

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πειραματική διερεύνηση χαρακτηριστικών
υγρών καυσίμων



ΚΑΡΝΑΡΟΥ ΙΟΥΛΙΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΓΙΑΝΝΑΔΑΚΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η πειραματική διερεύνηση των χαρακτηριστικών υγρών καυσίμων (και συγκεκριμένα της βενζίνης), διαφορετικών εταιρειών εμπορίας πετρελαιοειδών για διάφορες ποιότητες υγρών καυσίμων.

Τα πειράματα διεξήχθησαν στο πανεπιστήμιο Πατρών, στο τμήμα έρευνας του πανεπιστημίου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον υπεύθυνο του εργαστηρίου Βούρο Ανδρέα, για την παραχώρηση του χώρου και όλου του εργαστηριακού υλικού που μου διέθεσε απλόχερα, για την πραγματοποίηση των πειραματικών δοκιμών.

Σεβασμό και ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επόπτη καθηγητή μου Γιανναδάκη Αθανάσιο, ο οποίος βοήθησε πάρα πολύ στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Καθώς και για όλες τις συμβουλές, υποδείξεις, επιστημονικό υλικό και τον χρόνο που αφιέρωσε για την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Καρνάρου Ιουλία
Σεπτέμβριος, 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά την πειραματική διερεύνηση των χαρακτηριστικών υγρών καυσίμων διαφορετικών εταιρειών εμπορίας πετρελαιοειδών για διάφορες ποιότητες υγρών καυσίμων (95 & 100 οκτανίων).

Στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα υγρά καύσιμα, τον τρόπο και την προέλευση παραγωγής τους, και πιο συγκεκριμένα για το υγρό καύσιμο του πειράματός μου, το οποίο είναι η βενζίνη. Καθώς και τα χαρακτηριστικά, οι απαιτήσεις και τα οικονομικά στοιχεία του συγκεκριμένου υγρού καυσίμου.

Το 2^ο κεφάλαιο αναφέρεται στα χαρακτηριστικά μεγέθη των υγρών καυσίμων. Όπως είναι η πυκνότητα, η ειδική θερμοχωρητικότητα, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, ο συντελεστής διαστολής και η θερμογόνος δύναμη (στην οποία δίνεται και το μεγαλύτερο βάρος).

Στο 3^ο κεφάλαιο αναλύεται η πειραματική συσκευή, η διάταξη αυτής, καθώς και ο τρόπος χρήσης της. Αναφέρεται αναλυτικά η πειραματική διαδικασία και όλα τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των πειραματικών δοκιμών.

Και τέλος, στο 4^ο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα των πειραμάτων, τα σφάλματα που μπορεί να υπήρχαν, καθώς και τα συμπεράσματα και οι σχολιασμοί που ειπώθηκαν από τα αποτελέσματα που συλλέχτηκαν από αυτές τις πειραματικές δοκιμές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	3
1.1 Γενικά για τα καύσιμα.....	3
1.2 Αγρό πετρέλαιο	5
1.3. Βενζίνη	8
1.3.1 Ιστορικά στοιχεία	8
1.3.1 Γενικά για τις βενζίνες	9
1.3.3 Χαρακτηριστικά – Προδιαγραφές βενζινών	14
1.3.3.1 Αριθμός οκτανίου και βαθμός αντικροτικής ικανότητας.....	14
1.3.3.2 Πτητικότητα	16
1.3.3.3 Χαρακτηριστικά καύσης	18
1.3.3.4 Περιεκτικότητα.....	18
1.3.3.5 Μόλυνση της βενζίνης	19
1.4 Παραγωγή βενζίνης	20
1.5 Οικονομικά στοιχεία	22
1.6. Γενικά για τα πρόσθετα	25
1.6.1 Γενικές Απαιτήσεις και Μέθοδοι Δοκιμών.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	27
2.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη υγρών καυσίμων.....	27
2.1.1 Πυκνότητα	27
2.1.2 Ειδική θερμοχωρητικότητα.....	28
2.1.3 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.....	28
2.1.4 Συντελεστής διαστολής.....	28
2.1.5 Θερμογόνος δύναμη	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	31
3.1 Πειραματική διάταξη συσκευής	31
3.2 Πειραματική διαδικασία	33
3.2.1 Προσδιορισμός της θερμοχωρητικότητας της συσκευής.....	33
3.2.2 Προσδιορισμός της θερμογόνου δύναμης.....	34
3.3 Υπολογισμός της πυκνότητας	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	37

4.1 Γενικά για τα δείγματα βενζίνης του πειράματος.....	37
4.2 Μετρήσεις – Αποτελέσματα 1 ^{ου} πειράματος για τον προσδιορισμό της ειδικής θερμοχωρητικότητας της συσκευής.....	38
4.3 Μετρήσεις – Αποτελέσματα πειραμάτων για τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης των δειγμάτων βενζίνης.....	39
4.4 Μετρήσεις – Αποτελέσματα πειραμάτων για τον προσδιορισμό της πυκνότητας των δειγμάτων βενζίνης.....	47
4.5 ΑΣΤΟΧΙΕΣ – ΣΦΑΛΜΑΤΑ.....	48
4.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	50
4.6.1. Σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων βενζίνης 95 οκτανίων.....	50
4.6.2. Σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων βενζίνης 100 οκτανίων.....	50
4.6.3. Βενζίνες 95 οκτανίων VS 100 οκτανίων.....	51
4.7 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΙ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.....	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε.....	65

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την εισαγωγή μου θα ήθελα να αναφέρω κάποια βασικά φυσικά μεγέθη, ιδιότητες και όροι, για την καλύτερη κατανόηση και ανάγνωση του κυρίως κειμένου της πτυχιακής αυτής. Οι όροι που αναφέρονται παρακάτω φυσικά σχετίζονται με το θέμα της πτυχιακής και είναι πχ: η θερμότητα, η ειδική θερμοχωρητικότητα, καύση και τέλεια καύση κ.τ.λ.

Η **θερμότητα** είναι μια μορφή ενέργειας, η οποία μεταφέρεται από το ένα σώμα προς ένα άλλο εξαιτίας της διαφοράς της θερμοκρασίας τους. Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής, η θερμότητα μεταφέρεται από θερμότερα σώματα προς ψυχρότερα, ενώ μερικώς μόνο μπορεί να μετατραπεί σε έργο μέσω μιας θερμικής μηχανής. (Χαλδουπης, 1977)

Στα υγρά και τα αέρια η θερμότητα διαδίδεται με μεταφορά. Κατά την μεταφορά αυτή, ποσότητες υγρού ή αέριου θερμαίνονται και μεταφέρονται σε ψυχρότερη περιοχή, όπου και προκαλούν την θέρμανση της. Η γενική σχέση είναι:

$$Q = h A \Delta T$$

Όπου:

h → ο συντελεστής μεταφοράς, ο οποίος εξαρτάται από το ρευστό και την ταχύτητα του.

A → η επιφάνεια με την οποία το ρευστό βρίσκεται σε επαφή.

ΔT → η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρευστού και επιφάνειας.

Η προσφορά θερμότητας σε ένα σώμα δύναται να προκαλέσει την ανύψωση της θερμοκρασίας του. Ο ρυθμός αλλαγής της θερμοκρασίας ως προς τη προσφερόμενη θερμότητα ονομάζεται **θερμοχωρητικότητα** και ορίζεται από την μερική διαφορίση $C = dQ \div dT$.

Ειδική θερμοχωρητικότητα ονομάζουμε την θερμότητα ανά μονάδα μάζας, ενώ γραμμομοριακή θερμοχωρητικότητα ονομάζουμε την θερμότητα ανά mole. (www.wikipedia.gr)

Καύση μπορούμε να ονομάσουμε κάθε εξώθερμη χημική αντίδραση ενός υλικού καυσίμου με οξυγόνο (ή αέρα), που συντελείται με αρκετά μεγάλο βαθμό απόδοσης θερμότητας, έτσι ώστε η εκπεμπόμενη ενέργεια υπό μορφή θερμότητας να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη. Τα καύσιμα ανάλογα με την φυσική τους κατάσταση χωρίζονται σε στερεά, υγρά και αέρια. (Φουντη, 2004)

Μια καύση ονομάζεται **τέλεια** όταν όλο το καύσιμο ενώνεται με το οξυγόνο παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Σημείο έναυσης ονομάζουμε την θερμοκρασία που προκαλεί την ένωση του οξυγόνου με το καύσιμο και την έναρξη της καύσης.

Σαν **θερμογόνο δύναμη** ορίζουμε το ποσό θερμότητας, το οποίο παράγεται κατά τη καύση μιας ορισμένης ποσότητας καυσίμου. Μετριέται σε ειδικές συσκευές που ονομάζουμε θερμιδόμετρα, με συνήθεις μονάδες τα Kcal/Kg και τα BTU/Lb.

Η **ποιότητα** ενός **καυσίμου** καθορίζεται από την θερμογόνο δύναμη του, η οποία με την σειρά της εξαρτάται από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα ©. Αυτονόητο είναι ότι όσο μεγαλύτερη είναι η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου, τόσο καλύτερο είναι θεωρητικά.

Η ποιότητα επίσης του καυσίμου καθορίζεται και από την επικινδυνότητα των καυσαερίων που παράγονται, την ασφάλεια που έχει κατά την μεταφορά και αποθήκευση του, τον αυτοματισμό που επιδέχεται η εγκατάσταση της καύσης του, καθώς και για το κόστος της εγκατάστασης αυτής και της συντήρησής της. (Φουντη, 2004)

Τέλος θα ήθελα να αναφέρω τον **2^ο θερμοδυναμικό αξίωμα** που λέει ότι είναι αδύνατο οποιοδήποτε σύστημα να υποστεί μια μεταβολή κατά την οποία θα απορροφήσει θερμότητα από σώμα ορισμένης θερμοκρασίας και θα την μετατρέψει όλη σε μηχανικό έργο, επιστέφοντας στην κατάσταση από την οποία ξεκίνησε, ή την 2η διατύπωση του, ότι είναι αδύνατο να μεταφερθεί θερμότητα από ένα σώμα προς άλλο σώμα ψηλότερης θερμοκρασίας, χωρίς δαπάνη ενέργειας. (Χαλδουπης, 1977)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 Γενικά για τα καύσιμα

Η χρησιμοποίηση ενέργειας είναι αναπόσπαστη από κάθε παραγωγική δραστηριότητα, ο δε βαθμός κατανάλωσης της ενέργειας είναι άμεσα συνδεδεμένος με την οικονομική ανάπτυξη και το βιοτικό επίπεδο κάθε χώρας. Όλες σχεδόν οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στη γη προέρχονται (άμεσα ή έμμεσα) από την ενέργεια του ήλιου και περιλαμβάνουν τα συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, στερεά καύσιμα) καθώς και τις ανανεώσιμες πηγές, όπως υδατοπτώσεις, βιομάζα, την ηλιακή ενέργεια αφ' εαυτή κλπ. (Στουρνάς κ α, 2002)

Καύσιμα λέγονται οι ουσίες που ενώνονται με το οξυγόνο παράγοντας θερμότητα (ή όπως λέγεται συνήθως πιο επιστημονικά καίγονται με εξώθερμη αντίδραση). Τα καύσιμα χρησιμοποιούνται σε μια πληθώρα τεχνικών εφαρμογών για την παραγωγή ενέργειας, συγκεκριμένα θερμικής ενέργειας (θερμότητας).

Ένα μεγάλο πλήθος ουσιών φυσικής ή τεχνητής προέλευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμα, αλλά μόνο ένας ορισμένος αριθμός από αυτές έχουν πρακτική αξία από τεχνική άποψη για παραγωγή ενέργειας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για να γίνει κατανοητή αυτή η λεπτή διαφορά είναι τα μέταλλα: τα μέταλλα δεν καίγονται (εκτός από το μαγνήσιο), όμως κάποια μέταλλα κάτω από ορισμένες συνθήκες ενώνονται με το οξυγόνο πολύ εύκολα.

Έτσι π.χ. ο σίδηρος όταν είναι σε λεπτό διαμερισμό καίγεται και αυτό μπορούμε να το παρατηρήσουμε εύκολα κατά το κόψιμο μιας σιδηρόβέργας με ένα τροχό. Η παραγόμενη θερμότητα από αυτού του είδους τις καύσεις δεν είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη.

Το κριτήριο επομένως για να χαρακτηριστεί μια ουσία καύσιμο, τουλάχιστον από τεχνική άποψη, είναι η παραγόμενη θερμότητα από την καύση της να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη, να μπορεί δηλαδή να μετατραπεί σε μηχανικό έργο στις (θερμικές) μηχανές.

Η ανάπτυξη της πυρηνικής φυσικής και συνακόλουθα της πυρηνικής τεχνολογίας, έχει διευρύνει την έννοια των καυσίμων περιλαμβάνοντας σε αυτά και ουσίες για τις οποίες η παραγόμενη θερμότητα δεν προέρχεται από καύση, αλλά από πυρηνικές αντιδράσεις, δηλαδή διεργασίες που γίνονται σε ατομικό επίπεδο στους πυρήνες των μορίων των ουσιών αυτών.

Έτσι, ο ορισμός για τα καύσιμα έχει πλέον διευρυνθεί, για την τεχνολογία: «Καύσιμα είναι ουσίες που απελευθερώνουν ενέργεια κατά μία συμβατική ή πυρηνική αντίδραση και η ενέργεια αυτή είναι εκμεταλλεύσιμη, δηλαδή μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό έργο από θερμικές μηχανές».

Το πιο διαδεδομένο καύσιμο, αλλά και το πρώτο που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο είναι η βιομάζα. Τα πιο συνηθισμένα καύσιμα σήμερα, είναι τα προϊόντα της απόσταξης του αργού πετρελαίου, δηλαδή το πετρέλαιο, η βενζίνη, η κηροζίνη κλπ.

Τα καύσιμα μπορούν να καταταγούν με πολλούς τρόπους. Ένας βασικός τρόπος κατάταξης είναι σε:

- Συμβατικά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο
- Πυρηνικά καύσιμα, όπως το ουράνιο

Τα συμβατικά καύσιμα κατατάσσονται συνήθως σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκονται:

- Στερεά καύσιμα. Περιλαμβάνουν όλα τα συμβατικά καύσιμα που βρίσκονται σε στερεή κατάσταση, όπως λιγνίτης, λιθάνθρακας, ανθρακίτης

- Υγρά καύσιμα. Περιλαμβάνουν όλα τα καύσιμα που βρίσκονται σε υγρή μορφή. Ουσιαστικά περιλαμβάνουν όλα τα υγρά προϊόντα που προέρχονται από την επεξεργασία του αργού πετρελαίου, καθώς και τα υγρά προϊόντα που λαμβάνονται από αναβάθμιση στερεών καυσίμων. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και η βενζίνη, η κηροζίνη κ.α.
- Αέρια καύσιμα. Περιλαμβάνουν τα καύσιμα που βρίσκονται σε αέρια κατάσταση. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το φυσικό αέριο, τα αέρια που παράγονται από την αναβάθμιση στερεών καυσίμων, τα συνθετικά αέρια πόλης και τα υγραέρια. (Στουρνας κ α, 2002), (www.wikipedia.gr)

1.2 Αγρό πετρέλαιο

Τα υγρά καύσιμα, των οποίων ο ορισμός έχει ήδη δοθεί, αποτελούν στην συντριπτική πλειοψηφία τους προϊόντα της επεξεργασίας του αργού πετρελαίου στα διυλιστήρια. Το αργό πετρέλαιο (crude oil) αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες με μοριακό βάρος κυμαινόμενο από το μεθάνιο μέχρι βαριά στερεά μόρια που περιέχουν περισσότερα από 80 άτομα άνθρακα στο μόριο. Περιέχει επίσης και ενώσεις οξυγόνου, θείου, αζώτου και ελάχιστες ποσότητες μεταλλικών ενώσεων και νερού. Στα αέρια που εκλύονται από τις πετρελαιοπηγές και βρίσκονται διαλυμένα μέσα στο αργό πετρέλαιο, περιλαμβάνονται άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), υδρόθειο (H₂S) και ήλιο. Η διακύμανση της περιεκτικότητας του αργού πετρελαίου στα στοιχεία από τα οποία αποτελείται φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 1). (ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ.ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ, 2005)

Πίνακας 1: Στοιχεία από τα όποια αποτελείται το αργό πετρέλαιο

Στοιχεία	Περιεκτικότητα (%κ.β)
Άνθρακας	83,90-86,80
Υδρογόνο	11,40-14,00
Θείο	0,06-8,00
Άζωτο	0,11-1,70
Οξυγόνο	0,5
Μέταλλα	(Fe, V, Ni, κ.λπ.) 0,03

Όσον αφορά τις μεταλλικές ενώσεις, δεν είναι πλήρως γνωστό με ποια μορφή βρίσκονται μέσα στο πετρέλαιο. Οι κυριότερες πάντως μορφές είναι διαλυμένων αλάτων σε θαλασσινό νερό το οποίο έχει σχηματίσει γαλάκτωμα με το πετρέλαιο, αλάτων οργανικών οξέων, ή συμπλοκών οργανομεταλλικών ενώσεων.

Οι υδρογονάνθρακες που περιέχονται στο αργό πετρέλαιο είναι οι παραφινικοί, κανονικοί και ισοπαραφινικοί, κυκλοπαραφινικοί ή ναφθενικοί καθώς και αρωματικοί, τόσο μονοπυρηνικοί όσο και πολυπυρηνικοί. Σημειώνεται ότι στο αργό πετρέλαιο δεν υπάρχουν ακόρεστοι υδρογονάνθρακες (ολεφινικοί και πολυολεφινικοί). Η παρουσία τους στα προϊόντα πετρελαίου οφείλεται στις διεργασίες που γίνονται στο διυλιστήριο για την παραγωγή των τελικών προϊόντων. (Στουρνας κ α, 2002)

Το αργό πετρέλαιο παρά το γεγονός ότι είναι καύσιμο, δε χρησιμοποιείται ως έχει, για τρεις κυρίως λόγους:

1. Οι σύγχρονοι κινητήρες απαιτούν ως καύσιμα ή λιπαντικά εξειδικευμένα προϊόντα με καθορισμένες ιδιότητες οι οποίες δε μπορούν να καλυφθούν από το αργό πετρέλαιο.
2. Ακόμη και στην υποθετική περίπτωση κατά την οποία οι κινητήρες θα μπορούσαν να προσαρμοστούν ώστε να λειτουργούν ομαλά με έναν τύπο αργού πετρελαίου, πάλι δε θα ήταν δυνατή η ομαλή λειτουργία τους, επειδή οι διάφοροι τύποι αργού πετρελαίου διαφέρουν μεταξύ τους.
3. Λόγοι ασφαλείας δεν επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση πολύ εύφλεκτων προϊόντων σε περιπτώσεις όπου επιβάλλεται η χρησιμοποίηση λιγότερο πτητικών προϊόντων.

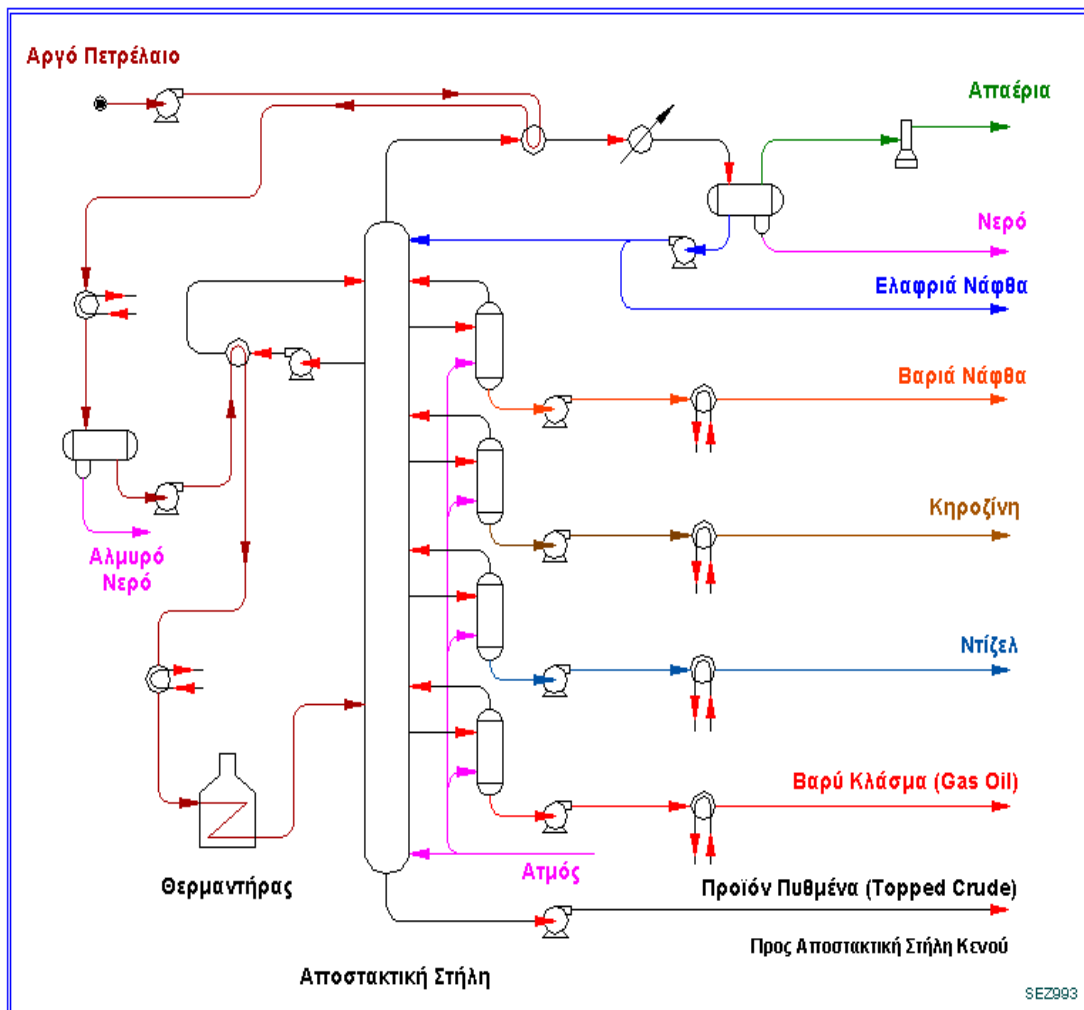
Γι αυτούς τους λόγους, το αργό πετρέλαιο υποβάλλεται σε διύλιση.

Με τον όρο διύλιση εννοούνται:

1. Ο διαχωρισμός του αργού πετρελαίου σε προϊόντα με φυσικές διεργασίες διαχωρισμού και παρασκευή νέων προϊόντων με διεργασίες χημικής μετατροπής.
2. Ο εξευγενισμός των τελικών προϊόντων με τις τελικές κατεργασίες.

