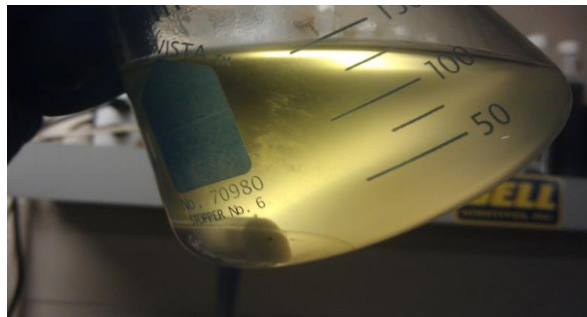


**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΘΕΜΑ : Χημικά Βελτιωτικά Βαρέων Καυσίμων**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Ζιάκας Θεόδωρος**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Σχοινιάς Χρήστος**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2015**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Χημικά Βελτιωτικά Βαρέων Καυσίμων**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Ζιάκας Θεόδωρος**

**ΑΜ : 4358**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ : 24/06/2015**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της προσθήκης χημικών βελτιωτικών σε βαρέα ναυτιλιακά καύσιμα. Αρχικά στο Κεφάλαιο 1 προσδιορίζεται η υφιστάμενη κατάσταση στον τομέα των ναυτιλιακών καυσίμων: πηγή αυτών, διεργασίες παραγωγής τους, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και η χρήση τους στις μηχανές των πλοίων. Στη συνέχεια αναλύεται με ποιο τρόπο τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της καύσης και της απόδοσης μιας μηχανής και κατά συνέπεια του συνολικού λειτουργικού κόστους. Στο Κεφάλαιο 2 συζητούνται διεξοδικά, οι τρόποι με τους οποίους τα χημικά βελτιωτικά (πρόσθετα) μπορούν να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά των ναυτιλιακών καυσίμων, το αποτέλεσμα της καύσης καθώς και να μειώσουν το λειτουργικό κόστος. Τέλος, δίνονται επιγραμματικά τα συμπεράσματα ως προς τη χρήση χημικών βελτιωτικών βαρέων καυσίμων και τα σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από αυτά.

## **Abstract**

The aim of the present undergraduate work is the exploitation of the use of marine fuel additives. Initially in Chapter 1 the current situation as far as the marine fuels is defined: the production source, the production processes, the special characteristics and their use in ships machines. In sequence, the way in which the above-mentioned characteristics can affect the combustion efficiency, the machine efficiency and the total operational cost are discussed. In Chapter 2, it is referred in detail how the chemical marine fuel additives can ameliorate the marine fuel characteristics, the fuel combustion and how they can reduce the operational cost. Finally, conclusions are drawn briefly as well as the benefits that come of when marine fuel additives are used.

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Διάγραμμα απόσταξης υπό κενό [4].....	9
Σχήμα 2. Διάγραμμα ατμοσφαιρικής απόσταξης [5].....	11
Σχήμα 3. Διάγραμμα μονάδας καταλυτικής πυρόλυσης [6]. .....	12
Σχήμα 4. Διάγραμμα μονάδας ιξωδόλυσης [7].....	12
Σχήμα 5. Διάγραμμα μονάδας καταλυτικής υδρογονοαποθείωσης [7]. .....	13
Σχήμα 6. Τυπικό σύστημα επεξεργασίας και τροφοδότησης καυσίμου [7]. .....	14

## Πρόλογος

Η παγκόσμια συνολική τροφοδοσία υγρών καυσίμων ανέρχεται περίπου στους 4.000 μεγατόνους (MT) ετησίως, εκ των οποίων οι 300-400 μεγατόνοι (~8-10% της παγκόσμιας τροφοδοσίας) προορίζονται για ναυτιλιακά καύσιμα. Σχεδόν το 90% από τα ναυτιλιακά καύσιμα καταναλώνεται από φορτηγά πλοία. Επιβατικά πλοία, ρυμουλκά, πλοία του πολεμικού ναυτικού κ.ά. χρησιμοποιούν το υπόλοιπο 10%.

Η συντριπτική πλειοψηφία των πλοίων σήμερα χρησιμοποιεί κινητήρες ντίζελ παρόμοιους στην αρχή λειτουργίας με αυτούς των αυτοκινήτων. Ωστόσο, τα καύσιμα πλοίων διαφέρουν σε πολλές πτυχές από τα καύσιμα των κινητήρων της αυτοκινητοβιομηχανίας. Πιο συγκεκριμένα, η ποιότητα των ναυτιλιακών καυσίμων είναι πολύ χαμηλότερη, αλλά το εύρος αυτής πολύ μεγαλύτερο από τα καύσιμα της αυτοκινητοβιομηχανίας. Οι μηχανές των πλοίων πρέπει να είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να δέχονται καύσιμα διαφορετικής ποιότητας και πολύ συχνά με υψηλό ποσοστό θείου, το οποίο μπορεί να βλάψει σημαντικά το καταλυτικό σύστημα των μηχανών καθώς και τη λειτουργία επανακυκλοφορίας των καυσίμων. Το ιξώδες γενικότερα των ναυτιλιακών καυσίμων είναι πολύ υψηλότερο (~700 centiStokes) από αυτό των καυσίμων αυτοκινητοβιομηχανίας, το οποίο σπάνια ξεπερνάει τα ~5 centiStokes. Το ιξώδες εκφράζει την αντίσταση του υγρού στη ροή. Συνεπώς τα ναυτιλιακά καύσιμα για να εισαχθούν στο σύστημα καύσης απαιτούν προθέρμανση, με σκοπό τη μείωση του ιξώδους. Με βάση τα παραπάνω, οι κλασσικές αντιρρυπαντικές τεχνολογίες, όπως φίλτρα, καταλύτες οξειδωσης, τεχνολογία επανακυκλοφορίας καυσαερίων που χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία, δεν μπορούν να βρουν εύκολα εφαρμογή στον τομέα της ναυτιλίας. Οι κίνδυνοι από της διάβρωση που μπορεί να προκαλέσει η παρουσία του θείου και τα υψηλά ποσοστά αιθάλης, απαιτούν την εύρεση διαφορετικών λύσεων, όπως τη χρήση βελτιωτικών καυσίμων.

# Κεφάλαιο 1

## Υφιστάμενα Καύσιμα-Προέλευση και Παράγοντες Επίδρασης στην Ποιότητά τους

### 1.1. Υπόλειμμα αποστάξεως (μαζούτ)



Τα πετρελαϊκά προϊόντα, είτε πρόκειται για ντίζελ, ελαφρύ ή βαρύ μαζούτ ή λιπαντικά, αποτελούνται ουσιαστικά από δύο σημαντικά στοιχεία, το υδρογόνο και τον άνθρακα. Ο συνδυασμός αυτών των δύο ονομάζεται υδρογονάνθρακας. Η φυσική τους πηγή είναι το αργό πετρέλαιο σε διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς παγκοσμίως.

Το αργό πετρέλαιο αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα υδρογονανθράκων με ποικίλες ιδιότητες, όπως διαφορετική πτητικότητα, υπολείμματα κ.ά. Υπολειμματικά καύσιμα είναι στην πραγματικότητα τα βαρέα κατάλοιπα που προκύπτουν από τη διαδικασία της διύλισης. Οι πιο επιθυμητοί υδρογονάνθρακες (καύσιμα) και κάποιοι λιγότερο επιθυμητοί εξάγονται από τη διαδικασία της διύλισης. Παρόμοια μέθοδος επίσης χρησιμοποιείται για την αναμόρφωση υδρογονανθράκων οι όποιοι δεν πληρούν τις προδιαγραφές της αγοράς έτσι ώστε να διατεθούν σε αυτήν. Οι υδρογονάνθρακες οι οποίοι συναντώνται στα ναυτιλιακά καύσιμα εμπίπτουν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- Παραφινικοί
- Αρωματικοί
- Ναφθενικοί και
- Ολεφινικοί

Οι παραπάνω κατηγορίες δίνονται πιο επεξηγηματικά στις ακόλουθες γραμμές [2]:

**Παραφινικοί Υδρογονάνθρακες:** έχουν χαμηλότερη ειδικό βάρος από τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες με το ίδιο σημείο βρασμού, ενώ οι ναφθενικοί και οι ολεφινικοί είναι ενδιάμεσου ειδικού βάρους. Η αντίστασή τους στη χημική αλλαγή ή οξειδωσή τους είναι πολύ καλή. Αυτού του είδους οι υδρογονάνθρακες καίγονται σχεδόν πλήρως καθιστώντας τους ως τους πιο επιθυμητούς. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν το αέριο πετρέλαιο και το πετρέλαιο ντήζελ.

**Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες:** διαθέτουν το υψηλότερο ειδικό βάρος από τις υπόλοιπες τρεις κατηγορίες. Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι πολύ σταθεροί σε υψηλή θερμοότητα και χημικώς ενεργοί σε μέτριο βαθμό. Επίσης αυτού του είδους οι υδρογονάνθρακες εμπεριέχουν επίσης μεγαλύτερο ποσοστό άνθρακα συγκριτικά με τους υπόλοιπους υδρογονάνθρακες. Εξαιτίας των παραπάνω χαρακτηριστικών τους έχουν μια τάση να “καπνίζουν”, η οποία περιορίζει τη χρήση τους σε μηχανές ντήζελ.

**Ναφθενικοί Υδρογονάνθρακες:** το χημικό μόριο τους είναι εξαιρετικά σταθερό και σε αρκετές περιπτώσεις είναι πιο σταθεροί από τους παραφινικούς υδρογονάνθρακες. Αυτή η κατηγορία συναντάται πιο συχνά στα ναυτιλιακά καύσιμα, παρά ως απόσταγμα πετρελαίου.

**Ολεφινικοί Υδρογονάνθρακες:** είναι περισσότερο χημικά δραστικοί από τις άλλες κατηγορίες υδρογονανθράκων. Οι ολεφίνες υπόκεινται σε οξείδωση ή πολυμερισμό. Οι ολεφίνες δεν εμφανίζονται σε μεγάλες ποσότητες στο τελικό προϊόν της απόσταξης, αλλά μπορούν να συσσωρευτούν σε μεγάλες ποσότητες στη μηχανή, ύστερα από συνεχή χρήση καυσίμου με περιεχόμενο ολεφινών.

Ενώ το αργό πετρέλαιο είναι η πηγή ποικίλων υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα στα πλοία και από τα οποία παράγεται η επιθυμητή θερμική ενέργεια, ταυτόχρονα ωστόσο αποτελεί και την πηγή πολλών ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών που προσδίδονται στα τελικά προϊόντα της διύλισης. Στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 1) δίνονται παρατίθενται οι κύριες προσμίξεις που σχετίζονται με το αργό πετρέλαιο και που προσδίδονται στο τελικό προϊόν, το οποίο όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιείται ως ναυτιλιακό καύσιμο.

