

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**ΔΙΠΛΩΤΙΚΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**

**Νικόλαος Παπαθανασίου (ΜΝ08016) 8<sup>ος</sup> Κύκλος**

*Διπλωματική Εργασία που υποβλήθηκε στο τμήμα Ναυτιλιακών  
Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων  
για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην  
Ναυτιλία*

**Πειραιάς**

**Νοέμβριος 2014**

## Δήλωση Αυθεντικότητας

«Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

Ο Δηλών

Παπαθανασίου Νικόλαος

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίσθηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Ερνέστος Τζαννάτος (Επιβλέπων)
- Βασίλειος Στυλιανός Τσελέντης (Επιτροπή)
- Γεώργιος Σαμιώτης (Επιτροπή)

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.

## Αφιέρωση

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στην οικογένεια μου καθώς και σε όλους τους συναδέλφους/συνεργάτες που ασχολούνται με το αντικείμενο των λιπαντελαίων ναυτιλίας.

## Πρόλογος

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή Κύριο Ερνέστο Τζαννάτο για την πολύτιμη συνδρομή του και την εποικοδομητική συνεργασία του.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## Περίληψη

Τα λιπαντικά ναυτιλίας σαν παράγωγο του πετρελαίου είναι στενά συνηφασμένα με την θαλάσσια ρύπανση και εκφράζεται σαν ρύπος στο θαλάσσιο περιβάλλον. Άρα η αναφορά καταρχήν για την θαλάσσια ρύπανση είναι επιτακτική. Το θεσμικό πλαίσιο απέναντι στα λιπαντικά ναυτιλίας γίνεται αυστηρότατο δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην τεχνολογία των οικολογικών λιπαντικών γνωστών σαν έλαια περιβαλλοντικής αποδοχής στην παρούσα εργασία. Παρά ταύτα δεν αγνοούμε τον λειτουργικό ρόλο των λιπαντελαίων στα πλοία για αυτό αναφέρουμε τα γενικά χαρακτηριστικά αυτών. Σε επόμενο κεφάλαιο κάνουμε αναφορά στην βιοτεχνολογία ως τρόπος για τον έλεγχο ρύπανσης μέσω των εναλλακτικών λιπαντικών. Αναλύουμε τα έλαια περιβαλλοντικής αποδοχής σε επόμενο κεφάλαιο. Στο τελευταίο κεφάλαιο πραγματευόμαστε τις μελλοντικές εξελίξεις των λιπαντελαίων της ναυτιλίας.

Λέξεις Κλειδιά: Ρύπανση, Λιπαντικά ναυτιλίας, Έλαια περιβαλλοντικής Αποδοχής ή Παλ (Περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά), Περιβάλλον

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	σελ 4
Κεφάλαιο 1 Θαλάσσια Ρύπανση.....	σελ 5
1.1 Ορισμός της θαλάσσιας Ρύπανσης .....	σελ 5-11
1.2 Πως το πετρέλαιο και τα παράγωγα του πετρελαίου εκφράζονται σαν ρύποι στο παράκτιο και θαλάσσιο περιβάλλον.....	σελ 11-12
1.3 Εκτιμήσεις των παγκόσμιων εισροών του πετρελαίου στο θαλάσσιο Περιβάλλον.....	σελ 12-13
1.4 Λιπαντέλαια σαν Ρύπος στο θαλάσσιο περιβάλλον.....	σελ 14-17
Κεφάλαιο 2 Το Θεσμικό πλαίσιο και τα Λιπαντικά Ναυτιλίας.....	σελ 18
Κεφάλαιο 3 Γενικά Χαρακτηριστικά των Λιπαντελαίων.....	σελ 19
3.1 Κατάταξη των λιπαντικών.....	σελ 21-24
3.2 Ορυκτέλαια.....	σελ 24
3.2.1 Παραγωγή και επεξεργασία ορυκτελαίων.....	σελ 24
3.2.1.1 Απόσταξη σε κενό.....	σελ 24-25
3.2.1.2 Αποκύρωση.....	σελ 25-26
3.2.1.3 Κατεργασία με διαλύτες.....	σελ 26-27
3.2.1.4 Αποχρωματισμός.....	σελ 27
3.2.1.5.1 Χημικά πρόσθετα (additives).....	σελ 27-29
3.2.1.5.2 Προληπτικά (wear preventives) .....	σελ 29-30
3.3 Συνθετικά λιπαντικά.....	σελ 30
3.3.1 Εστέρες διβασικών οξέων.....	σελ 30
3.3.2 Οργονοφωσφορικοί εστέρες.....	σελ 31
3.3.3 Εστέρες του πυριτικού οξέος.....	σελ 31
3.3.4 Σιλκόνες.....	σελ 31
Κεφάλαιο 4 Ναυτιλιακά Λιπαντικά.....	σελ 32-44
4.1 Συσχετισμός Καυσίμου Κυλινδρελαίου.....	σελ 39-42

4.1.2 Slow Steaming και Κυλινδρέλαια.....σελ 42-44	
Κεφάλαιο 5 Βιοτεχνολογία: Ένας τρόπος για τον έλεγχο της περιβαλλοντικής ρύπανσης μέσω των εναλλακτικών λιπαντικών .....	σελ .44
5.1 Εισαγωγή.....σελ 44-50	
5.2 Έλεγχος περιβαλλοντικής Ρύπανσης.....σελ 50-52	
Κεφάλαιο 6 Περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά.....σελ 52	
6.1 Ιστορικό υπόβαθρο.....σελ 52-55	
6.1.2 Ορισμός.....σελ 55-57	
6.1.3 Καταλληλότητα για τον σκοπό.....σελ 58-61	
6.1.4 Διαχείριση των ΠΑΛ στα πλοία.....σελ 61-62	
6.1.5 Εμπειρία Χρήσης.....σελ 63-65	
6.2.1.1 Τύποι Περιβαλλοντικά Αποδεκτών Λιπαντικών.....σελ 66	
6.2.1.2 Φυτικά Έλαια.....σελ 67	
6.2.1.3 Συνθετικοί Εστέρες.....σελ 67-68	
6.2.1.4 Πολυαλκυλενογλυκόλες.....σελ 68	
6.2.1.5 Νερό.....σελ 68	
6.2.2 Σκέψεις για Eals στο Υδάτινο Περιβάλλον.....σελ 69	
6.2.1 Παράγοντες Πύκνωσης.....σελ 69-70	
6.2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της με βάση τα φυτικά EALS.....σελ 71	
6.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των EALS με βάση συνθετικούς εστέρες.....σελ 72-73	
6.2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των EALS με βάση την πολυαλκυλενογλυκόλη.....σελ 73	

6.2.5 Διαθεσιμότητα και Κόστος των EALS.....σελ 74-77	
6.3. Ορισμός "περιβαλλοντικά αποδεκτού".....σελ 77	
6.3.1 Βιοαποικοδόμηση.....σελ 77-81	
6.3.2 Τοξικότητα Υδροβίων.....σελ 81-84	
6.3.3 Βιοσυσσώρευση.....σελ 84-86	
7 Κεφάλαιο Μελλοντικές Εξελίξεις των λιπαντελαίων Ναυτιλίας.....σελ 87	
7.1.1 Διαθεσιμότητα των Βασικών Λαδιών.....σελ 87	
7.1.2 Περιεκτικότητα του θείου στο καύσιμο.....σελ 87-88	
7.1.3 Εξελίξεις νέων μηχανών Μ.Ε.Κ.....σελ 89	
Συμπέρασμα.....σελ 90	
Παράρτημα.....σελ 91-97	
Βιβλιογραφία.....σελ 98-105	



## Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσης μελέτης είναι να παρουσιάσει τα λιπαντέλαια της ναυτιλίας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους. Η μεθοδολογία της εργασίας στηρίζεται στη συλλογή δευτερογενών δεδομένων, τα οποία συλλέχθηκαν μέσα από βιβλία άρθρα σε περιοδικά αλλά και μέσα από επίσημους διαδικτυακούς τόπους. Η εργασία αποτελείται συνολικά από επτά κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζει τη θαλάσσια ρύπανση και το δεύτερο περιγράφει το θεσμικό πλαίσιο σε σχέση με τα λιπαντέλαια ναυτιλίας το τρίτο κεφάλαιο αναλύει τα γενικά χαρακτηριστικά των λιπαντελαίων το τέταρτο κεφάλαιο αναλύει τα ναυτιλιακά λιπαντικά το πέμπτο κεφάλαιο αναλύει τη βιοτεχνολογία ως μέθοδο για το έλεγχο της περιβαντολοντικής ρύπανσης μέσω της χρήσης εναλλακτικών λιπαντικών. Το έκτο κεφάλαιο παρουσιάζει τα περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά. Το έβδομο κεφάλαιο αναλύει τις μελλοντικές εξελίξεις στα λιπαντικά ναυτιλίας.

## Κεφάλαιο 1 Θαλάσσια Ρύπανση

### 1.1 Ορισμός της Θαλάσσιας Ρύπανσης

Η λέξη ρύπανση έχει αναφερθεί εκτενώς στο παρελθόν και έχει αποδοθεί ως μια λέξη η οποία μπορεί να ικανοποιήσει διαφορετικές ανάγκες<sup>1</sup>. Στις μέρες μας όταν αναφερόμαστε στη λέξη ρύπανση κάνουμε λόγο για βλαβερές συνέπειες χωρίς όρια προς το περιβάλλον και όχι μόνο. Υπάρχουν όμως και κάποιοι συγγραφείς που ορίζουν την ρύπανση με διάφορους ορισμούς και οι οποίοι είναι συχνά ακραίοι<sup>2</sup>. Η συνηθέστερη γνώμη είναι εκείνη της παρέμβασης (interference) η οποία αναφέρεται σε άλλου είδους χρήσης του περιβάλλοντος.<sup>3</sup>

Σύμφωνα με το Σύνταγμα της Ελλάδας (1975) το άρθρο 24§1 αναφέρεται στην προστασία του πολιτιστικού και του φυσικού περιβάλλοντος η οποία είναι και υποχρέωση του κράτους. Το κράτος θα πρέπει να παίρνει προληπτικά μέτρα και κατασταλτικά προκειμένου να το διαφυλάξει.

Κατά τον Ελληνικό νόμο 1650/1986 που αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος δίδονται οι παρακάτω ορισμοί για ορισμένες μορφές περιβαλλοντικών προσβολών:

Η ρύπανση ορίζεται ως η παρουσία οποιασδήποτε ουσίας ή θόρυβου ή ακτινοβολίας ή άλλης μορφής ενέργειας η οποία μπορεί να επιφέρει αρνητικές συνέπειες στην υγεία των ζωντανών οργανισμών ή στα οικοσυστήματα. Η ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να οφείλεται σε ανθρώπινη δραστηριότητα ή φυσική μεταβολή.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος έχει σχέση με τις αρνητικές συνέπειες του περιβάλλοντος και άρα μπορεί προσβάλει το περιβάλλον και να καταστρέψει όλο το οικοσύστημα. Ο όρος προσβολή χρησιμοποιείται για να δηλώσει, ότι αλλοιώνονται ο αέρας, η γη και η θάλασσα μέσα από την ανθρώπινη δραστηριότητα.<sup>4</sup>

Η ρύπανση της θάλασσας ως ξεχωριστό πρόβλημα, αν και είναι δύσκολο να ξεχωριστεί από τη ρύπανση της βιόσφαιρας<sup>5</sup>, άρχισε μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο να μελετάται ειδικά, ενώ οι πρώτες εκτιμήσεις έγιναν σε αραιά διαστήματα μεταξύ των δύο πολέμων<sup>6</sup>.

Στη Στοκχόλμη η διακήρυξη σχετικά με το περιβάλλον το 1972 θεσμοθέτησε για πρώτη φορά τον όρο της θαλάσσιας ρύπανσης:

Η θαλάσσια ρύπανση (marine pollution)<sup>7</sup> ορίζεται ως η εισαγωγή βλαβερών ουσιών ή ενέργειας σε θάλασσα και σε ποταμούς, από τον άνθρωπο, και έχει ως συνέπεια να διαταράσσεται το θαλάσσιο οικοσύστημα, να κινδυνεύει η ανθρώπινη υγεία, να εμποδίζεται η αλιεία και να ελαττώνονται διάφορες ανέσεις όπως ο θαλάσσιος τουρισμός.

Ο πιο πάνω ορισμός δηλαδή, συσχετίζει την ανθρώπινη παρέμβαση με την ρύπανση της θάλασσας, η οποία έχει δυσμενή αποτελέσματα για το θαλάσσιο περιβάλλον. Παρόλα αυτά περισσότερο ανεπτυγμένος είναι ο ορισμός που δίνεται από την 3<sup>η</sup> συνδιάσκεψη του ΟΗΕ, ο οποίος αφορά το δίκαιο της θάλασσας.<sup>8</sup> Αυτά που συμπληρώνουν τον ορισμό αυτό είναι οι πιθανές καταστροφικές συνέπειες (which results or likely to result in such deleterious effects), γενικά που μπορεί να έχει το θαλάσσιο οικοσύστημα (as harm to living resources and marine life), και άλλες επιτρεπτές χρήσεις της θάλασσας εκτός της αλιείας (including fishing and other legitimate uses of the sea).<sup>9</sup>

Παρόλο που βρέθηκαν στοιχεία καινούργια, για τον ορισμό της θαλάσσιας ρύπανσης, οι μελετητές του περιβάλλοντος δεν τον αποδέχονται εύκολα, για το λόγο ότι η υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος δεν εξαρτάται μόνο από την εισαγωγή επιβλαβών ενεργειών ή ουσιών. Έχουν ήδη εμφανιστεί νέες μορφές ρύπανσης με μεγάλης διάρκειας συνέπειες για το θαλάσσιο περιβάλλον όπως για παράδειγμα είναι η ρύπανση της θάλασσας που οφείλεται στην εκμετάλλευση του

βυθού. Για αυτό το λόγο και πολλές φορές αναφέρεται η λέξη (deterioration)<sup>10</sup> σχετικά με την επιδείνωση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από τα Ηνωμένα Έθνη η θαλάσσια ρύπανση είναι η άμεση ή η έμμεση εισαγωγή ουσιών από τον άνθρωπο τόσο στο θαλάσσιο περιβάλλον όσο και σε ποταμούς, με βλαβερές συνέπειες στην υγεία του ανθρώπου, σε οποιαδήποτε δραστηριότητα γίνεται στη θάλασσα, στην ποιότητα των νερών και στη μείωση των ανέσεων.<sup>11</sup>

Όπως είναι φανερό τα πιο σημαντικά και μεγάλα προβλήματα ρύπανσης βρίσκονται εκεί όπου είναι έντονη η ανθρώπινη δραστηριότητα όπως για παράδειγμα σε πόλεις που βρίσκονται κοντά σε ακτές ή σε ποταμούς όπου συγκεντρώνονται τα νερά από περιοχές πυκνοκατοικημένες ή καλλιεργήσιμες. Οι πιο σημαντικές αιτίες ρύπανσης είναι οι παρακάτω:

- Μετακίνηση φορτιών που είναι επικίνδυνα
- Έλεγχος υποθαλάσσιων πυρηνικών και τοποθέτηση ραδιενεργών καταλοίπων
- Μεταφορά πετρελαιοειδών
- Καθαρισμός πετρελαιοκηλίδων
- Ενέργειες τουριστικές και εμπορικές
- Απόρριψη στερεών απορριμμάτων-καταλοίπων από βιομηχανική και κατασκευαστική δραστηριότητα
- Ιχθυοκαλλιέργειες
- Θερμική ρύπανση

Τέλος η ρύπανση οφείλεται σε παράγοντες γεωγραφικής και γεωμορφολογικής φύσεως όπως είναι για παράδειγμα τα θαλάσσια ρεύματα, η ταχύτητα του αέρα, ο τόπος, η ρύπανση όπως και η ποσότητα του βυθού.

Θα γίνει μια προσπάθεια για γενική κατάταξη των διάφορων μορφών ρύπανσης η οποία δείχνει και το πώς η κάθε μια ενεργεί. Συγκεκριμένα, η ρύπανση που αφορά τον περιβάλλον μπορεί να είναι:

(α) Ατμοσφαιρική ρύπανση που έχει σχέση με τη διασυνοριακή ρύπανση. Οι αιτίες αυτών των μορφών ρύπανσης είναι κυρίως οι βιομηχανικές και αστικές δραστηριότητες, οι γεωργικές καλλιέργειες και οι διεθνείς μεταφορές.

(β) Ρύπανση των υδάτων η οποία αφορά τόσο τις θάλασσες και τους ωκεανούς όσο και τις λίμνες και τα ποτάμια. Αυτή οφείλεται εξαιτίας των διαρροών των φορτιών καθώς μεταφέρονται στη θάλασσα, της απόρριψης των αποβλήτων και των λυμάτων που προέρχονται από την ξηρά, των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες και την αφαίρεση του πετρελαίου ή του φυσικού αερίου από την θάλασσα.

(γ) Θερμική ρύπανση η οποία είναι μια πιο εξειδικευμένη μορφή και συνδέεται με τη ρύπανση των υδάτων, όπως είναι για παράδειγμα, η έκρηξη που συνέβη, το 1986, στην Ελβετία, στην αποθήκη Σαντόζ και είχε σαν επακόλουθο το υγρό που χρησιμοποιήθηκε για να σβηστεί η φωτιά, με τις τοξικές ουσίες να πέσει στα νερά του ποταμού Ρήνου και να τα ρυπαίνει.

(δ) Ηχητική ρύπανση η οποία οφείλεται τις περισσότερες φορές στην προσγείωση ή στην απογείωση ενός αεροσκάφους, στις συσκευές που χρησιμοποιούνται στο σπίτι όπως είναι για παράδειγμα το ραδιόφωνο, ή σε μεγάλες εργοστασιακές μονάδες.<sup>12</sup>

(ε) Ρύπανση εξαιτίας στερεών απόβλητων τα οποία χωρίζονται σε: α) στρατιωτικά υλικά που δεν χρησιμοποιούνται πλέον β) υπολείμματα από καθαρισμούς βυθών, τοξικά υλικά ή βιομηχανικά απόβλητα. Το βασικό πρόβλημα που προκύπτει από αυτή τη ρύπανση είναι το να βρεθεί το σωστό μέρος για τα απόβλητα αυτά.

(στ) Πυρηνική ρύπανση η οποία συνδέεται με την ιονική ακτινοβολία και κατ' επέκταση με την ραδιενέργεια, όπως είναι για παράδειγμα το Τσέρνομπιλ και οι ακτινοβολίες εξαιτίας στρατιωτικών δραστηριοτήτων.<sup>13</sup>

(ζ) Οπτική ρύπανση, με άλλα λόγια τα αρνητικά συναισθήματα που προκαλεί μια διαφήμιση ή μία κατασκευή η οποία δεν είναι και τόσο καλαίσθητη.<sup>14</sup>

Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση και η έρευνα του θαλάσσιου περιβάλλοντος, στις πρώτες δεκαετίες του 1970, όπου κάποιος μπορεί να ψάξει σε βιβλιογραφίες και σε νομικά κείμενα αφού προέκυψαν κάποια ατυχήματα δεξαμενόπλοιων<sup>15</sup> τα οποία σήμαναν τον κίνδυνο που υπάρχει ίσως και για πρώτη φορά, και υποχρέωσαν τα κράτη που είναι κοντά στις ακτές να ασχοληθούν με τις συνέπειες που προκαλούν στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Σήμερα είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ρύπανση και η προστασία των θαλασσών είναι το βασικό κομμάτι για επιστημονικές μελέτες και αναλύσεις αφού η έρευνα της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος αποτελεί ένα καινούριο πεδίο μελέτης. Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι στη θάλασσα αναπτύσσονται πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες έχουν και αρνητικές συνέπειες σε αυτή.<sup>16</sup> Αυτό μπορεί να επιβεβαιωθεί και από το η προστασία της θάλασσας καλύπτεται από διεθνείς, περιφερειακές και διακρατικές συμφωνίες.<sup>17</sup> Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι η θάλασσα παρουσιάζει περισσότερη αντοχή σε ανθρώπινες δραστηριότητες από ότι η στεριά.<sup>18</sup>

Όπως ήδη αναφέρθηκε η ρύπανση της θάλασσας γίνεται αντιληπτή μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Η ρύπανση αυτή οφείλεται κυρίως στο πετρέλαιο για το λόγο ότι τα περισσότερα από τα συμμαχικά εμπορικά πλοία που μετέφεραν πετρέλαιο αποτελέσαν στόχο για τα γερμανικά υποβρύχια.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να γίνει η πρώτη θαλάσσια ρύπανση επειδή όσο διαρκούσε ο πόλεμος διέρευσαν στη θάλασσα πάνω από τέσσερα εκατομ. τόνοι πετρελαίου. Εάν σε αυτό υπολογιστούν και τα πλοία τα οποία εξεράγησαν όταν τελείωσε ο πόλεμος, τότε η ποσότητα αυτή αυξάνεται περισσότερο.

Στις επόμενες ημέρες υπήρχε μια σημαντική αύξηση στη θαλάσσια ρύπανση ενώ σήμερα αποτελεί καθημερινό πρόβλημα των επιστημόνων. Οι λόγοι που συντέλεσαν στην γρήγορη ανάπτυξη της θαλάσσιας ρύπανσης είναι οι παρακάτω:

(α) η έντονη αστικοποίηση

- (β) η συνάθροιση ενός ικανού αριθμού βιομηχανικών δραστηριοτήτων σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές
- (γ) η χρήση του πετρελαίου ως βασική πηγή ενέργειας
- (δ) η μεγάλη αύξηση στις θαλάσσιες μεταφορές πετρελαίου και άλλων επικίνδυνων χημικών φορτίων
- (ε) η τεχνολογική πρόοδος
- (στ) η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων
- (ζ) το φαινόμενο της πληθυσμιακής έκρηξης στις αναπτυσσόμενες χώρες
- (η) το φαινόμενο της υπερκατανάλωσης στις βιομηχανικές χώρες

Παρόλα αυτά, σήμερα η προστασία του περιβάλλοντος και πιο συγκεκριμένα της θάλασσας δεν μπορεί μόνο να στηριχτεί σε νόμους αλλά πρέπει και το κάθε άτομο να είναι υπεύθυνο. Επίσης δεν πάει πολύς καιρός που τόσο οι επιστήμονες όσο και οι απλοί πολίτες πίστευαν ότι αυτά που προσφέρει η θάλασσα ήταν άπειρα και

χωρίς όρια για τις χρήσεις της. Σήμερα ήδη το 37% των ωκεανών που είναι 200 ν.μ. από την ακτή ή και πιο λίγο<sup>19</sup> χρησιμοποιείται για διάφορους λόγους από τον άνθρωπο<sup>20</sup>.

Από οποιαδήποτε πλευρά και αν ερευνηθεί το θέμα της θάλασσας, είναι φανερό ότι είναι ο χώρος εκείνος που καταλήγουν διάφορα κατάλοιπα (ultimate sink)<sup>21</sup> τα οποία προέρχονται τόσο από την ξηρά, και τις υποθαλάσσιες εγκαταστάσεις όσο και από τα ατυχήματα πλοίων και τις απορρίψεις πυρηνικών και στρατιωτικών υλικών που δεν χρησιμοποιούνται. Αποτέλεσμα αυτού είναι κάποιες παράκτιες περιοχές όπως για παράδειγμα είναι οι Γαλλικές και οι Ιταλικές ακτές στη Μεσόγειο θάλασσα ή ο Περσικός κόλπος και ο κόλπος του Μεξικού, να έχουν μεγάλο πρόβλημα ρύπανσης και να χρειάζεται άμεση επέμβαση για επίλυση του προβλήματος αυτού.

Το κοινωνικό κόστος που είναι από τους σημαντικότερους συντελεστές θα μπορούσε να αποτελέσει εμπόδιο στις προσπάθειες να μειωθεί η ρύπανση της θάλασσας, και πολύ περισσότερο όταν τα τελευταία χρόνια μπόρεσαν να το καταλάβουν αλλά παρόλα αυτά δεν έχει γίνει ευρέως αποδεκτό. Αναφέρεται ακόμα,

ότι η ρύπανση της θάλασσας που οφείλεται στο πετρέλαιο ή σε άλλες χημικές ουσίες, δημιουργεί μεγάλη αναταραχή στο θαλάσσιο οικοσύστημα ενώ η εξάλειψη της απαιτεί πολύ χρόνο και πολλά χρήματα και δεν έχει σίγουρα αποτελέσματα στις περιπτώσεις με επιβαρυντικές συνθήκες.

### **1.2 Πώς το πετρέλαιο και τα παράγωγα πετρελαίου εκφράζονται σαν ρύποι στο παράκτιο και στο θαλάσσιο περιβάλλον;**

Οι τυχαίες ή σκόπιμες, λειτουργικές απορρίψεις και οι διαρροές του πετρελαίου από τα πλοία, δεξαμενόπλοια, παράκτιες πλατφόρμες και pipelines, είναι η προφανέστερη και ορατή αιτία της ρύπανσης πετρελαίου του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Όπως συνοψίζεται από NOAA: "Το είδος διαρροής πετρελαίου αντιλαμβανόμαστε ότι είναι συνήθως η τυχαία ή σκόπιμη απελευθέρωση των πετρελαιοειδών στο περιβάλλον ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας (διάτρηση, κατασκευή, αποθήκευση, μεταφορά, διαχείριση των αποβλήτων.)

(Πηγή: <http://oils.gpa.unep.org/facts/sources.htm>)

Επίσης, οι υδρογονάνθρακες εμφανίζονται στον ωκεανό όχι μόνο ως "υγρά" προϊόντα πετρελαίου αλλά και ως αερίωδεις ατμοσφαιρικοί ρύποι. Οι υδρογονάνθρακες από τους ατμούς που προέρχονται από τη φόρτωση και την εκφόρτωση του πετρελαίου στα διαφορετικά στάδια από την εξαγωγή στην κατανάλωση, υπό μορφή πτητικών οργανικών ενώσεων μη-μεθανίου (nmVOCs), είναι ένα παράδειγμα. Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) από την ελλιπή καύση (αέρια εξάτμισης και αέρια σωλήνων) είναι μια άλλη κατηγορία αεριοδών υδρογονανθράκων που εισάγουν το θαλάσσιο περιβάλλον ως ρύπανση πετρελαίου.



### 1.3 Εκτιμήσεις των παγκόσμιων εισροών του πετρελαίου στο θαλάσσιο Περιβάλλον

Σε μια έκθεση που δημοσιεύεται το 2002 από το εθνικό ερευνητικό Συμβούλιο (nrc) της ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗΣ εθνικής ακαδημίας των επιστημών, η μέση συνολική παγκόσμια ετήσια απελευθέρωση του πετρελαίου (πετρέλαια) από όλες τις γνωστές πηγές στη θάλασσα έχει υπολογιστεί σε 1,3 εκατομμύριο τόνους. Εντούτοις, το εύρος ποικίλει, από πιθανούς 470.000 τόνους σε πιθανούς 8,4 εκατομμύριο τόνους ετησίως.

Σύμφωνα με την έκθεση, οι κύριες κατηγορίες πηγών συμβάλλουν στη συνολική εισροή είναι οι εξής:

Φυσικές Διαρροές : 46%

Απορρίψεις από την κατανάλωση πετρελαίων (λειτουργικές απορρίψεις από τα πλοία και απαλλαγές από τις επίγειες πηγές): 37%

Ατυχηματικές απορρίψεις από τα πλοία 12%

Εξαγωγή του πετρελαίου: 3%

Η αυστραλιανή ένωση παραγωγής και εξερεύνησης πετρελαίου (APPEA) ισχυρίζεται την ακόλουθη διανομή των εισαγωγών από τις διαφορετικές πηγές:

Βιομηχανικές πηγές (αστική απορροή και απαλλαγές από τη βιομηχανία): 37%

Φυσικές διαρροές: 7%

Η βιομηχανία πετρελαίου - ατυχήματα δεξαμενοπλοίων και παράκτια εξαγωγή πετρελαίου: 14%

Λειτουργικές απαλλαγές από τα πλοία όχι μέσα στη βιομηχανία πετρελαίου: 33%

Αερομεταφερόμενοι υδρογονάνθρακες: 9%

Σε μια έκθεση το 1993, η κοινή ομάδα εμπειρογνομόνων στις επιστημονικές πτυχές της θαλάσσιας προστασίας του περιβάλλοντος (GESAMP) υπολόγισε μια συνολική εισαγωγή των πετρελαίων σε 2,3 εκατομμύριο τόνους ετησίως και ταξινόμησε τις πηγές όπως αυτό:

Επίγειες πηγές (αστική απορροή, παράκτιες εγκαταστάσεις καθαρισμού): 50%

Πετρέλαιο που μεταφέρει και που στέλνει (λειτουργικές απαλλαγές, ατυχήματα δεξαμενοπλοίων): 24%

Παράκτιες εξορύξεις παραγωγής: 2%

Ατμοσφαιρική ραδιενεργός τέφρα: 13%

Φυσικές διαρροές: 11%

Σε μια έκθεση που δημοσιεύθηκε το 1980, η συνολική απόρριψη του πετρελαίου στον ωκεανό υπολογίστηκε σε 3.2 εκατομμύριο τόνους. Το μισό από εκείνο το ποσό (1,5 εκατομμύριο τόνοι) υπολογίστηκε για να προέλθει από τα πλοία (περίπου 1,2 εκατομμύριο τόνοι των οποίων από τις λειτουργικές, σκόπιμες απαλλαγές). Τα "απορριμμένα λιπαντικά" (και από τις βασισμένες στη θάλασσα και επίγειες πηγές;) υπολογίστηκε ότι αποτελούν περίπου 1,3 εκατομμύριο τόνους. Όπως επισημαίνεται σε ένα πρόσφατο σχόλιο σε αυτούς τους αριθμούς, η "ρύπανση πετρελαίου από τα πλοία έφθασε πιθανώς στην αιχμή της το 1979. Παρά τη δημοσιότητα που οι διαρροές πετρελαίου προσελκύουν πάντα, ακόμη και το 1979 μόνο ένα μικρό μέρος του πετρελαίου που εισάγεται στη θάλασσα προήλθε από τα ατυχήματα των δεξαμενοπλοίων. Οι περισσότερες προήλθαν από τις στερεότυπες διαδικασίες, και συμπεριλαμβανομένου και του λιπαντέλαιου των κυρίων μηχανών που εξαπλώνεται στο σύστημα (Πηγή: <http://oils.gpa.unep.org/facts/sources.htm>)

#### 1.4 Λιπαντέλαια σαν Ρύπος στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Τα ναυτιλιακά λιπαντικά που χάνονται από ένα ποντοπόρο πλοίο και υπεσεσέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον, προκαλούν σοβαρή βλάβη στο υδάτινο οικοσύστημα. Κατά συνέπεια, υπήρξε μια έμφαση στην ενθάρρυνση της χρήσης των οικολογικών αποδεκτών λιπαντελαίων σε πλοία για την προστασία του περιβάλλοντος (Carter, 2009).

