

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
στη ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Τίτλος

ΑΥΞΑΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΣ
ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ – ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Όνομα

Δεμοιράκου Μαρία Ευαγγελία

MN16017

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

Σεπτέμβριος 2018

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».

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

«Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε 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:

- Τσελέντης Β. (Επιβλέπων)

- Τσελεπίδης Α.

- Πολέμης Δ.

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

Περίληψη

Η μεταφορά, αποθήκευση και χρήση του LNG, δηλαδή του υγροποιημένου φυσικού αερίου, στα σύγχρονα πλοία, οι μέθοδοι επεξεργασίας και διαχείρισης του έρματος (Ballast), οι κανονισμοί αερίων ρύπων στη ναυτιλία και οι τρόποι περιορισμού τους αποτελούν τρόπους διαχείρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας και των τρόπων μείωσης του αποτυπώματος όλων των σχετικών λειτουργιών και διαδικασιών στο περιβάλλον. Ομοίως, τα σχέδια περιβαλλοντικής διαχείρισης και πιστοποίησης ποιότητας, τα λιμάνια ecoports, και τα zero emission ships αποτελούν τις τελευταίες περιβαλλοντικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται για τη μείωση των επιπτώσεων στο γενικότερο περιβάλλον. Στις μέρες μας αποτελεί γεγονός πως όλο και περισσότερο, νέες μορφές ενέργειας, λιγότερο ρυπογόνες για το περιβάλλον, χρησιμοποιούνται με στόχο τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και της συμβολής του στην καταστροφή του περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο, τα βλέμματα όλων των ειδικών του ναυτιλιακού χώρου, βρίσκονται στραμμένα στη χρήση του φυσικού αερίου ως καυσίμου στα πλοία. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας στις μέρες μας βοηθά ώστε να γίνει αυτό πραγματικότητα, μιας και το υγροποιημένο φυσικό αέριο θέλει ιδιαίτερη προσοχή στην μεταφορά του για να διατηρηθεί σε αυτήν την κατάσταση. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί νέες υποδομές στα λιμάνια και σύγχρονα υγραεριοφόρα πλοία, τα οποία μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτούμενες συνθήκες. Τα σύγχρονα πλοία διαθέτουν μηχανές εσωτερικής καύσεως νέας τεχνολογίας, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το καύσιμο αυτό ως μέσο πρόωσης. Αυτά, έχουν δυο είδη δεξαμενών αποθήκευσης, οι οποίες διατηρούν το φυσικό αέριο σε υγρή μορφή και σε θερμοκρασία -162°C ώστε να μεταφέρουν περισσότερο όγκο. Έτσι λοιπόν, τα βλέμματα όλων των ειδικών του ναυτιλιακού χώρου, βρίσκονται στραμμένα στη χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου στα πλοία. Παρόμοια σημασία δίνεται και στη διαχείριση του έρματος (Ballast) καθώς και στην υιοθέτηση όλο και περισσότερο αποτελεσματικών πρακτικών περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Λέξεις κλειδιά: Περιβάλλον, θαλάσσιο έρμα, θαλάσσιοι ρύποι, eco-ports, eco-ships

Abstract

The transportation, storage and use of liquefied natural gas (LNG), on modern ships, ballast treatment and management methods, marine gas emission regulations are ways to manage the environmental impact of shipping and reducing the imprint of all relevant functions and processes in the environment. Similarly, environmental management and quality certification plans, ecoports, and zero emission ships are the latest environmental practices used to reduce the impact on the general environment. Nowadays, it is a fact that more and more new environment-friendly forms of energy are used, in order to reduce the greenhouse effect and its contribution to the destruction of the environment. For this reason, maritime specialists focus on the use of natural gas as a fuel on board ships. The rapid development of technology helps to make this a reality, since liquefied natural gas needs special attention to its transportation in order to maintain it. New port infrastructure and modern gas-fired boats have also been created, for coping with the required conditions. Modern ships include new internal combustion engines, which can use this fuel as a means of propulsion. They have two types of storage tanks, which keep the natural gas in liquid form and at -162°C to carry more volume.

Key words: Environment, marine ballast, marine pollutants, eco-ports, eco-ships

Ευχαριστίες

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Abstract.....	5
Ευχαριστίες.....	6
Κατάλογος εικόνων.....	10
Εισαγωγή.....	11
Κεφάλαιο 1^ο Θαλάσσιο Έρμα.....	12
1.1. Το πρόβλημα της μεταφοράς των θαλάσσιων ξενικών οργανισμών με το νερό έρματος πλοίων.....	12
1.2. Δράσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος	14
1.3. Μέθοδοι επεξεργασίας και διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος	15
1.3.1. Τόπος επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος	15
1.3.2. Λειτουργία μεθόδων επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος	16
1.3.3. Ανταλλαγή έρματος.....	16
1.3.4. Μηχανικός διαχωρισμός.....	19
1.3.5. Χημικός διαχωρισμός.....	20
1.3.6. Φυσικός διαχωρισμός.....	22
1.3.7. Οι υπέρηχοι.....	24
1.3.8. Συνδυασμός μεθόδων διαχωρισμού	24
1.3.9. Ενέργειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	25
1.3.10. Globallast Project.....	26
1.3.11. Martob Project.....	27
1.3.12. North Sea Ballast Water Opportunity Project	29
Κεφάλαιο 2^ο Κανονισμοί Αερίων Ρύπων στη Ναυτιλία	30
2.3 Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα όρια του θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα.....	
2.4 Emission Control Areas, (ECA's)	33
2.5 Οξειδία του Θείου, Sox	34
2.6 Οξειδία του Αζώτου, NOx.....	34
2.7 Συστήματα καθαρισμού εξαγωγής καυσαερίων (Scrubbers)	35

2.7.1. Ορισμός Scrubber	35
2.7.2. Είδη Scrubbers.....	35
2.7.3. Scrubbers στη Ναυτιλία	37
2.8. Πλεονεκτήματα από την χρήση μονάδων απόπλυσης καυσαερίων	42
Κεφάλαιο 3^ο Το Φυσικό Υγροποιημένο Αέριο – LNG ως Μέσο Καύσης Μηχανών Εσωτερικής Καύσης με Σκοπό τη Κίνηση Πλοίων	43
3.1. Η Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Πλοίων.....	43
3.2. Πλεονεκτήματα που Αναφέρονται από την Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου και Τρόποι με τους Οποίους Επηρεάζει την Λειτουργία των Μηχανών Πλοίων...	44
3.3. Περιβαλλοντικά Οφέλη από τη Χρήση του Φυσικού Αερίου ως Καύσιμο στη Πρόωση Πλοίων.....	46
3.4. Τρόποι Αποθήκευσης για το Φυσικό Υγροποιημένο Αέριο – LNG.....	49
Κεφάλαιο 4^ο Τα Οικολογικά Πλοία (eco-ships)	51
4.1. Τα χαρακτηριστικά των οικολογικών πλοίων	51
4.2. Οικολογικά πλοία και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	52
4.2.1. Ηλιακή Ενέργεια.....	52
4.2.2. Αιολική ενέργεια.....	53
4.2.3. Βιοκαύσιμα.....	54
4.2.4. Κυψέλες Καυσίμων (Fuel cells)	56
4.2.5. Μηχανές διπλού καυσίμου.....	57
4.2.6. Χρήση LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου.....	57
4.2.7. Προσθήκη νερού στα καύσιμα.....	58
4.2.8. Σύστημα καθαρισμού καυσαερίων (scrubber)	59
4.2.9. Μείωση της τριβής και βελτιστοποίηση της μορφής της γάστρας του πλοίου.....	60
4.2.10. Πλοία με κοιλότητες αέρα ACS (Air cavity ships)	62
4.2.11. Βελτιώσεις στην απόδοση της έλικας.....	63
4.2.12. Πρόωση AZIPOD.....	65
4.2.13. Χρήση πυρηνικής ενέργειας.....	65
4.2.14. Υφαλοχρώματα.....	67
4.3. Εκτίμηση κύκλου ζωής οικολογικού πλοίου.....	68
Κεφάλαιο 5^ο Eco Ports – Περιβαλλοντική Διαχείριση Λιμένων.....	70
5.1. Περιβάλλον και λιμάνια.....	70

5.2. Περιβαλλοντικές πιέσεις στα λιμάνια	72
5.2.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση	72
5.2.2. Απόβλητα πλοίων	74
5.2.3. Ηχορύπανση	74
5.2.4. Χρήσεις γης	75
5.2.5. Εκβάθυνση (βυθοκόρηση) λιμανιών.....	76
5.2.6. Ενέργεια και αέρια του θερμοκηπίου	77
5.2.7. Διαχείριση νερού	78
5.3. Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης λιμένων	79
5.3.1. Τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO 14001 και EMAS	80
5.4. Λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής αποβλήτων πλοίου και καταλοίπων φορτίου....	88
Κεφάλαιο 6^ο Συμπεράσματα	91
Βιβλιογραφία.....	92

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Κύκλος Θαλάσσιου έρματος, Πηγή: GloBallast, International Maritime Organization

Εικόνα 2: Ανταλλαγή έρματος, Πηγή: (IMO Publication, 2004)

Εικόνα 3: Μηχανικός διαχωρισμός, Πηγή: Parsons & Harkins, 2002

Εικόνα 4: Φυσικός διαχωρισμός 1, Πηγή: Faimali et al., 2006

Εικόνα 5: Φυσικός διαχωρισμός 2, Πηγή: Faimali et al., 2006

Εικόνα 6: Globallast Project, Πηγή: ([http:// globallast.imo.org/](http://globallast.imo.org/))

Εικόνα 7: Υπάρχουσες και μελλοντικές ECA, Πηγή: Acciaro, 2014

Εικόνα 8: Υγρός καθαριστής, Πηγή: Turner et al., 2017

Εικόνα 9: Άνυδρος ξηρός καθαριστής, Πηγή: Turner et al., 2017

Εικόνα 10: «Σύστημα Ανοικτού Κύκλου», Πηγή: Turner et al., 2017

Εικόνα 11: «Σύστημα Κλειστού Κύκλου», Πηγή: Lack & Corbett, 2012

Εικόνα 12: «Υβριδικό Σύστημα», Πηγή: Mohn, 2014

Εικόνα 13: Πλοίο με κυσέλες καυσίμου. Πηγή : <http://www.motorship.com>

Εικόνα 14: Σύστημα Καθαρισμού Καυσαερίων Πλοίου Ανοιχτού Κύκλου Open Wet Scrubbers
Πηγή : Lloyd's Register, 2012

Εικόνα 15: Σύστημα Καθαρισμού Καυσαερίων Πλοίου Κλειστού Κύκλου Closed Wet Scrubbers
Πηγή: Lloyd's Register, 2012

Εισαγωγή

Η εμπορική Ναυτιλία είναι ένας από τους μεγαλύτερους παράγοντες ανάπτυξης και διάδοσης του εμπορίου παγκοσμίως και ως αποτέλεσμα αυτού και ανάπτυξης της οικονομίας. Είναι ένας αναγκαίος διαμεσολαβητής ώστε τα προϊόντα παραγωγής να φτάνουν έως και τα πιο απομακρυσμένα σημεία κατανάλωσης με συγκεκριμένες προδιαγραφές σε προκαθορισμένο χρόνο και με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Μέσα από το πέρασμα των χρόνων είμαστε σε θέση να πούμε πως μόνο η εμπορική Ναυτιλία μπορεί να φέρει εις πέρας με τις συγκεκριμένες προαπαιτήσεις τα παραπάνω.

Η εμπορική ναυτιλία όπως προαναφέραμε είναι μείζονος σημασίας για το διεθνές εμπόριο και τη διεθνή οικονομία παρόλα αυτά ελλοχεύει κινδύνους, που συμβάλουν στην κλιματική αλλαγή, στην όξυνση των ωκεανών, τη ρύπανση των παράκτιων περιοχών και στην επιβάρυνση της δημόσιας υγείας. Πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου μεταφέρεται μέσω των ωκεανών από περίπου 90.000 εμπορικά πλοία. Όπως όλοι οι τρόποι μεταφοράς που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα έτσι και τα πλοία παράγουν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, και απελευθερώνουν μια πληθώρα άλλων ρύπων με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος και τη περαιτέρω συμβολή τους στην αλλαγή του κλίματος και την όξυνση των ωκεανών. Οι κυριότερες μορφές ρύπανσης από τη ναυτιλία προέρχονται από τη διαχείριση έρματος και τις εκπομπές αερίων ρύπων (θείο – Co₂) ενώ γίνεται προσπάθεια να μειωθούν στα λιμάνια με οικολογικό προσανατολισμό (ecoports).

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η ανάδειξη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας και των τρόπων μείωσης του αποτυπώματος όλων των σχετικών λειτουργιών και διαδικασιών στο περιβάλλον. Για το σκοπό αυτό αρχικά παρατίθεται οι μέθοδοι επεξεργασίας και διαχείρισης του έρματος (Ballast) και ακολουθεί περιγραφή των κανονισμών αερίων ρύπων στη ναυτιλία και των τρόπων περιορισμού τους. Στη συνέχεια περιγράφονται τα σχέδια περιβαλλοντικής διαχείρισης και πιστοποίησης ποιότητας, γίνεται αναφορά στα λιμάνια ecoports και στις περιβαλλοντικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται. Τέλος, αναφορές γίνονται σχετικά με το θόρυβο των πλοίων και την επίδρασή του στο γενικότερο περιβάλλον.

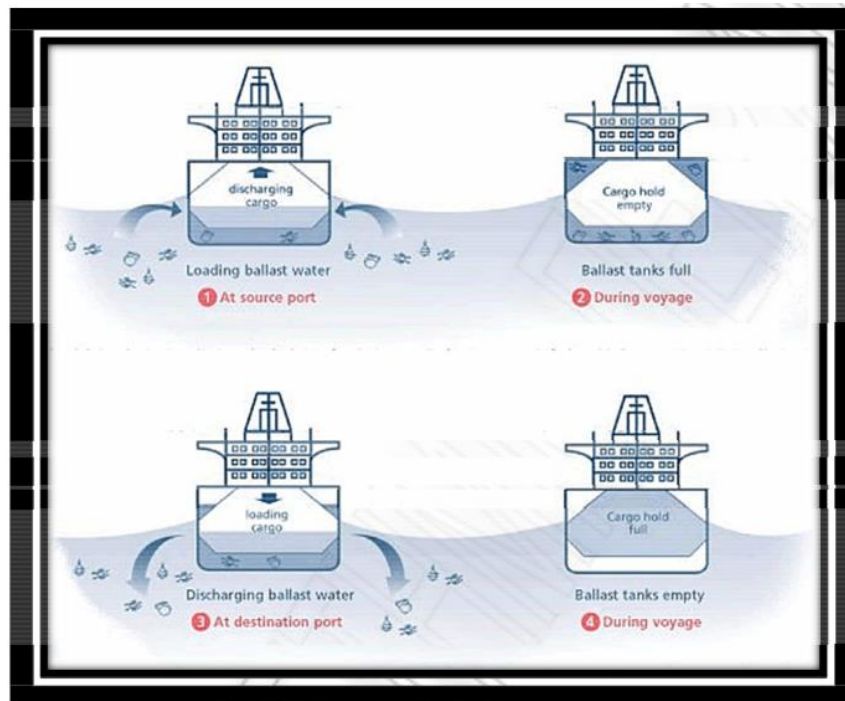
Κεφάλαιο 1^ο Θαλάσσιο Έρμα

1.1. Το πρόβλημα της μεταφοράς των θαλάσσιων ξενικών οργανισμών με το νερό έρματος πλοίων

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της παγκόσμιας θαλάσσιας Ρύπανσης τόσο από μικροβιολογική όσο και από οικονομική άποψη δεν είναι άλλο από τη μεταφορά του Θαλάσσιου έρματος. Συγκεκριμένα, η εισβολή των μη ιθαγενών μικροοργανισμών έχει αναγνωριστεί από διεθνείς οργανισμούς ως μια από τις τέσσερις μεγαλύτερες απειλές για τα θαλάσσια και ωκεάνια οικοσυστήματα. Το Θαλάσσιο έρμα είναι νερό που εισάγεται ή απελευθερώνεται από ένα πλοίο για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα. Νερό Έρματος είναι επομένως το νερό που μεταφέρουν τα πλοία για την εξασφάλιση της σταθερότητας, της ισορροπίας και της δομικής ακεραιότητας. Νερό Έρματος αντλείται από τη θάλασσα για τη διατήρηση ασφαλών συνθηκών λειτουργίας σε όλο το ταξίδι. Η πρακτική αυτή μειώνει την πίεση στο κύτος, παρέχει εγκάρσια σταθερότητα, βελτιώνει την πρόωση και την ευελιξία και αντισταθμίζει το βάρος που χάνεται. Οι ποσότητες έρματος νερού προσαρμόζονται στα ανοιχτά των ωκεανών ώστε να μπορέσει να ρυθμιστεί η κατανάλωση καυσίμου καθώς και η συνολική ασφάλεια τόσο του πλοίου όσο και του πληρώματος. Όταν τα πλοία λαμβάνουν το νερό έρματος στο λιμάνι γνωρίζουν ότι μαζί με αυτό μεταφέρονται ξενικά είδη οργανισμών. Αυτοί οι οργανισμοί μεταφέρονται και ενδεχομένως εισάγονται στα νερά των λιμένων κατά μήκος της πορείας των πλοίων εφόσον οι δεξαμενές έρματος αδειάζουν κάθε φορά που φορτώνεται το φορτίο.

Το πρόβλημα είναι ότι η ικανότητα των σύγχρονων πλοίων να καλύψει μεγάλες αποστάσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα παρέχει ένα εύκολο μέσο στα μη ιθαγενή θαλάσσια είδη όπως τα φύκια, τα ασπόνδυλα και τα παθογόνα για να φθάσουν στον προορισμό τους μέσω του υδάτινου έρματος. Ενώ το νερό έρματος είναι απαραίτητο για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία των σύγχρονων πλοίων, μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά οικολογικά, οικονομικά καθώς και προβλήματα υγείας λόγω της πληθώρας των θαλάσσιων ειδών που μεταφέρονται μέσα σε νερό έρματος των πλοίων. Υπολογίζεται ότι τουλάχιστον 7.000 διαφορετικά είδη μεταφέρονται σε δεξαμενές έρματος των πλοίων σε ολόκληρο τον κόσμο. Η συντριπτική πλειονότητα των θαλάσσιων ειδών που μεταφέρονται μέσα σε νερό έρματος δεν επιβιώνουν το ταξίδι, καθώς ο κύκλος ερματισμού και αφερματισμού και το περιβάλλον μέσα στις

δεξαμενές έρματος μπορεί να είναι αρκετά εχθρικό ως προς την επιβίωση των οργανισμών. Ακόμη και για αυτούς που επιβιώνουν στο ταξίδι και αποβάλλονται, οι πιθανότητες επιβίωσης στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων της θήρευσης και τον ανταγωνισμό από τα τοπικά είδη, μειώνονται ακόμη περισσότερο. Ωστόσο, όταν οι παράγοντες είναι ευνοϊκοί, τα μεταφερόμενα είδη μπορεί να επιβιώσουν (5-10%) και να αναπαραχθούν (περίπου το 10% αυτών) στο περιβάλλον υποδοχής, όπου εγκαθίστανται επεκτατικά, παραμερίζοντας τα αυτόχθονα είδη και αναπτύσσονται σαν επιβλαβείς οργανισμούς σε μεγάλους αριθμούς. Είναι ευρέως τεκμηριωμένο ότι το νερό έρματος είναι μια σημαντική οδός για την εισαγωγή ξενικών ειδών σε όλο τον κόσμο. Όταν τα υδρόβια είδη εισάγονται είναι τόσο δύσκολο και δαπανηρό να γίνουν οι κατάλληλοι έλεγχοι. Η πλήρης εξάλειψη είναι αδύνατη και το κόστος είναι πολύ μεγάλο. Ο καλύτερος τρόπος για την αντιμετώπιση αυτών των εισαγωγών είναι η πρόληψη. Οι κανόνες που εγκρίθηκαν πρόσφατα θα βοηθήσουν στην ελαχιστοποίηση της εισαγωγής μη ιθαγενών θαλάσσιων ειδών, βοηθώντας έτσι στην προστασία των ευπαθών οικοσυστημάτων. Η εισβολή των μη ιθαγενών ειδών μπορεί να έχει δραματικές οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες. Το θαλάσσιο έρμα νερού έχει μελετηθεί εκτενώς σε όλο τον κόσμο, και είναι πολλά τα είδη τα οποία εισάγονται και δημιουργούν επιμέρους προβλήματα.



Εικόνα 1: Κύκλος Θαλάσσιου έρματος, Πηγή: GloBallast, International Maritime Organization

1.2. Δράσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος

Με την επέκταση του όγκου και της πυκνότητας της διεθνούς ναυτιλίας η μεταφορά επιβλαβών υδροβίων ειδών σε δεξαμενές έρματος των πλοίων έχει γίνει η πιο σημαντική οδός των εισαγωγών των ξένων ειδών στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) ο Καναδάς και η Αυστραλία ήταν από τις πρώτες χώρες που αντιμετώπισαν ιδιαίτερα προβλήματα με επιβλαβή υδροβία είδη, και έφεραν τις ανησυχίες τους για την Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του IMO (MEPC) στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Λίγο αργότερα, η Διάσκεψη Των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED), που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο Ντε Τζανέιρο το 1992, αναγνώρισε το ζήτημα των χωροκατακτητικών ειδών. Οι εισβολές μπορεί επίσης να επηρεάζει παράκτιες βιομηχανίες, την ανθρώπινη υγεία και τις προμήθειες τροφίμων από την θάλασσα. Αυτό το θέμα θα εξεταστεί από τον IMO Μέσω της Σύμβασης σχετικά με τη διαχείριση του έρματος πλοίων και των ιζημάτων (2004). Τα Μέλη του IMO κλήθηκαν να ακολουθήσουν αυτές τις κατευθυντήριες γραμμές για την ανταλλαγή του νερού έρματος στον ανοιχτό ωκεανό για να μειωθεί ο κίνδυνος της μεταφοράς των επιβλαβών ειδών. Το ψήφισμα ζητήθηκε επίσης να γίνει και από την MEPC και την Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας για να κρατήσει τις κατευθυντήριες γραμμές υπό αναθεώρηση με στόχο την ανάπτυξη της διεθνούς ισχύς. Στο Πλαίσιο του μεσογειακού σχεδίου δράσης η Περιφερειακή Δραστηριότητα επεξεργάζεται ένα σχέδιο εφαρμογής για αποφυγή ξενικών ειδών.

