

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ ΚΥΨΕΛΩΝ ΚΑΥΣΙΜΟΥ - ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ

Ε.Χ. Ανδριτσάκης
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ

Ειδικός Σύμβουλος
Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας (ΟΑΣΑ)
Μετσόβου 15, 10682 Αθήνα
Τηλ. +30 210 3293158, Fax +30 210 3293386
e-mail: ecandrit@oasa.gr

Περίληψη – 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 υδρογόνου 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 υδρογόνου». Επίσης τονίζονται εκείνες οι δράσεις που μπορούν να αναδείξουν τα μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα της χρήσης του υδρογόνου 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, είτε για την συνδυασμένη παραγωγή υδρογόνου από φυσικό αέριο, ταυτόχρονα με την δυνατότητα δέσμευσης CO₂, είτε για την παραγωγή υδρογόνου από ΑΠΕ, και την χρήση του σε κυψέλες καυσίμου ή την συνδυασμένη χρήση σε μίγματα με φυσικό αέριο, το υδρογόνο αναμένεται να συμβάλλει στον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής και την επίτευξη υψηλότερης ενεργειακής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων.

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών υδρογόνου στον τομέα των μεταφορών αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ερευνητικές δραστηριότητες σε παγκόσμια κλίμακα. Τα κυριότερα έργα έρευνας και επίδειξης τεχνολογιών υδρογόνου στον τομέα των μεταφορών αφορούν στην λεωφορειακίνηση. Οι δραστηριότητες αυτές καλύπτουν τόσο την απαίτηση για εισαγωγή / χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών για καθαρό αστικό περιβάλλον όσο και την αποδοχή των τεχνολογιών υδρογόνου από το κοινό.

Τέλος γίνεται ειδική αναφορά στην δυνατότητα εφαρμογής της τεχνολογίας ηλεκτροκίνησης με fuel – cell και υδρογόνο σε λεωφορεία αστικών συγκοινωνιών η οποία αποτελεί και το κεντρικό αντικείμενο της παρούσας εισήγησης, ενώ παράλληλα καταγράφονται οι παράμετροι οι οποίες είναι καθοριστικές για την τεκμηρίωση της εφικτότητας της εφαρμογής της παραπάνω τεχνολογίας στο συγκοινωνιακό πεδίο της Αθήνας.

1. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

Ο Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας είναι ο υπεύθυνος Φορέας για την λειτουργία του Συστήματος των Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας και εποπτεύεται για τον σκοπό αυτό από το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών. Μέσα στο παραπάνω πλαίσιο, το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών έχει από τον Οκτώβριο 2004 σχεδιάσει και έκτοτε υλοποιεί ένα σύνολο δράσεων και παρεμβάσεων υπό τον τίτλο «Νέος Συγκοινωνιακός Χάρτης της Αθήνας», με απώτερο σκοπό την βελτίωση των συγκοινωνιακών υπηρεσιών προς το επιβατικό κοινό και την αύξηση του συνόλου των μετακινήσεων με Δημόσιες Συγκοινωνίες, ως ποσοστό των ημερήσιων μετακινήσεων μέσα στην περιοχή λειτουργικής ευθύνης του ΟΑΣΑ. Ο Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας είναι η Μητροπολιτική Αρχή των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών και ως εκ τούτου είναι άμεσα υπεύθυνος για τον σχεδιασμό, τον συντονισμό και τον έλεγχο όλων των μέσων μαζικής μεταφοράς στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας (λεωφορεία, τρόλεϊ, μετρό, τραμ, προαστιακός).

Στον όμιλο εταιρειών ΟΑΣΑ ανήκουν οι εξής 3 θυγατρικές εταιρείες του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών της Αθήνας, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την εκτέλεση μέρους του συγκοινωνιακού έργου που εποπτεύεται από τον Οργανισμό:

- ΕΘΕΛ ΑΕ (θερμικά λεωφορεία) – 360 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως
- ΗΛΠΑΠ ΑΕ (τρόλεϊ) – 77 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως
- ΗΣΑΠ ΑΕ (Γραμμή μετρό 1) - 120 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως

ενώ από τον Νοέμβριο 2004 και σύμφωνα με τον Ν. 3297/2004, τέθηκαν υπό την οικονομική και λειτουργική εποπτεία του ΟΑΣΑ και οι παρακάτω εταιρείες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την εκτέλεση του υπόλοιπου συγκοινωνιακού έργου μέσα στην περιοχή λειτουργικής ευθύνης του ΟΑΣΑ που εποπτεύεται από τον Οργανισμό:

- ΑΜΕΛ (Αττικό Μετρό Λειτουργία) – 165 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως
- ΤΡΑΜ ΑΕ - 12 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως
- ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ (αστικό δίκτυο) – 3 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως

Τα Δημόσια Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (λεωφορεία, τρόλεϊ, μετρό, αστικός σιδηρόδρομος, τραμ, προαστιακός σιδηρόδρομος) εκτελούν καθημερινά 2,7 εκατομμύρια μετακινήσεις, οι οποίες αντιστοιχούν σε ποσοστό 41% των 6,5 εκατομμυρίων μετακινήσεων που εκτελούνται καθημερινά μέσα στην περιοχή λειτουργικής ευθύνης του ΟΑΣΑ.

Σύμφωνα με την σχετική πρόσφατη έρευνα της εταιρείας VPRC, η απόλυτη πλειοψηφία των χρηστών των ΜΜΜ θεωρεί ότι η ποιότητα και ποσότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών έχει βελτιωθεί κατά την διάρκεια του τελευταίου έτους, ενώ με βάση τις αθροιστικές προτιμήσεις των ερωτηθέντων το συνηθέστερο μεταφορικό μέσο είναι το Θερμικό Λεωφορείο (ΕΘΕΛ), ενώ ακολουθούν κατά σειρά προτίμησης το Μετρό (ΑΜΕΛ), ο Ηλεκτρικός Αστικός Σιδηρόδρομος (ΗΣΑΠ), το Ηλεκτρικό Λεωφορείο – Τρόλεϊ (ΗΛΠΑΠ), το Τραμ και ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος.

Το σύνολο των εργαζομένων στον Όμιλο ΟΑΣΑ (ΟΑΣΑ, ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ) ανέρχεται σε ~ 9.900 άτομα, ενώ το σύνολο εργαζομένων στο Σύστημα Αστικών Συγκοινωνιών (ΟΑΣΑ, ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ, ΑΜΕΛ, ΤΡΑΜ, ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ) ανέρχεται σε ~ 12.200 άτομα. Οι ετήσιες δαπάνες (επενδύσεις, λειτουργικές κ.λπ.) του Ομίλου ΟΑΣΑ κατά το έτος 2004 έφθασαν τα 614 εκατομμύρια €

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΟΥ ΟΑΣΑ

Ο ΟΑΣΑ στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων του παρακολουθεί και συντονίζει την εκτέλεση του συγκοινωνιακού έργου, έχοντας πάντοτε υπόψη ότι οι συνθήκες παροχής των υπηρεσιών του προς τους κατοίκους & τους επισκέπτες του Λεκανοπεδίου πρέπει να όσο το δυνατόν φιλικότερες προς το περιβάλλον, τη φύση και τους ανθρώπους αλλά και όσο το δυνατόν οικονομικότερες, τόσο από άποψη εξοικονόμησης των κρατικών και των εθνικών πόρων, όσο και από άποψη προστασίας των ενεργειακών φυσικών αποθεμάτων σε τοπικό, εθνικό αλλά και διεθνές επίπεδο.

Για το λόγο αυτό έχει ενσωματώσει στις λειτουργίες του φορείς εκτέλεσης συγκοινωνιακού έργου (ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ, ΑΜΕΛ, ΤΡΑΜ), οι οποίοι βασίζονται εξ ολοκλήρου στην ηλεκτρική ενέργεια, αξιοποιούν στο βέλτιστο βαθμό μέσω του Δικτύου Διανομής της ΔΕΗ και σύμφωνα με την εθνική ενεργειακή πολιτική, τον εθνικό ορυκτό ενεργειακό πλούτο (κοιτάσματα λιγνίτη), το εθνικό υδάτινο ενεργειακό δυναμικό (φράγματα), το φυσικό αέριο μαζί με τις εθνικές υποδομές και επενδύσεις για την οικονομική του χρήση, αλλά και το εθνικό αιολικό δυναμικό (ανεμογεννήτριες).

Παρόλα ταύτα, 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 ΜΜΜ, ενώ το, κινούμενο εκτός και ανεξάρτητα από τα εναέρια δίκτυα ηλεκτροδότησης, Θερμικό Λεωφορείο της ΕΘΕΛ, είναι όπως αναλυτικά καταδείχθηκε παραπάνω σταθερά και αμετακίνητα καταξιωμένο στην συνείδηση του επιβατικού κοινού ως το πλέον δημοφιλές και χρηστικό ΜΜΜ. 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 ότι αφορά στους θερμικούς κινητήρες. Συγκεκριμένα η ΕΘΕΛ έχει ήδη προμηθευθεί και χρησιμοποιεί ένα σημαντικό αριθμό λεωφορείων φυσικού αερίου, τα οποία αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους στόλους λεωφορείων φυσικού αερίου μέσα στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Παρά το γεγονός αυτό, 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 την 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, τόσο από άποψη εκπομπής ρύπων, όσο και από άποψη οικονομικότητας της λειτουργίας και μη αναστρέψιμης ανάλωσης μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ορυκτών καυσίμων), αποτελεί ευθύνη και άμεση προτεραιότητα του ΟΑΣΑ και της ΕΘΕΛ. Η βελτιστοποίηση αυτή έχει 3 κύριους άξονες:

- Την μείωση των εκπομπών ρύπων των κινητήρων Diesel υπό μορφή βλαβερών αερίων και στερεών ρύπων.
- Την, κατά το δυνατόν, εξοικονόμηση των σχετικών ενεργειακών δαπανών, λαμβάνοντας υπόψη και την σημερινή εξαιρετικά δυσμενή συγκυρία σε ότι αφορά στην τιμή του πετρελαίου στις διεθνείς αγορές, η οποία παίρνει σταδιακά την μορφή ενεργειακής κρίσης.
- Την επίτευξη ως ένα βαθμό της κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης από ανανεώσιμες πηγές ή/και εθνικούς ή κοινοτικούς πόρους (λ.χ. bio-Diesel).

Την ίδια στιγμή ο ΟΑΣΑ παρακολουθεί από κοντά και με μεγάλο ενδιαφέρον τις διεθνείς, εντός και εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης διεργασίες στα πλαίσια της προ των πυλών μετεξέλιξης του παγκόσμιου ενεργειακού χάρτη προς «την οικονομία και την κοινωνία του υδρογόνου». Η τεχνολογία του υδρογόνου έχουν πλέον περάσει στο στάδιο της παραγωγικής χρήσης, προσφέροντας σήμερα, υπό ορισμένες προϋποθέσεις οι οποίες είναι πλέον τεχνικά και οικονομικά εφικτές, κίνηση λεωφορείων με ελάχιστους έως μηδενικούς ρύπους.

Ο στόλος Λεωφορείων του Ομίλου ΟΑΣΑ (ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ) αποτελείται από τα παρακάτω λεωφορεία:

- **Θερμικά Λεωφορεία ΕΘΕΛ**
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
- **Ηλεκτρικά Λεωφορεία ΗΛΠΑΠ**
Ο στόλος των Ηλεκτρικών Λεωφορείων – Τρόλεϊ του ΗΛΠΑΠ ανέρχεται σε 366 νέα ηλεκτρικά λεωφορεία, όλα σύγχρονα παραλαβής 2004. Το Ηλεκτρικό Λεωφορείο – Τρόλεϊ του ΗΛΠΑΠ είναι συνυφασμένο, για ιστορικούς και όχι μόνο λόγους, με την σύγχρονη όψη της πόλης της Αθήνας και παραμένει μία αξιόπιστη λύση μέσα στον πυκνοκατοικημένο αστικό ιστό, εκεί που και οι έστω χαμηλές εκπομπές καυσαερίων και θορύβου των σύγχρονων θερμικών λεωφορείων θα αποτελούσαν μία απαράδεκτη επιβάρυνση στην ποιότητα ζωής των κατοίκων. Παρόλα αυτά το Ηλεκτρικό Λεωφορείο – Τρόλεϊ παραμένει δέσμιος του εναέριου δικτύου ηλεκτροδότησης του, με ότι αυτό συνεπάγεται, γεγονός που επιβαρύνει με μία, μη αμελητέα, αδράνεια τόσο αυτή καθ' αυτή την ευελιξία στην κίνηση του, όσο και την επέκτασή ή την τροποποίηση των γραμμών του.

3. ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ

Στα Θερμικά Λεωφορεία της ΕΘΕΛ χρησιμοποιούνται σήμερα οι παρακάτω τεχνολογίες θερμικών κινητήρων:

- Συμβατικοί κινητήρες Diesel ή CD (Conventional Diesel) με καύσιμο Diesel
- Σύγχρονοι κινητήρες Diesel Ελεγχόμενων Εκπομπών Καυσαερίων, Θορύβου και Θερμότητας ή ECD (Emission Controlled Diesel) με καύσιμο Diesel
- Κινητήρες Φυσικού Αερίου βασιζόμενοι στην τεχνολογία των βενζινοκινητήρων (με καύσιμο Φυσικό Αέριο)

A. Εξέλιξη των Συμβατικών Κινητήρων Diesel σε Σύγχρονους Κινητήρες Diesel Ελεγχόμενων Εκπομπών Καυσαερίων (Τεχνολογία ECD, Emission Controlled Diesel)

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. Για το λόγο αυτό είναι μοιραία συνδεδεμένη με τα μειονεκτήματα των συμβατικών κινητήρων Diesel ή CD (Conventional Diesel) που κατασκευάζονταν μέχρι και πριν από περίπου 10 χρόνια και τα οποία συμπεριελάμβαναν έντονο θόρυβο, αυξημένες εκπομπές καυσαερίων και αιθάλη (στερεά ορατά υπόλοιπα καύσεως σε σωματιδιακή μορφή στο ρεύμα καυσαερίων). 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 CO₂ (φαινόμενο του θερμοκηπίου), των οξειδίων του αζώτου NO_x (φωτοχημικό νέφος), του διοξειδίου του θείου SO₂ (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 για την κίνηση των Ι.Χ. αυτοκινήτων, αντικαθιστώντας, αργά αλλά σταθερά, τους βενζινοκινητήρες, παράλληλα με την απαραίτητη σταδιακή αλλαγή των ισχυόντων ανά χώρα νομικών πλαισίων, τα οποία παράλληλα γίνονται συνεχώς και αυστηρότερα. Για να μπορέσουν οι κινητήρες Diesel να γίνουν περισσότερο ανταγωνιστικοί και ελκυστικοί από τους βενζινοκινητήρες, η εξέλιξη της τεχνολογίας Diesel έφερε τις εξής επιμέρους καινοτομίες, οι οποίες αυτομάτως έγιναν

διαθέσιμες και στους κινητήρες, αστικών και μη, λεωφορείων και φορτηγών, εξασφαλίζοντας ελεγχόμενες εκπομπές καυσαερίων (τεχνολογία ECD, Emission Controlled Diesel) [24],[25],[26],[27],[28]:

- αντικατάσταση του διμερούς θαλάμου καύσεως εμμέσου εγχύσεως IDI (προθάλαμος / κυρίως θάλαμος καύσεως), που ήταν ευρέως διαδεδομένος στους ταχύστροφους κινητήρες οδικής έλξεως, από τον ενιαίο θάλαμο καύσεως αμέσου εγχύσεως DI ή HSDI (ταχύστροφοι κινητήρες αμέσου εγχύσεως)
- ευρεία χρήση, εξέλιξη και βελτιστοποίηση της θερμικής υπερπλήρωσης ή στροβιλουπερπλήρωσης (turbo charging) σε συνδυασμό πάντα με ενιαίους θαλάμους καύσεως (κινητήρες TDI)
- συνδυασμός του ενιαίου θαλάμου καύσεως με σχεδίαση 4 βαλβίδων ανά κύλινδρο και εγχυτήρα (μπεκ), όσο το δυνατόν κοντύτερα στο κέντρο του κυλίνδρου
- αντικατάσταση της μηχανικής έγχυσης καυσίμου στους κυλίνδρους (μηχανικές αντλίες χαμηλής πίεσης με 1 έμβολο ανά κύλινδρο και ανεξάρτητες γραμμές προς κάθε εγχυτήρα καυσίμου) από ηλεκτρονικά ελεγχόμενη έγχυση μέσω κοινού οχετού (common rail) καυσίμου υψηλής πίεσεως στον οποίο το καύσιμο καταθλίβεται σε υψηλή έως πολύ υψηλή πίεση (έως 1600 bar) από ανάλογης σχεδίασης και τεχνολογίας αντλίες καυσίμου και από τον οποίον εγχέεται και διασκορπίζεται στους ενιαίους θαλάμους καύσεως, μέσω ηλεκτρομηχανικών εγχυτήρων (μπεκ) πηνίου με αναλογικά ελεγχόμενη διαδρομή ακροφυσίου
- συνδυασμός της παραπάνω τεχνολογίας ελέγχου, συμπίεσης, προσαγωγής και ηλεκτρομηχανικής έγχυσης καυσίμου με την προέγχυση καυσίμου κατά την συμπίεση των αερίων (pilot injection ή pre-injection) και την μετέγχυση κατά το τελικό στάδιο της καύσεως (post-injection)
- ηλεκτρονικά ελεγχόμενη επανακυκλοφορία ή παραμονή ποσότητας καυσαερίων στον θάλαμο καύσεως πριν την έναρξη της συμπίεσης EGR (Exhaust Gas Recirculation) & Air Management (swirl, inlet port deactivation)
- καταλύτες οξειδωσης προϊόντων ατελούς καύσεως DOC (Diesel Oxidation Catalysts)
- καταλύτες αναγωγής οξειδίων του αζώτου (de-NOx catalysts), τύπου SCR (Selective Catalyst Reduction, Ammonia or Urea medium) ή τύπου LNT (Lean NOx Trap, Alternate Lean – Rich Flow NOx Trap)
- παγίδες και φίλτρα αιθάλης και σωματιδίων DPF (Diesel Particulates Filter) & CRT (Continuously Regeneration Trap)
- ενιαίος ηλεκτρονικός έλεγχος και διαχείριση όλων των παραπάνω επιμέρους καινοτομιών μέσω κεντρικού επεξεργαστή και ενιαίας ψηφιακής σηματοδοσίας μεταξύ του επεξεργαστή, των περιφερειακών αισθητήρων και των μονάδων ελέγχου του κινητήρα
- εκτεταμένη εφαρμογή των πλέον σύγχρονων ψηφιακών μεθόδων (CAx) CAD, CAM, CAE (FEA, CFD, LES) για την ανάπτυξη, προσομοίωση, σχεδίαση, κατασκευή και διάγνωση βλαβών των κινητήρων Diesel
- καύσιμα, ειδικής διύλισης, bio-Diesel (10% ή 20%), Diesel χαμηλής ή πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, ή συνδυασμό bio-Diesel / Diesel χαμηλού θείου, για πολύ χαμηλές τιμές εκπομπών καυσαερίων και αντιστάθμιση της χαμηλής λιπαντικής δράσης του καυσίμου που συνεπάγεται η πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο

Σαν συνέπεια των παραπάνω επιμέρους τεχνολογικών βελτιώσεων οι οποίες έχουν συντελεστεί τα τελευταία 10-15 χρόνια και ήδη η συντριπτική τους πλειοψηφία προσφέρεται από τους ανταγωνιζόμενους κατασκευαστές κινητήρων Diesel λεωφορείων, ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων Diesel σε πραγματικές (μη εργαστηριακές) συνθήκες λειτουργίας έχει αυξηθεί στο ίδιο διάστημα έως και 30% (ο βαθμός απόδοσης των πλέον σύγχρονων βενζινοκινητήρων υπολείπεται σήμερα έως και 40% από αυτόν των σύγχρονων κινητήρων Diesel), 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 ότι 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 την διάρκεια απόσβεσης των επενδύσεων αυτών [24],[25],[26],[27],[28].

B. Κινητήρες Φυσικού Αερίου (CNG)

Ο ΟΑΣΑ και η ΕΘΕΛ συμβάλλουν στην χρήση περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών με την προμήθεια και λειτουργία των νέων λεωφορείων με καύσιμο Φυσικό Αέριο. Στα πλαίσια του περιορισμού της ρύπανσης στο ήδη επιβαρυνμένης ατμόσφαιρας του Λεκανοπεδίου της Αθήνας προγραμματίσαν και ολοκλήρωσαν με επιτυχία την αγορά 416 λεωφορείων Φυσικού Αερίου (CNG). Από τα 416 λεωφορεία Φυσικού Αερίου της ΕΘΕΛ, τα 295 παραλήφθηκαν το 2001 και τα 121 το 2005. Με τον 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.

C. Σύγκριση Σύγχρονων Κινητήρων Diesel Ελεγχόμενων Εκπομπών Καυσαερίων (Τεχνολογία ECD, Emission Controlled Diesel) και Κινητήρων Φυσικού Αερίου (CNG)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο ΟΑΣΑ και η ΕΘΕΛ αναλογιζόμενοι τα συγκριτικά 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. Στο διάστημα όμως που μεσολάβησε από την πρώτη προμήθεια των 295 λεωφορείων Φυσικού Αερίου (2001), η διαθέσιμη τεχνολογία των συμβατικών κινητήρων Diesel ή CD (Conventional Diesel) εξελίχθηκε ραγδαία, όπως πολύ αναλυτικά παρουσιάστηκε παραπάνω, στην τεχνολογία ελεγχόμενων εκπομπών καυσαερίων (ECD, Emission Controlled Diesel), 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 και συνεπακόλουθα τις παραμέτρους επιλογής του τύπου νέων υπό προμήθεια λεωφορείων με σκοπό την ανανέωση του στόλου αστικών θερμικών λεωφορείων.

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 απόδοσης του παραμένει, σχετικά, χαμηλός.

Κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής στην αυτοκίνηση και συγκεκριμένα στα, αστικά και μη, λεωφορεία, προκύπτουν ορισμένα πρακτικά θέματα. Καθώς η συγκέντρωση θερμογόνου ικανότητας του φυσικού αερίου ανά μονάδα όγκου του είναι πολύ μικρή, η δε υγροποίηση του οικονομικά ασύμφορη (λόγω ανάγκης εφαρμογής κρυογενικών τεχνολογιών), είναι απαραίτητη η συμπίεση του σε φιάλες – πιεστικά δοχεία. Οι φιάλες αυτές εγκαθίστανται στην οροφή του αστικού λεωφορείου, αφενός επιβαρύνοντας το ωφέλιμο βάρος φόρτωσης με επιβάτες (μειώνοντας θέσεις όρθιων), αφετέρου περιορίζοντας την ακτίνα δράσης του λεωφορείου με βάση την δυναμικότητα των φιαλών. Έτσι στο τέλος κάθε βάρδιας το λεωφορείο πρέπει να επιστρέφει στην βάση του για ανεφοδιασμό των φιαλών και άλλους επιπλέον τυπικούς ελέγχους που σχετίζονται με την τεχνολογία φυσικού αερίου, μειώνοντας αντίστοιχα την εκμεταλλευσιμότητα του ή αυξάνοντας το κόστος υποστήριξης του, ενώ δεν υπάρχει ευελιξία για επαναδρομολόγηση. Ο ανεφοδιασμός με την σειρά του απαιτεί ειδικές εγκαταστάσεις και υποδομές και κύριες μεταξύ αυτών είναι η κατασκευή αγωγού φυσικού αερίου μέχρι το αμαξοστάσιο, ειδικού σταθμού ρύθμισης, μέτρησης και κατανάλωσης και βεβαίως εσωτερικό δίκτυο ως τις αντλίες πλήρωσης των φιαλών – πιεστικών δοχείων των λεωφορείων. Αυτές οι υποδομές και εγκαταστάσεις υπάρχουν σήμερα σε ένα μόνο αμαξοστάσιο της ΕΘΕΛ (Ανω Λιόσια), ενώ πρόσφατα ολοκληρώθηκε η υλοποίηση αντίστοιχων υποδομών και εγκαταστάσεων σε ένα ακόμη αμαξοστάσιο της ΕΘΕΛ (Ανθούσα), ώστε να εξασφαλιστεί η εξυπηρέτηση και των νέων 121 λεωφορείων τελευταίας παραλαβής επί τόπου στην Ανθούσα.

