



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΥΚΛΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΟΥ
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΤΣΙΡΩΝΗΣ ΠΕΤΡΟΣ Α.Μ.: 4849

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΤΖΙΡΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2014

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή	3
1. Ατμοσφαιρική ρύπανση	4
1.1 Εισαγωγικά στοιχεία περί ρύπανσης.....	4
2. Ρύποι εμβολοφόρων κινητήρων	6
2.1. Γενικά.....	6
2.2. Ακαυστοι υδρογονάνθρακες HC.....	10
2.2.1 Γενική περιγραφή.....	10
2.2.2 Σχηματισμός HC στο θάλαμο καύσης των κινητήρων Otto.....	10
2.2.3 Σχηματισμός HC στο θάλαμο καύσης των κινητήρων Diesel.....	12
2.3 Οξείδια του αζώτου NOx.....	14
2.3.1 Γενική περιγραφή.....	14
2.3.2 Σχηματισμός NOx στο θάλαμο καύσης των κινητήρων Otto.....	14
2.3.3 Σχηματισμός NOx στο θάλαμο καύσης των κινητήρων Diesel.....	16
2.4 Σχηματισμός μονοξειδίου του άνθρακα CO.....	18
2.5 Εκπομπές σωματιδίων σε κινητήρες Diesel.....	19
3. Όρια εκπομπής ρύπων	22
3.1 Γενικά.....	22
3.2 Επιβατικά οχήματα και ελαφρά φορτηγά.....	24
3.3 Τι ισχύει τώρα.....	35
4.Κύκλοι οδήγησης	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
4.1 Τι είναι ο κύκλος οδήγησης και πως ταξινομείται	37
4.1.1 Ταξινόμηση των κύκλων οδήγησης.....	37
4.2 Δημιουργία κύκλων οδήγησης.....	39
4.2.1 Μέθοδοι δειγματοληψίας δεδομένων κίνησης	39
4.2.2 Επεξεργασία δεδομένων	40
4.2.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη για την επεξεργασία.....	41
4.3 Ευρωπαϊκή ένωση.....	43
4.3.1 Κύκλοι ECE+EUDC	44
4.3.2 Κύκλος οδήγησης Artemis (CADC).....	47
4.3.3 Κύκλος ECE R49.....	50
4.3.4 Κύκλος ESC (OICA)	50
4.3.5 Κύκλος ELR.....	51
4.3.6 Κύκλος Πόλης ETC (European Transient Cycle).....	52
4.3.7 Κύκλος Braunschweig	54
4.4 Ηνωμένες πολιτείες Αμερικής.....	55
4.4.1 Κύκλος U.S FTP-72	55
4.4.2 Κύκλος FTP-75.....	56
4.4.3 Κύκλος EPA	57
4.4.4 Κύκλος IM240.....	58
4.4.5 Κύκλος LA92	59
4.4.6 Κύκλος SFTP SC03.....	60
4.4.7 Κύκλος SFTP US06.....	61
4.4.8 Κύκλος οδήγησης EPA NYCC.....	62
4.4.9 Αναφορά και γράφημα των υπόλοιπων κύκλων οδήγησης για οχήματα βαρέου τύπου (dieselnet.com).....	63
4.5 Ιαπωνία.....	69
4.5.1 Κύκλος οδήγησης 10-mode	69
4.5.2 Κύκλος οδήγησης 10-15 mode	70
4.5.3 Κύκλος JC 08	71
4.5.4 Αναφορά και διαγράμματα των κύκλων για τα βαρέα οχήματα	72

5.Πειραματικό μέρος.....	75
Εισαγωγή στο πείραμα – πληροφορίες.....	76
5.1 Τα εργαλεία του πειράματος.....	77
5.2 Συλλογή δεδομένων.....	81
5.3 Επεξεργασία δεδομένων.....	82
5.4 Ανάλυση δεδομένων.....	84
5.4.1 Γραφική παράσταση κατανομής ταχυτήτων.....	85
5.4.2 Γραφική παράσταση μέσων τιμών ταχυτήτων.....	88
5.4.3 Γραφική παράσταση μέσης ωριαίας ταχύτητας χωρίς στάση.....	87
5.4.4 Γραφικές παραστάσεις Επιτάχυνσης – Επιβράδυνσης.....	89
5.4.5 Ποσοστά στάσης.....	90
5.4.6 Συνολικά ποσοστά στάσης.....	91
5.4.7 Ολικά ποσοστά Στάσης – Κίνησης.....	92
5.4.8 Μέσες τιμές όλων των μετρήσεων.....	93
5.4.9 Τελικό αποτέλεσμα.....	95
5.4.10 Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	97
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100
ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ.....	101

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων κίνησης οχήματος ανάμεσα σε δύο εναλλακτικές διαδρομές στην πόλη του Ηρακλείου η σύγκρισή τους και η εύρεση ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ ταχύτητας για κάθε μία από αυτές.

Στο θεωρητικό μέρος η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με τον ρόλο των οχημάτων στην ατμοσφαιρική ρύπανση των πόλεων. Αναλυτικά θα γίνει αναφορά στην επίδραση των ρύπων από κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου στην ατμόσφαιρα, θα γίνει ανασκόπηση των περιορισμών όσον αφορά τους ρύπους και θα δούμε τις ισχύουσες προδιαγραφές EURO.

Πέρα από τα παραπάνω σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση και ανάλυση των θεσμοθετημένων κύκλων οδήγησης. Παρατίθενται πληροφορίες σχετικά με την μεθοδολογία που ακολουθούν οι κύκλοι οδήγησης και θα βρεθούν στοιχεία από εφαρμογές των κύκλων οδήγησης σε δυναμομετρική εξέδρα με σκοπό την μέτρηση εκπομπών/κατανάλωσης .

Στο πειραματικό μέρος γίνεται η σύγκριση και εύρεση ιδανικών διαδρομών ανάμεσα σε δυο σημεία της πόλης του Ηρακλείου σε ώρες αιχμής με σκοπό τη δημιουργία αντιπροσωπευτικού προφίλ ταχύτητας. Οι κεντρικές αρτηρίες που εξετάστηκαν και τέθηκαν υπό σύγκριση στην παρούσα εργασία είναι η Παραλιακή Λεωφόρος του Ηρακλείου και η Λεωφόρος 62 Μαρτύρων. Κατά την πρώτη εβδομάδα των μετρήσεων η διαδρομή περιελάμβανε εκκίνηση από συγκεκριμένο σημείο κατοικημένης περιοχής στην Αμμουδάρα και μέσω της Παραλιακής λεωφόρου έως την Χανιόπορτα και επιστροφή στο σημείο εκκίνησης μέσω της 62 Μαρτύρων. Την δεύτερη εβδομάδα μετρήσεων η διαδρομή εκτελέστηκε αντίστροφα ούτως ώστε οι μετρήσεις της κίνησης του οχήματος να είναι αντιπροσωπευτικότερες.

Κάποια από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν είναι η μέση ταχύτητα για κάθε διαδρομή και το ποσοστό στάσης. Για την Παραλιακή λεωφόρο η μέση ταχύτητα διαμορφώθηκε στα 38,23 km/h με ποσοστό στάσης 7,2% ενώ στην λεωφόρο 62 Μαρτύρων η μέση ταχύτητα διαμορφώθηκε στα 25,66 km/h με ποσοστό στάσης 13,18%.

Κεφάλαιο 1

Ατμοσφαιρική ρύπανση

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.

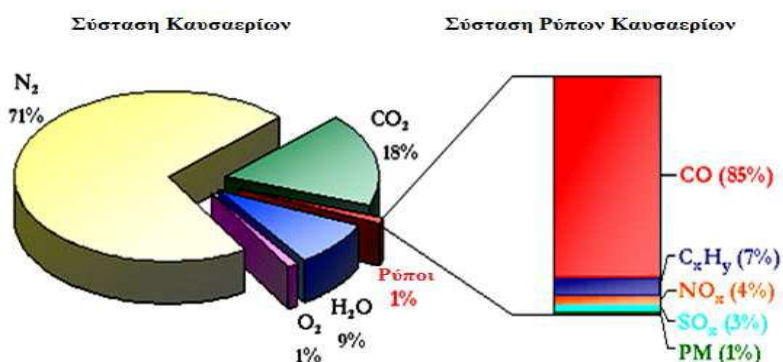
Η ισχύς των νόμων αυτών επεκτάθηκε στις 20/10/1965 σε όλη την αμερικανική επικράτεια. Από τότε, οι νόμοι αυτοί γίνονται ολοένα και πιο αυστηροί ενώ άρχισαν να εφαρμόζονται σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου.

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:

1. Διοξειδίο του θείου (SO₂)
2. Διοξειδίο του αζώτου (NO₂)
3. Αιθάλη
4. Αιωρούμενα σωματίδια (SPM)
5. Μόλυβδος (Pb)
6. Όζον (O₃)
7. Οξειδία του αζώτου (NO_x)
8. Βενζόλιο (C₆H₆)
9. Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)
10. Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)
11. Κάδμιο (Cd)
12. Αρσενικό (As)
13. Νικέλιο (Ni)
14. Υδράργυρος (Hg)
15. Μαύρος καπνός (BS)
16. Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)



Σχήμα 1.1. Τυπική σύσταση των καυσαερίων που εκπέμπονται από βενζινοκινητήρα και των βλαβερών ρύπων στα καυσαέρια.

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

Κεφάλαιο 2

Ρύποι εμβολοφόρων κινητήρων

2.1 Γενικά

Οι κυριότερες αέριες ρυπογόνες ουσίες οι οποίες αποτελούν τους ελεγχόμενους ρύπους είναι οι υδρογονάνθρακες (HC) ,τα οξειδία του αζώτου (NOx) ,το μονοξειδίο του άνθρακα (CO) και η αιθάλη (καπνός) που εκπέμπεται από τους κινητήρες πετρελαίου .Τα επίπεδα αυτών των ουσιών στα καυσαέρια είναι νομοθετημένα σε ανεπτυγμένες χώρες όπως της ΕΕ των ΗΠΑ και την Ιαπωνία ακολουθώντας πρότυπες συσκευές και μεθόδους μετρήσεων . Οι παραπάνω ελεγχόμενοι ρύποι μαζί με το διοξείδιο του θείου (SO₂) , το βενζόλιο και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) αποτελούν τους πρωτογενής ρύπους. Όμως αξίζει να αναφερθούμε και σε κάποιες αέριες ρυπογόνες ουσίες που χαρακτηρίζονται ως δευτερογενής ρύποι όπως ο μόλυβδος (Pb) που η χρήση του έχει ελαχιστοποιηθεί για περιβαλλοντολογικούς λόγους ,το όζον, το διοξείδιο του άνθρακα που δημιουργείτε από το μονοξειδίο του άνθρακα όταν έρθει σε επαφή την ηλιακή ακτινοβολία , το νιτρικό οξύ και τους πολυχρωματικούς υδρογονάνθρακες.

➤ Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)

Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου η διαφεύγουν από την ελαιολεκάνη του κινητήρα. Πρόκειται για υδρογονάνθρακες αλδευδικούς, παραφινικούς εκτεταμένης κυκλικής αλύσσου και αρωματικούς, οι οποίοι είναι σε θέση να ενωθούν με το οξυγόνο. Οι εργαστηριακές έρευνες έχουν αποδείξει ότι οι ενώσεις αυτές αντιδρούν παρουσία υπεριώδους ακτινοβολίας και ερεθίζουν τα ανθρώπινα μάτια , μολύνουν την ατμόσφαιρα και προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στη βλάστηση.

Είναι ακόμα υπεύθυνες για την φωτοχημική αιθαλομίχλη και ορισμένες από αυτές (ιδιαίτερα το βενζόλιο) είναι καρκινογόνες.

➤ Οξειδία του αζώτου (NOx)

Πρόκειται για έναν από του 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 παρουσία του όζοντος στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας, τα οξειδία του αζώτου δημιουργούν έναν κύκλο δευτερογενούς ρύπανσης όπου υπό κατάλληλες καιρικές συνθήκες καταλήγει στο σχηματισμό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης.

➤ Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Προέρχεται κυρίως από βενζινοκινητήρες. Είναι ένα προϊόν ατελούς καύσης των υδρογονανθράκων και όταν η συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα ξεπεράσει κάποια επίπεδα προκαλεί πονοκεφάλους και προβλήματα στο κυκλοφοριακό σύστημα. Σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις (σε κλειστό χώρο) μπορεί να αποβεί θανατηφόρο. Το CO είναι ασταθής ένωση που μόλις βρεθεί στο περιβάλλον μετατρέπεται αρκετά γρήγορα σε αβλαβές διοξείδιο του άνθρακα και γι' αυτό έχει μονό τοπική επίδραση.

➤ Καπνός

Προέρχεται κυρίως από τους πετρελαιοκινητήρες . Λόγω της συνήθους ορατότητας των καυσαερίων του κινητήρα Diesel στα πιο μεγάλα φορτία εξαιτίας των σωματιδιακών εκπομπών γίνεται διάκριση του λεγόμενου καπνού στις εξής τρεις κατηγορίες ανάλογα με την απόχρωση του:

- i. Λευκός καπνός, που αποτελείται από ομίχλη υγρών άκαυστων σωματιδίων καυσίμου και εμφανίζεται κατά την εν ψυχρώ εκκίνηση του οχήματος.
- ii. Κυανός καπνός, που αποτελείται από ομίχλη υγρών ακαύστων σωματιδίων λιπαντικού ελαίου, και εμφανίζεται όταν υπάρχει πρόβλημα με την λίπανση όπως πχ φθαρμένα η κολλημένα ελατήρια εμβόλου.

iii. Μελανός καπνός η καπνός τύπου αιθάλης, που αποτελείται από λεπτά σωματίδια άκαυστου άνθρακα, δηλαδή την αιθάλη που δημιουργείται από την πυρόλυση του καυσίμου τοπικά σε ζώνες με σχετική ανεπάρκεια οξυγόνου.

➤ Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Η δημιουργία του οφείλεται στην αντίδραση του θείου που περιέχεται στα καύσιμα με το οξυγόνο της ατμοσφαιράς . Είναι ικανό να προκαλέσει ερεθισμό των βρόγχων και των βλεννογόνων της μύτης αλλά και ελάτπωση της ορατότητας .Συνήθως μεγαλύτερη ποσότητα ελκύεται στο ρελαντί και όταν ελευθερώνουμε τον επιταχυντή.

➤ Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι βασικό συστατικό των καυσαερίων και αποτελεί ένα από τα κύρια προϊόντα της καύσης των υδρογονανθράκων. Δεν είναι τοξικό γι'αυτό δεν χαρακτηρίζεται σαν ρύπος με την κλασική έννοια του όρου. Όμως σε μακροπρόθεσμη βάση υπάρχουν στοιχεία που το καθιστούν υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο φαινόμενο οδηγεί τον πλανήτη μας σε σημαντική αύξηση των θερμοκρασιών του.

➤ Όζον

Το όζον δεν αναφέρεται στους βασικούς ρύπους που εκπέμπονται διότι δεν αποτελεί πρωτογενή ρύπο αλλά δευτερογενή που σχηματίζεται στον αέρα από την αντίδραση των οξειδίων του αζώτου με τους υδατάνθρακες . Η αντίδραση αυτή γίνεται με την παρουσία του ηλιακού φωτός γι'αυτό σε μέρη όπως η χώρα μας , που έχει αυξημένη ηλιοφάνεια το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, η παραγωγή του όζοντος είναι αυξημένη.

Το πρόβλημα όμως είναι πολύπλοκο λόγω μιας αντίφασης . Τα αυτοκίνητα εκπέμπουν μονοξείδιο του αζώτου που οξειδώνεται στον αέρα και μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου . Το διοξείδιο του αζώτου όμως συμβάλει στην δημιουργία του όζοντος όταν αντιδράσει με του υδρογονάνθρακες . Όμως το ίδιο το μονοξείδιο του αζώτου καταστρέφει το όζον . Αυτό που παρατηρείται είναι ότι στα μεγάλα αστικά κέντρα λόγω πυκνής κυκλοφορίας το όζον καταστρέφεται λόγω των αυξημένων εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου ενώ αντίθετα στην περιφέρεια που η κυκλοφορία είναι πια αραιή το μονοξείδιο του αζώτου δεν είναι αρκετό και τα επίπεδα του όζοντος αυξάνονται.

➤ Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος χρησιμοποιείται στη βενζίνη (super) για την αύξηση του βαθμού οκτανίων ώστε να αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε έναν θάλαμο καύσης. Λειτουργεί ως αντικροτικό, εμποδίζοντας την αυτανάφλεξη της βενζίνης από την υψηλή συμπίεση λίγο πριν δημιουργηθεί ο σπινθήρας. Ο μόλυβδος είναι τοξικός και δηλητηριάζει και αχρηστεύει τους καταλυτές. Γι' αυτό και τα καταλυτικά οχήματα χρησιμοποιούν μόνο αμόλυβδη βενζίνη και η χρήση του μόλυβδου στα καύσιμα περνάει πια στο παρελθόν.

➤ Νιτρικό οξύ (HNO₃)

Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) οξειδώνεται σε διοξείδιο (NO₂) το οποίο με τη σειρά του διασπάται σε ατομικό οξυγόνο και μονοξείδιο, ενώ με την βοήθεια υδρατμών και της ηλιακής ακτινοβολίας σχηματίζει νιτρικό οξύ (HNO₃), βασική ουσία του φαινόμενου της οξίνισης του περιβάλλοντος.

2.2 Άκαυστοι υδρογονάνθρακες HC

2.2.1 Γενική περιγραφή

Οι Άκαυστοι υδρογονάνθρακες HC που εμφανίζονται στην εξαγωγή των κινητήρων Otto και Diesel προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου. Τα διάφορα είδη HC που παρατηρούνται είναι οι ολεφίνες ,οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και τα ακετυλένια. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί είτε προέρχονται απευθείας από το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, είτε είναι προϊόντα πολυμερισμού ή πυρόλυσης καυσίμου , κυρίως κατά τις φάσεις της καύσης και αποτόνωσης .

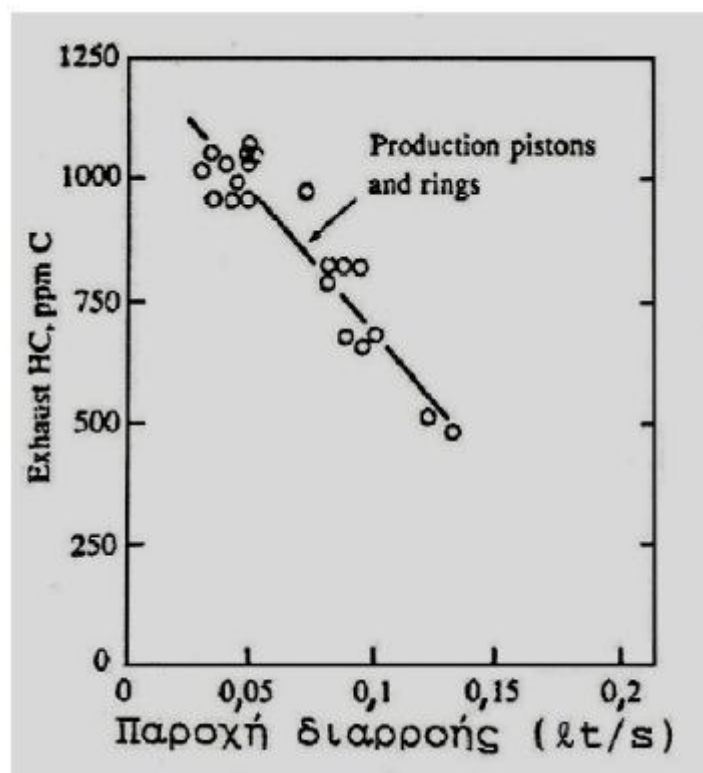
Οι κυριότερες αιτίες που προκαλούν τον σχηματισμό HC είναι η σβέση της φλόγας με αποτέλεσμα ένα ποσό μείγματος να μένει άκαυστο λόγω της αδυναμίας της φλόγας να διεισδύσει σε ιδιαίτερα στενές περιοχές.

2.2.2 Σχηματισμός HC στο θάλαμο καύσης των κινητήρων Otto

Το ποσοστό των ακαύστων υδρογονανθράκων εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα του μείγματος και υπάρχει σημαντική αύξηση των εκπεμπόμενων HC σε πολύ πτωχά ή σε πολύ πλούσια μείγματα καυσίμου – αέρα. Οι σπουδαιότεροι μηχανισμοί σχηματισμού των άκαυστων HC είναι οι ακόλουθοι:

- Σβέση της φλόγας από πρόσπτωση (προσέγγιση) στα ψυχρά τοιχώματα του θαλάμου καύσης.

- Αδυναμία εισόδου της φλόγας σε στενώσεις (διάκενα) ,όπως για παράδειγμα στην περιοχή μεταξύ του ελατηρίου του εμβόλου και του κυλίνδρου. Επίσης η αύξηση του μεγέθους των διακένων οδηγεί σε αύξηση των εκπεμπόμενων HC. Μια μέθοδος που συμβάλλει στη μείωση του ρυθμού επανεισόδου των άκαυστων υδρογονανθράκων από την περιοχή των ελατηρίων του εμβόλου στον θάλαμο καύσης, και συνεπώς της συγκέντρωσης τους είναι η αύξηση της διαρροής του μείγματος προς τον στροφαλοθάλαμο του κινητήρα, έτσι ώστε οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες να μην επιστρέφουν στον θάλαμο καύσης.



Σχήμα 2.1. Μεταβολή εκπεμπόμενων άκαυστων HC συναρτήσει της παροχής διαρροής αερίων σε κινητήρα Otto.

- Απορρόφηση ,από το λιπαντικό έλαιο , ποσότητας από το καύσιμο κατά τις φάσεις της αναρρόφησης και συμπίεσης το οποίο στη συνέχεια αποβάλετε.

- Κακή ποιότητα καύσης σε ορισμένες περιοχές του κυλίνδρου και σε ορισμένο ποσοστό κύκλων λειτουργίας (είτε μερική καύση ,είτε αστοχία έναυσης), που οφείλεται σε τοπικά πτωχό ή τοπικά πολύ πλούσιο μείγμα, σε κακό χρονισμό σπινθήρα ή σε μεγάλο ποσοστό παραμένωντων καυσαερίων. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείτε συνήθως κατά τη λειτουργία του κινητήρα όταν βρίσκεται σε χαμηλές ταχύτητες περιστροφής και χαμηλά φορτία. Επίσης κακή ποιότητα καύσης που σημαίνει αυξημένη εκπομπή HC , συμβαίνει και κατά τις μεταβατικές φάσεις λειτουργίας του κινητήρα όταν η ποιότητα του μείγματος είναι κακή.
- Παρουσία επικαθήσεων στο θάλαμο καύσης οι οποίες δρουν όπως το λιπαντικό έλαιο , δηλαδή απορροφούν αρχικά και αποδεσμεύουν στη συνέχεια το καύσιμο μείγμα.

2.2.3 Σχηματισμός HC στον θάλαμο καύσης κινητήρων Diesel

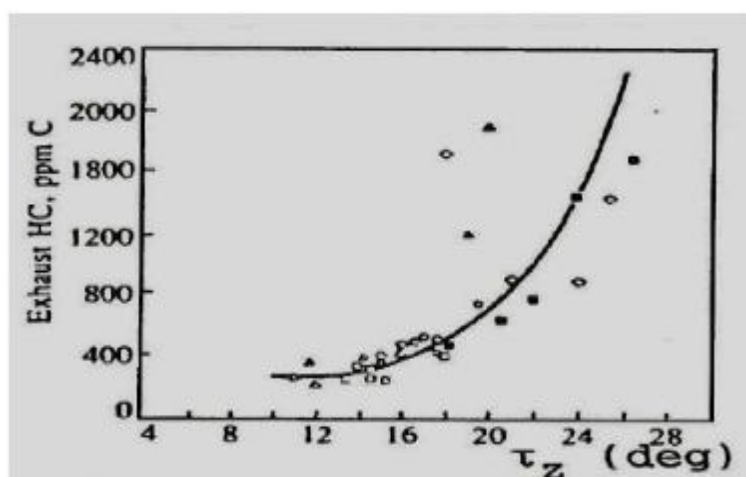
Οι υδρογονάνθρακες που ανιχνεύονται στην εξαγωγή ενός κινητήρα Diesel προέρχονται από το καύσιμο το οποίο διέφυγε κατά την κανονική διαδικασία της καύσης είτε διότι το μείγμα καυσίμου – αέρα ήταν πολύ πτωχό για να αυταναφλεγεί είτε διότι ήταν πολύ πλούσιο. Η κύρια αιτία που οδηγεί στο σχηματισμό υδρογονανθράκων είναι το πολύ πτωχό μείγμα , το οποίο δεν αυταναφλέγεται ή είναι ανίκανο να συντηρήσει την καύση. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως στο καύσιμο που εγχύεται κατά την διάρκεια της καθυστερημένης ανάφλεξης.

Οι συνθήκες λειτουργίας των κινητήρων Diesel επηρεάζουν σημαντικά τις εκπομπές των HC. Στο κενό φορτίο ή στα χαμηλά φορτία οι εκπομπές είναι πολύ

μεγαλύτερες από ότι στο πλήρες φορτίο. Στην περίπτωση που ο κινητήρας υπερφορτωθεί με καύσιμο οι εκπομπές HC αυξάνονται ραγδαία.

Οι μηχανισμοί που οδηγούν στον σχηματισμό HC στους κινητήρες Diesel είναι οι ακόλουθοι:

- Υπεραναμειξιμότητα με αέρα (πτωχό μείγμα). Το ποσοστό των άκαυστων HC που προέρχεται από τις περιοχές με πτωχό καύσιμο εξαρτάται από την ποσότητα του καυσίμου που εγχύεται στη διάρκεια της καθυστέρησης ανάφλεξης, από το ρυθμό ανάμειξης με τον αέρα κατά το στάδιο αυτό και από το κατά πόσο οι συνθήκες εντός του κυλίνδρου μπορούν να οδηγήσουν σε αυτανάφλεξη. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρείται ότι οι εκπομπές HC αυξάνονται με την αύξηση της καθυστέρησης της ανάφλεξης.



Σχήμα 2.2. Επίδραση της διάρκειας καθυστέρησης αναφλέξεως στην εκπομπή HC.

