

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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**ΜΕΛΕΤΗ ΧΡΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΕ  
ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΤΟΥ ΚΤΕΛ  
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ.**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :ΡΑΥΤΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ  
ΦΛΩΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΓΕΝΙΟΣ ΣΚΟΥΡΑΣ.**

**ΠΑΤΡΑ 2012**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στη χρήση του φυσικού αερίου στις χερσαίες μεταφορές. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο στην καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου, λόγω των πολλαπλών οφελών του. Μέρα με τη μέρα η χρήση του διευρύνεται και επεκτείνεται ακόμη και στις χερσαίες μεταφορές.

Στην παρούσα εργασία αρχικά παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για το φυσικό αέριο και συγκρίνονται οι κινητήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η χρήση του στις χερσαίες μεταφορές και μελετάται ο κινητήρας φυσικού αερίου. Συγκρίνονται οι δύο κινητήρες (πετρελαίου- φυσικού αερίου) ως προς τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις και γίνεται αναφορά στον πράσινο στόλο της ΕΘΕΛ. Αναλύονται δρομολόγια των ΚΤΕΛ του νομού Κορινθίας και παρουσιάζονται όλα τα οφέλη που θα προκύψουν κατά την ανανέωση του στόλου με νέους κινητήρες φυσικού αερίου.

Ευχαριστούμε θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ευγένιο Σκούρα, Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

ΡΑΥΤΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

ΦΛΩΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

2012

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στη χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο για τους κινητήρες των λεωφορείων στις δημόσιες συγκοινωνίες. Ιδιαίτερα η εργασία εστιάζεται στην αναλυτική μελέτη των λεωφορείων νέας γενιάς που μεταχειρίζονται αυτό το καύσιμο έναντι του μέχρι τώρα πετρελαίου. Γίνεται αναλυτική σύγκριση των λεωφορείων Diesel-φυσικού αερίου, ενώ μελετάται η περίπτωση των υπεραστικών συγκοινωνιών του Ν. Κορινθίας διεξοδικά, δίχως να παραλείπονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που ενδεχομένως να έχει η χρήση των διαφόρων ειδών λεωφορείων.

Η ανάπτυξη του θέματος διεξάγεται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά στοιχεία που αφορούν το φυσικό αέριο και την προέλευσή του. Παρουσιάζονται επιπλέον στοιχεία για την εισαγωγή του φυσικού αερίου στην Ελλάδα και γίνεται σύγκριση ανάμεσα στον πετρελαιοκινητήρα και τον κινητήρα φυσικού αερίου ως προς την καύση των υδρογονανθράκων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο προβάλλεται διεξοδικά η χρήση του φυσικού αερίου στις χερσαίες μεταφορές και γίνεται ιδιαίτερη μνεία με στοιχεία στον κινητήρα φυσικού αερίου CNG.

Στο τρίτο κεφάλαιο συγκρίνονται οι κινητήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου ως προς τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, ενώ πραγματοποιείται εξέχουσα αναφορά στην ΕΘΕΛ και τον «πράσινό» της στόλο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η εργασία γύρω από τα υπεραστικά λεωφορεία και κυρίως εκείνα του νομού Κορίνθου. Προβάλλονται για αυτά αναλυτικά στοιχεία, όπως για παράδειγμα η

κατανάλωσή τους, οι ρύποι τους στο περιβάλλον, τα δρομολόγιά τους και από την άλλη πλευρά παρέχονται αναλυτικά στοιχεία για τη λειτουργία των κινητήρων αυτών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο διενεργείται μια συνολική αποτίμηση των κινητήρων του φυσικού αερίου και ανακαλύπτεται το πόσο ασφαλή είναι αυτού του είδους τα λεωφορεία. Παρουσιάζονται στοιχεία για το κόστος των λεωφορείων αυτών καθώς και τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα υπάρξουν από τη χρήση αυτών των λεωφορείων.

Το σπουδαιότερο συμπέρασμα που προκύπτει από την παρούσα εργασία είναι ότι τα λεωφορεία φυσικού αερίου παρουσιάζουν αυξημένες αποδόσεις και μειωμένο λειτουργικό κόστος έναντι των παλιότερης τεχνολογίας αντίστοιχων λεωφορείων. Επιπλέον, το κυριότερο πλεονέκτημα των λεωφορείων φυσικού αερίου έναντι των συμβατικών πετρελαιοκίνητων λεωφορείων είναι οι πολύ χαμηλές εκπομπές ρύπων και θορύβου, ενώ το κόστος καυσίμου είναι χαμηλότερο έναντι του πετρελαίου

# Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>ii</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>iii</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>v</b>
<b>ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ.....</b>	<b>vii</b>
<b>ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....</b>	<b>ix</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.</b>	
1.1 ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.....	3
1.2 Ο ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	5
1.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ-ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	6
1.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	9
1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.....	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.</b>	
2.1 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΙΣ ΧΕΡΣΑΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....	25
2.2 Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ CNG.....	37
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.</b>	
3.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ DIESEL – CNG ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	43
3.2 Η Ε.Θ.Ε.Λ ΚΑΙ Ο «ΠΡΑΣΙΝΟΣ» ΣΤΟΛΟΣ ΤΗΣ.....	50
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.</b>	
4.1 Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΚΤΕΛ.....	61
4.2 ΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΤΕΛ Ν.ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ.....	63

4.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΚΤΕΛ.....	68
--	----

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.**

5.1 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	80
---	----

5.2 ΠΟΣΟ ΑΣΦΑΛΗ ΘΕΩΡΟΥΝΤΑΙ ΤΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	86
---	----

5.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	88
---	----

5.4 ΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....	91
---	----

5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	98
---------------------	----

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>100</b>
--------------------------	------------

<b>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>100</b>
-----------------------------------	------------

<b>ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>102</b>
-------------------------------	------------

<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>104</b>
--------------------------------------	------------

## ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

$\text{CH}_4$ =ΜΕΘΑΝΙΟ

$\text{C}_2\text{H}_6$ =ΑΙΘΑΝΙΟ

$\text{C}_3\text{H}_8$ =ΠΡΟΠΑΝΙΟ

$\text{C}_4\text{H}_{10}$ =ΒΟΥΤΑΝΙΟ

$\text{C}_5\text{H}_{12}$ =ΠΕΝΤΑΝΙΟ

$\text{C}_6\text{H}_{14}$ =ΕΞΑΝΙΟ

$\text{C}_7\text{H}_{16}$ =ΕΠΤΑΝΙΟ

$\text{C}_8\text{H}_{18}$ =ΟΚΤΑΝΙΟ

$\text{H}_2$ =ΥΔΡΟΓΟΝΟ

$\text{CO}$ =ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

$\text{N}_2$ =ΑΖΩΤΟ

$\text{SO}_2$ =ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

$\text{M}^3$ =ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

$\text{NO}_x$ =ΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

$\text{HC}$ =ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΑΣ

$\text{NH}_3$ =ΑΜΜΩΝΙΑ

$\text{NO}$ =ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

$\text{NO}_2$ =ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

CO<sub>2</sub>=ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Kg=ΚΙΛΑ

Lit=ΛΙΤΡΑ

Km=ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ

μg/km=ΜΙΚΡΟΓΡΑΜΜΑΡΙΑ ΑΝΑ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΟ

N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=ΤΡΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=ΠΕΝΤΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

PM=ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ



## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

MIN=MINIMUM

MAX=MAXIMUM

LNG=LIQUID NATURAL GAS

ΔΕΠΑ=ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΑΕΡΙΟΥ

Φ.Α=ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

ΕΛ.Δ.Α=ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ

EGR=EXHAUST GAS RECIRCULATION

NGV=NATURAL GAS VEHICLE

CNG=COMPRESSED NATURAL GAS

EEV=ENVIRONMENTALLY – FRIENDLY ENHANCED VEHICLE

NGVA=NATURAL GAS VEHICLE ASSOCIATION

Δ.Χ.=ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ

ΕΘΕΛ=ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

ΟΑΣΑ=ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΑΘΗΝΑΣ

Ε.Ε=ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ

ECD=EMISSION CONTROLLED DIESEL

ΚΤΕΛ=ΚΟΙΝΑ ΤΑΜΕΙΑ ΕΙΣΠΡΑΞΕΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

ΑΜΕΑ=ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

ΠΑΥ=ΠΟΛΥΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

ΚΩΗ=ΚΙΛΟΒΑΤΩΡΑ

Φ.Π.Α=ΦΟΡΟΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ.**

Το αντικείμενο της παρουσίασης είναι η συγκριτική αξιολόγηση των σύγχρονων τεχνολογιών που είναι διαθέσιμες, σε επίπεδο εφαρμογής, για την κίνηση των λεωφορείων στα μεγάλα αστικά κέντρα. Στα πλαίσια της αξιολόγησης των τεχνολογιών αυτών, κωδικοποιούνται, παραμετροποιούνται και τεκμηριώνονται οι αποφάσεις και οι στρατηγικές επιλογές που αφορούν στην χάραξη μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης πολιτικής, σχετικά με την χρήση συμβατικών και εναλλακτικών τεχνολογιών που αφορούν στους κινητήρες, στην επιλογή καυσίμων και των άλλων παραμέτρων που επηρεάζουν το συγκοινωνιακό έργο.

Μέσα στο παραπάνω πλαίσιο γίνεται ειδική αναφορά στο ρόλο του φυσικού αερίου ως ενεργειακού φορέα καθώς και στις δυνατότητες χρήσης του, όπως προκύπτει από την εφαρμοσμένη έρευνα που εξελίσσεται με ραγδαίες ταχύτητες παγκοσμίως και αποσκοπεί στην μετεξέλιξη και στον προσανατολισμό της παγκόσμιας οικονομίας προς «την κοινωνία του φυσικού αερίου». Επίσης τονίζονται εκείνες οι δράσεις που μπορούν να αναδείξουν τα μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα της χρήσης του φυσικού αερίου είτε ως αυτόνομου ενεργειακού φορέα είτε της συνδυασμένης χρήσης του, σε ότι αφορά στο περιβάλλον και στην ένταξη της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα των μεταφορών. Με τις σύγχρονες τεχνολογικές δυνατότητες, το φυσικό αέριο αναμένεται να συμβάλει στον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής και την επίτευξη υψηλότερης ενεργειακής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων.

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών φυσικού αερίου στον τομέα των μεταφορών αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ερευνητικές δραστηριότητες σε παγκόσμια κλίμακα. Τα κυριότερα έργα έρευνας και

επίδειξης τεχνολογιών φυσικού αερίου στον τομέα των μεταφορών αφορούν στην λεωφορειοκίνηση. Οι δραστηριότητες αυτές καλύπτουν τόσο την απαίτηση για εισαγωγή / χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών για καθαρό αστικό περιβάλλον όσο και την αποδοχή των τεχνολογιών φυσικού αερίου από το κοινό.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.**

### **1.1} ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.**

Το φυσικό αέριο είναι ένα μίγμα υδρογονανθράκων, σε αέρια κατάσταση. Είναι ένα σύγχρονο αέριο καύσιμο που στην τελική του μορφή αποτελείται κυρίως από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ , συνήθως η περιεκτικότητα του σε μεθάνιο κυμαίνεται σε ποσοστά άνω του 90% κατ' όγκο) και σε μικρότερη αναλογία από αιθάνιο ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), προπάνιο ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), βουτάνιο ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), πεντάνιο ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ), εξάνιο ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ), επτάνιο ( $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ) και οκτάνιο ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ). Μπορεί ακόμη να περιέχει προσμίξεις άλλων αέριων καυσίμων όπως είναι το υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ), το μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ) ή αδρανείς προσμίξεις όπως το άζωτο ( $\text{N}_2$ ), το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και κάποιες πολύ μικρές ποσότητες ανόργανων αερίων. {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994. }

Ειδικότερα το Ελληνικό Φυσικό Αέριο ορίζεται ως προς τη σύνθεση και τις ιδιότητες του από το Νόμο 2364/95 ως εξής: «Φυσικό αέριο ή Αέριο : Καύσιμο, σε κανονικές φυσικές συνθήκες (1,01325 bar, 0 βαθμούς C ή 273,15 K) αέριο, το οποίο συνίσταται από μίγμα υδρογονανθράκων και εξάγεται από γεωλογικούς σχηματισμούς. Ειδικότερα, το αέριο αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (τουλάχιστον 75% κατ' όγκο) και από υδρογονάνθρακες υψηλότερου μοριακού βάρους και ενδεχομένως μικρές ποσότητες αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα, οξυγόνου και ίχνη άλλων ενώσεων και στοιχείων στο οποίο μπορεί να έχουν προστεθεί και οσμωτικές ουσίες. Ως φυσικό αέριο νοείται το ανωτέρω μίγμα σε οποιαδήποτε μορφή και αν περιέλθει, με μεταβολή των φυσικών συνθηκών, όπως συμπίεση, ψύξη ή οποιαδήποτε άλλη μεταβολή».

Το φυσικό αέριο που είναι απαλλαγμένο από τους υδρογονάνθρακες πέραν του μεθανίου, δηλαδή το καθαρό μεθάνιο, συχνά αποκαλείται και ξηρό φυσικό αέριο. Αντίστοιχα, το φυσικό αέριο που συμπεριλαμβάνει και άλλους υδρογονάνθρακες εκτός από το μεθάνιο, αποκαλείται και υγρό φυσικό αέριο. {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}

Η σύσταση του φυσικού αερίου διαφέρει ανάλογα με την πηγή προέλευσής του. Οι προδιαγραφές του φυσικού αερίου δίνονται στον παρακάτω πίνακα: {βλ. Πίνακα Α}

ΠΙΝΑΚΑΣ Α.

Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	Min 85%
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Max 8,6%
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	Max 3%
Βουτάνια	Max 2%
Πεντάνια και άλλοι υδρογονάνθρακες	Max 1%
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	Max 5%
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	Max 3%

Το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα με σχετική πυκνότητα 0,55. Σε περίπτωση διαρροής, διαχέεται και διαφεύγει άμεσα προς την ατμόσφαιρα (σε αντίθεση με το υγραέριο που είναι βαρύτερο από τον αέρα και σε περίπτωση διαφυγής συγκεντρώνεται χαμηλά).

Είναι άοσμο και άχρωμο, ενώ κατά τη μεταφορά του προστίθεται μια

ειδική ουσία με χαρακτηριστική οσμή ώστε να ανιχνεύεται σε περίπτωση διαφυγής. Τα όρια ανάφλεξης του φυσικού αερίου είναι 4,5% - 15%, δηλαδή, η καύση δεν μπορεί να συντηρηθεί εάν η περιεκτικότητα του αέρα σε φυσικό αέριο είναι εκτός αυτών των ορίων. {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994. }

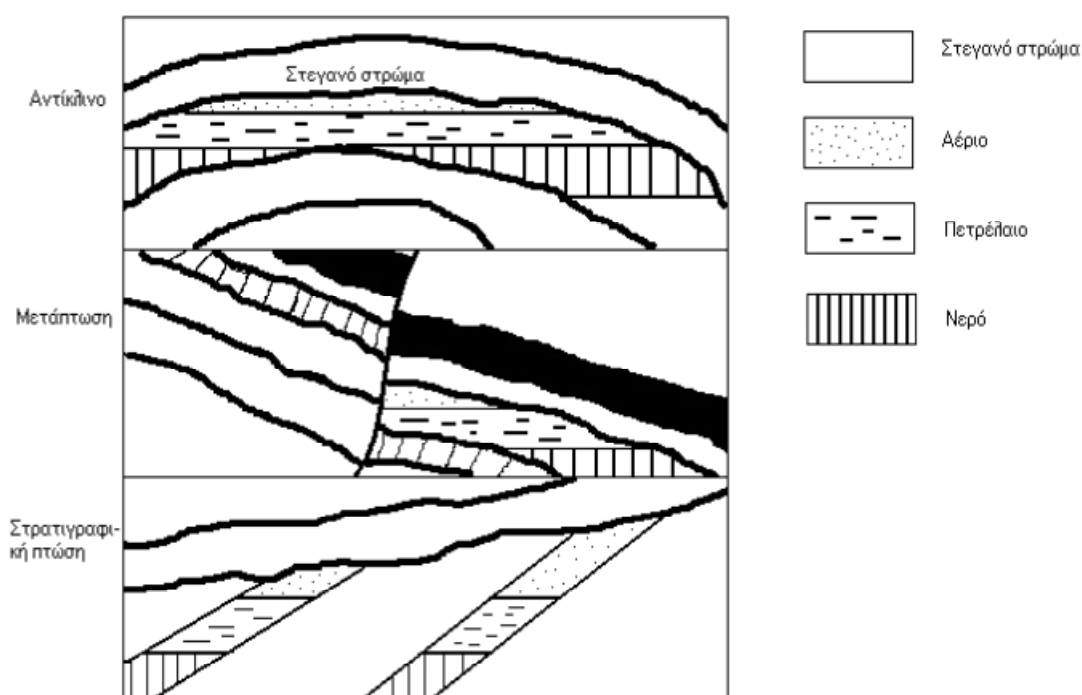
Λόγω της σύστασής του κατά την καύση του έχει τη χαμηλότερη εκπομπή ρύπων από όλα τα συμβατικά καύσιμα. Επίσης, δεν περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα συνεπώς δεν είναι τοξικό.

Για τα αέρια έχει οριστεί μια κατάσταση αναφοράς που καλείται “κανονική” κατάσταση (και στην οποία ανάγονται οι όγκοι τους) και η οποία είναι 0 βαθμούς C για τη θερμοκρασία και 1,01325 bar για την πίεση. Ο όγκος ενός κυβικού μέτρου αερίου σε κανονική κατάσταση αποτελεί ένα “κανονικό κυβικό μέτρο” αερίου (1Nm<sup>3</sup>). {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994. }

## **1.2} Ο ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.**

Εκατομμύρια χρόνια πριν πραγματοποιήθηκαν γεωλογικές καθιζήσεις κατά τη διάρκεια των οποίων τεράστιες ποσότητες οργανικής ύλης εγκλωβίστηκαν μέσα στη γη, συμβάλλοντας στο σχηματισμό πετρωμάτων. Με το πέρασμα των χρόνων, οι υψηλές θερμοκρασίες και οι πιέσεις που αναπτύχθηκαν από τις καθιζήσεις μαζών γης, πυροδότησαν μια σειρά χημικών διεργασιών που είχαν ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε υδρογονάνθρακες, οι οποίοι, απορροφούμενοι από πορώδη πετρώματα, δημιούργησαν τα κοιτάσματα. Με μια διαδικασία που διήρκεσε εκατομμύρια έτη, το αέριο τμήμα αυτών των υδρογονανθράκων, διαχωριζόμενο από το βαρύτερο υγρό τμήμα (το γνωστό πετρέλαιο), ανερχόταν προς την επιφάνεια της γης. Κατά την ανοδική του πορεία, το αέριο αυτό παγιδεύτηκε μέσα σε ειδικές

δομές του υπεδάφους, σχηματίζοντας έτσι τις κοιλότητες Φυσικού Αερίου. Μια απαραίτητη προϋπόθεση για τη συσσώρευση του Φυσικού Αερίου είναι η παρουσία πορωδών πετρωμάτων, τα οποία καλύπτονται από μη διαπερατά πετρώματα, δηλαδή πετρώματα με δομή που εμποδίζει τη διέλευση του. Αυτή η γεωλογική διάταξη δεν παρατηρείται σε ολόκληρο τον γήινο φλοιό, παρά μόνο σε ορισμένες περιοχές και σε ορισμένα βάθη όπου και συναντάμε το φυσικό αέριο. {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 1} {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}



ΕΙΚΟΝΑ 1 .ΕΔΑΦΙΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ.

### 1.3} ΠΑΡΑΓΩΓΗ-ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.

Το Φυσικό Αέριο συναντάται σε υπόγειους σχηματισμούς (κοιτάσματα) με τη μορφή μίγματος αέριων υδρογονανθράκων σε ελεύθερη μορφή ή διαλυμένων στο νερό ή το πετρέλαιο ή απορροφημένων από πετρώματα. {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}

Με κριτήριο τη προέλευση του διακρίνεται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:



- το «συμβατικό», που είναι άμεσα απολήψιμο από γεωτρήσεις (είναι η κύρια μορφή που παράγεται σήμερα) και
- το «μη συμβατικό», που περιέχεται σε άμμους και σχιστόλιθους.

Το «συμβατικό» Φυσικό Αέριο, με τη σειρά του, διακρίνεται σε ότι αφορά τη εκμετάλλευση του:

- στο «συναρτημένο» με το πετρέλαιο, το οποίο είναι παραπροϊόν της άντλησης του πετρελαίου και
- στο «μη συναρτημένο». {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.} Κατά την πραγματοποίηση μιας γεώτρησης το Φυσικό Αέριο ανέρχεται στην επιφάνεια λόγω της μεγάλης πίεσης. Παρόλα αυτά όμως πάντοτε απαιτείται κάποια μορφή άντλησης για να το παραλάβουμε. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι με αντλίες (βλ. ΕΙΚΟΝΑ 2) οι οποίες φέρνουν στην επιφάνεια πετρέλαιο και Φυσικό Αέριο.

Η ροή του Φυσικού Αερίου από τον ταμιευτήρα μπορεί να βελτιωθεί με την δημιουργία μικροσκοπικών ρηγμάτων μέσα στο πέτρωμα (συνήθως με τη χρήση ρευστού σε υψηλή πίεση) που επιτρέπουν στο αέριο να διαφύγει.



ΕΙΚΟΝΑ 2. Αντλία Άντλησης Πετρελαίου-Φυσικού Αερίου.

Για την διακρατική μεταφορά του αερίου αλλά και την περαιτέρω διανομή του στο εσωτερικό της χώρας χρησιμοποιούνται αγωγοί υψηλής πίεσης και μεγάλων διαμέτρων, που μεταφέρουν το Φυσικό αέριο σε αέρια μορφή. Παράλληλα γίνεται και διαμετακόμισή του με ειδικά κρυογενικά πλοία ή οχήματα, που μεταφέρουν το Φυσικό Αέριο σε υγροποιημένη μορφή. Τέλος, έχει αρχίσει πρόσφατα η μεταφορά υγροποιημένου αερίου με χρήση αγωγών μεταφοράς. {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}

Οι μεγαλύτερες πηγές Φυσικού Αερίου βρίσκονται στις εξής χώρες:

- Ευρώπη: Ρωσική Ομοσπονδία, Ουκρανία, Νορβηγία, Ολλανδία, Μ. Βρετανία, Ρουμανία, Γερμανία, Γαλλία.
- Β. Αμερική: ΗΠΑ, Καναδάς.
- Ν. Αμερική: Αργεντινή, Μεξικό, Βραζιλία, Χιλή, Βενεζουέλα.
- Περσικό Κόλπο: Ιράν, Κατάρ, Υεμένη, Ομάν, Η.Α. Εμιράτα.
- Κεντρική Ασία: περιοχή Κασπίας, Καυκάσου.
- Ν.Α. Ασία: Μαλαισία, Ινδονησία, Μπρούνει.
- Β. Αφρική: Αλγερία, Λιβύη, Αίγυπτος.
- Αυστραλία.

Ο παρακάτω πίνακας ( βλ.Πίνακας 1) μας δίνει σύμφωνα με στοιχεία της Oil & Gas Journal για το έτος 2007 τις πιο πλούσιες σε αποθέματα χώρες. {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}

<u>Χώρες με μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου.</u>		
<u>Κατάταξη</u>	<u>Χώρα</u>	<u>Εξακριβωμένα Αποθέματα (τρεις κυβικά μέτρα)</u>
1	Ρωσία.	1.680
2	Ιράν.	974
3	Κατάρ.	930
4	Σαουδική Αραβία.	250
5	Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα.	220
6	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.	190

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα Φυσικού Αερίου (πηγή: Oil & Gas Journal).

#### **1.4} ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.**

Το Φυσικό Αέριο εισάγεται στη Ελλάδα μέχρι στιγμής από:

- τη Ρωσία (Gazexport, θυγατρική της Gazprom), μέσω αγωγών μεταφοράς αερίου με σημείο παραλαβής τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) και σε ποσότητα 2,8 δις. m<sup>3</sup> ετησίως, μέχρι το 2016, ενώ η εισαγωγή του άρχισε τον Σεπτέμβριο του 1996. {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 3} {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}



ΕΙΚΟΝΑ 3.Αγωγοί Μεταφοράς Φυσικού Αερίου σε αέρια φάση.

- την Αλγερία (Sonatrach), σε υγροποιημένη μορφή (LNG), με ειδικό δεξαμενόπλοιο στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης της νήσου Ρεβυθούσας, στον κόλπο των Μεγάρων. Η ετήσια ποσότητα κυμαίνεται από 0,51 έως 0,68 δις m<sup>3</sup> ετησίως, μέχρι το 2020, ενώ η εισαγωγή του άρχισε τον Φεβρουάριο του 2000.
- το Αζερμπαϊτζάν (SOCAR). Πρόκειται για μια νέα συμφωνία Ελλάδας – Αζερμπαϊτζάν (Απρίλιος 2011) με τις ποσότητες που θα εισέρχονται στον ελληνικό χώρο να μην έχουν καθοριστεί πλήρως. (Οι Αζέριοι ωστόσο δήλωσαν ότι σκοπεύουν να πουλήσουν στην Ελλάδα 0,7 δις κυβικά μέτρα ΦΑ). {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}

Συγχρόνως, σημαντική συμφωνία στον τομέα της ενέργειας, που αφορά στην κατασκευή νέου αγωγού φυσικού αερίου, διπλής κατεύθυνσης, υπεγράφη μεταξύ Ελλάδας και Βουλγαρίας, στο πλαίσιο της διεθνούς διάσκεψης, για την ενεργειακή ασφάλεια και τη συνεργασία. Αφορά τον αγωγό φυσικού αερίου Κομοτηνή – Stara Zagora (Βουλγαρία), IGB που καθιστά τη χώρα μας κλειδί στην πόρτα της ενεργειακής ασφάλειας της

Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο νέος αγωγός 170 km (τα 25 km επί ελληνικού εδάφους), διπλής ροής έρχεται να ενισχύσει την περιφερειακή διάσταση του ITGI (Ιταλό-Ελληνικό-Τουρκικός αγωγός) και να εξασφαλίσει μια επιπλέον δίοδο εφοδιασμού φυσικού αερίου προς την Ευρώπη. Ακόμη με την κατασκευή του η Βουλγαρία θα έχει τη δυνατότητα να προμηθεύεται αέριο μέσω του Ελληνικού δικτύου, προέλευσης Αζερμπαϊτζάν. Παράλληλα, η Ελλάδα θα μπορεί να προμηθεύει τη γειτονική χώρα με υγροποιημένο αέριο, μέσω του σχεδιαζόμενου νέου σταθμού στην Καβάλα (σταθμό LNG), κατά τα πρότυπα της Ρεβυθούσας. Από την άλλη μεριά υπάρχει και ένα ενδιαφέρον επέκτασης του Ελληνικό – Βουλγαρικού αγωγού προς τη Ρουμανία, η οποία θα τροφοδοτείται με αέριο που θα «τρέχει» μελλοντικά στον ITGI, τον Ιταλό-Ελληνικό-Τουρκικό αγωγό και ο οποίος καταρχήν θα πληρείται με αέριο Ιρανικής προέλευσης ύστερα από Μνημόνιο Συνεννόησης που υπέγραψε το Ιράν με την Ελλάδα, το 2002, για την προέκταση του αγωγού μεταφοράς φυσικού αερίου Τουρκίας – Ιράν προς τη βόρειο Ελλάδα και συνέχισής του υποθαλάσσια προς την Ιταλία. Πιο συγκεκριμένα μέσω του αγωγού Τουρκίας – Ελλάδος – Ιταλίας φυσικό αέριο θα ρέει από την Τουρκία έως την Κομοτηνή και από τις ακτές της Θεσπρωτίας μέσω του υποθαλάσσιου τμήματος στο Οτράντο της Ιταλίας. Με την ολοκλήρωση του έργου το 2015 αναμένεται η Ελλάδα να εισάγει μέχρι 3 δις κυβικά μέτρα στην εγχώρια αγορά. {βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}

Παράλληλα ενεργειακή συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας για την κατασκευή αγωγού φυσικού αερίου (South Stream) υπογράφηκε τον Απρίλιο του 2009. Με τον αγωγό South Stream 30 δις. κυβικά μέτρα ρώσικου φυσικού αερίου διασχίζοντας την Μαύρη Θάλασσα θα

τροφοδοτούν την Κεντρική Ευρώπη, μέσω του Βόρειου κλάδου. {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 4}



ΕΙΚΟΝΑ 4.Ο Αγωγός South Stream.

