



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ
ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΓΡΙΒΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΜΑΡΙΖΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΤΡΑΓΟΥΛΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΡΚΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ - 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

1.1 Εισαγωγή	12
1.2 Χημική σύσταση και ιδιότητες	13
1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά Φυσικού αερίου	13
1.4 Στάδια παραγωγής	14
1.5 Δημιουργία	15
1.6 Σημεία εντοπισμού φυσικού αερίου.....	16
1.7 Αντληση φυσικού αερίου	17
1.8 Μεταφορά φυσικού αερίου	18
1.9 Κόστος μεταφοράς	19
1.10 Τύποι φυσικού αερίου.....	20
1.11 Σύγκριση CNG -LNG.....	20
1.12 Κατανάλωση του φυσικού αερίου.....	20
1.13 Βασικά χαρακτηριστικά και εφαρμογές ανά τομέα.....	22
1.14 Χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου ως καύσιμο μηχανών εσωτερικής καύσης.....	25
1.15 Οχήματα φυσικού αερίου.....	26
1.16 Μετατροπές των οχημάτων για τη χρήση του φυσικού αερίου	27
1.17 Σχεδιασμός οχημάτων φυσικού αερίου.....	29
1.18 Τροποποιήσεις στον κινητήρα και στη λειτουργία του συστήματος	30
1.19 Τροποποιήσεις στο αμάξωμα (σασί) του οχήματος	31
1.20 Μείωση των εκπομπών των οχημάτων χρησιμοποιώντας φυσικό αέριο .	32
1.21 Αποθήκευση στο αυτοκίνητο.....	33
1.22 Διαφορές στον ανεφοδιασμό καυσίμου.....	34

1.23 Σταθμοί ανεφοδιασμού.....	35
1.24 Περιβαλλοντικά οφέλη	37
1.25 Οικονομική απόδοση	38
1.26 Διείσδυση οχημάτων φυσικού αερίου στην αγορά.....	38
1.27 Πλεονεκτήματα χρήσης φυσικού αερίου	39
1.28 Μειονεκτήματα χρήσης φυσικού αερίου.....	39
1.29 Φυσικό αέριο και εναλλακτικά καύσιμα.....	41
1.30 Σύγκριση φυσικού αερίου-υγραερίου	41
1.31 Αύξηση κατανάλωσης του φυσικού αερίου	41
1.32 Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές και εξαγωγείς φυσικού αερίου	42
1.33 Σύγκριση τιμών φυσικού αερίου-αργού πετρελαίου	43
1.34 Μελλοντικά σχέδια και προβλέψεις	43
1.35 Το Φυσικό αέριο στον κόσμο	44
1.36 Προβλέψεις για το φυσικό αέριο στην Ελλάδα	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΓΡΑΕΡΙΟ

2.1 Εισαγωγή	47
2.2 Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG).....	47
2.3 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά.....	48
2.4 Στάδια παράγωγης	50
2.5 Παραγωγή και αποθήκευση	51
2.6 Τρόποι ανίχνευσης διαρροής υγραερίου	52
2.7 Ασφάλεια κατά τη διαχείριση του υγραερίου	53
2.8 Το υγραέριο ως καύσιμο οχημάτων	53
2.9 Οχήματα υγραερίου.....	54
2.10 Ασφάλεια οχημάτων υγραερίου	55
2.11 Αγορά οχημάτων υγραερίου.....	55
2.12 Συντήρηση οχημάτων υγραερίου.....	55
2.13 Κόστος μετατροπής και άλλοι παράμετροι	56

2.14 Πιστοποίηση έγκυρης εγκατάστασης	56
2.15 Μετατροπή των οχημάτων για χρήση υγραερίου	57
2.16 Εξοπλισμός που εγκαθίσταται κατά τη μετατροπή	58
2.17 Συμβατικό σύστημα τροφοδοσίας υγραερίου με ταυτόχρονη παρουσία συμβατικού συστήματος τροφοδοσίας βενζίνης.	65
2.18 Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα ψεκασμού υγραερίου τρίτης γενιάς σε συνεργασία με σύστημα ψεκασμού βενζίνης.	66
2.18.1 Περιγραφή λειτουργίας του συστήματος	68
2.19 Πλεονεκτήματα υγραεριοκίνητων οχημάτων υγραερίου.....	70
2.20 Μειονεκτήματα οχημάτων υγραερίου	71
2.21 Οικονομική Απόδοση.....	72
2.22 Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα	73
2.23 Περιβαλλοντική Απόδοση.....	75
2.24 Εφαρμογές και χρήσεις του υγραερίου σε διάφορους τομείς	75
2.25 Η χρήση του υγραερίου σε διάφορες χώρες.....	78
2.26 Το υγραέριο στην Ελλάδα και μελλοντικές προβλέψεις	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

3.1 Εισαγωγή	80
3.2 Πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοντίζελ.....	80
3.3 Στάδια παραγωγής	82
3.4 Τρόποι παραγωγής	83
3.5 Παραγωγή του βιοντίζελ	85
3.6 Κατάλυση μετεστεροποίησης	86
3.7 Μηχανισμοί της βασικής και της όξινης ομογενούς κατάλυσης	87
3.8 Χημική σύσταση	89
3.9 Ιδιότητες καυσίμου	91
3.10 Διάφορες χρήσεις του βιοντίζελ.....	93
3.11 Αναλογίες μειγμάτων ντίζελ - βιοντίζελ και αποτελέσματα αυτών.....	93

3.12 Ασφάλεια στο χειρισμό και την αποθήκευση	95
3.13 Σωστή ανάμιξη	95
3.14 Μεταφορά και αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες	96
3.15 Σταθερότητα	96
3.16 Διαλυτική ικανότητα	97
3.17 Σημείο ανάφλεξης	98
3.18 Συμβατότητα υλικών	98
3.19 Μετατροπές οχημάτων για τη χρήση βιοντίζελ	99
3.20 Το Σύστημα Frybrid	101
3.21 Εγγύηση του συστήματος Frybrid	106
3.22 Σύγκριση ισχύος και οικονομίας καυσίμου	107
3.23 Επίδραση της χρήσης του βιοντίζελ στους κινητήρες	107
3.24 Επίδραση του βιοντίζελ στις εκπομπές καυσαερίων	108
3.25 Περιβαλλοντική απόδοση	110
3.26 Οικονομικά στοιχεία και κόστος παραγωγής	111
3.27 Πλεονεκτήματα παραγωγής και χρήσης Βιοντίζελ	114
3.28 Μειονεκτήματα παραγωγής και χρήσης Βιοντίζελ	115
3.29 Η Ευρωπαϊκή προοπτική για το Βιοντίζελ	116
3.30 Το βιοντίζελ στην Ελλάδα και μελλοντικά σχέδια	117

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

4.1 Εισαγωγή	121
4.2 Πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης	121
4.3 Ταξινόμηση των πρώτων υλών για την παραγωγή βιοαιθανόλης	125
4.4 Στάδια παραγωγής	125
4.5 Μέθοδοι παραγωγής	126
4.6 Η τάση στην παραγωγή βιοαιθανόλης	127
4.7 Παραγωγή βιοαιθανόλης	128
4.8 Διαχείριση της πρώτης ύλης	128

4.9 Διαδικασία συγκεντρωτικής όξινης υδρόλυσης	128
4.10 Αραιή όξινη υδρόλυση	129
4.11 Ενζυμική υδρόλυση.....	129
4.12 Διαδικασίες υγρής άλεσης.....	129
4.13 Διαδικασία ξηρής άλεσης.....	130
4.14 Διαδικασία ζύμωσης σακχάρων	130
4.15 Επιλογή ζυμομύκητα	131
4.16 Διαδικασία κλασματικής απόσταξης.....	132
4.17 Διαχείριση καυσίμου	132
4.18 Ιδιότητες- Χαρακτηριστικά	133
4.19 Αριθμός οκτανίου	133
4.20 Χρησιμοποίηση της βιοαιθανόλης ως καύσιμο	134
4.21 Μίγματα βιοαιθανόλης – βενζίνης.....	134
4.22 Τροποποιήσεις κινητήρων για μίγματα βιοαιθανόλης σε ποσοστό 14%-24%.....	135
4.23 Αναλογία αέρα καυσίμου	136
4.24 Φίλτρα καυσίμου.....	136
4.25 Ψυχρή εκκίνηση.....	137
4.26 Εγγυήσεις οχημάτων.....	137
4.27 Εκπεμπόμενοι ρύποι	138
4.28 Περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση βιοαιθανόλης.....	139
4.29 Πλεονεκτήματα παραγωγής και χρήσης βιοαιθανόλης	140
4.30 Μειονεκτήματα παραγωγής και χρήσης βιοαιθανόλης.....	141
4.31 Περιορισμοί και υποθέσεις	142
4.32 Οικονομικά στοιχεία	143
4.33 Τρόποι αύξησης της παραγωγής και μείωσης του κόστους	145
4.34 Η βιοαιθανόλη σε διάφορες χώρες	146
4.35 Η βιοαιθανόλη στην Ελλάδα.....	147
4.36 Μελλοντικά σχέδια για τη βιοαιθανόλη	149

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	151
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	152

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα περιβαλλοντολογικής σημασίας είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας από ρύπους των μέσων μεταφοράς. Στην Ε.Ε. εκτιμάται ότι το 21% του συνόλου των εκπομπών αερίων, που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, συμβάλλουν στη θέρμανση της υδρογείου. Αυτό οφείλεται κυρίως στις μεταφορές και το ποσοστό αυξάνει. Συνεπώς, για να εκπληρωθούν οι στόχοι αειφορίας και ειδικότερα η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, έχει ουσιώδη σημασία η εξεύρεση τρόπων μείωσης των εκπομπών από τις μεταφορές.

Ωστόσο, το σύνολο της ενέργειας που χρησιμοποιείται στον τομέα μεταφορών στην Ε.Ε. προέρχεται από το πετρέλαιο. Τα γνωστά πετρελαϊκά αποθέματα είναι περιορισμένα σε ποσότητα και συγκεντρώνονται μόνο σε λίγες περιοχές του κόσμου. Υπάρχουν χώρες του κόσμου που έχουν αποθέματα, όμως η εκμετάλλευσή τους δεν είναι εφικτή λόγω του μεγάλου κόστους εξόρυξης. Η διασφάλιση ενεργειακού εφοδιασμού για το μέλλον αποτελεί συνεπώς όχι απλώς θέμα μείωσης της εξάρτησης από εισαγωγές αλλά απαιτεί ευρεία σειρά πολιτικών πρωτοβουλιών, περιλαμβανόμενης της διαφοροποίησης πηγών και τεχνολογιών.

Ήδη στην Ε.Ε. έχουν αναληφθεί σειρά ενεργειών. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων αναπτύσσουν νέα μοντέλα τα οποία είναι καθαρότερα και με μεγαλύτερη απόδοση καυσίμου, ενώ επίσης εργάζονται με αντικείμενο νέες ιδέες. Επίσης, έχουν καταβληθεί προσπάθειες για τη βελτίωση των δημόσιων μεταφορών και την ενθάρρυνση της χρησιμοποίησης περιβαλλοντικώς φιλικών τρόπων μεταφοράς στις περιπτώσεις που αυτό είναι δυνατό. Προκειμένου να επιτευχθούν μειώσεις στις ποσότητες ενέργειας που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά, απαιτείται η καταβολή περαιτέρω προσπαθειών.

Οι αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν ανάλογες και ακόμη μεγαλύτερες προκλήσεις όσον αφορά την ενέργεια για μεταφορές. Η αύξηση των τιμών του πετρελαίου επηρεάζει δυσμενώς το ισοζύγιο πληρωμών τους, η εξάρτηση από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα συνεπάγεται τρωτότητα, ενώ και οι χώρες αυτές αντιμετωπίζουν την πρόκληση μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Τα βιοκαύσιμα, παραγόμενα από τη βιομάζα (ανανεώσιμη πηγή), αποτελούν άμεσο υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές και είναι δυνατόν να ενταχθούν σε συστήματα προμήθειας καυσίμου. Τα βιοκαύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικό καύσιμο για τις μεταφορές, συμβάλλοντας έτσι στην προετοιμασία της οδού για εξελίξεις όπως το υγραέριο και το φυσικό αέριο.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση των κυριότερων υγρών και αερίων εναλλακτικών καυσίμων. Από αυτά, κάποια είναι ευρέως διαδεδομένα και η κατανάλωσή τους αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινή μας ζωής, όπως το υγραέριο. Άλλα έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια με τη κατανάλωσή τους να αυξάνεται ολοένα και περισσότερο, όπως το φυσικό αέριο, ενώ η χρήση κάποιων άλλων, όπως τα βιο-καύσιμα, βρίσκεται σε αρχικό στάδιο, με τις προβλέψεις πάντως να είναι αισιόδοξες. Στην παρούσα εργασία λοιπόν, θα παρουσιαστούν οι ιδιότητες, η σύσταση, οι χρήσεις, οι μετατροπές των μηχανών εσωτερικής καύσης ώστε να επιτευχθεί η χρήση των παραπάνω καυσίμων. Θα επιχειρηθεί μια σύγκριση μεταξύ αυτών των καυσίμων, όσον αφορά την αποδοτικότητά τους αλλά και τις επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον και κατ' επέκταση στον άνθρωπο.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Ως καύσιμα, ονομάζονται τα υλικά που μπορούν να καούν όταν έρθουν σ' επαφή με αέρα, οξυγόνο ή αέριο μείγμα που περιέχει οξυγόνο. Όταν καούν, δίνουν ποσό θερμότητας που μπορούμε να το εκμεταλλευτούμε.

Ιστορικά τα πρώτα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο ανήκαν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Με τον όρο βιοκαύσιμα, εννοούμε οποιοδήποτε προϊόν σε στερεά, υγρή, ή αέρια μορφή, το οποίο μπορεί να παράγει ενέργεια και προέρχεται από βιομάζα. Έτσι, το ξύλο, το λίπος, τα φυτικά λάδια αλλά και τα αποστάγματα οργανικής προέλευσης εμπίπτουν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Η μεγάλη ανάγκη σε φθηνά καύσιμα μεγάλου ενεργειακού περιεχομένου μετά την βιομηχανική επανάσταση, η οποία συνεχίζει αυξανόμενη έως σήμερα, ενίσχυσε σημαντικά τη χρήση ορυκτών καυσίμων σε βάρος των παραδοσιακών βιοκαυσίμων. Τα προβλήματα θέρμανσης του πλανήτη, τα οποία σχετίζονται άμεσα με το περιεχόμενο των καυσίμων σε άνθρακα και το εκπεμπόμενο κατά την καύση διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), έχουν δημιουργήσει κατά τα τελευταία χρόνια ένα κλίμα στροφής προς τα βιοκαύσιμα, τα οποία καλούνται να υποκαταστήσουν σταδιακά τα συμβατικά καύσιμα.

Η ιστορία των αεριών καυσίμων ξεκινάει με την παραγωγή καυσίμου αερίου με ξηρή απόσταξη από στερεά καύσιμα. Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για οικιακές χρήσεις όπως ο φωτισμός. Ο πρώτος που τα χρησιμοποίησε για τον φωτισμό ήταν ο Minkelers στα τέλη του 18^{ου} αιώνα.

Η πρώτη χώρα που χρησιμοποίησε υγραέριο για την κίνηση των αυτοκινήτων ήταν η Ιταλία πριν από 25 χρόνια περίπου. Στην συνέχεια ξεκίνησαν να το χρησιμοποιούν για τούς ίδιους σκοπούς η Ολλανδία, η Δανία, η Ιαπωνία και άλλες χώρες.

Ο Hendry Ford (1863-1947) πίστευε πως η αιθανόλη είναι το καύσιμο του μέλλοντος. Όμως η βιοαιθανόλη άρχισε να χρησιμοποιείται πολύ αργότερα με πρώτη την Βραζιλία η οποία ξεκίνησε να παράγει αιθανόλη από ζαχαροκάλαμο το 1975.

Τα φυτικά ελαία και τα ζωικά λίπη εξετάστηκαν ως καύσιμα ντίζελ πολύ πριν την ενεργειακή κρίση των δεκαετιών 1970 και 1980. Η ιδέα της χρησιμοποίησης καυσίμων βασισμένων σε φυτικά έλαια χρονολογείται από το 1895 όταν την ανέπτυξε ο Δρ. Ρούντολφ Ντίζελ.

Ο Δρ. Ρούντολφ Ντίζελ (1858-1913), ο οποίος είναι ο εφευρέτης της ομώνυμης μηχανής, είχε δείξει αρκετό ενδιαφέρον για αυτά τα καύσιμα. Στο βιβλίο του (Liquid Fuel), αναφέρεται πως γίνεται η χρήση φυτικών ελαίων ως καύσιμο. Παρουσίασε την καινοτόμο μηχανή του στην παγκόσμια έκθεση του 1900 στο Παρίσι, η οποία ήταν η πρώτη μηχανή ανάφλεξης με συμπίεση σχεδιασμένη να λειτουργεί με φυτικά έλαια. Τα τελευταία χρόνια ανανεώθηκε το ενδιαφέρον για τη χρήση του βιοντίζελ ώστε να ξεπεραστούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση του πετρελαίου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με τα εναλλακτικά καύσιμα και τις νέες τεχνολογίες που αναπτύσσονται στον τομέα των μεταφορών για την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Πραγματοποιήθηκε μελέτη για κάποια εναλλακτικά καύσιμα, που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας, συγκεκριμένα τα βιοκαύσιμα (βιοντίζελ και βιοαιθανόλη), το υγραέριο και το φυσικό αέριο.

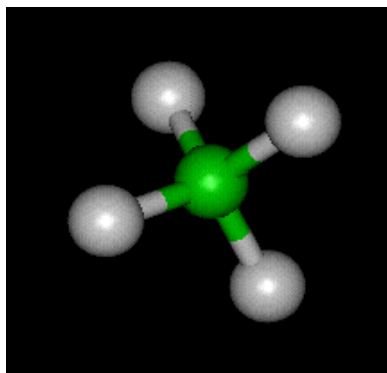
Για κάθε τύπο καυσίμου αναλύεται αρχικά ο τρόπος με τον οποίο παράγεται, οι ιδιότητές που έχει, καθώς και τα βασικότερα χαρακτηριστικά του. Στη συνέχεια, γίνεται μια έρευνα στο κόστος και στον τρόπο αποθήκευσης του κάθε καυσίμου καθώς και στις διάφορες εφαρμογές του ανά τομέα. Μελετούνται οι μετατροπές και τα συστήματα που είναι απαραίτητα να εγκατασταθούν στον κινητήρα και στα υπόλοιπα μέρη του οχήματος ώστε να είναι εφικτή η λειτουργία του και να υπάρχει ασφαλής αποθήκευση και διακίνηση του καυσίμου. Επιπλέον, παρατίθενται τα αποτελέσματα που έχει η χρήση των εναλλακτικών καυσίμων και οι συνέπειες της μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα και στο περιβάλλον. Τέλος, παρουσιάζεται η διαθεσιμότητά τους και το ποσοστό χρήσης τους στην Ελλάδα και διεθνώς, καθώς και μελλοντικές βλέψεις αυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

1.1 Εισαγωγή

Το φυσικό αέριο είναι μείγμα υδρογονανθράκων που βρίσκονται σε αέρια κατάσταση. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (**Εικόνα 1.1**), που φθάνει σε ποσοστό 98% και σε πολύ μικρότερη αναλογία από άλλα αέρια, όπως αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, πεντάνιο που ανέρχονται σε 0.8 % το πολύ. Μπορεί να περιέχει και άλλες προσμίξεις καυσίμων αερίων (υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο ή και αμμωνία σε ίχνη) ενώ συνήθως περιέχει και αδρανείς προσμίξεις, όπως άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα καθώς και ίχνη αδρανών αερίων. Οι αναλογίες των συστατικών διαφέρουν ανάλογα με την προέλευσή του φυσικού αερίου. Καθοριστικός παράγοντας για τη σύστασή του είναι εάν προέρχεται από αμιγή κοιτάσματα φυσικού αερίου ή παράγεται ως "συνοδό αέριο" κοιτασμάτων πετρελαίου. Δεν πρέπει να συγχέεται με το υγραέριο (προπάνιο, βουτάνιο ή μείγμα) που είναι παράγωγο καύσιμο από τα διυλιστήρια.



Εικόνα 1.1 Στερεοχημικός τύπος μεθανίου (CH_4)

1.2 Χημική σύσταση και ιδιότητες

Είναι μείγμα υδρογονανθράκων σε αέρια κατάσταση, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο (CH₄) και ανήκει στη 2η Οικογένεια των αερίων καυσίμων, όπου η χημική σύστασή του φαίνεται στον **Πίνακα 1.1**. Παράλληλα δεν περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα με αποτέλεσμα να μην είναι τοξικό. Τέλος είναι ελαφρύτερο από τον αέρα με σχετική πυκνότητα ($d_{σχ}=0.59$).

Συστατικά	Σύσταση (% κ.ο.)	
	Υγρό	Ξηρό
Μεθάνιο	85	96
Αιθάνιο	6.5	2
Προπάνιο	5.3	0.6
Ισοβουτάνιο	1.2	0.18
n-βουτάνιο	1.4	0.12
Ισοπεντάνιο	0.4	0.14
Εξάνια	0.2	0.1
Επτάνια	0.1	0.08

Πίνακας 1.1 Χημική σύσταση του φυσικού αερίου.

1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά Φυσικού αερίου

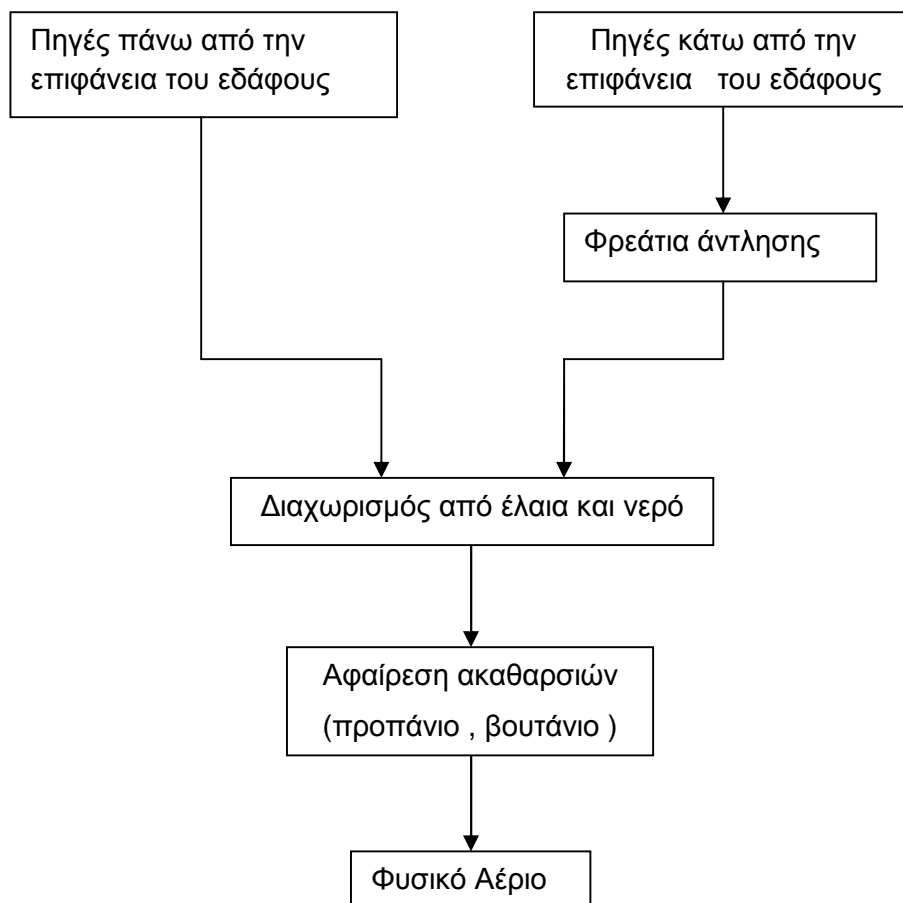
Το φυσικό αέριο είναι ορυκτό καύσιμο, άρα η διαθεσιμότητά του εξαρτάται από την επάρκεια των κοιτασμάτων (οι σημερινές προβλέψεις είναι για 80 - 100 χρόνια). Δεν πρέπει να σχετίζεται με υγραέριο (βουτάνιο ή προπάνιο) που είναι συνήθως παράγωγο καύσιμο από τα διυλιστήρια, επομένως η διαθεσιμότητά του εξαρτάται από την παραγωγική ικανότητα των διυλιστηρίων. Το φυσικό αέριο καθώς είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, σε περίπτωση διαρροής διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα. Η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη, όπου εννοούμε την ποσότητα θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση του καυσίμου, του φυσικού αερίου κυμαίνεται από 9000 - 11000 Kcal/Nm³ ενώ η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη του υγραερίου είναι υψηλότερη από αυτή του φυσικού αερίου και κυμαίνεται από 23000 -

30000 Kcal/Nm³. Αυτό σε συνδυασμό με την διαφορετική σχετική πυκνότητα των δύο καυσίμων, σημαίνει ότι το φυσικό αέριο και το υγραέριο δεν είναι μεταξύ τους εναλλάξιμα, δηλαδή δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το ένα σε καυστήρες που είναι σχεδιασμένοι για την καύση του άλλου.

Τα όρια ανάφλεξης του φυσικού αερίου είναι 4.5% - 15% (δηλαδή η καύση δεν μπορεί να διατηρηθεί εάν η περιεκτικότητα του αέρα σε φυσικό αέριο είναι εκτός αυτών των ορίων) ενώ του υγραερίου αντίστοιχα είναι 2% - 9.3%.

1.4 Στάδια παραγωγής

Το φυσικό αέριο βρίσκεται ή στην επιφάνεια του εδάφους ή κάτω από αυτήν. Αφού εντοπιστεί, αντλείται με τη χρήση φρεατίων ενώ στη συνέχεια μεταφέρεται σε μονάδες επεξεργασίας. Έπειτα ξεκινάει η διαδικασία του διαχωρισμού όπου αφαιρούνται τα έλαια και το νερό από το φυσικό αέριο. Τέλος, απομακρύνονται οι διάφορες ακαθαρσίες όπως το προπάνιο και το βουτάνιο και παραμένει καθαρό φυσικό αέριο. Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα ροής των διεργασιών παραγωγής του Φ.Α. (**Σχήμα 1.1**).



Σχήμα 1.1 Διεργασίες παραγωγής φυσικού αερίου.

1.5 Δημιουργία

Η δημιουργία του μεθανίου (CH_4) περιλαμβάνει την μετατροπή οργανικής ύλης από μικροοργανισμούς (βιογένεση), την θερμική αποσύνθεση θαμμένης οργανικής ύλης (θερμογένεση), και διεργασίες βαθιά μέσα στο φλοιό της γης (αβιογένεση). Το ελαφρύ μεθάνιο ανεβαίνει προς τα ανώτερα στρώματα μέσα από τους πόρους των πετρωμάτων και είτε συσσωρεύεται κάτω από αδιαπέραστα στρώματα είτε φθάνει τελικά στην επιφάνεια και εκλύεται στην ατμόσφαιρα.

Το βιογενές μεθάνιο είναι αποτέλεσμα της αποσύνθεσης οργανικής ύλης από μικροοργανισμούς που διεισδύουν στα ανώτερα στρώματα του φλοιού της Γης σε

περιοχές που υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, και όπου οι θερμοκρασίες δεν υπερβαίνουν τους 95 °C. Το μεθάνιο αυτό δεν έχει μεγάλη πυκνότητα και διερχόμενο μέσα από τους πόρους των διαφόρων στρωμάτων εκλύεται στην ατμόσφαιρα.

Το θερμογενές μεθάνιο σχηματίζεται με παρόμοιο τρόπο όπως το πετρέλαιο. Καθώς οργανική ύλη εναποτίθεται σε λάσπη και άλλα ιζήματα, βυθίζεται και συμπιέζεται. Οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν μέσα στην γη, διασπούν τους δεσμούς του άνθρακα στις οργανικές ενώσεις και σχηματίζεται πετρέλαιο και μικρές ποσότητες αερίων. Σε ακόμα υψηλότερες θερμοκρασίες (λόγω βάθους ενταφιασμού) το μεθάνιο γίνεται το κύριο προϊόν και μπορεί τελικά να εκτοπίσει ολοσχερώς το πετρέλαιο.

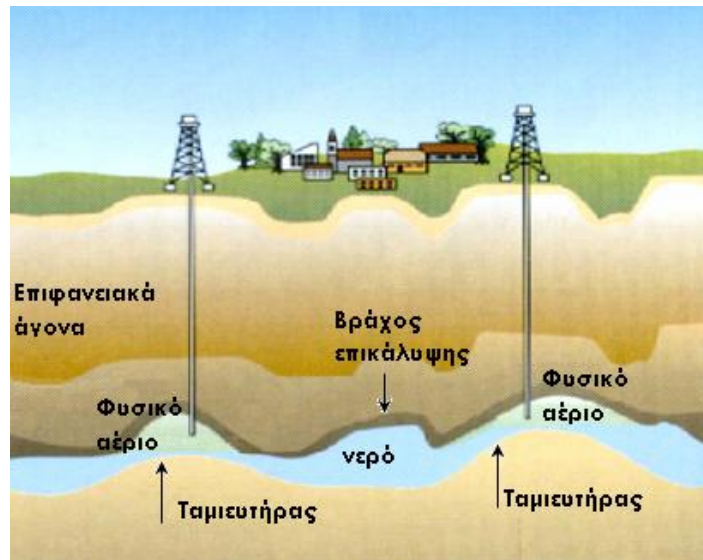
Σε αυτόν τον ταυτόχρονο σχηματισμό πετρελαίου και φυσικού αερίου στα αρχικά στάδια της θερμικής αποσύνθεσης, οφείλεται η εμφάνιση του πετρελαίου και του φυσικού αερίου σε σχηματισμούς στα τελευταία 2-3 km του φλοιού της γης. Σε κατώτερα σημεία το μεθάνιο ίσως είναι ο μοναδικός υδρογονάνθρακας που σχηματίζεται. Σε ακόμα μεγαλύτερα βάθη, πιθανός μεταμορφισμός μπορεί να απομακρύνει όλα τα άτομα υδρογόνου από τις οργανικές ενώσεις και να αφήσει ένα υπόλοιπο κάρβουνου, πιθανώς με την μορφή γραφίτη. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, ο γραφίτης αυτός μπορεί να αντιδράσει με το νερό και να υπάρξει επαναδημιουργία μεθανίου.

Το αβιοτικό μεθάνιο σχηματίζεται με μια διαφορετική διεργασία όταν μη οργανικά αέρια, πλούσια σε υδρογόνο και άνθρακα, που υπάρχουν σε μεγάλα βάθη μέσα στην γη από την αρχή της δημιουργίας της, ανέρχονται, αντιδρούν με τα πετρώματα του φλοιού, σχηματίζονται στοιχεία και ενώσεις όπως άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, αργό και νερό. Τέτοιες δραστηριότητες παρατηρούνται σε ηφαιστειακές περιοχές (περιέχουν κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και νερό). Στην περίπτωση που αυτά τα αέρια διέλθουν μέσα από πετρώματα κάτω από συνθήκες υψηλής πίεσης, και απουσία οξυγόνου, τότε το κύριο σταθερό προϊόν είναι το μεθάνιο.

1.6 Σημεία εντοπισμού φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο βρίσκεται σε υπόγειους σχηματισμούς όπως στρώματα άμμου, κάρβουνου και σε ταμειυτήρες με αλμυρού νερού (**Εικόνα 1.2**). Υπάρχει είτε

μόνο του, είτε σε συνδυασμό με το πετρέλαιο, οπότε ανέρχεται στην επιφάνεια μαζί με αυτό. Το φυσικό αέριο, συγκρινόμενο με το πετρέλαιο και το κάρβουνο είναι ένα ιδανικό καύσιμο, καθώς είναι καθαρό, εύκολο στην μεταφορά και στην χρήση.



Εικόνα 1.2 Ταμιευτήρες φυσικού αερίου.

1.7 Αντληση φυσικού αερίου

Όπως αναφέραμε παραπάνω το φυσικό αέριο βρίσκεται σε υπογείους σχηματισμούς ή σε ταμιευτήρες με αλμυρό νερό, είτε μόνο του, είτε σε συνδυασμό με το πετρέλαιο.

Κατά την έναρξη λειτουργίας μιας γεώτρησης το φυσικό αέριο ανέρχεται με φυσική κυκλοφορία (λόγω της πίεσης) στην επιφάνεια, αλλά στο τέλος απαιτείται κάποια μορφή άντλησης για να το παραλάβουμε. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι με αντλίες, όπως αυτή της **Εικόνας 1.3**, που φέρνει στην επιφάνεια πετρέλαιο και φυσικό αέριο.



Εικόνα 1.3 Αντλία πετρελαίου και φυσικού αερίου.

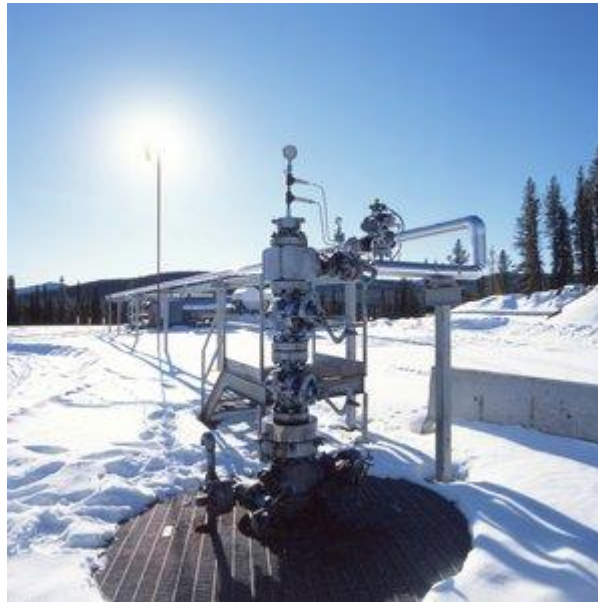
Η ροή του φυσικού αερίου από τον ταμιευτήρα μπορεί να βελτιωθεί με την δημιουργία μικροσκοπικών ρηγματώσεων μέσα στο πέτρωμα που επιτρέπουν στο αέριο να διαφύγει. Για την πρόκληση αυτών των ρηγματώσεων χρησιμοποιείται ένα ρευστό σε υψηλή πίεση (συνήθως νερό). Μαζί με το ρευστό προστίθενται και ουσίες, όπως άμμος, σφαιρίδια γυαλιού κλπ., για να διατηρηθούν τα ανοίγματα των ρηγματώσεων όταν αρχίσει να μειώνεται η πίεση με την έναρξη διαφυγής του αερίου.

1.8 Μεταφορά φυσικού αερίου

Το μεγαλύτερο εμπόδιο στη χρήση του φυσικού αερίου είναι η μεταφορά και η αποθήκευσή του. Η μεταφορά του μπορεί να γίνει με σωληνώσεις ή με ειδικά βυτιοφόρα. Οι σύγχρονες σωληνώσεις λειτουργούν με πίεση 67.5 ή με 80 bar ενώ στο προσεχές μέλλον θα φθάσουν να λειτουργούν με 120 bar. Τα δίκτυα του φυσικού αερίου τοποθετούνται σε βάθος 2 - 2.5 μέτρα για να προστατεύονται από την υγρασία. Οι σωληνώσεις του φυσικού αερίου είναι οικονομικές, αλλά μη πρακτικές για υποθαλάσσια δίκτυα.

Επίσης, για την μεταφορά του φυσικού αερίου χρησιμοποιούνται ειδικά βυτιοφόρα. Τα βυτιοφόρα μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο. Χρησιμοποιούνται αρκετά, όμως υπάρχουν προβλήματα λόγω των αυξημένων

δαπανών και της ασφάλειας κατά την μεταφορά. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται υπό ατμοσφαιρική πίεση στις δεξαμενές φορτώσεως. Υπάρχει ακόμη η δυνατότητα θαλάσσιας μεταφοράς του σε μορφή Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (Υ.Φ.Α.), με ειδικά δεξαμενόπλοια σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 1.4 Δίκτυο σωληνώσεων μεταφοράς φυσικού αερίου.

1.9 Κόστος μεταφοράς

Τα τέλη μεταφοράς είτε μέσω αγωγών είτε μέσω τάνκερ είναι πολύ υψηλότερα από αυτά του πετρελαίου. Για παράδειγμα η μεταφορά περιλαμβάνει περίπου το 90% της συνολικής αξίας του σιβηρικού αερίου που παρέχεται στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο μέσω αγωγών συνολικού μήκους 6000 km. Για πηγές αερίου που βρίσκονται στην Βόρεια Θάλασσα και προμηθεύουν την Βρετανία και την Βόρεια Ευρώπη, το κόστος είναι σχετικά ισορροπημένο αν και σε μερικές περιπτώσεις στα Νορβηγικά νερά οι αγωγοί βρίσκονται σε μεγάλο βάθος και κατά συνέπεια οι δυσκολίες άντλησης και μεταφοράς αυξάνουν το κόστος. Τέλος η επιστροφή κεφαλαίου που έχει επενδυθεί για την εξόρυξη και την μεταφορά του φυσικού αερίου καταλαμβάνει ένα σημαντικό ποσοστό στην προστιθέμενη αξία του ενεργειακού αυτού αγαθού.

1.10 Τύποι φυσικού αερίου

Υπάρχουν δυο τύποι φυσικού αερίου, το συμπιεσμένο φυσικό αέριο και το υγροποιημένο φυσικό αέριο.

- **Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG)** αποθηκεύεται σε κυλινδρικές δεξαμενές υπό υψηλή πίεση (250 bar) εξ' ου και αποκαλείται συμπιεσμένο φυσικό αέριο. Παράγεται με τη συμπίεση του φυσικού αερίου (που συντίθεται κυρίως από το μεθάνιο (CH₄), σε ποσοστό 70% έως 98%. Είναι υποκατάστατο των συμβατικών καυσίμων δηλαδή της βενζίνης και του πετρελαίου και θεωρείται μια περιβαλλοντικά "καθαρή" εναλλακτική λύση.
- **Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG)** είναι φυσικό αέριο που έχει μετατραπεί σε υγρή μορφή για την ευκολία της αποθήκευσης ή της μεταφοράς. Το LNG έχει όγκο 1/614 του όγκου του φυσικού αερίου σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης (STP), καθιστώντας το οικονομικά πιο αποδοτικό στη μεταφορά πέρα από τις μεγάλες αποστάσεις όπου οι σωληνώσεις δεν υπάρχουν.

1.11 Σύγκριση CNG -LNG

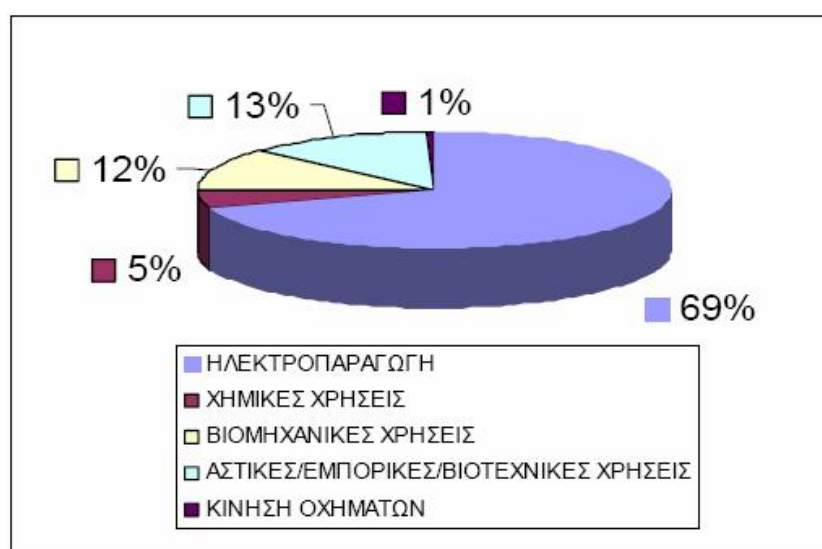
Το CNG είναι συχνά συγκεχυμένο με το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Ενώ και οι δύο είναι αποθηκευμένες μορφές φυσικού αερίου, η βασική διαφορά τους είναι ότι το CNG είναι σε συμπιεσμένη μορφή, ενώ το LNG είναι σε υγροποιημένη μορφή. Το CNG έχει χαμηλότερο κόστος παραγωγής και αποθήκευσης έναντι του LNG δεδομένου ότι δεν απαιτεί ακριβή διαδικασία ψύξης και χρήση κρυογόνων δεξαμενών. Το CNG απαιτεί μεγαλύτερο όγκο, για να αποθηκεύσει την ίδια μάζα του φυσικού αερίου και υψηλές πιέσεις (3000 έως 4000 lbf/in² ή 205 έως 275 bar).

1.12 Κατανάλωση του φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο βρίσκει εφαρμογές σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας. Έτσι, ο βιομηχανικός τομέας θα φθάσει σταδιακά να απορροφά το 12%

των συνολικών ποσοτήτων. Αντίστοιχα, για τον εμπορικό και οικιακό τομέα, το ποσοστό αυτό θα ανέλθει στο 13% και προορίζεται να καλύψει κυρίως ανάγκες για θέρμανση, μαγείρεμα και ζεστό νερό. Ένα 69%, των ποσοτήτων Φυσικού Αερίου, θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, με χρήση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Ένα 5%,θα καλύπτει τις ανάγκες για χημικές χρήσεις, ενώ τέλος το 1% θα χρησιμοποιείται για την κίνηση των οχημάτων. Σημαντικό είναι ότι με τη χρήση του φυσικού αερίου, μειώνεται η εξάρτηση από τα πετρελαϊκά καύσιμα και εκσυγχρονίζεται σημαντικά ο θερμικός εξοπλισμός των βιομηχανιών, ενώ ο οικιακός καταναλωτής απολαμβάνει τα πλεονεκτήματα ενός οικονομικού, εύχρηστου, καθαρού και ασφαλούς καυσίμου. Ιδιαίτερα θετικές θα είναι οι επιπτώσεις από την υλοποίηση του έργου στη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, αφού με τη χρήση του φυσικού αερίου περιορίζονται οι εκπομπές επικίνδυνων για την υγεία ρυπαντών, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για περιβαλλοντικά επιβαρημένες αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Σημαντικά οφέλη υπάρχουν επίσης και στον τομέα της απασχόλησης, καθώς δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας.

Στο **Διάγραμμα 1.1**, εμφανίζεται η προβλεπόμενη κατανομή της κατανάλωσης φυσικού αερίου στην Ελλάδα, ανά τομέα χρήσης, κατά το έτος 2020 πλήρους ανάπτυξης του έργου.



Διάγραμμα 1.1 Κατανομή κατανάλωσης φυσικού αερίου.

1.13 Βασικά χαρακτηριστικά και εφαρμογές ανά τομέα

Το φυσικό αέριο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στους περισσότερους τομείς κατανάλωσης ενέργειας ως εξής:

- **Στον βιομηχανικό τομέα**

Ανάμεσα στα πλέον εκτιμώμενα χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου στη βιομηχανία είναι η απουσία ενώσεων θείου . Η καθαρότητα του αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα στην παραγωγή του γυαλιού και των κεραμικών ειδών, αφού βελτιώνει την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Στη χημική βιομηχανία χρησιμοποιείται όχι μόνο ως καύσιμο, αλλά ιδίως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βασικών χημικών ενώσεων που προορίζονται στη βιομηχανία των συνθετικών ρητινών, των πλαστικών υλών και των λιπασμάτων.

Για τις βιομηχανικές επεξεργασίες συνεχούς λειτουργίας, η σταθερότητα της παροχής, που πετυχαίνεται μέσω αγωγών, συνιστά απόλυτη αναγκαιότητα, που το φυσικό αέριο μπορεί να ικανοποιήσει, χάρη στο γεγονός ότι η μεταφορά του δεν υπόκειται σε απρόβλεπτους εξωτερικούς παράγοντες.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου στον βιομηχανικό τομέα είναι τα παρακάτω:

- Συνεχής παροχή καυσίμου που εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια για διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων.
- Μειωμένες εκπομπές ρύπων, που συμβάλλουν αποφασιστικά στο καθαρότερο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης.
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία.
- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου.

- **Στον εμπορικό τομέα**

Βρίσκει εφαρμογή κυρίως στην θέρμανση και τον κλιματισμό των χώρων. Επίσης χρησιμοποιείται για τον φωτισμό, την παραγωγή θερμού νερού, το μαγείρεμα, καθώς επίσης και σε μονάδες όπως ξενοδοχεία, εστιατόρια, εκπαιδευτικά ιδρύματα, αθλητικά κέντρα, εμπορικά καταστήματα, μικρές βιοτεχνικές μονάδες και άλλου.

- **Στον οικιακό τομέα**

Το φυσικό αέριο στο σπίτι παρέχει ευκολία, αυτονομία, ασφάλεια και οικονομία. Η μόνιμη και σταθερή παροχή φυσικού αερίου, μπορεί να εξασφαλίσει στον οικιακό τομέα τα ακόλουθα:

- Θέρμανση, χωρίς εξαρτήσεις και με σταθερή παροχή
- Μαγείρεμα και ζεστό νερό χωρίς χρόνους αναμονής και με άμεση ρύθμιση της θερμοκρασίας.
- Αυτονομία, αμεσότητα και ταχύτητα.
- Ασφάλεια στη χρήση, χωρίς οσμές, θορύβους και ρύπους.
- Εύκολη και απλή εγκατάσταση εξοπλισμού με καθαριότητα και οικονομία χώρων.
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των συσκευών και του εξοπλισμού, με υψηλότερη απόδοση και μικρότερο κόστος συντήρησης, χωρίς πρόσθετες δαπάνες για την ομαλή λειτουργία του (δεξαμενές, αντλίες, προθερμαντήρες, κ.λ.π.).
- Οικονομία σε πολλά επίπεδα λαμβανομένου υπ' όψιν ότι η κατανάλωση αερίου δεν προπληρώνεται όπως στην περίπτωση προμήθειας και καύσεως πετρελαίου για λειτουργία συστήματος κεντρικής θέρμανσης.

Το κόστος εξοπλισμού είναι προσιτό για κάθε νοικοκυριό. Σε μια πολυκατοικία η αντικατάσταση του καυστήρα είναι της τάξης των 1000 €. Θα πρέπει όμως τα νοικοκυριά να εξοπλιστούν και με τις οικοσκευές που κάνουν χρήση του φυσικού αερίου (κουζίνες, θερμοσίφωνες κλπ.). Ήδη στην αγορά κυκλοφορεί ο απαραίτητος

οικιακός εξοπλισμός, ενώ οι περισσότεροι αντιπρόσωποι ξένων οίκων έχουν προγραμματίσει για το άμεσο μέλλον την εισαγωγή των αντίστοιχων συσκευών, με σχετικά μικρό κόστος.