3. Η διαμόρφωση του τελικού προϊόντος που μπορεί να απαιτεί περαιτέρω διεργασίες όπως ανάμιξη κ.λπ.

Ο διαχωρισμός του αργού πετρελαίου σε προϊόντα βασίζεται στην απόσταξη του πετρελαίου σε κλάσματα συγκεκριμένων θερμοκρασιακών περιοχών. Στον πίνακα 2 δίνονται τα κλάσματα που λαμβάνονται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου, καθώς και οι χρήσεις τους. Στο σχήμα 1 δίνεται το διάγραμμα ροής της απόσταξης του αργού πετρελαίου. (www.engineering.catalysis.gr)



Σχήμα 1: Διάγραμμα ροής απόσταξης αργού πετρελαίου

Πίνακας 2 :Θερμοκρασιακές περιοχές κλασμάτων αργού πετρελαίου. (www.fags.org)

Προϊόν	Περιοχή Ζέσης (°C)	Χρήσεις
Ελαφρά αέρια (Light Gases), CH ₄ , C ₂ H ₆	(-162)-(-42)	Καύσιμο διυλιστηρίου, πετροχημικά
Προπάνιο (Propane) C ₃ H ₈	-32	Υγραέριο (LPG), πετροχημικά
Βουτάνιο, (Butane) C ₄ H ₁₀	(-12)-0	Υγραέριο, πετροχημικά, βενζίνη
Ελαφριά Νάφθα (Light Naphtha, Light Straight)	25-130	Βενζίνη, διαλύτες

Run)		
Βαριά Νάφθα(Heavy Naphtha)	80-200	Βενζίνη, διαλύτες, καύσιμα αεροπορίας
Κηροζίνη (kerosene)	150-250	Καύσιμα αεροπορίας, διαλύτες
Ελαφρύ Gasoil (Light Gasoil)	200-320	Ντήζελ κίνησης, πετρέλαιο θέρμανσης
Βαρύ Gasoil (Heavy Gasoil)	260-400	Ντήζελ κίνησης, πετρέλαιο θέρμανσης
Gasoil Κενού (Vaccum Gasoil)	400-600	Τροφοδοσία μονάδων πυρόλυσης, λιπαντικά
Ατμοσφαιρικό Υπόλειμμα (Atmosphe Residue)	400	Μαζούτ, τροφοδοσία απόσταξης υπό κενό
Υπόλειμμα κενού (Vaccum Residue)	600	Μαζούτ, άσφαλτος

Η σύσταση των προϊόντων εξαρτάται από το είδος του αργού πετρελαίου από το οποίο προήλθαν. (Στουρνάς κ α, 2002)

1.3. Βενζίνη

1.3.1 Ιστορικά στοιχεία

Η ανακάλυψη της ύπαρξης του αργού πετρελαίου από τον συνταγματάρχη Edwin Drake στην Titusville της Pennsylvania το 1859, έδωσε μία νέα σημαντική πηγή ενέργειας στην ανθρωπότητα. Αποτέλεσε δε σημαντικό παράγοντα για την αλματώδη τεχνολογική εξέλιξη που παρουσιάστηκε τον 20^ο αιώνα. Τα χρόνια εκείνα, ήταν επιτακτική η ανάγκη παραγωγής ενός καυσίμου εναλλακτικού των φαλαινελαίων που χρησιμοποιούνταν στις λάμπες φωτισμού. Η παραγωγή αυτών των ελαίων δεν επαρκούσε για να καλύψει τις ανάγκες του τότε καυσίμου. Η απόσταξη του αργού πετρελαίου έδωσε την κηροζίνη που ήταν το απαιτούμενο για την εποχή εναλλακτικό καύσιμο. Η κηροζίνη όμως αποτελεί ένα μικρό ποσοστό του αργού πετρελαίου, γύρω στο 15%. Τα υπόλοιπα πλεονάζοντα κλάσματα του αργού πετρελαίου είτε καιγόταν (βενζίνη) είτε πετιόνταν (υπόλειμμα) προκαλώντας έτσι τεράστια ρύπανση.

Η πρώτη παραγωγή βενζίνης αναφέρεται στη Βοστώνη το 1863 από τον Joshua Merrill, στην προσπάθεια του να παρασκευάσει κηροζίνη για λάμπες φωτισμού. Στα πρώτα χρόνια της εμφάνισης των βενζινοκινητήρων, το μόνο διαθέσιμο καύσιμο ήταν τα ελαφριά κλάσματα της ατμοσφαιρικής απόσταξης του αργού πετρελαίου. Η περιοχή ζέσης αυτών των καυσίμων ήταν 50 με 200 °C. Η σχέση συμπίεσης των κινητήρων ήταν πολύ χαμηλή, κι έτσι δεν υπήρχε πρόβλημα λόγω χαμηλής αντικροτικότητας των καυσίμων.

Ο Α΄ Παγκόσμιος πόλεμος αύξησε τις ανάγκες για καλύτερης ποιότητας βενζίνη που χρησιμοποιούνταν στους κινητήρες των αεροπλάνων. Ο μόνος τρόπος για την Παρασκευή βενζίνης υψηλής αντικροτικότητας ήταν η απόσταξη αργών πετρελαίων από το Βόρνεο και τις ολλανδικές Δυτικές Ινδίες που είχαν υψηλή περιεκτικότητα σε αρωματικές ενώσεις. Με το τέλος του πολέμου έγινε φανερό ότι πρέπει να βελτιωθεί η σύσταση της βενζίνης για να μπορέσει να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων χρησιμοποιώντας υψηλότερες σχέσεις συμπίεσης. Οι έρευνες εκείνης της εποχής έδειξαν την υψηλή αντίσταση των αρωματικών και την πολύ χαμηλή των κανονικών παραφινών στην αυτανάφλεξη. Το καλύτερο καύσιμο εκείνης της εποχής ήταν το προϊόν απόσταξης της λιθανθρακόπισσας (μίγμα βενζολίου, τολουολίου και ξυλολίων). Σε αυτήν την εποχή διαπιστώθηκε η καλή αντικροτικότητα των αλκοολών. Στην ίδια περίοδο ξεκίνησαν οι έρευνες για την καθιέρωση ενός κινητήρα που θα μπορούσε να μετρήσει την αντικροτικότητα των καυσίμων.

Το 1921 άρχισε η χρήση αλκυλοενώσεων του μολύβδου σαν πρόσθετα για την αύξηση της αντικροτικότητας των βενζινών. Η χρήση τους γενικεύτηκε από το καλοκαίρι του 1926. Την ίδια εποχή διαπιστώθηκε η πολύ καλή αντικροτικότητα των διακλαδωμένων παραφινών σε αντίθεση με τις κανονικές. Το 1929 καθιερώθηκε η χρήση του κινητήρα CFR για τη μέτρηση του αριθμού οκτανίου των βενζινών, με τη χρήση του κανονικού επτανίου και του ισο-οκτανίου σαν καύσιμα αναφοράς, μέθοδος που αποτελεί ακόμη το διεθνώς καθορισμένο τρόπο μέτρησης της αντικροτικότητας των βενζινών.

Στα τέλη της δεκαετίας του '20 άρχισε η χρήση διεργασιών πυρόλυσης με σκοπό την αναβάθμιση των υπολειμμάτων της απόσταξης (η θερμική πυρόλυση εμφανίστηκε το 1913).

Οι διεργασίες αυτές έδωσαν καύσιμα με ικανοποιητικό αριθμό οκτανίου, αλλά αυξημένη περιεκτικότητα σε ολεφίνες που είχε σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό κομμωδών ενώσεων στο καύσιμο καθώς και δυσάρεστη οσμή αυτών των καυσίμων.

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος άρχισε η χρήση κατάλληλων προσθέτων. Η χρήση των διεργασιών πυρόλυσης κατέστη αναγκαία για να καλύψει την αυξημένη ζήτηση βενζίνης. Στα τέλη της δεκαετίας του '30, ο μέσος αριθμός οκτανίου ήταν 70 και η σχέση συμπίεσης των κινητήρων περίπου 5,5:1. Η καταλυτική πυρόλυση έκανε την εμφάνιση της το 1936. Η αναβάθμιση των παραφινών μέσω της αναμόρφωσης τους εμφανίστηκε το 1940. Την ίδια εποχή άρχισαν να χρησιμοποιούνται η αλκυλίωση (1938) και η ισομερίωση (1943), διεργασίες αναδιάταξης των μορίων.

Στο Β' Παγκόσμιο πόλεμο παρατηρήθηκε έντονη ανάγκη για παραγωγή βενζίνης αριθμού οκτανίου 100, για τις ανάγκες των αεροσκαφών. Αυτό επιτευχθεί με αυξημένη χρήση μολύβδου και την ανάπτυξη διεργασιών καταλυτικής πυρόλυσης και αναμόρφωσης καθώς και καταλυτικής αποθείωσης. Μετά το τέλος του πολέμου, υπήρχε η δυνατότητα παραγωγής βενζίνης υψηλού αριθμού οκτανίου. Από το 1950 ως το 1955 παρατηρήθηκε γρήγορη αύξηση του αριθμού οκτανίου των βενζινών, για να φτάσει στο 95 περίπου. Με αυτόν τον τρόπο έγινε δυνατή η ανάπτυξη κινητήρων υψηλής σχέσης συμπίεσης και αυξημένου βαθμού απόδοσης.

Στα τέλη της δεκαετίας του '60 άρχισαν να ξεκαθαρίζουν οι προδιαγραφές στις διάφορες χώρες. Η εθνικοποίηση των πετρελαιοπηγών από τις αραβικές χώρες το 1973 και η διακοπή πώλησης πετρελαίου από το Ιράν (1979) αύξησε απότομα τις διεθνείς τιμές του αργού πετρελαίου κι επακόλουθος όλων των προϊόντων του. Αποτέλεσμα ήταν η συνεχής προσπάθεια για όσο το δυνατόν καλύτερη οικονομία καυσίμου, καθώς και η στροφή σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας (πχ αλκοόλες από βιομάζα).

Η έντονη ατμοσφαιρική ρύπανση σε πολλές περιοχές, που υπήρχε αυξημένη χρήση αυτοκινήτων, οδήγησε στην επιβολή ορίων εκπομπών από τους κινητήρες. Αποτέλεσμα αυτών των περιορισμών ήταν οι μεταβολές των κινητήρων και η εισαγωγή καταλυτικών μετατροπών, που οδήγησε στη μείωση των εκπομπών αλλά και στην απομάκρυνση των ενώσεων του μολύβδου λόγω δηλητηρίασης των μετατροπών. Η επίτευξη του απαραίτητου αριθμού οκτανίου έγινε με χρήση οξυγονούχων προσθέτων (αλκοόλες, αιθέρες).

Ταυτόχρονα, έπρεπε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αυξημένης παραγωγής πυρολυμένων προϊόντων επειδή η περιορισμένη ζήτηση μαζούτ οδήγησε σε αύξηση των εγκαταστάσεων μετατροπής των υπολειμμάτων σε προϊόντα υψηλότερης αξίας. (Στουρνάς κ α, 2002)

1.3.1 Γενικά για τις βενζίνες

Η βενζίνη είναι προϊόν επεξεργασίας του αργού πετρελαίου. Το μίγμα υδρογονανθράκων που περιλαμβάνει το τελικό προϊόν διαχωρίζεται με κλασματική απόσταξη σε διάφορα κλάσματα, μίγματα υδρογονανθράκων και αυτά, η σύσταση των οποίων καθορίζεται από τα όρια της θερμοκρασίας απόσταξης. Το αρχικό ακατέργαστο προϊόν της πρωτογενούς αυτής φυσικής διεργασίας που προορίζεται για παραγωγή καυσίμων αυτοκίνησης ανέρχεται σε 30- 40% του αργού πετρελαίου που αποστάζεται και αποτελεί την πρώτη ύλη, η οποία με περαιτέρω κατεργασία και ανάμιξη με άλλα συστατικά, δίνει το τελικό προϊόν που αναφέρεται ως βενζίνη (gasoline).

Οι βενζίνες είναι προϊόντα μίξης κλασμάτων που προκύπτουν από εξειδικευμένες κατεργασίες διύλισης, οι οποίες και έχουν ήδη αναφερθεί. Λόγω του ότι υπήρξαν πάντοτε καθοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη της αυτοκινητοβιομηχανίας, η έρευνα στον τομέα των καυσίμων μετέβαλε συνεχώς την

παραγωγή της βενζίνης. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η βενζίνη παραγόταν αποκλειστικά ως απλό απόσταγμα του πετρελαίου, οι βελτιώσεις όμως στις μηχανές εσωτερικής καύσης (M.E.K.) επηρέασαν γρήγορα και τις απαιτήσεις στην ποιότητα των καυσίμων. Σημαντική καινοτομία υπήρξε για την βελτίωση της αντικροτικής συμπεριφοράς των καυσίμων η προσθήκη τετρααιθυλιούχου μολύβδου.

Λόγω της μεγάλης κατανάλωσης της βενζίνης, παρασκευάζεται και τεχνητά με τρεις κυρίως μεθόδους:

- Μέθοδος με πυρόλυση
- Μέθοδος Μπεργκιους (Bergius) ή με υδροποίηση του άνθρακα
- Μέθοδος Φίσερ Τροπς (Fischer-Tropsch)

Η βενζίνη έχει σημειωθεί ότι αποτελεί κατά το μεγαλύτερο μέρος της μίγμα υδρογονάνθρακων, ενώ εμπλουτίζεται και με διάφορα βελτιωτικά πρόσθετα που διαμορφώνουν τις τελικές φυσικές και χημικές ιδιότητες του καυσίμου, όπως τα οξυγονούχα πρόσθετα και οι αλκυλικές ενώσεις μολύβδου για την αύξηση του αριθμού οκτανίων. Η βενζίνη περιέχει γύρω στους 500 υδρογονάνθρακες με αλυσίδες τεσσάρων ως δώδεκα ατόμων άνθρακα, με εύρος σημείων βρασμού 30°C - 220°C σε ατμοσφαιρική πίεση.

Οι υδρογονάνθρακες της βενζίνης διακρίνονται σε κορεσμένους και ακόρεστους, ανάλογα με το είδος των δεσμών μεταξύ των ατόμων άνθρακα, απλοί και διπλοί ή τριπλοί δεσμοί αντίστοιχα. Οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες (αλκάνια ή παραφίνες) αποτελούν το κύριο συστατικό των μολυβδωμένων βενζινών, καίγονται στον αέρα με λευκή φλόγα και ο αριθμός οκτανίων τους εξαρτάται από το είδος της αλυσίδας και τον αριθμό ατόμων άνθρακα. Τα κανονικά αλκάνια (ευθείες αλυσίδες) με μοριακό τύπο C_nH_{2n+2} εμφανίζουν χαμηλό αριθμό οκτανίων που μειώνεται καθώς αυξάνεται ο αριθμός ατόμων άνθρακα, σε αντίθεση με τα αλκάνια με διακλαδισμένη αλυσίδα (ισο-αλκάλια), τα οποία εμφανίζουν μεγαλύτερους αριθμούς οκτανίων που αυξάνονται με την αύξηση του μεγέθους του μορίου. Τα κυκλικά αλκάνια ή ναφθένια (C_nH_{2n}), όπως το κυκλοεξάνιο, εμφανίζουν επίσης υψηλούς αριθμούς οκτανίων.

Οι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες της βενζίνης είναι περισσότερο ασταθείς, λόγω της ύπαρξης διπλών (αλκένια) και τριπλών (αλκίνια) δεσμών στο μόριό τους, παρουσιάζουν αυξημένη τοξικότητα και κατά την καύση τους δημιουργούν αιθαλομίχλη. Τα αλκένια ή ολεφίνες, αν και εμφανίζουν τους επιθυμητούς αριθμούς οκτανίων, είναι χημικά ενεργά και τοξικά ώστε περιορίζονται σε μικρό ποσοστό, ενώ τα αλκίνια (ακετυλένια), εμφανίζονται σε ίχνη στα καύσιμα αυτοκινήτων και μόνο σε φτωχά ραφιναρισμένες βενζίνες. Οι αρωματικές ενώσεις (βενζόλιο, τολουόλιο) αποτελούν πάνω από 40% της βενζίνης, αν και τα τελευταία χρόνια σταδιακά μειώνονται κάτω από 20%. Αν και τοξικά, έχουν υψηλούς αριθμούς οκτανίων και χρησιμοποιούνται σε μεγάλο ποσοστό σε αμόλυβδες βενζίνες υψηλής ποιότητας αντικαθιστώντας τα βελτιωτικά μολύβδου. Τέλος, τα πολυκυκλικά αρωματικά (Polynuclear Aromatics, PNAs), όπως η ναφθαλίνη, υπάρχουν σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στην βενζίνη, ενώ η χρήση των μεγαλύτερων μελών της σειράς είναι απαγορευτική λόγω της υψηλής τοξικότητάς τους.

Για την διατήρηση στις αμόλυβδες βενζίνες των υψηλών αριθμών οκτανίων που επιτεύχθηκαν με την χρήση μολύβδου, σήμερα, εκτός από την αύξηση του ποσοστού των αρωματικών, χρησιμοποιούνται οξυγονούχα πρόσθετα. Πρόκειται για οργανικές ενώσεις που περιέχουν στο μόριό τους άτομα οξυγόνου, κυρίως αλκοόλες (C_x-O-H) ή αιθέρες (C_x-O-C_y) μέχρι έξι ατόμων άνθρακα. Η παρουσία οξυγόνου δεν αυξάνει το ενεργειακό δυναμικό του καυσίμου, αλλά η δομή τους παρέχει μια σημαντική τιμή του δείκτη αντικροτικής συμπεριφοράς, έτσι ώστε να καθίστανται

ικανά υποκατάστατα των αρωματικών. Παράγονται από ορυκτά καύσιμα (μεθανόλη, μεθυλικός τριτοταγής βουτυλικός αιθέρας MTBE, τεταρτοταγής αμυλομεθειαιθέρας TAME) και από βιομάζα (βιοαιθανόλη, αιθυλικός τριτοταγής βουτυλικός αιθέρας (ETBE)). Οι φυσικές ιδιότητες των ενώσεων αυτών είναι σημαντικά διαφορετικές από εκείνες των υδρογονανθράκων της βενζίνης και επομένως τα όρια τους διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα, ενώ το κλάσμα των υδρογονανθράκων πρέπει να τροποποιηθεί κατάλληλα ώστε να αξιοποιηθούν οι αντικροτικές και πτητικές ιδιότητες των οξυγονούχων προσθέτων. Σήμερα χρησιμοποιούνται σε καύσιμα με σημαντικά τροποποιημένο κλάσμα υδρογονανθράκων, που αναφέρονται ως ανασχηματισμένες βενζίνες (reformulated gasoline, RFGs), ώστε παράλληλα με την αύξηση του αριθμού οκτανίων να είναι δυνατή η μείωση των τοξικών ακόρεστων υδρογονανθράκων και του βενζολίου.



Σχήμα 2: Οξυγονούχες ενώσεις α) αιθανόλη και β) μεθυλικός τριτοταγής βουτυλικός αιθέρας

Οι βενζίνες μπορούν να περιέχουν και άλλα βελτιωτικά πρόσθετα, όπως μικρές ποσότητες άλλων ενισχυτικών του αριθμού οκτανίου, αντιοξειδωτικά και μεταλλικούς απενεργοποιητές για αύξηση της σταθερότητας της βενζίνης, τροποποιητές ανεπιθύμητων επικαθήσεων στο σύστημα ανάφλεξης (μπουζί) και προκαλούν προανάφλεξη, επιφανειακά ενεργά συστατικά που λειτουργούν ως αντιψυκτικά, αποτρέπουν τον σχηματισμό επικαθήσεων, βελτιώνουν την εξάτμιση και μειώνουν τις εκπομπές NOx, αντιδιαβρωτικά, και τέλος χρωστικές ουσίες και ιχνηθέτες για εύκολο διαχωρισμό των διαφόρων ποιοτήτων και για λόγους ασφάλειας. (www.wikipedia.gr) (Στουρνας κ α, 2002)

Οι βενζίνες αποτελούν επομένως προϊόντα μίξης κλασμάτων-προϊόντων εξειδικευμένων κατεργασιών διύλισης, ώστε να πληρούν τις εκάστοτε ποιοτικές προδιαγραφές και τους ισχύοντες περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Διαχωρίζονται σε ποιότητες ανάλογα με τον αριθμό οκτανίου (πίνακας 4), που όμως δεν αντιστοιχούν απαραίτητα στην ίδια χημική σύσταση και συνεπώς το ενεργειακό περιεχόμενο, την ταχύτητα φλόγας, την θερμοκρασία ανάφλεξης και τα υπόλοιπα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καυσίμου. Μια τυπική σύσταση βενζίνης περιλαμβάνει 15% παραφίνες, 30% ισοπαραφίνες, 12% κυκλοαλκάνια, 35% αρωματικές ενώσεις και 8% ολεφίνες, ενώ τα νεότερα οξυγονωμένα καύσιμα περιέχουν μέχρι και 12-15% οξυγονούχες ενώσεις που αντικαθιστούν ποσοστό των αρωματικών ενώσεων και ολεφινών, μειώνοντας το εύρος του σημείου βρασμού. Σήμερα στις υψηλής ποιότητας αμόλυβδες βενζίνες το ποσοστό των αρωματικών τείνει να είναι κάτω του 25% για περιβαλλοντολογικούς λόγους. Οι κυριότερες ενώσεις των παραπάνω ομάδων με τους αριθμούς οκτανίων (RON, MON), το σημείο βρασμού, την πυκνότητα και την ελάχιστη θερμοκρασία αυτανάφλεξης (minimum auto ignition temperature, AIT) που εμφανίζονται παρουσιάζονται στον Πίνακα 3, καθώς και τα όρια αυτών (πίνακας 5). (Στουρνας κ α, 2002)

Πίνακας 3: Υδρογονάνθρακες της βενζίνης και οξυγονούχα πρόσθετα και ιδιότητες τους