Ο ελληνικός κλάδος του αγωγού South Stream (Νότιος κλάδος) θα ξεκινά από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα και θα μεταφέρει φυσικό αέριο στην Ιταλία μέσω Ελλάδας. Προβλέπεται ότι η συμφωνία θα έχει ισχύ για 30 χρόνια και μέσω του αγωγού θα διέρχονται 10 δισ. κυβικά μέτρα αερίου ετησίως. Μέρος της ποσότητας αυτής θα διοχετεύεται στη χώρα μας, ενώ η Ελλάδα θα εισπράττει και τέλη διέλευσης. Προβλέπεται ακόμη συμφωνία για την ίδρυση εταιρίας που θα έχει την ευθύνη για την κατασκευή και εκμετάλλευση του αγωγού, η οποία θα υπογραφεί ανάμεσα στην Ελληνική ΔΕΣΦΑ και την GASPROM. Η έδρα της εταιρίας θα είναι κατά προτίμηση στην Ελλάδα και το έργο της θα είναι ο σχεδιασμός, η χρηματοδότηση, η κατασκευή και η λειτουργία του αγωγού. Ενώ τέλος, τον Απρίλιο του 2009 πραγματοποιήθηκαν επαφές του Υπουργού Ανάπτυξης με τους Αιγύπτιους Υπουργούς Ηλεκτρισμού

και Πετρελαίου για την μεταφορά με πλοία συμπιεσμένου Φυσικού Αερίου από το Κάιρο το οποίο θα επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών των εργοστασίων Ηλεκτροπαραγωγής που προτίθεται να κατασκευάσει η «ΔΕΗ Α.Ε» στη νήσο Κρήτη.{βλ. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.}

Στο ενεργειακό σταυροδρόμι της διπλωματίας των αγωγών βρίσκεται με αυτό τον τρόπο η χώρα μας, με τη Ρωσία από τη μία πλευρά ενώ από την άλλη παρουσιάζονται ως εναλλακτικές πηγές τροφοδοσίας το Αζερμπαϊτζάν και το Ιράν. Την ίδια ώρα η Ελλάδα καθίσταται ενδιάμεσος σταθμός τόσο για το ρωσικό όσο και για το αζέρικο αέριο. Στην πραγματικότητα καθίσταται διαμετακομιστικό κέντρο όπως φαίνεται και στην ακόλουθη εικόνα {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 5}.{βλ.Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος Ι, Αθήνα, 1997.}



ΕΙΚΟΝΑ 5.Οι «δρόμοι» Φυσικού Αερίου από και προς την Ελλάδα.

Για την παροχή του Εθνικού Δικτύου Διανομής την παρούσα χρονική στιγμή γίνεται μια μίξη του Αλγερινού και του Ρωσικού Αερίου, στα διωλιστήρια του Ασπροπύργου (ΕΛ.Δ.Α). Το μίγμα αυτό διοχετεύεται

στο σύστημα αγωγών κυρίως στην περιοχή της Αττικής, ενώ σε περιοχές, όπως η Θεσσαλονίκη, η Λάρισα και ο Βόλος, που τροφοδοτούνται από τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς διοχετεύεται απευθείας το Αέριο Ρωσικής προελεύσεως. {βλ. Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος Ι, Αθήνα, 1997.}

Εκτός από τις περιοχές της Αττικής, της Θεσσαλονίκης, του Βόλου και της Λάρισας που ήδη τροφοδοτούνταν με Φυσικό αέριο, τον Ιούλιο του 2009 ξεκίνησε και η τροφοδότηση των Τρικάλων. Παράλληλα όπως έχει ανακοινωθεί και από τον Αρμόδιο Υπουργό μέσα στο 2009 θα ξεκινήσει και η μελέτη για την επέκταση των εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου στη νήσο Κρήτη. {βλ. Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος Ι, Αθήνα, 1997.}

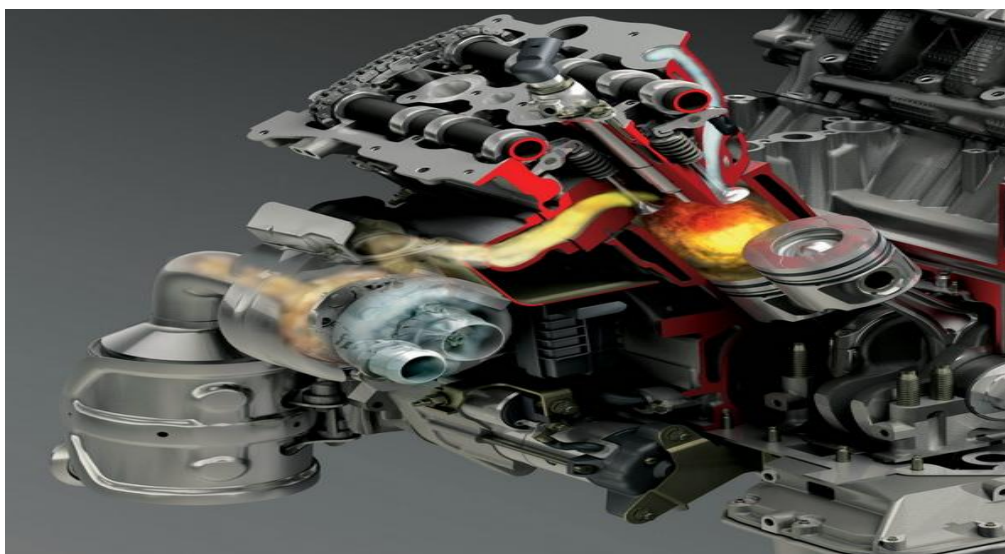
## **1.5} ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.**

### ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ.

Οι πετρελαιοκινητήρες Diesel είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν με «φτωχό» μίγμα, δηλαδή λειτουργούν με περίσσεια αέρα σε σχέση με την στοιχειομετρική αναλογία μίγματος. Οι αναγωγικοί καταλύτες δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε συνθήκες «φτωχού» μίγματος και γι' αυτό τον λόγο οι πετρελαιοκινητήρες είναι εφοδιασμένοι μόνο με οξειδωτικούς καταλύτες. Οι οξειδωτικοί καταλύτες είναι αποτελεσματικοί στο να ελαττώνουν τις εκπομπές HC και CO καθώς και μέρος από τις εκπομπές σωματιδίων (PM), όμως όχι στο να ελαττώνουν τις εκπομπές NOx. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο οι πετρελαιοκινητήρες παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες εκπομπές NOx σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες. {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 6}{βλ. John B. Heywood "Internal



Combustion Engine Fundamentals” Mc Graw-Hill International Editions, Automotive Technology Series, 1988.}



ΕΙΚΟΝΑ 6.ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΝΤΙΖΕΛ.

Η ανακυκλοφορία των καυσαερίων (EGR) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για την μείωση των εκπομπών των NOx των οχημάτων. Για την κατανόηση της μεθόδου ανακυκλοφορίας των καυσαερίων είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι τα οξείδια του αζώτου NOx σχηματίζονται όταν πολύ υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν ένωση του οξυγόνου και του αζώτου της ατμόσφαιρας. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα των οξειδίων του αζώτου που παράγονται. {βλ. John B. Heywood “Internal Combustion Engine Fundamentals” Mc Graw-Hill International Editions, Automotive Technology Series, 1988.}

Οι κινητήρες με ανακυκλοφορία καυσαερίων εκτρέπουν μέρος των καυσαερίων, τα οποία έχουν μικρή περιεκτικότητα σε οξυγόνο μετά την καύση, πίσω στην εισαγωγή του κινητήρα. Με τον τρόπο αυτό ελαττώνεται η θερμοκρασία μέσα στον κινητήρα αφού πλέον υπάρχει μικρότερη ποσότητα οξυγόνου προς καύση. Κατά συνέπεια η ελάττωση

της υψηλής θερμοκρασίας περιορίζει και τον σχηματισμό NO<sub>x</sub>. {βλ. John B. Heywood “Internal Combustion Engine Fundamentals” Mc Graw-Hill International Editions, Automotive Technology Series, 1988.}

Η ανακυκλοφορία καυσαερίων πρωτοεφαρμόστηκε την δεκαετία του 70 στις ΗΠΑ σε βενζινοκίνητα οχήματα, πριν η χρήση των τριοδικών καταλυτών υποσκελίσει την τεχνική αυτή, καθώς όπως εξηγήθηκε παραπάνω οι τριοδικοί καταλύτες είναι ιδιαίτερος αποτελεσματικοί στην απομάκρυνση των NO<sub>x</sub>. Στην Ευρώπη η ανακυκλοφορία καυσαερίων χρησιμοποιείται σε σχεδόν όλα τα νέα αυτοκίνητα και μικρά φορτηγά που κινούνται με πετρέλαιο μετά την επιβολή του προτύπου εκπομπών ρύπων Euro II το 1996. {βλ. John B. Heywood “Internal Combustion Engine Fundamentals” Mc Graw-Hill International Editions, Automotive Technology Series, 1988.}

Η ανακυκλοφορία καυσαερίων αυξάνει σε μικρό ποσοστό την κατανάλωση καυσίμου και για τον λόγο αυτό οι αυτοκινητοβιομηχανίες εμφανίζονται απρόθυμες να εγκαταστήσουν συστήματα ανακυκλοφορίας σε βαρέα οχήματα και μεγάλα φορτηγά, καθώς οι ιδιοκτήτες των οχημάτων αυτών δίνουν μεγάλη έμφαση στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου. Παρόλα αυτά για να υπάρξει συμμόρφωση με το πρότυπο εκπομπών ρύπων Euro IV του 2005, σε ορισμένα βαρέα οχήματα αναμένεται να εγκατασταθεί σύστημα ανακυκλοφορίας των καυσίμων. {βλ. John B. Heywood “Internal Combustion Engine Fundamentals” Mc Graw-Hill International Editions, Automotive Technology Series, 1988.}

Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR) αποτελεί μια ακόμη περισσότερο αποτελεσματική τεχνολογία για την μείωση των εκπομπών NO<sub>x</sub> από τους πετρελαιοκινητήρες. Κατά την μέθοδο αυτή γίνεται χρήση

ενός ειδικού καταλυτικού μετατροπέα ο οποίος επεξεργάζεται τα καυσαέρια του κινητήρα Diesel και μειώνει τις εκπομπές NOx, σε αντίθεση με την ανακυκλοφορία καυσαερίων η οποία στόχο έχει την ελάττωση του σχηματισμού NOx. Στην επιλεκτική καταλυτική αναγωγή, πριν την είσοδο των καυσαερίων του πετρελαιοκινητήρα στον καταλύτη SCR, ψεκάζεται αμμωνία (NH<sub>3</sub>) ή ουρία με αποτέλεσμα η αμμωνία να αντιδρά με το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου (NO και NO<sub>2</sub>) οπότε και παράγεται αβλαβές άζωτο N<sub>2</sub> και νερό H<sub>2</sub>O. [4NO + 4NH<sub>3</sub> + O<sub>2</sub> = 4N<sub>2</sub> + 6H<sub>2</sub>O].{βλ.Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση-Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ”. Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998.}

Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή είναι μια εμπορικά ώριμη τεχνολογία και εφαρμόζεται ήδη σε μεγάλες σταθερές μηχανές Diesel όπου το μέγεθος και το βάρος του κινητήρα δεν αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα (μηχανές πλοίων, μονάδες παραγωγής ενέργειας κλπ.) καθώς και σε μερικά βαρέα φορτηγά Diesel. Η μέθοδος αυτή πιθανότατα θα εξαπλωθεί ευρέως από το 2006 και μετά ώστε να υπάρξει συμμόρφωση των βαρέων οχημάτων και φορτηγών με τα αυστηρά όρια εκπομπών NOx των ευρωπαϊκών προτύπων Euro IV και V.{βλ. Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση-Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ”. Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998.}

Τα φίλτρα σωματιδίων Diesel (DPFs) φιλτράρουν και απομακρύνουν τα σωματίδια (PM) από τα καυσαέρια των οχημάτων. Είναι πολύ αποτελεσματικά και συνήθως απομακρύνουν παραπάνω από το 90% των σωματιδίων που περιέχονται στα καυσαέρια. Τα σωματίδια συλλέγονται υπό την μορφή αιθάλης η οποία στην συνέχεια απομακρύνεται με θερμική αναγέννηση (ή απλούστερα καύση) για την αποφυγή

δυσλειτουργίας του φίλτρου δηλ. η αιθάλη καίγεται ώστε να μην φράσσεται το φίλτρο.

Η θερμοκρασία των καυσαερίων από τους κινητήρες Diesel δεν είναι τόσο υψηλή για να «κάψει» απευθείας την αιθάλη, όμως τα φίλτρα σωματιδίων παρακάμπτουν το πρόβλημα αυτό με έναν από τους δυο παρακάτω τρόπους: Τα «παθητικά» φίλτρα σωματιδίων χρησιμοποιούν οξειδωτικούς καταλύτες για να μειώσουν την θερμοκρασία οξείδωσης της αιθάλης ενώ τα «ενεργητικά» φίλτρα σωματιδίων περιοδικά αυξάνουν την θερμοκρασία στο κατάλληλο επίπεδο. Οι πιο κοινές μέθοδοι για την αύξηση της θερμοκρασίας σε ένα ενεργητικό σύστημα είναι είτε μέσω της περιοδικής καύσης επιπλέον ποσότητας πετρελαίου για την θέρμανση της εξάτμισης είτε με κάποια μορφή θέρμανσης με ηλεκτρισμό. {βλ. Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση-Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ”. Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998.}

Τα φίλτρα σωματιδίων Diesel προς το παρόν χρησιμοποιούνται μόνο σε μια μειοψηφία νέων οχημάτων όμως η χρήση τους γίνεται συνεχώς όλο και πιο συχνή, ενώ σε ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες παρέχονται κίνητρα και επιχορηγήσεις για την εγκατάσταση φίλτρων σωματιδίων. Παράλληλα αποτελεί κοινή πεποίθηση ότι τα φίλτρα σωματιδίων πρέπει να περιλαμβάνονται στον βασικό εξοπλισμό των οχημάτων καθώς είναι αποτελεσματικά και σε γενικές γραμμές φθηνά. Τα όρια εκπομπών σωματιδίων του προτύπου εκπομπών ρύπων Euro V, το οποίο αναμένεται να τεθεί σε ισχύ το 2008 ή 2009, αναμένεται να κάνει επιβεβλημένη την χρήση των φίλτρων σωματιδίων Diesel. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες που ήδη κατασκευάζουν οχήματα με φίλτρα σωματιδίων Diesel περιλαμβάνουν τις εταιρείες BMW, Citroen, Mercedes, Peugeot και Toyota. {βλ. Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση-Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ”. Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998.}

Η μετασκευή υφιστάμενων οχημάτων ώστε να αυτά μπορούν να χρησιμοποιούν φίλτρα σωματιδίων Diesel είναι πολύπλοκη και συνήθως πραγματοποιείται μόνο σε βαρέα οχήματα.

Τα τελευταία χρόνια στα οχήματα που κινούνται με συμβατικά καύσιμα έχουν επιτευχθεί σημαντικά βήματα για την αύξηση της απόδοσης του κινητήρα. Συγκεκριμένα οι βελτιώσεις αφορούν κυρίως τους πετρελαιοκινητήρες Diesel οι οποίες σε συνδυασμό με την χαμηλότερη τιμή του πετρελαίου έναντι της βενζίνης, έχουν συμβάλει στην σημαντική αύξηση της δημοτικότητας και της χρήσης των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων την τελευταία δεκαετία. {βλ. Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση-Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ”. Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998.}

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 σε σχεδόν όλους του κινητήρες Diesel εφαρμόζεται η τεχνολογία της υπερπλήρωσης ή αλλιώς υπερσυμπίεσης (turbo) η οποία βελτιώνει σημαντικά την απόδοση και την ισχύ του κινητήρα.

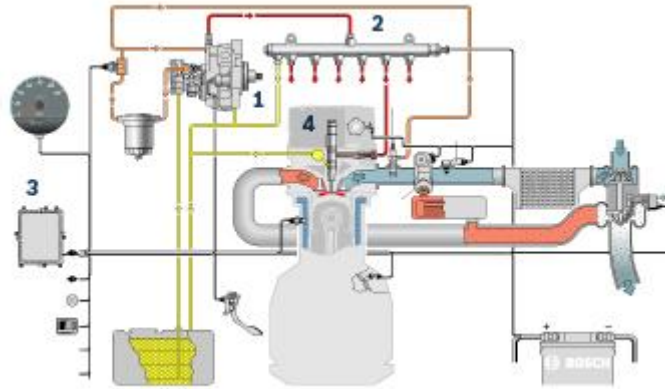
Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού (Direct injection) {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 7.} επίσης έχουν αρχίσει να διεισδύουν με γρήγορο ρυθμό στα οχήματα Diesel από τις αρχές της δεκαετίας του 90. Στους κινητήρες άμεσου ψεκασμού το καύσιμο ψεκάζεται απευθείας στον θάλαμο καύσης του κινητήρα, αντί ενός προθάλαμου. Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού είναι πιο αποδοτικοί σε σχέση με τους κινητήρες εμμέσου ψεκασμού και συνεπώς εξοικονομούν καύσιμα και παράγουν λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> όμως παράγουν περισσότερα σωματίδια και είναι πιο θορυβώδεις στην λειτουργία τους. Τα τελευταία 3 χρόνια έχει αρχίσει η εισαγωγή κινητήρων άμεσου ψεκασμού και σε βενζινοκίνητα οχήματα αλλά η χρήση τους ακόμα παραμένει περιορισμένη. {βλ. Κων. Δ. Ρακόπουλος,

Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση-Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ”. Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998.}



ΕΙΚΟΝΑ 7.ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ DIRECT INJECTION ΤΗΣ VOLVO.

Οι κινητήρες άμεσου ψεκασμού υψηλής πίεσης ή πιο γνωστοί ως άμεσου ψεκασμού “common rail” είναι κινητήρες οι οποίοι διαθέτουν έναν κοινό αγωγό παροχής καυσίμου το οποίο ψεκάζεται υπό πολύ υψηλή πίεση σε όλους τους κυλίνδρους του κινητήρα. Ο ψεκασμός υπό υψηλή πίεση διευκολύνει την εκνέφωση του καυσίμου και βελτιώνει την καύση του. Ακόμη, αγωγοί κατάλληλα τοποθετημένοι σε κάθε κύλινδρο ρυθμίζουν με πολύ μεγάλη ακρίβεια τον χρόνο και την ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται, βελτιώνοντας ακόμη περισσότερο την συνολική απόδοση του κινητήρα.{βλ.ΕΙΚΟΝΑ 8.}{βλ. Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση-Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ”. Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998.}



ΕΙΚΟΝΑ 8.ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ COMMON RAIL.

### ΟΧΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.

Τα οχήματα φυσικού αερίου (NGV) διαθέτουν κινητήρες εσωτερικής καύσης με ανάφλεξη (εκτός από τα οχήματα μίγματος καυσίμου) και είναι παρόμοια με τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, αλλά με διαφορετικό εξοπλισμό αποθήκευσης και παροχής του καυσίμου. {βλ. Watt.G.M: "Natural Gas Vehicle Transit bus Fleets : The Current International Experience", International Association for Natural Gas Vehicles (Inc.) Review Paper. }

Το φυσικό αέριο όταν συμπιέζεται δεν υγροποιείται και για τον λόγο αυτό αποθηκεύεται επάνω στο όχημα ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) υπό πολύ υψηλή πίεση, συνήθως 200 bar, ή ως κρυογονικά υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) σε θερμοκρασίες κάτω από -180oC. Μεταξύ των δύο μορφών, συνηθέστερη είναι η αποθήκευση του αερίου ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο εξαιτίας του κόστους και της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του υγροποιημένου φυσικού αερίου και εξαιτίας των επαγόμενων προβλημάτων αεριοποίησης λόγω βρασμού κατά την διανομή και χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου. {βλ. Watt.G.M: "Natural Gas Vehicle Transit bus Fleets : The

Current International Experience'',International Association for Natural Gas Vehicles (Inc.) Review Paper. }

Οι δεξαμενές αποθήκευσης του συμπιεσμένου φυσικού αερίου πρέπει να αντέχουν στις μεγάλες πιέσεις των 200 και πλέον bar και γι' αυτό τον λόγο κατασκευάζονται από παχύ και βαρύ χάλυβα. Αντίθετα οι δεξαμενές του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι πολύ ελαφρότερες-στην πραγματικότητα είναι μεγάλα ισοθερμικά δοχεία – όμως είναι ογκώδεις ώστε να περιέχουν κατάλληλο πάχος μόνωσης για την αποφυγή της θέρμανσης και βρασμού του υγροποιημένου φυσικού αερίου. {βλ.Watt.G.M: ''Natural Gas Vehicle Transit bus Fleets : The Current International Experience'',International Association for Natural Gas Vehicles (Inc.) Review Paper. }

Επομένως η δεξαμενή αποθήκευσης των οχημάτων φυσικού αερίου είναι είτε βαριά είτε ογκώδης, γεγονός που σημαίνει το φυσικό αέριο είναι ευκολότερο να εφαρμοστεί σε βαρέα οχήματα όπως σε μικρά ή μεγάλα φορτηγά και λεωφορεία. {βλ.Watt.G.M: ''Natural Gas Vehicle Transit bus Fleets : The Current International Experience'',International Association for Natural Gas Vehicles (Inc.) Review Paper. }

Υπάρχουν τρεις τύποι οχημάτων φυσικού αερίου: τα οχήματα που λειτουργούν αποκλειστικά με φυσικό αέριο, τα οχήματα διπλού καυσίμου που λειτουργούν με φυσικό αέριο ή βενζίνη και τα οχήματα μίγματος φυσικού αερίου και Diesel όπου τα ποσοστά των δύο καυσίμων μεταβάλλονται ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπάρχουν σε όλους τους τύπους:

Τα οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου βελτιώνονται ώστε να λειτουργούν με υψηλότερες σχέσεις συμπίεσης, γεγονός που σε γενικές γραμμές οδηγεί σε μεγαλύτερη απόδοση του κινητήρα. Αυτό



είναι δυνατό λόγω του ότι το φυσικό αέριο έχει μεγαλύτερο αριθμό οκτανίων<sup>1</sup> από την βενζίνη ή το πετρέλαιο και επομένως η σχέση συμπίεσης μπορεί να αυξηθεί χωρίς πρόκληση «χτυπημάτων» του κινητήρα. Επίσης στα οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου είναι δυνατή η χρήση καταλύτη ειδικά σχεδιασμένου έτσι ώστε να κατακρατεί το μεθάνιο πιο αποτελεσματικά από τους συνήθεις καταλύτες βενζίνης ή Diesel. Τα περισσότερα οχήματα φυσικού αερίου που διατίθενται από τους κατασκευαστές στην Ευρώπη είναι οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου. {βλ. Watt.G.M: ‘‘Natural Gas Vehicle Transit bus Fleets : The Current International Experience’’, International Association for Natural Gas Vehicles (Inc.) Review Paper. }

Πολλά επαγγελματικά αυτοκίνητα και μικρά φορτηγά έχουν κινητήρες διπλού καυσίμου κυρίως για να αποφεύγεται ο κίνδυνος εξάντλησης των καυσίμων σε περίπτωση που δεν υπάρχει κάποιος κοντινός σταθμός ανεφοδιασμού με φυσικό αέριο. Αυτό συνήθως αποτελεί πρόβλημα στα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα επειδή δεν έχουν την δυνατότητα να εφοδιάζονται με μεγάλα ντεπόζιτα φυσικού αερίου και επειδή τα χαρακτηριστικά χρήσης τους συχνά μεταβάλλονται και είναι περισσότερο απρόβλεπτα από αυτά των μεγάλων φορτηγών και λεωφορείων. Τα οχήματα φυσικού αερίου διπλού καυσίμου όμως δεν μπορούν να βελτιωθούν ώστε να λειτουργούν ως οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου και για τον λόγο αυτό δεν έχουν την δυνατότητα σημαντικής μείωσης των καυσαερίων τους. {βλ. Watt.G.M: ‘‘Natural Gas Vehicle Transit bus Fleets : The Current International Experience’’, International Association for Natural Gas Vehicles (Inc.) Review Paper. }

Οι κινητήρες μίγματος φυσικού αερίου-πετρελαίου έχουν τα πλεονεκτήματα των κινητήρων Diesel, οι οποίοι είναι πιο αποδοτικοί σε

χαμηλά φορτία λόγω των μειωμένων απωλειών στην διαδικασία έγχυσης και καύσης του καυσίμου στους κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση (αυτανάφλεξη). Το πετρέλαιο αναφλέγεται με συμπίεση και δρα σαν βοηθητική πηγή ανάφλεξης του φυσικού αερίου. Σε χαμηλά φορτία (π.χ. με την μηχανή κοντά στο «ρελαντί») οι κινητήρες με μίγμα αερίου-πετρελαίου λειτουργούν κυρίως ή αποκλειστικά με πετρέλαιο, όμως σε υψηλότερα φορτία χρησιμοποιούν ένα μίγμα των δύο καυσίμων με περίπου 80 έως 90% φυσικό αέριο για πολύ υψηλά φορτία. Μια μικρή ποσότητα πετρελαίου πάντα ψεκάζεται στον θάλαμο καύσης, αφού οι κινητήρες μίγματος φυσικού αερίου πετρελαίου αναφλέγονται με συμπίεση. {βλ. Watt.G.M: "Natural Gas Vehicle Transit bus Fleets : The Current International Experience", International Association for Natural Gas Vehicles (Inc.) Review Paper. }

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

### 2.1} Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΙΣ ΧΕΡΣΑΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.

