



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Κύκλοι οδήγησης και ανάλυση διαδρομών για την πόλη του
Ηρακλείου»**



Κωνσταντίνος Ι. Μαρκάκης
Α.Μ: 4183

Επιβλέπων καθηγητής: Ευάγγελος Τζιράκης

Ηράκλειο, Απρίλιος 2013

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 ^ο	6
Ρύπανση του περιβάλλοντος.....	6
1.1 Εισαγωγικά στοιχεία περί ρύπανσης	6
1.2 Εκπομπές ρύπων οχημάτων	8
1.3 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών ρύπων.....	12
1.3.1 Τοξικές εκπομπές: Στάδια και νομικό πλαίσιο	14
1.3.2 Πίνακες προτύπων εκπομπής ρύπων	16
1.3.3 Τι ισχύει τώρα.....	21
1.3.4 Εφαρμογή των προτύπων.....	22
1.3.5 Πλαίσιο	24
Κεφάλαιο 2 ^ο	25
Κύκλοι οδήγησης.....	25
2.1 Τι είναι ο κύκλος οδήγησης και πως ταξινομείται.....	25
2.1.1 Ταξινόμηση των κύκλων οδήγησης.....	25
2.2 Δημιουργία κύκλων οδήγησης.....	27
2.2.1 Μέθοδοι δειγματοληψίας δεδομένων κίνησης.....	27
2.2.2 Επεξεργασία δεδομένων	28
2.2.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη για την επεξεργασία	29
2.3 Ευρωπαϊκή ένωση.....	31
2.3.1 Κύκλοι ECE+EUDC	32
2.3.2 Κύκλος οδήγησης Artemis (CADC).....	35
2.3.3 Κύκλος ECE R49	37
2.3.4 Κύκλος ESC (OICA)	38
2.3.5 Κύκλος ELR.....	39
2.3.6 Κύκλος Πόλης ETC (European Transient Cycle).....	40
2.3.7 Κύκλος Braunschweig	41
2.4 Ηνωμένες πολιτείες Αμερικής	43
2.4.1 Κύκλος U.S FTP-72.....	43
2.4.2 Κύκλος FTP-75	44
2.4.3 Κύκλος EPA.....	45
2.4.4 Κύκλος IM240	46
2.4.5 Κύκλος LA92.....	47
2.4.6 Κύκλος SFTP SC03	48
2.4.7 Κύκλος SFTP US06.....	49
2.4.8 Κύκλος οδήγησης EPA NYCC.....	50
2.4.9 Αναφορά και γράφημα των υπόλοιπων κύκλων οδήγησης για οχήματα βαρέου τύπου (dieselnet.com)	51
2.5 Ιαπωνία	57
2.5.1 Κύκλος οδήγησης 10-mode	57
2.5.2 Κύκλος οδήγησης 10-15 mode	58
2.5.3 Κύκλος JC 08.....	59
2.5.4 Αναφορά και διαγράμματα των κύκλων για τα βαρέα οχήματα	60
Κεφάλαιο 3 ^ο	64
Εισαγωγή στο πείραμα - πληροφορίες.....	64
3.1 Τα εργαλεία του πειράματος.....	65
3.2 Συλλογή δεδομένων	68
3.3 Επεξεργασία δεδομένων	69
3.4 Ανάλυση δεδομένων	71

3.4.1 Γραφική παράσταση μέσων τιμών ταχυτήτων	72
3.4.2 Γραφική παράσταση μέσης ωριαίας ταχύτητας χωρίς στάση	74
3.4.3 Γραφικές παραστάσεις Επιτάχυνσης – Επιβράδυνσης	75
3.4.4 Ποσοστά στάσης	76
3.4.5 Συνολικά ποσοστά στάσης.....	77
3.4.6 Ολικά ποσοστά Στάσης – Κίνησης.....	81
3.4.7 Μέσες τιμές όλων των μετρήσεων.....	82
3.4.8 Τελικό αποτέλεσμα	83
3.4.9 Συμπεράσματα – Προτάσεις	85
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	86
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88
ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ.....	89

Περιεχόμενο – Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας, η οποία θα χωριστεί σε θεωρητικό και πειραματικό μέρος είναι η παρουσίαση των εκπεμπόμενων ρύπων από επιβατικά οχήματα καθώς και από ελαφρά φορτηγά, είτε αυτά αποτελούνται από βενζινοκινητήρες είτε από πετρελαιοκινητήρες.

Επίσης θα γίνει παρουσίαση των ορίων εκπομπής ρύπων καθώς και των θεσμοθετημένων προτύπων Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6.

Στη συνέχεια θα διερευνήσουμε και θα αναλύσουμε τους θεσμοθετημένους κύκλους οδήγησης σε Ευρώπη, Αμερική και Ιαπωνία για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά οχήματα.

Θα ακολουθήσει το πειραματικό μέρος της εργασίας το οποίο θα περιλαμβάνει μετρήσεις από διάφορες διαδρομές μέσα στην πόλη του Ηρακλείου με σκοπό την ανάλυση των δεδομένων και την καταγραφή της κατάστασης της κίνησης σε κεντρικές οδικές αρτηρίες της πόλης.

Τέλος θα συγκρίνουμε και θα βρούμε τις ιδανικές διαδρομές ανάμεσα σε δύο σημεία της πόλης.

Σκοπός μας η ανάλυση των δεδομένων για την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ της ταχύτητας για την κίνηση στην πόλη του Ηρακλείου.

Θεωρητικό μέρος

Παρουσίαση των εκπεμπόμενων ρύπων από επιβατικά οχήματα καθώς και από ελαφρά φορτηγά, είτε αυτά αποτελούνται από βενζινοκινητήρες είτε από πετρελαιοκινητήρες.

Παρουσίαση των ορίων εκπομπής ρύπων καθώς και των θεσμοθετημένων προτύπων Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6.

Διερεύνηση και ανάλυση των θεσμοθετημένων κύκλων οδήγησης σε Ευρώπη, Αμερική και Ιαπωνία για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά οχήματα.

Κεφάλαιο 1^ο

Ρύπανση του περιβάλλοντος

1.1 Εισαγωγικά στοιχεία περί ρύπανσης

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα αυτοκίνητα, τη βιομηχανία και τις άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες έχει φτάσει σήμερα σε ανησυχητικά επίπεδα. Ένα μεγάλο ποσοστό της οφείλεται και στα αυτοκίνητα. Ωστόσο, είναι γεγονός ότι έχει επιτευχθεί μεγάλη τεχνολογική πρόοδος στον τομέα της μείωσης των ρύπων που εκλύουν οι κινητήρες των αυτοκινήτων, στον τομέα της αεροδυναμικής (καλύτερη αεροδυναμική σημαίνει χαμηλότερη κατανάλωση, άρα εκπομπή λιγότερων ρύπων), στον τομέα του σχεδιασμού του θαλάμου καύσης και στην έρευνα για την χρήση εναλλακτικών καυσίμων, όπως το υδρογόνο, το υγραέριο και τις αλκοόλες (αιθανόλη, μεθανόλη). Τα ηλεκτρικά, τα υβριδικά, τα ηλιακά αυτοκίνητα, η νέα ώθηση που δόθηκε στην έρευνα για τους κινητήρες diesel, οι κεραμικοί κινητήρες και η νέα γενιά των δίχρονων κινητήρων είναι άμεση συνέπεια των οικολογικών ανησυχιών και της έντονης αναζήτησης για εναλλακτικά καύσιμα και κινητήρες.

Ο πρώτος συναγερμός για το πρόβλημα της ρύπανσης δόθηκε στις Η.Π.Α., όπου υπάρχουν και τα περισσότερα αυτοκίνητα ανά χιλιάδα κατοίκων. Στο Los Angeles που βρίσκεται στην πολιτεία της California, η αιθαλομίχλη είχε κάνει την ατμόσφαιρα αφόρητη για πολλά χρόνια. Γι' αυτό το λόγο το 1961 θεσπίστηκαν νόμοι που καθόριζαν τη μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα έκλυσης άκαυστων υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα από τους εμβολοφόρους κινητήρες.

Η ισχύς των νόμων αυτών επεκτάθηκε στις 20/10/1965 σε όλη την αμερικανική επικράτεια. Από τότε, οι νόμοι αυτοί γίνονται ολοένα και πιο αυστηροί ενώ άρχισαν να εφαρμόζονται σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου.

Σήμερα έχει πλέον αποδειχθεί ότι οι μηχανές εσωτερικής καύσης (βενζινοκινητήρες – πετρελαιοκινητήρες) που χρησιμοποιούνται για την κίνηση των μέσων μεταφοράς αποτελούν μια από τις βασικότερες πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας των αστικών κυρίως κέντρων, με την εκπομπή των βλαβερών ρύπων.

Κάθε ουσία που διοχετεύεται άμεσα ή έμμεσα από τον άνθρωπο στο περιβάλλον και έχει άμεσα ή μακροπρόθεσμα επιβλαβείς επιδράσεις για την ζωή ή την υγεία του ανθρώπου, των ζώων και των φυτών ή φθείρει τα υλικά αγαθά, λέγεται ρυπαντής ή ρύπος.

Αέρας του περιβάλλοντος θεωρείται ο εξωτερικός αέρας της τροπόσφαιρας εξαιρουμένου του αέρα σε κλειστούς χώρους. Για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος, οι κύριοι ρύποι που λαμβάνονται υπόψη είναι οι εξής¹:

- Διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)
- Αιθάλη
- Αιωρούμενα σωματίδια (SPM)
- Μόλυβδος (Pb)
- Όζον (O₃)
- Οξειδία του αζώτου (NO_x)
- Βενζόλιο (C₆H₆)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)
- Κάδμιο (Cd)
- Αρσενικό (As)
- Νικέλιο (Ni)
- Υδράργυρος (Hg)
- Μαύρος καπνός (BS)
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)

¹ Ε.Τζιράκης «Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής». ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ιούλιος 2007

1.2 Εκπομπές ρύπων οχημάτων

Οι βλαβερές ουσίες που εκπέμπουν οι κινητήρες των οχημάτων είναι:

- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)

Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου μίγματος ή διαφεύγουν από την ελαιολεκάνη του κινητήρα. Πρόκειται για υδρογονάνθρακες αλδεϊδικούς, παραφινικούς εκτεταμένης κυκλικής αλύσου και αρωματικούς οι οποίοι είναι σε θέση να ενωθούν με το οξυγόνο.

Οι εργαστηριακές έρευνες απέδειξαν ότι οι ενώσεις αυτές αντιδρούν παρουσία υπεριώδους ακτινοβολίας και ερεθίζουν τα ανθρώπινα μάτια, μολύνουν την ατμόσφαιρα και προκαλούν ζημιές στη βλάστηση. Είναι ακόμα υπεύθυνες για την φωτοχημική αιθαλομίχλη και ορισμένες από αυτές (ιδιαίτερα το βενζόλιο) είναι καρκινογόνες.

- Οξειδία του αζώτου (NO_x)

Πρόκειται για έναν από τους βασικούς συντελεστές της δημιουργίας του φωτοχημικού νέφους. Τα οξειδία του αζώτου κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας συμμετέχουν σε ορισμένες χημικές αντιδράσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή των άκαυστων υδρογονανθράκων στα λεγόμενα φωτοχημικά οξειδωτικά και την παραγωγή όζοντος που επίσης είναι τοξικό για το αναπνευστικό σύστημα.

Με τη βοήθεια του όζοντος και του οξυγόνου της ατμόσφαιρας τα οξειδία του αζώτου δημιουργούν κατόπιν ένα κύκλο δευτερογενούς ρύπανσης, η οποία κάτω από τις κατάλληλες καιρικές συνθήκες καταλήγει στο σχηματισμό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης.

• Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)

Προέρχεται κυρίως από τους βενζινοκινητήρες. Είναι βασικό προϊόν της ατελούς καύσης των υδρογονανθράκων (και του άνθρακα γενικότερα) και όταν η συγκέντρωση του στον αέρα ξεπεράσει κάποια επίπεδα προκαλεί πονοκεφάλους και προβλήματα στο κυκλοφορικό σύστημα. Σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις (που μπορούν να υπάρξουν όμως μόνο σε κλειστό χώρο) μπορεί να αποβεί θανατηφόρο.

Το CO, πάντως, είναι ασταθής ένωση και 10 μόλις βρεθεί στον ελεύθερο αέρα μετατρέπεται αρκετά γρήγορα σε αβλαβές διοξείδιο του άνθρακα και γι' αυτό και έχει μόνο τοπική επίδραση. Οι τρεις παραπάνω ρύποι είναι οι σημαντικότεροι που εκλύουν οι βενζινοκινητήρες.

• Καπνός

Προέρχεται κυρίως από τους πετρελαιοκινητήρες (diesel). Λόγω της συνήθους ορατής χροιάς των καυσαερίων του κινητήρα Diesel στα πιο μεγάλα φορτία εξαιτίας των σωματιδιακών εκπομπών, στην πράξη γίνεται διάκριση του λεγόμενου Καπνού (smoke) των εκπεμπομένων καυσαερίων του στις εξής τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την απόχρωση του:

i. Λευκός Καπνός, που σύγκειται από ομίχλη υγρών ακαύστων σωματιδίων καυσίμου και εμφανίζεται κατά την εκκίνηση εν ψυχρώ.

ii. Κυανός Καπνός, που σύγκειται από ομίχλη υγρών ακαύστων σωματιδίων λιπαντικού ελαίου και εμφανίζεται όταν υπάρχει πρόβλημα με την λίπανση (π.χ. φθαρμένα ή κολλημένα ελατήρια εμβόλου)

iii. Μελανός Καπνός ή Καπνός "Τύπου Αιθάλης", που σύγκειται βασικώς από λεπτά σωματίδια στερεού άκαυστου άνθρακα (ανθρακώδες υλικό), δηλαδή την αιθάλη που δημιουργείται από την πυρόλυση του καυσίμου τοπικώς σε ζώνες με σχετική ανεπάρκεια οξυγόνου, εμφανιζόμενος στην περιοχή των υψηλών φορτίων (π.χ. >85% του μέγιστου).

• Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι τοξικός. Χρησιμοποιείται στη βενζίνη για την αύξηση του βαθμού οκτανίου ώστε να αντέχει στις υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στους θαλάμους καύσης. Παίζει δηλαδή το ρόλο του αντικροτικού, εμποδίζοντας την αυτανάφλεξη της βενζίνης από την υψηλή συμπίεση πριν δημιουργηθεί ο σπινθήρας.

Επειδή 'δηλητηριάζει' τους 11 καταλύτες και τους αχρηστεύει, τα καταλυτικά αυτοκίνητα λειτουργούν μόνο με αμόλυβδη βενζίνη.

• Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Δημιουργείται από την αντίδραση του θείου που περιέχεται στα καύσιμα με το οξυγόνο. Η ουσία αυτή προκαλεί ερεθισμό των βρόγχων και των βλεννογόνων της μύτης και ελάττωση της ορατότητας. Η ποσότητα των εκλυόμενων ανυδριτών εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Συνήθως η μεγαλύτερη ποσότητα εκλύεται στο ρελαντί ή όταν αφήνουμε ελεύθερο τον επιταχυντή.

• Όζον

Το γεγονός ότι το όζον δεν αναφέρεται στους βασικούς ρύπους που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα και τις άλλες εστίες καύσης, οφείλεται στο ότι δεν αποτελεί πρωτογενή ρύπο αλλά δευτερογενή που σχηματίζεται στον αέρα από την αντίδραση ανάμεσα στα οξειδία του αζώτου και στους υδρογονάνθρακες. Επειδή για την αντίδραση αυτή χρειάζεται και η παρουσία του ηλιακού φωτός, σε μέρη όπως η χώρα μας, όπου η ηλιοφάνεια αποτελεί

συνηθισμένο φαινόμενο στο μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς πόσο αυξημένη μπορεί να είναι η παραγωγή όζοντος.

Ιδιαίτερα μάλιστα όταν η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι υπερβολικά αυξημένη, όπως συμβαίνει στην Αθήνα. Το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο πολύπλοκο από μια περίεργη αντίφαση. Τα αυτοκίνητα παράγουν και μονοξείδιο του αζώτου, που οξειδώνεται στον αέρα και μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου. Μόνο το τελευταίο μπορεί να πάρει μέρος στη δημιουργία του όζοντος αντιδρώντας με τους υδρογονάνθρακες.

Αλλά το ίδιο το μονοξείδιο του αζώτου καταστρέφει το όζον. Παρατηρείται λοιπόν το περίεργο φαινόμενο, ότι παρόλο που τα αυτοκίνητα θεωρούνται υπεύθυνα για το μεγαλύτερο μέρος της δημιουργίας όζοντος, στο κέντρο των μεγάλων πόλεων τα επίπεδα του όζοντος μπορεί να είναι χαμηλά και να είναι υψηλότερα στην περιφέρεια. Κι αυτό γιατί στο κέντρο της πόλης, λόγω της πυκνής κυκλοφορίας, παράγονται μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του αζώτου, που καταστρέφουν το δημιουργημένο όζον. Αντίθετα, στην περιφέρεια των πόλεων η κυκλοφορία είναι χαμηλή κι έτσι υπάρχει πολύ λίγο μονοξείδιο του αζώτου.

Καθώς λοιπόν ο άνεμος μεταφέρει προς τα εκεί τους διάφορους ρύπους (που βέβαια δεν προέρχονται μόνο από τα αυτοκίνητα), δημιουργείται βαθμιαία όζον από την αντίδραση υδρογονανθράκων και διοξειδίου του αζώτου κι επειδή δεν υπάρχει αρκετό μονοξείδιο για να το καταστρέψει, τα επίπεδα του όζοντος αυξάνονται.

• Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Βασικό συστατικό των καυσαερίων, αποτελεί ένα από τα κύρια προϊόντα της καύσης των υδρογονανθράκων και κάθε ανθρακούχου καυσίμου. Δεν είναι τοξικό και γι' αυτό δεν μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ρύπος με την κλασική έννοια του όρου.

Σε μακροπρόθεσμη βάση, όμως, πρέπει να ελεγχθούν οι εκπομπές του γιατί είναι υπεύθυνο για το 'φαινόμενο του θερμοκηπίου', που βαθμιαία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των θερμοκρασιών του πλανήτη μας.

Είναι προφανές λοιπόν πως είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων από τα εκατομμύρια των οχημάτων που κυκλοφορούν στις μεγαλουπόλεις. Για αυτόν ακριβώς το λόγο θεσπίστηκαν συγκεκριμένα πρότυπα εκπομπών καθώς και οι αντίστοιχες διαδικασίες ελέγχου της συμμόρφωσης των οχημάτων με αυτά.

Για τη μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα έχουν καθιερωθεί πλέον από διάφορες χώρες τυποποιημένοι κύκλοι ελέγχου (test cycles), οι οποίοι ουσιαστικά ορίζουν μια προκαθορισμένη διαδικασία υπολογισμού των ρύπων. Η τυποποίηση αυτή είναι πολύ σημαντική και συμβάλει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στη μείωση των εκπομπών καθώς καθιστά δυνατή τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών οχημάτων που όμως επιτελούν το ίδιο έργο.

Ένας κύκλος ελέγχου ή κύκλος πόλης πρέπει ιδανικά να προσομοιώνει τη καθημερινή κίνηση ενός οχήματος με τις συχνές στάσεις και εκκινήσεις που το χαρακτηρίζουν, δηλαδή να αναπαριστά τη μεταβατική λειτουργία στην οποία το όχημα υπόκειται, ώστε οι μετρήσεις να μπορούν να θεωρηθούν ρεαλιστικές.

Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι οι αυτοκινητοβιομηχανίες προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν την εκπομπή ρύπων των οχημάτων τους στην περιοχή στην οποία ελέγχεται η συμμόρφωσή τους με τα πρότυπα, με αποτέλεσμα η πραγματική ρύπανση των οχημάτων να είναι μεγαλύτερη από το αναμενόμενο, υπονομεύοντας έτσι τα πρότυπα αλλά και τη δημόσια υγεία.

Οι «Κύκλοι Πόλης» (transient cycles) λοιπόν, έρχονται να καλύψουν αυτό το κενό στις διαδικασίες ελέγχου εισάγοντας νέες πιο αυστηρές διαδικασίες που προσομοιώνουν την πραγματική λειτουργία του οχήματος και συμβάλουν ουσιαστικά στην αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πρότυπα εκπομπών ρύπων που έχουν υιοθετηθεί στην Ευρώπη.

1.3 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών ρύπων

Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών 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 μια σειρά από οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες κατευθύνονται στην σταδιακή επιβολή όλο και πιο αυστηρών προδιαγραφών.

Εκπομπές NO_x, HC, CO και μικροσωματιδίων 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.

ΒΑΡΟΣ σε (Kg)		CO g/test	HC+NO _x g/test
Ελάχιστο	Μέγιστο		
1020		58	19.0
1020	1250	67	20.5
1250	1470	76	22.0
1470	1700	84	23.5
1700	1930	93	25.0
1930	2150	101	26.5
2150		110	28.0

Πίνακας 1.1, Όρια για οχήματα ECE R15-04²

Κυβισμός σε κυβ.εκ Ελάχ. Μέγ.	Ημερομηνία Εφαρμογής Νέα Μοντέλα και Υποχρεωτική εφαρμογή		ΟΔΗΓΙΑ	CO g/test	HC+NO _x g/test	NO _x g/test
2000	1/10/88	1/10/89	88/76/ΕΟΚ	25	6.5	3.5
1400 2000	1/10/91	1/10/93	88/76/ΕΟΚ	30	8	-
1400	1/10/90	1/10/91	88/76ΕΟΚ	45	15	6
	1/07/92	1/01/93	89/458ΕΟΚ	19	5	-
Για όλες τις κατηγορίες	1/07/92	31/12/92	91/441/ΕΟΚ	2.72 g/km	0.97 g/km	-

Πίνακας 1.2, Όρια εκπομπής ρύπων οχημάτων μέχρι 1/01/93²

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.

² Ε.Τζιράκης «Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής». ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ιούλιος 2007

Κατηγορία		Κλάση		Μάζα αναφοράς RW (kg)		Οριακές Τιμές								
						Μάζα Μονοξειδίου του άνθρακα (CO)		Μάζα Υδρογονανθράκων (HC)		Μάζα Οξειδίων του Αζώτου (NOx)		Συνδυασμένη μάζα υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου (HC+NOx)		Μάζα σωματιδίων (PM) ¹
						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 2000	M ²	-	Όλα	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05		
	N1 ³	I	RW≤1305	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05		
		II	1305<RW≤1760	4,17	0,80	0,25	-	0,18	0,65	-	0,72	0,07		
		III	1760<RW	5,22	0,95	0,29	-	0,21	0,78	-	0,86	0,10		
B 2005	M ²	-	Όλα	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025		
	N1 ³	I	RW≤1305	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025		
		II	1305<RW≤1760	1,81	0,63	0,13	-	0,10	0,33	-	0,39	0,04		
		III	1760<RW	2,27	0,74	0,16	-	0,11	0,39	-	0,46	0,06		

¹ Για κινητήρες με ανάφλεξη συμπίεσης
² Εκτός από οχήματα μάζας άνω των 2500 kg
³ Καθώς και τα οχήματα κατηγορίας M που αναφέρονται στην υποσημείωση 2.

Πίνακας 1.3, Όρια εκπομπής ρύπων σύμφωνα με την οδηγία 98/69 ΕΚ³

Στην κατηγορία M κατατάσσονται οχήματα με κινητήρα τα οποία προορίζονται για την μεταφορά προσώπων και έχουν είτε τέσσερις τροχούς τουλάχιστον είτε τρεις τροχούς και μέγιστο βάρος που υπερβαίνει τα 1000kg, ενώ στην κατηγορία N1 κατατάσσονται τα οχήματα τα οποία προορίζονται για την μεταφορά εμπορευμάτων και έχουν μέγιστο βάρος που δεν υπερβαίνει τα 3500kg.

1.3.1 Τοξικές εκπομπές: Στάδια και νομικό πλαίσιο

Τα στάδια συνήθως αναφέρονται ως Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4 και Euro 5 για τα προτυπα ελαφριών οχημάτων. Η αντίστοιχη σειρά προτύπων για τα βαρέα οχήματα χρησιμοποιεί λατινικούς αριθμούς πχ Euro I, II κ.λπ.

Το νομικό πλαίσιο αποτελείται από μια σειρά οδηγιών, οι οποίες αποτελούν τροποποιήσεις στην οδηγία 70/220/EEC του 1970.

Το πλαίσιο αυτό διαμορφώνεται συνεχώς, με νέες συμπληρωματικές οδηγίες και τροποποιήσεις, οι οποίες θέτουν ολοένα και αυστηρότερα όρια εκπομπών.

Ακολουθεί ένας συνοπτικός κατάλογος των προτύπων, για το πότε τέθηκαν σε ισχύ, για ποια οχήματα ισχύουν, και ποιες οδηγίες της ΕΕ παρέχουν στον ορισμό των προτύπων.

³ Οδηγία 98/69 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου, επίσημη εφημερίδα των ευρωπαϊκών κοινοτήτων L350/1, σελ. 14

- Euro 1 (1993)

Για επιβατικά οχήματα – 91/441/EEC (91/441/EEC οδηγία του Συμβουλίου 91/441/EEC της οδηγίας 70/220/EEC τροποποίησης της 26^{ης} Ιουνίου 1991 για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα μέτρα που λαμβάνονται ενάντια στην ατμοσφαιρική ρύπανση από τις εκπομπές από τα μηχανοκίνητα οχήματα)

Για επιβατικά οχήματα και ελαφρά φορτηγά – 93/59/EEC

- Euro 2 (1996)

Για τα επιβατικά αυτοκίνητα – 94/12/EK (& 96/69/EK)

Για μοτοσικλέτες (row A) – 2002/51/EK – 2006/120/EK (Οδηγία 2002/51/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19^{ης} Ιουλίου 2002 στη μείωση του επιπέδου μολυσματικών εκπομπών από δύο και τρίτροχων μηχανοκίνητων οχημάτων και τροποποίησης της οδηγίας 97/24/EC)

- Euro 3 (2000)

Για κάθε όχημα – 98/69/EK (Οδηγία 98/69/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13^{ης} Οκτωβρίου 1998 σχετικά με τα μέτρα που λαμβάνονται ενάντια στην ατμοσφαιρική ρύπανση από τις εκπομπές από τα μηχανοκίνητα οχήματα και την τροποποίησης της οδηγίας του Συμβουλίου 70/220/EEC)

Για μοτοσικλέτας (row B) – 2002/51/EK – 2006/120/EK (Οδηγία 2002/51/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19^{ης} Ιουλίου 2002 στη μείωση του επιπέδου μολυσματικών εκπομπών από δύο και τρίτροχων μηχανοκίνητων οχημάτων και τροποποίησης της οδηγίας 97/24/EC)

- Euro 4 (2005)

Για κάθε όχημα – 98/69/EK (& 2002/80/EK)

- Euro 5 (2008 / 9)

- Euro 6 (2014) Για ελαφρά επιβατηγά και εμπορικά οχήματα – 715/2007/EC (Κανονισμός (ec) αριθ. 715/2007 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 20^{ης} Ιουνίου 2007 στη νομιμοποίηση των μηχανοκίνητων οχημάτων όσον αφορά τις εκπομπές από τα επιβατικά και τα εμπορικά οχήματα)

Αυτά τα όρια αντικαθιστούν την αρχική οδηγία για τα όρια εκπομπής 70/220/EEC.

