



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**



**«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ  
ΥΠΑΡΞΗΣ ΝΕΦΟΥΣ ΕΛΑΙΟΥ ΕΝΤΟΣ ΣΤΡΟΦΑΛΟΘΑΛΑΜΩΝ  
ΜΗΧΑΝΩΝ ΠΛΟΙΟΥ»**

**“SENSORS TECHNOLOGY FOR EARLY WARNING EXISTENCE  
CLOUD OF OIL (OIL MIST DETECTORS ) INSIDE CRANKCASE  
OF SHIPS’ ENGINES”**

**Κατσανάς Απόστολος**

**Ναυπηγός Μηχανικός Μεταπτυχιακός Φοιτητής**

**Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:**

**ΓΚΑΝΕΤΣΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017**



**«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ  
ΥΠΑΡΞΗΣ ΝΕΦΟΥΣ ΕΛΑΙΟΥ ΕΝΤΟΣ ΣΤΡΟΦΑΛΟΘΑΛΑΜΩΝ  
ΜΗΧΑΝΩΝ ΠΛΟΙΟΥ»**

**ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ Κ. ΚΑΤΣΑΝΑΣ**

---

**Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική  
εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του  
Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη  
Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών  
Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών  
Αυτοματισμού Τ.Ε. του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ.**



### **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Απόστολος Κατσανάς του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 7, φοιτητής του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ, δηλώνω ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην διατριβή. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η διατριβή προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική διατριβή».

Ο δηλών

Ημερομηνία 20-2-2017



ΣΕΛΙΔΑ ΑΦΙΕΡΩΣΗΣ

«Αφιερωμένο στην οικογένειά μου»



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην έρευνα του προβλήματος που παρουσιάζεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης diesel μεγάλης ιπποδύναμης, που χρησιμοποιούνται σε όλους τους τύπους των πλοίων, είτε για πρόωση, είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και επικεντρώνεται στο ιστορικό, την ανάλυση του φαινομένου, την περιγραφή και αξιολόγηση των υφιστάμενων συστημάτων ανίχνευσης και προειδοποίησης υψηλής συγκέντρωσης νέφους ελαίου στους στροφαλοθαλάμους των μηχανών αυτών, που χρησιμοποιούνται για την αποφυγή της δημιουργίας του επικίνδυνου αυτού φαινομένου. Στις μηχανές αυτές, αρκετές φορές δημιουργείται το φαινόμενο της νεφοποίησης του ελαιολιπαντικού που χρησιμοποιείται για την λίπανση των κινητήρων αυτών, μέσα στον χώρο του στροφαλοθαλάμου, με αποτέλεσμα την δημιουργία περιβάλλοντος εκρηκτικής ατμόσφαιρας, κατόπιν ανάφλεξης του ελαίου λίπανσης και στη συνέχεια φωτιά ή ακόμα και έκρηξη, με καταστροφικά αποτελέσματα και πολύ επικίνδυνες καταστάσεις, τόσο για τα πλοία, όσο και για πληρώματα που υπηρετούν σ' αυτά.

Έτσι για την έγκαιρη προειδοποίηση του φαινομένου αναπτύχθηκαν τα συστήματα ανίχνευσης νέφους ελαίου (oil mist detectors), όπου μέσα από την παρούσα εργασία θα γίνει ανάλυση της φιλοσοφίας των συστημάτων και της τεχνολογίας των αισθητήρων που χρησιμοποιούν, των υφιστάμενων κανονισμών πλοίων που ισχύουν για την αποτροπή της δημιουργίας του φαινομένου, καθώς και αξιολόγηση της αξιοπιστίας τους.

**Λέξεις-Κλειδιά:** *Ανίχνευση νέφους ελαίου στροφαλοθαλάμου, έκρηξη στροφαλοθαλάμου, κινητήρας diesel, αξιολόγηση.*



## ABSTRACT

This paper addresses the phenomenon of dangerous oil mist concentration that occurs in the internal-combustion diesel engines that are typically used in all types of vessels, either for propulsion or for electricity production. The study focuses on the analysis of the phenomenon, description and evaluation of existing detectors and warning systems in the crankcases of these engines, which are used to prevent the creation of the phenomenon. It has been observed that the lubricant of the engine is nebulization into the space of the crankcase during engine operation, resulting in an explosive atmosphere environment. This oil mist can cause a fire or even an explosion in the case of ignition, with disastrous results and very dangerous situations for both ship and crew.

Several warning systems have been developed for early detection and indication monitoring before the oil concentration reaches critical levels. This work does a comprehensive analysis of all existing variants of oil-mist detectors and safety regulations and evaluates their reliability.

**Keywords:** *Oil mist detectors, crankcase explosion, diesel engine, evaluation.*



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	5 -
ABSTRACT.....	6 -
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ .....	10 -
Ευχαριστίες .....	11 -
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12 -
1.1 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΙΣΤΟΡΙΚΟ .....	12 -
2. ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....	14 -
2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ .....	14 -
2.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ .....	20 -
2.3 ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ.....	25 -
2.3.1 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΝΗΟΓΝΩΜΟΝΩΝ.....	25 -
2.3.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ IACS .....	27 -
2.3.3 IMO - ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΜΒΑΣΕΩΣ SOLAS .....	32 -
2.4 ΑΡΧΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	34 -
3. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ.....	37 -
3.1 SCHALLER AUTOMATION Visatron VN 115 series .....	37 -
3.2 Kidde Fire Protection - Graviner Mk 7 OMD .....	46 -
3.3 DAIHATSU MD-9M.....	52 -
3.4 QMI MULTIPLEX .....	55 -
4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ.....	59 -
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	61 -
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	61 -
5.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ .....	62 -
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	64 -
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	66 -



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: P/V "REINA DEL PACIFICO" [2] .....	12 -
Εικόνα 1.2: Κατεστραμμένος στροφαλοφόρος άξονας μηχανής diesel [1]. .....	13 -
Εικόνα 1.3: Κύρια μηχανή πλοίου μετά από έκρηξη νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο [23]. .....	14 -
Εικόνα 2.1: Διάγραμμα επικινδυνότητας συγκεντρώσεων [1] νέφους ελαίου (mg/ltr) - 15 -	
Εικόνα 2.2: Επικινδυνότητα συγκεντρώσεων νέφους ελαίου (mg/ltr) [5] .....	16 -
Εικόνα 2.3: Εξωτερική όψη στροφαλοθάλαμου κύριας μηχανής πλοίου, με στρογγυλές πόρτες εκτόνωσης (relief doors) [10]. .....	16 -
Εικόνα 2.4: Τομή ανακουφιστικής βαλβίδας εκτόνωσης (relief valve) στροφαλοθάλαμου [5]. .....	17 -
Εικόνα 2.5: Καταστροφικά αποτελέσματα έκρηξης νέφους ελαίου (αντικατάσταση μηχανής) στο στροφαλοθάλαμο , κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40 [23]. . -	18 -
Εικόνα 2.6: Κατεστραμμένος κορμός (block) , κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40 [23]. .....	18 -
Εικόνα 2.7: Κατεστραμμένο χιτώνιο εμβόλου , κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40 [23]. .....	19 -
Εικόνα 2.8: Εμφανή εσωτερικά cracks στο κορμός (block) , κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40 [23]. .....	19 -
Εικόνα 2.9: Κύρια μηχανή πλοίου μετά από έκρηξη νέφους ελαίου στροφαλοθαλάμου [15]. .....	20 -
Εικόνα 2.10: Στάδια εξέλιξης φαινομένου νεφοποίησης ελαίου και έκρηξης , τετράχρονης μηχανής diesel πλοίου [10]. .....	21 -
Εικόνα 2.11: Κρουαζιερόπλοιο «Carnival Splendor» ρυμουλκείτε προς επισκευή μετά από έκρηξη νέφους ελαίου στροφαλοθάλαμου, σε μια κύρια μηχανή [19]. -	22 -
Εικόνα 2.12: Πυρκαγιά σε πλοίο μεταφοράς containers [23]. .....	22 -
Εικόνα 2.13: A1,A2,A3 Διαγράμματα δημιουργίας νέφους ελαίου B1,B2,B3 Διαγράμματα διάχυσης νέφους στα διαμερίσματα στροφαλοθάλαμου 1 έως 9, μεσόστροφης μηχανής diesel πλοίου. ....	24 -
Εικόνα 2.14: Ο κεντρικός ρόλος των Νηογνομόνων στη θέσπιση κανονισμών πλοίων [7]. .....	27 -
Εικόνα 2.15: Σύνδεση συστήματος ανίχνευσης νέφους ελαίου σε κύρια μηχανή πλοίου [15]. .....	30 -
Εικόνα 2.16: Πιθανά σημεία αστοχίας και πιθανές πηγές έναυσης νέφους ελαίου λίπανσης σε τετράχρονες και δίχρονες μηχανές πλοίων [17]. .....	33 -
Εικόνα 2.17: Σχήμα – διάγραμμα απορρόφησης δέσμης φωτός από φωτοκύτταρο ανάλογα με την συγκέντρωση νέφους ελαίου [1]. .....	35 -
Εικόνα 2.18: Αρχή λειτουργίας συστήματος ανίχνευσης νέφους ελαίου από στροφαλοθάλαμο με περιστροφική μεταφορά δειγμάτων και αισθητήρες σκίασης. ... -	36 -
Εικόνα 2.19: Αρχή λειτουργίας ανιχνευτών σκέδασης πηγής φωτός .....	37 -
Εικόνα 2.20: Σχήμα – διάγραμμα λειτουργίας νεφελομέτρου και εκτροπής δέσμης φωτός ανάλογα με την συγκέντρωση νέφους ελαίου [1]. .....	37 -
Εικόνα 3.1: Τοποθετημένη κεντρική μονάδα VISATRON VN 115 / 87plus [9]. -	39 -
Εικόνα 3.2: Σύνδεση κεντρικής μονάδας VISATRON VN 115 / 87plus με μονάδα ενδείξεων στο θάλαμο ελέγχου μηχανοστασίου (Engine Control Room) [9]. .....	39 -
Εικόνα 3.3: Τυπική διάταξη τοποθέτησης κεντρικής μονάδας στο μέσο κατά το διάμηκες επάνω σε μηχανή πλοίου [9]. .....	40 -





Εικόνα 3.4: Τρόπος σύνδεσης κεντρικής μονάδας VN 115 / 87plus και σωληνώσεων περισυλλογής δειγμάτων αέρα ατμόσφαιρας στροφαλοθαλάμου [9].....	- 41 -
Εικόνα 3.5: Τρόπος δημιουργίας κατάθλιψη της ροής των δειγμάτων αέρα μέσα στη κεντρική μονάδα VISATRON VN 115 [9]. .....	- 41 -
Εικόνα 3.6: Κεντρική μονάδα VISATRON VN 115 / 93 [9].....	- 42 -
Εικόνα 3.7: Ενδείξεις θολότητας δειγμάτων αέρα ατμόσφαιρας στροφαλοθαλάμου κεντρικής μονάδας VISATRON [9]. .....	- 43 -
Εικόνα 3.8: Τοποθετημένο σύστημα ανίχνευσης VISATRON VN 115/93 σε δίχρονη μηχανή diesel πλοίου ισχύος 12000 KW [7]. .....	- 43 -
Εικόνα 3.9: Γεννήτρια παραγωγής νέφους ελαίου για την πραγματοποίηση δοκιμών σε συστήματα ανίχνευσης VISATRON. ....	- 44 -
Εικόνα 3.10: Λανθασμένη εγκατάσταση συστήματος VISATRON VN215 με ξεχωριστές σωλήνες αναρρόφησης συνδεδεμένες σε κάθε διαμέρισμα στροφαλοθαλάμου [7]. .....	- 45 -
Εικόνα 3.11: Παρελκόμενα συστήματος KIDDE Graviner Mk 7 OMD [10].....	- 46 -
Εικόνα 3.12: Διάταξη σύνδεσης έως 10 μηχανές , συστήματος KIDDE Graviner Mk 7 OMD [10]. .....	- 47 -
Εικόνα 3.13: Ενδείξεις κεντρικής μονάδας KIDDE Graviner Mk 7 OMD [10]. ...	- 49 -
Εικόνα 3.14: Ιδανική τοποθέτηση αισθητήρων σε στροφαλοθάλαμο Δίχρονης και Τετράχρονης μηχανής diesel [10].....	- 50 -
Εικόνα 3.15: Εργαλεία ελέγχου λειτουργίας , συστήματος KIDDE Graviner Mk 7 OMD [10]. .....	- 50 -
Εικόνα 3.16: Τρόπος ελέγχου καλής λειτουργίας συστήματος KIDDE Graviner Mk 7 OMD , με διοχέτευση νέφους ελαίου σε αισθητήρα [10].....	- 51 -
Εικόνα 3.17: Κεντρική μονάδα DAIHATSU MD-9M [26]. .....	- 52 -
Εικόνα 3.18: Κεντρική μονάδα DAIHATSU MD [26]. .....	- 53 -
Εικόνα 3.19: Διάταξη λειτουργίας κεντρικής μονάδας DAIHATSU MD-9M. ....	- 54 -
Εικόνα 3.20: Κεντρική μονάδα DAIHATSU MD-SX [27].....	- 54 -
Εικόνα 3.21: Στροφαλοθάλαμος μηχανής και θάλαμος ελέγχου μηχανοστασίου (ECR) με εγκατεστημένη κεντρική μονάδα DAIHATSU MD-SX [27]. .....	- 55 -
Εικόνα 3.22: Κεντρική μονάδα QMI Multiplex [25]. .....	- 56 -
Εικόνα 3.23: Τοποθετημένο σύστημα ανίχνευσης QMI Multiplex [25].....	- 57 -
Εικόνα 3.24: Διάταξη σωληνώσεων συστήματος ανίχνευσης QMI Multiplex [1]-	- 57 -
Εικόνα 3.25: Σύνδεση ανιχνευτή QMI Multiplex σε στροφαλοθάλαμο μηχανής diesel [25].....	- 58 -
Εικόνα 5.1: Δομή του Interforum <a href="http://www.dieselsafety.org">http://www.dieselsafety.org</a> [24]. .....	- 63 -



**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ**

**OMD Oil Mist Detector, Ανιχνευτής Νέφους Ελαίου**

**LEL Lower Explosion Limit, Κατώτατο Όριο Εκρηκτικότητας**

**IACS International Association of Classification Societies  
Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων, Δ.Ε.Ν.**

**IMO International Maritime Organization, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός**

**SOLAS Safety Of Life At Sea, Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα**  
**Rpm Revolution per minute, Στροφές ανά λεπτό**

**LRS Lloyd's Register of Shipping, Αγγλικός Νηογνώμονας**

**ABS American Bureau of Shipping, Αμερικανικός Νηογνώμονας**

**BV Bureau Veritas, Γαλλικός Νηογνώμονας**

**GL Germanischer Lloyd Γερμανικός Νηογνώμονας**

**NK Nippon Kaiji Kyokai Class, Ιαπωνικός Νηογνώμονας**

**IR Indian Register of Shipping, Ινδικός Νηογνώμονας**

**RINA Registro Italiano Navale, Ιταλικός Νηογνώμονας**

**CCS China Classification Society, Κινεζικός Νηογνώμονας**

**KR Korean Register of Shipping, Κορεατικός Νηογνώμονας**

**CRS Croatian Register of Shipping, Κροατικός Νηογνώμονας**

**DNV Det Norske Veritas, Νορβηγικός Νηογνώμονας**

**PRS Polish Register of Shipping Πολωνικός Νηογνώμονας**

**RS Russian Register of Shipping, Ρωσικός Νηογνώμονας**

**MKO Μη Κυβερνητική Οργάνωση**

**ISM CODE -International Safety Management Code,  
Διεθνής Κώδικας Ασφαλούς Διαχείρισης Πλοίων**

**PARIS MOU the Paris Memorandum of Understanding on Port State Control  
Μνημόνιο Συνεργασίας Παρισίου για Έλεγχο Κρατικών Αρχών Λιμένων**

**PSC Port States Control, Έλεγχος Κρατικών Αρχών Λιμένων**



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της κατεύθυνσης «Τεχνολογία και Αυτοματισμοί στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του ΠΜΣ «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος "Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών" του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος "Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε." του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά ΤΤ.

Οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, στον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, Δρ. Θεόδωρο Γκανέτσο, για τις σημαντικές υποδείξεις και διορθώσεις του, που βασίζονται στο άρτιο επιστημονικό του υπόβαθρο.

Ευχαριστώ επίσης όλους τους συναδέλφους μου, για την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια του ΠΜΣ.

Τέλος, ευχαριστώ την σύζυγό μου Ευφροσύνη και την κόρη μου Ειρήνη, που ήταν δίπλα μου σε όλη την διάρκεια παρακολούθησης του μεταπτυχιακού προγράμματος και με στήριζαν ηθικά να συνεχίσω. Για αυτό το λόγο, αφιερώνω την διπλωματική μου εργασία στην οικογένεια μου.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

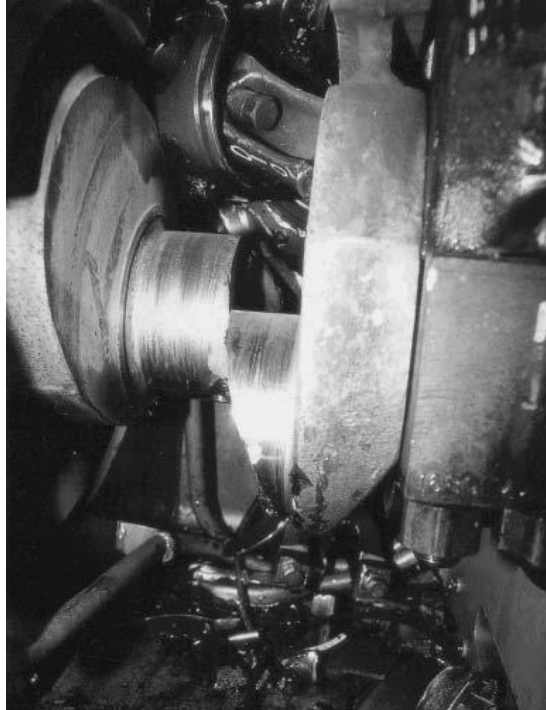
### 1.1 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Με την πρωτοεμφάνιση των μηχανών Diesel παρατηρήθηκε το φαινόμενο της νεφοποίησης του λαδιού εντός των στροφαλοθαλάμων των μηχανών, που οδηγούσε στην καταστροφή των μηχανών. Ο Rudolf Diesel, γνωστός για το σχεδιασμό του κινητήρα diesel το 19<sup>ο</sup> αιώνα, είχε αναφερθεί στο φαινόμενο. Το 1947, το πλοίο “REINA DEL PACIFICO”, μόλις αναχώρησε για δοκιμαστικό ταξίδι, από τα Ναυπηγεία του Belfast, στα οποία είχε πραγματοποιήσει εκτεταμένη μετασκευή, συνέβη ανεξήγητη έκρηξη στο μηχανοστάσιο, στις κύριες μηχανές του πλοίου, με αποτέλεσμα πυρκαγιά στο πλοίο και τον θάνατο σε 28 μέλη του πληρώματος [1].



Εικόνα 1.1: P/V "REINA DEL PACIFICO" [2]

Η κυβέρνηση όρισε επιτροπή με την συμμετοχή των ινστιτούτων “Marine Engineers” και “Mechanical Engineers” του Ηνωμένου Βασιλείου [2][21], για την διερεύνηση του τραγικού αυτού δυστυχήματος, όπου έπειτα από λεπτομερή ανάλυση του συμβάντος, δημοσίευσαν το πόρισμα τους το 1955, το οποίο [3],[4] συμπερασματικά ανέφερε ότι το δυστύχημα προκλήθηκε από την νεφοποίηση του ελαίου λίπανσης της κύριας μηχανής, σε συνδυασμό με δημιουργία υψηλών θερμοκρασιών και εκρηκτικής ατμόσφαιρας μέσα στροφαλοθάλαμο της κύριας μηχανής του πλοίου. Στα συμπεράσματα, είχαν περιγράψει το φαινόμενο σχετικά με τη συμπεριφορά του νέφους ελαίου ως εκρηκτικό μείγμα και τη δυνατότητα μέτρησης της συγκέντρωσης του νέφους ελαίου μέσω απορρόφησης του φωτός που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα [1].



Εικόνα 1.2: Κατεστραμμένος στροφαλοφόρος άξονας μηχανής diesel [1].