Το φυσικό αέριο είναι φθηνότερο από 10% ως και 30%, σε σχέση με το τιμολόγιο της Δημόσιας Επιχείρησης Φωταερίου (ΔΕΦΑ) για το ναφθαέριο, το οποίο θα είναι το τιμολόγιο με το οποίο θα διατίθεται το φυσικό αέριο για οικιακή και εμπορική / επαγγελματική χρήση.

- **Στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής**

Η τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού και η συμπαραγωγή θερμότητας-ηλεκτρισμού δίνουν υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης και μικρότερες εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Συγκεκριμένα, η χρήση φυσικού αερίου για παραγωγή ηλεκτρισμού σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου αυξάνει το βαθμό απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού σε 50-55% έναντι 35-40% των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με φυσικό αέριο είναι η νέα μεγάλη πρόκληση και εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς σε όλη την Ευρώπη. Ιδιαίτερα στη χώρα μας, με την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού καθώς και οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου αποκτούν ιδιαίτερα επίκαιρο χαρακτήρα.

Οι φυσικές αντιρρυπαντικές ιδιότητες του φυσικού αερίου σε συνδυασμό με το χαμηλό λειτουργικό κόστος και την υψηλή του απόδοση σε θερμική ενέργεια, καθιστούν το φυσικό αέριο μοναδικό καύσιμο στην ηλεκτροπαραγωγή.

- **Στις επιχειρήσεις του τριτογενούς τομέα**

Ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, αθλητικά και πολιτιστικά κέντρα, μεγάλα κτίρια γραφείων, χώροι αναψυχής, εμπορικά κέντρα και καταστήματα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν το φυσικό αέριο για θέρμανση των χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, μαγείρεμα καθώς και για άλλες εξειδικευμένες

εργασίες, εκμεταλλεόμενα τα πλεονεκτήματά του και επιτυγχάνοντας οικονομία και απόλυτη λειτουργικότητα.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου στον τριτογενή τομέα είναι τα παρακάτω:

- ü Δεν απαιτεί ενασχόληση με παραγγελίες και παραλαβές καυσίμων.
- ü Δίνει δυνατότητα εκμετάλλευσης χώρων που σήμερα χρησιμοποιούνται για αποθήκευση καυσίμων (δεξαμενές).
- ü Προσφέρει αισθητική αρτιότητα, αυξημένη καθαριότητα χώρων και συσκευών.
- ü Απαιτεί λιγότερη συντήρηση συσκευών
- ü Συμβάλλει στην ορθολογική χρήση ενέργειας, στη μείωση λειτουργικών δαπανών, και στην οικονομία.
- ü Επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα υψηλότερη απόδοση.

- **Στον τομέα των μεταφορών**

Οι εφαρμογές του φυσικού αερίου συνεχώς επεκτείνονται σε παγκόσμιο επίπεδο. Πρόκειται για το καύσιμο του 21ου αιώνα που θα συμβάλει ουσιαστικά στη λύση του ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος .

Η κίνηση λεωφορείων με φυσικό αέριο αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα εφαρμογής. Η ΔΕΠΑ διαθέτει και λειτουργεί 2 σταθμούς ανεφοδιασμού λεωφορείων φυσικού αερίου, που εφοδιάζουν σήμερα το 20% των λεωφορείων του ΟΑΣΑ στην Αττική με φυσικό αέριο.

1.14 Χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου ως καύσιμο μηχανών εσωτερικής καύσης

Εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας του μεθανίου σε υδρογόνο, το φυσικό αέριο αποτελεί ένα υψηλής ποιότητας καύσιμο για Μηχανές Εσωτερικής Καύσης. Η

θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου ανά kg μάζας, ξεπερνά αυτήν όλων των υπόλοιπων υδρογονανθράκων ($H_u = 47.6 \text{ MJ/kg}$ ή 36.5 MJ/m^3).

Επίσης, ως καύσιμο χαρακτηρίζεται από υψηλό αριθμό οκτανίου (135), με αποτέλεσμα να μπορεί να καίγεται σε βενζινοκινητήρες υψηλής σχέσης συμπίεσης χωρίς τον κίνδυνο εμφάνισης του φαινομένου της κρουστικής καύσης. Η αναλογία στοιχειομετρικού μείγματος φυσικού αερίου – αέρα είναι 17.25/1 που σημαίνει ότι για την πλήρη καύση 1kg φυσικού αερίου απαιτούνται 17.25 kg αέρα.

1.15 Οχήματα φυσικού αερίου

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 μείγματος φυσικού αερίου και ντίζελ όπου τα ποσοστά των δύο καυσίμων μεταβάλλονται ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπάρχουν σε όλους τους τύπους:

- **Οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου**

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 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 ειδικά σχεδιασμένου καταλύτη έτσι ώστε να κατακρατεί το μεθάνιο πιο αποτελεσματικά από τους συνήθεις καταλύτες βενζίνης ή ντίζελ. Τα περισσότερα οχήματα φυσικού αερίου που διατίθενται από τους κατασκευαστές στην Ευρώπη είναι οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου.

- **Οχήματα διπλού καυσίμου**

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, επειδή τα χαρακτηριστικά χρήσης τους συχνά μεταβάλλονται, 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.

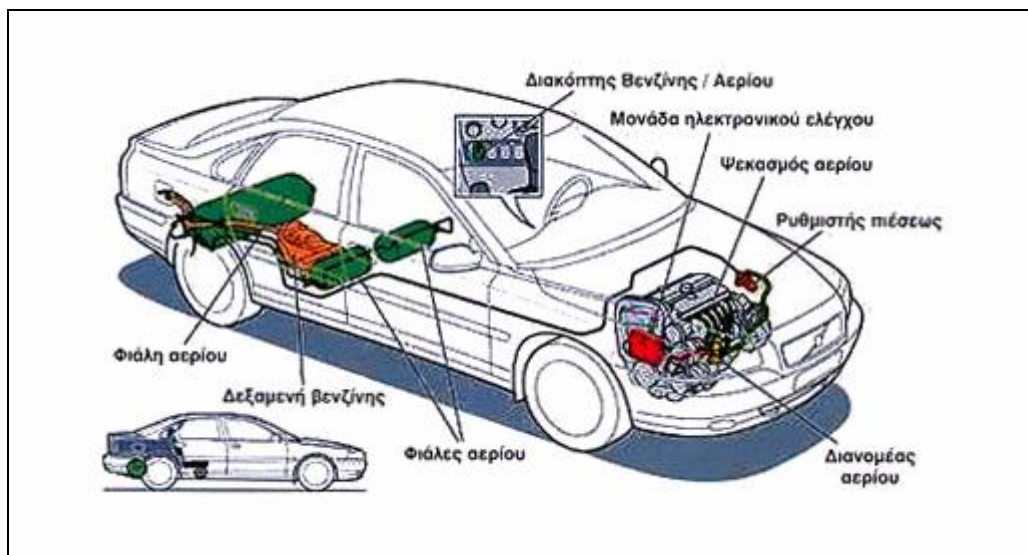
- **Οχήματα μίγματος φυσικού αερίου και ντίζελ**

Οι κινητήρες μίγματος φυσικού αερίου-πετρελαίου έχουν τα πλεονεκτήματα των κινητήρων ντίζελ, 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.

1.16 Μετατροπές των οχημάτων για τη χρήση του φυσικού αερίου

Οι πρώτες προσπάθειες της GM στην κατασκευή κινητήρων φυσικού αερίου παρουσίασαν πολλά προβλήματα κυρίως στα σημεία εδράσεως των βαλβίδων. Ο πρώτος της κινητήρας φυσικού αερίου χρησιμοποιήθηκε μόνο για στατική παροχή

ισχύος και απέδιδε 90 hp στις 1800 rpm. Σ' αυτόν τον κινητήρα λοιπόν, έπειτα από λειτουργία 500 περίπου ωρών, αντικαταστάθηκαν οι βαλβίδες γιατί παρουσίαζαν φθορά στα σημεία έδρασης. Η φθορά προήλθε, εν μέρει από τις υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας και εν μέρει γιατί το φυσικό αέριο δεν έχει τις ίδιες λιπαντικές ιδιότητες με τη βενζίνη. Για να μπορέσουν οι μηχανικοί να λύσουν το πρόβλημα έκαναν κάποιες σημαντικές αλλαγές. Κατασκεύασαν τα έδρανα των βαλβίδων από στελίτη, ένα σκληρό υλικό το οποίο αντέχει τις φθορές και περιέχει κοβάλτιο και χρώμιο. Άλλαξαν επίσης τη γωνία των εδράνων από 45° σε 30°, επιπλέον τοποθέτησαν περιστροφείς, οι οποίοι γυρνούσαν τις βαλβίδες κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Αυτό έγινε για να υπάρχει πιο συμμετρική κατανομή των φορτίων και επομένως πιο ομαλή φθορά. Οι αλλαγές αυτές επέφεραν σημαντική βελτίωση στην αντοχή του κινητήρα, με αποτέλεσμα να λειτουργεί για πάνω από 20000 ώρες χωρίς την ύπαρξη βλάβης. Στην **Εικόνα 1.5** φαίνεται το σύστημα τροφοδοσίας ενός οχήματος φυσικού αερίου.



Εικόνα 1.5 Σχηματική παράσταση συστήματος τροφοδοσίας φυσικού αερίου.

Οι μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες (Renault, Opel, Ford, General Motors, Honda κτλ) έχουν αρχίσει ήδη να παράγουν σε μαζική κλίμακα οχήματα αποκλειστικά φυσικού αερίου. Ο κινητήρας ενός αυτοκινήτου φυσικού αερίου (NGC) ή ενός

οχήματος φυσικού αερίου (NGV) λειτουργεί με έναν τρόπο που είναι παρόμοιος με αυτόν μιας τυποποιημένης μηχανής εσωτερικής καύσεως που λειτουργεί με βενζίνη. Χρησιμοποιεί τον κύλινδρο τον σπινθηριστή και εμβολα για να παραγάγει την κίνηση από την ελεγχόμενη καύση του καυσίμου. Διαφέρουν κυρίως στην ευφλεκτότητα, τον όγκο, και την αναφλεξιμότητα των χρησιμοποιούμενων καυσίμων.

Η αλλαγή λειτουργίας από φυσικό αέριο σε βενζίνη, για όλα τα μοντέλα CNG απαιτεί απλά την περιστροφή ενός διακόπτη που βρίσκεται στην κεντρική κονσόλα ή συμβαίνει αυτόματα όταν η παροχή φυσικού αερίου είναι πολύ χαμηλή. Το σύστημα αυτόματα αλλάζει τις ενδείξεις της αντίστοιχης πίεσης φυσικού αερίου ή στάθμης της δεξαμενής βενζίνης. Ένα τυποποιημένο στόμιο ανεφοδιασμού παρέχει τη δυνατότητα ανεφοδιασμού χωρίς αντάππορα.

1.17 Σχεδιασμός οχημάτων φυσικού αερίου

Τα οχήματα φυσικού αερίου (NGVs) λειτουργούν με τις ίδιες βασικές αρχές με τα οχήματα που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα. Με άλλα λόγια, το καύσιμο (φυσικό αέριο στην περίπτωση μας) αναμιγνύεται με τον αέρα στον κύλινδρο μιας τετράχρονης μηχανής και αναφλέγεται έπειτα από τον σπινθηριστή έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου. Αν και υπάρχουν μερικές διαφορές μεταξύ του φυσικού αερίου και της βενζίνης όσον αφορά την ευφλεκτότητα και των θερμοκρασιών ανάφλεξης, (Πινάκας 1.2).

Ιδιότητες	Φυσικό αέριο	Βενζίνη	Πετρέλαιο
Όρια αναφλεξιμότητας (όγκος % στον αέρα)	5 - 15	1.4 - 7.6	0.6 - 5.5
Θερμοκρασία αυτανάφλεξης (F)	842	572	446
Μέγιστη θερμοκρασία φλόγας (F)	3423	3591	3729

Πινάκας 1.2 Ειδικές ιδιότητες του φυσικού αερίου.

Ακόμα, μερικές από τις τροποποιήσεις οι οποίες απαιτούνται για να κάνουν μια εργασία μετατροπής για φυσικό αέριο NGV αποτελεσματική είναι να γίνουν αλλαγές στη δεξαμενή αποθήκευσης καυσίμου, στον κινητήρα και στο αμάξωμα.

1.18 Τροποποιήσεις στον κινητήρα και στη λειτουργία του συστήματος

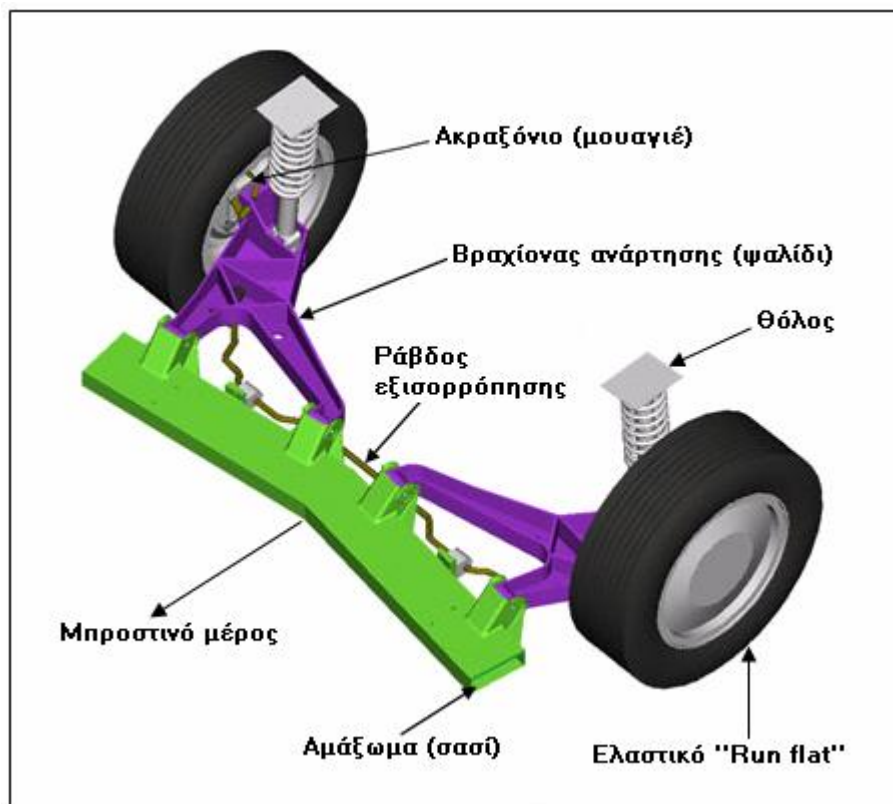
Όταν τεθεί σε λειτουργία ένας κινητήρας φυσικού αερίου (**Εικόνα 1.6**) τότε, το φυσικό αέριο ρέει από τους κυλίνδρους αποθήκευσης στη γραμμή καυσίμου. Κοντά στη μηχανή, το φυσικό αέριο εισάγεται σε έναν ρυθμιστή για να μειώσει την πίεση του. Κατόπιν το αέριο ρέει προς ένα σύστημα ψεκασμού πολλαπλών σημείων, το οποίο στη συνέχεια τροφοδοτεί με καύσιμο τους κυλίνδρους. Οι αισθητήρες και ο εγκέφαλος ρυθμίζουν το μίγμα αέρα-καυσίμου έτσι ώστε όταν γίνει η ανάφλεξη από τον σπινθηριστή το αέριο να καίει αποτελεσματικά. Ένας κινητήρας φυσικού αερίου περιλαμβάνει επίσης σφυρήλατα έμβολα από κράματα αλουμινίου. Οι έδρες των βαλβίδων εξαγωγής είναι κατασκευασμένες από κράματα νικελίου-βολφραμίου ή κοβαλτίου-χρωμίου ώστε να σκληρύνουν και να αντέχουν στη φθορά λόγω των φτωχότερων λιπαντικών ιδιοτήτων του φυσικού αερίου και των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν. Τέλος υπάρχει και ένας καταλυτικός μετατροπέας ειδικός για το μεθάνιο.



Εικόνα 1.6 Τροποποιημένος κινητήρας φυσικού αερίου.

1.19 Τροποποιήσεις στο αμάξωμα (σασί) του οχήματος

Μπορεί να απαιτηθούν μερικές τροποποιήσεις στην ανάρτηση του οχήματος (**Εικόνα 1.7**) για να δημιουργηθεί έτσι ο χώρος που απαιτείται για την εγκατάσταση των δεξαμενών αποθήκευσης καυσίμου. Στο οπίσθιο τμήμα του οχήματος, ένας κατάλληλα τροποποιημένος βραχίονας αντικαθιστά μερικές φορές την ανάρτηση πλευρικών-συνδέσεων (ψαλίδι) που υπάρχει σχεδόν πάντα σε πολλά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Έτσι, δημιουργείται ο πιο ανοιχτός χώρος που απαιτείται στο οπίσθιο τμήμα κάτω από το χώρο των αποσκευών. Ακόμα παρέχει μια λεία, άνετη υποστήριξη. Στα οχήματα φυσικού αερίου πρέπει να αφαιρεθεί ο εφεδρικός τροχός (ρεζέρβα) και ο γρύλος, για να επιτευχθεί έτσι η δημιουργία ενός επιπέδου στήριξης της δεξαμενής καυσίμου. Τα ελαστικά "Run-flat" ή αλλιώς ελαστικά εκτεταμένης κινητικότητας της εταιρίας Goodyear, εγκαθίστανται για να αντισταθμίσουν το γεγονός της απώλειας του γρύλου και της ρεζέρβας.

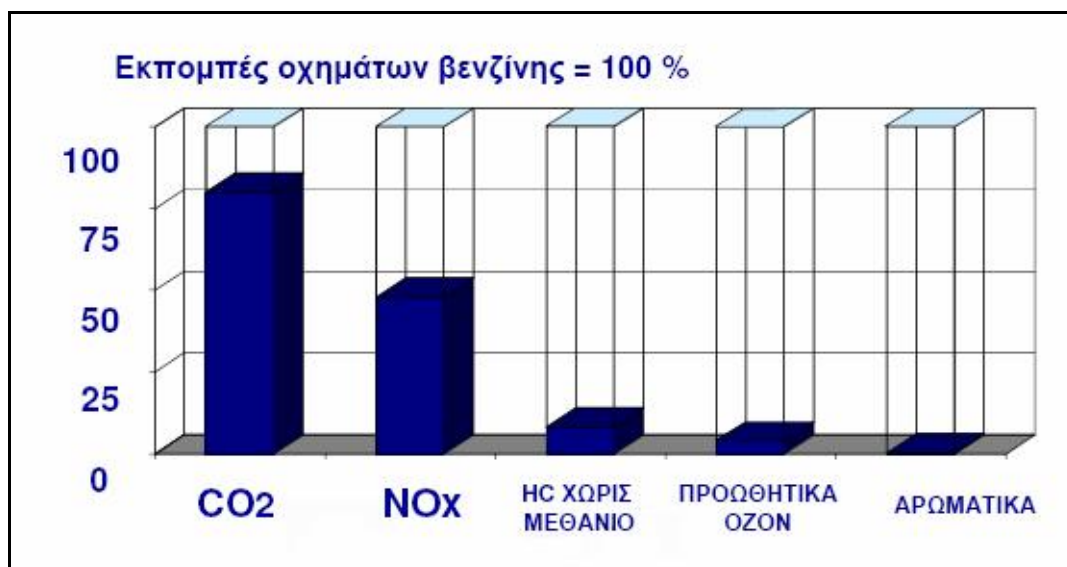


Εικόνα 1.7 Τροποποιημένο αμάξωμα για την υποδοχή δεξαμενών αποθήκευσης φυσικού αερίου.

1.20 Μείωση των εκπομπών των οχημάτων χρησιμοποιώντας φυσικό αέριο

Με τη χρήση φυσικού αερίου στα οχήματα επιτυγχάνεται, ανάλογα με το συγκρινόμενο καύσιμο και τον τύπο του οχήματος αντίστοιχη την μείωση των εκπομπών (**Διάγραμμα1.2**). Προφανώς, οι εκπομπές των οχημάτων αυτών εξαρτώνται από το είδος του κινητήρα και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται αυτός. Σε γενικές γραμμές, τα οχήματα φυσικού αερίου, συγκρινόμενα με τα συμβατικά βενζινοκίνητα, παρουσιάζουν τα ακόλουθα ποσοστά μείωσης:

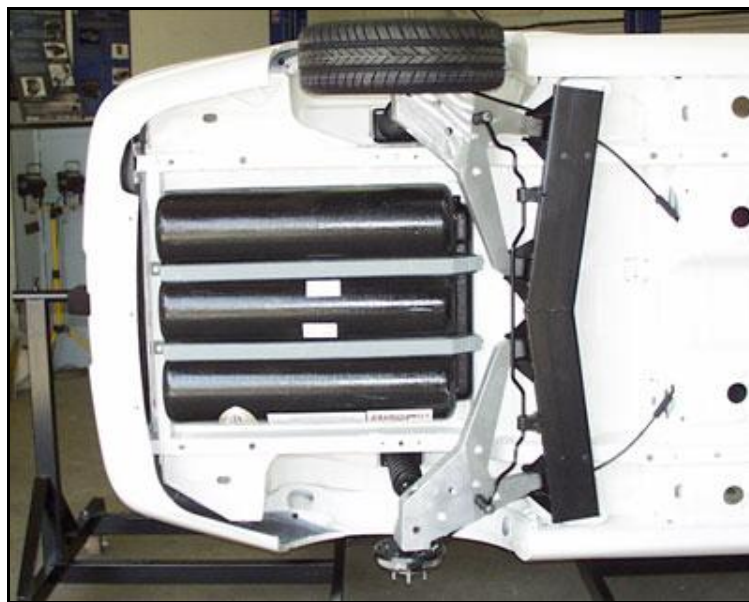
- Μείωση των εκπομπών του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κατά 90-97%.
- Μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά 25%.
- Μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) κατά 60-85%.
- Μείωση των εκπομπών μη-μεθανιούχων υδρογονανθράκων μέχρι και 80%.
- Ελαχιστοποίηση των εκπομπών μικροσωματιδίων (PM) μέχρι και 99%.
- Ελαχιστοποίηση έως και μηδενισμό των εκπομπών καρκινογόνων αρωματικών και πολυκυκλικών υδρογονανθράκων.
- Μείωση του σχηματισμού όζοντος (νέφους) κατά 80-90%.
- Μειωμένο θόρυβο του κινητήρα.



Διάγραμμα 1.2 Μείωση του ποσοστού των εκπεμπόμενων ρύπων του φυσικού αερίου συγκρίσει με τη βενζίνη.

1.21 Αποθήκευση στο αυτοκίνητο

Σε έναν σταθμό τροφοδοσίας καύσιμου, το αέριο συμπιέζεται σε 3000-3600 lb/in² πριν αντληθεί στην υψηλή πίεση. Αποθηκεύεται σε σωληνοειδείς κυλίνδρους (**Εικόνα 1.8**) οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι είτε στο οπίσθιο τμήμα της κορυφής είτε στο κάτω τμήμα του οχήματος. Ο όγκος των δεξαμενών αποθήκευσης είναι περίπου 80 lit που αντιστοιχεί περίπου σε 13.5 kg φυσικού αερίου.



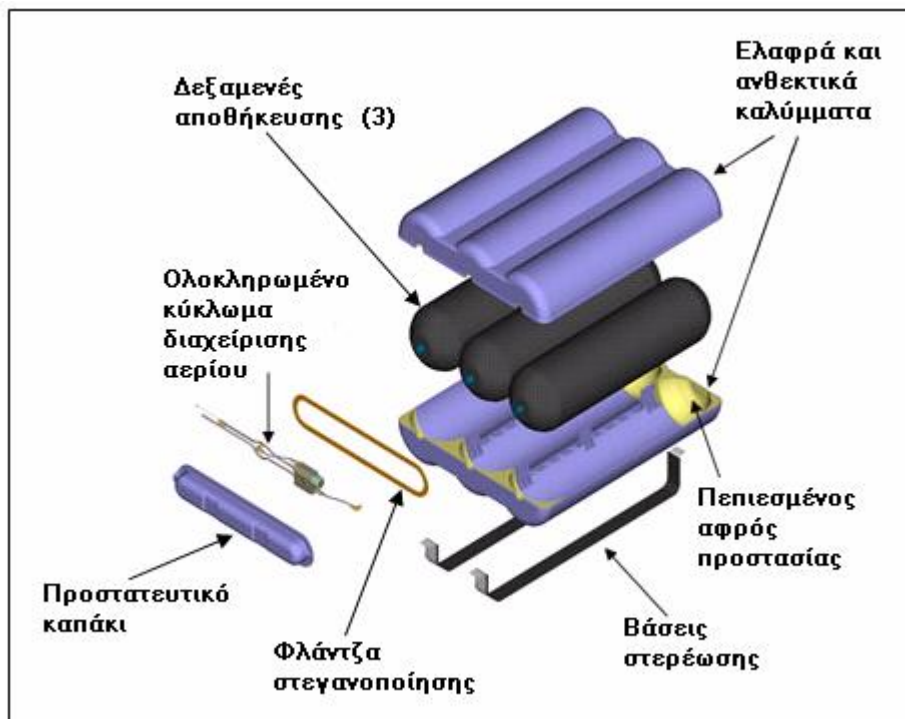
Εικόνα 1.8 Οπίσθιο τμήμα κάτω από το χώρο των αποσκευών όπου φαίνονται οι κυλινδρικές δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμου.

Οι πρώτες δεξαμενές αποθήκευσης ήταν ογκώδεις και καταλάμβαναν ένα μεγάλο μέρος του χώρου των αποσκευών του οχήματος, αλλά τελευταία οι νεώτεροι τύποι, είναι ελαφρότερες κυλινδρικές δεξαμενές (**Εικόνα 1.9**) αποκαλούμενες και ως ενσωματωμένα συστήματα αποθήκευσης. Κατασκευάζονται από ασάλι, κράμα αλουμινίου ή από ενισχυμένα συνθετικά υλικά. Περιλαμβάνονται μέσα σε ένα κέλυφος φάιμπεργκλας και έναν ειδικό πεπιεσμένο αφρό που απορροφά τους κραδασμούς για να τις προστατεύσουν σε περίπτωση σύγκρουσης.

Οι κύλινδροι έχουν σχετικά μικρή διάμετρο έτσι ώστε τρεις από αυτούς να μπορούν να στεγαστούν μαζί σε ένα μέγεθος και μια μορφή που μοιάζει με μια συμβατική δεξαμενή βενζίνης. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται στις κυλινδρικές φιάλες

υπό υψηλή πίεση (250 bar), ενώ το όριο ασφαλείας των δοχείων αποθήκευσης φτάνει τα (600 bar). Η πτώση πίεσης γίνεται πρώτα στα 7 bar και στη συνέχεια στα 0.5 bar που είναι η πίεση λειτουργίας.

Μελλοντικές εφαρμογές εξελιγμένων τεχνολογιών αποθήκευσης με χαμηλότερη προσρόφηση μπορεί να βελτιώσει τις απαιτήσεις όγκου και βάρους των δοχείων αποθήκευσης. Τέλος οι δεξαμενές καυσίμων και οι υποστηρίξεις τους σχεδιάζονται για να αντέχουν σε επιτάχυνση 8 g σε όλες τις κατευθύνσεις.



Εικόνα 1.9 Δεξαμενή αποθήκευσης καυσίμου για οχήματα.

1.22 Διαφορές στον ανεφοδιασμό καυσίμου

Ο ανεφοδιασμός καυσίμου ενός οχήματος φυσικού αερίου μπορεί επίσης να είναι λίγο διαφορετικός. Το σημείο τροφοδοσίας καυσίμου είναι χαρακτηριστικά στο μπροστινό μέρος του οχήματος, αν και στη περίπτωση του Honda Civic GX, βρίσκεται στο πίσω μέρος. Ένα όχημα φυσικού αερίου μπορεί να τροφοδοτηθεί με καύσιμο από μια αντλία "γρήγορης πλήρωσης" στον ίδιο χρόνο περίπου που διαρκεί και η τροφοδοσία οχημάτων υγρών καυσίμων όπως βενζίνη ή πετρέλαιο.

Εναλλακτικά η τροφοδοσία μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο της "αργής πλήρωσης" η οποία διαρκεί 5 έως 8 ώρες. Οι εγχώριοι σταθμοί ανεφοδιασμού που προσφέρονται από τη Honda στις Η.Π.Α. είναι αυτοί της "αργής πλήρωσης", που απαιτεί από τους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων να ανεφοδιάσουν με καύσιμο τα οχήματά τους κατά τη διάρκεια της νύχτας.

1.23 Σταθμοί ανεφοδιασμού

Το διογκούμενο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πόλεων επιβάλλει τον προσανατολισμό σε καύσιμα αποδοτικά αλλά και φιλικά προς το περιβάλλον. Στόχος είναι η αύξηση της χρήσης του φυσικού αερίου για την κίνηση των οχημάτων. Σήμερα, η ΔΕΠΑ διαθέτει 2 σταθμούς ανεφοδιασμού λεωφορείων φυσικού αερίου που εφοδιάζουν σήμερα το 20% των λεωφορείων του ΟΑΣΑ στην Αττική, με φυσικό αέριο. Ο πρώτος Σταθμός βρίσκεται δίπλα στο αμαξοστάσιο του ΟΑΣΑ στα Άνω Λιόσια (**Εικόνα 1.10**).



Εικόνα 1.10 Σταθμός ανεφοδιασμού στα Άνω Λιόσια.

Ο Σταθμός μπορεί να εξυπηρετεί τις ανάγκες έως και 600 λεωφορείων ημερησίως. Διαθέτει πέντε θέσεις ανεφοδιασμού και η δυναμικότητά του είναι 5000 Nm³/h, γεγονός που τον καθιστά από τους μεγαλύτερους σταθμούς στην Ευρώπη. Ο σχεδιασμός του σταθμού έχει γίνει με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ο πλήρης έλεγχος όλων των διαδικασιών και η ασφάλεια λειτουργίας του. Όλες οι λειτουργίες ελέγχονται αυτόματα από Κεντρική μονάδα ελέγχου που είναι εγκατεστημένη στον χώρο του σταθμού.

Επίσης, από τις 1/1/2006 έχει τεθεί σε λειτουργία και ο δεύτερος Σταθμός Ανεφοδιασμού Λεωφορείων στην Ανθούσα της Αττικής (**Εικόνα 1.11**). Έχει την ίδια δυναμικότητα με τον σταθμό των Α. Λιοσίων, ο οποίος σήμερα εφοδιάζει 415 λεωφορεία φυσικού αερίου της ΕΘΕΛ .



Εικόνα 1.11 Σταθμός ανεφοδιασμού CNG στην Ανθούσα Αττικής.

1.24 Περιβαλλοντικά οφέλη

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Η χρήση του σε όλους τους τομείς της κατανάλωσης προσφέρει σημαντικά αναπτυξιακά και οικονομικά οφέλη, εξασφαλίζοντας παράλληλα ένα καθαρότερο περιβάλλον και μια καλύτερη ποιότητα ζωής.

Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση όπως φαίνεται και στον **Πίνακα 1.3**.

Τα οχήματα φυσικού αερίου σε γενικές γραμμές είναι πολύ φιλικά προς το περιβάλλον αναφορικά με τις εκπομπές αερίων ρύπων, δηλαδή τις εκπομπές που επιβαρύνουν την ανθρώπινη υγεία όπως τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξειδία του αζώτου (NO_x) 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 ντίζελ με αντίστοιχα φυσικού αερίου.

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 δεν παύει να 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.

Τύπος καυσίμου	Σωματίδια	Οξειδία του Αζώτου	Διοξείδιο του Θείου	Μονοξείδιο του Άνθρακα	Υδρογονάνθρακες
Κάρβουνο	1092	387	2450	13	2
Μαζούτ	96	170	1400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φ.Α.	4	100	0.3	17	1

Πηγή: Συμπλήρωμα Α στον «Κατάλογο των Εκπεμπόμενων στον Αέρα Ρυπαντών», Οκτώβριος 1986, Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ.

Πίνακας 1.3 Εκπεμπόμενοι ρύποι σε σχέση με άλλα καύσιμα κατά την καύση σε μονάδα ατμοπαραγωγής σε mg/MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου.

1.25 Οικονομική απόδοση

Όπως και τα άλλα οχήματα εναλλακτικών καυσίμων, τα οχήματα φυσικού αερίου χαρακτηρίζονται και αυτά από υψηλότερο κόστος αγοράς αλλά από χαμηλότερο κόστος καυσίμων. Επιπρόσθετα το κόστος για την κατασκευή ενός σταθμού ανεφοδιασμού οχημάτων φυσικού αερίου είναι επίσης υψηλό (αρκετά υψηλότερο από αυτούς του υγραερίου) και οι σταθμοί αυτοί είναι επιχειρηματικά βιώσιμοι μόνο όταν ανεφοδιάζουν ένα σχετικά υψηλό αριθμό οχημάτων. Το γεγονός αυτό αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στην διάδοση των οχημάτων φυσικού αερίου καθώς οι εταιρείες καυσίμων εμφανίζονται απρόθυμες να κατασκευάσουν σταθμούς ανεφοδιασμού με φυσικό αέριο μέχρι να υπάρξει επαρκής αριθμός σχετικών οχημάτων ενώ αντίστοιχα οι χρήστες εμφανίζονται απρόθυμοι να αγοράσουν οχήματα φυσικού αερίου μέχρι να υπάρξει ικανοποιητικό δίκτυο με σταθμούς ανεφοδιασμού.

1.26 Διείσδυση οχημάτων φυσικού αερίου στην αγορά

Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκοσμίου Συνδέσμου Οχημάτων Φυσικού Αερίου, σήμερα κυκλοφορούν παγκοσμίως περίπου 4 εκατομμύρια τέτοια οχήματα εκ των οποίων, 1.4 εκατομμύρια οχήματα βρίσκονται στην Αργεντινή και 1 εκατομμύριο στην Βραζιλία. Στην Ευρώπη ο μεγαλύτερος στόλος οχημάτων φυσικού αερίου παρουσιάζεται στην Ιταλία με 420000 οχήματα και ακολουθούν η Γερμανία και η Ιρλανδία με 27000 και 10000 οχήματα αντιστοίχως. Στην Μαδρίτη κυκλοφορούν περισσότερα από 500 δημόσιας χρήσης οχήματα φυσικού αερίου ενώ στην Αθήνα κυκλοφορούν περισσότερα από 400 λεωφορεία φυσικού αερίου.

Οχήματα φυσικού αερίου σήμερα κατασκευάζουν πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες μεταξύ των οποίων οι Cummins, ERF, Ford, General Motors, Iveco, Honda, Volkswagen και Volvo. Τέλος, υπολογίζεται ότι παγκοσμίως χρησιμοποιούνται περίπου 7.1 εκατομμύρια αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο .

1.27 Πλεονεκτήματα χρήσης φυσικού αερίου

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των οχημάτων φυσικού αερίου (NGVs) είναι ότι μειώνουν τους επιβλαβείς εκπεμπόμενους ρύπους στο περιβάλλον. Έχει καθοριστεί ότι μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές μονοξειδίου άνθρακα μέχρι και 97% ενώ παράλληλα μειώνουν και άλλους επιβλαβείς ρύπους σε ικανοποιητικά ποσοστά.

Είναι ασφαλέστερα διότι οι δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμου έχουν παχύτερα και ισχυρότερα τοιχώματα σε σχέση με τις δεξαμενές βενζίνης ή του πετρελαίου. Μέχρι τώρα δεν έχει υπάρξει ρήξη δεξαμενής φυσικού αερίου σε οποιοδήποτε όχημα. Επίσης οι δαπάνες για τον ανεφοδιασμό φυσικού αερίου είναι χαμηλότερες από αυτές της βενζίνης. Κατά μέσο η τιμή του φυσικού αερίου κυμαίνεται στο 1/3 από αυτή της βενζίνης.

Επιπλέον το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα έτσι σε περίπτωση ατυχήματος η διαρροή διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα χωρίς να περάσει μέσα από περιοχές που πιθανόν να υπάρχουν εστίες θερμότητας ή σπινθήρες.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι τα οχήματα φυσικού αερίου έχουν χαμηλότερες δαπάνες συντήρησης. Η καύση του φυσικού αερίου δεν αφήνει κατάλοιπα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της φυσιολογικής φθοράς του κινητήρα ενώ παράλληλα παρατείνεται ο χρόνος μεταξύ των χρονισμών και αλλαγών λιπαντικού του κινητήρα.

Οι τιμές του φυσικού αερίου έχουν παρουσιάσει μια σημαντική σταθερότητα έναντι των τιμών των καυσίμων που βασίζονται στο πετρέλαιο. Αυτή η σταθερότητα του, καθιστά ευκολότερο τον προγραμματισμό του για μακροπρόθεσμες δαπάνες.

Επίσης, επιτυγχάνεται η αύξηση του βαθμού απόδοσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η εισαγωγή νέων τεχνολογιών καθώς επίσης και ο εκσυγχρονισμός του υπάρχοντος εξοπλισμού. Τέλος, παρατηρείται μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο.

1.28 Μειονεκτήματα χρήσης φυσικού αερίου

Το κύριο μειονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου είναι η αδυναμία υγροποίησής του (κρίσιμη θερμοκρασία: -162°C). Εξαιτίας αυτού απαιτείται η αποθήκευσή του στο αυτοκίνητο σε αέρια μορφή, κατ' ανάγκη σε υψηλή πίεση της

τάξης των 200 bar, για να καταλαμβάνει όσο το δυνατόν μικρότερο όγκο.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των οχημάτων φυσικού αερίου είναι ότι δεν είναι τόσο ευρύχωρα όσο τα οχήματα της βενζίνης. Αυτό συμβαίνει επειδή πρέπει να μειωθεί ο χώρος των αποσκευών και των επιβατών για να προσαρμοστούν κατάλληλα οι κύλινδροι αποθήκευσης καυσίμου. Επιπλέον αυτοί οι κύλινδροι έχουν υψηλό κόστος στη σχεδίαση και την κατασκευή τους. Αυτός είναι ένας παράγοντας που συμβάλει στις γενικά υψηλότερες δαπάνες ενός οχήματος φυσικού αερίου σε σύγκριση με ένα βενζινοκίνητο όχημα.

Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η περιορισμένη αυτονομία καυσίμου, η οποία είναι χαρακτηριστικά η μισή από αυτή ενός βενζινοκίνητου οχήματος. Για παράδειγμα, το Honda Civic GX (όχημα φυσικού αερίου) μπορεί να διανύσει 220 μίλια χωρίς ανεφοδιασμό καυσίμου. Ενώ ένα αντίστοιχο βενζινοκίνητο Civic μπορεί να διανύσει περίπου 350 μίλια. Εάν ένα όχημα φυσικού αερίου μείνει από καύσιμα στο δρόμο, θα πρέπει να ρυμουλκηθεί στο σπίτι του ιδιοκτήτη ή σε έναν τοπικό σταθμό ανεφοδιασμού φυσικού αερίου, ο οποίος είναι πιο δύσκολο να βρεθεί από ένα "κανονικό" βενζινάδικο.

Τα οχήματα που κινούνται με μίγμα πετρελαίου και φυσικού αερίου, μετατρέπονται σχεδόν ολοκληρωτικά σε οχήματα πετρελαίου όταν κυκλοφορούν μέσα στην πόλη (σε χαμηλά φορτία). Δηλαδή, ακριβώς εκεί όπου τα πλεονεκτήματα των μειωμένων αέριων ρύπων που παρουσιάζουν τα οχήματα που κινούνται με φυσικό αέριο είναι σημαντικότερα. Για τον λόγο αυτό, η εκτίμηση της περιβαλλοντικής απόδοσης ενός οχήματος μίγματος πετρελαίου-φυσικού αερίου πρέπει να γίνεται προσεκτικά και ιδιαίτερως όταν τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα εκπομπών ρύπων αφορούν το σύνολο των εκπομπών του πρότυπου κύκλου δοκιμής εντός αλλά και εκτός πόλης αθροιστικά.

Ένα σημαντικό πρόβλημα για την υποκατάσταση του συμβατικού στόλου με οχήματα φυσικού αερίου είναι η διαθεσιμότητα του καυσίμου και κυρίως η δημιουργία κατάλληλων σταθμών ανεφοδιασμού μέσα στον αστικό ιστό. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι το φυσικό αέριο, όπως και η βενζίνη, είναι απολιθωμένο καύσιμο και έτσι δεν μπορεί να θεωρηθεί ανανεώσιμος πόρος. Μερικές προβλέψεις που έχουν πραγματοποιηθεί δείχνουν ότι υπάρχουν αρκετά αποθέματα φυσικού αερίου που αναμένεται να διαρκέσουν για τα επόμενα 67 έτη, υποθέτοντας σταθερό ρυθμό παραγωγής με αυτόν του 2003.

1.29 Φυσικό αέριο και εναλλακτικά καύσιμα

Σε μια αγορά ειδικά σε ελεύθερη μορφή, η τιμή διάθεσης του φυσικό αερίου εξαρτάται από την τιμή άλλων εναλλακτικών παραγώγων και καυσίμων όπως η κηροζίνη, το πετρέλαιο θέρμανσης ή το ηλεκτρικό ρεύμα μέσω καύσης στερεών υδρογονανθράκων (κάρβουνο). Αν και το κόστος κατά την φάση της παραγωγής για το φυσικό αέριο είναι χαμηλότερο από αυτό των παραγώγων, το πλεονέκτημα αυτό εξανεμίζεται καθώς τα διαθέσιμα περιθώρια επένδυσης για εξόρυξη και παραγωγή είναι χαμηλότερα για το φυσικό αέριο. Άρα το κέρδος ,αλλά και η φορολογία που επιβάλετε είναι χαμηλότερες από ότι αυτά που αφορούν το αργό πετρέλαιο, και άρα και τα παράγωγα του.

1.30 Σύγκριση φυσικού αερίου-υγραερίου

Το φυσικό αέριο είναι απολύτως ακίνδυνο και αξιόπιστο καύσιμο εφόσον τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας. Σε αντίθεση με το υγραέριο το φυσικό αέριο δεν είναι τοξικό (οπότε δεν κινδυνεύουμε αν το εισπνεύσουμε). Επίσης, η καύση του φυσικού αερίου παράγει λιγότερα, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα καύσιμα, διοξείδια του άνθρακα και οξείδια του αζώτου, ενώ δεν παράγει οξείδια του θείου, συνεπώς η χρήση του είναι απόλυτα φιλική προς το περιβάλλον και δεν επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του αέρα. Άλλη μία διαφορά του φυσικού αερίου σχετικά με το υγραέριο είναι ότι η σχετική του πυκνότητα είναι μικρότερη της μονάδας. Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση διαρροής θα οδεύσει προς τα πάνω και θα διαφύγει στην ατμόσφαιρα.

1.31 Αύξηση κατανάλωσης του φυσικού αερίου

Την τελευταία δεκαετία, το φυσικό αέριο είναι το καύσιμο που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διεύθυνση στην ενεργειακή αγορά με συνεχώς αυξανόμενα ποσοστά έναντι των λοιπών καυσίμων. Η κατανάλωση του φυσικού αερίου στη δεκαετία 1995 – 2005 αυξήθηκε κατά 28% ενώ το αντίστοιχο διάστημα η αντίστοιχη κατανάλωση του πετρελαίου αυξήθηκε κατά 18%. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το

φυσικό αέριο είναι πιο καθαρό καύσιμο σε σχέση με το πετρέλαιο και στο γεγονός ότι η τιμή του κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτά του πετρελαίου. Η αυξητική τάση της ετήσιας κατανάλωσης φυσικού αερίου αναμένεται να συνεχιστεί, κυρίως λόγω της τιμής αλλά και της ευχρηστίας του και της διευρυνόμενης περιβαλλοντικής ευαισθησίας.

Τα μεγαλύτερα εξακριβωμένα αποθέματα φυσικού αερίου βρίσκονται σύμφωνα με διεθνείς οργανισμούς της ενέργειας στις περιοχές της Μέσης Ανατολής και της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Θα πρέπει όμως να επισημανθεί η ανάγκη σημαντικών επενδύσεων σε υποδομές για την αύξηση της παραγωγής φυσικού αερίου στη Ρωσία και την μεταφορά του στις διάφορες αγορές. Σε περίπτωση που οι επενδύσεις αυτές δεν γίνουν υπάρχει το ενδεχόμενο να υπάρξει έλλειψη φυσικού αερίου στις αγορές της Ευρώπης μέχρι το 2010.

1.32 Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές και εξαγωγείς φυσικού αερίου

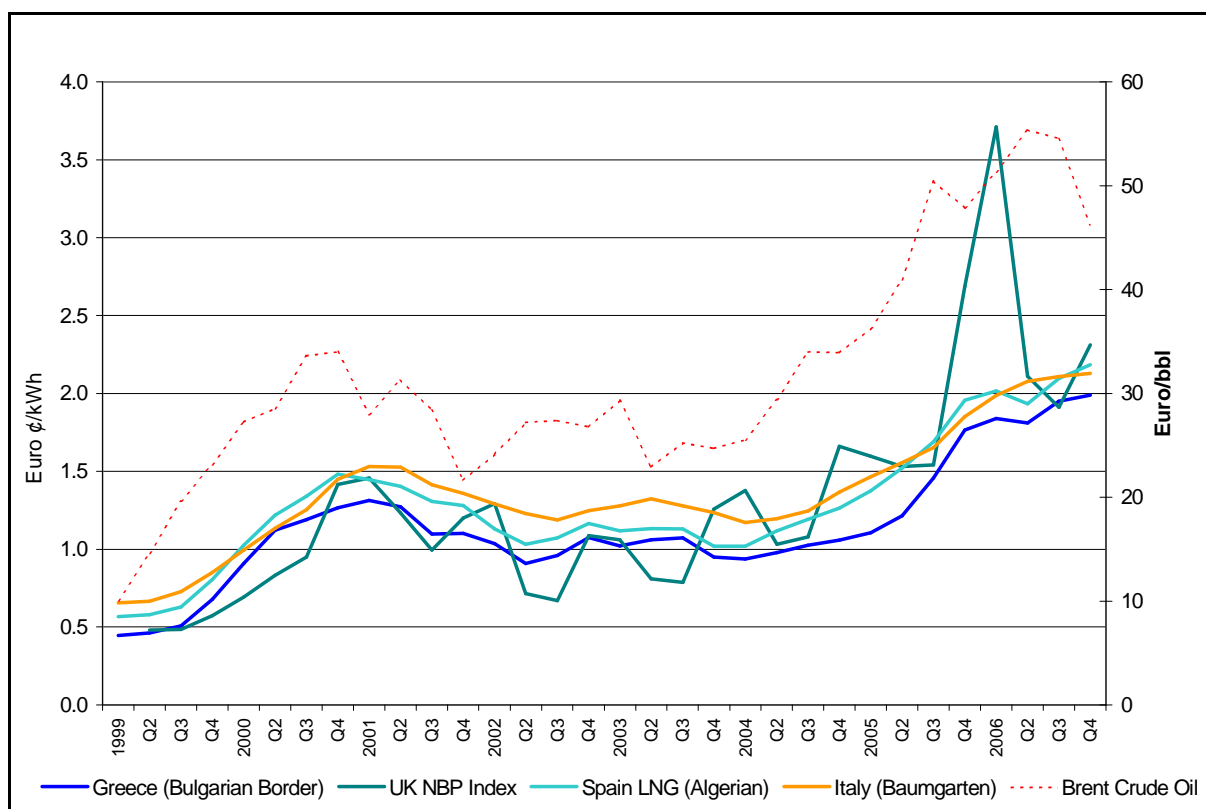
Οι μεγαλύτεροι στον κόσμο καταναλωτές φυσικού αερίου είναι με διαφορά οι ΗΠΑ και η Ρωσία με ετήσιες καταναλώσεις περίπου 630 και 400 bcm αντίστοιχα. Η διαφορά των δύο αυτών χωρών από τις υπόλοιπες χώρες σε κατανάλωση φυσικού αερίου είναι τεράστια και οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η Ρωσία και οι ΗΠΑ είναι ταυτόχρονα και οι χώρες με την περισσότερη παραγωγή φυσικού αερίου στον κόσμο. Επιπλέον η Ρωσία κατέχει τα μεγαλύτερα κοιτάσματα φυσικού αερίου στον κόσμο και είναι η μόνη χώρα του κόσμου όπου το ποσοστό κατανάλωσης φυσικού αερίου είναι περισσότερο από το μισό της συνολικής πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας.