Μία άλλη διάσταση της χρήσης φυσικού αερίου στα λεωφορεία είναι η αυξημένη ανάγκη για ασφάλεια που συνεπάγεται η χρήση αερίου καυσίμου. Ειδικά ανταλλακτικά και εξαρτήματα για το λεωφορείο, ειδικό ανιχνευτές αερίου στις εγκαταστάσεις των αμαξοστασίων, επιθεώρηση των φιαλών με μη καταστροφικούς ελέγχους (x-rays) ανά τακτά χρονικά διαστήματα ή με αφορμή, συνηθισμένα για ένα συμβατικό λεωφορείο, ατυχήματα, είναι μόνο μερικά από τα συνεπακόλουθα της αυξημένης ασφάλειας που απαιτείται και μπορεί να εξασφαλιστεί, έναντι όμως σημαντικού κόστους. Τα ανταλλακτικά από μόνα τους και ανεξάρτητα από τα θέματα ασφαλείας είναι ένας σημαντικός παράγων κόστους. Καθώς οι κινητήρες φυσικού αερίου απαιτούν ειδικά ανταλλακτικά αλλά η αγορά για αυτά είναι περιορισμένη δεν μπορούν να εξασφαλιστούν οικονομίες κλίμακας και αντίστοιχα δεν τεκμηριώνεται η σκοπιμότητα παραγωγικών επενδύσεων για την μείωση του κόστους παραγωγής των ανταλλακτικών, αλλά ούτε και αυτών καθ' αυτών των κινητήρων φυσικού αερίου και των παρελκόμενων τους συστημάτων καυσίμου επί του λεωφορείου.

Τέλος, παρά το ότι 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 επιβαρυμένης κίνησης. Συγκεκριμένα στις ίδιες μετρήσεις έχουν μετρηθεί συγκεντρώσεις φορμαλδεϋδών 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 CO₂, 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.

Με βάση τα παραπάνω [24],[25],[26],[27],[28], είναι φανερό ότι η τεχνολογία ECD, υπερτερεί σαφώς της τεχνολογίας CNG για τους εξής λόγους:

- έχει υψηλότερο βαθμό απόδοσης (σε ορισμένες περιπτώσεις έως και κατά 30-40%)
- έχει πρακτικά ίδιες και σε ορισμένες περιπτώσεις χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων (πλην CO₂), θορύβου και απαγόμενης προς το περιβάλλον θερμότητας, είναι περισσότερο ασφαλής ή έχει πολύ χαμηλότερο κόστος ασφάλειας
- έχει υψηλότερο βαθμό επιχειρησιακής εκμετάλλευσης για ίδιο μέγεθος λεωφορείου
- το κόστος των παγίων ανεφοδιασμού (εγκαταστάσεων, εξοπλισμού, ασφάλειας & συντήρησης) είναι δραματικά χαμηλότερο
- το συνολικό κόστος κύκλου ζωής των λεωφορείων (κτήσης, συντήρησης, ανταλλακτικών, ελέγχων) είναι δραματικά χαμηλότερο

Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας CNG έναντι της τεχνολογίας ECD είναι τα εξής:

- το, ανηγμένο ανά μονάδα κατώτερης θερμογόνου ικανότητας (MWhr), κόστος του φυσικού αερίου είναι χαμηλότερο από αυτό του Diesel
- έχει χαμηλότερες εκπομπές CO₂ από αυτές της τεχνολογίας ECD
- η διαδικασία ανεφοδιασμού και διακίνησης καυσίμου είναι ποιοτικά και διαδικαστικά καλύτερη και απλούστερη

Με βάση την διεθνή βιβλιογραφία, την επιστημονική γνώση και την τεχνολογική εμπειρία [24],[25],[26],[27],[28], αλλά κυρίως με βάση τα τρέχοντα επιχειρησιακά δεδομένα της ΕΘΕΑ, εύκολα τεκμηριώνεται η σαφής και έντονη υπεροχή της τεχνολογίας ECD, έναντι της τεχνολογίας CNG. Τα πλεονεκτήματα, η σκοπιμότητα και η οικονομικότητα της επιλογής αυτής, μπορούν να εντατικοποιηθούν περαιτέρω με τις εξής ενισχυτικές δράσεις:

- θέσπιση τεχνικών προδιαγραφών – ποσοτικών κριτηρίων βαθμολόγησης προσφερόμενων τεχνολογιών με βάση τις προαναφερθείσες επιμέρους τεχνολογικές καινοτομίες που διαφοροποιούν την τεχνολογία ECD (Emission Controlled Diesel) από την τεχνολογία CD (Conventional Diesel), σε συνδυασμό πάντοτε με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα μείωσης των εκπομπών καυσαερίων
- ποσοτική διερεύνηση της επίδρασης του bio-Diesel, του ελαιόλαδου, του Diesel χαμηλού θείου και του Diesel πολύ χαμηλού θείου, στην εκπομπή καυσαερίων και στην λιπαντική δράση του καυσίμου
- ποσοτική διερεύνηση της ευεργετικής επίδρασης της χρήσης χημικών προσθέτων και μαγνητικών συσκευών για την καλύτερη λειτουργία του κινητήρα και για την περαιτέρω μείωση των εκπομπών και της κατανάλωσης καυσίμου
- εφαρμογή συστήματος και διαδικασιών ποιοτικής διασφάλισης στον ανεφοδιασμό των λεωφορείων, την διακίνηση καυσίμου και την λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας προμήθειας καυσίμων

Ως αποτέλεσμα της παραπάνω συγκριτικής διαδικασίας και με σκοπό την συνεχή ανανέωση του στόλου των θερμικών λεωφορείων της ΕΘΕΑ, προγραμματίζεται η προμήθεια 520 νέων λεωφορείων τεχνολογίας Ελεγχόμενων Εκπομπών Καυσαερίων (ECD, Emission Controlled Diesel) Euro IV / Euro V.

4. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΟΑΣΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟ

A. Ερευνητικά Έργα ΟΑΣΑ

Ο ΟΑΣΑ από το 2001 έχει αναθέσει 24 ερευνητικά προγράμματα σε Ελληνικούς Ερευνητικούς φορείς με αντικείμενο την αναβάθμιση των υπηρεσιών του, την στρατηγική εξέταση της ανάπτυξης του, την αξιολόγηση των δράσεων καθώς και την ανάπτυξη συστημάτων που αποσκοπούν στην βελτίωση των παρεχομένων υπηρεσιών στον πολίτη.

Πέρα από την κυκλοφορία των 416 Λεωφορείων Φυσικού Αερίου και την προμήθεια των 520 νέων λεωφορείων με κινητήρα Diesel τεχνολογίας Ελεγχόμενων Εκπομπών Καυσαερίων Euro IV / Euro V, ο ΟΑΣΑ και η ΕΘΕΛ έχουν αναλάβει τις παρακάτω δράσεις, πάντοτε στην κατεύθυνση της χρήσης περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών, αλλά και του βέβαιου, με αργά αλλά σταθερά βήματα, προσανατολισμού της διεθνούς οικονομικής και ενεργειακής σκηνής προς την «κοινωνία και οικονομία των εναλλακτικών καυσίμων – ενεργειακών φορέων και των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας».

B. Ερευνητικό Έργο bio-Diesel

Μεταξύ άλλων δράσεων, ο ΟΑΣΑ και η ΕΘΕΛ έχουν αναθέσει στο Εργαστήριο Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, ερευνητικό έργο με θέμα «Εξέταση Προοπτικής Χρήσης Καυσίμου bio-Diesel σε Κινητήρες Diesel Λεωφορείων της ΕΘΕΛ», το οποίο και έχει ήδη ολοκληρωθεί κατά 60% με την εγκατάσταση σε ειδική πειραματική κλίνη δοκιμών του Εργαστηρίου και την θέση σε πειραματική λειτουργία, αντιπροσωπευτικού κινητήρα Diesel λεωφορείου της ΕΘΕΛ, με σκοπό την διερεύνηση και ποσοτικοποίηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών λειτουργίας των κινητήρων Diesel των θερμικών λεωφορείων της ΕΘΕΛ σε συνθήκες συνδυασμένης καύσης bio-Diesel και συμβατικού καυσίμου (Diesel) καθώς και των οφελών που προκύπτουν από τη χρήση του bio-Diesel. Σύντομα τα αποτελέσματα του προγράμματος αυτού θα υλοποιηθούν στην πράξη με τη χρησιμοποίηση bio-Diesel στα λεωφορεία της Εταιρείας.

Η χρήση bio-Diesel ως συμπληρωματικού καυσίμου (σε ποσοστό συνήθως 10 έως 20% κατά μάζα), αλλά ακόμη και ως βασικού καυσίμου, σε μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν ως καύσιμο πετρέλαιο, αποτελεί ένα ιδιαίτερα ελπιδοφόρο μέτρο προς την κατεύθυνση της φιλικότερης χρήσης των συμβατικών υγρών καυσίμων, που είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί άμεσα με ιδιαίτερος μικρές ή και καθόλου μετατροπές στο υφιστάμενο σύστημα.

Το bio-Diesel είναι αμιγώς ανανεώσιμο καύσιμο, προερχόμενο από ειδική επεξεργασία κυρίως φυτικών συστατικών και ζωικών παραπροϊόντων, παρουσιάζοντας διεθνώς συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή και χρήση. Τα αναμενόμενα οφέλη από τη χρήση του βιοντίζελ είναι τα παρακάτω:

- Σημαντική μείωση της παραγόμενης αιθάλης
- Μείωση του παραγόμενου διοξειδίου του θείου, λόγω αντικατάστασης ποσοστού του συμβατικού καυσίμου με καύσιμο σημαντικά χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο, συνήθως μικρότερης από 0.002% κ.β.
- Σημαντική μείωση του διοξειδίου του άνθρακα (λόγω του ανανεώσιμου χαρακτήρα του βιοντίζελ), με συνέπεια την άμβλυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου
- Μείωση ή και πλήρης κατάργηση της έγχυσης συμβατικών πρόσθετων χημικών ενώσεων, άγνωστης συνήθως συνθέσεως, που χρησιμοποιούνται για τη μείωση κυρίως των εκπομπών αιθάλης
- Μείωση χειροτέρευσης της ποιότητας του λιπαντικού ελαίου.
- Η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, ειδικότερα της αιθάλης, που είναι συνήθως ο ρύπος που γίνεται άμεσα οπτικά αντιληπτός, εξασφαλίζεται σε σημαντικό βαθμό οδηγώντας σε καθαρό περιβάλλον.

Με δεδομένο ότι η δυναμική διεύθυνση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι επιβεβλημένη, με σαφή στόχο την επίτευξη συγκεκριμένου ποσοστού κάλυψης της παραγόμενης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, γίνεται αντιληπτό ότι η εφαρμογή του bio-Diesel αποτελεί τη μοναδική προοπτική για την υλοποίηση του παραπάνω στόχου σε συστήματα παραγωγής ενέργειας με χρήση υγρών καυσίμων.

Επιπρόσθετα, για τη χώρα μας είναι εμφανή τα εξής οφέλη:

- Οικονομικό: Σχετική απεξάρτηση από την εισαγωγή πετρελαίου
- Κοινωνικό: Απορρόφηση (πρώτη ύλη) του προϊόντος από ευαίσθητες μονάδες του πληθυσμού της υπαίθρου (π.χ. βαμβακοπαραγωγοί Λάρισας, κλπ).

