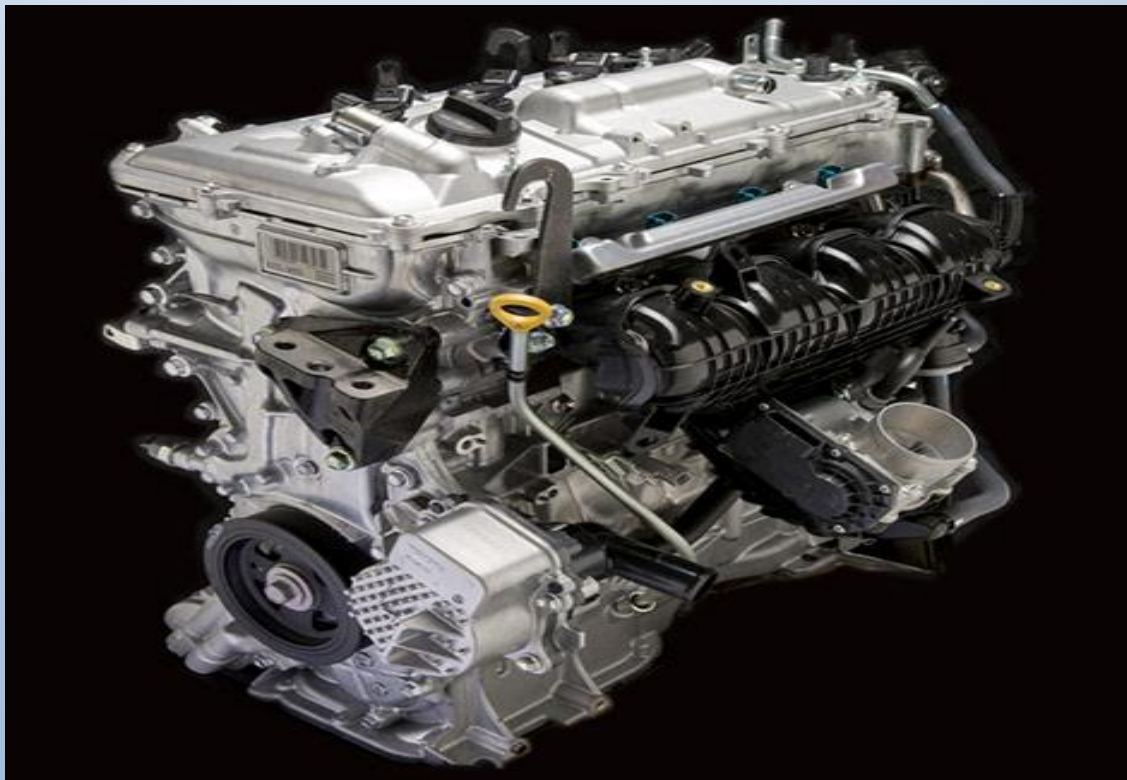


**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ-ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ-ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ**  
**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΤΕΧΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟ**  
**ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΥΒΡΙΔΙΚΗΣ ΚΑΙ DIESEL**  
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΣΤΟΛΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ**  
**ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΘΗΝΩΝ»**



**ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Κ. ΧΑΤΖΗΜΑΝΩΛΑΚΗΣ**

**Επιβλέπων: ΙΩΑΝΝΗΣ ΖΙΩΜΑΣ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011**

---

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	6
1.1 Αυτοκίνηση και ιστορική αναδρομή της .....	6
1.2 Αυτοκίνηση και περιβάλλον .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	11
2.1 Θερμικές μηχανές-Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ)-Βασικές Θεωρήσεις-Γενικά χαρακτηριστικά εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ.....	11
2.2 Ο κύκλος ΟΤΤΟ .....	14
2.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά κύκλου ΟΤΤΟ.....	18
2.3 Ο κύκλος DIESEL .....	22
2.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά κύκλου DIESEL.....	26
2.4 Υβριδική τεχνολογία.....	28
2.4.1 Κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	33
3.1 Εκπομπές ρύπων από Μ.Ε.Κ. – Μηχανισμοί σχηματισμού .....	33
• Διοξείδιο του άνθρακα CO <sub>2</sub> .....	33
• Ακαυστοι υδρογονάνθρακες .....	34
• Οξείδια του αζώτου (NO <sub>x</sub> ).....	34
• Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	35
• Καπνός-Αιθάλη .....	35
• Μόλυβδος (Pb) .....	36
• Οζόν.....	37
• Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> ).....	37
• Αιωρούμενα σωματίδια (SPM-Suspended Particulate Matter) ..	37
3.2 Εφαρμοσμένες τεχνικές περιορισμού εκπομπών .....	38
3.2.1 Αναγωγή SCR (Selective Catalytic Reaction) . . . . .	39
3.2.2 Παγίδες Αιθάλης (SOOT-TRAPS).....	40
3.2.3 Ανακυκλοφορία καυσαερίων μέσω EGR .....	40
3.2.4 Καταλυτικοί μετατροπείς.....	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	43
4.1 Νομοθεσία-Γενικά.....	43
4.1.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία- Ευρωπαϊκές συμφωνίες με τις αυτοκινητοβιομηχανίες.....	44
4.1.2 Κύκλοι Πόλης.....	45
4.1.3 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών- Κοινοτικές οδηγίες EURO .....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	52
5.1 Ελληνικός στόλος οχημάτων –Στατιστικά στοιχεία.....	52
Διάκριση μηχανοκίνητων οχημάτων ως προς την χρήση τους .....	52
Διάκριση μηχανοκίνητων οχημάτων ως προς τον κυβισμό τους (cubic capacity) και νέες ταξινομήσεις .....	55
Ηλικιακά χαρακτηριστικά στόλου .....	56
Στόλος και κοινοτικές οδηγίες .....	57
5.2 Κόστος αγοράς-Παράμετροι .....	58
5.3 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας.....	59
5.3.1 Βενζινοκίνητα οχήματα.....	61
5.3.2 Πετρελαιοκίνητα οχήματα.....	63
5.3.3 Υβριδικά οχήματα.....	64
5.4 Πολυκριτηριακή ανάλυση-Μέθοδος.....	65
5.4.1 Πολυκριτηριακή ανάλυση υπάρχουσας αγοράς.....	67
5.4.2 Πολυκριτηριακή ανάλυση-Περιβαλλοντική προσέγγιση .....	72
5.4.3 Πολυκριτηριακή ανάλυση-Οικονομική προσέγγιση .....	77
5.4.4 Πολυκριτηριακή ανάλυση-Προσέγγιση με βάση την διάρκεια ζωής.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	88
6.1 Διαμόρφωση σεναρίου εισόδου οχημάτων στον υπάρχοντα στόλο.....	88
6.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εφαρμογής σεναρίου.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	104
7.1 Εξαγωγή συμπερασμάτων .....	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	106

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας: Διδάκτορα κ. Ιωάννη Ζιώμα για την υποστήριξή του, την συμπαράστασή του και την υπομονή που επέδειξε σε προβλήματα που αντιμετώπισα κατά την προσπάθεια περάτωσης της διπλωματικής μου εργασίας καθώς για τις κατευθυντήριες γραμμές που μου έδωσε σε επιστημονικό επίπεδο.

Στο σημείο αυτό θέλω να ευχαριστήσω την Μιλτιάνα, για την αμέριστη συμπαράστασή της σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και την απαιτούμενη στήριξη που μου προσέφερε απλόχερα σε κάθε δύσκολη στιγμή της φοιτητικής μου πορείας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι οι τρεις κύριες τεχνολογίες αυτοκίνησης που χρησιμοποιούνται για τις μετακινήσεις στις σύγχρονες κοινωνίες. Τα ζητήματα που μας απασχόλησαν μπορούν να διακριθούν σε δύο κύρια μέρη, το τεχνικοοικονομικό και το περιβαλλοντικό. Περαιτέρω πραγματοποιήθηκε τεχνικοοικονομική μελέτη που βασίστηκε στην χρήση ενός συγκεκριμένου εργαλείου λήψης αποφάσεων, την πολυκριτηριακή ανάλυση. Η τελευταία χρησιμοποιήθηκε στην ενίσχυση της καταβληθείσας προσπάθειάς μας για βαθιά και αναλυτική κατανόηση της αγοράς αυτοκινήτου και συνακόλουθα της δομής που χαρακτηρίζει τον στόλο των οχημάτων. Το περιβαλλοντικό σκέλος, με αφετηρία ένα υποθετικό σενάριο εισόδου νέων οχημάτων στον ήδη υπάρχοντα στόλο, αναφέρεται στις πιθανές αλλαγές και επιπτώσεις από τις εκπομπές ρύπων στο περιβαλλοντικό σύστημα του Ν. Αττικής. Οι ποσοτικές μεταβολές στις εκπομπές ρύπων στο συγκεκριμένο περιβαλλοντικό σύστημα ερευνήθηκαν έπειτα από χρήση συγκεκριμένων συντελεστών εκπομπής σύμφωνα με τα κοινοτικά πρότυπα, πριν και μετά την εφαρμογή του σεναρίου, καθώς και υπολογιστικών εργαλείων. Ο χρονικός ορίζοντας εφαρμογής του υποθετικού σεναρίου είναι τα πέντε έτη και τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρατίθενται συγκεντρωτικά στο τέλος της διπλωματικής, παρουσιάζουν δε μέσα από γραφικές παραστάσεις τις αρκετά σημαντικές μεταβολές στις εκπομπές και κατ' επέκταση και στις συγκεντρώσεις των ρύπων.

# ABSTRACT

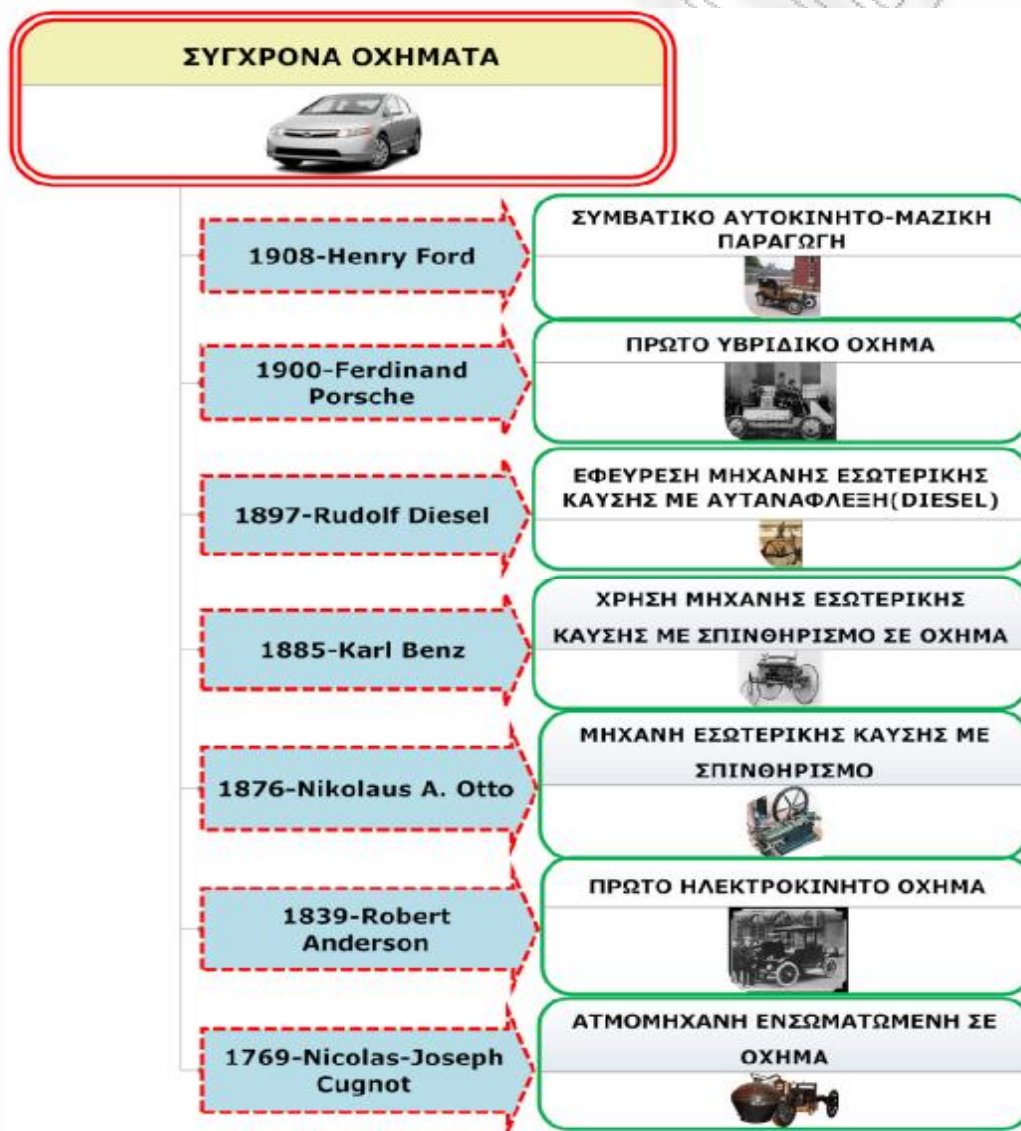
The main concern of this diploma thesis is the three major automotive categories which are used for transportation in our modern societies. The issues that we have studied can be divided in two separated parts, the technoeconomical and the environmental ones. In addition, we have completed a technoeconomical study which was based on a specific decision making tool, the multiple criteria decision analysis. This method helped us to enhance our previous effort for deep and analytical comprehension of the car market and therefore to understand the structure of the current fleet of cars. The environmental part started with a hypothetical scenario of new cars entrance into the current fleet (a what if situation), and refers to the possible changes and impacts from the emissions of pollutants into the environmental system of the Attiki district. The quantitative changes of the pollutants into this particular environmental system were examined after the usage of specific emission coefficients according to E.U emission standards, before and after the application of this scenario and with the usage of calculation tools. The chronological horizon of the particular scenario is five years and the results that we extracted are mentioned collectively at the end of the current thesis and they demonstrate (with the usage of graphical diagrams) the quite serious changes of the pollutant emissions and therefore the concentrations of them.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ

Η λέξη αυτοκίνηση προέρχεται από την σύνθεση δύο λέξεων, της ελληνικής «αυτός» και της λατινικής «*mobilis*»(κινούμενο), και ετυμολογικά σημαίνει πως ένα όχημα μπορεί να κινείται από «μόνο» του. Οι πρώτες βιβλιογραφικές αναφορές για την σύλληψη της ιδέας της χρήσης μιας μηχανής για την κίνηση ενός οχήματος ανήκουν στους οραματιστές-εφευρέτες **Leonardo da Vinci** και στον **Isaac Newton**. Σε αντίθεση με την κοινή αίσθηση, τα πρώτα αυτοκινούμενα οχήματα δεν χρησιμοποιούσαν μηχανές εσωτερικής καύσης για να κινηθούν, αλλά ατμομηχανές οι οποίες μετέτρεπαν την ενέργεια του ατμού σε κίνηση. Η συγκεκριμένη τεχνολογία, της οποίας δημιουργός θεωρείται ο γάλλος μηχανικός **Nicolas Joseph Cugnot (1769)**, δεν μπόρεσε ποτέ να οδηγήσει στην μαζική παραγωγή τέτοιων οχημάτων εξαιτίας του υπερβολικού βάρους ενός τέτοιου οχήματος. Στα χρόνια που ακολούθησαν δημιουργήθηκε ένα ανταγωνιστικό πλαίσιο ανάμεσα σε δύο διαφορετικά είδη αυτοκίνησης, την ηλεκτροκίνηση και την κίνηση που βασίζεται στην μετατροπή της χημικής ενέργειας των ορυκτών καυσίμων σε κινητική (μέσω της καύσης τους). Το πρώτο ηλεκτροκίνητο όχημα οφείλεται στον σκωτσέζο εφευρέτη **Robert Anderson (1839)** αποτέλεσε τη βάση πάνω στην οποία δημιουργήθηκαν τα πολύ ελκυστικά ηλεκτροκίνητα οχήματα των αρχών του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Τα οχήματα αυτά αν και είχαν πολλά πλεονεκτήματα (αθόρυβη λειτουργία, απουσία οσμών λόγω της απουσίας καύσης, ευκολία στον χειρισμό εξαιτίας της απουσίας κιβώτιου ταχυτήτων), τελικά δεν μπόρεσαν να ανταγωνιστούν τα οχήματα που ήταν εφοδιασμένα με μηχανές εσωτερικής καύσης. Οι λόγοι ήταν κυρίως οικονομικοί (κόστος αγοράς τριπλάσιο των συμβατικών-εξάπλωση εναλλασσόμενου ρεύματος απαιτούσε την εγκατάσταση μετατροπέων AC-DC στα οχήματα, εκτοξεύοντας το κόστος) αλλά και αυτονομίας, αφού με την επέκταση του οδικού δικτύου, τους ήταν αδύνατον να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς επαναφόρτιση. Η έναρξη της μαζικής παραγωγής αυτοκινήτων οφείλεται στον **Henry Ford (1863-1947)** ο οποίος κατάφερε να χρησιμοποιήσει τις τεχνολογικές καινοτομίες των προηγούμενων ετών και ένα πρωτοποριακό σύστημα διοίκησης σε βιομηχανικό επίπεδο, κατακλύζοντας την αμερικανική κοινοπολιτεία με το περίφημο **T-Model**.

Η αυτοκίνηση, όπως έχει διαμορφωθεί στις μέρες μας αποτελεί ένα ψηφιδωτό από επιμέρους εφευρέσεις των οποίων ο συνδυασμός δημιουργεί ένα όχημα ικανό να μεταφέρει επιβάτες και εμπορεύματα. Υπολογίζεται πως περίπου 100.000 από αυτές συνθέτουν ένα σύγχρονο αυτοκίνητο. Παρόλα αυτά μπορούμε να επισημάνουμε κάποιες από αυτές τις επιμέρους εφευρέσεις και να τις διακρίνουμε από τις υπόλοιπες εξαιτίας της σπουδαιότητάς τους και του κομβικού χαρακτήρα τους στην εξέλιξη της αυτοκίνησης. Η διαγραμματική απεικόνιση των παραπάνω<sup>(1)</sup>, ερμηνεύει με τον καλύτερο τρόπο τον λόγο για τον οποίο δίστανται οι απόψεις των ιστορικών ως προς τον καθορισμό του εφευρέτη του αυτοκινήτου, κάτι που ενδυναμώνει ολοένα και περισσότερο την άποψη πως θα ήταν άδικο να θεωρηθεί αποκλειστικά και μόνο ένα πρόσωπο ως ο μοναδικός εφευρέτης.



Εικόνα 1.1 Διαγραμματική απεικόνιση κυριοτέρων σταθμών στην εξέλιξη της αυτοκίνησης



## 1.2 ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης (**Internal Combustion Engines**) έχουν την ικανότητα να παράγουν ενέργεια καταναλώνοντας πετρέλαιο και τα παράγωγά του και κατέχουν ένα κυρίαρχο ρόλο στον τομέα των μεταφορών, αφού τις συναντούμε στις χερσαίες μεταφορές αγαθών και ανθρώπων, στις αερομεταφορές καθώς και στην ναυσιπλοΐα. Η παγκόσμια παραγωγή οχημάτων αν και χαρακτηρίζεται από αυξομειώσεις, γενικά ακολουθεί μια αυξητική πορεία γεγονός που συνηγορεί στην εκτίμησή του ότι με τους σημερινούς ρυθμούς κατανάλωσης το 2050 η παγκόσμια ζήτηση υγρών καυσίμων θα έχει διπλασιαστεί<sup>(2)</sup>. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μεταβολές στην παγκόσμια παραγωγή των μηχανοκίνητων οχημάτων από το 1997-2007.

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ
1997	52.987.000	
1998	56.987.000	-2.70%
1999	56.258.892	2.98%
2000	58.374.162	3.80%
2001	56.304.925	-3.50%
2002	58.994.318	4.80%
2003	60.663.225	2.80%
2004	64.496.220	6.30%
2005	66.482.439	3.10%
2006	69.222.975	4.10%
2007	73.266.061	5.80%

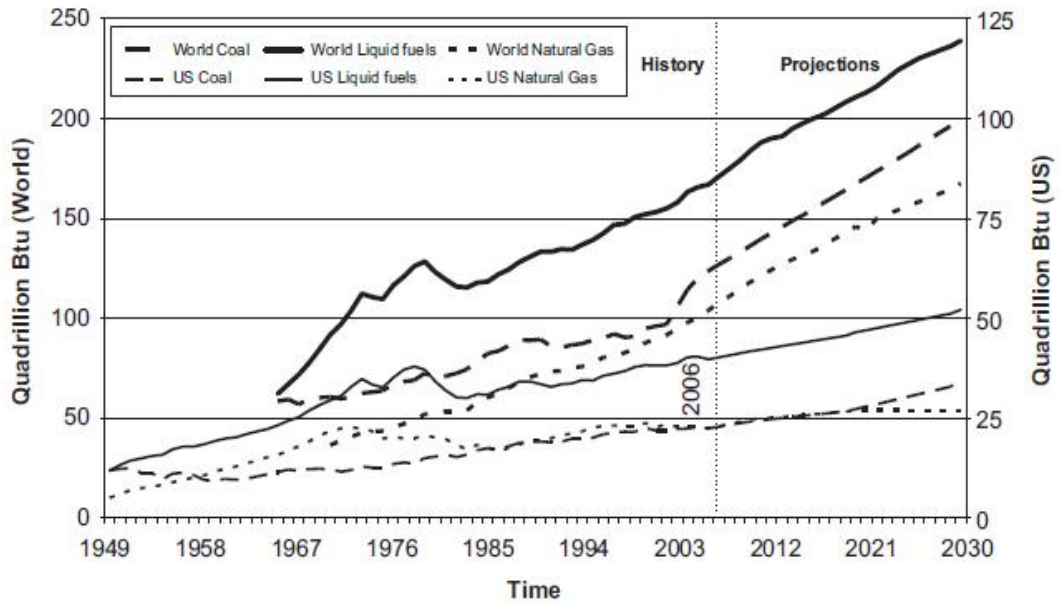


Εικόνα 1.2 Μεταβολή παγκόσμιας παραγωγής οχημάτων (1997-2007)

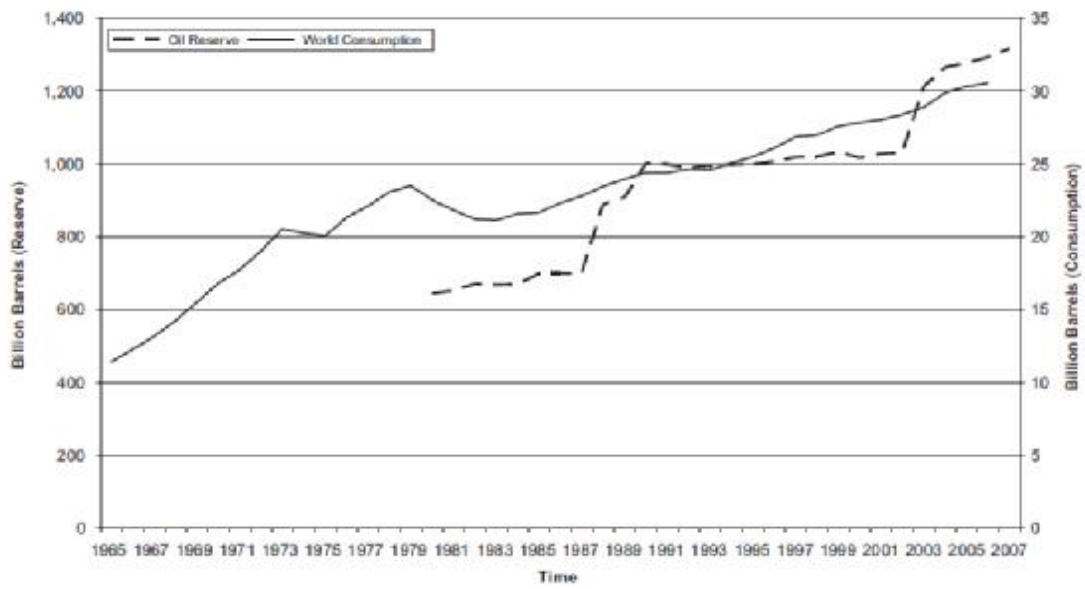
Πλέον, παγκοσμίως η αναλογία αυτοκινήτων προς πληθυσμό είναι 1 προς 9, ενώ στις Η.Π.Α ο αριθμός των καταγεγραμμένων οχημάτων είναι τόσο μεγάλος που

σχεδόν αντιστοιχεί ένα όχημα ανά κάτοικο. Τα πλεονεκτήματα από την ευρεία χρήση του αυτοκινήτου είναι προφανή τόσο για την παγκόσμια οικονομία όσο και για τον κάθε άνθρωπο ξεχωριστά αφού αποτελούν το πιο συνηθισμένο και σχετικά γρήγορο μεταφορικό μέσο. Εκτός από τα πλεονεκτήματα της εισόδου της αυτοκίνησης στη ζωή μας υπάρχουν και αδιαμφισβήτητα μειονεκτήματα όπως τα τροχαία ατυχήματα και φυσικά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής θα ασχοληθούμε με την δεύτερη κατηγορία και θα προσπαθήσουμε να την συσχετίσουμε με τα διαφορετικά είδη οχημάτων που είναι διαθέσιμα για αγορά από το καταναλωτικό κοινό. Είναι ειρωνικό το γεγονός, όπως μας ενημερώνουν οι αναφορές της εποχής<sup>(3)</sup>, πως εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης ίππων για την κάλυψη των μεταφορικών τους αναγκών, οι κάτοικοι των μεγάλων πόλεων στις Η.Π.Α υποδέχτηκαν την έναρξη της μαζικής παραγωγής αυτοκινήτων από τον Henry Ford γύρω στα 1900 ως την λύση στο τότε περιβαλλοντικό πρόβλημα της εποχής που προέκυπτε από την εγκατάλειψη των νεκρών αλόγων στα πεζοδρόμια. Στην σημερινή εποχή έχουμε συνδέσει την αυτοκίνηση με έννοιες όπως αυτή της κυκλοφοριακής συμφόρησης, της ρύπανσης του περιβάλλοντος και υποβάθμισης της ποιότητας ζωής κυρίως στις αστικές περιοχές. Πλέον το πετρέλαιο και τα παράγωγά του αποτελούν το 97% της συνολικής κατανάλωσης καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην αυτοκίνηση. Είναι προφανές πως ανεξάρτητα από τις σχεδιαστικές και τεχνολογικές καινοτομίες που συνεχώς εφαρμόζει η αυτοκινητοβιομηχανία και έχουν σαν στόχο την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης, ο διαρκώς αυξανόμενος αριθμός αυτοκινήτων δικαιολογεί την αντίστοιχη τάση στην αύξηση στην κατανάλωση καυσίμων καθώς και τις απαισιόδοξες προβλέψεις για τις επόμενες δύο δεκαετίες<sup>(4)</sup>.

Στην εικόνα 1.4 παρουσιάζεται η συσχέτιση ανάμεσα στα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου και την κατανάλωσή τους από το 1965 έως το 2007. Όπως παρατηρούμε η παγκόσμια κατανάλωση του 2007 υπερδιπλασιάστηκε σε σχέση με το 1980 και αντικατοπτρίζει την εκθετική αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων την ίδια περίοδο. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός πως τα καταγεγραμμένα αποθέματα πετρελαίου αυξάνουν στην πάροδο του χρόνου γεγονός που οφείλεται στην καλύτερη ανάλυση των δεδομένων ως αποτέλεσμα της εφαρμογής σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών, παρόλα αυτά υπάρχει αβεβαιότητα ως προς τον ακριβή καθορισμό της διαθέσιμης ποσότητας αποθεμάτων.



Εικόνα 1.3 Διαγραμματική απεικόνιση αυξανόμενης τάσης στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων



Εικόνα 1.4 Αποθέματα πετρελαίου και κατανάλωση καυσίμου (1965-2007)

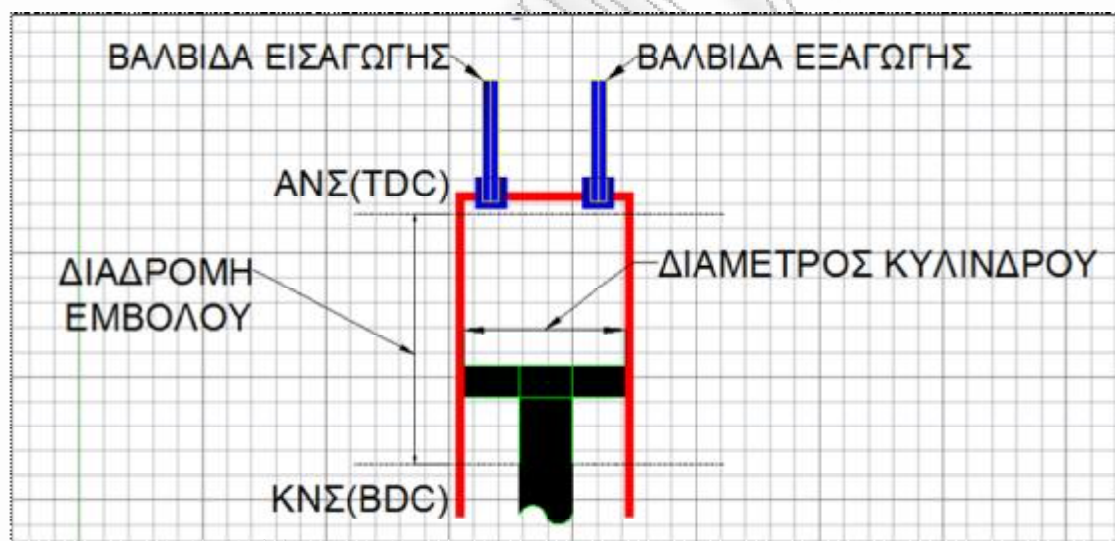
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (Μ.Ε.Κ)-ΒΑΣΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ-ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ Μ.Ε.Κ

Στην θερμοδυναμική, η παραγωγή ισχύος επιτυγχάνεται συνήθως με την χρήση συστημάτων τα οποία λειτουργούν σύμφωνα με κάποιον θερμοδυναμικό κύκλο. Οι συσκευές και τα συστήματα αυτά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μιας καθαρής ποσότητας ισχύος συνήθως ονομάζονται *μηχανές* και οι αντίστοιχοι θερμοδυναμικοί κύκλοι που περιγράφουν την λειτουργία τους ως *κύκλοι παραγωγής ισχύος*. Αυτοί οι κύκλοι παραγωγής ισχύος μπορούν με την σειρά τους να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες, τους κλειστούς και τους ανοιχτούς. Στους κλειστούς κύκλους, το ρευστό λειτουργίας (όπως πχ ο υδρατμός στις μονάδες παραγωγής ισχύος με ατμό) επανέρχεται στο τέλος του κύκλου στην αρχική του κατάσταση και επανακυκλοφορεί. Στους ανοιχτούς κύκλους το ρευστό λειτουργίας, αντί να επανακυκλοφορήσει, στο τέλος κάθε κύκλου ανανεώνεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της τελευταίας κατηγορίας αποτελούν οι μηχανές των αυτοκινήτων, οι οποίες αποβάλλουν τα καυσαέρια στο τέλος του κάθε κύκλου και τα αντικαθιστούν με ένα φρέσκο μείγμα αέρα καυσίμου.

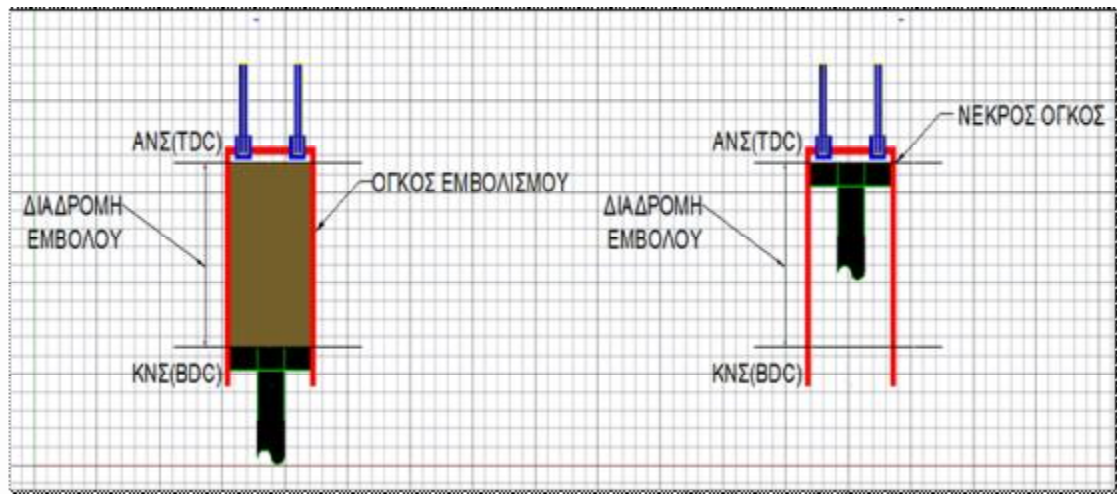
Οι θερμικές μηχανές είναι ουσιαστικά διατάξεις που μετατρέπουν την θερμότητα που παράγεται από την χημική ενέργεια της καύσης σε μηχανικό έργο και η ταξινόμησή τους γίνεται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις *μηχανές εσωτερικής καύσης* και τις *μηχανές εξωτερικής καύσης*. Το κύριο κριτήριο σε αυτή την ταξινόμηση είναι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η παροχή θερμότητας στο ρευστό λειτουργίας (λειτουργούν-εργαζόμενο μέσο). Στις μηχανές εξωτερικής καύσης, όπως είναι οι μονάδες παραγωγής ισχύος με ατμό, η ενέργεια παρέχεται στο ρευστό λειτουργίας από μια εξωτερική πηγή όπως είναι ένας κλίβανος, ένα γεωθερμικό πηγάδι, ένας πυρηνικός αντιδραστήρας ή ο ήλιος. Στις μηχανές εσωτερικής καύσης (οι οποίες μας ενδιαφέρουν περισσότερο εξαιτίας της ευρείας χρήσης τους στην αυτοκίνηση), η ενέργεια παρέχεται στο ρευστό λειτουργίας από την καύση του καυσίμου μέσα στα όρια του συστήματος<sup>(5)</sup>.

Παρά την απλότητά της, η παλινδρομική μηχανή (ουσιαστικά μια συσκευή εμβόλου-κύλινδρου) είναι μία από τις λίγες εφευρέσεις που χρησιμοποιήθηκαν τόσο ποικιλόμορφα και σε τόσο μεγάλο εύρος εφαρμογών. Αποτελούν την μονάδα παραγωγής ισχύος της πλειοψηφίας των αυτοκινήτων, των φορτηγών, των ελαφρών αεροσκαφών, των πλοίων, των γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος και πλήθους άλλων συσκευών. Τα βασικά εξαρτήματα των παλινδρομικών μηχανών απεικονίζονται στην εικόνα 2.1. Το έμβολο παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο μεταξύ δύο συγκεκριμένων θέσεων που ονομάζονται άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ)-top dead center (TDC) και κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ)-bottom dead center (BDC). Η απόσταση ανάμεσα στο ΑΝΣ και ΚΝΣ είναι η μεγαλύτερη απόσταση που μπορεί να διανύσει το έμβολο προς μία κατεύθυνση και ονομάζεται διαδρομή του εμβόλου. Το μείγμα αέρα καυσίμου εισέρχεται στον κύλινδρο διαμέσου της βαλβίδας εισαγωγής και τα προϊόντα της καύσης εξέρχονται από τον κύλινδρο διαμέσου της βαλβίδας εξαγωγής.



Εικόνα 2.1 Βασικά εξαρτήματα παλινδρομικής μηχανής

Ο ελάχιστος όγκος που σχηματίζεται μέσα στον κύλινδρο, όταν το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ, ονομάζεται νεκρός όγκος ενώ ο όγκος που εμβολίζεται με την κίνηση του εμβόλου μεταξύ των ακραίων θέσεων του (ΑΝΣ και ΚΝΣ) ονομάζεται όγκος εμβολισμού.



Εικόνα 2.2 Ο όγκος εμβολισμού και ο νεκρός όγκος μιας παλινδρομικής μηχανής.

Ο λόγος του μέγιστου όγκου που δημιουργείται μέσα στον κύλινδρο προς τον ελάχιστο (νεκρό) όγκο ονομάζεται **λόγος συμπίεσης  $r$**  της μηχανής και ορίζεται ως εξής:

Χαρακτηριστικό μέγεθος σε κάθε παλινδρομική μηχανή το οποίο μας επιτρέπει και να τις ομαδοποιήσουμε είναι ο κυβισμός. **Κυβισμός ( $K$ )** είναι ο όγκος του κυλίνδρου που σαρώνει το έμβολο κατά την διαδρομή του, δηλαδή το γινόμενο της διατομής του κυλίνδρου και της διαδρομής του εμβόλου, σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$K = \frac{\pi}{4} \times \text{Διαδρομή} \times \text{ισχύος} \times \text{Διατομή} \times \text{εμβόλου}$$

Οι παλινδρομικές μηχανές που χρησιμοποιούνται στην αυτοκίνηση είναι σύνθετες να χρησιμοποιούν περισσότερες από μία διατάξεις εμβόλου-κυλίνδρου οπότε και η σχέση που μας δίνει τον κυβισμό τους μετατρέπεται στην ακόλουθη:

$$K = \frac{\pi}{4} \times \text{Διαδρομή} \times \text{ισχύος} \times \text{Διατομή} \times \text{εμβόλου} \times \text{Αριθμός κυλινδρών}$$

Οι παλινδρομικές μηχανές ταξινομούνται σε μηχανές ανάφλεξης με σπινθήρα (SI, Spark-Ignition) και σε μηχανές ανάφλεξης με συμπίεση (CI, Compression-

Ignition), ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ξεκινάει μέσα στον κύλινδρο η διεργασία της καύσης. Στις ενότητες που ακολουθούν θα αναλυθούν οι κύκλοι **Otto** και **Diesel**, που είναι οι ιδανικοί κύκλοι των παλινδρομικών μηχανών ανάφλεξης με σπινθήρα και ανάφλεξης με συμπίεση, SI και CI αντίστοιχα.



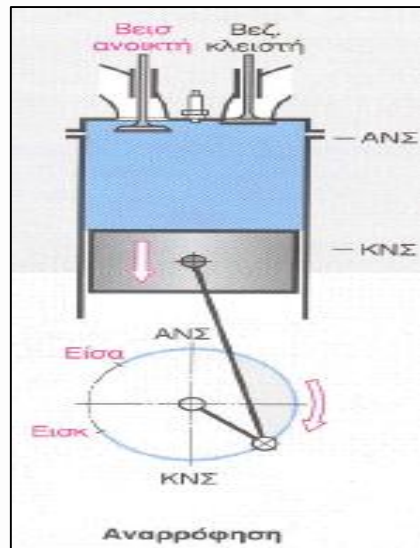
Εικόνα 2.3 Διάκριση παλινδρομικών μηχανών εσωτερικής καύσης

## 2.2 Ο ΚΥΚΛΟΣ ΟΤΤΟ-Ο ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΜΕ ΣΠΙΝΘΗΡΙΣΜΟ (5,6,7,8)

Ο κύκλος ΟΤΤΟ είναι ο ιδανικός κύκλος για παλινδρομικές μηχανές ανάφλεξης με σπινθήρα (SI). Πήρε το όνομά του από τον Nikolaus A. Otto, ο οποίος το 1876, κατασκεύασε με επιτυχία στην Γερμανία μια τετράχρονη μηχανή χρησιμοποιώντας τον κύκλο που προτάθηκε το 1862 από τον γάλλο Beau de Rochas. Ουσιαστικά ο κύκλος ΟΤΤΟ Αποτελείται από τις ακόλουθες τέσσερις εσωτερικά αντιστρεπτές διεργασίες καθώς και από τις διεργασίες εισόδου και εξόδου του καύσιμου μίγματος στον θάλαμο καύσης.

### 0-1 Ισοβαρής ( $p$ =σταθερή) εισαγωγή

Στην συγκεκριμένη διεργασία έχουμε την κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω και την παράλληλη είσοδο του μίγματος αέρα-καυσίμου μέσω της βαλβίδας εισαγωγής στον θάλαμο καύσης. Η διαδρομή που ακολουθεί το έμβολο είναι από το ΑΝΣ μέχρι στο ΚΝΣ στο τέλος της διεργασίας και χαρακτηρίζεται από την διατήρηση σταθερής πίεσης κατά την διάρκειά της.

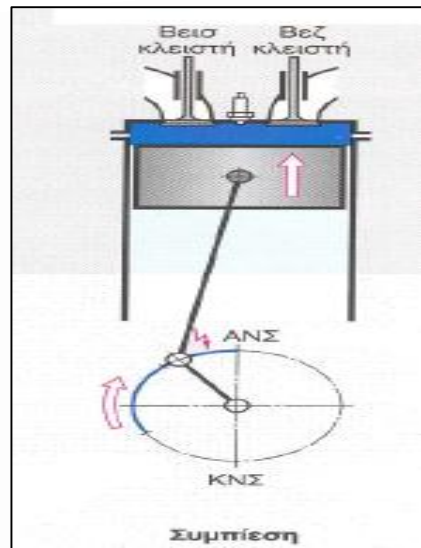


Εικόνα 2.4 Εισαγωγή καύσιμου μίγματος στον θάλαμο καύσης (OTTO-cycle).

### **1-2 Ισεντροπική συμπίεση**

Σε αυτή την διεργασία πραγματοποιείται η συμπίεση του μίγματος αέρα-καυσίμου σε ισεντροπικές συνθήκες. Το έμβολο μετακινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ συμπιέζοντας το καύσιμο μίγμα, αυξάνοντας έτσι την θερμοκρασία αλλά και την πίεσή του. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής παραμένουν κλειστές σε όλη την διάρκεια της συμπίεσης.