Οργανική ένωση		RON	MON	Σ.Β. (°C)	d(g/ml σε 15	AIT (°C)
Παραφίνες	βουτάνιο	113	114	-0,5	αέριο	370
	πεντάνιο	62	66	35	0,626	260
	εξάνιο	19	22	69	0,659	225
	επτάνιο	0	0	98	0,684	225
	οκτάνιο	-18	-16	126	0,703	220
Ισοπαραφίνες	2 μεθυλοπροπάνιο	122	120	-12	αέριο	460
	2 μεθυλοβουτάνιο	100	104	28	0,620	420
	2 μεθυλοπεντάνιο	82	78	62	0,653	306
	3 μεθυλοπεντάνιο	86	80	64	0,664	
	2 μεθυλοεξάνιο	40	42	90	0,679	
	3 μεθυλοεξάνιο	56	57	91	0,687	
	2, 2 διμεθυλοπεντάνιο	89	93	79	0,674	
	2,2,3 τριμεθυλοβουτάνιο	112	112	81	0,690	420
2,2,4 τριμεθυλοπεντάνιο	100	100	98	0,692	415	
Κυκλοαλ- Κάνια	κυκλοπεντάνιο	141	141	50	0,751	380
	μεθυλοκυκλοπεντάνιο	107	99	72	0,749	
	κυκλοεξάνιο	110	97	81	0,779	245
	μεθυλοκυκλοεξάνιο	104	84	101	0,770	250
Αρωματικές ενώσεις	βενζόλιο	98	91	80	0,874	560
	τολουόλιο	124	112	111	0,867	480
	αιθυλοβενζόλιο	124	107	136	0,867	430
	m-ξυλόλιο	162	124	138	0,868	463
	p-ξυλόλιο	155	126	138	0,866	530
	o-ξυλόλιο	126	102	144	0,870	530
	3-αιθυλοτολουόλιο	162	138	158	0,865	
	1,3,5-τριμεθυλοβενζόλιο	170	136	163	0,864	
	1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο	148	124	168	0,889	
ολεφίνες	2-πεντένιο	154	138	37	0,649	
	2-μεθυλοβουτένιο-2	176	140	36	0,662	
	2-μεθυλοπεντένιο	159	148	67	0,690	
Οξυγονούχα	κυκλοπεντένιο	171	126	44	0,774	385
	μεθανόλη	133	105	65	0,796	365
	αιθανόλη	129	102	78	0,794	399
	ισοπροπυλική αλκοόλη	118	98	82	0,790	
	MTBE	116	103	55	0,745	
	ETBE	118	102	72	0,745	
TAME	111	98	86	0,776		

Πίνακας 4: Ιδιότητες βενζινών της ελληνικής αγοράς

Ιδιότητες	Απλή	Super	Αμόλυβδη
Αριθμός οκτανίου			
RON	90 ελαχ.	96-98	95 ελαχ.
MON			85 ελαχ.
Μόλυβδος (g/l) μεγ.	0,40	0,15	0,013
Θείο (%κ.β.) μεγ.	0,15	0,15	0,10
Πυκνότητα (g/ml, 150C)	Αναφορά	0,720-0,770	0,730-0,790
Απόσταξη (% κ.ο.)			
Συμπύκνωμα στους 70 °C, ελαχ.	10%	10%	10%
Συμπύκνωμα στους 100 °C.		30-65%	30-65%
Συμπύκνωμα στους 130 °C, ελαχ.	50%		
Συμπύκνωμα στους 180 °C, ελαχ.	90%	85%	85%
Τέλος απόσταξης (°C) μεγ.	205	215	215
Υπόλειμμα απόσταξης (%κ.ο) μεγ.	1,50%	2%	2%
Τάση ατμών Reid (Κρα, 100 ο μεγ.			
α. 1/4 ως 31/10	54,5 Κρα	65 Κρα	65 Κρα
β. 1/11 ως 31/3	67,0 ΚΡα	80 Κρα	80 Κρα
Διάβρωση χαλκού (ASTM No.) μεγ.	1	1	1
Υπάρχοντα κομμιώδη (g/100m μεγ.	4	4	4
Αντοχή στην οξειδωση (min) ελαχ.	480	360	360
Αρωματικά (% κ.ο)	-	Αναφορά	-
Βενζόλιο (% κ.ο.) μεγ.	-	5%	5%
Ολεφίνες (% κ.ο)		Αναφορά	
Χρώμα	Πορτοκαλί	Πράσινο	Άχρωμη ως αχυρόχρωμη
Οξυγονούχα	-	-	(*)

(*) Η περιεκτικότητα σε οξυγονούχα δίνεται στον πίνακα 5.

Πίνακας 5: Όρια Οξυγονούχων συστατικών στην αμόλυβδη βενζίνη

Οξυγονούχο	Ποσοστό (% κ.ο. μέγιστο)
Μεθανόλη	3
Αιθανόλη	5
Ισοπροπανόλη	5
κ-Βουτανόλη	7
ι-Βουτανόλη	7
δ-Βουτανόλη	7

τ- Βουτανόλη	7
Μεθυλο-τ-Βουτυλαιθέρας	10
Μεθυλο-τ-Αμυλαιθέρας	10
Αιθυλο-τ-Βουτυλαιθέρας	10

1.3.3 Χαρακτηριστικά – Προδιαγραφές βενζινών

Οι βενζίνες έχει ήδη αναφερθεί πρέπει να ικανοποιούν κάποιες προδιαγραφές οι οποίες έχουν να κάνουν με τη σωστή λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.). Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά της βενζίνης και είναι κυρίως ο αριθμός οκτανίου (octane number) και ο βαθμός αντικροτικής ικανότητας (antiknock rating) αλλά και η πτητικότητα (volality), τα χαρακτηριστικά καύσης, το περιεχόμενο σε θείο, σε μόλυβδο, σε φώσφορο και μαγγάνιο, το περιεχόμενο σε υδρογονάνθρακες, η οξειδωτική σταθερότητα (stability), η διάβρωση (corrosion) και η μόλυνση της βενζίνης.

1.3.3.1 Αριθμός οκτανίου και βαθμός αντικροτικής ικανότητας

Η έννοια του αριθμού οκτανίων εισήχθη από τον Graham Edgar (1926), που πρότεινε μία κλίμακα μέτρησης της αντικροτικής συμπεριφοράς της βενζίνης σε σχέση με αυτή που εμφανίζει το δυαδικό μίγμα υδρογονανθράκων σε διάφορες αναλογίες και η οποία καθιερώθηκε σαν επίσημη μέθοδος το 1929. Για το πρότυπο αυτό μίγμα προτάθηκαν δύο υδρογονάνθρακες που μπορούσαν να παραχθούν σε ικανοποιητική καθαρότητα και ποσότητα, το “κανονικό επτάνιο” και ένα συνθετικό οκτάνιο, το “ισοοκτάνιο” ή “2, 4, 4-τριμεθυλοπεντάνιο”. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί θεωρήθηκαν ιδανικοί λόγω της τεράστιας διαφοράς στην αντικροτική συμπεριφορά τους (δόθηκαν οι αυθαίρετες τιμές 0 και 100 για τα καθαρά τους μίγματα αντίστοιχα), αλλά και των παρόμοιων πτητικών ιδιοτήτων τους (Πίνακας 6), που διασφαλίζουν την σταθερή πτητική συμπεριφορά των μιγμάτων τους στις διάφορες αναλογίες από 0:100 ως 100:0.

Πίνακας 6: Πτητικές ιδιότητες κανονικού επτανίου και ισοοκτανίου

	Σημείο τήξης (°C)	Σημείο βρασμού (°C)	Πυκνότητα (g/ml)	Θερμότητα ατμοποίησης (MJ/kg σε 25°C)
κανονικό επτάνιο	-90,7	98,4	0,684	0,365
ισοοκτάνιο	-107,45	99,3	0,6919	0,308

Ο αριθμός οκτανίου είναι ένα μέτρο της τάσεως ενός καυσίμου για την εμφάνιση «κτυπήματος» (knock) στον βενζινοκινητήρα. Η βενζίνη μπαίνει στους κυλίνδρους μιας μηχανής εσωτερικής καύσης μαζί με αέρα. Μέσα στους κυλίνδρους το μίγμα καυσίμου – αέρα βρίσκεται υπό πίεση και αναφλέγεται με τη βοήθεια των σπινθηριστών (μπουζί). Όταν όμως η πίεση ξεπεράσει κάποιο όριο, το οποίο εξαρτάται από την ποιότητα του καυσίμου, τότε η ανάφλεξη δεν γίνεται κανονικά αλλά αντίθετα προκαλείται αυτανάφλεξη του καυσίμου. Τότε ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος, το «κτύπημα», ο οποίος δημιουργείται από την επίδραση του κρουστικού κύματος της πρόωρης έκρηξης του καυσίμου στα τοιχώματα του κυλίνδρου του κινητήρα. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η μείωση της ενεργειακής απόδοσης του κινητήρα αλλά και η φθορά των κυλίνδρων της μηχανής.

Το «κτύπημα» δεν εμφανίζεται στην ίδια πίεση σε όλες τις βενζίνες καθώς αυτή εξαρτάται από μια σημαντική ιδιότητα τους, την θερμοκρασία αυτανάφλεξης.

Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία αυτή τόσο μεγαλύτερη αντικροτική ικανότητα εμφανίζει η βενζίνη, δηλαδή τόσο περισσότερο μπορεί να συμπιεστεί χωρίς να δώσει κτύπημα. Είναι ευνόητο ότι το καύσιμο που μπορεί να συμπιεστεί περισσότερο θεωρείται και καλύτερης ποιότητας καθώς αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός οκτανίου ενός καυσίμου τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιτρεπόμενη σχέση συμπίεσης, άρα και η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα. Για να μπορέσουν λοιπόν να βαθμολογηθούν και να συγκριθούν οι διάφοροι τύποι βενζίνης καθιερώθηκε η λεγόμενη «κλίμακα οκτανίου». Το μηδέν αυτής της κλίμακας αποτελεί το κανονικό επτάνιο και το εκατό το ισοοκτάνιο (2,2,4-τριμέθυλο-πεντάνιο). Αυτό σημαίνει ότι το n-επτάνιο εμφανίζει το κτύπημα του κινητήρα σε χαμηλές τιμές συμπίεσης ενώ αντιθέτως το ισοοκτάνιο αντέχει σε υψηλότερες συμπίεσεις. Η ανάμιξη n-επτανίου και ισοοκτανίου παρέχει προϊόντα με οποιοδήποτε αριθμό οκτανίου από 0 μέχρι 100. (Στουρνας κ α, 2002)

Με βάση τα παραπάνω ο αριθμός οκτανίου ενός καυσίμου ορίζεται ως η % ποσότητα (κατ' όγκο) ισοοκτανίου (2,2,4-τριμέθυλο-πεντάνιο) σε πρότυπο μίγμα με n-επτάνιο έτσι ώστε αυτό το μίγμα να παρουσιάζει την ίδια αντικροτική συμπεριφορά (χτύπος της μηχανής) με το εξεταζόμενο καύσιμο. Έτσι, βενζίνη αριθμού οκτανίου 80 είναι εκείνη η οποία συμπεριφέρεται όπως το μίγμα που αποτελείται από 80% ισοοκτάνιο και 20% n-επτάνιο. (www.wikipedia.gr)

Για να μπορέσουν να εξαχθούν πιο αξιόπιστα συμπεράσματα αναφορικά με την αντικροτικότητα των βενζινών, ο αριθμός οκτανίου μετριέται με δύο διαφορετικές μεθόδους (Research και Motor) καθώς επίσης και σε μικρότερα θερμοκρασιακά κλάσματα του καυσίμου. Ο αριθμός οκτανίου με την ερευνητική μέθοδο (Research Octane Number, RON) σχετίζεται καλύτερα με ήπιες συνθήκες οδήγησης και χαμηλές στροφές, ενώ με τη μέθοδο του κινητήρα (Motor Octane Number, MON) σχετίζεται με υψηλές στροφές και μεταβατικές συνθήκες λειτουργίας. Η ανάγκη διεθνούς τυποποίησης για τον χαρακτηρισμό των καυσίμων καθιέρωσε για αρκετές δεκαετίες την πρότυπη μέθοδο ερευνητικής δοκιμής (Research Test Method) κατά ASTM (American Society for Testing and Materials). Για τον πλήρη χαρακτηρισμό μίας βενζίνης, δεν αρκεί ο προσδιορισμός ενός μόνο από τους δύο αριθμούς και χρησιμοποιείται εκτός από τον δείκτη αντικροτικής συμπεριφοράς (RON+MON) 2 , και η ευαισθησία καυσίμου (fuel sensitivity), που υπολογίζεται ως διαφορά των δύο αριθμών οκτανίων του, RON-MON, που για τις συνήθεις βενζίνες έχει τιμή περίπου 10. Πρόκειται για δείκτη συμπεριφοράς ενός καυσίμου σε μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας κινητήρα, αφού οι δύο μέθοδοι προσδιορισμού του αριθμού οκτανίου διαφέρουν ουσιαστικά στην θερμοκρασία εισαγωγής του μίγματος, στο χρόνο αναφλέξεως του μίγματος καυσίμου – αέρα και την ταχύτητα της μηχανής. Οι συνθήκες μέτρησης των RON και MON δίνονται στον πίνακα 7. Και στις δύο μεθόδους η αντικροτικότητα του καυσίμου συγκρίνεται με την αντίστοιχη μιγμάτων ισοοκτανίου και n-επτανίου γνωστής αναλογίας.

Πίνακας 7: Συνθήκες δοκιμής των μεθόδων προσδιορισμού αριθμού οκτανίων

	Research	Motor
Μέθοδος CRC	F-1	F-2
Μέθοδος ASTM	D2699	D 2700
Στροφές κινητήρα (rpm)	600	900
Θερμοκρασία αέρα εισαγωγής (°C)	Εξαρτάται από τη βαρομετρική πίεση	38
Θερμοκρασία μίγματος (°)	Δεν καθορίζεται	149

Θερμοκρασία Ψυκτικού (°)	100	100
Προπορεία σπινθήρα (°)	13° Πριν το ΑΣΝ	Σχετίζεται με τη σχέση συμπίεσης

Ο προσδιορισμός του αριθμού οκτανίου μιας βενζίνης γίνεται με τη βοήθεια ενός πρότυπου κινητήρα, στον οποίο αρχικά μπαίνει η εξεταζόμενη βενζίνη και μετρίεται η συμπίεση στην οποία ακούγεται το κτύπημα. Έπειτα, μπαίνει κανονικό επτάνιο στο οποίο προστίθεται ισοοκτάνιο ωσότου ακουστεί το κτύπημα στην ίδια πίεση με εκείνη της εξεταζόμενης βενζίνης. Το επί τοις εκατό ποσοστό του ισοοκτανίου που υπάρχει στο μίγμα δίνει τον αριθμό οκτανίου της βενζίνης.

Η κλίμακα οκτανίου μπορεί να προεκταθεί προς τιμές υψηλότερες του 100, αφού το ισοοκτάνιο δεν είναι η ουσία με τη μεγαλύτερη αντικροτική ικανότητα. Έτσι για παράδειγμα η αιθανόλη έχει RON ίσο με 129. Σε αυτή την περίπτωση ως καύσιμα συγκρίσεως λαμβάνονται μίγματα ισοοκτανίου και τετρααιθυλο- μολύβδου. (www.wikipedia.gr)

Έχει ήδη αναφερθεί ότι η αντικροτικότητα αποτελεί μία από τις βασικότερες ιδιότητες των βενζινών και μετρίεται με τον αριθμό οκτανίου. Δηλαδή η αντικροτικότητα εξαρτάται από το είδος των υδρογονανθράκων που περιέχονται στο καύσιμο. Σε γενικές γραμμές η κατάταξη της αντικροτικότητας των κατηγοριών οργανικών ενώσεων είναι η ακόλουθη:

Αρωματικά > ισοπαραφίνες > ναφθένια > ολεφίνες > παραφίνες.

Αύξηση του μεγέθους του μορίου συνεπάγεται μείωση της αντικροτικότητας για ίδιο βαθμό διακλάδωσης.

Ο σχεδιασμός της μηχανής και του οχήματος επηρεάζει τις απαιτήσεις τόσο σε RON, όσο και σε MON του καυσίμου, με τις περισσότερες μηχανές σήμερα να εμφανίζουν τον λεγόμενο περιορισμό του ενός βαθμού οκτανίων, που σημαίνει μία μεταβολή ενός βαθμού RON είναι ασφαλής αν συνοδεύεται από ίση και αντίθετη μεταβολή του MON.

Ο δείκτης αντικροτικής συμπεριφοράς (antiknock index) του καυσίμου (RON+MON) 2 δεν εντάσσεται σε αυστηρά καθορισμένα όρια αλλά εξαρτάται από τις απαιτήσεις των Μ.Ε.Κ., ενώ τυπικά θεωρούνται καύσιμα με δείκτη αντικροτικής συμπεριφοράς 87, 89, 91 (για αμόλυβδες βενζίνες), και 88 (για μολυβδωμένες βενζίνες). (Στουρνάς κ α, 2002)

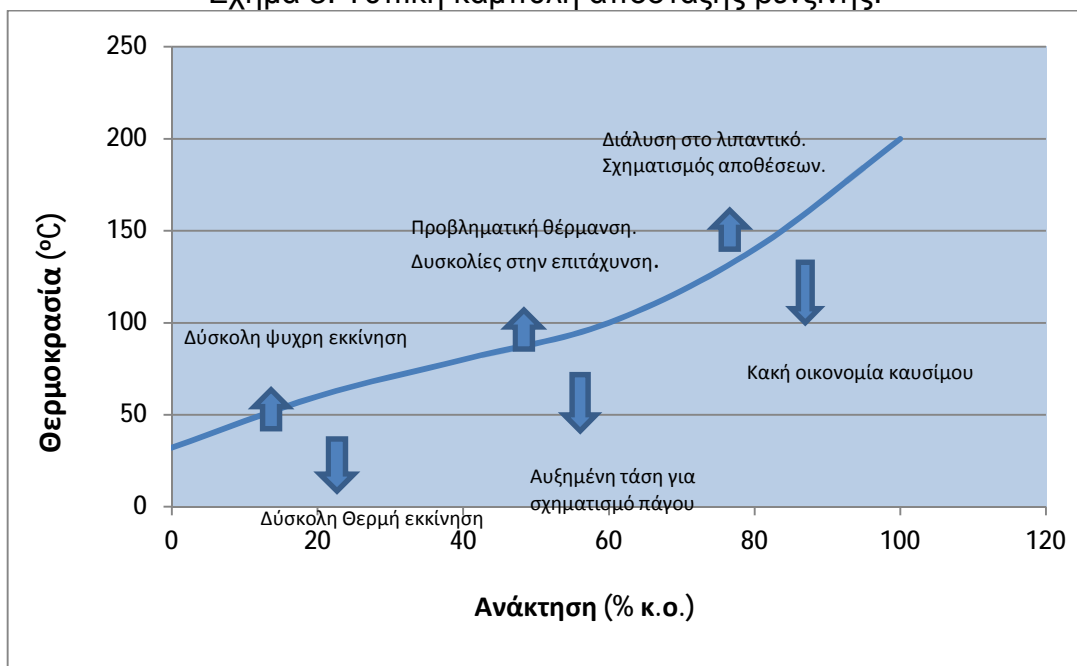
1.3.3.2 Πτητικότητα

Η πτητικότητα (ευκολία με την οποία εξατμίζεται η βενζίνη) αποτελεί μία σημαντική ιδιότητα των βενζινών. Λόγω του ότι μία βενζίνη περιέχει πολλές διαφορετικές ενώσεις, δεν έχει ένα συγκεκριμένο σημείο βρασμού, αλλά μία καμπύλη στην οποία το αρχικό από το τελικό σημείο διαφέρουν κατά 170 °C περίπου. Η περιοχή βρασμού της βενζίνης εξαρτάται από τη σύσταση της. Οι βενζίνες περιέχουν πάρα πολλά συστατικά (περίπου 400) κι έτσι εμφανίζουν ομαλές καμπύλες βρασμού, ακόμη και αν χρησιμοποιηθεί στήλη με υψηλό βαθμό διαχωρισμού. Η πτητικότητα ενός καυσίμου προσδιορίζεται στο εργαστήριο από τα στοιχεία απόσταξης και από την τάση ατμών. Η πτητικότητα έχει μεγάλη σημασία για το κόστος παραγωγής του καυσίμου, για την ασφάλεια στους χειρισμούς του, για τις απώλειες λόγω εξάτμισης του και κυρίως για τη λειτουργία του κινητήρα. Όσο αυξάνεται η πτητικότητα της βενζίνης τόσο ευκολότερα ξεκινά ο κινητήρας και τόσο ευκολότερα θερμαίνεται. Για μια πτητική βενζίνη (μεγάλη αναλογία σε ελαφρά συστατικά) σε χαμηλή θερμοκρασία εξατμίζεται το 10% αυτής με αποτέλεσμα το γρήγορο ζέσταμα και ξεκίνημα της

μηχανής. Μια τέτοια βενζίνη όμως παρουσιάζει μεγαλύτερες απώλειες από το ρεζερβουάρ και μερικές φορές δημιουργούνται θύλακες αερίων στις αντλίες και στις γραμμές του καυσίμου οπότε και προκύπτει μια μείωση της ροής του καυσίμου στους εξαερωτές με αποτέλεσμα την ανώμαλη λειτουργία της μηχανής. Δηλαδή οι πτητικές βενζίνες εμφανίζουν μεγάλες απώλειες και ανωμαλίες στην λειτουργία της μηχανής εξαιτίας της δημιουργίας φυσαλίδων αερίων στην γραμμή ροής του καυσίμου (φράγμα ατμών). Η παρουσία, εξάλλου, κλασμάτων με υψηλό σημείο βρασμού αυξάνει σημαντικά τα επίπεδα εκπομπής ανεπιθύμητων υδρογονανθράκων (βενζολίου, βουταδιενίου) και αλδευδών (φορμαλδεΰδης, ακεταλδεΰδης). Σε αντίθεση με τις πτητικές οι βενζίνες που εξατμίζονται δύσκολα δυσχεραίνουν την εκκίνηση της μηχανής και μπορεί να οδηγήσουν σε πάγωμα του εξαερωτήρα στις χαμηλές θερμοκρασίες, χαμηλή επιτάχυνση, κτύπο στον κινητήρα λόγω μη ομοιόμορφης κατανομής καυσίμου στους κυλίνδρους, διακοπή ροής του καυσίμου λόγω ύπαρξης ατμών σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών και επιμόλυνση του λιπαντικού στον στροφαλοθάλαμο. Επομένως συμπεραίνεται ότι η πτητικότητα των βενζινών θα πρέπει να βρίσκεται εντός κάποιων συγκεκριμένων ορίων έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία των κινητήρων. Ο προσδιορισμός αυτών των ορίων γίνεται βασιζόμενος στις εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας καθώς και στις γεωγραφικές μεταβολές του υψομέτρου. Γι' αυτό και τα διυλιστήρια παράγουν βενζίνες διαφορετικής πτητικότητας τη χειμερινή περίοδο. Πρέπει να σημειωθεί· ότι αύξηση της πτητικότητας των βενζινών οδηγεί σε σημαντική μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα και των άκαυστων υδρογονανθράκων στα καυσαέρια.

Η πτητικότητα του καυσίμου καθορίζεται από τις συνθήκες απόσταξης και την τάση ατμών. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την απόσταξη των βενζινών είναι η ASTM D-86. Με τη μέθοδο αυτή, η κλασμάτωση που επιτυγχάνεται αντιστοιχεί σε μία θεωρητική βαθμίδα. 100 ml καυσίμου θερμαίνονται κάτω από τις συνθήκες που αναφέρει η μέθοδος και καταγράφονται οι θερμοκρασίες στις οποίες αποστάζουν συγκεκριμένα ποσοστά του καυσίμου.

