σταθερές και ποικίλλουν ανά ημέρα. Παρατηρείται ότι σε κάποιες περιπτώσεις, όπως η Πέμπτη, η αμυντική οδήγηση οδηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό στάσης, ενδεχομένως λόγω πιο συντηρητικής προσέγγισης ενώ την Τρίτη το ποσοστό χρόνου σε στάση είναι ελάχιστο. Ωστόσο, στις περισσότερες ημέρες τα ποσοστά είναι συγκρίσιμα, γεγονός που αναδεικνύει ότι οι στάσεις επηρεάζονται περισσότερο από τις κυκλοφοριακές συνθήκες και όχι αποκλειστικά από τον τρόπο οδήγησης.



Εικόνα 43: Σύγκριση Μέσης επιτάχυνσης ανά ημέρα

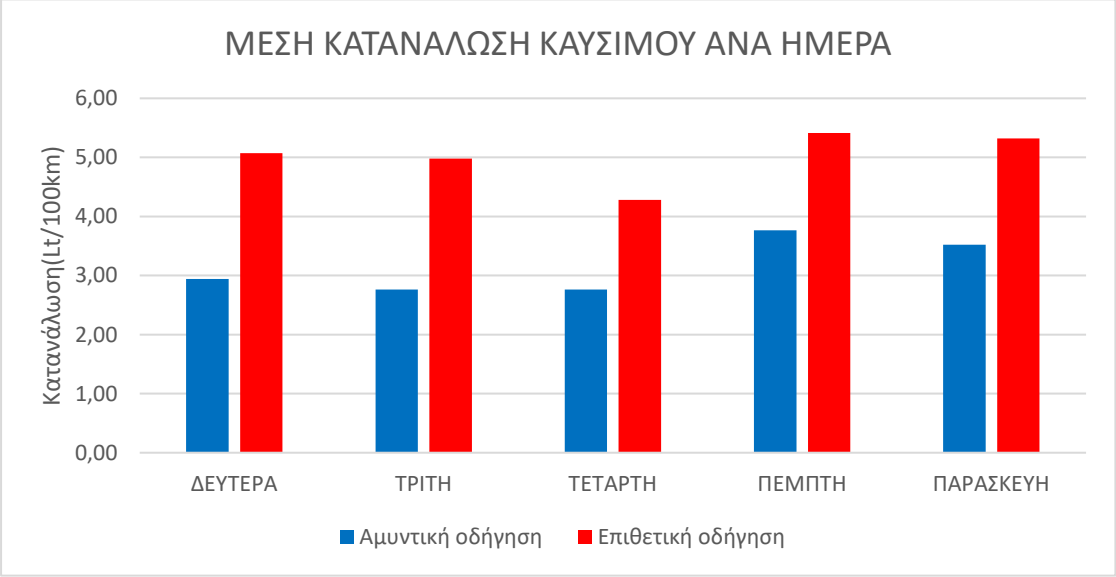
Το διάγραμμα αυτό αναδεικνύει σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στα δύο στυλ οδήγησης. Η επιθετική οδήγηση παρουσιάζει σταθερά υψηλότερες μέσες επιταχύνσεις (έως και 0,5 m/s²), έναντι των χαμηλότερων επιταχύνσεων στην αμυντική οδήγηση (0,20–0,30 m/s²). Οι μεγάλες επιταχύνσεις υποδηλώνουν

συχνές και απότομες αλλαγές ταχύτητας, που αυξάνουν την κατανάλωση, επιβαρύνουν το όχημα και ενδέχεται να αυξήσουν την πιθανότητα τροχαίου ατυχήματος.



Εικόνα 44: Σύγκριση Μέσης επιβράδυνσης ανά ημέρα

Το διάγραμμα αποτυπώνει τη μέση επιβράδυνση (σε αρνητικά m/s²). Η επιθετική οδήγηση χαρακτηρίζεται από εντονότερες και πιο απότομες επιβραδύνσεις (έως -0,64 m/s²), ενώ η αμυντική οδήγηση διατηρεί ηπιότερες τιμές (-0,30 έως -0,38 m/s²). Η επιθετική συμπεριφορά, με αιφνίδια φρεναρίσματα, αυξάνει τον κίνδυνο οπίσθιων συγκρούσεων, δημιουργεί ανασφάλεια στην κυκλοφορία και καθιστά την κίνηση λιγότερο σταθερή και προβλέψιμη.