Έτσι αρχικά ελήφθησαν κάποια μέτρα με την μορφή κανονισμών για τα πλοία, όπως τοποθέτηση πορτών εκτόνωσης έκρηξης και ανακουφιστικές βαλβίδες εκτόνωσης (relief valves) στους στροφαλοθαλάμους των μηχανών πλοίων. Οι πόρτες εκτόνωσης και οι ανακουφιστικές βαλβίδες εκτόνωσης, ουσιαστικά περιορίζονταν στον έλεγχο της επίδρασης μιας εσωτερικής έκρηξης, για να εξασφαλιστούν οι ελάχιστες εξωτερικές ζημιές σε άτομα και εξοπλισμό και όχι στην αποτροπή της δημιουργίας του φαινομένου στις μηχανές των πλοίων. Ένα άλλο μέτρο ήταν η τοποθέτηση βαλβίδων ταχύος κλεισίματος ώστε να αποτραπεί η είσοδος του αέρα που θα μπορούσε να προωθήσει μια δευτερεύουσα έκρηξη. Ως εκ τούτου, οι αλλαγές αυτές στο σχεδιασμό των μηχανών και οι κανονισμοί που επιβλήθηκαν τότε, επικεντρώνονταν στον έλεγχο του αποτελέσματος του φαινομένου, αντί να εμποδίζουν την αιτία που το δημιουργεί.

Όμως το γεγονός αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη των ανιχνευτών νέφους ελαίου (OMD - Oil Mist Detector), οι οποίοι παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά από την εταιρία Graviner Ltd., Αγγλία. Φυσικά υπήρξαν εκρήξεις σε στροφαλοθαλάμους και πριν από αυτό, χωρίς όμως τέτοιες καταστροφικές συνέπειες.

Κατά τη δεκαετία του 1960, όπου το φυσικό μέγεθος των diesel κινητήρων αυξήθηκε, ήταν εμφανές ότι έπρεπε να ληφθούν μέτρα ώστε να υπάρχει έγκαιρη προειδοποίηση του φαινομένου [1]. Έτσι αναπόφευκτα οι έρευνες κατευθύνθηκαν προς την ανίχνευση των συνθηκών που επικρατούν εντός του στροφαλοθαλάμου των



diesel μηχανών, χρονικά λίγο πριν από την έκρηξη. Έγινε αντιληπτό ότι η έκρηξη στο στροφαλοθάλαμο, ήταν αποτέλεσμα της αυτανάφλεξης ατμών - νεφοποίηση ελαίου ή/και πετρελαίου, που προκαλείται από την προοδευτική και την υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της μηχανής, λόγω υψηλών φορτίων τριβής μεταξύ των επιφανειών των στοιχείων της.



Εικόνα 1.3: Κύρια μηχανή πλοίου μετά από έκρηξη νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο [23].

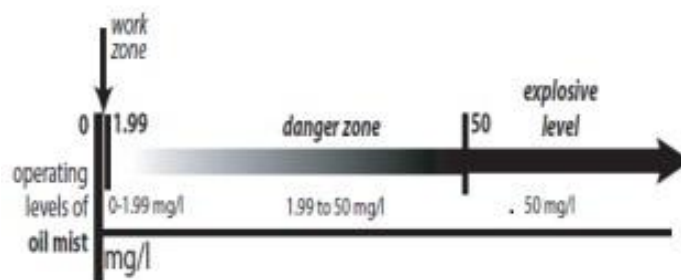
Έτσι στις αρχές της δεκαετίας του 1960 εμφανίζεται ο πρώτος ανιχνευτής ύπαρξης νέφους ελαίου εντός στροφαλοθαλάμων μεγάλων μηχανών diesel. Οι ανιχνευτές αυτοί, ανιχνεύουν την ύπαρξη του νέφους ελαίου σε επιλεγμένα σημεία εντός του στροφαλοθαλάμου με μεταφορά δειγμάτων νέφους ελαίου, μέσω σωληνώσεων από τα επιλεγμένα σημεία στο κεντρικό ανιχνευτή, ο οποίος συνήθως βρίσκεται επάνω στο κορμό (block) της μηχανής. Η φιλοσοφία των ανιχνευτών αυτών κυριαρχεί και σήμερα.

## 2. ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### 2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Κάθε υπερθέρμανση στο στροφαλοθάλαμο ενός diesel κινητήρα μπορεί να προκαλέσει ομίχλη λαδιού στο στροφαλοθάλαμο. Ο σκοπός της τοποθέτησης συστήματος ανίχνευσης νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο είναι να προβλέψει σε πολύ σύντομο χρόνο ( $< 1 \text{ sec}$ ) περιεκτικότητα του νέφους ελαίου μεγαλύτερη από  $1,99 \text{ mg/ltr}$ . Συνήθως σταγονίδια λαδιού μεγέθους  $200 \text{ micron}$ , αιωρούνται μέσα

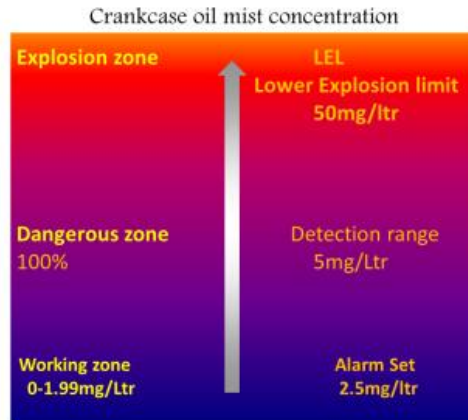
στο χώρο του στροφαλοθάλαμου. Όταν η θερμοκρασία της μηχανής αυξάνεται λόγω αυξημένης τριβής των κινουμένων μερών λόγω φθοράς αυτών ή λόγω χρήσης κακής ποιότητας λιπαντικών, από τα σωματίδια αυτά παράγονται, δια της εξατμίσεως, μικρότερα σταγονίδια ελαίου της τάξεως 5-10 micron [5]. Όταν τα μικρότερα αυτά σταγονίδια ελαίου φτάσουν στο 13% νέφους σταγονιδίων / αναλογία αέρα, δηλαδή πάνω από 47 mg/ltr, έχει ήδη δημιουργηθεί το κατώτατο όριο εκρηκτικότητας LEL (lower explosion limit) και οποιαδήποτε επαφή του με κάποιο θερμό στοιχείο (hot spot) της μηχανής, άνω των 200ο C, είναι ικανό να προκαλέσει ανάφλεξη, πυρκαγιά και στη συνέχεια πιθανή έκρηξη.



Εικόνα 2.1: Διάγραμμα επικινδυνότητας συγκεντρώσεων [1] νέφους ελαίου (mg/ltr)

Στα κινούμενα μέρη κάθε μηχανής περιλαμβάνονται τα έμβολα, στροφαλοφόρος άξονας, μπιέλες, κουζινέτα, εκκεντροφόροι, αλυσίδες μετάδοσης, ρουλεμάν κλπ τα οποία σε συνθήκες κακής λειτουργίας, μπορούν να προκαλέσουν την έναυση (hot spot) και στη συνέχεια ανάφλεξη και φωτιά μέσα στο στροφαλοθάλαμο της μηχανής [5]. Η έναυση (hot spot), μπορεί να προέλθει είτε μετά από απροσδόκητη θραύση των εξαρτημάτων της μηχανής, είτε σποραδική υπερβολική μηχανική καταπόνηση, είτε ανεπάρκεια ή έλλειψη λίπανσης κουζινέτων και επιφανειών ολίσθησης [3]. Η σποραδική υπερβολική μηχανική καταπόνηση, συμβαίνει όταν οι στροφές περιστροφής της μηχανής δεν είναι σταθερές και ανεβοκατεβαίνουν, λόγω ανεπάρκειας ελέγχου των στροφών, εξ αιτίας πιθανής δυσλειτουργίας του συστήματος ψεκασμού καυσίμου ή συμβαίνουν διαλείμματα σύμπλεξης στο μειωτήρα της μηχανής, με αποτέλεσμα να ασκούνται καταστρεπτικές δυνάμεις επιτάχυνσης – επιβράδυνσης στις μεγάλες κινούμενες μάζες των στοιχείων της μηχανής ενός πλοίου. Η ανεπάρκεια ή έλλειψη λίπανσης των στοιχείων μπορεί να συμβαίνει λόγω κακής ποιότητας ή ύπαρξης νερού στο λάδι λίπανσης, ή ακόμη βλάβη στο σύστημα καθαρισμού λαδιού και εκδηλώνεται με αύξηση της τριβής και της θερμοκρασίας στις ολισθαίνουσες επιφάνειες των στοιχείων της μηχανής και τη δημιουργία επικίνδυνης νεφοποίησης μέσα στο χώρο του στροφαλοθαλάμου.

Έτσι εάν συμβεί ανάφλεξη και έκρηξη νέφους ελαίου λίπανσης στο στροφαλοθάλαμο στη συνέχεια μπορεί να συμβεί και δευτερεύουσα έκρηξη, εάν εισέλθει φρέσκος αέρας με οποιοδήποτε τρόπο (πχ από κάποια τρύπα στο κορμό της μηχανής εξαιτίας της πρώτης έκρηξης, crack στο block μηχανής κλπ), η οποία συνήθως είναι εξαιρετικά πιο σοβαρή από την κύρια.



Εικόνα 2.2: Επικινδυνότητα συγκεντρώσεων νέφους ελαίου (mg/Ltr) [5]

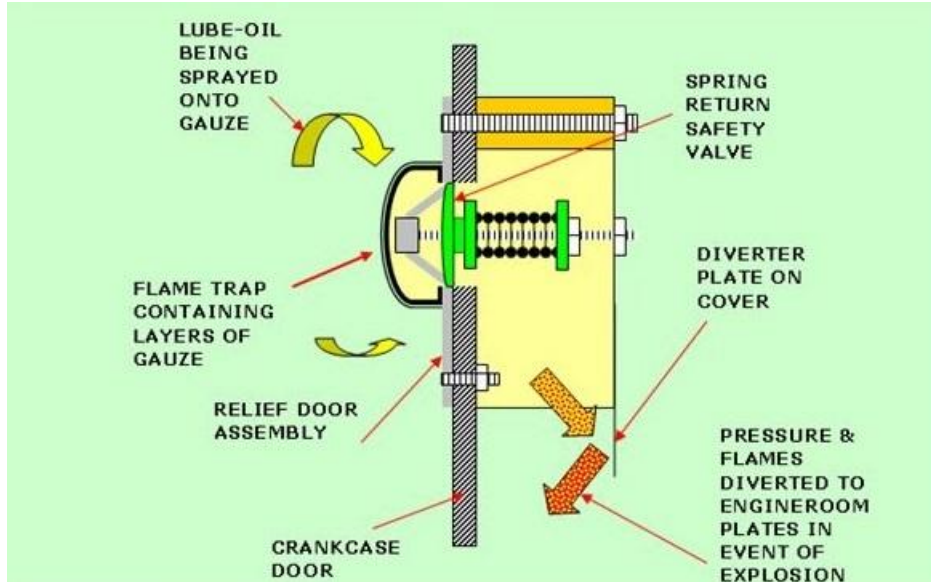
Για το λόγο αυτό καθιερώθηκε η τοποθέτηση πορτών εκτόνωσης (relief doors) σε κάθε υποδιαμέρισμα στροφαλοθάλαμου, ανακουφιστικές βαλβίδες εκτόνωσης (relief valves) και τοποθέτηση βαλβίδων ταχείας κλεισίματος στις μηχανές πλοίων, ώστε να αποτραπεί η είσοδος του αέρα που θα μπορούσε να προωθήσει μια δευτερεύουσα έκρηξη.



Εικόνα 2.3: Εξωτερική όψη στροφαλοθάλαμου κύριας μηχανής πλοίου, με στρογγυλές πόρτες εκτόνωσης (relief doors) [10].



Όμως οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν για να μην πάρει έκταση το φαινόμενο είναι ότι αμέσως με την ανίχνευση του, θα πρέπει να μειωθούν άμεσα οι στροφές της μηχανής ή ακόμη και το άμεσο σταμάτημα αυτής.



Εικόνα 2.4: Τομή ανακουφιστικής βαλβίδας εκτόνωσης (relief valve) στροφαλοθάλαμου [5].

Υπάρχουν κυρίως δύο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ομίχλης ή νέφους ελαίου στους στροφαλοθαλάμους μηχανών πλοίου και την έγκαιρη προειδοποίηση του φαινομένου, η μέθοδος σκίασης και η μέθοδος σκέδασης του φωτός, χρησιμοποιώντας αισθητήρες σκίασης και αισθητήρες σκέδασης φωτός αντίστοιχα.

Με τις μεθόδους αυτές, δεν μειώνεται ή εμποδίζεται ο σχηματισμός της ομίχλης - νέφους ελαίου, αλλά δίνουν μόνο έγκαιρη προειδοποίηση σε περίπτωση που η συγκέντρωση αυξάνεται πάνω από το επίπεδο στο οποίο μπορεί να λάβει χώρα μια ανάφλεξη.

Στις πιο κάτω φωτογραφίες, βλέπουμε τα αποτελέσματα της έκρηξης νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο, κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40. Η ζημιά ήταν τόσο εκτεταμένη ώστε η κύρια μηχανή έπρεπε να αντικατασταθεί.



Εικόνα 2.5: Καταστροφικά αποτελέσματα έκρηξης νέφους ελαίου (αντικατάσταση μηχανής) στο στροφαλοθάλαμο, κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40 [23].



Εικόνα 2.6: Κατεστραμμένος κορμός (block), κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40 [23].





Εικόνα 2.7: Κατεστραμμένο χιτώνιο εμβόλου, κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40 [23].



Εικόνα 2.8: Εμφανή εσωτερικά cracks στο κορμός (block), κύριας μηχανής πλοίου, τύπου Sulzer ZA40 [23].

## 2.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Στη σύγχρονη εποχή, σύμφωνα με το νηογνώμονα Lloyds Register of Shipping που ελέγχει περίπου το 20% των πλοίων της παγκόσμιας ναυτιλίας, μεταξύ 1990 και 2001, έχουν καταγραφεί 143 εκρήξεις στροφαλοθαλάμων που αναφέρθηκαν στον νηογνώμονα, ενώ συνολικά τα περιστατικά που έχουν αναφερθεί ήταν 715 στα 11 αυτά έτη ή περίπου 65 το χρόνο [5][21]. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι αυτά είναι μόνο τα περιστατικά που αναφέρθηκαν, διότι υπήρξαν ζημιές και έπρεπε να δοθούν αποζημιώσεις ή είχαν ως αποτέλεσμα τραυματισμούς πληρωμάτων, μικρότερης έκτασης εκρήξεις μπορεί να μην έχουν αναφερθεί και είναι πιθανό ότι ο πραγματικός αριθμός των περιστατικών να είναι πολύ μεγαλύτερος από εκείνα που αναφέρθηκαν. Έτσι αυτά τα στοιχεία δημιούργησαν την ανάγκη να εξελιχτούν οι ανιχνευτές νέφους ελαίου και τα συστήματα ελέγχου αυτών.

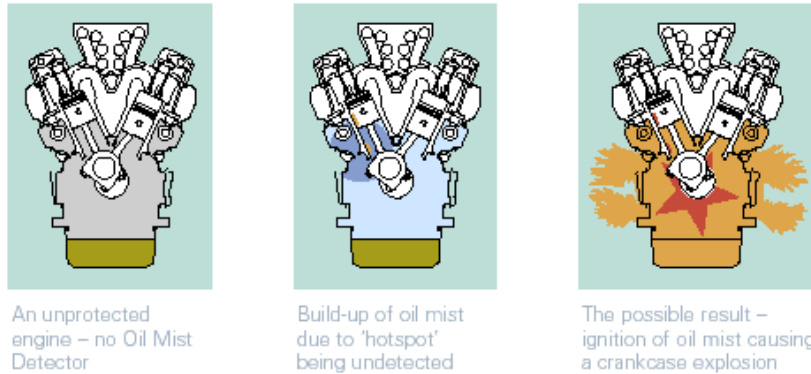


Εικόνα 2.9: Κύρια μηχανή πλοίου μετά από έκρηξη νέφους ελαίου στροφαλοθαλάμου [15].

Από αυτά τα περιστατικά που έχουν αναφερθεί στον νηογνώμονα Lloyds Register of Shipping, 21 εκρήξεις συνέβησαν σε δίχρονους κινητήρες και 122 σε τετράχρονους κινητήρες. Αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι οι τετράχρονους κινητήρες είναι πιο πιθανό να έχουν μια έκρηξη. Αυτό δείχνει ότι οι τετράχρονοι κινητήρες βρίσκονται 7 φορές περισσότερο σε κίνδυνο σε σχέση με τους δίχρονους κινητήρες.

Σύμφωνα με την Διεθνής Ένωση Νηογνωμόνων (IACS - International Association of Classification Societies), μεταξύ 1990 και 2001 περισσότερες από 700 μηχανές πλοίων καταστράφηκαν ολοσχερώς, ως συνέπεια πυρκαγιών ή εκρήξεων στα

μηχανοστάσια των πλοίων, με το 65% αυτών των περιστατικών, να έχει συμβεί μετά από επικίνδυνη συγκέντρωση νέφους ελαίου λίπανσης, στους στροφαλοθαλάμους των μηχανών [21].



Εικόνα 2.10: Στάδια εξέλιξης φαινομένου νεφοποίησης ελαίου και έκρηξης, τετράχρονης μηχανής diesel πλοίου [10].

Τα συμβάντα αυτά στη Ναυτιλία, είχαν επιπτώσεις στην ασφάλεια και την υγεία των ανθρώπων, υψηλές οικονομικές απώλειες καθώς και μεγάλη χρονική περίοδο αποκατάστασης και επισκευών των πλοίων, το οποίο σημαίνει ότι τα πλοία αυτά έπρεπε να μένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, εκτός επιχειρησιακής ικανότητας.

Για παράδειγμα το κόστος από έκρηξη στο στροφαλοθάλαμο της μίας κύριας μηχανής εκ των έξι κυρίων μηχανών, του κρουαζιερόπλοιου «Carnival Splendor» που συνέβη τον Νοέμβριο του 2010 στο κόλπο του Μεξικού, ενώ μετέφερε 4.466 επιβάτες, ανήλθε στα \$65 εκατ. και χωρίς ευτυχώς να υπάρξει κανένα ανθρώπινο θύμα ή τραυματισμός [5][9]. Από την έρευνα που πραγματοποίησε η Αμερικάνικη Ακτοφυλακή (U.S.C.G.), διαπιστώθηκε ότι συνέβη έκρηξη στην πρυμνιά κύρια μηχανή του πλοίου, η οποία ήταν μόλις δύο ετών και η έναυση της έκρηξης προήλθε από σπάσιμο διωστήρα (μπιέλα) της μηχανής. Η μηχανή διέθετε τοποθετημένο σύστημα ανίχνευσης και προειδοποίησης νέφους ελαίου εντός του στροφαλοθαλάμου, το οποίο όμως δεν λειτουργούσε σωστά.





Εικόνα 2.11: Κρουαζιερόπλοιο «Carnival Splendor» ρυμουλκείται προς επισκευή μετά από έκρηξη νέφους ελαίου στροφαλοθάλαμου, σε μια κύρια μηχανή [19].

Σε έρευνα (Marine Technology, Jan 2002) που πραγματοποιήθηκε από τον Ιαπωνικό νηογνώμονα (NK- Nippon Kaiji Kyokai), βρέθηκε ότι σε περίοδο 13 ετών από το 1980 έως το 1992, 73 πλοία που ήταν στην κλάση του, είχαν ζημιές από πυρκαγιές στα μηχανοστάσια, δηλαδή συνέβη σε περίπου 6 πλοία το χρόνο ή στο 0.1% του συνόλου των 6000 πλοίων που είχαν την κλάση του νηογνώμονα [8]. Το 75% των συμβάντων αυτών συνέβη εν πλω και το 52% των πλοίων αυτών έμειναν ακυβέρνητα και χωρίς ηλεκτρική ισχύ, ως αποτέλεσμα των πυρκαγιών που κατέστρεψαν κύριες μηχανές πρόωσης, ηλεκτρομηχανές, κύριους πίνακες ηλεκτρικής εγκατάστασης, καλώδια και άλλα συστήματα των πλοίων αυτών. Στην έρευνα αυτή διαπιστώθηκε ότι λόγω των συμβάντων αυτών κάθε χρόνο την περίοδο αυτή, τουλάχιστον ένα μέλος πληρώματος σκοτώθηκε και ένα δηλητηριάστηκε από μονοξείδιο του άνθρακα λόγω της πυρκαγιάς.



Εικόνα 2.12: Πυρκαγιά σε πλοίο μεταφοράς containers [23].