Το σχετικό πρόγραμμα του IMO προτείνει για το προσωπικό:

- Αποφυγή φόρτωση Έρματος σε περιοχές που είναι μολυσμένες
- Κατάλληλη εκπαίδευση προσωπικού
- Καθαρισμός των δεξαμενών
- Επεξεργασία και εφαρμογή συστήματος θαλάσσιου έρματος
- Τήρηση συγκεκριμένων βιβλίων για το έρμα
- Εφαρμογή κατάλληλης νομοθεσίας

Για τις λιμενικές αρχές:

- Εκπόνηση Μελετών σε κάθε λιμάνι
- Μελέτη επικινδυνότητας σε κάθε λιμάνι

- Ενημέρωση για την τοποθέτηση και τη λειτουργία καθαρισμού έρματος ανάλογα με τον τύπο πλοίου
- Βιολογικές μελέτες
- Δημιουργία ομάδας δράσης

Ακόμη με το ζήτημα αυτό ασχολήθηκε η ΕΕ. Η Επιτροπή έχει ως στόχο την επικύρωση της σύμβασης BWM και έχει συμμετάσχει στην ανάπτυξη των ασφαλιστικών μέτρων για τη μείωση του κινδύνου των μη Γηγενών ειδών που εισάγονται από την απόρριψη του έρματος του πλοίου στις τέσσερις οργανώσεις θαλασσών. Στο ίδιο πλαίσιο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε ανακοίνωσή της για την βιοποικιλότητα υπογράμμισε την ανάγκη δημιουργίας ενός μηχανισμού «έγκαιρης προειδοποίησης» για τα επεκτατικά αλλόχθονα είδη. Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, ανταποκρινόμενος σε αυτή την ανακοίνωση, μέσα από το δίκτυο των κρατών μελών του αλλά και των συνεργαζόμενων με αυτόν χωρών, σχεδιάζει να εγκαταστήσει ένα σύστημα πληροφοριών σε ευρωπαϊκή κλίμακα που θα προσδιορίζει, ανιχνεύει, αξιολογεί και θα ανταποκρίνεται σε νέες επεκτεινόμενες εισβολές.

1.3. Μέθοδοι επεξεργασίας και διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος

1.3.1. Τόπος επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος

Οι τεχνολογίες επεξεργασίας του θαλασσίου έρματος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

α) Επεξεργασία του θαλάσσιου έρματος στο λιμάνι

Η Εναπόθεση του έρματος στο λιμάνι προορισμού πραγματοποιείται σε ειδικές κατάλληλες εγκαταστάσεις, όπου γίνεται η επεξεργασία του και ελευθερώνεται αβλαβές. Όταν το πλοίο αναχωρήσει από αυτό, υπάρχουν ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας θαλασσινού νερού και με αυτόν τον τρόπο τα έρματα αντλούνται καθαρά όταν γίνει ο απόπλους. Ακόμα, τα έρματα δεν εναποτίθενται στο λιμάνι προορισμού αλλά αποθηκεύονται σε καθαρές δεξαμενές και επιστρέφουν στο λιμάνι αναχώρησης.

β) Επεξεργασία του θαλάσσιου έρματος στο πλοίο

Η Μέθοδος αυτή είναι η πιο συνηθισμένη και πολλές είναι οι χώρες που τη χρησιμοποιούν. Υπάρχουν δύο κατηγορίες επεξεργασίας του θαλασσίου έρματος, η συνεχόμενη μέθοδος και η μέθοδος συνεχόμενης ροής. Στη πρώτη μέθοδο, πραγματοποιείται συνεχόμενο άδειασμα και γέμισμα των δεξαμενών χρησιμοποιώντας νερό της ανοιχτής θάλασσας. Με τη δεύτερη, πραγματοποιείται μερικώς άδειασμα και γέμισμα των δεξαμενών.

Ο πρωτεύον διαχωρισμός περιλαμβάνει φυσικές μεθόδους διαχωρισμού όπως το σύστημα διήθησης και κυκλώνα διαχωρισμού. Αντίθετα ο δευτερεύον διαχωρισμός περιλαμβάνει επεξεργασμένες μεθόδους.

Συγκεκριμένα, οι δεξαμενές των πλοίων έχουν επεξεργαστεί από πλήθος μηχανικών και χημικών μεθόδων είτε ανεξάρτητα είτε σε συνδυασμό. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι φυσικού διαχωρισμού είναι η θερμική επεξεργασία, η υπεριώδης ακτινοβολία, η τεχνική των υπερήχων και το μαγνητικό και ηλεκτρικό πεδίο. Οι χημικές μέθοδοι περιλαμβάνουν τη χρήση biocides, χλωρίου, Όζοντος, Υπεροξειδίου του υδρογόνου, Διοξειδίου του χλωρίου και άλλα.

1.3.2. Λειτουργία μεθόδων επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος

Οι μέθοδοι επεξεργασίας για να λειτουργήσουν σωστά απαιτούν σήμερα σημαντική περαιτέρω ερευνητική προσπάθεια. Σημαντικά εμπόδια εξακολουθούν να υπάρχουν στην κλιμάκωση αυτών των διαφόρων τεχνολογιών προκειμένου να ασχοληθούν αποτελεσματικά με τις τεράστιες ποσότητες έρματος που μεταφέρονται από μεγάλα πλοία (π.χ. περίπου 60.000 τόνους νερό έρματος σε ένα φορέα χύμα 200.000 DWT). Κάθε μέτρο ελέγχου που έχει αναπτυχθεί πρέπει να πληρεί μια σειρά από κριτήρια, όπως οι εξής:

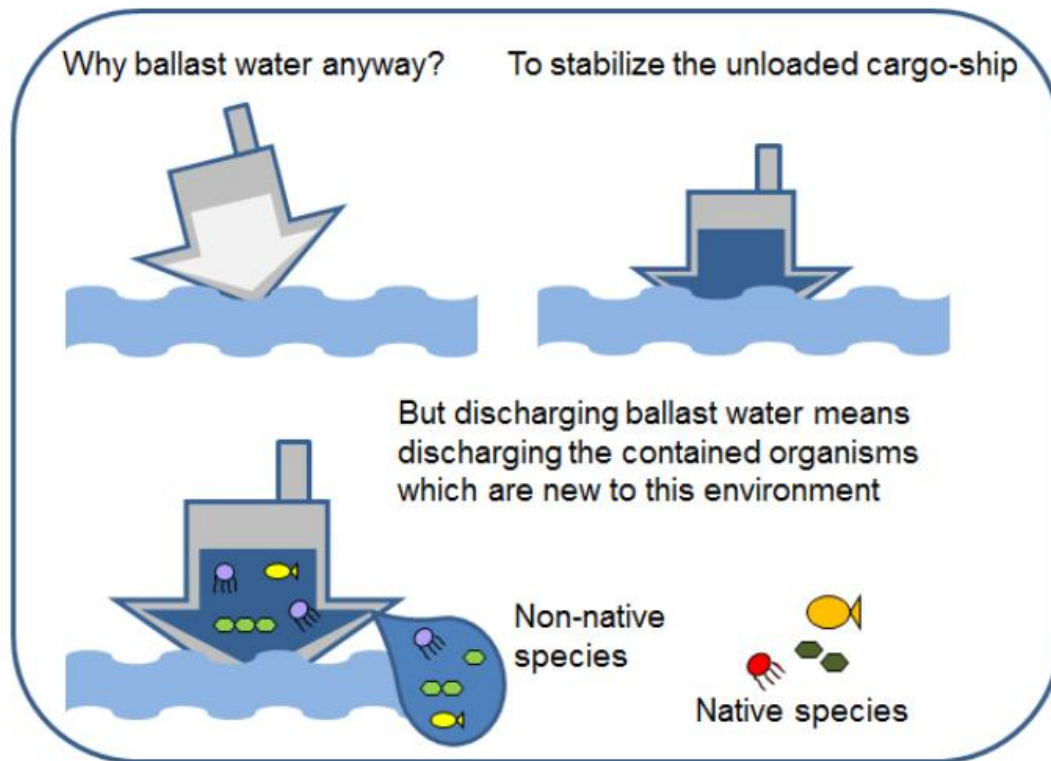
- Θα πρέπει να είναι ασφαλή.
- Πρέπει να είναι περιβαλλοντικά αποδεκτή.
- Θα πρέπει να είναι οικονομικά αποτελεσματική.

Επιλογές που εξετάζονται περιλαμβάνουν:

- Μηχανικές μεθόδους επεξεργασίας, όπως η διήθηση και ο διαχωρισμός.
- Φυσικές μεθόδους επεξεργασίας, όπως αποστείρωση με όζον, υπεριώδες φως, ηλεκτρικά ρεύματα και θερμική επεξεργασία.
- Μεθόδους διαχείρισης, όπως η προσθήκη χημικών βιοκτόνων στο νερό έρματος για να σκοτώσει οργανισμούς.
- Διάφοροι συνδυασμοί των ανωτέρω.

1.3.3. Ανταλλαγή έρματος

Η ανταλλαγή του υδάτινου έρματος στη θάλασσα, όπως συνιστάται από τις κατευθυντήριες γραμμές του IMO, προσφέρει σήμερα το καλύτερο διαθέσιμο μέτρο για τη μείωση του κίνδυνου μεταφοράς επιβλαβών υδρόβιων οργανισμών, αλλά υπόκειται σε σοβαρά θέματα ασφαλείας των πλοίων όσον αφορά την ευστάθεια.



Εικόνα 2: Ανταλλαγή έρματος, Πηγή: (IMO Publication, 2004)

Υπάρχουν δυο τρόποι εφαρμογής αυτής της τεχνικής:

- i. Ανταλλαγή υδάτινου έρματος αδειάζοντας πλήρως αριθμό δεξαμενών, και ξαναγεμίζοντας με “καθαρό” θαλάσσιο έρμα στην αρχική κατάσταση.
- ii. Ξέπλυμά των δεξαμενών έρματος μέσω συνεχούς ροής “καθαρού” υδάτινου έρματος που εισέρχεται με πίεση από τον πυθμένα της δεξαμενής, αναγκάζοντας το ακάθατο υδάτινο έρμα να αποβληθεί διάμεσο στομιών. Για ικανοποιητική ανταλλαγή του έρματος υπολογίστηκε ότι χρειάζεται να αντληθεί τουλάχιστο τρεις φορές ο όγκος του αρχικού εκτοπίσματος (IMO Publication, 2004).

Η ανταλλαγή επιτρέπεται σε περιοχές τουλάχιστον 200 nm από την ακτή και σε βάθος τουλάχιστον 200 m. Αναμένεται ότι τα είδη από το σχετικά άγονο ωκεανό δεν θα επιβιώσουν στα παράκτια ύδατα και το λιμάνι, ενώ τα παράκτια είδη δεν θα επιβιώσουν στις συνθήκες των ωκεανών (North Sea Ballast Water Publication, 2004). Ακόμα και όταν μπορεί να εφαρμοστεί πλήρως, η τεχνική αυτή είναι μικρότερο από 100% αποτελεσματική στην αφαίρεση οργανισμών από το έρμα . Η πλειοψηφία των μελετών έχει οδηγήσει στο συμπέρασμά ότι η απομάκρυνση των οργανισμών από το έρμα που έχει αντλήσει σε ένα λιμάνι κυμαίνεται από 48 – 100%.

Αξιοσημείωτο είναι ότι υπήρξαν ελάχιστες περιπτώσεις, σε ορισμένες έρευνες, που η αλλαγή έρματος είχε ανάλογα αποτελέσματα με το πρότυπο επεξεργασίας και άλλες που η αφθονία των οργανισμών που απορρίφθηκε μετά την αλλαγή στον ωκεανό, ήταν μεγαλύτερη από αυτή που αρχικά αντλήθηκε πάνω στο πλοίο. Ορισμένοι ακόμη ισχυρίζονται ότι η ανταλλαγή έρματος στη θάλασσα μπορεί να συμβάλει η ίδια στην ευρύτερη διασπορά των επιβλαβών ειδών, και ότι νησιωτικά κράτη που βρίσκονται κοντά σε περιοχές ανταλλαγής έρματος μπορεί να διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο από την πρακτική αυτή (Helmer, 2011).

Συνεπώς, είναι εξαιρετικά σημαντικό να αναπτυχθούν το συντομότερο εναλλακτικές και πιο αποτελεσματικές μέθοδοι διαχείριση του υδάτινου έρματος και μέθοδοι αποκατάστασης, για να αντικαταστήσουν την ανταλλαγή έρματος στη θάλασσα.

Επιλογές που εξετάζονται είναι:

- Μηχανικές μεθόδους επεξεργασίας, όπως η διήθηση και διαχωρισμού.
- Χημικές μέθοδοι επεξεργασίας όπως η προσθήκη βιοκτόνων στο υδάτινου έρματος για να σκοτώσει οργανισμούς.
- Φυσικές μεθόδους θεραπείας όπως η αποστείρωση από το όζον, υπεριώδες φως, ηλεκτρικά ρεύματα και τη θερμική επεξεργασία.
- Διάφορους συνδυασμούς των παραπάνω.

Σημαντικά εμπόδια εξακολουθούν να υπάρχουν στην κλιμάκωση αυτών των διαφόρων μεθόδων για την αποτελεσματική επεξεργασία των τεράστιων ποσοτήτων υδάτινου έρματος που μεταφέρονται από μεγάλα πλοία (π.χ. περίπου 60.000 τόνους υδάτινου έρματος σε πλοίο Bulk Carrier με 200.000 DWT). Τα συστήματα επεξεργασίας και διαχείρισης του υδάτινου έρματος δεν πρέπει να παρεμβαίνουν αδικαιολόγητα στην ασφαλή και οικονομική λειτουργία του πλοίου και πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και τους περιορισμούς σχεδίασης των πλοίων. Κάθε μέτρο ελέγχου που αναπτύσσεται πρέπει να πληρεί ορισμένα κριτήρια, μεταξύ των οποίων:

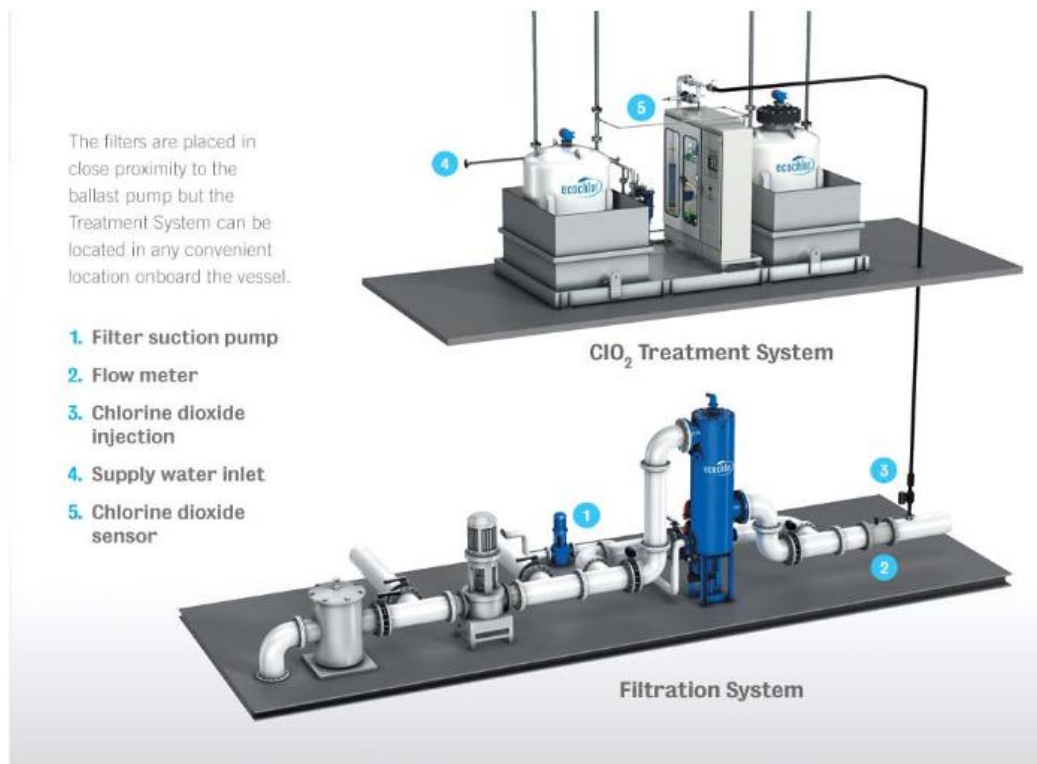
- Πρέπει να είναι ασφαλές.
- Πρέπει να είναι περιβαλλοντικά αποδεκτό.
- Πρέπει να είναι οικονομικά αποδοτικό.

- Πρέπει να λειτουργεί.

Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η παγκόσμια κοινότητα έρευνας και ανάπτυξης είναι ότι εκτός από τα παραπάνω γενικά κριτήρια, σήμερα δεν υπάρχουν διεθνώς συμφωνημένα και εγκεκριμένα πρότυπα επιδόσεων ή κάποιο σύστημα αξιολόγησης για την επίσημη αποδοχή οποιασδήποτε νέες τεχνικής που αναπτύσσεται. Επιπλέον, πολλές ομάδες εργάζονται απομονωμένα η μια από την άλλη, και δεν υπάρχουν επίσημοι μηχανισμοί για την εξασφάλιση αποτελεσματικής επικοινωνίας μεταξύ της κοινότητας έρευνας και ανάπτυξης, των κυβερνήσεων, των σχεδιαστών, κατασκευαστών και ιδιοκτητών των πλοίων. Αυτά είναι αναγκαία για να επιτύχει στις προσπάθειες της η κοινότητα έρευνας και ανάπτυξης.

1.3.4. Μηχανικός διαχωρισμός

Με τον μηχανικό διαχωρισμό απομακρύνονται μεσαίου και μεγάλου μεγέθους σωματίδια από το έρματος. Συνήθως εφαρμόζεται στην υποδοχή αναρρόφησης του υδάτινου έρματος με σκοπό να μειώσει τον αριθμό των διάφορων θαλάσσιων οργανισμών και τα ποσοστά ιζημάτων που ενδέχεται να εισέλθουν στη δεξαμενή έρματος. Δύο από τις βασικότερες μεθόδους μηχανικού διαχωρισμού είναι το φιλτράρισμά και η χρήση υδροκυκλώνων (Dobroski et al, 2009). Στη διαδικασία Φιλτραρίσματος, έρμα αντλείται από την θάλασσα και περνάει από ένα φίλτρο που δεν επιτρέπει οργανισμούς μεγαλύτερους των 50 μm να περάσουν. Τυπικό μέγεθος πλέγματος των φίλτρων διαχωρισμού κυμαίνεται από 25 με 100 μm (Paesons & Harkins, 2002; Parsons, 2003). Τα περισσότερα συστήματα του είδους, με ένα υποσύστημά παλινδρόμησης πετάει αυτόματα το βρόμικο νερό πίσω στη θάλασσα, όταν η πίεση μετά το φίλτρο πέσει το 0.6 bar λόγω συσσώρευσης πολλών ακαθαρσιών.



Εικόνα 3: Μηχανικός διαχωρισμός, Πηγή: Parsons & Harkins, 2002

Ο διαχωρισμός μέσω υδροκυκλώνων, επίσης γνωστή και σαν φυγοκέντριση, βασίζεται στις διαφορές πυκνότητας για να διαχωρίσει τους υδρόβιους οργανισμούς και ιζήματα από το υδάτινο έρματος. Υδροκυκλώνων δημιουργούν δίνες που αναγκάζουν τα βαρύτερα σωματίδια να κινηθούν προς τα εξωτερικά όρια του περιστρεφόμενης ροής όπου και παγιδεύονται σε ειδικά υδατοφράγματα από όπου μπορούν να απορριφθούν προτού εισέλθουν στις δεξαμενές έρματος. Η μέθοδος αυτή παγιδεύει σωματίδια της τάξης μεγέθους των 50 με 100 μm (Parsons & Harkins, 2002). Μία πρόκληση που αντιμετωπίζουν τα συστήματα αυτά είναι ότι αρκετοί μικροσκοπικοί υδρόβιοι οργανισμοί έχουν πυκνότητα παραπλήσια με αυτή του θαλασσινού ύδατος, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η απομάκρυνση τους με τη χρήση συστημάτων διαχωρισμού μέσω υδροκυκλώνων.