Σχήμα 3: Τυπική καμπύλη απόσταξης βενζίνης.



Οι καμπύλες απόσταξης των βενζινών δεν είναι πάντα ίδιες, καθώς το σχήμα (3) της καμπύλης εξαρτάται από τη σύσταση της βενζίνης. Υπάρχει περίπτωση η βενζίνη να περιέχει συστατικά που αποστάζουν σε μία στενή περιοχή, οπότε η καμπύλη απόσταξης θα έχει πεπλατυσμένη μορφή. Μπορεί όμως να περιέχει σε μεγάλο ποσοστό συστατικά με χαμηλή πτητικότητα και συστατικά με υψηλή πτητικότητα, οπότε η καμπύλη παρουσιάζει απότομη αύξηση στο μέσο περίπου. Η συμπεριφορά στην οδήγηση που εμφανίζουν τέτοιες «μη τυπικές» καμπύλες απόσταξης μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από αυτή των τυπικών βενζινών. (Στουρνας κ α, 2002) (www.gcsf.gr)

1.3.3.3 Χαρακτηριστικά καύσης

Κατά τη διάρκεια της καύσης πρέπει να εξασφαλιστεί ότι το καύσιμο θα καεί ομαλά, χωρίς κτύπημα και χωρίς υψηλά επίπεδα εκπομπής τοξικών καυσαερίων. Η φάση διάδοσης της φλόγας ακολουθεί αμέσως μετά την ανάφλεξη του καυσίμου. Η 200φάση αυτή είναι ανώμαλη σε συνάρτηση με το χρόνο κι εξαρτάται μόνο από τη σύσταση του μίγματος. Ο χρόνος της καύσης εξαρτάται από την ταχύτητα διάδοσης της φλόγας. Η ταχύτητα της φλόγας εξαρτάται από τη διάχυση στο μέτωπό της φλόγας, την ένταση της τύρβης και το μέτωπο της θερμοκρασίας στο μέρος του μίγματος που δεν έχει καεί ακόμα. Η ένταση της τύρβης και το μέτωπο της φλόγας εξαρτώνται από το σχήμα του θαλάμου καύσης, το σχεδιασμό του συστήματος εισαγωγής του μίγματος και τη μετακίνηση του εμβόλου. Τέλος, η αύξηση της πίεσης επηρεάζει θετικά τη θερμοκρασία του μίγματος που δεν έχει καεί.

Η ποσότητα του αέρα που απαιτείται για την πλήρη καύση ενός καυσίμου μπορεί να υπολογιστεί αν είναι γνωστή η σύσταση του (αναλογία ατόμων άνθρακα – υδρογόνου). Στην περίπτωση των βενζινών, αν η σχέση αέρα καυσίμου είναι χαμηλότερη από 7:1, τότε το μίγμα είναι πολύ πλούσιο για να αναφλεγεί, ενώ αν είναι υψηλότερη από 20:1 τότε το μίγμα είναι πολύ φτωχό για να αναφλεγεί σε συμβατικούς βενζινοκινητήρες.

Η ομαλή καύση πραγματοποιείται όταν το μέτωπο της φλόγας μετακινείται ομαλά, αλλά σε ακανόνιστο σχήμα μέσα στο θάλαμο καύσης και μέχρι να καταναλωθεί όλο το καύσιμο. Η πίεση αυξάνει καθώς το μίγμα συμπιέζεται ενώ αυξάνει απότομα αμέσως μετά την ανάφλεξη λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και της δημιουργίας των καυσαερίων.

Ακόμη και σε συνθήκες ομαλής καύσης, η τιμή της μέγιστης πίεσης διαφέρει από κινητήρα σε κινητήρα λόγω διαφορετικών συνθηκών λειτουργίας και στροβιλισμού. (Στουρνας κ α, 2002), (Φουντη, 2004)

1.3.3.4 Περιεκτικότητα

Η σύσταση των βενζινών αναφέρεται κυρίως σε συστατικά η περιεκτικότητα των οποίων πρέπει να βρίσκεται κάτω από συγκεκριμένα όρια είτε για περιβαλλοντικούς είτε για άλλους λόγους, π.χ. κλιματολογικές συνθήκες. Όσον αφορά τους υδρογονάνθρακες που περιέχονται στις βενζίνες το μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι παραφίνες, ολεφίνες και αρωματικές ενώσεις. Η περιεκτικότητα στις κατηγορίες υδρογονανθράκων είναι σημαντική γιατί μέσω αυτής μπορεί να γίνει η εκτίμηση της τάσης της βενζίνης για σχηματισμό κομμωδών ουσιών και αποθέσεων. Ο προσδιορισμός των ενώσεων αυτών που περιέχονται σε μία βενζίνη γίνεται με διάφορες χημικές μεθόδους όπως η αέρια χρωματογραφία (GC η οποία και εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό των εν λόγω ενώσεων στα δείγματα των βενζινών που αναλύθηκαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας) καθώς και η φασματογραφία υπερύθρου.

Το αργό πετρέλαιο περιέχει θειούχα συστατικά όπου τα περισσότερα από αυτά απομακρύνονται κατά τη διάρκεια της διύλισης. Η περιεκτικότητα των βενζινών σε θείο είναι συνήθως κάτω από 0.1% κ.β.. Η παρουσία του θείου είναι ανεπιθύμητη για περιβαλλοντικούς λόγους κι επειδή συμβάλει στο σχηματισμό αποθέσεων στο θάλαμο καύσης. Στη βενζίνη το θείο εμφανίζεται με τη μορφή μερκαπτανών, σουλφιδίων, δισουλφιδίων και θειοφαινίων. Οι μερκαπτάνες είναι ανεπιθύμητες επειδή είναι δύσσομες και διαβρωτικές. Απομακρύνονται συνήθως με διεργασίες γλύκανσης. Ο προσδιορισμός τους γίνεται με ποτενσιομετρική τιτλοδότηση με νιτρικό άργυρο (ASTM D-2337).

Το θείο αποτελεί πρόσμιξη σημαντικής σημασίας για όλα σχεδόν τα προϊόντα πετρελαίου.

Με την αποθείωση της βενζίνης έχουμε πολλαπλά οφέλη όπως :

1. Μείωση της διαβρωτικής δράσης των βενζινών,
2. Αύξηση αριθμού οκτανίου με μικρότερες ποσότητες οξυγονούχων ενώσεων στη βενζίνη,
3. Μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από SO₂.

Έχει ήδη αναφερθεί ότι η βενζίνη δεν πρέπει να περιέχει διαβρωτικές ουσίες (ελεύθερο θείο και θειούχες ενώσεις, οξυγονούχα συστατικά κ.α.) όχι μόνο λόγω της φθοράς του εξοπλισμού, αλλά και επειδή τα μέταλλα που αποσπώνται μπορεί να δράσουν ως καταλύτες αντιδράσεων οξειδωσης συστατικών του καυσίμου και σχηματισμού αποθέσεων.

Επιπρόσθετα τα προϊόντα της διάβρωσης προκαλούν φραγή σε φίλτρα και διαφράγματα και αυξάνουν τη φθορά των εξαρτημάτων.

Η μέθοδος μέτρησης της ανθεκτικότητας σε διάβρωση των βενζινών είναι η ASTM D-130 και η ανθεκτικότητα καθορίζεται με την δοκιμή διάβρωσης ελάσματος χαλκού (copper strip corrosion) που μετρά το ενεργό θείο και τον προσδιορισμό περιεκτικότητας σε θείο (maximum sulfur content), το όριο του οποίου είναι 0.15% κ.β. για μη αμόλυβδες βενζίνες και 0.10% κ.β. για αμόλυβδες με τυπικές τιμές μεταξύ 0.03% κ.β -0.04% κ.β.. (Στουρνας κ α, 2002), (www.gcsf.gr)

1.3.3.5 Μόλυνση της βενζίνης

Μια βενζίνη παραγωγής δεν θα πρέπει να περιέχει νερό ή ίζημα διότι τα στερεά αλλά και τα υγρά υπολείμματα μπορεί να οδηγήσουν σε διάβρωση, σε πάγωμα της γραμμής του καυσίμου, σε σχηματισμό ζελατίνας (gel) και στο βούλωμα των φίλτρων. Όσον αφορά το νερό, η παρουσία ελεύθερου νερού στην βενζίνη είναι ανεπιθύμητη επειδή μπορεί να δημιουργήσει διαβρώσεις και φθορές στο σύστημα τροφοδοσίας καθώς και προβλήματα σχηματισμού πάγου στη δικλείδα του εξαερωτή σε χαμηλές θερμοκρασίες. Επομένως μία βενζίνη παραγωγής πρέπει να είναι καθαρή και λαμπερή όταν παρατηρείται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όμως ενώ μια βενζίνη μπορεί να είναι καθαρή κατά την παραγωγή της μπορεί να επέλθει φυσική μόλυνση κατά τη διάρκεια διανομής της. Γι αυτό το λόγο και απαιτείται συνεχής έλεγχος για τυχόν μολύνσεις τόσο από τα διυλιστήρια όσο και από τους διανομείς αλλά και από τους βενζινοπώλες. (Στουρνας κ α, 2002)

1.4 Παραγωγή βενζίνης

Τα διυλιστήρια σήμερα για να καλύψουν τις αυξημένες απαιτήσεις για βενζίνες υψηλού αριθμού οκτανίου, χρησιμοποιούν, εκτός της αρχικής ατμοσφαιρικής απόσταξης του αργού πετρελαίου, και τις κατεργασίες αναμόρφωσης και πυρόλυσης (refining processes) των κλασμάτων απόσταξης του αργού πετρελαίου, καθώς και άλλες μεθόδους παραγωγής βενζινών με καθαρά συνθετική πορεία. Η ανάπτυξη τέτοιων μεθόδων επεξεργασίας στοχεύει στην βελτίωση των ιδιοτήτων και την αύξηση της παραγωγής των κλασμάτων που θα αποτελέσουν την πρώτη ύλη για την σύνθεση του καυσίμου, καθώς και την οικονομική διαχείριση της συνολικής παραγωγής του διυλιστηρίου που περιλαμβάνει, εκτός της βενζίνης, αέρια καύσιμα, πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης, λιπαντικά και άλλα υποπροϊόντα. Εφόσον αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν σαν πρώτες ύλες τα αέρια προϊόντα που παράγονται κατά τις διαδικασίες απόσταξης και πυρόλυσης. Οι μέθοδοι αυτές είναι ο πολυμερισμός (polymerization), η αλκυλίωση (alkylation) και η ισομερίωση (isomerization). Οι διεργασίες που πραγματοποιούνται στις συνήθεις διυλιστηριακές εγκαταστάσεις κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες: πρωτογενείς, δευτερογενείς και δευτερεύουσες.

Ο όρος πρωτογενείς περιλαμβάνει όλες τις βασικές διεργασίες (Πίνακας 8), τόσο τις φυσικές, όπως ο διαχωρισμός του αργού πετρελαίου σε κλάσματα (απόσταξη), όσο και τις χημικές κατά τις οποίες παράγονται διάφορα συστατικά από τα κλάσματα του πετρελαίου με αλλαγή της μοριακής δομής των υδρογονανθράκων τους. Στο στάδιο των δευτερογενών διεργασιών πραγματοποιείται εξευγενισμός των προϊόντων των πρωτογενών, με τις ίδιες ουσιαστικά μεθόδους, προσαρμοσμένες έτσι ώστε, το τελικό προϊόν να πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Χαρακτηριστικά αναφέρονται η αποπαραφίνωση των λιπαντικών και η γλύκανση των ελαφρών προϊόντων για απομάκρυνση των μερκαπτανών.

Ενώ οι δευτερεύουσες αναφέρονται σε διεργασίες παρασκευής του έτοιμου τελικού προϊόντος, όπως η μίξη κλασμάτων βενζινών και η προσθήκη των απαραίτητων προσθέτων.

Έχει ήδη αναφερθεί ότι η παραγωγή υγρών καυσίμων από το αργό πετρέλαιο σε ένα διυλιστήριο γίνεται με φυσικές διεργασίες και με διεργασίες χημικής μετατροπής. Φυσικές διεργασίες είναι η ατμοσφαιρική απόσταξη και η απόσταξη υπό κενό. Οι διεργασίες αυτές είναι απαραίτητες για το διαχωρισμό του αργού πετρελαίου σε καύσιμα που θα έχουν σχετικά σταθερές ιδιότητες (καμπύλη απόσταξης, πυκνότητα) ανεξάρτητα από τον τύπο του αργού πετρελαίου που χρησιμοποιείται. Οι διεργασίες χημικής μετατροπής περιλαμβάνουν τις διεργασίες πυρόλυσης και ανασχηματισμού των μορίων του καυσίμου μέσω χημικών αντιδράσεων. Στη μονάδα ατμοσφαιρικής απόσταξης, η απόσταξη γίνεται σε ατμοσφαιρική πίεση, με τη θερμοκρασία του φούρνου ρυθμισμένη στο να δώσει μέγιστο απόσταγμα χωρίς πυρόλυση. Η ποσότητα και η ποιότητα των εξαγομένων προϊόντων εξαρτάται από την περιοχή βρασμού τους και το αργό πετρέλαιο που χρησιμοποιείται. (Στουρνας κ α, 2002) (www.nah.gr)

Πίνακας 8: Κατάταξη διυλιστηριακών διεργασιών

Πρωτογενείς	
Φυσικές διεργασίες διαχωρισμού	Διεργασίες Χημικής μετατροπής
<ul style="list-style-type: none"> 1. Απόσταξη <ul style="list-style-type: none"> α. Ατμοσφαιρική β. Υπό κενό γ. Σταθεροποιητική δ. Αζεοτροπική ε. Εκχυλιστική στ. Μοριακή 2. Κρυστάλλωση <ul style="list-style-type: none"> α. Αποπαραφίνωση β. Απελαίωση παραφίνης 3. Εκχύλιση 4. Απορρόφηση 5. Απογύμνωση 6. Προσρόφηση 7. Θερμική διάχυση 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Πυρολυτικές <ul style="list-style-type: none"> α. Θερμική πυρόλυση β. Ιξωδόλυση γ. Εξανθράκωση δ. Καταλυτική πυρόλυση ε. Υδρογονοπυρόλυση στ. Μερική θερμική οξειδωση ζ. Μερική καταλυτική οξειδωση 2. Εποικοδομητικές <ul style="list-style-type: none"> α. Πολυμερισμός β. Αλκυλίωση 3. Μετατρεπτικές <ul style="list-style-type: none"> α. Αφυδρογόνωση β. Ισομερίωση γ. Κυκλίωση δ. Θερμική αναμόρφωση ε. Καταλυτική αναμόρφωση στ. Αποθείωση ζ. Παραγωγή θείου 4. Χημικής αντίδρασης <ul style="list-style-type: none"> α. Κατεργασία με οξύ β. Κατεργασία με βάση γ. Εμφύσηση με αέρα
Δευτερογενείς	
<p>Οι διεργασίες αυτές δεν αποτελούν νέες διεργασίες. Αφορούν φυσικές διεργασίες ή Διεργασίες χημικής μετατροπής, ειδικά προσαρμοσμένες για τον εξευγενισμό των προϊόντων που λαμβάνονται από τις πρωτογενείς διεργασίες.</p>	
Δευτερεύουσες	
<ul style="list-style-type: none"> 1. Ανάμιξη βενζινών 2. Ανάμιξη λιπαντικών 3. Διάλυση ασφάλτου 4. Γαλακτωματοποίηση ασφάλτου 5. Γαλακτωματοποίηση λιπαντικών 6. Γαλακτωματοποίηση Παραφίνης 7. Παρασκευή λιπαντικών λιπών (γράσων) 	

1.5 Οικονομικά στοιχεία

Οι τιμές του πετρελαίου ανήλθαν σε ιστορικά επίπεδα από την εποχή του Κόλπου. Η αύξηση αυτή των τιμών του πετρελαίου παρατηρείται από τις αρχές του 1999 και έδωσε την αφορμή για διάλογο, ο οποίος περιλαμβάνει τις τρεις συνιστώσες των τιμών κατανάλωσης με τις οποίες επιβαρύνεται ο Ευρωπαίος καταναλωτής:

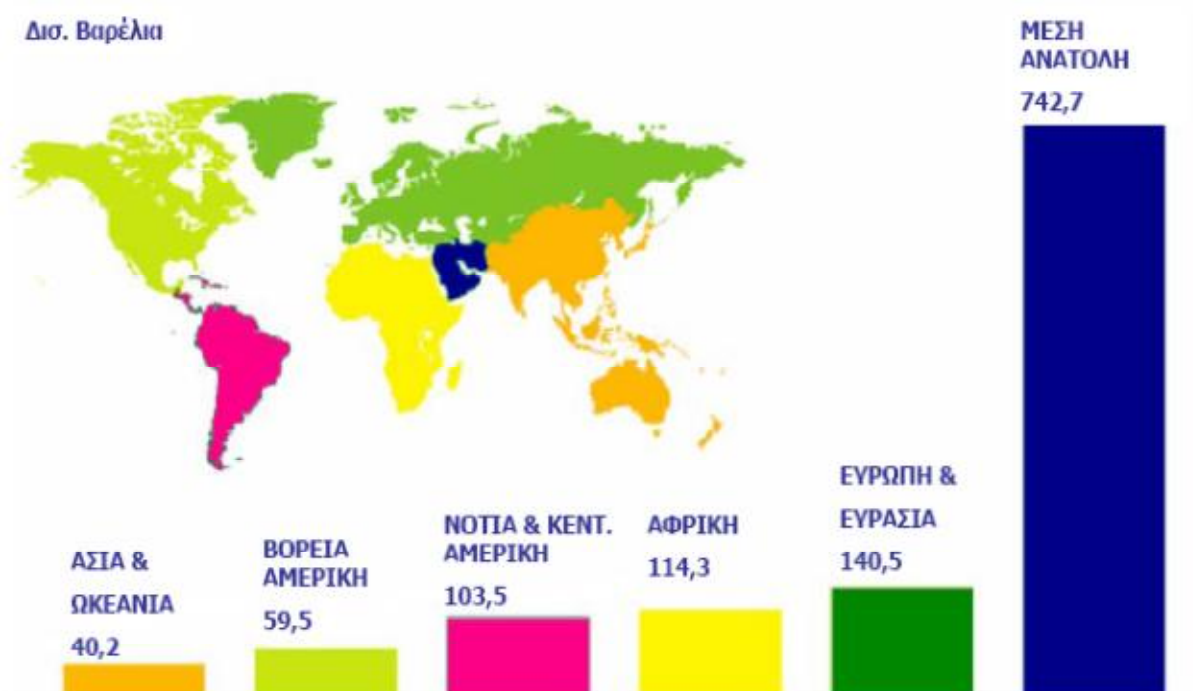
- 1) την τιμή του αργού πετρελαίου,
- 2) τα περιθώρια διύλισης και διανομής και
- 3) τη φορολογία των πετρελαϊκών προϊόντων.

Η σημαντική αυτή αύξηση των τιμών οφείλεται σαφώς στο επίπεδο της αγοράς του αργού πετρελαίου. (Επιτροπή Εφοδ. Πετρ. Ε.Ε)

Η τιμή του πετρελαίου καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, οι οποίοι είναι:

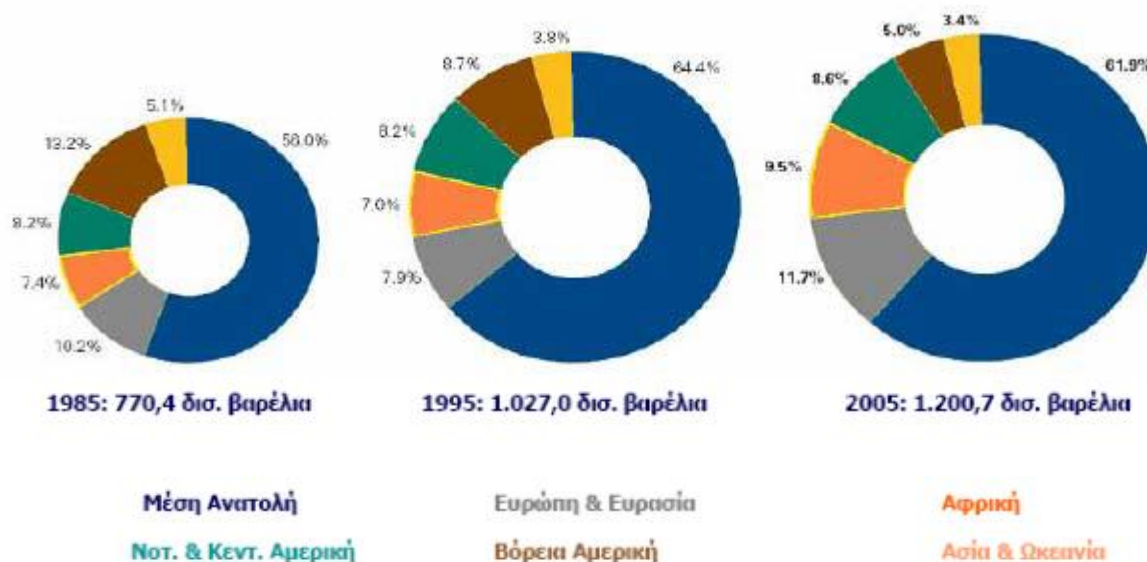
- Πορεία παραγωγής και αποθεμάτων
- Εξέλιξη αναπτυξιακών ρυθμών παγκόσμιας οικονομίας
- Γεωπολιτικά γεγονότα
- Προβλήματα στην ομαλή ροή πετρελαίου
- Καιρικές συνθήκες και εποχικότητα
- Υποκατάστατα προϊόντα ενέργειας
- Θέσεις κερδοσκοπικών κεφαλαίων
- Έκτακτα γεγονότα
- Η παγκόσμια προσφορά και ζήτηση αποτελούσε διαχρονικά τον κυριότερο παράγοντα διαμόρφωσης της τιμής
- Η Ρωσία και οι υπόλοιπες χώρες της πρώην Σοβιετικής Δημοκρατίας εγείρονται ως νέοι ρυθμιστικοί παράγοντες
- Η ζήτηση ενεργειακών πηγών από χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία αποτελεί τα τελευταία χρόνια καθοριστικό παράγοντα από την πλευρά της ζήτησης

Τα επιβεβαιωμένα αποθέματα του πετρελαίου φαίνονται στο σχήμα 4 που ακολουθεί.