- Υποαναμειξιμότητα με αέρα (πλούσιο μείγμα) συντελεί στο σχηματισμό HC στα υπερβολικά φορτία υψηλά φορτία λόγω ατελούς καύσης του καυσίμου. Η πολύ χαμηλή ταχύτητα με την οποία εγχύεται το καύσιμο στο τέλος της φάσης της καύσης και το επιπλέον καύσιμο που εισέρχεται στον κύλινδρο κάτω από συνθήκες υπερφόρτισης του κινητήρα συντελούν στη χαμηλή ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα και συνεπώς στο σχηματισμό HC.
- Σβέση φλόγας και αστοχία έναυσης. Ο σχηματισμός των HC προέρχεται από την σβέση της φλόγας στα τοιχώματα και από της αστοχίες οι οποίες

προκαλούνται από αντίξοες συνθήκες κατά την κυκλική διασπορά της καύσης οι οποίες είναι οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, οι πολύ χαμηλές πιέσεις και οι πολύ μικρές προπορίες έγχυσης.

2.3 Οξειδία του αζώτου NOx

2.3.1 Γενική περιγραφή

Ο όρος οξειδία του αζώτου NOx που σχηματίζονται στο θάλαμο καύσης ενός εμβολοφόρου κινητήρα περιλαμβάνει το μονοξείδιο του αζώτου NO και το διοξείδιο του αζώτου NO₂ , αλλά ενδεχομένως και ίχνη άλλων οξειδίων του αζώτου όπως το N₂O₅ .Το NO₂ εκπέμπεται σε αρκετά μικρότερο ποσοστό από ότι το NO. Επίσης η ποσότητα των NOx στα καυσαέρια του κινητήρα diesel είναι συγκρίσιμη με αυτήν στα καυσαέρια του κινητήρα Otto.

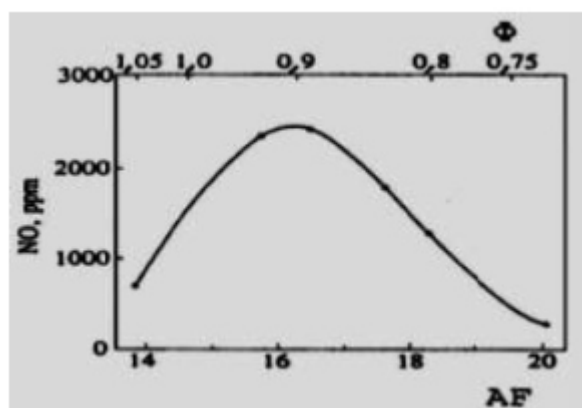
Τα NOx σχηματίζονται στις περιοχές υψηλής θερμοκρασίας εντός της καιόμενης ζώνης, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει και η απαραίτητη ποσότητα οξυγόνου. Στην συνέχεια , κατά την φάση της αποτόνωσης, ορισμένες αντιδράσεις που συμμετέχουν στον σχηματισμό των NOx ‘παγώνουν’ λόγω της πτώσης της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα το καυσαέριο εξαγωγής να περιέχει συγκεντρώσεις NOx αρκετά μεγαλύτερες από ότι θα περιείχε.

2.3.2 Σχηματισμός των NOx στο θάλαμο καύσης των κινητήρων Otto

Σε έναν κινητήρα Otto ,μετά την καύση του καυσίμου ,το καμένο μείγμα συμπιέζεται και έτσι αυξάνει περαιτέρω η πίεση αλλά και η θερμοκρασία του προάγοντας το σχηματισμό των NOx. Γενικά, ο σχηματισμός και η συγκέντρωση των NOx εξαρτώνται από την θέση εντός του θαλάμου οπού πραγματοποιείται η καύση

και προάγεται στις περιοχές όπου υπάρχει υψηλή θερμοκρασία και συγκέντρωση οξυγόνου. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την τιμή των NOx στους κινητήρες Otto είναι οι εξής:

- Επίδραση του λόγου ισοδυναμίας καυσίμου – αέρα.
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των NOx στην εξαγωγή του κινητήρα Otto, συναρτήσει του λόγου αέρα - καυσίμου (AF) ή του λόγου ισοδυναμίας καυσίμου – αέρα (Φ). Στο παρακάτω διάγραμμα η μέγιστη τιμή εκπομπών λαμβάνεται για $\Phi = 0.9$ περίπου, δηλαδή για σχετικά πτωχό μείγμα.



Σχήμα 2.3. Συγκέντρωση NO συναρτήσει του λόγου αέρα – καυσίμου σε κινητήρα Otto.

- Επίδραση της προπορείας έναυσης:
Η αύξηση της προπορείας έναυσης έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των εκπομπών NOx, η οποία οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας στο θάλαμο καύσης. Αντίθετα η ελάττωση της προπορείας έναυσης, που είναι απαραίτητη για την μείωση των εκπομπών, επιδρά αρνητικά στην παραγομένη ισχύ από τον κινητήρα, με αποτέλεσμα το σημείο βέλτιστης ροπής να διαφέρει σημαντικά από αυτό της βέλτιστης εκπομπής των NOx. Γι' αυτόν τον λόγο οι κατασκευαστές βρίσκουν μια ενδιάμεση και ικανοποιητική τιμή.

- Επίδραση του κλάσματος παραμένουτος καυσαερίου.

Το κλάσμα παραμένουτος καυσαερίου στο θάλαμο καύσης, από τον προηγούμενο κύκλο, λόγω κυρίως του υδρατμού αλλά και του CO₂ προκαλεί αύξηση στην τιμή της θερμοχωρητικότητας του μείγματος με αποτέλεσμα οι θερμοκρασίες εντός του θαλάμου να είναι αρκετά μικρότερες συνεπώς και λιγότερες εκπομπές NO_x.

2.3.3 Σχηματισμός των NO_x στον θάλαμο καύσης των κινητήρων Diesel

Στους κινητήρες Diesel λόγω του ότι το καύσιμο εγχύεται στο θάλαμο καύσης σε υγρή μορφή, και στη συνεχεία αναμειγνύεται με τον αέρα, υπάρχει μεγάλη στρωμάτωση στην κατανομή της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του καυσίμου στο θάλαμο καύσης. Έτσι έχουμε την δημιουργία των NO_x όπου το μεγαλύτερο ποσοστό σχηματίζεται κατά το δεύτερο στάδιο της καύσης ,δηλαδή αυτό της ανεξέλεγκτης καύσης, όπου η φλόγα είναι τύπου προανάμειξης με τιμές του λόγου καυσίμου – αέρα κοντά στη μονάδα και ιδιαίτερα υψηλή θερμοκρασία λόγω της προαναμειγμένης καύσης. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την τιμή των NO_x στους κινητήρες Diesel είναι οι εξής:

- Επίδραση του φορτίου :

Με την αύξηση του φορτίου παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης των NO_x στο καυσαέριο, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας στην ζώνη αντίδρασης και λόγω της ύπαρξης αρκετών περιοχών με την στοιχειομετρική τιμή καυσίμου – αέρα.

- Επίδραση της προπορείας έγχυσης του καυσίμου:

Στους κινητήρες Diesel άμεσης καθώς και έμμεσης έγχυσης, παρατηρείται σημαντική αύξηση των παραγόμενων εκπομπών των NO_x με την αύξηση

προπορείας έγχυσης, λόγω της σημαντικής αύξησης της πίεσης και της θερμοκρασίας των αερίων στο θάλαμο καύσης.

- Επίδραση ποσοστού του παραμένουτος καυσαερίου:
Η αύξηση του ποσοστού παραμένουτος καυσαερίου στο θάλαμο καύσης έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση στη συγκέντρωση των εκπομπών NOx. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό, όπως και στους κινητήρες Otto, είναι η αύξηση της θερμοχωρητικότητας του περιβάλλοντος μέσου με συνέπεια την πτώση της πίεσης και της θερμοκρασίας.

2.4 Σχηματισμός μονοξειδίου του άνθρακα CO

Το μονοξείδιο του άνθρακα CO, αποτελεί έναν από τους πιο επιβλαβείς ρύπους που εκπέμπονται από τις εμβολοφόρες Μ.Ε.Κ λόγω της τοξικότητάς του.

Ο σχηματισμός του CO πραγματοποιείται όταν το διαθέσιμο οξυγόνο δεν επαρκεί για την στοιχειομετρική καύση του μείγματος καυσίμου – αέρα στον κινητήρα. Άρα, ο λόγος καυσίμου – αέρα αποτελεί την βασικότερη παράμετρο των εκπομπών του CO. Στην περίπτωση που το μείγμα είναι πλούσιο, το φαινόμενο σχηματισμού του CO γίνεται πιο έντονο, με αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού του CO στα προϊόντα της καύσης. Εξαιτίας του γεγονότος αυτού, το CO εμφανίζεται σε υψηλά ποσοστά στους κινητήρες Otto, οι οποίοι λειτουργούν με μείγμα πλησίον της στοιχειομετρίας. Αντίθετα, το CO εμφανίζεται σε πολύ μικρά ποσοστά στους κινητήρες Diesel, επειδή λειτουργούν με μεγάλη περίσσεια αέρα ακόμη και στο πλήρες φορτίο τους.

Σημαντικές εκπομπές CO έχουμε επίσης σε διαφορετικές φάσεις λειτουργίας του κινητήρα. Η εκπομπή CO κατά την εκκίνηση του κινητήρα είναι ιδιαίτερα σημαντική, επειδή το μείγμα εμπλουτίζεται με καύσιμο μέχρι ο κινητήρας να αποκτήσει την επιθυμητή θερμοκρασία λειτουργίας. Το ίδιο συμβαίνει και στην επιτάχυνση όπου το μείγμα γίνεται πλούσιο παροδικώς με αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση του CO στο καυσαέριο εξαγωγής.

2.5 Εκπομπές σωματιδίων σε κινητήρες Diesel

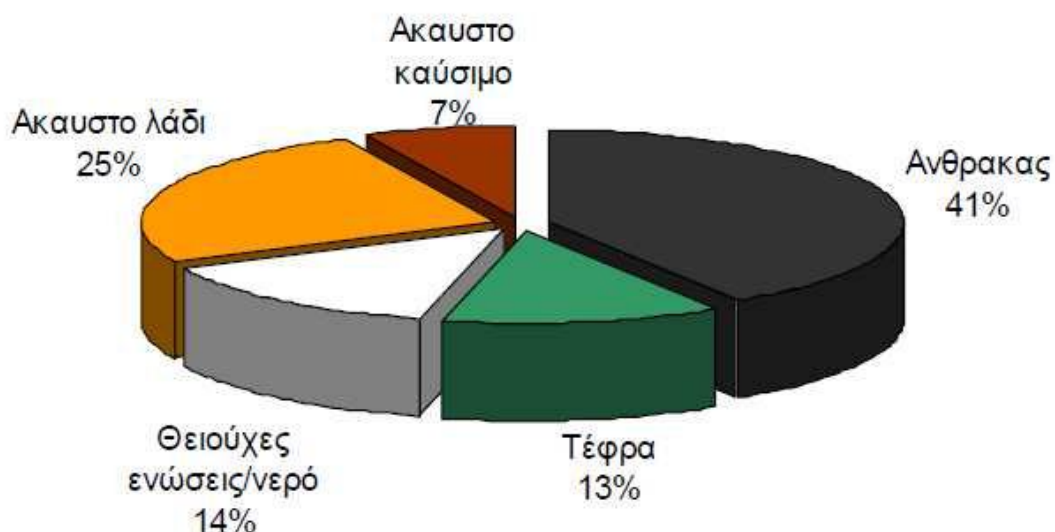
Τα τελευταία χρονιά η τεχνολογία των Πετρελαιοκίνητων οχημάτων έχει εξελιχθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα τα επίπεδα των ελκυσμένων ρύπων να είναι από 5 έως 10 φορές μικρότερα απ'ότι στα μέσα της δεκαετίας του 1980.

Acetaldehyde*	Chlorine	Methyl ethyl ketone
Acrolein	Chlorobenzene	Naphthalene*
Aluminum	Chromium compounds*	Nickel*
Ammonia	Cobalt compounds*	4-nitrobiphenyl*
Aniline*	Copper	Phenol
Antimony compounds*	Cresol	Phosphorus
Arsenic*	Cyanide compounds	POM [including PAHs]
Barium	Dibenzofuran	Propionaldehyde
Benzene*	Dibutylphthalate	Selenium compounds*
Beryllium compounds*	Ethyl benzene	Silver
Biphenyl	Formaldehyde*	Styrene*
Bis [2-ethylhexyl]phthalate*	Hexane	Sulfuric acid
Bromine	Lead compounds*	Toluene*
1,3-butadiene*	Manganese compounds	Xylene isomers and mixtures
Cadmium*	Mercury compounds*	Zinc
Chlorinated dioxins*	Methanol	

Πίνακας 2.1. Τοξικές ενώσεις στα καυσαέρια των κινητήρων Diesel. Οι ενώσεις με αστερίσκο (*) είναι αναγνωρισμένες ως ύποπτες για καρκινογένεση η αναπαραγωγική τοξικότητα.

Τα σωματίδια από την καύση του πετρελαίου αποτελούνται κυρίως από ανθρακούχο υλικό (αιθάλη) παραγόμενο από την καύση, στο οποίο μερικά οργανικά συστατικά (προερχόμενα κυρίως από άκαυστο καύσιμο και λιπαντικό έλαιο κινητήρα)έχουν απορροφηθεί. Τα σωματίδια κατανέμονται σε ένα πλατύ εύρος μεγεθών από 20 nm έως 20μm, χαρακτηριστικό που τα κάνει αναπνεύσιμα. Το ποσοστό της αιθάλης στα σωματίδια που προέρχονται από την εξαγωγή ενός κινητήρα Diesel ποικίλει, αλλά συνήθως είναι υψηλότερο του 40 – 50%. Άλλες ουσίες

που περιέχονται στα σωματίδια είναι: άκαυστο καύσιμο ή λιπαντικό έλαιο ή τρίμματα μετάλλων από φθορά.



Σχήμα 2.4. Αντιπροσωπευτική σύνθεση σωματιδίων που εκπέμπονται από κινητήρα Diesel βαρέου τύπου.

- Η αιθάλη δημιουργείται από άκαυστο καύσιμο το οποίο σχηματίζει σωματίδια από την αέρια φάση στη στερεά σε περιοχές πλούσιες σε καύσιμο και με υψηλές θερμοκρασίες. Υδρογονάνθρακες ή αλλά διαθέσιμα μόρια συμπυκνώνονται ή απορροφώνται από την αιθάλη, ανάλογα με τις περιβάλλουσες συνθήκες. Η εξέλιξη της υγρής ή αέριας φάσης των υδρογονανθράκων σε στερεά σωματίδια αιθάλης περιλαμβάνει έξι κοινά αναγνωρισμένες διαδικασίες.
- Πυρόλυση: ενδόθερμη διαδικασία που μεταβάλλει τη μοριακή δομή του καυσίμου σε παρουσία υψηλής θερμοκρασίας και παράγει στοιχεία όπως

πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, που θεωρούνται πρόδρομοι της αιθάλης.

- Σχηματισμός πυρήνων: δημιουργία πυρήνων ή νανοσωματιδίων από ασταθή υλικά όπως οι υδρογονάνθρακες.
- Επιφανειακή αύξηση: διαδικασία προσθήκης μάζας στην επιφάνεια ενός σωματιδίου αιθάλης.
- Σύμπληξη : βίαιες συγκρούσεις σφαιρικών σωματιδίων για να ενωθούν και να σχηματίσουν μεγαλύτερα σφαιρικά σωματίδια.
- Συσσώρευση: σωματίδια παραμένουν ενωμένα για να σχηματίσουν μεγάλες ομάδες σωματιδίων σε μορφή αλυσίδας.
- Οξείδωση: διαδικασία όπου η αιθάλη καίγεται υπό την παρουσία οξειδωτικών στοιχείων για το σχηματισμό αερίων.(CO, CO₂, H₂O)

Κεφάλαιο 3

Όρια εκπομπής ρύπων

3.1 Γενικά

Τα πρότυπα εκπομπών είναι ένα σύνολο από απαιτήσεις που καθορίζουν τα αποδεκτά όρια των εκπεμπόμενων ρύπων των νέων οχημάτων που πωλούνται σε Ευρωπαϊκή ένωση, ΗΠΑ και Ιαπωνία. Τα πρότυπα καθορίζονται σε μια σειρά από οδηγίες οι οποίες σταδιακά επιβάλλουν όλο και αυστηρότερες προδιαγραφές. Οι εκπομπές HC, NO_x, CO και σωματιδίων οριοθετούνται σε διαφορετικά πρότυπα ανάλογα με τον τύπο του οχήματος ενώ ο έλεγχος της συμμόρφωσης με τις προδιαγραφές γίνεται με τυποποιημένους Μεταβατικούς Κύκλους πόλης που έχει υιοθετήσει το κάθε κράτος. Τα οχήματα που δεν τηρούν τις προδιαγραφές δεν παίρνουν έγκριση και τα νέα πρότυπα δεν ισχύουν για οχήματα που βρίσκονται ήδη σε κυκλοφορία.

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 3.1. 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 3.2. Όρια εκπομπής ρύπων οχημάτων μέχρι 1/01/93²

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

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
		I	RW≤1305	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05
	N1 ³	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
		I	RW≤1305	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025
	N1 ³	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 3.3. Όρια εκπομπής ρύπων σύμφωνα με την οδηγία 98/69 ΕΚ³

3.2 Επιβατικά οχήματα και ελαφρά φορτηγά

Οι κανονισμοί εκπομπών καυσαερίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νέα, ελαφρού τύπου οχήματα (αυτοκίνητα και ελαφρά εμπορικά οχήματα) διευκρινίζονται στην οδηγία 70/220/EEC. Αυτή η οδηγία τροποποιήθηκε αρκετές φορές. Μερικές από τις σημαντικότερες τροποποιήσεις είναι οι ακόλουθες:

- Πρότυπο 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 26ης 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

- Πρότυπο Euro 2 (1996)

Για τα επιβατικά αυτοκίνητα - 94/12/EK (& 96/69/EK) Για μοτοσυκλέτες (row A) - 2002/51/EK - 2006/120/EK (Οδηγία 2002/51/EC του Ευρωπαϊκού

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

Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Ιουλίου 2002 στη μείωση του επιπέδου μολυσματικών εκπομπών από δύο και τρίτροχων μηχανοκίνητων οχημάτων και τροποποίησης της οδηγίας 97/24/EC)

- Πρότυπο Euro 3 (2000)

Για κάθε όχημα - 98/69/EK (Οδηγία 98/69/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Οκτωβρίου 1998 σχετικά με τα μέτρα που λαμβάνονται ενάντια στην ατμοσφαιρική ρύπανση από τις εκπομπές από τα μηχανοκίνητα οχήματα και την τροποποίηση 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 19ης Ιουλίου 2002 στη μείωση του επιπέδου μολυσματικών εκπομπών από δύο και τρίτροχων μηχανοκίνητων οχημάτων και τροποποίησης της οδηγίας 97/24/EC).

- Πρότυπο Euro 4 (2005)
Για κάθε όχημα - 98/69/EK (& 2002/80/EK).

- Πρότυπο Euro 5 (2008/2009)

- Πρότυπο 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)

Καύσιμα: Τα πρότυπα του 2000/2005 συνοδεύθηκαν από εισαγωγή πιο αυστηρών κανονισμών καυσίμων που απαιτούν τον ελάχιστο αριθμό κετανίου του πετρελαίου Diesel να είναι 51 (έτος 2000), μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο στο Diesel 350 ppm το 2000 και 50 ppm το 2005, και μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο στη βενζίνη 150 ppm το 2000 και 50 ppm το 2005. Καύσιμα Diesel και

βενζίνη χωρίς θείο (≤ 10 ppm) πρέπει να είναι διαθέσιμα από το 2005, και να γίνουν υποχρεωτικά από το 2009.

Δοκιμή εκπομπής: Οι εκπομπές ελέγχονται σύμφωνα με τη διαδικασία δυναμομέτρησης NEDC (ECE 15 και EUDC). Το έτος 2000 (Euro 3), η διαδικασία δοκιμής τροποποιήθηκε για να εξαλείψει τα 40 sec της περιόδου προθέρμανσης του κινητήρα πριν από την αρχή της δειγματοληψίας εκπομπών. Αυτή η τροποποιημένη δοκιμή ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται ως νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος οδήγησης (New European Drive Cycle) ή ως δοκιμή MVEG-B. Όλες οι εκπομπές εκφράζονται σε g/km.

Τα πρότυπα Euro 5/6 υιοθετούν μια νέα μέθοδο μέτρησης των εκπομπών σωματιδίων (όμοια με τη διαδικασία του 2007 στις Η.Π.Α.) που αναπτύσσεται από το UN/ECE πρόγραμμα μέτρησης των σωματιδίων (Particulate Measurement Programme) και ρυθμίζει το όριο εκπομπής σωματιδίων. Η νομοθεσία εισάγει επίσης όριο εκπομπής αριθμού σωματιδίων στο Euro 5/6 (PMP μέθοδος), εκτός από τα όρια που βασίζονται στη μάζα. Κατά τη διάρκεια της υιοθέτησης του κανονισμού Euro 5/6, τα όρια εκπομπής που βασίζονται στη μάζα θα μπορούσαν να καλυφθούν μόνο από φίλτρα σωματιδίων. Τα μελλοντικά φίλτρα που αναπτύσσονται ενώ θα πληρούν το όριο μάζας θα επέτρεπαν σε έναν υψηλό αριθμό εξαιρετικά λεπτών σωματιδίων να περάσουν οπότε τα όρια που βασίζονται στον αριθμό των σωματιδίων θα αποτρέψουν το γεγονός αυτό.

Τα πρότυπα εκπομπών για τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα ελαφρά εμπορικά οχήματα συνοψίζονται στους ακόλουθους Πίνακες.

- Κατηγορίες οχημάτων M1, οχήματα για τη μεταφορά επιβατών που περιλαμβάνουν μέχρι 8 θέσεις εκτός από αυτή του οδηγού.
- Κατηγορίες οχημάτων N1 που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά προϊόντων και έχουν μέγιστη μάζα που δεν υπερβαίνει τους 3.5 τόνους.

Από το πρότυπο Euro 2, οι κανονισμοί της Ε.Ε. εισάγουν διαφορετικά όρια εκπομπής για τα οχήματα Diesel και Otto. Τα οχήματα που καταναλώνουν πετρέλαιο Diesel

έχουν πιο αυστηρά πρότυπα εκπομπών CO αλλά επιτρέπονται υψηλότερες εκπομπές NO_x. Τα οχήματα με κινητήρες Otto απαλλάσσονται των προτύπων σωματιδίων μέχρι του σταδίου Euro 4. Οι κανονισμοί Euro 5/6 εισάγουν τα πρότυπα εκπομπής σωματιδίων βασισμένα στη μάζα για τα αυτοκίνητα με κινητήρες Otto άμεσης έγχυσης (GDI), αριθμητικά ίσα με τα πρότυπα για τα οχήματα Diesel.

Πίνακας 3.4. Πρότυπα Εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για επιβατικά οχήματα (Κατηγορία M1), g/km

Πρότυπο	Ημερομηνία	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Diesel						
Euro 1**	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro 2, IDI	1996.01	1.00	-	0.70	-	0.08
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.00	-	0.90	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro 5	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^e
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^e
Βενζίνη						
Euro 1**	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.20	-	0.50	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.00	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.00	0.10 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}
Euro 6	2014.09	1.00	0.10 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}

* Στα στάδια Euro 1 έως 4, τα επιβατικά οχήματα > 2,500 kg έπαιρναν έγκριση ως οχήματα της κατηγορίας N₁.