1.3.2 Πίνακες προτύπων εκπομπής ρύπων

European emission standards for passenger cars (Category M*), g/km								
Tier	Date	CO	THC	NMHC	NO _x	HC+NO _x	PM	P***
Diesel								
Euro 1†	July 1992	2.72 (3.16)	-	-	-	0.97 (1.13)	0.14 (0.18)	-
Euro 2	January 1996	1.0	-	-	-	0.7	0.08	-
Euro 3	January 2000	0.64	-	-	0.50	0.56	0.05	-
Euro 4	January 2005	0.50	-	-	0.25	0.30	0.025	-
Euro 5	September 2009	0.500	-	-	0.180	0.230	0.005	-
Euro 6 (future)	September 2014	0.500	-	-	0.080	0.170	0.005	-
Petrol (Gasoline)								
Euro 1†	July 1992	2.72 (3.16)	-	-	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	January 1996	2.2	-	-	-	0.5	-	-
Euro 3	January 2000	2.3	0.20	-	0.15	-	-	-
Euro 4	January 2005	1.0	0.10	-	0.08	-	-	-
Euro 5	September 2009	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005**	-
Euro 6 (future)	September 2014	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005**	-
* Before Euro 5, passenger vehicles > 2500 kg were type approved as light commercial vehicles N1-I								
** Applies only to vehicles with direct injection engines								
*** A number standard is to be defined as soon as possible and at the latest upon entry into force of Euro 6								
† Values in brackets are conformity of production (COP) limits								

Πίνακας 1.4, Πρότυπα εκπομπών για επιβατικά (Βενζίνη – Diesel)

European emission standards for light commercial vehicles ≤1305 kg (Category N_{1-I}), g/km

Tier	Date	CO	THC	NMHC	NO _x	HC+NO _x	PM	P
Diesel								
Euro 1	October 1994	2.72	-	-	-	0.97	0.14	-
Euro 2	January 1998	1.0	-	-	-	0.7	0.08	-
Euro 3	January 2000	0.64	-	-	0.50	0.56	0.05	-
Euro 4	January 2005	0.50	-	-	0.25	0.30	0.025	-
Euro 5	September 2009	0.500	-	-	0.180	0.230	0.005	-
Euro 6 (future)	September 2014	0.500	-	-	0.080	0.170	0.005	-
Petrol (Gasoline)								
Euro 1	October 1994	2.72	-	-	-	0.97	-	-
Euro 2	January 1998	2.2	-	-	-	0.5	-	-
Euro 3	January 2000	2.3	0.20	-	0.15	-	-	-
Euro 4	January 2005	1.0	0.10	-	0.08	-	-	-
Euro 5	September 2009	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005*	-
Euro 6 (future)	September 2014	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005*	-
* Applies only to vehicles with direct injection engines								

Πίνακας 1.5, Πρότυπα εκπομπών για ελαφρά φορτηγά <1305kg (Βενζίνη – Diesel)

European emission standards for light commercial vehicles 1305 kg – 1760 kg (Category N_{1-II}), g/km

Tier	Date	CO	THC	NMHC	NO _x	HC+NO _x	PM	P
Diesel								
Euro 1	October 1994	5.17	-	-	-	1.4	0.19	-
Euro 2	January 1998	1.25	-	-	-	1.0	0.12	-
Euro 3	January 2001	0.80	-	-	0.65	0.72	0.07	-
Euro 4	January 2006	0.63	-	-	0.33	0.39	0.04	-
Euro 5	September 2010	0.630	-	-	0.235	0.295	0.005	-
Euro 6 (future)	September 2015	0.630	-	-	0.105	0.195	0.005	-
Petrol (Gasoline)								
Euro 1	October 1994	5.17	-	-	-	1.4	-	-
Euro 2	January 1998	4.0	-	-	-	0.6	-	-
Euro 3	January 2001	4.17	0.25	-	0.18	-	-	-
Euro 4	January 2006	1.81	0.13	-	0.10	-	-	-
Euro 5	September 2010	1.810	0.130	0.090	0.075	-	0.005*	-
Euro 6 (future)	September 2015	1.810	0.130	0.090	0.075	-	0.005*	-
* Applies only to vehicles with direct injection engines								

Πίνακας 1.6, Πρότυπα εκπομπών για φορτηγά 1305 kg – 1760 kg (Βενζίνη – Diesel)

European emission standards for light commercial vehicles >1760 kg max 3500 kg. (Category N₁-III & N₂), g/km

Tier	Date	CO	THC	NMHC	NO _x	HC+NO _x	PM	P
Diesel								
Euro 1	October 1994	6.9	-	-	-	1.7	0.25	-
Euro 2	January 1998	1.5	-	-	-	1.2	0.17	-
Euro 3	January 2001	0.95	-	-	0.78	0.86	0.10	-
Euro 4	January 2006	0.74	-	-	0.39	0.46	0.06	-
Euro 5	September 2010	0.740	-	-	0.280	0.350	0.005	-
Euro 6 (future)	September 2015	0.740	-	-	0.125	0.215	0.005	-
Petrol (Gasoline)								
Euro 1	October 1994	6.9	-	-	-	1.7	-	-
Euro 2	January 1998	5.0	-	-	-	0.7	-	-
Euro 3	January 2001	5.22	0.29	-	0.21	-	-	-
Euro 4	January 2006	2.27	0.16	-	0.11	-	-	-
Euro 5	September 2010	2.270	0.160	0.108	0.082	-	0.005*	-
Euro 6 (future)	September 2015	2.270	0.160	0.108	0.082	-	0.005*	-

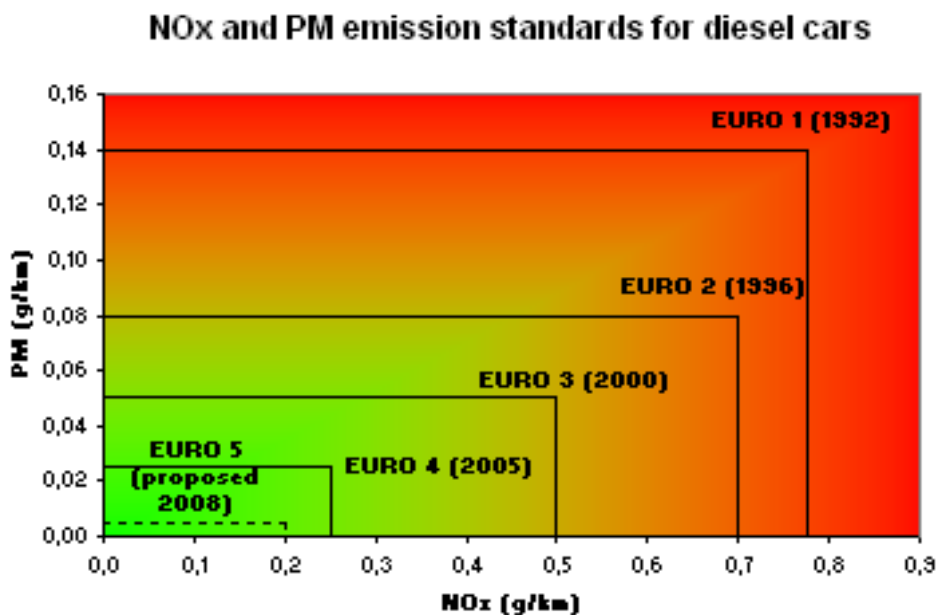
* Applies only to vehicles with direct injection engines

Πίνακας 1.7, Πρότυπα εκπομπών για φορτηγά >1760kg και μέχρι 3500kg (Βενζίνη – Diesel)

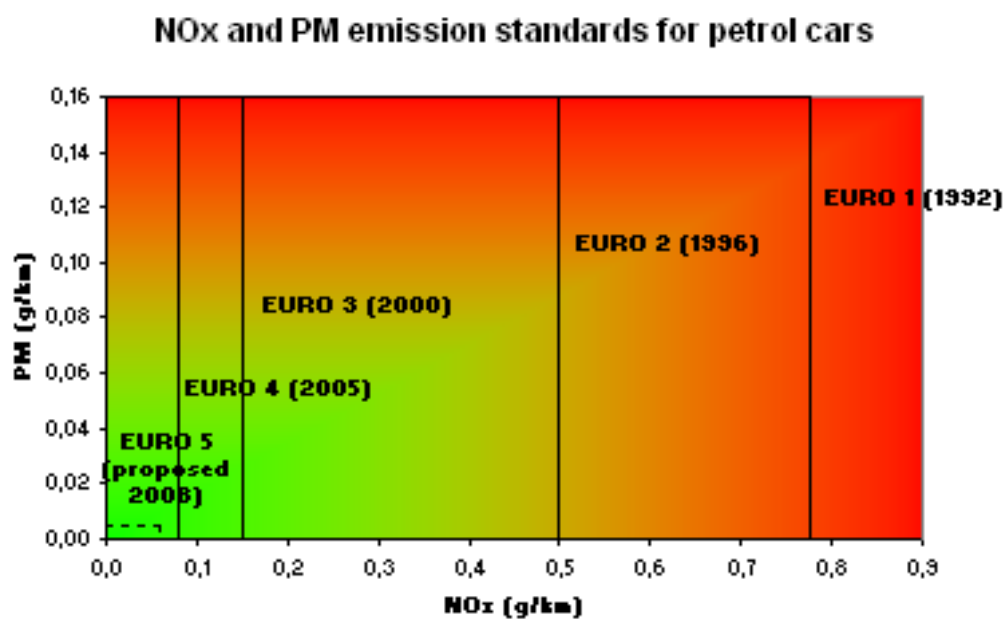
Νομοθεσία (έτος εφαρμογής)		Euro 2 (1996)	Euro 3 (2000)	Euro 4 (2005)	Euro 5 (2008)
CO (g/km)	Πετρέλαιο	1	0,64	0,5	0,5
	Βενζίνη	2,2	2,3	1	1
HC (g/km)	Πετρέλαιο	-	-	-	-
	Βενζίνη	-	0,2	0,1	0,07
NO _x (g/km)	Πετρέλαιο	-	0,5	0,25	0,2
	Βενζίνη	-	0,15	0,08	0,06
PM (mg/km)	Πετρέλαιο	80	50	25	5
	Βενζίνη	-	-	-	5
HC+ NO _x (g/km)	Πετρέλαιο	0,7	0,56	0,3	0,25
	Βενζίνη	0,5	-	-	-

Πίνακας 1.8, Μεταβολή ανώτατων ορίων των εκπεμπόμενων ρύπων για τα επιβατικά αυτοκίνητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση⁴.

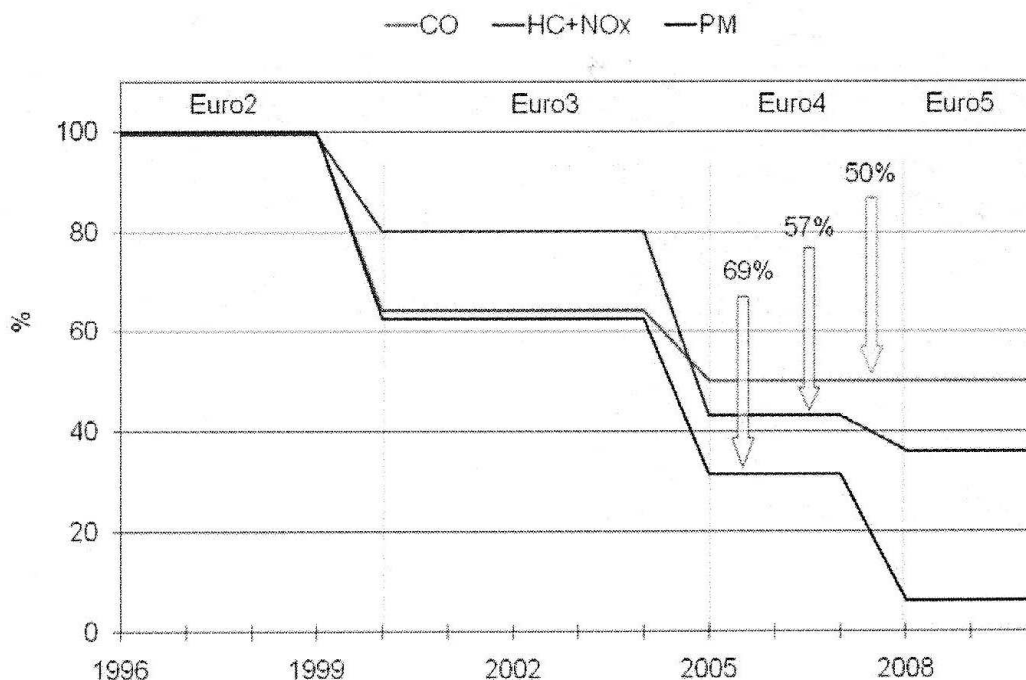
⁴ Ε.Τζιράκης «Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής». ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ιούλιος 2007



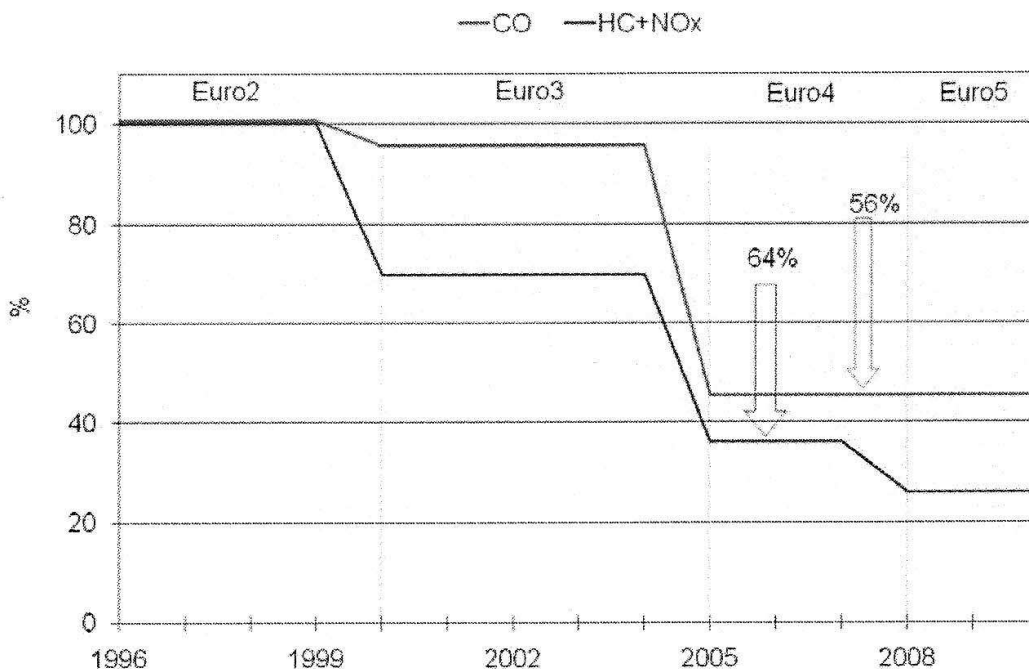
Διάγραμμα 1.1, Παρουσίαση της προόδου των ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπής για τα αυτοκίνητα diesel.



Διάγραμμα 1.2, Παρουσίαση της προόδου των ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπής για τα αυτοκίνητα βενζίνης



Διάγραμμα 1.3, Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων για τους Ντιζελοκινητήρες των επιβατικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη⁵



Διάγραμμα 1.4, Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων για τους Βενζινοκινητήρες των επιβατικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη⁵

⁵ Ε.Τζιράκης «Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής». ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ιούλιος 2007

1.3.3 Τι ισχύει τώρα

- Πρότυπο Euro 5 (2008)

Εκπομπές προερχόμενες από οχήματα ντίζελ:

- μονοξείδιο του άνθρακα: 500 mg/km
- σωματίδια: 5 mg/km (δηλαδή μείωση των εκπομπών κατά 80% σε σχέση με το πρότυπο Euro 4)
- οξείδια του αζώτου (NO_x): 180 mg/km (δηλαδή μείωση των εκπομπών κατά περισσότερο από 20% σε σχέση με το πρότυπο Euro 4)
- συνδυασμένες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίου του αζώτου: 230 mg/km.

Εκπομπές προερχόμενες από βενζινοκίνητα οχήματα ή οχήματα που λειτουργούν με φυσικό αέριο ή υγραέριο:

- μονοξείδιο του άνθρακα: 1.000 mg/km
- υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου: 68 mg/km
- συνολικοί υδρογονάνθρακες: 100 mg/km
- οξείδια του αζώτου (No_x): 60 mg/km (δηλαδή μείωση κατά 25% των εκπομπών σε σχέση με το πρότυπο Euro 4)
- σωματίδια (μόνο για τα βενζινοκίνητα οχήματα με απευθείας έγχυση, που λειτουργούν με καύση πτωχού μείγματος): 5 mg/km (θέσπιση οριακής τιμής που δεν υπήρχε σύμφωνα με το πρότυπο Euro 4).

Όσον αφορά τα μικρά φορτηγά και άλλα ελαφρά εμπορικά οχήματα που προορίζονται για τη μεταφορά εμπορευμάτων, ο κανονισμός περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες οριακών τιμών εκπομπών ανάλογα με τη μάζα αναφοράς του οχήματος:

1. κάτω από 1.305 kg,
2. από 1.305kg έως 1.760kg,
3. πάνω από 1.760kg.

Οι οριακές τιμές που εφαρμόζονται για την τελευταία κατηγορία ισχύουν επίσης για τα οχήματα μεταφοράς εμπορευμάτων (κατηγορία N2).

- Πρότυπο Euro 6 (2014)

Για όλα τα οχήματα που είναι εξοπλισμένα με κινητήρα ντίζελ ισχύει η υποχρέωση σημαντικής μείωσης των εκπομπών οξειδίων του αζώτου από την έναρξη ισχύος του προτύπου Euro 6.

Για παράδειγμα, για τις εκπομπές που προέρχονται από επιβατηγά αυτοκίνητα και άλλα οχήματα που προορίζονται για μεταφορά θα ισχύει ανώτατο όριο 80 mg/km (δηλαδή πρόσθετη μείωση κατά περισσότερο από 50% σε σχέση με το πρότυπο Euro 5).

Οι συνδυασμένες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου που προέρχονται από οχήματα ντίζελ θα μειωθούν επίσης, έτσι ώστε να τεθούν ανώτατα όρια, π.χ. 170 mg/km όσον αφορά τα επιβατηγά αυτοκίνητα και άλλα οχήματα που προορίζονται για μεταφορά.

1.3.4 Εφαρμογή των προτύπων

Από την έναρξη ισχύος των προτύπων Euro 5 και Euro 6, τα κράτη μέλη πρέπει να αρνούνται την έγκριση τύπου, την ταξινόμηση, την πώληση ή τη θέση σε κυκλοφορία των οχημάτων που δεν τηρούν τις εν λόγω οριακές τιμές εκπομπών.

Για τα οχήματα μεταφοράς εμπορευμάτων (κατηγορία N1, κλάσεις II και III, και κατηγορία N2) και τα οχήματα που έχουν σχεδιαστεί για την ικανοποίηση ειδικών κοινωνικών αναγκών προβλέπεται κάθε φορά συμπληρωματική προθεσμία διάρκειας ενός έτους.

Το προβλεπόμενο χρονοδιάγραμμα έχει ως εξής:

- το πρότυπο Euro 5 εφαρμόζεται από την 1^η Σεπτεμβρίου 2009 όσον αφορά την έγκριση τύπου και θα εφαρμοστεί από την 1^η Ιανουαρίου 2011 όσον αφορά την ταξινόμηση και την πώληση των νέων τύπων οχημάτων.

- το πρότυπο Euro 6 θα εφαρμοστεί από την 1^η Σεπτεμβρίου 2014 όσον αφορά την έγκριση τύπου και από την 1^η Σεπτεμβρίου 2015 όσον αφορά την ταξινόμηση και την πώληση των νέων τύπων οχημάτων.

Η παροχή χρηματοδοτικών κινήτρων από τα κράτη μέλη με σκοπό την ενθάρρυνση της τήρησης των νέων οριακών τιμών επιτρέπεται εφόσον:

1. ισχύουν για κάθε νέο όχημα που πωλείται στην αγορά ενός κράτους μέλους και πληρεί, εκ των προτέρων, τις απαιτήσεις του παρόντος κανονισμού.
2. λήγουν κατά την ημερομηνία εφαρμογής των οριακών τιμών.
3. ανέρχονται, για κάθε τύπο μηχανοκίνητου οχήματος, σε ποσό μικρότερο από το επιπλέον κόστος που συνεπάγονται, αφενός, οι τεχνικές διατάξεις που διασφαλίζουν την τήρηση των καθοριζόμενων οριακών τιμών και, αφετέρου, η τοποθέτησή τους στα οχήματα.

Άλλες υποχρεώσεις των κατασκευαστών

Εκτός από την τήρηση των προαναφερόμενων οριακών τιμών εκπομπών, οι κατασκευαστές οφείλουν να διασφαλίζουν την ανθεκτικότητα των διατάξεων ελέγχου της ρύπανσης για απόσταση 160.000 km. Επίσης, η συμμόρφωση κατά τη λειτουργία πρέπει να είναι δυνατόν να ελέγχεται επί χρονικό διάστημα έως πέντε έτη ή 100.000 km.

Η Επιτροπή θεσπίζει ειδικές διαδικασίες, δοκιμές και απαιτήσεις που αφορούν:

1. τις εκπομπές αγωγού εξαγωγής, συμπεριλαμβανομένων κύκλων δοκιμής, τις εκπομπές σε χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, τις εκπομπές σε λειτουργία κινητήρα εν κενώ, τη θολότητα καυσαερίου και την ορθή λειτουργία και αναγέννηση των συστημάτων μετεπεξεργασίας αναγέννησης.
2. τις εξατμιστικές εκπομπές και τις εκπομπές στροφαλοθαλάμου.
3. τα ενσωματωμένα στα οχήματα συστήματα διάγνωσης (OBD) και την απόδοση των συστημάτων ελέγχου της ρύπανσης κατά τη χρήση.

4. την αντοχή των συστημάτων ελέγχου της ρύπανσης, τις διατάξεις αντικατάστασης για τον έλεγχο των εκπομπών, τη συμμόρφωση εν χρήσει, τη συμμόρφωση της παραγωγής και τον τεχνικό έλεγχο.
5. τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και την κατανάλωση καυσίμων.
6. τα υβριδικά οχήματα.
7. την επέκταση των εγκρίσεων τύπου και τις απαιτήσεις για κατασκευαστές με μικρή παραγωγή.
8. τις απαιτήσεις για εξοπλισμό δοκιμών.
9. τα καύσιμα αναφοράς, όπως βενζίνη, ντίζελ, αέρια καύσιμα και βιοκαύσιμα.
10. τη μέτρηση της ισχύος του κινητήρα.

1.3.5 Πλαίσιο

Παρ' όλο που τα πρότυπα για τις εκπομπές ρύπων επικαιροποιήθηκαν μετά την 1η Ιανουαρίου 2005 (πρότυπο Euro 4), η ΕΕ εκτιμά ότι πρέπει να καταστούν αυστηρότερα, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη τις συνέπειες στις αγορές και στην ανταγωνιστικότητα των κατασκευαστών καθώς και το άμεσο και έμμεσο κόστος που επιβάλλονται στις επιχειρήσεις.

Ο κανονισμός αυτός θεσπίστηκε ύστερα από ευρεία διαβούλευση με τους κοινωνικούς εταίρους. Δίνει έμφαση στη μείωση των εκπομπών σωματιδίων και οξειδίων του αζώτου (NO_x), ιδίως για τα οχήματα ντίζελ. Για το λόγο αυτό ο κανονισμός θα συμβάλει σε σημαντικές βελτιώσεις στον τομέα της υγείας. Υπενθυμίζεται ότι τα οξείδια του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες είναι πρόδρομοι του όζοντος.

Τέλος, ο κανονισμός τροποποιεί κυρίως την οδηγία 70/156/ΕΟΚ και την οδηγία 2005/55/ΕΚ και καταργεί, από τις 2 Ιανουαρίου 2013, τις οδηγίες 70/220/ΕΟΚ, 72/306/ΕΟΚ, 74/290/ΕΟΚ, 77/102/ΕΟΚ, 78/665/ΕΟΚ, 80/1268/ΕΟΚ, 83/351/ΕΟΚ, 88/76/ΕΟΚ, 88/436/ΕΟΚ, 89/458/ΕΟΚ, 91/441/ΕΟΚ, 93/59/ΕΟΚ, 94/12/ΕΚ, 96/44/ΕΚ, 96/69/ΕΚ, 98/69/ΕΚ, 98/77/ΕΚ, 99/100/ΕΚ, 99/102/ΕΚ, 2001/1/ΕΚ, 2001/100/ΕΚ, 2002/80/ΕΚ, 2003/76/ΕΚ και 2004/3/ΕΚ.

Κεφάλαιο 2^ο

Κύκλοι οδήγησης

2.1 Τι είναι ο κύκλος οδήγησης και πως ταξινομείται

Ένας κύκλος οδήγησης είναι μια σειρά δεδομένων που αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα ενός οχήματος σε σχέση με τον χρόνο.

Οι κύκλοι οδήγησης δημιουργούνται από διαφορετικές χώρες και οργανισμούς για την αξιολόγηση της απόδοσης των οχημάτων με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα της κατανάλωσης των καυσίμων και τις εκπομπές ρύπων.

2.1.1 Ταξινόμηση των κύκλων οδήγησης

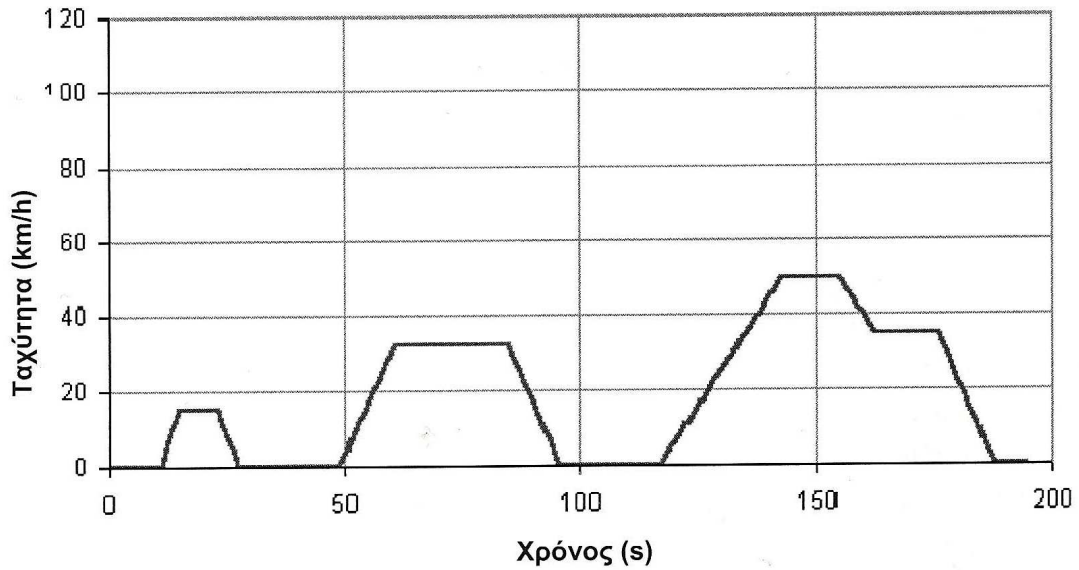
Οι κύκλοι οδήγησης χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες ανάλογα με την χρήση που προορίζονται.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους κύκλους που χρησιμοποιούνται για την έγκριση τύπου των οχημάτων (Legislative). Τέτοιοι κύκλοι χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη (Ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης, EDC), στην Αμερική (FTP-75, Unified LA-92) και στην Ιαπωνία (Japan 10-15 mode).

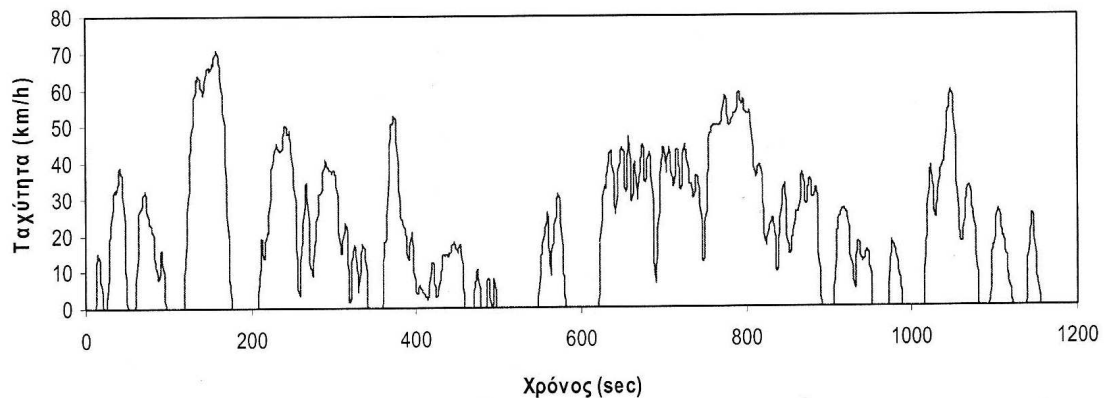
Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει κύκλους οδήγησης που εκπονούνται περισσότερο για ερευνητικό σκοπό. Χρησιμοποιούνται δεδομένα από πραγματικές συνθήκες κίνησης και για το λόγο αυτό ονομάζονται “Real World”. Η χρήση τους περιλαμβάνει τον υπολογισμό εκπομπών ρύπων και κατανάλωσης καυσίμου. Οι κύκλοι οδήγησης αυτού του είδους αναπτύσσονται από ιδρύματα όπως είναι το ινστιτούτο μεταφορών INRETS της Γαλλίας, ή πανεπιστημιακά ιδρύματα.

Ανάλογα με την μορφή και τον τρόπο που κατασκευάζονται, οι κύκλοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Αυτοί που κατασκευάζονται βάσει σταθερών επιταχύνσεων,

ταχυτήτων κίνησης και επιβραδύνσεων, ονομάζονται «modal». Τέτοιοι κύκλοι είναι συνήθως αυτοί που χρησιμοποιούνται για την έγκριση τύπου (διάγραμμα 2.1)



Διάγραμμα 2.1, Modal κύκλος οδήγησης (ECE-15)



Διάγραμμα 2.2, Real world κύκλος οδήγησης, Αθήνα 2002⁶

⁶ Ε.Τζιράκης «Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής». ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ιούλιος 2007

2.2 Δημιουργία κύκλων οδήγησης

2.2.1 Μέθοδοι δειγματοληψίας δεδομένων κίνησης

Αρχικά για την δημιουργία κύκλων οδήγησης χρειάζονται δεδομένα κίνησης από οχήματα κατάλληλα να διεκπεραιώσουν το σκοπό αυτό. Ο τρόπος που ενδείκνυται είναι με εξοπλισμένο καταγραφής των παραμέτρων κίνησης του. Έπειτα πρέπει να επιλεγεί ο κατάλληλος τρόπος κίνησης του οχήματος προκειμένου οι καταγραφές να είναι αντικειμενικές και αντιπροσωπευτικές του τρόπου κίνησης της πλειοψηφίας των κινούμενων οχημάτων στο πεδίο της δειγματοληψίας.

Για το λόγο αυτό έχουν επινοηθεί από ερευνητές και ειδικούς μια σειρά από τεχνικές για τον τρόπο κίνησης των οχημάτων δοκιμών.⁷

1. Η τεχνική της οδήγησης “chase car” η οποία αναπτύχθηκε στην Αμερική από την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των ΗΠΑ και την General Motors, χρησιμοποιείτε ευρύτατα από τους ερευνητές του είδους. Η συγκεκριμένη τεχνική χαρακτηρίζεται από δύο αρχές.⁸

- Σύμφωνα με την πρώτη αρχή το όχημα δοκιμών ακολουθεί κάποιο όχημα παρόμοιων χαρακτηριστικών προσπαθώντας να αντιγράψει την κίνηση του, όπως εναλλαγές ταχύτητας, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, από το ξεκίνημα αυτής μέχρι το τέλος.
- Η δεύτερη αρχή, έρχεται να συμπληρώσει την πρώτη όπου στην περίπτωση που δεν υπάρχει συγκεκριμένο όχημα που να αποτελεί τον στόχο για την αντιγραφή της κίνησης η τακτική που ακολουθείτε είναι, οδήγηση ακολουθώντας τη γενική ροή των οχημάτων αποφεύγοντας τα πολύ αργά και τα πολύ γρήγορα κινούμενα οχήματα.