Στον τομέα των εισαγωγών φυσικού αερίου μέσω αγωγών, ο μεγαλύτερος εισαγωγέας είναι οι ΗΠΑ με ετήσια εισαγωγή αποκλειστικά από τον Καναδά. Ακολουθεί η Γερμανία με ετήσια εισαγωγή κυρίως από την Ρωσία, αλλά και την Ολλανδία και την Νορβηγία. Στη συνέχεια είναι η Ιταλία η οποία εισάγει το φυσικό αέριο από την Αλγερία (το μεγαλύτερο ποσοστό) αλλά και από Ρωσία, Ολλανδία και Νορβηγία. Στον τομέα των εισαγωγών φυσικού αερίου σε υγροποιημένη μορφή (LNG), εξαιτίας κυρίως των γεωγραφικών χαρακτηριστικών της, μεγαλύτερος εισαγωγέας είναι η Ιαπωνία και ακολουθεί η Νότιος Κορέα και η Ισπανία.

Ο μεγαλύτερος εξαγωγέας φυσικού αερίου είναι η Ρωσία, η οποία εξάγει σε 22 χώρες συμπεριλαμβανόμενης και της Ελλάδας. Ακολουθούν ως μεγάλοι εξαγωγείς φυσικού αερίου η Νορβηγία και η Ολλανδία και τέλος η Αλγερία.

1.33 Σύγκριση τιμών φυσικού αερίου-αργού πετρελαίου

Η ιστορική εξέλιξη της τιμής του φυσικού αερίου σε διάφορες αγορές και η συσχέτιση τους με την τιμή του πετρελαίου απεικονίζεται στο **Διάγραμμα 1.3**.



Διάγραμμα 1.3 Σύγκριση τιμών εισαγωγής φυσικού αερίου σε επιλεγμένες χώρες (Euro/kWh) και σύγκριση με τιμές.

1.34 Μελλοντικά σχέδια και προβλέψεις

Τα οχήματα φυσικού αερίου όπως το Honda Civic GX και το E 200 NGT είναι διαθέσιμα μόνο σε πολύ περιορισμένες αγορές (το πρώτο σε ορισμένα δυτικά κράτη, ενώ το δεύτερο στην Ευρώπη), αναμένονται για να διατεθούν ευρύτερα στους

καταναλωτές στις επόμενες δύο δεκαετίες. Δεδομένου ότι η τιμή του πετρελαίου συνεχίζει να αυξάνεται, αυτό θα έχει ως συνέπεια η προώθηση καθαρότερων καυσίμων να γίνεται ευκολότερη.

Ωστόσο, προβλέπεται ότι σε όχι μακρό χρόνο θα έχουν εξαντληθεί τα αποθέματα φυσικού αερίου και γι' αυτό γίνονται προσπάθειες να παραχθεί υποκατάστατο του φυσικού αερίου κυρίως από στερεά καύσιμα που είναι τα μόνα καύσιμα που η ανθρωπότητα διαθέτει σε αφθονία. Η παραγωγή του από υγρά καύσιμα δεν έχει νόημα αφού σήμερα γι' αυτά (το αργό πετρέλαιο) υπάρχουν αποθέματα, που καλύπτουν τις ανάγκες της ανθρωπότητας για μικρότερο χρόνο απ' ότι τ' αποθέματα φυσικού αερίου.

Για την παραγωγή τεχνητού φυσικού αερίου από στερεά καύσιμα ακολουθούνται δύο δρόμοι:

- Η εξαέρωση με σύγχρονη υδρογόνωση με την οποία επιχειρείται η παραγωγή αερίου πλούσιο σε μεθάνιο.
- Η αυτόθερμη εξαέρωση με υδρατμό και στη συνέχεια η μεθανοποίηση του πρωτογενώς παραχθέντος αερίου.

1.35 Το Φυσικό αέριο στον κόσμο

Στις Η.Π.Α. το 9% των λεωφορείων αστικών συγκοινωνιών λειτουργεί με φυσικό αέριο. Επίσης υπάρχουν 150000 αυτοκίνητα NGV καθώς επίσης και 1500 σταθμοί ανεφοδιασμού. Η Αργεντινή άρχισε να χρησιμοποιεί το φυσικό αέριο το 1984. Τα περισσότερα οχήματα που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο, έχουν μετατραπεί από συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα. Η Αργεντινή το 2002 είχε ρυθμό μετατροπής 16000 οχημάτων τον μήνα.

Το 2007 η κατανάλωση φυσικού αερίου θα ξεπεράσει τα 530 δις m³, των οποίων το 60% καλύπτεται με εισαγωγές από την Ρωσία (26%), την Νορβηγία (14%), την Αλγερία (11%) και σε μικρότερα ποσοστά από άλλες χώρες όπως η Λιβύη, η Νιγηρία και το Κατάρ.

Η Ευρώπη καλύπτει ένα σημαντικό μέρος των αναγκών της σε ενέργεια με φυσικό αέριο, περίπου το 25%. Η Ιταλία διαθέτει το μεγαλύτερο αριθμό οχημάτων

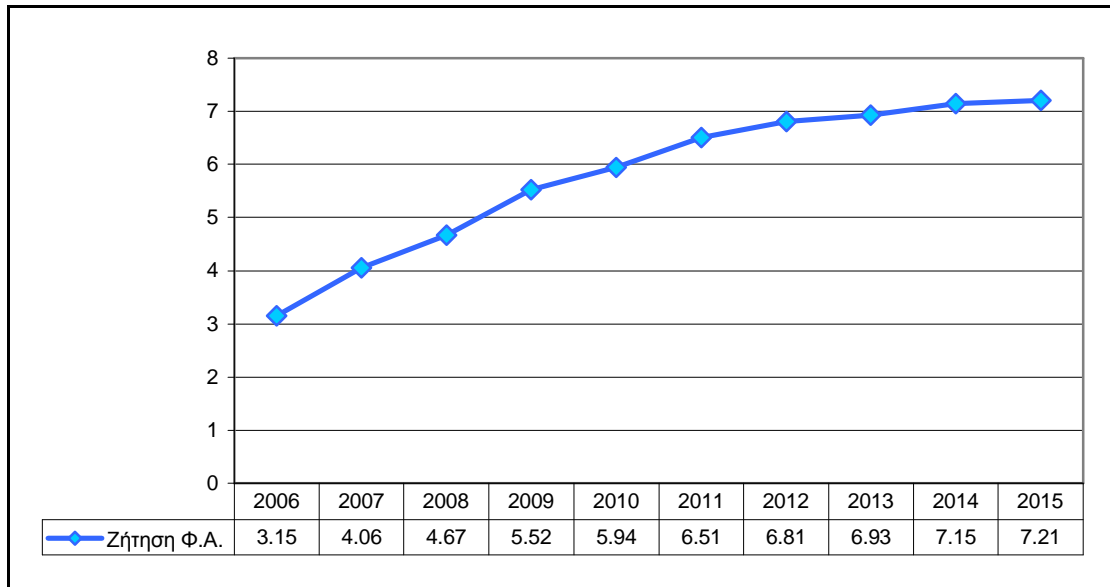
φυσικού αερίου στην Ευρώπη με τον αριθμό τους να ανέρχεται σε περισσότερα από 320000 οχήματα.

1.36 Προβλέψεις για το φυσικό αέριο στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα βρίσκονται σε αρχικά στάδια υλοποίησης μερικά σημαντικά έργα φυσικού αερίου που θα έχουν αντίκτυπο στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης και θα ισχυροποιήσουν τη θέση της χώρας στη διεθνή αγορά φυσικού αερίου. Θα ξεκινήσει η κατασκευή ενός Ελληνο-Ιταλικού αγωγού φυσικού αερίου. Ο αγωγός αυτός, μήκους 212 km, θα εκτείνεται από το Σταυρολιμένα, στη Βορειοδυτική Ελλάδα, έως το Otranto της Ιταλίας ενώ θα διασχίζει υποθαλάσσια την Αδριατική θάλασσα. Η κατασκευή θα ξεκινήσει τον Ιούνιο του 2008 και αναμένεται να ολοκληρωθεί μέχρι το 2011. Στην τελική του φάση θα έχει τη δυνατότητα μεταφοράς περισσότερων από 8 bcm φυσικού αερίου ετησίως.

Επίσης, στις 15 Μαρτίου του 2007 υπογράφηκε στην Αθήνα η συμφωνία συνεργασίας Ρωσίας-Βουλγαρίας-Ελλάδας, η οποία ορίζει τη σύσταση Διεθνούς Εταιρίας που θα αναλάβει την κατασκευή και διαχείριση του πετρελαϊκού αγωγού Μπουργκάς-Αλεξανδρούπολη. Η συμφωνία προβλέπει τη δημιουργία σταθμών μεταφόρτωσης πετρελαίου στο βουλγαρικό λιμάνι του Μπουργκάς και στο ελληνικό της Αλεξανδρούπολης και έναν αγωγό μεταφοράς που θα ενώνει τους δύο σταθμούς, καθώς και σταθμούς άντλησης, συγκροτήματα δεξαμενών πετρελαίου και λοιπή υποδομή. Ο αγωγός θα έχει αρχικά τη δυνατότητα μεταφοράς 35 εκατομμυρίων τόνων πετρελαίου ετησίως, έχει δε τη δυνατότητα αναβάθμισης ώστε να φτάσει τα 50 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Το έργο θα ολοκληρωθεί σύμφωνα με εκτιμήσεις μάλλον κατά την περίοδο 2010-2011, αλλά δεν αποκλείεται το ενδεχόμενο επίσπευσής του ώστε να λειτουργήσει το 2009.

Στην ελληνική αγορά φυσικού αερίου κυρίαρχη θέση κατέχει η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α.Ε. (Δ.Ε.Π.Α.). Η ψήφιση του Νόμου 3428/2005 τον Δεκέμβριο του 2005, για την απελευθέρωση της αγοράς του φυσικού αερίου, αναπροσαρμόζει την δομή της αγοράς και προβλέπει την δημιουργία ενός Διαχειριστή του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (Δ.Ε.Σ.Φ.Α.) που θα είναι ξεχωριστός από την Δ.Ε.Π.Α. Οι προβλέψεις της ζήτησης φυσικού αερίου στην ελληνική αγορά παρουσιάζεται στο **Διάγραμμα 1.4.**



Διάγραμμα 1.4 Προβλέψεις ζήτησης Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα (σε bcm).

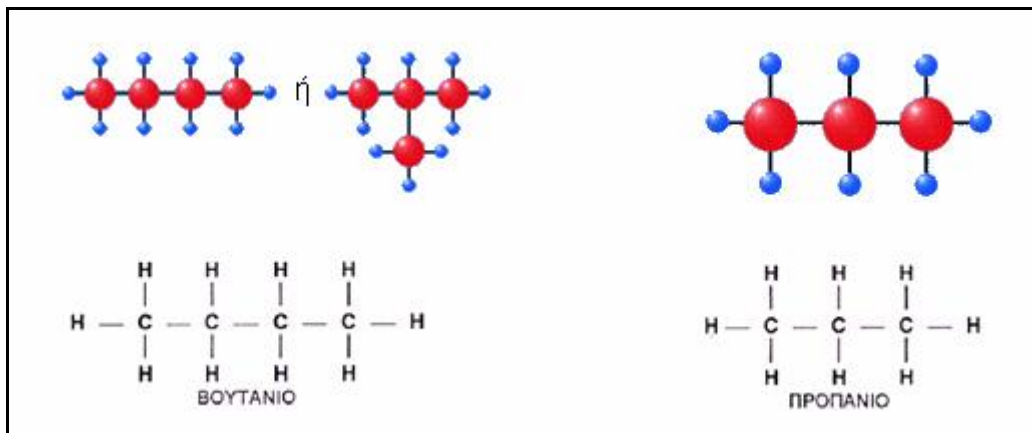
Από την πλευρά της, η κυβέρνηση προωθεί την ίδρυση τριών νέων Εταιριών Παροχής Αερίου (ΕΠΑ) στις περιοχές της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Στερεάς και Εύβοιας, με σκοπό την περαιτέρω διείσδυση του φυσικού αερίου με δίκτυα μέσης και χαμηλής πίεσης, σε όσο το δυνατό περισσότερες περιοχές της χώρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΓΡΑΕΡΙΟ

2.1 Εισαγωγή

Το υγραέριο είναι μείγμα προπανίου (30%) και βουτανίου (70%) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο κινητήρων εσωτερικής καύσης. Είναι ένα αέριο με υπολογίσιμη θερμαντική ικανότητα που υγροποιείται σε υψηλή πίεση. Το προπάνιο και το βουτάνιο είναι ενώσεις υδρογονανθράκων με σχετικά απλή χημική δομή. Το μόριο του προπανίου αποτελείται από 3 άτομα άνθρακα και 8 άτομα υδρογόνου, ενώ το μόριο του βουτανίου αποτελείται από 4 άτομα άνθρακα και 10 άτομα υδρογόνου (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Στερεοχημικός και συντακτικός τύπος βουτανίου και προπανίου.

2.2 Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG)

Το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου LPG (Liquefied Petroleum Gas) αποτελείται κυρίως από το προπάνιο, το προπυλένιο, το βουτάνιο και το βουτυλένιο σε διάφορα μείγματα. Παράγεται ως υποπροϊόν της επεξεργασίας φυσικού αερίου και

του καθαρισμού πετρελαίου. Τα συστατικά του LPG είναι αέρια σε κανονικές θερμοκρασίες και πιέσεις. Επειδή το LPG έχει ποικίλες συνθέσεις έχει ως αποτέλεσμα την μεταβλητή απόδοση των μηχανών.

2.3 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά

Οι υδρογονάνθρακες είναι προϊόντα διύλισης του πετρελαίου, σε συνήθεις θερμοκρασίες και πιέσεις περιβάλλοντος βρίσκονται σε αέρια φάση. Με μικρή όμως αύξηση της πίεσης ή ελαφρά ψύξη υγροποιούνται και καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο όγκο (μόλις το 1/250 του όγκου της αέριας φάσης). Έτσι υγροποιείται με συμπίεση της τάξης των 2-3 bar. Για το λόγο αυτό το υγραέριο, στις διάφορες μορφές του, αποθηκεύεται και μεταφέρεται κατά κύριο λόγο σε υγρή και όχι σε αέρια φάση.

Το βουτάνιο είναι άχρωμο και εξαιρετικά εύφλεκτο αέριο. Είναι το τελευταίο γραμμικό μέλος της ομόλογης σειράς των αλκανίων που είναι αέριο σε συνθήκες περιβάλλοντος. Βρίσκεται συνήθως, σε μικρά ποσοστά και υγροποιείται πολύ εύκολα υπό πίεση, κάτι που κάνει εύκολη τη μεταφορά του. Σε θερμοκρασία 20°C το βουτάνιο του εμπορίου έχει τάση ατμών περίπου 1.2 bar και το προπάνιο 7 bar.

Οι ατμοί (αέρια φάση) του υγραερίου είναι βαρύτεροι από τον αέρα. Το βουτάνιο του εμπορίου έχει περίπου διπλάσιο βάρος για ίσο όγκο αέρα και το προπάνιο του εμπορίου είναι περίπου μιάμιση φορά βαρύτερο για ίσο όγκο αέρα. Για το λόγο αυτόν η αέρια φάση του υγραερίου «ρέει» στο έδαφος και στις αποχετεύσεις, κατευθυνόμενη στο χαμηλότερο σημείο της περιοχής. Σε συνθήκες άπνοιας κάθε συγκέντρωση υγραερίου απαιτεί κάποιο χρονικό διάστημα για να διασκορπισθεί.

Το υγραέριο δεν είναι τοξικό καθώς εισπνοή μικρής ποσότητας δεν προκαλεί κανένα σύμπτωμα ενώ εισπνοή μεγαλύτερης ποσότητας για μικρό χρονικό διάστημα προκαλεί κάποια δυσφορία. Τα αποτελέσματα εισπνοής αρκετά μεγάλης ποσότητας υγραερίου μοιάζουν με εκείνα που προκαλεί η εισπνοή αιθυλικής αλκοόλης (οινοπνεύματος).

Στην αέρια κατάσταση, το υγραέριο έχει χαρακτηριστικά που μοιάζουν με αυτά του φυσικού αερίου. Στην υγρή κατάσταση μοιάζει με τη βενζίνη ως προς τον τρόπο μεταφοράς, αποθήκευσης και μέτρησης, με τη βασική διαφορά όμως, ότι για να διατηρηθεί το υγραέριο σε υγρή κατάσταση, πρέπει να βρίσκεται υπό πίεση. Το

βουτάνιο και το προπάνιο έχουν χαμηλή τάση ατμών (750 kN/m^2 και 165 kN/m^2 αντίστοιχα στους 17°C) και υγροποιούνται εύκολα. Η θερμαντική αξία του προπανίου είναι 46000 kJ/kg και συνεπώς ένας κύλινδρος προπανίου περιέχει αποθηκευμένη θερμική ενέργεια 465000 kJ .

Το υγραέριο σε υγρή φάση είναι άχρωμο, και το βάρος του είναι περίπου ίσο με το μισό βάρος, ίσου όγκου νερού. Όταν είναι αναμειγμένο με τον αέρα, υπό ορισμένες συνθήκες, το υγραέριο σχηματίζει αναφλέξιμο μίγμα. Η κατ' όγκου αναλογία αέριας φάσης υγραερίου προς ατμοσφαιρικό αέρα για να υπάρξει σχηματισμός αναφλέξιμου μείγματος είναι 2% έως 10% περίπου. Η ανάφλεξη του μείγματος αυτού παρουσιάζει χαρακτηριστικά έκρηξης όταν γίνει σε περιορισμένο χώρο λόγω της ταχύτατης έκλυσης θερμικής ενέργειας (απότομη διαστολή του αέρα - αερίων). Όταν το μίγμα υγραερίου και αέρα είναι εκτός της παραπάνω περιοχής, είναι ή πολύ φτωχό ή πολύ πλούσιο για να αναφλεγεί. Στη συνήθη χρήση το δοχείο που περιέχει το υγραέριο (φιάλη ή δεξαμενή), περιέχει υγρό και αέριο. Τα χαρακτηριστικά του βουτανίου και του προπανίου φαίνονται στον **Πίνακα 2.1**.

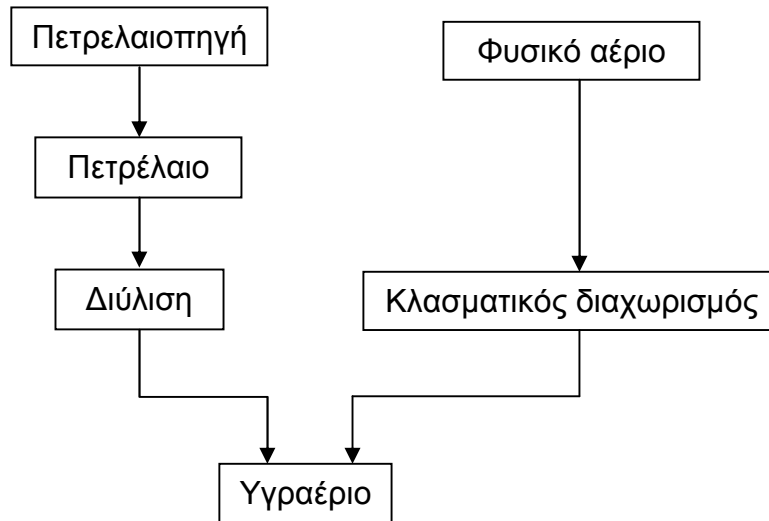
Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Προπάνιο	Βουτάνιο
Χημικός τύπος		C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Μοριακό βάρος		44.094	44.094
Σημείο πήξης υγρού σε 760 mm Hg	(°C)	-187.7	-138.3
Σημείο βρασμού υγρού σε 760 mm Hg	(°C)	-42.1	-0.5
Ειδικό βάρος υγρού στους 15,5 °C	(Kgr/ltr)	0.507	0.502
Σχετική πυκνότητα ατμού (αέρας = 1) υπό S.C.		1.522	2.006
Κρίσιμη Θερμοκρασία	(°C)	96.8	152.0
Κρίσιμη Πίεση – απόλυτη	(bar)	42.6	30.0
Λόγος ατμού προς υγρό υπό S.C.		272.7	237.8
Λανθάνουσα Θερμότητα στο Σημείο Βρασμού και σε 760 mm Hg	(Kcal/Kg)	101.7	92.3
	(Kcal/ltr)	51.5	53.1
Ανώτερη Θερμιδική Αξία υπό S.C.	(Kcal/Kg)	12048	11851
	(Kcal/ltr)	22766	29875
Απαιτούμενος αέρας για καύση υπό S.C.	(m ³ αέρα/1 m ³ ατμού)	23.82	30.97
	(Kgr αέρα/1 Kgr ατμού)	15.71	15.49
Ειδική Θερμότητα ατμού υπό S.C.	(Kcal/Kgr°C)	0.388	0.397
Ειδική Θερμότητα ατμού υπό S.C.	(Kcal/Kgr°C)	0.343	0.361
Σημείο ανάφλεξης	(°C)	-105	-60
Κατώτερο Όριο Ευφλεκτότητας μίγματος ατμού / αέρα (LFL)		2.37	1.86
Ανώτερο Όριο Ευφλεκτότητας μίγματος ατμού / αέρα (HFL)		9.50	8.41
Αριθμός Οκτανίων		125	91
<p>Σημείωση: Τα χαρακτηριστικά ισχύουν για το καθαρό προπάνιο και το καθαρό βουτάνιο. Οι συνθήκες περιβάλλοντος 15.5°C (60°F) και 760mmHg είναι οι διεθνώς αναφερόμενες σαν Standard Conditions. Στον Πίνακα 2.1 χρησιμοποιείται η συντομογραφία S.C.</p>			

Πίνακας 2.1 Φυσικά χαρακτηριστικά προπανίου και βουτανίου.

2.4 Στάδια παράγωγης

Η παράγωγή του υγραερίου μπορεί να γίνει με δυο τρόπους (**Σχήμα 2.1**). Από τις πετρελαιοπηγές όπου αντλείται το πετρέλαιο και μεταφέρεται σε κατάλληλες μονάδες επεξεργασίας. Εκεί πραγματοποιείται η διύλιση του από την όποια εξάγεται το υγραέριο.

Ένας άλλος τρόπος παράγωγης του είναι μέσω του κλασματικού διαχωρισμού του φυσικού αερίου.



Σχήμα 2.1 Διεργασίες παραγωγής υγραερίου.

2.5 Παραγωγή και αποθήκευση

Τα συστατικά του υγραερίου (προπάνιο, βουτάνιο) είναι αέρια που προέρχονται κυρίως από πετρελαιοπηγές ή πηγές φυσικών αερίων. Οι ενώσεις αυτές παράγονται είτε συνθετικά στα διυλιστήρια όπου αποτελούν παράγωγα της διύλισης του αργού πετρελαίου σε ποσοστό 4-5%, είτε φυσικά από τα διάφορα κοιτάσματα φυσικού αερίου.

Λόγω του ότι είναι εύφλεκτο, όπως όλα τα καύσιμα που προέρχονται από το πετρέλαιο, αποθηκεύεται μέσα σε κατάλληλα δοχεία (**Εικόνα 2.2**) σε υγρή μορφή είτε στη θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό πίεση ή υπό ψύξη σε χαμηλότερη πίεση. Εάν η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι επαρκώς χαμηλή, το υγραέριο μπορεί να αποθηκευτεί και σε ατμοσφαιρική πίεση. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του πρέπει να βρίσκονται μακριά από εστίες ανάφλεξης και σε χώρους με καλό εξαερισμό. Η διανομή του γίνεται με βυτιοφόρα ή σε εμφιαλωμένα δοχεία.

παραγωγική διαδικασία ή δεν εξυπηρετεί σαν προειδοποίηση, δεν προσδίδεται στο υγραέριο οσμή (π.χ. το άοσμο χρησιμοποιείται σαν προωθητικό αέριο).

2.7 Ασφάλεια κατά τη διαχείριση του υγραερίου

Λόγω της ταχείας εξαέρωσης της υγρής φάσης και της συνακόλουθης πτώσης της θερμοκρασίας, το υγραέριο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα αν έρθει σε επαφή με το ανθρώπινο δέρμα. Οι χειριστές πρέπει να χρησιμοποιούν προστατευτικά μέσα όπως γάντια και γυαλιά για την ασφάλειά τους.

Εάν ένα δοχείο, που περιέχει υγραέριο, εκκενωθεί, μπορεί να περιέχει ακόμα ποσότητα υγραερίου σε αέρια μορφή και είναι δυνατό να είναι επικίνδυνο. Σε αυτή τη μορφή η εσωτερική πίεση είναι σχεδόν ίση με την ατμοσφαιρική και εάν η βαλβίδα παρουσιάζει διαρροή ή αφήνεται ανοικτή, ο αέρας μπορεί να διαχυθεί μέσα στο δοχείο, σχηματίζοντας αναφλέξιμο μείγμα καθώς το υγραέριο θα διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα (και εφόσον υπάρξει έναυση) να δημιουργηθεί έκρηξη.

Λόγω των ιδιοτήτων που περιγράφονται παραπάνω, οποιοδήποτε μείγμα υγραερίου - αέρα που δημιουργείται από διαρροή ή άλλη αιτία, μπορεί να αναφλεγεί σε κάποια απόσταση από το σημείο διαφυγής και η φλόγα μπορεί να επιστρέψει προς τα πίσω δηλαδή προς την κατεύθυνση και μέχρι την πηγή της διαρροής (φιάλη, σωλήνα, βάννα, δεξαμενή κ.λ.π.).

Ένα άλλο σημαντικό δεδομένο, που έχει σχέση με την ασφαλή χρήση του LPG είναι η πυκνότητα του. Το προπάνιο και το βουτάνιο έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από τον αέρα, με αποτέλεσμα σε περίπτωση διαρροής να συσσωρεύεται κοντά στο δάπεδο και να αυξάνεται έτσι ο κίνδυνος δημιουργίας εκρηκτικού μείγματος.

Σε περίπτωση διαρροής πρέπει να γίνεται αερισμός σε μικρό ύψος από το δάπεδο του χώρου. Τέλος απαγορεύεται ο έλεγχος για τυχών διαρροές μέσω φλόγας ή άλλων μέσων που ενδέχεται να προκαλέσουν ανάφλεξη.

2.8 Το υγραέριο ως καύσιμο οχημάτων

Η πλέον συνηθισμένη εφαρμογή του υγραερίου ως καυσίμου γίνεται σε αυτοκίνητα που φέρουν ταυτόχρονα και το συμβατικό σύστημα τροφοδοσίας με

βενζίνη. Έχει υψηλό αριθμό οκτανίων (110) χωρίς να περιέχει οργανομεταλλικά πρόσθετα. Ο θόρυβος και ο κραδασμός του κινητήρα είναι πολύ μικρότερος, κάτι που ισχύει και για τις εκπομπές καπνού.

Η δομή των μορίων του προπανίου και του βουτανίου μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου της κρουστικής καύσης σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην απαιτείται η χρήση προσθέτων (όπως ήταν οι ενώσεις τετρααιθυλίουχου μολύβδου στην περίπτωση της βενζίνης με μόλυβδο και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες στην περίπτωση της αμόλυβδης βενζίνης), που θεωρούνται επιβλαβή για την υγεία. Η αντοχή του υγραερίου στην κρουστική καύση επιτρέπει την αύξηση της σχέσης συμπίεσης του κινητήρα έως και 12:1. Η στοιχειομετρική αναλογία υγραερίου-αέρα είναι 15.7:1 κατά βάρος. Το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη χρήση αναλυτή για τη ρύθμιση του μείγματος και οι μετρήσεις να γίνονται βάση της παραπάνω στοιχειομετρικής αναλογίας.

Οι επιδόσεις στον δρόμο και η ισχύς των οχημάτων που κινούνται με υγραέριο είναι παρόμοιες με αυτές των βενζινοκίνητων οχημάτων και κατά την οδήγηση υπάρχουν λίγες διακριτές διαφορές ανάμεσά τους. Όμως ένα υγραεριοκίνητο όχημα συνήθως καταναλώνει 20 - 25% περισσότερο καύσιμο ανά μονάδα ενέργειας από ένα αντίστοιχο που κινείται με βενζίνη και περίπου 30 - 40% περισσότερο από ένα ντίζελ.

2.9 Οχήματα υγραερίου

Τα οχήματα που κινούνται με υγραέριο είναι παρόμοια με τα συνηθισμένα οχήματα που κινούνται με βενζίνη αλλά διαφέρουν στην αποθήκευση και την παροχή του καυσίμου στο όχημα. Είναι χαρακτηριστικό ότι, οι περισσότεροι οδηγοί δεν παρατηρούν την διαφορά ανάμεσα σε ένα όχημα που κινείται με βενζίνη και σε ένα αντίστοιχο που κινείται με υγραέριο. Το υγραέριο σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης είναι αέριο όμως υδροποιείται σε σχετικά μέτριες πιέσεις (περίπου 20 bar). Για τον λόγο αυτό, το υγραέριο αποθηκεύεται μέσα σε δεξαμενές των οχημάτων, σε υδροποιημένη μορφή και σε πίεση περίπου 25 bar, αλλά παροχετεύεται στον κινητήρα σαν αέριο.

2.10 Ασφάλεια οχημάτων υγραερίου

Ενώ όλα τα οχήματα υγραερίου που διατίθενται από τους κατασκευαστές πληρούν υψηλά πρότυπα ποιότητας και ασφάλειας, όταν ένα παρόμοιο όχημα μετασκευάζεται η ποιότητα της μετασκευής αυτής διαφέρει σημαντικά σε κάθε περίπτωση. Ένα καλό υγραεριοκίνητο όχημα διαθέτει υψηλά πρότυπα ασφάλειας συμπεριλαμβανομένης της σωστής και ασφαλούς τοποθέτησης της δεξαμενής υγραερίου έτσι ώστε αυτό να αντέχει τις πιέσεις μιας δυνατής σύγκρουσης. Στη δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετούνται επίσης βαλβίδες ασφαλείας οι οποίες απελευθερώνουν ελεγχόμενα το υγραέριο σε περίπτωση υπερθέρμανσης. Ακόμη οι αγωγοί παροχής υγραερίου είναι κατασκευασμένοι από κατάλληλα υλικά και τοποθετούνται σε ασφαλή απόσταση από την εξάτμιση. Τέλος διαθέτουν αεροστεγές κάλυμμα στο ντεπόζιτο του υγραερίου που περικλείει τις βαλβίδες της δεξαμενής και προκαλεί εξαερισμό των τυχόν διαρροών υγραερίου προς τον ατμοσφαιρικό αέρα κάτω από το όχημα.

2.11 Αγορά οχημάτων υγραερίου

Στην Ελλάδα αντίθετα από ότι ισχύει σε πολλές χώρες της Ε.Ε., η διείσδυση οχημάτων υγραερίου παραμένει εξαιρετικά περιορισμένη. Μόνη εξαίρεση αποτελούσε ένας μικρός αριθμός επαγγελματικών οχημάτων ταξί, συνήθως μετασκευασμένων ώστε να κινούνται με υγραέριο ή διπλό καύσιμο. Ωστόσο όσο ανανεώνεται ο στόλος των ταξί, η χρήση τους τείνει να εγκαταλειφθεί καθώς τα σύγχρονα πετρελαιοκίνητα ταξί είναι πλέον οικονομικότερα και πιο φιλικά προς το περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα είναι ευκολότερα στην συντήρηση από τα μετασκευασμένα υγραεριοκίνητα.

2.12 Συντήρηση οχημάτων υγραερίου

Ένας κινητήρας που χρησιμοποιεί υγραέριο ως καύσιμο, εμφανίζει μειωμένες ανάγκες συντήρησης σε σχέση με έναν κινητήρα που χρησιμοποιεί βενζίνη ως προς τα λιπαντικά του, γιατί το υγραέριο δεν διαλύεται σε αυτά στη φάση της κρύας λειτουργίας του κινητήρα και ως προς τα μπουζί, γιατί συσσωρεύονται λιγότερες

επικαθίσεις σε αυτά. Σε έναν κινητήρα υγραερίου τα μπουζί μπορεί να χρειαστεί να αντικατασταθούν μετά από 100000 km. Ο λόγος είναι ότι το υγραέριο δεν αφήνει κατάλοιπα στους θαλάμους καύσης και δεν διασπά χημικά το λιπαντικό μειώνοντας έτσι σημαντικά τις τριβές μέσα στο μηχανικό σύνολο.

Επειδή το υγραέριο προκαλεί φθορά του φυσικού καουτσούκ και ορισμένων πλαστικών πρέπει να χρησιμοποιούνται ελαστικοί σωλήνες και άλλος εξοπλισμός που έχει σχεδιαστεί ειδικά για χρήση υγραερίου.

2.13 Κόστος μετατροπής και άλλοι παράμετροι

Έστω ότι κάποιος θέλει να μετατρέψει το αυτοκίνητο του σε υγραεριοκίνητο. Το πρώτο που πρέπει να γνωρίζει είναι πως μετά την μετατροπή του οχήματος, θα έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί την δεξαμενή της βενζίνης και αυτή του υγραερίου. Δηλαδή η αυτονομία του οχήματος του θα διπλασιαστεί και εκείνος θα έχει την δυνατότητα επιλογής καυσίμου κατά την ώρα της κίνησης.

Η μετατροπή είναι απλή, διαρκεί 4 - 6 ώρες και το κόστος της κυμαίνεται, ανάλογα με τον τύπο του οχήματος, από 1200 - 1700 €. Τα καταλυτικά οχήματα μετατρέπονται άμεσα σε υγραεριοκίνητα ενώ για εκείνα που κινούνται με super βενζίνη απαιτείται η μετατροπή τους κατ' αρχήν σε καταλυτικά και στη συνέχεια σε υγραεριοκίνητα. Η εργασία εκτελείται από έναν μηχανικό που θα πρέπει να έχει άδεια ασκήσεως επαγγέλματος του Ν.1575/1985 με ειδικότητα τεχνίτη συστημάτων υγραερίου. Ήδη υπάρχουν αρκετά συνεργεία σε όλη την χώρα, κυρίως στις μεγάλες πόλεις, που αναλαμβάνουν τέτοιου είδους μετατροπές.

2.14 Πιστοποίηση έγκυρης εγκατάστασης

Οι χρήστες που επιθυμούν να μετατρέψουν το όχημα τους ώστε αυτό να κινείται με υγραέριο πρέπει να επιλέγουν εταιρείες και συνεργεία πιστοποιημένα από επίσημους φορείς, οι οποίοι διασφαλίζουν ότι η εταιρεία ή το συνεργείο λειτουργεί με βάση τις απαραίτητες διατάξεις και κανονισμούς ασφαλείας για την σωστή μετατροπή του οχήματος.

Μετά την εγκατάσταση του συστήματος του υγραερίου ο μηχανικός υποχρεούται να παραδώσει στον κάτοχο του αυτοκινήτου αντίγραφο υπεύθυνης δήλωσης του Ν.1599/1986 που ενημερώνει το ΚΤΕΟ πως η διασκευή έγινε σύμφωνα με τις προϋποθέσεις του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών. Το αυτοκίνητο, στη συνέχεια περνάει από τεχνικό έλεγχο σε ΚΤΕΟ και εάν διαπιστωθεί πως η εργασία όντως έγινε με βάση τους κανόνες του Υπουργείου συμπληρώνεται στην άδεια κυκλοφορίας η χρήση υγραερίου σαν καύσιμο κίνησης.

2.15 Μετατροπή των οχημάτων για χρήση υγραερίου

Τα περισσότερα βενζινοκίνητα οχήματα μπορούν να μετατραπούν σε υγραεριοκίνητα (**Εικόνα 2.3**) με σχετικά απλές διαδικασίες, όμως η μετατροπή των πετρελαιοκίνητων σε γενικές γραμμές δεν είναι πρακτική εξαιτίας του αυξημένου κόστους και της πολυπλοκότητας στην τοποθέτηση σπινθηριστών (μπουζί), αλλαγής του λόγου συμπίεσης του κινητήρα κλπ.

Τα κιτ μετατροπής που διατίθενται στην αγορά είναι αρκετά εξελιγμένα και εκμεταλλεύονται την τελευταία τεχνολογία ελέγχου εκπομπής καυσαερίων που χρησιμοποιείται στα σύγχρονα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Η μετατροπή των οχημάτων σε υγραεριοκίνητα στη χώρα μας πραγματοποιείται από ειδικευμένους εγκαταστάτες τεχνικούς στο ειδικό συνεργείο της HELLAS GAS.



Εικόνα 2.3 Όχημα που λειτουργεί με υγραέριο και βενζίνη.

Εάν ο κινητήρας χρησιμοποιούσε ως καύσιμο βενζίνη με μόλυβδο, πρέπει να ληφθεί πρόνοια αντικατάστασης των βαλβίδων και των εδρών με αντίστοιχες για κινητήρα που χρησιμοποιεί αμόλυβδη βενζίνη, οι οποίες πρέπει να είναι κατασκευασμένες από ανθεκτικό χάλυβα, γιατί το αέριο καύσιμο δεν περιέχει τετρααιθυλούχο μόλυβδο που εκτός των αντικροτικών ιδιοτήτων έχει και λιπαντικές για τα επιμέρους μέρη του κινητήρα.

Πρέπει να γίνουν οι αναγκαίες μετατροπές στο ψυγείο του κινητήρα ώστε να υπάρχει τροφοδοσία και επιστροφή του ψυκτικού για τη θέρμανση του πνεύμονα. Η τοποθέτηση του πνεύμονα πρέπει να γίνει σε σημείο τέτοιο ώστε να δέχεται τα θερμά κύματα αέρα που δημιουργούνται από τη λειτουργία του κινητήρα και να ελεγχθεί η σωστή θέση και φορά τοποθέτησής του με βάση τα πρότυπα του κατασκευαστή του.

Ο αναμείκτης πρέπει να τοποθετηθεί σε κατάλληλο σημείο του συστήματος εισαγωγής αέρα. Όλες οι σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του αερίου πρέπει να είναι σύμφωνες με τα ειδικά πρότυπα που ισχύουν για την περίπτωση αυτή. Στο σύστημα τροφοδοσίας του συμβατικού καυσίμου πρέπει να τοποθετηθεί ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής της ροής καυσίμου, όταν είναι σε λειτουργία το σύστημα τροφοδοσίας του αερίου.

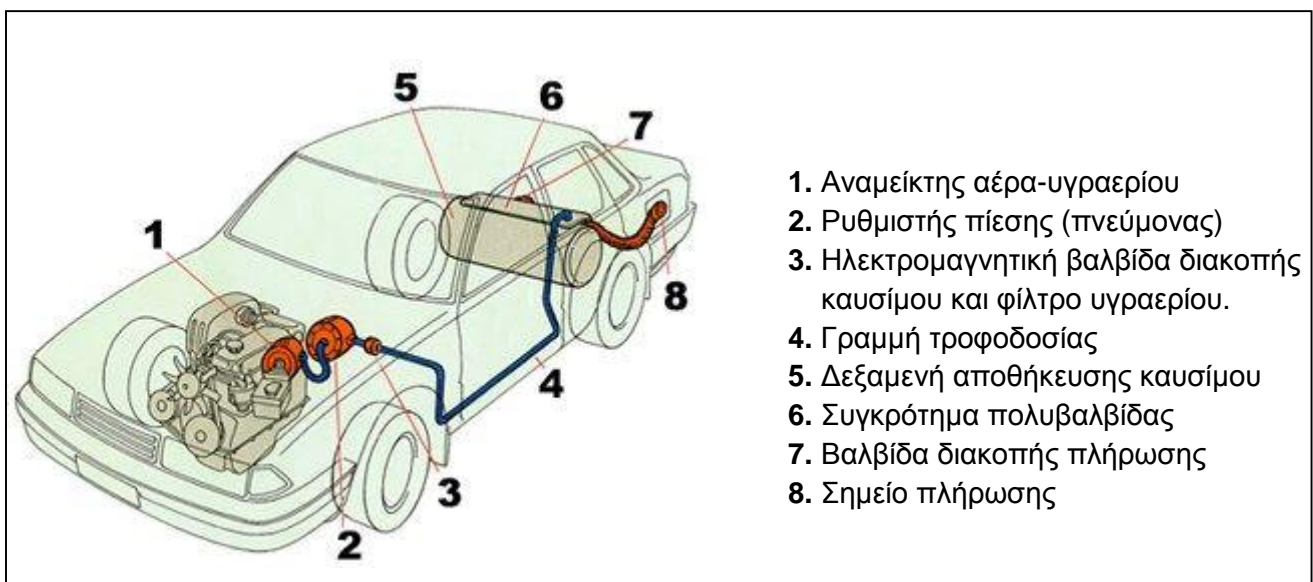
Τέλος, το δοχείο υψηλής πίεσης πρέπει να τοποθετηθεί σε σημείο που να μην είναι ευάλωτο σε πιθανές συγκρούσεις και η τοποθέτηση του να γίνει με μεγάλη προσοχή. Αν τοποθετηθεί στο χώρο αποσκευών η τοποθέτηση του θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα εισχώρησης πιθανών διαρροών αερίου στο χώρο των επιβατών (στεγανό διαχωριστικό έλασμα). Στη περίπτωση που τοποθετηθεί στο χώρο κάτω από το δάπεδο, πρέπει να χρησιμοποιηθεί προστατευτικό έλασμα γύρω από αυτό.

2.16 Εξοπλισμός που εγκαθίσταται κατά τη μετατροπή

Ο εξοπλισμός καλό είναι να τοποθετείται από ένα επίσημο συνεργείο μετατροπής. Το όλο σύστημα αποτελείται από μια φιάλη αποθήκευσης αερίου η οποία φέρει μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής της παροχής, μια μονάδα εξάτμισης/ρύθμισης της πίεσης, ένα υπολογιστή συστήματος υγραερίου και τις μονάδες ψεκασμού υγραερίου. Σε ένα όχημα με δυνατότητα χρήσης δύο τύπων καυσίμου προστίθεται μια επιπλέον ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στον αγωγό της

βενζίνης η οποία είναι κλειστή όσο χρησιμοποιείται το υγραέριο και ανοίγει κατά τη λειτουργία με βενζίνη. Η παροχή υγραερίου στον κινητήρα διακόπτεται όταν η μίζα είναι απενεργοποιημένη.

Η Shell GAS μπορεί να εξασφαλίσει ότι όλο το προσωπικό που εμπλέκεται με την υγραεριοκίνηση είναι πλήρως εκπαιδευμένο πάνω στο χειρισμό, τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του υγραερίου που προορίζεται για χρήση σε οχήματα (autogas). Ο εξοπλισμός που εγκαθίσταται (**Σχήμα 2.2**), 4 κατά την διάρκεια της μετατροπής είναι ο παρακάτω:



Σχήμα 2.2 Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος LPG σε όχημα.

Ø Δεξαμενή αποθήκευσης υγραερίου (LPG)

Οι δεξαμενές αποθήκευσης (**Εικόνα 2.4**) του υγραερίου είναι κυλινδρικές και τοποθετούνται στον σκελετό του οχήματος ή στο χώρο των αποσκευών. Η τελευταία τεχνική είναι η χρήση μιας δακτυλιοειδούς δεξαμενής στο χώρο της ρεζέρβας. Στην περίπτωση αυτή το ντεπόζιτο εγκαθίσταται στον χώρο της ρεζέρβας, αν και στην περίπτωση αυτή ο επιπλέον τροχός πρέπει να τοποθετηθεί σε άλλο σημείο του σκελετού του αυτοκινήτου δεσμεύοντας και πάλι κάποιο χώρο. Σε μερικές χώρες το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την χρήση μιας ειδικής συσκευής επείγουσας

ανάγκης που φουσκώνει αυτόματα το ελαστικό και καταλαμβάνει λιγότερο χώρο σε σχέση με τον επιπλέον τροχό.

Συνήθως οι δεξαμενές υγραερίου που εγκαθίστανται στα αυτοκίνητα έχουν χωρητικότητα μεταξύ 15 και 25 λίτρων ενώ αυτές που εγκαθίστανται στα μικρά επαγγελματικά φορτηγά συχνά έχουν χωρητικότητα μέχρι 40 λίτρα. Τα λεωφορεία που κινούνται με υγραέριο διαθέτουν πολύ μεγαλύτερες δεξαμενές τοποθετημένες στην οροφή.



Εικόνα 2.4 Διάφοροι τύποι δεξαμενών για οχήματα υγραερίου.

Σύμφωνα με Crash Tests, οι δεξαμενές υγραερίου αντέχουν σε μεγαλύτερες παραμορφώσεις από αυτές που υφίσταται ένα όχημα κατά την διάρκεια ακόμα και της πιο δυνατής σύγκρουσης.

Ø Συγκρότημα πολυβαλβίδας

Το συγκρότημα πολυβαλβίδας (**Εικόνα 2.5**) είναι ένα εξάρτημα του συστήματος L.P.G. το οποίο εγκαθίσταται στη φλάντζα της δεξαμενής. Υπάρχει σε πολλά μεγέθη τα οποία είναι διαθέσιμα σύμφωνα με τις διαστάσεις των διαθέσιμων δεξαμενών στην αγορά. Η πολυβαλβίδα έχει αυτό το όνομα από το γεγονός ότι το σώμα της στεγάζει πολλές βαλβίδες διαφορετικών λειτουργιών.

Η πολυβαλβίδα είναι επίσης εξοπλισμένη με ένα σύστημα ράβδων που ωθεί έναν μαγνήτη, το σύστημα των ράβδων εξαρτάται από τη θέση της πολυβαλβίδας και μας δείχνει τη στάθμη του καυσίμου που υπάρχει στη δεξαμενή. Ακόμα σε περίπτωση ατυχήματος, αποκλείει αυτόματα τη ροή υγραερίου.