Σε πολλές περιπτώσεις υπήρξαν πολλαπλά θύματα, λόγω της καθυστερημένης διαφυγής των πληρωμάτων από τον χώρο του μηχανοστασίου. Επίσης μόνο το 19% των συμβάντων αυτών ανιχνεύτηκε από συστήματα ανίχνευσης φωτιάς ή καπνού, στα μηχανοστάσια. Τα υπόλοιπα συμβάντα, έγιναν αντιληπτά από τα ίδια τα πληρώματα, πριν από τους συναγερούς των συστημάτων ανίχνευσης. Ακόμη το 40% των πυρκαγιών στα μηχανοστάσια κατασβήστηκε από το πλήρωμα του πλοίου με φορητά μέσα πυρόσβεσης και κυρίως μέσα σε χρονικό διάστημα 15 λεπτών, ενώ περίπου το 18% κατασβήστηκε με μόνιμα εγκατεστημένα συστήματα κατάκλισης διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> στο μηχανοστάσιο [8]. Στο 65% των συμβάντων αυτών βρέθηκε ότι έλαβαν χώρα επικίνδυνες συγκεντρώσεις νέφους ελαίου ή καυσίμου μέσα στο μηχανοστάσιο και στο 40% των περιστατικών αυτών, συνέβη νεφοποίηση ελαίου σε στροφαλοθάλαμο κύριας μηχανής ή ηλεκτρογεννήτριας πλοίου. Έτσι και η έρευνα αυτή κατάληξε στην καθιέρωση κανονισμών πλοίων για υποχρεωτική εγκατάσταση συστημάτων ανίχνευσης νέφους ελαίου σε στροφαλοθαλάμους μηχανών πλοίου [8].

Στη σημερινή τεχνολογία μηχανών πλοίων, υπάρχει ποικιλία τύπων μηχανών, όπως χαμηλών, μέσων και υψηλών στροφών καθώς και μεγάλων και μικρότερων διαμετρημάτων εμβόλων, τρόπος με τον οποίο γίνεται και η κατάταξη των μηχανών.

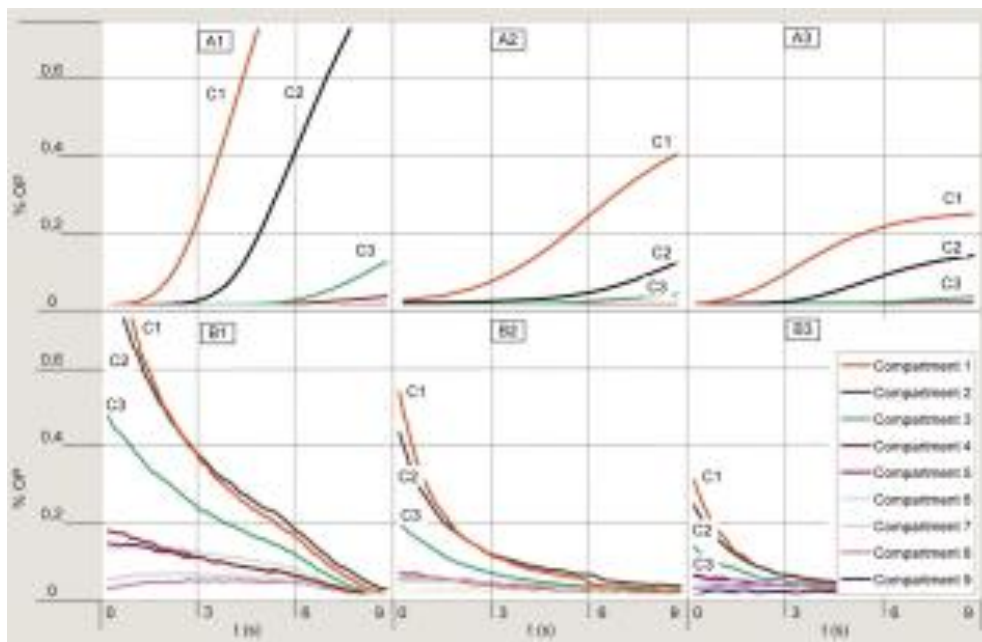
Ειδικά οι κατασκευαστές μηχανών diesel με μεγάλη διάμετρο εμβόλων – κυλίνδρων, οι οποίοι αποδίδουν μεγάλη ιπποδύναμη και ροπή, ανησυχούν ιδιαίτερα για τις πιθανότητες δημιουργίας εκρηκτικής ατμόσφαιρας εντός των στροφαλοθαλάμων των μηχανών αυτών [20].

Μια πυρκαγιά ή έκρηξη χρειάζεται τρία συστατικά: καύσιμο, οξυγόνο και μια πηγή ανάφλεξης. Εάν αφαιρέσουμε ένα από αυτά, δεν συμβαίνει. Ομοίως, μέσα στο στροφαλοθάλαμο, τα στοιχεία τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν έκρηξη, είναι του αέρα, ομίχλη ελαίου και μια πηγή ανάφλεξης, το λεγόμενο "hot spot". Με τη χρήση τεχνικών μέτρησης, η πυκνότητα του νέφους λαδιού μπορεί να μετρηθεί σε χαμηλά επίπεδα (από 0,05 mg/ltr ) και να υπάρξει έγκαιρη προειδοποίηση για την αύξηση της πυκνότητας νέφος ελαίου.

Για να γίνουν όμως γνωστές αυτές οι συνθήκες, κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα το φαινόμενο, πραγματοποιήθηκαν έρευνες πάνω σ' αυτό, όπως η επιστημονική έρευνα που δημοσιεύτηκε το 2001 στο περιοδικό τεχνολογίας μηχανών MTZ Worldwide [7]. Στην έρευνα αυτή, που πραγματοποιήθηκε ινστιτούτο σχεδιασμού μηχανών και κατασκευής οχημάτων του πανεπιστημίου της

Καρλσρούης (ΤΗ), από την κατασκευάστρια εταιρία συστημάτων ανίχνευσης νέφους ελαίου Schaller Automation, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δοκιμών που διενεργήθηκαν, ώστε να κατανοηθούν και να αξιολογηθούν τα φυσικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα, στις μεγάλες diesel μηχανές πλοίων, στις ολισθαίνουσες επιφάνειες των στοιχείων των μηχανών, στα έδρανα και στα κουζινέτα, σε κακές συνθήκες λίπανσης.

Για να κατανοηθεί το φαινόμενο σχηματισμού νέφους ελαίου λίπανσης, χρησιμοποιήθηκαν πειραματικά στο εργαστήριο, μία τετράχρονη diesel μηχανή με ονομαστική ισχύ 7000 KW στις 500 rpm, και άλλη μία τετράχρονη diesel μηχανή με ονομαστική ισχύ 8000 KW στις 1200 rpm, καθώς και μια πειραματική γεννήτρια παράγωγης νέφους ελαίου [7]. Η γεννήτρια αυτή προσομοιάζει την εξάτμιση του λαδιού και στην συνέχεια την εκ νέου συμπύκνωση του λαδιού, που έχει ως αποτέλεσμα την νεφοποίηση του, όπως συμβαίνει και στη περίπτωση μιας πραγματικής ζημιάς.



Εικόνα 2.13: A1,A2,A3 Διαγράμματα δημιουργίας νέφους ελαίου B1,B2,B3 Διαγράμματα διάχυσης νέφους στα διαμερίσματα στροφαλοθάλαμου 1 έως 9, μεσόστρωφης μηχανής diesel πλοίου.

(Opacity - Θολότητα: % OP)  
A1/B1 σε χαμηλές στροφές  
A2/B2 σε 500 rpm χωρίς φορτίο  
A3/B3 σε 500 rpm με φορτίο [7].





Οι καμπύλες των διαγραμμάτων Α δείχνουν το βαθμό νεφοποίησης του λαδιού, ενώ των διαγραμμάτων Β δείχνουν το βαθμό διάχυση του νέφους στα διαμερίσματα ενός μεσόστροφου τετράχρονου κινητήρα ισχύος 7000 KW.

Τα διαγράμματα Α1 έως Α3 δείχνουν την πρόωρη φάση δημιουργίας νέφους ελαίου ανά μονάδα χρόνου, που περιέχει σχετικά χαμηλές ποσότητες νέφους ελαίου. Φαίνεται επίσης ότι η ταχύτητα του κινητήρα και το φορτίο έχουν σαφή επίδραση στην διάχυση του νέφους ελαίου κατά μήκος των διαφόρων διαμερισμάτων του στροφαλοθάλαμου.

Τα διαγράμματα Β1 έως Β3 δείχνουν πως λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της έκπλυσης του λαδιού, που προκαλείται από μεγάλη ποσότητα ψεκασμού λαδιού και πως επιδρά αυτό στη διάχυση του νέφους ελαίου στα διαμερίσματα του στροφαλοθαλάμου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα σημεία με υψηλά θερμικά φορτία στις σύγχρονες τετράχρονες μηχανές diesel πλοίων, ανεβάζουν την διάχυση νέφους ελαίου (καμπύλες Β1 έως Β3), με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις να δημιουργούνται κοντά στα σημεία εξόδου του δικτύου ψύξης των μηχανών, όπου είναι και μεγαλύτερη η θερμοκρασία.

Στη συνέχεια, η προσομοίωση στην άλλη τετράχρονη diesel μηχανή με ονομαστική ισχύ 8000 KW στις 1200 rpm, είχε ανάλογα αποτελέσματα, με τις καμπύλες των διαγραμμάτων Β να δείχνουν ελαφρώς υψηλότερο συντελεστή διάχυσης [7].

Αυτή είναι μία από τις έρευνες, όπου καθορίστηκαν οι επικίνδυνες τιμές συγκέντρωσης νέφους ελαίου, που καθιερώθηκαν στη συνέχεια στις μετρήσεις των συστημάτων ανίχνευσης νέφους ελαίου στροφαλοθαλάμων μηχανών diesel.

## **2.3 ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ**

### **2.3.1 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΝΗΟΓΝΩΜΟΝΩΝ**

#### **2.3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΝΗΟΓΝΩΜΟΝΩΝ**

Η ανάγκη έλεγχου της αξιοπλοΐας και της ασφάλειας των πλοίων καθώς και η διαρκώς εξελισσόμενη τεχνολογία στη ναυτιλία, έκαναν απαραίτητη την ανάγκη δημιουργίας ειδικών οργανισμών, που να θέτουν και να εφαρμόζουν κανονισμούς ελέγχου ασφάλειας των πλοίων, που ονομάστηκαν Νηογνώμονες. Οι Νηογνώμονες μπορούν να είναι εντεταλμένοι από το κράτος, ως τεχνικοί οργανισμοί ή εταιρείες,

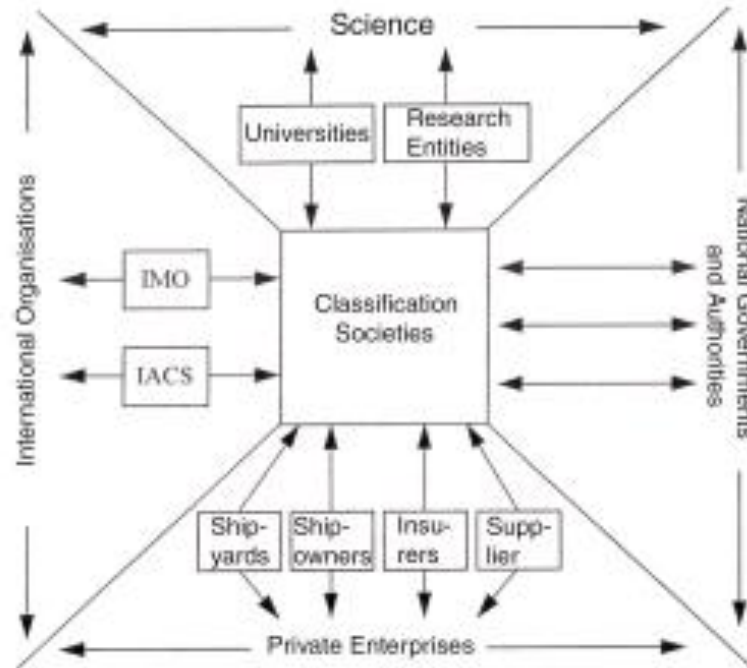


ιδιωτικής κυρίως μορφής, που έχουν ως κύριο σκοπό τον έλεγχο και παρακολούθηση ενός πλοίου, τόσο κατά τη διάρκεια της κατασκευής του όσο και μετέπειτα, κατά τη λειτουργία του, ως προς την αξιοπλοΐα και τη συντήρησή του. Οι νηογνώμονες ταξινομούν τα πλοία σε κλάσεις ανάλογα με τους κανονισμούς που αφορούν τον εκάστοτε τύπο πλοίου και τα καταγράφουν σε ειδικό κατάλογο. Οι Νηογνώμονες προώθησαν την συνεπή εφαρμογή προδιαγραφών και κανονισμών ναυπήγησης και συντήρησης των πλοίων απαραίτητων για την ασφάλεια στη θάλασσα. Τα πιστοποιητικά που εκδίδουν οι Νηογνώμονες για ένα πλοίο είναι απαραίτητα για την ναύλωση, ασφάλιση και πώλησή του.

Οι πιο αξιόπιστοι Νηογνώμονες παγκοσμίως έχουν δημιουργήσει μία ένωση, η οποία ονομάζεται Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων, Δ.Ε.Ν., (International Association of Classification Societies - IACS). Αυτή απαρτίζεται από δεκατρείς διεθνείς ανεγνωρισμένους νηογνώμονες, με έδρα το Λονδίνο. Η Δ.Ε.Ν. ιδρύθηκε στις 11 Σεπτεμβρίου 1968 στο Αμβούργο. Κύριο αντικείμενο της ένωσης αυτής αφορά τόσο τα επίπεδα ασφάλειας των πλοίων, κατηγοριοποιώντας αυτά σε κλάσεις, όσο και επί των μέτρων διατήρησης των καθαρών θαλασσών, από τον κίνδυνο ρύπανσης αυτών από τα πλοία. Η συμβολή της διεθνούς αυτής ένωσης στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας γενικά, αλλά και στη ρύθμιση μέσω της συλλογικής τεχνικής υποστήριξης, στον έλεγχο – συμμόρφωση, καθώς και την έρευνα και την ανάπτυξη είναι πολύ σημαντικές.

Μέλη της ΔΕΝ (IACS)

- Ο Αγγλικός Νηογνώμονας, (LRS) [Lloyd's Register of Shipping],
- Ο Αμερικανικός Νηογνώμονας, (ABS) [American Bureau of Shipping],
- Ο Γαλλικός Νηογνώμονας, (BV) [Bureau Veritas],
- Ο Γερμανικός Νηογνώμονας, (GL) [Germanischer Lloyd],
- Ο Ιαπωνικός Νηογνώμονας, (NK) [Nippon Kaiji Kyokai] (Class NK),
- Ο Ινδικός Νηογνώμονας, (IRCLASS) [Indian Register of Shipping],
- Ο Ιταλικός Νηογνώμονας, (RINA) [Registro Italiano Navale],
- Ο Κινεζικός Νηογνώμονας, CCS [China Classification Society],
- Ο Κορεατικός Νηογνώμονας, (KR) [K. Register of Shipping],
- Ο Κροατικός Νηογνώμονας, (CRS) [Croatian Register of Shipping]
- Ο Νορβηγικός Νηογνώμονας (DNV) [Det Norske Veritas],
- Ο Πολωνικός Νηογνώμονας, (PRS) [Polish Register of Shipping] και
- Ο Ρωσικός Νηογνώμονας, (RS) [R. Register of Shipping].



Εικόνα 2.14: Ο κεντρικός ρόλος των Νηογνωμόνων στη θέσπιση κανονισμών πλοίων [7].

Σήμερα η ΔΕΝ (IACS), που πρόκειται για μία μη κυβερνητική οργάνωση, αποτελεί τον κύριο συνεργάτη με συμβουλευτικό χαρακτήρα, σε θέση παρατηρητή, του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO). Μέσω αυτού εκδίδονται οι διάφορες οδηγίες του IMO.

Μία από τις χαρακτηριστικότερες αυτές οδηγίες με παγκόσμια αποδοχή σήμερα είναι η «Διεθνής Σύμβαση SOLAS» που αφορά την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα.

### 2.3.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ IACS

Οι κανονισμοί IACS, οι οποίοι περιλαμβάνονται στους κανονισμούς όλων των Νηογνωμόνων, θέτουν μεταξύ άλλων και την υποχρεωτική τοποθέτηση και λειτουργία εξοπλισμού ανίχνευσης νέφους ελαίου στροφαλοθαλάμου ή/και χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας κουζινέτων στροφάλου στις μηχανές diesel πλοίων, προκειμένου να αποτρέπεται ο κίνδυνος ατυχήματος από το φαινόμενο που αναφέρθηκε. Η τήρηση των κανονισμών αυτών είναι υποχρεωτικοί για κάθε πλοίο, ώστε να μπορεί αυτό να χαρακτηριστεί αξιόπλοο.

Έτσι υποχρεώνουν όλα τα πλοία που έχουν μηχανές με διάμετρο κυλίνδρων (BORE) μεγαλύτερη από 300mm ή ιπποδύναμη μηχανής μεγαλύτερη από 2.250 KW, καθώς και πλοία που δεν έχουν επιτήρηση πληρωμάτων στα μηχανοστάσια, θα



πρέπει να έχουν τοποθετήσει στις μηχανές αυτές σύστημα ανίχνευσης νέφους ελαίου στροφαλοθάλαμου ή να χρησιμοποιούν εναλλακτικά αισθητήρες θερμοκρασίας κουζινέτων στροφάλου [11].

Συγκεκριμένα ο κανονισμός M10 (Protection of internal combustion engines against crankcase explosions – Προστασία των μηχανών εσωτερικής καύσης από εκρήξεις στο στροφαλοθάλαμο) του IACS καθιερώθηκε το 1972 και από τότε έχουν γίνει διάφορες αναθεωρήσεις, με την τελευταία 4<sup>η</sup> αναθεώρηση τον Ιούλιο 2013 και έχει ενσωματωθεί σε όλους τους κανονισμούς όλων των νηογνομών παγκοσμίως. Ο κανονισμός αυτός, με την τελευταία 4<sup>η</sup> αναθεώρησή του, μπήκε σε ισχύ υποχρεωτικά από 1 Ιανουαρίου 2015 προκειμένου για επιθεώρηση υπαρχόντων μηχανών πλοίου και για εγκατάσταση νέων μηχανών που τοποθετήθηκαν ή πρόκειται να τοποθετηθούν σε πλοία μετά την ημερομηνία αυτή.

Στο κανονισμό αυτό αναφέρεται ότι όλα τα πλοία που φέρουν μηχανές όπως περιγράφονται παρακάτω και δεν έχουν εναλλακτικά αισθητήρες θερμοκρασίας στις εδράσεις του στροφαλοφόρου άξονα, θα πρέπει να έχουν εγκατεστημένο σύστημα ανίχνευσης νέφους ελαίου στροφαλοθάλαμου, το οποίο θα πρέπει:

- Να σημάνει συναγερμό (Alarm) και να επιβραδύνει τις στροφές περιστροφής της μηχανής (Slowdown engine), όταν πρόκειται για χαμηλόστροφες μηχανές (low-speed diesel engines) με διάμετρο κυλίνδρων (BORE) μεγαλύτερη από 300mm ή ιπποδύναμη μηχανής μεγαλύτερη από 2.250 KW
- Να σημάνει συναγερμό (Alarm) και να σταματά άμεσα την μηχανή (Stop engine), όταν πρόκειται για μεσόστροφες μηχανές (medium diesel engines) και υψηλόστροφες μηχανές (high-speed diesel engines) με διάμετρο κυλίνδρων (BORE) μεγαλύτερη από 300mm ή ιπποδύναμη μηχανής μεγαλύτερη από 2.250 KW

Για την κατανόηση της κατηγοριοποίησης των μηχανών:

- Χαμηλόστροφες μηχανές (low-speed diesel engines) θεωρούνται οι μηχανές με ονομαστική ταχύτητα περιστροφής μικρότερη από 300 rpm.
- Μεσόστροφες μηχανές (medium diesel engines) θεωρούνται οι μηχανές με ονομαστική ταχύτητα περιστροφής μεγαλύτερη από 300 rpm αλλά μικρότερη από 1400 rpm.

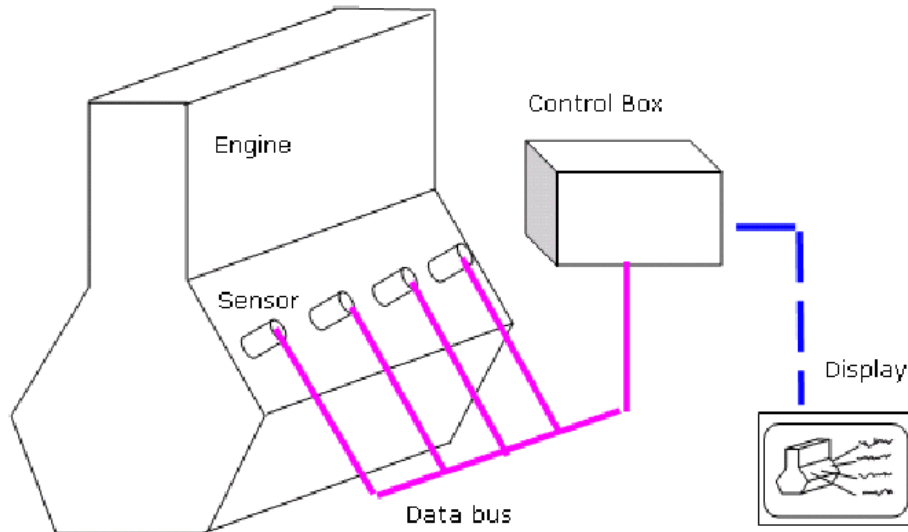


- Υψηλόστροφες μηχανές (high-speed diesel engines) θεωρούνται οι μηχανές με ονομαστική ταχύτητα περιστροφής μεγαλύτερη από 1400 rpm.