1.3.5. Χημικός διαχωρισμός

Τα Χημικά Βιοκτόνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση έρματος και να αποτρέψουν την εξάπλωση ξένων οργανισμών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τον ερματισμό, εν πλω ή κατά τον αφερματισμό. Διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα οξειδωτικά και τα μη – οξειδωτικά. Συγκεκριμένος τύπος βιοκτόνου πρέπει να επιλεγεί πολύ προσεκτικά αφού μπορεί να είναι βλαβερό προς τους ανθρώπους ή το περιβάλλον. Τα

Βιοκτόνα συνήθως συναντώνται σε συμπακνωμένη στερεή ή υγρή μορφή για εύκολη αποθήκευση τους στο πλοίο. Υπάρχει μεγάλη πληθώρα βιομηχανικών χημικών για τα οποία είναι γνωστά αρκετά για την ασφάλεια τους και την αποτελεσματικότητά τους, ωστόσο δεν έχει μελετηθεί εκτενώς κατά πόσο η αντίδραση τους με το θαλασσινό νερό μπορεί να δημιουργήσει βλαβερά υποπροϊόντα. Τα μηχανήματα των συστημάτων αυτών είναι αξιόπιστα και χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση, ωστόσο το μεγάλο τους μέγεθος μπορεί να μην επιτρέπει την εγκατάσταση του σε κάποια πλοία. Μεγάλη ανησυχία υπάρχει όσο αφορά την ασφάλεια του πληρώματος που χειρίζεται τα χημικά. Δύο γενικοί τύποι βιοκτόνων υπάρχουν, τα οξειδωτικά και τα μη - οξειδωτικά. Τα Οξειδωτικά Βιοκτόνα όπως το χλώριο, διοξειδίο του χλωρίου, βρόμιο, υπεροξειδίο του υδρογόνου, ιώδιο και όζον, λειτουργούν καταστρέφοντας κυτταρικές μεμβράνες με αποτέλεσμα τον θάνατο του κυττάρου (NRC, 1996; Faimali et al., 2006). Το χλώριο συνήθως χρησιμοποιείται στην επεξεργασία πόσιμου νερού, όμως πρόσφατες μελέτες ισχυρίζονται ότι ίσως να μην είναι τόσο ασφαλείς προς τον άνθρωπο όσο αρχικά πιστεύαμε. Επίσης υπάρχει η πιθανότητα τα οξειδωτικά βιοκτόνα να αντιδρούν με το θαλασσινό νερό δημιουργώντας τοξικά χημικά, συνεπώς να μην είναι ασφαλές η αποδέσμευσή τους στο περιβάλλον.

Το Όζον είναι ένα οξειδωτικό βιοκτόνο που χρησιμοποιείται για την απολύμανση των αποθεμάτων νερού. Το έρμα επεξεργάζεται καθώς ρέει μέσω μιας συσκευής που εισάγει αέριο άζωτο στο νερό. Το πλείστο από το αέριο διαλύεται στο νερό, αποσυντίθεται και αντιδρά με τα υπόλοιπα χημικά που βρίσκονται στο έρμα σκοτώνοντας τους οργανισμούς. Το όζον είναι τοξικό για τους ανθρώπους και για αυτό όσο όζον δεν διαλύεται πρέπει να καταστραφεί πριν αφηθεί στην ατμόσφαιρα. Το όζον είναι εξαιρετικά αποτελεσματικό στο να σκοτώνει μικροσκοπικούς οργανισμούς αλλά όχι τόσο καλό για μεγαλύτερους, για αυτό συνδυασμός του με κάποιο άλλο σύστημα εξειδικευμένο να εξουδετερώνει μεγαλύτερους οργανισμούς θα ήταν πιο αποτελεσματικό από το να χρησιμοποιείται το όζον μόνο. Το κύριο μειονέκτημά του συστήματος αυτού είναι το μεγάλο μέγεθος του καθώς και ότι αντιδράσεις του όζοντος με το θαλασσινό νερό μπορεί να παράγουν ανεπιθύμητα τοξικά χημικά που δεν θα έπρεπε να αφηθούν στο περιβάλλον.

Μη- Οξειδωτικά Βιοκτόνα όπως το Acrolein, η γλουταραλδεΐδη και η menadione (βιταμίνη K3), λειτουργούν σαν φυτοφάρμακα, επεμβαίνοντας στις αναγκαίες λειτουργίες της ζωής όπως τον μεταβολισμό ή την αναπαραγωγή (NRC, 1996; Faimali et al., 2006). Μερικά από αυτά τα βιοκτόνα διασπώνται σε μη - τοξικά χημικά σε λίγες μέρες, συνεπώς αν χρησιμοποιηθούν κατά

την αρχή του ταξιδιού, θα έχουν ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον όταν το έρμα αφεθεί στη θάλασσα. Λόγο όμως του χρόνου αυτού που απαιτείται για να λειτουργήσει το σύστημα αυτό, δεν τα καθιστά την καλύτερη επιλογή για δρομολόγια σε μικρότερες αποστάσεις.

1.3.6. Φυσικός διαχωρισμός

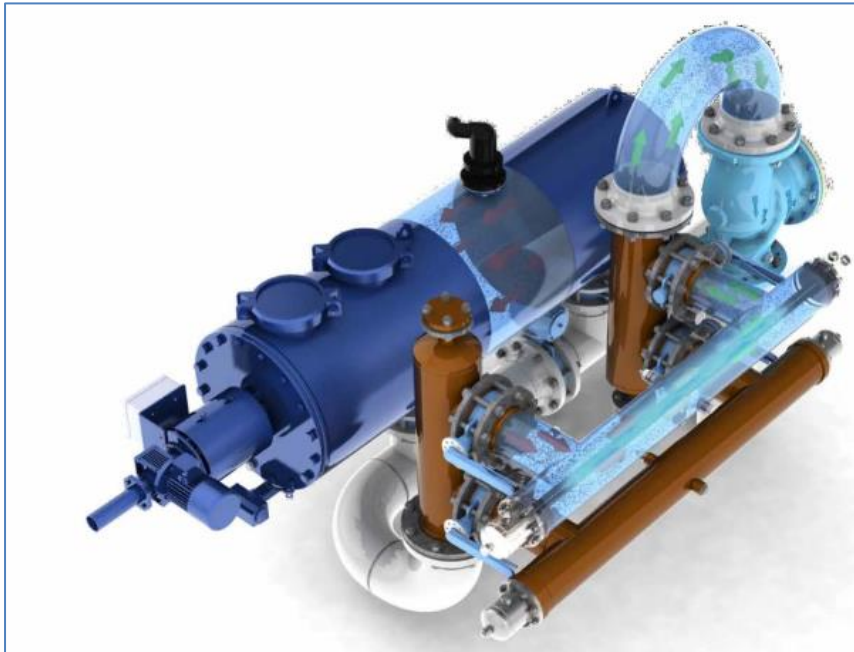
Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται πληθώρα μη - χημικών μέσων για να σκοτώνουν ή να αποτρέπουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που μπορεί να μεταφέρονται στις δεξαμενές έρματος. Όπως και στο χημικό διαχωρισμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τον ερματισμό, εν πλω ή κατά τον αφερματισμό. Μερικά από τα σημαντικότερα συστήματα είναι η θερμική επεξεργασία, η υπεριώδης ακτινοβολία και η χρήση υπερήχων. Η Ανεπτυγμένη Τεχνολογία Οξειδωσης AOT (Advanced Oxidation Technology) είναι μία διαδικασία χωρίς χημικά. Για παράδειγμα τα αυτοκαθαριζόμενα παράθυρα σε ουρανοξύστες και αυτοκίνητα αποτρέπουν την ανάπτυξη οργανισμών χάρη στην ανεπτυγμένη τεχνολογία οξειδωσης που γίνεται όταν το ηλιακό φως προσπίπτει με διοξείδιο του τιτανίου. Τα συστήματα αυτά περιέχουν καταλύτες διοξειδίου του τιτανίου που παράγουν ρίζες όταν βρεθούν στην παρουσία ηλιακού φωτός, οι οποίες αν και έχουν ζω ή μερικών μικρό - δευτερολέπτων, διασπούν την κυτταρική μεμβράνη μικροοργανισμών, χωρίς την χρήση χημικών ή την παραγωγή βλαβερών ουσιών (Faimali et al., 2006).



Εικόνα 4: Φυσικός διαχωρισμός 1, Πηγή: Faimali et al., 2006

Η Υπεριώδης ακτινοβολία UV προκαλεί μόνιμη απενεργοποίηση των μικροοργανισμών επεμβαίνοντας στο DNA τους αποτρέποντας τους να διατηρήσουν τον μεταβολισμό τους ή να

αναπαραχθούν. Τα συστήματα αυτά είναι αποτελεσματικά εναντίον όλων των θαλάσσιων μικροοργανισμών μικρότερους από 2 μ m. Η ακτινοβολία UV δεν είναι επικίνδυνη για το προσωπικό, το πλοίο ή το περιβάλλον, αλλά σε περίπτωση που κάποιος λαμπτήρας σπάσει, ενδέχεται να μολυνθεί το υδάτινο έρμα με υδράργυρο.



Εικόνα 5: Φυσικός διαχωρισμός 2, Πηγή: Faimali et al., 2006

Η Θερμική επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σκοτώσει τους ξένους οργανισμούς στις δεξαμενές έρματος θερμαίνοντας το υδάτινο έρμα σε αρκετά ψιλή θερμοκρασία πριν αυτό αφηθεί πίσω στη θάλασσα. Η ευκολότερη πηγή θερμότητας είναι αυτή της κύριας μηχανής του πλοίου η οποία έτσι κι αλλιώς είναι ανεπιθύμητη. Όμως για να αναπτυχθεί αρκετά υψηλή θερμοκρασία για να σκοτωθούν όλα τα είδη βακτηριδίων απαιτούνται επιπλέον εγκαταστάσεις παραγωγής θερμότητας με συνέπεια το αυξημένο κόστος λειτουργίας (Rigby, Hallegraeff & Taylor, 2004). Οι Υπέρηχοι παράγονται με τη βοήθεια μετατροπέων μηχανικής ή ηλεκτρικής ενέργειας σε υψηλής συχνότητας δονήσεις. Το σύστημα αυτό βασίζεται στις φυσικές και χημικές αλλαγές που προξενεί το φαινόμενο της σπηλαιώδης και παράγονται μικροσκοπικές φυσαλίδες λόγω απότομης αλλαγής της πίεσης στο νερό, οι οποίες διασπών τις κυτταρικές μεμβράνες των μικροοργανισμών.

1.3.7. Οι υπέρηχοι

Οι υπέρηχοι παράγονται με τη βοήθεια μετατροπών μηχανικής ή ηλεκτρικής ενέργειας σε υψηλής συχνότητας δονήσεις (Rigby, Hallegraeff & Taylor, 2004). Το σύστημα αυτό βασίζεται στις φυσικές και χημικές αλλαγές που προξενεί το φαινόμενο της σπηλαιώσης. Παράγονται μικροσκοπικές φυσαλίδες λόγω απότομης αλλαγής της πίεσης στο νερό, οι οποίες διασπών τις κυτταρικές μεμβράνες των μικροοργανισμών. Η τεχνολογία Διαχωρισμού Μαγνητικού Ηλεκτρο - Ιονισμού EIMS (Electro- Ionization Magnetic Separation) δεν έχει ακόμα αναπτυχθεί πλήρως για την τεχνολογία διαχείρισης έρματος αλλά βρίσκεται στο στάδιο της μελέτης, αφού σε επίγειες εγκαταστάσεις έχουν εξολοθρευτεί αποτελεσματικά πολύ μικρούς οργανισμούς (Rigby, Hallegraeff & Taylor, 2004). Η τεχνολογία Ηλεκτρικού Πεδίου χρησιμοποιεί παλμικό ηλεκτρικό πεδίο και παλμικό πλάσμα για να σκοτώσει τους οργανισμούς. Στην τεχνολογία παλμικού ηλεκτρικού πεδίου, το νερό περνάει από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια και υποβάλλεται από ένα ηλεκτρικό παλμό που δημιουργεί μικρά ξεσπάσματα ενέργειας πολύ ψιλής ισχύος και πίεσης. Η παραγόμενη αυτή ενέργεια είναι αρκετά δυνατή ώστε να θανατώσει με ηλεκτροπληξία τους οργανισμούς που βρίσκονται στο νερό. Η τεχνολογία παλμικού πλάσματος λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο μεταδίδοντας έναν υψηλής ενέργειας παλμό σε ένα μηχανισμό που βρίσκεται μέσα στο νερό. Ένα τόξο πλάσματος δημιουργείται το οποίο καταστρέφει τους οργανισμούς που έρχονται σε επαφή μαζί του (Rigby, Hallegraeff & Taylor, 2004).

1.3.8. Συνδυασμός μεθόδων διαχωρισμού

Αρκετά συστήματα διαχωρισμού σκοτώνουν ή σταματούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών συνδυάζοντας διάφορες μηχανικές, χημικές ή / και φυσικές μεθόδους. Η από - οξυγόνωση, καθώς είναι μια φυσική διαδικασία όπου εκτοπίζεται το οξυγόνο χρησιμοποιώντας αδρανές αέριο όπως άζωτο ή διοξείδιο του άνθρακα, εμπεριέχει και χημικά στοιχεία – η εισαγωγή διοξειδίου του άνθρακα προκαλεί μείωση του pH που ενισχύουν την αποδοτικότητα εξολόθρευσης των μικροοργανισμών (Tamburri et al., 2006). Η ηλεκτρολυτική ή ηλεκτροχημική οξείδωση συνδυάζουν ηλεκτρικό ρεύμα με κατάλληλα αντιδρώντα με σκοπό να παράξουν μια πληθώρα από βιοκτόνα. Η ηλεκτρολυτική οξείδωση μπορεί να παράξει ρίζες υδροξυλίου, ή παρόμοιες οξειδωτικές ενώσεις όπως το όζον και το υποχλωριώδες νάτριο (ή κοινώς χλωρίνη), ικανές να καταστρέψουν κυτταρικές μεμβράνες.

1.3.9 Ενέργειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και το συμβούλιο της ευρωπαϊκής ένωσης εξέδωσε το 2008, την Οδηγία 2008/56/EK περί πλαισίου κοινοτικής δράσης για την προστασία και τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος στην Ευρώπη, με ισχύ έως το 2020 (<https://eur-lex.europa.eu/>). Τα ευρωπαϊκά θαλάσσια ύδατα διαιρούνται σε τέσσερις περιοχές: Βαλτική Θάλασσα, Βορειοανατολικός Ατλαντικός, Μεσόγειος Θάλασσα και Μαύρη Θάλασσα. Σε καθεμιά απ' αυτές, και ενδεχομένως στις επιμέρους περιοχές, τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη οφείλουν να συντονίζουν τη δράση τους αφενός μεταξύ τους και αφετέρου με τρίτες ενδιαφερόμενες χώρες.

Τα κράτη μέλη οφείλουν κατά πρώτον να αξιολογούν την οικολογική κατάσταση των υδάτων τους και τον αντίκτυπο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Η αξιολόγηση αυτή περιλαμβάνει (<https://eur-lex.europa.eu/>):

- Ανάλυση των θεμελιωδών χαρακτηριστικών των υδάτων (φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά, ζωικοί και φυτικοί πληθυσμοί, κλπ.)
- Ανάλυση των επιπτώσεων και των κύριων πιέσεων που δέχονται τα ύδατα, εξαιτίας κυρίως ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά των υδάτων (μόλυνση από τοξικά προϊόντα, εισαγωγή αλλοθόνων ειδών, κλπ)
- Οικονομική και κοινωνική ανάλυση της χρησιμοποίησης των υδάτων, καθώς και ανάλυση του κόστους της υποβάθμισης του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

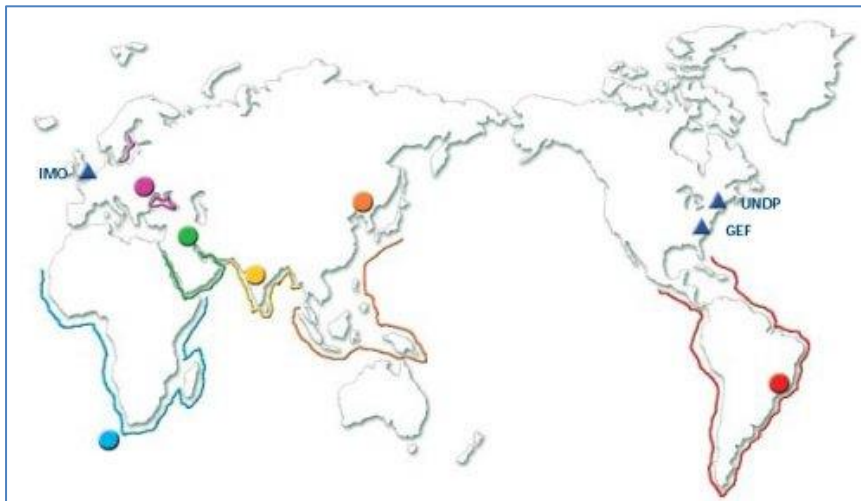
Τα κράτη οφείλουν εν συνεχεία να προσδιορίσουν την «ικανοποιητική οικολογική κατάσταση» των υδάτων, λαμβάνοντας για παράδειγμα υπόψη την βιολογική ποικιλομορφία και την παρουσία μη αυτοχθόνων ειδών. Με βάση την αξιολόγηση των υδάτων, τα κράτη θέτουν στόχους και δείκτες με στόχο την επίτευξη της ικανοποιητικής οικολογικής κατάστασης με μια προθεσμία υλοποίησης. Τα κράτη εκπονούν ένα πρόγραμμα συγκεκριμένων μέτρων για την υλοποίηση των στόχων. Κατά την εκπόνηση των μέτρων πρέπει να συνεκτιμώνται οι οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις αυτών.

Τα κράτη οφείλουν επίσης να εκπονούν συντονισμένα προγράμματα παρακολούθησης, για την τακτική αξιολόγηση της κατάστασης των υδάτων που βρίσκονται στη δικαιοδοσία τους και της υλοποίησης των στόχων που τα ίδια έχουν θέσει. Τα στοιχεία των στρατηγικών επανεξετάζονται κάθε έξι χρόνια, ενώ συντάσσονται ενδιάμεσες εκθέσεις ανά τριετία (<https://eur-lex.europa.eu/>). Τα πιο σημαντικά από τα Project που πραγματοποιήθηκαν για να

βελτιώσουν, να εξετάσουν αποτελεσματικά και να φέρουν ελπιδοφόρα μηνύματα για το πολυσυζητημένο πρόβλημα της διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος αναλύονται παρακάτω.

1.3.10. Globallast Project

Κατά το έτος 2000, ο IMO ένωσε τις δυνάμεις του με το Παγκόσμιο Ταμείο Περιβάλλοντος (GEF), το Πρόγραμμα Ανάπτυξης του ΟΗΕ (UNDP), τις κυβερνήσεις των κρατών μελών του και του ναυτιλιακού κλάδου να συνδράμει τις λιγότερο βιομηχανοποιημένες χώρες να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα του υδάτινου έρματος, εκπροσωπώντας τις έξι κύριες αναπτυσσόμενες περιοχές του κόσμου, όπως φαίνεται στον χάρτη που ακολουθεί (<http://globallast.imo.org/>).



Demonstration Site	Pilot Country	Region
Dallan	China	Asia/Pacific
Khark Is	I.R. Iran	ROPME Sea Area & Red Sea
Mumbai	India	South Asia
Odessa	Ukraine	Eastern Europe
Saldanha	South Africa	Africa
Sepetiba	Brazil	South America

Εικόνα 6: Globallast Project, Πηγή: ([http:// globallast.imo.org/](http://globallast.imo.org/))

Το πρόγραμμα παρέχει ένα μηχανισμό για τη συνεχή παροχή τεχνικής βοήθειας στις λιγότερο βιομηχανοποιημένες χώρες έτσι ώστε να είναι σε θέση να εφαρμόσουν τη σύμβαση BWMC

του IMO όταν αυτή τεθεί σε ισχύ. Για την επίτευξη των γενικών στόχων της ανάπτυξης, το πρόγραμμα είχε μια σειρά άμεσων στόχων, οι οποίοι συνδέονταν με συγκεκριμένα αποτελέσματα και δραστηριότητες όπως παρουσιάζονται πιο κάτω (<http://globallast.imo.org/>):

- Συντονισμός και διαχείριση του προγράμματος
- Επικοινωνία, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση.
- Αξιολόγηση του κινδύνου.
- Μέτρα διαχείρισης υδάτινου έρματος.
- Συμμόρφωση, επιβολή και παρακολούθηση.
- Περιφερειακή συνεργασία και αναπαραγωγή.
- Πόροι και χρηματοδότηση.

Ένα εξαιρετικά σημαντικό θέμα ήταν να εξασφαλιστεί ο συντονισμός μεταξύ των υποβοηθούμενων περιοχών και η συνέπεια με το διεθνές σύστημα. Καθώς η ναυτιλία είναι μια διεθνής βιομηχανία, ο μόνος αποτελεσματικός τρόπος για την αντιμετώπιση ναυτλιακών θεμάτων είναι μέσα από ένα τυποποιημένο διεθνές σύστημα. Αυτό ήταν ένα από τα χαρακτηριστικά της επιτυχίας του IMO στα 50 χρόνια της ιστορίας του. Η αποφυγή της μονομερούς απαντήσεων από μεμονωμένα κράτη ήταν κρίσιμη για την επιτυχία του προγράμματος. Το project πραγματοποιήθηκε από το 2000 έως το 2004 (<http://globallast.imo.org/>).

2.4.2. Martob Project

Το MARTOB είναι ένα τριετές πρόγραμμα που πραγματοποιήθηκε από τον Απρίλιο του 2001 έως τον Ιούνιο του 2004, που ασχολήθηκε με συστήματα διαχείρισης υδάτινου έρματος στα πλοία και εφαρμογές καυσίμων πλοίων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή με αρχικό ποσό ανερχόμενο στα 3.5 εκατομμύρια ευρώ, μέσω του προγράμματος Competitive and Sustainable Growth. Στο πρόγραμμα έλαβαν μέρος 24 συνεργάτες, εκ των οποίων και ένας Ελληνικός παράγοντας, η Environmental Protection Engineering S.A. (<http://martob.ncl.ac.uk/>).

Οι στόχοι που είχαν τεθεί σχετικά με τη διαχείριση υδάτινου έρματος στα πλοία παρουσιάζονται πιο κάτω (<http://martob.ncl.ac.uk/>):

- Η διερεύνηση μεθόδων και τεχνολογιών για την πρόληψη της εισαγωγής αλλοχθόνων ειδών μέσω του υδάτινου έρματος των πλοίων.
- Η ανάπτυξη εργαλείων σχεδίασης και εξοπλισμών διαχείρισης ώστε να χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας επεξεργασίας και διαχείρισης υδάτινου έρματος στα πλοία.
- Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας, της ασφάλειας, όπως και τις περιβαλλοντικές και οικονομικές πτυχές των υπαρχόντων και αναπτυσσόμενων μεθόδων.
- Η ανάπτυξη οικονομικά αποδοτικών (κόστος κτίσης και λειτουργίας), ασφαλών και φιλικών προς το περιβάλλον μεθόδων επεξεργασίας και διαχείρισης υδάτινου έρματος στα πλοία, τα οποία να έχουν την ελάχιστη δυνατή επίπτωση στη λειτουργία του πλοίου.
- Η εκπόνηση κατευθυντήριων γραμμών για την εκπαίδευση του πληρώματος και κριτηρίων για τη σωστή επιλογή του κατάλληλου συστήματος διαχείρισης νερού έρματος.