Οι κύριες βαλβίδες- εξαρτήματα τα οποία περιλαμβάνονται στο συγκρότημα πολυβαλβίδας είναι:

- ü **Βαλβίδα πληρώσεως ορίου 80%**, (ο χώρος που απομένει με το καύσιμο σε αέρια μορφή διατίθεται για τις θερμοκρασιακές διαστολές).
- ü **Βαλβίδα ασφάλειας** ή ανεπίστροφη βαλβίδα, (δεν επιτρέπει τη ροή του αερίου από το δοχείο υψηλής πίεσης προς τη βαλβίδα πλήρωσης).
- ü **Βαλβίδα ανακούφισης** (ενεργοποιείται όταν για κάποιο λόγο η πίεση της δεξαμενής υπερβεί τα 25-30 bar).
- ü **Μανόμετρο** (δείχνει την πίεση στο εσωτερικό της δεξαμενής).



Εικόνα 2.5 Συγκρότημα πολυβαλβίδας σε τομή.

Ø Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα LPG

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (**Εικόνα 2.6**) ελέγχου ροής υγραερίου και βενζίνης είναι μια συσκευή που σταματά τη ροή του υγραερίου (LPG) όταν διακοπεί η λειτουργία του κινητήρα ή όταν ο κινητήρας χρησιμοποιεί βενζίνη.



Εικόνα 2.6 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα LPG.

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα LPG αποτελείται από εξής επιμέρους εξαρτήματα:

- Στεγνωτικό παρέμβυσμα τύπου NBR για την επίτευξη απόλυτης ασφάλειας.
- Σπειροειδές επαγωγικό πηνίο υψηλής θερμικής αγωγιμότητας για ουσιαστικά απεριόριστη διάρκεια ζωής.
- Αυτό-απαλειφόμενη σπείρα καλυμμένη με ρητίνη.
- Φίλτρο αερίου κατασκευασμένο από ένα λεπτό φίλτρο χαρτικής ύλης .
- Αντίσταση δονήσεων.
- Πολλαπλές υποδοχές συναρμολόγησης.

Ø Πνεύμονας

Ο υποβιβαστής/ρυθμιστής πίεσης ή αλλιώς γνωστός ως πνεύμονας (**Εικόνα 2.7**) είναι ένα εξάρτημα που έχει σαν σκοπό να μειώνει την πίεση του υγραερίου και να εξασφαλίζει επιπλέον ότι το υγραέριο εξατμίζεται εντελώς. Για την μετατροπή του υγραερίου από την υγρή φάση στην αέρια απαιτείται η παροχή θερμότητας, η οποία εξασφαλίζεται από το ψυκτικό του κινητήρα με ροή από το ψυγείο. Για τη ρύθμιση της στιγμιαίας ροής του υγραερίου υπάρχει σύνδεση με την υποπίεση της πολλαπλής εισαγωγής και η αναγκαία στιγμιαία αύξηση της παροχής γίνεται με την βοήθεια ενός ψεκαστή.



Εικόνα 2.7 Υποβιβαστής πίεσης (πνεύμονας).

Στον υποβιβαστή-ρυθμιστή πίεσης (πνεύμονα) γίνεται τα εξής:

- Μετατροπή του υγραερίου από την υγρή φάση στην αέρια.
- Ρύθμιση της πίεσης σε πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής στο τελικό στάδιο υποβιβασμού της πίεσης.
- Ρύθμιση της παροχής υγραερίου προς τον αναμείκτη ανάλογα με τις στιγμιαίες ανάγκες λειτουργίας του κινητήρα. (Ρελαντί, μερικό φορτίο, επιτάχυνση, πλήρες φορτίο).

• Αναμείκτης

Ο αναμείκτης (**Εικόνα 2.8**) εξασφαλίζει ότι το υγραέριο και ο αέρας αναμειγνύονται ώστε να διαμορφώσουν ένα ομοιογενές μείγμα το οποίο στη συνέχεια στέλνεται στον κινητήρα. Κατασκευάζεται συνήθως από αλουμίνιο και διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του οχήματος. Για τα οχήματα που λειτουργούν με εξαερωτήρα κατασκευάζεται με ειδικό venturi ή με την εμφύτευση ενός ακροφυσίου στο αρχικό venturi του εξαερωτήρα. Οι τύποι και τα συστήματα των αναμεικτών ακροφυσίου μπορούν να λειτουργήσουν πολύ καλά εάν τοποθετηθούν με προσοχή και γνώση.



Εικόνα 2.8 Αναμείκτες υγραερίου – αέρα.

Το 90% των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα αυτοκίνητα που λειτουργούν με σύστημα LPG οφείλεται στην αποτυχία αναμεικτών. Επομένως, όλοι οι αναμείκτες πρέπει να είναι βιδωτοί και να εγκαθίστανται κατάλληλα.

Το σύστημα δεν είναι πάντα δυνατό να προσαρμοστεί σε όλους τους εξαερωτήρες και εάν εγκατασταθεί λανθασμένα μπορεί να δημιουργήσει ανεπανόρθωτες ζημιές στον εξαερωτήρα. Επομένως, ενδείκνυται να αποκτηθεί η κατάλληλη κατάρτιση πριν από οποιαδήποτε εγκατάσταση αυτού του τύπου.

Ø Διακόπτης επιλογής καυσίμου (Βενζίνης-LPG)

Είναι ένας ηλεκτρονικός διακόπτης (**Εικόνα 2.9**) τριών θέσεων. Η πρώτη θέση αντιστοιχεί στη BENZINΗ και η δεύτερη στο LPG. Τοποθετώντας τον στη θέση της βενζίνης ο διακόπτης θα κλείσει την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα LPG και θα ανοίξει την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα της βενζίνης και αντίστροφα. Η μεσαία θέση του διακόπτη (τρίτη θέση) είναι χρήσιμη για να διατηρεί τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες του LPG και της βενζίνης στη θέση OFF (κλειστό) έως ότου καθαρίσει πλήρως το σύστημα τροφοδοσίας από τα αποθέματα βενζίνης ούτως ώστε να είναι καθαρό για να δεχτεί το υγραέριο.



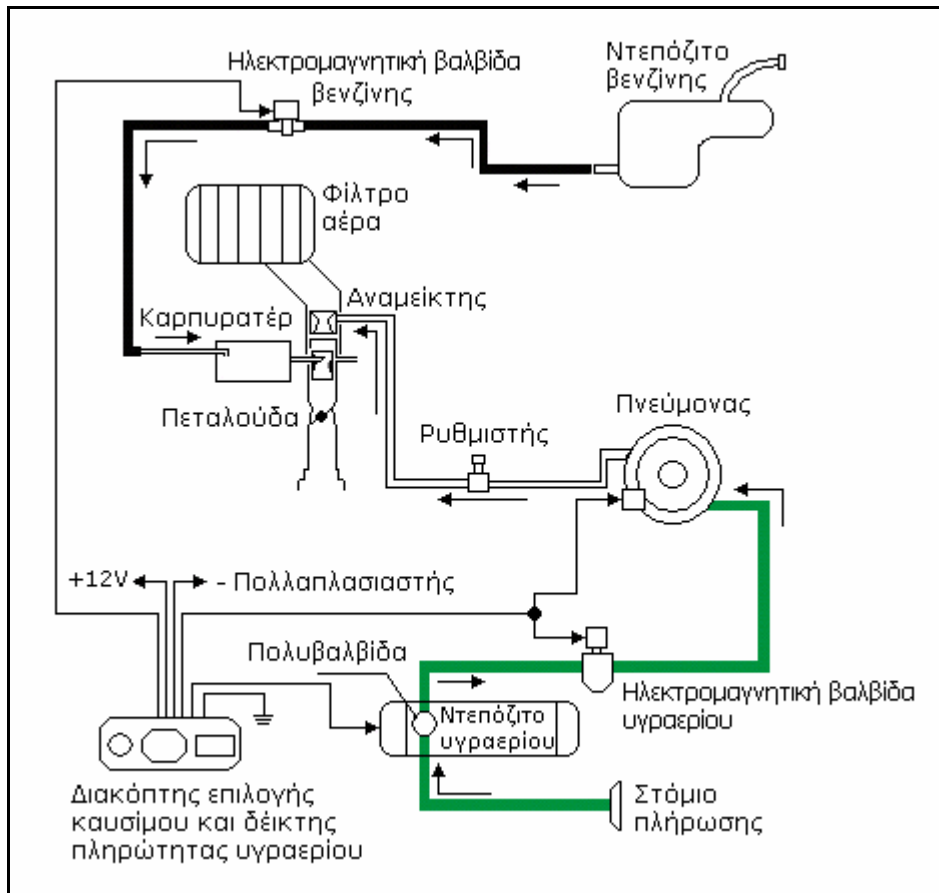
Εικόνα 2.9 Διακόπτης επιλογής Βενζίνης – LPG.

Στους κινητήρες που δουλεύουν με εξαερωτήρα η εναλλαγή θέσης του διακόπτη γίνεται με το χέρι. Ο διακόπτης για τους κινητήρες εξαερωτήρων έχει επίσης ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα ασφάλειας, σταματά τη ροή αερίου στο κινητήρα όταν για κάποιο λόγο ο κινητήρας σταματήσει να δουλεύει.

2.17 Συμβατικό σύστημα τροφοδοσίας υγραερίου με ταυτόχρονη παρουσία συμβατικού συστήματος τροφοδοσίας βενζίνης.

Η ροή του υγραερίου από το δοχείο υψηλής πίεσης προς τον υποβιβαστή-ρυθμιστή πίεσης ελέγχεται από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, η οποία ανοίγει όταν έχει επιλεγεί η λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας του υγραερίου από τον διακόπτη επιλογής καυσίμου. Ταυτόχρονα, διακόπτεται η ροή της βενζίνης από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα βενζίνης. Με αυτή την βαλβίδα αλλά και τον διακόπτη επιλογής καυσίμου που εγκαθίσταται στην καμπίνα των επιβατών, ο οδηγός μπορεί να επιλέξει ποιο από τα δύο καύσιμα επιθυμεί να χρησιμοποιήσει για την κίνηση του οχήματός του.

Από το ρυθμιστή πίεσης το υγραέριο υπό αέρια φάση οδηγείται στον αναμείκτη υγραερίου-αέρα, ο οποίος μπορεί να είναι τοποθετημένος σε κάποια θέση του συστήματος εισαγωγής αέρα πάνω ή κάτω από την πεταλούδα του καρμπυρατέρ. Στο συγκρότημα αυτό, σχηματίζεται το καύσιμο μίγμα υγραερίου-αέρα, το οποίο οδηγείται στους θαλάμους καύσης μέσα από τους αυλούς της πολλαπλής εισαγωγής. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο **Σχήμα 2.3**.



Σχήμα 2.3 Σχηματικό διάγραμμα συστήματος τροφοδοσίας κινητήρα υγραερίου (με ταυτόχρονη παρουσία συμβατικού συστήματος τροφοδοσίας με βενζίνη).

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το σύστημα αποθήκευσης και τροφοδοσίας του υγραερίου είναι ένα κλειστό σύστημα ως προς το περιβάλλον, γεγονός ότι δεν επιτρέπει τη διαρροή υδρογονανθράκων στο περιβάλλον κάτω από κανονικές συνθήκες.

2.18 Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα ψεκασμού υγραερίου τρίτης γενιάς σε συνεργασία με σύστημα ψεκασμού βενζίνης.

Αυτό το σύστημα διαφοροποιείται από το προηγούμενο όσο αφορά την αρχή λειτουργίας του και στο ότι δεν διαθέτει αναμείκτη αλλά μοναδα ψεκασμού και

μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου. Τα υπόλοιπα εξαρτήματα είναι κοινά και για τα δύο συστήματα και λειτουργούν κατά τον ίδιο τρόπο.

Ø Μονάδα ψεκασμού (injectors)

Η μονάδα ψεκασμού (**Εικόνα 2.10**) εξασφαλίζει ότι η απαιτούμενη ποσότητα υγραερίου μεταφέρεται στην πολλαπλή εισαγωγής από τις βαλβίδες εισαγωγής. Τα ηλεκτρονικά μπεκ ψεκασμού τίθενται σε λειτουργία με την σωστή σειρά και στον σωστό χρόνο, ώστε να συγχρονίζονται με τον κύκλο ανάφλεξης της μηχανής.



Εικόνα 2.10 Μονάδα ψεκασμού (injectors).

Ø Μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου (ECU)

Η μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου (**Εικόνα 2.11**) εξασφαλίζει την τέλεια ανάλωση της καύσιμης ύλης κάτω από όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Επιπλέον, μια ακόμη σημαντική λειτουργία της είναι να εξασφαλίζει την χαμηλή κατανάλωση καυσίμου.



Εικόνα 2.11 Μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου (ECU).

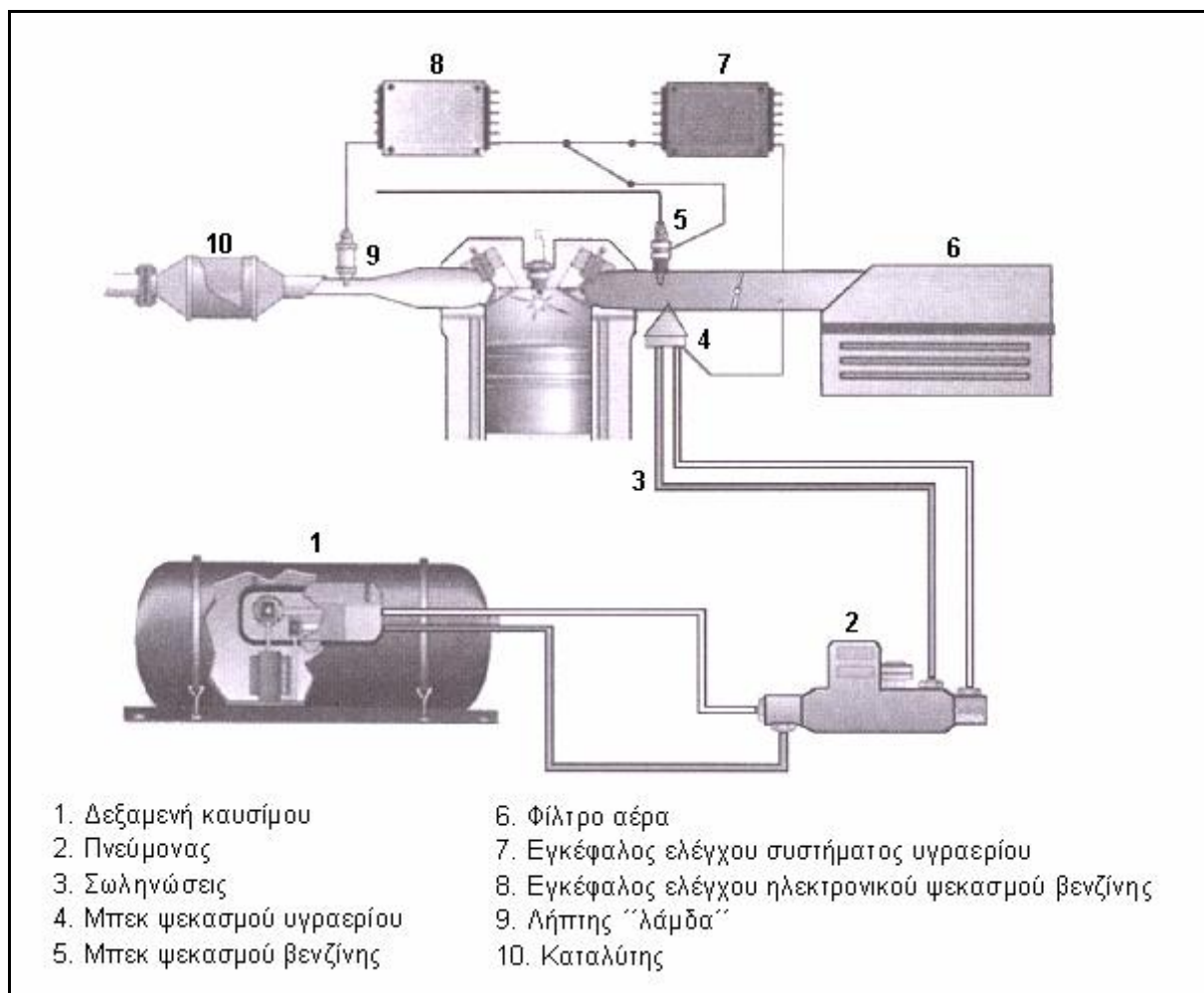
Η μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου ρυθμίζει την ποσότητα υγραερίου που διοχετεύεται στον κινητήρα ελέγχοντας τη στιγμή που τίθενται σε λειτουργία τα μπεκ ψεκασμού. Το ECU ελέγχει και τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ü Ένδειξη της στάθμης του καυσίμου μέσα στο ντεπόζιτο.
- ü Αυτόματη μετατροπή από υγραέριο σε βενζίνη και το αντίστροφο.
- ü Ενεργοποίηση του συστήματος υγραερίου όταν ο ρυθμιστικός ανιχνευτής θερμοκρασίας ανιχνεύει θερμοκρασία κατάλληλη για μια επαρκή καύση.

2.18.1 Περιγραφή λειτουργίας του συστήματος

Στους σύγχρονους κινητήρες χρησιμοποιούνται εξελιγμένα συστήματα (**Σχήμα 2.4**) ελέγχου ψεκασμού καυσίμου, ανάφλεξης και επεξεργασίας καυσαερίων, που έχουν τη δυνατότητα ικανοποίησης αυστηρότερων προδιαγραφών εκπομπών καυσαερίων.

Στο σύστημα αυτό, το καύσιμο ψεκάζεται υπό αέρια κατάσταση. Βασικός σκοπός του συστήματος αυτού είναι η αποφυγή σχηματισμού εκρηκτικού μείγματος καυσίμου και αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής και πιθανή έκρηξη του, η τροφοδοσία ποσότητας καυσίμου με μεγάλη ακρίβεια και η αξιοπιστία του συστήματος.



Σχήμα 2.4 Λειτουργικό διάγραμμα ηλεκτρονικά ελεγχόμενου συστήματος ψεκασμού υγραερίου σε συνεργασία με σύστημα ψεκασμού βενζίνης.

Το υγραέριο μεταφέρεται από το ρεζερβουάρ στον πνεύμονα ο οποίος ρυθμίζει την πίεση του αερίου σε τιμή που είναι υψηλότερη της ατμοσφαιρικής σε αυτή την περίπτωση. Στη συνέχεια, το καύσιμο μεταβιβάζεται μέσω του διανομέα στα μπεκ που είναι τοποθετημένα στον αυλό εισαγωγής κάθε κυλίνδρου. Αυτό ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, που μεταβάλλει τη θέση του ενεργοποιητή (βηματικού μοτέρ) που είναι τοποθετημένος στο διανομέα για να μεταβληθεί ανάλογα η ποσότητα της τροφοδοσίας του καυσίμου. Ακόμα αντισταθμίζει τον ακριβή χρόνο ψεκασμού του υγραερίου με τη λειτουργία του χρόνου ψεκασμού της βενζίνης και τις υπόλοιπες παραμέτρους του συστήματος. Το υγραέριο ψεκάζεται στους αγωγούς

πολλαπλής εισαγωγής με τη σωστή σειρά και στο σωστό χρόνο. Η σταθερότητα της πίεσης του ρυθμιστή μαζί με τον εξελιγμένο ηλεκτρονικό έλεγχο της καύσιμης ύλης εγγυώνται την άμεση αντίδραση του συστήματος μπροστά στις απαιτήσεις για μεγάλη δύναμη και μια ομαλή επιτάχυνση κατά την εκκίνηση.

Όταν χρησιμοποιείται το υγραέριο, οι μονάδες ψεκασμού της βενζίνης δεν λειτουργούν. Στον πίνακα του αυτοκινήτου υπάρχει πάντοτε ένας διακόπτης που επιτρέπει τη χρήση οποιουδήποτε από τους δύο τύπους καυσίμου. Η αλλαγή του καυσίμου μπορεί να γίνει και κατά την οδήγηση, σχεδόν χωρίς να γίνεται αντιληπτή. Τα πιο σύγχρονα συστήματα διοχετεύουν το αέριο σε υγρή κατάσταση στο σύστημα διανομής, με τον ίδιο τρόπο που αυτό γίνεται στα συστήματα με βενζίνη.

2.19 Πλεονεκτήματα υγραεριοκίνητων οχημάτων υγραερίου

Τα υγραεριοκίνητα οχήματα παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των βενζινοκίνητων οχημάτων καθώς το υγραέριο αναμειγνύεται εύκολα με τον αέρα χωρίς να παρουσιάζει τα προβλήματα του εξαερωτήρα των βενζινομηχανών. Η καύση του μείγματος υγραερίου-αέρα γίνεται τελειότερα και γρηγορότερα από την οποία επιτυγχάνεται μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Ακόμα ο θόρυβος λειτουργίας των υγραεριοκίνητων μηχανών είναι μικρότερος, επίσης παρουσιάζουν μειωμένες ανάγκες συντήρησης. Σαν καύσιμο είναι οικονομικότερο από τη βενζίνη και το πετρέλαιο.

Έχει μεγαλύτερο αριθμό οκτανίων από τη βενζίνη, δεν αναμειγνύεται με τα λιπαντικά του κινητήρα, έτσι αυξάνει η διάρκεια ζωής του κινητήρα και του καταλύτη. Η μετατροπή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε όλους τους τύπους οχημάτων με βενζινοκινητήρα. Ακόμα αυξάνεται η αυτονομία του οχήματος καθώς χρησιμοποιεί δύο καύσιμα. Υπάρχει γρήγορη και άμεση απόσβεση του κόστους μετατροπής κυρίως για οχήματα μεγάλου κυβισμού που διανύουν αρκετά χιλιόμετρα ημερησίως εντός ή εκτός πόλης.

Καθώς το υγραέριο δεν περιέχει θείο, μηδενίζονται και οι εκπομπές οξειδίων του θείου στα καυσαέρια κάτι που επιτρέπει τη χρήση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας χωρίς τον κίνδυνο διαβρώσεων. Επίσης οι επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας είναι καθαρότερες επειδή δεν έχουμε επικαθίσεις από τέφρα και ενώσεις

θείου, έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη μετάδοση της θερμότητας. Δεν χρειάζεται προθέρμανση, άντληση ή άλλη υποβοήθηση για την ανάμιξή του με τον αέρα. Παρουσιάζει χαμηλές απώλειες ενέργειας στο σύστημα όπως επίσης εύκολο χειρισμό και έλεγχο.

Το υγραέριο σε συνήθεις συνθήκες περιβάλλοντος (θερμοκρασίας και πίεσης) μετατρέπεται σε αέριο. Για το λόγο αυτό δεν προκαλείται μόλυνση της ξηράς ή των υδάτων σε περίπτωση διαρροής από ατύχημα. Αυτό είναι ένα ακόμη πλεονέκτημα έναντι των υγρών καυσίμων.

Έχει αποδειχθεί ότι οι δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου είναι ανθεκτικότερες και παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια από τις δεξαμενές αποθήκευσης βενζίνης επειδή δοκιμάζονται σε υψηλές πιέσεις, είναι πιστοποιημένες και σύμφωνες με τα αυστηρότερα standards. Το σύστημα καυσίμου υγραερίου προστατεύεται από κατάλληλες βαλβίδες (αντεπιστροφής, υπερβολικής ροής, μεγίστης στάθμης, ασφαλείας). Τέλος η πίεση στο εσωτερικό της δεξαμενής και η απουσία οξυγόνου αποκλείουν την πιθανότητα έκρηξης, κάτι που μπορεί να συμβεί στα ρεζερβουάρ των υγρών καυσίμων σε περίπτωση πυρκαγιάς .

2.20 Μειονεκτήματα οχημάτων υγραερίου

Βασικό μειονέκτημα των οχημάτων υγραερίου είναι η ανά χιλιόμετρο κατανάλωση υγραερίου είναι 5 έως 20 % μεγαλύτερη της αντίστοιχης κατανάλωσης σε βενζίνη, διότι το ειδικό βάρος του υγραερίου είναι μικρότερο. Ακόμα λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας του από αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα σε περίπτωση διαρροής συγκεντρώνεται στα χαμηλότερα σημεία, έτσι αυξάνει τον κίνδυνο έκρηξης.

Επειδή τις περισσότερες φορές η δεξαμενή του υγραερίου τοποθετείται στο χώρο των αποσκευών έχουμε μείωση του χώρου αποθήκευσης. Αν πάλι τοποθετηθεί στο χώρο της ρεζέρβας τότε δεν θα έχουμε τη δυνατότητα αντικατάστασης τροχού σε περίπτωση βλάβης. Ακόμα υπάρχει αύξηση βάρους του οχήματος.

Στη χώρα μας δεν υπάρχει αρκετά ανεπτυγμένο δίκτυο ανεφοδιασμού οχημάτων. Ο ανεφοδιασμός γίνεται μόνο σε επιλεγμένα σημεία σε όλη την Ελλάδα. Ακόμα η ενημέρωση των οδηγών είναι ελλιπής. Επιπλέον, το κόστος της μετατροπής βενζινοκινητήρα σε υγραεριοκινητήρα βρίσκεται ακόμα σε σχετικά υψηλά επίπεδα.

2.21 Οικονομική Απόδοση

Τα αποδοτικά οχήματα υγραερίου κοστίζουν περίπου 2000 έως 2500 € περισσότερο από τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα, ενώ περίπου στο ίδιο ποσό ανέρχεται και μια καλή και σωστή μετατροπή. Το υγραέριο στην αγορά έχει μόλις τη μισή τιμή σε σχέση με την βενζίνη και το ντίζελ (**Πίνακας 2.2**), όμως τα οχήματα που κινούνται με υγραέριο αποδίδουν λιγότερα χιλιόμετρα ανά λίτρο καυσίμου (δηλ. λιγότερα χιλιόμετρα ανά ποσότητα υγραερίου αντίστοιχης με 1 λίτρο βενζίνης ή ντίζελ) και επομένως το συνολικό κόστος της κατανάλωσης υγραερίου συνήθως είναι περίπου το ίδιο ή ελαφρά μικρότερο από το πετρέλαιο ντίζελ και περίπου 20-30% μικρότερο από την βενζίνη.

Κόστος	Υγραέριο	Αμόλυβδη Βενζίνη	Super Βενζίνη	Πετρέλαιο Κίνησης
Μέσο Κόστος €	160	230	248	215
Κατανάλωση lt/100 Km	12	11	11.6	10
Κόστος €/Km	0.05	0.07	0.08	0.06
Οικονομία από χρήση υγραερίου	-	-24.8%	-32.4%	-14.2%

Πίνακας 2.2 Σύγκριση οικονομίας υγραερίου με άλλα καύσιμα.

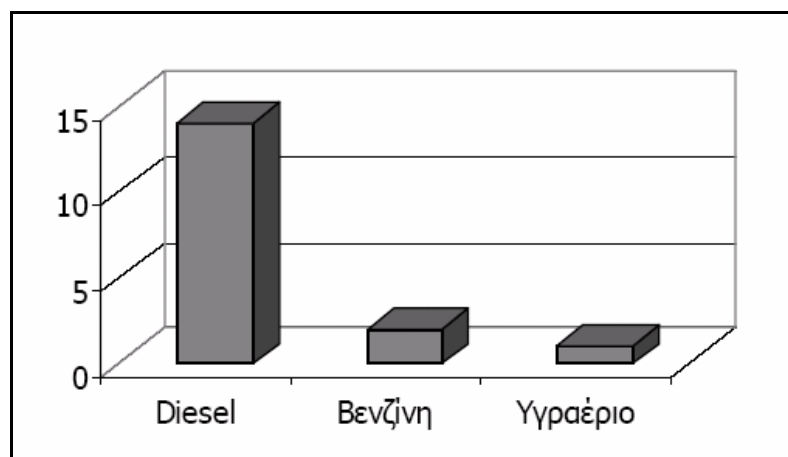
Τα χρονικά διαστήματα ανάμεσα στις αλλαγές λαδιών του κινητήρα τριπλασιάζονται ενώ ο κινητήρας μπορεί να αντέξει για περισσότερα χρόνια. Ο λόγος είναι ότι το υγραέριο δεν αφήνει κατάλοιπα στους θαλάμους καύσης και δεν διασπά χημικά το λιπαντικό μειώνοντας έτσι σημαντικά τις τριβές μέσα στο μηχανικό σύνολο. Αν θέλουμε να συνοψίσουμε σε χρήμα την ωφέλεια από την χρήση του υγραερίου αυτή θα φθάσει στην μείωση κατά 40% των σημερινών δαπανών για έναν μέσο οδηγό.

2.22 Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα

Η υγραεριοκίνηση μπορεί να συμβάλει στη μείωση των βλαβερών καυσαερίων από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Επιπλέον, το υγραέριο έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (το αέριο που αποτελεί την κύρια αιτία για το φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Τα οχήματα που κινούνται με συμβατικά καύσιμα μολύνουν πολύ λιγότερο σε σχέση με το παρελθόν. Ωστόσο, στην Ευρώπη αναγνωρίζεται ότι οι δύο κατηγορίες ρύπων, το NO_x (κυρίως το οξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου) και τα σωματίδια (μικροσκοπικά σωματίδια αιθάλης με μια πληθώρα άλλων χημικών ουσιών) εξακολουθούν αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί.

Το υγραέριο μπορεί να αποτελέσει μια εναλλακτική λύση ως προς το ντίζελ, ειδικότερα σε στοχευόμενους προβληματικούς στόλους, όπως αυτός των ταξί. Άλλωστε, ένα 3% περίπου των ταξί της Αθήνας χρησιμοποιούν ήδη το υγραέριο ως καύσιμο. Τα οχήματα που κινούνται με υγραέριο, στις περισσότερες περιπτώσεις, εκπέμπουν κατά 90%+ μικρότερη ποσότητα μικροσωματιδίων, σε σχέση με τα οχήματα που κινούνται με ντίζελ (**Διάγραμμα 2.1**).



Διάγραμμα 2.1 Συγκριτικές εκπομπές μικροσωματιδίων.

Το υγραέριο έχει μηδενική περιεκτικότητα σε μόλυβδο και ρυπαίνει κατά 55% λιγότερο την ατμόσφαιρα με μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οξείδια του αζώτου (NO_x) σε σύγκριση με την αμόλυβδη βενζίνη.

Η καύση του μείγματος υγραερίου-αέρα γίνεται τελειότερα και γρηγορότερα. Από την καλή καύση που επιτυγχάνεται έχουμε σαν αποτέλεσμα μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα κατά 95%, λιγότερες εκπομπές οξειδίων του αζώτου κατά 50%, ελάχιστη ποσότητα άκαυστων υδρογονανθράκων και μηδενική ποσότητα θείου.

Πρόσφατες δοκιμές έδειξαν ότι η χρήση υγραερίου στα οχήματα προσφέρει μείωση των ποσοστών όσον αφορά τους εκπεμπόμενους ρύπους στην ατμόσφαιρα (Πίνακας 2.3).

Σε σχέση με τη βενζίνη ULS	Σε σχέση με το ντίζελ ULS
Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) κατά 5 - 13%.	Μείωση των εκπομπών σωματιδίων (PM) 80% - 95%.
Μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO _x) κατά 50% - 70%.	Μείωση των εκπομπών πολύ μικρών σωματιδίων (PM - 10) 99% - 99.8%.
Μείωση των εκπομπών υδρογονανθράκων (HC) κατά 20% - 40%.	Μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO _x) κατά 90% - 99%.
Μείωση των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κατά 30% - 55%.	
* ULS = ultra low sulphur - πολύ μικρής περιεκτικότητας σε θείο. * Τα σωματίδια που έχουν διάμετρο μικρότερη από 10μm, αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως PM-10.	

Πίνακας 2.3 Σύγκριση ρύπων υγραερίου με ρύπους άλλων καυσίμων.

Το υγραέριο μπορεί να μειώσει τις ελεγχόμενες και μη ελεγχόμενες εκπομπές ρύπων από τις εξατμίσεις των οχημάτων σε επίπεδα που είναι χαμηλότερα από τα αντίστοιχα των συμβατικών καυσίμων. Είναι σημαντικό τα οχήματα που χρησιμοποιούν υγραέριο να ρυθμίζονται και να προσαρμόζονται κατάλληλα. Αυτό είναι κάτι που συμβαίνει πάντοτε όταν η μετατροπή πραγματοποιείται από τον κατασκευαστή του οχήματος.

2.23 Περιβαλλοντική Απόδοση

Σε γενικές γραμμές είναι δύσκολη η συγκριτική αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων που προσφέρει η χρήση των διαφορετικών καυσίμων στα οχήματα (συμβατικά-υγραέριο), αφού συνήθως εξαρτάται από το συγκεκριμένο μοντέλο του κάθε οχήματος και τον αντίστοιχο εξοπλισμό του. Παρόλα αυτά, ένα «καθαρό» όχημα υγραερίου συγκρινόμενο με ένα παρόμοιο βενζινοκίνητο συνήθως εκπέμπει 5-10% λιγότερο CO₂, και ελαφρώς λιγότερο ποσοστό HC και NOx.

Αντίστοιχα συγκρινόμενο με ένα όχημα ντίζελ, ένα όχημα υγραερίου συνήθως εκπέμπει περίπου την ίδια ή λίγο παραπάνω ποσότητα CO₂, όμως ταυτόχρονα εκπέμπει πολύ λιγότερα σωματίδια και NOx αν το όχημα ντίζελ δεν διαθέτει εξοπλισμό επεξεργασίας των καυσαερίων.

Το υγραέριο μπορεί να βελτιώσει την περιβαλλοντική απόδοση των οχημάτων, ιδιαίτερα σε ότι αφορά στις εκπομπές εισπνεόμενων μικροσωματιδίων. Σύμφωνα με το εθνικό πρόγραμμα περιορισμού του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου, η υγραεριοκίνηση 25000 ταξί στα αστικά κέντρα της χώρας θα απαιτούσε περίπου 11 εκατ. ευρώ για την προσαρμογή των οχημάτων, ενώ θα απέφερε τα εξής οφέλη:

- Εξοικονόμηση 10000 ΤΙΠ (Τόνων Ισοδύναμου Πετρελαίου) το χρόνο.
- Μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 56000 τόνους ετησίως .
- Οικονομικό όφελος 0.43 εκατ. ευρώ ετησίως .

2.24 Εφαρμογές και χρήσεις του υγραερίου σε διάφορους τομείς

Η χρήση του υγραερίου βρίσκει εφαρμογές και καλύπτει σχεδόν όλους τους τομείς όπου χρησιμοποιείται ενέργεια, πιο συγκεκριμένα:

- **Στο Βιομηχανικό τομέα** για θερμικές χρήσεις και ειδικές βιομηχανικές εφαρμογές.

Το υγραέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση αποθηκών, τη λειτουργία μηχανικού εξοπλισμού, την παραγωγή τροφίμων, τη δημιουργία ατμού, το

στέγνωμα χρωμάτων εκτύπωσης, σε κλιβάνους θέρμανσης και για άλλες εφαρμογές. Ελάχιστες πηγές ενέργειας είναι περισσότερο καθαρές και παράγουν λιγότερα κατάλοιπα, παρέχοντας ελεγχόμενες, υψηλές θερμοκρασίες με αμελητέες εκπομπές θείου.

ÿ Κοπή

Η κοπή με φλόγα οξυγόνου - προπανίου υπερέχει κατά πολύ της παραδοσιακής μεθόδου κοπής με φλόγα οξυγόνου - ασετιλίνης σε πολλούς τομείς. Κατ' αρχήν, δεν υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης ή αντίστροφης πίεσης. Επίσης, επιτρέπει μεγαλύτερη ακρίβεια στην κοπή, χάρη στη σταθερή φλόγα που φτάνει και τους 2000°C και η οποία δεν σβήνει από λάθος. Το άλλο σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τη χρήση φλόγας οξυγόνου - ασετιλίνης είναι ότι, σε πολλές περιπτώσεις, η χρήση προπανίου είναι αρκετά φθηνότερη.

ÿ Θερμική Κατεργασία Μετάλλου

Το υγραέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μεταλλουργία για την τήξη και την εξαγωγή μορφοποιημένου μετάλλου σε κλιβάνους και καυστήρες. Στις βιομηχανίες αλουμινίου, χαλκού και χάλυβα, το υγραέριο χρησιμοποιείται στην κατασκευή σύρματος, στη δημιουργία διατομών, στην κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων και αλλού.

- **Στον τομέα των μεταφορών** σε οχήματα μεταφοράς φορτίων.

Η χρήση του υγραερίου στα περνοφόρα οχήματα (**Εικόνα 2.12**) προσφέρει όλα τα πλεονεκτήματα της χρήσης ντίζελ σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα της λειτουργίας με ηλεκτρική ενέργεια. Ανυψωτική ικανότητα, λειτουργία με μεγάλη γωνία κλίσης και σε ανώμαλη επιφάνεια, σε συνδυασμό με καθαρή καύση, χαμηλούς κραδασμούς και χαμηλό θόρυβο λειτουργίας. Τα μειονεκτήματα της περιορισμένης διάρκειας ζωής της μπαταρίας και του χαμένου χρόνου φόρτισης εξαλείφονται με τη χρήση του υγραερίου, που επιτρέπει αδιάλειπτη λειτουργία.



Εικόνα 2.12 Περονοφόρα οχήματα (κλαρκ) που λειτουργούν με υγραέριο.

Η χρήση υγραερίου συμβάλλει σε ένα πιο υγιεινό περιβάλλον εργασίας και συνιστάται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις χειρισμού τροφίμων, σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Η καθαρή καύση του καυσίμου σημαίνει ότι υπάρχει μειωμένη ρύπανση από μηχανέλαια. Με λίγα λόγια, τα περονοφόρα που λειτουργούν με υγραέριο απαιτούν λιγότερη συντήρηση και παραμένουν λιγότερο χρόνο εκτός λειτουργίας.

- **Στον Οικιακό τομέα** για θέρμανση, παραγωγή ζεστού νερού και μαγείρεμα.

Στον οικιακό τομέα, στον τουριστικό τομέα ή στην αγορά προϊόντων και υπηρεσιών για τον ελεύθερο χρόνο, το υγραέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μαγείρεμα, την κεντρική θέρμανση, την παροχή ζεστού νερού, σε θερμάστρες εξωτερικού χώρου, ακόμα και σε θερμαινόμενες πισίνες. Χρησιμοποιείται ακριβώς όπως και το φυσικό αέριο και μπορεί να κάνει ότι και το φυσικό αέριο και ακόμα περισσότερα. Το υγραέριο παρέχει άμεσα ζεστό νερό, στην επιθυμητή θερμοκρασία ανά πάσα στιγμή. Στην κουζίνα, η θερμοκρασία μπορεί να ελεγχθεί με μεγάλη ακρίβεια, ρυθμίζοντας τη φλόγα σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες. Στις τελευταίες εξελίξεις συγκαταλέγεται μια νέα γενιά από λέβητες 'συμπύκνωσης', που μειώνουν σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου.

- **Στον αγροτικό τομέα** σε διάφορες εγκαταστάσεις.

Στον αγροτικό τομέα, οι αγρότες αντιλαμβάνονται τα πλεονεκτήματα που έχει η χρήση υγραερίου. Στην Ελλάδα, οι εκτροφείς πουλερικών στράφηκαν προς το

υγραέριο γιατί το αποτέλεσμα ήταν αυξημένη παραγωγή και βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Εξαιτίας της καθαρής καύσης του, το υγραέριο είναι ιδανικό για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών στον αγροτικό τομέα και η χρήση του συνεπάγεται πολλά πλεονεκτήματα για την κτηνοτροφία.

- **Στον κατασκευαστικό τομέα** για αρκετές εφαρμογές.

Στον κατασκευαστικό τομέα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της ασφάλτου κατά την επισκευή και την κατασκευή δρόμων, το φωτισμό πινακίδων οδικής σήμανσης και το φωτισμό με προβολείς.

Επιπλέον οι εργολάβοι οικοδομών προτιμούν το υγραέριο για τη λειτουργία συστημάτων ξήρανσης για βιομηχανικά κτίρια και για συστήματα θέρμανσης χώρων. Άλλοι τομείς όπου χρησιμοποιείται το υγραέριο είναι οι υδραυλικές κατασκευές, η κατασκευή οροφών, η συγκόλληση, η τήξη μεταλλευμάτων και η παραγωγή τούβλων. Οι κατασκευαστές αεροζόλ απαιτούν καθαρό υγραέριο που πληροί συγκεκριμένες προδιαγραφές, για χρήση ως προωθητικό αέριο σε αρκετά προϊόντα οικιακής χρήσης.

2.25 Η χρήση του υγραερίου σε διάφορες χώρες

Σύμφωνα με τον οργανισμό World LP Gas Association (WLPGA), παγκοσμίως υπάρχουν περισσότερα από 8 εκατομμύρια οχήματα που χρησιμοποιούν LPG σε περισσότερες από 40 χώρες. Η δημιουργία της κατάλληλης υποδομής για την χρήση LPG δεν απαιτεί υψηλό κόστος καθώς ένας σταθμός ανεφοδιασμού μπορεί να κοστίσει περίπου 80000\$ αντί 250000\$ για έναν σταθμό φυσικού αερίου.

Στις Η.Π.Α. το υγραέριο χρησιμοποιείται σε περισσότερα από 300000 οχήματα. Η Αυστραλία έχει περίπου 550000 οχήματα LPG. Με 1700000 αυτοκίνητα LPG η Ιταλία είναι η πρώτη σε κατανάλωση LPG χώρα στην Ευρώπη. Υπολογίζεται ότι στη Γαλλία κυκλοφορούν 120000 αυτοκίνητα σε έκδοση LPG ενώ στην Ελλάδα δεν ξεπερνούν τα 9000. Στην Αυστρία ο στόλος των λεωφορείων της Βιέννης κινείται με LPG. Η απήχηση που έχει το υγραέριο τα τελευταία χρόνια ως καύσιμο είναι

μεγάλη. Ενδεικτική είναι η περίπτωση της Τουρκίας και της Πολωνίας. Στην Ιαπωνία το 90% των ταξί κινείται με καύσιμο LPG. Τέλος η Νότια Κορέα έχει την μεγαλύτερη κατανάλωση LPG παγκοσμίως.

2.26 Το υγραέριο στην Ελλάδα και μελλοντικές προβλέψεις

Το Δεκέμβριο του 1999 επιτράπηκε η χρήση αερίων καυσίμων για την κίνηση όλων των οχημάτων και ήδη τα αυτοκίνητα που κινούνται χρησιμοποιώντας υγραέριο με ασφάλεια και οικονομία έχουν αυξηθεί σημαντικά. Με το άρθρο 45 του Ν2773/99 (Α286) τροποποιήθηκε ο Ν1108/80 και επετράπη υπό προϋποθέσεις η χρησιμοποίηση υγραερίου (LPG), ή πετρελαιμένου φυσικού αερίου (CNG) ή άλλου εναλλακτικού καυσίμου φιλικότερου προς το περιβάλλον έναντι των συμβατικών καυσίμων. Με την Υ.Α. 18586/698/2000 (Β411) καθορίστηκαν οι τεχνικές προδιαγραφές του ειδικού εξοπλισμού με τον οποίο καθίσταται δυνατή η χρησιμοποίηση υγραερίου (LPG) (retrofit) για την κίνηση οχημάτων καθώς και οι όροι και προϋποθέσεις ασφαλούς κυκλοφορίας τους.

Η τροφοδοσία των οχημάτων στην Ελλάδα με υγραέριο (LPG) γίνεται από τα πρατήρια υγραερίου τα οποία ιδρύονται και λειτουργούν σύμφωνα με τις διατάξεις του ΠΔ 595/84 όπως ισχύει. Η τροφοδοσία των πρατηρίων υγρών καυσίμων και υγραερίου γίνεται με βυτιοφόρα οχήματα τα οποία κατασκευάζονται και κυκλοφορούν σύμφωνα με τις διατάξεις του Π.Δ. 1224/81 (εντός σχεδίου πόλης) και του Β.Δ. 465/70 (λοιπές περιοχές) όπως αυτά ισχύουν.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί στη χώρα μας με συγκεκριμένα μέτρα τις Α.Π.Ε. και τα εναλλακτικά καύσιμα (alternative fuels) μεταξύ των οποίων και το υγραέριο, με διπλό στόχο αφενός την εξασφάλιση των ενεργειακών αναγκών των κρατών μελών της και αφετέρου την βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

3.1 Εισαγωγή

Το βιοντίζελ (**Εικόνα 3.1**) είναι καύσιμο φυτικής κυρίως προέλευσης, αντίθετα με το πετρελαϊκό ντίζελ που παράγεται από την διύλιση του αργού (ορυκτού) πετρελαίου. Προέρχεται συνήθως από την επεξεργασία φυτών αγροτικής παραγωγής όπως η ελαιοκράμβη, ο ηλίανθος, η σόγια και το καλαμπόκι. Είναι βιοδιασπώμενο, μη τοξικό, και ουσιαστικά δεν περιέχει θείο και αρωματικές ενώσεις.



Εικόνα 3.1 Βιοντίζελ.

3.2 Πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοντίζελ

Για την παραγωγή βιοντίζελ μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυτά όπως το βαμβάκι, το καλαμπόκι, ο ηλίανθος η ελαιοκράμβη (**Εικόνα 3.2**). Επιπλέον, είναι δυνατή η παραγωγή του από άχρηστα αγροτικά παραπροϊόντα, όπως χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια, διαφόρων ειδών σπόρους, ακόμη και από ζωικά λίπη.



Εικόνα 3.2 Ελαιοκράμβη.

Η ελαιοκράμβη είναι ετήσιο φυτό με παρόμοιες τεχνικές καλλιέργειας με εκείνες των χειμερινών σιτηρών και ανήκει στην οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Από ένα στρέμμα ελαιοκράμβη παράγονται κατά μέσο όρο 120-250 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-90 λίτρα βιοντίζελ.

Ο ηλίανθος (**Εικόνα 3.3**), είναι ετήσιο φυτό το οποίο ανήκει στην οικογένεια Compositae. Στην Ελλάδα καλλιεργείται ως πηγή φυτικού ελαίου διατροφής κυρίως στο βόρειο-ανατολικό μέρος της χώρας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ και περισσότερο από 10% προέρχεται από τον ηλίανθο. Από ένα στρέμμα ηλίανθο παράγονται κατά μέσο όρο 150-300 κιλά σπόρος (**Πίνακα 3.1**) με αντίστοιχη παραγωγή 58-116 λίτρα βιοντίζελ.



