



Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Βλάβες κινητήρων εσωτερικής καύσης και οι επιπτώσεις τους
στις εκπομπές ρύπων και την κατανάλωση καυσίμου.

Φοιτητής

Φουντουλάκης Χαράλαμπος

Επιβλέπων καθηγητής

Τζιράκης Ευάγγελος

Ηράκλειο 2021

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	8
1.1. Αίτια πρόκλησης κλιματικής αλλαγής	9
1.2. Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στον άνθρωπο και το περιβάλλον	18
1.3. Λύσεις για το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	29
2.1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	30
2.2. Υδρογονάνθρακες (HC)	31
2.3. Σωματίδια (PM).....	33
2.4. Οξείδια του αζώτου (NOx).....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΣΥΧΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	36
3.1. Βλάβες βενζινοκινητήρα	36
3.2. Βλάβες πετρελαιοκινητήρα	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΝΤΙΖΕΛ	45
4.1. Καταλύτης οξειδωσης ντίζελ (DOC).....	47
4.2. Φίλτρο σωματιδίων ντίζελ (DPF).....	50
4.3. Επιλεκτική καταλυτική μείωση (SCR).....	53
4.4. Ανακυκλοφορία καυσαερίων	59
4.5. Ηλεκτρονική διαχείριση και συστήματα διάγνωσης των κινητήρων	63

4.5.1.	CAN bus	63
4.5.2.	OBD (On-board diagnostics).....	68
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	72
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή θεωρείται ως παγκόσμια περιβαλλοντική απειλή που προκαλείται από τους ανθρώπους. Θεωρείται ως το δεύτερο πιο σοβαρό ζήτημα που αντιμετωπίζει ο κόσμος και έχει επιφέρει αποτελέσματα που επηρεάζουν αρνητικά τη ζωή (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2011). Οι κυριότερες από αυτές τις επιδράσεις είναι η μέση αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα, η θέρμανση $0,09\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η οξίνιση του ωκεανού από τη δεκαετία του 1950, η στάθμη της θάλασσας κατά $3,2\text{ cm}$ ανά δεκαετία, ένας εξαιρετικός αριθμός ακραίων κυμάτων θερμότητας την τελευταία δεκαετία, και ξηρασία που επηρεάζει τις περιοχές καλλιέργειας τροφίμων (Levitus et al. 2012; Meyssignac and Cazenave 2012; McKechnie and Wolf 2010; Li et al. 2009; Heyder et al. 2011; Dai 2011). Εάν δεν εφαρμοστούν πλήρως οι τρέχοντες μετριασμοί, δεσμεύσεις και δεσμεύσεις, οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα συνεχιστούν. Αναμένεται ότι η αύξηση της θερμοκρασίας των $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ και της στάθμης της θάλασσας στα $0,5\text{-}1\text{ m}$ μπορεί να συμβεί ήδη από το 2060 (Huddleston 2012).

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία που παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του κλίματος της γης. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, ιδίως η καύση ορυκτών καυσίμων, έχουν συμβάλει στην ενίσχυση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου. Αυτό το βελτιωμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου πηγάζει από την αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων που ονομάζονται αέρια θερμοκηπίου (Jain 1993, Saxena 2009). Τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα οδηγούν σε κλιματική αλλαγή. Τα κύρια αέρια θερμοκηπίου που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα μέσω ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το νιτρώδες οξείδιο και τα φθοριούχα αέρια (υδροφθοράνθρακες, υπερφθοράνθρακες και εξαφθοριούχο θείο) (Venkataraman et al. 2012; Wei et al. 2008; Lindley and McCulloch 2005).

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) έχει το μεγαλύτερο ποσοστό μεταξύ των αερίων του θερμοκηπίου και είναι ο κύριος λόγος της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η παγκόσμια εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα έχει φτάσει τους 34 δισεκατομμύρια τόνους με αύξηση 3% το 2011 (Olivier et al. 2012). Σε όλο τον κόσμο, οι εκπομπές CO_2 είναι

περίπου 35.000 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι ετησίως. Εάν δεν τεθούν σε εφαρμογή οι επείγουσες πολιτικές, οι εκπομπές CO₂ θα αυξηθούν κατά 41.000 εκατομμύρια μετρικούς τόνους ετησίως το 2020. Εκτός από την αύξηση της θερμοκρασίας στα κλιματικά συστήματα, η αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα οδηγεί στην οξίνιση των ωκεανών ως αποτέλεσμα των διαλυμάτων (The Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate 2012).

Η Διακυβερνητική Ομάδα για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) δήλωσε στη Συνοπτική Έκθεση ότι «Ελλείπει πρόσθετων πολιτικών για το κλίμα, η αύξηση των βασικών παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από ανθρώπινες πηγές θα κυμαινόταν από 25 έως 90% μεταξύ 2000 και 2000. 2030 "(IPCC 2007). Στην τέταρτη έκθεση αξιολόγησης, η IPCC προέβλεψε μια παγκόσμια θερμοκρασία να αυξάνεται μεταξύ 1,1 και 6,4 ° C και μια παγκόσμια στάθμη της θάλασσας να αυξάνεται μεταξύ 7 και 23 ίντσες έως το 2100. Σύμφωνα με την IPCC, οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου πρέπει να μειωθούν σε 50–85 % κάτω από τα επίπεδα του 2000 έως το 2050 για τον περιορισμό της θέρμανσης στους 2–2,4 ° C. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από όλους τους τομείς πρέπει να μειωθούν μέσω μιας προσπάθειας πολλαπλών γενεών (IPCC 2007).

Οι μεταφορές είναι ένας κύριος τομέας που προκαλεί τη ρύπανση του περιβάλλοντος και την κλιματική αλλαγή. Οι εκπομπές από τις μεταφορές, και ιδίως τα οχήματα με κινητήρα, αυξάνουν σημαντικά τα επίπεδα των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (ΟΟΣΑ 2002). Οι μεταφορές είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος τομέας παραγωγής παγκόσμιων εκπομπών CO₂ με εύρος 22% (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας 2012). Λόγω της ταχείας αύξησης των μηχανοκίνητων οχημάτων και της πολύ περιορισμένης χρήσης των τεχνολογιών ελέγχου των εκπομπών, οι μεταφορές αναδύονται ως η μεγαλύτερη πηγή αστικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οποία είναι ένα σημαντικό πρόβλημα δημόσιας υγείας στις περισσότερες πόλεις του αναπτυσσόμενου κόσμου. Η ατμοσφαιρική ρύπανση στις αναπτυσσόμενες χώρες αντιπροσωπεύει δεκάδες χιλιάδες υπερβολικούς θανάτους και δισεκατομμύρια δολάρια σε ιατρικό κόστος και χάνει παραγωγικότητα κάθε χρόνο (Faiz et al. 1996; Sivaloganathan 1998). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας υπολόγισε ότι περίπου 2,4 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΠΟΥ 2007).

Στον σημερινό κόσμο, η προστασία του περιβάλλοντος, η αλλαγή του κλίματος και η ατμοσφαιρική ρύπανση έχουν καταστεί αντικείμενο κεντρικού ενδιαφέροντος. Πολλοί οργανισμοί, οργανισμοί (EPA, OECD, IPCC, IEA, EEA κ.λπ.) παγκοσμίως ιδρύθηκαν και εργάζονται για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής που προκαλείται από τις εκπομπές ρύπων. Στα έργα τους, ανέφεραν ότι περίπου το 20-30% των εκπομπών ρύπων προέρχονται από τις μεταφορές και αυτές οι εκπομπές έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή. Για να αποφευχθούν οι επιπτώσεις αυτών των εκπομπών ρύπων, έχουν δώσει έμφαση σε ζητήματα όπως η λήψη πολλών νομικών ρυθμίσεων, η προώθηση των τεχνολογικών εξελίξεων, η δημιουργία διαφόρων μοντέλων δομών, η ανάπτυξη συστημάτων ελέγχου και η οργάνωση της δομής της κυκλοφορίας (ΟΟΣΑ 2011 · EPA 2012 · IEA 2012) IPCC 2007 · ΟΟΣΑ 2002 · EOX 2012).

Οι κινητήρες ντίζελ έχουν εκτεταμένη χρήση σε σύγκριση με τους βενζινοκινητήρες λόγω του χαμηλού κόστους λειτουργίας, της ενεργειακής απόδοσης, της υψηλής αντοχής και της αξιοπιστίας τους. Αποτελούν την πηγή ενέργειας των εμπορικών μεταφορών, που απασχολούνται σε φορτηγά, λεωφορεία, τρένα και πλοία, καθώς και βιομηχανικά οχήματα εκτός δρόμου, όπως μηχανήματα εκσκαφής και εξοπλισμός εξόρυξης. Αν και έχουν πολλά πλεονεκτήματα, έχουν σημαντικό αντίκτυπο στα προβλήματα περιβαλλοντικής ρύπανσης παγκοσμίως. Ειδικά, τα καυσαέρια ντίζελ περιέχουν υψηλότερη ποσότητα σωματιδίων και εκπομπές NOx που ευθύνονται για σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα και προβλήματα υγείας (Prasad and Bella 2010). Οι ειδικοί στον τομέα της υγείας κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι ρύποι που εκπέμπονται από κινητήρες ντίζελ επηρεάζουν αρνητικά την υγεία του ανθρώπου και προκαλούν όξινες βροχές, όζον στο έδαφος και μειώνουν την ορατότητα. Μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση στα καυσαέρια ντίζελ προκαλεί βλάβη στους πνεύμονες και αναπνευστικά προβλήματα και υπάρχουν συγκεκριμένες ενδείξεις ότι οι εκπομπές ντίζελ μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο στον άνθρωπο (Sydbom et al. 2001; Lloyd and Cackette 2001; Whichmann 2006; Lewtas 2007; Burr and Gregory 2011).

Η παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζει μια ανασκόπηση των εκπομπών ρύπων από οχήματα με κινητήρα ντίζελ και τα συστήματα ελέγχου τους. Σε αυτό το πλαίσιο, εξηγούνται ξεχωριστά τέσσερις κύριες εκπομπές ρύπων (CO, HC, NOx και PM) από

κινητήρες ντίζελ. Παγκόσμια νομοθεσία για τον έλεγχο των εκπομπών διευκρινίζεται και εξηγούνται οι τάσεις στα συστήματα ελέγχου εκπομπών, ειδικά για βαρέα οχήματα με κινητήρα ντίζελ. Εξετάζονται τρία διαφορετικά συστήματα ελέγχου εκπομπών ως καταλύτης οξείδωσης ντίζελ (DOC) για τον έλεγχο των εκπομπών CO και HC, φίλτρο σωματιδίων ντίζελ (DPF) για τον έλεγχο των εκπομπών PM και επιλεκτική καταλυτική μείωση (SCR) για τον έλεγχο των εκπομπών NOx.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Σήμερα η κλιματική αλλαγή είναι το μεγαλύτερο πρόβλημα της ανθρώπινης ύπαρξης. Αυτό συμβαίνει ήδη και αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές απειλές που αντιμετωπίζει ο πλανήτης.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του κλιματικού συστήματος είναι αδιαμφισβήτητη, όπως προκύπτει πλέον σαφώς από τις παρατηρούμενες αυξήσεις των παγκόσμιων μέσων θερμοκρασιών της ατμόσφαιρας και των ωκεανών, την εκτεταμένη τήξη του χιονιού και του πάγου, και την άνοδο της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας. Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης έχει αυξηθεί κατά 0,76 ° C από το 1850. Το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης της θερμοκρασίας που έχει συμβεί τα τελευταία 50 χρόνια, είναι πολύ πιθανό να έχει προκληθεί από ανθρώπινες δραστηριότητες. Σύμφωνα με το project της τέταρτης έκθεσης αξιολόγησης, αναφέρεται ότι χωρίς περαιτέρω δράση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια είναι πιθανό να αυξηθεί περαιτέρω κατά 1,8 έως 4,0° C αυτόν τον αιώνα, και μέχρι και 6,4° C στη χειρότερη περίπτωση. Ακόμη και το κατώτερο άκρο αυτού του εύρους θα έφερνε την αύξηση της θερμοκρασίας από τον προβιομηχανικό καιρό πάνω από 2 ° C, το όριο πέραν του οποίου γίνονται πολύ πιο πιθανές οι μη αναστρέψιμες και πιθανόν καταστροφικές αλλαγές (Bangay & Blum, 2010).

Το κλίμα μπορεί να επηρεάσει κάθε άτομο και την υγεία μας άμεσα μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας. Τέτοιες αυξήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε πιο ακραία κύματα καύσωνα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ ταυτόχρονα παράγουν λιγότερο ακραία κύματα ψύχους κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Συγκεκριμένα τμήματα του πληθυσμού, όπως τα άτομα με καρδιακά προβλήματα, άσθμα, οι ηλικιωμένοι και τα παιδιά μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε ακραία θερμότητα. Μπορεί να υπάρχουν ακραίες πλημμύρες και ξηρασίες, καθώς και τυφώνες.

Σήμερα υπάρχουν υπερβολικά πολλά εργοστάσια και βιομηχανίες που εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα πραγματικά καταστροφικές ουσίες και ρυπαίνουν τον αέρα. Γνωρίζουμε όλοι πολύ καλά ότι ο αέρας είναι κάτι χωρίς το οποίο δεν μπορούμε να ζήσουμε. Όταν αναπνέουμε το μολυσμένο αέρα, μπορούμε να μολύνουμε τα εσωτερικά όργανά μας και να αρρωστήσουμε σοβαρά. Το τροποσφαιρικό όζον

μπορεί να βλάψει τον πνευμονικό ιστό, και είναι ιδιαίτερα επιβλαβές για τα άτομα με άσθμα και άλλες χρόνιες παθήσεις των πνευμόνων. Το φως του ήλιου και οι υψηλές θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με άλλους ρύπους, όπως τα οξείδια του αζώτου και οι πτητικές οργανικές ενώσεις, μπορούν να προκαλέσουν το τροποσφαιρικό όζον να αυξηθεί. Δεν μπορούμε να ξεφύγουμε από το μολυσμένο αέρα, είναι παντού, ακόμη και στα σπίτια μας και αναπνέουμε χωρίς διακοπή. Αυτό μπορεί να προκαλέσει καρκίνο και άλλες σοβαρές ασθένειες (Læssøe, et al. 2009).

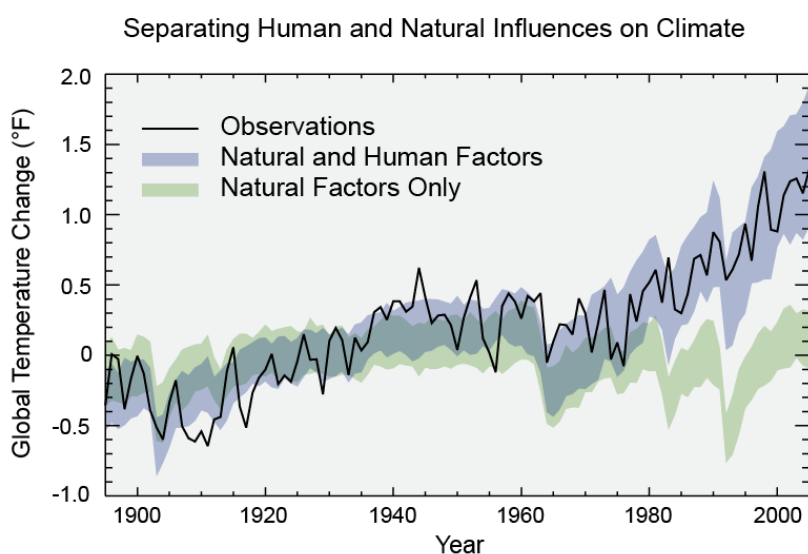
Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα είναι ότι τα επίπεδα της θάλασσας αυξάνονται σε όλο τον κόσμο. Επίσης, σημαντικό πρόβλημα είναι και η επέκταση του νερού των ωκεανών που προκαλείται από τις υψηλότερες θερμοκρασίες των ωκεανών. Οι παγετώνες των βουνών καθώς και φύλλο πάγου της Γροιλανδίας και το φύλλο πάγου της Ανταρκτικής, ολοένα και λιώνουν. Η θερμοκρασία αυξάνεται πράγμα που σημαίνει ότι ο πάγος λιώνει ολοένα και πιο γρήγορα.

Ωστόσο, αυτά δεν είναι τα μόνα προβλήματα. Ένα άλλο ζήτημα είναι τα αέρια του θερμοκηπίου. Είναι αέρια τα οποία παγιδεύουν θερμότητα στην ατμόσφαιρα. Ορισμένα αέρια του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα παράγονται φυσιολογικά με φυσικές διεργασίες και άλλα δημιουργούνται και εκπέμπονται αποκλειστικά από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για παράδειγμα, το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στην ατμόσφαιρα εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπως η καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας). Όλα τα οχήματα εκπέμπουν πολύ βλαβερές ουσίες. Οι άνθρωποι έχουν προσπαθήσει να τα μειώσουν, αλλά το πρόβλημα εξακολουθεί να είναι επίκαιρο. Ως μέθοδοι μείωσης της καύσης των αερίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερο το ποδήλατο από ότι το αυτοκίνητο, μπορούν επίσης να επιλεγούν τα καύσιμα καθαρής καύσης, η οποία μειώνει τους ρύπους που σχηματίζουν όζον (WWF Ελλάς, 2009).

1.1. Αίτια πρόκλησης κλιματικής αλλαγής

Υπάρχουν δύο κύριες αιτίες των κλιματικών αλλαγών – τα φυσικά αίτια και οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα φυσικά αίτια έχουν επηρεάσει κλίματα της γης, όπως οι ηφαιστειακές εκρήξεις, το ωκεάνιο ρεύμα, οι τροχιακές αλλαγές της Γης και οι ηλιακές παραλλαγές. Οι εκρήξεις των ηφαιστειών προκαλούν επίδραση ψύξης στη

γη. Όταν ένα ηφαίστειο εκρήγνυται εκπέμπει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του θείου (SO_2), υδρατμούς, σκόνη και στάχτη στην ατμόσφαιρα. Οι εκρήξεις του ηφαιστείου επηρεάζουν το κλιματολογικό πρότυπο για τα επόμενα χρόνια αν και οι εκρήξεις συμβαίνουν σε λίγες ημέρες. Το αέριο διοξείδιο του θείου θα φθάσει στο ανώτερο επίπεδο της ατμόσφαιρας. Τα μικροσκοπικά σωματίδια, σκόνες και στάχτες θα εμποδίσουν τις εισερχόμενες ακτίνες του ήλιου και αυτό θα οδηγήσει σε ψύξη στην ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει επειδή η αναπήδηση του φωτός του ήλιου στο διάστημα ψύχει την ατμόσφαιρα της γης (Anderson, 2012).



Εικόνα 1. Επιρροή φυσικών και ανθρώπινων συνθηκών στην κλιματική αλλαγή

Επιπλέον, το ωκεάνιο ρεύμα είναι ένα από τα φυσικά αίτια που επηρεάζει τις κλιματικές αλλαγές. Ο ωκεανός είναι το κύριο συστατικό του κλιματικού συστήματος. Οι ωκεανοί καλύπτουν περίπου το 71% της γης και απορροφούν περίπου το διπλάσιο της ακτινοβολίας του ήλιου σε σχέση με την ατμόσφαιρα ή την επιφάνεια της γης. Οι άνεμοι ωθούν οριζόντια την επιφάνεια της θάλασσας και παράγουν τα ρεύματα των ωκεανών. Πέρα από αυτό, οι ωκεανοί διαδραματίζουν επίσης έναν σημαντικό ρόλο στην συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα. Οι αλλαγές στην ωκεάνια κυκλοφορία επηρεάζουν το κλίμα μέσω της κίνησης του διοξειδίου του άνθρακα μέσα ή έξω από την ατμόσφαιρα. Επιπλέον, μια άλλη αιτία που επηρεάζει τις κλιματικές αλλαγές είναι οι τροχιακές αλλαγές της Γης. Η Γη κάνει μια πλήρη τροχιά γύρω από τον ήλιο κάθε χρόνο. Αν δεν υπήρχε κλίση δεν είχαμε τις διάφορες εποχές. Οι αλλαγές στην κλίση της γης μπορούν να επηρεάσουν τη

σοβαρότητα του κλίματος των εποχών. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν περισσότερες κλίσεις σημαίνει ότι θα αντιμετωπίσουμε θερμότερα καλοκαίρια και ψυχρότερους χειμώνες και αν υπάρχει λιγότερη κλίση θα βιώσουμε πιο δροσερό καλοκαίρι και πιο ήπιους χειμώνες (Læssøe, et al. 2009).

Μια άλλη κύρια αιτία που οδηγεί σε κλιματικές αλλαγές είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Από τον 19ο αιώνα, η Βιομηχανική Επανάσταση είδε ευρεία κλίμακας χρήση ορυκτών καυσίμων για τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Ως εκ τούτου, έχει δημιουργήσει πολλές θέσεις εργασίας για τους ανθρώπους. Και πολλοί άνθρωποι μετακινούνται από τις αγροτικές περιοχές στις πόλεις. Πολλές περιοχές βλάστησης έχουν εκκαθαριστεί για να γίνουν σπίτια ή εργοστάσια για τις βιομηχανίες. Οι φυσικοί πόροι χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή, τις βιομηχανίες, τις μεταφορές και την κατανάλωση. Όλα αυτά συνέβαλαν με τις αυξήσεις των αερίων του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Ο άνθρωπος δημιουργεί βιομηχανίες, εργοστάσια και σπίτια, και χρησιμοποιεί οχήματα που χρησιμοποιούνται πολλά ορυκτά καύσιμα όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αυτές οι χρήσεις των ορυκτών καυσίμων οδηγούν σε κλιματικές αλλαγές. Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή προκαλείται και από τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την γεωργία. Ως αποτέλεσμα της μικροβιακής δράσης στο έδαφος, αυτά τα χημικά απελευθερώνουν υποξείδιο του αζώτου. Πέρα από αυτό, η εκπομπή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα επηρεάζουν επίσης τις κλιματικές αλλαγές. Επιπλέον, η γεωργία ως κλάδος αναπτύσσεται επίσης από την αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού στον κόσμο (Bangay & Blum, 2010).

Η θερμοκρασία της Γης εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της ενέργειας που εισέρχεται και εξέρχεται του συστήματος του πλανήτη. Όταν η εισερχόμενη ενέργεια από τον ήλιο απορροφάται από το σύστημα της Γης, η Γη θερμαίνεται. Όταν η ενέργεια του ήλιου αντανακλάται πίσω στο διάστημα, η Γη αποφεύγει την θέρμανση. Όταν η απορροφώμενη ενέργεια απελευθερώνεται πίσω στο διάστημα, η Γη δροσίζει. Πολλοί παράγοντες, τόσο φυσικοί όσο και άνθρωποι, μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στο ενεργειακό ισοζύγιο της Γης, μεταξύ των οποίων:

- Παραλλαγές στον τομέα της ενέργειας του ήλιου που φθάνουν στη Γη

- Αλλαγές στην ανακλαστικότητα της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της Γης
- Αλλαγές στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο επηρεάζει την ποσότητα της θερμότητας που συγκρατείται από την ατμόσφαιρα της Γης

Αυτοί οι παράγοντες έχουν οδηγήσει το κλίμα της Γης να αλλάξει πολλές φορές.

Οι επιστήμονες έχουν ενωθεί για να παράγουν ένα ιστορικό σχετικά με το κλίμα της Γης, που χρονολογείται εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν (και, σε ορισμένες περιπτώσεις, εκατομμύρια ή εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια πριν), αναλύοντας μια σειρά έμμεσων μέτρων του κλίματος, όπως πυρήνες πάγου, δακτυλίους των δέντρων, μήκη παγετώνων, υπολείμματα γύρης, και ιζήματα στον ωκεανό, και μελετώντας τις αλλαγές στην τροχιά της Γης γύρω από τον ήλιο (Anderson, 2012).

Αυτό το ιστορικό δείχνει ότι το κλιματικό σύστημα ποικίλλει φυσικά σε ένα ευρύ φάσμα των κλιμάκων του χρόνου. Σε γενικές γραμμές, οι κλιματικές αλλαγές πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση το 1700 μπορούν να εξηγηθούν από φυσικά αίτια, όπως οι αλλαγές στην ηλιακή ενέργεια, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, και οι φυσικές αλλαγές στις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου (GHG).

Οι πρόσφατες αλλαγές του κλίματος, ωστόσο, δεν μπορούν να εξηγηθούν μόνο από φυσικά αίτια. Η έρευνα δείχνει ότι τα φυσικά αίτια δεν εξηγούν τις περισσότερες παρατηρήσεις αύξησης της θερμοκρασίας, κυρίως του πλανήτη από τα μέσα του 20ου αιώνα. Μάλλον, είναι εξαιρετικά πιθανό ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν το κυρίαρχο αίτιο για την υπερθέρμανση αυτού του πλανήτη (Anderson, 2012).

Οι κλιματικές αναδράσεις ενισχύουν ή μειώνουν τις άμεσες επιπτώσεις θέρμανσης και ψύξης. Δεν αλλάζουν άμεσα τη θερμοκρασία του πλανήτη. Οι ανατροφοδοτήσεις που ενισχύουν τις αλλαγές ονομάζονται θετικές ανατροφοδοτήσεις. Οι αναδράσεις που εμποδίζουν τις αλλαγές ονομάζονται αρνητικές ανατροφοδοτήσεις. Οι αναδράσεις σχετίζονται με τις αλλαγές στην επιφάνεια ανακλαστικότητας, στα σύννεφα, στους υδρατμούς, και στον κύκλο του άνθρακα.

Οι υδρατμοί φαίνεται να προκαλούν την πιο σημαντική θετική ανατροφοδότηση. Καθώς η Γη ζεσταίνεται, ο ρυθμός εξάτμισης και η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί τους υδρατμούς αυξάνονται παράλληλα, αυξάνοντας και την ποσότητα των υδρατμών

στον αέρα. Επειδή οι υδρατμοί είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου, αυτό οδηγεί σε περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας (Bangay & Blum, 2010).

Η τήξη των πάγων της Αρκτικής θάλασσας είναι ένα άλλο παράδειγμα θετικής κλιματικής ανάδρασης. Καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται, υποχωρεί ο θαλάσσιος πάγος. Η απώλεια του πάγου εκθέτει την υποκείμενη θαλάσσια επιφάνεια, η οποία είναι πιο σκούρα και απορροφά περισσότερο φως του ήλιου από ότι ο πάγος, αυξάνοντας το συνολικό ποσό της θέρμανσης.

Ορισμένοι τύποι νεφών μπορούν να προκαλέσουν αρνητική ανάδραση. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες μπορούν να αυξήσουν την ποσότητα ή την ανακλαστικότητα αυτών των νεφών, αντανακλώντας περισσότερο ηλιακό φως πίσω στο διάστημα, ψύχοντας της επιφάνειας του πλανήτη. Άλλοι τύποι νεφών, ωστόσο, συμβάλουν στην θετική ανάδραση.