* *Οι τιμές στις παρενθέσεις είναι σύμφωνα με τα νόμιμα όρια παραγωγής (COP)

a - μέχρι τις 1999.09.30 (μετά από την ημερομηνία αυτή οι κινητήρες DI πρέπει να λειτουργούν εντός των ορίων των IDI)

b - 2011.01 για όλα τα μοντέλα

c - και για τους HC χωρίς μεθάνιο 0.068 g/km

d - εφαρμόσιμο μόνο για οχήματα που χρησιμοποιούν κινητήρες αμέσου εγχύσεως

e - έχει προταθεί να αλλάξει σε 0.003 g/km χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μέτρησης PMP

Πίνακας 3.5. Πρότυπα Εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για ελαφρού τύπου εμπορικά οχήματα Diesel, g/km

Κατηγορία*	Πρότυπο	Ημερομηνία	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Diesel							
N_i, Class I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14
	Euro 2, IDI	1998.01	1.00	-	0.70	-	0.08
	Euro 2, DI	1998.01 ^a	1.00	-	0.90	-	0.10
	Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
	Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
	Euro 5	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^e
	Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^e
N_i, Class II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19
	Euro 2, IDI	1998.01	1.25	-	1.00	-	0.12
	Euro 2, DI	1998.01 ^a	1.25	-	1.30	-	0.14
	Euro 3	2001.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04
	Euro 5	2010.09 ^c	0.63	-	0.295	0.235	0.005 ^e
	Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005 ^e
N_i, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25
	Euro 2, IDI	1998.01	1.50	-	1.20	-	0.17
	Euro 2, DI	1998.01 ^a	1.50	-	1.60	-	0.20
	Euro 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10
	Euro 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06
	Euro 5	2010.09 ^c	0.74	-	0.350	0.280	0.005 ^e
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005 ^e

* Για τα πρότυπα Euro 1 και 2 της κατηγορίας N_i οι κλάσεις της μάζας αναφοράς ήταν η Κλάση I ≤ 1250 kg, η Κλάση II 1250-1700 kg και η Κλάση III > 1700 kg.
a – μέχρι τις 1999.09.30 (μετά από την ημερομηνία αυτή οι κινητήρες DI πρέπει να λειτουργούν εντός των ορίων των IDI)
b – 2011.01 για όλα τα μοντέλα
c – 2012.01 για όλα τα μοντέλα
d – εφαρμόσιμο μόνο σε οχήματα που έχουν κινητήρες DI
e – έχει προταθεί να αλλάξει σε 0.003 g/km χρησιμοποιώντας τη διαδικασία μέτρησης PMP

Πίνακας 3.6. Πρότυπα Εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για ελαφρού τύπου εμπορικά οχήματα Βενζίνης, g/km

Βενζίνη							
N₁, Class I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	-
	Euro 2	1998.01	2.20	-	0.50	-	-
	Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
	Euro 4	2005.01	1.00	0.10	-	0.08	-
	Euro 5	2009.09 ^b	1.00	0.10 ^f	-	0.06	0.005 ^{d,e}
	Euro 6	2014.09	1.00	0.10 ^f	-	0.06	0.005 ^{d,e}
N₁, Class II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	-
	Euro 2	1998.01	4.00	-	0.65	-	-
	Euro 3	2001.01	4.17	0.25	-	0.18	-
	Euro 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.100	-
	Euro 5	2010.09 ^c	1.81	0.13 ^g	-	0.075	0.005 ^{d,e}
	Euro 6	2015.09	1.81	0.13 ^g	-	0.075	0.005 ^{d,e}
N₁, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	-
	Euro 2	1998.01	5.00	-	0.80	-	-
	Euro 3	2001.01	5.22	0.29	-	0.21	-
	Euro 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-
	Euro 5	2010.09 ^c	2.27	0.16 ^h	-	0.082	0.005 ^{d,e}
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16 ^h	-	0.082	0.005 ^{d,e}

*Για τα πρότυπα Euro 1 και 2 της κατηγορίας N₁ οι κλάσεις της μάζας αναφοράς ήταν η Κλάση I ≤ 1250 kg, η Κλάση II 1250-1700 kg και η Κλάση III > 1700 kg.

a – μέχρι τις 1999.09.30 (μετά από την ημερομηνία αυτή οι κινητήρες DI πρέπει να λειτουργούν εντός των ορίων των IDI)

b – 2011.01 για όλα τα μοντέλα

c – 2012.01 για όλα τα μοντέλα

d – εφαρμόσιμο μόνο σε οχήματα που έχουν κινητήρες DI

e – έχει προταθεί να αλλάξει σε 0.003 g/km χρησιμοποιώντας τη διαδικασία μέτρησης PMP

f – και για τους NMHC = 0.068 g/km

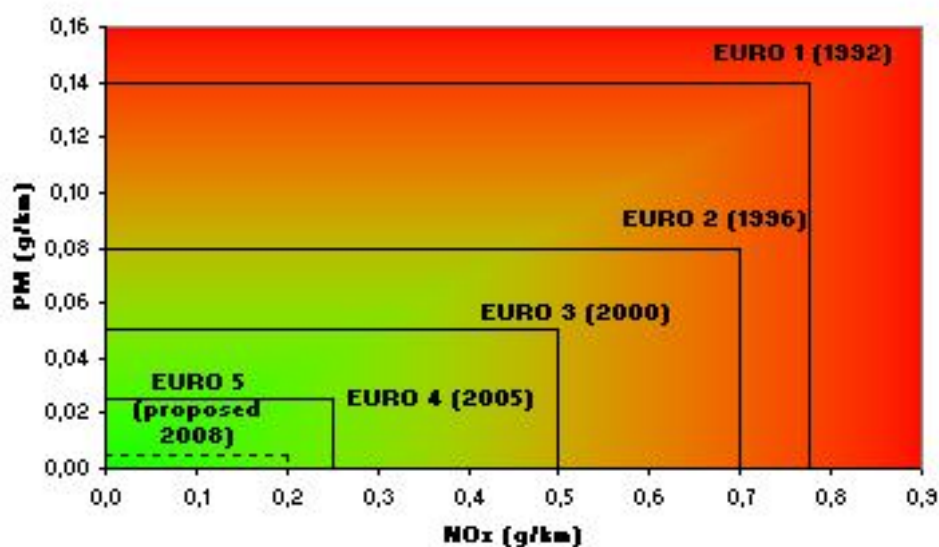
g – και για τους NMHC = 0.090 g/km

h – και για τους NMHC = 0.108 g/km

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 3.7. Μεταβολή ανώτατων ορίων των εκπεμπόμενων ρύπων για τα επιβατικά αυτοκίνητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση⁴.

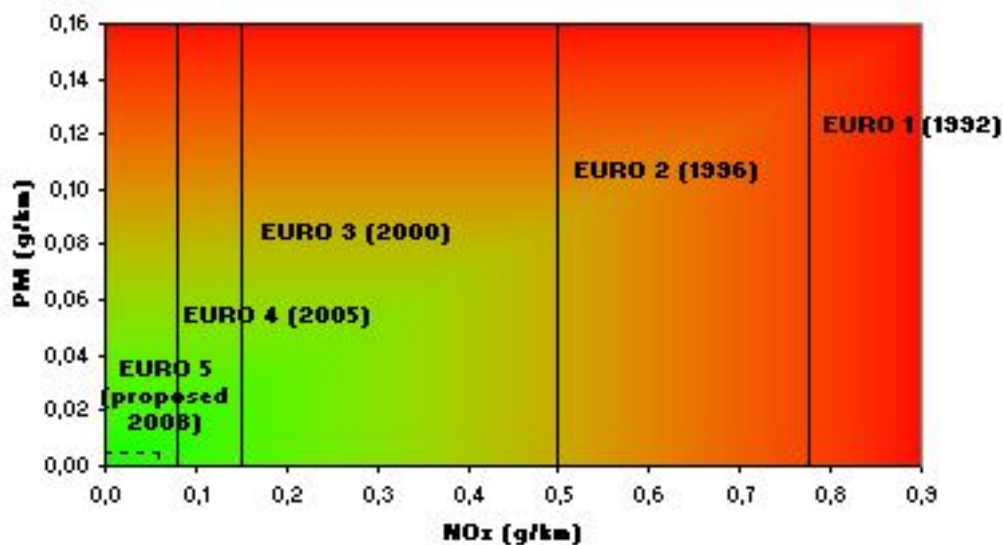
NO_x and PM emission standards for diesel cars



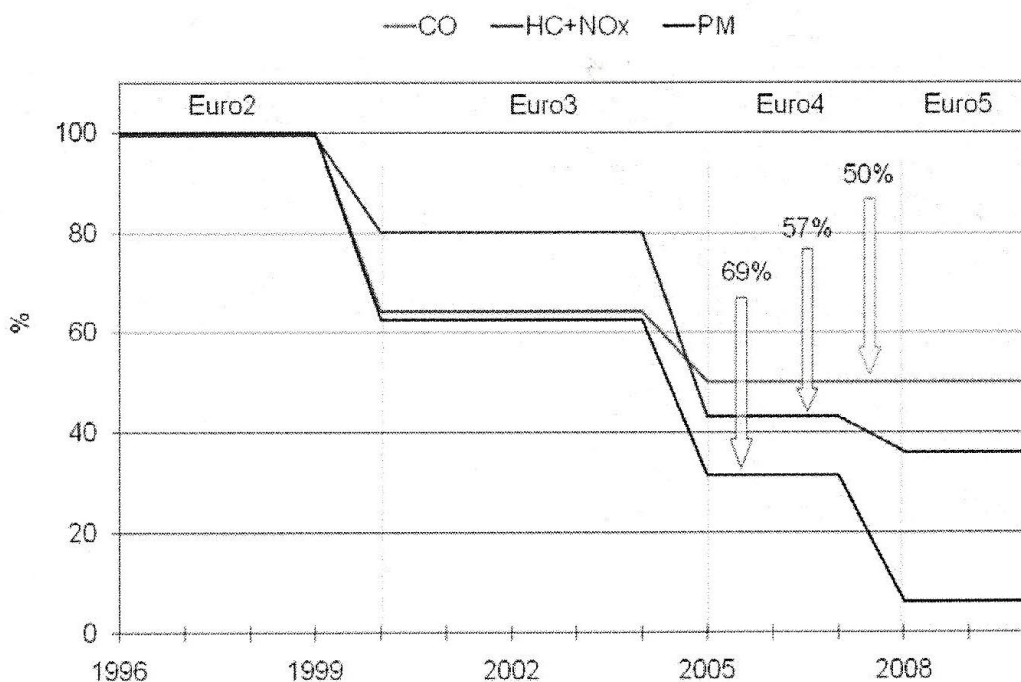
Διάγραμμα 3.1. Διάγραμμα που παρουσιάζει την πρόοδο των ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπής για τα αυτοκίνητα diesel.

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

NOx and PM emission standards for petrol cars

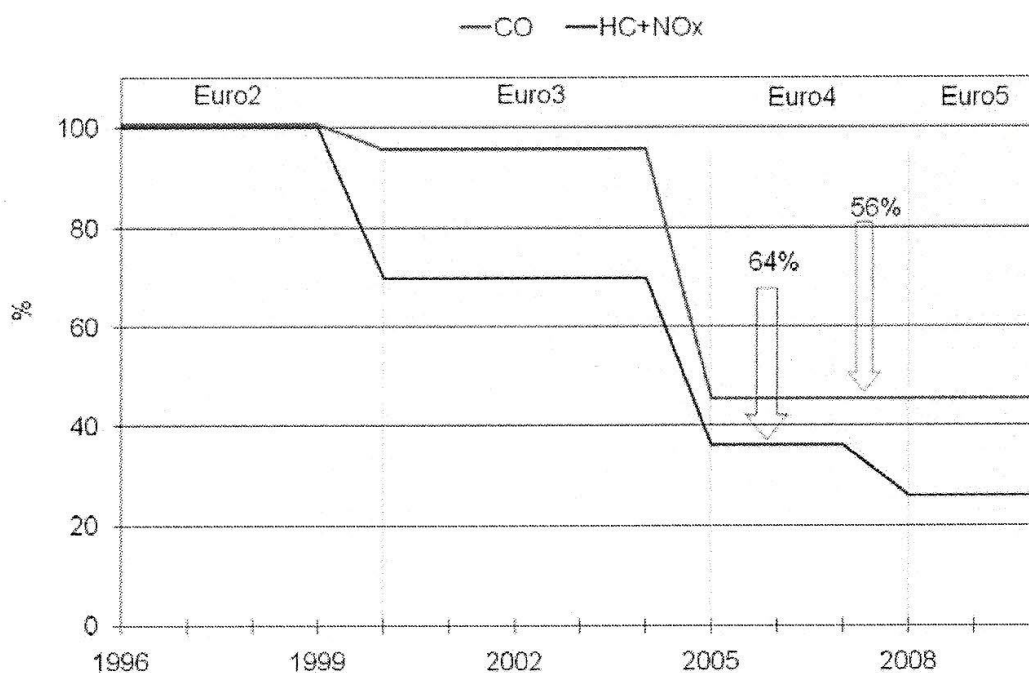


Διάγραμμα 3.2. Διάγραμμα που παρουσιάζει την πρόοδο των ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπής για τα αυτοκίνητα βενζίνης.



Διάγραμμα 3.3. Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων για τους Ντιζελοκινητήρες 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



Διάγραμμα 3.4, Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων για τους Βενζινοκινητήρες των επιβατικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη5

Από το πρότυπο Euro 4 στο Euro 5 παρατηρείται μια σημαντική βελτίωση στις αποδεκτές εκπομπές σωματιδίων των επιβατικών οχημάτων της τάξεως του 80%, το οποίο σημαίνει ότι απαιτείται πιθανότατα φίλτρο σωματιδίων. Αφ'ετέρου, μόνο μια μικρή μείωση (28%) των NOx έχει νομοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Αυτό το όριο εκπομπής έχει τεθεί έτσι ώστε οι μειώσεις να μπορούν να επιτευχθούν από τα περαιτέρω εσωτερικά μέτρα στον κινητήρα. Δεδομένου ότι τα επίπεδα του Euro 5 απαιτούν ουσιαστικά την εγκατάσταση των φίλτρων σωματιδίων στην εξαγωγή του κινητήρα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτίμησε να αποφύγει την υποχρέωση για την εγκατάσταση ενός πρόσθετου συστήματος NOx για περαιτέρω επεξεργασία στο ίδιο στάδιο.

5Ε.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

Μια επί πλέον σημαντική αλλαγή από το Euro 4 στο Euro 5 πρότυπο είναι το ότι η περίοδος διάρκειας, κατά την οποία οι κατασκευαστές πρέπει να εξασφαλίσουν τη λειτουργία των συσκευών ελέγχου της ρύπανσης, επεκτείνεται από 80.000 χλμ σε 160.000 χλμ. Αυτή η αλλαγή απεικονίζει πιο ρεαλιστικά την πραγματική διάρκεια ζωής των οχημάτων και εξασφαλίζει ότι τα συστήματα ελέγχου εκπομπών θα συνεχίσουν να λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των οχημάτων.

Στο πλαίσιο του σχεδίου για την εφαρμογή της νομοθεσίας, το πρότυπο για την αποδεκτή συγκέντρωση του αριθμού των σωματιδίων έχει τεθεί στην τιμή $5 \times 10^{11}/\text{km}$ (μέθοδος PMP, δοκιμή NEDC), εφαρμόσιμο, το αργότερο, με την έναρξη ισχύος των προδιαγραφών του Euro 6 για όλες τις κατηγορίες οχημάτων Diesel (M, N1, N2).

Σχετικά με το διοξείδιο του άνθρακα, CO₂, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει υπογράψει συμφωνίες με την Ευρωπαϊκή (ACEA), Ιαπωνική και Κορεατική ένωση κατασκευαστών αυτοκινήτων για να μειώσει τις αντίστοιχες εκπομπές. Αυτές οι συμφωνίες αναμένονται να υιοθετήσουν αρκετά φιλόδοξους στόχους εκπομπών στα επόμενα έτη.

Οι κανονισμοί περιλαμβάνουν επίσης διάφορες συμπληρωματικές διατάξεις, όπως:

- τα κράτη μέλη της Ε.Ε. να μπορούν να εφαρμόσουν φορολογικά κίνητρα για την πρόωρη εισαγωγή των οχημάτων που συμμορφώνονται με τα μελλοντικά πρότυπα εκπομπών
- Τα όρια για τα αυτοκίνητα να είναι 15 g/km για το CO και 1.8 g/km για τους HC
- Απαίτηση για εφοδιασμό με συστήματα αυτοδιάγνωσης για τις εκπομπές (Onboard diagnostics – OBD).

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 (NOx): 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 (Nox): 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.

Κεφάλαιο 4

Κύκλοι οδήγησης

4.1 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.

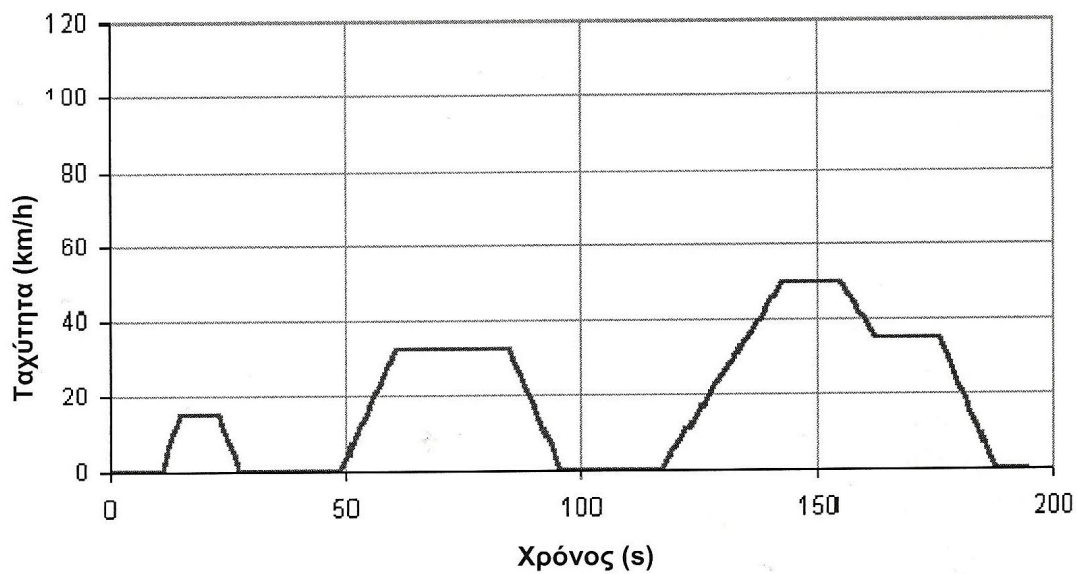
4.1.1 Ταξινόμηση των κύκλων οδήγησης

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

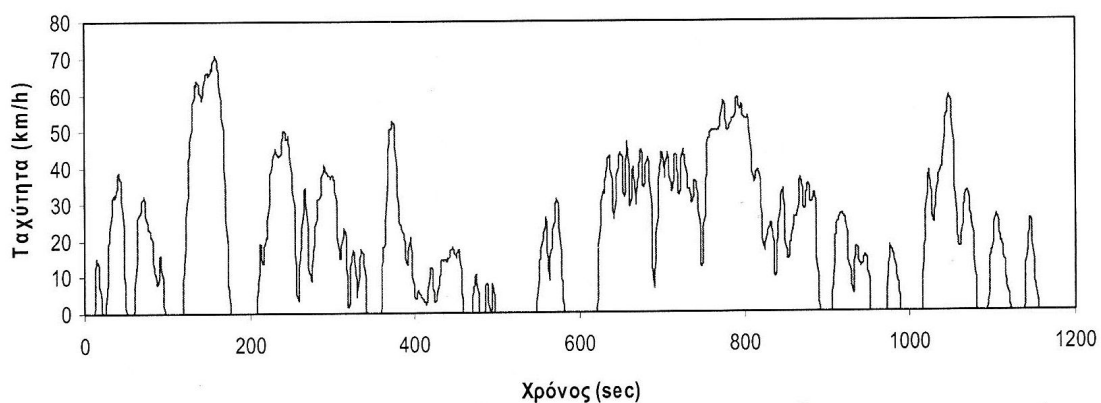
Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους κύκλους που χρησιμοποιούνται για την έγκριση τύπου των οχημάτων (Legislative). Τέτοιοι κύκλοι χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη (Ευρωπαϊκός κύκλος οδήγησης, EDC), στην Αμερική (FTP-75, Unified LA-92) και στην Ιαπωνία (Japan 10-15 mode).

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 4.1, Modal κύκλος οδήγησης (ECE-15)



Διάγραμμα 4.2, 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

4.2 Δημιουργία κύκλων οδήγησης

4.2.1 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 χρησιμοποιείτε για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς διαφορετικών οδηγών στο δρόμο.

4.2.2 Επεξεργασία δεδομένων

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

Για την κατασκευή των modal κύκλων απαιτείτε 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 αποτελείτε 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. Niemeier “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 κύκλων ¹³.

4.2.3 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.

4.3 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.

4.3.1 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].

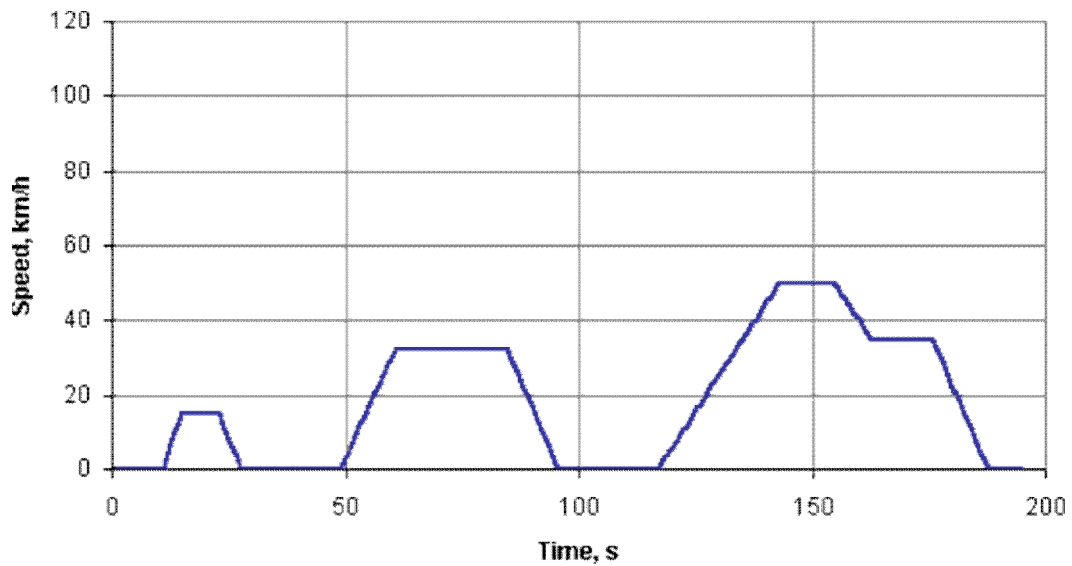
Ο κύκλος περιλαμβάνει τέσσερα ECE τμήματα επαναλαμβανόμενα χωρίς διακοπή, που ακολουθούνται από ένα EUDC ¹⁹ (Extra Urban Driving Cycle) τμήμα. Πριν από τη δοκιμή, το όχημα επιτρέπεται να παραμείνει για τουλάχιστον 6 ώρες σε μια θερμοκρασία δοκιμής 20-30°C. Έπειτα πραγματοποιείται η εκκίνησή του και επιτρέπεται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

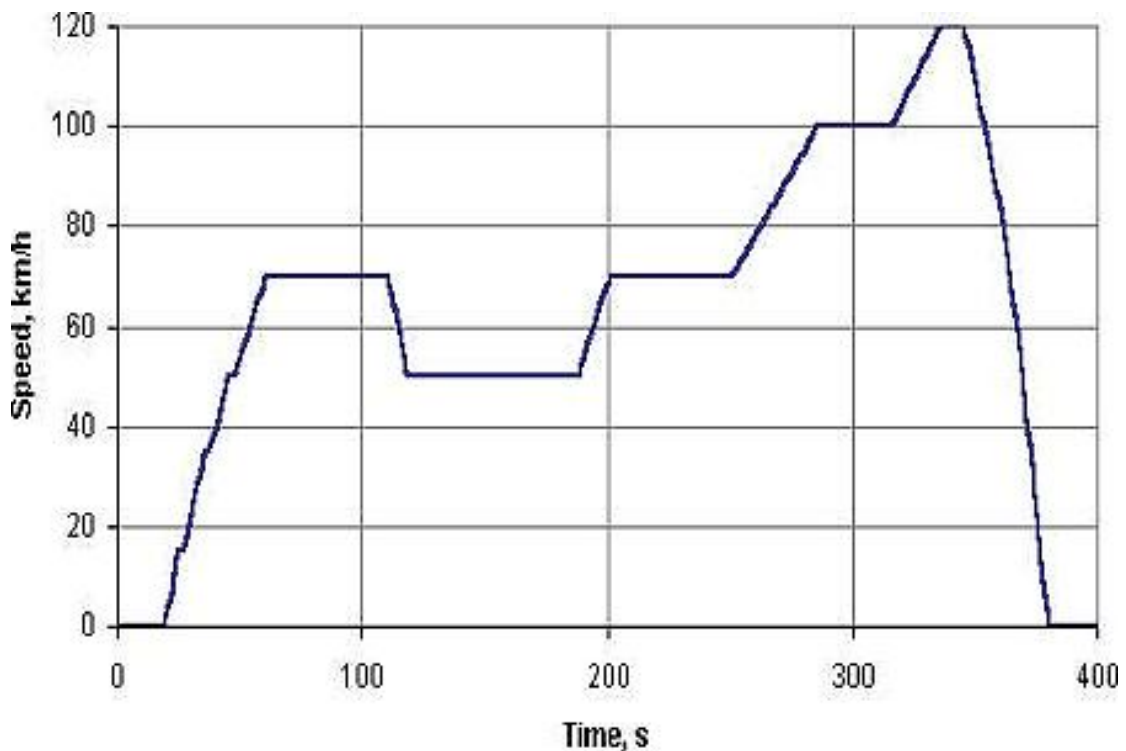
Ο ECE είναι ένας αστικός οδηγητικός κύκλος, επίσης γνωστός ως UDC (Urban Driving Cycle). Επινοήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τις συνθήκες οδήγησης σε πόλεις όπως το Παρίσι και η Ρώμη. Χαρακτηρίζεται από τη χαμηλή ταχύτητα οχημάτων, το χαμηλό φορτίο του κινητήρα, και τη χαμηλή θερμοκρασία των καυσαερίων.