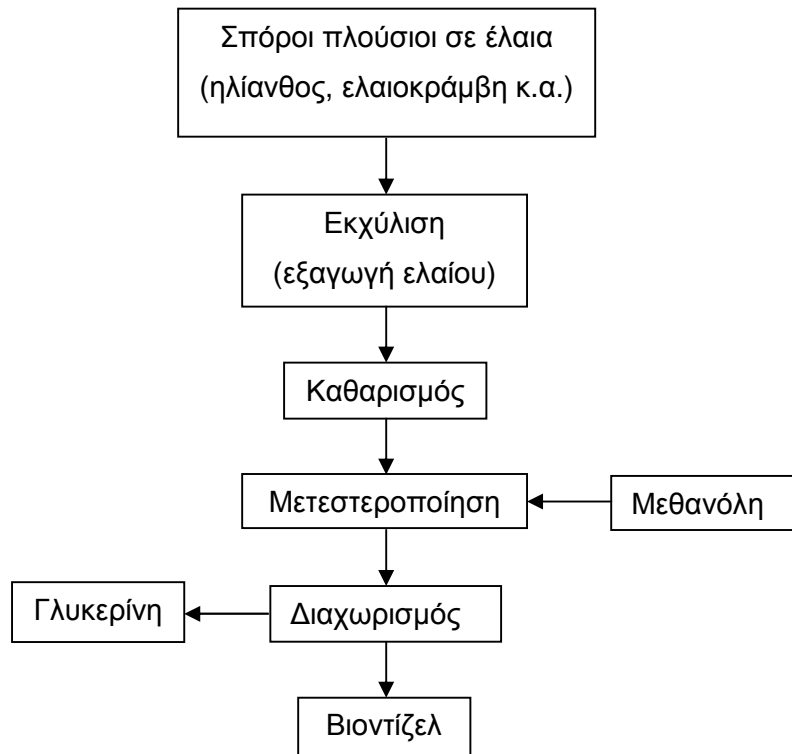
Εικόνα 3.3 Ηλίανθος.

Πρώτη ύλη	Απόδοση (κιλά/στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρ.)
Ηλίανθος Ελαιοκράμβη	150-300	50-100	58-116
Βαμβάκι	120-160	17-23	20-27
Σόγια	160-240	27-41	32-48
Αγριαγκινάρα	50-150	24-36	28-41

Πίνακας 3.1 Παραγωγή βιοντίζελ από διάφορα φυτά και αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και λάδι.

3.3 Στάδια παραγωγής

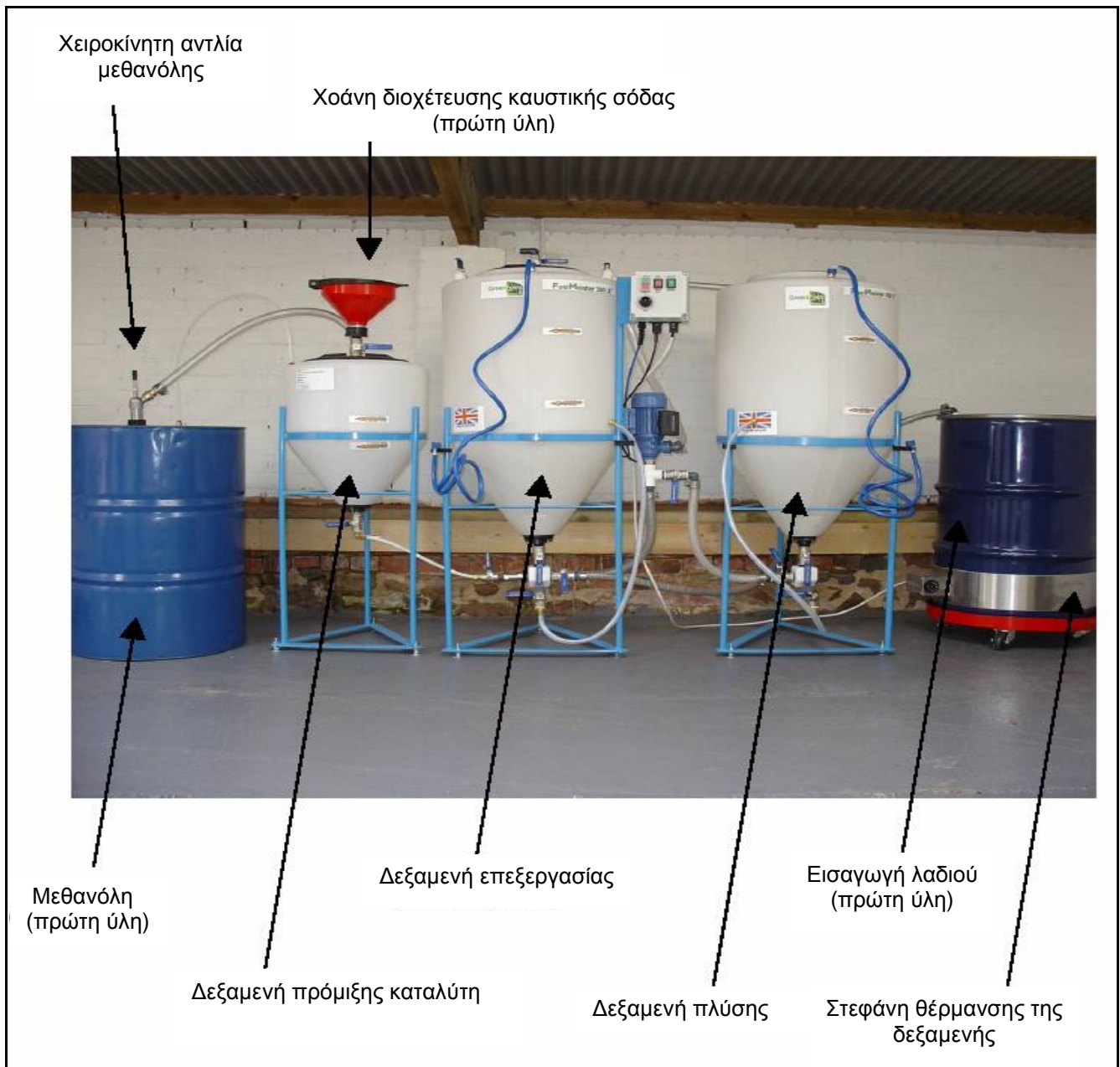
Αφού πραγματοποιηθεί η συλλογή των σπόρων από τα αντίστοιχα φυτά ακολουθεί η διεργασία της εκχύλισης (**Σχήμα 3.1**) όπου έχουμε την εξαγωγή ελαίου από τους σπόρους. Μετά ακολουθεί ο καθαρισμός του ελαίου και στη συνέχεια η αντίδραση (μετεστεροποίηση) των λιπαρών οξέων με κάποια αλκοόλη συνήθως μεθανόλη. Τέλος πραγματοποιείται ο διαχωρισμός όπου απομακρύνεται η γλυκερίνη και μένει καθαρό βιοντίζελ.



Σχήμα 3.1 Διεργασίες παραγωγής βιοντίζελ.

3.4 Τρόποι παραγωγής

Τέσσερις μέθοδοι έχουν διερευνηθεί που ελαττώνουν το ιξώδες των φυτικών ελαίων και επιτρέπουν τη χρήση τους ως καύσιμα σε κοινές μηχανές ντίζελ χωρίς προβλήματα. Ανάμιξη με το πετρελαϊκό diesel, πυρόλυση, μικρογαλακτοματοποίηση (ανάμειξη με διαλύτες) και η μετεστεροποίηση. Η μετεστεροποίηση είναι με διαφορά η πιο κοινή μέθοδος και η μόνη που οδηγεί σε προϊόντα γνωστά ως βιοντίζελ (αλκυλεστέρες). Στην **Εικόνα 3.4** βλέπουμε την διάταξη των συσκευών για την παραγωγή βιοντίζελ.



Εικόνα 3.4 Διάταξη συσκευών για την παραγωγή βιοντίζελ.

Η παραγωγή βιοντίζελ από έλαια και λίπη μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

- Ø Καταλυτική μετεστεροποίηση του ελαίου με μεθανόλη σε βασικό περιβάλλον.
- Ø Απευθείας καταλυτική εστεροποίηση του ελαίου με μεθανόλη σε όξινο περιβάλλον.

Ø Μετατροπή του ελαίου σε λιπαρά οξέα, και μετά σε μεθυλεστέρες με όξινη κατάλυση.

3.5 Παραγωγή του βιοντίζελ

Η μέθοδος παραγωγής βιοντίζελ που εφαρμόζεται παγκόσμια σε βιομηχανικό επίπεδο συνίσταται στην αντίδραση (μετεστεροποίηση) των τριγλυκεριδίων με κάποια αλκοόλη μικρού μοριακού βάρους. Τα τριγλυκερίδια είναι τριεστέρες της γλυκερόλης, δηλ. της 1,2,3-προπανοτριόλης, με λιπαρά οξέα (μονοκαρβοξυλικά οξέα μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας) και αποτελούν το κύριο συστατικό (σε ποσοστό μέχρι και 98% κ.β.) των φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών. Στον **Πίνακα 3.2** δίνεται η σύσταση των τριγλυκεριδίων ορισμένων γνωστών φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών.

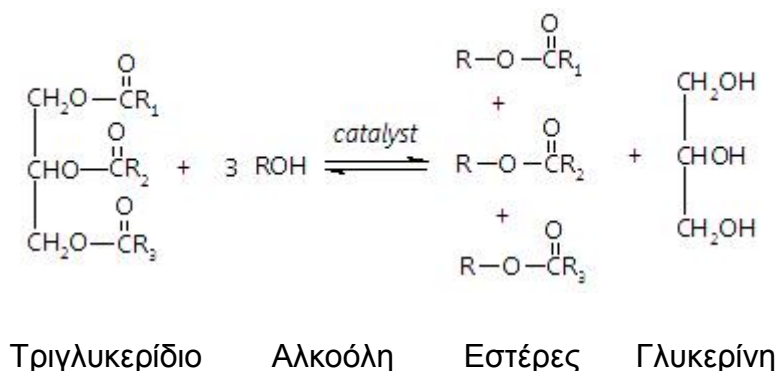
		Τύποι περιεχόμενων Λιπαρών Οξέων										
		C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:2	C18:3	C20:0 C22:0	C20:1 C22:1	Άλλα
Πηγές λιπών και ελαίων	Ζωικά Λίπη (Tallow)	-	-	0.2	2-3	25-30	2-3	-	-	0.4-1	0.3	0.5
	Λαρδί (Lard)	-	-	-	1	25-30	2-5	2	-	-	2-3	0.2
	Κοκοφόνικας (Coconut)	5-9	4-10	44-51	13-18	7-10	-	4-22	-	-	-	-
	Φοίνικας Κέρναλ (Palm Kernal)	2-4	3-7	45-52	14-19	6-9	0-1	1-3	-	1-2	-	-
	Φοίνικας (Palm)	-	-	-	1-6	32-47	-	1-2	-	-	-	-
	Κάρδαμο (Safflower)	-	-	-	-	5.2	-	2-11	-	-	-	-
	Φιστίκια (Peanut)	-	-	-	0-5	6-11	1-2	162	-	5-10	-	-
	Βαμβακόσπορος (Cottonseed)	-	-	-	0-3	17-23	-	17-38	-	-	2-3	-
	Αραβόσιτος (Corn)	-	-	-	0-2	8-10	1-2	34-55	-	-	0-2	-
	Ηλιάνθος (Sunflower)	-	-	-	-	6	-	693	0.3	1.4	-	-
	Σπόροι Σόγιας (Soybean)	-	-	-	0.3	7-11	0-1	50-60	2-10	5-10	-	-
	Σπόροι Κράμβης (Rapessed)	-	-	-	-	2-5	0-2	10-20	5-10	0.9	50-60	-
	Σπόροι Λιναριού (Linseed)	-	-	-	0.2	5-9	-	8-29	45-67	-	-	-
Σπόροι Σιναπιού (Mustard)	-	-	-	-	3	-	12	5-10	-	10-50	-	

Πηγή:

Biodiesel Handling and Use Guidelines ,K. Shaine Tyson, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-580-30004,September 2001

Πίνακας 3.2 Τυπική σύσταση και πηγές διαφόρων λιπών και ελαίων.

Ως αλκοόλη χρησιμοποιείται συνήθως η μεθανόλη λόγω του χαμηλού κόστους και των φυσικών και χημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει. Ειδικό καταλύτης (βάσεις, οξέα και ένζυμα) βοηθούν την αντίδραση, η οποία πραγματοποιείται σε χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης μετεστεροποίησης τα λιπαρά τμήματα του τριγλυκεριδίου αντικαθίστανται από το υδροξύλιο της αλκοόλης οπότε παράγονται αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων και ως ενδιάμεσα διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια, τα οποία με τη σειρά τους δίνουν νέους αλκυλεστέρες. Στο τέλος της αντίδρασης έχουν παραχθεί οι αλκυλεστέρες των λιπαρών οξέων (μεθυλεστέρες εφόσον ως αλκοόλη έχει χρησιμοποιηθεί η μεθανόλη), οι οποίοι αποτελούν το βιοντίζελ, και γλυκερίνη ως παραπροϊόν. Ακολουθεί κατάλληλος διαχωρισμός των προϊόντων και καθαρισμός του παραγόμενου βιοντίζελ. Στο **Σχήμα 3.2** φαίνεται συνοπτικά η αντίδραση μετεστεροποίησης τριγλυκεριδίου με αλκοόλη.



Σχήμα 3.2 Αντίδραση Μετεστεροποίησης Τριγλυκεριδίου.

3.6 Κατάλυση μετεστεροποίησης

Το είδος του καταλύτη που χρησιμοποιείται στην αντίδραση μετεστεροποίησης είναι σημαντικός παράγοντας, αφού καθορίζει την ποιότητα που πρέπει να έχουν οι πρώτες ύλες. Οι συνθήκες της αντίδρασης (θερμοκρασία, πίεση και αναλογίες των ποσοτήτων των αντιδραστηρίων) καθώς και τα στάδια διαχωρισμού των προϊόντων επίσης καθορίζονται από την ποιότητα των πρώτων υλών σε συνδυασμό με το είδος του καταλύτη. Οι διεργασίες στις οποίες βασίζεται η έως τώρα ανάπτυξη των

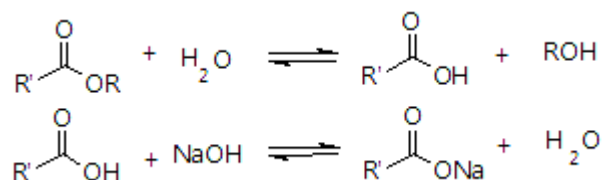
μονάδων παραγωγής βιοντίζελ πρώτης γενιάς σε ολόκληρο τον κόσμο χρησιμοποιούν ως καταλύτες κυρίως ισχυρές βάσεις (NaOH ή KOH, CH₃ONa κ.α.), οι οποίες διαλύονται στη μεθανόλη, σπανίως δε ισχυρά οξέα (πυκνό H₂SO₄).

3.7 Μηχανισμοί της βασικής και της όξινης ομογενούς κατάλυσης

Στην περίπτωση των υδροξειδίων η αντίδραση γίνεται κοντά στο σημείο ζέσης της μεθανόλης, σε θερμοκρασίες 60°C έως 64°C, οπότε η πίεση στο χώρο της αντίδρασης δεν υπερβαίνει το 1 bar, ο χρόνος που απαιτείται είναι περίπου μία (1) ώρα, ενώ η μοριακή αναλογία μεθανόλης / λαδιού που προτείνεται είναι ίση με 6/1.

Ένα αδύνατο σημείο της διεργασίας αυτής είναι η παρουσία των καταλυτών στο μίγμα. Η έκπλυση των δύο φάσεων αυξάνει το κόστος παραγωγής και δημιουργεί απόβλητα. Ακόμα, η φάση της γλυκερίνης αποκτά σκούρο καστανό χρώμα και απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία για την παραγωγή διαυγούς γλυκερίνης υψηλής αξίας.

Ένα επιπλέον πρόβλημα σχετικό με τη χρήση των υδροξειδίων αποτελεί η αντίδραση του καταλύτη με τα ελεύθερα οργανικά (λιπαρά) οξέα (FFAs) τα οποία περιέχονται κυρίως σε έλαια χαμηλής ποιότητας (όπως είναι τα απόβλητα έλαια βιομηχανιών ραφινάρισματος λαδιών και τα τηγανέλαια) ή δημιουργούνται από την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων λόγω του νερού που περιέχεται στα έλαια αυτά, με αποτέλεσμα να παράγονται σαπουνία (**Σχήμα 3.3**). Η παραγωγή σαπουνιών προκαλεί το σχηματισμό τζελ, αύξηση του ιξώδους του προϊόντος και σημαντική αύξηση του κόστους διαχωρισμού και καθαρισμού.



Σχήμα 3.3 Υδρόλυση εστέρων και σαπωνοποίησή τους.

Έτσι απαιτείται προεπεξεργασία των ελαίων αυτών με σκοπό την απομάκρυνση της περιεχόμενης υγρασίας και την όξινη εστεροποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων πριν οδηγηθούν στη βασική μέθοδο παραγωγής βιοντίζελ (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4 Εστεροποίηση ελεύθερων λιπαρών οξέων.

Συνεπώς, η χρήση ισχυρών ομογενών βάσεων απαιτεί σχετικά καθαρή πρώτη ύλη, δηλ. λάδι με πάρα πολύ χαμηλή οξύτητα (περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα μικρότερη από 0.5% κ.β.) και απαλλαγμένο από υγρασία, η οποία όχι μόνο στο λάδι αλλά και στον καταλύτη και στην χρησιμοποιούμενη αλκοόλη πρέπει συνολικά (δηλ. στο αντιδρών μίγμα) να βρίσκεται σε ποσοστό μικρότερο του 0.1-0.3% κ.β., κάτι που αυξάνει σημαντικά το κόστος του παραγόμενου βιοντίζελ, το οποίο στην περίπτωση αυτή οφείλεται κατά 70% περίπου στο κόστος της πρώτης ύλης (ραφιναρισμένα ή στη χειρότερη περίπτωση εξουδετερωμένα έλαια). Στην περίπτωση των ισχυρών οξέων δεν εμφανίζεται το πρόβλημα της παραγωγής σαπουνιών, η αντίδραση γίνεται στους 60°C έως 64°C, αλλά απαιτεί περίπου 50 ώρες για να ολοκληρωθεί, ενώ χρειάζεται μοριακή αναλογία μεθανόλης / λαδιού ίση με 30/1. Ωστόσο, η σύγκριση βασικής και όξινης κατάλυσης φαίνεται στον **Πίνακα 3.2**.

Μέθοδος	Θερμοκρασία	FFAs*	Χρόνος αντίδρασης	Μοριακή αναλογία Μεθανόλης / ελαίου
Βασική	60 - 65 °C	>0.5%κ.β.	1 - 1.5h	6 / 1
Όξινη	60 - 65 °C	<0.5%κ.β.	40 - 50h	30 / 1

*FFAs : Free Fatty Acids (Ελεύθερα Λιπαρά Οξέα)

Πίνακας 3.2 Σύγκριση βασικής και όξινης κατάλυσης.

Παρόλο που οι συμβατικές διεργασίες απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες για την αντίδραση, η συνεχής κατανάλωση του καταλύτη που επιβαρύνει οικονομικά τη διεργασία και συμβάλλει στη ρύπανση του περιβάλλοντος, η απαίτηση για συνεχή καθαρισμό του ρεύματος παραγωγής και οι χαμηλές αποδόσεις προϊόντων όταν χρησιμοποιούνται όξινα έλαια, οδήγησαν την έρευνα στην ανεύρεση νέων, οικονομικά αποδοτικών και ευέλικτων διεργασιών παραγωγής βιοντίζελ, οι οποίες χρησιμοποιούν στερεούς ετερογενείς καταλύτες για τη μετεστεροποίηση, δημιουργώντας έτσι μια νέα εποχή για την τεχνολογία παραγωγής βιοντίζελ. Συχνά τα λαμβανόμενα προϊόντα ονομάζονται και μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων- fatty acid methyl esters (FAME) αντί για βιοντίζελ.

3.8 Χημική σύσταση

Το βιοντίζελ είναι καύσιμο που κατασκευάζεται από φυτικά έλαια, ανακυκλωμένα μαγειρικά λίπη, ή ζωικά λίπη. Τα καύσιμα περιέχουν χαρακτηριστικά μέχρι 14 διαφορετικούς τύπους λιπαρών οξέων (**Πίνακας 3.3**) που μετασχηματίζονται χημικά στους μεθυλικούς εστέρες λιπαρών οξέων. Κάθε τύπος λιπαρού οξέως εμφανίζεται με διαφορετικό ποσοστό στις διάφορες πρώτες ύλες επηρεάζοντας επομένως τις ιδιότητες του καυσίμου.

ΟΝΟΜΑ ΛΙΠΑΡΟΥ ΟΞΕΩΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΟΜΩΝ C ΚΑΙ ΔΕΣΜΩΝ	ΧΗΜΙΚΗ ΔΟΜΗ
Καπρυλικό (Caprylic)	C8:0	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH
Καπρικό (Capric)	C10:0	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH
Λαουρικό (Lauric)	C12 :0	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH
Μυριστικό (Myristic)	C14:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH
Παλμιτικό (Palmitic)	C16:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH
Παλμιτολεϊκό (Palmitoleic)	C16:1	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Στεαρικό (Stearic)	C18:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH
Ολεϊκό (Oleic)	C18:1	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Λινολεϊκό (Linoleic)	C18:2	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Λινολεϊνικό (Linolenic)	C18:3	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Αραχιδικό (Arachidic)	C20:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH
Εικοσιενικό (Eicosenoic)	C20:1	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₉ COOH
Μπεχενικό (Behenic)	C22:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₀ COOH
Εουρσικό (Eurcic)	C22:1	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₁₁ COOH
Πηγή: Biodiesel Handling and Use Guidelines ,K. Shaine Tyson, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-580-30004, September 2001		

Πίνακας 3.3 Δομή λιπαρών οξέων που εμφανίζονται στο βιοντίζελ.

Υψηλά επίπεδα κορεσμένων αλυσίδων (C14:0, C16:0, C18:0) ανυψώνουν το σημείο ζέσης, αυξάνουν τον αριθμό κετανίου μειώνουν τα οξείδια του αζώτου (NO_x), και βελτιώνουν τη σταθερότητα. Περισσότερα πολυακόρεστα (C18:2, C18:3) θα μειώσουν το σημείο ζέσης, τον αριθμό κετανίου, και τη σταθερότητα (εκτός αν χρησιμοποιηθούν πρόσθετες ουσίες σταθεροποίησης), αλλά θα αυξηθούν τα οξείδια του αζώτου (NO_x).

3.9 Ιδιότητες καυσίμου

Το βιοντίζελ έχει πυκνότητα 0.88 kg/L έναντι 0.85 kg/L του ντίζελ . Επειδή το βιοντίζελ είναι ελαφρώς βαρύτερο από το ντίζελ, η κοινή διαδικασία μείξης είναι η προσθήκη του βιοντίζελ στο πάνω μέρος του ντίζελ. Επίσης δεν περιέχει άζωτο ή αρωματικές ουσίες και περιέχει χαρακτηριστικά λιγότερο από 15 ppm θείου.

Ακόμα έχει το υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο (117093 BTU ανά γαλόνι) από κάθε εναλλακτικό καύσιμο, επίσης βοηθά σημαντικά στην λίπανση, η οποία μειώνει το κόστος συντήρησης και την φθορά του κινητήρα. Το σημείο ανάφλεξης του είναι πάνω από 149°C έτσι είναι το ασφαλέστερο ως προς χρήση, αποθήκευση και χειρισμό από όλα τα συμβατικά καύσιμα. Κάποιες από τις επιλεγμένες ιδιότητες για το ντίζελ και το βιοντίζελ φαίνονται στον **Πίνακα 3.4**.

Ιδιότητες καυσίμου	Ντίζελ	Βιοντίζελ
Στάνταρ	ASTM D975	ASTM PS 121
Σύνθεση Καυσίμου	C10-C21 HC	C12-C22 FAME
Ελάχιστη θερμαντική Αξία (Btu/gal)	131295	117093
Κινηματικό Ιξώδες σε 40°C	1.3-4.1	1.9-6
Ειδικό βάρος σε 60°F (kg/l)	0.85	0.88
Πυκνότητα σε 15°C (lb/gal)	7.079	7.328
Νερό (ppm κ.β.)	161	0.05% max
Άνθρακας % κ.β.	87	77
Υδρογόνο % κ.β.	13	12
Οξυγόνο % κ.β.	0	11
Θείο % κ.β.	0.05 max	0- 0.0024
Σημείο Ζέσης°C	188-343	182-338
Σημείο Ανάφλεξης°C	60-80	100-170
<u>Σημείο Θόλωσης°C</u>	-15 έως 5	-3 έως 12
<u>Σημείο Απόχυσης°C</u>	-35 έως -15	-15 έως 10
<u>Αριθμός Κετανίου</u>	40-55	48-65
Στοιχειομετρική αναλογία αέρα/ καυσίμου κ.β.	15	13.8
Πηγή: Biodiesel Handling and Use Guidelines ,K. Shaine Tyson, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-580-30004,September 2001		

Πίνακας 3.4 Επιλεγμένες ιδιότητες για το ντίζελ και το βιοντίζελ.

Περιέχει οξυγόνο 11% κατά βάρος, στο οποίο οφείλεται η ελαφρώς χαμηλότερη θερμαντική αξία του (ενεργειακό περιεχόμενο) όπως και οι χαρακτηριστικά χαμηλές εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, αιθάλης, και υδρογονανθράκων. Το ενεργειακό περιεχόμενο (**Πίνακας 3.4**) του βιοντίζελ είναι κατά προσέγγιση 10% λιγότερο από το ντίζελ Νο. 2 και συγκρίσιμος με το ντίζελ Νο.1.(κηροζίνη) η αποδοτικότητα καυσίμων βιοντίζελ είναι η ίδια με τα καύσιμα ντίζελ. Η οικονομία, η ισχύς, και η ροπή είναι ανάλογες προς την θερμαντική αξία του βιοντίζελ ή του μείγματος βιοντίζελ.

Ντίζελ πετρελαίου	<i>129500 (Btu/gal)</i>	Ντίζελ πετρελαίου	<i>129500 (Btu/gal)</i>
Βιοντίζελ από ζωικά λίπη	<i>115720 (Btu/gal)</i>	Βιοντίζελ από φυτικά έλαια	<i>119216 (Btu/gal)</i>
Διαφορά	<i>-10.6%</i>		<i>-7.9%</i>

Πίνακας 3.4 Διαφορά στο ενεργειακό περιεχόμενο ανάμεσα στο βιοντίζελ και το ντίζελ.

3.10 Διάφορες χρήσεις του βιοντίζελ

Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υποκατάστατο του πετρελαϊκού ντίζελ για την κίνηση οχημάτων, είτε αυτούσιο είτε σε ανάμειξη με το συμβατικό ντίζελ. Η ανάμειξη του ενδείκνυται να γίνεται σε μίγματα 20% βιοντίζελ και 80% κανονικού ντίζελ (B20). Για αυτή την αναλογία δεν χρειάζεται να γίνουν μετατροπές στον κινητήρα του οχήματος. Αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η (VW) υποστηρίζουν πλήρη συμβατότητα με το βιοντίζελ στους κινητήρες. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο βαρέων φορτηγών και πλοίων με ένα πολύ χαμηλό κόστος μετατροπής.

Είναι δυνατή η χρήση του για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης με σχετικά μικρές μετατροπές στους καυστήρες. Βιοντίζελ μπορεί να παραχθεί ακόμα και στο σπίτι με εξοπλισμό αξίας περίπου 1500€.

3.11 Αναλογίες μειγμάτων ντίζελ - βιοντίζελ και αποτελέσματα αυτών

Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρό ή αναμεμειγμένο σε οποιαδήποτε αναλογία με το ντίζελ. Οι περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν ένα μείγμα 20% βιοντίζελ (B20) για ποικίλους λόγους:

Το B20 ελαχιστοποιεί τον αντίκτυπο του κόστους του βιοντίζελ στον χρήστη Ένα μείγμα 20% κρατά τις αυξήσεις των εκπομπών NO_x κάτω του (1-4%) και μέσα στα επιτρεπόμενα όρια εκπομπής για τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Ένα μείγμα

20% δίνει τα οφέλη της μείωσης των ρύπων με τη μείωση της αιθάλης, των στερεών ρύπων, των υδρογονανθράκων, του μονοξειδίου του άνθρακα, και του διοξειδίου του άνθρακα κατά τουλάχιστον 10% σε κάθε ένα. Το B20 δεν δημιουργεί σημαντικά προβλήματα με βούλωμα φίλτρων και το σχηματισμό ιζήματος που μπορούν να προκύψουν από την αλληλεπίδραση μεταξύ του βιοντίζελ και των συσσωρευμένων ιζημάτων και της λάσπης που σχηματίζεται στις δεξαμενές αποθήκευσης ντίζελ. Το B20 ελέγχει την αύξηση στο σημείο θόλωσης (cloud point) και το σημείο απόχυσης (pour point) ως ένα σημείο που μπορούν να ελέγξουν οι πρόσθετες ουσίες ψυχρής εκκίνησης. Θα προκύψουν λίγα προβλήματα συμβατότητας με υλικά για μείγμα B20. Τα πιο πλούσια μείγματα θα προκαλέσουν περισσότερα προβλήματα με τις λαστιχένιες τσιμούχες, φλάντζες και μάνικες εκτός αν έχουν αντικατασταθεί με υλικά ανθεκτικά στο βιοντίζελ.

Η χρήση του μείγματος B20 επιφέρει μια εξισορρόπηση μεταξύ του κόστους, των εκπομπών, του κρύου καιρού, της συμβατότητας των υλικών, και των ζητημάτων διαλυτικής ικανότητας. Οι χρήστες πρέπει να είναι προσεκτικοί κατά την μετάβαση από το B20 προς τα υψηλότερα μείγματα δεδομένου ότι ο κίνδυνος για εμφάνιση προβλημάτων αυξάνεται. Αυτά τα προβλήματα μπορούν να ρυθμιστούν αλλά πρέπει να σχεδιαστούν με προσοχή οι στρατηγικές για την επίλυση τους. Υψηλότερα μείγματα έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια εκτεταμένων χρονικών περιόδων και μερικοί εμπορικοί στόλοι χρησιμοποιούν B100.

Μείγματα με περιεκτικότητες 35%, 50% και υψηλότερες μπορούν να παράσχουν σημαντικά οφέλη από τη μείωση της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα, των στερεών ρύπων, της αιθάλης και των υδρογονανθράκων. Πλουσιότερα μείγματα μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων και άλλων τοξικών ή καρκινογόνων ουσιών. Τα πλουσιότερα μείγματα παρέχουν επίσης σημαντικές μειώσεις των εκπομπών των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου και αυξάνουν τον ανανεώσιμο χαρακτήρα του καυσίμου. Ένα μειονέκτημα των πλουσίων μειγμάτων είναι μια αύξηση στις εκπομπές οξειδίων αζώτου (NO_x). Βιοντίζελ που περιέχει υψηλά επίπεδα πολυακόρεστων παράγει περισσότερα NO_x από άλλο που περιέχει υψηλά επίπεδα κορεσμένων. Η άλλη άποψη σε αυτό το ζήτημα είναι ότι τα καύσιμα με υψηλά επίπεδα πολυακόρεστων έχουν καλύτερη συμπεριφορά στις κρύες καιρικές συνθήκες σε αντίθεση με τα καύσιμα, με υψηλά επίπεδα κορεσμένων. Τα θερινά μείγματα και τα χειμερινά μείγματα μπορούν να είναι μια στρατηγική για τον χρήστη, αλλά αυτό

δεν είναι μια τυποποιημένη πρακτική για την βιομηχανία βιοντίζελ αυτή τη στιγμή. Η έρευνα έχει προσδιορίσει μια πρόσθετη ουσία που παρέχει ένα περιορισμένο επίπεδο ελέγχου στις εκπομπές NO_x.

Προσθήκη 1% DTBP (διτριτοταγές βουτυλικό υπεροξειδίο) κατά όγκο στο B20 μπορεί να περιορίσει εντελώς τις εκπομπές NO_x. Η προσθήκη 5% DTBP στο B100 έχει διαφορετικά αποτελέσματα σε διαφορετικά είδη βιοντίζελ. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί στο εγγύς μέλλον καθώς άλλες πρόσθετες ουσίες ή λύσεις βρίσκονται στο στάδιο της εξέλιξης. Τα πλουσιότερα μείγματα του βιοντίζελ είναι δημοφιλή για χρήση σε παρθένα ή ευαίσθητα περιβάλλοντα, επειδή είναι βιοδιασπάσιμα και μειώνουν την τοξικότητα που πετρελαίου ντίζελ. Το B100 χρησιμοποιείται σε εμπορικούς στόλους, θαλάσσια σκάφη, και στον εξοπλισμό μεταλλείων. Σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να ληφθούν πρόσθετα μέτρα για την επίλυση των προβλημάτων που σχετίζονται με τις χαμηλές θερμοκρασίες, συμβατότητας υλικών και διαλυτότητας.

3.12 Ασφάλεια στο χειρισμό και την αποθήκευση

Το βιοντίζελ είναι ασφαλέστερο από το ντίζελ στο χειρισμό και την αποθήκευση. Δεν παράγει τους επικίνδυνους ατμούς στις κανονικές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες, και μπορεί να αποθηκευτεί στις ίδιες δεξαμενές με το ντίζελ. Τμήματα από χαλκό, ορείχαλκο, ψευδάργυρο, μόλυβδο, και κασσίτερο πρέπει να αντικατασταθούν από αργίλιο ή χάλυβα δεδομένου ότι αυτά τα μέταλλα οξειδώνουν τα καύσιμα.

3.13 Σωστή ανάμειξη

Μπορεί να αναμειχθεί με το ντίζελ χωρίς προβλήματα όταν η θερμοκρασία του ντίζελ είναι 10°C ή υψηλότερη. Εάν η θερμοκρασία των καυσίμων είναι λιγότερο από 7°C με 10°C, τότε οι κορεσμένες ενώσεις στο βιοντίζελ μπορούν να κρυσταλλωθούν και να φράξουν τα φίλτρα και τις σωληνώσεις.

Τα μείγματα του βιοντίζελ δεν διαχωρίζουν τα συστατικά τους με την παρουσία νερού. Όμως για σωστή αποθήκευση η παρουσία νερού πρέπει να ελεγχθεί και να ελεγχθεί και να ελαχιστοποιηθεί.

3.14 Μεταφορά και αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες

Όπως οποιαδήποτε καύσιμα ντίζελ, το βιοντίζελ μπορεί να πήξει στις χαμηλές θερμοκρασίες. Μερικοί τύποι βιοντίζελ παγώνουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες από άλλες, ανάλογα με το επίπεδο κορεσμένων συστατικών στα καύσιμα.

Το καθαρό βιοντίζελ πρέπει να αποθηκεύεται σε θερμοκρασίες τουλάχιστον 8°C υψηλότερες από το σημείο πήξης των καυσίμων (-1°C ως 7°C). Θερμοκρασίες αποθήκευσης 7°C ως 10°C είναι κατάλληλες για τα περισσότερα είδη καθαρού βιοντίζελ. Επίσης και για τα μείγματα απαιτούνται θερμοκρασίες αποθήκευσης τουλάχιστον 8°C υψηλότερες από το σημείο πήξης των καυσίμων.

Το καθαρό βιοντίζελ όπως και τα μείγματα μπορούν να αποθηκευτούν σε υπόγειες δεξαμενές στα περισσότερα κρύα κλίματα, αλλά για την υπέργεια αποθήκευση τα συστήματα καυσίμου πρέπει να προστατευθούν με μόνωση, με συστήματα ανάδευσης και θέρμανσης. Αυτή η προφύλαξη περιλαμβάνει τις δεξαμενές, τον εξοπλισμό των αντλιών και τα ίδια τα οχήματα.

Η μεταφορά του βιοντίζελ σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να γίνει με βυτιοφόρα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με σπείρες στις οποίες διοχετεύεται ατμός ώστε να ανεβεί η θερμοκρασία κατά την παραλαβή.

3.15 Σταθερότητα

Η οξειδωτική σταθερότητα είναι ένα σημαντικό ζήτημα της βιομηχανίας για τα καύσιμα ντίζελ και βιοντίζελ. Μερικά είδη βιοντίζελ είναι σταθερότερα από άλλα και τα ασταθή μείγματα βιοντίζελ περιέχουν πρόσθετες ουσίες για την αύξηση της σταθερότητας που αποδίδουν πολύ καλά. Η τάση καυσίμων να είναι ασταθή μπορεί να προβλεφθεί από τον αριθμό ιωδίου αλλά η μέθοδος προσδιορισμού μπορεί να μην υπολογίσει την παρουσία πρόσθετων ουσιών σταθερότητας. Ο αριθμός ιωδίου μετρά στην πραγματικότητα την παρουσία δεσμών C=C που είναι επιρρεπής σε οξείδωση. Εμπειρικά είναι γνωστό ότι η αστάθεια αυξάνεται κατά ένα παράγοντα για κάθε δεσμό C=C στη αλυσίδα λιπαρού οξέος έτσι, το 18:3 είναι τρεις φορές πιο ενεργό από το C18:0. Η σταθερότητα μπορεί να προβλεφθεί από τη γνώση της πρώτης ύλης μόνο εάν γνωρίζουμε το ποσοστό των λιπαρών οξέων C18:2 και C18:3 και εάν γνωρίζουμε αν τα καύσιμα έχουν περιέχουν πρόσθετα σταθερότητας. Υψηλά

ποσοστά αυτών των δύο τύπων λιπαρών οξέων μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς τη σταθερότητα καυσίμων εάν δεν χρησιμοποιηθούν πρόσθετες ουσίες

Χαμηλή σταθερότητα μπορεί να οδηγήσει σε όλο και μεγαλύτερες ποσότητες οξέων, αυξάνοντας το ιξώδες και τον σχηματισμό ρητινών και ιζημάτων που μπορούν να φράξουν τα φίλτρα. Η σύγκριση του αριθμού των οξέων και του ιξώδους των καυσίμων κατά τακτά χρονικά διαστήματα μπορεί μας υποψιάσει για εάν τα καύσιμα οξειδώθηκαν ή όχι, αλλά πρέπει να πάρουμε ένα δείγμα στη αρχή όταν τα καύσιμα είναι φρέσκα. Η μακρόχρονη αποθήκευση των καυσίμων με παρουσία ντίζελ, πρόσθετων ουσιών ντίζελ, ύδατος, ιζημάτων, θερμότητας, και αέρα δεν έχει τεκμηριωθεί επαρκώς προς το παρόν. Το βιοντίζελ και τα μείγματα του δεν πρέπει να αποθηκευτούν για περισσότερο από 6 μήνες είτε στις δεξαμενές είτε στα οχήματα έως ότου μελετηθεί επαρκώς το θέμα.

Εάν είναι απαραίτητο να αποθηκευτεί το βιοντίζελ για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από 6 μήνες ή οι συνθήκες αποθήκευσης είναι κακές, πρέπει να χρησιμοποιηθούν αντιοξειδωτικά. Τα κοινά αντιοξειδωτικά που λειτουργούν με το βιοντίζελ είναι το TBHQ (τ-βουτυλική υδροκινόνη), τεποχ 21, και τοκοφερόλη (βιταμίνη Ε) Τα περισσότερα πωλούνται από τις εταιρίες πρόσθετων ουσιών για τρόφιμα. Τα κονιοποιημένα αντιοξειδωτικά είναι δύσκολο να αναμειχθούν στο βιοντίζελ. Ένα τέχνασμα που χρησιμοποιείται είναι να θερμανθεί ένα μικρό ποσό βιοντίζελ (γύρω στα 5 Lt) μεταξύ 38-40°C ή μέχρι όλο το κονιοποιημένο αντιοξειδωτικό διαλυθεί. Κατόπιν αναμειγνύουμε αυτή την ποσότητα με το υπόλοιπο καύσιμο.

Βιοκτόνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε η αύξηση βιολογικών παραγόντων στα καύσιμα δημιουργεί πρόβλημα. Εάν η βιολογική μόλυνση είναι πρόβλημα, πρέπει να βελτιωθούν οι συνθήκες αποθήκευσης και η περιεκτικότητα του ύδατος πρέπει να μειωθεί, δεδομένου ότι οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται στο νερό και όχι ίδια τα στα καύσιμα.

3.16 Διαλυτική ικανότητα

Το βιοντίζελ είναι ένας ήπιος διαλύτης. Σε παρατεταμένη επαφή με χρωματισμένες επιφάνειες, μπορεί να παραμορφώσει μερικά χρώματα. Το πρόβλημα που συνήθως σχετίζεται με τη διαλυτική ικανότητα του βιοντίζελ είναι η

τάση "να καθαρίζει" τις δεξαμενές αποθήκευσης, συμπεριλαμβανομένων των δεξαμενών και των συστημάτων καυσίμου των οχημάτων.

Το πετρέλαιο ντίζελ τείνει να διαμορφώσει ιζήματα που κολλούν και συσσωρεύονται στα συστήματα αποθήκευσης, σχηματίζοντας στρώματα λάσπης ή γλίτσας στα συστήματα καυσίμων. Το βιοντίζελ θα διαλύσει αυτά τα ιζήματα και θα φέρει τα διαλυμένα στερεά στα συστήματα καυσίμων των οχημάτων. Τα φίλτρα καυσίμων θα συλλέξουν το μεγαλύτερο μέρος του, αλλά σε βαριές περιπτώσεις, τα διαλυμένα ιζήματα έχουν προκαλέσει την βλάβες στους εγχυτήρες των μηχανών.

3.17 Σημείο ανάφλεξης

Το σημείο ανάφλεξης καυσίμων ορίζεται ως η θερμοκρασία στην οποία αναφλέγεται το καύσιμο όταν εκτεθεί σε έναν σπινθήρα ή μια φλόγα. Το σημείο ανάφλεξης του βιοντίζελ είναι πάνω από 149°C, ενώ του πετρελαίου και των καυσίμων που βασίζονται σε αυτό έχουν σημείο ανάφλεξης περίπου 52 °C. Δοκιμές έχουν δείξει ότι το σημείο ανάφλεξης των μειγμάτων ντίζελ-βιοντίζελ αυξάνεται καθώς μεγαλώνει η ποσότητα του βιοντίζελ στο μείγμα. Επομένως, το βιοντίζελ και τα μείγματα του είναι ασφαλέστερα στην αποθήκευση, το χειρισμό και τη χρήση σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.

3.18 Συμβατότητα υλικών

Ο ορείχαλκος, ο χαλκός, ο μόλυβδος, ο κασσίτερος, και ο ψευδάργυρος θα οξειδώσουν τα καύσιμα ντίζελ και βιοντίζελ και θα δημιουργήσουν ιζήματα. Τα υλικά συγκολλησεως από μόλυβδο και οι επενδύσεις ψευδάργυρου πρέπει να αποφευχθούν, όπως επίσης οι χάλκινοι σωλήνες και εξαρτήματα και οι ρυθμιστές ορείχαλκου. Τα καύσιμα ή τα εξαρτήματα θα τείνουν να αλλάξουν χρώμα και θα σχηματιστούν ιζήματα, με συνέπεια να βουλώσουν τα φίλτρα καυσίμου. Ο εξοπλισμός που επηρεάζεται πρέπει να αντικατασταθεί με ανοξειδωτο χάλυβα ή αργίλιο. Τα αποδεκτά υλικά δεξαμενών αποθήκευσης περιλαμβάνουν το αργίλιο, το

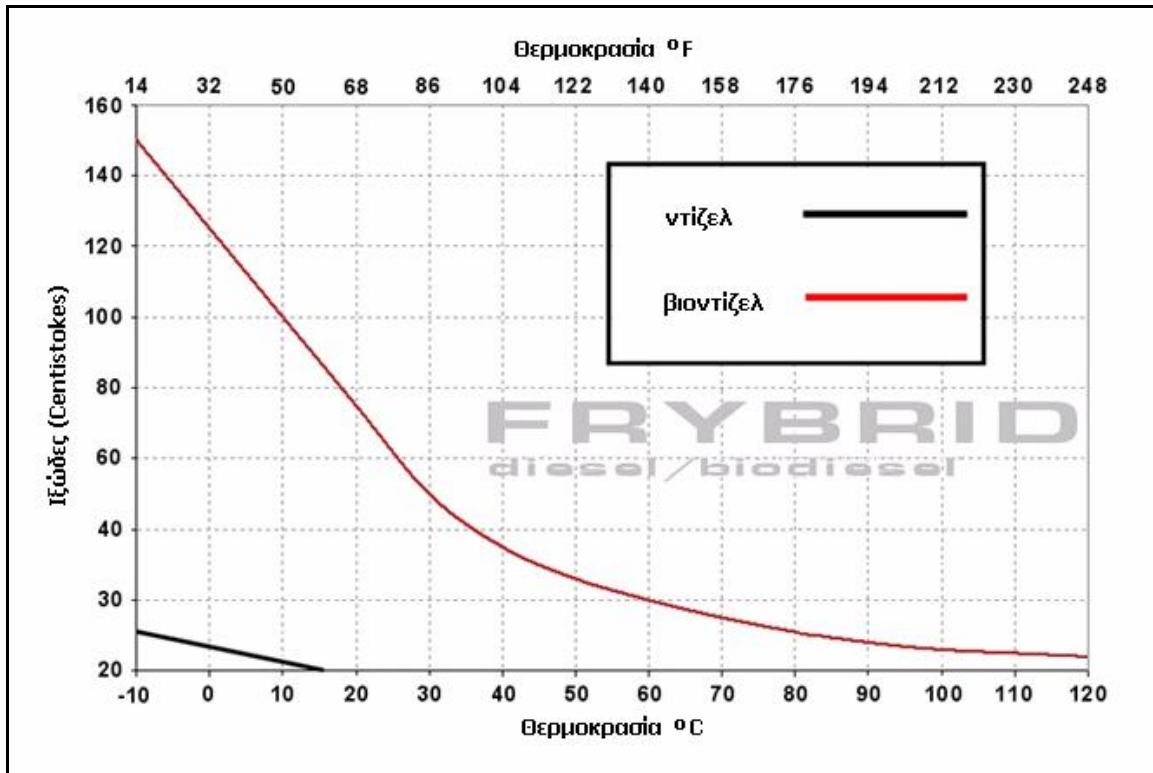
χάλυβα, το φθοριωμένο πολυαιθυλένιο, το φθοριωμένο πολυπροπυλένιο, και το τεφλόν.

Η επίδραση B20 στα ευπρόσβλητα υλικά είναι αμβλυμένη έναντι των πλουσιότερων μειγμάτων. Κάποια αργή οξειδωση μπορεί να εμφανιστεί, αν και μπορεί να πάρει περισσότερο χρόνο για να υλοποιηθεί. Το βιοντίζελ μπορεί επίσης να επηρεάσει μερικές φλάντζες, τσιμούχες, και κόλλες, ιδιαίτερα εκείνες που κατασκευάστηκαν πριν από το 1993 και εκείνες που γίνονται από φυσικό ελαστικό. Οι περισσότερες μηχανές που κατασκευάστηκαν μετά από το 1994 περιέχουν φλάντζες, τσιμούχες, και κόλλες που είναι γενικά ανθεκτικά στο βιοντίζελ.