Η σημασία των απορριπτέων λιπαντικών (όχι τυχαίων διαρροών) για το υδάτινο οικοσύστημα είναι σημαντική. Η πλειοψηφία των ποντοπόρων πλοίων χρησιμοποιούν ναυτιλιακά λιπαντικά σε ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών στο κατάστρωμα και σε υποβρυχίως βυθισμένα μηχανήματα. Η διαρροή λαδιού από το stern-tube line, που κάποτε θεωρούνταν ένα μέρος της κανονικής "επιχειρησιακής κατανάλωσης" του λιπαντελαίου, έχει γίνει ένα θέμα που απασχολεί και σήμερα θεωρείται ρύπανση από πετρέλαιο. Η διαρροή αυτή είναι μια σημαντική πηγή εισόδου λιπαντικών για το υδάτινο περιβάλλον. Μια μελέτη του 2001 που ανατέθηκε από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Ερευνών της Επιτροπής αποκάλυψε ότι η ρουτίνα μη εξουσιοδοτημένων λειτουργικών απορρίψεων λιπαντελαίου από πλοία στη Μεσόγειο Θάλασσα δημιούργησαν μεγαλύτερη ρύπανση από ότι πετρελαιοκηλίδες από ατυχήματα (Pavlakis, 2001). Η διαρροή στο Stern Tube Line αναγνωρίστηκε ως σημαντική πηγή αυτών των απορρίψεων.

Η ανάλυση δεδομένων σχετικά με την κατανάλωση του λιπαντελαίου που έδειξε μια σειρά από ποσοστά μέσης ημερήσιας κατανάλωσης στο stern tube line για διαφορετικά σκάφη (Etkin, 2010). Το μέσο ποσοστό σε όλους τους τύπους σκαφών ήταν 2,6 λίτρα ανά ημέρα, αλλά κυμαινόταν από λιγότερο από 1 λίτρο ανά ημέρα έως 20 λίτρα ανά ημέρα.. (Σχήμα 1)

ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

VESSEL'S TYPE	DAILY CONSUMPTION
Barge Carrier	20 LITERS/ PER DAY
IWW Oil Tanker	11 LITERS/ PER DAY
Navy Ships	10 LITERS/PER DAY
General Cargo Ship	7 LITERS / PER DAY
Bulk Carrier, Passenger/ Ro Ro Cargo	6 LITERS/ PER DAY
Container Ship; Tender; Live Stock Carrier	5 LITERS/ PER DAY
Heavy Load Carrier; Research Vessel; Crude Oil Tanker; Refrigerated Cargo Ship; Chemical Tanker; Container Ro-Ro Cargo Ship; Trawler	4 LITERS/ PER DAY
Pusher Tug; Hopper Dredger; Palletised Cargo Ship; Oil Products Tanker; Wood Chips Tanker; Chemical/Oil Products Tanker; Vehicles Carrier; LPG Tanker	3 LITERS/ PER DAY
Offshore Supply Ship; Passenger Ferry; Self-Discharging Bulk Carrier; Offshore Tug/Supply Ship; Fish Carrier; Fishing Vessel; Sail Training Ship; Passenger Cruise Ship; Standby Safety Vessel; Cement Carrier; Asphalt/Bitumen Tanker	2 LITERS/ PER DAY
Offshore Support Vessel; Bulk/Oil Carrier; LNG Tanker	1 LITERS / PER DAY
Buoy/Lighthouse Vessel; Cable Layer; Crane Ship; Dredger; Fishery Support Vessel; Live Fish Carrier; Motor Hopper; Offshore Processing Ship; Ore Carrier; Passenger/General Cargo Ship; Patrol Vessel; Pipe Layer; Platform; Pollution Control Vessel; Pontoon; Stone Carrier; Trans Shipment Vessel; Water Tanker; Well Stimulation Vessel; Work/Repair Vessel	0 LITERS/ PER DAY
1Note that vessels such as barge carriers and inland waterway (IWW) oil tankers may be consuming larger amounts of stern tube lubricants due to the degree to which the vessels are submerged	

Πίνακας 1 Πηγή: **Worldwide Analysis of In-Port Vessel Operational Lubricant Discharges and Leakages**

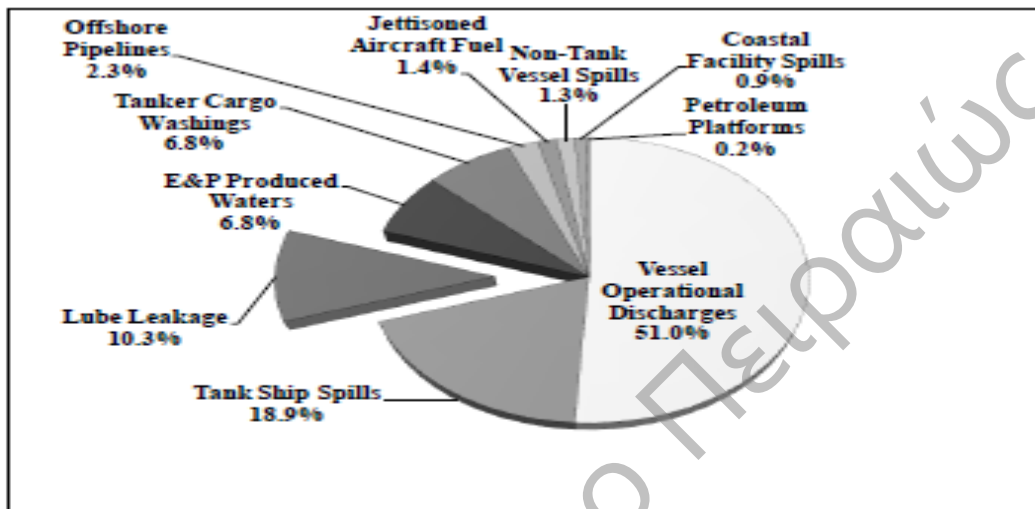
Τα πρόσθετα του λαδιού του κινητήρα, τα οποία μπορεί να είναι μέχρι 30% της συνθέσεως, είναι ισχυρές αλκαλικές ουσίες (για να εξουδετερώσουν τα οξέα που σχηματίζονται κατά την καύση του καυσίμου). Κατά συνέπεια, λόγω της φύσης των προσθέτων λαδιού του κινητήρα, η πρακτική αυτή αυξάνει σημαντικά τις τοξικές επιδράσεις απορρίψεων στο stern Tube Line.

Εκτός από τις διαρροές και την διαρροή στο Stern Tube Line, (Λειτουργική ρύπανση) υπάρχουν «επιχειρησιακές εισροές» λιπαντικών που οφείλονται σε συνεχείς απορρίψεις, χαμηλού επιπέδου και διαρροές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια των κανονικών χειρισμών του πλοίου στο λιμάνι.(Ατυχηματική Ρύπανση) Οι πηγές των επιχειρησιακών απορρίψεων περιλαμβάνουν μηχανήματα καταστρώματος και σε νερό (βυθισμένα) μηχανήματα. Υπάρχει ένας αριθμός συστημάτων που βρίσκονται κάτω από την ίσαλο γραμμή που πρέπει να λιπαίνονται. Τα κύρια συστήματα που εξετάζονται είναι το stern –tube line, τα κιβώτια ταχυτήτων πλώρης, και οι οριζόντιοι σταθεροποιητές. Όλα αυτά έχουν συστήματα λαδιού λίπανσης υπό πίεση που διατηρούν μια πίεση υψηλότερη από την περιβάλλουσα θάλασσα. Αυτό εξασφαλίζει ότι δεν υπάρχει σημαντική ποσότητα θαλασσινού νερού που μπορεί να εισέλθει στο σύστημα, και θα έχετε σε κίνδυνο την αξιοπιστία της μονάδας. Ωστόσο, οποιαδήποτε διαρροή λιπαντικού ελαίου εκβάλλει στη θάλασσα.

Μια μελέτη του 2010 εκτίμησε τις εισροές των λιπαντικών ελαίων εντός θάλασσας των πλοίων σε μεγάλα λιμάνια του κόσμου μέσα από την μετρώντας την διαρροή στο stern tube line σωλήνα και άλλων λειτουργικών απορρίψεων από τα πλοία (Etkin, 2010). Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι τα εμπορικά πλοία κάνουν πάνω από 1,7 εκατομμύρια επισκέψεις λιμένων κάθε χρόνο και σημειώνοντας διαρροές 4,6 έως 28.600.000 λίτρων λιπαντικού ελαίου στο stern tube line. Επιπλέον, 32,3 εκατομμύρια λίτρα λιπαντελαίου εισάγονται σε θαλάσσια ύδατα από άλλες λειτουργικές απορρίψεις και διαρροές. Συνολικά, λειτουργικές απορρίψεις (συμπεριλαμβανομένων διαρροής σωλήνα πρύμνης) κυμαίνονται από 36,9 έως 61.000.000 λίτρων λιπαντικού ελαίου σε θαλάσσιο λιμένα ετησίως - είναι το ισοδύναμο περίπου ενός και μισού του Exxon Valdez σε μεγέθους διαρροών. Υποθέτοντας ότι η υψηλότερη εκτίμηση της διαρροής στο stern tube line σωλήνα είναι αντιπροσωπευτική των εισροών που μπορεί να συμβούν στο λιμάνι, καθώς και κατά τη μεταφορά, η συνολική εκτιμώμενη συμβολή του λιπαντικού ελαίου από διαρροή και λειτουργικές απορρίψεις αντιπροσωπεύει σχεδόν 61 εκατομμύρια λίτρα ετησίως σε όλο τον κόσμο.

Οι διαρροές λιπαντικού ελαίου αντιπροσωπεύουν το 10 τοις εκατό των συνολικών εισροών του πετρελαίου σε θαλάσσια ύδατα, όπως εκτιμάται στο NRC Oil

2003 στη μελέτη Θάλασσας. Οι συνολικές ετήσιες εκτιμήσεις κόστους ανταπόκρισης και ζημιών για αυτές τις διαρροές και τις λειτουργικές απορρίψεις εκτιμώνται ότι θα είναι περίπου 322 εκατομμύρια δολάρια σε όλο τον κόσμο. Το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για τις ΗΠΑ εκτιμάται ότι θα είναι 31 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (Etkin, 2010).



**Σχήμα 2.** Ετήσιες Είσοδοι Πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον

Πηγή: Etkin, D. S. (2010). Worldwide analysis of in-port vessel operational lubricant discharges and leaks. In *Proc. 33rd Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar* (pp. 529-554).

## 2 Το Θεσμικό πλαίσιο και τα Λιπαντικά Ναυτιλίας

Διεθνείς οργανισμοί όπως ο I.M.O στο κεφάλαιο 1 Marpol Annex I καθώς και ο Έθνικος οργανισμός στην Αμερική (E.P.A/ VGP 2013) για την προστασία του

περιβάλλοντος στα ύδατα της Αμερικής γίνονται αυστηροί απέναντι στις διαρροές των λιπαντελαίων στα πλοία είτε αυτές είναι λειτουργικές απορρίψεις είτε ατυχηματικές διότι ανήκουν στην κατηγορία της ρύπανσης.

Στην διερεύνηση μας ο I.M.O στην αναφορά του για την απαγόρευση τυχουσών Απορρίψεων σε ότι σχετίζεται με πετρελαιοδή είδη προϊόντα/ κατάλοιπα επιτρέπει την λειτουργική απόρριψη των πετρελαϊκών καταλοίπων μόνο αν τα κατάλοιπα αυτά δεν ξεπερνάνε κατά την διύληση τους τα 15 ppm σε συγκεκριμένα γεωγραφικά όρια όπως ορίζονται από την Marpol Anex I 73/78.

(Πηγή: [www.imo.org](http://www.imo.org))

Τον Μάρτιο του 2013 για τον κανονισμό του VGP στον οποίο υποχρεούνται όλα τα πλοία να συμμορφώνονται όταν προσεγγίζουν τα Αμερικανικά ύδατα, ο εθνικός οργανισμός της Αμερικής EPA απαιτεί όλα τα πλοία να χρησιμοποιούν έλαια περιβαντολλογικής αποδοχής. *“All vessels must use an Environmentally Acceptable Lubricants (EAL) in all oil-to-sea interfaces, unless technically infeasible”*. Για να αποσαφηνίσουμε πλήρως το θέμα των οικολογικών λαδιών και το θέμα τι θεωρείται EPA όπως αυτός ορίζεται από το VGP 2013 θα κάνουμε εκτενή αναφορά σε επόμενα κεφάλαια. (Πηγή: [www.epa.gov](http://www.epa.gov))

Παρόλο που ο I.M.O γίνεται πολύ αυστηρός πάνω σε θέματα ρύπανσης στο περιβάλλον η μείωση των αέριων εκπομπών, η μείωση σε περιεκτικότητα σε θείο στις περιοχές του E.C.A δεν επηρεάζει άμεσα τα λιπαντέλαια. Άμεση επιρροή στα λιπαντέλαια εξασκεί μόνο με την εφαρμογή του VGP σε οικολογικά λάδια και αυτός είναι ο κύριος λόγος που στην παρούσα εργασία γίνεται εκτενής αναφορά σε αυτά .Δεν μπορούμε όμως να αγνοήσουμε τα παραπάνω, διότι η εξέλιξη στην τεχνολογία των καυσιμών π.χ LNG ή η μείωση σε περιεκτικότητα στα καύσιμα απαιτεί την αλλαγή και την συμμόρφωση των λιπαντελαίων σε νέες τεχνολογίες.

### 3 Γενικά Χαρακτηριστικά των Λιπαντελαίων

Οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί μια ουσία που προορίζεται για λιπαντικά είναι (Παπαευαγγέλου, 1995):

α) Να έχει κατάλληλο ιξώδες αλλά και να το διατηρεί κατά το δυνατό ανεπηρέαστο στις μεταβολές της Θερμοκρασίας, που το λιπαντικά θα συναντήσει στις διάφορες φάσεις λειτουργίας της μηχανής. Δεν αρκεί να έχουμε στη μηχανή μας λιπαντικά με κατάλληλο ιξώδες κατά την εκκίνηση. Όταν η μηχανή ζεσταθεί, ύστερα από ορισμένο χρόνο λειτουργίας, πρέπει το ιξώδες του λιπαντικού να παραμένει αρκετά υψηλό, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εκθλίψεως της λιπαντικής μεμβράνης. Όταν το ιξώδες είναι μεγαλύτερο από το κανονικό δυσχεραίνει την εκκίνηση της μηχανής και προκαλεί απώλεια ισχύος και μείωση του βαθμού αποδόσεως. Αντίθετα, χαμηλό ιξώδες δεν εξασφαλίζει πάντοτε τη λιπαντική μεμβράνη που απαιτείται ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες. Την απαίτηση για τη μέγιστη δυνατή σταθερότητα του ιξώδους στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας εξασφαλίζει η άλλη ιδιότητα του λιπαντικού, που εκφράζεται με το δείκτη ιξώδους.

β) Να μην έχει διαβρωτική επίδραση στις μεταλλικές επιφάνειες τις οποίες λιπαίνει. Αποστολή των λιπαντικών είναι και η προστασία των μεταλλικών επιφανειών από τη διάβρωση. Κατά κανόνα τα ορυκτέλαια ικανοποιούν τέλεια αυτή τη βασική απαίτηση.

γ) Να έχει ικανοποιητική πρόσφυση στις μεταλλικές επιφάνειες τις οποίες λιπαίνει, ώστε η προστασία τους από τη διάβρωση να συνεχίζεται και όταν η μηχανή δε λειτουργεί.

δ) Να έχει χημική σταθερότητα, για να μην αλλοιώνεται από τους παράγοντες που συναντά κατά τη λειτουργία της μηχανής και που είναι: ο ατμοσφαιρικός αέρας, το νερό, τα μέταλλα, τα καυσαέρια και οι συχνές εναλλαγές της θερμοκρασίας. Η αλλοίωση του λιπαντικού από τους παράγοντες αυτούς εκδηλώνεται με τους εξής κυρίως τρόπους:



- 1) Εμφάνιση ιλύος (λάσπης) και ασφαλικών καταλοίπων.
- 2) Προϊόντα αλλοιώσεως με διαβρωτική δράση στα μέταλλα (όξινα συστατικά).
- 3) Αύξηση του ιξώδους. Η αύξηση όμως αυτή πιθανόν να μην εκδηλώνεται, γιατί μπορεί το λιπαντικά να μολύνεται με καύσιμο, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις, έχει μικρότερο ιξώδες από το λιπαντέλαιο, ενώ σε άλλα μεγαλύτερο, οπότε το αυξημένο ιξώδες θα οφειλόταν στο υψηλά ιξώδες του καυσίμου που υπεισέρχεται στο λιπαντέλαιο.

Τις παραπάνω απαιτήσεις εξασφαλίζουμε με τους εξής κυρίως τρόπους:

- α) Την καλή συντήρηση της μηχανής.
- β) Την επιλογή του κατάλληλου λιπαντικού, του οποίου η καταλληλότητα επηρεάζεται από την επιλογή των πρώτων υλών.
- γ) Την κατάλληλη επεξεργασία και
- δ) την ανάμιξη με κατάλληλα χημικά πρόσθετα (additives).

### 3.1 Κατάταξη των λιπαντικών

Τα λιπαντικά κατατάσσονται κατά διάφορους τρόπους, από τους οποίους σπουδαιότεροι είναι (Παπαευαγγέλου, 1995):

#### 3.1 Κατάταξη των λιπαντικών

α) Υγρά Λιπαντικά (ορυκτέλαια, φυτικά λάδια, ζωικά λάδια): Τα ζωικά και φυτικά λίπη μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία αυτή, γιατί τη στιγμή της λιπάνσεως μετατρέπονται σε υγρή κατάσταση.

β) Στερεά Λιπαντικά (ταλκ, γραφίτης).

γ) Ημίρρευστα ή συνεκτικά Λάδια (γράσσα).

**2) Ως προς την προέλευση:**

α) Ορυκτέλαια: που προέρχονται από την επεξεργασία του φυσικού πετρελαίου και καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό των λιπαντικών ουσιών. Υπερέχουν κυρίως κατά τη χημική σταθερότητα, που οφείλεται στη μοριακή τους δομή, δηλαδή στους υδρογονάνθρακες που είναι τα κύρια συστατικό τους και από τη φύση τους έχουν πολύ μεγάλη χημική σταθερότητα.

β Φυτικά λάδια.

γ) Ζωικά λάδια.

Και οι δύο αυτές κατηγορίες λιπαντικών έχουν περιορισμένη εφαρμογή γιατί χαρακτηρίζονται από έλλειψη χημικής σταθερότητας. Προσθέτονται όμως σε μικρές αναλογίες στα ορυκτέλαια, όταν επιδιώκεται καλύτερη πρόσφυση. Αυτά συμβαίνει με τα λιπαντικά ορισμένων παλινδρομικών μηχανών, όπου η πρόσφυση αποτελεί πρόβλημα και στη λύση του συμβάλλουν με την παρουσία τους τα ζωικά και φυτικά λάδια.

δ) Συνθετικά λάδια. Παράγονται συνθετικά. Υπερέχουν ποιοτικά από όλες τις άλλες κατηγορίες, όταν υπάρχει η δυνατότητα κατά την παραγωγή τους να εξασφαλισθούν οι επιθυμητές ιδιότητες. Η χρήση τους ολοένα επεκτείνεται παρά το υψηλό κόστος τους.

Ως προς τον προορισμό διακρίνουμε:

A) Λιπαντέλαια Μ Ε Κ.

B) Λιπαντέλαια ατμοστροβίλων (τουρμπινέλαια).

Γ) Λιπαντέλαια ατμομηχανών.

Δ) Λιπαντέλαια διαφόρων χρήσεων, όπως: υδραυλικά λάδια, μονωτικά, λάδια για ψυκτικές μηχανές, λάδια αεροσυμπιεστών κλπ. 4) Ως προς \*ο ιξώδες. Τόσο μεγάλη είναι η σημασία του ιξώδους ενός λιπαντικού, ώστε να αποτελεί βασικό γνώρισμα κατατάξεως σε κατηγορίες, ανάλογα με την τιμή του. Συνηθέστερα χρησιμοποιείται μια αυθαίρετη κλίμακα, γνωστή ως κλίμακα SAE. Την κλίμακα αυτή υπέδειξε η αμερικανική εταιρία μηχανικών αυτοκινήτου (SAE = Society of Automobile Engineers) και μετά τις ΗΠΑ την υιοθέτησαν όλες σχεδόν οι χώρες του

κόσμου. Η κλίμακα SAE, αρχίζει από το 5, που αντιστοιχεί σε ένα πολύ λεπτόρρευστο λάδι, κατάλληλο ίσως για λεπτούς ωρολογιακούς μηχανισμούς και καταλήγει στο 250, που είναι ένα βαρύ παχύρρευστο λιπαντικά κατάλληλο για λίπανση οδοντωτών τροχών (γρανάζια). Η κλίμακα περιέχει μόνο ακέραια πολλαπλάσια του 10, εκτός από την τιμή SAE 5 (Παπαευαγγέλου, 1995).

Πρέπει να τονιστεί ότι ο αριθμός SAE ενός λιπαντικού δεν έχει καμιά σχέση με την ποιότητά του. Φανερώνει μόνο την τιμή του ιξώδους, και σε μερικές περιπτώσεις έμμεσα το δείκτη ιξώδους, όταν δίπλα στον αριθμό SAE υπάρχει η ένδειξη W, που προέρχεται από την αγγλική λέξη Winter (χειμώνας). Π.χ. ορυκτέλαιο με SAE 20, που ίσως είναι κατάλληλο για τη λίπανση μιας βενζινομηχανής στους Θερινούς μήνες, στις χαμηλές θερμοκρασίες της χειμερινής περιόδου Θα αποκτήσει ιξώδες τόσο υψηλό, που μπορεί να δυσχεραίνει την εκκίνηση της μηχανής. Αντίθετα η ένδειξη SAE 20W φανερώνει λιπαντικό που και στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα διατηρεί το ιξώδες του στην κατάλληλη τιμή, ενώ στη μηχανή συμπεριφέρεται σαν κανονικό Εικοσάρι. Αυτό επιτυγχάνεται:

α) Με την επιλογή καταλλήλων πρώτων υλών.

β) Ειδική επεξεργασία εξευγενισμού .

γ) Ανάμιξη με ειδικά χημικά πρόσθετα, που διατηρούν την τιμή του ιξώδους σχετικά σταθερή σε σχέση με τη θερμοκρασία. Αυτά είναι γνωστά ως Βελτιωτικά Δείκτη (v.I. Improvers) και διευρύνουν σημαντικά το φάσμα τιμής ιξώδους που ένα λιπαντικό μπορεί να καλύπτει. Έτσι παράγονται τα λεγόμενα Λιπαντικά πολλαπλού ιξώδους ή πολύτιμα λάδια (Viscostatic ή Multigrade), που καλύπτουν τιμές ιξώδους από SAE 10W μέχρι SAE 50 .

Λιπαντέλαια με SAE 10W μέχρι SAE 20 είναι γενικό λεπτόρρευστα, κατάλληλα για χαμηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούνται ακόμα για τον καθαρισμό των δικτύων λιπάνσεως, όταν αντικαθιστούμε το λιπαντικό. Η περιοχή SAE 30 μέχρι SAE 50 αντιστοιχεί σε λιπαντέλαια με μέσο και υψηλό ιξώδες κατάλληλα για τις MEK. Ενώ η περιοχή SAE 70W μέχρι SAE 250 αντιστοιχεί σε λάδια που προορίζονται για τη λίπανση κιβωτίων ταχυτήτων και του διαφορικού (βαλβολίνες)

Από το έτος 1975 ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) έχει καθιερώσει ένα νέο σύστημα ταξινομήσεως των ορυκτελαίων, που έχει γίνει ήδη δεκτό από τις περισσότερες χώρες του κόσμου και τείνει να εκτοπίσει όλα τα παλαιότερα συστήματα. Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, που καλύπτεται από το πρότυπο ISO 3448, η ρευστότητα (ιξώδες) εκφράζεται σε μονάδες centistokes (cSt) σε Θερμοκρασία 40°C, που είναι αντιπροσωπευτική των Θερμοκρασιών λειτουργίας των λιπαντικών στις περισσότερες εφαρμογές. Η ταξινόμηση ISO καθορίζει 18 κλάσεις ρευστότητας από 2 μέχρι 1500 cSt σε 40°C, που καλύπτουν όλα τα προϊόντα: από το πετρέλαιο ως τα βαριά κυλινδρέλαια. Η κάθε κλάση χαρακτηρίζεται και αριθμείται από το ιξώδες στο μέσο των ορίων της με επέκταση  $\pm 10$  από την τιμή αυτή. Π.χ. ISO 10, είναι προϊόν με ιξώδες σε 40°C από 9 μέχρι 11 cSt, που αντιπροσωπεύεται με μέση τιμή 10 cSt. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η ταξινόμηση ISO είναι:

1) Περιλαμβάνει τον ελάχιστο αναγκαίο αριθμό κλάσεων (18) που καλύπτουν τις απαιτήσεις λιπάνσεως όλων των κατηγοριών μηχανών και μηχανημάτων.

2) Με τη διεθνή αναγνώριση του συστήματος ISO από τους κατασκευαστές των μηχανών και μηχανημάτων διευκολύνονται σημαντικά τόσο οι μηχανικοί όσο και οι προμηθευτές λιπαντικών στον καθορισμό του κατάλληλου για κάθε περίπτωση λιπαντικού (Παπαευαγγέλου, 1995).

### 3.2 Ορυκτέλαια

Είναι η σπουδαιότερη κατηγορία λιπαντικών, που καλύπτει σήμερα περίπου το 90% των εφαρμογών λιπάνσεως. Αυτό οφείλεται στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν, σε σύγκριση με άλλες κατηγορίες λιπαντικών. Τα σπουδαιότερα από τα πλεονεκτήματά τους είναι: α) Εξαιρετική χημική σταθερότητα. β) Αρκετά καλή πρόσφυση στις μεταλλικές επιφάνειες. γ) Καλύπτουν μεγάλη περιοχή ιξώδους. δ) Έχουν σχετικά μικρό κόστος παραγωγής. Τα ορυκτέλαια προέρχονται από το υπόλειμμα αποστάξεως του φυσικού πετρελαίου, που απομένει στον αποστακτήρα μετά την απόληψη των συστατικών που έχουν αποστάξει ως τους 360°C. Το

υπόλειμμα της αποστάξεως είτε χρησιμοποιείται ως καύσιμο (μαζούτ), είτε υποβάλλεται σε παραπέρα επεξεργασία από την οποία παράγονται τα ορυκτέλαια.

### 3.2.1 Παραγωγή και επεξεργασία των Ορυκτελαίων

Οι κυριότερες φάσεις για την παραγωγή και επεξεργασία των ορυκτελαίων είναι οι παρακάτω (Παπαευαγγέλου, 1995):

#### 3.2.1.1 Απόσταξη σε κενό

Το μαζούτ αποστάζεται σε ειδικές εγκαταστάσεις που λειτουργούν σε κενό (στην πραγματικότητα σε χαμηλή πίεση), ώστε η θερμοκρασία αποστάξεως να μην υπερβαίνει τους 360°C και να μην υπάρχει έτσι κίνδυνος καταστροφής των υδρογονανθράκων από πυρόλυση. Το προϊόν της αποστάξεως αυτής λέγεται vacuum gas oil (λάδι που παράγεται σε κενό), ενώ το υπόλειμμα της αποστάξεως κατεργάζεται συνήθως για την παραγωγή ασφάλτου. Το vacuum oil περιέχει τους υδρογονάνθρακες που είναι τα κύρια συστατικά των ορυκτελαίων. Με παραπέρα κλασματική απόσταξη τα ορυκτέλαια χωρίζονται σε ομάδες, ανάλογα με τη θερμοκρασία αποστάξεως, που συμβαδίζει με το μοριακό βάρος, το ιξώδες και το ειδικό βάρος των παραγομένων προϊόντων. Διακρίνονται τέσσερις ομάδες προϊόντων (κλασμάτων).