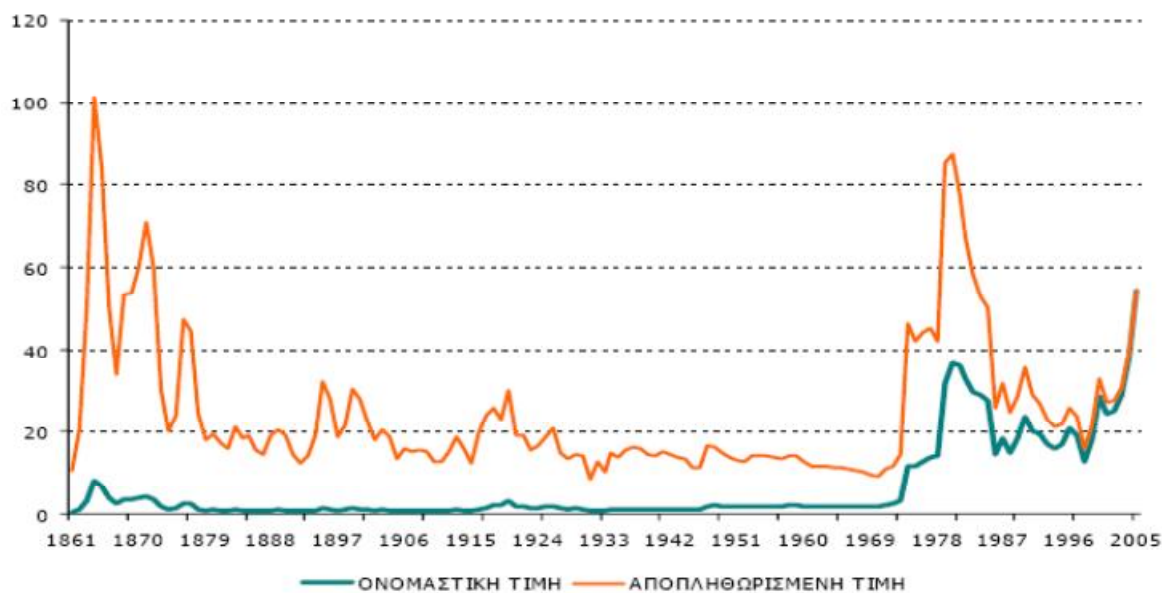
Σχήμα 4: Επιβεβαιωμένα αποθέματα πετρελαίου.

Η διάρθρωση των αποθεμάτων του πετρελαίου για τα έτη 1985, 1995 και 2005 στις διάφορες περιοχές της γης φαίνεται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5: Διάρθρωση αποθεμάτων πετρελαίου.

Η εξέλιξη της τιμής του πετρελαίου από το 1860 έως το 2005 φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί, σχήμα 6.



Πηγή: BP 2006

1950-1983, Arabian Light, 1984-2004: Crude West Texas Intermediate

Σχήμα 6: Εξέλιξη τιμής πετρελαίου 1860- 2005, μηνιαία μεταβολή.
(www.sup.kathimerini.gr)

Σύμφωνα με τις πανελλαδικές μετρήσεις τιμών του υπουργείου Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ) μέχρι το έτος 2008, σε 2.300 περίπου πρατήρια, η μέση τιμή της αμόλυβδης βενζίνης, διαμορφώθηκε στις 14 Σεπτεμβρίου 2008 στα 1,023 ευρώ ανά λίτρο σημειώνοντας, δηλαδή, αύξηση κατά 0,2% από τα 1,021 ευρώ ανά λίτρο στις 7 Σεπτεμβρίου.

Συγκριτικά μπορεί να σημειωθεί ότι από τις αρχές του 2004, η διεθνής τιμή της βενζίνης έχει συνολικά αυξηθεί κατά 133,56%, η τιμή της αμόλυβδης έχει συνολικά αυξηθεί κατά 39,95%, ενώ στο ίδιο διάστημα η τιμή του πετρελαίου αυξήθηκε κατά 149,94%. (www.nah.gr)

Όσον αφορά τώρα τις τελευταίες εξελίξεις οι τιμές των καυσίμων συνέχισαν την ανοδική τους πορεία.

Η τιμή διυλιστηρίου της απλής αμόλυβδης βενζίνης 95 οκτανίων για το τελευταίο τρίμηνο του 2013 διαμορφώθηκε στα 0,610 € ανά λίτρο.

Οι φόροι, τα τέλη και οι λοιπές επιβαρύνσεις αντιστοιχούν σε 1,0054 € ανά λίτρο.

Η μέση τιμή λιανικής της απλής αμόλυβδης βενζίνης 95 οκτανίων διαμορφώθηκε στα 1,719 € ανά λίτρο.

Το εκτιμώμενο περιθώριο των πρατηριούχων και των εταιρειών εμπορίας υπολογίζεται κατά μέσο όρο στα 0,1037 € ανά λίτρο (10,4 λεπτά).

Η τελική τιμή λιανικής διαμορφώνεται από την τιμή διυλιστηρίου κατά 35,5%, από τους φόρους (σταθερούς και μεταβλητούς) κατά 58,5%, και από τα εκτιμώμενα περιθώρια των εταιρειών εμπορίας, των μεταφορέων υγρών καυσίμων και των πρατηρίων κατά 6%.

Ο μέσος όρος της χονδρικής τιμής πώλησης της απλής αμόλυβδης βενζίνης 95 οκτανίων από τις εταιρείες εμπορίας πετρελαιοειδών ήταν 1,662 € ανά λίτρο. (www.fuelprices.gr)

1.6. Γενικά για τα πρόσθετα

Για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών ποιότητας της αμόλυβδης βενζίνης επιτρέπεται η χρήση προσθέτων. Κατάλληλα πρόσθετα, χωρίς επιβλαβείς επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, είναι δυνατό να προστίθενται στην αμόλυβδη βενζίνη σε ενδεδειγμένη ποσότητα, με σκοπό να αποφεύγεται η μείωση της απόδοσης των κινητήρων, να αυξάνεται η διάρκεια ζωής τους και να ελέγχονται οι εκπομπές καυσαερίων. Η προσθήκη θα γίνεται με ευθύνη των εταιρειών εμπορίας πετρελαιοειδών, όσον αφορά την αποτελεσματικότητά τους για τον σκοπό για τον οποίο προορίζονται.

Οι εταιρείες εμπορίας πετρελαιοειδών, προς ενημέρωση, αλλά και για τη δυνατότητα δοκιμών της παρουσίας του προσθέτου στην αμόλυβδη βενζίνη, υποβάλλουν στη Διεύθυνση Πετροχημικών του Γενικού Χημείου του Κράτους (Γ.Χ.Κ.), λεπτομερή στοιχεία του προσθέτου, όπως, τα φυσικοχημικά του χαρακτηριστικά, τη χημική του σύνθεση, το ποσοστό με το οποίο προστίθεται στο καύσιμο, μέθοδο δοκιμών, τις βελτιώσεις τις οποίες επιφέρει, τα αποτελέσματα εργαστηριακών και μηχανικών δοκιμών, πιστοποιητικό μηχανικών δοκιμών, τα δεδομένα ασφάλειας, δήλωση της εταιρείας αν το πρόσθετο χρησιμοποιείται σε χώρες της Ε.Ε. ή χώρες της ΕΖΕΣ που είναι συμβαλλόμενα μέρη στη συμφωνία ΕΟΧ ή την Τουρκία ή άλλη τρίτη χώρα.

Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται είναι αποδεκτά μόνον εφόσον συμφωνούν με τις διατάξεις του παρόντος άρθρου ή με κάθε άλλο κανονισμό ή προδιαγραφή που ισχύει σε άλλο κράτος μέλος της Ε.Ε. ή του ΕΟΧ ή/και την Τουρκία και παράλληλα ανταποκρίνονται δεόντως και ικανοποιητικά στην επιδιωκόμενη βελτίωση των χαρακτηριστικών ποιότητας της αμόλυβδης βενζίνης και εγγυώνται ισοδύναμο επίπεδο ποιότητας και ασφάλειας για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον στις ίδιες κλιματολογικές συνθήκες.

Η τήρηση των στοιχείων του προσθέτου θα γίνεται κατά τρόπο εμπιστευτικό. Οι εταιρείες εμπορίας πετρελαιοειδών που διαθέτουν στην αγορά αμόλυβδη βενζίνη με πρόσθετα τιμωρούνται με πρόστιμο 3.000 – 30.000 ευρώ εφόσον δεν παρέχουν στο ΓΧΚ – Διεύθυνση Πετροχημικών λεπτομερή στοιχεία για τα πρόσθετα αυτά, πριν τη διάθεση των προϊόντων στην αγορά. Το πιο πάνω πρόστιμο επιβάλλεται με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών, κατόπιν εισήγησης της Διεύθυνσης Πετροχημικών του ΓΧΚ.

Για την προστασία του συστήματος των καταλυτών των αυτοκινήτων απαγορεύεται η προσθήκη στην αμόλυβδη βενζίνη ενώσεων του φωσφόρου. (, ΕΦΗΜ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, 2007)

1.6.1 Γενικές Απαιτήσεις και Μέθοδοι Δοκιμών

Γενικές απαιτήσεις

1. Όλοι οι τύποι αμόλυβδης βενζίνης, με ερευνητικό αριθμό οκτανίου (RON) μεγαλύτερο ή ίσο του 95, (RON \geq 95), διατίθενται στην ελληνική αγορά μόνον εάν ικανοποιούν τις προδιαγραφές των **Παραρτημάτων Α και Β της παρούσης, τα οποία ακολουθούν πλήρως το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 228.**
2. Επιτρέπεται η διάθεση στην Ελληνική Αγορά όλων των τύπων αμόλυβδης βενζίνης, με ερευνητικό αριθμό οκτανίου (RON) μεγαλύτερο ή ίσο του 95, (RON \geq 95), εφόσον οι εταιρείες εμπορίας πετρελαιοειδών καταθέσουν στο ΓΧΚ-Διεύθυνση Πετροχημικών φάκελο με το τύπο της βενζίνης αυτής, το εμπορικό της όνομα και τα φυσικοχημικά της στοιχεία όπως απαιτούνται

και καταγράφονται στα Παραρτήματα Α και Β και ακολουθούν **πλήρως το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 228.**

3. Οι προμηθευτές εξασφαλίζουν τη διάθεση στην ελληνική αγορά βενζίνης με μέγιστη περιεκτικότητα σε οξυγόνο 2,7 % (m/m) και μέγιστη περιεκτικότητα σε αιθανόλη 5 % (V/V) έως το 2013 τουλάχιστον. Με σχετική ΚΥΑ των Υπουργών Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής και Οικονομικών μπορεί να απαιτηθεί η διάθεση στην αγορά αυτής της βενζίνης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, εάν κρίνεται απαραίτητο.
4. Είναι δυνατόν κατόπιν αιτήσεως στην Ε. Επιτροπή από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής και σχετική έγκριση της Ε. Επιτροπής, να επιτρέπεται η διάθεση στην ελληνική αγορά κατά τη θερινή περίοδο βενζίνης που περιέχει αιθανόλη με μέγιστη τάση ατμών 60 kPa και την επιτρεπόμενη απόκλιση της τάσης ατμών που προσδιορίζεται στο **Παράρτημα Γ**, υπό τον όρο ότι η χρησιμοποιούμενη αιθανόλη είναι βιοκαύσιμο.

Μέθοδοι δοκιμών- Σχετικό πρότυπο

Οι προδιαγραφές της βενζίνης καθορίζονται από τις παραμέτρους όπως αυτές περιγράφονται στα Παραρτήματα Α και Β της παρούσης. Οι μέθοδοι δοκιμών των παραμέτρων που αναφέρονται στα παραρτήματα Α και Β, είναι αυτές που καθορίζονται στο σχετικό ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 228.

Όλες οι μέθοδοι δοκιμών που καθορίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 228 περιλαμβάνουν δεδομένα ακριβείας και πιστότητας. Σε περιπτώσεις αμφισβητήσεων τα αποτελέσματα των δοκιμών αξιολογούνται και ερμηνεύονται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 4259. (, ΕΦΗΜ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, 2007)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη υγρών καυσίμων

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας των καυσίμων χρησιμοποιούμε κάποια χαρακτηριστικά μεγέθη όπως:

1. Η πυκνότητα
2. Ειδική θερμοχωρητικότητα
3. Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας
4. Συντελεστής διαστολής
5. Θερμογόνος δύναμη (ή θερμαντική ικανότητα)

(*Τα οποία αναλύονται στα επόμενα υποκεφάλαια)

Ενδεικτικά δίνονται στον πίνακα 9 οι τιμές των χαρακτηριστικών μεγεθών για διάφορα υγρά καύσιμα. (Γ.Περισσακη, 1978)

Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά μεγέθη υγρών καυσίμων

Καύσιμο	Πυκνότητα στους 15 °C (g/cm ³)	Σύνθεση				Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	Κατώτερη θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	Θερμοκρασία ανάφλεξης (°C)	C/H
		C	H	O + N	S				
Αιθανόλη	0,792	37,5	12,5	50	-	22,3	19,6	400	3
Υγραέριο	0,58	82	18	-	-	50,0	46,0	450	4,6
Βενζόλιο	0,879	92,3	7,7	-	-	42,0	40,0	580	12
Βενζίνη	0,72 – 0,80	85	15	-	-	46,7	42,5	230 - 260	5,65
Πετρέλαιο	0,835	85,9	13,3	-	0,5	45,9	43,0	-	6,45

2.1.1 Πυκνότητα

Η πυκνότητα ρ , είναι ένα μέγεθος, χαρακτηριστικό για κάθε υλικό που βρίσκεται σε συγκεκριμένη φυσική κατάσταση (στερεό, υγρό, αέριο) και σε συγκεκριμένες συνθήκες (πίεση, θερμοκρασία).

Ορισμός: η πυκνότητα ρ ενός υλικού ορίζεται σαν το πηλίκο της μάζας m του υλικού, προς τον όγκο V που αυτή καταλαμβάνει.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{σχέση 1})$$

Τη μάζα ενός σώματος ξέρουμε ότι τη μετράμε σε κιλά (Kg) και τον όγκο ενός σώματος ξέρουμε ότι τον μετράμε σε κυβικά μέτρα (m³).

Όπως φαίνεται από τον ορισμό, η μονάδα μέτρησης της πυκνότητας (δηλαδή την πυκνότητα θα τη μετράμε) σε κιλά ανά κυβικό μέτρο (Kg/ m³). (www.wikipedia.gr)

2.1.2 Ειδική θερμοχωρητικότητα

Ειδική θερμοχωρητικότητα ονομάζουμε την ενέργεια που πρέπει να δώσουμε σε ένα kg καυσίμου ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1°C

Μονάδες μέτρησης → kJ/kg °C

(η ειδική θερμοχωρητικότητα αναφέρεται και στην εισαγωγή.)

2.1.3 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

Ως θερμική αγωγιμότητα (συμβολίζεται συνήθως με k) ορίζεται η χαρακτηριστική ιδιότητα της ύλης που προσδιορίζει την ευκολία ή δυσκολία διάδοσης της θερμότητας στο εσωτερικό ενός υλικού. Η θερμική αγωγιμότητα μετριέται με τον "συντελεστή αγωγιμότητας", ο οποίος διαφέρει από σώμα σε σώμα. Ανάλογα με την ευκολία της διάδοσης της θερμότητας τα σώματα (υλικά) διακρίνονται σε ευθερμαγωγά, ή καλοί αγωγοί θερμότητας, (όπως π.χ. τα μέταλλα) και σε δυσθερμαγωγά, ή κακοί αγωγοί θερμότητας, ή κατ' επέκταση θερμομονωτικά, (όπως π.χ. το ξύλο, ο αμίαντος, τα υγρά και τα αέρια).

Σύμφωνα με το νόμο αγωγής θερμότητας ο ρυθμός μετάδοσης θερμότητας ή αλλιώς ροή θερμότητας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$H = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (\text{σχέση 2})$$

Όπου:

k η θερμική αγωγιμότητα,

A το εμβαδό της διατομής δια μέσω της οποίας έχουμε αγωγή, και

$\Delta T/\Delta x$ η μεταβολή της θερμοκρασίας σε απόσταση Δx κατά τη φορά αγωγής.
(www.wikipedia.gr)

2.1.4 Συντελεστής διαστολής

Η θερμική διαστολή οφείλεται στην αλλαγή της μέσης απόστασης μεταξύ των μορίων η ατόμων από τα οποία αποτελείται ένα υλικό. Το υλικό αποτελείται από άτομα που συγκρατούνται σε συγκεκριμένες θέσεις εξαιτίας των ηλεκτρικών δυνάμεων που ενεργούν μεταξύ τους. Τα άτομα εκτελούν ηλεκτρικές ταλαντώσεις γύρω από την θέση ισορροπίας τους. (Χαλδουπης, 1977)

Αν θεωρήσουμε λοιπόν μία ράβδο με μήκος (l) σε απόλυτη θερμοκρασία (T). Αυξάνοντας την θερμοκρασία κατά (ΔT) έχουμε μεταβολή του μήκους κατά (Δl).

$$\Delta l = a l \Delta T \quad (\text{σχέση 3})$$

Συνεπώς αν λύσουμε ως προς τον συντελεστή διαστολής (a) έχουμε :

$$a = \frac{\Delta l}{l \Delta T} \quad (\text{σχέση 3}^{\alpha})$$

2.1.5 Θερμογόνος δύναμη

Κατά την καύση ενός καυσίμου η χημική του ενέργεια μετατρέπεται σε αισθητή θερμότητα.

Θερμογόνος δύναμη καυσίμου είναι το ποσό της θερμικής ενέργειας που αποδίδεται προς το περιβάλλον από την πλήρη καύση της μονάδας μάζας ή όγκου του καυσίμου όταν η καύση γίνεται σε σταθερή πίεση.

Μονάδα μέτρησης της θερμογόνου δύναμης είναι:

Για τα στερεά ή υγρά καύσιμα → KJ/Kg

Για τα αέρια καύσιμα → KJ / m³

Ο υπολογισμός της γίνεται με ειδικές συσκευές, τα καλορίμετρα, όπου γενικά η μέτρηση της θερμογόνου δύναμης βασίζεται στην μέτρηση της θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση συγκεκριμένης ποσότητας καυσίμου.

Η θερμότητα που περιέχεται στα καυσαέρια συμπεριλαμβάνεται μέσα στη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου και στο σημείο αυτό γίνονται πολλές προσπάθειες για την ανάκτηση της θερμότητας καυσαερίου και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Από τις εξισώσεις καύσης του υδρογόνου βλέπουμε ότι η θερμική ενέργεια που αποδίδεται είναι μικρότερη όταν το H₂O που βρίσκεται στα προϊόντα της καύσης είναι σε μορφή ατμού ενώ αν τούτο έχει υγροποιηθεί η αποδιδόμενη θερμική ενέργεια είναι μεγαλύτερη.

Αυτό είναι λογικό, γιατί για να υπάρξει ατμός στα καυσαέρια, σημαίνει ότι το H₂O που δημιουργήθηκε από την καύση, απορρόφησε ποσά θερμότητας, ίσα με τη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης της ποσότητας του νερού που ατμοποιήθηκε.

Ο καθορισμός της γίνεται με εφαρμογή του πρώτου θερμοδυναμικού αξιώματος σε δυο ειδικές κατηγορίες καύσης :

1. Μόνιμη ροή: καλείται η ροή της οποίας όλες οι παράμετροι (πυκνότητες, θερμοκρασίες, ταχύτητες κ.λπ.) είναι ανεξάρτητες του χρόνου.
2. Καύση σε μόνιμη ροή: καλείται η ροή στην οποία το καύσιμο και το οξειδωτικό είναι κύριες συνιστώσες των χημικών αντιδράσεων της καύσης που συντελείται κάτω από συνθήκες μόνιμης ροής.

Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (H_o)

Είναι η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου όταν δεν υπολογίζουμε την απώλεια από την ατμοποίηση του παραγόμενου, κατά τη καύση του καυσίμου H₂O.

Κατώτερη θερμογόνος δύναμη (H_u)

Είναι η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου αφού έχουμε αφαιρέσει την ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για την ατμοποίηση του παραγόμενου, κατά την καύση του καυσίμου, H₂O.

Συνήθως αυτή που χρησιμοποιείται για στους τεχνικούς υπολογισμούς είναι η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (H_u).

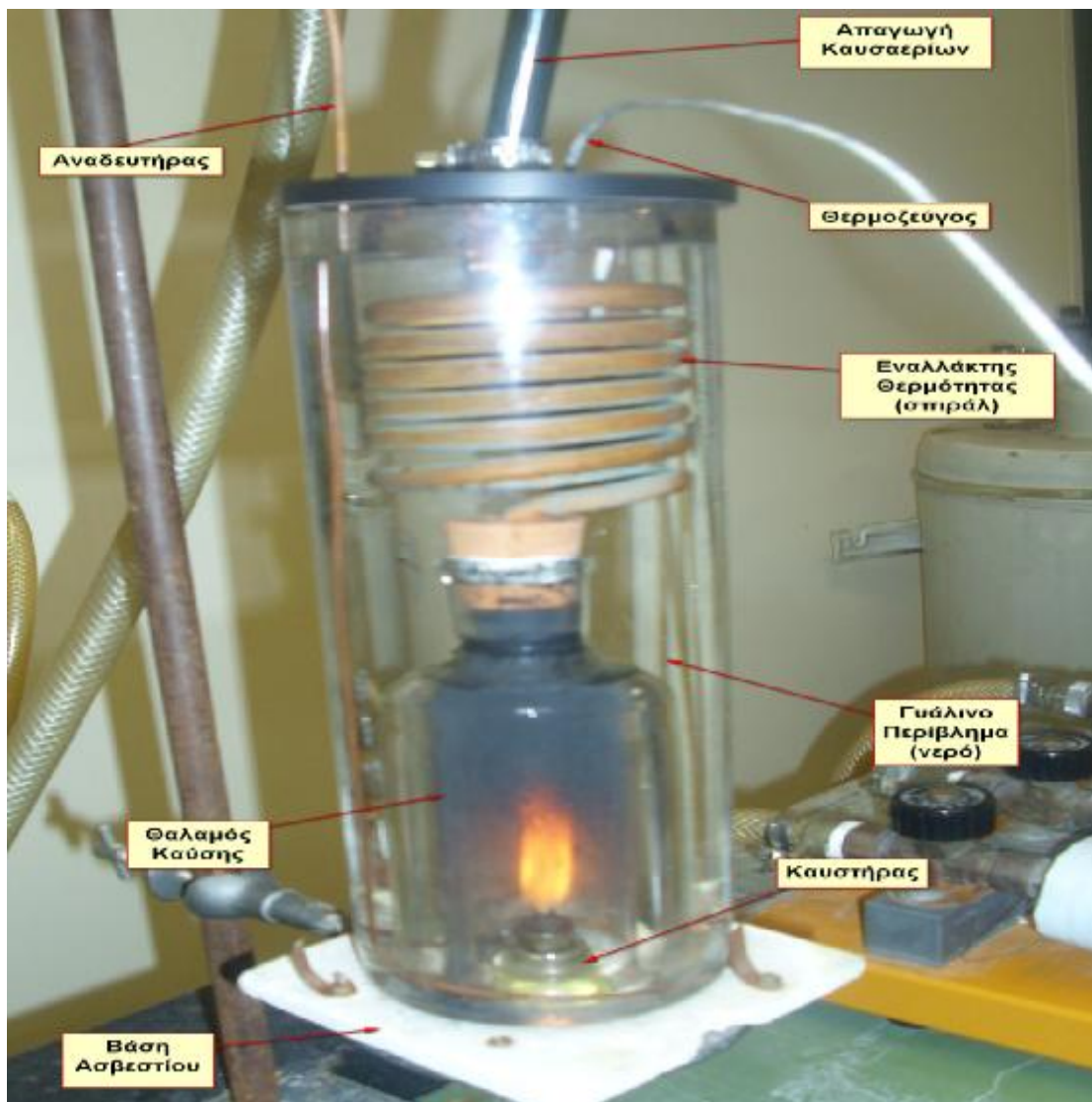
Η διάφορα μεταξύ ανώτερης και κατώτερης θερμογόνου δύναμης, μπορεί να υπολογιστεί αν βρεθεί η ενθάλπια ή εσωτερική ενέργεια που είναι απαραίτητη για την μετατροπή του νερού σε κορεσμένο ατμό (τα οποία δεδομένα λαμβάνονται από πίνακα για συγκεκριμένη θερμοκρασία).