3.19 Μετατροπές οχημάτων για τη χρήση βιοντίζελ

Στους σύγχρονους κινητήρες εγκαθίστανται συστήματα εγχύσεως με σκοπό να διανέμουν και να ψεκάζουν κατάλληλα τα καύσιμα ντίζελ που έχουν ένα ιξώδες περίπου 8 centistokes, τα κοινά φυτικά έλαια έχουν 10-20 φορές πιο (παχύ) ιξώδες έτσι είναι αδύνατο να ψεκαστούν μέσω ενός εγχυτήρα που σχεδιάζεται για ένα ρευστό με πολύ μικρότερο ιξώδες. Έτσι ένα σχέδιο ψεκασμού για μια οποιαδήποτε θερμοκρασία θα οδηγήσει στην ατελή καύση. Αυτό θα οδηγήσει στη συγκέντρωση ανθρακούχων καταθέσεων που συγκεντρώνονται στα τοιχώματα των κυλίνδρων και τις κεφαλές των εμβόλων όπου καταστρέφουν τον κινητήρα.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να μειωθεί το ιξώδες του βιοντίζελ (φυτικού ελαίου), ο απλούστερος είναι να το θερμάνουμε, όπως μπορείτε να δείτε από τις πληροφορίες που παρουσιάζονται στο **Διάγραμμα 3.1**, όταν θερμανθεί το βιοντίζελ σε 71°C το ιξώδες του είναι πολύ κοντά σε αυτό του ντίζελ.



Διάγραμμα 3.1 Σχέση της θερμοκρασίας και του ιξώδους μεταξύ ντίζελ και βιοντίζελ.

Υπάρχουν τώρα δύο σημαντικά προβλήματα που πρέπει να ξεπεραστούν:

- 1) Το βιοντίζελ πρέπει να θερμανθεί τουλάχιστον σε 71°C πριν εγχυθεί έτσι ώστε μπορεί να ψεκαστεί κατάλληλα από τους εγχυτήρες.
- 2) Ο κινητήρας πρέπει να είναι στη θερμοκρασία λειτουργίας 82°C προτού εγχυθεί οποιοδήποτε πετρέλαιο.

Δεδομένου ότι έχουμε έναν κινητήρα που ψύχεται με ψυκτικό μέσο (αποσταγμένο νερό 50%, γλυκόλη αιθυλενίου 50%) έχουμε μια αφθονία ψυκτικού μέσου που έχει θερμανθεί σε 82°C μέχρι ο κινητήρας να φθάσει στη θερμοκρασία λειτουργίας, έχουμε μια έτοιμη πηγή θερμότητας. Δεδομένου ότι ο κινητήρας έχει θερμοκρασία λειτουργίας 82°C, καλύπτει τις απαιτήσεις που τίθενται από το πρόβλημα που αφορά τη θερμοκρασία λειτουργίας. Με τη χρησιμοποίηση ενός ψυκτικού μέσου που είναι 82°C μπορούμε εύκολα να προθερμάνουμε τα καύσιμα σε θερμοκρασία άνω των 71°C μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας κάτι που καλύπτει τις απαιτήσεις του προβλήματος θέρμανσης καυσίμου.

Έτσι θα πρέπει να έχουμε ένα όχημα με δύο ανεξάρτητα συστήματα καυσίμου, ένα για το ντίζελ και ένα για το βιοντίζελ. Πρώτα εκκινούμε το όχημα με ντίζελ και

μετά το λειτουργούμε με βιοντίζελ όταν φθάσει στη θερμοκρασία λειτουργίας. Πριν σταματήσουμε τον κινητήρα πρέπει να επαναφέρουμε τη λειτουργία του στο ντίζελ μέχρι να καθαριστεί πλήρως το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου ούτως ώστε να είναι δυνατή η επανεκκίνηση του οχήματος χωρίς να υπάρξουν τα παραπάνω προβλήματα.

3.20 Το Σύστημα Frybrid

Για να μην εμφανιστούν τα προαναφερθέντα προβλήματα χρειάζεται ένα κατάλληλο κιτ μετατροπής για τη σωστή λειτουργία του συστήματος χωρίς να υπάρχει κίνδυνος ζημίας του κινητήρα το οποίο θα πρέπει να περιέχει τα ακόλουθα:

Ø Δεξαμενή αποθήκευσης καυσίμου

Οι δεξαμενές αποθήκευσης βιοντίζελ (**Εικόνα 3.5**) κατασκευάζονται με προδιαγραφές ίδιες με αυτές των δεξαμενών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα αγώνων. Η δεξαμενή πρέπει να έχει ένα εσωτερικό διάφραγμα για να αποτρέψει τον παφλασμό του καυσίμου στα τοιχώματα της. Πρέπει να κατασκευαστεί από ένα υλικό που δεν αντιδρά με το βιοντίζελ όπου θα περιέχει. Η περιοχή γύρω από τον αγωγό συλλογής καυσίμου πρέπει να θερμανθεί για να εξασφαλιστεί ότι το καύσιμο που είναι αρκετά λεπτόρρευστο δεν θα διαρρεύσει μέσω των γραμμών καυσίμου.



Εικόνα 3.5 Δεξαμενή αποθήκευσης βιοντίζελ.

Ø Θερμαινόμενες γραμμές κυκλοφορίας καυσίμου

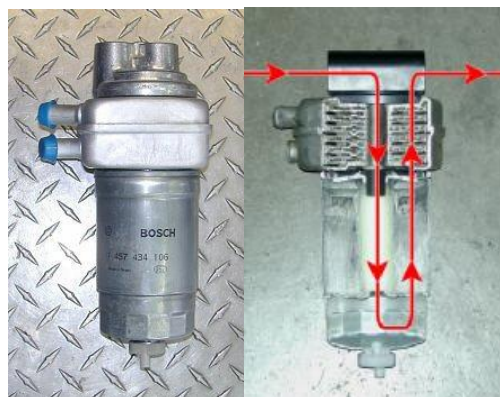
Οι γραμμές τροφοδοσίας καυσίμου και επιστροφής αχρησιμοποίητου καυσίμου πρέπει να θερμαίνονται για να κάνουν το καύσιμο λεπτόρρευστο τόσο όσο να μπορεί να ρέει με ευκολία στο σύστημα τροφοδοσίας και επιστροφής χωρίς να περιορίζεται. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός εναλλάκτη (Εικόνα 3.6) θερμότητας εντός της δεξαμενής.



Εικόνα 3.6 Εναλλάκτης θερμότητας εντός της δεξαμενής.

Ø Θερμαινόμενο φίλτρο καυσίμου

Το φίλτρο καυσίμου (Εικόνα 3.7) θα πρέπει επίσης και αυτό να θερμανθεί έτσι ώστε τα καύσιμα να φιλτράρονται εύκολα, επιπλέον το ίδιο φίλτρο θα πρέπει να αντικαθίσταται με ευκολία και να είναι διαθέσιμο στην αγορά.



Εικόνα 3.7 Θερμαινόμενο φίλτρο καυσίμου.

Ø Εναλλάκτης Θερμότητας

Ένας τελικός εναλλάκτης θερμότητας (**Εικόνα 3.8**) ικανός να χρησιμοποιεί το ψυκτικό μέσο του κινητήρα για να θερμαίνει το καύσιμο στην απαιτούμενη θερμοκρασία ώστε να επιτυγχάνεται μέγιστη ροή καυσίμου.



Εικόνα 3.8 Τελικός εναλλάκτης θέρμανσης καυσίμου.

Ø Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εναλλαγής καυσίμου

Το σύστημα Frybrid χρησιμοποιεί δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (**Εικόνα 3.9**) που εναλλάσσουν τα καύσιμα μεταξύ των δύο συστημάτων καυσίμου, η κάθε μια ελέγχεται χωριστά.



Εικόνα 3.9 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εναλλαγής καυσίμου.

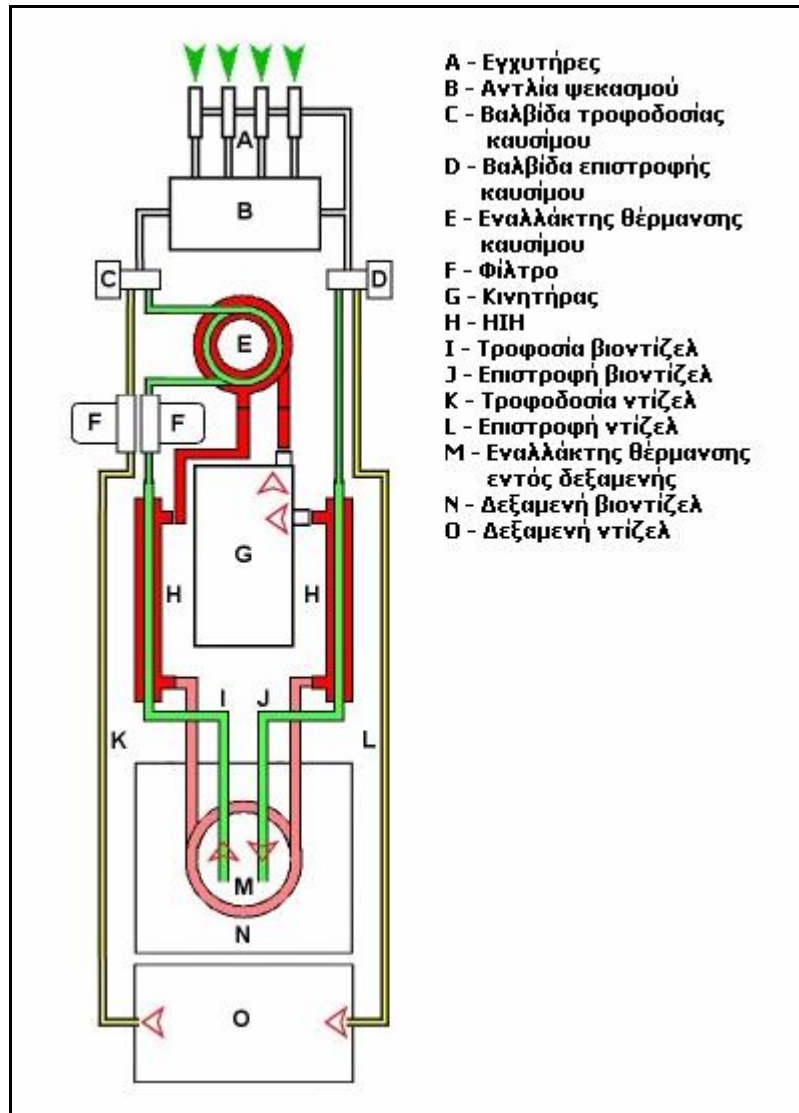
Ø Μικροεπεξεργαστής

Ο μικροεπεξεργαστής ελέγχου Frybrid GEN-3 (**Εικόνα 3.10**) αυτόματης εναλλαγής σε βιοντίζελ όταν επιτευχθεί η κατάλληλη θερμοκρασία, μας εξασφαλίζει ότι το βιοντίζελ δεν εισάγεται στο σύστημα καυσίμου πριν φθάσει στη θερμοκρασία λειτουργίας. Επίσης περιέχει συναγερμό προειδοποίησης για τη διακοπή της λειτουργίας του κινητήρα χωρίς την εκκαθάριση του βιοντίζελ από το σύστημα τροφοδοσίας.



Εικόνα 3.10 Μικροεπεξεργαστής Frybrid GEN-3.

Στην **Εικόνα 3.11** βλέπουμε το βασικό σχεδιάγραμμα του συστήματος FRYBRID. Η καρδιά του συστήματος είναι ο μικροεπεξεργαστής Frybrid GEN-3 που ελέγχει τις λειτουργίες όλων των συστημάτων. Ελέγχει τη θερμοκρασία ψυκτικού μέσου με έναν ειδικό αισθητήρα και καθορίζει πότε η θερμοκρασία ψυκτικού μέσου είναι επαρκής για τον τελικό εναλλάκτη θερμότητας καυσίμου για να παραγάγει το καύσιμο στη θερμοκρασία εγχύσεως, μεταστρέφει το σύστημα από το ντίζελ σε βιοντίζελ, στρέφοντας τον διακόπτη στη "λειτουργία βιοντίζελ" απενεργοποιείται η "λειτουργία ντίζελ" και αντίστροφα.



Εικόνα 3.11 Βασικό σχεδιάγραμμα του συστήματος Frybrid.

Μερικά δευτερόλεπτα προτού να διακοπεί η λειτουργία του οχήματος ο οδηγός πρέπει απλά να στρέψει το διακόπτη "εκκαθάρισης" και το Frybrid GEN-3 θα αρχίσει αυτόματα έναν κύκλο εκκαθαρίσεων που ξεπλένει όλο το βιοντίζελ από το σύστημα κυκλοφορίας καυσίμου, το επαναφέρει στο ντίζελ, διακόπτει τη "λειτουργία βιοντίζελ" και ενεργοποιεί τη "λειτουργία εκκαθάρισης", όταν τελειώνει ο καθαρισμός ενεργοποιείται πάλι η "λειτουργία ντίζελ". Εάν διακοπεί η λειτουργία του οχήματος λειτουργώντας "στο βιοντίζελ" ή κατά τη διάρκεια της "εκκαθάρισης" ένας συναγερμός θα ηχήσει και θα συνεχίσει να ηχεί έως ότου επανεκκινηθεί ο κινητήρας ώστε το Frybrid GEN-3 να επιστρέψει το όχημα στη "λειτουργία ντίζελ" εκτός αν ο κύκλος εκκαθαρίσεων ολοκληρωθεί πριν από τη διακοπή του κινητήρα. Αυτό το

χαρακτηριστικό γνώρισμα εξασφαλίζει ότι ο οδηγός δεν μπορεί να ξεχάσει να πραγματοποιήσει καθαρισμό στο σύστημα πριν από τη διακοπή λειτουργίας.

Το σύστημα χαρακτηρίζεται επίσης από την ικανότητα να αρχίζει αυτόματα το κύκλο εκκαθαρίσεων με έναν σχεδόν απεριόριστο αριθμό εξωτερικών αισθητήρων όπου περιλαμβάνεται όπως χαμηλή ποσότητα καυσίμου στη δεξαμενή βιοντίζελ. Επιπλέον η μονάδα μπορεί να ρυθμιστεί για να μεταπηδήσει στο βιοντίζελ με το χέρι ή αυτόματα (χρήσιμο κατά το δανεισμό του οχήματός σε άτομα που δεν είναι οικεία με το σύστημα).

Οι έλεγχοι μέσα στο όχημα είναι απλοί και εύκολοι. Ένας πρότυπος μετρητής καυσίμου για τη δεξαμενή βιοντίζελ, ένας διακόπτης περιστροφής για να αρχίσει τον κύκλο εκκαθαρίσεων, ένας διακόπτης τριών θέσεων για να ρυθμίζει σύστημα και τρεις λυχνίες δεικτών (ΚΟΚΚΙΝΟ = "λειτουργία ντίζελ", ΠΡΑΣΙΝΟ = "λειτουργία βιοντίζελ" και ΚΙΤΡΙΝΟ = "λειτουργία εκκαθάρισης").

3.21 Εγγύηση του συστήματος Frybrid

Όλα τα εξαρτήματα του συστήματος Frybrid, με εξαίρεση τις αντλίες καυσίμου και τα μίας χρήσης ή αναλώσιμα στοιχεία όπως τα φίλτρα, φέρουν μια εγγύηση 4 ετών έναντι στις ατέλειες των κατασκευαστών όπου και αντικαθίστανται κατά τη διάρκεια της εγγύησης δωρεάν. Μερικά εξαρτήματα όπως οι αντλίες καυσίμων, που δεν είναι από τη Frybrid LLC φέρουν μια εγγύηση από τον κατασκευαστή τους OEM.

Οποιοδήποτε εξάρτημα είναι ελαττωματικό μπορεί να επιστραφεί για την αντικατάσταση του ή για μια επιστροφή χρημάτων (κατά την κρίση των προμηθευτών). Το εξάρτημα πρώτα πρέπει να επιστραφεί στη Frybrid LLC όπου θα αξιολογηθεί, εάν το πρόβλημα προήλθε από μια ατέλεια κατασκευής ή από αντικανονική χρήση, τότε το εξάρτημα θα αντικατασταθεί ή θα επιστραφεί. Εάν βρεθεί ότι το εξάρτημα έχει χαλάσει λόγω αντικανονικής χρήσης όπως παραμέληση, εσφαλμένη εγκατάσταση ή οποιαδήποτε άλλη βλάβη άσχετη με τα κατασκευαστικά δεδομένα, τότε δεν γίνεται καμία αντικατάσταση ή επιστροφή. Η Frybrid LLC μπορεί κατά την κρίση της να προσφέρει ένα μέρος αντικατάστασης.

Κανένα εξάρτημα δεν αντικαθίσταται προτού να επιστραφεί το μέρος του που υποτίθεται ότι ήταν ελαττωματικό στη Frybrid LLC για την αξιολόγηση του.

3.22 Σύγκριση ισχύος και οικονομίας καυσίμου

Το βιοντίζελ έχει περίπου 90-95% της θερμικής ενέργειας, κατά όγκο έναντι του ντίζελ. Όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους είναι ίδια που σημαίνει ότι θα υπάρξει μια μικρή μείωση για κάθε μίλι/γαλόνι έναντι του ντίζελ.

Η ηλεκτρική θέρμανση και οι ηλεκτρικές αντλίες μπορεί να προκαλέσουν μια περαιτέρω μείωση της οικονομίας του καυσίμου, δεδομένου ότι αυτοί οι παράγοντες μειώνουν την απόδοση του συστήματος. Το παχύρευστο και ανεπαρκώς θερμασμένο καύσιμο μειώνει την οικονομία καυσίμου καθώς αναγκάζει τις ηλεκτρικές αντλίες να δουλεύουν σκληρά για να κινήσουν έναν δεδομένο όγκο, φορτώνοντας περαιτέρω το σύστημα. Το σύστημα Frybrid αποφεύγει τις περισσότερες από αυτές δευτερεύουσες πηγές μείωσης οικονομίας καυσίμου, δεδομένου ότι ολόκληρο το σύστημα καυσίμου θερμαίνεται με το ψυκτικό μέσο του κινητήρα, με εξαίρεση τα συστήματα Danco που έχουν ηλεκτρικά θερμαινόμενα φίλτρα.

Ανάλογα με το σύστημα διανομής καυσίμου, μπορεί να υπάρξει μια μείωση μέχρι 10% της ισχύος για ακραίες μεταβολές φορτίου. Αυτή η απώλεια ισχύος γίνεται αντιληπτή μόνο κοντά στην ανάπτυξη πλήρων στροφών του κινητήρα.

3.23 Επίδραση της χρήσης του βιοντίζελ στους κινητήρες

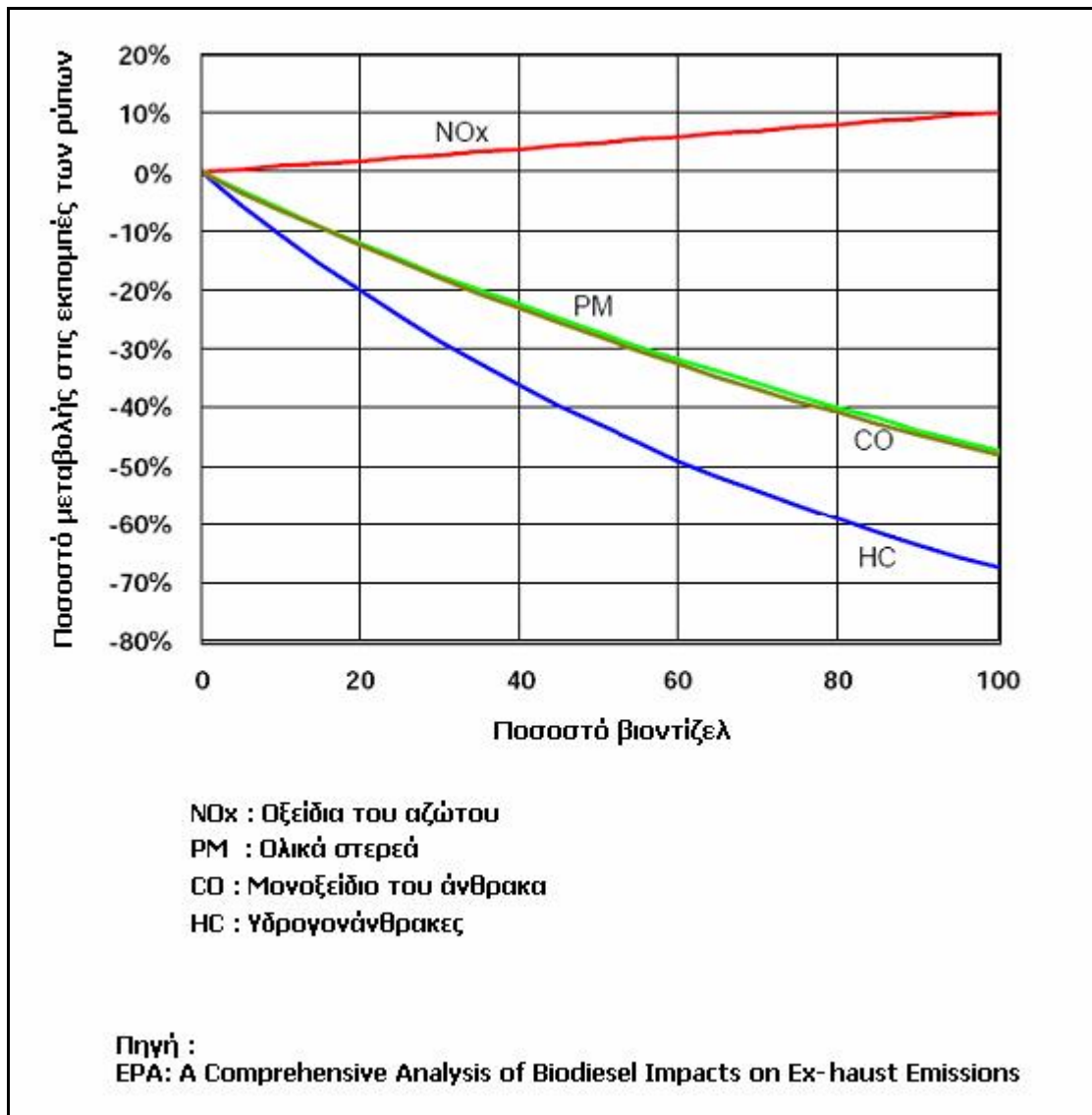
Η χρήση βιοντίζελ σε ποσοστό πάνω από 10-20%, ενδέχεται να δημιουργήσει διάφορα προβλήματα όπως :

- Διάβρωση και αποθέσεις σε ακροφύσια και έμβολα. Πάντως, οι καταστάσεις αυτές δεν είναι ανεπίστρεπτες.
- Η χρήση βιοντίζελ σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% μπορεί να επηρεάσει ελαστομερή μη συμβατά με αυτό.
- Το καθαρό βιοντίζελ προκαλεί διαρροές μετά από 6-10 μήνες, ενώ μπορεί να διαλύσει παλαιότερες αποθέσεις προκαλώντας απόφραξη φίλτρων.
- Γενικώς τα σύγχρονα ντεπόζιτα είναι ανθεκτικά στο βιοντίζελ, ενώ σε πιο παλιά οχήματα είναι βαμμένα με μπογιά που διαλύεται από το βιοντίζελ.
- Σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσει απόφραξη φίλτρων και γραμμών καυσίμου. Σε μικρές συγκεντρώσεις, το πρόβλημα αυτό δεν υπάρχει.
- Βλάβες στις αντλίες έγχυσης του καυσίμου.

3.24 Επίδραση του βιοντίζελ στις εκπομπές καυσαερίων

Ως προϊόν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το βιοντίζελ είναι ένα καθαρό και μη τοξικό καύσιμο. Δεν περιέχει αρωματικές ενώσεις όπως βενζόλιο, τολουόλιο και ξυλόλιο. Οι εκπομπές ρύπων όπως οξειδίων του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα, άκαυστων υδρογονανθράκων και αιθάλης είναι πολύ χαμηλές σε σύγκριση με αυτές του ντίζελ. Η παρουσία του θείου στα καύσιμα ευθύνεται για τα οξείδια του θείου (SO_x) στα καυσαέρια τα οποία αποτελούν έναν από τους κυριότερους ρύπους του ντίζελ. Στο βιοντίζελ η περιεκτικότητα σε θείο είναι πάρα πολύ μικρή, σχεδόν μηδενική. Επίσης, περιέχει αρκετό οξυγόνο (περίπου 10% κ.β.) που καθιστά την καύση του λιγότερο ατελή, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO), σε άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC) και σε αιθάλη να είναι πολύ μικρότερη εν συγκρίσει με το συμβατικό ντίζελ. Επιπλέον, η καύση του βιοντίζελ δεν αυξάνει το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (το οποίο είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου), αφού η ποσότητα του CO_2 που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης αφομοιώνεται στη συνέχεια από το φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Το θέμα των οξειδίων του αζώτου έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές. Οι περισσότεροι παρατηρούν αύξηση στις εκπομπές των NO_x . Η μείωση ή η αύξηση των NO_x εξαρτάται από τον κύκλο οδήγησης, τον τύπο του κινητήρα, την ηλικία του και την παρουσία ή όχι καταλύτη. Στο **Διάγραμμα 3.2** βλέπουμε πως μεταβάλλονται τα ποσοστά των εκπεμπόμενων ρύπων συναρτήσει του % ποσοστού βιοντίζελ.



Διάγραμμα 3.2 Μεταβολή των εκπεμπόμενων ρύπων συναρτήσει του % ποσοστού βιοντίζελ.

Ο Πίνακας 3.4 συνοψίζει το τυπικό προφίλ εκπομπών από την καύση του καθαρού βιοντίζελ (B100), αλλά και ενός από τα πλέον συνηθισμένα μείγματα με συμβατικό ντίζελ το οποίο αποτελείται από 20% βιοντίζελ και 80% ντίζελ (B20), χρησιμοποιώντας ως αναφορά τις εκπομπές από την καύση του πετρελαϊκού ντίζελ.

Εκπομπή	B100*	B20*
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	-48%	-12%
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	-78%	-16%
Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)	-67%	-20%
Σωματίδια (PM)	-47%	-12%
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	+10%	+2%
Οξείδια του Θείου (SO ₂)	-100%	-20%
Τοξικά αέρια	-60% έως -90%	-12% έως -20%
Μεταλαξιγόνα	-80% έως -90%	-20%
Πηγή: Biodiesel Handling and Use Guidelines ,K. Shaine Tyson, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-580-30004,September 2001		

Πίνακας 3.4 Εκπομπές % για **B100** και **B20** σε σύγκριση με του συμβατικού ντίζελ.

Μελέτες έχουν δείξει μεγαλύτερες μειώσεις ανά γαλόνι βιοντίζελ που καίγεται όταν χρησιμοποιείται το βιοντίζελ σε επίπεδα περίπου του 20%, κάνοντας το B20 καταλληλότερο προϊόν όσο αφορά τα συνολικά οφέλη για διάχυση αερίων που θέλουν να μειώσουν τα μοριακά μέρη, το μονοξείδιο του άνθρακα και τις συσχετιζόμενες εκπομπές με το όζον άκαυστων υδρογονανθράκων.

3.25 Περιβαλλοντική απόδοση

Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης βιοντίζελ σαν καύσιμο μεταφορών είναι ότι μπορεί να παρουσιάσει μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τη χρήση συμβατικού πετρελαίου. Η χρήση 100% βιοντίζελ (πράγμα σπάνιο) μπορεί να μειώσει τις καθαρές εκπομπές CO₂ κατά 70-80%, αντίστοιχα η χρήση μείγματος 5% μειώνει το CO₂ κατά 2–2.5%.

Το βιοντίζελ μπορεί να θεωρηθεί απαλλαγμένο από τον άνθρακα, καθώς ο άνθρακας που εκπέμπεται κατά την καύση έχει αρχικά δεσμευτεί κατά τη φάση της ανάπτυξης του καλλιεργούμενου φυτού. Στην πράξη όμως, η μείωση των εκπομπών από το βιοντίζελ που προέρχεται από ενεργειακές καλλιέργειες είναι μικρότερη, γιατί

η ανάπτυξη και η καλλιέργεια των φυτών απαιτεί τη χρήση συμβατικών καυσίμων. Η χρήση του συμβάλει στη δημιουργία εναλλακτικής επιλογής για τα καύσιμα μεταφορών στα πλαίσια της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στα πλαίσια των εθνικών πολιτικών για την αλλαγή του κλίματος.

Όπως είδαμε και παραπάνω μπορεί να μειώσει τις εκπομπές και κάποιων άλλων ρύπων από τα οχήματα, παρ' όλο που αυτό εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος και τις προδιαγραφές του καυσίμου. Ωστόσο, αποτελεί μια νέα ενεργειακή πηγή, αποσκοπώντας στη μείωση των εισαγωγών αργού πετρελαίου για την ενίσχυση της ασφάλειας ενεργειακού εφοδιασμού στην Ευρώπη. Βιοδιασπάται εύκολα και με ασφάλεια, ιδιότητα που του δίνει πλεονέκτημα για συγκεκριμένες χρήσεις, όπως καύσιμο για σκάφη που πλέουν σε οικολογικά ευαίσθητους υδροβιότοπους. Έχει μετρηθεί ότι βιοντίζελ σε ποσοστό 10% βιοαποικοδομείται 4 φορές ταχύτερα σε σχέση με το πετρελαϊκό ντίζελ.

3.26 Οικονομικά στοιχεία και κόστος παραγωγής

Το αρχικό κόστος του βιοντίζελ είναι το κόστος της πρώτης ύλης, δηλαδή των ελαίων. Η παραγωγή βιοντίζελ από ελαιούχους σπόρους κοστίζει περίπου δύο φορές όσο η παραγωγή πετρελαίου κίνησης από συμβατικό πετρέλαιο. Απαιτούνται περίπου 7.3 lb (= 3.3 kg) σογιέλαιου για την παραγωγή ενός γαλονιού (=4 lt) βιοντίζελ. Η τιμή του σογιέλαιου ποικίλλει ευρέως αλλά τα τελευταία χρόνια (1999-2003) κυμαίνεται μεταξύ 0.15\$ και 0.25 \$/lb. Αυτό σημαίνει ότι το κόστος της πρώτης ύλης, θα είναι μεταξύ 1.10\$ και 1.83 \$/γαλόνι. Δηλαδή μεταξύ 0.29\$ και 0.48\$/ lt ή 0.24€ και 0.4 €/lt (Ισοτιμία Μαρτίου 2004: 1€= 1.2\$). Οι περισσότερες εκτιμήσεις των δαπανών παραγωγής βιοντίζελ είναι 0.20\$ έως 0.50\$ ανά γαλόνι, με τις μεγάλες εγκαταστάσεις στο χαμηλό όριο της διακύμανσης και τις μικρές εγκαταστάσεις στο υψηλό. Η αξία κατασκευής νέων εγκαταστάσεων για παραγωγή βιοντίζελ είναι περίπου 1\$ ανά γαλόνι για ετήσια παραγωγή. Επομένως στις παραπάνω τιμές προστίθεται το κόστος παραγωγής και απόσβεσης εγκαταστάσεων από 0.27 €/lt ως 0.33 €/lt.

Ένα από τα παραπροϊόντα της διαδικασίας της μετεστεροποίησης είναι η γλυκερίνη που μπορεί να έχει υψηλή αξία εάν καθαρίζεται. Η αξία της γλυκερίνης ακυρώνει ουσιαστικά το κόστος της αλκοόλης και του καταλύτη. Η τιμή της

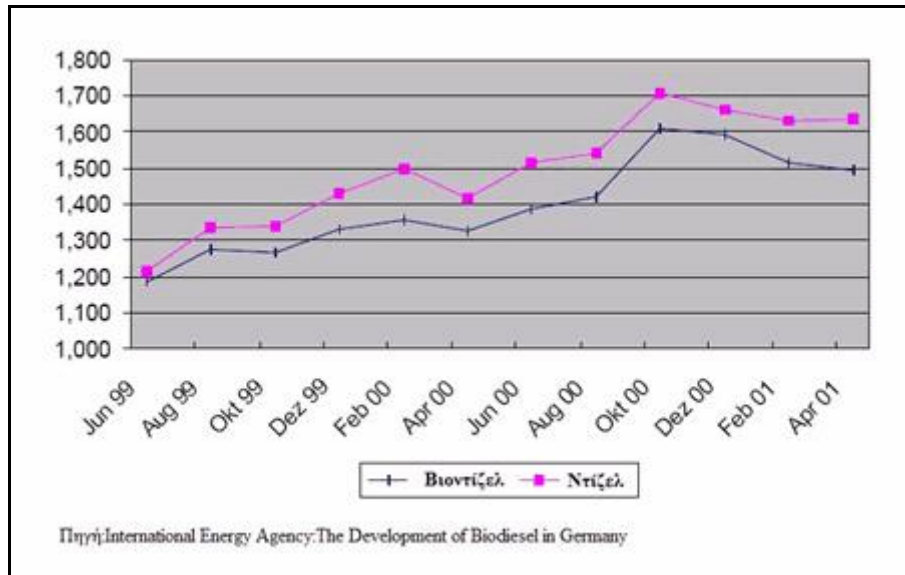
γλυκερίνης είναι αυτήν την περίοδο σταθερή αλλά εάν αναπτυχθεί μια μεγάλη αγορά για το βιοντίζελ, είναι πιθανό να υπάρξει πλεόνασμα της γλυκερίνης και επομένως πολύ χαμηλότερες τιμές. Η τιμή πώλησης του βιοντίζελ πρέπει να είναι υψηλότερη από το κόστος της πρώτης ύλης ώστε να καλυφθεί η επεξεργασία, η συσκευασία, η μεταφορά, η διανομή και το κέρδος.

Στις Η.Π.Α παρέχονται επιδοτήσεις στους παραγωγούς βιοντίζελ μέσω του υπουργείου Γεωργίας. Έχει εξασφαλιστεί γι' αυτό το σκοπό ετήσιο κονδύλιο ύψους 150 εκατομμυρίων δολαρίων ως το 2006. Η επιδότηση καλύπτει το 40% του κόστους της σόγιας ή άλλων ελαιοφόρων σπόρων εφόσον προορίζονται για παραγωγή βιοντίζελ. Ειδικά για την περίπτωση της σόγιας το ποσοστό κάλυψης αυξάνεται περισσότερο καθ' ότι ο παραγωγός μπορεί να εμπορευτεί το αλεύρι της σόγιας (soyia meal) που αποτελεί παραπροϊόν της εξαγωγής του ελαίου από τους καρπούς της σόγιας. Από το ίδιο πρόγραμμα επιδοτούνται επίσης, με μικρότερο όμως ποσοστό, τα ανακυκλωμένα ζωικά λίπη ή τα χρησιμοποιημένα έλαια των εστιατορίων.

Στην Ευρώπη το κόστος παραγωγής βρίσκεται στα ίδια επίπεδα. Για παράδειγμα στη Γαλλία είναι 0.35€/lt. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προς το παρόν μέσω της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (CAP) υποστηρίζει την παραγωγή βιοκαυσίμων και επιτρέπει στα κράτη μέλη να αναπτύξουν ευνοϊκή φορολογική πολιτική για την διάδοσή τους. Η Γερμανία εφαρμόζει την ευνοϊκότερη φορολογική πολιτική για το βιοντίζελ με μείωση φόρων που φτάνει τα 470€/m³ με αποτέλεσμα η τιμή του βιοντίζελ να φτάνει στον καταναλωτή σε τιμές χαμηλότερες από του ντίζελ πετρελαίου όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.12** και το **Διάγραμμα 3.3**. Οι ανταγωνιστικές τιμές πώλησης στη Γερμανία οδήγησαν σε μεγάλη αύξηση της παραγωγής τα τελευταία χρόνια.



Εικόνα 3.12 Πρατήριο καυσίμων – βιοκαυσίμων στη Γερμανία.



Διάγραμμα 3.3 Τιμές βιοντίζελ και ντίζελ στη Γερμανία σε DEM/LIT.

Η υψηλή τιμή του βιοντίζελ είναι το σημαντικότερο εμπόδιο στην ανάπτυξη αγοράς στις Η.Π.Α. Η πλέον ελπιδοφόρος προσέγγιση για τη μείωση της τιμής είναι η χρησιμοποίηση πιο φτηνής πρώτης ύλης (**Πίνακας 3.5**). Θα μπορούσαν για παράδειγμα να χρησιμοποιηθούν οι ποσότητες της χαλασμένης σόγιας, το ζωικό λίπος βοδινού και χοιρινού κρέατος, το τηγανισμένο λίπος εστιατορίων (κίτρινο λίπος), και τα υποπροϊόντα από άλλες διαδικασίες. Σ'αυτή την περίπτωση όμως υπεισέρχεται το πρόβλημα συλλογής και ομοιογένειας της πρώτης ύλης όπως και του μεγέθους των αποθεμάτων που καθιστούν τη διαδικασία επικουρική, καθώς μειώνει λίγο το κόστος. Βέβαια να μην ξεχνάμε ότι η χρήση κάποιων από αυτά τα υλικά για την παραγωγή βιοντίζελ λύνει τα προβλήματα της απόσυρσης τους και παράλληλα διατίθενται σε ελάχιστη τιμή.

	Ελαιοκράμβη Αρδ.	Ελαιοκράμβη Ξηρ.	Ηλίανθος Αρδ.	Ηλίανθος Ξηρ.
Απόδοση (kg/στρ.)	300	180	300	175
Τιμή (€/kg)	0.20	0.20	0.20	0.20
Ακαθάριστο εισόδημα (€/στρ.)	60	36	60	35
Ενοίκιο Γής (€/στρ.)	30	9	30	9
Κόστος παραγωγής (€/στρ.)	77.80	67.80	56.94	46.94
Κέρδος προ επιδοτήσεων (€/στρ.)	-47.80	-40.80	-26.94	-20.94
Επιδότηση (€/στρ.)	18.50	18.50	18.50	18.50
Κέρδος προ φόρων και τόκων (€/στρ.)	-29.30	-22.30	-8.44	-2.44
Κέρδος (χωρίς το ενοίκιο γής) (€/στρ.)	0.70	-13.30	21.56	6.56

Πίνακας 3.5 Οικονομική ανάλυση φυτών για παραγωγή βιοντίζελ.

3.27 Πλεονεκτήματα παραγωγής και χρήσης Βιοντίζελ

Είναι προϊόν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μείγματα στους ήδη υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες χωρίς να απαιτείται καμία μετατροπή για μείγματα έως και 20%. Επίσης είναι δυνατή η υποστήριξη του από την υπάρχουσα υποδομή διακίνησης και διανομής. Έχει καλύτερο ενεργειακό ισοζύγιο σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, δημιουργώντας έτσι ένα καλύτερο ισοζύγιο αερίων του θερμοκηπίου.

Το βιοντίζελ πλεονεκτεί ως ανανεώσιμο καύσιμο αλλά ταυτόχρονα εμφανίζει παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχει και καλύτερα χαρακτηριστικά από αυτό, όπως μεγαλύτερο σημείο ανάφλεξης οπότε είναι ασφαλέστερο στη χρήση, μικρότερη ποσότητα θείου αλλά και μεγαλύτερη λιπαντική ικανότητα. Λόγω του οξυγόνου που περιέχει παρουσιάζει και μεγαλύτερο αριθμό κετανίου. Η μείωση του περιεχόμενου θείου που επιβάλλεται στα ορυκτά καύσιμα έχει αρνητική επίδραση στη λίπανση του κινητήρα γιατί μειώνονται οι λιπαντικές ενώσεις του θείου.

Τα διυλιστήρια κάνουν χρήση πανάκριβων και ταυτόχρονα μη βιοαποικοδομήσιμων πρόσθετων για την επαναφορά της λιπαντικότητας του καυσίμου. Η προσθήκη όμως του βιοντίζελ στο πετρελαϊκό ντίζελ, ακόμα και σε

περιεκτικότητες μικρότερες από 1% κ.β., επαναφέρει τη λιπαντική ικανότητα του καυσίμου, οπότε με τη χρήση του βιοντίζελ παρατείνεται η ζωή του πετρελαιοκινητήρα και τα διυλιστήρια εξοικονομούν αρκετά χρήματα.

Ο μεγαλύτερος αριθμός κετανίου που παρουσιάζει το βιοντίζελ έναντι του συμβατικού ντίζελ αντισταθμίζει το γεγονός ότι κατά την καύση του το βιοντίζελ απελευθερώνει ενέργεια μικρότερη από την ενέργεια που απελευθερώνει το συμβατικό ντίζελ. Έτσι η απόδοση ενός πετρελαιοκινητήρα που κινείται με καθαρό βιοντίζελ κυμαίνεται τουλάχιστον στα επίπεδα του συμβατικού ντίζελ. Όταν χρησιμοποιηθεί σε μείγματα με το συμβατικό ντίζελ βελτιώνει τα χαρακτηριστικά του καυσίμου (μεγαλύτερος αριθμός κετανίου, υψηλότερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο κτλ.)

Βασικό όφελος από τη χρήση του βιοντίζελ θα ήταν η αξιοποίηση της ήδη διαθέσιμης τεχνογνωσίας και το δίκτυο παραγωγής εδωδιμων ελαίων. Παράλληλα διασφαλίζεται μεγαλύτερη ενεργειακή αυτάρκεια και ασφάλεια. Τέλος θα υπάρξουν νέες προοπτικές για τον αγροτικό τομέα με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και αύξησης του αγροτικού εισοδήματος.

3.28 Μειονεκτήματα παραγωγής και χρήσης Βιοντίζελ

Μεγάλο μειονέκτημα του βιοντίζελ είναι η προβληματική του συμπεριφορά σε χαμηλές θερμοκρασίες λόγω του ότι απαιτεί αποθήκευση σε τουλάχιστον 8°C υψηλότερα από το σημείο πήξης του. Από άποψη καυσαερίων παρατηρούνται αυξημένες εκπομπές οξειδίων του Αζώτου (NO_x). Η αύξηση του % ποσοστού βιοντίζελ στο καύσιμο μείγμα αυξάνει αντίστοιχα τις εκπομπές HC. Επίσης υπάρχει και αυξητική τάση των εκπομπών NO_x η οποία είναι ανάλογη με την αύξηση του % ποσοστού βιοντίζελ στο καύσιμο.

Ως καύσιμο έχει χαμηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο από αυτό του συμβατικού ντίζελ και η χρήση του οδηγεί σε μια αυξημένη κατανάλωση καυσίμου της τάξης του 5-10% συγκριτικά με το καθαρό συμβατικό ντίζελ. Ακόμα έχει υψηλό ιξώδες, χαμηλή πτητικότητα και η χημική δραστηριότητα των ακόρεστων αλυσίδων οδηγεί σε σχηματισμό ρητινωδών προϊόντων.

Θα χρειαστούν τεράστιες εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης για να εξασφαλισθεί μια επαρκή ποσότητα καυσίμου κάτι που θα έχει ως αποτέλεσμα την αποδάσωση και

καταστροφή των τροπικών δασών. Ως συνέπεια των παραπάνω θα επέλθει απώλεια της βιοποικιλίας. Επίσης, τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα, τα εντομοκτόνα και η διάβρωση του εδάφους επεκτείνονται μαζί τους.

Σύμφωνα με μια έκθεση του ΟΗΕ, το 98% των τροπικών δασών της Ινδονησίας θα καταστραφεί έως το 2022. Πριν από πέντε χρόνια, οι ίδιες υπηρεσίες προέβλεπαν ότι η καταστροφή θα επέλθει το 2032. Αλλά υπολόγιζαν χωρίς την παραγωγή φοινικέλαιου για βιοκαύσιμα με προορισμό την ευρωπαϊκή αγορά.

Τέλος το υψηλότερο κόστος από το συμβατικό ντίζελ και η εξάρτηση του από τη βιομηχανία πετρελαίου καθώς η μεθανόλη που χρησιμοποιείται στην εστεροποίηση προκύπτει ως προϊόν επεξεργασίας πετρελαίου.

3.29 Η Ευρωπαϊκή προοπτική για το Βιοντίζελ

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγεται βιοντίζελ σε βιομηχανική κλίμακα από το 1992 (**Πίνακας 3.6**). Σήμερα, για την παραγωγή βιοντίζελ καλλιεργούνται περίπου 1400000 εκτάρια γης και υπάρχουν περίπου 40 εγκαταστάσεις που παράγουν 1350000 τόνους βιοντίζελ ετησίως. Αυτές οι εγκαταστάσεις βρίσκονται κυρίως στη Γερμανία, την Ιταλία, την Αυστρία, τη Γαλλία και τη Σουηδία.

Θεσπίστηκε συγκεκριμένη νομοθεσία για να προωθήσει και να ρυθμίσει τη χρήση του βιοντίζελ (Οδηγία 203/30/ΕΚ, 8/5/2003) και εφαρμόζεται στα κράτη μέλη. Επίσης εκδόθηκε οδηγία που καθορίζει τις προδιαγραφές για το βιοντίζελ.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ			
έτος/ ελάχιστο ποσοστό	Κατανάλωση Βενζίνης	Κατανάλωση Ντίζελ	Σύνολο
2005/2%	2341	2532	4873
2006/2.75%	3219	3482	6701
2007/3.50%	4096	4431	8527
2008/4.25%	4974	5381	10355
2009/5%	5852	6331	12183
2010/5.75%	6730	7280	14010
Όλες οι εγγραφές σε 1000 t, Βάση: Κατανάλωση καυσίμων 1998			
Πηγή: EU-Commission (KOM (2001) 547 fin.)			

Πίνακας 3.6 Σχέδιο της Ευρωπαϊκής επιτροπής .

Σύμφωνα με την Οδηγία 203/30/ΕΚ, 8/5/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου στο άρθρο 3 τοποθετούνται στόχοι στα κράτη μέλη ώστε το έτος 2005 η κατανάλωση βιοκαυσίμων να είναι κατ' ελάχιστο 2% της συνολικής ποσότητας των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές και προοδευτικά να επιτευχθεί ο στόχος του 5.75% το έτος 2010.

3.30 Το βιοντίζελ στην Ελλάδα και μελλοντικά σχέδια

Στα μέσα Φεβρουαρίου του 2006 άρχισε για πρώτη φορά στην ελληνική αγορά η διάθεση βιοντίζελ. Παράλληλα, η Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου πειραματίζεται συστηματικά γύρω από τη νέα αυτή τεχνολογία.

Στην Ελλάδα πειράματα με βιοντίζελ από σογιέλαιο, βαμβακέλαιο και ηλιέλαιο γίνονται από τη Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, όπου, στο πλαίσιο πιλοτικού προγράμματος, που χρηματοδοτεί η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, παράγονται περίπου 200 λίτρα (1 βαρέλι) βιοντίζελ την ημέρα.