α) Τα πολύ ελαφρά προϊόντα: είναι τα πρώτα αποστάγματα και μόνο ως καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

β) Λεπτόρρευστα λιπαντέλαια, με ιξώδες αντίστοιχο των SAE 5W και SAE 10W, γνωστά ως ατρακτέλαια (spindle oils).

γ) Κανονικά ορυκτέλαια με μέση τιμή ιξώδους (20-50): είναι η σπουδαιότερη κατηγορία αποσταγμάτων και αποτελούν τη βάση παραγωγής των περισσοτέρων λιπαντικών MEK και αμμοστροβίλων. δ) Βαριά αποστάγματα ή υπολείμματα αποστάξεως με υψηλά ιξώδες, από τα οποία παράγονται κυλινδρέλαια για τις

ατμομηχανές και λιπαντικά για οδοντωτούς τροχούς (βαλβολίνες). Διευκρινίζεται ότι τα υπολείμματα αποστάξεως, τα οποία προέρχονται από φυσικό πετρέλαιο με παραφινική βάση, που δεν περιέχει άσφαλτο, χρησιμοποιούνται αυτούσια ως μελανά κυλινδρέλαια και οφείλουν το όνομά τους στην παρουσία ασφαλτενίων με έντονο μελανό χρώμα. Ύστερα από διήθηση με αποχρωστικές γαίες λαμβάνονται τα διηθημένα κυλινδρέλαια, που έχουν ανοικτό χρώμα, είναι όμως αδιαφανή, από την παραφίνη που περιέχουν. Τα διαφανή κυλινδρέλαια παράγονται ύστερα από αποπαραφίνωση των διηθημένων κυλινδρελαίων. Τα υπολείμματα αποστάξεως που προέρχονται από φυσικό πετρέλαιο με ασφαλτούχα βάση υποβάλλονται σε σπασφάλτωση, δηλαδή απομάκρυνση των ασφαλτικών συστατικών που περιέχουν. Η απασφάλτωση γίνεται συνήθως με εκχύλιση, με υγρό προπάνιο.

### 3.2.1.2 Αποκήρωση

Η αποκήρωση ή σιτοπρσφίνωση (dewaxing) είναι η επεξεργασία με την οποία απομακρύνονται από τα ορυκτέλαια τα παραφινούχα συστατικά με μεγάλο μοριακό βάρος, που είναι στερεά στις συνηθισμένες συνθήκες περιβάλλοντος. Τα συστατικά αυτά αποτελούν την παραφίνη και η παρουσία τους στα ορυκτέλαια είναι ανεπιθύμητη, γιατί ανεβάζει το σημείο πήξεως, με αποτέλεσμα να αποβάλλεται παραφίνη ή να γίνονται παχύρρευστα ή ακόμα και να στερεοποιούνται σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Για την αποκήρωση, το λάδι υποβάλλεται σε επεξεργασία με μίγμα ακετόνης-βενζολίου, που έχει την ιδιότητα να διαλύει τελείως το λάδι, ενώ οι παραφίνες έχουν μέτρια διαλυτότητα, που γίνεται ακόμα μικρότερη σε χαμηλές θερμοκρασίες. Σε θερμοκρασία  $-10^{\circ}\text{C}$  ως  $-15^{\circ}\text{C}$  η διαλυτότητα σχεδόν μηδενίζεται και όλα τα παραφινικά συστατικά, αφού κρυσταλλωθούν, αποβάλλονται εντελώς από την υγρή μάζα, από την οποία και αποχωρίζονται με περιστρεφόμενα φίλτρο. Ο διαλύτης ανακτάται με απόσταξη, αφού εξατμίζεται σε θερμοκρασία πολύ χαμηλότερη από το λάδι (γύρω στους  $70^{\circ}\text{C}$ ), ενώ το λάδι που απομένει έχει απαλλαγεί σχεδόν πλήρως από την παραφίνη, που συλλέγεται από τα φίλτρο και αποτελεί αξιόλογο υποπροϊόν της βιομηχανίας των ορυκτελαίων (χρησιμεύει ως

πρώτη ύλη για σειρά στιλβωτικών προϊόντων, όπως παρκετίνες, στιλβωτικό δερμάτων κλπ., καθώς και για την κατασκευή κεριών κλπ.) (Παπαευαγγέλου, 1995).

### 3.2.1.3 Κατεργασία με διαλύτες

Ανάλογα με την πετρελαιοπηγή από την οποία προέρχεται, το φυσικό πετρέλαιο περιέχει διάφορα είδη υδρογονανθράκων (παραφινικοί, αρωματικοί, ναφθενικοί κλπ.) ορισμένοι από τους οποίους δεν είναι κατάλληλοι ως συστατικά των λιπαντελαίων και πρέπει να απομακρύνονται. Η απομάκρυνση των ανεπιθύμητων αυτών συστατικών, που είναι κυρίως οι ασφαλτικοί και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες, γίνεται με εκχύλιση με διαλύτες που εκλεκτικά τους διαλύουν, αφήνοντας τα εκλεκτής ποιότητας ναφθενικά και παραφινικά συστατικά ανέπαφα. Το εξευγενισμένο προϊόν, που έχει ως βάση ναφθενικούς και παραφινικούς υδρογονάνθρακες, διακρίνεται για την αντοχή του σε οξείδωση και την υψηλή τιμή του δείκτη ιξώδους. Αποτελεί τη βάση για την παραγωγή των υψηλής ποιότητας λιπαντελαίων, που διατίθενται στο εμπόριο ως λιπαντικά για βαριές απαιτήσεις (Heavy Duty), αφού ενισχυθεί με κατάλληλα πρόσθετα. Για την εκχύλιση χρησιμοποιούνται συνήθως η φουρφουράλη, ένας οργανικός διαλύτης που παράγεται από πίτυρα. Ο διαλύτης εισάγεται στον πύργο εκχυλίσεως ή σε περιστρεφόμενες εκχυλιστικές συσκευές από το επάνω μέρος, ενώ από κάτω καταθλίβεται το λάδι που προορίζεται για εξευγενισμό.

Έτσι ο διαλύτης, που είναι βαρύτερος από το λάδι, οδεύει σε αντίστροφη προς το λάδι ροή, δηλαδή από πάνω προς τα κάτω. Έτσι έρχεται σε πλήρη επαφή με το λάδι που ανεβαίνει από κάτω προς τα πάνω, αφαιρώντας απ' αυτό με εκχύλιση όλα τα ανεπιθύμητα συστατικά. Μέσα στον πύργο εκχυλίσεως βρίσκονται μεταλλικά ελάσματα τοποθετημένα παράλληλα, ώστε να φέρνουν σε πληρέστερη επαφή το λάδι με το διαλύτη. Ο διαλύτης με τα κατάλοιπα που έχει εκχυλίσει οδηγείται από το κάτω μέρος του πύργου σε μονάδα ανακτήσεως του διαλύτη με απόσταξη. Το εξευγενισμένο λιπαντικό παραλαμβάνεται από την κορυφή του πύργου και διαχωρίζεται, επίσης με απόσταξη, από τη μικρή ποσότητα διαλύτη που περιέχει.

#### 3.2.1.4 Αποχρωματισμός

Συχνά τα ορυκτέλαια μετά τις παραπάνω κατεργασίες έχουν βαθύ καστανόμαυρο χρώμα που οφείλεται σε διάφορες χρωστικές ουσίες, τις οποίες περιέχουν. Μαζί μ' αυτές συνυπάρχουν και άλλα ανεπιθύμητα συστατικά, δηλαδή ανθρακούχα κατάλοιπα, ίχνη οξέων, Θειούχες ενώσεις, ρητίνες κλπ. Το λάδι από τα συστατικά αυτά απαλλάσσεται με κατεργασία με διηθητική γη. Η διηθητική γη είναι ένα είδος χώματος, που αποτελείται από πυριτικά άλατα αργιλίου και μαγνησίου, τα οποία ενεργοποιούνται με πύρωση στους 450°C. Έχουν την ικανότητα να συγκρατούν με εκλεκτική προσρόφηση τις χρωστικές ύλες και τα άλλα ανεπιθύμητα συστατικά, που περιέχει το λάδι. Το λάδι αναμιγνύεται με τη διηθητική γη και, μετά την προσρόφηση, απαλλάσσεται απ' αυτή με διήθηση σε φιλτροπρέσες. Για τον αποχρωματισμό Εφαρμόζονται σήμερα και άλλες διαδικασίες, όπως είναι η κατεργασία με υδρογόνο (Παπαευαγγέλου, 1995).

#### 3.2.1.5.1 Χημικά πρόσθετα (additives)

Στην τελική φάση παραγωγής των ορυκτελαίων γίνεται η ανάμιξή τους με ορισμένες ουσίες, που λέγονται πρόσθετο ή προσθέματα ή βελτιωτικά (additives). Σκοπός τους είναι να προσδώσουν στο παραγόμενο λιπαντικά ιδιότητες που δεν είχε ή να βελτιώσουν τις αρχικές του ιδιότητες. Η πετρελαιοβιομηχανία διαθέτει σήμερα πολλά τέτοια χημικά πρόσθετα, που μπορεί να ανταποκριθούν σε ύλες τις απαιτήσεις λιπάνσεως των συγχρόνων μηχανών, που μέρα με τη μέρα γίνονται όλο και μεγαλύτερες. Δεν είναι υπερβολή να λεχθεί ότι για κάθε ειδική απαίτηση υπάρχει το κατάλληλο χημικό πρόσθετο. Βέβαια, τα χημικά πρόσθετα επιβαρύνουν σημαντικά το κόστος των παραγομένων λιπαντικών, όμως η επιβάρυνση αυτή αντισταθμίζεται από την παράταση ζωής των λιπαντικών και από την καλύτερη απόδοσή τους. Έτσι η φθορά της μηχανής είναι μικρότερη και συνεπώς μικρότερο είναι και το κόστος της συντηρήσεως. Σε άλλες περιπτώσεις τα χημικά πρόσθετα μειώνουν ακόμα και το κόστος διωλίσεως. Π.χ. το επιθυμητό σημείο ροής ορυκτελαίου, αντί να το επιτύχουμε με έντονη αποκήρωση, μπορούμε με λιγότερα έξοδα να το εξασφαλίσουμε



προσθέτοντας σε μικρή αναλογία τα κατάλληλα χημικά πρόσθετα (ταπεινωτές σημείου ροής). Τα σπουδαιότερα είδη χημικών προσθέτων είναι: σε

A) Βελτιωτικά Δείκτη Ιξώδους (v.i. improvers). Αν προστεθούν σε αναλογία 2-10% περιορίζουν τη μεταβολή του ιξώδους με τη θερμοκρασία. Λιπαντέλαια με υψηλή τιμή δείκτη ιξώδους (V.I.) είναι γνωστά ως Viscostatic ή multigrade (πολλαπλού ιξώδους).

B) Ταπεινωτές σημείου ροής (Pour point depressants). κατεβάζουν το σημείο ροής, δηλαδή την κατώτερη θερμοκρασία στην οποία το λάδι μπορεί να ρέει. Συνεπώς, τα πρόσθετα αυτά έχουν αποφασιστική σημασία για την άνετη κυκλοφορία του λαδιού στο δίκτυο λιπάνσεως της μηχανής. Η αναλογία με την οποία τα προσθέτομε στο λάδι είναι από 0,1-1 %.

Γ) Αντιοξειδωτικά πρόσθετα (detergents). Τα προσθέτομε κυρίως στα λάδια των MEK και έχουν σκοπό να εμποδίσουν τη ρύπανση των κυλίνδρων από τα σχηματιζόμενα εξανθρακώματα. Αυτά οφείλεται στην ιδιότητα των ουσιών αυτών να περιβάλλουν τα εξανθρακώματα με μια λεπτή μεμβράνη, εμποδίζοντας έτσι την επικάθησή τους στα εσωτερικά τοιχώματα των κυλίνδρων.

Δ) Αντιοξειδωτικά πρόσθετα (antioxidants). Επιβραδύνουν ή ακόμα και εμποδίζουν τελείως την οξείδωση του λαδιού, που θα κατέστρεφε τις λιπαντικές του ικανότητες, ή ακόμα θα μπορούσε, με τα οξέα που παράγονται κατά την οξείδωση, να δράσει διαβρωτικά στις μεταλλικές επιφάνειες. Η αναλογία τους κυμαίνεται από 0,5-2%.

Ε) Χαλινωτές ή εμποδιστές διαβρώσεως (corrosion inhibitors). Εμποδίζουν τη διάβρωση των μετάλλων, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το νερό ή τα προϊόντα οξείδωσης του λαδιού. Αυτό οφείλεται στην υψηλή πολική έλξη που τα πρόσθετα αυτά διαθέτουν προς τις μεταλλικές επιφάνειες. Σχηματίζεται έτσι στις μεταλλικές επιφάνειες ένα συνεχές συνεκτικό στρώμα, που εμποδίζει την άμεση επαφή όλων των παραπάνω διαβρωτικών παραγόντων με τα μέταλλα (Παπαευαγγέλου, 1995).

### 3.2.1.5.2 Προληπτικά (wear preventives)

Είναι πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό της φθοράς από την τριβή κάτω από συνθήκες οριακής λιπάνσεως. Μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες: 1) Βελτιωτικό λιπαρότητας (oilness agents). Πρόκειται για ουσίες που μειώνουν το συντελεστή τριβής. 2) Προληπτικά φθοράς για συνηθισμένη καταπόνηση. 3) Προληπτικό φθοράς για πολύ υψηλές πιέσεις (extreme pressure 8&1 Λιπαντέλαια ενισχυμένα με τέτοια πρόσθετα φέρουν την ένδειξη E.P. (extreme pressure) και έχουν ιδιαίτερη σημασία για λίπανση των μειωτήρων στροφών των ατμοστροβίλων όπου πράγματι αναπτύσσονται πολύ μεγάλες πιέσεις. Τα λιπαντέλαια αυτά είναι γνωστά ως TEP (Turbine Extreme pressure). Η βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων των ορυκτελαίων με χημικό πρόσθετα δεν είναι ανάλογη με την ποσότητα του χημικού προσθέτου. Ενώ στην αρχή υπάρχει θεαματική βελτίωση, από ορισμένο ποσοστό αναλογίας και πέρα η βελτίωση είναι ασημαντη και το όφελος αμφίβολο. Η βάση δηλαδή της αξίας ενός λιπαντικού είναι η ποιότητα της πρώτης ύλης από την οποία προέρχεται και η επεξεργασία που έχει προηγηθεί. Στο διάγραμμα του σχήματος 1 7.4.5 φαίνεται ότι για ένα βασικό λάδι με δείκτη ιξώδους 60, προσθέτοντας ένα βελτιωτικό δείκτη ιξώδους μέχρι 5% ανεβάζουμε τον ν.Ι. στα όρια του 90. Για 10% προσθέτομε μόνο 10 μονάδες ν χ. ακόμα, ενώ πέρα από το 10% η βελτίωση του δείκτη ιξώδους είναι σχεδόν αμελητέο. Το περισσότερο χημικά πρόσθετα μετά από ορισμένες ώρες λειτουργίας της μηχανής εξαντλούνται ή καταστρέφονται. Η ανανέωσή τους μπορεί να γίνει, μόνο κατά την αναζωογόνηση του λιπαντικού, πράγμα που απαιτεί ειδικές Εγκαταστάσεις, Μερική ενίσχυση του λιπαντικού γίνεται κατά τις τμηματικές συμπληρώσεις των ελαιοδεξαμενών με καινούργιο λάδι Η ποσότητα του λαδιού, όμως, που προσθέτομε πρέπει να είναι μικρή (λιγότερο από 10°16 της ποσότητας που η μηχανή περιέχει) και το λάδι στη δεξαμενή υποδοχής να είναι θερμά.

### 3.3 Συνθετικά λιπαντικά.

Τα λιπαντικά της κατηγορίας αυτής δεν προέρχονται από το φυσικό πετρέλαιο, αλλά παράγονται συνθετικά. Εφαρμόζονται σε περίπτωση που τα ορυκτέλαια δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των συνθηκών για τις

οποίες προορίζονται. Η επιλογή των πρώτων υλών, αλλά και της διαδικασίας παραγωγής τους, επιτρέπουν την εξασφάλιση των ιδιοτήτων εκείνων, που μπορούν να ικανοποιήσουν τις ειδικές απαιτήσεις για κάθε περίπτωση λιπάνσεως. Παρά το υψηλό κόστος τους, η χρήση τους επεκτείνεται όλο και περισσότερο, γιατί το κόστος αυτό, όπως είπαμε και αλλού, αντισταθμίζεται από το κέρδος στη συντήρηση της μηχανής και γενικότερα στην παράταση της ζωής της. Από τα σπουδαιότερα είδη συνθετικών λιπαντικών είναι:

### **3.3.1 Εστέρες διβασικών οξέων.**

Πρόκειται για αλειφατικούς διεστέρες του γενικού τύπου:  $ROOC-(CH_2)_n-COOR$ , από τους οποίους γνωστότερος είναι ο δισοοκτυλικός εστέρας του σεβακικού οξέος. Σπουδαιότερο προσόν τους είναι η εξαιρετική σταθερότητα του ιξώδους απέναντι στις μεταβολές της θερμοκρασίας, δηλαδή η πολύ μεγάλη τιμή του δείκτη ιξώδους. Έχουν επίσης ικανοποιητική χημική σταθερότητα, μικρή πτητικότητα και με τα πρόσθετα που περιέχουν δεν προκαλούν διαβρώσεις στα μέταλλα. Το μειονέκτημά τους είναι ότι προσβάλλουν χρώματα και πλαστικά ή εξαρτήματα από λάστιχο, με τα οποία έρχονται σε επαφή. Χρησιμοποιούνται σε μηχανές αεριωθούμενων αεροπλάνων, καθώς και για τη λίπανση ορισμένων οργάνων (Παπαευαγγέλου, 1995).

### **3.3.2 Οργανοφωσφορικοί εστέρες**

Έχουν εξαιρετική λιπαρότητα και ικανοποιητικές τιμές δείκτη ιξώδους. Το σημαντικότερο μειονέκτημά τους είναι η ευπάθειά τους ως προς την υδρόλυση, από την οποία παράγεται το εξαιρετικά διαβρωτικό φωσφορικό οξύ. Έχουν καλή θερμική σταθερότητα ως τους 150°C. Χρησιμοποιούνται ως υδραυλικά λάδια.

### **3.3.3 Εστέρες του πυριτικού οξέος.**

Έχουν την καλύτερη τιμή δείκτη ιξώδους, δηλαδή τη μικρότερη μεταβολή ιξώδους με τη θερμοκρασία, από όλα τα συνθετικά λάδια. Υστερούν και αυτά ως προς την ευπάθεια στην υδρόλυση, από την οποία παράγεται πυριτικό οξύ (5102) που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές φθορές στους τριβείς τους οποίους λιπαίνουν.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή λιπαντικών λιπών (γράσσα) με μικρή πτητικότητα.

### 3.3.4 Σιλικόνες

Είναι ένα από τα πιο γνωστά είδη συνθετικών λιπαντικών. Έχουν ως βάση προϊόντα πολυμερισμού των σιλοξανών, δηλαδή οργανοπυριτικών ενώσεων, από τις οποίες γνωστότερες είναι η διμεθυλοσιλαξίνη  $\text{CH}_3\text{Si}(\text{CH}_3)_2$  και η μεθυλοφαινυλοσιλοξάνη  $\text{CH}_3\text{Si}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ .

Διακρίνονται για τα εξής χαρακτηριστικά: α) Εξαιρετικά υψηλές τιμές δείκτη ιξώδους. β) Πολύ καλή αντοχή στην οξείδωση. γ) Σταθερότητα στις υψηλές θερμοκρασίες μέχρι  $300^\circ\text{C}$ ). Ένα από τα μειονεκτήματά τους είναι ότι δεν αντέχουν σε μεγάλες πιέσεις που αναπτύσσονται από υψηλά φορτία τριβέων και που μπορεί να προκαλέσουν την ζελατινοποίησή τους. Τα κυριότερα γνωρίσματα και οι σπουδαιότερες εφαρμογές των συνθετικών λιπαντικών. Ειδική κατηγορία συνθετικών λιπαντικών, είναι τα παραγόμενα με βάση συνθετικούς υδρογονάνθρακες, που προορίζονται για λίπανση ΜΕΚ.

## 4. Ναυτιλιακά Λιπαντικά

Τα λιπαντέλαια είναι ορυκτέλαια της κλασματικής απόσταξης πετρελαίου (Crudeoil). Παραλαμβάνονται με κενό πάνω από  $360^\circ\text{C}$  και ονομάζονται βασικά ή κοινά λάδια. Τα λάδια με επεξεργασία γίνονται κυλινδρέλαια μεγαλύτερου ιξώδους SAE 40 ή 50 και λάδια κυκλοφορίας-μηχανέλαια, SAE 30 για λίπανση της μηχανής και ψύξης των

εμβόλων. Τα κοινά λάδια αναμιγνύονται με διάφορα πρόσθετα από τις εταιρείες παρασκευής τους και γίνονται ενισχυμένα. Τα πρόσθετα αυτά είναι ψευδαργύρου, φωσφόρου, οργανικά άλατα μετάλλων κ.λ.π.

Η ανάγκη ενίσχυσης των λαδιών επιβάλλεται γιατί οι υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, τα εξανθρακώματα της καύσης που περιέχουν θειάφι και το νερό λόγω διαρροής προκαλούν οξείδωση των λαδιών με συνέπεια διάβρωσης στα κομβία και τους τριβείς ακριβείας. Επίσης η οξείδωση δημιουργεί λασπώδη κατάλοιπα που φράσουν τα φίλτρα και καταστρέφουν τη λιπαντική μεμβράνη.

Η εκλογή του λιπαντελαίου γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- Ελάττωση τριβών και φθορών χιτωνίου και ελατηρίων.
- Αποφυγή κολλήματος ελατηρίων.
- Αποφυγή ρύπανσης θυρίδων σάρωσης.
- Αντοχή στην οξείδωση.
- Καλή πρόσφυση στα μέταλλα.

Διακρίνονται τρεις κατηγορίες λιπαντελαίων Μ.Ε.Κ. πλοίων:

α) *Κοινά λάδια (regular)*: Χρησιμοποιούνται σε ολιγόστροφους κινητήρες με μικρά φορτία και γενικά όπου δεν προβλέπονται δυσμενείς συνθήκες λιπάνσεως. Τα έλαια αυτά δεν περιέχουν πρόσθετα.

β) *Λάδια μερικώς ενισχυμένα (premium)*: Είναι ενισχυμένα με αντιοξειδωτικά πρόσθετα και επομένως κατάλληλα για τη λίπανση Μ.Ε.Κ. στις οποίες προβλέπονται συνθήκες με μέτρια καταπόνηση του λιπαντικού, τόσο από το φορτίο όσο και από τη θερμοκρασία. Στο εμπόριο φέρουν το συμβολισμό DG, όταν πρόκειται για λάδια πετρελαιοκινητήρων και MM όταν πρόκειται για λάδια βενζινοκινητήρων.

γ) *Λάδια βαριών απαιτήσεων (heavy duty)*: Είναι ενισχυμένα με αντιοξειδωτικά και αντιρρυπαντικά πρόσθετα, ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις πιο δυσμενείς συνθήκες λιπάνσεως, ως προς το φορτίο και τις θερμοκρασίες. Τα λάδια της κατηγορίας αυτής συμβολίζονται με MS για τους βενζινοκινητήρες

ενώ τα αντίστοιχα λάδια των κινητήρων Diesel συμβολίζονται με DS ή HD.

( Πηγή: Δασκαλάκης 2013 Λιπαντικά Ηλεκτρομηχανικών εφαρμογών)

Ειδικότερα για τους πετρελαιοκινητήρες, ανάλογα με το τμήμα του πετρελαιοκινητήρα που πρόκειται να λιπάνουν, διακρίνονται σε:

α) *Λάδια κυλίνδρων ή κυλινδρέλαια (cylinder oils)*: Χρησιμοποιούνται μόνο για τη λίπανση των τοιχωμάτων των κυλίνδρων, στις μηχανές εκείνες στις οποίες η λίπανση των κυλίνδρων γίνεται χωριστά. Πρόκειται για τους κινητήρες με βάκτρο και ζύγωμα (crosshead engines), όπως είναι κατ' εξοχή οι αργόστροφες πετρελαιομηχανές που χρησιμοποιούνται στο εμπορικό ναυτικό.

β) *Λάδια στροφαλοθαλάμων (crankcase oils)*: Χρησιμοποιούνται μόνο για τη λίπανση των τριβέων και την ψύξη των εμβόλων, και πάλι στις περιπτώσεις που η λίπανσή τους γίνεται χωριστά, ανεξάρτητα από τη λίπανση των κυλίνδρων, δηλαδή στις αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές.

Στις μικρές μηχανές μέσης και υψηλής ταχύτητας, που λειτουργούν χωρίς ζύγωμα, δηλαδή με διωστήρα (trunk piston engines), η λίπανση είναι ενιαία τόσο για τους κυλίνδρους όσο και για τους τριβείς. Το δίκτυο λιπάνσεως είναι κοινό και η ποιότητα του λιπαντικού ενιαία, και καθορίζεται από τις αντίστοιχες προδιαγραφές. Στις αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές τα δίκτυα λιπάνσεως των κυλίνδρων είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο των τριβέων και φυσικά και τα λιπαντικά των δύο αυτών τμημάτων είναι διαφορετικά. Συνήθως τα κυλινδρέλαια είναι βαρύτερα από τα λάδια των ελαιοδεξαμενών (κάρτερ) και περισσότερο ενισχυμένα με αλκαλικά πρόσθετα για την εξουδετέρωση του θεικού οξέος που παράγεται κατά την καύση του πετρελαίου. Συνοψίζοντας στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε όλους τους τύπους των ναυτιλιακών λιπαντικών σε σχέση με το σύστημα στο οποίο εφαρμόζεται:

#### Lubricant Applications- Engine Oils

Engine Oils	Engine Duty	Fuel	Typical Viscosity	Base Number	Performance Requirements
Two-stroke slow-speed crosshead cylinder oil	Propulsion	Typically residual - high & low sulphur	SAE 50	Linked to fuel sulphur, operational profile (e.g. slow teaming) and lubricant supplier offer. May be a single BN universal oil or range from 40 to 80.	Mineral base oil - majority consumed in service. Viscosity and additive technologies chosen to counter corrosive wear, and prevent metal-metal contact between piston rings and cylinder walls. Lubricant also keeps piston ring pack clean.

**ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

---

Two-stroke slow-speed crosshead system			SAE 30	Low BN (e.g. 5) - gives some alkalinity reserve if combustion products enter crankcase via leaking piston rod glands and detergency keeps crankcase clean	Mineral base oil - lubricates crosshead and crankshaft bearings. Typically large volume of oil in the system, but consumption is minimal in a well-maintained engine. Oil is used to cool underside of piston crowns therefore must have good thermal and oxidation stability. Crankcase oil should have good water shedding properties in case of contamination (e.g. from cooler leak). Also load carrying capability for lubricating gears. (Engines without camshafts require oil with hydraulic capability.) Must be low foam.
--	--	--	--------	---	---

Engine Oils	Engine Duty	Fuel	Typical Viscosity	Base Number	Performance Requirements
Four-stroke medium-speed trunk piston	Propulsion or power generation	Residual – high or low sulphur, or distillate (marine diesel or gas oil)	SAE 30 or 40	BN linked to fuel sulphur. BN range from 10 to 55	Mineral base oil - a single oil lubricates both cylinder and crankcase components, therefore needs to have all of the key attributes outlined above. Detergency and dispersancy is required to keep components clean and combustion related matter in suspension to prevent deposits. Some oil is consumed in service – low consumption can result in BN



**ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

					depletion
Four-stroke high-speed	Propulsion, power generation, ancillary	Distillate (0.1% sulphur gas oil)	Typically multigrade e.g. SAE 15W/40	BN range from 10 to 15	Mineral, semi-synthetic or synthetic base oil, for high power to weight ratio engines, often with automotive and off-highway heritage. A single oil lubricates both cylinder and crankcase components. Typically lubricants must meet specifications of US and European institutions (API and ACEA) and manufacturers (e.g. Cat, Cummins, MTU, Volvo)

**Lubricant applications-Ancillary Oils**

Ancillary Oils	Engine Duty	Typical Viscosity	Base	Performance Requirements
Air compressor	Multiple - engine starting, control & instrumentation	ISO VG 32-150	Mineral or synthetic	Must prevent build-up of deposits from degraded lubricant on the discharge side of the compressor and have a high auto-ignition temperature to prevent fires from oil carried into downstream pipework. Oils require thermal and oxidation stability, water shedding, anti-corrosion, low foam and anti-wear properties
Gear	Multiple - deck equipment, engine room and thrusters	ISO VG 68-680 Multigrade for applications with automotive origins e.g. SAE 80W/90	Mineral or synthetic or biodegradable (e.g. blend with synthetic esters)	Must be able to cope with a wide range of operating conditions and temperatures. Oils contain extreme pressure additives. Require oxidation stability, low pour point, water shedding, anti-corrosion and low foam properties. Need to be

**ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

---

				able to cope with high temperatures in applications such as centrifugal separators.
--	--	--	--	---

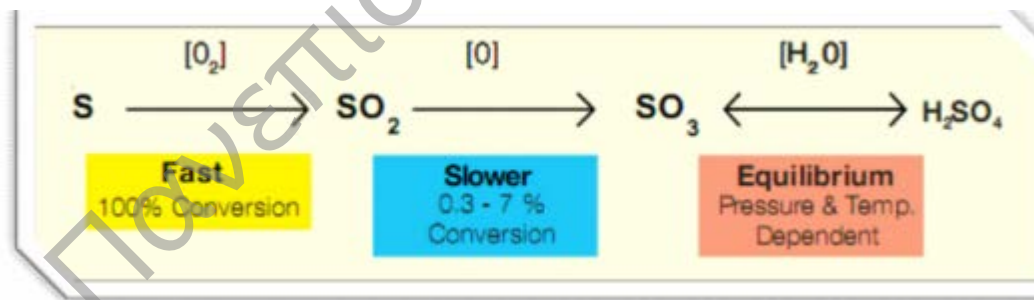
Ancilliary Oils	Engine Duty	Typical Viscosity	Base	Performance Requirements
Hydraulic	Multiple - deck equipment power transmission, controllable pitch propellers	ISO VG 15-150	Mineral or biodegradable (e.g. blend with synthetic esters)	Must be able to cope with a wide range of operating conditions and temperatures. Oils contain anti-wear additives. Require oxidation stability, low pour point, water shedding, anti-corrosion, low foam, and air release properties. May contain a VI improver to give a wider working temperature range.
Refridgeration	Multiple - perishable provisions, air conditioning, cargo	ISO VG 32-220 (some non-standard viscosity grades)	Mineral or synthetic	Wide variety of lubricants depending on the refrigerant, the type of refrigeration plant and compressor and the temperature range. Oils need to be able to cope with high temperatures at the compressor and low temperatures in other parts of the system. i.e. be thermally stable. Most (but not all) need to be miscible (mix) with the refrigerant. As oil can be carried to low temperature areas of the refrigeration system, the pour point and wax-forming tendency must be low. Must also be compatible with sealing materials to prevent leaks.