**Πίνακας 1. Ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων διύλισης (ναυτιλιακών καυσίμων) με πηγή το αργό πετρέλαιο.**

<b>Χαρακτηριστικά</b>	
<i>i</i>	Θείο
<i>ii</i>	Βανάδιο, νικέλιο
<i>iii</i>	Αλλαγή του σημείου ροής
<i>iv</i>	Τέφρα

Υπό κανονικές συνθήκες η τιμή μιας ιδιότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της γεωγραφικής θέσης προέλευσης του πετρελαίου. Για παράδειγμα, το απόσταγμα από το αργό πετρέλαιο της Βενεζουέλας είναι πλούσιο σε τέφρα, ενώ της ανατολής χαρακτηρίζεται από μεγάλο ποσοστό θείου. Γενικότερα η περιοχή από την οποία προέρχεται το αργό πετρέλαιο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στα τελικά προϊόντα και συνεπώς στη λειτουργία των μηχανών ντίζελ [3].

## **1.2. Διαδικασίες διύλισης -κατεργασίας**

Τα ναυτιλιακά καύσιμα εκτός από την πηγή προέλευσης του αργού πετρελαίου, επηρεάζονται και από τις διαδικασίες διύλισης αυτού. Πιο συγκεκριμένα, από: ι) την ποιότητα του αργού πετρελαίου και το ποσοστό μίγματος που εμπεριέχει και ιι) την ποσότητα ζήτησης του μεσαίου αποστάγματος και των υπολειμματικών καυσίμων. Στον Πίνακα 2, καταγράφονται οι ιδιότητες του ναυτιλιακών καυσίμων οι οποίες επηρεάζονται από τις διαδικασίες της διύλισης [3].



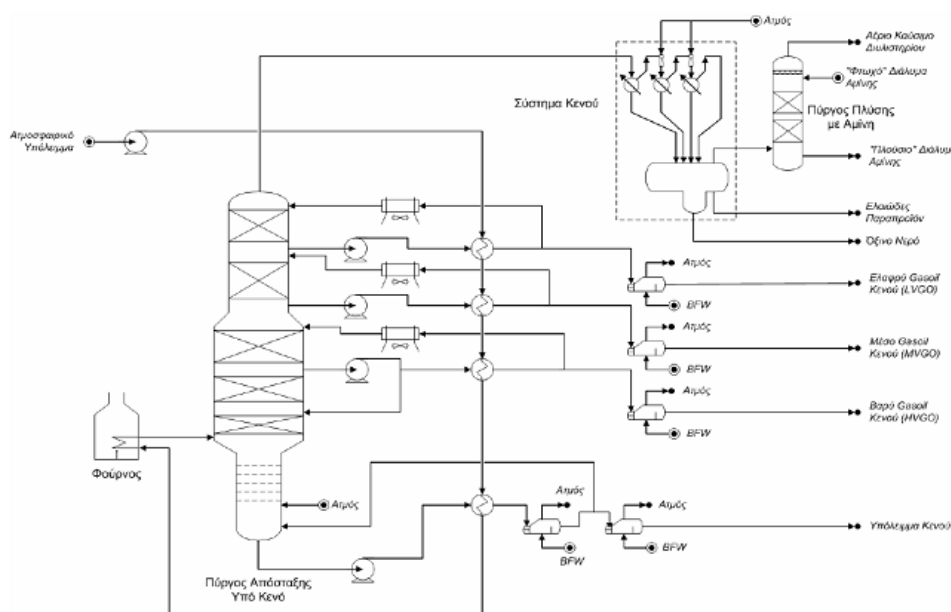
**Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά ναυτιλιακών καυσίμων τα οποία επηρεάζονται από τις διαδικασίες διύλισης.**

	<b>Χαρακτηριστικά</b>
<i>i</i>	Ειδικό βάρος
<i>ii</i>	Ιξώδες
<i>iii</i>	Υπολείμματα
<i>iv</i>	Νερό
<i>v</i>	Σημείο ανάφλεξης
<i>vi</i>	Συμβατότητα
<i>vii</i>	Νάτριο

Παρακάτω περιγράφονται οι τέσσερις πιο συνηθισμένες μέθοδοι διύλισης με μια σύντομη περιγραφή των χαρακτηριστικών των ναυτιλιακών καυσίμων που επηρεάζουν. Επίσης αναφέρονται πώς η μίξη του βαρύτερου με του ελαφρύτερου αποστάγματος επηρεάζουν το τελικό ναυτιλιακό καύσιμο.

### 1.2.1. Απόσταξη υπό κενό

Είναι μια εκδοχή της ατμοσφαιρικής απόσταξης: όταν η πίεση στον πύργο απόσταξης μειωθεί κάτω από την ατμοσφαιρική το υπολειπόμενο καύσιμο που προήλθε από μια διαδικασία σε ατμοσφαιρικές συνθήκες με την απόσταξη υπό κενό θα παράξει επιπλέον βαρύ απόσταγμα και θα εμπεριέχει επιπλέον ανεπιθύμητα υπολείμματα καθώς και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις άνθρακα.



**Σχήμα 1. Διάγραμμα απόσταξης υπό κενό [4].**

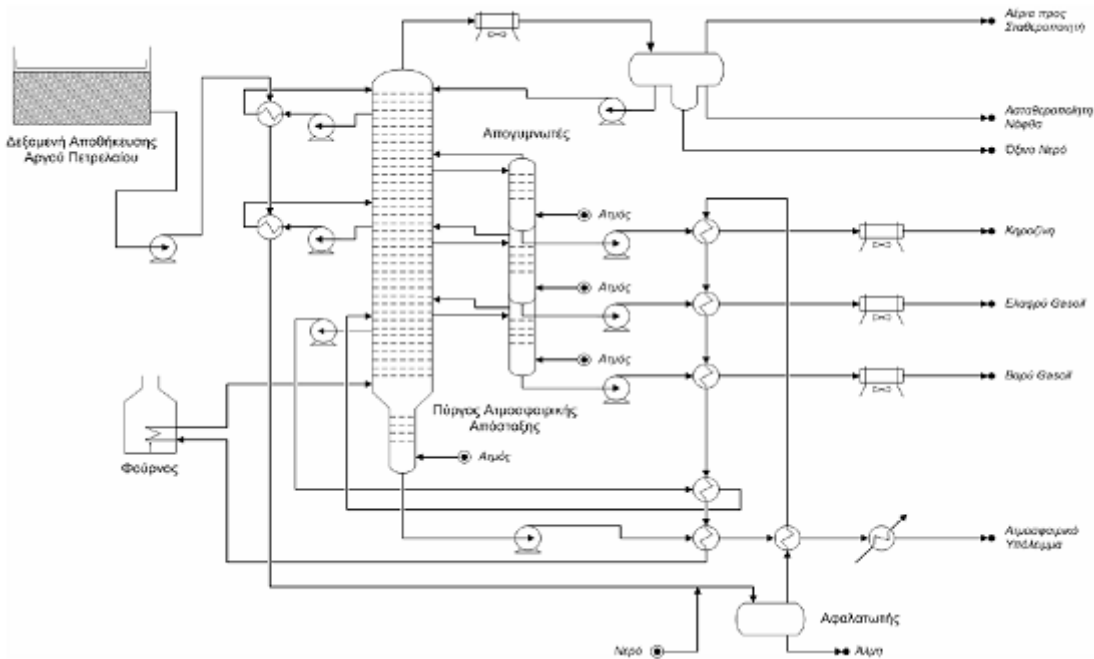
Γενικότερα καύσιμα τα οποία προέρχονται κατά αυτόν τον τρόπο δεν είναι ιδιαίτερα επιθυμητά εξαιτίας του υψηλούς ιξώδους τους.

Επίσης το υπόλειμμα από τη διαδικασία απόσταξης υπό κενό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω σε μια δευτερογενή διεργασία η οποία στόχο έχει τη μείωση του ιξώδους σε μια επιθυμητή τιμή. Κατά τη δευτερογενή διεργασία το υπόλειμμα θερμαίνεται σε μια πιο υψηλή θερμοκρασία και πίεση με αποτέλεσμα να παράγεται απόσταγμα με χαμηλότερο ιξώδες, με αυξημένο ειδικό βάρος και αυξημένα τα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά (Πίνακας 2). Ως αποτέλεσμα το παραγόμενο προϊόν να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ναυτιλιακό καύσιμο αφού αρχικά αναμιχθεί με ένα ελαφρύτερο καύσιμο. Ωστόσο είναι λιγότερο σταθερό ως καύσιμο και λιγότερο συμβατό. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορούν να προκαλέσουν πολύ σημαντικές βλάβες στις μηχανές ντίζελ και στη λειτουργία της μηχανής και στην επεξεργασία του καυσίμου [3].

### **1.2.2. Ατμοσφαιρική απόσταξη**

Η ατμοσφαιρική απόσταξη είναι το πρώτο στάδιο στην επεξεργασία ακατέργαστου πετρελαίου. Μετά τις παραπάνω διεργασίες το αργό πετρέλαιο διέρχεται μέσα από εναλλάκτες θερμότητας και η θερμοκρασία του αυξάνει στους 250 °C περίπου. Στην συνέχεια οδηγείται σε φούρνο, απουσία ατμοσφαιρικού αέρα, και η θερμοκρασία του αυξάνει ακόμα περισσότερο στους 350 °C. Ύστερα από την θέρμανση το αργό πετρέλαιο εισάγεται στον πύργο της ατμοσφαιρικής απόσταξης όπου υπάρχουν 30 με 50 διαδοχικοί παράλληλοι δίσκοι. Κάθε δίσκος είναι διαφορετικής θερμοκρασίας και το πετρέλαιο εξατμίζεται και συμπυκνώνεται πολλές φορές μέχρι να διαχωριστούν πλήρως τα συστατικά ανάλογα με την πτητικότητα τους. Τα πιο πτητικά είναι τα αέρια και η νάφθα από την οποία παράγεται η βενζίνη, ενώ τα λιγότερο πτητικά είναι η κηροζίνη και το gasoil.

Τα βαρύτερα συστατικά του αργού πετρελαίου τα οποία δεν μπορούν να αποσταχθούν στην στήλη ατμοσφαιρικής απόσταξης, θα συγκεντρωθούν στο κάτω μέρος του πύργου. Αυτό είναι το υπόλειμμα της ατμοσφαιρικής απόσταξης.



Σχήμα 2. Διάγραμμα ατμοσφαιρικής απόσταξης [5].

