



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

ΤΣΙΛΙΜΙΓΚΡΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΘ. ΠΡΑΠΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Αφιερώνεται σε όλους τους
Καθηγητές και
Φοιτητές του τμήματος Οχημάτων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο **‘Τεχνολογίες προστασίας περιβάλλοντος για οχήματα’** εκπονήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012, κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, στη Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών του τμήματος Οχημάτων.

Οφείλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Πράπα Δημήτριο τόσο για την ανάθεση όσο και για την επίβλεψη της παρούσας εργασίας καθώς και για τις χρήσιμες υποδείξεις του, οι οποίες ήταν ιδιαίτερα πολύτιμες κατά την συγγραφή της. Επίσης, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω το προσωπικό της βιβλιοθήκης του Α.Τ.Ε.Ι.Θ. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω σε όσους συνεργάστηκαν συμπληρώνοντας τα ερωτηματολόγια.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη της εκπομπής ρύπων, των θεσμοθετημένων σχετικών ορίων καθώς και των εφαρμοζόμενων τεχνολογιών αντιρρύπανσης σε οχήματα που διαθέτουν μηχανή εσωτερικής καύσης.

Στην αρχή γίνεται μία γενική αναφορά σε ιστορικά στοιχεία εξέλιξης των τεχνολογιών αντιρρύπανσης. Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι κυριότερες πηγές εκπομπής ρύπων από ένα όχημα και γίνεται μία γενική αναφορά στις προδιαγραφές εκπομπής ρύπων (κατά EURO).

Το κεφάλαιο 3 πραγματεύεται διάφορα συστήματα σύγχρονων τεχνολογιών αντιρρύπανσης των βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων, καθώς και διάφορες τεχνικές μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων. Το κεφάλαιο 4 περιλαμβάνει μια έρευνα σε συνεργεία αυτοκινήτων και σε ιδιωτικά ΚΤΕΟ, που διεξήχθη με τη συμπλήρωση κατάλληλων ερωτηματολογίων.

Τέλος στον επίλογο επισημαίνεται η αναγκαιότητα περαιτέρω βελτίωσης των συστημάτων αντιρρύπανσης, που μπορεί να προέλθει από τη βαθύτερη μελέτη τόσο των χαρακτηριστικών των καυσίμων όσο και της λειτουργίας των κινητήρων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 1	
Ιστορική εξέλιξη των τεχνολογιών απορρύπανσης σε οχήματα.....	2
Κεφάλαιο 2	
Πηγές εκπομπής ρύπων σε οχήματα	
2. 1 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	4
2.1.1 Πηγές ρύπανσης από τα αυτοκίνητα.....	5
2.1.2 Το νέφος και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.....	10
2.2 Καύση.....	12
2.2.1 Καύση σε βενζινοκινητήρα.....	13
2.2.2 Καύση σε πετρελαιοκινητήρα.....	13
2.2.3 Στοιχειομετρική αναλογία (λ).....	14
2.3 Καυσαέρια.....	18
2.3.1 Σύσταση Καυσαερίων.....	18
Μη τοξικά αέρια.....	18
Άζωτο(N ₂)	18
Οξυγόνο(O ₂).....	18
Υδρατμοί(H ₂ O).....	18
Διοξείδιο του άνθρακα(CO ₂).....	19
Τοξικά αέρια.....	19

Όζον(O ₃).....	21
2.4 Ρυπαντές από οχήματα.....	21
2.4.1 Μονοξείδιο του άνθρακα(CO).....	21
2.4.2 Διοξείδιο του άνθρακα(CO ₂).....	23
2.4.3 Σωματίδια.....	24
2.4.4 Υδρογονάνθρακες.....	25
2.4.5 Οξείδια του αζώτου.....	25
2.4.6 Διοξείδιο του θείου.....	26
2.5 Ηχητική ρύπανση.....	27
2.5.1 Κατηγορίες θορύβων.....	27
2.5.2 Θόρυβος και αυτοκίνητο.....	28
2.6 Νομοθεσία.....	29
2.6.1 Όρια εκπομπών κατά EURO σε επιβατικά και φορτηγά οχήματα.....	34

Κεφάλαιο 3

Σύγχρονες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες

3.1 Καταλύτες και συστήματα κατάλυσης.....	36
3.1.1 Τι είναι καταλυτικός μετατροπέας.....	36
Λειτουργικά χαρακτηριστικά καταλυτικού μετατροπέα.....	38
3.1.2 Κατάταξη καταλυτών ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους.....	40
Καταλύτες με μεταλλικά σφαιρίδια (pellets).....	40
Καταλύτες με κεραμικό μονόλιθο.....	40
Μεταλλικοί μονόλιθοι καταλύτες.....	42
Σύγκριση μεταλλικών και κεραμικών καταλυτών.....	42
3.1.3 Συστήματα κατάλυσης.....	44
Τριοδικός καταλύτης (μιας κλίνης).....	44

Αναγωγικός καταλύτης.....	46
Οξειδωτικός καταλύτης (διοδικός).....	46
Τριοδικός καταλύτης με συνδυασμό οξειδωτικού καταλύτη.....	47
3.2 Συστήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας σε βενζινοκίνητα οχήματα.....	48
3.2.1 Σύστημα περιορισμού εκπομπών HC από τον εξαεριοτή και το δοχείο καυσίμου.....	48
3.2.2 Σύστημα περιορισμού εκπομπών HC από το κάρτερ PCV (Positive crankcase ventilation).....	49
3.2.3 Σύστημα ανακυκλοφορίας των καυσαερίων EGR (Exhaust gas recirculation).....	49
Λειτουργία βαλβίδας EGR	50
Τύποι βαλβίδων EGR.....	51
Βαλβίδες υποπίεσης.....	51
Ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες.....	52
3.2.4 Καταλυτικά συστήματα ελέγχου εκπομπών.....	54
Αισθητήρας οξυγόνου ή λήπτης λάμδα (lamda sensor).....	54
Αισθητήρας λ ζirkονίου.....	55
Αισθητήρας λ ευρείας εμβέλειας (Wide Range).....	56
Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας.....	57
Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα.....	58
3.2.5 Σύστημα αυτοδιάγνωσης OBD (Onboard diagnostics).....	60
3.3 Συστήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας σε κινητήρες diesel.....	61
3.3.1 Ο καταλύτης σε κινητήρα Diesel.....	61
3.3.2 Σύστημα ανακυκλοφορίας των καυσαερίων EGR σε κινητήρες Diesel.....	62
Σύστημα χαμηλής πίεσης.....	63

Σύστημα υψηλής πίεσης.....	64
Μηχανισμοί του EGR που επιδρούν στις εκπομπές ρύπων και τη λειτουργία του κινητήρα Diesel.....	67
3.3.3 Σύστημα εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής (Selective Catalytic Reduction, SCR).....	68
Σύστημα SCR με αναγωγικό μέσο αμμωνία NH ₃	70
Σύστημα SCR με αναγωγικό μέσο ουρία CO (NH ₂) ₂	70
Πρόσθετο AdBlue.....	71
3.3.4 Παγίδες NO _x	72
Λειτουργία παγίδας NO _x	73
Σύστημα NSR (NO _x , Storage and Reduction).....	74
3.3.5 Συστήματα κατακράτησης της αιθάλης.....	75
3.3.6 Συστήματα αναγέννησης παγίδων αιθάλης.....	77
Σύστημα συνεχούς αναγέννησης CRT.....	77
Καταλυτικά επικαλυμμένα φίλτρα CDPF.....	78
Σύστημα καταλύτη εντός καυσίμου FBC.....	79
3.3.7 Ανοικτά φίλτρα αιθάλης (FTF).....	79

Κεφάλαιο 4

Ερωτηματολόγιο

4.1 Βασικά στοιχεία διαμόρφωσης και συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου.....	81
4.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων έρευνας.....	86

Επίλογος.....	93
----------------------	-----------

Βιβλιογραφία – Διαδικτυακοί τόποι	95
------------------------------------------------	-----------

Παράρτημα	97
------------------------	----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογία προστασίας περιβάλλοντος ασχολείται με τις εφαρμογές της επιστήμης που σχετίζονται με επίλυση των προβλημάτων προστασίας περιβάλλοντος. Ασχολείται επίσης με τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις οποιασδήποτε τεχνολογικής λύσης που άπτεται μερικών θεμάτων σχετικών με τη δημόσια υγεία.

Ειδικότερα, για την επίλυση προβλημάτων ρύπανσης του περιβάλλοντος, που αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, χρειάζεται να κατανοήσουμε πλήρως το περιβαλλοντικό σύστημα εντός του οποίου εστιάζεται το πρόβλημα. Γι' αυτό επιβάλλεται μια θεώρηση των παραγόντων που απαρτίζουν το συγκεκριμένο περιβαλλοντικό σύστημα και την αλληλεπίδραση του με τα λοιπά συστήματα, με αφετηρία τις διάφορες πρωτογενώς εκπεμπόμενες ρυπογόνους ουσίες, κοινώς ρύπους. Από τις αέριες ρυπογόνους ουσίες, οι κυριότερες είναι τα NO_x , CO και HC . Τα επίπεδα συγκέντρωσής τους στα καυσαέρια της εξαγωγής των εμβολοφόρων κινητήρων είναι νομοθετημένα σε πολλές χώρες με πρωτοπόρες τις Ε.Ε., Η.Π.Α. και Ιαπωνία, ακολουθώντας πρότυπες συσκευές και μεθόδους μέτρησης. Οι τρεις αυτοί κύριοι αέριοι ρύποι εμφανίζονται και στις δύο κατηγορίες εμβολοφόρων κινητήρων, δηλαδή Diesel και Otto, παρουσιάζουν όμως αρκετά σημαντικές διαφορές ως προς τη συγκέντρωσή τους στο καυσαέριο της εξαγωγής.

Εκτός των παραπάνω τριών υπάρχουν και άλλοι ρύποι που σχηματίζονται δευτερογενώς, όπως για παράδειγμα το όζον (O_3) που προκύπτει με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας επί των πρωτογενών ρύπων.

Τα τελευταία χρόνια, γίνονται προσπάθειες για μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων χρησιμοποιώντας εναλλακτικά καύσιμα όπως βιοκαύσιμα, υγραέριο, κυψέλες καυσίμου, υβριδικά οχήματα κ.ά., διότι οι παραπάνω τεχνολογίες υπόσχονται μεταξύ άλλων μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος. Ο σχεδιασμός τέτοιων συστημάτων διέπεται από αυστηρούς κανονισμούς.

Στην εργασία αυτή θα γίνει αναφορά στους μηχανισμούς σχηματισμού των κύριων ρύπων και στη συνέχεια στις υφιστάμενες τεχνολογίες και συστήματα μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων για κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου, καθώς και στην επίδραση των διαφόρων παραμέτρων στη ρύπανση του περιβάλλοντος.

1. Ιστορική εξέλιξη των τεχνολογιών απορρύπανσης σε οχήματα

Η ιδέα εφαρμογής κάποιας αντιρρυπαντικής τεχνολογίας για την ελαχιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων από οχήματα υπήρχε από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται, ως ιστορική αναδρομή, μερικά στοιχεία σχετικά με τις διάφορες τεχνολογίες και τις τεχνικές ελέγχου και μείωσης των οχηματογενών ρύπων.

Το μεγαλύτερο ποσοστό εκπεμπόμενων ρύπων σε βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα περιέχεται στα εξερχόμενα καυσαέρια από το σιγαστήρα, καταχρηστικά «εξάτμιση», του οχήματος. Πρόσθετες εκπομπές ρύπων συνδέονται με τις αναθυμιάσεις του στροφαλοθαλάμου, το σύστημα παρασκευής μίγματος βενζίνης-αέρα με καρμπυρατέρ, το ντεπόζιτο καυσίμου, τα έντονα τριβόμενα υλικά του οχήματος όπως τα ελαστικά, τα τακάκια φρένων κ.ά. Ενδεικτικά ως προς τους ρύπους καυσαερίων των βενζινοκίνητων οχημάτων, με τη χρήση καταλυτικού μετατροπέα στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων επιτεύχθηκε μείωση κατά δέκα (10) περίπου φορές των τριών κύριων ρυπαντών, ήτοι αναλυτικά των: άκαυστων υδρογονανθράκων-HC, των οξειδίων του αζώτου-NO_x και του μονοξειδίου του άνθρακα-CO.

Οι πρώτες προσπάθειες για εφαρμογή καταλυτικών μετατροπέων έγινε στα τέλη της δεκαετίας του '50 στις ΗΠΑ. Οι μελέτες διεξήχθησαν κατά κύριο λόγο από κατασκευαστές καταλυτών σε συνεργασία με κατασκευαστές συστημάτων μείωσης θορύβου του σιγαστήρα («εξάτμισης»). Οι προσπάθειες εκείνες δεν απέδωσαν γιατί θεωρήθηκε εναλλακτικά οικονομικότερη η τροποποίηση του κινητήρα για χρήση φτωχού μίγματος.

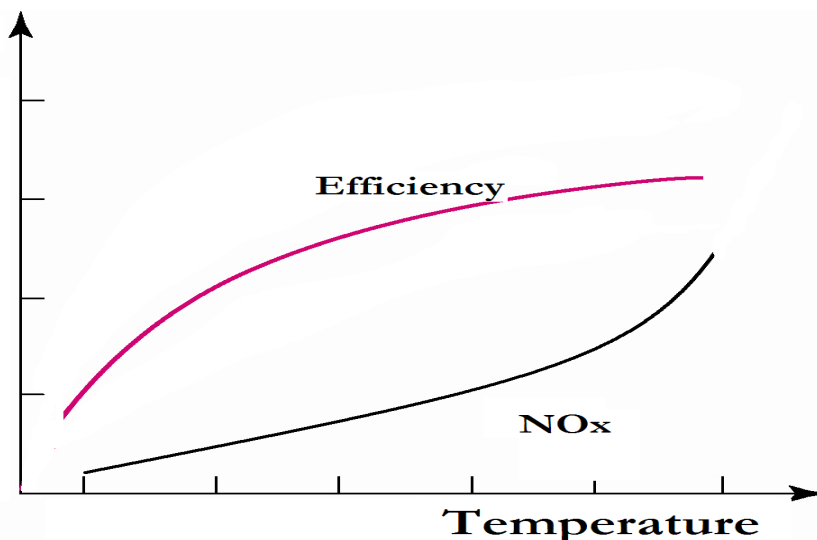
Το 1967 ξεκίνησε μια μεγάλη ερευνητική προσπάθεια για τη μείωση εκπομπών του αυτοκινήτου με την βοήθεια του καταλύτη. Στην προσπάθεια αυτή συμμετείχαν η Ford Motor Company και η Mobil Oil Corporation, με τη προσθήκη αργότερα άλλων πετρελαιοβιομηχανιών των ΗΠΑ και αυτοκινητοβιομηχανιών της Ευρώπης και Ιαπωνίας.

Τα επόμενα χρόνια Ευρωπαϊκές εταιρίες κατασκευής εξαρτημάτων αυτοκινήτων άρχισαν την παραγωγή καταλυτικών μετατροπέων. Από το 1974, η πλειονότητα των αυτοκινήτων των ΗΠΑ ήταν εφοδιασμένη με την πρώτη γενιά καταλυτών για τη μείωση των εκπομπών του μονοξειδίου του άνθρακα και των άκαυστων υδρογονανθράκων. Το 1978 η General Motors προώθησε στην αγορά αυτοκίνητα με τριοδικούς καταλύτες, που επιπλέον μετατρέπουν το NO σε άζωτο και οξυγόνο. Παράλληλα, οι αυτοκινητοβιομηχανίες της Γερμανίας παρουσίασαν καταλυτικά αυτοκίνητα στην αγορά των ΗΠΑ ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του '70. Η είσοδος των οχημάτων αυτών στην αγορά της Ευρώπης έγινε το 1984 ενώ στην Ελλάδα τα πρώτα καταλυτικά αυτοκίνητα εμφανίζονται το 1987.

Μια σημαντική μέθοδος απορρύπανσης είναι η ανακύκλωση των καυσαερίων (exhaust gas recirculation, EGR), που εισήχθη στις αρχές του '70. Ειδικότερα,

μειώνοντας την θερμοκρασία μέσα στο χώρο καύσης σε μερικά φορτία λειτουργίας, η ελεγχόμενη από τη βαλβίδα EGR ανακύκλωση καυσαερίων του κινητήρα είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση σχηματισμού των NO_x , που επιβαρύνουν σημαντικά τη ρύπανση του ατμοσφαιρικού του αέρα.

Οι πρώτες βαλβίδες EGR εμφανίστηκαν το 1973 στα αυτοκίνητα της GM. Βρισκόταν στην πολλαπλή εισαγωγής δίπλα στον εξαερωτήρα, στους αυλούς της πολλαπλής εισαγωγής και εξάτμισης. Μέχρι το 1975, εάν αποσυνδέαμε μια EGR βαλβίδα θα υπήρχε μια μη ορθή λειτουργική συμπεριφορά του κινητήρα που συνεπαγόταν αύξηση της θερμοκρασίας καύσης και κατά συνέπεια τη δημιουργία του χαρακτηριστικού μεταλλικού θορύβου της μηχανής (κρουστική καύση). Οι κατασκευαστές και οι τεχνικοί εκείνης της εποχής πειραματίστηκαν σχετικά με το πότε πρέπει η βαλβίδα EGR να επιτρέπει την ανακυκλοφορία των καυσαερίων σε σχέση με το φορτίο και τις στροφές του κινητήρα, προκειμένου να βρουν μια συμβιβαστική κατάσταση μεταξύ των καθαρότερων καυσαερίων, της απόδοσης και της ασφαλούς λειτουργίας του κινητήρα. Δυστυχώς, η θερμοδυναμική απαίτηση για υψηλές θερμοκρασίες καύσης προς επίτευξη υψηλού βαθμού απόδοσης συγκρούεται με την απαίτηση χαμηλών θερμοκρασιών καύσης για τη μείωση σχηματισμού των NO_x – βλ. Σχ. 1.1.



Σχήμα 1.1 Ποιοτική εξάρτηση του βαθμού απόδοσης (efficiency) και του ποσοστού των εκπεμπόμενων NO_x από τη θερμοκρασία (Temperature) του θαλάμου καύσης.

Μέχρι το 1981 ήταν σε ισχύ τα συστήματα κλειστού βρόχου, με έλεγχο μέσω υπολογιστή. Μεταγενέστερα ελέγχθηκε ακριβέστερα η ροή καυσαερίων, με τις διπλές βαλβίδες EGR διαφραγμάτων και τις βαλβίδες υποπίεσης. Διαμορφώνοντας το κενό στο τράβηγμα της βαλβίδας EGR, το ανοικτό διάφραγμα έλεγξε τη ροή του ανακυκλούμενου καυσαερίου.

2. Πηγές εκπομπής ρύπων σε οχήματα

2.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Με τον όρο ατμοσφαιρική ρύπανση νοείται ευρύτερα η διοχέτευση και παρουσία ποικίλων ρύπων στην ατμόσφαιρα, δηλαδή κάθε είδους υλικών ουσιών, θορύβου, μηχανικών ταλαντώσεων, ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε συγκέντρωση που να προκαλούνται ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης, με δυνητικά δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου, άλλων ζωντανών οργανισμών και ενός οικοσυστήματος γενικότερα (Σχ. 2.1). Οι παραπάνω αντίξοες συνθήκες, που καθιστούν το περιβάλλον ακατάλληλο για διάφορες χρήσεις, μπορεί να είναι αισθητές ή όχι από τα ανθρώπινα αισθητήρια, καθώς κάποιοι ρύποι μπορεί να είναι αόρατοι, άοσμοι και μη ακουστοί.

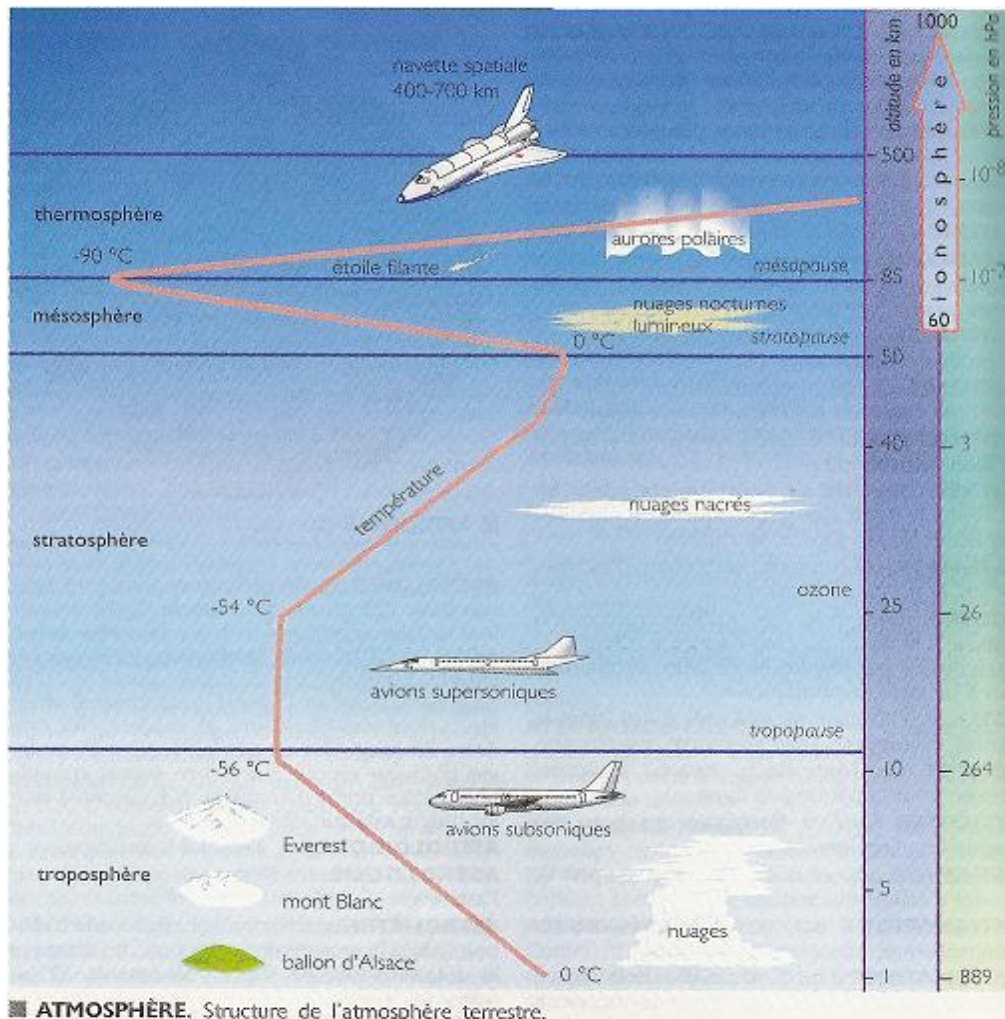
Τα επίπεδα ρύπανσης εκφράζονται συνήθως με διάφορες μονάδες συγκέντρωσης, αναλυτικά: για μεγάλες συγκεντρώσεις σε % κατ' όγκο, για μικρές συγκεντρώσεις σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για πολύ μικρές συγκεντρώσεις (ίχνη) σε μέρη ανά εκατομμύριο όγκου ή απλά μέρη ανά εκατομμύριο ppm (κατά την αγγλική σύντμηση $\text{ppmv} = \text{Parts Per Million by Volume}$, ή απλά ppm). Συγκέντρωση 1 ppm αντιστοιχεί σε μία μονάδα όγκου του ρύπου ανά 10^6 μονάδες όγκου αέρα. Παρ' όλο που συγκέντρωση ίση με 1 ppm ακούγεται υπερβολικά μικρή, για κάποιους βλαπτικούς αέριους ρύπους που απαντώνται στην ατμόσφαιρα μπορεί να υπερβαίνει τις συνηθισμένες ή κατά περίπτωση τις αποδεκτές τιμές. Γι αυτό το λόγο σε πολλές περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις ενός ρύπου μετρώνται σε μέρη ανά δισεκατομμύριο όγκου (ή ppb). Οι συγκεντρώσεις των σωματιδιακών ρύπων, αλλά και των αερίων ρύπων μετρώνται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Οι κύριες πρωτογενείς πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Φυσικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι: περιλαμβάνονται η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η θαλάσσια δραστηριότητα, σκόνη από απογυμνωμένο έδαφος, καθώς και η κοσμική ακτινοβολία και οι μετεωρίτες. Στους φυσικούς ρύπους περιλαμβάνονται τυπικά οι εξής: ποικίλα οργανικά και μη αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο του άνθρακα, χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα, υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο, μεθάνιο κ.λ.π.
- Ανθρωπογενείς ατμοσφαιρικοί ρύποι: βιομηχανικές πηγές (καύσεις, διάφορες επεξεργασίες υλικών), παραγωγή και μεταφορά ενέργειας, μεταφορές, κεντρική θέρμανση, πυρκαγιές, κ.ά.

Στις μεγαλουπόλεις η σημαντικότερη πηγή εκπομπής αερίων ρύπων είναι τυπικά η κυκλοφορία οχημάτων, ενώ ακολουθούν συνήθως η κεντρική θέρμανση και η βιομηχανία. Στα αστικά κέντρα η κυκλοφορία οχημάτων συμμετέχει στις περισσότερες περιπτώσεις σε μεγαλύτερο ποσοστό στους

εισπνεόμενους από τον άνθρωπο αέριους ρύπους, σε σχέση με τις άλλες δύο πηγές εκπομπής, αφού η κυκλοφορία είναι κατανεμημένη σε όλη την έκταση κάθε πόλης και βρίσκεται πολύ κοντά στον άνθρωπο.



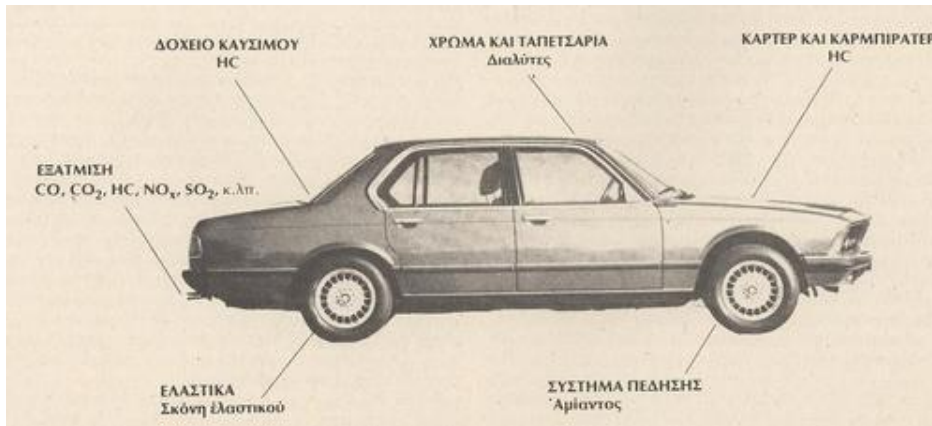
Σχήμα 2.1 Η γήινη ατμόσφαιρα

2.1.1 Πηγές ρύπανσης από τα αυτοκίνητα

Μέσα στην πληθώρα των ρυπογόνων δραστηριοτήτων μιας σύγχρονης πόλης, η χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου αποτελεί συνήθως την σημαντικότερη συνεισφορά του πολίτη στη γενικότερη ρύπανση της περιοχής, ειδικά δε στην αέρια ρύπανση. Παρά την μικρή σχετικά συνεισφορά κάθε μεμονωμένου αυτοκινήτου, η συνολική ρύπανση από τον μεγάλο αριθμό τους αποτελεί συχνά τη μεγαλύτερη απειλή για την ποιότητα του αέρα στις μεγαλουπόλεις.

Η απαραίτητη ισχύς για την κίνηση του αυτοκινήτου προέρχεται από την καύση του καυσίμου σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Η λειτουργία των αυτοκινήτων επιβαρύνει το περιβάλλον με διάφορες μορφές ρύπανσης, τόσο από τα προϊόντα της καύσης (τυπικά από την εξάτμιση του αυτοκινήτου) όσο και από άλλες πηγές. Λιγότερο ίσως σημασίας είναι η θερμική και ηχητική

ρύπανση, π.χ. η χρήση σιγαστήρων στο σύστημα εξαγωγής των κινητήρων περιορίζει τον θόρυβο. Σημαντικότερη όμως είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας, με ρύπους που προέρχονται από διάφορες πηγές – βλ. Σχ. 2.2.



Σχήμα 2.2 Πηγές ρύπων στο αυτοκίνητο

- Ρύποι περιεχόμενοι στο καυσαέριο, στο σύστημα εξαγωγής του κινητήρα.
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες από τον εξαεριστή (καρμπυρατέρ) και το σύστημα εξαερισμού του δοχείου καυσίμου (ντεπόζιτο).
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες από τον αγωγό εξαερισμού της ελαιολεκάνης (κάρτερ) του κινητήρα, με μορφή: (α) ατμών λιπαντικού, και (β) ποσοτήτων καυσαερίων και άκαυστου μίγματος, που διεισδύουν μέσω των ελατηρίων πίεσης από το θάλαμο καύσης στο στροφαλοθάλαμο.
- Σκόνη και σωματίδια ελαστικού, από την φθορά των ελαστικών κατά την κίνηση.
- Ατμοί διαλυτικών ουσιών (ουσιαστικά υδρογονάνθρακες) από τα χρώματα και τις ταπετσαρίες της καμπίνας επιβατών.
- Σκόνη αμιάντου και άλλων ουσιών, από την φθορά των υλικών του συστήματος πέδησης.

Σημαντικές εκπομπές ρύπων προέρχονται από την εξάτμιση των υδρογονανθράκων, ιδιαίτερα σε παλαιά βενζινοκίνητα οχήματα κατά την διάρκεια ζεστών ημερών. Η εξάτμιση του καυσίμου γίνεται με πολλούς τρόπους:

Ημερήσια: Σχετίζεται με την ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και προκαλείται με την συστολή-διαστολή των ατμών του καυσίμου στο ρεζερβουάρ.

Κίνησης: Κατά την διάρκεια της λειτουργίας ο κινητήρας θερμαίνεται, με αποτέλεσμα να εξατμίζεται το καύσιμο και μέρος του να διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

Ακίνητοποίησης: Μετά την ακίνητοποίηση του αυτοκινήτου και ενώ τα διάφορα μέρη παραμένουν θερμά, υπάρχει εξάτμιση καυσίμου από το ρεζερβουάρ και το καρμπυρατέρ.

Ανεφοδιασμού: Οι ατμοί που υπάρχουν πάντοτε στο άνω μέρος του ρεζερβουάρ καυσίμου οδηγούνται έξω όταν το αυτοκίνητο ανεφοδιάζεται με βενζίνη σε σταθμούς ανεφοδιασμού.

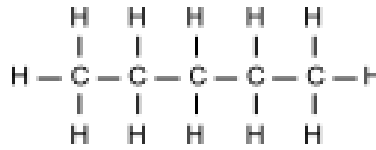
Από τις παραπάνω πηγές ρύπανσης σημαντικότερη ως προς τις ανεπιθύμητες επιδράσεις της θεωρείται το εκπεμπόμενο καυσαέριο, τουλάχιστον για τα σύγχρονα βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα. Η μακροσκοπική σύσταση του καυσαερίου είναι σχεδόν ίδια για τους δύο τύπους κινητήρων - Otto και Diesel – ποσοτικά όπως υφίστανται μικρές ενδιαφέρουσες διαφοροποιήσεις. Με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, οι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα σχηματίζουν με δευτερογενείς φωτοχημικές αντιδράσεις το όζον, ίσως το πιο επικίνδυνο συστατικό του φωτοχημικού νέφους των πόλεων.

Οι υδρογονάνθρακες συνίστανται κυρίως από άκαυστο καύσιμο, που διαφεύγει την καύση εντός του θαλάμου καύσεως. Το μίγμα αέρα/καυσίμου ψύχεται αισθητά κοντά στα τοιχώματα του κυλίνδρου και του εμβόλου με αποτέλεσμα το μίγμα να μην είναι αρκετά θερμό ώστε το μέτωπο φλόγας να φτάσει στα μεταλλικά όρια του θαλάμου καύσης, έτσι η καύση πραγματοποιείται μόνο μέχρι κάποια απόσταση από τις επιφάνειες του κυλίνδρου και του εμβόλου. Η εκπομπή υδρογονανθράκων αυξάνεται είτε όταν χρησιμοποιείται πλούσιο μίγμα είτε φτωχό, γιατί η καύση δεν πραγματοποιείται υπό ιδανικές συνθήκες αναφλεξιμότητας και διάδοσης στις δυο αυτές περιπτώσεις. Ακριβέστερα, το ελάχιστο ποσοστό εκπομπής υδρογονανθράκων επιτυγχάνεται όταν το μίγμα είναι ελαφρώς φτωχό ($\lambda=1-1.2$), οπότε υπάρχει περίσσεια οξυγόνου εφόσον τα καυσαέρια παράγονται σε επαρκώς υψηλή θερμοκρασία.

Οι υδρογονάνθρακες είναι από τους σημαντικότερους ενεργειακούς πόρους της Γης. Οι υδρογονάνθρακες είναι σημαντική πηγή παραγωγής της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας για διάφορες χρήσεις, ενώ αποτελούν το βασικό καύσιμο για τις χερσαίες, θαλάσσιες και εναέρια μεταφορές. Οι υδρογονάνθρακες έχουν "σπονδυλική στήλη" ή "σκελετό" που αποτελείται κυρίως από άνθρακα. Η πλειοψηφία των φυσικών υδρογονανθράκων βρίσκεται στο ακατέργαστο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο. Με κατάλληλες αναμορφώσεις των οργανικών αυτών ουσιών μπορεί να παραχθούν άφθονες αλυσίδες νέων προϊόντων άνθρακα και υδρογόνου.

Οι διάφοροι διαθέσιμοι υδρογονάνθρακες αποτελούν κυρίως συστατικά του αργού πετρελαίου, οι κυριότεροι των οποίων είναι:

- 1) Αλκάνια ή παραφίνες, είναι κεκορεσμένοι αλειφατικοί (δηλαδή μη κυκλικοί) υδρογονάνθρακες, αποτελώντας τις πιο απλές οργανικές ενώσεις (σχ. 2.3). Ο χημικός τύπος των ενώσεων της ομόλογης σειράς των κορεσμένων υδρογονανθράκων ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων άνθρακα (n) που περιέχουν δίνεται από τον γενικό τύπο: C_nH_{2n+2} . Η χαρακτηριστική κατάληξη στην ονοματολογία είναι – άνιο, όπως το εικονιζόμενο πεντάνιο με πέντε άτομα άνθρακα:

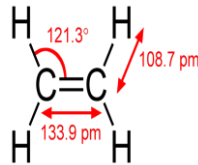


ή



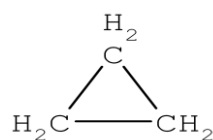
Σχήμα 2.3 Αλκάνια

- 2) Αλκένια, είναι ακόρεστοι αλειφατικοί (δηλαδή άκυκλοι) υδρογονάνθρακες με ένα διπλό δεσμό. Τα αλκένια αποτελούν ιδιαίτερη χημική ομόλογη σειρά. Τα αλκένια έχουν δύο άτομα υδρογόνου (H) λιγότερα από τα αλκάνια αφού θεωρητικά προκύπτουν από τους κορεσμένους υδρογονάνθρακες αν αφαιρεθούν δύο άτομα H από γειτονικά άτομα άνθρακα οπότε και οι μονάδες συγγένειας που περισσεύουν δημιουργούν το διπλό δεσμό άνθρακα (σχ. 2.4). Το απλούστερο αλκένιο είναι το εικονιζόμενο αιθένιο ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$):

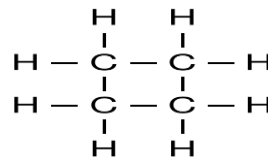


Σχήμα 2.4 Αλκένια

- 3) Κυκλοπαραφίνες ή ναφθένια, είναι οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες που περιέχουν ένα δακτύλιο. Ο γενικός τους τύπος είναι C_nH_{2n} . Μια μικρή μειοψηφία τους, όσα διαθέτουν τριμελή (δηλαδή αποτελούμενο από τρία άτομα άνθρακα) (σχ. 2.5) ή τετραμελή (δηλαδή αποτελούμενο από τέσσερα άτομα άνθρακα) δακτύλιο, δίνουν αντιδράσεις διάσπασης και προσθήκης που τα κάνουν να μοιάζουν κάπως στη χημική συμπεριφορά με τα αλκένια, αν και χρειάζονται αρκετά δραστικότερες συνθήκες για να δώσουν τελικά τις σχετικές αντιδράσεις. Τα υπόλοιπα έχουν χημική συμπεριφορά όπως τα αλκάνια.



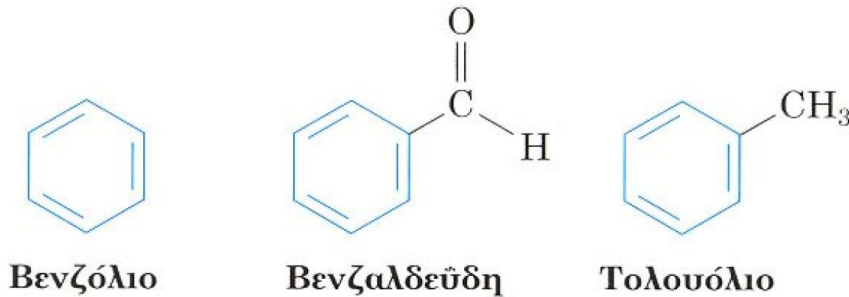
Κυκλοπροπάνιο



Κυκλοβουτάνιο

Σχήμα 2.5 Κυκλοπαραφίνες (ναφθένια)

- 4) Αρωματικοί υδρογονάνθρακες, είναι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες με γενικό χημικό τύπο C_nH_{2n-6} (ένας πυρήνας). Με άτομα άνθρακα διατεταγμένα σε ένα κλειστό δακτύλιο με τρεις διπλούς δεσμούς εναλλάξ, με κυριότερο το βενζόλιο C_6H_6 (σχ. 2.6):



Σχήμα 2.6 Αρωματικές ενώσεις

Τα καυσαέρια εξάτμισης είναι 100% υπεύθυνα για τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Επιπλέον, περιέχουν παραπάνω από το 50% περίπου των άκαυστων υδρογονανθράκων που παράγονται από το όχημα. Σ' αυτή την πηγή ρύπανσης, δηλ. στα εξερχόμενα καυσαέρια, έχει επικεντρωθεί σχεδόν όλη η υπάρχουσα νομοθεσία σχετικά με την προκαλούμενη από οχήματα ρύπανση, αφού αυτή είναι η κύρια πηγή ρύπανσης.

Διαχρονικά, οι λύσεις στο πρόβλημα των καυσαερίων των εξατμίσεων των οχημάτων υπήρξαν ποικίλες, αλλά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες: α) λύσεις που σχετίζονται με το ίδιο το καύσιμο, β) λύσεις που αφορούν το σχεδιασμό της μηχανής, και γ) λύσεις που επιδρούν πάνω στα καυσαέρια της εξάτμισης, καθώς αυτά βγαίνουν από το θάλαμο καύσης και πριν απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα.

Συμπληρωματικά, το διοξείδιο του άνθρακα, αν και ακίνδυνο για την υγεία θεωρείται από τους περισσότερους το σημαντικότερο αέριο, με μεγάλη συνεισφορά στην παγκόσμια μεταβολή του κλίματος. Η σύγχυση όμως που έχει παγιωθεί ως προς το θέμα του φαινομένου του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα ως προς το ποια πολυατομικά αέρια είναι περισσότερο υπεύθυνα γι' αυτό είναι στις μέρες μας εντυπωσιακή. Ασφαλώς η χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων ορυκτών καυσίμων από τις βιομηχανίες αποτελούν σημαντικότερη πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ποιος όμως είναι ο ρύπος που απεικονίζεται στη στερεότυπη φωτογραφία του Σχ. 2.7;

Για την βελτίωση της αντιδραστικότητας της βενζίνης (αριθμός οκτανίων), ώστε αυτή να καίγεται ομαλά μέσα στους κυλίνδρους γίνεται προσθήκη ενός χημικού πρόσθετου που ονομάζεται τετρααιθυλιούχος μόλυβδος. Το συστατικό μόλυβδος μετά την καύση της βενζίνης εξέρχεται από την εξάτμιση μαζί με τα καυσαέρια υπό μορφή διαφόρων αερίων ενώσεων του μολύβδου,

που θεωρούνται ρυπαντές του ατμοσφαιρικού αέρα και βλαβερές για την υγεία. Η σχεδίαση των σύγχρονων καταλυτικών οχημάτων για χρήση αποκλειστικά αμόλυβδης βενζίνης μειώνει συνεχώς τους οχηματογενείς ρύπους μόλυβδου. Οι ρυπαντές SO₂ και ενώσεις μόλυβδου δεν υπάρχουν στα καυσαέρια των βενζινοκινητήρων αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, γιατί η αμόλυβδη βενζίνη που χρησιμοποιείται σε αυτούς δεν περιέχει μόλυβδο και θείο, δύο στοιχεία που θα κατέστρεφαν τον καταλύτη.