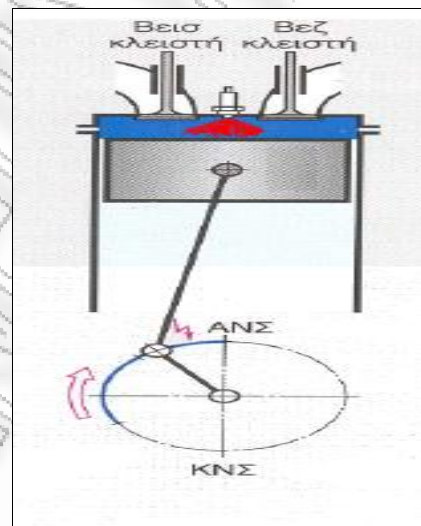




Εικόνα 2.5 Ισεντροπική συμπίεση καύσιμου μίγματος(OTTO-cycle)

### **2-3 Ισόχωρη ( $u$ =σταθερό) προσθήκη θερμότητας**

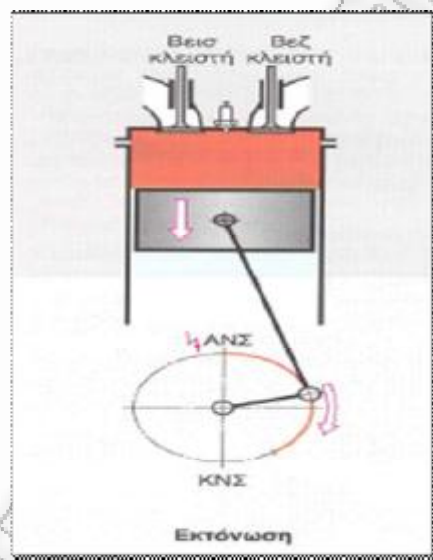
Η διεργασία αυτή ξεκινά την στιγμή κατά την οποία το έμβολο προσεγγίζει το ANΣ και χαρακτηρίζεται από την στιγμιαία προσθήκη θερμότητας στο καύσιμο μίγμα ενώ και σε αυτή την φάση του κύκλου οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής παραμένουν κλειστές.. Η προσθήκη θερμότητας πραγματοποιείται ισόχωρα ( $u$ =σταθερό) μέσω σπινθήρα (συνήθως μπουζί) και είναι αρκετή για να προκαλέσει την ανάφλεξη του μίγματος.



Εικόνα 2.6 Ισόχωρη προσθήκη θερμότητας(OTTO-cycle)

### **3-4 Ισεντροπική εκτόνωση**

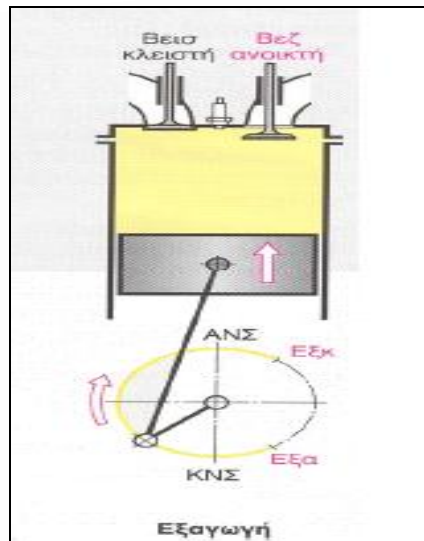
Η παραγωγή χρήσιμου έργου ακολουθεί την ακαριαία καύση του καύσιμου μίγματος και έχει σαν αποτέλεσμα την ισεντροπική εκτόνωση των καυσαερίων. Το έμβολο σε αυτή την φάση μετατοπίζεται από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ μεταφέροντας το χρήσιμο έργο που έχει παραχθεί στον στροφαλοφόρο άξονα και αυτός στην συνέχεια δίνει κίνηση στους τροχούς του οχήματος. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής παραμένουν κλειστές και κατά την διάρκεια αυτής της διεργασίας. Αυτός είναι και ο λόγος όπου στην Αγγλική βιβλιογραφία αυτή η ισεντροπική διεργασία αναφέρεται ως «power stroke».



Εικόνα 2.7 Ισεντροπική εκτόνωση-power stroke(OTTO-cycle)

### **4-1 Ισόχωρη (υ=σταθερό) απόρριψη θερμότητας**

Έπειτα από την εκτόνωση ακολουθεί η απόρριψη των καυσαερίων από τον θάλαμο καύσης μέσω μιας ισόχωρης διεργασίας που έχει σαν στόχο να επαναφέρει το σύστημα στην αρχική του κατάσταση. Το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ ενώ η βαλβίδα εξαγωγής είναι ανοιχτή έτσι ώστε τα καυσαέρια να απομακρύνονται. Όταν πλέον το έμβολο έχει φτάσει στο ΑΝΣ, η διάταξη είναι έτοιμη να εισάγει καύσιμο μίγμα στον θάλαμο καύσης και έτσι να συνεχιστεί ο κύκλος.



Εικόνα 2.8 Ισόχωρη απόρριψη θερμότητας (OTTO-cycle)

## 2.2.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΟΥ ΟΤΤΟ (5,9)

Στις περισσότερες μηχανές ανάφλεξης με σπινθηρισμό το έμβολο εκτελεί τέσσερις πλήρεις διαδρομές (δύο μηχανικούς κύκλους) στον κύλινδρο και ο στροφαλοφόρος άξονας συμπληρώνει δύο περιστροφές για κάθε θερμοδυναμικό κύκλο. Οι μηχανές αυτές ονομάζονται τετράχρονες και η κύρια διαφοροποίησή τους από τις δίχρονες είναι πως οι τέσσερις διεργασίες που περιγράφηκαν προηγουμένως πραγματοποιούνται σε δύο μόνο διαδρομές: στην διαδρομή ισχύος και στην διαδρομή συμπίεσης. Παρόλο που οι δίχρονες μηχανές είναι σχετικά απλές κατασκευαστικά και συνεπώς χαμηλότερου κόστους από τις αντίστοιχες τετράχρονες, ο μικρός βαθμός απόδοσης, εξαιτίας κυρίως της ατελούς απόρριψης μερικής ποσότητας «φρέσκου» μίγματος αέρα καυσίμου και ο υψηλός λόγος ισχύος προς όγκο τις καθιστά ιδανικές για εφαρμογές που απαιτούν μικρό μέγεθος και βάρος όπως μοτοσικλέτες, αλυσοπρίονα, χορτοκοπτικά κα... Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τις τετράχρονες μηχανές εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης τους στην αυτοκινητοβιομηχανία. Η θερμοδυναμική ανάλυση μίας πραγματικής τετράχρονης μηχανής που λειτουργεί με βάση τον κύκλο ΟΤΤΟ είναι μια αρκετά σύνθετη διαδικασία και διαφέρει αρκετά από τον πρότυπο κύκλο. Οι παραδοχές που έχουν χρησιμοποιηθεί προκειμένου να απλουστευτεί και να γίνει εφικτή η ανάλυση του κύκλου ΟΤΤΟ είναι γνωστές και ως **παραδοχές πρότυπου αέρα** και είναι οι ακόλουθες:

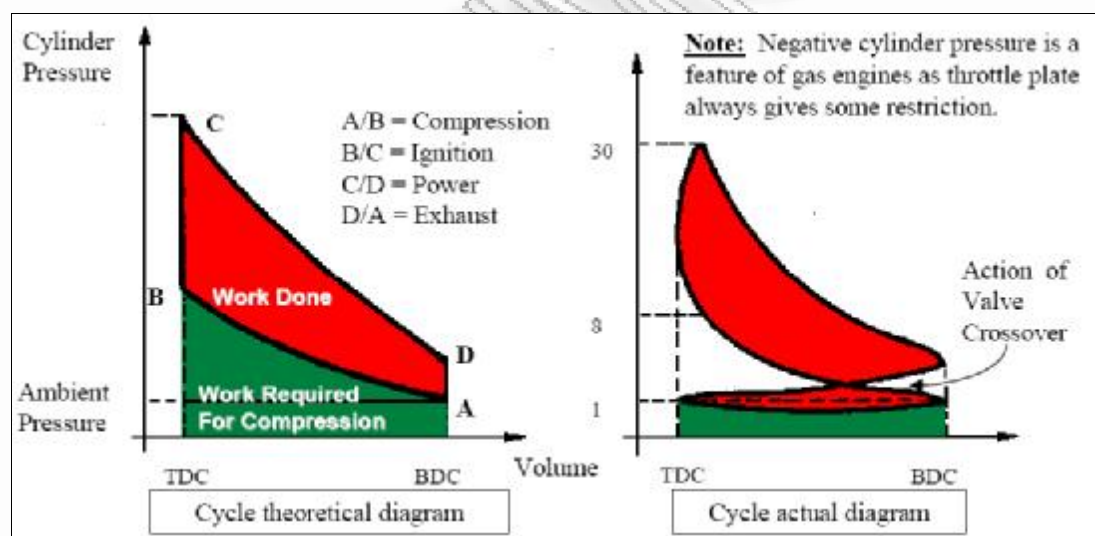
→ Το ρευστό λειτουργίας το προσεγγίζουμε στην ανάλυσή μας σαν αέρα που κυκλοφορεί σε κλειστό βρόχο και συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο.

→ Οι διεργασίες που συνθέτουν τον κύκλο είναι εσωτερικά αντιστρεπτές (διεργασίες ψευδοϊσοροπίας)

→ Η διεργασία της καύσης αντικαθίσταται από μια διεργασία προσθήκης θερμότητας, με την βοήθεια ενός μηχανισμού ανάφλεξης.

→ Η διεργασία εξαγωγής του ρευστού λειτουργίας αντικαθίσταται από μια διεργασία απόρριψης θερμότητας.

Στην εικόνα 2.9 που ακολουθεί αποτυπώνονται σε διαγράμματα P-u (πίεσης-ειδικού όγκου) οι διαφορές ανάμεσα στον ιδανικό κύκλο ΟΤΤΟ και στον πραγματικό. Αξίζει να σημειωθεί πως κατά την διάρκεια της εισαγωγής του καυσίμου η πίεση μέσα στον θάλαμο καύσης είναι στην πραγματικότητα λίγο μικρότερη από την ατμοσφαιρική ενώ κατά την διάρκεια της απόρριψης των καυσαερίων λίγο μεγαλύτερη.



Εικόνα 2.9 Διαγράμματα P-u ιδανικού και πραγματικού κύκλου ΟΤΤΟ

Για να υπολογίσουμε τον βαθμό απόδοσης μιας παλινδρομικής μηχανής που λειτουργεί με βάση τον κύκλο ΟΤΤΟ χρησιμοποιούμε τις παραδοχές πρότυπου κρούς αέρα καθώς και τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο. Όπως προαναφέρθηκε ο κύκλος αποτελείται από δύο διεργασίες μεταφοράς θερμότητας ( $q_{in}$ ,  $q_{out}$ ) κατά την διάρκεια των οποίων ο όγκος παραμένει σταθερός και συνεπώς δεν έχουμε παραγωγή έργου.

Ισχύει:

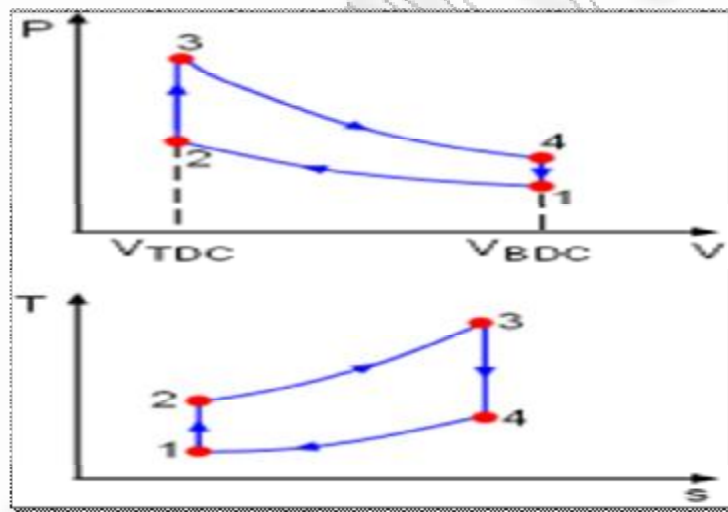
$$q_{in} = C_U (T_3 - T_2)$$

$q_{out} = C_U (T_4 - T_1)$  όπου  $C_U$  =ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο, σε μονάδες  $kJ / (kg * K)$

Έτσι για τον βαθμό απόδοσης του κύκλου έχουμε:

$$\eta_{th,OTTO} = \frac{W_{net}}{q_{in}} = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = \frac{T_1(T_4 / T_1 - 1)}{T_2(T_3 / T_2 - 1)}$$

Θεωρώντας τις διεργασίες της συμπίεσης (1-2) και της εκτόνωσης (3-4) ισηντροπικές και όπως φαίνεται από το διάγραμμα T-s του κύκλου (εικόνα 2.10) έχουμε:



Εικόνα 2.10 Διάγραμμα T-s και P-V ιδανικού κύκλου ΟΤΤΟ

$$\eta_{th,OTTO} = \frac{W_{net}}{q_{in}} = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = \frac{T_1(T_4 / T_1 - 1)}{T_2(T_3 / T_2 - 1)}$$

Επίσης:  $\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{u_1}{u_2} \right)^{k-1} = \left( \frac{u_3}{u_4} \right)^{k-1} = \frac{T_4}{T_3}$  όπου  $k$  ο λόγος ειδικών θερμότητων

$$\frac{C_p}{C_U}$$

Με αντικαταστάσεις και απλοποίηση των παραπάνω εξισώσεων καταλήγουμε πως η θερμική απόδοση προκύπτει από τον τύπο:

$$\eta_{th,OTTO} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \quad \text{όπου} \quad r = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_{BDC}}{V_{TDC}} = \frac{V_1}{V_2} .$$

Τα συμπεράσματα που μπορούμε να εξαγάγουμε για την λειτουργία του κύκλου ΟΤΤΟ εξετάζοντας τις παραπάνω σχέσεις αλλά και το διάγραμμα της εικόνας 2.11<sup>(10)</sup> όπου με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι τυπικοί λόγοι συμπίεσης των βενζινοκινητήρων, συνοψίζονται στα ακόλουθα:



Εικόνα 2.11 Διαγραμματική απεικόνιση συσχέτισης βαθμού απόδοσης με τον λόγο συμπίεσης (κύκλος ΟΤΤΟ)

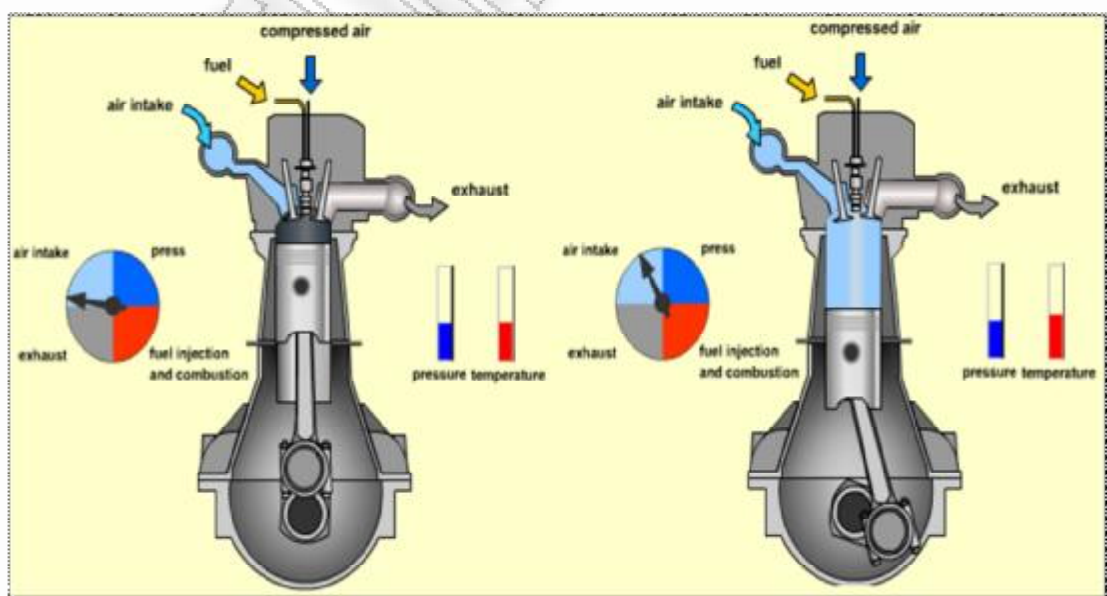
- Η θερμική απόδοση ενός ιδανικού κύκλου ΟΤΤΟ εξαρτάται από το λόγο συμπίεσης της μηχανής και από τον λόγο ειδικών θερμοτήτων του ρευστού λειτουργίας.
- Η θερμική απόδοση είναι μεγάλη για χαμηλές τιμές του βαθμού συμπίεσης ενώ μικραίνει για λόγους συμπίεσης μεγαλύτερους του 8.
- Οι θερμικές αποδόσεις των πραγματικών μηχανών ανάφλεξης με σπινθήρα κυμαίνονται από 25-30%.

## 2.3 Ο ΚΥΚΛΟΣ DIESEL-Ο ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ(5,6,7,8)

Ο κύκλος DIESEL είναι ο ιδανικός κύκλος των παλινδρομικών μηχανών ανάφλεξης με συμπίεση (CI). Η μηχανή ανάφλεξης με συμπίεση που προτάθηκε στα 1897 από τον Rudolph Diesel είναι παρόμοια με την μηχανή ανάφλεξης με σπινθήρα που περιγράφηκε προηγουμένως και διαφέρει κυρίως στον τρόπο με τον οποίο αρχίζει η καύση. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι πως το καύσιμο μίγμα συμπιέζεται αρκετά ώστε να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του σε επίπεδα μεγαλύτερα της θερμοκρασίας αυτανάφλεξης και έτσι να αρχίσει η καύση. Η διάταξη που προκαλεί τον σπινθηρισμό (μπουζί) έχει αντικατασταθεί από έναν ψεκαστήρα (εγχυτήρα) καυσίμου. Οι διεργασίες που αποτελούν τον κύκλο DIESEL παρουσιάζονται παρακάτω.

### 0-1 Ισοβαρής( $p$ =σταθερή) εισαγωγή

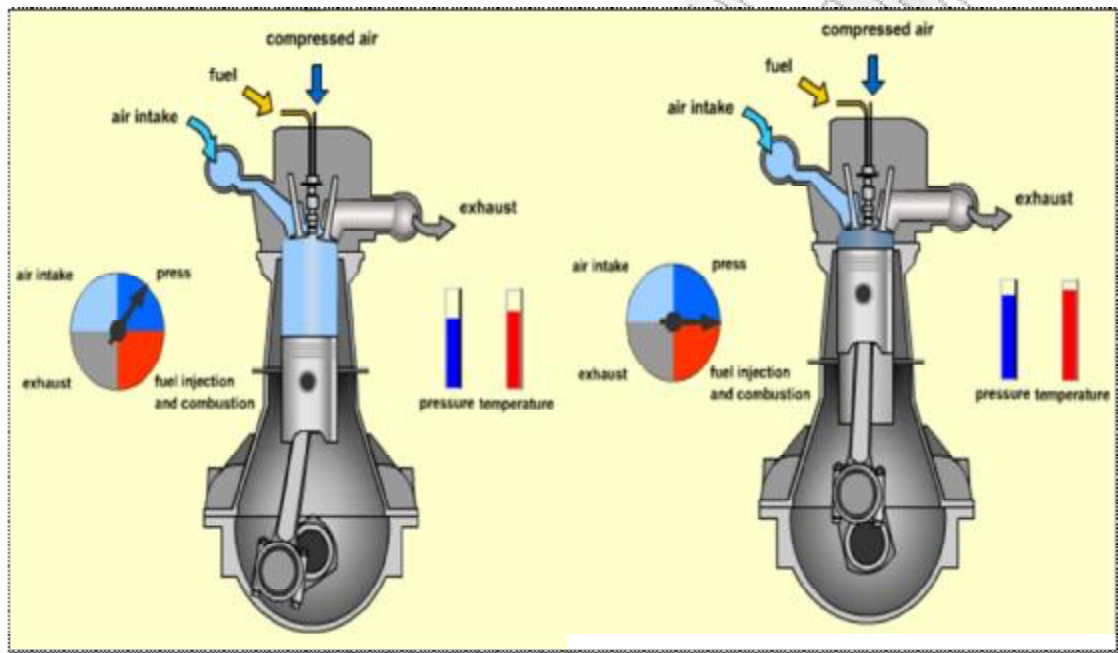
Στην συγκεκριμένη διεργασία έχουμε την κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω και την παράλληλη είσοδο του φρέσκου αέρα μέσω της βαλβίδας εισαγωγής στον θάλαμο καύσης. Η διαδρομή που ακολουθεί το έμβολο είναι από το ΑΝΣ μέχρι στο ΚΝΣ στο τέλος της διεργασίας και χαρακτηρίζεται από την διατήρηση σταθερής πίεσης κατά την διάρκειά της.



Εικόνα 2.12 Εισαγωγή αέρα στον θάλαμο καύσης (DIESEL-cycle)

## 1-2 Ισεντροπική συμπίεση

Σε αυτή την διεργασία πραγματοποιείται η συμπίεση του αέρα σε ισεντροπικές συνθήκες. Το έμβολο μετακινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ συμπιέζοντας το καύσιμο μίγμα, αυξάνοντας έτσι την θερμοκρασία αλλά και την πίεσή του. Η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει και ο παγιδευμένος στον κύλινδρο αέρας συμπιέζεται μέχρι τις 30-50 ατμόσφαιρες. Αποτέλεσμα αυτής της συμπίεσης είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στους 600-900 C<sup>0</sup>.

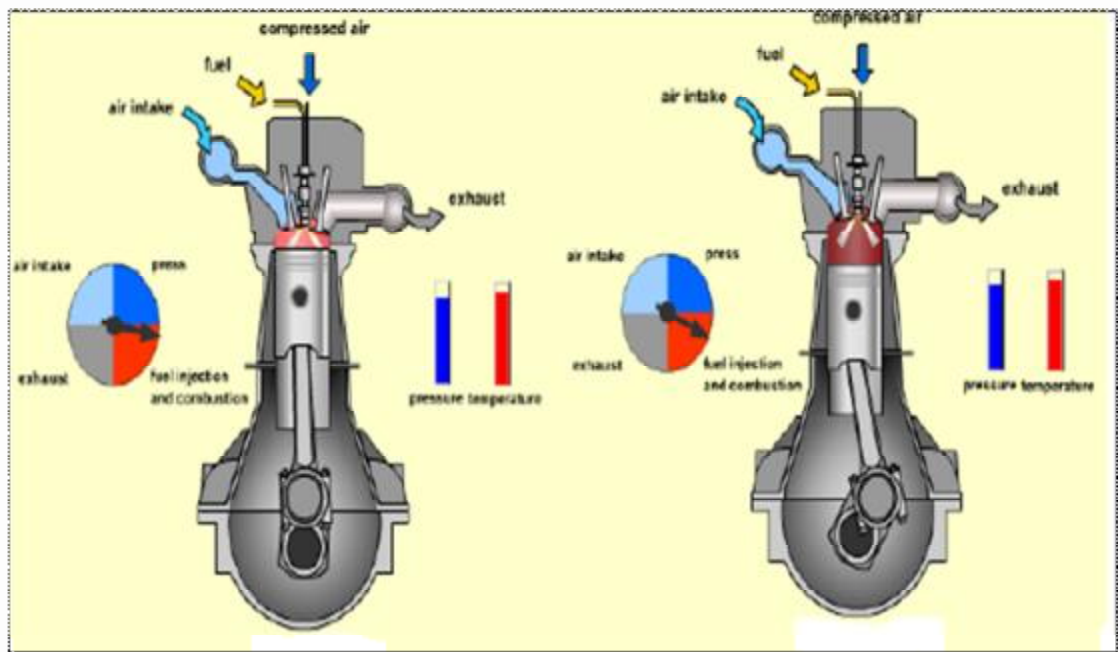


Εικόνα 2.12 Ισεντροπική συμπίεση αέρα (DIESEL-cycle).

## 2-3 Ισοβαρής (P=σταθερό) προσθήκη θερμότητας

Αυτή η διαδικασία είναι ουσιαστικά αυτή που διαφοροποιεί τον κύκλο DIESEL από τον κύκλο OTTO. Η διεργασία του ψεκασμού ξεκινάει λίγο πριν το έμβολο προσεγγίσει το ΑΝΣ και συνεχίζεται και σε ένα μικρό τμήμα της διαδρομής ισχύος έχοντας ως άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας της καύσης. Ο αρκετά θερμός αέρας που είναι προϊόν της προηγούμενης διεργασίας συμπίεσης, αναμιγνύεται με τα σταγονίδια καυσίμου και έτσι εμφανίζεται το φαινόμενο της αυτανάφλεξης που αναγκάζει το έμβολο να ξεκινήσει την διαδρομή ισχύος.

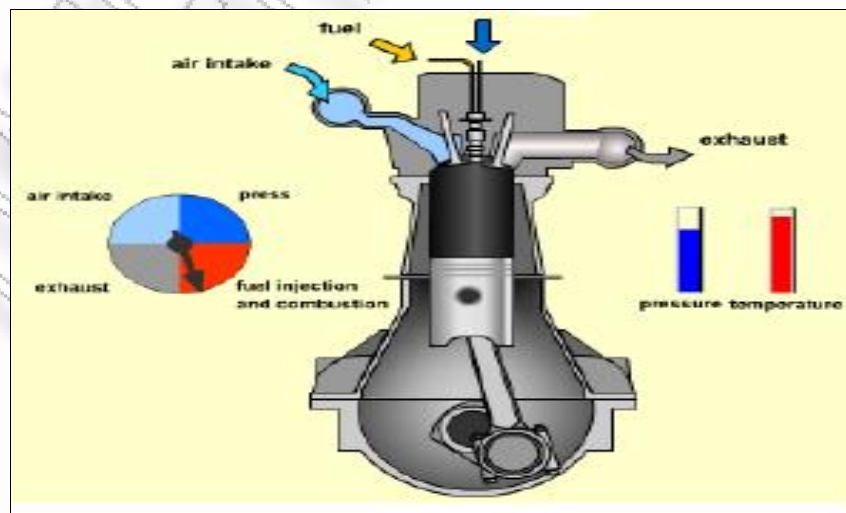




Εικόνα 2.13 Ισοβαρής προσθήκη θερμότητας (DIESEL-cycle).

### **3-4 Ισεντροπική εκτόνωση**

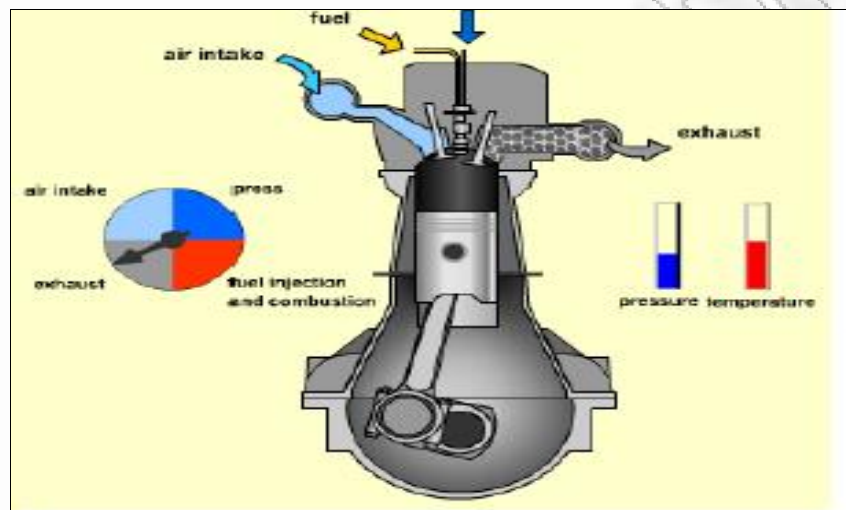
Το έμβολο υπό την πίεση των καυσαερίων μετατοπίζεται από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ μεταφέροντας το χρήσιμο έργο που έχει παραχθεί στον στροφαλοφόρο άξονα και αυτός στην συνέχεια δίνει κίνηση στους τροχούς του οχήματος όπως ακριβώς συμβαίνει και στον κύκλο ΟΤΤΟ. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής παραμένουν κλειστές και κατά την διάρκεια αυτής της διεργασίας.



Εικόνα 2.14 Ισεντροπική εκτόνωση (DIESEL-cycle).

#### 4-1 Ισόχωρη (υ=σταθερό) απόρριψη θερμότητας

Το έμβολο κινείται με κατεύθυνση από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ με την βαλβίδα εξαγωγής ανοιχτή. Η κίνηση αυτή του εμβόλου οδηγεί τα καυσαέρια έξω από τον θάλαμο καύσης. Στο τέλος της διεργασίας το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ και είναι έτοιμο να πραγματοποιήσει ακόμα έναν κύκλο εισάγοντας «φρέσκο» αέρα στον θάλαμο καύσης.



Εικόνα 2.15 Ισόχωρη απόρριψη θερμότητας (DIESEL-cycle).

## 2.3.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΟΥ DIESEL (5,9)

Ο κύκλος diesel λειτουργεί έχοντας ως βάση τις παραδοχές προτύπου κρύου αέρα που προαναφέρθηκαν. Για να επιτευχθεί η ανάλυση του κύκλου θα ορίσουμε μια νέα ποσότητα, τον **λόγο αποκοπής  $r_c$  (cutoff ratio)**, ως τον λόγο των όγκων του κυλίνδρου πριν και μετά την διεργασία καύσης:

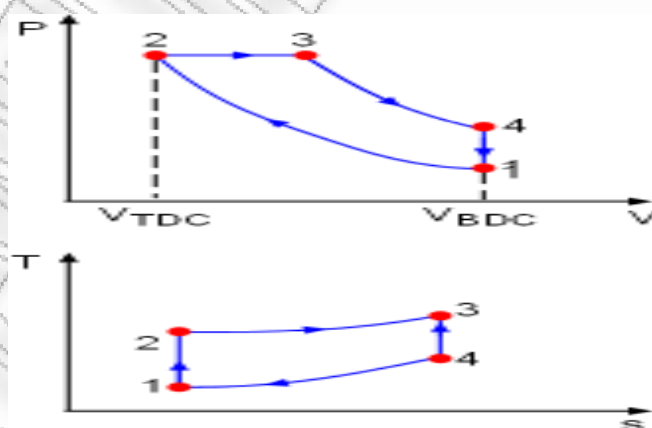
$$r_c = \frac{V_3}{V_2} = \frac{u_3}{u_2} \quad u_2, u_3 : \text{ειδικοί όγκοι στις καταστάσεις 2 και 3 αντίστοιχα}$$

(m<sup>3</sup>/kg).

Τότε και σύμφωνα με τα διαγράμματα T-s και P-u που παρουσιάζονται στην εικόνα 2.16 η θερμική απόδοση του ιδανικού κύκλου DIESEL θα δίνεται από την ακόλουθη σχέση<sup>1</sup>:

$$\eta_{th,DIESEL} = \frac{w_{net}}{q_{in}} = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{k(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{kT_2(T_3/T_2 - 1)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta_{th,DIESEL} = \frac{1}{r^{k-1}} \left[ \frac{r_c^k - 1}{k(r_c - 1)} \right]$$



Εικόνα 2.16 Διαγράμματα T-s και P-V ιδανικού κύκλου DIESEL.

<sup>1</sup> Παρατηρώντας τον βαθμό απόδοσης ενός κύκλου DIESEL και συγκρίνοντάς το με τον αντίστοιχο ενός κύκλου OTTO διαπιστώνουμε πως διαφέρει μόνο ως προς τον όρο μέσα στις αγκύλες. Ο όρος αυτός είναι πάντα μεγαλύτερος από την μονάδα. Άρα  $\eta_{th,OTTO} > \eta_{th,DIESEL}$  όταν οι δύο κύκλοι λειτουργούν στους ίδιους λόγους συμπίεσης.

Τα συμπεράσματα που μπορούμε να εξαγάγουμε για την λειτουργία του κύκλου DIESEL εξετάζοντας τις παραπάνω σχέσεις καθώς και το ακόλουθο διάγραμμα που συσχετίζει τον θερμικό βαθμό απόδοσης με τον λόγο συμπίεσης είναι τα ακόλουθα:

- Όσο μειώνεται ο λόγος αποκοπής η απόδοση του κύκλου diesel αυξάνεται. Στην οριακή περίπτωση όπου  $r_c=1$  οι αποδόσεις των κύκλων OTTO και DIESEL εξισώνονται.
- Οι μηχανές DIESEL λειτουργούν με μεγαλύτερους λόγους συμπίεσης από τους αντίστοιχους βενζινοκινητήρες.
- Οι θερμικές αποδόσεις των μηχανών diesel κυμαίνονται από 35-40%.



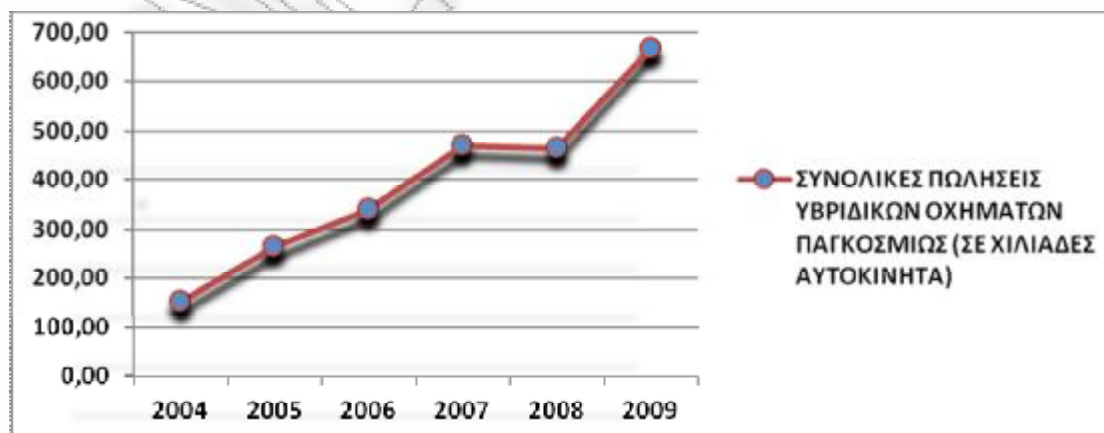
Εικόνα 2.17 Διαγραμματική απεικόνιση συσχέτισης βαθμού απόδοσης με τον λόγο συμπίεσης και λόγο αποκοπής (κύκλος DIESEL).

## 2.4 Υβριδική τεχνολογία

### 2.4.1 Κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά<sup>(11,12)</sup>

Με τον όρο «υβριδικό» χαρακτηρίζουμε κάθε όχημα το οποίο για να κινηθεί χρησιμοποιεί περισσότερες από μία μορφές ενέργειας. Η ταχύτατα αυξανόμενη ανησυχία για την εξάντληση των πετρελαϊκών αποθεμάτων σε συνδυασμό με τα περιβαλλοντικά προβλήματα (π.χ. φαινόμενο του θερμοκηπίου) που προκύπτουν από την συσχέτιση των ρύπων που παράγονται από την αυτοκίνηση κίνησε την έρευνα και ανάπτυξη πιο αειφορικών μεθόδων μετακίνησης. Το υβριδικό-ηλεκτρικό αυτοκίνητο (Hybrid Electric Vehicle) είναι αναμφίβολα προϊόν τέτοιων διαδικασιών και αποτελεί τον ενδιάμεσο σταθμό μέχρι τον τελικό προορισμό της κατασκευής του οχήματος μηδενικών εκπομπών (Zero Emission Vehicle).

Οι στατιστικές των πωλήσεων των υβριδικών αυτοκινήτων παγκοσμίως παρουσιάζουν μια σταθερά αυξανόμενη τάση κάτι που προφανώς συνδέεται με την επίσης αυξανόμενη τιμή της βενζίνης και του πετρελαίου κίνησης. Ο στόχος πλέον για τις αυτοκινητοβιομηχανίες είναι να μετατρέψουν το υβριδικό όχημα από αγαθό «πολυτελείας» με πολύ υψηλό κόστος αγοράς σε ένα πιο προσιτό μέσο μετακίνησης που θα μπορεί να αποσβήσει τα χρήματα της αγοράς του μέσω της εξοικονόμησης καυσίμου σε ένα ανταγωνιστικό ως προς τα συμβατικά οχήματα περιβάλλον. Παρόλα αυτά, οι προοπτικές για την διείσδυση των υβριδικών οχημάτων στις παγκόσμιες αγορές παραμένουν εξαιρετικές και όλα δείχνουν πως στα επόμενα χρόνια θα διαδραματίσουν κυρίαρχο ρόλο στην παγκόσμια αυτοκίνηση.

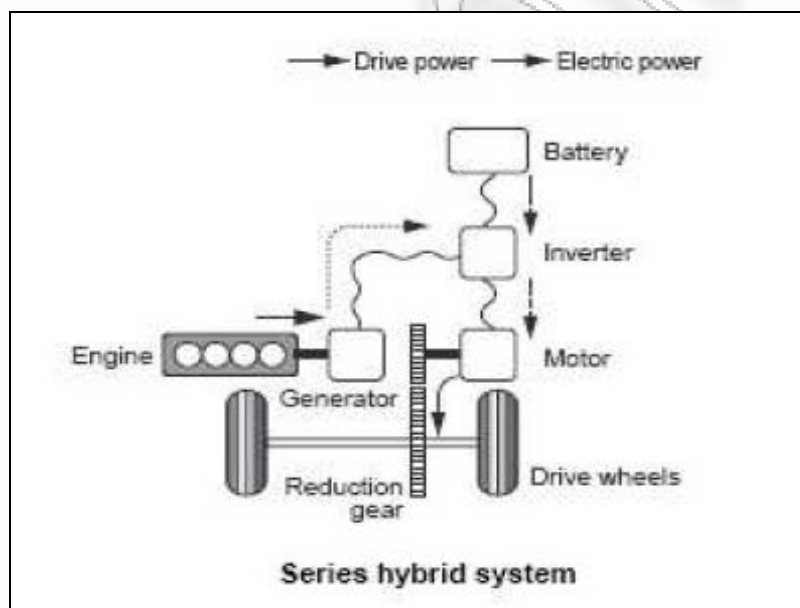


Εικόνα 2.18 Πωλήσεις υβριδικών οχημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο ανά έτος.

Τα σύγχρονα υβριδικά οχήματα αποτελούνται από τον συνδυασμό μιας Μ.Ε.Κ και ενός ηλεκτροκινητήρα και η κυριότερη μορφή διάκρισης προκύπτει από τον τρόπο με τον οποίο είναι συνδεδεμένοι αυτοί οι δύο κινητήρες. Έτσι θεωρώντας ως κριτήριο την προαναφερθείσα συνδεσμολογία έχουμε τις ακόλουθες κατηγορίες υβριδικών οχημάτων:

### → ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Κύριο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι το ότι η απαιτούμενη ισχύς για την κίνηση του οχήματος παρέχεται είτε από τους συσσωρευτές (μπαταρίες) είτε από την γεννήτρια του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ή ακόμα και σε ορισμένες περιπτώσεις από συνδυασμό των δύο πηγών.



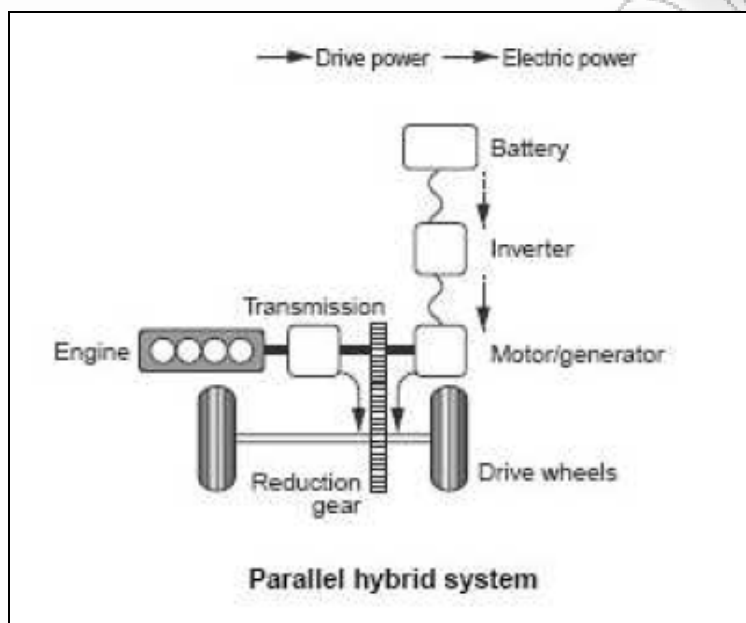
Εικόνα 2.19 Σειριακή διάταξη υβριδικού οχήματος.

ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ			ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ	→ ΑΠΟΥΣΙΑ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ  → ΑΠΛΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ	→ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΛΟΓΩ ΤΩΝ ΠΟΛΛΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΕΚΚΙΝΗΣΗ	ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	ΟΧΙ		
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ	ΝΑΙ		
ΕΠΙΒΡΑΔΥΣΗ	ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ	ΟΧΙ		

Πίνακας 2.1 Φάσεις λειτουργίας-πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα(σειριακή διάταξη)

## → ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Η διαφοροποίηση της συγκεκριμένης διάταξης σε σχέση με την διάταξη σε σειρά είναι η ύπαρξη συστήματος μετάδοσης το οποίο είναι ενσωματωμένο στην Μ.Ε.Κ. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται πιο πολύπλοκες μηχανικές διατάξεις συγκριτικά με την προηγούμενη κατηγορία.



