

**ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΤΙΤΛΟΣ: «ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ**  
**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΦΙΑΜΕΓΚΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2006**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή .....	3
1. Υγρά καύσιμα.....	7
1.1 Αργό Πετρέλαιο .....	7
1.1.1 Ιστορία του Πετρελαίου.....	7
1.1.2 Προέλευση του Αργού Πετρελαίου .....	9
1.1.3 Ορισμός του Αργού Πετρελαίου .....	11
1.1.4 Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά και Σύσταση του Αργού Πετρελαίου .....	11
1.1.5 Κατάταξη Αργών Πετρελαίων .....	14
1.1.6 Έρευνα, Παραγωγή, Μεταφορά του Αργού Πετρελαίου .....	16
1.1.7 Συσσωρεύσεις Αργού Πετρελαίου .....	17
1.1.8 Εξερεύνηση για Πετρέλαιο.....	18
1.1.9 Παραγωγή Αργού Πετρελαίου .....	22
1.1.10 Μεταφορά Αργού Πετρελαίου.....	24
1.2 Βενζίνη.....	25
1.2.1 Η Ιστορία της Βενζίνης .....	25
1.2.2 Προδιαγραφές της Βενζίνης και η Σημασία τους .....	27
1.2.2.1 Πτητικότητα.....	27
1.2.2.2 Σταθερότητα .....	28
1.2.2.3 Διαβρωτικότητα.....	28
1.2.2.4 Χαρακτηριστικά Καύσης.....	29
1.3 Βιοντήζελ .....	30
1.3.1 Ιστορία του Βιοντήζελ .....	30
1.3.2 Η Παραγωγή του Βιοντήζελ.....	31
1.3.3 Παράμετροι που Προσδιορίζουν την Ποιότητα του Βιοντήζελ .....	31
1.3.4 Τεχνολογίες Παραγωγής του Βιοντήζελ.....	33
1.3.4.1 Τεχνολογία της Ιταλικής Εταιρίας FLORYS S.P.A.....	34
1.3.5 Τεχνολογία Vogel - Noot .....	35
2. Αέρια Καύσιμα .....	37
2.1 Εισαγωγή .....	37
2.1.1 Ιδιότητες Αερίων Καυσίμων.....	37
2.2 Υγραέριο .....	44
2.3 Φυσικό Αέριο .....	50
2.3.1 Ιστορική Αναδρομή.....	50
2.3.2 Χημικές Ιδιότητες.....	50
2.3.3 Εφαρμογές .....	52
2.3.4 Ελληνική Πραγματικότητα .....	60
3. Σύγκριση Καυσίμων και Επιπτώσεις .....	64
3.1 Επιπτώσεις Υγρών Καυσίμων. Ενεργειακό Πρόβλημα .....	64
3.2 Η Ποικιλία των Βιοκαυσίμων .....	67
3.2.1 Πλεονεκτήματα από τη Χρήση Βιοντήζελ .....	68
3.2.2 Το Κόστος Παραγωγής.....	70
3.2.3 Η Φορολογία .....	71
3.2.4 Οικονομικές συνέπειες της παραγωγής.....	71
3.2.5 Η Γεωργία.....	72
3.2.6 Θέματα που Χρειάζονται Λύση.....	73
3.3 Φυσικό Αέριο. Πλεονεκτήματα, Σύγκριση με Υγρά Καύσιμα .....	73
4. Κοινωνικοοικονομικό Πλαίσιο. ....	79

## Εισαγωγή

Σύμφωνα με προβλέψεις της Υπηρεσίας Ενέργειας των ΗΠΑ (Energy Information Administration, EIA) η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί κατά 59% το 2020 σε σχέση με αυτήν του 2000. Συγκεκριμένα, η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από τις 382 τετράκις εκατομμύρια θερμικές βρετανικές μονάδες (British Thermal Units, Btu) θα φτάσει τις 607 τετράκις εκατομμύρια θερμικές βρετανικές μονάδες. Το μεγαλύτερο μέρος από την αύξηση της κατανάλωσης της ενέργειας αναμένεται να προκληθεί από τον αναπτυσσόμενο κόσμο. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση ενέργειας στην αναπτυσσόμενη Ασία, στην Κεντρική και Νότια Αμερική αναμένεται να διπλασιαστεί από το 2000 έως το 2020. Αυτές οι περιοχές υπολογίζεται ότι θα αυξάνουν την κατανάλωση τους κατά 4% ετησίως, ενώ παράλληλα αναμένεται να καταναλώνουν περισσότερο από το μισό της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας και περίπου το 81% της κατανάλωσης του αναπτυσσόμενου κόσμου. Το πετρέλαιο κατέχει αυτή την στιγμή το μεγαλύτερο μερίδιο στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από οποιαδήποτε άλλη πηγή και έτσι προβλέπεται να παραμείνει έως το 2020. Το ποσοστό που αναμένεται να διατηρήσει το πετρέλαιο στην παγκόσμια κατανάλωση δεν πρόκειται να είναι μικρότερο από 40% μέχρι και το 2020. Περαιτέρω αύξηση όμως δεν αναμένεται, αφού οι χώρες σε διάφορα σημεία του πλανήτη θα στραφούν στην χρήση του φυσικού αερίου και άλλων καυσίμων για την παραγωγή κυρίως ηλεκτρικής ενέργειας. Η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να αυξάνεται κατά 2,3% ετησίως μέχρι και το 2020. Ανάλογα η κατανάλωση πετρελαίου προβλέπεται να αυξηθεί από τα 75 εκατομμύρια βαρέλια ανά ημέρα που ήταν το 2000 στα 120 εκατομμύρια βαρέλια ανά ημέρα το 2020. Οι βιομηχανοποιημένες χώρες αναμένεται να καταλάβουν και πάλι το μερίδιο «του λέοντος» στην κατανάλωση πετρελαίου αλλά το χάσμα αναμένεται να ελαττωθεί μέχρι εξάλειψής του το 2020. Μέχρι τότε οι αναπτυσσόμενες χώρες αναμένεται να καταναλώνουν το ίδιο όσο και οι αναπτυγμένες, σχεδόν όλη η αυξανόμενη χρήση πετρελαίου θα προκύψει στον τομέα των μεταφορών, όπου αυτή την στιγμή λίγα είναι τα καύσιμα που είναι ανταγωνιστικά του πετρελαίου. Από την άλλη μεριά στον αναπτυσσόμενο κόσμο αναμένεται η χρήση του πετρελαίου να αυξηθεί σε όλους τους τομείς, όπως παραδείγματος χάρη η θέρμανση των οικιακών χώρων θα περάσει από τη χρήση ξύλου σε θερμάστρες πετρελαίου. Το φυσικό αέριο παραμένει το γρηγορότερα αυξανόμενο ανταγωνιστικό καύσιμο του πετρελαίου, ως αναφορά την πρωταρχική κατανάλωση ενέργειας. Η κατανάλωση καυσίμου προβλέπεται να διπλασιαστεί μέχρι το 2020, φτάνοντας τα 162 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια (ft<sup>3</sup>). Η χρήση του φυσικού αερίου ξεπέρασε για πρώτη

φορά τα στερεά καύσιμα το 2000, και το 2020 θα υπερβαίνει κατά 44% αυτών. Η κατανάλωση αερίου προβλέπεται, να αυξηθεί και να φτάσει το 28% το 2020, από 23% το 1999. Επίσης, το φυσικό αέριο προβλέπεται να έχει την μεγαλύτερη αύξηση στη συμμετοχή του για ηλεκτροπαραγωγή. Η αύξηση αυτή είναι περίπου 32 τετράκις εκατομμύρια Btu ή 41% της συνολικής αύξησης ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή. Οι κύκλοι συμπαραγωγής αυτήν την στιγμή αποτελούν την αιχμή της τεχνολογίας και είναι ευρέως διαδεδομένοι. Το φυσικό αέριο είναι, περιβαλλοντικά, λιγότερο επιβλαβές επειδή εκπέμπει λιγότερο διοξείδιο του θείου και σωματίδια απ' ότι το πετρέλαιο και τα στερεά καύσιμα.

Στον βιομηχανοποιημένο κόσμο το φυσικό αέριο προβλέπεται να αυξάνεται συνεχώς σε ποσοστό της αυξανόμενης ενεργειακής κατανάλωσης για παραγωγή ενέργειας κυρίως λόγω των περιβαλλοντικών και οικονομικών πλεονεκτημάτων. Από την άλλη μεριά στις αναπτυσσόμενες χώρες εκτός από την αύξηση της συμμετοχής του για την παραγωγή ενέργειας αναμένεται να αποτελέσει και ικανό καύσιμο για την βιομηχανία. Το φυσικό αέριο αναμένεται να είναι το καύσιμο με το μεγαλύτερο ποσοστό ανάπτυξης από οποιοδήποτε άλλο, Υπολογίζεται ότι η ανάπτυξη του θα είναι της τάξης του 5,2% ετησίως εν αντιθέσει με το πετρέλαιο που θα έχει μια ανάπτυξη της τάξης του 3,7% ετησίως και των στερεών καυσίμων με ποσοστό 3,1% ετησίως. Παρόλα αυτά, το ποσοστό των στερεών καυσίμων αναμένεται να ελαττωθεί ελάχιστα μέχρι το 2020. Από 22% που ήταν το 2000 θα φτάσει το 19% το 2020. Μια πολύ μικρή μείωση στο ιστορικό μερίδιο των στερεών καυσίμων διαφαίνεται. Αυτό, κυρίως λόγω των χωρών της Ασίας, ειδικότερα της Κίνας και της Ινδίας οι οποίες έχουν σημαντικά αποθέματα σε στερεά καύσιμα. Αυτές οι δύο χώρες προβλέπεται να συμμετέχουν με ποσοστό 30% στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας και με ποσοστό 92% στην αναμενόμενη κατανάλωση καυσίμων το 2020 (σε Btu). Περίπου το 60% της κατανάλωσης στερεών καυσίμων προορίζεται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μελλοντικά η κατανάλωση στερεών καυσίμων θα προορίζεται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με εξαίρεση την Κίνα, η οποία την χρησιμοποιεί και στον βιομηχανικό τομέα, αρνούμενη να παραμερίσει τα σημαντικά αποθέματα που διαθέτει και να στραφεί σε άλλες εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Οι προοπτικές για την πυρηνική ενέργεια στο να συνεχίσει να κατέχει ένα σημαντικό μερίδιο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αβέβαιες, παρ' ότι θα αυξάνεται κατά 2,7% ετησίως έως τα 365 GWatt το 2010, αλλά από εκεί και ύστερα θα έχει μια μικρή πτώση με κατάληξη τα 351 GWatt το 2020. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη στην πυρηνική ενέργεια αναμένεται να παρουσιαστεί στον αναπτυσσόμενο κόσμο (αναπτυσσόμενη Ασία), όπου η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από πυρηνικούς σταθμούς θα

αυξηθεί κατά 4,9% από το 2000 έως το 2020. Σε αντίθεση οι παλιοί αντιδραστήρες που λειτουργούσαν στον βιομηχανοποιημένο κόσμο (Ευρωπαϊκή Ένωση, πρώην Σοβιετική Ένωση) αναμένεται να καταστούν ανενεργοί και μόνο λίγοι καινούργιοι θα τους αντικαταστήσουν. Εξαίρεση αποτελούν η Γαλλία και η Ιαπωνία όπου αρκετοί νέοι αντιδραστήρες θα αρχίσουν να λειτουργούν.

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 53% από το 2000 έως το 2020, αλλά από το σημερινό 9% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας που κατέχουν, θα πέσει στο 8% το 2020. Ωστόσο οι τιμές ενέργειας που ήταν υψηλές κατά την διάρκεια του 2000 θα παραμείνουν μακροχρόνια σε χαμηλά επίπεδα, μειώνοντας έτσι την ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών εργοστασίων και των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πάντως το σημαντικότερο μερίδιο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το κατέχουν τα μεγάλα υδροηλεκτρικά φράγματα που κατασκευάζονται κυρίως στην Ασία. Η Κίνα, η Ινδία και άλλα ασιατικά κράτη όπως το Νεπάλ και η Μαλαισία έχουν ήδη μελετήσει προγράμματα της τάξης των 1000 MWatt. Η ενέργεια που παράγεται από τα φράγματα προβλέπεται να αυξηθεί κατά 4% στην αναπτυσσόμενη Ασία. Σε αυτό το γεγονός συμβάλει κυρίως η Κίνα. Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά τα 2/3, δηλαδή από τα 13 τρισεκατομμύρια kWh το 2000 σε 22 τρισεκατομμύρια kWh το 2020. Οι υψηλότεροι ρυθμοί ανάπτυξης αναμένονται στο αναπτυσσόμενο κόσμο. Οι μεγαλύτεροι ρυθμοί κατανάλωσης θα παρατηρηθούν στην αναπτυσσόμενη Ασία, στην Κεντρική και Νότια Αμερική, όπου οι ετήσιοι ρυθμοί θα ξεπερνούν το 3,5% για τα έτη από το 2000 έως και το 2020. Στον βιομηχανοποιημένο κόσμο η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξάνεται με πιο αξιοσημείωτους ρυθμούς. Η χαμηλότερη αύξηση του πληθωρισμού σε συνδυασμό με τον κορεσμό της αγοράς σε ηλεκτρικά είδη και την ταυτόχρονη χρήση τεχνολογικά προηγμένων συσκευών, με οικονομικότερη κατανάλωση, θα οδηγήσουν σε αυτό το αποτέλεσμα. Εντούτοις το παραπάνω δε θεωρείται σίγουρο λόγω της αυξανόμενης χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών, κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2020.

Η πρόσφατη πίεση που δέχτηκαν τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές από τις τιμές του πετρελαίου, οι οποίες έφτασαν τα υψηλότερα επίπεδα των τελευταίων 10 χρόνων, δε θα εμποδίσει την ενέργεια που καταναλώνεται για τις μεταφορές να αυξάνεται για τις επόμενες δύο δεκαετίες. Ιδιαίτερα το φαινόμενο αυτό θα εμφανιστεί στον αναπτυσσόμενο κόσμο όπου οι μεταφορικές δομές βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο. Η ΕΙΑ προβλέπει ότι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας στον αναπτυσσόμενο κόσμο θα αγγίξει το 4,8% σε αντίθεση με το 1,6% για τον αναπτυσσόμενο.

Από όλα τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι παγκόσμια ανάγκη σε ενέργεια είναι μεγάλη και συνεχώς θα αυξάνεται. Η ορατή εξάντληση των κοιτασμάτων πετρελαίου, η μόλυνση του περιβάλλοντος, η ολοένα και αυξανόμενη τιμή των συμβατικών καυσίμων έχει οδηγήσει στην ανακάλυψη νέων μορφών ενέργειας, οι οποίες προορίζονται να αντικαταστήσουν σε ένα μεγάλο ποσοστό τη χρήση του πετρελαίου. Οι νέες μορφές ενέργειας αφορούν τόσο σε υγρά όσο και σε αέρια καύσιμα, καθώς και σε κάποιες άλλες μορφές όπως είναι η αιολική ενέργεια. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση των κυριότερων υγρών και αερίων καυσίμων. Από αυτά κάποια είναι ευρέως διαδεδομένα και η κατανάλωσή τους αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινή μας ζωής, όπως το πετρέλαιο, κάποια 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 και το υδρογόνο, βρίσκεται σε αρχικό στάδιο, με τις προβλέψεις πάντως να είναι παραπάνω από αισιόδοξες. Στην παρούσα εργασία λοιπόν θα παρουσιαστούν οι ιδιότητες, η σύσταση, οι χρήσεις, των παραπάνω καυσίμων και θα επιχειρηθεί μια σύγκριση μεταξύ αυτών, όσον αφορά την αποδοτικότητά τους αλλά και τις επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον και κατ' επέκταση στον άνθρωπο.

## 1. Υγρά καύσιμα

### 1.1 Αργό Πετρέλαιο

#### 1.1.1 Ιστορία του Πετρελαίου

Ως γνωστό βάση όλων των πετρελαιοειδών προϊόντων είναι το αργό πετρέλαιο (Crude oil ή Rock oil), το οποίο αποτελεί και την πρώτη ύλη των διυλιστηρίων πετρελαίου. Από την αρχαιότητα το πετρέλαιο ήταν γνωστό στον άνθρωπο. Αναφέρονται περιπτώσεις στις οποίες οι πρωτόγονοι άνθρωποι έβλεπαν " άσβεστες φλόγες " να βγαίνουν μέσα από τη γη, στην περιοχή του Περσικού Κόλπου, καθώς και στην Κασπία Θάλασσα (στην περιοχή του Μπακού). Οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν την ασφαλτο για την ταρίχευση των νεκρών. Οι αρχαίοι Έλληνες ιατροί Ιπποκράτης και Γαληνός θεωρούσαν την ασφαλτο πολύτιμο φάρμακο. Στις Η.Π.Α, οι Ινδιάνοι χρησιμοποιούσαν τα διάφορα παράγωγα του πετρελαίου της Πενσυλβάνιας ως ιατρικό για τις πληγές των πολεμιστών τους. Στις αφηγήσεις της Αγίας Γραφής αναφέρεται η χρήση της ασφάλτου ακόμη και για την κατασκευή της κιβωτού από τον Νώε. Τα τείχη της Ιεριχώς και του Πύργου της Βαβέλ είχαν σαν συνδετική ύλη ασφαλτο αντί για πηλό.

Ερχόμαστε τώρα στους πιο σύγχρονους καιρούς και συγκεκριμένα στον 19ο αιώνα. Η γνωστή ανακάλυψη του Ντρέικ - δηλαδή της πρώτης πετρελαιοπηγής, πραγματοποιήθηκε το 1859. Βέβαια τότε η κύρια ζήτηση ήταν το φωτιστικό πετρέλαιο. Η βενζίνη που τότε θεωρούταν ως μη χρήσιμη, πολλές φορές μεταφερόταν στα πελάγη για να καεί. Κατά την διάρκεια των ετών όμως η βενζίνη έγινε το κύριο προϊόν του αργού πετρελαίου- μάλιστα δε η ζήτηση ξεπέρασε κατά πολλές φορές την προσφορά του συγκεκριμένου προϊόντος.

Κατά την διάρκεια των ετών μια καινούργια παράμετρο που εμφανίστηκε στο προσκήνιο ήταν και η αυξημένη ζήτηση για καλύτερης ποιότητας καυσίμων. Με τον όρο καλύτερη ποιότητα καυσίμων βέβαια εννοούμε την αυξημένη ζήτηση για περισσότερο αντικροτικών μιγμάτων. Έτσι οι ποσότητες αυτές έγιναν διαθέσιμες στον ευρύ κοινό με την μετατροπή όχι τόσο επιθυμητών κλασμάτων για την χρήση ως επί το πλείστον αμόλυβδης βενζίνης.

Πρώτα, η μετατροπή αυτή έγινε δια μέσου της θερμικής πυρόλυσης. Αργότερα αυτό επεκτάθηκε με την καταλυτική πυρόλυση- η γνωστή μονάδα καταλυτικής διάσπασης FCC (Fluid Catalytic Cracking) στα διυλιστήρια. Η αυξημένη ποιότητα πρώτα επήρθε με την πυρόλυση-είτε θερμική είτε καταλυτική, δεύτερον με χρήση του τετραθυλιούχου μολύβδου ως αντικροτικό (κυρίως για χρήση στην βενζίνη Super), Με την πάροδο του χρόνου οι διεργασίες που συνέβαλαν στην περαιτέρω αύξηση

της ποιότητας ήταν ανάμεσα σε άλλες η ισομερίωση, η αλκυλίωση και ο πολυμερισμός. Η

διύλιση έχει ανέκαθεν προχωρήσει με μειονέκτημα τους οικονομικούς παράγοντες που υπεισέρχονται. Για πολλά χρόνια, οι εταιρίες θεωρούσαν την διύλιση σαν αναγκαίο κακό προκειμένου να εξοικονομήσουν από την εμπορία των καυσίμων έσοδα για τις εταιρίες τους.

Μόλις πρόσφατα όμως έχουν αναγνωρίσει τον κυρίαρχο σκοπό τους οι εν λόγω εταιρίες. Αυτός ο σκοπός δεν είναι τίποτε άλλο παρά το να μετατρέψουν μία πολυσύνθετη πρώτη ύλη σε υλικά που να ικανοποιούν τις ανάγκες μιας πολύπλοκης καθώς και ταχύτατης μεταβαλλόμενης αγοράς-βέβαια πάντα με προοπτική τον μέγιστο ποσοστό κέρδους.

Το 1930 μια οποιαδήποτε εταιρία μπορούσε να διακινήσει μόνο βενζίνη, κεροζίνη, φωτιστικό αέριο, gas oil καθώς και υπόλειμμα του αργού πετρελαίου και να εμφανίσει σημαντικά κέρδη.

Σήμερα, όμως, η αγορά είναι πολύ πιο πολύπλοκη και οι αποφάσεις μάρκετινγκ πολύ πιο δύσκολες. Η ποιότητα απαιτεί αναβάθμιση, ανάμιξη και συνεχή ποιοτικό έλεγχο όλων των τελικών προϊόντων που διατίθενται στην αγορά

Οι Η.Π.Α είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής πετρελαϊκών προϊόντων στον κόσμο. Το 1982 με την τότε μεγάλη κρίση η χώρα αυτή είχε μια δυνατότητα διύλισης 2,763,800 m<sup>3</sup> την ημέρα. (Η δυνατότητα διύλισης μετράται συνήθως από τον αριθμό των βαρελιών αργού πετρελαίου που επεξεργάζονται. Ένα βαρέλι αργού πετρελαίου ισοδυναμεί με 42 Αμερικάνικα γαλόνια = 159 lt).

Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι η βιομηχανία πετρελαίου στους τομείς του σχεδιασμού, λειτουργία, πώληση και διοικητικές δυνατότητες είναι ο μεγαλύτερος εργοδότης χημικών μηχανικών στις Η.Π.Α.

Η Χημική Μηχανική και η επεξεργασία του πετρελαίου έχουν στην πραγματικότητα μεγαλώσει μαζί, χέρι-χέρι. Οι μελέτες πάνω στους τομείς της ρευστομηχανικής, φαινομένων μεταφοράς, απόσταξης, απορρόφησης κτλ. έχουν συμβάλει στην βελτιστοποίηση της επεξεργασίας του αργού πετρελαίου στα πολλά προϊόντα που διατίθενται στην αγορά.

Ας ανατρέξουμε όμως λίγο πίσω στην ιστορία. Ο εξοπλισμός των πρώτων διυλιστηρίων αρχικά αναπτύχθηκε για την απλή απόσταξη του οιοπνεύματος. Έτσι η στήλη παρήγε πρώτα αέριο, μετά βενζίνη και στην συνέχεια μια σειρά βασικών ορυκτέλαιων. Αυτή η σειρά είχε προϊόντα με αυξημένο σημείο ζέσεως και μειωμένης αξίας (κατά σειρά προϊόντος). Η απόσταξη συνεχιζόταν μέχρι να παραμείνει στην στήλη ένα βαρύ τύπου ορυκτέλαιο- που συνήθως ήταν άσφαλτος.



### 1.1.2 Προέλευση του Αργού Πετρελαίου

Ως γνωστόν το αργό πετρέλαιο είναι το αποτέλεσμα φυσικών αλλαγών στην οργανική ύλη που έχει συντελεστεί κατά την διάρκεια εκατομμυρίων ετών κάτω από το έδαφος της γης. Αποθέματα πετρελαίου έχουν βρεθεί σε πετρώματα της Τριτογενούς Περιόδου του Καινοζωικού Αιώνα (ηλικίας τουλάχιστον 7 εκατομμυρίων ετών) και σε παλιότερα πετρώματα μέχρι της Κάμβριας Περιόδου (540 εκατομμύρια έτη). Από τα δεδομένα αυτά φαίνεται ότι το πετρέλαιο βρίσκεται σε πετρώματα παλαιότερα αυτών στα οποία βρίσκονται τα αρχαιότερα κοιτάσματα άνθρακα., δηλαδή της Δεβόνιας Περιόδου του Παλαιοζωικού Αιώνα (340 εκατομμύρια έτη). Οι ποσότητες που έχουν συσσωρευτεί κάτω από το έδαφος της γης είναι σε τεράστια κλίμακα. Λόγω του ότι είναι ένα μίγμα χιλιάδων οργανικών συστατικών, έχει αποδειχτεί αρκετά ευέλικτο ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες ανάγκες του ανθρώπου. Το αργό πετρέλαιο έτσι έχει υποστεί μετατροπή-κύρια δια μέσου της επεξεργασίας η διύλισης.

Για την εξήγηση της πρώτης ύλης και του τρόπου με το οποίο προήλθαν τα κοιτάσματα πετρελαίου έχουν προταθεί δύο θεωρίες. Πρόκειται για την **θεωρία της ανόργανης προέλευσης** και την **θεωρία της οργανικής προέλευσης**:

#### ∅ Θεωρία της ανόργανης προέλευσης

Σύμφωνα με τις θεωρίες αυτές από την επίδραση του νερού σε ανθρακασβέστιο παράγεται ακετυλένιο. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την φυσική ύπαρξη μέσα στη γη και άλλων ανθρακομεταλλικών ενώσεων, ιδίως ανθρακούχου σιδήρου, οδήγησε στη θεωρία της ανόργανης προέλευσης του πετρελαίου. Όμως οι ανθρακομεταλλικές ενώσεις είναι σπάνιες και βρίσκονται σε ηφαιστειακά πετρώματα, ενώ το πετρέλαιο σε ιζηματογενή. Η θεωρία αυτή έχει εγκαταλειφθεί. Σύμφωνα με μια άλλη θεωρία, το πετρέλαιο οφείλεται στη διέλευση ηφαιστειακού ατμού από άνθρακα ή ανθρακούχο ύλη, με αποτέλεσμα την παραγωγή υδρογονανθράκων. Σύμφωνα όμως με την θεωρία αυτή δεν μπορεί να εξηγηθεί η ύπαρξη κοιτασμάτων πετρελαίου ηλικίας μεγαλύτερης των παλαιότερων κοιτασμάτων άνθρακα. Τέλος, οι θεωρίες αυτές δεν μπορούν να εξηγήσουν το φαινόμενο της οπτικής ενέργειας του πετρελαίου που παρατηρείται αρκετές φορές. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται μόνο σε ουσίες οργανικής προέλευσης.

#### ∅ Θεωρία της οργανικής προέλευσης:

Οι θεωρίες αυτές βασίζονται στη μετατροπή οργανικής ύλης από ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς σε άλλες μορφές υδρογονανθράκων. Εκατομμύρια χρόνια πριν, το κλίμα της γης ήταν αισθητά θερμότερα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη τήξη των πολικών πάγων και συνεπώς άνοδο της στάθμης των θαλασσών. Τεράστιες πεδινές εκτάσεις πλημμύρισαν και τα νερά έφθασαν πολλά χιλιόμετρα στο εσωτερικό των ηπείρων, δημιουργώντας αβαθείς θάλασσες. Το κλίμα ήταν σχεδόν παντού θερμό και υγρό, όπως σήμερα στις τροπικές περιοχές του πλανήτη. Αυτό επέφερε τρομερή αύξηση στη φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών, τα οποία ανέπτυξαν στη στεριά απέραντα τροπικά δάση, την πρώτη ύλη για τους λιθάνθρακες που εξορύσσονται στις μέρες μας. Ταυτόχρονα, η κλιματολογική υποβοήθηση της φωτοσύνθεσης επέτρεψε στις θερμές και αβαθείς θάλασσες να αναπτύξουν μια μεγάλη ποικιλία πλαγκτού σε τεράστιους πληθυσμούς. Οι οργανισμοί αυτοί, μετά το θάνατό τους, βυθίζονταν στον πυθμένα της θαλασσών, δημιουργώντας ένα βαθύ στρώμα οργανικής ύλης και σχημάτιζαν την ιλύ του πυθμένα των θαλασσών, η οποία δεν αποσυντίθετο ολοκληρωτικά, λόγω έλλειψης οξυγόνου. Με αυτόν τον τρόπο εξηγείται η ύπαρξη οργανικών ενώσεων κατά μέσο όρο 2, 5 ως 7% στην ιλύ των θαλασσών, η οποία λέγεται σαπροπηλός. Το στρώμα αυτό αυξανόταν συνεχώς με τους γεωλογικούς αιώνες, μέχρι που στρωματογραφικές ανακατατάξεις του φλοιού της γης το έθαψαν βαθιά. Πιστεύεται ότι τόσο κατά τις προσχωματώσεις όσο και κατά τις μετακινήσεις του φλοιού της γης, η αρχική ύλη, κατά κάποιον τρόπο ενταφιασμένη και ευρεθείσα υπό την επίδραση της θερμοκρασίας και της πίεσης των υπερκείμενων στρωμάτων, υπέστη απώλεια οξυγόνου και αζώτου, με ταυτόχρονο εμπλουτισμό σε άνθρακα και υδρογόνο και τελικά μετετράπη μετά από εκατομμύρια χρόνια στο γνωστό μας αργό πετρέλαιο. Σε αυτό είναι πιθανό να συνέβαλαν η βακτηριακή αποσύνθεση και η ραδιενεργή ακτινοβολία. Ο τρόπος μετατροπής της οργανικής ύλης σε πετρέλαιο δεν είναι γνωστός. Μια από τις σπουδαιότερες ενδείξεις για την ορθότητα της θεωρίας αυτής είναι το γεγονός ότι το πετρέλαιο βρίσκεται πολύ συχνά μαζί με αλμυρό νερό, γεγονός που υποδεικνύει θαλασσινό νερό.

Το αργό πετρέλαιο βρίσκεται υπό πίεση μέσα στη γη, λόγω του βάρους των υπερκείμενων στρωμάτων. Για το λόγο αυτό συχνά ρέει διαμέσου ρωγμών του εδάφους έως ότου παγιδευτεί από αδιαπέραστα πετρώματα. Άλλοτε πάλι βρίσκει δίοδο προς την επιφάνεια, όπου δημιουργεί λάκκους πίσσας ή φωτιές που αναβλύζουν από το έδαφος. Υπό τη μορφή αυτή είναι γνωστό από τα αρχαία χρόνια κι έχει βρει κατά καιρούς διάφορες χρήσεις, από ιατρικές και τελετουργικές, μέχρι κι ως κύριο συστατικό του βυζαντινού υγρού πυρός. Σήμερα, μετά από επεξεργασία δίνει τα κύρια καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο σε μηχανές εσωτερικής καύσης (κινητήρες

Otto, Wangel, Diesel) και εξωτερικής καύσης (στροβιλοκινητήρες, πυραυλοκινητήρες, καυστήρες). Το πετρέλαιο όπως βρίσκεται στη φύση έχει πολύ μικρές εφαρμογές και προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στις προαναφερθείσες μηχανές πρέπει να διαχωριστεί σε επιμέρους προϊόντα και να υποστεί μια σειρά από εξειδικευμένες κατεργασίες, ανάλογα με την εκάστοτε χρήση.