Σχήμα 2.7 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων

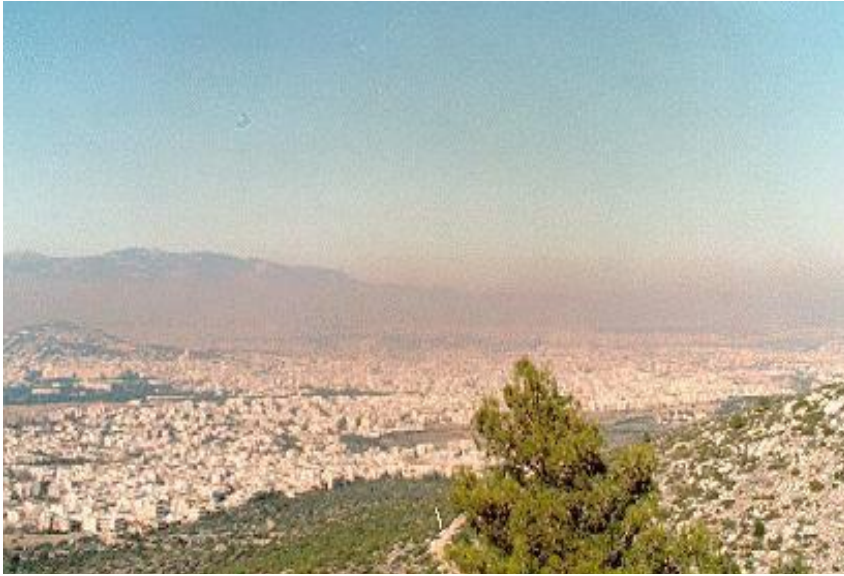
2.1.2 Το νέφος και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον

Κάτω από ορισμένες συνθήκες η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε επίπεδα που δημιουργούν αντίξοες και ανθυγιεινές συνθήκες διαβίωσης. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις έχει επικρατήσει να λέγεται ότι έχουμε «νέφος», που παρουσιάζεται με δύο μορφές:

Νέφος καπνομίχλης: Σχηματίζεται όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία.

Φωτοχημική αιθαλομίχλη: Σε πολλές σύγχρονες πόλεις η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται από εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και υδρογονανθράκων, τα οποία με την παρουσία του ηλιακού φωτός αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας την φωτοχημική αιθαλομίχλη, κοινώς

«νέφος» - (σχ. 2.8). Η φωτοχημική αιθαλομίχλη συνδέεται κυρίως με εκπομπές από τροχοφόρα οχήματα.



Σχήμα 2.8 Σχηματισμός φωτοχημικής αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα της Αθήνας

Η φωτοχημική αιθαλομίχλη εμφανίζεται στις μεγαλουπόλεις σε περιόδους με αίθριο καιρό. Γνωστότερα παραδείγματα είναι η φωτοχημική αιθαλομίχλη του Los Angeles και της Αθήνας όπου συχνά επικρατούν ιδανικές προϋποθέσεις (εκατομμύρια αυτοκίνητα, αίθριος καιρός και μεγάλη ηλιοφάνεια).

Για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα του νέφους πρέπει να γνωρίζουμε πώς δημιουργείται, από τί αποτελείται, τις επιδράσεις στο περιβάλλον και τί μπορούν να κάνουν πολιτεία και κοινωνία για την καταπολέμηση του. Κατά τα τελευταία χρόνια καταβάλλονται σημαντικές προσπάθειες, τόσο από τεχνολογική, όσο και από νομοθετική άποψη, ώστε τα προβλήματα αυτά να ελαχιστοποιηθούν. Μέτρα λαμβάνονται σε διάφορες χώρες καθώς και στην Ελλάδα, όπως:

- Βελτιωμένη ποιότητα καυσίμου – ελάττωση συγκέντρωσης μολύβδου στην βενζίνη και θείου στο diesel.
- Χρησιμοποίηση καταλύτη για τη δέσμευση των οξειδίων του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων.
- Τακτικός τεχνικός έλεγχος των αυτοκινήτων.
- Δημιουργία πεζοδρόμων στα εμπορικά κέντρα των πόλεων.
- Εξορθολογισμός των συνθηκών κυκλοφορίας, που έχει σαν συνέπεια τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος και γενικά τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

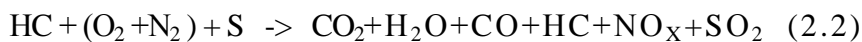
2.2 Καύση

Καύση ονομάζεται η εξώθερμη αντίδραση κάθε καύσιμου υλικού με το οξυγόνο, που συντελείται με μεγάλη ταχύτητα και με έκλυση μεγάλων ποσών θερμότητας, έτσι ώστε να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις ΜΕΚ είναι γενικά ενώσεις του άνθρακα C και του υδρογόνου H, που αποκαλούνται γενικά υδρογονάνθρακες. Ειδικότερα, τα καύσιμα των ΜΕΚ, που αποτελούν προϊόντα της κλασματικής απόσταξης του αργού πετρελαίου, είναι ένα μείγμα εκατοντάδων ενώσεων υδρογόνου και οξυγόνου, με γενικό τύπο H_nC_m όπου n και m ακέραιες τιμές. Επομένως κατά τη καύση παράγεται πάντοτε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O) – το τελευταίο αποβάλλεται συνήθως σε ατμώδη κατάσταση (σπάνια σε υγρή). Η τέλεια καύση έχει ως ακολούθως (εξ. 2.1):



(υδρογονάνθρακες)+(οξυγόνο) \rightarrow (νερό)+(διοξείδιο του άνθρακα)

Στην περίπτωση τέλει καύσης ούτε το H_2O ούτε το CO_2 θεωρούνται ρυπαντές. Στην πραγματικότητα όμως κάθε αντίδραση καύσης δεν είναι ποτέ τέλεια. Αν το καύσιμο περιέχει γενικά και θείο (S) ενώ το οξυγόνο παρέχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα η εξίσωση της πραγματικής καύσης παίρνει την ακόλουθη ποιοτική μορφή (εξ 2.2) και (σχ. 2.9):



(υδρογονάνθρακες)+(αέρας)+(θείο) \rightarrow

(διοξείδιο άνθρακα)+(νερό)+(μονοξείδιο άνθρακα)+
(υδρογονάνθρακες)+(οξείδια αζώτου)+(διοξείδιο θείου)



Σχήμα 2.9 Παραστατική μορφή της ιδανικής (ideal combustion) και της πραγματικής (real combustion) καύσης ενός καυσίμου

2.2.1 Καύση σε βενζινοκινητήρα

Ένα μίγμα αέρα και ατμών καυσίμου δημιουργείται στην πολλαπλή εισαγωγής μέσα στην οποία το καύσιμο εισάγεται είτε από το καρμπυρατέρ είτε από έναν εγχυτήρα (μπεκ). Το καύσιμο μπορεί εναλλακτικά να ψεκαστεί μέσα στον κύλινδρο στην περίπτωση κινητήρων άμεσης έγχυσης. Η καύση ξεκινά στην περιοχή του σπινθήρα, που παράγεται από το σπινθηριστή (μπουζί). Ύστερα από μια μικρή καθυστέρηση το αναπτυσσόμενο μέτωπο φλόγας διαδίδεται στο υπόλοιπο τμήμα του εκρηκτικού μίγματος, με ταχύτητα που εξαρτάται μεταξύ άλλων παραγόντων και από την υφιστάμενη τυρβώδη κίνηση του αέρα μέσα στο θάλαμο καύσης. Η ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την ταυτόχρονη αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας οι ιδιότητες του ρευστού μεταβάλλονται καθώς μετατρέπεται από ένα μίγμα αέρα και καυσίμου σε ποικιλία προϊόντων καύσης στο μέτωπο της φλόγας. Μη επιθυμητά φαινόμενα μπορεί να εμφανιστούν μέσα στο θάλαμο καύσης, όπως αυτανάφλεξη και κρουστική καύση (πειράκια), αστοχία καύσης σε περιοχή του θαλάμου κ.ά.

Δυστυχώς όμως η πλήρης καύση επιτυγχάνεται μόνο θεωρητικά. Για διάφορους λόγους στους βενζινοκινητήρες η καύση είναι ατελής. Μια μικρή ποσότητα υδρογονανθράκων δεν προλαβαίνει να καεί και εξέρχεται από τον θάλαμο καύσης υπό μορφή άκαυστων υδρογονανθράκων με γενικό συμβολισμό HC, είτε λόγω πρόωρου σβησίματος του μετώπου φλόγας κοντά σε ψυχρά τοιχώματα του θαλάμου, είτε λόγω απόκρυψης του μίγματος σε θύλακες που δεν μπορεί να εισχωρήσει το μέτωπο φλόγας, π.χ. στο διάκενο εμβόλου-κύλινδρου, είτε λόγω ατελούς στεγανότητας της βαλβίδας εξαγωγής κ.ά. Μια μικρή επίσης ποσότητα καυσίμου καίγεται μερικώς και αντί να σχηματιστεί CO₂ σχηματίζεται μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Τέλος το άζωτο του αέρα καύσης, παρότι αδρανές σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, εκδηλώνει μια τάση χημικής αντίδρασης με το οξυγόνο στις υψηλές θερμοκρασίες του θαλάμου καύσης, παράγοντας έτσι διάφορα οξείδια του αζώτου NO_x. Τα τρία παραπάνω αέρια, ήτοι HC, CO, και NO_x, θεωρούνται τα κύρια προϊόντα της ατελούς καύσης και, ως ρυπαντές, η περιεκτικότητά τους στα καυσαέρια αυτοκινήτων δεν πρέπει να περνά τα εκάστοτε νομοθετημένα όρια.

2.2.2 Καύση σε πετρελαιοκινητήρα

Ο αέρας καύσης εισάγεται στον κύλινδρο μετά την έξοδο από τον υπερπληρωτή, ο οποίος χρησιμοποιείται κατά κανόνα σε όλες τις σύγχρονες πετρελαιομηχανές. Ο λόγος συμπίεσης έχει τιμές από 14:1 ως 22:1, εξαρτώμενος από το βαθμό υπερπλήρωσης. Η πίεση κατά τη συμπίεση έχει τιμή από 40 ως 60 bar (το καύσιμο ψεκάζεται με αρκετά υψηλότερη πίεση, π.χ. πάνω από 1500 bar σε σύγχρονους πετρελαιοκινητήρες τύπου κοινού διανομέα - common rail).

Τα μικροσκοπικά σταγονίδια του υγρού ψεκαζόμενου καυσίμου σχηματίζουν αρχικά ένα επιφανειακό υμέναιο (στρώμα) μίγματος ατμών καυσίμου-αέρα και αυταναφλέγονται ύστερα από μία μικρή καθυστέρηση. Η καθυστέρηση αυτή εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του υπερπληρωτή, από το μέγεθος των σταγονιδίων του καυσίμου, κυρίως δε από τον αριθμό κετανίου του πετρελαίου. Το καύσιμο που συνεχίζει να ψεκάζεται μετά την, καθυστερημένη και βίαιη, ανάφλεξη των αρχικών σταγονιδίων αναφλέγεται σταδιακά με ταυτόχρονη αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας, ενώ η πρόοδος της καύσης εξαρτάται πλέον από την παροχή του ψεκαζόμενου καυσίμου. Η κίνηση του αέρα μέσα στο θάλαμο καύσης είναι επιθυμητή, διότι διευκολύνει την ανάμιξη φρέσκου αέρα με τα ψεκαζόμενα σταγονίδια καυσίμου.

Κατά την καύση πετρελαίου σε κινητήρες εσωτερικής καύσης (πετρελαιοκινητήρες) εμφανίζονται ως κύρια προϊόντα της καύσης τα ίδια αέρια που εμφανίζονται και κατά την καύση της βενζίνης, δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και οι υδρατμοί (H_2O). Σε μερικές ποσότητες στη σύσταση των καυσαερίων εμφανίζονται επίσης οι γνωστοί ρυπαντές: μονοξείδιο του άνθρακα (CO), άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) και οξείδια του αζώτου (NO_x). Εκτός όμως από αυτούς τους ρυπαντές, λόγω της σύστασης του πετρελαίου και των συνθηκών καύσης του μέσα στον κύλινδρο της πετρελαιομηχανής, εμφανίζονται επιπλέον και στερεά ρυπογόνα σωματίδια, αλλιώς καπνός (ή αιθάλη), ως αποτέλεσμα μιας άκρως ατελούς καύσης του καυσίμου, συνήθως υπό συνθήκες αυξημένου φορτίου (που ισοδυναμεί με αυξημένη ποσότητα ψεκαζόμενου καυσίμου).

2.2.3 Στοιχειομετρική αναλογία (λ)

Στις μηχανές εσωτερικής καύσης το μίγμα καυσίμου/αέρα πρέπει να έχει μια ορισμένη αναλογία ώστε να επιτυγχάνεται βέλτιστη ανάφλεξη και καύση (βλ. εξ. 2.3). Εάν η καύση είναι πλήρης, ολόκληρη η ποσότητα του άνθρακα και του υδρογόνου ενώνεται με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και υδρατμοί (H_2O). Η βενζίνη είναι μίγμα υγρών υδρογονανθράκων, έτσι στους βενζινοκινητήρες η αναλογία αέρα καυσίμου με την οποία επιτυγχάνεται τέλεια καύση (με βάση την εξίσωση της καύσης) είναι περίπου 14.7:1, δηλαδή για την καύση 1 Kg βενζίνης απαιτούνται 14.7 Kg αέρα.

$\lambda = \frac{\text{πραγματική ποσότητα εισερχομένου αέρα}}{\text{θεωρητικά απαιτούμενη ποσότητα αέρα}}$ (2.3)

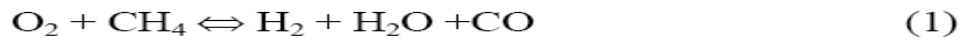
όταν $\lambda = 1$ τότε η καύση είναι στοιχειομετρική

όταν $\lambda > 1$ τότε το μίγμα περιέχει περισσότερο αέρα (φτωχό μίγμα)

όταν $\lambda < 1$ τότε το μίγμα έχει έλλειψη αέρα (πλούσιο μίγμα)

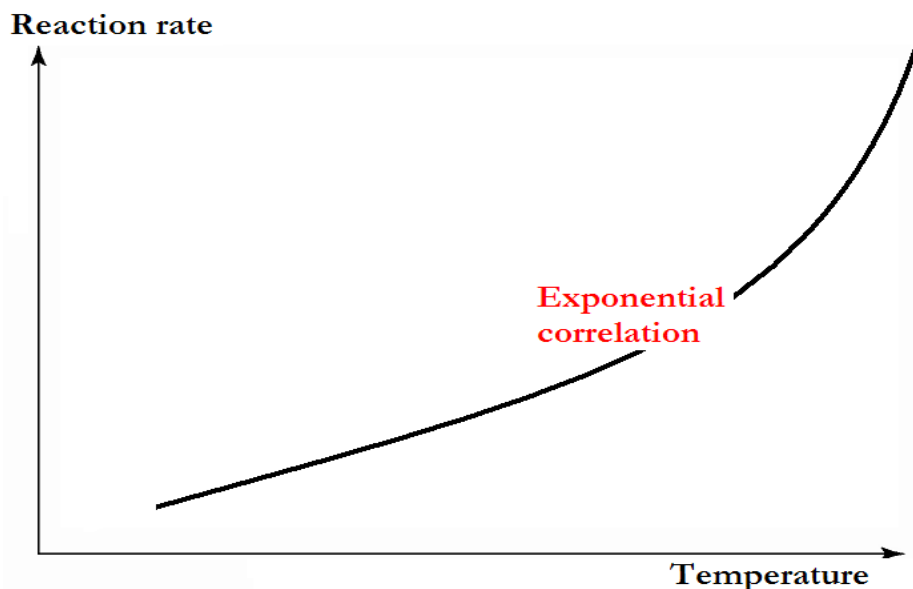
(π.χ., $\lambda = 0,92$ συνεπάγεται ότι το μίγμα έχει έλλειψη αέρα 8% από τη στοιχειομετρική ενώ $\lambda = 1,15$ συνεπάγεται ότι το μίγμα έχει περίσσεια αέρα 15% από τη στοιχειομετρική αναλογία).

Οι ενδιάμεσες χημικές αντιδράσεις μέσα στο θάλαμο καύσης είναι γενικά πολλές και απαρτίζονται από διάφορα ενδιάμεσα στάδια, ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες του θαλάμου καύσης καθιστούν μερικές αντιδράσεις αμφίδρομες, όπως ενδεικτικά φαίνεται παρακάτω (σχ. 2.10):



Σχήμα 2.10 Χημικές αντιδράσεις στο θάλαμο καύσης

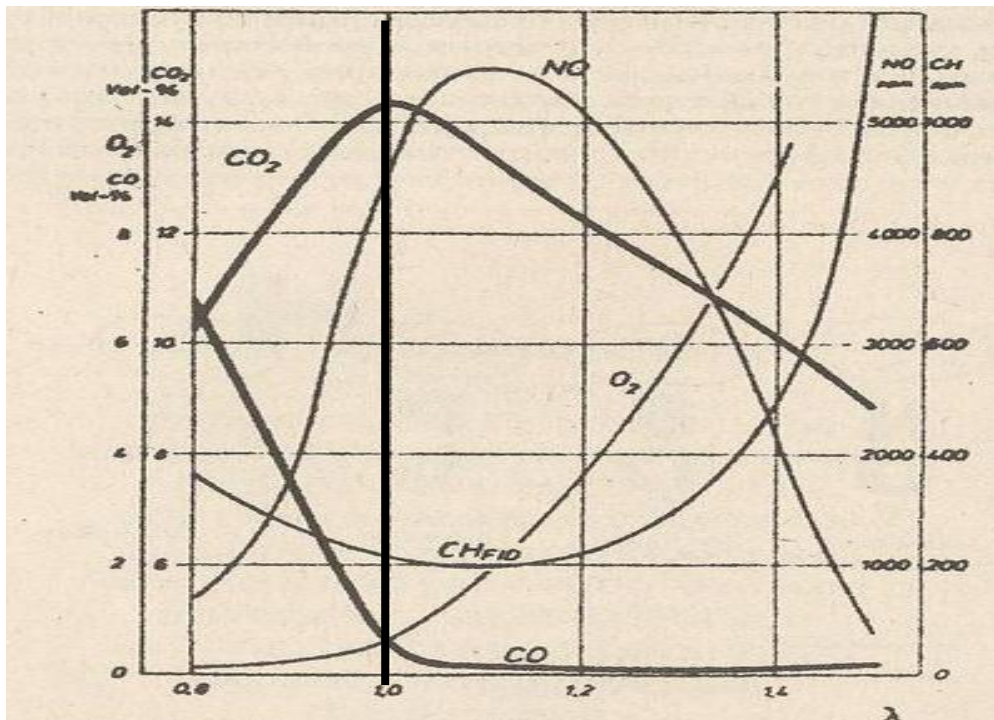
Όπως απεικονίζεται ποιοτικά στο Σχ. 2.11, ο ρυθμός αντίδρασης παρ-
σιάζει γενικά μια αυξητική συσχέτιση με τη θερμοκρασία. Ο σχηματισμός διαφόρων ενώσεων δεν είναι δυνατός στις χαμηλές θερμοκρασίες λόγω μικρού ρυθμού αντίδρασης.



Σχήμα 2.11 Εκθετική συσχέτιση του ρυθμού αντίδρασης (reaction rate) με τη θερμοκρασία (temperature)

Στους βενζινοκινητήρες επιτυγχάνεται γενικά μέγιστη ισχύς με μικρή έλλειψη αέρα ($\lambda=0,9-1$), ενώ αντίθετα η ελάχιστη ειδική κατανάλωση εμφανίζεται με μικρή περίσσεια αέρα ($\lambda=1-1,2$). Συγκριτικά, οι πετρελαιοκινητήρες λειτουργούν με μεγάλη περίσσεια αέρα ($\lambda>1$). Έτσι οι συμβατικοί βενζινοκινητήρες λειτουργούν με μεταβαλλόμενο λόγο αέρα, συνήθως $\lambda=0,85-1,2$. Όταν το λ είναι μεγαλύτερο από 1,2 ή λιγότερο από το 0,8 το μίγμα δεν είναι γενικά αναφλέξιμο (ο κινητήρας ρετάρει).

Στο ρελαντί ισχύει $\lambda=0,90$ ως 0,95, δηλαδή το μίγμα είναι αρκετά πλούσιο, επειδή η ποιότητα και ο βαθμός πλήρωσης στις χαμηλές στροφές είναι κακός, ειδικά κατά την εκκίνηση όταν ο κινητήρας είναι ψυχρός. Στο πλήρες φορτίο ισχύει $\lambda=0,85$ ως 0,95, δηλαδή το μίγμα είναι σχετικά πλούσιο, ώστε να αντιμετωπίζεται η απαίτηση αυξημένης ισχύος. Στο μερικό φορτίο ισχύει $\lambda=1,0$ ως 1,1, δηλαδή το μίγμα είναι φτωχό για λόγους εξοικονόμησης καυσίμου. Στην επιτάχυνση ισχύει γενικά $\lambda<1$, δηλαδή ψεκάζεται επιπλέον καύσιμο. Οι εκπεμπόμενοι ρύποι επηρεάζονται σημαντικά στις παραπάνω συνθήκες λειτουργίας (Σχ. 2.12).

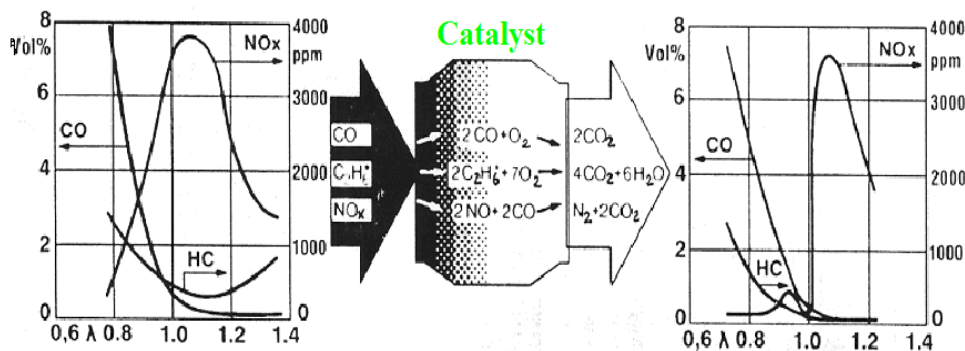


Σχήμα 2.12 Διάγραμμα της περιεκτικότητας των τριών βασικών ρύπων στα καυσαέρια, ήτοι μονοξειδίου του άνθρακα –CO, οξειδίων του αζώτου –NO_x και άκαυστων υδρογονανθράκων –HC, ανάλογα με την περίσσεια αέρα (δηλαδή δεξιά του στοιχειομετρικού μείγματος $\lambda=1$) ή την έλλειψη αέρα (αριστερά του στοιχειομετρικού μείγματος $\lambda=1$). Όπως βλέπουμε, μόνο στην περιοχή των φτωχών μειγμάτων μπορεί να υπάρξει αισθητή μείωση των οξειδίων του αζώτου, χωρίς σημαντική αύξηση των άκαυστων υδρογονανθράκων. Για να λειτουργήσει όμως ο κινητήρας χωρίς πρόβλημα σ' εκείνη την περιοχή χρειάζεται σημαντική εξέλιξη της τεχνολογίας, που δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί.

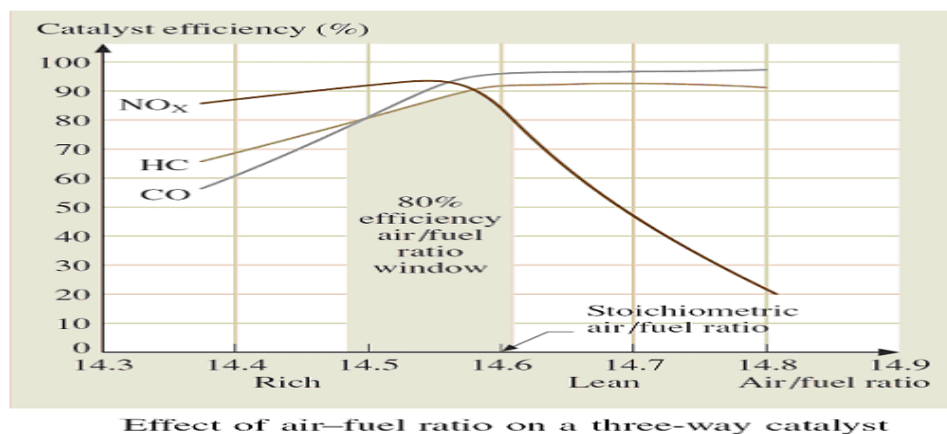
Με τη χρήση τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα οι εκπεμπόμενοι ρύποι των βενζινοκινητήρων μειώνονται δραστικά – (σχ. 2.13) Δυστυχώς όμως η εντυπωσιακή αυτή εξευγενιστική λειτουργία του καταλύτη ισχύει μόνο για στοιχειομετρικά μίγματα (σχ. 2.14), για το λόγο αυτό η έχει επιβληθεί συνθήκη λόγος αέρα $\lambda=1$ στη λειτουργία των καταλυτικών βενζινοκινητήρων.

Με τους βενζινοκινητήρες νέας τεχνολογίας οι οποίοι διαθέτουν συστήματα τροφοδοσίας με ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενη έγχυση του καυσίμου (injection) και τριοδικούς καταλυτικούς μετατροπέες με αισθητήρα λ μπορεί να επιτευχθεί μείωση των παραγομένων ρυπαντών CO, HC και NO_x μέχρι 95%, σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες παλαιάς τεχνολογίας που χρησιμοποιούσαν εξαερωτήρα (καρμπυρατέρ) και δεν διέθεταν καταλύτη, υπό την προϋπόθεση ότι ο λόγος αέρα λ διατηρείται αυστηρά σε τιμές κοντά στη μονάδα, ήτοι $\lambda=1$.

Η χρήση καταλυτικών μετατροπέων στους πετρελαιοκινητήρες δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα μαζικά. Παρόλα αυτά έχουν αναπτυχθεί άλλες μέθοδοι για την μείωση των NO_x καπνού και σωματιδίων.



Σχήμα 2.13 Σύσταση καυσαερίων βενζινοκινητήρα πριν και μετά τον καταλύτη (catalyst)



Σχήμα 2.14 «Παράθυρο» (window) απόδοσης τουλάχιστον 80% του τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα, σε σχέση με τη στοιχειομετρική αναλογία αέρα : καυσίμου 14.6:1 (ήτοι $\lambda=1$)

2.3 Καυσαέρια

2.3.1 Σύσταση καυσαερίων

Μη τοξικά αέρια

Άζωτο (N₂)

Εκτός από το ότι είναι το κύριο συστατικό του αέρα που αναπνέουμε (με ποσοστό 78% ή 79% περίπου αν συμπεριληφθεί και το ευγενές αέριο Αργό 1%), το άζωτο είναι επίσης χημικά αδρανές, δηλ. δεν αντιδρά με άλλα στοιχεία. Σε μηχανές εσωτερικής καύσης το άζωτο βγαίνει από την «εξάτμιση» χωρίς να έχει υποστεί καμία σχεδόν αλλαγή, εκτός από ένα μικρό ποσοστό το οποίο έχει μετατραπεί σε οξείδιο του αζώτου (NO_x), εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης που επικρατεί μέσα στο θάλαμο καύσεως. Το ποσοστό μάλιστα σχηματισμού των NO_x αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του θαλάμου καύσης – βλ. Σχ. 1.1 (κεφ. 1).

Στις χαμηλές θερμοκρασίες το άζωτο είναι χημικά ουδέτερο και δεν ενώνεται με άλλα στοιχεία. Όμως μέσα στο θάλαμο καύσης αναπτύσσονται θερμοκρασίες μέχρι 2000°C στις οποίες το άζωτο (N₂) ενώνεται με το οξυγόνο (O₂) και σχηματίζονται διάφορα οξείδια του αζώτου (NO_x).

Οξυγόνο (O₂)

Το αέριο αυτό είναι απολύτως απαραίτητο για να γίνει η καύση. Είναι το δεύτερο κύριο συστατικό του αέρα, σε ποσοστό περίπου 21%. Σε μια ιδανική καύση, η στοιχειομετρική αναλογία δεν θα περίσσευε καθόλου οξυγόνο στα καυσαέρια διότι θα είχε αναλωθεί εξ ολοκλήρου για την πλήρη καύση όλων των αντιδρώντων. Καθώς όμως η τέλεια καύση δεν είναι δυνατή (σχ. 2.12), υπάρχει ένα υπόλοιπο οξυγόνου στα καυσαέρια, περίπου 0.6% με ταυτόχρονη παρουσία ακαύστων συστατικών. Αν το μίγμα που χρησιμοποιείται είναι πολύ πλούσιο, τότε το επίπεδο του οξυγόνου μειώνεται και ποτέ δεν μηδενίζεται, ενώ ταυτόχρονα αυξάνουν εντυπωσιακά οι εκπεμπόμενοι άκαυστοι ρύποι. Αναμενόμενα, εάν το μίγμα είναι φτωχό, η ποσότητα οξυγόνου στα καυσαέρια αυξάνεται σημαντικά.

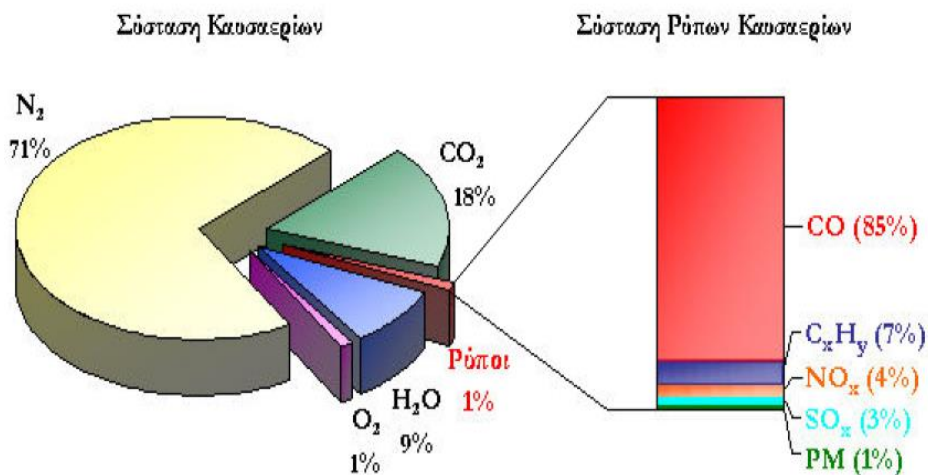
Υδρατμοί (H₂O)

Το νερό σε αέρια μορφή, ήτοι υδρατμοί, είναι ένα προϊόν της καύσης. Ο λευκός καπνός που βλέπουμε να βγαίνει από το σιγαστήρα («εξάτμιση»), ιδίως

τις κρύες μέρες, οφείλεται στη συμπύκνωση μέρους των υδρατμών του καυσαερίου, καθώς αυτοί ψύχονται και σχηματίζουν μικροσκοπικά σταγονίδια νερού.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Όπως και οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται πάντοτε όταν γίνεται καύση υδρογονανθράκων. Αν και το αέριο αυτό δεν είναι τοξικό, είναι εμμέσως βλαβερό για την ατμόσφαιρα διότι μάλλον επηρεάζει τη φυσική ισορροπία του ισοζυγίου εισερχόμενης-εξερχόμενης Η/Μ ακτινοβολίας, οδηγώντας στο περιώνυμο “φαινόμενο του θερμοκηπίου”, δηλαδή στην άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη και σε διάφορες απρόβλεπτες κλιματολογικές μεταβολές, κατά μερικούς τουλάχιστον επιστήμονες. Όντας τριατομικά αέρια, αμφότερα τα CO₂ και H₂O αποτελούν αέρια του “φαινομένου του θερμοκηπίου” (σχ. 2.15).



Σχήμα 2.15 Τυπική σύσταση των καυσαερίων που εκπέμπονται από βενζινοκινητήρα, καθώς και του μέρους των περιεχόμενων βλαβερών ρύπων

Τοξικά αέρια

Ο αναλυτικός κατάλογος των βλαβερών ουσιών που υπάρχουν στα καυσαέρια είναι εξαιρετικά μακρύς, όπως είναι και η ποικιλία υδρογονανθράκων και πρόσθετων ουσιών που υπάρχουν στη βενζίνη. Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου παράγονται μέσα από μια ποικιλία χημικών αντιδράσεων, συμπεριλαμβανομένων και διαφόρων βιομηχανικών διαδικασιών, αλλά στις μεγάλες τουλάχιστον πόλεις το μισό αυτής της ρύπανσης προέρχεται από «εξατμίσεις» μηχανών οχημάτων.

Μια ποικιλία σύνθετων (περίπλοκων) χημικών αντιδράσεων πραγματοποιούνται ταυτόχρονα με την καύση υδρογονανθράκων, που έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση στα καυσαέρια κάποιων συστατικών που δεν περιέχονταν αρχικά στο καύσιμο. Αναλυτικότερα, στα προϊόντα μιας πραγματικής καύσης σε MEK απαντώνται γενικά:

Άκαυστοι υδρογονάνθρακες

- C_nH_m (παραφίνες, ολεφίνες, αρωματικοί υδρογονάνθρακες).

Υδρογονάνθρακες που κήκων μερικώς

- C_nH_mCHO (αλδεΐδες)
- C_nH_mCO (ακετόνης)
- C_nH_mCOOH (καρβοξύλιο)
- CO (μονοξείδιο του άνθρακα)

Προϊόντα θερμικής (πυρολυτικής) διάσπασης του καυσίμου και λοιπά παράγωγα

- C_2H_2 (ασετιλίνη)
- C_2H_4 (αιθυλένιο)
- H_2 (υδρογόνο)
- πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ.

Προϊόντα της καύσης

- από το ατμοσφαιρικό άζωτο παράγονται μικρές ποσότητες NO και NO_2 (οξειδία του αζώτου)
- ακαθαρσίες στα καύσιμα (οξειδία του θείου)
- πρόσθετα καυσίμων (οξειδία του μολύβδου κλπ.)

Εκτός από αυτά, με την επίδραση του ηλιακού φωτός από τα εξερχόμενα καυσαέρια παράγονται δευτερογενώς και τα ακόλουθα προϊόντα:

- οργανικά υπεροξειδία
- όζον κλπ.
- Υπεροξειδία, ακετυλικά παράγωγα, νιτρώδη

Παρά το μακρύ παραπάνω κατάλογο, όλοι αυτοί οι ρύποι δεν παράγονται σε μεγάλες ποσότητες στα καυσαέρια, έτσι ώστε να δημιουργούν οξύ πρόβλημα ρύπανσης. Στην πραγματικότητα, μέχρι σήμερα για τέσσερις (4) μόνο από αυτούς θεσμοθετήθηκαν σχετικοί περιορισμοί των επιτρεπόμενων ποσοστών στις εκπομπές αυτοκινήτων, τους ακόλουθους:

- άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC),
- μονοξείδιο του άνθρακα (CO),
- οξειδία του αζώτου (NO_x), και

-στερεά σωματίδια (μόνο για μηχανές ντίζελ).

Εάν ληφθεί υπόψη ότι στους βενζινοκινητήρες παλαιάς τεχνολογίας οι τρεις κύριοι ρυπαντές CO, HC και NO_x βρίσκονται σε αναλογία 1% περίπου της ολικής ποσότητας των καυσαερίων καταλαβαίνουμε ότι με τους σύγχρονους βενζινοκινητήρες αντιρρυπαντικής τεχνολογίας οι τρεις αυτοί ρυπαντές έχουν εντυπωσιακά μειωθεί σε ποσοστό 0,05 % της ολικής ποσότητας των καυσαερίων.

Όζον (O₃)

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει στο Όζον, το οποίο, όταν βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας προστατεύει τη ζωή στον πλανήτη Γη, φιλτράροντας τις υπεριώδεις ακτινοβολίες του ήλιου. Όταν όμως βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους είναι βλαβερό, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για τις αστικές περιοχές. Το όζον προκαλεί σοβαρούς ερεθισμούς και ευθύνεται για συμπτώματα δυσανεξίας του αναπνευστικού συστήματος και της όρασης που σχετίζονται με τη ρύπανση. Καταστρέφει το επιθήλιο στο εσωτερικό των πνευμόνων, επιδεινώνει τα αναπνευστικά προβλήματα και γενικά κάνει τους ανθρώπους πιο δεκτικούς σε αναπνευστικές μολύνσεις και επιπλοκές. Ιδιαίτερα τα παιδιά είναι πιο ευάλωτα στις καταστρεπτικές (οξειδωτικές) επιδράσεις του όζοντος, καθώς και οι ενήλικες με πνευμονικά προβλήματα. Επίσης, η παρουσία εδαφικού όζοντος σε υψηλά επίπεδα εμποδίζει την ανάπτυξη των φυτών και μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες ζημιές στα τροπικά δάση.

Το όζον είναι μια μοριακή μορφή του οξυγόνου που αποτελείται από 3 άτομα οξυγόνου συνδεδεμένα μεταξύ τους. Δεν εκπέμπεται άμεσα από τα αυτοκίνητα, αλλά σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα μετά από περίπλοκες φωτοχημικές αντιδράσεις, σχετιζόμενες με την ύπαρξη υδρογονανθράκων, οξειδίων του αζώτου και ηλιακού φωτός. Η ταχύτητα με την οποία γίνονται αυτές οι αντιδράσεις εξαρτάται από τη θερμοκρασία και από την ποσότητα του ηλιακού φωτός. Κατά συνέπεια, τα υψηλότερα επίπεδα παρουσίας όζοντος σημειώνονται στα ζεστά, ηλιόλουστα, καλοκαιρινά πρωινά ή απογεύματα.

2.4 Ρυπαντές από οχήματα

2.4.1 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

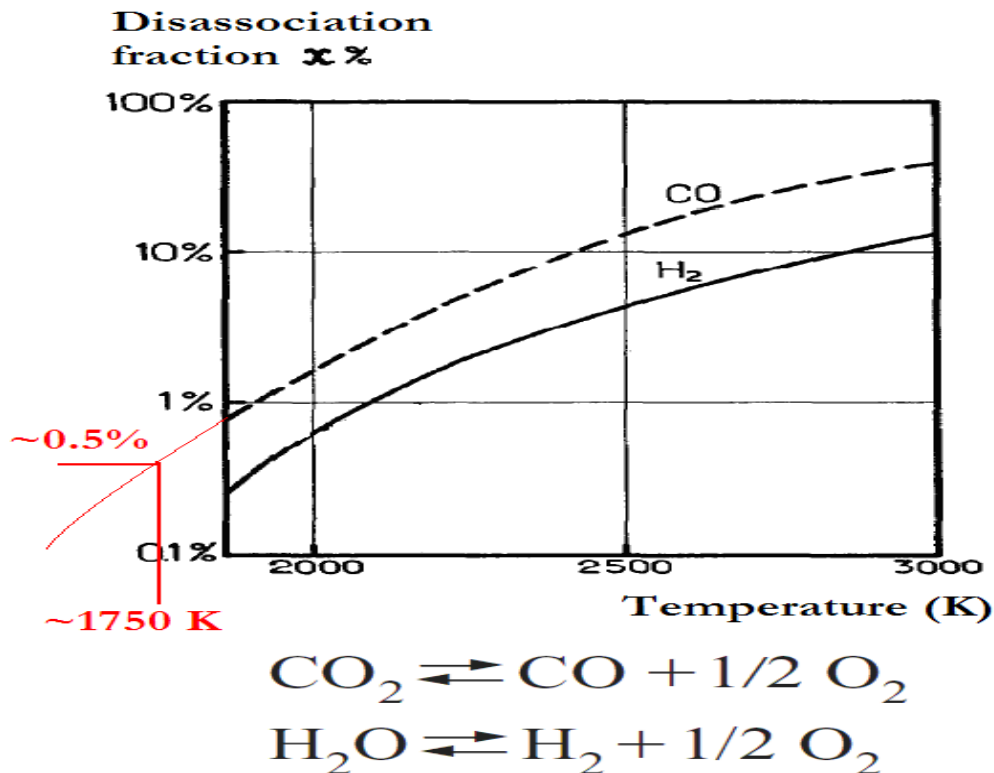
Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο. Παράγεται από την ατελή καύση υλικών που περιέχουν άνθρακα αλλά και από ορισμένες βιολογικές και βιομηχανικές διεργασίες. Κύρια πηγή του όμως είναι τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα (70% των εκπομπών CO). Υψηλές συγκεντρώσεις του μπορούμε να συναντήσουμε σε κλειστά μέρη όπως χώροι

στάθμευσης, ελλιπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής.

Βασικό προϊόν της ατελούς καύσης είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Προκαλεί πονοκεφάλους και κυκλοφορικά προβλήματα σε συγκέντρωση 100 ppm για 8-10 ώρες διότι δεσμεύει τη αιμογλοβίνη του αίματος που είναι υπεύθυνη για την οξυγόνωση των ιστών του σώματος. Το CO είναι ασταθής ένωση και στον ελεύθερο αέρα μετατρέπεται αρκετά γρήγορα στο αβλαβές CO₂. Το CO δεν συμμετέχει στο σχηματισμό του «νέφους» ενώ η συγκέντρωσή του εκτιμάται σε ppm (parts per million, δηλαδή μέρη όγκου αερίου ανά εκατομμύριο μέρη όγκου αέρα).

Αυτό το αέριο δημιουργείται από υπερβολική ποσότητα βενζίνης στο μίγμα, όταν δηλ. το μίγμα γίνει πολύ πλούσιο δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να σχηματίσει CO₂, οπότε σχηματίζεται CO που απαιτεί λιγότερο οξυγόνο – σχ. 2.12. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εκπομπή CO κατά την εκκίνηση του κινητήρα και κατά τις μεταβατικές φάσεις λειτουργίας (π.χ. επιτάχυνση), διότι σε αμφότερες τις περιπτώσεις το μείγμα εμπλουτίζεται σε καύσιμο.

Σε υψηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται αντιδράσεις διάσπασης του CO₂, έντονα εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία όπως εμφανίζεται στο (σχ. 2.16). Η παρουσία CO της τάξης του 0,5% στα καυσαέρια είναι αναπόφευκτη, διότι καθώς ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής καυσαερίων η χημική κινητική “παγώνει” με τη γρήγορη ψύξη των καυσαερίων στα ποσοστά διάσπασης του CO₂ που επικρατούσε για τις υψηλές θερμοκρασίες της τάξης των 1750 K του θαλάμου καύσης, πριν ανοίξει η βαλβίδα. Συγκριτικά, το H₂ στα καυσαέρια, ως αποτέλεσμα της διάσπασης του H₂O, είναι αμελητέο.



Σχήμα 2.16 Εξάρτηση του ποσοστού διάσπασης (disassociation) του CO₂ και του H₂O από τη θερμοκρασία.