C. Χημικά Πρόσθετα & Χρήση Μαγνητικών ή Άλλων Συσκευών στην Γραμμή Τροφοδοσίας Καυσίμου Diesel

Παράλληλα ο ΟΑΣΑ από κοινού με την ΕΘΕΛ επεξεργάζεται με ιδιαίτερη επιφυλακτικότητα διάφορα εναλλακτικά ή συμπληρωματικά σχέδια δράσης για την ερευνητική αξιολόγηση των πιθανών οφελών που μπορεί τυχόν να προκύψουν από:

- Την χρήση χημικών πρόσθετων στο καύσιμο Diesel που καίνε οι κινητήρες Diesel.
- Την χρήση μαγνητικών ή άλλων συσκευών για την βελτίωση της λειτουργίας των κινητήρων Diesel.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι συνήθως δεν είναι εύκολη η αποτίμηση των πλεονεκτημάτων που έχει η χρήση χημικών προσθέτων, μαγνητικών ή άλλων συσκευών στην κατανάλωση καυσίμου και στις εκπομπές καυσαερίων των κινητήρων Diesel των αστικών λεωφορείων, διά της οδού των πειραματικών δοκιμών των κινητήρων αυτών σε εργαστηριακές συνθήκες. Η δυσκολία έγκειται στον έλεγχο και στην προσομοίωση σε εργαστηριακές συνθήκες, των παραμέτρων εκείνων οι οποίες θεωρούνται μεταβλητές που μπορούν να επηρεάσουν την συσχέτιση μεταξύ της χρήσης των χημικών προσθέτων, ή των μαγνητικών ή άλλων συσκευών, της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών των κινητήρων, όπως αυτή η συσχέτιση μπορεί να υπολογιστεί από επί τόπου μετρήσεις και τα αρχεία ανεφοδιασμού και κίνησης των λεωφορείων. Οι παράμετροι αυτές είναι:

- Οι καιρικές συνθήκες (βροχή, άνεμος, υγρασία, βαρομετρική πίεση, χιόνι)
- Οι προδιαγραφές του καυσίμου Diesel (πυκνότητα, θερμογόνος δύναμη, ιξώδες, χρήση χημικών προσθέτων κατά την διύλιση)
- Συντήρηση και επιθεώρηση (φίλτρα αέρα, λίπανση κινητήρα και συστήματος μετάδοσης, πίεση και κατάσταση ελαστικών, άλλα σημεία συντήρησης και επιθεώρησης)
- Κατάσταση και τυχόν δυσλειτουργίες του κινητήρα (σύστημα έγχυσης καυσίμου, σύστημα προσαγωγής αέρα & απαγωγής των καυσαερίων, στροβιλουπερπληρωτής, ανακύκλωση των καυσαερίων, άλλες)
- Κατασκευαστής και τύπος του κινητήρα (προδιαγραφές λειτουργίας, απόδοσης / ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, εκπομπών)
- Τύπος εκτελούμενου συγκοινωνιακού έργου (διαδρομή, διάρκεια, διακύμανση φορτίου, πλήθος επιβατών, κλίσεις οδοστρώματος, λειτουργία στο ρελαντί, λειτουργία κλιματισμού, άλλα χαρακτηριστικά)
- Οδηγός και στυλ οδήγησης
- Κίνηση
- Ρύθμιση των παραμέτρων του κινητήρα
- Μέθοδος τήρησης των αρχείων ανεφοδιασμού, κίνησης & συντήρησης των λεωφορείων, καθώς και των αρχείων διακίνησης του καυσίμου

Οι παράμετροι αυτές επηρεάζουν την συσχέτιση μεταξύ της χρήσης των χημικών προσθέτων, μαγνητικών ή άλλων συσκευών, της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών των κινητήρων, όταν αυτή η συσχέτιση υπολογίζεται από επί τόπου μετρήσεις και τα αρχεία ανεφοδιασμού και κίνησης ενός στόλου αστικών λεωφορείων, μέσω της επίδρασης που ασκούν τα χημικά πρόσθετα, οι μαγνητικές ή άλλες συσκευές στην λειτουργία του κινητήρα σε πραγματικές συνθήκες και συγκεκριμένα μέσω της επίδρασης που ασκούν στην λειτουργία του κινητήρα σε κενό φορτίο (idling), σε μερικά φορτία και σε συνθήκες συνεχώς μεταβαλλόμενου φορτίου (transient operation). Η επίδραση αυτή οφείλεται, μεταξύ άλλων, και στην ενδεχόμενη δράση των χημικών προσθέτων ή των μαγνητικών ή άλλων συσκευών και μπορεί να γίνει πλήρως αντιληπτή μετά από ένα ικανό αριθμό ωρών λειτουργίας του κινητήρα με χημικά πρόσθετα ή/και μαγνητικές ή άλλες συσκευές. Ακριβώς λόγω των παραπάνω, αυτοί οι μηχανισμοί (λειτουργία του κινητήρα σε κενό φορτίο, σε μερικά φορτία και σε συνθήκες συνεχώς μεταβαλλόμενου φορτίου, σε συνδυασμό με την ενδεχόμενη δράση των χημικών προσθέτων ή των μαγνητικών ή άλλων συσκευών) είναι πολύ ευκολότερο να παρατηρηθούν με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορούν να εξαχθούν ποιοτικά και ποσοτικά συμπεράσματα, σε πραγματικές συνθήκες μέσω επί τόπου μετρήσεων και μέσω επεξεργασίας των αρχείων ανεφοδιασμού και κίνησης ενός στόλου αστικών λεωφορείων, παρά σε εργαστηριακές συνθήκες μέσω πειραματικών δοκιμών κινητήρων εγκατεστημένων σε πειραματικές κλίνες, όπου και είναι πολύ δυσκολότερο να ελεγχθούν και να προσομοιωθούν οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός στόλου αστικών λεωφορείων καθώς και οι τιμές των παραπάνω μεταβλητών - παραμέτρων.

D. ΟΑΣΑ και Υδρογόνο

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών υδρογόνου στον τομέα των μεταφορών αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ερευνητικές δραστηριότητες σε παγκόσμια κλίμακα. Τα κυριότερα έργα έρευνας και επίδειξης τεχνολογιών υδρογόνου στον τομέα των μεταφορών αφορούν στην κίνηση των λεωφορείων. Οι δραστηριότητες αυτές καλύπτουν τόσο την απαίτηση για εισαγωγή / χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών για καθαρό αστικό περιβάλλον όσο και την αποδοχή των τεχνολογιών υδρογόνου από το κοινό.

Τα συγκεκριμένα ερευνητικά έργα εντάσσονται στο γενικότερο πλαίσιο εφαρμοσμένης έρευνας που αποσκοπεί στην μετεξέλιξη και τον προσανατολισμό της παγκόσμιας οικονομίας προς «την τεχνολογία και την κοινωνία του υδρογόνου». Το υδρογόνο ως ενεργειακός φορέας αποτελεί μια σημαντική ενεργειακή επιλογή καθώς συνδυάζει την δυνατότητα της ενεργειακής απεξάρτησης (μερικώς ή ολικώς ανάλογα με το είδος και την έκταση των εφαρμογών) από την χρήση ορυκτών καυσίμων με την βελτιωμένη περιβαλλοντική επίδοση. Η χρήση του υδρογόνου ως ενεργειακού φορέα έχει τα εξής μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα:

- Δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με απελευθέρωση CO₂ ή με CO, στον βαθμό βεβαίως που οι ρύποι αυτοί δεν εκλύονται στα στάδια της παραγωγής ή της μεταφοράς του υδρογόνου.
- Είναι, μέσω ηλεκτρόλυσης, άριστος ενεργειακός φορέας για πηγές ενέργειας που δεν απελευθερώνουν ούτε CO₂, ούτε CO και είναι εγκατεστημένες πολύ μακριά από τις εφαρμογές που μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υδρογόνο, όπως λ.χ. οι υδατοπτώσεις, η γεωθερμία και τα πυρηνικά εργοστάσια.
- Είναι, μέσω ηλεκτρόλυσης, άριστος ενεργειακός ταμιευτήρας για μη σταθερής ισχύος ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή και η θαλάσσια ενέργεια.
- Διαμορφώνει νέους όρους στην οικονομοτεχνική και περιβαλλοντική παραμετροποίηση και βελτιστοποίηση της σκοπιμότητας των επενδύσεων σε σχέση με υφιστάμενα δίκτυα μεταφοράς και διανομής συμβατικών ενεργειακών πόρων.

Μερικά από τα οφέλη από την συμμετοχή του ΟΑΣΑ σε ερευνητικά έργα υδρογόνου είναι:

- η ανάπτυξη τεχνογνωσίας σε θέματα διαχείρισης και χρήσης υδρογόνου
- η ανάπτυξη υποδομών για την ανάπτυξη πιλοτικών εφαρμογών υδρογόνου στον τομέα των αστικών συγκοινωνιών
- η δυνατότητα παροχής συγκοινωνιακού έργου με αναβαθμισμένη περιβαλλοντική επίδοση (κυρίως μείωση των ρύπων CO₂ και CO) συμβάλλοντας στην αναβάθμιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας σε τοπικό επίπεδο
- η συμβολή σε εθνικό επίπεδο στην υλοποίηση των εθνικών δεσμεύσεων για την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου
- η παραγωγή υδρογόνου, είτε μέσω ηλεκτρόλυσης από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (αιολική, υδροηλεκτρική, άλλες), είτε μέσω αναμόρφωσης (steam reforming) Φυσικού Αερίου, ιδανικά με ταυτόχρονη δέσμευση CO₂, είτε ως βιομηχανικό πετροχημικό παραπροϊόν της κυκλικών υδρογονανθράκων με μετατροπή ευθέων ανθρακικών αλυσίδων σε κυκλικές ή μετατροπή των απλών δεσμών της ανθρακικής αλυσίδας
- η χρήση ΑΠΕ για την παραγωγή υδρογόνου συμβάλλει, τόσο στην αύξηση του ποσοστού των ΑΠΕ στο εθνικό ισοζύγιο ενέργειας, όσο και στην υποκατάσταση εισαγόμενου καυσίμου για τις μεταφορές
- την επιδεικτική διείσδυση του Υδρογόνου και των συναφών τεχνολογιών Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) και παραγωγής Υδρογόνου (είτε από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μέσω ηλεκτρόλυσης, είτε από Φυσικό Αέριο μέσω αναμόρφωσης του Φυσικού Αερίου, είτε ως βιομηχανικό πετροχημικό παραπροϊόν της παραγωγής κυκλικών υδρογονανθράκων με μετατροπή ευθέων ανθρακικών αλυσίδων σε κυκλικές ή μετατροπή των απλών δεσμών της ανθρακικής αλυσίδας), στην υποστηρικτική και εφοδιαστική αλυσίδα των μεταφορών και συγκεκριμένα των αστικών συγκοινωνιών
- η συμβολή στην ανταγωνιστικότητα των Ελληνικών επιχειρήσεων στον ερευνητικό και επιδεικτικό τομέα της έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης της Ε.Ε.

Στην περίπτωση χρήσης καθαρού υδρογόνου σε λεωφορεία με θερμικούς κινητήρες εσωτερικής καύσεως, όπου το υδρογόνο οδηγείται σε εξώθερμη χημική αντίδραση με τον αέρα, οι ρύποι

- διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- υδρογονάνθρακες (HC/NMHC)
- σωματίδια – στερεοί ρύποι (PM)
- μεθάνιο (άκαυστο CH₄)
- αιθάλη

εκμηδενίζονται (όλοι πλην των οξειδίων του αζώτου NO_x). Στην περίπτωση χρήσης του υδρογόνου σε λεωφορεία με κυψέλες καυσίμου (fuel cells), πρακτικά εκμηδενίζονται όλοι ανεξαιρέτως οι ρύποι, συμπεριλαμβανομένων και των οξειδίων του αζώτου (NO_x).

Ανάλογα όμως με την μέθοδο παραγωγής του υδρογόνου, υπάρχει περίπτωση εμφάνισης σημαντικού μέρους των παραπάνω ρύπων (κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα CO₂) στο σημείο που παράγεται το υδρογόνο ή στο σημείο που παράγεται η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του υδρογόνου. Το αν θα εμφανιστούν στα σημεία αυτά οι παραπάνω ρύποι εξαρτάται από την μέθοδο παραγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος που χρησιμοποιείται στην περίπτωση παραγωγής του υδρογόνου με ηλεκτρόλυση. Η μετατροπή των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική, ή η υδάτινη ενέργεια (υδατοπτώσεις ή θαλάσσια), σε ηλεκτρικό ρεύμα, δεν συνοδεύεται από την παραγωγή αυτών των ρύπων – εξ ου και ο χαρακτηρισμός τους ως καθαρές πηγές ενέργειας. Αντίθετα η εσωτερική ή εξωτερική καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος οδηγεί, στην καλύτερη περίπτωση, σε εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα CO₂ και άλλων ρύπων στο σημείο παραγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος.

Επίσης στην περίπτωση παραγωγής του υδρογόνου από φυσικό αέριο μέσω της διαδικασίας αναμόρφωσης του φυσικού αερίου steam reforming, παράγεται άμεσα, αλλά και έμμεσα, διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και άλλοι από τους παραπάνω ρύπους. Το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) μπορεί θεωρητικά να δεσμευθεί και να αποθηκευτεί ως απόβλητο, αλλά αυτή η διαδικασία δέσμευσης (capture) και αποβολής του καθιστά την όλη διαδικασία ακόμη δυσχερέστερη, ενώ παραμένει και το ζήτημα της αποθήκευσης των αποβλήτων (CO₂ sequestration).