Αν και μπορεί να μην είναι ακόμα και τόσο γνωστό, η χρήση φυσικού αερίου για κίνηση οχημάτων ξεκίνησε στην Ελλάδα το 2001. Ήδη σήμερα, ένας στόλος 415 λεωφορείων (που ανήκει κυρίως στην ΕΘΕΛ) κινείται με συμπιεσμένο φυσικό αέριο, μια τεχνολογία που ονομάζεται CNG ή Compressed Natural Gas. {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 9}



ΕΙΚΟΝΑ 9.ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΜΕ CNG.

Δεν είναι όμως μόνο τα λεωφορεία καθώς 106 απορριμματοφόρα οχήματα των δήμων της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών τροφοδοτούνται με συμπιεσμένο φυσικό αέριο από τους δύο σταθμούς ανεφοδιασμού φυσικού αερίου (ΣΑΛΦΑ) της ΔΕΠΑ που βρίσκονται στην Ανθούσα και στα Άνω Λόσια. Η δυναμικότητα των σταθμών αυτών ανέρχεται σε 5.000 Nm<sup>3</sup>/h, γεγονός που τους κατατάσσει ανάμεσα στους μεγαλύτερους της Ευρώπης. {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 10} {βλ. [www.sofokleous10.gr](http://www.sofokleous10.gr)}



ΕΙΚΟΝΑ 10. ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΑ ΠΟΥ ΚΙΝΟΥΝΤΑΙ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ.

Πρόσφατα ξεκίνησε και η χρήση φυσικού αερίου για την κίνηση Ι.Χ. αυτοκινήτων στην Ελλάδα καθώς από τις 26.8.2010 λειτουργεί ο πρώτος σταθμός ανεφοδιασμού αυτοκινήτων Ι.Χ στην Ανθούσα Αττικής. {βλ. [www.sofokleous10.gr](http://www.sofokleous10.gr)} Στο σχεδιασμό της ΔΕΠΑ περιλαμβάνεται η συνεργασία με άλλες εταιρίες για την επέκταση του δικτύου των σταθμών σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη, καθώς και σε επιλεγμένα σημεία του Εθνικού Δικτύου. {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 11}



ΕΙΚΟΝΑ 11.ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα φορτηγού που κινείται με φυσικό αέριο είναι το EcoDaily της IVECO. Είναι ένα φορτηγό που κινείται με δύο καύσιμα: φυσικό αέριο και βενζίνη. Σχεδιασμένο και βελτιωμένο για κίνηση με φυσικό αέριο, το EcoDaily φυσικού αερίου διαθέτει “εφεδρική” λειτουργία με βενζίνη, με αυτονομία κίνησης έως και 386 χλμ. {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 12} {βλ. [www.iveco.gr](http://www.iveco.gr)}



ΕΙΚΟΝΑ 12.ΤΟ IVECOECODAILY.

Η Iveco είναι ο μοναδικός κατασκευαστής ελαφρών και βαρέων επαγγελματικών φορτηγών που προσφέρει πλήρη σειρά φορτηγών με φυσικό αέριο (CNG). Η σειρά φορτηγών CNG της Iveco στην Ευρώπη έχει ήδη φτάσει τις 10.000 πωλήσεις, κυρίως για χρήση αστικών μεταφορών. {βλ. [www.iveco.gr](http://www.iveco.gr)}

Το φυσικό αέριο είναι ένα από τα καύσιμα του μέλλοντος αλλά ήδη αποτελεί μια οικονομική και οικολογική λύση στις αστικές μεταφορές: Όσον αφορά στο κόστος καυσίμου, επιτρέπει εξοικονόμηση έως 20% περίπου σε σύγκριση με τα αντίστοιχα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Έχει τη μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον από κάθε άλλο κινητήρα εσωτερικής καύσης (πλήρη απουσία θειαφιού, υδρογονανθράκων και σωματιδίων καθώς και χαμηλή εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα). Ο κινητήρας φυσικού αερίου είναι αθόρυβος (περίπου 5 db λιγότερο από τον αντίστοιχο πετρελαιοκινητήρα). Πάνω από όλα, είναι ένα ασφαλές καύσιμο. Η θερμοκρασία αυτόματης ανάφλεξης είναι διπλάσια σε σχέση με αυτή του πετρελαίου και της βενζίνης. Οι δεξαμενές καυσίμου είναι δοκιμασμένες να αντέχουν τη διπλάσια πίεση λειτουργίας. Σε περίπτωση διαρροής, το φυσικό αέριο διασκορπίζεται γρήγορα γιατί είναι ελαφρύτερο από τον αέρα. {βλ. [www.depa.gr](http://www.depa.gr)}

Τα οχήματα φυσικού αερίου επιτρέπεται να εισέλθουν σε υπόγειους χώρους στάθμευσης, σε επιβατηγά πλοία και πάνω από όλα (χάρη στις εξαιρετικά χαμηλές εκπομπές καυσαερίων) να κυκλοφορούν σε περιοχές περιορισμένης κυκλοφορίας (π.χ. ζώνες δακτυλίου).

Ολόκληρη η σειρά CNG της Iveco έχει εξασφαλίσει την έγκριση της Οδηγίας EEV (Environmentally-friendly Enhanced Vehicle) ενώ στην πραγματικότητα οι εκπομπές καυσαερίων είναι μικρότερες από τις απαιτήσεις της Οδηγίας Euro 6. {βλ. [www.iveco.gr](http://www.iveco.gr)}

Εκτός βέβαια από το CNG, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται στην αυτοκίνηση και υγροποιημένο. Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG) είναι ένα βιώσιμο εναλλακτικό καύσιμο με χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του πετρελαίου (diesel) σε βαριά φορτηγά μεγάλων αποστάσεων. Η βιομηχανία μεταφορών ευθύνεται για το 25% περίπου των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην Ευρώπη, επομένως ένα ανταγωνιστικό καύσιμο έναντι του diesel είναι απόλυτα αναγκαίο. Ωστόσο, η έλλειψη επαρκούς υποδομής στην Ευρώπη εμποδίζει την ευρύτερη χρήση του. Η Volvo Trucks συμμετέχει στην προσπάθεια για τη δημιουργία «μπλε διαδρόμων» με στρατηγικά τοποθετημένους σταθμούς ανεφοδιασμού, στοχεύοντας στην αύξηση της διαθεσιμότητας του καυσίμου. Η Volvo Trucks, μέλος του Οργανισμού Οχημάτων Φυσικού Αερίου & Βιοαερίου - Natural & bio Gas Vehicle Association (NGVA Europe), ήταν ο πρώτος και παραμένει ο μοναδικός κατασκευαστής στην Ευρώπη που προσφέρει σύστημα μεθανίου-diesel. {βλ. [www.volvotrucks.com](http://www.volvotrucks.com)}

Σε πολλές Ευρωπαϊκές πόλεις, παρατηρείται μία επέκταση της υποδομής του συμπιεσμένου αερίου. Η λειτουργία μεγάλων οχημάτων μεταφορών με συμπιεσμένο αέριο είναι αδύνατη, επειδή τα ρεζερβουάρ είναι βαριά και καταλαμβάνουν πολύ χώρο. Σε υγροποιημένη μορφή όμως, το αέριο έχει μικρότερο όγκο, που σημαίνει ότι είναι πιο κατάλληλο σε διαδρομές μεγάλων αποστάσεων.

Για τη χρήση LNG σε οχήματα μεταφορών σε όλη την Ευρώπη, είναι αναγκαίο πρώτα να δημιουργηθεί μία υποδομή σταθμών ανεφοδιασμού. Έτσι γεννήθηκε η ιδέα των «μπλε διαδρόμων» σαν ένα δίκτυο σταθμών ανεφοδιασμού LNG για βαριά οχήματα. Για να υλοποιηθεί βέβαια μια τέτοια ιδέα θα χρειαστεί άψογος συντονισμός από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Υπάρχουν ήδη αρκετοί σταθμοί ανεφοδιασμού LNG στην Ευρώπη

που θα αποτελέσουν μία αφετηρία για τους «Μπλε Διαδρόμους». Ξεκινώντας από αυτούς τους σταθμούς, μπορούν να εντοπιστούν οι πλέον κατάλληλοι για μελλοντική εξέλιξη. {βλ. [www.volvotrucks.com](http://www.volvotrucks.com)}

Την άνοιξη του 2011, η Volvo Trucks λανσάρισε το Volvo FM MethaneDiesel, με λειτουργία βασισμένη σε ποσοστό μέχρι 75% σε υγροποιημένο μεθάνιο (LNG/LBG). Η Volvo είναι ο πρώτος κατασκευαστής στην Ευρώπη που συστήνει αυτή την ενεργειακά αποδοτική τεχνολογία για χρήση αερίου σε κινητήρα diesel. Όταν το φορτηγό λειτουργεί με LNG, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πέφτουν μέχρι 10% συγκριτικά με το diesel. Με LBG στο ρεζερβουάρ, η μείωση φτάνει ακόμα και στο 70%.{βλ.ΕΙΚΟΝΑ 13}{βλ. [www.volvotrucks.com](http://www.volvotrucks.com)}



ΕΙΚΟΝΑ 13. ΤΟ VOLVO FM METHANEDIESEL.

Υπολογίζεται ότι στην Αθήνα το 1/3 του συνόλου των διανυόμενων χιλιομέτρων ημερησίως οφείλεται στα ταξί. Η διείσδυση του Φ.Α. στον κλάδο των ταξί θα είναι δυσκολότερη λόγω του ότι θα πρέπει να αναπτυχθεί ταυτόχρονα ένα αστικό δίκτυο πρατηρίων ανεφοδιασμού



Δ.Χ. {βλ. [www.ecocity.gr](http://www.ecocity.gr)} Το πρόγραμμα ανάπτυξης της αεριοκίνησης στην πόλη του Βερολίνου, και ειδικότερα το τμήμα του που αναφέρεται στα ταξί, μπορεί να αποτελέσει το πρότυπο και για την Αθήνα. Μέχρι την ανάπτυξη επαρκούς δικτύου ανεφοδιασμού, τα ταξί θα πρέπει να είναι διπλού καυσίμου. {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 14}



ΕΙΚΟΝΑ 14.ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗ ΓΕΡΜΑΝΙΑ.

Οι παρακάτω δύο πίνακες {βλ.ΠΙΝΑΚΑΣ 1-ΠΙΝΑΚΑΣ 2} προβάλλουν ποια μοντέλα οχημάτων κυκλοφορούν σήμερα στη διεθνή αγορά, καταναλώνοντας φυσικό αέριο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.

<b>ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ</b>	<b>VANS</b>	<b>ΦΟΡΤΗΓΑ</b>	<b>ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦ ΟΡΑ</b>
Citroën Berlingo Multispace 1,4 GNV	Citroën Berlingo 1,4 GNV	Chevy Silverado CNG	Mercedes-Benz Econic
Fiat Doblò SX 1.6 BiPower	Citroën Jumper GNV	GMC Sierra CNG	

Fiat Punto 1,2 60 BiPower	Fiat Doblò Cargo bipower	Volvo FL	
Fiat Multipla Bipower	Fiat Ducato bipower	Renault	
Ford Focus CNG	Ford Transit CNG	Iveco	
Mercedes-Benz E200 NGT	Iveco Daily CNG	Mercedes	
Opel Zafira 5D 1,6 Comfort	Mercedes- Benz Sprinter NGT	MAN	
Volkswagen Golf Variant 2,0 BiFuel	Opel Combo 1,6 CNG Tour		
Volvo S60 Bi- Fuel CNG	Peugeot Partner bivalent		
Volvo S80 Bi- Fuel CNG	Peugeot Boxer bivalent		
Volvo V70 Bi- Fuel CNG			
Honda Civic GX CNG			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.

<b>ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ</b>			
<b>EvoBus</b> (Mercedes-Benz)	<b>MAN</b>	N 4007 CNG Centro Midigelenk	L30LF (LNG)
Citaro/Citaro G/Citaro Ü CNG	SL 200 CNG	N 4409 CNG	L35LF (LNG)
Mercedes-Benz O305 CNG (Australia)	SL 202 CNG	N 4411 CNG Centroliner Solo	L40LF (LNG)
O 405 N/O 405 N <sup>2</sup> CNG	NL 202 CNG	N 4413/1 CNG, N 4413/2 CNG	<b>Scania</b>
O 405 NH CNG (Australia Only)	NL 232 CNG	N 4416 CNG Centroliner Solo	L113CLB/L113CLL/ L113CRB/L113CRL CNG
O 405 NÜ CNG	NL 243 CNG	N 4420 CNG Centroliner	L94UB CNG
O 405 GN/O 405 GN <sup>2</sup> CNG	NL 313 CNG	N 4421 CNG Centroliner Gelenk	OmniCity/OmniLin k CNG
OC 500 LE 1825 hG modular bus chassis	NG 313 CNG	N 4426/3 CNG	<b>Volvo</b>
<b>Irisbus</b>	NÜ 243 CNG	<b>New Flyer</b>	B10L CNG
Iveco/Irisbus	NÜ 313 CNG	C30LF (CNG)	B10BLE CNG

CityClass CNG			
Renault/Irisbus Agora/Agora L GNV	Neoplan	C35LF (CNG)	B9L/B9LA CNG
Irisbus Citelis 12/Citelis 18 GNV	N 3316 Ü Euroliner	C40LF (CNG)	7700 CNG

Τα οφέλη από τη χρήση του συμπιεσμένου φυσικού αερίου για την κίνηση των οχημάτων είναι τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά. Σε ό,τι αφορά το περιβάλλον, η αεριοκίνηση οχημάτων αποτελεί σήμερα μια σημαντική και αποτελεσματική διέξοδο στο οξύ πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που αντιμετωπίζουν πολλές μεγαλουπόλεις και παράλληλα συνεισφέρει θετικά στην επιβράδυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το φυσικό αέριο αποτελεί ίσως το μόνο βιώσιμο εναλλακτικό καύσιμο στο χώρο των μεταφορών (Η τεχνολογία οχημάτων Υδρογόνου δεν είναι ώριμη και απαιτεί τουλάχιστον 10-15 έτη πρόσθετης έρευνας, ενώ τα βιοκαύσιμα συμβάλουν στην αύξηση των τιμών των τροφίμων παγκόσμια με αρνητικές επιπτώσεις στον πληθωρισμό και το επίπεδο διαβίωσης των πολιτών). Τα οχήματα φυσικού αερίου θεωρούνται σήμερα ως τα καθαρότερα μετά τα αυτοκίνητα "μηδενικών" εκπομπών (ηλεκτρικά, υδρογόνου), που όμως έχουν ακόμα σοβαρούς τεχνολογικούς περιορισμούς. {βλ. Dobbins R.A. (1979): Atmospheric Motion and Air Pollution, John Wiley and Sons. 324pp.}

Ανάλογα με το συγκεκριμένο καύσιμο και τον τύπο του οχήματος, η χρήση φυσικού αερίου στα οχήματα επιτυγχάνει μια σειρά από οφέλη, όπως:

- Μείωση των εκπομπών μη-μεθανιούχων υδρογονανθράκων μέχρι και 80%.
- Ελαχιστοποίηση έως και μηδενισμός των εκπομπών καρκινογόνων αρωματικών και πολυκυκλικών υδρογονανθράκων.
- Μείωση των εκπομπών NOx μέχρι και 85%.
- Μείωση των εκπομπών CO περισσότερο από 90%.
- Μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι και 20%.
- Μείωση του σχηματισμού όζοντος (νέφους) κατά 80-90%.
- Μείωση των εκπομπών λεπτών σωματιδίων (PM) μέχρι και 99%. {βλ. Dobbins R.A. (1979): Atmospheric Motion and Air Pollution, John Wiley and Sons. 324pp. }

Οι μελέτες που έχουν εκπονηθεί και έχουν καταλήξει στα παραπάνω στοιχεία συνιστούν τη λήψη μέτρων προώθησης της χρήσης του φυσικού αερίου και άλλων "καθαρών" καυσίμων (π.χ. βιοαέριο), κατά προτεραιότητα μάλιστα σε στόλους οχημάτων που διανύουν πολλά χιλιόμετρα μέσα στις πόλεις - όπως λεωφορεία, απορριμματοφόρα, ταξί και οχήματα διανομής προϊόντων. {βλ. Dobbins R.A. (1979): Atmospheric Motion and Air Pollution, John Wiley and Sons. 324pp. }

Η τεχνολογία των οχημάτων που κινούνται με φυσικό αέριο είναι γνωστή, ώριμη και ασφαλής. Το φυσικό αέριο καίγεται σε κινητήρα Otto (με σπινθήρα), καθιστώντας δυνατή την εναλλαγή καυσίμου μεταξύ βενζίνης και φυσικού αερίου. Επισημαίνεται ότι η δυνατότητα της

εναλλαγής εφαρμόζεται, κυρίως, στα μικρά οχήματα. Για οικονομικούς λόγους, τα μεγαλύτερα οχήματα που κινούνται σε συγκεκριμένες διαδρομές (λεωφορεία, απορριμματοφόρα, κλπ) κατασκευάζονται αποκλειστικά για καύση φυσικού αερίου. Ως εκ τούτου, η χρήση φυσικού αερίου για την κίνηση οχημάτων αποτελεί μια ώριμη τεχνολογική λύση με ουσιαστική δυνατότητα μείωσης της εξάρτησης μιας χώρας από το πετρέλαιο. {βλ. Dobbins R.A. (1979): Atmospheric Motion and Air Pollution, John Wiley and Sons. 324pp. }

Ένα ακόμα αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι τα οχήματα φυσικού αερίου είναι λιγότερο θορυβώδη από τα ντιζελοκίνητα οχήματα, πράγμα ιδιαίτερα χρήσιμο για τα λεωφορεία και απορριμματοφόρα που λειτουργούν σε κατοικημένες περιοχές - πολλές φορές μάλιστα σε ώρες κοινής ησυχίας. Η μείωση του θορύβου έχει μετρηθεί σε 1 db(A) κατά την κίνηση σε σταθερή ταχύτητα, ενώ κατά την επιτάχυνση έφτασε τα 3,3 db(A). Επισημαίνεται ότι μία διαφορά 3 db(A) ισοδυναμεί με υποδιπλάσιο του θορύβου. {βλ. Masters G.M., (1991): Introduction to Environmental Engineering and Science, Prentice Hall International Ed., U.S.A. }

Πέραν των περιβαλλοντικών στοιχείων, είναι πολύ σημαντικό να αναπτυχθεί και το θέμα της τιμής του φυσικού αερίου για την κίνηση οχημάτων. Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά και παγκόσμια δεδομένα, η τιμή του είναι σημαντικά χαμηλότερη από αυτή της βενζίνης και του diesel. Συγκρινόμενη με την τιμή της βενζίνης είναι περίπου 40 - 50% φθηνότερη, ενώ σε σχέση με την τιμή του diesel είναι 35 - 45% φθηνότερη. Κατά παρόμοιο τρόπο θα προσδιορισθεί η τιμή του φυσικού αερίου για πώληση σε Ι.Χ. αυτοκίνητα και στην Ελλάδα, γεγονός που θα καθιστά τη χρήση φυσικού αερίου για κίνηση οχημάτων σαφώς πιο συμφέρουσα για τους ιδιοκτήτες τους. {βλ. Masters G.M., (1991):

Introduction to Environmental Engineering and Science, Prentice Hall International Ed., U.S.A. }

Παράλληλα, η αποδοτικότητα του φυσικού αερίου ως καυσίμου κινητήρων έχει μετρηθεί από τις κατασκευάστριες αυτοκινητοβιομηχανίες, οι οποίες παραθέτουν τα εν λόγω στοιχεία στα ενημερωτικά φυλλάδια των αντίστοιχων μοντέλων. Σε γενικές γραμμές όμως, η απόδοση αυτού του τύπου των οχημάτων είναι παρόμοια με τα βενζινοκίνητα. {βλ. Masters G.M., (1991): Introduction to Environmental Engineering and Science, Prentice Hall International Ed., U.S.A. }

## **2.2} Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ CNG.**

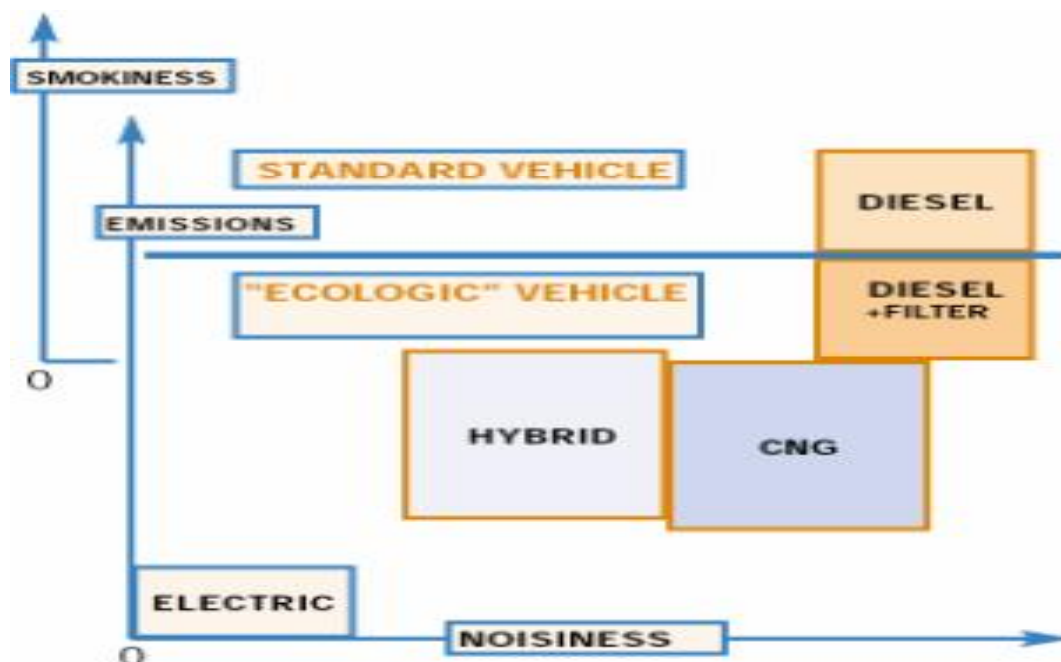
Τα αστικά λεωφορεία αυτού που τύπου είναι εφοδιασμένα με τον κινητήρα GH10 ο οποίος παράγει χαμηλά επίπεδα ρύπων με πολύ χαμηλό θόρυβο και ελάχιστους κραδασμούς. Ο GH10 είναι ένας κύλινδρος 10λιτρος κινητήρας ειδικά σχεδιασμένος για καύση CNG. Ο κύκλος λειτουργίας είναι αυτός της βενζινομηχανής καθώς το φυσικό αέριο είναι ένα καύσιμο με μεγάλο αριθμό οκτανίων και μικρό αριθμό κετανίων. Αν και οι δύο μηχανές η GH10 και η βενζινομηχανή λειτουργούν με τον κύκλο του Otto, η μηχανή φυσικού αερίου έχει 8% υψηλότερη απόδοση. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της εξελιγμένης επιλογής στη διαδικασία καύσης. {βλ. [www. transportlearning.net](http://www.transportlearning.net) }

Σύμφωνα με τη νέα τάση στους βενζινοκινητήρες η μηχανή GH10 είναι σχεδιασμένη να δουλεύει με φτωχό μίγμα αέρος καυσίμου, δηλαδή με περίσσια αέρος. Ο περισσότερες βενζινομηχανές πάραυτα λειτουργούν με στοιχειομετρικό μίγμα αέρος καυσίμου, που δίνει τέλεια καύση. Τα πλεονεκτήματα της καύσης με φτωχό μίγμα αέρος είναι:

- Αύξηση της απόδοσης, λόγω της μεγάλης σχέσης συμπίεσης, με αποτέλεσμα την οικονομία καυσίμου.

- Δραστική μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων (βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΑΣ 4) με αποτέλεσμα φιλικότητα προς το περιβάλλον.
- Ελάττωση του θερμικού φορτίου του κινητήρα, με αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου ζωής.

Ο κινητήρας GH10 είναι σχεδιασμένος να εκπέμπει ελάχιστους ρύπους με ιδιαίτερη μείωση των οξειδίων του αζώτου που συνεισφέρουν στην δημιουργία νέφους χωρίς την χρήση καταλύτη. Τα λεωφορεία αυτού του τύπου είναι εφοδιασμένα με οξειδωτικό μετατροπέα μειώνοντας τις εκπομπές ρύπων σε ακόμα χαμηλότερα επίπεδα. {βλ. [www.transportlearning.net](http://www.transportlearning.net)} {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 15}



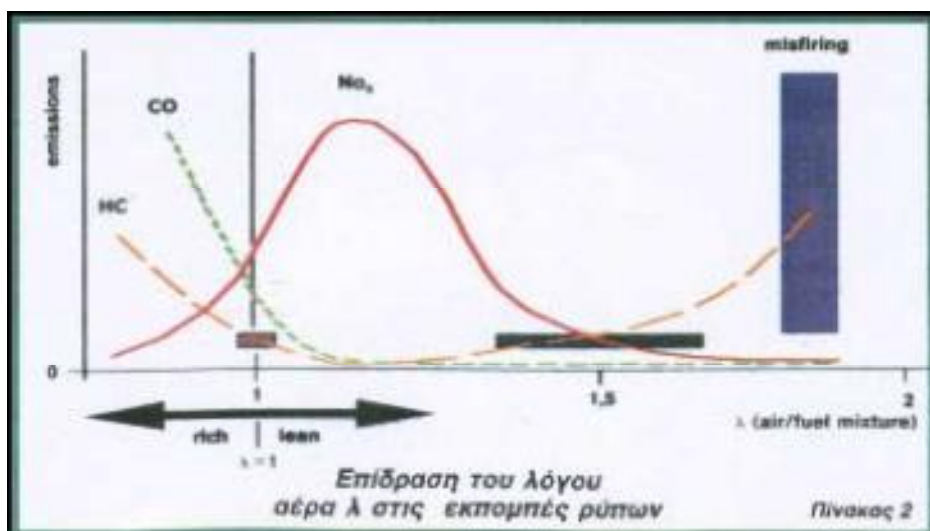
ΕΙΚΟΝΑ 15. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ CNG ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.



ΠΙΝΑΚΑΣ 3.

Εκπομπή ρύπων κινητήρα Φυσικού Αερίου GH10.		
Εκπομπές(g/kWh)	Diesel Euro 3 (2001)	Κινητήρας Φ.Α.
NO <sub>x</sub>	5.0	2.0
PM	0.1	<0.01
CO	4.0	0.01
THC	1.1	1.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.



