

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ .....</b>	<b>7</b>
<b>1. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (ΡΥΠΩΝ) Μ.Ε.Κ.....</b>	<b>9</b>
1.1 Γενικά.....	9
1.2 Πρότυπα Εκπομπών Ρύπων.....	10
1.2.1 Επιβατικά Οχήματα και Ελαφρά Φορτηγά .....	11
1.2.2 Οχήματα Βαρέως Τύπου .....	17
1.2.3 Οχήματα Εκτός Δρόμου .....	21
1.2.4 Μοτοσυκλέτες.....	23
1.2.5 Ναυτικοί Κινητήρες .....	25
1.2.6 Θερμικοί Σταθμοί.....	28
1.3 Πρότυπα Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα Οχημάτων.....	29
1.4 Πρότυπα Εκπομπών Θορύβου Οχημάτων .....	31
<b>2. ΚΥΚΛΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ.....</b>	<b>35</b>
2.1 Γενικά.....	35
2.2 Επιβατικά Οχήματα και Ελαφρά Φορτηγά .....	40
2.3 Οχήματα Βαρέως Τύπου.....	44
2.3.1 Δοκιμή R49 – Κύκλος Δοκιμής Μόνιμης Λειτουργίας .....	44
2.3.2 Δοκιμή ESC – Κύκλος Δοκιμής Μόνιμης Λειτουργίας .....	46
2.3.3 Δοκιμή ELR – Μέτρηση Αιθάλης.....	48
2.3.4 Δοκιμή WHSC – Παγκόσμιος Κύκλος Δοκιμής Μόνιμης Λειτουργίας .....	48
2.3.5 Μεταβατικοί Κύκλοι Δοκιμής .....	50
2.4 Οχήματα Εκτός Δρόμου .....	54
2.5 Μοτοσυκλέτες.....	56

<b>3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΥΚΛΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ .....</b>	<b>61</b>
3.1 Δυναμόμετρα.....	62
3.2 Διαδικασία Δειγματοληψίας Σταθερού Όγκου CVS .....	63
3.3 Ειδικότερα Θέματα Μετρήσεων σε Δυναμόμετρο Κινητήρων.....	67
3.4 Άλλα Θέματα Δοκιμών Μέτρησης.....	70
3.4.1 Λειτουργίες μετά τη Δοκιμή.....	70
3.4.2 Φίλτρα Σωματιδίων.....	70
3.5 Διαδικασία Μέτρησης Θορύβου Οχημάτων .....	71
<b>4. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΥΚΛΩΝ ΠΟΛΗΣ .....</b>	<b>73</b>
4.1 Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης και Ισχύος .....	74
4.2 Μερικά Αποτελέσματα κατά τη Διάρκεια Κύκλων Πόλης.....	77
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – Αναλυτικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Κύκλων Πόλης .....</b>	<b>84</b>
A1. Κύκλοι Πόλης Δυναμόμετρου Πλαισίου.....	88
A2. Κύκλοι Πόλης Δυναμόμετρου Κινητήρα.....	113
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – Σύνοψη Βασικών Οδηγιών, και Τύποι Οχημάτων στην Ε.Ε.....</b>	<b>123</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>126</b>

## 1.2.1 Επιβατικά Οχήματα και Ελαφρά Φορτηγά

### 1.2.1.1 Προδιαγραφές

Οι κανονισμοί εκπομπών ρύπων της Ε.Ε. για τα νέα ελαφρού τύπου οχήματα, χαρακτηριζόμενες με τον ονομασία Euro ακολουθούμενη από έναν αραβικό αριθμό, παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά στην Οδηγία 70/220/EEC.