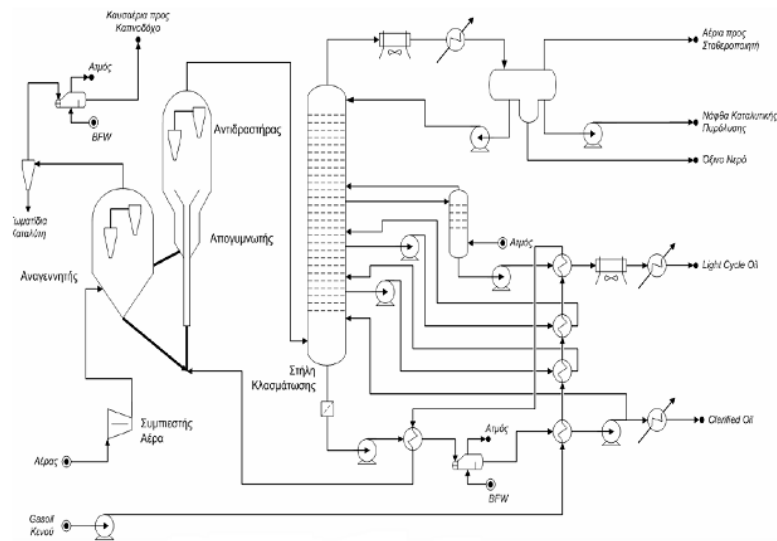
### 1.2.3. Θερμική πυρόλυση

Σε αυτή τη διεργασία το τροφοδοτικό απόθεμα θερμαίνεται σε πολύ υψηλή θερμοκρασία και πίεση στον αντιδραστήρα. Τα μεγάλα μόρια αλυσίδας άνθρακα διασπώνται σε μικρότερα και στη συνέχεια εξατμίζονται σε θάλαμο εκτόνωσης και ρέουν προς τον πύργο κλασματοποίησης, όπου συμπυκνώνονται ξανά και δίνουν διαφορετικά προϊόντα. Η διεργασία της θερμικής πυρόλυσης αυξάνει την ποιότητα των καυσίμων και μειώνει την ποσότητα του υπολειπόμενου καυσίμου. Ωστόσο τα καύσιμα που παράγονται περιέχουν υψηλή ποσότητα θείου, βαναδίου και ασφαλτινών αλλά και υψηλού ειδικού βάρους. Τα πρώτα είναι υπεύθυνα για τη χαμηλή σταθερότητα και συμβατότητα των ναυτιλιακών καυσίμων. Το μειονέκτημα της διεργασίας της θερμικής πυρόλυσης είναι η παραγωγή ενός δύσκολα αναφλέξιμου καυσίμου, με χαμηλή θερμιδική ενέργεια και υψηλή συγκέντρωση ακαθαρσιών, παράγοντες οι οποίοι μπορεί να οδηγήσουν στην καταστροφή της μηχανής, σε διακοπή λειτουργίας του κινητήρα και κατ'επέκταση σε αυξημένα έξοδα συντήρησης και κατασκευής [3].

### 1.2.4. Καταλυτική πυρόλυση

Είναι μια παραλλαγή της θερμικής πυρόλυσης. Στη διεργασία αυτή χρησιμοποιείται ένας καταλύτης για να αυξήσει την απόδοση της θερμικής πυρόλυσης. Ο καταλύτης διευκολύνει το σπάσιμο των δεσμών του άνθρακα μεγάλων αλυσίδων σε μικρότερες, σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις σε σύγκριση με τη διεργασία της θερμικής πυρόλυσης. Ωστόσο μερικές

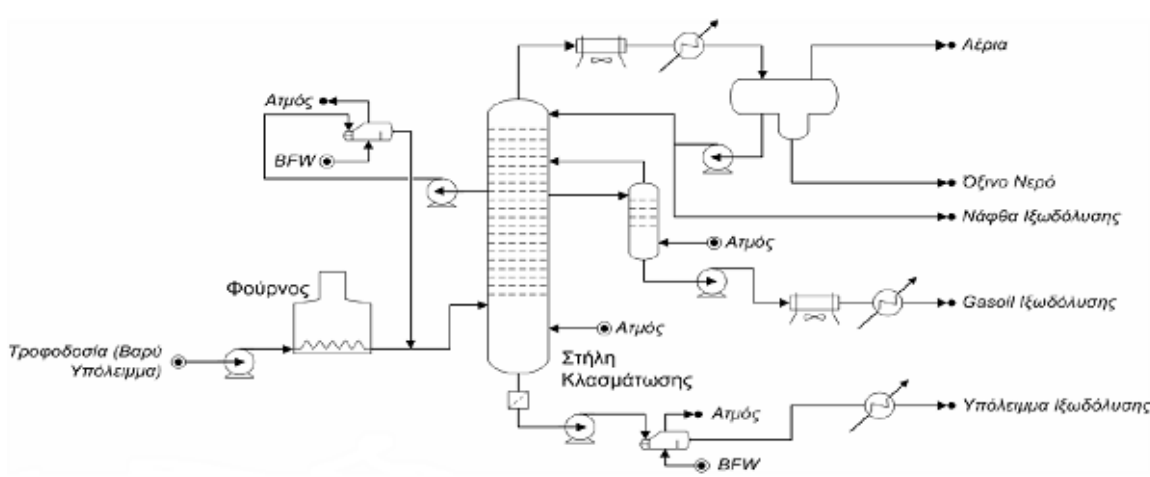
φορές ο καταλύτης εμπλέκεται στο υπόλειμμα του καυσίμου με αποτέλεσμα να επηρεάζουν τις ιδιότητες του καυσίμου [3].



Σχήμα 3. Διάγραμμα μονάδας καταλυτικής πυρόλυσης [6].

### 1.2.5. Ιξωδόλυση

Ιξωδόλυση είναι μία ήπια θερμική πυρόλυση που έχει ως σκοπό την ελάττωση του ιξώδους του υπολείμματος της ατμοσφαιρικής απόσταξης ή της απόσταξης υπό κενό. Σκοπός της είναι να μπορέσει το υπόλειμμα να χρησιμοποιηθεί ως μαζούτ χωρίς να χρειάζεται να προστεθούν μεγάλες ποσότητες από ελαφρύτερα συστατικά. Αιτία του υψηλού ιξώδους των παραφινικών υπολειμμάτων της απόσταξης πετρελαίου είναι οι μακριές παραφινικές αλυσίδες οι οποίες ενώνονται σε αρωματικούς δακτυλίους.



Σχήμα 4. Διάγραμμα μονάδας ιξωδόλυσης [7].

Με την ιξωδόλυση γίνεται διάσπαση αυτών των πλευρικών αλυσίδων και επακόλουθη πυρόλυση τους σε συστατικά με χαμηλότερο ιξώδες. Το υπόλειμμα εισέρχεται σε φούρνο όπου θερμαίνεται

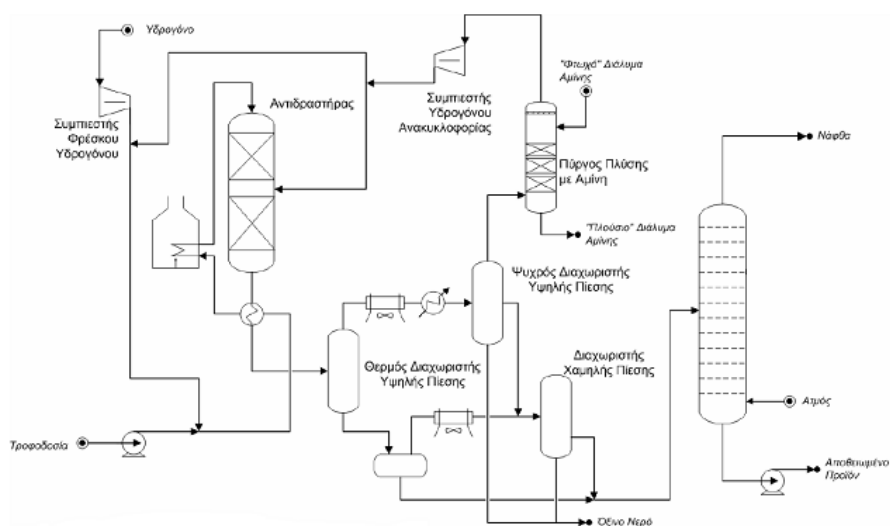
και στην συνέχεια οδηγείται στην αποστακτική στήλη. Από την κορυφή της αποστακτικής στήλης εξέρχονται αέρια και βενζίνη σε ποσοστό μικρότερο του 10% κ.β. εισερχόμενου μίγματος. Από την μέση της στήλης θα παραλάβουμε gasoil ιξωδότητας. Από το κάτω μέρος της στήλης θα εξέλθει το υπόλειμμα με πολύ ελαττωμένο ιξώδες.

### 1.2.6. Υδρογονοπυρόλυση-υδρογονοεπεξεργασία

Ο μηχανισμός της υδρογονοπυρόλυσης είναι η σχάση ενός απλού δεσμού άνθρακα-άνθρακα και ταυτόχρονα προσθήκη υδρογόνου σε έναν διπλό δεσμό άνθρακα-άνθρακα. Τα προϊόντα τροφοδοσίας είναι αρωματικά cycle oil καθώς και gasoil κενού. Τα αρωματικά συστατικά μπορούν να μετατραπούν σε κυκλοπαραφίνες δηλαδή ναφθένια, οπότε το χαμηλής αξίας cycle oil μετατρέπεται σε ένα χρήσιμο προϊόν. Υδρογονοεπεξεργασία είναι η διεργασία που εφαρμόζεται για να απομακρυνθούν ανεπιθύμητα συστατικά όπως μέταλλα, θείο άζωτο και συστατικά υψηλής τάσης σχηματισμού κοκ. Επιπλέον βελτιώνεται και η αναλογία υδρογόνου άνθρακα αλλά τα προϊόντα παραμένουν αρωματικά. Τροφοδοσία της υδρογονοεπεξεργασίας είναι το υπόλειμμα της ατμοσφαιρικής απόσταξης καθώς και το υπόλειμμα της απόσταξης υπό κενό.

### 1.2.7. Αποθείωση

Σύμφωνα με τους καινούργιους κανονισμούς, τα ναυτιλιακά καύσιμα πρέπει να έχουν χαμηλή συγκέντρωση θείου οπότε είναι απαραίτητο να γίνει αποθείωση στα προϊόντα του διυλιστηρίου. Η διαδικασία ονομάζεται υδρογονοαποθείωση.



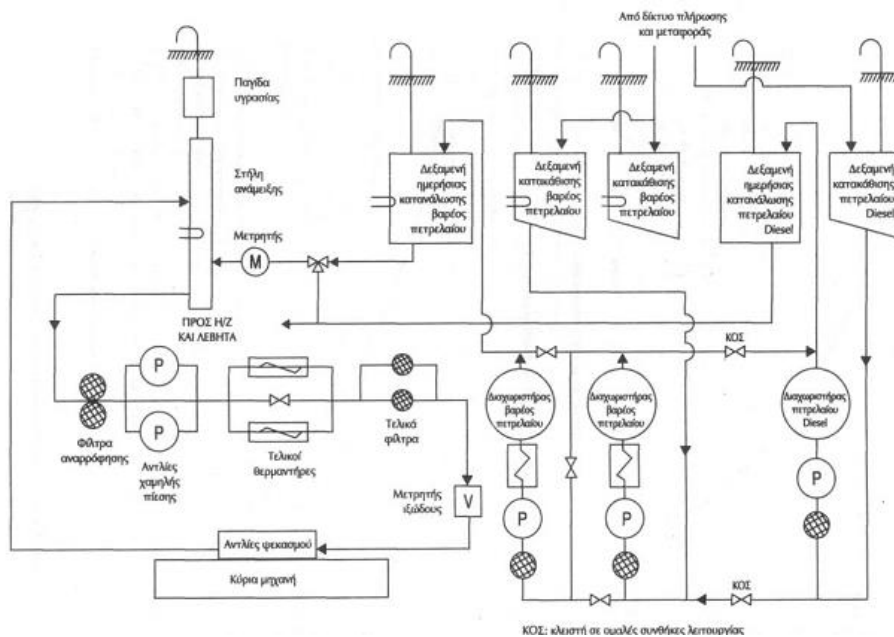
Σχήμα 5. Διάγραμμα μονάδας καταλυτικής υδρογονοαποθείωσης [7].