Για την επίτευξη των στόχων αυτών, πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες δραστηριότητες (<http://martob.ncl.ac.uk/>):

- Συλλογή και αξιολόγηση δεδομένων και πληροφοριών σχετιζόμενα με τις μεθόδους διαχείρισης υδάτινου έρματος και υπαρχόντων νόμων σχετικά με αυτά, καθώς και αναθεώρηση και ενημέρωση του καταλόγου αλλοχθόνων ειδών που εισήχθησαν στα ευρωπαϊκές θάλασσες.
- Ανάπτυξη επιλεγμένων μεθόδων για συστήματα διαχείρισης υδάτινου έρματος στα πλοία μέσω δοκιμών σε κλίμακα σε εργαστήρια, και ανάλυση σε βάθος.
- Δοκιμές σε πλήρης και μεγάλης κλίμακας επιλεγμένων μεθόδων διαχείρισης υδάτινου έρματος.

Μέσω των δοκιμών για διάφορα συστήματα διαχείρισης υδάτινου έρματος στα πλοία το πρόγραμμα MARTOB διαπίστωσε ότι είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν νέες μέθοδοι αξιολόγησης της βιωσιμότητας των υδρόβιων οργανισμών και συγκεκριμένα του φυτοπλαγκτόν. Όπως τόνισε, αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν πρότυπες μέθοδοι για τον καθωσπρέπει έλεγχο, καθώς επίσης οι υπάρχουσες μέθοδοι χρειάζονται πολύ περισσότερη έρευνα και ανάπτυξη προτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν αξιόπιστα σε ελέγχους μεγάλης κλίμακας (<http://martob.ncl.ac.uk/>).

Το MARTOB προτείνει ότι κατά τον εσωτερικό σχεδιασμό των δεξαμενών έρματος στα νέα πλοία που σχεδιάζονται, αν και είναι δύσκολο να εφαρμοστεί, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η

ελαχιστοποίηση των πιθανών σημείων όπου μικροοργανισμοί μπορούν να προσκολληθούν και να βρουν καταφύγιο, καθώς επίσης και η ευκολία ροής κατά τον αφερματισμό (<http://martob.ncl.ac.uk/>).

1.3.11 North Sea Ballast Water Opportunity Project

Το North Sea Ballast Water Opportunity Project είναι ένα πρόγραμμα που παρέχει συνοχή μεταξύ τοπικών περιοχών, ενθαρρύνει καινοτομίες και αναπτύσσει μελλοντικές στρατηγικές στο θέμα της πολιτικής υδάτινου έρματος και συστημάτων διαχείρισης υδάτινου έρματος. Το πρόγραμμα απευθύνεται στην συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων στην περιοχή της Βόρειας Θάλασσας, προωθώντας παράλληλα την ανοιχτή ανταλλαγή γνώσεων, ιδεών και τεχνογνωσίας (www.northseaballast.eu).

Το έργο συγχρηματοδοτείται από το πρόγραμμα INTERREG IVB North Sea Region του Ευρωπαϊκού Ταμείου Περιφερειακής Ανάπτυξης (ERDF) και συντονίζεται από το Βασιλικό Ολλανδικό Ινστιτούτο για τη Θαλάσσια Έρευνα (NIOZ). Η ερευνητική ομάδα αποτελείται από το NIOZ, την ομοσπονδιακή ναυτιλιακή και υδρογραφική υπηρεσία της Γερμανίας (BSH), το GoConsult, το Παγκόσμιο Ναυτιλιακό Πανεπιστήμιο (WMU) και το Cato Marine Ecosystems (CATO). Συνολικά το πρόγραμμα ενώνει 35 συνεργάτες και υπηρεσίες από το Βέλγιο, Δανία, Γερμανία, Νορβηγία, Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Το project θα διαρκέσει πέντε έτη με πρώτη συνάντηση στις 23-24 Μαρτίου 2009 στο Αμβούργο (www.northseaballast.eu).

Το Μάιο του 2009 ξεκίνησε τη λειτουργία του ο ανακαινισμένος ερευνητικός σταθμός του NIOZ ο οποίος είναι προσιτός στο κοινό, και όπου γίνονται παρουσιάσεις και έλεγχοι λειτουργίας διάφορων συστημάτων διαχείρισης υδάτινου έρματος, όπως το σύστημα της ERMA-FIRST (Ελληνική εταιρία) που είναι συνδυασμός μηχανικού διαχωρισμού φιλτραρίσματος με χημική επεξεργασία χλωρίου και αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο. Μια πλήρης μελέτη ολοκληρώθηκε σχετικά για ένα σύστημα βασιζόμενο στην ηλεκτρόλυση από Ελληνική εταιρία, που όμως αντίθετα με άλλα παρόμοια συστήματα, είναι σχεδιασμένο για μικρότερα σκάφη και λειτουργία σε ροή μικρότερη των 200 m³/h (www.northseaballast.eu).

Μέσω του προγράμματος γίνεται συνεχής καταγραφή των νέων εισαχθέντων αλλοθόνων οργανισμών και υπολογισμός αυξομείωσης των πληθυσμών των ήδη καταγεγραμμένων ειδών.

Παράλληλα αναπτύσσουν νέες μεθόδους και συστήματα για τον εντοπισμό μικροοργανισμών, ιδιαίτερα οργανισμού πολύ μικρού μεγέθους, όπως ενδείκνυται από τον κανονισμό D-2 του IMO. Στην συνάντηση στο Europort 2011 που έγινε στις 8 και 9 Νοεμβρίου 2011 στο Ρότερνταμ της Ολλανδίας, το NIOZ συμμετείχε στις 8 και 9, με τίτλο Ballast Water Management – Treat or Threat (Διαχείριση υδάτινου Έρματος – Θεραπεία ή Απειλή). Το συνέδριο θα απευθυνόταν κυρίως στους αξιωματικούς και μηχανικούς των πλοίων, αλλά έκανε μια σημαντική αναφορά στους κατασκευαστές συστημάτων διαχείρισης υδάτινου έρματος, εντοπισμού παθογόνων μικροοργανισμών και σε ναυπηγούς. Στις 8 Νοεμβρίου συζητήθηκαν οι πολιτικές σχετικά τη διαχείριση υδάτινου έρματος, οι υλοποιήσεις και ο κόσμος της ναυτιλίας, με επίκεντρο τους κανονισμούς της σύμβασης G8-G9 BWM όσο αφορά την εφαρμογή και τη συμμόρφωση τους από τη ναυτιλία (www.northseaballast.eu).

Στις 9 Νοεμβρίου συζητήθηκαν οι τρόποι με τους οποίους είναι δυνατόν να εφαρμοστούν οι κανονισμούς της σύμβασης BWM, με επίκεντρο στα συστήματα διαχείρισης υδάτινου έρματος όσο αφορά τις δυνατότητες και τα μειονεκτήματα εφαρμογής και λειτουργίας τέτοιων συστημάτων στα πλοία. Είναι άξιο να σημειωθεί ότι παρουσιάστηκε από την ελληνική εταιρία ERMA FIRST το 1ο ελληνικό σύστημα διαχείρισης υδάτινου έρματος (www.northseaballast.eu).

Κεφάλαιο 2^ο Κανονισμοί Αερίων Ρύπων στη Ναυτιλία

2.1. International Maritime Organization (IMO)

Ο Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας (IMO) είναι ένας οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών ο οποίος επιβλέπει την σωστή και ασφαλή επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των χωρών-μελών του στον τομέα της ναυσιπλοΐας. Ιδρύθηκε επισήμως στη διεθνή διάσκεψη της Γενεύης το 1948 και δραστηριοποιήθηκε το 1958, όταν άρχισε να ισχύει η σύμβαση του. Η αρχικά ονομασία του ήταν Διακυβερνητικός Ναυτιλιακός Συμβουλευτικός Οργανισμός (Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, IMCO) αλλά η ονομασία του άλλαξε το 1982.

Οι κανονισμοί του IMO ως προς την μόλυνση της θάλασσας περιέχονται στη διεθνή σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία (International Convention on the Prevention of Pollution from Ships), γνωστή ως MARPOL 73/78 η οποία είναι σύντμηση των λέξεων marine pollution. Στις 27 Σεπτεμβρίου του 1997 η σύμβαση της MARPOL τροποποιήθηκε από το «Πρωτόκολλο του 1997» το οποίο περιλαμβάνει το παράρτημα VI με τίτλο: «Κανονισμοί για την Πρόληψη της Ρύπανσης του Αέρα από τα Πλοία». Το παράρτημα αυτό θέτει όρια στις εκπομπές οξειδίων του Αζώτου (NOx) και του Θείου (S_{ox}) από τα καυσαέρια των πλοίων και απαγορεύει σκόπιμη εκπομπή ουσιών που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος.

Τα πρότυπα εκπομπών του IMO, συνήθως αναφέρονται ως πρότυπα Tier I-III. Τα πρότυπα του Tier I, ορίστηκαν στην έκδοση του 1997 του παραρτήματος VI, καθώς αυτά των Tier II/III, εισήχθηκαν στις τροποποιήσεις του παραρτήματος VI που έγιναν το 2008, ως εξής:

- Πρωτόκολλο του 1997 (Tier I) – Το πρωτόκολλο του 1997 της MARPOL, το οποίο περιλαμβάνει το παράρτημα VI, τίθεται σε ισχύ 12 μήνες μετά την αποδοχή του από 15 κράτη με όχι λιγότερο από το 50% της χωρητικότητας της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλίας. Στις 18 Μαΐου του 2004, η Σαμόα καταθέτει την επικύρωσή της ως το 15ο κράτος (ακολουθώντας τα κράτη: Βανουάτου, Γερμανία, Δανία, Δημοκρατία της Λιβερίας, Ελλάδα, Ισπανία, Μπαγκλαντές, Μπαρμπάντος, Μπαχάμες, Νησιά Μάρσαλ, Νορβηγία, Παναμά, Σιγκαπούρη και Σουηδία). Την ημερομηνία εκείνη, το παράρτημα VI επικυρώθηκε από κράτη με το 54,57% της χωρητικότητας της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλίας. Κατά συνέπεια, το παράρτημα VI τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου του 2005. Ισχύει αναδρομικά σε καινούργιου κινητήρες μεγαλύτερους από 130 kW σε σκάφη που κατασκευάστηκαν μετά την 1η Ιανουαρίου του 2000, ή που υποβάλλονται σε σημαντική μετασκευή από το Μάιο του 2005 και μετά. Ο κανονισμός αυτός ισχύει και για σταθερές ή πλωτές εξέδρες και για εξέδρες εξόρυξης (εκτός από τις εκπομπές που είναι συνδεδεμένες άμεσα με την εξερεύνηση και / ή το χειρισμό μετάλλων του θαλάσσιου βυθού. Εν αναμονή της επικύρωσης του παραρτήματος VI, οι περισσότεροι κατασκευαστές ναυτικών κινητήρων, κατασκεύαζαν κινητήρες συμβατικούς με τους κανονισμούς αυτούς, από το 2000.

- Τροποποιήσεις του 2008 (Tier II/III) – Οι τροποποιήσεις του παραρτήματος VI που υιοθετήθηκαν το 2008 εισήγαγαν νέες απαιτήσεις για την ποιότητα των καυσίμων, με αφετηρία τον Ιούλιο του 2010, για τις εκπομπές οξειδίων του Αζώτου για τις καινούργιες μηχανές και τις απαιτήσεις του Tier I για τις μηχανές που είχαν κατασκευαστεί πριν το 2000.

Το αναθεωρημένο παράρτημα VI τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2010. Μέχρι τον Οκτώβριο του 2007, το παράρτημα VI είχε επικυρωθεί από 53 κράτη (συμπεριλαμβανομένων και των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής), αντιπροσωπεύοντας το 81,88% της παγκόσμιας χωρητικότητας.

2.2 Marine Environmental Protection Committee, MEPC, 58η Σύνοδος

Η επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (Marine Environmental Protection Committee, MEPC) στην 58η σύνοδό της που έλαβε χώρα μεταξύ 6-10 Οκτωβρίου 2008 ενέκρινε ομόφωνα τροποποιήσεις στο παράρτημα VI της MARPOL κανονισμούς για τη μείωση των επιβλαβών εκπομπών από τα πλοία.

Οι κύριες αλλαγές στο παράρτημα VI της MARPOL θα οδηγήσουν σε μια σταδιακή μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου (S_{ox}) από τα πλοία, με το παγκόσμιο ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο να μειώνεται αρχικά στο 3,50% (από το σημερινό 4,50%), που ισχύει από 1ης Ιανουαρίου 2012 και στη συνέχεια σταδιακά στο 0,50% που θα ισχύει από 1 Ιανουαρίου 2020 με εναλλακτική ημερομηνία το 2025. Τα όρια αυτά υπόκεινται σε επανεξέταση σκοπιμότητας που θα ολοκληρωθεί το αργότερο το 2018.

Τα όρια που ισχύουν σε περιοχές ελέγχου εκπομπών θείου (Emission Control Areas, ECAs) αλλά και εντός των λιμένων της ευρωπαϊκής ένωσης μειώθηκαν στο 1,0%, αρχής γενομένης από την 1η Ιουλίου 2010 (προηγούμενο όριο το 1,5%). Ενώ, πρόκειται να μειωθεί περαιτέρω στο 0,1% από 1ης Ιανουαρίου 2015. Επιπλέον, συμφωνήθηκε προοδευτική μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) από τους κινητήρες πλοίων. Με πιο αυστηρούς ελέγχους στα λεγόμενα «Tier III» που αφορούν στους κινητήρες, δηλαδή εκείνους σε πλοία τα οποία κατασκευάστηκαν την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2016 και που λειτουργούν σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών.

2.3 Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα όρια του θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα

Με αυτή την οδηγία η ευρωπαϊκή επιτροπή έχει θέσει σε ισχύ την νομοθεσία ΕΕ 2005/33 σε συνδυασμό με την 1999/32. Η ευρωπαϊκή νομοθεσία εφαρμόζεται σε πλοία που συναλλάσσονται μεταξύ των ευρωπαϊκών λιμένων και των πλοίων που φέρουν τη σημαία ενός ευρωπαϊκού κράτους μέλους. Και οι δύο κανονισμοί ορίζουν τα πρότυπα για τους ιδιοκτήτες

τους προμηθευτές καυσίμων και των πληρωμάτων των πλοίων. Η ευρωπαϊκή νομοθεσία μπορεί να επηρεάσει την ναυτιλία σε σημαντικό βαθμό κυρίως λόγω του παγκοσμίου χαρακτήρα της, καθώς τους παραπάνω κανονισμούς πρέπει να ακολουθούν και όλα τα πλοία τα οποία προσεγγίζουν ευρωπαϊκά λιμάνια ανεξαρτήτως σημαίας. Η ευρωπαϊκή επιτροπή έχει θεσπίσει νέες απαιτήσεις για την ποιότητα του καυσίμου που χρησιμοποιείται στα πλοία. Οι οδηγίες ορίζουν πανομοιότυπα όρια με αυτά των ECA's όπως έχει ήδη εφαρμοστεί με το παράρτημα της με μόνη διαφορά την ημερομηνία εφαρμογής.

Από 1ης Ιανουαρίου 2010 επιπλέον οδηγία της ΕΕ ορίζει νέα όρια στα ναυτιλιακά καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τα πλοία που πρόκειται να ελλιμενιστούν σε ευρωπαϊκά λιμάνια. Αυτή ορίζει καύσιμο περιεκτικότητας σε θείο όχι μεγαλύτερο του 0,1%. Αυτό επηρεάζει όλα τα πλοία ανεξαρτήτως σημαίας με τις παρακάτω εξαιρέσεις:

- 1) Πλοία που παραμένουν στο λιμάνι για λιγότερο από 2 ώρες σύμφωνα με το πρόγραμμα που δημοσιεύεται.
- 2) Πλοία που δεν χρησιμοποιούν τις κύριες μηχανές καθ' όσο βρίσκονται στο λιμάνι και τροφοδοτούνται από την ξηρά (cold ironing).

2.4 Emission Control Areas, (ECA's)

Ως περιοχή ελέγχου εκπομπών ορίζεται μια θαλάσσια περιοχή που μπορεί να περιλαμβάνει και λιμάνι και θέτει περιορισμούς στις εκπομπές αερίων ρύπων (οξειδία του θείου (SOx) και οξειδία του αζώτου (NOx) (Cullinane & Bergqvist, 2014). Η περιοχή ελέγχου εκπομπών θείου και των οξειδίων του είναι γνωστή ως SECA (Sulphur Emission Control Area) (Fagerholt et al., 2015). Οι υφιστάμενες περιοχές ελέγχου των εκπομπών περιλαμβάνουν (Acciario, 2014):

- Τη Βαλτική Θάλασσα (SOx, όπου εγκρίθηκαν το: 1997 / με έναρξη ισχύος το: 2005)
- Τη Βόρεια Θάλασσα (SOx, 2005/2006)
- Τη Βόρεια Αμερική (ECA), συμπεριλαμβανομένων των περισσότερων από τις περιοχές των ΗΠΑ και την ακτή του Καναδά (NOx και SOx, 2010/2012)
- Την περιοχή της Καραϊβικής των ΗΠΑ (ECA), συμπεριλαμβανομένου του Πουέρτο Ρίκο και των Παρθένων Νήσων (NOx και SOx, 2011/2014)
- Το λιμάνι του Long Beach, όπου έχει δεδηλωμένο στόχο να παρέχει ηλεκτρική υποδομή για επίγεια πηγή ισχύος



Εικόνα 7: Υπάρχουσες και μελλοντικές ECA, Πηγή: Acciaro, 2014

2.5 Οξείδια του Θείου, Sox

Ο IMO μέσω του παραρτήματος VI της MARPOL όρισε για πρώτη φορά τις περιοχές ECA. Αυτό σημαίνει ότι το επίπεδο εκπομπών οξειδίων του θείου από τα πλοία θα ελέγχεται ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης των εκπομπών. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητο τα πλοία είτε να χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (άμεση σχέση περιεκτικότητας θείου με τα οξείδια που παράγονται με την καύση), είτε να εξοπλίσουν τα πλοία τους με ειδικές κατασκευές κινητήρων (Scrubbers) οι οποίες θα λειτουργούν σαν φίλτρα-καταλύτες ώστε η ποσότητα οξειδίων του θείου που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα να ικανοποιεί τους κανονισμούς.

2.6 Οξείδια του Αζώτου, NOx

Τα όρια εκπομπών οξειδίων του Αζώτου για τους κινητήρες Diesel προκύπτουν ανάλογα με την ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα (σε στροφές ανά λεπτό, rpm). Τα όρια καθορίζονται από τα αντίστοιχα Tier. Τα Tier I και Tier II αναφέρονται στο παγκόσμιο όριο ενώ τα πρότυπα που ορίζει το Tier ισχύουν μόνο για περιοχές ελέγχου εκπομπών.

Τα πρότυπα Tier II αναμένεται να καλυφθούν από τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας καύσης. Οι παράμετροι που εξετάζονται από τους κατασκευαστές κινητήρων περιλαμβάνουν τον χρονισμό έγχυσης καυσίμου, την πίεση, και το ποσοστό των καυσίμων στην περιοχή

ακροφυσίου, τον χρονισμό των βαλβίδων εξάτμισης, και τον όγκο κυλίνδρου συμπίεσης. Τα πρότυπα Tier III αναμένεται να απαιτούν αποκλειστικά τεχνολογίες ελέγχου των εκπομπών, όπως οι διάφορες μορφές επαγωγής νερού στη διαδικασία καύσης (στα καύσιμα, στον αέρα σαρώσεως ή μέσα στον κύλινδρο), ανακύκλωση καυσαερίων ή επιλεκτική καταλυτική μείωση.

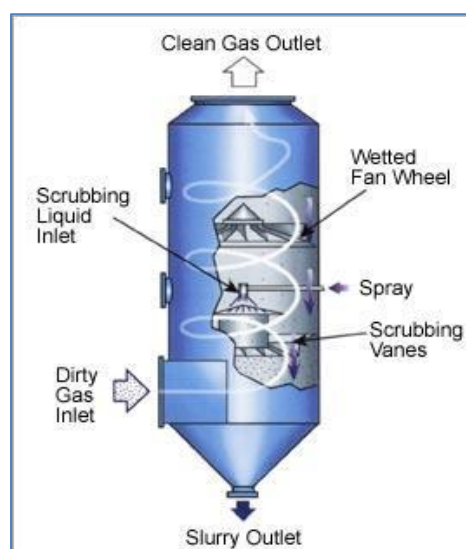
2.7. Συστήματα καθαρισμού εξαγωγής καυσαερίων (Scrubbers)

2.7.1. Ορισμός Scrubber

Ο καθαριστής (Scrubber), είναι ένα σύστημα ελέγχου και αποτροπής της μόλυνσης του αέρα το οποίο χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει μεγάλο μέρος των σωματιδίων ή και των αερίων που προκαλούν μόλυνση του περιβάλλοντος ή ανθρώπινες ασθένειες, από τα καυσαέρια των εργοστασίων και όχι μόνο (Klopott, 2015). Η απομάκρυνση αυτή γίνεται είτε με φυσικό, είτε με χημικό τρόπο. Παραδοσιακά, ο όρος scrubber αναφέρεται στις συσκευές που χρησιμοποιούν υγρό για να καθαρίσουν ανεπιθύμητα αέρια από τα καυσαέρια των μηχανών. Τα τελευταία χρόνια ο όρος χρησιμοποιείται επίσης και για την περιγραφή συστημάτων που εμβάλλουν στερεό ή μεγάλης πυκνότητας υγρό υλικό το οποίο αντιδρά με τα αέρια αυτά και δεν τους επιτρέπει να διοχετευτούν στην ατμόσφαιρα. Τα scrubbers είναι από τα κυρίαρχα συστήματα αποτροπής της απελευθέρωσης μολυσματικών αερίων, ειδικά όξινων, στο περιβάλλον. Ο κυριότερος λόγος είναι για την απομάκρυνση του διοξειδίου του θείου από τα καυσαέρια. Σε αυτήν την περίπτωση τα scrubbers συχνά καλούνται και συσκευές αποθείωσης καυσαερίων (Flue Gas Desulfurization- FGD) (Klopott, 2015).