**Πίνακας 1.1.** Προδιαγραφές εκπομπών ρύπων Ε.Ε. για επιβατικά οχήματα (g/km) με κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου (κατηγορία M<sub>1</sub>) (αναφέρεται και η ημερομηνία έναρξης ισχύος και η σχετική Ευρωπαϊκή Οδηγία)

Πρότυπο	Ημερομηνία	Οδηγία	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	PN
Κινητήρες Πετρελαίου (Diesel) (compression ignition – ανάφλεξης με συμπίεση)								
Euro 1* (EC 93)	7/1992	91/441/EEC 93/59/EEC	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	0,14 (0,18)	-
Euro 2, IDI (EC 96)	1/1996	94/12/EC 96/69/EC	1,0	-	0,7	-	0,08	-
Euro 2, DI (EC 96)	1/1996 <sup>a</sup>		1,0	-	0,9	-	0,10	-
Euro 3	1/2000	98/69/EC	0,64	-	0,56	0,50	0,05	-
Euro 4	1/2005	2002/80/EC	0,50	-	0,30	0,25	0,025	-
Euro 5a	9/2009 <sup>b1</sup>	715/2007/EC	0,50	-	0,23	0,18	0,005 <sup>e</sup>	-
Euro 5b	9/2011 <sup>b2</sup>		0,50	-	0,23	0,18	0,005 <sup>e</sup>	6x10 <sup>11</sup>
Euro 6	9/2014		0,50	-	0,17	0,08	0,005 <sup>e</sup>	6x10 <sup>11</sup>
Κινητήρες Σπινθηρισμού (Otto) (positive ignition – «θετικής» ανάφλεξης)								
Euro 1*	7/1992	91/441/EEC 93/59/EEC	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	-	-
Euro 2	1/1996	94/12/EC 96/69/EC	2,2	-	0,5	-	-	-
Euro 3	1/2000	98/69/EC	2,30	0,20	-	0,15	-	-
Euro 4	1/2005	(2002/80/EC)	1,0	0,10	-	0,08	-	-
Euro 5	9/2009 <sup>b1</sup>	715/2007/EC	1,0	0,10 <sup>c</sup>	-	0,06	0,005 <sup>d,e</sup>	-
Euro 6	9/2014		1,0	0,10 <sup>c</sup>	-	0,06	0,005 <sup>d,e</sup>	6x10 <sup>11d,f</sup>
<p>* Οι τιμές στις παρενθέσεις είναι σύμφωνα με τα όρια συμμόρφωσης παραγωγής (COP)</p> <p>a - μέχρι 30/9/1999 (μετά από αυτή την ημερομηνία, οι κινητήρες άμεσης έγχυσης (DI) πρέπει να λειτουργούν εντός των ορίων των έμμεσης έγχυσης IDI)</p> <p>b1 - 1/2011 για όλα τα μοντέλα, b2 - 1/2013 για όλα τα μοντέλα</p> <p>c - για NMHC (HC πλην μεθανίου) 0,068 g/km</p> <p>d - εφαρμόσιμο μόνο για οχήματα που χρησιμοποιούν κινητήρες άμεσης έγχυσης GDI</p> <p>e - 0,0045 g/km χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μέτρησης PMP [17]</p> <p>f - 6x10<sup>12</sup> τα πρώτα 3 χρόνια εφαρμογής του Προτύπου Euro 6</p> <p>Στα Πρότυπα Euro 1-4, τα επιβατικά οχήματα βάρους &gt; 2.5 tn ταξινομούνταν ως οχήματα κατηγορίας N<sub>1</sub></p>								

Η αρχική Οδηγία 70/220/EEC τροποποιήθηκε αρκετές φορές· μερικές από τις σημαντικότερες τροποποιήσεις (βλέπε και Παράρτημα Β) είναι οι ακόλουθες:

### **1.2.3 Οχήματα Εκτός Δρόμου**

Οι Ευρωπαϊκές προδιαγραφές κινητήρων οχημάτων εκτός δρόμου (non-road ή off-road π.χ. για τρακτέρ, εκσκαφείς, εκχιονιστικά μηχανήματα, γερανοφόρα οχήματα, σιδηροδρομικούς κινητήρες κλπ)<sup>1</sup>, χαρακτηρίζονται με την ορολογία Στάδιο (Stage) ή Φάση και λατινική αρίθμηση I-IV ανάλογα με την αυστηρότητά τους. Ο πρώτος, χρονικά, τέτοιος κανονισμός νομοθετήθηκε στις 16/12/1997 (Stage I/II – Οδηγία 97/68/EC), με εφαρμογή για το μεν Στάδιο I από το 1999, για το δε Στάδιο II από το 2001-2004, ανάλογα με την ισχύ του κινητήρα.