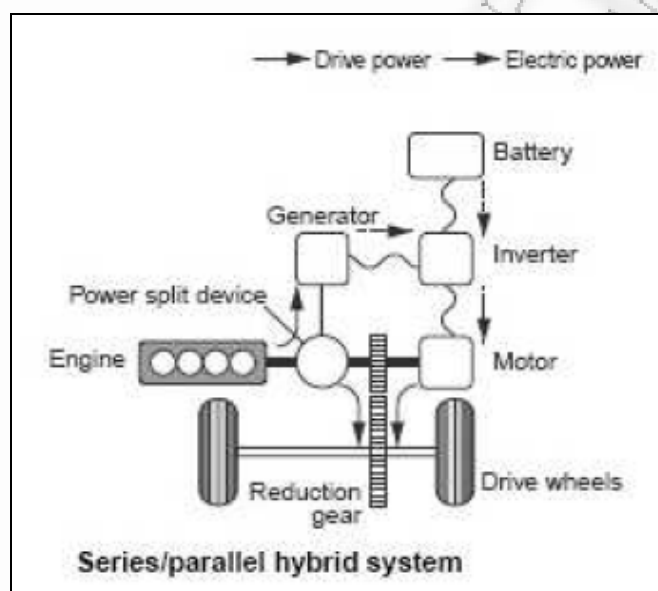
Εικόνα 2.20 Παράλληλη διάταξη υβριδικού οχήματος.

ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΑΤΑΞΗ			ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ	→ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ	→ ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ  → ΧΡΗΣΗ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ Μ.Ε.Κ
ΕΚΚΙΝΗΣΗ	ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΟΧΙ		
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	Μ.Ε.Κ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ (ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΑ)	ΝΑΙ		
ΕΠΙΒΡΑΔΥΣΗ	ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ	ΟΧΙ		

Πίνακας 2.2 Φάσεις λειτουργίας-πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα (παράλληλη διάταξη).

## → ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΔΙΑΤΑΞΗ <sup>(2)</sup>

Η διάταξη αυτή είναι ένας συνδυασμός χαρακτηριστικών των προηγούμενων διατάξεων και κύριο χαρακτηριστικό της είναι πως και ο ηλεκτροκινητήρας και η Μ.Ε.Κ είναι συνδεδεμένοι στο σύστημα των τροχών έχοντας παράλληλα την δυνατότητα να αποσυνδεθούν και να παρέχουν μεμονωμένα την απαιτούμενη ισχύ στους τροχούς. Προφανώς η συνδυασμένη διάταξη εμπεριέχει τα πλεονεκτήματα των προηγούμενων κατηγοριών, η πολυπλοκότητα όμως της κατασκευής οδηγεί σε αύξηση του κόστους.



Εικόνα 2.21 Συνδυασμένη διάταξη υβριδικού οχήματος.

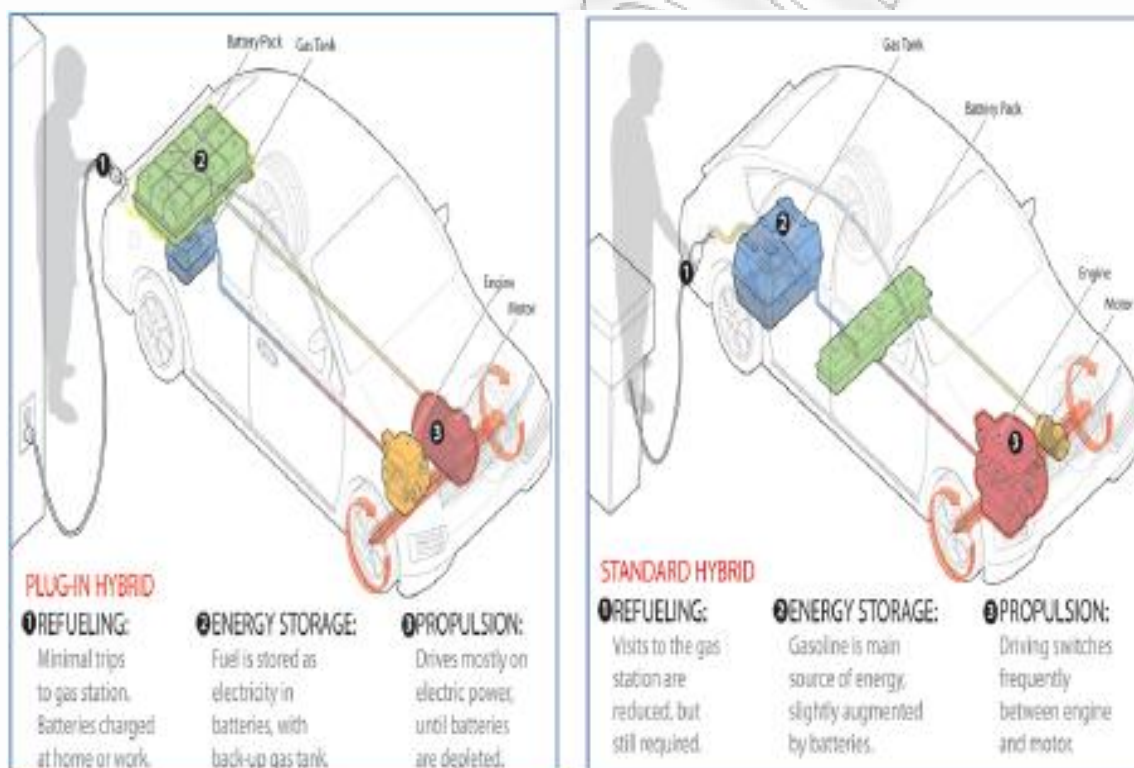
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΔΙΑΤΑΞΗ			ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΥΠΩΝ	→ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΟ ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ	→ ΥΨΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ  → ΠΕΡΙΠΛΟΚΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ
ΕΚΚΙΝΗΣΗ	ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΟΧΙ		
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	Μ.Ε.Κ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΝΑΙ		
ΕΠΙΒΡΑΔΥΣΗ	ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ	ΟΧΙ		

Πίνακας 2.3 Φάσεις λειτουργίας-πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα (συνδυασμένη διάταξη).

<sup>2</sup> Το πρώτο υβριδικό όχημα του οποίου η μαζική παραγωγή στέφθηκε με απόλυτη επιτυχία ήταν το μοντέλο Prius της ιαπωνικής εταιρείας Toyota και χρησιμοποίησε σε σύστημα συνδυασμένης διάταξης έναν βενζινοκινητήρα κύκλου Atkinson 1.5lt, ισχύος 76hp(57Kw) και έναν ηλεκτρικό κινητήρα μόνιμου μαγνήτη ισχύος 67hp(50Kw). Η συνολική ισχύς των δύο κινητήρων που παρέχόταν στο όχημα ήταν 110hp(82Kw).



Περαιτέρω κατηγοριοποιήσεις είναι διαθέσιμες για τα υβριδικά αυτοκίνητα μιας και είναι μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη τεχνολογία που ενσωματώνει συνεχώς καινοτομίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα υβριδικά οχήματα «plug in» τα οποία συνδυάζουν την χρήση ενός ηλεκτροκινητήρα με μια Μ.Ε.Κ. Σε αυτή την περίπτωση ο ηλεκτροκινητήρας είναι αρκετά μεγαλύτερος συγκριτικά με την Μ.Ε.Κ κάτι που εξασφαλίζει αστικές μετακινήσεις αποκλειστικά με την χρήση του ηλεκτροκινητήρα. Αναμφίβολα ο αυξημένος όγκος των συσσωρευτών, το κόστος αγοράς καθώς και η έλλειψη δικτύου ανεφοδιασμού καθιστούν την συγκεκριμένη τεχνολογία «αντιεμπορική» προς το παρόν. Οι δυο εικόνες που ακολουθούν καθιστούν σαφείς τις διαφορές των plug in υβριδικών από τα συμβατικά στον ανεφοδιασμό αλλά και κυρίως στο μέγεθος των κινητήρων.



Εικόνα 2.22 Διαφορές συμβατικών με «plug in» υβριδικών.

Αν και μέχρι σήμερα έχουν παρουσιαστεί αρκετά μοντέλα «plug in» από τις αυτοκινητοβιομηχανίες στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής θα μας απασχολήσουν κατηγορίες και μοντέλα οχημάτων που έχουν ήδη μερίδιο στην αγορά αυτοκινήτων και όχι οχήματα που αποτελούν μέρος πιλοτικών προγραμμάτων, έτσι ώστε το υποθετικό σενάριο που θα διαμορφώσουμε, να βασίζεται στην πραγματική αγορά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

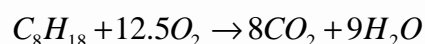
### 3.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ Μ.Ε.Κ. - ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ(3,7,13,14,15)

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας στις μέρες μας έχει φτάσει σε ανησυχητικά επίπεδα και σε αυτό ένα μεγάλο μερίδιο ευθύνης έχουν αναμφίβολα οι εκπεμπόμενοι ρύποι από τα αυτοκίνητα. Η συγκεκριμένη παραδοχή τεκμηριώνει και την αίσθηση που υπάρχει στους μηχανικούς των αυτοκινητοβιομηχανιών πως τα περιθώρια για ελάττωση των εκπομπών από τα αυτοκίνητα είναι τεράστια και πως η έρευνα σε αυτή την κατεύθυνση έχει ακόμα πολλά να προσφέρει. Η διαδικασία σχηματισμού του κάθε ρύπου ποικίλει ανά τεχνολογία που χρησιμοποιείται στο κάθε όχημα (otto ή diesel) και εξαρτάται από παράγοντες όπως ο λόγος συμπίεσης, η θερμοκρασία και ο τρόπος με τον οποίο διοχετεύεται το καύσιμο στον θάλαμο καύσης. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην αυτοκίνηση για περιορισμό των εκπομπών προϋποθέτουν ακριβή γνώση των τρόπων σχηματισμού των ρύπων.

Οι ουσίες που εκπέμπουν τα αυτοκίνητα κατά την λειτουργία τους και μπορούν να χαρακτηριστούν ως ρύποι καθώς και οι μηχανισμοί που οδηγούν στην δημιουργία τους είναι οι ακόλουθοι:

#### ● ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ CO<sub>2</sub>

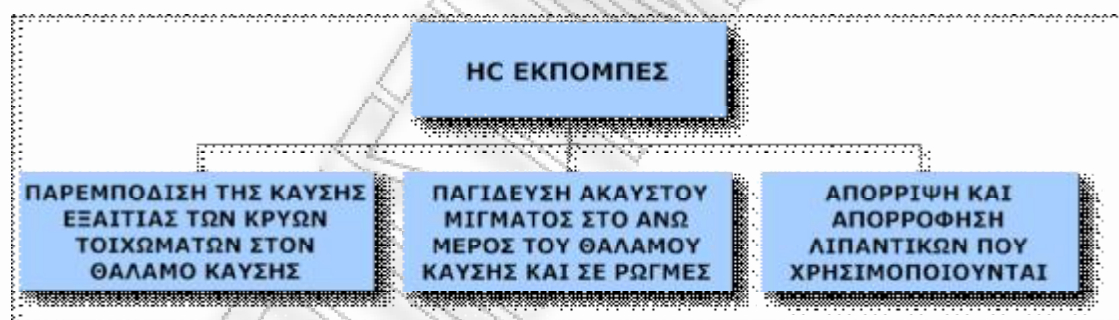
Είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο και το 93% από την συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα είναι προϊόν φυσικών διεργασιών. Αν και στην παγκόσμια βιβλιογραφία δεν θεωρείται ρύπος αφού δεν είναι τοξικό, αποτελεί κύριο συστατικό των καυσαερίων και είναι ένα από τα κύρια προϊόντα της καύσης υδρογονανθράκων και κάθε ανθρακούχου καυσίμου. Θεωρείται όμως από τους περιβαλλοντολόγους και τους κλιματολόγους ως ένα από τα κύρια «αέρια του θερμοκηπίου» και συνεπώς έχει συνεισφορά στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η χημική ανάλυση του πετρελαίου και των παραγώγων του, μας αποδεικνύει πως το καύσιμο που χρησιμοποιείται κατ'εξοχήν στην αυτοκίνηση αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες. Κάθε φορά που το καύσιμο «καίγεται» μέσα στον θάλαμο καύσης ενός αυτοκινήτου, ο άνθρακας που εμπεριέχει μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).



Η στοιχειομετρική αντίδραση για την καύση 1 mole (114 γραμμάρια) οκτανίου παράγει 8 moles (352 γραμμάρια) CO<sub>2</sub> μαζί με 9 moles συμπυκνώματος. Τα νούμερα που παρουσιάστηκαν καθιστούν σαφές πως οι εκπομπές CO<sub>2</sub> εξαιτίας των περίπου 600.000.000 αυτοκινήτων που κυκλοφορούν παγκοσμίως πρέπει να περιοριστούν.

#### • ΑΚΑΥΣΤΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες είναι τα προϊόντα της ατελούς καύσης των υδρογονανθράκων. Πρόκειται για υδρογονάνθρακες αλδεϊδικούς, παραφινικούς, εκτεταμένης κυκλικής αλύσου και αρωματικούς οι οποίοι είναι έτοιμοι να ενωθούν με το οξυγόνο. Θεωρούνται υπεύθυνοι για το φαινόμενο της αιθαλομίχλης και έχουν κατηγορηθεί για δηλητηριάσεις ακόμα και για καρκινογένεσεις αφού έχει αποδειχθεί πως αντιδρούν με την υπεριώδη ακτινοβολία. Οι κυριότεροι από τους παράγοντες που ευθύνονται για την εκπομπή τους από τα οχήματα παρουσιάζονται στην εικόνα 3.1. Παρόλα αυτά, ο ακριβής μηχανισμός δημιουργίας τους διαφέρει ανάμεσα στις δύο κύριες κατηγορίες κινητήρων που εξετάζουμε και σχετίζεται με συνθήκες λειτουργίας όπως «ψυχρή εκκίνηση», τεχνολογία έγχυσης του καυσίμου στον θάλαμο καύσης και υγρασία στα τοιχώματά του.



Εικόνα 3.1 Κυριότερες αιτίες εκπομπών άκαυστων υδρογονανθράκων από Μ.Ε.Κ.

#### • ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO<sub>x</sub>)

Το οξειδίο και το διοξειδίο του αζώτου μέσω των αντιδράσεων που πραγματοποιούν με το οξυγόνο ευθύνονται για την παραγωγή νιτρικού οξέως το οποίο με την σειρά του είναι υπεύθυνο για το περιβαλλοντικό πρόβλημα της όξινης απόθεσης. Επιπλέον τα οξειδία του αζώτου αποτελούν τους βασικούς συντελεστές της δημιουργίας του φωτοχημικού νέφους, μιας διαδικασίας που ενεργοποιείται από το φως του ήλιου και εμφανίζεται κυρίως σε πόλεις με έντονο κυκλοφοριακό πρόβλημα. Επιπλέον ευθύνονται και για την εμφάνιση προβλημάτων υγείας στους κατοίκους αυτών των περιοχών, όπως άσθμα, βρογχίτιδα και άλλες παθήσεις του

αναπνευστικού συστήματος. Κύρια αιτία δημιουργίας τους είναι οι υψηλές θερμοκρασίες που εμφανίζονται στις Μ.Ε.Κ των αυτοκινήτων κατά την λειτουργία τους. Ενδεχόμενοι άλλοι μηχανισμοί που ευθύνονται για αύξηση των θερμοκρασιών στον κινητήρα και συνεπώς μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλές συγκεντρώσεις  $\text{NO}_x$  παρουσιάζονται στην εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2 Κυριότερες αιτίες εκπομπών  $\text{NO}_x$  από Μ.Ε.Κ.

#### ● ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ( $\text{CO}$ )

Πρόκειται για ένα άχρωμο και άοσμο αέριο υψηλής τοξικότητας. Γενικά έχει μόνο τοπική επίδραση επειδή είναι ιδιαίτερα ασταθές και όταν βρίσκεται στον ατμοσφαιρικό αέρα γρήγορα μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα. Κύριες πηγές προέλευσης είναι η καύση των δασών και φυσικά, η ατελής καύση των υδρογονανθράκων που λαμβάνει χώρα στους θαλάμους καύσης των Μ.Ε.Κ. Όταν έρχεται σε επαφή με τον ανθρώπινο οργανισμό μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στα κύτταρα και τους ιστούς του. Χρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει άσθμα και άλλες αναπνευστικές δυσλειτουργίες, ψυχικές διαταραχές, κατάρρευση ακόμα και θάνατο.

#### ● ΚΑΠΝΟΣ-ΑΙΘΑΛΗ

Ο καπνός παράγεται κυρίως από τους πετρελαιοκινητήρες και τον έχουμε χωρίσει σε 3 κατηγορίες ανάλογα με το χρώμα που έχει κατά την έξοδο από τον θάλαμο καύσης. Έτσι έχουμε:

## • ΛΕΥΚΟ ΚΑΠΝΟ

Είναι ουσιαστικά ένα νέφος από άκαυστα σωματίδια καυσίμου ή και λιπαντικού και εμφανίζεται κατά την ψυχρή εκκίνηση. Στην βιβλιογραφία συχνά αναφέρεται και ως ψυχρός καπνός (cold smoke).

## • ΚΥΑΝΟ ΚΑΠΝΟ

Εμφανίζεται όταν έχουμε ατελή καύση του λιπαντικού ελαίου στον κινητήρα και συνήθως υπεύθυνη είναι κάποια βλάβη στο σύστημα λίπανσης.

## • ΜΕΛΑΝΟ ΚΑΠΝΟ

Μια άλλη ονομασία για αυτή την κατηγορία καπνού είναι ο θερμός καπνός (hot smoke). Αποτελείται από στερεά σωματίδια άνθρακα που εμφανίζονται εξαιτίας της πυρόλυσης του καυσίμου σε ζώνες με ανεπάρκεια οξυγόνου. Χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας καπνού είναι πως εμφανίζεται σε περιοχές υψηλού φορτίου.

Στην εικόνα 3.3 παρουσιάζονται οι αιτίες εμφάνισης της «αιθάλης» στους κινητήρες diesel οι οποίες επικεντρώνονται σε δυσλειτουργίες του συστήματος ψεκασμού καθώς και κατασκευαστικά ζητήματα όπως η γεωμετρία της μηχανής .



Εικόνα 3.3 Κυριότερες αιτίες εκπομπών αιθάλης από Μ.Ε.Κ.

## • ΜΟΛΥΒΔΟΣ (Pb)

Ο μόλυβδος είναι τοξικός. Αποτέλεσε κατά την δεκαετία του '20 την πιο φτηνή μέθοδο αύξησης του αριθμού των οκτανίων. Πρακτικά αυτό σήμαινε πως οι βενζινοκινητήρες θα μπορούσαν να λειτουργούν με υψηλότερους λόγους συμπίεσης εμποδίζοντας παράλληλα την εκδήλωση του φαινομένου της αυτανάφλεξης. Κατά την δεκαετία του '70 και προκειμένου η αμερικανική κυβέρνηση να αντιμετωπίσει το

πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, υιοθέτησε μια πολιτική που σταδιακά οδήγησε στην κατάργηση της μολυβδούχας βενζίνης.

#### ● **OZON**

Το όζον είναι ένα άχρωμο και εξαιρετικά εύκολο να αντιδράσει αέριο. Θεωρείται το κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους που πλήττει μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην αναπνευστική λειτουργία, πνευμονία, καρδιακές παθήσεις, ερεθισμό στα μάτια κ.α. Όταν βρίσκεται στην τροπόσφαιρα συχνά αναφέρεται ως «κακό» όζον, αντίθετα όταν βρίσκεται στην στρατόσφαιρα αναφέρεται ως «καλό» όζον γιατί μας προστατεύει από την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία. Το πρόβλημα του όζοντος στις αστικές περιοχές γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκο εξαιτίας του μονοξειδίου του αζώτου που εκπέμπουν κατά την λειτουργία τους τα αυτοκίνητα και το οποίο όταν βρίσκεται στην ατμόσφαιρα μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου. Μόνο το τελευταίο μπορεί να πάρει μέρος στην δημιουργία του όζοντος όταν αυτό αντιδρά με τους υδρογονάνθρακες. Αλλά το ίδιο το μονοξείδιο του αζώτου καταστρέφει το όζον, έτσι εμφανίζεται το φαινόμενο οι συγκεντρώσεις όζοντος να είναι υψηλότερες στην περιφέρεια παρά στο κέντρο μιας πόλης όπου και η κίνηση είναι πολύ πιο έντονη.

#### ● **ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO<sub>2</sub>)**

Δημιουργείται από την αντίδραση του θείου που περιέχεται στα καύσιμα με το οξυγόνο. Είναι άχρωμο αέριο με ερεθιστική οσμή και είναι ικανό να προκαλέσει ερεθισμό των βρόχων, των βλεννογόνων της ρινικής κοιλότητας και ελάττωση της ορατότητας. Η ποσότητα που εκλύεται εξαρτάται από τον τρόπο που λειτουργεί ο κινητήρας την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

#### ● **ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (SPM-Suspended Particulate Matter)**

Αποτελούνται ουσιαστικά από εξαιρετικά μικρά στερεά σωματίδια ή μικρά σταγονίδια των οποίων οι εξαιρετικά μικρές διαστάσεις τους επιτρέπουν να αιωρούνται σε χαμηλά σχετικά ύψη για μεγάλες χρονικές περιόδους και εκπέμπονται από τους πετρελαιοκινητήρες<sup>3</sup>. Αν και το 62% από τα αιωρούμενα σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα οφείλονται σε φυσικές δραστηριότητες το υπόλοιπο

<sup>3</sup> Πειραματικές μετρήσεις μας έχουν οδηγήσει σε ενδείξεις για μείωση των εκπομπών έως και 27% από πετρελαιοκινητήρες που χρησιμοποιούν bio-diesel σε σχέση με τους συμβατικούς πετρελαιοκινητήρες.

38% οφείλεται στην καύση ορυκτών καυσίμων. Τα πλέον επικίνδυνα σωματίδια θεωρούνται αυτά με διάμετρο μικρότερη των 10  $\mu\text{m}$  (PM-10) και των 2.5  $\mu\text{m}$  (PM-2.5) τα οποία λόγω μεγέθους εγκαθίστανται απευθείας στους πνεύμονες. Οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων έχουν ανησυχήσει τους επιστήμονες και τους ανάγκασαν να πραγματοποιήσουν περισσότερες από 2.000 μελέτες πάνω στο ζήτημα από το 1990 μέχρι σήμερα. Η έρευνα συνεχίζεται αλλά πλέον μπορούμε να είμαστε σίγουροι για το ότι ευθύνονται για παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος καθώς και ερεθισμούς στα μάτια και στην μύτη.

## 3.2 ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ<sup>(16,17)</sup>

Η εφαρμογή όλο και πιο αυστηρών προδιαγραφών στις εκπομπές ρύπων είναι μια παράμετρος που άρχισε να απασχολεί τις αυτοκινητοβιομηχανίες κατά την δεκαετία του '70 και τις ανάγκασε να επενδύσουν σε νέες τεχνολογίες ικανές να επιτύχουν αυτό τον περιορισμό. Μια πρώτη διάκριση των τεχνολογιών αυτών είναι σε πρωτογενείς, που έχουν σαν στόχο τον περιορισμό της παραγωγής ρύπων στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης (internal measures) και στους δευτερογενείς που περιορίζουν τις εκπομπές ρύπων χρησιμοποιώντας συστήματα επεξεργασίας των καυσαερίων (exhaust gas treatment). Στον τομέα των πρωτογενών τεχνολογιών περιορισμού η έρευνα στοχεύει στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του θαλάμου καύσης καθώς και στις συνθήκες που επικρατούν κατά την διάρκειά της. Τέτοιες συνθήκες των οποίων ο έλεγχος και η μελέτη των συνθηκών που τις διέπουν στοχεύουν στην πρόληψη των εκπομπών είναι:

- Η έγχυση του καυσίμου
- Η κίνηση του μίγματος μέσα στον θάλαμο καύσης
- Η γεωμετρία του θαλάμου καύσης
- Ο λόγος συμπίεσης
- Η ποσότητα του αέρα στον θάλαμο καύσης

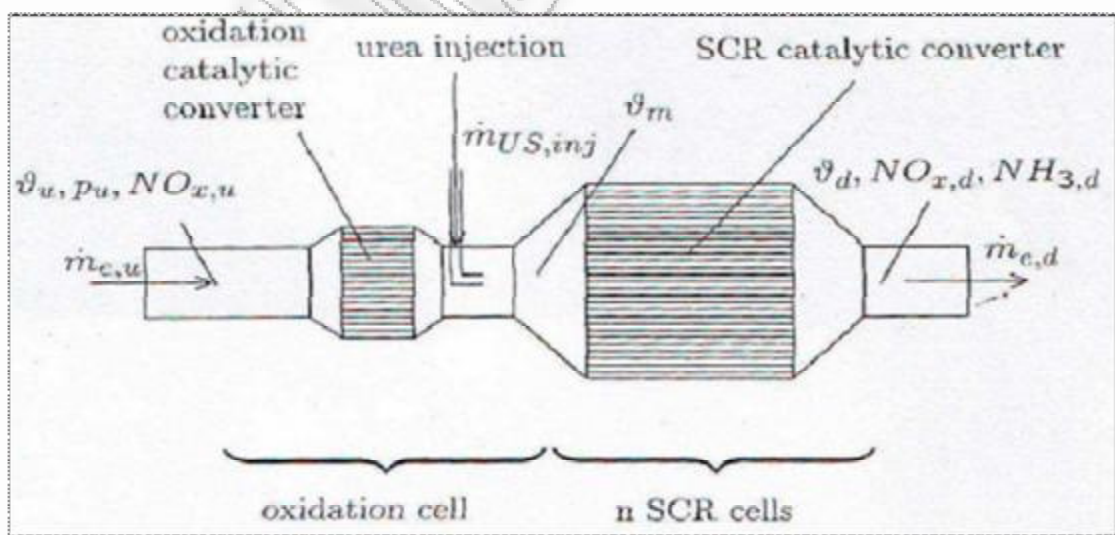
Οι δευτερογενείς τεχνολογικές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται όπως έχει προαναφερθεί έχουν σαν στόχο την περιστολή των εκπεμπόμενων ρύπων. Συνήθως δρουν συνδυαστικά με τις πρωτογενείς εφαρμογές έτσι ώστε να επιτευχθεί

ο στόχος της ικανοποίησης των περιβαλλοντικών προτύπων που ισχύουν. Στόχος τους είναι η παγίδευση ή ακόμα και η μετατροπή των ρύπων σε άλλες ουσίες, φιλικότερες για το περιβάλλον. Παρόλα αυτά ο μεγάλος όγκος και το υψηλό κόστος που τις χαρακτηρίζει αποτελεί μια πρόκληση για τους μηχανικούς των αυτοκινητοβιομηχανιών που πρέπει να ενσωματώσουν αυτές τις τεχνολογίες σε συμβατικά οχήματα.

Οι κυριότερες από αυτές τις δευτερογενείς εφαρμογές παρουσιάζονται και αναλύονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

### 3.2.1 ΑΝΑΓΩΓΗ SCR (Selective Catalytic Reaction)

Η διαδικασία SCR (επιλεκτική καταλυτική αναγωγή όπως είναι η ακριβής μετάφραση), είναι μια μέθοδος μετατροπής των επικίνδυνων οξειδίων του αζώτου  $NO_x$  που εκπέμπονται από τους κινητήρες diesel μέσω μίας καταλυτικής αντίδρασης σε άζωτο και νερό. Ο βαθμός απόδοσης αυτής της διάταξης είναι αρκετά υψηλός (προσεγγίζει το 95%) και καθιστά την συγκεκριμένη μέθοδο από τις πλέον διαδεδομένες. Η ανάμιξη των καυσαερίων με αμμωνία (ουσιαστικά πρόκειται για διάλυμα νερού-ουρίας) και είναι το χαρακτηριστικό σημείο της συγκεκριμένης μεθόδου. Ένα σύστημα SCR αποτελείται όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.4 από έναν εγχυτήρα ουρίας (urea injector) και έναν καταλύτη οξείδωσης (oxidation catalyst).

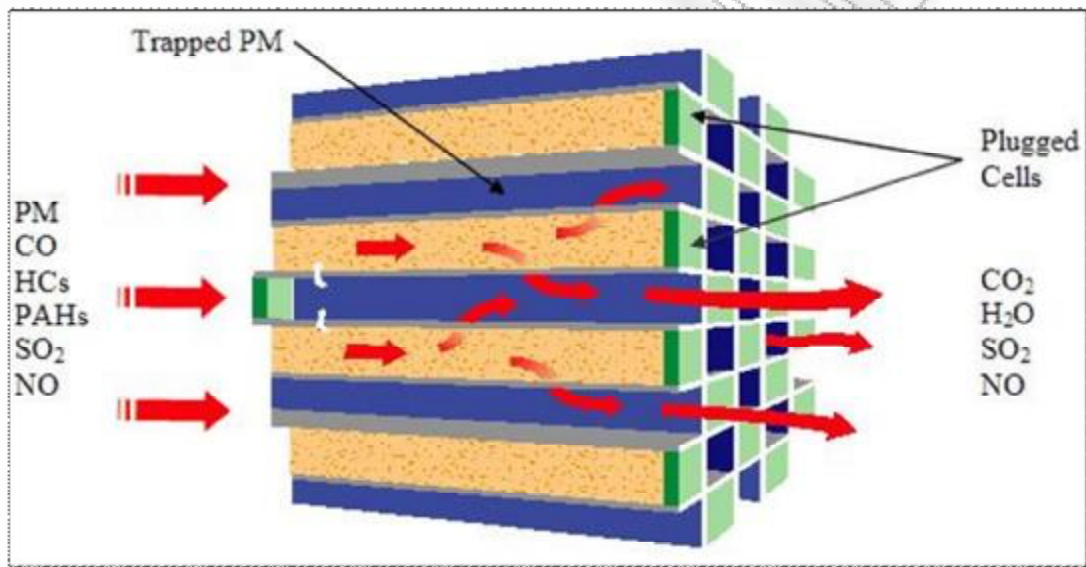


Εικόνα 3.4 Σύστημα SCR με δυο καταλυτικούς μετατροπείς και urea injector.



### 3.2.2 ΠΑΓΙΔΕΣ ΑΙΘΑΛΗΣ (SOOT-TRAPS)

Οι παγίδες αυτές είναι ουσιαστικά μεμβράνες που συνδέονται στην εξαγωγή των καυσαερίων και έχουν σαν στόχο την συλλογή των σωματιδίων της αιθάλης και την μετέπειτα οξειδωσή τους. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας στην αυτοκίνηση με νηζελοκινητήρες έχουν βαθμούς απόδοσης που ξεκινούν από το 85% και σε περιπτώσεις «πλήρους φορτίου μηχανής» προσεγγίζουν ακόμη και το 100%. Όταν η συγκέντρωση των σωματιδίων στο φίλτρο ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο ενεργοποιείται ο μηχανισμός αναγέννησής του (filter regeneration) ο οποίος μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας των καυσαερίων ή μέσω της παραγωγής οξειδίων του αζώτου  $\text{NO}_x$ , καίει και οξειδώνει αντίστοιχα τα σωματίδια αιθάλης και έτσι αποφράζει το φίλτρο επιτρέποντάς του να συνεχίσει να λειτουργεί.

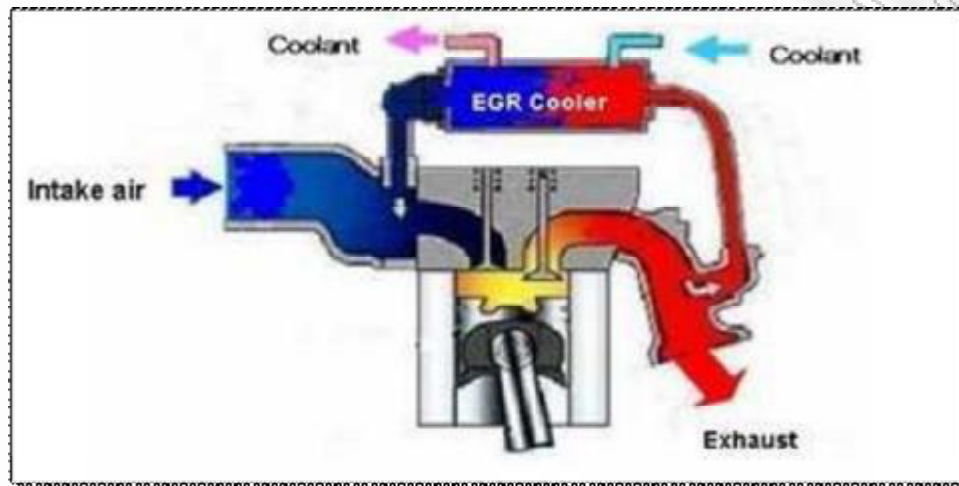


Εικόνα 3.5 Φίλτρο αιθάλης με τα στοιχεία που αποτελούν την είσοδο του συστήματος και την έξοδο

### 3.2.3 ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΜΕΣΩ EGR

Η μέθοδος EGR (Exhaust Gas Recirculation) είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται και στους βενζινοκινητήρες και στους πετρελαιοκινητήρες και στοχεύει στην μείωση των εκπομπών των οξειδίων του αζώτου  $\text{NO}_x$ 's. Αν και υπάρχουν αρκετές παραλλαγές και τροποποιήσεις των διατάξεων EGR (πρόκειται άλλωστε για αρκετά παλαιές τεχνικές οι οποίες λόγω των σύγχρονων απαιτήσεων για μείωση των εκπομπών  $\text{NO}_x$  ξαναήρθαν στο προσκήνιο) ο συνηθισμένος τρόπος λειτουργίας είναι η ανακυκλοφορία των καυσαερίων από τον θάλαμο καύσης στις βαλβίδες εισαγωγής.

Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> μειώνονται εξαιτίας της μείωσης του ποσοστού του οξυγόνου στο ρεύμα εισαγωγής αέρα στον θάλαμο καύσης αυξάνοντας την θερμοχωρητικότητα του καύσιμου μίγματος. Οι άμεσες συνέπειες είναι η αύξηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου καθώς και η αύξηση των εκπομπών αιθάλης.



Εικόνα 3.6 Ανακυκλοφορία καυσαερίων ERG σε κινητήρα diesel.

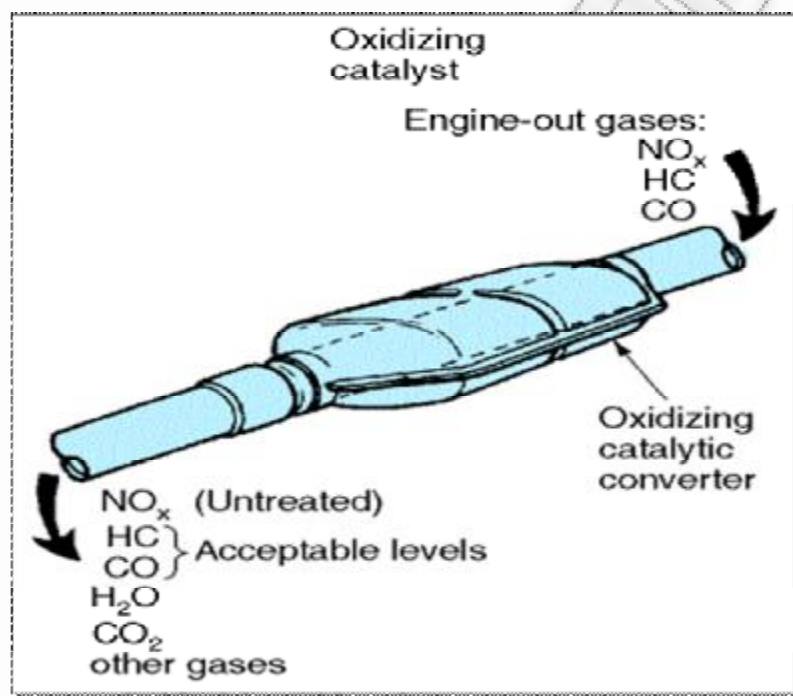
### 3.2.4 ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

Στην χημεία καταλυτικός μετατροπέας είναι μια ουσία η οποία επιταχύνει μια χημική διαδικασία χωρίς η ίδια να επηρεάζεται. Οι καταλυτικοί μετατροπείς χρησιμοποιούνται και στα ντιζελοκίνητα οχήματα και στα βενζινοκίνητα με χαρακτηριστικές διαφορές στον τρόπο λειτουργίας τους και προσαρμόζονται ανάμεσα στον θάλαμο καύσης και την τελική εξαγωγή των καυσαερίων. Η σύγχρονη εκδοχή του καταλύτη για βενζινοκίνητα οχήματα είναι ο τριοδικός καταλύτης ο οποίος οξειδώνει το μονοξειδίο του άνθρακα (CO) και τους υδρογονάνθρακες (HC) και ανάγει τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) σε άζωτο (N<sub>2</sub>). Αναλυτικά για τον τριοδικό καταλύτη:

1. → Μετατροπή NO<sub>x</sub> σε άζωτο και οξυγόνο:  $(2NO_x \rightarrow xO_2 + N_2)$
2. → Οξείδωση μονοξειδίου σε διοξείδιο του άνθρακα:  $(2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2)$
3. → Οξείδωση των άκαυστων υδρογονανθράκων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό:  $(C_xH_{2x+2} + [(3x+1)/2]O_2 \rightarrow xCO_2 + (x+1)H_2O)$

Αντίστοιχα για τους καταλύτες που χρησιμοποιούνται στα ντιζελοκίνητα οχήματα μπορούμε να αναφέρουμε πως κυρίως χρησιμοποιούν αντιδράσεις

οξειδωσης. Αυτοί οι καταλύτες χρησιμοποιούν οξυγόνο για να μετατρέψουν το CO σε CO<sub>2</sub> και τους υδρογονάνθρακες σε νερό και CO<sub>2</sub>. Οι συγκεκριμένοι καταλυτικοί μετατροπείς χαρακτηρίζονται από βαθμούς απόδοσης που αγγίζουν το 90% και επιπλέον είναι αρκετά αποτελεσματικοί στο περιορισμό των εκπομπών αιθάλης. Το μειονέκτημά τους είναι πως δεν μπορούν να αποτρέψουν και την εκπομπή NO<sub>x</sub>'s. Στην προσπάθειά τους να επιτύχουν και αυτό τον στόχο είναι σύνηθες το φαινόμενο να συνδυάζονται με τις τεχνικές SCR-EGR που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενες παραγράφους.



Εικόνα 3.7 Καταλυτικός μετατροπείς οξειδωσης με τα προϊόντα εισόδου και την έξοδό τους

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ-ΓΕΝΙΚΑ

Πριν αναφερθούμε στην νομοθεσία που διέπει την αυτοκίνηση στις μέρες μας είναι αναγκαίο να επισημανθεί πως η ατμοσφαιρική ρύπανση στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ένα τοπικό φαινόμενο μιας περιοχής ή ενός κράτους αλλά ως ένα διεθνές πρόβλημα που απαιτεί κοινή δράση και συνέργεια. Στην προσπάθεια για κοινή αντιμετώπιση του προβλήματος σημαντικό ρόλο έπαιξε η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η συνεισφορά της στην μείωση των εκπομπών (εξέλιξη κινητήρων, δραστική μείωση κατανάλωσης, αεροδυναμική τεχνικές περιορισμού και συλλογής ρύπων κ.α.). Τα υβριδικά αυτοκίνητα, τα ηλεκτρικά ακόμη και η ενσωμάτωση καινοτόμων προτάσεων όπως οι κυψέλες καυσίμου δεν θα είχαν επιτευχθεί αν δεν είχε συνδεθεί η αυτοκίνηση με την περιβαλλοντική ρύπανση. Ακόμη και η εξέλιξη των συμβατικών καυσίμων και η χρησιμοποίηση εναλλακτικών όπως το υδρογόνο, το υγραέριο και οι αλκοόλες (βιοκαύσιμα) έγιναν κάτω από την πίεση για την ελάττωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ο συνδυασμός κρίκος όλων αυτών που προαναφέρθηκαν και που παράλληλα αποτελεί και το ουσιαστικό κίνητρο για τέτοιες ενέργειες είναι η θέσπιση ενός νομοθετικού πλαισίου που απαιτεί αυτές τις αλλαγές και δεσμεύσεις και πιέζει για περαιτέρω βελτιώσεις έχοντας σαν στόχο τον περιορισμό της ρύπανσης. Σαν ιστορικό στοιχείο μπορούμε να αναφέρουμε την περίπτωση των Η.Π.Α και συγκεκριμένα της πόλης του Los Angeles στην πολιτεία της California, την οποία η αιθαλομίχλη είχε μετατρέψει σε θάλαμο αερίων. Έτσι το 1961 θεσπίστηκαν για πρώτη φορά νόμοι που ρύθμιζαν τις εκπομπές άκαυστων υδρογονανθράκων (HC) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO) από τους εμβολοφόρους κινητήρες. Από το 1965 οι νόμοι αυτοί επεκτάθηκαν στην υπόλοιπη Αμερικανική επικράτεια αυξάνοντας παράλληλα την αυστηρότητά τους. Πλέον υπάρχει συγκεκριμένο νομοθετικό πλαίσιο σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου αλλά και για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το οποίο θα αναλυθεί στις ακόλουθες παραγράφους.