Το gasoil από το οποίο πρέπει να αφαιρεθεί το θείο θερμαίνεται σε φούρνο μέχρι τους 350 °C και μετά αναμιγνύεται με υδρογόνο μέσα σε αντιδραστήρα. Με την ύπαρξη καταλυτών το υδρογόνο

αντιδρά προς παραγωγή υδρόθειου και το ελεύθερο (κατά μεγάλο ποσοστό) από θείο καύσιμο είναι έτοιμο για διανομή.

### 1.3. Διαδικασίες ανάμειξης και αποθήκευσης καυσίμου

Αν και δεν αποτελεί μέρος της πραγματικής διαδικασίας της διύλισης, οι εγκαταστάσεις ανάμειξης των καυσίμων, ο χειρισμός και η αποθήκευση αυτών μπορεί να επηρεάσει την ποιότητά τους. Για παράδειγμα, αναμιγνύοντας καύσιμα με λιγότερο επιθυμητά χαρακτηριστικά μπορεί να προκύψει καύσιμο με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Αυτό μπορεί να προκύψει χρησιμοποιώντας και ελαφρύτερο καύσιμο. Δεν είναι ασυνήθιστο τα υπό ανάμειξη καύσιμα να έχουν παραχθεί σε διαφορετικά διυλιστήρια ακόμα και από διαφορετικά αποθέματα αργού πετρελαίου. Έτσι η μη δυνατότητα συμβατότητας των διαφορετικών ειδών καυσίμου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία λάσπης ή τη διαστρωμάτωση. Ενώ το μεγαλύτερο και πιο σημαντικό ποσοστό μόλυνσης του καυσίμου συμβαίνει από το νερό και από κατακρημνίσματα που υπάρχουν στους αγωγούς μεταφοράς [8].



Σχήμα 6. Τυπικό σύστημα επεξεργασίας και τροφοδότησης καυσίμου [7].

### 1.4. Ιδιότητες-χαρακτηριστικά ναυτιλιακών καυσίμων και η επίδρασή τους στην ντιζελομηχανή

Η ποιότητα των ναυτιλιακών καυσίμων μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση, τη λειτουργία και τη συντήρηση του κινητήρα ντιζελ. Για την καλύτερη κατανόηση της επίδρασης της ποιότητας του καυσίμου στη λειτουργία της μηχανής είναι σημαντικό να γίνουν κατανοητά τα χαρακτηριστικά, οι ιδιότητες των καυσίμων καθώς και ο βαθμός επίδρασης του τρόπου

αποθήκευσης και χειρισμού των καυσίμων. Ενώ οι μηχανές ντίζελ των πλοίων είναι πολύ αποδοτικές, έχουν πολύ μεγάλη ευαισθησία και επηρεάζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες του καυσίμου και από τυχόν υπολείμματα που μπορεί να εμπεριέχει ο ατμολέβητας. Παρακάτω δίνονται αναλυτικά οι ιδιότητες του καυσίμου και η επίδρασή τους στη μηχανή ντίζελ [6].

#### ***1.4.1. Χαρακτηριστικές ιδιότητες των ναυτιλιακών καυσίμων***

##### ***1.4.1.1. Ιξώδες***

Το ιξώδες είναι ένα μέτρο εκτίμησης της αντίστασης του καυσίμου στη ροή. Όσο μεγαλύτερο το ιξώδες τόσο μεγαλύτερο το ειδικό βάρος. Το ιξώδες αυξάνεται όταν το καύσιμο ψύχεται και μειώνεται όταν το καύσιμο θερμαίνεται. Για το λόγο αυτό η τιμή του ιξώδους θα πρέπει πάντα να συνοδεύεται από τη θερμοκρασία στην οποία καταγράφηκε, γιατί από μόνη της δεν έχει νόημα. Το ιξώδες χρησιμοποιείται κυρίως για να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με το χειρισμό, την επεξεργασία και τον ψεκασμό του καυσίμου. Ωστόσο, επίσης είναι ένας δείκτης εκτίμησης της περιεκτικότητας του καυσίμου σε άνθρακα και σε ασφαλτένιο. Όσο πιο χαμηλή η τιμή του ιξώδους τόσο πιο εύκολα γίνεται ο διαχωρισμός του νερού και των ξένων σωματιδίων από το κυρίως καύσιμο. Παρά το γεγονός ότι τα καύσιμα υψηλού ιξώδους απαιτούν υψηλή θερμοκρασία προθέρμανσης, αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να αντιμετωπιστεί χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

##### ***1.4.1.2. Ειδικό βάρος***

Το ειδικό βάρος ορίζεται ως ο λόγος του βάρους για ένα συγκεκριμένο όγκο στους 15°C ως προς το βάρος ίδιου όγκου νερού, στην ίδια θερμοκρασία. Η σημασία του ειδικού βάρους ως προς τη λειτουργία της μηχανής ντίζελ έγκειται στο γεγονός ότι ο λόγος νερού/καυσίμου στις τεχνικές διαχωρισμού εξαρτάται από τη διαφορετική πυκνότητα των δυο ουσιών. Επομένως όσο το ειδικό βάρος του καυσίμου προσεγγίζει τη μονάδα η φυγοκέντριση γίνεται λιγότερο σημαντική. Ωστόσο υψηλό ειδικό βάρος σημαίνει κακή ποιότητα καυσίμου, η οποία μπορεί να προκαλέσει μεγάλη φθορά στις μηχανές. Η προθέρμανση του καυσίμου πριν από τη φυγοκέντριση βοηθά στη διαδικασία διαχωρισμού, όπως και το χαμηλό ιξώδες. Επίσης μεγαλύτερο ειδικό βάρος σημαίνει και μικρότερο λόγω υδρογόνου/άνθρακα, γεγονός που θα αυξήσει τη δυσκολία «καθαρής» καύσης και θα ενισχύσει την εναπόθεση άκαυστου άνθρακα στη μηχανή.

##### ***1.4.1.3. Εναποθέσεις άνθρακα και ασφαλτένιο***

Η συσκευή προσδιορισμού υπολειμματικού άνθρακα (Conradson Carbon Residue, CCR) είναι ένα μέτρο προσδιορισμού της τάσης του καυσίμου να σχηματίζει άκαυστο άνθρακα κατά τη διάρκεια της καύσης του. Τα καύσιμα τα οποία είναι πλούσια σε άνθρακα έχουν μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας καύσης και οδηγούν κυρίως στο σχηματισμό αιθάλης και άκαυστου εναποτεθειμένου

άνθρακα. Δεδομένου ότι οι εναποθέσεις άνθρακα είναι μια σημαντική πηγή φθοράς, η ποσότητα του άνθρακα είναι μια σημαντική παράμετρος για τη μηχανή ντίζελ.

Με τη σειρά του το ασφαλτένιο είναι συστατικό της ασφάλτου το οποίο είναι αδιάλυτο στη νάφθα του πετρελαίου και στο ζεστό επτάνιο, αλλά είναι διαλυτό σε διθειάνθρακα και σε ζεστό βενζόλιο. Το ασφαλτένιο είναι εύθραυστο και απαρτίζεται από μακρομόρια με υψηλό μοριακό βάρος τα οποία αποτελούνται συνήθως από πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες που περιέχουν άνθρακα, άζωτο, θείο, οξυγόνο, νικέλιο, βανάδιο και άλλα βαρέα μέταλλα. Συγκεντρώσεις ασφαλτένιου >10% μπορούν να προκαλέσουν δυσκολίες στην καύση ιδιαίτερα σε συνδυασμό με άλλα συστατικά υψηλού σημείου ζέσεως.

#### **1.4.1.4. Περιεχόμενο θείου**

Το θείο εμπεριέχεται σε όλες τις μορφές του αργού πετρελαίου. Όταν το ακατέργαστο προϊόν αποστάζεται το θείο τείνει να συγκεντρώνεται στα βαρύτερα κλάσματα πετρελαίου, αφήνοντας τα πιο ελαφριά με χαμηλότερο ποσοστό θείου. Το ποσοστό θείου το οποίο μπορεί να «ανεκτεί» κάθε μηχανή εξαρτάται από τον τύπο και από τη δύναμη ισχύος του κινητήρα. Το θείο είναι υπεύθυνο για τη διάβρωση των μηχανών σε χαμηλή θερμοκρασία, δημιουργώντας έτσι και φθορά του κυλίνδρου. Τα οξείδια του θείου σε συνδυασμό με τον ατμό-νερό στο θάλαμο καύσης είναι ιδιαίτερα διαβρωτικά. Ποσοστό του νερού μπορεί να εμπεριέχεται ήδη στο καύσιμο, ή να προϋπάρχει εξαιτίας της υγρασίας.

#### **1.4.1.5. Τέφρα**

Η τέφρα η οποία εμπεριέχεται στο βαρύ μαζούτ συμπεριλαμβάνει ανόργανο μεταλλικό περιεχόμενο, μη καύσιμα συστατικά και στερεά μολυσματικά υπολείμματα. Το ποσοστό της τέφρας μετά την καύση εκτός από τα ανόργανα υλικά, εμπεριέχει και βαρέα μέταλλα, όπως βανάδιο. Τα υπολείμματα τέφρας μπορούν να προκαλέσουν τοπική υπερθέρμανση και κατά συνέπεια διάβρωση των επιφανειών. Η υπερβολική τέφρα μπορεί επίσης να οδηγήσει σε φθορά απόξεσης της επιφάνειας των κυλίνδρων και των εμβόλων και επίσης να προκαλέσει τη φραγή των ακροφυσίων έγχυσης του καυσίμου.



#### **1.4.1.6. Βανάδιο**

Το βανάδιο είναι ένα μεταλλικό στοιχείο το οποίο σε συνδυασμό με το νάτριο μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία πολύ χημικά επιθετικών ουσιών, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την επιτάχυνση σχηματισμού υπολειμμάτων και τη διάβρωση των μηχανών σε υψηλή θερμοκρασία



λειτουργίας. Η ανεκτικότητα των μηχανών στην παρουσία του βαναδίου βελτιώνεται με τη χρήση χημικών βελτιωτικών και με τεχνικές ψύξης αυτών.