Σε κάθε περίπτωση και σε ότι αφορά στις Αστικές Συγκοινωνίες, η χρήση υδρογόνου στα λεωφορεία θα οδηγήσει σε άμεση και δραστηκότατη μείωση των ρύπων μέσα στα αστικά κέντρα, ενώ τα ζητήματα σχετικά με την αποθήκευση και την ασφάλεια της χρήσης του υδρογόνου έχουν πρακτικά επιλυθεί. Γεγονός είναι ότι τα μέτρα ασφάλειας σχετικά με την αποθήκευση και την χρήση του υδρογόνου είναι σαφώς πιο δαπανηρά από τα μέτρα ασφάλειας που απαιτούνται για άλλα καύσιμα. Αντίστοιχα, τα περιθώρια μείωσης του υψηλού κόστους των μέτρων ασφάλειας που απαιτούνται για την αποθήκευση και την χρήση του υδρογόνου, ως συνέπεια της μαζικής παραγωγής του σχετικού εξοπλισμού, η οποία με την σειρά της θα επέλθει ως συνέπεια της διεύθυνσης και τελικά της μαζικής χρήσης του υδρογόνου, είναι τεράστια.

E. Κοινή Τεχνολογική Πρωτοβουλία JTI (Joint Technology Initiative) της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την δημιουργία Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Υδρογόνου και Κυψελών Καυσίμου H&FC (Hydrogen & Fuel Cell Platform)

Ο ΟΑΣΑ έχει κατ' αρχάς επιλεγεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως 1 από τα 3 Ελληνικά Νομικά Πρόσωπα τα οποία μαζί με τα υπόλοιπα 106 Ευρωπαϊκά Νομικά Πρόσωπα που έχουν κατ' αρχάς επιλεγεί για τον ίδιο σκοπό, θα συμμετάσχουν στην Κοινή Τεχνολογική Πρωτοβουλία JTI (Joint Technology Initiative) της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την δημιουργία Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Υδρογόνου και Κυψελών Καυσίμου H&FC (Hydrogen & Fuel Cell Platform). Ο ΟΑΣΑ είναι το μόνο Νομικό Πρόσωπο, μεταξύ των 3 επιλεγέντων Ελληνικών Νομικών Προσώπων, που είναι Δημόσιος Οργανισμός – μη ιδιωτική εταιρεία.

Η συμμετοχή στην Κοινή Τεχνολογική Πρωτοβουλία JTI (Joint Technology Initiative) της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την δημιουργία Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Υδρογόνου και Κυψελών Καυσίμου H&FC (Hydrogen & Fuel Cell Platform) είναι μία εξαιρετική ευκαιρία για τις Ελληνικές επιχειρήσεις, ερευνητικά ιδρύματα ή άλλους φορείς, να εκδηλώσουν σε ανύποπτο χρόνο, με δεσμευτικό και απόλυτο τρόπο, το πραγματικό και μη ευκαιριακό ενδιαφέρον τους για την συμμετοχή τους σε σχετικά με το Υδρογόνο ερευνητικά ή άλλα έργα.

Επίσης ο ΟΑΣΑ έχει κατ' αρχάς προταθεί από την Γενική Γραμματεία Έρευνας & Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης για την Εθνική Εκπροσώπηση της Ελλάδας, μαζί με τον Τομέα Θερμότητας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ και το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) του Υπουργείου Ανάπτυξης, στο Αντιπροσωπευτικό Εκτελεστικό Όργανο (Mirror Group Implementation Panel) της Κοινής Τεχνολογικής Πρωτοβουλίας JTI (Joint Technology Initiative) της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την δημιουργία Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Υδρογόνου και Κυψελών Καυσίμου H&FC (Hydrogen & Fuel Cell Platform).

F. Ερευνητικά Έργα Συνδυασμένης Καύσης Φυσικού Αερίου & Υδρογόνου (Natural-Hy / Hy-thane)

Η εξέλιξη των τεχνολογιών υδρογόνου αναφέρεται κυρίως στην χρήση fuel cell, σημαντική όμως είναι και η έρευνα της χρήσης μιγμάτων υδρογόνου – φυσικού αερίου (hy-thane) σε εμβολοφόρες μηχανές. Η υπάρχουσα εμπειρία στην λειτουργία των μηχανών ΜΕΚ, το συγκριτικά χαμηλότερο κόστος εξέλιξης όσον αφορά ανταγωνιστικές τεχνολογίες υδρογόνου, η δυνατότητα χρήσης υπάρχουσας τεχνολογικής υποδομής αποθήκευσης & τροφοδοσίας αερίων, καθιστούν την λύση των μιγμάτων υδρογόνου – φυσικού αερίου, μια από τις πλέον ανταγωνιστικές λύσεις με βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη προοπτική.

Η καύση του υδρογόνου σε υφιστάμενους εμβολοφόρους κινητήρες σε μορφή μίγματος του με φυσικό αέριο, παρουσιάζει, επιπλέον των μακροπρόθεσμων πλεονεκτημάτων χρήσης του υδρογόνου ως ενεργειακού φορέα, τα ακόλουθα βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα πλεονεκτήματα:

- Μειώνει τον ρυθμό εξάντλησης των αποθεμάτων φυσικού αερίου.
- Επιτρέπει την ομαλή απόσβεση και κεφαλαιακή απόδοση των υφιστάμενων ή σχεδιαζόμενων επενδύσεων σε έρευνα, παραγωγικούς πόρους, εξοπλισμό, εγκαταστάσεις και εκπαίδευση, σχετικά με την παραγωγή:
 - εμβολοφόρων κινητήρων.
 - ειδικού εξοπλισμού καύσεως φυσικού αερίου σε εμβολοφόρους κινητήρες
 - ειδικού εξοπλισμού ανεφοδιασμού φυσικού αερίου λεωφορείων (φιάλες λεωφορείων, στόμια, αντλίες, δεξαμενές).
- Στις περιπτώσεις εκείνες όπου είναι διαθέσιμη η παροχή φυσικού αερίου (λ.χ. αμαξοστάσια ΕΘΕΛ) και είναι οικονομοτεχνικά και περιβαλλοντικά σκόπιμη και εφικτή η επιτόπου παραγωγή υδρογόνου δια της μεθόδου αναμόρφωσης του Φυσικού Αερίου (steam – reforming), η επί τόπου ανάμιξη φυσικού αερίου και υδρογόνου

καθίσταται πλεονεκτική τόσο οικονομικά, όσο και λόγω της ενιαίας και συνεχούς διαδικασίας παραγωγής του τελικού μίγματος.

Οι πρώτες εφαρμογές μιγμάτων υδρογόνου – φυσικού αερίου υλοποιήθηκαν στο Μόντρεαλ το 1995 σε λεωφορεία και ελαφρά επαγγελματικά οχήματα. Εκτός από τον Καναδά, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές στις ΗΠΑ, στην Σουηδία, στην Γαλλία, στο Ηνωμένο Βασίλειο, στην Αυστραλία, στην Κίνα και άλλες χώρες.

Ο ΟΑΣΑ από κοινού με την ΕΘΕΛ και σε συνεργασία με τον Τομέα Θερμότητας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ καθώς και άλλους ενδιαφερόμενους, έχουν καταθέσει στην Γενική Γραμματεία Έρευνας & Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης πρόταση συμμετοχής στο Πρόγραμμα Ανάπτυξης της Βιομηχανικής Έρευνας (ΠΑΒΕΤ) 2005 του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης, για την εκτέλεση ερευνητικού έργου με αντικείμενο την διερεύνηση της δυνατότητας καύσης μίγματος Υδρογόνου – Φυσικού Αερίου σε διάφορες αναλογίες Υδρογόνου - Φυσικού Αερίου, σε κινητήρες λεωφορείων Φυσικού Αερίου και χρήση του παραπάνω καύσιμου μίγματος σε λεωφορεία της ΕΘΕΛ, με απώτερο σκοπό την περαιτέρω μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των λεωφορείων Φυσικού Αερίου και την επιδεικτική διείσδυση του Υδρογόνου και των συναφών τεχνολογιών στην υποστηρικτική και εφοδιαστική αλυσίδα των μεταφορών και συγκεκριμένα των αστικών συγκοινωνιών. Η προτεινόμενη ερευνητική δραστηριότητα αποσκοπεί στην απόκτηση νέων γνώσεων σχετικά με την χρήση του υδρογόνου σε εμβολοφόρους κινητήρες αστικών λεωφορείων. Οι γνώσεις αυτές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες:

- για την διαμόρφωση των προδιαγραφών, των λειτουργικών απαιτήσεων καθώς και των απαιτήσεων σχεδίασης και κατασκευής κινητήρων λεωφορείων, οι οποίοι θα τροφοδοτούνται με μίγματα καυσίμου υδρογόνου - φυσικού αερίου
- για την σημαντική βελτίωση των μεθόδων αποθήκευσης, ανάμιξης, διακίνησης και ανεφοδιασμού του υδρογόνου και των μιγμάτων υδρογόνου - φυσικού αερίου, με απώτερο σκοπό την παροχή μεταφορικών υπηρεσιών με χρησιμοποιούμενο καύσιμο μίγματος υδρογόνου - φυσικού αερίου.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (FUEL CELL) & ΥΔΡΟΓΟΝΟ ΣΕ ΑΣΤΙΚΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ

A. Τεχνολογία Ηλεκτροκίνησης με Κυψέλες Καυσίμου (Fuel – Cell) & Υδρογόνο σε Αστικά Λεωφορεία

Σαν χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής της Τεχνολογίας Ηλεκτροκίνησης με Κυψέλες Καυσίμου (Fuel – Cell) & Υδρογόνο σε Αστικά Λεωφορεία αναφέρονται τα έργα της E.E. CUTE, CUTE PLUS & ECTOS με εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής σε αστικά λεωφορεία στις Ευρωπαϊκές πόλεις Άμστερνταμ, Βαρκελώνη, Αμβούργο, Λονδίνο, Λουξεμβούργο, Μαδρίτη, Πόρτο, Στοκχόλμη, Στουτγάρδη και Ρέικιαβικ [23].

Ο ΟΑΣΑ από κοινού με την ΕΘΕΛ επεξεργάζεται διάφορα εναλλακτικά ή συμπληρωματικά σχέδια δράσης τα οποία αναλύονται παρακάτω, για την πιλοτική δρομολόγηση αστικών λεωφορείων με καύσιμο καθαρό Υδρογόνο και κινητήρα Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) στην Αθήνα, με απώτερο σκοπό την εξοικείωση της τεχνικής επιστημονικής κοινότητας καθώς και του επιβατικού κοινού με την συγκεκριμένη τεχνολογία μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων βλαβερών ρύπων και την επιδεικτική διείσδυση του Υδρογόνου, των Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) και των τεχνολογιών παραγωγής του Υδρογόνου, είτε από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μέσω ηλεκτρόλυσης, είτε από Φυσικό Αέριο μέσω αναμόρφωσης του Φυσικού Αερίου, είτε ως βιομηχανικό πετροχημικό παραπροϊόν της παραγωγής κυκλικών υδρογονανθράκων με μετατροπή ευθέως ανθρακικών αλυσίδων σε κυκλικές ή μετατροπή των απλών δεσμών της ανθρακικής αλυσίδας, στην υποστηρικτική και εφοδιαστική αλυσίδα των μεταφορών και συγκεκριμένα των αστικών συγκοινωνιών.