Στις πετρελαιομηχανές που λειτουργούν πάντα με φτωχό μίγμα, το ποσό του CO στα καυσαέρια τους είναι πολύ μικρότερο. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 το CO εθεωρείτο κυρίαρχο πρόβλημα και ήταν η πρώτη ρυπογόνος ουσία που η εκπομπή της ρυθμίστηκε από σχετική νομοθεσία της ΕΟΚ.

2.4.2 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Ο χημικός τύπος του διοξειδίου του άνθρακα είναι CO₂. Είναι μια χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ομοιοπολικά συνδεδεμένα με ένα άτομο άνθρακα. Είναι αέριο σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης στην γήινη ατμόσφαιρα. Κατά την υπάρχουσα περίοδο σε μια παγκόσμια κατά μέσο όρο συγκέντρωση είναι περίπου 375 ppm στη γήινη ατμόσφαιρα αν και αυτό ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή και το χρόνο.

Γενικά, το CO₂ αποβάλλεται από τα ζώα και χρησιμοποιείται από τα φυτά κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Λόγω του κρίσιμου αναδομητικού ρόλου που διαδραματίζει στην αναπνοή των φυτών, το CO₂ είναι ένα σημαντικό συστατικό του κύκλου του άνθρακα.

Στη στερεά κατάστασή του, το διοξείδιο του άνθρακα καλείται συνήθως ξηρός πάγος. Το διοξείδιο του άνθρακα δεν υγροποιείται σε πιέσεις κάτω από 5,1 atm. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο. Όταν εισπνέεται σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τα συνηθισμένα ατμοσφαιρικά επίπεδα, μπορεί να δημιουργήσει μια ξινή γεύση στο στόμα και μια αίσθηση τσιμπήματος στη μύτη και το λαιμό. Αυτά τα αποτελέσματα προκύπτουν από το αέριο που διαλύεται στις βλεννώδεις μεμβράνες και στο σάλιο διαμορφώνοντας μια αδύναμη διάλυση ανθρακικού οξέος. Τα ποσά επάνω από 5.000 ppm θεωρούνται πολύ ανθυγιεινά, και εκείνα επάνω από περίπου 50.000 ppm θεωρούνται επικίνδυνα για την πανίδα.

Η καύση όλου του άνθρακα που περιέχεται στα καύσιμα, όπως το μεθάνιο (φυσικό αέριο), τα αποστάγματα του πετρελαίου (βενζίνη, diesel, κηροζίνη, προπάνιο), αλλά και του άνθρακα και του ξύλου, παράγει διοξείδιο του άνθρακα και στις περισσότερες περιπτώσεις και νερό. Για παράδειγμα η χημική αντίδραση μεταξύ του μεθανίου και του οξυγόνου δίνεται κατωτέρω (εξ. 2.4).

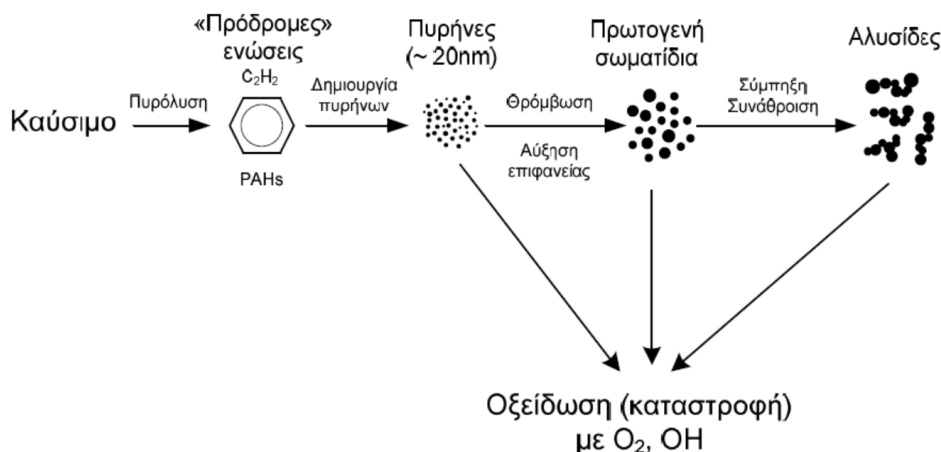


Οι ομολογουμένως αυξανόμενες ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του CO₂ θεωρούνται υπεύθυνες σε κάποιο βαθμό για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα τελευταία χρόνια έχουν προταθεί διάφορες λύσεις για το θέμα της μείωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Η πιο σημαντική λύση φαίνεται να είναι η επέκταση των τροπικών δασών (και γενικά των δασών) που θα μπορούσαν να απορροφήσουν το επιπλέον CO₂ της ατμόσφαιρας.

2.4.3 Σωματίδια

Η σωματιδιακή ύλη (Particle Matter - PM), καλούμενη συνήθως σωματίδια, ή αερολύματα, είναι μικροσκοπικά μόρια στερεάς ή υγρής ύλης αιωρούμενης στον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι πηγές αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να είναι ανθρωπογενείς ή φυσικές. Μερικά σωματίδια εμφανίζονται με φυσικό τρόπο, π.χ. προερχόμενα από ηφαίστεια, ανεμοθύελλες και πυρκαγιές. Διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες παράγουν επίσης αερολύματα π.χ. η καύση ορυκτών καυσίμων. Υπολογισμένα κατά μέσο όρο σε όλη την υδρόγειο, τα ανθρωπογενή αερολύματα αποτελούν αυτήν την περίοδο περίπου το 10% του συνολικού ποσού αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Οι μεγαλύτερες ανθρώπινες πηγές εκπομπής σωματιδίων είναι η καύση, κυρίως σε μηχανές εσωτερικής καύσης, στα αυτοκίνητα και στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, καθώς επίσης και η σκόνη που σκορπίζεται από διάφορα εργοτάξια, ανακαινιζόμενες περιοχές κ.ά. Μερικά από αυτά τα μόρια εκπέμπονται άμεσα στην ατμόσφαιρα (πρωτοβάθμια εκπομπή) και μερικά εκπέμπονται ως αέρια στην ατμόσφαιρα (δευτεροβάθμιες εκπομπές). Ειδικότερα, κατά τη λειτουργία των πετρελαιοκινητήρων στην περιοχή των υψηλών φορτίων (αλλά και των βενζινοκινητήρων με πολύ πλούσιο μείγμα) παράγεται αιθάλη, με την πυρόλυση του καυσίμου τοπικά σε ζώνες με σχετική ανεπάρκεια οξυγόνου. Η αιθάλη είναι ένα ανθρακούχο υλικό εντός του οποίου έχουν επίσης απορροφηθεί διάφορες άκαυστες οργανικές ενώσεις και τέφρα, που εξέρχεται μαζί με τα καυσαέρια υπό μορφή σωματιδίων μεγέθους 20nm έως 10μm (μέρος βέβαια της παραγόμενης αιθάλης προσκολλάται, μόνιμα ή προσωρινά, στα διάφορα μεταλλικά τοιχώματα που «λουίζει» το καυσαέριο). Μέρος της παραγόμενης αιθάλης μπορεί να συκρατηθεί και στη συνέχεια να οξειδωθεί σε περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας (σχ. 2.17), ιδιαίτερα αν ο κινητήρας διαθέτει ιδιαίτερες διατάξεις επί τούτου – βλ. Κεφ. 3.



Σχήμα 2.17 Διαδικασία σχηματισμού και οξείδωσης της αιθάλης

Σημαντικό ρόλο έχουν τα μικροσκοπικά σωματίδια με διάμετρο μέχρι 10 μm (συμβολίζονται PM_{10}) ή ακόμη μικρότερη διάμετρο όπως τα PM_5 και $PM_{2,5}$),

διότι το μικρότερο μέγεθος επιτρέπει τη βαθύτερη διείσδυσή τους στις αναπνευστικές οδούς των πνευμόνων, επιφέροντας αναπνευστικά προβλήματα. Τα μεγαλύτερα σωματίδια απομακρύνονται γρήγορα από την ατμόσφαιρα με βαρυτική κατακρήμνιση ενώ τα μικρότερα παραμένουν για ημέρες ή ίσως για μήνες. Η βρογχί βοηθά οπωσδήποτε την ταχεία απομάκρυνση.

2.4.4 Υδρογονάνθρακες (HC)

Κύρια πηγή διοχέτευσης υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα είναι η χλωρίδα και κυρίως τα δέντρα, ενώ μόνο το 15% των εκπομπών προέρχεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Το μεγαλύτερο ανθρωπογενές ποσοστό προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων και από τις διαφεύγουσες εκπομπές των μηχανών εσωτερικής καύσης και των διυλιστηρίων πετρελαίου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, κύρια πηγή τους μπορεί να είναι οι κεντρικές θερμάνσεις και η βιομηχανία ενώ το καλοκαίρι το μεγαλύτερο ποσοστό τους προέρχεται από τα καυσαέρια αυτοκινήτων.

Στην οργανική χημεία, υδρογονάνθρακας είναι μια οργανική ένωση που αποτελείται από υδρογόνο και άνθρακα. Σχετικά με τη χημική ορολογία, οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι βασισμένες σε ενώσεις που αποτελούνται από άνθρακα ή υδρογόνο και αναφέρονται ως "καθαροί" υδρογονάνθρακες, ενώ άλλοι υδρογονάνθρακες με συνδεδεμένες ενώσεις ή ακαθαρσίες θείου ή αζώτου, αναφέρονται ως "βρώμικοι", και είναι λάθος να αναφέρονται "υδρογονάνθρακες". Ορισμένοι υδρογονάνθρακες είναι και καρκινογόνοι.

Οι διάφοροι άκαυστοι υδρογονάνθρακες που εξέρχονται από τα καυσαέρια των MEK προέρχονται είτε απευθείας από το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, είτε είναι προϊόντα πολυμερισμού και πυρόλυσης (cracking) του καυσίμου, που λαμβάνουν κυρίως χώρα κατά τη φάση της καύσης.

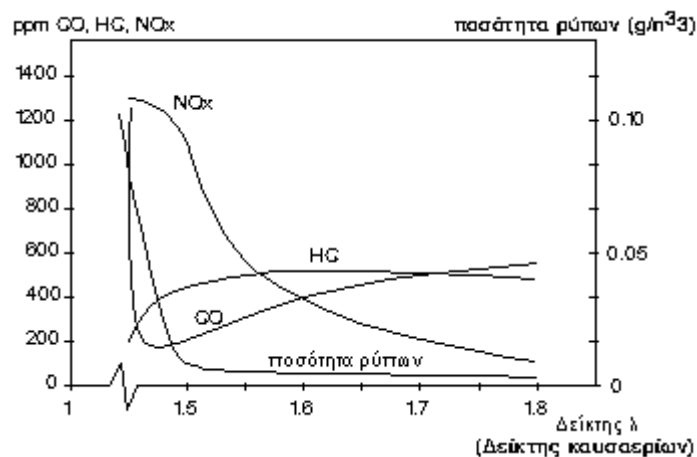
2.4.5 Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Το μονοξείδιο του αζώτου είναι επίσης άχρωμο, άοσμο και αόρατο. Με την παρουσία του οξυγόνου στον αέρα γρήγορα μεταβάλλεται σε διοξείδιο του αζώτου (NO_2) το οποίο έχει χρώμα κόκκινο και μια οξεία μυρωδιά που ερεθίζει τα αναπνευστικά όργανα. Σε υψηλές δόσεις μπορεί να καταστρέψει την εσωτερική επιφάνεια (επιθήλιο) των αναπνευστικών οργάνων.

Όταν βρεθεί στην ατμόσφαιρα το διοξείδιο του αζώτου συνδυάζεται με υδρατμούς για να σχηματίσει όξινες ενώσεις οι οποίες μετατρέπονται σε "όξινη βροχή", που κατακαίει χημικά τα φυτά και οξονίζει το έδαφος, ώστε φορές να είναι αδύνατη πλέον η βλάστηση. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται εντονότερο στις περισσότερες βιομηχανοποιημένες χώρες παρά στις αναπτυσσόμενες.

Τα οξείδια του αζώτου προκύπτουν ως αποτέλεσμα του συνδυασμού αζώτου και οξυγόνου υπό τις συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν μέσα στο θάλαμο καύσης. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία

και η πίεση, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα NO_x παράγεται από τη μηχανή, ενώ αυτό φαίνεται να μεγιστοποιείται για τιμές του λ στην περιοχή 1.1-1.3 – (σχ. 2.18). Στις μηχανές ντίζελ μπορεί συνεπώς να εμφανίζονται περισσότερα οξείδια αζώτου από τις μηχανές βενζίνης, διότι οι πρώτες λειτουργούν συχνά στην παραπάνω περιοχή λόγου αέρα. Υπό περίσσεια οξυγόνου σχηματίζονται πάντα NO_x στις περιοχές υψηλής θερμοκρασίας του θαλάμου καύσης. Στην συνέχεια κατά τη φάση της απομόνωσης, ορισμένες αντιδράσεις που συμμετέχουν στον σχηματισμό των NO_x “παγώνουν” λόγω της απότομης πτώσης της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα το εξερχόμενο καυσαέριο να εμφανίζει συγκεντρώσεις NO_x πολύ μεγαλύτερες από ότι περιείχε υποθετικά υπό χημική ισορροπία.



Σχήμα 2.18 Συγκέντρωση ρυπαντών σε μηχανή ντίζελ

2.4.6 Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Άχρωμο αέριο με χαρακτηριστική οξεία οσμή. Οξειδώνεται με φωτοχημική ή καταλυτική διαδικασία σε SO_3 και στη συνέχεια σε επαφή με την υγρασία σχηματίζει H_2SO_4 , γνωστό εξαιρετικά διαβρωτικό οξύ που πέφτει με βοήθεια της βροχής ως «όξινη βροχή». Προκαλεί βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα και μείωση ορατότητας. Καταστρέφει επίσης τον φυτικό κόσμο και διαβρώνει τις μεταλλικές κατασκευές και τα ασβεστολιθικά πετρώματα, π.χ. το μεταμορφωμένο ανθρακικό ασβέστιο (μάρμαρο) των υπαίθριων αγαμάτων.

Η περιεκτικότητα SO_2 στα καυσαέρια των βενζινοκινητήρων είναι πολύ μικρή, αποκτά όμως μεγαλύτερες τιμές για καύση βαρύτερων παραγώγων του αργού πετρελαίου, π.χ. πετρέλαιο, μαζούτ, λόγω των χαρακτηριστικών της απόληψής τους στα διυλιστήρια με κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου. Ενδεικτικά, το 80% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του θείου προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων από σταθερές πηγές (βιομηχανία, θέρμανση). Από αυτό, το 85% αποτελεί εκπομπές από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενώ μόνο το 2% οφείλεται στις εκπομπές του τομέα των μεταφορών.

Οι ενώσεις διοξείδιο του θείου δεν ελέγχονται στα καυσαέρια των οχημάτων, γιατί σύμφωνα με την νομοθεσία με την πάροδο του χρόνου έχει μειωθεί στο ελάχιστο η παρουσία θείου και μόλυβδου στη βενζίνη κατά την φάση παραγωγής της στα διυλιστήρια (αμόλυβδη βενζίνη).

2.5 Ηχορύπανση

Η ηχητική ρύπανση είναι ένα ιδιαίτερο είδος ρύπανσης, προκαλούμενο τυπικά από τα αυξημένα επίπεδα θορύβου που υπάρχουν συνήθως στις μεγάλες πόλεις. Η ένταση του ήχου-θορύβου μετριέται σε μονάδες ντεσιμπέλ (dB) που αποτελεί λογαριθμική κλίμακα: έτσι, μια αλλαγή από τα 50 B dB στα 60 dB αντιστοιχεί στην πραγματικότητα σε δεκαπλασιασμό της έντασης του ήχου. Η ηχητική ρύπανση δημιουργείται από οποιαδήποτε συσκευή ή αιτία που μεταδίδει άμεσα ή έμμεσα μηχανικά κύματα στον ατμοσφαιρικό αέρα, δηλ. ήχο, όπως υπερηχητικά αεροπλάνα, τρυπάνια, αυτοκίνητα, δυνατή μουσική κ.ά.

Η ηχητική ρύπανση έχει δυσάρεστες επιπτώσεις στην ζωή του ανθρώπου, αφού ο ήχος στο επίπεδο των 80 dB είναι ήδη ενοχλητικός, ενώ συνεχής έκθεση σε ήχο άνω των 90 dB μπορεί να προκαλέσει μείωση ως και απώλεια της ακοής. Ακόμα η ηχητική ρύπανση υποβαθμίζει τις συνθήκες ζωής του ανθρώπου στις μεγαλουπόλεις και πιστεύεται ότι δημιουργεί γενικότερα προβλήματα στην παραγωγικότητα, την κοινωνικότητα και τη συμπεριφορά του ατόμου. Το μέγιστο όριο της ανθρώπινης αντοχής στο θόρυβο είναι τα 140 dB, ενώ θόρυβοι της τάξης των 120 dB μπορούν να προκαλέσουν μόνιμες βλάβες στην ανθρώπινη ακοή.

2.5.1 Κατηγορίες θορύβων

Με βάση την προέλευσή τους, μπορούμε να τους χωρίσουμε τους θορύβους σε τέσσερις κατηγορίες.

- Βιομηχανικοί θόρυβοι
- Θόρυβοι οδικής κυκλοφορίας
- Θόρυβοι αεροπλάνων
- θόρυβοι εσωτερικών χώρων

Θόρυβος χαμηλότερος από 55 dB μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν ενοχλεί. Στη χώρα μας υφίσταται καθορισμός ανώτατου ορίου των 75 dB, όπως ισχύει και στην Ε.Ε. Αναλυτικότερα για διάφορες περιπτώσεις έχουν θεσμοθετηθεί οι ανώτερες τιμές θορύβου του στον (Πιν. 2.1).

Ο θόρυβος που εκπέμπεται από ένα σύγχρονο αυτοκίνητο βλέπουμε από τον Πιν. 2.1 ότι βρίσκεται κάτω απ' το επιτρεπτό ανώτατο όριο των 75 dB. Φυσικά όμως αυτό δεν μπορούμε να πούμε πως ισχύει δίπλα σε οδικές αρτηρίες κατά τις ώρες αιχμής. Επιπρόσθετα, άλλοι θόρυβοι του αυτοκινήτου,

π.χ. ένα φρενάρισμα, μπορεί να επιδεινώνουν το συνολικά παραγόμενο θόρυβο.

Ψίθυρος	20 dB
Ομιλία	30 dB
Περιοχή κατοικίας χωρίς κυκλοφορία	40 dB
Ήσυχος δρόμος	50 dB
Επιβατικό αυτοκίνητο	60 dB
Κλάμα παιδιού	80 dB
θορυβώδης δρόμος	80 dB
Σταθμός λεωφορείων	90 dB
Βαρύ φορτηγό	93 dB
Δισκοπρίονο	105 dB
Μοτοσικλέτα χωρίς σιγαστήρα	120 dB
Απογείωση αεροπλάνου	110-120 dB

Πίνακας 2.1 Επιτρεπόμενες ανώτατες στάθμες θορύβου για την Ελλάδα

2.5.2 Θόρυβος και αυτοκίνητο

Ένα σώμα που ταλαντώνεται ή κινείται αποτελεί πηγή θορύβου, τέτοιες δε περιπτώσεις υπάρχουν πολλές στο αυτοκίνητο. Η συνολική ενέργεια θορύβου συνδέεται με τις στροφές του κινητήρα, τη ροπή, την ισχύ, την κατανάλωση, το βαθμό απόδοσης και τη γενικότερη σχεδίαση των διάφορων μερών του οχήματος. Τα περισσότερα ακουστικά φαινόμενα σε οχήματα απασχολούν άμεσα τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Ενδεικτικά αναφέρονται οι ακόλουθοι μηχανισμοί παραγωγής θορύβου:

- Λόγω παλμικής ροής των αερίων στις πολλαπλές εισαγωγής και εξαγωγής παράγεται θόρυβος. Την αύξηση του θορύβου ευνοούν μεταξύ άλλων η μικρή διάμετρος, το μεγάλο μήκος των σωλήνων και η μεγάλη τραχύτητα των επιφανειών αυτών.
- Ο αεροδυναμικός θόρυβος αναπτύσσεται λόγω της τυρβώδους διακύμανσης της ταχύτητας του αέρα εξωτερικά του οχήματος.
- Ο θόρυβος των αεροσυμπιεστών σε ΜΕΚ με υπερπλήρωση εξαρτάται από το είδος του συμπιεστή, την ποιότητα και την ισχύ του.
- Ελαστικά με εγκάρσιες γραμμώσεις παράγουν περισσότερο θόρυβο από εκείνα με παράλληλες, γιατί πιέζονται περισσότερο για να απομακρυνθούν ο αέρας και το νερό. Τα παλαιά λάστιχα παράγουν περισσότερο θόρυβο. Η τριβή ολίσθησης στα φρένα και κύλισης στα ελαστικά παράγουν επίσης θόρυβο.

Ο θόρυβος σε οχήματα δημιουργείται πρωτογενώς από τις αναπόφευκτες ταλαντώσεις των στοιχείων της ΜΕΚ και του συστήματος μετάδοσης κίνησης, τις αεροδυναμικά προκαλούμενες ταλαντώσεις στοιχείων του αμαξώματος, καθώς και από τις ανωμαλίες του οδοστρώματος που προκαλούν ελαστικές παραμορφώσεις, δονήσεις και σχετικές κινήσεις των διάφορων στοιχείων του οχήματος. Αναφορικά με του επιβαίνοντες ενός οχήματος, οι παραπάνω μορφές ταλαντευτικής ενέργειας διαδίδονται στερεόφερτα μέχρι: α) να απορροφηθούν από διάφορα στερεά στοιχεία, π.χ. από ηχοαπορροφητικά υλικά τοποθετημένα σε καίριες θέσεις (επιτυχής καταστολή θορύβου), ή β) να διαδοθούν μέχρι τον αέρα της καμπίνας του οχήματος (ανεπιτυχής καταστολή θορύβου).

2.6 Νομοθεσία

Στις 20 Μαρτίου 1970 η Οδηγία 70/220/EEC δημοσιεύτηκε στην επίσημη εφημερίδα της ΕΟΚ, υποδεικνύοντας ότι τα κράτη-μέλη θα έπρεπε να λάβουν μέτρα για την καταπολέμηση της ρύπανσης που προκαλείται από τα καυσαέρια που παράγονται από τις μηχανές καύσεως όλων των οχημάτων. Από τότε αυτή η οδηγία έχει υποστεί πολλές τροποποιήσεις από την νυν Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), που όλες προσπαθούσαν να μειώσουν τα επίπεδα της ρύπανσης σταδιακά, ενώ ταυτόχρονα η αυτοκινητοβιομηχανία αναγκαζόταν να προσαρμοστεί στην εκάστοτε νέα νομοθεσία – βλ. Σχ. 2.19. Στον (Πιν. 2.2) παρουσιάζεται η ισχύουσα ελληνική νομοθεσία για τα καυσαέρια.

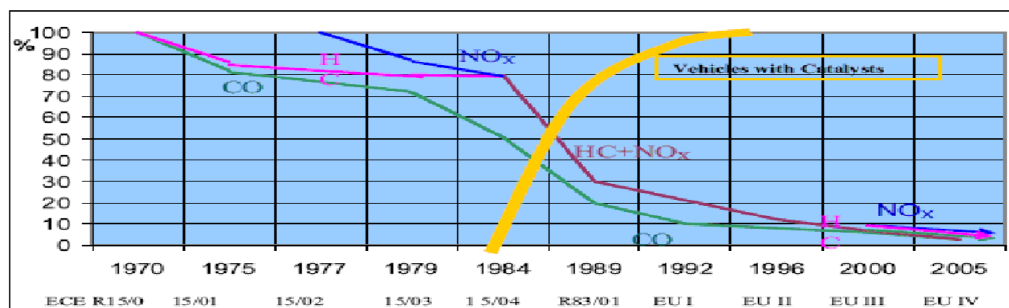
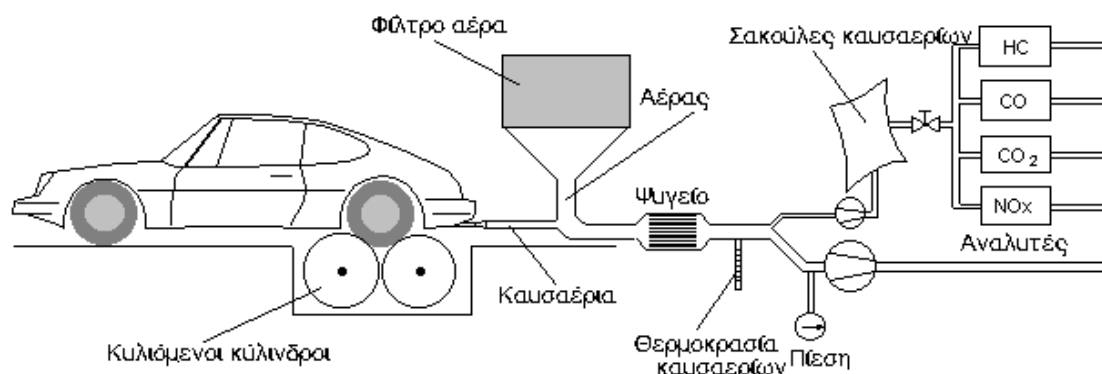


Figure 3: Emission regulations in Europe

Σχήμα 2.19 Προοδευτική μείωση των ορίων εκπομπής ρύπων βενζινοκίνητων οχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Για να μετρηθεί το επίπεδο των εκπομπών των ρυπαντών από ένα όχημα, ώστε να είναι μέσα στα όρια της ΕΕ, τα τεστ πρέπει να διεξαχθούν σε κανονικές συνθήκες οδήγησης. Για να διεξαχθεί το τεστ χρησιμοποιείται μηχανισμός με κυλιόμενους κυλίνδρους που προσομοιάζει την κανονική οδήγηση. Ο οδηγός του οχήματος πρέπει να ακολουθήσει τις οδηγίες του τεστ, βοηθούμενος από ένα κομπιούτερ, το οποίο θα επισημάνει κάθε απόκλιση από τον υιοθετηθέντα

θεωρητικό κύκλο οδήγησης (driving cycle). Κατά τη διάρκεια του τεστ τα καυσαέρια διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα, ενώ δείγματα αυτών λαμβάνονται διαρκώς σε πλαστικές σακούλες για να αναλυθούν στη συνέχεια στο τέλος του τεστ - βλ. Σχ. 2.20 . Από αυτά τα δείγματα θα προκύψουν οι ποσότητες των ρυπαντών που απελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα για κάθε διανυθέν χιλιόμετρο.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.7
Εγκατάσταση μέτρησης καυσαερίων

Σχήμα 2.20 Μέτρηση εκπομπών καυσαερίων

Αριθμός	Αριθμ. ΦΕΚ	Ημ/νία	Περιγραφή
N. 2052	94 Α	5/6/92	Μέτρα για την αντιμετώπιση του νέφους και πολεοδομικές ρυθμίσεις.
ΚΥΑ 97321/3341	640 Β	3/11/92	Μορφή και περιεχόμενο Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων.
ΚΥΑ 103079/3712	710 Β	1/12/92	Όροι και προϋποθέσεις εξουσιοδότησης συνεργείου επισκευής οχημάτων και κέντρου ελέγχου για χορήγηση της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων.
ΚΥΑ 56361/324	56 Β	9/2/93	Αμοιβή που καταβάλλεται στα συνεργεία και κέντρα ελέγχου για τον ειδικό έλεγχο καυσαερίων.
ΚΥΑ 56818/359	100 Β	26/2/93	Χαρακτηρισμός βενζινοκίνητων οχημάτων = 3,5 τόνους αντιρρυπαντικής τεχνολογίας εκ των

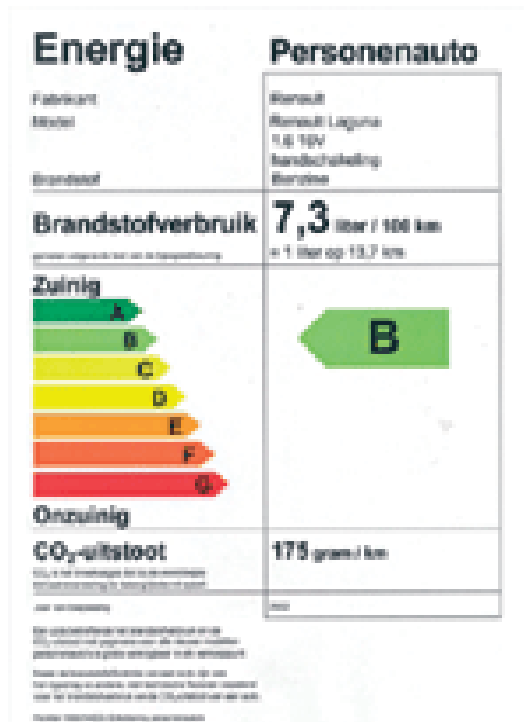
Τσιλιμίγκρας Ιωάννης
Α.Μ.: 050001

Αριθμός	Αριθμ. ΦΕΚ	Ημ/νία	Περιγραφή
			υστέρων τοποθέτησης καταλυτικού μετατροπέα ή και φίλτρου ενεργού άνθρακα.
ΚΥΑ Φ50/52491/4359	797 Β	24/10/94	Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με την εποπτεία εφαρμογής καλής λειτουργίας του συστήματος Κ.Ε.Κ.
ΚΥΑ Φ50/52491/4359	797 Β	24/10/94	Ανάθεση εποπτείας εφαρμογής και καλής λειτουργίας του συστήματος της Κ.Ε.Κ.
ΚΥΑ Φ50/93350/4444	801 Β	25/10/94	Πλήρης πρόγραμμα πρόσκλησης των οχημάτων του Νομού Αττικής για τον ειδικό έλεγχο καυσαερίων και χορήγηση Κ.Ε.Κ.
ΚΥΑ Φ50/94475/4556	829 Β	8/11/94	Καθορισμός μεθόδου μέτρησης και επιτρεπομένων ορίων του μονοξειδίου του άνθρακα CO, και των υδρογονανθράκων HC, στα καυσαέρια των βενζινοκίνητων και υγραεριοκίνητων οδικών οχημάτων.
ΚΥΑ Φ50/94475/4557	829 Β	8/11/94	Καθορισμός μεθόδου μέτρησης και επιτρεπομένων ορίων θολερότητας στα καυσαέρια των πετρελαιοκίνητων οχημάτων.
Π.Δ. 363	193 Α	14/9/95	Καθορισμός συστήματος επιβολής διοικητικών ποινών στους παράγοντες εφαρμογής του θεσμού της Κ.Ε.Κ.
ΚΥΑ 36790	733 Β	5/12/95	Καθορισμός επιτρεπομένων ορίων εκπομπής αιθάλης στα καυσαέρια των πετρελαιοκίνητων οδικών οχημάτων.
ΚΥΑ Φ50/53302/295	73 Β	2/2/96	Πρόγραμμα πρόσκλησης των οχημάτων των Νομών Θεσσαλονίκης, Αχαΐας, Καβάλας, Λάρισας,

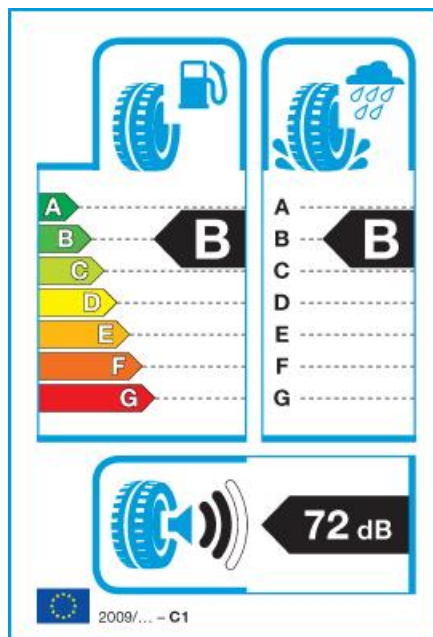
Αριθμός	Αριθμ. ΦΕΚ	Ημ/νία	Περιγραφή
			Μαγνησίας, Ιωαννίνων, Ηρακλείου, Ευβοίας, Βοιωτίας και Κορινθίας.
ΚΥΑ Φ50/75660/3565	1999 Β	10/11/99	Μορφή και περιεχόμενο της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων.
Ν. 2801	46 Α	03/03/00	Αλλαγή και διαχείριση καταλυτικών μετατροπέων.
ΚΥΑ Φ2/63053/5275	386 Β	06/04/01	Όροι και προϋποθέσεις για την πιστοποίηση συνεργείων επισκευής αυτοκινήτων για την αντικατάσταση απενεργοποιημένων καταλυτικών μετατροπέων ή για την εκ των υστέρων τοποθέτηση Κ.Μ. ή και φίλτρων ενεργού άνθρακα.
Ν.2963	268 Α	23/11/01	Οργάνωση και λειτουργία δημόσιων επιβατικών μεταφορών με λεωφορεία, Τεχνικός έλεγχος Οχημάτων και Ασφάλεια χερσαίων μεταφορών και άλλες διατάξεις.
Εγκύκλιος ΥΜΕ Δ/νση Τεχνολογίας Οχημάτων – Τμήμα Γ' Α.Π.: 74495/3284		29/11/01	Κατάρτιση – επιμόρφωση για την αντικατάσταση απενεργοποιημένων ΚΜ

Πίνακας 2.2 Ισχύουσα ελληνική νομοθεσία σχετικά με τους ρύπους και τα καυσαέρια, κατά χρονολογική σειρά

Η νομοθεσία προβλέπει επίσης ετικέτα αναφορικά με την κατανάλωση καυσίμων και τις εκπομπές CO₂ και σχετική αφίσα στο σημείο πώλησης κάθε νέου επιβατικού αυτοκινήτου. Στο έντυπο παρουσιάζονται στοιχεία κατανάλωσης καυσίμων και εκπομπής CO₂: όσο μικρότερη είναι η κατηγορία στην οποία ανήκει το όχημα, π.χ. Α, τόσο χαμηλότερες εκπομπές CO₂ και μικρότερη είναι η κατανάλωση καυσίμου στο συγκεκριμένο όχημα (σχ. 2.21α). Έχει επίσης υιοθετηθεί σήμανση για τα χαρακτηριστικά των ελαστικών του οχήματος (σχ. 2.21β).



(α)



(β)

Σχήμα 2.21 Ετικέτες σήμανσης: α) ενεργειακής κατανάλωσης οχήματος, και β) χαρακτηριστικών ελαστικών

2.6.1 Όρια εκπομπής κατά EURO σε επιβατικά και φορτηγά οχήματα

Οι κανονισμοί εκπομπών καυσαερίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νέα, ελαφρού τύπου οχήματα (αυτοκίνητα και φορτηγά οχήματα) διευκρινίζονται στην οδηγία 70/220/EEC. Οι προσπάθειες μείωσης της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων έχουν γίνει αντιληπτές ήδη από την δεκαετία του 70. Τότε τέθηκαν σε ισχύ οι πρώτες προδιαγραφές ελέγχου καυσαερίων. Μεγάλη μείωση των εκπομπών επιτεύχθηκε τα τελευταία 15 χρόνια. Αυτό επιτεύχθηκε με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών, την πρόοδο της ηλεκτρονικής και της τεχνικής των υπολογιστών.

Οι προδιαγραφές καυσαερίων EURO καθορίζει τα όρια για όλους του συνηθισμένους ρύπους καυσαερίων των κινητήρων εσωτερικής καύσης σε γραμμάρια ανά χιλιόμετρο (g/km), ιδιαίτερα για κινητήρες των ΙΧ-επιβατικών αυτοκινήτων. Οι προδιαγραφές καθορίζουν τις οριακές τιμές των ρύπων και για τα φορτηγά οχήματα ανάλογα με την κατηγορία βάρους (Πιν. 2.3).

Πρότυπο	Ημερομηνία ισχύος για εγκρίσεις τύπου	Ημερομηνία ισχύος για ταξινομήσεις	Ανώτατα όρια ρύπων (γρ./χλμ.)				
			Μονοξείδιο του Άνθρακα CO	Υδρογονάνθρακες HC	Οξείδια του Αζώτου NO _x	Υδρογονάνθρακες + Οξείδια Αζώτου HC+NO _x	Αιθάλη (PM)
Πετρελαιοκινητήρες							
Euro 1	Ιούλιος 1992	Ιούλιος 1992	2,72	-	-	0,97	0,14
Euro 2	Ιανουάριος 1996	Ιανουάριος 1996	0,64	-	-	0,7	0,08
Euro 3	Ιανουάριος 2000	Ιανουάριος 2000	0,5	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4	Ιανουάριος 2005	Ιανουάριος 2005	0,5	-	0,25	0,3	0,025
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	Σεπτέμβριος 2011	0,5	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	Σεπτέμβριος 2015	0,5	-	0,08	0,17	0,005
Βενζινοκινητήρες							
Euro 1	Ιούλιος 1992	Ιούλιος 1992	2,72	-	-	0,97	-
Euro 2	Ιανουάριος 1996	Ιανουάριος 1996	2,2	-	-	0,5	-
Euro 3	Ιανουάριος 2000	Ιανουάριος 2000	2,3	0,2	0,15	-	-
Euro 4	Ιανουάριος 2005	Ιανουάριος 2005	1,0	0,1	0,08	-	-
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	Σεπτέμβριος 2011	1,0	0,1	0,06	-	0,005*
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	Σεπτέμβριος 2015	1,0	0,1	0,06	-	0,005*

* Μόνο για κινητήρες βενζίνης άμεσου ψεκασμού

Πίνακας 2.3 πίνακας εκπομπής ρύπων βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων ανάλογα με τη κλάση (EURO) καυσαερίων σε g/km

Από το πρότυπο Euro 4 στο Euro 5 παρατηρείται μια σημαντική βελτίωση (μείωση) 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 NO_x έχει νομοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Αυτό το όριο εκπομπής έχει τεθεί έτσι ώστε οι μειώσεις να μπορούν να επιτευχθούν με εύλογες προσπάθειες των κατασκευαστών, με περαιτέρω εσωτερικά μέτρα στον κινητήρα. Δεδομένου ότι τα επίπεδα του Euro 5 απαιτούν ουσιαστικά την εγκατάσταση των φίλτρων σωματιδίων στην εξαγωγή του κινητήρα, η ΕΕ προτίμησε να αποφύγει την υποχρέωση για την εγκατάσταση ενός πρόσθετου συστήματος NO_x για περαιτέρω επεξεργασία στο ίδιο στάδιο.

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 και απαίτηση για εφοδιασμό με συστήματα αυτοδιάγνωσης για τις εκπομπές (OnBoard diagnostics – OBD).

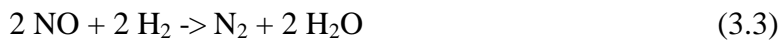
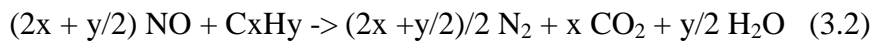
3. Σύγχρονες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες

3.1 Καταλύτες και συστήματα κατάλυσης

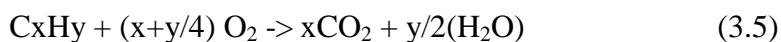
3.1.1 Τι είναι καταλυτικός μετατροπέας

Ο καταλυτικός μετατροπέας είναι μια συσκευή που τοποθετείται μετά την εξαγωγή του κινητήρα των βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων. Στόχος είναι η μετατροπή των εκπεμπόμενων ρυπαντών σε αβλαβή για την ατμόσφαιρα καυσαέρια. Οι χημικές αντιδράσεις μπορεί να είναι:

- Αντιδράσεις αναγωγής (καταλύτης το ρόδιον – Rh), κατά τις οποίες αφαιρείται οξυγόνο από τα NO_x και σχηματίζονται N_2 , O_2 , H_2O όπως φαίνεται στις σχέσεις (εξ. 3.1), (εξ. 3.2) και (εξ. 3.3):



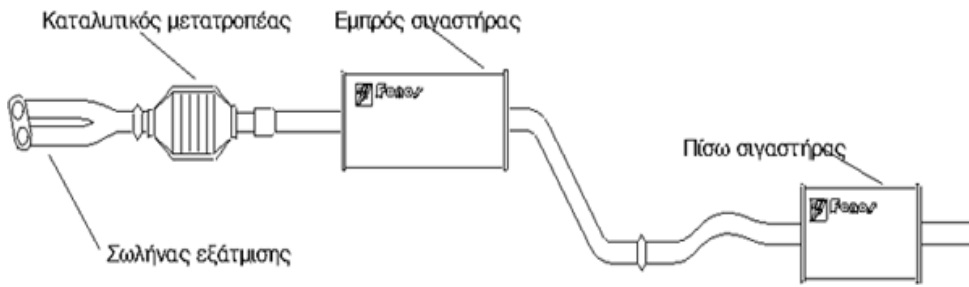
- Αντιδράσεις οξείδωσης (καταλύτες η πλατίνα ή λευκόχρυσος – Pt και το παλλάδιον – Pd), κατά τις οποίες καίγονται CO και HC και σχηματίζονται CO_2 και H_2O (εξ. 3.4) και (εξ. 3.5).



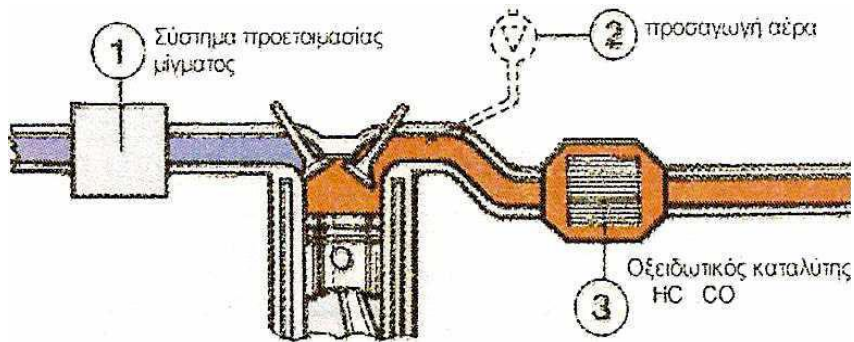
Η απόδοση και η διάρκεια ζωής των καταλυτών εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Ωστόσο, σημαντική επίδραση ασκούν η ποσότητα και η διασπορά του πολύτιμου μετάλλου, το είδος και η ποσότητα του υποστρώματος και του κεραμικού υλικού και η θερμική καταπόνηση του. Η τοποθέτηση του καταλυτικού μετατροπέα γίνεται στη σωλήνωση εξαγωγής των καυσαερίων, κοντά στη πολλαπλή εξαγωγής και πριν το σωλήνα εξάτμισης – βλ. Σχ. 3.1.