Εικόνα 45: Σύγκριση κατανάλωσης καυσίμου σε λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα

Το διάγραμμα αυτό αποτυπώνει τη μέση κατανάλωση καυσίμου (σε L/100 km) για αμυντική και επιθετική οδήγηση κατά τις εργάσιμες ημέρες. Η επιθετική

οδήγηση συνοδεύεται από συστηματικά αυξημένη κατανάλωση, που σε κάποιες περιπτώσεις υπερβαίνει τα 5 L/100 km. Αντίθετα, η αμυντική οδήγηση παραμένει πιο οικονομική, κυμαινόμενη μεταξύ 2,7 και 3,8 L/100 km. Η διαφορά αυτή αντανακλά τις συχνές επιταχύνσεις, φρεναρίσματα και τη γενικότερη αστάθεια της επιθετικής συμπεριφοράς, που εντείνει την κατανάλωση καυσίμου.

Συνοψίζοντας με βάση τα 5 παραπάνω διαγράμματα φαίνεται πως παρότι η επιθετική οδήγηση εμφανίζει υψηλότερες μέσες ταχύτητες οδήγησης σε όλες τις ημέρες, το συγκριτικό πλεονέκτημα αυτό αναιρείται λόγω του ότι η κατανάλωση καυσίμου είναι αισθητά αυξημένη, γεγονός που οφείλεται σε συχνές και έντονες επιταχύνσεις, όπως αποδεικνύεται από τα σχετικά διαγράμματα επιτάχυνσης. Παράλληλα, η επιβράδυνση στην επιθετική οδήγηση είναι σημαντικά πιο απότομη, υποδηλώνοντας απώλεια προβλεψιμότητας και ροής, και αυξάνοντας τον κίνδυνο τροχαίων συγκρούσεων. Το ποσοστό του χρόνου σε στάση δεν εμφανίζει ξεκάθαρο πλεονέκτημα υπέρ της επιθετικής συμπεριφοράς· αντιθέτως, σε κάποιες ημέρες είναι ακόμη και υψηλότερο, ακυρώνοντας το επιχείρημα ότι η επιθετική οδήγηση εξοικονομεί χρόνο.

Αντιθέτως, η αμυντική οδήγηση, παρόλο που πραγματοποιείται με χαμηλότερες μέσες ταχύτητες, αποδεικνύεται ενεργειακά πιο αποδοτική, ομαλότερη, και σαφώς ασφαλέστερη. Οι ήπιες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, σε συνδυασμό με τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου, την καθιστούν τη βιώσιμη και υπεύθυνη επιλογή, ιδιαίτερα σε δρομολόγια μεγάλων αποστάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είχε στόχο τη συγκριτική αξιολόγηση δύο διαφορετικών τρόπων οδήγησης – της αμυντικής και της επιθετικής – σε δύο βασικές διαδρομές του Ηρακλείου, μία αστική (Λεωφόρος 62 Μαρτύρων) και μία υπεραστική (Εθνική Οδός Β.Ο.Α.Κ.), με τη χρήση πετρελαιοκίνητου οχήματος και τη συνδρομή διαγνωστικής τεχνολογίας (OBD II και εφαρμογή Torque).

Από την ανάλυση των μετρήσεων και των αποτελεσμάτων προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του τρόπου οδήγησης στην κατανάλωση καυσίμου, τη ροή της κυκλοφορίας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η αμυντική οδήγηση αποδείχθηκε συνολικά πιο αποδοτική, καθώς οδήγησε σταθερά σε χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και στις δύο διαδρομές(2,7–4,5 L/100 km). Επίσης η αμυντική οδήγηση, ως πιο οικονομική και σταθερή, περιορίζει τις αχρείαστες καύσεις και συνεπώς τις εκπομπές ρύπων, διατήρησε ομαλότερη και πιο σταθερή ροή κίνησης που βοηθά στην ασφάλεια της

μετακίνησης, με λιγότερες διακοπές, λιγότερες και ηπιότερες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, αλλά και χαμηλότερα ποσοστά χρόνου σε στάση.