## 4.1.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία- Ευρωπαϊκές συμφωνίες με τις αυτοκινητοβιομηχανίες<sup>(18)</sup>

Στους βασικούς ρύπους που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο έχει συμπεριληφθεί και το διοξείδιο του άνθρακα παρόλο που στην ουσία δεν αποτελεί ρύπο. Πράγματι η σπουδαιότητά του στον τομέα της νομοθεσίας είναι εξαιρετικά σημαντική γιατί αρκετές μελέτες το έχουν συνδέσει με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Έτσι στα τέλη της δεκαετίας του 1990 (1998-1999) η Ευρωπαϊκή Ένωση ξεκίνησε να υπογράφει εθελοντικές συμφωνίες με τις αυτοκινητοβιομηχανίες που αφορούσαν τον σταδιακό περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Οι αυτοκινητοβιομηχανίες που υπέγραψαν τις συγκεκριμένες συμφωνίες κατέχουν το 90% της αγοράς αυτοκινήτων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι συμφωνίες αυτές υπογράφηκαν με τους ακόλουθους οργανισμούς:

\*ACEA - Ευρωπαϊκός Οργανισμός Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (Association des Constructeurs Europeens d' Automobiles) με μέλη τις: BMW, DaimlerChrysler, Fiat, Ford, GM, Porsche, PSA Peugeot Citroen, Renault, VW Group.

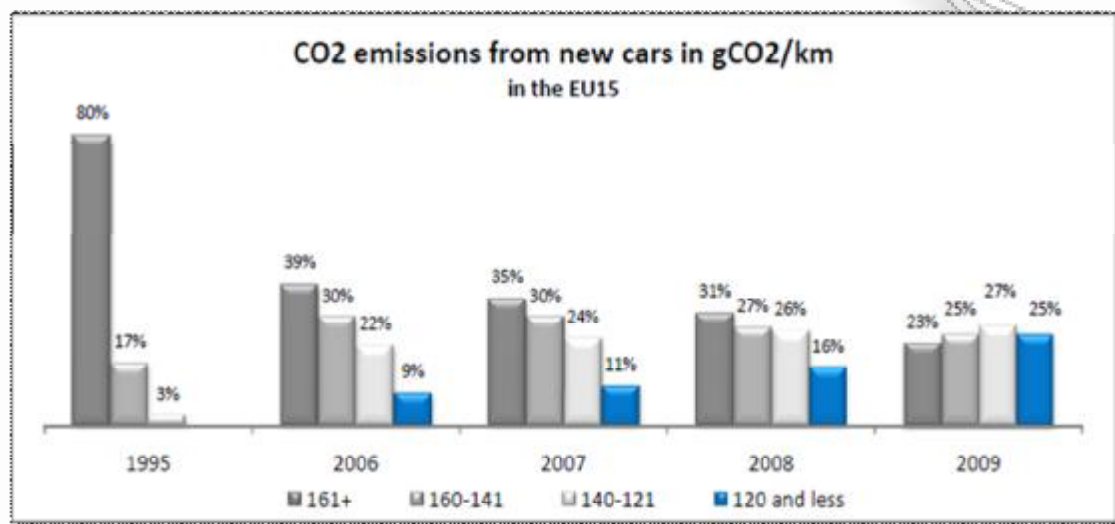
\*JAMA - Ιαπωνικός Οργανισμός Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (Japanese Automobile Manufactures Association) με μέλη τις: Daihatsu, Honda, Isuzu, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Subaru, Suzuki, Toyota.

\*KAMA – Κορεάτικος Οργανισμός Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (Korean Automobile Manufactures Association) με μέλη τις: Hyundai, Kia, Ssangyong.

Η επέκταση αυτών των συμφωνιών και ο συνδυασμός του με πολιτική κινήτρων (όπως οι φορολογικές ελαφρύνσεις και η μείωση των τελών) έτσι ώστε οι οδηγοί να στραφούν προς την εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπώς την ελάττωση των ρύπων αποτελεί στόχο για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα των προσδοκιών από αυτές τις συμφωνίες αποτελεί η συμφωνία με την ACEA τον Μάρτιο του 1998 που εμπεριείχε τις παρακάτω διατάξεις:

1. Στόχος τα 140 g/km για το CO<sub>2</sub> μέχρι το 2010 (στόχος που αντιπροσωπεύει 25% μείωση από το επίπεδο των 186 g/km του 1995).
2. Πιθανή μείωση του ορίου 120 g/km μέχρι το 2012.

Η τάση της μείωσης των εκπομπών από τα νέα αυτοκίνητα είναι ίσως η σημαντικότερη ένδειξη της επίδρασης των νομοθετικών διατάξεων και συμφωνιών στην Ευρώπη των 15 (EU15)<sup>4</sup> και παρουσιάζεται διαγραμματικά στην εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1 Εξέλιξη εκπομπών CO<sub>2</sub> από καινούργια αυτοκίνητα (1995-2009)

## 4.1.2 Κύκλοι Πόλης (6,18,19,20)

Σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν καθιερωθεί τυποποιημένοι κύκλοι ελέγχου (*test cycles*), που ουσιαστικά αποτελούν μια τυποποιημένη διαδικασία μέτρησης των εκπομπών ρύπων αλλά και της κατανάλωσης καυσίμου από εμβολοφόρες μηχανές. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι ικανή να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις εκπομπές πολλών τύπων οχημάτων όταν αυτά πραγματοποιούν το ίδιο έργο και είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στην ανάλυση των εκπομπών ρύπων. Είναι προφανές όμως πως οι συνθήκες στις οποίες λειτουργούν παγκοσμίως τα οχήματα διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και από πόλη σε πόλη γεγονός που οφείλεται σε συνθήκες οδών, γεωγραφικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον το ενδεχόμενο η αυτοκινητοβιομηχανία να προσαρμόζει τον κύκλο ελέγχου στα αποτελέσματα που θέλει να εξάγει ήταν σύνηθες κατά το παρελθόν και έτσι οδηγήθηκε στην δημιουργία των «κύκλων πόλης (*transient cycles*)». Οι κύκλοι πόλης κάλυψαν επιτυχώς το κενό των τυποποιημένων κύκλων ελέγχου αφού κατάφεραν να

<sup>4</sup> Ο όρος EU15 ουσιαστικά αναφέρεται στις 15 χώρες που αποτελούσαν την Ευρωπαϊκή Ένωση μετά το 1995 και μέχρι το 2004 όπου η Ευρωπαϊκή Ένωση ενσωμάτωσε 10 ακόμη κράτη και έγινε μια κοινοπολιτεία 25 κρατών. Οι 15 αυτές χώρες είναι οι ακόλουθες: Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Δανία, Ιρλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ελλάδα, Πορτογαλία, Ισπανία, Αυστρία, Φιλανδία, Σουηδία.

προσομοιώσουν τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός οχήματος και η παρουσίασή τους ακολουθεί στις επόμενες παραγράφους.

- Ο κύκλος πόλης ECE+EUDC (NEDC)<sup>5</sup>

Ο κύκλος αυτός εκτελείται με την βοήθεια ενός δυναμόμετρου τύπου chassis στο οποίο το όχημα έχει τοποθετήσει τις ρόδες του σε κυλιόμενους κυλίνδρους όπως φαίνεται στην εικόνα 4.2) ενώ παράλληλα κατάλληλες συσκευές μετρήσεων είναι συνδεδεμένες στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων. Χρησιμοποιείται ως μέθοδος πιστοποίησης των εκπομπών ρύπων από ελαφρά οχήματα επιβατικά (light duty vehicles) στην Ευρωπαϊκή Ένωση [Οδηγία 90C81/01 της Ε.Ε.]

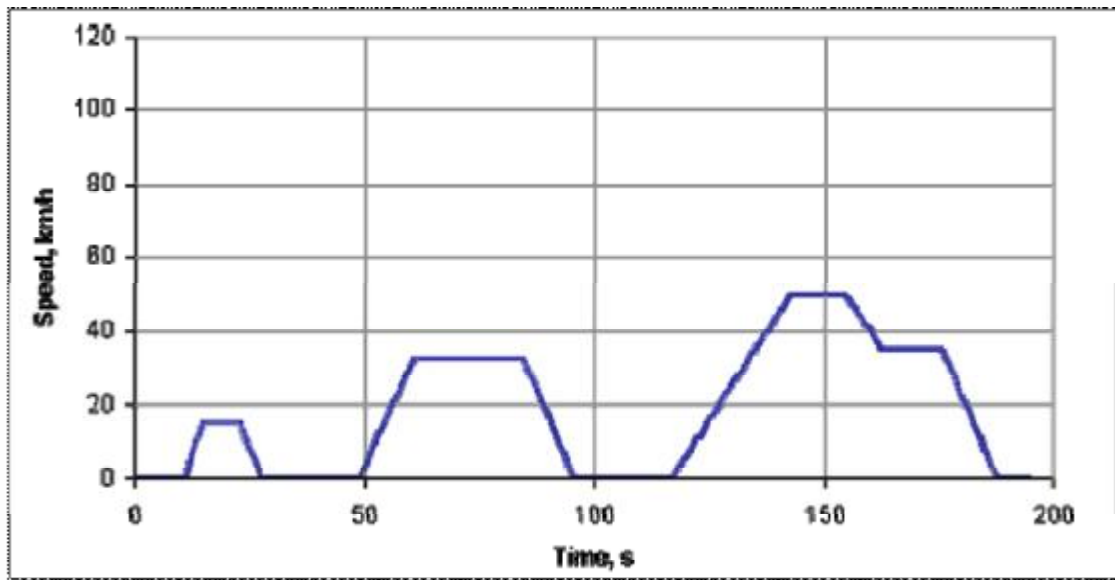


Εικόνα 4.2 Δυναμόμετρο τύπου chassis πραγματοποιεί μέτρηση

Ο κύκλος περιλαμβάνει 4 τμήματα ECE, επαναλαμβανόμενα χωρίς διακοπή, που ακολουθούνται από ένα τμήμα EUDC (Extra Urban Driving Cycle) όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 4.3

---

<sup>5</sup> Ο συγκεκριμένος κύκλος συχνά αναφέρεται στην βιβλιογραφία και ως MVEG cycle (Motor Vehicle Emissions Group).



Εικόνα 4.3 Κύκλος πόλης ECE

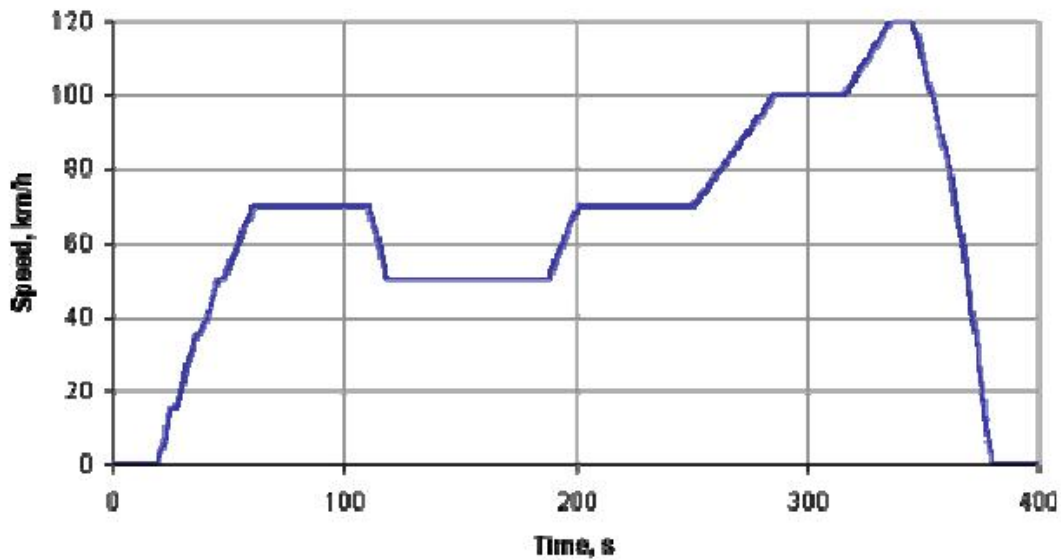
Πριν από την μέτρηση το εξεταζόμενο όχημα πρέπει να έχει οδηγηθεί για τουλάχιστον 3.000km και επιτρέπεται να παραμείνει για τουλάχιστον 6 ώρες σε μια θερμοκρασία 20-30°C. Έπειτα γίνεται η εκκίνηση του κινητήρα και παραμένει σε κατάσταση αποσύμπλεξης (ρελαντί) για 40 sec. Από το 2000 πραγματοποιήθηκαν κάποιες τροποποιήσεις και πλέον η περίοδος στην οποία το όχημα προθερμαίνεται και είναι στο ρελαντί καταργούνται και η εκκίνηση είναι άμεση και «ψυχρή». Οι μετρήσεις ξεκινούν άμεσα και πραγματοποιούνται μέσω της μεθόδου των «σταθερών όγκων» (Constant Volume Sampling), αναλύονται και στην συνέχεια εκφράζονται σε g/km για τον κάθε ρύπο χωριστά. Ο τροποποιημένος αυτός κύκλος ονομάστηκε NEDC (New European Driving Cycle). Ο ECE είναι ένας αστικός κύκλος οδήγησης, γνωστός και ως UDC (Urban Driving Cycle). Δημιουργήθηκε για να προσομοιάσει τις συνθήκες οδήγησης σε πόλεις όπως το Παρίσι και η Ρώμη και τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι:

- Χαμηλή ταχύτητα οχήματος
- Χαμηλό φορτίο κινητήρα
- Χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων

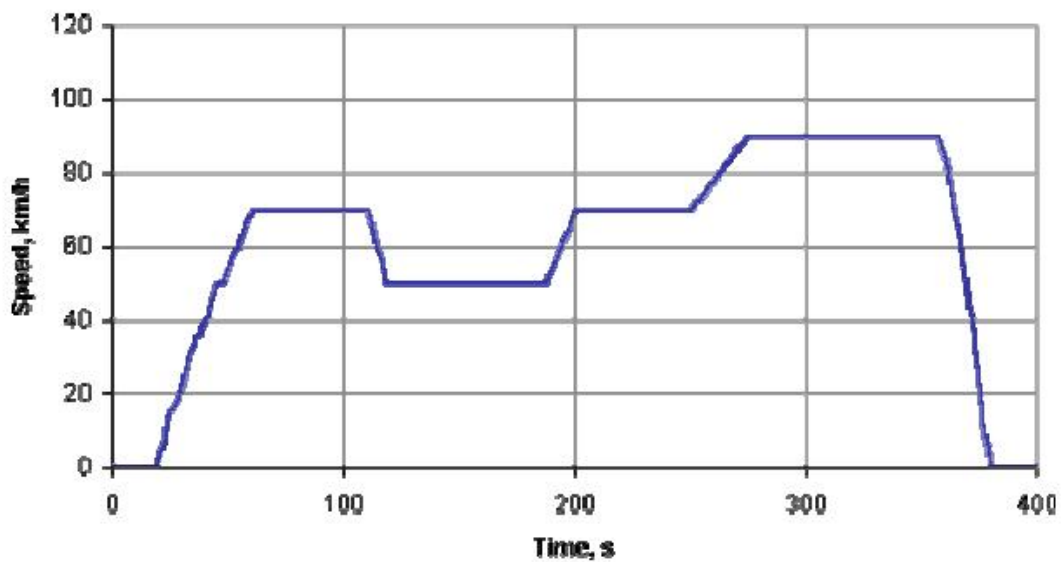
Το τμήμα EUDC έχει προστεθεί, όπως προαναφέρθηκε, μετά τους 4 κύκλους ECE με σκοπό να προσομοιάσει την πιο «επιθετική» μορφή οδήγησης που έχει σαν κύριο χαρακτηριστικό την υψηλότερη ταχύτητα του οχήματος. Η υψηλότερη ταχύτητα που μπορεί να αναπτυχθεί κατά την διενέργεια αυτού του κύκλου είναι τα 120 km/h αν και υπάρχει διαθέσιμη μια παραλλαγή του κύκλου EUDC με μέγιστη ταχύτητα τα



90 km/h και απευθύνεται σε οχήματα χαμηλότερης ισχύος. Ο κύκλος EUDC, η παραλλαγή του καθώς και τα συγκριτικά στοιχεία ανάμεσα σε αυτόν και στον κύκλο ECE παρουσιάζονται αντίστοιχα στην εικόνα 4.4, 4.5 και στον πίνακα 4.1.



Εικόνα 4.4 Κύκλος πόλης EUDC.



Εικόνα 4.5 Κύκλος πόλης EUDC (Χαμηλής ισχύος οχήματα).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ECE15	EUDC
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	km	4*1.013=4.052	6.955
ΔΙΑΡΚΕΙΑ	s	4*195=780	400
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	Km/h	18.7 (με ρελαντί)	62.6
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	Km/h	50	120

Πίνακας 4.1 Παράμετροι για τους κύκλους ECE και EUDC.

Αν και υπάρχουν και άλλοι κύκλοι οι οποίοι αναφέρονται σε άλλα οχήματα (φορτηγά, λεωφορεία, οχήματα βαρέως τύπου κ.α.) στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής θα ασχοληθούμε μόνο με αυτά γιατί το σύστημα που εξετάζουμε είναι ο Ν.Αττικής.

### 4.1.3 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών-Κοινοτικές οδηγίες EURO(6,18,19,20)

Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών στην ουσία αποτελούν διατάξεις οι οποίες καθορίζουν τα επιτρεπτά όρια εκπομπών για τα αυτοκίνητα που πωλούνται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι οδηγίες στις οποίες αναφέρονται τα πρότυπα αυτά έχουν την τάση να γίνονται ολοένα και πιο απαιτητικά ζητώντας συνεχώς μειώσεις στις εκπομπές ρύπων. Η συμμόρφωση των αυτοκινητοβιομηχανιών με αυτές τις οδηγίες γίνεται με την χρήση των «κύκλων πόλης» που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Τα οχήματα που δεν καταφέρνουν να συμμορφωθούν με αυτά τα πρότυπα δεν παίρνουν την ειδική άδεια και τελικά δεν μπορούν να πωληθούν σε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των οχημάτων που κυκλοφορούν στους Ευρωπαϊκούς δρόμους είναι η υποχρεωτική αναγνωριστική ετικέτα (obligatory labelling). Η οδηγία 1999/94/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης ουσιαστικά εξασφάλισε το δικαίωμα των καταναλωτών στο να έχουν πρόσβαση σε στατιστικά στοιχεία που αφορούν την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα οχήματα που πωλούνται από τους αντιπροσώπους των αυτοκινητοβιομηχανιών. Έπειτα από το αρχικά δυσνόητο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε στην σήμανση των αυτοκινήτων, καθιερώθηκε ένα ιδιαίτερα φιλικό προς τους καταναλωτές ταξινόμησης των αυτοκινήτων, σύμφωνα με το οποίο η ταξινόμηση ακολουθείται από ένα αντίστοιχο γράμμα από το A (<100 CO<sub>2</sub> g/km ) έως το F (186+CO<sub>2</sub> g/km) . Η οδηγία σύμφωνα με την οποία καθορίζονται τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών είναι η 70/220/EEC

και έχει τροποποιηθεί αρκετές φορές. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται η εξέλιξη των προτύπων αυτών, τα χαρακτηριστικά της κάθε οδηγίας και το πως εξελίχθηκε από τον Ιούλιο του 1992 που τέθηκε σε ισχύ η Euro 1, μέχρι τις μέρες μας (Euro 5) αλλά και αυτή που θα την διαδεχθεί (Euro 6-Σεπτέμβριος 2014). Αξίζει να σημειωθεί πως ενώ η κοινοτική οδηγία Euro 1, προέβλεπε κοινούς περιορισμούς και για βενζινοκίνητα αλλά και για πετρελαιοκίνητα οχήματα, σε αυτές που την διαδέχθηκαν οι δύο κατηγορίες οχημάτων διαχωρίστηκαν.

Tier	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>Diesel</b>						
<b>Euro 1†</b>	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97(1.13)	-	0.14 (0.18)
<b>Euro 2, IDI</b>	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
<b>Euro 2, DI</b>	1996.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.9	-	0.10
<b>Euro 3</b>	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
<b>Euro 4</b>	2005.01	0.5	-	0.30	0.25	0.025
<b>Euro 5</b>	2009.09 <sup>b</sup>	0.5	-	0.23	0.18	0.005 <sup>e</sup>
<b>Euro 6</b>	2014.09	0.5	-	0.17	0.08	0.005 <sup>e</sup>
* At the Euro 1..4 stages, passenger vehicles > 2,500 kg were type approved as Category N <sub>1</sub> vehicles						
† Values in brackets are conformity of production (COP) limits						
a - until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits)						
b - 2011.01 for vehicles > 2,500 kg						
e - proposed to be changed to 0.003 g/km using the PMP measurement procedure						

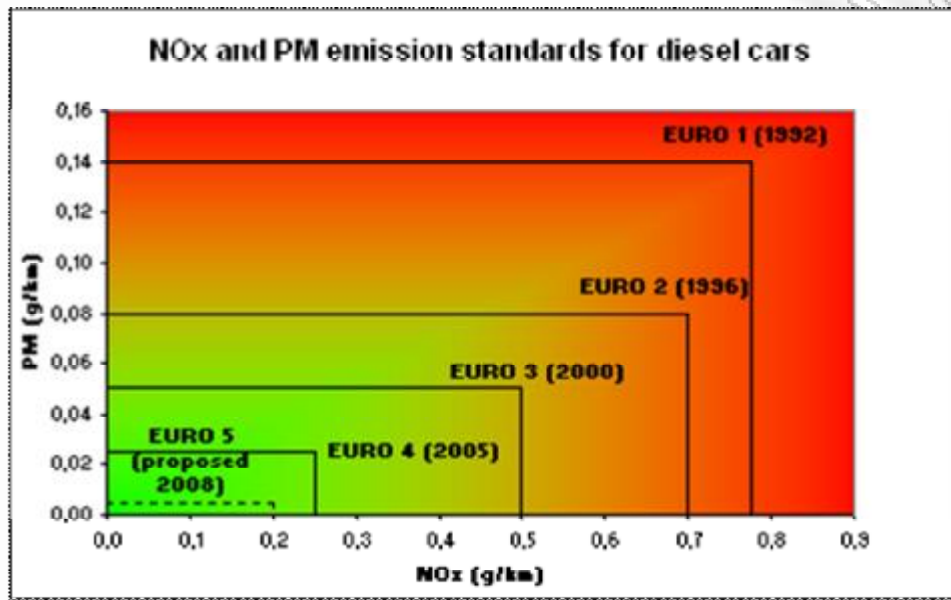
Εικόνα 4.6 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για πετρελαιοκίνητα οχήματα.

Tier	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>Petrol (Gasoline)</b>						
<b>Euro 1†</b>	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97(1.13)	-	-
<b>Euro 2</b>	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
<b>Euro 3</b>	2000.01	2.3	0.2	-	0.15	-
<b>Euro 4</b>	2005.01	1.0	0.1	-	0.08	-
<b>Euro 5</b>	2009.09 <sup>b</sup>	1.0	0.1 <sup>c</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
<b>Euro 6</b>	2014.09	1.0	0.1 <sup>e</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
† Values in brackets are conformity of production (COP) limits						
* At the Euro 1..4 stages, passenger vehicles > 2,500 kg were type approved as Category N <sub>1</sub> vehicles						
b - 2010.09 for vehicles > 2,500 kg						
c - and NMHC = 0.068 g/km						
d - applicable only to vehicles using DI engines						
e - proposed to be changed to 0.003 g/km using the PMP measurement procedure						

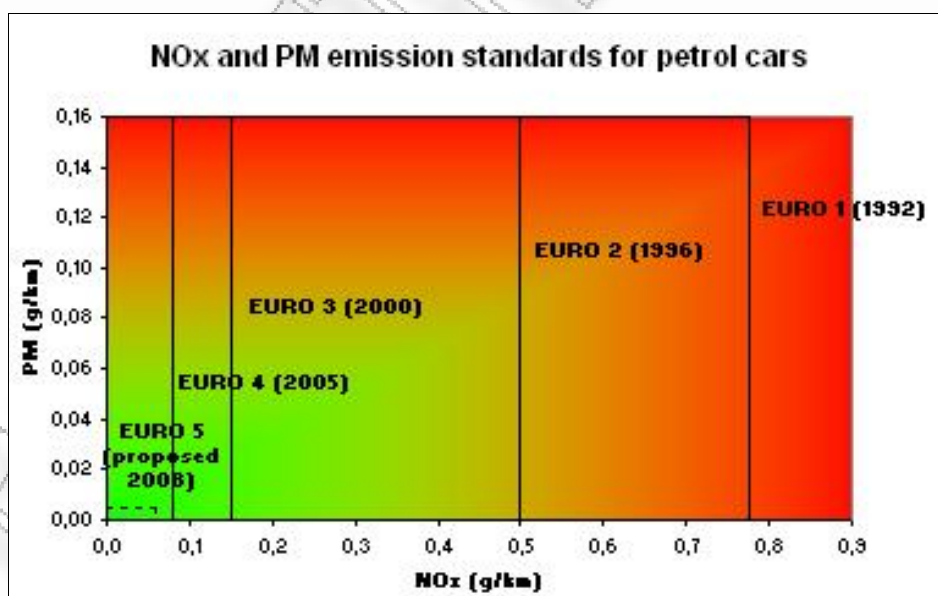
Εικό

να 4.7 Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για βενζινοκίνητα οχήματα.

Οι παρακάτω πίνακες αποδεικνύουν και την πρόθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για αυστηροποίηση των προτύπων καθώς και τις θεαματικές μειώσεις που έχουν καταφέρει αναφορικά με την εκπομπή σωματιδίων και οξειδίων του αζώτου από τα κυκλοφορούντα επιβατικά οχήματα.



Εικόνα 4.8 Εξέλιξη Ευρωπαϊκών προτύπων και εκπομπές NO<sub>x</sub>-PM (πετρελαϊκίνητα).



Εικόνα 4.9 Εξέλιξη Ευρωπαϊκών προτύπων και εκπομπές NO<sub>x</sub>-PM (βενζινοκίνητα).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 Ελληνικός στόλος οχημάτων – Στατιστικά στοιχεία(18,19,21)

Τα οχήματα που κυκλοφορούν στην ελληνική επικράτεια μπορούν να ομαδοποιηθούν σε αρκετές κατηγορίες, όπως το είδος του οχήματος, ο κυβισμός, η ηλικία, το καύσιμο που χρησιμοποιεί και τα πρότυπα εκπομπών που καλύπτει. Στην προσπάθειά μας να διαμορφώσουμε ένα σενάριο εισόδου νέων αυτοκινήτων στον υπάρχοντα στόλο οχημάτων του Ν. Αττικής, θα πρέπει να συλλέξουμε στατιστικά στοιχεία των τελευταίων ετών και χρησιμοποιώντας κατάλληλα υπολογιστικά εργαλεία (όπως τα φύλλα excel) και εργαλεία που βοηθούν στην διαδικασία λήψης αποφάσεων (decision support tools) όπως η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης, να προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε το ζήτημα όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά. Θα ξεκινήσουμε παρουσιάζοντας αναλυτικά τις διαθέσιμες κατηγοριοποιήσεις και παραθέτοντας τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν την καθεμία από αυτές.

### ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΗΧΑΝΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ (ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση διακρίνει τα οχήματα που κυκλοφορούν στο οδικό της δίκτυο σε 4 κύριες κατηγορίες:


1. Κατηγορία L → Μοτοποδήλατα και μοτοσυκλέτες (με ή χωρίς πλευρικό κάνιστρο) και γενικά μικρά οχήματα με 2,3 ή 4 τροχούς.
2. Κατηγορία M → Οχήματα με 4 τροχούς τα οποία έχουν σχεδιαστεί για την μεταφορά επιβατών.
3. Κατηγορία N → Κυρίως φορτηγά και ημιφορτηγά που έχουν σχεδιαστεί για την μεταφορά προϊόντων.
4. Κατηγορία O → Ρυμουλκούμενα και ημιρυμουλκούμενα.

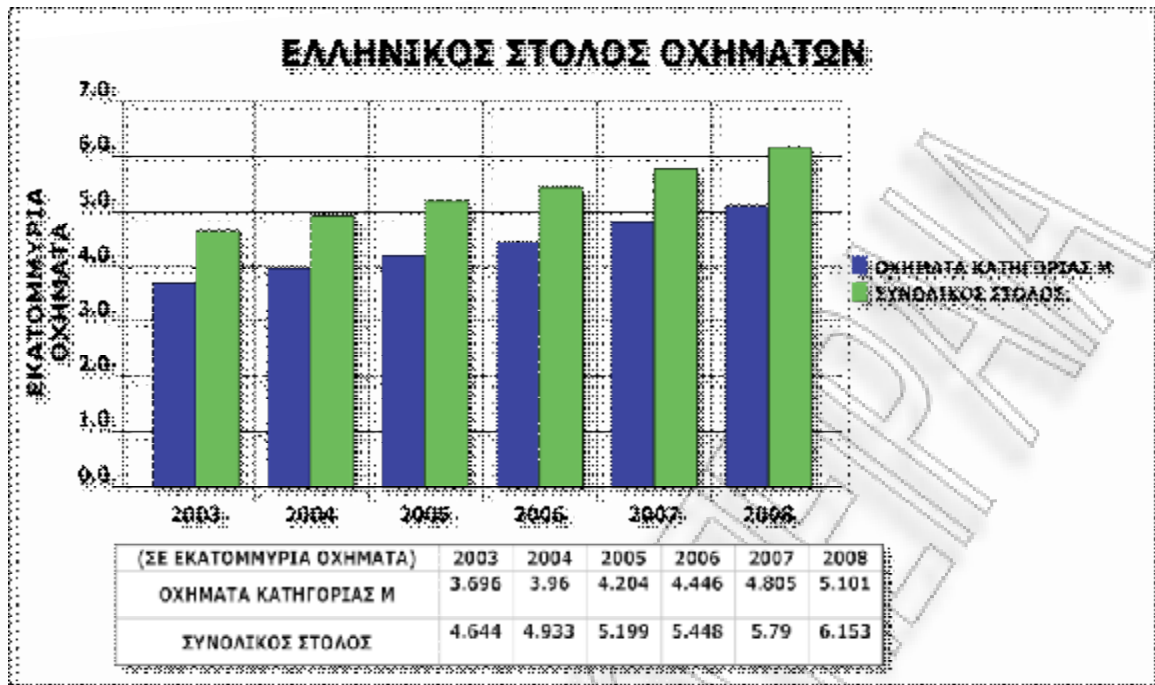
Σύμφωνα με τα στατιστικά της Ευρωπαϊκής Ένωσης ο κάθε ευρωπαίος επιβάτης διανύει 13.138km κάθε χρόνο με κάποιο από τα διαθέσιμα μεταφορικά μέσα (αεροπλάνο, πλοίο, αυτοκίνητο, λεωφορείο κ.α.). Το πιο ενδιαφέρον είναι πως το 72.4% αυτών των διαδρομών το πραγματοποιεί με οχήματα της κατηγορίας Μ τα οποία άλλωστε αποτελούν αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής.

Τα αριθμητικά δεδομένα<sup>6</sup> της εξέλιξης του ελληνικού στόλου σε σύγκριση με τα οχήματα κατηγορίας Μ παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1 και διαγραμματικά στην εικόνα 5.1.

ΕΤΟΣ	ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Μ (ΕΛΛΑΔΑ)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΣΤΟΛΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Μ (ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΣΤΟΛΟΥ)
2003	3.696.944	4.644.698	79,59%
2004	3.960.189	4.933.206	80,28%
2005	4.204.463	5.199.582	80,86%
2006	4.446.528	5.448.620	81,61%
2007	4.805.156	5.790.478	82,98%
2008	5.101.410	6.153.152	82,91%

Πίνακας 5.1 Αριθμός κυκλοφορούντων οχημάτων (Σύνολο-Κατηγορία Μ) στην Ελλάδα.

<sup>6</sup> Ως πηγή για τα συγκεκριμένα στατιστικά χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες που παρέχει στην επίσημη ιστοσελίδα της η ACEA (European Automobile Manufacturers Association). Είναι προφανές πως  αρκετά στηρίζονται σε εκτιμήσεις σε όχι σε στοιχεία αφού αρκετά οχήματα (κυρίως μοτοποδήλατα και μοτοσυκλέτες) κυκλοφορούν χωρίς να έχουν ταξινομηθεί και συνεπώς καταγραφεί από τους αρμόδιους φορείς.



Εικόνα 5.1 Διαγραμματική απεικόνιση εξέλιξης συνολικού στόλου οχημάτων και κατηγορίας Μ στην Ελλάδα.

Το ποσοστό του στόλου το οποίο μετακινείται στον Ν. Αττικής ο οποίος άλλωστε αποτελεί και το σύστημα το οποίο εξετάζουμε είναι 46%<sup>7</sup>. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι για το έτος 2008 που ο ελληνικός στόλος οχημάτων αριθμούσε τα 5.101.410 οχήματα κατηγορίας Μ, τα 2.346.648 κυκλοφορούσαν στον Ν. Αττικής.

<sup>7</sup> Το συγκεκριμένο ποσοστό προέκυψε από την επεξεργασία στοιχείων που έχουν δημοσιευθεί από την Ελληνική Στατιστική Αρχή δια του υπαλλήλου της Κων/νου Μενεξέ ([menexesk@statitics.gr](mailto:menexesk@statitics.gr)). Στο σενάριο που θα διαμορφωθεί το συγκεκριμένο ποσοστό θα στρογγυλοποιηθεί και θα θεωρηθεί ίσο με 50%.

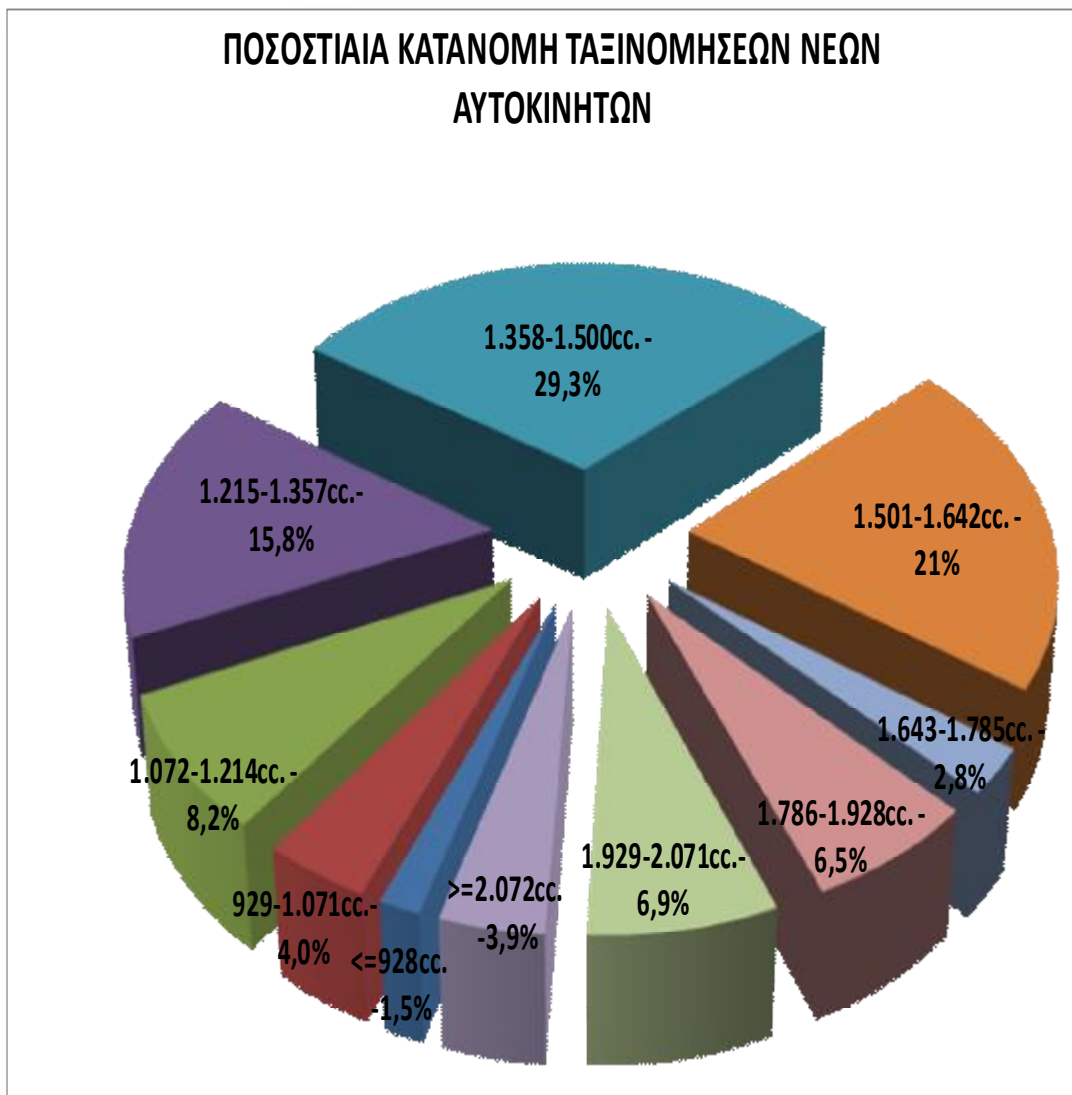
## ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΗΧΑΝΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΚΥΒΙΣΜΟ ΤΟΥΣ (CUBIC CAPACITY) ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ

Ο ορισμός του κυβισμού δόθηκε στην παράγραφο 2.1 και αποτελεί ένα χαρακτηριστικό μέγεθος της κάθε παλινδρομικής μηχανής και συνεπώς του κάθε οχήματος που χρησιμοποιεί μια τέτοια για να κινηθεί. Η κατηγοριοποίηση των οχημάτων σύμφωνα με τον κυβισμό τους είναι μια συνήθης πρακτική που χρησιμοποιούν οι κατασκευαστές αλλά και οι αρμόδιοι φορείς που είναι υπεύθυνοι για την κίνηση των οχημάτων έτσι ώστε να καταρτίζουν φορολογικές κλάσεις. Η αντιστοίχιση μιας κατηγορίας κυβισμού των βενζινοκίνητων οχημάτων με κάποια άλλη των πετρελαιοκίνητων ή ακόμα και των υβριδικών είναι μια διαδικασία που πρέπει να βασιστεί σε συγκεκριμένες παραδοχές. Το γεγονός αυτό συμβαίνει εξαιτίας της ασυμβατότητας μεταξύ των τεχνολογιών αυτοκίνησης ως προς την σχέση κυβισμού - ιπποδύναμης και φυσικά εξαιτίας της ποικιλίας των προς πώληση οχημάτων. Εκτός των άλλων κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί πως η συλλογή των συγκεκριμένων στατιστικών στοιχείων είναι μια εξαιρετικά χρονοβόρα διαδικασία η οποία και λόγω πολλών παραγόντων, όπως π.χ. η αδυναμία ελέγχου του αριθμού των μεταχειρισμένων οχημάτων που εισέρχονται κάθε έτος στην χώρα, παρουσιάζει ελεγχόμενα (ως προς την ακρίβεια) αποτελέσματα. Οι νέες ταξινομήσεις οχημάτων ανά έτος παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΒΙΣΜΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ (2005-2009)	(%) ΕΠΙ ΤΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΩΝ
<=928cc.	4.047	1,5%
929-1.071cc.	10.527	4,0%
1.072-1.214cc.	21.609	8,2%
1.215-1.357cc.	41.872	15,8%
1.358-1.500cc.	77.539	29,3%
1.501-1.642cc.	55.711	21,0%
1.643-1.785cc.	7.308	2,8%
1.786-1.928cc.	17.176	6,5%
1.929-2.071cc.	18.404	6,9%
>=2.072cc.	10.218	3,9%
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΩΝ</b>	<b>264.913</b>	<b>100,0%</b>

Πίνακας 5.1 Κατανομή ταξινομήσεων ανά κατηγορία κυβισμού





Εικόνα 5.2 Κατανομή νέων ταξινομήσεων ανά κατηγορία κυβισμού.

## ΗΛΙΚΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΛΟΥ<sup>(22)</sup>

Ο υπολογισμός της ηλικίας του υπάρχοντος στόλου είναι μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν στην διαμόρφωση του σεναρίου εισόδου νέων οχημάτων εξαιτίας της συσχέτισης της ηλικίας ενός οχήματος με τις εκπομπές ρύπων. Τα στατιστικά που παρέχονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι αποθαρρυντικά αφού η Ελλάδα κατέχει μαζί με την Κύπρο τις τελευταίες θέσεις στους αντίστοιχους πίνακες με μέσο όρο ηλικίας στόλου τα 10 έτη την στιγμή που

αντίστοιχος μέσος όρος στην Ευρώπη<sup>8</sup> είναι τα 8.1 έτη. Γενικά η τάση και στις χώρες της Ευρώπης είναι η ηλικία του στόλου να μειώνεται στα επιβατικά οχήματα, κάτι που δεν συμβαίνει όμως για τις υπόλοιπες κατηγορίες οχημάτων. Τα κυκλοφορούντα επιβατικά οχήματα έχουν ταξινομηθεί σε 6 ηλικιακές κλάσεις όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 5.2 και διαγραμματικά στην εικόνα 5.3.

ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΟΛΟΥ	4.752.362	
ΗΛΙΚΙΑΚΕΣ ΚΛΑΣΕΙΣ		%
1-5 ΕΤΗ	1.789.120	37,6%
6-10 ΕΤΗ	1.193.731	25,1%
11-15 ΕΤΗ	721.369	15,2%
16-20 ΕΤΗ	471.422	9,9%
21-25 ΕΤΗ	296.356	6,2%
>=26 ΕΤΗ	280.364	5,9%
ΣΥΝΟΛΟ	4.752.362	100,0%

Πίνακας 5.2 Ηλικιακές κλάσεις επιβατικών οχημάτων και ποσοστό επί του συνολικού στόλου (Ελλάδα-2007).