Ο καταλύτης μπορεί να είναι (Σχήμα 3.2):

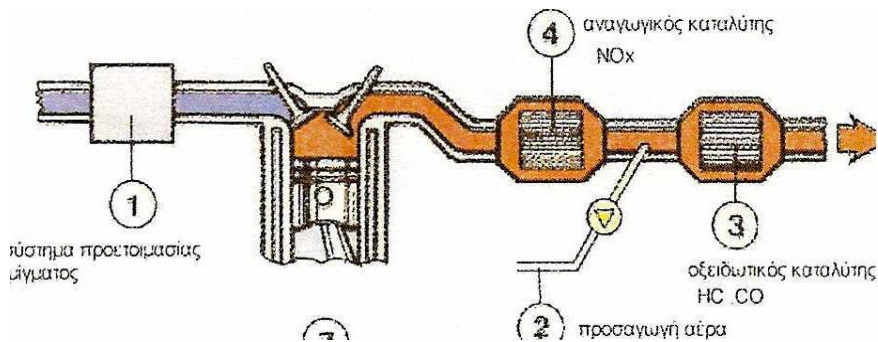
- Μονής κλίνης, οξειδωτικός
- Διπλής κλίνης, οξειδωτικός και αναγωγικός
- Μονής κλίνης, τριών δρόμων καταλύτης (τριοδικός)



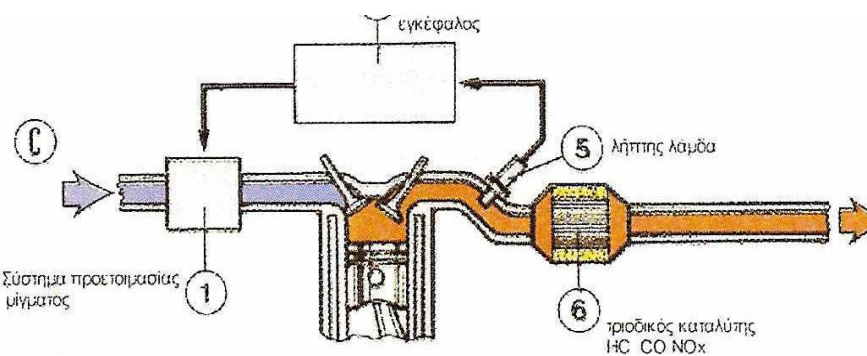
Σχήμα 3.1 Θέση ενός καταλυτικού μετατροπέα στο σύστημα εξάτμισης



α) Μονής κλίνης, οξειδωτικός καταλύτης



β) Διπλής κλίνης καταλύτης

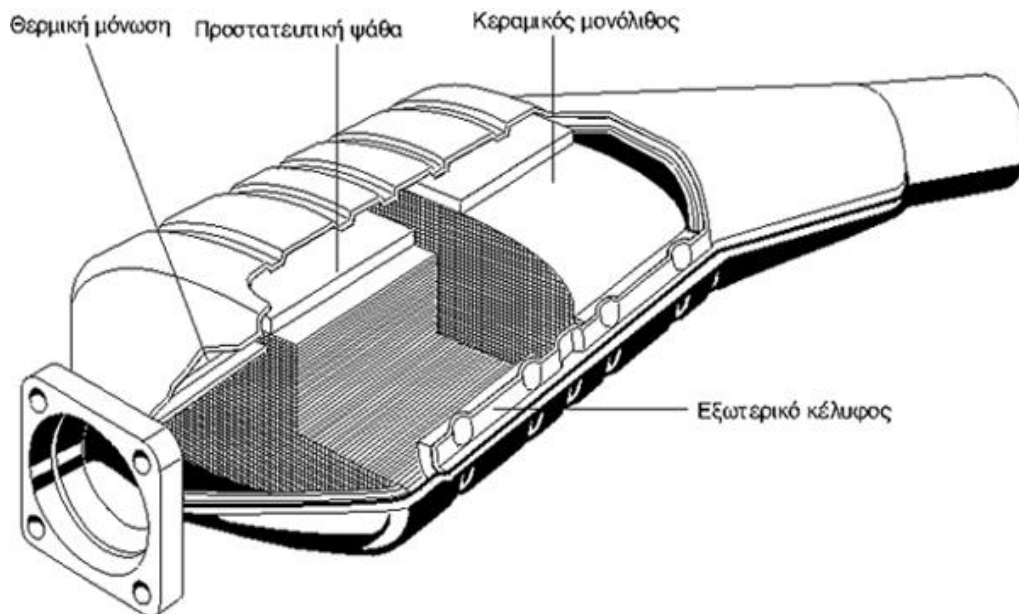


γ) Μονής κλίνης, τριών δρόμων καταλύτης

Σχήμα 3.2 Καταλυτικά συστήματα ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας

Ο καταλυτικός μετατροπέας (Σχήμα 3.3) αποτελείται από:

- Το εξωτερικό κάλυμμα του από ανοξείδωτο χάλυβα για να μην υπάρχουν οι οξειδώσεις. Αποτελείται από δύο συμμετρικά τμήματα που συγκολλούνται μεταξύ τους με ακριβείς μεταξύ τους ελεγχόμενες συνθήκες.
- Προστατευτική θερμοπλαστική ψάθα που ενεργεί ως θερμομονωτικό υλικό και ταυτόχρονα προστατεύει τα ευπαθή καταλυτικά υλικά από κραδασμούς.
- Τον μονόλιθο – φορέα των καταλυτικών υλικών που μπορεί να είναι κεραμικός ή και μεταλλικός.
- Την ενδιάμεση (φέρουσα) στρώση του φορέα, που είναι αλουμίνα.
- Τα καταλυτικά υλικά Pt, Pd, Rh.



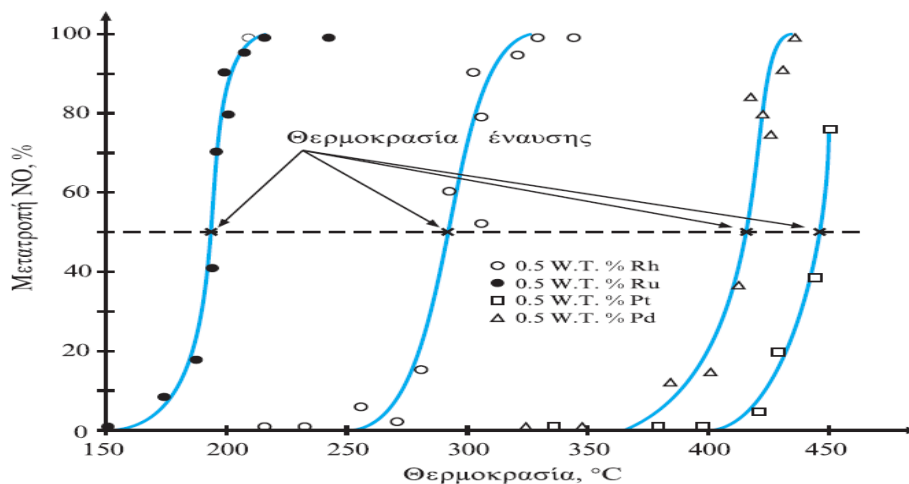
Σχήμα 3.3 Εσωτερική δομή ενός καταλυτικού μετατροπέα

Λειτουργικά χαρακτηριστικά καταλυτικού μετατροπέα

- Ο καταλύτης ενεργοποιείται άνω των 250 °C. Οι σύντομες διαδρομές με κρύο κινητήρα πρέπει να αποφεύγονται, διότι ο καταλύτης δεν λειτουργεί.
- Η υπέρβαση των 900°C προκαλεί τη θερμική γήρανση του καταλύτη. Για το λόγο αυτό απαιτείται σωστή λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας και έναυσης.
- Χρησιμοποιούνται λιπαντικά απαλλαγμένα από φώσφορο.
- Στις υψηλές στροφές μειώνεται η ιπποδύναμη του κινητήρα.
- Η ύπαρξη θείου στη βενζίνη δημιουργεί υδρόθειο με χαρακτηριστική μυρωδιά, όταν δεν υπάρχει αναλογία $\lambda=1$.
- Ο καταλύτης να αντικαθίσταται στα 80-100 km.
- Οι διαστάσεις του πρέπει να είναι αρκετά μικρές, για να τοποθετείται στο όχημα.

- Η πτώση πίεσης πρέπει να είναι πολύ μικρή (λίγα cm στήλης H₂O), γιατί διαφορετικά η ισχύς του κινητήρα μειώνεται αισθητά.
- Οι ισχυρές μηχανικές καταπονήσεις καταστρέφουν τον καταλύτη. Πρέπει να έχει επαρκή θερμική και μηχανική αντοχή.
- Ο καταλύτης θα πρέπει να θερμαίνεται σχετικά γρήγορα, ώστε κατά την κρύα εκκίνηση του κινητήρα, η κατάλυση να ξεκινά σε σύντομο χρονικό διάστημα. Κατά τη μεταβολή των συνθηκών λειτουργίας φορτίου και στροφών του κινητήρα εμφανίζει σχετική αδράνεια στις θερμικές μεταβολές.

Η λειτουργικότητα των καταλυτικών μετατροπέων συνηθίζεται να παρουσιάζεται σε διαγράμματα θερμοκρασίας έναυσης (light off). Θερμοκρασία έναυσης είναι η θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε 50% μετατροπή του ρύπου (σχ. 3.4). Όσο πιο αποδοτικός είναι ένας καταλυτικός μετατροπέας, τόσο χαμηλότερη θα είναι η τιμή των θερμοκρασιών έναυσης που επιτυγχάνει.



Σχήμα 3.4 Διάγραμμα θερμοκρασιών έναυσης ενός καταλυτικού μετατροπέα

Ένας καταλυτικός μετατροπέας για να θεωρηθεί κατάλληλος θα πρέπει να ικανοποιεί τις εξής προϋποθέσεις:

- θα πρέπει να εμφανίζει απόδοση μετατροπής των CO, HC και NO_x μεγαλύτερη του 98%.
- θα πρέπει να φτάνει γρήγορα στη light on θερμοκρασία, δηλ. τη θερμοκρασία έναυσης, 10-20s). να εμφανίζει υψηλή θερμική σταθερότητα αλλά και υψηλή ικανότητα δέσμευσης – αποδέσμευσης οξυγόνου από τη δομή του (Oxygen Storage Capacity – OSC) κατά την εναλλαγή οξειδίου-αναγωγικών συνθηκών.

3.1.2 Κατάταξη καταλυτών ανάλογα με τον τρόπο κατασκευή τους.

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής (εσωτερική δομή) τους καταλύτες κατατάσσουμε σε:

Καταλύτες με μεταλλικά σφαιρίδια (pellets)

Οι καταλύτες αυτοί είναι γεμάτοι με σφαιρίδια, τα οποία είναι από αδρανές υλικό και έχουν μια λεπτή επικάλυψη από λευκόχρυσο (Pt). Τα σφαιρίδια δημιουργούν μέσα στο δοχείο του καταλύτη μια πορώδη μάζα, διαμέσου της οποίας περνούν τα καυσαέρια- βλ. Σχ.3.5. Αυξάνουν όμως τη πίεση αντίθλιψης και ενεργοποιούνται με καθυστέρηση. Καθώς τα καυσαέρια διέρχονται διαμέσου των σφαιριδίων, εφάπτονται με το λευκόχρυσο και πραγματοποιούνται οι σχετικές αντιδράσεις. Λόγω μεγάλης αντίστασης στη ροή των καυσαερίων (αντίθλιψη) που παρουσιάζουν, δεν χρησιμοποιούνται ευρέως.



Σχήμα 3.5 Καταλύτης με μεταλλικά σφαιρίδια

Καταλύτες με κεραμικό μονόλιθο

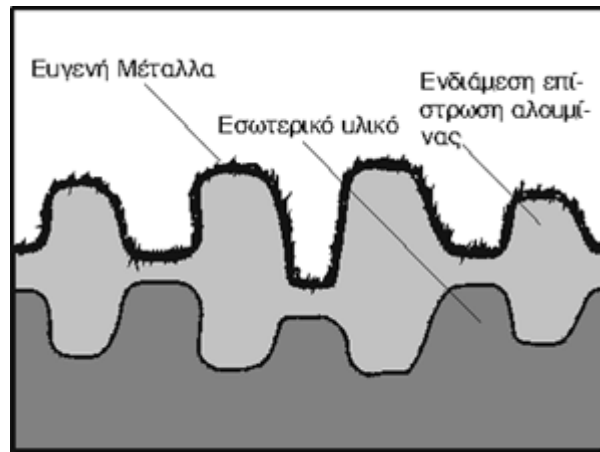
Χρησιμοποιείται από τις περισσότερες βιομηχανίες αυτοκινήτων. Ο κεραμικός μονόλιθος που έχει εξωτερικά κυψελοειδή μορφή, είναι ένα υλικό ευαίσθητο σε κραδασμούς, δονήσεις και θερμοκρασιακές καταπονήσεις. Εξωτερικά το κέλυφος περικλείει τον κεραμικό μονόλιθο του καταλύτη που είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα.

Το βασικό στοιχείο του καταλύτη είναι το κεραμικό υλικό, που ονομάζεται μονόλιθος και είναι συνήθως κυλινδρικής μορφής (βλ. Σχ. 3.6). Η κατασκευή του μονόλιθου είναι κυψελοειδούς μορφής με εκατοντάδες διαμήκη κανάλια (περάσματα) παράλληλα προς τη ροή των καυσαερίων. Η διατομή των καναλιών ροής των καυσαερίων είναι συνήθως τετραγωνικής, εξαγωνικής ή κυκλικής μορφής. Στα τοιχώματα των καναλιών τοποθετείται η ενδιάμεση επίστρωση από αλουμίνα η οποία είναι μια βάση οξειδίου του αλουμινίου (Al_2O_3), εμποτισμένη στην επιφάνεια των καναλιών ροής καυσαερίων (βλ. Σχ.3.7). Η επικάλυψη του κεραμικού με αλουμίνα Al_2O_3 επιτυγχάνεται μέσω ενός υδάτινου αιωρήματος. Το αιώρημα προέρχεται από την υγρή άλεση της

αλουμίνας και απαιτείται να έχει υψηλό ιξώδες και υψηλή συγκέντρωση στερεών.



Σχήμα 3.6 Καταλύτης με κεραμικό μονόλιθο



Σχήμα 3.7 Επιφάνεια καναλιού σε μεγέθυνση

Το πορώδες κεραμικό υλικό αποτελείται από κορδιερίτη που είναι πυριτικό άλας μίγματος μαγνησίου και αλουμινίου. Ο κορδιερίτης έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής διαστολής, ώστε να αντέχει στις απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές του καταλύτη. Τα κανάλια έχουν συνήθως πυκνότητα $60/\text{cm}^2$ ή $400/\text{in}^2$ και πάχος τοιχώματος $0,15 - 0,20 \text{ mm}$. Το πορώδες του υλικού αυτού κυμαίνεται από 20.000 ως 30.000 Α.

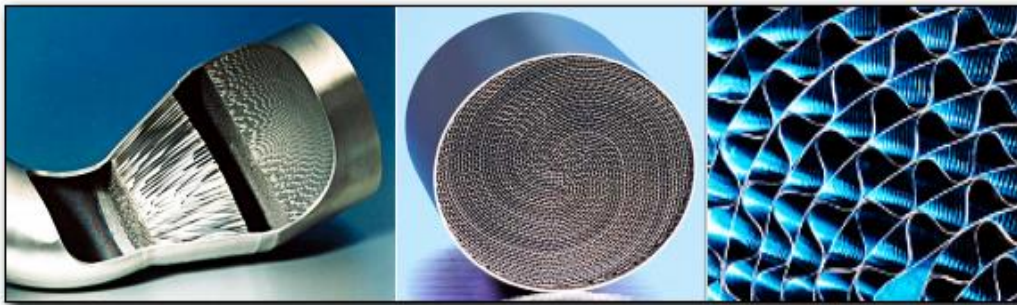


Σχήμα 3.8 Μορφή και τομή κεραμικού καταλύτη

Μεταλλικοί μονόλιθοι Καταλύτες

Η χρήση αυτών των καταλυτών είναι εμφανείς τα τελευταία χρόνια και τοποθετούνται στα κορυφαία μοντέλα. Ο μεταλλικός καταλύτης είναι ακριβότερος από τον κεραμικό, αλλά η χρήση του θα επικρατήσει όταν μειωθεί το κόστος του. Τοποθετείται σαν προκαταλύτης κοντά στο κινητήρα ώστε να επιτυγχάνεται η καταλυτική διαδικασία, αφού ο μεταλλικός μονόλιθος αντέχει περισσότερο στις θερμικές καταπονήσεις από το κεραμικό. Η εφαρμογή αυτού του καταλύτη έχει προχωρήσει παρά το αυξημένο κόστος γιατί συνδυάζει πολλά πλεονεκτήματα.

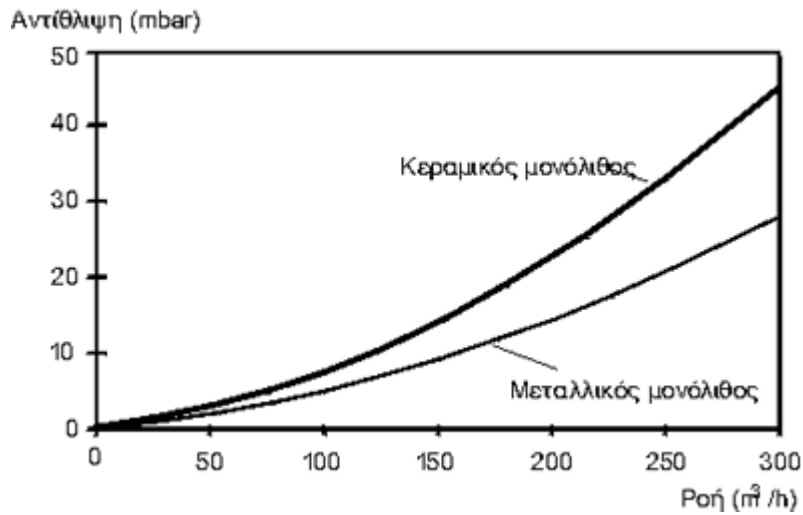
Ο μεταλλικός μονόλιθος αποτελείται από ένα μεταλλικό πλέγμα με πληθώρα κυψελών διαφόρων σχημάτων (σχ. 3.9). Η συνηθέστερη μορφή του αποτελείται από δύο ελασμάτινα στρώματα (κυματοειδή ελάσματα), τοποθετημένα σε ένα άλλο ενδιάμεσο κυκλικό έλασμα. Τα στρώματα αυτά συγκολλούνται με σκληρή συγκόλληση, ώστε να αποτελούν ένα συμπαγές σώμα. Το υλικό του πλέγματος είναι ο χάλυβας, ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες και διαβρώσεις και κατάλληλος για επίστρωση ευγενούς καταλυτικού υλικού. Το πάχος των συρμάτινων ελασμάτων του μονόλιθου κυμαίνεται από 0,04 ως 0,07 mm. Η τοποθέτηση στο κέλυφος είναι ευκολότερη από τον κεραμικό μονόλιθο, διότι μονόλιθος και κέλυφος διαστέλλονται ανάλογα και δεν χρειάζεται ενδιάμεση προστατευτική ψάθα.



Σχήμα 3.9 Μεταλλικός καταλυτικός μετατροπέας

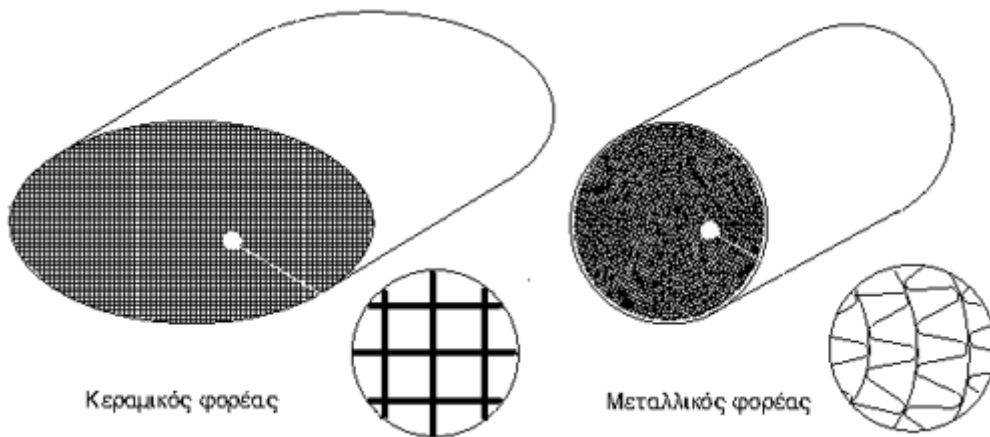
Σύγκριση Μεταλλικών και Κεραμικών Καταλυτών

Στο σχήμα 3.10 παρατηρούμε ότι ο μεταλλικός καταλύτης εμφανίζει μικρότερη αντίθλιψη καυσαερίων και αυξημένη ισχύ για την ίδια καταλυτική δράση, λόγω σημαντικά μικρότερου μέσου πάχους τοιχώματος. Ο μεταλλικός καταλύτης είναι περισσότερο ανθεκτικός σε θερμοκρασιακές αιχμές, ο μεταλλικός μονόλιθος εμφανίζει θερμοαγωγιμότητα και αποβάλλει πιο εύκολα θερμότητα στο περιβάλλον και έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.



Σχήμα 3.10 Πτώση πίεσης στη παροχή καυσαερίου για μεταλλικό και κεραμικό καταλύτη

Η καταλυτική δράση στο μεταλλικό καταλύτη γίνεται γρηγορότερα, επειδή η θερμοχωρητικότητα του είναι μισή από αυτή του κεραμικού μονόλιθου. Επιπλέον, ο μεταλλικός καταλύτης έχει μεγαλύτερο κόστος, ενώ η μηχανική αντοχή είναι μικρότερη από αυτή του κεραμικού, επειδή τα μεταλλικά ελασμάτινα στρώματα μπορεί να διαχωριστούν το ένα από το άλλο – βλ. Σχ. 3.11.

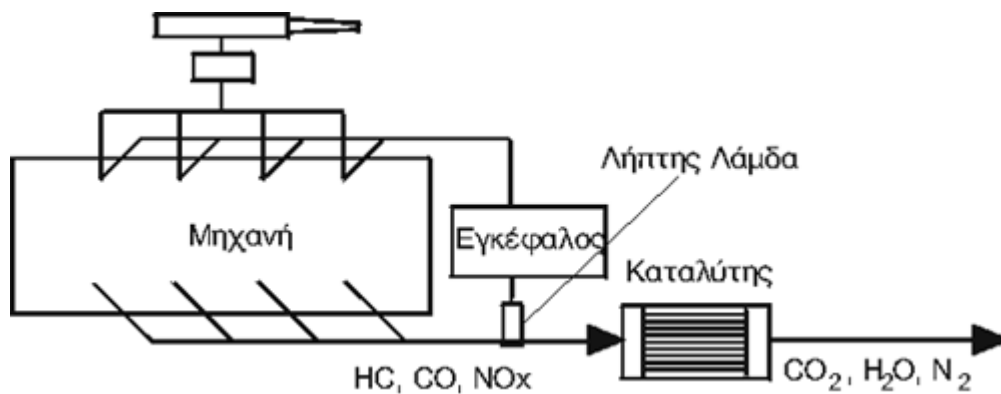


Σχήμα 3.11 Κανάλια ροής καυσαερίων κεραμικού και μεταλλικού καταλύτη

3.1.3 Συστήματα κατάλυσης

Τριοδικός καταλύτης (μιας κλίνης)

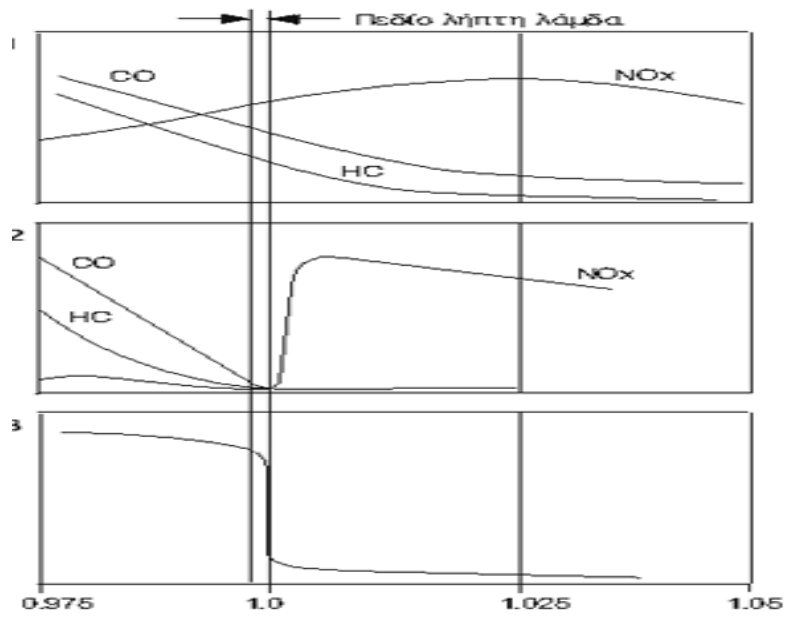
Ο Καταλύτης αυτός έχει σήμερα τη μεγαλύτερη εφαρμογή τοποθετείται σε ένα σύστημα τροφοδοσίας με ηλεκτρονικό καρμπυρατέρ με κλειστό κύκλωμα ρύθμισης (σχ. 3.12). Στον καταλύτη αυτό, το O_2 που απελευθερώνεται από την αναγωγή των NO_x οξειδώνει τα HC, CO. Για το σκοπό αυτό, το μίγμα είναι στοιχειομετρικό ($\lambda=1$). Η ρύθμιση του μίγματος γίνεται ώστε να διατηρείται στοιχειομετρικό γίνεται με τη βοήθεια ενός αισθητήρα οξυγόνου ('λάμδα' sensor). Ο αισθητήρας τοποθετείται πριν τον καταλύτη και στέλνει συνεχώς πληροφορίες για τη σύνθεση του καυσαερίου σε μια κεντρική μονάδα ελέγχου, η οποία επεξεργάζεται τις πληροφορίες και δίνει συνεχώς εντολές διόρθωσης του μίγματος αέρα – καυσίμου, προκειμένου να διατηρείται πάντοτε στοιχειομετρική ($\lambda=1$).



Σχήμα 3.12 Κλειστό σύστημα ρύθμισης

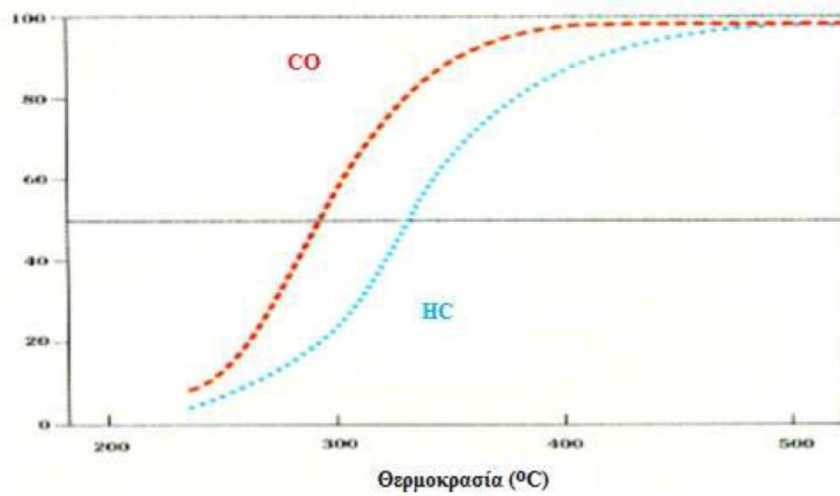
Στους ρυθμιζόμενους τριοδικούς καταλύτες επιτυγχάνεται μείωση των τριών κύριων ρύπων CO, HC και NO_x κατά 95% περίπου. Αν το μίγμα είναι πλουσιότερο ($\lambda < 0.98$), τα CO, HC αυξάνονται στο καυσαέριο, ενώ αν το μίγμα γίνει φτωχότερο ($\lambda > 1.0$), αυξάνονται τα NO_x – βλ. Σχ. 3.13α. Σε κάθε περίπτωση, ο βαθμός απόδοσης της καταλυτικής μετατροπής είναι ικανοποιητικός μόνο σε θερμοκρασίες καυσαερίων $> 400^\circ C$ – βλ. Σχ. 3.13β.

Στους μη ρυθμιζόμενους τριοδικούς καταλύτες δεν απαιτείται τοποθέτηση του αισθητήρα λ και κλειστού συστήματος ρύθμισης αλλά είναι τριοδικός καταλύτης ανοικτού συστήματος ρύθμισης η τιμή του λ κυμαίνεται από 0,8 ως 1,2. Η ικανότητα μετατροπής των ρυπαντών ανέρχεται σε 60%. Στο καταλυτικό μετατροπέα οξειδώνονται τα CO και HC (σχ. 3.14). Για να πραγματοποιηθούν οι αναγωγικές αντιδράσεις θα πρέπει να υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, άρα ο κινητήρας θα πρέπει να λειτουργεί με πλούσιο μίγμα.



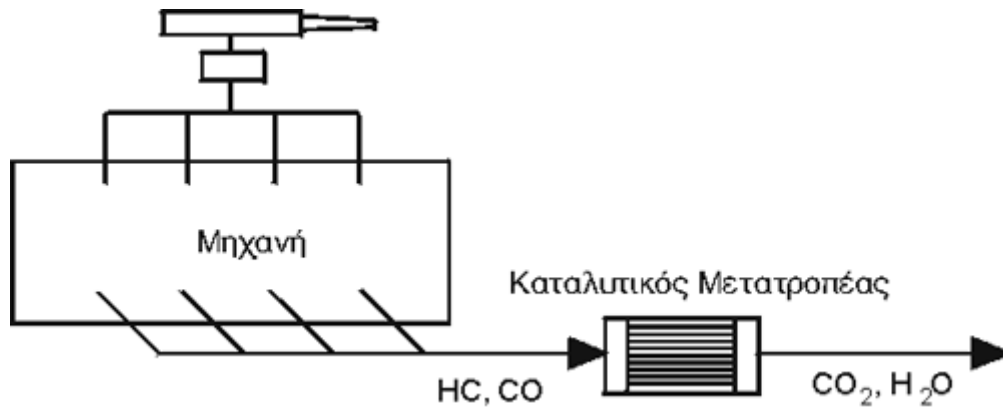
1: Εκπομπές πριν την κατάλυση
2: Εκπομπές μετά την κατάλυση
3: Μηνύματα λήπτη λάμδα

(α)



(β)

Σχήμα 3.13 Εξάρτηση της λειτουργίας του ρυθμιζόμενου τριοδικού καταλύτη: α) από το λόγο αέρα λ, και β) από τη θερμοκρασία των καυσαερίων



Σχήμα 3.14 Ανοικτό σύστημα ρύθμισης

Αναγωγικός καταλύτης

Ο αναγωγικός καταλύτης χρησιμοποιεί ένα φορέα κεραμικού μονόλιθου ή μεταλλικού ελάσματος σαν επίστρωση μετάρων φέρει ρόδιο (βλ. Σχ.3.15). Το είδος αυτού του καταλύτη επειδή δε χρησιμοποιείται σε καμία εφαρμογή μόνος του δε διατίθεται σαν μονής κλίνης αναγωγικός μετατροπέας. Αντιθέτως εγκαθίσταται πάντα σε συνδυασμό με έναν οξειδωτικό καταλύτη μέσα στο ίδιο περίβλημα. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζεται μετατροπέας διπλής κλίνης. Οι αντιδράσεις που γίνονται για τη διάσπαση των οξειδίων του αζώτου - βλ. κεφ. 3.1.1.



Σχήμα 3.15 Αναγωγικός καταλύτης

Οξειδωτικός καταλύτης (διοδικός)

Ο οξειδωτικός καταλύτης χρησιμοποιεί το λευκόχρυσο ή το παλλάδιο για την οξείδωση του CO και των HC (βλ. Σχ.3.16). Λόγω του ότι με αυτό το είδος μετατροπέα επιτυγχάνεται μετατροπή των δυο από τους τρεις πρωτογενείς ρύπους, ο οξειδωτικός καταλύτης αναφέρεται και ως διοδικός καταλύτης. Οι καταλύτες αυτού του είδους χρησιμοποιούνται σε κινητήρες που λειτουργούν με πτωχό μίγμα, αφού οι εκπομπές HC και CO είναι χαμηλές, ενώ τα NO_x αντιμετωπίζονται με κάποια άλλη διαδικασία, όπως ανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR).



Σχήμα 3.16 Διοδικός οξειδωτικός καταλύτης

Τριοδικός καταλύτης με συνδυασμό οξειδωτικού καταλύτη

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ο τριοδικός καταλύτης με οξειδωτικό καταλύτη (βλ. Σχ.3.17). Ο τριοδικός τοποθετείται στην πολλαπλή εξαγωγής και στο τέλος ακολουθεί ο οξειδωτικός. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται στον ενδιάμεσο κενό χώρο αέρας προσαγωγής από το περιβάλλον. Οι ρύποι μειώνονται ενώ απαιτείται ιδιαίτερη τοποθέτηση του συστήματος. Αν τοποθετηθεί ανάποδα στη ροή των καυσαερίων τότε θα καταστραφεί το τριοδικό τμήμα του μετατροπέα.



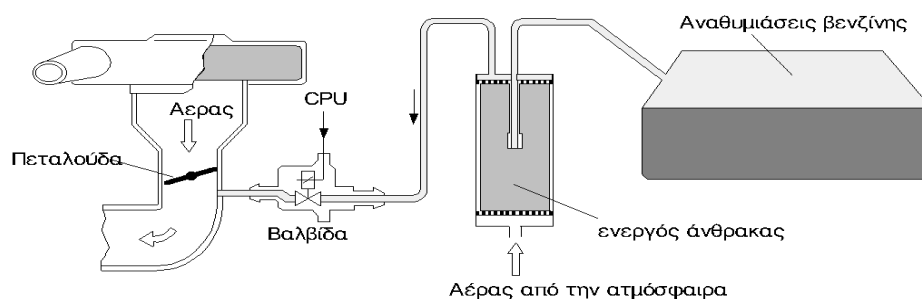
Σχήμα 3.17 Τριοδικός καταλύτης σε συνδυασμό με οξειδωτικό.

3.2 Συστήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας σε βενζινοκίνητα οχήματα

3.2.1 Σύστημα περιορισμού εκπομπών HC από τον εξαεριοτή και το δοχείο καυσίμου

Όταν το δοχείο καυσίμου θερμαίνεται, ο αέρας διαστέλλεται και ένα μέρος που περιέχει ατμούς HC εκτονώνεται μέσω του αγωγού εξαέρωσης του ρεζερβουάρ. Με τη ψύξη του δοχείου, εισέρχεται αέρας από την ατμόσφαιρα στο δοχείο. Επομένως, η ποσότητα των HC αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του δοχείου καυσίμου. Σε περίπτωση που το αυτοκίνητο ακινητοποιηθεί, η θερμότητα που μεταδίδεται από τον κινητήρα στη λεκάνη σταθερής στάθμης του εξαεριοτή προκαλεί την εξαέρωση ενός μέρους ή και όλου του καυσίμου της λεκάνης και οι ατμοί HC διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα. Σε προ-καταλυτικά βενζινοκίνητα οχήματα οι εκπομπές HC από το ρεζερβουάρ και τον εξαεριοτή υπολογίζονται σε 2g/Km καυσίμου προσεγγιστικά, ανάλογα και με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Σήμερα με τη χρήση ενός μεταλλικού δοχείου, του κανίστρου αναθυμιάσεων που περιέχει ενεργό άνθρακα, οι ατμοί HC του ρεζερβουάρ καυσίμου απορροφώνται από τον ενεργό άνθρακα μόλις το όχημα σταματήσει. Στη συνέχεια όταν ο κινητήρας ξαναλειτούργησει, οι απορροφηθείς αναθυμιάσεις βενζίνης μεταφέρονται λόγω της υποπίεσης εισαγωγής από το κάνιστρο αναθυμιάσεων στην εισαγωγή των κυλίνδρων, όπου καίγονται. Η ροή των αναθυμιάσεων βενζίνης ελέγχεται μέσω του μικροϋπολογιστή – βλ. Σχ.3.18. Στα σύγχρονα ρεζερβουάρ τοποθετείται ένα ειδικό πώμα με βαλβίδα όπου ανοίγει, όταν αναπτυχθεί υπερβολική πίεση στο δοχείο για να εισέλθει αέρας.



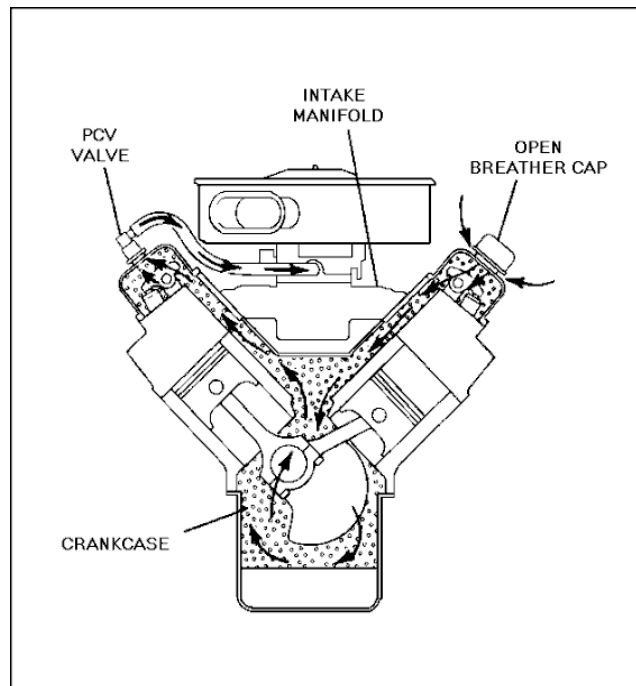
Διάγραμμα 1.3.
Σύστημα ελέγχου αναθυμιάσεων βενζίνης με δοχείο ενεργού άνθρακα (ECS)

Σχήμα 3.18 Σύστημα περιορισμού ατμών HC

3.2.2 Σύστημα περιορισμού εκπομπών HC από το κάρτερ PCV (Positive crankcase ventilation)

Οι αναθυμιάσεις HC του δοχείου λιπαντικού (κάρτερ) προέρχονται από την αύξηση της πίεσης στο χώρο του κάρτερ από τις διαφυγές καυσαερίων μέσω των ελατηρίων του εμβόλου. Αυτό προκαλεί στη συνέχεια την ανεξέλεγκτη διαφυγή των ατμών του λιπαντικού και των παραπάνω καυσαερίων στην ατμόσφαιρα από τον αγωγό και φίλτρο εξαερισμού του κάρτερ. Το σύνολο των HC που διαφεύγουν από το Κάρτερ σε μη ελεγχόμενο αυτοκίνητο είναι περίπου 2.5 g/km.

Σε σύγχρονα οχήματα οι αναθυμιάσεις του κάρτερ οδηγούνται με τον αγωγό εξαερισμού στη πολλαπλή εισαγωγή και από εκεί στους κυλίνδρους, όπου καίγονται. Μια βαλβίδα εμποδίζει την ανακυκλοφορία των αναθυμιάσεων κατά τη λειτουργία στο ρελαντί και στα χαμηλά φορτία, το δε σύνολο συνθέτει ένα σύστημα ονομαζόμενο θετικός εξαερισμός στροφαλοθαλάμου (PCV) - βλ. Σχ.3.19. Όλα τα αυτοκίνητα σύγχρονης τεχνολογίας διαθέτουν κάποιο τύπο PCV.



Σχήμα 3.19 Σύστημα PCV πρώτης γενιάς

3.2.3 Σύστημα ανακυκλοφορίας των καυσαερίων EGR (Exhaust gas recirculation)

Το σύστημα αυτό στοχεύει στη μείωση NO_x των οποίων η εκπομπή είναι αυξημένη στα στοιχειομετρικά και φτωχά μίγματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εναλλακτικά με καθυστέρηση της έναυσης ή και με ανακύκλωση ενός μέρους των καυσαερίων. Η ανακυκλοφορία των καυσαερίων είναι περισσότερο

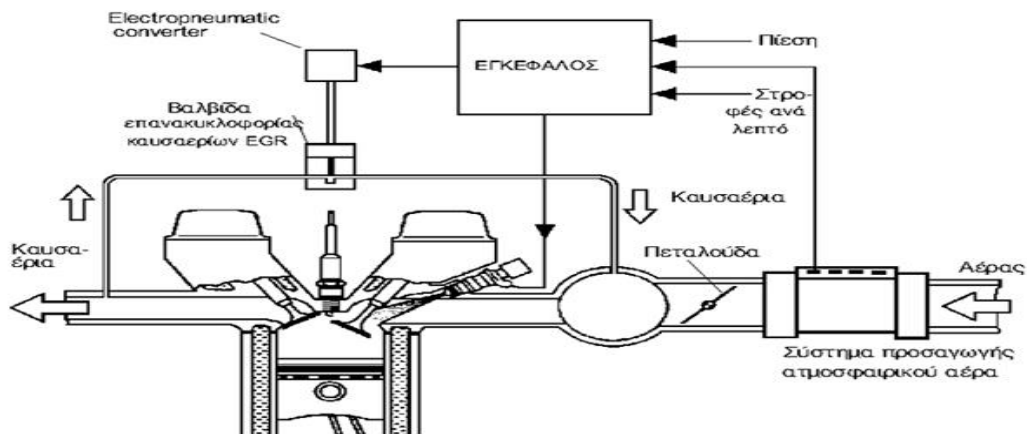
διαδεδομένη στις ΗΠΑ. Βασικό στοιχείο είναι ότι η βαλβίδα καθορίζει το ποσοστό των καυσαερίων που ανακυκλώνονται. Η βαλβίδα λειτουργεί με την υποπίεση της εισαγωγής. Στο ρελαντί η βαλβίδα παραμένει κλειστή και η εκπομπή των NO_x είναι χαμηλή. Σε περίπτωση που ο κινητήρας είναι κρύος και το μίγμα πολύ πλούσιο η εκπομπή NO_x είναι χαμηλή. Με τον τρόπο αυτό διακόπτεται η επίδραση της υποπίεσης στη βαλβίδα EGR με έναν θερμοστατικό διακόπτη κατά τη διάρκεια θέρμανσης του κινητήρα.