Από τις αρχές του 2006 τα Ελληνικά Πετρέλαια χρησιμοποιούν βιοντίζελ, που το αναμειγνύουν με το συμβατικό ντίζελ σε ποσοστό 2%, όπως ορίζουν οι οδηγίες της Ε.Ε. και το πωλούν στα πρατήρια ως ντίζελ κίνησης (**Εικόνα 3.13**). Η εταιρεία που προμηθεύει με βιοντίζελ τα ΕΛΠΕ και τη Motor Oil, τα δύο συγκροτήματα διύλισης της χώρας, λέγεται «Ελληνικά Βιοπετρέλαια» (ΕΛΒΙ) και εδρεύει στο Κιλκίς. Χρησιμοποιεί εισαγόμενο έλαιο σόγιας ως πρώτη ύλη και η παραγωγή της για το 2006 τοποθετείται στους 41000 εκατ. λίτρα. Το παράδειγμα της ΕΛΒΙ ακολουθούν άλλες 13 ελληνικές εταιρείες.

Οι εταιρείες ΕΛΒΙ (στο Κιλκίς) και ΕΛΙΝΟΙΛ (στον Βόλο) είναι οι πρώτες που επενδύουν στα βιοκαύσιμα. Το ένα εργοστάσιο είναι στο Σταυροχώρι του Ν. Κιλκίς, το οποίο έχει δυνατότητα παραγωγής 40000 τόνων βιοντίζελ το χρόνο. Ακολουθεί ένα δεύτερο εργοστάσιο στον Βόλο, το οποίο λειτουργεί από τον Μάιο του 2006. Έχει δυνατότητα παραγωγής 40000 τόνων βιοντίζελ, ποσότητα που σταδιακά θα φτάσει τους 60000 τόνους. Η συνολική τους παραγωγή κατά το 2006 εκτιμήθηκε σε 91000 εκατομμύρια λίτρα. Οι δύο μονάδες χρηματοδοτούνται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητας και ο αρχικός σχεδιασμός τους βασίζεται στην εισαγωγή πρώτης ύλης (σόγιας και ελαιοκράμβης).



Εικόνα 3.13 Αντλία βιοντίζελ στη Θράκη.

Έρευνα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας περιγράφει τις ελληνικές δυνατότητες παραγωγής βιοντίζελ ως εξής: τα εκκοκκιστήρια και σποροelaiουργεία της Βόρειας και Κεντρικής Ελλάδας μπορούν να παράγουν περίπου 80000 τόνους

βιοντίζελ από βαμβακέλαιο τον χρόνο. Το ηλιέλαιο, που παράγεται στο Νομό Έβρου, μπορεί να δώσει περίπου 9000 τόνους βιοντίζελ τον χρόνο, ενώ τα τηγανισμένα έλαια από χώρους μαζικής εστίασης (ξενοδοχεία, εστιατόρια, στρατόπεδα) και τις μεγάλες αλυσίδες fast food μπορούν να δώσουν μέχρι και 1000 τόνους βιοντίζελ. Συνολικά υπολογίζεται ότι η Ελλάδα μπορεί να παράγει πάνω από 900000 τόνους βιοκαύσιμα το χρόνο.

Στην ελληνική αγορά (**Πίνακας 3.7**), η διάθεση βιοντίζελ (σε πρόσμειξη 2% στο υπάρχον ντίζελ), το οποίο θα κοστίζει από 0.8 έως 1 λεπτό ακριβότερα από το συμβατικό καύσιμο, άρχισε στα μέσα Φεβρουαρίου του 2006, για πρώτη φορά. Ωστόσο, η χώρα μας βρίσκεται σε ένα πρώιμο στάδιο, σε σχέση με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, ενώ το νομοσχέδιο για τα βιοκαύσιμα δεν επιτρέπει τη χρήση καθαρών φυτικών ελαίων.

Ακόμα ξεκίνησε ένα μικρό πρόγραμμα πειραματικής χρήσης του βιοντίζελ. Κατ' αρχήν με τέσσερα λεωφορεία του Δήμου Αμαρουσίου τα οποία διάνυσαν κάπου 3000 χιλιόμετρα με γαλάκτωμα, σε σύγκριση με το κανονικό πετρέλαιο και τα αποτελέσματα ήταν πάρα πολύ καλά. Το τελευταίο καιρό βρίσκεται σε εξέλιξη άλλο ένα πειραματικό πρόγραμμα σε συνεργασία του Ε.Μ.Π. με την BP και την Ε.Θ.Ε.Λ., με πέντε αστικά λεωφορεία Mercedes. Οι ερευνητές κοιτάζουν τις εκπομπές καθώς και την κατανάλωση. Τα αποτελέσματα για την ώρα είναι πάρα πολύ καλά.

Έτος	Εκτιμώμενη κατανάλωση ντίζελ στην αυτοκίνηση (tons)	Ποσοστό % χρησιμοποιούμενου βιοντίζελ	Απαιτούμενο βιοντίζελ (tons)
2005	2084	2	46976
2006	2125	3	71851
2007	2167	4	97695
2008	2208	4.5	111986
2009	2249	5	126739
2010	2290	5.75	148407

Πίνακας 3.7 Κατανάλωση ντίζελ / ανάγκες σε βιοντίζελ, Ελλάδα 2005-2010.

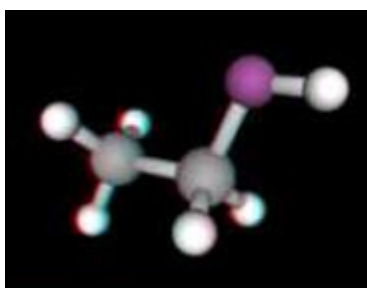
Τέλος αξίζει να αναφερθούμε σε μια ελληνική τεχνολογία που επιτρέπει σε πετρελαιοκινητήρες αυτοκινήτων, φορτηγών και πλοίων να καίνε αντί για πετρέλαιο 100% φυτικό λάδι από ελαιοκράμβη, προσφέροντας οικονομία έως και 40%. Χρειάζεται απλά η προσθήκη ενός εξαρτήματος (ένας λεπτός, μικρός κύλινδρος), το οποίο δεν κοστίζει πάνω από 300 ή 400 ευρώ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

4.1 Εισαγωγή

Η βιοαιθανόλη (**Εικόνα 4.1**), είναι το πρώτο καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε σαν υποκατάστατο της βενζίνης στην κίνηση οχημάτων, είτε αυτούσια είτε σε ανάμειξη με τη συμβατική βενζίνη. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε βενζινοκινητήρες, είναι σχεδόν καθαρή αιθανόλη και παράγεται από πρώτες ύλες πλούσιες σε σάκχαρα ή άμυλο. Οι σακχαρούχες πρώτες ύλες (π.χ. ζαχαρότευτλα) υποβάλλονται σε ζύμωση για την μετατροπή των σακχάρων σε αιθανόλη, ενώ οι αμυλούχες (π.χ. σιτηρά) πρέπει πρώτα να υποστούν επεξεργασία για την μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρα και μετά να υποβληθούν σε ζύμωση.



Εικόνα 4.1 Στερεοχημικός τύπος βιοαιθανόλης (C₂H₅OH).

4.2 Πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης

Σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σακχαρούχα, κутταρινούχα κι αμυλούχα φυτά. Οι κύριες πηγές πρώτων υλών που απαιτούνται για την παραγωγή βιοαιθανόλης προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, δηλαδή από καλλιέργειες που αναπτύσσονται ειδικά για

ενεργειακούς σκοπούς. Οι καλλιέργειες αυτές μπορεί να είναι το σόργο, τα τεύτλα, το καλαμπόκι, το σιτάρι, τα άχυρα, το ξύλο ιτιάς ή άλλων δέντρων, το πριονίδι, ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και άλλες. Παράλληλα, βρίσκονται σε εξέλιξη έρευνες σχετικά με την αξιοποίηση των δημοτικών στερεών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Η επιλογή της πρώτης ύλης εξαρτάται από παράγοντες σχετικούς με το κόστος, την τεχνολογία και τα οικονομικά μεγέθη (**Πίνακας 4.1**). Οι τεχνολογίες για την παραγωγή βιοαιθανόλης από αγροτικά προϊόντα που περιέχουν σάκχαρα και άμυλο είναι εμπορικά διαθέσιμες.

	Σ. Σίτος Αρδ.	Σ. Σίτος Ξηρ.	Γλυκό Σόργο	Τεύτλα	Αραβόσιτος
Απόδοση (kg/στρ.)	550	300	7000	6800	1170
Τιμή (€/kg)	0.13	0.13	0.02	0.05	0.13
Ακαθάριστο εισόδημα (€/στρ.)	71.50	39	140	340	154.44
Ενοίκιο Γής (€/στρ.)	30	9	30	35	30
Κόστος παραγωγής (€/στρ.)	66.46	56.46	86.11	220	152.30
Κέρδος προ επιδοτήσεων (€/στρ.)	-24.96	-26.46	23.89	85	-27.86
Επιδότηση (€/στρ.)	38.85	38.85	55.19	4.50	55.19
Κέρδος προ φόρων και τόκων (€/στρ.)	13.89	12.39	79.08	89.50	27.33
Κέρδος (χωρίς το ενοίκιο γής) (€/στρ.)	43.89	21.39	109.08	124.50	57.33

Πίνακας 4.1 Οικονομική ανάλυση φυτών για παραγωγή βιοαιθανόλης.

Στη συνέχεια δίνονται κάποιες γενικές πληροφορίες για τα φυτά από τα οποία είναι δυνατή η παραγωγή της βιοαιθανόλης.

Το γλυκό σόργο (**Εικόνα 4.2**) είναι ένα μονοετές φυτό με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα και υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορα είδη εδαφών και σε ποικίλες κλιματικές συνθήκες. Μπορεί να καλλιεργηθεί από τις βορειότερες έως τις νοτιότερες περιοχές της Ελλάδας, σε εύφορα αλλά και υποβαθμισμένα εδάφη. Οι αποδόσεις με βάση την παραγωγή

φτάνουν τους 1,2 τόνους/στρέμμα. Μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά μέση παραγωγή 675 λίτρων αιθανόλης/στρέμμα.



Εικόνα 4.2 Γλυκό σόργο.

Το σιτάρι (**Εικόνα 4.3**) είναι ένα ετήσιο φυτό το οποίο ανήκει στην οικογένεια των δημητριακών. Θεωρείται παγκοσμίως ως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των άλλων δημητριακών, με συνολική παραγωγή 573.5 εκατομμυρίων τόνων το 2002. Χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης. Από ένα στρέμμα σιτάρι παράγεται κατά μέσο όρο 150-800 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 45-240 λίτρα βιοαιθανόλης.



Εικόνα 4.3 Σιτάρι.

Τα σακχαρότευτλα (**Εικόνα 4.4**) είναι ένας διετής τύπος τεύτλου που καλλιεργείται εμπορικά λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών του σε σάκχαρο. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια των σακχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Οι ελληνικές μέσες αποδόσεις σακχαρότευτλων ανέρχονται σε 6250 κιλά/στρέμμα. Είναι από τις υψηλότερες στις ευρωπαϊκές χώρες. Τα τελευταία χρόνια τα σακχαρότευτλα χρησιμοποιούνται και ως πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης. Από ένα στρέμμα σακχαρότευτλα παράγονται κατά μέσο όρο 600 λίτρα βιοαιθανόλης.



Εικόνα 4.4 Σακχαρότευτλα.

Στην Ελλάδα η ετήσια παραγωγή αραβοσίτου (**Εικόνα 4.5**) είναι 2.3 εκατομμύρια τόνοι. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις αραβοσίτου κυμαίνονται από 600-1800 κιλά/στρέμμα (**Πίνακας 4.2**). Από 1 στρέμμα αραβοσίτου παράγονται κατά μέσο όρο 270 λίτρα βιοαιθανόλης.



Εικόνα 4.5 Αραβόσιτος.

Πρώτη ύλη	Απόδοση (κιλά/στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρ.)
Σιτάρι	150-800	36-192	46-243
Αραβόσιτος	600-1800	189-284	240-359
Σακχαρότευτλα	5500-7000	435-554	240-359
Γλυκό σόργο	7000-9000	553-711	700-900

Πίνακας 4.2 Παραγωγή βιοαιθανόλης από διάφορα φυτά και αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και λάδι.

4.3 Ταξινόμηση των πρώτων υλών για την παραγωγή βιοαιθανόλης

Οι πολλές και ποικίλες πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις τύπους:

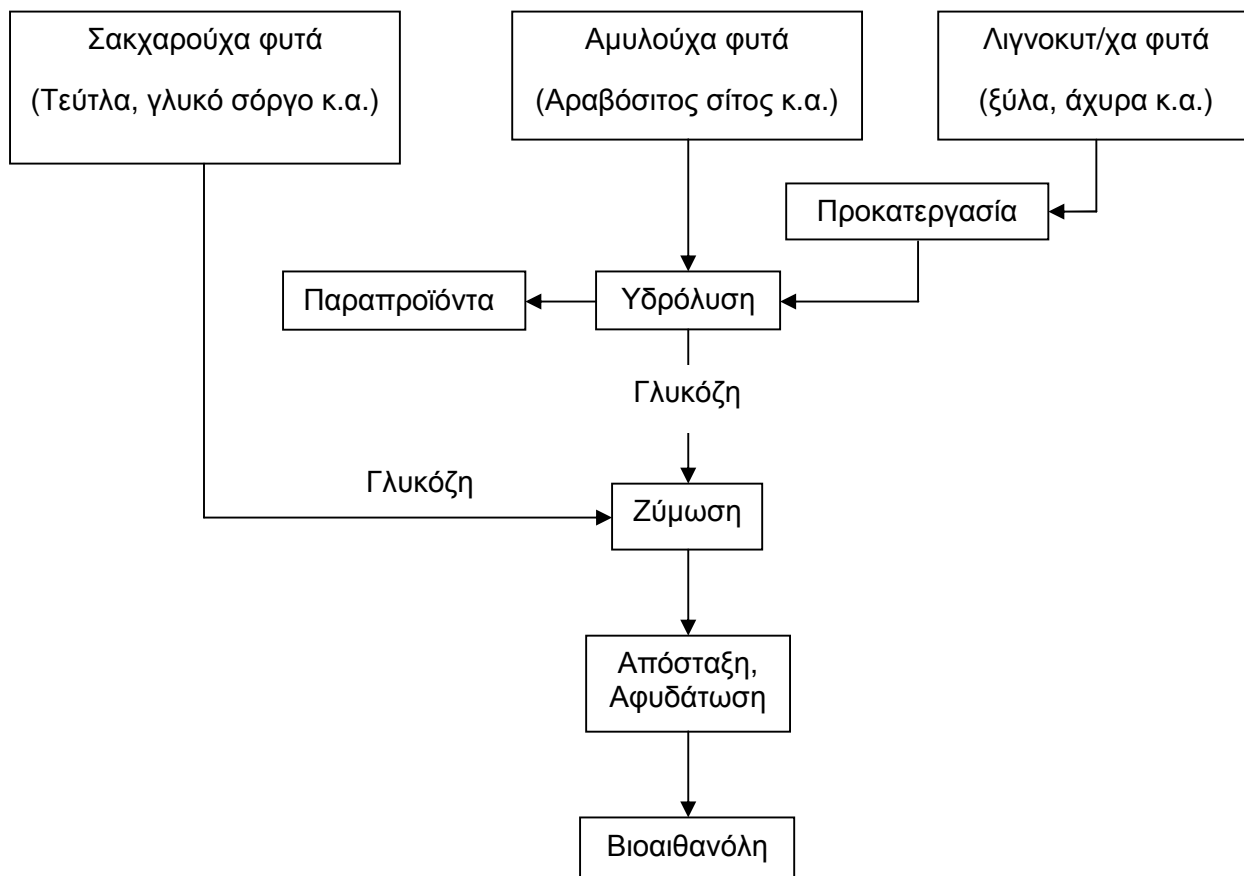
(α) Ζάχαρη από το ζαχαροκάλαμο, το ζαχαρότευτλο και τα φρούτα, τα οποία μπορούν να μετατραπούν στην αιθανόλη άμεσα

(β) Άμυλα από τις συγκομιδές σιταριού και ρίζας, οι οποίες πρέπει πρώτα να υδρολυθούν στις ζυμώσιμες ζάχαρες από τη δράση των ενζύμων και

(γ) Κυτταρίνη από τα ξύλινα, γεωργικά απόβλητα κ.λπ., τα οποία πρέπει να μετατραπούν σε ζυμώσιμα ζάχαρα χρησιμοποιώντας είτε την όξινη είτε την ενζυμική υδρόλυση.

4.4 Στάδια παραγωγής

Αφού πραγματοποιηθεί η συλλογή της πρώτης ύλης ακολουθεί το στάδιο της προκατεργασίας (**Σχήμα 4.1**) όπου έχουμε το τεμαχισμό και το καθαρισμό της πρώτης ύλης. Στη συνέχεια ακολουθεί η υδρόλυση δηλαδή η προσθήκη οξέος και νερού στην πρώτη ύλη. Όταν ολοκληρωθεί η υδρόλυση προτίθεται ο ζυμομύκητας (συνήθως γλυκόζη) για να γίνει η ζύμωση. Στο τέλος γίνεται η απόσταξη για να απομακρυνθεί το νερό που απέμεινε και να μείνει έτσι καθαρή βιοαιθανόλη.



Σχήμα 4.1 Διεργασίες παραγωγής βιοαιθανόλης.

4.5 Μέθοδοι παραγωγής

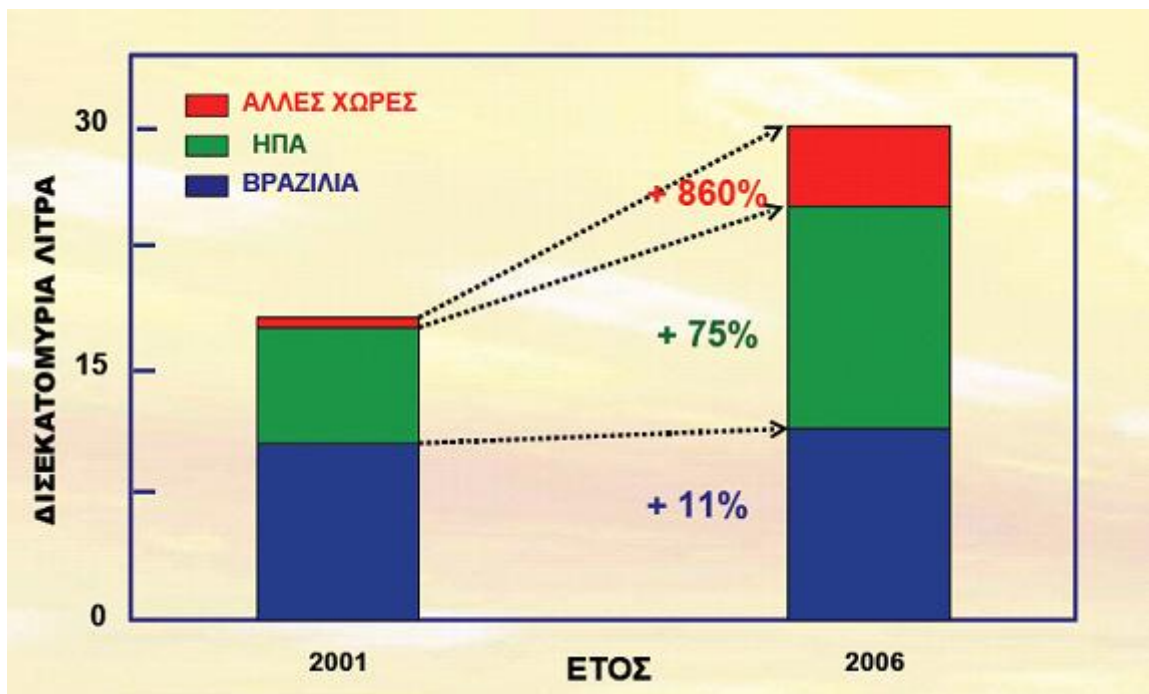
Η βιοαιθανόλη παράγεται κυρίως από την αλκοολική ζύμωση σακχαρούχων, αμυλούχων ή κυτταρινούχων πρώτων υλών με την προσθήκη ενός ζυμομύκητα. Μπορεί επίσης να συντεθεί βιομηχανικά από την χημική αντίδραση του αιθυλενίου με ατμό. Συνοπτικά οι μέθοδοι παραγωγής της βιοαιθανόλης είναι οι ακόλουθοι:

- Χημική σύνθεση, από προϊόντα πετρελαίου.
- Μικροβιακή ζύμωση διαλύματος σακχάρων σε αιθανόλη (93% της παγκόσμιας παραγωγής).
- Θερμοχημική διεργασία, αεριοποίηση σε υδρογόνο και οξειδία του άνθρακα και μετατροπή σε αιθανόλη με ανόργανους καταλύτες (7% της παγκόσμιας παραγωγής).

4.6 Η τάση στην παραγωγή βιοαιθανόλης

Η παγκόσμια τάση στην παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων είναι αυξητική (**Διάγραμμα 4.1**), ιδιαίτερα σήμερα με τις συνεχώς αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου. Πολλές χώρες, όπως η Βραζιλία, εδώ και αρκετά χρόνια (από το 1975) χρησιμοποιούν βιοκαύσιμα, κυρίως βιοαιθανόλη από ζαχαροκάλαμο, τόσο στις μεταφορές όσο και στη βιομηχανία.

Στην Ευρώπη, μόλις τα τελευταία χρόνια και μετά τη Συνθήκη του Κιότου αρχίζουν τα βιοκαύσιμα να διεκδικούν μέρος της αγοράς καυσίμων στις μεταφορές. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με την οδηγία 2003/30/ΕΚ ορίζει ότι μέχρι το 2005 θα έπρεπε το 2% των καυσίμων κίνησης να είναι βιοκαύσιμα, ενώ μέχρι το 2010 το ποσοστό πρέπει να φθάσει το 5.75%. Έτσι, τα κράτη μέλη πρέπει να πάρουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να εναρμονιστούν οι εθνικές νομοθεσίες και να αναπτυχθεί η παραγωγή και η χρήση τους. Το 2004 στην Ε.Ε. παρήχθησαν περίπου 2 εκατ. τόνοι βιοντίζελ (1η θέση παγκοσμίως) και σχεδόν 500 χιλ. τόνοι βιοαιθανόλης (και 630000 ΕΤΒΕ), τη στιγμή που η Βραζιλία παρήγαγε σχεδόν 10 εκατ. τόνους βιοαιθανόλης και οι ΗΠΑ 8 εκατ. τόνους. Εδώ πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι εταιρείες πετρελαιοειδών είναι κάθετες ότι δεν χρειάζεται η παραγωγή βιοαιθανόλης αλλά βιοντίζελ, διότι υπάρχει υπερπροσφορά βενζίνης.



Διάγραμμα 4.1 Αύξηση της ζήτησης σε βιοαιθανόλη [2001 – 2006].

4.7 Παραγωγή βιοαιθανόλης

Η κύρια μέθοδος παραγωγής της είναι η ζύμωση των αμυλούχων – σακχαρούχων συστατικών κι ο διαχωρισμός της από τα λοιπά συστατικά με απόσταξη. Μπορεί ακόμα να παραχθεί από τη βιομάζα με τις διαδικασίες υδρόλυσης και ζύμωσης ζάχαρης. Τα απόβλητα βιομάζας περιέχουν ένα σύνθετο μίγμα πολυμερών σωμάτων υδατανθράκων από τους πόρους των κυττάρων του φυτού γνωστούς ως κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη. Προκειμένου να παραχθούν τα σάκχαρα από τη βιομάζα, προεπεξεργάζεται με οξέα ή ένζυμα προκειμένου να μειωθεί το μέγεθος της πρώτης ύλης τροφοδοσίας και να αρχίσει έτσι η χημική διάσπαση του φυτού. Η κυτταρίνη και τα μέρη της ημικυτταρίνης αποσυντίθενται (υδρολυμένα) από τα ένζυμα ή τα αραιά οξέα σακχαρόζης της ζάχαρης που έπειτα ζυμώνεται σε αιθανόλη. Η λιγνίνη που είναι επίσης παρόν στη βιομάζα χρησιμοποιείται κανονικά ως καύσιμο για τους λέβητες εγκαταστάσεων παραγωγής αιθανόλης. Υπάρχουν τρεις αρχικές μέθοδοι απόσπασης των σακχάρων από τη βιομάζα. Οι οποίες είναι, η συγκεντρωτική όξινη υδρόλυση, η αραιή όξινη υδρόλυση και η ενζυματική υδρόλυση.

4.8 Διαχείριση της πρώτης ύλης

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η μετατροπή της πρώτης ύλης σε επεξεργάσιμη μορφή και προετοιμάζεται η βιομάζα για τις μετέπειτα διεργασίες. Πρώτα από όλα γίνεται ο καθαρισμός δηλαδή το πλύσιμο της πρώτης ύλης εάν απαιτείται. Στη συνέχεια ακολουθεί η μηχανική προκατεργασία από όπου καθορίζεται το μέγεθος της πρώτης ύλης. Συνήθως ξεκινάει από 3 mm και φθάνει μέχρι λίγα cm.

4.9 Διαδικασία συγκεντρωτικής όξινης υδρόλυσης

Η ανοδική διαδικασία λειτουργεί με την προσθήκη του θειικού οξέος 70-77% στη βιομάζα που είναι ξηρή με μια περιεκτικότητα σε υγρασία 10%. Το οξύ προστίθεται σε αναλογία 1.25 μέρη οξέος προς 1 μέρος βιομάζας. Η θερμοκρασία ελέγχεται συνεχώς καθώς πρέπει να είναι σταθερή στους 50 °C. Έπειτα προστίθεται νερό για να αραιώσει το οξύ σε αναλογία μεταξύ 20-30% κ.ο., το μείγμα θερμαίνεται

πάλι στους 100°C για 1 ώρα. Η ημίρρευση μάζα που παράγεται από αυτό το μείγμα συμπιέζεται έπειτα για να απελευθερώσει ένα όξινο μίγμα σακχάρων. Τέλος χρησιμοποιείται μια χρωματογραφική στήλη για να διαχωρίσει το μίγμα οξέος και σακχάρων.

4.10 Αραιή όξινη υδρόλυση

Η διαδικασία της αραιής όξινης υδρόλυσης είναι μια από τις παλαιότερες, απλούστερες και αποδοτικότερες μεθόδους παραγωγής αιθανόλης από βιομάζα. Το αραιό οξύ χρησιμοποιείται για να υδρολύσει τη βιομάζα σε σακχαρόζη. Το πρώτο στάδιο χρησιμοποιεί θειικό οξύ σε αναλογία 0.7% κ.ο στους 190 °C για να υδρολύσει την ημικυτταρίνη που είναι παρούσα στη βιομάζα. Το δεύτερο στάδιο βελτιστοποιείται για να παραγάγει το ανθεκτικότερο μέρος κυτταρίνης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση του θειικού οξέος σε αναλογία 0.4% κ.ο στους 215 °C. Στη συνέχεια ο υδρολύτης εξουδετερώνεται και έπειτα ανακτάται από τη διεργασία.

4.11 Ενζυμική υδρόλυση

Αντί της χρησιμοποίησης του οξέος για να υδρολύσουμε τη βιομάζα στη σακχαρόζη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα ένζυμα για να χωρίσουμε τη βιομάζα με παρόμοιο τρόπο. Απαιτείται προκατεργασία με αραιό οξύ πριν τη διεξαγωγή της ενζυμικής υδρόλυσης. Στη συνέχεια προστίθεται η ένζυμοκυτταρινάση ή το μίγμα ενζύμων σε θερμοκρασία 70°C. Η διεργασία διαρκεί 1.5 ημέρα και η απόδοση κυμαίνεται μεταξύ 75-95% Εντούτοις αυτή η διαδικασία είναι πολύ ακριβή και είναι ακόμα στα αρχικά στάδια ανάπτυξής της.

4.12 Διαδικασίες υγρής άλεσης

Το καλαμπόκι μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία για να παραχθεί αιθανόλη είτε με την ξηρά άλεση είτε με τη διαδικασία της υγρής άλεσης. Στη διαδικασία υγρής άλεσης, ο πυρήνας καλαμποκιού εμβαπτίζεται σε θερμό νερό, αυτό βοηθά στο να αποσυνθέσει τις πρωτεΐνες και να απελευθερώσει το άμυλο που βρίσκεται στο

καλαμπόκι. Κατά αυτό τον τρόπο βοηθά τον πυρήνα να μαλακώσει για τη διαδικασία άλεσης. Έπειτα το καλαμπόκι αλέθεται για να παραγάγει προϊόντα μικροοργανισμών, ινών και αμύλου. Οι μικροοργανισμοί εξάγονται για να παραχθεί το καλαμποκέλαιο και τα μέρη του αμύλου υποβάλλονται σε φυγοκέντριση και σακχαροποίηση για να παραχθεί το υγρό μίγμα γλουτένης. Εν συνεχεία η αιθανόλη εξάγεται με τη διαδικασία απόσταξης. Η διαδικασία υγρής άλεσης χρησιμοποιείται κανονικά στα εργοστάσια παράγοντας αρκετά εκατομμύρια γαλόνια αιθανόλης κάθε έτος.

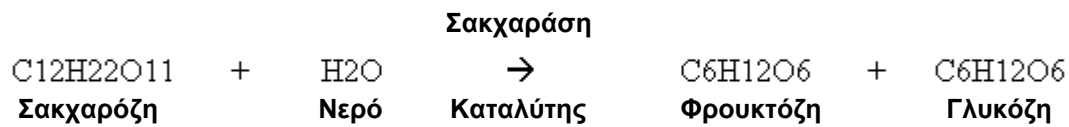
4.13 Διαδικασία ξηρής άλεσης

Η διαδικασία ξηρής άλεσης περιλαμβάνει τον καθαρισμό και το διαχωρισμό του πυρήνα καλαμποκιού σε λεπτά μόρια χρησιμοποιώντας τη διαδικασία των σφυρόμηλων. Ως συνέπεια αυτό δημιουργεί μια σκόνη διαφόρων τύπων αλευριού. Η σκόνη περιέχει τους μικροοργανισμούς, το άμυλο και την ίνα καλαμποκιού. Προκειμένου να παραχθεί ένα διάλυμα σακχάρων το μείγμα υδρολύεται ή διαχωρίζεται σε σακχαρόζη σακχάρων χρησιμοποιώντας τα ένζυμα ή ένα αραιό οξύ. Το μείγμα στη συνέχεια ψύχεται και προστίθεται ένας ειδικός ζυμομύκητας προκειμένου να ζυμωθεί σε αιθανόλη. Η διαδικασία ξηρής άλεσης χρησιμοποιείται κανονικά στα εργοστάσια παράγοντας περισσότερα από 50 εκατομμύρια γαλόνια αιθανόλης ανά έτος.

4.14 Διαδικασία ζύμωσης σακχάρων

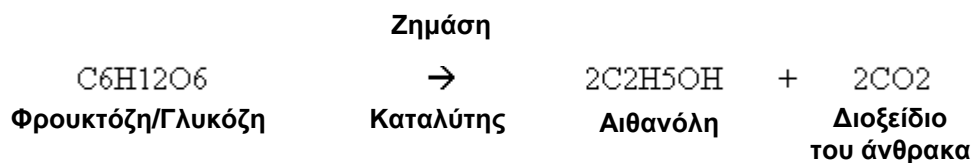
Η διαδικασία υδρόλυσης διαχωρίζει το κυτταρρινώδες μέρος της βιομάζας η το καλαμπόκι σε σακχαρόζη σακχάρων έτσι ώστε μετά να μπορούν να ζυμωθούν σε αιθανόλη. Με τη διαδικασία της ζύμωσης σακχάρων πετυχαίνουμε τη μικροβιακή μετατροπή των σακχάρων σε αιθανόλη προσθέτοντας στο διάλυμα κάποιο ζυμομύκητα, ο οποίος έπειτα θερμαίνεται. Ο ζυμομύκητας περιέχει ένα ένζυμο αποκαλούμενο σακχαράση, το οποίο ενεργεί ως καταλύτης και βοηθά στη μετατροπή της σακχαρόζης σε γλυκόζη και φρουκτόζη (και τα δύο $C_6H_{12}O_6$).

Η χημική αντίδραση παρουσιάζεται ακολούθως:



Τα σάκχαρα της φρουκτόζης και της γλυκόζης αντιδρούν έπειτα με ένα άλλο ένζυμο αποκαλούμενο ζυμάση (ένζυμο που χρησιμοποιείται για την προώθηση της γλυκόζης), το οποίο περιλαμβάνεται επίσης στο ζυμομύκητα για να παραχθεί η αιθανόλη και το διοξείδιο του άνθρακα.

Η χημική αντίδραση παρουσιάζεται ακολούθως:



Η διαδικασία ζύμωσης παίρνει περίπου τρεις ημέρες μέχρι να ολοκληρωθεί και πραγματοποιείται σε μια θερμοκρασία μεταξύ 250°C και 300°C.

4.15 Επιλογή ζυμομύκητα

Για να καταλήξουμε στην επιλογή κάποιου ζυμομύκητα κατάλληλου για την παραγωγή βιοαιθανόλης θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες ιδιότητες :

- Υψηλές αποδόσεις σε αιθανόλη.
- Υψηλή ανθεκτικότητα στην αιθανόλη.

- Ευρύ φάσμα αξιοποίησης σακχάρων περιεχόμενων στο φυτό.
- Αυξημένη ανθεκτικότητα στους παραγόμενους παρεμποδιστές (παραπροϊόντα).
- Ανθεκτικότητα σε μεταβολές ΡΗ, Τ, C_{αλάτων}, C_{σακχάρων} και C_{αιθανόλης}.
- Ελαχιστοποίηση δημιουργίας παραπροϊόντων.

4.16 Διαδικασία κλασματικής απόσταξης

Η παραγόμενη αιθανόλη από τη διαδικασία ζύμωσης, περιέχει ακόμα μια σημαντική ποσότητα νερού, η οποία πρέπει να αφαιρεθεί. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της διαδικασίας της κλασματικής απόσταξης. Ο διαχωρισμός της αιθανόλης από το νερό εξασφαλίζει την ποιότητα του καυσίμου. Η διαδικασία της απόσταξης λειτουργεί με το να βράσει το μίγμα νερού και αιθανόλης. Δεδομένου ότι η αιθανόλη έχει ένα χαμηλότερο σημείο βρασμού (78.3 °C) έναντι αυτού του νερού (100 °C), ατμοποιείται πριν από το νερό και έτσι μπορεί να συμπυκνωθεί και να διαχωριστεί. Ο καθορισμός του προϊόντος και η ανάκτηση της αιθανόλης γίνονται σε μία στήλη καθαρισμού (rectifying column) μέχρι συγκεντρώσεως ~95%.

4.17 Διαχείριση καυσίμου

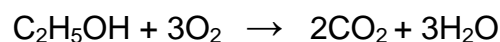
Ένα βασικό ζήτημα είναι οι υδρόφιλες ιδιότητες της βιοαιθανόλης που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην διαχείριση, την αποθήκευση και τη διανομή του καυσίμου. Η βιοαιθανόλη έχει την τάση να διαχωρίζεται από τη βενζίνη κάτω από συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και να απορροφά την ατμοσφαιρική υγρασία κάτι το οποίο οδηγεί στην μείωση της δραστηριότητας της. Αυτά τα χαρακτηριστικά της την καθιστούν ως ένα δύσκολο προϊόν με αποτέλεσμα να είναι αρκετά δύσκολη η διακίνηση της με τις υπάρχουσες υποδομές σε επίπεδο διυλιστηρίου, εταιριών ή ακόμα και πρατηρίων.

Για αυτό το λόγο η διαχείριση της βιοαιθανόλης πρέπει να γίνεται με προσοχή. Το μίγμα βιοαιθανόλης με τη βενζίνη δεν μπορεί να αποθηκευτεί σε συμβατικές δεξαμενές αιωρούμενης οροφής και είναι δύσκολη η διανομή του μέσω των υπαρχόντων δικτύων λόγω της πιθανής νόθευσης του με καύσιμα αεροπορικών

μεταφορών. Σαν συνέπεια, η ανάμειξη τείνει να γίνεται στους τερματικούς σταθμούς διανομής. Τα προβλήματα που προκύπτουν, ώστε να επιτευχθούν οι προδιαγραφές για την τάση ατμών όταν χρησιμοποιείται η βιοαιθανόλη, δημιουργεί πρόσθετα κόστη στους παραγωγούς των καυσίμων.

4.18 Ιδιότητες- Χαρακτηριστικά

Η αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη (C_2H_5OH) είναι ένα άχρωμο διαυγές υγρό με υψηλή λανθάνουσα θερμότητας εξάτμισης. Έχει μεγαλύτερη τάση ατμών και περίπου 30% χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από τη βενζίνη. Είναι βιοαποικοδομήσιμη, χαμηλής τοξικότητας και προκαλεί πολύ μικρή περιβαλλοντική μόλυνση αν χυθεί στο περιβάλλον. Παράγεται με αλκοολική ζύμωση σακχαρούχων και κυταρινούχων υλικών. Χρησιμοποιείται σε μείγματα με συνήθη αναλογία (10% βιοαιθανόλη, 90% βενζίνη). Η βιοαιθανόλη είναι ένα καύσιμο υψηλού αριθμού οκτανίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο αύξησης του αριθμού οκτανίου της βενζίνης. Με τη ανάμειξή της με τη βενζίνη επιτυγχάνουμε επίσης τον εμπλουτισμού του καυσίμου μείγματος σε οξυγόνο, με αποτέλεσμα μια πιο ολοκληρωμένη καύση, άρα και μειωμένες εκπομπές επικίνδυνων καυσαερίων. Κατά την τέλεια καύση της παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό, λαμβάνει χώρα η εξής χημική αντίδραση:



4.19 Αριθμός οκτανίου

Ως αριθμός οκτανίου ενός καυσίμου ορίζεται ο βαθμός αντίστασης του καυσίμου στην ανώμαλη (κρουστική) καύση – γνωστή και σαν προανάφλεξη ή ‘πυράκια’. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός οκτανίου, τόσο πιο απίθανο είναι ο κινητήρας να παρουσιάσει ‘πυράκια’. Τα ‘πυράκια’ προκαλούνται από την ατελή καύση της βενζίνης εντός του κυλίνδρου, οπότε και εμφανίζεται ξαφνικός κτύπος στο έμβολο, ο οποίος με την πάροδο του χρόνου προξενεί σημαντική ζημιά στον

κινητήρα καθώς προκαλεί υπερθέρμανση στους κυλίνδρους. Ο αριθμός οκτανίων της βιοαιθανόλης είναι μεταξύ (115-129) ενώ της βενζίνης περίπου 91.

Προσθέτοντας 10% βιοαιθανόλη στην βενζίνη, ο αριθμός οκτανίου της βενζίνης μεγαλώνει περίπου κατά 2 μονάδες. Για τον λόγο αυτό η βιοαιθανόλη ονομάζεται 'βελτιωτικό οκτανίων'. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο αντί της βενζίνης, ως προσθετικό καυσίμου ή ακόμη ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ETBE (αιθυλο-τριπταγής βουτυλ-αιθέρας), το οποίο αποτελεί βελτιωτικό της βενζίνης για την αύξηση του αριθμού των οκτανίων.

4.20 Χρησιμοποίηση της βιοαιθανόλης ως καύσιμο

Λόγω του ότι η βιοαιθανόλη έχει πολύ περισσότερα οκτάνια από τη συμβατική βενζίνη δεν χρησιμοποιείται αυτούσια σε συμβατικούς κινητήρες, παρά μόνο διάφορα μείγματα αυτής και της συμβατικής βενζίνης (γνωστά και ως «βενζινόλη») είτε μετατρέπεται πρώτα σε αντικροτικό πρόσθετο (ETBE) και αναμειγνύεται στη συνέχεια με τη βενζίνη. Οι περισσότερες σύγχρονες μηχανές που κατασκευάζονται μπορούν να δεχτούν μείγματα βιοαιθανόλης ως καύσιμο χωρίς κάποια τροποποίηση.

4.21 Μείγματα βιοαιθανόλης – βενζίνης

Μείγματα καυσίμου βιοαιθανόλης με βενζίνη πωλούνται ευρύτατα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μείγμα 5% με τη βενζίνη σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο ποιότητας EN 228. Μείγμα 5% βιοαιθανόλης με βενζίνη κατ' όγκο σημαίνει 3,4% κατά αναλογία ενέργειας, εφόσον το ενεργειακό περιεχόμενο της βιοαιθανόλης είναι περίπου τα δύο τρίτα αυτού της βενζίνης. Η χρήση τέτοιου μείγματος δεν απαιτεί μετατροπή του κινητήρα. Όταν όμως η περιεκτικότητα είναι μεγαλύτερη από 5% σε βιοαιθανόλη τότε απαιτούνται μετατροπές στις ρυθμίσεις του κινητήρα. Το πιο συνηθισμένο μείγμα είναι αυτό που αποτελείται από 10% αιθανόλη και 90% βενζίνη (E10). Οι κινητήρες των συμβατικών οχημάτων δεν απαιτούν μετατροπή για να κινηθούν με E10, επιπλέον η χρήση E10 δεν έχει καμία επίπτωση στην εγγύηση του οχήματος. Μόνο οχήματα πολλαπλών καυσίμων μπορούν να κινηθούν με καύσιμο μείγμα 85% αιθανόλης και 15% βενζίνης (E85). Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί 100% βιοαιθανόλη σε τροποποιημένους

κινητήρες με ηλεκτρική ανάφλεξη παρ' όλο που για την αντιμετώπιση του προβλήματος της εκκίνησης σε χαμηλές θερμοκρασίες απαιτείται η χρήση ενός μικρού ποσοστού πτητικού καυσίμου (συνήθως βενζίνης).

Η χρήση οχημάτων πολλαπλών καυσίμων (flexible fuelled vehicles, FFVs), που είναι ειδικά σχεδιασμένα για τη χρήση βιοαιθανόλης σε διάφορες αναλογίες, είναι μια εναλλακτική προσέγγιση. Η Ford διαθέτει ένα μοντέλο FFV Focus βιοαιθανόλης στη Σουηδία. Η Saab και η Volvo σχεδιάζουν να κυκλοφορήσουν FFVs βιοαιθανόλης, που θα μπορούν να λειτουργούν με μείγμα 85% βιοαιθανόλης και 15% βενζίνη.

4.22 Τροποποιήσεις κινητήρων για μείγματα βιοαιθανόλης σε ποσοστό 14% έως 24%

Λόγω των διαβρωτικών ιδιοτήτων της βιοαιθανόλης είναι απαραίτητη η χρήση κραμάτων από υλικά που να είναι ανθεκτικά στη διάβρωση. Παράλληλα θα πρέπει να αντέχουν σε υψηλότερες πιέσεις και θερμοκρασίες. Επειδή πιθανότατα θα γίνουν μετατροπές για περεταίρω αύξηση του βαθμού συμπίεσης του κινητήρα καθώς υπάρχει κάποιο περιθώριο αύξησης λόγω του υψηλότερου αριθμού οκτανίων της βιοαιθανόλης χωρίς να υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης του φαινομένου της κρουστικής καύσης (πειράκια).

Οι ακόλουθες τροποποιήσεις μηχανών πραγματοποιήθηκαν από βιομηχανίες αυτοκινήτων στη Βραζιλία το 1970, όταν λειτουργούσαν κάποια οχήματα με μείγματα βιοαιθανόλης μεταξύ 14 και 24%:

- Αλλαγές στα τοιχώματα των κυλίνδρων, τις κεφαλές των κυλίνδρων, τις βαλβίδες και τις έδρες βαλβίδων.
- Αλλαγές στα έμβολα, τα δαχτυλίδια εμβόλων, τις πολλαπλές εισαγωγής και τους εξαερωτήρες.
- Επένδυση των γραμμών τροφοδοσίας με κράμα χάλυβα και νικελίου των δεξαμενών καυσίμων για να αποτραπεί η διάβρωση από τη βιοαιθανόλη E20.
- Συστήματα έγχυσης καυσίμου με εγχυτήρες καυσίμου μεγαλύτερης παροχής για να αντισταθμιστούν οξυγονωτικές ιδιότητες της βιοαιθανόλης.

4.23 Αναλογία αέρα καυσίμου

Για να πραγματοποιηθεί τέλεια ή πλήρης καύση της βενζίνης, πρέπει να αεριοποιηθεί και να αναμειχθεί με μια ελάχιστη ποσότητα αέρα, σχηματίζοντας το κατάλληλο καύσιμο μείγμα (αέρα/βενζίνης). Το μείγμα αυτό, στην κατά βάρος σύνθεση του, αποτελείται από 1 μέρος βενζίνη και 14.7 μέρη αέρα, που ονομάζεται στοιχειομετρική αναλογία αέρα-καυσίμου.

Ένα μείγμα καυσίμου αιθανόλης E10 κανονικά θα έχει μια περιεκτικότητα σε οξυγόνο περίπου 3.5%. Το οξυγόνο που υπάρχει στην αιθανόλη μπορεί να έχει επιπτώσεις στην αναλογία αέρα καυσίμου για την οποία λειτουργεί η μηχανή. Έτσι για τις συνηθισμένες μηχανές αυτοκινήτων είναι απαραίτητο να υπάρξει μείωση αναλογίας αέρα/καυσίμου ούτως ώστε να αντισταθμιστεί από τη περιεκτικότητα σε οξυγόνο που υπάρχει στο μίγμα αιθανόλης. Για παράδειγμα η αναλογία αέρα/καυσίμου για ένα Golf της VW που λειτουργεί με αιθανόλη 22% είναι 12.7:1, η οποία είναι ελαφρώς μικρότερη από την αναλογία 14.7:1 που έχουμε για την βενζίνη. Αυτή η επίδραση ισχύει επίσης στο βιοντίζελ δεδομένου του ότι είναι κι αυτό ένα οξυγονωμένο καύσιμο.

Τα νέα συστήματα ελέγχου και διαχείρισης κινητήρα τα οποία προσαρμόζονται στα περισσότερα σύγχρονα μηχανοκίνητα οχήματα θα ρυθμίζουν το μείγμα αέρα/καυσίμου μέσω ειδικών ηλεκτρονικών αισθητήρων και θα το προσαρμόζουν έτσι ώστε να διατηρείται πάντα η στοιχειομετρική αναλογία όταν προστίθενται αιθανόλη (που οξυγονώνεται) στη μηχανή. Για μερικά οχήματα, η μέγιστη περιεκτικότητα σε οξυγόνο που μπορεί να αντισταθμιστεί είναι 3.5% (E10 μίγματα καυσίμου αιθανόλης). Τα παλαιότερα οχήματα συνήθως δεν διαθέτουν ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου του κινητήρα, αντίθετα δουλεύουν με απλό καρμπυρατέρ. Κατά συνέπεια, η αναλογία αέρα/καυσίμου πρέπει να ρυθμίζεται με το χέρι ώστε να αντισταθμίζεται το αυξημένο οξυγόνο που υπάρχει στα καύσιμα με περιεκτικότητα σε βιοαιθανόλη.