⁷ PG Bouter, US Latham, M. Aigne. “Driving cycles for measuring car emissions on roads with traffic calming measures”. The science of the total environment 235, 1999 σελ. 77-89

⁸ T.Austin, FJ DiGenova, TR Carlson, RW Joy, KA Gianolini, JM Lee, 1993 “Characterization of driving patterns and emission from light duty vehicles in California.

2. Συλλογή δεδομένων κίνησης μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω κατάλληλα εξοπλισμένων ιδιωτικών οχημάτων τα οποία χρησιμοποιούνται από τους ιδιοκτήτες τους για τις καθημερινές τους διαδρομές. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί στο πρόσφατο παρελθόν σε μεγάλο αριθμό οχημάτων.

3. Τα οχήματα δοκιμών μπορούν να οδηγούνται από επαγγελματίες οδηγούς που γνωρίζουν το σκοπό της έρευνας και μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες των μετρήσεων.

4. Τέλος μετρήσεις μπορούν να γίνουν με εξοπλισμένο αυτοκίνητο το οποίο οδηγούν πολλοί διαφορετικοί οδηγοί. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς διαφορετικών οδηγών στο δρόμο.

2.2.2 Επεξεργασία δεδομένων

Όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν δύο κατηγορίες κύκλων οδήγησης όσον αφορά την κατασκευή τους.

Για την κατασκευή των modal κύκλων απαιτείται η κατάλληλη επιλογή των τμημάτων που θα συνθέσουν το τελικό αποτέλεσμα και που θα συμφωνούν στατιστικά με τα δεδομένα κίνησης που συλλέχθηκαν.

Για την κατηγορία των real world κύκλων που αποτελούνται από πραγματικά γεγονότα, υπάρχουν αρκετές προτάσεις από διάφορους ερευνητές που κατά καιρούς έχουν καταθέσει την δική τους άποψη για την εκπόνηση των κύκλων οδήγησης^{9 10 11}. Ανάλογα με το τρόπο ορισμού του δείγματος, ο τελικός κύκλος οδήγησης μπορεί να αποτελείται από μια πραγματική διαδρομή ή από συνδυασμό φάσεων οδήγησης.

Μεγάλο ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα της κατασκευής ενός κύκλου και στο πόσο αντιπροσωπευτικός των δεδομένων κίνησης, εφόσον αυτός προέρχεται από πραγματικά δεδομένα, είναι ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων αυτών.

Στο πρόσφατο παρελθόν, δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στα ίδια δεδομένα από τον Jie Lin και τον Debbie A. Niemeier, είχαν μεγάλες αποκλίσεις στο τελικό αποτέλεσμα για το Λος Άντζελες¹².

⁹ Κ.Πίτσας “Τεχνικός έλεγχος οχημάτων, Κύκλοι οδήγησης και Ατμοσφαιρική ρύπανση. ΕΜΠ

¹⁰ Kuhler M. Karstens D. 1978 “Improve driving cycle for testing automotive exhaust emissions”

¹¹ Kruse, RE, Huls TA 1973 “Development for the federal urban driving cycle”

¹² Jie Lin, Debbie A. Neimeier “An exploratory analysis comparing a stochastic driving cycle to California regulatory cycle 2002

Η σχολαστική στατιστική επεξεργασία των δεδομένων θεωρείται αναγκαία για την εκπόνηση αντιπροσωπευτικών κύκλων οδήγησης.

Ο Andre κατηγοριοποίησε τις μετρήσεις του σύμφωνα με τον τρόπο δειγματοληψίας, τον κυκλοφοριακό φόρτο σε 12 τρόπους οδήγησης και δημιούργησε τους κύκλους από την σύνθεση μικρότερων αντιπροσωπευτικών κύκλων¹³.

2.2.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη για την επεξεργασία

Και σε αυτόν τον τομέα οι ερευνητές θεωρούν σημαντικές κάποιες παραμέτρους που πρέπει να υπολογιστούν και να υποστούν στατιστική επεξεργασία για το καλύτερο επιθυμητό αποτέλεσμα όσον αφορά στον βαθμό που ο τελικός κύκλος οδήγησης θα είναι αντιπροσωπευτικός.

Από τους Kruse και Hulls το 1973, που επέλεξαν μέσα από 6 διαδρομές την αντιπροσωπευτικότερη με βάση το χρόνο σε στάση, τη μέση ταχύτητα και τον μέσο αριθμό στάσεων, μέχρι τον Πίτσα το 2003 προστέθηκαν ή αφαιρέθηκαν διάφορες σημαντικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές.

Οι βασικότεροι παράμετροι από τους Kuhler και Karstens ήταν:

- η μέση ταχύτητα
- η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις
- η συνολική μέση επιτάχυνση
- η συνολική μέση επιβράδυνση
- η μέση διάρκεια της περιόδου κίνησης
- ο μέσος όρος των εναλλαγών επιτάχυνσης-επιβράδυνσης
- το ποσοστό του χρόνου σε στάση
- το ποσοστό του χρόνου σε επιτάχυνση
- το ποσοστό του χρόνου σε επιβράδυνση
- το ποσοστό του χρόνου σε σταθερή ταχύτητα

¹³ Michel Andre “ The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions 2004

Αρκετά αργότερα από το 1996, υπήρξαν αρκετοί που αναθεώρησαν, επανεξέτασαν και εισήγαγαν νέες παραμέτρους. Σύμφωνα με τον Andre οι πιο σημαντικές παράμετροι είναι ¹⁴:

- η διάρκεια του κύκλου
- η μέση ταχύτητα
- η τυπική απόκλιση της επιτάχυνσης
- η θετική κινητική ενέργεια
- το ποσοστό του χρόνου σε στάση
- ο αριθμός των στάσεων ανά χιλιόμετρο
- η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις
- η μέση επιτάχυνση
- η μέση επιβράδυνση
- η μέση διάρκεια των περιόδων κίνησης
- ο μέσος όρος των εναλλαγών επιτάχυνσης-επιβράδυνσης
- η κατανομή της ταχύτητας
- η κατανομή της επιτάχυνσης
- η κατανομή της επιβράδυνσης

Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν κι άλλες παράμετροι όπως η ισχύς ¹⁵ και παράμετροι όπως είναι οι διακυμάνσεις της ταχύτητας, η σχετική θετική επιτάχυνση (RPA) το ολοκλήρωμα του τετραγώνου της επιτάχυνσης (IS: Internal Square) ^{16 17 18}, και το άθροισμα των τετραγώνων της επιτάχυνσης που σύμφωνα με την E. Ericsson, στις οποίες κατέληξε μεταξύ άλλων χρησιμοποιώντας πρόγραμμα παραγοντικής ανάλυσης SPSS.

¹⁴ M Andre “Driving cycles development: characterization of methods” 1996

¹⁵ I. Foununug, S. Washington, R. Guensler “A statistical model for estimating oxides of nitrogen emissions from light duty vehicles” 1999

¹⁶ E. Ericsson “The relationship between vehicular fuel consumption and exhaust emission and the characteristics of driving patterns

¹⁷ E. Ericsson “Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors 2001

¹⁸ E. Ericsson “Variability of urban driving patterns” 1999

Τέλος ο Κ.Πιτσας το 2003 συνυπολογίζοντας την κλίση των οδών στην εκπόνηση του κύκλου οδήγησης εισήγαγε την έννοια της επιτάχυνσης του οχήματος σε οδούς με κλίση και την RPA που επίσης ενσωματώνει την κλίση των οδών και υπολογίζεται αντίστοιχα από την επιτάχυνση.

Η σχέση που δίνει την RPA είναι:

$$RPA=(1/x) * \int a_i * v_i * dt$$

Όπου x: η διανυθείσα απόσταση

a_i : η θετική μεταβολή στην ταχύτητα (επιτάχυνση)

v_i : η ταχύτητα του οχήματος

Ένα ακόμη μέγεθος που είναι χαρακτηριστικό των κύκλων οδήγησης είναι το άθροισμα των τετραγώνων της επιτάχυνσης και υπολογίζεται ως εξής:

$$(1/n) * \sum a_i^2$$

Όπου n: είναι το πλήθος των σημείων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό

a_i : είναι η στιγμιαία επιτάχυνση.

2.3 Ευρωπαϊκή ένωση

Κύκλοι οδήγησης για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά

Υπάρχουν πλήθος κύκλων οδήγησης τόσο για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά όσο και για φορτηγά άνω των 3,5 τόνων και για βαρέα φορτηγά και λεωφορεία που χρησιμοποιούνται σε Ευρώπη, ΗΠΑ και Ιαπωνία.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα.

2.3.1 Κύκλοι ECE+EUDC

Ο κύκλος ECE+EUDC εκτελείται σε μία πέδη οχημάτων και χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων από ελαφρά οχήματα-επιβατικά στην Ευρώπη [Οδηγία 90/C81/01 της ΕΟΚ].

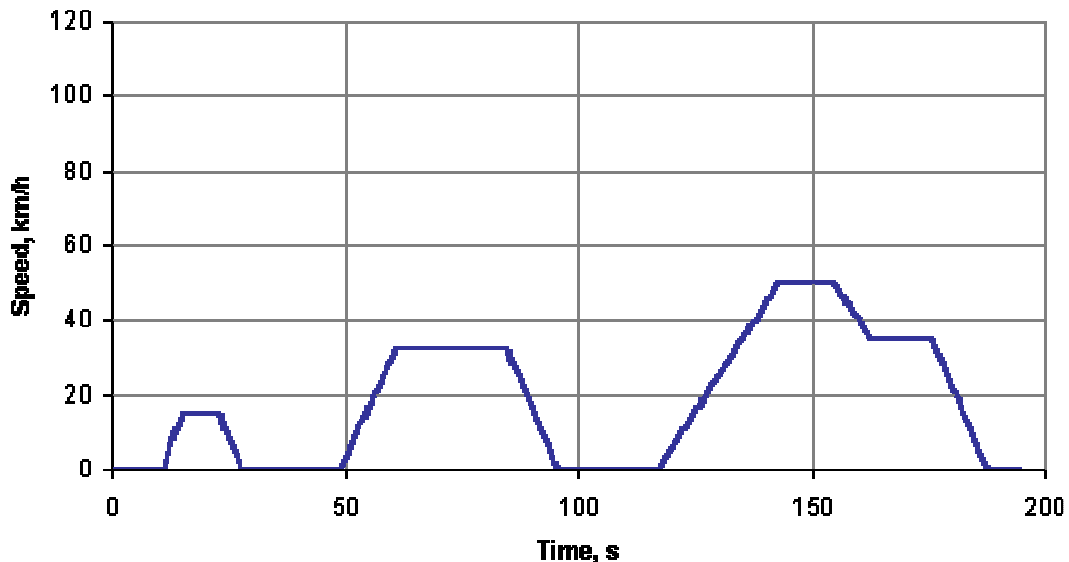
Ο κύκλος περιλαμβάνει τέσσερα ECE τμήματα επαναλαμβανόμενα χωρίς διακοπή, που ακολουθούνται από ένα EUDC ¹⁹ (Extra Urban Driving Cycle) τμήμα. Πριν από τη δοκιμή, το όχημα επιτρέπεται να παραμείνει για τουλάχιστον 6 ώρες σε μια θερμοκρασία δοκιμής 20-30°C. Έπειτα πραγματοποιείται η εκκίνησή του και επιτρέπεται να μείνει στο «ρελαντί» για 40 δευτερόλεπτα.

Από το έτος 2000, αυτή η περίοδος κατά την οποία το όχημα είναι στο «ρελαντί» καταργείται, δηλαδή, ο κινητήρας εκκινείται «κρύος» και η δειγματοληψία των εκπομπών αρχίζει αμέσως. Αυτή η τροποποιημένη διαδικασία ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται επίσης ως NEDC (New European Driving Cycle).

Οι εκπομπές λαμβάνονται κατά τη διάρκεια του κύκλου σύμφωνα με τη μέθοδο «Σταθερών Όγκων» (Constant Volume Sampling), αναλύονται, και στη συνέχεια εκφράζονται σε g/km για κάθε έναν από τους μετρούμενους ρύπους.

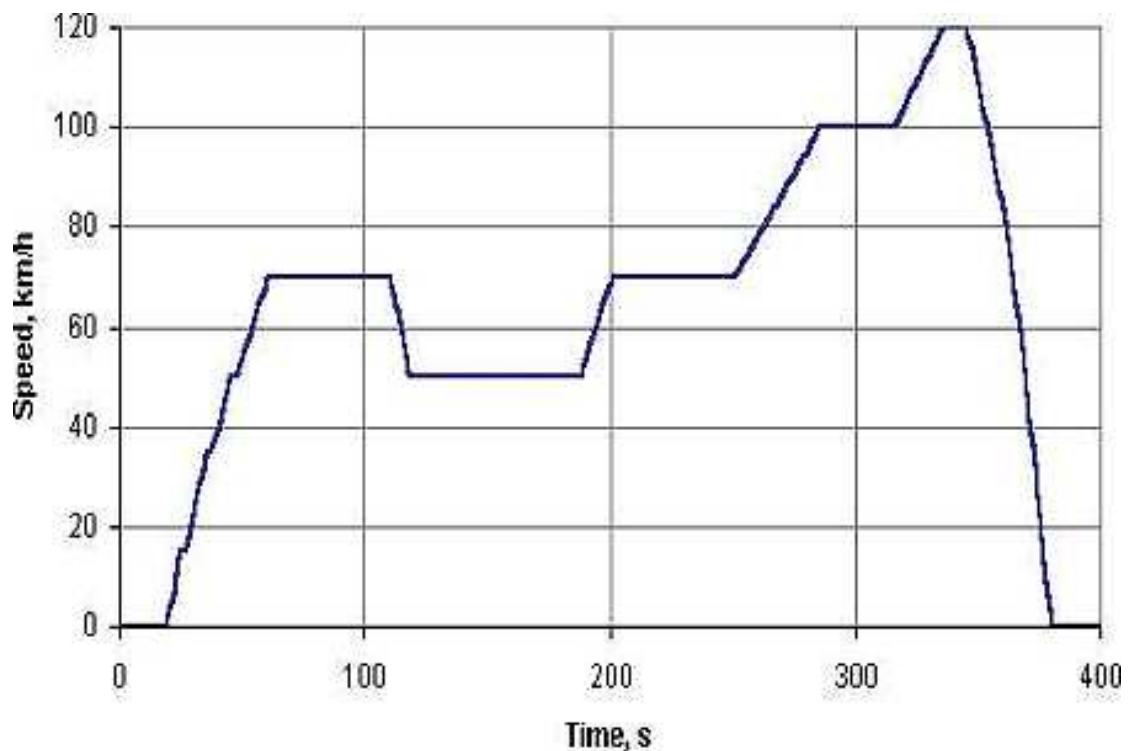
Ο ECE είναι ένας αστικός οδηγητικός κύκλος, επίσης γνωστός ως UDC (Urban Driving Cycle). Επινοήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τις συνθήκες οδήγησης σε πόλεις όπως το Παρίσι και η Ρώμη. Χαρακτηρίζεται από τη χαμηλή ταχύτητα οχημάτων, το χαμηλό φορτίο του κινητήρα, και τη χαμηλή θερμοκρασία των καυσαερίων.

¹⁹ Το συμβούλιο των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων «Οδηγία 88/76/ΕΟΚ, 3 Δεκεμβρίου 1987, για την τροποποίηση της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ

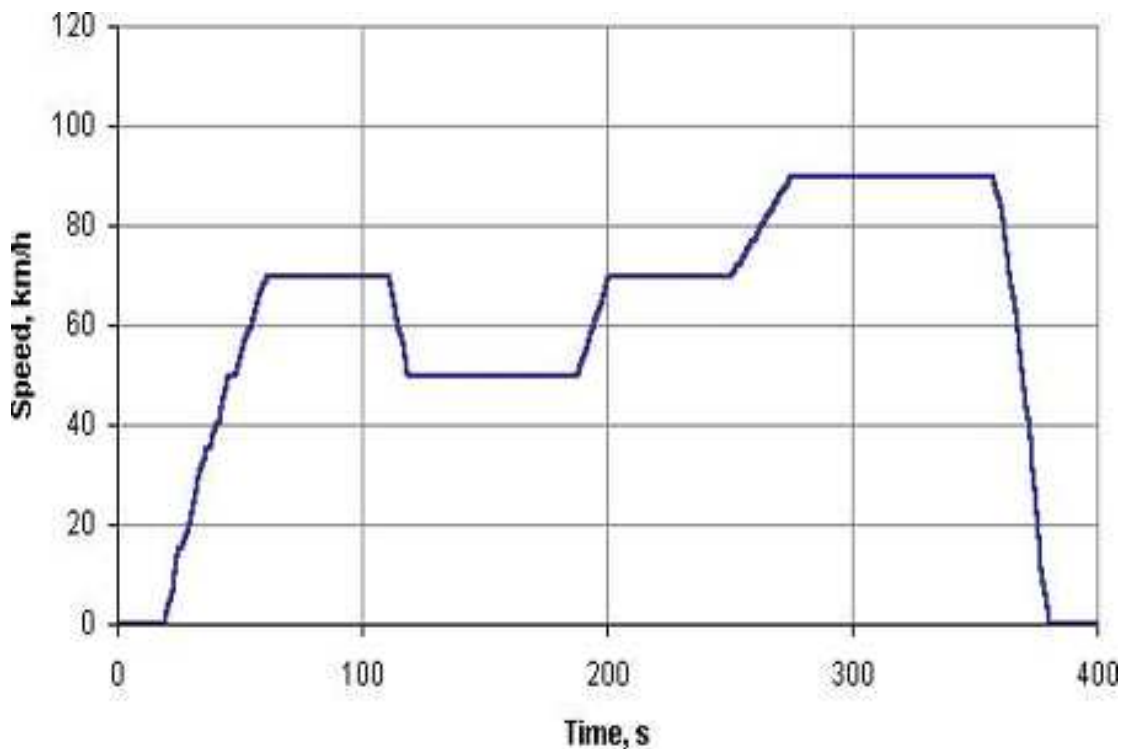


Διάγραμμα 2.3, Κύκλος Πόλης ECE, dieselnat.com

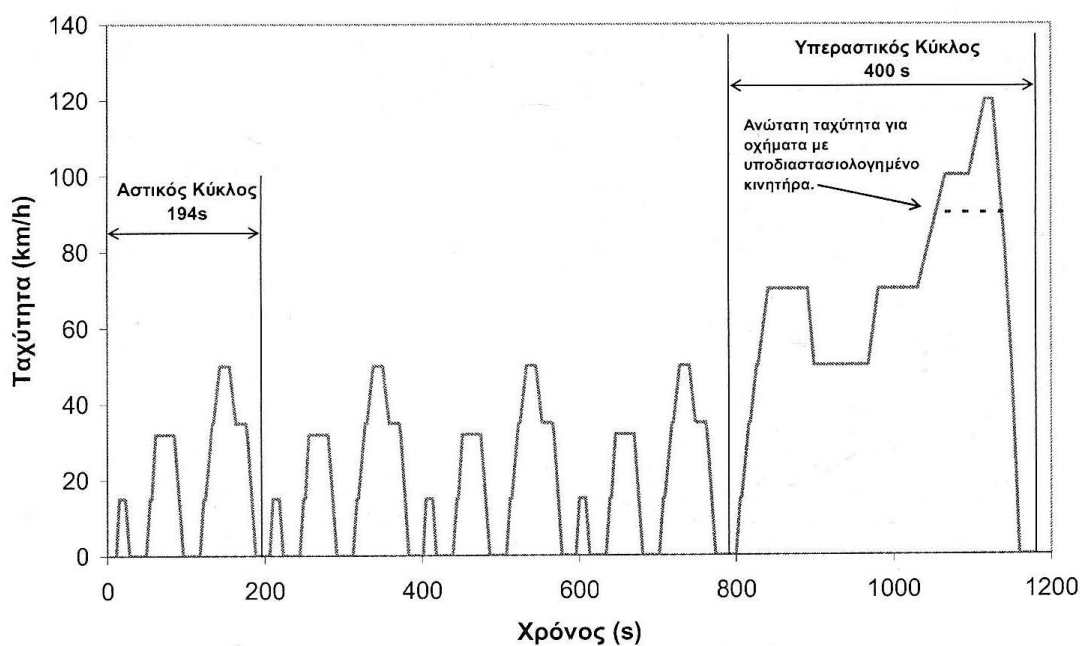
Το τμήμα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) έχει προστεθεί μετά από τον τέταρτο ECE κύκλο για να χαρακτηρίσει τον πιο “νευρικό” και με μεγάλη ταχύτητα τρόπο οδήγησης. Η μέγιστη ταχύτητα του κύκλου EUDC είναι 120 km/h. Επίσης έχει καθοριστεί ένας εναλλακτικός κύκλος EUDC για τα χαμηλής ισχύος οχήματα, με μέγιστη ταχύτητα που περιορίζεται σε 90 km/h



Διάγραμμα 2.4, Κύκλος Πόλης EUDC, dieselnat.com



Διάγραμμα 2.5, Κύκλος Πόλης EUDC για χαμηλής ισχύος οχήματα, dieselnet.com



Διάγραμμα 2.6, Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης (NEDC)

Ο Πίνακας που ακολουθεί, περιλαμβάνει μια περίληψη των παραμέτρων για τους κύκλους πόλης ECE και EUDC.

Χαρακτηριστικά	Μονάδα	ECE 15	EUDC	NEDC
Απόσταση	Km	4×1,013=4,052	6.955	11007
Χρονική Διάρκεια	s	4×195=780	400	1180
Μέση Ταχύτητα	km/h	18,7 (με στάσεις)	62.6	33,6
Μέγιστη Ταχύτητα (LPV)	km/h	50	120 (90)	120

Πίνακας 2.1, Περίληψη παραμέτρων για τους κύκλους πόλης ECE και EUDC.

2.3.2 Κύκλος οδήγησης Artemis (CADC)

Ο Κύκλος οδήγησης Artemis βασίζεται στη στατιστική ανάλυση ενός μεγάλου όγκου δεδομένων στα Ευρωπαϊκά πρότυπα του real world.

Οι κύκλοι περιλαμβάνουν τρία διαφορετικά πεδία οδήγησης.

- α) σε αστικό δρόμο
- β) σε αγροτικό δρόμο
- γ) σε αυτοκινητόδρομο

Το τρίτο στάδιο του αυτοκινητόδρομου χωρίζεται σε δύο επιμέρους στάδια, αυτό του αυτοκινητόδρομου με μέγιστη ταχύτητα τα 130km/h, και σε αυτόν με μέγιστη ταχύτητα τα 150km/h.

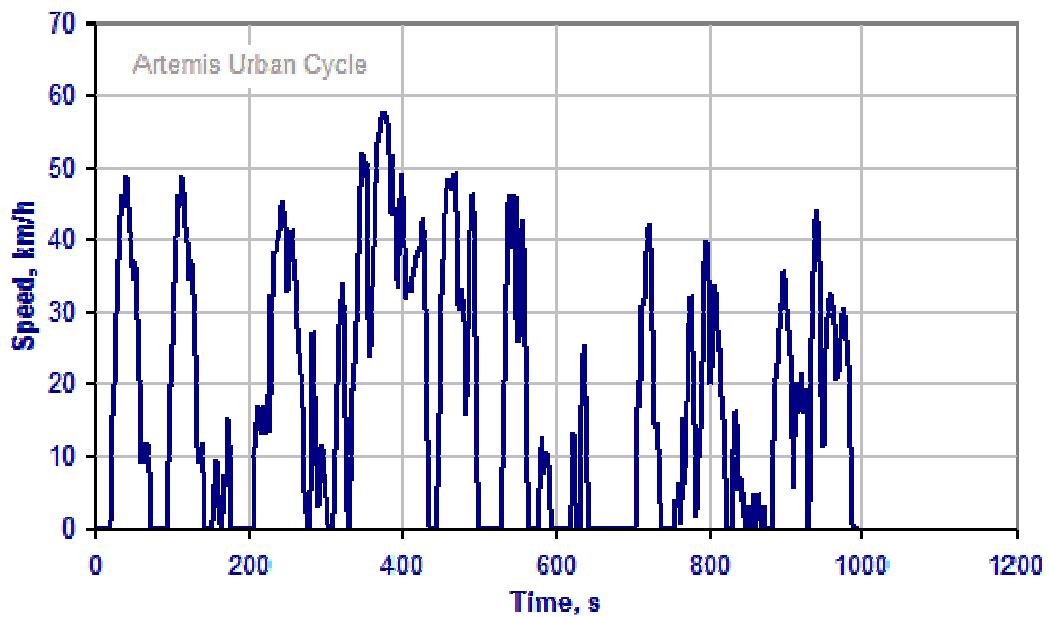
Χαρακτηριστικά του κύκλου οδήγησης Artemis παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Characteristics of Artemis Driving Cycles

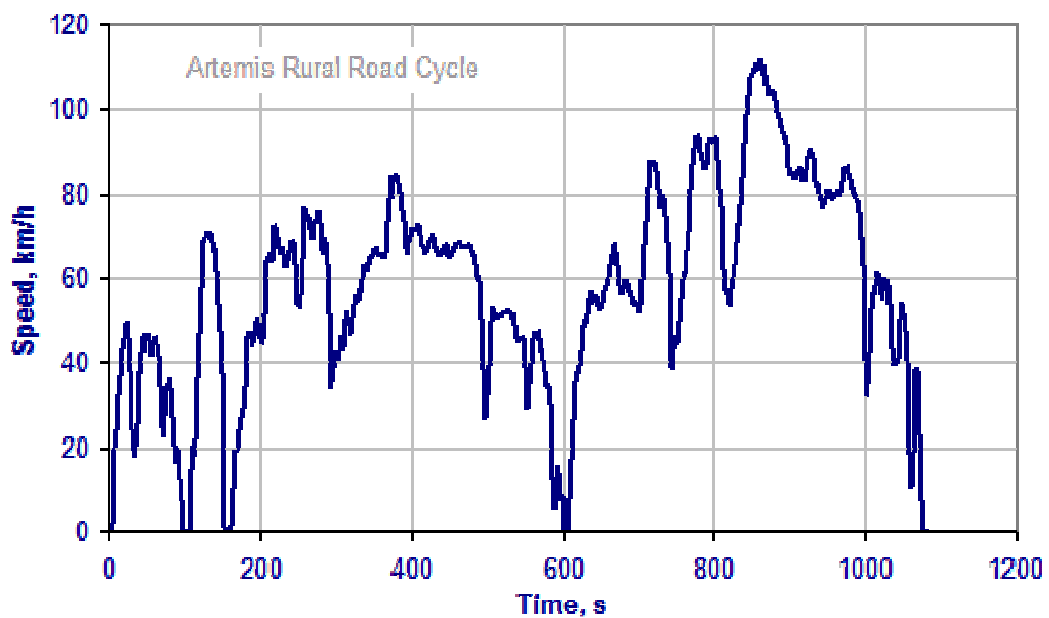
Characteristic	Urban	Rural Road	Motorway 130	Motorway 150
Duration, s	920	1081	1067	1067
Distance, km	4.47	17.27	28.74	29.55
Average speed, km/h	17.5	57.5	97.0	99.7
Maximum speed, km/h	58	112	132	150
Speed distribution, %				
- Idle ($S = 0$ km/h)	29	3	2	2
- Low speed ($0 < S \leq 50$)	69	31	15	15
- Medium speed ($50 < S \leq 90$)	2	59	13	13
- High speed ($S > 90$)	0	7	70	70

Πίνακας 2.2, Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης ARTEMIS, dieselnet.com

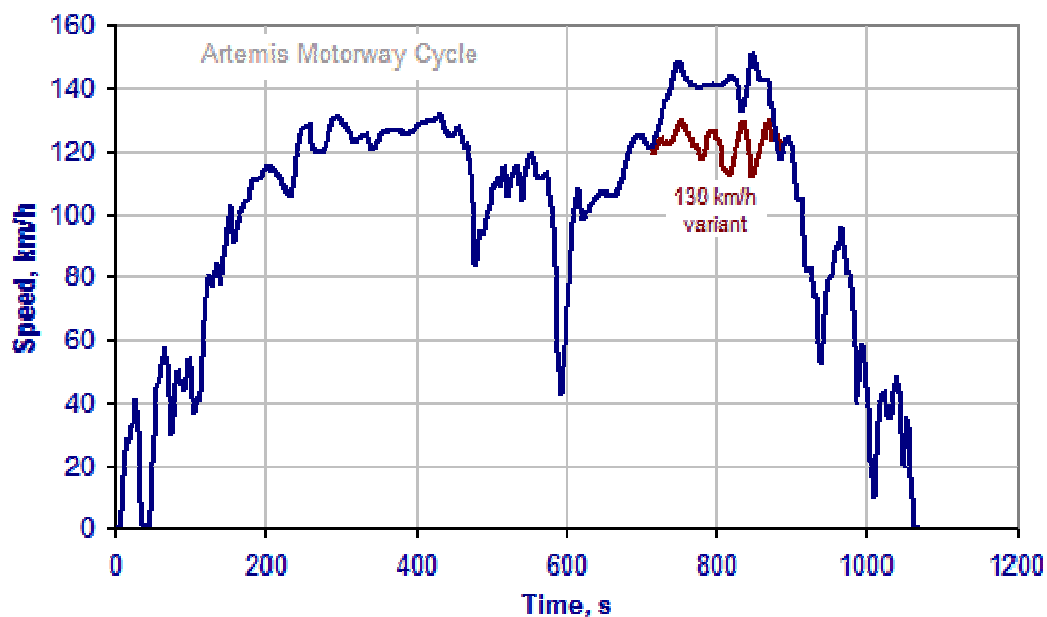
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται οι ταχύτητες των οχημάτων κατά τους κύκλους Artemis. (dieselnet.com)



Artemis urban cycle



Artemis rural road cycle



Artemis motorway cycle 150-130

2.3.3 Κύκλος ECE R49

Πρόκειται για κύκλο οδήγησης βαρέων οχημάτων. Αποτελείται από μια ακολουθία δεκατριών δοκιμών δυναμομέτρησης της μηχανής του οχήματος.