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

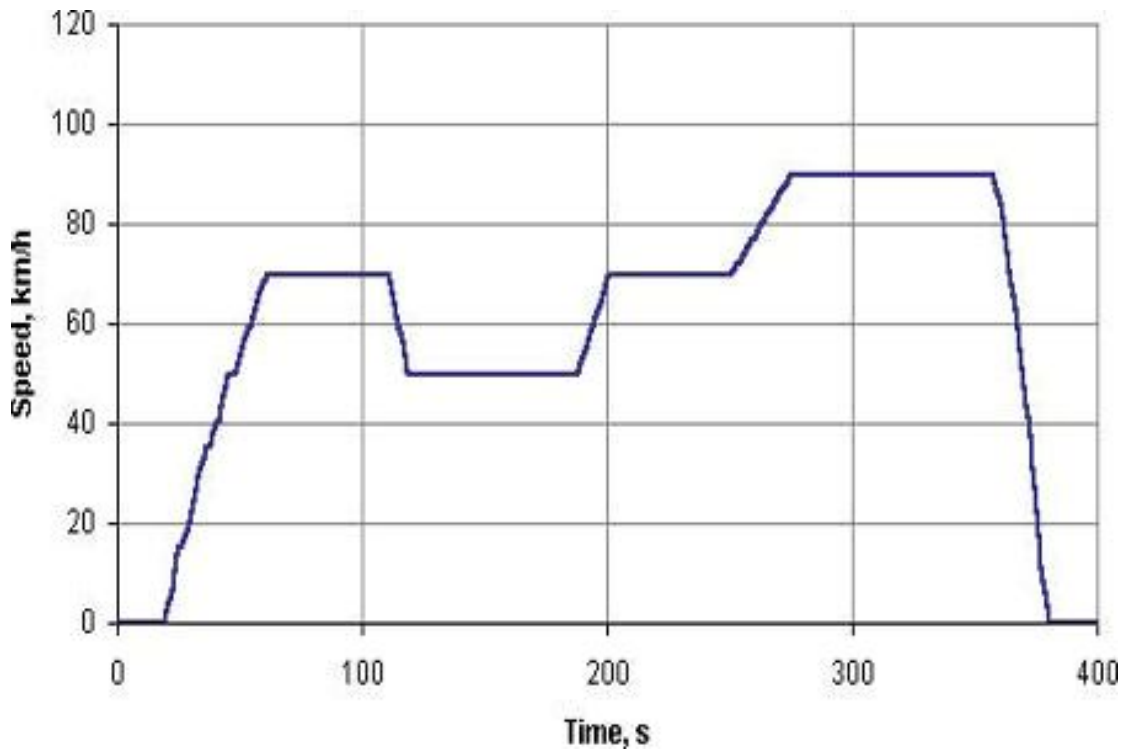


Διάγραμμα 4.3, Κύκλος Πόλης ECE, dieselnet.com

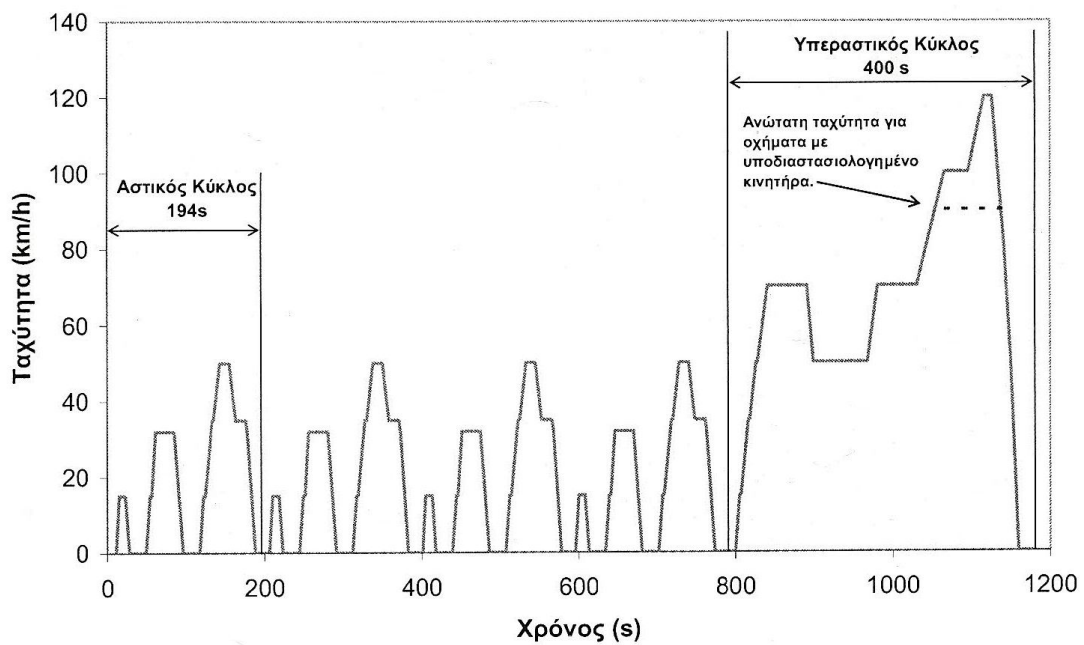
Το τμήμα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) έχει προστεθεί μετά από τον τέταρτο ECE κύκλο για να χαρακτηρίσει τον πιο “νευρικό” και με μεγάλη ταχύτητα τρόπο οδήγησης. Η μέγιστη ταχύτητα του κύκλου EUDC είναι 120 km/h. Επίσης έχει καθοριστεί ένας εναλλακτικός κύκλος EUDC για τα χαμηλής ισχύος οχήματα, με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



Διάγραμμα 4.4, Κύκλος Πόλης EUDC, dieselnet.com



Διάγραμμα 4.5, 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 4.1, Περίληψη παραμέτρων για τους κύκλους πόλης ECE και EUDC.

4.3.2 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.

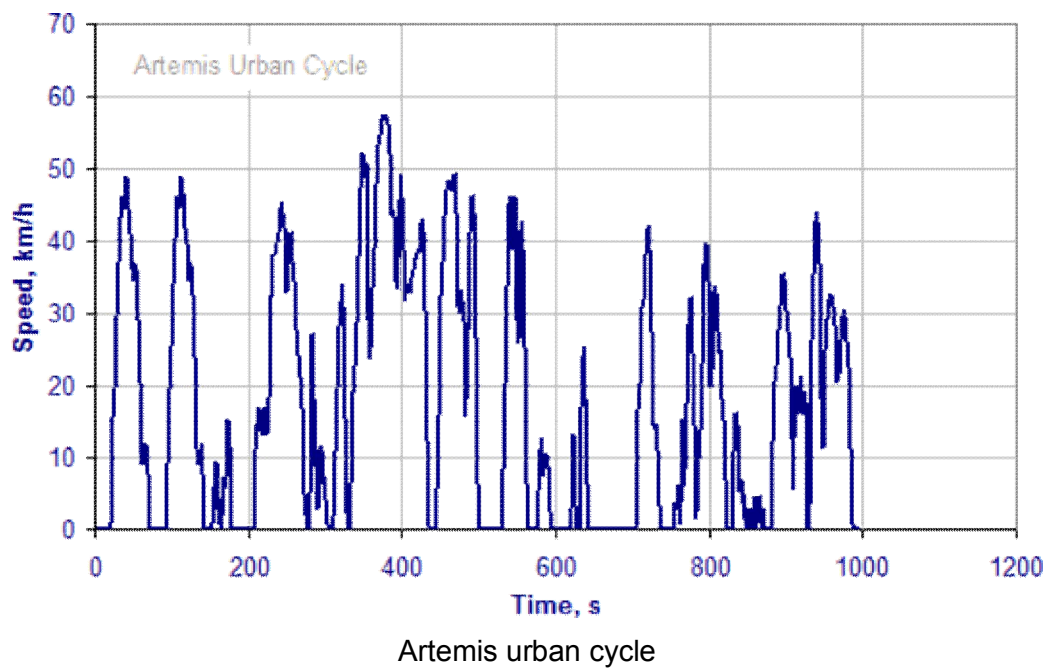
Χαρακτηριστικά του κύκλου οδήγησης Artemis παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

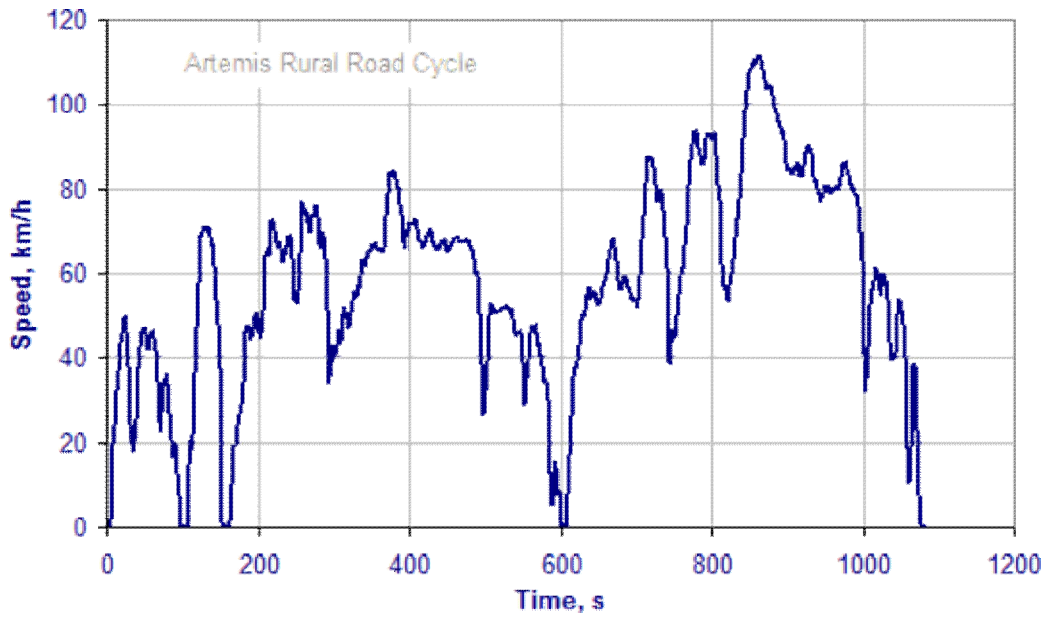
Characteristics of Artemis Driving Cycles

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

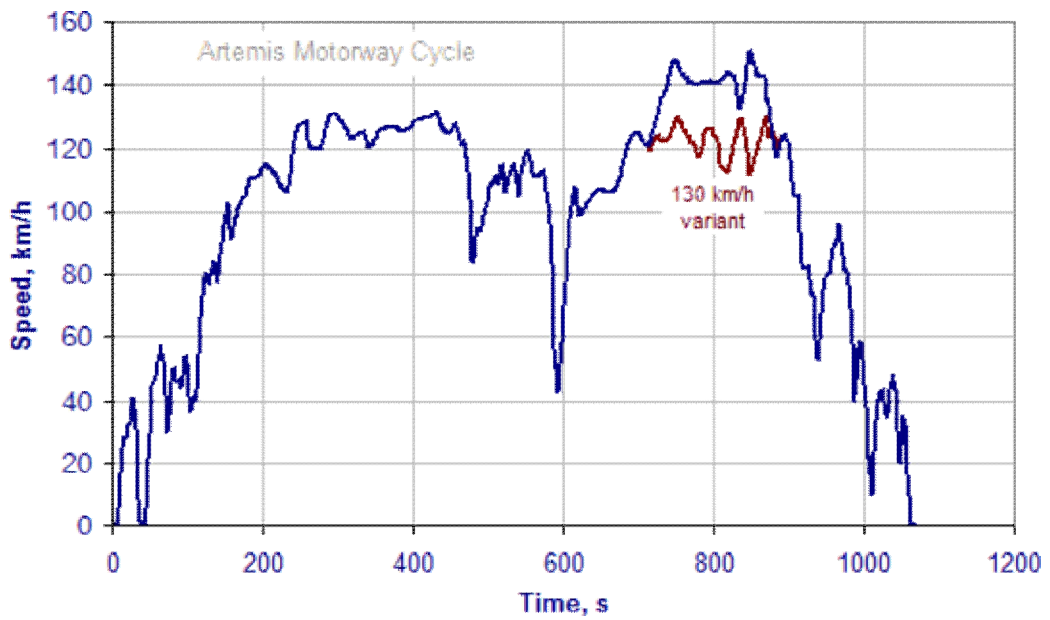
Πίνακας 4.2, Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης ARTEMIS, dieselnet.com

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





Artemis rural road cycle



Artemis motorway cycle 150-130

4.3.3 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 4.3, Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης ECE R49, dieselnet.com

4.3.4 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

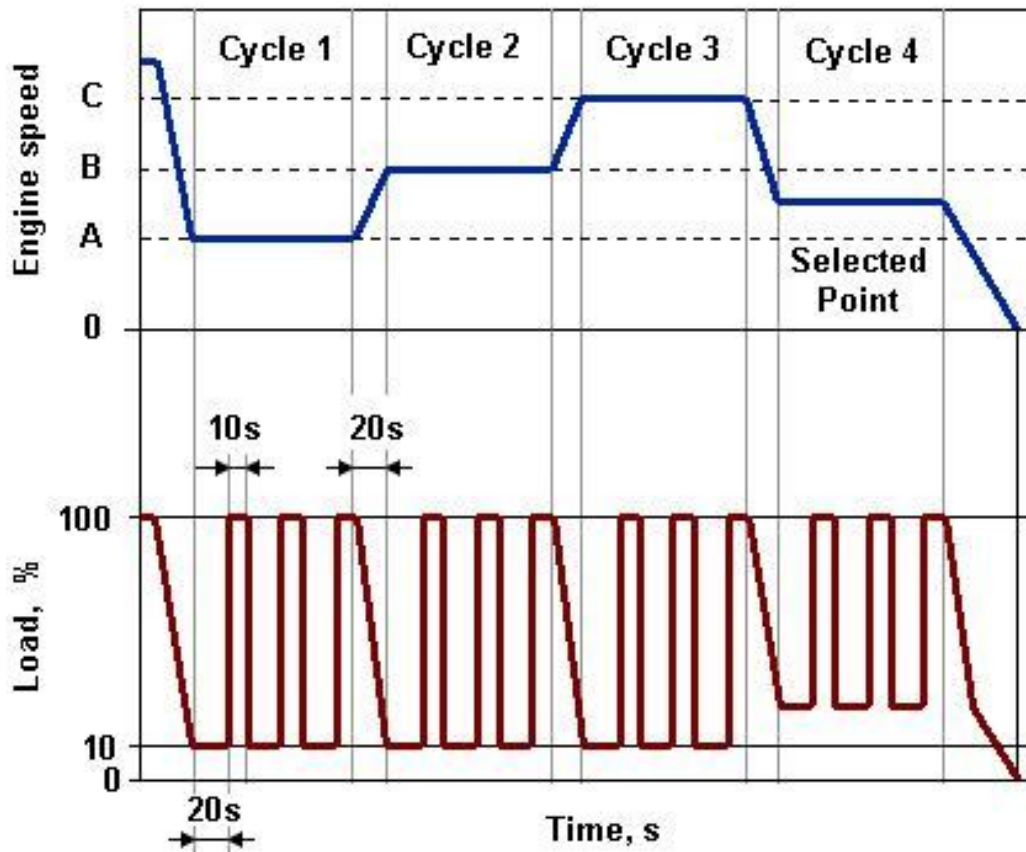
Mode	Engine Speed	% Load	Weight factor, %	Duration
1	Low idle	0	15	4 minutes
2	A	100	8	2 minutes
3	B	50	10	2 minutes
4	B	75	10	2 minutes
5	A	50	5	2 minutes
6	A	75	5	2 minutes
7	A	25	5	2 minutes
8	B	100	9	2 minutes
9	B	25	10	2 minutes
10	C	100	8	2 minutes
11	C	25	5	2 minutes
12	C	75	5	2 minutes
13	C	50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

Πίνακας 4.4, Χαρακτηριστικά κύκλου οδήγησης ESC (OICA), dieselnet.com

4.3.5 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 4.7, Κύκλος οδήγησης ELR, dieselnet.com

4.3.6 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.

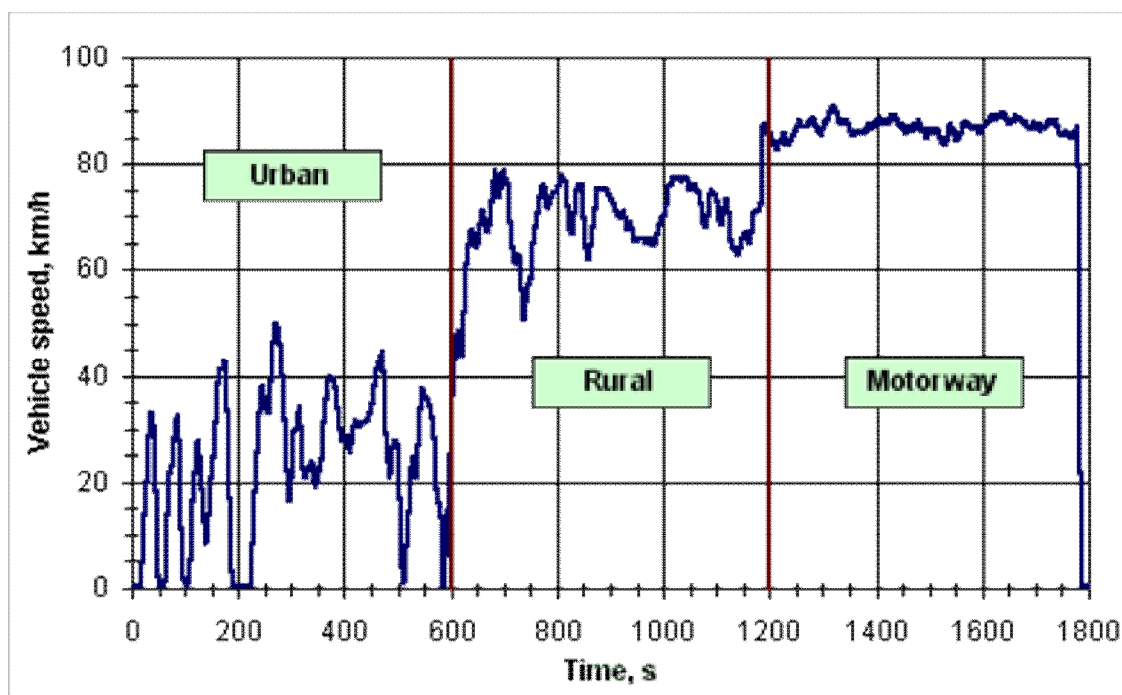
Ο κύκλος ETC έχει αναπτυχθεί από το ίδρυμα FIGE που εδρεύει στο Άαχεν της Γερμανίας, και βασίστηκε σε πραγματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε βαρέος τύπου οχήματα κατά τη διάρκεια της κυκλοφορίας τους (FIGE έκθεση 104 05 316, Ιανουάριος 1994).

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.



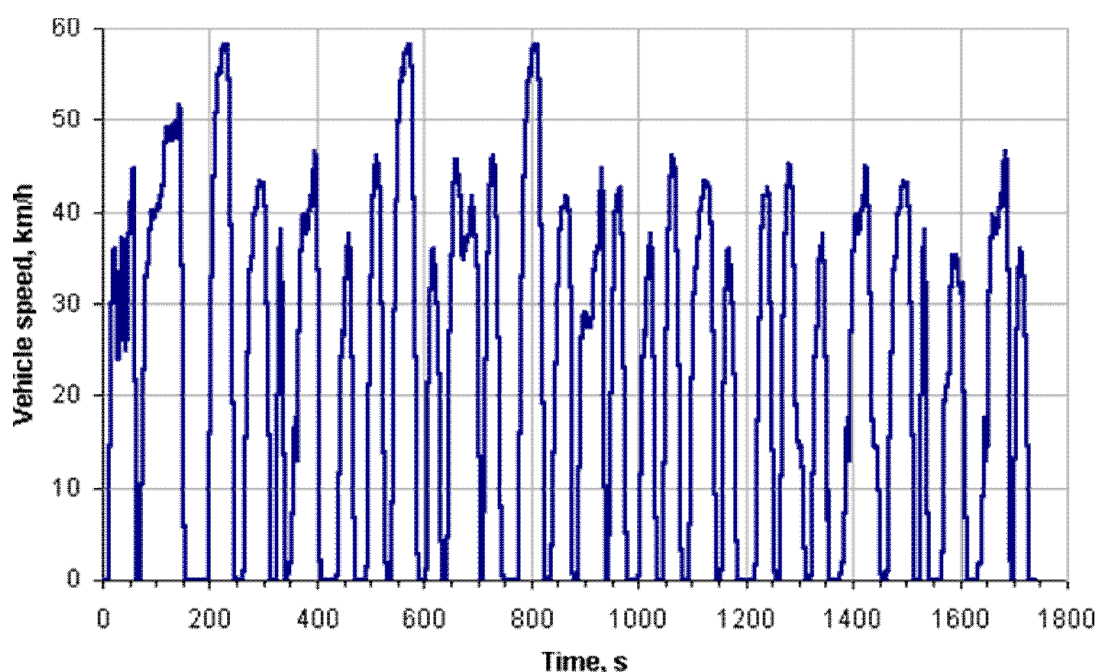
Διάγραμμα 4.8, Κύκλος Πόλης ETC – Ταχύτητα οχήματος, dieselnet.com

4.3.7 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 4.9, Κύκλος Braunschweig, dieselnet.com

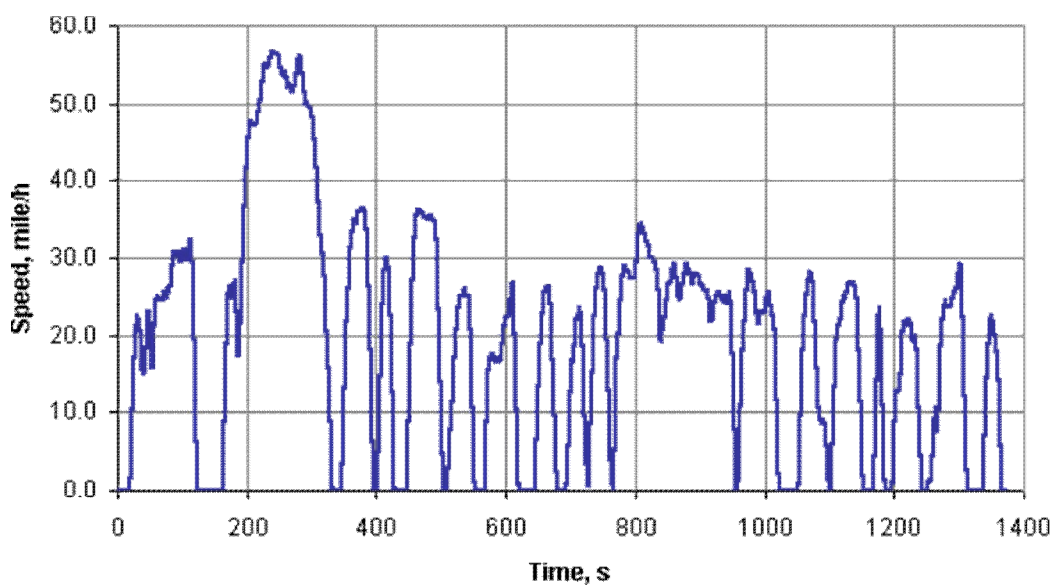
4.4 Ηνωμένες πολιτείες Αμερικής

4.4.1 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 4.10, 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.

4.4.2 Κύκλος FTP-75

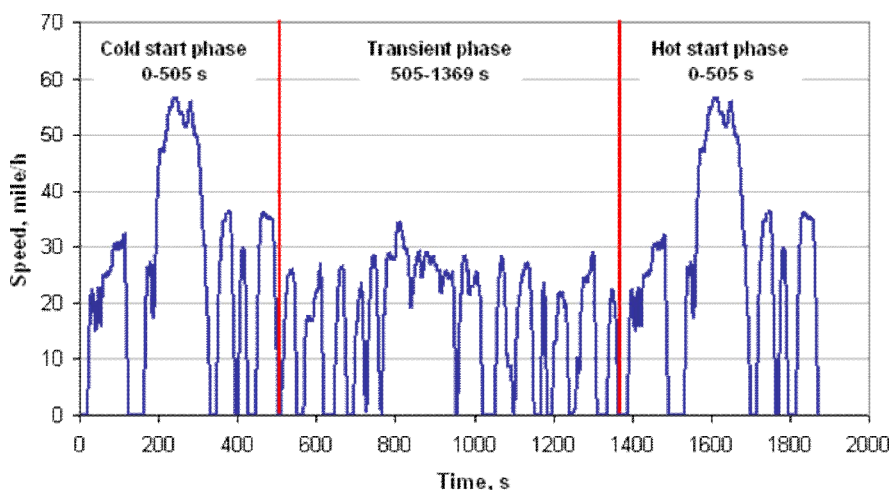
Ο κύκλος FTP-75 χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ για την έγκριση τύπου των ελαφρών φορτηγών και επιβατικών οχημάτων. Από το 2000 τα οχήματα δοκιμάζονται σε δύο συμπληρωματικές διαδικασίες (SFTP), οι οποίες σχεδιάστηκαν να καλύπτουν τις ατέλειες του FTP-75 όσον αφορά α) την επιθετική οδήγηση υψηλών ταχυτήτων 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 4.11 Κύκλος πόλης FTP-75, dieselnet.com

Οι εκπομπές από κάθε φάση συλλέγονται σε χωριστές τσάντες τεφλόν, 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 τη ζεστή φάση εκκίνησης. Ο κύκλος FTP-75 είναι γνωστός στην Αυστραλία ως ADR 37.

4.4.3 Κύκλος EPA

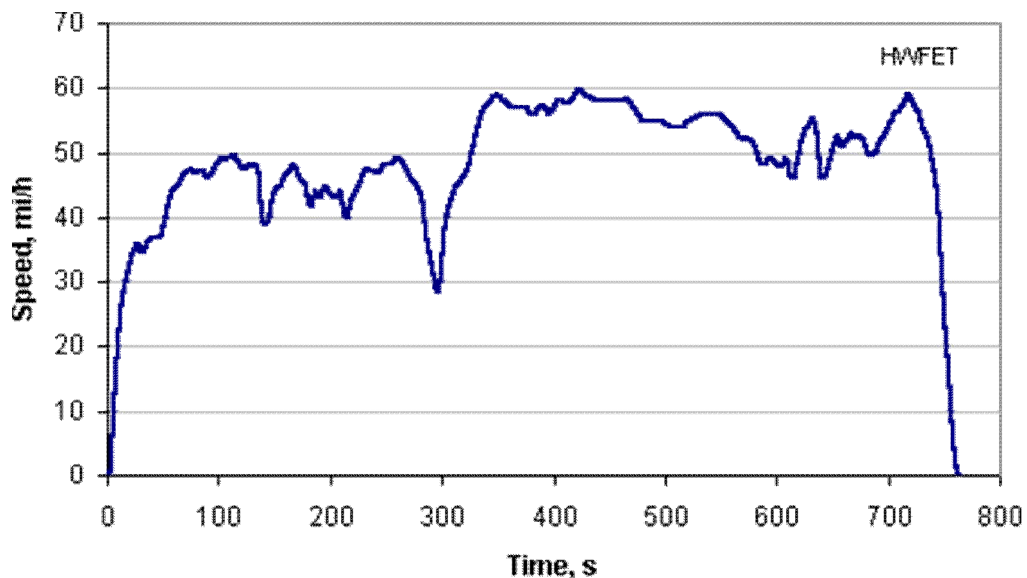
Ο κύκλος HWFET εφαρμόζεται σε δυναμομετρική εξέδρα και εξελίχθηκε από το Αμερικανικό EPA για τον προσδιορισμό της οικονομίας στα ελαφρά οχήματα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του κύκλου είναι:

Διάρκεια 765s

Διανυθείσα απόσταση 16,45km

Μέση ταχύτητα 77,7km/h



Διάγραμμα 4.12, Κύκλος EPA highway fuel economy, dieselnat.com

4.4.4 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.