B. Τύπος Ηλεκτροκίνητου Αστικού Λεωφορείου με Κυψέλες Καυσίμου (Fuel – Cell) & Υδρογόνο

Το πρώτο ζήτημα που θα πρέπει να απαντηθεί σχετικά με την πιλοτική δρομολόγηση αστικών λεωφορείων με καύσιμο Υδρογόνο και κινητήρα Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) στην Αθήνα, είναι ποιος τύπος λεωφορείου είναι κατάλληλος και διαθέσιμος. Ο τύπος αυτός μπορεί να είναι ένας από τους παρακάτω:

1) Τυπικό 12μετρο λεωφορείο

Ο τύπος αυτό χρησιμοποιείται στα Κοινοτικά Προγράμματα CUTE, CUTE PLUS & ECTOS [23]. Από απόψεως εκμετάλλευσης ταιριάζει στα συγκοινωνιακά δεδομένα της ΕΘΕΛ. Λόγω της ιδιομορφίας των Αθηναϊκών δρόμων

όμως, δεν είναι ιδανικός για τον πυκνοκατοικημένο αστικό ιστό με τις μεγάλες κλίσεις του οδοστρώματος, εκεί όπου ένα λεωφορείο με μηδενικούς ρύπους πραγματικά θα έκανε αισθητή την παρουσία του και την λειτουργία του. Ο ΟΑΣΑ έχει πρόσφατα απευθυνθεί προς τους υπευθύνους των Κοινοτικών Προγραμμάτων CUTE, CUTE PLUS & ECTOS, ζητώντας να μάθει κάτω από ποιες προϋποθέσεις θα ήταν εφικτή η δρομολόγηση ενός λεωφορείου αυτού του τύπου στην Αθήνα, χωρίς ουσιαστικό όμως αποτέλεσμα. Ανάλογες προσπάθειες είχαν γίνει και πριν τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας, επίσης χωρίς αποτέλεσμα. Ακόμη και στο ενδεχόμενο όπου ένα τέτοιο λεωφορείο θα ήταν τελικά διαθέσιμο για δρομολόγηση στην Αθήνα, η εμπειρία των CUTE, CUTE PLUS & ECTOS, διδάσκει ότι η πόλη υποδοχής του λεωφορείου, αφού καταβάλει ένα διόλο ευκαταφρόνητο τίμημα, θα χρησιμοποιεί το λεωφορείο κυρίως επικοινωνιακά και για λόγους επιδεικτικής διείσδυσης του υδρογόνου, χωρίς όμως να υπάρχει περιθώριο να εξοικειωθεί ή να αποκτήσει εμπειρία στα κινητήρια συστήματα του λεωφορείου ή στα συστήματα υδρογόνου επί του λεωφορείου, τα οποία αποτελούν ευλαβικά φυλασσόμενα «μαύρα κουτιά», περιφρουρούμενα από ομάδα τεχνικών του οίκου κατασκευής του λεωφορείου οι οποίοι διαμένουν μόνιμα στην πόλη υποδοχής του λεωφορείου για όλο το διάστημα της δρομολόγησης του. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την δυσκολία του εγχειρήματος, αφού στις Ευρωπαϊκές πόλεις που συμμετέχουν στα Κοινοτικά Προγράμματα CUTE, CUTE PLUS & ECTOS, έχουν δρομολογηθεί παραπάνω από 1 λεωφορεία του συγκεκριμένου τύπου, καθιστώντας οικονομικά εφικτή, λειτουργική και σκόπιμη, την διαμονή των τεχνικών του οίκου κατασκευής του λεωφορείου στις συγκεκριμένες πόλεις κατά την περίοδο δρομολόγησης του λεωφορείου.

2) Μικρο-λεωφορείο 7,69 μέτρων

Ο συγκεκριμένος τύπος λεωφορείου είναι οριακά κατάλληλος για τα συγκοινωνιακά δεδομένα της ΕΘΕΛ. Έχει χωρητικότητα 40 επιβατών και πλάτος 2,245 μέτρα. Λόγω των μικρών του διαστάσεων (μήκους και πλάτους) είναι ιδανικός για τον πυκνοκατοικημένο αστικό ιστό με τις μεγάλες κλίσεις του οδοστρώματος και τους Αθηναϊκούς στενούς δρόμους, εκεί όπου ένα λεωφορείο με μηδενικούς ρύπους πραγματικά θα έκανε αισθητή την παρουσία του και την λειτουργία του. Στην εκδοχή του με κινητήρα Diesel, δρομολογείται από την ΕΘΕΛ σε περιοχές όπως το Κολωνάκι, ο Λυκαβηττός, τα Εξάρχεια, ο λόφος Στρέφη, το Γκύζη, η Ακρόπολη κλπ, ακριβώς λόγω της ευελιξίας του και του δυναμικού του κινητήρα. Η μέγιστη ισχύς του κινητήρα Diesel του συγκεκριμένου λεωφορείου είναι 121 KW και σύμφωνα με τον εμπειρικό κανόνα μετατροπής της ισχύος, στην ηλεκτροκίνητη εκδοχή του το συγκεκριμένο λεωφορείο θα χρειάζεται μία ηλεκτρική κινητήρια εγκατάσταση Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) ωφέλιμης ισχύος 50-60 KW.

3) Μικρο-λεωφορείο < 6 μέτρων

Ο συγκεκριμένος τύπος λεωφορείου δεν είναι κατάλληλος για τα συγκοινωνιακά δεδομένα της ΕΘΕΛ. Έχει χωρητικότητα < 25 επιβατών. Από άποψη εκμετάλλευσης ταιριάζει στα συγκοινωνιακά δεδομένα της Τοπικής Αυτοδιοίκησης και συγκεκριμένα μάλλον σε αυτά ενός περιφερειακού Δήμου κοντά στην Αθήνα, παρά του ίδιου του Δήμου Αθηναίων. Οι ηλεκτροκίνητες εκδοχές του συγκεκριμένου τύπου λεωφορείου είναι εμπορικά διαθέσιμες από περισσότερους του ενός κατασκευαστές στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ σχετικές προσπάθειες ανάπτυξης του συγκεκριμένου τύπου λεωφορείου γίνονται και στην Ελλάδα. Αυτό που κάνει ελκυστικό τον συγκεκριμένο τύπο λεωφορείου είναι το γεγονός ότι χρειάζεται μία ηλεκτρική κινητήρια εγκατάσταση Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) ωφέλιμης ισχύος ~ 25 KW, περιοχή στην οποία είναι διαθέσιμα προϊόντα Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) περισσότερων του 1 κατασκευαστών, ενώ και η ανάπτυξη ενός τέτοιου προϊόντος είναι σαφώς πιο εύκολη από ότι αντίστοιχα στην περιοχή >50 KW, για αυτούς που επιλέγουν να επενδύσουν στην ανάπτυξη ηλεκτρικών κινητήριων εγκαταστάσεων Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell). Ένα άλλο γεγονός που κάνει τον συγκεκριμένο τύπο λεωφορείου θελκτικό είναι το ότι συνήθως προσφέρεται και σε υβριδική εκδοχή (φόρτιση μπαταριών από εξωτερική παροχή ή από κινητήρα εσωτερικής καύσεως).

C. Τύπος Προμήθειας ή Κατασκευής του Λεωφορείου

Το δεύτερο κύριο ζήτημα που θα πρέπει να απαντηθεί σχετικά με την πιλοτική δρομολόγηση αστικών λεωφορείων με καύσιμο Υδρογόνο και κινητήρα Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) στην Αθήνα, είναι ποιος τρόπος προμήθειας ή κατασκευής του λεωφορείου είναι ο ενδεδειγμένος για την περίπτωση αυτή.

1) Προμήθεια εμπορικά διαθέσιμου λεωφορείου

Η περίπτωση προμήθειας ενός εμπορικά διαθέσιμου λεωφορείου με υφιστάμενη έγκριση τύπου, ουσιαστικά αντιστοιχεί στις περιπτώσεις B.1) & B.3) που συζητήθηκαν διεξοδικά ακριβώς παραπάνω. Καθώς η περίπτωση B.3) προσκρούει στους περιορισμούς σχετικά με το μέγεθος και την χωρητικότητα του λεωφορείου, ουσιαστικά η περίπτωση προμήθειας ισοδυναμεί αυτόματα με την προμήθεια του 12μετρου λεωφορείου των προγραμμάτων CUTE, CUTE PLUS & ECTOS [23] ή άλλου αντίστοιχου προϊόντος. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η περίπτωση αυτή έχει τα μειονεκτήματα του

υψηλού τιμήματος, της εξ ανάγκης δρομολόγησης του σε γραμμές όπου δεν αναδεικνύεται αρκετά το πλεονέκτημα των μηδενικών ρύπων και της αποξένωσης της ομάδας υποδοχής του λεωφορείου από τα τεχνολογικά σημαντικά συστήματα του, παραμένει όμως ένα ενδεχόμενο.

2) Ανάπτυξη – κατασκευή νέου προϊόντος – πρωτότυπου λεωφορείου

Η περίπτωση ολοκλήρωσης της διαδικασίας της εξ αρχής ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος – κατασκευής από το μηδέν ενός πρωτότυπου λεωφορείου και έκδοσης για αυτό έγκρισης τύπου μέσα σε εύλογο χρονικό διάστημα και με συνολικό προϋπολογισμό συγκρίσιμο έστω με το αναμενόμενο υψηλό τίμημα της παραπάνω περίπτωσης 1) πρέπει να θεωρείται εντελώς απίθανη, λαμβάνοντας υπόψη την έκταση και την δυσκολία του εγχειρήματος.

3) Μετασκευή υφιστάμενου λεωφορείου - ανάπτυξη πρωτοτύπου μέσω διαδικασίας reverse engineering

Η περίπτωση μετασκευής ενός υφιστάμενου λεωφορείου έχει σαφή πλεονεκτήματα, έναντι των περιπτώσεων 1) & 2). Για να κρατηθεί ο προϋπολογισμός στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα, το φυσικό αντικείμενο της μετασκευής πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό και έτσι αυτή η οριακή συνθήκη σε συνδυασμό με την έστω οριακή καταλληλότητα για τα συγκοινωνιακά δεδομένα της ΕΘΕΛ καθιστά αυτόματα την περίπτωση μετασκευής υφιστάμενου λεωφορείου λογικά ισοδύναμη με την παραπάνω περίπτωση Β.1) του μικρο-λεωφορείου μήκους 7,69 μέτρων και πλάτους 2,245 μέτρων που σήμερα δρομολογείται από την ΕΘΕΛ σε περιοχές όπως το Κολωνάκι, ο Λυκαβηττός, τα Εξάρχεια, ο λόφος Στρέφη, το Γκύζη, η Ακρόπολη κλπ. Τα πλεονεκτήματα της μετασκευής του συγκεκριμένου μικρο-λεωφορείου είναι τα εξής:

- Συγκριτικά μέτριο έως χαμηλό τίμημα.
- Δυνατότητα χρηματοδότησης σε είδος (value-in-kind financing).
- Δρομολόγηση σε γραμμές όπου μεγιστοποιείται η ανάδειξη του χαρακτηριστικού των μηδενικών εκπομπών ρύπων.
- Εύκολη κίνηση του οχήματος στους στενούς ή/και ανηφορικούς δρόμους των παραπάνω γραμμών
- Οριακή έστω καταλληλότητα από άποψη λειτουργικής εκμετάλλευσης και χωρητικότητας.
- Εξοικείωση της ομάδας έργου της μετασκευής με την τεχνολογία και τα συστήματα Κυψελών Καυσίμου (Fuel – Cell) & Υδρογόνου επί του οχήματος και απόκτηση της σχετικής εμπειρίας σε εθνικό επίπεδο.
- Πλήρης κατασκευαστική και λειτουργική έποψη της ομάδας έργου της μετασκευής σε κάθε διαδικασία προστιθέμενης αξίας της μετασκευής.
- Εύλογο χρονικό διάστημα υλοποίησης του έργου της μετασκευής.
- Ταχεία έκδοση Έγκρισης Τύπου με βάση την υφιστάμενη Έγκριση Τύπου.
- Ανάπτυξη πρωτοτύπου μέσω διαδικασίας reverse engineering, συγχρόνως με την ολοκλήρωση της μετασκευής.
- Επιλογή μετά την ολοκλήρωση της μετασκευής και την δρομολόγηση – κυκλοφορία του λεωφορείου για την επέκταση ή μη του έργου (δυνατότητα μετασκευής και άλλων οχημάτων του συγκεκριμένου τύπου, δυνατότητα κατασκευής νέων οχημάτων του συγκεκριμένου τύπου με βάση την ανάπτυξη του πρωτοτύπου, τίποτα από τα δύο) με όρους ιδιαίτερα επωφελείς για το Σύστημα Αστικών Συγκοινωνιών και την Εθνική Οικονομία.

D. Σύνθεση Ομάδας Έργου & Πακέτα Εργασίας (Work Packages)

Ανεξάρτητα από τον τύπο και τον τρόπο προμήθειας ή κατασκευής του αστικού λεωφορείου με καύσιμο Υδρογόνο και κινητήρα Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell), είναι απαραίτητη η συγκρότηση μίας Ομάδας Έργου η οποία θα καλύψει, τόσο το κομμάτι του έργου σε ότι αφορά στο λεωφορείο, όσο και το κομμάτι του έργου σε ότι αφορά στα περιφερειακά και υποστηρικτικά συστήματα του λεωφορείου. Η ομάδα αυτή θα πρέπει να συγκεντρώνει όλες τις επιμέρους δεξιότητες, τεχνολογικές γνώσεις, οργανωτικές ικανότητες και εμπειρίες που είναι απαραίτητες για να φέρει σε πέρας αυτό το δύσκολο εγχείρημα. Όλες αυτές οι επιμέρους δεξιότητες, τεχνολογικές γνώσεις, οργανωτικές ικανότητες και εμπειρίες είναι σήμερα διαθέσιμες στην Ελλάδα, αλλά συναντώνται διασκορπισμένες σε διάφορους φορείς, εταιρείες, ερευνητικά ινστιτούτα, ΑΕΙ κλπ. Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η σύνθεση μίας Ομάδας Έργου, στην οποία θα εκπροσωπούνται όλες αυτοί οι φορείς, εταιρείες, ερευνητικά ινστιτούτα, ΑΕΙ κλπ. είναι κεφαλαιώδους σημασίας για την επιτυχία του Έργου.