Στα λεωφορεία που κινούνται με φυσικό αέριο, για να μεταφερθεί το καύσιμο θα πρέπει πρώτα να συμπιεστεί. Στα δοχεία καυσίμου, το φυσικό αέριο είναι αποθηκευμένο σε πίεση 200 bar. Πριν γίνει ο ψεκασμός στη μηχανή η πίεση ειώνεται στα 10 bar μέσω ενός ρυθμιστή πίεσης. Μετά από αυτό το αέριο περνά σε εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος σταθεροποιεί τη θερμοκρασία καυσίμου. {βλ. [www.transportlearning.net](http://www.transportlearning.net)}

Στο σύστημα παροχής καυσίμου της μηχανής, το φυσικό αέριο αναμιγνύεται με τον αέρα προσαγωγής. Τέσσερις υπολογιστές ελέγχουν

τις βαλβίδες έτσι ώστε να διοχετεύεται η βέλτιστη ποσότητα καυσίμου / αέρα σε κάθε φορτίο της μηχανής. {βλ. [www.transportlearning.net](http://www.transportlearning.net)}

Η μηχανή είναι εφοδιασμένη με σύστημα υπερπλήρωσης (turbo) και βαλβίδα ασφαλείας τροποποιημένη έτσι ώστε να ταιριάζει σε αέριο καύσιμο. Η βαλβίδα ασφαλείας απενεργοποιεί την υπερπλήρωση σε οριακά φορτία. Όταν ο οδηγός απελευθερώνει το πεντάλ της επιτάχυνσης, μια ρυθμιστική βαλβίδα ανοίγει ώστε να προστατευθεί ο συμπιεστής από το να εκτεθεί σε οριακές τιμές πίεσης. Έμβολα, χιτώνια, κεφαλή θαλάμου καύσης, βαλβίδες και συστήματα έγχυσης καυσίμου είναι βελτιστοποιημένα για την καύση αέριων καυσίμων. Η GH10 διαθέτει ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα ανάφλεξης, με ξεχωριστό πολλαπλασιαστή τάσης για κάθε σπινθηριστή (μπουζί). Αυτό προσδίδει μία ισχυρή τάση ανάφλεξης έτσι ώστε η διαδικασία και ο χρόνος καύσης να προσεγγίζει το ιδανικό. {βλ. [www.transportlearning.net](http://www.transportlearning.net)}

Ο ψεκασμός και η ανάφλεξη του καυσίμου ρυθμίζονται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου της μηχανής. Με στόχο να βελτιστοποιηθεί η διαδικασία καύσης, η μονάδα ελέγχου συνεχώς λαμβάνει σήματα από μεγάλο αριθμό αισθητήρων. Η μονάδα ελέγχου επίσης, διαθέτει ένα ολοκληρωμένο διαγνωστικό πρόγραμμα δυσλειτουργιών του συστήματος και ενημερώνει εγκαίρως με φωτεινά σήματα τον πίνακα οργάνων του οδηγού.

Το λεωφορείο διαθέτει μια ολοκληρωμένη συστοιχία σε πλαίσιο, με πέντε υψηλής πίεσης δοχεία καυσίμων, βαλβίδες άμεσης διακοπής καυσίμου και δεικτών διαρροής. Το πλαίσιο με τα δοχεία καυσίμων είναι τοποθετημένο στην οροφή του λεωφορείου {βλ. EIKONA 16 ΚΑΙ EIKONA 17}.



ΕΙΚΟΝΑ 16. Ο ΧΩΡΟΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΘΕΙ ΟΙ ΦΙΑΛΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.



ΕΙΚΟΝΑ 17. Ο ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ ΤΩΝ ΦΙΑΛΩΝ.

Τα δοχεία καυσίμου είναι μία σύνθετη κατασκευή, με πυρήνα αλουμινίου και εξωτερική επένδυση με ανθρακονήματα. Το όλο σύστημα ζυγίζει όχι περισσότερο από 550 Kg και έχει χωρητικότητα 1055 lit. αερίου. Αυτή είναι ικανοποιητική για 400 Km οδηγώντας σε φυσιολογικές συνθήκες πόλης. Ο κίνδυνος ενός ατυχήματος όταν γίνεται

χρήση φυσικού αερίου είναι ελάχιστος. Το φυσικό αέριο δεν είναι τοξικό και είναι ελαφρύτερο του αέρα. Στην περίπτωση διαρροής ανέρχεται και αναμιγνύεται γρήγορα με τον αέρα δημιουργώντας ένα μη πτητικό μίγμα. Το φυσικό αέριο αναφλέγεται μόνο όταν αναμιχθεί με αέρα σε ποσοστό 85-95%. Το σημείο ανάφλεξης του είναι 580 °C που είναι υψηλότερο των ατμών του πετρελαίου για παράδειγμα. Η παροχή καυσίμου διακόπτεται αμέσως όταν σταματήσει η μηχανή. Το καύσιμο αποθηκεύεται σε ένα σφραγισμένο σύστημα και όλα τα σχετικά εξαρτήματα είναι επισταμένως υπολογισμένα. Τα δοχεία καυσίμου είναι εξοπλισμένα με βαλβίδες ασφαλείας οι οποίες ανοίγουν εάν η πίεση αυξηθεί πάνω από τα κανονικά επίπεδα, για παράδειγμα σε περίπτωση φωτιάς. Έτσι τα δοχεία καυσίμου δεν εκρήγνυνται. {βλ. [www.transportlearning.net](http://www.transportlearning.net)}

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

### 3.1}ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ DIESEL – CNG ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.

Ο ΟΑΣΑ και η ΕΘΕΛ διαπιστώνοντας τα πλεονεκτήματα των λεωφορείων με καύσιμο Φυσικό Αέριο σε σύγκριση με τα λεωφορεία συμβατικών κινητήρων Diesel ή CD (Conventional Diesel), προχώρησαν σε μία σημαντική επένδυση αποκτώντας έναν από τους μεγαλύτερους στόλους λεωφορείων με καύσιμο Φυσικό Αέριο στην ΕΕ, πάντοτε με στόχο την δραστική μείωση των εκπομπών βλαβερών ρυπογόνων ουσιών και την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων της Αθήνας, αλλά και του επιβατικού κοινού. {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 18.} {βλ. N. Papageorgiou, E. Kakaras, J. Chomatas, D. Giannakopoulos, C. Fournaris, Ch. Adamopoulos, “Possibilities of utilization of Hydrogen / Natural Gas mixtures in existing natural gas supply grids”, 1st National Hydrogen Conference of Greece, Athens, 30/9 – 1/10 2004.}



ΕΙΚΟΝΑ 18.

Με το πέρασμα του χρόνου όμως, η διαθέσιμη τεχνολογία των συμβατικών κινητήρων Diesel ή CD (Conventional Diesel) εξελίχθηκε

ραγδαία, αλλάζοντας μοιραία και δραστικά τις παρακάτω παραμέτρους με βάση τις οποίες θα υπολόγιζε κανείς την βέλτιστη αναλογία σύνθεσης του στόλου των θερμικών λεωφορείων της ΕΘΕΛ, λεωφορείων Diesel, λεωφορείων Φυσικού Αερίου.{βλ. N. Papageorgiou, E. Kakaras, J. Chomatas, D. Giannakopoulos, C. Fournaris, Ch. Adamopoulos, “Possibilities of utilization of Hydrogen / Natural Gas mixtures in existing natural gas supply grids”, 1st National Hydrogen Conference of Greece, Athens, 30/9 – 1/10 2004.}

Το φυσικό αέριο, όντας ήδη σε αέρια φάση, μπορεί αποτελεσματικότερα να αναμιγνύεται με τον αέρα και να πληρώνει τους κυλίνδρους του κινητήρα φυσικού αερίου, αποτελώντας έτσι μία ιδανική εκδοχή βενζινοκινητήρα (λόγω της χημικής του σύστασης απαιτείται ηλεκτρική έναυση για την εκκίνηση της καύσεως), με θεωρητικά ελάχιστους ρύπους. Επίσης, καθώς το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των κινητήρων φυσικού αερίου είναι αναλογικά μειωμένες σε σχέση με κινητήρες άλλων καυσίμων, λόγω ακριβώς της υψηλής αναλογίας ατόμων υδρογόνου προς άτομα άνθρακα (4:1 για το μεθάνιο, έναντι ~ 2:1 για το Diesel). Η ροή, η ανάμιξη με τον αέρα και η θερμοχημική αντίδραση του καυσίμου είναι μεν βελτιστοποιημένες, ο κύκλος όμως λειτουργίας του κινητήρα CNG παραμένει κατά βάση κύκλος βενζινοκινητήρα, και για τον λόγο αυτό ο βαθμός απόδοσής του παραμένει, σχετικά, χαμηλός.{βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Εμβολοφόρες Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως (Δυναμική)”, Εκδόσεις Φούντας, 1986.}

Σε ελεγχόμενες και ιδανικές συνθήκες οι κινητήρες φυσικού αερίου αναμένεται να εκπέμπουν ελάχιστους ρύπους, στην πράξη αυτό δεν ισχύει. Μετρήσεις που έχουν γίνει στις ΗΠΑ με φορητούς σταθμούς (οχήματα) μέτρησης ρύπων έχουν καταγράψει άκαυστους

υδρογονάνθρακες σε συγκεντρώσεις μέχρι και 1% κατ' όγκο στα καυσαέρια κινητήρων φυσικού αερίου λεωφορείων που κινούνται κατά την περίοδο της μέτρησης σε αστικά δρομολόγια και συνθήκες επιβαρυσμένης κίνησης. Συγκεκριμένα στις ίδιες μετρήσεις έχουν μετρηθεί συγκεντρώσεις φορμαλδευδών μέχρι και 100 φορές μεγαλύτερες από αυτές που μετρούνται σε κινητήρες Diesel σε αντίστοιχες συνθήκες. Επίσης η αναλογία συγκέντρωσης οξειδίων του αζώτου NOx προς την συγκέντρωση CO<sub>2</sub>, μετρήθηκε κυμαινόμενη από 0.5% ως 1,4% σε κινητήρες φυσικού αερίου, έναντι 0.9% που είναι η αντίστοιχη μέτρηση για σύγχρονους κινητήρες Diesel με καταλύτες αναγωγής οξειδίων του αζώτου. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι υπό προϋποθέσεις μπορεί να αμβλυνθεί σε σημαντικό βαθμό το πλεονέκτημα της κοντής ανθρακικής αλυσίδας του μεθανίου που αποτελεί το κυριότερο συστατικό του φυσικού αερίου, τουλάχιστον σε ότι τουλάχιστον αφορά την εκπομπή οξειδίων του αζώτου NOx. Τα πειραματικά αυτά αποτελέσματα δεν πρέπει να μας εκπλήσσουν, καθώς ο μηχανισμός δημιουργίας των ρύπων και ειδικά των υδρογονανθράκων δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις θερμοχημικός, ενώ η πλημμελής συντήρηση του κινητήρα CNG, σε συνδυασμό με τον τρόπο και τις συνθήκες οδήγησης του οχήματος, έχουν έντονη επίδραση στους εκπεμπόμενους ρύπους. Αν συνυπολογιστεί το κόστος, η ιδιαίτερη ευαισθησία στην κακή ή πλημμελή συντήρηση, οι δυσκολίες αλλά και η έλλειψη εμπειρίας στην συντήρηση, λειτουργία και τεχνική υποστήριξη των κινητήρων φυσικού αερίου (συγκριτικά με τον κινητήρα Diesel), εύκολα μπορεί να δει κανείς πως μπορούμε να φθάσουμε σε αυτά τα αποτελέσματα. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Εμβολοφόρες Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως (Δυναμική)”, Εκδόσεις Φούντας, 1986.}

Είναι φανερό ότι η τεχνολογία ECD, υπερτερεί σαφώς της τεχνολογίας CNG, γιατί έχει πρακτικά ίδιες και σε ορισμένες περιπτώσεις χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων (πλην CO<sub>2</sub>), θορύβου και απαγόμενης προς το περιβάλλον θερμότητας, είναι περισσότερο ασφαλής ή έχει πολύ χαμηλότερο κόστος ασφάλειας. Το πλεονέκτημα της τεχνολογίας CNG έναντι της τεχνολογίας ECD είναι ότι έχει χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από αυτές της τεχνολογία ECD. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, 1996.}

Τα οχήματα που κινούνται με πετρέλαιο έχουν γίνει σημαντικά πιο φιλικά προς το περιβάλλον, όμως ακόμη εκπέμπουν σημαντικά ποσά επιβλαβούς NO<sub>x</sub> και σωματίδια, στην περίπτωση που δεν διαθέτουν φίλτρα σωματιδίων. Τα πετρελαιοκίνητα οχήματα όμως παρουσιάζουν πλεονέκτημα στις εκπομπές CO<sub>2</sub> και σε πολλές περιπτώσεις με τον συνδυασμό χρήσης ενός φίλτρου σωματιδίων και μιας κατάλληλης τεχνολογίας μείωσης των εκπομπών NO<sub>x</sub>, ένα πετρελαιοκίνητο όχημα αποτελεί μια καλή λύση από περιβαλλοντική άποψη. Ας μην ξεχνάμε πως οι κινητήρες Diesel μπορούν να λειτουργήσουν με βιοκαύσιμα, τα οποία προσφέρουν τη δυνατότητα περαιτέρω μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, 1996.}

Τα οχήματα φυσικού αερίου σε γενικές γραμμές είναι πολύ φιλικά προς το περιβάλλον αναφορικά με τις εκπομπές αερίων ρύπων, δηλ. τις εκπομπές που επιβαρύνουν την ανθρώπινη υγεία όπως τα ιπτάμενα σωματίδια (PM), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και των καρκινογόνων υδρογονανθράκων (HC). Τα οχήματα φυσικού αερίου έχουν σχεδόν μηδενικές εκπομπές σωματιδίων γεγονός που τους δίνει μεγάλο πλεονέκτημα έναντι των



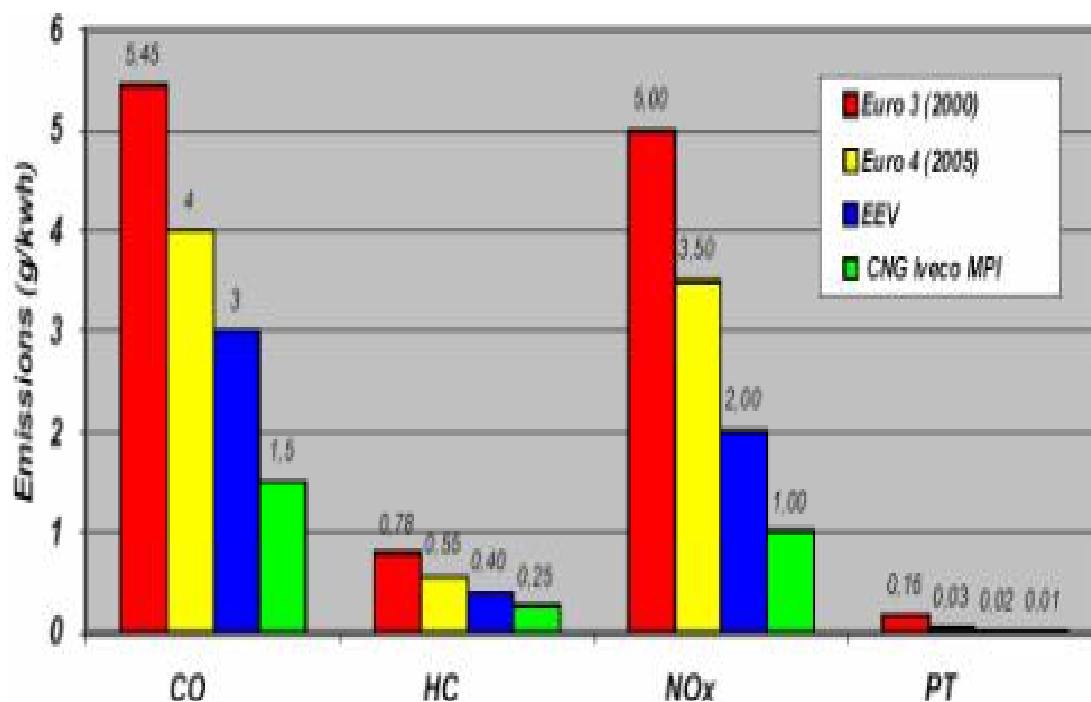
πετρελαιοκίνητων και αποτελεί έναν από τους βασικούς λόγους αντικατάστασης βαρέων οχημάτων diesel με αντίστοιχα φυσικού αερίου. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, 1996.}

Το μεθάνιο είναι και αυτό ένας υδρογονάνθρακας όμως συνήθως αντιμετωπίζεται διαφορετικά σε σχέση με τους υπόλοιπους υδρογονάνθρακες, αφού δεν είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία αλλά είναι ένα από τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για αυτόν τον λόγο, αναφορικά με τα οχήματα φυσικού αερίου, συχνά αναφέρονται εκπομπές “μη μεθανιούχων υδρογονανθράκων” αντί απλά εκπομπές υδρογονανθράκων γενικώς. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, 1996.}

Τα οχήματα που χρησιμοποιούν αποκλειστικά φυσικό αέριο συνήθως έχουν καταλύτες μεθανίου σχεδιασμένους κατάλληλα ώστε να κατακρατούν και να αφαιρούν τις σχετικά υψηλές εκπομπές μεθανίου που εκπέμπουν τα οχήματα αυτά. Οι καταλύτες μεθανίου δεν μπορούν να εγκατασταθούν σε οχήματα διπλού καυσίμου ή μίγματος καυσίμων και συνεπώς τα οχήματα αυτά είναι προβληματικά, όσον αφορά τις εκπομπές μεθανίου και στην επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, 1996.}

Ένα όχημα φυσικού αερίου που λειτουργεί σε σχετικά υψηλά φορτία συνήθως εκπέμπει περίπου 20% λιγότερο CO<sub>2</sub> από ένα παρόμοιο όχημα που λειτουργεί με βενζίνη και 5 έως 10% λιγότερο CO<sub>2</sub> από ένα Diesel. Πολλές φορές όμως και ιδιαιτέρως σε συνθήκες αστικού κυκλοφοριακού φόρτου, το πλεονέκτημα αποδοτικότητας των κινητήρων Diesel σε

χαμηλά φορτία αναιρεί το παραπάνω πλεονέκτημα των οχημάτων φυσικού αερίου με αποτέλεσμα τα οχήματα Diesel και φυσικού αερίου στην περίπτωση αυτή να εμφανίζουν παρόμοια επίπεδα εκπομπών CO<sub>2</sub>. {βλ.ΠΙΝΑΚΑΣ 5.}



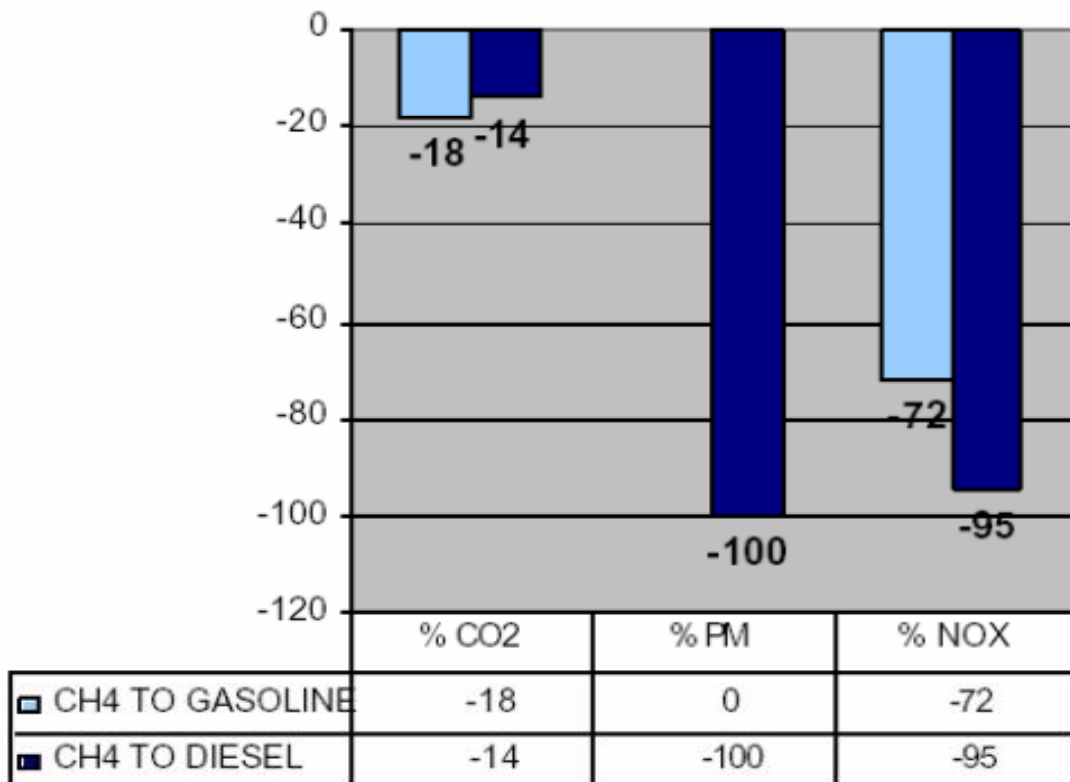
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ CNG IVECO (MPI) ΚΥΚΛΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ ΥΠΟ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ETC.

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα στις εκπομπές CO<sub>2</sub> των οχημάτων diesel και φυσικού αερίου, αυτά οφείλονται σε δυο διαφορετικούς λόγους: οι κινητήρες diesel είναι πιο αποδοτικοί (κινητική ενέργεια ως ποσοστό της συνολικής ενέργειας των καυσίμων) και αντίστοιχα η καύση του φυσικού αερίου παράγει λιγότερο CO<sub>2</sub> ανά μονάδα καταναλισκόμενης ενέργειας εξαιτίας της χαμηλότερης αναλογίας άνθρακα και υδρογόνου στην μοριακή του δομή. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, 1996.}

Δυστυχώς τα οχήματα που κινούνται με μίγμα πετρελαίου και φυσικού αερίου, μετατρέπονται σχεδόν ολοκληρωτικά σε οχήματα πετρελαίου, όταν κυκλοφορούν μέσα στην πόλη (σε χαμηλά φορτία). Ακριβώς εκεί τα πλεονεκτήματα των μειωμένων αέριων ρύπων που παρουσιάζουν τα οχήματα που κινούνται με φυσικό αέριο είναι σημαντικότερα. Για το λόγο αυτό, η εκτίμηση της περιβαλλοντικής απόδοσης ενός οχήματος μίγματος πετρελαίου-φυσικού αερίου πρέπει να γίνεται προσεκτικά και ιδιαίτερος όταν τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα εκπομπών ρύπων αφορούν το σύνολο των εκπομπών του πρότυπου κύκλου δοκιμής εντός αλλά και εκτός πόλης αθροιστικά. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως ”, 1996.}

Με τη χρήση του Φ.Α στην αεριοκίνηση παρατηρείται η δραστική μείωση εκπομπών σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.

- Σωματιδίων και αντιδράσεων που συμβάλλουν στο σχηματισμό του O<sub>3</sub>.
- Μείωση CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>. {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 6}
- Μηδενική παρουσία SO<sub>2</sub> και αιωρούμενων σωματιδιακών εκπομπών.
- Εκπομπή άκαυτων HC, σχεδόν ολική παρουσία μεθανίου 90% (μη τοξικό).



ΠΙΝΑΚΑΣ 6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ CNG ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.

### 3.2} Η Ε.Θ.Ε.Λ ΚΑΙ Ο «ΠΡΑΣΙΝΟΣ» ΣΤΟΛΟΣ ΤΗΣ.

Η ΕΘΕΛ, η Εταιρεία Θερμικών Λεωφορείων του ΟΑΣΑ, παραμένει ο κεντρικός και κύριος φορέας εκτέλεσης συγκοινωνιακού έργου ειδικά στις περιοχές εκείνες που δεν εξυπηρετούνται από ηλεκτροκίνητα μέσα μαζικής μεταφοράς, ενώ το θερμικό λεωφορείο της ΕΘΕΛ, είναι σταθερά και αμετακίνητα καταξιωμένο στη συνείδηση του επιβατικού κοινού ως το πλέον δημοφιλές και χρηστικό μέσο μαζικής μεταφοράς . Η ΕΘΕΛ βασίζεται στους θερμικούς κινητήρες των λεωφορείων της για την παροχή των υπηρεσιών της. Μέσα από ένα μακρόπνοο πρόγραμμα ανανέωσης του στόλου των λεωφορείων της, υπό την καθοδήγηση / εποπτεία του ΟΑΣΑ και στα πλαίσια του γενικότερου στρατηγικού σχεδιασμού του Οργανισμού, η ΕΘΕΛ έχει κάνει σημαντικά τεχνολογικά άλματα, τόσο γενικά, όσο και ειδικά σε ό,τι αφορά στους θερμικούς

κινητήρες. Συγκεκριμένα η ΕΘΕΛ έχει ήδη προμηθευτεί και χρησιμοποιεί ένα σημαντικό αριθμό λεωφορείων φυσικού αερίου, τα οποία αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους στόλους λεωφορείων φυσικού αερίου μέσα στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο κομμάτι του εκτελούμενου από την ΕΘΕΛ συγκοινωνιακού – μεταφορικού έργου, βασίζεται σήμερα και θα βασίζεται ακόμη για πολλά χρόνια και αρκετούς κύκλους ζωής των λεωφορείων της και των κινητήρων τους, στην τεχνολογία και στα καύσιμα Diesel. Έτσι λοιπόν η φροντίδα για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και λειτουργίας των κινητήρων Diesel που είναι σήμερα σε λειτουργία, αλλά και αυτών των οποίων η προμήθεια είναι απαραίτητη άμεσα, μεσοπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα, αποτελεί ευθύνη και άμεση προτεραιότητα του ΟΑΣΑ και της ΕΘΕΛ. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Αρχές Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, Εκδόσεις Φούντας, 1988.}

Ο στόλος των Θερμικών Λεωφορείων της ΕΘΕΛ ανέρχεται σε 2099 λεωφορεία με μέσο όρο ζωής 8 έτη. Από αυτά τα 283 είναι σύγχρονα λεωφορεία Diesel Euro 3 τελευταίας παραλαβής, ενώ τα 416 είναι σύγχρονα λεωφορεία φυσικού αερίου (CNG). Με σκοπό την συνεχή ανανέωση του στόλου των θερμικών λεωφορείων προγραμματίζεται προμήθεια 520 νέων λεωφορείων Diesel Euro IV / Euro V. {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 19.} {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Αρχές Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, Εκδόσεις Φούντας, 1988.}



ΕΙΚΟΝΑ 19.ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟ ΖΑΠΠΕΙΟ ΤΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΝΕΑΣ ΓΕΝΙΑΣ DIESEL EURO IV / EURO V.