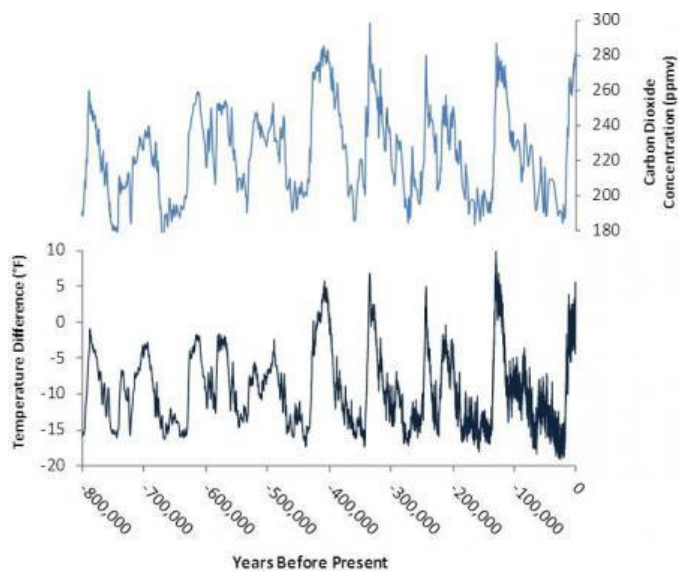
Υπάρχουν επίσης αρκετές θετικές αναδράσεις που αυξάνουν τις συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται (Bangay & Blum, 2010):

- Οι φυσικές διεργασίες που επηρεάζονται από την αύξηση της θερμοκρασίας, όπως η απόψυξη των μόνιμων πάγων, τείνει να απελευθερώνει περισσότερο CO₂.
- Ο ωκεανός απελευθερώνει CO₂ στην ατμόσφαιρα και απορροφά ατμοσφαιρικό CO₂ με βραδύτερο ρυθμό.
- Διάφοροι τύποι επιφανειών της γης μπορούν να απελευθερώσουν περισσότερο μεθάνιο (CH₄).

Αυτές οι αλλαγές οδηγούν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών αερίων του θερμοκηπίου και συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων εκατό χιλιάδων ετών, τα επίπεδα του CO₂ ποικίλουν σε συνδυασμό με τους κύκλους των παγετώνων. Κατά τη διάρκεια των ζεστών «μεσοπαγετωνικών» περιόδων, τα επίπεδα του CO₂ ήταν υψηλότερα. Κατά τη διάρκεια των ψυχρών «παγετωνικών» περιόδων, τα επίπεδα του CO₂ ήταν χαμηλότερα. Η θέρμανση ή ψύξη της επιφάνειας και των ωκεανών της Γης μπορούν

να προκαλέσουν αλλαγές στις φυσικές πηγές και μείωση των αερίων αυτών, και έτσι αλλάζουν οι συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι μεταβαλλόμενες συγκεντρώσεις πιστεύεται ότι έχουν ενεργήσει ως μια θετική ανάδραση, ενισχύοντας τις αλλαγές της θερμοκρασίας που προκαλούνται από μακροπρόθεσμες αλλαγές στην τροχιά της Γης (WWF Ελλάς, 2009).



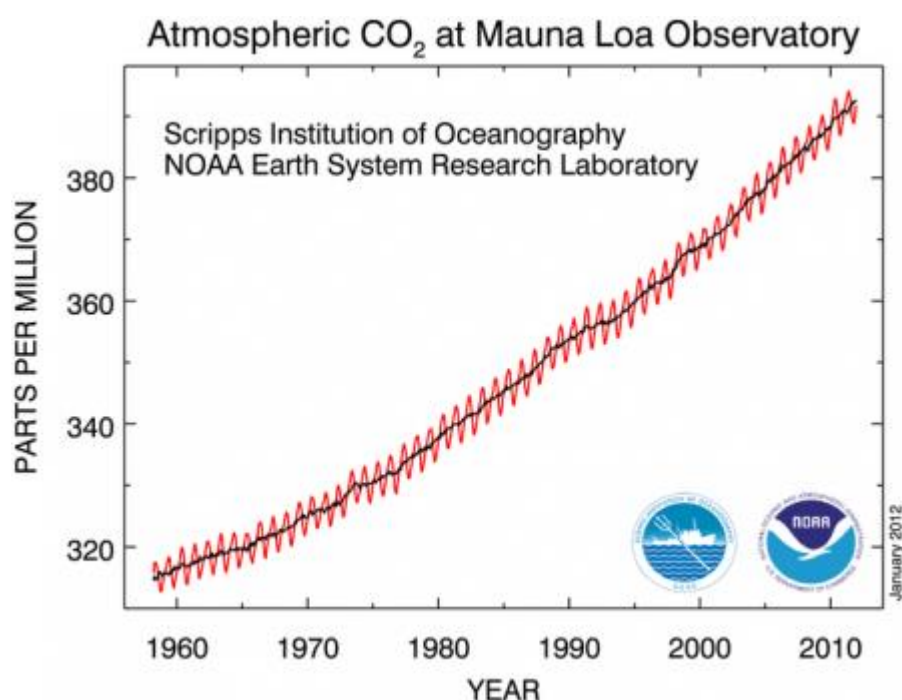
Εικόνα 2. Εκτιμήσεις της αλλαγής της συγκέντρωσης CO₂ της Γης (επάνω) και της θερμοκρασίας της Ανταρκτικής (κάτω), με βάση την ανάλυση δεδομένων πυρήνα πάγου που εκτείνονται πίσω 800 χιλιάδες χρόνια.

Δεδομένου ότι η Βιομηχανική Επανάσταση άρχισε γύρω στο 1750, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν συμβάλει σημαντικά στην κλιματική αλλαγή με την προσθήκη του CO₂ και άλλων αερίων που παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν αναπτύξει περισσότερο το φαινόμενο του θερμοκηπίου και προκάλεσαν την θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης να αυξηθεί. Η κύρια ανθρώπινη δραστηριότητα που επηρεάζει την ποσότητα και το ρυθμό της αλλαγής του κλίματος είναι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την καύση των ορυκτών καυσίμων για θέρμανση αλλά και για κίνηση καθώς και για άλλες λειτουργικές χρήσεις (Bangay & Blum, 2010).

Τα πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου που εκπέμπονται άμεσα από τον άνθρωπο περιλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), και διάφορα άλλα. Οι πηγές και οι πρόσφατες τάσεις των αερίων αυτών περιγράφονται παρακάτω.

Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο αέριο του θερμοκηπίου που συμβάλλει στην πρόσφατη αλλαγή του κλίματος. Το CO₂ απορροφάται και εκπέμπεται φυσικά ως μέρος του κύκλου του άνθρακα, μέσω της φυτικής και ζωικής αναπνοής, των ηφαιστειακών εκρήξεων, και της ανταλλαγής μεταξύ ωκεανών και ατμόσφαιρας. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και οι αλλαγές στη χρήση της γης, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες CO₂, που προκαλούν τις συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα να αυξάνονται (Bangay & Blum, 2010).

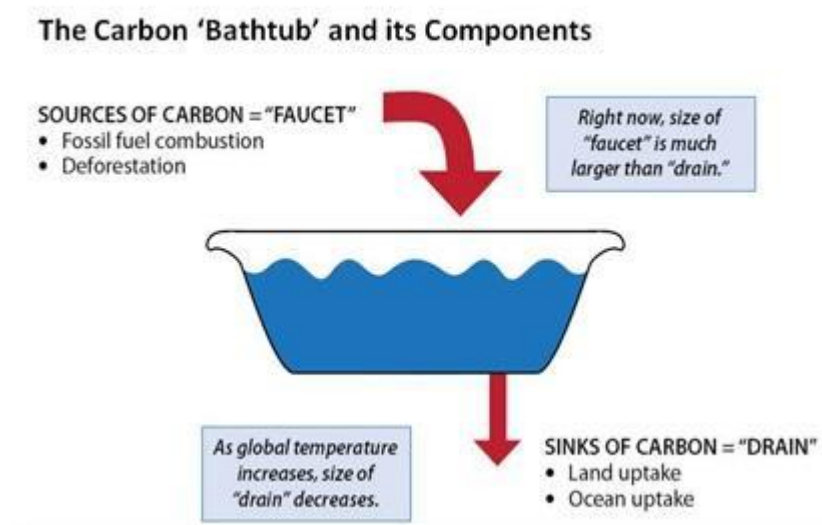


Εικόνα 3. Αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στο Mauna Loa

Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του CO₂ έχουν αυξηθεί κατά περισσότερο από 40% από την προ-βιομηχανική εποχή, από περίπου 280 μέρη ανά εκατομμύριο κατ'όγκο (ppmv) τον 18ο αιώνα, σε πάνω από 400 ppmv το 2015. Η μέση μηνιαία συγκέντρωση στο Mauna Loa έχει πλέον ξεπεράσει τα 400 ppmv για πρώτη φορά στην ανθρώπινη ιστορία. Το τρέχον επίπεδο του CO₂ είναι υψηλότερο από ό, τι ήταν σε τουλάχιστον 800.000 χρόνια.

Μερικές ηφαιστειακές εκρήξεις έχουν εκπέμψει μεγάλες ποσότητες CO₂ στο μακρινό παρελθόν. Ωστόσο, το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης των ΗΠΑ (USGS) αναφέρει

ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες εκπέμπουν σήμερα περισσότερο από 135 φορές την ποσότητα του CO₂ από ότι τα ηφαίστεια κάθε χρόνο (Læssøe, et al. 2009).



Εικόνα 4. Παραλληλισμός της απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα με μια μανιέρα

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες απελευθερώνουν σήμερα πάνω από 30 δισεκατομμύρια τόνους CO₂ στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Η προκύπτουσα συσσώρευση του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι σαν ένα γέμισμα μιας μανιέρας με νερό, όπου περισσότερο νερό ρέει από τη βρύση από ότι η αποχέτευση μπορεί να απομακρύνει.

Μεθάνιο

Το μεθάνιο παράγεται μέσω φυσικών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων, για παράδειγμα, των φυσικών υγροτόπων, των γεωργικών δραστηριοτήτων και της εξόρυξης ορυκτών καυσίμων και των μεταφορών. Όλες αυτές οι δραστηριότητες εκπέμπουν CH₄.

Το μεθάνιο είναι πιο άφθονο στην ατμόσφαιρα της Γης τώρα από ό, τι σε οποιαδήποτε άλλη χρονική στιγμή, τουλάχιστον τα τελευταία 800.000 χρόνια. Λόγω

των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, οι συγκεντρώσεις CH₄ αυξήθηκαν απότομα κατά το μεγαλύτερο μέρος του 20^{ου} αιώνα και είναι τώρα περισσότερο από δύομιση φορές πάνω σε σχέση με τα προ-βιομηχανικά επίπεδα. Τις τελευταίες δεκαετίες, ο ρυθμός αύξησης έχει επιβραδυνθεί σημαντικά (Læssøe, et al. 2009).

Υποξείδιο του αζώτου

Το υποξείδιο του αζώτου παράγεται μέσω φυσικών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων, κυρίως μέσω γεωργικών δραστηριοτήτων και φυσικών βιολογικών διεργασιών. Η καύση των καυσίμων και κάποιες άλλες διαδικασίες δημιουργούν επίσης N₂O. Οι συγκεντρώσεις N₂O έχουν αυξηθεί κατά 20% περίπου από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, με μια σχετικά ταχεία αύξηση προς το τέλος του 20ου αιώνα. Συνολικά, οι συγκεντρώσεις N₂O αυξήθηκαν ταχύτερα κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα από ό, τι σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τα τελευταία 22.000 χρόνια (Læssøe, et al. 2009).

Άλλα αέρια του θερμοκηπίου

Οι υδρατμοί είναι το πιο άφθονο αέριο θερμοκηπίου, αλλά και το πιο σημαντικό από την άποψη της συμβολής του στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, παρά το γεγονός ότι έχει μικρή διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα. Ορισμένες ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν το τοπικό επίπεδο υδρατμών. Ωστόσο, σε παγκόσμια κλίμακα, η συγκέντρωση των υδρατμών ελέγχεται από τη θερμοκρασία, η οποία επηρεάζει τα συνολικά ποσοστά εξάτμισης και κατακρήμνισης. Ως εκ τούτου, η παγκόσμια συγκέντρωση των υδρατμών δεν επηρεάζεται ουσιαστικά από τις άμεσες ανθρώπινες εκπομπές.

Το τροποσφαιρικό όζον (O₃), το οποίο έχει επίσης σύντομη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα, είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Οι χημικές αντιδράσεις δημιουργούν όζον από τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου και των πτητικών οργανικών ενώσεων από τα αυτοκίνητα, τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και άλλες βιομηχανικές και εμπορικές πηγές με την παρουσία ηλιακού φωτός. Εκτός από την παγίδευση της θερμότητας, το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας ρύπος που μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα υγείας και ζημιά στις καλλιέργειες και στα διάφορα οικοσυστήματα (Bangay & Blum, 2010).

Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC), υδροφθοράνθρακες (HFCs), οι υπερφθοράνθρακες (PFC) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆), μαζί ονομάζονται αέρια F, που χρησιμοποιούνται συχνά σε ψυκτικούς, αφρίζοντες παράγοντες, πυροσβεστήρες, διαλύτες, φυτοφάρμακα αφρού, και προωθητικά αερολυμάτων. Σε αντίθεση με τους υδρατμούς και το όζον, τα φθοριούχα αέρια έχουν μακρά διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα, και μερικές από αυτές τις εκπομπές επηρεάζουν το κλίμα για πολλές δεκαετίες ή αιώνες.

Άλλοι μετατροπείς του κλίματος

Τα σωματίδια και τα αερολύματα στην ατμόσφαιρα μπορούν επίσης να επηρεάσουν το κλίμα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας συμβάλλει στις εκπομπές των ουσιών αυτών, αν και ορισμένα αερολύματα προέρχονται επίσης από φυσικές πηγές όπως τα ηφαίστεια και το θαλάσσιο πλαγκτόν.

Η αιθάλη (BC) είναι ένα στερεό σωματίδιο ή αερόλυμα, όχι αέριο, αλλά συμβάλλει επίσης στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Σε αντίθεση με τα αέρια του θερμοκηπίου, η αιθάλη μπορεί άμεσα να απορροφήσει το εισερχόμενο και αντανακλώμενο φως του ήλιου, εκτός από την απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η αιθάλη μπορεί επίσης να εναποτεθεί στο χιόνι και στον πάγο, και σκουραίνει την επιφάνεια αυξάνοντας έτσι την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας του χιονιού και την επιτάχυνση της τήξης (Bangay & Blum, 2010).

Τα θειικά, ο οργανικός άνθρακας και άλλα αερολύματα μπορούν να προκαλέσουν την ψύξη από αντανακλούν το φως του ήλιου. Τα αερολύματα θέρμανσης και της ψύξης μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα νέφη, αλλάζοντας μια σειρά από χαρακτηριστικά των νεφών, όπως ο σχηματισμός, η διάχυση, η ανακλαστικότητα, και η καθίζηση τους. Τα νέφη μπορούν να συμβάλουν τόσο στην ψύξη, αντανακλώντας το φως του ήλιου, όσο και στην θέρμανση, με την παγίδευση της εξερχόμενης θερμότητας (Bodansky, 1993).

1.2. Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στον άνθρωπο και το περιβάλλον

Ο πλανήτης θερμαίνεται, από τον Βόρειο μέχρι και τον Νότιο Πόλο. Από το 1906, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια έχει αυξηθεί μεταξύ 0,6 έως 0,9

βαθμούς Κελσίου, ακόμα και περισσότερο στις ευαίσθητες πολικές περιοχές. Οι επιπτώσεις της ανόδου της θερμοκρασίας δεν είναι σε αναμονή για κάποια στιγμή στο μακρινό μέλλον. Τα σημάδια και οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι ήδη εμφανή από τώρα. Η θερμότητα λιώνει τους παγετώνες και τους θαλάσσιους πάγους, μετατοπίζοντας τα σχήματα καθίζησης, και καθιστώντας τα ζώα σε κίνηση (Anderson, 2012).

Ο πλανήτης ήδη πάσχει από ορισμένες επιπτώσεις της υπερθέρμανσής του:

- Οι πάγοι λιώνουν σε όλο τον κόσμο, ιδιαίτερα στους πόλους της Γης. Αυτό περιλαμβάνει τους παγετώνες του βουνού, τα φύλλα πάγου που καλύπτουν την Δυτική Ανταρκτική και τη Γροιλανδία, και τους πάγους της Αρκτικής θάλασσας.
- Πολλά είδη έχουν επηρεαστεί από την άνοδο των θερμοκρασιών. Για παράδειγμα, ο ερευνητής Bill Fraser έχει παρακολουθήσει την μείωση των πιγκουίνων της Αδελαΐδας στην Ανταρκτική, όπου οι αριθμοί τους έχουν μειωθεί από 32.000 αναπαραγωγικά ζευγάρια σε 11.000 μέσα σε 30 χρόνια.
- Η στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί γρηγορότερα κατά τον τελευταίο αιώνα.
- Μερικές πεταλούδες, αλεπούδες, και αλπικά φυτά έχουν μετακινηθεί βορειότερα ή σε υψηλότερες, πιο δροσερές περιοχές.
- Το νερό της βροχής (βροχή και χιόνι) έχει αυξηθεί σε όλο τον κόσμο, κατά μέσο όρο.
- Ορισμένα χωροκατακτητικά είδη ακμάζουν. Για παράδειγμα, τα σκαθάρια του φλοιού της ερυθρελάτης βρίθουν στην Αλάσκα, χάρη στα ζεστά καλοκαίρια κατά τα τελευταία 20 χρόνια. Τα συγκεκριμένα έντομα έχουν καταφάει μέχρι 4 εκατομμύρια στρέμματα από δέντρα ερυθρελάτης.

Άλλες επιδράσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν αργότερα κατά τον αιώνα αυτό, αν η θέρμανση του πλανήτη αυξηθεί επιπλέον (Anderson, 2012):

- Η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να αυξηθεί μεταξύ 18 με 59 εκατοστά έως το τέλος του αιώνα, και η συνεχής τήξη στους πόλους θα μπορούσε να προσθέσει επιπλέον 10 με 20 εκατοστά.
- Οι τυφώνες και άλλες καταιγίδες είναι πιθανό να γίνουν ισχυρότερες.
- Οι πλημμύρες και οι ξηρασίες θα γίνουν συχνότερες. Οι βροχοπτώσεις στην Αιθιοπία, όπου η ξηρασία είναι ήδη κοινή, θα μπορούσε να μειωθεί κατά 10% κατά τα επόμενα 50 χρόνια.
- Λιγότερο γλυκό νερό θα είναι διαθέσιμο. Εάν το φύλλο πάγου Quelccaya στο Περού συνεχίζει να λιώνει με τους σημερινούς ρυθμούς, θα εξαφανιστεί περί το 2100, αφήνοντας χιλιάδες ανθρώπους που βασίζονται σε αυτό για πόσιμο νερό και για ηλεκτρικό ρεύμα χωρίς καμία πηγή.
- Ορισμένες ασθένειες θα εξαπλωθούν, όπως η ελονοσία που προέρχεται από τα κουνούπια (και η αναζωπύρωση του ιού Ζήκα το 2016). Τα οικοσυστήματα θα αλλάξουν: ορισμένα είδη θα κινηθούν βορειότερα και θα διατηρηθούν, ενώ άλλα δεν θα είναι σε θέση να κινηθούν και θα μπορούσαν να εξαφανιστούν.
- Ο ερευνητής Martyn Obbard διαπίστωσε ότι από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, με λιγότερο πάγο για να ζήσουν και ψάρια για τροφή, οι πολικές αρκούδες έχουν αδυνατίσει σημαντικά. Ο βιολόγος Ian Stirling έχει βρει ένα παρόμοιο μοτίβο στο Hudson Bay. Φοβάται ότι, αν ο θαλάσσιος πάγος εξαφανιστεί, το ίδιο θα γίνει και με τις πολικές αρκούδες.

1.3. Λύσεις για το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής

Πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση, το κλίμα ρυθμιζόταν φυσιολογικά αφού δεν υπήρχαν βίαιες εξωγενείς παρεμβάσεις. Στην μετά-βιομηχανική όμως εποχή παρατηρήθηκε αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη εξαιτίας κυρίως της υπερβολικής έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα από την εκτεταμένη χρήση ορυκτών καυσίμων αλλά και της παράλληλης αποδάσωσης.

Σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση η υπερθέρμανση να ξεπεράσει τους 2 βαθμούς Κελσίου, συγκριτικά με την προβιομηχανική εποχή. Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου -πχ από την καύση ορυκτών καυσίμων-κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες προκαλεί τεράστιο πρόβλημα. Σήμερα η αύξηση της πλανητικής θερμοκρασίας είναι περίπου στους 0,8 βαθμούς Κελσίου υψηλότερη, συγκριτικά πάντα με την προ-βιομηχανική εποχή (Anderson, 2012).

Πιθανότατα ακόμη και μέσα στα επόμενα 30 χρόνια η υπερθέρμανση μπορεί να φτάσει τους 1,5 με 2 βαθμούς Κελσίου. Οι επιστήμονες υποστηρίζουν πως εάν φτάσουμε, ή πολύ περισσότερο ξεπεράσουμε, αυτά τα «μεγέθη», τίθενται πλέον σε λειτουργία μηχανισμοί που ουσιαστικά θα επιφέρουν μεγαλύτερη υπερθέρμανση και δεν θα έχουμε πια τη δυνατότητα να την ελέγξουμε (π.χ. μειώνεται η ικανότητα των ωκεανών να απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα). Πρόκειται για τις ανεξέλεγκτες κλιματικές αλλαγές (runaway climate change) και σύμφωνα με τον ΟΗΕ, ένα τέτοιο σενάριο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας ακόμα και μέχρι τους 6°C ως το τέλος του αιώνα. Για να γίνει καλύτερα κατανοητό, ήδη σήμερα με την αύξηση στους 0,8°C παρατηρείται ραγδαία αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων σε όλο τον πλανήτη και διακριτή αλλαγή στις εποχές. Σε μία αύξηση άνω των 4°C πλέον μέσα στον αιώνα που ζούμε θα τίθεται θέμα επιβίωσης για όλους τους έμβιους οργανισμούς εξαιτίας της ταχύτατης και βίαιης υπερθέρμανσης για τα δεδομένα του πλανήτη (Bangay & Blum, 2010).

Γιατί όταν εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα, χρειάζονται περίπου 20-30 για να αντιδράσει το ατμοσφαιρικό σύστημα. Δηλαδή αν με κάποιο μαγικό τρόπο σταματούσαμε σήμερα όλες τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η πλανητική θερμοκρασία θα συνέχιζε να ανέβαινε για περίπου 20 χρόνια εξαιτίας των εκπομπών που έχουμε εκλύσει τις τελευταίες δεκαετίες. Εάν συνεχίσουμε, χωρίς περιορισμούς, τις δραστηριότητες που προκαλούν την υπερθέρμανση τότε θα επέλθει υπέρβαση του «ανεκτού ορίου» και δεν θα υπάρχει πλέον δυνατότητα άμεσης επιστροφής σε φυσιολογικά επίπεδα (Anderson, 2012).

Το βασικότερο όλων σε πρώτη φάση είναι να μην ξεπεράσουμε τους 2 βαθμούς. Για να έχουμε σημαντικές πιθανότητες να μην συμβεί αυτό, οι παγκόσμιες εκπομπές

εκτιμάται πως θα πρέπει να κορυφωθούν το αργότερο ως το 2020, και στη συνέχεια θα πρέπει να αρχίσουν να μειώνονται ταχύτατα με επιθυμητό στόχο να φτάσουν και πάλι στο μηδέν, δηλ. στα προ-βιομηχανικής εποχής επίπεδα, εάν βέβαια θέλουμε να σώσουμε τον πλανήτη και να διασφαλίσουμε την ύπαρξή μας. Σύμφωνα με την 5η έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής του ΟΗΕ για τις Κλιματικές Αλλαγές (IPCC), οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από ορυκτά καύσιμα θα πρέπει να φτάσουν στο απόλυτο μηδέν το διάστημα 2050-2070. Προφανώς – και εδώ βρίσκεται η ουσία της υπόθεσης – αυτό προϋποθέτει την εγκατάλειψη νέων επενδύσεων σε ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, λιγνίτη, άνθρακα, φυσικό αέριο) και την προώθηση επενδύσεων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας (Læssøe, et al. 2009).

Εδώ και χρόνια έχει ξεκινήσει μια προσπάθεια για την επίτευξη μιας παγκόσμιας συμφωνίας, υπό την αιγίδα του ΟΗΕ για τη μείωση εκπομπών αερίων που προκαλούν την υπερθέρμανση του πλανήτη στην κατεύθυνση της μείωσης της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και τη σταδιακή αντικατάστασή τους με καθαρές μορφές ενέργειας. Μία από τις μεγάλες ευκαιρίες που χάθηκαν ήταν αυτή κατά τη Διάσκεψη για την Κλιματική Αλλαγή στην Κοπεγχάγη. Αν και υπήρχε η πεποίθηση πως το 2009 οι χώρες θα κατέληγαν σε μια συμφωνία, η όλη προσπάθεια κατέληξε σε μια παταγώδη αποτυχία. Το ερώτημα λοιπόν που τέθηκε στη συνέχεια ήταν «Τί κάνουμε τώρα;» αφού ήταν σαφές πως εάν δεν υπάρξει συμφωνία κινδυνεύουμε να «χάσουμε» τον πλανήτη (WWF Ελλάς, 2009).

Οι χώρες του ΟΗΕ επανήλθαν και αποφάσισαν πως θα πρέπει να καταβληθεί μια νέα προσπάθεια. Το νέο χρονοδιάγραμμα προβλέπει πως το 2015 στη Διάσκεψη των Παρισίων θα πρέπει να υπάρξει μια ουσιαστική και δεσμευτική συμφωνία που θα «απαντά» στα ζητήματα της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Στη Λίμα αυτές τις μέρες διεξάγεται η τελευταία μεγάλη «συνάντηση» με τη συμμετοχή 196 χωρών και 4000 αντιπροσώπων πριν τη Διάσκεψη του Παρισιού. Όλοι καλούνται να αναλάβουν δεσμεύσεις επί βασικών ζητημάτων, στο πλαίσιο της προετοιμασίας της Διάσκεψης. Οι χώρες κατατεθούν προτάσεις για τον τρόπο, το χρονοδιάγραμμα και της μείωσης των εκπομπών αερίων. Όπως πάντα δε στον κόσμο των διπλωματών, οι προπαρασκευαστικές συναντήσεις, όπως αυτή στη Λίμα, καθορίζουν σε σημαντικό

βαθμό και το αποτέλεσμα των μεγάλων Διασκέψεων και Συνόδων (Bangay & Blum, 2010).

Μετά την κατάθεση προτάσεων και των πρώτων συμφωνιών που «κλείνουν» στη Λίμα, ανοίγει πλέον ο δρόμος για δεσμευτικές αποφάσεις στο Παρίσι. Ένα όμως από τα προβλήματα σε τέτοιου είδους διπλωματικές συναντήσεις είναι πως ουσιαστικά διεξάγεται ένα «παζάρι». Αρκετές χώρες αναμένουν από άλλες - και κυρίες τις χώρες με ισχυρές οικονομίες που παράλληλα είναι και οι μεγάλοι ή/και ιστορικοί ρυπαντές, όπως οι ΗΠΑ και η Κίνα-να δεσμευθούν πρώτα οι ίδιοι για μειώσεις, αλλά και για παροχή χρηματοδότησης προς τον αναπτυσσόμενες χώρες. Η χρηματοδότηση αυτή θεωρείται απαραίτητη για να αντιμετωπιστούν κάποιες από τις αναπόφευκτες συνέπειες των κλιματικών αλλαγών στις φτωχότερες χώρες που δεν φέρουν «ιστορική ευθύνη».