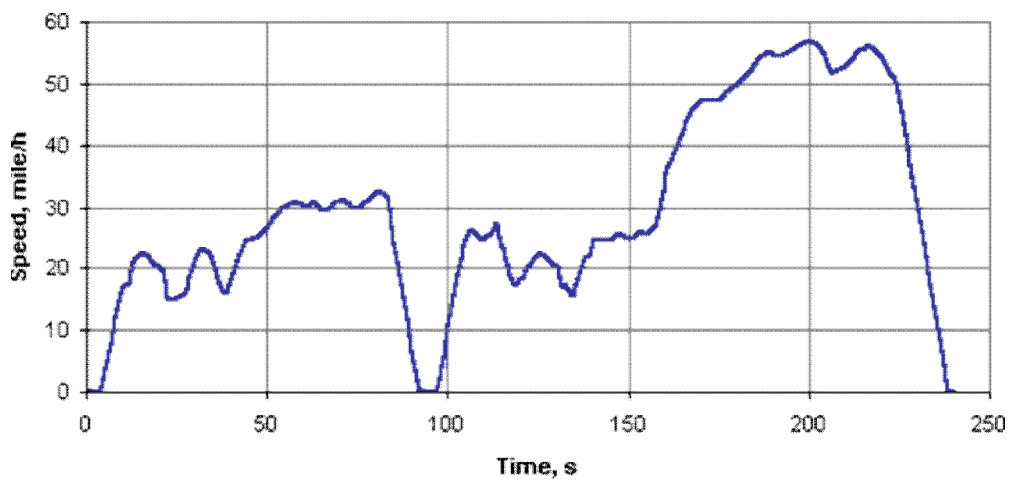
Πρόκειται για ένα σύντομο τεστ τα χαρακτηριστικά του οποίου είναι τα εξής:

διάρκεια: 240s

διανυθείσα απόσταση: 3,1 km

μέση ταχύτητα: 47,3 km/h

μέγιστη ταχύτητα: 91,2 km/h



Διάγραμμα 4.13, Κύκλος οδήγησης IM240, dieselnet.com

4.4.5 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.

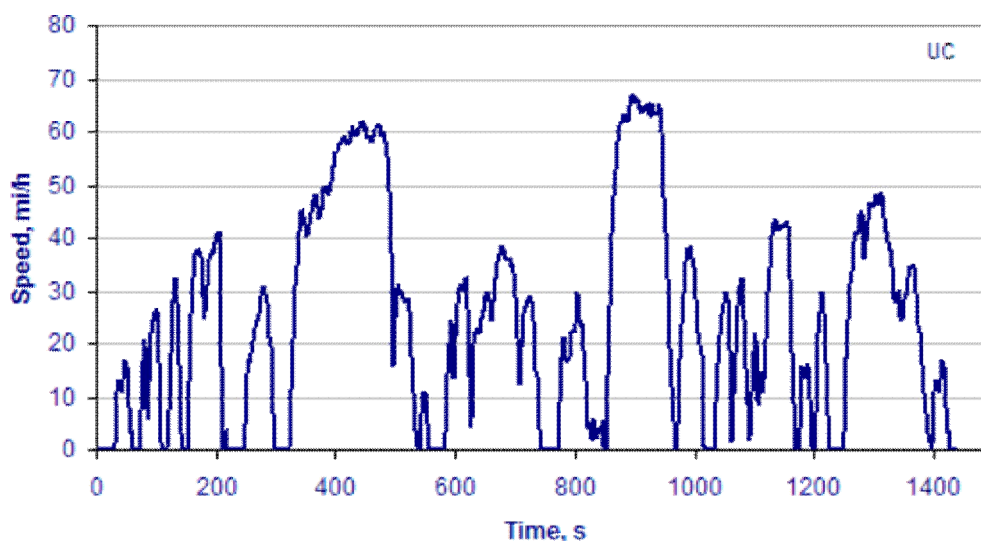
Τα χαρακτηριστικά του κύκλου είναι τα εξής:

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 4.14, Κύκλος οδήγησης LA92, dieselnet.com

4.4.6 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.

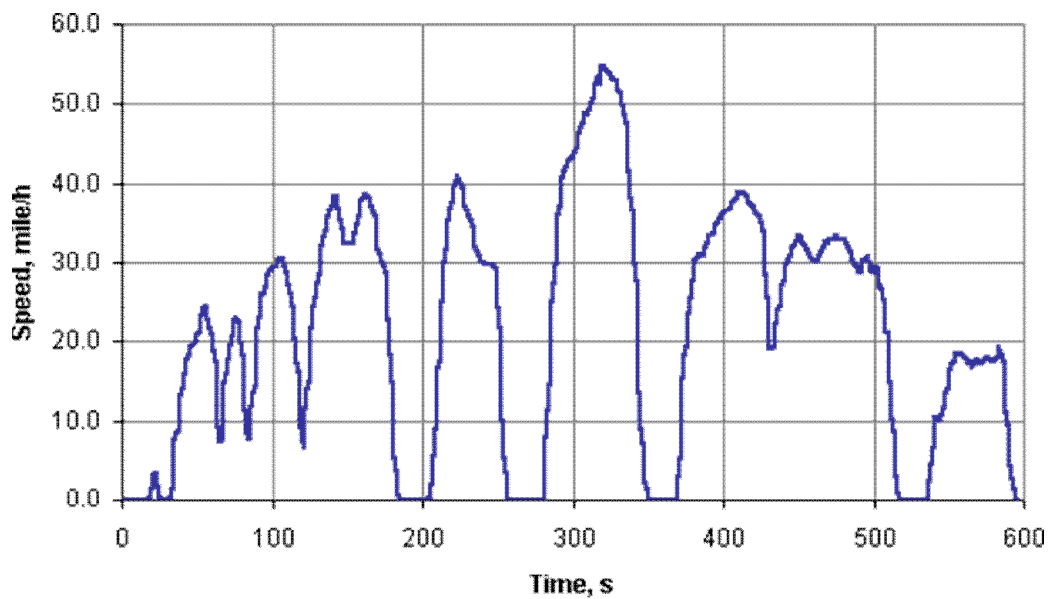
Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν:

διάρκεια: 596s

διανυθείσα απόσταση: 5,8km

μέση ταχύτητα: 34,8km/h

μέγιστη ταχύτητα: 88,2km/h



Διάγραμμα 4.15, Κύκλος οδήγησης SFTP SC03, dieselnet.com

4.4.7 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.

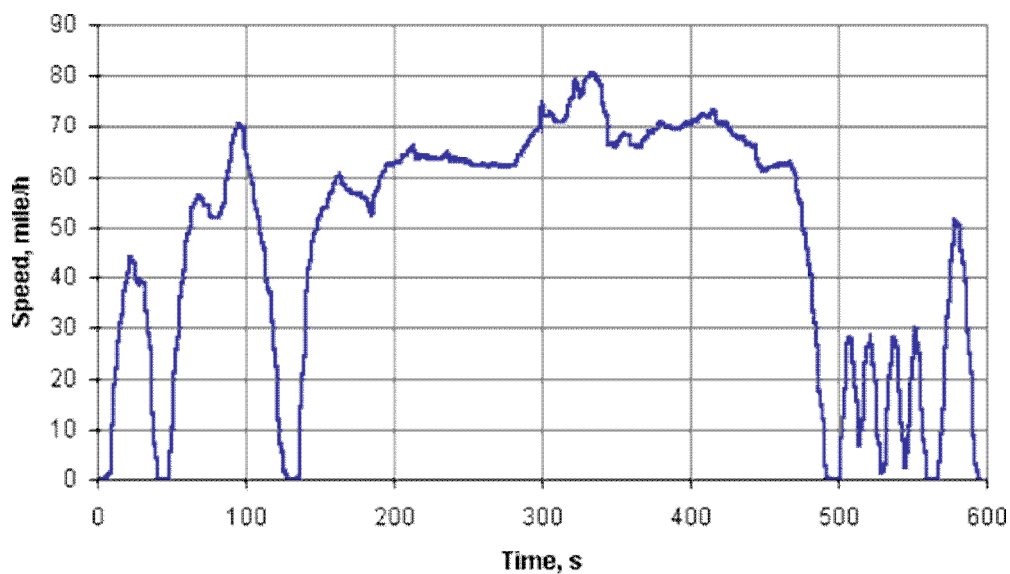
Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν:

διάρκεια: 596s

διανυθείσα απόσταση: 12,8km

μέση ταχύτητα: 77,9km/h

μέγιστη ταχύτητα: 129,2km/h



Διάγραμμα 4.16, Κύκλος οδήγησης SFTP US06, dieselnet.com

4.4.8 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.

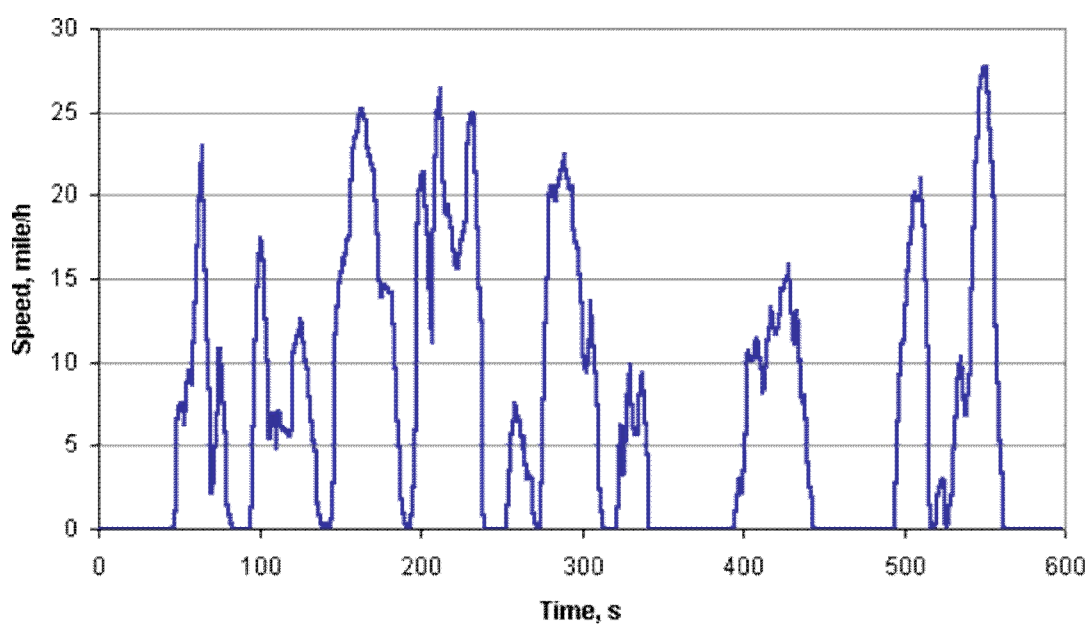
Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν:

διάρκεια: 598s

διανυθείσα απόσταση: 1,89km

μέση ταχύτητα: 11.4km/h

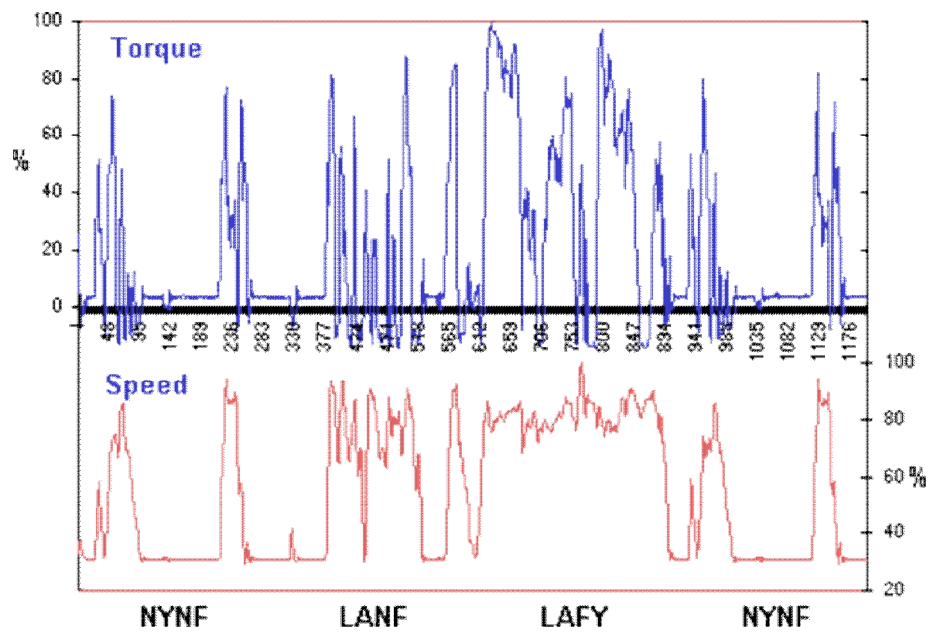
μέγιστη ταχύτητα: 44.6km/h



Διάγραμμα 4.17, Κύκλος EPA NYCC, dieselnet.com

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

FTP Trancient

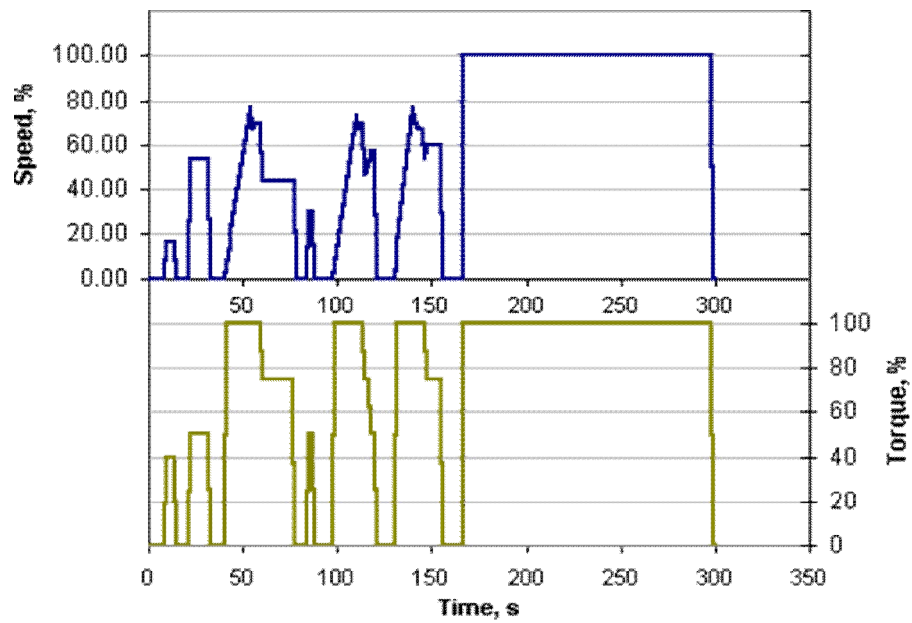


-Διάρκεια: 1200s

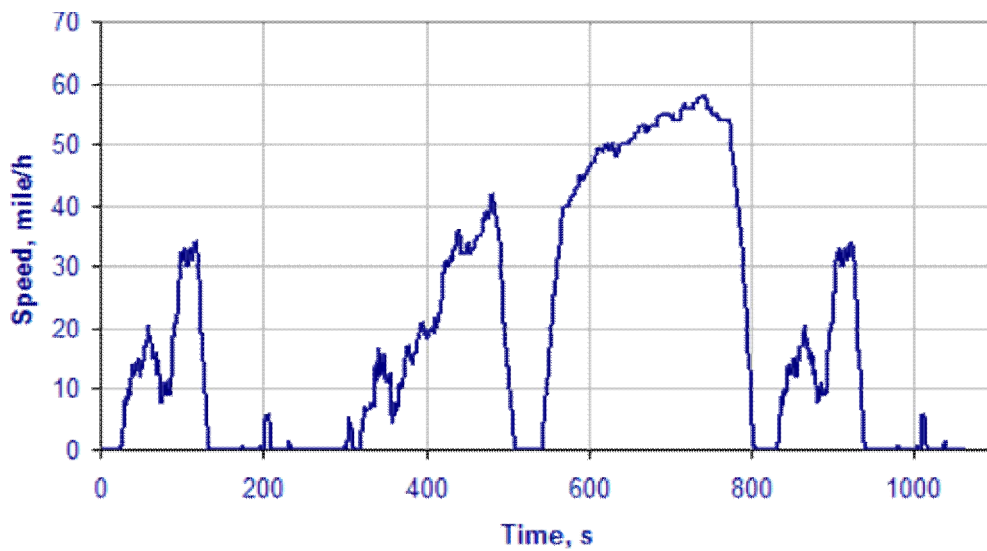
-Απόσταση: 10.3km

-Μέση ταχύτητα: 30km/h

Chicago Transit Authority (CTA)



HD-UDDS Cycle



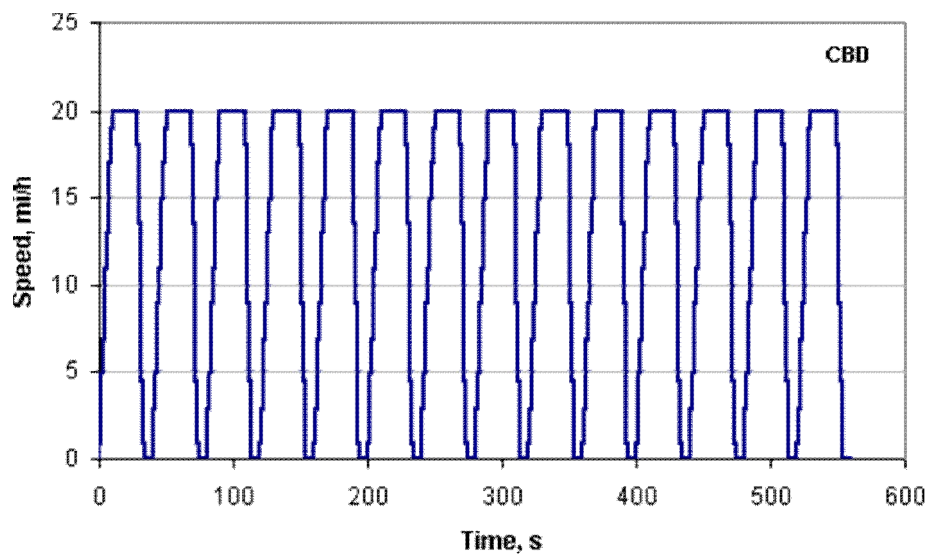
-Διάρκεια: 1060s

-Απόσταση: 8,9km

-Μέση ταχύτητα: 30,4km/h

-Μέγιστη ταχύτητα: 93,3km/h

CBD Driving Cycle



-Διάρκεια: 560s

-Μέση ταχύτητα: 20,23 km/h

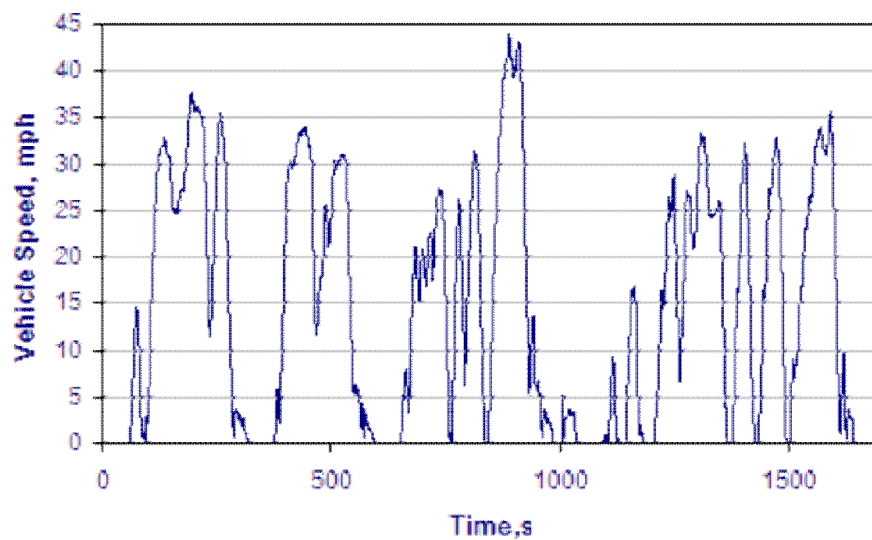
-Μέγιστη ταχύτητα: 32,18 km/h

-Απόσταση: 3,22 km

-Μέση επιτάχυνση: 0,89 m / s²

-Μέγιστη επιτάχυνση: 1,79 m / s²

City Suburban Heavy Vehicle Cycle



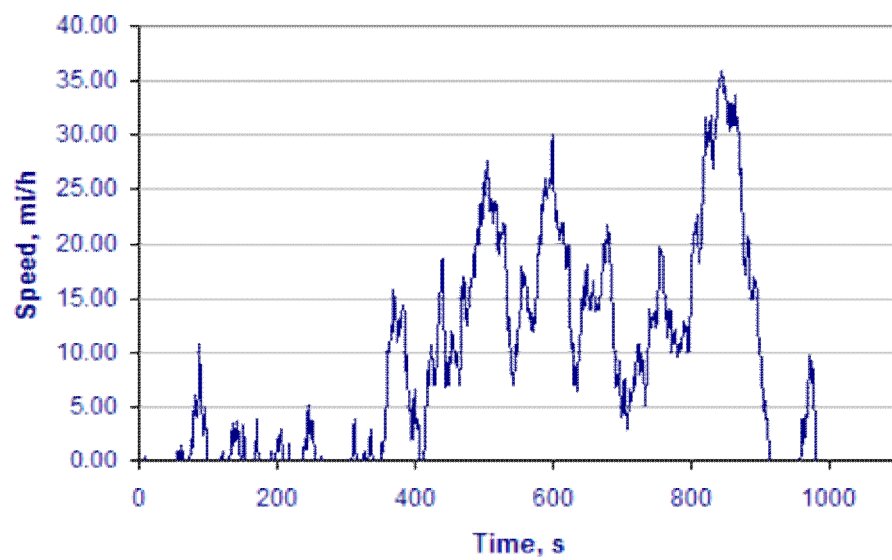
-Διάρκεια: 1700s

-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

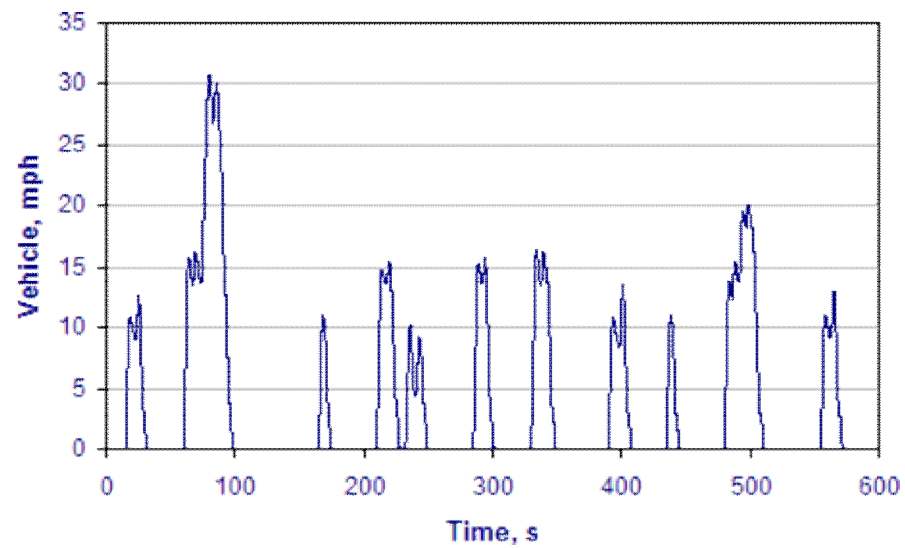
-Μέγιστη ταχύτητα: 57,92 km/h

-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

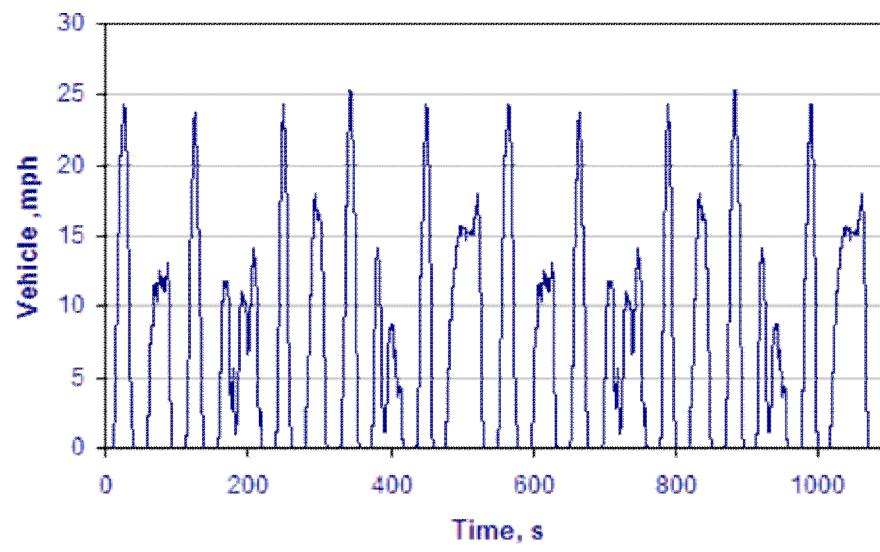
-Μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις: 17,11 km/h

-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

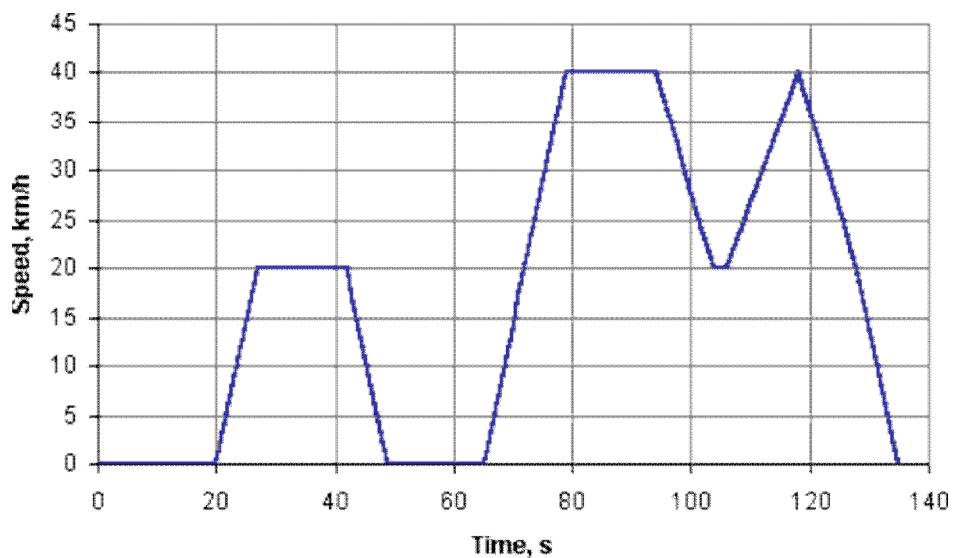
-Μέση ταχύτητα: 11.0 km/h

4.5 Ιαπωνία

4.5.1 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 4.18, Κύκλος 10 Mode Cycle, dieselnet.com

-απόσταση: 0,664km

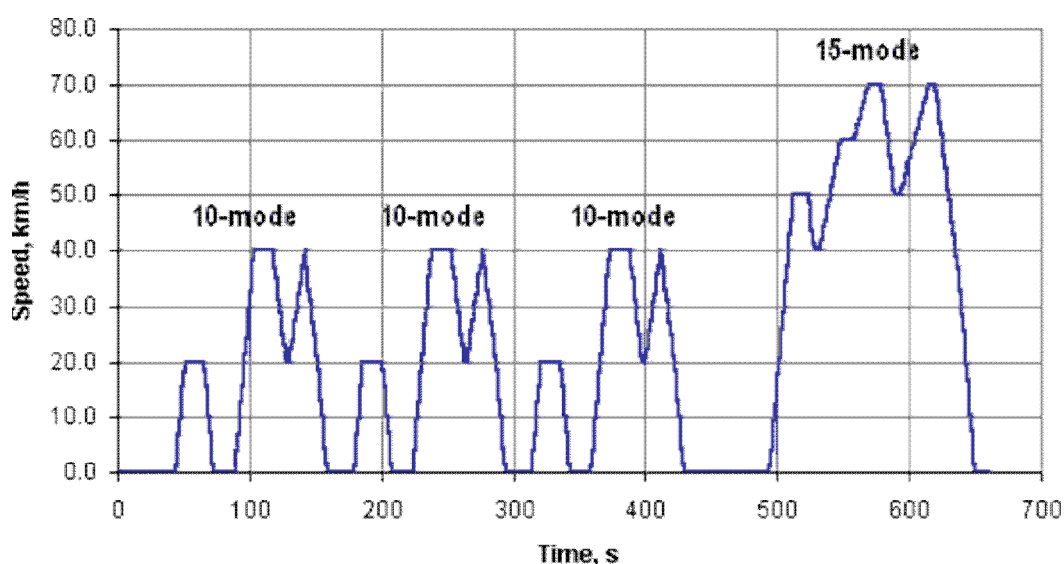
-μέση ταχύτητα: 17,7km/h

-διάρκεια: 135s

-μέγιστη ταχύτητα: 40km/h

4.5.2 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.