### **1.1.3 Ορισμός του Αργού Πετρελαίου**

Το αργό πετρέλαιο είναι φυσικό προϊόν συσσωρευμένο σε υπόγεια πετρελαιοφόρα κοιτάσματα σε πολλά μέρη της γης. Ο όρος αργό πετρέλαιο περιορίζεται σε υγρά μίγματα υδρογονανθράκων και άλλων συναφών ενώσεων, οι οποίες μπορούν να ρέουν προς τα πάνω στις σωληνώσεις των γεωτρήσεων είτε λόγω της πίεσης του κοιτάσματος είτε εξαιτίας της πίεσης που δημιουργείται λόγω της άντλησης. Το αργό πετρέλαιο είναι ελαιώδες, εύφλεκτο υγρό βαριάς χαρακτηριστικής οσμής, με χρώμα που κυμαίνεται ανάλογα με την προέλευσή του από κιτρινωπό έως σκούρο κόκκινο ή μαύρο ενώ άλλοτε μπορεί να είναι πράσινο φθορίζον. Το ιξώδες του κυμαίνεται και αυτό σε ευρέα όρια ανάλογα με την προέλευσή του, ενώ στη συνήθη θερμοκρασία θα μπορούσαμε να πούμε πως εκτός μερικών ειδικών περιπτώσεων το πετρέλαιο είναι μάλλον λεπτόρρευστο. Η πυκνότητά του σε αυτές τις περιπτώσεις κυμαίνεται από 0.780 έως 1.0 kg/l.

Ο παραπάνω ορισμός δεν περιλαμβάνει συσσωρεύσεις υδρογονανθράκων άλλων μορφών όπως είναι το φυσικό αέριο και τα συμπυκνώματα που βρίσκονται συνήθως μαζί με το φυσικό αέριο και αποτελούνται από ελαφρούς υγρούς υδρογονάνθρακες. Στα συμπυκνώματα αυτά μπορεί να γίνει πλήρης απόσταξη, ενώ στο αργό πετρέλαιο δεν είναι δυνατό να γίνει αφού παραμένει πάντα ένα ποσοστό υδρογονανθράκων μεγάλου μοριακού βάρους, το οποίο και ονομάζεται υπόλειμμα.

### **1.1.4 Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά και Σύσταση του Αργού Πετρελαίου**

Όλοι οι τύποι του αργού πετρελαίου είναι πολύ σύνθετα μίγματα μεγάλου αριθμού υδρογονανθράκων. Περιέχουν επίσης μικρό ποσοστό οργανικών ενώσεων θείου και ακόμη μικρότερο ποσοστό ενώσεων αζώτου και οξυγόνου. Επιπλέον, συνήθως περιέχουν σε πολύ μικρό ποσοστό μέταλλα, κυρίως βανάδιο και νικέλιο, άλατα και νερό. Κάθε τύπος αργού πετρελαίου είναι, τόσο από πλευράς χημικής σύστασης όσο και από πλευράς ιδιοτήτων, ένα μοναδικό μίγμα που δεν υπάρχει όμοιό του ακόμη και σε πολύ κοντινά κοιτάσματα.

Το αργό πετρέλαιο διαχωρίζεται με κλασματική απόσταξη σε διάφορα κλάσματα από τα οποία με περαιτέρω επεξεργασία παράγονται τα τελικά προϊόντα. Τα πρώτο κλάσμα ονομάζεται ακατέργαστη νάφθα και λαμβάνεται στην περιοχή βρασμού του αργού

πετρελαίου από το αρχικό σημείο μέχρι θερμοκρασία 150-200 °C, ανάλογα με την επιθυμητή ποιότητα της νάφθας. Η ακατέργαστη νάφθα περιέχει διαλυμένα αέρια (υδρογονάνθρακες με 1-4 άτομα άνθρακα) και μετά από επεξεργασία δίνει ως τελικό προϊόν βενζίνη (υδρογονάνθρακες με 4-10 άτομα άνθρακα). Τα επόμενα κλάσματα είναι τα μέσα κλάσματα δηλαδή κηροζίνη και gasoil και λαμβάνονται στην περιοχή βρασμού μέχρι 370 °C περίπου. Από το gasoil μετά από κατάλληλη επεξεργασία παράγεται το diesel. Το υπόλοιπο από το αργό πετρέλαιο είναι το υπόλειμμα το οποίο δεν αποστάζει και αποτελεί την πρώτη ύλη του μαζούτ.

Οι υδρογονάνθρακες και οι άλλες ενώσεις που περιέχει το αργό πετρέλαιο ανάλογα με το σημείο βρασμού τους ακολουθούν κάποιο από τα κλάσματα του πετρελαίου προς τα τελικά προϊόντα, στα οποία δίνουν μερικές από τις χαρακτηριστικές τους ιδιότητες. Σε αυτό το σημείο λοιπόν κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη αναφορά στα είδη υδρογονανθράκων του αργού πετρελαίου, μια και αυτά μπορούν να χαρακτηρίσουν τόσο μερικές από τις ιδιότητες των καυσίμων που παράγονται μετά την επεξεργασία του αργού πετρελαίου όσο και το ίδιο το αργό πετρέλαιο (είδος-ιδιότητες).

Το μεγαλύτερο ποσοστό υδρογονανθράκων στα περισσότερα είδη αργού πετρελαίου είναι οι παραφίνες, οι κορεσμένες ενώσεις δηλαδή άνθρακα είτε με ευθεία είτε με διακλαδισμένη αλυσίδα (κανονικές και ισο-παραφινικές αντίστοιχα). Ο χημικός τύπος αυτών των ενώσεων είναι  $C_nH_{2n+2}$ . Οι κανονικές παραφίνες είναι αυτές που βρίσκονται στα μεγαλύτερα ποσοστά και μάλιστα στο φυσικό αργό πετρέλαιο απαντώνται σχεδόν όλα τα μέλη της σειράς με 1-78 άτομα άνθρακα. Αναφορικά με τις ισοπαραφίνες, θεωρητικά οι διακλαδώσεις τους θα μπορούσαν να περιέχουν πολλά άτομα άνθρακα, αλλά στην πραγματικότητα χαρακτηριστικό του πετρελαίου είναι ότι οι ισοπαραφίνες που περιέχει έχουν σχεδόν πάντα ένα μόνο άτομο άνθρακα σε κάθε διακλάδωσή τους. Οι ισοπαραφίνες έχουν μικρότερα σημεία βρασμού από τις αντίστοιχες κανονικές παραφίνες και το σημείο ζέσεώς τους αυξάνεται όσο αυξάνεται και αριθμός των ατόμων άνθρακα στο μόριο τους.

Οι ολεφίνες είναι οι αντίστοιχοι των παραφινών ακόρεστοι υδρογονάνθρακες. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί δεν απαντώνται στο φυσικό αργό πετρέλαιο παρά μόνο στα αποστάγματα και καύσιμα που παράγονται από αυτό ως προϊόντα των διεργασιών μετατροπής.

Οι κορεσμένοι κυκλικοί υδρογονάνθρακες με χημικό τύπο  $C_nH_{2n}$  ονομάζονται ναφθένια. Οι δύο σημαντικότερες σειρές ναφθενίων που απαντώνται στο αργό πετρέλαιο είναι η σειρά του κυκλοπεντανίου και αυτή του κυκλοεξανίου. Τα μέλη με μεγαλύτερο μοριακό βάρος που ανήκουν στις παραπάνω σειρές σχηματίζονται με προσθήκη ανθρακικής αλυσίδας σε ένα ή περισσότερα άτομα του δακτυλίου στο εξωτερικό μέρος αυτού. Η

θερμοκρασία βρασμού των ναφθενίων σε σχέση με τα άτομα άνθρακα στο μόριό τους βρίσκεται ανάμεσα σε αυτές των αντίστοιχων κανονικών παραφινών και ισοπαραφινών. Αρωματικοί υδρογονάνθρακες ονομάζονται οι κυκλικοί υδρογονάνθρακες με διπλούς δεσμούς ανάμεσα στα άτομα του δακτυλίου. Ο απλούστερος είναι το βενζόλιο  $C_6H_6$  με τρεις απλούς και τρεις διπλούς δεσμούς που εναλλάσσονται σε ένα δακτύλιο ο οποίος σχηματίζεται από έξι άτομα άνθρακα. Οι μεγαλύτερου μοριακού βάρους αρωματικοί υδρογονάνθρακες σχηματίζονται από ένα μεθύλιο ή αιθύλιο που προστίθεται εξωτερικά στο δακτύλιο και αντικαθιστά ένα ή περισσότερα άτομα υδρογόνου που είναι ενωμένα με τα άτομα άνθρακα του δακτυλίου. Κάποιες άλλες τέτοιου τύπου ενώσεις, οι οποίες ονομάζονται πολυπυρηνικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, σχηματίζονται από τη συνένωση δύο ή περισσότερων δακτυλίων βενζολίου. Οι μεγάλοι μοριακού βάρους πολυπυρηνικοί υδρογονάνθρακες αποτελούν την ασφαλτο. Επίσης, εκτός από τους υδρογονάνθρακες το αργό πετρέλαιο περιέχει και σε πολύ μικρά ποσοστά στοιχεία όπως θείο, άζωτο, οξυγόνο, βανάδιο και νικέλιο τα οποία συνήθως βρίσκονται ενωμένα με ρίζες υδρογονανθράκων.

Το θείο απαντάται στους διάφορους τύπους αργού πετρελαίου σε περιεκτικότητες που μπορούν να κυμανθούν μεταξύ 0.05% και 6% κατά βάρος. Το θείο βρίσκεται στο φυσικό αργό πετρέλαιο κυρίως με τη μορφή μερκαπτανών (R-S-H), δισουλφιδίων (R-S-S-H), θειοκυκλοπαραφινών (κυκλικών παραφινών δηλαδή στις οποίες ένα άτομο άνθρακα έχει αντικατασταθεί από ένα άτομο θείο) και θειοφαινίων. Εκτός από το θείο των οργανικών ενώσεων, το αργό πετρέλαιο είναι δυνατό να περιέχει και διαλυμένο υδρόθειο όπως π.χ. συμβαίνει με το πετρέλαιο του κοιτάσματος του Πρίνου.

Στα κλάσματα με σημείο βρασμού μέχρι  $150^{\circ}C$ , δηλαδή στα κλάσματα της ακατέργαστης νάφθας, οι περισσότερες ενώσεις του θείου είναι μερκαπτάνες. Οι ενώσεις αυτές έχουν πολύ έντονη και χαρακτηριστική οσμή που μοιάζει με αυτή των κρεμμυδιών. Οι μερκαπτάνες είναι διαβρωτικές και απαιτείται η απομάκρυνσή τους κατά τις διεργασίες της διύλισης ώστε να μην υπάρχουν στα τελικά προϊόντα. Στα κλάσματα που προκύπτουν από τις περιοχές βρασμού  $150-250^{\circ}C$  οι ενώσεις του θείου που βρίσκονται στο μεγαλύτερο ποσοστό είναι οι θειοκυκλοπαραφινικές ενώ σε υψηλότερο ποσοστό μαζί με κάποιες πιο πολύπλοκες ακόμη ενώσεις του θείου.

Το άζωτο που περιέχεται στο αργό πετρέλαιο βρίσκεται συνήθως σε ποσοστά μεταξύ του 0.1 - 2.0 % κατά βάρος και υπό τη μορφή ενώσεων που έχουν σημείο βρασμού άνω των  $400^{\circ}C$ . Για αυτό και το μεγαλύτερο ποσοστό του μένει κατά την απόσταξη στο υπόλειμμα.

Το οξυγόνο που υπάρχει στο αργό πετρέλαιο υπό μορφή οργανικών ενώσεων κυμαίνεται από 0.05% έως 1.5% κατά βάρος. Οι κύριες ενώσεις του οξυγόνου είναι

παραφινικά και ναφθενικά οξέα ενώ δεν είναι ασυνήθιστες οι φαινόλες, οι κετόνες και οι αιθέρες. Οι περισσότερες από τις ενώσεις του οξυγόνου έχουν σημείο βρασμού μεγαλύτερο των 400°C. Στο υπόλειμμα της κλασματικής απόσταξης του αργού πετρελαίου υπάρχουν ενώσεις που έχουν θειάφι και τουλάχιστον μια καρβολική ομάδα. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι σε ορισμένα φυσικά πετρέλαια τα κυκλοπαραφινικά οξέα μπορούν να εμφανιστούν σε ποσοστά ακόμη και μεγαλύτερα του 3%.

Σε πολύ μικρά επίσης ποσοστά βρίσκονται μέσα στο φυσικό πετρέλαιο και κάποια μέταλλα, κυρίως υπό μορφή οργανομεταλλικών ενώσεων. Πάντως είναι γενικά δύσκολο να αποδειχθεί ότι οι περισσότερες από αυτές τις ενώσεις δεν είναι τυχαίες προσμίξεις διαλυμένες στο γαλακτοποιημένο με το αργό πετρέλαιο νερό ή δεν προέρχονται από το χώμα του κοιτάσματος κ.λ.π.

Τα μέταλλα που μπορεί κάποιος να συναντήσει σε ένα αργό πετρέλαιο εκτός από το βανάδιο και το νικέλιο των οποίων οι περιεκτικότητες κυμαίνονται από 5-1500 ppm και 3-120 ppm αντίστοιχα, είναι ο σίδηρος (0.04-120 ppm), το κοβάλτιο (0.001-12 ppm), ο χαλκός (0.2-12 ppm), το πυρίτιο με μέγιστο ποσοστό εμφάνισης τα 5ppm, το αργίλιο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος με μέγιστο ποσοστό εμφάνισης τα 2 ppm. Επίσης συχνά στο αργό πετρέλαιο απαντά κανείς και νάτριο (με τη μορφή χλωριούχου νατρίου κυρίως). Τα μέταλλα αυτά συγκεντρώνονται συνήθως στο υπόλειμμα και καταλήγουν στο μαζούτ, ενώ μερικές φορές μπορεί να παρασυρθούν και να οδηγηθούν στα βαριά αποστάγματα.

### **1.1.5 Κατάταξη Αργών Πετρελαίων**

Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει για να βρεθεί ένας γενικά αποδεκτός τρόπος για την κατάταξη των διαφόρων τύπων αργού πετρελαίου χωρίς όμως καμία ιδιαίτερη επιτυχία. Η παλαιότερη και η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέχρι σήμερα μέθοδος είναι αυτή που στηρίζεται στη σύσταση, στο είδος και κυρίως στην περιεκτικότητα σε παραφίνη ή άσφαλτο.

Με τον όρο παραφίνη χαρακτηρίζουμε τους κορεσμένους υδρογονάνθρακες μεγάλου μοριακού βάρους, κρυσταλλικής μορφής και λευκού χρώματος που είναι στη στερεή κατάσταση σε συνήθη θερμοκρασία. Με τον όρο άσφαλτο αναφερόμαστε στους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες όπως επίσης και στους οξειδωμένους υδρογονάνθρακες, μη κρυσταλλικής μορφής, χρώματος καστανόμαυρου οι οποίοι στη συνήθη θερμοκρασία είναι σε στερεή ή ημιστερεή κατάσταση.

Σύμφωνα με τον τρόπο αυτό κατάταξης λοιπόν, το αργό πετρέλαιο διακρίνεται σε πετρέλαιο παραφινικής βάσης ή σε πετρέλαιο ασφαλτικής βάσης. Το παραφινικής βάσης με την ψύξη αποβάλλει παραφίνη σε αντίθεση με το ασφαλτικής βάσης. Τα παραφινικής βάσης αργό πετρέλαιο έχει μικρότερο ειδικό βάρος από το ασφαλτικής

βάσης και το κυριότερο συστατικό των πετρελαιοειδών που παράγονται από αυτό είναι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες, ενώ το κύριο συστατικό των προϊόντων που προέρχονται από αργό πετρέλαιο ασφαλικής βάσης είναι ναφθένια (γι' αυτό και τα ασφαλικής βάσης πετρέλαια είναι γνωστά και ως πετρέλαια ναφθениκής βάσης). Τα περισσότερα πάντως από τα αργά πετρέλαια περιέχουν παραφίνη και άσφαλο σε διάφορες, κατά περίπτωση, αναλογίες και ονομάζονται μικτής βάσης.

Πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι και η κατάταξη αυτή των αργών πετρελαίων δεν είναι απόλυτη και πολλές φορές το ίδιο αργό πετρέλαιο μπορεί να είναι ναφθениκής βάσης ως προς τα ελαφρά κλάσματά του και παραφινικής βάσης ως προς τα βαριά ή ακόμη και αντίστροφα. Ένας πλήρης χαρακτηρισμός του αργού πετρελαίου σύμφωνα με τη χημική του σύσταση απαιτεί ανάλυση των διαφόρων κλασμάτων του σε παραφίνες, ναφθένια, αρωματικά και ασφαλικές ενώσεις.

Οι τύποι του αργού πετρελαίου που κατεργάζονται στην Ελλάδα είναι συνήθως παραφινικής ή μικτής βάσης, ε υπεροχή πάλι του παραφινικού χαρακτήρα.

Ένας άλλος συνηθισμένος τρόπος χονδρικής κατάταξης των διαφόρων τύπων αργού πετρελαίου είναι με βάση την πυκνότητα. Η πυκνότητα επηρεάζεται από τον τύπο των περιεχομένων υδρογονανθράκων. Αν και δεν υπάρχει κάποια ποσοτική σχέση ανάμεσα στην πυκνότητα και στο ποσοστό των περιεχομένων τύπων υδρογονανθράκων, εντούτοις κατά κανόνα ισχύει ότι η πυκνότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται το ποσοστό των περιεχομένων αρωματικών και ασφαλικών ενώσεων, ενώ αντίθετα μειώνεται όσο αυξάνεται το ποσοστό των περιεχομένων παραφινικών υδρογονανθράκων.

Η πυκνότητα του αργού πετρελαίου δίνει επίσης και σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τα ποσοστά των αποσταγμάτων (λευκών προϊόντων) που περιέχει το αργό πετρέλαιο και αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα αξιολόγησης της εμπορικής του αξίας. Η πυκνότητα επίσης συσχετίζεται άμεσα και με το περιεχόμενο στο αργό πετρέλαιο θείου αλλά και με το ιξώδες του. Έτσι κατά κανόνα τα βαρύτερα πετρέλαια είναι και αυτά που περιέχουν και τα μεγαλύτερα ποσοστά θείου ενώ ακόμη είναι και αυτά με το μεγαλύτερο ιξώδες. Οι κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται τα πετρέλαια σύμφωνα με την πυκνότητά τους είναι οι εξής:

- Ελαφρά πετρέλαια. Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται τα πετρέλαια με ειδικό βάρος μικρότερο του 0.8390
- Μέσα πετρέλαια. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πετρέλαια με ειδικό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 0.8390 και 0,8650.
- Βαριά πετρέλαια. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πετρέλαια με ειδικό βάρος μεγαλύτερο του 0.8650.

Μια άλλη κατάταξη των αργών πετρελαίων, που χρησιμοποιείται επίσης συχνά, είναι αυτή που βασίζεται στην περιεκτικότητά τους σε θείο. Και αυτός ο διαχωρισμός των αργών πετρελαίων είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την εμπορική αξία. Αυτό γιατί όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του θείου στο φυσικό ακατέργαστο πετρέλαιο, τόσο μεγαλύτερο είναι και στα ακατέργαστα κλάσματά του και τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος της επεξεργασίας που αυτά πρέπει να δεχθούν για την απομάκρυνσή του, προκειμένου να πληρούν τις θεσπισμένες προδιαγραφές. Ως προς το περιεχόμενο θείο τα φυσικά πετρέλαια κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Χαμηλού θείου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πετρέλαια με ποσοστό θείου που δεν υπερβαίνει το 0.5% κατά βάρος.
- Μέσου θείου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πετρέλαια με ποσοστό θείου που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.5% και 2% κατά βάρος.
- Υψηλού θείου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πετρέλαια με ποσοστό θείου να υπερβαίνει το 2% κατά βάρος.

Χαρακτηριστικό είναι τέλος, πως τα φυσικά πετρέλαια μεγαλύτερου ειδικού βάρους έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο και δίνουν περισσότερο υπόλειμμα (μαύρα προϊόντα). Αναφορικά με τα προϊόντα, το θείο συγκεντρώνεται κυρίως στα βαρύτερα κλάσματα. Το υπόλειμμα της απόσταξης περιέχει συνήθως γύρω στο 70-90% του συνολικού θείου. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα υπολείμματα οφείλουν το πολύ υψηλό ποσοστό θείου τους, ποσοστό μεγαλύτερο ακόμη και από αυτό του αρχικού αργού πετρελαίου.

### **1.1.6 Έρευνα, Παραγωγή, Μεταφορά του Αργού Πετρελαίου**

Τα κυριότερα στάδια που ακολουθούνται για να φτάσει το αργό πετρέλαιο από τη γη στον καταναλωτή είναι:

- Έρευνα για τον εντοπισμό των κοιτασμάτων πετρελαίου.
- Παραγωγικές γεωτρήσεις και άντληση του αργού πετρελαίου (πιθανή επί τόπου πρώτη επεξεργασία του αργού πετρελαίου)
- Μεταφορά του αργού πετρελαίου στα διυλιστήρια.
- Διύλιση του αργού πετρελαίου προκειμένου να παραχθούν τελικά προϊόντα ορισμένων προδιαγραφών.
- Μεταφορά των τελικών προϊόντων προς τα κέντρα διανομής και από εκεί στον τελικό καταναλωτή.



### 1.1.7 Συσσωρεύσεις Αργού Πετρελαίου

Όπως ήδη αναφέρθηκε το αργό πετρέλαιο στη φυσική του κατάσταση βρίσκεται στη γη όχι σε κοιλότητες που θα μπορούσαν να παρομοιαστούν με φυσικές δεξαμενές αλλά σε πορώδη πετρώματα, σε βάθος που κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέχρι αρκετές χιλιάδες μέτρα. Τα πετρελαιοφόρα αυτά πετρώματα πρέπει να είναι όχι μόνο πορώδη αλλά και διαπερατά για να επιτρέπουν την κίνηση του πετρελαίου στο εσωτερικό τους. Σήμερα είναι γενικά αποδεκτό ότι το πετρέλαιο δε σχηματίζεται στα πετρώματα από τα οποία τελικά αντλείται αλλά με κάποιο τρόπο μεταναστεύει εκεί από το σημείο σχηματισμού του. Η επικρατούσα θεωρία δέχεται ότι όσο τα γεωλογικά στρώματα πάνω στο χώρο σχηματισμού του αργού πετρελαίου αυξάνονται, η πίεση που δημιουργείται συμπιέζει το πετρελαιοφόρο κοίτασμα και αναγκάζει το οργανικό ρευστό να κινηθεί προς άλλα διαπερατά πετρώματα, τα οποία κατά κανόνα είναι αμμόλιθοι ή πορώδεις ασβεστόλιθοι. Κατά την κίνηση αυτή το πετρέλαιο δε ρέει μέσα από τη μάζα των πετρωμάτων αλλά από δυσμορφίες και ρωγμές τους που μπορεί λόγω κατασκευής να αποτελούν ένα δίκτυο καναλιών που επιτρέπει τη ροή του πετρελαίου από τη μια ζώνη στην άλλη. Κατά την κίνηση αυτή μέσα από στα πετρώματα το πετρέλαιο παγιδεύεται και συσσωρεύεται σε ορισμένα σημεία, δημιουργώντας ένα πετρελαιοφόρο κοίτασμα.

Πιστεύεται ότι το πετρέλαιο και τα αέρια μεταναστεύουν σε μεγάλες αποστάσεις μέχρις ότου τελικά παγιδευτούν. Σε αυτή την πορεία πολύ πιθανή θεωρείται και μια κίνηση του πετρελαίου προς τα επάνω για αρκετά χιλιόμετρα. Υπάρχει όμως και η αντίθετη θεωρία που δέχεται ότι γίνεται μεν μετανάστευση αλλά η πορεία που ακολουθεί το πετρέλαιο είναι πάρα πολύ μικρή. Όποια κι αν είναι πάντως η πορεία που διανύει το πετρέλαιο μέχρι τελικά να φτάσει στην «παγίδα» όπου και θα συσσωρευτεί αυτή πρέπει να πληρεί τις εξής τρεις προϋποθέσεις:

- Στην περιοχή αυτή πρέπει να υπάρχει ένα πέτρωμα το οποίο να μπορεί να συγκρατήσει το πετρέλαιο, δηλ. πρέπει να είναι πορώδες και συγχρόνως διαπερατό ώστε να επιτρέπεται η κίνηση του πετρελαίου μέσα σε αυτό. Τέτοια πετρελαιοφόρα πετρώματα είναι συνήθως τα ιζηματογενή πετρώματα όπως οι αμμόλιθοι και πορώδεις ασβεστόλιθοι ή δολομίτες.
- Τα γειτονικά επίσης πετρώματα πρέπει να είναι αδιαπέραστα από το πετρέλαιο. Τέτοια είναι συμπαγή αργιλούχα ή σχιστολιθικά πετρώματα χωρίς ρωγμές που εμποδίζουν τη μέσω αυτών κίνηση του πετρελαίου. Το αδιαπέραστο πέτρωμα που βρίσκεται πάνω από το πετρελαιοφόρο λέγεται κάλυμμα και αυτό που βρίσκεται από κάτω ονομάζεται πέτρωμα βάσης.
- Η τρίτη προϋπόθεση είναι ότι οι γεωλογικές διαμορφώσεις θα πρέπει να έχουν δώσει στο πετρελαιοφόρο και στα γειτονικά αδιαπέραστα πετρώματα τέτοια

γεωμετρική διάταξη ώστε να εμποδίζεται η διαφυγή του πετρελαίου προς τα πάνω και προς την οριζόντια κατεύθυνση.

Κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης η σύσταση του πετρελαίου μπορεί να αλλάξει. Αιτία μπορεί να είναι διεργασίες όπως διήθηση του πετρελαίου μέσα από τα πετρώματα, απορρόφηση ορισμένων συστατικών του από άλλα πετρώματα κ.λ.π. μπορεί επίσης να οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις με ελεύθερο στοιχειακό θείο ή θειούχες ενώσεις. Όταν το πετρέλαιο φθάσει και παγιδευτεί στο πετρελαιοφόρο πέτρωμα, με την πάροδο του χρόνου, τα περιεχόμενα αέρια, το υγρό πετρέλαιο και το νερό διαχωρίζονται και στρωματοποιούνται ανάλογα με την πυκνότητά τους. Όταν οι πόροι του πετρελαιοφόρου πετρώματος είναι γεμάτοι με αέριο, στη μέση υπάρχει μια ζώνη οι πόροι της οποίας είναι γεμάτοι με αργό πετρέλαιο και αέριο διαλυμένο στο αργό πετρέλαιο και κάτω από αυτή υπάρχει η ζώνη του νερού. Η ζώνη του αργού πετρελαίου μπορεί να περιέχει και ένα σημαντικό ποσοστό νερού(10-30%). Κατά κανόνα υπάρχει επίσης μια μεταβατική κατάσταση μεταξύ της ζώνης καθαρού νερού και της ζώνης καθαρού πετρελαίου, μια ζώνη δηλ. της οποίας οι πόροι περιέχουν τόσο νερό όσο και πετρέλαιο. Το πάχος της ενδιάμεσης αυτής ζώνης εξαρτάται από την σχετική πυκνότητα του πετρελαίου σε σχέση με το νερό, τις διεπιφανειακές τάσεις νερού και πετρελαίου και τέλος από το μέγεθος των πόρων του πετρελαιοφόρου πετρώματος. Μια αντίστοιχη μεταβατική ζώνη υπάρχει μεταξύ του πετρελαίου και του αερίου.

Αν πάλι κατά την μετανάστευση του πετρελαίου δε βρεθούν οι κατάλληλες συνθήκες για να παγιδευτεί, τότε αναμένεται να ανέβει ως της επιφάνεια της γης κατά μικρές ποσότητες απ' όπου και θα χαθεί είτε με εξάτμιση είτε με έκπλυση από τη βροχή.

### **1.1.8 Εξερεύνηση για Πετρέλαιο**

#### **Επιφανειακές ενδείξεις**

Εάν εντός των εγκάτων της γης υπάρχει συσσώρευση πετρελαίου, τότε είναι δυνατόν στην επιφάνεια να αναβλύζει πετρέλαιο ή να εξέρχονται αέρια, τα οποία στην περίπτωση που εξέρχονται μέσα σε λιμνάζοντα νερά γίνονται εύκολα αντιληπτά λόγω των σχηματιζόμενων φουσαλίδων. Επίσης είναι δυνατόν πορώδες πέτρωμα εμποτισμένο με πετρέλαιο να εξέρχεται μέχρι την επιφάνεια της γης ή μέσα σε χαράδρες κ.λ.π. Πάντως, εκεί όπου υπάρχει ένδειξη πετρελαίου δεν έπεται ότι κάτω από το σημείο αυτό υπάρχει συσσώρευση πετρελαίου. Είναι μάλιστα δυνατόν η συσσώρευση να βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από την εξωτερική ένδειξη. Εκτός αυτού, είναι πιθανόν στην περίπτωση που η έξοδος αυτή του πετρελαίου στην

επιφάνεια της γης συνεχιζόταν για μεγάλο χρονικό διάστημα, είναι πιθανή η εξάλειψη της προϋπάρχουσας συσσώρευσης.

### **Γεωλογική έρευνα**

Ανεξαρτήτως της ύπαρξης ή μη εξωτερικών ενδείξεων, ακολουθεί πλήρης γεωλογική μελέτη της περιοχής, για να διαπιστωθεί, εάν τα πετρώματα της περιοχής αυτής είναι κατάλληλα για συσσώρευση πετρελαίου. Η απευθείας εξέταση των όχθων των ποταμών ή χαραδρών, η μέτρηση της κλίσης των πετρωμάτων, καθώς και η λήψη αεροφωτογραφιών της περιοχής παρέχουν πολλές πληροφορίες και κριτήρια για την υπόγεια διάταξη των στρωμάτων και συνεπώς εάν αυτά είναι ευνοϊκά ή όχι για συσσώρευση πετρελαίου.

### **Γεωφυσική έρευνα**

Κατά τους νεώτερους χρόνους χρησιμοποιούνται οι λεγόμενες γεωφυσικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των υπογείων πετρωμάτων. Πολλές φορές μάλιστα με τις μεθόδους αυτούς είναι δυνατόν να προσδιορισθεί και η παρουσία πετρελαίου.

### **Βαρυτομετρική μέθοδος**

Με το βαρυτόμετρο γίνεται μέτρηση της βαρύτητας των πετρωμάτων, η οποία για τα βαρέα πετρώματα κοντά στην επιφάνεια είναι μεγαλύτερη των ιδίων πετρωμάτων που βρίσκονται βαθύτερα. Βαρυτομετρικές έρευνες γίνονται και στην ξηρά και στην θάλασσα (από πλοίο).

### **Σεισμική μέθοδος**

Κατά την σεισμική μέθοδο η οποία ονομάζεται και "στηθοσκόπηση του υπεδάφους" προκαλούνται μικροί τεχνητοί σεισμοί σε μικρό βάθος από την επιφάνεια με τη χρησιμοποίηση ποσοτήτων δυναμίτιδας.

Τα παραγόμενα σεισμικά κύματα προχωρούν προς όλες τις διευθύνσεις, εντός του υπεδάφους, αλλά δεν βαίνουν ευθυγράμμως, γιατί όπως ακριβώς συμβαίνει και με τις οπτικές ακτίνες, υφίστανται κατά την πορεία τους πολλές ανακλάσεις και διαθλάσεις, επειδή συναντούν πετρώματα διαφόρου ελαστικότητας και πυκνότητας. Ως εκ τούτου η σεισμική μέθοδος διαιρείται στην μέθοδο της ανακλάσεως και στην μέθοδο της διαθλάσεως.

Η ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων στον αμμόλιθο είναι 1000 m/sec, στον ασβεστόλιθο 3200-4500 m/sec και στον γρανίτη 5500 m/sec.

Οι διαφορές αυτές της ταχύτητας, προκαλούν ισχυρές θλάσεις των σεισμικών κυμάτων στις επαφές δυο ετερογενών ορυκτών μαζών. Τα σκληρά επίσης πετρώματα ανακλούν τα κύματα εντονότερα απ' ότι τα μαλακά πετρώματα.