Η λειτουργία της βαλβίδας EGR συνίσταται στο να ανοίγει, υπό ορισμένες συνθήκες, μια μικρή δίοδο ανάμεσα στην πολλαπλή εξαγωγής και στην πολλαπλή εισαγωγής, οπότε ένα μέρος των καυσαερίων (πολλαπλή εξαγωγής) αναρροφάται στο προς καύση μίγμα (πολλαπλή εισαγωγής), (σχ. 3.20). Η ποσότητα των αδρανών αυτών καυσαερίων αντικαθιστά ένα μέρος του ατμοσφαιρικού αέρα στο προς καύση μίγμα με αποτέλεσμα την μείωση της θερμοκρασίας καύσης, άρα και την μείωση των οξειδίων του αζώτου.

Λειτουργία βαλβίδας EGR

Η βαλβίδα ανακυκλοφορίας καυσαερίων EGR παραμένει κλειστή έως ότου ο κινητήρας ανεβάσει θερμοκρασία και αρχίσει να λειτουργεί κάτω από φορτίο. Όταν αρχίσουν να αυξάνουν το φορτίο και οι θερμοκρασίες καύσης, η βαλβίδα EGR ανοίγει και αρχίζει να κατευθύνει ένα ποσοστό καυσαερίων πίσω στην πολλαπλή εισαγωγής. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση των θερμοκρασιών καύσης, που μειώνει το σχηματισμό NO_x . Η υποπίεση στην πολλαπλή εισαγωγής απορροφά τα αέρια της εξαγωγής πίσω στον κινητήρα, αλλά το ποσοστό της επανακυκλοφορίας των καυσαερίων πρέπει να είναι απόλυτα ελεγχόμενο διότι αλλιώς μπορεί να υπάρξει αρνητική επίδραση στην ποιότητα του ρελαντί, στην απόδοση του κινητήρα και στη γενικότερη λειτουργία του.

Εάν το σύστημα EGR καταστεί ανενεργό επειδή είναι αποσυνδεδεμένο ή προβληματικό, η επίδραση ψύξης που θα έχει παραχθεί στο παρελθόν από το σύστημα EGR θα χαθεί. Χωρίς EGR, ο κινητήρας θα εμφανίζει σε συχνά διαστήματα το φαινόμενο της κρουστικής καύσης (πειράκια) τόσο κατά την επιτάχυνση ή το μεγάλο φορτίο. Αυτό, με την πάροδο του χρόνου μπορεί να προκαλέσει μεγάλη ζημιά στον ίδιο τον κινητήρα.



Σχήμα 3.20 Σύστημα επανακυκλοφορίας των καυσαερίων

Τύποι βαλβίδων EGR

Υπάρχουν δυο κατηγορίες βαλβίδων EGR :

- Οι βαλβίδες που ενεργοποιούνται με τη δημιουργία υποπίεσης από την πολλαπλή εισαγωγής. Στους παλαιότερους τύπους η υποπίεση εφαρμοζόταν όταν ο κινητήρας έφτανε σε θερμοκρασία λειτουργίας με κάποιο διακόπτη ON-OFF, συνήθως θερμικό, στους νεότερου τύπου κινητήρες (κατασκευής μετά το 1990) με εντολή γείωσης από την ECU.
- Οι βαλβίδες που ενεργοποιούνται ηλεκτρονικά, άμεσα, με ηλεκτρικό σήμα από την ECU. Έχουν τα πλεονεκτήματα της γρήγορης απόκρισης, της μεγάλης ροής ενώ επιπλέον δεν καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο.

Βαλβίδες υποπίεσης

Βαλβίδες EGR με διόδους: (1973 μέχρι τη δεκαετία του '80). Η χαρακτηριστική βαλβίδα κενού EGR με διόδους αποτελείται από ένα διάφραγμα κενού που συνδέεται με μια οδηγό ή ειδικά διαμορφωμένη βαλβίδα ελέγχου ροής. Η ίδια η βαλβίδα EGR τοποθετείται συνήθως είτε σε ένα χώρο κάτω από το καρμπρατέρ ή στην πολλαπλή εισαγωγής. Ένας μικρός σωλήνας από την πολλαπλή εξαγωγής ή μια εσωτερική διάδοδος στην πολλαπλή εξαγωγής και στην κεφαλή του κυλίνδρου κατευθύνει τα καυσαέρια προς τη βαλβίδα. Όταν εφαρμόζεται υποπίεση στη βαλβίδα EGR, αυτή ανοίγει. Αυτό επιτρέπει στην υποπίεση της εισαγωγής να απορροφήσει τα αέρια της εξαγωγής στο εσωτερικό του κινητήρα. Για να αποτραπεί η βαλβίδα EGR να ανοίξει όταν ο κινητήρας είναι κρύος, η γραμμή υποπίεσης στη βαλβίδα EGR μπορεί να είναι συνδεδεμένη με ένα διακόπτη κενού ή με ένα ρελέ που ελέγχεται από υπολογιστή. Η «διαρροή» των καυσαερίων από τη βαλβίδα προς τον κινητήρα δεν επιτρέπεται έως ότου ο κινητήρας αποκτήσει τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Το EGR δεν χρειάζεται όταν ο κινητήρας είναι κρύος, παρά μόνο όταν είναι θερμός και κάτω από φορτίο.

Βαλβίδες EGR θετικής υποπίεσης: (1973 & μετέπειτα). Οι βαλβίδες EGR θετικής υποπίεσης χρησιμοποιούν την υποπίεση της εξαγωγής για να μεταβάλουν το σημείο στο οποίο ανοίγουν και τα ποσοστά ροής τους. Στα αυτοκίνητα της GM, αυτές οι βαλβίδες προσδιορίζονται με το τελευταίο γράμμα στον αριθμό σειράς τους. Το γράμμα «P» δείχνει μια θετικής υποπίεσης βαλβίδα, και το γράμμα «N» δείχνει μια αρνητικής υποπίεσης βαλβίδα. Μέσα στη βαλβίδα θετικής υποπίεσης EGR υπάρχει ένα δεύτερο διάφραγμα που αντιδρά στην υποπίεση του συστήματος της εξαγωγής. Το θετικής υποπίεσης διάφραγμα ανοίγει και κλείνει μια μικρή τρύπα στο κύριο κύκλωμα EGR ή το διάφραγμα. Το άνοιγμα της τρύπας αυτής μειώνει την υποπίεση στο κύριο διάφραγμα και αποτρέπει τη βαλβίδα από το να ανοίξει πλήρως. Το κλείσιμο της τρύπας αυτής επιτρέπει στο κύριο διάφραγμα να αντιληφθεί πλήρως την υποπίεση και έτσι να ανοίξει πλήρως τη βαλβίδα ώστε

να επιτρέψει τη μέγιστη ροή EGR. Με τις θετικής υποπίεσης βαλβίδες EGR, οποιαδήποτε αύξηση στην υποπίεση της εξαγωγής αναγκάζει τη βαλβίδα EGR να ανοίξει. Αυτό μειώνει αρκετά την τιμή της υποπίεσης, επιτρέποντας στο δεύτερο διάφραγμα υποπίεσης να «ξεφορτώσει» κάποιο μέρος της υποπίεσης. Η βαλβίδα EGR αρχίζει να κλείνει και η πίεση της εξαγωγής αρχίζει πάλι να αυξάνει. Η βαλβίδα EGR ταλαντεύεται μεταξύ ανοικτής και κλειστής θέσης ανάλογα με τη μεταβολή της πίεσης της εξαγωγής ώστε να διατηρεί μια ισορροπημένη ροή.

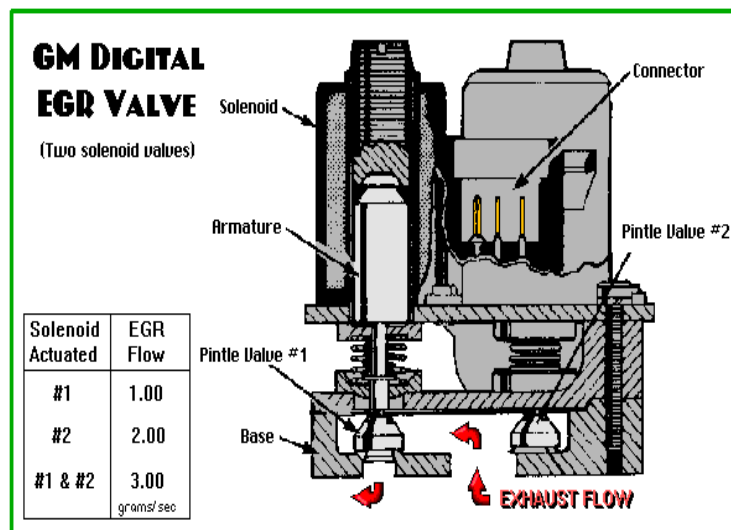
Βαλβίδες EGR αρνητικής υποπίεσης: (1973 & μετέπειτα). Ο αρνητικής υποπίεσης τύπος βαλβίδας EGR αντιδρά με τον ίδιο τρόπο, εκτός από το ότι αντιδρά στις αρνητικές ή πτωτικές αλλαγές της πίεσης στο σύστημα της εξαγωγής για να ρυθμίσει τη δράση του EGR. Μια πτώση στην υποπίεση της εξαγωγής εμφανίζεται όταν υπάρχει λιγότερο φορτίο στον κινητήρα. Αυτό αναγκάζει το διάφραγμα υποπίεσης να ανοίξει τη δίοδο διαρροής και να μειώσει τη ροή EGR. Είναι η ίδια αρχή λειτουργίας με το θετικής υποπίεσης τύπο εκτός από το ότι η λειτουργία ελέγχου εμφανίζεται όταν η υποπίεση μειώνεται αντί να αυξάνεται.

Ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες

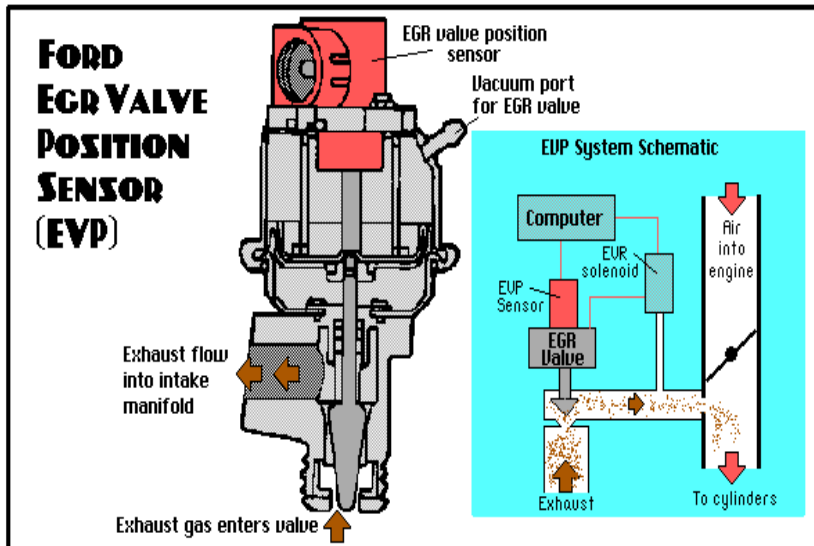
Ηλεκτρονικές βαλβίδες EGR με διαμορφωμένο παλμικό εύρος: (αρχές δεκαετίας του '80 & μετέπειτα). Η Γραμμική βαλβίδα με βηματικό κινητήρα. Βαλβίδες αυτού του τύπου είναι παρόμοιες με τις βαλβίδες ρύθμισης ρελαντί. Έχουν το πλεονέκτημα της ακριβούς ρύθμισης και δεν χρειάζονται αισθητήρα θέσης. Χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά το 1984 από την General Motors. Αυτός ο τύπος συστήματος EGR χρησιμοποιεί ένα σωληνοειδές ελέγχου EGR με διαμορφωμένο παλμικό πλάτος. Με αυτήν την τεχνική, η μονάδα ελέγχου του συστήματος μετάδοσης κίνησης (PCM) ελέγχει τη λειτουργία υποπίεσης του σωληνοειδούς EGR με άμεσο άνοιγμα και κλείσιμό του. Αυτό δημιουργεί ένα μεταβλητό σήμα υποπίεσης που μπορεί να ρυθμίσει με μεγάλη ακρίβεια τη λειτουργία του EGR. Το ποσοστό του χρόνου «ενεργοποίησης» σε σχέση με το χρόνο «απενεργοποίησης» του σωληνοειδούς EGR μέσα στην κλίμακα από 0 έως 100, και το μέσο ποσοστό του χρόνου «ενεργοποίησης» σε σχέση με το χρόνο «απενεργοποίησης» σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή καθορίζουν τη ροή του EGR.

Ψηφιακές ηλεκτρονικές βαλβίδες EGR: (τέλη δεκαετίας του '80 έως δεκαετία του '90). Πολλαπλή βαλβίδα της General Motors ενεργοποιεί έως τρία ανοίγματα με τρία ανεξάρτητα πηνία και μπορεί να δώσει επτά διαφορετικές παροχές (υπάρχει και αντίστοιχος με δύο πηνία) (σχ. 3.21). Σε μερικές εφαρμογές, χρησιμοποιείται μια «ψηφιακή» βαλβίδα EGR. Αυτός ο τύπος βαλβίδας χρησιμοποιεί επίσης το κενό (υποπίεση) για να ανοίξει τη βαλβίδα αλλά ρυθμίζει τη ροή EGR μέσω υπολογιστή. Η ψηφιακή βαλβίδα EGR έχει τρία μετρητικά στόμια που ανοίγουν και κλείνουν μέσω σωληνοειδών (ρελέ). Με το άνοιγμα διάφορων συνδυασμών αυτών των τριών σωληνοειδών, μπορούν να επιτευχθούν διαφορετικά ποσοστά ροής ώστε να ταιριάζουν στις απαιτήσεις EGR του κινητήρα. Τα σωληνοειδή είναι κλειστά υπό κανονικές συνθήκες και ανοίγουν μόνο όταν ο υπολογιστής κλείσει το κύκλωμα με το κάθε ένα από αυτά.

Γραμμικές ηλεκτρονικές βαλβίδες EGR: (αρχές δεκαετίας του '90 & μετέπειτα). Γραμμική (linear) βαλβίδα: Διαθέτει ένα πηνίο και ενεργοποιείται με σήμα τάσης με διαμόρφωση κατά πλάτος (PWM σήμα φόρτισης), επιτρέποντας μεταβαλλόμενη παροχή. Οι βαλβίδες αυτού του τύπου διαθέτουν συνήθως και αισθητήρα θέσης (ποτενσιόμετρο), που πληροφορεί την ECU για την θέση ανοίγματος της βαλβίδας. Ένας άλλος τύπος ηλεκτρονικής βαλβίδας EGR είναι η «γραμμική» βαλβίδα EGR. Αυτός ο τύπος χρησιμοποιεί ένα μικρό βηματικό μοτέρ που ελέγχεται από υπολογιστή για να ανοίξει και να κλείσει τη βαλβίδα EGR αντί της λειτουργίας του κενού. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι η βαλβίδα EGR λειτουργεί ανεξάρτητα από τις υποπίεσης του κινητήρα. Λειτουργεί ηλεκτρικά και μπορεί να ανοίξει σε διάφορες τιμές ανάλογα με αυτές που απαιτεί η μονάδα ελέγχου του κινητήρα σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή. Η εταιρεία GM υιοθέτησε αυτόν τον τύπο βαλβίδας σε πολλούς από τους κινητήρες της το 1992. Γραμμικές βαλβίδες EGR μπορεί επίσης να είναι εξοπλισμένες με ένα αισθητήρα θέσης βαλβίδων EGR (EVP) ώστε να κρατούν ενήμερο τον υπολογιστή για αυτό που κάνει κάθε φορά η βαλβίδα EGR. Ο αισθητήρας EVP διαθέτει επίσης ένα σύστημα αυτόδιάγνωσης καθώς ο υπολογιστής αναζητεί μια ένδειξη της μετακίνησης από τον αισθητήρα όταν στέλνει εντολή στη βαλβίδα EGR να ανοίξει ή να κλείσει (σχ. 3.22). Ο αισθητήρας λειτουργεί όπως ένας αισθητήρας θέσης της δικλείδας ισχύος και διαφοροποιεί την αντίστασή του. Το σήμα τάσης ποικίλλει συνήθως από 0,3 (κλειστό) στα 5 volt (ανοικτό).



Σχήμα 3.21 Ψηφιακή ηλεκτρονική βαλβίδα EGR με δύο πηνία

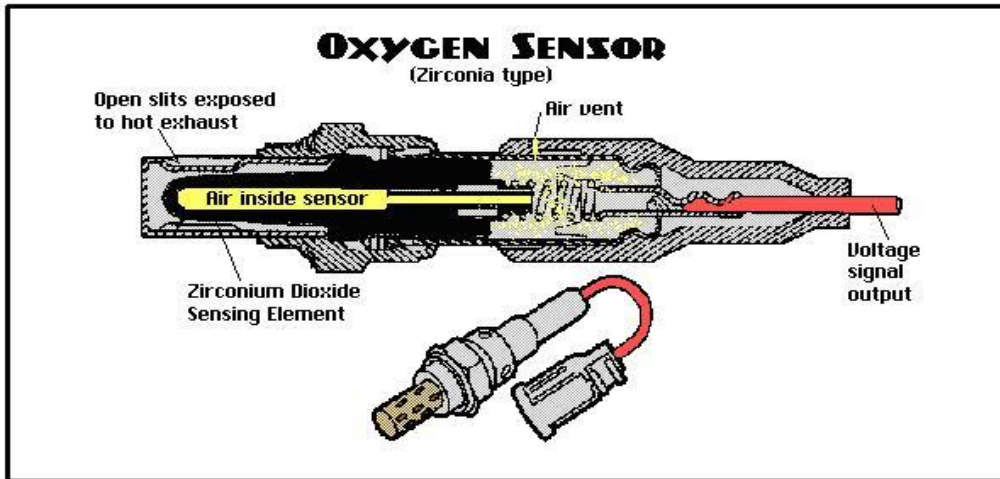


Σχήμα 3.22 Γραμμικές βαλβίδες EGR (EVP) της GM

3.2.4 Καταλυτικά συστήματα ελέγχου εκπομπών

Αισθητήρας οξυγόνου ή λήπτης λάμδα (lambda sensor)

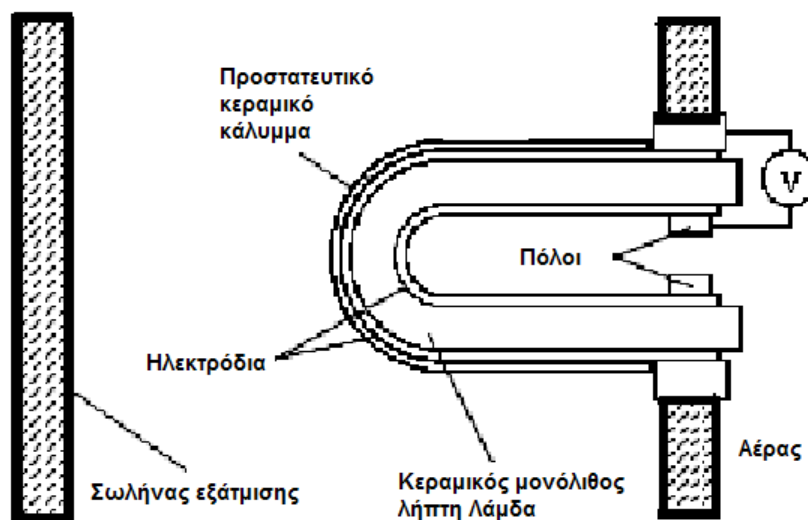
Ο αισθητήρας οξυγόνου τοποθετείται στην πολλαπλή εξαγωγής πριν τον καταλύτη και ανιχνεύει τη συγκέντρωση οξυγόνου στα καυσαέρια. Ο αισθητήρας αυτός παρέχει πληροφορίες για τη συγκέντρωση οξυγόνου στα καυσαέρια στην μονάδα ελέγχου ή εγκέφαλο του συστήματος τροφοδοσίας, για να διασφαλίζεται ότι το μίγμα είναι πάντοτε στοιχειομετρικό. Ο λήπτης λάμδα (βλ. Σχ.3.23) αποτελείται από ένα κεραμικό σώμα μη διαπερατό από τα αέρια. Το σώμα είναι κατασκευασμένο από διοξείδιο του ζirkονίου (ZrO_2) που σταθεροποιείται από το οξείδιο του ντρίου (Y_2O_3). Εσωτερικά και εξωτερικά έχει επιχρισθεί με μία στρώση πλατίνας, διαπερατής από τα αέρια. Η εξωτερική στιβάδα της πλατίνας φέρει ακόμη μια στρώση για προστασία από τα κατάλοιπα της καύσης. Επιπλέον προστατεύεται με διάτρητο μεταλλικό σωλήνα από μηχανικές καταπονήσεις. Η εξωτερική επιφάνεια του αισθητήρα τίθεται στη ροή των καυσαερίων και, μέσω της στρώσης της πλατίνας συνδέεται με το κέλυφος (-) του αισθητήρα (αρνητικό ηλεκτρόδιο). Η εσωτερική στρώση της πλατίνας αποτελεί το θετικό (+) ηλεκτρόδιο, βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα και ενεργεί ως ένας στοιχειώδης καταλύτης.



Σχήμα 3.23 Δομή αισθητήρα οξυγόνου

Αισθητήρας λ ζιρκονίου

Ο αισθητήρας βιδώνεται στον σωλήνα εξαγωγής καυσαερίων ώστε το εξωτερικό ηλεκτρόδιο του αισθητήριου στοιχείου να βρίσκεται στη ροή των καυσαερίων (σχ. 3.24). Το εσωτερικό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος εισέρχεται από μία οπή του εξωτερικού σώματος του αισθητήρα και χρησιμεύει ως αέριο αναφοράς.

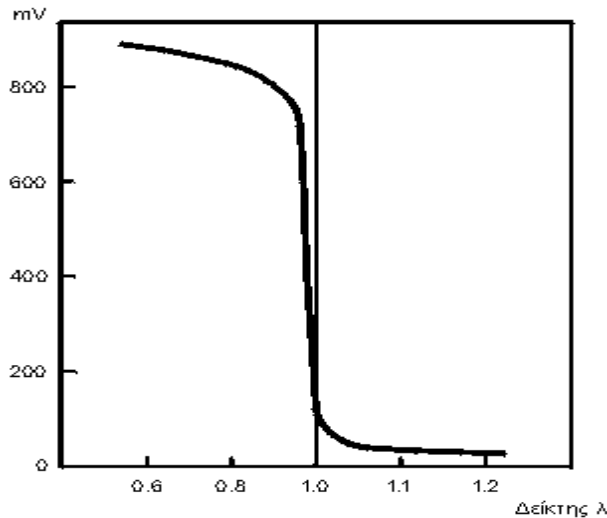


Σχήμα 3.24 Διάγραμμα λήπτη λάμδα μέσα στην εξάτμιση

Το κεραμικό υλικό του αισθητήρα γίνεται αγωγίμο για τα ιόντα οξυγόνου στους 300 °C, αν και στις δύο πλευρές η συγκέντρωση οξυγόνου διαφέρει. Σε αυτή τη περίπτωση δημιουργείται διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο

επιφανειών, η οποία εκφράζει τη διαφορά συγκέντρωσης οξυγόνου στις δύο πλευρές του λήπτη – βλ. Σχ.3.25.

Η διάρκεια ζωής του λήπτη μειώνεται από τις υψηλές θερμοκρασίες. Για το λόγο αυτό πρέπει να τοποθετείται σε σημείο που η θερμοκρασία να μην υπερβαίνει τους 800 °C σε πλήρες φορτίο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η μέγιστη θερμοκρασία ασφαλούς λειτουργίας του λήπτη για πολύ μικρό χρονικό διάστημα είναι 930 °C.

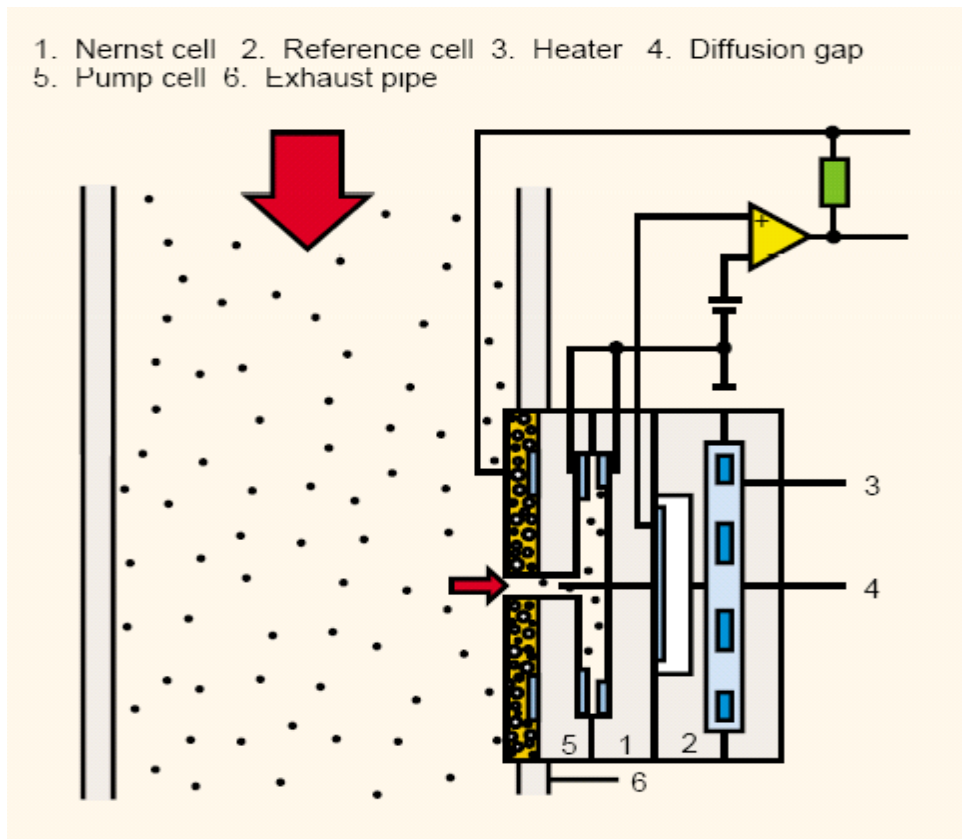


Σχήμα 3.25 Τάση αισθητήρα για διάφορους λόγους αέρα

Όταν το οξυγόνο στα καυσαέρια, έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του λήπτη λ και είναι λιγότερο από την ιδανική ποσότητα (πλούσιο μίγμα, $\lambda < 1$), τα ιόντα οξυγόνου κινούνται προς την άλλη επιφάνεια όπου εμφανίζεται έλλειψη οξυγόνου και παράγεται ένα δυναμικό περίπου 900 mV. Εάν υπάρχει περίσσεια οξυγόνου στα καυσαέρια, εάν δηλαδή υπάρχει περισσότερο οξυγόνο από ότι θα υπήρχε στο τέλειο μίγμα (φτωχό μίγμα, $\lambda > 1$), τότε τα ιόντα δεν μετακινούνται και εμφανίζεται μόνο ένα υπολειμματικό δυναμικό 100 mV.

Αισθητήρας λ ευρείας ζώνης (Wide Range)

Οι αισθητήρες αυτοί μοιάζουν εξωτερικά με τον αισθητήρα ζirkονίου η κατασκευή είναι τελείως διαφορετική (βλ. Σχ.3.26), διότι προορίζονται για τον έλεγχο της λειτουργίας βενζινοκινητήρων πτωχού μίγματος, είναι δηλ. σε θέση να μετρούν τιμές του $\lambda > 1$. Εμφανίζουν την προσθήκη ενός νέου θαλάμου της κυψελίδας άντλησης. Μέσα από τη μικρή οπή που βρίσκεται στην είσοδο της κυψελίδας εισέρχονται αρχικά τα καυσαέρια και στη συνέχεια οδηγούνται στο θάλαμο ελέγχου την κυψελίδα Nernst.

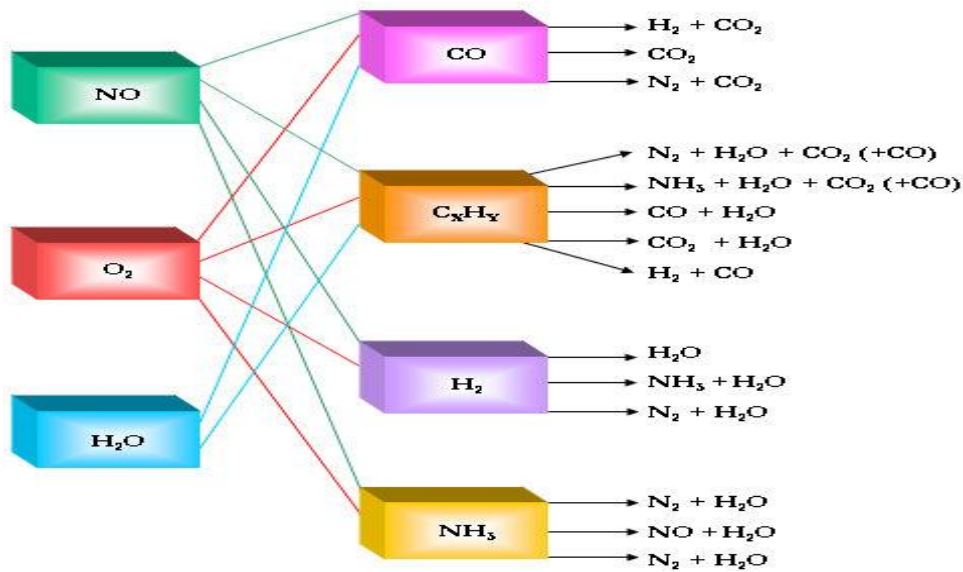


Σχήμα 3.26 Αισθητήρας λάμδα ευρείας ζώνης

Ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα μετατρέπει το σήμα της έντασης σε σήμα τάσης ώστε να διατηρείται σταθερή η σύσταση του αερίου μέσα στο θάλαμο ελέγχου Nernst. Η τιμή λ σε εκείνη την περιοχή είναι $\lambda=1$. Όταν, λοιπόν, το μείγμα που εισέρχεται είναι πτωχό, τότε ο θάλαμος άντλησης ανταποκρίνεται με το να απελευθερώνει οξυγόνο από το διάκενο διάχυσης προς τα έξω. Ενώ, όταν το μείγμα είναι πλούσιο, αντιδρά με αυτό αντλώντας οξυγόνο από το περιβάλλον της σωλήνωσης εξαγωγής καυσαερίων προς το διάκενο, αντιστρέφοντας τη φορά του ρεύματος. Επειδή, το ρεύμα της άντλησης είναι και αυτό ανάλογο της συγκέντρωσης του οξυγόνου, η τιμή του χρησιμοποιείται ως ένδειξη της τρέχουσας τιμής του λ . Επιπλέον, στο εσωτερικό του αισθητήρα υπάρχει μία μονάδα θέρμανσης για τη διασφάλιση της θερμοκρασίας λειτουργίας.

Τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας

Οι τριοδικοί καταλύτες απαντώνται σήμερα στα περισσότερα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με κινητήρες Otto αντιρρυπαντικής τεχνολογίας. Όπως αναφέρθηκε, έχουν την ικανότητα να μειώνουν συγχρόνως και τους τρεις βασικούς αέριους ρύπους, δηλαδή να οξειδώνουν το CO και τους HC προς (CO₂ και H₂O) με ταυτόχρονη ανάγωση προς N₂ του NO. Οι τρεις αυτές αντιδράσεις, αν και οι κυριότερες, είναι μόνο μερικές από ένα μεγαλύτερο σύνολο αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στον τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα – βλ. Σχ. 3.27.

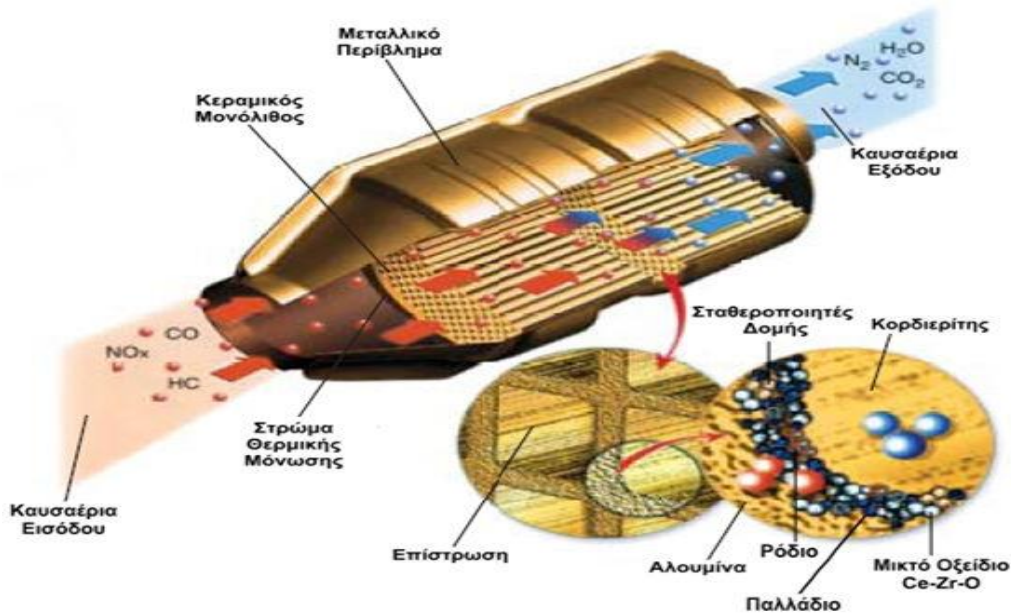


Σχήμα 3.27 Χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται σε τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα

Ο έλεγχος του λόγου αέρα–καυσίμου εντός των πολύ στενών αυτών ορίων είναι σχεδόν αδύνατος με τη χρήση κλασσικών εξαεριωτών (καρμπυρατέρ) ενώ, αντίθετα, είναι δυνατόν να επιτευχθεί σε σύγχρονα συστήματα έγχυσης καυσίμου κινητήρων Otto. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ο αισθητήρας ‘λάμδα’ για να αποφασίσει κατά πόσο το μείγμα είναι πλούσιο ή πτωχό, χρησιμοποιείται σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου (closed-loop control) για τη διόρθωση της τιμής του εγχόμενου καυσίμου, γεγονός όμως που προκαλεί μια μικρή διακύμανση (oscillation) του λ γύρω από την επιθυμητή στοιχειομετρική τιμή με ένα σχεδόν περιοδικό τρόπο καθώς μεταβάλλεται αντίστοιχα η ροή του καυσίμου. Λόγω της περιοδικής διακύμανσης της σύνθεσης του καυσαερίου γύρω από την επιθυμητή τιμή είναι δυνατόν αυτό να είναι άλλοτε ελαφρώς πλούσιο κι άλλοτε ελαφρώς πτωχό να παρουσιάζει δηλαδή έλλειψη ή περίσσεια O_2 αντίστοιχα. Για τον λόγο αυτό, είναι επιθυμητό ο καταλύτης να μπορεί να ανάγει το NO παρουσία O_2 και να οξειδώνει το CO και τους HC υπό έλλειψη O_2 .

Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα

Ένας τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας αποτελείται από (σχ. 3.28): (α) την ασπίδα θερμότητας, (β) το μεταλλικό περίβλημα, (γ) το στρώμα θερμικής μόνωσης (διαστελλόμενος τάπητας), που χρησιμοποιούνται για την προστασία του καταλυτικού μετατροπέα από μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις, και το κεραμικό μονόλιθο.



Σχήμα 3.28 Δομή ενός τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα

Ο κεραμικός μονόλιθος έχει κυψελοειδή μορφή (honeycomb), κατασκευασμένος από κορδιερίτη $2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 5\text{SiO}_2$ (cordierite). Ο φυσικός κορδιερίτης μπορεί να περιέχει 52 διαφορετικές κρυσταλλικές φάσεις από τις οποίες οι συνηθέστερες είναι αλουμινο-πυριτικά άλατα του μαγνησίου. Το κεραμικό υλικό είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο γιατί παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα: (α) μικρό κόστος πρώτων υλών, (β) πολύ μικρό συντελεστή θερμικής διαστολής, γεγονός ιδιαίτερα επιθυμητό αφού προσδίδει υψηλή αντοχή σε θερμική καταπόνηση, (γ) υψηλή μηχανική αντοχή, (δ) πολύ υψηλό σημείο τήξης ($1400\text{ }^\circ\text{C}$) γεγονός που βελτιώνει τη συμπεριφορά του σε συνθήκες υπερθέρμανσης (αποφυγή τήξης υλικού και ενδεχόμενης απόφραξης των καναλιών), και (ε) ικανοποιητικό πορώδες (μέγεθος πόρων της τάξης των μερικών χιλιάδων Å) για την καλή πρόσφυση του φορέα ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) σε αυτό. Παρόλα αυτά, ο κεραμικός μονόλιθος είναι ευαίσθητος σε κραδασμούς, δονήσεις και θερμοκρασιακές καταπονήσεις, με βασικό μειονέκτημα το γεγονός ότι αποτελεί εύθραστο υλικό.

Το σχήμα του κεραμικού μονόλιθου μπορεί να είναι κυλινδρικό ή ωσειδές. Η κυψελοειδής κατασκευή του περιλαμβάνει ισομεγέθη διαμήκη παράλληλα κανάλια ή αγωγούς ροής. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται αύξηση της επιφάνειας επαφής των καταλυτικών στοιχείων που είναι διασπαρμένα στα τοιχώματα του μονόλιθου με τα καυσαέρια. Σε ένα τυπικό μετατροπέα υπολογίζεται ότι περιέχονται κατά μέσο όρο περίπου 400-600 cpsi (cells per square inch). Το σχήμα των αγωγών ροής μπορεί να ποικίλει από κυκλικό, τετραγωνικό, εξαγωνικό, τριγωνικό ή ακόμα και ημιτονοειδές. Συνήθως η γεωμετρία των καναλιών είναι τετραγωνική, με το πάχος τους να κυμαίνεται από 0.10 έως 0.15 mm, για μικρότερη αντίθλιψη των καυσαερίων.

Τα ενεργά καταλυτικά στοιχεία του καταλυτικού μετατροπέα αυτοκινήτων είναι τα ευγενή μέταλλα παλλάδιο (Pd), λευκόχρυσος (Pt) και ρόδιο (Rh). Το Pd και ο Pt είναι αποτελεσματικά στην οξείδωση του CO και των άκαυστων CxHy, ενώ το Rh παρουσιάζει αυξημένη δραστικότητα και εκλεκτικότητα σε

αναγωγικές αντιδράσεις (αναγωγή των NO_x), ενώ βρέθηκε ότι παρουσιάζει και αυξημένη δραστηριότητα σε οξειδωτικές συνθήκες. Για τους παραπάνω λόγους καθίσταται προφανές ότι είναι αναγκαία η προσθήκη πολύτιμων μετάλλων που να ευνοούν τόσο τις οξειδωτικές όσο και τις αναγωγικές αντιδράσεις στο μετατροπέα.