Οι χώρες που μετέχουν είναι χωρισμένες σε γκρουπ. Υπάρχουν αυτές που είναι και οι μεγάλοι ρυπαντές του πλανήτη με ισχυρές οικονομίες, όπως η Κίνα και οι ΗΠΑ (ευθύνονται περίπου για το 42% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου) οι οποίες στην πραγματικότητα δεν «προσφέρουν» ανάλογα με το μέγεθός τους ούτε στο Πράσινο Ταμείο του ΟΗΕ ούτε σε επίπεδο δεσμεύσεων για τη μείωση των αερίων. Μαζί με τις ΗΠΑ, χώρες όπως η Αυστραλία, η Ρωσία, η Ιαπωνία κ.α. φαίνεται επίσης να μην επιθυμούν την επίτευξη μιας νομικά δεσμευτικής συμφωνίας σε αντίθεση με την Ε.Ε. Παράλληλα, οι αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Βραζιλία, η Κορέα, το Μεξικό κ.α., υποστηρίζουν πως οι χώρες με τις ισχυρές οικονομίες θα πρέπει να αναλάβουν περισσότερες δεσμεύσεις και να βάλουν βαθιά το χέρι στην τσέπη για να στηριχθεί το Πράσινο Ταμείο του ΟΗΕ. Παράλληλα όμως οι ίδιες χώρες διεκδικούν και «αποζημιώσεις» για τις συνέπειες που έχουν υποστεί από τις επιβαρυντικές για το κλίμα δραστηριότητές στις οποίες επιδίδονται επί σειρά δεκαετιών οι ανεπτυγμένες χώρες. ΗΠΑ και Ε.Ε. αντιμάχονται αυτή τη διεκδίκηση με όλες τους τις δυνάμεις (Anderson, 2012).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην πραγματικότητα είναι η βιομηχανία των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, λιγνίτης άνθρακας κλπ). Οι γιγάντιες αυτές εταιρείες κρατούν και τα ινία της οικονομίας και κατά συνέπεια έχουν τη δυνατότητα να επηρεάζουν τις κυβερνήσεις. Αυτό παρά το γεγονός πως η στροφή στην καθαρή ενέργεια μεταφράζεται σε τεράστιες επενδύσεις, με οικονομικά οφέλη για όλες τις χώρες,

δημιουργία μεγάλου αριθμού νέων θέσεων εργασίας κοκ τα οποία φυσικά μεταφράζονται σε αύξηση του δείκτη ανταγωνιστικότητας και ανάπτυξης.

Η γνωστή σε όλους Διεθνής Συνθήκη με το όνομα «Πρωτόκολλο του Κιότο» (1997), είναι και η μόνη συμφωνία παγκοσμίως, για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το πρωτόκολλο είναι ένα πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και αποτελεί τη βάση για το πώς πρέπει να πορευτεί η ανθρωπότητα, για το πώς πρέπει να δράσει σε τοπικό, σε εθνικό και διεθνές επίπεδο ενάντια στην αλλαγή του κλίματος και για τις προσεχείς δεκαετίες. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αλλαγή του κλίματος, τα κράτη που υπογράφουν την συμφωνία δεσμεύονται με υποχρεωτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών των Αερίων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου (ΑΦΘ) μέσω της υπογραφής ενός πρωτοκόλλου (Anderson, 2012).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο μπήκε σε εφαρμογή το 2005. Έχει επικυρωθεί συνολικά από 184 χώρες μέχρι σήμερα (1η Ιουνίου 2009). Δεν το έχουν υπογράψει ακόμα οι Η.Π.Α., παρόλο που αποτελούν τον μεγαλύτερο ρυπαντή παγκοσμίως (εκπέμπουν το 1/4 των συνολικών εκπομπών CO₂ παγκοσμίως - 5,41 δις. τόνους CO₂ετησίως). Στα κράτη που το υπογράφουν αντιστοιχούν εκπομπές στο 63,7% περίπου των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (WWF Ελλάς, 2009).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, ορίζει δεσμευτικούς στόχους για μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Οι χώρες δεσμεύονται να μειώσουν, στη διάρκεια της περιόδου 2008-2012, τις εκπομπές των έξι αερίων του θερμοκηπίου [το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), και οι υδροφθοράνθρακες (HFCs, PFCs, SF₆)], τουλάχιστον κατά 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Το πιο σημαντικό από αυτά είναι το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο ευθύνεται για το 55% της έντασης του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ οι Χλωροφθοράνθρακες ευθύνονται για το 25%, το μεθάνιο για το 15% και το Οξείδιο του αζώτου για 5%. Το ποσοστό συμμετοχής του όζοντος δεν έχει ακόμη ποσοτικοποιηθεί. Κύριες πηγές παραγωγής του CO₂ είναι η καύση των ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) για τη βιομηχανία, τις μεταφορές, τη θέρμανση, την παραγωγή ηλεκτρισμού και το μαγείρεμα.

Κάθε κράτος αναλαμβάνει διαφορετικό ποσοστό μείωσης εκπομπών στο πλαίσιο του γενικού στόχου. Για να επιτευχθεί ο γενικός στόχος δημιουργήθηκαν μια σειρά από «ευέλικτους μηχανισμούς», όπως το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών, ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης και η από κοινού Υλοποίηση. Ο κύριος μηχανισμός είναι το Εμπόριο Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου και προβλέπει την εθνική υποχρέωση για μείωση των εκπομπών σύμφωνα με βάση ένα εθνικό ανώτατο όριο εκπομπών. Αν μια χώρα δεν εκπέμψει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που να φθάνουν το ανώτατο όριο εκπομπών που της αναλογεί, μπορεί να πουλήσει το αχρησιμοποίητο μέρος των εκπομπών της σε κάποια άλλη χώρα που έχει ξεπεράσει το δικό της επιτρεπτό ανώτατο όριο εκπομπών. Κάποιες χώρες συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές τους, άλλες να περιορίσουν την αύξησή τους και άλλες να τις κρατήσουν σταθερές σε σχέση με τις εκπομπές τους το 1990. Επίσης, κάθε χώρα μπορεί να αφαιρεί από το ποσοστό-στόχο της το CO₂ που απορροφάται από τις λεγόμενες «καταβόθρες CO₂», όπως είναι τα δάση και η καλλιεργήσιμη γη (Anderson, 2012).

Η τελευταία Παγκόσμια Διάσκεψη του ΟΗΕ για το Κλίμα πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 2007 στο Μπαλί με τη συμμετοχή 187 χωρών, κατέληξε σε μία συμβιβαστική συμφωνία για τη διαδικασία διαβούλευσης, ώστε να συνταχθεί γενικά αποδεκτό κείμενο προτάσεως μείωσης των εκπομπών ΑΦΘ στην επόμενη δεκαετία. Το επόμενο ραντεβού έχει κλειστεί στην Κοπενχάγη στις 7 Δεκεμβρίου του 2009.

Το 2002, η Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 επικύρωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο και δεσμεύθηκε για συνολική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% την περίοδο 2008 – 2012. Στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2007, υιοθετήθηκε μονομερώς ένα πιο προωθημένο και ολοκληρωμένο πρόγραμμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Το πρόγραμμα αυτό αποσκοπεί στο να μην υπερβεί η μέση αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη τους 2 °C μέχρι το 2100, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα (1850), καθώς πέραν των 2 °C, αυξάνονται σημαντικά οι πιθανότητες να σημειωθεί επικίνδυνη και απρόβλεπτη κλιματική μεταβολή. Ο στόχος του προγράμματος απαιτεί σημαντικές μειώσεις εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και μετά το 2012, δηλαδή και μετά το πέρας της ισχύος του Πρωτοκόλλου του Κιότο, αρχικά από τα αναπτυγμένα κράτη και μακροπρόθεσμα από όλα τα κράτη παγκοσμίως (Anderson, 2012).

Το πρόγραμμα της Ε.Ε. για την κλιματική αλλαγή περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων:

- την ενοποίηση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων,
- την εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020,
- τη μείωση μονομερώς των εκπομπών CO₂ από την ενέργεια κατά τουλάχιστον 20% μέχρι το 2020 σε σχέση με το 1990, και εφόσον άλλες χώρες εκτός Ε.Ε. αναλάβουν αντίστοιχες δεσμεύσεις μείωσης των εκπομπών τους, μέχρι και 30%,
- τον υποχρεωτικό στόχο 20% της ενέργειας από ΑΠΕ μέχρι το 2020,
- την υποχρεωτική χρήση 10% βιοκαυσίμων στα καύσιμα για μεταφορές μέχρι το 2020.

Ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων, και ο συγκεκριμένος στόχος κάθε χώρας καθορίζεται εσωτερικά με απόφαση καταμερισμού.

Το ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ETS)», είναι ένα «σύστημα ανώτατου ορίου και εμπορίας» που σημαίνει ότι τα δικαιώματα κατανέμονται στις επιχειρήσεις από τις εθνικές κυβερνήσεις και ότι τα εθνικά σχέδια υπόκεινται στην έγκριση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Με το σύστημα αναπτύσσεται μια αγορά δικαιωμάτων εκπομπών άνθρακα και οι επιχειρήσεις μπορούν να πωλούν δικαιώματα, εάν μειώσουν τις εκπομπές τους, ή να τα αγοράζουν, εάν τα δικαιώματά τους δεν επαρκούν για την κάλυψη των εκπομπών τους. Το σύστημα αυτό καλύπτει περίπου 10 000 βιομηχανικές μονάδες σε ολόκληρη την Ε.Ε., που περιλαμβάνουν εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, διυλιστήρια πετρελαίου και χαλυβουργεία και παράγουν σχεδόν τις μισές εκπομπές CO₂ στην Ε.Ε. (Læssøe, et al. 2009).

Η σχέση κλιματικής αλλαγής και ενεργειακής πολιτικής έγινε εντονότερη μιας και οι εγκαταστάσεις έντασης ενέργειας εκπέμπουν το μισό της ρύπανσης στην Ευρώπη. Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο παρελθόν απέβλεπε στη παραγωγή ενέργειας, με ελαχιστοποίηση της εξάρτησης, κυρίως από τα ορυκτά καύσιμα με τα νεότερα μέτρα ενσωματώνεται και η αντιμετώπιση των επειλούμενων κλιματικών αλλαγών. Η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας αποτελούν το κυριότερο μέσο για την επίτευξη του διττού στόχου της μείωσης των εκπομπών και της ενίσχυσης της ενεργειακής ασφάλειας. Σήμερα το μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε. είναι 8,5% και ο στόχος είναι να αυξηθεί στο 20%. Σε συνδυασμό, πρέπει να εξοικονομηθεί το 20% της κατανάλωσης ενέργειας έως το 2020 με την ενεργειακή αποδοτικότητα.

Η Ελλάδα είναι πλήρως συμβαλλόμενο μέρος της Σύμβασης για τις κλιματικές αλλαγές και έχει κυρώσει το Πρωτόκολλο με το νόμο (Ν. 3017/2002). Στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η Ελλάδα δεσμεύτηκε για τον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών ΑΦΘ κατά την περίοδο 2008 - 2012 στο +25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης (εκπομπές 1990 για CO₂, CH₄ και N₂O - εκπομπές 1995 για HFCs, PFCs, SF₆), και κύρωσε το Πρωτόκολλο το 2002 με το νόμο 3017/2002 (WWF Ελλάς, 2009).

Το 2002 η Κυβέρνηση διαμόρφωσε το β' Εθνικό Πρόγραμμα για την Κλιματική Αλλαγή (2000-2010) για την επίτευξη του στόχου περιορισμού των εκπομπών των 6 ΑΦΘ (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο (+25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης). Το β' Εθνικό Πρόγραμμα εγκρίθηκε με την Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ. αρ. 5/27-2-2003 (WWF Ελλάς, 2009).

Τον Δεκέμβριο του 2006, το ΥΠΕΧΩΔΕ παρουσίασε ένα Αναθεωρημένο Σχέδιο Μείωσης των Εκπομπών, το οποίο περιλάμβανε εκτιμήσεις της απόδοσης των πολιτικών και μέτρων που περιλαμβάνονται στο β' Εθνικό Σχέδιο μείωσης εκπομπών συν μερικά νέα προτεινόμενα μέτρα. Το μέσο ετήσιο συνολικό δυναμικό μείωσης των εκπομπών ΑΦΘ για την περίοδο 2008-2012 από την εφαρμογή πρόσθετων πολιτικών και μέτρων ανέρχεται σε 14,0 Mt CO₂ eq, εκ των οποίων πάνω από το 50% προέρχεται από την εφαρμογή του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (7,4 Mt CO₂ eq) (WWF Ελλάς, 2009).

Με το 2ο αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο απαιτείται από 150 επιχειρήσεις -που συμμετέχουν κατά 54% στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίου- να μειώσουν κατά 8,9% τις εκπομπές τους κατά την περίοδο 2008-2012. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με απόφασή της, ζητά επιπλέον μείωση των συνολικών εκπομπών των επιχειρήσεων αυτών, όπως ζητά και από τα άλλα Κράτη - Μέλη.

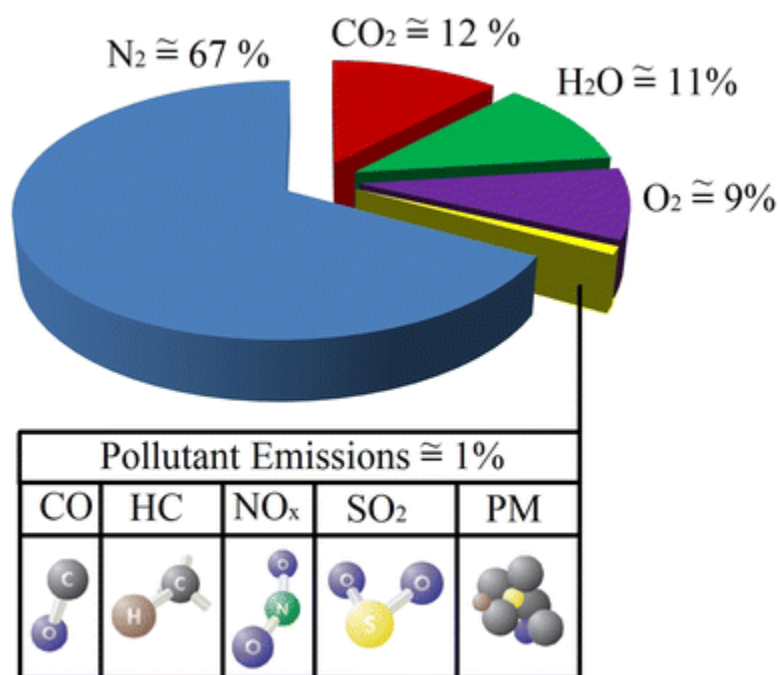
Οι πρώτες εκτιμήσεις (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) δείχνουν ό,τι αν συνεχιστεί ο σημερινός ρυθμός αύξησης των εκπομπών, η χώρα μας δεν πρόκειται να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της απέναντι στο Πρωτόκολλο του Κιότο, δίχως την αγορά δικαιωμάτων από άλλη χώρα (Bangay & Blum, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Ο κινητήρας ντίζελ είναι ένας κινητήρας αυτόματης ανάφλεξης στον οποίο αναμιγνύονται καύσιμα και αέρας μέσα στον κινητήρα. Ο αέρας που απαιτείται για την καύση συμπιέζεται σε μεγάλο βαθμό μέσα στο θάλαμο καύσης. Αυτό δημιουργεί υψηλές θερμοκρασίες που επαρκούν για την αυτόματη ανάφλεξη του καυσίμου ντίζελ όταν εγγέεται στον κύλινδρο. Έτσι, ο κινητήρας ντίζελ χρησιμοποιεί θερμότητα για να απελευθερώσει τη χημική ενέργεια που περιέχεται στο καύσιμο ντίζελ και να το μετατρέψει σε μηχανική δύναμη (Bosch 2005).

Ο άνθρακας και το υδρογόνο κατασκευάζουν την προέλευση του ντίζελ όπως τα περισσότερα ορυκτά καύσιμα. Για ιδανική θερμοδυναμική ισορροπία, η πλήρης καύση ντίζελ θα παράγει μόνο CO₂ και H₂O στους θαλάμους καύσης κινητήρα (Prasad και Bella 2010). Ωστόσο, πολλοί λόγοι (λόγος αέρα-καυσίμου, χρονισμός ανάφλεξης, στροβιλισμός στο θάλαμο καύσης, μορφή καύσης, συγκέντρωση αέρα-καυσίμου, θερμοκρασία καύσης κ.λπ.) το καθιστούν αναμφισβήτητο και δημιουργούνται ορισμένα επιβλαβή προϊόντα κατά την καύση. Τα πιο σημαντικά επιβλαβή προϊόντα είναι CO, HC, NO_x και PM.

Το Σχήμα 1 δείχνει την κατά προσέγγιση σύνθεση των καυσαερίων ντίζελ (Khaier και Majewski 2006). Οι εκπομπές ρύπων έχουν ποσοστό μικρότερο από 1% στα καυσαέρια ντίζελ. Το NO_x έχει το υψηλότερο ποσοστό εκπομπών ρύπων ντίζελ με ποσοστό άνω του 50%. Μετά τις εκπομπές NO_x, το PM έχει τη δεύτερη υψηλότερη αναλογία εκπομπών ρύπων. Επειδή οι κινητήρες ντίζελ είναι κινητήρες με λιτή καύση και η συγκέντρωση CO και HC είναι ελάχιστη. Εκτός αυτού, οι εκπομπές ρύπων περιλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό SO₂ ανάλογα με τις προδιαγραφές και την ποιότητα του καυσίμου. Παράγεται από τα θειικά που περιέχονται στο καύσιμο ντίζελ. Προς το παρόν, δεν υπάρχει κανένα σύστημα μετεπεξεργασίας όπως ένας καταλυτικός μετατροπέας για την εξάλειψη του SO₂. Σήμερα, οι περισσότεροι διανομείς και πελάτες πετρελαίου προτιμούν ντίζελ εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (ULSD) για κινητήρες ντίζελ για την αποφυγή επιβλαβών επιπτώσεων του SO₂.



Σχήμα 1. Οι συνθέσεις των καυσαερίων ντίζελ

Σε αυτό το κεφάλαιο, εξηγούνται οι τέσσερις κύριες εκπομπές ρύπων (CO, HC, PM και NO_x) από τον κινητήρα ντίζελ. Κάθε τύπος εκπομπών διερευνάται ξεχωριστά και αποκαλύπτονται επίσης οι επιπτώσεις κάθε εκπομπής σε περιβαλλοντικά και προβλήματα υγείας.

2.1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα προκύπτει από την ατελή καύση όπου η διαδικασία οξείδωσης δεν πραγματοποιείται πλήρως. Αυτή η συγκέντρωση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μείγμα αέρα / καυσίμου και είναι υψηλότερη όπου ο παράγοντας περίσσειας αέρα (λ) είναι μικρότερος από 1,0 που ταξινομείται ως πλούσιο μείγμα (Wu et al. 2004). Μπορεί να προκληθεί ειδικά κατά τη στιγμή της εκκίνησης και της στιγμιαίας επιτάχυνσης του κινητήρα όπου απαιτούνται τα πλούσια μείγματα. Στα πλούσια μείγματα, λόγω ανεπάρκειας αέρα και συγκέντρωσης αντιδραστηρίου, όλος ο άνθρακας δεν μπορεί να μετατραπεί σε CO₂ και σχηματίζεται συγκέντρωση CO.

Αν και το CO παράγεται κατά τη λειτουργία σε πλούσια μείγματα, ένα μικρό μέρος του CO εκπέμπεται επίσης υπό άπαχες συνθήκες λόγω χημικών κινητικών επιδράσεων (Faiz et al. 1996).

Οι κινητήρες ντίζελ είναι κινητήρες λιτής καύσης που έχουν σταθερά υψηλή αναλογία αέρα-καυσίμου ($\lambda > 1$). Έτσι, ο σχηματισμός CO είναι ελάχιστος στους κινητήρες ντίζελ. Ωστόσο, το CO παράγεται εάν τα σταγονίδια σε έναν κινητήρα ντίζελ είναι πολύ μεγάλα ή εάν δημιουργηθεί ανεπαρκής στροβιλισμός ή στροβιλισμός στο θάλαμο καύσης (Demers and Walters 1999).

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άοσμο και άχρωμο αέριο. Στους ανθρώπους, το CO στον αέρα εισπνέεται από τους πνεύμονες και μεταδίδεται στην κυκλοφορία του αίματος. Συνδέεται με την αιμοσφαιρίνη και αναστέλλει την ικανότητά της να μεταφέρει οξυγόνο. Ανάλογα με τη συγκέντρωση CO στον αέρα, οδηγώντας έτσι σε ασφυξία, αυτό μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία διαφόρων οργάνων, με αποτέλεσμα μειωμένη συγκέντρωση, αργά αντανακλαστικά και σύγχυση (Raub 1999; Kampa and Castanas 2008; Walsh 2011; Strauss et al. 2004).

2.2. Υδρογονάνθρακες (HC)

Οι εκπομπές υδρογονανθράκων αποτελούνται από άκαυστα καύσιμα ως αποτέλεσμα ανεπαρκούς θερμοκρασίας που εμφανίζεται κοντά στο τοίχωμα του κυλίνδρου. Σε αυτό το σημείο, η θερμοκρασία του μείγματος αέρα-καυσίμου είναι σημαντικά μικρότερη από το κέντρο του κυλίνδρου (Demers and Walters 1999; Correa and Arbilla 2008). Οι υδρογονάνθρακες αποτελούνται από χιλιάδες είδη, όπως αλκάνια, αλκένια και αρωματικά. Κανονικά αναφέρονται σε ισοδύναμο περιεχόμενο CH₄ (Hiroyuki et al. 2011).

Οι κινητήρες ντίζελ συνήθως εκπέμπουν χαμηλά επίπεδα υδρογονανθράκων. Οι εκπομπές υδρογονανθράκων ντίζελ συμβαίνουν κυρίως σε ελαφρά φορτία. Η κύρια πηγή εκπομπών υδρογονανθράκων με ελαφρύ φορτίο είναι η ανάμιξη άπαχου αέρα-καυσίμου. Σε άπαχα μίγματα, οι ταχύτητες φλόγας μπορεί να είναι πολύ χαμηλές για να ολοκληρωθεί η καύση κατά τη διάρκεια της διαδρομής ισχύος ή ενδέχεται να μην

προκληθεί καύση και αυτές οι συνθήκες προκαλούν υψηλές εκπομπές υδρογονανθράκων (Zheng et al. 2008).

Στους κινητήρες ντίζελ, ο τύπος καυσίμου, η ρύθμιση του κινητήρα και ο σχεδιασμός επηρεάζουν το περιεχόμενο των υδρογονανθράκων. Εκτός αυτού, οι εκπομπές HC στα καυσαέρια εξαρτώνται από ακανόνιστες συνθήκες λειτουργίας. Υψηλά επίπεδα στιγμιαίας αλλαγής στην ταχύτητα του κινητήρα, ακατάστατη έγχυση, υπερβολικός όγκος κοιλότητας ακροφυσίων και αναπήδηση της βελόνας του μπεκ ψεκασμού μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές ποσότητες καύσιμου καυσίμου στην εξάτμιση (Payri et al. 2009).

Οι άκαυτοι υδρογονάνθρακες συνεχίζουν να αντιδρούν στα καυσαέρια εάν η θερμοκρασία είναι πάνω από 600 ° C και υπάρχει οξυγόνο, επομένως οι εκπομπές υδρογονανθράκων από τον σωλήνα εξαγωγής μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερες από τους υδρογονάνθρακες που εξέρχονται από τον κύλινδρο (Faiz et al. 1996).

Οι εκπομπές υδρογονανθράκων συμβαίνουν όχι μόνο στην εξάτμιση του οχήματος, αλλά και στον στροφαλοθάλαμο του κινητήρα, στο σύστημα καυσίμου και από την ατμοσφαιρική εξαγωγή ατμών κατά τη διανομή και τη διανομή καυσίμου (Faiz et al. 1996). Οι εκπομπές υδρογονανθράκων στροφαλοθαλάμου και οι απώλειες εξατμιστικών εκπομπών υδρογονανθράκων έχουν, αντίστοιχα, 20–35 και 15–25%, ενώ οι εκπομπές υδρογονανθράκων εξαγωγής έχουν 50-60% των συνολικών εκπομπών υδρογονανθράκων (Dhariwal 1997).

Οι υδρογονάνθρακες έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Με άλλες εκπομπές ρύπων, παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό όζοντος στο επίπεδο του εδάφους. Τα οχήματα ευθύνονται για το 50% περίπου των εκπομπών που σχηματίζουν όζον. Οι υδρογονάνθρακες είναι τοξικοί με πιθανότητα ερεθισμού του αναπνευστικού συστήματος και προκαλούν καρκίνο (Diaz-Sanchez 1997; Krzyzanowski et al. 2005).

2.3. Σωματίδια (PM)

Οι εκπομπές σωματιδίων στα καυσαέρια προέρχονται από τη διαδικασία καύσης. Μπορεί να προέρχονται από τη συσσώρευση πολύ μικρών σωματιδίων μερικώς καμένου καυσίμου, μερικώς καμένου λιπαντικού, περιεκτικότητας σε τέφρα μαζούτ, και λιπαντικού λιπαντικού ή θεικών και νερού (Demers and Walters 1999; Maricq 2007). Τα περισσότερα σωματίδια προκύπτουν από την ατελή καύση των υδρογονανθράκων στο καύσιμο και το λιπαντικό. Σε μια πειραματική μελέτη, η τυπική σύνθεση σωματιδίων ενός κινητήρα ντίζελ βαρέως τύπου ταξινομείται ως 41% άνθρακας, 7% άκαυστο καύσιμο, 25% άκαυστο λάδι, 14% θεικό και νερό, 13% τέφρα και άλλα εξαρτήματα (Kittelson 1998). Σε μια άλλη μελέτη, αναφέρεται ότι το PM αποτελείται από στοιχειακό άνθρακα ((31%), θεικά και υγρασία (\cong 14%), άκαυστο καύσιμο (\cong 7%), άκαυστο λιπαντικό λάδι (\cong 40%) και το υπόλοιπο μπορεί να είναι μέταλλα και άλλες ουσίες (Agarwal 2007).