Στα Θερμικά Λεωφορεία της ΕΘΕΛ χρησιμοποιούνται σήμερα τα ακόλουθα είδη κινητήρων :1) Συμβατικοί κινητήρες Diesel ή CD (Conventional Diesel) με καύσιμο Diesel. 2) Σύγχρονοι κινητήρες Diesel Ελεγχόμενων Εκπομπών Καυσαερίων, Θορύβου και Θερμότητας ή ECD (Emission Controlled Diesel) με καύσιμο Diesel. 3) Κινητήρες Φυσικού Αερίου βασιζόμενοι στην τεχνολογία των βενζινοκινητήρων (με καύσιμο Φυσικό Αέριο). {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Αρχές Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, Εκδόσεις Φούντας, 1988.}

Οι κινητήρες Diesel είναι η παλιότερη και η πλέον διαδεδομένη τεχνολογία κίνησης αστικών λεωφορείων. Επίσης μέχρι πριν από λίγα χρόνια ήταν και η μοναδική διαθέσιμη επιλογή για τα λεωφορεία στην Ελλάδα. Τα τελευταία 10-15 χρόνια η τεχνολογία αυτή έχει εξελιχθεί πολύ, καθώς λόγω της ενεργειακής κρίσης και της παγκόσμιας συνειδητοποίησης των συνεπειών της συνεχούς αύξησης των επιπέδων

των ρύπων, συμπεριλαμβανομένων του διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> (φαινόμενο του θερμοκηπίου), των οξειδίων του αζώτου NO<sub>x</sub> (φωτοχημικό νέφος), του διοξειδίου του θείου SO<sub>2</sub> (θειούχα προσβολή - όξινη βροχή), του μονοξειδίου του άνθρακα CO και των υδρογονανθράκων (τοξικότητα), καθώς και της συνεχούς αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας, οι κατασκευαστές κινητήρων και η πετροχημική βιομηχανία έχει στραφεί στην ευρεία χρήση των κινητήρων και των καυσίμων Diesel. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Αρχές Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, Εκδόσεις Φούντας, 1988.}

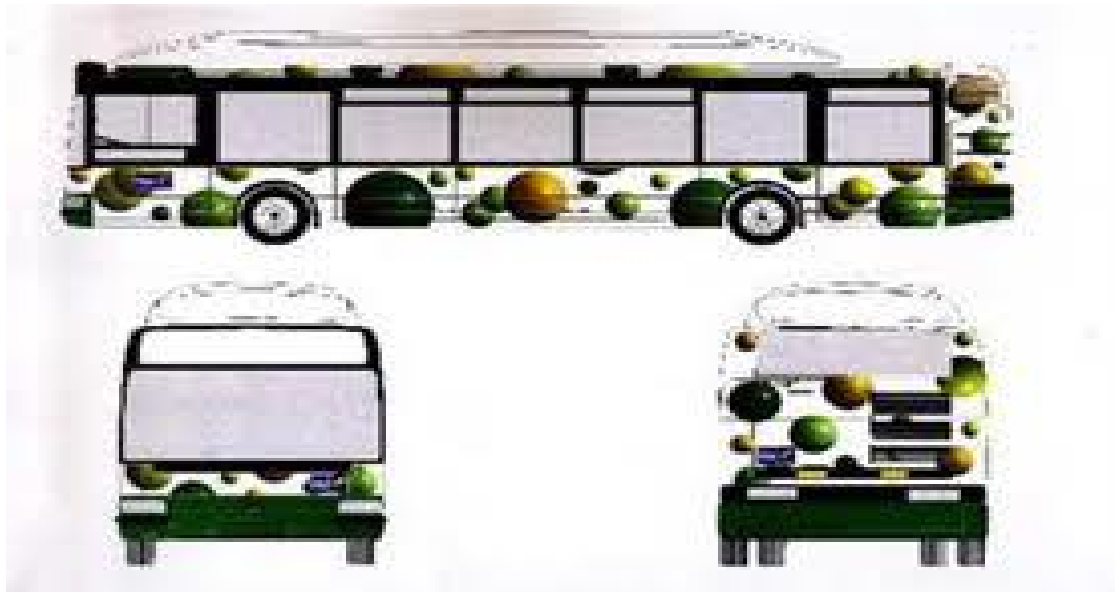
Για να μπορέσουν οι κινητήρες Diesel να γίνουν περισσότερο ανταγωνιστικοί και ελκυστικοί από τους βενζινοκινητήρες, η εξέλιξη της τεχνολογίας Diesel έφερε πολλές καινοτομίες.

Ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων Diesel σε πραγματικές (μη εργαστηριακές) συνθήκες λειτουργίας έχει αυξηθεί στο ίδιο διάστημα έως και 30%, ενώ οι εκπομπές καυσαερίων, στερεών σωματιδίων και θορύβου έχουν μειωθεί στα ίδια ή και σε χαμηλότερα επίπεδα από τους βενζινοκινητήρες, που θεωρούνταν μέχρι πρότινος οι λιγότερο ρυπογόνοι μεταξύ των θερμικών κινητήρων. Σε ό,τι αφορά την εκπομπή θερμότητας στο περιβάλλον, οι συμβατικοί κινητήρες Diesel (CD) ήδη είχαν τις χαμηλότερες εκπομπές μεταξύ όλων των θερμικών κινητήρων και βεβαίως η υπεροχή αυτή εντάθηκε με την τεχνολογία ECD. Λόγω ακριβώς του ότι τεκμηριωμένα οι κινητήρες Diesel έχουν τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης μεταξύ όλων των θερμικών κινητήρων και εξαιτίας της στροφής προς την χρήση τους και στα ΙΧ, η παγκόσμια οικονομία επενδύει με συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό σε επιστημονική έρευνα, τεχνολογία και μέσα παραγωγής κινητήρων Diesel, κάνοντας συνεχώς φθηνότερη την ανάπτυξη, παραγωγή, χρήση και συντήρησή τους, καθ’ όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής τους, καθιστώντας εξ ανάγκης βεβαία

την υπεροχή τους έναντι εναλλακτικών τεχνολογιών, καθ' όλη τη διάρκεια απόσβεσης των επενδύσεων αυτών. {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Εργαστηριακές Δοκιμές και Μετρήσεις Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, Εκδόσεις Φούντας, 1994.}

Στα πλαίσια του περιορισμού της ρύπανσης στην ήδη επιβαρυμένη ατμόσφαιρα του Λεκανοπεδίου της Αθήνας, η ΕΘΕΛ προγραμματίισε και ολοκλήρωσε με επιτυχία την αγορά λεωφορείων Φυσικού Αερίου (CNG). Από τα 416 λεωφορεία Φυσικού Αερίου της ΕΘΕΛ, τα 295 παραλήφθηκαν το 2001 και τα 121 το 2005. Με το νέο στόλο των νέων λεωφορείων με καύσιμο Φυσικό Αέριο (CNG) της ΕΘΕΛ, ο οποίος αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους στην ΕΕ, εξασφαλίστηκε σημαντική μείωση στις εκπομπές ρυπογόνων ουσιών, ενώ ταυτόχρονα προωθήθηκαν η σύγχρονη αισθητική μετακίνησης και οι φιλικές προς τον χρήστη υπηρεσίες μεταφοράς. Με το φιλικό προς το περιβάλλον καύσιμο, το σύγχρονο εξοπλισμό, το μοντέρνο σχεδιασμό και τον πρωτότυπο χρωματισμό τους τα λεωφορεία Φυσικού Αερίου σέβονται το περιβάλλον και θέτουν τα θεμέλια για μια πιο ουσιαστική παρέμβαση στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τις αστικές μετακινήσεις. {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 20} {βλ. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Εργαστηριακές Δοκιμές και Μετρήσεις Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, Εκδόσεις Φούντας, 1994.}





ΕΙΚΟΝΑ 20. «ΠΡΑΣΙΝΑ» ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΟΨΗ ΤΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.

Τα Λεωφορεία Φυσικού Αερίου πλεονεκτούν έναντι των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων διότι έχουν πολύ χαμηλότερες εκπομπές ρύπων ενώ και η κατανάλωση καυσίμου εμφανίζεται μειωμένη. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται στα οχήματα σε φιάλες ειδικών προδιαγραφών αντοχής και ασφάλειας υπό υψηλή πίεση (~250 bar), εξ' ου και αποκαλείται Συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο (Compressed Natural Gas, CNG).{βλ. “Η κατανάλωση Ενέργειας στις μεταφορές στην Ελλάδα” Πέτρος Κασσάπης– Πρόεδρος της επιτροπής Ενέργεια & Μεταφορές του IENE . 2007 }

Ο κινητήρας που χρησιμοποιείται στα οχήματα φυσικού αερίου είναι κινητήρας εσωτερικής καύσης. Οι κινητήρες CNG ιδιαίτερα των λεωφορείων και λοιπών βαρέων οχημάτων παρουσιάζουν ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά καθώς συνήθως πρόκειται για τροποποιημένους κινητήρες ντίζελ, οι οποίοι όμως λειτουργούν ως κινητήρες βενζίνης αφού φέρουν σπινθηριστή (μπουζί). Έτσι οι κινητήρες φυσικού αερίου συνδυάζουν ορισμένα από τα πλεονεκτήματα

και τα μειονεκτήματα των δυο τεχνολογιών.{βλ. “Η εξέλιξη των καυσίμων και των Προτύπων Εκπομπών Ρύπων από Συμβατικούς Κινητήρες Οχημάτων” Δημήτριος Κορρές - Χημικός Μηχ/κός. Ημερίδα «Ενέργεια και τις Μεταφορές» του IENE. Αθήνα 28/3/2007. }

Ως προς την κατανάλωση καυσίμου, μετρήσεις που έγιναν στα λεωφορεία της ΕΘΕΛ κατέδειξαν ότι τα λεωφορεία φυσικού αερίου παρουσίασαν 20%-35% υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με τα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία. Αυτό οφείλεται τόσο στην τεχνολογία του κινητήρα (σπινθηριστής) όσο και στο επιπλέον βάρος του συστήματος αποθήκευσης του φυσικού αερίου. Ένα λεωφορείο φυσικού αερίου που ζυγίζει περίπου 700 κιλά περισσότερο από ένα αντίστοιχο συμβατικό πετρελαιοκίνητο λεωφορείο τύπου Euro 3, καταναλώνει 25% περισσότερη ενέργεια και παράγει 85% λιγότερες εκπομπές ρύπων ενώ οι συνολικές εκπομπές ανάλυσης κύκλου ζωής CO<sub>2</sub> είναι κατά 5% μειωμένες. {βλ. ΣΑΣΘ – ΑΠΘ . “Διερεύνηση Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας και Τεχνολογιών για την βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του συστήματος Δημόσιων Αστικών Επιβατικών Μεταφορών στη περιοχή Θεσσαλονίκης” Τελική Έκθεση. Υπεύθυνος Γ.Π. Σακελλαρόπουλος. Δεκέμβριος 2003. }

Νεότερες μελέτες με σύγχρονα λεωφορεία φυσικού αερίου (έτος κατασκευής 2004) κατέδειξαν ακόμη μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών ρύπων (έως 75% μείωση των NO<sub>x</sub> και 80% μείωση PM) εν συγκρίσει με αντίστοιχα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία ενώ και η οικονομία καυσίμου ήταν βελτιωμένη κατά 4 - 9%.

#### Το κόστος καυσίμου και η κατανάλωσή του.

Σημαντικές διαφορές στο κόστος καυσίμου είναι δυνατόν να προκύψουν εξαιτίας της τιμής του φυσικού αερίου και της φορολογικής

πολιτικής των καυσίμων που ισχύει για κάθε χώρα. Η τιμή του φυσικού αερίου διαφέρει σημαντικά ακόμη και στο εσωτερικό μιας χώρας. Η τιμή του φυσικού αερίου αποτελεί ίσως το σημαντικότερο οικονομικό παράγοντα σε μια μελέτη σκοπιμότητας για τη μετάβαση ενός στόλου οχημάτων από το πετρέλαιο στο φυσικό αέριο. {βλ. [www.depa.gr](http://www.depa.gr)}

Για την Αθήνα, σύμφωνα με τα στοιχεία του 2003, η τιμή του φυσικού αερίου των αστικών λεωφορείων (0,31 €/ m<sup>3</sup>) της ΕΘΕΛ ανέρχονταν στο 60% περίπου της τιμής του πετρελαίου (0,5 €/ lt) για το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο, δηλ. ήταν φθηνότερο κατά 40%. Σύμφωνα με τα στοιχεία του 2006, η τιμή του φυσικού αερίου ήταν 0,52 €/ m<sup>3</sup>, περίπου 35% φθηνότερο από το πετρέλαιο. {βλ. [www.depa.gr](http://www.depa.gr)}

Σε γενικές γραμμές, η πλειοψηφία των εφαρμογών αστικών λεωφορείων φυσικού αερίου καταδεικνύουν υψηλότερο λειτουργικό κόστος έναντι των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων. Η διαφορά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία των λεωφορείων φυσικού αερίου. {βλ. “Η κατανάλωση Ενέργειας στις μεταφορές στην Ελλάδα” Πέτρος Κασσάπης– Πρόεδρος της επιτροπής Ενέργεια & Μεταφορές του IENE . 2007}

Σύμφωνα με τη διοίκηση της Ε.ΘΕ.Λ. Α.Ε., η εμπειρία της εταιρείας από τη λειτουργία των λεωφορείων φυσικού αερίου είναι θετική. Η οικονομία καυσίμου στα λεωφορεία φυσικού αερίου είναι 20% περίπου σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης. Η μέση κατανάλωση των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων είναι 0,456 €/km ενώ των λεωφορείων φυσικού αερίου είναι 0,357 €/km. Αυτό οφείλεται κυρίως στην πολύ χαμηλότερη τιμή του φυσικού αερίου σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης. Η τιμή του φυσικού αερίου στα μέσα του 2006 ήταν 0,7 €/kg ή 0,52 €/m<sup>3</sup> (1 kg=1,326 m<sup>3</sup>), και παρόλο που αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με το

2003 (0,32 €/m<sup>3</sup>) παρέμεινε 35% χαμηλότερη από τη μέση τιμή του πετρελαίου κίνησης που ήταν περίπου 0,87 €/lt ή 1,03 €/kg (0,84kg/lt πυκνότητα πετρελαίου, και 1 m<sup>3</sup> φυσικού αερίου έχει θερμογόνο δύναμη περίπου ίση με 1 lt πετρελαίου). Η συνολική κατανάλωση των λεωφορείων φυσικού αερίου της Ε.Θ.Ε.Λ. Α.Ε. για το 2004 ήταν 897.000 kg ενώ για το 2005 έφτασε το 1εκατ. Kg (13,5 εκατ. m<sup>3</sup> περίπου). Η κατανάλωση σε φυσικό αέριο μετρίεται σε κιλά ανά 100 χιλιόμετρα. {βλ. [www.osy.gr](http://www.osy.gr)} Χαρακτηριστικός είναι ο παρακάτω πίνακας {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 7} που παρέχει πληροφορίες για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λεωφορείων στην Αθήνα.

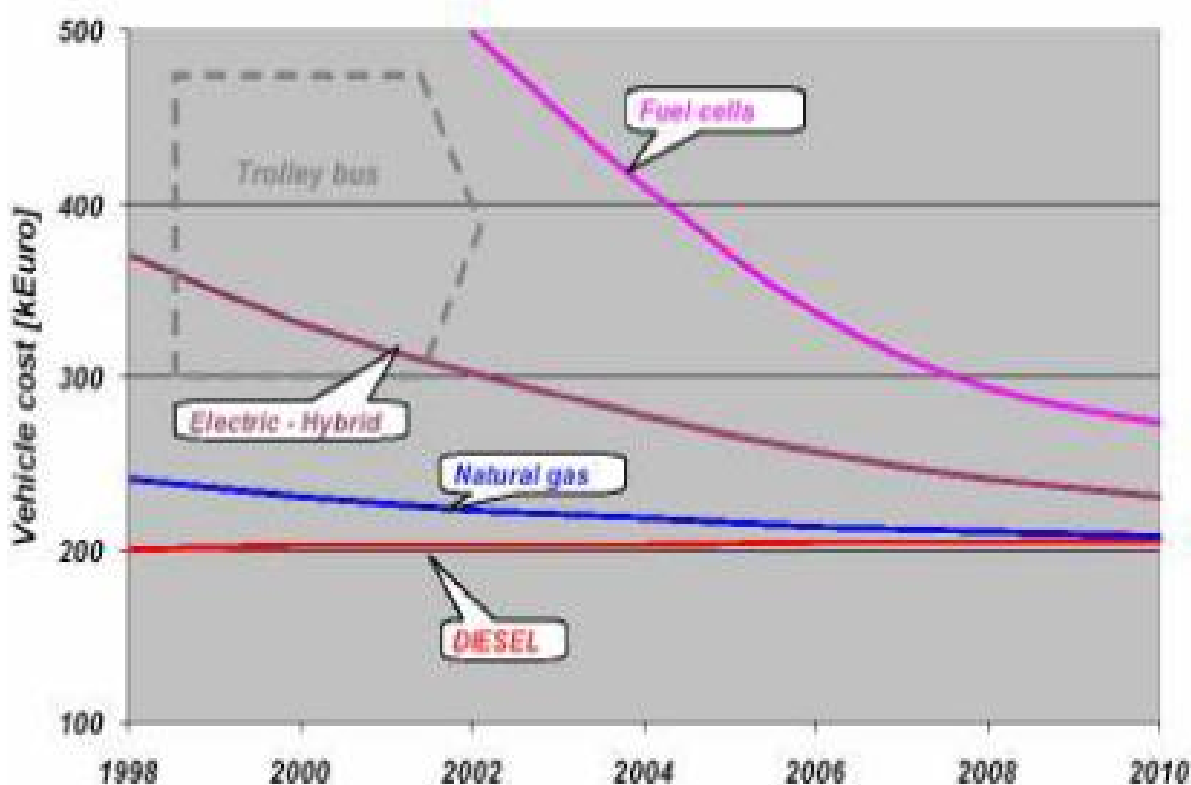
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.

	Λεωφορεία ΕΘΕΛ.
Μήκος δικτύου.	3.450 χλμ
Γραμμές.	313
Μέσο μήκος γραμμής.	11 χλμ
Οχήματα.	2.000 (416 φυσικού αερίου και 432 αρθρωτά)
Οχηματοχιλιόμετρα/ημέρα.	315.000
Μέση ταχύτητα.	14,9 χλμ/ώρα
Μέση συχνότητα.	24'
Συχνότητα ωρών αιχμής.	18'

Η επιλογή οχημάτων με φυσικό αέριο μακροπρόθεσμα οδηγεί σε σημαντική μείωση των λειτουργικών εξόδων, ωφελούμενα κυρίως στη διαφορά τιμής φυσικού αερίου και ντίζελ ή βενζίνης. Επίσης,

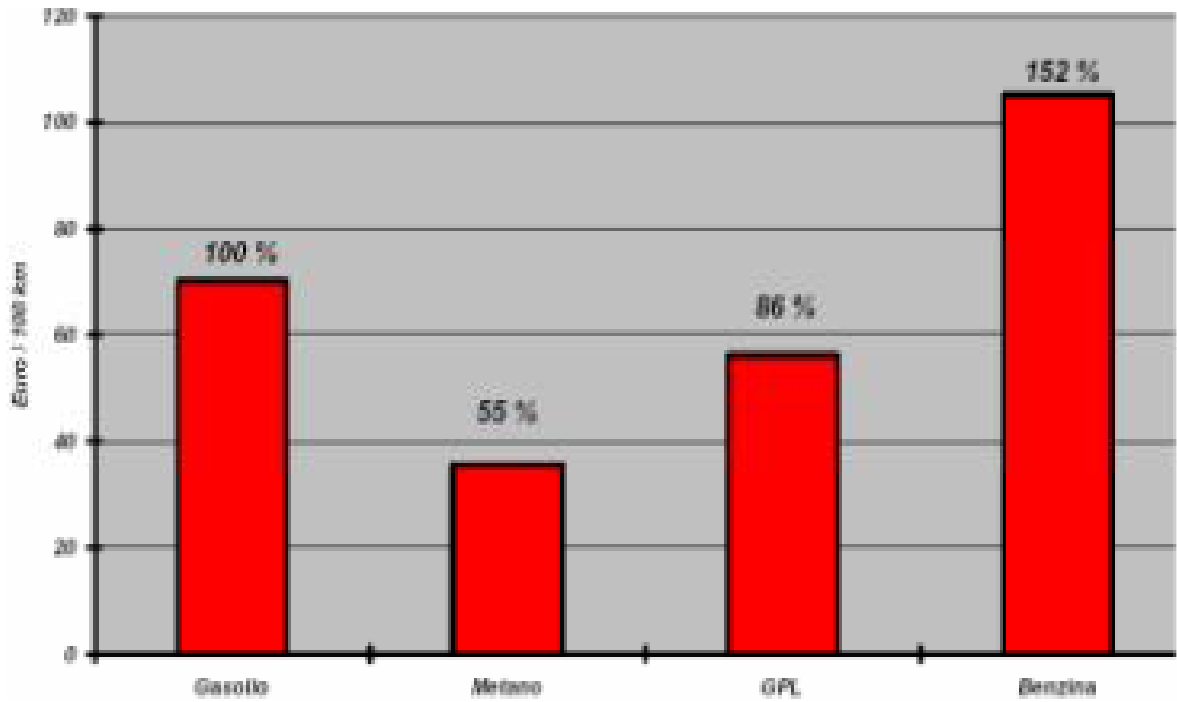
εφαρμόζεται τεχνολογία φιλική ως προς το περιβάλλον. {βλ. “Μεταφορές και Περιβάλλον” Θωμάς Γ. Χόνδρος. 1η Έκθεση Επαγγελματικού Αυτοκινήτου . Αθήνα Οκτώβριος 2000.}Ο πίνακας 8 συγκρίνει το κόστος των διαφορετικών τεχνολογιών σε ένα αστικό λεωφορείο ενώ ο πίνακας 9 συγκρίνει το κόστος καυσίμων στα αστικά λεωφορεία {βλ.ΠΙΝΑΚΑΣ 8-ΠΙΝΑΚΑΣ 9}

ΠΙΝΑΚΑΣ 8



ΠΙΝΑΚΑΣ 8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ (ΑΣΤΙΚΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ).

ΠΙΝΑΚΑΣ 9



ΠΙΝΑΚΑΣ 9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (ΑΣΤΙΚΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.**

### **4.1} Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΚΤΕΛ.**

Τα υπεραστικά λεωφορεία, τα οποία είναι γνωστά σε όλη την Ελλάδα ως «ΚΤΕΛ» συμπληρώνουν 50 χρόνια ζωής με τη μορφή που έχουν σήμερα. Στη διάρκεια του μισού αυτού αιώνα τα ΚΤΕΛ έχουν περάσει φάση αλματώδους ανάπτυξης, έχουν ουσιαστικά μεγαλώσει και ωριμάσει παράλληλα με τη σύγχρονη Ελλάδα. Κάνοντας μια απλή ιστορική ανάδρομη για τη λειτουργία τους θα διαπιστώσουμε αρκετά στοιχεία. {βλ. [www.ktel.org](http://www.ktel.org)}

Το 1920-25 εμφανίστηκαν οι πρώτες διατάξεις που καθόρισαν την κυκλοφορία ή την κίνηση των λεωφορείων. Τέτοιες διατάξεις ήταν το ΝΔ 24812 Σεπτεμβρίου 1922 και το ΠΔ 715 Οκτωβρίου 1925.

Το 1937-40 δημιουργούνται οι Κοινές Διευθύνσεις Αστικών και Υπεραστικών Λεωφορείων που αποτέλεσαν το πρώτο ουσιαστικό βήμα οργάνωσης των επιβατικών συγκοινωνιών. Η πορεία αυτή ανακόπηκε με το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Κατά το έτος 1939 το σύνολο των υπεραστικών λεωφορείων της χώρας ήταν 1635 λεωφορεία με 27.767 θέσεις. {βλ. [www.ktel.org](http://www.ktel.org)}

Μετά τη λήξη του Πολέμου άρχισε και πάλι η ανασυγκρότηση των λεωφορειακών συγκοινωνιών που παρουσίασαν αλματώδη άνοδο λόγω του ότι ο σιδηρόδρομος είχε καταστραφεί και εξυπηρετούσε λίγες περιοχές της χώρας, αεροπορία δεν υπήρχε και ουσιαστικά το αυτοκίνητο ήταν το μοναδικό χερσαίο μέσο. {βλ. [www.ktel.org](http://www.ktel.org)}

Το 1952 με το Νόμο 2119 συστάθηκαν τα Κοινά Ταμεία Εισπράξεων Λεωφορείων [ΚΤΕΛ] ένα για κάθε Νομό και για κάθε Νησί.

Δημιουργήθηκαν έτσι 104 Κοινά Ταμεία, 45 Αστικά και 59 Υπεραστικά. Τα Υπεραστικά ΚΤΕΛ είχαν στόλο 3.311 λεωφορεία με 79.464 θέσεις.

Το 1968 με την απόφαση του Υπουργού Συγκοινωνιών ανατράπηκε αυτή η οργάνωση με τη συγχώνευση όλων των ΚΤΕΛ σε οκτώ τεράστιους οργανισμούς περιφερειακής δομής, γνωστά σαν ΚΤΕΥΛ. Στη συνέχεια, εκδίδεται το ΝΔ 102/73 «περί οργανώσεως των δια λεωφορείων, αυτοκινήτων εκτελουμένων δημοσίων επιβατικών συγκοινωνιών» και επανέρχεται έτσι το προηγούμενο καθεστώς. {βλ. [www.ktel.org](http://www.ktel.org)}

Το 1984 με βάση το Νόμο 1437/84 άρχισε μια διαδικασία διαχωρισμού των Αστικών από τα Υπεραστικά ΚΤΕΛ με βάση το άρθρο 24.

Το 1986 το πρώτο υπεραστικό λεωφορείο κυκλοφορεί στην Ελλάδα, είναι 14 θέσεων και γαλλικής κατασκευής. Θεωρήθηκε μεγαθήριο για την εποχή του αφού όσα αυτοκίνητα κυκλοφορούσαν δεν ξεπερνούσαν τις 5-7 θέσεις. Κατά την περίοδο αυτή για την εκμετάλλευση του λεωφορείου σαν μεταφορικού μέσου χρειαζόνταν μια απλή άδεια της αστυνομικής αρχής. Κάθε λεωφορείο αποτελούσε ανεξάρτητη ιδιωτική επιχείρηση και ο ιδιοκτήτης σύμφωνα με την κρίση του μπορούσε να το χρησιμοποιήσει σε οποιαδήποτε περιοχή και γραμμή. Το κόμιστρο διαμορφωνόταν ελεύθερα ανάλογα με την επιβατική κίνηση ή τυχόν ανταγωνισμό. {βλ. [www.ktel.org](http://www.ktel.org)}

Σήμερα υπάρχουν 59 ΚΤΕΛ με στόλο 3953 λεωφορεία, τα οποία διενεργούν το 85% τω επιβατικών μεταφορών.