Δεδομένης ακριβώς της πολυσυλλεκτικότητας της ομάδας και του κατακερματισμού των επιμέρους δεξιοτήτων, τεχνολογικών γνώσεων, οργανωτικών ικανοτήτων και εμπειριών, αλλά και του φυσικού διασκορπισμού του έμφυχου υλικού της ομάδας, καθίσταται απαραίτητο κεφαλαιώδους σημασίας η Διαχείριση Έργου (Project Management), εννοούμενη όχι σαν μία υψηλή επίβλεψη διοικητικού χαρακτήρα με σκοπό την σε υψηλό επίπεδο τήρηση των χρονοδιαγραμμάτων των παραδοτέων, αλλά σαν μία κατ' εξοχήν τεχνική, αναλυτική και τεκμηριωμένη μορφή παροχής υπηρεσιών, βασισμένη σε πρότυπα, διαδικασίες, συστήματα και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε έργα υψηλής πολυπλοκότητας, δυσκολίας και σημασίας.

Στο σημείο αυτό θα τονιστεί ξανά η σημασία της Κοινής Τεχνολογικής Πρωτοβουλίας JTI (Joint Technology Initiative) της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την δημιουργία Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Υδρογόνου και Κυψελών Καυσίμου H&FC (Hydrogen & Fuel Cell Platform) [17] και του Αντιπροσωπευτικού Εκτελεστικού Οργάνου (Mirror Group Implementation Panel) της Πρωτοβουλίας. Καθώς ο ΟΑΣΑ συμμετέχει κατ' αρχάς και στα 2 αυτά συλλογικά όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης μαζί με 4 άλλες Ελληνικές Εταιρείες [17], [22], Ερευνητικά Ινστιτούτα [13], [14], [15], [16] και ΑΕΙ [3], [4], [5], [6], [7], [12], καθώς και αντίστοιχους φορείς της Ευρωπαϊκής Ένωσης που εκπροσωπούνται ή δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα [17], [18], [19], [20], είναι προφανές ότι τα όργανα αυτά μπορούν να λειτουργήσουν σαν κοιτίδα συνεργασιών, ειδικότερα αν με τον ένα ή με τον άλλο τρόπο αποταθούμε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε σχέση με το συγκεκριμένο έργο.

Στην παραπάνω λογική καταγράφονται παρακάτω τα ιδεατά μέλη αυτής της ομάδας σε συνδυασμό με το αντίστοιχο Πακέτο Εργασίας (Work Package) το οποίο βασίζεται στις επιμέρους δεξιότητες, τεχνολογικές γνώσεις, οργανωτικές ικανότητες και εμπειρίες του κάθε ιδεατού μέλους που είναι απαραίτητες για να φέρει η ομάδα σε πέρας το έργο, ενώ γίνονται και αντίστοιχες ενδεικτικές, για το προφίλ του ιδεατού μέλους, βιβλιογραφικές αναφορές.

1) *Επικεφαλής Φορέας του Έργου*

Πρόκειται για τον Φορέα που θα εκπροσωπεί επίσημα το Έργο και την Ομάδα ενώπιον των Εθνικών και Κοινοτικών Οργάνων, Διαχειριστικών Αρχών κλπ (λ.χ. ΓΓΕΤ, ΥΠΑΝ, ΥΜΕ, ΕΕ, Κοινή Τεχνολογική Πρωτοβουλία JTI Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Υδρογόνου και Κυψελών Καυσίμου H&FC, Αντιπροσωπευτικό Εκτελεστικό Όργανο Mirror Group Implementation Panel της Πρωτοβουλίας κλπ). Ο Επικεφαλής Φορέας θα έχει την ευθύνη της υψηλής επίβλεψης διοικητικού χαρακτήρα με σκοπό την σε υψηλό επίπεδο τήρηση των χρονοδιαγραμμάτων των παραδοτέων του έργου και θα υπογράψει την αίτηση για την ενδεχόμενη χρηματοδότηση μέρους του έργου από Εθνικά ή Κοινοτικά Προγράμματα ή Φορείς, ενώ θα έχει βαρύνουσα άποψη τόσο για τους άλλους συμμετέχοντες, όσο και για τους επιμέρους ρόλους τους, αλλά και για τους όρους συμμετοχής τους στο έργο. Ακόμη θα διασφαλίσει με την συμμετοχή του στο έργο πλεονεκτική θέση έναντι των άλλων εταίρων σε ότι αφορά στα πνευματικά δικαιώματα ή άλλα οφέλη που θα προκύψουν με την ολοκλήρωση του έργου.

Προφανές είναι ότι για το συγκεκριμένο έργο ο Επικεφαλής Φορέας θα είναι ο όμιλος ΟΑΣΑ και συγκεκριμένα ο ΟΑΣΑ και οι θυγατρικές του ΕΘΕΛ & ΗΛΠΑΠ [12], [17]. Αυτό συμβαίνει λόγω ακριβώς του μεγέθους του ομίλου ΟΑΣΑ, της κυρίαρχης φύσης του ως κρατικού Οργανισμού κατ' εξοχήν Δημοσίου συμφέροντος και χαρακτήρα, του κεντρικού του ρόλου στο έργο (τόσο σαν «πελάτης», όσο και σαν “facilitator”), αλλά και λόγω της κατ' αρχάς συμμετοχής του, τόσο στην Κοινή Τεχνολογική Πρωτοβουλία JTI Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Υδρογόνου και Κυψελών Καυσίμου H&FC, όσο και στο Αντιπροσωπευτικό Εκτελεστικό Όργανο Mirror Group Implementation Panel της Πρωτοβουλίας.

Ο ΟΑΣΑ, η ΕΘΕΛ και ο ΗΛΠΑΠ είναι σε θέση να συνεισφέρουν σημαντικά και στην χρηματοδότηση του έργου, τόσο άμεσα, όσο και έμμεσα με την μορφή παροχών σε είδος (value-in-kind), μίας ή περισσότερων από τις παρακάτω μορφές:

- Άμεση Χρηματοδότηση
- Ανθρώπινο Δυναμικό (Διοικητικό, Επιστημονικό, Τεχνολογικό, Τεχνικό, Υποστηρικτικό)
- Υλικά & Ανταλλακτικά Εξαρτήματα Θερμικών & Ηλεκτρικών Λεωφορείων - Τρόλεϊ
- Όχημα για μετασκευή
- Καύσιμο (Φυσικό Αέριο)
- Χώρους και Εγκαταστάσεις
- Τεχνογνωσία, Τεχνολογία, Προδιαγραφές & Τεχνικά Αρχεία
- Επικοινωνία & Δημόσιες Σχέσεις

Επίσης όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο όμιλος ΟΑΣΑ μπορεί να αποτελέσει και πεδίο μελλοντικής επέκτασης του έργου ως μελλοντικός «πελάτης» με όρους ιδιαίτερα επωφελείς για το Σύστημα Αστικών Συγκοινωνιών και την Εθνική Οικονομία.

2) *Επιστημονικός Σύμβουλος του Επικεφαλής Φορέα του Έργου*

Πρόκειται για ΑΕΙ, Σχολή, Τομέα, Εργαστήριο, Ερευνητικό Κέντρο ή Ινστιτούτο που θα έχει την ευθύνη παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών, επιστημονικού και τεχνολογικού χαρακτήρα σε σχέση με τα παρακάτω [3], [4], [5], [6], [7], [12]:

- Σύνταξη, υποστήριξη & υποβολή του φακέλου ένταξης του έργου

- Επιστημονική διαχείριση & τεκμηρίωσης της τεχνικής – τεχνολογικής πληροφορίας
- Ενεργειακή Ανάλυση της λειτουργίας της κινητήριας ηλεκτρικής εγκατάστασης σε συνδυασμό με τις χαρακτηριστικές καμπύλες και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του οχήματος
- Υπολογισμός του ολικού ενεργειακού βαθμού απόδοσης του οχήματος
- Υπολογισμός του ολικού ενεργειακού βαθμού απόδοσης του συστήματος (όχημα & περιφερειακά συστήματα παραγωγής και μεταφοράς υδρογόνου)
- Συμμετοχή στην ανάλυση υγιεινής και ασφάλειας και στην περιβαλλοντική ανάλυση του έργου
- Λειτουργική παρακολούθηση (monitoring) του λεωφορείου κατά την περίοδο δρομολόγησης και λειτουργίας του
- Συμμετοχή στη τεχνική υποστήριξη του λεωφορείου κατά την περίοδο δρομολόγησης και λειτουργίας του
- Θερμική ανάλυση παρελκόμενων συστημάτων (λ.χ. HVAC) λεωφορείου
- Διάχυση (dissemination) των επιστημονικών συμπερασμάτων του έργου (συνέδρια, άρθρα, ημερίδες, επιστημονική επικοινωνία)
- Μελέτη σκοπιμότητας επέκτασης του έργου με βάση τις παραπάνω παραμέτρους

3) Επιστημονικός Σύμβουλος Μελέτης Οχήματος

Πρόκειται για ΑΕΙ, Σχολή, Τομέα, Εργαστήριο, Ερευνητικό Κέντρο ή Ινστιτούτο που θα έχει την ευθύνη παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών, επιστημονικού και τεχνολογικού χαρακτήρα σε σχέση με τα παρακάτω [8], [9], [10], [11]:

- Συνολικός σχεδιασμός του οχήματος, υπολογισμοί των συνολικών αντιστάσεων κινήσεως και προσδιορισμός της ισχύος και της ροπής του κινητηρίου συστήματος
- Υπολογισμοί επιδόσεων ταχύτητας, επιταχύνσεως, ικανότητας αναρριχήσεως, πεδήσεως κ.λ.π.
- Υπολογισμοί αντοχής αμαξώματος και δυναμικής συμπεριφοράς του οχήματος.
- Δοκιμές παραλαβής.
- Έγκριση τύπου.

4) Επιστημονικός Σύμβουλος Μελέτης Κινητήριας Ηλεκτρικής Εγκατάστασης

Πρόκειται για ΑΕΙ, Σχολή, Τομέα, Εργαστήριο, Ερευνητικό Κέντρο ή Ινστιτούτο που θα έχει την ευθύνη παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών, επιστημονικού και τεχνολογικού χαρακτήρα σε σχέση με τα παρακάτω [9], [10], [11]:

- Μελέτη κινητήριας ηλεκτρικής εγκατάστασης
- Προσομοίωση λειτουργίας
- Διάδοση στον χώρο των ηλεκτροκίνητων οχημάτων

5) Επιστημονικός Σύμβουλος Εφοδιαστικής Αλυσίδας Υδρογόνου

Πρόκειται για ΑΕΙ, Σχολή, Τομέα, Εργαστήριο, Ερευνητικό Κέντρο ή Ινστιτούτο που θα έχει την ευθύνη προμήθειας υδρογόνου και παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών, επιστημονικού και τεχνολογικού χαρακτήρα σε σχέση με τα παρακάτω [13], [14], [15], [16]:

- Παραγωγή και προμήθεια «αιολικού» υδρογόνου από αιολική ενέργεια (ανεμογεννήτρια & ηλεκτρόλυση)
- Μελέτη δικτύου υδρογόνου επί του οχήματος από την βάνα τροφοδοσίας έως την είσοδο στις κυψέλες καυσίμου συμπεριλαμβανομένων των δεξαμενών υδρογόνου
- Μελέτη και αδειοδότηση εγκατάστασης τροφοδοσίας / συντήρησης εντός του depot
- Μελέτη προτύπων και κανονισμών για σταθμούς μετάγγισης άλλων χωρών και καθορισμός προδιαγραφών για σταθμούς πλήρωσης οχημάτων (θα αποτελέσει οδηγό για μελλοντική νομοθεσία),

6) Επιστημονικός Σύμβουλος Υγιεινής, Ασφάλειας & Περιβαλλοντικών Προβλέψεων

Πρόκειται για ΑΕΙ, Σχολή, Τομέα, Εργαστήριο, Ερευνητικό Κέντρο ή Ινστιτούτο που θα έχει την ευθύνη παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών, επιστημονικού και τεχνολογικού χαρακτήρα σε σχέση με τα παρακάτω [1], [2]:

- Εξέταση θεμάτων ασφάλειας σχετικών με την χρήση, τον ανεφοδιασμό και την συντήρηση του οχήματος υδρογόνου
- Εξέταση ρεαλιστικών σεναρίων διαρροής υδρογόνου σε σταθμό ανεφοδιασμού, σε σταθμό συντήρησης καθώς και σε τυπικό περιβάλλον πόλης
- Μελέτη των επιπτώσεων για κάθε σενάριο με μοντελοποίηση της έκλυσης, διασποράς και ανάφλεξης υδρογόνου, με βάση την μεθοδολογία της υπολογιστικής ρευστομηχανικής.