2.7.2. Είδη Scrubbers (Turner et al., 2017)

- *Υγρός καθαριστής (Wet scrubber)*



Εικόνα 8: Υγρός καθαριστής, Πηγή: Turner et al., 2017

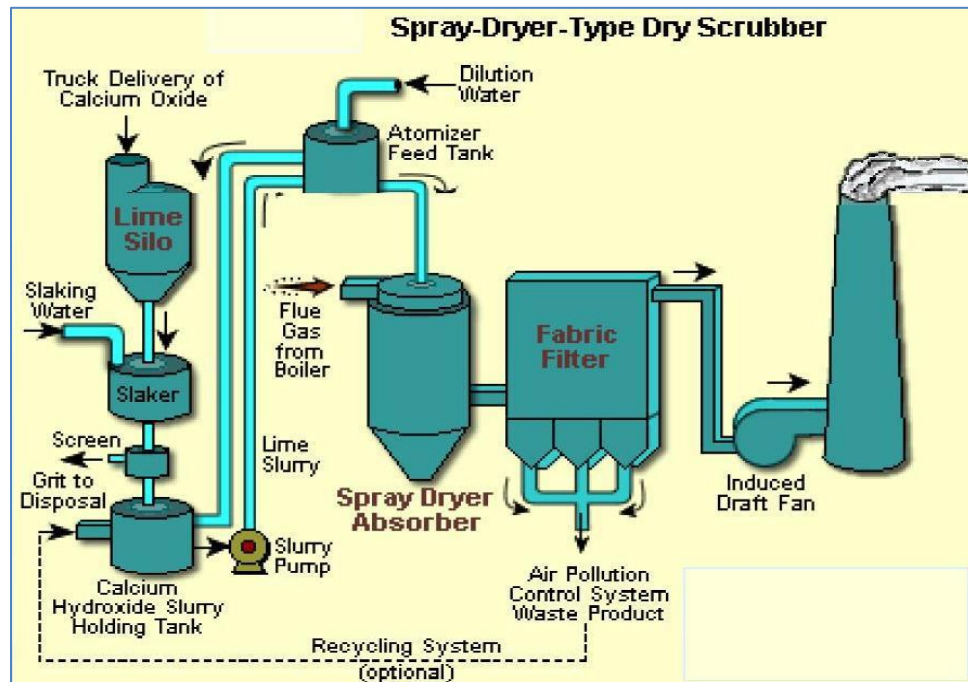
Σε αυτόν τον τύπο scrubber χρησιμοποιείται υγρό το οποίο ψεκάζεται στα καυσαέρια. Το υγρό αυτό έρχεται σε άμεση επαφή με τα καυσαέρια με αποτέλεσμα τα μολυσματικά αέρια και σωματίδια να διαλυθούν ή να διοχετευτούν μέσα σε αυτό. Η διαδικασία υγρής απορρόφησης περιλαμβάνει διοχέτευση φύλλων υγρού, φουσκαλών και σταγόνων. Με αυτό τον τρόπο παράγεται ένα λασποειδές απόβλητο. Τα περισσότερα συστήματα υγρής αποθείωσης χρησιμοποιούν σβησμένη άσβεστο (υδροξείδιο του ασβεστίου) ή αλκαλικά παχύρευστα υγρά που περιέχουν ασβεστόλιθο. Το υλικό που εισάγεται είτε χρειάζεται περισσότερη διεργασία, είτε όταν οξειδωθεί, παράγει υποπροϊόν γύψου το οποίο μπορεί να πωληθεί. Τα υγρά scrubbers μπορούν να συμβάλουν σε πολύ ικανοποιητική απομάκρυνση των όξινων αερίων, και διοξειδίου του θείου, καθώς και των λεπτών σωματιδίων και των βαρέων μετάλλων. Ορισμένα πλεονεκτήματα των υγρών scrubbers είναι ότι έχουν μικρές απαιτήσεις χώρου, χαμηλό αρχικό κόστος και μπορούν να επεξεργαστούν καυσαέρια υψηλής θερμοκρασίας, οξύτητας και πυκνότητας.

Το κόστος τους, μειώνεται καθώς προσφέρουν καινοτόμες ιδέες επάνω στο σύστημα των υγρών καθαριστών. Τέλος έχει παρατηρηθεί, πως από τον πιο παλιό μέχρι τον πιο καινούργιο υγρό καθαριστή ότι επιτυγχάνουν 95% μείωση της περιεκτικότητας σε θείο των καυσαερίων, με μερικούς καθαριστές να φτάνουν το 99%. Επίσης έχει παρατηρηθεί πως και για τους υγρούς και για τους ξηρούς ότι έχουν τη δυνατότητα μείωσης της εκπομπής υδροχλωρικού οξέος κατά 95%, χλωρίου κατά 87-94% και φθορίου κατά 43-97%, καθώς και οι υγροί πετυχαίνουν υψηλή μείωση του αρσενικού, βηρυλλίου, καδμίου, χρωμίου, μολύβδου, μαγνησίου και υδραργύρου.

- *Άνυδρος- Ξηρός Καθαριστής (Dry scrubber)*

Τα ξηρά συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων στηρίζονται στη χρήση ξηρών αντιδρώντων. Η διαδικασία χρησιμοποιεί υδροξείδιο του Ασβεστίου στη μορφή σφαιριδίων. Τα σφαιρίδια φορτώνονται στο πλοίο και αποθηκεύονται σαν φορτίο χύδην. Όταν το σύστημα βρίσκεται σε λειτουργία, τα σφαιρίδια τροφοδοτούνται μέσω μεταφορικού μίαντα σε ένα ξηρό αντιδραστήρα ή απορροφητή από όπου περνούν τα καυσαέρια. Τα οξείδια του θείου αντιδρούν χημικά με τα σφαιρίδια και παράγουν γύψο (CaSO_4) και νερό. Ο γύψος αφαιρείται από τον πάτο του απορροφητή από ένα μεταφορέα εκκενώσεως και αποθηκεύεται για μεταγενέστερη εκφόρτωση (Turner et al., 2017).

Το καυσαέριο οδηγείται από τον απορροφητή σε έναν αντιδραστήρα SCR όπου τα οξείδια του Αζώτου απομακρύνονται χημικά με την έγχυση αμμωνίας ή ουρίας. Ένας φυσητήρας μεγάλου όγκου στην έξοδο του αντιδραστήρα SCR διοχετεύει το καυσαέριο στο σύστημα, μειώνοντας την αντίθλιψη στην έξοδο καυσαερίου της μηχανής.



Εικόνα 9: Άνυδρος ξηρός καθαριστής, Πηγή: Turner et al., 2017

Πλεονεκτήματα των ξηρών συστημάτων (Turner et al., 2017):

- Τα συστήματα αυτά δεν παράγουν υγρά απόβλητα για αποβολή στη θάλασσα.
- Τα ξηρά συστήματα μειώνουν αποτελεσματικά την εκπομπή οξειδίων του Αζώτου

Μειονεκτήματα των ξηρών συστημάτων (Turner et al., 2017):

- Το πλοίο πρέπει να διαθέτει δεξαμενές για τα χύδην ξηρά αντιδρώντα, αλλά και για τις προμήθειες υλικών
- Αυξημένο λειτουργικό κόστος λόγω της χρήσης της ουρίας για την μείωση των οξειδίων του Αζώτου, υδροξειδίου του Ασβεστίου, και των οξειδίων του θείου

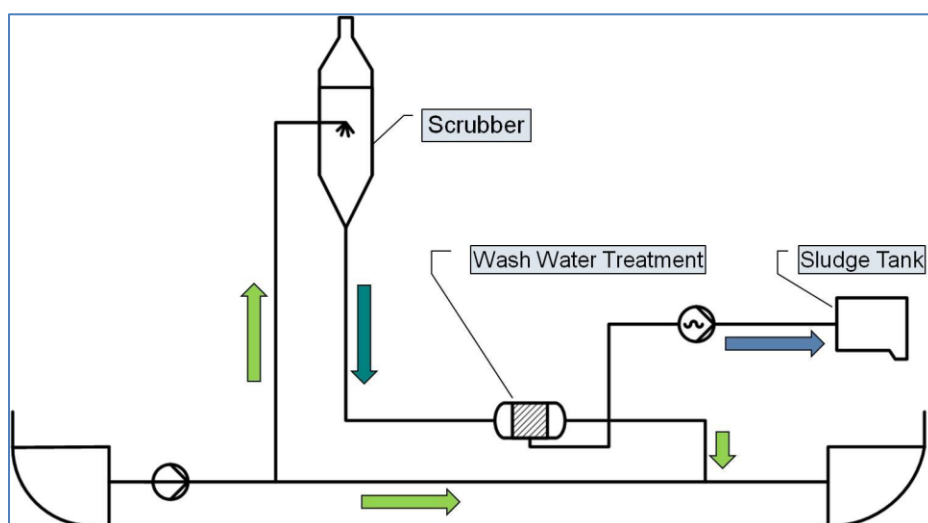
2.7.3. Scrubbers στη Ναυτιλία

Σύστημα Ανοικτού Κύκλου (Open Loop System)

Ένα σύστημα ανοικτού κύκλου στηρίζεται εξ' ολοκλήρου στη χρήση του περιβάλλοντος θαλασσινού νερού για τον καθαρισμό των καυσαερίων. Ο όρος «ανοικτός

κύκλος» χρησιμοποιείται καθώς το νερό που απορροφάται από τη θάλασσα, εκκενώνεται στο σύνολό του μετά το πέρασμά του από το σύστημα. Η διαδικασία στηρίζεται στη φυσική αλκαλικότητα του θαλασσινού νερού, η οποία διευκολύνει τον καθαρισμό των διοξειδίων του θείου (Turner et al., 2017).

Σε αυτή τη διαδικασία, απορροφάται νερό κάτω από την ίσαλο πλεύσης και αντλείται σε ένα scrubber τοποθετημένο στην εισαγωγή της καπνοδόχου του πλοίου. Το scrubber είναι μια παθητική μηχανή η οποία φέρνει το νερό σε άμεση επαφή με το καυσαέριο. Εσωτερικά διαφράγματα διαχωρίζουν το scrubber σε διάφορα στάδια, κάθε ένα από αυτά, προκαλεί διαφορετικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ του νερού και του καυσαερίου. Θαλασσινό νερό εισάγεται κοντά στην κορυφή μέσω ειδικών ακροφυσίων και ρέει προς τον πυθμένα περνώντας διάφορα στάδια. Κατά την έξοδό του από το scrubber, το νερό πρέπει να επεξεργαστεί πριν εκκενωθεί στη θάλασσα. Το νερό είτε αντλείται, είτε στραγγίζεται μέσω βαρύτητας σε ένα κυκλωνικό διαχωριστή, ακόμα μια παθητική συσκευή η οποία στηρίζεται σε διαφράγματα που επιφέρουν την περιστροφή του νερού. Η περιστροφή αυτή, έχει ως αποτέλεσμα, τον κυκλωνικό διαχωρισμό του νερού από βαριά σωματίδια σε αυτό. Τα σωματίδια αυτά, κυρίως σε μορφή λάσπης από το περιβάλλον νερό, στραγγίζονται και το νερό είναι σε κατάλληλη κατάσταση να συνεχίσει την πορεία του. Ένα δευτερεύον ρεύμα θαλασσινού νερού, το οποίο έχει παρακάμψει ολόκληρη τη διαδικασία καθαρισμού, αναμιγνύεται σε ίση ποσότητα με το νερό που εξέρχεται του κυκλωνικού διαχωριστή. Η ανάμιξη αραιώνει αποτελεσματικά το νερό, επαναφέροντας το pH σε αποδεκτά επίπεδα ώστε να μπορεί να επιστρέψει στη θάλασσα στις περισσότερες περιοχές του κόσμου (Turner et al., 2017).



Εικόνα 10: «Σύστημα Ανοικτού Κύκλου», Πηγή: Turner et al., 2017

Πλεονεκτήματα του συστήματος ανοικτού κύκλου (Turner et al., 2017):

- Η διαδικασία δεν απαιτεί επιβλαβή χημικά
- Το σύστημα αποτελείται από λιγότερα μέρη σε σχέση με τα άλλα συστήματα

Μειονεκτήματα του συστήματος ανοικτού κύκλου (Turner et al., 2017):

- Η λειτουργία σε γλυκό νερό, ή σε νερό υψηλής θερμοκρασίας μπορεί να αναστείλει τον καθαρισμό των οξειδίων του θείου
- Η εκκένωση του λύματος με όξινο pH ενδέχεται να περιορίζεται σε κάποιες περιοχές, με αποτέλεσμα να απαιτείται αλλαγή με καύσιμο μικρής περιεκτικότητας σε θείο, ή ένα εναλλακτικό σύστημα καθαρισμού

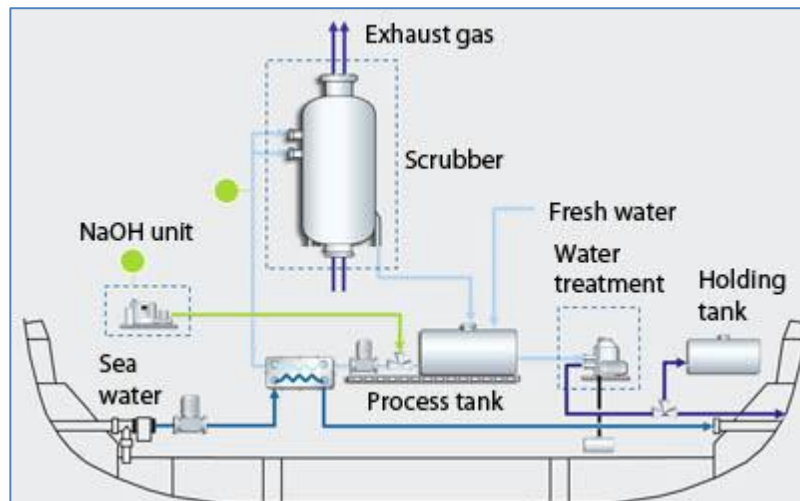
Σύστημα Κλειστού Κύκλου (Closed Loop System)

Το σύστημα κλειστού κύκλου χρησιμοποιεί γλυκό νερό το οποίο επεξεργάζεται χημικά ώστε να είναι κατάλληλο για τον καθαρισμό των καυσαερίων. Ο όρος «κλειστός κύκλος» χρησιμοποιείται καθώς το μεγαλύτερο μέρος του παράγοντα καθαρισμού επανακυκλοφορεί στο σύστημα με μηδαμινή πρόσληψη νερού και αποθήκευση των λυμάτων. Η χημική δοσολογία προστίθεται σε κατάλληλη ποσότητα ώστε να εξουδετερώνονται τα οξείδια του θείου των καυσαερίων (Lack & Corbett, 2012).

Γλυκό νερό με την προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου, αντλείται από μια δεξαμενή αποθήκευσης στο scrubber. Το σύστημα λειτουργεί με την ίδια φιλοσοφία με το σύστημα ανοικτού κύκλου, θέτοντας το καυσαέριο σε άμεση επαφή με το υγρό. Μετά τον καθαρισμό, το νερό επιστρέφει στη δεξαμενή. Ένας εναλλάκτης θερμότητας είτε θαλασσινού είτε γλυκού νερού, αντλεί θερμότητα από τον κλειστό κύκλο γλυκού νερού, με το θαλασσινό νερό να προμηθεύεται από μία ανεξάρτητη αντλία (Mohn, 2014).

Καθώς η διαδικασία επαναλαμβάνεται, η χημική αντίδραση μεταξύ του υδροξειδίου του Νατρίου και των διοξειδίων του θείου, εξαντλεί τα αποθέματα του NaOH στο διάλυμα. Μια ειδική μονάδα εισάγει το NaOH στο ρυθμό που απαιτείται ώστε να διατηρείται το pH συνεχώς στα κατάλληλα επίπεδα στη μονάδα του scrubber. Για να καθαριστούν τα επιθυμητά προϊόντα της αντίδρασης, μια μικρή ροή νερού στραγγίζεται συνεχώς από τη δεξαμενή επεξεργασίας. Παράλληλα, νερό από τις δεξαμενές γλυκού ή πόσιμου νερού του πλοίου, προστίθεται στη

δεξαμενή επεξεργασίας ώστε η συνολική ποσότητα του νερού να παραμένει σταθερή. Το νερό που στραγγίζεται, οδηγείται σε κατάλληλη μονάδα επεξεργασίας. Η μονάδα αυτή, είναι ένας μηχανοποιημένος φυγοκεντρικός διαχωριστής, παρόμοιος για τα συστήματα καυσίμων και λιπαντικών. Ο διαχωριστής εξάγει τα βαριά σωματίδια και καταθλίβει το νερό το οποίο οδηγείται στη θάλασσα σε πολύ μικρές ποσότητες (σε σχέση με τα συστήματα ανοικτού κύκλου) καθώς επίσης μπορεί να οδηγηθεί σε δεξαμενή αποθήκευσης ώστε να αποφευχθεί η αποβολή του σε λιμάνια (Lack & Corbett, 2012).



Εικόνα 11: «Σύστημα Κλειστού Κύκλου», Πηγή: Lack & Corbett, 2012

Πλεονεκτήματα συστημάτων κλειστού κύκλου (Lack & Corbett, 2012):

- Έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν σε όλες τις περιοχές, ανεξάρτητα από την αλκαλικότητα του θαλασσινού νερού ή τη θερμοκρασία του
- Τα απόβλητα μπορούν να αποθηκευτούν στο πλοίο για όση διάρκεια επιτρέπει η δεξαμενή αποθήκευσης τους

Μειονεκτήματα συστημάτων κλειστού κύκλου (Lack & Corbett, 2012):

- Αποτελείται από περισσότερα μέρη σε σχέση με το σύστημα ανοικτού κύκλου
- Η διαδικασία καθαρισμού απαιτεί συνεχή εφοδιασμό διαλύματος υδροξειδίου του Νατρίου, μίας επιβλαβούς ουσίας που απαιτεί έγκριση από τους κανονισμούς, για χρήση καυστικών χημικών

Υβριδικό Σύστημα-(Hybrid System)

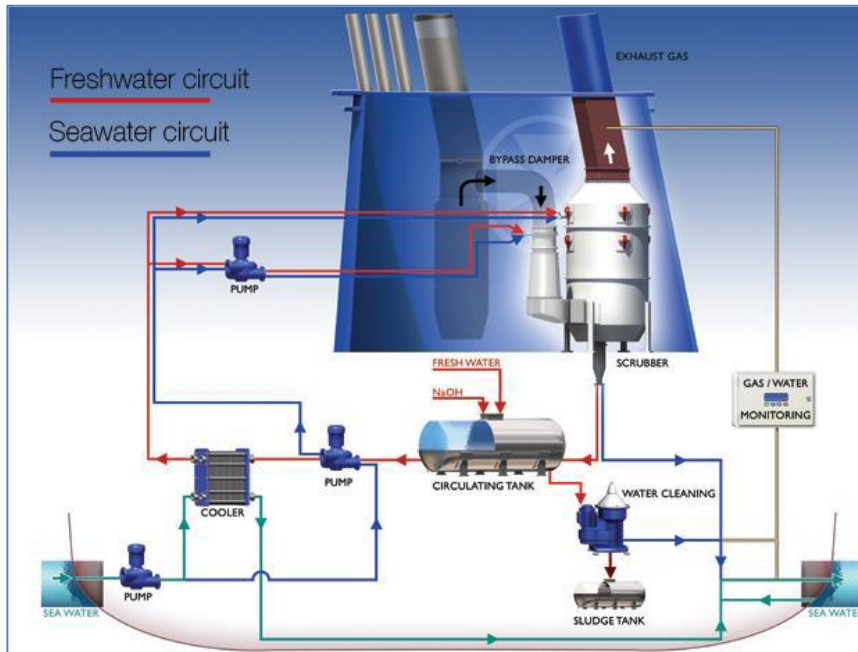
Το υβριδικό σύστημα αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα των συστημάτων ανοικτού και κλειστού κύκλου. Το σύστημα αυτό μοιάζει με τον κλειστό κύκλο αλλά έχει επιπρόσθετα μέρη

που μπορούν να καθιστούν την λειτουργία του και σαν του ανοικτού κύκλου Το σχέδιο είναι να λειτουργεί σαν ανοικτού κύκλου εν πλω, χωρίς την χρήση απαραίτητων χημικών και σαν κλειστού κύκλου στο λιμάνι, λόγω της αποβολής λυμάτων για να είναι αντάξιος με τους διεθνής κανονισμούς.

Τα υβριδικά συστήματα περιλαμβάνουν όλα τα μέρη των συστημάτων κλειστού κύκλου με βασική διαφορά την ύπαρξη δύο συσκευών επεξεργασίας του νερού. Καθώς τα συστήματα ανοικτού κύκλου απαιτούν 100% του νερού να υπόκειται σε φυγόκεντρο διαχωρισμό, είναι αναγκαία η ύπαρξη δεύτερης τέτοιας εγκατάστασης, η οποία θα είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί η μεγαλύτερη ροή νερού. Για να γίνει η αλλαγή από τη λειτουργία ως κλειστού κύκλου σε ανοικτού, απαιτείται η αλλαγή στη λειτουργία ορισμένων μερών (Mohn, 2014):

- Η αντλία που χρησιμοποιείται στο σύστημα κλειστού κύκλου ώστε να προμηθεύεται το νερό που χρησιμοποιεί ο εναλλάκτης θερμότητας για την ψύξη, μετατρέπεται στον προμηθευτή του νερού διάλυσης στο σύστημα ανοικτού κύκλου καθώς σε αυτό το σύστημα ο εναλλάκτης προσπερνάτε.
- Η αντλία που χρησιμοποιείται για να κυκλοφορεί το γλυκό νερό στα συστήματα κλειστού κύκλου, μετατρέπεται στην πηγή θαλασσινού νερού σε αυτό του ανοικτού κύκλου.