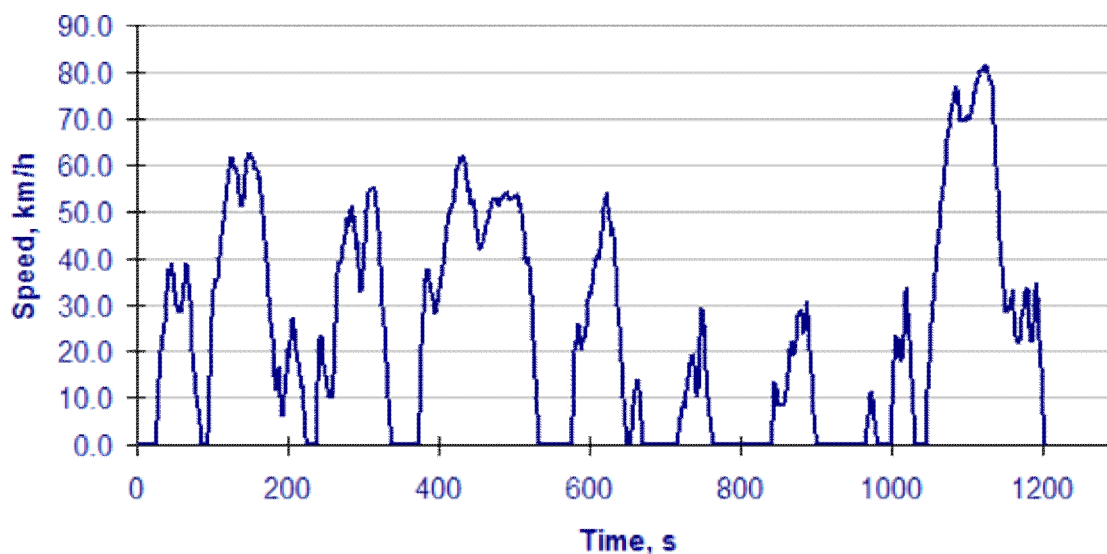
Διάγραμμα 4.19, Κύκλος 10-15 Mode, dieselnet.com

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)

4.5.3 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 4.20, 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%

4.5.4 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

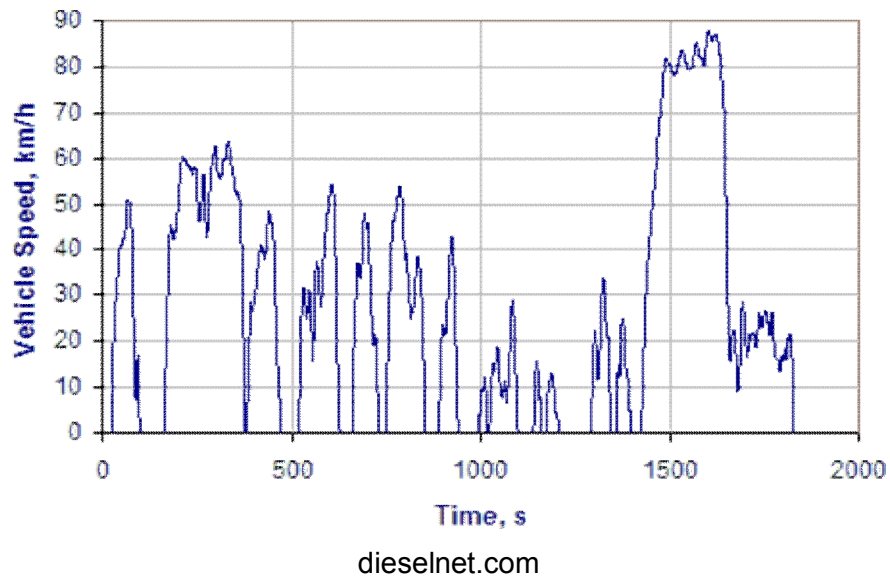
Table 2
Gasoline/LPG 13 Mode Cycle

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

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 2 κεντρικές οδικές αρτηρίες της πόλης, την παραλιακή λεωφόρο και την λεωφόρο 62 Μαρτύρων.

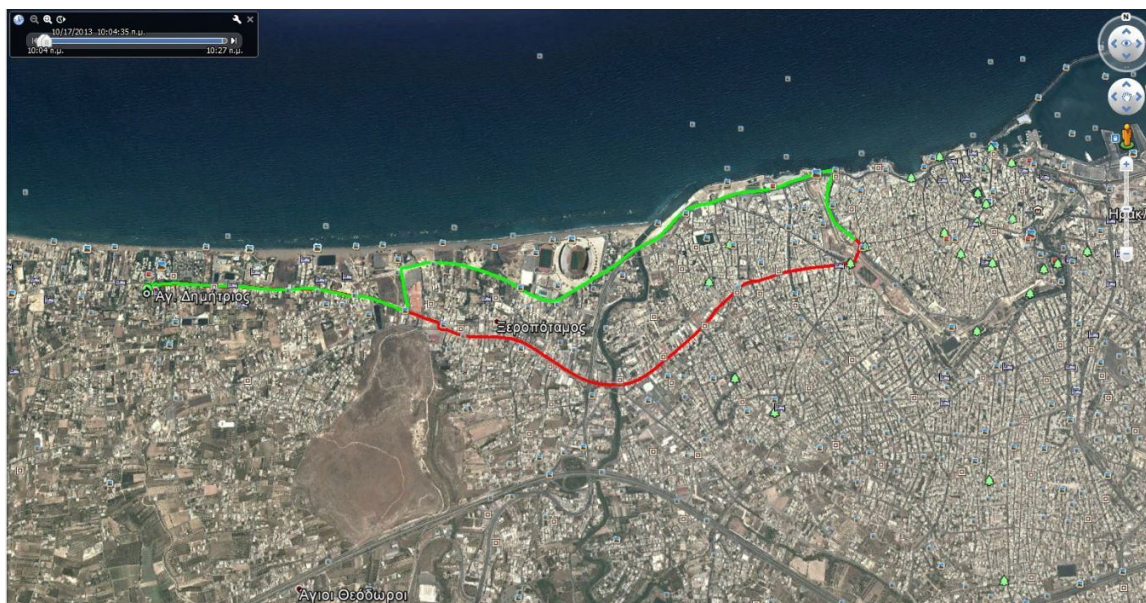
Επίσης περιλαμβάνει ανάλυση των δεδομένων που θα συγκεντρωθούν για την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού προφίλ της ταχύτητας για την κίνηση στην πόλη του Ηρακλείου.

Κεφάλαιο 5

Εισαγωγή στο πείραμα

Οι μετρήσεις για το πειραματικό μέρος ξεκίνησαν το πρωί της Παρασκευής 4 Οκτωβρίου 2013 και σταμάτησαν το πρωί της Πέμπτης 17 Οκτωβρίου 2013. Δύο πλήρεις εβδομάδες μετρήσεων και συλλογής δεδομένων για την ανάλυση 2 κεντρικών και μεγάλων οδικών αρτηριών της πόλης του Ηρακλείου.

Οι κεντρικές αρτηρίες είναι η Παραλιακή Λεωφόρος Ηρακλείου και Λεωφόρος 62 Μαρτύρων. Στην εικόνα 1 φαίνεται το κοινό κομμάτι που είχαν οι διαδρομές, από το σπίτι μου έως τα φανάρια στο Γιόφυρο.



Εικόνα 1. Το δρομολόγιο του πειράματος μέσω Google Earth.

Το πρόγραμμα της συλλογής των μετρήσεων περιλάμβανε 1 δρομολόγιο την ημέρα κατά τις πρωινές ώρες αιχμής. Δηλαδή στις 8:00π.μ με επιστροφή στο σημείο εκκίνησης .

Αναλυτικά οι μετρήσεις έγιναν:

1. Παραλιακή λεωφόρος - Χανιόπορτα και επιστροφή στο σημείο εκκίνησης από την λεωφόρο 62 Μαρτύρων κατά την πρώτη εβδομάδα μετρήσεων (4-10-2013 έως 10-10-2013).

2. Λεωφόρος 62 Μαρτύρων - Χανιόπορτα και επιστροφή στο σημείο εκκίνησης από την Παραλιακή λεωφόρο κατά την δεύτερη εβδομάδα μετρήσεων (11-10-2013 έως 17-10-2013).

Το συνολικό μήκος έφτανε τα 10χλμ ημερησίως ενώ το συνολικό μήκος για όλο το πείραμα ήταν περίπου 140χλμ.

5.1 Τα εργαλεία του πειράματος

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).

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 'παραπανίσιες' εγγραφές αποθηκεύονται με ταυτόχρονη διαγραφή σημείων από την αρχή της διαδρομής.



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

²⁰ GARMIN Corporation, (2003). "Owner's Manual and Reference", Garmin International Inc., 2003

Κινητό τηλέφωνο Samsung

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε το κινητό τηλέφωνο Samsung Galaxy Ace με λειτουργικό σύστημα android. Ο σκοπός της χρήσης του ήταν να γίνουν μετρήσεις παράλληλα με τον δέκτη GPS της Garmin ούτως ώστε να γίνουμε συγκρίσεις μεταξύ των δυο συσκευών. Για να γίνει αυτό εγκαταστάθηκε η εφαρμογή SPEEDVIEW η οποία διανέμεται δωρεάν μέσω διαδικτύου.

Χαρακτηριστικά του δέκτη της Samsung

Με την ενεργοποίηση της εφαρμογής, το GPS του τηλεφώνου εντοπίζει τους διαθέσιμους δορυφόρους. Έχει την δυνατότητα να συνδεθεί με παραπάνω δορυφόρους από ότι το GPS της Garmin και ο ρυθμός ανανέωσης και αποθήκευσης είναι κάθε 1 sec. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στη κάρτα μνήμης του κινητού τηλεφώνου και έτσι δεν υπάρχει κανένας χρονικός περιορισμός στις διαδρομές.



Εικόνα 3. Samsung Galaxy Ace με ενσωματωμένο δέκτη GPS.

Ένα αυτοκίνητο Nissan Sunny,1600 κ.εκ.

Το συγκεκριμένο Ιαπωνικό μοντέλο ξεκίνησε να παράγεται στις αρχές του 1990 έως τα τέλη του 1995. Τα μοντέλα που κυκλοφορούν στην Ελλάδα αξίζει να αναφέρουμε ότι είναι προϊόν ελληνικό από την μονάδα συναρμολόγησης της Nissan στο Βόλο. Το Sunny ήταν το τελευταίο μοντέλο που βγήκε στην παραγωγή από το συγκεκριμένο εργοστάσιο που πολλά από τα μέρη του είναι κατασκευασμένα εξολοκλήρου στην Ελλάδα.



Εικόνα 4. Το όχημα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα

5.2 Συλλογή δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με δύο μέσα παράλληλα, δηλαδή τον δέκτη GPS της Garmin και την συσκευή κινητού τηλεφώνου με ενσωματωμένο δέκτη GPS. Για την καταγραφή των δεδομένων του κινητού τηλεφώνου χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή SPEEDVIEW version 3.2.0.

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 5.1)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ/ΩΡΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΜΗΚΟΣ ΣΚΕΛΟΥΣ ΙΧΝΟΥΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΣΚΕΛΟΥΣ ΥΨΟΥΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΚΕΛΟΥΣ ΙΧΝΟΥΣ	ΠΟΡΕΙΑ	ΘΕΣΗ
2	14	12/10/2013 8:19	-59 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 20.106 E25 04.630
3	15	12/10/2013 8:19	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.106 E25 04.630
4	16	12/10/2013 8:19	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.107 E25 04.630
5	17	12/10/2013 8:19	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.109 E25 04.630
6	18	12/10/2013 8:19	-59 m	5 m	0:00:01	17 km/h	0° αληθές	N35 20.110 E25 04.630
7	19	12/10/2013 8:19	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.112 E25 04.630
8	20	12/10/2013 8:19	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.114 E25 04.630
9	21	12/10/2013 8:19	-59 m	5 m	0:00:01	17 km/h	0° αληθές	N35 20.115 E25 04.630
10	22	12/10/2013 8:19	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.118 E25 04.630
11	23	12/10/2013 8:19	-59 m	3 m	0:00:01	11 km/h	39° αληθές	N35 20.119 E25 04.630
12	24	12/10/2013 8:19	-59 m	5 m	0:00:01	17 km/h	0° αληθές	N35 20.120 E25 04.632
13	25	12/10/2013 8:19	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.123 E25 04.632
14	26	12/10/2013 8:20	-59 m	5 m	0:00:01	17 km/h	0° αληθές	N35 20.124 E25 04.632
15	27	12/10/2013 8:20	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.127 E25 04.632
16	28	12/10/2013 8:20	-59 m	5 m	0:00:01	19 km/h	22° αληθές	N35 20.128 E25 04.632
17	29	12/10/2013 8:20	-59 m	5 m	0:00:01	17 km/h	0° αληθές	N35 20.130 E25 04.633
18	30	12/10/2013 8:20	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.133 E25 04.633
19	31	12/10/2013 8:20	-59 m	3 m	0:00:01	11 km/h	39° αληθές	N35 20.134 E25 04.633
20	32	12/10/2013 8:20	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.136 E25 04.634
21	33	12/10/2013 8:20	-59 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 20.137 E25 04.634
22	34	12/10/2013 8:20	-59 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 20.137 E25 04.634
23	35	12/10/2013 8:20	-59 m	0 m	0:00:01	0 km/h	0° αληθές	N35 20.137 E25 04.634
24	36	12/10/2013 8:20	-59 m	2 m	0:00:01	9 km/h	0° αληθές	N35 20.137 E25 04.634
25	37	12/10/2013 8:20	-59 m	2 m	0:00:01	7 km/h	90° αληθές	N35 20.138 E25 04.634
26	38	12/10/2013 8:20	-59 m	4 m	0:00:01	14 km/h	90° αληθές	N35 20.138 E25 04.636
27	39	12/10/2013 8:20	-59 m	2 m	0:00:01	7 km/h	90° αληθές	N35 20.138 E25 04.638
28	40	12/10/2013 8:20	-59 m	4 m	0:00:01	14 km/h	90° αληθές	N35 20.138 E25 04.639
29	41	12/10/2013 8:20	-59 m	6 m	0:00:01	21 km/h	90° αληθές	N35 20.138 E25 04.642
30	42	12/10/2013 8:20	-59 m	5 m	0:00:01	16 km/h	122° αληθές	N35 20.138 E25 04.646
31	43	12/10/2013 8:20	-59 m	6 m	0:00:01	21 km/h	90° αληθές	N35 20.137 E25 04.648
32	44	12/10/2013 8:20	-59 m	6 m	0:00:01	21 km/h	90° αληθές	N35 20.137 E25 04.652
33	45	12/10/2013 8:20	-59 m	6 m	0:00:01	21 km/h	90° αληθές	N35 20.137 E25 04.656
34	46	12/10/2013 8:20	-59 m	6 m	0:00:01	21 km/h	90° αληθές	N35 20.137 E25 04.660
35	47	12/10/2013 8:20	-59 m	8 m	0:00:01	28 km/h	90° αληθές	N35 20.137 E25 04.664
36	48	12/10/2013 8:20	-59 m	6 m	0:00:01	21 km/h	90° αληθές	N35 20.137 E25 04.669
37	49	12/10/2013 8:20	-59 m	8 m	0:00:01	29 km/h	107° αληθές	N35 20.137 E25 04.673
38	50	12/10/2013 8:20	-59 m	8 m	0:00:01	28 km/h	90° αληθές	N35 20.136 E25 04.678
39	51	12/10/2013 8:20	-59 m	8 m	0:00:01	28 km/h	90° αληθές	N35 20.136 E25 04.683
40	52	12/10/2013 8:20	-59 m	8 m	0:00:01	28 km/h	90° αληθές	N35 20.136 E25 04.688
41	53	12/10/2013 8:20	-59 m	8 m	0:00:01	28 km/h	90° αληθές	N35 20.136 E25 04.694
42	54	12/10/2013 8:20	-58 m	8 m	0:00:01	28 km/h	90° αληθές	N35 20.136 E25 04.699
43	55	12/10/2013 8:20	-57 m	8 m	0:00:01	29 km/h	73° αληθές	N35 20.136 E25 04.704

Πίνακας 5.1. Δείγμα από τα δεδομένα του δέκτη GPS σε φύλλο excel

5.3 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.

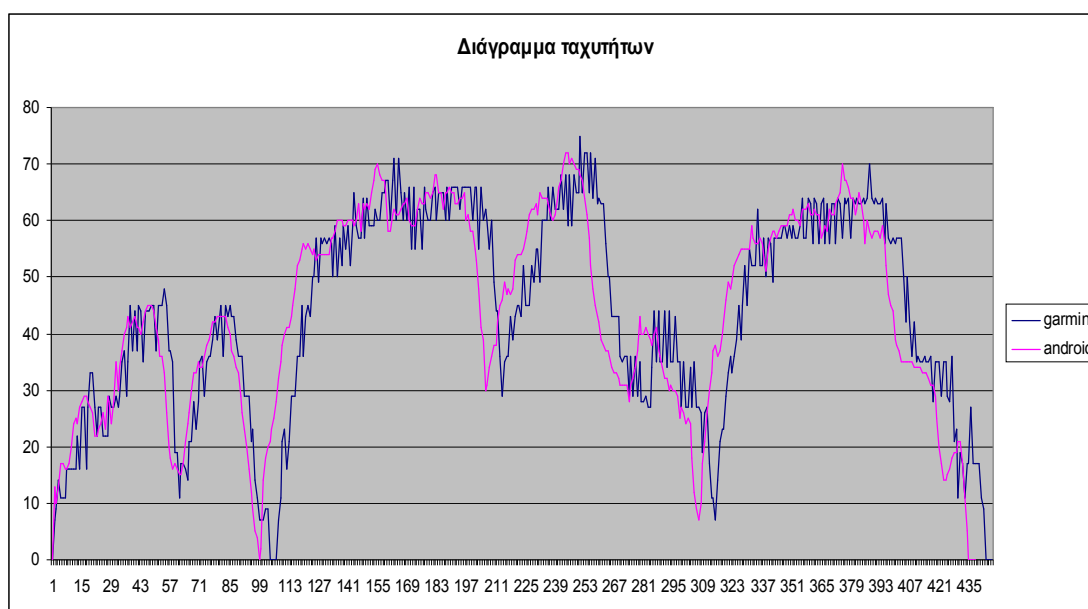
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1					ΕΞΟΜΑΛ.	Υπελ	U>0	U (m/s)	A	A>0	acceleration ανα	A<0	acceleration ανα	φάση			sec
2					0	0											
3	12/10/2013 8:31	0 km/h	0	0	7.50	7.50	7.50	2.083							% στοσης	2.58	12
4	12/10/2013 8:31	7 km/h	7	7	8.20	8.20	8.20	2.278	0.194	0.194				% κίνησης	97.42	453	
5	12/10/2013 8:31	16 km/h	16	16	9.50	9.50	9.50	2.639	0.361	0.361				Μέση Ταχ.	41.48		
6	12/10/2013 8:31	7 km/h	7	7	9.71	9.71	9.71	2.698	0.060	0.060				Μέση Ταχ. Χωρίς Στ.	42.58		
7	12/10/2013 8:31	11 km/h	11	11	12.00	12.00	12.00	3.333	0.635	0.635				Μέση Επιτ.	0.34		
8	12/10/2013 8:31	16 km/h	16	16	14.14	14.14	14.14	3.929	0.595	0.595				Μέση Επιβρ.	-0.37		
9	12/10/2013 8:32	11 km/h	11	11	15.14	15.14	15.14	4.206	0.278	0.278							
10	12/10/2013 8:32	16 km/h	16	16	18.00	18.00	18.00	5.000	0.794	0.794							
11	12/10/2013 8:32	22 km/h	22	22	20.29	20.29	20.29	5.635	0.635	0.635							
12	12/10/2013 8:32	23 km/h	23	23	21.86	21.86	21.86	6.071	0.437	0.437							
13	12/10/2013 8:32	27 km/h	27	27	25.71	25.71	25.71	7.143	1.071	1.071							
14	12/10/2013 8:32	27 km/h	27	27	27.29	27.29	27.29	7.579	0.437	0.437							
15	12/10/2013 8:32	27 km/h	27	27	28.00	28.00	28.00	7.778	0.198	0.198							
16	12/10/2013 8:32	38 km/h	38	38	30.14	30.14	30.14	8.373	0.595	0.595							
17	12/10/2013 8:32	27 km/h	27	27	30.14	30.14	30.14	8.373	0.000								
18	12/10/2013 8:32	27 km/h	27	27	31.00	31.00	31.00	8.611	0.238	0.238							
19	12/10/2013 8:32	38 km/h	38	38	31.00	31.00	31.00	8.611	0.000								
20	12/10/2013 8:32	27 km/h	27	27	30.29	30.29	30.29	8.413	-0.198			-0.19841					
21	12/10/2013 8:32	33 km/h	33	33	30.57	30.57	30.57	8.492	0.079	0.079							
22	12/10/2013 8:32	27 km/h	27	27	31.43	31.43	31.43	8.730	0.238	0.238							
23	12/10/2013 8:32	33 km/h	33	33	31.00	31.00	31.00	8.611	-0.119			-0.11905					
24	12/10/2013 8:32	29 km/h	29	29	32.43	32.43	32.43	9.008	0.397	0.397							
25	12/10/2013 8:32	33 km/h	33	33	31.86	31.86	31.86	8.849	-0.159			-0.15873					
26	12/10/2013 8:32	35 km/h	35	35	33.00	33.00	33.00	9.167	0.317	0.317							
27	12/10/2013 8:32	37 km/h	37	37	33.57	33.57	33.57	9.325	0.159	0.159							
28	12/10/2013 8:32	29 km/h	29	29	34.71	34.71	34.71	9.643	0.317	0.317							
29	12/10/2013 8:32	35 km/h	35	35	35.00	35.00	35.00	9.722	0.079	0.079							
30	12/10/2013 8:32	37 km/h	37	37	35.29	35.29	35.29	9.802	0.079	0.079							
31	12/10/2013 8:32	37 km/h	37	37	35.29	35.29	35.29	9.802	0.000								
32	12/10/2013 8:32	35 km/h	35	35	36.43	36.43	36.43	10.119	0.317	0.317							
33	12/10/2013 8:32	37 km/h	37	37	36.43	36.43	36.43	10.119	0.000								
34	12/10/2013 8:32	37 km/h	37	37	37.57	37.57	37.57	10.437	0.317	0.317							
35	12/10/2013 8:32	37 km/h	37	37	37.57	37.57	37.57	10.437	0.000								
36	12/10/2013 8:32	35 km/h	35	35	37.57	37.57	37.57	10.437	0.000								

Πίνακας 5.2. 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 βαθμονομείται ανάλογα με το πόσα δευτερόλεπτα διήρκησε το δρομολόγιο και οι τιμές του κατά περιπτώσεις ξεκινούν από τα 450 δευτερόλεπτα και φτάνουν ως τα 920 δευτερόλεπτα .

Η παραπάνω επεξεργασία διεξάγει στα δεδομένα που συλλέξαμε και από τις 2 δύο συσκευές. Μετά την αρχική επεξεργασία δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες συνθήκες για την πρώτη σύγκριση μεταξύ των δύο συσκευών. Πρώτο μέλημα ήταν να διαπιστωθεί η αξιοπιστία της συσκευής Samsung έναντι του δέκτη της Garmin και έτσι δημιουργήσαμε την παρακάτω γραφική παράσταση ταχυτήτων σε σχέση με τον χρόνο.