Στις 9/12/2002 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε την Οδηγία 2002/88/EC, τροποποιώντας την Οδηγία 97/68/EC για τους εκτός δρόμου κινητήρες, προσθέτοντας Πρότυπα εκπομπών για μικρούς βενζινοκινητήρες ισχύος μικρότερης των 19 kW. Η Οδηγία επίσης επεκτάθηκε με εφαρμογή στη Φάση II για κινητήρες σταθερών στροφών. Τα Πρότυπα εκπομπών χρήσης κινητήρων είναι σε μεγάλο βαθμό ευθυγραμμισμένα με τα Πρότυπα εκπομπών των Η.Π.Α. για χρήση μικρών κινητήρων.

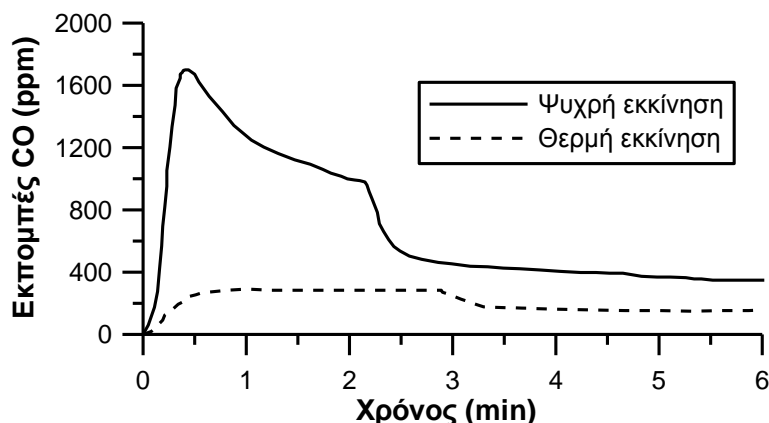
Τα Στάδια III και IV υιοθετήθηκαν στις 21/4/2004 (Οδηγία 2004/26/EC), και ειδικότερα για κινητήρες αγροτικής ή δασικής χρήσης στις 21/2/2005 (Οδηγία 2005/13/EC). Ειδικότερα το Στάδιο III χωρίσθηκε σε δύο υποπεριπτώσεις (III/A και III/B) με ισχύ από το 2006-2013, με το Στάδιο IV να μπαίνει σε ισχύ από το 2014. Οι σχετικές προδιαγραφές, με την εξαίρεση των σιδηροδρομικών κινητήρων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.5α. Για τους σιδηροδρομικούς κινητήρες, και για ισχύ μεγαλύτερη από 130 kW, οι προδιαγραφές συνοψίζονται στον Πίνακα 1.5β.

Τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα εκπομπών για κινητήρες εκτός δρόμου συνήθως ορίζουν δύο σύνολα ημερομηνιών εφαρμογής: α) ημερομηνία έγκρισης τύπου, μετά την οποία όλα τα νέα μοντέλα που εγκρίθηκαν πρέπει να πληρούν το Πρότυπο, και β) ημερομηνία κυκλοφορίας (διάθεσης) στην αγορά (ή πρώτης δήλωσης), μετά την οποία όλοι οι νέοι κινητήρες που διατίθεται στην αγορά πρέπει να πληρούν το Πρότυπο. Οι ημερομηνίες που αναφέρονται στους πίνακες είναι οι ημερομηνίες διάθεσης στην αγορά. Στις

---

<sup>1</sup> Πρόκειται για οχήματα βιομηχανικής χρήσης με ή χωρίς σασί, με χρήση Μ.Ε.Κ., που δεν προορίζονται για μεταφορά ανθρώπων ή αγαθών. Συνολικά περιλαμβάνει: βιομηχανικά γεωτρύπανα, συμπιεστές, φορτωτές, μπουλντόζες, φορητά εκτός δρόμου, εκσκαφείς εθνικών δρόμων, περνοφόρα οχήματα, εξοπλισμό συντήρησης δρόμων, εκχιονιστικά μηχανήματα, χερσαίο εξοπλισμό υποστήριξης αεροδρομίων, εναέριους αναβατήρες, φορητούς γεραμούς, γεωργικούς ελκυστήρες, δασικούς ελκυστήρες που είχαν τα ίδια πρότυπα εκπομπών αλλά διαφορετικές ημερομηνίες εφαρμογής (Οδηγία 2000/25/EC), κινητήρες πλοίων και σιδηροδρομικές μηχανές.