Χρησιμοποιείτε για την πιστοποίηση εκπομπής ρύπων μηχανών βαρέων οχημάτων μέσω του σταδίου EURO-II.

ECE R49 and US 13-mode Cycles

Mode No.	Speed	Load, %	Weighting Factors	
			R49	US
1	idle	-	0.25/3	0.20/3
2	maximum torque speed	10	0.08	0.08
3		25	0.08	0.08
4		50	0.08	0.08
5		75	0.08	0.08
6		100	0.25	0.08
7	idle	-	0.25/3	0.20/3
8	rated power speed	100	0.10	0.08
9		75	0.02	0.08
10		50	0.02	0.08
11		25	0.02	0.08
12		10	0.02	0.08
13	idle	-	0.25/3	0.20/3

Πίνακας 2.3, Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης ECE R49, dieselnets.com

2.3.4 Κύκλος ESC (OICA)

Κύκλος οδήγησης για βαρέα φορτηγά και λεωφορεία. Η δοκιμή ESC χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση των εκπομπών ρύπων βαρέων οχημάτων με μηχανές diesel μέσω του σταδίου EURO-III

Ο ESC είναι και αυτός ένας κύκλος με 13 στάδια δοκιμής και αντικαθιστά τον ECE R49.

ESC Test Modes

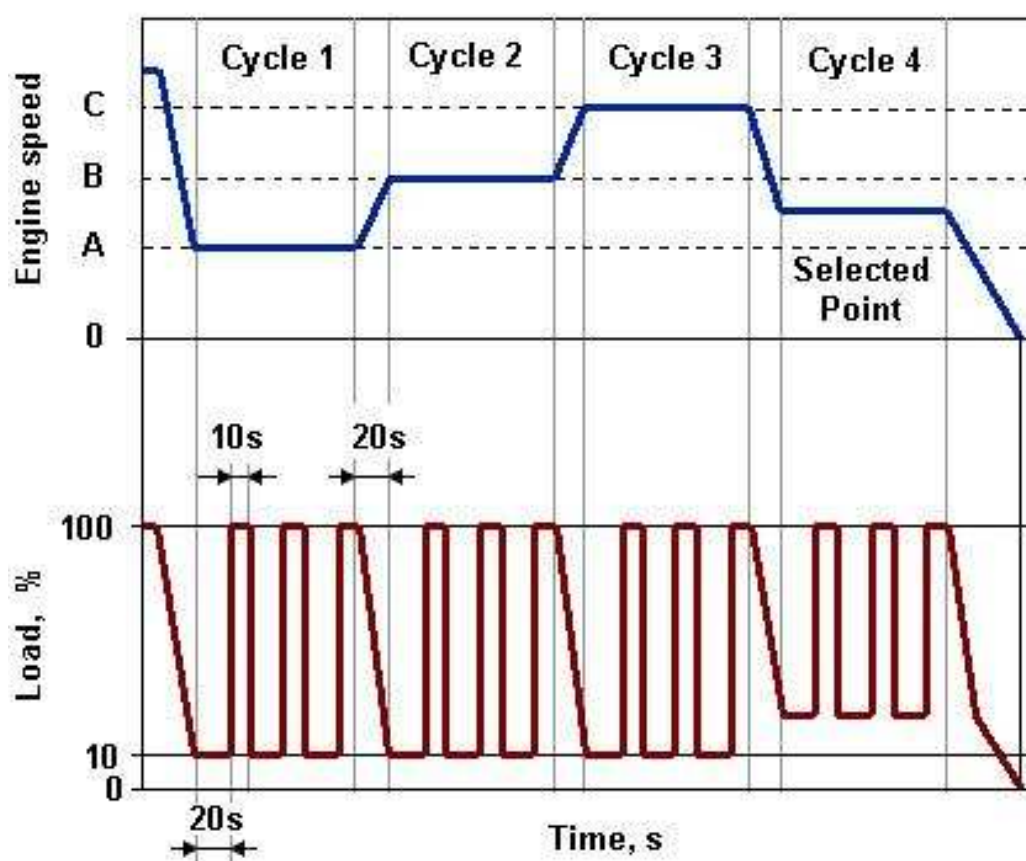
Mode	Engine Speed	% Load	Weight factor, %	Duration
1	Low idle	0	15	4 minutes
2	A	100	8	2 minutes
3	B	50	10	2 minutes
4	B	75	10	2 minutes
5	A	50	5	2 minutes
6	A	75	5	2 minutes
7	A	25	5	2 minutes
8	B	100	9	2 minutes
9	B	25	10	2 minutes
10	C	100	8	2 minutes
11	C	25	5	2 minutes
12	C	75	5	2 minutes
13	C	50	5	2 minutes

Πίνακας 2.4, Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης ESC (OICA), dieseln.net

2.3.5 Κύκλος ELR

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της αδιαφάνειας του καπνού κατά τη διάρκεια της πιστοποίησης της εκπομπής των ρύπων των βαρέων οχημάτων με μηχανές diesel μέσω του σταδίου EURO-III

Η δοκιμή αποτελείται από τρεις φάσεις φόρτισης για κάθε μια από τις τρεις ταχύτητες του κινητήρα A (κύκλος 1), B (κύκλος 2) και Γ (κύκλος 3), ακολουθούμενη από τον κύκλο 4 με στροφές μεταξύ της ταχύτητας A και ταχύτητα C και φορτίο μεταξύ 10% και 100%, που επιλέγονται από το προσωπικό πιστοποίησης.



Σχήμα 1 . Δοκιμής ELR

Διάγραμμα 2.7, Κύκλος οδήγησης ELR, dieselnet.com

2.3.6 Κύκλος Πόλης ETC (European Transient Cycle)

Ο «κύκλος πόλης» ETC, έχει εισαχθεί, μαζί με τον ESC (European Stationary Cycle), για την πιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων από βαρέος τύπου κινητήρες Diesel στην Ευρώπη ενώ η ισχύ του άρχισε το έτος 2000 (Οδηγία 1999/96/EC της 13ης Δεκεμβρίου 1999). Οι κύκλοι ESC και ETC αντικατέστησαν την παλαιότερη δοκιμή R-49.

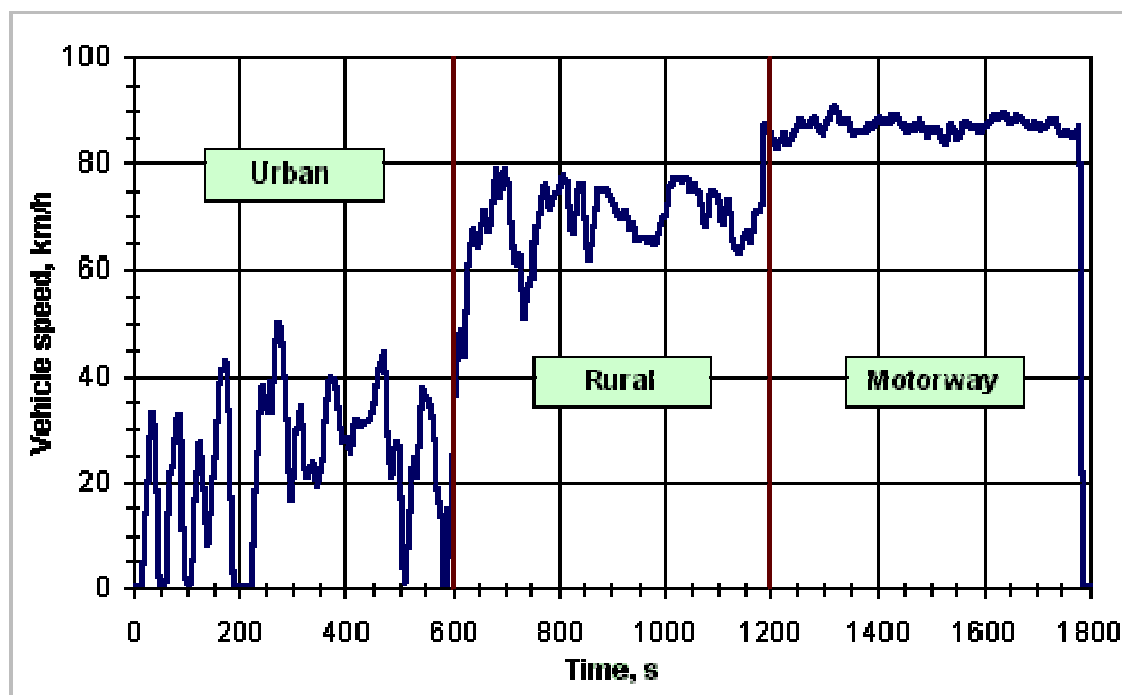
Ο κύκλος ETC έχει αναπτυχθεί από το ίδρυμα FIGE που εδρεύει στο Άαχεν της Γερμανίας, και βασίστηκε σε πραγματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε βαρέος τύπου οχήματα κατά τη διάρκεια της κυκλοφορίας τους (FIGE έκθεση 104 05 316, Ιανουάριος 1994).

Ο τελικός κύκλος ETC που εφαρμόστηκε είναι μια μικρότερη και ελαφρώς τροποποιημένη έκδοση της αρχικής πρότασης FIGE.

Οι διαφορετικές συνθήκες οδήγησης αντιπροσωπεύονται από τρία μέρη του κύκλου ETC, συμπεριλαμβανομένης της οδήγησης σε αστικό, επαρχιακό και εθνικό δίκτυο. Η διάρκεια ολόκληρου του κύκλου είναι 1800s. Η διάρκεια κάθε τμήματος είναι 600s.

- Το πρώτο τμήμα αντιπροσωπεύει την οδήγηση μέσα στη πόλη (Urban) που χαρακτηρίζεται από συχνές εκκινήσεις και στάσεις και από μια μέγιστη ταχύτητα 50 km/h.
- Το δεύτερο τμήμα αντιπροσωπεύει την οδήγηση σε επαρχιακό δίκτυο (Rural) αρχίζοντας από ένα απότομο τμήμα επιτάχυνσης. Η μέση ταχύτητα είναι περίπου 72 km/h
- Το τρίτο τμήμα αντιπροσωπεύει την οδήγηση σε δρόμο ταχείας κυκλοφορίας (Motorway) με μέση ταχύτητα περίπου 88 km/h.

Με σκοπό την πιστοποίηση των κινητήρων, ο κύκλος ETC εκτελείται σε μία πέδη κινητήρων. Στο Σχήμα 2.7 φαίνεται η μεταβολή της ταχύτητας του οχήματος συναρτήσει του χρόνου.



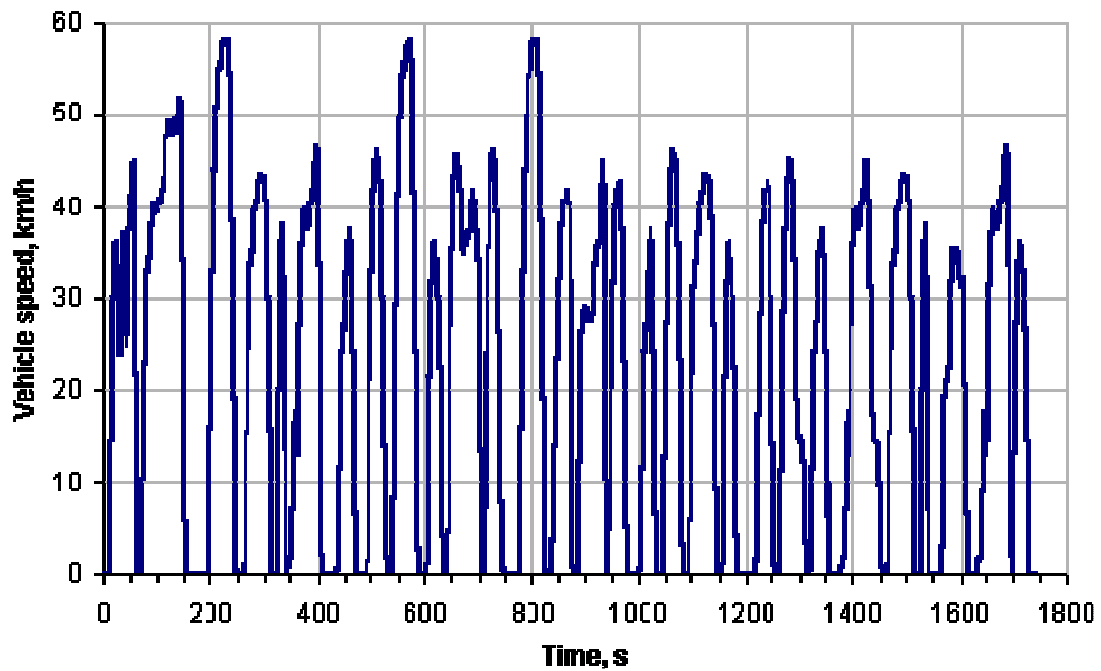
Διάγραμμα 2.8, Κύκλος Πόλης ETC – Ταχύτητα οχήματος, dieselnat.com

2.3.7 Κύκλος Braunschweig

Το πολυτεχνείο του Braunschweig ανέπτυξε ένα κύκλο οδήγησης που προσομοιώνει την μεταβατική κίνηση λόγω συχνών στάσεων των αστικών λεωφορείων. Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν:

- διάρκεια: 1740s
- απόσταση: περίπου 11km
- μέση ταχύτητα: 58.2km/h
- ποσοστό χρόνου στο ρελαντί: 22%

Ο συγκεκριμένος κύκλος οδήγησης ήταν από τους ελάχιστους για τα βαρέα οχήματα στην Ευρώπη και έχει χρησιμοποιηθεί από διάφορα ερευνητικά προγράμματα, μέχρι την εμφάνιση του ETC που μείωσε το ρόλο του πρώτου στο ελάχιστο.



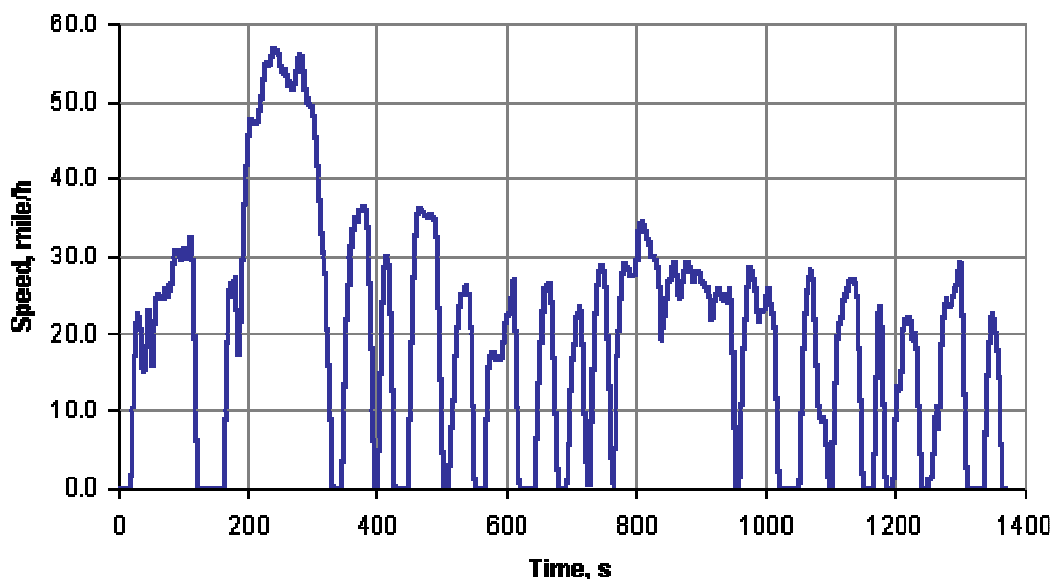
Διάγραμμα 2.9, Κύκλος Braunschweig, dieselnet.com

2.4 Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

2.4.1 Κύκλος U.S FTP-72

Ο κύκλος FTP-72 ονομάζεται και UDDS ή LA-4 cycle. Ο ίδιος είναι γνωστός και στην Σουηδία ως κύκλος A10 ή CVS και στην Αυστραλία ως κύκλος ADR 27.

Ο κύκλος προσομοιώνει μια αστική διαδρομή 12,07 χιλιομέτρων, με συχνές στάσεις. Η μέγιστη ταχύτητα είναι 91,2 χλμ/ώρα και η μέση ταχύτητα είναι 31,5 km/h.



Διάγραμμα 2.10, Κύκλος πόλης FTP-72, dieselnet.com

Ο κύκλος αποτελείται από δύο φάσεις: (1) 505s (5,78 χιλιόμετρα σε 41,2 χιλιόμετρα μέση ταχύτητα) και (2) 864s.

Η πρώτη φάση αρχίζει με την εκκίνηση εν ψυχρώ. Οι δύο φάσεις χωρίζονται από το σβήσιμο της μηχανής για 10 λεπτά.

Στις ΗΠΑ εφαρμόζονται φορτία της τάξης των 0,43 και 0,57 για την πρώτη και δεύτερη φάση, αντίστοιχα.

Στη Σουηδία και οι δύο φάσεις έχουν το ίδιο φορτίο.

2.4.2 Κύκλος FTP-75

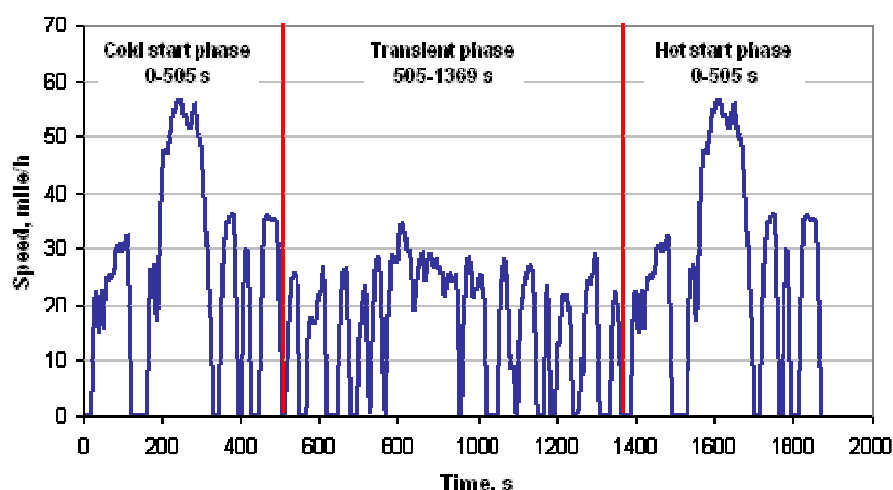
Ο κύκλος FTP-75 χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ για την έγκριση τύπου των ελαφρών φορτηγών και επιβατικών οχημάτων. Από το 2000 τα οχήματα δοκιμάζονται σε δύο συμπληρωματικές διαδικασίες (SFTP), οι οποίες σχεδιάστηκαν να καλύπτουν τις ατέλειες του FTP-75 όσον αφορά α) την επιθετική οδήγηση υψηλών ταχυτήτων και β) την χρήση κλιματισμού.

Ο κύκλος FTP-75 προέρχεται από τον κύκλο FTP-72 προσθέτοντας μια τρίτη φάση των 505s, ίδια με την πρώτη φάση του FTP-72 με την διαφορά ότι η εκκίνηση είναι με ζεστό κινητήρα. Η Τρίτη φάση ξεκινά αφού ο κινητήρας έχει απενεργοποιηθεί για 10 λεπτά. Επομένως ο κύκλος FTP-75 αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

1. κρύα φάση εκκίνησης
2. μεταβατική φάση
3. ζεστό 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



Διάγραμμα 2.11 Κύκλος πόλης FTP-75, dieselnets.com

Οι εκπομπές από κάθε φάση συλλέγονται σε χωριστές τσάντες τερφλόν, αναλύονται και εκφράζονται σε g / μίλι ή g / km. Οι συντελεστές στάθμισης είναι 0,43 για την εκκίνηση εν ψυχρώ, 1 για την μεταβατική φάση και 0,57 για το ζεστή φάση εκκίνησης. Ο κύκλος FTP-75 είναι γνωστός στην Αυστραλία ως ADR 37.

2.4.3 Κύκλος EPA

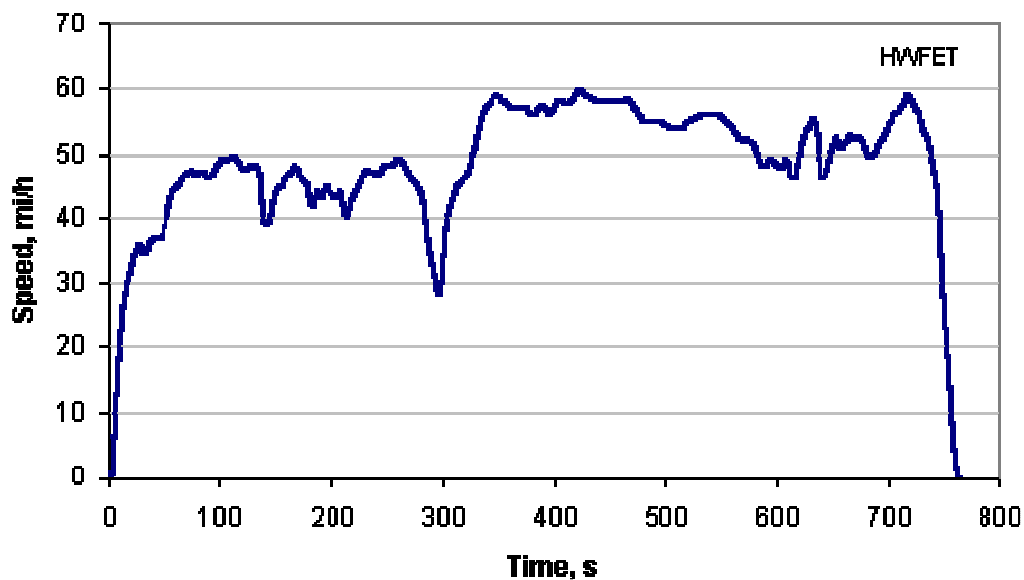
Ο κύκλος HWFET εφαρμόζεται σε δυναμομετρική εξέδρα και εξελίχθηκε από το Αμερικανικό EPA για τον προσδιορισμό της οικονομίας στα ελαφρά οχήματα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του κύκλου είναι:

Διάρκεια 765s

Διανυθείσα απόσταση 16,45km

Μέση ταχύτητα 77,7km/h



Διάγραμμα 2.12, Κύκλος EPA highway fuel economy, dieselnets.com

2.4.4 Κύκλος IM240

Ο κύκλος χρησιμοποιείται σε δυναμομετρική εξέδρα για έλεγχο καυσαερίων σε ελαφρά οχήματα κατά την συντήρησή τους. Τα προγράμματα αυτά εφαρμόζονται σε κάποιες από τις πολιτείες της Αμερικής.

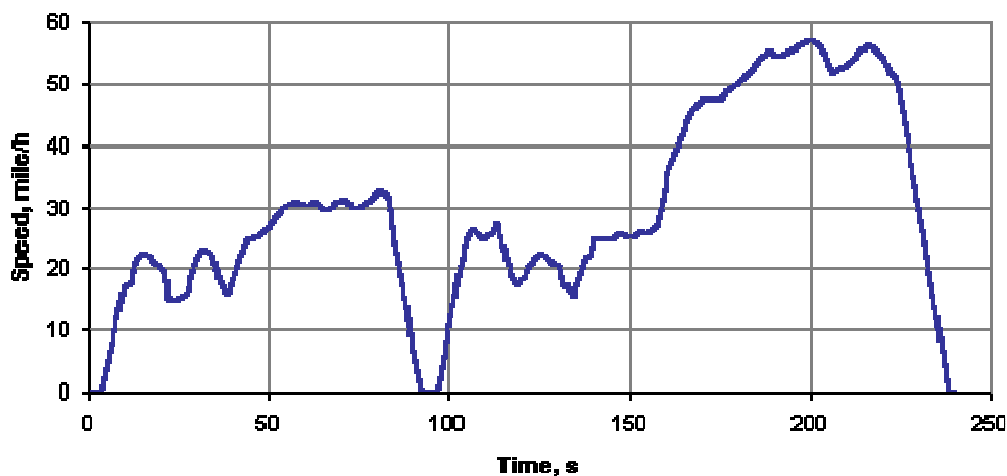
Πρόκειται για ένα σύντομο τεστ τα χαρακτηριστικά του οποίου είναι τα εξής:

διάρκεια: 240s

διανυθείσα απόσταση: 3,1 km

μέση ταχύτητα: 47,3 km/h

μέγιστη ταχύτητα: 91,2 km/h



Διάγραμμα 2.13, Κύκλος οδήγησης IM240, dieselnet.com

2.4.5 Κύκλος LA92

Ο κύκλος LA92 εφαρμόζεται σε δυναμομετρική εξέδρα για ελαφρά οχήματα και αναπτύχθηκε από το συμβούλιο ατμοσφαιρικών πόρων της Καλιφόρνια . τα χαρακτηριστικά του είναι πιο επιθετικά από τον κύκλο FTP-75, με υψηλότερες ταχύτητες κίνησης , μεγαλύτερες επιτάχυνσης, λιγότερες στάσεις ανά απόσταση και λιγότερο χρόνο στο ρελαντί.

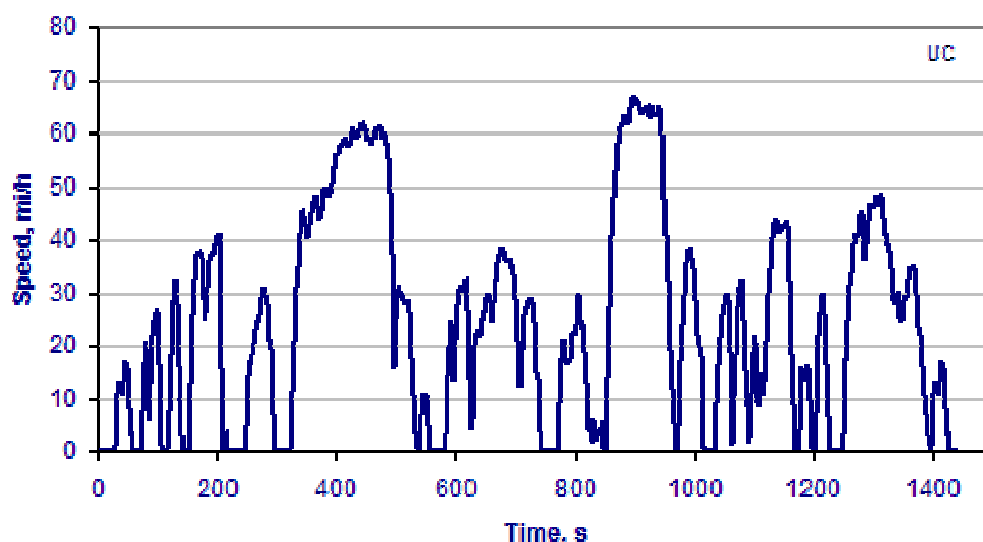
Τα χαρακτηριστικά του κύκλου είναι τα εξής:

διάρκεια: 1435s

διανυθείσα απόσταση: 15.74km

μέση ταχύτητα: 39.61km/h

Ο κύκλος συνήθως αποκαλείται ως Unified LA92. Υπάρχει και ο «σύντομος LA92» ο οποίος περιλαμβάνει τα πρώτα 969s του Unified LA92 .



Διάγραμμα 2.14, Κύκλος οδήγησης LA92, dieselnet.com

2.4.6 Κύκλος SFTP SC03

Ο κύκλος SFTP SC03 είναι συμπληρωματικός και αναπτύχθηκε με σκοπό να αντιπροσωπεύσει το φορτίο και τις εκπομπές οι οποίες σχετίζονται με τη χρήση κλιματισμού σε οχήματα που έχουν ήδη εγκριθεί στον κύκλο FTP-75.