(Πηγή: Fantom Focus Choosing optimum Lubricants Solutions for your operation)

#### 4.1 Συσχετισμός Καυσίμου Κυλινδρελαίου

Η εμπειρία χρήσης καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θειάφι και κυλινδρελαίου με χαμηλό TBN (Total Base Number) προέρχεται από μηχανές στο 100% του φορτίου και στο 100% των στροφών σε *ελεγχόμενες συνθήκες λειτουργίας*. Η απαίτηση για κυλινδρέλαιο με χαμηλό TBN δεν είναι μονοσήμαντο μέγεθος αλλά εξαρτάται από το μέγεθος της μηχανής από τον τρόπο λειτουργίας και γενικά από όλη την κατάσταση στην οποία βρίσκεται (ελατήρια, χιτώνια, κεφαλή εμβόλου κ.τ.λ.), για αυτό πρέπει να εξετάζεται κατά περίπτωση.

Η οξείδωση είναι ο σημαντικότερος παράγοντας φθοράς των χιτώνιων και είναι αποτέλεσμα της συμπύκνωσης του θείου που βρίσκεται στα καύσιμα. Η διάβρωση επέρχεται σε συνδυασμό με το νερό που υπάρχει στον κύλινδρο κατά την καύση και της επικρατούσας θερμοδυναμικής κατάστασης στην οποία η πίεση και η θερμοκρασία έχουν τιμές κάτω από το σημείο δρόσου του τριοξειδίου του θείου. Ακόμη και αν υπάρχει μηχανισμός απομάκρυνσης σταγονιδίων νερού, στην σάρωση πριν την είσοδο στον κύλινδρο υπάρχει στον αέρα κορεσμένο νερό.



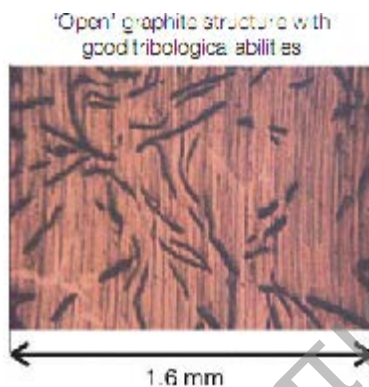
Ο δείκτης TBN του κυλινδρελαίου είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τον έλεγχο και όχι την αποφυγή της διάβρωσης στο εσωτερικό του κυλίνδρου.

Απαραίτητη είναι η παροχή σωστής ποσότητας σε σωστό χρόνο για την δημιουργία λιπαντικής μεμβράνης. Υψηλή αλκαλικότητα μπορεί να οδηγήσει σε γυάλισμα της

επιφανείας του χιτωνίου με αποτέλεσμα την αδυναμία δημιουργίας λιπαντικής μεμβράνης λόγω κατακρήμνισης του λιπαντικού μέσου στην λεία επιφάνεια.

Χρήση κυλινδρελαίου με ακατάλληλο δείκτη TBN μπορεί να οδηγήσει είτε σε "κόλλημα" του εμβόλου είτε σε εκτεταμένη φθορά του χιτωνίου.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επιθυμητή μορφή της επιφανείας του χιτωνίου ώστε να μπορεί να σχηματιστεί κατάλληλο υδροδυναμικό λιπαντικό στρώμα μεταξύ των ελατηρίων και των τοιχωμάτων του κυλίνδρου ώστε να εξασφαλίζεται ασφαλή λειτουργία.



(Πηγή: ΚΟΡΔΑΛΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΣΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΠΛΟΙΩΝ)

Η συνολική αλκαλικότητα του κυλίνδρου πρέπει να σχετίζεται με το ποσοστό θείου του χρησιμοποιούμενου καυσίμου και πρέπει να είναι σύμφωνη με την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Dosage} = F \times S\%$$

Όπου  $F = 0.21 - 0.25$  g/bhph για κυλινδρέλαιο με TBN70.

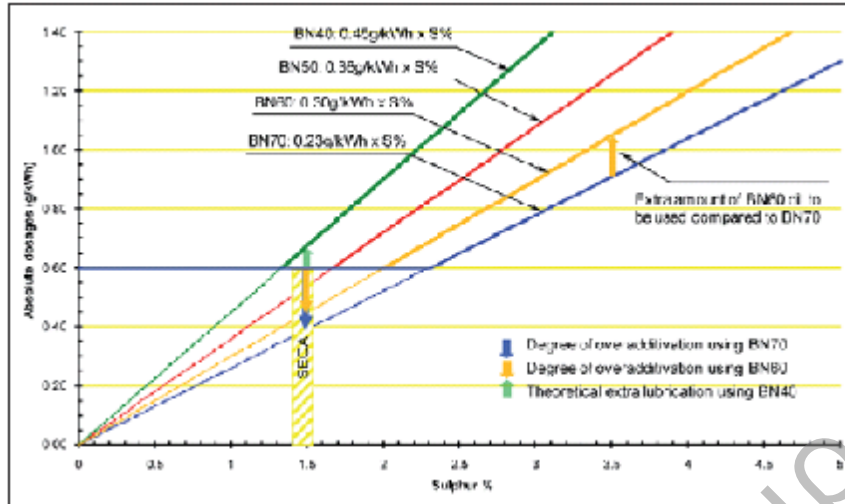
Ο συσχετισμός μεταξύ ποσοστού θείου του καυσίμου και κυλινδρέλαιο μπορεί να συμπεριληφθεί:

Θειάφι < 1% : προτείνεται TBN 40/50

Αλλαγή από TBN 70 σε 40/50 μετά από χρήση μίας εβδομάδας

Θειάφι 1-1.5% : μπορούν να χρησιμοποιηθούν TBN 40/50/70

Θειάφι=1.5%- 3.5% : προτείνεται TBN 70 και TBN 100



Όπως προαναφέραμε και παραπάνω ο ρόλος του κυλινδρελαίου είναι πολλαπλός - ενεργεί ως λιπαντικό φιλμ λαδιού μεταξύ των δακτυλίων του εμβόλου και χιτωνίου του κυλίνδρου. καθαρίζει μέσω την βοήθεια του προσθέτου που εμπεριέχει απορρυπαντικές ιδιότητες, και δρα ως παράγοντας εξουδετέρωσης στο θείο ότι περιέχεται στο καύσιμο. Ιστορικά η λίπανση του κυλίνδρου ήταν σχετικά απλή. Ωστόσο, η εισαγωγή των κανονισμών που περιορίζουν την περιεκτικότητα σε θείο στα καύσιμα, η έλευση του slow steaming, και αύξηση του κόστους του προϊόντος είναι θέματα που δυσκολεύουν την επιλογή της κατάλληλης λίπανσης. (%30 των τρεχούσων ημερίσιων εξόδων)

Τεχνικές παράμετροι που θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν:

- Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών ( ΟΕΠ ) : μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 1 τοις εκατό, πρέπει να μειωθεί στο 0,1 τοις εκατό το 2015. Οι περιοχές που περιλαμβάνουν Βαλτική, τη Βόρεια Θάλασσα και τη Βόρεια Αμερική και την Καραϊβική.

- Οδηγία ΕΕ : 0,1 τοις εκατό περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων για τα πλοία " σε θέση αγκυροβολίας στα λιμάνια της ΕΕ .
- Η Καλιφόρνια ποιότητα του αέρα (CARB ) : Μέγιστη 1 τοις εκατό του θείου στην Καλιφόρνια ρυθμίζονται υδάτων με μείωση έως 0,1 τοις εκατό το 2014 .
- Έξω από ΟΕΠ : Περιεκτικότητα σε θείο έως 3,5 τοις εκατό , το οποίο θα μειωθεί στο 0,5 τοις εκατό το θέμα το 2020 σε επανεξέταση προκειμένου να είναι ολοκληρωθεί μέχρι το 2018. Στα ευρωπαϊκά ύδατα εκτός των ΟΕΠ η μείωση σε 0,5 τοις εκατό , θα λάβει χώρα το 2020 χωρίς αναθεώρηση .

#### 4.1.2 Slow Steaming και Κυλινδρέλαια

Η πλεύση με μειωμένη ταχύτητα (slow steaming) έχει γίνει επίκαιρο θέμα συζήτησης. Οι παράγοντες που οδήγησαν σε αυτό αναφέρονται παρακάτω:

- 1) Η πτώση της παγκόσμιας οικονομίας.
- 2) Ο υψηλός αριθμός των ναυπηγήσεων.
- 3) Η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση.
- 4) Η ξαφνική πτώση των ναύλων.
- 5) Οι υψηλές τιμές των πετρελαίων
- 6) Η αύξηση του λειτουργικού κόστους (Ναυτολόγηση, λιπαντικά και το κόστος συντήρησης).

Τα πλοία έχουν σχεδιασθεί και κατασκευασθεί να λειτουργούν σε ένα συγκεκριμένο εύρος ταχύτητας. Το βέλτιστο πεδίο φορτίου για τις δίχρονες μηχανές κυμαίνεται μεταξύ %70- %85. Η απόδοση του καυσίμου της μηχανής, οι λειτουργικές παράμετροι, οι προδιαγραφές των στροβιλοσυμπιεστών, τα ψυγεία, τα βοηθητικά συστήματα, οι βοηθητικοί λέβητες των καυσαερίων εξαγωγής και ούτω καθ'εξής, επιλέγονται και βελτιστοποιούνται γι' αυτό το κανονικό πεδίο φορτίου, δηλαδή, όταν

η μηχανή λειτουργεί συνεχώς σε ένα εύρος φορτίου κάτω ή αρκετά κάτω του % 60 σε ολόκληρο το σύστημα δεν θα είναι επί μακρόν πλήρως βελτιστοποιημένο. Εφόσον η βιομηχανία δεν έχει χρησιμοποιήσει την μέθοδο της βραδυ-πλοία (slow steaming), κανένας δεν είχε ακριβώς μακροπρόθεσμη εμπειρία με τη συνεχή λειτουργία χαμηλού φορτίου της νέας γενιάς μηχανών.

Γενικά αναφέρεται ότι οι δίχρονοι μηχανές της Wartsila είναι αξιόπιστα ικανές να λειτουργούν σε όλα τα φορτία μεταξύ του % 10 CMCR και % 100 CMCR, χωρίς επιπλέον μετατροπές εφόσον έχουν προβλεφθεί κατάλληλα οι λειτουργικές παράμετροι και οι φροντίδα.

Διάφοροι βαθμοί συμπεριφοράς μέσα από το εύρος των χαμηλών φορτίων έχουν παρατηρηθεί.

### **Φτωγή Καύση**

Φτωχός ψεκασμός

Αυξημένη ρύπανση και ενδεχόμενες επικαθίσεις του άνθρακα

### **Ρύπανση**

Στο σύστημα εξαγωγής, στους στροβιλοσυμπιεστές και στους λέβητες εξαγωγής.

Στο χώρο του αέρα σάρωσης σύνεπεια της υπερβολικής ποσότητας κυλινδρελαίου.

### **Ψυκτική Διάβρωση (Cold Corrosion)**

Προξενείται από την συμπύκνωση διαβρωτικών ατμών. Πιθανόν όταν παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες μηχανής κατά την διάρκεια της λειτουργίας σε πολύ χαμηλά φορτία.

Είναι εξαιρετικά σημαντικό για τη βελτιστοποίηση λύσεων και επιλογής σωστού λιπαντικού κατά την υιοθέτηση της πρακτικής του 'slow steaming' να λαμβάνουμε υπόψη τα παρακάτω.

- Regular Scrape Down Analysis.
- High Performed Marine Lubricants approved by OEM for Slow steaming.
- Automated lubrication system can deliver precise, well distributed Cylinder oil giving both improved protection as well as delivering lowest appropriate feed rates.

## **5. Βιοτεχνολογία: Ένας τρόπος για τον έλεγχο της περιβαλλοντικής ρύπανσης μέσω των εναλλακτικών λιπαντικών**

### **5.1 Εισαγωγή**

Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες αποκτούν μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της αύξησης της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Η ρύπανση που προκαλείται από διάφορες πηγές, όπως τα καύσιμα, τα λιπαντικά, τα βιομηχανικά απόβλητα, οι χημικές ουσίες, ο θόρυβος κ.λπ. Μία από τις κύριες πηγές ρύπανσης είναι τα λιπαντικά, καθώς επηρεάζουν άμεσα το περιβάλλον όταν δεν γίνεται σωστά η επεξεργασία τους, όπως τα λιπαντικά από έλαια με βάση το πετρέλαιο που έχουν πολύ κακή βιοδιασπασιμότητα και επίσης υψηλή τοξικότητα. Η ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να ελεγχθεί με τη βοήθεια της βιοτεχνολογίας στον τομέα των εναλλακτικών λιπαντικών από διαφορετική διαθέσιμη βιομάζα. Το παρόν κεφάλαιο ασχολείται με τους τρόπους μείωσης της ρύπανσης του περιβάλλοντος από διάφορες εναλλακτικές πηγές.

#### **Εννοιολογικές Αποσαφηνίσεις**

Περιβάλλον: Με απλά λόγια το περιβάλλον ορίζεται ως το σύνολο των ανθρώπων, των ζώων και των φυτών. Στο περιβάλλον συγκαταλέγονται επίσης το νερό, ο αέρας, το έδαφος, κ.λπ. Από τον ορισμό αυτό είναι πολύ σαφές ότι ένα υγιές και καθαρό περιβάλλον είναι πολύ σημαντικό για όλα τα έμβια όντα. Το περιβάλλον διαταράσσεται από τυχόν ουσίες που επηρεάζουν ή αλλάζουν την



εύρυθμη λειτουργία του, οι ουσίες αυτές ονομάζονται γενικά ως ρύποι. Οι ρύποι αυτοί είναι διαφόρων τύπων και έχουν διάφορες επιβλαβείς επιδράσεις, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό το περιβάλλον και προκαλούν διάφορα είδη προβλημάτων σε όλους τους τύπους των έμβιων όντων που υπάρχουν στο περιβάλλον.

Ρύπανση: Η ρύπανση αποτελεί ένα πολύ σοβαρό θέμα στις μέρες μας, καθώς επηρεάζει τη φυσιολογική λειτουργία του περιβάλλοντος και προκαλεί διάφορα είδη επιβλαβών συνεπειών στα έμβια όντα και τις λειτουργίες τους. Ο όρος ρύπανση περιγράφεται ως «η παρουσία πολύ επιβλαβών ή δηλητηριωδών ουσιών, οι οποίες προκαλούν δυσμενείς επιδράσεις στο περιβάλλον και τη λειτουργία του» (Mayntz, 2013). Οι ουσίες που προκαλεί ρύπανση είναι γνωστές ως ρύποι. Οι ρύποι μπορεί να είναι οτιδήποτε το οποίο έχει επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον.

Η ρύπανση μπορεί να είναι διαφόρων τύπων, όπως ρύπανση των υδάτων, ατμοσφαιρική ρύπανση, ηχορύπανση, ρύπανση του εδάφους, κ.λπ. Υπάρχουν διάφορες πηγές ρύπανσης του αέρα, των υδάτων και του εδάφους, αλλά μία από τις κύριες πηγές αυτών των τύπων ρύπανσης είναι τα λιπαντικά από έλαια με βάση το πετρέλαιο λόγω της κακής βιοδιασπασιμότητας και της υψηλής τοξικότητάς τους (Jain & Suhane, 2013).

Λιπαντικά: Τα λιπαντικά είναι ουσίες πολύ σημαντικές ουσίες στη μείωση της φθοράς των εξαρτημάτων μιας μηχανής. Τα λιπαντικά μειώνουν επίσης την τριβή, κάτι που οδηγεί σε μείωση της απώλεια θερμότητας (Lansdown, 2004). Υπάρχουν διάφορες λειτουργίες των λιπαντικών σε διαφορετικούς τύπους βιομηχανιών, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, η μεταποιητική βιομηχανία, η θαλάσσια βιομηχανία κ.λπ.

Τα λιπαντικά αποτελούνται από υγρά βάσης και πρόσθετα, όπου το υγρό βάσεως είναι το κύριο μέρος του σκευάσματος του λιπαντικού το οποίο αποτελείται κυρίως από έλαια με βάση το πετρέλαιο και το υπόλοιπο είναι πρόσθετα τα οποία προσδίδουν τις επιθυμητές ιδιότητες. Αυτά τα λιπαντικά με

βάση το πετρέλαιο έχουν μικρό βαθμό βιοδιάσπασης και υψηλή τοξική επίδραση. Η διαρροή αυτών των ειδών των λιπαντικών από το χώρο εργασίας στο περιβάλλον νερό ή στο έδαφος προκαλεί πολύ κακή επίδραση στο οικολογικό σύστημα, γεγονός απαράδεκτο λόγω της αύξησης των περιβαλλοντικών ανησυχιών. Επιπλέον, αυτά τα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο επιφέρουν βλαβερές συνέπειες στον χρήστη τους, καθώς τα λιπαντικά προκαλούν διάφορα είδη δερματικών ασθενειών.

Η παγκόσμια κατανάλωση αυτών των λιπαντικών με βάση το πετρέλαιο είναι περισσότερο από 41 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων, περισσότερο από το 40% αυτών των λιπαντικών χάνονται άμεσα στο περιβάλλον μέσω διαρροών και ατυχημάτων στα μηχανήματα εργασίας, τα οποία και προκαλούν πολύ σοβαρές βλάβες στο οικοσύστημα (Salas et al., 2011). Έτσι, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν βήματα προς την εξεύρεση μιας εναλλακτικής πηγής λιπαντικών με βάση το πετρέλαιο για τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρησιμοποίηση της διαθέσιμης βιομάζας για την παραγωγή εναλλακτικών λιπαντικών.

**Βιομάζα:** Τα βιολογικά υλικά και γενικά τα υλικά που προέρχονται από φυτά συνθέτουν την βιομάζα (BEC, 2012). Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε άλλο τύπο ενεργειακής πηγής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση στις συμβατικές πηγές ενέργειας. Αυτό στο οποίο πλεονεκτεί η βιομάζα έναντι των συμβατικών πηγών είναι ότι η βιομάζα είναι διαθέσιμη σε αφθονία, αλλά και η παραγωγή της είναι εύκολη.

**Βιοτεχνολογία:** Η βιοτεχνολογία ανήκει στο πεδίο των βιολογικών επιστημών και μέσω αυτής η βιομάζα μετατρέπεται ή τροποποιείται ώστε να παράγει χρήσιμα προϊόντα (CBD, 2013). Η βιοτεχνολογία περιλαμβάνει διάφορους τύπους διαδικασίας μετατροπής, όπως χημική μετατροπή, θερμική μετατροπή και βιοχημική μετατροπή.

Η βιοτεχνολογία δεν ασχολείται μόνο με την διαδικασία μετατροπής, αλλά δίνει επίσης την ευκαιρία για την τροποποίηση της υφιστάμενης βιομάζας

με χημική επεξεργασία και με γενετική τροποποίηση. Ανάλογα με τον διαφορετικό τύπο τροποποίησης μπορούν να ενισχυθούν οι ωφέλιμες ιδιότητες της βιομάζας (Wagner et al., 2001).

**Εναλλακτικοί πόροι:** Διάφορες μορφές βιομάζας είναι διαθέσιμες στην Ινδία, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές πηγές για την παραγωγή λιπαντικών. Φυτά που παράγουν μη εδώδιμα φυτικά έλαια αποτελούν την καλύτερη εναλλακτική πηγή για την παραγωγή αυτών των τύπων λιπαντικών. Αυτά τα φυτά είναι διαθέσιμα σε όλη την Ινδία. Τα εν λόγω φυτά καλλιεργούνται κυρίως για τους σπόρους τους. Το έλαιο εξάγεται από διάφορα μέρη του φυτού, όπως φύλλα, ατμός, ρίζες αλλά κυρίως το έλαιο εκχυλίζεται από τους σπόρους του φυτού. Κατά μέσο όρο, οι σπόροι περιέχουν περίπου το 40 έως 60% του ελαίου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υγρό βάσης για την κατασκευή λιπαντικών σκευασμάτων.

Ορισμένα από τα ευρέως διαθέσιμα μη εδώδιμα φυτικά έλαια που παράγουν τα φυτά στην Ινδία είναι τα εξής: *Jatropha* (*Jatropha curcas*), *Karanja* (*Pongamia pinnata*), *Mahua* (*Madhuca indica*), *Neem* (*Azadirachta indica*), *Simarouba* (*Simarouba glauca*), Άγρια βερίκοκο (*Prunus armeniaca*), *Castor* (*Ricinus Communis L*) κ.λπ (Amit & Amit, 2012). Το μη εδώδιμο φυτικό έλαιο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως ένα πρόσθετο ή ως ένα μείγμα με λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο. Τα λιπαντικά από αυτούς τους τύπους εναλλακτικών πόρων είναι γενικά γνωστά ως βιολιπαντικά.

**Βιολιπαντικά:** Τα βιολιπαντικά αποτελούν ένα επαναστατικό βήμα στον κόσμο των λιπαντικών. Τα βιολιπαντικά περιγράφονται με πολλούς τρόπους, όπως ως λιπαντικά φιλικά προς το περιβάλλον, πράσινα λιπαντικά, βιοδιασπώμενα λιπαντικά, ανακυκλώσιμα, μη τοξικά και επαναχρησιμοποιήσιμα κ.λπ.

Τα βιολιπαντικά σε σύγκριση με τα λιπαντικά που έχουν ως βάση το πετρέλαιο, επιφέρουν πολύ χαμηλή ή μηδενική ρύπανση στο περιβάλλον. Τα βιολιπαντικά έχουν επίσης μηδενική τοξικότητα, έτσι δεν προκαλούν δερματικές

παθήσεις στον χρήστη σε περίπτωση διαρροής ή ατυχήματος. Τα βιολιπαντικά είναι άκρως βιοδιασπώμενα σε σύγκριση με τα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο. Επιπλέον, τα βιολιπαντικά έχουν σχεδόν παρόμοια χαρακτηριστικά, όπως ιξώδες, λιπαντικότητα, δείκτη ιξώδους κ.λπ (Sevim et al., 2000), πράγμα που καθιστά τα βιολιπαντικά καλύτερη εναλλακτική λύση από τα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

**Πίνακας 1. Περιεχόμενο σε έλαια των ευρέως διαθέσιμων μη εδώδιμων φυτικών ελαίων**

<b>Μη εδώδιμα φυτικά έλαια</b>	<b>Περιεχόμενο σε έλαια ανά</b>
Jatropha	25 - 35 %
Karanja	20 - 25 %
Castor	37.2 - 60.6 %
Mahua	35 – 40 %
Neem	20 – 30 %

Η βιοδιασπασιμότητα είναι μία από τις πιο σημαντικές ιδιότητες του λιπαντικού. Ένα καλό λιπαντικό θα πρέπει να έχει υψηλό βαθμό βιοδιάσπασης όταν ελευθερώνεται στο περιβάλλον. Η βιοδιασπασιμότητα του λιπαντικού ορίζεται ως «η επιδεκτικότητα ενός λιπαντικού να αποικοδομείται υπό την επίδραση ενός βιολογικού οργανισμού όπως οι μύκητες χωρίς να προκαλούνται ποικίλες επιπτώσεις στο περιβάλλον» (Ioan, 2002).

Τα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο έχουν πολύ χαμηλό βαθμό βιοδιασπασιμότητας, ενώ τα λιπαντικά από εναλλακτικούς πόρους είναι ιδιαίτερα βιοδιασπώμενα και επίσης δεν προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον.

**Πίνακας 2: Η βιοδιασπασιμότητα των λιπαντικών με βάση το πετρέλαιο και των λιπαντικών από εναλλακτικές πηγές**

<b>α/α</b>	<b>Λιπαντικό</b>	<b>Βιοδιασπασιμότητα (%)</b>
1	Λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο	20 - 30
2	Λιπαντικά από εναλλακτικές πηγές	90 – 100

**Πηγή:** Mohanti S, (2001), Envirotch. New Delhi -110 020 (India).

Είναι σαφές από τον πίνακα 2 ότι τα λιπαντικά από εναλλακτικές πηγές έχουν πολύ υψηλότερο ποσοστό βιοδιασπασιμότητας από ότι τα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο. Τα λιπαντικά από εναλλακτικούς πόρους έχουν ποσοστό βιοδιασπασιμότητας από 90 έως 100%, πράγμα που σημαίνει ότι αυτά τα

λιπαντικά αποικοδομούνται γρήγορα υπό την επίδραση ενός βιολογικού οργανισμού. Έτσι, οι αρνητικές επιδράσεις των λιπαντικών στο περιβάλλον μειώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές (Erhan & Sharma, 2006).

## 5.2 Έλεγχος περιβαλλοντικής Ρύπανσης

Ο έλεγχος της περιβαλλοντικής ρύπανσης η οποία προκαλείται από τα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο είναι πρωταρχικής σημασίας, καθώς τα λιπαντικά αυτά έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο οικολογικό σύστημα και σε όλα τα έμβια όντα. Μία σύγκριση των λιπαντικών με βάση το πετρέλαιο με τα λιπαντικά από εναλλακτικές πηγές παρουσιάζεται στον Πίνακα 3. Είναι σαφές από τον πίνακα ότι τα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο αποτελούν την κύρια αιτία ρύπανσης του περιβάλλοντος, ενώ τα λιπαντικά από εναλλακτικές πηγές βοηθούν στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και μειώνουν τις επιβλαβείς συνέπειες κατά της ανθρώπινης ευημερίας και των άλλων έμβιων όντων.

Οι εναλλακτικοί πόροι, όπως τα μη εδώδιμα φυτικά έλαια μπορούν να παράγονται εγχωρίως, ενώ το πετρέλαιο δεν μπορεί να παραχθεί εγχωρίως. Επίσης, τα αποθέματα πετρελαίου σήμερα βρίσκονται στα πρόθυρα της εξάντλησης και η τιμή του αυξάνεται διαρκώς.

Τα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο είναι επικίνδυνα στην χρήση και στην αποθήκευση σε περίπτωση διαρροής κλπ. και αυτό οφείλεται στην κακή βιοδιασπασιμότητα και την υψηλή τοξικότητά τους, ενώ αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα στην περίπτωση των λιπαντικών από εναλλακτικές πηγές.

**Πίνακας 3: Σύγκριση ανάμεσα στα λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο και στα λιπαντικά από εναλλακτικούς πόρους**

Έλεγχος Περιβαλλοντικής Ρύπανσης			
α/α		Λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο	Λιπαντικά από εναλλακτικούς πόρους
1	Βιοδιασπασιμότητα	Όχι	Ναι
2	Τοξικότητα	Ναι	Όχι
3	Επιβλαβή υποπροϊόντα	Ναι	Όχι
4	Αιτία υπερθέρμανσης του	Ναι	Όχι
5	Πολύ τοξικά για τον άνθρωπο και τα ζώα	Ναι	Όχι
6	Μολύνουν το περιβάλλον	Ναι	Όχι
7	Οικονομικό όφελος για τους αγρότες	Όχι	Ναι
8	Επικίνδυνα στην χρήση και	Ναι	Όχι
9	Εγχώρια παραγωγή	Όχι	Ναι
10	Εναλλακτικός πόρος	Όχι	Ναι

Πηγή: Mohanti S, (2001), Envirotch. New Delhi -110 020 (India).

Η βιοτεχνολογία διαδραματίζει έναν ζωτικό ρόλο στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος αξιοποιώντας τις εναλλακτικές πηγές. Οι αρνητικές επιπτώσεις των λιπαντικών με βάση το πετρέλαιο στο περιβάλλον μπορούν να μειωθούν σε μεγαλύτερο βαθμό με την προώθηση των βιολιπαντικών.