3.2.5 Σύστημα αυτοδιάγνωσης OBD (Onboard diagnostics)

Τον Απρίλιο του 1985 εγκρίθηκαν οι κανονισμοί αυτοδιάγνωσης ενός οχήματος, που αναφέρεται ως OBD (On-Board Diagnostics). Οι κανονισμοί αυτοί, που ισχύουν για όλα σχεδόν τα νεότερα αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά που διατίθενται στην αγορά της Πολιτείας της Καλιφόρνιας, απαιτούν ότι η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα παρακολουθεί τις εκπομπές που σχετίζονται με κρίσιμα συστατικά για τη σωστή λειτουργία του κινητήρα και φωτίζει μια ενδεικτική λυχνία βλάβης (MIL) στο ταμπλό όταν ανιχνευθεί μια δυσλειτουργία. Το σύστημα OBD προβλέπει επίσης ένα σύστημα με κωδικούς βλάβης διαγνωστικού ελέγχου (DTC) και διαγράμματα λογική απομόνωση σφάλματος στο εγχειρίδιο επισκευής, για να βοηθήσει στον καθορισμό των τεχνικών της πιθανής βλάβης που προκλήθηκαν στα συστήματα ελέγχου κινητήρα και τις εκπομπές δυσλειτουργίας του συστήματος. Ο έλεγχος αυτός περιλαμβάνει τα εξής συστήματα:

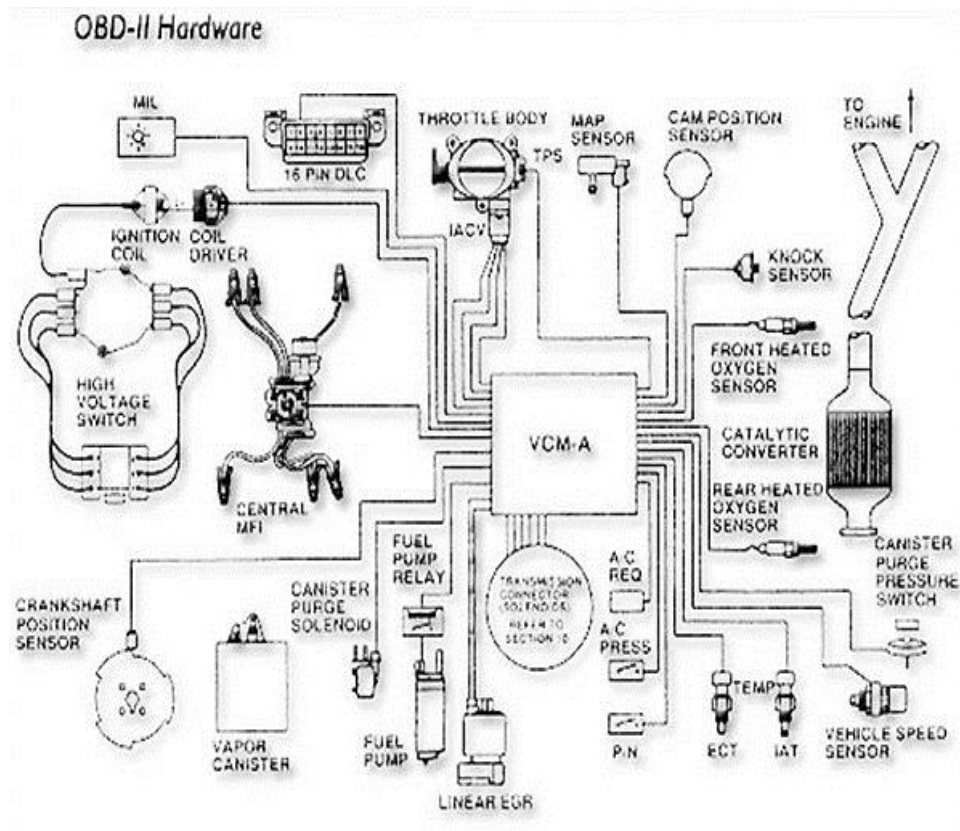
- Τον αισθητήρα λ (συχνότητα αντίδρασης)
- Επιτήρηση του διακόπτη ανάφλεξης
- Ανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR) συστήματος
- Το σύστημα μέτρησης καυσίμου
- Επιτήρηση καταλύτη
- Έλεγχος συστήματος δευτερεύοντα αέρα

Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι κατασκευαστές προβλέπουν ρυθμίσεις με εξωτερική παρέμβαση, μέσω του διαγνωστικού tester, με τη προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται πρόγραμμα διάγνωσης συμβατό με το εργοστάσιο του οχήματος. Έτσι μπορούμε να ρυθμίσουμε το αβάνς, το ρελαντί, ποσοστό ανακύκλωσης EGR αλλά σε στενά προκαθορισμένα όρια.

Η δεύτερη γενιά αυτοδιάγνωσης OBD II απαιτεί ένα σύστημα διάγνωσης επί του κινητήρα που μπορεί να μετρήσει ακόμα και μικρές αποκλίσεις σε τριοδικό καταλύτη. Η μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση ενός νέου αλγορίθμου, ο οποίος υπολογίζει τη σχέση ανάμεσα στα σήματα εξόδου του αισθητήρα οξυγόνου (O_2) πριν και μετά τον καταλύτη. Ο αλγόριθμος αυτός υπολογίζει την απόκλιση των δύο σημάτων και με το αποτέλεσμα της ελαφριάς μεταβολής του ποσοστού αέρα/καυσίμου μπορεί να δώσει την ακριβή διάγνωση.

Στο σχήμα 3.29 παρατηρούμε ένα σύστημα ελέγχου κινητήρα. Ένας αισθητήρας οξυγόνου (O_2) πρέπει να τοποθετηθεί μετά τον καταλύτη για να μετρά την απόκλιση του. Ο αλγόριθμος της απόκλισης μπορεί να βρει έναν καταλύτη που έχει πάθει βλάβη, ακόμα και ελαφρά. Για να ελεγχθεί την κακή ανάφλεξη (πυράκια) κατά τη συμπίεση μίγματος, έχει τοποθετηθεί ένας

αισθητήρας στροφών του κινητήρα στη μίζα. Το σύστημα μπορεί να ελέγξει διαρροές ή τις αναθυμιάσεις καυσίμου με έναν αισθητήρα πίεσης, καθώς και μία βαλβίδα τοποθετημένη μετά το φίλτρο καυσίμου.



Σχήμα 3.29 Σύστημα διαχείρισης κινητήρα σύμφωνα με τους κανονισμούς OBD II

3.3 Συστήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας σε κινητήρες Diesel

3.3.1 Ο καταλύτης σε κινητήρα Diesel

Ο καταλυτικός μετατροπέας που χρησιμοποιείται στους πετρελαιοκινητήρες είναι ένας απλός οξειδωτικός καταλύτης με λίγο μεγαλύτερες διαστάσεις από οξειδωτικό ενός βενζινοκινητήρα (βλ. Σχ.3.30). Αυτό συμβαίνει διότι ο όγκος εμβολισμού των κινητήρων Diesel είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από αυτών των βενζινοκινητήρων και η παροχή καυσαερίων σημαντικά μεγαλύτερη. Ο συγκεκριμένος καταλύτης έχει κεραμικό φορέα με ενδιάμεσο στρώμα που αυξάνει την εσωτερική επιφάνεια των αγωγών ροής κατά 8000 φορές. Το ευγενές μέταλλο που χρησιμοποιείται σε αυτού του τύπου τους καταλύτες είναι ο λευκόχρυσος (Pt).



Σχήμα 3.30 Οξειδωτικός καταλύτης ενός πετρελαιοκινητήρα

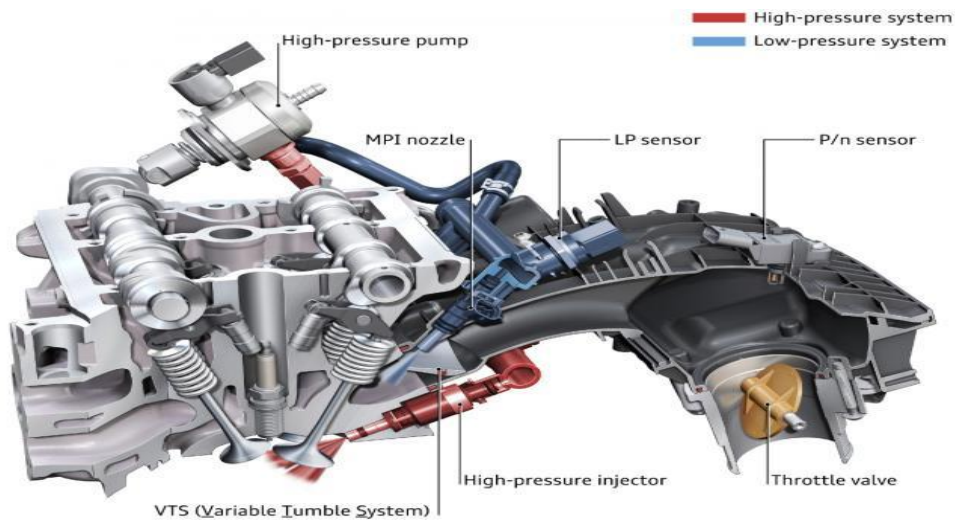
Τα καυσαέρια του πετρελαιοκινητήρα εισέρχονται στον οξειδωτικό καταλύτη όπου με μετάκαυση μετατρέπονται οι HC και το CO σε θερμοκρασία περίπου 200°C. Τα μικροσωματίδια της αιθάλης συλλέγονται από το δεύτερο σώμα (κλίνη) που λειτουργεί ως φίλτρο. Όμως σε αυτό το τμήμα συνεχίζεται και η οξείδωση σε θερμοκρασία 200°C – 400°C. Έχει παρατηρηθεί ότι η συγκράτηση των μικροσωματιδίων που γίνεται έχει απόδοση 90% και συγκρατούνται μικροσωματίδια διαμέτρου 40 nm. Τα τελευταία χρόνια οι κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν αρχίσει να εφοδιάζουν τα καινούργια αυτοκίνητα με καταλύτη σε συνδυασμό με παγίδες αιθάλης για την καταπολέμηση αυτών των μικροσωματιδίων.

3.3.2 Σύστημα ανακυκλοφορίας των καυσαερίων EGR σε κινητήρες Diesel

Η εισαγωγή του EGR στον θάλαμο καύσης ενός κινητήρα είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Ουσιαστικά, υπάρχουν δύο μέθοδοι χρήσης καυσαερίων, ο εσωτερικός και ο εξωτερικός.

Ο εσωτερικός (internal EGR) δεν αποτελεί ουσιαστικά ανακυκλοφορία του καυσαερίου, αλλά αύξηση της ποσότητας του παραμένου καυσαερίου (residual gas) μετά την καύση μέσα στον κύλινδρο, το οποίο τελικώς καταλαμβάνει συγκεκριμένο χώρο στο θάλαμο καύσης. Ουσιαστικά, χρησιμοποιείται μεταβλητός χρονισμός των βαλβίδων, ή άλλες μέθοδοι για να προκληθεί σκόπιμα πλημμελής απόπλυση του κυλίνδρου. Η μέθοδος όμως αυτή δεν εμπεριέχει ψύξη των καυσαερίων και παρουσιάζει προβλήματα θερμικής φόρτισης και ελάττωσης του βαθμού πλήρωσης του κινητήρα.

Με την εξωτερική ανακυκλοφορία καυσαερίου, το καυσαέριο διοχετεύεται μέσω σωληνώσεων από την εξαγωγή στην εισαγωγή και εφαρμόζεται με σύστημα (σχ. 3.31) α) χαμηλής πίεσης (low pressure) ή β) υψηλής πίεσης.



1.8l EA888 Gen.3 – Dual injection system

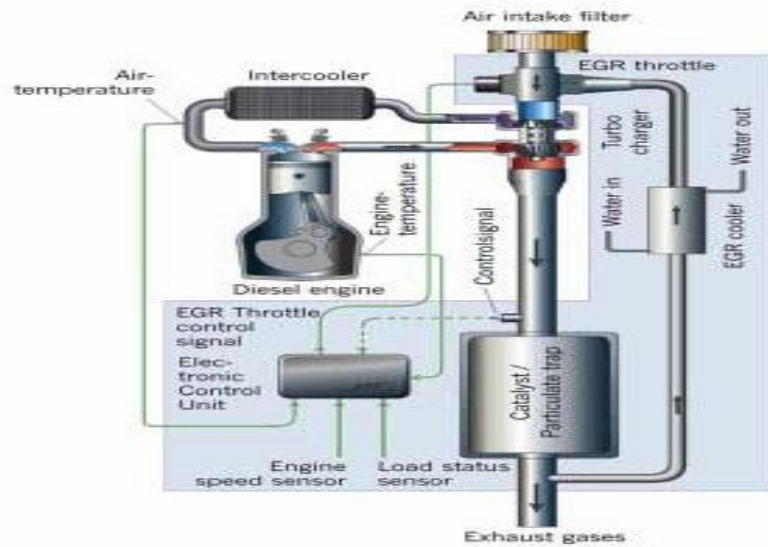
Σχήμα 3.31 Σύστημα εξωτερικής ανακυκλοφορίας

Σύστημα χαμηλής πίεσης

Στο σύστημα χαμηλής πίεσης το ρεύμα των κυκλοφορούντων καυσαερίων λαμβάνεται έπειτα από τον στρόβιλο και αναμιγνύεται με το φρέσκο αέρα σε κατάλληλο σημείο πριν τον συμπιεστή. Αυτή η μέθοδος θα απέτρεπε την υπερβολική πίεση προ του στροβίλου για την ροή του EGR και αυτό διότι η πίεση των καυσαερίων πριν τον στρόβιλο είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής (που επικρατεί συνήθως στην είσοδο του συμπιεστή) δημιουργώντας έτσι την απαραίτητη ροή.

Με το σύστημα χαμηλής πίεσης τα θερμά καυσαέρια διέρχονται μέσα από τα πτερύγια του συμπιεστή και του ψυγείου αέρος (intercooler), τα τμήματα αργιλίου των οποίων δεν θα είχαν μακρά ζωή εάν εκτίθονταν στη μόλυνση από τις διαβρωτικές ενώσεις και τις επικαθήσεις από τα σωματίδια – βλ. Σχ. 3.32.

Figure 6: Low Pressure EGR + DPF

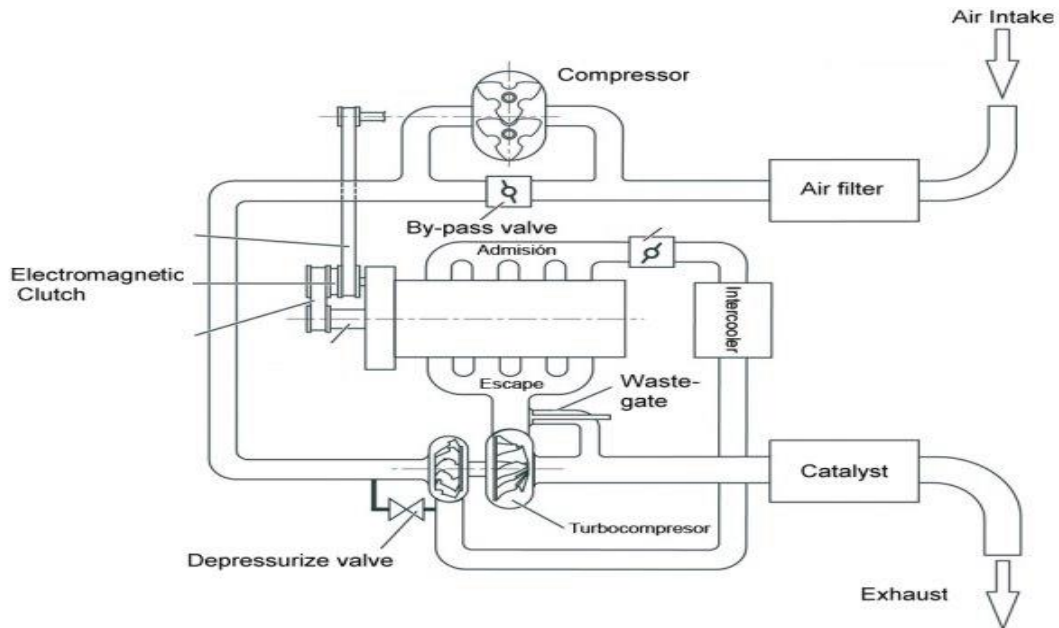


Σχήμα 3.32 Σύστημα χαμηλής πίεσης EGR

Το EGR χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια στους κινητήρες Otto, αλλά στους Diesel και μάλιστα σε αυτούς που χρησιμοποιούν βαρύ καύσιμο εμφανίζει προβλήματα. Για να μην επιβαρύνεται η ογκομετρική απόδοση του κινητήρα και για την επίτευξη ακόμα χαμηλότερων εκπομπών NO_x το καυσαέριο που επανακυκλοφορεί πρέπει να ψύχεται.

Σύστημα υψηλής πίεσης

Στο σύστημα υψηλής πίεσης η διέλευση των καυσαερίων γίνεται από το συμπιεστή και το ενδιάμεσο ψυγείο αέρος υπερπλήρωσης (intercooler) (σχ. 3.33). Η μέθοδος ανακυκλοφορίας καυσαερίων έχει επικρατήσει σχεδόν σε όλα τα επιβατηγά οχήματα που διαθέτουν μικρούς κινητήρες Diesel με στρόβιλο-υπερπλήρωση και ενδιάμεσο ψυγείο αέρα υπερπλήρωσης. για να εφαρμοστεί στην πράξη ανακυκλοφορία καυσαερίων μέσω της οδού υψηλής πίεσης, πρέπει η πίεση ανάντη του στρόβιλου να είναι μεγαλύτερη από την πίεση κατάντη του συμπιεστή.



Σχήμα 3.33 Σύστημα υψηλής πίεσης EGR

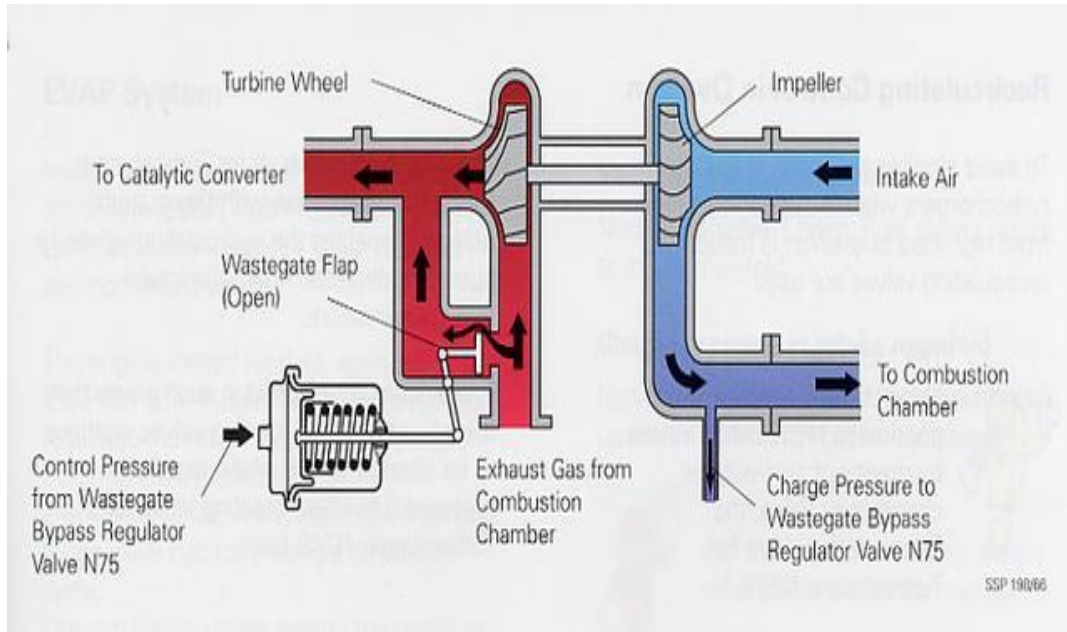
Εντούτοις, είναι απαραίτητη μία βοηθητική συσκευή για την αύξηση της πίεσης των καυσαερίων προ του στροβίλου, η οποία επιτυγχάνεται με δυο μεθόδους:

- Με κατάλληλη ρύθμιση της παρακαμπτηρίου βαλβίδας (wastegate) του στροβιλοπληρωτή
- Με χρήση στροβίλου μεταβλητής γεωμετρίας (VGT)

Η λειτουργία της βαλβίδας παράκαμψης (wastegate) καυσαερίων βασίζεται στον έλεγχο της ροής καυσαερίων μέσω της πίεσης που “αντιλαμβάνεται” το διάφραγμα της το οποίο είναι συνδεδεμένο με την πολλαπλή εισαγωγής (πίεση μετά το συμπιεστή). Το ελατήριο προέντασης που διαθέτει κρατάει τη βαλβίδα κλειστή, όσο δεν υπάρχει πίεση στο κάτω μέρος του διαφράγματος. Υπάρχουν ελατήρια με διαφορετικές σκληρότητες, ανάλογα με την πίεση που είναι επιθυμητή να δουλεύει ο στροβιλοπληρωτής, κοινώς τούρμπο. Όσο σκληρότερο το ελατήριο, τόσο δυσκολότερα ανοίγει η βαλβίδα, οπότε τόσο υψηλότερη θα είναι η πίεση λειτουργίας.

Στους στροβιλοπληρωτές μικρού και μεσαίου μεγέθους (κινητήρες μικρότερους των 400 PS περίπου), υπάρχει μια τέτοια βαλβίδα εσωτερικά (internal waste-gate), που ελέγχεται από ένα εξωτερικό ενεργοποιητή (wastegate actuator).

Στους μεγάλους στροβιλουπερπληρωτές, τοποθετείται εξωτερική βαλβίδα παράκαμψης καυσαερίων (external waste-gate) πάνω στη πολλαπλή εξαγωγής που συνδέεται με ξεχωριστή σωλήνωση με τη εξαγωγή των καυσαερίων – βλ. Σχ. 3.34.



Σχήμα 3.34 βαλβίδα παράκαμψης σε σύστημα στροβιλουπερπλήρωσης (turbo)

Η χρήση του στροβίλου μεταβλητής γεωμετρίας (βλ. Σχ.3.35) είναι αρκετά δημοφιλής τα τελευταία χρόνια, αφού μέσω της ρυθμιστικής στεφάνης των πτερυγίων μπορούμε να μεταβάλλουμε τη γεωμετρία του άρα και την παροχή/ταχύτητα ροής του καυσαερίου (μειώνοντας ή αυξάνοντας την επιφάνεια ροής), επιτυγχάνοντας έτσι την επιθυμητή κάθε φορά πίεση.



Σχήμα 3.35 Στρόβιλος μεταβλητής γεωμετρίας VGT

Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε αρχικά για την γρηγορότερη απόκριση του συστήματος της στροβιλουπερπλήρωσης σε περιπτώσεις μεταβατικής λειτουργίας, όμως είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και για την σωστή λειτουργία του

συστήματος υψηλής πίεσης, διότι όσο αυξάνουμε τα ποσοστά EGR τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η διαφορά της πίεσης στα άκρα του σωλήνα ανακυκλοφορίας. Η χρήση λοιπόν στροβίλου μεταβλητής γεωμετρίας επιτρέπει υψηλά ποσοστά ανακυκλοφορίας καυσαερίου.

Πέραν τούτου αφού οι κινητήρες diesel λειτουργούν χωρίς πεταλούδα, στο μερικό φορτίο οι συγκεντρώσεις CO₂ και H₂O στο καυσαέριο είναι σχετικά χαμηλές. Λόγω αυτού, απαιτούνται υψηλά ποσοστά EGR, τα οποία συνήθως αυξάνονται με τη μείωση του φορτίου, για σημαντικές μειώσεις των εκπομπών NO_x. Παρόλα αυτά λόγω των αρνητικών συνεπειών του EGR στην ειδική κατανάλωση και την αιθάλη υπάρχει άνω όριο χρήσης ανακυκλοφορίας το οποίο κυμαίνεται σε ποσοστά περίπου 30%.

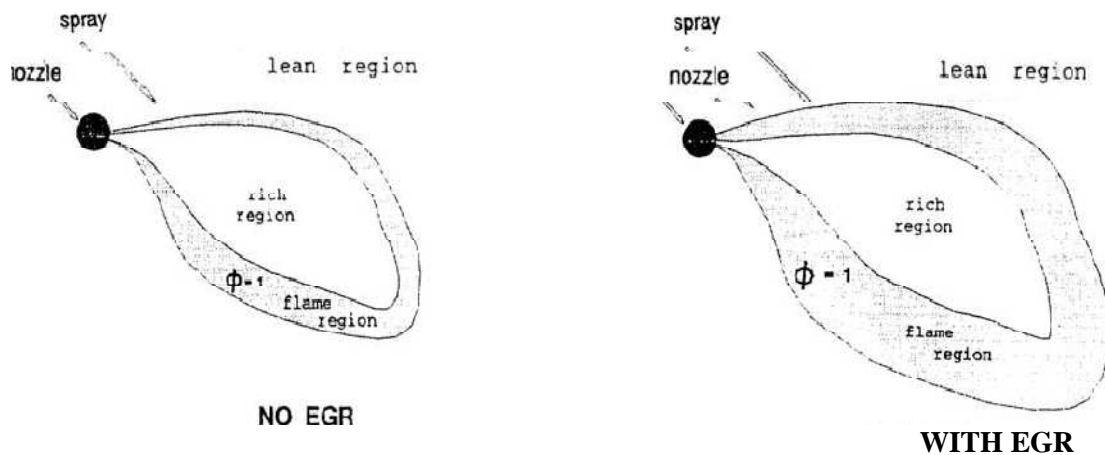
Μηχανισμοί του EGR που επιδρούν στις εκπομπές ρύπων και τη λειτουργία του κινητήρα Diesel

Οι μηχανισμοί που επηρεάζουν την λειτουργική συμπεριφορά και τις εκπομπές ρύπων του κινητήρα λόγω του EGR είναι:

- **Θερμικοί μηχανισμοί:** Όπως έχει ήδη περιγραφεί τα καυσαέρια που επανακυκλοφορούν, αποτελούνται μεταξύ άλλων και από διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (H₂O), οι συγκεντρώσεις των οποίων αυξάνονται με την αύξηση του ποσοστού ανακυκλοφορίας. Τα δύο αυτά συστατικά του EGR έχουν η υψηλότερη θερμοχωρητικότητα από τον αέρα και λόγω της υψηλότερης θερμοχωρητικότητας που αποκτά το μίγμα, απαιτείται περισσότερη ενέργεια για την προθέρμανση του και ως εκ τούτου μειώνονται οι θερμοκρασίες.
- **Οι μηχανισμοί αραίωσης:** Ο αυξημένος χρόνος και η μεγαλύτερη διάρκεια καύσης που προκαλούνται από την αραίωση του μείγματος, λόγω μικρότερης διαθεσιμότητας σε οξυγόνο.

Μια πιθανή εξήγηση για αυτήν την επίδραση παρουσιάζεται με την βοήθεια του Σχήματος 3.36, το οποίο παρουσιάζει την καύση που εκτυλίσσεται σε δύο δέσμες καυσίμου ενός κινητήρα Diesel, όπου στη μία περίπτωση έχει γίνει χρήση ανακυκλοφορίας, ενώ στην άλλη όχι. Η καύση πραγματοποιείται στις περιοχές, όπου ο λόγος ισοδυναμίας καυσίμου-αέρα Φ είναι κοντά στις στοιχειομετρικές αναλογίες ($\Phi=1$), όπως φαίνεται στο(βλ. Σχ.3.36). Με τη χρήση EGR, η τοπική συγκέντρωση O₂ στον κύλινδρο μειώνεται και ως συνέπεια μία δεδομένη παροχή καυσίμου θα πρέπει να διασκορπιστεί περισσότερο, μέχρι να επιτευχθεί η ανάμιξη του με το κατάλληλο ποσοστό O₂.

- **Χημικοί μηχανισμοί:** Μείωση της θερμοκρασίας που προωθεί την χημική δραστηριότητα κατά τις φάσεις σχηματισμού και διάσπασης, λόγω του αυξημένου διαχωρισμού και των αντιδράσεων των σύνθετων μορίων του διοξειδίου του άνθρακα και του νερού.



Σχήμα 3.36 Διασκορπισμός της δέσμης καύσιμου και ανάμειξη αέρα καύσιμου χωρίς και με χρήση EGR

Αξίζει να σημειωθεί, ότι κατά τη διάρκεια της φάσης σχηματισμού των NO_x , η θερμοκρασία αντίδρασης προσεγγίζει την αδιαβατική θερμοκρασία φλόγας. Η αδιαβατική θερμοκρασία φλόγας και η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της καύσης μειώνονται όσο αυξάνεται η ανακυκλοφορία, λόγω των παραπάνω παραμέτρων και μηχανισμών.

Οι τρεις αυτοί μηχανισμοί επηρεάζουν την απόδοση και τις εκπομπές ρύπων ενός κινητήρα Diesel. Άλλες μελέτες έδειξαν μείωση 55%-85% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου, σε σχέση με τις συνθήκες αναφοράς (0% EGR), για εφαρμογή 25% EGR και για διάφορα σημεία λειτουργίας (στροφές, φορτίο).

3.3.3 Σύστημα εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής (Selective Catalytic Reduction, SCR)

Μία αποτελεσματική μέθοδος περιορισμού των NO_x είναι η μέθοδος εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής SCR, η οποία χρησιμοποιείται στους κινητήρες Diesel. Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 εφαρμόστηκε και στην Ευρώπη σε θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στις Η.Π.Α. τα συστήματα SCR εισήχθησαν για την εφαρμογή τους σε αεροστροβίλους στη δεκαετία του 1990.

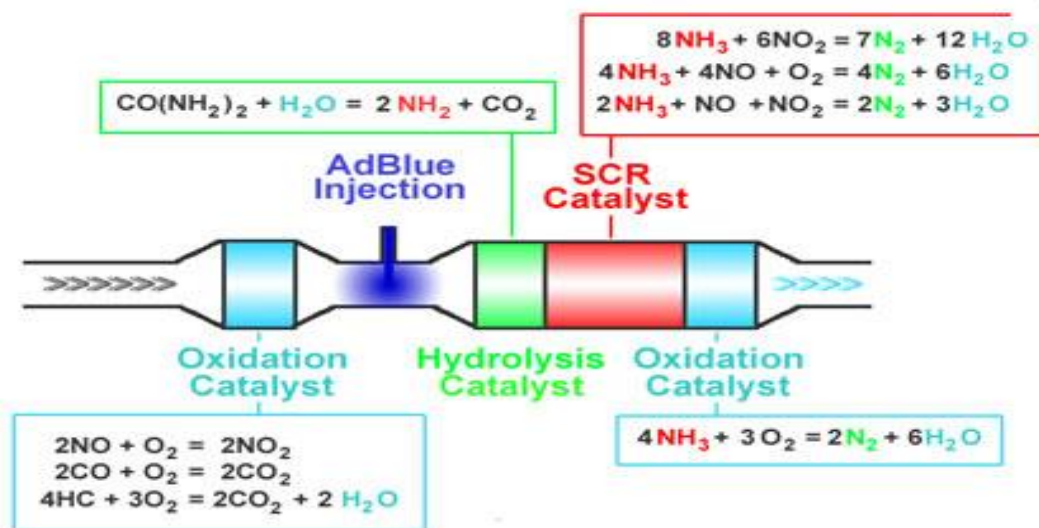
Τα συστήματα SCR χρησιμοποιεί ως αναγωγικό μέσο την αμμωνία και την ουρία, οι οποίες είναι επίσης οι πλέον εφαρμοσμένες μέθοδοι στους πετρελαιοκινητήρες οχημάτων (βλ. Σχ.3.36). Ωστόσο γίνεται χρήση ενός ειδικού καταλυτικού μετατροπέα, ο οποίος επεξεργάζεται τα καυσαέρια του κινητήρα Diesel και μειώνει τις εκπομπές NO_x , σε αντίθεση με την ανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR) η οποία στόχο έχει την ελάττωση του σχηματισμού των NO_x εντός του κυλίνδρου. Στην εκλεκτική καταλυτική αναγωγή, πριν την είσοδο των καυσαερίων του πετρελαιοκινητήρα στον καταλύτη SCR, εγχέεται αμμωνία συνήθως σε μορφή διαλύματος (ουρία), με

αποτέλεσμα η αμμωνία να αντιδρά με το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου (NO και NO_2) οπότε παράγεται αβλαβές άζωτο (N_2) και υδρατμός (H_2O) – βλ. Σχ. 3.37.

Η ποσότητα της ουρίας που καταναλώνεται από ένα σύστημα SCR εξαρτάται από το επίπεδο μείωσης των NO_x που χρειάζεται να πληροί το αυτοκίνητο τα όρια εκπομπής ρύπων. Οι κινητήρες με προδιαγραφές Euro 5 χρειάζονται συνήθως 30% μεγαλύτερο όγκο καταλύτη από αυτούς με προδιαγραφές Euro 4 άρα και η κατανάλωση της ουρίας αυξάνεται αναλογικά. Οι περισσότεροι κατασκευαστές επαγγελματικών φορτηγών θεωρούν ότι η κατανάλωση θα είναι 4-5% της κατανάλωσης πετρελαίου στους κινητήρες Euro 5.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η υψηλή απόδοση ως προς την αναγωγή των NO_x σε N_2 που μπορεί να φτάσει και το 90%, η δυνατότητα εφαρμογής της και σε καυσαέρια που περιέχουν σωματίδια, καθώς και το ότι οι συνήθεις χρησιμοποιούμενοι καταλύτες, του τύπου βαναδίου/τιτανίου δεν απενεργοποιούνται από το SO_2 και H_2O που περιέχεται στην τροφοδοσία. Επίσης, μπορεί να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου μέχρι 5% σε σύγκριση με εναλλακτικές τεχνολογίες που βελτιστοποιούν τη λειτουργία του κινητήρα με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης. Επιπρόσθετα υπάρχει ευκολία στη συντήρηση γιατί δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη φίλτρου σωματιδίων αιθάλης όπως στην μέθοδο της ανακυκλοφορίας καυσαερίου. Βέβαια, προς επίτευξη αποδοτικότερης αντιρρύπανσης, συνήθως χρησιμοποιείται και παγίδα αιθάλης.

Ως προβλήματα της μεθόδου SCR αναφέρονται το υψηλό κόστος εγκατάστασης, το υψηλό κόστος της αμμωνίας και των καταλυτών, καθώς και η τοξικότητα της αμμωνίας που διαφεύγει στο περιβάλλον.



Σχήμα 3.37 Καταλύτης SCR

Σύστημα SCR με αναγωγικό μέσο αμμωνία NH_3

Η περίσσεια οξυγόνου οδηγεί σε ελάττωση της εκλεκτικότητας των καταλυτών προς αναγωγή του NO σε N₂ και σχηματισμό του ανεπιθύμητου N₂O. Στους ρύπους συχνά απαντούν οι παρακάτω ενώσεις: SO₂, CO₂ ή HCl. Η αντίδραση τους με την αμμωνία οδηγεί στον σχηματισμό διαβρωτικών προϊόντων τα οποία και επιδρούν αρνητικά στο καταλυτικό σύστημα.

Οι κύριες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα παρουσία ή απουσία οξυγόνου μεταξύ του NO και της NH₃ παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.37. Πολλοί ερευνητές, χρησιμοποιώντας διαφορετικά καταλυτικά συστήματα, διαπίστωσαν ότι η προσθήκη οξυγόνου σε συγκεντρώσεις 0.1– 1% είχε σημαντική επίδραση στην καταλυτική συμπεριφορά, αυξάνοντας τον ρυθμό αναγωγής του NO, και σε πολλούς καταλύτες η αντίδραση έφθανε σε κατάσταση ισορροπίας για συγκέντρωση O₂ ίση με 1%.

Έχει παρατηρηθεί ότι η προσθήκη H₂O μειώνει την καταλυτική ενεργότητα, όταν η συγκέντρωση του είναι έως 5% κ.ο., ενώ για υψηλότερες συγκεντρώσεις, η προσθήκη του H₂O φαίνεται να μην επιδρά στην μετατροπή του NO. Η εξήγηση που έχει δοθεί για τον παρεμποδιστικό ρόλο του H₂O είναι ότι ανταγωνίζεται την NH₃ για τις ίδιες ενεργές θέσεις προσρόφησης. Αν και το H₂O είναι λιγότερο ισχυρή βάση από την NH₃, βρίσκεται σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις κατά την διάρκεια της αντίδρασης, γεγονός που καθιστά λογική την παρεμποδιστική του επίδραση, “δηλητηριάζοντας” τις ενεργές θέσεις.

Σύστημα SCR με αναγωγικό μέσο ουρία CO(NH₂)₂

Η ουρία (CO(NH₂)₂) είναι το αναγωγικό μέσο που προτιμάται στις μέρες μας στα συστήματα SCR έναντι της αμμωνίας. Αυτό συμβαίνει διότι η ουρία είναι μη τοξική εν αντιθέσει με την αμμωνία. Για λόγους δοσομετρίας και ασφάλειας, η αμμωνία εγχέεται σαν διάλυμα νερού–ουρίας (AdBlue), το οποίο διασπάται στον καταλυτικό μετατροπέα σε αμμωνία και διοξείδιο του άνθρακα, ατμοποιείται και σχηματίζει ομοιογενές μείγμα με τα καυσαέρια. Το μείγμα αυτό ρέει μέσα από στρώματα καταλυτικού μετατροπέα (catalytic converter), ώστε να γίνουν οι αντιδράσεις αφαίρεσης των οξειδίων του αζώτου του καυσαερίου. Σε κάθε περίπτωση το αναγωγικό μέσο πρέπει να είναι αρκετά καθαρό για την αποφυγή φραξίματος της επιφάνειας του καταλύτη.

Για να πραγματοποιηθεί η καταλυτική αντίδραση αφαίρεσης οξειδίων του αζώτου και να έχει ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης, πρέπει το μείγμα των καυσαερίων και του υδατικού διαλύματος αμμωνίας να έχει θερμοκρασία μεταξύ 300 °C και 400 °C. Αν η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι μεγαλύτερη από τις παραπάνω τιμές έχουμε καύση της αμμωνίας, ενώ αν είναι μικρότερη έχουμε πολύ μικρή ταχύτητα αντίδρασης και συνεπώς πολύ μικρή απόδοση του συστήματος. Υπάρχουν και περιπτώσεις που απαιτείται θέρμανση του καυσαερίου για να λειτουργεί ικανοποιητικά ο καταλύτης SCR. Μία τέτοια περίπτωση είναι κατά την εκκίνηση του κινητήρα, όπου η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι χαμηλή ή κατά τη λειτουργία του σε χαμηλό φορτίο.

Συχνά ο σχηματισμός της ουρίας προς αμμωνία περιγράφεται μέσω την παρακάτω αντίδραση υδρόλυσης (εξ. 3.6):



Μια άλλη εναλλακτική μέθοδος είναι μέσω θερμόλυσης όπως φαίνεται (εξ. 3.7):



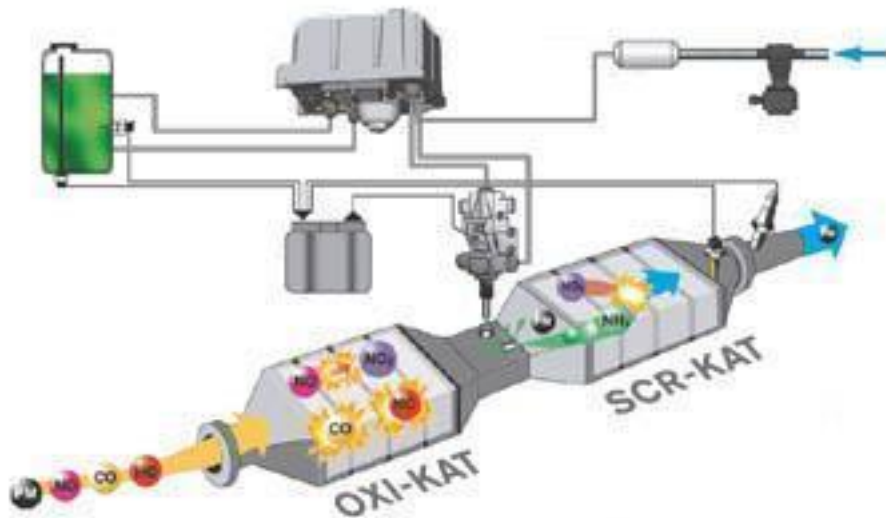
Πρόσθετο AdBlue

AdBlue είναι η ονομασία νέου μέσου κατάλυσης που θα χρησιμοποιούν τα επαγγελματικά οχήματα που καλύπτουν τις προδιαγραφές εκπομπής ρύπων Euro 4 και 5. Η ουρία αυτή που χρησιμοποιείται ως καταλύτης σε ειδικά συστήματα κατάλυσης SCR σκοπός τους είναι η μείωση των NO_x από τους κινητήρες diesel των αυτοκινήτων. Το χρησιμοποιούν διάφοροι κατασκευαστές (Mercedes-Benz BlueTEC, Mazda SCR κ.α.). Η ονομασία AdBlue είναι κατοχυρωμένο λογότυπο που ανήκει στην V.D.A. (Verband der Automobilindustrie, Γερμανική Ένωση Αυτοκινητοβιομηχανιών).

Η σύνθεση της AdBlue καθορίζεται από τα Γερμανικά πρότυπα DIN 70070. Τα διεθνή πρότυπα, ISO 22241, αναμένονται να οριστικοποιηθούν σύντομα. Τα πρότυπα κατά DIN απαιτούν η AdBlue να περιέχει 32,5% κατά βάρος ουρία, διαλυμένη σε νερό. Το νερό πρέπει να είναι αφυδατωμένο για να μην υπάρχει περίπτωση δημιουργίας ασβεστόλιθου. Η πυκνότητα της AdBlue κυμαίνεται μεταξύ 1,087-1,092 Kg/m^3 , είναι κατά 1% βαρύτερη από το νερό και 30% βαρύτερη από το πετρέλαιο πολύς χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Η AdBlue δεν αντιδρά με το ανοξειδωτο ατσάλι, με υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλενίου (HDPE) και με υψηλής πυκνότητας πολυπροπυλενίου (HDPP). Είναι φιλική γενικά προς το περιβάλλον και αυτός ήταν ο λόγος που επελέγη.

Η τροφοδοσία της AdBlue στη δεξαμενή (ρεζερβουάρ) του αυτοκινήτου από τη δεξαμενή στην οποία είναι αποθηκευμένη γίνεται μέσω ηλεκτρικής αντλίας, η οποία στέλνει την ουρία σε ένα μετρητή όπου και αναμιγνύεται με αέρα από το κύκλωμα συμπιεσμένου αέρα που διαθέτει το αυτοκίνητο (βλ. Σχ.3.38). Το 'νέφος' που προκύπτει ψεκάζεται στην εξάτμιση του οχήματος, μετά την πολλαπλή εξαγωγή και πριν τον καταλύτη SCR. Η ποσότητα της ουρίας που θα ψεκαστεί ελέγχεται από την κεντρική μονάδα ελέγχου και διαχείρισης του κινητήρα και υπολογίζεται βάση του ποσού των οξειδίων του αζώτου στα καυσαέρια. Η θερμότητα αυτών των καυσαερίων προκαλεί μία χημική αντίδραση (υδρόλυση) στην ουρία, διασπώντας στα εξής στοιχεία: Αμμωνία και διοξείδιο του άνθρακα.

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος στην οποία η ουρία πρέπει να αποθηκεύεται είναι -11°C και 30°C . Σε υψηλότερες θερμοκρασίες υπάρχει κίνδυνος να ξεκινήσει η υδρόλυση. Η αμμωνία που θα προκύψει από την υδρόλυση θα αυξήσει την πίεση μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης. Σε θερμοκρασίες μικρότερες από -11°C η ουρία αρχίζει και κρυσταλλώνεται και θα μπορούσε να φράξει τις σωληνώσεις του συστήματος SCR. Αν η ουρία εκτεθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα στον ήλιο υπάρχει περίπτωση να δημιουργηθούν φύκια. Η διάρκεια ζωής της ουρίας είναι ένας χρόνος αλλά μπορεί να αντέξει έως και δύο χρόνια.