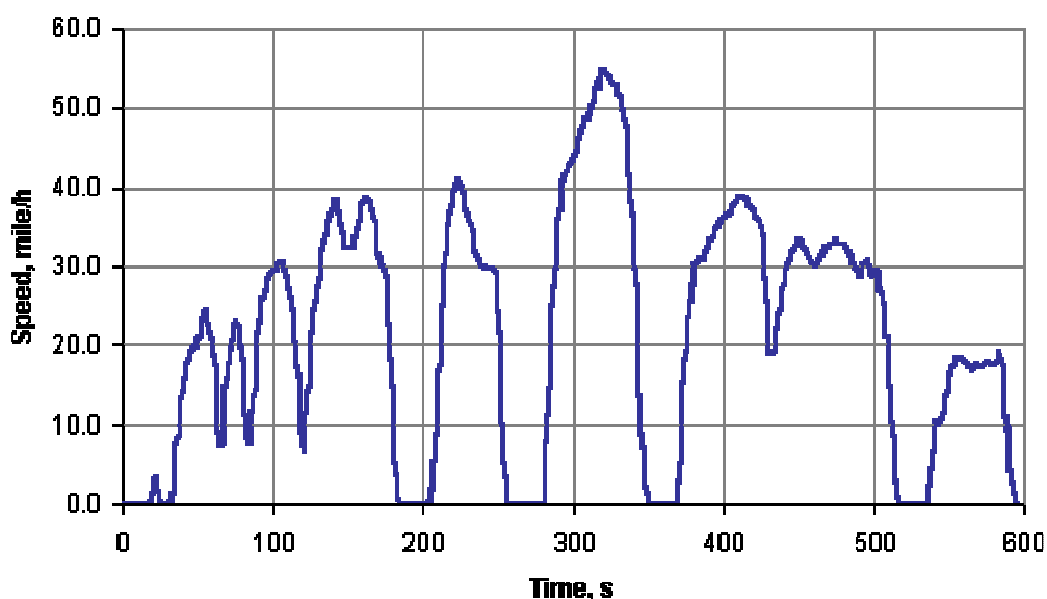
Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν:

διάρκεια: 596s

διανυθείσα απόσταση: 5,8km

μέση ταχύτητα: 34,8km/h

μέγιστη ταχύτητα: 88,2km/h



Διάγραμμα 2.15, Κύκλος οδήγησης SFTP SC03, dieselnet.com

2.4.7 Κύκλος SFTP US06

Ο κύκλος SFTP US06 αναπτύχθηκε για να συμπληρώσει τις αδυναμίες του FTP-75 όσον αφορά την επιθετική οδήγηση που περιλαμβάνει υψηλές ταχύτητες κίνησης, υψηλές τιμές επιτάχυνσης, γρήγορες διακυμάνσεις ταχυτήτων κίνησης.

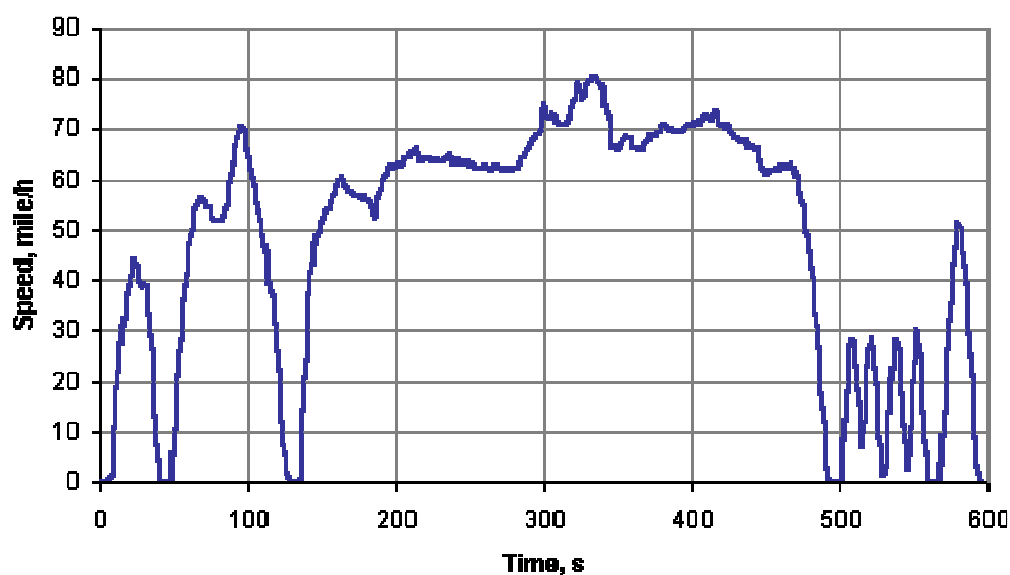
Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν:

διάρκεια: 596s

διανυθείσα απόσταση: 12,8km

μέση ταχύτητα: 77,9km/h

μέγιστη ταχύτητα: 129,2km/h



Διάγραμμα 2.16, Κύκλος οδήγησης SFTP US06, dieselnet.com

2.4.8 Κύκλος οδήγησης EPA NYCC

Ο κύκλος EPA NYCC αναπτύχθηκε για μετρήσεις επιβατικών και ελαφρών φορτηγών στην δυναμομετρική εξέδρα. Η δοκιμή προσομοιώνει οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με χαμηλές ταχύτητες και πολλές στάσεις.

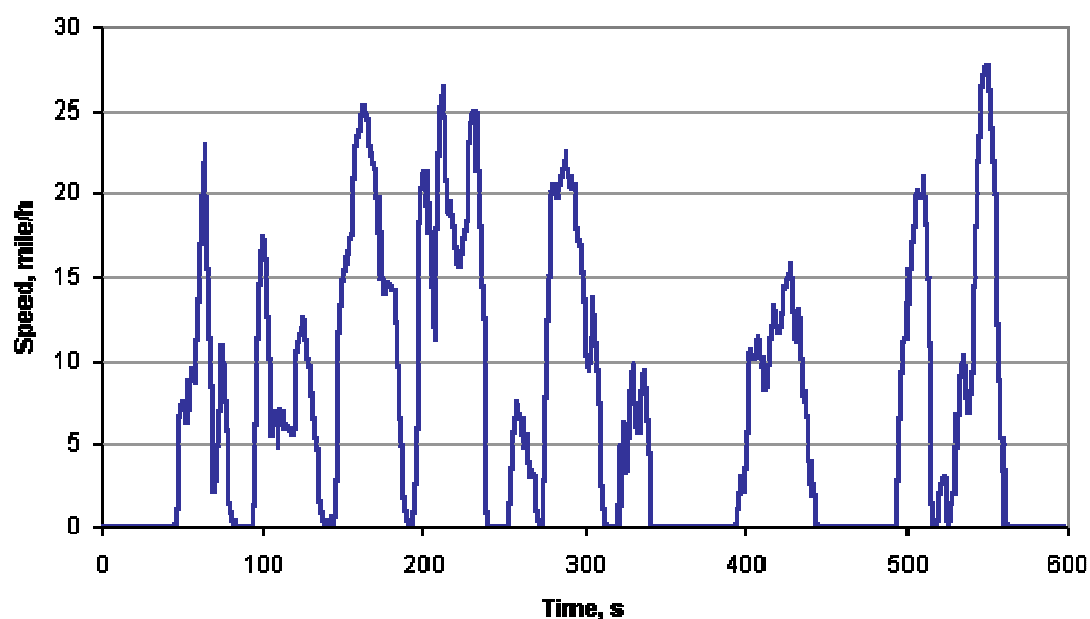
Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν:

διάρκεια: 598s

διανυθείσα απόσταση: 1,89km

μέση ταχύτητα: 11.4km/h

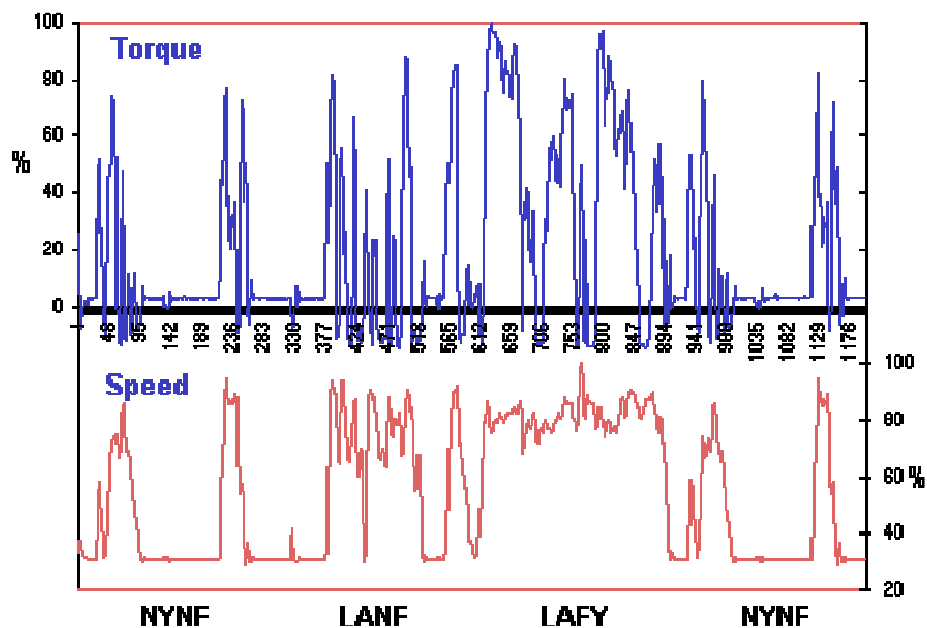
μέγιστη ταχύτητα: 44.6km/h



Διάγραμμα 2.17, Κύκλος EPA NYCC, dieselnets.com

2.4.9 Αναφορά και γράφημα των υπόλοιπων κύκλων οδήγησης για οχήματα βαρέου τύπου (dieselnet.com)

FTP Trancient

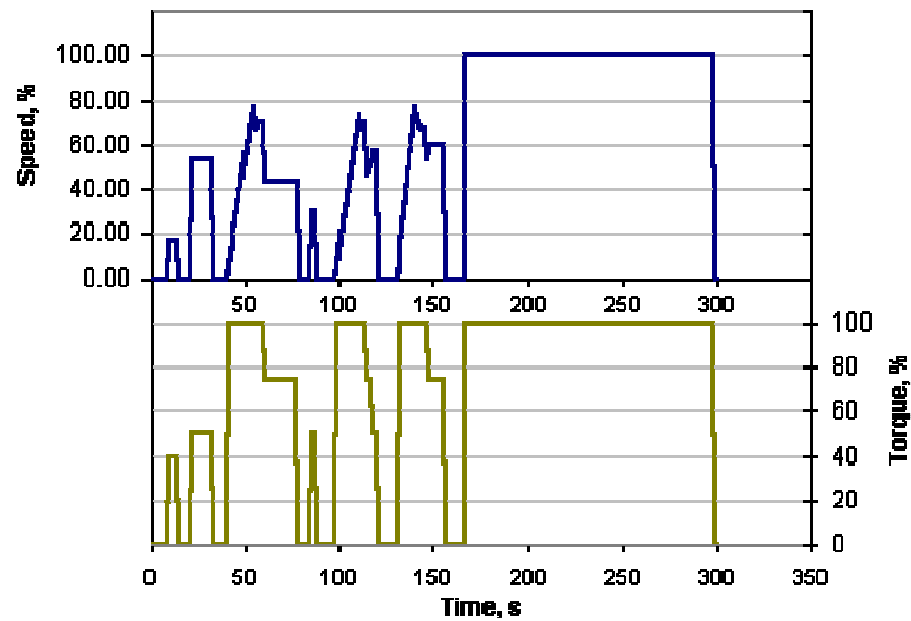


-Διάρκεια: 1200s

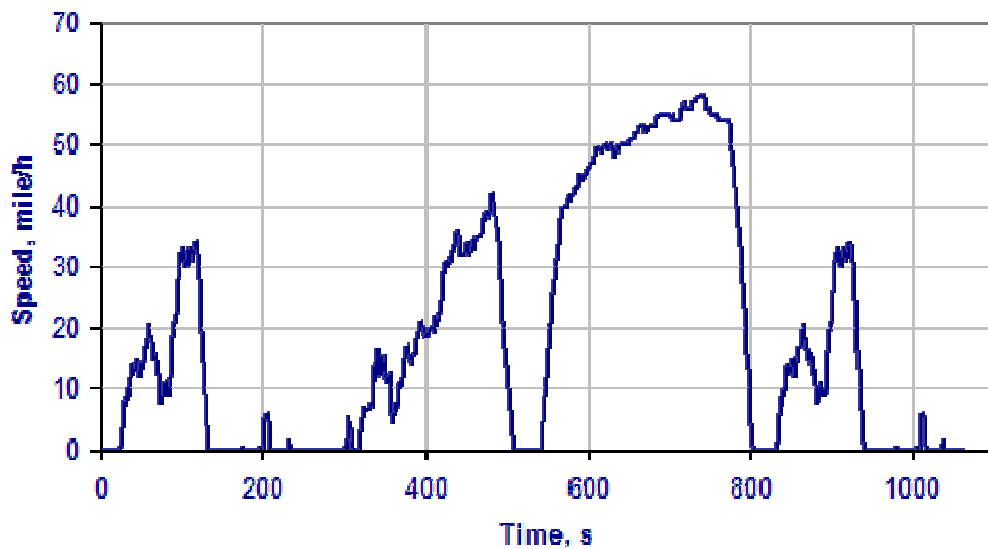
-Απόσταση: 10.3km

-Μέση ταχύτητα: 30km/h

Chicago Transit Authority (CTA)



HD-UDDS Cycle



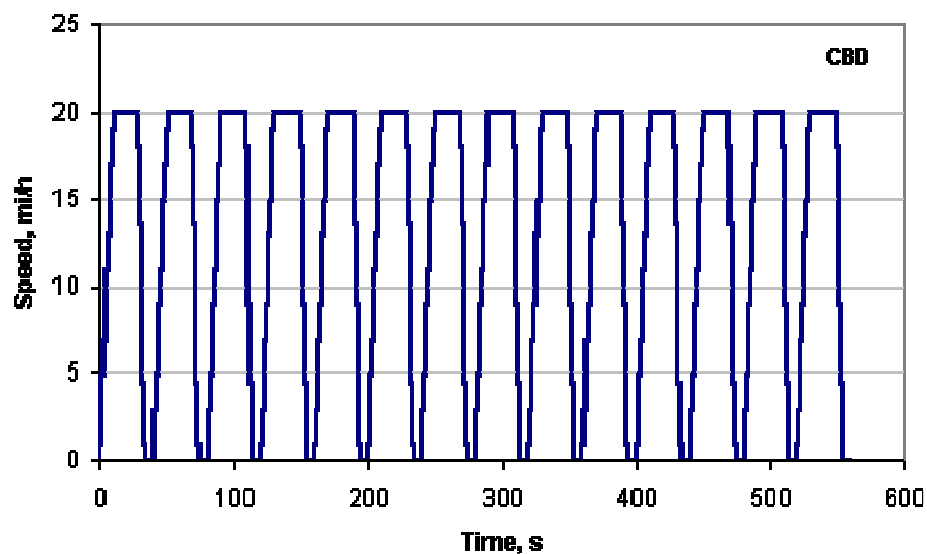
-Διάρκεια: 1060s

-Απόσταση: 8,9km

-Μέση ταχύτητα: 30,4km/h

-Μέγιστη ταχύτητα: 93,3km/h

CBD Driving Cycle



-Διάρκεια: 560s

-Μέση ταχύτητα: 20,23 km/h

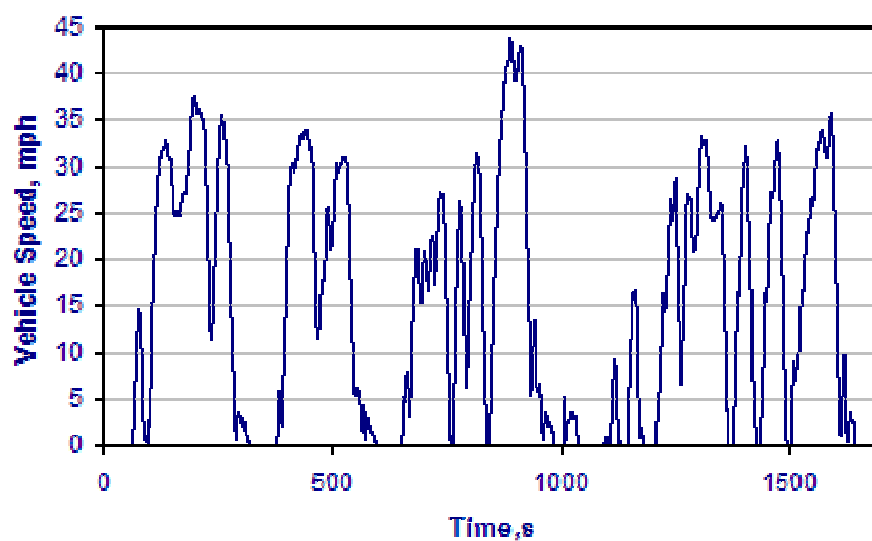
-Μέγιστη ταχύτητα: 32,18 km/h

-Απόσταση: 3,22 km

-Μέση επιτάχυνση: $0,89 \text{ m / s}^2$

-Μέγιστη επιτάχυνση: $1,79 \text{ m / s}^2$

City Suburban Heavy Vehicle Cycle



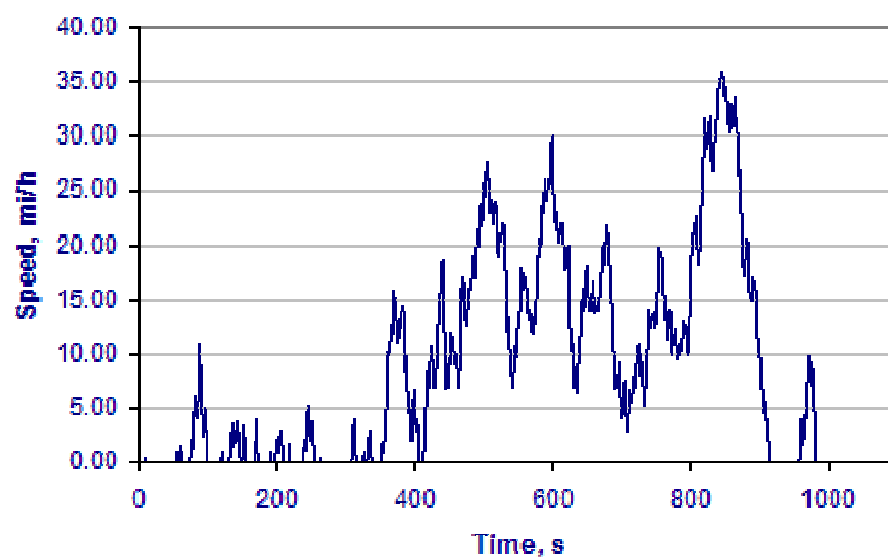
-Διάρκεια: 1700s

-Μέση ταχύτητα: 22.77 km/h

-Μέγιστη ταχύτητα: 70.55 km/h

-Απόσταση: 10.75 km

New York Composite Cycle



-Διάρκεια: 1029 s

-Συνολική απόσταση: 4,06 km

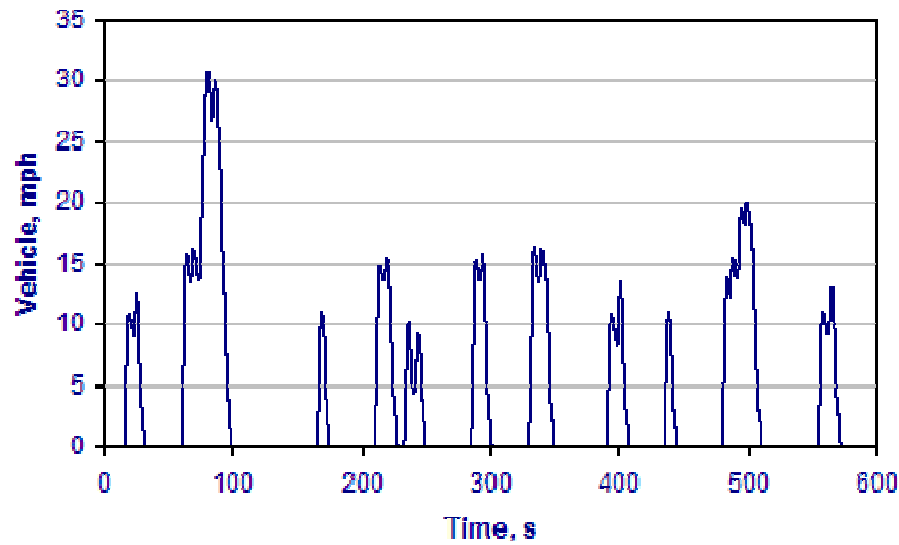
-Μέγιστη ταχύτητα: 57,92 km/h

-Μέση ταχύτητα: 14,25 km/h

-Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις: 20.0 km/h

-Μέγιστη επιτάχυνση: 5,41 m/s²

NY Bus Driving Cycle



-Διάρκεια: 600s

-Συνολική απόσταση: 0,99 km

-Μέγιστη ταχύτητα: 49,56 km/h

-Μέση ταχύτητα: 5,94 km/h

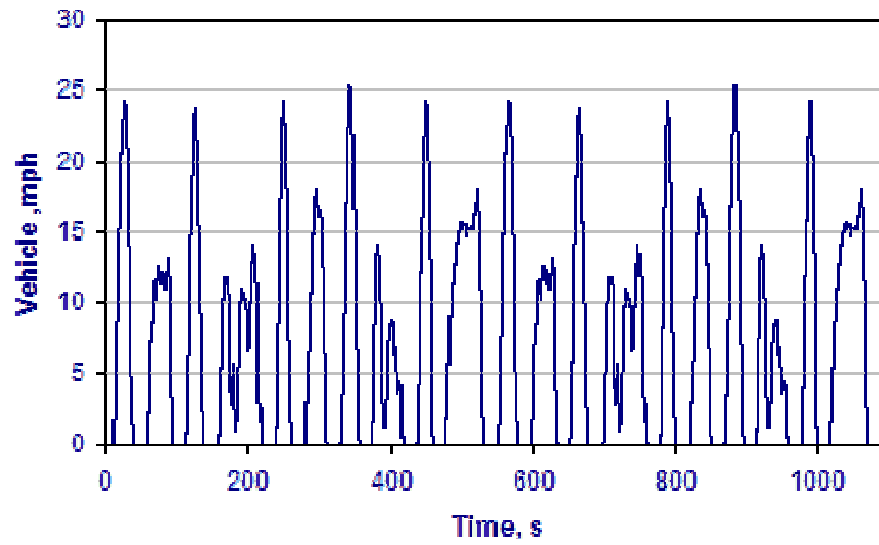
-Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις: 17,11 km/h

-Μέγιστη επιτάχυνση: 2,77 m/s²

-Μέση επιτάχυνση: 1,17 m/s²

-Αριθμός στάσεων ανά χιλιόμετρο: 11

Manhattan Driving Cycle



-Διάρκεια: 1089s

-Μέγιστη ταχύτητα: 40,88 km/h

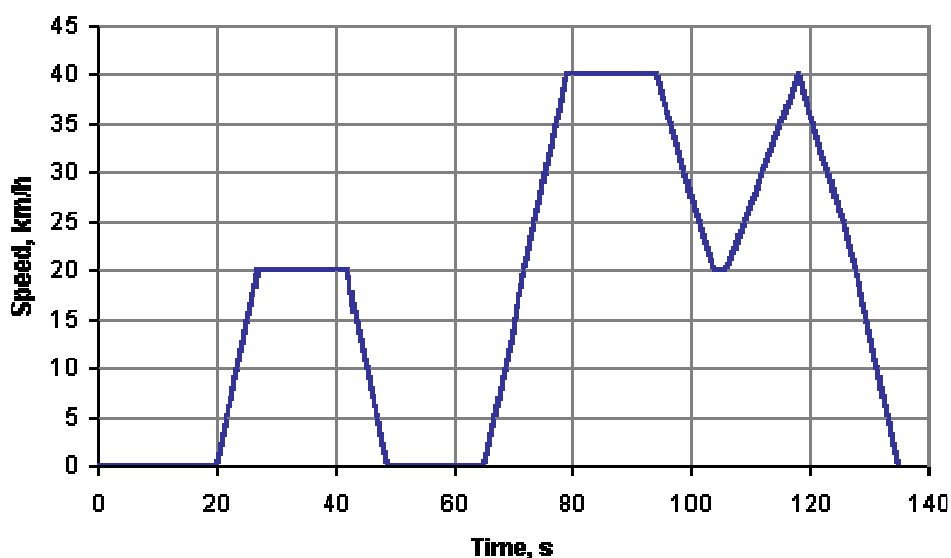
-Μέση ταχύτητα: 11.0 km/h

2.5 Ιαπωνία

2.5.1 Κύκλος οδήγησης 10-mode

Ο κύκλος οδήγησης 10-mode χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία πριν τον 10-15mode, για την έγκριση τύπου των επιβατικών και ελαφρών φορτηγών.

Αντιπροσωπεύει αστικές συνθήκες οδήγησης μόνο που οι εκπομπές μετρούνται για πέντε επαναλήψεις του ίδιου τμήματος το οποίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά.



Διάγραμμα 2.18, Κύκλος 10 Mode Cycle, dieselnet.com

-απόσταση: 0,664km

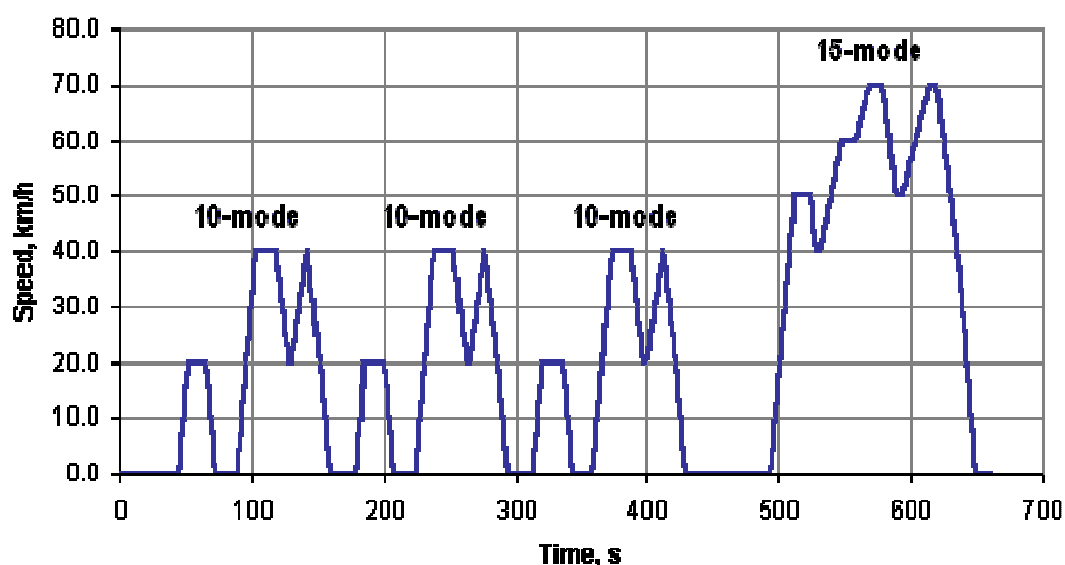
-μέση ταχύτητα: 17,7km/h

-διάρκεια: 135s

-μέγιστη ταχύτητα: 40km/h

2.5.2 Κύκλος οδήγησης 10-15 mode

Ο συγκεκριμένος κύκλος οδήγησης χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία για την έγκριση τύπου όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση, σε επιβατικά και ελαφρά φορτηγά. Προέρχεται από τον 10-mode με την προσθήκη ενός τμήματος 15-mode με μέγιστη ταχύτητα τα 70km/h.



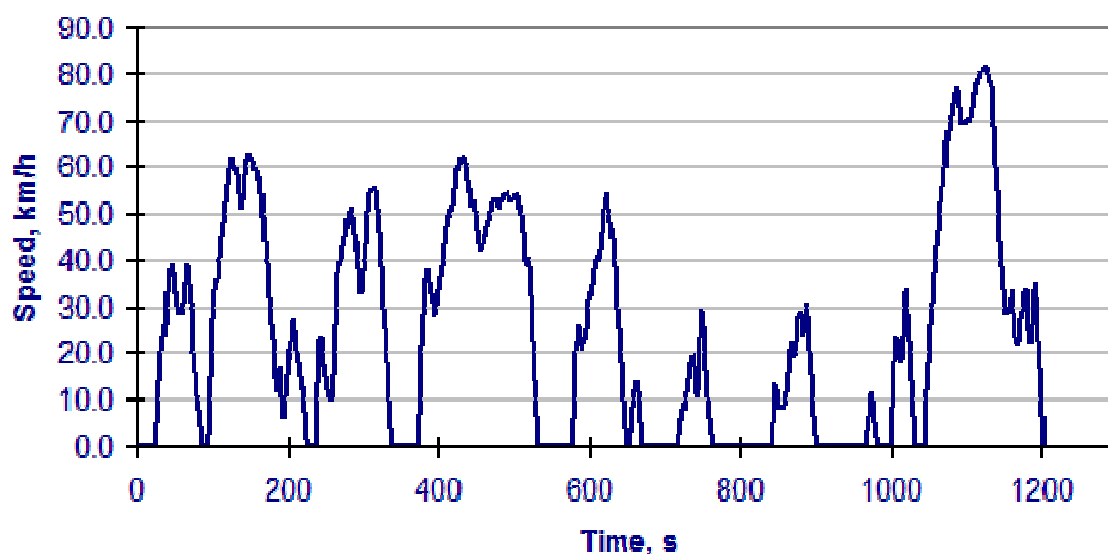
Διάγραμμα 2.19, Κύκλος 10-15 Mode, dieselnat.com

Η διαδικασία που ακολουθείτε είναι η εξής: Προθέρμανση του κινητήρα για 15 λεπτά στα 60km/h, μέτρηση στο ρελαντί, 5 λεπτά προθέρμανση στα 60km/h, ακολουθούμενο από ένα τμήμα 15-mode. Αμέσως μετά τρεις επαναλήψεις του κύκλου 10-mode και άλλη μια του 15-mode. Οι εκπομπές λαμβάνονται υπόψη στα τέσσερα τελευταία τμήματα (3X10-mode + 1X15-mode).

- Η απόσταση του κύκλου είναι 4,16km (6,34km)
- Η μέση ταχύτητα είναι 22,7 km/h (25.6km/h)
- Η διάρκεια 660s (892s)

2.5.3 Κύκλος JC 08

Πρόκειται για ένα νέο αστικό κύκλο οδήγησης για τις μετρήσεις εκπομπής ρύπων και οικονομίας καυσίμων των επιβατικών και ελαφρών φορτηγών, ο οποίος θα αντικαταστήσει πλήρως τον κύκλο 10-15mode μέχρι το 2011.