Εικόνα 5.3 Ηλικιακή κατανομή επιβατικών οχημάτων (Ελλάδα-2007).

## ΣΤΟΛΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

Ο ρόλος των κοινοτικών οδηγιών (EURO) και οι περιορισμοί που τις συνοδεύουν παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.1.3. Σε αυτήν την παράγραφο θα παραθέσουμε τα στατιστικά του ελληνικού στόλου αναφορικά με αυτές τις οδηγίες. Στις οδηγίες που έχουν προαναφερθεί, έχει προστεθεί και η κατηγορία EURO 0 (1988-1992) που ουσιαστικά αποτέλεσε τον πρόδρομο των υπολοίπων κατηγοριών

<sup>8</sup> Στα συγκεκριμένα στατιστικά, ως χώρες της Ευρώπης έχουν θεωρηθεί αυτές που εμπεριέχονται στην EU-27 μαζί με τις Τουρκία, Ελβετία και Νορβηγία και το διάστημα που έχει χρησιμοποιηθεί είναι το 1995-2008.

και χαρακτηρίζεται από χαμηλές απαιτήσεις και περιορισμούς σε ρύπους. Ο σημαντικός όμως αριθμός οχημάτων που κινούνται στην χώρα εξαιτίας της παλαιότητας του στόλου καθιστά την συγκεκριμένη κατηγορία ως την δεύτερη πολυπληθέστερη.

<b>ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ</b>
<b>EURO 0</b>	<b>1.240.999</b>
<b>EURO 1</b>	<b>528.603</b>
<b>EURO 2</b>	<b>908.440</b>
<b>EURO 3</b>	<b>1.451.802</b>
<b>EURO 4</b>	<b>622.518</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>4.752.362</b>

Πίνακας 5.3 Αριθμός οχημάτων ανά κοινοτική οδηγία (ελληνικός στόλος-2007).



Εικόνα 5.4 Ποσοστιαία κατανομή στόλου ανά κοινοτική οδηγία.

## 5.2 Κόστος αγοράς-Παράμετροι

Το κόστος αγοράς ενός οχήματος αποτελεί ίσως τον πιο καθοριστικό παράγοντα τον οποίο εξετάζει ο υποψήφιος αγοραστής πριν καταλήξει στην τελική του απόφαση. Τα κριτήρια που το καθορίζουν είναι αρκετά και μπορεί να αφορούν την τεχνολογία που χρησιμοποιεί το κάθε όχημα, τον κυβισμό και την ιπποδύναμη

του, το ύψος του (sport, οικογενειακό, S.U.V), τον τρόπο που γίνεται η μετάδοση (τετρακίνητο, δίκινητο), τον εξοπλισμό που διαθέτει και πολλά άλλα. Εμείς θα προσπαθήσουμε να συσχετίσουμε το κόστος του κάθε οχήματος ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιεί και την κατηγορία κυβισμού στην προσπάθειά μας να ομαδοποιήσουμε κατάλληλα τα οχήματα που είναι διαθέσιμα προς πώληση<sup>9</sup>. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.4 υπάρχουν κενά σε κάποιες κατηγορίες κυβισμού, στις υπόλοιπες οι τιμές που αναφέρονται αφορούν την μέση τιμή όλων των οχημάτων της κάθε κατηγορίας. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα μοντέλα αυτοκινήτων προς πώληση που να χρησιμοποιούν την συγκεκριμένη τεχνολογία και παράλληλα να μπορούν να ενταχθούν σε αυτή την κατηγορία κυβισμού. Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα πιο έντονο (όπως αναμενόταν άλλωστε) στα υβριδικά οχήματα μίας και τα διαθέσιμα μοντέλα που υπάρχουν στην αγορά είναι περιορισμένα. Στην συνέχεια της διπλωματικής θα χρησιμοποιήσουμε την παραδοχή πως η κάθε κατηγορία υβριδικών καλύπτει περισσότερες από μια κατηγορίες βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων αντίστοιχα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΒΙΣΜΟΥ	BENZINOKINHTA	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
<=928cc.		12.645 €	
929-1.071cc.	11.044 €		
1.072-1.214cc.	12.928 €	11.525 €	
1.215-1.357cc.	13.868 €	16.414 €	21.597 €
1.358-1.500cc.	16.898 €	18.111 €	25.510 €
1.501-1.642cc.	20.644 €	22.630 €	
1.643-1.785cc.	23.256 €	23.879 €	
1.786-1.928cc.	26.244 €	26.715 €	29.900 €
1.929-2.071cc.	33.465 €	35.542 €	
>=2.072cc.	54.718 €	56.565 €	102.819 €

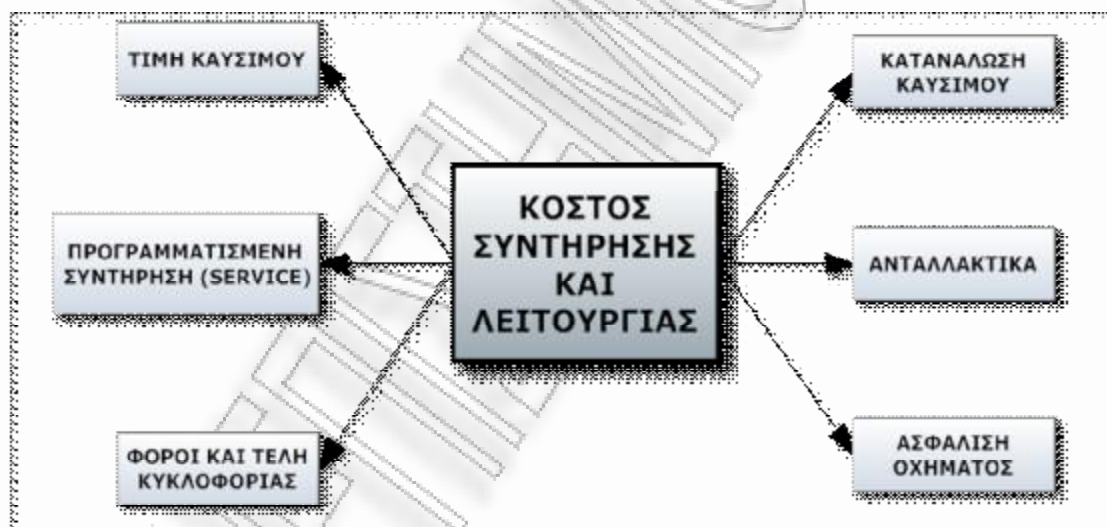
Πίνακας 5.4 Μέσο κόστος αγοράς ανά κατηγορία κυβισμού (Ιανουάριος 2011).

## 5.3 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας<sup>(24)</sup>

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας ενός οχήματος είναι ένας σημαντικός παράγοντας τον οποίο και εξετάζει ενδελεχώς ο υποψήφιος αγοραστής. Συνεπώς μας ενδιαφέρει στο πλαίσιο της διαμόρφωσης του σεναρίου και της κατάρτισης των

<sup>9</sup> Οι τιμές που αναφέρονται προέκυψαν κατόπιν επεξεργασίας των επίσημων τιμών πώλησης που παρέχουν μέσω του Τύπου οι αντιπρόσωποι των αυτοκινήτων (Ιανουάριος 2011). Σε κάθε κατηγορία συγκεντρώθηκαν οι τιμές πώλησης όλων των διαθέσιμων οχημάτων και έτσι προέκυψε η μέση τιμή, την οποία και χρησιμοποιούμε σε αυτήν την παρουσίαση.

συνθηκών της πολυκριτηριακής ανάλυσης που θα χρησιμοποιήσουμε για να ερμηνεύσουμε τις τάσεις της αγοράς όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά. Τα κόστη συντήρησης είναι διαφορετικά ανά τεχνολογία αυτοκίνησης, εξαιτίας των αρχών λειτουργίας που διέπουν την καθεμία από αυτές και αναλύθηκαν περιγραφικά στις αρχικές παραγράφους της παρούσας διπλωματικής. Αυτές οι τεχνολογικές διαφοροποιήσεις που, ο διαφορετικός τύπος καυσίμου και η διαφορετική κατανάλωση μας αναγκάζουν να υπολογίσουμε τα κόστη λειτουργίας σε κάθε περίπτωση<sup>10</sup>. Φυσικά στα κόστη συντήρησης ενός αυτοκινήτου εμπεριέχονται και τα χρήματα που καταβάλλει ο ιδιοκτήτης για ασφάλιση, τέλη κυκλοφορίας και φορολογία αλλά στην συγκεκριμένη διπλωματική δεν μας απασχολούν επειδή είναι κοινά για όλες τις κατηγορίες. Εξαιρέση αποτελούν τα υβριδικά οχήματα, των οποίων οι κάτοχοι δεν είναι υποχρεωμένοι να καταβάλλουν τα τέλη κυκλοφορίας και αυτή τους την απαλλαγή θα προσπαθήσουμε να την αντιστοιχήσουμε μέσω κατάλληλου συντελεστή στην πολυκριτηριακή ανάλυση που θα πραγματοποιήσουμε. Τα παραπάνω απεικονίζονται διαγραμματικά στην εικόνα 5.5.



Εικόνα 5.5 Παράγοντες που συνιστούν το κόστος λειτουργίας και συντήρησης ενός οχήματος.

Τα δεδομένα για την κατανάλωση του κάθε οχήματος έχουν συλλεχθεί από τα αντίστοιχα φυλλάδια που μας παρέχει ο (ΣΕΑΑ)<sup>(17)</sup>, όμως το κόστος χρήσης ενός οχήματος δεν περιορίζεται μόνο στην κατανάλωση καυσίμου. Στους υπολογισμούς του οικονομικού αυτού σκέλους της διπλωματικής,

<sup>10</sup> Οι καταναλώσεις καυσίμου καθώς και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς προήλθαν από τους πίνακες που έχει δημοσιεύσει ο Σ.Ε.Α.Α (Σύνδεσμος Ελλήνων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων) στο ενημερωτικό του φυλλάδιο (Ιούλιος 2010). Επιπλέον για την μέση κατανάλωση χρησιμοποιήθηκε η κατανάλωση καυσίμου του συνδυασμένου κύκλου όπως αυτή αναφέρεται για κάθε όχημα χωριστά στο προαναφερθέν φυλλάδιο.

πολύτιμη είναι η συνεισφορά του εργαλείου T.C.O (True Cost to Own)<sup>11</sup>. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα αξιοποιηθούν κατάλληλα ώστε να καθορίσουμε τις επιδόσεις των εναλλακτικών μας επιλογών στις πολυκριτηριακές αναλύσεις που θα ακολουθήσουν. Το T.C.O είναι ένα «συγκριτικό» εργαλείο το οποίο μας βοηθά στο να εκτιμήσουμε το συνολικό κόστος κτήσης ενός οχήματος. Η εξαιρετική χρησιμότητα του βασίζεται στο γεγονός πως εμπεριέχει στις εκτιμήσεις και παραμέτρους που ο υποψήφιος αγοραστής είναι δύσκολο να συνεκτιμήσει πριν πραγματοποιήσει την αγορά. Οι παράμετροι αυτοί είναι:

α) Υποβάθμιση της αξίας του οχήματος

β) Θεωρούμε 12.000 km διανυθέντα ανά έτος και ο χρονικός ορίζοντας που εξετάζουμε είναι 5 έτη

γ) Κόστος για την αγορά καυσίμων

δ) Κόστος συντήρησης και επιδιορθώσεων

Ο υπολογισμός θα γίνει για όλα τα μοντέλα αυτοκινήτων ανά τεχνολογία αυτοκίνησης και ανά κατηγορία κυβισμού. Στην συνέχεια θα προκύψουν μέσες τιμές για κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες χρησιμοποιώντας φύλλα εργασίας (Excel). Αξίζει να σημειωθεί πως για τον υπολογισμό του κόστους κατανάλωσης χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές πώλησης βενζίνης όπως αυτές αναγράφονται στους αντίστοιχους πίνακες της γενικής γραμματείας εμπορίου (τιμή αμόλυβδης βενζίνης 1,48€/lt-diesel κίνησης 1,27€/lt Ιανουάριος 2011). Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης παρουσιάζονται αναλυτικά στις ακόλουθες τρεις παραγράφους και αντιστοιχούν σε μια πενταετία χρήσης.

### 5.3.1 Βενζινοκίνητα οχήματα

Η εφαρμογή του εργαλείου T.C.O στα βενζινοκίνητα οχήματα καθώς και οι μέσες καταναλώσεις και το κόστος για την κατανάλωση καυσίμου σε μια διανυθείσα απόσταση 100km μας έδωσε τα στοιχεία που παρουσιάζονται στις εικόνες 5.6 και 5.7.

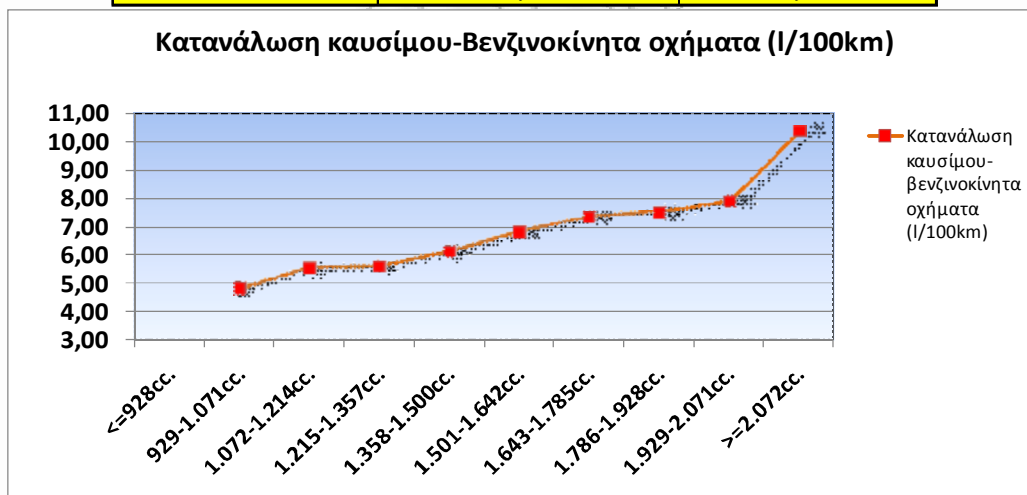
---

<sup>11</sup> Όπως μας παρέχεται από την ιστοσελίδα edmunds.com, της οποίας την βάση δεδομένων χρησιμοποιήσαμε έτσι ώστε να συλλέξουμε τα οικονομικά στοιχεία που μας ενδιαφέρουν κυρίως για ζητήματα συντήρησης και επιδιορθώσεων αλλά και υποτίμησης της αξίας του οχήματος, έτσι ώστε να προκύψει κάποιου είδους συσχέτιση ανάμεσα σε αυτά τα μεγέθη και την εφαρμοσμένη τεχνολογία αυτοκίνησης. Οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν σε σχέση με αυτές που χρησιμοποιεί η ιστοσελίδα ήταν λιγότερα ετήσια χιλιόμετρα ανά έτος (12.000 αντί για 15.000) και αφαίρεση από τους υπολογισμούς των κοστών ασφάλισης και φορολόγησης.

BENZINOKINHTA				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΒΙΣΜΟΥ	ΥΠΟΤΙΜΗΣΗ ΑΞΙΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΓΙΑ 5 ΧΡΟΝΙΑ
929-1.071cc.	6.297 €	4.982 €	2.629 €	13.908,0 €
1.072-1.214cc.	5.891 €	5.507 €	2.788 €	14.185,5 €
1.215-1.357cc.	5.937 €	5.868 €	3.102 €	14.906,3 €
1.358-1.500cc.	6.168 €	6.040 €	2.783 €	14.991,7 €
1.501-1.642cc.	6.545 €	5.884 €	3.725 €	16.154,3 €
1.643-1.785cc.	7.016 €	5.463 €	3.743 €	16.221,3 €
1.786-1.928cc.	6.355 €	6.438 €	3.489 €	16.281,7 €
1.929-2.071cc.	6.109 €	6.479 €	3.743 €	16.330,7 €
>=2.072cc.	16.279 €	8.328 €	4.255 €	28.861,5 €

Εικόνα 5.6 Υπολογισμός πενταετούς κόστους κτήσης για βενζινοκίνητα οχήματα με χρήση Τ.Σ.Ο.

BENZINOKINHTA		
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΒΙΣΜΟΥ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (l/100km)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ 100km
<=928cc.		
929-1.071cc.	4,87	7,20 €
1.072-1.214cc.	5,55	8,21 €
1.215-1.357cc.	5,63	8,33 €
1.358-1.500cc.	6,14	9,09 €
1.501-1.642cc.	6,82	10,09 €
1.643-1.785cc.	7,38	10,92 €
1.786-1.928cc.	7,53	11,14 €
1.929-2.071cc.	7,94	11,75 €
>=2.072cc.	10,40	15,38 €
<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>6,92</b>	<b>10,23 €</b>



Εικόνα 5.7 Κατανάλωση και κόστος καυσίμου ανά κατηγορία κυβισμού (βενζινοκίνητα οχήματα)

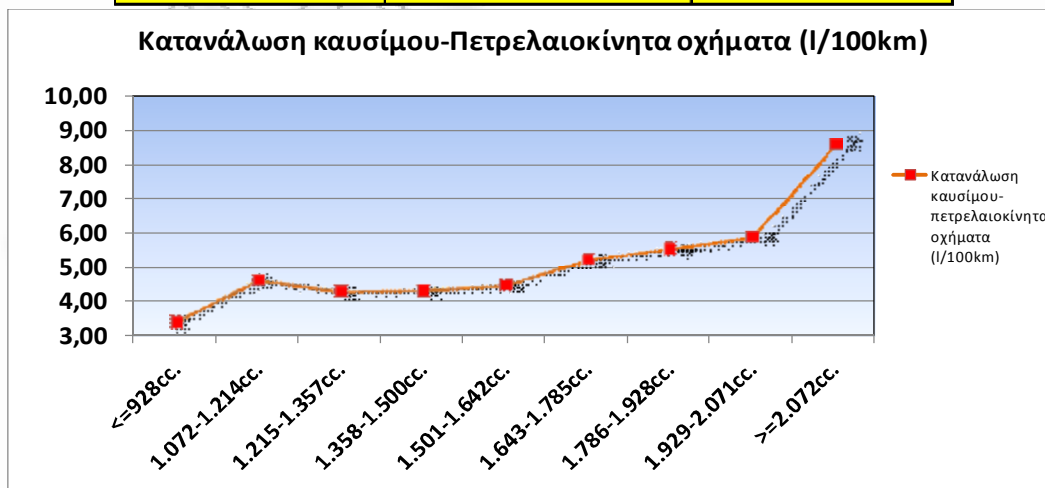
## 5.3.2 Πετρελαιοκίνητα οχήματα

Αντίστοιχα για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα έχουμε τους πίνακες στις εικόνες 5.8 και 5.9.

ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΒΙΣΜΟΥ	ΥΠΟΤΙΜΗΣΗ ΑΞΙΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΓΙΑ 5 ΧΡΟΝΙΑ
<929cc.	5.700 €	4.680 €	2.530 €	12.910,0 €
1.072-1.214cc.	5.550 €	5.225 €	2.825 €	13.600,0 €
1.215-1.357cc.	5.867 €	5.313 €	3.145 €	14.325,0 €
1.358-1.500cc.	6.080 €	5.867 €	2.867 €	14.813,3 €
1.501-1.642cc.	6.427 €	4.133 €	3.917 €	14.476,7 €
1.643-1.785cc.	6.723 €	5.463 €	3.733 €	15.919,3 €
1.786-1.928cc.	6.727 €	5.607 €	3.517 €	15.850,0 €
1.929-2.071cc.	5.700 €	6.107 €	4.050 €	15.856,7 €
>=2.072cc.	16.198 €	8.573 €	4.374 €	29.143,8 €

Εικόνα 5.8 Υπολογισμός πενταετούς κόστους κτήσης για πετρελαιοκίνητα οχήματα με χρήση T.C.O.

ΝΤΗΖΕΛΟΚΙΝΗΤΑ		
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΒΙΣΜΟΥ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (l/100km)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ 100km
<=928cc.	3,40	4,32 €
1.072-1.214cc.	4,60	5,84 €
1.215-1.357cc.	4,28	5,43 €
1.358-1.500cc.	4,30	5,46 €
1.501-1.642cc.	4,47	5,68 €
1.643-1.785cc.	5,23	6,64 €
1.786-1.928cc.	5,53	7,02 €
1.929-2.071cc.	5,87	7,45 €
>=2.072cc.	8,60	10,92 €
<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>5,14</b>	<b>6,53 €</b>



Εικόνα 5.9 Κατανάλωση και κόστος καυσίμου ανά κατηγορία κυβισμού (πετρελαιοκίνητα οχήματα)



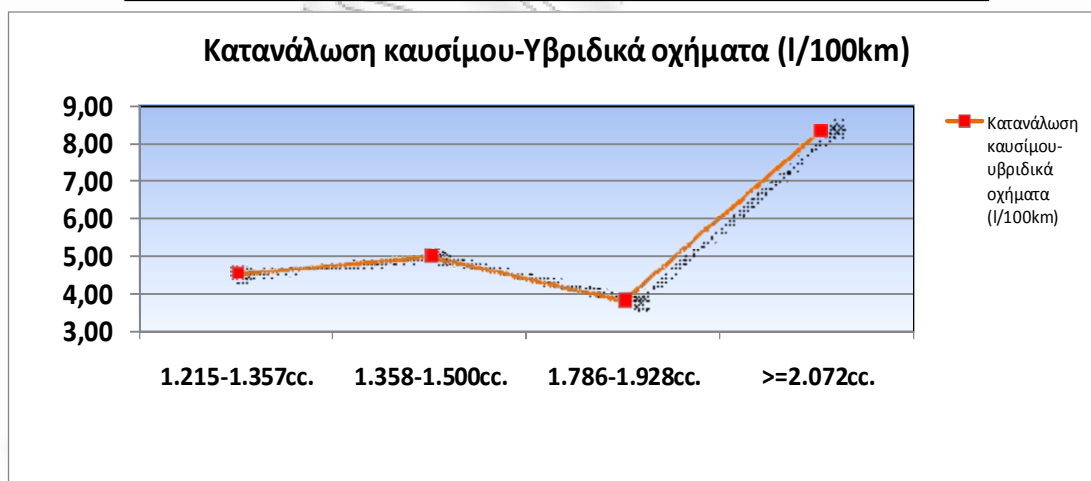
### 5.3.3 Υβριδικά οχήματα

Η αντίστοιχη ανάλυση για τα υβριδικά οχήματα παρουσιάζεται στις εικόνες 5.10 και 5.11.

ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΒΙΣΜΟΥ	ΥΠΟΤΙΜΗΣΗ ΑΞΙΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΓΙΑ 5 ΧΡΟΝΙΑ
1.215-1.357cc.	4.652 €	4.120 €	2.120 €	10.892,0 €
1.358-1.500cc.	8.120 €	5.780 €	2.250 €	16.150,0 €
1.786-1.928cc.	12.210 €	3.048 €	2.180 €	17.438,0 €
>=2.072cc.	34.900 €	10.650 €	5.185 €	50.735,0 €

Εικόνα 5.10 Υπολογισμός πενταετούς κόστους κτήσης για υβριδικά οχήματα με χρήση Τ.Σ.Ο.

ΥΒΡΙΔΙΚΑ		
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΒΙΣΜΟΥ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (l/100km)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ 100km
1.215-1.357cc.	4,53	6,71 €
1.358-1.500cc.	5,00	7,40 €
1.786-1.928cc.	3,85	5,70 €
>=2.072cc.	8,35	12,36 €
<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>5,43</b>	<b>8,04 €</b>



Εικόνα 5.11 Κατανάλωση και κόστος καυσίμου ανά κατηγορία κυβισμού (υβριδικά οχήματα)

## 5.4 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ-ΜΕΘΟΔΟΣ

Η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποτελεί ένα εργαλείο υποστήριξης και λήψης αποφάσεων. Είναι μία μέθοδος της οποίας το κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι μπορούν να λαμβάνονται υπόψη, πολλά κριτήρια ταυτόχρονα. Η απλούστερη μορφή της μεθόδου, η οποία και θα εφαρμοστεί στην παρούσα διπλωματική, είναι ο σχηματισμός του συνόλου  $[S_1, S_2, \dots, S_m]$ , όπου  $S_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) το σταθμισμένο άθροισμα των βαθμών  $a_{ij}$  που παίρνει κάθε μία

υποψήφια εναλλακτική πρόταση  $j$ :  $S_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot a_{ij}$ , όπου  $w_i$  το βάρος του κριτηρίου  $i$

( $i=1, 2, \dots, n$ ). Το άθροισμα των βαρών όλων των κριτηρίων θα πρέπει να είναι ίσο με την μονάδα ή αν τα ποσοστά εκφράζονται σαν κλάσματα της μονάδας ( $100\%=1$ ) τότε θα πρέπει το άθροισμα των βαρών όλων των κριτηρίων να είναι ίσο με την

μονάδα ( $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ). Εν τέλει, η βέλτιστη επιλογή είναι εκείνη για την οποία ισχύει

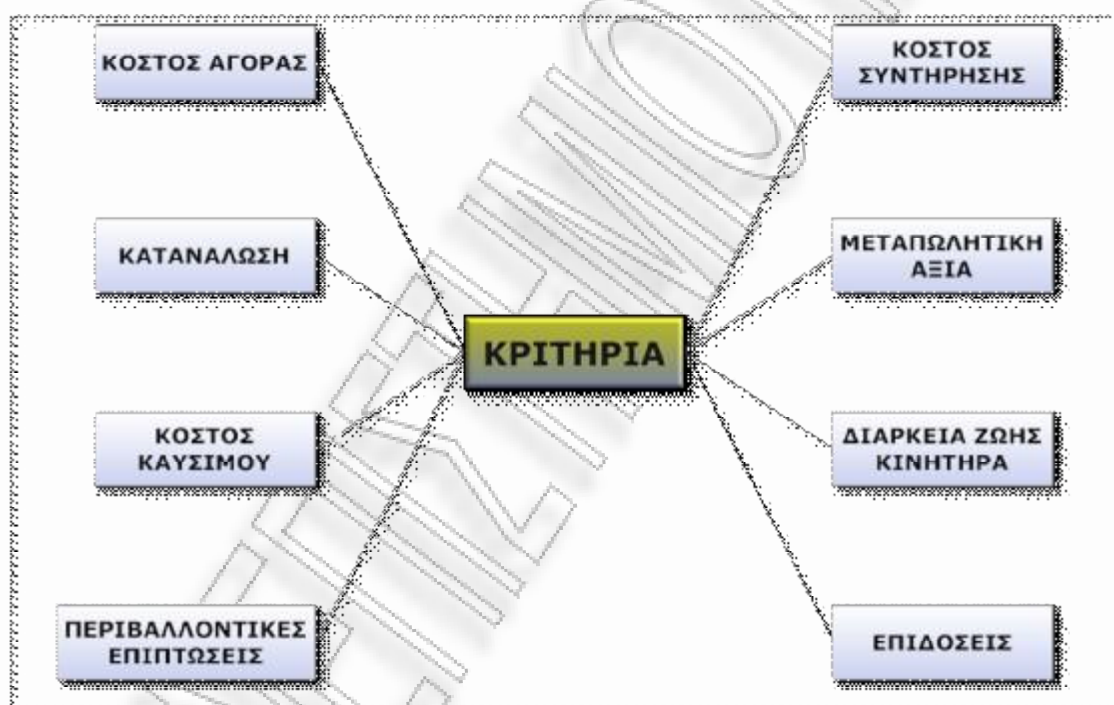
$S_h = \max[S_1, S_2, \dots, S_m]$  ενώ μπορούμε να κατατάξουμε και τις υπόλοιπες εναλλακτικές με κριτήριο την βαθμολογία-επίδοσή τους ( $S_{h_1} > S_{h_2} > \dots > S_{h_m}$ ). Στην περίπτωση που εξετάζουμε θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης ως έναν τρόπο να ερμηνεύσουμε τις ισχύουσες τάσεις της αγοράς αυτοκινήτου. Οι εναλλακτικές προφανώς θα είναι οι ισχύουσες τεχνολογίες αυτοκίνησης και ως κριτήρια έχουν επιλεγθεί οι κυριότερες παράμετροι που εξετάζει ο υποψήφιος έλληνας αγοραστής. Ένας επιπλέον διαχωρισμός που χρησιμοποιήσαμε στην προσπάθειά μας για μία ρεαλιστική προσέγγιση ήταν αυτός του κυβισμού μιας και τα κριτήρια και ο τρόπος με τον οποίο τα βαθμολογεί ο καταναλωτής διαφέρει ανάλογα με το μέγεθος και την ιπποδύναμη του οχήματος που πρόκειται να αγοράσει στοιχεία τα οποία είναι προφανώς ανάλογα της κατηγορίας κυβισμού. Όπως έχει προαναφερθεί, η ομαδοποίηση των οχημάτων και των τριών τεχνολογιών αυτοκίνησης είναι επιβεβλημένη εξαιτίας του περιορισμένου εύρους διαθέσιμων προς πώληση οχημάτων που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο το πετρέλαιο (diesel), αλλά και κυρίως των υβριδικών. Έτσι οι κατηγορίες κυβισμού που εξετάζουμε είναι οι εξής:

- i) 799 c.c. - 1400c.c.
- ii) 1401c.c. - 1700c.c.
- iii) 1701c.c. - 2000c.c.
- iv) >2000c.c.

Τα παραπάνω παρουσιάζονται διαγραμματικά στις εικόνες 5.12 και 5.13:



Εικόνα 5.12 Εναλλακτικές πολυκριτηριακής ανάλυσης



Εικόνα 5.13 Κριτήρια πολυκριτηριακής ανάλυσης

Επιπλέον, επειδή οι παράμετροι που μπορούν να τροποποιήσουν τις προτιμήσεις των αγοραστών είναι πολλοί, θα παρουσιάσουμε 4 περιπτώσεις πολυκριτηριακής ανάλυσης που ουσιαστικά αντιστοιχούν σε 4 διαφορετικές προσεγγίσεις έτσι ώστε να παρατηρήσουμε τις όποιες διαφορές προκύψουν στην υπάρχουσα αγορά από ενδεχόμενες μεταβολές και να αυξήσουμε την προσαρμοστικότητα του σεναρίου μας. Οι 4 αυτές προσεγγίσεις αναλύονται στις ακόλουθες παραγράφους και θα αποτελέσουν τον άξονα γύρω από τον οποίο θα διαμορφωθεί το σενάριο εισόδου των νέων αυτοκινήτων στον υπάρχοντα στόλο. Οι

διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις προσεγγίσεις αντικατοπτρίζονται με διαφορετικό βάρος στο κάθε κριτήριο :

$$w_{1i} \neq w_{2i} \neq w_{3i} \neq w_{4i}$$

### 5.4.1 Πολυκριτηριακή ανάλυση υπάρχουσας αγοράς

Με την συγκεκριμένη πολυκριτηριακή ανάλυση θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε την μεθοδολογία που χρησιμοποιεί ο μέσος αγοραστής αυτοκινήτου. Τα βάρη των κριτηρίων έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να παρουσιάζουν όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά τις απαιτήσεις των υποψήφιων αγοραστών από ένα καινούργιο όχημα.

<b>ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (1)</b>	
<b>ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΑΓΟΡΑ</b>	
<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	<b>ΒΑΡΗ (w<sub>i</sub>)</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ</b>	0,225
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</b>	0,126
<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b>	0,114
<b>ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	0,084
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ</b>	0,139
<b>ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ</b>	0,052
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ</b>	0,101
<b>ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ</b>	0,159
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>

Εικόνα 5.14 Διαμόρφωση βαρών (w<sub>i</sub>) κριτηρίων στην πολυκριτηριακή ανάλυση που αντιστοιχεί στην υπάρχουσα αγορά.

i) → 799 c.c.- 1400c.c.

799 c.c.- 1400c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,225	10	9	7
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,126	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,114	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,084	8	10	8
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,139	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,052	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,101	7	8	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,159	10	9	10
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>8,919</b>	<b>9,300</b>	<b>8,649</b>

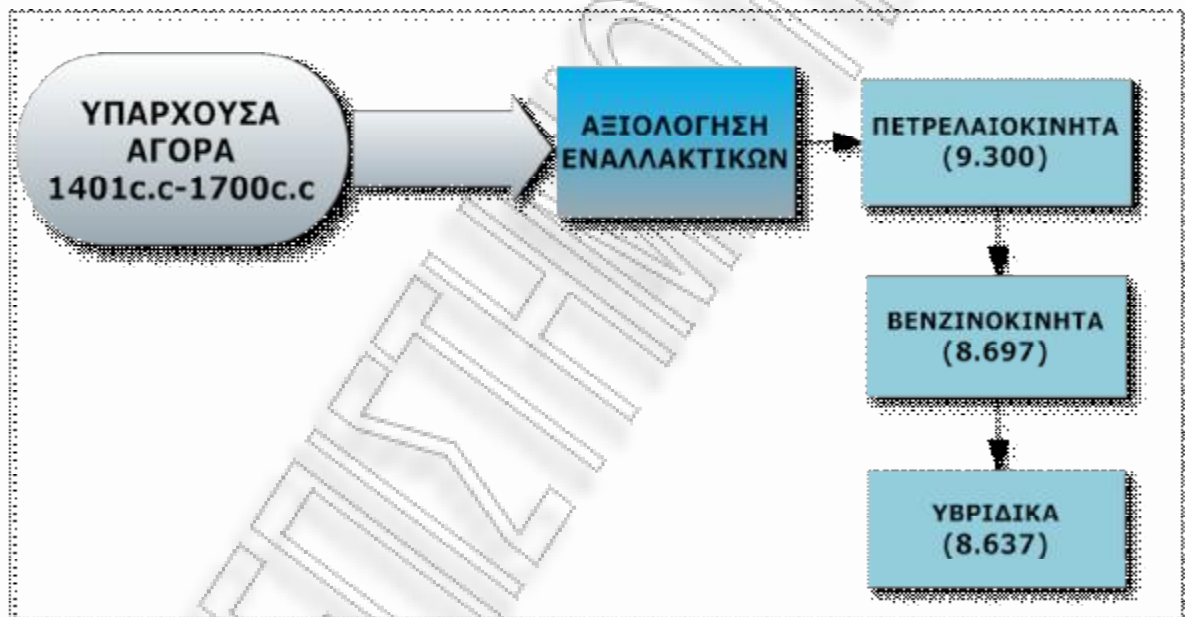


Εικόνα 5.15 Υπάρχουσα αγορά-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (799c.c-1400c.c)

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από την βαθμολόγηση των κριτηρίων, η εναλλακτική που προκρίνεται σε αυτή την κατηγορία κυβισμού είναι αυτή της πετρελαιοκίνησης (9.300). Η αρκετά υψηλή βαθμολογία που συγκεντρώνει σε ζητήματα αξιοπιστίας-διάρκειας ζωής κινητήρα καθώς και η χαμηλότερη τιμή του πετρελαίου σε σχέση με την βενζίνη δικαιολογούν αυτή την βαθμολογία. Τα βενζινοκίνητα οχήματα ακολουθούν (8.919) και απέχουν αρκετά από τα υβριδικά (8.649) της κατηγορίας τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος αγοράς κάτι που αντικατοπτρίζεται και στην χαμηλή βαθμολογία που συγκεντρώνουν στο συγκεκριμένο κριτήριο.

ii) → 1401c.c.-1700c.c.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,116	10	8	7
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,169	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,116	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,123	8	10	8
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,125	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,175	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,075	7	8	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,101	10	8	10
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>8,697</b>	<b><u>9,300</u></b>	<b>8,637</b>

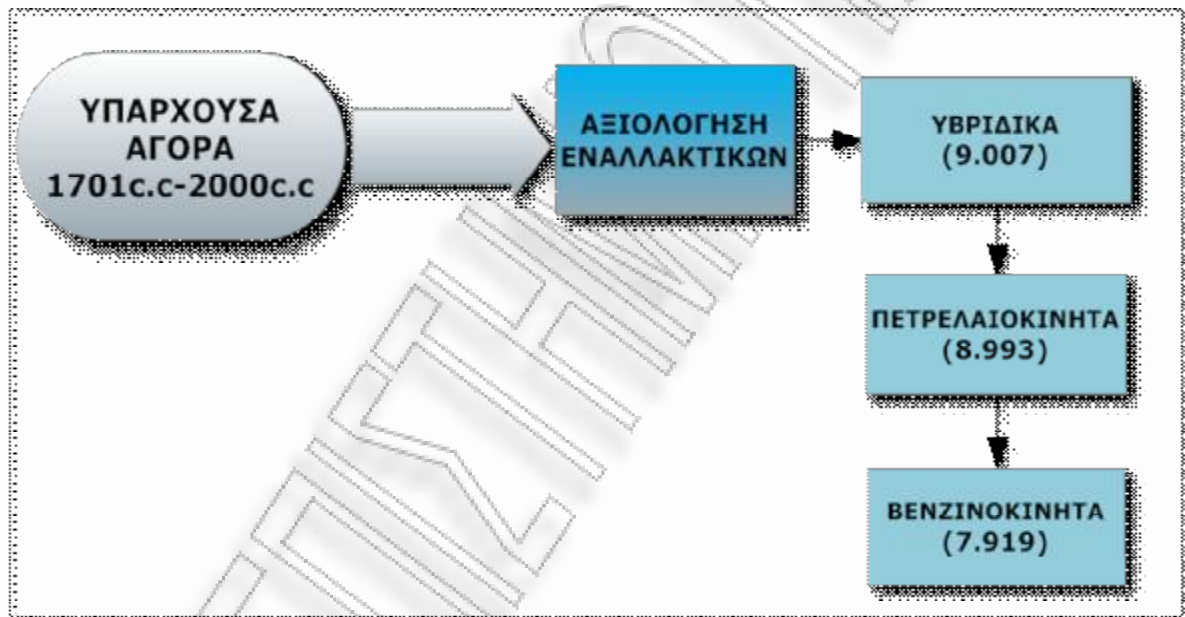


Εικόνα 5.16 Υπάρχουσα αγορά-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (1401c.c-1700c.c)

Στην κατηγορία των 1401c.c.-1700c.c η βέλτιστη εναλλακτική παραμένει αυτή της πετρελαιοκίνησης με βαθμολογία 9,300. Η μεγάλη απόκλιση που υπάρχει σε σχέση με τα βενζινοκίνητα (8,697) και τα υβριδικά (8,637) αποτυπώνει τα οφέλη που έχει ο οδηγός της συγκεκριμένης κατηγορίας όταν επιλέγει την πετρελαιοκίνηση. Αντίστοιχα αξίζει να επισημανθεί η κοντινή βαθμολογία των εναλλακτικών της βενζινοκίνησης και της υβριδικής τεχνολογίας η οποία αποδεικνύει την «ευαισθησία» της συγκεκριμένης βαθμολογίας σε ενδεχόμενη (έστω) και μικρή μεταβολή της τιμής ή και του βάρους του κάθε κριτηρίου

iii) →1701c.c-2000c.c

1701 c.c.- 2000c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,116	7	8	10
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,169	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,116	6	7	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,123	7	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,125	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,175	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,075	6	7	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,101	10	8	9
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>7,919</b>	<b>8,993</b>	<b><u>9,007</u></b>

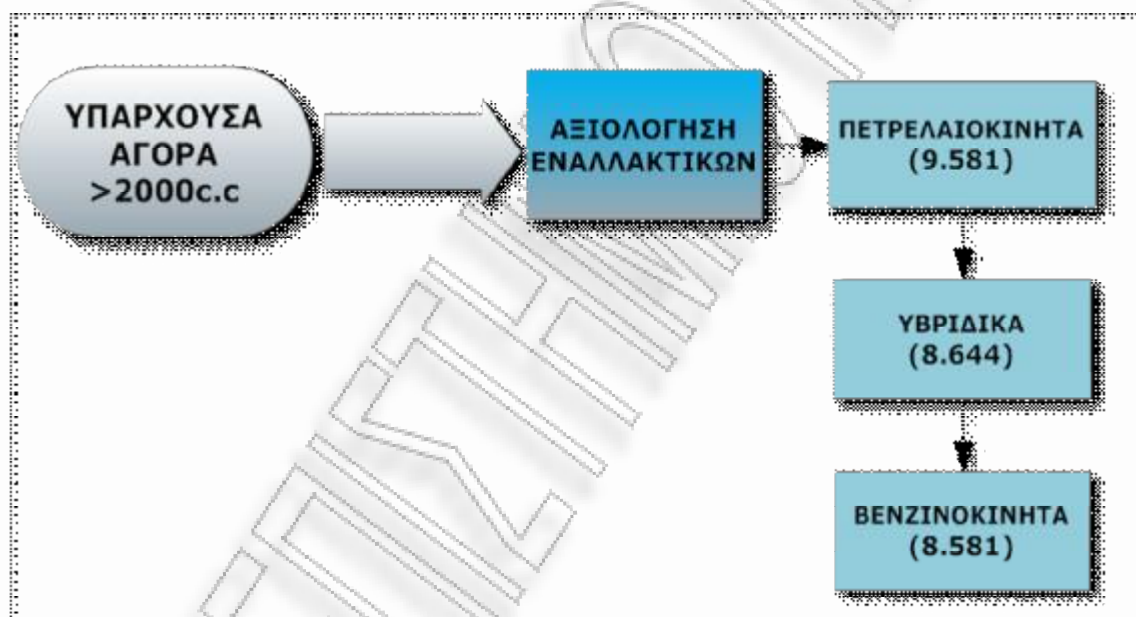


Εικόνα 5.17 Υπάρχουσα αγορά-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (1701c.c-2000c.c)

Στην κατηγορία των 1701c.c.-2000c.c τα οχήματα υβριδικής τεχνολογίας αναδεικνύονται ως η βέλτιστη επιλογή (9.007) για τον υποψήφιο αγοραστή. Οι εξαιρετικά χαμηλές καταναλώσεις καυσίμου που τα χαρακτηρίζουν σε συνδυασμό με τις χαμηλές εκπομπές ρύπων και την ανταγωνιστική τους τιμή είναι οι παράγοντες που συνετέλεσαν στον να αναδειχθούν ως η βέλτιστη αγοραστική επιλογή. Παρόλα αυτά, η διαφορά τους συγκριτικά με τα πετρελαιοκίνητα οχήματα(8.993) είναι μικρή και η ευαισθησία της προτεινόμενης λύσης είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην όποια ανάλυση πραγματοποιηθεί. Τα βενζινοκίνητα οχήματα(7.919) συγκεντρώνουν αρκετά χαμηλή βαθμολογία, κυρίως εξαιτίας της υψηλής κατανάλωσης καυσίμου που τα χαρακτηρίζει.

iv) →>2.000 c.c

> 2000c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,116	9	10	6
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,169	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,116	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,123	8	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,125	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,175	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,075	7	10	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,101	10	7	10
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	1			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		8,581	<u>9,581</u>	8,644



Εικόνα 5.18 Υπάρχουσα αγορά-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (>2000c.c)

Στην κατηγορία των οχημάτων με κυβισμό μεγαλύτερο των 2.000c.c, η πετρελαιοκίνηση είναι ξεκάθαρα η βέλτιστη επιλογή (9.581) αφού συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία στα περισσότερα από τα κριτήρια που εξετάζουμε. Τα υβριδικά οχήματα (8.644) έχουν αρκετά κοντινή βαθμολογία με τα βενζινοκίνητα (8.581) θέτοντας έτσι ζητήματα «ευαισθησίας» σχετικά με την δεύτερη καλύτερη εναλλακτική. Αξίζει να σημειωθεί πως η ανάλυση της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι εξαιρετικά δύσκολη εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας οχημάτων που υπάρχουν και του ιδιαίτερου χαρακτήρα τους (οχήματα υψηλών επιδόσεων, SUV's και πολυτελών τετρακίνητων).