Σε άλλα απομακρυσμένα σημεία του εδάφους υπάρχουν οι σειсмоγράφοι, οι οποίοι καταγράφουν την άφιξη των σεισμικών κυμάτων. Αυτοί συνδέονται απ' ευθείας με καλώδιο με τα σημεία της έκρηξης. Στην ταινία του κάθε δέκτη καταγράφεται η στιγμή της έκρηξης της δυναμίτιδας και στη συνέχεια η άφιξη μέσω διαφόρων οδών των σεισμικών κυμάτων, άλλων απ' ευθείας, άλλων κατόπιν ανακλάσεων, διαθλάσεων κ.λ.π. Τα καταγραφικά μηχανήματα βρίσκονται μέσα σε αυτοκίνητο. Από τη μελέτη των διαγραμμάτων που λαμβάνονται εξάγονται συμπεράσματα για τη φύση και τη διάταξη του υπεδάφους. Η ένταση των ανακλώμενων κυμάτων παρέχει το είδος του στρώματος, ενώ ο χρόνος άφιξης και η γνωστή ταχύτητα του κύματος παρέχουν το βάθος του στρώματος.

Στην πορεία οι εκρηκτικές ύλες κατά την σεισμική μέθοδο αντικαταστάθηκαν από μηχανικούς δονητές. Τα παραγόμενα από τις δονήσεις κύματα καταφθάνουν στους σειсмоγράφους, όπως και στην κλασική σειсмоγραφική μέθοδο. Η «δονητογραφική» μέθοδος δεν είναι βεβαίως, τόσο αποτελεσματική όσο η σεισμική μέθοδος (για το λόγο ότι τα κύματα των δονήσεων είναι ασθενέστερα των σεισμικών), αλλά αποτελεί εναλλακτική λύση στις περιπτώσεις όπου η χρησιμοποίηση εκρηκτικών υλών είναι δύσκολη ή επικίνδυνη.

Η σεισμική έρευνα εφαρμόζεται και στον πυθμένα της θάλασσας από πλοίο και είναι ταχεία και εύκολη. Είναι δυνατόν αντί εκρηκτικής ύλης, ως σεισμικής πηγής, να χρησιμοποιηθεί σπινθήρας 10.000 volt ή το λεγόμενο «κανόνι αερίων», το οποίο είναι καυστήρας που λειτουργεί περιοδικά και χρησιμοποιεί προπάνιο και οξυγόνο. Είναι επίσης δυνατόν τα σεισμικά κύματα να προκληθούν και με εκτόνωση πεπιεσμένου αέρα από ειδική αεριοβόλο συσκευή. Η μέθοδος του καυστήρα όπως και του πεπιεσμένου αέρα είναι πολύ οικονομικές και δεν προκαλούν καταστροφή του βυθού της θάλασσας.

### **Μαγνητική μέθοδος**

Είναι η ευρύτερα εφαρμοζόμενη γεωφυσική μέθοδος. Στηρίζεται στην μαγνητική ιδιότητα του μαγνητικού οξειδίου του σιδήρου, το οποίο περιέχεται στα περισσότερα πετρώματα. Η μαγνητική ένταση είναι ασθενέστερη όταν τα πετρώματα βρίσκονται σε μεγάλο βάθος και μεγαλύτερη όταν αυτά βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της γης. Η μαγνητική ένταση μετρείται με μαγνητόμετρο. Οι μετρήσεις είναι δυνατόν να γίνουν και από τον αέρα. Η από αέρα μέθοδος είναι και η ευρύτερα διαδεδομένη. Ο μαγνητικός

ανιχνευτής, που ονομάζεται M.A.D.(Magnetic Air Detector), έχει σχήμα τορπίλης και περιέχει μαγνητικά όργανα μεγίστης ακριβείας, τα οποία στηρίζονται σε ένα άριστο σύστημα ανάρτησης, για να μην επηρεάζονται αυτά από την πτήση. Το όργανο αυτό προσαρμόζεται αρχικά επί του αεροπλάνου, κατά την πτήση όμως, σύρεται κάτω από αυτό, μέσω καλωδίου, για να αποφεύγεται η επίδραση των μαγνητικών υλικών και των ηλεκτρικών ρευμάτων του αεροπλάνου.

Η μαγνητική ένταση καταγράφεται αυτόματα. Η μεγαλύτερη μαγνητική ένταση συνήθως υποδεικνύει το άνω μέρος ενός αντικλίνου.

### **Ηλεκτρική μέθοδος**

Βασίζεται στην μεγάλη διαφορά της ηλεκτρικής αντίστασης των διαφόρων πετρωμάτων. Η μέθοδος εφαρμόζεται και στην επιφάνεια, αλλά κυρίως κατά τις γεωτρήσεις για την διαπίστωση των στρωμάτων μέσα στα οποία γίνεται η διάτρηση.

### **Γεωχημική έρευνα**

Μια μέθοδος βασίζεται στην χημική ανίχνευση ιχνών αερίων, τα οποία προέρχονται από μια συσσώρευση πετρελαίου και τα οποία είναι δυνατόν να διέλθουν μέσω των υπερκείμενων στρωμάτων στην επιφάνεια.

### **Γεώτρησης**

Οι μετρήσεις που λαμβάνονται με τις παραπάνω μεθόδους παρέχουν στοιχεία για το ποιες περιοχές πρέπει να ερευνηθούν λεπτομερέστερα και ποιες να εγκαταλειφθούν. Η λεπτομερέστερη έρευνα γίνεται με τη διάνοιξη δοκιμαστικών μικρών φρεατίων, με τα οποία εξετάζεται η φύση και η σύσταση των εξερχόμενων στην επιφάνεια τεμαχίων των πετρωμάτων. Γίνονται εξέταση των τυχόν απολιθωμάτων που μπορεί να περιέχουν τα πετρώματα, η οποία δίνει πολύτιμα στοιχεία για την ηλικία των πετρωμάτων. Επίσης γίνονται μετρήσεις εντός του φρεατίου, των ηλεκτρικών, ραδιενεργών και ακουστικών ιδιοτήτων των στρωμάτων που βρίσκονται μέσα στο φρεάτιο, με γεωφυσικές μεθόδους. Μετριέται επίσης και η πυκνότητα των πετρωμάτων. Ακόμη από το φρεάτιο λαμβάνονται και ειδικά δείγματα τα οποία ονομάζονται «πυρήνες» ή «καρότα» με ειδικές δειγματοληπτικές συσκευές. Επί των πυρήνων αυτών, ύψους 9 μέτρων, γίνεται προσδιορισμός του πορώδους και της διαπερατότητας του πετρώματος.

Από όλες τις παραπάνω επιστημονικές μελέτες λαμβάνονται αρκετά στοιχεία πάνω στα οποία στηρίζεται η απόφαση για διάνοιξη μεγάλου φρεατίου, το οποίο ελπίζεται ότι θα καταστεί παραγωγικό. Παρ' όλο που έχει περάσει πια η εποχή που τα σημεία των γεωτρήσεων καθορίζονταν από τους ραβδοσκόπους, η απάντηση στο ερώτημα εάν

υπάρχει ή όχι πετρέλαιο σε μια περιοχή δίνεται από τη γεώτρηση μέχρι το πετρελαιοφόρο στρώμα.

Το πρώτο διανοιγόμενο φρεάτιο σε μια περιοχή λέγεται «αγριόγατος» (wildcat).

### **1.1.9 Παραγωγή Αργού Πετρελαίου**

Με τον όρο παραγωγή πετρελαίου εννοούμε τη μεταφορά του αργού πετρελαίου από τα υπόγεια κοιτάσματα στην επιφάνεια της γης. Η παροχή του παραγόμενου πετρελαίου εξαρτάται από την πίεση που έχει η συσσώρευση του πετρελαίου και από την ευκολία με την οποία το υγρό κινείται μέσα στο πετρελαιοφόρο πέτρωμα προς τον πυθμένα της γεώτρησης. Η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από το ιξώδες του πετρελαίου και από τη διαπερατότητα του κοιτάσματος. Αναφορικά με τα αίτια που κινούν το πετρέλαιο στο κοίτασμα προς τον πυθμένα της γεώτρησης και μέσω αυτής στην επιφάνεια, η παραγωγή διακρίνεται σε φυσικής ροής (πρωτογενής ανάκτηση) και τεχνητής ροής (δευτερογενής και τριτογενής ανάκτηση). Η αρχική πίεση του κοιτάσματος είναι συνήθως αρκετή για να οδηγήσει το πετρέλαιο στην επιφάνεια. Αυτό το στάδιο της παραγωγής ονομάζεται πρωτογενής ανάκτηση και σε αυτό το στάδιο ανακτάται ένα ποσοστό του υπάρχοντος πετρελαίου. Όσο όμως η πίεση ελαττώνεται στο κοίτασμα μειώνεται και η παραγωγή, με αποτέλεσμα έπειτα από κάποιο χρονικό διάστημα να είναι απαραίτητη η ενίσχυση της πίεσης στο κοίτασμα με νερό ή αέριο που στέλνονται στο κοίτασμα από την επιφάνεια.

Οι δυνάμεις που ωθούν το πετρέλαιο στην επιφάνεια της γης κατά το πρώτο στάδιο της παραγωγής του μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής τέσσερις κατηγορίες:

- Πίεση νερού.
- Πίεση ήδη διαχωρισθέντων αερίων.
- Πίεση διαλυμένων αερίων.
- Βαρύτητα.

Στην πραγματικότητα βέβαια δεν υπάρχει τέτοιος πλήρης διαχωρισμός και το πετρέλαιο δεν κινείται από ένα μόνο από τα παραπάνω είδη δυνάμεων αλλά δύο ή περισσότερα συμμετέχουν με διαφορετικό βαθμό το καθένα στην εξόρυξή του.

Η πίεση του νερού, που στην φυσική κατάσταση του κοιτάσματος υπάρχει στα χαμηλότερα στρώματα των πετρελαιοφόρων πετρωμάτων, παρέχει την πλέον αποτελεσματική κινούσα δύναμη του πετρελαίου μέσω του κοιτάσματος προς τον πυθμένα της γεώτρησης και μέχρι την επιφάνεια της γης. Η πίεση του νερού οφείλεται είτε σε υδροστατική πίεση είτε σε διαστολή του νερού. Το νερό εκτοπίζει το πετρέλαιο από τους πόρους του κοιτάσματος προς την γεώτρηση, όπου και υπάρχει μικρότερη

πίεση, και προς την επιφάνεια. Η παραγωγή του πετρελαίου παραμένει με αυτόν τον τρόπο σταθερή έως ότου εκτοπισθεί όλο το πετρέλαιο και η γεώτρηση γεμίσει νερό.

Η πίεση των αερίων που έχουν ήδη διαχωρισθεί από το πετρέλαιο και βρίσκονται μέσα στο κοίτασμα πάνω από την επιφάνεια του πετρελαίου αποτελεί επίσης κινούσα δύναμη για αυτό. Στην περίπτωση αυτή η γεώτρηση πρέπει να φτάνει μέχρι τα χαμηλά στρώματα του κοιτάσματος ώστε να αποφεύγεται η έξοδος των αερίων και να επιτυγχάνεται καλύτερη εκμετάλλευση του κοιτάσματος.

Η παραγωγή του πετρελαίου δημιουργεί επίσης πτώση της πίεσης στο κοίτασμα με αποτέλεσμα τα διαλυμένα στο πετρέλαιο αέρια να εκλύονται προκειμένου να εξισορροπήσουν αυτή την πτώση της πίεσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διατηρείται σταθερή η ροή του πετρελαίου για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η πίεση των διαλυμένων αερίων είναι ο λιγότερο αποδοτικός παράγοντας φυσικής παραγωγής και η ανάκτηση που οφείλεται στον παράγοντα αυτόν σπάνια ξεπερνά το 20%.

Η βαρύτητα βοηθάει την αποστράγγιση του πετρελαίου από τα υψηλότερα στρώματα του κοιτάσματος προς τον πυθμένα της γεώτρησης. Η ταχύτητα ροής εξαρτάται από την κλίση και την διαπερατότητα του πετρελαιοφόρου στρώματος όπως επίσης και από το ιξώδες του πετρελαίου.

Εκτιμάται ότι με τη φυσική παραγωγή του πετρελαίου ανακτάται σε διεθνές επίπεδο περίπου το 25% της αρχικής ποσότητας του πετρελαίου στις πετρελαιοπηγές. Με διάφορες τεχνικές γίνεται προσπάθεια διατήρησης της πίεσης στο κοίτασμα και συνεπώς της παροχής του παραγόμενου αργού πετρελαίου. Η πίεση στο κοίτασμα υποβοηθείται με την αποστολή από την επιφάνεια αερίων ή νερού.

Τα αέρια, συνήθως πρόκειται για φυσικό αέριο, μπορεί να αποστέλλονται από παρακείμενη γεώτρηση αυξάνοντας την πίεση του κοιτάσματος και υποβοηθώντας τη φυσική ροή. Αέρια μπορεί επίσης να στέλνονται και από την ίδια την παραγωγική γεώτρηση χρησιμοποιώντας το διάκενο μεταξύ της σωληνώσεως ροής του φυσικού αερίου και της προστατευτικής σωληνώσεως. Με τις κατάλληλες βαλβίδες το αέριο μπορεί να μπαίνει σε διάφορα ύψη μέσα στην κεντρική σωλήνωση ροής υποβοηθώντας έτσι την άνοδο του αργού πετρελαίου στην επιφάνεια.

Η έγχυση μεγάλων ποσοτήτων νερού προς το κοίτασμα γίνεται κατά κανόνα από παρακείμενη γεώτρηση, προς ενίσχυση της φυσικής ενέργειας του νερού του κοιτάσματος.

Η μηχανική άντληση είναι επίσης μια μέθοδος που δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται συνήθως εμβολοφόρες αντλίες, το έμβολο των οποίων επιλέγεται συνήθως ανάλογα με τη διαμόρφωση και τις ανάγκες που

παρουσιάζονται σε κάθε κοίτασμα. Η έρευνα πάντως για την τριτογενή ανάκτηση του αργού συνεχίζεται με αρκετά σημαντικά αποτελέσματα.

#### **1.1.10 Μεταφορά Αργού Πετρελαίου**

Τα διυλιστήρια πετρελαίου κτίζονται κατά κανόνα στα κέντρα κατανάλωσης των προϊόντων. Η μεταφορά του αργού πετρελαίου από τις πετρελαιοπηγές στα διυλιστήρια γίνεται κυρίως με δύο τρόπους: με σωληνώσεις και δεξαμενόπλοια. Στη δεκαετία του 1980 οι σωληνώσεις που χρησιμοποιούνταν ανά τον κόσμο για τη μεταφορά του αργού ξεπερνούσαν τα 150000 χιλιόμετρα, ενώ τα δεξαμενόπλοια είχαν δυναμικότητα 500000 τόνων.



## 1.2 Βενζίνη

### 1.2.1 Η Ιστορία της Βενζίνης

Η πρώτη παραγωγή βενζίνης αναφέρεται στη Βοστώνη το 1863 από τον Josua Merrill, στην προσπάθειά του να παρασκευάσει κηροζίνη για λάμπες φωτισμού. Στα πρώτα χρόνια της εμφάνισης των βενζινοκινητήρων το μόνο διαθέσιμο καύσιμο ήταν τα ελαφρά κλάσματα που προέκυπταν από την ατμοσφαιρική απόσταξη του αργού πετρελαίου, με εύρος ζέσεως από 50°C μέχρι 200°C. Η σχέση συμπίεσης των τότε κινητήρων ήταν τόσο χαμηλή ώστε δεν είχε εμφανισθεί κανένα πρόβλημα αντικροτικότητας.

Η κατάσταση αυτή παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη μέχρι και τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οπότε και άρχισαν οι έρευνες για τη βελτίωση των κινητήρων. Οι νέοι κινητήρες που σχεδιάστηκαν απαιτούσαν καλύτερο καύσιμο με αποτέλεσμα η έρευνα να επεκταθεί στην παραγωγή της βενζίνης και στις βελτιωτικές επεμβάσεις που έπρεπε να γίνουν σε αυτή. Μια απόφαση απαγόρευσης αποθήκευσης της βενζίνης σε ιδιόκτητους χώρους λίγο πριν τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο ήρθε να ανακόψει την πορεία αυτών των ερευνών.

Για λίγα χρόνια οι ερευνητές προσπαθούσαν να βρουν τις μετατροπές που έπρεπε να υποστούν οι κινητήρες προκειμένου να χρησιμοποιούν ως καύσιμο την κηροζίνη. Τα «χτυπήματα» στους κινητήρες όμως ήταν τόσο ισχυρά που πολλές φορές προκαλούσαν σπασίματα στις κυλινδροκεφαλές και τα έμβολα. Οι έρευνες τότε στράφηκαν προς τα αίτια αυτού του φαινομένου οπότε και επιβεβαιώθηκε η υπόθεση ότι η αιτία των παραπάνω φαινομένων ήταν η εξάτμιση των σταγονιδίων της κηροζίνης κατά την καύση.

Μετά από όλα αυτά, το ενδιαφέρον αναφορικά με τα καύσιμα των κινητήρων στράφηκε και πάλι προς τη βενζίνη. Αξίζει να σημειωθεί ότι με την έναρξη του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου οι τυπικές βενζίνες είχαν αριθμό οκτανίων που κυμαινόταν μεταξύ 40 και 60. Κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου το ενδιαφέρον στράφηκε σε βενζίνες κατάλληλες για κινητήρες αεροπλάνων. Ο μόνος τρόπος τότε για την παρασκευή βενζίνης υψηλής αντικροτικότητας ήταν η απόσταξη των αργών πετρελαίων από το Βόρνεο και τις Ολλανδικές Δυτικές Ινδίες, τα οποία είχαν υψηλή περιεκτικότητα σε αρωματικές ενώσεις.

Μετά το τέλος του πολέμου έγινε πλέον φανερό ότι έπρεπε να βελτιωθεί η σύσταση της βενζίνης για να μπορέσει να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων με τη χρήση υψηλότερων σχέσεων συμπίεσης. Οι εταιρείες πετρελαίου είχαν πλέον καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι αρωματικές ενώσεις, εν αντιθέσει με τις κανονικές παραφίνες, παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση στην αυτανάφλεξη. Για κάποιο διάστημα μάλιστα, ως καλύτερο καύσιμο θεωρούνταν το προϊόν απόσταξης της λιθανθρακόπισσας (μίγμα βενζολίου, τολουλίου και ξυλολίων). Εκείνη την εποχή διαπιστώθηκε και η

αντικροτικότητα των αλκοολών, ενώ ξεκίνησαν και οι μελέτες για την καθιέρωση ενός κινητήρα κατάλληλου για τη μέτρηση της αντικροτικότητας των καυσίμων (Cooperative Fuel Research Committee, CFR).

Το 1921 αρχίζει η χρήση αλκυλοενώσεων του μολύβδου-πρόσθετα για την αύξηση της αντικροτικότητας των βενζινών. Η χρήση τους γενικεύτηκε μετά το καλοκαίρι του 1926, ενώ την ίδια εποχή διαπιστώθηκε και η πολύ καλή αντικροτική συμπεριφορά των διακλαδισμένων παραφινών. Το 1929 καθιερώθηκε η χρήση του πρότυπου κινητήρα CFR με αποτέλεσμα να υπάρξει διεθνώς πια ένα καθορισμένο σύστημα μέτρησης της αντικροτικότητας των βενζινών.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1920 άρχισε η χρήση διεργασιών πυρόλυσης με σκοπό την αναβάθμιση των υπολειμμάτων της απόσταξης. Οι διεργασίες αυτές έδιναν καύσιμα με ικανοποιητικό αριθμό οκτανίων, αλλά αυξημένη περιεκτικότητα σε ολεφίνες, γεγονός στο οποίο οφειλόταν η δυσάρεστη οσμή των βενζινών και ο σχηματισμός κομμωδών ουσιών. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος το ενδιαφέρον στράφηκε και πάλι προς τα πρόσθετα, αφού η εφαρμογή αυτών των διεργασιών ήταν απαραίτητη προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες της αγοράς. Αξιοσημείωτο είναι ότι τότε ο αριθμός οκτανίου μιας τυπικής βενζίνης είχε ανέλθει στο 70, ενώ η σχέση συμπίεσης των κινητήρων είχε φθάσει περίπου το 5.5:1.

Οι μελέτες οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το θείο που περιέχει η βενζίνη εμποδίζει τη βελτιωτική επίδραση του τετρααιθυλιούχου μολύβδου. Έτσι, στη δεκαετία του 1930 τα διυλιστήρια προχώρησαν στην ανάπτυξη των πρώτων κοινών προδιαγραφών προκειμένου τα προϊόντα τους να έχουν παρόμοιες και επιθυμητές ιδιότητες.

Τη δεκαετία του 1950 άρχισε μια νέα αύξηση στη σχέση συμπίεσης που δημιούργησε την ανάγκη για καύσιμα μεγαλύτερου αριθμού οκτανίων. Έτσι, αυξήθηκαν τα επίπεδα μολύβδου, η τάση ατμών και ο αριθμός οκτανίων, ενώ μειώθηκε το θείο και οι ολεφίνες. Για την παραγωγή υδρογονανθράκων με καλή απόκριση στο μόλυβδο και μεγάλο αριθμό οκτανίων εισήχθησαν νέες διεργασίες, όπως η υδρογονοπυρόλυση. Για τη βελτίωση της απόδοσης και του αριθμού οκτανίων έγιναν και μικρές βελτιώσεις στη σύσταση της βενζίνης. Όλα αυτά μέχρι το 1970 οπότε και ξεκίνησε η παραγωγή αμόλυβδης βενζίνης με σκοπό την προστασία των καταλυτών, οι οποίοι άρχισαν να χρησιμοποιούνται για περιβαλλοντικούς λόγους.

Από το 1970 έως το 1990 οι βενζίνες μεταβάλλονταν αργά καθώς ο μόλυβδος σταδιακά απομακρυνόταν, τα επίπεδα μολύβδου έπεφταν κατακόρυφα, τα οκτάνια αρχικά μειώθηκαν και στη συνέχεια σταθεροποιήθηκαν 2-5 αριθμούς χαμηλότερα από αυτά της μολυβδομένης βενζίνης, η τάση ατμών ακολούθησε ανοδική πορεία, το θείο και οι ολεφίνες παρέμειναν σε σταθερά επίπεδα, ενώ αυξήθηκαν τα αρωματικά. Το 1990 οι

νόμοι των ΗΠΑ επέβαλαν σημαντικές αλλαγές στη σύσταση της βενζίνης που είχαν ως αποτέλεσμα την κατακρήμνιση της τάσης ατμών και την αύξηση των οξυγονούχων. Αυτές οι μεταβολές θα εξακολουθήσουν στον 21<sup>ο</sup> αιώνα γιατί η χρήση της βενζίνης στους κινητήρες έναυσης με σπινθήρα ήταν μια σημαντική πηγή ρύπανσης.

Η πορεία προς την αμόλυβδη βενζίνη συνεχίστηκε παγκοσμίως και μερικές χώρες στην προσπάθειά τους να μειώσουν τα μολυβδούχα πρόσθετα αύξησαν τις αρωματικές ενώσεις μέχρι και σε περιεκτικότητα 50%. Νέες όμως προδιαγραφές ήρθαν να περιορίσουν την περιεκτικότητα σε αρωματικά, μια και έχει πλέον αποδειχθεί ότι μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή των ελαστομερών, καθώς επίσης και ότι είναι πολύ τοξικές. Σήμερα η μολυβδομένες βενζίνες καταργούνται ενώ τα διυλιστήρια μέρα με τη μέρα αλλάζουν τις μονάδες επεξεργασίας του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του προκειμένου να αντεπεξέλθουν στην ολοένα και πιο μεγάλη ζήτηση σε ελαφρά προϊόντα και τις ολοένα και πιο αυστηρές προδιαγραφές προκειμένου να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση.

### **1.2.2 Προδιαγραφές της Βενζίνης και η Σημασία τους**

Οι προδιαγραφές των βενζινών έχουν σκοπό να εξασφαλίσουν την ομαλή λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης στις οποίες χρησιμοποιούνται. Τα όρια που τίθενται σε ορισμένες από αυτές τις προδιαγραφές επιλέγονται ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και τις κλιματολογικές συνθήκες της χώρας στην οποία θα εφαρμοστούν, ενώ σε αρκετές χώρες διαφοροποιούνται για χειμώνα ή καλοκαίρι. Οι βενζίνες πρέπει να εξατμίζονται εύκολα στο ρεύμα αέρα που περνά από τον εξαεριωτήρα (καρμπυρατέρ), να αναφλέγονται με τον σπινθήρα στον κύλινδρο και να καίγονται ομαλά χωρίς «χτυπήματα» ή άλλες λειτουργικές δυσκολίες. Τα τρία κύρια χαρακτηριστικά-προϋποθέσεις για να ισχύουν όλα τα παραπάνω είναι οι αντικροτικές τους ιδιότητες που εκφράζονται ποσοτικά με τον αριθμό οκτανίων, η πτητικότητα και η σταθερότητα.

#### **1.2.2.1 Πτητικότητα**

Μια από τις βασικότερες ιδιότητες των βενζινών είναι η πτητικότητα. Με τον όρο αυτό νοείται η ευκολία με την οποία η βενζίνη εξαερώνεται στο ρεύμα αέρα που περνά από τον εξαεριωτήρα. Η επιθυμητή πτητικότητα εξασφαλίζεται με τον καθορισμό συγκεκριμένης περιοχής θερμοκρασιών απόσταξης και μέγιστης τάσης ατμών.

Σύμφωνα με τις Ελληνικές προδιαγραφές το 10% του συνολικού όγκου μιας βενζίνης πρέπει να έχει αποστάξει το πολύ μέχρι τους 70<sup>ο</sup> C, ενώ συγχρόνως πρέπει η τάση ατμών να μην ξεπερνά κάποια συγκεκριμένα όρια. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η μετωπική πτητικότητα της βενζίνης. Η βενζίνη δηλ. είναι αρκετά πτητική ώστε ο

κινητήρας να ξεκινήσει εύκολα και ομαλά ενώ επίσης δεν είναι υπερβολικά πτητική ώστε να προκαλέσει ατμόφραξη στους σωλήνες διακίνησής της.

Το μέσο σημείο απόσταξης 100°C- θερμοκρασία στην οποία το απόσταγμα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ του 30% και του 65% κ.ο. – διασφαλίζει την ύπαρξη των πτητικών υδρογονανθράκων οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για το ζέσταμα της μηχανής.

Η πτητικότητα ουράς-συμπύκνωμα στους 180°C και τελικό σημείο απόσταξης- χαρακτηρίζει την περιεκτικότητα της βενζίνης σε βαριά συστατικά. Τα βαριά συστατικά πρέπει να βρίσκονται στη βενζίνη σε μικρή περιεκτικότητα γιατί το αντίθετο θα προκαλούσε ανομοιόμορφη διανομή του καυσίμου στην πολλαπλή εισαγωγής και ανομοιόμορφη τροφοδοσία των κυλίνδρων. Αν μάλιστα τα συστατικά αυτά φθάσουν στον κύλινδρο σε υγρή μορφή υπάρχει κίνδυνος να περάσουν από τα ελατήρια του εμβόλου και να αραιώσουν το λιπαντικό λάδι.

### 1.2.2.2 Σταθερότητα

Για την καλή λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας των κινητήρων εσωτερικής καύσης είναι απαραίτητο να μην μένουν στερεά ή κομμωδω κατάλοιπα κατά την εξάτμιση της βενζίνης. Η βενζίνη η οποία καταναλώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα από την παρασκευή της εξατμίζεται αφήνοντας ελάχιστα ή καθόλου κατάλοιπα.

Κατά την αποθήκευση και διακίνησή της όμως, τα ακόρεστα συστατικά της οξειδώνονται δημιουργώντας προϊόντα τα οποία δίνουν αντιδράσεις πολυμερισμού. Οι αντιδράσεις αυτές με τη σειρά τους δίνουν ως προϊόντα κομμωδης ουσίες. Οι ενώσεις αυτές παραμένουν διαλυμένες στη βενζίνη όταν αυτή βρίσκεται σε υγρή μορφή, όταν όμως αυτή εξαεριοωθεί μένουν ως κατάλοιπα, δημιουργώντας αποθέσεις στο ντεπόζιτο του αυτοκινήτου, στις γραμμές καυσίμου, στους κυλίνδρους και στις βαλβίδες.

Για την αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων, ειδικά για τις βενζίνες οι οποίες περιέχουν πολλά ακόρεστα συστατικά χρησιμοποιούνται πολλά αντιοξειδωτικά πρόσθετα. Τα πρόσθετα αυτά είναι συνήθως φαινόλες ή αμίνες και η δοσολογία τους ποικίλει από 0,001 έως 0,02% κ.β.

Οι Ελληνικές προδιαγραφές προβλέπουν δοκιμές για τον προσδιορισμό των κομμωδων ουσιών που πρόκειται να σχηματισθούν. Οι τελευταίες εκτιμώνται με τη δοκιμή σταθερότητας της βενζίνης στην οξείδωση (369 λεπτά ελάχιστο).

### 1.2.2.3 Διαβρωτικότητα

Μια βενζίνη για να είναι απαλλαγμένη πριν και μετά την καύση της από διαβρωτικές ενώσεις. Τέτοιες ενώσεις στη βενζίνη είναι οι ενώσεις του θείου.

Πιο συγκεκριμένα οι ενώσεις του θείου και το ελεύθερο θείο που υπάρχουν στη βενζίνη, μετατρέπονται σε διοξείδιο του θείου κατά την καύση της. Αυτό αντιδρώντας με τους υδρατμούς που παράγονται επίσης από την καύση μετατρέπεται εν μέρει σε θειώδες και θειικό οξύ. Και τα δύο αυτά οξέα είναι πολύ διαβρωτικά και προσβάλλουν τα κρύα τμήματα της μηχανής όπως το σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων αλλά ακόμη και τους ίδιους τους κυλίνδρους της μηχανής λόγω της παραμονής τους εντός αυτών κατά το σταμάτημα της μηχανής.

Για τους παραπάνω λόγους οι Ελληνικές προδιαγραφές προβλέπουν δοκιμές τόσο για το ολικό θείο που περιέχεται σε μια βενζίνη όσο και για τη διαβρωτικότητά της. Η πρώτη δοκιμή πραγματοποιείται με τη βοήθεια ακτίνων Χ, ενώ η δεύτερη με τη βοήθεια χάλκινου ελάσματος το οποίο εμβαπτίζεται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στη βενζίνη, η οποία έχει σταθερή θερμοκρασία.

#### 1.2.2.4 Χαρακτηριστικά Καύσης

Η καύση της βενζίνης στους βενζινοκινητήρες εξαρτάται κυρίως από το σχεδιασμό του κινητήρα και την ποιότητά της. Κάτω από ιδανικές συνθήκες, η ανάφλεξη αρχίζει από τον σπινθηριστή και διαδίδεται ομαλά σε όλο το μήκος του θαλάμου καύσης μέχρι να καεί όλη η βενζίνη. Η αύξηση της θερμοκρασίας που προέρχεται από την ανάφλεξη δημιουργεί αύξηση της πίεσης σε όλο το χώρο του κυλίνδρου που περιέχει άκαυστο μίγμα υδρογονανθράκων-αέρα. Η αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας δημιουργεί χημικές ενώσεις (οργανικά υπεροξειδία), οι οποίες επειδή είναι πολύ ευαίσθητες στη θερμοκρασία, όταν η συγκέντρωσή τους ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο αναφλέγονται απότομα πριν ακόμα φθάσει σε αυτό το σημείο του κυλίνδρου η φλόγα που προέρχεται από τον σπινθηριστή. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί το κοινώς λεγόμενο «χτύπημα» στον κινητήρα. Αν αντίθετα το μέτωπο της φλόγας φθάσει σε όλο το μήκος του κυλίνδρου πριν οι ενώσεις αυτές φθάσουν την παραπάνω συγκέντρωση, η καύση της βενζίνης θα γίνει χωρίς πρόβλημα.