Η τιμή της θερμογόνου δύναμης έχει μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον. Οι τιμές της μπορούν να βρεθούν από πίνακες για πολλά καύσιμα και εξαρτώνται από το είδος του καυσίμου, την φάση με την οποία εμφανίζεται το νερό στην καύση, καθώς επίσης και την φάση με την οποία εμφανίζεται το καύσιμο (υγρή, αέρια). (Περρακης, 2004)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Πειραματική διάταξη συσκευής

Η πειραματική συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της θερμογόνου δύναμης φαίνεται στα σχήματα 7 & 8. Αποτελείται από ένα γυάλινο περίβλημα που περιβάλλει τον χώρο καύσης και γεμίζει με νερό. Μέσα στο γυάλινο περίβλημα υπάρχει ο θάλαμος καύσης ο οποίος είναι ανοιχτός στην βάση του. Ο θάλαμος καύσης συνδέεται με έναν εναλλάκτη θερμότητας (σπιράλ, χάλκινος σωλήνας εξωτερικής διαμέτρου 6mm) η άκρη του οποίου περνά από ένα μαύρο κάλυμμα το οποίο καλύπτει το γυάλινο περίβλημα και καταλήγει σε έναν αντλητικό μηχανισμό για την απαγωγή των καυσαερίων. Στο χώρο του νερού τοποθετείται ένα θερμοζεύγος, το οποίο διέρχεται από μια οπή που υπάρχει για τον σκοπό αυτό στο κάλυμμα, καθώς και ένας χάλκινος αναδευτήρας. Το θερμοδόμετρο στηρίζεται σε μια βάση από άσβεστο, ανθεκτική στην θερμοκρασία. Για την καύση υγρών καυσίμων όπως αυτά του πειράματος, χρησιμοποιείται ένας μικρός καυστήρας υγρών.



Σχήμα 7: Πειραματική διάταξη συσκευής.



Σχήμα 8 : Γενική εικόνα της πειραματικής συσκευής.

3.2 Πειραματική διαδικασία

Όπως προαναφέρθηκε η μέτρηση της θερμογόνου δύναμης βασίζεται στην μέτρηση της θερμότητας που εκλύεται, κατά την καύση συγκεκριμένης ποσότητας ενός καυσίμου. Η θερμότητα που εκλύεται κατά την καύση μεταφέρεται από τα καυσαέρια (προϊόντα της καύσης) προς το περιβάλλον μέσω του εναλλάκτη και προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του νερού και των επιμέρους εξαρτημάτων του θερμιδόμετρου.

Κατά συνέπεια θα πρέπει να μετρηθεί η (μέση) θερμοχωρητικότητα του θερμιδόμετρου, η μάζα του γυάλινου δοχείου γεμάτο με νερό και αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλείται.

Ο υπολογισμός της θερμοχωρητικότητας του θερμιδόμετρου πραγματοποιείται έμμεσα στην πρώτη φάση της πειραματικής διαδικασίας, όπου καίγεται ποσότητα καυσίμου γνωστής θερμογόνου δύναμης.

Στα επόμενα υποκεφάλαια αναλύεται η πειραματική διαδικασία.

3.2.1 Προσδιορισμός της θερμοχωρητικότητας της συσκευής.

Για να προσδιορίσουμε την θερμοχωρητικότητα της συσκευής χρησιμοποιούμε ένα καύσιμο, την προπανόλη, όπου η θερμογόνος δύναμη της είναι σ' εμάς γνωστή.

Τα αναγκαία βήματα για την διεξαγωγή του πειράματος είναι τα εξής:

1. Τοποθετούμε μια μικρή ποσότητα προπανόλης στον καυστήρα, καλύπτουμε με το κάλυμμα του και το ζυγίζουμε.
2. Πληρώνουμε τον γυάλινο θάλαμο με νερό ώστε να καλυφτεί εντελώς ο σπιράλ σωλήνας του εναλλάκτη θερμότητας, τον ζυγίζουμε και τον τοποθετούμε πάνω στην βάση από άσβεστο.
3. Συνδέουμε την αντλία κενού στην κορυφή του εναλλάκτη θερμότητας.
4. Τοποθετούμε το θερμοζεύγος δια μέσου της οπής του καλύμματος, σε βάθος που να μην εμποδίζει τον αναδευτήρα όταν χρησιμοποιείται.
5. Αφαιρούμε το κάλυμμα από τον καυστήρα και τον τοποθετούμε πάνω στην βάση από άσβεστο(μέσα στον θάλαμο καύσης).
6. Ανάβουμε τον καυστήρα και ξεκινά η πειραματική μέτρηση.
7. Ανάβοντας τον καυστήρα, παράλληλα ξεκινάμε και ένα χρονόμετρο.(για σύγκριση της ανόδου θερμοκρασίας στην μονάδα του χρόνου).
8. Χρησιμοποιώντας τον αναδευτήρα, ανακατεύουμε συνεχώς, με σταθερό ρυθμό το νερό μέσα στον γυάλινο θάλαμο.
9. Παρακολουθούμε την θερμοκρασία που μας δείχνει το πολύμετρο.
10. Όταν η διαφορά θερμοκρασίας σταθεροποιηθεί στους 4°C βαθμούς, σταματάμε την καύση.
11. Τοποθετούμε το κάλυμμα και ξαναζυγίζουμε τον καυστήρα.

Κατά αυτόν τον τρόπο έχουν γίνει γνωστά τα εξής :

- Η μάζα καυσίμου που χρειάστηκε για την καύση.

$$m_{\text{καυσίμου}} = m_{\text{αρχικό}} - m_{\text{τελικό}} \quad (\text{Σχέση 4})$$

- Η μάζα νερού που θερμάνθηκε. ($m_{\text{νερού}}$)
- Η διαφορά θερμοκρασίας. (ΔT)
- Η θερμογόνος δύναμη της προπανόλης, είναι ήδη γνωστή.

Και υπολογίζουμε την ειδική θερμοχωρητικότητα από την εξής σχέση:

$$\Delta H_C \Delta m_{\text{καυσίμου}} = m_{\text{νερού}} C_{p\Delta} \Delta T \quad (\text{Σχέση 5})$$

Και επιλύουμε ως προς την ειδική θερμοχωρητικότητα.

$$C_{p\Delta} = \frac{\Delta H_C \Delta m_{\text{καυσίμου}}}{\Delta T m_{\text{νερού}}} \quad (\text{Σχέση 5}^{\alpha})$$

$\Delta H_C \rightarrow$ Θερμογόνος δύναμη $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right)$

$\Delta m_{\text{καυσίμου}} \rightarrow$ Τα mole του καυσίμου που κάηκαν $\Delta m_{\text{καυσίμου}} = \frac{m_{\text{καυσίμου}}}{60}$

$m_{\text{νερού}} \rightarrow$ Η μάζα του νερού $m_{\text{νερού}} = m_{\text{νερού}} \cdot 10^3 \text{ (Kg)}$

$C_{p\Delta} \rightarrow$ Η ειδική θερμοχωρητικότητα $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \right)$

$\Delta T \rightarrow$ Η διαφορά θερμοκρασίας $(\Delta T = T_{\text{αρχική}} - T_{\text{τελική}})$

3.2.2 Προσδιορισμός της θερμογόνου δύναμης

Εφόσον έχουμε προσδιορίσει την ειδική θερμοχωρητικότητα της συσκευής συνεχίζουμε με το ίδιο τρόπο (βλέπε 3.2.1, βήματα διεξαγωγής πειράματος) και επαναλαμβάνουμε το πείραμα μας χρησιμοποιώντας το καύσιμο(βενζίνη), του οποίου θέλουμε να προσδιορίσουμε την θερμογόνο δύναμη.

Διεξάγουμε το πείραμα ακολουθώντας κάθε φορά τα βήματα διεξαγωγής του πειράματος και στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας την σχέση 1 αντικαθιστούμε τα δεδομένα μας και προσδιορίζουμε την θερμογόνος δύναμη του καυσίμου.

$$\Delta H_C = \frac{C_{p\Delta} \Delta T m_{\text{νερού}}}{\Delta m_{\text{καυσίμου}}} \quad (\text{Σχέση 5}^{\beta})$$

3.3 Υπολογισμός της πυκνότητας

Για τον προσδιορισμό της πυκνότητας του καυσίμου χρησιμοποιήσαμε μια σύριγγα χωρητικότητας των 5ml.

Ζυγίζουμε την σύριγγα άδεια, γεμίζουμε την σύριγγα με 2ml καυσίμου και ξαναζυγίζουμε. Αφαιρούμε το τελικό βάρος της σύριγγας από το αρχικό, και διαιρούμε με τα 2ml καυσίμου που αποτελούν την μάζα του καυσίμου.

$$\rho_{\text{Καυσίμου}} = \frac{m_{\text{καυσίμου}}}{W_{\text{καυσίμου}}} \quad (\text{σχέση 6})$$

$\rho_{\text{Καυσίμου}}$ → Πυκνότητα του καυσίμου. $(\frac{gr}{ml})$

$W_{\text{καυσίμου}}$ → Όγκος καυσίμου. $(W_{\text{καυσίμου}} = W_{\text{τελικό}} - W_{\text{αρχικό}})$ (gr)

$m_{\text{καυσίμου}}$ → Μάζα καυσίμου. (ml)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Γενικά για τα δείγματα βενζίνης του πειράματος.

Για την διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε βενζίνη (καύσιμη υλη). Η οποία συλλέχτηκε από 4 διαφορετικά πρατήρια (3 επώνυμες εταιρίες & 1 Α.Π). Από κάθε πρατήριο προμηθευτήκαμε 2 είδη βενζίνης (των 95 & των 100 οκτανίων).

Τα δείγματα φυλάχθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένα δοχεία ερμητικά κλειστά, σε σκιερό μέρος και σε θερμοκρασία δωματίου, έως την διεξαγωγή του πειράματος.

Διεξήχθησαν 3 επαναληπτικές πειραματικές δοκιμές για το κάθε δείγμα. Στον πίνακα 10 που ακολουθεί αναφέρονται με κωδικοποιημένες ονομασίες (για προφανείς λόγους) τα δείγματα, καθώς και διάφορα στοιχεία για την συλλογή τους.

Πίνακας 10: Δείγματα

α/α	Ονομασία δείγματος	Τιμή λίτρου	Ημ/νία συλλογής	Ωρα συλλογής
1	A1	1,615	7/7/2013	20:10
2	A2	1,985	7/7/2013	20:15
3	B1	1,598	7/7/2013	20:35
4	B2	1,789	7/7/2013	20:40
5	Γ1	1,625	7/7/2013	21:15
6	Γ2	1,825	7/7/2013	21:20
7	Δ1	1,708	7/7/2013	21:55
8	Δ2	1,938	7/7/2013	22:00

*Τα σύμβολα Α,Β,Γ,Δ, αντιπροσωπεύουν τις 4 εταιρίες πώλησης υγρών καυσίμων.

*Τα σύμβολα 1 & 2, αντιπροσωπεύουν τα είδη βενζίνης, 95 & 100 οκτανίων αντίστοιχα.

4.2 Μετρήσεις – Αποτελέσματα 1^{ου} πειράματος για τον προσδιορισμό της ειδικής θερμοχωρητικότητας της συσκευής.

Θερμογόνος δύναμη $\rightarrow \Delta H_C = 2017,3 \text{ KJ/Kg}$ (γνωστή)

Τα mole του καυσίμου που κήκαν $\rightarrow \Delta m_{\text{καυσίμου}} = \frac{m_{\text{καυσίμου}}}{60} = \frac{1,294}{60} = 0,0216 \text{ mol}$

Η μάζα του νερού $\rightarrow m_{\text{νερού}} = m_{\text{νερού}} 10^3 \text{ (gr)} = 851,3 10^3 \text{ kg}$

Η διαφορά θερμοκρασίας $\rightarrow \Delta T = T_{\text{αρχική}} - T_{\text{τελική}} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$

$$C_{p\Delta} = \frac{\Delta H_C \Delta m_{\text{καυσίμου}}}{\Delta T m_{\text{νερού}}} \quad (\text{Σχέση 4}^{\text{α}})$$

$$C_{p\Delta} = \frac{2017,3 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} 0,0216 \text{ mol}}{851,3 10^3 \text{ kg } 8 \text{ }^\circ\text{C}} = 6.388 \frac{\text{KJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

4.3 Μετρήσεις – Αποτελέσματα πειραμάτων για τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης των δειγμάτων βενζίνης.

Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων αναφέρονται στους παρακάτω πίνακες 11^α, 11^β, 11^γ, 11^δ, ανά εταιρεία πώλησης πετρελαιοειδών.

Πίνακας 11^α :Αποτελέσματα Α εταιρείας πώλησης υγρών καυσίμων

	A1			A2		
	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3
Αρχική Θερμοκρασία (°C)	23	23	24	22	24	22
Τελική Θερμοκρασία (°C)	26	26	27	25	27	25
Ειδική Θερμοχωρητικότητα Καλοριμέτρου (KJ/kg K)	6,388	6,388	6,388	6,388	6,388	6,388
Μάζα Άδειου Δοχείου (gr)	623,7	623,7	623,7	623,7	623,7	623,7
Μάζα Γεμάτου Δοχείου (gr)	1462,7	1474,5	1476,1	1463,7	1463,7	1481,9
Καθαρή μάζα νερού (gr)	839	850,8	852,4	840	840,0	858,2
Μάζα Άδειου Καυστήρα (gr)	15,152	15,152	15,152	15,152	15,152	15,152

Αρχική Μάζα Καυστήρα (gr)	17,079	16,701	16,158		16,528	16,094	16,627		
Τελική Μάζα Καυστήρα (gr)	16,72	16,312	15,75		16,195	15,763	16,279		
Δm _{καυσίμου} (gr)	0,359	0,389	0,408		0,333	0,331	0,348		
Χρόνος Καύσης (sec)	90	105	100	M.O	100	120	79	M.O	Διαφορά
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου (MJ/kg)	44,787	41,914	40,038	42,246	48,342	48,634	47,260	48,079	14%
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου (MW/kg)	0,498	0,399	0,400	0,432	0,483	0,405	0,598	0,496	15%
Κόστος Καυσίμου (€/lit)	1.598				1.789				12%

Πίνακας 11^β :Αποτελέσματα Β εταιρείας πώλησης υγρών καυσίμων

	B1			B2		
	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3
Αρχική Θερμοκρασία (°C)	24	22	24	24	22	23
Τελική Θερμοκρασία (°C)	27	25	27	27	25	26
Ειδική Θερμοχωρητικότητα Καλοριμέτρου (KJ/kg K)	6,388	6,388	6,388	6,388	6,388	6,388
Μάζα Άδειου Δοχείου (gr)	623,7	623,7	623,7	623,7	623,7	623,7
Μάζα Γεμάτου Δοχείου (gr)	1472,7	1494,3	1463,2	1494,3	1477,3	1496,1
Καθαρή μάζα νερού (gr)	849	870,6	839,5	870,6	853,6	872,4
Μάζα Άδειου Καυστήρα (gr)	15,152	15,152	15,152	15,152	15,152	15,152
Αρχική Μάζα Καυστήρα (gr)	16,545	16,709	16,719	16,569	16,254	16,109

Τελική Μάζα Καυστήρα (gr)	16,159	16,33	16,36		16,232	15,918	15,77		
Δm _{καυσίμου} (gr)	0,386	0,379	0,359		0,337	0,336	0,339		
Χρόνος Καύσης (sec)	79	97	84	M.O	100	95	94	M.O	Διαφορά
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου (MJ/kg)	42,151	44,022	44,814	43,662	49,508	48,686	49,318	49,170	13%
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου (MW/kg)	0,534	0,454	0,533	0,507	0,495	0,512	0,525	0,511	1%
Κόστος Καυσίμου (€/lit)	1.708				1.938				13%

Πίνακας 11^Υ :Αποτελέσματα Γ εταιρείας πώλησης υγρών καυσίμων

	Γ1			Γ2		
	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3
Αρχική Θερμοκρασία (°C)	24	22	22	22	22	24
Τελική Θερμοκρασία (°C)	27	25	25	25	25	27
Ειδική Θερμοχωρητικότητα Καλορίμετρου (KJ/kg K)	6,388	6,388	6,388	6,388	6,388	6,388
Μάζα Άδειου Δοχείου (gr)	623,7	623,7	623,7	623,7	623,7	623,7
Μάζα Γεμάτου Δοχείου (gr)	1479,9	1477,7	1475,1	1482,1	1481,7	1481,9
Καθαρή μάζα νερού (gr)	856,2	854,0	851,4	858,4	858,0	858,2
Μάζα Άδειου Καυστήρα (gr)	15,152	15,152	15,152	15,152	15,152	15,152
Αρχική Μάζα Καυστήρα (gr)	16,448	16,718	17,018	16,635	17,004	16,658

Τελική Μάζα Καυστήρα (gr)	16,058	16,357	16,679		16,301	16,678	16,297		
Δm _{καυσίμου} (gr)	0,390	0,361	0,339		0,334	0,326	0,361		
Χρόνος Καύσης (sec)	77	90	81	M.O	75	82	89	M.O	Διαφορά
Κατώτερη Θερμιγόνος Δύναμη Καυσίμου (MJ/kg)	42,072	45,335	48,130	45,179	49,253	50,438	45,558	48,416	7%
Κατώτερη Θερμιγόνος Δύναμη Καυσίμου (MW/kg)	0,546	0,504	0,594	0,548	0,657	0,615	0,512	0,595	8%
Κόστος Καυσίμου (€/lit)	1.625				1.825				12%

Πίνακας 11^δ :Αποτελέσματα Δ εταιρείας πώλησης υγρών καυσίμων

	Δ1			Δ2		
	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3
Αρχική Θερμοκρασία (°C)	27	22	23	22	24	22
Τελική Θερμοκρασία (°C)	31	26	26	26	27	26
Ειδική Θερμοχωρητικότητα Καλορίμετρου (KJ/kg K)	6,388	6,388	6,388	6,388	6,388	6,388
Μάζα Άδειου Δοχείου (gr)	623,7	623,7	623,7	623,7	623,7	623,7
Μάζα Γεμάτου Δοχείου (gr)	1483,2	1488,7	1482,2	1481,8	1486,1	1473,1
Καθαρή μάζα νερού (gr)	859,5	865,0	858,5	858,1	862,4	849,4
Μάζα Άδειου Καυστήρα (gr)	15,152	15,152	15,152	15,152	15,152	15,152
Αρχική Μάζα Καυστήρα (gr)	16,018	17,447	16,763	17,345	16,771	16,351

Τελική Μάζα Καυστήρα (gr)	15,479	16,883	16,376		16,889	16,433	15,869		
Δm _{καυσίμου} (gr)	0,539	0,564	0,387		0,456	0,338	0,482		
Χρόνος Καύσης (sec)	183	174	80	M.O	147	98	142	M.O	Διαφορά
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου (MJ/kg)	40,746	39,189	42,512	40,816	48,084	48,897	45,029	47,336	16%
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου (MW/kg)	0,223	0,225	0,531	0,326	0,327	0,499	0,317	0,381	17%
Κόστος Καυσίμου (€/lit)	1,615				1,985				22%

4.4 Μετρήσεις – Αποτελέσματα πειραμάτων για τον προσδιορισμό της πυκνότητας των δειγμάτων βενζίνης.

Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων για την πυκνότητα αναφέρονται στον πίνακα 12 που ακολουθεί.

Πιν.12 : Αποτελέσματα πυκνοτήτων των δειγμάτων

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ
A1	0,7
A2	0,7
B1	0,75
B2	0,75
Γ1	0,8
Γ2	0,7
Δ1	0,75
Δ2	0,75

4.5 ΑΣΤΟΧΙΕΣ – ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Κάθε πειραματική μέτρηση υπόκειται σε πειραματικά σφάλματα. Με το όρο αυτό δεν εννοούμε λάθη που γίνονται κατά την εκτέλεση του πειράματος αλλά αναφερόμαστε στους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τις μετρήσεις και δεν μπορούν να εξαλειφθούν. Η αστοχία των μετρήσεων του πειράματος μπορούν να αποδοθούν σε 2 είδους σφάλματα.

1. Τα συστηματικά σφάλματα, είναι τα σφάλματα τα οποία επηρεάζουν συστηματικά και με τον ίδιο τρόπο όλες τις μετρήσεις. Οφείλονται συνήθως σε λάθος βαθμονόμηση της μετρητικής μας συσκευής ή σε περιβαντολογικούς παράγοντες.
2. Τα τυχαία σφάλματα σε αντίθεση επηρεάζουν όλες τις μετρήσεις αλλά με τυχαίο τρόπο και επομένως δεν μπορούν να αφαιρεθούν κατά την επεξεργασία τους. Οφείλονται σε ατέλειες της πειραματικής μας διάταξης και την ακρίβεια των μετρητικών οργάνων σε συνδυασμό με τις επίδραση των αισθήσεων μας και για τους παραπάνω λόγους είναι αδύνατο να προσδιοριστεί το τυχαίο σφάλμα γιατί μεταβάλλεται από δοκιμή σε δοκιμή.

Αν μετρήσουμε το ίδιο μέγεθος πολλές φορές μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις διαφοροποιήσεις των μετρήσεων ώστε να εκτιμήσουμε την πραγματική τιμή του μεγέθους και το αντίστοιχο σφάλμα των μετρήσεων μας.

$$\text{τιμή} \pm \text{αβεβαιότητα} \pm \text{συστηματικό σφάλμα}$$

Προσδιορισμός (μέσης) τιμής

Η μέση τιμή των μετρήσεων ορίζεται ως:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{Σχέση 7})$$

x_i → οι επιμέρους μετρήσεις

\bar{x} → η μέση τιμή τους

Επομένως για τα δικά μας πειράματα έχουμε το εξής αποτέλεσμα:

$$\bar{x} = \frac{1}{3} (\text{δοκιμη1} + \text{δοκιμη2} + \text{δοκιμη3}) \quad (\text{Σχέση 7}^{\text{α}})$$

Καθώς και στον πίνακα 13 αναφέρονται οι μέσες τιμές (υπολογιζόμενες από την σχέση 7^α).