Κάθε εγκατεστημένο σύστημα ανίχνευσης νέφους ελαίου στροφαλοθάλαμου, θα πρέπει να είναι εγκεκριμένου τύπου από τους αναγνωρισμένους νηογνώμονες που αναφέρθηκαν, μέλη του IACS. Αυτό σημαίνει ότι κάθε κατασκευαστής τέτοιων συστημάτων - όπως και οποιουδήποτε σύστημα ή υλικό προορίζεται να τοποθετηθεί σε πλοίο – θα πρέπει να έχει υποβάλει το σύστημα του προς έγκριση στον νηογνώμονα που επιθυμεί, ο οποίος μετά από ελέγχους και τα τεστ που το υποβάλει εκδίδει πιστοποιητικό, το οποίο αναφέρει ότι είναι ελεγμένο και πιστοποιημένο από το αρμόδιο τμήμα έρευνας και πιστοποίησης του νηογνώμονα. Το πιστοποιητικό αυτό συνοδεύει παντού το σύστημα για να μπορεί να κυκλοφορήσει στην αγορά και πρέπει να υπάρχει στα έγγραφα του πλοίου [11].

Ακόμη τα συστήματα ανίχνευσης νέφους ελαίου στροφαλοθάλαμου θα πρέπει να εγκατασταθούν σε κάθε μηχανή σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της μηχανής και τις οδηγίες του κατασκευαστή του συστήματος ανίχνευσης. Έτσι οι οδηγίες αυτές τις διατυπώνουν τελικά από κοινού, οι κατασκευαστές των μηχανών diesel και οι κατασκευαστές των συστημάτων ανίχνευσης, και θα πρέπει να περιλαμβάνουν :

- Σχηματική διάταξη που να δείχνει τα σημεία δειγματοληψίας του νέφους ελαίου από το στροφαλοθάλαμο καθώς και διαγράμματα σωληνώσεων ή καλωδίων που συνδέονται με το σύστημα ανίχνευσης.
- Αποδεικτικά στοιχεία τεκμηριωμένης μελέτης από τους κατασκευαστές των μηχανών diesel που να δικαιολογούν τις επιλεγμένες θέσεις τοποθέτησης των σημείων δειγματοληψίας για εξαγωγή των δειγμάτων νέφους ελαίου από τον στροφαλοθάλαμο, διότι η θέση των σημείων δειγματοληψίας εξαρτάται από τον σχεδιασμό και την γεωμετρία της κάθε μηχανής diesel και υπάρχουν μελέτες οι οποίες δείχνουν το πόσο σημαντική για την αξιοπιστία του κάθε συστήματος, είναι η τοποθέτηση των ανιχνευτών στα κατάλληλα σημεία της μηχανής.



Εικόνα 2.15: Σύνδεση συστήματος ανίχνευσης νέφους ελαίου σε κύρια μηχανή πλοίου [15].

- Οδηγίες συντήρησης του κατασκευαστή και το εγχειρίδιο δοκιμών.
- Πληροφορίες σχετικά με τα αποτελέσματα της συνεχούς δοκιμής του κινητήρα diesel με ενεργοποιημένο το σύστημα ανίχνευσης, στις οποίες να φαίνονται οι ρυθμίσεις που έγιναν στο σύστημα, κατά την εγκατάσταση και τις δοκιμές, ώστε το σύστημα να είναι κατάλληλα ρυθμισμένο, ώστε να παρέχει ικανοποιητική προστασία στο κινητήρα.
- Ένα πλήρες αντίγραφο όλων των παραπάνω θα πρέπει να βρίσκεται επάνω στο πλοίο.
- Οι ενδείξεις των πληροφοριών του συστήματος, θα πρέπει να βρίσκονται μακριά από τις μηχανές, ώστε να παρέχεται επαρκής ασφάλεια για το πληρωμα του πλοίου που επιτηρεί το σύστημα.
- Σε κάθε μηχανή diesel θα πρέπει να έχει δικό της ανεξάρτητο δίκτυο ανιχνευτών νέφους ελαίου από τον στροφαλοθάλαμο και θα πρέπει να φαίνεται στο σύστημα από ποια μηχανή προέρχεται ο συναγερμός (Oil Mist Detection Alarm).





- Κάθε σύστημα θα πρέπει να έχει δοκιμασθεί στο εργαστήριο [15], επάνω στη μηχανή σε λειτουργία χωρίς φορτίο και επίσης δοκιμή με φορτίο, όπως ορίζουν οι κανονισμοί του εκάστοτε νηογνώμονα που ελέγχει το πλοίο.
- Οι συναγερμοί (Alarms) και τα συστήματα σταματήματος της μηχανής (Stop), ή μείωσης στροφών (Shutdown) θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με τους κανονισμούς του IACS UR M35 και UR M36, ενώ τα πάνελ ενδείξεων του συστήματος θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς UR M29 και URM30.
- Σε περίπτωση βλάβης ή λειτουργική αστοχία του συστήματος ανίχνευσης νέφους ελαίου θα πρέπει να υπάρχουν ενδεικτικές διατάξεις επάνω σ' αυτό που να δείχνουν άμεσα τη κατάσταση του.
- Πρέπει επίσης να παρέχεται ένδειξη στο σύστημα ότι κάθε αισθητήρας λειτουργεί κανονικά και σε περίπτωση δυσλειτουργίας, να εντοπίζεται άμεσα από το σύστημα ποιος αισθητήρας δεν λειτουργεί κανονικά.
- Όταν τα συστήματα ανίχνευσης περιλαμβάνουν ηλεκτρονικό εξοπλισμό με χρήση προγραμματισμού Η/Υ, τα προγράμματα θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις που θέτει ο νηογνώμονας που ελέγχει το πλοίο.
- Σχέδια που δείχνουν λεπτομέρειες και οι ρυθμίσεις ανίχνευσης νέφους ελαίου καθώς και οι ρυθμίσεις συναγερμού που πρέπει να υποβληθούν για έγκριση στο νηογνώμονα, σύμφωνα με το κανονισμό IACS UR M44 / 28.
- Οι ρυθμίσεις δοκιμών πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του νηογνώμονα και για το λόγο αυτό γίνονται παρουσία του επιθεωρητή του νηογνώμονα.
- Όταν τα δείγματα νέφους ελαίου φτάνουν στο σύστημα διαδοχικά, ο χρόνος ανίχνευσης από το σύστημα μεταξύ διαδοχικών δειγμάτων θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος.



### 2.3.3 IMO - ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΜΒΑΣΕΩΣ SOLAS

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization-IMO) είναι εξειδικευμένος οργανισμός του ΟΗΕ και συνιστά την αρχή που καθορίζει τα παγκόσμια πρότυπα σχετικά τη διεθνή ναυτιλία [18]. Ο IMO ιδρύθηκε στη Γενεύη, το 1948, ως Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλιακής συνεργασίας (IMCO - International Maritime Cooperation Organization) και μετονομάστηκε σε IMO το 1982. Ο Οργανισμός αποτελεί έναν πολυμερή, διακυβερνητικό, διεθνή ναυτιλιακό οργανισμό που εδρεύει στο Λονδίνο και έχει 170 κράτη – μέλη και 3 συνδεδεμένα μέλη. Επιπλέον, 64 Διακυβερνητικοί Οργανισμοί έχουν συνάψει συμφωνίες συνεργασίας με τα ον IMO και μετέχουν στον Οργανισμό ως παρατηρητές, ενώ σε 78 ΜΚΟ έχει παραχωρηθεί συμβουλευτικό καθεστώς. Ο κύριος ρόλος του εν λόγω Οργανισμού είναι η δημιουργία ενός δίκαιου και αποτελεσματικού κανονιστικού πλαισίου για τη ναυτιλιακή βιομηχανία που θα μπορεί να υιοθετείται και να τίθεται σε εφαρμογή, από όλες τις χώρες του κόσμου. Ο IMO ασχολείται με θέματα που αφορούν στη ναυτική ασφάλεια, την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος, την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και τη λήψη μέτρων έναντι έκνομων ενεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον.

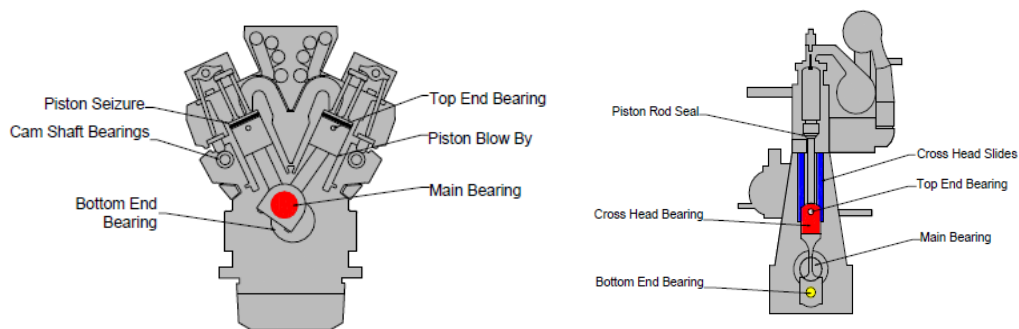
Για την υλοποίηση των ανωτέρω στόχων, ο IMO προβαίνει στην υιοθέτηση Διεθνών Συμβάσεων και Κωδίκων και στη συνέχεια παρακινεί και ενθαρρύνει τα Κράτη – Μέλη αυτού να προβούν στην επικύρωση - ενσωμάτωσή τους στην έννομη τάξη τους και στη συνακόλουθη εφαρμογή τους [18]. Οι κανόνες αυτοί αναβαθμίζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με την ανάπτυξη της ναυπηγικής και λαμβάνοντας υπόψη τις παρατηρήσεις και τις υποδείξεις των νηογνομόνων. Όλοι οι ναυπηγοί και τα ναυπηγικά γραφεία υποχρεούνται να ναυπηγούν τα πλοία σύμφωνα με τις προδιαγραφές αυτές. Ταυτόχρονα, λαμβάνει υπόψη του και διάφορους τομείς ναυτιλιακής υποδομής, όπως το ικανοποιητικό επίπεδο εκπαίδευσης των ναυτών, αλλά και την σωστή διαχείριση όλων των τύπων φορτίων, από πετρέλαιο μέχρι τα πλέον επικίνδυνα φορτία.

Μία από τις σημαντικότερες συμβάσεις, που έχουν υιοθετηθεί από τα κράτη – μέλη στο πλαίσιο του IMO, είναι η σύμβαση για την ασφάλεια της διεθνούς ναυτιλίας SOLAS (Safety Of Life At Sea) του 1974 [17]. Η χώρα μας έχει υιοθετήσει στη εθνική νομοθεσία την σύμβαση με τον Ν. 1045/1980 ΦΕΚ 95, τ. Α΄.



Η εποπτεία και η εφαρμογή των κανονισμών της SOLAS είναι ευθύνη των νηογνομόνων αλλά και των φορέων στους οποίους έχει αναθέσει κάθε κράτος τον έλεγχο της ασφάλειας των πλοίων όπως ακτοφυλακές ή υπουργεία ναυτιλίας.

Ο κανονισμός της διεθνούς συμβάσεως SOLAS [13][14], Κεφάλαιο II-I που αναφέρεται στους κανονισμούς πυρασφάλειας στα πλοία, στο Κανονισμό 47.2 (1981) αναφέρεται ρητά η υποχρέωση, ότι όλα τα πλοία που έχουν μηχανές με διάμετρο κυλίνδρων (BORE) μεγαλύτερη από 300mm ή ιπποδύναμη μηχανής μεγαλύτερη από 2.250 KW, καθώς και πλοία που δεν έχουν επιτήρηση πληρωμάτων στα μηχανοστάσια, θα πρέπει να έχουν τοποθετήσει στις μηχανές αυτές σύστημα ανίχνευσης νέφους ελαίου στροφαλοθάλαμου ή να χρησιμοποιούν εναλλακτικά αισθητήρες θερμοκρασίας κουζινέτων στροφάλου.



Εικόνα 2.16: Πιθανά σημεία αστοχίας και πιθανές πηγές έναυσης νέφους ελαίου λίπανσης σε τετράχρονης και δίχρονης μηχανές πλοίων [17].

Οι κανονισμοί αυτοί καθιερώθηκαν για την πρόληψη των εκρήξεων στροφαλοθαλάμου, ώστε να βελτιώσουν την ασφάλεια των ναυτικών μηχανών και των ανθρώπων που εργάζονται στα πλοία. Όμως για να υπάρξει αποτελεσματικός έλεγχος ότι εφαρμόζονται οι κανονισμοί, τα κράτη μέλη του IMO έχουν συνάψει άλλες δύο συμφωνίες. Το μνημόνιο συνεργασίας Paris Mou που περιλαμβάνει υποχρεωτικό έλεγχο από κρατικές αρχές των πλοίων που προσεγγίζουν λιμάνια ή πλέουν σε ύδατα κρατών που συμμετέχουν σ' αυτό. Αυτή η διαδικασία έλεγχου ονομάζεται Port States Control (PSC) και εάν διαπιστωθούν ελλείψεις από τον έλεγχο των αρχών, απαγορεύεται ο απόπλους των πλοίων, μέχρι να συμμορφωθούν με τους ισχύοντες κανονισμούς ασφαλείας. Τα αποτελέσματα κάθε ελέγχου δημοσιεύονται στο διαδίκτυο στην ιστοσελίδα Equasis.org ώστε να γίνεται γνωστό ποια πλοία έχουν ελεγχθεί και τι ελλείψεις διαπιστώθηκαν. Έτσι ένα πλοίο, που από τους ελέγχους παρουσιάζει ελλείψεις, ελέγχεται συχνότερα σε σχέση με άλλα πλοία και στα επόμενα λιμάνια ή ακόμη μπορεί να του απαγορευτεί να προσεγγίζει λιμάνια



ή να πλέει στα χωρικά ύδατα των κρατών που έχουν υιοθετήσει τη συμφωνία. Έτσι με τον τρόπο αυτό αξιολογούνται τα πλοία, αλλά και οι νηογνώμονες που τα ελέγχουν, σε ποιο βαθμό έχουν ελέγξει τα πλοία, πριν γίνει έλεγχος από Port States Control.

Η άλλη υιοθετημένη συμφωνία από τα κράτη-μέλη του IMO, είναι ο διεθνής κώδικας ασφαλούς διαχείρισης ( ISM CODE -International Safety Management Code ) ο οποίος έχει ως σκοπό την ασφαλή ναυσιπλοΐα και την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης. Μέσω του κώδικα που έχει συνταχθεί για κάθε πλοίο, καθορίζονται γραπτώς οι ασφαλείς μέθοδοι για κάθε διαδικασία, εργασία ή αντιμετώπιση οποιουδήποτε έκτακτου περιστατικού. Την ευθύνη της διαχείρισης της ασφάλειας του κώδικα (SMS - Safety Management System ) την έχουν οι υπεύθυνοι από την πλευρά του πλοίου, που έχουν οριστεί μέσω του κώδικα, ο οποίος περιγράφει τον ρόλο του κάθε εμπλεκόμενου ξεχωριστά, όπως το πλήρωμα, στελέχη της εταιρίας στη στεριά, ο διαχειριστής ή ο πλοιοκτήτης του πλοίου. Οι διαδικασίες που περιγράφονται στο κώδικα πρέπει να είναι τεκμηριωμένες εγκεκριμένες από το νηογνώμονα του πλοίου και είναι διατυπωμένες στο εγχειρίδιο ασφαλούς διαχείρισης, αντίγραφο του οποίου υπάρχει πάντα επάνω στο πλοίο.

Στο εγχειρίδιο του κώδικα ασφαλούς διαχείρισης, αναγράφονται και οι ενέργειες που πρέπει να γίνονται, για την αποφυγή εκρήξεων στις μηχανές, οι οποίες μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν την περιοδική συντήρηση και τεστ καλής λειτουργίας των συστημάτων ανίχνευσης επικίνδυνης συγκέντρωσης νέφους ελαίου στους στροφαλοθαλάμους και συνεχή καταγραφή των ενεργειών αυτών σε ειδικά έντυπα και στο ημερολόγιο μηχανοστασίου.

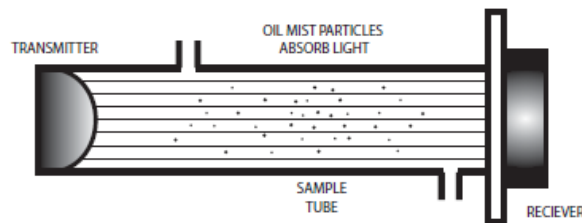
#### **2.4 ΑΡΧΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ**

Στα συστήματα ανίχνευσης κυριαρχούν δύο βασικές μέθοδοι για την ανίχνευση ομίχλης ή νέφους ελαίου στους στροφαλοθαλάμους μηχανών πλοίου και την έγκαιρη προειδοποίηση του φαινομένου, η μέθοδος σκίασης και η μέθοδος σκέδασης του φωτός, χρησιμοποιώντας αισθητήρες σκίασης και αισθητήρες σκέδασης φωτός αντίστοιχα [8].

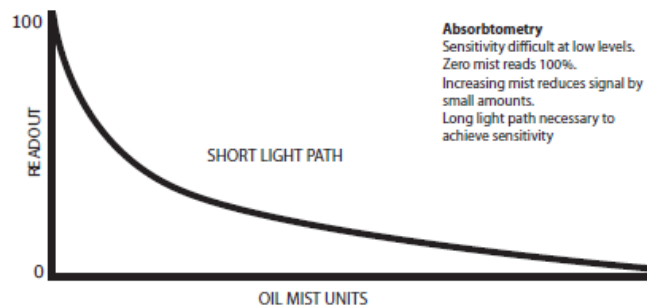
Τα συστήματα που χρησιμοποιούν αισθητήρες σκίασης, χρησιμοποιούν φωτοκύτταρα που απορροφούν δέσμες φωτός, μέσα σε σωλήνες όπου κυκλοφορούν δείγματα νέφους ελαίου που συλλέγονται συνεχώς από το περιβάλλον του στροφαλοθαλάμου της μηχανής και ανάλογα με ποσότητα του φωτός που

απορροφούν τα φωτοκύτταρα, διαπιστώνεται εάν υπάρχει επικίνδυνη συγκέντρωση νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο. Η φιλοσοφία λειτουργίας φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα - διάγραμμα, όπου μπορούμε να δούμε ότι όταν έχουμε μεγάλη απορρόφηση (100%) δέσμης φωτός από τα φωτοκύτταρα, δεν υπάρχει νέφος ελαίου στο σωλήνα, ενώ με λιγότερη απορρόφηση δέσμης φωτός σημαίνει ότι έχουμε επικίνδυνη συγκέντρωση νέφους ελαίου που εμποδίζει όλη την δέσμη φωτός να φτάσει στα φωτοκύτταρα [1].

Schematic diagram showing principle of absorptometry



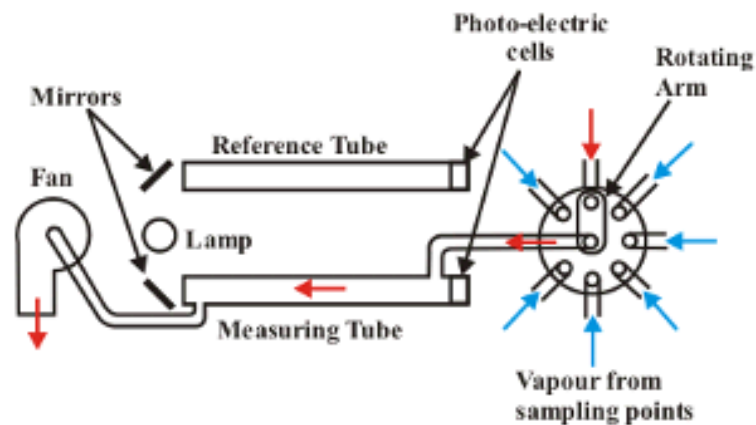
Typical graph produced by absorptometer



Εικόνα 2.17: Σχήμα – διάγραμμα απορρόφησης δέσμης φωτός από φωτοκύτταρο ανάλογα με την συγκέντρωση νέφους ελαίου [1].