Η δυνατότητα εναλλαγής από σύστημα σε σύστημα, απαιτεί την αλλαγή από τον φυγοκεντρικό διαχωριστή μικρού όγκου, σε κυκλωνικό διαχωριστή μεγάλου όγκου. Κατά τα άλλα, η λειτουργία του συστήματος είναι ίδια με αυτή που περιγράφεται στα παραπάνω συστήματα. Τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που περιγράφονται παραπάνω ισχύουν και σε αυτό το σύστημα. Ένα ακόμα μειονέκτημα του υβριδικού συστήματος, όμως, είναι ότι απαιτεί τα περισσότερα μέρη απ' όλα τα συστήματα υγρού καθαρισμού.



Εικόνα 12: «Υβριδικό Σύστημα», Πηγή: Mohn, 2014

2.8. Πλεονεκτήματα από την χρήση μονάδων απόπλυσης καυσαερίων

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων στη Ναυτιλία και το εργατικό προσωπικό είναι (Lack & Corbett, 2012):

- Αποφεύγεται το ρίσκο καθυστέρησης του πλοίου σε κάποιο λιμάνι λόγω της έλλειψης του προδιαγραφόμενου καυσίμου από τους κανονισμούς.
- Αποφεύγεται η επιπλέον χρέωση από τους προμηθευτές καυσίμων για την παραλαβή καυσίμων διαφορετικών προδιαγραφών.
- Αποδοτική και ασφαλή λειτουργία όλων των μηχανημάτων καθώς δεν χρειάζεται να λειτουργήσουν με καύσιμα χαμηλότερης λιπαντικής ικανότητας.
- Δεν χρειάζεται η προμήθεια και αποθήκευση λιπαντικών με διαφορετικό Total base number (TBN).
- Δεν χρειάζεται να αλλάξει η διαδικασία παραλαβής των καυσίμων και η υποχρέωση για φύλαξη των στοιχείων στο πλοίο.
- Δεν χρειάζεται η εκπαίδευση του πληρώματος σε διαδικασίες αλλαγής καυσίμου που είναι εξαιρετικά επικίνδυνες.
- Δεν χρειάζονται ειδικοί όροι για την οικονομική εκμετάλλευση του πλοίου σε περιπτώσεις ναυλώσεων.
- Το κόστος λειτουργίας του πλοίου παραμένει το ίδιο και δεν επηρεάζεται από τις νέες απαιτήσεις που αναμένεται να γίνουν πιο αυστηρές στο μέλλον.
- Το πλοίο γίνεται πιο φιλικό προς το περιβάλλον μειώνοντας δραστικά τις εκπομπές του

Κεφάλαιο 3^ο Το Φυσικό Υγροποιημένο Αέριο – LNG ως Μέσο Καύσης Μηχανών Εσωτερικής Καύσης με Σκοπό τη Κίνηση Πλοίων

3.1. Η Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Πλοίων

Οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (MEK) θεωρούνται ουσιαστικά η μετεξέλιξη των συμβατικών μονάδων. Έτσι, γίνεται χρήση της δοκιμασμένης για περισσότερο από ένα αιώνα της τεχνολογίας του κύκλου συμπίεσης, αντικατάσταση του ηλεκτροκινητήρα με μηχανή εσωτερικής καύσεως με τροφοδότηση από φυσικό αέριο (Van der Molen et al., 2003). Στις MEK στις οποίες γίνεται χρήση φυσικού αερίου, ουσιαστικά επιτυγχάνεται αντικατάσταση του κινητήρα αντλίας με μονάδες εσωτερικής καύσης. Σε κάθε περίπτωση όμως, αυτό που θα πρέπει κάποιος να έχει στο μυαλό του, είναι πως μια MEK με χρήση αερίου λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο και όπου χρησιμοποιείται, όπως η εφαρμογή της σε ένα αυτοκίνητο (Wang & Basu, 2008).

Ο τρόπος λειτουργίας των MEK με χρήση φυσικού αερίου, αναφέρεται στην έλλειψη του οργάνου του εξαεριωτή και στην αντικατάστασή του από ένα σύστημα άμεσης τροφοδότησης καύσιμου αερίου σε κυλίνδρους του κινητήρα. Λόγω της οικονομικής του κατανάλωσης χαρακτηρίζεται ως χαμηλόστροφος, με στοιχεία υψηλής ροπής και χαμηλής ισχύος. Σημαντική λεπτομέρεια επίσης είναι πως τα καυσαέρια που παράγονται σχετικά, δύναται να παράγουν επιπλέον θερμότητα. Τα πλεονεκτήματα επίσης που αναφέρονται στην χρήση του φυσικού υγροποιημένου αερίου στις MEK, σχετίζονται με την πηγή ενέργειας όπου θεωρείται και το σημαντικότερο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας (Wang & Basu, 2008). Το φυσικό αέριο θεωρείται πως διαθέτει υψηλή φιλικότητα προς το περιβάλλον και προσφέρει μεγάλη οικονομία στους χρήστες του. Στοιχείο όμως επίσης σημαντικό είναι και το γεγονός ότι οι MEK με χρήση φυσικού υγροποιημένου αερίου χρειάζονται πολύ μικρή συντήρηση, συνήθως μια φορά κάθε πέντε με οκτώ (5-8) χρόνια (Wang & Basu, 2008). Φυσικά, το κόστος της κάθε συντήρησης στις MEK εντοπίζεται σε χαμηλά επίπεδα και όχι όπως στις συμβατικές μονάδες όπου κάθε δυο χρόνια χρειάζονται συντηρήσεις με υψηλό κόστος. Βέβαια στα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας, συγκαταλέγεται το κόστος επένδυσης των MEK με χρήση φυσικού υγροποιημένου αερίου. Το κόστος μιας MEK είναι διπλάσιο, σε

σχέση με τις συμβατικές μονάδες, αλλά η εξοικονόμηση στη χρήση καυσαερίου στις μηχανές αυτές είναι πολύ μεγάλη και φυσικά το κέρδος που απορρέει από αυτή. Έτσι η υιοθέτηση της τεχνολογίας των MEK με χρήση φυσικού αερίου μπορεί και αποδίδει μεγαλύτερο κέρδος σε συνάρτηση με την ένταση της χρήσης που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκαίων σκοπών λειτουργίας της κάθε μηχανής.

3.2. Πλεονεκτήματα που Αναφέρονται από την Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου και Τρόποι με τους Οποίους Επηρεάζει την Λειτουργία των Μηχανών Πλοίων

Όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες ενότητες της παρούσης πτυχιακής εργασίας, το φυσικό αέριο ή υγραέριο αναφέρεται στην ύπαρξη ενός μείγματος από προπάνιο και βουτάνιο και το οποίο διαφορετικά μπορεί να οριοθετηθεί ως υγροποιημένο αέριο πετρελαίου για την λειτουργία και την κίνηση μηχανών (Wang & Basu, 2008). Η παραγωγή του γίνεται έπειτα από εξόρυξη και ξήρανση του φυσικού αερίου αλλά και από τη διύλιση του πετρελαίου. Είναι μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας και χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές στις μέρες μας. Σε βιομηχανία, σε οικιακές εργασίες μέχρι και σαν καύσιμο εναλλακτικό σε αυτοκίνητα. Διαθέτει μια μοναδική ικανότητα, την οποία δεν διαθέτει το φυσικό αέριο, που είναι η αέρια κατάσταση στην οποία βρίσκεται σε συνηθισμένες θερμοκρασίες. Το γεγονός αυτό όμως δε συνεπάγεται ότι δεν μπορεί να υγροποιηθεί σε καταστάσεις μέτριας πίεσης. Έτσι με αυτό τρόπο, είναι πολύ πιο εύκολο να αποθηκευτεί αλλά και να μεταφερθεί σχετικά. Όσον αφορά τη χρήση του ως καύσιμο σε αυτοκίνητα και γενικότερα τις μηχανές, οι φυσικοχημικές του ιδιότητες παρουσιάζονται ως άκρως θετικές για τον κάθε κινητήρα. Αναφέρεται σχετικά πως το συγκεκριμένο καύσιμο είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το κινητήρα, αφού δεν αφήνει κανένα κατάλοιπο από την καύση του και με τον τρόπο αυτό δεν φθείρεται πρόωρα ο κινητήρας όπως γίνεται σε άλλες περιπτώσεις. Η διαδικασία της καύσης του συγκεκριμένου συστατικού, λειτουργεί με τέτοιο τρόπο ώστε όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο το υγραέριο να διαστέλλεται. Η πίεση αύξησης στο εσωτερικό της δεξαμενής, αποτρέπεται από τον άδειο χώρο και σε υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι επιτυγχάνονται τα εξής δύο σημαντικά πλεονεκτήματα στην χρήση του φυσικού αερίου στις μηχανές κίνησης, ως εξής (Wang & Basu, 2008):

- Το κόστος κίνησης του αυτοκινήτου μειώνεται στο μισό με τη χρήση υγραερίου. Σε λιγότερο από ένα χρόνο, γίνεται η απόσβεση κόστους εγκατάστασης. Αυτό ισχύει για ένα αυτοκίνητο που διανύει 15.000 με 20.000 χιλιόμετρα κάθε χρόνο.

- Είναι ένα καύσιμο φιλικό στο περιβάλλον και για το λόγο αυτό φέρει και την ονομασία «πράσινο» καύσιμο. Θα πρέπει σχετικά με σημειωθεί πως υπάρχουν πού μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη βενζίνη. Επίσης, κατά τη χρήση του φυσικού αερίου στην λειτουργία των μηχανών, παρατηρείται (Van der Molen et al., 2003):

- Μειωμένη παραγωγή CO₂ κατά 145 χιλιόγραμμα - Μέχρι και 68% μικρότερη εκπομπή σε μονοξείδια του αζώτου και 49% σε υδρογονάνθρακες
- Μηδενική παραγωγή αιωρούμενων σωματιδίων στη διάρκεια κίνησης στην πόλη
- Δεν περιέχει βενζόλιο και μόλυβδος τα οποία είναι και πολύ επιβλαβή καύσιμα
- Λιγότερες φθορές στην μηχανή κίνησης και έξοδα συντήρησης.

Βέβαια, το πλέον σημαντικό γεγονός είναι ότι δεν προκαλεί φθορές στον κινητήρα όπως η βενζίνη και φυσικά ούτε στον καταλύτη. Το service των αυτοκινήτων αυτών διεξάγεται όχι σε τόσο συχνή βάση και επίσης δεν εντοπίζονται υπολείμματα άνθρακα στους κυλίνδρους και το μπουζί. Το υγραέριο δε διαλύεται σε λάδια αυτοκινήτου και έτσι με αυτό τον τρόπο μεγιστοποιείται η ζωή των φίλτρων λαδιού. Σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας, εμφανίζει επίσης τα εξής πλεονεκτήματα (Van der Molen et al., 2003):

- Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής. Κατά την καύση του δεν παράγεται τέφρα και με μια σωστή συντήρηση προσφέρει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των συσκευών χρήσης
- Είναι εύχρηστο, δεν χρειάζονται παραγγελίες και δεξαμενές αποθήκευσης
- Επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση. Από την καταγραφή του μετρητή για τη ποσότητα του φυσικού αερίου που έχει καταναλωθεί, προσφέρεται και η δυνατότητα γνώσης για την πληρωμή του
- Είναι ασφαλές στη χρήση του αφού οι Ευρωπαϊκές του προδιαγραφές γύρω από τον τεχνικό κανονισμό εγγυώνται το γεγονός αυτό
- Είναι οικολογικό αφού δεν μένουν υπολείμματα από την καύση του και δεν δημιουργούνται σχετικές ενώσεις θείου
- Είναι πρακτικό μέσω των νέων τύπων συσκευών οι οποίες προσφέρουν τη δυνατότητα για άμεσες λύσεις εγκατάστασης.

Επίσης, εμφανίζει και κάποια άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων καυσίμων και όταν χρησιμοποιείται στις μηχανές καύσης, ως εξής (Van der Molen et al., 2003):

- Ελαφρύτερο ως συστατικό από το πετρέλαιο

- Προσφέρει καθαρότητα και ποιότητα στον κινητήρα
- Αξιοπίστη λειτουργίας της μηχανικής μονάδας στην οποία χρησιμοποιείται Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μηχανικής μονάδας
- Λιγότερες δαπάνες συντήρησης για την μηχανή

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως με τη χρήση του φυσικού αερίου για τις μηχανές κίνησης, επιλύονται ταυτόχρονα τα σχετικά προβλήματα μεταφοράς και αποθήκευσής του, αφού το φυσικό αέριο διανέμεται σε σημεία κατανάλωσης και την ευθύνη φέρει η παραγωγός και διανέμουσα εταιρεία αερίου. Είναι πολύ εύκολο να αναμιχτεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα και ουσιαστικά αποτελεί μια ακίνδυνη ουσία για την κίνηση μηχανών σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα υπόλοιπα προϊόντα καύσης του προκαλούν μείωση αέριων ρύπων NO_x, CO και CO₂, αφού δεν περιέχουν θείο.

3.3. Περιβαλλοντικά Οφέλη από τη Χρήση του Φυσικού Αερίου ως Καύσιμο στη Πρόωση Πλοίων

Η θάλασσα αποτελεί πάντα έναν από τους συνηθέστερους τρόπους μεταφοράς εμπορευμάτων και ανθρώπων, καθώς πρόκειται για ανθρώπινη, οικονομική και πολιτισμική δραστηριότητα που μετρά χιλιάδες χρόνιας ιστορίας κι έχει συμβάλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση αυτού που ονομάζουμε ανθρώπινος πολιτισμός. Εδώ και μερικές δεκαετίες η ανθρωπότητα, υπό το βάρος σημαντικών θαλάσσιων ατυχημάτων με οδυνηρές επιδράσεις στο περιβάλλον και εξαιτίας της ανάδυσης μιας νέας φιλοσοφίας για την ανάπτυξη, έθεσε τις θαλάσσιες μεταφορές στο πλαίσιο νομοθεσιών, κανονισμών, περιορισμών και οδηγιών, στόχος των οποίων είναι ο όσο το δυνατόν μεγαλύτερος περιορισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της ναυτιλίας. Αναφορικά με τις θαλάσσιες μεταφορές, θα πρέπει να σημειωθεί πως στις μέρες μας, διέρχονται από τα ευρωπαϊκά λιμάνια κάθε χρόνο 2 δισεκατομμύρια τόνοι εμπορευμάτων, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 90% περίπου του εξωτερικού εμπορίου και στο 41% του ενδοκοινοτικού (Van der Molen et al., 2003). Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί πως το 3-5% του ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης προέρχεται από τομείς που έχουν σχέση με τη θάλασσα, ενώ η Κοινότητα διαθέτει 1.200 λιμένες. Η μεγάλη χρήση των θαλάσσιων οδών δικαιολογείται καθώς με την εκτροπή των εμπορευματικών ροών από την ξηρά προς τη θάλασσα μειώνεται το συνολικά παραγόμενο μεταφορικό έργο των οδικών μέσων, με αποτέλεσμα τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων του συστήματος των εμπορευματικών μεταφορών (Van der Molen et al., 2003). Επιτυγχάνεται έτσι μια σημαντική

μείωση του κινδύνου κυκλοφοριακής συμφόρησης στους οδικούς άξονες, δημιουργώντας παράλληλα τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενός πιο αποτελεσματικού και βιώσιμου μεταφορικού συστήματος. Επιπρόσθετα, το ειδικό εξωτερικό κόστος και στο οποίο συνυπολογίζονται μια σειρά από παράγοντες όπως ο θόρυβος και οι ρύποι, στις οδικές μεταφορές, διαμορφώνεται στο 0,024 και στις ναυτικές κοντινών αποστάσεων 0,004 (Wang & Basu, 2008). Με το τρόπο αυτό γίνεται σαφές ότι ο ρόλος της ναυτιλίας για την Ευρώπη αλλά και για τη χώρα μας ειδικότερα, αναβαθμίζεται διαρκώς και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό των μεταφορών, άρα και της οικονομίας. Άλλωστε οι Έλληνες, με τη μακρά παράδοση στη ναυτιλία, τον ελληνόκτητο στόλο, ο οποίος υπολογίζεται στο 8,4% του παγκόσμιου σε αριθμό πλοίων (3.397, από αυτά τα 536 είναι πετρελαιοφόρα), στο 16,1% της παγκόσμιας μεταφορικής ικανότητας και στο 13,7% της παγκόσμιας χωρητικότητας, έχουν κάθε ενδιαφέρον για την ενίσχυση του μεταφορικού ρόλου της ναυτιλίας. Η ναυτιλία όμως δεν παύει να είναι μια ρυπογόνος διαδικασία, η οποία προκαλεί ανεπανόρθωτες ζημιές στο περιβάλλον (Van der Molen et al., 2003).

Ουσιαστικά η νομοθεσία του Κώδικα ISM και κυρίως η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων στις μέρες μας, θεωρείται το μεγάλο «κλειδί» για την κατανόηση των εξελίξεων, αλλά και την ανάπτυξη νέων πολιτικών στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις μεταφορές. Η ελληνική νομοθεσία και σύμφωνα με την εφαρμογή αλλά και η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων στις μέρες μας για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, κρίνεται ικανοποιητική και μάλιστα αρκετά αυστηρή.

Όμως, αποτελεί γεγονός μεγάλος αριθμός των παραβάσεων δεν παραπέμπεται στη δικαιοσύνη, ενώ πολλές φορές δεν υπάρχει βεβαιότητα για τον δράστη και κατά συνέπεια το δικαστήριο δεν οδηγείται σε καταδικαστική απόφαση. Χαρακτηριστικά, το 2006 διαπιστώθηκαν 338 παραβάσεις για ρύπανση, από τα οποία εντοπίστηκαν μόνο τα 216 περιστατικά (48 από πετρελαιοειδή, 83 από λύματα και 85 από απορρίμματα) (Burel, Taccani & Zuliani, 2013). Το συνολικό χρηματικό πρόστιμο δεν ξεπέρασε τα 800.000 ευρώ (YEN, Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας). Η διαμόρφωση μιας σωστά συγκροτημένης στρατηγικής προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και σαφώς μια τριακονταετία πριν την εφαρμογή του Κώδικα ISM, ξεκινάει στη χώρα μας τη δεκαετία του 1970. Σημαντικότερος νόμος είναι εκείνος του 743/1977 Περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος» που καθιερώνει όμως την υποκειμενική ευθύνη ως προϋπόθεση αποκατάστασης ζημιών από ρύπανση. Όμως με το νόμο

του 1650/1986 καθιερώνεται και το κριτήριο της αντικειμενικής ευθύνης για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, αλλά ο 743/1977 δεν παρακάμπτεται παρά μόνο από τη νομολογία (Wang & Basu, 2008). Ωστόσο, το ρυθμιστικό πλαίσιο κινείται στο πλαίσιο του μέσου όρου των ευρωπαϊκών χωρών και η ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος συγκαταλέγεται μεταξύ των κορυφαίων. Η Ελλάδα βέβαια τηρεί μια μετριοπαθή και ρεαλιστική στάση με σκοπό τη στήριξη της ναυτιλίας, χωρίς αυτό να σημαίνει αδιαφορία και έκπτωση προστασίας σχετικά με τη θάλασσα, όπως τονίζουν συνεχώς οι ειδικοί. Η ατμοσφαιρική ρύπανση όμως, η οποία προκαλείται από τα καύσιμα των πλοίων, αποτελεί το μέγιστο πρόβλημα για την υγεία των παράκτιων πληθυσμών γενικότερα και όχι μόνο. Απαιτούνται ρυθμίσεις όπως η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων, οι οποίες θα επιβάλλουν οικολογικότερα καύσιμα, εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και αποθείωση των καυσίμων στα διωλιστήρια. Ο IMO (International Maritime Organization) παρέχει στους ενδιαφερόμενους ένα πλέγμα λύσεων και προτάσεων για την καλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα, συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων του Κώδικα ISM (Burel, Taccani & Zuliani, 2013).

Το έτος 2005 και σε μια προσπάθεια ενίσχυσης περαιτέρω του Κώδικα, τέθηκε σε ισχύ το παράρτημα 6 της MARPOL, το οποίο υποχρεώνει όλα τα συμβαλλόμενα μέρη να εφαρμόσουν μια σειρά περιορισμών ή απαγόρευσης εκπομπών συγκεκριμένων αέριων ρύπων, όχι όμως και αυτών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αναμένεται οργανωμένη και συστηματική διαδικασία αναθεώρησης ορισμένων εκ των κανονισμών και στα επόμενα χρόνια. Η Οδηγία 2005/33 ορίζει ότι από το έτος 2010 όλα τα εμπορικά πλοία που θα βρίσκονται ελλιμενισμένα σε κοινοτικούς λιμένες είτε να χρησιμοποιούν καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο όπως το φυσικό αέριο, είτε να συνδέονται με εξωτερική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, μηδενίζοντας έτσι τις εκπομπές τους κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους (IMO Regulations). Στη ναυτιλία οφείλεται περίπου το 4,5% των αέριων που εκπέμπονται και συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και προβλέπεται αύξηση των ρύπων κατά 75% μέχρι το 2020, οπότε και η προερχόμενη από τον θαλάσσιο χώρο ατμοσφαιρική ρύπανση θα έχει ισοσκελίσει την αντίστοιχη χερσαία ρύπανση εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τους λόγους αυτούς η Συνέλευση του IMO εξέδωσε το έτος 2009 ένα σχετικό Ψήφισμα αναφορικά με τις πολιτικές και πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από πλοία και την ενίσχυση της χρήσης του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση αυτών στις μέρες μας. Διεξάγεται μια γενική αναφορά σε μελλοντικά ανώτατα όρια εκπομπών και καθίσταται αναγκαία η αξιολόγηση τεχνικών και λειτουργικών λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη

και τους μηχανισμούς της αγοράς. Εξελίξεις όμως δεν υπάρχουν κάτι που αποκαλύπτει την επιφυλακτικότητα των κρατών να προσθέσουν νέους περιβαλλοντικούς περιορισμούς στον άκρως ανταγωνιστικό τομέα των διεθνών θαλάσσιων μεταφορών. Άρα βρισκόμαστε ακόμα σε διερευνητική βάση.