Τα σωματίδια ντίζελ συνήθως έχουν σφαίρες διαμέτρου περίπου 15-40 nm και περίπου περισσότερο από το 90% των PM είναι μικρότερη από 1 μ m σε διάμετρο. Η διαδικασία σχηματισμού των εκπομπών PM εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η διαδικασία καύσης και διαστολής, η ποιότητα καυσίμου (περιεκτικότητα σε θείο και τέφρα), η ποιότητα λαδιού λίπανσης και η κατανάλωση, θερμοκρασία καύσης, ψύξη καυσαερίων (Burtscher 2005)

Οι εκπομπές σωματιδίων από κινητήρες ντίζελ είναι σημαντικά υψηλότερες (έξι έως δέκα φορές) από ότι από βενζινοκινητήρες. Οι εκπομπές σωματιδίων ντίζελ μπορούν να χωριστούν σε τρία κύρια συστατικά: αιθάλη, διαλυτό οργανικό κλάσμα (SOF) και ανόργανο κλάσμα (IF). Περισσότερο από το 50% των συνολικών εκπομπών ΑΣ είναι αιθάλη που θεωρείται μαύρος καπνός. Το SOF αποτελείται από βαρείς υδρογονάνθρακες προσροφημένους ή συμπυκνωμένους στην αιθάλη. Προέρχεται εν μέρει από το λιπαντικό λάδι, εν μέρει από άκαυστο καύσιμο και εν μέρει από ενώσεις που σχηματίζονται κατά την καύση. Οι τιμές SOF είναι πολύ υψηλές σε ελαφριά φορτία κινητήρα όταν οι θερμοκρασίες εξάτμισης είναι χαμηλές (Sarvi et al. 2011; Tighe et al. 2012; Metts et al. 2005; Stanmore et al. 2001; Sharma et al. 2005).

Πραγματοποιούνται πολλές έρευνες για τον εντοπισμό των επιπτώσεων των εκπομπών PM στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Σε αυτές τις έρευνες,

τεκμηριώνεται ότι η εισπνοή αυτών των σωματιδίων μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα υγείας, όπως πρόωρο θάνατο, άσθμα, καρκίνο του πνεύμονα και άλλα καρδιαγγειακά προβλήματα. Αυτές οι εκπομπές συμβάλλουν στη μόλυνση του αέρα, του νερού και του εδάφους. λερωμένα κτιρίων · μειώσεις στην ορατότητα αντίκτυπο στην παραγωγικότητα της γεωργίας · παγκόσμια κλιματική αλλαγή (Englert 2004, ΟΟΣΑ 2002, Michael και Kleinman 2000).

2.4. Οξείδια του αζώτου (NOx)

Οι κινητήρες ντίζελ χρησιμοποιούν πολύ συμπιεσμένο ζεστό αέρα για την ανάφλεξη του καυσίμου. Ο αέρας, που αποτελείται κυρίως από οξυγόνο και άζωτο, αρχικά εισέρχεται στον θάλαμο καύσης. Στη συνέχεια, συμπιέζεται και το καύσιμο εγχέεται απευθείας σε αυτόν τον πεπιεσμένο αέρα στην κορυφή της διαδρομής συμπίεσης στον θάλαμο καύσης. Το καύσιμο καίγεται και η θερμότητα απελευθερώνεται. Κανονικά σε αυτή τη διαδικασία, το άζωτο στον αέρα δεν αντιδρά με οξυγόνο στο θάλαμο καύσης και εκπέμπεται ταυτόχρονα από τον κινητήρα. Ωστόσο, υψηλές θερμοκρασίες άνω των 1.600 ° C στους κυλίνδρους προκαλούν το άζωτο να αντιδράσει με οξυγόνο και να παράγει εκπομπές NOx. Έτσι, δεν θα είναι λάθος να πούμε ότι οι κύριες επιδράσεις του σχηματισμού NOx είναι η θερμοκρασία και η συγκέντρωση του οξυγόνου στην καύση.

Η ποσότητα του παραγόμενου NOx είναι συνάρτηση της μέγιστης θερμοκρασίας στον κύλινδρο, των συγκεντρώσεων οξυγόνου και του χρόνου παραμονής. Το μεγαλύτερο μέρος του εκπεμπόμενου NOx σχηματίζεται νωρίς στη διαδικασία καύσης, όταν το έμβολο είναι ακόμα κοντά στην κορυφή της διαδρομής του. Αυτό συμβαίνει όταν η θερμοκρασία της φλόγας είναι η υψηλότερη. Η αύξηση της θερμοκρασίας της καύσης αυξάνει την ποσότητα των NOx έως και τριπλάσια για κάθε αύξηση στους 100 ° C (Lee et al. 2013; Bosch 2005).

Τα οξείδια του αζώτου αναφέρονται ως οξείδιο του αζώτου (NO) και διοξείδιο του αζώτου (NO₂). Το NO αποτελεί το 85–95% του NOx. Μετατρέπεται σταδιακά σε NO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα. Ενώ τα NO και NO₂ ενώνονται μαζί ως NOx, υπάρχουν μερικές διακριτές διαφορές μεταξύ αυτών των δύο ρύπων. Το NO είναι ένα

άχρωμο και άοσμο αέριο, ενώ το NO₂ είναι ένα κοκκινωπό καφέ αέριο με έντονη οσμή (Chong et al. 2010; Hoekman and Robbins 2012).

Οι οδικές μεταφορές είναι η πιο σημαντική αιτία εκπομπών NO_x σε αστικές περιοχές παγκοσμίως, συμβάλλοντας στο 40-70% των NO_x. Μεταξύ των διαφόρων τύπων οχημάτων, τα οχήματα ντίζελ είναι οι σημαντικότεροι συντελεστές στις εκπομπές NO_x. Σε σύγκριση με τους βενζινοκινητήρες, χρειάζονται υψηλότερες θερμοκρασίες επειδή είναι κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση. Οι κινητήρες ντίζελ ευθύνονται για περίπου το 85% όλων των εκπομπών NO_x από κινητές πηγές, κυρίως με τη μορφή NO (Lee et al. 2013; Wang et al. 2012).

Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου από οχήματα ευθύνονται για μεγάλο βαθμό περιβαλλοντικών κινδύνων και κινδύνων για την υγεία. Οι εκπομπές NO_x συμβάλλουν στην οξίνιση, στο σχηματισμό όζοντος, στον εμπλουτισμό θρεπτικών ουσιών και στον σχηματισμό νέφους, οι οποίες έχουν γίνει σημαντικά προβλήματα στις περισσότερες μεγάλες πόλεις παγκοσμίως (Grewe et al. 2012). Στην ατμόσφαιρα, οι εκπομπές NO_x αντιδρούν χημικά με άλλους ρύπους για να σχηματίσουν τροποσφαιρικό όζον (το κύριο συστατικό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης) και άλλους τοξικούς ρύπους.

Τα NO και NO₂ θεωρούνται τοξικά, αλλά το NO₂ έχει ένα επίπεδο τοξικότητας πέντε φορές μεγαλύτερο από αυτό του NO και αποτελεί επίσης άμεσο μέλημα της ανθρώπινης πνευμονικής νόσου. Το διοξείδιο του αζώτου μπορεί να ερεθίσει τους πνεύμονες και να μειώσει την αντίσταση στην αναπνευστική λοίμωξη (όπως η γρίπη). Οι εκπομπές NO_x είναι σημαντικοί πρόδρομοι της όξινης βροχής που μπορεί να επηρεάσουν τόσο τα χερσαία όσο και τα υδάτινα οικοσυστήματα. Το διοξείδιο του αζώτου και το αερομεταφερόμενο νιτρικό άλας συμβάλλουν επίσης στην ομίχλη των ρύπων, η οποία μειώνει την ορατότητα (Kagawa 2002; Hoefl et al. 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΣΥΧΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

3.1. Βλάβες βενζινοκινητήρα

Ο κινητήρας αποτελεί την καρδιά του αυτοκινήτου μας για αυτό και η έγκαιρη αντιμετώπιση οποιουδήποτε προβλήματος παρουσιαστεί είναι υψίστης σημασίας.

Διαρροή λαδιού

Δεν είναι λίγες φορές που κάτω από τον κινητήρα του αυτοκινήτου μας σχηματίζονται κηλίδες από λάδια. Παρόλο που αυτό το φαινόμενο είναι συνηθισμένο, κυρίως στα παλιά αυτοκίνητα και δεν προκαλεί πια την περιέργεια των περισσοτέρων μας, **καλό είναι να γίνει άμεσος έλεγχος** και να επισκευαστεί -αν χρειάζεται. Η πρώτη κίνηση για να διαπιστώσετε το μέγεθος του προβλήματος, είναι να **ελέγχεται συστηματικά η στάθμη του λαδιού του κινητήρα** και σε περίπτωση που πέφτει, έστω και λίγο, τότε το πρόβλημα πρέπει να λυθεί σύντομα.



«Υποπτα» καυσαέρια

Παρατηρείτε την εξάτμιση του αυτοκινήτου σας να εκπέμπει **καυσαέρια που έχουν «παράξενο» χρώμα**. Για να εντοπίσετε από πού προέρχεται το πρόβλημα αυτό, θα πρέπει να δείτε ποιο είναι το χρώμα αυτό. Αν, λοιπόν, είναι μαύρο, σημαίνει ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την καύση του μείγματος του κινητήρα, ενώ αν είναι

άσπρο, σημαίνει πως ο κινητήρας καίει λάδια, το οποίο σημαίνει ότι είναι πιθανό να υπάρχει σημαντική βλάβη στα μέταλλα του χώρου καύσης. Και στις δύο περιπτώσεις επιβάλλεται μία επίσκεψη στο μηχανικό του αυτοκινήτου.



Ιμάντας

Εάν παρατηρήσετε ότι **ανάβει το λαμπάκι του δυναμό και, συγχρόνως, ακούγεται κάποιο σφύριγμα, που προέρχεται από το χώρο του κινητήρα**, το πιο πιθανό είναι να έχει φθαρεί ο ιμάντας του δυναμό ή να έχει «χαλαρώσει». Αντικατάσταση ή τέντωμα είναι αντιστοίχως δύο ενέργειες, στις οποίες πρέπει να προβεί κανείς.

Ένταση φώτων

Σε περίπτωση που έχετε ενεργοποιήσει τα φώτα του αυτοκινήτου σας και κάθε φορά που πατάτε φρένο, οπότε και ανάβουν τα φώτα STOP, **πέφτει η έντασή τους, πιθανότατα να αντιμετωπίζετε κάποιο πρόβλημα με το δυναμό ή με την μπαταρία του αυτοκινήτου**. Όπως και προηγουμένως, θα πρέπει να επισκεφθεί κανείς έγκαιρα το μηχανικό, διότι σύντομα το αυτοκίνητό θα ακινητοποιηθεί πλήρως.

Κομπιάσματα κινητήρα

Συνήθως αυτό το φαινόμενο παρατηρείται όταν ο οδηγός πατάει το πεντάλ του γκαζιού, ώστε να επιταχύνει το αυτοκίνητο από χαμηλές στροφές. Αυτή η δυσλειτουργία συνήθως εμφανίζεται λόγω κάποιου προβλήματος καύσης του κινητήρα, το οποίο μπορεί να οφείλεται σε νοθευμένο καύσιμο ή κάποιο χαλασμένο ηλεκτρικό σύστημα. Καλό θα είναι να επισκεφθεί κανείς έγκαιρα κάποιο συνεργείο, διότι κατά ένα μεγάλο ποσοστό το πρόβλημα αυτό μπορεί να χειροτερέψει και να θέσει εκτός λειτουργίας τον κινητήρα.



Ρετάρισμα κινητήρα

Είναι το φαινόμενο, όπου για συγκεκριμένους λόγους κάποιος κύλινδρος στον κινητήρα δε δουλεύει. Το καταλαβαίνουμε, καθώς το αυτοκίνητό μας έχει πολύ λιγότερη δύναμη από τη συνηθισμένη, ενώ συχνά μπορεί να συνοδεύεται και από έντονο θόρυβο και τρέμουλο του κινητήρα. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω ενός κατεστραμμένου μπουζί. Για να εντοπίσετε ποιο είναι, θα πρέπει να τραβήξουμε ένα - ένα τα μπουζοκαλώδια και σε όποιο δεν παρατηρηθεί επιπλέον ρετάρισμα, ανήκει το μπουζί που χρειάζεται αντικατάσταση.

Οι εκπομπές κινητήρα μπορεί να επηρεαστούν - μερικές φορές σημαντικά - καθώς ο κινητήρας επιδεινώνεται λόγω της κανονικής φθοράς ή / και της έλλειψης κατάλληλης συντήρησης. Ορισμένες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν πριν από την ευρεία εφαρμογή τεχνολογιών όπως η μετεπεξεργασία EGR και NOx έδειξαν ότι οι

κινητήρες ντίζελ συνήθως υποβαθμίζονται με υψηλότερες εκπομπές PM, CO και HC και χαμηλότερες εκπομπές NOx.

Τα σφάλματα στο σύστημα ψεκασμού καυσίμου είναι οι πιο συνηθισμένοι λόγοι για αυξημένες εκπομπές ΑΣ. Για παλαιότερα συστήματα μηχανικής ψεκασμού καυσίμου, αυτό περιλαμβάνει προβλήματα με την αντλία ψεκασμού καυσίμου, όπως ο παροδικός έλεγχος αναλογίας αέρα / καυσίμου και οι ρυθμίσεις μέγιστης διακοπής καυσίμου. Η κανονική φθορά του κινητήρα μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένες πιέσεις ψεκασμού και καθυστερημένο χρόνο ψεκασμού καυσίμου [Chase 2000]. Ένας αριθμός διαφορετικών δυσλειτουργιών του κινητήρα μπορεί να προκαλέσει καθυστερημένο ή καθυστερημένο χρονισμό ψεκασμού, γεγονός που θα αύξανε τις εκπομπές MM ενώ μειώνει το NOx [Weaver 1998]. Ο αυξημένος περιορισμός αέρα εισαγωγής, οι διαρροές αέρα εισαγωγής, η λανθασμένη ρύθμιση μάσκας εγχυτήρα, η απενεργοποίηση της καθυστέρησης του γκαζιού και η καθυστέρηση χρονισμού έγχυσης μπορεί να έχουν το ίδιο αποτέλεσμα [Ullman 1984] [Ullman 1991]. Τα προβλήματα με τα μπεκ ψεκασμού είναι επίσης κοινά.

Βλάβες που οδηγούν σε αυξημένες εκπομπές PM / CO / HC συχνά εντοπίζονται μέσω δοκιμών αδιαφάνειας καπνού στο πλαίσιο προγραμμάτων επιθεώρησης και συντήρησης (I / M) βαρέως τύπου. Οι βλάβες του κινητήρα με αποτέλεσμα την αύξηση του NOx, ενώ είναι λιγότερο συχνές, φαίνεται να είναι πιο δύσκολο να εντοπιστούν και να διορθωθούν μέσω μηχανικών επισκευών. Η εισαγωγή τέτοιων τεχνολογιών όπως η μετεπεξεργασία EGR και NOx ανοίγει την πιθανότητα η επιδείνωση της αύξησης των NOx να γίνει πιο συνηθισμένη, αλλά τα δεδομένα που υποστηρίζουν αυτό δεν είναι ακόμη διαθέσιμα.

Η επίδραση των βλαβών του κινητήρα και των διαδικασιών συντήρησης στις εκπομπές συνήθως ακολουθεί την αντιστάθμιση NOx / PM. Οι βλάβες του κινητήρα που αυξάνουν τα PM μειώνουν συνήθως τις εκπομπές NOx και αντιστρόφως. Αυτό σημαίνει επίσης ότι οι επισκευές για τη διόρθωση των υψηλών εκπομπών PM θα αυξήσουν τις εκπομπές NOx και αντιστρόφως. Η επαναφορά των ρυθμίσεων κινητήρα και της απόδοσης στις εργοστασιακές ρυθμίσεις είναι ο μόνος τρόπος εξισορρόπησης των δύο και για να διασφαλιστεί ότι οι εκπομπές PM ή NOx δεν θα γίνουν υπερβολικές.

Παραβίαση έχει παρατηρηθεί σε μεγάλο ποσοστό κινητήρων με μηχανικά συστήματα ψεκασμού καυσίμου που δοκιμάστηκαν υπό δοκιμές καπνού I / M. Η παραβίαση, με τη μορφή τροποποιημένου λογισμικού διαχείρισης κινητήρων, πιστεύεται ότι είναι συχνή σε νεότερους ηλεκτρονικούς κινητήρες, αλλά δεν είναι διαθέσιμα δεδομένα που ποσοτικοποιούν τον επιπολασμό και το αποτέλεσμα.

3.2. Βλάβες πετρελαιοκινητήρα

Τα συνηθισμένα σφάλματα κινητήρα ντίζελ και μια ποιοτική εκτίμηση της συχνότητας εμφάνισής τους παρατίθενται στον Πίνακα 1. Ο πίνακας περιλαμβάνει πληροφορίες από εργασίες που πραγματοποιήθηκαν το 2001 [McCormick 2001] καθώς και πρόσθετες πληροφορίες που αντικατοπτρίζουν την πρόοδο στην τεχνολογία κινητήρων ντίζελ από τότε.

Τα βρώμικα φίλτρα αέρα και οι στεγανοποιήσεις λαδιού του υπερσυμπιεστή είναι σχετικά κοινά. Οι σοβαρότερες ζημιές του υπερσυμπιεστή ή τα προβλήματα με τους ενδιάμεσους ψύκτες δεν είναι. Ο χρονισμός και οι διαρροές της βαλβίδας εισαγωγής και εξαγωγής είναι επίσης σχετικά σπάνιες. Εάν η διαρροή βαλβίδας είναι σημαντική, η απόδοση του κινητήρα θα επιδεινωθεί ή / και ο θόρυβος και οι κραδασμοί θα αυξηθούν σημαντικά.

Η παραβίαση του οδηγού και η παραβίαση προσωρινών συσκευών ελέγχου αναλογίας αέρα-καυσίμου είναι συχνές σε κινητήρες με μηχανικά συστήματα ψεκασμού καυσίμου. Η υπερβολική τροφοδοσία καυσίμου για αύξηση της ισχύος του κινητήρα προωθώντας τη μέγιστη στάση καυσίμου σε κινητήρες με μηχανικά συστήματα ψεκασμού καυσίμου είναι σχετικά εύκολη για ορισμένα μοντέλα κινητήρα και σχετικά συχνή για αυτά τα μοντέλα. Μπορεί να συμβεί προηγμένος χρονισμός έγχυσης λόγω παραβίασης, ειδικά στους κινητήρες 1977-1984, όταν ο καθυστερημένος χρονισμός έγχυσης χρησιμοποιήθηκε συχνά για να πληροί τα πρότυπα NOx.

Οι μπεκ ψεκασμού ή διαρροής θα οδηγήσουν σε κακή διεύθυνση καυσίμου και ψεκασμό εντός του θαλάμου καύσης. Παρόλο που η συνολική αναλογία καυσίμου προς αέρα μπορεί να είναι επαρκής για πλήρη καύση, οι τοπικές ζώνες πλούσιες σε

καύσιμα που προκύπτουν από κακή εξάτμιση και ανάμιξη καυσίμου θα αυξήσουν επίσης τα HC, CO και PM Η διάβρωση των οπών ψεκασμού μπορεί να είναι συχνή σε παλαιότερους κινητήρες υψηλής απόστασης. Η εγκατάσταση εγχυτήρων εσφαλμένου μεγέθους μπορεί να συμβεί κατά την αντικατάσταση ή την ανακατασκευή. Αυτό μπορεί απλά να αυξήσει το μέγιστο καύσιμο που παραδίδεται σε άλλο πιστοποιημένο επίπεδο βαθμολογίας χωρίς αύξηση των εκπομπών. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, η αναντιστοιχία μεταξύ του υπάρχοντος συστήματος υπερσυμπιεστή / εισαγωγής και του εγχυτήρα μεγαλύτερης χωρητικότητας μπορεί να οδηγήσει σε υψηλές εκπομπές ΑΣ.

Η χρήση λανθασμένων εξαρτημάτων κατά την επισκευή ή την ανακατασκευή μπορεί επίσης να οδηγήσει σε υψηλότερο καπνό σε ορισμένες περιπτώσεις, αλλά πιστεύεται ότι είναι σχετικά σπάνια. Πολύ φθαρμένοι κινητήρες με διαρροές οδηγούς βαλβίδων ή φθαρμένοι δακτύλιοι εμβόλου, είναι πιθανό να βρεθούν κοντά στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του κινητήρα.

Συστατικά	Επίδραση στις εκπομπές	Συχνότητα
Απόφραξη φίλτρου αέρα (βρώμικο)	Αυξημένα PM και CO μπορεί να αυξήσει σημαντικά το πλήρες γκάτζι	Η έκταση της απόφραξης ποικίλλει, αλλά είναι σχετικά συχνή
Φθορά Στροβιλοσυμπιεστή	Μπορεί να διαρρεύσει λάδι και να προκαλέσει αυξημένα ΑΣ και υδρογονάνθρακες	Μικρές διαρροές λαδιού είναι συχνές σε παλαιότερους κινητήρες
Βλάβη υπερσυμπιεστή	Η σημαντική ζημιά είναι καταστροφική, αλλά οι μικρές ζημιές έχουν μικρή επίδραση στις εκπομπές	Μικρά κόλπα στο turbo είναι κοινά

Εσωτερικές διαρροές Intercooler	Η επαγωγή ψυκτικού μπορεί να προκαλέσει λευκό καπνό	Σπάνιος
Intercooler - περιορισμένη ροή ψυκτικού	Η υψηλή θερμοκρασία φόρτισης αυξάνει τα PM και NOx	Αγνωστος
Χρονισμός βαλβίδων	Ο λανθασμένος χρονισμός βαλβίδων μπορεί να έχει μικρή επίδραση εκπομπών	Σπάνιος
Διαρροές βαλβίδων	Απώλεια συμπίεσης και υψηλή PM Ο κινητήρας είναι δύσκολο να ξεκινήσει	Σχετικά σπάνια, αυτοδιόρθωση λόγω κακής εκκίνησης
Ρύθμιση RPM οδηγού	Η αυξημένη ρύθμιση RPM μπορεί να αυξήσει τους υδρογονάνθρακες, CO και PM σε ορισμένα φορτηγά	Συχνές μεταξύ ανεξάρτητων φορτηγών (παραβίαση)
Μέγιστη ρύθμιση διακοπής καυσίμου	Αυξήθηκαν οι υδρογονάνθρακες, CO και PM σε πλήρη ταχύτητα	Σχετικά σπάνια, αλλά μπορεί να συμβεί σε ορισμένα μοντέλα κινητήρα (παραβίαση)
Ρύθμιση χρονισμού έγχυσης	Η πρόοδος προκαλεί αύξηση των NOx, επιβράδυνση των αυξημένων υδρογονανθράκων, CO και PM	Αγνωστος
Αναλογία ελέγχου καυσίμου - αέρα	Προκαλεί υπερβολικό PM κατά την επιτάχυνση	Συχνές μεταξύ ανεξάρτητων φορτηγών (παραβίαση)
Φθαρμένες οπές ψεκα	Αυξήστε τους	Εμφανίζεται σε παλαιότερα φ

σμού Injector	υδρογονάνθρακες, CO και PM	ορτηγά
έμφραξη Injector	Το ασύμμετρο σπρέι μπορεί να προκαλέσει αύξηση των υδρογονανθράκων, CO και PM	Εμφανίζεται σε παλαιότερα φ ορτηγά
ρωγμές στις άκρες του Injector	Υπερβολικό PM, αλλά είναι καταστροφικό για τον κινητήρα	Αγνωστος
Λανθασμένο μέγεθος Injector	Η επίδραση μπορεί να ποικίλει, αλλά οι υδρογονάνθρακες, CO και PM αυξάνονται με την αύξηση του μεγέθους του εγχυτήρα	Θα μπορούσε να είναι κοινό στην αντικατάσταση των εγχυτήρων
Φθαρμένα δαχτυλίδια εμβόλου	Υψηλή PM από χαμηλή συμπίεση / διαρροή λαδιού	Σχετικά σπάνια, καθώς το όχημα είναι δύσκολο να ξεκινήσει
Διαρροές στεγανοποιητικών βαλβίδων	Ο μπλε καπνός από την κατανάλωση λαδιού, οι υδρογονάνθρακες αυξήθηκαν	Αγνωστος
Βαλβίδα EGR - χαμηλή ροή EGR	Αυξημένες εκπομπές NOx	Αγνωστος
Βαλβίδα EGR - υπερβολική ροή EGR	Αυξημένες εκπομπές σωματιδίων και CO	Αγνωστος
Το φίλτρο σωματιδίων ντίζελ έχει υποστεί ζημιά	Αυξημένες εκπομπές CO και PM	Αγνωστος

Απόφραξη φίλτρου σωματιδίων ντίζελ	Μπορεί να έχει μικρή αισθητή επίδραση στις εκπομπές	Η σοβαρή απόφραξη θα μπορούσε να διορθωθεί μόνη της καθώς ο κινητήρας μπορεί να χάσει ισχύ
Βλάβη ή δυσλειτουργία μετεπεξεργασίας NOx	Αυξημένες εκπομπές NOx	Αγνωστος

Ρύθμιση χρονισμού έγχυσης

Αναλογία ελέγχου καυσίμου - αέρα

Φθαρμένες οπές ψεκασμού Injector

έμφραξη Injector

ρωγμές στις άκρες του Injector

Λανθασμένο μέγεθος Injector

Φθαρμένα δαχτυλίδια εμβόλου

Διαρροές στεγανοποιητικών βαλβίδων

Βαλβίδα EGR - χαμηλή ροή EGR

Βαλβίδα EGR - υπερβολική ροή EGR

Το φίλτρο σωματιδίων ντίζελ έχει υποστεί ζημιά

Απόφραξη φίλτρου σωματιδίων ντίζελ

Βλάβη ή δυσλειτουργία μετεπεξεργασίας NOx

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΝΤΙΖΕΛ

Στον σημερινό κόσμο, η προστασία του περιβάλλοντος έχει εξελιχθεί σε θέμα κεντρικού ενδιαφέροντος. Πολλοί οργανισμοί και οργανισμοί προσπαθούν να αποτρέψουν τις ζημιές στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία που προκαλούνται από αέρια θερμοκηπίου και εκπομπές ρύπων. Λόγω των αρνητικών επιπτώσεων των εκπομπών ντίζελ στην υγεία και το περιβάλλον, οι κυβερνήσεις πρότειναν τις απαιτήσεις για επιτρεπόμενα πρότυπα εκπομπών καυσαερίων. Η Ευρώπη έχει αναπτύξει πρότυπα Euro τα οποία συνεχώς μειώνονται από το 1993 με το Euro I σε Euro VI, αντίστοιχα. Ο πίνακας 1 δείχνει τα πρότυπα Euro για οχήματα M1 και M2, N1 και N2 όπως ορίζονται στην οδηγία 70/156 / ΕΚ με μάζα αναφοράς ≤ 2.610 kg. Τα όρια ορίζονται σε μάζα ανά ενέργεια (g / kWh) σε αυτόν τον πίνακα. Οι κανονισμοί στα πρότυπα Euro γίνονται σταδιακά πιο αυστηροί τα επόμενα χρόνια. Σε σύγκριση με το πρότυπο Euro I, το πρότυπο Euro VI για εκπομπές CO, HC, NO_x και PM μειώθηκε, αντίστοιχα, 66, 76, 95 και 98%. Η ημερομηνία εφαρμογής του προτύπου Euro VI για βαρέα οχήματα ήταν η 1η Σεπτεμβρίου 2014 (Delphi et al. 2012).