Αντίθετα η επιθετική οδήγηση κατέγραψε υψηλές τιμές κατανάλωσης καυσίμου, που έφτασαν από 5,5 έως και 6,5 L/100km, εξαιτίας των συχνών και έντονων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων, που ήταν κατά μέσο όρο διπλάσιες σε σχέση με την αμυντική οδήγηση, γεγονός που επιβαρύνει και μηχανικά το όχημα, αυξάνει τη φθορά φρένων και ελαστικών και δυσχεραίνει την ασφάλεια.

Η υψηλότερη κατανάλωση στην επιθετική οδήγηση συνεπάγεται και αυξημένες εκπομπές CO_2 και NOx, με αρνητικές επιπτώσεις για την ατμόσφαιρα και τη δημόσια υγεία. Επίσης ενώ η επιθετική οδήγηση έτεινε να πετυχαίνει υψηλότερες μέσες ταχύτητες, συνοδευόταν από περισσότερες στάσεις και μεγαλύτερα ποσοστά ακινησίας, που τελικά αναιρούν το πλεονέκτημα ταχύτητας.

Τέλος φαίνεται πως η επιθετική οδήγηση με απότομα φρεναρίσματα και προσπεράσεις, αυξάνει τον κίνδυνο ατυχημάτων, ιδίως σε αστικό περιβάλλον.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι διαφορές αυτές είναι εμφανείς και στις δύο κατηγορίες διαδρομών (αστική και υπεραστική), γεγονός που επιβεβαιώνει πως τα οφέλη της αμυντικής οδήγησης δεν περιορίζονται στο αστικό περιβάλλον αλλά είναι σημαντικά και στις υπεραστικές μετακινήσεις.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ενισχύουν την ανάγκη για προώθηση της αμυντικής και προνοητικής οδήγησης, τόσο για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας όσο και για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τη διασφάλιση της οδικής ασφάλειας. Η εκπαίδευση των οδηγών και η εφαρμογή πολιτικών οδικής συμπεριφοράς με έμφαση στην ομαλή οδήγηση μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην επίτευξη αυτών των στόχων.

7.2 Επίλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ανέδειξε τη σημασία που έχει ο τρόπος οδήγησης στην κατανάλωση καυσίμου, στην οδική ασφάλεια και στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μετακινήσεων. Μέσα από τη σύγκριση της αμυντικής και της επιθετικής οδήγησης σε πραγματικές αστικές και υπεραστικές διαδρομές του Ηρακλείου, καταγράφηκαν κρίσιμες διαφορές στη συμπεριφορά του οχήματος, στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στη ρύπανση που προκαλείται.

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν πως η αμυντική οδήγηση αποτελεί μια πιο βιώσιμη, ασφαλή και οικονομική προσέγγιση, ιδίως σε συνθήκες έντονης κυκλοφορίας. Η υιοθέτηση ενός πιο ήπιου, προβλεπτικού και υπεύθυνου τρόπου οδήγησης δεν είναι μόνο προς όφελος του ίδιου του οδηγού, αλλά και της κοινωνίας και του περιβάλλοντος συνολικά.

Βιβλιογραφία

[1] National Institute of Environmental Health Sciences, "Air Pollution and Your Health," 2025. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/air-pollution.