Διάγραμμα 2.20, Κύκλος JC08, dieselnet.com

Τα χαρακτηριστικά του κύκλου JC08 είναι:

- διάρκεια: 1204s
- Συνολική απόσταση: 8,171 km
- Μέση ταχύτητα: 24,4 km/h
- Μέγιστη ταχύτητα: 81,6 km/h
- Λόγος φορτίου: 29,7%

2.5.4 Αναφορά και διαγράμματα των κύκλων για τα βαρέα οχήματα

6-mode cycle

Έχει πλέον αντικατασταθεί με τον κύκλο 13-mode και τώρα έχει μόνο ιστορική σημασία.

Οι παράμετροι του κύκλου ντίζελ που παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Japanese Diesel 6 Mode Cycle

Mode	Speed (% of nominal)	Load (%)	Weighting factor
1	idle	-	0.355
2	40	100	0.071
3	40	25	0.059
4	60	100	0.107
5	60	25	0.122
6	80	75	0.286

dieselnet.com

13-mode cycle

Ο κύκλος 13-mode αντικατέστησε τον παλιότερο 6-mode για τη δοκιμή κινητήρων βαρέος τύπου στην Ιαπωνία.

Η δοκιμή τονίζει τις συνθήκες οδήγησης με μικρή ταχύτητα και χαρακτηρίζεται από τα χαμηλά φορτία του κινητήρα και τις χαμηλές θερμοκρασίες εξάτμισης.

Υπάρχουν διαφορές σε ορισμένες φάσεις της δοκιμής για τους πετρελαιοκινητήρες και τους βενζινοκινητήρες καθώς και οι συντελεστές στάθμισης είναι διαφορετικοί.

Οι παράμετροι των δοκιμών για τον κύκλο του ντίζελ παρατίθενται στον πίνακα 1, και για τον κύκλο της βενζίνης στον πίνακα 2.

Table 1
Diesel 13 Mode Cycle

Mode	Speed <i>% of nominal</i>	Load %	Weighting factor
1	idle	-	0.410/2
2	40	20	0.037
3	40	40	0.027
4	idle	-	0.410/2
5	60	20	0.029
6	60	40	0.064
7	80	40	0.041
8	80	60	0.032
9	60	60	0.077
10	60	80	0.055
11	60	95	0.049
12	80	80	0.037
13	60	5	0.142

Table 2
Gasoline/LPG 13 Mode Cycle

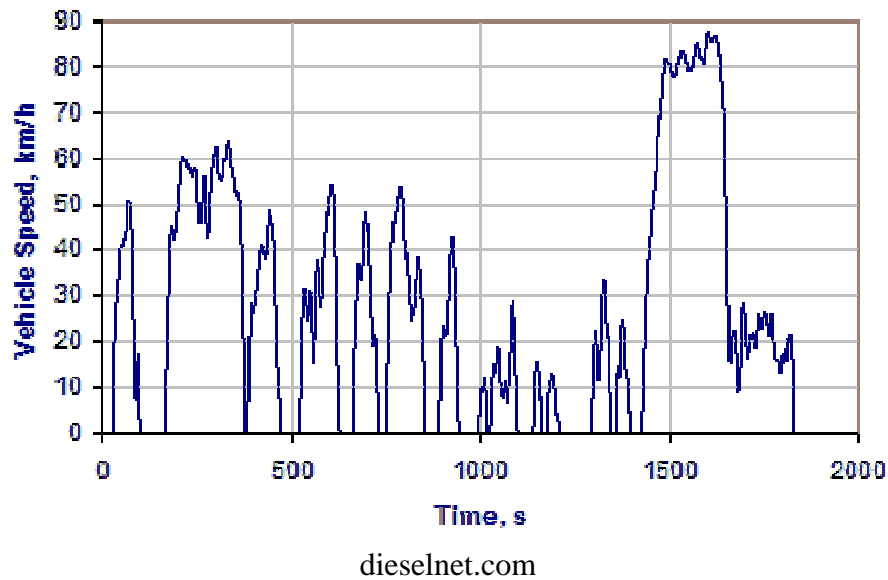
Mode	Speed <i>% of nominal</i>	Load %	Weighting factor
1	idle	-	0.314/2
2	40	40	0.036
3	40	60	0.039
4	idle	-	0.314/2
5	60	20	0.088
6	60	40	0.117
7	80	40	0.058
8	80	60	0.028
9	60	60	0.066
10	60	80	0.034
11	60	95	0.028
12	40	20	0.096
13	40*	20*	0.096

* - deceleration to idle

dieselnet.com

JE05 cycle

Νέος κύκλος οδήγησης για τη δοκιμή εκπομπής ρύπων από βαρέα οχήματα diesel και βενζίνης που αντικατέστησαν τον κύκλο 13-mode.



- διάρκεια: 1800 s,
- μέση ταχύτητα: 26,94 km/h
- μέγιστη ταχύτητα: 88 km/h.

Πειραματικό μέρος

Το πειραματικό μέρος της πτυχιακής, περιλαμβάνει μετρήσεις από διαδρομές μέσα στην πόλη του Ηρακλείου με σκοπό την ανάλυση των δεδομένων και την καταγραφή της κατάστασης της κίνησης σε κεντρικές οδικές αρτηρίες της πόλης.

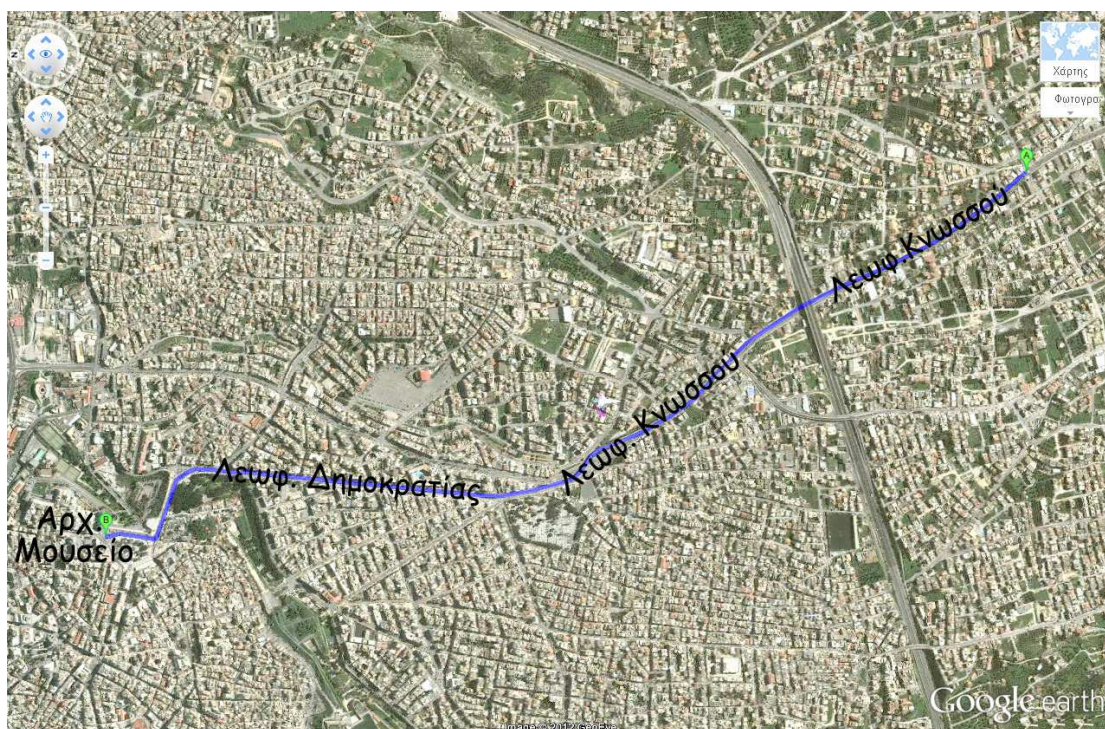
Επίσης περιλαμβάνει ανάλυση των δεδομένων που θα συγκεντρωθούν για την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ της ταχύτητας για την κίνηση στην πόλη του Ηρακλείου.

Κεφάλαιο 3^ο

Εισαγωγή στο πείραμα - πληροφορίες

Οι μετρήσεις για το πειραματικό μέρος ξεκίνησαν το μεσημέρι της Δευτέρας 15 Οκτωβρίου 2012 και σταμάτησαν το πρωί της Δευτέρας 22 Οκτωβρίου 2012. Μια πλήρης εβδομάδα μετρήσεων και συλλογής δεδομένων για την ανάλυση δύο κεντρικών και μεγάλων οδικών αρτηριών της πόλης του Ηρακλείου.

Οι κεντρικές αρτηρίες είναι η λεωφόρος Κνωσού, από το ύψος της συμβολής της με την οδό Ευαγγ. Χατζάκη και η λεωφόρος Δημοκρατίας έως την πλατεία του αρχαιολογικού μουσείου Ηρακλείου.



Εικόνα 1. Το δρομολόγιο του πειράματος μέσω Google Earth

Το πρόγραμμα της συλλογής των μετρήσεων περιελάμβανε δύο δρομολόγια την ημέρα, τα οποία χωρίζονταν σε δύο σκέλη, κατά τις ώρες αιχμής. Ένα δρομολόγιο

δηλαδή στις 8:00πμ με επιστροφή στο σημείο εκκίνησης και ένα δρομολόγιο στις 14:00μμ με επιστροφή στο σημείο εκκίνησης.

Πιο αναλυτικά οι μετρήσεις γίνονταν:

1. Λεωφόρος Κνωσού – Αρχαιολογικό μουσείο
2. Αρχαιολογικό μουσείο – Λεωφόρος Κνωσού

Το συνολικό ημερήσιο μήκος έφτανε τα 14 χλμ, (7 χλμ το πρωί και 7 χλμ το μεσημέρι), ενώ το συνολικό μήκος για όλο το πείραμα ήταν περίπου 98 χλμ.

3.1 Τα εργαλεία του πειράματος

1. Δέκτης GPS Garmin

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένας προσωπικός δέκτης GPS GARMIN GPS V της εταιρείας GARMIN International Inc. Το σύστημα του δέκτη αποτελείται από τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- Το δέκτη με ενσωματωμένη κεραία
- Το καλώδιο επικοινωνίας με τον υπολογιστή
- Καλώδιο παροχής ρεύματος από την υποδοχή του αναπτήρα του αυτοκινήτου 12V

Χαρακτηριστικά του δέκτη GPS²⁰

Με την ενεργοποίησή του, ο δέκτης εντοπίζει του δορυφόρους που είναι ορατοί στον ορίζοντα. Ο δέκτης διαθέτει 12 παράλληλα κανάλια με συνεχή παρακολούθηση και έτσι είναι δυνατή η χρήση έως και 12 δορυφόρων για τον υπολογισμό της θέσης (όσο περισσότεροι δορυφόροι είναι ορατοί, τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια).

²⁰ GARMIN Corporation, (2003). “Owner’s Manual and Reference”, Garmin International Inc., 2003

Η ανανέωση των πληροφοριών που δέχεται ο δέκτης από τους δορυφόρους γίνεται αυτόματα κάθε 1 sec. Ο δέκτης παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής μιας διαδρομής αποθηκεύοντας τα στοιχεία των διαδοχικών θέσεων του αυτοκινήτου (με χρονική απόσταση 1 sec) στη μνήμη του.

Η μνήμη του δέκτη είναι αρκετή για να καταγράψει και να αποθηκεύσει 3000 σημεία, δηλαδή μια διαδρομή δηλαδή 50 λεπτών της ώρας. Αν η αποθήκευση δεν τερματιστεί πριν το πέρας της αποθηκευτικής ικανότητας του δέκτη, τότε αυτόματα οι 'παραπανίστιες' εγγραφές αποθηκεύονται με ταυτόχρονη διαγραφή σημείων από την αρχή της διαδρομής.



Εικόνα 2. Ο δέκτης GPS V της Garmin με την ενσωματωμένη κεραία

2. Ένα αυτοκίνητο Peugeot 206, 1.4 λίτρων με κινητήρα βενζίνης

Το 206 ανήκει στην κατηγορία των supermini και κατασκευαζόταν από τη γαλλική αυτοκινητοβιομηχανία Peugeot από το 1998 έως το 2010 με πωλήσεις που αγγίζουν τις 7 εκατομμύρια μονάδες παγκοσμίως²¹.

²¹ PSA Peugeot-Citroen.com

Όσον αφορά την ασφάλεια στα EuroNCAP crash test, το 206 (με δύο εμπρόσθιους αερόσακους και χωρίς πλευρικούς αερόσακους) έλαβε μετωπική βαθμολογία 11/16 και πλευρική βαθμολογία 14/16. Συνολικά το 206 κατέκτησε 4/5 αστέρια²².



Εικόνα 3. Το Peugeot 206 που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα



Εικόνα 4. Ο δέκτης GPS τοποθετημένος στο ταμπλό του 206.

²² EuroNCAP εκτιμήσεις των crash tests για το Peugeot 206

3.2 Συλλογή δεδομένων

Κατά την διάρκεια των δρομολογίων καταγράψαμε δεδομένα όπως, την χρονική στιγμή, το υψόμετρο, την ταχύτητα, την απόσταση σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο καθώς και την γεωγραφική θέση (πίνακας 3.1)

	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / ΩΡΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΜΗΚΟΣ ΣΚΕΛΟΥΣ ΙΧΝΟΥΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΣΚΕΛΟΥΣ ΙΧΝΟΥΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΚΕΛΟΥΣ ΙΧΝΟΥΣ	ΠΟΡΕΙΑ	ΘΕΣΗ
1	16/10/2012 13:59	70 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.731
2	16/10/2012 14:00	70 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.731
3	16/10/2012 14:00	70 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.731
4	16/10/2012 14:00	70 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.731
5	16/10/2012 14:00	69 m	2 m	0:00:01	7 km/h	90° αληθές	N35 18.851 E25 08.731
6	16/10/2012 14:00	69 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.732
7	16/10/2012 14:00	69 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.732
8	16/10/2012 14:00	69 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.732
9	16/10/2012 14:00	69 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.732
10	16/10/2012 14:00	69 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 18.851 E25 08.732
11	16/10/2012 14:00	69 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.852 E25 08.732
12	16/10/2012 14:00	69 m	2 m	0:00:01	7 km/h	90° αληθές	N35 18.852 E25 08.732
13	16/10/2012 14:00	69 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 18.852 E25 08.734
14	16/10/2012 14:00	69 m	3 m	0:00:01	11 km/h	39° αληθές	N35 18.852 E25 08.734
15	16/10/2012 14:00	69 m	5 m	0:00:01	16 km/h	59° αληθές	N35 18.853 E25 08.735
16	16/10/2012 14:00	69 m	2 m	0:00:01	7 km/h	90° αληθές	N35 18.855 E25 08.737
17	16/10/2012 14:00	69 m	5 m	0:00:01	16 km/h	59° αληθές	N35 18.855 E25 08.739
18	16/10/2012 14:00	69 m	5 m	0:00:01	16 km/h	59° αληθές	N35 18.856 E25 08.741
19	16/10/2012 14:00	69 m	5 m	0:00:01	16 km/h	59° αληθές	N35 18.857 E25 08.744
20	16/10/2012 14:00	70 m	8 m	0:00:01	27 km/h	51° αληθές	N35 18.858 E25 08.746
21	16/10/2012 14:00	70 m	6 m	0:00:01	23 km/h	68° αληθές	N35 18.861 E25 08.750
22	16/10/2012 14:00	70 m	6 m	0:00:01	23 km/h	68° αληθές	N35 18.862 E25 08.754
23	16/10/2012 14:00	70 m	6 m	0:00:01	23 km/h	68° αληθές	N35 18.864 E25 08.758
24	16/10/2012 14:00	70 m	8 m	0:00:01	29 km/h	73° αληθές	N35 18.865 E25 08.762
25	16/10/2012 14:00	70 m	8 m	0:00:01	27 km/h	51° αληθές	N35 18.866 E25 08.767
26	16/10/2012 14:00	70 m	8 m	0:00:01	29 km/h	73° αληθές	N35 18.869 E25 08.771
27	16/10/2012 14:00	71 m	9 m	0:00:01	33 km/h	59° αληθές	N35 18.870 E25 08.776
28	16/10/2012 14:00	71 m	8 m	0:00:01	27 km/h	51° αληθές	N35 18.873 E25 08.781
29	16/10/2012 14:00	72 m	8 m	0:00:01	29 km/h	73° αληθές	N35 18.875 E25 08.785
30	16/10/2012 14:00	72 m	9 m	0:00:01	33 km/h	59° αληθές	N35 18.876 E25 08.790

Πίνακας 3.1 Δείγμα από τα δεδομένα του δέκτη GPS σε φύλλο excel.

Από το GPS μπορούσαμε επίσης να δούμε το ίχνος της πορείας που χαράξαμε μέσα από το πρόγραμμα MapSource της Garmin. Χαρακτηριστική είναι η παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5. Ίχνος πορείας από MapSource

3.3 Επεξεργασία δεδομένων

Η αρχική επεξεργασία περιελάμβανε υπολογισμούς για την σταδιακή εξομάλυνση της ταχύτητας, με σκοπό να προκύψει η τελική ταχύτητα. Στην συνέχεια ξεχωρίσαμε τα σημεία εκείνα όπου η ταχύτητα ήταν μεγαλύτερη του μηδενός, δηλαδή δημιουργήσαμε μία σειρά δεδομένων ταχύτητας «χωρίς στάση».

Επόμενο βήμα ήταν να υπολογίσουμε την επιτάχυνση και την επιβράδυνση της ταχύτητας, καθώς επίσης και τις μέγιστες τιμές τους ανά φάση, δηλαδή από στάση σε στάση (0 km/h).

Τέλος υπολογίσαμε το ποσοστό επί τοις εκατό για την στάση και την κίνηση στον δρόμο, όπως και τις μέσες τιμές της ταχύτητας, της ταχύτητας χωρίς στάση, της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

	U GPS		U clear	ΕΞΟΜΑΛ.	U _{τ1} λ	U>0	U (m/s)	A	A>0	MAX ΕΠΙτ. ανα φάση	A<0	MAX ΕΠΙβ. ανα φάση		
16/10/2012 13:59	0 km/h	0	0	0,00	0,00		0,000						% στάσης	16,36
16/10/2012 14:00	0 km/h	0	0	1,40	0,00		0,389	0,389	0,389				% κίνησης	83,64
16/10/2012 14:00	0 km/h	0	0	1,17	0,00		0,324	-0,065					Μέση Ταχ.	18,07
16/10/2012 14:00	0 km/h	0	0	1,00	0,00		0,278	-0,046			-0,06481		Μέση Ταχ. Χωρίς Στ.	21,60
16/10/2012 14:00	7 km/h	7	7	1,00	0,00		0,278	0,000			-0,0463		Μέση Εππ.	0,39
16/10/2012 14:00	0 km/h	0	0	1,00	0,00		0,278	0,000					Μέση Επιβρ.	-0,43
16/10/2012 14:00	0 km/h	0	0	2,29	0,00		0,635	0,357	0,357					
16/10/2012 14:00	0 km/h	0	0	2,29	0,00		0,635	0,000						
16/10/2012 14:00	9 km/h	9	9	2,29	0,00		0,635	0,000						
16/10/2012 14:00	0 km/h	0	0	3,86	3,86	3,86	1,071	0,437	0,437					
16/10/2012 14:00	7 km/h	7	7	6,14	6,14	6,14	1,706	0,635	0,635					
16/10/2012 14:00	0 km/h	0	0	7,14	7,14	7,14	1,984	0,278	0,278					
16/10/2012 14:00	11 km/h	11	11	8,14	8,14	8,14	2,262	0,278	0,278					
16/10/2012 14:00	16 km/h	16	16	10,43	10,43	10,43	2,897	0,635	0,635					
16/10/2012 14:00	7 km/h	7	7	11,71	11,71	11,71	3,254	0,357	0,357					
16/10/2012 14:00	16 km/h	16	16	15,57	15,57	15,57	4,325	1,071	1,071					
16/10/2012 14:00	16 km/h	16	16	17,29	17,29	17,29	4,802	0,476	0,476					
16/10/2012 14:00	16 km/h	16	16	18,29	18,29	18,29	5,079	0,278	0,278					
16/10/2012 14:00	27 km/h	27	27	20,57	20,57	20,57	5,714	0,635	0,635					
16/10/2012 14:00	23 km/h	23	23	22,43	22,43	22,43	6,230	0,516	0,516					
16/10/2012 14:00	23 km/h	23	23	24,00	24,00	24,00	6,667	0,437	0,437					
16/10/2012 14:00	23 km/h	23	23	25,86	25,86	25,86	7,183	0,516	0,516					
16/10/2012 14:00	29 km/h	29	29	26,71	26,71	26,71	7,421	0,238	0,238					
16/10/2012 14:00	27 km/h	27	27	27,29	27,29	27,29	7,579	0,159	0,159					
16/10/2012 14:00	29 km/h	29	29	28,14	28,14	28,14	7,817	0,238	0,238					
16/10/2012 14:00	33 km/h	33	33	29,57	29,57	29,57	8,214	0,397	0,397					
16/10/2012 14:00	27 km/h	27	27	30,14	30,14	30,14	8,373	0,159	0,159					
16/10/2012 14:00	29 km/h	29	29	31,00	31,00	31,00	8,611	0,238	0,238					
16/10/2012 14:00	33 km/h	33	33	31,57	31,57	31,57	8,770	0,159	0,159					

Πίνακας 3.2, Δείγμα από τα δεδομένα του δέκτη GPS μετά από επεξεργασία σε φύλλο excel

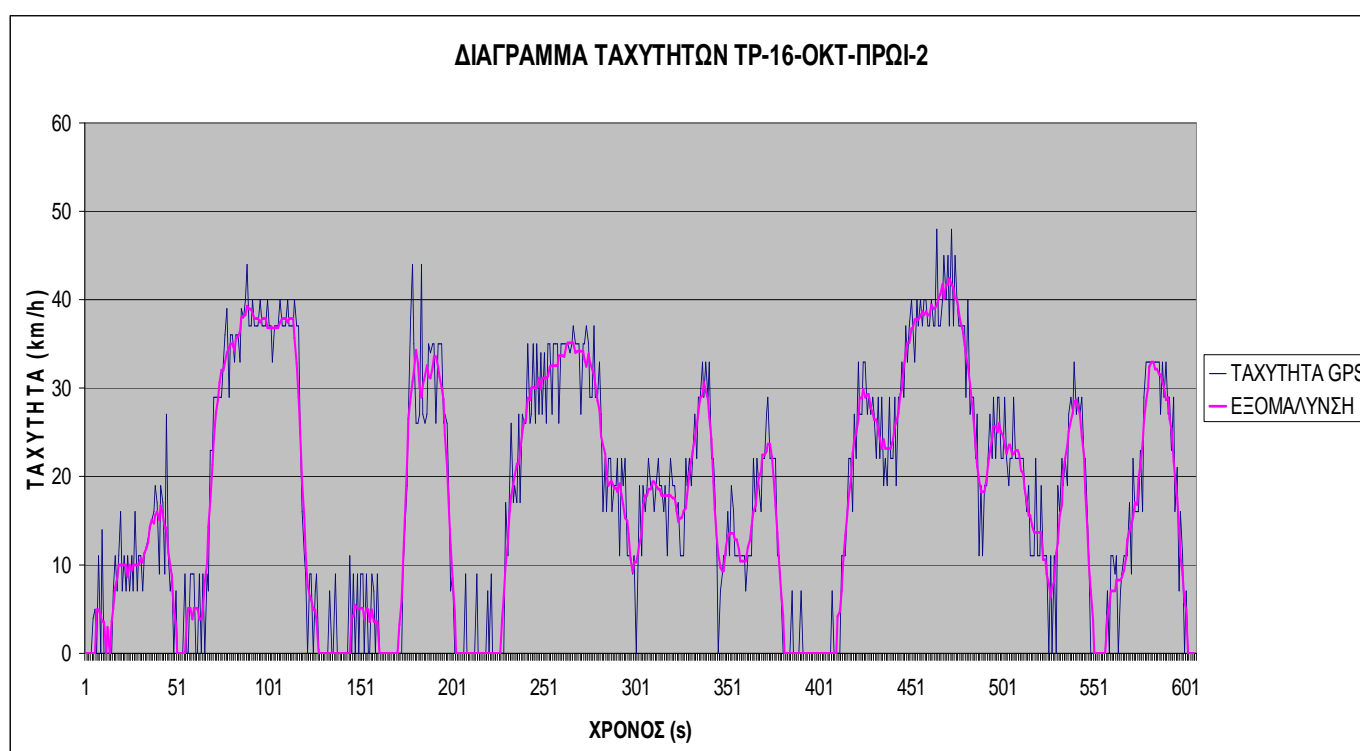
Μετά το πέρας της επεξεργασίας των δεδομένων για το κάθε δρομολόγιο ξεχωριστά, προέκυπτε μια γραφική παράσταση. Ένα γράφημα στο οποίο απεικονίζονταν η ταχύτητα του GPS και η εξομάλυνση της ταχύτητας, σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Ο άξονας X βαθμονομείτε ανάλογα με το πόσα δευτερόλεπτα διήρκεσε το δρομολόγιο και οι τιμές του κατά περιπτώσεις ξεκινούν από τα 350 δευτερόλεπτα και φτάνουν ως τα 850 δευτερόλεπτα .

Στην συνέχεια ακολουθεί **ως παράδειγμα**, μία γραφική παράσταση από δρομολόγιο στις 16/10/12, όπου φαίνονται ξεκάθαρα οι εναλλαγές της ταχύτητας καθώς και οι στάσεις σε σχέση με τον χρόνο.

Τα χαρακτηριστικά για το συγκεκριμένο δρομολόγιο είναι:

Διάρκεια:	607 sec
Ποσοστό στάσης:	17,69 %
Ποσοστό κίνησης:	82,31 %
Μέση Ταχύτητα:	17,79 km/h
Μέση Ταχύτητα Χωρίς Στάση:	21,61 km/h
Μέση Επιτάχυνση:	0,40 m/s ²



Διάγραμμα 3.1, Γραφική παράσταση από δρομολόγιο 16/10/12 (πρωί)

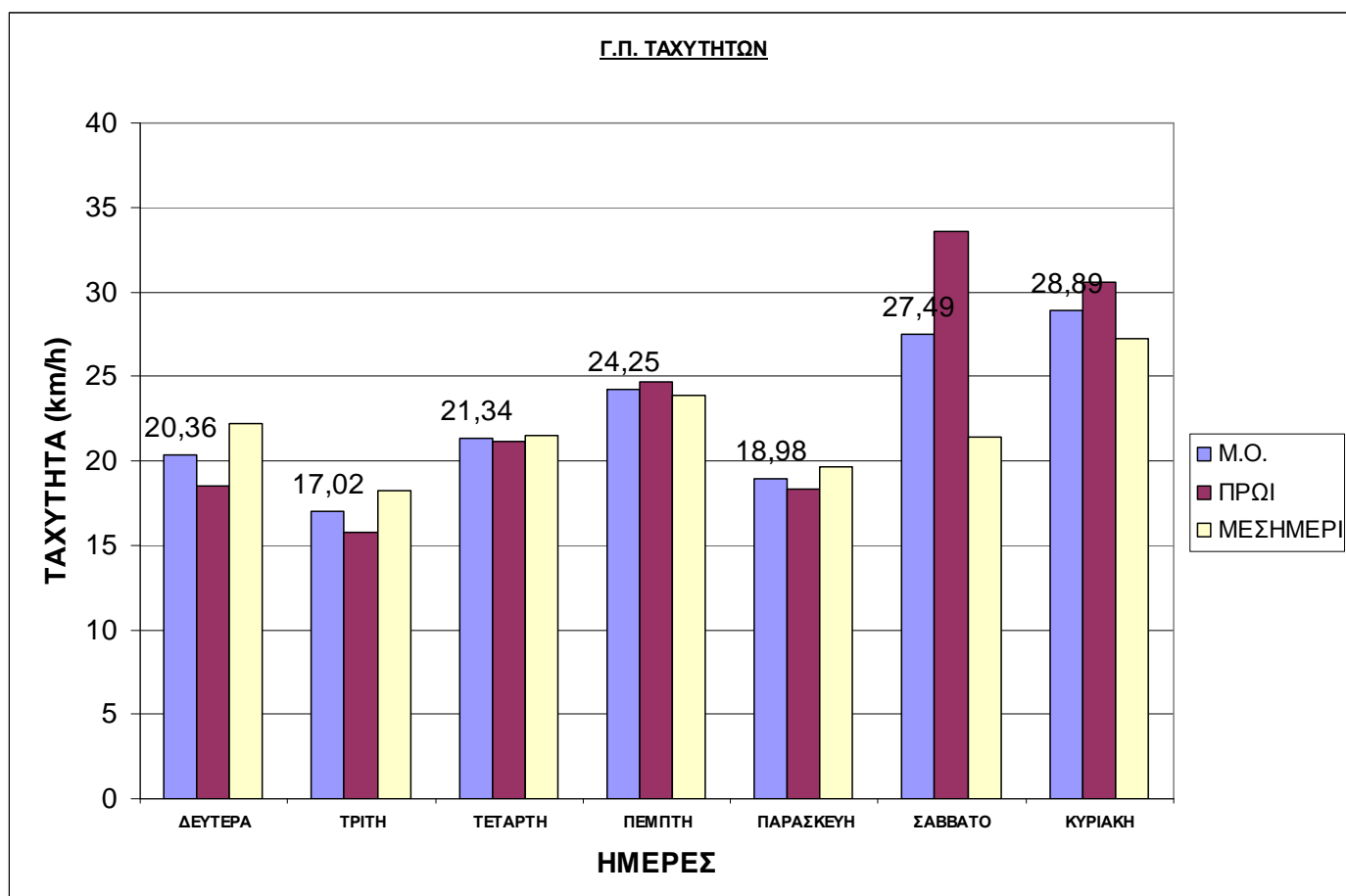
3.4 Ανάλυση δεδομένων

Από την ανάλυση των δεδομένων δημιουργήθηκαν γραφικές παραστάσεις που απεικονίζουν την κυκλοφοριακή κατάσταση ανά ημέρα, των κεντρικών οδικών αρτηριών από την Λεωφόρο Κνωσού έως το αρχαιολογικό μουσείο και πάλι πίσω στην λεωφόρο Κνωσού.