Πιν.13 : Μέση τιμή μετρήσεων (θερμογόνος δύναμη).

δείγματα	\bar{x}
A1	42,246
A2	48,079
B1	43,662
B2	49,170
Γ1	45,179
Γ2	48,416
Δ1	40,816
Δ2	47,336

Αβεβαιότητα

Η αβεβαιότητα της μέτρησης μας προσδιορίζεται από την βαθμονόμηση των οργάνων.

Πχ για το δικό μας πείραμα έχουμε ακρίβεια στην ζυγαριά → 0,001 (για την μέτρηση του καυσίμου) & 0,1 (για την μέτρηση του γυάλινου δοχείου με νερό).

Αλλά εμείς θα επιλέξουμε την μικρότερη ακρίβεια, η οποία είναι το 0,1.

Συνεπώς η **αβεβαιότητα** μας είναι **± 0,1**

Συστηματικό σφάλμα

Το συστηματικό σφάλμα του δείγματος μπορεί να οριστεί ως:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (\text{Σχέση 8})$$

Και τα αποτελέσματα των υπολογισμών από την σχέση 8 αναφέρονται στον πίνακα 14.

Πιν.14 :Συστηματικό σφάλμα μετρήσεων των δειγμάτων

δείγμα	σ
A1	0,1700
A2	0,0070
B1	0,0007
B2	0,0140
Γ1	0,0000
Γ2	0,0022
Δ1	0,0007
Δ2	0,0014
M.O.(σ)	0,0245

Συστηματικό Σφάλμα + Αβεβαιότητα = 0,0245 + 0,1 = 0,1245

Η **αστοχία** των πειραματικών μας μετρήσεων είναι της τάξης [**± 0,1245**]

4.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων

4.6.1. Σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων βενζίνης 95 οκτανίων

Πιν.15 : Αποτελέσματα βενζίνης 95 οκτανίων.

α/α	Μέση Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου (MJ/kg)	Μέσος Χρόνος καύσης (sec)	Μέση ποσότητα καύσιμης ύλης (gr)	Τιμή λίτρου (€)	Πυκνότητα (g/cm ³)
A1	42,246	98	0,385	1,598	0,7
B1	43,662	87	0,375	1,708	0,75
Γ1	45,179	83	0,363	1,625	0,8
Δ1	40,816	129	0,469	1,615	0,75
ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ (ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ)					
	42,5	-	-	1,662	0,72 - 0,80

Αναλύοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 15 διακρίνουμε τα εξής:

1. Οι τιμές μας είναι μέσα στις τυπικές τιμές της ελληνικής αγοράς (προδιαγραφές βενζίνης 95 οκτανίων).
2. Η μάζα του καυσίμου είναι ανάλογη του χρόνου καύσης και αντιστρόφως ανάλογη της θερμογόνου δύναμης (για την θερμογόνο δύναμη ισχύει το ίδιο και για τον χρόνο, δηλ μικρότερος χρόνος → καλύτερη θερμογόνος δύναμη).
3. Τα δείγματα που φέρουν την καλύτερη θερμογόνος δύναμη έχουν και την μεγαλύτερη πυκνότητα.
4. Οι τιμές πώλησης δεν αντιπροσωπεύουν την απόδοση του (βάση πάντα της θερμογόνου δύναμης).
5. Και ακόμα οι τιμές που αναφέρονται για το 4^ο δείγμα (Δ1) αναφέρονται σε ΔΘ = 4°C (στις 2 από τις 3 δοκιμές), γι' αυτό και παρατηρούμε ότι έχουμε μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου (ποσότητα καύσιμης ύλης) και μεγαλύτερο χρόνο καύσης. Οι τιμές αυτές κρατήθηκαν έτσι ώστε να διακρίνουμε ότι όχι απλά δεν αυξάνεται η θερμογόνος δύναμη, αλλά είναι μικρότερη όλων των δειγμάτων.

4.6.2. Σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων βενζίνης 100 οκτανίων

Πιν.16 : Αποτελέσματα βενζίνης 100 οκτανίων.

α/α	Μέση Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου (MJ/kg)	Μέσος Χρόνος καύσης (sec)	Μέση ποσότητα καύσιμης ύλης (gr)	Τιμή λίτρου (€)	Πυκνότητα (g/cm ³)
A2	48,079	100	0,337	1,789	0,7
B2	49,170	96	0,337	1,938	0,75
Γ2	48,416	82	0,340	1,825	0,7
Δ2	47,336	121	0,404	1,985	0,75
ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ (ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ)					
	-	-	-	1,899	0,79

Αναλύοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 16 διακρίνουμε τα έξης:

1. Οι μετρήσεις μας (για όλα τα δείγματα) δεν αντιπροσωπεύουν τις προδιαγραφές για την πυκνότητα της βενζίνης 100 οκτανίων, η οποία πρέπει να είναι 0,79 (g/cm³).
2. Οι τιμές της βενζίνης πληρούν τις απαιτήσεις της ελληνικής αγοράς όπου θέλουν την μέση τιμή πώλησης της να κυμαίνεται στα 1,899 €.
3. Καθώς επίσης μπορούμε να πούμε ότι είναι και αντάξιες της τιμής πώλησης τους (βάση απόδοσης).
4. Ακόμα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι τα βελτιωτικά της κάθε εταιρείας πώλησης πετρελαιοειδών κάνουν καλά την δουλειά τους, αλλά και μπορούμε να αποδώσουμε ότι κάποια βελτιωτικά είναι σίγουρα καλύτερα από τα άλλα (χωρίς βέβαια να γνωρίζουμε από τι μπορεί να αποτελούνται αυτά τα βελτιωτικά). Αυτό φαίνεται στην σύγκριση των δειγμάτων A2 και B2, τα οποία τυχαίνει να καταναλώνουν την ίδια ποσότητα καυσίμου σε διαφορετικό χρόνο και να αποδίδουν διαφορετική θερμογόνο δύναμη.
5. Λόγο των βελτιωτικών που χρησιμοποιούνται στην βενζίνη 100 οκτανίων δεν ήταν δυνατό να βρω τυπική τιμή για την θερμογόνο δύναμη της.

4.6.3. Βενζίνες 95 οκτανίων VS 100 οκτανίων

Αν ενώσουμε τους 2 προηγούμενους πίνακες (15 & 16) θα πάρουμε τον πίνακα 17 ο οποίος μας δείχνει συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για τις βενζίνες 95 & 100 οκτανίων για την καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων μας.

Πίνακας 17 : Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων βενζίνης 95 & 100 οκτανίων.

	A1	A2	B1	B2	Γ1	Γ2	Δ1	Δ2
Μέση Κατώτερη Θερμογόνο Δύναμη Καυσίμου (MJ/kg)	42,246	48,079	43,662	49,170	45,179	48,416	40,816	47,336
Μέσος Χρόνος καύσης (sec)	98	100	87	96	83	82	129	121
Μέση ποσότητα καύσιμης ύλης (gr)	0,385	0,337	0,375	0,337	0,363	0,340	0,469	0,404
Τιμή λίτρου (€)	1,598	1,789	1,708	1,938	1,625	1,825	1,615	1,985
Πυκνότητα (g/cm³)	0,7	0,7	0,75	0,75	0,8	0,7	0,75	0,75

Πίνακας 18: σύγκριση τιμών (%)

ΠΡΑΤΗΡΙΟ	Μ.ΤΙΜΗ ΘΕΡΜ/ΝΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ 95ΑΡΑΣ (MJ/Kg)	Μ.ΤΙΜΗ ΘΕΡΜ/ΝΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ 100ΑΡΑΣ (MJ/Kg)	ΣΥΓΚΡΙΣΗ (%)	Μ.ΤΙΜΗ ΘΕΡΜ/ΝΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ 95ΑΡΑΣ (MW/Kg)	Μ.ΤΙΜΗ ΘΕΡΜ/ΝΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ 100ΑΡΑΣ (MW/Kg)	ΣΥΓΚΡΙΣΗ (%)	ΤΙΜΗ ΠΟΛΗΣΗΣ 95ΑΡΑΣ (€)	ΤΙΜΗ ΠΟΛΗΣΗΣ 100ΑΡΑΣ (€)	ΣΥΓΚΡΙΣΗ (%)
A	42,246	48,079	13,8	0,432	0,496	14,6	1,598	1,789	12,0
B	43,662	49,170	12,6	0,507	0,511	0,7	1,708	1,938	13,5
Γ	45,179	48,416	7,2	0,548	0,595	8,5	1,625	1,825	12,3
Δ	40,816	47,336	16,0	0,326	0,381	16,7	1,615	1,985	22,9

Αναλύοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 17 & 18 διακρίνουμε τα εξής:

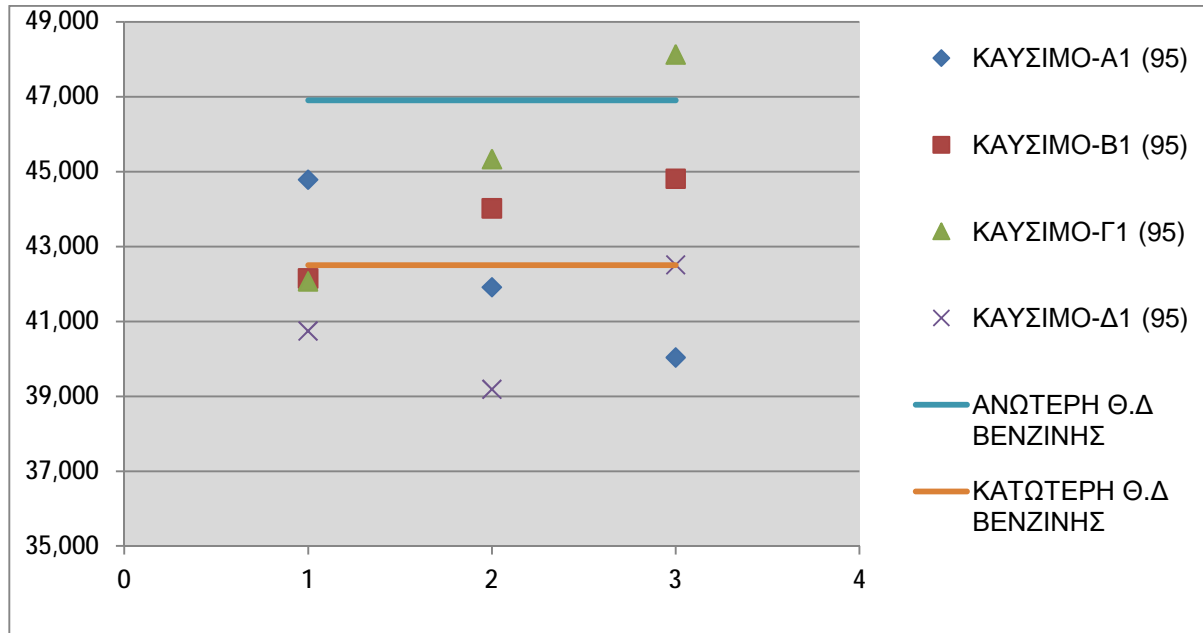
1. Όλες οι τιμές των βενζινών 100 οκτανίων έχουν μεγαλύτερη (καλύτερη) θερμογόνος δύναμη από τις τιμές για τις βενζίνες 95 οκτανίων.
2. Πρέπει να αποδώσουμε και την ορθότητα των τιμών πώλησης των βενζινών 100 οκτανίων (πιο ακριβή η βενζίνη 100 οκτανίων από την 95 οκτανίων), όμως αυτό δεν ισχύει και στην τιμή ομοειδών τύπων βενζίνης 95 & 100 οκτανίων αντίστοιχα (π.χ. επειδή είναι ακριβότερη η B1 από την Γ1, δεν την κάνει και καλύτερη της ποιοτικά).
3. Τα αποτελέσματα των βενζινών 95 οκτανίων είναι μέσα στις προδιαγραφές της ελληνικής αγοράς, όσον αφορά για τις τυπικές τους τιμές. Πράγμα που δεν ισχύει για τις βενζίνες 100 οκτανίων.
4. Καθώς επίσης τα αποτελέσματα για τις βενζίνες 95 οκτανίων έχουν μια εναρμόνιση σχετικά όσον αφορά την σύγκριση των στοιχείων του πίνακα (τα δείγματα παρουσιάζουν μια ομοιογένεια σε σχέση με τα στοιχεία, όπως καλύτερη θερμογόνος δύναμη → μεγαλύτερη πυκνότητα → λιγότερο καύσιμο σε λιγότερο χρόνο). Ενώ τα αποτελέσματα των βενζινών 100 οκτανίων δεν μπορούν να μας δώσουν κάτι παρόμοιο αλλά μόνο συγκρίσει με την πυκνότητα (καλύτερη θερμογόνος δύναμη → μεγαλύτερη πυκνότητα).
5. Οι βενζίνες 100 οκτανίων καταναλώνουν μικρότερη ποσότητα καύσιμης ύλης σε μεγαλύτερο χρόνο, αποδίδοντας μεγαλύτερη θερμογόνος δύναμη σε σχέση με τις 95 οκτανίων.

4.7 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΙ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

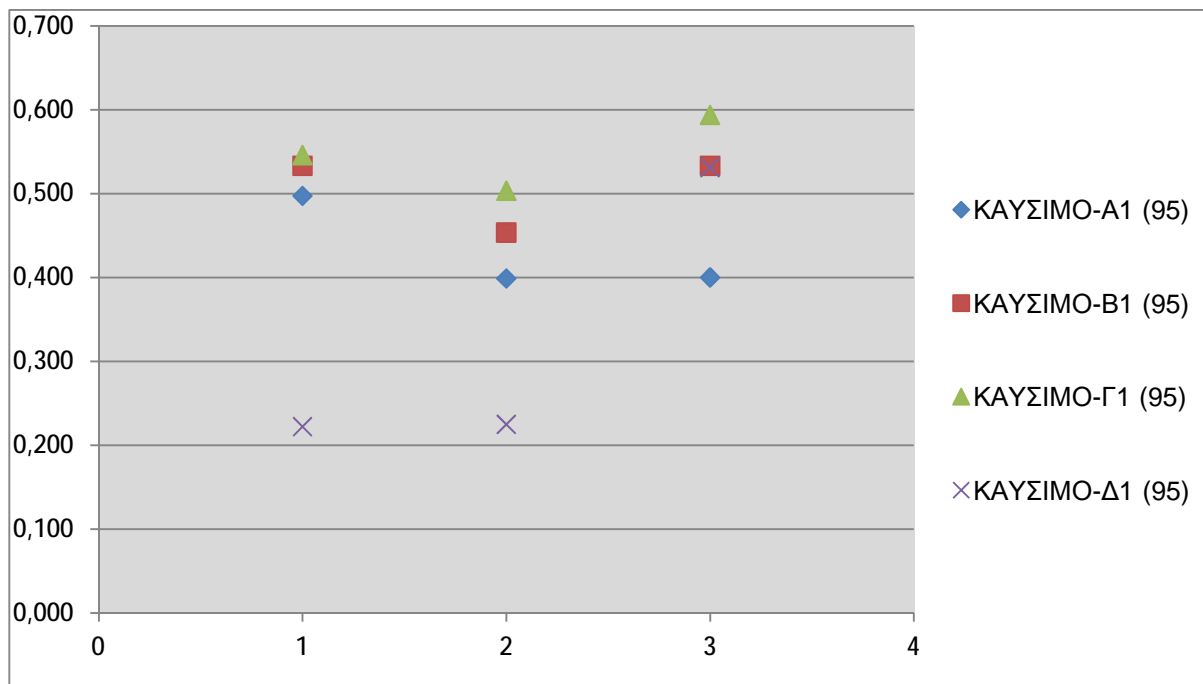
Τα σχήματα (διαγράμματα) που ακολουθούν, βοηθούν στην καλύτερη και πληρέστερη κατανόηση των αποτελεσμάτων, των πειραματικών μας μετρήσεων.

Στα σχήματα 9 και 11 αναφέρονται οι τιμές της θερμογόνου δύναμης (MJ/Kg) για τα δείγματα βενζίνης 95 και 100 οκτανίων (και των 3 δοκιμών), καθώς και οι τυπικές τιμές της ανώτερης και κατώτερης θερμογόνου δύναμης.

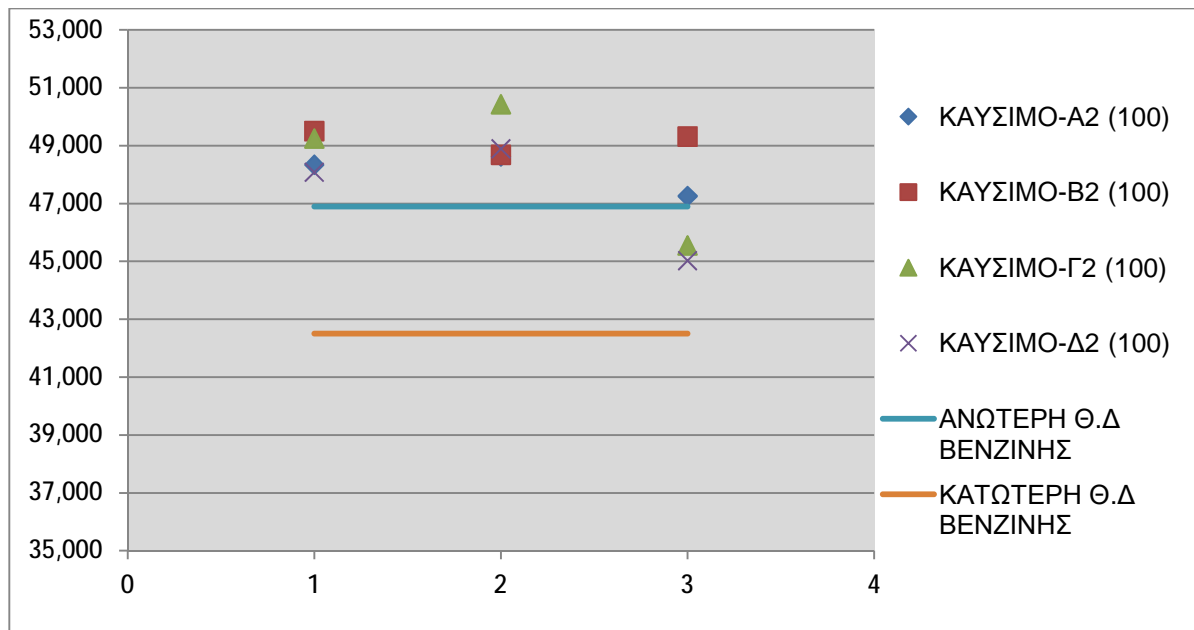
Στα σχήματα 10 και 12 αναφέρονται οι τιμές της θερμογόνου δύναμης (MW/Kg) για τα δείγματα βενζίνης 95 και 100 οκτανίων.



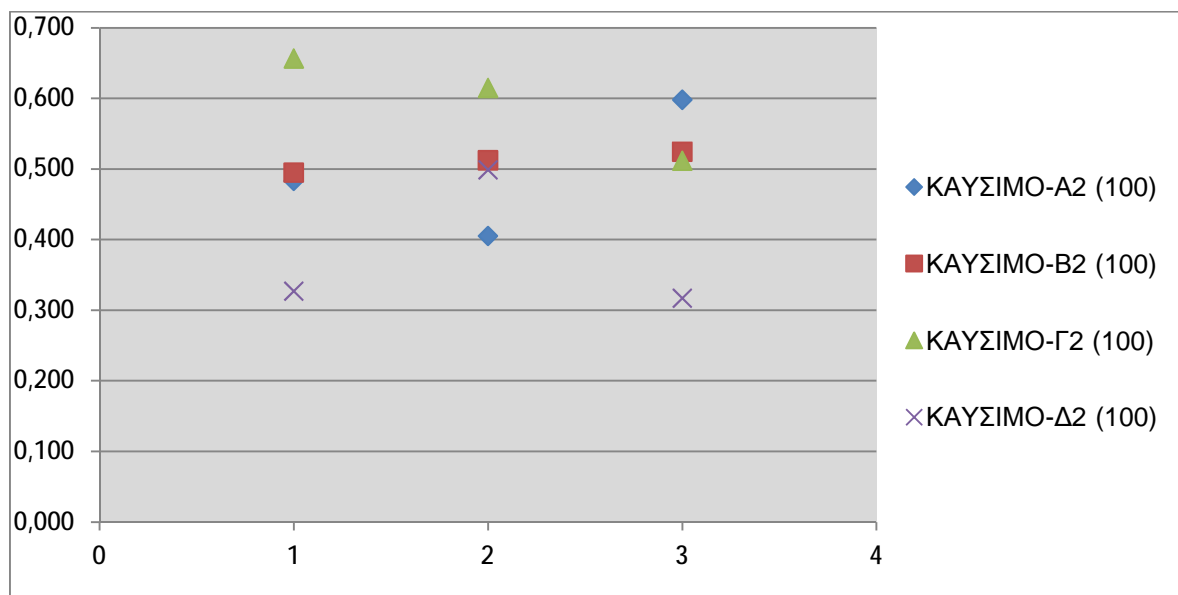
Σχήμα 9: Τιμές θερμογόνου δύναμης (MJ/Kg) δειγμάτων βενζίνης 95 οκτανίων.



Σχήμα 10: Τιμές θερμογόνου δύναμης (MW/Kg) δειγμάτων βενζίνης 95 οκτανίων.



Σχήμα 11: Τιμές θερμογόνου δύναμης (MJ/Kg) δειγμάτων βενζίνης 100 οκτανίων.



Σχήμα 12: Τιμές θερμογόνου δύναμης (MW/Kg) δειγμάτων βενζίνης 100 οκτανίων.