7) *Βιομηχανικός Εταίρος Εφοδιαστικής Αλυσίδας Υδρογόνου*

Πρόκειται για Νομικό Πρόσωπο που θα αναλάβει τα παρακάτω [17], [18], [19], [20]:

- Προμήθεια υδρογόνου στην περίπτωση όπου το «αιολικό» υδρογόνο δεν επαρκεί
- Σχεδιασμό, προμήθεια και εγκατάσταση του συνολικού συστήματος ανεφοδιασμού του λεωφορείου με υδρογόνο το οποίο θα αποτελείται από:
 - Το σύστημα τροφοδοσίας για την επιτόπια παραγωγή του υδρογόνου ή την μεταφορά του υδρογόνου από κάποιο απομακρυσμένο χώρο παραγωγής του
 - Τον σταθμό πλήρωσης αποτελούμενο από την επιτόπια αποθήκευση υδρογόνου, αποθήκευση εφεδρικού υδρογόνου, dispenser υδρογόνου και την μεταξύ τους επικοινωνία μέσω δικτύου υδρογόνου
- Μεταφορά του υδρογόνου από τον χώρο παραγωγής του στην θέση του συστήματος ανεφοδιασμού

8) *Βιομηχανικός Εταίρος Μετασκευής του Λεωφορείου*

Πρόκειται για Νομικό Πρόσωπο που θα αναλάβει τα παρακάτω [21]:

- Τροποποίηση και συναρμολόγηση οχήματος (αντικατάσταση μηχανικού powertrain με ηλεκτρικό)
- Εγκατάσταση κινητήριας ηλεκτρικής εγκατάστασης
- Εγκατάσταση δεξαμενών υδρογόνου
- Αλλαγές στο πλαίσιο και το αμάξωμα
- Εγκατάσταση συστημάτων HVAC

9) *Βιομηχανικός Εταίρος Προμήθειας Ηλεκτρικής Κινητήριας Εγκατάστασης, Δεξαμενών & Μερών OEM*

Πρόκειται για Νομικό Πρόσωπο που θα αναλάβει σε συνεργασία με τους Επιστημονικούς Συμβούλους του Έργου τα παρακάτω, σε σχέση με την ηλεκτρική κινητήρια εγκατάσταση, τις δεξαμενών καυσίμου & άλλα απαραίτητα μέρη OEM (Original Equipment Manufacturer) του λεωφορείου [21]:

- Καθορισμός Τεχνικών Προδιαγραφών
- Έρευνα αγοράς
- Προμήθεια

10) *Εταίρος Συστημάτων & Παροχής Υπηρεσιών Συμβούλου*

Πρόκειται για Νομικό Πρόσωπο που θα αναλάβει τα παρακάτω [17], [22]:

- Project Management (Gant charts tracking, budgeting, πόροι, φυσική επίβλεψη του έργου, risk management)
- Σχεδίαση & υλοποίηση portal (networks, hardware & software για interactive διαδικτυακή πύλη) για το e-hosting του έργου, την επικοινωνία των μελών της ομάδας (εταίρων και συμβούλων) καθώς και την διαχείριση των παραδοτέων
- Υλοποίηση / Παραμετροποίηση συστήματος RDBMS MRP / ERP
- Προμήθεια, εγκατάσταση και υποστήριξη λογισμικού Solid Modeling Pro Engineer
- Υλοποίηση / Παραμετροποίηση συστήματος RDBMS Product Data Management
- Υλοποίηση Συστημάτων Διαχείρισης Ποιότητας, Περιβάλλοντος, Υγείας & Ασφάλειας Εργαζομένων (ISO 9001:2000, ISO 14001, EMAS, ISO 1801, OHSAS 18001 ISO 9004 Configuration Management / Dependability Management)
- Υπηρεσίες συμβούλου για την διερεύνηση πηγών χρηματοδότησης του έργου
- Παροχή υπηρεσιών contract management
- Παροχή υπηρεσιών σχετικά με καινοτόμες μεθόδους & τεχνολογίες σχεδίασης και παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων και παροχής υπηρεσιών (Lean Flow Technologies, Demand Flow Technology, six-sigma)

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει αβίαστα ότι μεταξύ της Ελληνικής επιστημονικής, τεχνικής και τεχνολογικής κοινότητας, έχει πλέον συγκεντρωθεί η κρίσιμη μάζα επιμέρους δεξιοτήτων, τεχνολογικών γνώσεων, οργανωτικών ικανοτήτων και εμπειριών, που θα επέτρεπε την υλοποίηση ερευνητικού έργου με αντικείμενο την πιλοτική δρομολόγηση αστικών λεωφορείων με καύσιμο καθαρό Υδρογόνο και κινητήρα Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) στην Αθήνα, με απώτερο σκοπό την εξοικείωση της τεχνικής επιστημονικής κοινότητας καθώς και του επιβατικού κοινού με

την συγκεκριμένη τεχνολογία μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων βλαβερών ρύπων και την επιδεικτική διείσδυση του Υδρογόνου, των Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell) και των τεχνολογιών παραγωγής του Υδρογόνου,

- είτε από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μέσω ηλεκτρόλυσης,
- είτε από Φυσικό Αέριο μέσω αναμόρφωσης του Φυσικού Αερίου,
- είτε ως βιομηχανικό πετροχημικό παραπροϊόν της παραγωγής κυκλικών υδρογονανθράκων με μετατροπή ευθέων ανθρακικών αλυσίδων σε κυκλικές ή μετατροπή των απλών δεσμών της ανθρακικής αλυσίδας,

στην υποστηρικτική και εφοδιαστική αλυσίδα των μεταφορών και συγκεκριμένα των αστικών συγκοινωνιών.

7. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] A. G. Venetsanos, "Hydrogen Safety Activities at the Environmental Research Laboratory of NCSR Demokritos", EREL, Int-RP, NCSR Demokritos.
- [2] A. G. Venetsanos, T. Huld, P. Adams, J. G. Bartzis, "Source, dispersion and Combustion Modeling of an Accidental Release of Hydrogen in an Urban Environment", *Journal of Hazardous Materials*, A105 (2003) 1-25, 2003.
- [3] C. D. Rakopoulos, D. C. Kyritsis, "Hydrogen enrichment effects on the second law analysis of natural and landfill gas combustion in engine cylinders", *International Journal of Hydrogen Energy*, In Press, Corrected Proof, Available on line, 15 December 2005.
- [4] E. Kakaras, D. Giannakopoulos, A. Rouvas, K.D. Panopoulos, "Demonstration of Fuel Cell Technology for decentralised co-generation in Greece", *International Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development*, St. Miguel Island, Azores, Portugal, 24-26 June 2002.
- [5] E. Kakaras, K.D. Panopoulos, L. Fryda, N. Perdikaris, P. Pilidis, M. Diacakis, A. Dominguez "Thermoeconomic analysis of a SOFC based Tri-Generation System", *16th International Conference on Efficiency, Costs, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems*, Copenhagen, Denmark, 30 June - 2 July 2003.
- [6] 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.
- [7] E. Kakaras, D. Giannakopoulos, Ch. Adamopoulos, "Proton Exchange Membrane Fuel Cells Modeling for Stationary Applications", *2nd National Hydrogen Conference of Greece*, Thessaloniki, 20 - 21/10/2005.
- [8] L. Pantelelis, T. Vrouvakis, C. Spentzas, "A New Concept for Low Cost Composite Trailer".
- [9] E. Tatakis, A. Safacas, C. N. Spentzas, C. Korakas, A. Korakas, A. Viaginis "Development of a High Performance Electric Vehicle".
- [10] C. N. Spentzas, D. Kouloheris, J. Juralas, "A Cost-Conscious Approach to the Design of an Electric Vehicle".
- [11] C. N. Spentzas, "Towards an electric vehicle Policy", *International Journal of Vehicle Design*, Vol. 14, nos 2/3, 1993, UK.
- [12] Σ.Ε. Σιμόπουλος, Κ.Δ. Ρακόπουλος, Ε. Κακαράς, Χ. Αραπατσάκος, Ε.Χ. Ανδριτσάκης, Ε. Γιακουμής, Δ. Γιαννακόπουλος, "Παρουσίαση της Ενεργειακής Πολιτικής του ΟΑΣΑ & της ΕΘΕΛ σχετικά με την Κίνηση των Αστικών Λεωφορείων στην Αθήνα - Δυνατότητα Χρήσης του Υδρογόνου για την Κίνηση Αστικών Λεωφορείων", *2ο Εθνικό Συνέδριο Υδρογόνου*, ΕΚΕΤΑ, Θέρμη Θεσσαλονίκης, 20 - 22/10/2005.
- [13] Ε. Βαρκαράκη, Ε. Ζούλιας, Ν. Λυμπερόπουλος, Γ. Καραγιώργης, Χ. Χριστοδούλου, Ε. Καλύβας, "Υλοποίηση και Πρώτα Αποτελέσματα από Μονάδα Παραγωγής Υδρογόνου από Αιολική Ενέργεια", *2ο Εθνικό Συνέδριο Υδρογόνου*, ΕΚΕΤΑ, Θέρμη Θεσσαλονίκης, 20 - 22/10/2005.
- [14] Ε. Ι. Ζουλιάν, R. Glockner, N. Lymberopoulos, T. Tsoutsos, I. Vosseler, O. Gavalda, H. J. Mydske, P. Taylor, "Integration of Hydrogen Energy Technologies in Stand-Alone Power Systems Analysis of the Current Potential for Applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, xx (2004) 1-31.
- [15] Ε. Varkaraki, N. Lymberopoulos, A. Zachariou, "Hydrogen Based Emergency Back-Up System for Telecommunication Applications", *Journal of Power Sources*, 118 (2003) 14-22.
- [16] N. Lymberopoulos, E. Varkaraki, M. Zoulias, P. Vionis, P. Chaviaropoulos, D. Agoris, "First Steps in Hydrogen Production from Wind Energy in Greece".
- [17] "Joint Technology Initiative Member Status & Associate Status Letters Report", *European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform*, 22 November 2005.
- [18] "Annual Report 2004", Air-Liquide.
- [19] "Hydrogen and Fuel Cells: Tomorrow's Energy Today", *Axane Company Profile*, Air-Liquide.
- [20] "Υδρογόνο: Το Μέριο του Μέλλοντος", *Alize, το Εσωτερικό Περιοδικό του Ομίλου Air-Liquide*, Τεύχος 65, Φεβρουάριος 2004, Air-Liquide.
- [21] "Tropical A.E. Company Profile", Αθήνα, Δεκέμβριος 2005, Tropical A.E.
- [22] "Letter of Commitment to the Establishment of a Joint Technology Initiative (JTI) on Hydrogen & Fuel Cells (H&FC) in the 7th EU RTD Framework Program", Athens, November 4, 2005, PROS S.A.

- [23] “A Fuel Cell Bus Project in 9 European Cities: Hydrogen Supply Infrastructure and Fuel Cell Bus Technology”, Clean Urban Transport for Europe (CUTE).
- [24] Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Αρχές Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, *Εκδόσεις Φούντας*, 1988.
- [25] Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Εργαστηριακές Δοκιμές και Μετρήσεις Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, *Εκδόσεις Φούντας*, 1994.
- [26] Κ. Δ. Ρακόπουλος, “Εμβολοφόρες Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως (Δυναμική)”, *Εκδόσεις Φούντας*, 1986.
- [27] Κ. Δ. Ρακόπουλος, Δ. Θ. Χουντάλας, “Καύση - Ρύπανση Εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως”, 1996.
- [28] J.B. Heywood, “Internal Combustion Engines Fundamentals”, *McGraw-Hill International Editions, Automotive Technology Series*, 1988.