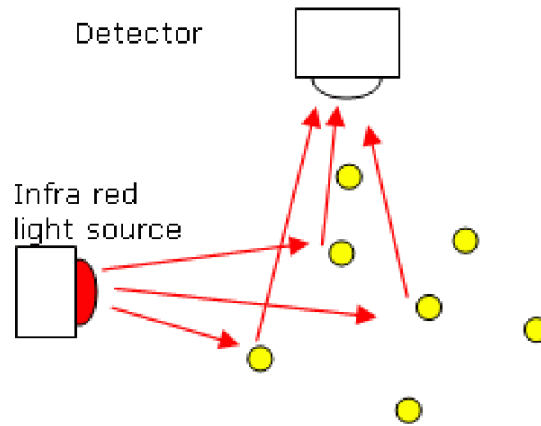
Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται πως λειτουργεί ένα σύστημα που χρησιμοποιεί αισθητήρες σκίασης. Υπάρχουν δύο παράλληλοι σωλήνες. Ο ένας σωλήνας σφραγίζεται να περιέχει καθαρό αέρα και έχει ονομαστεί σωλήνας αναφοράς (Reference Tube). Ο άλλος ονομάζεται σωλήνας μέτρησης (Measuring Tube) και έχει συνδέσεις σωληνώσεων μέσω των οποίων μεταφέρονται δείγματα, από τα σημεία δειγματοληψίας σε κάθε κύλινδρο του στροφαλοθάλαμου, με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού απορροφητήρα και συγκεκριμένα αυτό γίνεται κατ 'επανάληψη, μέσω μιας περιστρεφόμενης βαλβίδα επιλογής (Rotating selector valve) από κάθε σημείο δειγματοληψίας μέχρι το σωλήνα μέτρησης με τη σειρά. Και στους δύο παράλληλους σωλήνες υπάρχουν φωτοκύτταρα στην μια άκρη τους, που συνδέονται

ηλεκτρικά με έναν μικροεπεξεργαστή (Controller). Όταν τα σήματα από τα φωτοκύτταρα των δύο παράλληλων σωλήνων που λαμβάνει ο μικροεπεξεργαστής, είναι σε ισορροπία σημαίνει ότι δεν έχουμε υπάρξει επικίνδυνη συγκέντρωση νέφους ελαίου στον στροφαλοθάλαμο. Εάν τα σήματα αυτά κάποια στιγμή, αποκλίνουν μεταξύ τους και με δεδομένο ότι στον ένα σωλήνα έχουμε μόνο φρέσκο αέρα, τότε στον άλλο σωλήνα υπάρχει επικίνδυνη συγκέντρωση νέφους ελαίου στον στροφαλοθάλαμο, και δίνεται εντολή από τον μικροεπεξεργαστή για Alarm. Ταυτόχρονα η περιστρεφόμενη βαλβίδα επιλογής δειγμάτων σταματά στο σημείο από όπου έλαβε το επικίνδυνο δείγμα, ώστε να εντοπισθεί από ποιο κύλινδρο του στροφαλοθάλαμου προήλθε αυτό.



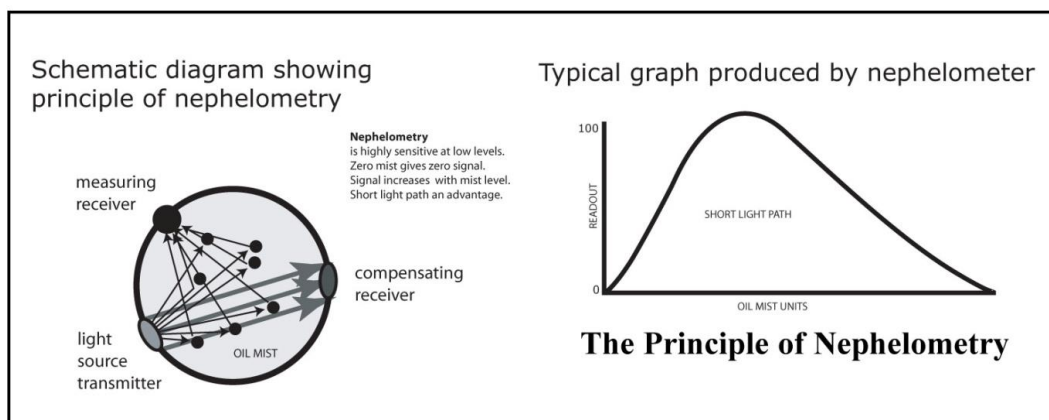
Εικόνα 2.18: Αρχή λειτουργίας συστήματος ανίχνευσης νέφους ελαίου από στροφαλοθάλαμο με περιστροφική μεταφορά δειγμάτων και αισθητήρες σκίασης.

Τα συστήματα που χρησιμοποιούν αισθητήρες σκέδασης φωτός, η φιλοσοφία τους στηρίζεται στην αρχή της νεφελομετρίας. Με την νεφελομετρία μπορούν να μετρηθούν τα αιωρούμενα σωματίδια δειγμάτων νέφους ελαίου από τον στροφαλοθάλαμο, μέσα σε ένα κλειστό σωλήνα, με την χρησιμοποίηση δέσμης φωτός που «χτυπά» επάνω στα σωματίδια και εξοστρακίζεται προς άλλη κατεύθυνση. Υπάρχει τοποθετημένος ένας ανιχνευτής φωτός, ο οποίος συνήθως «βλέπει» κάθετα ( $90^\circ$ ) τη δέσμη φωτός της πηγής, έτσι ώστε να λαμβάνει το φως που εξοστρακίζεται από την ύπαρξη σωματιδίων νέφους ελαίου, όπως φαίνεται και στο πιο κάτω σχήμα.



Εικόνα 2.19: Αρχή λειτουργίας ανιχνευτών σκέδασης πηγής φωτός[1].

Από μετρήσεις σε πειραματικό επίπεδο που έχουν γίνει, προσδιορίζονται οι επικίνδυνες τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων νέφους ελαίου (μεγαλύτερη από 1,99 mg/ltr), ώστε από ένα μικροεπεξεργαστή (Controller) που είναι συνδεδεμένος με τους ανιχνευτές, να δίνεται εντολή για Alarm.



Εικόνα 2.20: Σχήμα – διάγραμμα λειτουργίας νεφελομέτρου και εκτροπής δέσμης φωτός ανάλογα με την συγκέντρωση νέφους ελαίου [1].

### 3. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

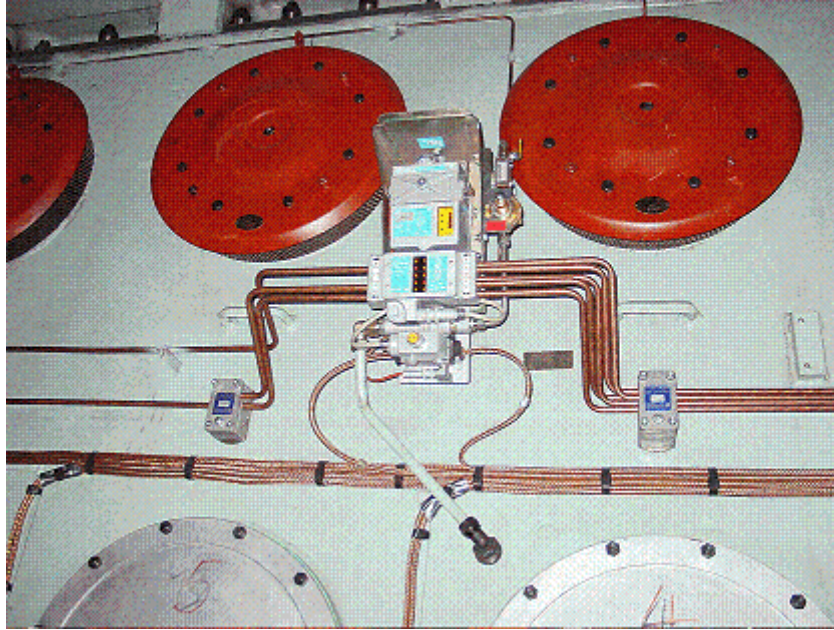
#### 3.1 SCHALLER AUTOMATION VISATRON VN 115 SERIES

Ο τύπος Visatron VN 115 της εταιρίας SCHALLER AUTOMATION είναι από τα πιο διαδεδομένα συστήματα ανίχνευσης νέφους ελαίου στα πλοία. Το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να ανιχνεύσει από ασφαλή απόσταση ελέγχου, όπως ο θάλαμος ελέγχου μηχανοστασίου (Engine Control Room), τις επικίνδυνες συγκεντρώσεις νέφους ελαίου λίπανσης από τους στροφαλοθαλάμους μηχανών diesel πλοίων. Από την κεντρική μονάδα έλεγχου, παρέχεται κάθε δυνατότητα

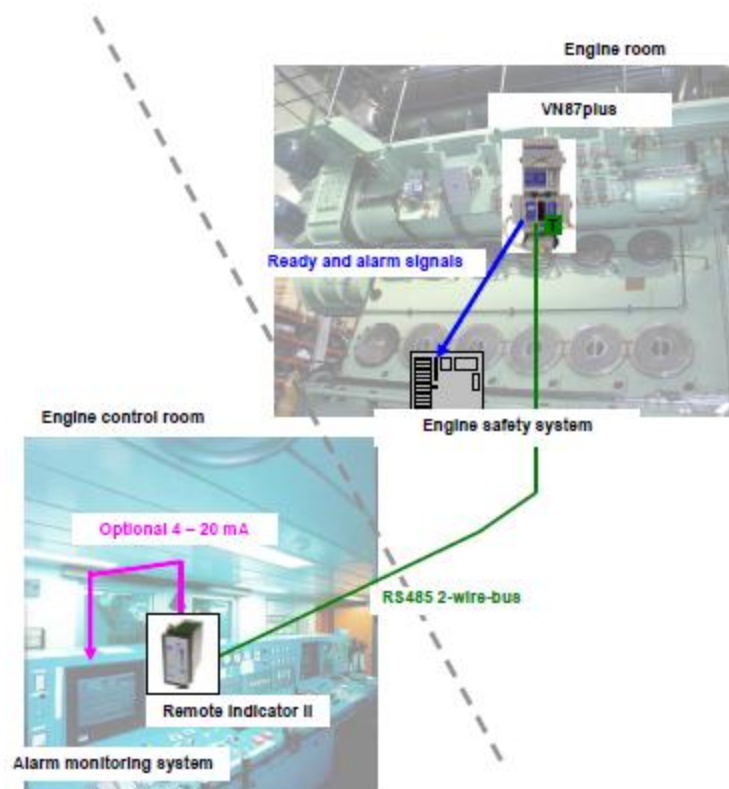


οπτικής και αναφοράς πληροφόρησης ακριβούς χρόνου , των δειγματοληπτικών συγκεντρώσεων ελαίου , από τους ανιχνευτές που είναι τοποθετημένοι στο στροφαλοθάλαμο . Η κεντρική μονάδα ανιχνεύει την πραγματική θολότητα , μέσα σε ένα στροφαλοθάλαμο , σε διάταξη εν σειρά και επιτρέπει στους χειριστές να παρατηρούν και εάν είναι αναγκαίο , να επαναρυθμίζουν τα επίπεδα των σημάτων συναγερμού της υψηλής συγκέντρωσης νέφους ελαίου λίπανσης. Η μονάδα έχει επίσης την δυνατότητα μακροπρόθεσμης πληροφόρησης και γραφικής μορφής καταγραφή για περαιτέρω ανάλυση. Ακόμη η κεντρική μονάδα, έχει δυνατότητα για εν σειρά σύνδεση μέχρι 16 μεμονωμένων συστημάτων ανίχνευσης νέφους ελαίου ώστε να είναι δυνατό να προστατεύεται κάθε τμήμα στροφαλοθαλάμου. Τα συστήματα αυτά επενεργούν και ως διατάξεις διακοπής λειτουργίας, στην περίπτωση που αναπτυχθεί επικίνδυνη συγκέντρωση νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο της μηχανής diesel. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 30 ετών, έχουν παραδοθεί και εγκατασταθεί παγκοσμίως περισσότερες από 40.000 συσκευές VISATRON SCHALLER AUTOMATION - OIL MIST DETECTORS, για την προστασία των μηχανών diesel σε πλοία, αλλά και σε χερσαίες εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με πιο αξιόπιστη και διαδεδομένη την σειρά VN 115, που έχει παραδοθεί ως VN 115/79, VN 115/87 (EMC / CE) και VN 115/93. Από τον Οκτώβριο του 2008, το μοντέλο VN 115/87 EMC / CE έχει αντικατασταθεί από το VN σειρές 115 / 87plus. Και οι δύο έχουν τα ίδια μηχανικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και είναι πλήρως συμβατά μεταξύ τους. Το νέο αναπτυγμένο VN 115 / 87plus είναι εξοπλισμένο με 4-20mA σήμα ή RS 485 σειριακή θύρα για σύνδεση με μονάδα ενδείξεων στο θάλαμο ελέγχου μηχανοστασίου (Engine Control Room) [9][21][22].



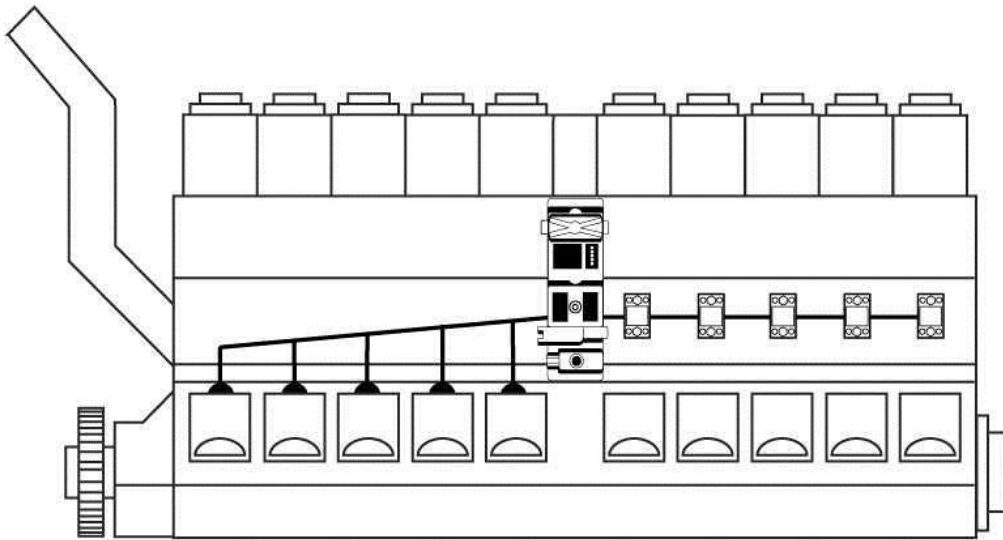


Εικόνα 3.1: Τοποθετημένη κεντρική μονάδα VISATRON VN 115 / 87plus [9].



Εικόνα 3.2: Σύνδεση κεντρικής μονάδας VISATRON VN 115 / 87plus με μονάδα ενδείξεων στο θάλαμο ελέγχου μηχανοστασίου (Engine Control Room) [9].

Οι σειρές συστημάτων ανίχνευσης νέφους ελαίου από στροφαλοθάλαμους Visatron VN 115, μπορούν μέσω σωληνώσεων με υποπίεση, να λαμβάνουν συνεχώς και ταυτόχρονα δείγματα από την ατμόσφαιρα του στροφαλοθάλαμου και από κάθε επιμέρους διαμέρισμα του, ανάμεσα σε δύο κύρια κουζινέτα του στροφάλου του κινητήρα.

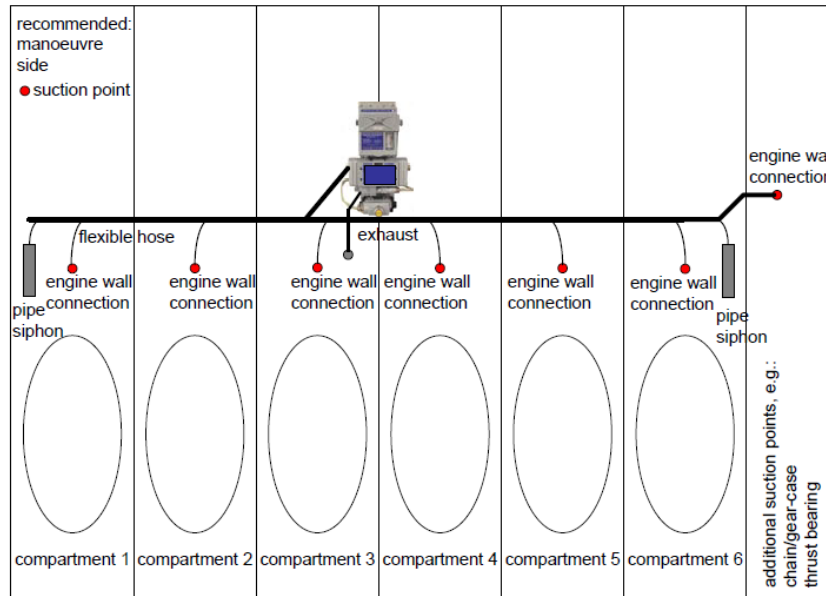


Εικόνα 3.3: Τυπική διάταξη τοποθέτησης κεντρικής μονάδας στο μέσο κατά το διάμηκες επάνω σε μηχανή πλοίου [9].

Το σύστημα σωληνώσεων αναρρόφησης δειγμάτων από κάθε διαμέρισμα στροφαλοθάλαμου, μεταφέρει τα δείγματα μέσα από κάθε διαμέρισμα με ανεξάρτητη σωλήνωση, στην κεντρική μονάδα του συστήματος μέσω μίας αντλίας αναρρόφησης αέρα, τοποθετημένης επάνω στη μονάδα.

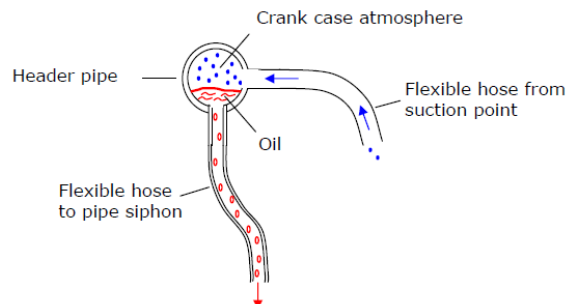


Example of an VISATRON VN115/87plus installation on a 6-cyl. engine with engine wall connections (oil draining through pipe siphons)



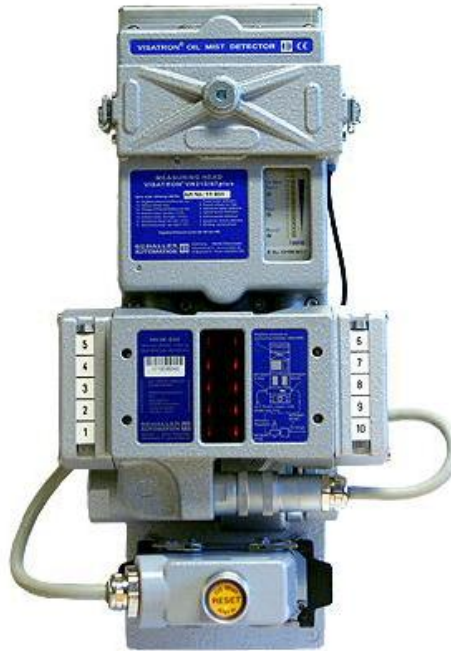
Εικόνα 3.4: Τρόπος σύνδεσης κεντρικής μονάδας VN 115 / 87plus και σωληνώσεων περισυλλογής δειγμάτων αέρα ατμόσφαιρας στροφαλοθαλάμου [9].

Η κεντρική μονάδα όπου βρίσκεται ο ανιχνευτής νέφους ελαίου ( τύπου σκίασης με υπέρυθρες διόδους ), είναι τοποθετημένη στο μέσον του κινητήρα κατά το διάμηκες και κάθε δείγμα που ελέγχεται, επιστρέφει πάλι στο στροφαλοθάλαμο με σωληνώσεις μικρότερης διαμέτρου από τις σωληνώσεις αναρρόφησης, δημιουργώντας κατάθλιψη της ροής των δειγμάτων αέρα, μέσα στη μονάδα, ώστε αυτά να παραμένουν χρονικά όσο χρειάζεται για την μέτρηση από τον αισθητήρα. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται επίσης η ροή του δείγματος, από κάθε σημείο αναρρόφησης, να παραμένει σχεδόν σταθερή [9][22].



Εικόνα 3.5: Τρόπος δημιουργίας κατάθλιψη της ροής των δειγμάτων αέρα μέσα στη κεντρική μονάδα VISATRON VN 115 [9].