#### **1.4.1.7. Συμβατότητα**

Η ανάμειξη μη συμβατών καυσίμων μπορεί να οδηγήσουν στη δημιουργία «ιζήματος». Στις μηχανές ντίζελ μπορεί να προκληθούν παρεμπόδιση λειτουργίας της αντλίας έγχυσης, υπολείμματα άνθρακα και υπερσυμπίεση τουρμπίνας. Στην περίπτωση που αναμειχθούν μη συμβατά καύσιμα, τότε η μηχανή πρέπει να περάσει από τη διαδικασία συντήρησης και το κόστος αυξάνεται.

#### **1.4.1.8. Κετάνιο**

Η ποιότητα ανάφλεξης ενός καυσίμου υποδεικνύεται από τον αριθμό κετανίου. Όσο χαμηλότερος είναι ο αριθμός κετανίου τόσο μεγαλύτερη είναι η καθυστέρηση ανάφλεξης; Και όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική περίοδος μεταξύ της εγχύσεως του καυσίμου και της καύσης, τόσο αυξάνεται η πίεση που συνδέεται με την ανάφλεξη και την καύση.

#### **1.4.1.9. Σημείο ανάφλεξης**

Το σημείο ανάφλεξης είναι η τιμή της θερμοκρασίας στην οποία οι ατμοί του καυσίμου μπορούν να αναφλεγούν όταν εκτίθενται σε φλόγα.

#### **1.4.1.10. Σημείο ροής**

Σημείο ροής είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία για την οποία το καύσιμο μπορεί να ρέει. Κάτω από αυτή την θερμοκρασία η ροή του καυσίμου είναι πολύ δύσκολη ή ακόμα και αδύνατη. Το καύσιμο δεν θερμαίνεται προ της εισαγωγής του στον κινητήρα. Η θερμοκρασία στην οποία το diesel σταματάει να ρέει είναι πολύ σημαντική για πλοία τα οποία πλέουν στα πιο ψυχρά γεωγραφικά πλάτη της Γης όπως για παράδειγμα τα παγοθραυστικά. Για σκοπούς άντλησης και διαχείρισης των καυσίμων είναι πολλές φορές σημαντικό να είναι γνωστή η ελάχιστη θερμοκρασία (σημείο ροής) στην οποία το ρευστό (καύσιμο) χάνει τις ιδιότητές του. Επίσης το σημείο ροής είναι σημαντικό και στην περίπτωση ανάμειξης καυσίμων.

#### **1.4.1.11. Θερμαντική αξία**

Η θερμαντική αξία είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους στην αγορά καυσίμου. Μεταβολές στη συμπεριφορά της μηχανής ντίζελ σχετίζονται με τη μείωση της θερμότητας που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης, εξαιτίας καυσίμων σε υψηλή περιεκτικότητα σε θείο ή σε νερό κ.ά. Αυτή η μείωση μπορεί να ποσοτικοποιηθεί και να παρατηρηθεί από την κατανάλωση του καυσίμου. Η θερμαντική αξία αποφασίζεται από το λόγο άνθρακα/υδρογόνου. Όσο αυξάνεται ο λόγος άνθρακα/υδρογόνου το ειδικό βάρος αυξάνεται και η θερμαντική αξία. Η θερμαντική αξία μειώνεται όσο αυξάνεται η ποσότητα του θείου.

#### 1.4.1.12. Πυκνότητα

Η πυκνότητα ορίζεται ως ο λόγος της μάζας μιας ουσίας προς τον όγκο αυτής. Η μονάδα μέτρησης της πυκνότητας στο SI είναι τα  $\text{kg/m}^3$ . Η ιδιότητα αυτή μπορεί να δώσει χρήσιμες ενδείξεις για την σύσταση του καυσίμου, την ποιότητα ανάφλεξης καθώς και για την δυνατότητα ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η τιμή  $991 \text{ kg/m}^3$  στα περισσότερα καύσιμα είναι το άνω όριο ώστε να γίνει διαχωρισμός του νερού από το καύσιμο. Ο διαχωρισμός γίνεται με φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες (purifier). Πάντως η τεχνολογία σήμερα έχει επιτρέψει ακόμα και τον διαχωρισμό του νερού σε καύσιμα πυκνότητας έως  $1010 \text{ kg/m}^3$ . Τα πλοία που κινούνται με ατμό κυρίως LNG (Liquified Natural Gas, Πλοία Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου) δεν έχουν ανάγκη φυγοκέντρισης του καυσίμου καθώς οι λέβητες έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν με πολύ βαρύ πετρέλαιο. Τα συγκεκριμένα πλοία δεν έχουν κάποιο περιορισμό στην πυκνότητα του καυσίμου που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν. Η πυκνότητα των μαζούτ μετριέται μεταξύ  $50^\circ\text{C}$  και  $60^\circ\text{C}$  και έπειτα διορθώνεται και αναφέρεται στους  $15^\circ\text{C}$ . Η διόρθωση γίνεται με συντελεστές διόρθωσης που έχουν δημοσιευτεί από τους επίσημους φορείς τυποποίησης (ASTM, IP, ISO) Η πυκνότητα των Diesel μετριέται κατευθείαν στους  $15^\circ\text{C}$ .

#### 1.4.1.13. Νερό

Το νερό προϋπάρχει στο αργό πετρέλαιο από την φάση άντλησης του από τις γεωτρήσεις και δεν δύναται να διαχωριστεί ολόκληρη η ποσότητα του στον πύργο απόσταξης. Επίσης μπορεί να εισέλθει στο καύσιμο και κατά τις διεργασίες παραγωγής ή από διαρροές που υπάρχουν στο σύστημα θέρμανσης των δεξαμενών με ατμό.



Η ύπαρξη του δημιουργεί λειτουργικά προβλήματα στον κινητήρα αλλά και προβλήματα οικονομικής φύσεως. Τα λειτουργικά προβλήματα στον κινητήρα είναι πως το νερό συμβάλει στο σχηματισμό ιζήματος, διαβρώνει τις δεξαμενές, τις σωληνώσεις καθώς και τους εγχυτήρες. Επιπλέον προκαλεί καθυστέρηση στην ταχύτητα της καύσης με συνέπεια τα μόρια να καίγονται όταν χτυπούν στα τοιχώματα και την κορώνα των εμβόλων, προκαλώντας κρουστικά φορτία. Τα οικονομικής φύσεως προβλήματα είναι η μείωση της θερμογόνου δύναμης του καυσίμου που ως επακόλουθο είναι η μείωση της αποδιδόμενης ισχύος της μηχανής. Επιπρόσθετα με την αγορά του καυσίμου αγοράζεται και ένα ποσοστό του νερού το οποίο είναι ανεπιθύμητο και για το οποίο πρέπει να ξοδευτεί ενέργεια πάνω στο πλοίο για να απομακρυνθεί.

## Κεφάλαιο 2

### Αντιμετώπιση Προβλημάτων Μέσω Χημικών Προσθέτων

Ο όρος βαρύ μαζούτ ή πετρέλαιο εξωτερικής καύσης αναφέρεται σε βαριά προϊόντα τα οποία είναι υπολείμματα της απόσταξης του αργού πετρελαίου. Γενικά, το μαζούτ είναι ένα μαύρο παχύρευστο σε συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας υγρό που χρησιμοποιείται κυρίως σαν καύσιμο στην κίνηση πλοίων. Το μαζούτ είναι υπόλειμμα απόσταξης και όχι προϊόν απόσταξης με αποτέλεσμα να χρειάζεται την προσθήκη χημικών βελτιωτικών για τη χρήση του σε διάφορες εφαρμογές, όπως έχει προαναφερθεί. Με βάση τις χαρακτηριστικές ιδιότητες που έχουν αναλυθεί στο κεφάλαιο 1 χρησιμοποιούνται και τα ανάλογα βελτιωτικά [6].

Οι διεθνείς και παγκόσμιες προσπάθειες της τελευταίας δεκαετίας για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και των εκπομπών αυτών, που προέρχονται από μηχανές καύσης πλοίων, οδήγησε στη δημιουργία και χρήση επιπλέον βελτιωτικών. Σκοπός είναι κυρίως η μείωση των οξειδίων του αζώτου, του θείου και του διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, η επιλογή του βέλτιστου λιπαντικού πρέπει να είναι προσεχτική γιατί μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας υγρό λιπαντικό για τη μείωση του περιεχομένου του θείου, αυξάνεται η απόδοση της μηχανής (υψηλότερη ισχύ), καλύτερη χρήση επίσης της αντλίας νερού, γεγονός που οδηγεί σε υψηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων εκπεμπόμενων αέριων ρύπων. Παρόμοια, παρά το γεγονός ότι η ποσότητα εκπομπής των οξειδίων του αζώτου θα μπορούσε να μειωθεί σημαντικά, μειώνοντας τη θερμοκρασία καύσης, δεν είναι εφικτό διότι ταυτόχρονα μειώνεται η απόδοση της μηχανής και αυξάνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και θείου. Επομένως για το συγχρονισμό όλων των παραπάνω θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν βελτιωτικά καυσίμων.

Σύμφωνα με την Ε.Ε μπορεί τα ναυτιλιακά καύσιμα να μην είναι υπεύθυνα για την παραγωγή υψηλών ποσοστών διοξειδίου του άνθρακα, αλλά ωστόσο ευθύνονται για την παραγωγή μεγάλου ποσοστού οξειδίων του θείου, εξαιτίας της χαμηλής ποιότητάς τους. Με βάση λοιπόν την Ε.Ε τα ναυτιλιακά καύσιμα θα πρέπει να περιέχουν ποσότητα θείου < 500mg/kg καυσίμου. Αυτό έχει ως συνέπεια από το 2015, τα πλοία να πρέπει να χρησιμοποιούν όχι υπόλειμμα πετρελαίου, αλλά απόσταγμα πετρελαίου. Ωστόσο η πιο άμεση λύση είναι η χρήση επιπλέον βελτιωτικών.

Με βάση όλα τα προαναφερόμενα έχουν αναπτυχθεί και εισαχθεί στην αγορά τέσσερις βασικές κατηγορίες βελτιωτικών:

***i) Προ-καύσης – Μεγαλύτερη σταθερότητα καυσίμου [1]:***

- ενισχύεται η σταθερότητα του καυσίμου όταν αναμιγνύεται με άλλα καύσιμα.
- βελτιώνεται η ποιότητα του καυσίμου.

- βελτιώνεται η ανάμειξη βαρέων και ελαφρών στοιχείων.
- έχει «απορρυπαντική» δράση καθαρίζοντας φίλτρα, θερμοαντήρες καυσίμου και άλλα δοχεία.
- ενισχύει τη συμβατότητα και δημιουργεί ομοιογένεια καυσίμων με αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης της καύσης και τη βελτίωση στην εισαγωγή του καυσίμου.
- μείωση των μη άκαυστων συστατικών (ενώσεων).