Οι διάφοροι τύποι των υδρογονανθράκων της βενζίνης έχουν διαφορετική τάση για «χτύπημα» και γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οι πολύ διακλαδισμένες παραφίνες και οι ολεφίνες έχουν υψηλές τιμές αντικροτικότητας. Σε μια μέση τιμή βρίσκονται οι ισοπαραφίνες με μικρές διακλαδώσεις και οι ναφθενικοί υδρογονάνθρακες, ενώ πολύ χαμηλές τιμές έχουν οι κανονικές παραφίνες.

Ο σχεδιασμός της μηχανής και οι συνθήκες λειτουργίας επηρεάζουν σημαντικά την τάση του καυσίμου να δημιουργεί «χτυπήματα». Έτσι η τάση μιας βενζίνης για χτυπήματα αυξάνεται με αύξηση του λόγου συμπίεσης, του ρυθμού προώθησης του μετώπου της φλόγας, του φορτίου της μηχανής, της θερμοκρασίας του μίγματος, της

ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας. Αντίθετα, μειώνεται με την αύξηση των στροφών της μηχανής, την τυρβώδη ροή του μίγματος αέρα-καυσίμου και με την υγρασία της ατμόσφαιρας. Σε δεδομένες συνθήκες λειτουργίας μιας μηχανής, η τάση για χτύπημα είναι μεγαλύτερη όταν η αναλογία αέρα-βενζίνης είναι στοιχειομετρική και μικρότερη όταν το μίγμα είναι φτωχότερο ή πλουσιότερο.

Για την αύξηση της αντικροτικότητας των βενζινών, όπως ήδη προαναφέρθηκε προστίθενται σε αυτές κάποιες ενώσεις οι οποίες ονομάζονται αντικροτικά πρόσθετα. Ενώ μέχρι σήμερα τα πρόσθετα αυτά αποτελούνταν από ενώσεις του μολύβδου, πλέον έχουν αρχίσει να μην χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα, λόγω της μόλυνσης που προκαλούν στους καταλυτικούς μετατροπείς, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα και των υδρογονανθράκων από τα καυσαέρια, με στροφή στα οξυγονούχα πρόσθετα.

### **1.3 Βιοντίζελ**

#### **1.3.1 Ιστορία του Βιοντίζελ**

Το RME (Rapeseed-oil-Methyl-Ester) πρωτοχρησιμοποιήθηκε σε μηχανές Diesel το 1982 από τα αντίστοιχα Institutes for Agricultural Engineering στο Braunschweig της Γερμανίας και στο Wieselburg της Αυστρίας. Το 1985 δοκιμάστηκε στο Silberberg της Αυστρίας η παραγωγή του RME με μια νέα τεχνολογία (ατμοσφαιρικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας ) και το 1990 ο πρώτος αγροτικός συνεταιρισμός στο Aspergofen της Αυστρίας ξεκίνησε την εμπορική παραγωγή βιοντίζελ από κραμβέλαιο, όπως επίσης και από ηλιέλαιο. Τον ίδιο χρόνο η ολοκλήρωση στο Wieselburg πειραμάτων σε ένα μεγάλο αριθμό γεωργικών οχημάτων από όλες σχεδόν τις σημαντικότερες μάρκες τρακτέρ οδήγησε στην εγγύηση για χρήση βιοντίζελ στις μηχανές από τους περισσότερους κατασκευαστές τους όπως οι John Deere, Ford, Massey-Ferguson, Mercedes, Same και άλλων, προχωρώντας έτσι ένα ακόμα μεγάλο βήμα μπροστά προς μία επιτυχημένη εισαγωγή του βιοντίζελ στην αγορά.

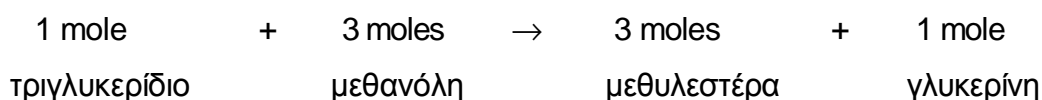
Ένας άλλος σημαντικός στόχος, επετεύχθη το 1991 με την εισαγωγή των πρώτων προδιαγραφών καυσίμου ON C 1190 για το βιοντίζελ από το Αυστριακό Ινστιτούτο Τυποποίησης διαβεβαιώνοντας τους κατασκευαστές μηχανών για την υψηλή ποιότητα του καυσίμου. Λεπτομερή πειράματα πάνω σε ιδιότητες όπως μηχανική συμπεριφορά, μειώσεις εκπομπών, βιοαποικοδομησιμότητα και τοξικότητα άρχισαν από τότε να διεξάγονται από όλο και περισσότερες χώρες οδηγώντας σε μία βαθύτερη κατανόηση του καυσίμου βιοντίζελ και των ιδιοτήτων του, ενώ ξεκίνησε και η διερεύνηση των οικονομικών παραμέτρων γύρω από το καινούργιο καύσιμο.

Το έτος 1996 σημαδεύτηκε από την ανέγερση της μεγάλης βιομηχανικής κλίμακας εγκαταστάσεων στην Rouen της Γαλλίας και στο Leer της Γερμανίας. Υπήρξε επίσης το ορόσημο της καθολικής εγγύησης για όλα τα μοντέλα Ι.Χ. αυτοκινήτων από τις βιομηχανίες Volkswagen και της Audi για χρήση βιοντίζελ. Το ίδιο έτος ιδρύθηκε και το European Board σαν ένας επαγγελματικός οργανισμός όλων των σημαντικών παραγωγών βιοντίζελ της Ευρώπης επισημαίνοντας την περαιτέρω ανάπτυξη μιας νέας βιομηχανίας

### 1.3.2 Η Παραγωγή του Βιοντίζελ

Με τον όρο βιοντίζελ προσδιορίζουμε το υποκατάστατο του καυσίμου ντίζελ, το οποίο αποτελείται από τουλάχιστον 90% μεθυλεστέρες φυτικών ελαίων. Σημειώνεται ότι και αιθυλεστέρες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την υποκατάσταση του ντίζελ αλλά ο καθαρισμός τους είναι δυσκολότερος από εκείνο των μεθυλεστέρων.

Οι εστέρες παράγονται με μετεστεροποίηση (transesterification) των φυτικών ελαίων, παρουσία καταλύτη (βάση ή ισχυρό οξύ), σε ατμοσφαιρική πίεση και σε θερμοκρασία 20 έως 80°C. Από την αντίδραση 1.05 τόνων φυτικού ελαίου με 0.11 τόνους αλκοόλης παράγονται 1 τόνος εστέρα και 0,1 τόνοι γλυκερίνης. Επίσης ανάλογα με την τεχνολογία που εφαρμόζεται, μπορούν να παραχθούν και 0.023 τόνοι λιπαρών οξέων. Εδώ μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η γλυκερίνη αποτελεί ένα πολύτιμο παραπροϊόν με περισσότερες από 1.600 εμπορικές εφαρμογές. Παρακάτω φαίνεται η αντίδραση της μετεστεροποίησης.



Το βιοντίζελ μπορεί να παρασκευαστεί από διάφορα φυτικά έλαια όπως π.χ. το ηλιέλαιο (sunflower oil), το κραμβέλαιο (rapeseed oil), το σογιέλαιο (soyabean oil), το φοινικέλαιο (palm oil), το βαμβακέλαιο (cottonseed oil), το φυστικέλαιο (peanut oil), το ελαιόλαδο, το έλαιο ινδικής καρύδας (coconut oil), το αραβοσιτέλαιο (corn oil), το καστορέλαιο (castor oil), το λινέλαιο (linseed oil), το καπνέλαιο καθώς επίσης και από προτηγανισμένα λάδια.

### 1.3.3 Παράμετροι που Προσδιορίζουν την Ποιότητα του Βιοντίζελ

Οι υποστηρικτές του βιοντίζελ μιλώντας γενικά για αυτό θεωρούν ότι είναι έτοιμο για εμπορική χρήση. Αν και το βιοντίζελ παρουσιάζει αξιοσημείωτες υποσχέσεις

για την εμπορική εκμετάλλευση του, ωστόσο υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός τεχνικών θεμάτων τα οποία σχετίζονται με τις φυσικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά αποδόσεως του, που χρειάζονται επίλυση. Οι ιδιότητες του βιοντίζελ και τα όρια στην απόδοση του έχουν γίνει αντικείμενο συζήτησης πολλών προγραμμάτων.

Ο προσδιορισμός της ποιότητας του βιοντίζελ πρέπει να γίνει μέσα από προδιαγραφές για τις απαιτήσεις των ντιζελομηχανών σε καύσιμο, για την τεχνολογία παραγωγής του βιοντίζελ και για τη διασφάλιση των μετρήσεων που αφορούν την ποιότητα.

Χωρίς να υπάρχουν αποδεκτές προδιαγραφές για το βιοντίζελ η ποιότητα του δεν μπορεί να μετρηθεί. Αυτά τα όρια δίνουν στους κατασκευαστές μηχανών τη δυνατότητα να πιστοποιούν την ποιότητα του βιοντίζελ σε καθαρή μορφή ή σε μίγματα με πετρελαϊκό ντίζελ.

Ο αριθμός ιωδίου είναι ένα από τα πιο δύσκολα θέματα για επίλυση που εμφανίστηκαν στην προσπάθεια να αναπτυχθούν αποδεκτές προδιαγραφές για το βιοντίζελ. Έτσι ο αριθμός ιωδίου του μεθυλεστέρα από σόγια είναι περίπου 133, ενώ του μεθυλεστέρα από κράμβη είναι περίπου 98. Η Mercedes Benz για παράδειγμα θέτει μέγιστο αριθμό ιωδίου για τους μεθυλεστέρες των φυτικών ελαίων το 115. Αντίθετα η Caterpillar θέτει σαν μέγιστο για τον αριθμό ιωδίου το 120. Τελικά στην ερώτηση για τον αριθμό ιωδίου δεν έχει δοθεί ακόμη απάντηση.

Μια ομάδα ειδικών στην Αυστρία το 1991 δημιούργησε τις πρώτες προδιαγραφές για το βιοντίζελ που παρασκευάζεται από σπόρους κράμβης. Η NORM C 1190 όπως ονομάστηκε αποτελούσε τις πρώτες, παγκόσμια, εγκεκριμένες προδιαγραφές για το βιοντίζελ. Η βελτιωμένη FNORM C 1190 εκδόθηκε το 1995. Άλλες χώρες όπως είναι η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία και η Δημοκρατία της Τσεχίας οριοθέτησαν τα δικά τους πρότυπα. Οι Γερμανικές προδιαγραφές για το βιοντίζελ είναι γνωστές ως DIN 51606 - PME.

Οι παράμετροι που περιγράφουν την ποιότητα του βιοντίζελ μπορούν να χωρισθούν σε δύο ομάδες, η μια που περιλαμβάνει τις γενικές παραμέτρους και η άλλη που περιλαμβάνει τις ειδικές παραμέτρους που περιγράφουν την χημική σύνθεση και την καθαρότητα των φυτικών ελαίων.

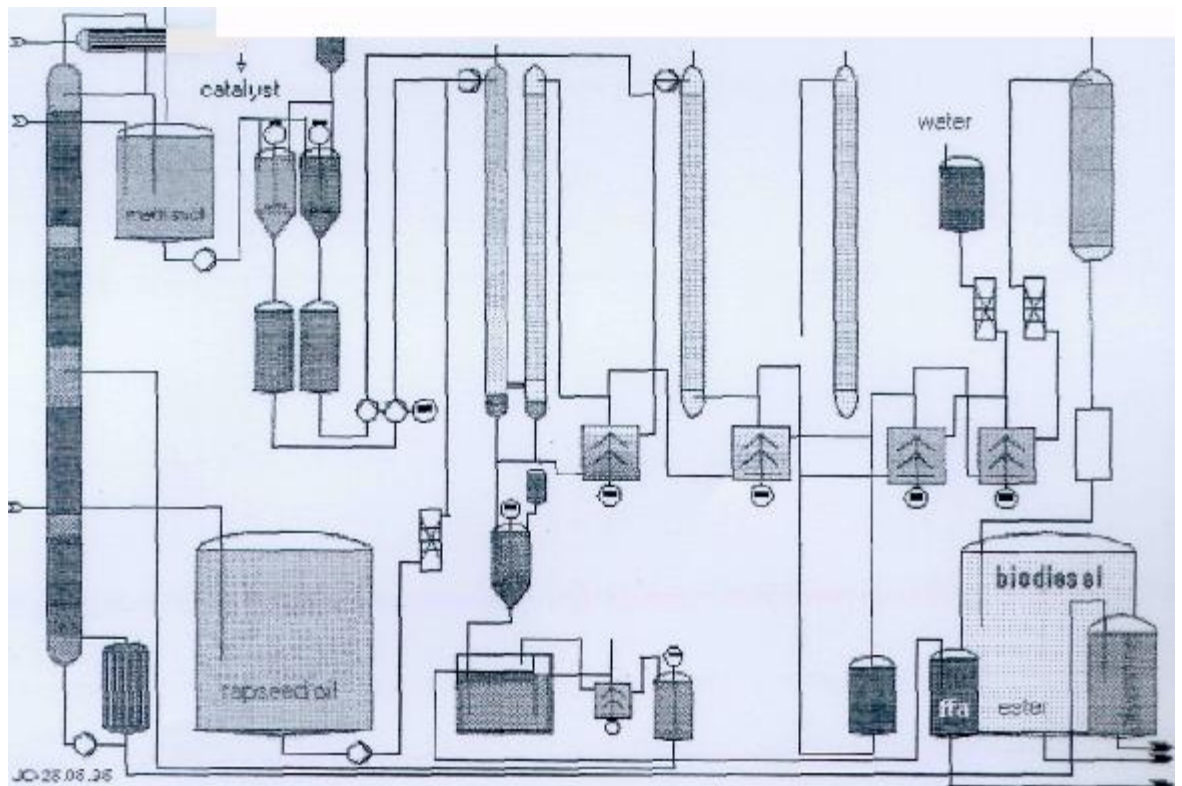
Σημαντική εμπειρία υπάρχει στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής πάνω σε μίγμα 20% βιοντίζελ με 80% πετρέλαιο ντίζελ. Μολονότι το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καθαρή μορφή, η χρησιμοποίηση μιγμάτων 20% βιοντίζελ πρέπει να αξιολογηθεί σχολαστικά μέχρι να αποκτηθεί η παραπάνω εμπειρία.



### 1.3.4 Τεχνολογίες Παραγωγής του Βιοντίζελ

Όπως προαναφέρθηκε η τεχνολογία της παραγωγής του βιοντίζελ βασίζεται στην αντίδραση της μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων των λιπαρών οξέων που περιέχονται στα φυτικά έλαια.

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορές που αφορούν κυρίως τη διακοπτόμενη ή τη συνεχή λειτουργία του αντιδραστήρα, το είδος του καταλύτη, τις διαδικασίες διαχωρισμού και την καθαρότητα της πρώτης ύλης. Παρακάτω παριστάνεται το διάγραμμα ροής της παραγωγής του βιοντίζελ.



### 1.3.4.1 Τεχνολογία της Ιταλικής Εταιρίας FLORYS S.P.A.

Η τεχνολογία αυτή στηρίζεται σε μια πατέντα που επιτρέπει τη συνεχή παραγωγή μεθυλεστέρων φυτικών ελαίων. Ο χρόνος αντίδρασης είναι μικρότερος από δύο ώρες. Η μεθανόλη διαχωρίζεται με απόσταξη και ανακυκλώνεται, ενώ το προϊόν διαχωρίζεται με συνεχή απόχυση από τη γλυκερίνη.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε ραφινρισμένο όσο και σε μη ραφινρισμένο φυτικό έλαιο. Όταν χρησιμοποιείται μη ραφινρισμένο φυτικό έλαιο είναι απαραίτητη η προκατεργασία της πρώτης ύλης έτσι ώστε να είναι αποδοτική και πιο φιλική η πρώτη ύλη. Σε αυτή την περίπτωση είναι και ένας άλλος αντιδραστήρας. Η κατεργασία του ακατέργαστου ελαίου γίνεται για δύο λόγους: ο ένας είναι για να απομακρυνθούν οι ακαθαρσίες που θα μπορούσαν να γίνουν επικίνδυνες στα επόμενα στάδια της διαδικασίας και ο άλλος είναι η εκμετάλλευση των λιπαρών οξέων που βρίσκονται στη ακατέργαστη ύλη.

Εκτός από φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ζωικά λίπη σε ορισμένη αναλογία. Επίσης με κατάλληλη τροποποίηση με χρησιμοποιημένα λάδια τηγανίσματος μπορούν να αναμιχθούν με τα φρέσκα φυτικά έλαια.

Στον επόμενο **Πίνακα** δίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία της διεργασίας για δύο περιπτώσεις: για χρήση ραφινρισμένου και μη ραφινρισμένου φυτικού ελαίου.

#### Χαρακτηριστικά της διεργασίας Florys.

	ΧΡΗΣΗ ΡΑΦΙΝΑΡΙΣΜΕΝΟΥ ΦΥΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ	ΧΡΗΣΗ ΜΗ ΡΑΦΙΝΑΡΙΣΜΕΝΟΥ ΦΥΤΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ
<i>Πρώτες ύλες:</i>		
Φυτικό έλαιο	1000 kg	1010kg
Μεθανόλη	102kg	102kg
Καταλύτης	6.2kg	6.2kg
Οξικό οξύ	6kg	6kg
Καταλύτης προεργασίας		2kg
Παραγόμενη γλυκερόλη	113kg	123kg
Ηλεκτρική ενέργεια	40kwh	50 kwh
Ατμός (4 bar)	350kg	1500kg

### 1.3.5 Τεχνολογία Vogel - Noot

Η πορεία που αναπτύχθηκε από τους Vogel και Noot για την παραγωγή του βιοντίζελ είναι τόσο φυσική όσο και η ίδια η ακατέργαστη πρώτη ύλη.

Η πορεία απαιτεί μικρές ποσότητες ενέργειας και γι' αυτό είναι πολύ οικονομική.

Η τεχνολογία των Vogel και Noot επιτρέπει την κατεργασία διαφόρων τύπων πηγών και η απόδοση είναι 100%. Ο αντικειμενικός σκοπός είναι προφανής : η κατεργασία διαφόρων πηγών με διαφορετικές χημικές ιδιότητες, σε ένα σταθερό υψηλής ποιότητας καύσιμο το οποίο συναντά της βιομηχανικά βελτιωμένες προδιαγραφές.

Η πορεία απαιτεί τρεις φάσεις :

- 1) Επεξεργασία ακατέργαστων υλικών.
- 2) Μετεστεροποίηση.
- 3) Παραγωγή της γλυκερίνης.



## 2.Αέρια Καύσιμα

### 2.1 Εισαγωγή

Η καύση είναι μια χημική αντίδραση οξειδώσεως και συνοδεύεται από έκλυση θερμότητας (εξώθερμη αντίδραση). Συνήθως εμφανίζεται με τη μορφή φλόγας στην οποία πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις οξειδώσεως. Οι δυο βασικές αντιδράσεις της καύσης αφορούν στη χημική αντίδραση του οξυγόνου με τον άνθρακα και το υδρογόνο που είναι παρόντα στο σύνολο σχεδόν των γνωστών καυσίμων. Ο άνθρακας και το υδρογόνο σπάνια καίγονται στην καθαρή τους μορφή. Τα περισσότερα καύσιμα αποτελούνται είτε από άνθρακα είτε από μίγματα ενώσεων άνθρακα και υδρογόνου, τους γνωστούς υδρογονάνθρακες και διακρίνονται σε στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα. Τα αέρια καύσιμα που συναντώνται στην πράξη είναι συνήθως μίγματα στοιχειωδών αερίων καυσίμων και περιέχουν μικρές ποσότητες αδρανών αερίων όπως άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, ήλιο κ.α.

Στοιχειώδη αέρια καύσιμα είναι:

- i. **Υδρογόνο** ( $H_2$ )
- ii. **Μονοξείδιο του άνθρακα** ( $CO$ )
- iii. **Ακόρεστοι υδρογονάνθρακες** όπως :
  - Αιθυλένιο ( $C_2H_4$ ), προπένιο ή προπυλένιο ( $C_3H_6$ ), βουτένιο ή βουτυλένιο ( $C_4H_8$ ) αλλά και ατμοί βαρύτερων υδρογονανθράκων που περιγράφονται από το γενικό τύπο  $C_nH_m$ .
- iv. **Κεκορεσμένοι υδρογονάνθρακες** όπως :
  - Μεθάνιο ( $CH_4$ ), αιθάνιο ( $C_2H_6$ ), προπάνιο ( $C_3H_8$ ), βουτάνιο ή ισοβουτάνιο ( $C_4H_{10}$ ), πεντάνιο ( $C_5H_{12}$ ), εξάνιο ( $C_6H_{14}$ ).

Το πιο συνηθισμένο οξειδωτικό μέσο είναι ο αέρας που περιέχει 21% οξυγόνο και 79% άζωτο και άλλα αδρανή αέρια. Χρησιμοποιείται και καθαρό οξυγόνο εκεί που χρειάζεται φλόγα υψηλής θερμοκρασίας.

#### 2.1.1 Ιδιότητες Αερίων Καυσίμων

Εκείνες οι ιδιότητες των αερίων καυσίμων που σχετίζονται περισσότερο με την καύση είναι η σχετική πυκνότητα, η θερμογόνος δύναμη και ο δείκτης Wobbe.

## **α . Πυκνότητα και Σχετική Πυκνότητα**

**Πυκνότητα ( $\rho$ )** είναι η μάζα που περιέχεται σε ένα κυβικό μέτρο ( $m^3$ ) αερίου υπό Κανονικές Συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Εκφράζεται δε σε  $kg/m^3$  (n). Η πυκνότητα των αερίων καυσίμων σε οποιοσδήποτε συνθήκες, είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας, της πίεσης και του συντελεστή συμπίεστικότητας (Z).

**Σχετική πυκνότητα (d)** είναι η σχέση μεταξύ της πυκνότητας του αερίου και του αέρα, στην ίδια θερμοκρασία και πίεση και είναι, μπορούμε να πούμε ανεξάρτητη από τις συνθήκες αναφοράς. Η σχετική πίεση είναι αδιάστατος αριθμός. Τα βιομηχανικά αέρια καύσιμα και τα φυσικά αέρια είναι ελαφρύτερα από τον αέρα. Το προπάνιο, το βουτάνιο το μίγμα καθώς και τα μίγματά τους με τον αέρα είναι βαρύτερα από τον αέρα. Αυτή η ιδιότητα είναι σημαντική για την αντιμετώπιση των προβλημάτων εξαερισμού των χώρων, όπου βρίσκονται εγκατεστημένες θερμικές συσκευές που χρησιμοποιούν αέρια καύσιμα. Τα δυο αυτά χαρακτηριστικά των αερίων χρησιμοποιούνται σε αρκετούς υπολογισμούς όπως π.χ. των:

- απωλειών πίεσης στις σωληνώσεις.
- παροχών των εκχυτήρων των καυστήρων.
- δεικτών εναλλαξιμότητας αερίων καυσίμων.

## **β. Θερμογόνος Δύναμη**

Η θερμογόνος δύναμη ενός αερίου είναι η ποσότητα θερμότητας που εκλύεται κατά την τέλεια καύση με αέρα υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση (1,013 bar) της ποσοτικής μονάδας του καυσίμου, όταν αυτό όπως και το οξειδωτικό μέσο έχουν θερμοκρασία  $0^\circ C$  και τα προϊόντα της καύσης ψύχονται στους  $0^\circ C$ . Μονάδες θερμότητας που χρησιμοποιούνται είναι η kWh και το MJ (1 kWh = 3,6 MJ). Η ποσοτική μονάδα του αερίου καυσίμου είναι το κανονικό κυβικό μέτρο αερίου [ $m^3(n)$ ] δηλαδή η μάζα του αερίου που περιέχεται σε ένα κυβικό μέτρο στους  $0^\circ C$ , κάτω από πίεση 1,013 bar. Χρησιμοποιείται ακόμη σαν ποσοτική μονάδα το χιλιόγραμμο (kg) κυρίως όμως για τα υγραέρια.

Η θερμογόνος δύναμη ενός αερίου καυσίμου εκφράζεται σε  $kWh/m^3(n)$  ή  $kWh/kg$ .

## **Ανώτερη και κατώτερη θερμογόνος δύναμη**

Η θερμογόνος δύναμη καλείται ανώτερη (ΑΔΘ) όταν το νερό που προκύπτει από την καύση του στοιχείου υδρογόνου των υδρογονανθράκων θεωρείται ότι βρίσκεται σε υγρή κατάσταση στα προϊόντα της καύσης.

Η θερμογόνος δύναμη καλείται κατώτερη (ΚΔΘ) όταν το νερό που προκύπτει από την καύση θεωρείται ότι βρίσκεται σε κατάσταση ατμού στα προϊόντα της καύσης (όπως συνήθως συμβαίνει).

### **Σχέση Μεταξύ ΚΔΘ και ΑΔΘ**

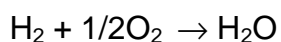
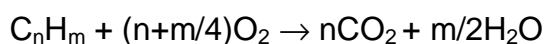
Ο λόγος ΚΔΘ/ΑΔΘ για όλα τα καύσιμα εξαρτάται από την αναλογία του άνθρακα και του υδρογόνου στο αέριο καύσιμο. Για τους καθαρούς κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες η αναλογία C/H αυξάνει καθώς προχωρούμε από το μεθάνιο προς τους βαρύτερους υδρογονάνθρακες. Αλλά για τα συνήθη αέρια καύσιμα, όπως φαίνεται και στον ΠΙΝΑΚΑ2 γενικά ισχύει ΚΔΘ/ΑΔΘ=0,9.

### **Θερμογόνος δύναμη ανά μονάδα μάζας**

Είναι λόγος ΑΔΘ/ρ και εκφράζεται σε kWh/kg ή MJ/kg. Χρησιμοποιείται κυρίως για το βουτάνιο, το προπάνιο και το μίγμα τους που πωλούνται υγροποιημένα. Η σύγκριση ανάμεσα στα διάφορα αέρια καύσιμα δείχνει ότι, τα φυσικά αέρια καθώς και τα υγραέρια, δηλαδή οι συνήθεις υδρογονάνθρακες, έχουν την ίδια τιμή του λόγου θερμογόνου δύναμης ανά μονάδα μάζας και ότι αυτή είναι σημαντικά ανώτερη των βιομηχανικών αερίων καυσίμων.

### **γ) 2.1 Αντιδράσεις Καύσης**

Οι βασικές αντιδράσεις καύσης των αερίων καυσίμων περιγράφονται από τις παρακάτω χημικές εξισώσεις:



Τα προϊόντα καύσης των αερίων καυσίμων μετά την ολοκλήρωση των αντιδράσεων είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό που βρίσκονται σε χημική ισορροπία. Για να ξεκινήσουν και να εξαπλωθούν οι παραπάνω αντιδράσεις της καύσης, πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

Το αέριο και οξειδωτικό να είναι καλά αναμεμειγμένα.

Το αέριο και οξειδωτικό να βρίσκονται σε τέτοιες αναλογίες ώστε το μίγμα να είναι αναφλέξιμο.

Ένα σημείο του μίγματος αυτού να υψωθεί σε θερμοκρασία υψηλότερη της θερμοκρασίας ανάφλεξης.

Για να είναι δυνατή η συνέχιση της καύσης πρέπει επιπλέον:

Να απομακρύνονται τα προϊόντα της καύσης αμέσως μόλις σχηματιστούν.

Να συνεχίζεται η τροφοδότηση της συσκευής με καύσιμο και οξειδωτικό.

Η φλόγα να βρίσκεται σταθεροποιημένη στην κεφαλή του καυστήρα.

**Ειδικά Χαρακτηριστικά Καύσης Αερίων**

Ορισμένες ιδιότητες των αερίων καυσίμων παίζουν καθοριστικό ρόλο στην τεχνική της καύσης αλλά και στην εκμετάλλευση της χημικής ενέργειας που περιέχουν.

### **α. Θερμοκρασία Ανάφλεξης**

Η θερμοκρασία ανάφλεξης είναι η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία αρχίζει και επεκτείνεται η καύση σε όλη τη μάζα ενός ομογενούς μίγματος καυσίμου-αέρα. Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται από ορισμένους και θερμοκρασία ανάφλεξης. Σε πιέσεις χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική η θερμοκρασία ανάφλεξης για τους υδρογονάνθρακες (κυρίως  $\text{CH}_4$  ΚΑΙ  $\text{C}_2\text{H}_6$ ) μειώνεται ελαφρώς με την αύξηση της πίεσης του μίγματος καυσίμου-αέρα. Για άλλα αέρια καύσιμα η μεταβολή είναι περισσότερο πολύπλοκη και υπάρχει μια περιοχή πιέσεων στην οποία επιτυγχάνονται "κρύες φλόγες" με θερμοκρασίες έναυσης που κυμαίνονται ανάμεσα στους  $300^\circ$  και  $400^\circ\text{C}$ . Σε πιέσεις χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική η καμπύλη της θερμοκρασίας ανάφλεξης έχει ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο. Τα δυο αυτά σημεία έχουν τιμές που διαφέρουν ελάχιστα από τη θερμοκρασία ανάφλεξης σε ατμοσφαιρική πίεση.

Οι θερμοκρασίες ανάφλεξης για μίγματα αερίου-οξυγόνου είναι χαμηλότερες από εκείνες για τα μίγματα αερίου-αέρα.

### **β. Θεωρητική Θερμοκρασία Στοιχειομετρικής Καύσης**

Ονομάζουμε θεωρητική θερμοκρασία στοιχειομετρικής καύσης τη θερμοκρασία εκείνη την οποία θα είχαν τα προϊόντα της καύσης εάν όλη η εκλυόμενη κατά την αντίδραση θερμότητα χρησιμοποιείτο αποκλειστικά και μόνο για να τα θερμάνει.

### **Τιμές για τα Συνήθη Αέρια Καύσιμα**

Οι θεωρητικές θερμοκρασίες καύσης για τα αέρια καύσιμα παρουσιάζονται στον ΠΙΝΑΚΑ 8. Οι τιμές αυτές στον πίνακα αφορούν μίγματα αέρα-αερίου αρχικά ψυχρά. Σημειώνουμε ότι όσον αφορά στα φυσικά αέρια μία ανύψωση της θερμοκρασίας του στοιχειομετρικού μίγματος κατά  $100^\circ\text{C}$ , προκαλεί ανύψωση της θεωρητικής θερμοκρασίας στοιχειομετρικής καύσης κατά  $37^\circ\text{C}$ . Για τα μίγματα αερίου-οξυγόνου όπως φαίνεται στον ίδιο πίνακα η θεωρητική θερμοκρασία στοιχειομετρικής καύσης είναι υψηλότερη των αντίστοιχων μιγμάτων αερίου-αέρα κατά  $800^\circ\text{C}$ .