Σημαντικά στοιχεία όπως η μέση ταχύτητα, η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις, η επιτάχυνση, η επιβράδυνση και η στάση περιγράφονται αναλυτικά στα επόμενα διαγράμματα.

Οι τιμές προκύπτουν από την συνένωση των 2 σκελών των μετρήσεων και από τον μέσο όρο των τιμών του πρωινού και του μεσημεριανού δρομολογίου.

3.4.1 Γραφική παράσταση μέσω τιμών ταχυτήτων



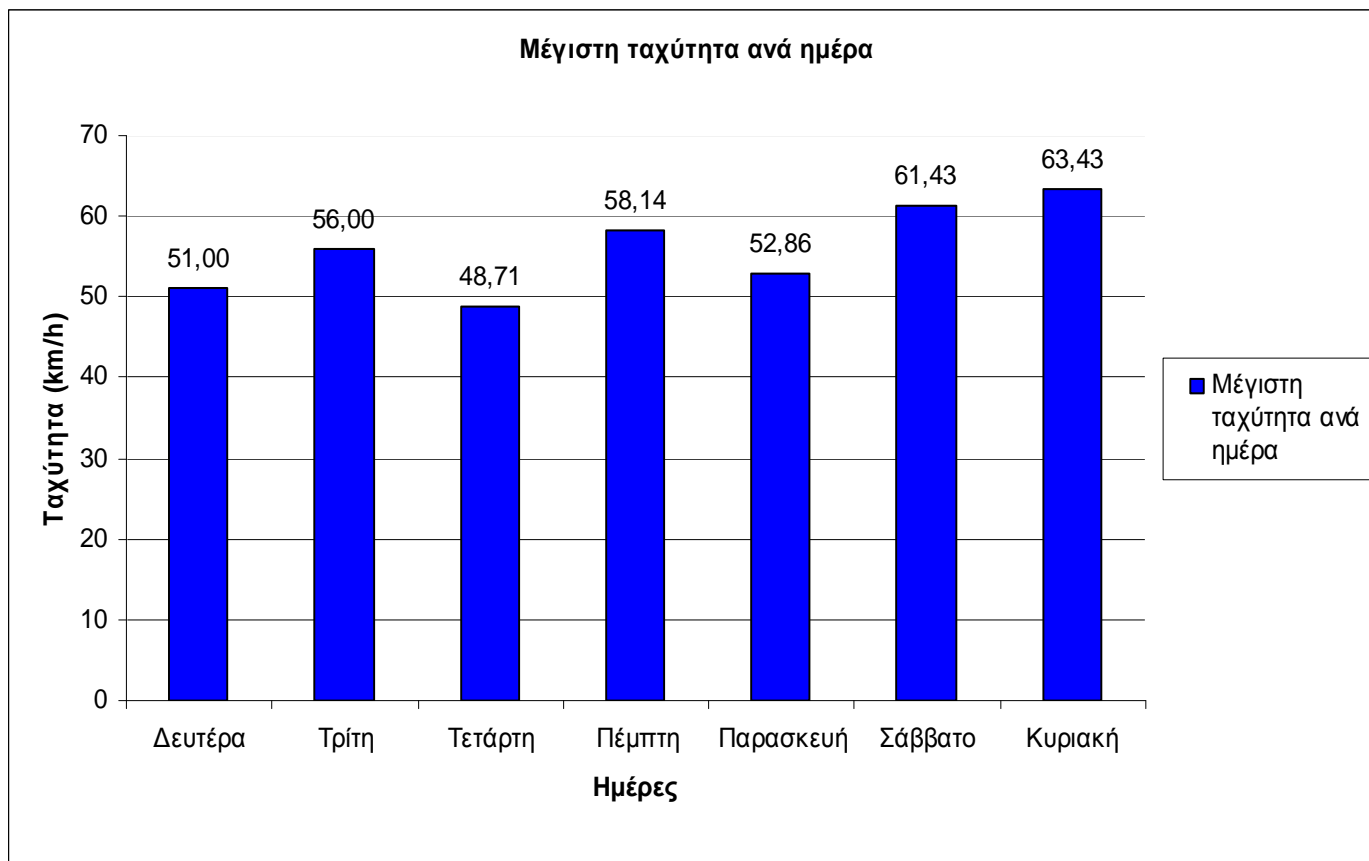
Διάγραμμα 3.2, Γραφική παράσταση μέσω τιμών ταχυτήτων

Παρατηρούμε από την γραφική παράσταση των ταχυτήτων ότι τις εργάσιμες ημέρες ο μέσος όρος της ταχύτητας δεν ξεπερνά τα **25 km/h** με τις χαμηλότερες τιμές ταχυτήτων κατά πλειοψηφία να καταγράφονται τις πρωινές ώρες.

Αντίστοιχα το Σαββατοκύριακο ο μέσος όρος της ταχύτητας παρατηρούμε ότι αγγίζει σχεδόν τα **30 km/h**, με τις επιμέρους τιμές να φτάνουν και στα 35 km/h.

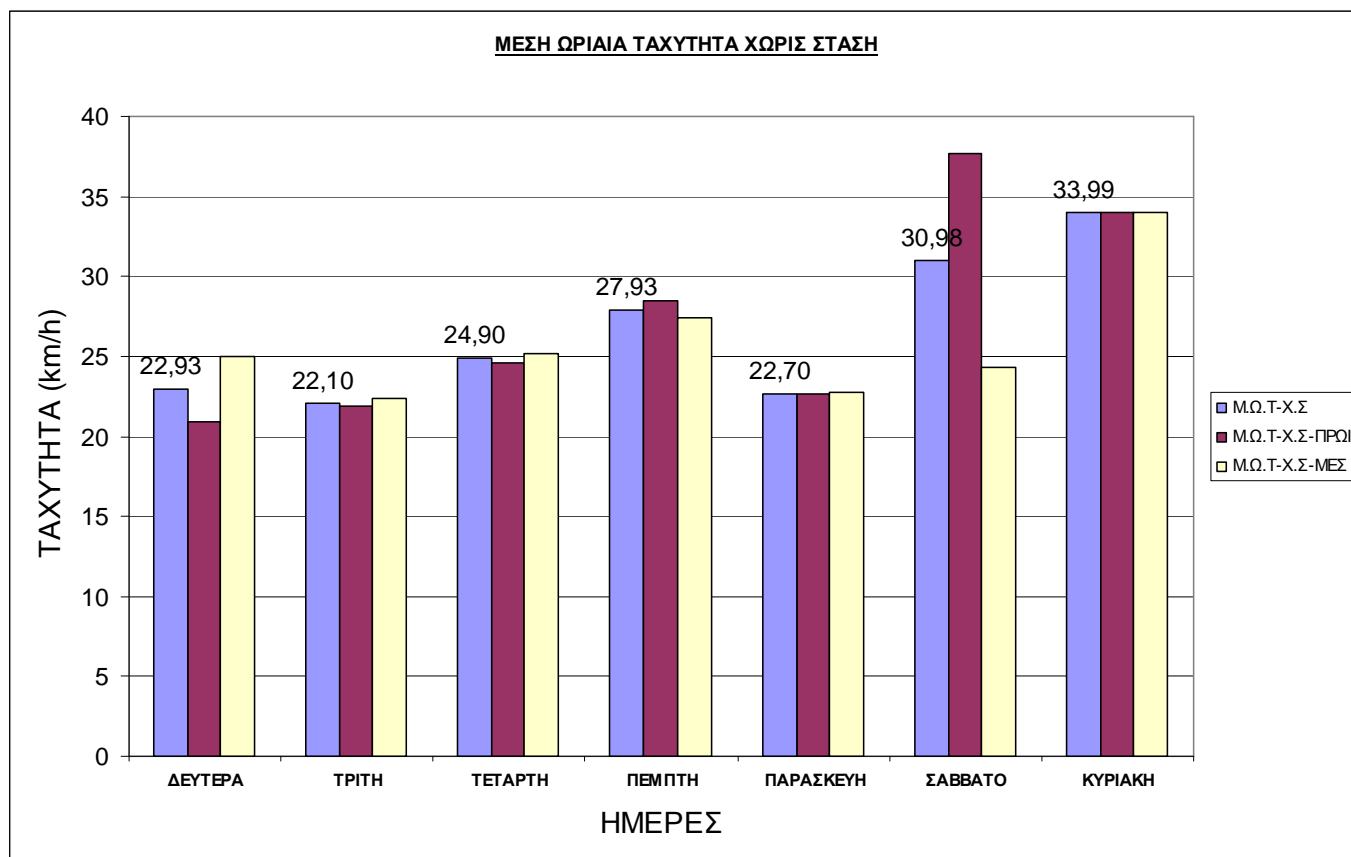
Αξίζει να σημειώσουμε την μεγάλη διαφορά στις τιμές των ταχυτήτων το πρωί και το μεσημέρι του Σαββάτου. Η διαφορά στις μέσες τιμές φτάνει τα **12 km/h**. Μπορεί λοιπόν το Σάββατο να μην είναι καθαρή εργάσιμη ημέρα, παρόλα αυτά το μεσημέρι του χαρακτηρίζεται ως «φορτωμένο» κυκλοφοριακά με την μέση ταχύτητα να είναι μικρότερη και από αυτές των υπόλοιπων εργάσιμων ημερών.

Αναμενόμενες χαρακτηρίζονται οι τιμές της ταχύτητας για την Κυριακή σε σχέση με τις υπόλοιπες ημέρες της εβδομάδας. Κυμαίνονται κατά μέσο όρο σταθερά πάνω από τα **25 km/h** και είναι η υψηλότερες ταχύτητες όλης της εβδομάδας.



Διάγραμμα 3.3, Μέγιστες ταχύτητες ανά ημέρα

3.4.2 Γραφική παράσταση μέσης ωριαίας ταχύτητας χωρίς στάση



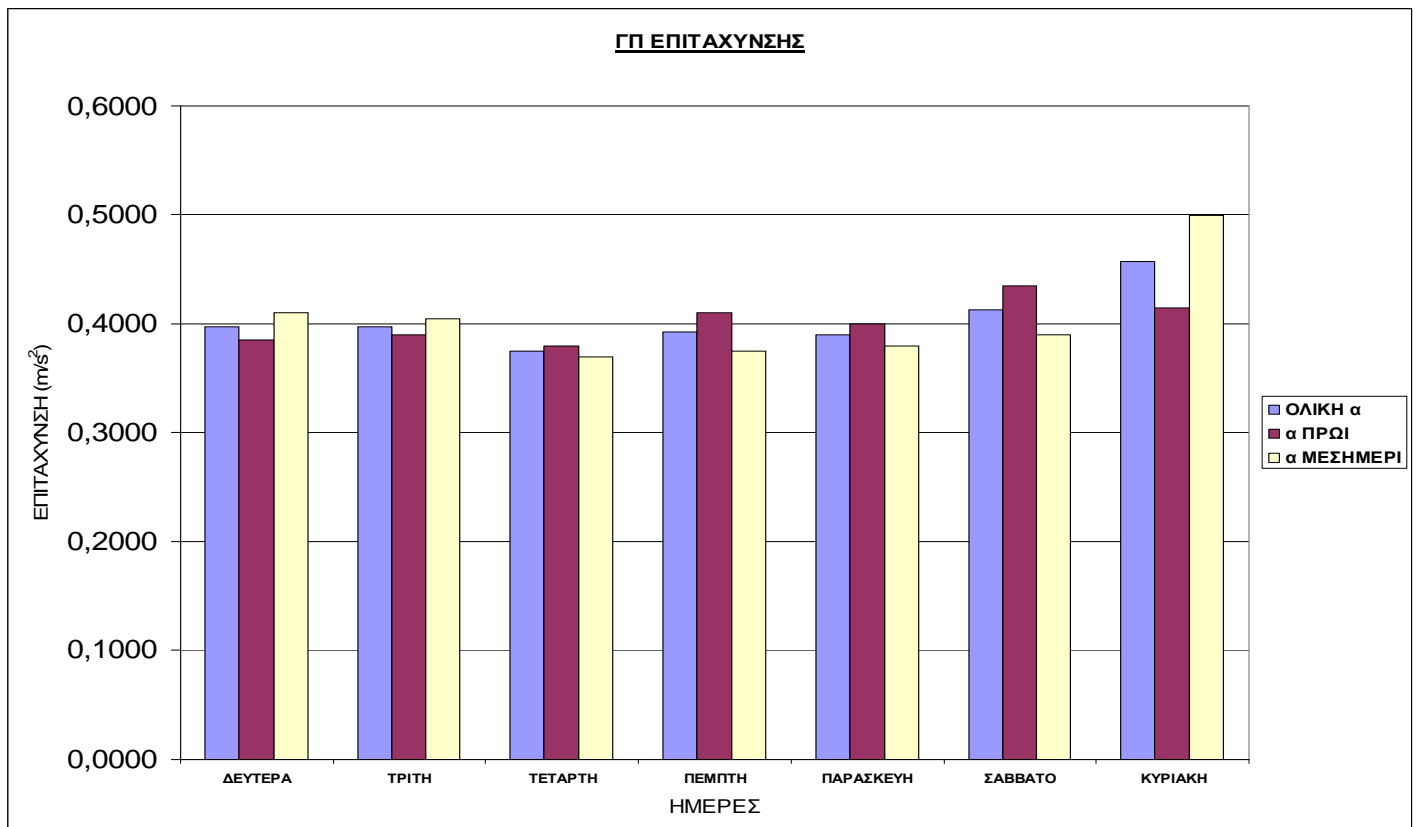
Διάγραμμα 3.4, Γραφική παράσταση μέσης ωριαίας ταχύτητας χωρίς στάση

Το διάγραμμα αυτό περιγράφει την συνεχόμενη κίνηση και παρατηρούμε ότι οι τιμές των ταχυτήτων είναι ελαφρώς πιο αυξημένες και φτάνουν ως και τα **28 km/h** τις εργάσιμες ημέρες.

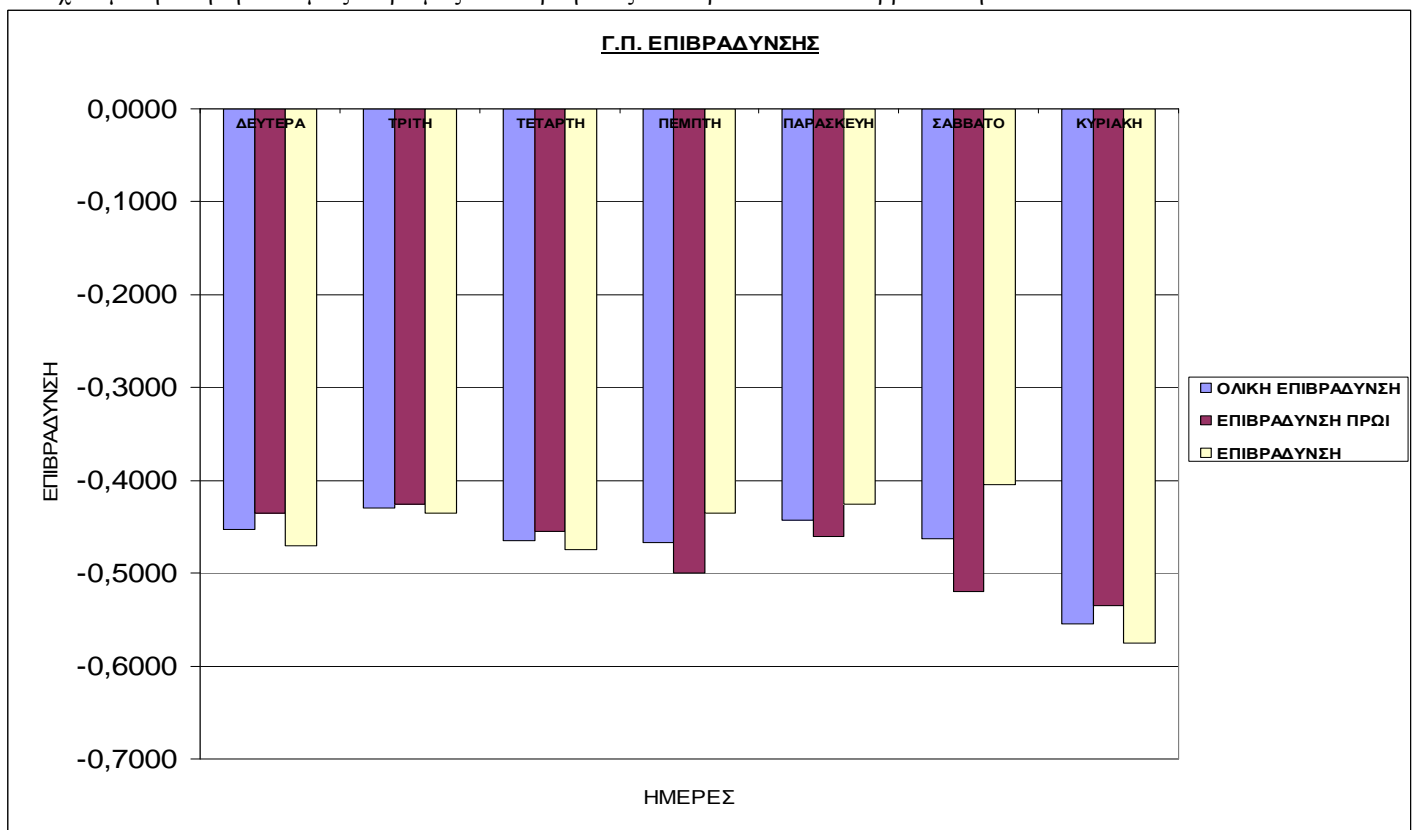
Όσον αφορά το Σαββατοκύριακο και εδώ οι τιμές είναι αυξημένες και αγγίζουν κατά μέσο όρο τα **35 km/h**.

Οι τιμές αυτές προκύπτουν αν αφαιρέσουμε όλες τις μηδενικές ταχύτητες από την σειρά μετρήσεων, δημιουργώντας έτσι μια συνεχόμενη εν κινήσει διαδρομή.

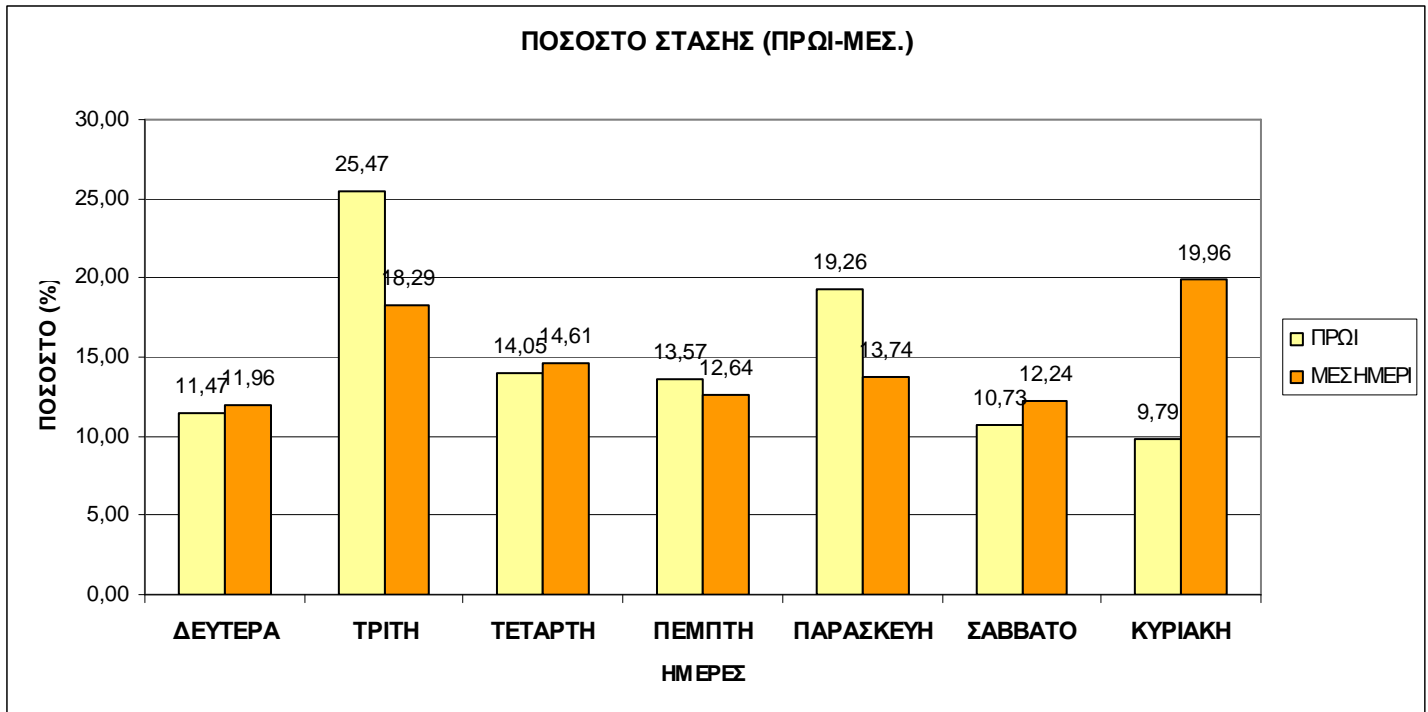
3.4.3 Γραφικές παραστάσεις Επιτάχυνσης – Επιβράδυνσης



Σημείωση: Οι τιμές της επιτάχυνσης προκύπτουν από την αφαίρεση δύο συνεχόμενων σημείων ταχύτητας σε μονάδες m/sec. Αφαιρούμε δηλαδή την δεύτερη τιμή από την πρώτη. Αν ο αριθμός που θα προκύψει είναι θετικός, τότε μιλάμε για επιταχυνόμενη κίνηση. Αν όμως ο αριθμός είναι αρνητικός τότε πρόκειται και επιβράδυνση.



3.4.4 Ποσοστά στάσης



Διάγραμμα 3.5, Ποσοστά στάσης ανά ημέρα και ώρα.

Το ποσοστό στάσης προκύπτει από το πλήθος των μηδενικών ταχυτήτων κατά την διάρκεια της κάθε διαδρομής. Τις χρονικές στιγμές δηλαδή που το αυτοκίνητο είναι εντελώς ακίνητο, είτε λόγω κάποιου φωτεινού σηματοδότη είτε επειδή υπάρχει έντονο κυκλοφοριακό.

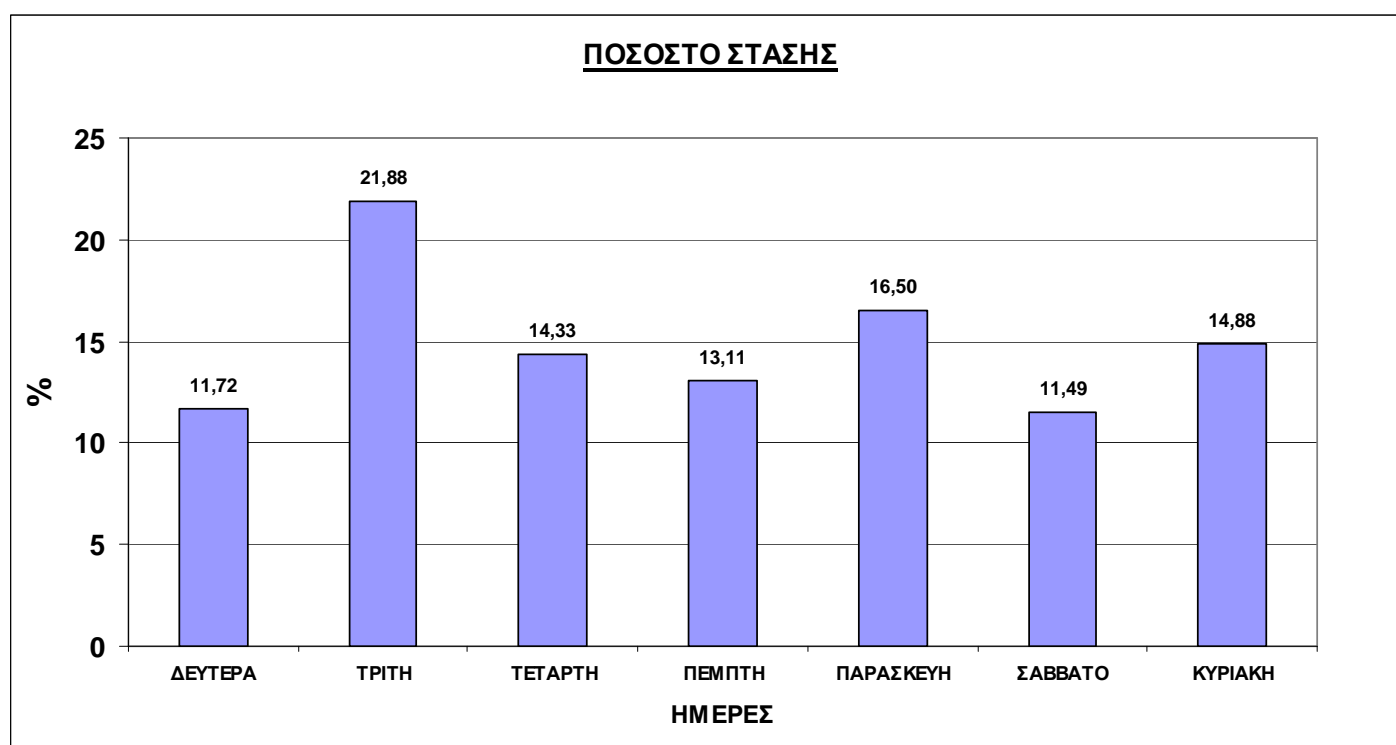
Παρατηρούμε πόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του πρωινού της Τρίτης από τις υπόλοιπες εργάσιμες ημέρες. Φτάνει έως και το **25,5%** σε σχέση με το **18,3%** του μεσημεριού της ίδιας ημέρας.

Αυξημένο επίσης είναι και το ποσοστό του πρωινού της Παρασκευής με **19,3%**, σε πλήρη αντίθεση με τα ποσοστά της Δευτέρας. Τα ποσοστά της λοιπών βρίσκονται σε αρκετά χαμηλό επίπεδο, αν σκεφτούμε ότι πρόκειται για την πρώτη ημέρα της εργάσιμης εβδομάδας και μπορούν να συγκριθούν με τα ποσοστά του Σαββάτου και της Κυριακής.

Για την Κυριακή το ποσοστό για τις πρωινές ώρες ήταν αναμενόμενο εφόσον καταστήματα και υπηρεσίες είναι κλειστά, συνεπώς το μεγαλύτερο μέρος του ποσοστού οφείλεται στους φωτεινούς σηματοδότες. Αναμενόμενο επίσης (αν και όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό) ήταν και το ποσοστό του μεσημεριού της Κυριακής, αν σκεφτεί κανείς ότι ο κόσμος μπορεί να κυκλοφορήσει και να κάνει την βόλτα του για λόγους αναψυχής στην πόλη.

Στο σημείο αυτό να σημειώσουμε ότι οι έναρξη του κάθε δρομολόγιου γινόταν κάθε μέρα την ίδια ώρα με απόκλιση ± 5 λεπτών.