4.24 Φίλτρα καυσίμου

Χρησιμοποιώντας μείγμα βιοαιθανόλης-βενζίνης ως καύσιμο θα είναι απαραίτητη η αλλαγή του φίλτρου καυσίμου του οχήματος συχνότερα ειδικά τον

πρώτο καιρό. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μείγματα βιοαιθανόλης έχουν διαλυτικές ιδιότητες. Δηλαδή μαλακώνουν και μετακινούν τα στερεά υπολείμματα που έχουν συσσωρευτεί στα τοιχώματα της δεξαμενής καυσίμου και τις γραμμές τροφοδοσίας από τη βενζίνη. Αυτά τα στερεά υπολείμματα συγκρατούνται από το φίλτρο το οποίο φράζει γρηγορότερα. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει κατά την αλλαγή από βενζίνη σε βιοαιθανόλη και σταδιακά μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

4.25 Ψυχρή εκκίνηση

Τα μείγματα βιοαιθανόλης έχουν χαμηλή τάση των ατμών και υψηλότερη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης από την 100% καθαρή βενζίνη και έτσι παρουσιάζουν δυσκολία κατά τη ψυχρή εκκίνηση το χειμώνα. Για να ξεπεραστεί λοιπόν αυτό το πρόβλημα μερικά οχήματα έχουν εγκατεστημένη μια μικρή δεξαμενή βενζίνης έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκκίνηση του οχήματος στον κρύο καιρό.

4.26 Εγγυήσεις οχημάτων

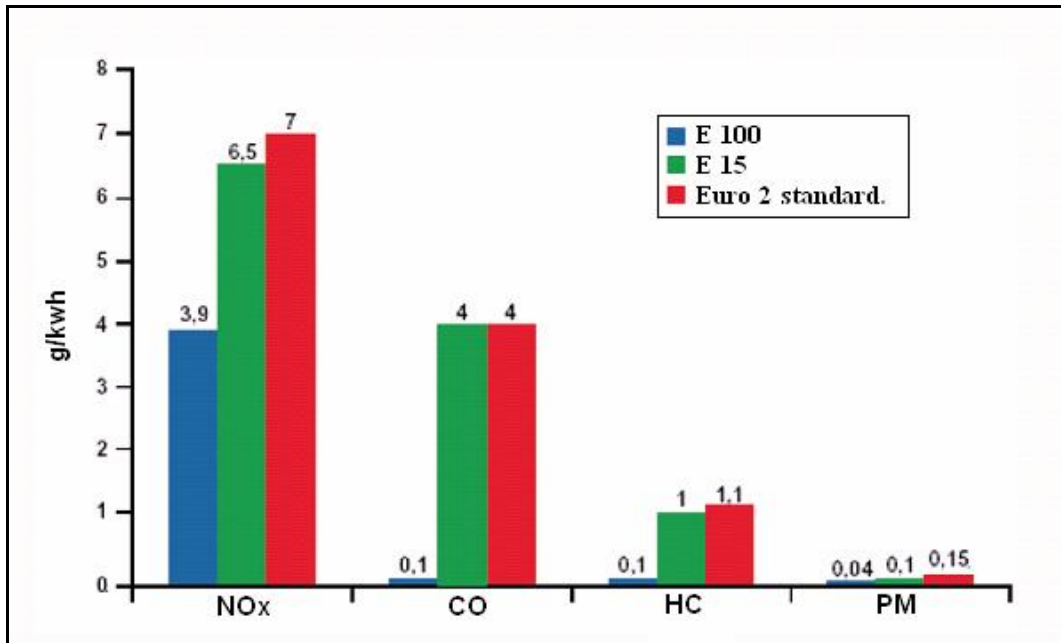
Οι ιδιοκτήτες οχημάτων που χρησιμοποιούν στα αυτοκίνητά τους μείγματα βιοαιθανόλης θα πρέπει να εμμένουν στις συστάσεις του κατασκευαστή του αυτοκινήτου. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, οι περισσότεροι κατασκευαστές οχημάτων προδιαγράφουν ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα βιοαιθανόλης στη βενζίνη πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη του 5% κατά όγκο. Στις Η.Π.Α., σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές οχημάτων προδιαγράφουν ότι το μέγιστο ποσοστό βιοαιθανόλης στη βενζίνη πρέπει να είναι μικρότερο από 10% κατά όγκο. Συνεπώς, εάν ο ιδιοκτήτης ενός οχήματος επιλέξει να χρησιμοποιήσει ένα μείγμα με μεγαλύτερο ποσοστό βιοαιθανόλης από αυτό που συστήνει ο κατασκευαστής, τότε η εγγύηση του οχήματος ακυρώνεται και παύει να ισχύει. Τέλος οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων δηλώνουν ότι παρουσιάζονται ζημιές και προβλήματα κίνησης στα αυτοκίνητα που δεν τηρούνται οι παραπάνω συστάσεις.

4.27 Εκπεμπόμενοι ρύποι

Η βιοαιθανόλη αποικοδομείται γρήγορα μετά την έγχυση της στο νερό, οπότε το χρονικό διάστημα των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το νερό είναι πολύ περιορισμένο έναντι της περίπτωσης ρύπανσης των υδάτων με συμβατική βενζίνη. Οι εκπομπές της βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινικά υπολείμματα που παράγεται με παρούσες τεχνολογίες κυμαίνονται στα 39 gr CO₂/ km, σημαντικά μικρότερες των συμβατικών καυσίμων. Με χρήση μελλοντικών τεχνολογιών παραγωγής οι εκπομπές της βιοαιθανόλης αναμένεται να μειωθούν σε 32 gr CO₂/ km.

Η περιεκτικότητά της σε οξυγόνο βελτιώνει την διαδικασία μετατροπής, οδηγώντας έτσι την διαδικασία σε μείωση του επιπέδου των εκπομπών των αέριων ρύπων. Αυτό έχει ως συνέπεια κατά πολύ μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άκαυστων υδρογονανθράκων (HC) σε ποσοστό (50÷60). Ακόμα λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασιακής φλόγας πετυχαίνεται μείωση των οξειδίων του αζώτου (NO_x) κατά (30-50 %) και μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κατά 40%. Οι εκπομπές της ακεταλδεύδης είναι κατά πολύ υψηλότερες στην αιθανόλη απ' ότι είναι στην βενζίνη ή το πετρέλαιο, ενώ εκείνες του βενζολίου, του βουταδιενίου και του ραh, μειώνονται σημαντικά.

Το **Διάγραμμα 4.2** μας δείχνει τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από τη χρήση μειγμάτων αιθανόλης-βενζίνης, για τα μείγματα E100 και E15 συγκρινόμενα με τις προδιαγραφές του Euro 2.



Διάγραμμα 4.2 Εκπομπές ρύπων από τη χρήση βιοαιθανόλης (E100, E15) σε σχέση με το Euro 2.

Εκπομπές του καυσίμου E85 έναντι εκπομπών της συμβατικής βενζίνης:

- Μείωση των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κατά 40%.
- Μείωση των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων (PM) κατά 20%.
- Μείωση των εκπομπών διαφόρων οξειδίων του αζώτου (NO_x) κατά 35%.
- Μείωση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) κατά 15%.

4.28 Περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση βιοαιθανόλης

Το κύριο πλεονέκτημα της βιοαιθανόλης είναι ότι η χρήση της έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Από τη χρήση 100% βιοαιθανόλης προκύπτει μείωση 50-60% υπολογισμένη σε πλήρη κύκλο ζωής, σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Τα οφέλη που προκύπτουν από την χρήση μειγμάτων είναι προφανώς μικρότερα. Για παράδειγμα από τη χρήση μείγματος 5% προκύπτει καθαρή μείωση 2.5-3%.

Όπως και με το βιοντίζελ, τα οφέλη στο θέμα της αλλαγής του κλίματος θα εξαρτηθούν από την πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 50-60% προκύπτει εάν η βιοαιθανόλη παράγεται από ζαχαρότευτλα και σιτάρι. Εάν χρησιμοποιούνται κυτταρινούχα υλικά η καθαρή μείωση μπορεί να είναι μεγαλύτερη ίσως και μέχρι 75-80%. Αυτό συμβαίνει γιατί απαιτείται λιγότερη ενέργεια για την καλλιέργεια τέτοιων φυτών καθώς επίσης και από το γεγονός ότι κατά την φάση της παραγωγής χρησιμοποιούνται διεργασίες ενεργειακά πιο αποδοτικές, που επιτρέπουν και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι η παραγωγή βιοαιθανόλης είναι από μόνη της μια ενεργοβόρα διαδικασία και απαιτεί σημαντικά ποσά ενέργειας που παράγεται από συμβατικά καύσιμα. Όμως, είναι φανερό ότι η χρήση της βιοαιθανόλης μπορεί να βοηθήσει ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι των πολιτικών για την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής.

Η χρήση βιοαιθανόλης μπορεί επίσης, να μειώσει τις εκπομπές και άλλων ρύπων από τα οχήματα, παρ' όλο που η μείωση αυτή εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος και τις προδιαγραφές του καυσίμου.

4.29 Πλεονεκτήματα παραγωγής και χρήσης βιοαιθανόλης

Ως καύσιμο έχει υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο και υψηλότερο αριθμό οκτανίων σε σχέση με τη βενζίνη. Αυτό την καθιστά ικανή να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες με πολύ υψηλότερο βαθμό συμπίεσης χωρίς πρόσθετες ουσίες αύξησης οκτανίων. Μπορεί να προστεθεί στη βενζίνη σε διάφορες αναλογίες μειγμάτων είτε ως βελτιωτικό για την αύξηση του αριθμού των οκτανίων της και έτσι να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα καύσης. Το μείγμα βιοαιθανόλης–βενζίνης, με συμμετοχή της βιοαιθανόλης από 10% - 20% μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας στους κινητήρες των σημερινών αυτοκινήτων, χωρίς να απαιτείται τροποποίηση αυτών. Επιπλέον η ανάμειξη της με τη βενζίνη πετυχαίνεται σχετικά εύκολα.

Δεν είναι τοξική, είναι γρήγορα βιοδιασπώμενη και μπορεί να αποσπάσει τα τοξικά από την βενζίνη. Είναι φιλικότερη προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τη βενζίνη και το πετρέλαιο. Σε συνήθεις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας είναι σε υγρή μορφή που σημαίνει ότι δεν χρειάζεται ειδική μεταχείριση κατά τη μεταφορά και

την αποθήκευση της. Ακόμη, λόγω της υψηλότερης λανθάνουσας θερμότητας από αυτή της βενζίνης παρουσιάζει μειωμένο κίνδυνο έκρηξης.

Είναι καθαρότερη επειδή τα μόρια της περιέχουν οξυγόνο κι έτσι οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα μπορούν να μειωθούν κατά 40% εν συγκρίσει με τις αντίστοιχες των συμβατικών καυσίμων σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Αλλά εκτιμάται ότι μπορεί να μειωθούν μέχρι και 80-90% με τις νέες τεχνολογίες παραγωγής.

Προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες όπως διάφορα ενεργειακά φυτά και βιομάζα. Η παραγωγή της θα μπορούσε να γίνει γρήγορα και σε μεγάλες ποσότητες από όλους τους τύπους βιομάζας (σάκχαρα, άμυλο, λιγνοκυτταρινούχα). Ακόμα θα υπάρξει σταδιακή μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από τις χώρες εξαγωγής ορυκτών καυσίμων.

Μπορεί να παραχθεί μέχρι και σε τοπικό επίπεδο, χρησιμοποιώντας εγχώρια πρώτη ύλη με αποτέλεσμα την υπεραξία των αγροτικών πρώτων υλών και την αύξηση του αγροτικού εισοδήματος. Έτσι πετυχαίνεται ταυτόχρονα συγκράτηση αγροτικού πληθυσμού και ενίσχυση της περιφέρειας των λιγότερο αναπτυγμένων περιοχών. Η παραγωγή βιοαιθανόλης από αγροτικές καλλιέργειες μπορεί να αποτελέσει μια χρήσιμη νέα αγορά για τις περιφερειακές οικονομίες και να βοηθήσει στην εξασφάλιση της περιφερειακής ανάπτυξης.

Οι νέες εγκαταστάσεις βιοαιθανόλης θα βελτιώσουν την οικονομική κατάσταση των εγκαταστάσεων ζάχαρης, θα εξασφαλίσουν την ύπαρξη και τη δημιουργία περισσότερων θέσεων εργασίας και θα επιτρέψουν στους καλλιεργητές ζαχαρότευτλων για να αυξήσουν την παραγωγή τους. Συγχρόνως, θα υπάρξει και σημαντική συμβολή στην περιβαλλοντική βελτίωση με τη μείωση των εκπομπών αερίου θερμοκηπίου.

4.30 Μειονεκτήματα παραγωγής και χρήσης βιοαιθανόλης

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της βιοαιθανόλης είναι το υψηλό της κόστος το οποίο στη παρούσα κατάσταση είναι 2 με 3 φορές υψηλότερα από αυτό της βενζίνης. Επίσης η ανταγωνιστικότητα της παραγωγής της σε σχέση με το κόστος εξαρτάται από την τιμή των πρώτων υλών και την πορεία τιμών των συμβατικών καυσίμων

κίνησης. Οι δυο αυτοί παράγοντες είναι ιδιαίτερα ασταθείς και αυτό καθιστά την πρόβλεψη τους ιδιαίτερα δύσκολη.

Έχει μικρότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή της βενζίνης κατά 37% που σε ογκομετρικό επίπεδο σημαίνει χρήση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου για να καλύψουμε την ίδια ενεργειακή ανάγκη. Επίσης η θερμότητα καύσης της βιοαιθανόλης είναι περίπου το 70% της αντίστοιχης για τη βενζίνη. Έχει μεγαλύτερη τάση ατμών από τη βενζίνη και διαβρωτικές ιδιότητες. Όταν χρησιμοποιείται σε αυτούσια μορφή είναι αναγκαία η μετατροπή των κινητήρων.

Υπάρχουν δυσκολίες στη συλλογή, τη μεταφορά και την αποθήκευση των πρώτων υλών λόγω του μεγάλου όγκου. Τα σακχαρούχα και αμυλούχα προϊόντα όπως (τεύτλα, καλαμπόκι, κ.ά.) έχουν υψηλό κόστος διότι χρησιμοποιούνται ανταγωνιστικά για την παραγωγή τροφίμων. Τέλος υπάρχουν και κάποια προβλήματα σε κάποια στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, ειδικά στην υδρόλυση της λιγνοκυτταρίνης.

Η αποθήκευση, η ανάμειξη και η μεταφορά της βιοαιθανόλης είναι δύσκολη υπόθεση λόγω της τάσης της να διαχωρίζεται από τη βενζίνη για αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή.

4.31 Περιορισμοί και υποθέσεις

Η βιοαιθανόλη που είναι αποτέλεσμα των ζαχαροτεύτλων και άλλων φυτών σε μια πολύ μεγάλη παραγωγή θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα σε αυτή τη πηγή. Υπάρχουν εντούτοις πολλοί άλλοι παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν.

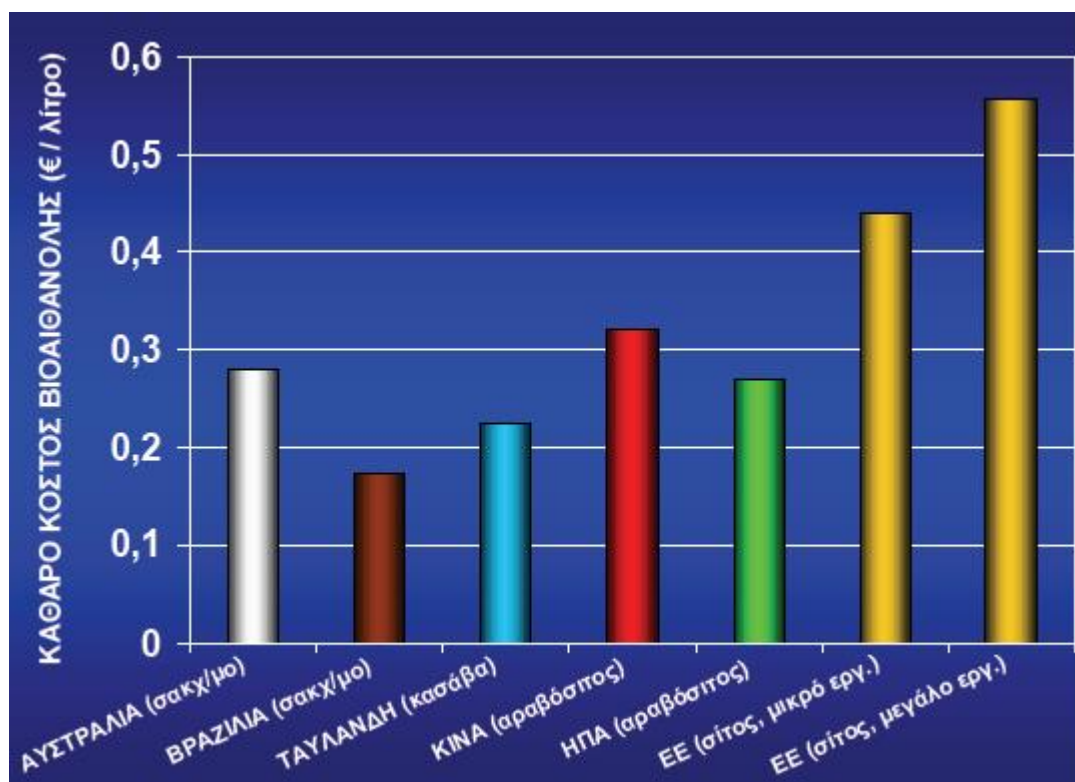
Αρχικά υπάρχει το πρόβλημα του ενός και μόνο είδους φυτού. Όταν μόνο ένας τύπος καλλιέργειας αυξάνεται στο ίδιο έδαφος για αρκετά διαδοχικά έτη έπειτα αυτή η καλλιέργεια θα γίνει πολύ ευαίσθητη σε ορισμένα παράσιτα και ασθένειες, επίσης προκαλείται και μείωση ορισμένων μεταλλευμάτων στο χώμα. Το αλυσιδωτό αποτέλεσμα αυτών των επιδράσεων είναι μια απαίτηση για την αυξανόμενη χρήση των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων που η διαδικασία παραγωγής τους οδηγεί σε εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Η παραγωγή ζαχαρότευτλων είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτή του σιταριού και έτσι οι απαιτήσεις λιπάσματος είναι πιθανό να είναι υψηλότερες. Η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, που βασίζονται σε ενώσεις του αζώτου, του θείου και της αμμωνίας αυξάνει την οξύτητα

του εδάφους και των νερών, δημιουργώντας παράλληλα σε αυτό συνθήκες ευτροφισμού.

Ο καλύτερος τρόπος να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα είναι με την αμειψισπορά. Αυτή η τεχνική μεταξύ των διαφορετικών βοηθητικών καλλιεργειών ανακουφίζει τα αναφερθέντα προβλήματα. Για αυτόν το λόγο είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν τουλάχιστον δύο διαφορετικές καλλιέργειες για την παραγωγή της βιοαιθανόλης. Εάν οι σπόροι ελαιοκράμβης που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ φυτευτούν στη συνέχεια στη θέση των σπόρων της βιοαιθανόλης αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει στο πρόβλημα. Για να κατανοήσουμε καλύτερα ποιά είδη καλλιέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε ποιές αναλογίες θα απαιτούσε μια πιο λεπτομερή μελέτη σε αυτόν τον τομέα. Αλλά κάτι τέτοιο είναι έξω από τα πλαίσια αυτών που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη.

4.32 Οικονομικά στοιχεία

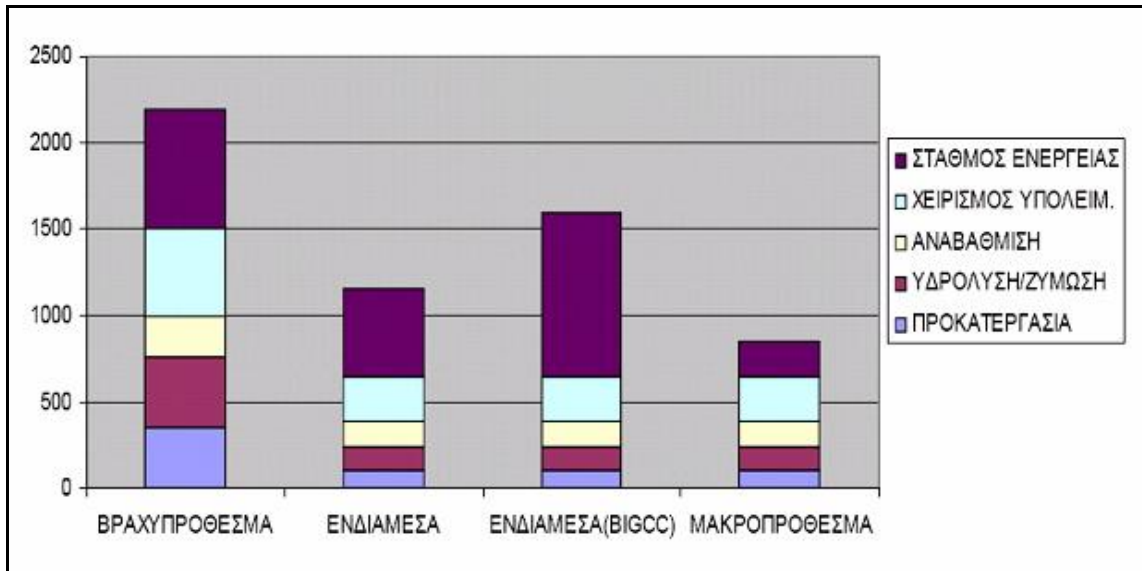
Το κόστος της βιοαιθανόλης (**Διάγραμμα 4.3**) σήμερα είναι υψηλότερο κατά 2 με 3 φορές του αντίστοιχου της βενζίνης από αργό πετρέλαιο. Η τιμή εξαρτάται από το σχετικό κόστος της πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοαιθανόλης και την τιμή του αργού πετρελαίου. Το κόστος παραγωγής επηρεάζεται επίσης από το υψηλό κόστος κεφαλαίου για τον παραγωγικό εξοπλισμό για τις διεργασίες της υδρόλυσης και της ζύμωσης. Εάν επιβληθεί ολόκληρος ο φόρος καύσιμου, η τιμή της βιοαιθανόλης είναι υψηλή, για αυτό χρειάζεται μια ελάττωση του φόρου ώστε να γίνει η τιμή ανταγωνιστική. Όπως και με το βιοντίζελ, τέτοιες μειώσεις είναι συχνές στην Ευρώπη και χρησιμοποιούνται ως κίνητρα για την ενθάρρυνση και τη χρήση βιοαιθανόλης. Η παραγωγή βιοαιθανόλης έχει αρχίσει σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες.



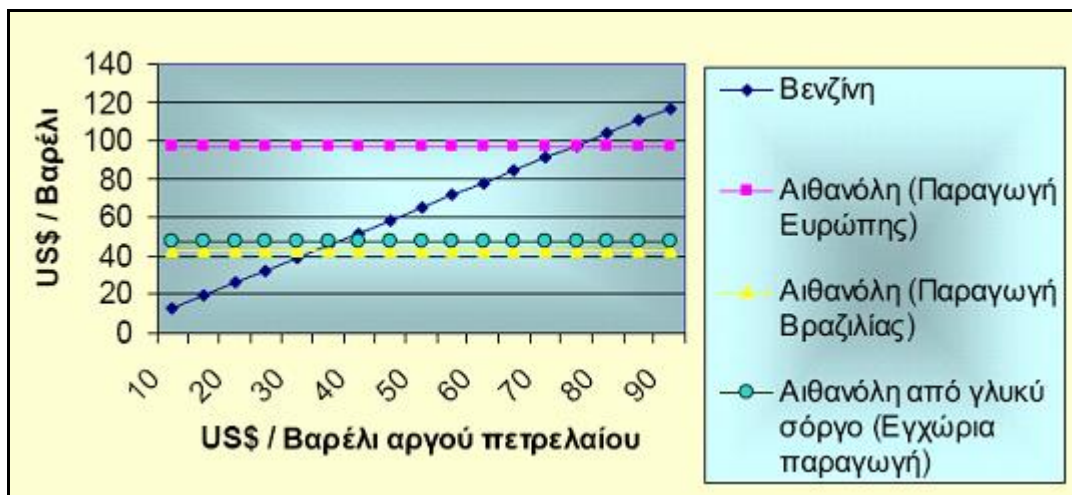
Διάγραμμα 4.3 Κόστος βιοαιθανόλης διεθνώς.

Το καθαρό κόστος της μεταφοράς της βιοαιθανόλης από την μονάδα μετατροπής στο πρατήριο υγρών καυσίμων σύμφωνα με την παρούσα τεχνολογία είναι ίσο με 15 €/ GJ.

Το κόστος όμως αυτό μειώνεται ταχύτατα και προβλέπεται να εξισωθεί με εκείνο της βενζίνης σύντομα. Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, αν λάβει κανείς υπόψη ότι στις ΗΠΑ προ 15ετίας το κόστος της βιοαιθανόλης ανερχόταν σε 1.32 δολάρια/λίτρο, σήμερα ανέρχεται στο 0.28 δολάρια/λίτρο, ενώ σε 10 χρόνια το κόστος δε θα υπερβαίνει το 0.18 δολάρια/λίτρο και επομένως δε θα υπερβαίνει το κόστος της βενζίνης (τιμή εργοστασίου) (**Διάγραμμα 4.5**). Η εκτιμώμενη παραγωγή βιοαιθανόλης σε Ευρώπη, Ασία και Αμερική το 2010 είναι περίπου 30 τρισεκατομμύρια λίτρα. Στο **Διάγραμμα 4.4** αναλύεται το συνολικό επενδυτικό κόστος για συστήματα παραγωγής βιοαιθανόλης.



Διάγραμμα 4.4 Συνολικό επενδυτικό κόστος για τα συστήματα παραγωγής βιοαιθανόλης (euro/Kw βιοαιθανόλης).



Διάγραμμα 4.5 Σύγκριση των τιμών βενζίνης και βιοαιθανόλης συναρτήσει της τιμής του αργού πετρελαίου.

4.33 Τρόποι αύξησης της παραγωγής και μείωσης του κόστους

Σε αυτό το σημείο αξίζει να γίνει μια σύντομη αναφορά για πιθανές βελτιώσεις της παραγωγικής διαδικασίας με ταυτόχρονη μείωση του κόστους. Αυτό είναι δυνατό να επιτευχθεί ως εξής:

- Μείωση του κόστους συλλογής και μεταφοράς της πρώτης ύλης.
- Βελτίωση στην τεχνολογία προκατεργασίας της βιομάζας (με φυσικές χημικές μεθόδους καθώς και με ενζυματικές μεθόδους).
- Μείωση του κόστους παραγωγής της κυτταρινάσης. (η τωρινή τιμή της κυτταρινάσης εκτιμάται περίπου ίση με 6000 €/τόνο και αποτελεί μία σημαντική συμβολή στο συνολικό κόστος παραγωγής της βιοαιθανόλης 40 – 49 % του καθαρού κόστους παραγωγής).
- Βελτίωση στη διεργασία ζύμωσης της πεντόζης (C₅).
- Μείωση της συνολικής κατανάλωσης νερού στη διεργασία που μπορεί να οδηγήσει σε αντίστοιχη μείωση του κεφαλαίου και του λειτουργικού κόστους στο στάδιο της απόσταξης.
- Αποτελεσματική αξιοποίηση των υπολειμματικών υλικών για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (BIG/CC) ή για την εξαγωγή/ απόσταξη παραγωγή χρήσιμων προϊόντων.
- Βελτιστοποίηση της διεργασίας –ωρίμανση της μεθόδου.

4.34 Η βιοαιθανόλη σε διάφορες χώρες

Βιοαιθανόλη παραγόμενη από ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι είναι ήδη ανταγωνιστική προς τα ορυκτά καύσιμα στη Βραζιλία η οποία είναι διεθνώς πρωτοπόρος στην παραγωγή βιοαιθανόλης. Επιπλέον, η εισροή ενέργειας από ορυκτά για την παραγωγή αιθανόλης από ζαχαροκάλαμο είναι χαμηλότερη σε σχέση με εκείνη για την παραγόμενη αιθανόλη στην Ευρώπη, οπότε οι αντίστοιχες μειώσεις εκπομπών είναι μεγαλύτερες. Μετά από εμπειρία περίπου τριάντα ετών το πρόγραμμα της Βραζιλίας για την χρήση βιοκαυσίμων θεωρείται πετυχημένο. Ο στόλος της Βραζιλίας αποτελείται από περισσότερα από 20 εκατομμύρια αυτοκίνητα.

Στις Η.Π.Α. η παραγωγή αιθανόλης γίνεται με πρώτη ύλη το καλαμπόκι. Τα εμπορικά είδη της βιοαιθανόλης είναι το E85 το E95 και το E10. Τα καύσιμα που περιέχουν βιοαιθανόλη αντιπροσωπεύουν περισσότερο από 12% της συνολικής κατανάλωσης καυσίμων.

Η Ε.Ε. επίσης, πρόσφατα έθεσε τους δεσμευτικούς στόχους που απαιτούν ότι το 10% της κατανάλωσης καυσίμων του τομέα των μεταφορών θα πρέπει να περιλαμβάνει τα βιολογικά καύσιμα μέχρι το 2020. Στην Ευρώπη η βιοαιθανόλη παράγεται κυρίως από ζαχαρότευτλα και σιτάρι. Η Ισπανία, η Πολωνία και η Γαλλία κυριαρχούν στον τομέα της βιοαιθανόλης στην Ευρώπη με συνολική παραγωγή 500000 τόνους το 2004. Η Σουηδία, η Αυστρία και η Γερμανία δραστηριοποιούνται επίσης στην παραγωγή βιοαιθανόλης. Στη Σουηδία παράγεται από διάλυμα που προέρχεται κυρίως από υπόλειμμα χαρτοπολτού και χρησιμοποιείται αυτούσια ή σε μίγμα σε πετρελαιοκινητήρες ή βενζινοκινητήρες.

Στο Καναδά η βιοαιθανόλη είναι διαθέσιμη σε περισσότερους από 1000 σταθμούς διανομής σαν μείγμα μικρής περιεκτικότητας 5-10%. Επίσης, η παραγωγή τους αυξήθηκε από 50000 m³ το 1995 σε πάνω από 1000000 m³/χρόνο.

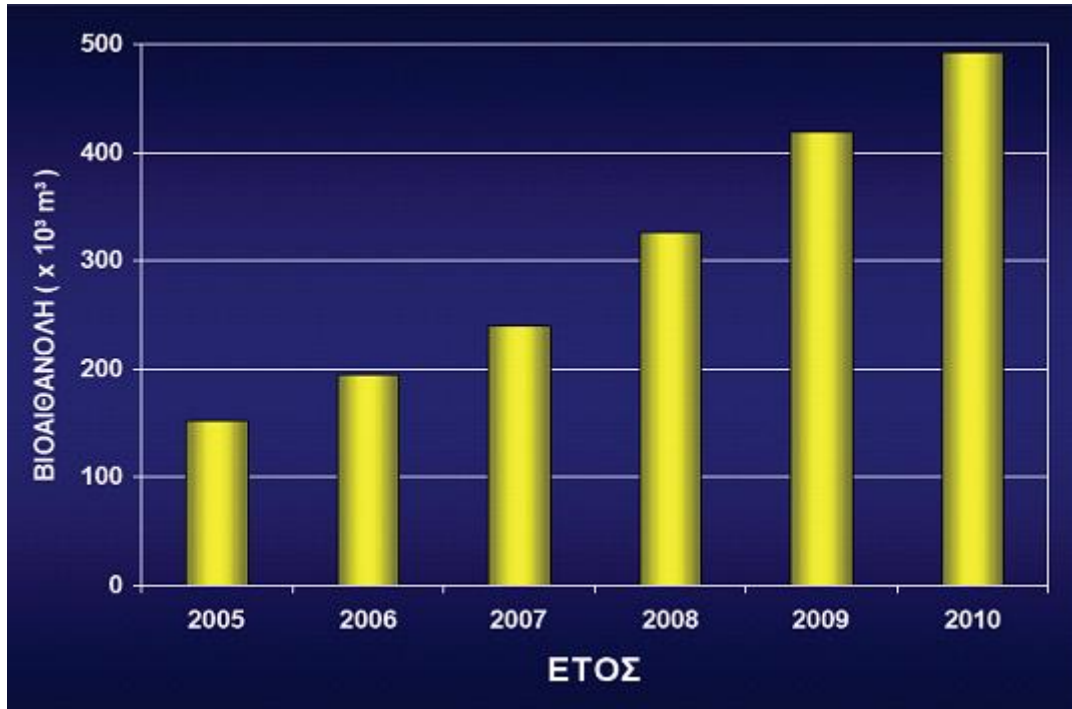
4.35 Η βιοαιθανόλη στην Ελλάδα

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει σημαντική παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα. Με την προοπτική όμως της βιοαιθανόλης για χρήση στις βενζίνες, επενδυτικό ενδιαφέρον άρχισε ήδη να εκδηλώνεται για παραγωγή της (**Διάγραμμα 4.6**). Η εταιρία BIEN ήδη ανακοίνωσε στο Υπουργείο Ανάπτυξης ότι προτίθεται να κατασκευάσει το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής βιοαιθανόλης στην Ελλάδα. Στην Ελλάδα οι ενεργειακές καλλιέργειες από τις οποίες μπορεί να παραχθεί βιοαιθανόλη είναι οι παραδοσιακές σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος, σακχαρότευτλα κι η καλλιέργεια του γλυκού σόργου. Οι απαιτήσεις σε παραγωγή βιοαιθανόλης για το έτος 2005 στην Ελλάδα, υπολογίστηκαν σε περίπου 120000 τόνους και το έτος 2010 σε 390000 τόνους, σύμφωνα με την οδηγία 30 του 2003.

Μια πρόσφατη μελέτη που πραγματοποίησε το Ινστιτούτο Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας της ΠΑΣΕΓΕΣ έδειξε ότι μόνο εφόσον δοθούν τα αναγκαία οικονομικά κίνητρα θα αναπτυχθούν οι καλλιέργειες ενεργειακών φυτών στην Ελλάδα. Και οι ειδικοί προειδοποιούν ότι μάλλον υπερβολικές είναι οι

προσδοκίες που καλλιεργούνται σε σχέση με τα ενεργειακά φυτά στην Ελλάδα, εφόσον για να είναι βιώσιμη η ενεργειακή καλλιέργεια, χρειάζεται ισχυρή επιδότηση μεγαλύτερη των 4.5 ευρώ το στρέμμα που δίδεται τώρα από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Περίπου 6000000 στρέμματα σε 21 νομούς της Ελλάδας θα αδρανοποιηθούν, τονίζουν οι επιστήμονες, αφού μετά την εφαρμογή της νέας Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (Κ.Α.Π.) πολλοί αγρότες που καλλιεργούσαν τεύτλα, καπνό, βαμβάκι, μαλακό και σκληρό στάρι και καλαμπόκι εγκαταλείπουν την καλλιέργεια. Από αυτά τα στρέμματα υπολογίστηκε ότι τουλάχιστον το 60%, περίπου 3.7 εκατ. στρέμματα, πρέπει να καλλιεργηθούν με ενεργειακά φυτά, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της χώρας που απορρέουν από την εφαρμογή των Κοινοτικών Οδηγιών. Πρόκειται για την οδηγία 2003/30 για τα βιοκαύσιμα που ορίζει ότι έως το 2010 το 5.75% των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές πρέπει να προέρχεται από βιοκαύσιμα, και την οδηγία 2001/77 για την ηλεκτροπαραγωγή από Α.Π.Ε., που καθορίζει ότι έως το 2010 η βιομάζα πρέπει να συμμετέχει σε ποσοστό 1.2% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας.



Διάγραμμα 4.6 Παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, προκειμένου οι αγρότες να διατηρήσουν το ίδιο καθαρό εισόδημα με αυτό που έχουν σήμερα καλλιεργώντας βαμβάκι, καλαμπόκι καπνό, τεύτλα ή σιτηρά αλλά και οι μονάδες επεξεργασίας που θα δημιουργηθούν να είναι βιώσιμες, θα πρέπει οι παραγωγοί να λάβουν σημαντικά υψηλότερη επιδότηση από αυτή που δίδεται σήμερα από την Ε.Ε. για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών, δηλαδή 4.5 ευρώ το στρέμμα. Ωστόσο η απαιτούμενη επιδότηση θα είναι χαμηλότερη των ποσών που δίδονται για τις «συμβατικές» καλλιέργειες που προαναφέρθηκαν. Ασφαλώς υπάρχει πάντα η «λύση» της εισαγωγής φθηνής πρώτης ύλης για βιομάζα από τρίτες χώρες, προκειμένου να παρασκευαστούν εγχώριος τα αναγκαία από τις κοινοτικές οδηγίες βιοκαύσιμα. Ωστόσο, άλλες χώρες, όπως οι Η.Π.Α., επιδοτούν αδρά την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα.

Ακόμα η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης (Ε.Β.Ζ.) καταβάλει σοβαρές προσπάθειες από το Συμβούλιο Υπουργών Γεωργίας, να εγκρίνει τη πρόταση για την επιδότηση των επενδύσεων μετατροπής των ζαχαρουργείων σε εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης. Τέλος σε συνεργασία με το Υπουργείο Οικονομικών γίνεται εντός του έτους προσπάθεια προώθησης για την υλοποίηση της οδηγίας 96 του 2003, που αφορά την μερική ή ολική αποφορολόγηση των βιοκαυσίμων.

4.36 Μελλοντικά σχέδια για τη βιοαιθανόλη

Η βιοαιθανόλη είναι ιδιαίτερα πτητική και σε θερμές χώρες όπως η Ελλάδα, ενδέχεται να δημιουργήσει προβλήματα στη θερινή προδιαγραφή της τάσης ατμών, ορισμένων βενζινών. Επίσης έχει την τάση να διαχωρίζεται από τη βενζίνη και να απορροφά το νερό.

Για τους παραπάνω λόγους, γίνονται έρευνες για τη δυνατότητα μετατροπής της βιοαιθανόλης σε ΕΤΒΕ (αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρα) στα διυλιστήρια της χώρας, προϊόν το οποίο αναμειγνύεται στη βενζίνη εύκολα και δεν παρουσιάζει κανένα από τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν για τη βιοαιθανόλη. Αυτή η πρακτική ακολουθείται από πολλές Ευρωπαϊκές χώρες.

Επιπλέον το ΕΤΒΕ, μπορεί σύμφωνα με την προδιαγραφή των βενζινών EN 228, να αναμειχθεί στις βενζίνες σε ποσοστό μέχρι 15%. Κατά τη χρήση του ως μείγμα με τις βενζίνες, το ΕΤΒΕ δεν δημιουργεί κανένα πρόβλημα είτε σε παλαιά ή σε καινούργια οχήματα.

Έχουν ήδη ξεκινήσει διάφορες έρευνες για την κατασκευή νέων βελτιωμένων κινητήρων που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο τη βιοαιθανόλη. Εκτιμάται ότι θα είναι αποδοτικότεροι περίπου κατά 7% σε σχέση με τους υπάρχοντες βενζινοκινητήρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν και αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία, το ενεργειακό μέλλον του πλανήτη είναι σχεδόν βέβαιο ότι κρύβεται στις ανανεώσιμες και εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Η ανάγκη να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα των διαρκώς φθινουσών ενεργειακών αποθεμάτων και η βεβαρυμμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, έστρεψαν το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας προς την ανάπτυξη και εκμετάλλευση των παραπάνω μορφών ενέργειας. Οι ρύποι που εκλύονται για δεκάδες χρόνια από εκατομμύρια εξατμίσεις και βιομηχανικά φουγάρα έχουν προκαλέσει σημαντικές παρενέργειες στην ποιότητα της ατμόσφαιρας και είναι πια καιρός να στραφούμε στη χρήση εναλλακτικών καυσίμων, όπως είναι τα υγραέρια, τα βιοκαύσιμα, το φυσικό αέριο και το υδρογόνο.

Όμως για να εφαρμοστούν όλα αυτά θα πρέπει η πολιτεία από την μεριά της να δώσει κάποια κίνητρα – διευκολύνσεις στις βιομηχανίες αλλά και στους κατοίκους. Θα πρέπει να δοθούν τα κατάλληλα οικονομικά κίνητρα από την πολιτεία στις βιομηχανίες για να αναπτυχθούν με τις κατάλληλες υποδομές και να παράγουν τα εναλλακτικά καύσιμα. Επίσης, οικονομικά κίνητρα στους ιδιοκτήτες των οχημάτων και επιχορήγηση των οδηγών από το κράτος. Ωστόσο, το κράτος θα πρέπει να εφαρμόσει μια ευνοϊκή φορολογία για την εισαγωγή και την κυκλοφορία νέων ή μεταχειρισμένων οχημάτων όπου χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα. Η ενημέρωση της πολιτείας, με διάφορα προγράμματα και διαφημίσεις προς τους κατοίκους για τα πλεονεκτήματα της χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων στην καθημερινότητα τους θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της χρήσης τους. Επίσης, τα κράτη θα πρέπει να εντάξουν τα εναλλακτικά καύσιμα στα εθνικά πλαίσια ανάπτυξης και στην πολιτική τους.

Τα κράτη θα πρέπει να υποστηρίζουν και να χρηματοδοτούν τις έρευνες για την ανάπτυξη και την χρήση των εναλλακτικών καυσίμων επειδή η χρήση τους επιφέρει σημαντική μείωση στους εκπεμπόμενους ρύπους και ειδικότερα στο διοξείδιο του άνθρακα. Τέλος ένα από τα σημαντικότερα οφέλη των εναλλακτικών καυσίμων σε σχέση με τα συμβατικά, είναι ότι διασφαλίζεται μεγαλύτερη οικονομική αυτάρκεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Lewis, C., *The Role of Bio-technology in Assessing Future Land Use within Western Europe*. FAST. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Βρυξέλλες, 1986.
2. Sasson, A, *Bio-technology: Challenges and Hopes*. World Bio-technology Press.,1987.
3. Haas, M.J., G.J. Piazza, and T.A. Foglia, *Enzymatic Approaches to the Production of Biodiesel Fuels, in Lipid Biotechnology*, edited by T.M. Kuo and H.W. Gardner, Marcel Dekker, New York, 2002.
4. Ma, F., and M.A. Hanna, *Biodiesel Production: A Review, Bioresour. Technol.* 1999.
5. Sasson, A, *Bio-technology: Challenges and Hopes*. World Bio-technology Press. 1987.
6. Freedman, B., and E.H. Pryde, *Fatty Esters from Vegetable Oils for Use as a Diesel Fuel, in Vegetable Oil Fuels, Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels*, Fargo, ND, 1982.
7. Ian Cambell. *Biomass, Catalyst and liquid fuels*. 1998.
8. Demirbas, A., *Fuel properties and calculation of higher heating values of vegetable oils*. 1997.
9. Goering, E., Schwab, W., Daugherty, J., Pryde, H., Heakin, J., *Fuel properties of eleven vegetable oils*. 1982.
10. Srivastana, A., Prased, R., *Triglycerides based diesel fuels*. Renewable & Sustainable Energy reviews 4. 1999.
11. Στούρνας, Σ., Λόης, Ε., Ζαννίκος, Φ., *Εργαστηριακές τεχνικές τεχνολογίας καυσίμων και λιπαντικών*. Εκδόσεις Ε.Μ.Π. 2000.
12. Στούρνας, Σ., Λόης, Ε., Ζαννίκος, Φ., *Τεχνολογία καυσίμων και λιπαντικών*. Εκδόσεις Ε.Μ.Π. 2001.
13. Λέφας Κωνσταντίνος *Εισαγωγή στην τεχνολογία του φυσικού αερίου*. Τεκδοτική, 2004.
14. Κιούρος Νικόλαος *Φυσικό αέριο βασικές αρχές – χρήσεις*,1996.
15. Πανίκας Δημήτριος, *Τεχνολογία φυσικού αερίου χρήση, μεταφορά, διανομή, εγκαταστάσεις, εφαρμογές*. 1997.

16. Αλγερίδης Γ., Καραμπίλας Π., Ρώσσης Κ., *Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Ι*, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β. Έκδοση Β', 2002.
17. Σαββάκης Κ., *Χημική Τεχνολογία Εισαγωγή Στην Περιβαλλοντική Τεχνολογία*. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη 2002.
18. Παπαευαγγέλου Ι., *Καύσιμα και Λιπαντικά*, Εκδόσεις Ευγενιδείου Ιδρύματος, Αθήνα, 1995.
19. Φουντέας Σ., Αλεξιάδης Τ., *Στοιχεία Θερμοδυναμικής*. Εκδόσεις ΙΩΝ. 2002.
20. Μελέτης Β., Κάρανης Ν., *Τεχνολογία Υλικών Αυτοκινήτου*. Εκδόσεις ΙΩΝ. 1998.
21. Σούτερ Χ., *Βιοαιθανόλη από εναλλακτική χρήση γης.*, Heleco, 1995.
22. Κροκίδας Α, *Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο*. Αθήνα 1991.
23. Βουρδουμπάς Γ. 2005. *Η Οδηγία 2003/30/Εκ και τα εναλλακτικά υγρά βιολογικά καύσιμα*. Τεύχος 6/2005, σελ. 56-63.
24. Βουρδουμπάς Γ., Κεφάλας Π., Ζωγραφάκης Ν. & Μακρής Δ. 2003. *Δυνατότητες παραγωγής αιθανόλης από το χαρούπι και χρήσης της σαν καύσιμο οχημάτων*. Τεύχος 3/2003, σελ. 26-31.
25. Βουρδουμπάς Γ., Ζωγραφάκης Ν. & Δασενάκης Δ. 2001. *Δυνατότητες παραγωγής βιολογικών καυσίμων από φυτικά έλαια στην Κρήτη*. Τεύχος 8/2001, σελ. 54-59.
26. Μαρδίκη Μ. & Ναμάτοβ Ε. (ΚΑΠΕ). 1999. *Ενεργειακές καλλιέργειες*. Τεύχος 6/1999, σελ. 13-20.
27. Βουρδουμπάς Γ. 1996. *Παραγωγή και χρήση των βιοελαίων*. Τεύχος 6/1996, σελ 18-21.
28. HELLAS GAS. *Τεχνικό εγχειρίδιο, Έκδοση 2002*
29. SHELL GAS. *Τεχνικό εγχειρίδιο, Έκδοση 2004*
30. AVIN OIL-ABETE. *Τεχνικό εγχειρίδιο, Έκδοση 2005*
31. BRC HELLAS. *Τεχνικό εγχειρίδιο, Έκδοση 2002*
32. ΠΕΤΡΟΚΑΖ Α.Ε. *Τεχνικό εγχειρίδιο, Έκδοση 2000*
33. <http://www.biodiesel.org>
34. <http://www.frybrid.com>
35. <http://www.b-fuel.com>
36. <http://www.ffi.com>
37. <http://www.gastherm.gr>
38. <http://www.shellgas.gr>