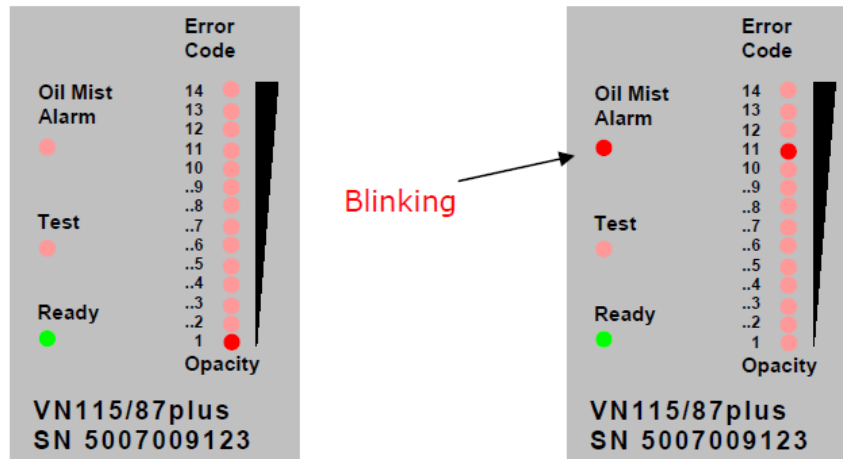
Η τοποθέτηση της κεντρικής μονάδας στο μέσον του κινητήρα κατά το διάμηκες, έχει το πλεονέκτημα ότι τα δείγματα φτάνουν σ' αυτή σε βέλτιστο χρονικό διάστημα, το οποίο αυξάνει αρκετά την αξιοπιστία του συγκεκριμένου συστήματος.



Εικόνα 3.6: Κεντρική μονάδα VISATRON VN 115 / 93 [9].

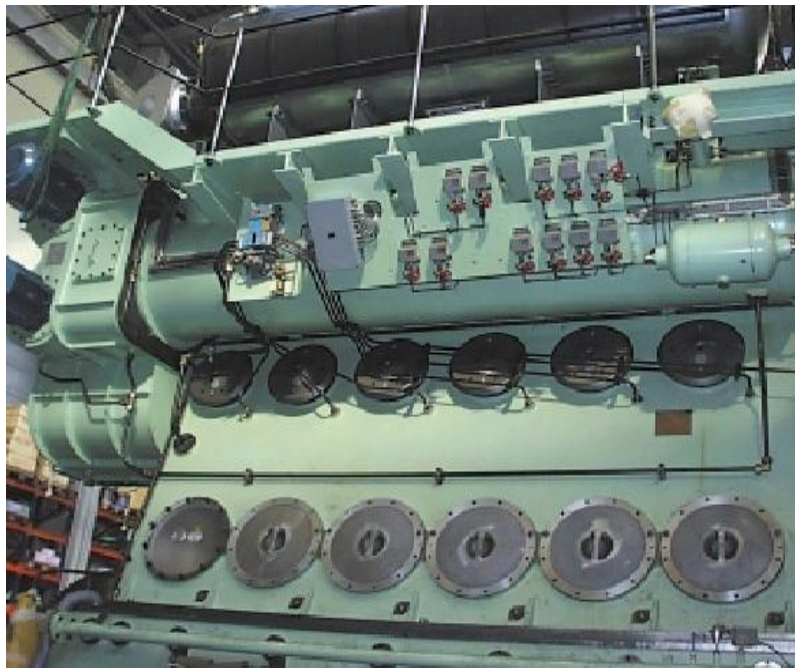
Στον ανιχνευτή της κεντρικής μονάδας που είναι τύπου σκίασης με υπέρυθρους διόδους, γίνεται μέτρηση της θολότητας των δειγμάτων του αέρα της ατμόσφαιρας του στροφαλοθαλάμου με μέτρηση των σταγονιδίων του νέφους ελαίου που έχουν διάμετρο περίπου 5 micron και άνω [9].

Ο ανιχνευτής αποτελείται από δύο υπέρυθρους διόδους, εκ των οποίων ο ένας από αυτούς λειτουργεί ως πομπός και ο άλλος ως δέκτης. Όταν ένα δείγμα αέρα που εμπεριέχει σταγονίδια ελαίου, διέρχεται μεταξύ τους, απορροφάται μόνο ένα μέρος του υπέρυθρου φωτός, μειώνοντας έτσι την ποσότητα του φωτός που φθάνει στο δέκτη. Η επιλεγμένη μονάδα μέτρησης είναι επί τοις εκατό (%) αδιαφάνεια. Έτσι 0% σημαίνει πλήρη διαφάνεια, και το 100% πλήρη θολότητα και με τον τρόπο αυτό δίνεται η συνολική οπτική απορρόφηση από το νέφος ελαίου στο δείγμα του αέρα.



Εικόνα 3.7: Ενδείξεις θολότητας δειγμάτων αέρα ατμόσφαιρας στροφαλοθαλάμου κεντρικής μονάδας VISATRON [9].

Υπάρχουν 3 παραλλαγές του συστήματος της σειράς Visatron VN 93 Series VN 115/93, VN 116/93 και VN 215/93, που επιτυγχάνουν μικρότερους χρόνους απόκρισης, σε σχέση με τις προηγούμενες σειρές Visatron VN 87 Series, επικοινωνία μέσω RS 485 για τη μεταφορά δεδομένων και οθόνη με ενδείξεις των μετρούμενων μεγεθών και καταστάσεων των συστημάτων.



Εικόνα 3.8: Τοποθετημένο σύστημα ανίχνευσης VISATRON VN 115/93 σε δίχρονη μηχανή diesel πλοίου ισχύος 12000 KW [7].

Κατά την εγκατάσταση ενός συστήματος VISATRON, για να καταστεί αυτό πλήρως αποτελεσματικό, θα πρέπει οι σωληνώσεις δειγματοληψίας να μην υπερβαίνουν τα 12,5 μέτρα σε μήκος από την κεντρική μονάδα και να έχει κλίση

προς την κάτω πλευρά της μηχανής, ώστε να εξασφαλίζεται θετική αποστράγγιση του λαδιού από τις σωληνώσεις.

Η κεντρική μονάδα πρέπει να ελέγχεται καθημερινά και ειδικά η ρύθμιση της ευαισθησίας. Για να επιτευχθεί η καλύτερη ρύθμιση χρειάζεται να πραγματοποιούνται δοκιμές του συστήματος, αρχικά κατά την εγκατάσταση, μετά από επισκευή του συστήματος ή της μηχανής diesel και τακτικές δοκιμές όταν η μηχανή είναι εκτός λειτουργίας. Για την πραγματοποίηση των δοκιμών χρησιμοποιείται ειδικά κατασκευασμένη για το σκοπό αυτό, γεννήτρια παραγωγής νέφους ελαίου, που συνδέεται στα σημεία λήψης στο στροφαλοθάλαμο.



Εικόνα 3.9: Γεννήτρια παραγωγής νέφους ελαίου για την πραγματοποίηση δοκιμών σε συστήματα ανίχνευσης VISATRON [7].

Ένα πλήρες τεστ μπορεί να γίνει μόνο όταν η μηχανή βρίσκεται σε πλήρη ακινησία, ενώ το σύστημα ανίχνευσης είναι σε λειτουργία. Τότε συνδέεται η γεννήτρια παραγωγής νέφους ελαίου σε κάθε σημείο λήψης του στροφαλοθαλάμου και από την δεξαμενή της γεννήτριας διοχετεύεται νέφος ελαίου, το οποίο παράγεται στη γεννήτρια από ειδικό υγρό με λάδι και έτσι πραγματοποιείται η δοκιμή μέχρι να δοθεί σήμα συναγερμού. Η γεννήτρια νέφους ελαίου, έχει επίσης τη δυνατότητα να συνδεθεί και στη μονάδα ελέγχου απευθείας, έτσι ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχει φραγμένη σωλήνωση μέχρι τα σημεία λήψης στο στροφαλοθάλαμο.



Η εικόνα που ακολουθεί, δείχνει τη λανθασμένη εγκατάσταση συστήματος VISATRON σε μηχανή diesel.



Εικόνα 3.10: Λανθασμένη εγκατάσταση συστήματος VISATRON VN215 με ξεχωριστές σωλίνες αναρρόφησης συνδεδεμένες σε κάθε διαμέρισμα στροφαλοθαλάμου [7].

1. Μονάδα Visatron VN 215
2. Κεντρικός διανομέας επιλογής των σωλίνων αναρρόφησης. Ένδειξη του διαμερίσματος βλάβης (οθόνη με κόκκινες κουκκίδες)
3. Σωλίνες αναρρόφησης ανεξάρτητες σε κάθε διαμέρισμα στροφαλοθαλάμου.
4. Λανθασμένη χρήση εύκαμπτων καμπύλων σωληνώσεων για την σύνδεση μεταξύ των σωληνώσεων αναρρόφησης και των σωληνώσεων εισαγωγής δειγμάτων στη μονάδα.
5. Εύκαμπτη καμπύλη σύνδεσης σωληνώσεως χωρίς θετική κλήση για αποστράγγιση των δειγμάτων λαδιού. Εάν το λάδι παραμείνει στο σημείο αυτό, φράζει την σωληνώση δειγματοληψίας.
6. Συνδέσεις σωληνώσεων με τα διαμερίσματα στροφαλοθαλάμου.

Όταν ένα σύστημα δεν έχει εγκατασταθεί σωστά ή δεν συντηρείται και δοκιμάζεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, μπορεί να μην δίνει συναγερμό για την ύπαρξη επικίνδυνων συγκεντρώσεων νέφους ελαίου, με καταστρεπτικά αποτελέσματα και αντίθετα μπορεί να δίνει ψευδείς συναγερμούς με συνέπεια το σταμάτημα της μηχανής ή κατέβασμα στροφών, οπότε δημιουργείται ο κίνδυνος το πλοίο να μείνει ακυβέρνητο. Παρόλα αυτά τα συστήματα ανίχνευσης VISATRON παρέχουν ικανοποιητική προστασία των μηχανών diesel.

### 3.2 KIDDE FIRE PROTECTION - GRAVINER MK 7 OMD

Η εταιρία KIDDE Fire Protection, που ιδρύθηκε το 1917 στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, κατέχει μία από τις κορυφαίες θέσεις παγκοσμίως στο σχεδιασμό και την κατασκευή προηγμένων συστημάτων πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης. Επενδύει συνεχώς στην έρευνα και την ανάπτυξη της τεχνολογίας στους τομείς αυτούς, στα εργαστήρια στο Seaham και Bentham της Αγγλίας με ομάδες ηλεκτρονικών μηχανικών, σε συνεργασία με ερευνητές επιστήμονες στο United Technologies Research Centre (UTRC), στο Κονέκτικατ των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής και στο εργαστήριο Kidde International Research (KIR) στο Colnbrook του Berkshire της Αγγλίας. Τα συστήματα ανιχνευτών νέφους ελαίου Graviner της εταιρίας είναι εγκατεστημένα σε χιλιάδες πλοία σε όλο τον κόσμο, προστατεύοντας τις μηχανές diesel από επικίνδυνες εκρήξεις στροφαλοθαλάμων.

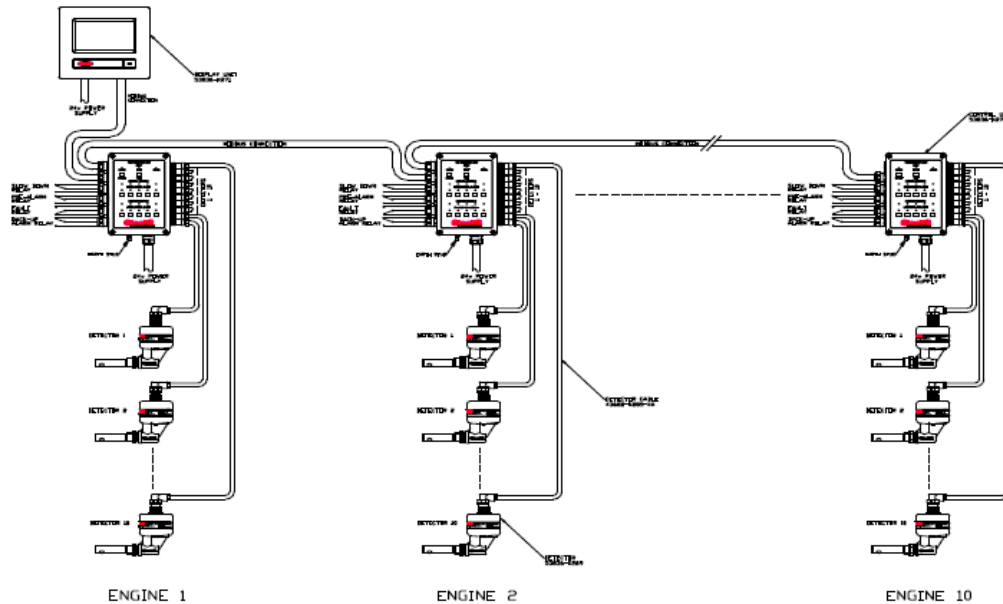


Εικόνα 3.11: Παρελκόμενα συστήματος Graviner Mk 7 OMD [10].

Ο τύπος Graviner Mk 7 OMD είναι η τελευταία έκδοση της εταιρίας Graviner [10]. Το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να έχει την κεντρική μονάδα έλεγχου εγκατεστημένη σε ασφαλή απόσταση ελέγχου, όπως ο θάλαμος ελέγχου μηχανοστασίου (ECR - Engine Control Room). Το κεντρικό σύστημα ανίχνευσης έχει την ικανότητα να παρακολουθεί μέχρι και 10 αυτόνομες μονάδες ελέγχου, και



σε κάθε αυτόνομη μονάδα ελέγχου μπορούν να συνδεθούν μέχρι 10 ανιχνευτές. Αυτό επιτυγχάνεται χωρίς εξωτερικούς σωλήνες μεταφοράς δειγμάτων και οι ανιχνευτές συνδέονται στις μονάδες με καλώδια.



Εικόνα 3.12: Διάταξη σύνδεσης έως 10 μηχανές, συστήματος Graviner Mk 7 OMD [10].

Κάθε ανιχνευτής παρακολουθεί ένα ενιαίο χώρο στροφάλου και είναι μια αυτόνομη συσκευή. Όταν το σύστημα είναι ενεργοποιημένο, κάθε ανιχνευτής συλλέγει δεδομένα με την πυκνότητα νέφους ελαίου και το μετατρέπει σε ένα ψηφιακό σήμα, το οποίο μεταδίδεται στην τοπική μονάδα ελέγχου που βρίσκεται τοποθετημένη επάνω στη μηχανή και στη συνέχεια στη κεντρική απομακρυσμένη μονάδα όπου υπάρχουν οι ενδείξεις σε μία συνδεδεμένη οθόνη ή ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή καθώς και συνδέσεις εξόδων συναγερμού. Η οθόνη δείχνει το επίπεδο της πυκνότητας νέφους ελαίου σε κάθε ανιχνευτή, καθώς και την κατάσταση του συστήματος. Σε περίπτωση συναγερμού, η οθόνη εμφανίζει αμέσως τα επίπεδα νέφους ελαίου για κάθε συνδεδεμένη μηχανή και για κάθε ανιχνευτή επάνω σ' αυτή. Σε περίπτωση βλάβης κάποιου ανιχνευτή, αυτός μπορεί να απομονωθεί χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία των άλλων ανιχνευτών. Το σύστημα θα συνεχίσει να λειτουργεί, ενώ παράλληλα ο ελαττωματικός ανιχνευτής μπορεί να εξαρμοστεί προς επισκευή ή να αντικατασταθεί από εφεδρικό [10].



Οι ανιχνευτές είναι αισθητήρες τύπου σκέδασης φωτός και το σύστημα μπορεί να αυτοελεγχθεί για τυχόν εσωτερικές βλάβες. Αυτό επιτυγχάνεται από τη μονάδα ελέγχου που ελέγχει περιοδικά τη λειτουργία του κάθε αισθητήρα, το ένα μετά τον άλλο και προσδιορίζει σε ελάχιστο χρόνο τη κατάσταση του συστήματος, αφού η μετάδοση των σημάτων από τους αισθητήρες προς κάθε μονάδα ελέγχου γίνεται ψηφιακά. Η μονάδα ελέγχου έχει οπτικές ενδείξεις LED για τους ανιχνευτές, κουμπιά για την απομόνωση των ανιχνευτών, καθώς και πλήκτρα για την αποδοχή, την επαναφορά του συστήματος και διαχείριση του συναγερμού [10].

Το σύστημα διαθέτει 3 ξεχωριστά επίπεδα συναγερμού:

- 1ο Επίπεδο Συναγερμού (Pre Alarm), που δείχνει ότι τα επίπεδα νέφους ελαίου αυξάνονται πάνω από 0.9mg/l ( το οποίο μπορεί να ρυθμιστεί σε 0.5mg/l έως 1.2mg/l), σε ένα συγκεκριμένο χώρο του στροφαλοθαλάμου και πρέπει να ερευνηθούν. Ο συναγερμός αυτός δεν θα δώσει εντολή για επιβράδυνση των στροφών της μηχανής ή άμεση διακοπή λειτουργίας της.
- 2ο Επίπεδο Συναγερμού (High Alarm), όταν οποιοσδήποτε ανιχνευτής φτάσει το όριο των 1.8mg/l ( το οποίο μπορεί να ρυθμιστεί σε 1.3mg/l έως 2.4mg/l) τότε θα σημάνει συναγερμός και θα δοθεί εντολή στους ηλεκτρονόμους (Relay) του συστήματος για επιβράδυνση των στροφών της μηχανής ή άμεση διακοπή λειτουργίας της.
- 3ο Επίπεδο Συναγερμού (Back Up Alarm), σε περίπτωση βλάβης του συστήματος 1<sup>ο</sup> Επίπεδου Συναγερμού (Pre Alarm) ή 2<sup>ο</sup> Επίπεδου Συναγερμού (High Alarm) θα σημάνει συναγερμός αλλά δεν θα δοθεί εντολή στους ηλεκτρονόμους (Relay) του συστήματος για επιβράδυνση των στροφών της μηχανής ή άμεση διακοπή λειτουργίας της.

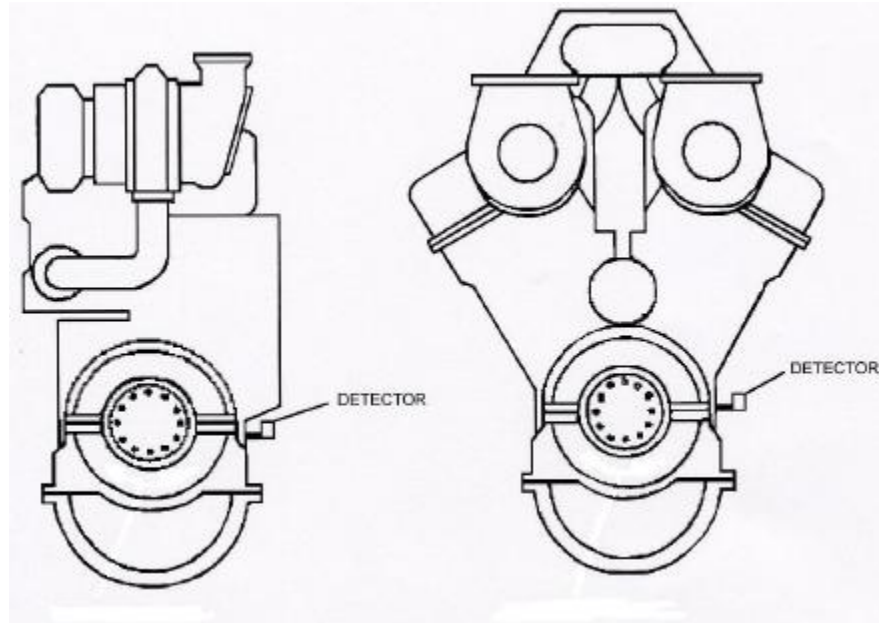


Εικόνα 3.13: Ενδείξεις κεντρικής μονάδας Graviner Mk 7 OMD [10].

Ωστόσο, το σύστημα έχει τη δυνατότητα να μπορεί να συνδεθεί με άλλες συσκευές ελέγχου της μηχανής και η επιβράδυνση των στροφών ή η άμεση διακοπή λειτουργίας να γίνεται διαμέσω αυτών και όχι απευθείας από το σύστημα ανίχνευσης. Ακόμη όταν σημάνει συναγερμός 1<sup>ου</sup> Επίπεδου Συναγερμού (Pre Alarm) ή 2<sup>ου</sup> Επίπεδου Συναγερμού (High Alarm), αυτός σταματάει όταν τα επίπεδα νέφους ελαίου επανέλθουν σε κανονικά και τότε μπορεί να γίνει επαναφορά του συστήματος, είτε από την τοπική, είτε από την απομακρυσμένη κεντρική μονάδα ελέγχου. Όλοι οι συναγερμοί, τα σφάλματα και τα συμβάντα καταγράφονται σε ένα αρχείο καταγραφής συμβάντων, με αναγραφή ημερομηνίας, ώρας και τύπο συμβάντος, το οποίο επιτρέπει ανάλυση των γεγονότων σε μεταγενέστερο χρόνο. Το αρχείο καταγραφής συμβάντων έχει χωρητικότητα 1024 γεγονότα, κυλιόμενης καταγραφής [10].