Τα δρομολόγια των Υπεραστικών ΚΤΕΛ ρυθμίζονται κατόπιν αποφάσεων του Νομάρχη. Αποτέλεσμα αυτής της διοικητικής ρυθμίσεως των δρομολογίων είναι ότι πολλές φορές αναγκάζονται τα ΚΤΕΛ να εκτελούν δρομολόγια για ελάχιστους επιβάτες κάτω από πολύ αντίξοες συνθήκες και χωρίς κανένα κέρδος. {βλ. [www.ktel.org](http://www.ktel.org)}



Τα Υπεραστικά λεωφορεία αποτελούσαν ανέκαθεν τον ομφάλιο λώρο των μικρών και απομακρυσμένων περιοχών και χωριών της Ελλάδας με πόλεις και κωμοπόλεις του κάθε Νομού.

Με τα ΚΤΕΛ δεν γίνεται μόνο μετακίνηση επιβατών αλλά και του τύπου, όπως εφημερίδες-περιοδικά, καθώς και δέματα. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα Υπεραστικά λεωφορεία εκτελούν δρομολόγια μεταφέροντας ημερησίως 140.000 μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στα σχολεία τους. {βλ. [www.ktel.org](http://www.ktel.org)}

Τέλος, στο κοινωνικό έργο των ΚΤΕΛ θα πρέπει να προστεθεί και η μεταφορά 90.000 ατόμων με Ειδικές Ανάγκες.

#### **4.2} ΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΤΕΛ Ν.ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ.**

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα δρομολόγια του ΚΤΕΛ Ν.Κορινθίας { βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 10 – ΠΙΝΑΚΑΣ 21} για να γίνει αντιληπτή η συχνότητα των δρομολογίων του εν λόγω ΚΤΕΛ και για να τονιστεί η χρησιμότητά τους, καθώς με το έργο τους συνδέουν συγκοινωνιακά αρκετές μικρότερες πόλεις του νομού με την πρωτεύουσα, και όχι μόνο, διευκολύνοντας χιλιάδες κατοίκους του νομού στις μετακινήσεις τους. Ο μεταφορικός «Μεσαίωνας» δε χαρακτηρίζει την Κόρινθο, όπως προκύπτει άλλωστε από τη μελέτη των παρακάτω πινάκων.

#### **Δρομολόγια από Αθήνα για Κόρινθο:**

Δευτέρα έως Παρασκευή: 06:10, 07:30, 08:40, 09:40, 10:40, 11:10, 12:10, 13:40, 14:10, 14:40, 15:40, 16:40, 17:40, 18:10, 18:40, 19:40, 20:50, 22:10.
--

Παρασκευή: 06:10, 07:30, 08:40, 09:40, 10:40, 11:10, 12:10, 13:40, 14:10, 15:10, 15:40, 16:40, 17:40, 18:10, 18:40, 19:40, 20:10, 20:50, 22:10.
Σάββατο: 07:30, 08:40, 09:40, 10:40, 11:40, 12:40, 13:40, 14:10, 14:40, 15:40, 16:40, 17:40, 18:10, 18:40, 19:40, 20:50, 22:10.
Κυριακή: 07:30, 08:40, 09:40, 10:40, 11:40, 12:40, 13:40, 14:10, 14:40, 15:40, 16:40, 17:40, 18:10, 19:10, 20:10, 20:50, 22:10.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 10.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΑΘΗΝΑ ΓΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟ.

### Δρομολόγια από Αθήνα για Λουτράκι.

Δευτέρα έως Σάββατο: 08:30, 10:30, 12:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 14:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 16:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 18:10 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 19:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 20:50 με ανταπόκριση στον Ισθμό
Παρασκευή: 08:30, 10:30, 12:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 14:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 16:30 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 18:10 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 19:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 20:50 με ανταπόκριση στον Ισθμό
Κυριακή: 08:40, 10:40, 12:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 14:40 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 16:30 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 18:10 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 19:30 με ανταπόκριση στον Ισθμό, 21:00 με ανταπόκριση στον Ισθμό.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 11.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΑΘΗΝΑ ΓΙΑ ΛΟΥΤΡΑΚΙ.

**Δρομολόγια από Αθήνα για Κόρινθο από παλιό δρόμο.**

Καθημερινά: 08:30, 12:10, 14:10, 18:40,
Σάββατο: 08:30, 12:40, 14:10, 18:40,
Κυριακή: 14:10

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΑΘΗΝΑ ΓΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟ ΑΠΟ ΠΑΛΙΟ ΔΡΟΜΟ.

**Δρομολόγια από Αθήνα για Δερβέني.**

Καθημερινά: 06:10, 10:40, 16:40, 19:40
Σάββατο και Κυριακή: 07:30, 10:40, 16:40, 19:40

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΑΘΗΝΑ ΓΙΑ ΔΕΡΒΕΝΙ.

**Δρομολόγια από Αθήνα για Ξυλόκαστρο.**

Καθημερινά: 06:10, 07:30, 08:40, 09:40, 10:40, 11:40, 12:40, 13:40, 14:40, 15:40, 16:40, 17:40, 18:40, 19:40, 20:50, 22:10 μέχρι Κιάτο
Σάββατο και Κυριακή: 07:30, 08:40, 09:40, 10:40, 11:40, 12:40, 13:40, 14:40, 15:40, 16:40, 17:40, 18:40, 19:40, 20:50, 22:10 μέχρι Κιάτο
Τιμή εισιτηρίου απλού 11,90, με επιστροφή 20

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΑΘΗΝΑ ΓΙΑ ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ.

**Δρομολόγια από Αθήνα για Νεμέα.**

Καθημερινά: 08:40, 11:10, 14:10, 18:10, 19:40
Παρασκευή: 08:40, 11:10, 14:10, 18:10, 20:10
Σάββατο: 10:40, 14:10, 18:10, 19:40
Κυριακή: 14:10, 18:10, 20:10

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΑΘΗΝΑ ΓΙΑ ΝΕΜΕΑ.

**Δρομολόγια από Κόρινθο για Αθήνα.**

Καθημερινά: 04:50, 05:30, 06:00, 06:30, 07:00, 08:00, 08:30, 09:30, 10:30, 11:30, 12:30, 13:30, 14:30, 15:30, 16:30, 17:30, 18:30, 19:30, 21:30.
Σάββατο και Κυριακή: 06:30, 07:30, 08:30, 09:30, 10:30, 11:30, 12:30, 13:30, 14:30, 15:30, 16:30, 17:30, 18:30, 19:30, 21:30

ΠΙΝΑΚΑΣ 16.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΚΟΡΙΝΘΟ ΓΙΑ ΑΘΗΝΑ.

**Δρομολόγια από Λουτράκι για Αθήνα.**

Καθημερινά; 06:00, 07:30, 09:30, 10:30, 12:30, 14:30, 17:30, 19:30, 21:30
Κυριακή: 07:30, 10:30, 12:30, 14:30, 17:30, 19:30, 21:30

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΛΟΥΤΡΑΚΙ ΓΙΑ ΑΘΗΝΑ.

**Δρομολόγια από Κόρινθο για Αθήνα από παλιό δρόμο.**

Καθημερινά; 06:00, 08:10, 10:15, 12:00, 14:10, 18:15
--

Σάββατο: 08:10, 10:15, 12:00, 14:10, 18:15
--

Κυριακή: 08:10, 14:10, 18:15
------------------------------

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΚΟΡΙΝΘΟ ΓΙΑ ΑΘΗΝΑ ΑΠΟ ΠΑΛΙΟ ΔΡΟΜΟ.

**Δρομολόγια από Δερβένη για Αθήνα.**

Καθημερινά: 05:15, 10:15, 16:15, 20:00
--

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΔΕΡΒΕΝΙ ΓΙΑ ΑΘΗΝΑ.

**Δρομολόγια από Ξυλόκαστρο για Αθήνα.**

Καθημερινά; 04:40, 05:40, 06:40, 07:40, 08:40, 09:40, 10:40, 11:40, 12:40, 13:40, 14:40, 15:40, 16:40, 17:40, 18:40, 20:20.
---

Σάββατο και Κυριακή: 05:40, 06:40, 07:40, 08:40, 09:40, 10:40, 11:40, 12:40, 13:40, 14:40, 15:40, 16:40, 17:40, 18:40, 20:20.
---

ΠΙΝΑΚΑΣ 20.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ ΓΙΑ ΑΘΗΝΑ.

**Δρομολόγια από Νεμέα για Αθήνα.**

Καθημερινά: 05:45, 08:15, 13:10, 16:30, 18:30
---

ΠΙΝΑΚΑΣ 21.ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟ ΝΕΜΕΑ ΓΙΑ ΑΘΗΝΑ.

#### **4.3} ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΚΤΕΛ.**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσπίζει συνεχώς αυστηρότερα μέτρα, όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων των μηχανοκίνητων οχημάτων, πιέζοντας τις βιομηχανίες αυτοκινήτων να παράγουν ολοένα και «καθαρότερα» μεταφορικά μέσα. Το πρότυπο που άρχισε να ισχύει πρόσφατα λέγεται Euro 5, ενώ στο εγγύς μέλλον θα αντικατασταθεί από το Euro 6. {βλ. Ε.Γ. Γιακουμής ( 1997 ) «Μεταβατική λειτουργία κινητήρων ντίζελ», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.} Συγκεκριμένα, το πρότυπο Euro 5 εφαρμόστηκε από την 1η Σεπτεμβρίου 2009 όσο αφορά την έγκριση τύπου και θα ισχύει από την 1η Ιανουαρίου 2011 όσο αφορά την ταξινόμηση και την πώληση των νέων τύπων οχημάτων, ενώ το πρότυπο Euro 6 θα εφαρμοστεί από την 1η Σεπτεμβρίου 2014 όσο αφορά την έγκριση τύπου και από την 1η Σεπτεμβρίου 2015 όσο αφορά την ταξινόμηση και την πώληση των νέου τύπου οχημάτων. {βλ.ΠΙΝΑΚΑΣ 22} Εφόσον ισχύουν τα πρότυπα Euro 5 και Euro 6, τα κράτη μέλη πρέπει να αρνούνται την έγκριση τύπου, την ταξινόμηση, την πώληση ή τη θέση σε κυκλοφορία των οχημάτων που δεν τηρούν τις εν λόγω οριακές τιμές εκπομπών. {βλ. Ε.Γ. Γιακουμής (1997) «Μεταβατική λειτουργία κινητήρων ντίζελ», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.}

Σύμφωνα με το πρότυπο Euro 5, για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα ισχύουν τα εξής :

- μονοξείδιο του άνθρακα: 500 mg / km.
- σωματίδια: 5 mg / km.
- οξείδια του αζώτου (NOx): 180 mg / km.
- συνδυασμένες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίου του αζώτου: 230 mg / km. {βλ.ΠΙΝΑΚΑΣ 22} {βλ. Ε.Γ. Γιακουμής (

1997 ) «Μεταβατική λειτουργία κινητήρων ντίζελ», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.}

Το νεότερο πρότυπο Euro 6 θα είναι ακόμη αυστηρότερο. Τα οχήματα που είναι εξοπλισμένα με κινητήρα ντίζελ υποχρεώνονται να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Για τις εκπομπές που προέρχονται από οχήματα που προορίζονται για μεταφορά θα ισχύει ανώτατο όριο 80 mg / km. Οι συνδυασμένες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου που προέρχονται από οχήματα ντίζελ θα μειωθούν επίσης, ώστε να τεθούν ανώτατα όρια, π.χ. 170 mg / km. {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 22} {βλ. Ε.Γ. Γιακουμής (1997) «Μεταβατική λειτουργία κινητήρων ντίζελ», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.}

Πρότυπα Ευρωπαϊκής Ένωσης για εκπομπές ρύπων επιβατικών αυτοκινήτων						
Πρότυπο	Ημερομηνία ισχύος για εγκρίσεις Τύπου	Ανώτατα όρια ρύπων (γραμ./χλμ.)				
		CO	HC	NOx	HC + NOx	PM
<b>Κινητήρες Πετρελαίου</b>						
Euro 1	Ιούλιος 1992	2,72	-	-	0,97	0,14
Euro 2	Ιανουάριος 1996	0,64	-	-	0,7	0,08
Euro 3	Ιανουάριος 2000	0,5	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4	Ιανουάριος 2005	0,5	-	0,25	0,3	0,025
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	0,5	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	0,5	-	0,08	0,17	0,005

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 22. ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ.

Η κατανάλωση του καυσίμου των ΚΤΕΛ είναι άλλο ένα βασικό ζήτημα. Στον ακόλουθο πίνακα {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 23} παρουσιάζεται η μέση τιμή της κατανάλωσης καυσίμου για κάθε συνθήκη οδήγησης. {βλ.

Ε.Γ. Γιακουμής (1997) «Μεταβατική λειτουργία κινητήρων ντίζελ»,  
 Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.}

	1-600 sec	601-1200 sec	1201-1800 sec
	πόλη	επαρχία	αυτοκινητόδρομος
Κατανάλωση. ( g/kwh )	235,033	228,318	268,746
Απόκλιση από το σύνολο.	-2,2%	-5%	+11,8%
Μέση κατανάλωση. ( kg/h )	13,056	16,557	11,065
Απόκλιση από τη μέση κατανάλωση	-3,7%	+22,1%	-18,4%

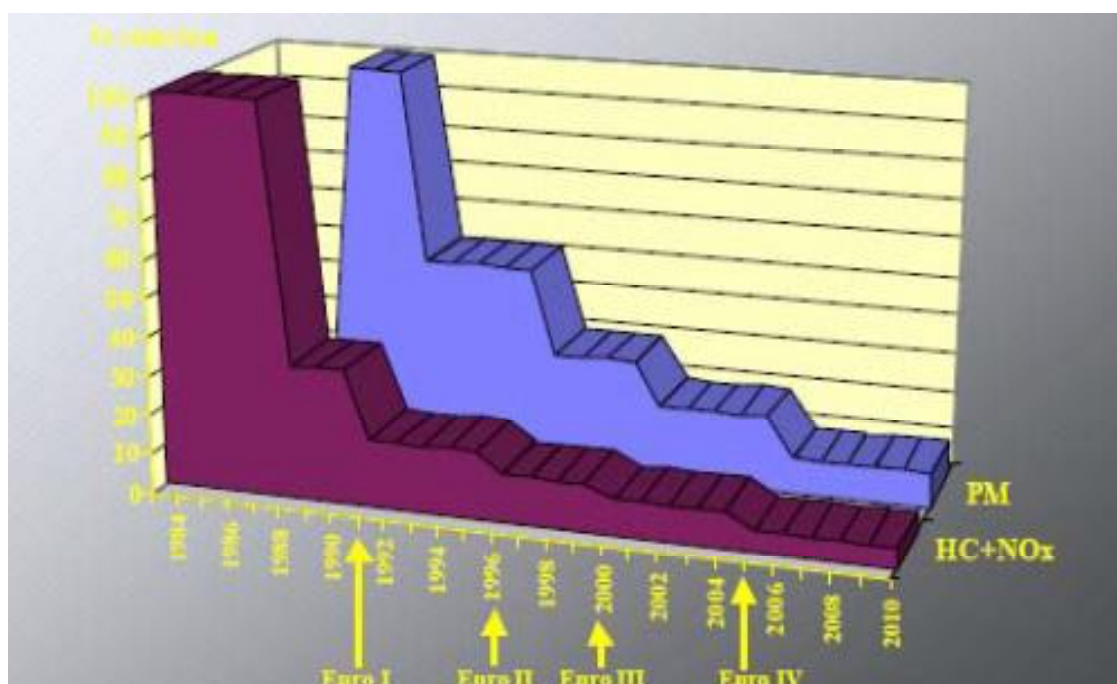
### ΠΙΝΑΚΑΣ 23. ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.

Η κατανάλωση καυσίμου επηρεάζεται πολύ από τις επιταχύνσεις, τις επιβραδύνσεις και τη μέση ταχύτητα. Αυτό εξηγεί το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της αγροτικής οδήγησης που παρουσιάζονται απότομες επιταχύνσεις αλλά και αυξημένη μέση ταχύτητα, η τιμή της κατανάλωσης καυσίμου μεγιστοποιείται. Η οδήγηση σε πόλη έχει επίσης αυξημένη τιμή λόγω των πολλών και συχνών ενάρξεων και στάσεων. {βλ. Ε.Γ. Γιακουμής (1997) «Μεταβατική λειτουργία κινητήρων ντίζελ», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.} Η οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο χαρακτηρίζεται από σταθερή μέση ταχύτητα, χωρίς επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις, γεγονός που εξηγεί τη χαμηλή τιμή της κατανάλωσης καυσίμου. Η κατανάλωση γίνεται ελάχιστη στην επαρχία, όπου έχουμε



λίγες επιταχύνσεις και σχετικά υψηλή μέση ταχύτητα, ενώ μεγιστοποιούνται κατά την οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο. {βλ. Ε.Γ. Γιακουμής (1997) «Μεταβατική λειτουργία κινητήρων ντίζελ», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.}

Τα τελευταία είκοσι περίπου χρόνια, η τεχνολογία των πετρελαιοκίνητων οχημάτων έχει βελτιωθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα τα επίπεδα των εκλυόμενων ρύπων να είναι πλέον κατά 5-10 φορές μικρότερα απ' ό,τι στα μέσα της δεκαετίας του '80 {βλ. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α}. {βλ. Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt (2003). Future Diesel: Exhaust gas legislation for passenger cars, light-duty commercial vehicles, and heavy duty vehicles – Updating of limit values for diesel vehicles, July 2003.}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α.Η ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.

Οι κινητήρες ντίζελ λειτουργούν με υψηλότερες πιέσεις στο θάλαμο καύσης σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες. Για αυτό το λόγο είναι

αναγκαία μια πιο στιβαρή κατασκευή του κινητήρα ντίζελ, περιορίζοντας έτσι τις θερμικές απώλειες στις φάσεις συμπίεσης και εκτόνωσης. Πρακτικά αυτό σημαίνει μεγαλύτερο βαθμό θερμοδυναμικής απόδοσης, γεγονός που ενισχύεται όταν ο κινητήρας υπερτροφοδοτείται (κινητήρας turbo).{βλ. Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt (2003). Future Diesel: Exhaust gas legislation for passenger cars, light-duty commercial vehicles, and heavy duty vehicles – Updating of limit values for diesel vehicles, July 2003.}Μεγαλύτερος βαθμός θερμοδυναμικής απόδοσης σημαίνει χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου (της τάξης του 10-30%) και αυτό είναι το μείζον πλεονέκτημα ενός πετρελαιοκινητήρα σε σχέση πάντα με ένα αντίστοιχο βενζινοκινητήρα. Συνυπολογίζοντας και τη μεγαλύτερη ροπή των κινητήρων ντίζελ (πράγμα που σημαίνει καλύτερη συμπεριφορά στις ενδιάμεσες επιταχύνσεις που επιβάλλει η κίνηση στις πόλεις), η απόδοσή τους μπορεί να είναι έως και 25% με 50% καλύτερη απ' αυτή των βενζινοκινητήρων.{βλ. Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt (2003). Future Diesel: Exhaust gas legislation for passenger cars, light-duty commercial vehicles, and heavy duty vehicles – Updating of limit values for diesel vehicles, July 2003.}

Η ενσωμάτωση νέων αντιρρυπαντικών τεχνολογιών στα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα έχει αναντίρρητα ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους των οχημάτων. Υπάρχει εκτίμηση ότι η ενσωμάτωση αυτών των νέων τεχνολογιών συνεπάγεται αύξηση του κόστους κατά 2.000-10.500 € για τα βαρέα οχήματα, όπως τα υπεραστικά λεωφορεία.{βλ. Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt (2003). Future Diesel: Exhaust gas legislation for passenger cars, light-duty commercial vehicles, and heavy duty vehicles – Updating of limit values for diesel vehicles, July 2003.}

Τα καυσαέρια των πετρελαιοκίνητων οχημάτων διαφέρουν από όχημα σε όχημα. Η σύστασή τους εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως η ποιότητα του καυσίμου, ο τύπος του κινητήρα, η οδηγική συμπεριφορά, η ύπαρξη ή μη συστημάτων αντιρρύπανσης, κ.λπ. {βλ. 4 Τροχοί (2004). Φάκελος Diesel: Όλη η αλήθεια για την πετρελαιοκίνηση. Ειδικό αφιέρωμα στο τεύχος 403, Απρίλιος 2004.}

Στους αέριους ρύπους, εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που είναι αέριο του θερμοκηπίου, συγκαταλέγονται το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), ενώσεις του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και του θείου (SO<sub>x</sub>) και υδρογονάνθρακες (HC) χαμηλού μοριακού βάρους. Από τοξικολογική άποψη, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι εκλυόμενες αλδεΐδες (π.χ. φορμαλδεΐδη, ακεταλδεΐδη, ακρολεΐνη), το βενζόλιο, το 1,3-βουταδιένιο, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ), και οι νιτρο-πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες. {βλ. EPA (2002a). Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust. National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency EPA/600/8-90/057F, May 2002. Washington, DC.}

Η σωματιδιακή φάση των καυσαερίων περιλαμβάνει στοιχειακό άνθρακα, προσροφημένες οργανικές ενώσεις και μικρές ποσότητες θεικών και νιτρικών ενώσεων καθώς και μέταλλα και άλλα ιχνοστοιχεία. Από τοξικολογική άποψη, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ), οι νιτρο-πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες και τα οξειδωμένα παράγωγα των ΠΑΥ. Συνήθως, οι ΠΑΥ και τα παράγωγά τους συνιστούν λιγότερο από το 1% της συνολικής μάζας των σωματιδίων πετρελαϊκής προέλευσης. {βλ. EPA (2002a). Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust. National Center for Environmental Assessment Office of

Research and Development U.S. Environmental Protection Agency EPA/600/8-90/057F, May 2002. Washington, DC.} Ο ακόλουθος πίνακας {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 24} φανερώνει τις τοξικές ενώσεις που υπάρχουν στα πετρελαιοκίνητα οχήματα. ( Όσες ενώσεις έχουν αστερίσκο( \* ) είναι ύποπτες για καρκινογένεση.)

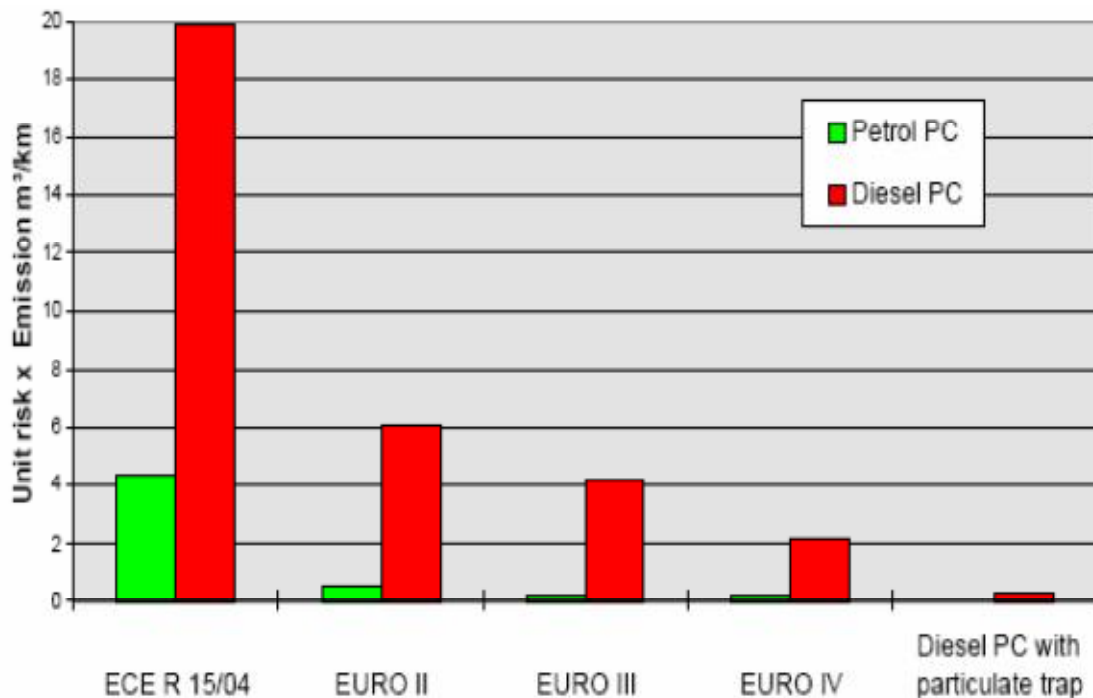
Acetaldehyde*	Chlorine	Methyl ethyl ketone
Acrolein	Chlorobenzene	Naphthalene*
Aluminum	Chromium compounds*	Nickel*
Ammonia	Cobalt compounds*	4-nitrobiphenyl*
Aniline*	Copper	Phenol
Antimony compounds*	Cresol	Phosphorus
Arsenic*	Cyanide compounds	POM (including PAHs)
Barium	Dibenzofuran	Propionaldehyde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

ΠΙΝΑΚΑΣ 24. ΤΟΞΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ ΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.