Τα λιπαντικά από εναλλακτικούς πόρους ελέγχουν την ρύπανση του περιβάλλοντος, προστατεύοντας τα υπόγεια ύδατα και το έδαφος, μειώνουν την κατανάλωση πετρελαίου, μειώνουν το κόστος της απομάκρυνσης, εξυπηρετούν την φυσική ανακύκλωση των επικίνδυνων αποβλήτων, μειώνουν τον κίνδυνο ανάφλεξης και πυρκαγιάς σε περίπτωση ατυχήματος και δεν προκαλούν δερματικά προβλήματα στον χρήστη.

Υπάρχει ανάγκη να πραγματοποιηθούν τα σωστά βήματα στον τομέα της ανάπτυξης των λιπαντικών από εναλλακτικούς πόρους, ώστε να είναι πιο φθηνά και εύκολα διαθέσιμα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της στοχοθετημένης

έρευνας και των κατάλληλων εθνικών πολιτικών και κανονισμών για τη χρήση των λιπαντικών από εναλλακτικούς πόρους.

## **6 Περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά**

### **6.1.1 Ιστορικό υπόβαθρο**

Η ευαισθητοποίηση ως προς τις επιπτώσεις της ναυτιλίας στο περιβάλλον αυξάνεται και ολοένα και μεγαλύτερη προσοχή δίνεται στις «λειτουργικές απορρίψεις λιπαντικών». Μια τέτοια διαρροή λιπαντικού ελαίου, κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, μπορεί να προκύψει τόσο από τον υποβρύχιο εξοπλισμό (χοάνη, έλικες, προωθητήρες, πηδάλια, σταθεροποιητές) και από τον εξοπλισμό πάνω από την ίσαλο γραμμή (όπως είναι οι γερανοί, οι ράμπες και οι πόρτες πρόσβασης για επιβάτες και φορτία, οι μπουκαπόρτες και τα βαρούλκα), όπως αναφέρονται στο σχήμα. 1.

Το ποσό της απόρριψης λιπαντικών συνολικά μπορεί να είναι σημαντικό. Μια πρόσφατη μελέτη (Etkin, 2010) εκτιμά ότι μεταξύ 37 έως 61 εκατομμύρια λίτρα λιπαντικών ελαίων ετησίως, ενδέχεται να απορρίπτονται από τα πλοία στο λιμάνι, ενώ μία άλλη (Ahlbohm & Duus, 2007) πρότεινε ότι οι λειτουργικές απορρίψεις λιπαντικών ελαίων από την χοάνη μόνο (στη θάλασσα, καθώς και στο λιμάνι) μπορεί να ανέρχονται στα 60 εκατομμύρια λίτρα ετησίως. Πράγματι, οι χοάνες θεωρούνται ως μία από τις κύριες πηγές των λειτουργικών απορρίψεων λιπαντελαίων (Etkin, 2010). Τα σύγχρονα συστήματα στεγανοποίησης του άξονα της χοάνης έχουν σχεδιαστεί για την πρόληψη των διαρροών, αλλά τα συστήματα αυτά μπορούν να δυσλειτουργούν λόγω μιας σειράς αιτιών, π.χ. κραδασμοί, κακή ευθυγράμμιση άξονα ή του παρεμβύσματος (τσιμούχα), φθορά παρεμβύσματος ή επενδύσεων, μεταβολή στη διαφορική πίεση και ζημιές από συντρίμια, όπως τα δίχτυα αλιείας. Τα «Περιβαλλοντικά Αποδεκτά Λιπαντικά» (ΠΑΛ) (μερικές φορές αναφέρονται και ως «βιοδιασπώμενα λιπαντικά» ή «βιο-λιπαντικά») έχουν αναπτυχθεί σε απάντηση αυτών των λειτουργικών



απορρίψεων λιπαντελαίων. Όταν έχει παραχθεί σωστά η σύνθεσή τους, τα ΠΑΛ έχουν αποδειχθεί ότι παρέχουν μια πρακτική εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών λιπαντικών με βάση τα ορυκτέλαια, τα οποία προκαλούν μεγαλύτερη ζημιά στο περιβάλλον, όταν χάνονται μέσα στο νερό.

Τα οφέλη από την χρήση ΠΑΛ, και η εμπιστοσύνη που έχει αποκτηθεί από τις επιδόσεις τους, έχουν ήδη αναγνωριστεί από την εμφάνιση ενός αυξανόμενου αριθμού των ρυθμιστικών απαιτήσεων και εμπορικών πρωτοβουλιών τα οποία υποχρεώνουν ή παρέχουν κίνητρα για την υιοθέτηση των ΠΑΛ. Αυτά περιλαμβάνουν:

- κατευθυντήριες γραμμές του ΔΝΟ για τα πλοία που δραστηριοποιούνται στα ύδατα που καλύπτονται με πάγο στην Αρκτική (IMO, 2002): «Τα ρουλεμάν χοάνης, τα παρεμβύσματα και τα κύρια μέρη πρόωσης που βρίσκονται έξω από το κύτος δεν πρέπει να διαρρέουν ρύπους. Τα μη τοξικά, βιοδιασπώμενα λιπαντικά δεν θεωρούνται ρυπογόνα».
- DNV Environmental Class - Clean Design notation (DNV, 2011): επιτρέπει τη χρήση των βιοδιασπώμενων λιπαντικών (υπό ελεγχόμενες συνθήκες) στα ρουλεμάν της χοάνης.
- RINA additional Class Notation Green Plus (2009): απαιτεί τη χρήση βιοδιασπώμενων λιπαντικών.
- Clean Shipping Index (2010): αξιολογεί το περιβαλλοντικό προφίλ των σκαφών και απονέμει περισσότερους πόντους για την χρήση των περιβαλλοντικών αποδεκτών λιπαντικών στην χοάνη, τα εξωτερικά υδραυλικά συστήματα, τους προωθητήρες και τις έλικες CP.
- Baltic Sea Position (2010): «Τα βιολογικά διασπώμενα έλαια αποτελούν μια εναλλακτική λύση απέναντι στα συμβατικά ορυκτέλαια».
- US Environmental Protection Agency (EPA) – Vessel General Permit (VGP) (US EPA, 2013): συμβουλεύει ότι οι ιδιοκτήτες/διαχειριστές του πλοίου είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούν περιβαλλοντικά λιπαντικά, αλλά επίσης υποστηρίζει ότι η χρήση αυτών των προϊόντων δεν

εξουσιοδοτεί την απόρριψη οποιουδήποτε λιπαντικού σε καμία ποσότητα η οποία θα μπορούσε να οριστεί ως επιβλαβή, όπως ορίζεται στο 40 CFR Part 110».

Ωστόσο, το προσχέδιο του VGP 2013 (που δημοσιεύθηκε στις 30 Νοεμβρίου 2011) προτείνει την υποχρεωτική χρήση των «περιβαλλοντικά αποδεκτών λιπαντικών» (που πληρούν ορισμένα συγκεκριμένα οικολογικά κριτήρια) σε όλες τις περιπτώσεις της επαφής της θάλασσας με έλαια, με ισχύ από τις 19 Δεκεμβρίου 2013. Αυτό θα ισχύει χωρίς εξαίρεση και για τα καινούργια πλοία, ενώ οι εφαρμογές για τα υπάρχοντα πλοία θα μπορούν να αποκλείονται μόνο αν είναι «τεχνικά ανέφικτη» η χρήση ΠΑΛ.

Τα ΠΑΛ χρησιμοποιούνται ήδη σε κατάλληλες εφαρμογές από ένα σημαντικό αριθμό επιχειρηματιών, οι οποίοι αναγνωρίζουν ότι, παρά την υψηλότερη τιμή ανά μονάδα τους σε σύγκριση με τα συμβατικά ορυκτέλαια, το συνολικό κόστος είναι αρκετά μικρό λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικά μικρές ποσότητες λιπαντικού που απαιτούνται και την δυνατότητα μεγαλύτερων χρονικών διαστημάτων για την αλλαγή τους.

Για τους εν λόγω φορείς πλοίων, τα ΠΑΛ προσφέρουν τέσσερα διαφορετικά πλεονεκτήματα:

- Τα καλύτερα ΠΑΛ μπορούν να προσφέρουν ανώτερη απόδοση σε σύγκριση με τα συμβατικά λιπαντικά, ιδιαίτερα σε σχέση με την διάρκεια ζωής του υγρού και το εύρος της θερμοκρασίας λειτουργίας.
- Τα ΠΑΛ έχουν χρησιμοποιηθεί από ορισμένους φορείς ως απόδειξη για την συνεχή βελτίωση των προγραμμάτων συμμόρφωσης, όπως το ISO 14001 και (στην περίπτωση των δεξαμενόπλοιων) το TMSA. Στις περισσότερες εφαρμογές, η εισαγωγή των ΠΑΛ είναι μια σχετικά απλή διαδικασία, έτσι ώστε η χρήση τους να αποτελεί ένα απλό βήμα στην υποστήριξη του προτύπου ISO 14001.
- Η εισαγωγή των ΠΑΛ έχει χρησιμοποιηθεί ως μέσο για την ενίσχυση της εταιρικής φήμης και επίσης ως επίδειξη της Εταιρικής Κοινωνικής

Ευθύνης των φορέων και ως δέσμευση για την αειφορία. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές για τα τμήματα της θαλάσσιας βιομηχανίας, που λειτουργούν κάτω από στενότερο δημόσιο έλεγχο.

- Υπάρχουν τεκμηριωμένες περιπτώσεις όπου η χρήση των ΠΑΛ θεωρείται από τις Αρχές επιβολής του ως ένας παράγοντας μετριασμού σε ορισμένες περιπτώσεις τυχαίας διαρροής, η οποία έχει οδηγήσει σε επιβολή μικρότερων κυρώσεων.

Η αυξανόμενη χρήση των ΠΑΛ πρέπει να συνδυάζεται με την αυξανόμενη κατανόηση ότι τα ΠΑΛ είναι υψηλής απόδοσης και υψηλής ποιότητας προϊόντα που χρειάζονται προσεκτική διαχείριση από το χρήστη, η οποία πρέπει να συνοδεύεται από σαφείς οδηγίες από τους προμηθευτές λιπαντικών και τους κατασκευαστές εξοπλισμού (Vickers, 2013).

Η συζήτηση που ακολουθεί περιγράφει την προμήθεια ΠΑΛ σε περισσότερα από 1.250 σκάφη κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15 ετών, σύμφωνα με την εμπειρία της εταιρείας Vickers Oils. (Όλα τα ΠΑΛ της Vickers Oils κάνουν χρήση τεχνολογίας με βάση τον εστέρα και έτσι η συζήτηση παρακάτω λαμβάνει υπόψη μόνο την χρήση ΠΑΛ με βάση τον εστέρα).

### 6.1.2 Ορισμός

Υπάρχουν διάφορα διεθνή πρότυπα για την χρήση ΠΑΛ στην ξηρά. Μεταξύ αυτών είναι το Blue Angel, το Ευρωπαϊκό Οικολογικό Σήμα, το Nordic Swan και το Σουηδικό πρότυπο SS 155470. Ωστόσο, τα ΠΑΛ για θαλάσσιες εφαρμογές δεν διαθέτουν έναν διεθνώς συμφωνημένο και εγκεκριμένο ορισμό προτύπου. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ορισμένες περιφερειακές και ειδικές με την βιομηχανία ρυθμίσεις (όπως τα πρότυπα OSPAR HMCS για την βιομηχανία της υπεράκτιας εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου της Βόρειας Θάλασσας), δεν υπάρχουν ρυθμιστικά κριτήρια που να ορίζουν τι είναι ένα περιβαλλοντικά αποδεκτό λιπαντικό για την ευρύτερη ναυτιλιακή αγορά.

Δυστυχώς, η έλλειψη ενός εγκεκριμένου και αποδεκτού ορισμού μέχρι

σήμερα έχει επιτρέψει σε ορισμένους προμηθευτές να χρησιμοποιούν παραπλανητικές δηλώσεις και να διαφημίζουν αποδόσεις για προϊόντα που δεν είναι τελικά τόσο «φιλικά προς το περιβάλλον» όπως ισχυρίζονται.

Για να αποφευχθεί η σύγχυση και να αποφευχθούν οι παρεξηγήσεις, οι τελικοί χρήστες θα πρέπει να ζητούν από τους προμηθευτές ΠΑΛ τις λεπτομέρειες των συγκεκριμένων προτύπων δοκιμής που χρησιμοποιήθηκαν ως βάση των οικολογικών απαιτήσεων. Θα πρέπει επίσης να ζητούνται από τους προμηθευτές ΠΑΛ στοιχεία για τα αποτελέσματα ανεξάρτητων εργαστηριακών δοκιμών για την επικύρωση των τυχόν ισχυρισμών τους (Vickers, 2013).

Επιπλέον, και ορολογία έχει προκαλέσει σύγχυση. Ορισμένα προϊόντα έχουν διαφημιστεί ως μη προκαλούμενα γυαλάδα, αλλά στην πραγματικότητα έχουν περιορισμένη βιοδιασπασιμότητας και μπορεί να είναι τοξικά. Άλλα προϊόντα, όπως ορισμένα λιπαντικά για τρόφιμα, υποτίθεται ότι είναι ΠΑΛ αλλά στην πραγματικότητα έχουν βάση το ορυκτέλαιο και δεν είναι ούτε βιοδιασπώμενα ούτε προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές.

Μέχρι στιγμής, η Vickers Oils έχει εγκρίνει δύο βασικά κριτήρια που αποτελούν τον πυρήνα όλων των διεθνών ορισμών σχετικά με την περιβαλλοντική απόδοση, δηλαδή την βιοδιασπασιμότητα και την χαμηλή τοξικότητα.

Η βιοδιασπασιμότητα αποτελεί το μέτρο του ρυθμού με τον οποίο το προϊόν θα διαλυθεί εντός του θαλασσίου περιβάλλοντος. Η βιοδιασπασιμότητα ενός λιπαντικού είναι η αποδόμηση του προϊόντος, μέσω μικροοργανισμών, σε απλούστερες ουσίες όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό και η αμμωνία. Για να συμβεί αυτό, απαιτούνται γενικά οξυγόνο, νερό και θρεπτικές ουσίες.

Προκειμένου να γίνει αποδεκτό ένα λιπαντικό ως «βιοδιασπώμενο», θα πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 60%\* βιοδιασπώμενο εντός 28 ημερών σύμφωνα με μία από τις διεθνείς δοκιμές τελικής βιοδιασπασιμότητας, την OECD 301 AF ή την OECD 306 (\*70% για το OECD 301 A&E). Προτιμάται το OECD 301 B.

Χαμηλή τοξικότητα: Η τοξικότητα του λιπαντικού είναι τουλάχιστον τόσο σημαντική όσο και η βιοδιασπασιμότητά του. Η θαλάσσια τροφική αλυσίδα αποτελείται από τρεις τύπους οργανισμών: τα φυτά, τα σπονδυλωτά (π.χ. ψάρια) και τα ασπόνδυλα (π.χ. γαρίδες). Είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η τοξικότητα και για τα τρία προκειμένου να διατηρηθεί η ισορροπία του περιβάλλοντος. Τα φυτά, όπως η άλγη, βρίσκονται στην βάση της τροφικής αλυσίδας και οποιαδήποτε τοξική επίδραση σε αυτά μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στους οργανισμούς που τρέφονται άμεσα ή έμμεσα με αυτά. Έχει αποδειχθεί από τον Weyers (2000) ότι οι δοκιμές στα φύκια είναι συχνά και οι πιο αποκαλυπτικές, λόγω της υψηλής ευαισθησίας τους στις τοξικές ουσίες.

Ως εκ τούτου, πιστεύουμε ότι είναι σημαντικό οι δοκιμές τοξικότητας να πρέπει να περιλαμβάνουν άλγη και οι έρευνες που δεν περιλαμβάνουν άλγη να πρέπει να θεωρούνται ελλιπείς.

Για να είναι αποδεκτό ένα λιπαντικό θα πρέπει να επιτευχθεί ένα επίπεδο «σχεδόν μη τοξικό» στα φυτά, τα σπονδυλωτά και τα ασπόνδυλα, σύμφωνα με τα τεστ οξείας τοξικότητας 201, 202, 203 του ΟΟΣΑ.

Ο χώρος δεν επιτρέπει την πλήρη εξέταση αυτών και άλλων οικολογικών κριτηρίων και των διαφόρων μεθόδων δοκιμής τους (RINA, 2012). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ως γενικός κανόνας ότι ο βαθμός της βιοδιασπασιμότητας και της ανανέωσης της πλήρους σύνθεσης τείνουν να εξαρτώνται από τα ρευστά βάσης. Η τοξικότητα του σκευάσματος επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα πρόσθετα τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση των επιδόσεων σε τομείς όπως η θερμική σταθερότητα (αντίσταση στην οξείδωση), το φορτίο, την προστασία κατά της φθοράς και την αντίσταση στη διάβρωση.

Επιπλέον, φυσικά, κάθε ΠΑΛ θα πρέπει να είναι κατάλληλο για τον εκάστοτε σκοπό και να έχουν εγκριθεί ή τουλάχιστον να είναι αποδεκτό από τους κατασκευαστές εξοπλισμού.

### 6.1.3 Καταλληλότητα για τον σκοπό.

Ο κύριος προβληματισμός σχετικά με τα περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά υπήρξε ως προς την απόδοσή τους και την «καταλληλότητά» τους σε σύγκριση με τα συμβατικά ορυκτέλαια τα οποία βρίσκονται ήδη σε χρήση για δεκαετίες, και για τα οποία υπάρχει πληθώρα πραγματικών δεδομένων χρήσης. Ειδικότερα, οι κατασκευαστές του πρωτότυπου εξοπλισμού υπήρξαν απρόθυμοι στο να εγκρίνουν και να δώσουν εγγυήσεις για τη χρήση των περιβαλλοντικά αποδεκτών λιπαντικών μηχανημάτων τους, έως ότου ληφθούν επαρκή δεδομένα πραγματικής χρήσης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, οι πελάτες διστάζουν να υιοθετήσουν την χρήση περιβαλλοντικά αποδεκτών λιπαντικών χωρίς μία τέτοια έγκριση από τους κατασκευαστές. Ευτυχώς, μέσα από μακροπρόθεσμα προγράμματα E&A, συχνά διεξάγονται προσεκτικές παρακολουθήσεις δοκιμών κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15 ετών, σε συνεργασία με τους αρχικούς προμηθευτές και η Vickers Oils έχει συγκεντρώσει έναν σημαντικό όγκο δεδομένων χρήσης και έχει κερδίσει εγκρίσεις για τη δική της σειρά ΠΑΛ για χρήση στην θαλάσσια βιομηχανία, από πολλούς από τους σημαντικότερους κατασκευαστές θαλάσσιου εξοπλισμού σε όλο τον κόσμο.

Η απόδοση της λίπανσης με ΠΑΛ μπορεί εύκολα να καθοριστεί μέσω τυποποιημένων δοκιμών από την βιομηχανία στα σχετικά πρότυπα ISO και τα εθνικά (π.χ. JIS, ASTM και DIN) πρότυπα. Για λόγους χώρου, σε αυτήν την εργασία θα υποθέσουμε ότι όλα τα σοβαρά ΠΑΛ μπορούν να αποδείξουν ότι συμμορφώνονται με αυτές τις κανονικές απαιτήσεις, οι οποίες συχνά αποτελούν τη βάση των προδιαγραφών των αρχικών κατασκευαστών και τα οποία ισχύουν για όλα τα λιπαντικά, ανεξάρτητα από το έλαιο βάσης.

Τόσο οι κατασκευαστές, όσο και οι χρήστες του θαλάσσιου εξοπλισμού έχουν επικεντρωθεί σε τέσσερα πρόσθετα ερωτήματα που ισχύουν για τα ΠΑΛ (Vickers, 2013):

- Είναι τα ΠΑΛ συμβατά με το σύστημα (ιδίως, με τα παρεμβύσματα);
- Ποια είναι η επίδραση της θερμοκρασίας, τόσο της υψηλής, όσο και της χαμηλής, στα περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά;

- Ποια είναι η επίδραση του νερού στα περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά;
- Πώς συγκρίνεται η διάρκεια ζωής του υγρού του περιβαλλοντικά αποδεκτού λιπαντικού με εκείνη των συμβατικών ελαίων;

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο βαθμό τόσο από τον γενικό τύπο, όσο και από την ειδική σύνθεση των ΠΑΛ υπό αξιολόγηση, όπως θα δούμε παρακάτω.

Αλλά σε γενικές γραμμές, αυτά τα ερωτήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω μιας προσέγγισης τριών δρόμων με την ευθύνη μοιράζεται μεταξύ των κατασκευαστών, των προμηθευτών ΠΑΛ και του τελικού χρήστη.

Τα ΠΑΛ είναι διαφορετικά από τα ορυκτέλαια και μπορεί να μην έχουν την ίδια συμβατότητα με άλλα υλικά, όπως τα ελαστομερή. Ως εκ τούτου, είναι ευθύνη των αρχικών κατασκευαστών, σε συνεργασία με τον προμηθευτή ΠΑΛ, να προτείνουν και να χρησιμοποιούν τα κατάλληλα ελαστομερή, τα χρώματα και άλλα συστατικά στοιχεία. Μερικοί αρχικοί κατασκευαστές έχουν ήδη αρχίσει να χρησιμοποιούν ελαστομερή που έχουν καλύτερη συμβατότητα με (ορισμένα είδη) ΠΑΛ ως απαιτούμενη προδιαγραφή σε όλα τα προϊόντα τους. Αυτή είναι μακράν η πιο εύκολη προσέγγιση για υιοθέτηση, καθώς αποτρέπει τη σύγχυση και βοηθά στην εισαγωγή των ΠΑΛ στην πράξη. Άλλοι αρχικοί κατασκευαστές θα ταιριάζουν τα συμβατά συστατικά ΠΑΛ κατόπιν αιτήματος από τον ιδιοκτήτη/ναυπηγείο. Αυτό συνήθως μπορεί να γίνει μόνο σε καινούργια πλοία ή σε μια σημαντική ανακατασκευή πλοίου.

Οι κατασκευαστές παρεμβυσμάτων χοάνης επιδιώκουν να βελτιώσουν τη συμβατότητα των υλικών τους με βάση τις εστέρες, τα βιοδιασπώμενα υγρά και αναπτύσσουν όλο και πιο εξελιγμένες δοκιμές σε εξέδρες προκειμένου να προβλέψουν την μακροπρόθεσμη συμπεριφορά σε ακραίες συνθήκες. Σήμερα οι κατασκευαστές παρεμβυσμάτων χοάνης εφαρμόζουν περιορισμούς και προϋποθέσεις στη χρήση βιοδιασπώμενων υγρών. Ένας στόχος είναι να μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα βιοδιασπώμενα ρευστά ελεύθερα όπως τα ορυκτέλαια.

Ο προμηθευτής ΠΑΛ θα πρέπει να κατανοήσει πλήρως κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή και τα διάφορα «τι - εάν» που μπορεί να ισχύουν σε κάθε περίπτωση. Αυτή η κατανόηση μπορεί να αποκτηθεί μόνο μέσω της πρακτικής εμπειρίας και της πολυετούς γνώσης του θαλάσσιου εξοπλισμού. Ο προμηθευτής ΠΑΛ θα πρέπει στη συνέχεια να εφαρμόσει αυτή την γνώση, μαζί με μία ισόποση γνώση ως προς τις πρώτες ύλες που είναι διαθέσιμες, στην διαδικασία της επιλογής των βασικών ελαίων και προσθέτων για τα περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά. Ο σκοπός είναι να διασφαλιστεί ότι στην πράξη δεν υπάρχουν ανεπιθύμητες ενέργειες.

Όπως προαναφέρθηκε, η «καταλληλότητα» ενός ΠΑΛ για θαλάσσια εφαρμογή, εξαρτάται από την σύνθεσή του, καθώς και την προβλεπόμενη εφαρμογή. Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι ΠΑΛ με βάση τον εστέρα. Τα πιο απλά προϊόντα είναι εκείνα που βασίζονται σε φυσικά έλαια όπως π.χ. το ζωικό λίπος. Αυτά είναι ιδιαίτερα βιοδιασπώμενα, είναι εντελώς ανανεώσιμα και έχουν καλή συμβατότητα. Αλλά, ενώ τα υψηλότερης ποιότητας φυσικά έλαια μπορούν να είναι κατάλληλα για τις λιγότερο απαιτητικές εφαρμογές, μπορεί να εμφανίσουν κακή απόδοση σε θερμές και ψυχρές συνθήκες ή υπό την παρουσία νερού.

Σε γενικές γραμμές, για τις πιο απαιτητικές εφαρμογές απαιτούνται υψηλής απόδοσης κορεσμένοι συνθετικοί εστέρες, όπως π.χ. για τα συμπιεσμένα υδραυλικά συστήματα, τα λιπαντικά στα γρανάζια, τα γράσα υψηλής πίεσης και/ή οποιοδήποτε προϊόν που απαιτείται να λειτουργεί υπό συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, ιδίως όπου το νερό μπορεί να είναι παρόν. Τέτοια υψηλής απόδοσης έλαια βάσης μπορεί να έχουν πολύ καλή αντοχή στην οξείδωση (θερμική αποικοδόμηση) και σε υδρόλυση (διάλυση με νερό σε υψηλή θερμοκρασία), καθώς και καλές ιδιότητες σε χαμηλή θερμοκρασία. Τα προσεκτικά επιλεγμένα κορεσμένα συνθετικών εστέρων παρέχουν τον καλύτερο συνδυασμό απόδοσης και συμβατότητας ως έλαια βάσης. Ωστόσο, και οι χαμηλότερου κόστους συνθέσεις μπορούν να αποδώσουν επαρκώς, ανάλογα με τη σοβαρότητα των εκτιμήσεων λειτουργίας. Η πρόσθετη απόδοση είναι επίσης κρίσιμη. Τα περισσότερα πακέτα πρόσθετων είναι σχεδιασμένα για ορυκτά έλαια



βάσης, ωστόσο νέες τεχνολογίες πρώτων υλών για ΠΑΛ συνεχίζουν να αναπτύσσονται.

Είναι καθοριστικής σημασίας - και μερικές φορές παραβλέπεται - ότι ο τελικός χρήστης/πελάτης έχει επίσης ευθύνη για την επιτυχή διαχείριση των ΠΑΛ επάνω στο πλοίο. Σε μερικές περιπτώσεις, δεν έχει δοθεί τέτοια προσοχή στην χρήση των ΠΑΛ με αποτέλεσμα την ύπαρξη ατυχών συνεπειών (Vickers, 2013).

#### 6.1.4 Διαχείριση των Παλ Πάνω στα πλοία

Τα ΠΑΛ είναι υψηλής απόδοσης, υψηλής ποιότητας προϊόντα που αξίζουν σωστή συντήρηση για να εξασφαλιστεί η καλύτερη δυνατή απόδοση της επένδυσης. Τα ΠΑΛ πρέπει να αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο από ότι τα απλά ορυκτέλαια. Πρέπει να ακολουθηθεί η σωστή διαδικασία, όπως προτείνεται στις «Οδηγίες Χρήσης» που προσφέρονται κατά κανόνα από τους προμηθευτές ΠΑΛ. Αυτές οι οδηγίες μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Εάν γίνεται αλλαγή σε ένα νέο ΠΑΛ, το υπάρχον έλαιο θα πρέπει να αδειάσει πλήρως από το σημείο εφαρμογής του ΠΑΛ ή εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, θα πρέπει να ξεπλυθεί καλά το σύστημα. Η μεταφορά του υπάρχοντος υγρού, ιδανικά δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5% της συνολικής δυναμικότητας του συστήματος.
- Κατά την εισαγωγή υδραυλικού λαδιού ΠΑΛ, θα πρέπει να διηθείται σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή του εξοπλισμού και να αφαιρείται οποιαδήποτε μόλυνση που μπορεί να συμβεί όταν η συσκευασία είναι ανοιχτή.
- Μετά την πλήρωση, το σύστημα θα πρέπει επίσης να διηθείται για να επιτευχθεί η απαιτούμενη καθαριότητα του συστήματος.
- Όλα τα φίλτρα του συστήματος θα πρέπει να ανανεωθούν.
- Το σύστημα θα πρέπει να γεμίζεται μόνο με το ίδιο ΠΑΛ και να αποφεύγεται η ανάμειξη διαφορετικών τύπων, λόγω πιθανής

ασυμβατότητας.

- Τα ΠΑΛ θα πρέπει να αποθηκεύονται σε κλειστούς χώρους στους αρχικούς τους κάδους και να είναι καλά σφραγισμένα, μέχρι την εισαγωγή τους στο σύστημα. Όπου είναι δυνατόν, δε θα πρέπει να αποθηκεύονται σε μια δεξαμενή αποθήκευσης αποθεμάτων (λόγω του πιθανού κινδύνου μόλυνσης ή/και μικροβιακής μόλυνσης).
- Εάν τα λιπαντικά θα πρέπει να αποθηκευθούν έξω, θα πρέπει να τοποθετηθούν με τα πόματά τους οριζόντια, για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος μόλυνσης των κάδων από την υγρασία.
- Τα ΠΑΛ θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά στο πλαίσιο ενός προγράμματος παρακολούθησης της κατάστασης των ελαίων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Νηογνομόνων. Ο έλεγχος της κατάστασης των ελαίων θα πρέπει να περιλαμβάνει πρόσθετες δοκιμές κατάλληλες για τα ΠΑΛ. Όπως πάντα, οι τελικοί χρήστες θα πρέπει να δώσουν ιδιαίτερη προσοχή στις συστάσεις που συμπεριλαμβάνονται στην έκθεση ελέγχου της κατάστασης των ελαίων.
- Σε υψηλή πίεση, εφαρμογές υψηλής θερμοκρασίας (όπως σε ορισμένα εργαλεία πλώρης και ορισμένα υδραυλικά συστήματα), τα ΠΑΛ θα μπορούσαν να διαλυθούν εάν εισέλθει νερό στο σύστημα. Ως εκ τούτου, το περιεχόμενο του νερού θα πρέπει να ελέγχεται σε 1000 ppm (0.1%) μέσω τακτικής δειγματοληψίας και χρήσης ενός κατάλληλου διαχωριστή ή καθαριστή. Συνιστάται η χρήση υγροσκοπικών βαλβίδων για την απορρόφηση της αερομεταφερόμενης υγρασίας.