Είναι επίσης αρκετοί εκείνοι που έχουν τονίσει πως ο κλοιός στα θέματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης «σφίγγει» όλο και περισσότερο γύρω από τη ναυτιλία με τα νέα μέτρα. Μπαίνει ουσιαστικά στο στόχαστρο και χρειάζεται μια ρύθμιση, γιατί η κλιματική αλλαγή είναι ένα πάρα πολύ σοβαρό θέμα που δεν έχουν ακόμη αντιληφθεί στο σύνολό του οι άνθρωποι. Βέβαια η ενέργεια που καταναλώνει ένα μεσαίου μεγέθους πλοίο που ταξιδεύει σε διεθνείς θάλασσες αντιπροσωπεύει περίπου το 12% αυτής που καταναλώνεται για το ίδιο μεταφορικό έργο με οδική μεταφορά και το 22% αυτής που καταναλώνεται με σιδηροδρομική (Burel, Taccani & Zuliani, 2013). Οπότε, έχει υπολογισθεί ότι κοστίζει το ίδιο να μεταφερθεί ένα αυτοκίνητο από την Ιαπωνία στο Βέλγιο μέσω θαλάσσης, με το να μεταφερθεί από το Βέλγιο στην Ελβετία δια ξηράς. Φυσικά όμως, αν και οι επιδόσεις της ναυτιλίας θεωρούνται πολύ καλές σε σχέση με τα άλλα μέσα, δεν παύει η συνεισφορά της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου να είναι πολύ μεγάλη και να μετριέται σε εκατομμύρια τόνους.

3.4. Τρόποι Αποθήκευσης για το Φυσικό Υγροποιημένο Αέριο – LNG

Οι δεξαμενές αποθήκευσης LNG είναι ένα σημαντικό μέρος και για τις εγκαταστάσεις βασικού φορτίου και για τις εγκαταστάσεις αναγκών αιχμής (Burel, Taccani & Zuliani, 2013). Επιπλέον, αποτελούν σημαντικό μέρος της επένδυσης των τερματικών εγκαταστάσεων παραλαβής LNG. Λόγω του υψηλού κόστους αυτών των μονάδων και σπουδαιότητάς τους στη συνολική ασφάλεια των εγκαταστάσεων LNG, έχει δοθεί μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό των δεξαμενών LNG. Ένα από τα πρώτα θέματα που τέθηκαν στο σχεδιασμό των δεξαμενών LNG ήταν στην επιλογή κατάλληλων υλικών. Η αστοχία της δεξαμενής στο Cle eland, Ohio το 1944 αποδόθηκε στη χρήση χάλυβα με 3,5% νικέλιο που γίνεται εύθραυστος στη θερμοκρασία του LNG. Μετά από αυτό το συμβάν, μεγάλης κλίμακας προγράμματα έχουν αποδείξει την καταλληλότητα του χάλυβα με 9% νικέλιο, των ανοξειδωτων χαλύβων, και ορισμένων κραμάτων αργιλίου (σειρά 5000) για κατασκευή δεξαμενών LNG. Οι δεξαμενές από κράματα αργιλίου είναι συνήθως περιορισμένου μεγέθους, επειδή ο συντελεστής θερμικής διαστολής του αργιλίου είναι περίπου διπλάσιος αυτού του χάλυβα. Σε μεγάλες δεξαμενές, τέτοια θερμική μετακίνηση κατά τη διάρκεια της ψύξης θα μπορούσε να οδηγήσει σε αστοχία των δεξαμενών.

Τα σχέδια των δεξαμεμών έχουν εξελιχθεί επίσης, δεδομένου ότι έχουν εφαρμοστεί περισσότερο περίπλοκες αναλύσεις δεδομένων ασφαλείας στις εγκαταστάσεις LNG (Burel, Taccani & Zuliani, 2013). Οι αρχικοί σχεδιασμοί προέβλεπαν μια εσωτερική κρυογενική δεξαμενή υγρού που εντός μιας εξωτερικής δεξαμενής που περιείχε το σύστημα μόνωσης για την εσωτερική Σε μερικά σχέδια η εξωτερική δεξαμενή περιείχε αέριο άζωτο που, με τη σειρά της, ήταν συνδεδεμένη με μια δεξαμενή μεταβλητού όγκου ή με μεμβράνες, η οποία αντιστάθμιζε τις αλλαγές στον όγκο του αζώτου, λόγω των αλλαγών στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, αποφεύγοντας, συμπίεση ή αποσυμπίεση της εξωτερικής δεξαμενής. Σε άλλα σχέδια, η στέγη της εσωτερικής δεξαμενής δεν ήταν στεγανή, αλλά μερικώς υποστυλωμένη μόνωση και η εξωτερική δεξαμενή χρησίμευε ως μια αποθήκη φυσικού αερίου. Και στα δύο σχέδια, οι εξωτερικές δεξαμενές κατασκευάζονταν από κοινό χάλυβα και περιβάλλονταν από ένα χαμηλό ανάχωμα για να συγκρατήσει τις όποιες διαρροές LNG. Αναλυτικές μελέτες έδειξαν ότι ο πρωτεύων κίνδυνος ασφαλείας με μια διαρροή LNG είναι ο σχηματισμός ενός μεγάλου νέφους ατμών του προϊόντος που μπορεί να παρασυρθεί, αναφλεγεί και να προκαλέσει εκτεταμένη ζημία. Τα επόμενα σχέδια ενσωμάτωσαν υλικά εξωτερικής δεξαμενής, λιγότερο επιρρεπή σε αστοχία από κρυογενικές θερμοκρασίες και υψηλότερα αναχώματα που χτίστηκαν πιο κοντά δεξαμενές. Αυτά τα μέτρα οδηγούν σε μικρότερη ελεύθερη επιφάνεια οποιαδήποτε διαρροή LNG από μια αστοχία δεξαμεμών και επομένως χαμηλότερο ρυθμό τροφοδοσίας του επακόλουθου νέφους ατμών. Επιπρόσθετες μελέτες αναθεώρησαν τις συνέπειες μιας εξωτερικής προσβολής, όπως συντριβής αεροσκάφους, που οδηγεί σε αποτυχία της δεξαμενής και την επίδραση μιας καταστροφικής αστοχίας της εσωτερικής δεξαμενής στο περιεχόμενο της εξωτερικής δεξαμενής. Όλες αυτές οι μελέτες εστίασαν στην ανάγκη για την ασφαλέστερη συγκράτηση της εξωτερικής δεξαμενής. Τα προκύψαντα σχέδια δεξαμεμών περιλαμβάνουν δεξαμενισμό διπλής ακεραιότητας δηλαδή, μια διαρροή υγρού από μια αστοχία της εσωτερικής δεξαμενής παραλαμβάνεται από μια δεύτερη ομόκεντρη δεξαμενή που είναι δομικά ανεξάρτητη από την πρώτη. Οι εξωτερικές δεξαμενές κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα με περίβλημα από ανοξείδωτο χάλυβα. Τέλος, κατασκευάζονται αναχώματα ύψους όσο και η δεξαμενή, για να προστατεύσουν τη δεξαμενή από εξωτερική ζημία και για να βοηθήσουν στην υποθετική ασύμμετρη φόρτιση της εξωτερικής δεξαμενής ως αποτέλεσμα καταστροφικής αστοχίας της εσωτερικής δεξαμενής. Όπου η περιοχή είναι πάρα πολύ μικρή για να επιτρέψει την πλήρη ανάπτυξη των αναχωμάτων, χρησιμοποιείται είτε κατασκευή δεξαμενής μέσα στο έδαφος, ή η πρόσθετη ενίσχυση της εξωτερικής δεξαμενής.

Κεφάλαιο 4^ο Τα Οικολογικά Πλοία (eco-ships)

4.1. Τα χαρακτηριστικά των οικολογικών πλοίων

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, έχοντας ως δεδομένη την αύξηση των τιμών των καυσίμων, την παγκόσμια οικονομική κρίση και την πίεση των διεθνών οργανισμών για προστασία του περιβάλλοντος η ναυτιλιακή βιομηχανία έχει αντιληφθεί την αναγκαιότητα τα πλοία να γίνουν περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον και λιγότερο κοστοβόρα (Haider et al., 2014). Όλο και περισσότερο βλέπουμε ναυπηγία να έχουν κατασκευάσει πειραματικά πλοία ή να παρουσιάζουν σχέδια για πλοία προς κατασκευή τα οποία χρησιμοποιούν (ολικά ή μερικά) τεχνολογίες ανανεώσιμων μορφών ενέργειας (κυρίως την αιολική και την ηλιακή) και νέας τεχνολογίας κινητήρες και καύσιμα τα οποία είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον. Τα κύρια χαρακτηριστικά των οικολογικών πλοίων είναι η ελάχιστη κατανάλωση υλικών και ενέργειας και η σημαντικά μειωμένη ρύπανση που προκαλούν στο περιβάλλον κατά την κατασκευή, τη λειτουργία και τη διάλυσή τους. Τα πλοία αποτελούνται από ανακυκλώσιμα μέρη και η συντήρησή τους γίνεται με επίσης ανακυκλώσιμα ανταλλακτικά έτσι ώστε μετά την απόσυρση και διάλυσή τους να υπάρχει η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υλικών. Τα οικολογικά πλοία σχεδιάζονται ώστε να έχουν χαμηλή κατανάλωση συμβατικών καυσίμων και χαμηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Η ίδια η μηχανή σχεδιάζεται και συντηρείται χρησιμοποιώντας εξελιγμένα συστήματα ψεκασμού καυσίμου και μια σειρά από μέτρα για την παραγωγική χρήση της θερμότητας των καυσαερίων. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση μιας γεννήτριας καυσαερίων για να ικανοποιούνται οι ηλεκτρικές απαιτήσεις του πλοίου. Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι όταν ο κύριος κινητήρας βρίσκεται σε λειτουργία απαιτείται μόνο η χρήση μιας βοηθητικής γεννήτριας από το πλοίο για να κάνει ελιγμούς (π.χ. στο λιμάνι) (Haider et al., 2014).

Η μετάβαση σε μια καθαρή ενεργειακά ναυτιλία, απαιτεί σήμερα μια σημαντική μετατόπιση από τη χρήση ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές, προς τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών σχεδιαστικών λύσεων και τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή σύνθεση της ναυτιλίας προς το παρόν είναι σχετικά περιορισμένη ωστόσο βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά. Οι κατασκευαστές όλο και περισσότερο βελτιώνουν τον σχεδιασμό των πλοίων και τα αποτελέσματα των πιλοτικών εφαρμογών είναι ενθαρρυντικά. Η ανάπτυξη λύσεων για την προώθηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην ναυτιλία έχει παρεμποδιστεί από

την υπερπροσφορά των ορυκτών καυσίμων και την σχετική ύφεση των επενδύσεων. Η ταχύτητα αφομοίωσης των τεχνολογικών λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τελικά θα καθοριστεί από τις δυνάμεις της αγοράς (Haider et al., 2014).

4.2. Οικολογικά πλοία και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

4.2.1. Ηλιακή Ενέργεια

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο, μπορεί να δώσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα ως προς ένα συμβατικό πλοίο καθώς μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας (Princaud, Cornier & Froelich, 2010). Με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών που τοποθετούνται στο κυρίως κατάστρωμα ενός πλοίου, μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται σε διάφορες ηλεκτρικές καταναλώσεις. Ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο στο κατάστρωμα, οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση καυσίμων μέχρι 3.5% για δεξαμενόπλοια και μέχρι 2.5% για πλοία μεταφοράς οχημάτων. Στα πλοία μικρού εκτοπίσματος όπως είναι τα σκάφη αναψυχής και τα τουριστικά σκάφη η χρήση ηλιακής ενέργειας μέχρι στιγμής έχει οδηγήσει σε μεγάλο ποσοστό μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου. Ωστόσο στα μεγαλύτερου μεγέθους πλοία παρά το γεγονός πως έχουν μεγαλύτερο χώρο στο κατάστρωμα, το ποσοστό μείωσης κατανάλωσης καυσίμου είναι σχετικά μικρό εξαιτίας της μεγάλης απαιτούμενης ενέργειας για την λειτουργία του πλοίου.

Ένα παράδειγμα σκάφους που έκανε με επιτυχία χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι το MS Turanor. Το MS Turanor είναι το μεγαλύτερο ηλιακό σκάφος και το πρώτο πλοίο που έκανε το γύρο του κόσμου, αποκλειστικά με ηλιακή ενέργεια. Το MS Turanor πραγματοποίησε τον περίπλου της γης (37.000 μίλια απόσταση) σε 584 ημέρες, με μέση ταχύτητα έως 20 κόμβους, επιτυγχάνοντας το πρώτο παγκόσμιο ταξίδι με ηλιακή ενέργεια. Το ταξίδι διήρκησε 18 μήνες (Σεπτ. 2010 - Μάιος 2012) καθώς ο καπετάνιος Raphael Domjan, και το 5μελές πλήρωμά του, έκαναν πολλές στάσεις ανά τον κόσμο προκειμένου να ενημερώσουν και να προωθήσουν την χρήση της ηλιακής ενέργειας. Το οικολογικό «PlanetSolar» σχεδιάστηκε από τον Νεοζηλανδό Graig Loomes ως ένα καθαρόαιμο «ηλιακό καταμαράν» με φωτοβολταϊκά συστήματα. Η μελέτη διήρκησε 8 χρόνια και χρειάστηκαν 14 μήνες κατασκευής για να αποφασιστεί το ιδανικό μέγεθος, ο τελικός σχεδιασμός, η απαιτούμενη βέλτιστη συγκέντρωση ενέργειας και αποθήκευσή της, οι αεροδυναμικές, η πρόωση του πλοίου και η επιλογή των πρώτων υλών. Το πλοίο κινείται χωρίς καθόλου θόρυβο και χωρίς δόνηση, καθώς δεν υπάρχει η παραδοσιακή μηχανή. Με μήκος 31μ (35μ με πτερύγια), πλάτους 15μ (23μ με

περυγία) και ύψος 6 μ., το ηλιακό αυτό σκάφος έχει επιφάνεια φωτοβολταϊκών πάνελς, από 38.000 ηλιακές κυψέλες, σε έκταση 537 τ.μ. – όλο σχεδόν το κατάστρωμα. Το Planet Solar κατασκευάστηκε στα ναυπηγεία Knierim Yachbau, στο Kiel της Γερμανίας με τη στήριξη ελβετικών οργανισμών και ιδιωτών (Candino, Immosolar, κ.ά.). Σε συνεργασία με τον κορυφαίο Ελβετικό Οργανισμό myclimate, έχει ήδη υπολογιστεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα από την κατασκευή του, μετρώντας τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που εκλύθηκαν δεδομένου ότι ο γύρος του κόσμου μαζί με την κατασκευή ήταν κλιματικά ουδέτερος. Όταν βρίσκεται εν πλω, το MS Turanor αποτελεί τη «μεγαλύτερη ηλιακή μπαταρία» και ήδη δοκιμάζεται προς χρήση από μη-πυρηνικά υποβρύχια (www.theneweconomy.com).

4.2.2. Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Είναι μία ήπιας μορφής ενέργεια και συμπεριλαμβάνεται στις καθαρές πηγές ενέργειας μιας και με τη χρήση της δεν εκλύονται αέρια του θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα.. Είναι μια από τις παλαιότερες μορφές ενέργειας που εκμεταλλεύτηκε ο άνθρωπος, πρώτα με τα πανιά στα πρώτα ιστιοφόρα και αργότερα με τους ανεμόμυλους στην ξηρά (Spyrou, 2010).

Η χρήση της αιολικής ενέργειας στα πλοία μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους (Spyrou, 2010):

- α) τα μαλακά πανιά (soft-sails) όπως τα projects Greenheart, B9 Shipping, και το Ecoliner των Dykstra/Fair Transport
- β) τα σταθερά πανιά (fixed-sails) όπως το UT Wind Challenger
- γ) τα πανιά τύπου χαρταετού (kite-sails)
- δ) τις ανεμογεννήτριες (αν και δεν υπάρχουν ακόμα στις ανεμογεννήτριες επιτυχημένα πρωτότυπα)
- ε) τους κινητήρες Flettner (Flettner rotors) όπως το Alcyone του Κουστό και το E-Ship 1 της Enercon

Τα παραδοσιακά πανιά τα οποία πριν τα ατμόπλοια και τη βιομηχανική επανάσταση αποτελούσαν τη μοναδική πηγή πρόωσης, σήμερα είναι μια ενδιαφέρουσα μέθοδος για την παροχή πρόσθετης συμπληρωματικής ισχύος καθώς η χρήση τους επιβάλει ροπές κάμψης

στο σκάφος, με αποτέλεσμα το πλοίο να παίρνει κλίση. Θέματα αντοχής θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ανάγκη να φτάσει ο ιστός έως την καρίνα, και η παρουσία του ιστού και του εξαρτισμού θα μπορούσε να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη διακίνηση του φορτίου. Η εξοικονόμηση καυσίμου με την χρήση πανιών μπορεί να ανέλθει, σε ιδανικές συνθήκες καιρού, στο 15% στην ταχύτητα των 15 κόμβων και στο 44% στην ταχύτητα των 10 κόμβων. Επίσης τα πανιά τύπου χαρταετού, συνδέονται στην πλώρη του πλοίου και λειτουργούν σε υψόμετρο ώστε να μεγιστοποιούνται οι ταχύτητες του ανέμου. Ένας μικρός αριθμός καινοτόμων εταιριών υποστηρίζει αυτήν την τεχνολογία εδώ και μια δεκαετία. Το 2008 το MS Beluga Skysails ήταν το πρώτο παγκοσμίως εμπορικό πλοίο μεταφοράς container το οποίο μερικώς κινείται από ένα πανί τύπου χαρταετού (Lentzou, 2017).

Οι κινητήρες Fletter εκμεταλλεύονται το φαινόμενο Magnus που δημιουργείται όταν ο αέρας περνά πάνω από ένα ήδη περιστρεφόμενο κύλινδρο, για να προκαλέσουν πρόωση. Αυτό σημαίνει ότι το πλοίο επωφελείται από την πρόσθετη ώση, με αποτέλεσμα την μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Αυτό επιβεβαιώθηκε αρχικά την δεκαετία του 1920 σε έναν αριθμό πλοίων. Η συγκεκριμένη τεχνολογία είχε ξεχαστεί σε μεγάλο βαθμό αλλά στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ο διάσημος ωκεανογράφος Jacques Cousteau και η ομάδα του παρουσίασαν το Turbosail, στο ερευνητικό τους σκάφος Alcyone (Cousteau.org/technology/turbosail). Μερικά χρόνια αργότερα η Windship Corporation δημοσιοποίησε ευρήματα από ανάλυση 75 τροφοδοτούμενων ενεργειακά από τον άνεμο εξεδρών που υποστηρίζονταν από εκτεταμένες δοκιμές, συμπεραίνοντας ότι οι κινητήρες αυτοί είχαν μακράν τη μεγαλύτερη δυναμική εξέλιξης. Επίσης το 2010 η Enercon άρχισε τις δοκιμές του 12800 dwt E-Ship 1, που έφερε 4 κινητήρες Flettner οι οποίοι τροφοδοτούνταν ενεργειακά από τα καυσαέρια του κύριου συμβατικού κινητήρα. Πλέον υπάρχουν σύγχρονα σχέδια πρωτοτύπων που υιοθετούν τους κινητήρες Flettner (Lentzou, 2017).

4.2.3. Βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα είναι μια από τις επιλογές νέων πηγών καυσίμων στις οποίες έχει στραφεί η βιομηχανία της ναυτιλίας για χαμηλότερες εκπομπές CO₂ στην πρόωση των πλοίων προκειμένου να αντιμετωπίσει τις διαρκώς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες χωρίς επιπλέον επιβάρυνση του περιβάλλοντος, πετυχαίνοντας ταυτόχρονα τη μεγαλύτερη δυνατή αποτελεσματικότητα. Τα βιοκαύσιμα είναι τα καύσιμα στερεής, υγρής ή αέριας μορφής τα οποία προέρχονται από την επεξεργασία της βιομάζας, δηλαδή του βιοαποικοδομήσιμου τμήματος των αποβλήτων και καταλοίπων γεωργικών, δασοκομικών και άλλων

βιομηχανικών και αστικών λυμάτων και γενικά ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Στα βιοκαύσιμα συμπεριλαμβάνεται η Βιομεθανόλη (που παράγεται από την επεξεργασία της βιομάζας με στόχο τη χρήση της ως καύσιμο), η Βιοιθανόλη (που παράγεται από αμυλούχα και σακχαρώδη χλωρίδα), το Βιοντίζελ (που παράγεται από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη), το βιοαέριο, το βιουδρογόνο και τα καθαρά φυτικά έλαια (που παράγονται από την ελαιούχα χλωρίδα έπειτα από την εφαρμογή ειδικών μεθόδων (συμπύεση, έκθλιψη, κτλ.) με σκοπό τη χρήση τους ως καύσιμα). Τα βιοκαύσιμα επειδή προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειες είναι μη τοξικά βιοαποικοδομήσιμα, χωρίς αρωματικές ενώσεις και η καύση τους οδηγεί σε σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα εκπομπής ρύπων σε σχέση με τα παραδοσιακά καύσιμα. Γενικά έχουν χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση από ότι τα ορυκτά καύσιμα πλοίων και επίσης είναι διαφορετική η ενεργειακή απόδοση ανάλογα με τον τύπο του βιοκαυσίμου. Στις μέρες μας είναι παγκοσμίως διαθέσιμα και παράγονται από πολλούς τύπους βιομάζας και μπορούν να βελτιστοποιούνται για να είναι διαθέσιμα σε όλες τις μορφές μεταφορών. Αυτή τη στιγμή η στερεά βιομάζα είναι η πιο διαδεδομένη στην παραγωγή ενέργειας αλλά και τα υγρά βιοκαύσιμα αρχίζουν να χρησιμοποιούνται περισσότερο (Juopari & Ollus, 2008).