## 5.4.2 Πολυκριτηριακή ανάλυση- Περιβαλλοντική προσέγγιση

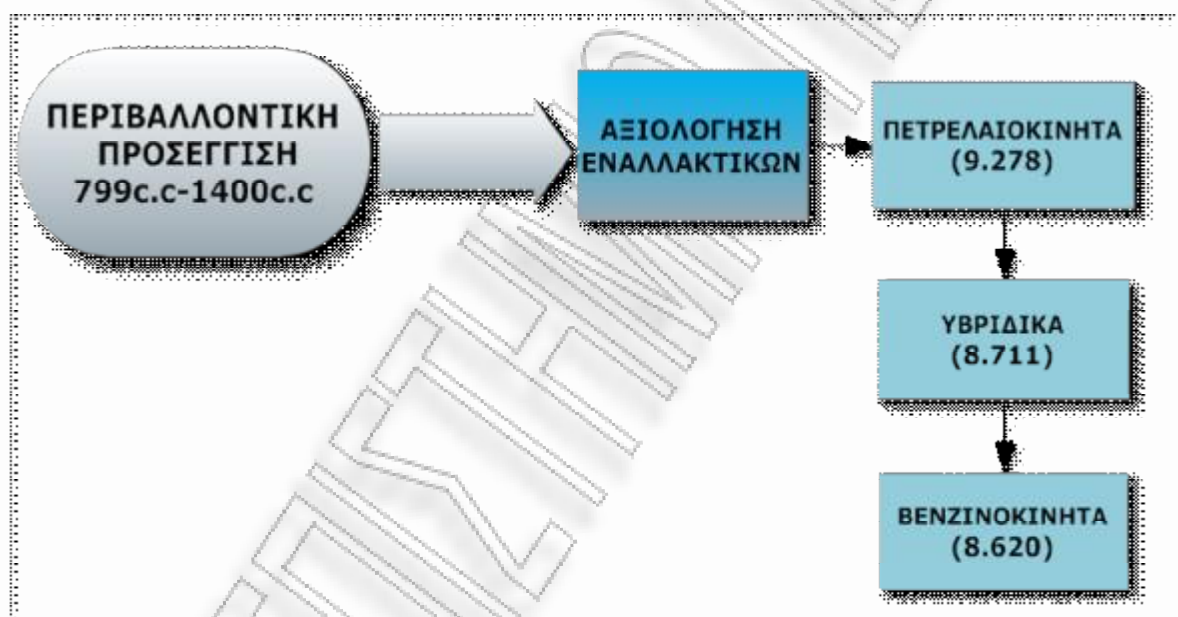
<b>ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (2)</b>	
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ</b>	
<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	<b>ΒΑΡΗ (<math>w_i</math>)</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ</b>	<b>0,175</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</b>	<b>0,108</b>
<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b>	<b>0,125</b>
<b>ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	<b>0,091</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ</b>	<b>0,135</b>
<b>ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ</b>	<b>0,102</b>
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ</b>	<b>0,158</b>
<b>ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ</b>	<b>0,106</b>
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>

Εικόνα 5.19 Διαμόρφωση βαρών ( $w_i$ ) κριτηρίων στην πολυκριτηριακή ανάλυση που αντιστοιχεί στην περιβαλλοντική προσέγγιση.

Σε αυτή την πολυκριτηριακή ανάλυση έχουμε επιλέξει τα βάρη ( $w_i$ ) έτσι ώστε να ερμηνεύσουμε την αγορά με πιο «περιβαλλοντικά» κριτήρια. Ο υποψήφιος αγοραστής του οποίου η συμπεριφορά ερμηνεύεται μέσα από την συγκεκριμένη ανάλυση είναι περισσότερο ευαισθητοποιημένος σε περιβαλλοντικά ζητήματα κάτι που αντιστοιχεί σε αυξημένη τιμή των κριτηρίων α)κατανάλωση(0.125) και β)περιβαλλοντικές επιπτώσεις(0.158).

i) → 799 c.c.- 1400c.c.

799 c.c.- 1400c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,175	10	9	7
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,108	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,125	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,091	8	10	8
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,135	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,102	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,158	7	8	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,106	10	9	10
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>8,620</b>	<b>9,278</b>	<b>8,711</b>

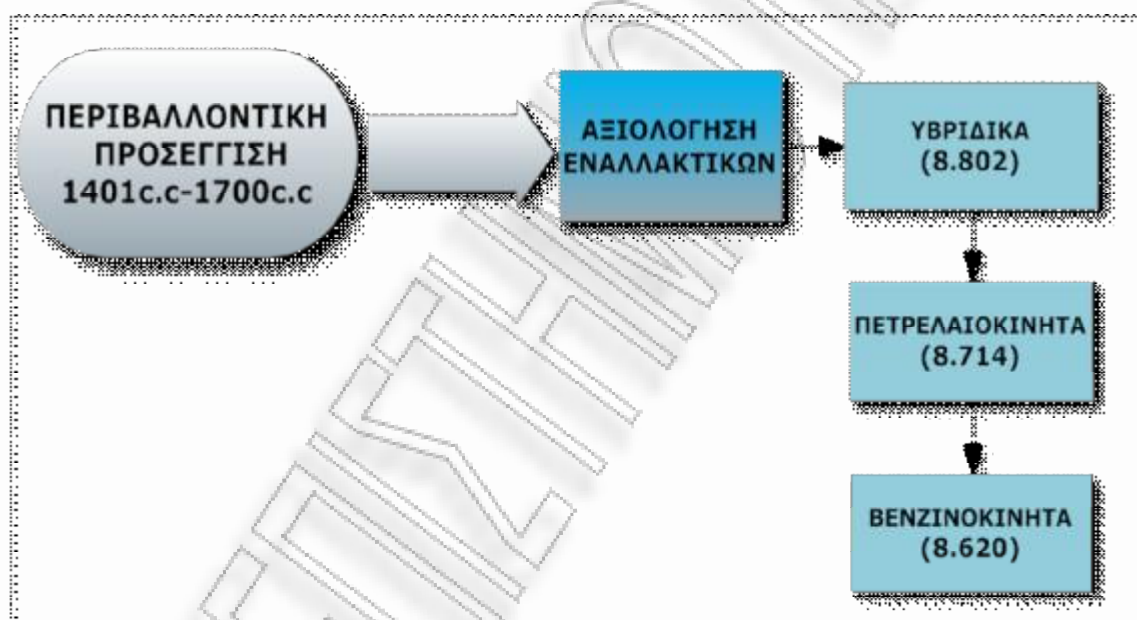


Εικόνα 5.20 Περιβαλλοντική προσέγγιση-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (799c.c-1400c.c)

Στην κατηγορία των 799c.c-1400c.c η επιλογή της πετρελαιοκίνησης (9.278) παρουσιάζεται ως η βέλτιστη για τον υποψήφιο αγοραστή. Αν και δεν είναι αυτή που συγκεντρώνει την μεγαλύτερη βαθμολογία στο κριτήριο «περιβαλλοντικές επιπτώσεις» οι εξαιρετικές επιδόσεις στα άλλα κριτήρια την αναδεικνύουν ως βέλτιστη λύση για αυτή την κατηγορία. Η υβριδική τεχνολογία (8.711) και τα βενζινοκίνητα (8.620) παίρνουν πολύ κοντινές βαθμολογίες και η ανάλυση ευαισθησίας των επιδόσεων τους κρίνεται απαραίτητη.

ii) → 1401c.c.-1700c.c.

1401 c.c.- 1700c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,175	10	7	7
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,108	10	9	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,125	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,091	8	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,135	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,102	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,158	7	8	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,106	10	8	10
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>8,620</b>	<b>8,714</b>	<b>8,802</b>

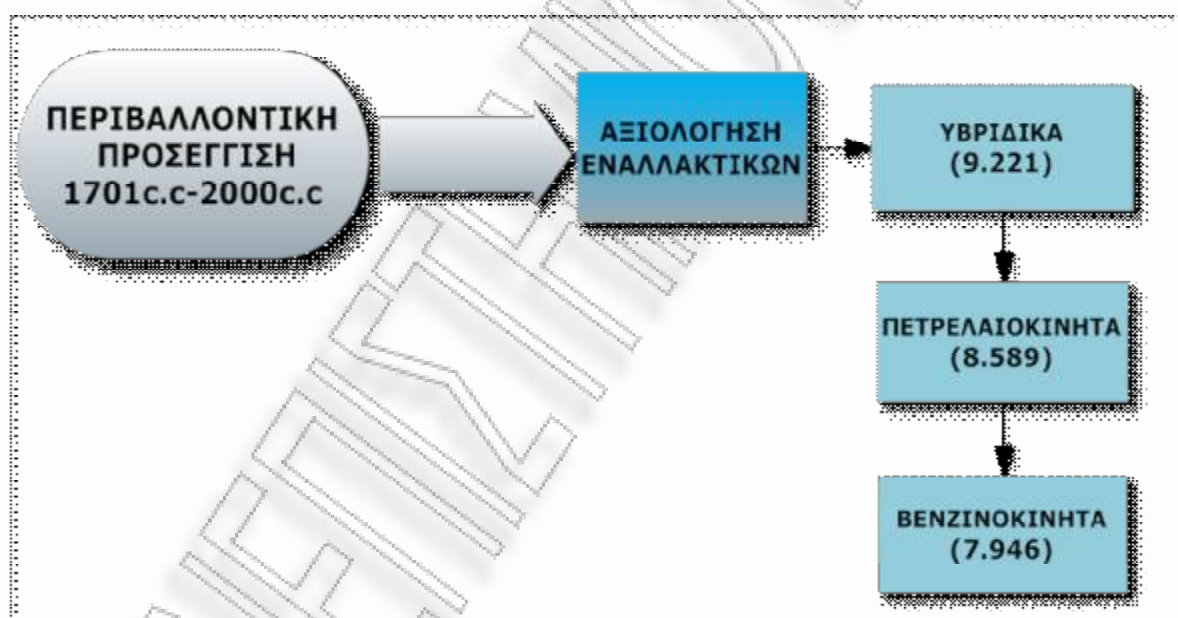


Εικόνα 5.21 Περιβαλλοντική προσέγγιση-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (1401c.c-1700c.c)

Στην κατηγορία των 1401c.c-1700c.c και οι τρεις εναλλακτικές συγκέντρωσαν αρκετά κοντινές βαθμολογίες γεγονός που αποδεικνύει την εξαιρετικά υψηλή ευαισθησία της προκρινόμενης λύσης. Τα υβριδικά οχήματα (8.802) μπορούμε να πούμε πως έχουν ένα μικρό προβάδισμα έναντι των πετρελαιοκίνητων (8.714) και των βενζινοκίνητων (8.620) εξαιτίας της χαμηλής κατανάλωσης καυσίμου που τα χαρακτηρίζει και τις μειωμένες εκπομπές ρύπων. Το υψηλότερο κόστος αγοράς που τα χαρακτηρίζει δεν κρίθηκε ικανό να αποτρέψει την ανάδειξη τους ως βέλτιστη επιλογή μιας και η προσέγγιση γίνεται με πιο περιβαλλοντικά κριτήρια.

iii) → 1701c.c-2000c.c

1701 c.c.- 2000c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,175	9	8	10
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,108	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,125	6	7	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,091	7	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,135	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,102	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,158	6	7	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,106	10	8	9
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>7,946</b>	<b>8,589</b>	<b>9,221</b>

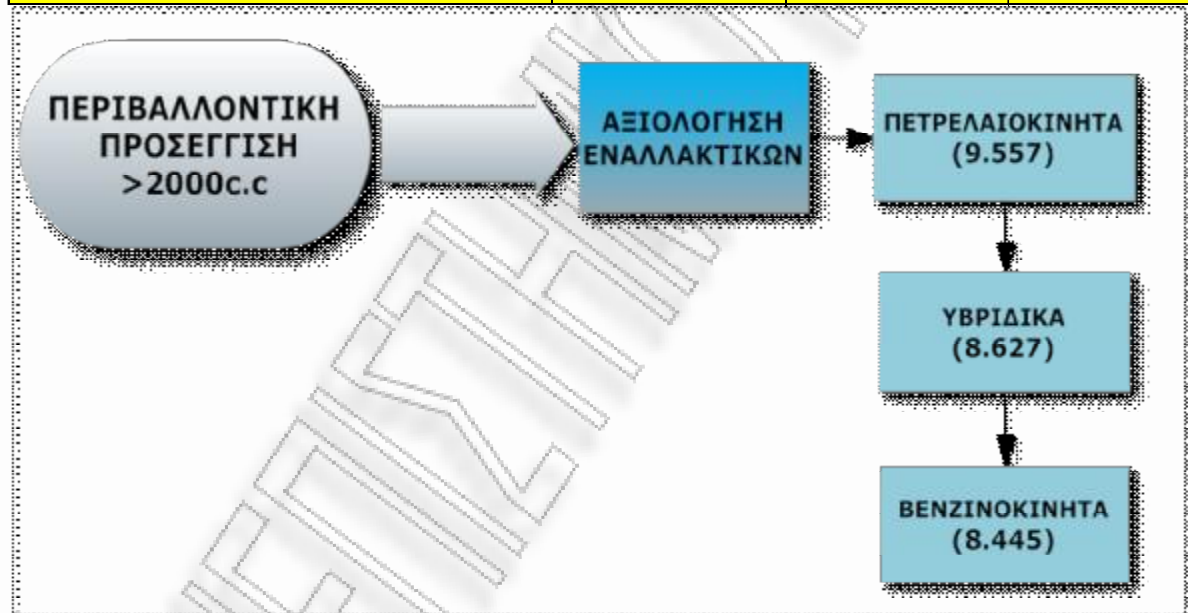


Εικόνα 5.22 Περιβαλλοντική προσέγγιση-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (1701c.c-2000c.c)

Στην κατηγορία των 1701c.c-2000c.c η βέλτιστη λύση είναι τα οχήματα υβριδικής τεχνολογίας (9.221) και προκρίνονται με σημαντική διαφορά έναντι των πετρελαιοκίνητων(8.589) και των βενζινοκίνητων(7.946). Τα υβριδικά οχήματα της κατηγορίας χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλές καταναλώσεις καυσίμου σε συνδυασμό με χαμηλές εκπομπές ρύπων ενώ έχουν καταφέρει να πωλούνται σε πολύ ανταγωνιστικές τιμές.

iv) → >2000c.c

> 2000c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,175	9	10	6
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,108	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,125	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,091	8	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,135	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,102	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,158	7	10	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,106	10	7	10
<u>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</u>	1			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		8,445	<u>9,557</u>	8,627



Εικόνα 5.23 Περιβαλλοντική προσέγγιση-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (>2000c.c)

Στην κατηγορία των οχημάτων με κυβισμό μεγαλύτερο των 2.000c.c τα πλεονεκτήματα της πετρελαιοκίνησης είναι εμφανή και αναδεικνύουν την συγκεκριμένη εναλλακτική ως την βέλτιστη έναντι των υβριδικών(8.627) και των βενζινοκίνητων(8.445). Αν και τα υβριδικά οχήματα της κατηγορίας χαρακτηρίζονται από μειωμένες εκπομπές ρύπων, το πολύ υψηλό κόστος που τα χαρακτηρίζει δεν τους επιτρέπει να αναδειχθούν ως βέλτιστη επιλογή. Αντίστοιχα τα βενζινοκίνητα οχήματα συγκεντρώνουν σχετικά υψηλές βαθμολογίες σε όλα τα κριτήρια, δεν είναι όμως ικανές να τα αναδείξουν ως βέλτιστη εναλλακτική. Όπως έχει προαναφερθεί τα

χαρακτηριστικά και οι μηχανισμοί που διέπουν την συγκεκριμένη κατηγορία είναι αρκετά πολύπλοκοι και τα όποια συμπεράσματα πρέπει να εξαχθούν έπειτα από αρκετή ανάλυση, παρόλαυτα τα πετρελαιοκίνητα οχήματα φαίνεται να μην μπορούν να αμφισβητηθούν ως βέλτιστη επιλογή, κάτι που δεν μπορεί αν συμβεί και για τις άλλες δύο εναλλακτικές των οποίων οι βαθμολογίες είναι πολύ κοντά.

### 5.4.3 Πολυκριτηριακή ανάλυση-Οικονομική προσέγγιση

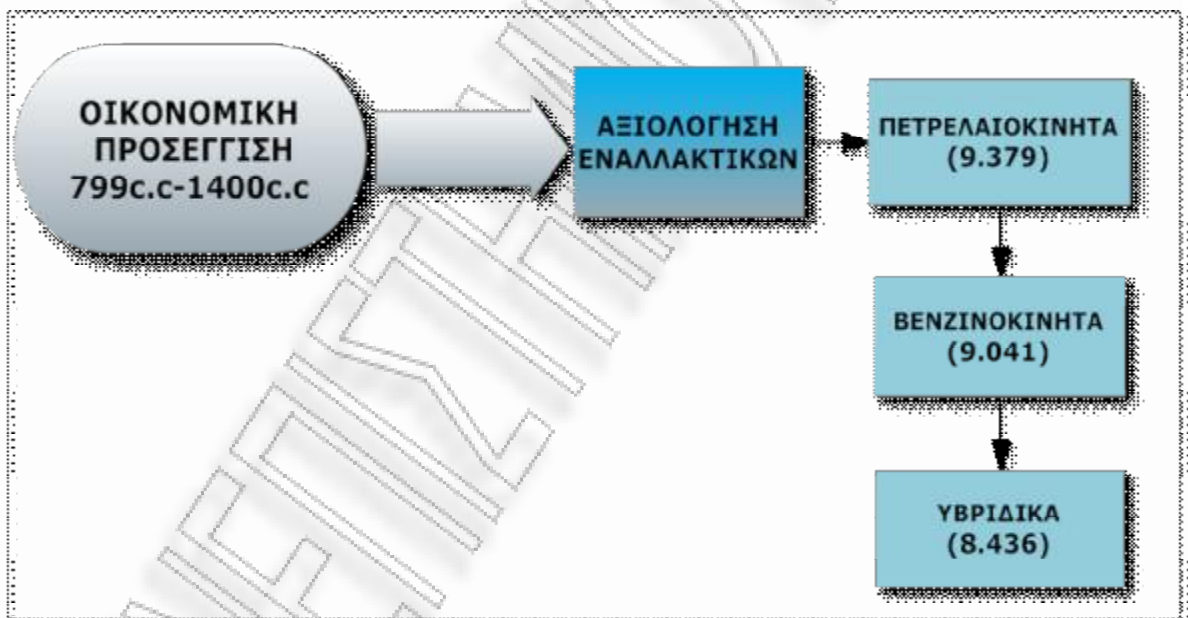
Με την συγκεκριμένη πολυκριτηριακή ανάλυση θα προσπαθήσουμε να ερμηνεύσουμε την συμπεριφορά ενός υποψήφιου αγοραστή αυτοκινήτου ο οποίος κυρίως θα χρησιμοποιήσει οικονομικά κριτήρια για να τεκμηριώσει την επιλογή του. Τα βάρη ( $w_i$ ) των κριτηρίων έχουν διαμορφωθεί σύμφωνα με αυτό το πλαίσιο και χαρακτηριστικό τους είναι η αυξημένη τιμή που έχουν τα βάρη των κριτηρίων «κόστος αγοράς(0.281), κόστος συντήρησης(0.175), κατανάλωση(0.103) και κόστος καυσίμου(0.128)».

<b>ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (3)</b>	
<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ</b>	
<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	<b>ΒΑΡΗ (<math>w_i</math>)</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ</b>	<b>0,281</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</b>	<b>0,175</b>
<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b>	<b>0,103</b>
<b>ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	<b>0,081</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ</b>	<b>0,128</b>
<b>ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ</b>	<b>0,064</b>
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ</b>	<b>0,069</b>
<b>ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ</b>	<b>0,099</b>
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>

Εικόνα 5.24 Διαμόρφωση βαρών ( $w_i$ ) κριτηρίων στην πολυκριτηριακή ανάλυση που αντιστοιχεί στην υπάρχουσα αγορά.

i) → 799 c.c.- 1400c.c.

799 c.c.- 1400c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,281	10	9	7
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,175	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,103	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,081	8	10	8
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,128	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,064	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,069	7	8	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,099	10	9	10
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>9,041</b>	<b>9,379</b>	<b>8,436</b>



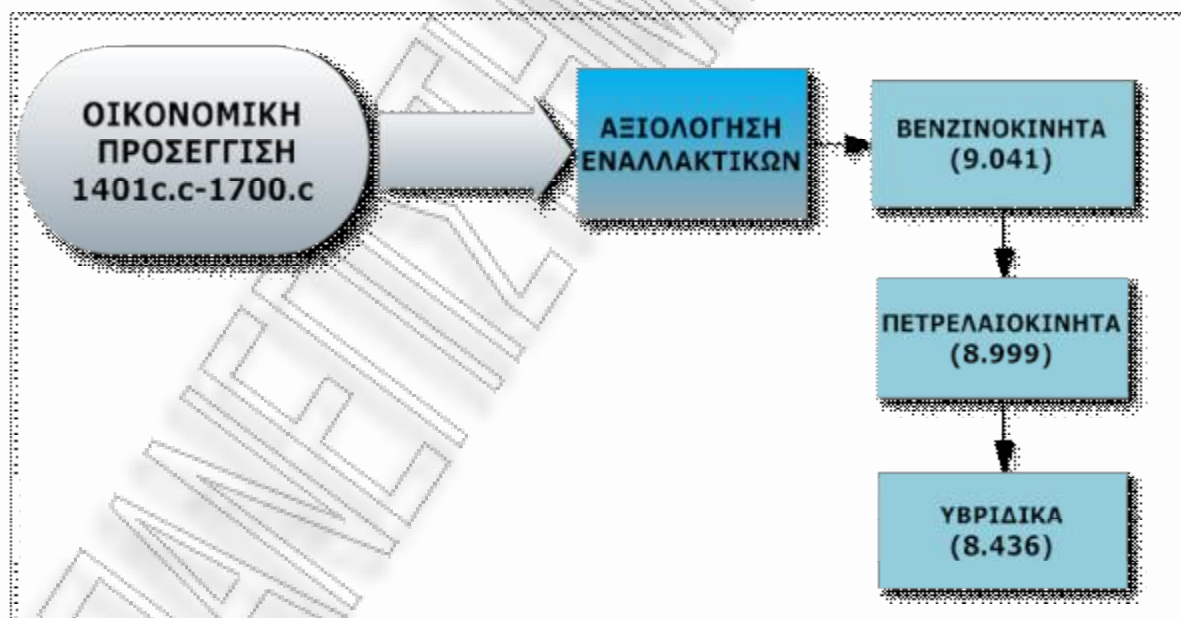
Εικόνα 5.25 Οικονομική προσέγγιση-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (799c.c-1400c.c)

Στην κατηγορία των 799c.c-1400c.c η επιλογή της πετρελαιοκίνησης(9.379) ακολουθείται από τα βενζινοκίνητα οχήματα(9.041) και από τα υβριδικά(8.436). Το χαμηλότερο κόστος του πετρελαίου έναντι της βενζίνης και η μειωμένη κατανάλωση καυσίμου είναι ικανά για να καταστήσουν τα πετρελαιοκίνητα ως την πιο ενδεδειγμένη αγορά για κάποιον που έχει έντονα οικονομικά κριτήρια στις αποφάσεις του. Τα υβριδικά οχήματα, αν και έχουν αρκετά ελκυστικές βαθμολογίες στα ζητήματα

που αφορούν το κόστος χαρακτηρίζονται από υψηλή τιμή αγοράς και έτσι δεν μπόρεσαν να γίνουν η βέλτιστη αγοραστική επιλογή.

ii) → 1401c.c.-1700c.c.

1401 c.c.- 1700c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,281	10	8	7
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,175	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,103	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,081	8	10	8
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,128	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,064	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,069	7	8	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,099	10	8	10
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>9,041</b>	<b>8,999</b>	<b>8,436</b>



Εικόνα 5.26 Οικονομική προσέγγιση-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (1401c.c-1700c.c)

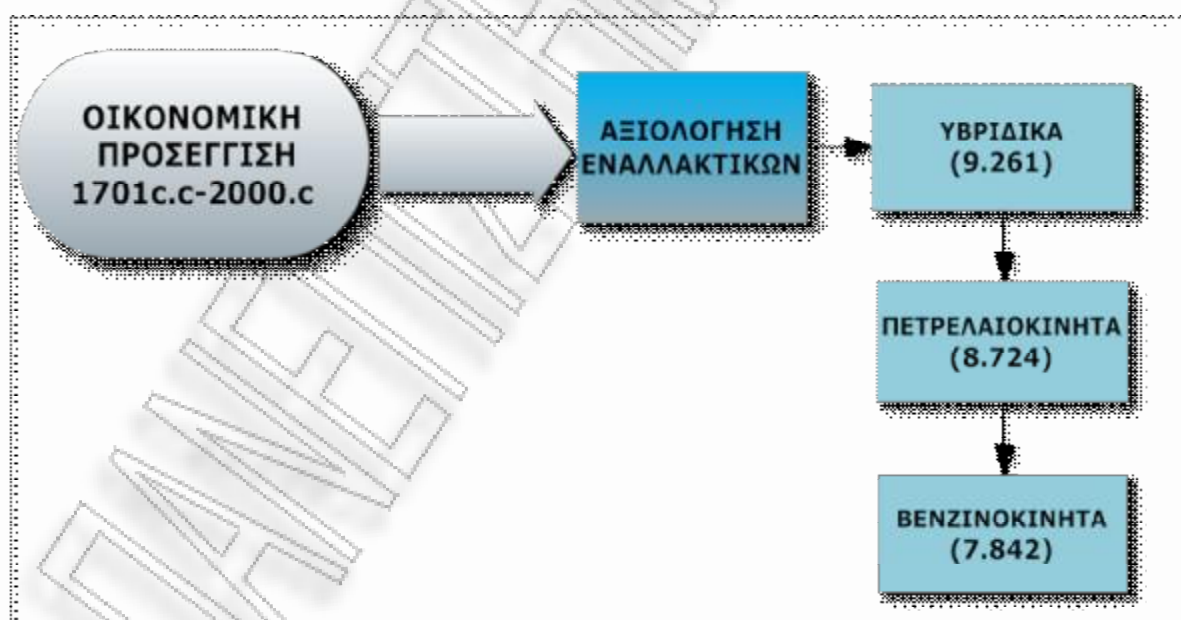
Στην συγκεκριμένη κατηγορία διακρίνουμε οριακή πρόκριση της κατηγορίας των βενζινοκίνητων οχημάτων (9.041) και ακολουθούν τα πετρελαιοκίνητα(8.999) και τα υβριδικά(8.436). Οι διαφορές στην βαθμολόγηση των εναλλακτικών είναι αρκετά μικρές κάτι που αποδεικνύει πόσο ευαίσθητη είναι η προκρινόμενη εναλλακτική. Το



συγκεκριμένο γεγονός αποδεικνύει πως η εξαγωγή συμπερασμάτων είναι αρκετά πολύπλοκη και πρέπει να συνοδεύεται από αναλυτική μελέτη για την συγκεκριμένη κατηγορία οχημάτων.

iii) → 1701c.c.-2000c.c.

1701 c.c.- 2000c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,281	7	8	10
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,175	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,103	6	7	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,081	7	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,128	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,064	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,069	6	7	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,099	10	8	9
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>7,842</b>	<b>8,724</b>	<b>9,261</b>



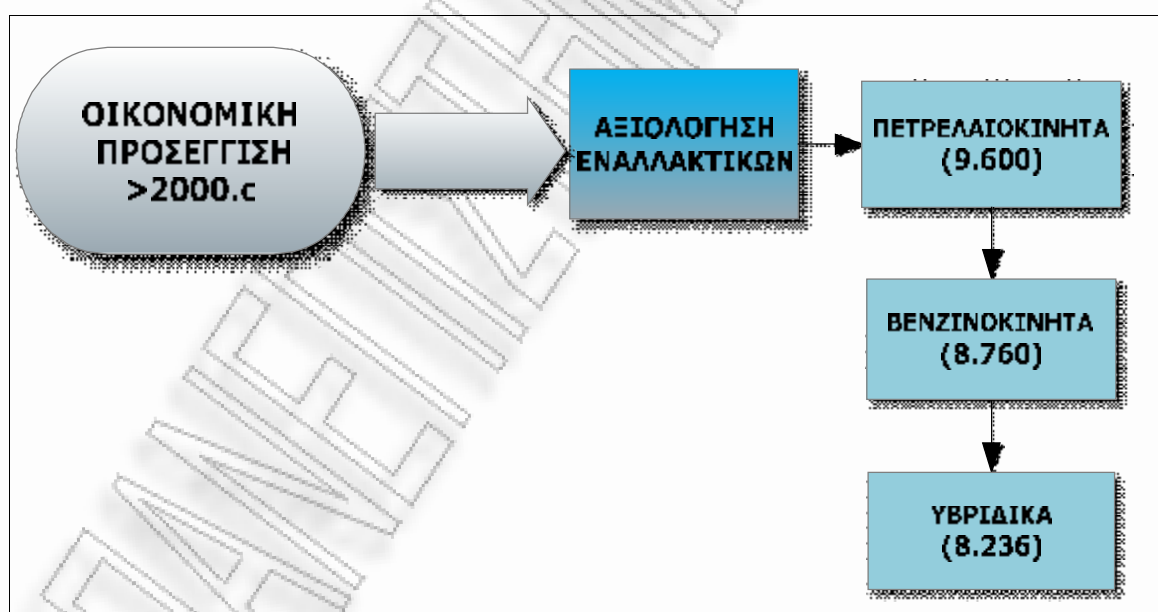
Εικόνα 5.27 Οικονομική προσέγγιση-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (1701c.c.-2000c.c)

Στην συγκεκριμένη κατηγορία η υβριδική τεχνολογία (9.261) προκρίνεται έναντι της πετρελαιοκίνησης(8.724) και των βενζινοκίνητων οχημάτων (7.842). Τα υβριδικά οχήματα της κατηγορίας αυτής μπορούν να αποτελέσουν την πιο οικονομική λύση

για τον υποψήφιο αγοραστή αφού χαρακτηρίζονται από μειωμένη κατανάλωση και ανταγωνιστική τιμή. Τα πετρελαιοκίνητα έχουν αρκετά ικανοποιητικές επιδόσεις σε πολλά από τα κριτήρια, το υψηλό τους όμως κόστος απόκτησης δεν τους επιτρέπει να αποτελέσουν την βέλτιστη εναλλακτική.

iv) → >2000c.c.

> 2000c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,281	9	10	6
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,175	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,103	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,081	8	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,128	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,064	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,069	7	10	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,099	10	7	10
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	1			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>8,760</b>	<b><u>9,600</u></b>	<b>8,236</b>



Εικόνα 5.28 Οικονομική προσέγγιση-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (>2000c.c)

Η εναλλακτική που προκρίνεται είναι αυτή της πετρελαιοκίνησης (9.600) και ακολουθεί η βενζινοκίνηση (8.760) και τα υβριδικά οχήματα έρχονται τελευταία (8.236). Η βαθμολογία της πετρελαιοκίνησης είναι άριστη σχεδόν σε όλα τα κριτήρια

εκτός από αυτό των επιδόσεων στο οποίο υστερεί. Τα πολυτελή υβριδικά της κατηγορίας βρίσκονται πολύ κοντά στα βενζινοκίνητα και το υψηλό κόστος αγοράς τους αντισταθμίζεται από τις άριστες επιδόσεις τους στα κριτήρια της κατανάλωσης, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των υψηλών επιδόσεων.

#### **5.4.4 Πολυκριτηριακή ανάλυση-Προσέγγιση με βάση την διάρκεια ζωής**

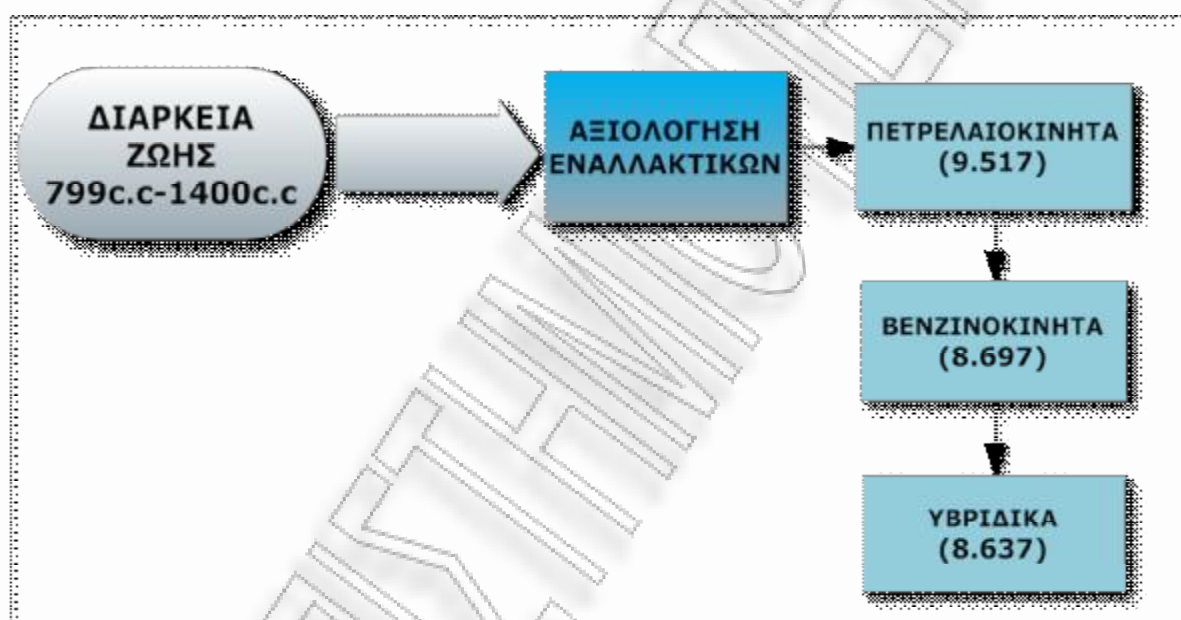
Με την συγκεκριμένη πολυκριτηριακή ανάλυση θα προσπαθήσουμε να ερμηνεύσουμε την συμπεριφορά ενός υποψήφιου αγοραστή αυτοκινήτου ο οποίος θα επιλέξει όχημα με κριτήριο την διάρκεια ζωής του κινητήρα (0.175) και την μεταπωλητική του αξία(0.123). Η συγκεκριμένη ανάλυση αφορά κυρίως επαγγελματίες οδηγούς αλλά και οχήματα που χρησιμοποιούνται σε επιχειρήσεις. Ένα σημαντικό ποσοστό του στόλου οχημάτων που κινούνται στον ελλαδικό χώρο αφορά τέτοιου είδους οχήματα, συνεπώς η συγκεκριμένη ανάλυση κρίνεται απαραίτητη έτσι ώστε να διαμορφώσουμε με ρεαλιστικότερο τρόπο το σενάριο εισόδου νέων οχημάτων στον υπάρχοντα στόλο.

<b>ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (1)</b>	
<b>ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ</b>	
<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	<b>ΒΑΡΗ (<math>w_i</math>)</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ</b>	<b>0,116</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</b>	<b>0,169</b>
<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b>	<b>0,116</b>
<b>ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ</b>	<b>0,123</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ</b>	<b>0,125</b>
<b>ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ</b>	<b>0,175</b>
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ</b>	<b>0,075</b>
<b>ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ</b>	<b>0,101</b>
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>

Εικόνα 5.29 Διαμόρφωση βαρών ( $w_i$ ) κριτηρίων στην πολυκριτηριακή ανάλυση που αντιστοιχεί στους αγοραστές με κριτήριο την διάρκεια ζωής.

i) →799 c.c.- 1400c.c.

799 c.c.- 1400c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,116	10	9	7
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,169	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,116	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,123	8	10	8
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,125	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,175	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,075	7	8	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,101	10	9	10
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>8,697</b>	<b>9,517</b>	<b>8,637</b>

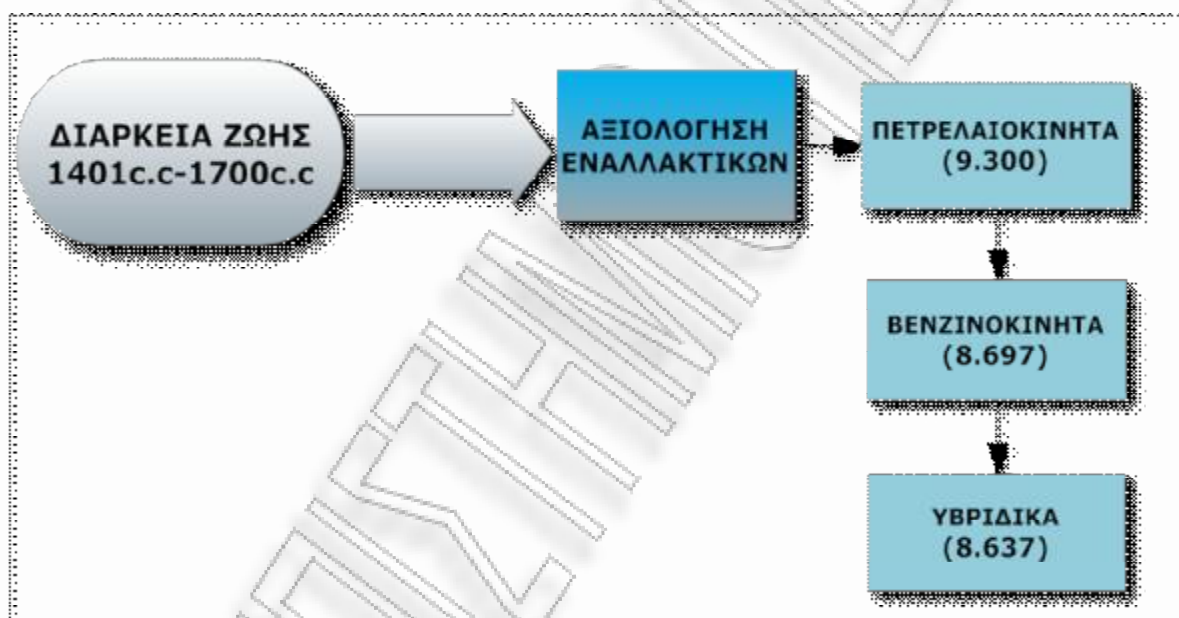


Εικόνα 5.30 Προσέγγιση με κριτήριο την διάρκεια ζωής-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (799c.c-2000c.c)

Τα πετρελαιοκίνητα οχήματα(9.517) προκρίνονται σε αυτή την κατηγορία έναντι των βενζινοκίνητων (8.697) και των υβριδικών (8.637). Το αποτέλεσμα θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε πως είναι αναμενόμενο για την συγκεκριμένη ανάλυση αφού η διάρκεια ζωής των πετρελαιοκινητήρων είναι σαφώς μεγαλύτερη σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες κάτι που δίνει σημαντικό πλεονέκτημα σε κάποιον που θέλει να αποκτήσει ένα όχημα και έχει σαν στόχο να διανύει πολλά χιλιόμετρα ετησίως.

ii)→ 1401c.c.-1700c.c.