Διάγραμμα 5.1. Γραφική παράσταση σύγκρισης ταχυτήτων GPS Garmin-Κινητού τηλεφώνου

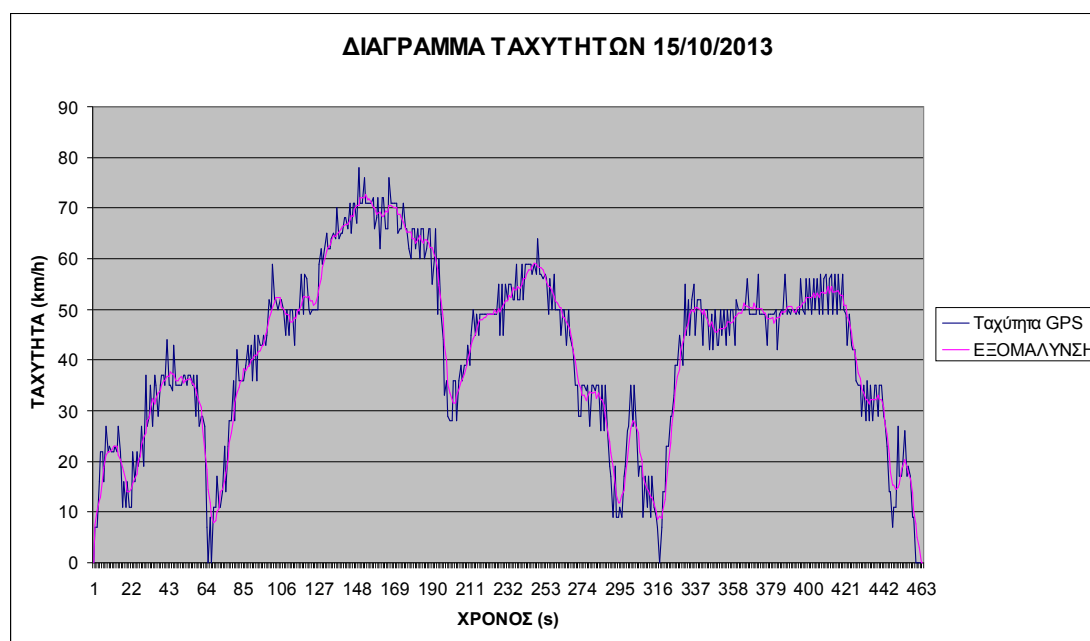
Από την γραφική παράσταση παρατηρούμε ότι η καταγραφή των δεδομένων από το κινητό τηλέφωνο φαίνεται πιο ομαλή σε σχέση με το GPS αλλά παρατηρούμε και μια αξιοσημείωτη χρονική υστέρηση. Αυτή η υστέρηση υπήρχε σε όλα τα δρομολόγια που έγιναν και οφείλεται στη όχι και τόσο καλή επικοινωνία του κινητού τηλεφώνου με τους δορυφόρους με αποτέλεσμα όλα τα δρομολόγια να είναι συντομότερα από τον πραγματικό χρόνο των μετρήσεων.

Για τον παραπάνω λόγο οι μετρήσεις του κινητού κρίθηκαν αναξιόπιστες και η έρευνα συνεχίστηκε **μόνο** βάσει των δεδομένων του GPS της Garmin.

Στην συνέχεια ακολουθεί ως παράδειγμα, μία γραφική παράσταση από δρομολόγιο στις 15/10/13, όπου φαίνονται ξεκάθαρα οι εναλλαγές της ταχύτητας καθώς και οι στάσεις σε σχέση με τον χρόνο.

Τα χαρακτηριστικά για το συγκεκριμένο δρομολόγιο είναι:

Διάρκεια:	463 sec
Ποσοστό στάσης:	0,43 %
Ποσοστό κίνησης:	99,57 %
Μέση Ταχύτητα:	41,68 km/h
Μέση Ταχύτητα Χωρίς Στάση:	41,86 km/h
Μέση Επιτάχυνση:	0,33 m/s ²
Μέση Επιβράδυνση:	-0,37 m/s ²



Διάγραμμα 5.2. Γραφική παράσταση από δρομολόγιο 15/10/12

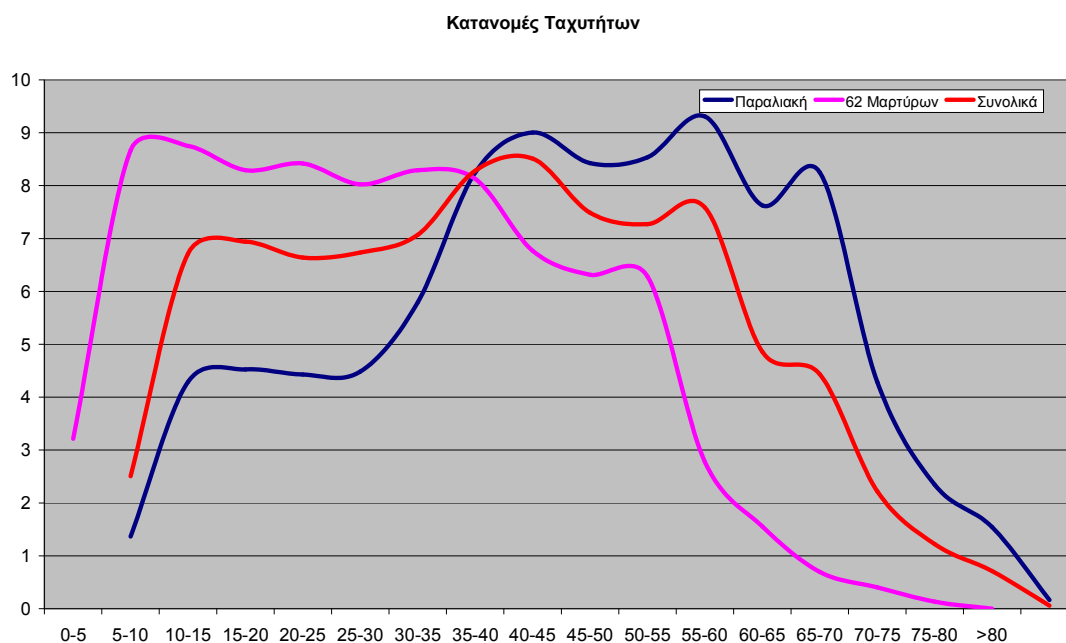
5.4 Ανάλυση δεδομένων

Από την ανάλυση των δεδομένων δημιουργήθηκαν γραφικές παραστάσεις που απεικονίζουν την κυκλοφοριακή κατάσταση ανά ημέρα, των κεντρικών οδικών αρτηριών από την Αμμουδάρα έως την Χανιόπορτα μέσω παραλιακής και πάλι πίσω στην Αμμουδάρα μέσω 62 Μαρτύρων για την πρώτη εβδομάδα και αντίστροφα την δεύτερη εβδομάδα.

Σημαντικά στοιχεία όπως η κατανομή ταχυτήτων, 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 των δρομολογίων από την πρώτη και την δεύτερη εβδομάδα.

5.4.1 Γραφική παράσταση κατανομής ταχυτήτων

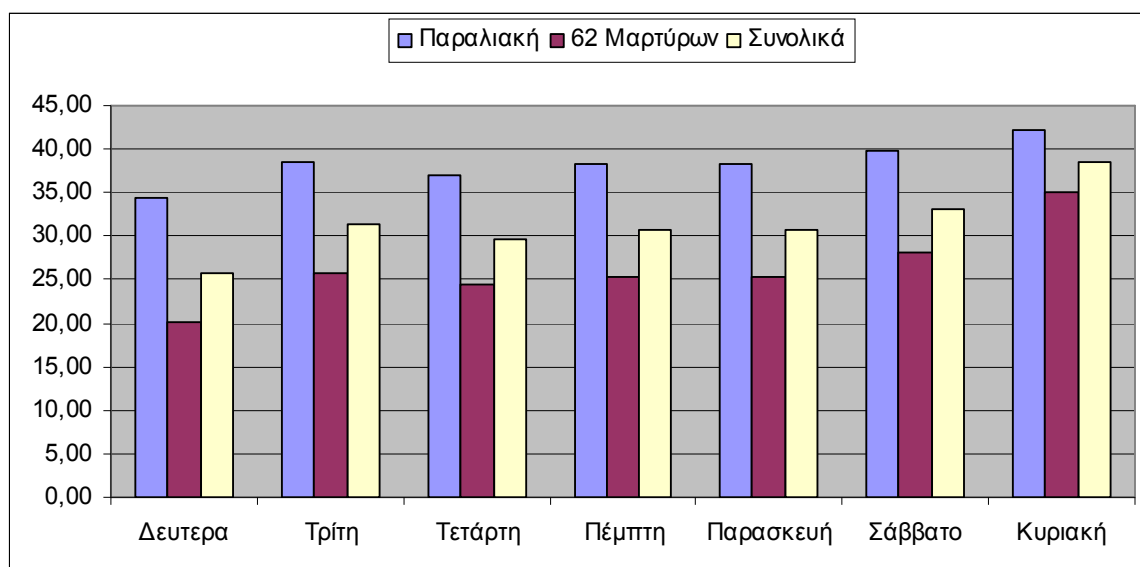


Διάγραμμα 5.3. Γραφική παράσταση κατανομής ταχυτήτων.

Η γραφική παράσταση της κατανομής των ταχυτήτων απεικονίζει με τον καλύτερο τρόπο την κυκλοφοριακή κατάσταση των δύο κεντρικών αξόνων.

Παρατηρούμε ότι η Λεωφόρος 62 Μαρτύρων εμφανίζει την μεγαλύτερη συχνότητα σε ταχύτητες εύρους από 5 έως 35 χιλιομέτρων ανά ώρα ενώ για την παραλιακή Λεωφόρο η μεγαλύτερη συχνότητα ταχυτήτων κυμαίνεται από 40 έως 70 χιλιόμετρα ανά ώρα.

5.4.2 Γραφική παράσταση μέσων τιμών ταχυτήτων



Διάγραμμα 5.4. Γραφική παράσταση μέσων τιμών ταχυτήτων.

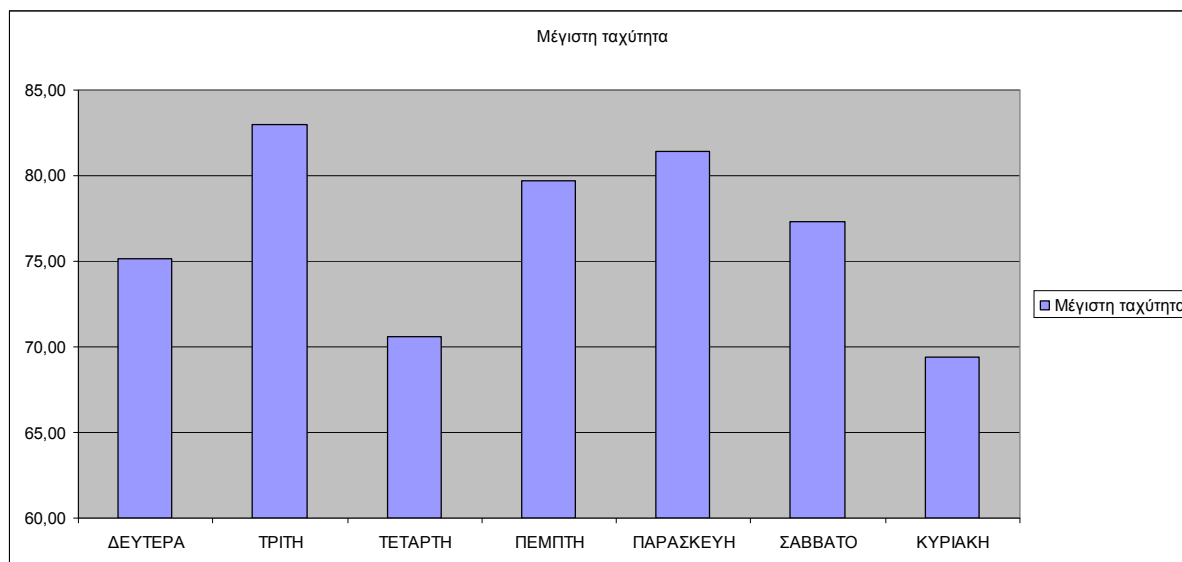
Παρατηρούμε από την γραφική παράσταση των μέσων τιμών των ταχυτήτων ότι τις εργάσιμες μέρες η μέση ταχύτητα στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων δεν ξεπερνά τα 25km/h, όταν αντίστοιχα στην παραλιακή κυμαίνεται περίπου στα 35km/h.

Το Σάββατο παρατηρούμε τον μέσο όρο της ταχύτητας στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων να έχει παρουσιάσει άνοδο, ξεπερνώντας τα 25km/h που ήταν η μέση ταχύτητα τις εργάσιμες ημέρες. Αύξηση της μέσης ταχύτητας παρουσιάζεται και στην Παραλιακή Λεωφόρο όπου η ταχύτητα αγγίζει τα 40km/h.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι το Σάββατο παρατηρήθηκε και η μεγαλύτερη διαφορά στην μέση τιμή των ταχυτήτων. Η διαφορά αυτή είναι της τάξης των 13km/h. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο εφόσον στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων βρίσκονται καταστήματα τα οποία χρησιμοποιούν οι πολίτες με αποτέλεσμα την αυξημένη κυκλοφορία οχημάτων.

Την Κυριακή σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες μέσες τιμές όπως ήταν φυσικό, με την μέση ταχύτητα στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων να αγγίζει τα 35km/h και στην Παραλιακή Λεωφόρο να ξεπερνάει τα 40km/h. Άρα την Κυριακή όπου τα καταστήματα είναι

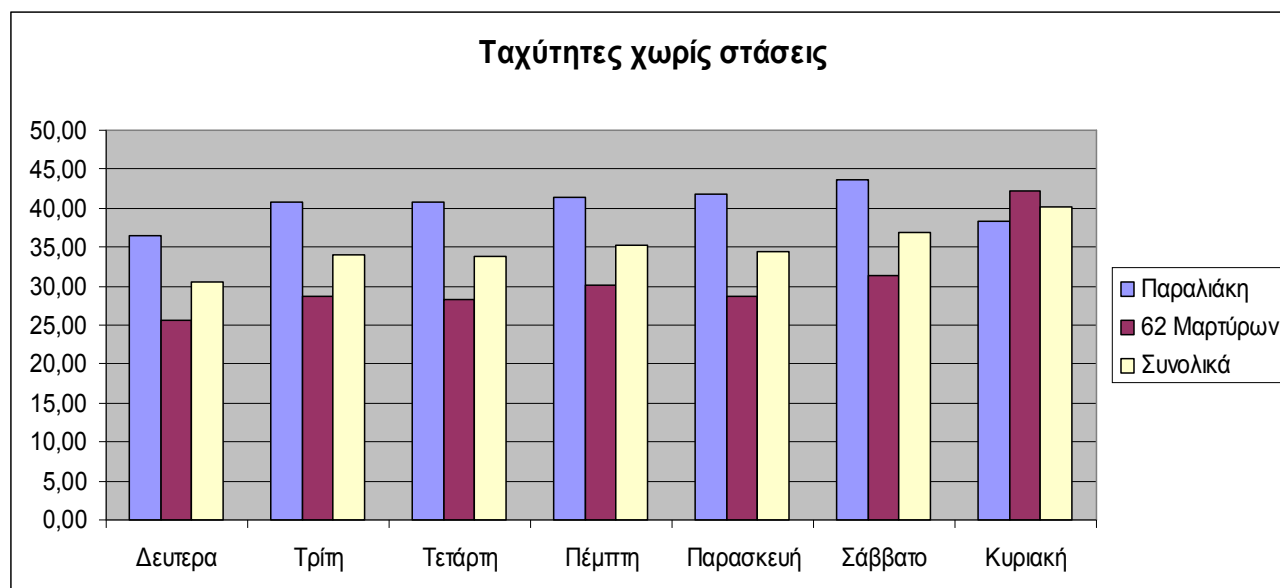
κλειστά είναι προτιμότερο να επιλέξουμε την διαδρομή από την Λεωφόρο 62 Μαρτύρων που χιλιομετρικά είναι πιο σύντομη αφού η διαφορά στις τιμές των ταχυτήτων με την Παραλιακή Λεωφόρο είναι η μικρότερη που παρατηρήθηκε.



Διάγραμμα 5.5. Μέγιστες ταχύτητες ανά ημέρα

Το διάγραμμα μέγιστης ταχύτητας ίσως να μην είναι όπως το αναμέναμε, δηλαδή οι μέγιστες ταχύτητες να σημειωθούν το Σαββατοκύριακο. Όλες οι ταχύτητες σημειώθηκαν στην Παραλιακή Λεωφόρο. Αυτό οφείλεται διότι όλες τις ημέρες της εβδομάδας η κυκλοφορία ήταν ιδιαίτερα ελεύθερη .

5.4.3 Γραφική παράσταση μέσης ωριαίας ταχύτητας χωρίς στάσεις



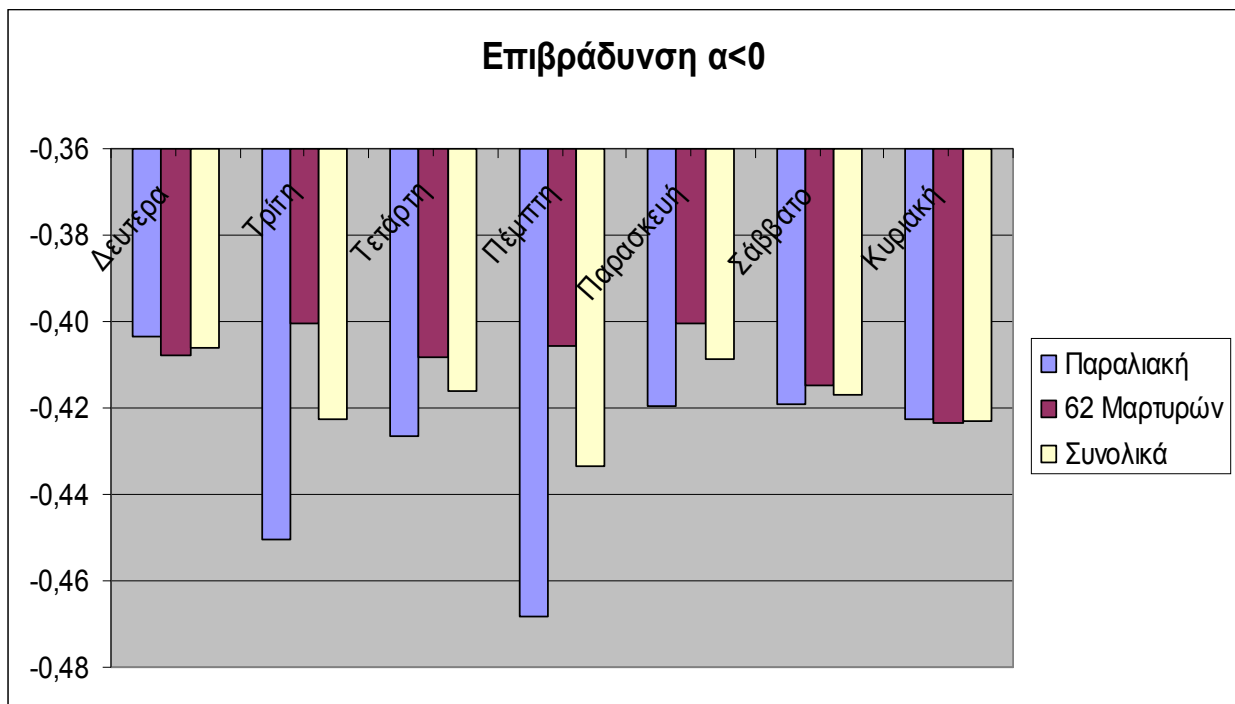
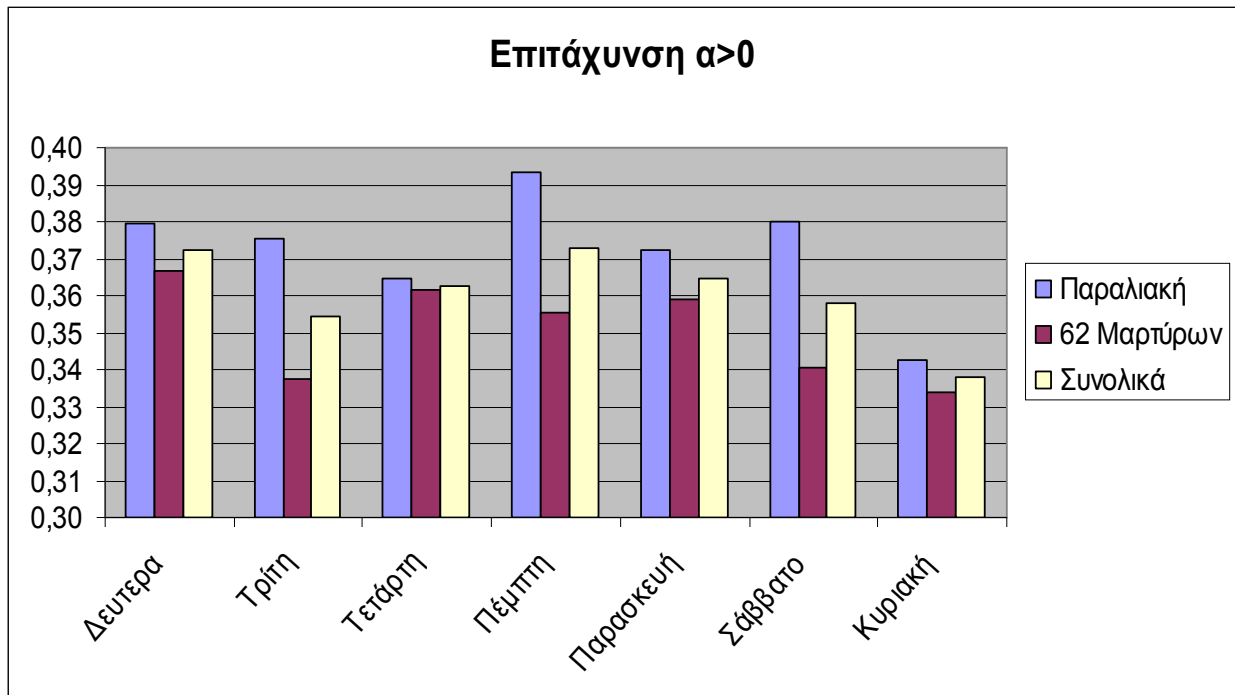
Διάγραμμα 5.6. Γραφική παράσταση μέσης ωριαίας ταχύτητας χωρίς στάση

Το διάγραμμα αυτό περιγράφει την συνεχόμενη κίνηση και παρατηρούμε ότι οι τιμές των ταχυτήτων είναι ελαφρώς πιο αυξημένες και φτάνουν ως και τα **35 km/h** τις εργάσιμες ημέρες.

Όσον αφορά το Σαββατοκύριακο και εδώ οι τιμές είναι αυξημένες, όπου την Κυριακή αγγίζουν τα **40 km/h**. Την Κυριακή παρατηρούμε ότι η μέση ταχύτητα χωρίς στάσεις στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων είναι μεγαλύτερη από εκείνη τις Παραλιακής Λεωφόρου όταν στην γραφική παράσταση με στάσεις η μέση ταχύτητα στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων είναι μικρότερη από εκείνη τις Παραλιακής Λεωφόρου. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στους φωτεινούς σηματοδότες οι οποίοι είναι περισσότεροι στην διαδρομή της Λεωφόρου 62 μαρτύρων.

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

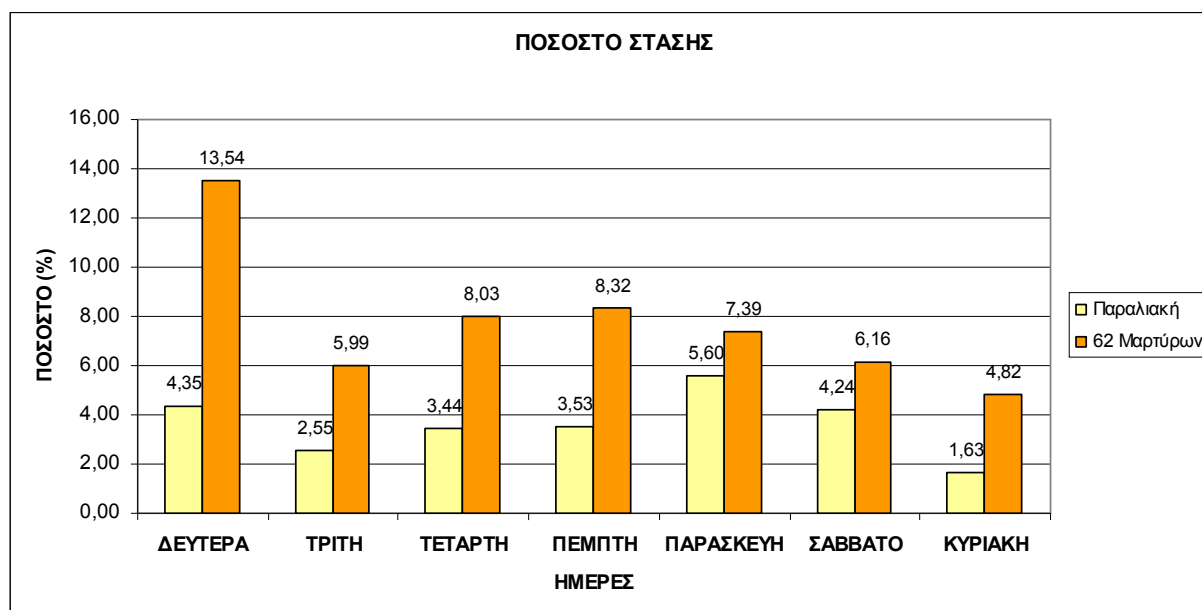
5.4.4 Γραφικές παραστάσεις Επιτάχυνσης – Επιβράδυνσης



Διάγραμμα 5.7. Γραφικές Παραστάσεις Επιτάχυνσης – Επιβράδυνσης

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.

5.4.5 Ποσοστά στάσης



Διάγραμμα 5.8. Ποσοστά στάσης ανά ημέρα και ώρα

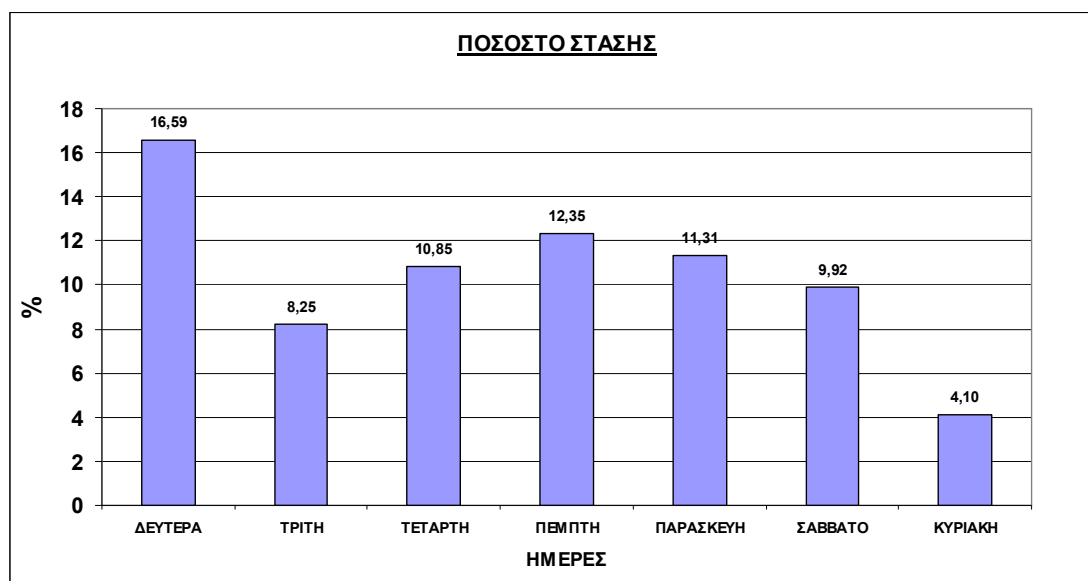
Το ποσοστό στάσης προκύπτει από το πλήθος των μηδενικών ταχυτήτων κατά την διάρκεια της κάθε διαδρομής. Τις χρονικές στιγμές δηλαδή που το αυτοκίνητο είναι εντελώς ακίνητο, είτε λόγω κάποιου φωτεινού σηματοδότη είτε επειδή υπάρχει έντονο κυκλοφοριακό.