Παρόμοια ισχύουν και για τους αέριους ρύπους ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HC}$ , Σχήματα 2.1β και 2.1γ), αν και σε μικρότερη έκταση, ακόμα και για το θόρυβο (καύσης). Σε περιπτώσεις απότομων και μεγάλου μεγέθους αυξήσεων φορτίου, οι παραπάνω υπερακοντίσεις ρύπων είναι ακόμα πιο ακραίες. Από την άλλη πλευρά, κατά τη διάρκεια της κρύας εκκίνησης (οπότε και δεν λειτουργεί ακόμα το όποιο σύστημα αντιρύπανσης), εκτινάσσονται οι εκπομπές  $\text{CO}$  και  $\text{HC}$ , τόσο σε κινητήρες πετρελαίου όσο και βενζίνης.



**Σχήμα 2.1γ.** Εκπομπές  $\text{CO}$  κατά τη θερμή και ψυχρή εκκίνηση στροβιλο-υπερπληρωμένου κινητήρα Diesel [5]

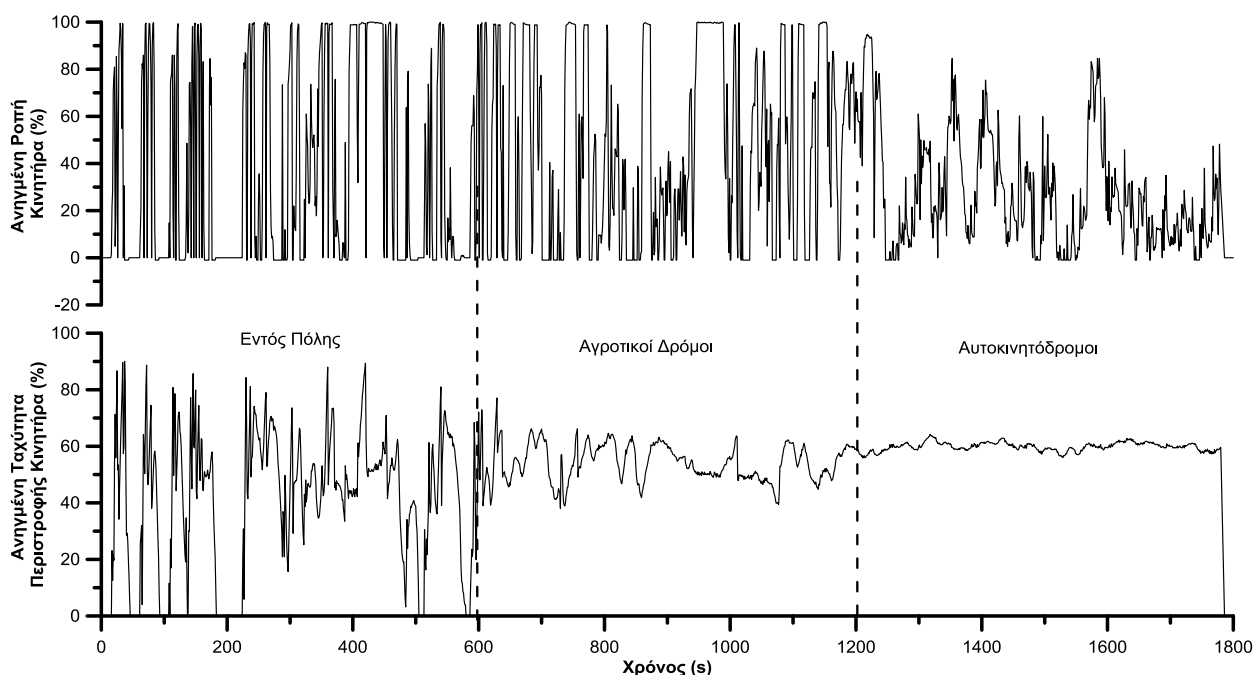
Η διεθνής επιστημονική κοινότητα καταρχήν και οι Αρχές στη συνέχεια, αναγνώρισαν την τεράστια σημασία που έχει η λειτουργία των εμβολοφόρων κινητήρων (οχημάτων) σε μεταβατικές συνθήκες (δηλ. σε μεταβλητές συνθήκες στροφών και φορτίου) όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων, και έτσι τροποποιήθηκε η διαδικασία δοκιμής, με την εισαγωγή μεταβατικών Κύκλων Πόλης (Transient ή Driving Cycles).