1401 c.c.- 1700c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,116	10	8	7
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,169	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,116	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,123	8	10	8
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,125	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,175	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,075	7	8	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,101	10	8	10
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>8,697</b>	<b>9,300</b>	<b>8,637</b>

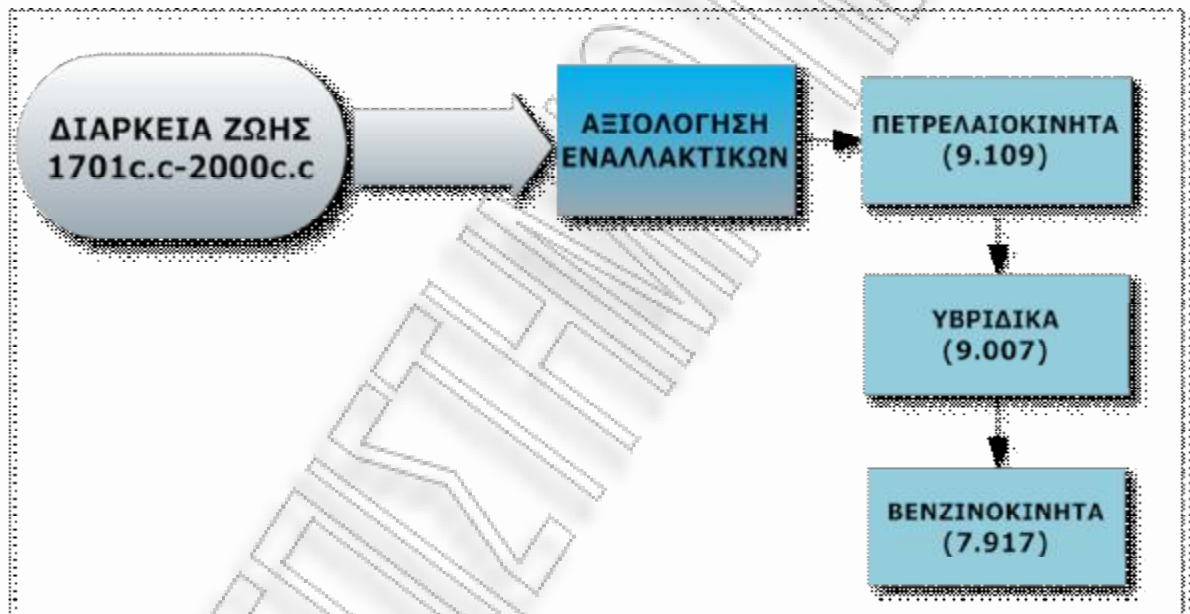


Εικόνα 5.31 Προσέγγιση με κριτήριο την διάρκεια ζωής-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (1401c.c-1700c.c)

Η πετρελαιοκίνηση(9.300) και σε αυτή την κατηγορία είναι η προκρινόμενη λύση ενώ και πάλι ακολουθούν τα βενζινοκίνητα οχήματα(8.697) και τα υβριδικά(8.637). Αν και το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο εξαιτίας της ποικιλίας πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν τα πετρελαιοκίνητα οχήματα η ανάλυση είναι ενδιαφέρουσα αν αναλογιστούμε τον υπάρχοντα περιορισμό που απαγορεύει την κυκλοφορία πετρελαιοκίνητων στις δυο μεγάλες πόλεις της χώρας.

*iii)*→ 1701c.c.-2000c.c.

1701 c.c.- 2000c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,116	7	8	10
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,169	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,116	6	8	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,123	7	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,125	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,175	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,075	6	7	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,101	10	8	9
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ</b>	<b>1</b>			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		<b>7,919</b>	<b>9,109</b>	<b>9,007</b>

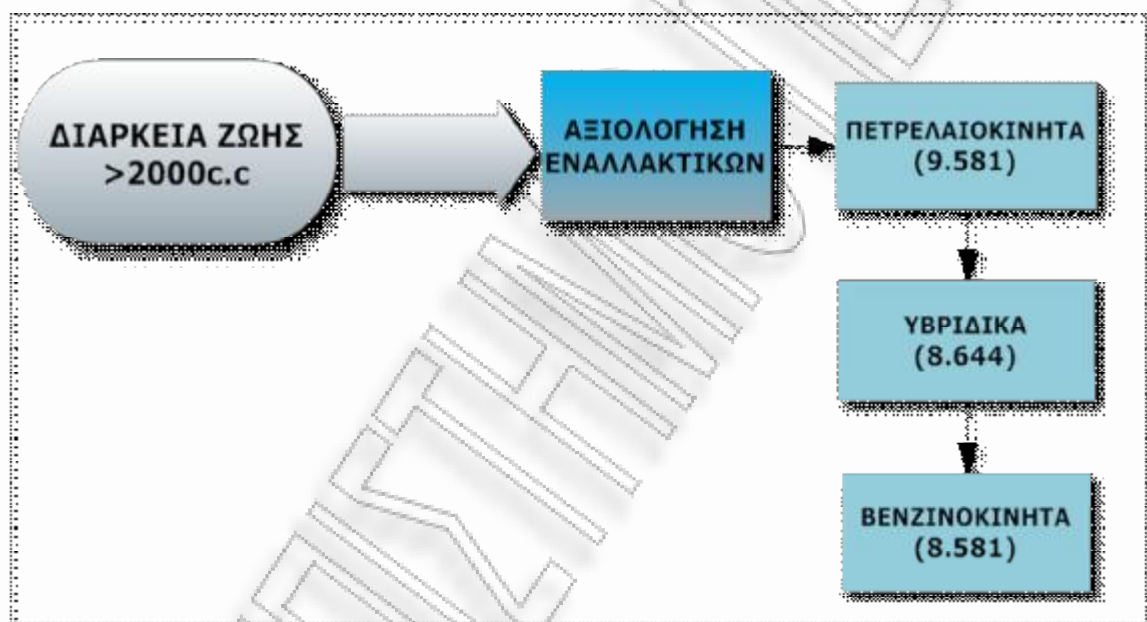


Εικόνα 5.32 Προσέγγιση με κριτήριο την διάρκεια ζωής-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (1701c.c-2000c.c)

Στην κατηγορία αυτή τα πετρελαιοκίνητα(9.109) παραμένουν η βέλτιστη επιλογή με πολύ μικρή όμως διαφορά από τα υβριδικά(9.007), κάτι που αναδεικνύει την δυναμική των συγκεκριμένων οχημάτων. Αξιοσημείωτη είναι και η πολύ μικρή βαθμολογία που συγκεντρώνουν τα βενζινοκίνητα οχήματα(7.917) που αποδεικνύει την ακαταλληλότητά τους για επαγγελματική χρήση.

iv)→>2000c.c.

> 2000c.c.				
ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΡΗ	ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΑ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	0,116	9	10	6
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0,169	10	10	9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	0,116	8	9	10
ΜΕΤΑΠΩΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	0,123	8	10	9
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	0,125	8	10	8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	0,175	8	10	8
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	0,075	7	10	10
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ	0,101	10	7	10
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	1			
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>		8,581	<u>9,581</u>	8,644



Εικόνα 5.33 Προσέγγιση με κριτήριο την διάρκεια ζωής-Βαθμολόγηση και επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής (>2000c.c)

Στην κατηγορία των πολλών κυβικών, βέλτιστη επιλογή παραμένει η πετρελαιοκίνηση(9.581) για τους λόγους που έχουν προαναφερθεί. Τα υβριδικά (8.644) και τα βενζινοκίνητα (8.581) οχήματα της κατηγορίας παραμένουν αρκετά πίσω και δεν μπορούμε να τα θεωρήσουμε κατάλληλα για κάποιον που θέλει να αγοράσει όχημα με κριτήριο την διάρκεια ζωής-αξιοπιστία.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6.1 Διαμόρφωση σεναρίου εισόδου οχημάτων στον υπάρχοντα στόλο

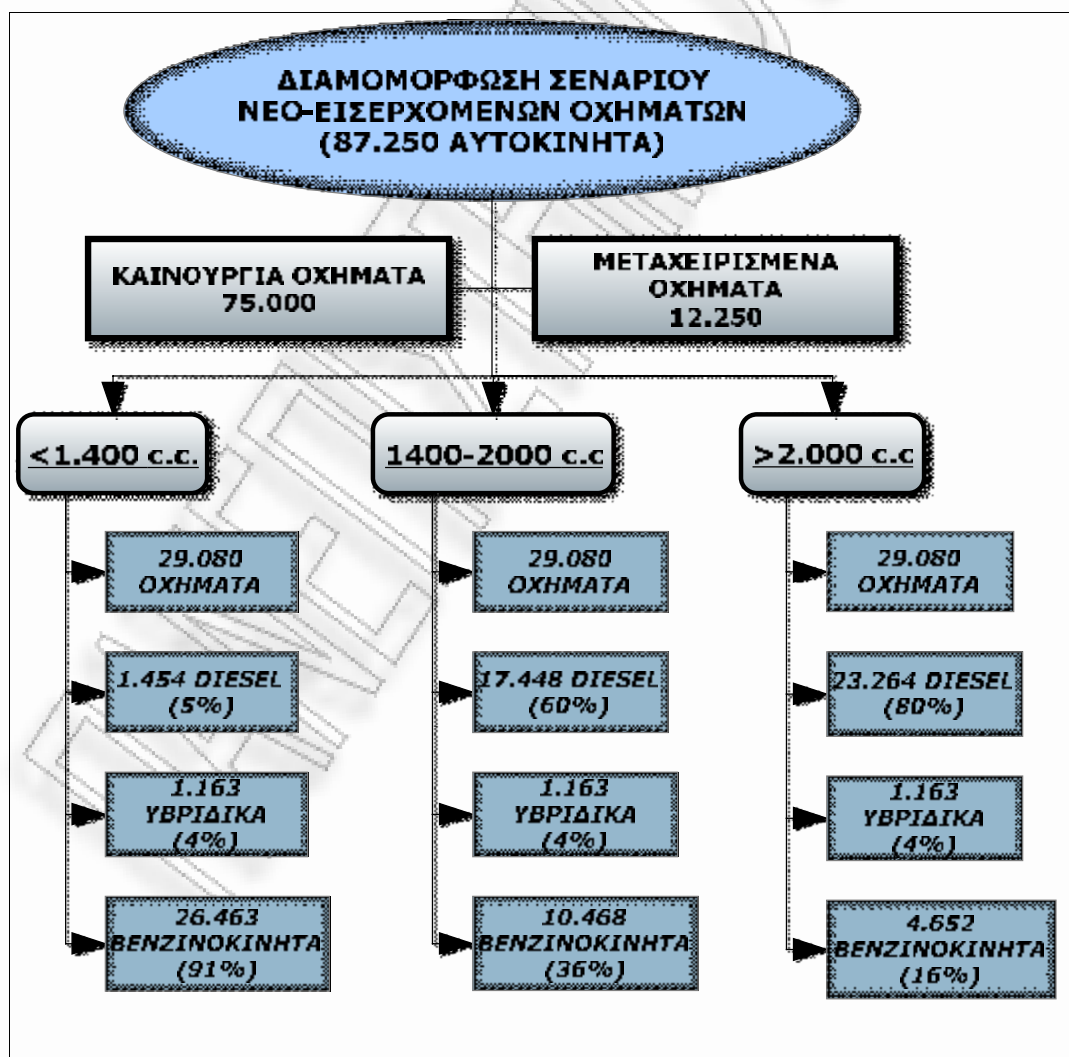
Τα δεδομένα για τον ελληνικό στόλο έχουν προαναφερθεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 5. Το σενάριο εισόδου νέων οχημάτων θα εφαρμοστεί στον στόλο των οχημάτων που κινούνται στον νομό Αττικής. Τα συνολικά οχήματα που είναι ταξινομημένα στον συγκεκριμένο νομό θεωρούμε πως είναι 2.376.181 (50% του ελληνικού στόλου) και στα οποία δεν υπάρχουν καθόλου πετρελαιοκίνητα οχήματα, ενώ το ποσοστό των υβριδικών δεν ξεπερνά το 4%.



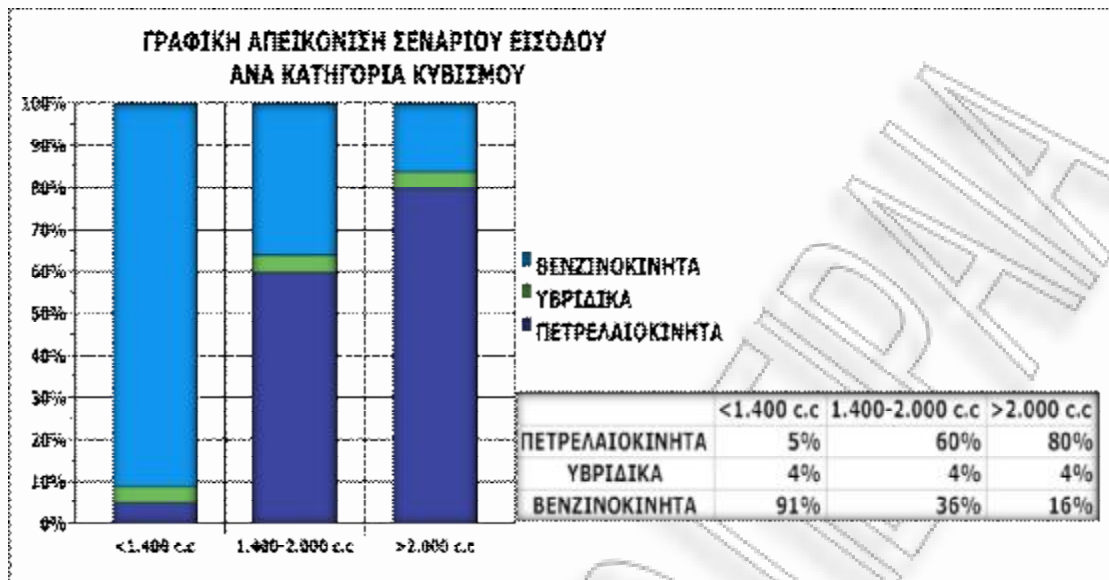
Εικόνα 6.1 Κατανομή στόλου οχημάτων Ν.Αττικής (2010)

Οι προβλέψεις για την είσοδο του αριθμού των νέων οχημάτων θα διαμορφωθούν με βάση την υπάρχουσα αγορά και θα αφορούν την επόμενη πενταετία. Η υπόθεση θα βασιστεί σε έναν σταθερό αριθμό οχημάτων που θα εισέρχονται στον υπάρχοντα στόλο για κάθε ένα από τα πέντε έτη. Ο συνολικός αριθμός των οχημάτων θα είναι 75.000 για τον νομό Αττικής. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία που έχουμε διαθέσιμα, εκτός αυτού του αριθμού οχημάτων στον στόλο προστίθενται ανά έτος επιπλέον 24.500 οχήματα. Το 80% αυτών των μεταχειρισμένων οχημάτων χαρακτηρίζεται ως πετρελαιοκίνητα οχήματα. Συμπληρωματικά, θα θεωρήσουμε πως

η παραδοχή του ότι το 50% του ελληνικού στόλου οχημάτων βρίσκεται στον νομό Αττικής ισχύει και για αυτά τα μεταχειρισμένα οχήματα αυξάνοντας τον αριθμό των εισερχόμενων αυτοκινήτων στις **87.250**. Η ταξινόμηση έγινε σε τρεις κύριες κατηγορίες αναφορικά με τον κυβισμό και σε κάθε μια από αυτές υπάρχει αντιστοίχιση στο ποσοστό οχημάτων που χρησιμοποιεί πετρελαιοκίνηση, υβριδική τεχνολογία ή είναι βενζινοκίνητο. Αξίζει να σημειωθεί πως το ποσοστό του μεριδίου της αγοράς των υβριδικών οχημάτων, σε όλη την διάρκεια της πενταετίας, θα θεωρηθεί σταθερό και ίσο με 4%. Τα δεδομένα αυτά θα προστεθούν σε ένα σύνολο 5 ετών (2011-2015) και έπειτα την διενέργεια υπολογισμών θα ελεγχθούν οι όποιες μεταβολές και θα εξαχθούν συμπεράσματα. Ακόμη μια παράμετρος που έχει ιδιαίτερη σημασία για την μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η παραδοχή του ότι όλα τα αυτοκίνητα που θα εισαχθούν θα υπακούν στο κοινοτικό πρότυπο EURO 5. Η ετήσια κατανομή των οχημάτων αυτών και η ταξινόμηση τους σε κατηγορίες παρουσιάζονται στις εικόνες 6.2 και 6.3.

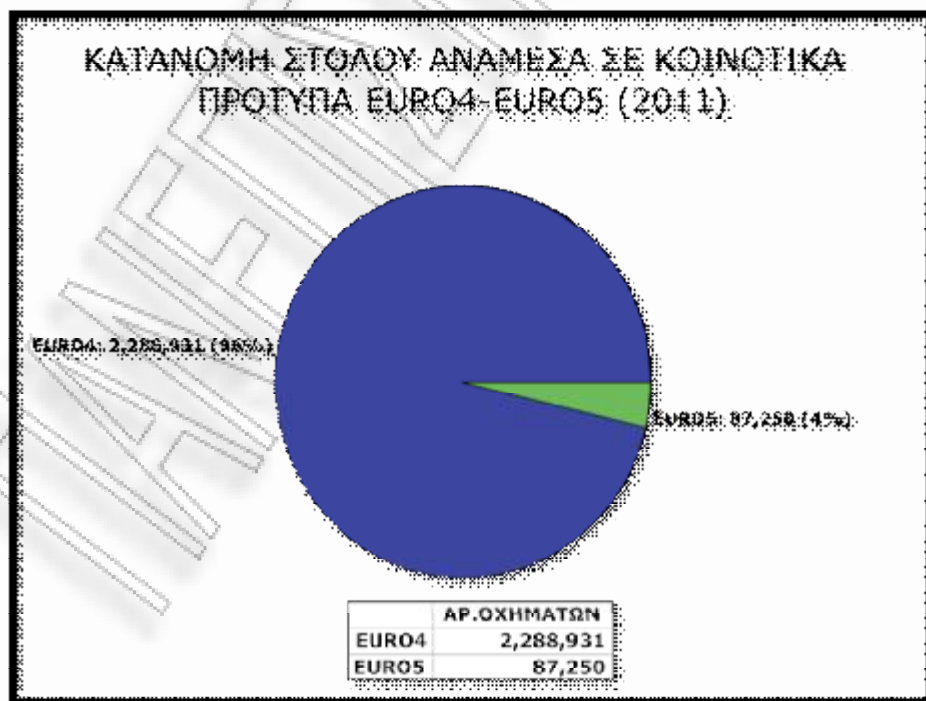


Εικόνα 6.2 Ετήσια κατανομή στόλου νέο-εισερχόμενων οχημάτων (διαγραμματική απεικόνιση)

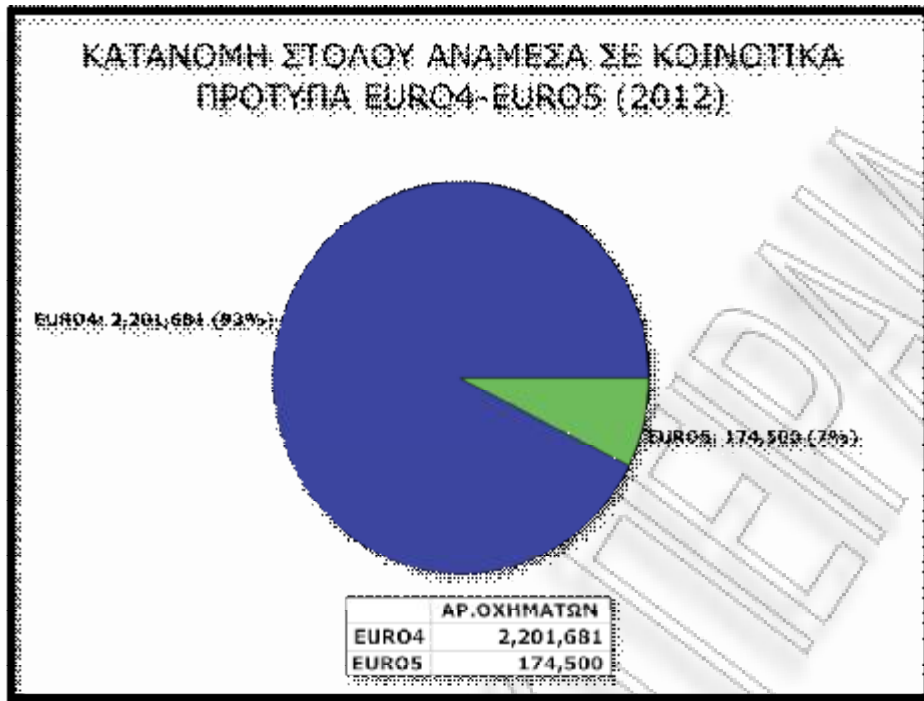


Εικόνα 6.3 Ετήσια κατανομή στόλου νέο-εισερχόμενων οχημάτων (γραφική απεικόνιση)

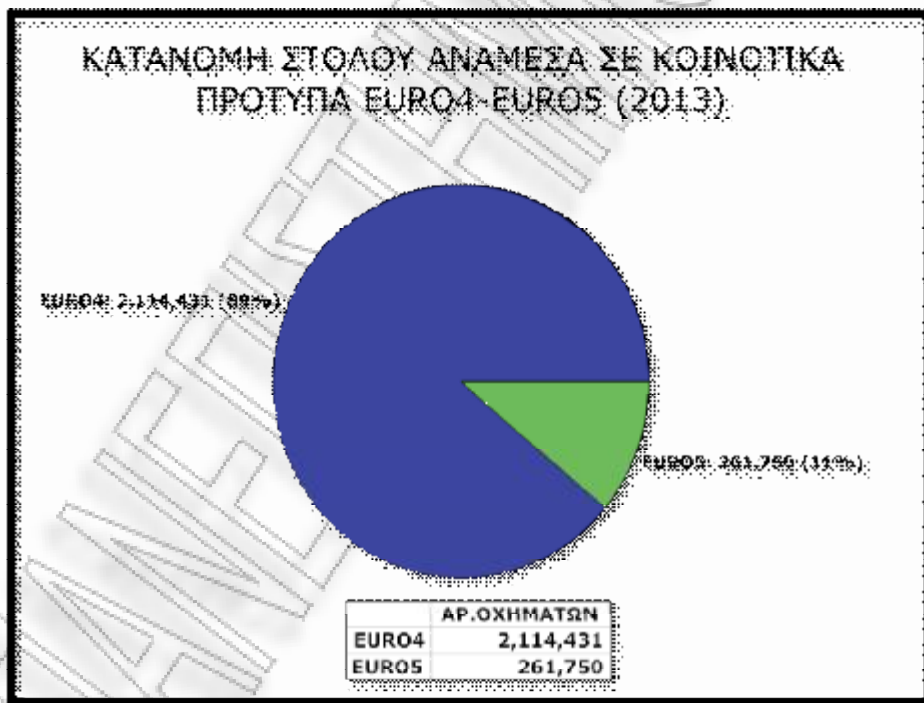
Τα διαδοχικά έτη κατά τα οποία θα εφαρμοστεί το σενάριο θα είναι τα εξής:2011,2012,2013,2014,2015. Με εφαρμογή των ανωτέρω προκύπτουν τα αριθμητικά δεδομένα που παρουσιάζονται στην αλληλουχία των διαγραμμάτων (6.4-6.9)που ακολουθούν και αντικατοπτρίζουν το πως εξελίσσεται ο στόλος σύμφωνα με τα κοινοτικά πρότυπα.



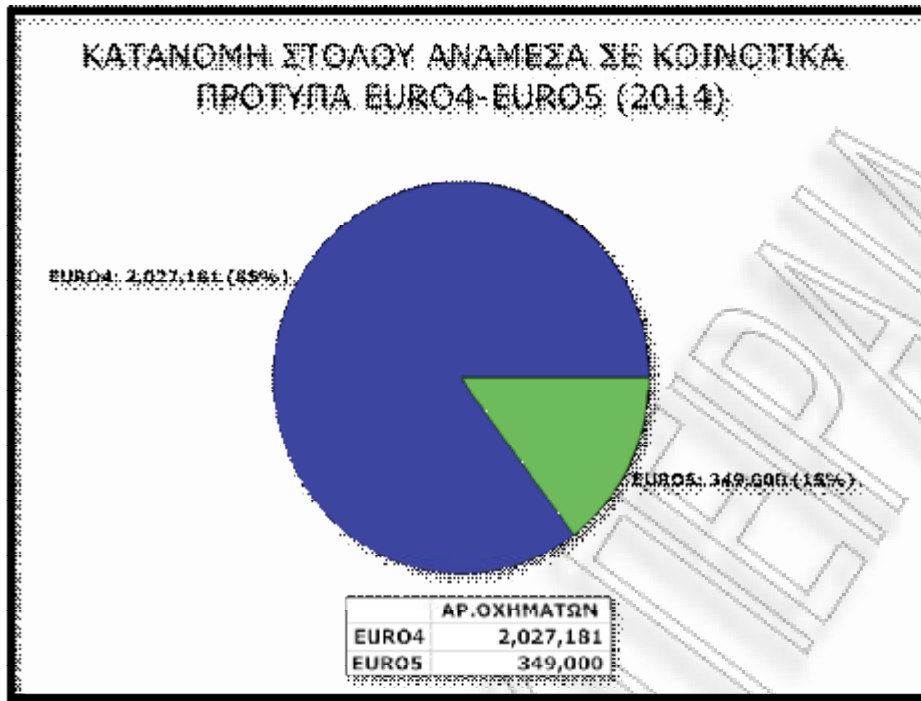
Εικόνα 6.4



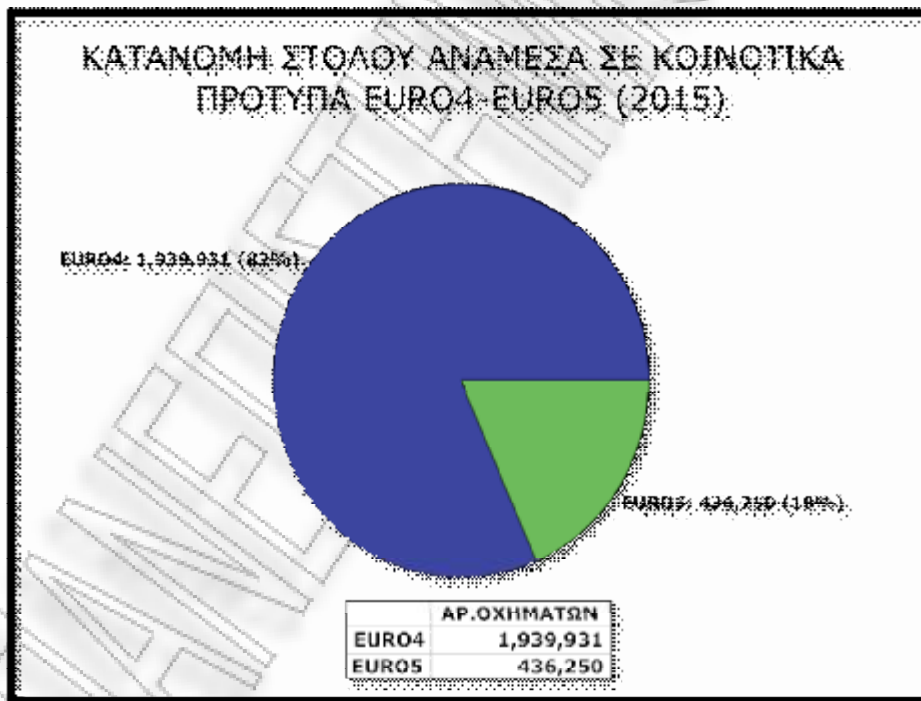
Εικόνα 6.5



Εικόνα 6.6



Εικόνα 6.7



Εικόνα 6.8

ΕΤΟΣ	DIESEL	BENZINOKINΗΤΑ	ΥΒΡΙΔΙΚΑ
2011	0	41.589	3.490
2012	42.171	83.178	6.980
2013	84.342	124.768	10.470
2014	126.513	166.357	13.960
2015	168.683	207.946	17.450

ΕΤΟΣ	ΑΡ.ΟΧΗΜΑΤΩΝ EURO4	ΑΡ.ΟΧΗΜΑΤΩΝ EURO5
2011	2.288.931	87.250
2012	2.201.681	174.500
2013	2.114.431	261.750
2014	2.027.181	349.000
2015	1.939.931	436.250

Εικόνα 6.9 Εξέλιξη στόλου στο διάστημα 2011-2015 σύμφωνα με κοινοτικό πρότυπο και τεχνολογία αυτοκίνησης

Το σενάριο (όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 6.9), θα έχει σαν χαρακτηριστικό το ότι η είσοδος των οχημάτων με κινητήρα diesel θα πραγματοποιηθεί το έτος 2012. Επιπλέον θα παρουσιαστεί στην συνέχεια και ένα συμπληρωματικό σενάριο εισόδου το οποίο θα χαρακτηρίζεται από πλήρη απουσία diesel οχημάτων στον στόλο της Αττικής και στην ουσία θα αποτελεί ένα σημείο αναφοράς για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

## 6.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εφαρμογής σεναρίου.

Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων θα βασιστεί σε συγκεκριμένους συντελεστές εκπομπής<sup>12</sup> και θα αφορά τους εξής τέσσερις ρύπους:

- CO (μονοξείδιο του άνθρακα)
- NMVOC'S (πτητικές οργανικές ενώσεις)
- NOx (οξειδία του αζώτου)
- PM10 (αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10μm)

<sup>12</sup> Η αναφορά για τους συντελεστές εκπομπής που χρησιμοποιήθηκαν βρίσκεται: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009, EEA Technical report No 9/2009

Οι συντελεστές εκπομπής αφορούν τα δυο κοινοτικά πρότυπα που χρησιμοποιούμε (EURO4 και EURO5) στην διαμόρφωση του σεναρίου και είναι διαφορετική ανά κυβισμό και τεχνολογία αυτοκίνησης. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στους πίνακες 6.1,6.2,6.3 και 6.4 που ακολουθούν.

<b>BENZINOKINΗΤΑ &lt;1.400c.c-ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ gr/km</b>		
<b>ΡΥΠΟΣ</b>	<b>(EURO 4)</b>	<b>(EURO 5)</b>
<b>CO</b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>
<b>VOC'S</b>	<b>0,123</b>	<b>0,123</b>
<b>NOx</b>	<b>0,062</b>	<b>0,0465</b>
<b>PM10</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,000132</b>

Πίνακας 6.1 Συντελεστές εκπομπής-κατηγορία:βενζινοκίνητα <1.400 c.c

<b>BENZINOKINΗΤΑ 1.400-2.000c.c-ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ gr/km</b>		
<b>ΡΥΠΟΣ</b>	<b>(EURO 4)</b>	<b>(EURO 5)</b>
<b>CO</b>	<b>0,658</b>	<b>0,658</b>
<b>VOC'S</b>	<b>0,136</b>	<b>0,136</b>
<b>NOx</b>	<b>0,062</b>	<b>0,0465</b>
<b>PM10</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,000132</b>

Πίνακας 6.2 Συντελεστές εκπομπής-κατηγορία:βενζινοκίνητα 1.400-2.000 c.c

<b>BENZINOKINΗΤΑ &gt;2.000c.c-ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ gr/km</b>		
<b>ΡΥΠΟΣ</b>	<b>(EURO 4)</b>	<b>(EURO 5)</b>
<b>CO</b>	<b>0,549</b>	<b>0,549</b>
<b>VOC'S</b>	<b>0,116</b>	<b>0,116</b>
<b>NOx</b>	<b>0,058</b>	<b>0,0435</b>
<b>PM10</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,000132</b>

Πίνακας 6.3 Συντελεστές εκπομπής-κατηγορία:βενζινοκίνητα >2.000 c.c

<b>DIESEL-ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ gr/km</b>		
<b>ΡΥΠΟΣ</b>	<b>(EURO 4)</b>	<b>(EURO 5)</b>
<b>CO</b>	<b>0,097</b>	<b>0,097</b>
<b>VOC'S</b>	<b>0,016</b>	<b>0,016</b>
<b>NOx</b>	<b>0,601</b>	<b>0,43272</b>
<b>PM10</b>	<b>0,0342</b>	<b>0,004104</b>

Πίνακας 6.4 Συντελεστές εκπομπής-κατηγορία:diesel οχήματα

Ο υπολογισμός του όγκου των εκπομπών για τον κάθε ρύπο θα βασιστεί στην παραδοχή του ότι ο μέσος όρος διανυθέντων χιλιομέτρων ανά έτος θα είναι 12.000. Επιπλέον σύμφωνα με τον ρυθμό εισόδου νέων οχημάτων στον υπάρχοντα στόλο, το καταληκτικό έτος 2015, το ποσοστό του συνολικού στόλου που θα υπάγεται στο πρότυπο EURO5 θα είναι 18,36%. Όπως γίνεται σαφές ο υπολογισμός θα γίνει ξεχωριστά για τις κατηγορίες που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς συντελεστές εκπομπής και το άθροισμα τους θα μας αντικατοπτρίσει την εξέλιξη των συνολικών εκπομπών για τον κάθε ρύπο στην διάρκεια του σεναρίου. Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την χρήση υπολογιστικών φύλλων του excel καθώς και διαγράμματα που αποτυπώνουν την εξέλιξη των μεταβολών στις εκπομπές ρύπων. Επιπλέον θα παρουσιαστεί και το σενάριο «αναφοράς» που έχει προαναφερθεί και θα αντιστοιχεί στην εξέλιξη του στόλου με πανομοιότυπο τρόπο αλλά με την απουσία diesel οχημάτων. Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των diesel οχημάτων που τελικά δεν θα εισαχθεί στον στόλο θα προστεθεί στις κατηγορίες των βενζινοκίνητων και υβριδικών τηρώντας τις αναλογίες που ισχύουν.

\* ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

Τα αριθμητικά δεδομένα για τις εκπομπές ρύπων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους πίνακες 6.5 και 6.6 και είναι εκφρασμένα σε τόνους ανά έτος.

ΡΥΠΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΜΕ DIESEL (tn/year)				
	2011	2012	2013	2014	2015
CO	18.362,37	18.114,90	17.867,43	17.619,95	17.372,48
VOC'S	3.607,33	3.553,42	3.499,50	3.445,59	3.391,67
NOx	1.710,61	1.892,17	2.073,73	2.255,29	2.436,85
PM10	30,29	31,29	32,29	33,30	34,30

Πίνακας 6.5 Εκπομπές ρύπων ανά έτος (σενάριο εισόδου με diesel οχήματα)

ΡΥΠΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ-ΧΩΡΙΣ diesel (tn/year)				
	2011	2012	2013	2014	2015
CO	18.773,01	18.887,09	19.001,17	19.115,25	19.229,33
VOC'S	3.689,03	3.708,71	3.728,40	3.748,08	3.767,77
NOx	1.740,55	1.733,08	1.725,60	1.718,12	1.710,64
PM10	30,38	29,39	28,40	27,42	26,43

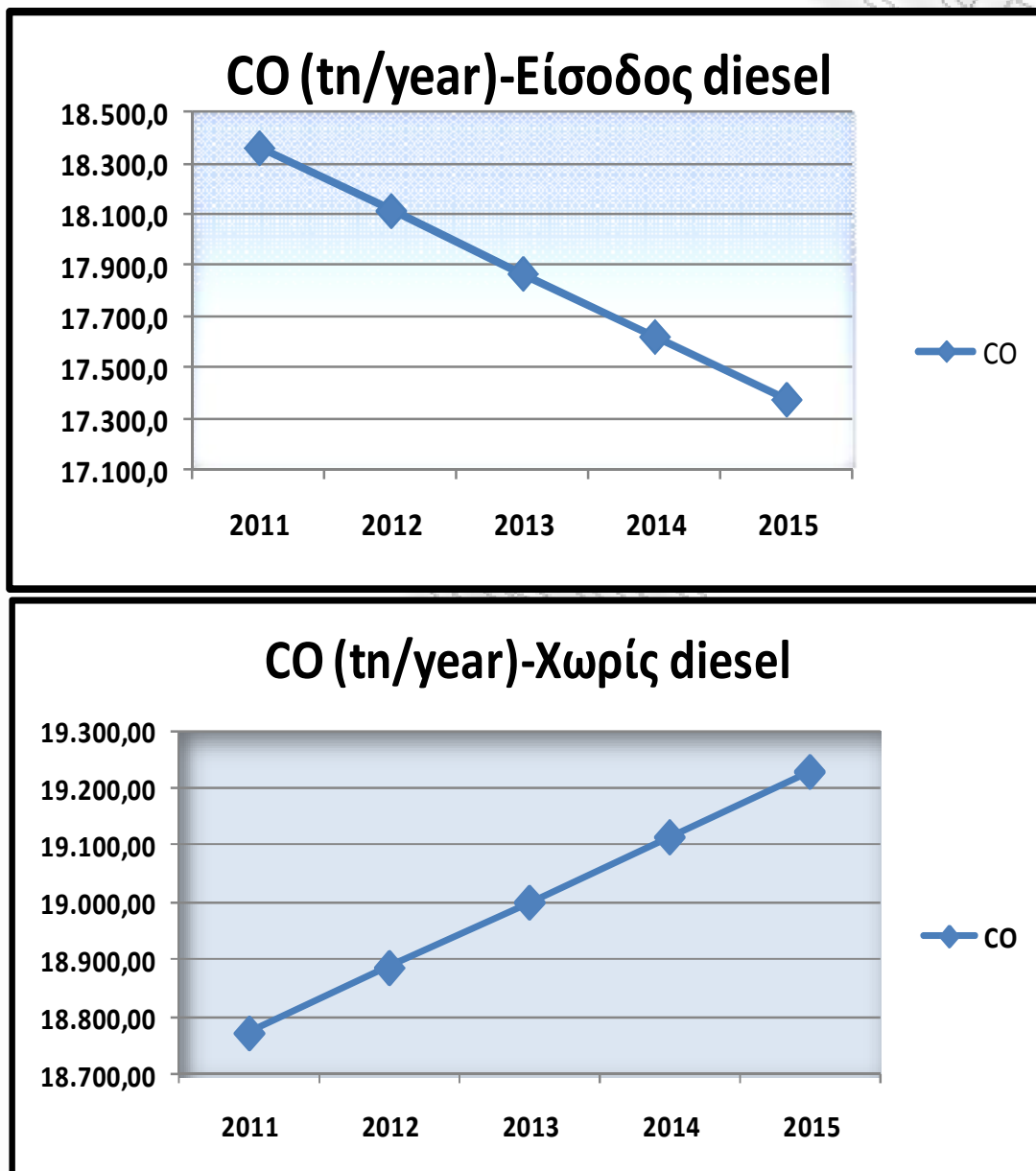
Πίνακας 6.6 Εκπομπές ρύπων ανά έτος (σενάριο εισόδου χωρίς diesel οχήματα)

Οι διαφορές στις συγκεντρώσεις αν και δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις, παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον αν παρακολουθήσουμε τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλονται κατά την πενταετία (2011-2015). Οι γραφικές παραστάσεις των εικόνων που

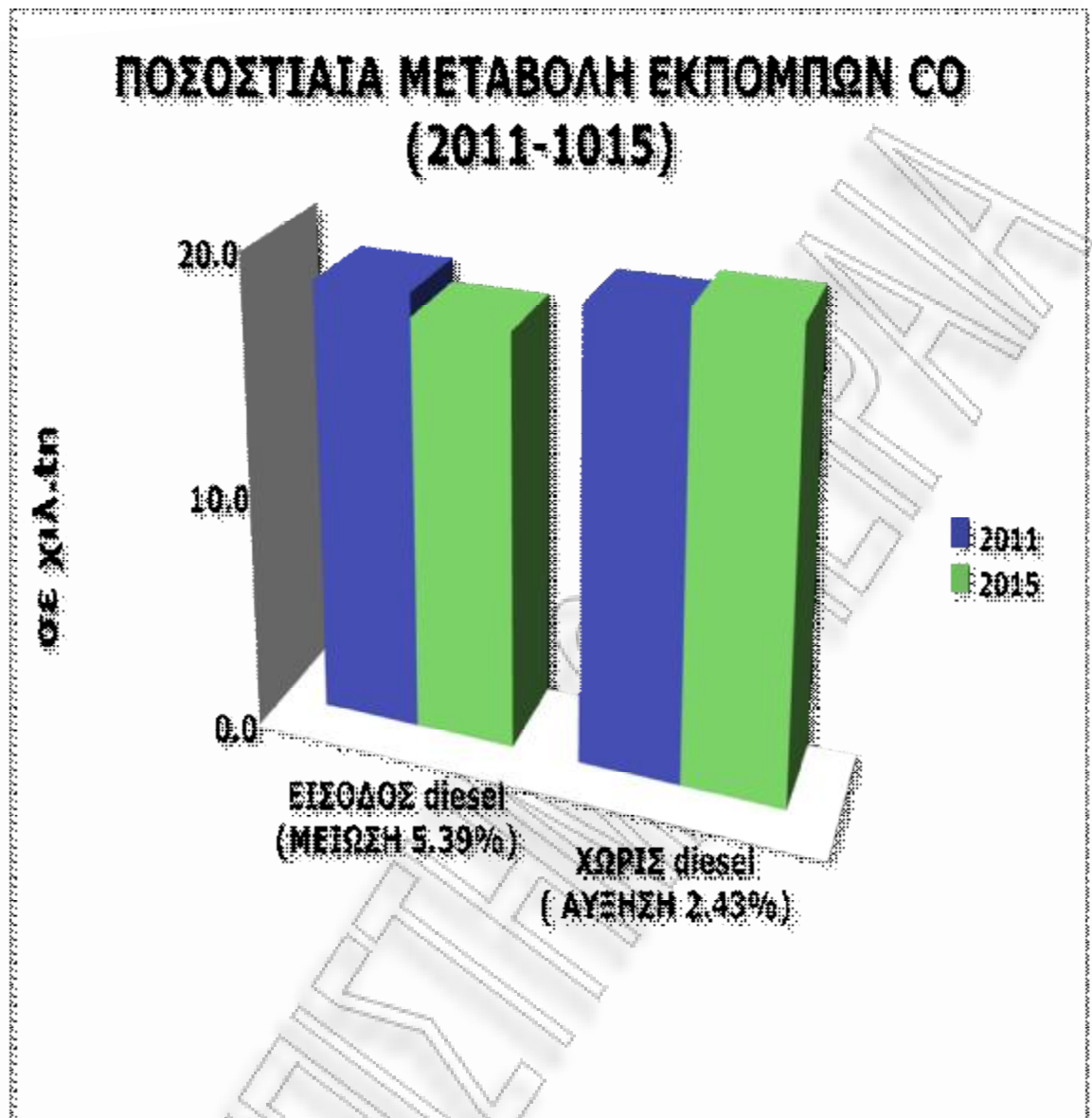


ακολουθούν αποδεικνύουν το πόσο διαφορετικά μπορούν να εξελιχθούν οι συνολικά εκπεμπόμενες ποσότητες ρύπων αν στον στόλο συμπεριληφθούν diesel οχήματα. Έτσι ανά ρύπο έχουμε:

**\* CO (μονοξείδιο του άνθρακα)**

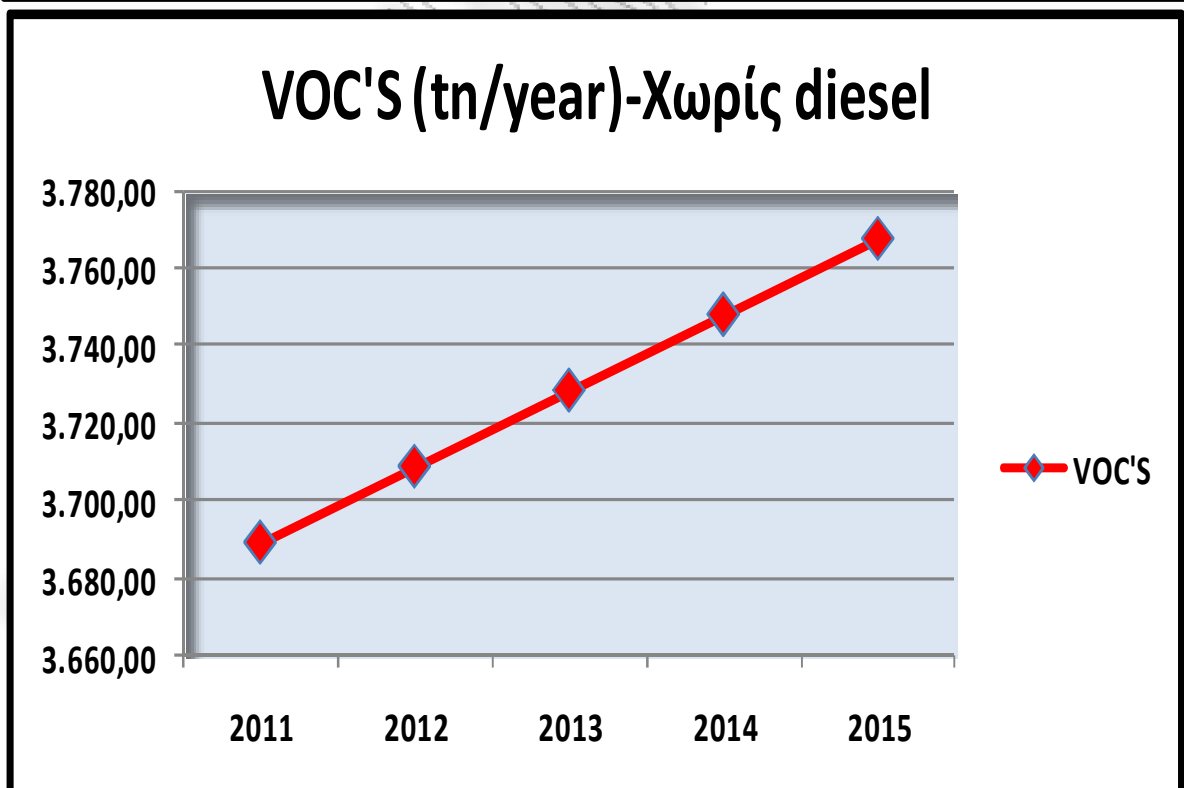
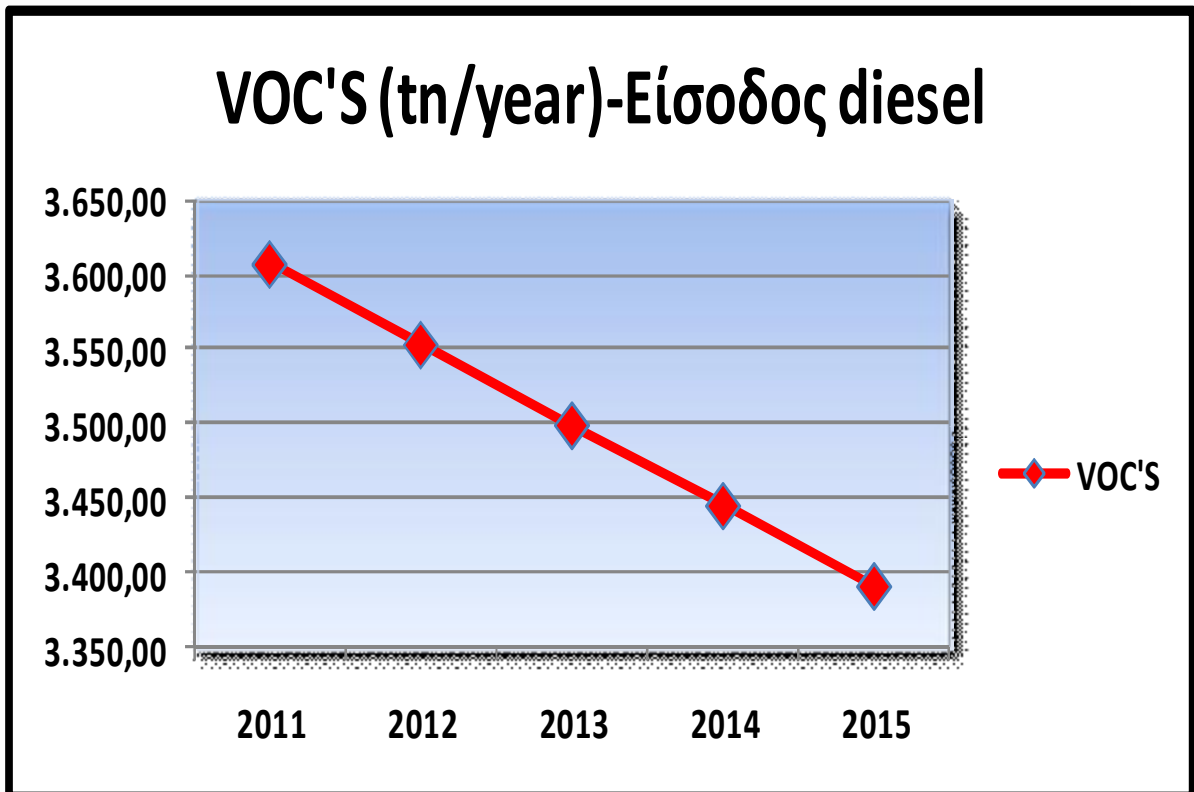


Εικόνα 6.10 Εξέλιξη ποσότητας εκπομπών CO κατά την διάρκεια 2011-2015



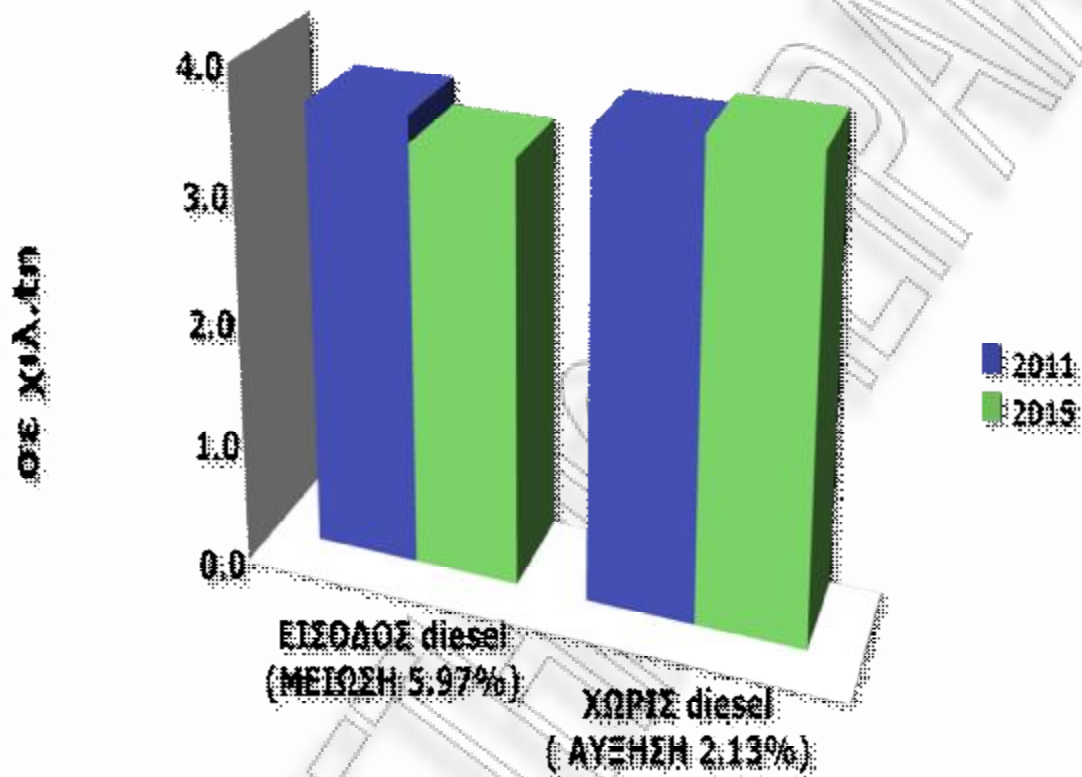
Εικόνα 6.11 Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών CO κατά την διάρκεια εφαρμογής του σεναρίου (2011-2015)

\*NMVOC'S (πτητικές οργανικές ενώσεις)



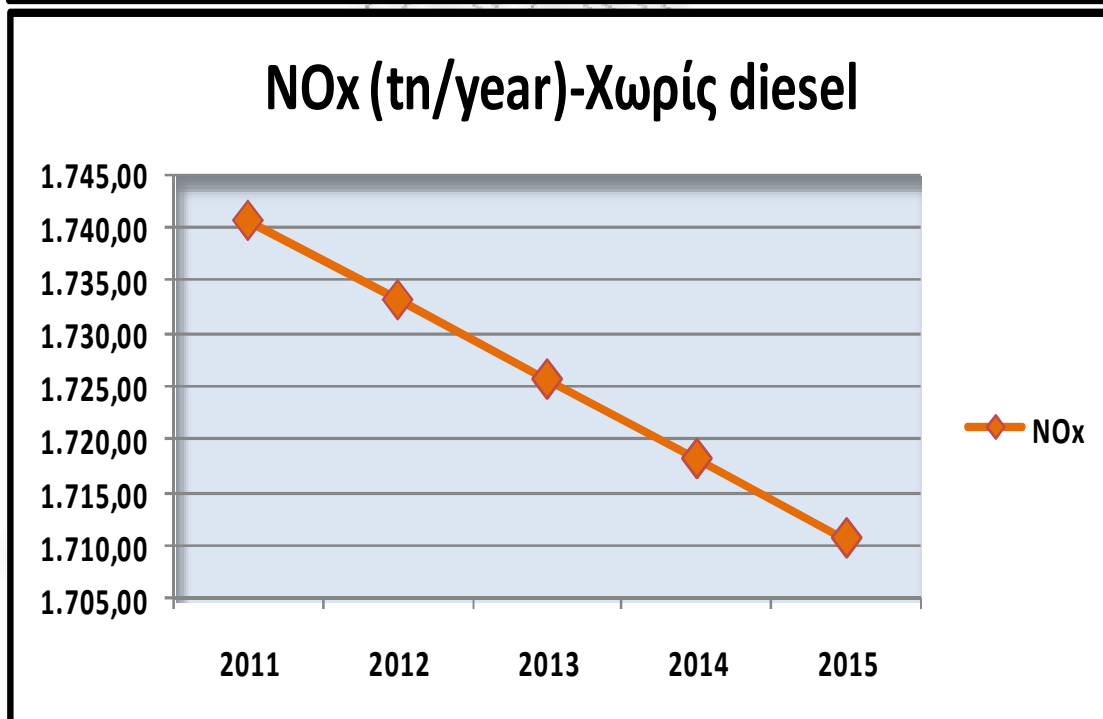
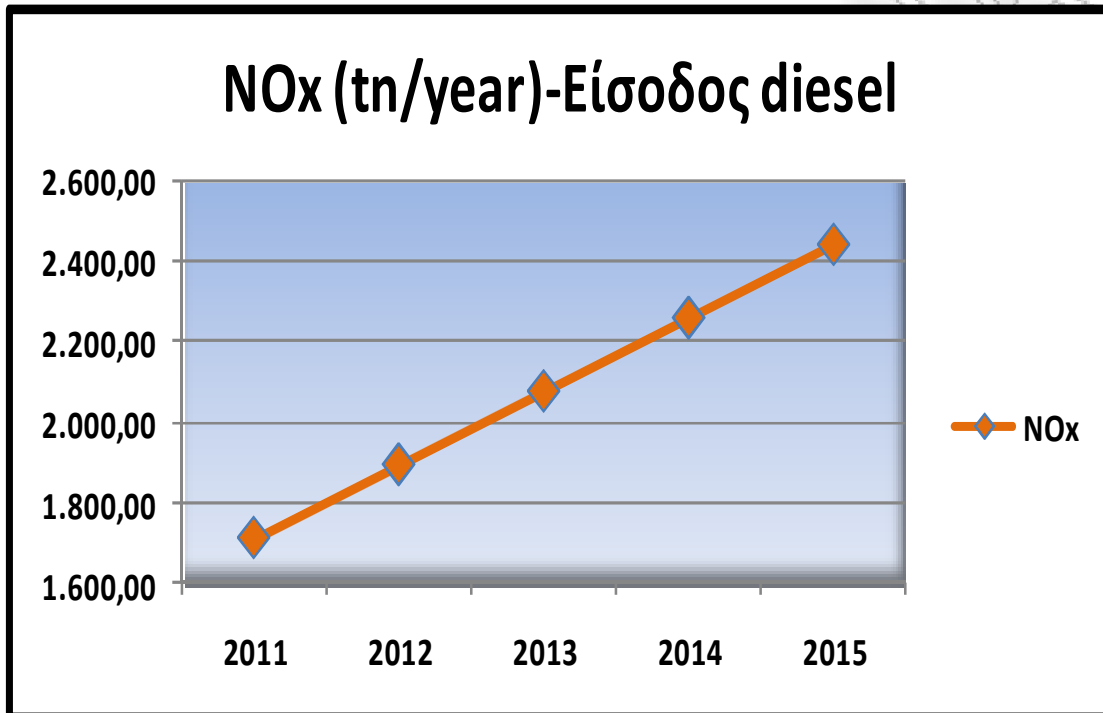
Εικόνα 6.12 Εξέλιξη ποσότητας εκπομπών VOC'S κατά την διάρκεια 2011-2015

### ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ VOC'S (2011-2015)

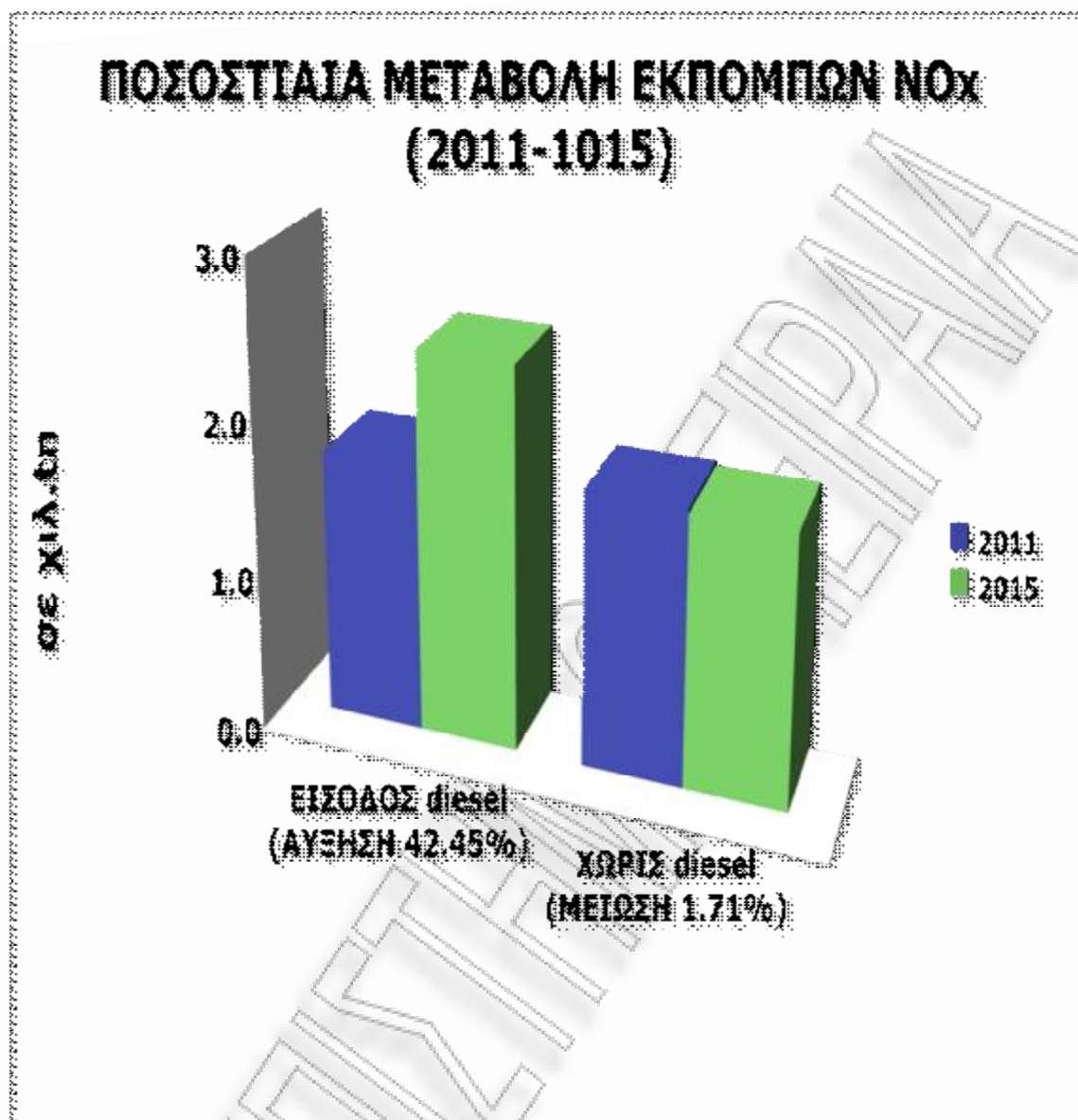


Εικόνα 6.13 Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών VOC'S κατά την διάρκεια εφαρμογής του σεναρίου (2011-2015)

\*NOx (οξειδία του αζώτου)



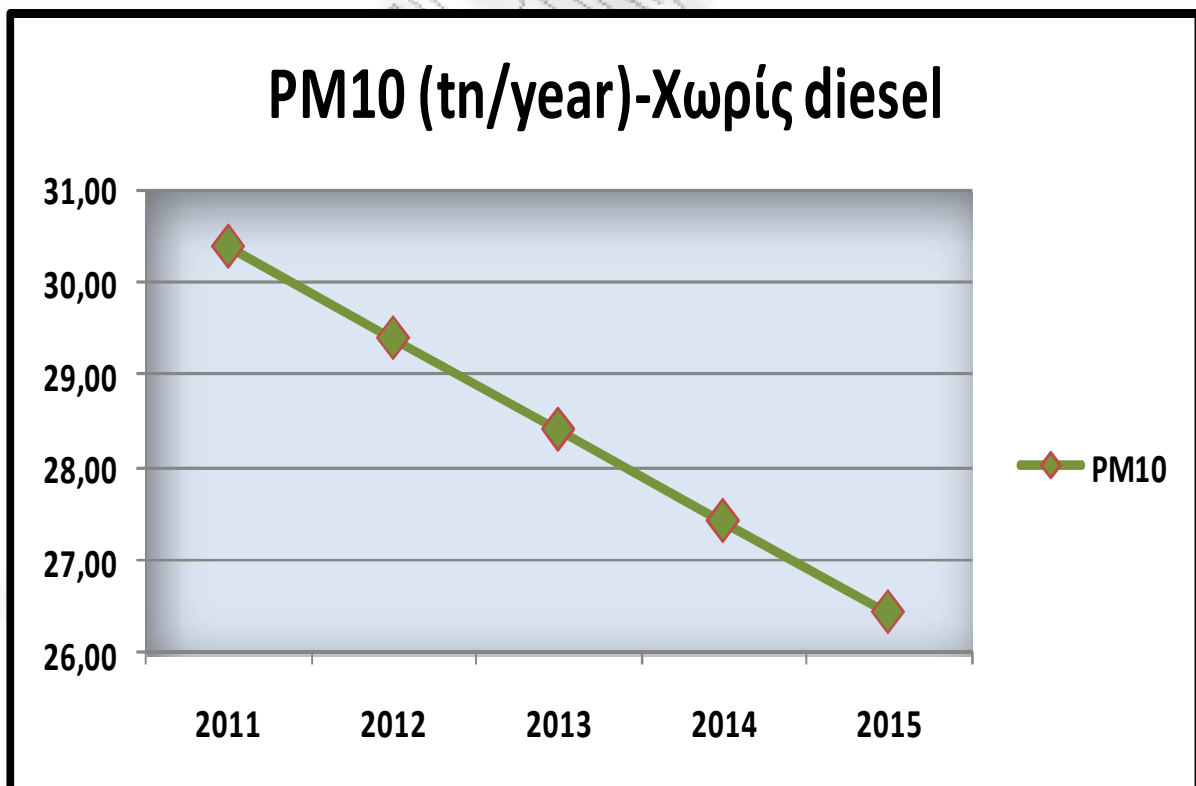
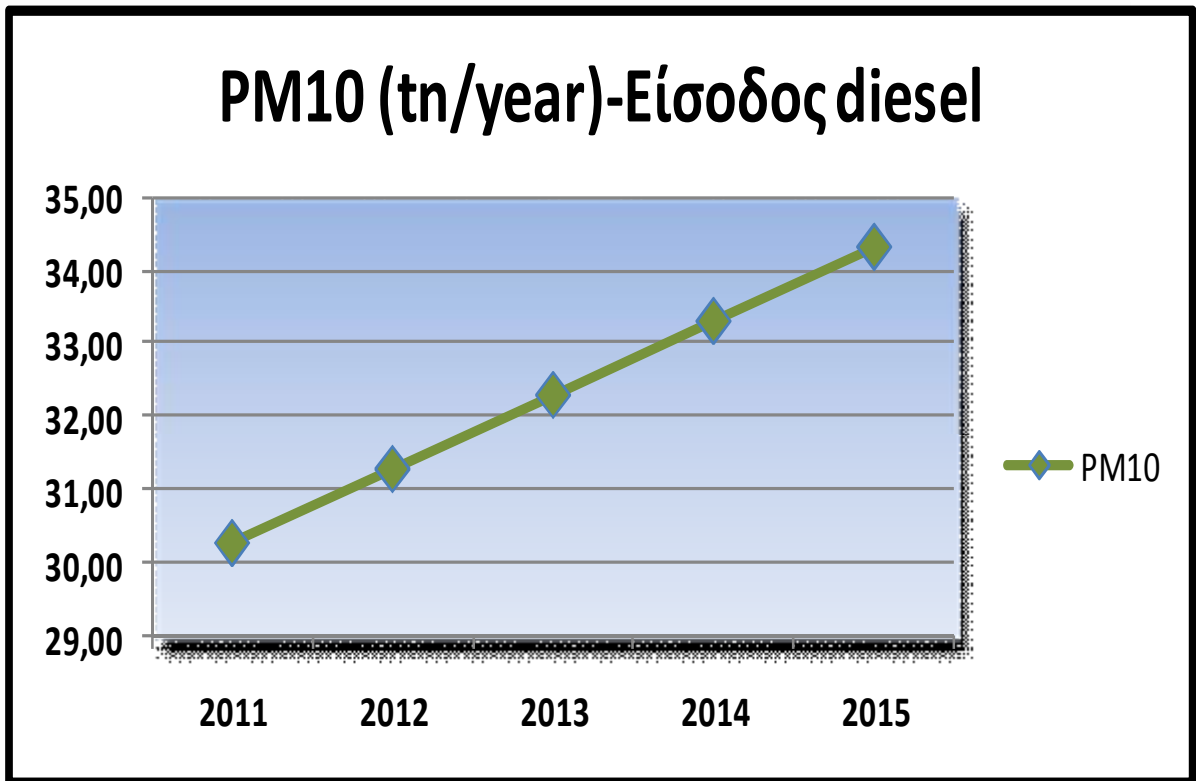
Εικόνα 6.14 Εξέλιξη ποσότητας εκπομπών NOx κατά την διάρκεια 2011-2015



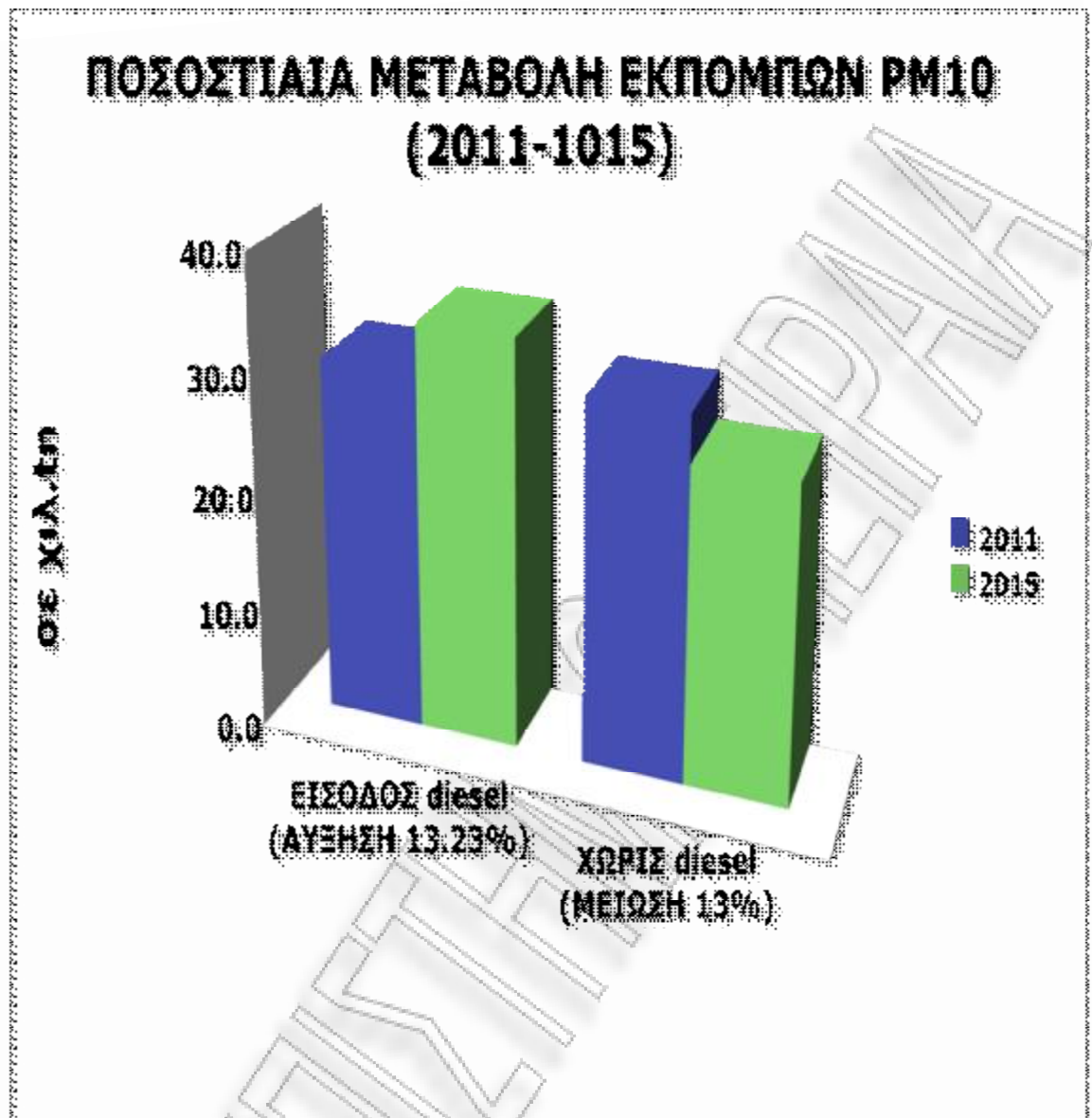
Εικόνα 6.15 Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών NOx κατά την διάρκεια εφαρμογής του σεναρίου

(2011-2015)

*\*PM10 (αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10μm)*



Εικόνα 6.16 Εξέλιξη ποσότητας εκπομπών PM10 κατά την διάρκεια 2011-2015



Εικόνα 6.17 Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών PM10 κατά την διάρκεια εφαρμογής του σεναρίου (2011-2015)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### 7.1 ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Εκτός από την πληθώρα συμπερασμάτων που μπορούν να προκύψουν από την εφαρμογή του σεναρίου εισόδου νέων οχημάτων, κατά την διάρκεια της παρούσας διπλωματικής αναδείχτηκαν κάποια σημεία τα οποία μπορούν να έχουν και χαρακτήρα συμπερασμάτων. Συγκεντρωτικά λοιπόν μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

→ Η εξέλιξη της νομοθεσίας και η συμμόρφωση των αυτοκινητοβιομηχανιών με τα όρια εκπομπής ρύπων όπως αυτά θεσπίζονται από τους αρμόδιους φορείς αποδεικνύουν την ολοένα και αυξανόμενη τάση για μείωση των ορίων εκπομπών. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στο γεγονός πως οι επιτρεπόμενες τιμές ρύπων που αναφέρονται σε πρότυπα εκπομπών είναι οι ανώτερες κάτι που απλοποιημένα σημαίνει πως πολλά από τα οχήματα που κυκλοφορούν μπορούν να είναι αρκετά πιο φιλικά για το περιβάλλον σε σχέση με αυτά που εκπέμπουν τις οριακές τιμές.

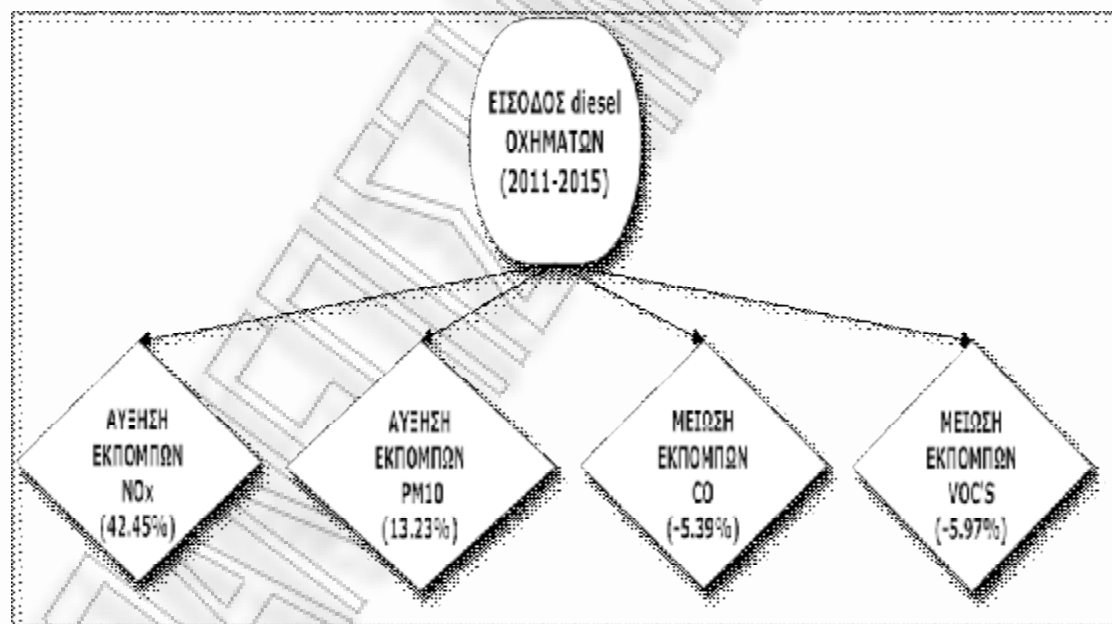
→ Τα οχήματα τα οποία χρησιμοποιούν πετρέλαιο ως καύσιμο υπερτερούν έναντι των βενζινοκίνητων στις εκπομπές CO και VOC's. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και στις περίπτωση των άλλων δύο κύριων ρύπων που εξετάζουμε σε αυτή την διπλωματική, αφού συγκριτικά με τα βενζινοκίνητα οχήματα έχουν αισθητά πιο αυξημένες εκπομπές NO<sub>x</sub> και PM10. Το συμπέρασμα αυτό αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν το συνδέσουμε με τις περιβαλλοντικές συνθήκες κάθε περιοχής. Συγκεκριμένα αν σε κάποια υπό εξέταση περιοχή υπάρχει π.χ. πρόβλημα σε σχέση με τις εκπομπές PM10 τότε η απόφαση για είσοδο πετρελαιοκίνητων οχημάτων που έχουν αυξημένες εκπομπές PM10 σε σχέση με τα βενζινοκίνητα ενδεχομένως να είναι λανθασμένη.

→ Η εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης μας οδήγησε στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο υποψήφιος αγοραστής. Κύριο χαρακτηριστικό στις αποφάσεις του είναι οι παράμετροι κόστους οι οποίοι εμπεριέχονται άμεσα ή έμμεσα σε κάθε κριτήριο. Τα κόστη αγοράς και συντήρησης, η μεταπωλητική αξία και η τιμή του καυσίμου έχουν σαφείς οικονομικές προεκτάσεις, κάτι που αποδεικνύει το πόσο δύσκολο είναι να ενισχυθεί η περιβαλλοντική συνείδηση όταν πρόκειται για αγορά καινούργιου οχήματος.

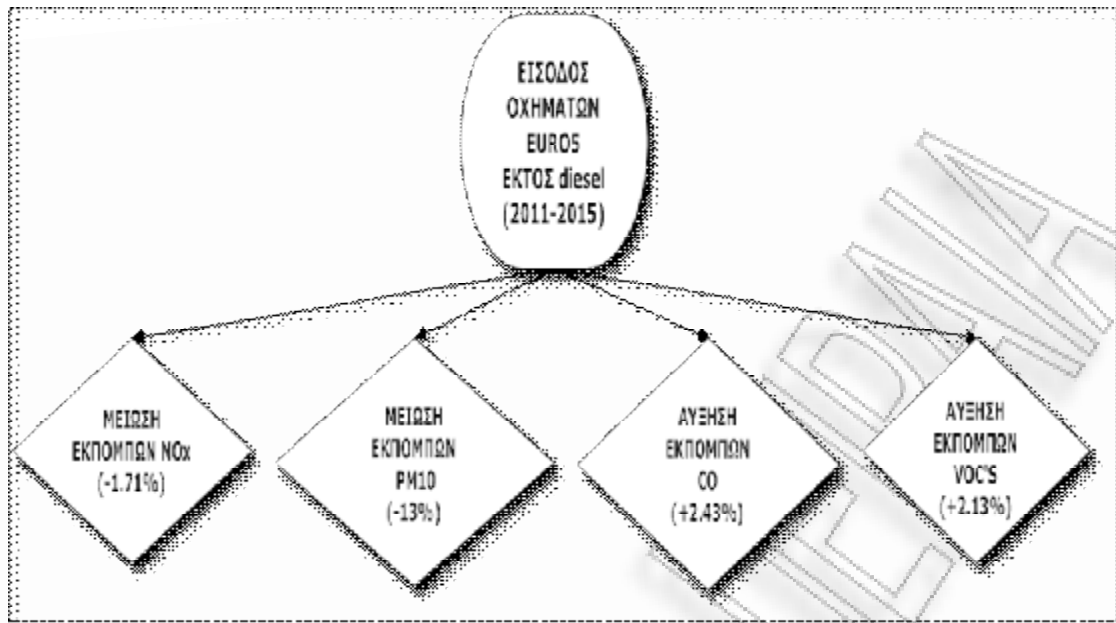
→ Τα συμπεράσματα αναφορικά με τις εκπομπές καθενός από του τέσσερις ρύπους που εξετάσαμε στην περίπτωση της εφαρμογής του σεναρίου μας μπορούν να αποτελέσουν την βάση για την μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών. Συγκεκριμένα, το γεγονός ότι η περιοχή της Αθήνας είναι ήδη επιβαρυνμένη με NO<sub>x</sub> και σωματίδια PM10 μας καθιστά αρκετά επιφυλακτικούς στην προοπτική εισόδου πετρελαιοκίνητων οχημάτων τα οποία

έχουν σαν χαρακτηριστικό τις ιδιαίτερα αυξημένες εκπομπές των συγκεκριμένων ρύπων συγκριτικά με τους βενζινοκινητήρες.

Τα συμπεράσματα που μπορούμε να εξαγάγουμε αναφορικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εφαρμογής του σεναρίου βασίζονται στην ανάλυση των αριθμητικών στοιχείων που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 6. Οι μεταβολές που παρουσιάζονται στις συνολικά εκπεμπόμενες ποσότητες ρύπων αποτελούν ένδειξη της συγκέντρωσης των ρύπων αυτών στην περιοχή της Αττικής. Συνοπτικά μπορούμε να αναφέρουμε πως αν και οι ποσοστιαίες μεταβολές των εκπομπών CO και VOC'S είναι αρκετά μικρές παρόλαυτα στην περίπτωση της εισόδου πετρελαιοκίνητων οχημάτων παρατηρούμε μια σταθερή μείωση τους (-5.39% για το CO και -5.97% για τα VOC'S). Αντίστοιχα, όταν το σενάριο εισόδου αποκλείει τα πετρελαιοκίνητα οχήματα και στην θέση τους γίνεται εισαγωγή βενζινοκίνητων και υβριδικών οι συγκεκριμένοι ρύποι αυξάνονται (+2.43% για το CO και +2.13 για τα VOC'S). Η κατάσταση διαφοροποιείται αισθητά όταν εξετάζουμε τις εκπομπές NOx και σωματιδίων PM10. Στην περίπτωση εισόδου πετρελαιοκίνητων οχημάτων οι εκπομπές των συγκεκριμένων ρύπων αυξάνονται αισθητά (+42.45% για τα NOx και +13.23 για τα PM10). Αντίθετα, όταν δεν έχουμε εισαγωγή diesel οχημάτων και στην θέση τους γίνεται εισαγωγή βενζινοκίνητων και υβριδικών οι συγκεκριμένοι ρύποι μειώνονται, ελαφρώς στην περίπτωση των NOx (-1.71%) αλλά αρκετά πιο έντονα στην περίπτωση των αιωρούμενων σωματιδίων (-13%). Συγκεντρωτικά τα παραπάνω παρουσιάζονται στις εικόνες 7.1 και 7.2.



Εικόνα 7.1 Συγκεντρωτικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις εισόδου οχημάτων diesel (2011-2015)



Εικόνα 7.2 Συγκεντρωτικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις εισόδου οχημάτων EURO5-χωρίς diesel (2011-2015)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Διαδίκτυο: [invertors.about.com](http://invertors.about.com)-The History of the Automobile
2. Modelling Diesel Combustion-P.A Lakshminarayanan-Yosegh.V.Aghav(Springer)
3. Introduction to engineering & the environment-EDWARD S.RUBIN (p.92)
4. An econometrics view of worldwide fossil fuel consumption and the role of U.S-Shahriar Shafiee, Ekran Topal-(School of engineering, The University of Queensland)
5. ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ ΤΟΜΟΣ Β (σελ.728-729) –Yunus A.Cengel, Michael A.Boles
6. Διαδίκτυο: <http://en.wikipedia.org>
7. Energy Systems and Sustainability-Godfrey Boyle, Bob Everett and Janet Ramage

8. Διαδίκτυο: [http://www.cres.gr/kape/education/CHP\\_gr.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/CHP_gr.pdf)
9. Α.Μ ΣΤΑΜΑΤΕΛΛΟΣ Οδηγός του μαθήματος «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης»- Βόλος 1994
10. Διαδίκτυο: <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node26.html>
11. Carriere, Hamilton, Molecraft «The Technology and Potential of Hybrid vehicles», 1982
12. Διαδίκτυο: <http://www.hybridcars.com>
13. MILLER-SPOOLMAN-LIVING IN THE ENVIRONMENT(International Student Edition)
14. Έλεγχος Αέριων Ρύπανσης-Σχεδιασμός Αντιρρυπαντικής Τεχνολογίας (C.David Cooper-F.C Alley)
15. Διαδίκτυο: <http://www.ehow.com>
16. ΡΑΠΤΟΤΑΣΙΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ-Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π-2009
17. Κων.Δ.Ρακόπουλος-Δημ.Θ. Χουντάλας «Καύση Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ» Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998
18. Διαδίκτυο: <http://www.acea.be>
19. Σύνδεσμος Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων (ΣΕΑΑ)-Ενημερωτικό Φυλλάδιο (οδηγός κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα)- Ιούλιος 2010
20. Διαδίκτυο: [http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece\\_eudc.html](http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.html) (Ιστοσελίδα Ευρωπαϊκής επιτροπής μεταφορών)
21. Διαδίκτυο: [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/topics/vehicles/vehicle\\_categories/index\\_el.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/vehicle_categories/index_el.htm)
22. Διαδίκτυο: <http://www.eea.europa.eu> (Ιστοσελίδα της European Environment Agency)
23. Φ.Μπατζιάς, ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ- ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ
24. Διαδίκτυο: <http://www.edmunds.com> (TCO tool usage)