### 6.1.5 Εμπειρία Χρήσης.

ΠΑΛ με βάση τους εστέρες έχουν παραδοθεί από γνωστή εταιρεία σε περισσότερα από 1.250 πλοία από το 1997 που ξεκίνησαν οι δοκιμές στην θάλασσα και επί του παρόντος χρησιμοποιούνται σε χοάνες, CCP, προωθητήρες,

άξονες πηδαλίου, σταθεροποιητές πτερυγίων, γεραμούς, καπόνια, μπουκαπόρτες, πόρτες του εξωτερικού κελύφους, ράμπες πρύμνης και πλευράς και σε βαρούλκα. Η εμπειρία από τη χρήση των ΠΑΛ υπήρξε εξαιρετικά θετική στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων. Τα ΠΑΛ είναι σε χρήση σε μια ευρεία ποικιλία τύπων σκαφών και περιοχών, π.χ. πλοία χύδην φορτίου Ice Class 1A στην Αρκτική και σε κρουαζιερόπλοια στην Καραϊβική (Vickers, 2013).

- Η μεγαλύτερη συνεχή χρήση των ΠΑΛ σε ένα σκάφος σήμερα φτάνει τα περισσότερα από 10 έτη (παράδοση το 2002). Ένα γαλακτωματοποιήσιμο ΠΑΛ χρησιμοποιείται στις δίδυμες χοάνες αυτού του κρουαζιερόπλοιου, μαζί με ένα παρέμβυσμα όψεως και τα ρουλεμάν έχουν αποδειχθεί ότι δουλεύουν εξαιρετικά καλά, παρά τις κατά καιρούς περιπτώσεις εισόδου νερού μέσα από το παρέμβυσμα.
- Ένας στόλος από μεταφορικά πλοία αυτοκινήτων μικρών αποστάσεων πραγματοποιεί συχνές στάσεις σε λιμένες με αμμώδη νερά, τα οποία αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης βλαβών στον παρέμβυσμα του άξονα της χοάνης και διαρροής ελαίων. Ως εκ τούτου, ο ιδιοκτήτης έχει επιλέξει να χρησιμοποιήσει ΠΑΛ στην χοάνη για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε περίπτωση διαρροών.
- Ένας ιδιοκτήτης στην Βαλτική αποφάσισε να χρησιμοποιήσει υδραυλικό υγρό ΠΑΛ στις ράμπες της πρύμνης σε ένα καινούργιο φέριμποτ. Το σκάφος έχει λειτουργήσει ικανοποιητικά για αρκετά χρόνια μέσω χειμερινές θερμοκρασίες τόσο χαμηλές όσο  $-35^{\circ}\text{C}$ .
- Το συμβατικό ορυκτό υδραυλικό υγρό στους γεραμούς ενός πλοίου χύδην φορτίου με αυτόματη εκφόρτωση, έγινε ακατάλληλο για χρήση μετά από 350 έως 450 ώρες. Ακολούθησε η αποτυχία λειτουργίας της αντλίας, με αποτέλεσμα την ανάγκη επισκευών και την αύξηση του κόστους, διότι το φορτίο έπρεπε στη συνέχεια να φορτώνεται και να εκφορτώνεται με τους γεραμούς από την πλευρά της αποβάθρας. Η χρήση υδραυλικού υγρού με βάση κορεσμένο συνθετικό εστέρα, έχει εκτεταμένη διάρκεια ζωής του υγρού με ένα πολλαπλάσιο τουλάχιστον του τέσσερα. Η ίδια μονάδα

γερανού λειτουργεί συνεχώς τώρα για περίπου 2.000 ώρες. Αυτό έχει βελτιώσει σημαντικά την λειτουργική αποδοτικότητα και έχει μειωμένο κόστος.

- Η διαρροή γράσου από τους άξονες του πηδαλίου έχει μειωθεί με τη χρήση ΠΑΛ γράσου που έχει μεγαλύτερη αντίσταση στο ξέπλυμα από ότι το γράσο με βάση το συμβατικό ορυκτέλαιο.

Οι μακροπρόθεσμες θαλάσσιες δοκιμές σε διάφορες άλλες εφαρμογές συνεχίζουν να υλοποιούνται εδώ και πέντε έτη και φαίνεται να αποδίδουν καλά. Πρόσφατα, ολοκληρώθηκε με επιτυχία μια πενταετής δοκιμή στην θάλασσα με ένα νέο τύπο ελαστομερούς παρεμβύσματος.

Η εμπειρία αυτή δείχνει ότι, όταν τα ΠΑΛ υψηλής ποιότητας χρησιμοποιούνται και συντηρούνται σωστά, παρουσιάζουν πολύ καλές επιδόσεις ακόμα και σε δύσκολες συνθήκες.

Οι διαρροές λιπαντικών ελαίων στο θαλάσσιο περιβάλλον δικαίως προσελκύουν περισσότερη προσοχή από ό,τι στο παρελθόν. Αυτές οι διαρροές ελαίων μπορεί να προέρχονται από τον εξοπλισμό που βρίσκεται κάτω από την ίσαλο γραμμή, ιδιαίτερα τις χοάνες και τους προωθητήρες, ή από τον εξοπλισμό καταστρώματος π.χ. γεραμούς και ράμπες.

Υπάρχουν ορισμένα κίνητρα και προτεινόμενοι κανονισμοί για την ενθάρρυνση και την επιβολή της χρήσης των «Περιβαλλοντικά Αποδεκτών Λιπαντικών» (ΠΑΛ), τα οποία προκαλούν λιγότερη περιβαλλοντική ζημιά σε περίπτωση τυχαίας διαρροής.

Τα σωστής σύνθεσης ΠΑΛ μπορούν να ανταποκρίνονται στα απαιτητικά πρότυπα περιβαλλοντικής αποδοχής, ενώ επίσης προσφέρουν υψηλό επίπεδο επιχειρησιακής απόδοσης. Ορισμένα από αυτά μπορούν να προσφέρουν οφέλη σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτέλαια ως προς την αποδοτικότητα και τη διάρκεια ζωής.

Οι κατασκευαστές εξοπλισμού, οι προμηθευτές ΠΑΛ και οι χρήστες, έχουν μια κοινή ευθύνη για την επιτυχή χρήση των ΠΑΛ τα οποία θα πρέπει να

τυγχάνουν προσεκτικής συντήρησης και διαχείρισης πάνω στο πλοίο. Πραγματική εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15 ετών δείχνει ότι ΠΑΛ αποτελούν μία πρακτική εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών ορυκτελαίων (Vickers, 2013).

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

### 6.2.1.1 Τύποι Περιβαλλοντικά Αποδεκτών Λιπαντικών

Τα περιβαλλοντικά αποδεκτά λιπαντικά συνήθως κατατάσσονται σύμφωνα με τον τύπο του βασικού ελαίου που χρησιμοποιείται στην σύνθεση τους. Σε γενικές γραμμές, τα λιπαντικά αποτελούνται από περίπου 75 έως 90 τοις εκατό βάσης ελαίου. Τα γράσα περιέχουν περίπου 10 τοις εκατό πυκνωτικό παράγοντα, το οποίο είναι συνήθως σαπούνι (Gow, 2009), εκτός από το βασικό έλαιο. Το υπόλοιπο κλάσμα σκευάσματος λιπαντικού αποτελείται από πρόσθετα ενισχυτικά απόδοσης. Μια σύνθεση λιπαντικού μπορεί να περιλαμβάνει εκατοντάδες πρόσθετα, τα οποία αφορούν θέματα απόδοσης ειδικά για την εφαρμογή και την απόδοση τους από το λάδι βάσης. Τα πρόσθετα χρησιμοποιούνται συνήθως για την αντιμετώπιση οξειδωτικής γήρανσης, διάβρωσης, υψηλής πίεσης, χαμηλής ή υψηλής θερμοκρασίας συνθήκες μετάπτωσης φάσης, διάτμηση, αφρισμό, και υδρόλυση (ιδίως για φυτικά και συνθετικά έλαια) (Habereeder et al., 2008).

Ο αριθμός των προσθέτων που είναι συμβατά με φυτικά έλαια, συνθετικούς εστέρες, ή πολυαλκυλενογλυκόλες είναι μικρός σε σχέση με τον αριθμό των προσθέτων που είναι συμβατά με τα συμβατικά έλαια (ορυκτά) βάσης. Ωστόσο, αυτό αλλάζει ως αποτέλεσμα της αυξημένης έμφασης στην ανάπτυξη EAL. Οι κατασκευαστές πρόσθετων εργάζονται πιο στενά με τη βιομηχανία λιπαντικών για το σχεδιασμό των προσθέτων που είναι κατάλληλα για τη βελτίωση της απόδοσης των EAL s που είναι φιλικότερα για το περιβάλλον (Aluyor et al. 2009). Για ορισμένα από τις αυστηρότερα προγράμματα επισήμανσης, τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στην EAL πρέπει να είναι και τα δύο χωρίς τέφρα (δηλαδή, να μην περιέχουν μέταλλα εκτός από Ca, Na, K, Mg) και μη-τοξικά (Habereeder et al. 2009). Μεταξύ των σαπουνιών, τα σαπούνια με βάση το ασβέστιο θεωρούνται λιγότερο τοξικά σε σύγκριση με άλλους τύπους (π.χ., βασισμένα σε λίθιο), και τα σαπούνια γενικά θεωρούνται λιγότερο τοξικά από πυκνωτικά γραφίτη (Gow, 2009).

### 6.2.1.2 Φυτικά Έλαια

Τα κύρια συστατικά των φυτικών ελαίων είναι τα τριγλυκερίδια (φυσικοί εστέρες), η ακριβής χημική φύση των οποίων εξαρτάται τόσο από τα φυτικά είδη

και το στέλεχος από το οποίο λαμβάνεται το έλαιο. (Haberader et al., 2008 και Nelson, 2000). Έξω από τις ΗΠΑ, τα ελαιοκράμβη είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη καλλιέργεια για τη δημιουργία λιπαντικών φυτικών ελαίων (Cuevas, 2005 και Habereder et al., 2008). Στις ΗΠΑ, οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες καλλιέργειες για την παραγωγή λιπαντικών φυτικών ελαίων είναι κανόλα, σόγια και ηλίανθος (Nelson, 2000).

Κυρίως λόγω των ζητημάτων απόδοσης που σχετίζονται με τη χαμηλή θερμοοξειδωτική σταθερότητα και την κακή συμπεριφορά ψυχρής ροής, τα λιπαντικά με βάση τα καθαρά φυτικά αποτελούν ένα σχετικά μικρό κλάσμα της αγοράς βιολιπαντικών, αν και οι πρόσφατες εξελίξεις της έρευνας έχουν δείξει υπόσχεση για την κάλυψη των ελλείψεων αυτών. (Erhan et al., 2006 and Kabir et al., 2008). Ένας άλλος λόγος είναι ότι τα λιπαντικά λαχανικών με βάση το πετρέλαιο είναι πολύ λιγότερο διαθέσιμα από τους συνθετικούς εστέρες (Bremmer and Plonsker, 2008). Μέχρι σήμερα, οι περισσότερες κοινές εμπορικές εφαρμογές τους περιλαμβάνουν υδραυλικό υγρό και γράσο σχοινοίου.

### 6.2.1.3 Συνθετικοί Εστέρες

Λιπαντικά με βάση συνθετικούς εστέρες βρίσκονται σε παραγωγή περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη κατηγορία βιολιπαντικών και χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά για τη λίπανση κινητήρα τζετ στη δεκαετία του 1950. Συνθετικοί εστέρες μπορούν να παρασκευαστούν με εστεροποίηση βιοβασισμένων υλικών (δηλαδή, κάποιος συνδυασμός τροποποιημένου ζωικού λίπους και φυτικού ελαίου). Επειδή οι συνθετικοί εστέρες μπορεί να είναι ειδικά προσαρμοσμένοι για τη σκοπούμενη εφαρμογή τους, έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε απόδοση σε σχέση με τα καθαρά φυτικά έλαια, και χρησιμοποιούνται ως βάση το πετρέλαιο σε λιπαντικά για πολλές εφαρμογές πλοίου, συμπεριλαμβανομένων των υδραυλικών πετρελαίου, στην πρύμνη του πετρελαίου σωλήνα, του πετρελαίου πλώρης, λιπαντικά εργαλείων, και (ACE, 1999 και Habereder et al., 2008). Οι συνθετικά εστέρες που βασίζονται σε EALs έχουν αναπτυχθεί και διατίθενται στο εμπόριο από πολύ μεγάλες πετρελαϊκές

εταιρείες όπως οι British Petroleum, Chevron, Exxon / Mobil και του Περσικού Κόλπου, και είναι σήμερα οι πιο ευρέως διαθέσιμες στο εμπόριο κατηγορίες EAL.

#### **6.2.1.4 Πολυαλκυλενογλυκόλες**

Οι πολυαλκυλενογλυκόλες (PAG) είναι συνθετικά λιπαντικά έλαια βάσεως, που τυπικώς γίνονται από τον πολυμερισμό του αιθυλενίου ή οξειδίου του προπυλενίου Polyalkylene (Brown, 1997). Ανάλογα με τον πρόδρομο, μπορούν να είναι διαλυτά σε κάθε έλαιο (οξείδιο προπυλενίου) ή ύδωρ (οξείδιο του αιθυλενίου) (Greaves, 2008 και Habereeder et al., 2008). Παρόλο που είναι κατασκευασμένες από υλικά με βάση το πετρέλαιο, οι PAGs μπορεί να είναι ιδιαίτερα βιοαποικοδομήσιμες, ιδιαίτερα οι υδατοδιαλυτές PAGs (Greaves, 2008; Sada et al., 2008; και Sada et al., 2009).

#### **6.2.1.5 Νερό**

Τουλάχιστον μία εταιρεία έχει αναπτύξει ένα αυστηρό σύστημα σωλήνα εντελώς θαλασσινού νερού που χρησιμοποιεί μη-μεταλλικά ρουλεμάν στη θέση του μεταλλικού ρουλεμάν. Αυτό το σύστημα είναι σήμερα σε ισχύ σε πάνω από 500 εμπορικά πλοία, μεταξύ των οποίων αρκετά κρουαζιερόπλοια Carnival Corporation (Carter, 2009).

### **6.2.2 Σκέψεις για Eals στο Υδάτινο Περιβάλλον**

Ένας αριθμός παραγόντων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή των λιπαντικών για χρήση στο υδάτινο περιβάλλον. Τα σκάφη απαιτούν μια ποικιλία λιπαντικών για διαφορετικές εφαρμογές και η αποθήκευση επί του πλοίου μπορεί να περιοριστεί. Κατά συνέπεια, τα πιο χρήσιμα λιπαντικά είναι εκείνα που μπορούν να



αποδίδουν καλά σε μια ποικιλία εφαρμογών (Rana, 2001). Επιπλέον, τα λιπαντικά πρέπει να είναι ευρέως διαθέσιμα. Στην περίπτωση μεγάλων ποντοπόρων σκαφών, συμβατά λιπαντικά πρέπει να είναι διαθέσιμα στους λιμένες σε όλο τον κόσμο (Blanken, 2006).

Τα θαλάσσια περιβάλλοντα χαρακτηρίζονται από συνθήκες υψηλής υγρασίας, και η διείσδυση θαλασσινού νερού μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα λίπανσης σε στεγανά διαμερίσματα, όπως σωλήνες πρύμνης και υδραυλικά συστήματα (Rana, 2001). Οι σφραγίδες σωλήνα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε διαρροή, τόσο από τις συνήθεις εργασίες, συμπεριλαμβανομένων των κραδασμών και την κακή ευθυγράμμιση, και από την επαφή με τα δίχτυα ή τις πετονιές (Sada et al., 2008 και Carter, 2009). Η συνεχής παρουσία του θαλασσινού νερού αυξάνει το δυναμικό διάβρωσης, απαιτώντας παχύτερα γράσα να αποκρούσουν αναστολές του νερού και της διάβρωσης για την ελαχιστοποίηση της διάβρωσης μετά από διείσδυση θαλασσινού νερού. Επιπλέον, τα λιπαντικά υπόκεινται σε συχνή επαφή με το νερό και έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να υποβάλλονται σε κάποιο βαθμό βιοαποικοδόμησης (ACE, 1999).

### **6.2.1 Παράγοντες Πύκνωσης**

Η επαύξηση λίπους(δηλαδή, ο βαθμός 3 ή υψηλότερος στο Εθνικό Ινστιτούτο γράσου, National Lubricating Grease Institute) χρησιμοποιείται συνήθως σε θαλάσσιες εφαρμογές, καθώς απωθεί το νερό πιο αποτελεσματικά. Τα πυκνωτικά με βάση λιθίου είναι τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα μέσα πυκνωσης, όπως θεωρούνται για να έχουν την καλύτερη σύνθεση για όλες τις χρήσεις. Παρόλο που αποτελούν ένα πολύ μικρότερο κομμάτι της αγοράς γράσου, τα πυκνωτικά με βάση το ασβέστιο δεν αποδίδουν καλά κάτω από υγρές συνθήκες, και χρησιμοποιούνται σε σκευάσματα για ορισμένες θαλάσσιες εφαρμογές (π.χ., στέγαση έλικα και αντλίες νερού). Τα άνυδρα γράσα με βάση το ασβέστιο γίνονται όλο και πιο κοινά στην Ευρώπη, όπου υπάρχει μεγαλύτερη έμφαση στην υιοθέτηση των EALs, λόγω της σχετικά χαμηλής τοξικότητάς τους και της καλύτερης απόδοσης σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Gow, 2009).

### 6.2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της με βάση τα φυτικά EALS

Εκτός από τα περιβαλλοντικά τους οφέλη (δηλαδή, υψηλής βιοδιασπασιμότητας και χαμηλής τοξικότητας στο υδάτινο περιβάλλον), τα φυτικά έλαια έχουν πολλές πλεονεκτικές ιδιότητες απόδοσης σε σχέση με τα ορυκτέλαια. Έχουν υψηλότερο δείκτη ιξώδους (που σημαίνει ότι δεν λεπταίνουν τόσο εύκολα σε υψηλές θερμοκρασίες) και έχουν μια υψηλότερη λιπαντικότητα ή ικανότητα να μειώνουν την τριβή. (Nelson, 2000; IENICA, 2004). Φυτικά λιπαντικά με βάση το πετρέλαιο έχουν επίσης ένα υψηλό σημείο ανάφλεξης, που σημαίνει καύση σε υψηλότερες θερμοκρασίες από ό, τι τα συμβατικά ορυκτέλαια. Αποδίδουν καλά σε ακραίες πιέσεις, και δεν αντιδρούν σε χρώματα, σφραγίδες, καθώς και βερνίκια (ACE, 1999).

Τα φυτικά έλαια έχουν πολλά σημαντικά μειονεκτήματα απόδοσης, ωστόσο, έχουν περιορίσει τη χρήση τους κατά τη διαμόρφωση των EALs. Οι κυρίως περιορισμοί είναι (1) κακή απόδοση σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες και (2) οξειδωτική αστάθεια (Erhan et al., 2006 και Habereeder et al., 2008). Τα φυτικά έλαια πυκνώνουν περισσότερο από ορυκτέλαια σε χαμηλές θερμοκρασίες και υπόκεινται σε αυξημένη οξείδωση σε υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα την ανάγκη για πιο συχνές αλλαγές λαδιού. (πχ. έλαια που περιέχουν περισσότερο ελαϊκό οξύ, ένα μονοακόρεστο λίπος, και λιγότερο πολυακόρεστα λίπη) που είναι λιγότερο ευαίσθητα στην οξειδωτική αστάθεια. Η χρήση των επιλεγμένων προσθέτων μπορεί να αυξήσει το κόστος παραγωγής και μπορεί να μειώσει τη συνολική περιβαλλοντική αποδοχή της παραγωγής (Nelson, 2000; Bremmer και Plonsker, 2008). Επιπλέον, φυτικά έλαια αφαιρούν ορυκτά κοιτάσματα πετρελαίου, με αποτέλεσμα ανάγκη για συχνότερη υπηρεσία φίλτρου λαδιού.

Τα λιπαντικά φυτικά έλαια είναι πιο ακριβά από τα λιπαντικά ορυκτέλαια, ως συνάρτηση των υψηλότερων δαπανών έλαιου βάσης, καθώς και υψηλότερου κόστους για τους πετρελαιοπαραγωγούς για τα συμβατά πρόσθετα βάσης (ACE, 1999). Αν και Miller (2008) ανέφερε ότι τα λιπαντικά φυτικά έλαια κοστίζουν περίπου διπλάσια από αυτό των ορυκτών ελαίων βάσης, πιο πρόσφατες πληροφορίες μέσω προσωπικής επικοινωνίας με μεγάλο προμηθευτή λιπαντικών υποδηλώνουν ότι η τρέχουσα

πριμοδότηση κόστους για αυτά τα βιολιπαντικά μπορεί να είναι μόνο 20% περισσότερο. Η αλλαγή από ένα ορυκτό σε ένα λιπαντικό φυτικό έλαιο είναι σχετικά απλή, όπως τα φυτικά έλαια και τα ορυκτέλαια είναι συμβατά και λιπαντικά φυτικά έλαια θα λειτουργήσουν σωστά αν κάποια ανόργανα κατάλοιπα πετρελαίου παραμείνουν. Επειδή τα συνολικά σκευάσματα είναι λιγότερο τοξικά, τα έξοδα διάθεσης είναι γενικά χαμηλότερα. Ωστόσο, αυτό δεν μπορεί πάντα να είναι η περίπτωση, εφόσον λιγότεροι σταθμοί διάθεσης είναι σε θέση να δεχθούν βιοβασισμένα λιπαντικά (ACE, 1999; Nelson, 2000; και Bremmer και Plonsker, 2008).

### **6.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των EALS με βάση συνθετικούς εστέρες**

Οι συνθετικοί εστέρες αποδίδουν καλά σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, έχουν ένα υψηλό δείκτη ιξώδους, κατέχουν υψηλή λιπαντικότητα, παρέχουν προστασία από τη διάβρωση, και έχουν υψηλή οξειδωτική σταθερότητα (ACE, 1999 και Habereeder et al., 2008). Επειδή περιέχουν υλικό βιολογικής προέλευσης, πολλοί συνθετικοί εστέρες ικανοποιούν τις απαιτήσεις δοκιμών για βιοδιασπασιμότητα και την τοξικότητα στο υδάτινο περιβάλλον, αν και τείνουν να είναι λιγότερο εύκολα βιοδιασπώμενοι από ό, τι τα λιπαντικά με βάση τα καθαρά φυτικά (WISE Solutions, 2006). Συνθετικά λιπαντικά με βάση τον εστέρα μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο τοξικά από τα λιπαντικά με βάση φυτικά, ανάλογα με την υδατική τοξικότητα των προσθέτων που χρησιμοποιούνται στη σύνθεση. Το μόνο αξιοσημείωτο ζήτημα επιδόσεων με συνθετικούς εστέρες είναι ότι είναι ασύμβατοι με ορισμένα χρώματα και τα υλικά στεγανοποίησης (ACE, 1999).

Οι συνθετικοί εστέρες είναι γενικά η πιο ακριβή κατηγορία EAL (Miller, 2008). Συνθετικά βιολιπαντικά με βάση εστέρες κοστίζουν περίπου 2-3 φορές από ότι τα λιπαντικά με βάση τα συμβατικά ορυκτά. Δεδομένου ότι η διαθεσιμότητα των EALs συνθετικών εστέρων αυξάνεται, αυτό το διαφορικό κόστος αναμένεται να μειωθεί.

Το σχετικά υψηλότερο κόστος των συνθετικών εστέρων κάπως μετριάζεται από την υψηλή οξειδωτική σταθερότητα τους, που οδηγεί σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του λιπαντικού. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους τομείς του πλοίου που απαιτούν πιο συχνές αλλαγές λιπαντικών (π.χ., λαδιού κινητήρα, υδραυλικών υγρών, υγρών πρύμνη σωλήνα). Οι συνθετικοί εστέρες είναι συμβατοί με το ορυκτό έλαιο, το οποίο μειώνει το κόστος μετάβασης, αλλά παρόμοιοι με τα φυτικά έλαια στο ότι η αποτελεσματικότητά τους στην απομάκρυνση ορυκτών κοιτασμάτων πετρελαίου μπορεί να φράξει τα φίλτρα κατά τη διάρκεια της περιόδου που ακολουθεί της μετάβασης λιπαντικού ACE, 1999). Το κόστος διάθεσης είναι παρόμοιο με εκείνο για τα λιπαντικά με βάση φυτικά.

#### **6.2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των EALS με βάση την πολυαλκυλενογλυκόλη**

Τα λιπαντικά που αποτελούνται από πολυαλκυλενογλυκόλα (PAGs) έχουν την καλύτερη συνολική χαμηλή και υψηλή θερμοκρασία απόδοσης ιξώδους ανάμεσα σε όλες τις τάξεις των βιολιπαντικών. Για ναυτικές εφαρμογές, τα υδατοδιαλυτά EALS PAG είναι ελκυστικά διότι, εκτός από την υψηλή βιοδιασπασιμότητά τους, διατηρούν τα χαρακτηριστικά απόδοσης τους μετά την εισροή νερού καλύτερα από άλλα EALS ως αποτέλεσμα, τα PAG EALS έχουν ληφθεί υπόψη ως λιπαντικά σωλήνα (Sada et al., 2008; Sada et al., 2009). Η διαλυτότητα στο νερό του οξειδίου του αιθυλενίου που προέρχεται από PAGs μπορεί να βελτιώσει την απόδοση σε σχέση με άλλα λιπαντικά διατηρώντας το ιξώδες μετά κάποιο κλάσμα της εισροής νερού (μέχρι 20% σε ορισμένες εργαστηριακές δοκιμές), το οποίο μπορεί να είναι μεγάλης σημασίας για την λίπανση σωλήνα (Sada et al., 2008; Carter, 2009). Τα PAGs εκτελούν επίσης και από την άποψη της λιπαντικής δείκτη ιξώδους, και προστασία από τη διάβρωση. Το σχετικά υψηλό ιξώδες και λιπαντική ικανότητα των PAGs έχει ως αποτέλεσμα την πρόσφατη ανάπτυξη τους που βασίζεται σε λιπαντικά προωθητήρα (Sada et al., 2009).

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με PAGs είναι ότι είναι ασυμβίβαστα με τα ορυκτέλαια, καθώς και με τα περισσότερα χρώματα, βερνίκια, και σφραγίδες

(ACE, 1999; Sura et al., 2008). Λόγω αυτής της ασυμβατότητας, έχουν το υψηλότερο κόστος μετάβασης της κάθε κατηγορίας των EAL (Sada et al., 2008). Επιπλέον, υδατοδιαλυτά PAGs μπορεί να αποδείξει αυξημένη τοξικότητα για τους υδρόβιους οργανισμούς με απευθείας είσοδο της στήλης νερού και ιζημάτων, αντί να παραμένουν στην επιφάνεια της στήλης του νερού ως γαλάδα (Habereder et al., 2008).

#### 6.2.5 Διαθεσιμότητα και Κόστος των EALS

Προς το παρόν, η παγκόσμια διαθεσιμότητα των EALS για διάφορες θαλάσσιες εφαρμογές αυξάνεται. Ένας κατασκευαστής θαλάσσιων EALS, η Castrol Bio Range, παρείχε δεδομένα που αποδεικνύουν ότι η σωλήνα πρύμνης και λιπαντικό thruster, υδραυλικά υγρά, λιπαντικά εργαλεία και γράσα ήταν διαθέσιμα στις εξής περιοχές του κόσμου και χώρες (Pearce et al., 2010; Castrol Marine, 2011):

#### Πίνακας 4 Εφαρμογές των οικολογικών λαδιών πάνω στο πλοίο



Πηγή: Castrol Marine [Http:// www.castrol.com](http://www.castrol.com)

- Αμερική: ΗΠΑ
- Βόρεια Ευρώπη: Βέλγιο, Δανία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ολλανδία, Νορβηγία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο
- Μεσόγειος: Ιταλία, Ισπανία, Τουρκία, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα
- Ασία-Ειρηνικός: Κίνα, Ιαπωνία, Χονγκ Κονγκ, Σιγκαπούρη, Κορέα.