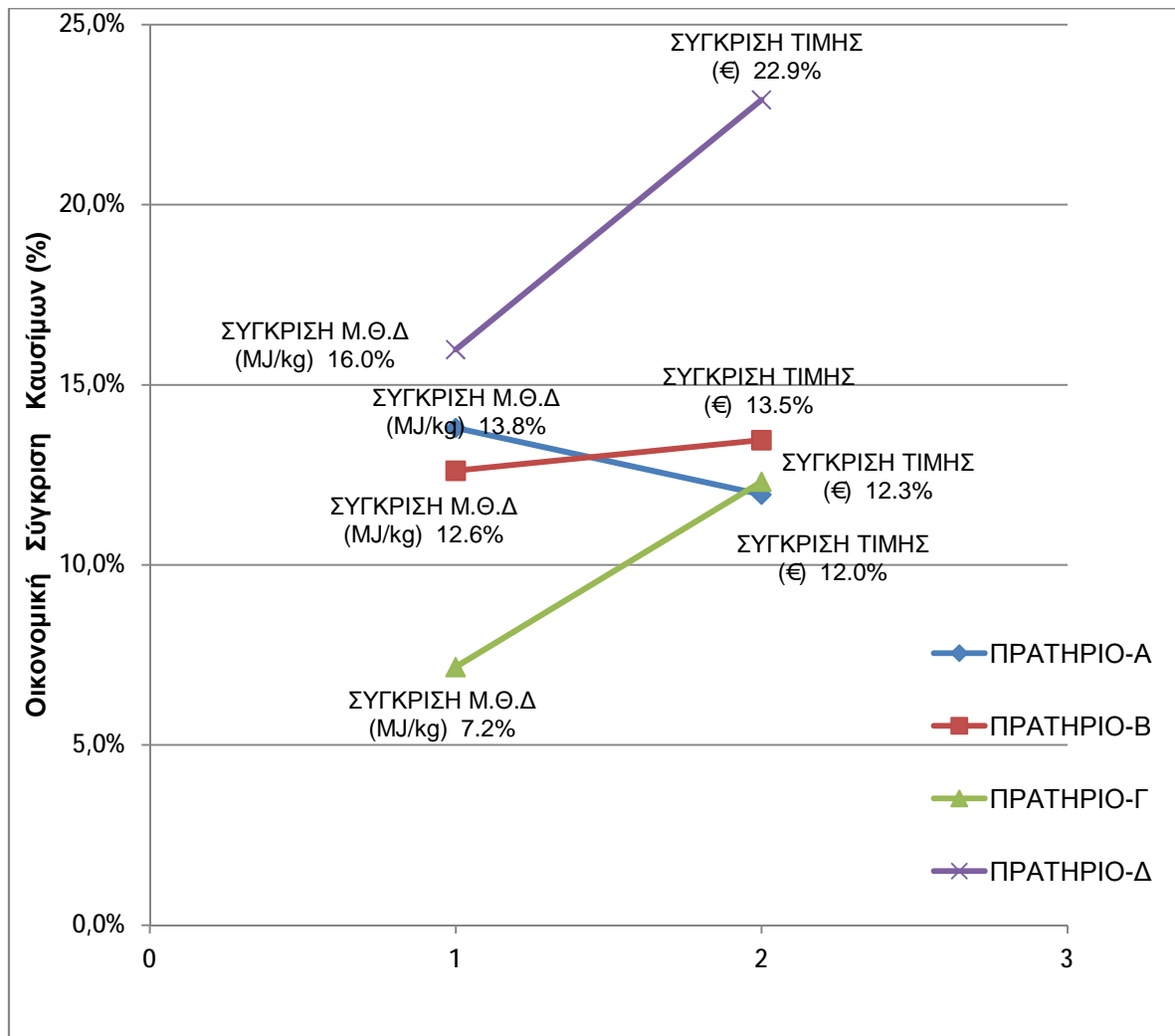
Στο σχήμα που ακολουθεί (13) γίνεται σύγκριση επί της εκατό (%) των βενζινών 95 με 100 οκτανίων, όσον αφορά την μέση θερμογόνος δύναμη και την σχέση με την τιμή πώλησης τους.

Από το οποίο μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:

- Ø Συγκρίνοντας τις τιμές της μέσης θερμογόνου δύναμης της βενζίνης 95 οκτανίων με την 100 οκτανίων σε κάθε εταιρεία συμπεραίνουμε ότι όντως υπάρχει διαφορά, η βενζίνη των 100 οκτανίων μας δίνει καλύτερη θερμογόνος δύναμη.
- Ø Όμως αυτό δεν ανταποκρίνεται στην τιμή πώλησης τους. Γιατί συγκρίσει των τιμών αυτών των 2 ειδών βενζίνης, παίρνουμε μεγαλύτερα ποσοστά από την θερμογόνο δύναμη, πράγμα που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, η τιμή

πώλησης της βενζίνης 100 οκτανίων δεν είναι ισάξια της θερμογόνου δύναμης.

Ø 3 εταιρείες στις 4 έχουν υπερτιμήσει την βενζίνη τους, (πάντα σε σχέση με την θερμογόνο δύναμη) σε ποσοστό από 1% έως 7%.



Σχήμα 13: Οικονομική σύγκριση καυσίμων.

Συμπεράσματα σχετικά με την πειραματική μας συσκευή.

Από την έναρξη έως την λήξη της πειραματικής διαδικασίας σημειώθηκαν κάποια φαινόμενα, τα οποία είχαν σχέση με την διάταξη της συσκευής (Καλορίμετρου), και είναι τα εξής :

1. Το εσωτερικό του γυάλινου δοχείου έπρεπε να είναι καθαρό, χωρίς ίχνος νερού, για να μην συγκράτα υγρασία και σβήνει ο καυστήρας (λόγο της μικρής ποσότητας καυσίμου και της μικρής εστίας της φωτιάς). Και ακόμη δεν έπρεπε να πληρώνεται έως το χείλος του δοχείου με νερό, γιατί κατά την τοποθέτηση του στην βάση του, μπορεί να εκλυόταν κάποια σταγόνα.
2. Ο καυστήρας έπρεπε και αυτός, να μην πληρώνεται έως το χείλος του, γιατί όπως προανέφερα, κατά την τοποθέτηση του το καύσιμο θα εκλυόταν κι' αυτό με αποτέλεσμα να δημιουργούσε μεγαλύτερα προβλήματα από αυτά του νερού στο δοχείο. Γιατί 1^ο αλλάζει η αρχική, ζυγισμένη, μάζα του καυσίμου, με

αποτέλεσμα λάθη στους υπολογισμούς μας. Και 2^{ov} κατά την καύση η φλόγα είναι μεγαλύτερη, καθώς και η εστία της γιατί καίγεται και η βενζίνη όπου έχει χυθεί περιμετρικά του στομίου του καυστήρα.

3. Σπουδαίο ρόλο όσον αφορά τον καυστήρα, παίζει το φιτίλι, το οποίο τροφοδοτεί την φωτιά με καύσιμο. Ο οποίος πρέπει να αλλάζει μετά από κάποιο αριθμό πειραμάτων, και γι' αυτό πρέπει να τηρούμε τις αρχικές διαστάσεις του (ίδιες συνθήκες για τα πειράματά μας), καθώς και την απόσταση του από το στόμιο του καυστήρα (εσωτερικά και εξωτερικά) γιατί αλλάζει το ύψος της φλόγας, συνεπώς και η διαφορά θερμοκρασίας.
4. Η τοποθέτηση του θερμοζεύγους πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένο εύρος μέσα στο γυάλινο δοχείο ώστε, 1^{ov} να μην ακουμπά τον εναλλάκτη θερμότητας (σπιράλ) γιατί η θερμοκρασία του εναλλάκτη δεν αντιπροσωπεύει την θερμοκρασία του νερού (η θερμοκρασία του εναλλάκτη είναι μεγαλύτερη και η άνοδος της είναι σαφώς πιο γρήγορη), και 2^{ov} να μην δυσκολεύει την κυκλοφορία του αναδευτήρα.
5. Ο αναδευτήρας πρέπει να κινείται με σταθερή συχνότητα, λόγω της χειροκίνητης λειτουργίας του, και να καλύπτει όλο το εύρος του γυάλινου δοχείου, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια της θερμοκρασίας του νερού μέσα στο δοχείο.
6. Ο σωλήνας όπου μεταφέρει τα καυσαέρια στην αποχέτευση, πρέπει να εφαρμόζει καλά με το σπιράλ, για λόγους υγείας των ατόμων που βρίσκονται στην αίθουσα όπου τελείται το πείραμα.
7. Το νερό του δοχείου πρέπει να αλλάζεται και να ξαναζυγίζεται όταν η θερμοκρασία του, κατά την εκκίνηση του πειράματος, ξεπερνά τους 25°C (ίδιες συνθήκες για όλες τις δοκιμές).
8. Μετά από μια σειρά πειραμάτων πρέπει να καθαρίζουμε καλά το γυάλινο δοχείο καθώς και το εσωτερικό του εναλλάκτη θερμότητας, λόγω των κατάλοιπων των καυσαερίων (καπνιά). Γιατί τα υπολείμματα αυτά αλλάζουν την αγωγιμότητα του νερού μέσα στο δοχείο και παρεμποδίζουν την δίοδο των καυσαερίων μέσα στον εναλλάκτη (σπιράλ).

Τέλος κατά την λειτουργία των πειραματικών δοκιμών παρατηρήσαμε και άλλα φαινόμενα, τα οποία έχουν σχέση με την ποιότητα των δειγμάτων βενζίνης όπως :

1. Αλλαγές στο χρώμα της φλόγας.
2. Περισσότερος καπνός κατά την καύση (καυσαέρια).
3. Αλλαγή στο χρώμα του καπνού.
4. Εναλλαγή του ύψους της φλόγας.
5. Εκτονώσεις (σκασίματα) κατά την καύση.

(*τα παραπάνω φαινόμενα σίγουρα θα βοηθούσαν στην τελική κρίση για τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης των δειγμάτων, αλλά δεν ήταν δυνατό να αποδοθούν για το κάθε καύσιμο αυτά του είδους τα φαινόμενα, γιατί η προσοχή μου κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν στην σωστή διεξαγωγή του)

Επίσης υπήρχαν και δείγματα, όπου μπορούμε να πούμε ότι είχαμε σχεδόν τέλεια καύση, με σταθερό ύψος φλόγας, χωρίς εκτονώσεις και σχεδόν μηδενικό καπνό.

Συμπεράσματα σχετικά με τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες διεξήχθησαν τα πειράματα μας είναι λογικό να διαφέρουν μεταξύ τους, αλλά όπως σε όλα τα πειράματα προσπαθούμε να πλησιάσουμε όσο γίνεται τις πρότυπες πειραματικές συνθήκες ώστε να ελαχιστοποιήσουμε το ποσοστό σφάλματος και να πάρουμε την αληθή τιμή της μέτρησης μας.

Στο πείραμα μας αυτές τις συνθήκες τις θεωρούμε αμελητέες αλλά οφείλω να τις αναφέρω, και είναι οι εξής :

1. Η αρχική θερμοκρασία του νερού προσπάθησα κατά πλειοψηφία να είναι κάτω από τους 23°C και αυτό γιατί από άλλα πειράματα παρατηρήθηκε ότι πάνω από τους 23°C έχουμε πιο γρήγορη άνοδο της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα μη αντικειμενική τιμή μέτρησης.
2. Η μάζα του δοχείου (γεμάτο με νερό) κυμάνθηκε σε περίπου ίδιες τιμές τις τάξεως $1.480 \pm 1\%$. Οπότε και εδώ μπορούμε να την θεωρήσουμε αμελητέα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κ.Κ. ΠΕΡΡΑΚΗΣ «Τεχνική θερμοδυναμική - Μέτρηση της θερμογόνου δύναμης» Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα μηχανολόγων & αεροναυπηγών μηχανικών, Πάτρα 2004.
2. Σ. ΣΤΟΥΡΝΑΣ, Ε. ΛΟΗΣ, Φ. ΖΑΝΝΙΚΟΣ, «Τεχνολογία καυσίμων και λιπαντικών» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2002.
3. Γ. ΠΕΡΙΣΣΑΚΗ, «Αρχές ορθής λειτουργίας των καυστήρων υγρών και αέριων καυσίμων», εκδόσεις ΕΠ.ΕΞ.Ε.Β., Αθήνα 1978.
4. Μ. ΦΟΥΝΤΗ, «Καύσιμα» Σχολή Μηχανολόγων – Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2004.
5. Χ. ΧΑΛΔΟΥΠΗΣ, «Εργαστηριακές ασκήσεις Φυσικής, Μηχανική – Θερμότητα», Ηράκλειο 1977
6. ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ «Προδιαγραφές προϊόντων πετρελαίου», Αθήνα 2005.
7. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ, Παρατηρητήριο τιμών υγρών καυσίμων. www.fuelprices.gr
8. ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΓΚΥΚΛΟΠΕΔΕΙΑ «ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ» www.Wikipedia.gr
9. «Προδιαγραφές βενζίνης 95 & 100 οκτανίων» www.revoil.gr
10. ΓΕΝΙΚΟ ΧΗΜΕΙΟ ΤΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ www.gcsl.gr
11. ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, Αρ. Φυλ. 872/4-7-2007
Απόφαση «καύσιμα αυτοκινήτων – αμόλυβδη βενζίνη – απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμών».
12. <http://engineering.catalysis.gr/crudeOilRefining.html>
13. <http://www.nah.gr/informing/2009-press/11-06-09-1.html1>
14. <http://www.faqs.org/faqs/autos/gasoline-faq/part2/>
15. <http://sup.kathimerini.gr/xtra/media/files/kathimerini/pdf/oil020407.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Προδιαγραφές για βενζίνες του εμπορίου που χρησιμοποιούνται από οχήματα με κινητήρες επιβαλλόμενης ανάφλεξης (, ΕΦΗΜ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, 2007)

Παράμετρος (1)	Μονάδα	Όρια (2)	
		Ελάχιστο	Μέγιστο
<u>Ερευνητικός αριθμός οκτανίου, RON (3)</u>		<u>95,0</u>	-
<u>Αριθμός οκτανίου κινητήρα, MON (3)</u>		<u>85,0</u>	-
<u>Περιεκτικότητα σε μόλυβδο</u>	mg/l	-	5
Πυκνότητα στους 15 °C	kg/m ³	720	775
<u>Περιεκτικότητα σε θείο</u>	mg/kg	-	10
<u>Περιεκτικότητα σε μαγγάνιο</u>	mg/l	-	6 (από 01/01/2011 έως 31/12/2013) 2 (από 1/1/2014)
Αντοχή στην οξειδωση	Λεπτά	360	-
Περιεχόμενα κομιώδη	mg/100ml	-	5
Διάβρωση χάλκινου ελάσματος (3 ώρες στους 50 °C)	Διαβάθμιση	Κλάση 1	

Εμφάνιση από οπτική παρατήρηση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος		Καθαρή και διαυγής	
<u>Περιεκτικότητα υδρογονανθράκων σε</u>			
<u>Ολεφίνες και</u>	% (v/v)	18	
<u>Αρωματικά</u>		35	
<u>Περιεκτικότητα σε βενζόλιο</u>	% (v/v)	-	1,00
<u>Περιεκτικότητα σε οξυγόνο</u>	% m/m	-	3.7
<u>Οξυγονούχες ουσίες</u>	% (v/v)		
- <u>Μεθανόλη</u> (πρέπει να προστίθενται σταθεροποιητές)		-	3,0
- <u>Αιθανόλη</u> (μπορεί να χρειάζεται η προσθήκη σταθεροποιητών)		-	10,0
- <u>Ισοπροπυλική αλκοόλη</u>		-	12,0
- <u>Ισοβουτυλική αλκοόλη</u>		-	15,0
- <u>Τριτοταγής βουτυλική αλκοόλη</u>		-	15,0
<u>Αιθέρες με 5 ή περισσότερα άτομα άνθρακα ανά μόριο</u>		-	22,0
<u>Άλλες οξυγονούχες ενώσεις</u>		-	15,0
Σημείωση: Οι παράμετροι που είναι υπογραμμισμένες αναφέρονται στην οδηγία 98/70/EK συμπεριλαμβανομένων των τροποποιήσεων των οδηγιών 2003/17/EK και 2009/30/EK.			
(1) Μέθοδοι δοκιμών είναι εκείνες που καθορίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 228. Τα πρότυπα δοκιμών που αναφέρονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 228 αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της παρούσας. Σε όσα εξ αυτών δεν αναφέρεται το έτος εκδόσεως θεωρείται ότι ισχύει η τελευταία έκδοσή τους. Είναι δυνατόν να θεσπίζεται αναλυτική μέθοδος η οποία καθορίζεται ειδικά προς αντικατάσταση της αντίστοιχης μεθόδου του προτύπου ΕΛΟΤ EN 228, εφόσον μπορεί να αποδειχθεί ότι η νέα μέθοδος παρέχει τουλάχιστον την ίδια ακρίβεια και τουλάχιστον το ίδιο επίπεδο πιστότητας με την αναλυτική μέθοδο που αντικαθιστά.			
(2) Οι τιμές που αναφέρονται στην προδιαγραφή είναι «αληθείς τιμές». Κατά τον καθορισμό των οριακών τιμών τους εφαρμόστηκαν οι όροι του ISO 4259 «Προϊόντα πετρελαίου – Καθορισμός και εφαρμογή δεδομένων ακριβείας σχετικά με τις μεθόδους δοκιμής», ενώ στον καθορισμό ελάχιστης τιμής έχει ληφθεί υπόψη μία ελάχιστη διαφορά 2R άνω του μηδενός (R = αναπαραγωγικότητα). Τα αποτελέσματα των μεμονωμένων μετρήσεων ερμηνεύονται βάσει των κριτηρίων που περιγράφονται στο ISO 4259.			

(3) Συντελεστής διόρθωσης 0,2 να αφαιρείται από το τελικό αποτέλεσμα κατά τον υπολογισμό του RON, όπως και από το τελικό αποτέλεσμα κατά τον υπολογισμό του MON, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 98/70/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 2003/17/ΕΚ και 2009/30/ΕΚ

(4) Άλλες μόνο-αλκοόλες και αιθέρες με τελικό σημείο ζέσεως όχι υψηλότερο από εκείνο που αναφέρεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 228.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Απαιτήσεις πτητικότητας για την αμόλυβδη βενζίνη (, ΕΦΗΜ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, 2007)

Παράμετρος	Μονάδα	Όρια ⁽¹⁾			
			Κλάση Α	Κλάση C	Κλάση C1
Τάση ατμών (VP)	kPa	Ελάχιστο	45,0	50,0	50,0
		Μέγιστο	60,0	80,0	80,0
απόσταγμα στους 70°C, E70	% (v/v)	Ελάχιστο	20,0	22,0	22,0
		Μέγιστο	48,0	50,0	50,0
<u>απόσταγμα</u> <u>στους 100°C,</u> <u>E100</u>	% (v/v)	<u>Ελάχιστο</u>	<u>46,0</u>	<u>46,0</u>	<u>46,0</u>
		Μέγιστο	71,0	71,0	71,0
<u>απόσταγμα</u> <u>στους 150°C,</u> <u>E150</u>	% (v/v)	<u>Ελάχιστο</u>	<u>75,0</u>	<u>75,0</u>	<u>75,0</u>
			-	-	-
τέλος απόσταξης (FBP)	°C	Μέγιστο	210	210	210

⁽¹⁾ Κλάση Α (θερινή περίοδος): Από 1/5 έως 30/9

Κλάση C (χειμερινή περίοδος): Από 1/11 έως 31/3

Κλάση C1 (Μεταβατική περίοδος): Ισχύει για τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο.

Με απόφαση της Δ/σης Πετροχημικών του ΓΧΚ, σε κρίσιμες περιόδους, δύναται η C1 να παρατείνεται και για τους μήνες Νοέμβριο και Μάρτιο.

Επιτρέπεται για ένα δεκαπενθήμερο, η διάθεση στην αγορά, κατ' ανοχή, βενζίνης με τα χαρακτηριστικά της προηγούμενης περιόδου, για την εξάντληση τυχόν αποθεμάτων. Αυτό δεν ισχύει για τα διυλιστήρια, τα οποία οφείλουν να παραδίδουν βενζίνη με τα χαρακτηριστικά της κανονικής περιόδου, όπως καθορίζονται στο Παράρτημα Β

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΤΜΩΝ ΣΕ ΒΕΝΖΙΝΗ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ (, ΕΦΗΜ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, 2007)

Περιεκτικότητα σε βιοαιθανόλη (% v/v)	Επιτρεπόμενη απόκλιση της τάσης σε
0	0
1	3,65
2	5,95
3	7,20
4	7,80
5	8,0
6	8,0
7	7,94
8	7,88
9	7,82
10	7,76

Η επιτρεπόμενη απόκλιση της τάσης ατμών για τιμή περιεκτικότητας σε βιοαιθανόλη μεταξύ των παραπάνω τιμών καθορίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ της αμέσως μεγαλύτερης και αμέσως μικρότερης τιμής περιεκτικότητας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΑΜΟΛΥΒΔΗΣ 95 ΟΚΤΑΝΙΩΝ. (www.revoil.gr)²

Βενζίνη Αμόλυβδη 95 RON	
Πυκνότητα στους 15 βαθμούς Κελσίου, kg/m ³	720-775
Αριθμός Οκτανίου RON, ελαχ.	95
Αριθμός Οκτανίου RON, ελαχ.	85
Θείο, μεγ. Mg/kg	150
Μόλυβδος, μεγ. g/l	0,005
Διάβρωση χάλκινου ελάσματος	Κλάση 1
Αντοχή στην οξείδωση, ελαχ. Λεπτά	360
Απόσταγμα στους 150 βαθμούς Κελσίου, % v/v	Ελάχ. 75
Τελικό σημείο απόσταξης, βαθμοί Κελσίου	Μέγ. 210
Χρώμα	Φυσικό
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο, μεγ. % m/m	2,7
Ολεφίνες, μεγ. % v/v	18,0
Αρωματικές ενώσεις, μεγ. % v/v	42,0
Βενζόλιο, μεγ. % v/v	1,0
Αιθέρες με πέντε ή περισσότερα άτομα άνθρακα ανα μόριο μεγ. % v/v	15
Μεθανόλη μεγ. % v/v	3
Αιθανόλη μεγ. % v/v	5
Περιεκτικότητα ειδικού προσθέτου σε κάλιο, mg/kg	-

² Διευκρινίζω ότι η συγκεκριμένη εταιρεία δεν έχει ουδεμία σχέση με τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν. Απλώς αναφέρεται ως πηγή συλλογής πληροφοριών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΑΜΟΛΥΒΔΗΣ 100 ΟΚΤΑΝΙΩΝ. (www.revoil.gr)

Βενζίνη Αμόλυβδη 100 RON	
Πυκνότητα στους 15 βαθμούς Κελσίου, kg/m ³	790
Αριθμός Οκτανίου RON, ελαχ.	100
Αριθμός Οκτανίου RON, ελαχ.	87,5
Θείο, μεγ. Mg/kg	50
Μόλυβδος, μεγ. g/l	0,005
Διάβρωση χάλκινου ελάσματος	Κλάση 1
Αντοχή στην οξειδωση, ελαχ.,Λεπτά	360
Απόσταγμα στους 150 βαθμούς Κελσίου, % v/v	75
Τελικό σημείο απόσταξης, βαθμοί Κελσίου	210
Χρώμα	Φυσικό
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο,μεγ.% m/m	2,7
Ολεφίνες, μεγ. % v/v	18,0
Αρωματικές ενώσεις, μεγ. % v/v	35,0
Βενζόλιο, μεγ. % v/v	1,0
Αιθέρες με πέντε ή περισσότερα άτομα άνθρακα ανα μόριο μεγ. % v/v	15
Μεθανόλη μεγ. % v/v	3
Αιθανόλη μεγ. % v/v	5
Περιεκτικότητα ειδικού προσθέτου σε κάλιο, mg/kg	-