Αρκετές μελέτες που έχουν διεξαχθεί έχουν αποδείξει την καρκινογόνο δράση των καυσαερίων των πετρελαιοκινητήρων. Η δράση αυτή έχει αναγνωριστεί από επίσημους φορείς ανά τον κόσμο. Η κύρια μορφή εμφάνισής του είναι αυτή του καρκίνου των πνευμόνων και μπορεί να εμφανιστεί και σε επίπεδα ρύπων αντίστοιχα μ' αυτά που συναντώνται σε αστικά κέντρα. Μελέτες στη Φινλανδία έδειξαν επίσης αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου των ωοθηκών σε γυναίκες που

εκτίθενται συστηματικά σε καυσαέρια πετρελαιοκινητήρων.{βλ. Johannes Guo, Timo Kauppinen and others (2004). Risk of oesophageal, ovarian, testicular, kidney and bladder cancers and leukaemia among Finnish workers exposed to diesel or gasoline engine exhaust, International Journal of Cancer, volume 111, issue 2, pages 286-292, 2004.}

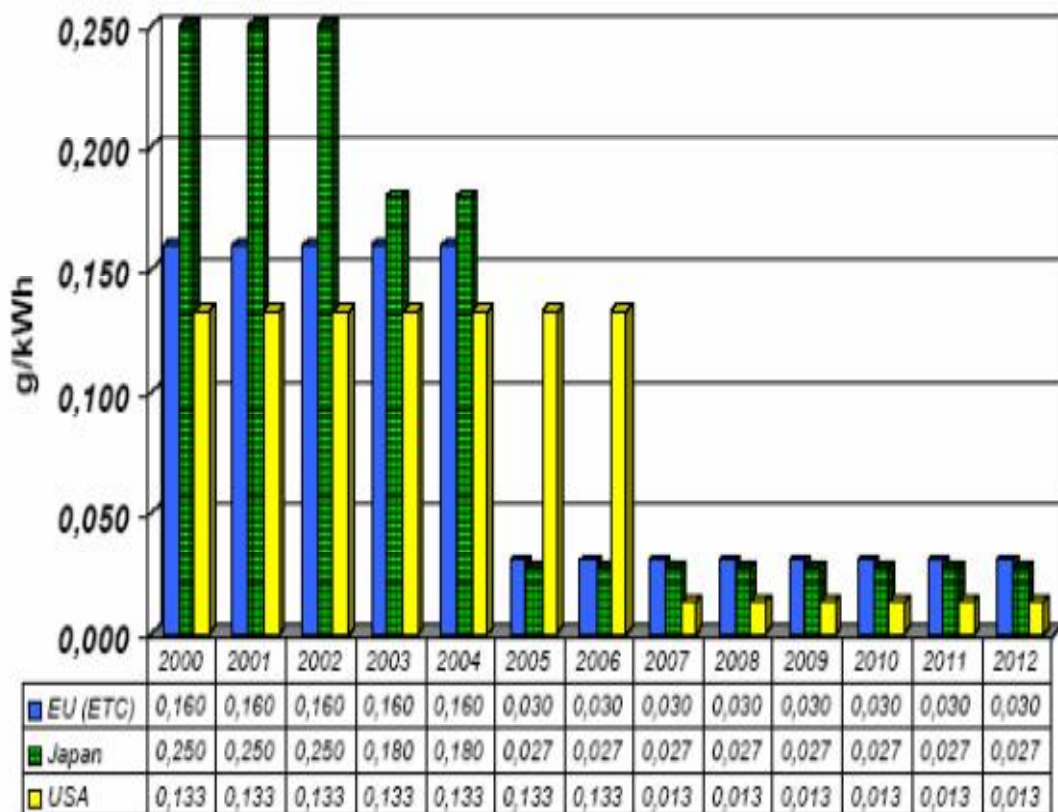
Το διάγραμμα που ακολουθεί παρακάτω {βλ.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Β} δείχνει το δυναμικό καρκινογένεσης των πετρελαιοκινητήρων έναντι του αντίστοιχου δυναμικού καρκινογένεσης των βενζινοκινητήρων.{βλ. Johannes Guo, Timo Kauppinen and others (2004). Risk of oesophageal, ovarian, testicular, kidney and bladder cancers and leukaemia among Finnish workers exposed to diesel or gasoline engine exhaust, International Journal of Cancer, volume 111, issue 2, pages 286-292, 2004.}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Β. ΤΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΡΚΙΝΟΓΕΝΕΣΗΣ  
 ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΩΝ [■] ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΩΝ [■]  
 ΟΧΗΜΑΤΩΝ.

Πολλά αιωρούμενα σωματίδια θεωρούνται ως οι σημαντικότεροι ρύποι, τόσο από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, όσο και από πολλούς άλλους φορείς που ασχολούνται με την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Οι έρευνες ενοχοποιούν κυρίως τα αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια μικρής διαμέτρου (γνωστά και ως PM10 και PM2.5), που εισχωρούν βαθύτερα στο αναπνευστικό σύστημα.{βλ. California Environmental Protection Agency (1998). Initial Statement of Reasons for Rulemaking, Proposed Identification of Diesel Exhaust as a Toxic Air Contaminant, Appendix II: Findings of the Scientific Review Panel. Sacramento, CA: Cal EPA, June 1998.}

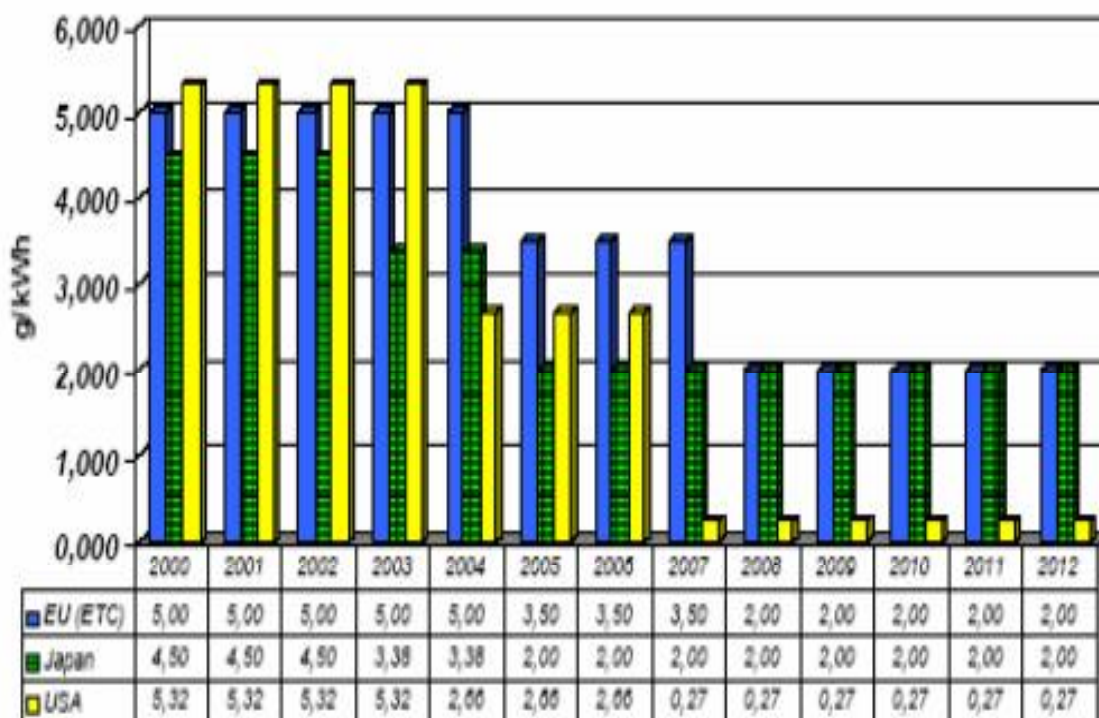
Τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, σύμφωνα πάντα με τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών, εκλύουν 10-300 φορές περισσότερα μικροσωματίδια από τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα σύγχρονης τεχνολογίας. Πολλοί παράγοντες όπως η ηλικία και η κατάσταση του οχήματος, η θερμοκρασία και η οδηγική συμπεριφορά επηρεάζουν τις εκπομπές μικροσωματιδίων.{βλ. California Environmental Protection Agency (1998). Initial Statement of Reasons for Rulemaking, Proposed Identification of Diesel Exhaust as a Toxic Air Contaminant, Appendix II: Findings of the Scientific Review Panel. Sacramento, CA: Cal EPA, June 1998.} Στη Γερμανία για παράδειγμα έρευνες έδειξαν πως η κυκλοφορία των οχημάτων ευθύνεται για το 45-65% των συγκεντρώσεων PM10 κοντά σε οδικές αρτηρίες. Τα μικροσωματίδια δεν προέρχονται μόνο από τις εκπομπές αιθάλης (που ευθύνεται για το 30% περίπου των PM10). Νιτρικές ενώσεις που δημιουργούνται από τις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου (NO) συνεισφέρουν επίσης στα επίπεδα των PM10 (σε ποσοστό 10-15%).{βλ.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ. Όρια εκπομπών για μικροσωματίδια σε βαρέα πετρελαιοκίνητα οχήματα σε ΕΕ, Ιαπωνία και ΗΠΑ.

Τα σύγχρονα πετρελαιοκίνητα επιβατηγά αυτοκίνητα και λεωφορεία εκπέμπουν κατά μέσο όρο 8-10 φορές περισσότερα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) από τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα. Αυτή είναι βέβαια και η πραγματική αδυναμία της πετρελαιοκίνησης. {βλ. California Environmental Protection Agency (1998). Initial Statement of Reasons for Rulemaking, Proposed Identification of Diesel Exhaust as a Toxic Air Contaminant, Appendix II: Findings of the Scientific Review Panel. Sacramento, CA: Cal EPA, June 1998.} {βλ.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ} Στη Γερμανία μελέτες που έγιναν σε βαρέα πετρελαιοκίνητα οχήματα, έδειξαν ότι οι πραγματικές εκπομπές NO<sub>x</sub> ήταν 40% μεγαλύτερες από τις θεωρητικές, γιατί απλά οι ιδιοκτήτες των οχημάτων είχαν ρυθμίσει τους κινητήρες ώστε να ανταποκρίνονται στις δικές τους ανάγκες. Αντίστοιχες

έρευνες στη Δανία έδειξαν ότι ένα στα δύο πετρελαιοκίνητα οχήματα έχει ‘πειραχθεί’ από τον ιδιοκτήτη του επιφέροντας έτσι μέχρι και τριπλασιασμό των εκλυόμενων μικροσωματιδίων. Δεν είναι ωστόσο λίγοι εκείνοι οι επιστήμονες που υποστηρίζουν ότι η στροφή προς την πετρελαιοκίνηση θα είχε ως αποτέλεσμα την όξυνση του φωτοχημικού νέφους, ιδιαίτερα στις μεγαλουπόλεις. {βλ. California Environmental Protection Agency (1998). Initial Statement of Reasons for Rulemaking, Proposed Identification of Diesel Exhaust as a Toxic Air Contaminant, Appendix II: Findings of the Scientific Review Panel. Sacramento, CA: Cal EPA, June 1998.}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ. ΌΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΓΙΑ NOx ΣΕ ΒΑΡΕΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΕ, ΙΑΠΩΝΙΑ ΚΑΙ ΗΠΑ.

Στη σύγχρονη εποχή υπάρχει η αντίληψη για την πετρελαιοκίνηση ότι είναι ένα ‘όπλο’ για την καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την αποτροπή των επικίνδυνων κλιματικών αλλαγών. Αυτή η



αντίληψη υπάρχει γιατί τα πετρελαιοκίνητα οχήματα εκπέμπουν αναλογικά λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα. Αυτό όμως είναι μόνο το ένα μέρος της αλήθειας. Ύστερα από την ανάλυση των λεπτομερειών θα διαπιστώσει κανείς ότι τελικά οι πετρελαιοκινητήρες συμβάλλουν περισσότερο από τους αντίστοιχους βενζινοκινητήρες στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη. Αυτό συμβαίνει γιατί οι κλιματικές αλλαγές είναι απόρροια, όχι μόνο του CO<sub>2</sub>, αλλά και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, όπως για παράδειγμα η αιθάλη που εκλύεται από τα πετρελαιοκίνητα οχήματα. {βλ. Monahan P. (2003). Cleaning up diesel pollution. Union of Concerned Scientists. }

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.**

### **5.1} ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.**

Η χρήση του φυσικού αερίου στις οδικές μεταφορές είναι η πλέον διαδεδομένη έναντι των υπολοίπων εναλλακτικών του πετρελαίου και της βενζίνης καυσίμων. Περισσότερα από 600.000 οχήματα φυσικού αερίου κυκλοφορούν στον Ευρωπαϊκό χώρο τα τελευταία χρόνια. Τα τελευταία πέντε χρόνια παρατηρείται μεγάλη αύξηση στη δρομολόγηση οχημάτων φυσικού αερίου στις συγκοινωνίες στην Ευρώπη. {βλ. MASS TRANSIT: “Use of alternative fuels in transit buses” GAO 1999. }

Υπάρχει ένας μύθος ότι τα λεωφορεία φυσικού αερίου δεν είναι τόσο ασφαλή. Έχουν πολύ υψηλό επίπεδο ασφαλείας, μεγαλύτερο ακόμα και από τα συμβατικά λεωφορεία. Αυτό οφείλεται κυρίως στην κατασκευαστική αυτονομία του συστήματος αποθήκευσης του φυσικού αερίου και στις φυσικές ιδιότητές του ως καυσίμου (ελαφρύτερο του αέρα κλπ). {βλ. MASS TRANSIT: “Use of alternative fuels in transit buses” GAO 1999. }

Η περιβαλλοντική και ενεργειακή αξία των συγκεκριμένων κινητήρων φυσικού αερίου είναι πολύ μεγάλη. Χάρη σε αυτούς τους κινητήρες παρατηρείται μείωση των εκπομπών των βασικών ατμοσφαιρικών ρύπων (μέχρι 75% των NOx και 80% των PM). Υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις, συνήθως υπάρχουν στα καυσαέρια του φυσικού αερίου σε περιπτώσεις ατελούς καύσης ή όταν το αέριο εκλύεται ανεξέλεγκτα στην ατμόσφαιρα από διάφορες αιτίες, βοηθώντας στη δημιουργία του «φαινομένου του θερμοκηπίου». {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 25 }.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	ΥΔΡΟΓΟΝ-ΑΝΘΡΑΚΕΣ
<b>Κάρβουνο</b>	1.092	387	2.450	13	2
<b>Μαζούτ</b>	96	170	1.400	14	3
<b>Ντίζελ</b>	6	100	220	16	3
<b>Φ.Α.</b>	4	100	0,3	17	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 25. ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΑΛΛΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ.

Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> (φαινόμενο θερμοκηπίου) είναι παρόμοιες. Αναφορικά με τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, η καύση του φυσικού αερίου ανά kWh δίνει 15-20% λιγότερες εκπομπές σε σχέση με το πετρέλαιο. Αν βέβαια οι κινητήρες φυσικού αερίου και οι πετρελαιοκινητήρες είχαν τον ίδιο βαθμό απόδοσης, ο κινητήρας φυσικού αερίου θα είχε κατά 25% λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub>. Εξαιτίας όμως του χαμηλότερου βαθμού απόδοσης του κινητήρα φυσικού αερίου σε σχέση με τον πετρελαιοκινητήρα, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι σχεδόν ίδιες ή ελαφρώς μειωμένες, ανάλογα και με το είδος του κινητήρα ( $\lambda=1$  ή  $\lambda>1$ ). {βλ. “Οχήματα και ποιότητα της ατμόσφαιρας σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα” Κώστας Νικολάου Δρ. Χημικός Περιβαλλοντολόγος ΟΡΘ σημειώσεις ΔΠΜΣ Πολυτεχνικής Σχολής.} Συνεπώς, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> των λεωφορείων φυσικού αερίου είναι πρακτικά σχεδόν ίδιες με τις αντίστοιχες εκπομπές των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων. {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 26.} Όταν καίγεται το φυσικό αέριο έχουμε κατά 25% λιγότερες εκπομπές. Ο χαμηλότερος βαθμός απόδοσης των κινητήρων

φυσικού αερίου οδηγεί στην εξισορρόπηση των εκπομπών. Η κατανάλωση καυσίμου είναι υψηλότερη (υπερβαίνει το 20%) λόγω της τεχνολογίας του κινητήρα και του επιπρόσθετου βάρους των συστημάτων αποθήκευσης του φυσικού αερίου. {βλ. “Οχήματα και ποιότητα της ατμόσφαιρας σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα” Κώστας Νικολάου Δρ.Χημικός Περιβαλλοντολόγος ΟΡΘ σημειώσεις ΔΠΜΣ Πολυτεχνικής Σχολής.} Σύμφωνα με την εταιρεία IVECO, ένα λεωφορείο φυσικού αερίου που ζυγίζει περίπου 700 κιλά περισσότερο από ένα αντίστοιχο συμβατικό πετρελαιοκίνητο λεωφορείο τύπου Euro 3, καταναλώνει 25% περισσότερη ενέργεια και παράγει 85% λιγότερες εκπομπές ρύπων, ενώ οι συνολικές εκπομπές ανάλυσης κύκλου ζωής CO<sub>2</sub> είναι κατά 5% μειωμένες. Οι εκπομπές θορύβου είναι ωστόσο ιδιαίτερα χαμηλές. {βλ. “Οχήματα και ποιότητα της ατμόσφαιρας σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα” Κώστας Νικολάου Δρ.Χημικός Περιβαλλοντολόγος ΟΡΘ σημειώσεις ΔΠΜΣ Πολυτεχνικής Σχολής.}

	Fuel efficient	PM	NOx	CO	HC	GHG
CNG Bus	+17-41%	- 60 - 97%	- 25 - 86%	- 52 - 84%	+	=

**ΠΙΝΑΚΑΣ 26. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ Φ.Α.  
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΑ.**

Σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας έγιναν αρκετές μετρήσεις, το χρονικό διάστημα 1995-2000, σε διάφορες Ευρωπαϊκές πόλεις, όπως οι Βρυξέλλες, η Λοζάνη, το Kortrijk και το Δουβλίνο, καθώς επίσης και στο

Hamilton του Καναδά. Αυτές οι μετρήσεις παρουσίασαν σημαντική μείωση των εκπομπών ρύπων για τα λεωφορεία φυσικού αερίου σε σχέση με τα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία. Και τα δύο είδη λεωφορείων ( πετρελαιοκίνητα-φυσικού αερίου ) ήταν παλαιάς τεχνολογίας (Euro 1 και 2). {βλ. “Οχήματα και ποιότητα της ατμόσφαιρας σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα” Κώστας Νικολάου Δρ. Χημικός Περιβαλλοντολόγος ΟΡΘ σημειώσεις ΔΠΜΣ Πολυτεχνικής Σχολής.}

Νεότερες μελέτες με σύγχρονα λεωφορεία φυσικού αερίου (έτος κατασκευής 2004) κατέδειξαν ακόμη μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών ρύπων (έως 75% μείωση των NOx και 80% μείωση PM) εν συγκρίσει με αντίστοιχα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία ενώ και η οικονομία καυσίμου ήταν βελτιωμένη κατά 4 - 9%. {βλ. “Οχήματα και ποιότητα της ατμόσφαιρας σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα” Κώστας Νικολάου Δρ. Χημικός Περιβαλλοντολόγος ΟΡΘ σημειώσεις ΔΠΜΣ Πολυτεχνικής Σχολής.} Χαρακτηριστικά, ο ακόλουθος πίνακας φανερώνει τη ρύπανση που προέρχεται τόσο από τα αέρια, όσο από τα στερεά και τα υγρά καύσιμα {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 27}

ΡΥΠΑΝΤΗΣ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
1. Διοξείδιο του θείου SO <sub>2</sub>	Όλα τα καύσιμα με περιεκτικότητα θείου ή θειικών ενώσεων
2. Τριοξείδιο του θείου SO <sub>3</sub>	Οξείδωση του SO <sub>2</sub>
3. Μονοξείδιο του αζώτου NO	Καύση του ατμοσφαιρικού αζώτου ή του περιεχομένου στο καύσιμο
4. Διοξείδιο του αζώτου NO <sub>2</sub>	Καύση (λίγο) Οξείδωση του NO μετά την ολοκλήρωση της καύσης
5. Υδρογονάνθρακες	Καύσιμο Προϊόν ατελούς καύσης
6. Μονοξείδιο του άνθρακα CO	Ατελής καύση
7. Αιθάλη	Καύση: πολυμερισμός ακετυλενίου
8. Συσσωματωμένη αιθάλη	Συσσωματώσεις σωματιδίων αιθάλης
9. Σκόνη άνθρακα	Καύση πετρελίου και άνθρακα
10. Στάχτη	Καύσιμο: μόνο πετρέλαιο και άνθρακας

ΠΙΝΑΚΑΣ 27. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ, ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.

Ως προς τις εκπομπές των θορύβων που προέρχονται από τα εν λόγω λεωφορεία θα μπορούσαμε να τονίσουμε ότι ένα επιπλέον θετικό χαρακτηριστικό του κινητήρα φυσικού αερίου αποτελεί η χαμηλή εκπομπή θορύβου. Αυτό οφείλεται στην προοδευτική αύξηση της πίεσης καύσης μετά την έναυση, σε αντίθεση με τη ραγδαία αντίστοιχη αύξηση κατά την καύση σε πετρελαιοκινητήρα. Για παράδειγμα, στο Seattle και στην Tacoma των ΗΠΑ, τα λεωφορεία φυσικού αερίου Cummins (μοντέλο 2001) έδειξαν ότι εκτός από τις ιδιαίτερα σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές ρύπων και κατανάλωσης, είναι ορατή και η σημαντική μείωση θορύβου 14% περίπου σε σχέση με τα συμβατικά πετρελαιοκίνητα λεωφορεία. {βλ. ΕΙΚΟΝΑ 21.} {βλ. “Χρήση Εναλλακτικών & λοιπών Καυσίμων στην κίνηση οχημάτων “

Παναγιώτης Λυμπερόπουλος – Υ.ΜΕ.Τ. Ημερίδα του ΙΕΝΕ για τα υγρά Βιοκαύσιμα. Αθήνα 22/6/2006.}



ΕΙΚΟΝΑ 21.ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ CUMMINS ΣΤΙΣ Η.Π.Α.

Στον ακόλουθο πίνακα {βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 28.} προβάλλονται τα αποτελέσματα των εκπομπών θορύβου πετρελαιοκίνητων λεωφορείων και λεωφορείων φυσικού αερίου στην πόλη Βογοτά της Κολομβίας . Τα λεωφορεία φυσικού αερίου είναι πιο αθόρυβα, σε σχέση με τα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία. {βλ. “Χρήση Εναλλακτικών & λοιπών Καυσίμων στην κίνηση οχημάτων “ Παναγιώτης Λυμπερόπουλος – Υ.ΜΕ.Τ. Ημερίδα του ΙΕΝΕ για τα υγρά Βιοκαύσιμα. Αθήνα 22/6/2006.}

Λεωφορείο	Στατικές εκπομπές θορύβου (dB)						Δυναμικές εκπομπές θορύβου (dB)
	Εσωτερικά			Εξωτερικά			
	Ρελαντί	1000 στροφές	2000 στροφές	Ρελαντί	1000 στροφές	2000 στροφές	
Πετρελαίου	66,5	70,8	78,8	65,2	69,4	79,2	82,3
Φυσ. Αέριο	53,3	58,8	68,5	63,4	65,5	78,0	75,4

ΠΙΝΑΚΑΣ 28. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΓΙΑ ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΒΟΓΟΤΑ – ΚΟΛΟΜΒΙΑ.

## 5.2} ΠΟΣΟ ΑΣΦΑΛΗ ΘΕΩΡΟΥΝΤΑΙ ΤΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.

Το φυσικό αέριο ως καύσιμο κίνησης οχημάτων συμπιέζεται και αποθηκεύεται σε φιάλες προκειμένου να εξοικονομηθεί αρκετός χώρος. Η συμπίεση ανέρχεται συνήθως σε 200 bar. Στη συνέχεια αποθηκεύεται σε φιάλες που τοποθετούνται στην οροφή του λεωφορείου. {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 22}{βλ. “Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο : Σχέδιο Έκθεσης Dan Jergensen – προώθηση Καθαρών Οχημάτων Οδικών Μεταφορών” (PE 371.910v01-00) 19/5/2006.}





ΕΙΚΟΝΑ 22.ΟΙ ΦΙΑΛΕΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ  
ΤΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΥ.