3.4.5 Συνολικά ποσοστά στάσης

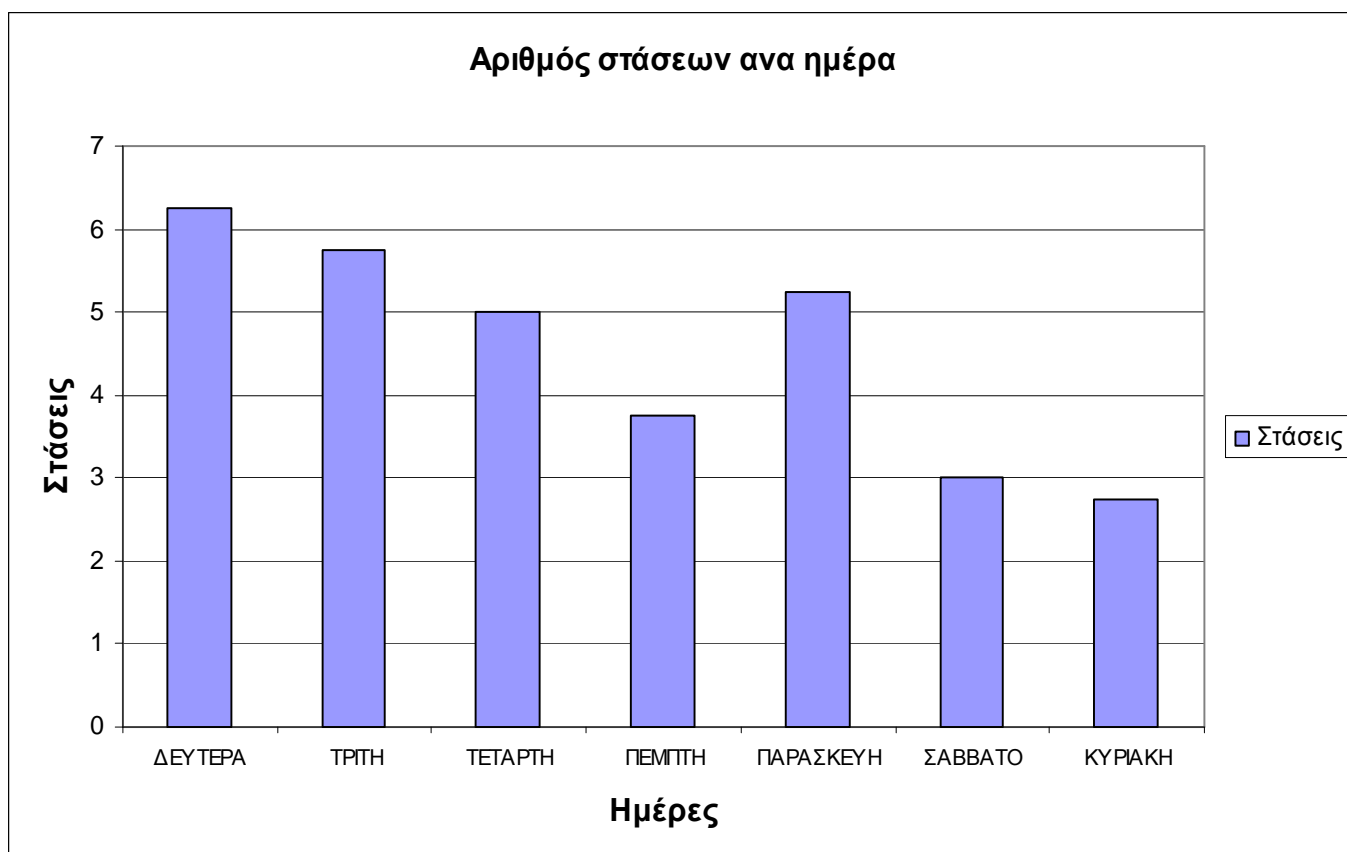


Διάγραμμα 3.6, Συνολικά ποσοστά στάσης

Είναι τα συνολικά ποσοστά που χαρακτηρίζουν τον κυκλοφοριακό φόρτο της κάθε ημέρας. Όπως ανέφερα και προηγουμένως προκύπτουν από το πλήθος των μηδενικών ταχυτήτων σε σχέση με τις ταχύτητες που είναι μεγαλύτερες από το μηδέν.

Βλέποντας αυτά τα ποσοστά μπορούμε να χαρακτηρίσουμε την κάθε ημέρα ανάλογα με τον κυκλοφοριακό της φόρτο. Με την πρώτη ματιά καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η **Τρίτη ήταν η πιο «δύσκολη» ημέρα του πειράματος** με το ποσοστό στάσης να φτάνει το **22 %**. Αν λάβουμε υπ' όψιν λοιπόν τον χρόνο που χρειάστηκε για το συνολικό δρομολόγιο της Τρίτης (πρωί – μεσημέρι) ο οποίος ήταν **1469 sec (24,5 min)**, τα **312 sec (5.2 min)** το αυτοκίνητο ήταν σε πλήρη ακινησία.

Ακολουθεί η Παρασκευή με ποσοστό **16,5%**, και η Κυριακή με ποσοστό **14,9%**. Η ημέρα με την λιγότερη κίνηση για τις αρτηρίες που μετρήσαμε ήταν το Σάββατο με ποσοστό **11,5%**.

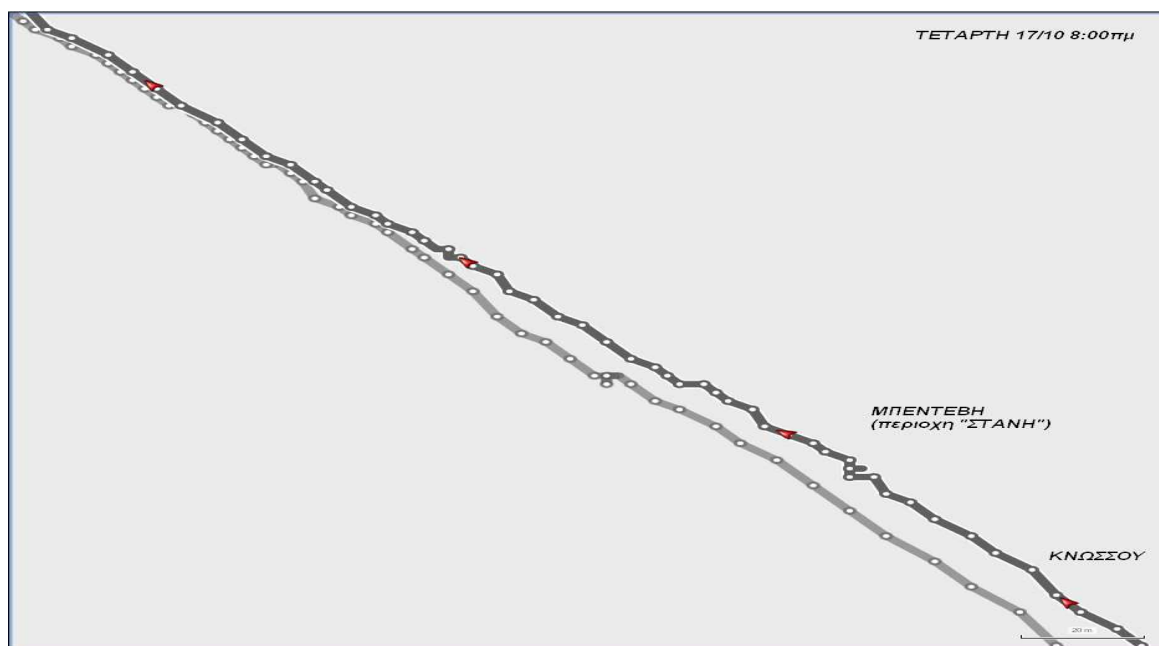


Διάγραμμα 3.7, Αριθμός στάσεων ανά ημέρα

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε και να παρουσιάσουμε τα σημεία πάνω στο δρομολόγιο μας, τα οποία αντιμετωπίζαν και αντιμετωπίζουν το μεγαλύτερο πρόβλημα από τον φόρτο των αυτοκινήτων, τα οποία καταγράφηκαν και στον χάρτη με τα ίχνη του GPS:

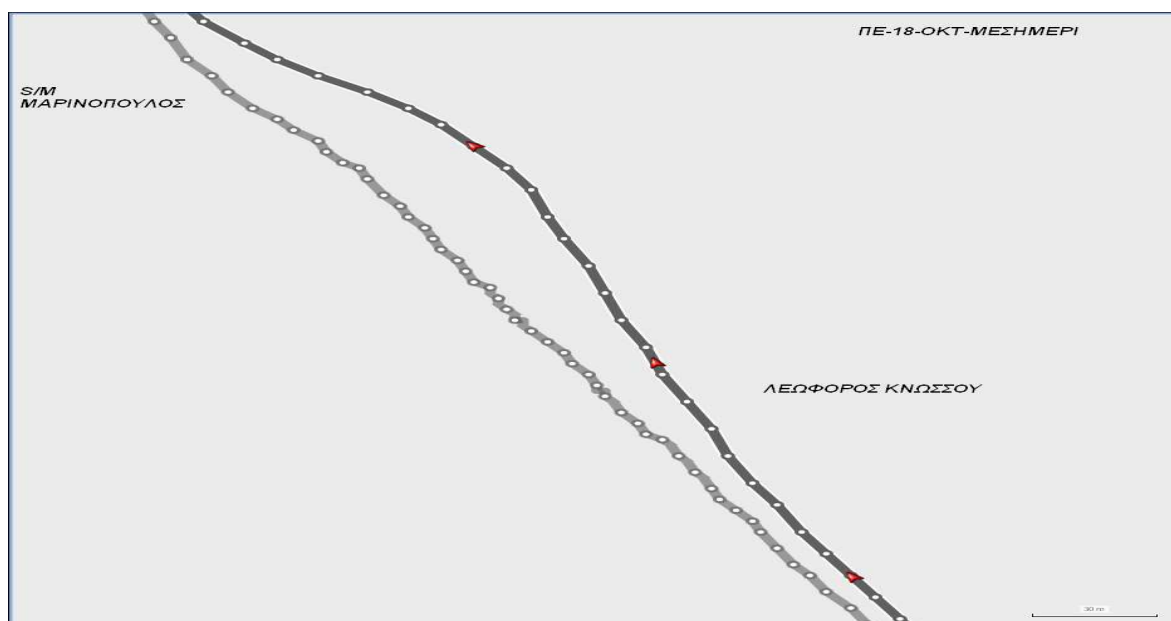
Αυτά λοιπόν είναι τα εξής:

1. Λεωφόρος Κνωσού – Περιοχή «Στάνη»



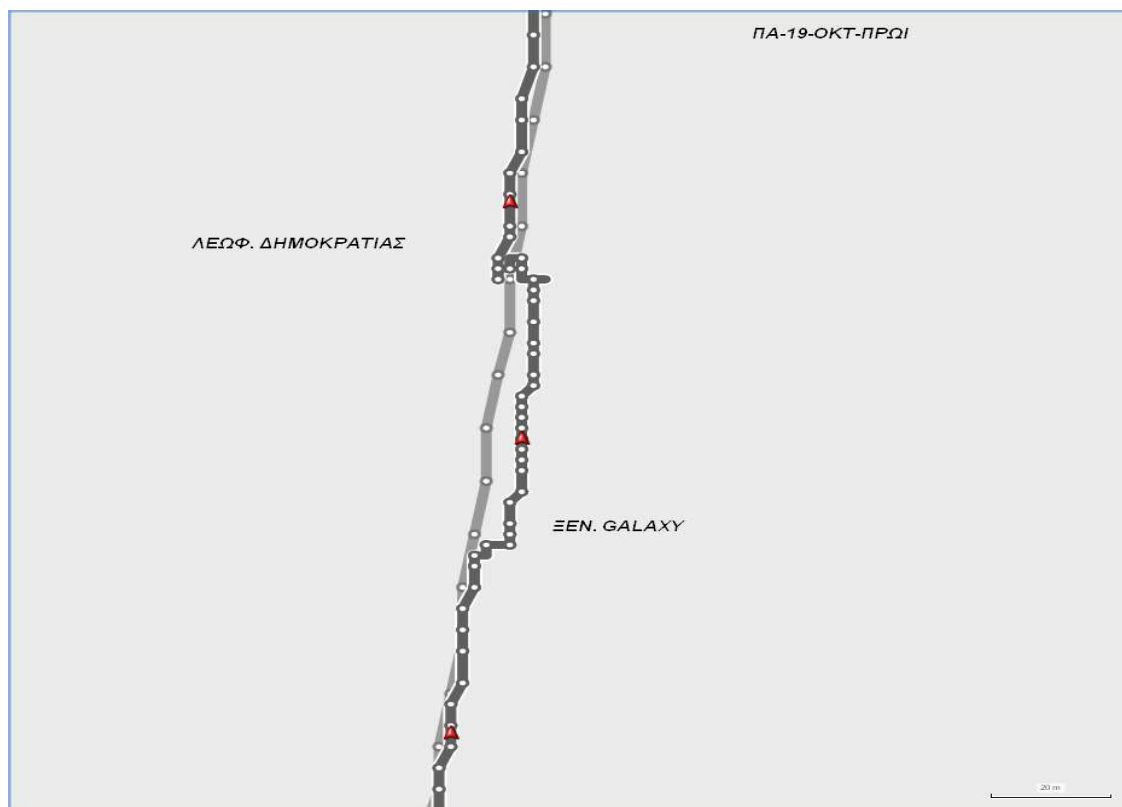
Εικόνα 6. Χάρτης από λογισμικό MapSource

2. Λεωφόρος Κνωσού - Στο ύψος της ανισόπεδης γέφυρας (ρεύμα ανόδου)



Εικόνα 7. Χάρτης από λογισμικό MapSource

3. Λεωφόρος Δημοκρατίας – Διασταύρωση με Λεωφόρο Παπανδρέου



Εικόνα 8. Χάρτης από λογισμικό MapSource

Σημείωση: Το ίχνος με το σκούρο χρώμα αποτελεί την διαδρομή προς το κέντρο ενώ με το ανοιχτό χρώμα την διαδρομή προς την λεωφόρο Κνωσσού. Οι κουκίδες αποτελούν τις μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο. Μεγάλη πυκνότητα σημαίνει αυξημένη κίνηση.

3.4.6 Ολικά ποσοστά Στάσης – Κίνησης



Διάγραμμα 3.8, Ολικά ποσοστά στάσης

Το ποσοστό στάσης προκύπτει από το πλήθος των μηδενικών ταχυτήτων, Τις χρονικές στιγμές δηλαδή που το αυτοκίνητο είναι εντελώς ακίνητο, είτε λόγω κάποιου φωτεινού σηματοδότη είτε επειδή υπάρχει έντονο κυκλοφοριακό, ενώ το ποσοστό κίνησης προκύπτει από το πλήθος όλων των υπόλοιπων τιμών ταχύτητας οι οποίες είναι μεγαλύτερες του μηδενός **καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.**

3.4.7 Μέσες τιμές όλων των μετρήσεων

- **Διάρκεια:** 537 sec
- **Μέση ωριαία ταχύτητα:** 22.73 km/h
- **Μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις:** 26.51 km/h
- **Αριθμός στάσεων:** 5
- **% στάσης:** 14.87 %
- **Μέση επιτάχυνση:** 0.40 m/s²
- **Μέση επιβράδυνση:** -0.4670 m/s²

Με βάση τις παραπάνω μέσες τιμές επιλέχθηκε η πιο αντιπροσωπευτική καταγραφή. Αυτή είναι η καταγραφή της **Πέμπτης το πρωί** από το σπίτι μου στην λεωφόρο Κνωσσού προς την πλατεία Ελευθερίας η οποία έχει το μεγαλύτερο άθροισμα ποσοστών ομοιότητας με τις μέσες τιμές όλων των μετρήσεων (6,97). Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει το άθροισμα ποσοτών ομοιότητας είναι 7 (= αριθμός κριτηρίων).

Χαρακτηριστικά	Μέσες Τιμές Μετρήσεων	Μέσες Τιμές Αντιπροσωπευτικής Διαδρομής	Ποσοστό Ομοιότητας
Διάρκεια (sec)	537,46	496	92,28
Μέση ωριαία ταχύτητα (km/h)	22,73	23,33	97,42
Μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις (km/h)	26,51	27,63	95,94
Αριθμός στάσεων	5	5	100
% στάσης	14,87	15,56	95,56
Μέση επιτάχυνση (m/s ²)	0,40	0,40	100
Μέση επιβράδυνση (m/s ²)	-0,4671	-0,46	98,47

Πίνακας 3.3, Συγκριτικός πίνακας των ολικών μέσων τιμών των μετρήσεων με τους αντίστοιχους της αντιπροσωπευτικής διαδρομής

Παρατήρηση: Αξίζει να παρατηρήσουμε, ότι το ποσοστό ομοιότητας της διάρκειας της αντιπροσωπευτικής διαδρομής έχει μια μικρή απόκλιση σε σχέση με τα υπόλοιπα ποσοστά, τα οποία βρίσκονται πάνω από το 95%.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι 28 μετρήσεις που έγιναν για την συγκεκριμένη διαδρομή ίσως να μην ήταν αρκετές για ένα δεδομένο όπως η χρονική διάρκεια που μετριέται σε δευτερόλεπτα και χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια.

Αν οι μετρήσεις συνεχίζονταν για τουλάχιστον μία εβδομάδα ακόμα τότε σίγουρα το ποσοστό ομοιότητας θα ήταν μεγαλύτερο.

3.4.8 Τελικό αποτέλεσμα

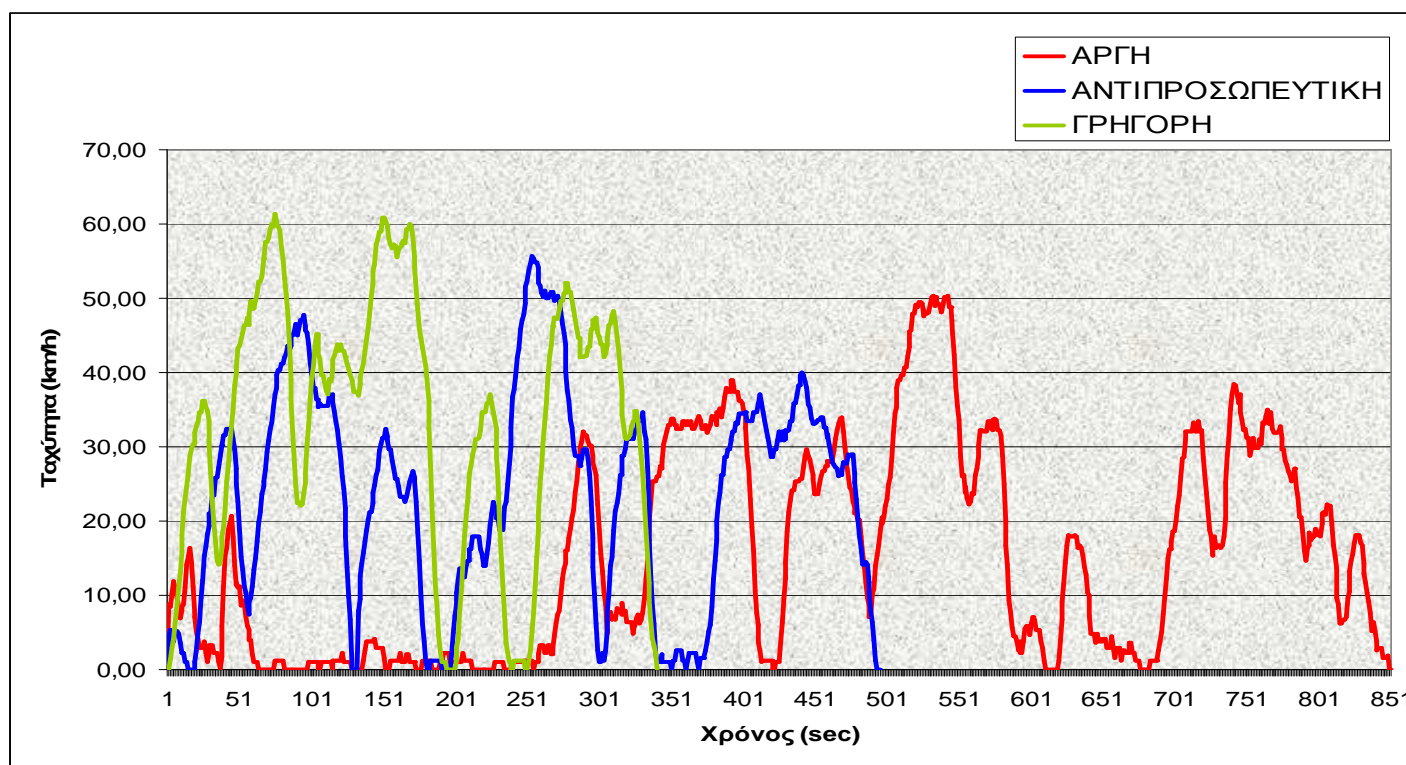
Στο παρακάτω διάγραμμα εμφανίζεται το αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχύτητας της διαδρομής που εξετάστηκε. Παρατηρούμε ότι όντως η τιμή της ταχύτητας είναι περίπου στα ίδια επίπεδα με την τιμή της μέσης ταχύτητας όλων των διαδρομών.



Διάγραμμα 3.9, Αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχύτητας της διαδρομής που εξετάσαμε.

Ποσοστό στασης (%)	15,56
Αριθμός στάσεων	5
Διάρκεια (s)	496
Μέση Ταχ. (km/h)	23,33
Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	55,71
Μέση Ταχ. Χωρίς Στ. (km/h)	27,63
Μέση Επιτ.	0,40
Μέση Επιβρ.	-0,46

Πίνακας 3.4, Χαρακτηριστικές τιμές του αντιπροσωπευτικού προφίλ της διαδρομής



Διάγραμμα 3.10, Διαγράμματα αργής, αντιπροσωπευτικής και γρήγορης διαδρομής

Στο διάγραμμα εμφανίζονται οι τιμές της αργής, της αντιπροσωπευτικής και της γρήγορης διαδρομής. Βλέπουμε ότι η γρήγορη διαδρομή έχει σαφώς μεγαλύτερες τιμές, η αργή μικρότερες και η αντιπροσωπευτική βρίσκεται ανάμεσα στις δύο.

3.4.9 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Το αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχύτητας-χρόνου (κύκλος οδήγησης) που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση εκπομπών ρύπων και κατανάλωσης καυσίμου. Τα αποτελέσματα μπορούν να μας δώσουν μία εικόνα για την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας που οφείλεται στα αυτοκίνητα που κινούνται στην συγκεκριμένη οδική αρτηρία της πόλης του Ηρακλείου.

Τα ποσοστά ομοιότητας του προφίλ ταχύτητας (κύκλος οδήγησης) της αντιπροσωπευτικής διαδρομής της συγκεκριμένης πτυχιακής, σε σχέση με τις μετρήσεις πεδίου βρίσκονται σε πολύ καλό επίπεδο (92,28% έως 100%) γεγονός το οποίο οφείλεται στο ότι η διαδρομή ήταν συγκεκριμένη και σε ένα βαθμό τυποποιημένη. Εφόσον όμως τα ποσοστά είναι τόσο υψηλά δεν φαίνεται να χρειάζονται περαιτέρω καταγραφές για την συγκεκριμένη διαδρομή.

Παρατηρούμε ότι και τα ποσοστά της παρούσας μελέτης είναι σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα. Παράλληλα γίνονται πολλές μελέτες με το ίδιο θέμα για διαφορετικές κεντρικές οδικές αρτηρίες της πόλης, οι οποίες αν τα αποτελέσματά τους ενωθούν μπορούν σίγουρα να δώσουν μία σαφώς πιο αντιπροσωπευτική διαδρομή για την πόλη του Ηρακλείου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Πίνακας 1.1 Όρια για οχήματα ECE R15-04.....	13
Πίνακας 1.2 Όρια εκπομπής ρύπων οχημάτων μέχρι 1/01/93.....	13
Πίνακας 1.3 Όρια εκπομπής ρύπων σύμφωνα με την οδηγία 98/69.....	14
Πίνακας 1.4 Πρότυπα εκπομπών για επιβατικά (Βενζίνη – Diesel).....	16
Πίνακας 1.5 Πρότυπα εκπομπών για ελαφρά φορτηγά (Βενζίνη – Diesel).....	17
Πίνακας 1.6 Πρότυπα εκπομπών για φορτηγά (Βενζίνη – Diesel).....	17
Πίνακας 1.7 Πρότυπα εκπομπών για φορτηγά >1760 έως 3600kg (Βενζίνη – Diesel).	18
Πίνακας 1.8 Μεταβολή ανώτατων ορίων των εκπεμπόμενων ρύπων για τα επιβατικά... στην ευρωπαϊκή ένωση.....	18
Διάγραμμα 1.1 Παρουσίαση της προόδου των ευρωπαϊκών προτύπων για τα αυτοκίνητα diesel.....	19
Διάγραμμα 1.2 Παρουσίαση της προόδου των ευρωπαϊκών προτύπων για τα Αυτοκίνητα βενζίνης.....	19
Διάγραμμα 1.3 Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων για τους Ντιζελοκινητήρες των επιβατικών στην Ευρώπη.....	20
Διάγραμμα 1.4 Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων για τους Βενζινοκινητήρες των επιβατικών στην Ευρώπη.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Διάγραμμα 2.1 Modal κύκλος οδήγησης ECE-15.....	26
Διάγραμμα 2.2 Real World κύκλος οδήγησης, Αθήνα 2002.....	26
Διάγραμμα 2.3 Κύκλος Πόλης ECE.....	33
Διάγραμμα 2.4 Κύκλος Πόλης EUDC.....	33
Διάγραμμα 2.5 Κύκλος Πόλης EUDC για χαμηλής ισχύος οχήματα.....	34
Διάγραμμα 2.6 Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης NEDC.....	34
Πίνακας 2.1 Περίληψη παραμέτρων για τους κύκλους πόλης ECE και EUDC.....	35
Πίνακας 2.2 Κύκλος Οδήγησης Artemis – Χαρακτηριστικά.....	35
Πίνακας 2.3 Χαρακτηριστικά Κύκλου Οδήγησης ECE R49.....	37

Πίνακας 2.4 Χαρακτηριστικά Κύκλου Οδήγησης ESC (OICA).....	38
Διάγραμμα 2.7 Κύκλος Οδήγησης ELR.....	39
Διάγραμμα 2.8 Κύκλος Πόλης ETC – Ταχύτητα οχήματος.....	41
Διάγραμμα 2.9 Κύκλος Πόλης Braunschweig.....	42
Διάγραμμα 2.10 Κύκλος Πόλης FTP – 72.....	43
Διάγραμμα 2.11 Κύκλος Πόλης FTP – 75.....	44
Διάγραμμα 2.12 Κύκλος Πόλης EPA.....	45
Διάγραμμα 2.13 Κύκλος Οδήγησης IM 240.....	46
Διάγραμμα 2.14 Κύκλος Οδήγησης LA 92.....	47
Διάγραμμα 2.15 Κύκλος Οδήγησης SFTP SC03.....	48
Διάγραμμα 2.15 Κύκλος Οδήγησης SFTP US06.....	49
Διάγραμμα 2.16 Κύκλος Οδήγησης EPA NYCC.....	50
Διάγραμμα 2.18 Κύκλος Οδήγησης 10-Mode.....	57
Διάγραμμα 2.19 Κύκλος Οδήγησης 10-15 Mode.....	58
Διάγραμμα 2.20 Κύκλος Οδήγησης JC 08.....	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Πίνακας 3.1 Δείγμα από τα δεδομένα του δέκτη.....	68
Πίνακας 3.2 Δείγμα από τα δεδομένα του δέκτη μετά από επεξεργασία στο excel.....	70
Διάγραμμα 3.1 Γραφική παράσταση από δρομολόγιο 16/10/12 – πρωί.....	71
Διάγραμμα 3.2 Γραφική παράσταση μέσω των τιμών ταχυτήτων.....	72
Διάγραμμα 3.3 Μέγιστες τιμές ταχυτήτων ανά ημέρα.....	73
Διάγραμμα 3.4 Γραφική παράσταση μέσης ωριαίας ταχύτητας χωρίς στάση.....	74
Διάγραμμα 3.5 Ποσοστά στάσης ανά ημέρα και ώρα.....	76
Διάγραμμα 3.6 Συνολικά ποσοστά στάσης.....	77
Διάγραμμα 3.7 Αριθμός στάσεων ανά ημέρα.....	78
Διάγραμμα 3.8 Ολικά ποσοστά στάσης.....	81
Πίνακας 3.3 Συγκριτικός πίνακας ολικών μέσω των τιμών των μετρήσεων με τους αντίστοιχους της αντιπροσωπευτικής διαδρομής.....	82
Διάγραμμα 3.9 Αντιπροσωπευτικό προφίλ ταχυτήτων της διαδρομής που εξετάσαμε.....	83
Διάγραμμα 3.10, Διαγράμματα αργής, αντιπροσωπευτικής και γρήγορης διαδρομής.....	84

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Π. Σ. Βαμβαράκης (2007) Ανασκόπηση τεχνολογιών υβριδικών οχημάτων με ηλεκτροκινητήρα και εμβολοφόρο Μ.Ε.Κ. Αθήνα: Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, ΕΜΠ
- Χ. Ξιούρας (2011) Περιβαλλοντική και ενεργειακή αξιολόγηση νέων τεχνολογιών οχημάτων στο Λεκανοπέδιο της Αττικής, Σχολή Χημικών Μηχανικών Τομέας ΙΙ: Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων, ΕΜΠ
- Global NEST Journal, Vol 8, No 3, 2006, E.TZIRAKIS, K. PITSAS, F. ZANNIKOS, S. STOURNAS, Copyright© 2006 Global NEST
- Ε.Τζιράκης «Συσχετισμός εκπομπών με φυσικοχημικές ιδιότητες των καυσίμων και με δεδομένα από την κίνηση των οχημάτων στο λεκανοπέδιο της Αττικής». ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ιούλιος 2007
- PG Bouter, US Latham, M. Aigne. “Driving cycles for measuring car emissions on roads with traffic calming measures”. The science of the total environment 235, 1999 σελ. 77-89
- T.Austin, FJ DiGenova, TR Carlson, RW Joy, KA Gianolini, JM Lee, 1993 “Characterization of driving patterns and emission from light duty vehicles in California.
- Κ.Πίτσας “Τεχνικός έλεγχος οχημάτων, Κύκλοι οδήγησης και Ατμοσφαιρική ρύπανση. ΕΜΠ
- Kuhler M. Karstens D. 1978 “Improve driving cycle for testing automotive exhaust emissions”
- Kruse, RE, Huls TA 1973 “Development for the federal urban driving cycle”
- Jie Lin, Debbie A. Neimeir “An exploratory analysis comparing a stochastic driving cycle to California regulatory cycle 2002
- Michel Andre “ The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions 2004
- M Andre “Driving cycles development: characterization of methods” 1996
- I. Foununug, S. Washington, R. Guensler “A statistical model for estimating oxides of nitrogen emissions from light duty vehicles” 1999
- E. Ericsson “The relationship between vehicular fuel consumption and exhaust emission and the characteristics of driving patterns

E. Ericsson “Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors 2001

E. Ericsson “Variability of urban driving patterns” 1999

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

- ACEA (2011) European Automobile Manufacturers Association: www.acea.be
- European emission standards: www.wikipedia.org
- Πρότυπα Euro 5 και Euro 6: Μείωση των εκπομπών ρύπων από ελαφρά οχήματα: <http://europa.eu>
- Ρύποι: Euro 5, Euro 4, Euro 3, Euro 2, Euro 1: www.carsmart.gr
- Online information service on clean diesel engines and diesel emissions: www.dieseln.net.com