**ii) Καύσης [1]:**

- εξασφαλίζουν πιο πλήρη καύση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.
- μειώνουν την ποσότητα του άκαυστου άνθρακα.
- μπορεί να εμπεριέχει ειδικό λιπαντικό για την πρόληψη φθοράς του κινητήρα.
- μείωση συχνότητας συντήρησης κινητήρα.
- αύξηση χρόνου μεταξύ γενικών επισκευών.
- μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς εξαιτίας της αιθάλης.
- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

**iii) Τροποποιητές τέφρας [1]:**

- πιο γρήγορη και αποτελεσματική καύση μέσω ταχείας οξείδωσης του καυσίμου.
- μείωση των ποσοστών τέφρας στις βαλβίδες και στους υψηλά θερμαινόμενους σωλήνες.
- βελτίωση της καύσης στους λέβητες και στους κινητήρες εσωτερικής καύσης.

**iv) Πρόσθετα ναυτικού αποστάγματος (κυρίως στα καινούργια καύσιμα)[1]:**

- αύξηση της φυσικής λιπαντικής σε καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα θείου, το οποίο αφαιρείται κατά την κατεργασία υδρογόνου.
- σταθερότητα των καυσίμων όχι μόνο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, αλλά και κατά τη διάρκεια της καύσης.
- θερμική σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες.
- προστασία από την έμφραξη του φίλτρου και τη διάβρωσή του.

## **2.1. Χημικά Πρόσθετα/Βελτιωτικά**

**Βελτιωτικά καύσης και τροποποιητές επικαθίσεων:** Η υψηλή περιεκτικότητα των ναυτιλιακών καυσίμων σε τέφρα, κυρίως βαναδίου, θείου, και νατρίου, δημιουργεί κατά την καύση τους έντονα προβλήματα όπως όξινες επικαθίσεις στα ψυχρά χιτώνια, διάβρωση των εσωτερικών χιτωνίων και κολλοειδείς επικαθίσεις στις κεφαλές των εμβόλων, στις βαλβίδες εξαγωγής, στις θυρίδες σάρωσης

και στους αεροσυμπιεστές. Επιπλέον, το υψηλό ιξώδες, το μεγάλο ποσοστό ασφατενίων και η ανομοιογένεια του καυσίμου, οδηγούν σε ατελή καύση με ορατά αποτελέσματα, όπως σχηματισμό αιθάλης, διακυμάνσεις στην ένταση και το μήκος της φλόγας στο θάλαμο καύσης, έντονη περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω των εκπομπών CO, NOx και άκαυστων υδρογονανθράκων καθώς και υπολογίσιμη οικονομική απώλεια λόγω της μη εκμετάλλευσης του συνόλου της θερμικής αξίας.

**Πρόσθετο σταθεροποίησης/διασποράς:** Συνήθως περιλαμβάνει υψηλά επιφανειοδραστικές χημικές ουσίες οι οποίες παρεμποδίζουν την καθίζηση των ασφατενίων, τα οποία έχουν χαμηλή διαλυτότητα στα κατάλοιπα των μαζούτ. Αυτού του είδους το πρόσθετο εμπεριέχει συνήθως αλκάνια και έναν αρωματικό υδρογονάνθρακα για διαλύτη. Συνήθως φυσικές ρητίνες οι οποίες σταθεροποιούν ηλεκτροστατικά φορτισμένα μικκύλια ασφατενίων μέσα στο καύσιμο έχουν χαθεί ή αλλοιωθεί κατά τη διάρκεια της διύλισης, παρεμποδίζοντας έτσι τη διασπορά των ασφατενίων. Η διάλυση (αραίωση) του βαρύ μαζούτ με είδος παραφινών μπορεί να μειώσει επιπλέον τη σταθερότητα των μη επεξεργασμένων με πρόσθετα καυσίμων, δημιουργώντας ταυτόχρονα συσσωμάτωση ασφατενίων. Η τυχόν συσσωμάτωση μπορεί να δημιουργήσει καθίζηση λάσπης σε χώρους αποθήκευσης των καυσίμων και σε εξοπλισμό χειρισμού αυτών (π.χ. φίλτρα) και σε συνέχεια σε λειτουργικά προβλήματα [1, 9].

**Αντιμετώπιση προβλήματος:** Τα χημικά πρόσθετα σταθεροποίησης/διασποράς έχουν πολική (ηλεκτρονιακή) συγγένεια με τα μόρια των ρητινών. Η προσθήκη τους στο καύσιμο αυξάνει τη σταθερότητα του καυσίμου, βοηθώντας την καλύτερη διασπορά των ασφατενίων, παρεμποδίζοντας τη συσσωμάτωση αυτών και κατ'επέκταση τη δημιουργία αδιάλυτης λάσπης και λειτουργικών προβλημάτων. Η συνήθης ποσότητα ανέρχεται σε 50-250 mg/kg καυσίμου.

**Πρόσθετο απογαλακτωματοποιητή:** Οι παρεμποδιστές δημιουργίας γαλακτώματος συνήθως περιλαμβάνουν τα συνήθη χημικά που χρησιμοποιούνται και στα καύσιμα των οχημάτων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των καυσίμων και κατά τη χρήση τους, αλλά πριν τη διαδικασία της καύσης με σκοπό την παρεμπόδιση γαλακτωμάτων με βάση το νερό ή τη διάσπαση των ήδη δημιουργημένων. Το καύσιμο (βαρύ μαζούτ) θεωρείται πολύ πιθανό να εμπεριέχει σημαντική ποσότητα νερού, το οποίο δεν είναι εμφανές με γυμνό μάτι εξαιτίας του σκούρου χρώματος του καυσίμου. Επιπρόσθετη επεξεργασία του καυσίμου για τη διάσπαση του γαλακτώματος έχει αποδειχθεί να ενισχύει το βαρυτικό διαχωρισμό του νερού από το καύσιμο και μειώνει το φορτίο του φυγοκεντρικού διαχωριστή. Το πρόσθετο διάσπασης των γαλακτωμάτων έχει επίσης βρεθεί να αυξάνει την απόδοση της φυγοκέντρωσης, για παράδειγμα αφαιρώντας τα λεπτόκοκκα σωματίδια των καταλυτών στην επεξεργασία του καυσίμου πριν την καύση [1, 9].

**Αντιμετώπιση προβλήματος:** Τα πρόσθετα αυτού του είδους μεταβάλλουν το ιξώδες της διεπιφανειακής τάσης ή δημιουργούν ένα στρώμα ελαστικότητας στα σταγονίδια του νερού ενός γαλακτώματος καυσίμου. Τα σταγονίδια νερού ενθαρρύνονται να συσσωματωθούν σχηματίζοντας ένα ξεχωριστό στρώμα στο τέλος του δοχείου, με αποτέλεσμα να μπορεί να αφαιρεθεί. Οι ποσότητες οι οποίες χρησιμοποιούνται είναι περίπου 50-500 mg/kg καυσίμου.

**Πρόσθετα βελτίωσης καύσης:** Τα πρόσθετα βελτίωσης καύσης εμπεριέχουν βελτιωτικά ανάφλεξης, για παράδειγμα για βελτίωση (αύξηση) του σημείου ανάφλεξης και επίσης καταλύτες για την τοπική έκκαυση του άνθρακα που σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της καύσης. Τα χημικά βελτιωτικά ανάφλεξης χωρίς τέφρα είναι οργανικά μόρια τα οποία εμπεριέχουν άζωτο ως ενεργή ουσία. Επίσης συνήθως εμπεριέχουν οργανομεταλλικά στοιχεία όπως σίδηρος, μαγνήσιο, δημήτρια, τα οποία είναι διαλυτά στο καύσιμο. Στις μηχανές ανάφλεξης με συμπίεση τα βελτιωμένα χαρακτηριστικά ανάφλεξης του καυσίμου βοηθάνε στο να μειωθεί μελλοντικά το κόστος συντήρησης των μηχανών καθώς και στην επέκταση ζωής τους. Μείωση στο βάρος της αιθάλης που δημιουργείται κατά την καύση για καύσιμα με υψηλό λόγο C:H, μειώνει την εναπόθεση άνθρακα στους κυλίνδρους της μηχανής. Γενικότερα, τα πρόσθετα καύσης μειώνουν το ρυθμό δημιουργία αιθάλης. Η βελτιωμένη οικονομία καυσίμου, η μείωση της συχνότητας των αναφλέξεων εξαιτίας της δημιουργία αιθάλης, το χαμηλότερο κόστος συντήρησης οφείλονται σε αυτά τα βελτιωτικά (πρόσθετα) [1, 9].

**Αντιμετώπιση προβλήματος:** Τα πρόσθετα καύσης μειώνουν το χρόνο αναμονής ανάφλεξης στην παλινδρομική κίνηση των μηχανών, μειώνοντας ταυτόχρονα τη μείωση του ρυθμού αύξησης της πίεσης των κυλίνδρων κατά τη διάρκεια της καύσης. Τα οργανικά πρόσθετα ανάφλεξης τα οποία εμπεριέχουν άζωτο, ελεγχόμενα με τη μέθοδο της θερμοβαρυμετρικής ανάλυσης έδειξαν μεγαλύτερη απόδοση ενέργειας και χαμηλότερες κορυφές θερμοκρασιών, πιθανόν εξαιτίας των ελεύθερων ριζών. Οργανομεταλλικά βελτιωτικά καύσης καταλύουν το σημείο καύσης του άνθρακα, επομένως μειώνουν το σημείο κατακάθησης αιθάλης και συνεπώς το ποσοστό εκπομπής καυσαερίων. Τυπικά τα επίπεδα των οργανικών πρόσθετων βελτίωσης της ανάφλεξης κυμαίνονται στο εύρος 150-500 mg/kg καυσίμου, ενώ τα οργανομεταλλικά πρόσθετα καύσης συνήθως στο εύρος 20-200 mg/kg καυσίμου<sup>[9]</sup>.

**Πρόσθετα αναστολής διάβρωσης:** Διάβρωση υψηλής θερμοκρασίας μπορεί να προέλθει από την παρουσία βαναδίου, νατρίου και πολλών άλλων μετάλλων που βρίσκονται στη στάχτη της καύσης, ενώ διάβρωση χαμηλής θερμοκρασίας συμβαίνει συνήθως με την καύση μαζούτ με υψηλό ποσοστό θείου. Πρόσθετα προστασίας διάβρωσης υψηλής θερμοκρασίας αποτελούνται από διαλυτές

οργανομεταλλικές ενώσεις οι οποίες εμπεριέχουν μαγνήσιο, πυρίτιο και ασβέστιο. Πρόσθετα προστασίας από τη διάβρωση χαμηλής θερμοκρασίας είναι συνήθως οργανομεταλλικές ενώσεις με βάση το μαγνήσιο και το ασβέστιο. Η στάχτη από την καύση από το βαρύ μαζούτ εμπεριέχει συνήθως μη οργανικά υπολείμματα. Όταν το νάτριο και το βανάδιο υπάρχουν πάνω από ένα κατώτατο όριο και σε ορισμένες αναλογίες, η στάχτη μπορεί να δημιουργήσει ένα χαμηλό σημείο τήξης της σκωρίας η οποία μπορεί να προσκολληθεί σε ευαίσθητα στοιχεία των μηχανών, όπως βαλβίδες, πιστόνια, κ.ά προκαλώντας σημαντική διάβρωση. Η προσθήκη βελτιωτικών παρεμπόδισης διάβρωσης υψηλής θερμοκρασίας μπορεί να βελτιώσει ή να σταματήσει την παραπάνω διάβρωση. Η διάβρωση χαμηλής θερμοκρασίας προκαλείται από τη συμπύκνωση οξειδωτικών προϊόντων τα οποία προέρχονται από την οξείδωση του θείου κατά τη διάρκεια της καύσης. Τα χιτώνια των κυλίνδρων σε μεγάλες μηχανές καύσης υπό πίεση και η παραγωγή καυσαερίων σε συνεχή καύση είναι πολύ ευάλωτα [1-3, 6, 9].