Παρατηρούμε πόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό στάσης της Δευτέρας στην Λεωφόρο 62 Μαρτύρων από τις υπόλοιπες εργάσιμες ημέρες. Φτάνει έως και το **13,5%** σε σχέση με το **4,3%** στην Παραλιακή Λεωφόρο για την ίδια ημέρα.

Για την Κυριακή το χαμηλό ποσοστό στάσεων ήταν αναμενόμενο εφόσον καταστήματα και υπηρεσίες είναι κλειστά. Και για τις δύο διαδρομές την Κυριακή σημειώθηκαν τα χαμηλότερα ποσοστά στάσεων.

Στο σημείο αυτό να σημειώσουμε ότι οι έναρξη του κάθε δρομολογίου γινόταν κάθε μέρα την ίδια ακριβώς ώρα.

5.4.6 Συνολικά ποσοστά στάσης



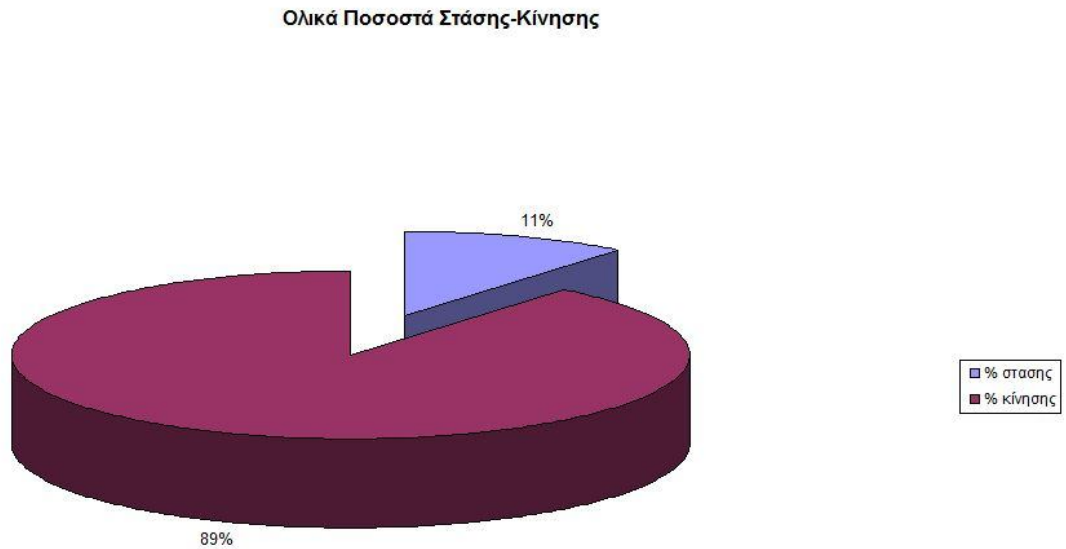
Διάγραμμα 5.9. Συνολικά ποσοστά στάσης

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 Δευτέρα ήταν η πιο «δύσκολη» ημέρα του πειράματος με το ποσοστό στάσης να φτάνει το **16,6 %** το οποίο οφείλεται κατά κύριο λόγο στην διαδρομή της Λεωφόρου 62 Μαρτύρων όπως είδαμε στο διάγραμμα ποσοστών στάσεων για τις δύο διαδρομές χωριστά.

Ακολουθεί η Πέμπτη με ποσοστό **12,3%**, και η Παρασκευή με ποσοστό **11,3%**. Η ημέρα με την λιγότερη κίνηση για τις αρτηρίες που μετρήσαμε ήταν η Κυριακή με ποσοστό **4,1%**.

5.4.7 Ολικά ποσοστά Στάσης – Κίνησης



Διάγραμμα 5.10. 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**.

5.4.8 Μέσες τιμές όλων των μετρήσεων

Λεωφόρος 62 Μαρτύρων

- Διάρκεια: 688,36 sec
- Μέση ωριαία ταχύτητα: 25,66 km/h
- Μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις: 30,12 km/h
- Αριθμός στάσεων: 5,60
- % στάσης: 13,18 %
- Μέση επιτάχυνση: 0.35 m/s²
- Μέση επιβράδυνση: -0.41 m/s²

Με βάση τις παραπάνω μέσες τιμές επιλέχθηκε η πιο αντιπροσωπευτική καταγραφή. Αυτή είναι η καταγραφή της **Τρίτης 8-10-2013** από την Χανιόπορτα προς το σπίτι μου μέσω της Λεωφόρου 62 Μαρτύρων η οποία έχει το μεγαλύτερο άθροισμα ποσοστών ομοιότητας με τις μέσες τιμές όλων των μετρήσεων (6,58). Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει το άθροισμα ποσοστών ομοιότητας είναι 7 που είναι ο αριθμός κριτηρίων.

Χαρακτηριστικά	Μέσες Τιμές Μετρήσεων	Αντιπροσωπευτική Διαδρομή	Ποσοστό Ομοιότητας
Διάρκεια (sec)	688,36	666	90,52
Μέση ωριαία ταχύτητα (km/h)	25,66	26,4	97,19
Μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις (km/h)	30,12	29,8	98,93
Αριθμός στάσεων	5.6	5	89,2
% στάσης	13.1	11,39	86,41
Μέση επιτάχυνση (m/s ²)	0,35	0,32	91,42
Μέση επιβράδυνση (m/s ²)	-0,41	-0,42	97,61

Πίνακας 5.3. Συγκριτικός πίνακας των ολικών μέσων τιμών των μετρήσεων με τους αντίστοιχους της αντιπροσωπευτικής διαδρομής για 62 Μαρτύρων

Παραλιακή Λεωφόρος

- Διάρκεια: 517,43 sec
- Μέση ωριαία ταχύτητα: 38,23 km/h
- Μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις: 40,34 km/h
- Αριθμός στάσεων: 2,1
- % στάσης: 7,22 %
- Μέση επιτάχυνση: 0.37 m/s²
- Μέση επιβράδυνση: -0.43 m/s²

Με βάση τις παραπάνω μέσες τιμές επιλέχθηκε η πιο αντιπροσωπευτική καταγραφή. Αυτή είναι η καταγραφή της **Πέμπτης 10-10-2013** από το σπίτι μου στην Αμμουδάρα προς την Χανιόπορτα μέσω της Παραλιακής Λεωφόρου η οποία έχει το μεγαλύτερο άθροισμα ποσοστών ομοιότητας με τις μέσες τιμές όλων των μετρήσεων (5,92). Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει το άθροισμα ποσοστών ομοιότητας είναι 7 που είναι ο αριθμός κριτηρίων.

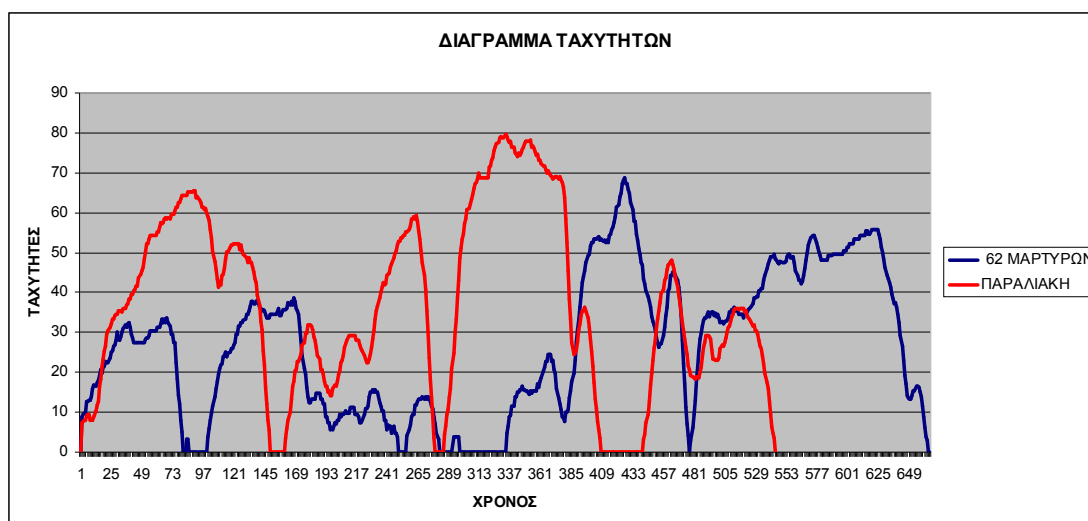
Χαρακτηριστικά	Μέσες Τιμές Μετρήσεων	Αντιπροσωπευτική Διαδρομή	Ποσοστό Ομοιότητας
Διάρκεια (sec)	517,43	546	94,76
Μέση ωριαία ταχύτητα (km/h)	38,23	36,2	94,21
Μέση ωριαία ταχύτητα χωρίς στάσεις (km/h)	40,34	40,72	99,06
Αριθμός στάσεων	2,1	3	70
% στάσης	7,22	10,05	71,84
Μέση επιτάχυνση (m/s ²)	0,37	0,36	97,29
Μέση επιβράδυνση (m/s ²)	-0,43	-0,48	89,58

Πίνακας 5.4. Συγκριτικός πίνακας των ολικών μέσων τιμών των μετρήσεων με τους αντίστοιχους της αντιπροσωπευτικής διαδρομής για Παραλιακή

Παρατήρηση: Τα ποσοστά ομοιότητας των αντιπροσωπευτικών διαδρομών με τις μέσες τιμές των μετρήσεων είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα. Αξίζει να παρατηρήσουμε την διαφορά του αριθμού των στάσεων για την Παραλιακή Λεωφόρο όπου διαμορφώνει τα δύο χαμηλότερα ποσοστά ομοιότητας της παρούσας πτυχιακής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μετρήσεις που έγιναν για την συγκεκριμένη διαδρομή ίσως να μην ήταν αρκετές, αν οι μετρήσεις συνεχίζονταν για τουλάχιστον μία εβδομάδα ακόμα τότε σίγουρα το ποσοστό ομοιότητας θα ήταν μεγαλύτερο.

5.4.9 Τελικό αποτέλεσμα

Στο παρακάτω διάγραμμα εμφανίζονται τα δύο αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας για τους δυο κεντρικούς οδικούς άξονες που εξετάστηκαν. Και για τους δύο οδικούς άξονες παρατηρούμε ότι οι τιμές των ταχυτήτων βρίσκονται όντως στα ίδια επίπεδα με τις μέσες τιμές των ταχυτήτων.

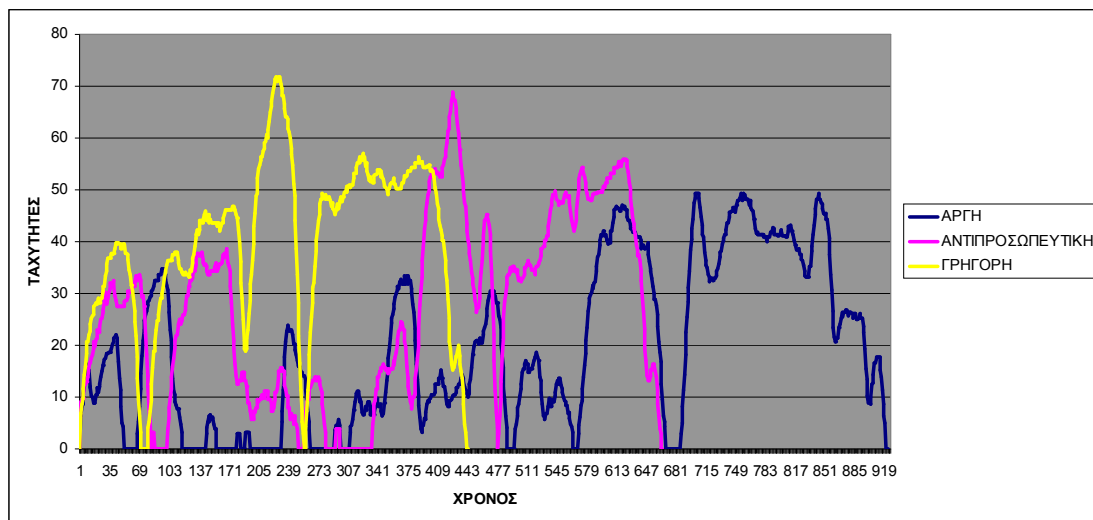


Διάγραμμα 5.11. Αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας των δύο διαδρομών

Χαρακτηριστικά	Μέσες Τιμές Μετρήσεων	Αντιπροσωπευτική Διαδρομή
Μέση ωριαία ταχύτητα <u>62 Μαρτύρων</u>	25,66 km/h	26,4 km/h
Μέση ωριαία ταχύτητα <u>Παραλιακή</u>	38,23 km/h	36,2 km/h

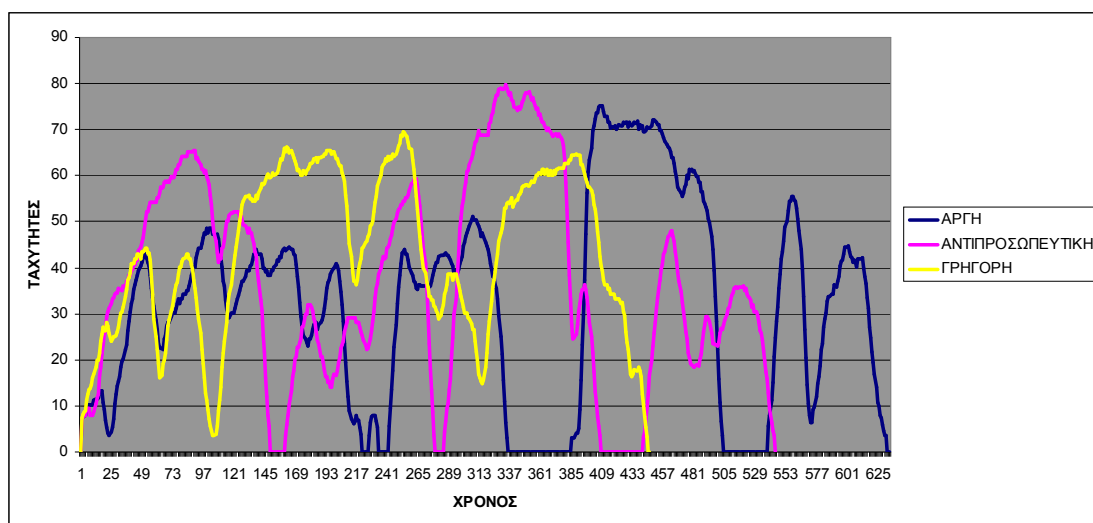
Πίνακας 5.5. Μέσες τιμές ταχυτήτων όλων των μετρήσεων και των αντιπροσωπευτικών διαδρομών

Λεωφόρος 62 Μαρτύρων



Διάγραμμα 5.12. Διάγραμμα αργής, αντιπροσωπευτικής και γρήγορης διαδρομής για 62 Μαρτύρων

Παραλιακή Λεωφόρος



Διάγραμμα 5.13. Διάγραμμα αργής, αντιπροσωπευτικής και γρήγορης διαδρομής για Παραλιακή

Στα παραπάνω διαγράμματα εμφανίζονται οι τιμές της αργής, της αντιπροσωπευτικής και της γρήγορης διαδρομής για την Λεωφόρο 62 Μαρτύρων και την Παραλιακή Λεωφόρο. Βλέπουμε ότι οι γρήγορες διαδρομές έχουν σαφώς μεγαλύτερες τιμές, οι αργές μικρότερες και οι αντιπροσωπευτικές βρίσκονται ανάμεσα στις δύο.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Τα αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας-χρόνου (κύκλος οδήγησης) που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν 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 στους δυο συγκεκριμένους οδικούς άξονες της πόλης του Ηρακλείου.

Τα ποσοστά ομοιότητας των προφίλ ταχύτητας (κύκλος οδήγησης) των αντιπροσωπευτικών διαδρομών της συγκεκριμένης πτυχιακής, σε σχέση με τις μετρήσεις πεδίου βρίσκονται σε πολύ καλό επίπεδο (περίπου 91%) γεγονός το οποίο οφείλεται στο ότι η διαδρομή ήταν συγκεκριμένη και σε ένα βαθμό τυποποιημένη. Εφόσον όμως το συνολικό ποσοστό ομοιότητας είναι τόσο υψηλό ίσως και να μην χρειάζονται περαιτέρω καταγραφές για τις συγκεκριμένες διαδρομές.

Στην παρούσα πτυχιακή εκτός από την εύρεση της αντιπροσωπευτικής διαδρομής για κάθε οδικό άξονα έγιναν και συγκρίσεις μεταξύ τους. Επίσης σημαντική ήταν η λήψη μετρήσεων από συσκευή κινητού τηλεφώνου με σκοπό την σύγκριση των αποτελεσμάτων της με τον δέκτη GPS της Garmin. Μελλοντικά θα μπορούσε να διεξαχθεί μια έρευνα ώστε να βρεθεί η πιο αξιόπιστη εφαρμογή καταγραφής ταχύτητας και σε συνδυασμό με μια σύγχρονη συσκευή τηλεφώνου να εκπονηθεί μια ανάλογη πτυχιακή εργασία εύρεσης αντιπροσωπευτικής διαδρομής με αποκλειστική χρήση ενός κινητού τηλεφώνου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Σχήμα 1.1. Τυπική σύσταση των καυσαερίων που εκπέμπονται από βενζινοκινητήρα και των βλαβερών ρύπων στα καυσαέρια.....	5
--	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Σχήμα 2.1. Μεταβολή εκπεμπόμενων άκαυστων HC συναρτήσει της παροχής διαρροής αερίων σε κινητήρα Otto.....	11
Σχήμα 2.2. Επίδραση της διάρκειας καθυστέρησης αναφλέξεως στην εκπομπή HC.....	13
Σχήμα 2.3. Συγκέντρωση NO συναρτήσει του λόγου αέρα – καυσίμου σε κινητήρα Otto.....	15
Πίνακας 2.1. Τοξικές ενώσεις στα καυσαέρια των κινητήρων Diesel. Οι ενώσεις με αστερίσκο (*) είναι αναγνωρισμένες ως ύποπτες για καρκινογένεση η αναπαραγωγική τοξικότητα.....	19
Σχήμα 2.4. Αντιπροσωπευτική σύνθεση σωματιδίων που εκπέμπονται από κινητήρα Diesel βαρέου τύπου.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Πίνακας 3.1. Όρια για οχήματα ECE R15.....	22
Πίνακας 3.2. Όρια εκπομπής ρύπων οχημάτων μέχρι 1/01/93.....	23
Πίνακας 3.3. Όρια εκπομπής ρύπων σύμφωνα με την οδηγία 98/69 ΕΚ.....	23
Πίνακας 3.4. Πρότυπα Εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για επιβατικά οχήματα (Κατηγορία M1), g/km.....	27
Πίνακας 3.5. Πρότυπα Εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για ελαφρού τύπου εμπορικά οχήματα Diesel, g/km.....	28
Πίνακας 3.6. Πρότυπα Εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για ελαφρού τύπου εμπορικά οχήματα Βενζίνης, g/km.....	29
Πίνακας 3.7. Μεταβολή ανώτατων ορίων των εκπεμπόμενων ρύπων για τα επιβατικά αυτοκίνητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	30

Διάγραμμα 3.1. Διάγραμμα που παρουσιάζει την πρόοδο των ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπής για τα αυτοκίνητα diesel.....	30
Διάγραμμα 3.2. Διάγραμμα που παρουσιάζει την πρόοδο των ευρωπαϊκών προτύπων εκπομπής για τα αυτοκίνητα βενζίνης....	31
Διάγραμμα 3.3. Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων για τους Ντιζελοκινητήρες των επιβατικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη.....	31
Διάγραμμα 3.4. Ποσοστιαία μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων για τους Βενζινοκινητήρες των επιβατικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη.....	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Διάγραμμα 4.1 Modal κύκλος οδήγησης ECE-15.....	37
Διάγραμμα 4.2 Real World κύκλος οδήγησης, Αθήνα 2002.....	37
Διάγραμμα 4.3 Κύκλος Πόλης ECE.....	44
Διάγραμμα 4.4 Κύκλος Πόλης EUDC.....	44
Διάγραμμα 4.5 Κύκλος Πόλης EUDC για χαμηλής ισχύος οχήματα.....	45
Διάγραμμα 4.6 Νέος Ευρωπαϊκός Κύκλος Οδήγησης NEDC.....	45
Πίνακας 4.1 Περίληψη παραμέτρων για τους κύκλους πόλης ECE και EUDC.....	46
Πίνακας 4.2 Κύκλος Οδήγησης Artemis – Χαρακτηριστικά.....	47
Πίνακας 4.3 Χαρακτηριστικά Κύκλου Οδήγησης ECE R49.....	49
Πίνακας 4.4 Χαρακτηριστικά Κύκλου Οδήγησης ESC (OICA).....	50
Διάγραμμα 4.7 Κύκλος Οδήγησης ELR.....	51
Διάγραμμα 4.8 Κύκλος Πόλης ETC – Ταχύτητα οχήματος.....	52
Διάγραμμα 4.9 Κύκλος Πόλης Braunschweig.....	53
Διάγραμμα 4.10 Κύκλος Πόλης FTP – 72.....	54
Διάγραμμα 4.11 Κύκλος Πόλης FTP – 75.....	55
Διάγραμμα 4.12 Κύκλος Πόλης EPA.....	56
Διάγραμμα 4.13 Κύκλος Οδήγησης IM 240.....	57
Διάγραμμα 4.14 Κύκλος Οδήγησης LA 92.....	58
Διάγραμμα 4.15 Κύκλος Οδήγησης SFTP SC03.....	59

Διάγραμμα 4.16 Κύκλος Οδήγησης SFTP US06.....	60
Διάγραμμα 4.17 Κύκλος Οδήγησης EPA NYCC.....	61
Διάγραμμα 4.18 Κύκλος Οδήγησης 10-Mode.....	68
Διάγραμμα 4.19 Κύκλος Οδήγησης 10-15 Mode.....	69
Διάγραμμα 4.20 Κύκλος Οδήγησης JC 08.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Εικόνα 1. Το δρομολόγιο του πειράματος μέσω Google Earth.....	76
Εικόνα 2. Ο δέκτης GPS V της Garmin με την ενσωματωμένη κεραία.....	78
Εικόνα 3. Samsung Galaxy Ace με ενσωματωμένο δέκτη GPS.....	79
Εικόνα 4. Το όχημα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.....	80
Πίνακας 5.1. Δείγμα από τα δεδομένα του δέκτη GPS σε φύλλο excel.....	81
Πίνακας 5.2. Δείγμα από τα δεδομένα του δέκτη GPS μετά από επεξεργασία σε φύλλο excel.....	82
Διάγραμμα 5.1. Γραφική παράσταση σύγκρισης ταχυτήτων GPS Garmin-Κινητού τηλεφώνου.....	83
Διάγραμμα 5.2. Γραφική παράσταση από δρομολόγιο 15/10/12.....	84
Διάγραμμα 5.3. Γραφική παράσταση κατανομής ταχυτήτων.....	85
Διάγραμμα 5.4. Γραφική παράσταση μέσων τιμών ταχυτήτων.....	86
Διάγραμμα 5.5. Μέγιστες ταχύτητες ανά ημέρα.....	87
Διάγραμμα 5.6. Γραφική παράσταση μέσης ωριαίας ταχύτητας χωρίς στάση.....	88
Διάγραμμα 5.7. Γραφικές Παραστάσεις Επιτάχυνσης – Επιβράδυνσης.....	89
Διάγραμμα 5.8. Ποσοστά στάσης ανά ημέρα και ώρα.....	90
Διάγραμμα 5.9. Συνολικά ποσοστά στάσης.....	91
Διάγραμμα 5.10. Ολικά ποσοστά στάσης.....	92
Πίνακας 5.3. Συγκριτικός πίνακας των ολικών μέσων τιμών των μετρήσεων με τους αντίστοιχους της αντιπροσωπευτικής διαδρομής για 63 Μαρτύρων.....	93
Πίνακας 5.4. Συγκριτικός πίνακας των ολικών μέσων τιμών των μετρήσεων με τους αντίστοιχους της αντιπροσωπευτικής διαδρομής για Παραλιακή.....	94
Διάγραμμα 5.11. Αντιπροσωπευτικά προφίλ ταχύτητας των δύο διαδρομών.....	95
Πίνακας 5.5. Μέσες τιμές ταχυτήτων όλων των μετρήσεων και των αντιπροσωπευτικών διαδρομών.....	95
Διάγραμμα 5.12. Διάγραμμα αργής, αντιπροσωπευτικής και γρήγορης διαδρομής για 62 Μαρτύρων.....	96
Διάγραμμα 5.13. Διάγραμμα αργής, αντιπροσωπευτικής και γρήγορης διαδρομής για Παραλιακή.....	96

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Σ.Χ. Λιούτας (2010) Πρόβλεψη εκπομπών και επιδόσεων κατά την διάρκεια του Ευρωπαϊκού Κύκλου (NEDC) οχημάτων ελαφρού τύπου, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας θερμότητας, ΕΜΠ

Π. Σ. Βαμβαράτης (2007) Ανασκόπηση τεχνολογιών υβριδικών οχημάτων με ηλεκτροκινητήρα και εμβολοφόρο Μ.Ε.Κ. Αθήνα: Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, ΕΜΠ

Μ.Οικονόμου (2011) Ανασκόπηση σύγχρονων συστημάτων αντιρρύπανσης εμβολοφόρων κινητήρων, 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.dieselnet.com