### γ. Όρια Ανάφλεξης

Η καύση ενός αερίου καυσίμου προϋποθέτει την ταυτόχρονη παρουσία αέρα (οξειδωτικό μέσο). Η δυνατότητα ανάφλεξης ενός μίγματος αερίου-αέρα περιορίζεται συνήθως σε μια περιοχή που έχει ως όρια ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο ποσοστό του αερίου στο μίγμα.

#### *Κατώτερο Όριο Ανάφλεξης*

Κάτω από την τιμή αυτή συμβαίνει να υπάρχει μεγάλη περίσσεια αέρα (ή λέμε ότι το μίγμα είναι φτωχό σε αέριο), ώστε η καύση δεν μπορεί να επεκταθεί στο σύνολο της μάζας του μίγματος.

#### *Ανώτερο Όριο Ανάφλεξης*

Πάνω από την τιμή αυτή συμβαίνει να υπάρχει μεγάλη έλλειψη αέρα (ή λέμε ότι το μίγμα είναι πολύ πλούσιο σε αέριο) ώστε η καύση δεν μπορεί να επεκταθεί στο σύνολο της μάζας του μίγματος.

Τα όρια της ανάφλεξης δίνονται συνήθως σε ογκομετρικές αναλογίες.

$$\frac{\text{Όγκος καυσίμου αερίου}}{\text{Όγκος μίγματος}} \times 100$$

Πολλές φορές χρησιμοποιούμε τον παράγοντα αερισμού (για την έκφραση των ορίων ανάφλεξης) αντί της ποσοστιαίας σύστασης του μίγματος αερίου-αέρα. Οι τιμές (όπως το ποσοστό του καυσίμου στο μίγμα του με αέρα) που δίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ9 αποτελούν τα όρια ανάφλεξης για ένα μίγμα στους 0 °C και κάτω από ατμοσφαιρική πίεση. Τα όρια ανάφλεξης εξαρτώνται από την θερμοκρασία και την πίεση του μίγματος ειδικότερα η περιοχή ανάφλεξης μεγαλώνει σε εύρος όταν η θερμοκρασία του μίγματος αυξάνει. Παραδείγματος χάριν για το καθαρό μεθάνιο (βασικό συστατικό του φυσικού αερίου) η μεταβολή των ορίων ανάφλεξης είναι αυτή που φαίνεται στον επόμενο **Πίνακα**. Για το καθαρό προπάνιο τα δυο όρια μεταβάλλονται από το 2,5 - 9,3 % που είναι στους 0 °C σε εκείνα των 1,4 - 11 % αντίστοιχα στους 400 °C, σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης.

Θερμοκρασία μίγματος	Κατώτερο όριο	Αέριο-Οξυγόνο
°C	% του μίγματος	
0	5,2	13,4
100	4,7	13,7
200	4,2	14,7
300	3,7	15,9
400	3,1	17,3

### Ταξινόμηση Αερίων Καυσίμων

Σήμερα, η διάκριση εκείνη των αερίων καυσίμων, που είναι ευρύτερα διαδεδομένη στον κόσμο στηρίζεται αφενός μεν στην προέλευσή τους, αφ' ετέρου δε στις ιδιότητες και στα χαρακτηριστικά της καύσης τους. Υπάρχουν τρεις βασικές οικογένειες, η πρώτη όπου ανήκουν τα βιομηχανικά αέρια, η δεύτερη για τα υγραέρια και η τρίτη για τα φυσικά αέρια. Για τα μίγματα των υγραερίων με αέρα, των οποίων οι εφαρμογές όσο πάει και αυξάνονται, υπάρχει η τάση να θεωρείται ότι ανήκουν σε ξεχωριστή οικογένεια (τέταρτη οικογένεια). Τα τελευταία χρόνια το υδρογόνο (H<sub>2</sub>) αποτελεί ένα νέο είδος αερίου καυσίμου, απαλείφοντας σε μεγάλο βαθμό τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των «συμβατικών» καυσίμων. Οι οικογένειες των αερίων καυσίμων και τα χαρακτηριστικά τους εμφανίζονται στους παρακάτω **Πίνακες**.

Χαρακτηριστικά		Ομάδα Α			Ομάδα Β		
		kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	kcal/m <sup>3</sup> (n)	kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	kcal/m <sup>3</sup> (n)
Δείκτης Wobbe		6,4-7,8	23,0-28,1	5.504-6.708	7.8-9.3	28,1-33,5	6.708-7.998
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	Διακύμανση	4,5-5,5	16,6-19,8	3.956-4.730	5,5-5,9	18,0-21,2	4.300-5.074
	Ονομ. Τιμή	4,9	17,6	4.214	6	19,8	4.730
Σχετική Πυκνότητα		0,40-0,60			0,32-0,55		
Τύπος Αερίου		Αέριο πόλεως			Αέριο κωκερίας, τηλαέριο		

Χαρακτηριστικά		Ομάδα L			Ομάδα H		
		kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	kcal/m <sup>3</sup> (n)	kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	kcal/m <sup>3</sup> (n)
Δείκτης Wobbe	Διακύμανση	10,5-13	37,8-46,8	9.030-11.180	12,8-15,7	46,1-56,5	11.008-13.502
	Ονομ. Τιμή	12,4	44,6	10.664	15	54	12.900
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη		8,4-13,1 kWh/m <sup>3</sup> (n)					
		30,0-47,2 MJ/m <sup>3</sup> (n)					
		7.224-11.266 kcal/m <sup>3</sup> (n)					
Σχετική Πυκνότητα		0,55-0,70					
Τύπος Αερίου		Φτωχά φυσικά αέρια & εναλλάξιμα			Πλούσια φυσικά αέρια & εναλλάξιμα		

Είδος Αερίου	Σύμβολο	Κύρια Συστατικά
Προπάνιο	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	95% κατά μάζα(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> +C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )
		κυρίως όμως C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Βουτάνιο	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	95% κατά μάζα(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> +C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> )
		κυρίως όμως C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Μίγμα	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> +C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	60% κατά μάζα Υδρογονάνθρακες C <sub>4</sub>
		κατά μέγιστον

Χαρακτηριστικά	Μίγμα υγραερίου-αέρα			Μίγμα φυσικού αερίου-αέρα		
	kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	kcal/m <sup>3</sup> (n)	kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	kcal/m <sup>3</sup> (n)
Δείκτης Wobbe	6,8-7,0	24,5-25,2	5.848-6.020	7	25,2	6.020
Ανώτερη θερμογόνος Δύναμη	7,5	27	6.450	6,0-6,4	21,6-23,0	5.160-5.504
Σχετική Πυκνότητα	1,15-1,22			0,75-0,85		

### Βιομηχανικά Αέρια Καύσιμα

Τα βιομηχανικά αέρια καύσιμα χρησιμοποιούνται όλο και πιο σπάνια στην εποχή μας. Περιέχουν μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο, μεθάνιο όπως και άλλους υδρογονάνθρακες ενδεχομένως δε οξυγόνο και αδρανή αέρια. Παρασκευάζονται με

πυρόλυση ή απόσταξη προϊόντων άνθρακα καθώς και με αποικοδόμηση και σχάση των προϊόντων πετρελαίου ή των φυσικών αερίων. Λόγω της περιεκτικότητάς τους σε μονοξειδίο του άνθρακα, τα βιομηχανικά αέρια καύσιμα είναι τοξικά (προκαλούν δηλητηρίαση).

## 2.2 Υγραέριο

Το βουτάνιο και το προπάνιο που συμβατικά ονομάζονται αέρια του πετρελαίου ή υγραέρια (LPG), παράγονται κυρίως κατά την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου, βρίσκονται όμως και σε ορισμένα κοιτάσματα φυσικού αερίου. Συνήθως διαχωρίζονται πριν τη μεταφορά του αερίου. Πωλούνται υγροποιημένα, τόσο σε δοχεία για οικιακές χρήσεις όσο και χύμα για βιομηχανική χρήση. Το βουτάνιο και το προπάνιο που διανέμονται στην κατανάλωση δεν είναι καθαρά 100%, άλλα μίγματα, ονομαζόμενα "του εμπορίου" και περιέχουν σε μικρά ποσοστά και άλλους ελαφρείς υδρογονάνθρακες. Επίσης χρησιμοποιείται και μίγμα των δυο αυτών υγραερίων. Μίγματα των αερίων αυτών με αέρα μπορούν να υποκαταστήσουν τα φυσικά αέρια (π.χ. αέρας με προπάνιο και αέρας με βουτάνιο). Χρησιμοποιούνται κυρίως από τις βιομηχανίες τόσο ως κύριο όσο και ως εφεδρικό καύσιμο. Όπως συμβαίνει και με τα φυσικά αέρια, έτσι και τα υγραέρια δεν περιέχουν μονοξειδίο του άνθρακα.

Το υγραέριο (LPG) είναι γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγραφούν τα υγροποιημένα αέρια, που κυρίως αποτελούνται από κορεσμένους υδρογονάνθρακες ( $C_nH_{2n+2}$ ) με τρία ή τέσσερα άτομα άνθρακα ( $n = 3$  και  $n = 4$ ). Αυτοί οι υδρογονάνθρακες σαν αέρια σε συνήθεις θερμοκρασίες και πιέσεις περιβάλλοντος, αλλά μπορούν να υγροποιηθούν με μικρή αύξηση της πίεσής τους. Εάν η πίεση στη συνέχεια μειωθεί, οι υδρογονάνθρακες ξαναγίνονται αέρια. Η υγροποίησή τους επίσης μπορεί να επιτευχθεί με ελαφρά ψύξη τους.

Οι παραπάνω υδρογονάνθρακες στην υγρή φάση καταλαμβάνουν μόνο το 1/250 του χώρου (όγκου) που χρειάζονται εάν αποθηκευτούν στην αέρια φάση. Από εμπορική άποψη είναι λοιπόν πρακτικό οι υδρογονάνθρακες αυτοί να αποθηκεύονται και να διακινούνται σε υγρή και όχι σε αέρια φάση. Στην αγορά, τα πιο συνηθισμένα είδη υγραερίου που κυκλοφορούν είναι το εμπορικό βουτάνιο, το εμπορικό προπάνιο και το μίγμα τους (περίπου 80% βουτάνιο και 20% προπάνιο). Το υγραέριο μπορεί να αποθηκεύεται μέσα σε κατάλληλα δοχεία (δεξαμενές, φιάλες) σε υγρή φάση είτε στη θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό μέση πίεση ή υπό ψύξη σε χαμηλότερη πίεση. Εάν η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι επαρκώς χαμηλή, το υγραέριο μπορεί να αποθηκευτεί και σε ατμοσφαιρική πίεση. Σε θερμοκρασία 20°C το βουτάνιο του εμπορίου έχει τάση ατμών περίπου 1,2 bar και το προπάνιο 7 bar.

## Ιδιότητες-Χαρακτηριστικά

Το υγραέριο σε υγρή φάση είναι άχρωμο και το βάρος του είναι περίπου ίσο με το μισό βάρος, ίσου όγκου νερού.

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

Όταν είναι αναμιγμένο με τον αέρα, υπό ορισμένες συνθήκες, το υγραέριο σχηματίζει αναφλέξιμο μίγμα. Η κατ' όγκον αναλογία αέριας φάσης υγραερίου προς ατμοσφαιρικό αέρα για να υπάρξει σχηματισμός αναφλέξιμου μίγματος είναι 2% έως 10% περίπου. Η ανάφλεξη του μίγματος αυτού παρουσιάζει χαρακτηριστικά έκρηξης όταν γίνει σε περιορισμένο χώρο λόγω της ταχύτητας έκλυσης θερμικής ενέργειας (απτόμη 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. Διαρροή μικρής σχετικά ποσότητας υγρού υγραερίου μπορεί να δημιουργήσει μεγάλο όγκο αέριας φάσης και συνεπώς μεγάλο όγκο αναφλέξιμου μίγματος. Για τον έλεγχο ύπαρξης υγραερίου στον αέρα και μάλιστα σε αναφλέξιμη αναλογία, χρησιμοποιούνται κατάλληλα όργανα ανίχνευσης αναφλέξιμου μίγματος. Επίσης στο υγραέριο προσδίδεται οσμή πριν διατεθεί στην κατανάλωση με την προσθήκη οσμογόνου ουσίας όπως η αιθυλομερκαπτάνη ή το διμεθυλοσουλφίδιο, ώστε να καταστεί δυνατή η ανίχνευση του αερίου, μέσω της όσφρησης, σε συγκεντρώσεις μικρότερες από το 1/5 του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας (δηλ. περίπου 0,4% κατ' όγκο αέρια φάση / αέρα). Σε μερικές περιπτώσεις όμως, όπου η οσμογόνος ουσία είναι βλαπτική για ορισμένη παραγωγική διαδικασία ή δεν εξυπηρετεί σαν προειδοποίηση, δεν προσδίδεται στο υγραέριο οσμή (το άοσμο π.χ. χρησιμοποιείται σαν προωθητικό αέριο).

Λόγω των παραπάνω ιδιοτήτων, οποιοδήποτε μίγμα αερίου υγραερίου-αέρα που δημιουργείται από διαρροή ή άλλη αιτία, μπορεί να ανάψει 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, βάνα, δεξαμενή κ.λπ.).

Το υγραέριο δεν είναι τοξικό. Εισπνοή μικρής ποσότητας αέριας φάσης δεν προκαλεί κανένα σύμπτωμα. 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).

Διαφυγή υγρής φάσης υγραερίου μπορεί να ανιχνευθεί και με άλλο τρόπο πλην της οσμής: Όταν το υγρό αεριοποιείται, η ψυκτική επίδραση στον περιβάλλοντα αέρα προκαλεί συμπύκνωση και ακόμα και ψύξη των υδρατμών στον αέρα. Αυτό μπορεί να γίνει φανερό ως δρόσος ή πάγος στο σημείο διαφυγής και έτσι είναι ευκολότερο να διαπιστωθεί η διαφυγή.

Λόγω της ταχείας εξαερίωσης της υγρής φάσης και της συνακόλουθης πτώσης της θερμοκρασίας, το υγραέριο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα εάν έρθει σε επαφή με το ανθρώπινο δέρμα. Οι χειριστές πρέπει να χρησιμοποιούν προστατευτικά μέσα όπως γάντια και γυαλιά, εάν είναι ενδεχόμενο να εκτεθούν σε τέτοιες βλαπτικές επιδράσεις. Εάν δοχείο, που περιέχει, υγραέριο, εκκενωθεί, μπορεί να περιέχει ακόμα υγραέριο σε αέρια μορφή και δυνατόν 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 μίγμα καθώς το υγραέριο θα διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα (και εφόσον υπάρξει έναυση).

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 της μεταφοράς, της αποθήκευσης και της μέτρησης, με τη βασική διαφορά όμως, 'τι για να διατηρηθεί το υγραέριο σε υγρή μορφή, πρέπει να βρίσκεται υπό πίεση. Στη συνήθη χρήση το δοχείο που περιέχει το υγραέριο (η φιάλη ή η δεξαμενή), περιέχει και υγρό και αέριο.

Στον παρακάτω **Πίνακα** παρουσιάζονται τα κυριότερα φυσικά χαρακτηριστικά για το καθαρό προπάνιο και το καθαρό (normal) βουτάνιο.

	<b>Προπάνιο</b>	<b>n-Βουτάνιο</b>
Χημικός Τύπος	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Μοριακό Βάρος	44,094	58,120
Σημείο πήξης υγρού σε 760mmHg (°C)	-187,7	-138,3
Σημείο βρασμού υγρού σε 760mmHg (°C)	-42,1	0,5
Ειδικό βάρος υγρού σε 15,5°C (Kg/l)	0,507	0,582
Σχετική πυκνότητα αερίου (αέρας=1) σε S.C	1,522	2,006
Κρίσιμη θερμοκρασία (°C)	96,8	152,0
Κρίσιμη πίεση-απόλυτη (bar)	42,6	38,0
Λόγος όγκου αερίου προς το υγρό σε S.C.	272,7	237,8
Λανθάνουσα θερμότητα στο σημείο βρασμού σε 760 mmHg (Kcal/Kg)	101,7	92,3
(Kcal/l)	51,5	53,1
Ανώτερη θερμογόνος δύναμη σε S.C. Kcal/Kg	12.048	11.851
Kcal/ m <sup>3</sup>	22.766	29.875
Απαιτούμενος αέρας καύσης σε S.C.		
(m <sup>3</sup> αέρα/lm <sup>3</sup> αερίου)	23,82	30,97
(Kg αέρα/Kg αερίου)	15,71	15,49
Ειδική θερμότητα αερίου σε S.C.		
(Kcal/Kg°C)	0,388	0,397
(Kcal/Kg°C)	0,343	0,361
C <sub>p</sub> Σημείο ανάφλεξης – Flash Point (°C)	-105	-60
C <sub>v</sub> Σημείο αυτανάφλεξης – Ignition Point (°C)	470	365
Όρια αναφλεξιμότητας μίγματος αερίου-αέρα (Vol-%)		
Κατώτερο	2,37	1,86
Ανώτερο	9,50	8,41
Αριθμός οκτανίων (Octane No)	125	91

**Σημειώσεις:** Τα χαρακτηριστικά ισχύουν για το καθαρό προπάνιο (pure Propane) και το καθαρό n-βουτάνιο (pure n-Butane). Οι συνθήκες περιβάλλοντος 15,5°C (60°F) και 760mmHg είναι οι διεθνώς αναφερόμενες σαν Standard Conditions. Στον πίνακα χρησιμοποιείται η συντομογραφία S.C.

Τα υγραέρια έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα από τους υγρούς υδρογονάνθρακες και τα στερεά καύσιμα και συνεπώς παράγουν λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά μονάδα παραγόμενης θερμικής ενέργειας από τα καύσιμα αυτά. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση των υγραερίων σε υποκατάσταση των καυσίμων αυτών μειώνει

τις εκπομπές αερίων που προκαλούν το «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου», το οποίο προκαλεί την αύξηση της συνολικής θερμότητας του πλανήτη μας.

Σαν εναλλακτική επίσης λύση στη θέρμανση χώρων με ηλεκτρική ενέργεια, τα υγραέρια παρουσιάζουν μια πολύ μεγάλη βελτίωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> λόγω του χαμηλού βαθμού απόδοσης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα.

Η Όξινη Βροχή που οφείλεται στο διοξείδιο του θείου και τα οξειδία του αζώτου που παράγονται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων, αποτρέπεται σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση Υγραερίων που όπως είναι γνωστό περιέχουν αμελητέο θείο και παράγουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα οξειδία του αζώτου.

Η καταστροφή του Στρώματος του Όζοντος προκαλείται από τα CFC (χλωροφθοράνθρακες) και τα Hallon και όχι από τη χρήση των Υγραερίων. Συνεπώς τα υγραέρια μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν σαν προωθητικά αέρια (στη θέση των CFC).

Όσον αφορά την ποιότητα του Ατμοσφαιρικού Αέρα τα όξινα αέρια όπως το διοξείδιο του θείου και τα οξειδία του αζώτου δεν προκαλούν μόνο την όξινη βροχή αλλά, αν είναι σε ψηλές συγκεντρώσεις στον αέρα, μπορούν να προκαλέσουν και σοβαρά προβλήματα υγείας. Για το λόγο αυτό οι εκπομπές των οχημάτων είναι ένα μεγάλο ζήτημα ειδικά στις αστικές περιοχές. Το φωτοχημικό νέφος, του οποίου το πιο σημαντικό συστατικό είναι το όζον, σχηματίζεται από τα οξειδία του αζώτου και τις πτητικές οργανικές ενώσεις που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα με την ταυτόχρονη παρουσία του ηλιακού φωτός. Οι υπόλοιπες επιβλαβείς εκπομπές περιλαμβάνουν το τοξικό μονοξείδιο του άνθρακα, τις ενώσεις του μολύβδου και την ιπτάμενη τέφρα.

Η σύγκριση των εκπομπών των αυτοκινήτων με βενζίνη και με τα προωθημένα συστήματα καύσης υγραερίου σε σχέση με τα standards του 1993 των ΗΠΑ, τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω **Πίνακα**, δείχνουν ότι όταν χρησιμοποιούνται τα σύγχρονης τεχνολογίας συστήματα μετατροπής σε υγραεριοκίνηση, οι κινητήρες δεν ικανοποιούν απλά και μόνο πολύ εύκολα τα αυστηρά επιτρεπόμενα standards εκπομπών, αλλά επιτυγχάνουν και καλύτερες επιδόσεις από τους κινητήρες με βενζίνη.

Ρυπαντής	Standards 1993 ΗΠΑ	Βενζίνη (εκπομπές σε gr/km)	Υγραέριο
CO	2,11	1,60	0,75
HC	0,25	0,17	0,12
NO	0,62	0,20	0,19



Επίσης, το υγραέριο έχει το πλεονέκτημα ότι πάντοτε αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται σε συστήματα κλειστού κυκλώματος και δεν έχουμε απώλειες από εξάτμιση. Οι εκπομπές όμως υδρογονανθράκων λόγω εξάτμισης από την «αναπνοή» των δεξαμενών βενζίνης στα αντίστοιχα οχήματα, η εκτόπιση δηλ. των ατμών καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται και η δεξαμενή γεμίζει, έχει σαν αποτέλεσμα να εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) που δημιουργούν πιθανά προβλήματα νέφους και υγείας. Έχει υπολογιστεί ότι το 30% της συνολικής ρύπανσης από τα αυτοκίνητα οφείλεται στην παραπάνω αναφερόμενη εκπομπή ατμών βενζίνης. Η εκπομπή αυτή αυξάνει κατά τους θερινούς μήνες. Τα βενζινοκίνητα λοιπόν αυτοκίνητα ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα ακόμα και όταν δεν λειτουργεί ο κινητήρας τους.!!

Συνεπώς το υγραέριο προσφέρει πραγματικά πλεονεκτήματα στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και πρέπει να θεωρείται σαν ένα πιο αποτελεσματικό εναλλακτικό καύσιμο για την οδική μεταφορά στις αστικές περιοχές για τα ταξί, τα λεωφορεία και γενικότερα τα μέσα μαζικής μεταφοράς.

Σαν καύσιμο κίνησης οχημάτων το υγραέριο εξατμίζεται για να καεί σαν αέριο καύσιμο καθαρά και αμέσως με το «ψυχρό» ξεκίνημα. Σε αντίθεση με το υγραέριο, τα υγρά καύσιμα όπως η βενζίνη, παράγουν ακόμη και με καταλύτη, πολύ περισσότερες εκπομπές κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης της μηχανής από ότι κατά τη λειτουργία της στη συνέχεια.

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.

Η βιομηχανία υγραερίων διαθέτει ένα πολύ ειδικό προϊόν, ένα καύσιμο που είναι καθαρό και εύκολο στη χρήση του και τη μεταφορά του. Με τα προσόντα αυτά, το υγραέριο μπορεί να παίζει ένα πολύτιμο ρόλο στην αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής πρόκλησης.

Γι' αυτό στοχεύει στους τομείς εκείνους της αγοράς όπου η χρήση του θα έχει τα μέγιστα περιβαλλοντικά κέρδη. Με τον τρόπο αυτό το υγραέριο θα αντιμετωπισθεί σαν «φιλικό προς το περιβάλλον» καύσιμο, με μεγάλο μέλλον.

## 2.3 Φυσικό Αέριο

### 2.3.1 Ιστορική Αναδρομή

Η αξιοποίηση αερίων καυσίμων σε οικιακές χρήσεις χρονολογείται από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Το φωταέριο, που στην αρχή χρησιμοποιήθηκε για τον φωτισμό των δρόμων του Λονδίνου, έγινε γρήγορα το δημοφιλέστερο καύσιμο στα νοικοκυριά της Μ. Βρετανίας. Αργότερα, η έλευση του Φυσικού Αερίου σηματοδότησε μια νέα εποχή στην οικιακή οικονομία. Στο μαγείρεμα, στη θέρμανση νερού και χώρων, το Φυσικό Αέριο ήρθε να προσθέσει ευκολία, ταχύτητα και οικονομία, με αποτέλεσμα να εκτοπίσει άλλες πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και ο ηλεκτρισμός. Σημαντικό μέρος από την παραγωγή Φυσικού Αερίου κατευθύνεται προς την αστική κατανάλωση για την εξυπηρέτηση των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών. Το έτος 1994, στο σύνολο των δυτικοευρωπαϊκών χωρών, ο οικιακός τομέας απορροφούσε κατά μέσο όρο το 34% της συνολικής κατανάλωσης αερίου. Σε ορισμένες δε χώρες με μακρόχρονη παράδοση στη χρήση αερίου, όπως η Μ. Βρετανία, το ποσοστό αυτό παρουσιάζεται θεαματικά αυξημένο και φθάνει στο 46% περίπου. Σήμερα, σε όλες τις χώρες που διαθέτουν βιομηχανία Φυσικού Αερίου, ο οικιακός τομέας αποτελεί ζωτικό κομμάτι των πωλήσεων και μάλιστα, το πλέον προσοδοφόρο. Η ανάπτυξη βέβαια της συγκεκριμένης αγοράς διαρκεί αρκετά χρόνια και απαιτεί μεγάλες επενδύσεις σε δίκτυα διανομής.

Στην Ελλάδα, η προβλεπόμενη κατανάλωση Φυσικού Αερίου στον οικιακό τομέα το έτος 2020, υπολογίζεται σε 700 εκ. κυβικά μέτρα ή ποσοστό 18,2%, των συνολικών προς διάθεση ποσοτήτων.

### 2.3.2 Χημικές Ιδιότητες

Το Φυσικό Αέριο είναι μίγμα υδρογονανθράκων σε αέρια κατάσταση, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και ανήκει στη 2<sup>η</sup> Οικογένεια των αερίων καυσίμων.

Εξάγεται από φυσικές κοιλότητες, υπόγειες ή υποθαλάσσιες και μετά από πρωτογενή επεξεργασία, μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις μέχρι τις περιοχές κατανάλωσής του, μέσω ειδικών αγωγών, μεγάλης διαμέτρου, σε υψηλή πίεση.

Υπάρχει επίσης δυνατότητα θαλάσσιας μεταφοράς του σε μορφή Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG), με ειδικά δεξαμενόπλοια σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία  $-162^\circ\text{C}$ . Δεν περιέχει μονοξειδίο του άνθρακα και δεν είναι τοξικό. Επίσης, είναι ελαφρύτερο από τον αέρα ( $d_{\sigma\chi} = 0,59$ ). Στον παρακάτω **Πίνακα** δίνεται η χημική σύσταση του Φυσικού Αερίου που προμηθεύεται η χώρα μας.

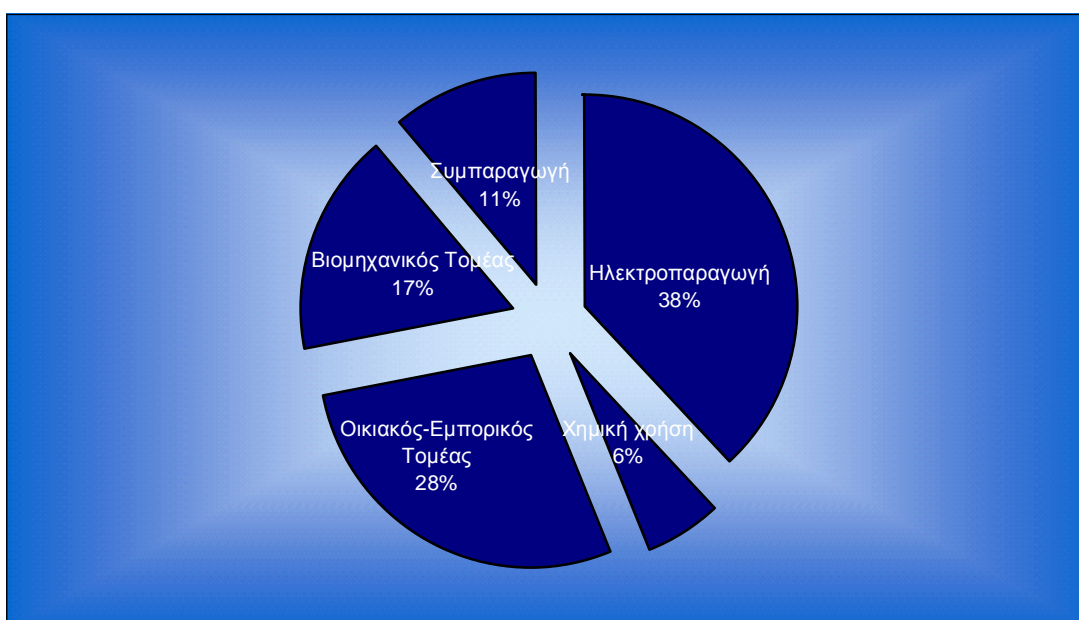
### Σύσταση και Ιδιότητες Ρωσικού και Αλγερινού Φυσικού Αερίου

ΣΥΣΤΑΣΗ-ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΡΩΣΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΑΛΓΕΡΙΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
<b>Περιεκτικότητα (% κ.ο.) σε:</b>		
Μεθάνιο (C <sub>1</sub> )	min 85%	85,6-96,6%
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> )	max 7%	3,2-8,5%
Προπάνιο (C <sub>3</sub> )	max 3%	0-3%
Βουτάνιο (C <sub>4</sub> )	max 2%	0-1,2%
Πεντάνιο και βαρύτερα (C <sub>5</sub> )	max 1%	0-0,7%
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	max 5%	0,2-1,4%
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	max 3%	
<b>Θειούχες ενώσεις:</b>		
Υδρόθειο (H <sub>2</sub> S)	max 5 mg/m <sup>3</sup>	max 0,5 ppm
Μερκαπτάνες	max 15 mg/m <sup>3</sup>	max 2,3 mg/m <sup>3</sup>
Σύνολο θείου (S <sub>2</sub> )	max 60 mg/m <sup>3</sup>	max 30 mg/m <sup>3</sup>
Πυκνότητα	0,685 kg/m <sup>3</sup>	0,74-0,82 kg/m <sup>3</sup>
Μέση ΑΘΔ	9.524 kcal/Nm <sup>3</sup>	9.982 kcal/Nm <sup>3</sup>
Μέση ΚΘΔ	8.686 kcal/Nm <sup>3</sup>	9.016 kcal/Nm <sup>3</sup>

### 2.3.3 Εφαρμογές

Το Φυσικό Αέριο βρίσκει εφαρμογές σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας. Έτσι, ο βιομηχανικός τομέας για θερμικές και χημικές χρήσεις (καύσιμο ή πρώτη ύλη) θα φθάσει σταδιακά να απορροφά το 23% των συνολικών ποσοτήτων. Αντίστοιχα, για τον εμπορικό και οικιακό τομέα, το ποσοστό αυτό θα ανέλθει στο 28% και προορίζεται να καλύψει κυρίως ανάγκες για θέρμανση, μαγείρεμα και ζεστό νερό. Το 38%, ένα σημαντικό μέρος των ποσοτήτων Φυσικού Αερίου, θα χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, με χρήση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Τέλος, το 11% των ποσοτήτων Φυσικού Αερίου προβλέπεται να απορροφηθεί από την αγορά της Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας. 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 παρακάτω **Διάγραμμα**, εμφανίζεται η προβλεπόμενη κατανομή της κατανάλωσης Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα, ανά τομέα χρήσης, κατά το 2020, έτος πλήρους ανάπτυξης του έργου.