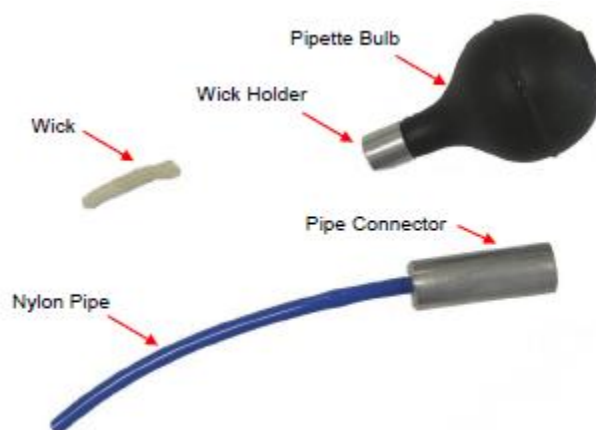
Για τη σωστή λειτουργία του συστήματος, θα πρέπει κάθε ανιχνευτής να είναι τοποθετημένος στο άνω μέρος του τοιχώματος του στροφαλοθαλάμου και μακριά από το εσωτερικό δίκτυο ελαίου λίπανση. Σε μικρότερους κινητήρες είναι επιτρεπτή η τοποθέτηση του ανιχνευτή επάνω στην πόρτα του στροφαλοθαλάμου, εφόσον ληφθούν υπόψη και τα επίπεδα κραδασμών της μηχανής. Ο ανιχνευτής πρέπει να τοποθετείται με μέγιστη κλίση +/- 20° από την κατακόρυφο. Οριζόντια ο ανιχνευτής πρέπει να τοποθετηθεί χωρίς κλίση ή με το

σώμα του ανιχνευτή να έχει ελαφρά κλίση προς τον κινητήρα, ώστε να εξασφαλίζεται η αποστράγγιση του λαδιού από τον ανιχνευτή.



Εικόνα 3.14: Ιδανική τοποθέτηση αισθητήρων σε στροφαλοθάλαμο Δίχρονης και Τετράχρονης μηχανής diesel [10].

Επίσης κατά την εγκατάσταση, την επισκευή ή τον έλεγχο καλής λειτουργίας του συστήματος απαιτείται δοκιμή συναγεμού, η οποία γίνεται με διοχέτευση καπνού σε κάθε ανιχνευτή όπως δείχνουν οι παρακάτω εικόνες. Πριν από τη δοκιμή αυτή, με κατάλληλες ρυθμίσεις πρέπει να απενεργοποιηθούν οι εντολές για επιβράδυνση των στροφών της μηχανής ή άμεση διακοπή λειτουργίας της, στο σύστημα ώστε να μην δημιουργηθεί κάποια άλλη βλάβη στη μηχανή.



Εικόνα 3.15: Εργαλεία ελέγχου λειτουργίας, συστήματος Graviner Mk 7 OMD [10].



Εικόνα 3.16: Τρόπος ελέγχου καλής λειτουργίας συστήματος Graviner Mk 7 OMD, με διοχέτευση νέφους ελαίου σε αισθητήρα [10].

Το σύστημα Graviner Mk 7 OMD θεωρείται από τα πλέον αξιόπιστα λόγω της έλλειψης σωληνώσεων μεταφοράς δειγμάτων, της ψηφιακής μετάδοσης των σημάτων από τους ανιχνευτές στις μονάδες ελέγχου και του απομακρυσμένου ελέγχου από ασφαλή απόσταση, για τη προστασία της ασφάλειας των εργαζομένων στα μηχανοστάσια των πλοίων.

Στο προηγούμενο σύστημα Graviner Mk 6 OMD της εταιρίας, διαπιστώθηκε δυσλειτουργία του συστήματος σε ορισμένες μηχανές πλοίων, όταν σ' αυτές παρατηρήθηκαν μηδενικές τιμές (0,00 mg/l) συγκέντρωσης νέφους ελαίου, ενώ οι μηχανές ήταν σε συνεχή λειτουργία με πλήρη φορτίο, ενώ δεν θα έπρεπε να είναι εντελώς μηδενικές. Έπειτα από έρευνα της κατασκευάστριας εταιρίας, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μηδενικές ενδείξεις, θα μπορούσαν να οφείλονται σε ένα λεπτό στρώμα ή φυσαλίδα ελαίου λίπανσης, που τυχαία έχει σταθεί επάνω στην οπή εισόδου του αέρα στον αισθητήρα του στροφαλοθάλαμου και μπορεί να προκλήθηκε από την εκτίναξη του ελαίου λίπανσης, όταν η μηχανή λειτουργεί υπό φορτίο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η εισαγωγή του αέρα του στροφαλοθαλάμου, στο καθετήρα του αισθητήρα, οπότε αυτός δίνει μηδενικές τιμές (0,00 mg/l) συγκέντρωσης.

Έτσι το 2006 η κατασκευάστρια εταιρία, αναγκάστηκε να τροποποιήσει το σχεδιασμό των αισθητήρων ώστε να μην μένει λάδι λίπανσης επάνω στον αισθητήρα, και προχώρησε στην αντικατάσταση όλων των αισθητήρων του



συγκεκριμένου συστήματος, που είχαν τοποθετηθεί μέχρι τότε. Παράλληλα ο Αγγλικός Νηογνώμονας ( Lloyd's Register of Shipping), εξέδωσε την σχετική οδηγία ασφαλείας Νο. 06/2006 [12].

Συμπερασματικά τα συστήματα Graviner Mk 7 OMD είναι από τα πλέον αξιόπιστα και παρέχουν επαρκή προστασία στις μηχανές diesel από επικίνδυνες εκρήξεις στροφαλοθαλάμων.

### 3.3 DAIHATSU MD-9M

Το συγκεκριμένο σύστημα ανίχνευσης νέφους ελαίου στροφαλοθαλάμου, σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία, είναι τοποθετημένο σε μεγάλο αριθμό μηχανών πλοίων.



Εικόνα 3.17: Κεντρική μονάδα DAIHATSU MD-9M [26].

Η κεντρική μονάδα του συστήματος, παίρνει συνεχώς δείγματα του αέρα της ατμόσφαιρας από τον χώρο του στροφαλοθαλάμου της μηχανής diesel, μέσω σωλήνων δειγματοληψίας που έχουν τοποθετηθεί σε κάθε τμήμα του και καταλήγουν σε ένα σωλήνα στη μονάδα. Η δειγματοληψία γίνεται με αναρρόφηση, η οποία επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός μικρού ανεμιστήρα που δημιουργεί υποπίεση στο κεντρικό σωλήνα που καταλήγει στην μονάδα ελέγχου.

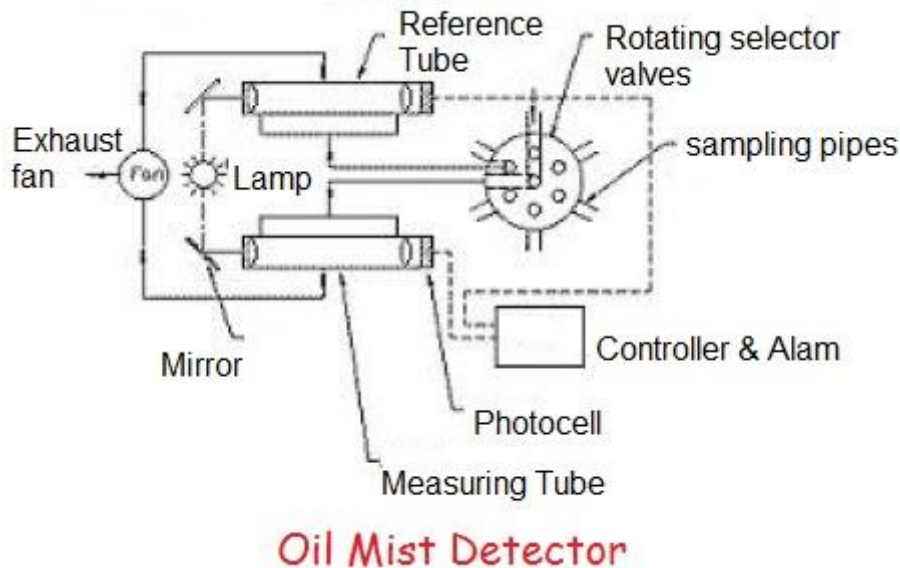




Εικόνα 3.18: Κεντρική μονάδα DAIHATSU MD [26].

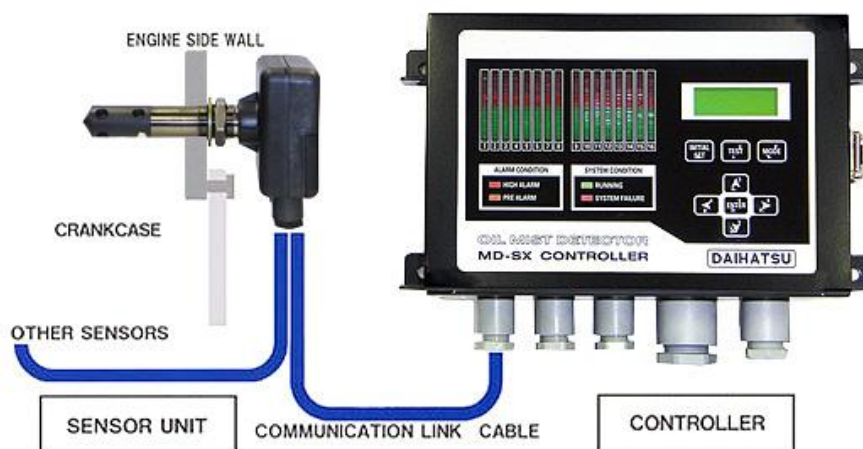
Στην κεντρική μονάδα υπάρχει μία μικρή περιστροφική βαλβίδα επιλογής, στην οποία συνδέεται ο κεντρικός σωλήνας μεταφοράς δειγμάτων, μέσω της οποίας λαμβάνει ένα δείγμα από έναν κύλινδρο κάθε φορά, και στη συνέχεια περιστροφική βαλβίδα γυρίζει στη σωλήνωση από τον επόμενο κύλινδρο μετά από περίπου 4 δευτερόλεπτα. Το δείγμα από την περιστροφική βαλβίδα επιλογής, πηγαίνει προς το σημείο μέτρησης όπου βρίσκεται αισθητήρας σκίασης με φωτοκύτταρα, ενώ σε άλλο σημείο της μονάδας βρίσκεται άλλος αισθητήρας σκίασης με φωτοκύτταρα, στον οποίο διοχετεύεται καθαρός αέρας και έχει το ρόλο στο σύστημα του αισθητήρα αναφοράς. Έτσι όπως αναφέρθηκε, μέσω μικροεπεξεργαστή γίνεται σύγκριση των σημάτων που λαμβάνονται από τους δύο αισθητήρες και όταν αυτά είναι παρόμοια, σημαίνει ότι δεν έχουμε επικίνδυνη συγκέντρωση νέφους ελαίου στον στροφαλοθάλαμο. Εάν τα σήματα αυτά κάποια στιγμή, αποκλίνουν μεταξύ τους και με δεδομένο ότι στον ένα αισθητήρα έχουμε μόνο καθαρό αέρα, τότε στον άλλο υπάρχει επικίνδυνη συγκέντρωση νέφος ελαίου και δίνεται εντολή από τον μικροεπεξεργαστή για συναγερμό (Alarm). Ακόμη η περιστροφική βαλβίδα επιλογής σταματά στη θέση αυτή, ώστε να επισημανθεί από ποιο κύλινδρο προήλθε το δείγμα με την υψηλή συγκέντρωση νέφους ελαίου. Τέλος δίνεται εντολή για μείωση

στροφών στη μηχανή η οποία επιβραδύνει αυτόματα για την αποτροπή έκρηξης στο στροφαλοθάλαμο.



Εικόνα 3.19: Διάταξη λειτουργίας κεντρικής μονάδας DAIHATSU MD-9M.

Αν και πολύ μεγάλο ποσοστό των συναγερμών που δίνονται από τα συστήματα ανίχνευσης DAIHATSU MD-9M είναι πραγματικά, υπάρχει μεγάλη χρονοκαυστέρηση στην περισυλλογή των δειγμάτων από τα σημεία λήψης του στροφαλοθαλάμου που επηρεάζει αρνητικά την αξιοπιστία τους. Απαιτείται ακόμη καθημερινός έλεγχος της κεντρικής μονάδας ενώ οι φακοί και οι καθρέφτες στη μονάδα του συστήματος πρέπει να καθαρίζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα.



Εικόνα 3.20: Κεντρική μονάδα DAIHATSU MD-SX [27].

Για την βελτίωση της αξιοπιστία της, πρόσφατα η εταιρία κυκλοφόρησε το σύστημα ανίχνευσης DAIHATSU MD-SX χωρίς σωληνώσεις και μηχανισμό αναρρόφησης, το οποίο χρησιμοποιεί στους ανιχνευτές αισθητήρες σκέδασης φωτός για την ανίχνευση των συγκεντρώσεων σταγονιδίων λαδιού και παρέχει επίσης μεγάλη ευκολία συντήρησης.



Εικόνα 3.21: Στροφαλοθάλαμος μηχανής και θάλαμος ελέγχου μηχανοστασίου (ECR) με εγκατεστημένη κεντρική μονάδα DAIHATSU MD-SX [27].

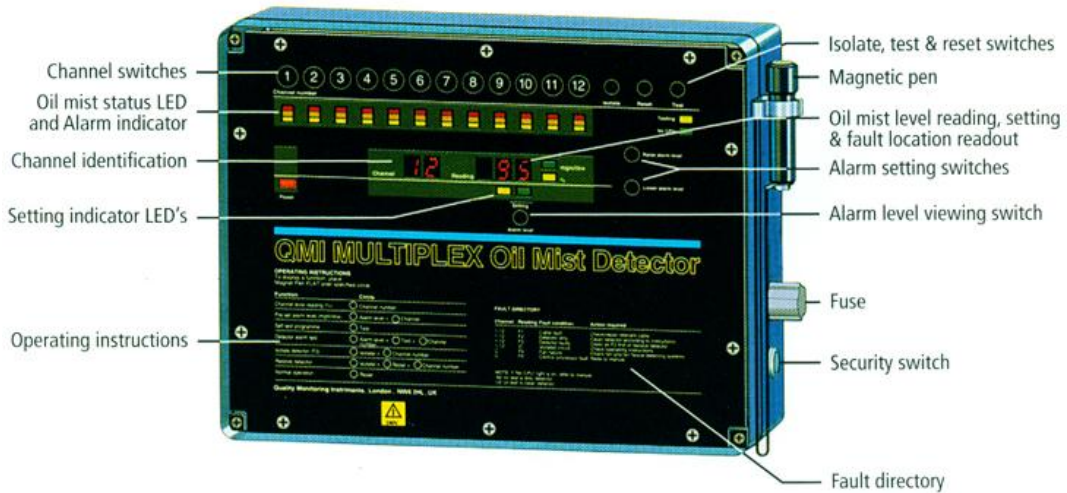
Έχει τοποθετηθεί βελτιωμένος μικροεπεξεργαστής στην κεντρική μονάδα ελέγχου, με σύστημα αυτοδιάγνωσης βλαβών συνολικά για το σύστημα και για κάθε αισθητήρα ξεχωριστά. Η κεντρική μονάδα τοποθετείται στο θάλαμο ελέγχου μηχανοστασίου (ECR - Engine Control Room) και στη οθόνη της εμφανίζονται συνεχώς οι συγκεντρώσεις νέφους ελαίου σε κάθε ανιχνευτή, ελέγχοντας έτσι συνεχώς την κατάσταση της μηχανής, ενώ οι σωληνώσεις μεταφοράς δειγμάτων των προηγούμενων συστημάτων έχουν αντικατασταθεί από καλωδιώσεις που επιτυγχάνουν άμεση απόκριση εντοπισμού επικίνδυνης συγκέντρωσης νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο.

### 3.4 QMI MULTIPLEX

Η εταιρία QMI θεωρείται από τις πρωτοπόρους κατασκευαστές συστημάτων προστασίας μηχανών diesel και συστημάτων προστασίας μηχανοστασίων έναντι πυρκαγιών, από το 1980, όταν ο ιδρυτής της μηχανικός Brian Smith, προχώρησε στη κατασκευή ενός αρκετά αξιόπιστου συστήματος για την εποχή του, στην προστασία των μηχανών diesel από τη συσσώρευση του νέφους ελαίου λίπανσης στο στροφαλοθάλαμο [25].



Το 1984 η QMI ανέπτυξε το 12κανάλο σύστημα Multiplex Oil Mist Monitor με την τοποθέτηση ξεχωριστών ανιχνευτών σε κάθε διαμέρισμα στροφαλοθαλάμου που μπορούσε να καλύψει έως 12κυλινδρες μηχανές diesel.



Εικόνα 3.22: Κεντρική μονάδα QMI Multiplex [25].

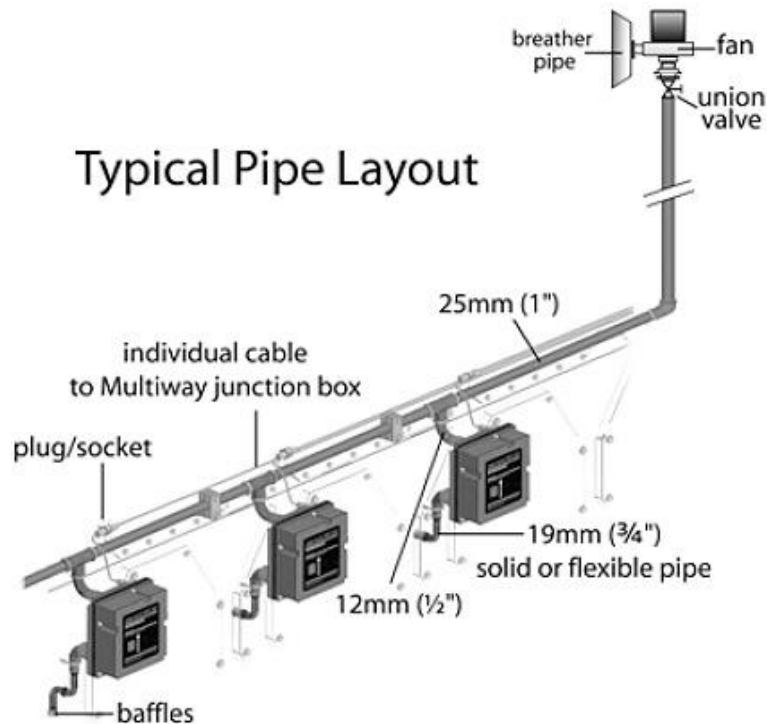
Το 12κανάλο σύστημα QMI Multiplex, που κυκλοφορεί ακόμη στην αγορά, παρέχει πολύ μεγάλη ακρίβεια εντοπισμού νέφους ελαίου, χρησιμοποιώντας αισθητήρες τεχνολογίας σκέδασης φωτός και σύμφωνα με τον κατασκευαστή έχει αποδειχθεί ότι:

- Παρέχει ταχεία απόκριση, μέσα σε 500 χιλιοστά του δευτερολέπτου, του νέφους ελαίου που ανιχνεύεται, όταν οι ανιχνευτές έχουν τοποθετηθεί σωστά.
- Μπορεί να παρακολουθεί μέχρι και 12 σημεία ανίχνευσης ταυτόχρονα.
- Μπορεί να τοποθετηθεί σε κέντρα ελέγχου (Engine Control Room) της μηχανής ή στη γέφυρα (Wheelhouse) μακριά από τις επικίνδυνες ζώνες.
- Αποτροπή ψευδών συναγερμών
- Εξάλειψη των περιττών σωληνώσεων
- Παρέχει γραμμική απόδοση (true zero)
- Διαθέτει σύστημα αυτοδιάγνωσης, για την διαπίστωση σφαλμάτων και τις βλάβες αισθητήρων.

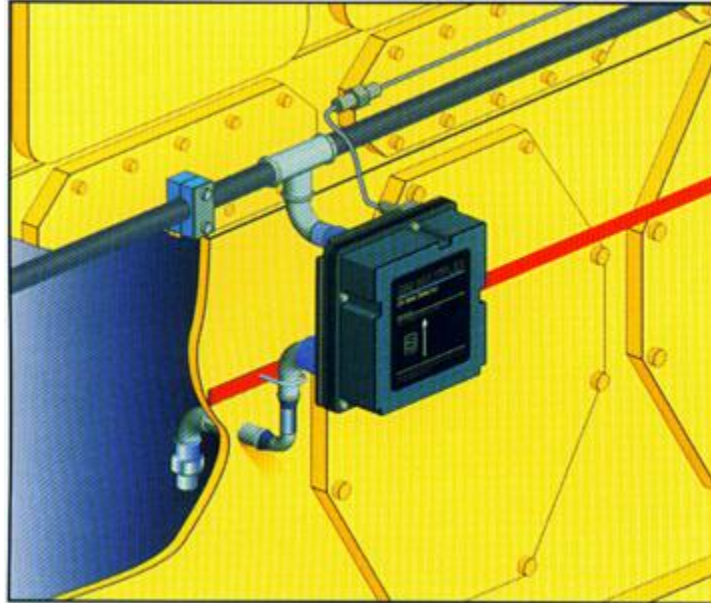


Εικόνα 3.23: Τοποθετημένο σύστημα ανίχνευσης QMI Multiplex [25].