**Αντιμετώπιση προβλήματος:** Το ασβέστιο, το μαγνήσιο και το πυρίτιο σε συνδυασμό με τα μέταλλα βαναδίου και νατρίου μπορούν να παράγουν εύτηκτα συστατικά με υψηλότερο σημείο τήξης από τη σκωρία η οποία μπορεί να προκαλέσει σημαντικό βαθμό διάβρωσης. Η τήξη της στάχτης παρεμποδίζεται από τη χρήση πρόσθετων διάβρωσης υψηλής θερμοκρασίας, με πιθανή μελλοντικά εκπομπή σωματιδίων στάχτης μαζί με άλλα επιβλαβή αέρια. Το μαγνήσιο και το ασβέστιο είναι αποτελεσματικά στη μείωση της οξύτητας η οποία δημιουργείται από την καύση καυσίμων με υψηλό ποσοστό θείου και επομένως είναι χρήσιμα στη μείωση του φαινομένου της διάβρωσης χαμηλών θερμοκρασιών. Πρόσθετα με περιεχόμενο μαγνησίου, πυριτίου ή ασβεστίου μπορούν να εισαχθούν στο καύσιμο πριν τη διαδικασία της καύσης σε επίπεδα 100-500 mg/kg<sub>καυσίμου</sub>.

## 2.2. Χαρακτηριστικό Παράδειγμα Χημικών Προσθέτων

**F2-21(Marine Formula):** Βελτιωτικό καύσεως πετρελαίου ντιζελοκίνητων ναυτικών μηχανών. Πρόσθετο πετρελαίου, περιέχον οργανομεταλλικό καταλύτη που βελτιώνει την απόδοση της μηχανής και μειώνει δραστικά τον σχηματισμό αιθάλης και την παραγωγή ακαύστων σωματιδίων με ταυτόχρονη μείωση της κατανάλωσης του καυσίμου. Αξιόπιστο προϊόν, αποτελεσματικό, σίγουρο.

**F-83:** Καταλύτης καύσεως και μειωτής καπνού. Ειδικά σχεδιασμένο πρόσθετο για χρησιμοποίηση σε ναυτικές μηχανές εσωτερικής καύσεως, χαμηλού και μέσου αριθμού στροφών, που καίνε βαρέα (residual) ή ανάμικτα (blended) πετρέλαια. Ο συνδυασμός οργανομεταλλικού καταλύτη και

διασπορέα ασφαλενίων βελτιώνει εντυπωσιακά την λειτουργία της μηχανής και μειώνει την ειδική κατανάλωση του καυσίμου. Περιορίζει τον σχηματισμό αιθάλης και την παραγωγή ακαύστων σωματιδίων.

**F-83 Plus:** Μετατροπέας επικαθίσεων και βελτιωτικό καύσεως. Αποτελεσματικό μίγμα μετατροπέα επικαθίσεων και οργανομεταλλικού καταλύτη καύσεως, προσαρμοσμένο για χρήση στις μηχανές εσωτερικής καύσης (MEK), χαμηλού και μέσου αριθμού στροφών ( DIESEL ), όπου η εναπόθεση βαναδίου σε βαλβίδες και στροβιλοσυμπιεστές και κυρίως η καταστρεπτική διάβρωση των βαλβίδων εξαγωγής αποτελεί σοβαρό πρόβλημα. Οι επιτυχείς δοκιμασίες στις οποίες έχει υποβληθεί το F -83 PLUS , το κατατάσσουν στα κορυφαία προϊόντα των βελτιωτικών καύσεως παγκοσμίως και η αξιοπιστία του στη μείωση των επικαθίσεων και στην καλύτερευση της καύσης βρίσκεται στο ανώτερο δυνατό επίπεδο.

**Soot Remover Powder (Σκόνη καθαρισμού της αιθάλης):** Ιδιοσκεύασμα (σκόνη) από μεταλλικούς καταλύτες με χρήση στην ασφαλή χημική αφαίρεση των καταλοίπων αιθάλης και των εξανθρακωμάτων των λεβήτων.

**Kem-Fot:** Βελτιωτικό καύσεως για FUEL OIL. Διαλυτοποιεί την λάσπη, ρευστοποιεί το καύσιμο, ελαττώνει την αιθάλη, διατηρεί καθαρά τα ακροφύσια κ.λ.π.

**KEM-DP-FOT:** Ενισχυμένο βελτιωτικό καύσεως με επιπλέον μεταλλικούς καταλύτες που βοηθούν στην τέλεια καύση. Ελαττώνει τον σχηματισμό ιζημάτων θείου, βαναδίου και άνθρακος.

**KEM-DP-FOT PLUS:** Συμπτηκνωμένο βελτιωτικό καύσεως με επιπλέον μεταλλικούς καταλύτες που βοηθούν στην τέλεια καύση. Ελαττώνει τον σχηματισμό ιζημάτων θείου, βαναδίου και άνθρακος.

**ANTIFROZEN DP-FOT:** Βελτιωτικό καύσεως σαν το προηγούμενο αλλά επιπλέον κατεβάζει και το σημείο πήξεως των πετρελαιοειδών.

**KEM-DOT:** Βελτιωτικό καύσεως για DIESEL OIL.

**KEM-DP-32-FOT:** Βελτιωτικό καύσεως για slow speed diesel engines. Εκτός των άλλων εμποδίζει κυρίως τον σχηματισμό ιζημάτων θείου και βαναδίου.

**KEM-SOOT:** Προστιθέμενο στις εστίες βοηθά στην απομάκρυνση της αιθάλης.

**ANTIFROZEN OIL-25:** Αντιπηκτικό-αντιπαγωτικό πετρελαιοειδών. Κατεβάζει το σημείο πήξεως των πετρελαιοειδών (η πήξη οφείλεται στην παραφίνη) με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν προβλήματα στην ροή των πετρελαιοειδών.

**BIO-FUEL:** Μικροβιοκτόνο-αλγοκτόνο για δεξαμενές και συστήματα καυσίμου και λαδιών.



## 2.3. Προϊόντα βελτίωσης – Εταιρείες χημικών προσθέτων



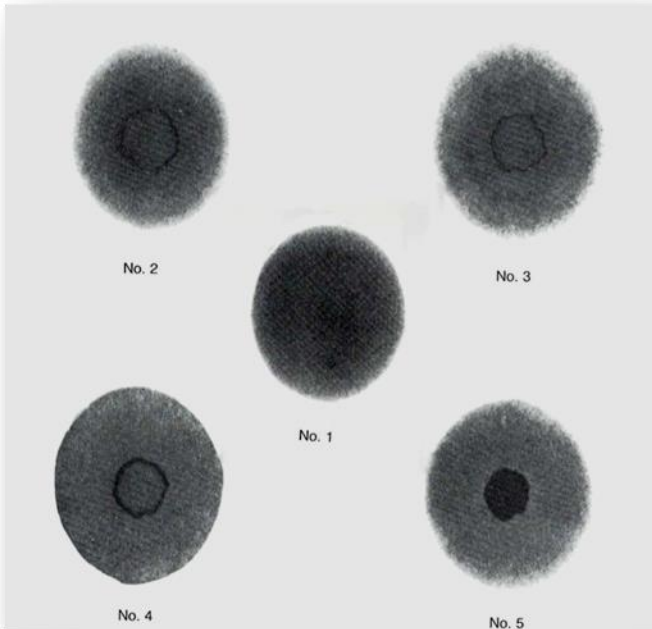
Οι εταιρείες, που δραστηριοποιούνται στον τομέα της βελτίωσης των βαρέων πετρελαίων, ποικίλουν. Παράγουν και εμπορεύονται μια μεγάλη γκάμα χημικών προϊόντων, που αφορούν βελτιωτικά καύσης, καθαριστικά, χημικά συντήρησης και ειδικά χημικά για τις ανάγκες κάθε βιομηχανίας. Κάποιες από αυτές μάλιστα, δραστηριοποιούνται και στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, ενώ κάποιες άλλες, απευθύνονται στα βαρέα καύσιμα ναυτιλίας. Βελτιωτικά καύσης για λέβητες, φούρνους και μηχανές εσωτερικής καύσης, καθαριστικά και χημικά συντήρησης, είναι μερικές από τις παροχές αυτών των εταιρειών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα μια τέτοιας εταιρείας είναι η Innospec, η οποία δραστηριοποιείται στο χώρο, με προϊόντα υψηλής ποιότητας και μεγάλης αποτελεσματικότητας.

Τέτοια προϊόντα είναι τα εξής:

- FOA-3: Είναι ευρέως αναγνωρισμένη ως η πιο οικονομικά αποδοτική λύση στα προβλήματα σταθερότητας στα καύσιμα αποστάγματος, υψηλής περιεκτικότητας σε θείο.
- FOA-5: Αποδοτικά και αποτελεσματικά διασκορπίζει σωματίδια και άλλες αδιάλυτες ουσίες που σχηματίζονται από την οξείδωση των ασταθών συστατικών του καυσίμου.
- FOA-6: Έχει αναπτυχθεί για να παρέχει ανώτερη απόδοση σε σοβαρές μορφές καυσίμων. Το πρόσθετο εμποδίζει οξείδωση που θα μπορούσε να προκαλέσει συσκότιση και τον σχηματισμό αδιάλυτων κατακαθίσεων σε απόσταγμα καυσίμων.
- FOA-31A: Παρέχει ένα μοναδικό συνδυασμό της προηγμένης διασποράς, αντιοξειδωτικό / σταθεροποιητής, απενεργοποιητή μετάλλου.

- FOA-81: Είναι σχεδιασμένο για να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα αλληλεπίδρασης καυσίμου / νερού, προσφέροντας βελτιωμένη σταθερότητα, ικανότητα διασποράς και έλεγχο λάσπης.