## Βασικές χρήσεις

Το Φυσικό Αέριο προσφέρει πλεονεκτήματα και στον εμπορικό τομέα, ο οποίος περιλαμβάνει τις παρακάτω κατηγορίες καταναλωτών:

- α. Ξενοδοχεία και Νοσοκομεία
- β. Εστιατόρια-Εργαστήρια Ζαχαροπλαστικής
- γ. Αρτοποιεία
- δ. Εκπαιδευτικά Ιδρύματα
- ε. Αθλητικά και Πολιτιστικά Κέντρα
- στ. Μεγάλα κτίρια-Χώροι Αναψυχής
- ζ. Πλυντήρια-Καθαριστήρια
- η. Εμπορικά Καταστήματα
- θ. Θερμοκήπια
- ι. Εργαστήρια Αργυροχρυσοχοΐας
- ια. Φούρνοι Βαφής Αυτοκινήτων

Στον παρακάτω Πίνακα εμφανίζονται όλες οι κατηγορίες καταναλωτών του Φυσικού Αερίου στον εμπορικό τομέα, με τις αντίστοιχες χρήσεις του.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	ΚΥΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ	ΚΥΡΙΟ ΥΠΟΚΑΘΙΣΤΟΜΕΝΟ ΚΑΥΣΙΜΟ
Ξενοδοχεία	Θέρμανση χώρων Παραγωγή ζεστού νερού Μαγείρεμα Πλύσιμο- Στέγνωμα Σιδέρωμα ρούχων	Πετρέλαιο Πετρέλαιο Υγραέριο & Ηλεκτρισμός  Πετρέλαιο
Νοσοκομεία	Θέρμανση χώρων Παραγωγή ζεστού νερού Μαγείρεμα Πλύσιμο- Στέγνωμα Σιδέρωμα ρούχων	Πετρέλαιο Πετρέλαιο Υγραέριο & Ηλεκτρισμός  Πετρέλαιο
Εστιατόρια & Ζαχαροπλαστεία	Μαγείρεμα	Ηλεκτρικό ρεύμα Πετρέλαιο
Εκπαιδευτικά Ιδρύματα Μεγάλα Κτίρια Χώροι Αναψυχής	Θέρμανση χώρων	Πετρέλαιο
Εμπορικά Καταστήματα	Θέρμανση χώρων	Ηλεκτρικό ρεύμα Πετρέλαιο
Αρτοποιεία	Ψήσιμο ψωμιού	Μαζούτ- Πετρέλαιο Ηλεκτρικό ρεύμα
Πλυντήρια-Στεγνωτήρια	Πλύσιμο-Στέγνωμα Σιδέρωμα ρούχων	Ηλεκτρικό ρεύμα
Αθλητικά Κέντρα	Θέρμανση χώρων Παραγωγή ζεστού νερού Θέρμανση νερού κολυμβητηρίων	Πετρέλαιο
Συνεργία Αυτοκινήτων	Φούρνοι βαφής	Πετρέλαιο Ηλεκτρικό ρεύμα

### **α. Παραγωγή ζεστού νερού**

Η παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως στα σπίτια μπορεί να γίνει με θερμοσίφωνες συνεχούς ροής. Πρόκειται για επιτοίχιες μονάδες μικρών διαστάσεων, που τοποθετούνται μέσα στο σπίτι, σε εξωτερικό όμως τοίχο, ώστε να είναι εύκολη η απαγωγή των καυσαερίων στο περιβάλλον. Διαθέτουν ατμοσφαιρικό καυστήρα, που τίθεται σε λειτουργία πιεζοηλεκτρικά, συσκευές τέτοιου τύπου μπορεί να είναι μονοβάθμιδες, διβάθμιδες ή και αναλογικής ρύθμισης και αποδίδουν 5-16 λίτρα ανά λεπτό θερμοκρασίας 40-65°C, ανάλογα με την παροχή του νερού και την ισχύ της συσκευής. Ο βαθμός απόδοσης αυτών των συσκευών είναι περίπου 83-84%.

Άλλος τρόπος παραγωγής ζεστού νερού χρήσεως είναι με θερμοσίφωνες αποθήκευσης. Πρόκειται για συσκευές δαπέδου, με ενσωματωμένο ατμοσφαιρικό καυστήρα αερίου. Έχουν τη δυνατότητα να δίνουν μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού σε μικρό χρόνο. Στο εμπόριο κυκλοφορούν συσκευές με χωρητικότητα 115 μέχρι και 200 ή 220 λίτρων και έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 90%. Γενικά, στην παραγωγή ζεστού νερού στα σπίτια, το Φυσικό Αέριο αντικαθιστά κυρίως τον ηλεκτρισμό και σπανιότερα το πετρέλαιο(σε περιπτώσεις που υπάρχει boiler, συνδεδεμένο με λέβητα κεντρικής θέρμανσης).

### **β. Θέρμανση χώρων**

Η θέρμανση των χώρων ενός σπιτιού μπορεί να γίνει είτε από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης της οικοδομής είτε με ατομικό σύστημα θέρμανσης ή ακόμα και με χρήση αυτόνομων συσκευών θέρμανσης σε κάθε δωμάτιο.

### **γ. Σύστημα κεντρικής θέρμανσης οικοδομής**

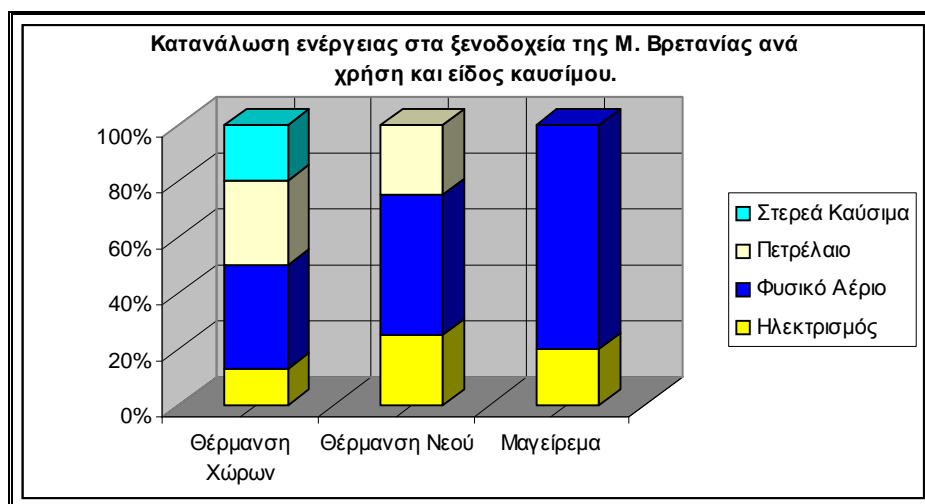
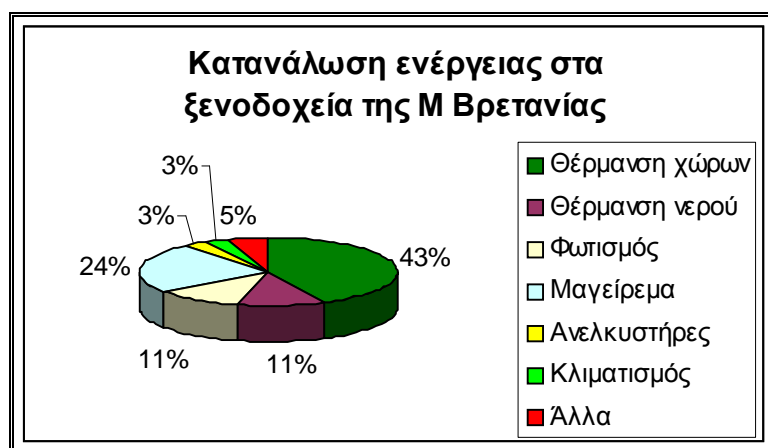
Είναι το κλασικό σύστημα καυστήρα-λέβητα, που διανέμει το ζεστό νερό στα θερμαντικά σώματα των διαμερισμάτων. Ο καυστήρας του Φυσικού Αερίου μπορεί να είναι ατμοσφαιρικός ή πιεστικός, προσαρμοσμένος στον κατάλληλο λέβητα.

Οι ατμοσφαιρικοί λέβητες χρησιμοποιούνται για μικρότερες ισχύς, διότι καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο. Έχουν ωστόσο σημαντικά πλεονεκτήματα: δεν απαιτούν ρύθμιση του αέρα καύσης και επιπλέον, λειτουργούν αθόρυβα. Στην περίπτωση πιεστικών συστημάτων, χρησιμοποιούνται οι γνωστοί λέβητες των τριών διαδρομών καυσαερίων. Η προσαγωγή του αέρα καύσης γίνεται με ανεμιστήρα. Ο καυστήρας συνδέεται με το δίκτυο μέσω συστήματος τροφοδοσίας αερίου. Υπάρχουν ακόμα καυστήρες διπλής

καύσης που λειτουργούν εναλλακτικά με πετρέλαιο ή αέριο ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη.

#### δ. Χρήση Φυσικού Αερίου σε ξενοδοχεία

Τα ξενοδοχεία αποτελούν τυπικούς εμπορικούς πελάτες για το Φυσικό Αέριο, επειδή χρησιμοποιούν σχεδόν το σύνολο των εμπορικών εφαρμογών του. Στα παρακάτω **Διαγράμματα** εμφανίζεται η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας για διάφορες χρήσεις στα ξενοδοχεία και τα μερίδια αγοράς των εναλλακτικών πηγών ενέργειας ανά τομέα χρήσης αντίστοιχα. Τα στοιχεία αναφέρονται σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε ξενοδοχεία της Μ. Βρετανίας.



#### ε. Θέρμανση χώρων

Ο συνηθέστερος τρόπος θέρμανσης χώρων στα ξενοδοχεία είναι η χρησιμοποίηση λέβητα κεντρικής θέρμανσης, ο οποίος καταναλώνει πετρέλαιο(diesel). Για τη χρησιμοποίηση Φυσικού Αερίου, απαιτείται η αντικατάσταση του υπάρχοντος καυστήρα(με καυστήρα αερίου ή διττής καύσης αερίου-πετρελαίου), με παράλληλη τοποθέτηση ειδικής διάταξης ασφαλιστικών και ρυθμιστικών οργάνων.

### **στ. Παραγωγή ζεστού νερού**

Το ζεστό νερό στις ξενοδοχειακές μονάδες μπορεί να παραχθεί είτε από τον κεντρικό λέβητα θέρμανσης χώρων είτε από ιδιαίτερο λέβητα, με χρήση εναλλάκτη. Η χρησιμοποίηση του αερίου προϋποθέτει και σε αυτήν την περίπτωση την αντικατάσταση των καυστήρων πετρελαίου. Το Φυσικό Αέριο δίνει επίσης τη δυνατότητα από κεντρωμένης παραγωγής ζεστού νερού, με τη χρησιμοποίηση αυτόνομων συσκευών(θερμοσιφώνων ή ταχυθερμαντήρων) αερίου. Με την τοποθέτηση τέτοιων συστημάτων, επιτυγχάνεται ταχύτητα και ευκολία στη χρήση καθώς και οικονομία καυσίμου.

### **ζ. Μαγείρεμα**

Στο μαγείρεμα, το Φυσικό Αέριο καλείται να υποκαταστήσει το ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο καταναλώνεται στις περισσότερες συσκευές. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του αερίου στις παραπάνω χρήσεις είναι η ταχύτητα και η ευκολία στη χρήση, καθώς και η οικονομία.

### **η. Πλυντήρια-Καθαριστήρια ρούχων**

Στα ξενοδοχεία, υπάρχει σχεδόν πάντοτε ανάγκη για ζεστό νερό στα πλυντήρια ρούχων, για ζεστό αέρα στα στεγνωτήρια και για ατμό στους κυλίνδρους ή στις πρέσες σιδερώματος. Οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται με τη χρήση κεντρικών λεβήτων ατμού, λαδιού ή νερού και των κατάλληλων εναλλακτών. Στις περιπτώσεις αυτές, το Φυσικό Αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο είτε στους κεντρικούς λέβητες είτε απευθείας σε ειδικές συσκευές(πλυντήρια, στεγνωτήρια) αερίου.

### **θ. Μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας**

Σε μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες, η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις ανάγκες για θέρμανση (χώρων ή νερού χρήσεως), κάνουν ιδιαίτερα πλεονεκτική τη χρήση ευέλικτων συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας με τη χρήση Φυσικού Αερίου. Η εφαρμογή αυτή έχει ιδιαίτερη απήχηση διεθνώς και θα αναλυθεί σε παρακάτω σημείο της παρούσας μελέτης.

### **ι. Θερμοκήπια**

Θα γίνει αναφορά στα θερμοκήπια, επειδή η χρήση Φυσικού Αερίου για τη θέρμανσή τους είναι ιδιαίτερα πλεονεκτική. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι, πέραν των γνωστών πλεονεκτημάτων του, το Φυσικό Αέριο προσφέρει τη δυνατότητα εμπλουτισμού του αέρα του θερμοκηπίου με διοξείδιο του άνθρακα, που υπάρχει στα απαερία του. Όταν η



θερμοκρασία, το φως και η υγρασία είναι στα κατάλληλα επίπεδα για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια του θερμοκηπίου, τότε το διοξείδιο του άνθρακα είναι ο παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο την πορεία της φωτοσύνθεσης και συνεπώς στην εξέλιξη της παραγωγής. Με το Φυσικό Αέριο, γίνεται εύκολα η ρύθμιση της περιεκτικότητας του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα. Η φυσική περιεκτικότητα του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα είναι περίπου 300 ppm. Η βέλτιστη περιεκτικότητα για την καλλιέργεια είναι περίπου 1.000 ppm, ανάλογα πάντα με το είδος της καλλιέργειας. Γενικά, η θέρμανση θερμοκηπίων γίνεται με αερόθερμα ή λέβητα νερού. Η αύξηση της περιεκτικότητας του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα γίνεται με προσαγωγή μέρους καυσαερίων, που χρησιμοποιούνται για θέρμανση αέρα ή νερού, στον χώρο του θερμοκηπίου, αφού πρώτα περάσουν από τη 'μονάδα εμπλουτισμού' του διοξειδίου του άνθρακα, όπου γίνεται αφύγρανση και έλεγχος της περιεκτικότητας σε μονοξείδιο του άνθρακα. Η μονάδα εμπλουτισμού περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:

- Αναλυτή διοξειδίου του άνθρακα, με ανώτερο και κατώτατο όριο, βάσει του οποίου γίνεται ρύθμιση της έκχυσης διοξειδίου του άνθρακα στο χώρο του θερμοκηπίου.
- Ηλεκτρονικό ρολόι προγραμματισμού, με το οποίο προγραμματίζεται η ώρα έκχυσης του διοξειδίου του άνθρακα.
- Στόμια έκχυσης διοξειδίου του άνθρακα στον χώρο του θερμοκηπίου (περίπου 1 στόμιο ανά 400m<sup>2</sup> θερμοκηπίου).

Πρέπει να σημειωθεί ότι 1 m<sup>3</sup> αερίου δίνει με την καύση του 1 m<sup>3</sup> ή περίπου 2 kg διοξειδίου του άνθρακα. Η αύξηση της περιεκτικότητας του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζει καθοριστικά:

- Την αύξηση της παραγωγής.
- Τη βελτίωση της ποιότητας.
- Την επίτευξη της πρωιμότητας.
- Τον περιορισμό των αναγκών σε λίπασμα.

Τα καυσαέρια του αερίου, πριν περάσουν στη μονάδα εμπλουτισμού, πρέπει να περάσουν από στοιχείο υγροποίησης. Δηλαδή ψύχονται σε εναλλάκτη από το νερό επιστροφής στον λέβητα. Έτσι, αφενός απομακρύνεται η υγρασία των καυσαερίων πριν από τη διοχέτευσή τους στον χώρο του θερμοκηπίου και αφετέρου, γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας. Έχει υπολογιστεί ότι η ανάκτηση θερμότητας που επιτυγχάνεται φθάνει το 5-10%, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού επιστροφής.

#### **κ. Χρήσεις του Φυσικού Αερίου στη Βιομηχανία**

Το Φυσικό Αέριο χρησιμοποιείται στη Βιομηχανία κυρίως με δύο τρόπους:

α. Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή αμμωνίας, μεθανόλης και πολυολεφινών (6% της παγκόσμιας κατανάλωσης Φυσικού Αερίου).

β. Ως πηγή θερμικής ενέργειας.

Οι θερμικές χρήσεις στη βιομηχανία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

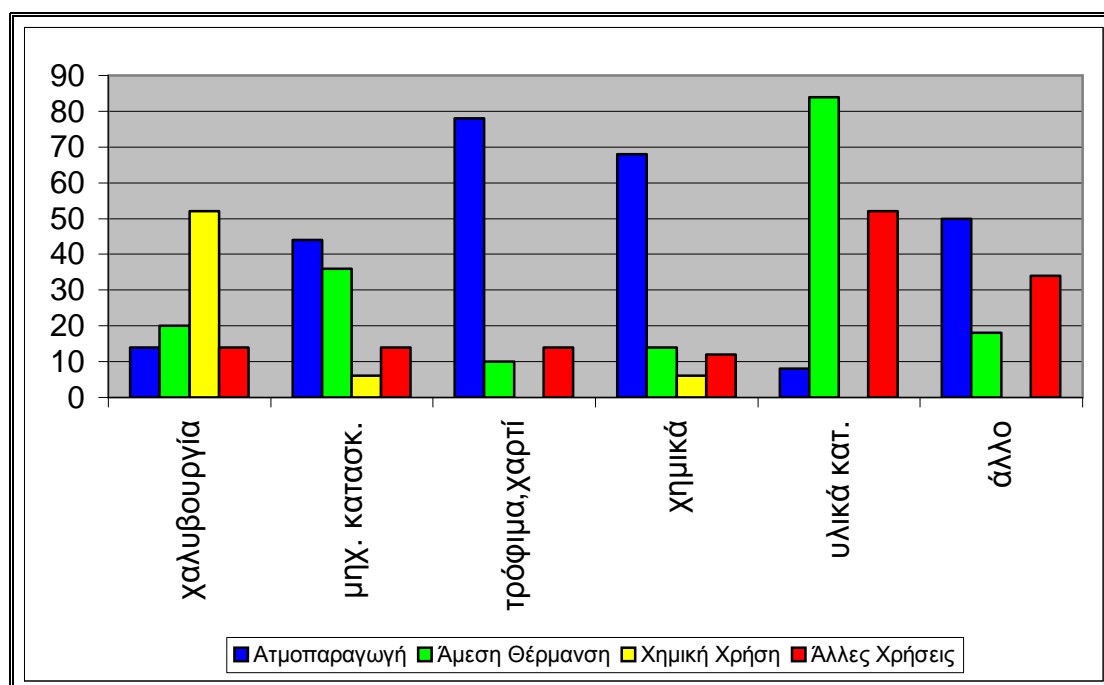
- στις έμμεσες θερμικές χρήσεις και
- στις άμεσες θερμικές χρήσεις.

Στις έμμεσες θερμικές χρήσεις, η θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση μεταφέρεται με θερμιδοφόρα ρευστά σε διάφορα σημεία του εργοστασίου, όπου και καταναλώνεται. Η διαδικασία αυτή γίνεται με τη χρήση λεβήτων και τα συνηθισμένα θερμιδοφόρα ρευστά είναι ο ατμός, το ζεστό νερό και το λάδι, ανάλογα με τη θερμοκρασία που απαιτείται στην τελική χρήση.

Στις άμεσες θερμικές χρήσεις, η καύση πραγματοποιείται αποκεντρωμένα, στη θέση τελικής κατανάλωσης της ενέργειας.

Τέτοιες χρήσεις, οι οποίες είναι συνήθως και ιδιαίτερα ενεργοβόρες, υπάρχουν στις βιομηχανίες τσιμέντου(περιστροφικοί κλίβανοι παραγωγής κλινκερ), μετάλλων(φούρνοι τήξεως, ανόπτησης, βαφής, ομογενοποίησης κτλ.), υάλου(φούρνοι παραγωγής γυαλιού), οικοδομικών υλικών(παραγωγή τούβλων, κεραμικών, άσβεστου), μεταλλικών κατασκευών, ηλεκτρικών συσκευών και σε διάφορες βιομηχανίες για εξειδικευμένες ξηράσεις.

Στο **ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ** που ακολουθεί φαίνεται μια τυπική κατανομή της κατανάλωσης καυσίμων σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους. Είναι φανερό ότι σημαντικές ποσότητες καυσίμων(περίπου 40%) χρησιμοποιούνται για ατμοπαραγωγή.



Στον Πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η καταλληλότητα του φυσικού αερίου σε διάφορες χρήσεις, σε αντιπαράθεση με άλλα ευρέως χρησιμοποιούμενα καύσιμα.

ΧΡΗΣΕΙΣ	ΑΕΡΙΟ	ΥΓΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟ	ΚΑΡΒΟΥΝΟ	ΑΤΜΟΣ	ΗΛ/ΣΜΟΣ
Θέρμανση χώρων	**	*		**	*
Θέρμανση λουτρών	**	*		**	
Λέβητες	**	**			
Ξήρανση με θερμό αέρα	**			**	
Ξήρανση με περιστροφικό τύμπανο	**	**	**		
Τήξη σιδηρούχων μετάλλων			**κωκ		**
Τήξη μη σιδηρούχων μετάλλων	**	*			**
Αναθέρμανση σιδηρούχων μετάλλων σε μεγάλες ποσότητες	**	*			
Θερμική επεξεργασία	**				**
Σμάλτωση επιφανειών	**				**
Γαλβανισμός	**	*	*		*
Περιστροφικοί κάμινοι ασβεστίου	**	**			
Ευθείς κάμινοι ασβεστίου	**	**	*		
Τούβλα και κεραμίδια	**	**	**		
Κεραμικά	**	*			**
Τήξη γυαλιού	**	**			*
Αναθέρμανση γυαλιού	**				**
Έγχυση σε υψικαμίνο			**		
Παραγωγή αμμωνίας	**				
Παραγωγή μεθανόλης	**				

### 2.3.4 Ελληνική Πραγματικότητα

Πρόδρομος του Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα είναι το Φωταέριο, που για πρώτη φορά μπήκε στην κατανάλωση το 1857 από τη Γαλλική Εταιρεία Φωταερίου, η οποία το 1939 περιήλθε στο Δήμο Αθηναίων. Η Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου (ΔΕΦΑ) συνέχισε να προμηθεύει τους καταναλωτές της με φωταέριο μέχρι το 1984. τη χρονιά αυτή έγινε η σύνδεση με τα Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου (ΕΛ.Δ.Α) και άρχισε η τροφοδότηση του δικτύου της ΔΕΦΑ με ναφθαέριο το οποίο χρησιμοποιείτο μέχρι το 1997. το 1983 όμως, είναι η χρονιά που καταρτίζεται η πρώτη μελέτη για Φυσικό Αέριο στην Ελλάδα. Η μελέτη γίνεται για λογαριασμό της Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου (ΔΕΠ) και 1987 υπογράφεται η πρώτη διακρατική συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας, για τον εφοδιασμό της χώρας μας με Ρωσικό Φυσικό Αέριο. Ακολουθούν συμφωνίες της ΔΕΠ με την Ρωσική Gazexport, σήμερα Sojuzgazexport και την Sonatrach της Αλγερίας. Το Σεπτέμβριο του 1988 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) ως θυγατρική της Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου. Η ΔΕΠΑ επιφορτίζεται με την ευθύνη μεγάλης ενεργειακής επένδυσης, ενώ παράλληλα αναλαμβάνει την εισαγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή του Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα.

Το Δεκέμβριο του 1990, η ΔΕΠΑ υπογράφει την πρώτη σημαντική της συμφωνία. Πρόκειται για τη συμφωνία κατασκευής του αγωγού μεταφοράς Φυσικού Αερίου που έχει μήκος 512 χλμ., ξεκινά από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα και καταλήγει στην Αττική. Το 1994 η ΔΕΠΑ υπογράφει την πρώτη συμφωνία παροχής Φυσικού Αερίου με τη ΔΕΗ. Ταυτόχρονα αρχίζει η κατασκευή δικτύων μέσης πίεσης στην Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη, το Βόλο και τη Λάρισα και διευρύνεται η παροχή Φυσικού Αερίου σε βιομηχανικούς πελάτες. Το 1995 δημιουργείται το ρυθμιστικό και νομικό πλαίσιο για την ίδρυση των περιφερειακών Εταιρειών Διανομής αερίου (ΕΔΑ), με τη συμμετοχή της ΔΕΠΑ και έμπειρων επενδυτών.

Το 1996 ολοκληρώνεται η κατασκευή του αγωγού μεταφοράς και του συνοριακού μετρητικού σταθμού, το αέριο εισάγεται στον αγωγό και γίνονται οι πρώτες δοκιμές. Το Μάιο του 1997 η εισαγωγή του Φυσικού Αερίου στη χώρα μας είναι πλέον γεγονός. Το σύστημα μεταφοράς τίθεται σε πλήρη λειτουργία και η συνεχής τροφοδότηση της Ελλάδας με Ρωσικό Φυσικό Αέριο αρχίζει, ενώ το 2000 ξεκινά και η παραλαβή υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) από την Αλγερία.

Η προμήθεια του Ρωσικού Φυσικού Αερίου ξεκίνησε στα τέλη του 1996 και γίνεται από την εταιρεία Gazexport, σήμερα Sojuzgasexport, θυγατρική της Gazprom, από την οποία η ΔΕΠΑ προμηθεύεται στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα τον κύριο όγκο του αερίου που διακινεί σήμερα στη χώρα. Η σύμβαση με την Gazexport αφορά την

προμήθεια 2,24 δις κυβικών μέτρων, με δυνατότητα επέκτασης στα 2,8 δις κυβικά μέτρα ετησίως, μέχρι το 2016. ο δεύτερος προμηθευτής είναι η Αλγερινή Sonatrach, από την οποία η ΔΕΠΑ αγοράζει υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG). Οι ετήσιες συμβατικές ποσότητες κυμαίνονται από 0,51-0,68 δις κυβικά μέτρα ισοδύναμου Φυσικού Αερίου.

Το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής αποτελείται σήμερα, αφενός μεν από τον κεντρικό αγωγό, τους κλάδους μεταφοράς υψηλής πίεσης και το σύστημα διανομής με τα δίκτυα μέσης και χαμηλής πίεσης, και αφετέρου τον Τερματικό Σταθμό υποδοχής LNG στη Ρεβυθούσα. Ο κεντρικός αγωγός μεταφοράς Φυσικού Αερίου υψηλής πίεσης ξεκινά από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα και καταλήγει στην Αττική, διανύοντας απόσταση 512 χιλιομέτρων. Κλάδοι μεταφοράς υψηλής πίεσης, συνολικού μήκους 440 χιλιομέτρων, αναπτύσσονται στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, τη Θεσσαλονίκη, το Βόλο και την Αττική. Η πύλη εισόδου του Φυσικού Αερίου στη χώρα μας είναι ο Μετρητικός Σταθμός Σιδηροκάστρου, 12 χιλιόμετρα από το τελωνείο του Προμαχώνα και δίπλα στο συνοικισμό του Στρυμονοχωρίου. Στο σταθμό αυτό προσδιορίζεται η ποσότητα και η ποιότητα του εισαγόμενου Φυσικού Αερίου.

Το δίκτυο του Φυσικού Αερίου περιλαμβάνει ακόμα:

- Μετρητικούς και Ρυθμιστικούς Σταθμούς που μετρούν και ρυθμίζουν την πίεση του Αερίου στο σύστημα μεταφοράς.
- Τέσσερα Κέντρα Ελέγχου Λειτουργίας και Συντήρησης που παρέχουν την τεχνική υποστήριξη στη διαχείριση του Αερίου. Τα Κέντρα αυτά βρίσκονται στη Θεσσαλονίκη, στη Λάρισα, στο Πάτημα Ελευσίνας Αττικής και στη Ξάνθη.
- Το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου που βρίσκεται στο Πάτημα και είναι 'υπεύθυνο' για την ομαλή λειτουργία του Συστήματος Μεταφοράς σε ολόκληρη την ελληνική επικράτεια. Ένα αντίστοιχο εφεδρικό Κέντρο, είναι το Κέντρο Λειτουργίας της Θεσσαλονίκης.

Η δεύτερη πύλη εισόδου του Φυσικού Αερίου στη χώρα μας είναι ο Τερματικός Σταθμός της Ρεβυθούσας. Στη Ρεβυθούσα, που είναι βραχονησίδα στον κόλπο των Μεγάρων, γίνεται η αποθήκευση και η αεριοποίηση του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου που φτάνει στη χώρα μας με ειδικά πλοία από την Αλγερία. Μετά την αεριοποίησή του, το Φυσικό Αέριο, μέσω υποθαλάσσιων αγωγών φτάνει στον Μετρητικό και Ρυθμιστικό Σταθμό της Αγίας Τριάδας στην Πάχη των Μεγάρων. Αφού ελεγχθεί η ποσότητα και η ποιότητά του, καταλήγει στο Κέντρο Λειτουργίας και Συντήρησης του Πατήματος, όπου γίνεται η μίξη του Αλγερινού και του Ρωσικού Αερίου και στη συνέχεια διοχετεύεται στο δίκτυο.

Σε όλο το Μήκος του Συστήματος Μεταφοράς είναι εγκατεστημένοι Σταθμοί Δικλείδων Αγωγού, που παρέχουν τη δυνατότητα της απομόνωσης τμημάτων του αγωγού από το υπόλοιπο σύστημα. Η υποδομή για τη μεταφορά και τη διανομή του Φυσικού Αερίου είναι ένα από τα μεγαλύτερα αναπτυξιακά έργα που πραγματοποιήθηκαν την τελευταία δεκαετία στη χώρα μας. Οι εγκαταστάσεις του Δικτύου, κατασκευασμένες με τις πιο αυστηρές προδιαγραφές ασφαλείας, επεκτείνονται συνεχώς σε όλη την Ελλάδα με σκοπό την ταχεία αύξηση του μεριδίου που κατέχει το Φυσικό Αέριο στην ενεργειακή 'πίτα' της χώρας μας.

Αναλυτικά οι εγκαταστάσεις του δικτύου μεταφοράς και διανομής του Φυσικού Αερίου στη χώρα μας έχουν ως εξής:

#### Μετρητικός Σταθμός Σιδηροκάστρου

Ο Μετρητικός Σταθμός Σιδηροκάστρου είναι η πύλη εισόδου του Φυσικού Αερίου στη χώρα μας. Βρίσκεται σε απόσταση 12 χλμ. Από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα, στο Δήμο Σιδηροκάστρου, δίπλα στο συνοικισμό Στρυμονοχώρι. Η βασική του λειτουργία είναι η μέτρηση της ποσότητας και ο ποιοτικός έλεγχος του εισαγόμενου Ρωσικού Φυσικού Αερίου. Επιπλέον, στο σταθμό αυτό, μέσα από φίλτρα που βρίσκονται στην είσοδό του, γίνεται η απομάκρυνση σκόνης και υγρασίας από το Φυσικό Αέριο πριν διοχετευτεί στους σωλήνες μέτρησης. Στο Σταθμό ρυθμίζεται επίσης η παροχή του Φυσικού Αερίου προς το Ελληνικό Δίκτυο με βάση τον προγραμματισμό του Κέντρου Διανομής. Για τον προσδιορισμό της ποιότητας του Αερίου, υπάρχουν Χρωματογράφοι και Αναλυτές που ελέγχουν διαρκώς τη σύσταση, την ποιότητα, την περιεκτικότητα σε θειούχα, το σημείο δρόσου νερού και των υδρογονανθράκων. Οι σύγχρονες τεχνικές που εφαρμόζονται στο Μετρητικό Σταθμό Στρυμονοχωρίου περιορίζουν στο ελάχιστο τον κίνδυνο ατυχήματος. Το σύστημα ασφαλείας, εκτός των άλλων περιλαμβάνει Συστήματα Ανίχνευσης Φωτιάς και Αερίου, Αυτόματα Συστήματα Πυρόσβεσης, Συστήματα Ασφαλείας από εξωτερικούς παράγοντες καθώς επίσης και Αυτόματο Σύστημα Διακοπής της λειτουργίας του Σταθμού σε περίπτωση ανάγκης.

#### Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης

Για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας του συστήματος μεταφοράς του Φυσικού Αερίου υπάρχουν τέσσερα Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης.

Τα Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης βρίσκονται αντίστοιχα στο Πάτημα Ελευσίνας, στην Αμπελιά Φαρσάλων, στη Νέα Μεσημβρία Θεσσαλονίκης και στη Βισθωνίδα Ξάνθης. Τα Κέντρα είναι υπεύθυνα για την ομαλή λειτουργία και τη συντήρηση των εγκαταστάσεων του δικτύου Φυσικού Αερίου στον Τομέα τους, για την αδιάλειπτη παροχή Φυσικού Αερίου στους καταναλωτές, για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων και για την αποθήκευση των απαιτούμενων υλικών συντήρησης. Στο Κέντρο του

Πατήματος Ελευσίνας βρίσκεται η ‘καρδιά’ του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου που είναι το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου. Το Κέντρο Ελέγχου είναι ‘υπεύθυνο’ για τον προγραμματισμό και το συντονισμό της προμήθειας του Φυσικού Αερίου, για τον έλεγχο και την ομαλή λειτουργία του συστήματος μεταφοράς του Αερίου σε όλη την Ελλάδα και για την εποπτεία και τη διαχείριση των δεδομένων που λαμβάνει από το Σύστημα Μεταφοράς του Φυσικού Αερίου.

Ειδικευμένο προσωπικό παρακολουθεί και συντονίζει την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος, με τη χρήση λογισμικών και με τη βοήθεια εργαλείων προσομοίωσης.

#### Τερματικός Σταθμός Ρεβυθούσας

Η βραχονησίδα Ρεβυθούσα που βρίσκεται στον κόλπο των Μεγάρων επιλέχτηκε για την αποθήκευση του υγροποιημένου Φυσικού Αερίου καθώς και την αεριοποίηση αυτού. Το υγροποιημένο Φυσικό Αέριο έρχεται από την Αλγερία με ειδικό πλοίο. Ο Τερματικός Σταθμός της Ρεβυθούσας είναι έργο στρατηγικής σημασίας για το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου. Αυτό, διότι αφενός διασφαλίζει την απεξάρτηση από τη μία και μοναδική πηγή τροφοδοσίας που είναι το εισαγόμενο από τη Ρωσία Φυσικό Αέριο, αφετέρου, διότι δίνει τη δυνατότητα κάλυψης των αιχμών της ενεργειακής ζήτησης. Οι κυριότερες λειτουργίες του Σταθμού είναι η υποδοχή του πλοίου, η εκφόρτωση και αποθήκευση του υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στις δύο ειδικές δεξαμενές, η αεριοποίηση του και τέλος η μεταφορά του μέσω διδύμου υποθαλάσσιου αγωγού στο Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου. Ο Σταθμός θεωρείται από τους πλέον σύγχρονους τεχνολογικά και έχει κατασκευαστεί με εξαιρετικά υψηλές προδιαγραφές ασφαλείας, πυρασφάλειας και αντισεισμικότητας. Πρόσφατα αποφασίστηκε η αύξηση της παροχетеυτικής δυναμικότητας του υγροποιημένου Φυσικού Αερίου από 270 κ.μ. ανά ώρα που είναι σήμερα, σε 1,000 κ.μ. ανά ώρα. Ο βασικός Σχεδιασμός για την αναβάθμιση του Τερματικού Σταθμού της Ρεβυθούσας έχει ενταχθεί στο χρηματικό πρόγραμμα TEN, από το οποίο χρηματοδοτείται κατά 50%.

Από τότε μέχρι σήμερα η ΔΕΠΑ παρουσιάζει αλματώδη αναπτυξιακή πορεία. Ο καθαρά κατασκευαστικός χαρακτήρας που είχε η εταιρεία αρχικά υποχωρεί και η επιχείρηση εξελίσσεται σε σύγχρονο Φορέα Εμπορίας και Διαχείρισης Φυσικού Αερίου. Ο 21<sup>ος</sup> αιώνας βρίσκει τη ΔΕΠΑ σε δυναμική πορεία έτοιμη να ανταποκριθεί στις νέες προκλήσεις και να διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο όχι μόνο στην εγχώρια αγορά, αλλά και στην αγορά της ευρύτερης περιοχής.

### 3. Σύγκριση Καυσίμων και Επιπτώσεις

#### 3.1 Επιπτώσεις Υγρών Καυσίμων. Ενεργειακό Πρόβλημα

Κατά τα τελευταία χρόνια, μια σημαντική πηγή κινδύνων για το περιβάλλον είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο αυτό συνίσταται στη μεταβολή που προκαλείται από την παγίδευση θερμικής ακτινοβολίας στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Η παγίδευση αυτή οφείλεται στην παρουσία ειδικών μορίων στην ατμόσφαιρα, τα οποία είναι 'διαφανή', αφήνουν δηλαδή να διέλθει η ηλιακή ακτινοβολία (υπεριώδης ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος), συγκρατούν όμως τη θερμική ακτινοβολία (υπέρυθρος ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος) που εκπέμπεται από τη γη προς το σύμπαν. Το αποτέλεσμα είναι η σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα και η δημιουργία φαινομένου, ανάλογο με αυτό των κοινών θερμοκηπίων. Στην ευθύνη για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου, συμμετέχουν το διοξείδιο του άνθρακα (κατά 55%), οι αλογονούχοι υδρογονάνθρακες (κατά 15%), τα οξείδια του αζώτου (κατά 10%), το μεθάνιο (κατά 10%) και άλλες ενώσεις (κατά 10%). Από πολλές πλευρές, εκφράζονται δυσοίωνες εκτιμήσεις σχετικά με την εξέλιξη του φαινομένου του θερμοκηπίου. Υποστηρίζεται συγκεκριμένα ότι με τους σημερινούς ρυθμούς οικονομικής ανάπτυξης σε συνδυασμό με την καταστροφή των τροπικών δασών, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα διπλασιαστεί, γεγονός που θα έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές κλιματολογικές μεταβολές, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,5 έως 3,5 °C, το λιώσιμο των πάγων στους πόλους, η αύξηση της στάθμης των θαλασσών κ.λ.π. Το Φυσικό Αέριο έχει θετική επίπτωση στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Εκπέμπει κατά την καύση για παραγωγή ίσου ποσού ενέργειας, 43% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από τον άνθρακα και 30% λιγότερο από το πετρέλαιο. Υπολογίζεται ότι από τις διάφορες καύσεις παράγονται ετησίως 21 δις τόνοι διοξειδίου του άνθρακα από το οποίο 8,8 δις τόνοι προέρχονται από την καύση του άνθρακα, 8,8 δις τόνοι από την καύση του πετρελαίου και μόνο 3,4 δις τόνοι από την καύση την καύση του Φυσικού Αερίου. Ενώ δηλαδή το Φυσικό Αέριο συμμετέχει στην κατανάλωση καυσίμων κατά 22,5%, ευθύνεται μόνο για το 16% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως. Η εισαγωγή του Φυσικού Αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας αναμένεται να μειώσει σημαντικά τις ποσότητες τόσο των ρύπων όσο και του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Οι πίνακες που ακολουθούν δείχνουν καθαρά τι θα συμβεί στις τέσσερις μεγάλες πόλεις της Ελλάδας αναφορικά με την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας σε ρύπους, κατά το έτος πλήρους διεύθυνσης του Φυσικού Αερίου.



Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι για την ποσότητα των καυσίμων που υποκαθιστά το Φυσικό Αέριο, σχεδόν εξαλείφονται τα οξειδία του θείου, επέρχεται σημαντική μείωση της ποσότητας των Αιωρούμενων Σωματιδίων, ενώ παρουσιάζεται και μείωση εκπομπών οξειδίου του Αζώτου. Ταυτόχρονα, επέρχεται και μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο συμμετέχει σε πολύ μεγάλο βαθμό στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Οι αέριες ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις ρυπαντών όπως μονοξειδίου του άνθρακα, άκαυστων αερίων υδρογονανθράκων, οξειδίων του αζώτου και σωματιδίων του καπνού είναι μεγαλύτερες στις αστικές περιοχές απ' ότι στις αγροτικές, ενώ ο τομέας των μεταφορών αποτελεί μια από τις κυριότερες πηγές τους. Οι μεγάλες συγκεντρώσεις αυτών των ρυπαντών ενοχοποιούνται σήμερα για πολλές ασθένειες των πνευμόνων και ιδιαίτερα για τον καρκίνο του πνεύμονα. Προβλήματα στην αναπνοή έχουν επίσης παρατηρηθεί, που είναι συνήθως εντονότερα κατά τις περιόδους εκτεταμένης ατμοσφαιρικής ρύπανσης που σχηματίζεται νέφος, το οποίο έχει διαφορετική μορφή ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες.

Το νέφος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σχηματίζεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις HC και NO<sub>x</sub> σε συνδυασμό με την έντονη ηλιοφάνεια. Φωτοχημικές αντιδράσεις μπορούν να προκαλέσουν το σχηματισμό πολύ ισχυρών ενώσεων, όπως όζον (O<sub>3</sub>), αλδεύδες (RCHO), και πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις του καπνού (PNA), από τα οποία το όζον θεωρείται το πιο δραστικό. Το νέφος αυτό, που ονομάζεται και «φωτοχημική ομίχλη» είναι πολύ οξειδωτικό, προκαλεί ερεθισμούς των οφθαλμών και του λαιμού, άσχημη μυρωδιά, μειωμένη ορατότητα και γενικά βλάβες στους ζώντες οργανισμούς, ζωικούς και φυτικούς, με απρόβλεπτες εκτάσεις.

Το νέφος κατά τους χειμερινούς μήνες σχηματίζεται όταν υπάρχει άπνοια και κρύο, εξαιτίας της αυξημένης καύσης πετρελαίου για θέρμανση και ενεργειακούς σκοπούς, σε συνδυασμό με την αργή απομάκρυνση των ρυπαντών από τη στάσιμη ατμόσφαιρα. Μεγάλες συγκεντρώσεις SO<sub>x</sub> και σωματιδίων εμφανίζονται τότε, και είναι δυνατόν να προκαλέσουν όλων των ειδών τα αναπνευστικά προβλήματα.

Το μονοξείδιο του άνθρακα ενοχοποιείται κυρίως λόγω των τοξικών ιδιοτήτων του που οφείλονται στην ικανότητά του να αντιδρά με την αιμοσφαιρίνη του αίματος και να την αδρανοποιεί. Τα σωματίδια του καπνού του diesel μπορούν να προκαλέσουν αρνητικά αποτελέσματα για την υγεία, διότι είναι τόσο μικρά που μπορούν να εισχωρήσουν μέσω της αναπνευστικής οδού στους πνεύμονες των ζώντων οργανισμών και να κατακαθίσουν σε ζωτικά σημεία τους. Τα σωματίδια του καπνού του diesel συνεισφέρουν στη συγκέντρωση των συνολικών πτητικών σωματιδίων (Total suspended particulates ) TSP. Ένα κλάσμα μόνο των TSP μπορεί να εισέλθει στον ανθρώπινο οργανισμό. Αυτά τα σωματίδια μόνο, που έχουν διάμετρο μικρότερη από 10

μη και αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως PM-10, Είναι χαρακτηριστικό ότι όλα τα σωματίδια του καπνού του diesel ανήκουν στην κατηγορία PM-10.

Επίσης επικίνδυνα για την υγεία φέρονται να είναι και τα PAHs. Μελέτες που έχουν γίνει μέχρι τώρα σε πειραματόζωα δείχνουν ότι κάποια από αυτά είναι μεταλλαξιογόνα ή καρκινογόνα.

Η χρησιμοποίηση διαφόρων μορφών ενέργειας είναι άμεσα συνδεδεμένη με την τεχνολογική εξέλιξη των τελευταίων αιώνων.

Στα νεότερα χρόνια η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας έχει συνδεθεί με την υψηλή διαθεσιμότητα φτηνής ενέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας προέρχεται από την χρήση καύσιμων, δηλαδή μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα το αργό πετρέλαιο και τα παράγωγα του αποτελούν μια από τις βασικότερες πηγές ενέργειας σε ολόκληρο τον κόσμο. Η συμμετοχή του πετρελαίου στην κάλυψη των παγκοσμίων ενεργειακών απαιτήσεων φτάνει το 38%.

Ένας από τους τομείς στους οποίους το πετρέλαιο παίζει κυρίαρχο ρόλο είναι και οι μεταφορές. Συγκεκριμένα η εξάρτηση αυτή ξεπερνά το 95%(OECD). Έχει υπολογιστεί ότι η κατανάλωση πετρελαίου στο συγκεκριμένο τομέα τριπλασιάστηκε στο διάστημα 1980-1990. Αυτό οφείλεται στις αυξήσεις στα ταξίδια καθώς επίσης και στην αύξηση του αριθμού και της ιπποδύναμης των οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα ο στόλος των οχημάτων από τα 600 εκατομμύρια υπολογίζεται ότι θα φτάσει το 1 δισεκατομμύριο το 2010 και ενδέχεται να ξεπεράσει τα 2.5 δισεκατομμύρια το 2060.

Όλα αυτά δημιουργούν το εύλογο ερώτημα: Πόσο θα κρατήσουν ακόμα τα αποθέματα αργού πετρελαίου ώστε να εξασφαλίζεται ενεργειακή επάρκεια;

Έχει αποδειχθεί ότι τα αποθέματα αργού πετρελαίου στον κόσμο είναι περίπου 1000 δισεκατομμύρια βαρέλια. Αυτό το νούμερο δίνει περίπου με τον τρέχοντα ρυθμό κατανάλωσης γύρω στα 45 χρόνια παραγωγής πετρελαίου. Επίσης μπορεί να αναφερθεί ότι τα αποθέματα πετρελαίου που δεν είναι ακόμη γνωστά μπορούν να δώσουν άλλα 300 δισεκατομμύρια βαρέλια δηλαδή περίπου άλλα 10-15 χρόνια επάρκεια σε πετρέλαιο. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα άγνωστα αποθέματα εντοπίζονται σε μικρές περιοχές με γεωλογική δομή περίπλοκη και σε πολύ μεγάλο βάθος, με αποτέλεσμα να γίνεται πολύ ακριβή η εξόρυξη τους.

Όλα αυτά συνηγορούν ότι τα αποθέματα πετρελαίου φτάνουν μέχρι τον άλλο αιώνα και μεταξύ του 2040 και 2060.

Είναι φανερό λοιπόν ότι το πετρέλαιο τελειώνει και το ενεργειακό πρόβλημα αναμένεται να πάρει ακόμη μεγαλύτερες διαστάσεις τις προσεχείς δεκαετίες.

Σ' όλα τα προηγούμενα μπορούν να προστεθούν και άλλα προβλήματα που παρουσιάζονται στις μέρες μας και αφορούν κατά κύριο λόγο το πετρέλαιο. Η φθίνουσα ποιότητα του διαθέσιμου αργού πετρελαίου και η επιτακτική ανάγκη για

αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποτελούν μερικά από αυτά. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα μέσα μεταφοράς είναι υπεύθυνα για το 20% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Στο σημείο αυτό έχει γίνει γνωστό ότι η IEA (International Energy Agency) έχει υπολογίσει για τις εκπομπές του CO<sub>2</sub>, ότι θα παρουσιάσει μέχρι το 2010 μια αύξηση της τάξεως του 30% έως 50% σε σύγκριση με τις εκπομπές τις δεκαετίας του 1990.

Η ενάσκηση αποτελεσματικών πολιτικών στον τομέα της ενέργειας για την αντιμετώπιση του προβλήματος που οφείλεται στη ζήτηση πετρελαίου, στηρίζεται πάνω σε τρία βασικά σημεία που είναι τα εξής :

- Η ορθολογικότερη χρήση (εξοικονόμηση) της ενέργειας.
- Η ανάπτυξη ανταγωνιστικών μεθόδων παραγωγής ενέργειας από εγχώριους πόρους
- Η υποκατάσταση του πετρελαίου ως πηγή ενέργειας, από άλλους ενεργειακούς πόρους.

Ειδικότερα για το τελευταίο, μια νέα προοπτική είναι η κάλυψη μέρους της ζήτησης για καύσιμο ντίζελ από ανανεώσιμα υποκατάστατα και έχει ήδη ξεκινήσει η εμπορική παραγωγή τους.

Γενικά η Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική έχει θέσει σαν στόχους την απεξάρτηση από τις μεγάλες εισαγωγές συμβατικών καυσίμων και οι οποίες φτάνουν το 76% των γενικών εισαγωγών, την αύξηση των αποθεμάτων ενέργειας και την υποστήριξη καθαρών και έξυπνων τεχνολογιών ειδικά για τον τομέα των μεταφορών. Αυτοί οι στόχοι μπορούν να γίνουν πραγματικότητα από την παραγωγή των βιοκαυσίμων σαν μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

### **3.2 Η Ποικιλία των Βιοκαυσίμων**

Το ενδιαφέρον για τα ανανεώσιμα υποκατάστατα του καυσίμου ντίζελ εστιάζεται κυρίως σε δύο κατηγορίες ενώσεων: στους μεθυλεστέρες των φυτικών ελαίων (γνωστούς και σαν βιοντίζελ) και στις αλκοόλες μεθανόλη και αιθανόλη.

Συγκεκριμένα η χρήση της μεθανόλης και της αιθανόλης καταλήγει σε χαμηλότερες εκπομπές NO<sub>x</sub> και σωματιδίων από τους κινητήρες ντίζελ. Η μεθανόλη και η αιθανόλη συγκρινόμενες με το συμβατικό καύσιμο ντίζελ παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα όπως είναι η χαμηλότερη θερμογόνος δύναμη καθώς επίσης και το υψηλό κόστος της μετατροπής που απαιτεί ο κινητήρας για την καύση τους.

Σημαντική είναι επίσης και ανάπτυξη του βιοντίζελ το οποίο μπορεί να αντικαταστήσει το πετρελαϊκό ντίζελ ή να χρησιμοποιηθεί με τη μορφή μίγματος ντίζελ - βιοντίζελ, με ενδιαφέροντα και στις δύο περιπτώσεις αποτελέσματα. Το

βιοντίζελ χρησιμοποιείται για την υποκατάσταση κυρίως του ντίζελ κίνησης, χωρίς αυτό όμως να αποκλείεται και η χρησιμοποίησή ως υποκατάστατο του ντίζελ θέρμανσης.

### **3.2.1 Πλεονεκτήματα από τη Χρήση Βιοντίζελ**

Η μεγάλη ανάπτυξη που παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια ο τομέας του βιοντίζελ καθώς και η ραγδαία εξέλιξη που αναμένεται να παρουσιάσει στο μέλλον, οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χρήση του. Τα πλεονεκτήματα αυτά μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

- Η αντικατάσταση του πετρελαϊκού ντίζελ με βιοντίζελ μειώνει σημαντικά συγκεκριμένες εκπομπές. Έτσι μειώνει σημαντικά τον εκπεμπόμενο καπνό καθώς επίσης και τους εκπεμπόμενους υδρογονάνθρακες. Η χρησιμοποίηση του βιοντίζελ μειώνει επίσης σε μεγάλο βαθμό και το μονοξείδιο του άνθρακα,
- Η χρησιμοποίηση του βιοντίζελ ανακυκλώνει το διοξείδιο του άνθρακα με αποτέλεσμα την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου οφείλεται στην καταστροφή της ισορροπίας του κύκλου άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Τα καύσιμα που προέρχονται από βιομάζα π.χ. το βιοντίζελ, δεν διακόπτουν τον κύκλο του αερίου στην ατμόσφαιρα, αφού το διοξείδιο του άνθρακα που ελευθερώνεται από την καύση τους απορροφάται από τα φυτά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Αντίθετα η κατανάλωση ορυκτής ενέργειας ελευθερώνει άμεσα διοξείδιο του άνθρακα που έχει συσσωρευτεί στο υπέδαφος πολύ αργά με τη μορφή ανθρακούχων ενώσεων, καταστρέφοντας έτσι το ισοζύγιο παραγωγής-απορρόφησης. Τα μέσα μεταφοράς, ως βασικοί χρήστες ορυκτής ενέργειας, συμμετέχουν καθοριστικά στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου, εκπέμποντας διοξείδιο του άνθρακα, όταν καίγεται πετρελαϊκό ντίζελ. Παράλληλα, τα φυτικά καύσιμα συνεισφέρουν στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και έμμεσα, λόγω της μείωσης της κατανάλωσης του πετρελαίου.

- Το μηδενικό περιεχόμενο του βιοντίζελ σε θείο έχει σαν αποτέλεσμα μηδενικές εκπομπές SO<sub>2</sub>. Αντιθέτως το θειάφι που περιέχεται στο πετρελαϊκό ντίζελ συνεισφέρει στην δημιουργία της "όξινης βροχής". Σημειώνεται ότι λόγω των ελάχιστων εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) και του μειωμένου καπνού οι καταλύτες δηλητηριάζονται δυσκολότερα και έτσι οι πόροι τους παραμένουν ανοιχτοί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα την παράταση της ζωής για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
- Το βιοντίζελ είναι βιοαποικοδομήσιμο. Έχει βρεθεί ότι το βιοντίζελ διασπάται τέσσερις φορές πιο γρήγορα από το πετρελαϊκό ντίζελ. Επίσης ο ρυθμός διάσπασης των μιγμάτων ντίζελ-βιοντίζελ είναι τριπλάσιος από αυτόν του πετρελαϊκού ντίζελ. Σε

μια έρευνα σε υδάτινο περιβάλλον που έχει γίνει στο πανεπιστήμιο του *Idaho* έχει βρεθεί ότι διάφορα προϊόντα βιοντίζελ ανοικοδομούνται κατά 85.5-88.5% δηλαδή με τον ίδιο ρυθμό όπως η ζάχαρη, ενώ το ντίζελ κατά 26.24%.

- Το βιοντίζελ είναι μη τοξικό κατά την επαφή του με το δέρμα ή την κατάποση του. Για αυτό το λόγο και σε συνδυασμό με το είναι βιοαποικοδομήσιμο χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα φιλικό όχι μόνο για τον άνθρωπο αλλά και για το περιβάλλον. Η χρησιμοποίησή του έτσι αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τα νησιά και γενικά για το θαλάσσιο χώρο όπου η χρήση βιοντίζελ από κινητήρες πλοιαρίων και λέμβων εκτός από τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων δεν έχει και τόσο αρνητικές επιπτώσεις στους θαλάσσιους οργανισμούς.

- Η χρήση βιοντίζελ ή μίγματος του έχει σαν αποτέλεσμα μια λιγότερο δυσάρεστη οσμή και αυτό είναι ένα σημαντικό προνόμιο ειδικά σε ένα κλειστό χώρο. Συγκεκριμένα έχει αναφερθεί ότι οι χρήστες του εξοπλισμού στα εργαστήρια όπου γίνονται πειράματα σχετικά με το βιοντίζελ συγκρίνουν την οσμή των καυσαερίων μ' αυτή που έχουν οι τηγανιτές πατάτες. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι οι χρήστες δεν έχουν ερεθισμό ματιών.

- Όταν χρησιμοποιούμε καθαρό βιοντίζελ σε διαδοχικούς πετρελαιοκινητήρες πρέπει να προσέξουμε κάποια στοιχεία τα οποία θα μας εξασφαλίσουν διαχρονικά την ομαλή λειτουργία του κινητήρα. Έτσι θα πρέπει μετά από ορισμένα γεμίσματα του ρεζερβουάρ με βιοντίζελ, τα οποία θα πραγματοποιηθούν αφού πρώτα έχουμε χρησιμοποιήσει πετρέλαιο κίνησης εμπορίου, να αλλάξουμε το φίλτρο καυσίμων. Επειδή το βιοντίζελ αντιδρά σαν ένα συνηθισμένο διαλυτικό μπορεί τα κατάλοιπα του πετρελαίου να μπλοκάρουν το φίλτρο καυσίμων. Μερικά λαστιχένια και πλαστικά προϊόντα δεν αντέχουν αν εκτεθούν μακροχρόνια και εντεταμένα στην επίδραση του βιοντίζελ. Μπορεί π.χ. να παρουσιαστεί το φαινόμενο να σπάσουν τα σωληνάκια των καυσίμων. Αυτό μπορούμε να το αποφύγουμε αν χρησιμοποιήσουμε σωληνάκια από φθοριούχο καουτσούκ το οποίο ήδη τοποθετείτε σε μια σειρά από αυτοκίνητα.

Πληροφορίες για το είδος των χρησιμοποιημένων υλικών μπορεί να δώσει ένα ειδικευμένο συνεργείο. Ένας συχνός έλεγχος στο σύστημα καύσης και η ανάλογη αλλαγή των ταλαιπωρημένων υλικών μπορεί να πραγματοποιηθεί γρήγορα και οικονομικά. Μια τελευταία συμβουλή η οποία αφορά το λάδι του κινητήρα. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να παρουσιαστεί το φαινόμενο της ανάμιξης του λαδιού του κινητήρα με τα καύσιμα. Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται μόνο όταν ο κινητήρας για μεγάλο χρονικό διάστημα οδηγείται με πολύ χαμηλές πιέσεις. Κατόπιν όλων αυτών για την αλλαγή λαδιών πρέπει να τηρούνται οι οδηγίες που ορίζει ο κατασκευαστής.

- Το βιοντίζελ έχει υψηλό σημείο ανάφλεξης (flash point), συμπεριφέρεται όπως το ντίζελ με αποτέλεσμα να μην απαιτούνται ιδιαίτερα μέτρα ασφαλείας κατά την

μεταφορά του. Επίσης σε καθαρή μορφή ή σε ανάμιξη μπορεί να αποθηκευτεί όπου και το πετρελαϊκό ντίζελ. Σε πιο μεγάλα επίπεδα ανάμιξης μπορεί να φθείρει υλικά όπως το καουτσούκ ή η πολυουρεθάνη.

- Το βιοντίζελ είναι ένα ανανεώσιμο εγχώριο καύσιμο που φτιάχνεται από ανανεώσιμα φυτικά λύπη και έλαια. Στα θετικά του βιοντίζελ μπορεί να συμπεριληφθεί και το γεγονός ότι έχει θετικό ισοζύγιο ενέργειας.

- Τα εκπεμπόμενα αιωρούμενα σωματίδια από την καύση του βιοντίζελ δεν είναι καρκινογόνο υλικό. Η χρησιμοποίηση του βιοντίζελ μειώνει την εκπομπή πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAH) καθώς και άλλων πρωτογενών ρύπων οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία του  $O_3$ .

- Το μηδενικό περιεχόμενο των φυτικών καυσίμων σε θείο, έχει σαν αποτέλεσμα μηδενικές εκπομπές  $SO_2$ . Το θειάφι που περιέχεται στο πετρέλαιο ντίζελ συνεισφέρει στην δημιουργία της «όξινης βροχής».

Ωστόσο, έχει επισημανθεί ο κίνδυνος ότι η εντατική καλλιέργεια μεγάλων εκτάσεων με απώτερο σκοπό την παραγωγή βιοντίζελ είναι δυνατό να οδηγήσει σε μόλυνση υδάτων και εδαφών, λόγω τις πιθανώς ευρείας κατανάλωσης αζωτούχων λιπασμάτων. Προς αποφυγή τέτοιων δυσάρεστων καταστάσεων γίνονται έρευνες προκειμένου να δημιουργηθούν ποικιλίες που να εξασφαλίζουν μεγάλη αποδοτικότητα και καλή ποιότητα του προϊόντος.

- Το βιοντίζελ εμφανίζει υψηλότερη λιπαντική ικανότητα από το πετρελαϊκό ντίζελ. Εξαιτίας της πολύ καλής λιπαντικής ικανότητας του βιοντίζελ, έχει μειωθεί αισθητά η φθορά των κινητήρων. Μια έρευνα που έκανε το υπουργείο ερευνών της Γερμανίας σε ένα χώρο δοκιμών της PORSCHE A.G και με έναν κινητήρα MERCEDES BENZ έδειξε ότι ο κινητήρας που χρησιμοποιούσε βιοντίζελ παρουσίασε μικρότερη φθορά κατά 60% σε αντίθεση με τους άλλους κινητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούσαν πετρέλαιο κίνησης εμπορίου.

### **3.2.2 Το Κόστος Παραγωγής**

Ένα κρίσιμο αντικείμενο συζήτησης που αφορά τη ανάπτυξη του βιοντίζελ είναι η επίδραση του στην οικονομία. Το κόστος παραγωγής του βιοντίζελ ανέρχεται στα 0.6 \$/lt. Η τιμή του αυτή εμφανίζεται να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή του πετρελαϊκού ντίζελ που ανέρχεται στα 0.2 \$/lt. χωρίς φόρους.

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, μακροπρόθεσμα, η τιμή του βιοντίζελ αναμένεται να διαμορφώνεται ανάλογα με το εκάστοτε λάδι που μπορεί να χρησιμοποιείται για την παραγωγή του. Επειδή το ελαιόλαδο είναι το πιο διαδεδομένο λάδι στην χώρα μας υπάρχει περίπτωση στο μέλλον να διαμορφώνει και την τιμή του βιοντίζελ.

Ωστόσο δεν μπορεί να βγει το συμπέρασμα ότι το βιοντίζελ είναι πιο ακριβό από το πετρελαϊκό ντίζελ, χωρίς να ληφθούν υπόψη εξωτερικοί παράγοντες, θετικοί ή αρνητικοί, που επιδρούν στο κόστος τους ή τη δυνατότητα μείωσης του κόστους αυτού.

Οι θετικοί εξωτερικοί παράγοντες για το βιοντίζελ, όπως η προσφορά νέων θέσεων εργασίας, το θετικό εμπορικό ισοζύγιο, ή συνεισφορά στην καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει υπολογιστεί στη Γαλλία ότι ισοσκελίζει 0.2 \$/ lt.

Γάλλοι ειδικοί εκτιμούν ότι σε μακροοικονομικό επίπεδο η διαφορά κόστους των βιοκαυσίμων σε σχέση με αυτήν των ορυκτών υγρών καυσίμων είναι δυνατόν να καλυφθεί μέσα σε μια δεκαετία.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές έρευνες καθώς και μηχανικές λύσεις για τη μείωση του κόστους του βιοντίζελ:

- Η καλλιέργειες θα βελτιώσουν την απόδοση ανά εκτάριο. Αυτός είναι μακροπρόθεσμος στόχος αλλά είναι πραγματική επένδυση για το μέλλον.
- Σχεδιασμός τεχνολογιών παραγωγής βιοντίζελ τέτοιων ώστε να μπορούν να διαχειριστούν ποικίλες πρώτες ύλες.
- Η μείωση της τιμής του βιοντίζελ μπορεί να επιτευχθεί με την μείωση της φορολογίας του συγκεκριμένου τομέα.

### **3.2.3 Η Φορολογία**

Το εμπόδιο του μεγάλου κόστους παραγωγής του βιοντίζελ θα μπορούσε να υπερπηδηθεί με την ελάττωση ή απαλλαγή από την φορολογία.

Το Φεβρουάριο του 1992 η Christiane Scrivener, μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πρότεινε μια οδηγία με την οποία καταργείται το 90% του φόρου καταναλώσεως των βιοκαυσίμων. Στην οδηγία αυτή αναφέρεται μεταξύ των άλλων ότι η φοροαπαλλαγή θα γίνεται μόνο στην περίπτωση που οι καλλιέργειες των πρώτων υλών είναι σε συμφωνία με τις κατευθύνσεις του αγροτικού κώδικα.