Πίνακας 1. Πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για βαρέα οχήματα (Delphi et al. 2012)

	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
Euro I	4.5	1.1	8.0	0.61
Euro II	4	1.1	7.0	0.15
Euro III	2.1	0.66	5.0	0.13
Euro IV	1.5	0.46	3.5	0.02
Euro V	1.5	0.46	2.0	0.02
Euro VI	1.5	0.13	0.4	0.01

Οι τιμές εκπομπών που ήταν πιο αυστηρές μέρα με τη μέρα υποχρέωσαν τους κατασκευαστές οχημάτων να εργαστούν για τη μείωση των εκπομπών ρύπων από τα οχήματα. Στις μελέτες που έχουν διεξαχθεί εδώ και δεκαετίες, έχουν επικεντρωθεί οι τροποποιήσεις του κινητήρα, τα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα ψεκασμού καυσίμου και οι ιδιότητες βελτίωσης των καυσίμων. Ωστόσο, αυτά τα μέτρα δεν κατάφεραν να επιτύχουν μείωση των εκπομπών που καθορίζεται από τα πρότυπα. Τα επιθυμητά επίπεδα εκπομπών μπορούν να επιτευχθούν μόνο μέσω συστημάτων ελέγχου εκπομπών μετεπεξεργασίας. Τα οχήματα είναι εξοπλισμένα με συστήματα ελέγχου εκπομπών για να πληρούν τα πραγματικά πρότυπα και απαιτήσεις εκπομπών. Με συστήματα ελέγχου εκπομπών, οι ρύποι από την εξάτμιση μπορούν να εξαλειφθούν μετά την έξοδο από τον κινητήρα, λίγο πριν εκπέμπεται στον αέρα (Prasad and Bella 2010; Bosch 2005).

Μεταξύ των συστημάτων ελέγχου εκπομπών των κινητήρων ντίζελ, οι περισσότερες έρευνες και μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τη μείωση των εκπομπών NOx επειδή η περιεκτικότητα σε NOx στα καυσαέρια του κινητήρα diesel έχει το υψηλότερο ποσοστό μεταξύ των εκπομπών ρύπων. Από τις μέχρι τώρα έρευνες, η ανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR), η παγίδα NOx (LNT) και η SCR είναι οι πιο εστιασμένες τεχνολογίες για την ουσιαστική εξάλειψη των εκπομπών NOx.

Στα συστήματα EGR, για τη μείωση των εκπομπών NOx, τα καυσαέρια επανακυκλοφορούν πίσω στον θάλαμο καύσης και αναμιγνύονται με καθαρό αέρα κατά τη διαδρομή εισαγωγής. Κατά συνέπεια, η απόδοση της καύσης επιδεινώνεται οδηγώντας στη μείωση της θερμοκρασίας καύσης που σημαίνει μείωση των σχηματισμών NOx. Η EGR διαθέτει μια ευρεία γκάμα σε οχήματα ντίζελ. Ωστόσο; Δεν μπορεί να επιτύχει μοναδικά υψηλή απόδοση μετατροπής NOx και μείωση που πληροί τα τρέχοντα πρότυπα εκπομπών για ειδικά βαρέα οχήματα. Επίσης, λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας στον κύλινδρο, αυτή η τεχνολογία δημιουργεί αύξηση των εκπομπών HC και CO. (Bauner et al. 2009).

Η τεχνολογία LNT, που ονομάζεται επίσης καταλύτης μείωσης NOx (NSR) ή καταλύτης προσρόφησης NOx (NAC), έχει αναπτυχθεί για τη μείωση των εκπομπών NOx, ιδίως υπό συνθήκες άπαχου. Σε συνθήκες άπαχου κινητήρα, το LNT αποθηκεύει NOx στο παλτό του καταλύτη. Στη συνέχεια, κάτω από τις συνθήκες του κινητήρα πλούσιου σε καύσιμα, απελευθερώνει και αντιδρά το NOx με τις

συνηθισμένες αντιδράσεις τριών κατευθύνσεων. Ο καταλύτης LNT αποτελείται κυρίως από τρία βασικά συστατικά. Αυτά τα συστατικά είναι ένας καταλύτης οξείδωσης (Pt), ένα περιβάλλον αποθήκευσης NOx (βάριο (Ba) και / ή άλλα οξειδία) και ένας καταλύτης αναγωγής (Rh). Στην τεχνολογία LNT, οι καταλύτες με βάση το λευκόχρυσο είναι οι πλέον χρησιμοποιούμενοι καταλύτες λόγω της μείωσης των NOx σε χαμηλή θερμοκρασία και σταθερότητα σε νερό και θείο.

Όπως η τεχνολογία EGR, οι τεχνολογίες LNT δεν επαρκούν για την επιθυμητή μείωση εκπομπών NOx. Εκτός από τις τεχνολογίες EGR και LNT, είναι δυνατόν να ανταποκριθούμε στα τρέχοντα πρότυπα εκπομπών με την τεχνολογία SCR. Έτσι, η τεχνολογία SCR είναι μια αξιολογούμενη πρόσφατη τεχνολογία που ενδιαφέρονται πολλοί ερευνητές.

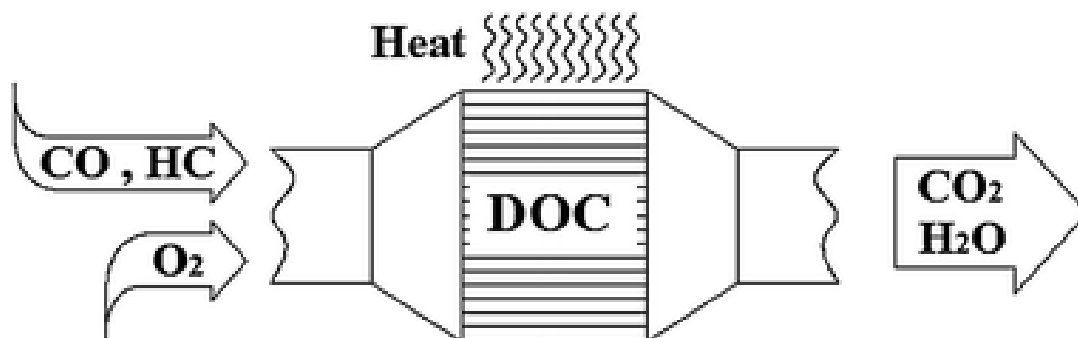
Σε αυτήν την ενότητα, εξηγούνται ιδιαίτερα τα συστήματα ελέγχου εκπομπών για κινητήρες ντίζελ. Λόγω της εκτεταμένης χρήσης τους. Τα συστήματα DOC, DPF και SCR ειδικά για κινητήρες ντίζελ βαρέως τύπου εξετάζονται ξεχωριστά.

4.1. Καταλύτης οξείδωσης ντίζελ (DOC)

Η κύρια λειτουργία των DOCs είναι η οξείδωση των εκπομπών HC και CO. Εκτός αυτού, τα DOC παίζουν ρόλο στη μείωση της μάζας των εκπομπών σωματιδίων ντίζελ με την οξείδωση μερικών από τους υδρογονάνθρακες που προσροφώνται στα σωματίδια άνθρακα (Chen and Schirmer 2003; Wang et al. 2008). Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν DOC σε συνδυασμό με καταλύτες SCR για την οξείδωση του NO σε NO₂ και την αύξηση της αναλογίας NO₂: NOx. Υπάρχουν τρεις κύριες αντιδράσεις που εμφανίζονται στα DOC (Zheng και Banerjee 2009).



Τα CO και HC οξειδώνονται για να σχηματίσουν CO₂ και H₂O [Εξ. (1), (2)] στο DOC (Σχ. 2). Τα καυσαέρια ντίζελ περιέχουν γενικά O₂, που κυμαίνονται από 2 έως 17% κατ' όγκο, το οποίο δεν αντιδρά με το καύσιμο στο θάλαμο καύσης. Αυτό το O₂ καταναλώνεται σταθερά στο DOC (Yu και Kim 2013).



Σχήμα 2. Καταλύτης οξείδωσης ντίζελ

Μια άλλη χημική αντίδραση που εμφανίζεται σε DOCs είναι η οξείδωση του NO για να σχηματίσει NO₂ όπως φαίνεται στο Εξ. (3). Η συγκέντρωση NO₂ στο NO_x είναι ζωτικής σημασίας για κατάντη συστατικά όπως DPF και SCR. Μια υψηλή συγκέντρωση NO₂ στο NO_x δημιουργεί αύξηση της αποτελεσματικότητας των DPF και SCR. Στα μη επεξεργασμένα καυσαέρια του κινητήρα, το εξάρτημα NO₂ στο NO_x είναι μόνο περίπου 10% στα περισσότερα σημεία λειτουργίας. Με τη λειτουργία του DOC, αυξάνεται ο ρυθμός NO₂: NO προκαλώντας θερμοδυναμική ισορροπία (Lee et al. 2008; Sampara et al. 2007).

Η θερμοκρασία είναι μια αποτελεσματική λειτουργία στην απόδοση DOC. Η αποτελεσματικότητα του DOC στην οξείδωση CO και HC μπορεί να παρατηρηθεί σε θερμοκρασίες πάνω από το "light-off" για την καταλυτική δραστηριότητα. Η θερμοκρασία απενεργοποίησης ορίζεται ως η θερμοκρασία όπου η αντίδραση ξεκινά σε καταλύτη και ποικίλλει ανάλογα με τη σύνθεση των καυσαερίων, την ταχύτητα ροής και τη σύνθεση του καταλύτη.

Το DOC μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως καταλυτικός θερμαντήρας. Η οξείδωση των εκπομπών CO και HC δημιουργεί απελευθέρωση θερμότητας. Αυτή η θερμότητα χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας καυσαερίων κατάντη του DOC. Η αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων υποστηρίζει την αναγέννηση DPF. Στο

DOC, η θερμοκρασία των καυσαερίων αυξάνεται περίπου πάνω από 90 ° C για κάθε όγκο οξείδωσης CO 1%. Δεδομένου ότι η αύξηση της θερμοκρασίας είναι πολύ γρήγορη, μια απότομη κλίση θερμοκρασίας ρυθμίζεται στο DOC. Η προκύπτουσα τάση στον κεραμικό φορέα και τον καταλυτικό μετατροπέα περιορίζεται στην επιτρεπόμενη αύξηση θερμοκρασίας περίπου 200-250 ° C (Bosch 2005).

Το DOC είναι συνήθως μια κυψελωτή δομή μονόλιθου κατασκευασμένη από κεραμικό ή μέταλλο. Εκτός από αυτήν τη δομή φορέα, αποτελείται από ένα μείγμα οξειδίου (πλύσιμο) που αποτελείται από οξείδιο του αργιλίου (Al₂O₃), οξείδιο του δημητρίου (CeO₂), οξείδιο του ζirkονίου (ZrO₂) και ενεργά καταλυτικά ευγενή μέταλλα όπως λευκόχρυσο (Pt), παλλάδιο (Pd), και ρόδιο (Rh). Η κύρια λειτουργία του πλυσίματος είναι να παρέχει μια μεγάλη επιφάνεια για το ευγενές μέταλλο και να επιβραδύνει τη σύντηξη καταλύτη που συμβαίνει σε υψηλές θερμοκρασίες, οδηγώντας σε μια μη αναστρέψιμη πτώση της δραστηριότητας του καταλύτη. Η ποσότητα ευγενών μετάλλων που χρησιμοποιείται για την επικάλυψη, η οποία συχνά αναφέρεται ως φόρτωση, καθορίζεται σε g/ ft³ Η φόρτωση είναι περίπου 50-90 g/ ft³. Επί του παρόντος, το DOC που περιέχει Pt και Pd χρησιμοποιείται πιο συχνά για την οξείδωση και πολλές μελέτες που διεξήχθησαν από ερευνητές επικεντρώθηκαν σε αυτούς τους καταλύτες με βάση πολύτιμα μέταλλα (Kollı et al. 2010; Kim et al. 2003; Wiebenga et al. 2012; Wang et al. 2008 · Haneda et al. 2011).

Οι κύριες ιδιότητες στην επιλογή των DOC είναι η θερμοκρασία απενεργοποίησης, η απόδοση μετατροπής, η σταθερότητα θερμοκρασίας και η ανοχή στο δηλητηρίαση και το κόστος κατασκευής. Ωστόσο, οι παράμετροι όπως η πυκνότητα καναλιών (καθορίζονται σε cpsi (κανάλια ανά τετραγωνική ίντσα)), το πάχος τοιχώματος των μεμονωμένων καναλιών και οι εξωτερικές διαστάσεις του μετατροπέα (εμβαδόν και μήκος διατομής) έχουν σημαντικό ρόλο στις ιδιότητες των DOC. Η πυκνότητα καναλιών και το πάχος τοιχώματος καθορίζουν την απόκριση θερμότητας, την αντίθλιψη καυσαερίων και τη μηχανική σταθερότητα του καταλυτικού μετατροπέα (Zervas 2008).

Ο όγκος του DOC (V_c) ορίζεται ως ένας παράγοντας ογκομετρικής ροής καυσαερίων, ο οποίος είναι ο ίδιος ανάλογος με τον όγκο σάρωσης (V_s) του κινητήρα. Τα τυπικά σχέδια σχεδίασης για ένα DOC είναι V_c / V_s = 0,6-0,8. Ο λόγος της ογκομετρικής ροής καυσαερίων [V_f (m³ / h)] προς τον όγκο του καταλύτη [V_c

(m³)] ονομάζεται ταχύτητα χώρου [SV (h⁻¹)]. Οι τυπικές τιμές του SV για έναν καταλύτη οξείδωσης είναι 150.000-250.000 h⁻¹ (Bosch 2005).

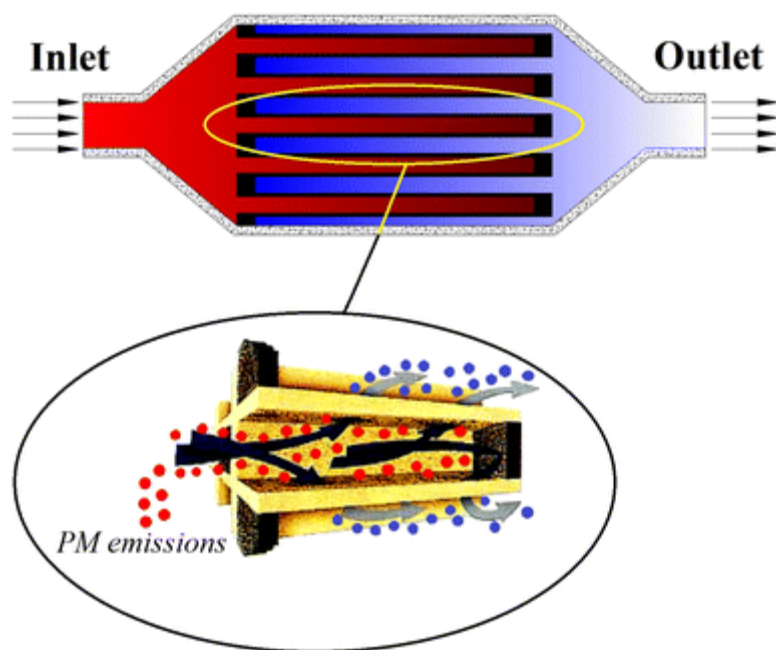
Από την πρώτη εισαγωγή στη δεκαετία του 1970, τα DOC παραμένουν βασική τεχνολογία για τους κινητήρες ντίζελ μέχρι σήμερα (Wang et al. 2008). Όλοι οι νέοι πετρελαιοκινητήρες που είναι τοποθετημένοι σε επιβατικά αυτοκίνητα, ελαφρά και βαρέα οχήματα ντίζελ είναι πλέον εξοπλισμένοι με DOC. Οι μειώσεις των εκπομπών από τη χρήση DOC εκτιμάται ότι είναι περίπου 60-90% για τα HC και το CO.

Τα DOC είναι τα προτιμώμενα συστήματα ελέγχου εκπομπών όχι μόνο για βαρέα οχήματα αλλά και για ελαφρά οχήματα, σε πολλές χώρες όπως η Ευρώπη, οι ΗΠΑ και η Ιαπωνία. Οι καταλύτες οξείδωσης που περιέχουν Pt και Pd είναι οι πιο δημοφιλείς καταλύτες στην παγκόσμια αγορά. Ένα από τα μεγάλα προβλήματα αυτών των πολύτιμων καταλυτών είναι ότι φέρουν αντίδραση του SO₂ στο SO₃ που κατά συνέπεια αντιδρά με νερό και παράγει μορφές θεικών και θεικού οξέος. Αυτές οι μορφές έχουν αρκετά επιβλαβείς επιπτώσεις, όπως βλάβη στα συστήματα ελέγχου εκπομπών μετεπεξεργασίας, καθώς και πρόκληση αρκετών περιβαλλοντικών και υγειονομικών προβλημάτων. Δεν υπάρχει τεχνολογία για την πρόληψη και την εξάλειψη αυτών των μορφών. Αν και το ULSD χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες παγκοσμίως, το πρόβλημα δεν μπορούσε να λυθεί πλήρως. Η χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως το βιοντίζελ, η μεθυλική αλκοόλη κ.λπ., μπορεί να μειώσει πλήρως ή να εξαλείψει αυτόν τον ρύπο. Εκτός αυτού, είναι δυνατόν να αυξηθεί η αποδοτικότητα μετατροπής του DOC χρησιμοποιώντας εναλλακτικά καύσιμα (Zhu et al. 2013).

4.2. Φίλτρο σωματιδίων ντίζελ (DPF)

Τα DPF εφαρμόζονται στην παραγωγή οχημάτων από το 2000. Χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των εκπομπών PM από τα καυσαέρια με φυσική διήθηση και συνήθως φτιαγμένα είτε από κορδονίτη (2MgO-2Al₂O₃-5SiO₂) είτε από μονολιθική δομή κυψέλης καρβιδίου πυριτίου (SiC) με τα κανάλια μπλοκαρισμένα σε εναλλακτικά άκρα. Τα συνδεδεμένα κανάλια σε κάθε άκρο ωθούν τα σωματίδια ντίζελ μέσω των πορωδών τοιχωμάτων υποστρώματος, τα οποία δρουν ως μηχανικό φίλτρο (Εικ. 3). Καθώς τα σωματίδια αιθάλης περνούν από τα τοιχώματα,

μεταφέρονται στα τοιχώματα των πόρων με διάχυση όπου προσκολλώνται. Αυτό το φίλτρο έχει ένα μεγάλο παράλληλο κυρίως τετράγωνο κανάλι. Το πάχος των τοιχωμάτων των καναλιών είναι συνήθως 300-400 μm . Το μέγεθος των καναλιών καθορίζεται από την πυκνότητα των κυττάρων τους (Τυπική τιμή: 100-300 cpsi) (Kuki et al. 2004; Ohno et al. 2002; Tsuneyoshi and Yamamoto 2012).



Εικόνα 5. Διήθηση DPF

Τα τοιχώματα του φίλτρου έχουν σχεδιαστεί ώστε να έχουν το βέλτιστο πορώδες, επιτρέποντας στα καυσαέρια να περνούν από τα τοιχώματά τους χωρίς πολλά εμπόδια, ενώ είναι αρκετά αδιαπέραστα για τη συλλογή των σωματιδίων. Καθώς το φίλτρο γίνεται όλο και περισσότερο κορεσμένο με αιθάλη, σχηματίζεται ένα στρώμα αιθάλης στην επιφάνεια των τοιχωμάτων του καναλιού. Αυτό παρέχει πολύ αποτελεσματική επιφανειακή διήθηση για την ακόλουθη φάση λειτουργίας. Ωστόσο, πρέπει να αποφευχθεί ο υπερβολικός κορεσμός. Καθώς τα φίλτρα συσσωρεύουν PM, αυξάνει την αντίθλιψη που έχει πολλά αρνητικά αποτελέσματα, όπως αυξημένη κατανάλωση καυσίμου, αστοχία κινητήρα και πίεση στο φίλτρο. Για να αποφευχθούν αυτές οι αρνητικές επιπτώσεις, το DPF πρέπει να αναγεννηθεί καίγοντας παγιδευμένο PM.

Στη συνέχεια, υπάρχουν δύο τύποι διαδικασιών αναγέννησης των DPF που συνήθως αναφέρονται ως ενεργή αναγέννηση και παθητική αναγέννηση. Η ενεργός

αναγέννηση μπορεί να εφαρμόζεται περιοδικά σε DPFs στα οποία η παγιδευμένη αιθάλη απομακρύνεται μέσω ελεγχόμενης οξείδωσης με O₂ στους 550 ° C ή υψηλότερες θερμοκρασίες (Jeguirim et al. 2005). Σε μια ενεργή αναγέννηση του DPF, το PM οξειδώνεται περιοδικά από θερμότητα που παρέχεται από εξωτερικές πηγές, όπως ηλεκτρικό θερμαντήρα ή καυστήρα με βάση τη φλόγα. Η καύση των PM, που συλλαμβάνεται στο φίλτρο, πραγματοποιείται μόλις η φόρτωση της αιθάλης στο φίλτρο φτάσει σε ένα καθορισμένο όριο (περίπου 45%) που υποδεικνύεται από πτώση πίεσης σε όλο το DPF.

Η υψηλότερη θερμοκρασία αναγέννησης και η μεγάλη ποσότητα ενέργειας για παροχή θερμότητας είναι σοβαρά προβλήματα για την ενεργό αναγέννηση. Ενώ οι θερμοκρασίες τόσο υψηλές όσο το σημείο τήξης του φίλτρου προκαλούν αστοχία του DPF, η ανάγκη ενέργειας για θέρμανση αυξάνει το κόστος παραγωγής του συστήματος λόγω σύνθετων συμπληρωμάτων. Αυτά τα αρνητικά αποτελέσματα θεωρούν ότι η ενεργός αναγέννηση δεν προτιμάται.

Σε αντίθεση με την ενεργή αναγέννηση, στην παθητική αναγέννηση του DPF, η οξείδωση των PM συμβαίνει στη θερμοκρασία των καυσαερίων με καταλυτική καύση που προωθείται με την απόθεση κατάλληλων καταλυτών μέσα στην ίδια την παγίδα. Το PM οξειδώνεται από μια συνεχιζόμενη διαδικασία καταλυτικής αντίδρασης που δεν χρησιμοποιεί επιπλέον καύσιμο. Κάτω από θερμοκρασίες μεταξύ 200 και 450 ° C, μικρές ποσότητες NO₂ θα προάγουν τη συνεχή οξείδωση των εναποτιθέμενων σωματιδίων άνθρακα. Αυτή είναι η βάση της συνεχώς αναγεννημένης παγίδας (CRT) που χρησιμοποιεί συνεχώς NO₂ για οξείδωση αιθάλης σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με DPF (York et al. 2007, Allansson et al. 2002).

Στην παθητική αναγέννηση, ολόκληρη η διαδικασία είναι πολύ απλή, αθόρυβη και αποτελεσματική και με εξοικονόμηση καυσίμου, δηλαδή, ούτε ο χειριστής του οχήματος ούτε το σύστημα διαχείρισης κινητήρα του οχήματος πρέπει να κάνουν τίποτα για να προκαλέσουν την αναγέννηση του DPF. Σε αυτήν τη διαδικασία γενικά, ένα φίλτρο καρβιδίου πυριτίου ροής τοιχώματος χρησιμοποιείται με DOC, εξελιγμένο σύστημα διαχείρισης κινητήρα και αισθητήρες. Το DOC ανάντη του DPF αυξάνει την αναλογία NO₂ προς NO στα καυσαέρια και μειώνει τη θερμοκρασία καύσης των PM.

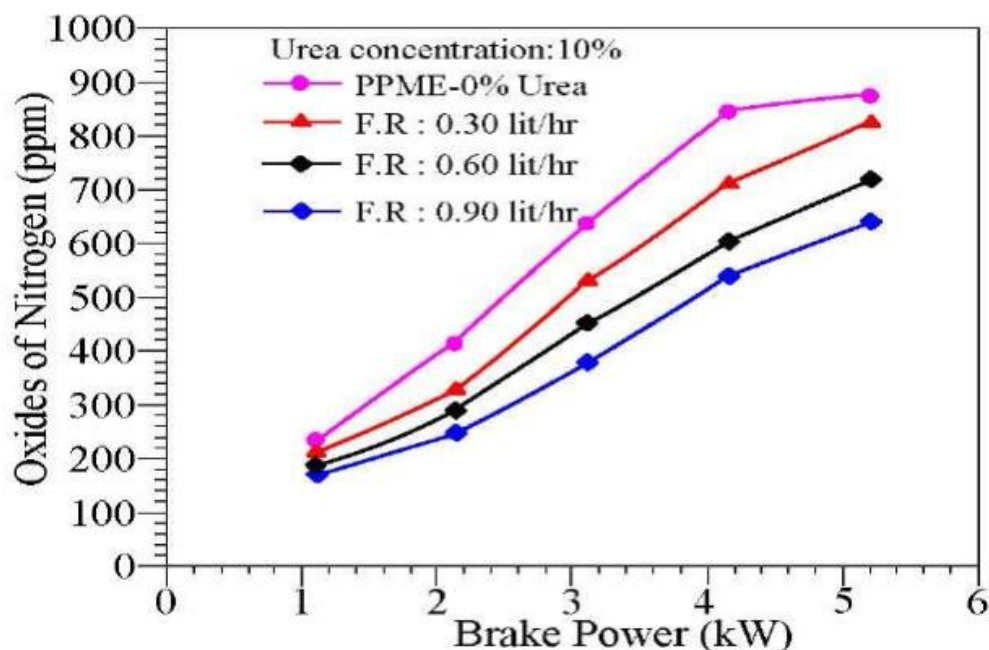
Το NO₂ παρέχει ένα πιο αποτελεσματικό οξειδωτικό από το οξυγόνο και έτσι παρέχει τη βέλτιστη απόδοση παθητικής αναγέννησης (Johansen et al. 2007).

Το φίλτρο SiC ροής τοίχου είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα φίλτρα ως DPF παγκοσμίως. Δεδομένου ότι η αναγέννηση συμβαίνει σε υψηλές θερμοκρασίες εξάτμισης, το DOC πρέπει να χρησιμοποιηθεί ανάντη αυτό το φίλτρο. Τα καταλυμένα DPF (CDPF) που περιέχουν τη σύνθεση DOC στο ίδιο το DPF μπορούν να εξαλείψουν αυτήν την υποχρέωση. Σε αυτό το σύστημα, δεν υπάρχει κανένα DOC ή κανένα σύστημα μετεπεξεργασίας ανάντη DPF και όλες οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στο CDPF. Το CDPF στο οποίο το Pt χρησιμοποιείται ως καταλύτης έχει την ίδια απόδοση μετατροπής σε σύγκριση με το φίλτρο SiC ροής τοιχώματος. Με CDPFs, η θερμοκρασία οξείδωσης της αιθάλης μπορεί να μειωθεί. Εκτός από την οξείδωση που συμβαίνει στο DPF μπορεί να πραγματοποιηθεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, ο ρυθμός μετατροπής μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω χρησιμοποιώντας βιοντίζελ ή πρόσθετα καυσίμου (Lamharess et al. 2011). Αν και η αναγέννηση είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα για τα DPF, σήμερα πολλές μελέτες και έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για την επίλυση αυτού του προβλήματος και τη μείωση των θερμοκρασιών οξείδωσης των αιθάλης.