Σχήμα 3.38 Ολοκληρωμένο σύστημα SCR

Ο απλούστερος τρόπος να αγοράσει κάποιος AdBlue είναι σε πλαστικά δοχεία χωρητικότητας 5 και 18 λίτρων (σχ. 3.39), τα οποία θα πωλούνται από τους κατά τόπους αντιπροσώπους και σταθμούς ανεφοδιασμού (πρατήρια υγρών καυσίμων). Όλοι οι προμηθευτές προσφέρουν εξοπλισμό αποθήκευσης και διανομής της AdBlue.

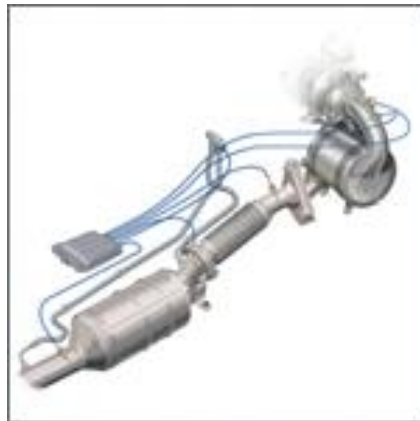


Σχήμα 3.39 Δοχεία 5 και 18 λίτρων

3.3.4 Παγίδες NO_x

Στην προσπάθειά τους να μειώσουν τις εκπομπές των ρύπων και να συμβαδίσουν με την Ευρωπαϊκή οδηγία (όπως οι προδιαγραφές Euro5, που θα εφαρμοστούν τον Σεπτέμβριο του 2009), οι μηχανικοί της Renault, εξέλιξαν μια τεχνολογία που βελτιώνει την καύση του μίγματος, και συστήματα που

τοποθετούνται πριν από αυτήν. Καλύτερο παράδειγμα των παραπάνω είναι και η παγίδα NO_x που θα τοποθετείται στον κινητήρα 2.0 dCi (σχ. 3.40).



Σχήμα 3.40 Σύστημα κατάλυσης NO_x σε κινητήρα Diesel

Η παγίδα NO_x συνδέεται με τη μείωση των εκπομπών ρύπων. Η συγκεκριμένη χημική διαδικασία αιχμαλωτίζει τα βλαβερά οξείδια του αζώτου, και στη συνέχεια τα μετατρέπει σε ουδέτερα αέρια.

Λειτουργία παγίδας NO_x

Η παγίδα NO_x βασίζεται στην κατακράτηση και αποθήκευση των οξειδίων του αζώτου NO_x (για 10 λεπτά/10χλμ.), και στην απελευθέρωσή τους στη συνέχεια μία διαδικασία 5 δευτερολέπτων που περνά απαρατήρητη από τον οδηγό. Στη φάση της κατακράτησης, η παγίδα NO_x αιχμαλωτίζει τα οξείδια του αζώτου που περιέχονται στα καυσαέρια μέσα σε μια μονάδα από πορώδες υλικό (με χημική σύσταση από πλατίνα, βάριο, ρόδιο), που βρίσκεται μέσα στον καταλυτικό μετατροπέα.

Η πλατίνα στον καταλύτη μετατρέπει το μονοξείδιο του αζώτου σε διοξείδιο του αζώτου (NO_2). Το βάριο παγιδεύει και κατακρατά τα σωματίδια του διοξειδίου του αζώτου (NO_2) προκαλώντας χημική αντίδραση $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ στο εσωτερικό της παγίδας.

Στη φάση της απελευθέρωσης, εξουδετερώνονται τα παγιδευμένα στοιχεία με τη βοήθεια μίας χημικής αντίδρασης, ενώ ο κινητήρας λειτουργεί με πλούσιο μίγμα, (όταν το μίγμα αέρα-καυσίμου διαθέτει την απολύτως απαραίτητη ποσότητα αέρα για την πλήρη καύση του πετρελαίου). Τα οξείδια του αζώτου μετατρέπονται σε ουδέτερα αέρια (κυρίως άζωτο).

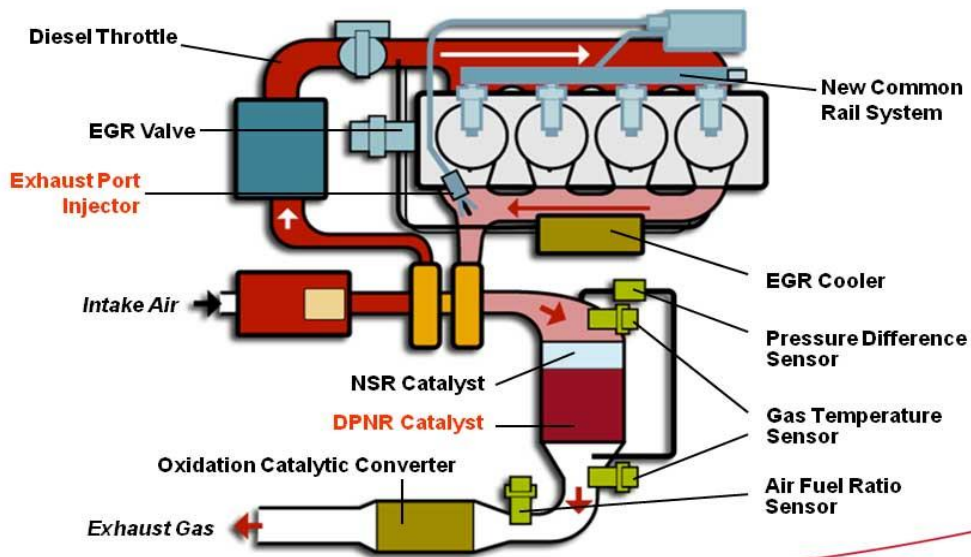
Για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του συστήματος, έχουν τοποθετηθεί πρόσθετοι αισθητήρες (οξυγόνου & θερμότητας) στην πολλαπλή εισαγωγής καθώς και στην εξάτμιση. Τα δεδομένα που συλλέγουν μεταδίδονται μέσω του δικτύου στην κεντρική ηλεκτρονική μονάδα (ECU) ώστε να γίνει σωστή διαχείριση της διαδικασίας παγίδευσης του NO_x (χρονική στιγμή απελευθέρωσης), και να προσδιοριστούν οι τρόποι καύσης (τρόπος απελευθέρωσης).

Η τεχνολογία των παγίδων NO_x εφαρμόζεται στις μέρες μας και σε πολλούς κινητήρες Otto με θετικά αποτελέσματα. Ευρεία εφαρμογή βρίσκουν σε

κινητήρες Diesel, βαρέων και ελαφρών οχημάτων όπου μπορούν να επιτύχουν έως και 90% μείωση των οξειδίων του αζώτου. Το σημαντικό μειονέκτημα βέβαια των παγίδων NO_x είναι ότι είναι εξαιρετικά ευαίσθητες στο θείο (S), και απαιτούν χρήση καυσίμου με χαμηλή περιεκτικότητα σε αυτό.

Οι παγίδες των NO_x μπορούν να συνδυαστούν στους κινητήρες Diesel και με παγίδες αιθάλης. Το σύστημα αυτό γνωστό και ως DPNR (Diesel particulate and NO_x Reduction) αναπτύχθηκε από την Toyota τα τελευταία χρόνια και έκτοτε βρίσκει ευρεία εφαρμογή (σχ. 3.41). Το DPNR μειώνει ταυτόχρονα τα στερεά σωματίδια (PM) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x) στα καυσαέρια των πετρελαιοκινητήρων, με βάση τους καταλύτες αποθήκευσης NO_x (NSC) κάνοντας χρήση και ανακυκλοφορίας καυσαερίου.

Toyota D-CAT system



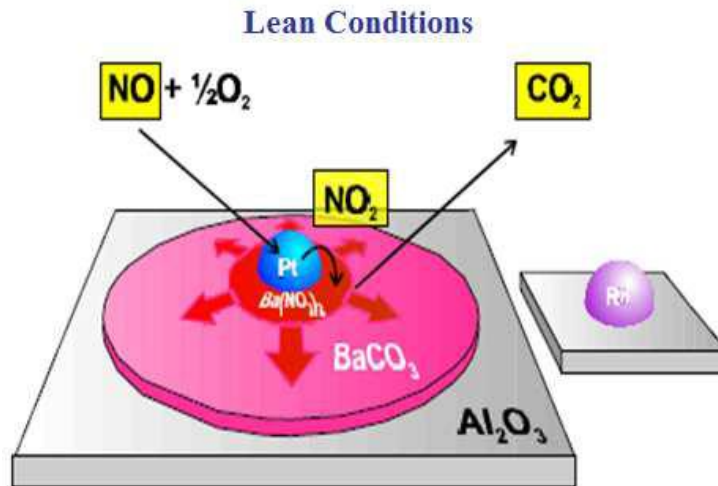
Σχήμα 3.41 Σύστημα DPNR από την Toyota

Επιπλέον, η θερμική γήρανση της παγίδας NO_x είναι μια παράμετρος που επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία της. Η ικανότητα αποθήκευσης οξειδίων του αζώτου μειώνεται δραστικά μετά τους 750 °C.

Σύστημα NSR (NO_x , Storage and Reduction)

Σε ένα σύστημα NSR οι καταλύτες NSC αποθηκεύουν τα NO_x κάτω από συνθήκες πτωχού μείγματος και τα μετατρέπουν σε N_2 κάτω από συνθήκες πλούσιου μείγματος. Συγκεκριμένα, κάτω από οξειδωτικές συνθήκες, δηλαδή πτωχού μείγματος (περίσσεια οξυγόνου), η πλατίνα του καταλύτη $\text{Pt-Ba-Al}_2\text{O}_3$ αντιδρά με το NO και σχηματίζεται NO_2 . Στη συνέχεια το NO_2 αποθηκεύεται στην επιφάνεια του καταλύτη. Το βάριο (Ba), το οποίο οξειδώνεται σε οξείδιο του βαρίου (BaO), αντιδρά με το NO_2 και σχηματίζεται $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ (νιτρικό άλας του βαρίου). Η διαδικασία που περιγράφηκε απεικονίζεται στο Σχήμα 3.42.

Η ποσότητα των οξειδίων του αζώτου που μπορεί να αποθηκευτεί κάτω από οξειδωτικές συνθήκες σε ένα καταλύτη NSC, επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Αυτό συμβαίνει διότι αυξανόμενης της θερμοκρασίας το $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ το καθίσταται θερμικά ασταθές.



Σχήμα 3.42 Λειτουργία ενός καταλύτη NSR

3.3.5 Συστήματα κατακράτησης της αιθάλης

Τα φίλτρα σωματιδίων πετρελαίου (Diesel Particulate Filters, DPF) ή παγίδες αιθάλης (soot traps) ή φίλτρα αιθάλης (soot filters) είναι φίλτρα που συγκρατούν τα σωματίδια της αιθάλης και στη συνέχεια τα οξειδώνουν (βλ. Σχ.3.43). Οι παγίδες αυτές τοποθετούνται στη σωλήνωση εξαγωγής των καυσαερίων μέσα από την οποία διέρχονται τα θερμά καυσαέρια. Τα τελευταία χρόνια, τα φίλτρα αιθάλης χρησιμοποιούνται στα περισσότερα επιβατηγά αυτοκίνητα ελαφρού τύπου (Light Duty Vehicles, LDV) στην Ευρώπη, στις Η.Π.Α. και στην Ιαπωνία. Η χρήση τους είναι πολύ συχνή και στα φορτηγά.



Σχήμα 3.43 Παγίδα αιθάλης

Κύριο μέλημα των κατασκευαστών είναι να μειώσουν τις εκπομπές σωματιδίων αιθάλης για τα επιβατικά οχήματα. Τα νέα όρια εκπομπών Euro 5 περιλαμβάνουν μια πολύ σημαντική μείωση της μάζας των εκπεμπόμενων σωματιδίων αιθάλης (Particulate Matter, PM) από 25 mg/km σε 4.5 mg/km. Ακόμα έχει προστεθεί και περιορισμός του αριθμού των εκπεμπόμενων σωματιδίων στα 6×10^{11} σωματίδια/km.

Οι παγίδες αιθάλης είναι συσκευές που συλλέγουν τα σωματίδια των καυσαερίων με φυσικό τρόπο, εμποδίζοντας την απελευθέρωσή τους στην ατμόσφαιρα. Τα σύγχρονα φίλτρα έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης (πάνω από 90%) και καλή μηχανική και θερμική αντοχή.

Βαθμός απόδοσης (διήθησης) ορίζεται το ποσοστό της μάζας ή του αριθμού των σωματιδίων που κατακρατούνται από το φίλτρο. Πιο συγκεκριμένα, ο βαθμός απόδοσης της παγίδας εκφράζεται από τον παρακάτω τύπο (εξ. 3.8):

$$\eta_F = (\mu P, in - \mu P, out) / \mu P, out \quad (3.8)$$

όπου:

$\mu P, in$ η ροή μάζας σωματιδίων στην είσοδο της παγίδας.

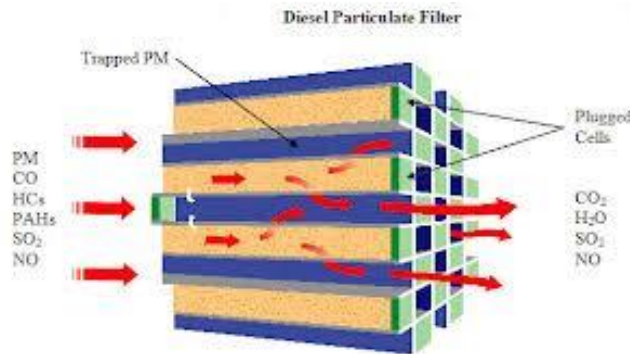
$\mu P, out$ η ροή μάζας σωματιδίων στην έξοδο της παγίδας.

Ο συγκεκριμένος βαθμός απόδοσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το μέγεθος των πόρων του φίλτρου, το βάθος διήθησης, την ταχύτητα καυσαερίου, τη διάμετρο των σωματιδίων και τη φόρτιση αιθάλης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι παγίδες αυτές είναι αποτελεσματικές στην κατακράτηση του στερεού μέρους των σωματιδίων και συγκεκριμένα αυξάνεται η απόδοσή τους. Επιπλέον, είναι λειτουργικές όσον αφορά τις εκπομπές του μαύρου καπνού. Η απομάκρυνση των σωματιδίων μέσω της οξειδωσής τους, φαινόμενο γνωστό ως αναγέννηση (regeneration), μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε συνεχώς κατά τη διάρκεια φόρτισης του φίλτρου, είτε μετά από τη συσσώρευση μιας προκαθορισμένης ποσότητας αιθάλης. Σε κάθε περίπτωση, η αναγέννηση πρέπει να μην είναι αντιληπτή από τον οδηγό και να πραγματοποιείται χωρίς την παρέμβασή του.

Η συλλογή των σωματιδίων σε οποιοδήποτε τύπο παγίδας, στηρίζεται στο διαχωρισμό των σωματιδίων από το αέριο με την εναπόθεσή του πάνω στη συλλεκτική επιφάνεια. Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται με πέρασμα του αερίου μέσω πορώδους “φράγματος” (barrier), που κατακρατεί τα σωματίδια. Τα φίλτρα ανάλογα με το είδος του φράγματος, διακρίνονται σε βαθιάς κλίνης (deep-bed), και σε αβαθούς κλίνης (shallow-bed) ή επιφανειακού τύπου.

Το υλικό κατασκευής του φίλτρου σωματιδίων θα πρέπει να έχει αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 1000 °C), αλλά και σε απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας. Ακόμα, θα πρέπει να έχει καλή μηχανική αντοχή και ανθεκτικότητα στο περιβάλλον του καυσαερίου (οξειδωτικά αέρια, τέφρα που προέρχεται από τα καταλυτικά πρόσθετα καυσίμου και τα λιπαντικά). Επιπρόσθετα, το φίλτρο θα πρέπει να έχει χαμηλή πτώση πίεσης, δυνατότητα καταλυτικής επίστρωσης, μικρό μέγεθος και βάρος, χαμηλό κόστος, υψηλό βαθμό κατακράτησης σωματιδίων, και δυνατότητα κατακράτησης μεγάλης

ποσότητας αιθάλης. Τα πιο διαδεδομένα υλικά κατασκευής φίλτρων αιθάλης είναι τα κεραμικά, όπως ο κορδιερίτης και το καρβίδιο του πυριτίου (SiC). Ο πιο κοινός τύπος φίλτρου αιθάλης είναι ο κυψελώδης κεραμικός μονόλιθος (ceramic wall-flow monolith) με κυκλική ή ελλειψοειδή διατομή, ο οποίος διατρέχεται από ευθύγραμμα κανάλια συνήθως τετραγωνικής διατομής (βλ. Σχ.3.44).



Σχήμα 3.44 Δομή κεραμικού φίλτρου αιθάλης.

Επιπλέον, υπάρχουν και λιγότερο διαδεδομένοι τύποι φίλτρων όπως τα φίλτρα από κεραμικές ή μεταλλικές ίνες και τα φίλτρα από κεραμικό ή μεταλλικό αφρό. Στα καταλυτικά επικαλυμμένα φίλτρα, οι πιο κοινές επιστρώσεις που χρησιμοποιούνται είναι η αλουμίνα και ο ζεόλιθος σε συνδυασμό με πολύτιμα μέταλλα (συνήθως Pt, Rd, Pd).

3.3.6 Συστήματα αναγέννησης παγίδων αιθάλης

Η μείωση της θερμοκρασίας ισορροπίας στα παθητικά συστήματα επιτυγχάνεται με την εισαγωγή καταλύτη σε κάποιο μέρος του συστήματος, έτσι ώστε να επιταχυνθεί η αντίδραση της αιθάλης με το οξυγόνο ή το διοξείδιο του αζώτου. Υπάρχουν τα εξής συστήματα:

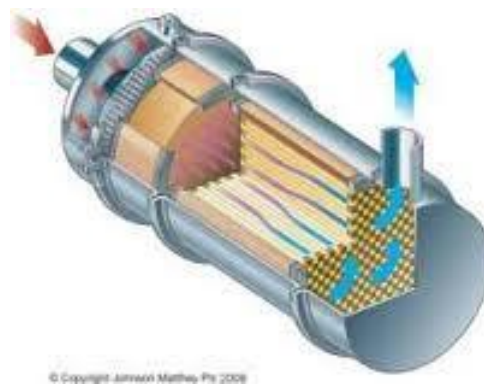
- Σύστημα συνεχούς αναγέννησης (CRT)
- Καταλυτικά επικαλυμμένα φίλτρα (CDPF)
- Καταλύτης πρόσθετου καυσίμου (FBC)

Αξίζει να σημειωθεί ότι η παθητική αναγέννηση επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες όπως είναι ο λόγος εκπομπών NO_x προς αιθάλη, το ποσοστό του πτητικού μέρους (SOF) της αιθάλης, η παροχή καυσαερίου και το ποσοστό του οξυγόνου στο καυσαέριο.

Σύστημα συνεχούς αναγέννησης CRT

Οι μηχανικοί της Volkswagen κατασκεύασαν ένα ειδικό φίλτρο που δεν αφήνει την συσσώρευση μικροσωματιδίων να ξεπεράσει το 20-30% της συνολικής χωρητικότητας το Active CRT System (CRT=Continuous

Regeneration Trap) ή αλλιώς ‘Ενεργό σύστημα συνεχούς ανανέωσης’ (σχ. 3.45). Για να ανανεωθεί το φίλτρο χρειάζεται θερμοκρασία 300 βαθμών Κελσίου που αποδίδεται σε μια εξωτερική ηλεκτρική μονάδα παραγωγής ενέργειας. Όταν η συσσώρευση των μικροσωματιδίων αγγίζει το 30% της συνολικής χωρητικότητας του φίλτρου ξεκινά η διαδικασία καταστροφής τους. Ο καταλυτικός μετατροπέας οξείδωσης που βρίσκεται κοντά στον κινητήρα καταστρέφει το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τους λοιπούς υδρογονάνθρακες (HC) ώστε τα μόρια του διοξειδίου του αζώτου (NO₂) μένουν για να χρησιμοποιηθούν και σε συνδυασμό από έναν δεύτερο καταλυτικό μετατροπέα που θα αρχίζει να καταστρέφει τα μικροσωματίδια. Η υψηλή όμως περιεκτικότητα του καυσίμου σε θειάφι μπορεί να καταστρέψει τους καταλυτικούς μετατροπείς.



Σχήμα 3.45 Σύστημα συνεχούς αναγέννησης (CRT)

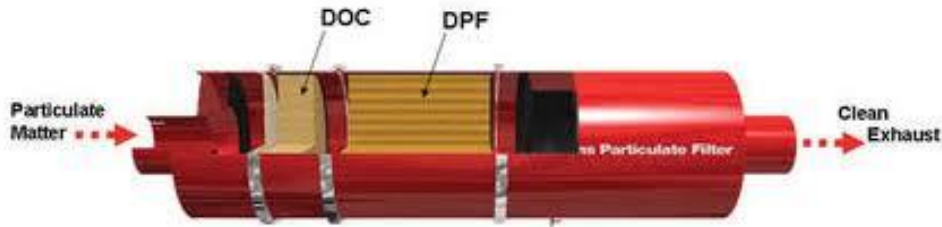
Καταλυτικά επικαλυμμένα φίλτρα CDPF

Στα καταλυτικά επικαλυμμένα φίλτρα (catalyzed diesel particulate filters) ο καταλύτης (πχ. Pt, Rh, V₂O₅ κτλ) επιστρώνεται ή διαποτίζεται στο πορώδες του κεραμικού (σχ. 3.46). Στις σύγχρονες εφαρμογές χρησιμοποιείται συνήθως πλατίνα, η οποία είναι πολύ δραστική στην επιτάχυνση της οξείδωσης του NO που υπάρχει στα καυσαέρια πετρελαιοκινητήρων σε NO₂. Το τελευταίο είναι ισχυρά οξειδωτικό μέσο και μπορεί να αντιδράσει με τη συσσωρευμένη αιθάλη από θερμοκρασίες που ξεκινάνε στους 300°C.

Ο μηχανισμός που κάνει δυνατή την οξείδωση της σωματιδιακής στρώσης είναι η διάχυση NO₂ αντίθετα στη ροή λόγω της διαφοράς συγκέντρωσης. Επιπλέον, μία ορισμένη ποσότητα αιθάλης βρίσκεται κατόντη της ενεργής καταλυτικής επιφάνειας, καθώς κατά τη φόρτιση του φίλτρου οι πόροι του τοιχώματος γεμίζουν, εν μέρει, με αιθάλη. Η ποσότητα αυτή θα αντιδράσει χωρίς τη μεσολάβηση του παραπάνω μηχανισμού. Το βασικό πλεονέκτημα του καταλυτικού φίλτρου είναι ότι η εγγύτητα καταλύτη – αιθάλης επιτρέπει τη χρησιμοποίηση των μορίων του οξειδίου του αζώτου για την οξείδωση της αιθάλης, περισσότερες από μία φορές.

Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν τα καταλυτικά φίλτρα λόγω της απλότητας τους είναι ότι η οξείδωση του NO περιορίζεται σε θερμοκρασίες πάνω από 350°C λόγω της χημικής ισορροπίας και αντιστρέφεται σε ακόμα μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Από την άλλη, η καταλυτική επίστρωση φράζει, εν

μέρει, τους πόρους του τοιχώματος και προκαλεί αυξημένη πτώση πίεσης. Τέλος, για την ανεμπόδιστη λειτουργία των καταλυτικών φίλτρων είναι απαραίτητη η χρήση τους σε συνδυασμό με καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.



Σχήμα 3.46 Καταλυτικά επικαλυμμένο φίλτρο

Σύστημα καταλύτη εντός καυσίμου (FBC)

Στα συστήματα καταλύτη εντός καυσίμου (fuel borne catalyst) εισάγεται με σταθερή παροχή στο καύσιμο ένα πρόσθετο καταλύτη σε συγκεντρώσεις 10-100 ppm. Αφού το πρόσθετο φτάσει στο καυσαέριο, κατακρατείται σχεδόν όλο (πάνω από 95%) στο φίλτρο μαζί με την αιθάλη και βρίσκεται σε άμεση επαφή μαζί της.

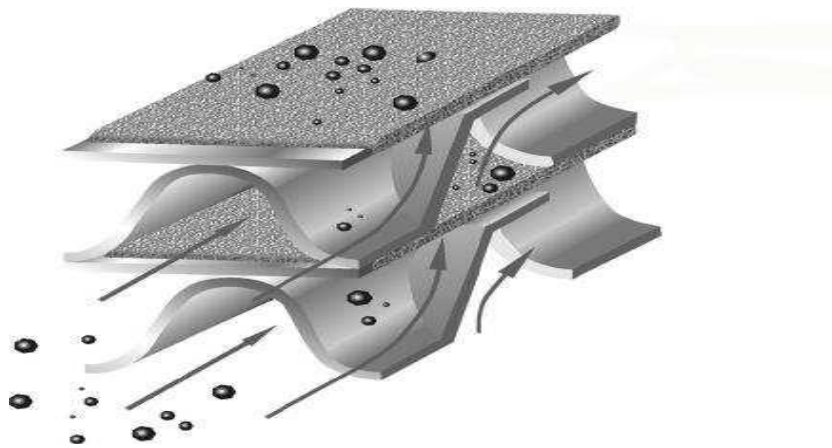
Το πρόσθετο καταλύτη που κατακρατείται στο φίλτρο έχει την ικανότητα αποθήκευσης και έκλυσης οξυγόνου υποβοηθώντας έτσι την αναγέννηση. Αυτό το σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς από την Peugeot και την Citroen. Κατά την καύση του στο θάλαμο, ο καταλύτης σχηματίζει οξείδια που αναμιγνύονται με την αιθάλη και καταλήγουν στα τοιχώματα των καναλιών της παγίδας. Η άμεση επαφή καταλύτη-αιθάλης διευκολύνει την καταλυτική αντίδραση αιθάλης και οξυγόνου, προσφέροντας ένα δρόμο ενεργειακά ευκολότερο. Το όχημα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ένα πολύπλοκο σύστημα που περιλαμβάνει δεξαμενή προσθέτου καταλύτη που πρέπει να ανεφοδιάζεται και σύστημα έγχυσης του στο καύσιμο στην κατάλληλη δοσολογία. Τα συστήματα αυτά μπορούν να επιτύχουν αυθόρμητες αναγεννήσεις στην περιοχή των 300°C, ανάλογα με την τεχνολογία του κινητήρα (εκπομπές σωματιδίων), την ποιότητα καυσίμου (περιεχόμενο σε θείο) και τη δοσολογία προσθέτου στο καύσιμο.

3.3.7 Ανοικτά φίλτρα αιθάλης (FTF)

Ένας νέος τύπος φίλτρου αιθάλης εισήχθη στα συστήματα αντιρρύπανσης, το φίλτρο διαμερούς ροής (Flow through filter, FTF) ή ανοικτό φίλτρο (Open filter). Έχει την ικανότητα να οξειδώνει τους αέριους ρύπους αλλά ταυτόχρονα και να κατακρατεί ένα μέρος των σωματιδίων του καυσαερίου. Όταν η κατακρατημένη ποσότητα αιθάλης φτάσει στη μέγιστη ικανότητα του φίλτρου, αυτό δε στομώνει, αλλά σταδιακά ο βαθμός απόδοσης διήθησης μειώνεται επιτρέποντας στα σωματίδια να περάσουν. Έτσι, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι πρόκειται για ειδικού τύπου καταλύτη που έχει μεγαλύτερη ικανότητα

κατακράτησης σωματιδίων από τους οξειδωτικούς καταλύτες αλλά μικρότερη από τα φίλτρα αιθάλης.

Η συνολική απόδοση των “ανοικτών” φίλτρων επηρεάζεται από την κατακράτηση σωματιδίων, από την παθητική αναγέννηση και από τη διαφυγή σωματιδίων ιδιαίτερα σε υψηλές σωματιδιακές φορτίσεις και σε γρήγορες μεταβολές του σημείου λειτουργίας του κινητήρα. Αυτή είναι μια ακόμα σημαντική διαφορά με τα φίλτρα αιθάλης στα οποία δεν παρατηρείται διαφυγή σωματιδίων. Το “ανοικτό” φίλτρο είναι καθαρό, η απόδοση διήθησης αυξάνεται με τη φόρτιση. Όταν το φίλτρο φτάσει στην μέγιστη ποσότητα αιθάλης που μπορεί να κατακρατήσει, τότε η απόδοση διήθησης ακολουθεί πτωτική πορεία. Τα “ανοικτά” φίλτρα εμφανίστηκαν αρχικά με απόδοση διήθησης μεταξύ 50 και 70% αλλά οι κατασκευαστές στόχευαν σε απόδοση μεγαλύτερη από 90% και έτσι εγκαταλείφθηκαν. Πρόσφατα, κάποιες εφαρμογές που απαιτούσαν σχετικά μικρή μείωση των σωματιδίων και η νομοθεσία που υποχρεώνει σε κάποιες χώρες την μετασκευή (retrofit) των παλιών οχημάτων με κινητήρα Diesel ώστε να μειωθούν οι εκπομπές σωματιδίων αιθάλης, οδήγησαν στην ανάπτυξη τέτοιων φίλτρων. Το υπόστρωμα που παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα, όπου ένα μέρος της ροής αναγκάζεται να περάσει διαμέσου του μεταλλικού πλέγματος που αποτελεί και το μέσο διήθησης. Στην περίπτωση που το πλέγμα κορεσθεί σε αιθάλη και δεν μπορεί πλέον να κατακρατήσει περισσότερο, η ροή μπορεί να συνεχίσει να ρέει διαμέσου των καναλιών λειτουργώντας ως “ανοικτό” φίλτρο διαμπερούς ροής – βλ. Σχ. 3.47.



Σχήμα 3.47 Φίλτρο διαμπερούς ροής

4. Έρευνα σε συνεργεία αυτοκινήτων

4.1 Βασικά στοιχεία διαμόρφωσης και συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου

Το παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει μια έρευνα σε συνεργεία αυτοκινήτων και σε ιδιωτικά ΚΤΕΟ, με αντικείμενο τις τεχνολογίες και τα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος που υφίστανται σήμερα στους χώρους αυτούς. Βασικής σημασίας για τη διαμόρφωση του ερωτηματολογίου της παραπάνω έρευνας ήταν ότι αυτό θα πρέπει να είναι περιεκτικό και κατανοητό, για να μπορούν οι αποκρινόμενοι να το συμπληρώσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα. Θα έπρεπε κατά συνέπεια να περιλαμβάνονται λίγες ερωτήσεις, για να διασφαλιστεί η ταχύτητα διεξαγωγής της έρευνας και ένα αποδεκτό ποσοστό ανταπόκρισης.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου έγινε από τεχνικούς οι οποίοι ασχολούνται στον τομέα ελέγχου των καυσαερίων, ώστε να εξασφαλιστούν κατά το δυνατόν επαρκείς και έγκυρες απαντήσεις. Για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου και της εξασφάλισης αποτελεσματικότερης έρευνας επιλέγηκαν οι ανοιχτού τύπου ερωτήσεις. Επελέγη να λάβει χώρα ατομική προσέγγιση, με παράδοση και επιτόπια συμπλήρωση του Ερωτηματολογίου από τους ερωτούμενους κατά τις ώρες εργασίας.

Ο σκοπός της έρευνας οδήγησε σε μία μικρή διαφοροποίηση των ερωτήσεων ανάλογα με το είδος της επιχείρησης, εάν δηλ. είναι συνεργεία ή Ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο. Η διανομή έγινε σε εγκαταστάσεις συνεργείων και Ιδιωτικών Κ.Τ.Ε.Ο. της περιοχής Θεσσαλονίκης. Μετά από την ολοκλήρωση της έρευνας, το πλήθος των ερωτηματολογίων που συγκεντρώθηκαν έγκυρα συμπληρωμένα ήταν 10.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα δύο ερωτηματολόγια στην ασυμπλήρωτη μορφή τους:

1) Ερωτηματολόγιο ιδιωτικών συνεργείων αυτοκινήτων:

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση:

Είδος επιχείρησης:

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

Τσιλιμίγκρας Ιωάννης
Α.Μ.: 050001

.....
.....
.....

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λ.π);

.....
.....

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

.....
.....
.....

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοσ-

τών ρύπων; Ναι

Όχι

.....
.....

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

.....
.....
.....

6. α) Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;

.....
.....

β) Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

.....
.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των ελέγχων των καυσαερίων;

Καταλυτικά

Μη καταλυτικά

..... %

..... %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

.....
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

.....
.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

.....
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

.....
.....

2) Ερωτηματολόγιο ιδιωτικών Κ.Τ.Ε.Ο

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση:

Είδος επιχείρησης:

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

.....
.....
.....

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λ.π)

.....
.....

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

.....
.....
.....

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοσ-

τών ρύπων; Ναι

Όχι

.....
.....

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

.....
.....
.....

6. α) Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;

.....
.....

- β) Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

.....
.....
.....

- γ) Στα Κ.Τ.Ε.Ο. μπορούν να πραγματοποιηθούν εργασίες συντήρησης κατά τη μέτρηση των καυσαερίων;

.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχο των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
..... % %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....

10. Τι κατά τι γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτι-

ωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

.....
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

.....
.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

.....
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

.....
.....

4.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων έρευνας

Μετά από την οριστικοποίηση της συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων από επιχειρήσεις που συμμετείχαν στην έρευνα, ακολούθησε η ανάλυση και αξιολόγηση των δεδομένων. Η παρουσίαση, ο σχολιασμός και η εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων της έρευνας αποτελεί αντικείμενο του κεφαλαίου που ακολουθεί. Υπενθυμίζεται ότι το Ερωτηματολόγιο στην πραγματική του μορφή παρατίθεται στο κεφάλαιο 4.1.

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

Στην ερώτηση αυτή τα αποκριθέντα συνεργεία έδωσαν μια αναμενόμενη απάντηση, με σαφή και κατανοητό τρόπο, εν συντομία αναφέρθηκαν στη λειτουργία του αναλυτή καυσαερίων. Όσο αναφορά τα ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο, ο τρόπος με τον οποίο διεξάγονται οι έλεγχοι καυσαερίων διαφοροποιείται σε σχέση με τα συνεργεία, ενώ οι τεχνικοί των Ι. Κ.Τ.Ε.Ο. περιέγραψαν με απλό τρόπο τη διεξαγωγή των ελέγχων των καυσαερίων.

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κλπ);

Τα στοιχεία που προέκυψαν είναι ότι τα συνεργεία διαθέτουν κυρίως αναλυτές μάρκας Bosch και Sun Gas Analyzer, με εξαίρεση ένα που έχει διαφορετική μάρκα για πετρέλαιο και βενζίνη MAHA. Στα Ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο. ο εξοπλισμός

είναι αυτός που απαιτείται σύμφωνα με τις πρότυπες προδιαγραφές. Οι απαντήσεις που δόθηκαν είναι σχετικές με τα όργανα μέτρησης που πρέπει να διαθέτει ένα Κ.Τ.Ε.Ο. όπως φρενόμετρο, τζογόμετρο, φωτόμετρο, αναρτησόμετρο.

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

Από την έρευνα και τον επιτόπιο έλεγχο διαπιστώθηκε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις υπήρχαν αυτοκόλλητες προδιαγραφές των θεσμοθετημένων πάνω στον αναλυτή. Οι τιμές στα όρια μέτρησης των ρύπων παρουσιάζονται στον (Πιν. 4.1) για βενζινοκινητήρες με καταλυτικό μετατροπέα για μοντέλα αυτοκινήτων μετά το 2002. Στον πίνακα 4.2 καταγράφονται τιμές για βενζινοκινητήρα με καταλύτη χωρίς αισθητήρα οξυγόνου. Για τους πετρελαιοκινητήρες αναφέρθηκε η τιμή 150 ppm HC για υψηλές στροφές.

	Υψηλές στροφές	Ρελαντί
Πρότυπα προδιαγραφών	2500rpm	800rpm
CO	0,20%	0,50%
HC	100ppm	120ppm
λ	1,3	-

Πίνακας 4.1 Προδιαγραφές για βενζινοκινητήρες με καταλυτικό μετατροπέα

	Υψηλές στροφές	Ρελαντί
Πρότυπα προδιαγραφών	2500rpm	800rpm
CO	1,00%	1,20%
HC	200ppm	220ppm
λ	-	-

Πίνακας 4.2 Προδιαγραφές για βενζινοκινητήρες χωρίς αισθητήρα οξυγόνου

Στην περίπτωση των Ιδιωτικών Κ.Τ.Ε.Ο. ισχύουν οι προδιαγραφές μετρήσεων όπως περιγράφονται στον (Πιν. 4.3) για βενζινοκινητήρες. Τέλος, για τους πετρελαιοκινητήρες ισχύουν οι παρακάτω συντελεστές απορρόφησης (θολερότητα καυσαερίων): $\kappa=3$ 1/m για κινητήρες φυσικής αναρρόφησης,

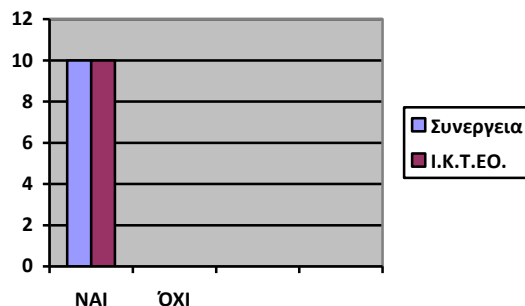
$\kappa=3,5$ 1/m για κινητήρες με υπερπλήρωση (turbo), ενώ σύμφωνα με το πρότυπο Euro 4 προβλέπεται $\kappa=1,5$ 1/m.

Πρότυπα	CO		HC	
	Ρελαντί	Υψηλές στροφές	Ρελαντί	Υψηλές στροφές
Πριν 1/7/2002	0,50%	0,30%	120ppm	100ppm
Μετά 1/7/2002	0,30%	0,20%	120ppm	100ppm
Πριν 1/10/1986	4,50%	-	800ppm	700ppm
Μετά 1/10/1986	3,50%	-	500ppm	400ppm

Πίνακας 4.3 Προδιαγραφές για βενζινοκινητήρες σε Ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο.

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοστών των ρύπων; Ναι Όχι

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1 οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν έως και 0,1% ανίχνευση CO και HC όπως αναφέρθηκε από τεχνικούς συνεργείου. Η σύγχρονη τεχνολογία διασφαλίζει ικανοποιητικά και ποιοτικά αποτελέσματα για μετρήσεις καυσαερίων σε Ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο και συνεργεία.



Σχήμα 4.1 Διάγραμμα για ανίχνευση μικρών ποσοστών ρύπων

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

Στην ερώτηση αυτή προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για ποια μέτρα πρέπει να ληφθούν για τον περιορισμό των καυσαερίων σε βενζινοκινητήρες. Τα συνεργεία επισημαίνουν ως απαραίτητη προϋπόθεση τον καθαρισμό του συστήματος έγχυσης. Επίσης, έλεγχοι στο σύστημα ανάφλεξης, συμπίεσης, αισθητήρα λ, έλεγχος βαλβίδων, ηλεκτρικό σύστημα ακόμη και αλλαγή

καταλύτη. Η επισκευή πρέπει να γίνεται από τα συνεργεία και όχι ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο.

6. α) *Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;*

Από την έρευνα επιβεβαιώνεται ότι απαγορεύονται να γίνουν ρυθμίσεις πριν την μέτρηση καυσαερίων σε συνεργεία και Κ.Τ.Ε.Ο. πράγμα εύλογο διότι μπορεί να προκύψουν ανακριβή και αλλοιωμένα αποτελέσματα στη μέτρηση. Ο σημαντικότερος έλεγχος που γίνεται από τους τεχνικούς είναι η εξάτμιση να μην έχει διαρροές. Άλλοι έλεγχοι που πραγματοποιούνται είναι στο ηλεκτρικό σύστημα και στους αισθητήρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μηχανή πρέπει να είναι ζεστή για να διεξάγουν τους ελέγχους.

β) *Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);*

Οι εργασίες συντήρησης που γίνονται είναι ο έλεγχος του αβάνς, η ρύθμιση βαλβίδων, καθαρισμός συστήματος έγχυσης, αντικατάσταση φίλτρων αέρα, βενζίνης. Οι συντηρήσεις αυτές είναι απαραίτητες για έκδοση κάρτας καυσαερίων. Η διαδικασία ξεκαπνίσματος και ο έλεγχος εξάτμισης τονίζονται από τα Ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο. και σε ορισμένες περιπτώσεις η αντικατάσταση καταλυτικού μετατροπέα, εργασία που γίνεται σε συνεργεία.

γ) *Στα Κ.Τ.Ε.Ο. μπορούν να πραγματοποιηθούν εργασίες συντήρησης κατά τη μέτρηση των καυσαερίων;*

Η συγκεκριμένη ερώτηση αφορά τα Ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο. και οι πληροφορίες που δόθηκαν είναι ότι δεν πραγματοποιηθούν εργασίες συντήρησης. Ο λόγος είναι ότι τα Κ.Τ.Ε.Ο. δεν διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό και διεξάγονται μόνο οι μετρήσεις καυσαερίων.