Ανάλυση:

No1: Πολύ καλή συμβατότητα

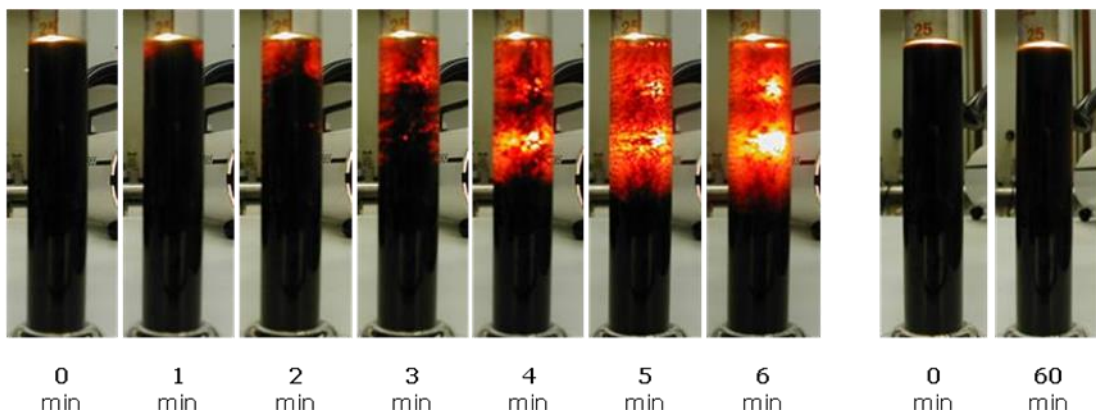
No2: Καλή συμβατότητα

No3: Μειωμένη συμβατότητα

No4: Ασυμβατότητα

No5: Ασυμβατότητα

-Βελτίωση της συμβατότητας των καυσίμων



-Σταθερότητα του μαζούτ

Επίσης,άλλη μια εταιρεία, που κατέχει σημαντικό μέρος στην βελτίωση των καυσίμων ναυτιλίας μέσω των προϊόντων της, είναι η Alpha Chemical Products S.A.

Πιο συγκεκριμένα, η εταιρεία παράγει και εμπορεύεται τις κάτωθι κατηγορίες προϊόντων:

- Βελτιωτικά Καύσης για λέβητες, φούρνους και μηχανές εσωτερικής καύσης.
- Καθαριστικά και Χημικά Συντήρησης.
- Αντιπροσώπευση των εταιριών TEKAT και POLARCHEM στα πρόσθετα για λέβητες και φούρνους.
- Αντιπροσώπευση της TOTAL και της TEKAT στα βελτιωτικά καύσης πετρελαίου & βενζίνης.

Κάποια από τα προϊόντα της, είναι τα εξής:

- FT500: Βελτιωτικό ροής – διασπορέας ασφαλενίων. Διασκορπιστικό καταλοίπων και αποθέσεων, για βαρέα ή ανάμεικτα πατρέλαια.
- FC600DMARINE: Βελτιωτικό καύσης πετρελαίου ( Diesel & Marine Diesel).
- FC800F: Βελτιωτικό καύσης για μηχανές πλοίων που χρησιμοποιούν βαρέα ή ανάμεικτα πατρέλαια.
- FC850M: Βελτιωτικό καύσης, μειωτής καπνού και τροποποιητής επικαθίσεων για μηχανές πλοίων, που χρησιμοποιούν βαρέα ή ανάμεικτα πετρέλαια

Υπάρχει πληθώρα εταιρειών, ανά τον κόσμο, που εμπορεύονται αλλά και παράγουν χημικά πρόσθετα, ιδανικά για την βελτίωση των βαρέων πετρελαίων ναυτιλίας.

Ενδεικτικά,κάποιες από τις εταιρείες είναι:



- AKMEA A.E., με έδρα την Ελλάδα
- FUEL THEFT SOLUTIONS
- FORWARD, με έδρα το Πεκίνο
- PETROLship, με έδρα την Ιταλία

Τέλος, οι πλειοψηφία αυτών των εταιρειών, διαθέτει επίσης, πλήρη εξοπλισμένα χημικά εργαστήρια, τα οποία είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν πλήθος αναλύσεων, που αφορούν χημικές παραμέτρους νερών, καυσίμων, χημικών προϊόντων κτλ.

## Συμπεράσματα - Επίλογος

Τα βελτιωτικά (πρόσθετα) καυσίμων έχουν χρησιμοποιηθεί για πολλές δεκαετίες και έχουν την ικανότητα να δουλεύουν συνεργικά με τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Ως αποτέλεσμα είναι η βελτιστοποίηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας και η υποβοήθηση λειτουργίας των καινούργιων τεχνολογικά μηχανών. Η απόδοση της ειδικής ισχύος των μηχανών έχει αυξηθεί εξαιτίας της χρήσης προσθέτων, ενώ ταυτόχρονα η κατανάλωση καυσίμου έχει μειωθεί σε σημαντικό βαθμό. Τα πρόσθετα καυσίμων έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο και στα δύο και κατά συνέπεια και στη μείωση χρήσης ορυκτών καυσίμων.

Τα πιο σημαντικά οφέλη από τη χρήση βελτιωτικών καυσίμων είναι τα ακόλουθα [9]:

### **I) Αυξημένη ασφάλεια:**

- *μείωση του ρίσκου της στατικής εκφόρτισης, η οποία μπορεί να προκαλέσει εκρήξεις και ανάφλεξη.*

### **II) Μείωση κόστους:**

- *προστασία των δεξαμενών των καυσίμων, των σωληνώσεων και του υπολοίπου εξοπλισμού από την περίπτωση μαζικής διάβρωσης.*
- *προστασία των μηχανών καύσης από πρόωρη φθορά.*
- *μείωση του κόστους άντλησης και της ενεργειακής κατανάλωσης σε σωλήνες μεγάλης αποστάσεως.*
- *Μείωση του κόστους διύλισης για την απόκτηση των χαρακτηριστικών των οκτανίων και των κετανίων (diesel).*

### **III) Ενίσχυση εσόδων:**

- *η βελτίωση των χαρακτηριστικών ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες, αυξάνει τη χρήση της κηροζίνης.*
- *βελτίωση της σταθερότητας και αύξηση χρόνου αποθήκευσης καυσίμων.*

### **IV) Βελτίωση απόδοσης:**

- *εξοικονόμηση καυσίμου με τη βελτίωση της απόδοσης.*
- *μείωση των εκπομπών λόγω καθαρισμού του συστήματος και της βελτίωσης της καύσης.*

Τέλος, με μια τελική προσωπική εκτίμηση-επισκόπηση, η χρήση χημικών βελτιωτικών καυσίμων κρίνεται απαραίτητη και είναι σημαντική, καθώς τα οφέλη που προκύπτουν αφορούν τη μείωση του κόστους και την αποτελεσματικότερη λειτουργία της μονάδας, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ασφαλή λειτουργία της. Επιπλέον, συντελούν στην προσπάθεια μείωσης επιβάρυνσης του περιβάλλοντος με επιβλαβείς αερίους ρύπους. Ωστόσο, η χρήση των χημικών βελτιωτικών δε θα πρέπει να ενισχύει την άποψη χρήσης κακής ποιότητας, πολύ χαμηλού κόστους καυσίμου του οποίου τα χαρακτηριστικά θα βελτιωθούν με τη χρήση χημικών πρόσθετων. Μια οριακή γραμμή ανάμεσα στα δυο (χημικά βελτιωτικά και ποιότητα καυσίμου) θα πρέπει να ακολουθηθεί.

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	6
Κεφάλαιο 1.....	7
Υφιστάμενα Καύσιμα-Προέλευση και Παράγοντες Επίδρασης στην Ποιότητά τους .....	7
1.1. Υπόλειμμα αποστάξεως (μαζούτ) .....	7
1.2. Διαδικασίες διύλισης -κατεργασίας .....	8
1.2.1. Απόσταξη υπό κενό .....	9
1.2.2. Ατμοσφαιρική απόσταξη .....	10
1.2.3. Θερμική πυρόλυση.....	11
1.2.4. Καταλυτική πυρόλυση .....	11
1.2.5. Ιξωδόλυση.....	12
1.2.6. Υδρογονοπυρόλυση-υδρογονοεπεξεργασία .....	13
1.2.7. Αποθείωση .....	13
1.3. Διαδικασίες ανάμειξης και αποθήκευσης καυσίμου .....	14
1.4. Ιδιότητες-χαρακτηριστικά ναυτιλιακών καυσίμων και η επίδρασή τους στην ντιζελομηχανή .....	14
1.4.1. Χαρακτηριστικές ιδιότητες των ναυτιλιακών καυσίμων .....	15
1.4.1.1. <i>Ιξώδες</i> .....	15
1.4.1.2. <i>Ειδικό βάρος</i> .....	15
1.4.1.3. <i>Εναποθέσεις άνθρακα και ασφαλτένιο</i> .....	15
1.4.1.4. <i>Περιεχόμενο θείου</i> .....	16
1.4.1.5. <i>Τέφρα</i> .....	16
1.4.1.6. <i>Βανάδιο</i> .....	16
1.4.1.7. <i>Συμβατότητα</i> .....	17
1.4.1.8. <i>Κετάνιο</i> .....	17
1.4.1.9. <i>Σημείο ανάφλεξης</i> .....	17
1.4.1.10. <i>Σημείο ροής</i> .....	17
1.4.1.11. <i>Θερμαντική αξία</i> .....	17
1.4.1.12. <i>Ποκνότητα</i> .....	18
1.4.1.13. <i>Νερό</i> .....	18

Κεφάλαιο 2.....	19
Αντιμετώπιση Προβλημάτων Μέσω Χημικών Προσθέτων .....	19
2.1. Χημικά Πρόσθετα/Βελτιωτικά.....	20
2.2. Χαρακτηριστικό Παράδειγμα Χημικών Προσθέτων .....	23
2.3. Προϊόντα βελτίωσης – Εταιρείες χημικών προσθέτων .....	25
Συμπεράσματα - Επίλογος .....	28
Βιβλιογραφία.....	32

## Βιβλιογραφία

- [1] <http://www.innospecinc.com/market/marine-fuel-specialties>
- [2] N. Rahmat, A.Z. Abdullah, A.R. Mohamed, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 987-1000.
- [3][http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/31\\_HeavyFuelOil/Pub31\\_HeavyFuelOil](http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/31_HeavyFuelOil/Pub31_HeavyFuelOil)
- [4] <http://www.ogj.com/articles/print/volume-97/issue-25/in-this-issue/refining/pinch-analysis-used-in-retrofit-design-of-distillation-units.html>
- [5] <http://what-when-how.com/petroleum-refining/separation-processes/>
- [6] <http://fuelandfriction.com/trucking-pro/benefits-combustion-fuel-catalyst-technology/>
- [7] <http://aliakmon.cperi.certh.gr/~sbezerg/files/Lesson6-FCCCoKing.pdf>
- [8][http://www.chevronmarineproducts.com/docs/Chevron\\_EverythingYouNeedToKnowAboutFuels\\_v3\\_1a\\_DESKTOP.pdf](http://www.chevronmarineproducts.com/docs/Chevron_EverythingYouNeedToKnowAboutFuels_v3_1a_DESKTOP.pdf)
- [9] T.C.o.P.A.M.i. Europe, (2013).