4.3. Επιλεκτική καταλυτική μείωση (SCR)

Το SCR είναι μια άλλη τεχνολογία για τη μείωση των εκπομπών NO_x και ειδικά βελτιωμένη για οχήματα υψηλής χρήσης. Λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας εξάτμισης, δεν έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για ελαφρά οχήματα. Αλλά σήμερα, αναπτύσσεται για ελαφριά επιβατικά οχήματα και μερικοί κατασκευαστές ελαφρών οχημάτων όπως η Audi χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία στο αυτοκίνητό τους. Το SCR χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών NO_x στα καυσαέρια για να χρησιμοποιήσει την αμμωνία (NH₃) ως αναγωγικό (Biswas et al. 2009). Το νερό και το N₂ απελευθερώνονται ως αποτέλεσμα της καταλυτικής μετατροπής των NO_x στα καυσαέρια. Λόγω των τοξικών επιδράσεων του NH₃ και για να αποφευχθεί η καύση του NH₃ στη ζεστή ατμόσφαιρα πριν από την αντίδραση, το NH₃ παρέχεται από ένα υδατικό διάλυμα ουρίας (Moreno-Tost et al. 2008; Hamada and Haneda

2012). Αυτό το διάλυμα λαμβάνεται με ανάμιξη 33% ουρίας (NH₂)₂CO και 67% καθαρού νερού κατά μάζα.



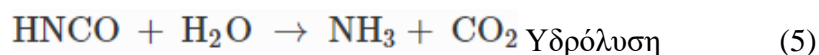
(NO_x) Emission v/s Brake power with 10% urea solution with

Εικόνα 6. Μείωση NO_x από την χρήση έγχυσης ουρίας

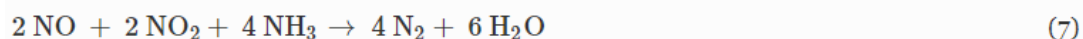
Προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή απόδοση, η ποσότητα του NH₃ που είναι αποθηκευμένη στον καταλύτη SCR πρέπει να ελέγχεται όσο το δυνατόν υψηλότερα. Ωστόσο, η υψηλή αποθήκευση NH₃ μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητη αμμωνία. Η ολίσθηση αμμωνίας γενικά αποφεύγεται ή ελαχιστοποιείται με την ακριβή ένεση ουρίας με βάση την απαιτούμενη αμμωνία (Majewski and Khair 2006). Με ψεκασμό διαλύματος σε καυσαέρια, ως αποτέλεσμα της εξάτμισης καθαρού νερού, τα σωματίδια στερεάς ουρίας αρχίζουν να λιώνουν και λαμβάνει χώρα θερμόλυση όπως φαίνεται στην Εξ. (4) (Koebel et al. 2000; Yim et al. 2004).

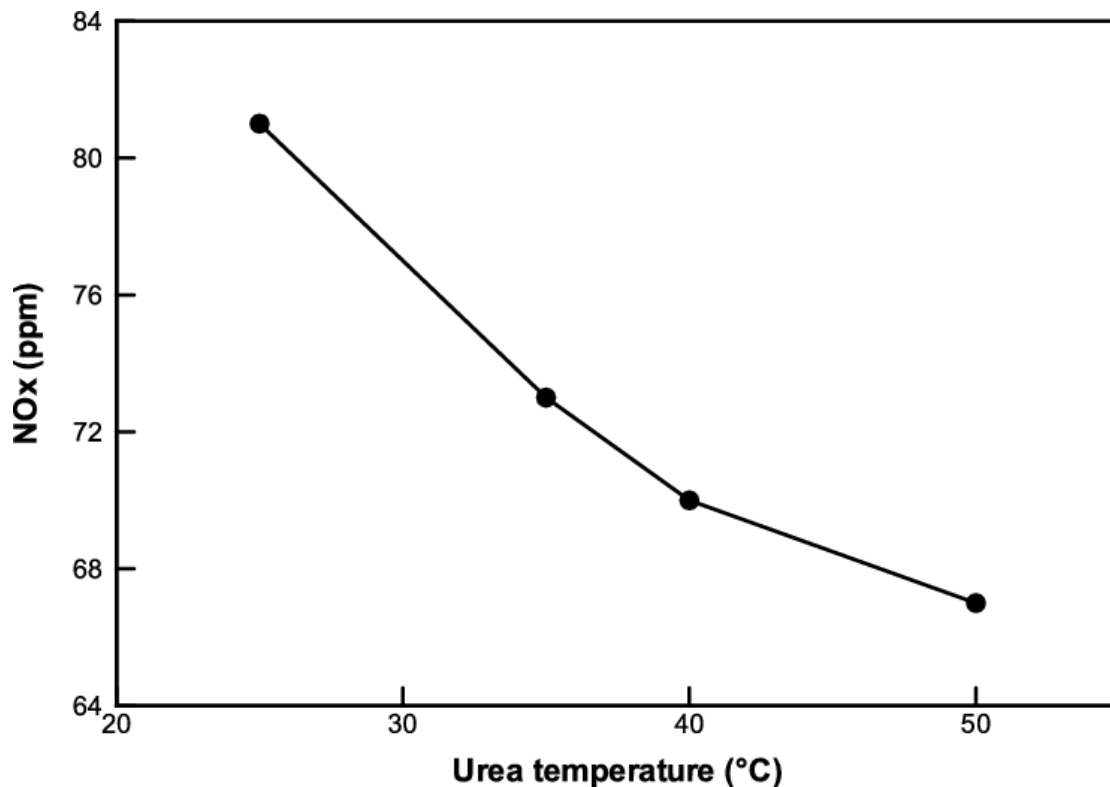


Το NH₃ και το ισοκυανικό οξύ σχηματίζονται σε αντίδραση θερμόλυσης. Το NH₃ συμμετέχει στις αντιδράσεις του καταλύτη SCR, ενώ το ισοκυανικό οξύ μετατρέπεται με νερό σε αντίδραση υδρόλυσης (Koebel et al. 2000). Περαιτέρω NH₃ παράγεται με αυτήν την υδρόλυση [Εξ. (5)].



Οι αντιδράσεις θερμόλυσης και υδρόλυσης εμφανίζονται πιο γρήγορα από τις αντιδράσεις SCR. Δύο μόρια αμμωνίας παράγονται σε μια μοριακή ουρία με αντιδράσεις θερμόλυσης και υδρόλυσης (Chi και DaCosta 2005). Η αποτελεσματικότητα των αντιδράσεων για την παραγωγή NH_3 από την ουρία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία των καυσαερίων. Ενώ η θερμοκρασία τήξης της ουρίας είναι 133°C , υποδεικνύεται σε διάφορες έρευνες ότι η θερμόλυση ξεκινά στους $143, 152, 160^\circ \text{C}$ (Linde 2007; Oh et al. 2004; Sun et al. 2001; Schaber et al. 2004; Calabrese et al. 2000). Αν και η μετατροπή υδατικού διαλύματος ουρίας σε NH_3 ξεκινά τη στιγμή του ψεκασμού του εγχυτήρα, η πλήρης μετατροπή δεν ολοκληρώνεται με την είσοδο του καταλύτη. Το ήμισυ της συνολικής ποσότητας αποσύνθεσης ουρίας σε NH_3 λαμβάνεται μέχρι την είσοδο του καταλύτη. Έτσι, η απόδοση μετατροπής είναι θεωρητικά 50% στην είσοδο του καταλύτη. Ωστόσο, η εφαρμογή της αντίδρασης υδρόλυσης στην αέρια φάση πριν από την είσοδο του καταλύτη αυξάνει την απόδοση μετατροπής λόγω της θερμοκρασίας εξάτμισης (Koebel et al. 2000; Chi and DaCosta 2005). Μετά τη θερμόλυση και την υδρόλυση, οι χημικές αντιδράσεις που εμφανίζονται στον καταλύτη SCR παρουσιάζονται παρακάτω.



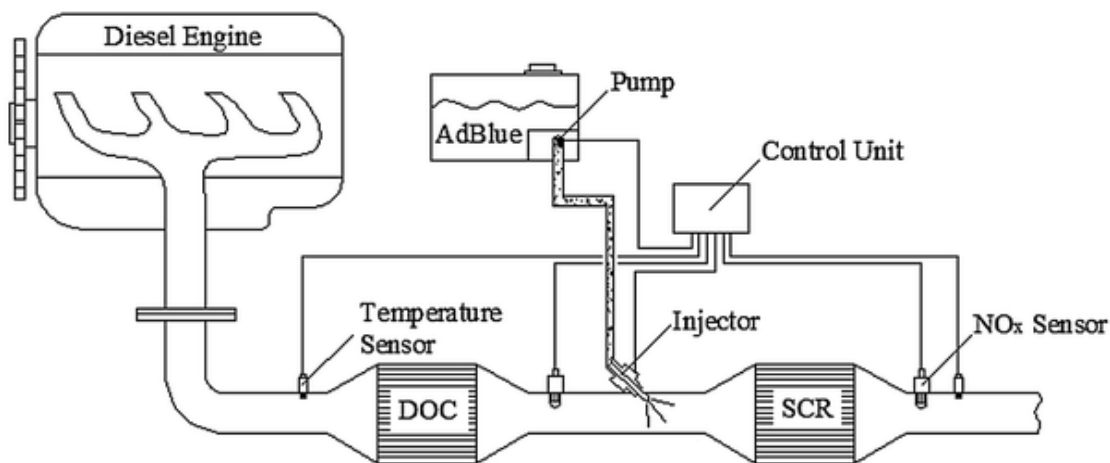


Εικόνα 7. Επίδραση της θερμοκρασίας έγχυσης ουρίας στις εκπομπές NOx

Ο ρυθμός των αντιδράσεων SCR μπορεί να αναφέρεται ως "7> 6> 8". Ο ρυθμός αντίδρασης σε Εξ. (7) είναι υψηλότερη από τις άλλες αντιδράσεις. Η αντίδραση της Εξ. (6) πραγματοποιείται ελλείψει οξειδωτικού καταλύτη πριν από τον καταλύτη SCR, δηλαδή εκπομπών NOx υπό τη μορφή NO. Σε περίπτωση χρήσης DOC με μεγάλο μέγεθος και χωρητικότητα πριν από τον καταλύτη SCR, οι εκπομπές NOx γίνονται με τη μορφή NO και η αντίδραση της Εξ. (8) λαμβάνει χώρα. Επομένως, ο ρυθμός αντίδρασης μειώνεται και πραγματοποιείται μείωση της αποτελεσματικότητας μετατροπής των εκπομπών NOx. Η αντίδραση της Εξ. (7) θα πραγματοποιηθεί εάν βελτιστοποιηθεί το μέγεθος και η ποσότητα φόρτωσης του καταλύτη οξείδωσης. Λόγω του υψηλού ρυθμού αντίδρασης, η μετατροπή των εκπομπών NOx πραγματοποιείται αποτελεσματικά. Ο λόγος 1: 1 του NO: NO2 δείχνει τη μέγιστη απόδοση του SCR. Για αυτόν τον λόγο, είναι απαραίτητο να οριστεί ένας λόγος NO: NO2 περίπου 1: 1 (Sluder et al. 2005; Devarakonda et al. 2008; Shost et al. 2008).

Το σχήμα 6 δείχνει ένα τυπικό σύστημα SCR με DOC. Οι καταλύτες με βάση το ζεόλιθο και το βανάδιο χρησιμοποιούνται σε συστήματα SCR. Η θερμοκρασία έχει χαρακτηριστικό ρόλο στην επιλογή καταλύτη. Ενώ ο χαλκός-ζεόλιθος έχει την

καλύτερη απόδοση χαμηλής θερμοκρασίας, ο σίδηρος-ζεόλιθος έχει την καλύτερη απόδοση υψηλής θερμοκρασίας (Hamada και Haneda 2012).



Εικόνα 8. Τυπικό σύστημα SCR με DOC

Το σύστημα SCR μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασία μεταξύ 200 και 600 °C. Οι αντιδράσεις ξεκινούν γενικά στους 200 °C και η μέγιστη απόδοση μετατροπής επιτυγχάνεται στους 350 °C (Way et al. 2009). Οι θερμοκρασίες κάτω των 200 °C προκαλούν κυανιούχο οξύ, διουρία, μελαμίνη, αμελίδιο και αμελίνη λόγω αντιδράσεων αποσύνθεσης του διαλύματος ουρίας. Αυτά τα εξαρτήματα μπορούν να συσσωρευτούν στον τοίχο του σωλήνα εξαγωγής και να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα (Schaber et al. 2004). Για την αποφυγή αυτών των σχηματισμών, ο ψεκασμός του διαλύματος ουρίας ξεκινά σε θερμοκρασία καυσαερίων πάνω από 200 °C. Εκτός αυτού, οι θερμοκρασίες άνω των 600 °C προκαλούν το NH₃ να καεί πριν αντιδράσει με τις εκπομπές NO_x.

Η ποιότητα και η ανάμιξη της ένεσης ουρίας είναι πολύπλοκες και εξαιρετικά σημαντικές. Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες για τον προσδιορισμό της επίδρασης της ποιότητας σταγονιδίων ουρίας στην αποτελεσματικότητα μετατροπής. Δείχνει ότι η ένεση ουρίας είναι μια σημαντική παράμετρος στην αποδοτικότητα μετατροπής. Μπορεί να επηρεάσει την απόδοση μετατροπής έως και 10%.

Αν και πολλές αμίνες (μεθυλαμίνη, αιθυλαμίνη, προπυλαμίνη και βουτυλαμίνη) έχουν δοκιμαστεί ως ενέσιμο διάλυμα, κανείς δεν θα μπορούσε να επιτύχει την αποτελεσματικότητα του διαλύματος ουρίας που ονομάζεται AdBlue σε αγορές

παγκοσμίως (Stanciulescu et al. 2010). Άλλα αναγωγικά, επίσης, υποβλήθηκαν σε διαλογή για αντικατάσταση της αμμωνίας.

Σε εφαρμογές SCR, οι υδρογονάνθρακες (HC) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναγωγικοί αντί αμμωνίας ή ουρίας. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως υδρογονάνθρακας SCR (HC-SCR), και έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες σχετικά με αυτήν τη μέθοδο. Λόγω της ύπαρξης υδρογονανθράκων στα καυσαέρια (παθητική λειτουργία) ή στο ίδιο το εγχυόμενο καύσιμο (ενεργός τρόπος), είναι σχετικά απλό να το εφαρμόσετε στα επιβατικά οχήματα. Στους κινητήρες ντίζελ, το πρωτεύον HC είναι καύσιμο ντίζελ, αλλά άλλα HC όπως η αιθανόλη, η ακετόνη και η προπανόλη μπορούν να εγχυθούν στη ροή των καυσαερίων για να βοηθήσουν στη μείωση των NO_x. Ο καταλύτης Ag-Al₂O₃ είναι ο πιο υποσχόμενος καταλύτης για HC-SCR.

Σε σύγκριση με τις λύσεις ελέγχου εκπομπών (EGR, LNT και SCR) για τη μείωση των εκπομπών NO_x, έχει δείξει γενικά ότι το SCR έχει την υψηλή απόδοση στη μετατροπή NO_x. Σε αντίθεση με την τεχνολογία LNT, το SCR αφαιρεί συνεχώς το NO_x μέσω του ενεργού αναγωγικού στην επιφάνεια του καταλύτη. Διαφορετικά, το LNT έχει μεγάλο παράθυρο θερμοκρασίας λειτουργίας και χαμηλότερη θερμοκρασία αποθείωσης. Επειδή οδηγεί σε αύξηση των εκπομπών HC και CO και χαμηλή απόδοση μετατροπής NO_x σε σύγκριση με τα SCR και LNT, το EGR υστερεί. Σε πολλές εφαρμογές, αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συνδυασμός για την αύξηση της αποδοτικότητας μετατροπής NO_x (Xu και McCabe 2012; Lopez et al. 2009).

Με όλες τις άλλες προηγμένες συσκευές μετεπεξεργασίας, η περιεκτικότητα σε θείο στο καύσιμο καύσης είναι ένα σημαντικό πρόβλημα για τον καταλύτη SCR. Οι τεχνολογίες μετεπεξεργασίας είναι τόσο ευαίσθητες στην περιεκτικότητα σε θείο στο καύσιμο. Η περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου ντίζελ περιλαμβάνεται στους καταλύτες και αρχίζει να συσσωρεύεται στις ενεργές θέσεις του καταλύτη, γεγονός που μειώνει την καταλυτική δραστηριότητα. Αν και τα θειικά άλατα μπορούν να αποσυντεθούν θερμικά, απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες (> 600 ° C) για την αποθείωση υπό πλούσιες συνθήκες. Εναλλακτικά καύσιμα και πρόσθετα καυσίμων έχουν χρησιμοποιηθεί για την αποτροπή της επίδρασης των θείου στις συσκευές μετεπεξεργασίας. Είναι δυνατή η αύξηση της αποτελεσματικότητας μείωσης των

εκπομπών των συστημάτων μετεπεξεργασίας με καύσιμα που δεν περιέχουν θείο. Ειδικά το βιοντίζελ είναι το πιο χρησιμοποιημένο εναλλακτικό καύσιμο για την πρόληψη της ζημίας του θείου και έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες σχετικά με τη χρήση του βιοντίζελ ως εναλλακτικού καυσίμου για το ντίζελ (Ng et al. 2010)

4.4. Ανακυκλοφορία καυσαερίων

Σε κινητήρες εσωτερικής καύσης, η ανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR) είναι μια τεχνική μείωσης εκπομπών οξειδίου του αζώτου (NOx) που χρησιμοποιείται σε κινητήρες βενζίνης / βενζίνης και ντίζελ. Το EGR λειτουργεί επανακυκλοφορώντας ένα μέρος των καυσαερίων ενός κινητήρα πίσω στους κυλίνδρους του κινητήρα. Αυτό αραιώνει το O₂ στο ρεύμα εισερχόμενου αέρα και παρέχει αέρια αδρανή στην καύση για να ενεργούν ως απορροφητικά της θερμότητας καύσης για να μειώσουν τις μέγιστες θερμοκρασίες εντός του κυλίνδρου. Το NOx παράγεται σε μείγματα υψηλής θερμοκρασίας ατμοσφαιρικού αζώτου και οξυγόνου που εμφανίζονται στον κύλινδρο καύσης, και αυτό συμβαίνει συνήθως σε πίεση αιχμής κυλίνδρου. Ένα άλλο κύριο πλεονέκτημα των εξωτερικών βαλβίδων EGR σε έναν κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα είναι η αύξηση της απόδοσης, καθώς η αραιώση φορτίου επιτρέπει μεγαλύτερη θέση πεταλούδας και μειώνει τις σχετικές απώλειες άντλησης.

Σε έναν βενζινοκινητήρα, αυτή η αδρανής εξάτμιση αντικαθιστά κάποια ποσότητα καύσιμου φορτίου στον κύλινδρο, μειώνοντας αποτελεσματικά την ποσότητα φόρτισης που διατίθεται για καύση χωρίς να επηρεάζεται η αναλογία αέρα-καυσίμου. Σε έναν κινητήρα ντίζελ, τα καυσαέρια αντικαθιστούν μέρος της περίσσειας οξυγόνου στο μείγμα προ-καύσης. Επειδή το NOx σχηματίζεται κυρίως όταν ένα μείγμα αζώτου και οξυγόνου υποβάλλεται σε υψηλή θερμοκρασία, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες θαλάμου καύσης που προκαλούνται από EGR μειώνουν την ποσότητα NOx που παράγει η καύση. Τα αέρια που εισάγονται εκ νέου από τα συστήματα EGR θα περιέχουν επίσης συγκεντρώσεις NOx και CO σχεδόν ισοσκελισμένη. Το μικρό κλάσμα αρχικά εντός του θαλάμου καύσης αναστέλλει τη συνολική καθαρή παραγωγή αυτών και άλλων ρύπων κατά τη δειγματοληψία με μέσο χρόνο. Οι χημικές ιδιότητες διαφορετικών καυσίμων περιορίζουν το ποσό EGR που μπορεί να

χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, η μεθανόλη είναι πιο ανεκτική στο EGR από τη βενζίνη.

Τα πρώτα συστήματα EGR ήταν πολύ γενικευμένης χρήσης. Ορισμένα ήταν τόσο απλά. Προέκυψε δύσκολη εκκίνηση, τραχύ ρελαντί και μειωμένη απόδοση και οικονομία καυσίμου. Έως το 1973, μια βαλβίδα EGR ελεγχόμενη με πολλαπλό κενό άνοιξε ή έκλεισε για να εισάγει εξάτμιση στην οδό εισαγωγής μόνο υπό ορισμένες συνθήκες. Τα συστήματα ελέγχου έγιναν πιο εξελιγμένα καθώς οι αυτοκινητοβιομηχανίες απέκτησαν εμπειρία. Το σύστημα "Ανακυκλοφορία καυσαερίων ελεγχόμενου ψυκτικού υγρού" της Volkswagen του 1973 επεσήμανε αυτήν την εξέλιξη: ένας αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού εμποδίζει το κενό στη βαλβίδα EGR μέχρι ο κινητήρας να φτάσει στην κανονική θερμοκρασία λειτουργίας. Αυτό απέτρεψε προβλήματα οδήγησης λόγω περιττής επαγωγής καυσαερίων. Οι μορφές NOx υπό συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας γενικά δεν υπάρχουν με ψυχρό κινητήρα. Επιπλέον, η βαλβίδα EGR ελέγχθηκε, εν μέρει, με κενό από το βεντούρι του καρμπυρατέρ, το οποίο επέτρεψε ακριβέστερο περιορισμό της ροής EGR μόνο σε εκείνες τις συνθήκες φορτίου κινητήρα υπό τις οποίες είναι πιθανό να σχηματιστεί NOx. Αργότερα, προστέθηκαν μετατροπείς αντίστροφης πίεσης στον έλεγχο βαλβίδας EGR για περαιτέρω προσαρμογή της ροής EGR στις συνθήκες φορτίου κινητήρα. Οι περισσότεροι σύγχρονοι κινητήρες χρειάζονται τώρα ανακυκλοφορία καυσαερίων για να πληρούν τα πρότυπα εκπομπών. Ωστόσο, πρόσφατες καινοτομίες οδήγησαν στην ανάπτυξη κινητήρων που δεν τους απαιτούν. Ο κινητήρας 3.6 Chrysler Pentastar είναι ένα παράδειγμα που δεν απαιτεί EGR.

Τα καυσαέρια, που προστίθενται στα προϊόντα καυσίμου, οξυγόνου και καύσης, αυξάνουν την ειδική θερμική ικανότητα των περιεχομένων του κυλίνδρου, η οποία μειώνει την αδιαβατική θερμοκρασία φλόγας.

Σε έναν τυπικό κινητήρα με ανάφλεξη με σπινθήρα (SI), το 5% έως το 15% των καυσαερίων επιστρέφει στην εισαγωγή ως EGR. Η μέγιστη ποσότητα περιορίζεται από την ανάγκη του μείγματος να διατηρεί ένα συνεχές μέτωπο φλόγας κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης καύσης. Η υπερβολική EGR σε κακώς διαμορφωμένες εφαρμογές μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιές και μερικά εγκαύματα. Αν και το EGR κάνει μετρίως αργή καύση, αυτό μπορεί σε μεγάλο βαθμό να αντισταθμιστεί με την προώθηση του χρονισμού σπινθήρων. Ο αντίκτυπος του EGR στην απόδοση του

κινητήρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον συγκεκριμένο σχεδιασμό του κινητήρα και μερικές φορές οδηγεί σε συμβιβασμό μεταξύ της απόδοσης και των εκπομπών NOx. Ένα σωστά λειτουργικό EGR μπορεί θεωρητικά να αυξήσει την απόδοση των βενζινοκινητήρων μέσω διάφορων μηχανισμών:

Μειωμένες απώλειες. Η προσθήκη αδρανών καυσαερίων στο σύστημα εισαγωγής σημαίνει ότι για μια δεδομένη έξοδο ισχύος, η πλάκα πεταλούδας πρέπει να ανοίξει περαιτέρω, με αποτέλεσμα την αυξημένη πίεση πολλαπλής εισαγωγής και μειωμένες απώλειες πεταλούδας.

Μειωμένη απόρριψη θερμότητας. Οι μειωμένες μέγιστες θερμοκρασίες καύσης όχι μόνο μειώνουν το σχηματισμό NOx, αλλά μειώνουν επίσης την απώλεια θερμικής ενέργειας στις επιφάνειες του θαλάμου καύσης, αφήνοντας περισσότερο διαθέσιμα για μετατροπή σε μηχανική εργασία κατά τη διάρκεια της διαδρομής διαστολής.

Μειωμένη χημική διάσταση. Οι χαμηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες έχουν ως αποτέλεσμα περισσότερη απελευθερούμενη ενέργεια να παραμένει ως λογική ενέργεια κοντά στο Top Dead Center (TDC), αντί να δεσμευτεί (νωρίς στην επέκταση) στην αποσύνδεση των προϊόντων καύσης. Αυτό το αποτέλεσμα είναι μικρό σε σύγκριση με τα δύο πρώτα.

Το EGR συνήθως δεν χρησιμοποιείται σε υψηλά φορτία, επειδή μειώνει την μέγιστη ισχύ εξόδου. Αυτό συμβαίνει επειδή μειώνει την πυκνότητα φόρτισης εισαγωγής. Το EGR παραλείπεται επίσης στο ρελαντί (χαμηλής ταχύτητας, μηδενικό φορτίο) επειδή θα προκαλούσε ασταθή καύση, με αποτέλεσμα τραχύ ρελαντί.

Δεδομένου ότι το σύστημα EGR ανακυκλοφορεί μέρος καυσαερίων, με την πάροδο του χρόνου η βαλβίδα μπορεί να φράξει με εναποθέσεις άνθρακα που την εμποδίζουν να λειτουργεί σωστά. Οι φραγμένες βαλβίδες EGR μπορούν μερικές φορές να καθαριστούν, αλλά απαιτείται αντικατάσταση εάν η βαλβίδα είναι ελαττωματική.

Στους σύγχρονους κινητήρες ντίζελ, το αέριο EGR ψύχεται με εναλλάκτη θερμότητας για να επιτρέψει την εισαγωγή μεγαλύτερης μάζας ανακυκλωμένου αερίου. Σε αντίθεση με τους κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα, τα πετρελαιοκίνητα δεν περιορίζονται από την ανάγκη για μια συνεχόμενη φλόγα. Επιπλέον, δεδομένου ότι τα ντίζελ λειτουργούν πάντα με υπερβολικό αέρα, επωφελούνται από ρυθμούς EGR

έως και 50% (στο ρελαντί, όταν υπάρχει διαφορετικά μεγάλη περίσσεια αέρα) στον έλεγχο των εκπομπών NOx. Τα καυσαέρια που επανακυκλοφορούν πίσω στον κύλινδρο μπορούν να αυξήσουν τη φθορά του κινητήρα καθώς τα σωματίδια άνθρακα φυσούν από τους δακτυλίους του εμβόλου και στο λάδι.

Δεδομένου ότι οι κινητήρες ντίζελ είναι ξεπερασμένοι, το EGR δεν μειώνει τις απώλειες πεταλούδας με τον ίδιο τρόπο που κάνει για τους κινητήρες SI. Τα καυσαέρια - σε μεγάλο βαθμό άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμοί - έχουν υψηλότερη ειδική θερμότητα από τον αέρα, οπότε εξακολουθούν να χρησιμεύουν για τη μείωση των υψηλών θερμοκρασιών καύσης. Ωστόσο, η προσθήκη EGR σε ένα ντίζελ μειώνει την ειδική αναλογία θερμότητας των αερίων καύσης στη διαδρομή ισχύος. Αυτό μειώνει την ποσότητα ισχύος που μπορεί να εξαχθεί από το έμβολο. Το EGR τείνει επίσης να μειώσει την ποσότητα καυσίμου που καίγεται κατά τη διάρκεια ισχύος. Αυτό φαίνεται από την αύξηση των εκπομπών σωματιδίων που αντιστοιχεί σε αύξηση του EGR.