7. *Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχο των καυσαερίων;*

<i>Καταλυτικά</i>	<i>Μη καταλυτικά</i>
..... % %

Σκοπός της ερώτησης αυτής είναι να προκύψουν ενδείξεις σχετικά με ποια οχήματα εκπέμπουν τους περισσότερους ρύπους στο περιβάλλον. Από την έρευνα που έγινε σε συνεργεία και Ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο., οι απόψεις για το ποσοστό των κινητήρων που δεν περνάει με την πρώτη τον έλεγχο καυσαερίων διαφέρουν. Η ποσοτική ανάλυση των τιμών που συλλέχτηκαν θα γίνει συνεπώς με την βοήθεια της επιστήμης της στατιστικής. Για το λόγο αυτό θα χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή των συνολικά n μετρήσεων:

$$\mu = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n = \sum x_i / n \quad (\text{εξ. 4.1})$$

1) *Ιδιωτικών συνεργείων αυτοκινήτων:*

α) Καταλυτικά:

Για δείγμα $n=5$ συνεργείων προκύπτει από (εξ. 4.1):

$$\mu = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) / n = \sum x_i / n = (20\% + 50\% + 10\% + 7\% + 20\%) / 5 \Rightarrow$$

$$\mu = 21\%$$

β) Μη Καταλυτικά:

Για δείγμα $n=5$ συνεργείων προκύπτει από (εξ. 4.1):

$$\mu = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) / n = \sum x_i / n = (40\% + 30\% + 60\% + 35\% + 40\%) / 5 \Rightarrow$$

$$\mu = 41\%$$

Από τον υπολογισμό αυτό βγάζουμε συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο ποσοστό που δεν περνάει με την πρώτη των έλεγχο καυσαερίων είναι τα μη καταλυτικά αυτοκίνητα. Αυτό οφείλεται στο ότι τα συμβατικά αυτοκίνητα δεν διαθέτουν αναπτυγμένα συστήματα «εξευγενισμού» των καυσαερίων σε σχέση με τα καταλυτικά.

2) Ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο.

α) Καταλυτικά:

Για δείγμα $n=5$ Κ.Τ.Ε.Ο. προκύπτει από (εξ. 4.1):

$$\mu = (x_1 + x_2 + x_3) / n = \sum x_i / n = (20\% + 10\% + 30\% + 50\% + 40\%) / 5 = 30\%$$

$$\mu = 20\%$$

β) Μη Καταλυτικά:

Για δείγμα $n=3$ Κ.Τ.Ε.Ο. προκύπτει από (εξ. 4.1):

$$\mu = (x_1 + x_2 + x_3) / n = \sum x_i / n = (40\% + 50\% + 25\% + 45\% + 30\%) / 5 = 40\%$$

$$\mu = 40\%$$

Ως αποτέλεσμα, δεν παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφορά στα ποσοστά των συνεργείων συγκριτικά με τα ποσοστά των ιδιωτικών Κ.Τ.Ε.Ο.

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

Από τη διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε και στους δύο τύπους επιχειρήσεων τονίστηκε ως λύση η ρύθμιση της καύσης που γίνεται μέσω προγραμμάτων εγκεφάλου. Η απάντηση ήταν προσδοκώμενη, αφού με τη χρησιμοποίηση σύγχρονων διαγνωστικών συσκευών γίνεται η ρύθμιση της τιμής του λ , με βάση της πληροφορίες που αποστέλλει ο αισθητήρας λ στον

εγκέφαλο. Η αποτελεσματικότερη μέθοδος για να σταματήσει ένας βενζινοκινητήρας να 'καπνίζει' είναι η σωστή επισκευή του κινητήρα.

β) μη καταλυτικά:

Στο συγκεκριμένο υποερώτημα οι αποκρινόμενοι τεχνικοί ανέφεραν το όρο ξεκάπνισμα χωρίς διευκρίνιση ορισμένες φορές. Ωστόσο, μία αξιοσημείωτη πληροφορία ότι σε αυτή τη κατηγορία η ρύθμιση της καύσης είναι δυσκολότερη και απαιτεί προληπτική συντήρηση επισκευή αυτοκινήτων και καθαρισμό στα συστήματα έγχυσης.

9. *Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;*

α) καταλυτικά:, β) μη καταλυτικά:

Όντας μια καλή ερώτηση για την «αλίευση» πρόσθετων πληροφοριών από συνεργεία και ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο., οι απαντήσεις ήταν μάλλον ελλιπείς. Αυτό εξηγείται από το ότι δεν διαθέτουν πρακτικά φτηνές λύσεις για καλύτερη απόδοση ή για επιδόσεις του οχήματος.

10. *Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:*

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες: Σε αντίθεση με την ερώτηση 9 στο συγκεκριμένο διατυπώθηκαν ποικίλες απόψεις. Ουσιαστικά η άποψη που επικράτησε από τους τεχνικούς και είναι ότι χρειάζεται να γίνει εξέλιξη σε συστήματα star-stop, ελεγχόμενη ηλεκτρονική ανάφλεξη, σύστημα έγχυσης με ηλεκτρικά μπέκ και επιπλέον καταλυτικοί μετατροπείς. Αναφέρθηκε μάλιστα ότι τα υβριδικά αυτοκίνητα ή ο συνδυασμός βενζινοκινητήρα με άλλες μορφές ενέργειας αποτελούν ιδανική πρόταση για μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων προς την ατμόσφαιρα.

2) Πετρελαιοκινητήρες: Οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν από συνεργεία και Κ.Τ.Ε.Ο. είναι οι εξελίξιμες τεχνολογίες στα καταλυτικά φίλτρα και στα συστήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, όπως αυτά περιγράφονται αναλυτικά στο Κεφ. 3, π.χ. τα ηλεκτρικά μπέκ, τα φίλτρα DPF που ανεβάζουν πίεση μέχρι 1600 bar.

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες: Στην ερώτηση αυτή οι αποκρινόμενοι απάντησαν παρομοίως με την ερώτηση 5, ότι δηλ. η σωστή συντήρηση και επισκευή του οχήματος σε όλα τα μέρη του κινητήρα, ηλεκτρικό σύστημα θα επιφέρει μείωση των βλαβερών ρύπων της ατμόσφαιρας. Σε γενικές γραμμές δόθηκαν σύντομες απαντήσεις, χωρίς περαιτέρω ανάλυση.

2) Πετρελαιοκινητήρες: Στους πετρελαιοκινητήρες δόθηκε η ίδια απάντηση όπως στο υποερώτημα 10.β.1, για σωστή συντήρηση και επισκευή. Επιπλέον, έγινε μια γενική αναφορά στην σωστή συντήρηση των φίλτρων πετρελαίου, στα καταλυτικά φίλτρα και στον καθαρισμό των μπέκ έγχυσης.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν διάφορα συστήματα τα οποία επιτυγχάνουν μείωση των εκπομπών οχηματογενών ρύπων. Οι καταλύτες αποτελούν συνεχώς εξελισσόμενα συστήματα και η χρήση τους σε βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα έχει πλέον παγιωθεί. Με τη χρήση καταλυτικής τεχνολογίας επιτυγχάνεται μείωση κατά 10 περίπου φορές των εκπομπών HC, CO και NO_x, σε όλες σχεδόν τις συνθήκες λειτουργίας κατά την οδήγηση στις πόλεις και τις εθνικές οδούς.

Οι καινούργιες τάσεις για μείωση των επικίνδυνων ρύπων προσανατολίζονται προς απλούστερες καταλυτικές μεθόδους, με ταυτόχρονη έμφαση στην οικονομία καυσίμου. Μια τεχνολογική πρόταση αποτελεί ο κινητήρας φτωχής καύσης με οξειδωτικό καταλύτη, που επιτυγχάνει σημαντική μείωση των HC, CO και NO_x, μέθοδος που χρειάζεται όμως ακόμη μελέτη διότι είναι σε πειραματικό στάδιο και παρουσιάζει το πρόβλημα της μικρής απόδοσης στην απομάκρυνση των NO_x ιδιαίτερα σε υψηλές ταχύτητες.

Οι τριοδικοί καταλύτες επιδέχονται επιπλέον βελτιώσεις, όσον αναφορά το καθαρισμό καυσαερίων. Πεδία τα οποία μπορούν να εξελιχθούν περισσότερο είναι:

- Μείωση της περιεκτικότητας σε ευγενή μέταλλα
- Αύξηση της διάρκειας ζωής του καταλύτη
- Βελτιστοποίηση της λειτουργίας του μετατροπέα σε μεταβατικές συνθήκες
- Ανάπτυξη και εφαρμογή εναλλακτικών καυσίμων και προσθέτων
- Υπερπλήρωση με ενδιάμεση ψύξη: έχουμε επίτευξη της ίδιας σχέσης συμπίεσεως σε χαμηλότερη θερμοκρασία

Η αμόλυβδη βενζίνη που χρησιμοποιείται σε καταλυτικά αυτοκίνητα περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό αρωματικών υδρογονανθράκων σε σχέση με τη βενζίνη SUPER, για να αποκτήσει τον απαιτούμενο αριθμό οκτανίου. Όταν υπάρχει καταλύτης οι παραπάνω καρκινογόνες ουσίες εξουδετερώνονται, ακόμη και εάν διαφύγουν την καύση εντός του θαλάμου καύσης. Εάν όμως δεν υπάρχει καταλύτης ή είναι απενεργοποιημένος οι άκρως βλαβεροί αυτοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες μπορεί να εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα μαζί με τα καυσαέρια.

Περαιτέρω, τα αυστηρότερα όρια εκπομπών που ισχύουν προοδευτικά στην Ευρώπη και στην Αμερική απαιτούν μία σημαντική μείωση των εκπομπών, που δεν μπορεί πλέον να επιτευχθεί μόνο με τη χρήση καταλυτών. Ενδεικτικά, η μείωση των θερμοκρασιών καύσης στο κύλινδρο επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους, όπως η ανακυκλοφορία των καυσαερίων (EGR) ή η έγχυση νερού. Αμφότερες αποσκοπούν στη μείωση της θερμοκρασίας κατά την καύση εντός

του κυλίνδρου, προκειμένου να επιτευχθεί μείωση των σχηματιζόμενων NO_x , που αποτελεί πιεστικότερη απαίτηση για κινητήρες Diesel.

Ιδιαίτερα η χρήση στροβίλου μεταβλητής γεωμετρίας (VGT) στα συστήματα υψηλής πίεσης EGR επιτυγχάνει μεγάλα ποσοστά ανακυκλοφορίας του καυσαερίου. Αποτελεί την πιο αποδοτική μέθοδο μείωσης των NO_x σε σχέση με τον απλό στροβιλοπληρωτή (τούρμπο).

Για τους κινητήρες Ντήζελ οι νεότεροι καταλύτες τύπου NSC και SCR αποτελούν αξιόλογα μέτρα περιστολής των NO_x στα εξερχόμενα καυσαέρια. Με βάση τις παραπάνω τεχνολογίες, αναδεικνύεται το πρόβλημα της βελτιστοποίησης των παραμέτρων έγχυσης σε μερικό φορτίο, όπου οι συνθήκες λειτουργίας (πίεση, θερμοκρασία) είναι πολύ διαφορετικές. Εν προκειμένω, η τελική συγκέντρωση των σωματιδίων αιθάλης μπορεί να αποτελέσει τον στόχο του προβλήματος βελτιστοποίησης, ενόψει και των αναμενόμενων νέων κανονισμών. Σε συστήματα SCR το μέσο κατάλυσης AdBlue επιτυγχάνει σημαντική μείωση των NO_x και χρησιμοποιείται αυξανόμενα από τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Με βάση την ποσότητα των οξειδίων του αζώτου που υπάρχει στα καυσαέρια ψεκάζεται η αντίστοιχη ποσότητα ουρίας στην εξάτμιση πριν το καταλύτη SCR. Η διάρκεια ζωής του είναι μεγάλη και είναι φιλικότερο στο περιβάλλον σε σχέση με το σύστημα αναγωγής με αμμωνία.

Τα φίλτρα σωματιδίων πετρελαίου (Diesel Particulate Filters, DPF), οι παγίδες αιθάλης (soot traps) και διάφορα άλλα φίλτρα αιθάλης εγκλωβίζουν τα σωματίδια της αιθάλης. Έχουν γίνει προσπάθειες από τους κατασκευαστές με συστήματα αναγέννησης παγίδων αιθάλης στα υλικά των καταλυτικών φίλτρων, ώστε να μη περιορίζεται η οξείδωση των NO_x . Με τον τρόπο αυτό η επαφή καταλύτη-αιθάλης διευκολύνει την καταλυτική αντίδραση αιθάλης και οξυγόνου. Τα ανοικτά φίλτρα αιθάλης παρουσιάζουν μικρότερα ποσοστά κατακράτησης σωματιδίων καυσαερίων από τα φίλτρα αιθάλης. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν παρατηρείται διαφυγή σωματιδίων, ενώ η απόδοση διήθησης αυξάνεται με τη φόρτιση. Σε κάποιες χώρες η νομοθεσία υποχρεώνει ήδη την ανάπτυξη τέτοιου τύπου φίλτρου.

Διαπιστώνεται ότι παρά την σταθερή εξέλιξη των και τον ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης, οι πετρελαιοκινητήρες πάσχουν ακόμη ως προς την καθαρότητα των παραγόμενων καυσαερίων, συγκεκριμένα ως προς την εκπομπή αιθάλης και NO_x . Ιδιαίτερη δυσκολία στην αντιμετώπιση των δύο παραπάνω ρύπων του πετρελαιοκινητήρα θέτει η αντικρουόμενη σχέση των: προσπαθώντας να μειώσουμε τον έναν αυξάνονται το ποσοστά παραγωγής του άλλου! Η ταυτόχρονη αντιμετώπιση αμφότερων των παραπάνω ρύπων φαίνεται να είναι δυνατή μόνο με τη χρήση ειδικών συσκευών επεξεργασίας των εξερχόμενων από τις βαλβίδες εξαγωγής «βρώμικων» καυσαερίων, ήτοι παγίδων αιθάλης για την αντιμετώπιση της αιθάλης και παγίδων NO_x για την αντιμετώπιση των NO_x , όπως περιγράφεται στο Κεφ. 3.

Οι έρευνες σε συστήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας των κινητήρων Otto και Diesel αναμένεται να συνεχιστούν στο άμεσο μέλλον, για να επιτευχθεί περαιτέρω μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) 1 θεωρία, Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, Τσιτουρίδης Σ. (2005).
2. Σημειώσεις στο μάθημα (ΜΕΚ) 2 εργαστήριο, Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, Μηχανές εσωτερικής καύσης, Τριανταφύλλης Ι. (1999).
3. Σημειώσεις ασφάλειας εργασίας και προστασίας περιβάλλοντος, Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, Μπαχάρογλου Θ. (2005).
4. Μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) Ι, Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Χασιώτης Π., Εκδ. ΙΩΝ (2003).
5. Έλεγχος Αέριας Ρύπανσης, Σχεδιασμός Αντιρρυπαντικής Τεχνολογίας C.D. Cooper, F.C. Alley, Εκδ. ΤΖΙΟΛΑ (2004).
6. Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines, Pollutant Formation and Control, Edited by Eran Sher (1998).
7. Ηλεκτρονικά συστήματα οχημάτων εργαστήριο, Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, Ζορμπά Κ. (2005).
8. Σημειώσεις στο μάθημα (ΜΕΚ) 2 εργαστήριο, Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, Σαββίδης Δ. (2007).
9. Εναλλαγή αερίων και υπερπλήρωση Μ.Ε.Κ., Ε.Μ. Πολυτεχνείο, Ρακόπουλος Δ. και Γιακουμής Γ., Εκδ. Φούντας (2011).
10. Διπλωματική εργασία «Αυτανάφλεξη και κρουστική καύση βενζίνης», Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης, Γκαρόζη Δ., Θώμου Α. και Μπαρμπούνη Ν. (2011).
11. The complete combustion(?), D. Prapas, Course notes (2010)
12. Σημειώσεις στο μάθημα τεχνική προστασίας περιβάλλοντος, Α.Π. Θεσσαλονίκης, Μουσιόπουλος Ν. (2003).
13. Τεχνολογία μετρήσεων θεωρία, Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Πράπας Δ. (2003).

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

[http:// el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org)
[http:// www.caroto.gr](http://www.caroto.gr)
[http:// www.tosynergio.gr](http://www.tosynergio.gr)
[http:// www.obd2.gr](http://www.obd2.gr)
[http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3971/3/oikonomoum_antirripans i.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3971/3/oikonomoum_antirripans_i.pdf)
[http:// iceal.wikidot.com](http://iceal.wikidot.com)
[http:// www.env-edu.gr](http://www.env-edu.gr)
[http:// www.teicrete.gr/legislation.htm](http://www.teicrete.gr/legislation.htm)
<https://sites.google.com/site/hxhmeiamou/b-lykeiou-organike/2o-kephalaio/periballon/katalytes-autokineton>
<http://www2.ucy.ac.cy/kefalaio%20- bibliografiki%20anaskopisi.pdf>
[http:// www.renault.com.gr](http://www.renault.com.gr)
[http:// www.katalytes.gr](http://www.katalytes.gr)
[http:// www.autotriti.gr](http://www.autotriti.gr)
[http:// invenio.lib.auth.gr/record/114224/Katsaounis_ Dimitrios.pdf](http://invenio.lib.auth.gr/record/114224/Katsaounis_Dimitrios.pdf)
[http:// platinum.matthey.com](http://platinum.matthey.com)
<http://invenio.lib.auth.gr/record/19352/files/gri-2005-545.pdf?version=1>

Τσιλιμίγκρας Ιωάννης
Α.Μ.: 050001

http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sdo/log/2012/AlevizakisGiannis,GalinosAndreas,DaskalakiGeorgia/attached-document-/Alevizakis_Galinos_Daskalaki2012.pdf
<http://openarchives.gr/search/NOx/page:2>
<http://www.teicrete.gr/LEI/LAB/applications/permitting/legislation.htm>
http://www.thalys.gr/pagesgr/technical%20issues/catalyt/contents_catalyt_gr.htm
<http://www.dieselnet.com/papers/9712bailey/>
[http:// www.eu-portal.net](http://www.eu-portal.net)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΕΝΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Στο παρόν Παράρτημα παρατίθενται οι απαντήσεις που δόθηκαν κατά την εκπόνηση της έρευνας, από τους αποκριθέντες τεχνικούς των ιδιωτικών συνεργείων αυτοκινήτων και ιδιωτικών Κ.Τ.Ε.Ο.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης - Διεύθυνση: Συνεργείο Πατρός Τύπου -
Μεθ. Αλέξανδρου 97 Σίνδος Θεσσαλονίκης
Είδος επιχείρησης: Ιδιωτικό συνεργείο

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

Αναλυτή και σαρτών, τα βιολογικά
σταθερά, τοποθετείται στην εξάτμιση και
ακιχθεί τα καύσιμα και μεταφέρονται πληροφορίες
στη ψηφιακή οθόνη

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των
ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λπ)

Suη Gas Analyser MGA 4200
να υπάρχει ροθωριστής ροής, με τριπλούς καυσάφρον
εξοπλισμός, με τριπλούς ροθό καυσάφρον
εξοπλιστός

3. Ποιές οι προδιαγραφές - όρια στην μέτρηση των εκπεμπό-
μενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρε-
λαιοκινητήρες;

Είναι 5.1% 800 rpm 0,50% CO ρελατί
>> 120 HC >>
Ανισόκοπη 5.1% 2500 0,30 CO υψηλές στροφές
>> 100 HC >>

4. Πιστεύεται ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοστών των ρύπων; Ναι Όχι

Μπορούν να ανιχνεύσουν ποσοστά ρύπων μικρότερα του 0,5% για CO και HC

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

Να λυθούν προβλήματα στο σύστημα injection στο κινητήρα, και στο x. εξαέρωση.

6. Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν κατά τη μέτρηση των καυσαερίων (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

Είναι η εξαέρωση να μην έχει διαρροή, αντί κατάσταση φίλτρου αέρα, εξαερισμός στο χώρο του καρτέρ.

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχων των καυσαερίων;

Καταλυτικά

10 %

Μη καταλυτικά

60 %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

..... Να εξεταστεί η κατάσταση είναι
..... δύσκολη η ρύθμιση, ρύθμιση
..... με εστιακή κεφαλή και αλυσίδα τήρων

β) μη καταλυτικά:

..... Η ρύθμιση της καύσης είναι πιο εύκολη
..... καθαρισμό σ.να.τάματος εσχισής

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

..... με το θεώρημα διαφόρων προγραμμάτων
..... γίνεται η ρύθμιση της καύσης και
..... έχασε μεγάλη ισχύ σε χαμηλές στροφές

β) μη καταλυτικά:

..... Είναι πιο δύσκολη γιατί ο πελάτης
..... θα έχει επιπλέον κόστη

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτι-

ωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

..... Επιπλέον καταλυτικές μετατροπές

β) τα συνεργεία:

..... Η καλή συντήρηση των κινητήρων
και του συστήματος έγχυσης.

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση: **FIAT service Ανδρέαδης Α.Ε.**
Είδος επιχείρησης: **- 26ης Οκτωβρίου 66 Θεσσαλονίκη**

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

..... **Αναλυτικά κενά εφίλων**

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λ.π);

..... **ΜΑΗΑ Μ.Ο. 2 ΛΟΝ για Μ.Ε.Τρέλαιο**

..... **ΜΑΗΑ Μ.Ο. 5 για Βενζίνα**

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

Έπερχομαι εξαπαισισ, φιλου Σ/.....
.....
.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχο των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
20 %	40 %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

.....να χυθώμε το βλαιο, και μετὰ επισκευή
.....αλλαξιων α.μα αφαιρείται η εκδασή
.....καρτας καυσαερίων.....

β) μη καταλυτικά:

.....να χυθώμε το βλαιο κ μετὰ επισκευή
.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

Όχι.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

Όχι.....
.....
.....

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτι-
ωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

...ελεγχόμενα... ηλεκτρονικά... ακαθάριστα
...συστήματα... στατ... στατ...
...ενα...ματα...μηχανικά...αποδοτικότητα
...διαχείριση βαλβίδων εισαγωγής

2) Πετρελαιοκινητήρες:

...μηχανικά... JDR... με... αντλία... υψόμετρο
...μείωση... πετρελαίου... μηχανικά... μηχανικά
...πλά... ανέβασαν... κ.ε.φ.φ... 1600...
...ρίθτρα DPF

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

...Η συντήρηση στα συστήματα
...των κατασκευαστών
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

Αντικατάσταση φίλτρων Πέτρελλίου
α.θάλου, καταλυτικά φίλτρα

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση: *Servite Κορφος*

Είδος επιχείρησης: *Ανδρ. Ματθαίου 2*
Ιδιωτικό συνεργείο *Ξυλευθριο - Κορφος*
Θεσσαλονίκη

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

Αναλυτής καυσάερινων
.....
.....
.....
.....

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λ.π);

βαση αναλυτής
.....
.....

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

βενζινοκινητήρες όσα αναφορά 500
Ηλ. 300 ppm
Πετρέλαιο 0,150% ΗC

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοστών των ρύπων; Ναι Όχι

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

α) αθροισμα, μεταλλοίδο, γ. καζιά

6. α) Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;

Στα συμβατικά Ναι
i.h.j.e.l.t.i.z.k. ... ξη

β) Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

..... στο σύστημα έγχυσης ηλεκτρικό
..... σύστημα, αλλαγή μπουξί.
.....
.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχο των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
50 %	30 %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

..... Όταν καιεί λάδι π. κ. κ. κ.
..... τίποτα.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

Όχι.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

Όχι.....
.....
.....

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

σύνθετα ανάφλεξη, έγχυση.....
Καταλύτες.....
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

μηχανή, σύνθετα, καταλυτική επικολλημένη.....
φίλτρα, φίλτρα α.θ.λ.α.ς.....
.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

Συντήρηση συστατών.....
.....
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

Συστήματα συστήματα καλός καθαρισμός
φίλτρα

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση: ΜΙΧΑΗΛΗΣ ΙΝΥΕCΤΙΩΝ ΚΑΡΜΥΡΑΤΕΡ-
ΠΑΠΑΠΟΣΤΟΛΟΥ 3+ ΘΕCΣCΑΜΟΝΙΚΗ
Είδος επιχείρησης: Ιδιωτικό συνεργείο

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

.....Αναλυτής...κατασέρβιν...π.τέλεχος
.....π.τέλεχος...π.έλαι...π.β.παραγραφία
.....π.ε. αναλυτή
.....
.....

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λπ);

.....S.V.N...G.A.S...ANALYZER...φιλτράκια
.....π.ισκ. μέρος...μ.α. μηχανισμ...κρεκοδαίλακια
.....

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

.....
.....
.....
.....
.....

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοστών των ρύπων; Ναι Όχι

.....
.....
.....

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

..... καθαρισμός μπιέκ, έλεγχος ηλεκτρικών
..... συστημάτων.....
.....
.....

6. α) Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;

..... Έλεγχος αισθητήρων, και η
..... εξέταση να μην έχει διαφορά.....
.....

β) Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

..... Έλεγχος αθάνης, ρύθμιση βαλβίδων
.....
.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχο των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
..... 20 % 40 %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

..... Ρύθμιση της καύσης με
..... βελτίωση των διαφόρων προγραμμάτων
.....

β) μη καταλυτικά:

..... Επισκευή - συντήρηση
.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....
.....

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Βελτίωση συστημάτων injection, ..
..... ελεγχόμενη καταλυτική συστήματα ..
..... άλλες μορφές ενέργειας ηλεκτρικές, υγραέριο

2) Πετρελαιοκινητήρες:

..... καταλυτικά φίλτρα, φίλτρα αεθάσης ..
.....
.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Προληπτική συντήρηση των ..
..... μηχανών, κινητήρα, ηλεκτρικά συστήματα ..
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

Καλός καθαρισμός φίλτρων
των καταλυτών

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση: *Διασ Service Center, Volvo, (Σουκιάνη)*
Είδος επιχείρησης: *Ν. Μανασσήπου 82 Θεσσαλονίκη*
ιδιωτικό συνεργείο

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

Αναλυτικά καυσάριων αναμένει το βιβλίο
τα καυσάριων κατά στέλινα 4/γ
.....
.....
.....

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λ.π);

Αναλυτής Bosch EFT 008 31
.....
.....

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

.....καθαρισμός μ.Π.Ε.Κ., φίλτρα αέρα
.....φίλτρα βενζινοκινητήρα, φίλτρο βελτίωσης
.....έλεγχος αβανς
.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχου των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
...7... %	...35... %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

.....Αισθητήρα λ...επισκευή κινητήρα.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....Επισκευή...κινητήρα, ρύθμιση
.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....
.....

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτι-
ωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Νέες... Τεχνολογίες... και... συνδιασμός
..... με... άλλες... μεθόδους... ενέργειας... υβριδικά αυτοκίνητα
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

.....
..... Τεχνολογία... ηλεκτρικών... ψεκασμών
.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Συστήματα... συντήρηση... οχημάτων
..... καθαρισμός... Τεχν... μηχανών
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

Συστήματα συντήρησης φίλτρων ΝΕΤΡΕΛΙΟ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης - Διεύθυνση: Ι.Κ.Τ.Ε.Ο ΚΙΛΚΗΣ - ΒΙ.Μ.Ε. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Είδος επιχείρησης: Ιδιωτικό Κ.Τ.Ε.Ο

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

... Το αυτοκίνητο τοποθετείται στην πέδη κνλίγερων
... και με το βοήθισμα των αισθητήρων μεταβιβάζονται
... Πληροφορίες στον υπολογιστή.....
.....
.....

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λ.π)

... Αναλυτής καυσαερίων... Cartril... Βενζίνης - Πετρελαίου
... αναρτοσκόπιο..., φρένομετρο, Τ.Σ.α. μετρησ., φωτόμετρο
.....
.....

3. Ποιές οι προδιαγραφές - όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

	Ρεζαντί	Υγρασία	HC	Υφαιές
Μετά το 1/7/2002	≤ 0,3% CO	≤ 0,2 CO ₂	≤ 120 ppm	≤ 100 ppm
Πρίν το 1/7/2002	≤ 0,5% CO	≤ 0,3 CO ₂	≤ 120 ppm	≤ 100 ppm
Πρίν το 1/10/96	≤ 4,5		≤ 800	≤ 700 ppm
Μετά το 1/10/96	≤ 3,5		≤ 500	≤ 400 ppm

Βενζίνη

Πετρέλαιο	Φυσική Απορρόφηση	k	1/m	Συντελεστής αδιαφάνειας (βολιμότητα καυσίμων)
Τυτ60		k ≤ 2,5	1/m	<<
Ευτ6		k ≤ 3	1/m	<<
Ευτ6	4	k ≤ 1,5	1/m	<<

4. Πιστεύεται^ε ότι οι σύγχρονοι^ε αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοστών των ρύπων; Ναι Όχι

.....
.....
.....

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

..... Service

6. Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν κατά τη μέτρηση των καυσαερίων (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

..... Καθαρισμός...injection.....
..... Service

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχων καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
..30. %	..25. %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

..Έξ. Ε. Κα. Π. Ν. Ι. Σ. Ρ. Α.
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

..Έξ. Ε. Κα. Π. Ν. Ι. Σ. Ρ. Α.
.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....
.....

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

..... Πράσπειτα, Καταλύτες.....
..... και..... ~~Ε.Τ.Α.~~ (Βαλβίδα... ατσικ. κληφ. φ. α. κ. α. σ. α. ρ. ι. η.)
.....

β) τα συνεργεία:

..... Καθαρισμός injection.....
.....
.....

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση: ΑΥΤΟΛΙΜΕΚ ΒΑΛΑΝΤΗΣ ΓΕΟΥΓΚΟΥΛΑΣ –
Ολύμπου 59 Καλοχώρι Θεσσαλονίκη
Είδος επιχείρησης: Ιδιωτικό Κ.Τ.Ε.Ο.

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

Αναλυτικά καταγράφω κ. μετρήσεις που διεξάγονται
από κ. αυτοκ. Τμήμα μηχανικών
Μετρητήρια στο κεντρικό υπολογιστή

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λπ)

Μετρητήρια, φίλτρα κ.λπ., Τροχομετράκια
φ. α. τ. μετρά, φ. β. α. μετρά, α. κ. τ. α. μετρά κ.λπ.

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

	Πριν	1/10/86	μετά	1/10/86
Ρελατιβ (500-700)		$\leq 3,5 \text{ CO}\%$		$\leq 3,5 \text{ CO}\%$
Υποξυγονιο (250-300)				
Ρελατιβ (500-700)		$\leq 0,04 \text{ HC}$		$\leq 0,04 \text{ HC}$
Υποξυγονιο (250-300)		$\leq 700 \text{ HC (ppm)}$		$\leq 400 \text{ HC (ppm)}$

Βενζινοκινητήρες
Πο. Τρέ. Βα. Κ. Ι. Κα. Ι. Κα. Τ. Κα. με βενζινοκινητήρες... αναμόρφωση
κ=3 με υ. μερ. μετατροπή (C. Τ. Κα.) κ=3,5
Κα. Ι. Κα. Ι. Κα. Ι. Κα. κ=1,5 1/1m

Ρυθμίσεις	Πριν	1/7/2002	μετά	1/7/2002
Ρελατιβ		$\leq 0,5\%$		$\leq 0,3\%$
Υποξυγονιο		$\leq 0,3\%$		$\leq 0,2\%$
HC		$\leq 120 \text{ ppm}$		≤ 100
Υποξυγονιο		≤ 100		≤ 100

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσο-

των των ρύπων; Ναι Όχι

.....
.....
.....

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

...Να γ. μ. ν. ... μερ. α. α. κ. ... τ. ο. ... έ. λε. χ. χ. ε. μ. α. κ. α. β. ...

.....
.....
.....

6. α) Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;

...Έλεγχος... ε. ε. α. τ. ο. μ. α. κ. τ. ρ. κ. τ. ρ. κ. α. β. ...
...Απαχαιρέωση... α. τ. ρ. α. β. μ. α. κ. α. β. ...

.....

β) Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

.....Εξεκάπνισμα.....
.....
.....
.....

γ) Στα Κ.Τ.Ε.Ο. μπορούν να πραγματοποιηθούν εργασίες συντήρησης κατά τη μέτρηση των καυσαερίων;

.....Όχι.....
.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχο των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
..... <u>10</u> % <u>50</u> %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

.....Κρατάρω 3 δευτερόλεπτα για να ξεβ.τ. κίνηση.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....Εξεκάπνισμα.....
.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

..... *Όχι*

β) μη καταλυτικά:

..... *Όχι*

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... *Η επισκευή συνεργεία*

2) Πετρελαιοκινητήρες:

.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... *Καλή συντήρηση... Προβλεπόμενα*

2) Πετρελαιοκινητήρες:

.....
.....
.....

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση: *ΑΥΤΕCΟ - Αχ. Αναστασίας 13 Παλαιά
Θεσσαλονίκη*
Είδος επιχείρησης: *ΚΤΕ.Ο*

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

*Αναλυτική Καυσαιών Βενζινης - ΜΕΤΡΗΛΩΝ... κ...
...σ.ύ.σ.τ.μα... Μέση... Κ.ν. Ζίνδων... ο.π.σ... ν. Παρχαν... α.ισ.β.ί.α...
...για... μεταφορά... σ.τ.α... α. Ν.α.λ.ι.α...
.....
.....*

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λ.π)

*...Τύπος... Καταλυ... ν.π.α.λ.α.χ.ι.σ.τ.α.β... β.ν.τ.α.μ.ε.τ.α... τετραχάμτρο
...β.κ.α.ν.β.τ.α... αναρ.τ.α.τ.ε.κ.α.μ.ε.τ.α...
.....
.....*

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

	μετά	11/0/98	≤ 4,5 CO%	Ρεσπντ	Υποσέτ	H C Ρεσπντ	Υποσέτ
Βενζίνη	μετά	11/0/98	≤ 4,5 CO%			≤ 800 HC	≤ 700 ppm
	πριν	11/0/98	≤ 3,5 CO%			≤ 500 HC	≤ 400 ppm
	μετά	11/7/2002	≤ 0,3 CO%	≤ 0,2 CO%		≤ 120 HC	≤ 100 ppm
	πριν	11/7/2002	≤ 0,5 CO%	≤ 0,3 CO%		≤ 120 HC	≤ 100 ppm
Πετρέλαιο						
						
						

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοστών των ρύπων; Ναι Όχι

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

..... Επισκευή... σ.Τα... συν. κερ. χείρα... επισήμανση θηκών
..... δεν... περνούν... τον ελεγχό.....

6. α) Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;

..... Έλεγχος... Ι.Μ.Υ... εξάτμιση... μηχαν.Τ.Ι... εκκασμά.
..... σε... χίκα... Ι.Τ.Ι... ρ.ν.θ.φ.Ι.σ.ε.Ι.α.....

β) Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

.....
.....
.....
.....
.....

γ) Στα Κ.Τ.Ε.Ο. μπορούν να πραγματοποιηθούν εργασίες συντήρησης κατά τη μέτρηση των καυσαερίων;

Όχι.....
.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχο των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
20 %	40 %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

Ενταπιστώνω τη βλάβη, ρύθμιση καυσίμου
με ελαστικά ρυθμιζόμενα.....
.....

β) μη καταλυτικά:

Σε περίπτωση καθαρισμού συστήματος
εγχύσεων.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....
.....

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Τα συστήματα... στατ.-σταρ., ελεγχόμενα
..... ηλεκτρονικά... αναρρόση.
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

..... Τα καταλυτικά φίλτρα
.....
.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Συστήματα στα συστήματα, καθαριστές
..... φίλτρων, Ρ.Μ.Κ., ελεγχός εξατμίσεως... ζ.π.
..... διαφράξ.
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

..... Συστήματα συντήρησης, φίλτρα.....
.....
.....

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Επωνυμία επιχείρησης – Διεύθυνση: Ι. ΚΤΕΘ GPS ΑΕ – Μύλοι 6 Ευκαρπία
Είδος επιχείρησης: Ιδιωτικό Κ.Τ.Ε.Ο. (Εξοπλιστικό)

1. Με ποιο τρόπο διεξάγονται οι έλεγχοι;

Αναλυτής και παφίνιν.....
.....
.....
.....
.....

2. Τι εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη διεξαγωγή των ελέγχων (τύπος, μάρκα αναλυτή κ.λπ)

Αναλυτή, φίλτρα κ.λπ., πιεσόμετρο, Τ. Δοξαμετό, φρένα, αναρτησόμετρο, φαιτομέτρο.....
.....

3. Ποιές οι προδιαγραφές – όρια στην μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων τόσο σε βενζινοκινητήρες όσο και σε πετρελαιοκινητήρες;

Βενζίνη	Χρόνος ΣΤΡΟΒΕΣ	HC		Χρόνος ΣΤΡΟΒΕΣ
		Προημι	Πελαμι	
Πριν 1/7/2002	0,5% CO	0,3% CO	100 ppm	700 ppm
Μετά >> 1/7/2002	0,3% CO	0,2% CO	120 >>	700 ppm
Πριν >> 1/10/1996	4,5% CO	-	500 >>	400 ppm
Μετά >> 1/10/1996	3,5% CO	-	800 >>	700 ppm

Για το ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΤΗ βυστική αναρρόφησης $k=3$ 1/m

και Euro 4 $k=15$ 1/m συντελεστής απορρόφησης

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσοστών των ρύπων; Ναι Όχι

.....
.....
.....

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

..... Ρύθμιση της καύσης service.....
..... τ.ο.κ. κ.λ.κ.μ.τ.μ.α.....
.....
.....

6. α) Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;

..... Έλεγχος για διαρροή, απαφορέινοχ.τα. ελ.....
..... ρυθμίσεις.....
.....

β) Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

Θα πρέπει να περάσει το προβλεπόμενο
Τεχνικό Έλεγχο.....
.....
.....

γ) Στα Κ.Τ.Ε.Ο. μπορούν να πραγματοποιηθούν εργασίες
συντήρησης κατά τη μέτρηση των καυσαερίων;

Όχι.....
.....
.....

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των έλεγχο
των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
50 %	45 %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να
πάρε Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

Δεν θα πάρει Κάρτα καυσαερίων τα
ακτακικά.....
.....

β) μη καταλυτικά:

Ξεκινάει.....
.....
.....

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

..... Όχι

β) μη καταλυτικά:

..... Όχι

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Το σύστημα ανάφλεξης, και.....
..... συστήματα φέκασιμ

2) Πετρελαιοκινητήρες:

..... Φίλτρα αερίων, πετρελαίου.....
.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Η σωστή επισκευή, έλεγχος.....
..... αεθροτήτων, συστήματος ινιέκτιον.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

..... Συχνά αλλαγή των φίλτρων
..... Προβλεπόμενα έτη ζωής
.....

Για...	Βενζινοκινητήρες 15 χιλιέι	HC Πελάμι
Πριν Τον 1/10/1986	$\leq 4,5\% CO$	$\leq 0,3\% CO$ $\leq 400 ppm$
Μετά Τον 1/10/1986	$\leq 3,5\% CO$	$\leq 0,2\% CO$ $\leq 400 ppm$
Πριν Τον 1/7/2002	$\leq 0,5\% CO$	- $\leq 100 ppm$
Μετά Τον 1/7/2002	$\leq 0,3\% CO$	- $\leq 100 ppm$

Για τους Πετρέλαιο κινητήρες: Φυσική απορρόφηση $k=2,5 1/m$,
τυρβό $k=3 1/m$, Εύκο 4 $k=1,5 1/m$

4. Πιστεύετε ότι οι σύγχρονοι αναλυτές καυσαερίων παρουσιάζουν ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση μικρών ποσο-

των των ρύπων; Ναι Όχι

.....
.....
.....

5. Ποια μέτρα λαμβάνονται για τον περιορισμό των ρύπων σε βενζινοκινητήρες που εκπέμπουν εκτός ορίων;

...Προβλ. π.π.κ.μ... σ.κ.ν.ταρμ.σ.σ... ε.α.ν...
...χρ.ε.ια.ε.τί... α.κ.π.κ.α.τ.α.σ.τ.α.σ.μ... κ.α.τ.α.λ.μ.ι.κ.α.ν... μ.ε.τ.α.τ.ρ.ο.σ.ί.α
.....
.....

6. α) Γίνονται κάποιοι έλεγχοι-ρυθμίσεις πριν την μέτρηση των καυσαερίων;

Έλεγχος... για... διαρροές... της... εξάτμησης...
...απορρέουνται... οι... ρυθμίσεις...
.....
.....

β) Ποιες εργασίες συντήρησης μπορεί να απαιτηθούν αν η πρώτη μέτρηση των καυσαερίων είναι αρνητική (για έκδοση Κάρτας Καυσαερίων);

... Δεχ. Πέρα... Τα... ελεγχ. Τα... ελεγχ.,
... Δεχ. Πέρα... Τα... ελεγχ. Τα... ελεγχ.,
... Δεχ. Πέρα... Τα... ελεγχ. Τα... ελεγχ.,
... Δεχ. Πέρα... Τα... ελεγχ. Τα... ελεγχ.,
... Δεχ. Πέρα... Τα... ελεγχ. Τα... ελεγχ.,

γ) Στα Κ.Τ.Ε.Ο. μπορούν να πραγματοποιηθούν εργασίες συντήρησης κατά τη μέτρηση των καυσαερίων;

... Οχι
... Οχι
... Οχι

7. Τι ποσοστό κινητήρων δεν περνάει με την 1^η των ελεγχών των καυσαερίων;

Καταλυτικά	Μη καταλυτικά
... 40 %	... 30 %

8. Έστω ένας βενζινοκινητήρας 'καπνίζει' – τι κάνετε για να πάρει Κάρτα καυσαερίων;

α) καταλυτικά:

... Ρύθμιση καύσης μέσω εγχειρίδι
... Ρύθμιση καύσης μέσω εγχειρίδι
... Ρύθμιση καύσης μέσω εγχειρίδι

β) μη καταλυτικά:

... Καθαρισμός μ.Π.Κ. εγχειρίδι
... Καθαρισμός μ.Π.Κ. εγχειρίδι
... Καθαρισμός μ.Π.Κ. εγχειρίδι

9. Αν ο πελάτης θέλει μεγαλύτερη ισχύ, μπορείτε να δώσετε κάποια εύκολη και φτηνή λύση;

α) καταλυτικά:

.....
.....
.....

β) μη καταλυτικά:

.....
.....
.....

10. Τι κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να γίνει για να βελτιωθούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, από:

α) τους κατασκευαστές οχημάτων:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... Εξελισσόμενα συστήματα
..... αεροδυναμικής τεχνολογίας βαλβίδας ΕΓΑ
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

..... εξελίξις στα καταλυτικά φίλτρα
.....
.....

β) τα συνεργεία:

1) Βενζινοκινητήρες:

..... καλή συντήρηση - επισκευή
..... των Κ.Ι.Κ.Ι.Τ.α.
.....

2) Πετρελαιοκινητήρες:

Συντήρηση των φίλτρων
.....
.....
.....