Οι μεταβατικοί αυτοί Κύκλοι χαρακτηρίζονται συνήθως από μακρά διάρκεια (μέχρι και 30 λεπτά), και συμπεριλαμβάνουν συνεχείς αλλαγές ταχυτήτων και φορτίων κάτω από ποικίλες συνθήκες λειτουργίας. Ένας μεταβατικός Κύκλος Πόλης είναι μία ακολουθία σημείων δοκιμής, το κάθε ένα σε μια καθορισμένη ταχύτητα οχήματος (για την περίπτωση δοκιμής ολόκληρου του αυτοκινήτου), ή σε μια καθορισμένη ταχύτητα περιστροφής και ροπή του κινητήρα (για την περίπτωση δοκιμής μόνο του κινητήρα) σε μεταβατικές συνθήκες λειτουργίας. Τα σημεία δοκιμής είναι διαιρεμένα σε χρονικά βήματα, συνήθως ανά ένα δευτερόλεπτο, κατά τη διάρκεια των οποίων η επιτάχυνση/μεταβολή φορτίου θεωρείται γραμμική. Αυτού του τύπου η τυποποίηση είναι απαραίτητη δεδομένου ότι καθίσταται δυνατή η σύγκριση διαφορετικών οχημάτων ή κινητήρων που πραγματοποιούν την ίδια λειτουργία. Για να είναι οι μετρήσεις (εκπομπών

Όπως και ο αντίστοιχος μεταβατικός Κύκλος WHTC (βλέπε επόμενη Παράγραφο 2.3.5), εξελίχθηκε από ειδική επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών λαμβάνοντας υπόψιν τις οδηγικές και κυκλοφοριακές συνθήκες σε Ευρωπαϊκή Ένωση, Η.Π.Α., Ιαπωνία και Αυστραλία. Ο Κύκλος πραγματοποιείται με τον κινητήρα θερμό (δεν περιλαμβάνει δηλαδή ψυχρή εκκίνηση, όπου έχουμε υψηλότερες εκπομπές κυρίως CO, HC αλλά και σωματιδίων, όχι όμως και NO<sub>x</sub>), και τίθεται σε ισχύ μαζί με τον WHTC, ταυτόχρονα με την ενεργοποίηση του Προτύπου Εκπομπών Euro 6 το 2014, ή το αργότερο το 2015.