Η σωματιδιακή ύλη (κυρίως άνθρακας) που δεν καίγεται στη διαδρομή ισχύος είναι σπατάλη ενέργειας. Οι αυστηρότεροι κανονισμοί για τα σωματίδια (PM) απαιτούν τη θέσπιση περαιτέρω ελέγχων εκπομπών για την αντιστάθμιση των αυξήσεων εκπομπών PM που προκαλούνται από το EGR. Το πιο συνηθισμένο είναι ένα φίλτρο σωματιδίων ντίζελ (DPF) στο σύστημα εξάτμισης που καθαρίζει την εξάτμιση αλλά προκαλεί μια συνεχή μικρή μείωση της απόδοσης καυσίμου λόγω της δημιουργούμενης πίεσης πίσω. Το συστατικό διοξειδίου του αζώτου των εκπομπών NOx είναι ο πρωταρχικός οξειδωτής της αιθάλης που παγιδεύεται στο DPF σε κανονικές θερμοκρασίες λειτουργίας. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως παθητική αναγέννηση. Η αύξηση των ποσοστών EGR προκαλεί την παθητική αναγέννηση να είναι λιγότερο αποτελεσματική στη διαχείριση της φόρτωσης PM στο DPF. Αυτό απαιτεί περιοδική ενεργή αναγέννηση του DPF με καύση ντίζελ στον καταλύτη οξείδωσης, προκειμένου να αυξηθούν σημαντικά οι θερμοκρασίες καυσαερίων μέσω του DPF στο σημείο όπου το PM καίγεται γρήγορα από το εναπομένον οξυγόνο στα καυσαέρια.

Με την τροφοδοσία των χαμηλότερων καυσαερίων οξυγόνου στην εισαγωγή, τα συστήματα EGR ντίζελ μειώνουν τη θερμοκρασία καύσης, μειώνοντας τις εκπομπές NOx. Αυτό καθιστά την καύση λιγότερο αποτελεσματική, θέτοντας σε κίνδυνο την

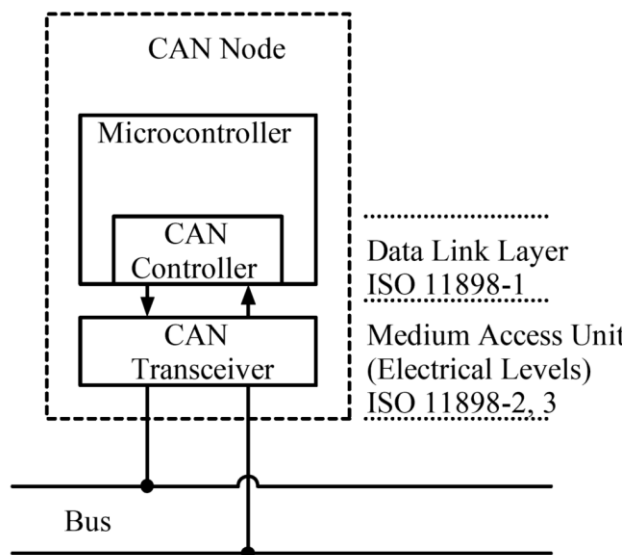
οικονομία και την ισχύ. Το κανονικά «στεγνό» σύστημα εισαγωγής κινητήρα ντίζελ υπόκειται τώρα σε ρύπανση από αιθάλη, καύσιμο και λάδι στο EGR, το οποίο έχει μικρή επίδραση στη ροή του αέρα. Ωστόσο, όταν συνδυάζεται με ατμούς λαδιού από σύστημα θετικού συστήματος εξαερισμού στροφαλοθαλάμου (PCV), μπορεί να προκαλέσει συσσώρευση κολλώδους πίσσας στην πολλαπλή εισαγωγής και τις βαλβίδες. Μπορεί επίσης να προκαλέσει προβλήματα με εξαρτήματα όπως τα πτερύγια περιστροφής, όπου είναι τοποθετημένα. Το Diesel EGR αυξάνει επίσης την παραγωγή αιθάλης, αν και αυτό καλύφθηκε στις ΗΠΑ από την ταυτόχρονη εισαγωγή DPF. Τα συστήματα EGR μπορούν επίσης να προσθέσουν λειαντικούς ρύπους και να αυξήσουν την οξύτητα λαδιού κινητήρα, γεγονός που με τη σειρά του μπορεί να μειώσει τη διάρκεια ζωής του κινητήρα.

Αν και οι κατασκευαστές κινητήρων αρνήθηκαν να δημοσιεύσουν λεπτομέρειες σχετικά με την επίδραση του EGR στην οικονομία καυσίμου, οι κανονισμοί EPA του 2002 που οδήγησαν στην εισαγωγή ψυχρού EGR συσχετίστηκαν με πτώση 3% στην απόδοση του κινητήρα, αυξάνοντας μια τάση αύξησης 0,5% ανά έτος.

4.5. Εκτρονική διαχείριση και συστήματα διάγνωσης των κινητήρων

4.5.1. CAN bus

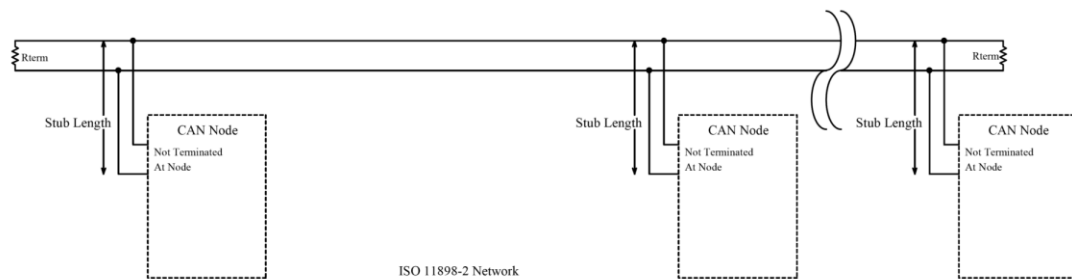
Το δίκτυο περιοχής ελεγκτή (CAN bus) είναι ένα ισχυρό πρότυπο διαύλου οχήματος που έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει στους μικροελεγκτές και τις συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους με τις εφαρμογές τους χωρίς κεντρικό υπολογιστή. Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο που βασίζεται σε μηνύματα, σχεδιασμένο αρχικά για ηλεκτρικές καλωδιώσεις πολλαπλών οχημάτων σε αυτοκίνητα για εξοικονόμηση χαλκού, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε πολλά άλλα περιβάλλοντα. Για κάθε συσκευή τα δεδομένα σε ένα πλαίσιο μεταδίδονται διαδοχικά αλλά με τέτοιο τρόπο ώστε εάν περισσότερες από μία συσκευές μεταδίδουν ταυτόχρονα, η συσκευή με την υψηλότερη προτεραιότητα είναι σε θέση να συνεχίσει, ενώ οι άλλες αποσυνδέονται. Τα πλαίσια λαμβάνονται από όλες τις συσκευές, συμπεριλαμβανομένης της συσκευής μετάδοσης.



Εικόνα 9. Κόμβος CANbus

Η ανάπτυξη του CAN bus ξεκίνησε το 1983 στην Robert Bosch GmbH. Το πρωτόκολλο κυκλοφόρησε επίσημα το 1986 στο συνέδριο Society of Automotive Engineers (SAE) στο Ντιτρόιτ του Μίσιγκαν. Τα πρώτα τσιπ ελεγκτή CAN εισήχθησαν από την Intel το 1987 και λίγο αργότερα από τη Philips. Κυκλοφόρησε το 1991, το Mercedes-Benz W140 ήταν το πρώτο όχημα παραγωγής που διαθέτει ένα σύστημα πολλαπλών καλωδίων βασισμένο σε CAN.

Η Bosch δημοσίευσε διάφορες εκδόσεις της προδιαγραφής CAN και η τελευταία είναι η έκδοση CAN 2.0 το 1991. Αυτή η προδιαγραφή έχει δύο μέρη. Το μέρος A είναι για την τυπική μορφή με αναγνωριστικό 11-bit και το μέρος B είναι για την εκτεταμένη μορφή με αναγνωριστικό 29-bit. Μια συσκευή CAN που χρησιμοποιεί αναγνωριστικά 11-bit ονομάζεται συνήθως CAN 2.0A και μια συσκευή CAN που χρησιμοποιεί αναγνωριστικά 29-bit ονομάζεται συνήθως CAN 2.0B. Αυτά τα πρότυπα διατίθενται ελεύθερα από την Bosch μαζί με άλλες προδιαγραφές και λευκές βίβλους.

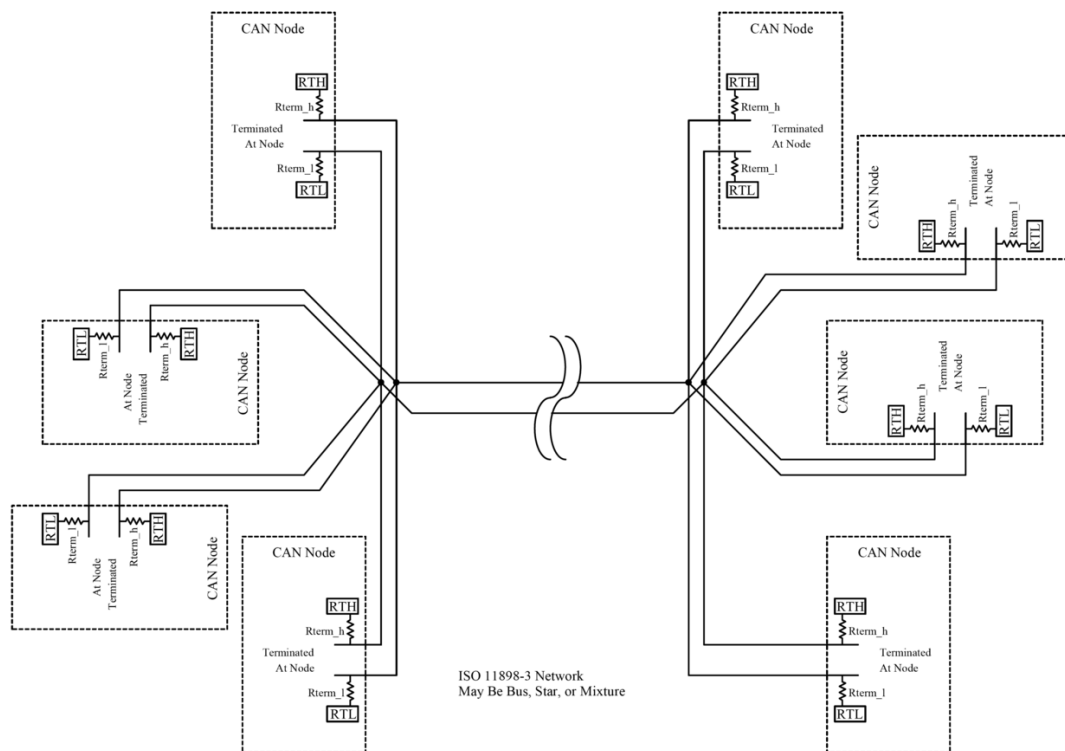


Εικόνα 10. Δίκτυο CAN υψηλής ταχύτητας. ISO 11898-2

Το 1993, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) κυκλοφόρησε το πρότυπο CAN ISO 11898, το οποίο αργότερα αναδιαρθρώθηκε σε δύο μέρη. ISO 11898-1 που καλύπτει το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων και ISO 11898-2 που καλύπτει το φυσικό στρώμα CAN για CAN υψηλής ταχύτητας. Το ISO 11898-3 κυκλοφόρησε αργότερα και καλύπτει το φυσικό στρώμα CAN για χαμηλής ταχύτητας, ανεκτικό σφάλμα. Τα πρότυπα φυσικού επιπέδου ISO 11898-2 και ISO 11898-3 δεν αποτελούν μέρος των προδιαγραφών Bosch CAN 2.0. Αυτά τα πρότυπα μπορούν να αγοραστούν από το ISO.

Η Bosch εξακολουθεί να δραστηριοποιείται στην επέκταση των προτύπων CAN. Το 2012, η Bosch κυκλοφόρησε CAN FD 1.0 ή CAN με ευέλικτη ταχύτητα δεδομένων. Αυτή η προδιαγραφή χρησιμοποιεί διαφορετική μορφή καρτέ που επιτρέπει διαφορετικό μήκος δεδομένων, καθώς και προαιρετικά μετάβαση σε γρηγορότερο ρυθμό μετά την απόφαση της διαιτησίας. Το CAN FD είναι συμβατό με υπάρχοντα δίκτυα CAN 2.0, οπότε νέες συσκευές CAN FD μπορούν να συνυπάρχουν στο ίδιο δίκτυο με υπάρχουσες συσκευές CAN.

Το CAN bus είναι ένα από τα πέντε πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο πρότυπο διάγνωσης οχήματος (OBD) -II. Το πρότυπο OBD-II είναι υποχρεωτικό για όλα τα αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά που πωλούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 1996. Το πρότυπο EOBD είναι υποχρεωτικό για όλα τα βενζινοκίνητα οχήματα που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2001 και για όλα τα οχήματα ντίζελ από το 2004.



Εικόνα 11. Δίκτυο CAN χαμηλής ταχύτητας βλάβης ISO 11898-3

Το σύγχρονο αυτοκίνητο μπορεί να διαθέτει έως και 70 ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου (ECU) για διάφορα υποσυστήματα. Συνήθως ο μεγαλύτερος επεξεργαστής είναι η μονάδα ελέγχου κινητήρα. Άλλοι χρησιμοποιούνται για μετάδοση, αερόσακους, αντιμπλοκαρίσματα/ ABS, κρουζ κοντρόλ, ηλεκτρικό τιμόνι, ηχοσυστήματα, ηλεκτρικά παράθυρα, πόρτες, ρύθμιση καθρέφτη, μπαταρία και συστήματα επαναφόρτισης για υβριδικά / ηλεκτρικά αυτοκίνητα κ.λπ. Μερικά από αυτά αποτελούν ανεξάρτητα υποσυστήματα, αλλά οι επικοινωνίες μεταξύ άλλων είναι απαραίτητες. Ένα υποσύστημα μπορεί να χρειαστεί να ελέγξει τους ενεργοποιητές ή να λάβει ανατροφοδότηση από αισθητήρες. Το πρότυπο CAN σχεδιάστηκε για να καλύψει αυτήν την ανάγκη. Ένα βασικό πλεονέκτημα είναι ότι η διασύνδεση μεταξύ διαφορετικών συστημάτων οχημάτων μπορεί να επιτρέψει την υλοποίηση ενός ευρέος φάσματος δυνατοτήτων ασφάλειας, οικονομίας και ευκολίας χρησιμοποιώντας μόνο λογισμικό - λειτουργικότητα που θα προσθέσει κόστος και πολυπλοκότητα εάν αυτά τα χαρακτηριστικά "σκληρά ενσύρματα" χρησιμοποιώντας παραδοσιακά ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν:

Αυτόματη εκκίνηση/ διακοπή: Διάφορες είσοδοι αισθητήρα από το όχημα (αισθητήρες ταχύτητας, γωνία διεύθυνσης, ενεργοποίηση/ απενεργοποίηση κλιματισμού, θερμοκρασία κινητήρα) συγκεντρώνονται μέσω του διαύλου CAN για να προσδιοριστεί εάν ο κινητήρας μπορεί να κλείσει όταν είναι στατικός για βελτιωμένη οικονομία καυσίμου και εκπομπές.

Ηλεκτρικά φρένα: Η λειτουργία "αναμονή λόφου" λαμβάνει είσοδο από τον αισθητήρα κλίσης του οχήματος (χρησιμοποιείται επίσης από τον συναγερμό διαρρήκτη) και τους αισθητήρες ταχύτητας δρόμου (χρησιμοποιούνται επίσης από το ABS, τον έλεγχο κινητήρα και τον έλεγχο πρόσφυσης) μέσω του διαύλου CAN για να προσδιοριστεί εάν το όχημα σταματάει σε κλίση. Παρομοίως, οι είσοδοι από αισθητήρες ζώνης ασφαλείας (μέρος των χειριστηρίων του αερόσακου) τροφοδοτούνται από το δίαυλο CAN για να προσδιοριστεί εάν οι ζώνες ασφαλείας στερεώνονται, έτσι ώστε το φρένο στάθμευσης να απελευθερώνεται αυτόματα κατά την απομάκρυνση.

Συστήματα υποβοήθησης στάθμευσης: όταν ο οδηγός ενεργοποιεί την όπισθεν, η μονάδα ελέγχου μετάδοσης μπορεί να στείλει ένα σήμα μέσω του διαύλου CAN για να ενεργοποιήσει τόσο το σύστημα αισθητήρα στάθμευσης όσο και τη μονάδα ελέγχου πόρτας για τον καθρέφτη της πλευρικής πόρτας του συνοδηγού να γείρει προς τα κάτω για να δείξει τη θέση του χαλιναγώγηση. Ο δίαυλος CAN παίρνει επίσης εισόδους από τον αισθητήρα βροχής για να ενεργοποιήσει το υαλοκαθαριστήρα πίσω παρμπρίζ κατά την αναστροφή.

Συστήματα αυτόματης υποβοήθησης / αποφυγής σύγκρουσης: Οι είσοδοι από τους αισθητήρες στάθμευσης χρησιμοποιούνται επίσης από το δίαυλο CAN για τροφοδοσία δεδομένων εξωτερικής εγγύτητας σε συστήματα υποβοήθησης οδηγού, όπως προειδοποίηση αναχώρησης Lane και πιο πρόσφατα, αυτά τα σήματα ταξιδεύουν μέσω του διαύλου CAN για ενεργοποίηση του φρένου με καλώδιο σε ενεργά συστήματα αποφυγής σύγκρουσης.

Αυτόματη ενεργοποίηση φρένων: Η είσοδος λαμβάνεται από τον αισθητήρα βροχής (χρησιμοποιείται κυρίως για τους αυτόματους υαλοκαθαριστήρες) μέσω του διαύλου CAN στη μονάδα ABS για να ξεκινήσει μια ανεπαίσθητη εφαρμογή των φρένων ενώ

οδηγείτε για να καθαρίσετε την υγρασία από τους ρότορες φρένων. Μερικά μοντέλα Audi και BMW υψηλής απόδοσης ενσωματώνουν αυτό το χαρακτηριστικό.

Οι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν στο πιο κατάλληλο μέρος, και τα δεδομένα τους χρησιμοποιούνται από πολλά ECU. Για παράδειγμα, οι εξωτερικοί αισθητήρες θερμοκρασίας (παραδοσιακά τοποθετημένοι στο μπροστινό μέρος) μπορούν να τοποθετηθούν στους εξωτερικούς καθρέπτες, αποφεύγοντας τη θέρμανση από τον κινητήρα και τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται από τον κινητήρα, τον έλεγχο του κλίματος και την οθόνη του οδηγού.

Τα τελευταία χρόνια, το πρότυπο διαύλου LIN έχει εισαχθεί για να συμπληρώσει το CAN για μη κρίσιμα υποσυστήματα, όπως κλιματισμό και ψυχαγωγία, όπου η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και η αξιοπιστία είναι λιγότερο κρίσιμες.

Το CAN είναι ένα πρωτόκολλο χαμηλού επιπέδου και δεν υποστηρίζει εγγενώς χαρακτηριστικά ασφαλείας. Δεν υπάρχει επίσης κρυπτογράφηση σε τυπικές εφαρμογές CAN, γεγονός που αφήνει αυτά τα δίκτυα ανοιχτά στην παρακολούθηση του πλαισίου man-in-the-middle. Στις περισσότερες εφαρμογές, οι εφαρμογές αναμένεται να αναπτύξουν τους δικούς τους μηχανισμούς ασφαλείας. π.χ. για τον έλεγχο ταυτότητας εισερχόμενων εντολών ή την παρουσία ορισμένων συσκευών στο δίκτυο. Η αποτυχία εφαρμογής επαρκών μέτρων ασφαλείας μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα είδη επιθέσεων εάν ο αντίπαλος καταφέρει να εισαγάγει μηνύματα στο λεωφορείο. Ενώ υπάρχουν κωδικοί πρόσβασης για ορισμένες κρίσιμες για την ασφάλεια λειτουργίες, όπως τροποποίηση υλικο-λογισμικού, πλήκτρα προγραμματισμού ή έλεγχος ενεργοποιητών αντιμπλοκαρίσματος φρένων, αυτά τα συστήματα δεν εφαρμόζονται καθολικά και έχουν περιορισμένο αριθμό ζευγών κλειδιών.

4.5.2. OBD (On-board diagnostics)

Το On-board diagnostics (OBD) είναι ένας όρος αυτοκινήτου που αναφέρεται στην ικανότητα αυτοδιάγνωσης και αναφοράς ενός οχήματος. Τα συστήματα OBD παρέχουν στον ιδιοκτήτη του οχήματος ή στον τεχνικό επισκευής πρόσβαση στην κατάσταση των διαφόρων υποσυστημάτων του οχήματος. Ο όγκος των διαγνωστικών

πληροφοριών που διατίθενται μέσω OBD έχει ποικίλλει ευρέως από την εισαγωγή του στις αρχές της δεκαετίας του 1980 εκδόσεις ηλεκτρονικών υπολογιστών οχημάτων. Οι πρώτες εκδόσεις του OBD θα φωτίζουν απλώς μια ενδεικτική λυχνία δυσλειτουργίας ή ένα "idiot light" εάν εντοπιστεί κάποιο πρόβλημα αλλά δεν θα παρείχε πληροφορίες σχετικά με τη φύση του προβλήματος. Οι σύγχρονες υλοποιήσεις OBD χρησιμοποιούν μια τυποποιημένη θύρα ψηφιακών επικοινωνιών για την παροχή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο εκτός από μια τυποποιημένη σειρά κωδικών διαγνωστικών προβλημάτων ή κωδικών DTC, που επιτρέπουν σε ένα άτομο να εντοπίσει γρήγορα και να αποκαταστήσει δυσλειτουργίες εντός του οχήματος.

Στο σημείο αυτό αναφέρεται σύντομο ιστορικό του συστήματος:

1969: Η Volkswagen εισάγει το πρώτο ενσωματωμένο σύστημα υπολογιστή με δυνατότητα σάρωσης, στα μοντέλα τύπου 3 με έγχυση καυσίμου.

1975: Datsun 280Z Οι ενσωματωμένοι υπολογιστές αρχίζουν να εμφανίζονται σε καταναλωτικά οχήματα, κυρίως λόγω της ανάγκης τους για ρύθμιση σε πραγματικό χρόνο των συστημάτων ψεκασμού καυσίμου. Εμφανίζονται απλές υλοποιήσεις OBD, αν και δεν υπάρχει τυποποίηση σε ό, τι παρακολουθείται ή πώς αναφέρεται.

1980: Η General Motors εφαρμόζει μια ιδιόκτητη διεπαφή και πρωτόκολλο για τη δοκιμή της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου κινητήρα (ECM) στη γραμμή συναρμολόγησης του οχήματος. Το πρωτόκολλο «Διαγνωστικός σύνδεσμος γραμμής συναρμολόγησης» (ALDL) επικοινωνεί στα 160 baud με σηματοδότηση Pulse-width modulation (PWM) και παρακολουθεί πολύ λίγα συστήματα οχημάτων. Εφαρμόστηκε σε οχήματα της Καλιφόρνια για το έτος μοντέλου του 1980 και στις υπόλοιπες Ηνωμένες Πολιτείες το 1981, το ALDL δεν προοριζόταν για χρήση εκτός του εργοστασίου. Η μόνη διαθέσιμη λειτουργία για τον κάτοχο είναι "Blinky Codes". Οι διαγνωστικοί κωδικοί βλάβης (DTC) μπορούν να ερμηνευθούν μέσω του μοτίβου που αναβοσβήνει της λυχνίας "Check Engine" (MIL)

1982: Η RCA ορίζει ένα αναλογικό πρότυπο διαγνωστικού οχήματος STE / ICE που χρησιμοποιείται στο CUCV, το M60 tank και άλλα στρατιωτικά οχήματα της εποχής για τον στρατό των ΗΠΑ.

1986: Εμφανίζεται μια αναβαθμισμένη έκδοση του πρωτοκόλλου ALDL που επικοινωνεί στο 8192 baud με ημι-αμφίδρομη UART σηματοδότηση. Αυτό το πρωτόκολλο ορίζεται στο GM XDE-5024B.

1988: Το California Air Resources Board (CARB) απαιτεί όλα τα νέα οχήματα που πωλήθηκαν στην Καλιφόρνια το 1988 και τα νεότερα οχήματα να έχουν κάποια βασική ικανότητα OBD. Αυτές οι απαιτήσεις αναφέρονται γενικά ως "OBD-I", αν και αυτό το όνομα δεν εφαρμόζεται μέχρι την εισαγωγή του OBD-II. Ο σύνδεσμος σύνδεσης δεδομένων και η θέση του δεν είναι τυποποιημένοι, ούτε το πρωτόκολλο δεδομένων. Η Εταιρεία Μηχανικών Αυτοκινήτου (SAE) συνιστά έναν τυποποιημένο διαγνωστικό σύνδεσμο και ένα σύνολο διαγνωστικών σημάτων δοκιμής.

~ 1994: Με κίνητρο την επιθυμία για ένα πρόγραμμα δοκιμών εκπομπών σε επίπεδο πολιτείας, το CARB εκδίδει την προδιαγραφή OBD-II και υποχρεώνει να υιοθετηθεί για όλα τα αυτοκίνητα που πωλήθηκαν στην Καλιφόρνια από το έτος 1996 (βλ. Τίτλος CCR 13 Ενότητες 1968.1 και 40 CFR Μέρος 86 Ενότητα 86.094). Οι κωδικοί DTC και ο σύνδεσμος που προτείνονται από το SAE ενσωματώνονται σε αυτήν την προδιαγραφή.

1996: Η προδιαγραφή OBD-II καθίσταται υποχρεωτική για όλα τα αυτοκίνητα που πωλούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες.

2001: Η Ευρωπαϊκή Ένωση καθιστά υποχρεωτικό το EOBD για όλα τα οχήματα βενζίνης (βενζίνης) που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ξεκινώντας από το MY2001 (βλ. Οδηγία για τα πρότυπα εκπομπών 98/69 / ΕΚ).

2004: Η Ευρωπαϊκή Ένωση καθιστά υποχρεωτικό το EOBD για όλα τα οχήματα ντίζελ που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση

2006: Όλα τα οχήματα που κατασκευάζονται στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία πρέπει να συμμορφώνονται με το OBD-II μετά την 1η Ιανουαρίου 2006.

2008: Όλα τα αυτοκίνητα που πωλούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες πρέπει να χρησιμοποιούν το πρότυπο σήμανσης ISO 15765-4 (μια παραλλαγή του διαύλου Controller Area Network (CAN)).

2008: Ορισμένα ελαφρά οχήματα στην Κίνα απαιτούνται από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος για την εφαρμογή του OBD (πρότυπο GB18352) έως την 1η Ιουλίου 2008. Ενδέχεται να ισχύουν ορισμένες περιφερειακές εξαιρέσεις.