Οι φιάλες αυτές κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους δοκιμάζονται σε συνθήκες υψηλής πίεσης για να κριθεί η αντοχή τους. Οι φιάλες κατασκευάζονται σήμερα από συνθετικά υλικά (παλιότερα ήταν χαλύβδινες), κυρίως ανθρακονήματα και ίνες γυαλιού. Η υψηλή αντίσταση και η χαμηλή πυκνότητα του ανθρακονήματος μειώνει σημαντικά το βάρος και το πάχος των φιαλών. {βλ. “Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο : Σχέδιο Έκθεσης Dan Jergensen – προώθηση Καθαρών Οχημάτων Οδικών Μεταφορών” (PE 371.910v01-00) 19/5/2006.}

Λόγω της υψηλής πίεσης των φιαλών αυτών συχνά τίθεται το ερώτημα κατά πόσο οι φιάλες αυτές είναι ασφαλείς σε περίπτωση τροχαίου ατυχήματος. Τα στοιχεία δείχνουν ότι είναι ίσως και ασφαλέστερα από τα συμβατικά οχήματα. {βλ. “Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο : Σχέδιο Έκθεσης Dan Jergensen – προώθηση Καθαρών Οχημάτων Οδικών Μεταφορών” (PE 371.910v01-00) 19/5/2006.}

Οι φυσικές ιδιότητες του φυσικού αερίου το κάνουν εξαιρετικά ασφαλές. Το φυσικό αέριο ως καύσιμο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και σε περίπτωση διαρροής διαχέεται στην ατμόσφαιρα σε αντίθεση με τα υγρά καύσιμα που προκαλούν εκτεταμένη μόλυνση του εδάφους. Ταυτόχρονα, μόλις συμβεί μια διαρροή, η διαρροή αυτή ανιχνεύεται άμεσα λόγω της χαρακτηριστικής μυρωδιάς που έχει το καύσιμο. Τέλος, η καύση του φυσικού αερίου δεν προκαλεί σημαντικές ποσότητες αλδεϋδών, τοξικών και πτητικών ουσιών, όπως συμβαίνει με τα υγρά καύσιμα. {βλ. “Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο : Σχέδιο Έκθεσης Dan Jergensen – Προώθηση Καθαρών Οχημάτων Οδικών Μεταφορών” (PE 371.910v01-00) 19/5/2006.}

### **5.3} ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.**

Τα λεωφορεία που κινούνται με φυσικό αέριο έχουν υψηλότερο κόστος αγοράς από τα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία. Αυτό το επιπλέον κόστος οφείλεται στο σύστημα αποθήκευσης του φυσικού αερίου και στο σύστημα ρύθμισης της πίεσης πριν από την τροφοδοσία του κινητήρα. Το κόστος ενός τέτοιου λεωφορείου είναι περίπου 20% υψηλότερο από το κόστος του αντίστοιχου πετρελαιοκίνητου λεωφορείου. Οι τιμές έχουν ήδη εξισορροπηθεί, σε σχέση με παλαιότερα, εξαιτίας των αυξημένων απαιτήσεων, κυρίως ως προς τις εκπομπές (Euro 4 και 5), των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων και της συνεπαγόμενης αύξησης της τιμής τους. {βλ. Alternative Fuels for Transit Buses: “Final result from the national renewable energy laboratory vehicle evaluation program” 1999.}

Ένα πετρελαιοκίνητο απλό λεωφορείο το 2003 κόστιζε περίπου 178.000 € + Φ.Π.Α. Τα πρώτα λεωφορεία που χρησιμοποιήθηκαν στην

Αθήνα στοίχισαν περίπου 258.000 € το καθένα (τιμές 1999), δηλ. είχαν επιπλέον κόστος 45% (80.000 €) έναντι των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων. Σήμερα, η διαφορά του κόστους δεν ξεπερνάει τις 30.000 – 35.000 € με συνεχή τάση για εξομοίωση των τιμών.{βλ. Alternative Fuels for Transit Buses: “Final result from the national renewable energy laboratory vehicle evaluation program” 1999.}

Το κόστος για τη συντήρηση ενός λεωφορείου φυσικού αερίου αποτελεί μείζον ζήτημα και εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων. Η εμπειρία και η εξοικείωση του προσωπικού συντήρησης καθώς και του προσωπικού οδήγησης με τη νέα τεχνολογία αποτελούν έναν πολύ σημαντικό παράγοντα.{βλ. Alternative Fuels for Transit Buses: “Final result from the national renewable energy laboratory vehicle evaluation program” 1999.}

Σύμφωνα με σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις Η.Π.Α, το κόστος συντήρησης των λεωφορείων φυσικού αερίου (συντήρηση του κινητήρα και του συστήματος αποθήκευσης του καυσίμου) ήταν υψηλότερο από το κόστος των αντίστοιχων πετρελαιοκίνητων λεωφορείων.{βλ. Alternative Fuels for Transit Buses: “Final result from the national renewable energy laboratory vehicle evaluation program” 1999.}Ο φορέας Pierce Transit στην Αμερική κατέγραψε κόστος συντήρησης υψηλότερο κατά 16% περίπου ενώ αντίθετα ο φορέας SunLine Transit κατέγραψε κόστος συντήρησης των λεωφορείων φυσικού αερίου χαμηλότερο από το αντίστοιχο των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων. Ωστόσο, τα λεωφορεία αυτά ήταν παλιότερης τεχνολογίας ενώ τα νέας γενιάς λεωφορεία φυσικού αερίου με τον ηλεκτρονικό έλεγχο της έγχυσης και τη συνεχή τεχνολογική ανάπτυξη παρουσιάζουν μείωση του κόστους συντήρησης.{βλ. Alternative Fuels for Transit

Buses: “Final result from the national renewable energy laboratory vehicle evaluation program” 1999.}

Στη πόλη Colmar της Γαλλίας, μια από τις πρώτες πόλεις που χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά τα συγκεκριμένου είδους λεωφορεία, προβλήματα παρουσιάστηκαν με τα ηλεκτρικά καλώδια και τους σπινθηριστές εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας του κινητήρα. Στο Augsburg της Γερμανίας ο χρόνος αλλαγής λιπαντικών των λεωφορείων ήταν ακριβώς ο ίδιος, τόσο στα λεωφορεία φυσικού αερίου, όσο και στα λεωφορεία πετρελαίου.{βλ. Alternative Fuels for Transit Buses: “Final result from the national renewable energy laboratory vehicle evaluation program” 1999.}

Τα λεωφορεία φυσικού αερίου απαιτούν περισσότερη συντήρηση σε σχέση με τα λεωφορεία που καίνε πετρέλαιο λόγω κυρίως του συστήματος έναυσης που δε διαθέτουν τα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία. Το σύστημα καύσης των λεωφορείων φυσικού αερίου είναι πολυπλοκότερο των συμβατικών λεωφορείων και περιέχει περισσότερα επιμέρους στοιχεία. Έτσι το κόστος των ανταλλακτικών και των αντίστοιχων εργασιών αυξάνεται σημαντικά. Οι κινητήρες φυσικού αερίου είναι πιο καθαροί από τους πετρελαιοκινητήρες. Αυτό συνεπάγεται ότι ο χρόνος αλλαγής για τα λιπαντικά και τα φίλτρα είναι μεγαλύτερος και οι απαιτούμενες ρυθμίσεις του κινητήρα λιγότερες. Στα λεωφορεία φυσικού αερίου ο απαιτούμενος χρόνος αλλαγής λιπαντικών ενδέχεται να είναι δυο με τρεις φορές μεγαλύτερος. Τα ελαστικά των συγκεκριμένων λεωφορείων φθείρονται πιο εύκολα, καθώς το βάρος τους είναι μεγαλύτερο.{βλ. Alternative Fuels for Transit Buses: “Final result from the national renewable energy laboratory vehicle evaluation program” 1999.}

Όσον αφορά τα ΚΤΕΛ Ν.Κορινθίας, σύμφωνα πάντα σε σχετική μελέτη που αφορά το 2010, τα ήδη υπάρχοντα πετρελαιοκίνητα οχήματα καλύπτουν περίπου 264.680 χλμ το μήνα. Αυτό μεταφράζεται σε ένα κόστος καυσίμων της τάξης των 4.115 ευρώ για κάθε λεωφορείο ξεχωριστά. Αν η εν λόγω εταιρία αποφάσιζε να αντικαταστήσει το στόλο αυτό με έναν αντίστοιχο στόλο λεωφορείων φυσικού αερίου, τότε θα ανακάλυπτε ότι θα χρειαζόταν οπωσδήποτε περίπου 20% περισσότερο καύσιμο για την κάλυψη των αναγκών των νέων λεωφορείων της ,αλλά τα έξοδα κίνησης θα εμφανίζονταν μηνιαία μειωμένα κατά 15-20%, λόγω της φθηνότερης τιμής του φυσικού αερίου σε σχέση με το diesel.

#### **5.4} ΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.**

Χάρη στην ολοένα και αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας, η ατμοσφαιρική ρύπανση στα μεγάλα αστικά και βιομηχανικά κέντρα αποτελεί ένα ιδιαίτερα ακμάζον πρόβλημα που έχει οξυνθεί κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες. {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 23}



**ΕΙΚΟΝΑ 23. Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΑΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ.**

Η συγκέντρωση των αερίων στην ατμόσφαιρα που προκλήθηκαν από την ανθρώπινη δραστηριότητα προκάλεσε διαταραχή στο ενεργειακό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να παρακρατείται μεγαλύτερο ποσό θερμότητας στην επιφάνεια της γης και έτσι να υπερθερμαίνεται ο πλανήτης. Το πρόβλημα αυτό πηγάζει από τα αέρια του θερμοκηπίου. Εκείνο το οποίο πρέπει να γίνει αρχικά είναι να αντικατασταθούν τα υπάρχοντα στερεά και υγρά καύσιμα με το φυσικό αέριο. {βλ. Φυσικό Αέριο: “Το στοίχημα για τη νέα δεκαετία”, Φραντζεσκάκη Χ., 18<sup>η</sup> ετήσια έκδοση, έκδοση της All Media.} Με τη βοήθεια βέβαια της σύγχρονης τεχνολογίας είναι σίγουρο ότι σταδιακά θα αρχίσει να γίνεται η απορρύπανση, δηλ. η μείωση του ρυθμού αύξησης της ρύπανσης και, κατά το δυνατόν, η τελική μείωσή της. Αυτό συμβαίνει γιατί το φυσικό αέριο, όπως σχεδόν και όλα τα αέρια καύσιμα, είναι λιγότερο επιβλαβές περιβαλλοντικά σε σχέση με το πετρέλαιο ή τον άνθρακα. {βλ. Φυσικό Αέριο: “Το στοίχημα για τη νέα δεκαετία”, Φραντζεσκάκη Χ., 18<sup>η</sup> ετήσια έκδοση, έκδοση της All Media.} Άρα, το φυσικό αέριο είναι καθαρότερο, αφού κατά την καύση του δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες αβλαβών αερίων όπως είναι οι υδρατμοί, όχι ωστόσο και αθώο. Οι ρύποι που παράγονται κατά την καύση του φυσικού αερίου μπορούν να ομαδοποιηθούν σε «πρωτογενείς», που εκπέμπονται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα, και σε «δευτερογενείς», που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μετά από φωτοχημικές ή και χημικές αντιδράσεις διαφόρων προϊόντων καύσης αυτού. {βλ. Φυσικό Αέριο: “Το στοίχημα για τη νέα δεκαετία”, Φραντζεσκάκη Χ., 18<sup>η</sup> ετήσια έκδοση, έκδοση της all media.}

Ένα από τα αέρια που βλάπτουν την ατμόσφαιρα είναι το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>). Αποτελεί σοβαρότατη απειλή για την ποιότητα της

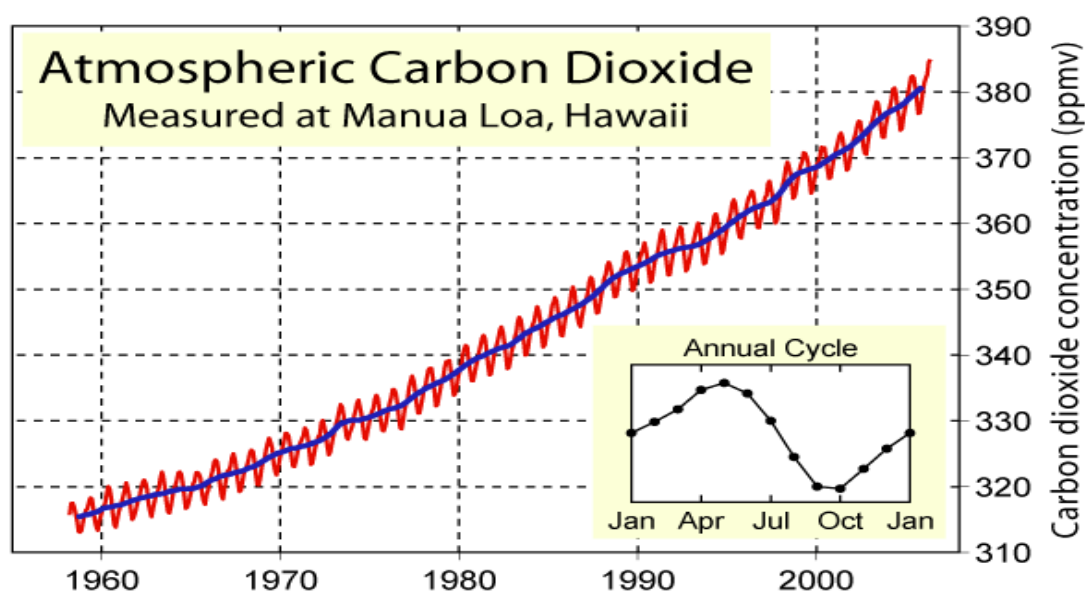
ατμόσφαιρας καθώς συμβάλει στο «φαινόμενο της Ώξινης Βροχής». {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 24}



ΕΙΚΟΝΑ 24.ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΔΑΣΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ.

Τα οξείδια του θείου προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα στον άνθρωπο, συντελούν στη μείωση της χλωροφύλλης στα φυτά και προκαλούν διάβρωση σε κτίρια και μεταλλικές κατασκευές. {βλ. Φυσικό Αέριο: “Το στοίχημα για τη νέα δεκαετία”, Φραντζεσκάκη Χ., 18η ετήσια έκδοση, έκδοση της all media.} Οι ποσότητες SO<sub>2</sub> που βγαίνουν προς την ατμόσφαιρα είναι ανάλογες με την περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο. Το θείο που προέρχεται από το καύσιμο που καίγεται, δίνει επίσης κάποιες ποσότητες τριοξειδίου του θείου (SO<sub>3</sub>). Αυτό σε συνδυασμό με τους υδρατμούς των καυσαερίων μετατρέπεται σε θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Το φυσικό αέριο ωστόσο, όταν καίγεται, παράγει λιγότερα οξείδια του θείου σε σχέση με την καύση του πετρελαίου. {βλ. Φυσικό Αέριο: “Το στοίχημα για τη νέα δεκαετία”, Φραντζεσκάκη Χ., 18η ετήσια έκδοση, έκδοση της all media.}

Από την άλλη πλευρά υπάρχει και το γνωστό σε όλους διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα τα τελευταία 40 χρόνια είναι πραγματικά αποκαρδιωτική. {βλ. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ε } {βλ. Εισαγωγή στην Τεχνολογία του Φυσικού Αερίου, Λέφας Κ. (1993)}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ε. Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ CO<sub>2</sub> ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 40 ΧΡΟΝΙΑ.

Αυτό το αέριο έχει σημαντικό μερίδιο ευθύνης για το παγκόσμιο «φαινόμενο του Θερμοκηπίου» (σε ποσοστό 55%), δηλαδή για τη μεταβολή της θερμοκρασίας που προκαλείται από την παγίδευση θερμικής ακτινοβολίας στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Γενικά είναι ακίνδυνο για τη χλωρίδα και τα κτίρια. Η καύση του φυσικού αερίου παράγει μειωμένα ποσοστά CO<sub>2</sub> κατά 43% σε σχέση με τον άνθρακα και κατά 30% σε σχέση με το πετρέλαιο. {βλ. Εισαγωγή στην Τεχνολογία του Φυσικού Αερίου, Λέφας Κ. (1993)}

Και το μονοξείδιο του άνθρακα κατά τη διαδικασία της καύσης συντελεί στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, αφού γρήγορα μετατρέπεται σε CO<sub>2</sub>. Είναι ακίνδυνο για τη χλωρίδα και τα οικοδομήματα. Έχει



παρατηρηθεί όμως ότι σε ειδικές περιπτώσεις είναι δηλητηριώδες για τον άνθρωπο και τα ζώα, αφού προκαλεί διαταραχές στο κεντρικό νευρικό σύστημα και στο καρδιακό κυκλοφορικό σύστημα. {βλ. Εισαγωγή στην Τεχνολογία του Φυσικού Αερίου, Λέφας Κ. (1993)}

Τα οξειδία του αζώτου (NOX) είναι υπεύθυνα για την επονομαζόμενη φωτοχημική ρύπανση («Φωτοχημικό Νέφος»). {βλ.ΕΙΚΟΝΑ 25.}



ΕΙΚΟΝΑ 25. ΤΟ ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΟ ΝΕΦΟΣ.

Και αυτά με τη σειρά τους συμμετέχουν σε ποσοστό 10% στη δημιουργία του «Φαινομένου του Θερμοκηπίου». Η παραγωγή τους έχει να κάνει τόσο με το είδος του καυστήρα, εφόσον η κακή ρύθμισή των καυστήρων συμβάλλει την παραγωγή τους, όσο και με την παροχή οξυγόνου. Τα οξειδία του αζώτου που κυρίως παράγονται κατά την καύση του φυσικού αερίου είναι: το μονοξείδιο (NO), το διοξείδιο (NO<sub>2</sub>), το τριοξείδιο (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) και το πεντοξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Από αυτά το διοξείδιο του αζώτου είναι το τοξικότερο και σε υψηλές συγκεντρώσεις βλάπτει τα αναπνευστικά όργανα του ανθρώπου προκαλώντας από βρογχίτιδα έως και θανατηφόρα μόλυνση των πνευμόνων. Παρόλα αυτά με την καύση φυσικού αερίου έχουμε μείωση της παραγωγής οξειδίων του αζώτου κατά 33% σε σχέση με το πετρέλαιο. {βλ. Εισαγωγή στην Τεχνολογία του Φυσικού Αερίου, Λέφας Κ. (1993)}

Δεν πρέπει να λησμονηθούν και οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες μαζί με τα αιωρούμενα σωματίδια που σχηματίζονται κατά τη διεργασία της καύσης. Αυτά προέρχονται από την ατελή καύση και συντελούν ανάλογα στη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει ενδεικτικά τους ρύπους του φυσικού αερίου κατά την καύση σε σχέση πάντα με άλλα καύσιμα. { βλ. ΠΙΝΑΚΑΣ 29 } {βλ. Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος Ι, Αθήνα, 1997. }

<b>Τύπος καυσίμου</b>	<b>Διοξείδιο του Άνθρακα</b>	<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	<b>Μονοξείδιο του Αζώτου</b>	<b>Υδρογονάνθρακες</b>	<b>Σωματίδια</b>
Μαζούτ χαμηλού θείου	260	1,147	0,046	0,0439	0,015	0,150
Πετρέλαιο θέρμανσης	249	0,056	0,045	0,189	0,015	0,023
Πετρέλαιο κίνησης	244	0,054	0,044	0,185	0,015	0,022
Υγραέριο	227	0,000	0,025	0,157	0,006	0,007
Φυσικό Αέριο	177	0,000	0,022	0,137	0,005	0,007

ΠΙΝΑΚΑΣ 29. ΟΙ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΑΛΛΑ ΚΑΥΣΙΜΑ (ΣΕ G ΡΥΠΟΥ ΑΝΑ ΚΩΗ ΕΙΣΑΓΟΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ).

Σύμφωνα με σχετική μελέτη για το ΚΤΕΛ Ν.Κορινθίας, τα επίπεδα παραγωγής CO<sub>2</sub> των πετρελαιοκίνητων οχημάτων είναι σχεδόν ίδια με τα επίπεδα παραγωγής CO<sub>2</sub> των οχημάτων φυσικού αερίου, λόγω του χαμηλού βαθμού απόδοσης του κινητήρα φυσικού αερίου. Ωστόσο, σε νέα λεωφορεία φυσικού αερίου (έτος κατασκευής 2004) παρατηρήθηκε μείωση των ρύπων NO<sub>x</sub> κατά 75%, καθώς και αντίστοιχη μείωση των μικροσωματιδίων ( PM ) κατά 80%, σε σχέση πάντα με τα επίπεδα ρύπανσης των πετρελαιοκίνητων λεωφορείων.

Αρκετές μελέτες έχουν γίνει από επιστήμονες διεθνώς προκειμένου να καθοριστεί το πιο «φιλικό» καύσιμο προς το περιβάλλον. Το καύσιμο αυτό δεν ήταν άλλο από το υδρογόνο. Το υδρογόνο όμως στη σύγχρονη εποχή βρίσκεται ακόμα στα σπάργανα της εξέλιξής του. {βλ. Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος I, Αθήνα, 1997.} Την αμέσως επόμενη θέση από το υδρογόνο καταλαμβάνει το φυσικό αέριο. Χαρακτηρίζεται ως μια από τις πλέον σύγχρονες πηγές ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Είναι καταλυτικής σημασίας για την ανάπτυξη που έχει ως προτεραιότητά της το σεβασμό προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Αποτελεί την πλέον καθαρή και λιγότερο ρυπογόνο πηγή ενέργειας που υπάρχει σήμερα. Ευθύνεται μόνο για το 16% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. {βλ. Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος I, Αθήνα, 1997.}

Κάθε σύγχρονος πολίτης που έχει διαμορφωμένη οικολογική συνείδηση και θέλει με τις πράξεις του να προστατεύει το περιβάλλον, θα πρέπει να χρησιμοποιεί το φυσικό αέριο, εφόσον βέβαια του παρέχεται αυτή η δυνατότητα. {βλ. Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος I, Αθήνα, 1997.}

### **5.5} ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.**

Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για τα αστικά λεωφορεία με πολύ θετικά αποτελέσματα. Η ολοένα και ευρύτερη εφαρμογή του φυσικού αερίου ως καύσιμο κίνησης τα τελευταία χρόνια οδήγησε τους κατασκευαστές σε σημαντικές τεχνικές βελτιώσεις (κινητήρας, σύστημα αποθήκευσης) με αποτέλεσμα τα σύγχρονα λεωφορεία φυσικού αερίου, ή αλλιώς τρίτης γενιάς λεωφορεία, να παρουσιάζουν αυξημένες αποδόσεις και μειωμένο λειτουργικό κόστος έναντι των παλιότερης τεχνολογίας αντίστοιχων λεωφορείων. {βλ. “Η

κατανάλωση Ενέργειας στις μεταφορές στην Ελλάδα” Πέτρος Κασσάπης– Πρόεδρος της επιτροπής Ενέργεια & Μεταφορές του IENE . 2007.}

Προϋπόθεση αποτελεί η χρήση καταλύτη μεθανίου από τα οχήματα που χρησιμοποιούν αποκλειστικά φυσικό αέριο, ώστε να κατακρατούν τις υψηλές εκπομπές που έχουν τα οχήματα αυτά.

Το κυριότερο πλεονέκτημα των λεωφορείων φυσικού αερίου έναντι των συμβατικών πετρελαιοκίνητων λεωφορείων είναι οι πολύ χαμηλές εκπομπές ρύπων (PM,CO,NO<sub>x</sub>,HC) και θορύβου.

Ως προς τα οικονομικά δεδομένα, δεν είναι δυνατόν να προκύψουν ακριβή συμπεράσματα τόσο για το κόστος συντήρησης όσο και για το λειτουργικό κόστος αφού είναι πολλοί οι παράγοντες που διαφοροποιούν τα συγκεκριμένα κόστη. Το σίγουρο είναι ότι τα λεωφορεία φυσικού αερίου έχουν υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση αλλά η τιμή του φυσικού αερίου είναι χαμηλότερη του πετρελαίου (στην πλειοψηφία των χωρών) κατά 35-40% με αποτέλεσμα το κόστος καυσίμου να είναι χαμηλότερο έναντι του πετρελαίου. {βλ. “Η κατανάλωση Ενέργειας στις μεταφορές στην Ελλάδα” Πέτρος Κασσάπης– Πρόεδρος της επιτροπής Ενέργεια & Μεταφορές του IENE . 2007.}

Σε κάθε περίπτωση, η μετάβαση εκ του πετρελαίου στο φυσικό αέριο προϋποθέτει διεξοδική εξέταση όλων των εμπλεκόμενων παραμέτρων και κυρίως των οικονομικών δεδομένων, που αφορούν τόσο στις απαιτούμενες υποδομές όσο και στο κόστος προμήθειας και λειτουργίας των οχημάτων σε μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο ορίζοντα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (\*).**

### **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.**

1. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.
2. Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος Ι, Αθήνα, 1997.
3. Κων. Δ. Ρακόπουλος, Δημ. Θ. Χουντάλας “Καύση-Ρύπανση Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ”. Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998.
4. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Εμβολοφόρες Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως (Δυναμική)”, Εκδόσεις Φούντας, 1986.
5. Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως ”, 1996.
6. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Αρχές Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, Εκδόσεις Φούντας, 1988.
7. Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Εργαστηριακές Δοκιμές και Μετρήσεις Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, Εκδόσεις Φούντας, 1994.
8. Πέτρος Κασσάπης– Πρόεδρος της επιτροπής Ενέργεια & Μεταφορές του ΙΕΝΕ “Η κατανάλωση Ενέργειας στις μεταφορές στην Ελλάδα”, 2007.
9. “Η εξέλιξη των καυσίμων και των Προτύπων Εκπομπών Ρύπων από Συμβατικούς Κινητήρες Οχημάτων” Δημήτριος Κορρές - Χημικός Μηχ/κός. Ημερίδα «Ενέργεια και τις Μεταφορές» του ΙΕΝΕ. Αθήνα 28/3/2007.
10. ΣΑΣΘ – ΑΠΘ . “Διερεύνηση Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας και Τεχνολογιών για την βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του συστήματος Δημόσιων Αστικών Επιβατικών Μεταφορών στη περιοχή Θεσσαλονίκης”

- Τελική Έκθεση. Υπεύθυνος Γ.Π. Σακελλαρόπουλος. Δεκέμβριος 2003.
- 11.“Μεταφορές και Περιβάλλον” Θωμάς Γ. Χόνδρος. 1η Έκθεση Επαγγελματικού Αυτοκινήτου . Αθήνα Οκτώβριος 2000.
  - 12.4 Τροχοί (2004). Φάκελος Diesel: Όλη η αλήθεια για την πετρελαιοκίνηση. Ειδικό αφιέρωμα στο τεύχος 403, Απρίλιος 2004.
  - 13.Ε.Γ. Γιακουμής ( 1997 ) «Μεταβατική λειτουργία κινητήρων ντίζελ», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.
  - 14.“Οχήματα και ποιότητα της ατμόσφαιρας σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα” Κώστας Νικολάου Δρ.Χημικός Περιβαλλοντολόγος ΟΡΘ σημειώσεις ΔΠΜΣ Πολυτεχνικής Σχολής.
  - 15.“Χρήση Εναλλακτικών & λοιπών Καυσίμων στην κίνηση οχημάτων “ Παναγιώτης Λυμπερόπουλος – Υ.ΜΕ.Τ. Ημερίδα του ΙΕΝΕ για τα υγρά Βιοκαύσιμα. Αθήνα 22/6/2006.
  - 16.“Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο : Σχέδιο Έκθεσης Dan Jergensen – προώθηση Καθαρών Οχημάτων Οδικών Μεταφορών” (PE 371.910v01-00) 19/5/2006.
  - 17.Φυσικό Αέριο: “ Το στοίχημα για τη νέα δεκαετία ”, Φραντζεσκάκη Χ., 18η ετήσια έκδοση, έκδοση της all media.
  - 18.Εισαγωγή στην Τεχνολογία του Φυσικού Αερίου, Λέφας Κ. (1993).

## **ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.**

1. John B. Heywood “Internal Combustion Engine Fundamentals”  
Mc Graw-Hill International Editions, Automotive Technology  
Series, 1988.
2. Watt.G.M: “Natural Gas Vehicle Transit bus Fleets : The Current  
International Experience”, International Association for Natural  
Gas Vehicles (Inc.) Review Paper.
3. Dobbins R.A. (1979): Atmospheric Motion and Air Pollution, John  
Wiley and Sons. 324pp.
4. Masters G.M., (1991): Introduction to Environmental Engineering  
and Science, Prentice Hall International Ed., U.S.A.
5. N. Papageorgiou, E. Kakaras, J. Chomatas, D. Giannakopoulos, C.  
Fournaris, Ch. Adamopoulos, “Possibilities of utilization of  
Hydrogen / Natural Gas mixtures in existing natural gas supply  
grids”, 1st National Hydrogen Conference of Greece, Athens, 30/9  
– 1/10 2004.
6. Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt (2003). Future Diesel:  
Exhaust gas legislation for passenger cars, light-duty commercial  
vehicles, and heavy duty vehicles – Updating of limit values for  
diesel vehicles, July 2003.
7. EPA (2002a). Health Assessment Document for Diesel Engine  
Exhaust. National Center for Environmental Assessment Office of  
Research and Development U.S. Environmental Protection Agency  
EPA/600/8-90/057F, May 2002. Washington, DC.
8. Johannes Guo, Timo Kauppinen and others (2004). Risk of  
oesophageal, ovarian, testicular, kidney and bladder cancers and  
leukaemia among Finnish workers exposed to diesel or gasoline



engine exhaust, International Journal of Cancer, volume 111, issue 2, pages 286-292, 2004.

9. California Environmental Protection Agency (1998). Initial Statement of Reasons for Rulemaking, Proposed Identification of Diesel Exhaust as a Toxic Air Contaminant, Appendix II: Findings of the Scientific Review Panel. Sacramento, CA: Cal EPA, June 1998.
10. Monahan P. (2003). Cleaning up diesel pollution. Union of Concerned Scientists.
11. MASS TRANSIT: "Use of alternative fuels in transit buses" GAO 1999.
12. Alternative Fuels for Transit Buses: "Final result from the national renewable energy laboratory vehicle evaluation program" 1999.

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. [www.sofokleous10.gr](http://www.sofokleous10.gr)
2. [www.iveco.gr](http://www.iveco.gr)
3. [www.depa.gr](http://www.depa.gr)
4. [www.volvotrucks.com](http://www.volvotrucks.com)
5. [www.ecocity.gr](http://www.ecocity.gr)
6. [www.transportlearning.net](http://www.transportlearning.net)
7. [www.osy.gr](http://www.osy.gr)
8. [www.ktel.org](http://www.ktel.org)