- Οι βλάβες εμφανίζονται στην οθόνη, έτσι ώστε ο χρήστης να ενημερώνεται και να διαπιστώνει τους ψευδείς συναγερμούς.
- Η κεντρική μονάδα μπορεί να επιβλέπει περισσότερες από μία μηχανή diesel.



Εικόνα 3.24: Διάταξη σωληνώσεων συστήματος ανίχνευσης QMI Multiplex [1]



Εικόνα 3.25: Σύνδεση ανιχνευτή QMI Multiplex σε στροφαλοθάλαμο μηχανής diesel [25].

Κάθε τοποθετημένος ανιχνευτής σε ένα διαμέρισμα του στροφαλοθαλάμου, έχει ενσωματωμένο έναν μικροεπεξεργαστή ο οποίος αποστέλλει στη κεντρική μονάδα πέντε σύνολα πληροφοριών για επεξεργασία κάθε 0,5 δευτερόλεπτα, μέσω καλωδιακής σύνδεσης και λειτουργεί ανεξάρτητα χωρίς να επηρεάζεται από τους υπόλοιπους ανιχνευτές.

Η QMI έχει επίσης πραγματοποιήσει σημαντικές έρευνες, για την τοποθέτηση συστημάτων ανίχνευσης σε υπάρχουσες μηχανές πλοίων diesel, αναφορικά με την θέση τοποθέτησης των αισθητήρων επάνω στις μηχανές. Σχετική είναι η έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2000 στη μηχανή B&W –Type S80MC του πλοίου M/V «BRITISH PIONNER». Αρχικά ελήφθησαν μετρήσεις νέφους ελαίου στη κεντρική μονάδα, με τους ανιχνευτές στην θέση που ήταν τοποθετημένοι σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της μηχανής. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μετακίνηση των ανιχνευτών νέφους ελαίου σε μια υψηλότερη θέση στο στροφαλοθάλαμο όπου οι τιμές συγκέντρωσης νέφους ελαίου ανέβηκαν τουλάχιστον στο διπλάσιο, ενώ παράλληλα υπήρξε και σταθεροποίηση των μετρήσεων. Επομένως είναι πολύ σημαντική για την αξιοπιστία του συστήματος, η θέση της τοποθέτησης των ανιχνευτών επάνω στη μηχανή, διότι κάθε τύπος μηχανής diesel και κατασκευαστής έχει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά [1].

Οι σύγχρονες δίχρονες μηχανές diesel έχουν συνήθως όγκο στροφαλοθαλάμου μεγαλύτερο από 500 m<sup>3</sup>, οπότε σε ένα τόσο μεγάλο χώρο οι αισθητήρες μπορεί να





μην είναι αρκετοί και να χρειαστεί η τοποθέτηση δύο ή και περισσότερων αισθητήρων σε κάθε διαμέρισμα στροφαλοθαλάμου.

Ακόμη η τοποθέτησής τους όσο το δυνατόν ψηλότερα στο στροφαλοθάλαμο αποτρέπει τη συσσώρευση λαδιού λίπανσης επάνω στους αισθητήρες, από την απόπλυση του λαδιού που προκαλείται από τη κυκλοφορία του στο στροφαλοθάλαμο.

#### 4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Τα πιθανά κριτήρια αξιολόγησης υφιστάμενων συστημάτων ανίχνευσης νέφους ελαίου λίπανσης σε στροφαλοθαλάμους μηχανών diesel πλοίων θα πρέπει να είναι η συνεχής αδιάλειπτη λειτουργία ενός συστήματος μέσα στις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στα πλοία όπως κραδασμοί, υψηλές θερμοκρασίες, αυξημένη υγρασία, ρυπασμένη ατμόσφαιρα στα μηχανοστάσια και στις άσχημες καιρικές συνθήκες στη θάλασσα. Σε περιπτώσεις βλάβης ενός συστήματος, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα να αποκαθίσταται στο μικρότερο δυνατό χρόνο, χωρίς να χρειάζεται ιδιαίτερη γνώση για τους χειρισμούς επαναφοράς από το προσωπικό. Η χρήση αξιόπιστου και ευκολόχρηστου λογισμικού για την λειτουργία θα πρέπει να είναι άλλο ένα κριτήριο αξιολόγησης. Ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δίνεται στο πόσο αληθείς είναι οι συναγερμοί που δίνουν τα συστήματα, αφού έχουν διαπιστωθεί περιστατικά ψευδών συναγερμών σε αρκετά υφιστάμενα συστήματα ανίχνευσης.

Τα δύο μεγάλα προβλήματα με ένα σύστημα που χρησιμοποιεί στους ανιχνευτές αισθητήρες σκίασης, είναι ότι είναι επιρρεπή σε ψευδή συναγερμό ενώ σημειώνεται σημαντική χρονοκαθυστέρηση στην ανίχνευση της αύξησης νέφους λαδιού [1]. Στους αισθητήρες σκίασης δεν είναι εφικτό να ρυθμιστεί αρχικά το σύστημα στις μηδενικές συγκεντρώσεις (true zero), διότι πρέπει να βρίσκεται σε λειτουργία η μηχανή οπότε στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν μηδενικές συγκεντρώσεις νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο. Επίσης η απορρόφηση του φωτός στους αισθητήρες σκίασης δεν είναι γραμμική αλλά τυχαία. Αυτός είναι ο λόγος που τα συστήματα ανίχνευσης που λειτουργούν με τέτοιου είδους αισθητήρες, δεν μπορούν να δώσουν ποσοτικοποιημένες μετρήσεις (mg / ltr) συγκεντρώσεως νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο. Η φιλοσοφία κατασκευής αυτών των συστημάτων βασίζεται στην απόκλιση που προκύπτει από τη σύγκριση του καθαρού αέρα με δείγματα αέρα από το στροφαλοθάλαμο όπως αναφέρθηκε. Έτσι για να έχουμε μία μέτρηση, πρέπει να



ληφθούν δύο διαδοχικά δείγματα από το περιβάλλον του στροφαλοθαλάμου, τα οποία θα συγκριθούν ένα-ένα με το δείγμα καθαρού αέρα, για να δώσουν την απόκλιση μεταξύ τους. Ακόμη στα μηχανοστάσια ο αέρας δεν είναι πάντοτε καθαρός και ο μολυσμένος αέρας επηρεάζει την καθαρότητα των φωτοκύτταρων στους αισθητήρες.

Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις στις οποίες διαπιστώθηκαν ψευδείς ενδείξεις οι οποίες οφείλονταν είτε σε αστάθεια της ηλεκτρικής τάσης, είτε σε υπερβολική διαρροή καυσαερίων στο στροφαλοθάλαμο, είτε σε ακάθαρτα φωτοκύτταρα και καθρέπτες των συστημάτων, είτε σε υψηλή περιεκτικότητα νερού μέσα στο λάδι της μηχανής.

Αρκετά σημαντικό στην αξιοπιστία ενός συστήματος όπως αναφέρθηκε είναι η θέση τοποθέτησης και ο αριθμός των αισθητήρων επάνω στη μηχανή, όπου πρέπει αφού εξεταστούν οι ιδιαιτερότητες στην κατασκευαστική γεωμετρία και ο τρόπος κυκλοφορίας του ελαίου λίπανσης σε μία μηχανή diesel, να προσδιοριστούν οι ιδανικές θέσεις τοποθέτησης και ο επαρκής αριθμός αισθητήρων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί διαμέσου της συνεργασίας του κατασκευαστή της μηχανής και του κατασκευαστή του συστήματος ανίχνευσης.



## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκε το φαινόμενο της δημιουργίας νέφους ελαίου λίπανσης εντός των στροφαλοθαλάμων των diesel μηχανών πλοίων.

Στόχος ήταν η περιγραφή του φαινομένου και των επιπτώσεων στα πλοία και στη ναυτιλία, να αναλυθεί η τεχνολογία των αισθητήρων και των συστημάτων ανίχνευσης που χρησιμοποιούνται και να αξιολογηθεί η αξιοπιστία της λειτουργίας τους.

Αρχικά έγινε αναφορά σε περιστατικά που συνέβησαν στο πρόσφατο παρελθόν σε πλοία, καθώς και στις επιπτώσεις των υλικών ζημιών, ανθρωπίνων απωλειών και σοβαρών τραυματισμών, ως αποτελέσματα που επακολούθησαν της δημιουργίας του φαινομένου. Αναφέρθηκαν οι αρχικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, για τις συνθήκες που λαμβάνει χώρα το φαινόμενο σε diesel μηχανές πλοίων, οι οποίες καθιέρωσαν τις τιμές των επικίνδυνων συγκεντρώσεων νέφους ελαίου λίπανσης στους στροφαλοθαλάμους των μηχανών και τους τρόπους μέτρησης επάνω στα πλοία.

Έτσι προέκυψε η ανάγκη της θέσπισης κανονισμών πλοίων από τους αρμόδιους φορείς ελέγχου κατασκευής και ασφάλειας των πλοίων που είναι οι νηογνώμονες και οι κρατικές αρχές, και αναλύθηκαν οι ισχύοντες κανονισμοί που εφαρμόζονται στα πλοία για την αποτροπή του φαινομένου.

Στη συνέχεια η μελέτη επικεντρώθηκε στις αρχές λειτουργίας και την τεχνολογία των αισθητήρων τύπου σκίασης και τύπου σκέδασης, που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ανίχνευσης που είναι τοποθετημένα επάνω στις diesel μηχανές πλοίων.

Ακολούθησε αναλυτική παρουσίαση συστημάτων ανίχνευσης ελαίου OMD, τεσσάρων κορυφαίων εταιριών κατασκευής τέτοιων συστημάτων, όπου εξηγήθηκαν οι διαφορετικοί τρόποι λειτουργίας και ο βαθμός αξιοπιστίας που επιτυγχάνουν. Εδώ προέκυψε ότι αν και τα συστήματα αυτά έχουν εξελιχτεί σε μεγάλο βαθμό, έχουν συμβεί περιστατικά εκδήλωσης του φαινομένου σε πλοία, χωρίς προειδοποίηση, που είχαν εγκατεστημένα σε λειτουργία τέτοια συστήματα και για λόγους μη ορθής συντήρησης ή μη σωστής αρχικής εγκατάστασης, παρουσιάστηκε αστοχία των συστημάτων, να δώσουν έγκαιρη προειδοποίηση σχηματισμού επικίνδυνης συγκέντρωσης νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο, με καταστροφικά αποτελέσματα. Για τους ίδιους λόγους υπήρξαν επίσης περιστατικά



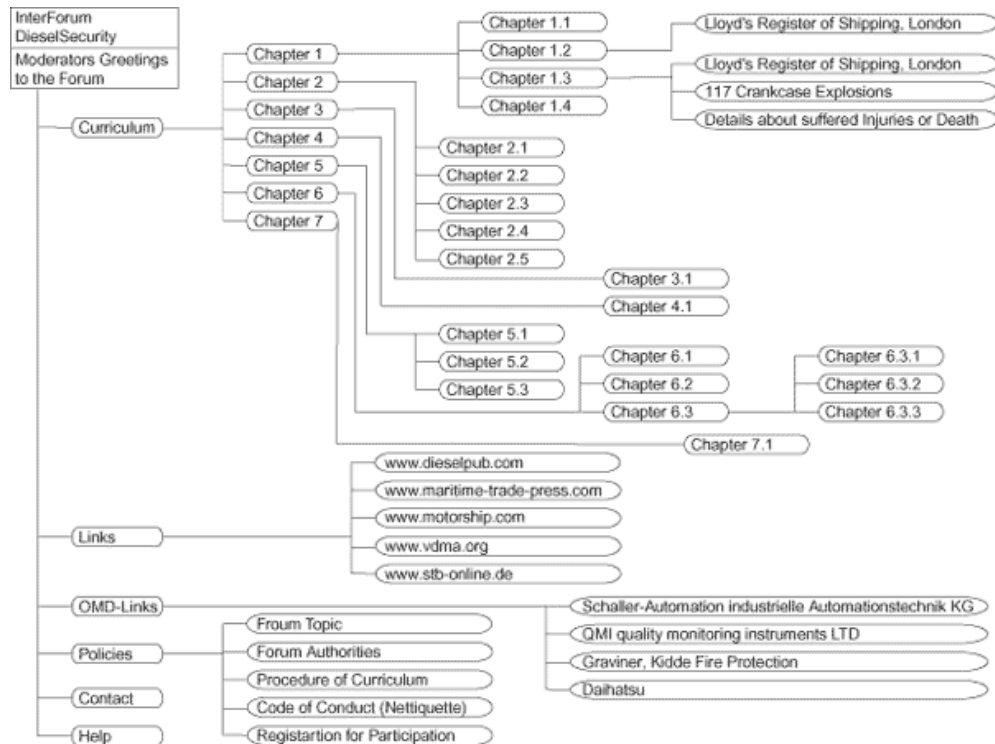
αναληθών συναγερμών, χωρίς να υπάρχει πραγματική επικίνδυνη συγκέντρωση νέφους ελαίου στο στροφαλοθάλαμο, που επηρέασαν αρνητικά την επιχειρησιακή ικανότητα των πλοίων (καθυστερήσεις, σταμάτημα μηχανών κ.α.).

Με βάση τα παραπάνω, προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα για το βαθμό αξιοπιστίας των υφιστάμενων συστημάτων ανίχνευσης OMD και ότι υπάρχουν ακόμη μεγάλα περιθώρια έρευνας και εξέλιξης ή ακόμη και πιθανής εφαρμογής άλλων τεχνολογιών, για την εξάλειψη του φαινομένου στις diesel μηχανές.

## 5.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Στα πλαίσια της βελτίωσης της αξιοπιστίας των συστημάτων ανίχνευσης δημιουργήθηκε επιτροπή εμπειρογνομόνων που αποτελείται από τους Dr. Klaus Groth-Πανεπιστήμιο Αννόβερου, Δρ Albert Albers-Πανεπιστήμιο της Καρλσρούης Mr. Fiedler, FMC Fiedler Motoren Consulting Κίελο στην οποία συμμετέχουν και οι τέσσερις μεγαλύτερες εταιρίες κατασκευής συστημάτων ανίχνευσης Schaller Automation – Γερμανία, QMI Quality Monitoring Instruments Ltd and Gravinger Kidde Fire Protection, και οι δύο από το Ηνωμένο Βασίλειο και Daihatsu, Ιαπωνία [24].

Η επιτροπή αυτή δημιούργησε ένα Internet forum στη διεύθυνση <http://www.dieselsafety.org> που δίνει τη δυνατότητα συνεχούς διασύνδεσης, σε πραγματικό χρόνο με τα πλοία που έχουν εγκατεστημένα τέτοια συστήματα, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται καταγραφή σε βάσεις δεδομένων, των συμβάντων στα συστήματα ανίχνευσης επάνω στα πλοία και υπάρχει δυνατότητα βοήθειας μέσω του forum σε περιπτώσεις δυσλειτουργιών, ειδικά εάν αυτές προέρχονται από τα λογισμικά των συστημάτων. Το Internet forum έχει σκοπό να συγκεντρώσει όλους τους εμπλεκόμενους φορείς όπως νηογνώμονες, ναυτιλιακούς οργανισμούς, ναυτιλιακές εταιρίες, ναυτασφαλιστές, εμπειρογνώμονες και επιστημονικούς φορείς που επικεντρώνουν την έρευνά τους στο φαινόμενο του σχηματισμού νέφους ελαίου λίπανσης σε μηχανές diesel [24]. Μέσω του forum μπορεί να γίνει καταγραφή και άντληση πλήθους πληροφοριών από όλους τους συμμετέχοντες, για επεξεργασία και ανάλυση.



Εικόνα 5.1: Δομή του Interforum <http://www.dieselsafety.org> [24].

Από την παρούσα εργασία προκύπτει ότι υπάρχουν ακόμη μεγάλα περιθώρια έρευνας στην αντιμετώπιση του φαινομένου επικίνδυνων συγκεντρώσεων νέφους ελαίου λίπανσης στις μηχανές diesel πλοίων ώστε να καταστούν αυτές πιο ασφαλείς και αξιόπιστες, με την προϋπόθεση, να γίνουν κατανοητές οι ιδιαίτερες συνθήκες που κυριαρχούν στις θαλάσσιες μεταφορές και οι πιθανές καταστάσεις έκτακτης ανάγκης επάνω στα πλοία, από όλους όσους έχουν επικεντρωθεί στις έρευνες αυτές.





## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Oil Mist Detection as an Aid to Monitoring an Engine's Condition Brian J. Smith (2001).
- [2] The Merchant Shipping Act, 1894,( Report Of Court no 7951) m/v REINA DEL PACIFICO (1948)
- [3] Freeton, H.G., Roberts, J.D., Thomas, A.: Crankcase Explosions, An Investigation into some factors governing the selection of protective devices, Institute of Mechanical Engineers, (1956)
- [4] Mansfield, W.P.: Crankcase Explosions, Development of new protective Devices, Institute of Mechanical Engineers, (1956)
- [5] Oil mist detector – a boon for engine and life on board Posted on October 31, 2015 <https://marineronboard.com>[Online Available - Accessed: Jan 14, 2017]
- [6] Protection of internal combustion engines against crankcase explosions [http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Resolution\\_changes/PDF/UR\\_M10\\_Rev4\\_pdf2188.pdf](http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Resolution_changes/PDF/UR_M10_Rev4_pdf2188.pdf), (July 2013) [Online Available-Accessed: Jan 11, 2017]
- [7] Measures to Limit the Latent Operational Danger of Large Marine DieselEngines -MTZ Motortechnische Zeitschrift 62, Vol. 7/8 & 12 (2001)
- [8] Oil Mist and Machinery Space Fires - Malcolm H. Holness<sup>1</sup> and Brian J. Smith, Marine Technology, Vol. 39, No. 1, (January 2002), pp. 62–66
- [9] SCHALLER AUTOMATION VISATRON VN115/87plus, VN116/87plus,VN215/87plusOil Mist Detectors Operation Manual Version1.9, (March 2010)
- [10] Kidde Fire Protection Graviner Mk 7 OIL MIST DETECTOR - INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL (May 2012) <http://www.ocean-automation.com> [Online Available - Accessed: Jan 19, 2017]
- [11] IACS Requirements concerning MACHINERY INSTALLATIONS M10 Protection of internal combustion engines against crankcase explosions Rev.4 (July 2013)
- [12] ABS - RULES FOR BUILDING AND CLASSING STEEL VESSELS PART 4 VESSEL SYSTEMS AND MACHINERY (2006)
- [13] IMO - GUIDELINES FOR THE MANUFACTURE AND INSTALLATION OF OIL MIST DETECTORS (Dec 2002)
- [14] IMO - SOLAS regulation II-1/27.5: Machinery – Automatic shutoff arrangements (January 2009)
- [15] International Association of Classification Societies Unified Requirement M67, Type Testing Procedure for Crankcase Oil Mist Detection and Alarm Equipment (Feb2015)
- [16] Classification News No. 0 6 / 2006, Lloyd's Register,( March 2006) <https://www.cdlive.lr.org/information/Documents/classnews/2006/cn0606.pdf>[Online Available - Accessed: Jan 19, 2017]
- [17] <http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea> (Feb 2017) [Online Available - Accessed: Jan 19, 2017]



- [18] <http://www.imo.org> (Feb 2017) [Online Available - Accessed: Feb 18, 2017].
- [19] <http://www.professionalmariner.com/October-November-2013/Carnival-cruise-ship-blackout-blamed-on-poor-engine-room-firefighting/>
- [20] <http://www.machineryspaces.com/crankase-oil-mist-detector.html> [Online Available - Accessed: Jan 9, 2017]
- [21] <http://www.schaller.de/products/oil-mist-detector-visatron.html> [Online Available - Accessed: Jan 19, 2017]
- [22] <http://www.ship-technology.com/contractors/propulsion/schaller/> [Online Available - Accessed: Jan 18, 2017]
- [23] [http://www.marinediesels.info/Horror%20Stories/crankcase\\_explosion\\_3.htm](http://www.marinediesels.info/Horror%20Stories/crankcase_explosion_3.htm) [Online Available - Accessed: Jan 18, 2017]
- [24] <http://www.dieselsafety.org/index2.htm> [Online Available - Accessed: Feb 11, 2017]
- [25] <http://www.oilmist.com/products/qmi-multiplex-monitor/> [Online Available - Accessed: Feb 11, 2017]
- [26] [www.dhtd.co.jp/en](http://www.dhtd.co.jp/en) [Online Available - Accessed: Feb 12, 2017]
- [27] [http://www.dhtd.co.jp/en/products/other/oil\\_mist\\_detector.html](http://www.dhtd.co.jp/en/products/other/oil_mist_detector.html) [Online Available - Accessed: Feb 12, 2017]
- [28] <http://www.marineengineering.org.uk/page29.html> [Online Available - Accessed: Feb 12, 2017]