### **2.3.5 Μεταβατικοί Κύκλοι Δοκιμής**

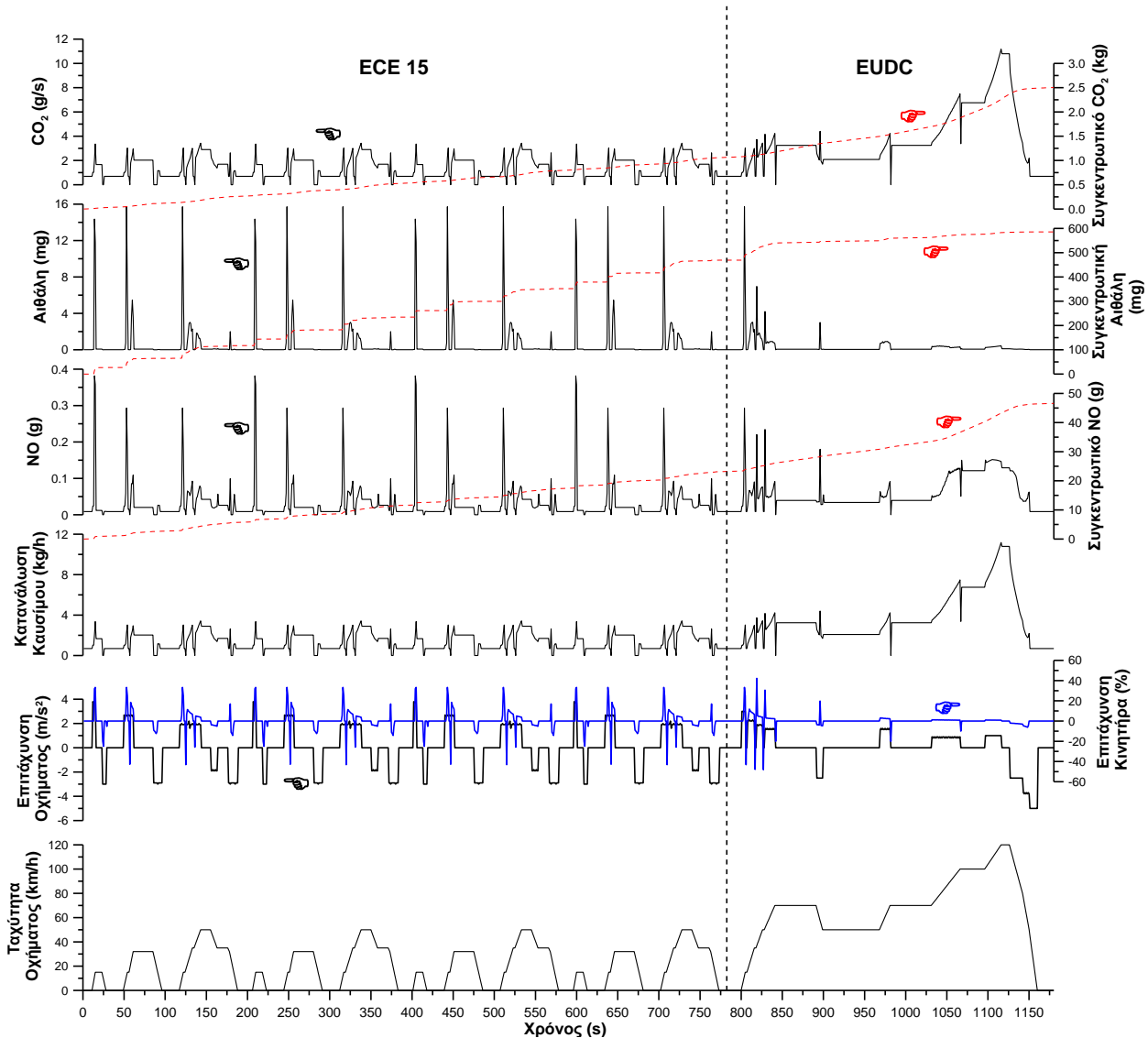
Ο μεταβατικός Κύκλος Δοκιμής ή Κύκλος Πόλης ETC (European Transient Cycle) εισήχθη μαζί με τον ESC για την πιστοποίηση των εκπομπών κινητήρων βαρέων οχημάτων στην Ε.Ε. από το έτος 2000 (Οδηγία 1999/96/EC, Πρότυπο εκπομπών Euro III)· οι κύκλοι ETC και ESC αντικατέστησαν την προηγούμενη δοκιμή R49.



**Σχήμα 2.9α.** Κύκλος Πόλης ETC (European Transient Cycle) διάρκειας 1800 s, για την πιστοποίηση κινητήρων βαρέων οχημάτων στην Ε.Ε.· αποτελείται από τρία ίσης διάρκειας (600 s) κομμάτια: εντός πόλης, σε αγροτικό δρόμο και σε αυτοκινητόδρομο

Ο Κύκλος ETC, Σχήμα 2.9α, αναπτύχθηκε από το ινστιτούτο FIGE στο Aachen της Γερμανίας, και είναι βασισμένος σε πραγματικές μετρήσεις δρόμου (μεταβατική