Τα στοιχεία για το κόστος αγοράς για EALs δεν είναι διαθέσιμα, επειδή οι κατασκευαστές θεωρούν ότι τα εν λόγω δεδομένα είναι αποκλειστικές πληροφορίες σήμανσης. Οι τιμές αγοράς των EALs φρουρούνται στενά από τους κατασκευαστές, και η EPA δεν ήταν σε θέση να λάβει δημόσια διαθέσιμες πληροφορίες για το κόστος από κατασκευαστές EAL. Τα λειτουργικά έξοδα για τους πλοιοκτήτες και τους ναυλωτές, χρησιμοποιώντας περιβαλλοντικά προτιμότερα λιπαντικά αναμένεται να αυξηθούν ελαφρά σε σχέση με τα συμβατικά προϊόντα, αν και μπορεί να υπάρξει βελτίωση της αποτελεσματικότητας από την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (π.χ., μειωμένες διαβρωτικές ιδιότητες, βελτίωση της απόδοσης της μόλυνσης του νερού). Ωστόσο, το όφελος από τη χρήση περιβαλλοντικά προτιμότερων λιπαντικών μπορεί να είναι σημαντικό από την άποψη της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Κάποιες ενδείξεις του κόστους EALs σε σχέση με τα συμβατικά λιπαντικά παρεσχέθη από έναν μεγάλο πωλητή λιπαντικών και συνοψίζονται στον Πίνακα. Ορισμένα εξειδικευμένα λιπαντικά μπορεί να έχουν υψηλότερο κόστος.

Πίνακας 5-1 Εξειδικευμένα λιπαντικά και κόστη

Κόστος EALS έλαιου με βάση λιπαντικών	Αναλογία κόστους EAL με Κόστος συμβατικών λιπαντικών ορυκτέλαιου
Μεταλλικά έλαια	1
Φυτικά έλαια	1.2
Συνθετικοί εστέρες	2 to 3
Πολυαλκυλενογλυκόλες	2 to 3

Πηγή: Gulf Marine. (2010). International Price List No. 2. <http://www.gulf-marine.info/html/products/products.html>

Μια ανεπίσημη έρευνα των δικτυακών τόπων για τους διανομείς της προσφοράς ναυσιπλοΐας West Marine, Διανομείς Jamestown, Aerospace Lubricants, Inc. και Aqua Lube, αποδεικνύει ότι ο ημι-συνθετικός εστέρα και εστέρα πλήρως συνθετικός με λάδι κινητήρα, λάδια, γράσα και είναι τα πιο συχνά διαθέσιμα για βιολιπαντικά για ιδιοκτήτες σκαφών. Το κόστος πλήρους συνθετικών σκευασμάτων εστέρα (κυρίως δύο και τέσσερα έλαια κινητήρων κύκλου εγκεφαλικό επεισόδιο) κυμαίνονται από 1,4 έως 1,8 φορές το κόστος των συγκρίσιμων συμβατικών σκευασμάτων (ορυκτέλαιο). Αυτές οι ιστοσελίδες διανομέων παρέχουν πληροφορίες ως προς το αν κάποιο από τα συνθετικά βιολιπαντικών με βάση εστέρες πληρούν τα πρότυπα πιστοποίησης που θα τα κατατάξει ως EAL. Για τα εμπορικά πλοία, σε σχέση με τις πληροφορίες τιμολόγησης από τα λιπαντικά της Gulf Oil Marine αποκαλύπτεται ότι το κόστος για βιολιπαντικά που διαφημίζεται (συνθετικό λάδι ταχυτήτων, λάδι συμπιεστή, ψυκτικού και λαδιού, τα τρία συνθετικά λιπαντικά), κυμαίνονταν από περίπου 1.3 σε 2,5 φορές (λάδι ψυκτικού) με 3,5-4,3 φορές (βαλβολίνη και λάδι συμπιεστή) το κόστος για συγκρίσιμα προϊόντα ορυκτελαίων

(Gulf Marine, 2010). Μπορεί να είναι λογικό να υποθέσουμε ότι η πριμοδότηση για κόστος για EALs είναι παρόμοια με αυτές τις αναλογίες των τιμών.

Πολλές χώρες, κυρίως στην Ευρώπη ενθαρρύνουν την παραγωγή και την κατανάλωση των EALs. Παραδείγματα είναι φορολογικές απαλλαγές που βασίζονται σε περιβαλλοντικά αποδεκτά έλαια, φόροι επί των πετρελαιοειδών, επιδοτήσεις προς τους καταναλωτές για να καλύψουν τη διαφορά της τιμής μεταξύ της συμβατικής και EALs, ή προγράμματα αγοράς που απαιτούν ένα ποσοστό του του προϊόντος που πρέπει να γίνεται από ανανεώσιμες πηγές (Habereeder et al., 2008; IENICA, 2004; και WISE Solutions, 2006)

### **6.3. Ορισμός "περιβαλλοντικά αποδεκτού"**

Τα λιπαντικά μπορούν να επισημανθούν χρησιμοποιώντας μια ποικιλία από όρους που σημαίνουν ότι είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Αν και τα EALs είναι πιθανό να δοκιμαστούν για βιοαποικοδόμηση, τοξικότητα στο υδάτινο περιβάλλον και το δυναμικό βιοσυσσώρευσης, υπάρχουν πολλές άλλες μέθοδοι, οι οποίες διαφέρουν ως προς την ευαισθησία τους.

#### **6.3.1 Βιοαποικοδόμηση**

Βιοαποικοδόμηση είναι ένα μέτρο κατανομής μιας χημικής ουσίας (ή ενός χημικού μείγματος) από μικρο-οργανισμούς. Πρωτογενής βιοδιάσπαση είναι η απώλεια μίας ή περισσότερων δραστικών ομάδων σε μια χημική ένωση η οποία καθιστά την ένωση ανενεργή σε σχέση με συγκεκριμένη λειτουργία (Betton, 2009). Η πρωτογενής βιοδιάσπαση μπορεί να οδηγήσει στην μετατροπή της τοξικής ένωσης σε λιγότερο τοξικές ή μη τοξικές ενώσεις. Τελική βιοδιάσπαση, επίσης, η αναφερόμενη ως ανοργανοποίηση, είναι η διαδικασία κατά την οποία μια χημική ένωση μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ανόργανα άλατα (Betton, 2009).

Επιπλέον στην πρωτοβάθμια και στην τελική βιοδιάσπαση, η βιοαποικοδόμηση ορίζεται από δύο άλλες λειτουργικές ιδιότητες: εγγενούς βιοδιασπασιμότητας και έτοιμης βιοδιασπασιμότητας. Μία ένωση θεωρείται εγγενώς βιοδιασπώμενη, εφ' όσον παρουσιάζει ενδείξεις βιοαποικοδόμησης σε κάθε δοκιμή



για βιοδιασπασιμότητας. Άμεσα βιοδιασπώμενο είναι ένας λειτουργικός ορισμός ότι κάποιο κλάσμα της ένωσης είναι τελικά βιοαποδομήσιμα μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, όπως καθορίζεται με τη μέθοδο δοκιμής.

Συνήθεις μέθοδοι δοκιμών, όπως εκείνες που αναπτύχθηκαν από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD), το Ευρωπαϊκό Συντονιστικό Συμβούλιο (CEC), και την Αμερικανική Εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (ASTM), για τον καθορισμό του λιπαντικού βιοδιασπασιμότητας είναι OECD 301B (Modified Strum test), ASTM D-5864, και CEC L-33-A-934. Both OECD 301B και ASTM D-5864 έτοιμο μέτρο βιοδιασπασιμότητας, ορίζεται ως η μετατροπή του 60% του υλικού σε CO<sub>2</sub> μέσα σε διάρκεια δέκα ημερών μετά την έναρξη της βιοαποικοδόμησης, η οποία πρέπει να συμβεί εντός 28 ημερών από την έναρξη της δοκιμής (Willing, 2001). Αντίθετα, η μέθοδος CEC δοκιμάζει την συνολική βιοδιασπασιμότητα των ενώσεων υδρογονανθράκων και απαιτεί 80% ή μεγαλύτερη βιοδιασπασιμότητας όπως μετράται από την υπέρυθη απορρόφηση εκχυλίσμων λιπόφιλων ενώσεων (CEC, 1997 και WISE Solutions, 2006). Σε αντίθεση με τις μεθόδους του OECD και ASTM, η μέθοδος CEC δεν κάνει διάκριση μεταξύ πρωτοβάθμιας και τελικής βιοδιασπασιμότητας, και θεωρείται ότι είναι μια λιγότερο αυστηρή δοκιμή (Blanken, 2006). Ο Πίνακας παραθέτει μερικές από τις διεθνώς τυποποιημένες μεθόδους δοκιμών που μετρούν βιοαποικοδόμηση.

Πίνακας 5-2 Τυποποιημένες μέθοδοι δοκιμών που μετρούν βιοαποικοδόμηση

Διεθνώς τυποποιημένες μεθόδους δοκιμής για τη μέτρηση της βιοδιασπασιμότητας Δοκιμή Τύπος	Όνομα Τεστ	Μετρήσιμες Παράμετροι	Επίπεδο αποδοχής	Μέθοδος
Έτοιμη βιοαποικοδόμηση (Μία ουσία θεωρείται ότι είναι εγγενώς βιοδιασπώμενη, χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε από αυτές τις δοκιμές, αν δείχνει > 20% βιοδιασπασιμότητας Μέσα στη διάρκεια της δοκιμής)	DDAT	DOC	>70%	OECD 301A
	Strum test	CO <sub>2</sub>	>60%	OECD 301B
	MITI test	DOC	>70%	OECD 301C
	Closed bottle test	BOD/COD	>60%	OECD 301D
	MOST	DOC	>70%	OECD 301E
	Sapromat	BOD/COD	>60%	OECD 301F
	Strum τεστ	CO <sub>2</sub>	>60%	ASTM D-5864
	Shake flask τεστ	CO <sub>2</sub>	>60%	EPA 560/6-82-003
	BODIS τεστ	BOD/COD	>60%	ISO 10708
Αποικοδόμηση υδρογονανθράκων	CEC τεστ	Infrared Spectrum	>80%	CEC L-33-A-934
Δοκιμές διαλογής (ημι-επίσημο)	CO <sub>2</sub> δοκιμή υπερκείμενης φάσης	CO <sub>2</sub>	>60%	ISO 14593

Πηγή: Blanken, F. (2006). Friction in the Market: A Review of the market for Environmentally Acceptable Lubricants. 'Integratieproject' Bachelor IEM Process and Product Technology. University of Groningen.

α. DOC - διαλυμένος οργανικός άνθρακας CO<sub>2</sub> - διοξείδιο του άνθρακα BOD - βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο COD - χημική απαίτηση σε οξυγόνο

β. Άμεση βιοαποικοδομησιμότητα ορίζεται ως πλήρης ανοργανοποίηση μιας ένωσης σε νερό, διοξείδιο του άνθρακα, και ανόργανα άλατα σύμφωνα με λειτουργικές δοκιμές στο συγκεκριμένο κριτήριο. Επίπεδα αποδοχής υποδεικνύονται τα ποσοστά της πλήρους ανοργανοποίησης (ή τελικής βιοαποικοδόμησης), όπως υποδεικνύεται από την "μετρούμενη παράμετρος" που πρέπει να συμβεί για ένα προϊόν που πρέπει να ταξινομείται ως άμεσα βιοαποικοδομήσιμο.

Ο Πίνακας συνοψίζει τα ποσοστά βιοαποικοδόμησης για διάφορα λιπαντικά έλαια βάσης. Έλαια που βασίζονται στον εστέρα έχουν πολύ μεγαλύτερο εγγενή ρυθμό βιοαποικοδόμησης στην παρουσία δύο ομάδων καρβοξυλικού οξέος ότι τα βακτήρια μπορεί να χρησιμοποιήσει εύκολα (Mudge, 2010). Αυτές οι ενώσεις είναι υδατοδιαλυτές από τις ενώσεις που δεν περιέχουν πολικές λειτουργικές ομάδες, η έλλειψη της οποίας μπορεί να μειώσει το δυναμικό βιοσυσσώρευσης τους.

**Πίνακας 5-3 Ποσοστά βιοαποικοδόμησης για διάφορα λιπαντικά έλαια βάσης**

Σύνοψη των ρυθμών βιοαποικοδόμησης με Διαφορικό Λιπαντικό βάσης ,λιπαντικά έλαια βάσης πετρελαίου	Βασική πηγή ελαίου	Βιοαποικοδόμηση
Μεταλλικό Έλαιο	Πετρέλαιο	Επίμονη / Εγγενής
Πολυαλκυλενογλυκόλες (PAG)	Πετρέλαιο – συντεθειμένοι υδρογονάνθρακες	Έτοιμη

Συνθετικός εστέρας	Συντίθεται από βιολογικές πηγές	Έτοιμη
Βιολογικά έλαια	φυσικά φυτικά έλαια	Έτοιμη

**Πηγή:** Mudge, S.M. (2010). Comparative environmental fate of marine lubricants. Unpublished manuscript. Exponent UK.

### 6.3.2 Τοξικότητα Υδροβίων

Εκτός από την συμπλήρωση ορισμένου ποσοστού άμεσα βιοαποικοδομήσιμου υλικού, ένα EAL πρέπει να επιδεικνύει χαμηλή τοξικότητα για τους υδρόβιους οργανισμούς. Οι μέθοδοι δοκιμών που αποδεικνύουν δοκιμές τοξικότητας περιλαμβάνουν τη σειρά του OECD 201-4 και 209-212 και αντίστοιχες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και USEPA κατευθυντήριες γραμμές δοκιμών από την EPA 560 / 6-82-002. Οι πιο κοινές υδρόβιες δοκιμές τοξικότητας για την αξιολόγηση EALs είναι η δοκιμασία 72 ωρών για την ανάπτυξη της άλγης (OECD 201), η δοκιμή οξείας τοξικότητας 48 ωρών σε *Daphnia* (OECD 202), και οι δοκιμές τοξικότητας 96 ωρών για τα ψάρια (OECD 203). Ανάλογες δοκιμές USEPA είναι τα τμήματα EG-8, EG-1 και EG-9 της EPA 560 / 6-82-002 για τα φύκη, δάφνιες, και ψάρια, αντίστοιχα. Μια λίστα με όλες τις δοκιμές τοξικότητας στο υδάτινο περιβάλλον του ΟΟΣΑ περιλαμβάνονται στον παρακάτω Πίνακα

**Πίνακας 5-4 Δοκιμασίες Υδατικής τοξικότητας Δοκιμασία τίτλου, με είδη**

OECD Δοκιμασίες Υδατικής τοξικότητας Δοκιμασία τίτλου, με είδη	Αριθμός Δοκιμασίας
Αναστολή ανάπτυξης δοκιμών, Φύκια	OECD 201
Δοκιμή οξείας ακινητοποίησης, <i>Daphnia</i> sp.	OECD 202
Δοκιμή οξείας τοξικότητας, Ψάρια	OECD 203
Παρατεταμένη Δοκιμή τοξικότητα: μελέτη 14 ημερών, Ψάρια	OECD 204
Αναστολή δοκιμής Αναπνοής, Βακτήρια	OECD 209
Δοκιμή τοξικότητας Πρόωρου κύκλου ζωής Ψάρια	OECD 210
Δοκιμή Αναπαραγωγής, <i>Daphnia magna</i>	OECD 211
Βραχυπρόθεσμη τοξικότητα Δοκιμή στα έμβρυα και τα λεκιθοφόρα ιχθύδια, Ψάρια	OECD 212

Πηγή: U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1999. Category for Persistent, Bioaccumulative, and Toxic New Chemical Substances. Fed Reg 64: 60194-60204.

Σε γενικές γραμμές, τα φυτικά έλαια και συνθετικά έλαια βάσης εστέρα έχουν χαμηλή τοξικότητα έναντι θαλάσσιων οργανισμών με το LC50 για την τοξικότητα ιχθύων να έχει αναφερθεί ως ~ 10.000 ppm για εστέρες λιπαρών οξέων και εστέρες γλυκερόλης (van Broekhuizen, 2003). Τα υδατοδιαλυτά PAGs μπορεί να καταδείξουν αυξημένη τοξικότητα για τους υδρόβιους οργανισμούς με απευθείας

εισαγωγή στη στήλη του νερού και ιζημάτα αντί να παραμένουν στη στήλη του νερού ως επιφάνεια γυαλάδας (Habereeder et al. 2008).

**Πίνακας 5-5 Συγκριτική τοξικότητα βάσης λιπαντικών ελαίων της βάσης πετρελαίου**

Περίληψη της Συγκριτικής τοξικότητας βάσης λιπαντικών ελαίων της βάσης πετρελαίου	Βασική πηγή ελαίου	Τοξικότητα
Μεταλλικό έλαιο	Πετρέλαιο	Υψηλή
Πολυακυλενογλυκόλες (PAG)	Πετρέλαιο - συνθεθιμένοι υδρογονάνθρακες	Χαμηλή
Συνθετικός εστέρας	Συντίθεται από βιολογικές πηγές	Χαμηλή
Βιολογικά έλαια	Φυσικά φυτικά έλαια	Χαμηλή

Πηγή: Habereeder, T., D. Moore, and M. Lang. (2008). Chapter 26, Eco Requirements for Lubricant Additives. In: Lubricant Additive Chemistry and Applications, 2nd Edition. Leslie R. Rudnick, ed. CRC Press. Boca Raton, FL. 790 pp.

Όπως και με πολλές λιπαρά χημικές ουσίες, η τοξικότητα σε μερικές δοκιμές δεν είναι μετρήσιμη, όπως η LC50 υπερβαίνει την διαλυτότητα στο νερό της ένωσης (Mudge, 2010). Ορισμένες μεθοδολογίες χρησιμοποιούν το νερό, το μέρος του ελαίου που διαλύεται στο νερό, αν και αυτό δεν είναι μια πραγματική αντανάκλαση ολόκληρης της συμπεριφοράς του ελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Τα έλαια με βάση το πετρέλαιο έχουν μεγαλύτερη τοξικότητα σε ζώντες οργανισμούς στην θαλάσσια τροφική αλυσίδα σε σύγκριση με τις άλλες πηγές βάσης του πετρελαίου (Mudge, 2010). Αυτό σχετίζεται με την ταχεία διάσπαση της βάσης του πετρελαίου μόλις βρεθεί στη θάλασσα, που επηρεάζει τελικά το δυναμικό βιοσυσώρευσης. Η τοξικότητα του έλαιου με βάση το πετρέλαιο εξαρτάται από πρόσθετα που χρησιμοποιούνται σε συνθέσεις και τους μεταβολίτες που παράγονται από την βιοαποικοδόμηση.

Η χρήση των προσθέτων εξαρτάται από την επιλογή του ελαίου βάσης και την προβλεπόμενη λειτουργία του λιπαντικού (Mudge, 2010). Ωστόσο, πολλές από τις τοξικών ενώσεων σε σκευάσματα έχουν φτωχή ικανότητα αποικοδόμησης. Η συνολική τοξικότητα του προϊόντος μπορεί να μειωθεί σημαντικά με τη μετάβαση σε ένα έλαιο βάσης βιολογικής προέλευσης που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με πρόσθετα χαμηλής τοξικότητας.

### **6.3.3 Βιοσυσώρευση**

Η τάση μιας ουσίας να βιοσυσσωρεύεται είναι μια άλλη ιδιότητα του λιπαντικού που θεωρείται συχνά στο χαρακτηρισμό ενός προϊόντος ως EAL (Mudge, 2010). Βιοσυσώρευση είναι η συσώρευση των χημικών ουσιών μέσα στους ιστούς ενός οργανισμού διαχρονικά. Όσο περισσότερο ο οργανισμός εκτίθεται σε χημικό και όσο μεγαλύτερη η ζωή του οργανισμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η συσώρευση του χημικού στους ιστούς (Mudge, 2010). Εάν η χημική ουσία έχει ένα αργό ρυθμό αποικοδόμησης ή χαμηλό ρυθμό αποβολής μέσα σε έναν οργανισμό, οι συγκεντρώσεις των χημικών που μπορεί να συσσωρευτεί στους ιστούς του οργανισμού μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενείς τελικά βιολογικές επιδράσεις. Είναι, επομένως, σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν ενώσεις σε σκευάσματα τα οποία δεν βιοσυσσωρεύονται. Μπορεί να μην είναι δυνατή η σταδιακή κατάργηση όλων των βιοσυσσωρευόμενων ενώσεων, αλλά είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν χημικές ουσίες που έχουν χαμηλότερο δυναμικό βιοσυσώρευσης, είτε να μη λαμβάνονται ως άμεσες ή με την υποβάθμιση στο περιβάλλον και στον οργανισμό.

Το δυναμικό βιοσυσσώρευσης μιας ένωσης σχετίζεται άμεσα με την διαλυτότητά της στο νερό. Αυτό δεν είναι υδατοδιαλυτές χημικές ουσίες που έχουν την τάση να κινούνται σε λιπαρούς ιστούς και όχι να μένουν στο νερό. Αυτές οι λιπόφιλες χημικές ουσίες, συμπεριλαμβάνουν τις περισσότερες από τις ενώσεις που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή του βασικού ελαίου για λιπαντικά. Η διαλυτότητα στο νερό της ένωσης σχετίζεται με τον τύπο των ατόμων στο μόριο. Αποκλειστικές ενώσεις που αποτελούνται από άνθρακα και υδρογόνο τείνουν να έχουν τη χαμηλότερη διαλυτότητα σε νερό. Ενώσεις αυτού του τύπου περιλαμβάνουν αλκάνια, τα οποία αποτελούν περίπου το 90% του τρέχοντος συμβατικού λιπαντικού ελαίου βάσης σε συνθέσεις. Η συμπερίληψη ενός ή περισσότερων ατόμων οξυγόνου σε ένα μόριο σε γενικές γραμμές θα αυξήσει την διαλυτότητα στο νερό και βιοσυσσώρευση. Οι ενώσεις με οξυγόνο τείνουν να αποδομούνται γρήγορα στο περιβάλλον ή να αποβάλλονται πιο γρήγορα από οργανισμούς.

Πολλά φυσικά προερχόμενα έλαια βάσης που χρησιμοποιούνται σε λιπαντικά μορφοποιημένα γύρω από καρβοξυλικά οξέα, τα οποία αυξάνουν τη διαλυτότητα και την υποβάθμιση του νερού. Ως εκ τούτου, το δυναμικό βιοσυσσώρευσης τους είναι μειωμένο σε σύγκριση με τις αλκανικές που βασίζονται τα έλαια.

Έχει υποτεθεί για κάποιο χρονικό διάστημα ότι τα μεγαλύτερα μόρια δεν βιοσυσσωρεύονται αφού είναι σωματικά σε θέση να περάσουν μέσα από τις μεμβράνες των κυττάρων και να ενσωματωθούν στα ζωντανά κύτταρα (Arnot, 2010). Ως εκ τούτου, κατά το σχεδιασμό των λιπαντικών συνθέσεων, το μοριακό μέγεθος των συστατικών του ελαίου βάσης θεωρείται ότι θα επηρεάσει άμεσα το ποσοστό της πρόσληψης. Υπήρξαν διάφορα κριτήρια κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών προτεινόμενα για να περιγράψουν το σημείο που τα χημικά δεν λαμβάνονται πλέον στο σώμα και βιοσυσσωρεύονται (Arnot, 2010). Σε μια αξιολόγηση των δεδομένων για τους εστέρες, υπήρχε μια ισχυρή σχέση μεταξύ του  $\log K_{ow}$  (ο λογάριθμος του συντελεστή κατανομής μιας ουσίας σε νοκτανόλη και νερού) και του BCF καταγραφής (ένα μέτρο της βιοσυσσώρευσης από το νερό σε υδρόβιους οργανισμούς), ενώ οι άλλοι παράγοντες είχαν λιγότερο καλά καθορισμένες σχέσεις. Τα κριτήρια επιλογής που επιλέχθηκαν από την καναδική κυβέρνηση και το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP) (Καναδά, το 2000 και



το UNEP, 2001) και την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (US EPA, 1999) οδήγησαν σε cut-off τιμές  $\log K_{ow}$  από  $\sim 5$ . Δεν υπάρχει ενιαίο κριτήριο για να περιγράψει επαρκώς την BCF. Μια μελέτη προτείνει μια ολιστική προσέγγιση που ενσωματώνει διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων μετρήσιμης πρόσληψης και ποσοστών αποβολής (Amot, 2010).

Ορισμένα προγράμματα επίσημανσης, κυρίως το Ευρωπαϊκό Οικολογικό Σήμα απαιτούν απόδειξη του γεγονότος ότι το προϊόν δεν είναι βιοσυσσωρευσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους για οργανικές ενώσεις, όπως η μέτρηση  $\log K_{ow}$  ή BCF. Οι δύο πιο κοινές μέθοδοι δοκιμής για την ίδρυση δυναμικού βιοσυσσωρευσης είναι οι OECD 117 και 107. Για τις δοκιμές αυτές, η υπό δοκιμή ουσία προστίθεται σε ένα μίγμα οκτανόλης και νερού και η διάλυση του σε κάθε φάση ανιχνεύεται χρησιμοποιώντας αέρια χρωματογραφία ή υπέρυθρου ανιχνευτή. Η βιοσυσσωρευση της ουσίας μετρείται με τη θέσπιση συντελεστή κατανομής (εκφραζόμενη ως  $\log K_{ow}$ ) σε οκτανόλη και νερό.

## 7. Μελλοντικές Εξελίξεις των λιπαντελαίων Ναυτιλίας.

Η τεχνολογία των λιπαντελαίων ναυτιλίας εξελίσσεται. Βασίζεται στην συνισταμένη τριών πραγμάτων.

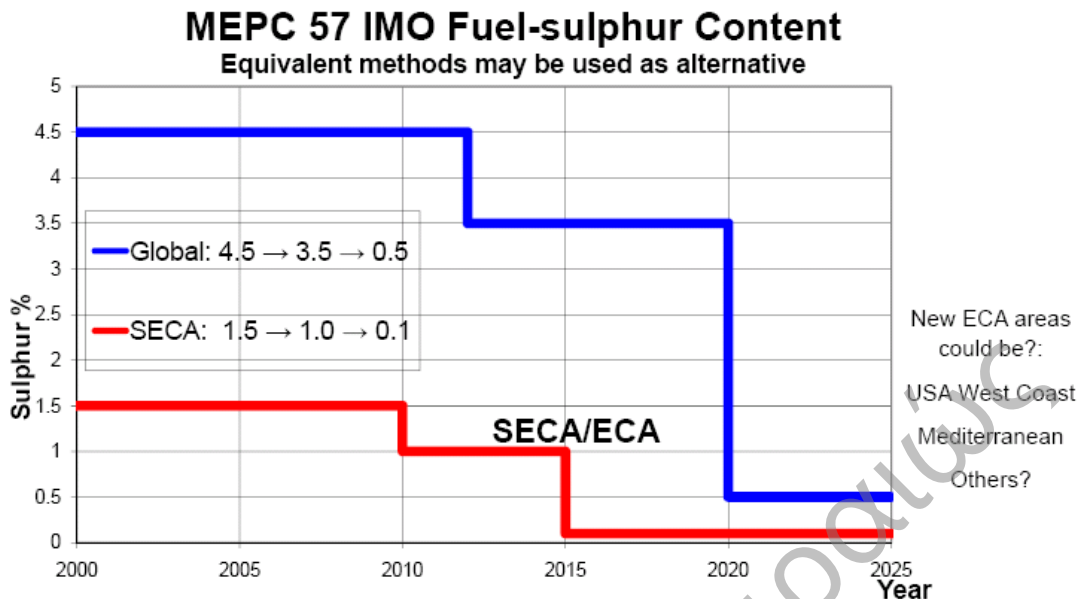
- Στην διαθεσιμότητα των Βασικών Λαδιών. (Base stock availability).
- Στην περιεκτικότητα του θείου στα καύσιμα.
- Εξελίξεις νέων μηχανών Μ.Ε.Κ

### 7.1.1 Διαθεσιμότητα των Βασικών Λαδιών.

Βασική σύνθεση των κυλινδρελαίων είναι το βασικό λάδι. (Base oil) Τρία είδη βασικών λαδιών συνθέτουν το κυλινδρέλαιο. Το bright Stock SN 150 (GROUP I), το SN 500 (GROUP I/II) και το SN 600 (GROUP I/II) Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα είδη των βασικών λαδιών για να συνθέσουν τα κυλινδρέλαια. Η ποιότητα των βασικών λαδιών θα πρέπει να επικεντρώνεται στην περιεκτικότητα σε θείο και στην διαλυτότητα του προσθέτου (Additive Solubility). Μία τυπική σύνθεση του κυλινδρελαίου αποτελείται κατά % 80 από το βασικό λάδι και κατά % 20- % 30 από το πρόσθετο. Η σύνθεση του βασικού λαδιού αποτελείται σε ποσοστό % 35 από το bright stock και σε ποσοστό % 65 από το solvent Neutral SN 500. Στην παρούσα φάση το bright stock είναι πιο ακριβό από το solvent Neutral κατά μιάμιση φορά. Το κόστος του bright stock είναι κατά %50 του συνολικού κόστους του κόστους των βασικών λαδιών του κυλινδρελαίου.

### 7.1.2 Περιεκτικότητα του θείου στο καύσιμο.

Στην παρούσα φάση στις περιοχές της Βαλτικής/ Αμερικής γνωστές και σαν Emission Control Areas η περιεκτικότητα σε θείο βρίσκεται στο % 0.5 και από την 1/1/2014 η περιεκτικότητα στο θείο θα κατέβει στο % 0.1.