[2] Encyclopaedia Britannica, *Diesel engine*. [Online]. Διαθέσιμο: https://www.britannica.com/technology/diesel-engine

[3] The University of Kansas Health System, *Poison Fact Sheet: Carbon Monoxide*. [Online]. Available: https://www.kansashealthsystem.com/-/media/Files/PDF/Poisons/Carbonmonoxide.pdf

[4] Omnagen Ltd., "NOx emissions – formation, reduction and abatement," *Clean Carbon Energy*. [Online]. Διαθέσιμο: https://clean-carbonenergy.com/nox-emissions.html

[5] Α. Παπαχάτζης, "Εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα από την ατελή καύση πετρελαίου," Διπλωματική εργασία, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 2010. [Online]. Διαθέσιμο: **https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/4666/Papachatzis.pdf?sequence=2.**

[6] Encyclopaedia Britannica, *Particulate matter*. [Online]. Διαθέσιμο: **https://www.britannica.com/science/particulate-matter**

[7] Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, "Ατμοσφαιρική ρύπανση: επιπτώσεις, έλεγχος & εναλλακτικές τεχνολογίες," [Online]. Διαθέσιμο: **https://www.researchgate.net/publication/234051791_ATMOSPHAIRIKE_RYPANSE_epiptoseis_elenchos_enallaktikes_technologies.**

[8] Θ. Κολονέλος, "Euro 1-Euro 6: Πώς θα μάθουμε σε ποια κατηγορία ανήκει ένα αυτοκίνητο;", *Traction.gr*. [Online]. Διαθέσιμο**: https://traction.gr/euro-1-euro-6-pos-tha-mathoume-se-pia-katigoria-aniki-ena-aftokinito/.**

[9] Ford Motor Ελλάς, "Ποια είναι τα ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών ρύπων;", [Online]. Διαθέσιμο: **https://www.ford.gr/support/how-tos/poroi-idiokthtwn/xarakthristika-oxhmatos/poia-einai-ta-eyrwpaika-protypa-ekpompwn-rypwn.**

[10] Council of the European Union, "Euro 7: Council adopts new rules on emission limits for cars, vans and trucks," *Press Release*, Apr. 12, 2024. [Online]. Διαθέσιμο: **https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/04/12/euro-7-council-adopts-new-rules-on-emission-limits-for-cars-vans-and-trucks/**

[11] Τζιράκης, Ευάγγελος (2007, *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)*), **Τζιράκης, Ευάγγελος (2007, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)), Συσχετισμός εκπομπών οχημάτων με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο.**

[12] P. Nyberg (2015), **Evaluation, Generation, and Transformation of Driving Cycles**

[13] DieselNet, "ECE 15 + EUDC / NEDC," [Online]. Διαθέσιμο: **https://dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php**

[14] M. Andre (2004), The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions

[15] DieselNet, "Common Artemis Driving Cycles (CADC)," [Online]. Διαθέσιμο: **https://dieselnet.com/standards/cycles/artemis.php.**

[16] DieselNet, "FTP-72 (UDDS)," [Online]. Διαθέσιμο: **https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp72.php.**

[17] DieselNet, "FTP-75 (Federal Test Procedure)," [Online]. Διαθέσιμο: **https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php.**

[18] DieselNet, "Inspection & Maintenance Driving Cycle IM240," [Online]. Διαθέσιμο: **https://dieselnet.com/standards/cycles/im240.php.**

[19] DieselNet, "Japanese 10 Mode," [Online]. Διαθέσιμο: **https://dieselnet.com/standards/cycles/jp_10mode.php.**

[20] TransportPolicy.net, "Japan: Light-duty: Emissions," [Online]. Διαθέσιμο: **https://www.transportpolicy.net/standard/japan-light-duty-emissions/.**

[21] DieselNet, "Japanese 10-15 Mode," [Online]. Διαθέσιμο: **https://dieselnet.com/standards/cycles/jp_10-15mode.php.**

[22] DieselNet, "Japanese JC08 Cycle," [Online]. Διαθέσιμο: **https://dieselnet.com/standards/cycles/jp_jc08.php.**

[23] Geotab, "What Is OBDII? History of On-board Diagnostics (OBD)," [Online]. Διαθέσιμο: **https://www.geotab.com/blog/obd-ii/.**

[24] OBDLink, "Torque Pro: Advanced OBD Diagnostics & Monitoring," [Online]. Διαθέσιμο: **https://obdlink.nl/en/obd-apps/torque.**