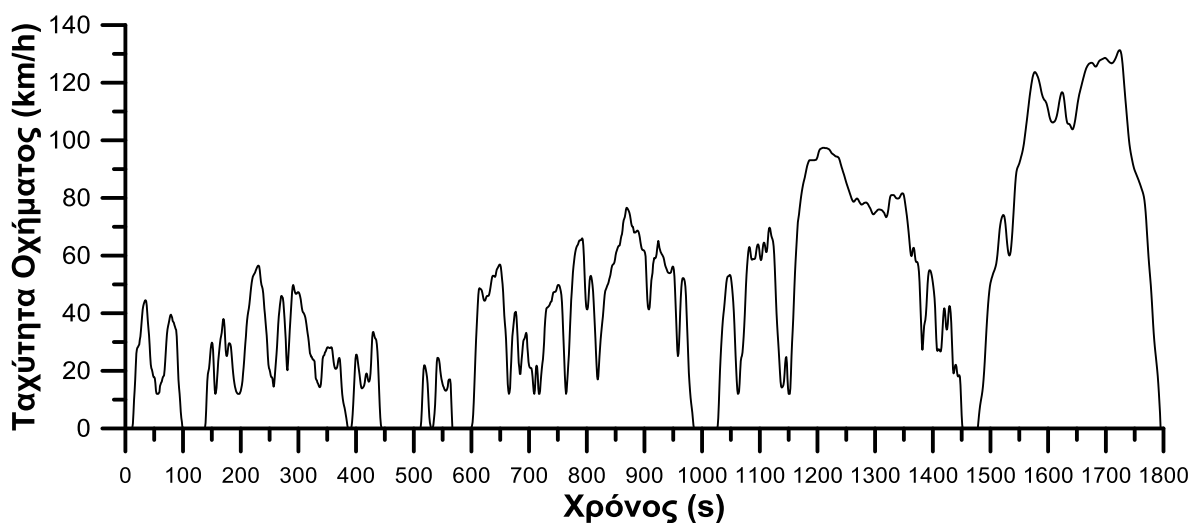
Στο Σχήμα 4.3 δίνεται η χρονική εξέλιξη των στιγμιαίων και συγκεντρωτικών (cumulative) εκπομπών αιθάλης, μονοξειδίου του αζώτου NO και διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>, αλλά και η κατανάλωση (fueling) σε kg/h για το ίδιο όχημα.



**Σχήμα 4.3.** Εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα, και κατανάλωση οχήματος ελαφρού τύπου κατά τη διάρκεια του Ευρωπαϊκού Κύκλου NEDC [11]

Είναι εμφανές ότι σε κάθε απότομη επιτάχυνση εντός του Κύκλου, παρατηρείται υπερακόντιση των εκπομπών ρύπων, η οποία ειδικά για την περίπτωση της αιθάλης είναι ιδιαίτερα σημαντική ως απόρροια του φαινομένου της υστέρησης του υπερπληρωτή [5,6]. Από την άλλη πλευρά, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ακολουθούν συστηματικά το προφίλ εξέλιξης της κατανάλωσης του καυσίμου.

### Α1.16. Παγκόσμιος Κύκλος WLTP - Κλάσης 3 επιβατικών οχημάτων και ελαφρών φορτηγών με λόγο ισχύος/βάρους > 34 kW/tn



#### Τεχνικά Χαρακτηριστικά WLTP - Κλάσης 3

Συνολική απόσταση (m)	23.262,39	
Συνολική διάρκεια (s)	1800	
Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	131,3	
Μέση (συνολικά) ταχύτητα (km/h) / % της μέγιστης	46,52 / 35,4	
Μέση ταχύτητα οδήγησης (km/h) / % της μέγιστης	53,21 / 40,5	
Μέση επιτάχυνση (m/s <sup>2</sup> )	0,422	
Μέση επιβράδυνση (m/s <sup>2</sup> )	-0,440	
Μέγιστη επιτάχυνση (m/s <sup>2</sup> )	1,750	
Διάρκεια οδήγησης (s) / (%)	1574	87,44
Διάρκεια πορείας με σταθερή ταχύτητα (cruising) (s) / (%)	82	4,56
Συνολική διάρκεια επιτάχυνσης (s) / (%)	762	42,33
Συνολική διάρκεια επιβράδυνσης (s) / (%)	730	40,56
Διάρκεια στάσης (s) / (%)	226	12,56
Συνολικός αριθμός επιταχύνσεων	57	
Επιταχύνσεις ανά km / ανά min	2,45 / 1,90	
Αριθμός ακινητοποιήσεων	8	
Ακινητοποιήσεις ανά km	0,34	
Διάρκεια μέσης ακινητοποίησης (s)	28,25	