Τι σημαίνει πρακτικά αυτό. Ότι οι εταιρίες πρέπει να επενδύσουν σε νέα κυλινδρέλαια. Προφανώς σε νέα κυλινδρέλαια με δείκτη alkalinity στο 25. (bn 25)

### 7.1.3 Εξελίξεις νέων μηχανών Μ.Ε.Κ

Η διάθεστος λιπαντικού λαδιού σε διάφορα μέρη του κόσμου είναι σε αρκετές περιπτώσεις ουσιαστικό πρόβλημα όπου η λιπαντική διαδικασία να επηρεάζει τις λιπαντικές δραστηριότητες γενικά. Επί πλέον με τις αυξανόμενες περιβαλλοντικές ευαισθησίες, οι χειριστές έχουν να συγκεντρώνουν τη προσοχή τους στις καταναλώσεις πετρελαίου και λιπαντικού λαδιού.

Η wartsila έχει μελετήσει μια μονάδα που ονομάζεται (RETROFIT PULSE LUBRICATING SYSTEM-RPLS) με λειτουργικό σκοπό να μειώνει το ρυθμό της παροχής του λιπαντελαίου στη μηχανή ώστε να ελατώνει την κατανάλωση του κυλινδρελαίου πάνω από %35. Το γεγονός αυτό δημιουργεί σημαντική οικονομία στο λειτουργικό κόστος της μηχανής. (Το κόστος των λιπαντελαίων αποτελεί το %30 των τρεχουσών ημερίσιων εξόδων στα πλοία) και επίσης έχει μια σχετική θετική επίδραση στις εκπομπές της εξαγωγής των καυσαερίων. Το σύστημα RPLS είναι το συγχρονότερο σύστημα λίπανσης. Διανέμει το λιπαντέλαιο σε δυναμικούς παλμούς ακριβώς προς τη δέσμη των ελατηρίων του εμβόλου, όπου είναι ομοιόμορφη η διανομή γύρω από την περιφέρεια του χιτωνίου του κυλίνδρου.

Το σύστημα στηρίζεται σε ένα αυτοτελές και εναλλάξιμο τμήμα (MODULE) ανά κύλινδρο με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά στοιχεία ανίχνευσης τα οποία εφοδιάζουν με πίεση λιπαντικό κυλινδρέλαιο στα ελατήρια των εμβόλων τα οποία αποτελούν μέρη των κυλίνδρων.

Το σύστημα έχει σχεδιασθεί σαν βελτιωμένη αλλαγή (RETROFIT) Της μηχανικά ελεγχόμενης RT- A και της ηλεκτρονικά ελεγχόμενης RT- Flex μηχανής και προσαρμόζεται σαν κανονικό σύστημα στις RTA και RT-Flex μηχανές. Κάθε αυτοτελές λιπαντικό MODULE είναι εφοδιασμένο με δυο ξεχωριστές γραμμές τροφοδοσίας. Μια για το κυλινδρέλαιο και μια για το λειτουργικό λάδι (SERVO OIL).

Μία ξεχωριστή μονάδα παροχής λειτουργικού λαδιού- χρειάζεται να κινεί την κανονική μονάδα λίπανσης MODULE της RTA μηχανής. Για την RT-Flex μηχανή του κοινού οχετού (common rail) το λειτουργικό λάδι κίνησης –servo oil- λαμβάνεται από το σύστημα του κοινού οχετού, με την βοήθεια μίας ειδικής λειτουργίας βαλβίδας μειωτήρα.

Το ‘RLPS’ σύστημα μπορεί να προσαρμοστεί κατά το διάστημα της κανονικής λειτουργίας της μηχανής. Είναι ένα σύστημα με μερικές συνδέσεις μόνο και επιμέρους διασυνδέσεις. Ο χρόνος ο οποίος χρειάζεται στο λιμάνι για την ολοκλήρωση της διαδικασίας προσαρμογής και της τελικής λειτουργίας είναι αρκετά ελάχιστος. Με την εξελιγμένη ικανότητα, το παραπάνω σύστημα λίπανσης των κυλίνδρων θα βελτιώσει τις αποδόσεις, θα μειώσει τα έξοδα και θα μειωθούν παράλληλα οι περιβαλλοντολογικοί ρύποι.

(Πηγή: [www.wartsila.com](http://www.wartsila.com))

### **Συμπέρασμα**

Ήδη η τεχνολογία των ναυτιλιακών λιπαντελαίων έχει συμμορφωθεί στους θεσμούς που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος επενδύοντας σε νέες τεχνολογίες σε οικολογικά λάδια. Το συνεχόμενο μεταβαλλόμενο θεσμικό περιβάλλον λόγω των νέων κανονισμών του I.M.O για την προστασία του περιβάλλοντος με την πάροδο του χρόνου θα γίνεται ολοένα και πίο αυστηρό. Όπως προαναφέραμε από την 1/1/2015 στις περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών των θεικών οξέων E.C.A η περιεκτικότητα του θείου στα καύσιμα των πλοίων θα μειωθεί στα επίπεδα του 0.1 % από το 0.5 % που είναι στα σημερινά επίπεδα., έτσι η ανάγκη νέου κυλινδρελαίου με χαμηλότερο βαθμό BN είναι επιτακτική, όπως και η τεχνολογία νέων κυλινδρελαίων που θα εφαρμόζονται σε μηχανές εσωτερικής καύσης με κύριο καύσιμο το φυσικό αέριο.

## Παράρτημα I (APPENDIX I) (OIL MAJOR MARINE LUBRICANT SUPPLIERS)

### CHEVRON MARINE LUBRICANTS

Chevron is one of the largest suppliers of marine lubricants in the world, with their lubricants available at over 600 ports globally.

Their product ranges have gained approvals from, or meet or exceed the performance requirements of, key global OEMs. In 2012, Chevron Marine Lubricants signed cooperation agreements with Gazpromneft Lubricants of Russia that will result in an improved supply network and greater choice of marine lubricants for ship operators and managers. **Number of Ports Supplied:** Over 600

#### Cylinder Oil Products

Taro Special HT 100 is Chevron's new cylinder oil solution meeting the requirements of new design engines, especially when slow steaming at low loads. Taro Special HT 100 combats the effects of cold corrosion, providing excellent wear protection and piston cleanliness.

#### *Taro Special HT 100*

A high performance 100 BN cylinder lubricant optimised to combat the effects of cold corrosion, especially when slow steaming at low load, in new design two-stroke marine engines operating on heavy fuel oil. It is blended from highly refined, paraffinic base oils and carefully selected additives to provide excellent ring wear protection, liner wear protection and piston cleanliness in slowspeed crosshead engines.

**Application:** Taro Special HT 100 has been developed specifically for high-pressure and high-temperature applications.

### **EAL Products**

Chevron holds an agreement with RSC Bio Solutions (formerly known as Terresolve Technologies, Ltd.) to supply their customers with Environmentally Acceptable Lubricants.

Chevron supplies the following products from RSC Bio Solutions which was formed in 2010 by the owners of Radiator Specialty Company (RSC), a 90-year-old company that houses, among others, the LIQUID WRENCH and GUNK brands:

#### ***EnviroLogic 100 Series (115, 122, 132, 146, 168, 1100)***

**Application:** Marine hydraulic systems operating in environmentally sensitive areas, such as marine construction, dredging and pile driving industries.

#### ***EnviroLogic 3000 Series (3015, 3022, 3032, 3046, 3100)***

**Application:** Mobile or marine hydraulic and propulsion systems operating in environmentally sensitive areas.

#### ***EnviroLogic 200 Series (200, 210, 215, 222, 232, 246)***

**Application:** Suitable for a wide range of applications, particularly ideal in those instances where exposure of oil to the environment is an issue.

#### ***EnviroLogic 200EP Series (200EP, 210EP, 215EP, 222EP, 232EP)***

**Application:** A wide variety of marine applications where incidental exposure of oil to the environment is of concern.

#### ***EnviroLogic 268***

**Application:** Wire ropes, cables & chains.

#### ***EnviroLogic 268A***

**Application:** Heavy duty wire rope, cable and chain lines.

#### ***EnviroLogic 268B***

**Application:** Heavy duty chain drives.

#### ***EnviroLogic 802***

**Application:** Industrial equipment applications.

(Πηγή: [www.chevron.com](http://www.chevron.com))

## **EXXON MOBIL MARINE**

The ExxonMobil marine fuels and lubricants offering extends across ferries, containerships, cruise ships, dredging vessels, seismic vessels and tankers and bulker carries, with a heritage of manufacturing marine lubricants that extends over 100 years.

### **Cylinder Oil Products**

ExxonMobil offers a comprehensive range of marine cylinder oils including Mobilgard 570 - a slow-speed cylinder oil - Mobilgard 300 - a slow-speed system oil - Mobilgard M Series – high performance medium-speed engine oils - and Mobilgard ADL Series – an advanced oil for engines operating on distillate and marine diesel oil (MDO) fuels. ExxonMobil marine fuels and lubricants only offer synthetic lubricants

#### ***Mobilgard 5100***

The latest innovation within the range is Mobilgard 5100, a 100 BN cylinder oil designed to mitigate the effects of cold corrosion - a phenomenon that occurs when the engine's cylinders operate at conditions below the acid dew point, creating the potential to cause significant liner wear - in new design two-stroke marine engines operating on heavy fuel oil.

**Application:** Marine crosshead engines

#### ***Mobilgard 570***

A premium quality, extra high performance, marine diesel engine cylinder oil.

**Application:** Mobilgard 570 has been developed for marine crosshead engines designed for increased power and fuel efficiency.



### *Mobilgard 560 VS*

A premium, high-performance cylinder oil, which provides outstanding wear performance for slow-speed engines at both high and low fuel sulphur levels.

**Application:** Marine crosshead engines designed for increased power and fuel efficiency. Mobilgard 560 VS has also demonstrated excellent performance in earlier engine designs and during slow steaming operation.

### **EAL Products**

The Mobil SHC Aware family of high-performance synthetic EALs were introduced to ensure compliance with the US 2013 VGP.

### *Mobil SHC Aware H Series*

Environmentally acceptable hydraulic oils.

#### **Application**

- Marine controllable pitch propeller systems and fin stabilisers
- Deck equipment, marine and mobile equipment operating in environmentally sensitive areas
- Systems where readily biodegradable and minimally toxic fluids may be required
- Circulation systems where mild extreme-pressure characteristics are desired

### *Mobil SHC Aware™ Grease EP 2*

Environmentally acceptable multi-purpose grease.

**Application:** Rudder stock, Towing notch interface, General deck grease applications.

### *Mobil SHC Aware™ ST Series*

Environmentally acceptable stern tube oils.

**Application:** Marine stern tube systems and fin stabilizers, Certain controllable pitch propeller systems, Systems where readily biodegradable and minimally toxic fluids may be required, Marine and mobile equipment operating in environmentally sensitive areas, Circulation systems operating in mild-to-moderate service conditions.

(Πηγή [www.exxonmobil.com](http://www.exxonmobil.com))

## **GULF OIL MARINE**

Gulf Oil Marine Limited is part of the Gulf Oil International Group and was founded in 2008. The parent company – Gulf Oil

International - was founded in 1901 and has built a strong reputation in the manufacturing and supply of refined lubricants and specialty products. Gulf Oil Marine currently offers a wide range of lubricants in more than 900 ports and 80 countries worldwide.

Gulf Oil Marine teams offer 24/7 support and solutions to all ships and are experts in local regulation worldwide. They are able to inform clients of any issues that they may encounter and endeavouring to supply their customers on time in full wherever they are.

**Number of Ports Supplied:** Over 850 **Number of Countries Supplied:** 75

### **Cylinder Oil Products**

#### ***GulfSea Cylcare EHP 5055***

An extra high performance Marine Cylinder Lubricant (MCL) designed for the latest generation technology of slow-speed crosshead diesel engines operating with higher pressures, temperatures, longer strokes, and on a wide range of residual fuels having sulphur content in the range of 1 percent to 3.5 percent by weight.

**Application:** The latest and most highly rated slow-speed crosshead marine diesel engines operating on heavy fuels with sulphur content in the range of 1 percent to 3.5 percent by weight (compliant to MARPOL regulation).

#### ***GulfSea Cylcare DCA 5070H***

A superior quality Marine Cylinder Lubricant designed for all slow-speed two-stroke engines operating on residual marine fuels. This Marine Lube is specially developed for Main Engines operating at high cylinder pressures & temperatures and long piston strokes.

**Application:** Recommended for the cylinder lubrication of all, and particularly the most recent, slow-speed crosshead two-stroke marine diesel engines operating on residual marine fuels with sulphur contents in excess of 1 percent.

***GulfSea Cylcare DCA 5040H***

Designed for modern slow-speed two-stroke Marine Diesel Engines using low-sulphur Heavy Fuel Oil (LSFO).

**Application:** Cylinder lubrication of the latest, highly rated slow-speed crosshead marine diesel engines operating on low sulphur heavy fuels with a maximum sulphur content of 1.5 percent.

***GulfSea Cylcare 5085***

Designed for the latest range of modern slow-speed two-stroke Marine Diesel Engines using high-sulphur Heavy Fuel Oil (HFO).

**Application:** Recommended for cylinder lubrication MAN Mk 8.2 and Mk 9 engines and Wartsila RT-Flex & W-X engines operating on residual fuels with sulphur contents in excess of 1 percent where cold corrosion is not evident.

***GulfSea Cylcare 50100***

Designed for the latest range of modern slow-speed two-stroke Marine Diesel Engines using high-sulphur Heavy Fuel Oil (HFO).

**Application:** Recommended for cylinder lubrication of MAN Mk 8.2 and Mk 9 engines and Wartsila RT-Flex & W-X engines especially for the more severe characteristics of de-rated engines adjusted to operate inside the power/speed envelope for the engine range and using residual fuels with sulphur contents in excess of 1 percent.

**EAL Products**

***GulfSea BD Hydraulic Oil 32, 46, 68, 100***

A range of US 2013 VGP compliant, biodegradable, high performance hydraulic fluids. Ester based, these fluids are zinc-free and

exhibit high anti-wear performance.

***GulfSea BD Sterntube Oil 68, 100, 220***

A range of US 2013 VGP compliant, biodegradable lubricants developed for use in sterntube applications.

***GulfSea BD Gear Oil 68, 100, 150***

High performance EP biodegradable gear oils. They exhibit high anti-wear and micro-pitting properties.

***GulfSea BD EP2 Grease***

A US 2013 VGP compliant, biodegradable EP2 Lithium/Calcium grease. It exhibits high load carry properties and can be used wherever an NLGI 2 grease is required.

(Πηγή: [www.gulf-marine.com](http://www.gulf-marine.com))

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## Βιβλιογραφία

- Ahlbohm, J & Duus, U. (2007). *Clean Shipping Project*, Gothenburg
- Amit Kumar J., Amit S., (2012) Research Approach & Prospects of Non Edible Vegetable Oil as a Potential Resource for Biolubricant - A Review, *Advanced Engineering and Applied Sciences: An International Journal*; 1(1):23-32; NOVOD (National Oilseeds and Vegetable Oils Development Board), (2012) Ministry of Agriculture, Government of India. [www.novodboard.com](http://www.novodboard.com).
- Amit Kumar Jain, Amit Suhane, (2012) Research Approach & Prospects of Non Edible Vegetable Oil as a Potential Resource for Biolubricant - A Review, *Advanced Engineering and Applied Sciences: An International Journal*; 1(1):23-32
- Army Corps of Engineers. (1999). Chapter 8: Environmentally Acceptable Lubricants. In: *Lubricants and Hydraulic Fluids*. Engineering Manual 1110-2-1424. Department of the Army. Washington, DC.
- Arnot (2010). Molecular Size Cutoff Criteria for Screening Bioaccumulation Potential: Fact or Fiction? *Integrated Environmental Assessment and Management* — Volume 6, Number 2—pp. 210–224.
- Barros - D. Johnston, (1974), "The International Law of Pollution", NY, Free Press.
- BEC (Biomass Energy Center), (2012) [www.Biomassenergycentre.org.uk](http://www.Biomassenergycentre.org.uk). Retrieved on 2012-02-28.
- Betton, C.I. (2009). Chapter 15, Lubricants and Their Environmental Impact. In: *Chemistry and Technology of Lubricants*, 3rd Edition. Mortimer, R., M. Fox, and S. Orszulik, eds. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York. 547 pp.

- Blanken, F. (2006). Friction in the Market: A Review of the market for Environmentally Acceptable Lubricants. ‘Integratieproject’ Bachelor IEM Process and Product Technology. University of Groningen.
- Bremmer, B.J. and L. Plonsker. (2008). Bio-Based Lubricants: A Market Opportunity Study Update. Omni Tech International, LTD. Prepared for the United Soybean Board.
- Brown, E.D. (1968), "The Lessons of the Torrey Canyon", C.L.P. 113 επ. και A.G. Corbet, (1986), "The Development of Methods of Marine Traffic Control with Special Reference to the Amoco Cadiz and Christos Bitas Incidents", UWIST.
- Brown, W. (1997). Chapter 5, Polyalkylene Glycols, Tribology Data Handbook, E. Richard Booser, CRC Press 1997, ISBN: 978-0-8493-3904-2
- Carter, C.D. (2009). “Elimination of a Ship Source Pollutant – STOP (Stern Tube Oil Pollution).” WMTC. Thordon Bearings, Inc.  
[http://www.thordonbearings.com/system/documents/documents/116/original/WMT2009\\_Thordon\\_Bearings\\_ver\\_2.pdf?1283356147](http://www.thordonbearings.com/system/documents/documents/116/original/WMT2009_Thordon_Bearings_ver_2.pdf?1283356147). Accessed October 2010.
- Castrol Marine. (2011). Castrol Bio Range.  
[http://marinecatalogue.castrol.com/ebooks\\_marine/#/double-pageview/?book=007&page=1](http://marinecatalogue.castrol.com/ebooks_marine/#/double-pageview/?book=007&page=1). Accessed March 2011.
- CBD, (2013) Text of the CBD. [www.Cbd.int](http://www.Cbd.int). Retrieved on 2013-03-20.
- Clean Shipping Project, Göteborg, Sweden. 2010. Guidance Document, Version 2, January 2010
- DNV (2011). Rules for Classification of Ships; Newbuildings; Special Equipment and Systems; Additional Class. January 2011 Part 6, Chapter 12: Section 2 – page 17 (clause C 1000) and Section 3- page 23 (clause C 1100), as modified 1st January 2013
- Environmentally Acceptable Lubricants –the Future in Marine” presented at the

- Royal Institute of Naval Architects, London, February 2012 (© RINA).
- Erhan, S.Z., B.K. Sharma and J.M Perez. (2006). Oxidation and low temperature stability of vegetable oil-based lubricants. *Industrial Crops and Products* 24: 292-299.
- Erhan, S.Z., Sharma, and B.K. (2006) Vegetable oil based biodegradable lubricants for industrial applications BIO 2006 International Convention, Innovative Corridor Poster Session.
- Etkin, D. S. (2010). Worldwide analysis of in-port vessel operational lubricant discharges and leaks. In *Proc. 33rd Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar* (pp. 529-554).
- Etkin, D.S. (2010). Worldwide analysis of in-port vessel operational lubricant discharges and leaks. *Proc. 33rd Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar*: p. 529-554.
- Gow, G. (2009). Chapter 14, Lubricating Grease. In: *Chemistry and Technology of Lubricants*, 3<sup>rd</sup> Edition. Mortimer, R., M. Fox, and S. Orszulik, eds. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York. 547 pp.
- Greaves, M. (2008) "Extending the applications for polyalkylene glycols using new technology concepts." Independent Union of the European Lubricants Industry (UEIL). The UEIL Annual Congress.. <http://www.ueil.org/news/documents/14.Greaves.pdf>. Accessed Oct. 2010.
- Gulf Marine. (2010). International Price List No. 2. <http://www.gulf-marine.info/html/products/products.html>
- Habereder, T., D. Moore, and M. Lang. (2008). Chapter 26, Eco Requirements for Lubricant Additives. In: *Lubricant Additive Chemistry and Applications*, 2nd Edition. Leslie R. Rudnick, ed. CRC Press. Boca Raton, FL. 790 pp.
- Hardy, M. (1974), "International Control of Marine Pollution" International Organisation p. 73.

IMO MSC/Circ.1056 MEPC/Circ.399 23 December 2002, clause 7.2.3

Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications (IENICA). (2004). “Biolubricants: Market Data Sheet.” <http://www.ienica.net/marketdatasheets/biolubricantsmds.pdf>. Accessed Oct. 2010.

Ioan, S., (2002) “On the future of biodegradable vegetable lubricants used for industrial tribo systems”, Gal I Fascicie VIII, Issue No. 1221-4590.

Jain, A. K., & Suhane, A. (2013). Biotechnology: A way to Control Environmental Pollution by Alternative Lubricants. *Research in Biotechnology*, 4(3).

Jeftic, L., Matte-Baker, A., & Schomaker, M. (2006). *The State of the Marine Environment: Trends and Processes*. UNEP/Earthprint.

Joaquin J. Salas, M.Victoria Ruiz-Méndez y Rafael Garcés, (2011) Prologe: Biodegradable lubricants from vegetable oils. Enero-Marzo, 7, ISSN: 0017-3495.

Kabir, M.A., C.F. Higgs, III, and M.R. Lovell. (2008). A pin-on-disk experimental study on a green particulate-fluid lubricant. *ASME Journal of Tribology*. 130(4): 6 pp.

Kiss, A. (1978), “La Deterioration du Milieu Marin Resultant de l’ Exploitation et de l’ Exploration du Fond de la Mer et de son Sous-Sol”, 4 *Environmental Law and Policy* 80.

Lansdown, A. (2004). *Lubrication and lubricant selection: a practical guide*, ASME Press.

Mayntz, M. (2013). [http://www.greenliving.lovetoknow.com/Types\\_ofPollution](http://www.greenliving.lovetoknow.com/Types_ofPollution).

Mohanti S, (2001), *Envirotech*. New Delhi -110 020 (India). [www.envirotechindia.in/](http://www.envirotechindia.in/)



- Mudge, S.M. (2010). Comparative environmental fate of marine lubricants. Unpublished manuscript. Exponent UK.
- Nelson, J. (2000). "Harvesting lubricants." The Carbohydrate Economy. Org. [http://www.carbohydrateeconomy.org/library/admin/uploadedfiles/Harvesting\\_Lubricant\\_s.htm](http://www.carbohydrateeconomy.org/library/admin/uploadedfiles/Harvesting_Lubricant_s.htm). Accessed Oct 2010.
- NOVOD (National Oilseeds and Vegetable Oils Development Board), (2012) Ministry of Agriculture, Government of India. [www.novodboard.com](http://www.novodboard.com).
- Pavlakis (2001). On the Monitoring of Illicit Vessel Discharges Using Spaceborne SAR Remote Sensing. A Reconnaissance Study in the Mediterranean Sea. European Commission.
- Pearce, J. (2010). Reducing marine oil pollution by raising standards in marine lubricants. Motorship.32nd Propulsion & Emissions Conference. Hamburg.
- Rabie , M.A. (1976), "South African Environmental Legislation".
- Rana, Lt. Cdr. A. (2001). Selection of marine lubricants. IE(I) Journal-MR. 84:68-72.
- RINA (2009). Rules for Classification of Ships – Additional Class Notation Green Plus 2009 – Appendix 2, Clause 1.1.18
- Sada, H., D. Hawkins, P. Erikson, and Y. Wisenbaker. (2009). An environmentally preferable lubricant for tunnel and azimuth thrusters. Dynamic-Positioning Conference. Oct. 13-14 Committee of the Marine Technology Society. 8 pp.
- Sada, H., S. Yamajo, D.W. Hawkins. (2008). An Environmentally Compatible Lubricant for Sterntubes and Marine Hydraulic Systems. Presented at the Advanced Naval Propulsion Symposium 2008 of the American Society of Engineers in Arlington, VA on Dec. 15-16, 8 pp.
- Salas, J. J., Ruiz-Méndez M.V., Garcés, R. (2011) Prologue: Biodegradable lubricants from vegetable oils. Enero-Marzo, 7, ISSN: 0017-3495.
- Sevim Z. Erhan, Svajus Asadauskas, (2000) Lubricant basestocks from vegetable oils, Industrial Crops and Products II 277-282 Elsevier.

- Smith, H. (1985), "Oceans and Seas", pp. 35-36.
- Soni, R. (1985), "Control of Marine Pollution in International Law", σελ. 35.
- Springner, A. (1977), "Towards a Meaningful Concept of Pollution in International Law", 26 ICLQ 531, και R.B. Clark, (1992), "Marine Pollution", σελ. 1-4.
- Swedish Shipowners Association & Ports of Sweden, 2010
- Timagenis, J. (1980), "International Control of Marine Pollution", Oceana Publications, 21-24.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), (1999). Category for Persistent, Bioaccumulative, and Toxic New Chemical Substances. Fed Reg 64: 60194-60204.
- U.S. Environmental Protection Agency, (2014), Regulatory Impact Analysis for the Proposed Carbon Pollution Guidelines for Existing Power Plants and Emission Standards for Modified and Reconstructed Power Plants, Office of Air Quality Planning and Standards Health & Environmental Impacts Division, Air Economics Group Research Triangle Park, North Carolina 27711
- United Nations Conference on the Law of the Sea (UNCLOS III, 1982).
- United Nations Environment Programme (UNEP). 2001. Final Act of the Conference of Plenipotentiaries on the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants.
- US EPA, Office of Water, Office of Wastewater Management, Water Permits Division: National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Vessel General Permit (VGP) - 18 December, 2008 and Draft 2013 VGP and Draft 2013 Svgp published 30 November 2011
- Vickers P. (2013). The Development of Environmentally Acceptable Lubricants and their management, based on actual experience over the Last 15 years. *Journal of the JIME*, 48(2), 53-58

- Wagner, H., Luther, R., Mang, T., (2001) Lubricant base fluids based on renewable raw materials. Their catalytic manufacture and modification. Appl. Catal. A: Gen. 221, 429–442.
- Weyers, A. (2000) Acute toxicity data: a comprehensive comparison of results of fish, Daphnia, and algae tests with new substances notified in the European Union. Environmental Toxicology and Chemistry (2000) 19, 1931-1933
- Willing, A. (2001). Lubricants based on renewable resources – an environmentally compatible alternative to mineral oil products. Chemosphere 43: 89-98.
- WISE Solutions. (2006). “Biodegradability Primer.” WISE Solutions, Inc. <http://www.wisesolutions.net/WISEbiodegradabilityprimer.pdf>. Accessed Oct. 2010.
- Αλεξόπουλος, Α.Β. (1997), "Οι Περιφερειακές Συμβάσεις και Διακρατικές Συμφωνίες που διέπουν την Προστασία του Θαλασσίου Περιβάλλοντος", Τμητικός Τόμος για τον Καθηγητή Β. Μεταξά, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Αλεξόπουλος, Α.Β. (1997), "Οι Περιφερειακές Συμβάσεις και Διακρατικές Συμφωνίες που διέπουν την Προστασία του Θαλασσίου Περιβάλλοντος", Τμητικός Τόμος για τον Καθηγητή Β. Μεταξά, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Βλάχος Γ.Π. - Αλεξόπουλος, Α.Β. (1995), "Τεχνικο-Οικονομικές Απόψεις της Θαλάσσιας Διακίνησης των Αγαθών και της Προστασίας του Θαλασσίου Περιβάλλοντος", εισαγωγή και G. Timagenis, (1980), "International Control of Marine Pollution", Oceana Publ. p. 23-24.
- Δημητράκος, Δ. (1964), "Μέγα Λεξικόν της Ελληνικής Γλώσσης", σελ. 6440.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.(2007) *Θέση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για το θαλάσσιο Περιβάλλον*, Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σ.22
- ΙΜΟ (περίοδος 1948-1959). Βλ. και Κ. Φυτιάνος - Β. Σαμανίδου, (1988), "Η Ρύπανση των Θαλασσών", σελ. 13-15.
- Καρβούνης, Σ. (1992), "Διαχείριση του Περιβάλλοντος", εκδ. Σταμούλη, σελ. 25-32, και J. Barros - D. Johnston, (1974), "The International Law of

Pollution", NY, Free Press.

Κορδαλής Κ. (2010) Επιπτώσεις της Μεταβολής των Προδιαγραφών στις Εκπομπές Πλοίων-Τεχνολογίες Μείωσης CO<sub>2</sub>.

Κώττης, Γ. (1994), «Οικολογία και Οικονομία», σελ. 42-45.

Μεταξάς, Β. (1986), "Μερικές Σκέψεις για τον Θαλάσσιο Πλούτο", Πρακτικά Συνεδρίου "Η Θαλάσσια Ρύπανση", ΕΕΕΠΠ, σελ. 35-39.

Παναγόπουλος, Θ. (1997), «Δίκαιο Προστασίας Περιβάλλοντος», σελ 19

Παπαευαγγέλου Ι.Τ. (1995). Καύσιμα – Λιπαντικά. Ανώτερες Δημόσιες Σχολές Εμπορικού Ναυτικού

Ρούκουνας, Ε. (1985), "Διεθνές Δίκαιο, Τόμος ΙΙ", σελ. 222-229.

Σαμιώτης, Γ. (1994), "Η Εξέλιξη της Διεθνούς Νομικής Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και οι Σύγχρονες Προοπτικές", ΕΚΕΜ

Σταματάκος, Ι (1971), "Λεξικόν της Νέας Ελληνικής Γλώσσης", σελ. 2483 αλλά και Δ. Δημητράκος, (1964), "Μέγα Λεξικόν της Ελληνικής Γλώσσης", σελ. 6440.

Φυτιάνος Κ. - Σαμανίδου Β, (1988), Η Ρύπανση των Θαλασσών

Mayntz, M. (2013). [http://www.greenliving.lovetoknow.com/Types\\_of Pollution](http://www.greenliving.lovetoknow.com/Types_of_Pollution).

Wartsila – Greece.

Gulf Oil Marine- Greece.