2010: Η προδιαγραφή HDOBD (βαρέως τύπου) καθίσταται υποχρεωτική για επιλεγμένους εμπορικούς κινητήρες (μη επιβατικά αυτοκίνητα) που πωλούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει τα χαρακτηριστικά των κύριων εκπομπών ρύπων (CO, HC, PM και NOx) από κινητήρες ντίζελ και τεχνολογίες ελέγχου αυτών των εκπομπών ρύπων με πρότυπα και κανονισμούς. Μεταξύ αυτών των εκπομπών ρύπων, CO και HC εκπέμπονται λόγω της ατελούς καύσης και του καύσιμου, ενώ οι εκπομπές NOx προκαλούνται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών καύσης άνω των 1.600 ° C. Όσον αφορά τις εκπομπές PM, οι λόγοι των εκπομπών PM είναι η συσσώρευση πολύ μικρών σωματιδίων μερικώς καμένου καυσίμου, μερικώς καμένου λιπαντικού λιπαντικού, περιεκτικότητας σε τέφρα μαζούτ και κυλίνδρου λιπαντικού ή θεικών και νερού. Αυτές οι εκπομπές ρύπων έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Παρόλο που έχουν εφαρμοστεί πολλές εφαρμογές σε κινητήρες ντίζελ για την αποτροπή επιβλαβών επιπτώσεων αυτών των εκπομπών ρύπων και για την τήρηση αυστηρών κανονισμών για τις εκπομπές, μόνο τα συστήματα ελέγχου εκπομπών μετεπεξεργασίας έχουν τη δυνατότητα να εξαλείψουν τις εκπομπές ρύπων από καυσαέρια ντίζελ. Ο έλεγχος αυτών των εκπομπών ρύπων είναι επιθυμητό μόνο με συστήματα μετεπεξεργασίας. Τα συστήματα μετεπεξεργασίας καυσαερίων ντίζελ περιλαμβάνουν DOC, DPF και SCR. Αυτά τα συστήματα είναι τα πιο απαιτούμενα εξαρτήματα ειδικά για κινητήρες ντίζελ βαρέως τύπου και συνήθως ένας συνδυασμός DOC, DPF και SCR έχει χρησιμοποιηθεί αντίστοιχα για την ταυτόχρονη απομάκρυνση των κύριων εκπομπών ρύπων από την εξάτμιση κινητήρα ντίζελ.

Τα DOC χρησιμοποιούνται όχι μόνο για τη μείωση των εκπομπών CO και HC, αλλά και για να ασκήσουν σημαντική επίδραση στην απόδοση των downstream DPF και SCR. Τα DOC αυξάνουν τη θερμοκρασία εξάτμισης για αναγέννηση DPF και μετατρέπουν το NO σε NO₂ για αύξηση της αποδοτικότητας μετατροπής των συστημάτων SCR. Τα DPF χρησιμοποιούνται γενικά με DOC για την εξάλειψη των εκπομπών PM από τα καυσαέρια ντίζελ. Είναι συνήθως κατασκευασμένα από κορδονίτη SiC. Αυτή η δομή λειτουργεί ως μηχανικό φίλτρο και εξαλείφει τις εκπομπές PM από τα καυσαέρια ντίζελ κατά% 100. Τα συστήματα SCR είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά για τη μείωση των εκπομπών NOx. Το NH₃ χρησιμοποιείται ως αναγωγικό και εγχέει καυσαέρια για να μετατρέψει τις εκπομπές NOx σε μορφή N₂. Το NH₃ λαμβάνεται από ένα διάλυμα ουρίας γνωστό ως AdBlue

στην αγορά. Οι καταλύτες με βάση Pt- και Pd είναι ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος καταλύτης για DOC και SCR. Η θερμοκρασία των καυσαερίων ντίζελ έχει σημαντική επίδραση στη μείωση των εκπομπών ρύπων. Εκτός από τον τύπο καταλύτη, η ταχύτητα χώρου των καυσαερίων και η μορφή εκπομπών είναι οι άλλες παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση.

Οι έρευνες για συστήματα SCR έχουν εντατικοποιηθεί για το σχεδιασμό του συστήματος, το σύστημα παροχής ουρίας, τον καταλύτη, το διάλυμα έγχυσης, την πίεση έγχυσης και τους χρόνους. Οι $V_2O_5-WO_3 / TiO_2$, Fe-ZSM₅, Cu-ZSM₅ και Ag / Al₂O₃ είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι καταλύτες και πολλές έρευνες επικεντρώνονται σε αυτούς τους τύπους καταλύτη. Οι Cu-PPHs, CeO₂-TiO₂, Cu / Al₂O₃, NbCe και Fe-MFI είναι οι άλλοι τύποι καταλυτών που αποτελούν τρέχον ζήτημα. Σε πολλές από τις έρευνες που διεξήχθησαν σε αυτούς τους καταλύτες, η απόδοση μετατροπής των εκπομπών NO_x έχει επιτευχθεί με ρυθμούς άνω του 90% (Shan et al. 2012; Casapu et al. 2011; Oliveira et al. 2011). Οι καταλύτες που βασίζονται σε TiO₂ που έχουν προσβληθεί από την Tungsten χρησιμοποιώντας το Vanadium ως δραστικό συστατικό είναι οι πιο εφαρμοζόμενοι καταλύτες για SCR λόγω της υψηλής δραστηριότητάς τους ακόμη και σε χαμηλή θερμοκρασία και υψηλή εκλεκτικότητα για το NO₂ ως προϊόν. Ο ζεόλιθος είναι μια άλλη βάση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του TiO₂ και έχει κάποιες διαφορές στην απόδοση της μετατροπής NO_x. Σε αντίθεση με αυτές τις βάσεις, οι καταλύτες Ag-Al₂O₃ έχουν σχετικά χαμηλή δραστηριότητα κάτω από τη χαμηλή θερμοκρασία εξάτμισης.

Ένα σημαντικό σύστημα ελέγχου εκπομπών κινητήρων που βρίσκεται υπό ανάπτυξη είναι το σύστημα λιτής καύσης. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί έναν μικροεπεξεργαστή κλειστού βρόχου σε συνδυασμό με έναν αισθητήρα μείγματος άπαχου και έναν καταλύτη οξειδωσης. Αυτή η εναλλακτική προσέγγιση ελέγχου εκπομπών επιτυγχάνει καλή οικονομία καυσίμου (πιθανή βελτίωση 10-15 τοις εκατό) και πληροί επίσης τα πρότυπα εκπομπών λειτουργώντας πέραν των 22: 1 A / F όπου οι εκπομπές NO_x είναι αρκετά χαμηλές για να ικανοποιήσουν το πρότυπο 1-g / mi. Σε αυτήν την άπαχη περιοχή λειτουργίας, ο κινητήρας χρειάζεται διαφορετικό σχεδιασμό αισθητήρα για να παρέχει ανατροφοδότηση, καθώς και ένα πολύ παραχώδες σύστημα καύσης γρήγορης καύσης, έτσι ώστε η αργή ταχύτητα φλόγας και οι ανάφλεξη να μην προκαλούν προβλήματα εκπομπών και οδήγησης.

Η ικανοποίηση των προτύπων HC / CO του 1975 των 1,5 / 15 g / mi και ταυτόχρονα αύξηση της οικονομίας καυσίμου επιτεύχθηκε μέσω της ευρείας εισαγωγής του οξειδωτικού καταλυτικού μετατροπέα. Ο καταλύτης είναι κρύος (16–30 ° C) στην αρχή του κύκλου FTP και πρέπει να θερμανθεί στους 250–300 ° C πριν από την οξείδωση των CO και HC. Ο απαιτούμενος χρόνος για αυτό είναι συνάρτηση του σχεδιασμού και της θέσης του καταλύτη, αλλά μπορεί να είναι από 20 έως 120 δευτερόλεπτα. Το HC που εκπέμπεται κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου μπορεί να είναι το ένα τέταρτο έως τα τρία τέταρτα του επιτρεπόμενου ορίου. Η ποσότητα NO_x που εκπέμπεται κατά την ψυχρή εκκίνηση είναι μόνο περίπου 10 τοις εκατό του επιτρεπόμενου ορίου.

Με τα συστήματα ελέγχου εκπομπών μετεπεξεργασίας, είναι δυνατόν να μειωθεί η ζημιά των εκπομπών ρύπων στην ατμοσφαιρική ρύπανση, να ικανοποιηθούν τα πρότυπα και οι απαιτήσεις εκπομπών και να αποφευχθούν οι επιβλαβείς επιπτώσεις των εκπομπών ρύπων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Λόγω αυτών των αποστολών, τα συστήματα ελέγχου εκπομπών έχουν ύψιστη σημασία παγκοσμίως. Για την πλήρη καταστροφή των ρυπογόνων εκπομπών από κινητήρες ντίζελ, θα πρέπει να ενταθούν και να συνεχιστούν περαιτέρω μελέτες και έρευνες σχετικά με τα συστήματα ελέγχου των εκπομπών μετεπεξεργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Agarwal AK (2007) Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Prog Energy Combust Sci* 33:233–271

Allansson R, Blakeman PG, Cooper BJ, Phillips PR, Thoss JE, Walker AP (2002) The use of the continuously regenerating trap (CRTTM) to control particulate emissions: minimising the impact of sulfur poisoning. *Society of Automotive Engineers*, 2002-01-1271

Bauner D, Laestadius S, Iida N (2009) Evolving technological systems for diesel engine emission control: balancing GHG and local emissions. *Clean Technol Environ Policy* 11:339–365

Biswas S, Verma V, Schauer JJ, Sioutas C (2009) Chemical speciation of PM emissions from heavy-duty diesel vehicles equipped with diesel particulate filter (DPF) and selective catalytic reduction (SCR) retrofits. *Atmos Environ* 43:1917–1925

Bosch (2005) Emissions-control technology for diesel engines. Robert Bosch GmbH, Germany

Burr M, Gregory C (2011) Vehicular exhaust. *Encyclopedia Environ Health* 49:645–563

Burtscher H (2005) Physical characterization of particulate emissions from diesel engines: a review. *Aerosol Sci* 36:896–932

Calabrese JL, Patchett JA, Grimston K, Rice GW, Davis GW (2000) The influence of injector operating conditions on the performance of a urea–water selective catalytic reduction (SCR) system. *SAE technical paper*, 2000-01-2814

Casapu M, Bernhard A, Peitz D, Mehring M, Elsener M, Kröcher O (2011) A Niobia-Ceria based multi-purpose catalyst for selective catalytic reduction of NO_x, urea hydrolysis and soot oxidation in diesel exhaust. *Appl Catal B* 103:79–84

Chen M, Schirmer K (2003) A modelling approach to the design optimization of catalytic converters of I. C. engines. In: Proceedings of ICEF03: 2003 fall technical conference of the ASME internal combustion engine division, ICEF2003-729

Chi JN, DaCosta HFM (2005) Modelling and control of a urea-SCR aftertreatment system. SAE technical paper, 2005-01-0969

Chong JJ, Tsolakis A, Gill SS, Theinnoi K, Golunski SE (2010) Enhancing the NO₂/NO_x ratio in compression ignition engines by hydrogen and reformat combustion, for improved aftertreatment performance. *Int J Hydrog Energy* 35:8723–8732

Correa SM, Arbilla G (2008) Carbonly emissions in diesel and biodiesel exhauts. *Atmos Environ* 42:769–775

Dai A (2011) Drought under global warming: a review. *Wiley Interdiscip Rev Clim Chang* 2(1):45–65

Delphi (2012) Worldwide emissions standards—heavy duty and off-highway vehicles. Delphi, Michigan

Demers D, Walters G (1999) Guide to exhaust emission control options. BAeSAME, Bristol

Devarakonda M, Parker G, Johnson JH, Strots V, Santhanam S (2008) Model-based estimation and control system development in an urea-SCR aftertreatment system. SAE-Worldcongress, 01-1324

Dhariwal HC (1997) Control of blowby emissions and lubricating oil consumption in I.C. engines. *Energy Convers Manag* 38:1267–1274

Diaz-Sanchez D (1997) The role of diesel exhaust ps and their associated polyaromatic hydrocarbons in the induction of allergic airway disease. *Allergy* 52:52–56

Englert N (2004) Fine ps and human health—a review of epidemiological studies. *Toxicol Lett* 149:235–242

Environmental Protection Agency (EPA) (2012) Climate change indicators in the United States. EPA, Washington

European Commission (2011) Climate change: report. Europe: Directorate-General for Communication, Brussels

European Environment Agency (EEA) (2012) Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2000 and inventory report 2012. Copenhagen

Faiz A, Weaver CS, Walsh PW (1996) Air pollution from motor vehicles: standards and technologies for controlling emissions. The World Bank, Washington

Grewe V, Dahlmann K, Matthes S, Steinbrecht W (2012) Attributing ozone to NO_x emissions: implications for climate mitigation measures. *Atmos Environ* 59:102–107

Hamada H, Haneda M (2012) A review of selective catalytic reduction of nitrogen oxides with hydrogen and carbon monoxide. *Appl Catal A* 421–422:1–13

Haneda M, Sasaki M, Hamada H, Ozawa M (2011) Platinum-based catalyst for diesel hydrocarbon oxidation. *Chin J Catal* 32:777–781

Heyder U, Schaphoff S, Gerten D, Lucht W (2011) Risk of severe climate change impact on the terrestrial biosphere. *Environ Res Lett* 6:034036

Hiroyuki Y, Misawa K, Suzuki D, Tanaka K, Matsumoto J, Fujii M, Tanaka K (2011) Detailed analysis of diesel vehicle exhaust emissions: nitrogen oxides, hydrocarbons and particulate size distributions. *Proc Combust Inst* 33:2895–2902

Hoefl I, Steude K, Wrage N, Veldkamp E (2012) Response of nitrogen oxide emissions to grazer species and plant species composition in temperate agricultural grassland. *Agric Ecosyst Environ* 151:34–43

Hoekman SK, Robbins C (2012) Review of the effects of biodiesel on NO_x emissions. *Fuel Process Technol* 96:237–249

Huddlestone N (2012) Climate change: evidence, impacts and choices. National Research Council

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007) Climate change 2007: synthesis report. Valencia, Spain

International Energy Agency (IEA), 2012. CO₂ Emissions From Fuel Combustion Highlights. France

Jain PC (1993) Greenhouse effect and climate change: scientific basis and overview. *Renew Energy* 3:403–420

Jeguirim M, Tschamber V, Brilhac JF, Ehrburger P (2005) Oxidation mechanism of carbon black by NO₂: effect of water vapour. *Fuel* 84:1949–1956

Johansen K, Dahl S, Mogensen G, Pehrson S, Schramm J, Ivarsson A (2007) Novel base metal-palladium catalytic diesel filter coating with NO₂ reducing properties. Society of Automotive Engineers, 2007-01-1921

Kagawa J (2002) Health effects of diesel exhaust emissions—a mixture of air pollutants of worldwide concern. *Toxicology* 181–182:349–353

Kampa M, Castanas E (2008) Human health effects of air pollution. *Environ Pollut* 151:362–367

Khair MK, Majewski WA (2006) Diesel emissions and their control. SAE International. ISBN: 978-0-7680-0674-2

Kim MR, Kim DH, Woo SI (2003) Effect of V₂O₅ on the catalytic activity of Pt-based diesel oxidation catalyst. *Appl Catal B* 45:269–279

Kittelson DB (1998) Engines and nanops: a review. *J Aerosol Sci* 29(5–6):575–588

Koebel M, Elsener M, Kleemann M (2000) Urea-SCR: a promising technique to reduce NO_x emissions from automotive diesel engines. *Catalyst Today* 59:335–345

Kolli T, Kanerva T, Huuhtanen M, Vippola M, Kallinen K, Kinnunen T, Lepisto T, Lahtinen J, Keiski R (2010) The activity of Pt/Al₂O₃ diesel oxidation catalyst after sulphur and calcium treatments. *Catal Today* 154:303–307

Krzyzanowski M, Kuna-Dibbert B, Schneider J (2005) Health effects of transport-related air pollution. WHO, Denmark

Kuki T, Miyairi Y, Kasai Y, Miyazaki M, Miwa S (2004) Study on reliability of wall-flow-type diesel particulate filter. SAE, 2004-01-0959

Lamharess N, Millet CN, Starck L, Jeudy E, Lavy J, Costa PD (2011) Catalysed diesel particulate filter: study of the reactivity of soot arising from biodiesel combustion. *Catal Today* 176:219–224

Lee SJ, Jeong SJ, Kim WS, Lee CB (2008) Computational study on the effects of volume ratio of DOC/DPF and catalyst loading on the PM and NO_x emission control for heavy-duty diesel engines. *Int J Automot Technol* 9:0–11

Lee T, Park J, Kwon S, Lee J, Kim J (2013) Variability in operation-based NO_x emission factors with different test routes, and its effects on the real-driving emissions of light diesel vehicles. *Sci Total Environ* 461–462:377–385

Levitus S, Antonov JI, Boyer TP, Baranova OK, Garcia HE, Locarnini RA, Mishonov AV, Reagan JR, Seidov D, Yarosh ES, Zweng MM (2012) World ocean heat content and thermocline sea level change (0–2000 m), 1955–2010. *Geophys Res Lett* 39:110603

Lewtas J (2007) Air pollution combustion emissions: characterization of causative agents and mechanisms associated with cancer, reproductive, and cardiovascular effects. *Mutat Res Rev Mutat Res* 636:95–133

Li Y, Ye W, Wang M, Yan X (2009) Climate change and drought: a risk assessment of crop-yield impacts. *Clim Res* 39:31–46

Linde DR (2007) CRC handbook of chemistry and physics, 87th edn. Taylor & Francis, Boca Rato

Lindley AA, McCulloch A (2005) Regulating to reduce emissions of fluorinated greenhouse gases. *J Fluorine Chem* 126:1457–1462

Lloyd AC, Cackette TA (2001) Diesel engines: environmental impact and control. *J Air Waste Manag Assoc* 51:809–847

Lopez JM, Jimenez F, Aparicio F (2009) On-road emissions from urban buses with SCR + Urea and EGR + DPF systems using diesel and biodiesel. *Transp Res Part D* 14:1–5

Majewski WA, Khair MK (2006) Diesel emissions and their control. SAE International, Warrendale. ISBN 10: 0-7680-0674-0

Maricq MM (2007) Chemical characterization of particulate emissions from diesel engines: a review. *Aerosol Sci* 38:1079–1118

McKechnie AE, Wolf BO (2010) Climate change increases the likelihood of catastrophic avian mortality events during extreme heat waves. *Biol Lett* 6:253–256

Metts TA, Batterman SA, Fernandes GI, Kalliokosi P (2005) Ozone removal by diesel particulate matter. *Atmos Environ* 39:3343–3354

Meyssignac B, Cazenave A (2012) Sea level: a review of present-day and recent-past changes and variability. *J Geodyn* 58:96–109

Michael RA, Kleinman MT (2000) Incidence and apparent health significance of brief airborne p excursions. *Aerosol Sci Technol* 32:93–105

Moreno-Tost R, Oliveira MS, Eliche-Quesada D, Jiménez-Jiménez J, Jiménez-López A, Rodríguez-Castellón E (2008) Evaluation of Cu-PPHs as active catalysts for the SCR process to control NO_x emissions from heavy duty diesel vehicles. *Chemosphere* 72:608–615

Ng JH, Ng HK, Gan S (2010) Advances in biodiesel fuel for application in compression ignition engines. *Clean Technol Environ Policy* 12:459–493

Oh TY, Ko JH, Seong HJ, Min BS (2004) Design optimization of the mixing chamber in SCR system for marine diesel engine. In: 6th international symposium on diagnostics and modeling of combustion in internal combustion engines 6, pp 87–92

Ohno K, Taoka N, Furuta T, Kudo A, Komori T (2002) Characterization of high porosity SiC-DPF. SAE, 2002-01-0325

Oliveira MLM, Silva CM, Moreno-Test R, Farias TL, Jimenez-Lopez A, Rodriguez-Castellon E (2011) Modelling of NO_x emission factors from heavy and light-duty vehicles equipped with advanced aftertreatment systems. *Energy Convers Manag* 52:2945–2951

Olivier JGJ, Maenhout GJ, Peters JAHW (2012) Trends in global CO₂ emissions-2012 report. Netherlands Environmental Assessment Agency, Hague

Organisation for Economic Co-Operation and Develeopment (OECD) (2002) Strategies to reduce greenhouse gas emissions from road transport: analytical methods. OECD, Paris

Organisation for Economic Co-Operation and Develeopment (OECD) (2011) Environmental outlook to 2050—climate change chapter

Payri F, Bermudez VR, Tormos B, Linares WG (2009) Hydrocarbon emissions speciation in diesel and biodiesel exhausts. *Atmos Environ* 43:1273–1279

Prasad R, Bella VR (2010) A review on diesel soot emission, its effect and control. *Bull Chem React Eng Catal* 5(2):69–86

Raub JA (1999) Health effects of exposure to ambient carbon monoxide. *Chemosphere: global change. Science* 1:331–351

Sampara CS, Bissett EJ, Chmielewski M, Assanis D (2007) Global kinetics for platinum diesel oxidation catalysts. *Ind Eng Chem Res* 46:7993–8003

Sarvi A, Lyyranen J, Jokiniemi J, Zevenhoven R (2011) Particulate emissions from large-scale medium-speed diesel engines: 1. P size distribution. *Fuel Process Technol* 92:1855–1861

Saxena AK (2009) Greenhouse gas emissions—estimation and reduction. Asian Productivity Organization, India

Schaber P, Colson J, Higgins S, Thielen D, Anspach B, Brauer J (2004) Thermal decomposition (pyrolysis) of urea in an open reaction vessel. *Thermochim Acta* 424:131–142

Shan W, Liu F, He H, Shi X, Zhang C (2012) An environmentally-benign CeO₂-TiO₂ catalyst for the selective catalytic reduction of NO_x with NH₃ in simulated diesel exhaust. *Catal Today* 184:160–165

Sharma M, Agarwal AK, Bharathi KV (2005) Characterization of exhaust particulates from diesel engine. *Atmos Environ* 39:3023–3028

Shost M, Noetzel J, Wu M-C, Sugiarto T, Bordewyk T, Fulks G, Fisher GB (2008) Monitoring, feedback and control of urea SCR dosing systems for NO_x reduction: utilizing an embedded model and ammonia sensing. SAE World Congress, 2008-01-1325

Sivaloganathan S (1998) Case report: death from diesel fumes. *J Clin Forensic Med* 5:138–139

Sluder SC, Storey J, Lewis S, Lewis L (2005) Low temperature urea decomposition and SCR performance. SAE technical paper, 2005-01-1858

Stanciulescu M, Charland JP, Kelly JF (2010) Effect of primary amine hydrocarbon chain length for the selective catalytic reduction of NO_x from diesel engine exhaust. *Fuel* 89:2292–2298

Stanmore BR, Brillhac JF, Gilot P (2001) The oxidation of soot: a review of experiments, mechanisms and models. *Carbon* 39:2247–2268

Strauss S, Wasil JR, Earnest GS (2004) Carbon monoxide emissions from marine outboard engines. Society of Automotive Engineers, 2004-32-0011

Sun WH, Boyle JM, Carmignani PG, Sassenrath JM (2001) Small scale test results from new selective catalytic NO_x reduction process using urea. MEGA Symposium, Chicago

Sydbom A, Blomberg A, Parnia S, Stenfors N, Sandstrom T, Dahlen SE (2001) Health effects of diesel exhaust emissions. *Eur Respir J* 17:733–746

The Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate (2012) Turn down the heat: Why a 4°C warmer world must be avoided. The World Bank, Washington

- Tighe CJ, Twigg MV, Hayhurst AN, Dennis JS (2012) The kinetics of oxidation of diesel soots by NO₂. *Combust Flame* 159:77–90
- Tsuneyoshi K, Yamamoto K (2012) A study on the cell structure and the performances of wall-flow diesel particulate filter. *Energy* 48:492–499
- Venkataraman SV, Iniyar S, Goic R (2012) A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renew Sustain Energy Rev* 16:878–897
- Walsh MP (2011) Mobile source related air pollution: effects on health and the environment. *Encyclopedia of Environ Health* 3:803–809
- Wang TJ, Baek SW, Lee JH (2008) Kinetic parameter estimation of a diesel oxidation catalyst under actual vehicle operating conditions. *Ind Eng Chem Res* 47:2528–2537
- Wang X, Wasterdahl D, Jingnan H, Wu Y, Yin H, Pan X, Zhang KM (2012) On-road diesel vehicle emission factors for nitrogen oxides and black carbon in two Chinese cities. *Atmos Environ* 46:45–55
- Way P, Viswanathan K, Preethi P, Gilb A, Zambon N, Blaisdell J (2009) SCR performance optimization through advancements in aftertreatment packaging. SAE-Worldcongress, 01-0633
- Wei Z, Jiangming M, Yunting F, Xiankai L, Hui W (2008) Effects of nitrogen deposition on the greenhouse gas fluxes from forest soils. *Acta Ecol Sin* 28(5):2309–2319
- Whichmann HE (2006) Environmental pollutants: diesel exhaust ps. *Encyclopedia Respir Med* 1:96–100
- Wiebenga MH, Kim CH, Schmieg SJ, Oh SH, Brown DB, Kim DH, Lee JH, Peden CHF (2012) Deactivation mechanisms of Pt/Pd-based diesel oxidation catalysts. *Catal Today* 184:197–204
- World Health Organization (2007) Estimated deaths & DALYs attributable to selected environmental risk factors, by WHO member state. Department of Public Health & Environment

Wu CW, Chen RH, Pu JY, Lin TH (2004) The influence of air–fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline-blended fuels. *Atmos Environ* 38:7093–7100

Xu L, McCabe RW (2012) LNT + in situ SCR catalyst system for diesel emissions control. *Catal Today* 184:83–94

Yim SD, Kim SJ, Baik JH, Nam IS, Mok YS, Lee JH, Cho BK, Oh SH (2004) Decomposition of urea into NH₃ for the SCR Process. *Ind Eng Chem Res* 43:4856–4863

York APE, Ahmadinejad M, Watling TC, Walker AP, Cox JP, Gast J, Blakeman PG, Allansson R (2007) Modeling of the catalyzed continuously regenerating diesel particulate filter (CCR-DPF) system: model development and passive regeneration studies. Society of Automotive Engineers, 2007-01-0043

Yu BK, Kim MY (2013) Modeling the selective catalytic reduction of NO_x by ammonia over a Vanadia-based catalyst from heavy duty diesel exhaust gases. *Appl Therm Eng* 50:152–158

Zervas E (2008) Impact of different configurations of a diesel oxidation catalyst on the CO and HC tail-pipe emissions of a Euro 4 passenger car. *Appl Therm Eng* 28:962–966

Zheng M, Banerjee S (2009) Diesel oxidation catalyst and particulate filter modeling in active–flow configurations. *Appl Therm Eng* 29:3021–3035

Zheng M, Mulenga MC, Reader GT, Wang M, Ting DS, Tjong J (2008) Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion. *Fuel* 87:714–722

Zhu L, Cheung CS, Zhang WG, Fang JH, Huang Z (2013) Effects of ethanol–biodiesel blends and diesel oxidation catalyst (DOC) on particulate and unregulated emissions. *Fuel* 113:690–696