Στις 8 Φεβρουάριου του 1994 η οδηγία αυτή έγινε αποδεκτή αποτελώντας ένα σημαντικό βήμα για την διάδοση των βιοκαυσίμων.

Η πρόταση για φορολόγηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και της ενέργειας αποτελεί μια ακόμη βοήθεια για την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων.

### **3.2.4 Οικονομικές συνέπειες της παραγωγής**

Τα οικονομικά πλεονεκτήματα της παραγωγής του βιοντίζελ μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Νέοι δρόμοι και αγορές για τη γεωργία,

- Εξασφαλίζονται νέες θέσεις εργασίας στον τομέα της γεωργίας. Συγκεκριμένα στη Γερμανία το 1995 δημιουργήθηκαν 5000 νέες θέσεις εργασίας για την παραγωγή βιοντίζελ από σπόρους κράμβης.
- Επιπρόσθετα η μακροοικονομική ζήτηση μπορεί να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας.
- Μικρότερη κατανάλωση περιβαλλοντολογικών πηγών ενέργειας σε σύγκριση με το φυσικό ντίζελ, με αποτέλεσμα να απαιτείται χαμηλότερο κόστος για την προστασία του περιβάλλοντος.
- Μείωση των εισαγωγών του πετρελαϊκού ντίζελ.
- Μικρότερες εισαγωγές στα υπολείμματα των σπόρων λαδιού που χρησιμοποιούνται για ζωοτροφές και στη γλυκερίνη γιατί αυτά αποτελούν τα παραπροϊόντα της παραγωγής του βιοντίζελ.

### 3.2.5 Η Γεωργία

Η παραγωγή του βιοντίζελ και ο τομέας της γεωργίας είναι δύο περιοχές τις οικονομίας άμεσα συνδεδεμένες μεταξύ τους.

Πρώτα απ' όλα η επέκταση της χρησιμοποίησης του βιοντίζελ αναμένεται να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας στις αγροτικές περιοχές. Συγκεκριμένα το 1973 στην Ευρωπαϊκή Ένωση 11,3% των εργαζομένων απασχολούνταν στη γεωργία. Το ποσοστό αυτό το 1992 είχε πέσει στο 5,7%. Κατά την διάρκεια της περιόδου αυτής το συνολικό εισόδημα που προέρχονταν από το τομέα αυτό είχε μια πτώση 2,4% ετησίως και ενώ η αγοραστική δύναμη παρουσίαζε μια αύξηση της τάξεως του 0,8% ανά άτομο. Όλα τα παραπάνω φανερώνουν, όπως περιγράφηκε το 1995 και στην αναφορά της Επιτροπής, ότι η γεωργία η οποία είναι η κύρια απασχόληση στις αγροτικές περιοχές περνάει μια σημαντική κρίση.

Έχει υπολογιστεί ότι η παραγωγή 1000 λίτρων βιοντίζελ αναμένεται να εξασφαλίσει 18 νέες θέσεις απασχόλησης πράγμα το οποίο αποτελεί μια σημαντική ανάσα για τη γεωργία.

Το 1992 στην Ευρωπαϊκή κοινότητα θεσπίστηκε μια ρύθμιση με την οποία αποφασίστηκε η κοινή αγροτική Ευρωπαϊκή πολιτική. Στην παράγραφο 7.4 ορίστηκε ότι στις προς αγρανάπαυση μη καλλιεργούμενες εκτάσεις μπορούν να καλλιεργηθούν φυτά που δεν προορίζονται για τροφή των ανθρώπων ή των ζώων. Με την διάταξη αυτή ευνοείται η προοπτική για την καλλιέργεια εκτάσεων με απώτερο σκοπό τη παραγωγή βιοντίζελ.

Σχετικά πρόσφατα η μείωση της παραγωγής των δημητριακών καθώς επίσης και η αύξηση της ζήτησης των αγροτικών προϊόντων από χώρες όπως η Κίνα έφεραν σημαντικές αλλαγές στη διεθνή αγορά. Έτσι τα αποθέματα μειώθηκαν, οι τιμές



εκτοξεύτηκαν στα ύψη και η Ευρωπαϊκή Ένωση αποφάσισε να μειώσει το ποσοστό των ακαλλιέργητων εκτάσεων από 15% σε 5%. Σύμφωνα με το νέο αυτό πλαίσιο των εξελίξεων δημιουργείται το εξής ερώτημα: Οι αγροτικές περιοχές φτάνουν για την καλλιέργεια τόσο των ειδών διατροφής όσο και των φυτικών πρώτων υλών για την παρασκευή του βιοντίζελ.

Η απάντηση έρχεται μέσα από τα στατιστικά στοιχεία που παραδίδονται παρακάτω: Υπολογίζεται ότι μέχρι το 2005 οι εισαγωγές σιτηρών στη Κίνα και στην Νοτιοανατολική Ασία θα αυξηθούν κατά 1,8 εκατομμύρια τόνους. Ωστόσο και παρόλη την τάση για αύξηση των αγροτικών προϊόντων κανείς δεν μπορεί να παραβλέψει τόσο την ενδεχόμενη αύξηση της παραγωγής όσο και της βελτίωσης των τεχνικών τους.

Στον παρακάτω **Πίνακα** παρουσιάζεται η επίδραση της αύξησης στον παγκόσμιο μέσο όρο της σοδειάς του σιταριού σε συνδυασμό με τις αυξήσεις στις φυτείες στα εξαγωγικά κράτη (Αμερική, Ευρωπαϊκή Ένωση, Καναδάς, Αυστραλία, Αργεντινή).

#### **Αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής του σιταριού**

	1994	2004
Περιοχή (m/ha)	214.7	250
Σοδειά (t/ha)	2.43	2.84
Παραγωγή (ml)	522	690
Κατανάλωση (mt)	550	820

Αυτοί οι αριθμοί δείχνουν ότι παρόλη την αύξηση των απαιτήσεων σε δημητριακά στην Ασία, η γεωργία θα είναι σε θέση να διασφαλίσει την παροχή τόσο την αγορά των τροφίμων όσο και την παρασκευή του βιοντίζελ.

### **3.2.6 Θέματα που Χρειάζονται Λύση**

- Έχει παρατηρηθεί αύξηση στα επίπεδα των NOx στις εκπομπές του βιοντίζελ.
- Οι εκπεμπόμενες αλδεύδες δείχνουν μείωση σε μερικά τεστ.
- Ορισμένοι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες όπως το βενζοπυρένιο αυξάνονται.
- Τα πλεονεκτήματα του βιοντίζελ όταν αυτό χρησιμοποιείται σε ανάμιξη με πετρελαϊκό ντίζελ είναι λιγότερα από όταν χρησιμοποιείται σε καθαρή μορφή.

### **3.3 Φυσικό Αέριο. Πλεονεκτήματα, Σύγκριση με Υγρά Καύσιμα**

Πλεονεκτήματα του Φυσικού Αερίου στις βιομηχανικές θερμικές χρήσεις

Σε όλες σχεδόν τις θερμικές χρήσεις που προαναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, το Φυσικό αέριο μπορεί να υποκαταστήσει άλλα καύσιμα (κυρίως υγρά), προσφέροντας όλα αυτά τα πλεονεκτήματα που το έχουν αναγάγει σε βασικό βιομηχανικό καύσιμο σε ολόκληρο σχεδόν τον κόσμο. Τα πλεονεκτήματα του Φυσικού Αερίου σε σχέση με τα άλλα καύσιμα, είναι τα παρακάτω:

#### **Συνεχής παροχή καυσίμου:**

Η σύνδεση των βιομηχανιών με το δίκτυο Φυσικού Αερίου εξασφαλίζει τον απρόσκοπτο ενεργειακό εφοδιασμό τους και τις αποδεσμεύει από την ανάγκη διατήρησης αποθέματος και αποθηκευτικών χώρων, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση του κεφαλαίου που δεσμεύεται στο αποθηκευμένο καύσιμο.

#### **Μειωμένες εκπομπές ρύπων:**

Το Φυσικό Αέριο θεωρείται κατ' εξοχήν φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια, καθώς συμβάλλει θετικά τόσο στη μείωση των εκπεμπόμενων στην ατμόσφαιρα ρύπων όσο και στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Στον **Πίνακα** που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία των εκπομπών των αιωρούμενων σωματιδίων, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα και οι υδρογονάνθρακες. Οι μετρήσεις αυτές έχουν γίνει με καύσιμο τον άνθρακα, μαζούτ, ντίζελ, φυσικό αέριο.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ
Άνθρακας	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φυσικό Αέριο	4	100	0,3	7	1

Το πλεονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου σε σχέση με τα υπόλοιπα καύσιμα είναι σημαντικό, ιδιαίτερα όσον αφορά τα σωματίδια και τις εκπομπές του διοξειδίου του θείου.

Στους επόμενους **Πίνακες** παρατίθενται τα στοιχεία των εκπομπών των οξειδίων του θείου και αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα και ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων

σε τέσσερις μεγάλες πόλεις της χώρας, πριν και μετά την εισαγωγή του φυσικού αερίου.

#### ΠΡΙΝ

ΠΕΡΙΟΧΗ	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	CO <sub>2</sub>
Αττική	9.978	5.196	1.703	2.878.739
Θεσσαλονίκη	10.699	2.554	891	1.245.723
Λάρισα	3.993	778	294	278.100
Βόλος	3.728	721	275	250.362

#### ΜΕΤΑ

ΠΕΡΙΟΧΗ	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	CO <sub>2</sub>
Αττική	10,6	1.924	16,49	1.930.400
Θεσσαλονίκη	4,46	838	6,9	812.630
Λάρισα	1,04	210	1,62	188.700
Βόλος	0,92	188	1,43	168.060

Είναι φανερή από την παράθεση των στοιχείων η σημαντική μείωση των ρύπων και των αιωρούμενων σωματιδίων και στις τέσσερις πόλεις.

#### **Μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης:**

Η χρήση Φυσικού Αερίου ελαχιστοποιεί τα λειτουργικά έξοδα που σχετίζονται με τη διαχείριση των υγρών καυσίμων (κυρίως μαζούτ). Τέτοια θεωρούνται τα έξοδα για:

##### *Προθέρμανση*

Για την καύση του μαζούτ, απαιτούνται τρία επίπεδα προθέρμανσης:

Στη δεξαμενή αποθήκευσης, σε θερμοκρασία 30°C περίπου.

Πριν από την άντληση, σε θερμοκρασία 60°C-70°C.

Πριν από την καύση, σε θερμοκρασία 130°C.

Η προθέρμανση πραγματοποιείται είτε με ατμό χρήσης είτε με ηλεκτρικές αντιστάσεις

##### *Άντληση και διασκορπισμό (εκνέφωση)*

Για να γίνει αποδοτικά η καύση των υγρών καυσίμων, απαιτείται ο διασκορπισμός τους (εκνέφωση). Ειδικά για το μαζούτ, ο διασκορπισμός είναι μηχανικός και υποβοηθείται από συμπιεσμένο αέρα ή ατμό. Τυπική κατανάλωση ατμού για εκνέφωση είναι 80-150 kg ατμού ανά τόνο μαζούτ.

##### *Συντήρηση των εγκαταστάσεων*

Κατά την καύση του μαζούτ, δημιουργούνται αποθέσεις από κάπνα και ενώσεις του θείου (scaling), γεγονός που επιβαρύνει τη συντήρηση των εγκαταστάσεων (καθαρισμός καυστήρα, επιφανειών εναλλαγής θερμότητας, καπνοδόχου κ.λ.π.).

### **Αυξημένη ενεργειακή απόδοση:**

Η χρησιμοποίηση του Φυσικού Αερίου έχει αποδειχθεί ότι συνεισφέρει, σε μικρό ή μεγαλύτερο ποσοστό, στην εξοικονόμηση ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα, διότι:

Οι επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας είναι καθαρότερες απ' ότι κατά τη χρήση πετρελαίου, λόγω της έλλειψης αποθέσεων από τέφρα, κάπνα και θείο και συνεπώς, η μεταφορά θερμότητας στις επιφάνειες εναλλαγής είναι μεγαλύτερη.

Η περίσσεια αέρος κατά την καύση αερίου (10-15%) είναι μεγαλύτερη απ' ότι κατά την καύση πετρελαίου (20-30%), γεγονός που μειώνει τις απώλειες θερμότητας στην καμινάδα.

Η έλλειψη εκπομπών οξειδίων του θείου επιτρέπει τη χρήση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας, χωρίς κινδύνους διαβρώσεων από τη δημιουργία οξέων.

Το όφελος από την αυξημένη ενεργειακή απόδοση εξαρτάται από το είδος της βιομηχανίας και είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις βιομηχανίες, στις οποίες το κόστος των καυσίμων αποτελεί μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους παραγωγής. Τέτοιες είναι οι βιομηχανίες οικοδομικών υλικών, μετάλλων, χαρτιού ζάχαρης, βαφής υφασμάτων.

Σε περιπτώσεις λεβήτων, αρχικά σχεδιασμένων για λειτουργία με μαζούτ, η μετατροπή για λειτουργία με φυσικό Αέριο μπορεί να μειώσει αρχικά τον βαθμό απόδοσης σε σχέση με τον μέγιστο βαθμό απόδοσης που μπορεί να επιτευχθεί με το μαζούτ και καταγράφεται αμέσως μετά τη συντήρηση του λέβητα.

Στην περίπτωση αυτή, λόγω των επικαθίσεων στις επιφάνειες εναλλαγής από την καύση του μαζούτ, υπάρχει σταδιακή μείωση του βαθμού απόδοσης. Έτσι, ο μέσος βαθμός απόδοσης στο διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών συντηρήσεων είναι υψηλότερος για το Φυσικό Αέριο.

### **Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου:**

Το Φυσικό Αέριο προσφέρει δυνατότητες καλύτερου χειρισμού και ελέγχου των συνθηκών θέρμανσης. Λόγω της φύσης του καυσίμου, υπάρχει πλήρης αναμιξιμότητα με τον αέρα καύσης, ομοιομορφία της θέρμανσης και σταθερότητα των απαιτούμενων ρυθμίσεων. Επίσης μεγαλύτερη δυνατότητα αυτοματοποίησης και προσαρμογής στις απαιτούμενες συνθήκες. Πέραν των γενικών πλεονεκτημάτων που προσφέρει το Φυσικό Αέριο, υπάρχουν και ειδικότερα πλεονεκτήματα που συνδέονται με τις επιμέρους χρήσεις του.

### **Ατμοπαραγωγή-αποκέντρωση θερμικών χρήσεων**

Η κεντρική ατμοπαραγωγή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στον βιομηχανικό χώρο, επειδή προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στον χρήστη: ποικιλία χρησιμοποιούμενων

καυσίμων, ευκολία και οικονομία στην εγκατάσταση συστημάτων έμμεσης θέρμανσης, μεγάλο εύρος επιτυγχανομένων θερμοκρασιών, σταθερότητα συνθηκών θέρμανσης, αξιοπιστία, μεγάλη διάρκεια ζωής.

Υπάρχει όμως ένα μεγάλο μειονέκτημα: ο χαμηλός συνολικός βαθμός απόδοσης, ο οποίος επηρεάζεται από τους βαθμούς απόδοσης της κεντρικής αμοπαραγωγής, της διανομής ατμού και της τελικής χρησιμοποίησής του. Έτσι, ενώ η απόδοση των λεβήτων φθάνει σε ποσοστά που κυμαίνονται από 70-90%, ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος εμφανίζεται να είναι κατά 40-50% και συχνά ακόμα μικρότερος. Ένα άλλο πρόβλημα επίσης είναι το υψηλό κόστος συντήρησης του δικτύου ατμού.

Το Φυσικό Αέριο λόγω της ευκολίας της διανομής του, των καθαρών του απαερίων και της ευχέρειας του χειρισμού του, μπορεί να βελτιώσει ουσιαστικά την παραπάνω εικόνα.

Η εναλλακτική λύση είναι η αντικατάσταση του ατμού θέρμανσης με άλλα συστήματα άμεσης καύσης Φυσικού Αερίου, όπου αυτό είναι δυνατό.

Στον παρακάτω **Πίνακα** γίνεται μια συνολική σύγκριση της χρησιμοποίησης μαζούτ και Φυσικού Αερίου σε αμοπαραγωγικές μονάδες.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΜΑΖΟΥΤ
<b>1) Απόδοση των λεβήτων (μέση ετήσια)</b>		
Αποθέσεις στις επιφάνειες εναλλαγής	***	
Ελάχιστη περίσσεια αέρα	**	
Ρυθμιζόμενο φορτίο	*	
Άκαυστα στερεά	***	
Διαφορετική θερμική εναλλαγή(ακτινοβολία)		*
	Συνολικά 2-3%	
<b>2) Διαχείριση του καυσίμου</b>		
Διατήρηση αποθέματος στην κατάλληλη θερμοκρασία	*	
Αναθέρμανση συμπληρωματική του καυσίμου	*	
Ατμός διασκορπισμού του καυσίμου	*	
Πρόσθετα για αποθήκευση και καύση	**	
Κατανάλωση ντίζελ για έναρξη και διακοπή λειτουργίας	*	
Κατανάλωση ηλεκτρισμού για αντλίες καυσίμου και μηχανικό διασκορπισμό	*	
	Συνολικά 2-3%	
<b>3) Ανάκτηση θερμότητας</b>		
Αισθητή θερμότητα (1 μονάδα βελτίωσης της απόδοσης για μείωση κατά 20°C της θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων)	2% έως 4%	
Συμπύκνωση (αν υπάρχουν ανάγκες ζεστού νερού)	6% έως 8%	
	Συνολικά 8-12%	
<b>4) Αυτοματοποίηση (καύσιμο, αέρας)</b>		
(ιδανική επένδυση)	Τ επιστροφή < 2 έτη	
<b>5) Αποκέντρωση θερμικών χρήσεων</b>		
Αντικατάσταση κεντρικής ατμοπαραγωγής με μικρότερες ατμογεννήτριες, τοποθετημένες σε στρατηγικά σημεία	***	
<b>6) Άλλα κριτήρια</b>		
Ρύπανση περιβάλλοντος	***	
Διάβρωση (υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες)	***	
Σταθερότητα ρυθμίσεων καύσης	*	
Ευκολία εγκατάστασης εξοπλισμού	*	
<b>7) Συντήρηση</b>		
Καθαρισμός λέβητα, φίλτρων, αντλιών, κεφαλής καύσης, συστημάτων διασκορπισμού	**	
Καθαρισμός αυλών και καπνοδόχου	*	

\*\* : Μεγάλη καταλληλότητα

\* : Μικρή καταλληλότητα

## 4. Κοινωνικοοικονομικό Πλαίσιο.

Το 1896, ο Svante Arrhenius, διάσημος χημικός που τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ, είχε προβλέψει ότι η χρήση των ορυκτών καυσίμων θα προκαλούσε αύξηση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και θα οδηγούσε στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Το πρόσφατο συμπέρασμα των εθνικών επιστημονικών ενώσεων από όλο τον κόσμο επιβεβαιώνει την πρόβλεψη του Arrhenius. Δείχνει, επίσης, ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα διαταράσσουν την ευαίσθητη ισορροπία παραγόντων – όπως η θερμοκρασία των θαλάσσιων υδάτων, η αλμυρότητά τους, τα ρεύματα, τους πάγους και την ηλιακή ακτινοβολία – η οποία διατήρησε για πάνω από 8.000 χρόνια ένα σταθερό, ήπιο κλίμα, τη στιγμή που οι άνθρωποι πέτυχαν τον εκπληκτικό εκείνο μετασχηματισμό που ονομάζουμε σύγχρονο πολιτισμό. Παρά το γεγονός ότι το κλίμα άλλαζε συνεχώς και κατά το παρελθόν, οι σημερινοί ρυθμοί των αλλαγών είναι απaráμιλλοι. Έτσι, η προσαρμογή μας σε αυτούς καθίσταται δύσκολη και δαπανηρή. Δεν είναι εύκολο να προβλεφθεί τι θα συμβεί σε συγκεκριμένα μέρη του κόσμου. Τα ενδεχόμενα είναι πολλά, από ανεμοστρόβιλους, παγετώνες, καταιγίδες και πλημμύρες μέχρι αύξηση της στάθμης των θαλασσών και νέες παθογένειες.

Οι επιστημονικές ενώσεις συμβουλεύουν, πως όσο πιο πολύ αναβάλλουμε την επίλυση του εν λόγω προβλήματος, τόσο πιο δύσκολη θα γίνει αυτή. Εξάλλου, έρευνες έχουν δείξει ότι μία άμεση αντιμετώπισή του είναι και περισσότερο οικονομική. Σύμφωνα με τις καλύτερες – και μάλλον συντηρητικές – εκτιμήσεις, οι πιο ακραίες κλιματολογικές συνέπειες πιθανόν να αποφευχθούν, αν μέχρι το 2050 καταφέρουμε να περιορίσουμε την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα στο διπλάσιο του προβιομηχανικού επιπέδου.

Βρισκόμαστε ενώπιον μίας πολύ «εύθραυστης» κατάστασης. Οι υποδομές όλου του πλανήτη κοστίζουν εκατοντάδες τρισεκατομμύρια δολάρια, ενώ η παγκόσμια οικονομία βασίζεται στα φθηνά ορυκτά καύσιμα. Η πρόκληση για εμάς είναι να πετύχουμε την μετάβαση σε μια οικονομία «χαμηλού άνθρακα», αρκετά σύντομα ώστε να περιορίσουμε τις κλιματολογικές αλλαγές και σταδιακά ώστε να καταστεί οικονομικά προσιτή η ανανέωση των υποδομών (οχήματα, σταθμοί ενέργειας κ.τ.λ.). Η πλειοψηφία των σημερινών υποδομών ανανεώνεται κάθε 40-50 χρόνια περίπου. Έτσι, αν ξεκινήσουμε τώρα, έχουμε πολλές ελπίδες να τα καταφέρουμε. Ούτως ή άλλως, θα πρέπει να αναζητήσουμε εναλλακτικές πηγές ενέργειας κατά το δεύτερο ήμισυ του αιώνα, καθώς τα αποθέματα πετρελαίου έχουν αρχίσει και μειώνονται. Οι κλιματολογικές αλλαγές απλά μας πιέζουν να το κάνουμε αυτό νωρίτερα. Μία επιλογή παραμένει η πυρηνική ενέργεια, που έχει καταστεί σήμερα πιο

αποτελεσματική, ασφαλέστερη και παράγει λιγότερα απόβλητα. Η πυρηνική σύντηξη πιθανόν να προσφέρει μία λύση στο πρόβλημα των κλιματολογικών αλλαγών, αλλά δεν μπορεί να εφαρμοστεί πριν από τα μέσα του αιώνα. Από την άλλη, σε μία εποχή τρομοαπειλών είναι περισσότερο μία διακύβευση της ασφάλειας, παρά η επίτευξή της.

Η κάθε χώρα αναμένεται να επιλέξει και κάτι διαφορετικό από το ενεργειακό αυτό μενού. Όλες τους, ωστόσο, θα εξακολουθήσουν να εξαρτώνται από τα ορυκτά καύσιμα για τις επόμενες δεκαετίες. Τι θα γίνει όμως με τις εκπομπές αερίων; Αυτές μπορούν να μειωθούν με τρεις τρόπους: βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της καύσης, αλλάζοντας το μείγμα των ορυκτών καυσίμων προς όφελος του φυσικού αερίου (το ορυκτό καύσιμο με τις μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του θείου) αλλά και του κάρβουνου, το πλέον ρυπογόνο από πλευράς εκπομπών, και με την απάλειψη του διοξειδίου του άνθρακα με την αποθήκευσή του κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Η τελευταία αυτή τεχνολογία, η δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα, είναι υψίστης σημασίας. Ο άνθρακας αποτελεί το φθηνότερο και πιο ευπρόσιτο καύσιμο, που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι αναπτυσσόμενες χώρες για να καλύψουν τις τεράστιες ανάγκες τους σε ενέργεια. Ακατάσχετες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από αυτές τις χώρες θα μπορούσαν να αντισταθμίσουν τις μειώσεις που επιχειρούν οι χώρες της δύσης.

Ο ομάδα των οκτώ πιο πλούσιων κρατών του κόσμου (G8) οφείλει να αναγνωρίσει την πραγματικότητα των κλιματολογικών αλλαγών που συντελούνται αλλά και την ανάγκη άμεσης δράσης για την αντιμετώπισή τους. Πρέπει, επίσης, να αναγνωρίσουν το γεγονός, ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες δεν θα καταφέρουν ποτέ να περιορίσουν τις εκπομπές αερίων, αν τα αναπτυσσόμενα κράτη δεν τους παράσχουν την απαραίτητη τεχνική και οικονομική βοήθεια. Από την άλλη πλευρά, οι αναπτυσσόμενες χώρες πρέπει να καταλάβουν πως μία τέτοια συνεργασία θα είναι και προς δικό τους όφελος, καθώς θα είναι ανίκανες να αντιμετωπίσουν τυχόν ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι επιχειρήσεις, τέλος, θα πρέπει να το δουν σαν μία ευκαιρία και όχι σαν απειλή.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, βγαίνει το συμπέρασμα ότι 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, η επιτακτική ανάγκη να αντιμετωπισθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση, η πίεση να δημιουργηθούν νέες αγορές εργασίας και να απορροφηθεί η αγροτική υπερπαραγωγή, η δυνατότητα να αξιοποιηθούν οι μη καλλιεργούμενες αγροτικές εκτάσεις (set-aside land), έστρεψαν το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας προς την ανάπτυξη και εκμετάλλευση των παραπάνω μορφών ενέργειας. Κατεύθυνση που ενισχύεται με την Οδηγία 2003/30 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία λέει στα κράτη-μέλη της ότι απ' εδώ και στο εξής θα πρέπει να δοθεί ένα τέλος στην



αλόγιστη κατανάλωση βενζίνης και ντίζελ. 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, το υδρογόνο.

Μελετώντας την ενεργειακή αξιοποίηση για παράδειγμα των παραγώγων των φυτικών ελαίων από κοινωνικοοικονομική σκοπιά γίνεται σαφές ότι η ευρύτατη αποδοχή τους σαν εναλλακτικά καύσιμα ντίζελ δίνει ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα της υπερπαραγωγής φυτικών ελαίων που παρατηρείται εντονότατα και σε χώρες της Ε.Ε., ενώ παράλληλα συντελεί στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Πρόσφατα στοιχεία αναφέρουν ότι για την παραγωγή 500.000 τόνων εστέρων απαιτούνται 6.000 θέσεις εργασίας. Επίσης μπορεί να συμβάλλει και στην αποκέντρωση αφού η καλλιέργεια των ανεκμετάλλευστων αγροτικών εκτάσεων μπορεί να συμβάλλει και στην συγκράτηση αγροτικών πληθυσμών στην ύπαιθρο.

Η αποτελεσματική και αποδοτική εκμετάλλευση των παραγώγων των φυτικών ελαίων όσον αφορά την ελληνική πραγματικότητα προϋποθέτει την επίτευξη ορισμένων παραμέτρων:

- Οργάνωση και διαχείριση των προϊόντων των αγρών και περαιτέρω αξιοποίησή τους για την παραγωγή ενέργειας.
- Εκπαίδευση των καλλιεργητών για την εναλλακτική αξιοποίηση των προϊόντων της γης.
- Οργάνωση δικτύου συλλογή, αποθήκευσης και προώθησης στο χώρο τελικής επεξεργασίας τους.
- Θέσπιση νομικού πλαισίου και κανονισμών για την παραγωγή και χρήση της βιομάζας.
- Παροχή κινήτρων-διευκολύνσεων από την πλευρά της πολιτείας προς τους καλλιεργητές και τους χρήστες.
- Καμπάνια πληροφόρησης του κοινού αναφορικά με τα πλεονεκτήματα χρήσης.

Το ίδιο ισχύει και με όλες τις νέες και εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι υπάρχουν ικανές εναλλακτικές μορφές ενέργειας (είτε υγρές, είτε αέριες) ικανές να αντικαταστήσουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την εξάρτηση του πλανήτη από το πετρέλαιο, με ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά το βαθμό απόδοσής τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ø Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος – Λαρούς - Μπριτάνικα, 49<sup>ος</sup> τόμος, Εκδόσεις Πάπυρος, Αθήνα, 1996, λήμμα «Πετρέλαιο».
- Ø Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος - Λαρούς- Μπριτάνικα, 13<sup>ος</sup> τόμος, Εκδόσεις Πάπυρος, Αθήνα, 1996, λήμμα «Βενζίνη».
- Ø Θεοφίλου Ν., Καζάζης Φ., Κουκούδης Ν., Μανωλαράκης Π., Μπονάτσος Θ., Παπανικολάου Χ., Φωτεινόπουλος Χ., *Γενικά περί Διυλιστηρίων και Σύντομη Περιγραφή Εγκαταστάσεων*, Εκδόσεις Μότορ Όιλ Ελλάς, Διυλιστήρια Κορίνθου Α.Ε., 1986.
- Ø Παπαευαγγέλου Ι., *Καύσιμα και Λιπαντικά*, Εκδόσεις Ευγενιδείου Ιδρύματος, Αθήνα, 1995.
- Ø Κρεμαλή Γ., *Καύσιμα και Ατμοσφαιρική Ρύπανση στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας – Παρούσα Κατάσταση και Προοπτικές*, Πρακτικά Συνεδρίου «Ολοκληρωμένα Διυλιστήρια – Νέα Προϊόντα Καυσίμων και Περιβάλλον, ΤΕΕ, Αθήνα, 1986.
- Ø Λυγερού Α., *Πετρέλαιο – Παραγωγή, Διύλιση Προϊόντα*, Πρακτικά Σεμιναρίου «Η Καύση σε Ατμοπαράγωγα: Σωστή Λειτουργία – Επιπτώσεις στο Περιβάλλον», ΤΕΕ, Αθήνα 1984.
- Ø Οικονομόπουλου Ν., *Αι Καύσιμοι Ύλαιοι και η Καύσις Αυτών*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1956.
- Ø Ριζάκου Α., *Προδιαγραφές Καυσίμων – Παρόν και Μέλλον*, ΤΕΕ, Αθήνα, 1986
- Ø Στούρνα Σ., Λόη Ε., Ζαννίκου Φ., *Τεχνολογία Καυσίμων και Λιπαντικών*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1997.
- Ø Τζούρου Α., *Τα Προϊόντα Πετρελαίου και η Σημασία των Προδιαγραφών τους*, Πρακτικά Σεμιναρίου «Η Καύση σε Ατμοπαράγωγα: Σωστή Λειτουργία – Επιπτώσεις στο Περιβάλλον», ΤΕΕ, Αθήνα, 1984.
- Ø Τομαζινάκη Χ., Δερμιτζάκη Ι., *Η Προστασία του Περιβάλλοντος σε Σχέση με το Είδος και την Ποιότητα των Καυσίμων – Οι Επιλογές και οι Προτάσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ*, Πρακτικά Συνεδρίου «Ολοκληρωμένα Διυλιστήρια – Νέα Προϊόντα Καυσίμων και Περιβάλλον, ΤΕΕ, Αθήνα, 1986.
- Ø Βάμβουκα Δ., *Ενεργειακή Αξιοποίηση βιομάζας*,  
<http://www.cres.gr/kape/publications>
- Ø Βουρδούμπας Ι., *Σημερινές εφαρμογές της βιομάζας για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Προοπτικές για το μέλλον*,  
<http://www.cres.gr/kape/publications>