Τα βιοκαύσιμα διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: 1^{ης} γενιάς, 2^{ης} γενιάς, 3^{ης} γενιάς ανάλογα με την ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους: Στα 1ης Γενιάς: Η πηγή του άνθρακα για το βιοκαύσιμο είναι τα σάκχαρα, τα λιπίδια ή το άμυλο που έχει απευθείας εξαχθεί από φυτά. Η καλλιέργειά τους θεωρείται στην πραγματικότητα το ίδιο ανταγωνιστική μιας αντίστοιχης καλλιέργειας προς βρώση. Στα 2ης Γενιάς: Ο άνθρακας του βιοκαυσίμου προέρχεται από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη ή πηκτίνη. Για παράδειγμα αυτό μπορεί να περιλαμβάνει αγροτικά και δασικά απόβλητα, υπολείμματα ή καλλιέργειες για αυτόν τον σκοπό κι όχι για βρώση. (π.χ. δασύλλια περιοδικής υλοτόμησης, ενεργειακά αγρωστώδη). Στα 3ης Γενιάς: Ο άνθρακας του βιοκαυσίμου προέρχεται από υδρόβιους, αυτότροφους οργανισμούς (π.χ. φύκια). Επίσης, το φως, διοξείδιο του άνθρακα και θρεπτικά συστατικά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της καλλιέργειας επεκτείνοντας την διαθέσιμη πηγή άνθρακα για παραγωγή βιοκαυσίμου (Juopari & Ollus, 2008).

Παρότι το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην κατανομή των ενεργειακών πόρων που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία είναι μικρό και κατά πάσα πιθανότητα θα παραμείνει έτσι βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα, ο ρόλος που θα διαδραματίσουν μακροπρόθεσμα θα είναι ουσιαστικότερος. Η γνώση για την τεχνολογία παραγωγής προηγμένων 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς βιοκαυσίμων συνεχώς αυξάνεται, καθιστώντας αυτά τα καύσιμα την πιο βιώσιμη επιλογή

ανανεώσιμης ενέργειας με τον υψηλότερο δείκτη διεισδυτικότητας για τον κλάδο της ναυτιλίας, μακροπρόθεσμα. Φυσικά αυτή η υψηλή δυναμική θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα ανανεώσιμων καλλιεργειών για την παραγωγή των καυσίμων, την βιωσιμότητα του παγκόσμιου εμπορίου βιοκαυσίμων και πως το κόστος τους θα ανταγωνίζεται άλλες επιλογές καυσίμων χαμηλών εκπομπών (Patel, 2012).

4.2.4. Κυψέλες Καυσίμων (Fuel cells)

Οι κυψέλες καυσίμου θεωρούνται άλλο ένα από τα εναλλακτικά καύσιμα για να επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης των εκπομπών ρύπων που παράγονται από την κατανάλωση καυσίμων. Με τη χρήση τους η μείωση των εκπομπών CO₂ και οι μηδενικές εκπομπές σε NO_x και SO_x είναι αρκετά σημαντική για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των πλοίων. Οι κυψέλες καυσίμου είναι μια καθαρή, αθόρυβη, αποδοτική και αξιόπιστη μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατάλληλη για θαλάσσιες και ναυτιλιακές εφαρμογές ώστε να είναι μια πολύ ελκυστική επιλογή με την εγκατάστασή τους στα εμπορικά πλοία. Πρόκειται για συσκευές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα από τη μετατροπή της χημικής ενέργειας ενός καυσίμου και ενός οξειδωτικού (Patel, 2012).

Οι περισσότερες κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιούν υδρογόνο στο σημείο της ενεργειακής μετατροπής, αλλά αυτό μπορεί να μεταρρυθμιστεί και για συμβατικά καύσιμα, όπως η βενζίνη, το φυσικό αέριο ή η μεθανόλη. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς κινητήρες το καύσιμο δεν καίγεται, με αποτέλεσμα οι κυψέλες καυσίμου να είναι μια αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον λύση. Η εγκατάστασή τους ήδη σε μικρά πλοία και υποβρύχια που επιτρέπουν το υψηλό τους κόστος, δημιουργεί τις συνθήκες εισαγωγής τους στην αγορά συστημάτων πρόωσης για μεγάλα πλοία. Ένα από τα πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμου είναι η ευελιξία εγκατάστασής τους σε διάφορα σημεία ενός σκάφους παρέχοντας ανάλογη ευελιξία στη διανομή ισχύος μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και στο σχεδιασμό του πλοίου. Επίσης είναι 50% πιο αποδοτικές απ' ό τι ένας συμβατικός κινητήρας που σε συνδυασμό με την αθόρυβη χωρίς κραδασμούς λειτουργία τους έχουν συγκριτικά πλεονεκτήματα ώστε να εγκατασταθούν σε επιβατικά πλοία και κρουαζιερόπλοια. Η ναυπήγηση πλοίων με τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμων για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών μηχανημάτων, των πινάκων ελέγχου και των συστημάτων πρόωσης, συναντάει μεγάλο ενδιαφέρον από τους κατασκευαστές στην Ευρώπη, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ, ενώ αναμένεται να επιτευχθεί μαζική αύξηση στην αγορά των μεταφορών μέχρι το 2020 (Kuang & Easler, 2007).



Εικόνα 13: Πλοίο με κυψέλες καυσίμου. Πηγή : <http://www.motorship.com>

4.2.5. Μηχανές διπλού καυσίμου

Η χρήση του φυσικού αερίου χρησιμοποιείται για την κίνηση των πλοίων από την προηγούμενη δεκαετία στα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου. Η καινοτομία, όμως, είναι η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο και για τους άλλους τύπους πλοίων. Η αύξηση της τιμής του πετρελαίου, οι σύγχρονοι κανονισμοί αλλά και η απαίτηση για μικρότερες εκπομπές οδήγησε στην ανάπτυξη νέων μηχανών. Τα πλοία διπλού καυσίμου είναι τα νέα γενιάς πλοία που θα χρησιμοποιούνται στο μέλλον.

Για το λόγο αυτό, πρέπει οι μηχανές να λειτουργούν και με φυσικό αέριο σε όλους τους τύπους των πλοίων. Η λειτουργία με χρήση διπλού καυσίμου απαιτεί την έγχυση αερίου καυσίμου καθώς και την έγχυση πετρελαίου στο χώρο καύσης. Η μηχανή μπορεί να χρησιμοποιεί μόνο πετρέλαιο ή συνδυασμό πετρελαίου και φυσικού αερίου. Μέχρι το 15% του φορτίου της μηχανής απαιτείται πετρέλαιο ενώ εν συνεχεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί φυσικό αέριο με ένα πολύ μικρό ποσοστό πετρελαίου 5% και αυτό εξαρτάται από τις τιμές των δύο καυσίμων. Το φυσικό αέριο αποτελεί το μοναδικό μελλοντικό βιώσιμο καύσιμο παγκοσμίως. Η καύση του φυσικού αερίου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή σημαντικά μικρότερης ποσότητας οξειδίων του άνθρακα και του αζώτου και η σχεδόν μηδενική περιεκτικότητά του σε θείο το καθιστά ιδανικό για την χρήση στις περιοχές ECA όπου το επιτρεπόμενο ποσοστό σε SO₂ μειώθηκε στο 0.1% το 2015.

4.2.6. Χρήση LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου

Εδώ και χρόνια έχει ξεκινήσει η χρήση καυσίμου LNG (υγροποιημένο φυσικό αέριο) για την πρόωση των πλοίων και πολλοί θεωρούν τη χρήση LNG από τα πλοία, το μέλλον της

βιομηχανίας. Το φυσικό αέριο είναι μεθάνιο, με χαμηλές συγκεντρώσεις άλλων υδρογονανθράκων, νερού, διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου, οξυγόνου και ορισμένων ενώσεων του θείου. Όταν ψύχεται στους -161°C , γίνεται ένα διαυγές, άχρωμο μη τοξικό και άοσμο υγρό. Κατά τη διάρκεια της υγροποίησης, ψύχεται κάτω από το σημείο βρασμού του και έτσι απομακρύνεται το μεγαλύτερο μέρος των άλλων ενώσεων, ώστε κατά κύριο λόγο μένει το μεθάνιο με μικρές ποσότητες των υδρογονανθράκων. Επίσης το ειδικό βάρος του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), είναι σχεδόν το μισό από το ειδικό βάρος του νερού έτσι ώστε να επιπλέει σε περίπτωση απόρριψής του στη θάλασσα. Το κρύο (-162°C) LNG μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ψύξη των συστημάτων κλιματισμού του πλοίου, προκειμένου να εξοικονομηθεί η ισχύς των αντίστοιχων συμπιεστών. Η εξοικονόμηση της συνολικής ενέργειας μπορεί να φτάσει μέχρι 4% για ένα τυπικό οχηματογωγό.

Για λειτουργία εν πλω με ταχύτητα 22 κόμβων, η διαφορά στο ηλεκτρικό φορτίο είναι περίπου 380KWh, το οποίο έχει σημαντική επίδραση στις εκπομπές καυσαερίων. Το LNG μεταφέρεται από πλοία διπλού κύτους, που είναι ειδικά κατασκευασμένα ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις χειρισμού των χαμηλών θερμοκρασιών μεταφοράς του φορτίου. Έτσι περιορίζεται η ποσότητα που μεταφέρεται να φτάσει το σημείο βρασμού (boil off gas BOG) και να εξατμιστεί. Όμως κατά τη μεταφορά, για να διατηρηθεί η χαμηλή θερμοκρασία που απαιτείται και λόγω της θερμοκρασίας από το εξωτερικό περιβάλλον των δεξαμενών η εξάτμιση είναι αναπόφευκτη. Προκειμένου να ελεγχθεί η αύξηση της πίεσης των δεξαμενών, ένα μέρος των εξατμίσεων της ποσότητας του αερίου που φτάνει στο σημείο βρασμού επαν-υγροποιείται (boil-off-gas (BOG) re-liquefaction plant) και ένα μέρος καίγεται στο λέβητα παραγωγής ατμού για το στρόβιλο ή σε μηχανή dual fuel συμπληρώνοντας την ποσότητα καυσίμου του πλοίου. Η χρήση του LNG ως καύσιμο των πλοίων κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος μιας και η χρήση του βοηθάει στη μείωση των αέριων ρύπων από τα πλοία για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επίσης ένας συνδυασμός καυσίμου υγροποιημένου φυσικού αερίου με πετρέλαιο κίνησης, είναι πολύ πιθανόν να οδηγήσει στη βέλτιστη αποδοτικότητα των κύριων μηχανών των πλοίων, και κατά συνέπεια στη εξοικονόμηση καυσίμων. Άλλωστε η χρήση καυσίμων υγροποιημένου φυσικού αερίου, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 30% σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης.

4.2.7. Προσθήκη νερού στα καύσιμα

Η προσθήκη του νερού στα καύσιμα είναι μία γνωστή μέθοδος για τη μείωση των

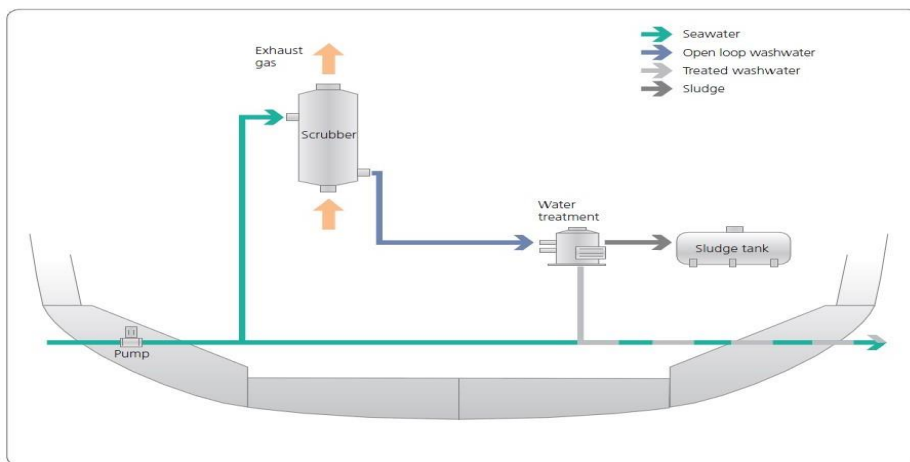
NO_x και σε ορισμένες περιπτώσεις στη μείωση των εκπομπών NO_x και PM. Η ίδια η έννοια της εισαγωγής νερού μέσα στον κύλινδρο του κινητήρα μπορεί να ακούγεται αμφιλεγόμενη ωστόσο οι μηχανικοί έχουν με μεγάλη προσοχή καταφέρει να προστατεύουν το θάλαμο καύσης από τη ρύπανση του νερού, είτε από το καύσιμο είτε από τη συμπύκνωση υδρατμών στους ψύκτες αέρα. Η προσθήκη νερού στα καύσιμα είναι και μειώνει τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της καύσης. Το νερό εξατμίζεται και αυξάνει τη θερμαντική ικανότητα του αερίου στο θάλαμο καύσης και έχει ως συνέπεια τον περιορισμό σχηματισμού οξειδίων του αζώτου. Η προσθήκη νερού στα καύσιμα μπορεί να μειώσει τα οξείδια του αζώτου κατά ένα ποσοστό της τάξης του 30-35 %. Αν και αυτή η μείωση αντισταθμίζεται από μια αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 1-2 %.

4.2.8. Σύστημα καθαρισμού καυσαερίων (scrubber)

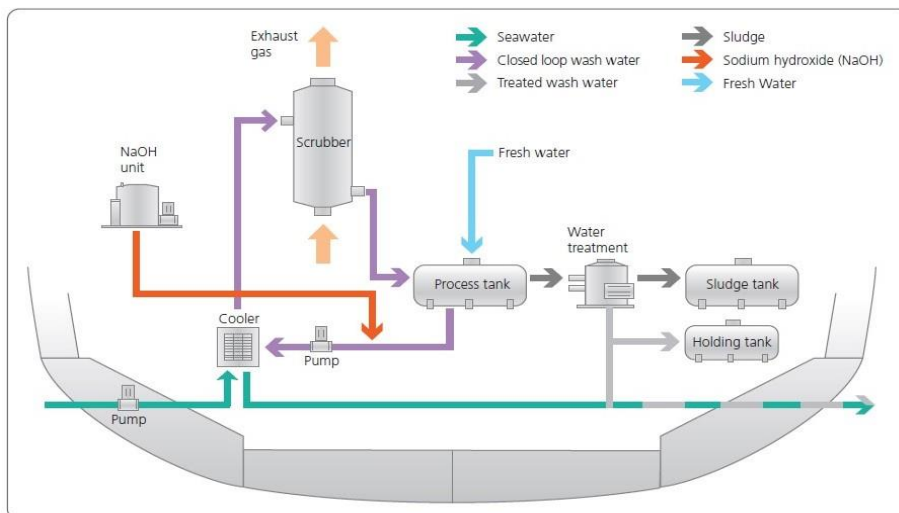
Η ναυτιλιακή βιομηχανία, για να μπορέσει να ανταποκριθεί στις αυστηρές διεθνείς προδιαγραφές για τις εκπομπές των καυσαερίων από τους κινητήρες των πλοίων και στα όρια εκπομπής οξειδίων του θείου (SO_x) έχει δύο επιλογές: τη χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο ή τη χρήση ενός συστήματος καθαρισμού καυσαερίων πλοίου (Scrubber). Τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων πλοίου είναι συστήματα ελέγχου και αποτροπής της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και χρησιμοποιούνται για να αφαιρέσουν μια σημαντική ποσότητα των σωματιδίων και των αερίων που προκαλούν ρύπανση του περιβάλλοντος ή ανθρώπινες ασθένειες. Η αφαίρεση αυτή πραγματοποιείται είτε με φυσικό είτε με χημικό τρόπο. Ο σημαντικότερος σκοπός της χρήσης αυτών των συστημάτων είναι η απομάκρυνση του διοξειδίου του θείου (SO₂) από τα καυσαέρια. Η δυνατότητα μείωσης των εκπομπών θείου είναι της τάξης του 98%, δηλαδή ένα επίπεδο τόσο χαμηλό όσο εάν χρησιμοποιηθεί καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιήσουν τόσο φρέσκο νερό αναμεμιγμένο με καυστική σόδα (NaOH) όσο και θαλασσινό νερό.

Επίσης μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές SO_x και αιωρούμενων σωματιδίων με μικρή αύξηση στην κατανάλωση καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως για τις αντλίες που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του νερού. Η διαδικασία καθαρισμού έχει διάφορα στάδια. Στην αρχή μειώνεται η θερμοκρασία των καυσαερίων στους 160 – 180 °C σε ένα εξοικονομητή καυσαερίων. Στη συνέχεια το καυσαέριο κατεργάζεται με ένα ειδικό εκτοξευτήρα όπου ψύχεται περαιτέρω με έγχυση νερού και απομακρύνονται η πλειονότητα

των σωματιδίων αιθάλης στα καυσαέρια. Τέλος το καυσαέριο οδηγείται μέσω ενός αγωγού απορρόφησης, όπου ψεκάζεται με νερό και ως εκ τούτου, καθαρίζεται από το υπόλοιπο διοξείδιο του θείου. Νερό και θείο αντιδρούν για να σχηματίσουν θειικό οξύ, το οποίο εξουδετερώνεται από αλκαλικά συστατικά που βρίσκονται στο θαλασσινό νερό. Στη συνέχεια ειδικά φίλτρα διαχωρίζουν τα σωματίδια από το μίγμα, πριν να οδηγηθεί το καθαρισμένο νερό πίσω στη θάλασσα. Τα στερεά σωματίδια απομακρύνονται από τα αέρια που είναι παγιδευμένα σε μια δεξαμενή καθίζησης ή λάσπης και συλλέγονται για διάθεση στην ξηρά.



Εικόνα 14: Σύστημα Καθαρισμού Καυσαερίων Πλοίου Ανοιχτού Κύκλου Open Wet Scrubbers Πηγή : Lloyd's Register, 2012



Εικόνα 15: Σύστημα Καθαρισμού Καυσαερίων Πλοίου Κλειστού Κύκλου Closed Wet Scrubbers Πηγή: Lloyd's Register, 2012

4.2.9. Μείωση της τριβής και βελτιστοποίηση της μορφής της γάστρας του πλοίου

Η κυριότερη αιτία αύξησης της κατανάλωσης καυσίμου του πλοίου είναι η αντίσταση

λόγω της τριβής. Κατά την διαδικασία κίνησης του πλοίου, δέχεται πληθώρα δυνάμεων, όπως η αντίσταση του αέρα και αντίσταση που φέρει το νερό στο οποίο κινείται το πλοίο, το οποίο μάλιστα έχει δικά του χαρακτηριστικά. Η μείωση αντίστασης τριβής στα πλοία εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, στους οποίους συγκαταλέγεται και το σχήμα των πλοίων. Ουσιαστικά, η μείωση της τριβής μπορεί να επιτευχθεί μέσω κατάλληλης κατασκευής των πλοίων. Ακόμη, η ελάττωση του μήκους συμβάλλει στην μείωση των καμπτικών ροπών, γεγονός που συμβάλλει στην μείωση της απαιτούμενης ροπής αντίστασης με αποτέλεσμα τη μείωση του βάρους κατασκευής. Επισημαίνεται ότι η μείωση του βάρους κατασκευής συμβάλλει αφενός στη μείωση του κόστους κατασκευής και αφετέρου στην αύξηση του ωφέλιμου φορτίου. Υπό αυτήν την έννοια, παράγοντες κατασκευαστικοί και λειτουργικοί μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση αντίστασης τριβής στα εμπορικά πλοία. Η μορφή της γάστρας ενός πλοίου αποτελεί βασικό δεδομένο για την σχεδίαση και την λειτουργία του, έτσι η ευστάθεια του, η αντίσταση του η συμπεριφορά του σε κυματισμούς καθώς και άλλες ιδιότητες του συνδέονται άμεσα με την μορφή της γάστρας του. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες καινοτόμες προτάσεις για την βελτιστοποίηση της μορφής της γάστρας των πλοίων που έχουν ως συνέπεια την μείωση κατανάλωσης καυσίμου. Πέρα από τις βασικές μορφές πλήρης με τις οποίες κατασκευάζονται τα σύγχρονα πλοία, πρόσφατα αναπτύχθηκε η πλήρη “Leadge” (Leading Edge) η οποία είναι βέλτιστης διαμόρφωσης. Στη συγκεκριμένη πλήρη η απαιτούμενη ισχύ πρόωσης είναι κατά 4% μικρότερη από μια συμβατική πλήρη (Τσελέντης, 2009).

Το κόστος των καυσίμων είναι ένα σημαντικό μέρος του κόστους λειτουργίας οποιουδήποτε πλοίου και έτσι ο σχεδιαστής θα προσπαθήσει να ελαχιστοποιήσει την ισχύ που απαιτείται για την επίτευξη της ταχύτητας υπηρεσίας. Για να μειωθεί η αντίσταση τριβής, βρίσκεται υπό ανάπτυξη μια νέα τεχνολογία: η εκτόξευση μικρό-φουσαλίδων, δηλαδή φουσαλίδες αέρα που εκτοξεύονται κάτω από την πλήρη του πλοίου και διατρέχουν όλο τον πυθμένα δημιουργώντας ένα κενό ανάμεσα στο κύτος και το οριακό στρώμα νερού, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση καυσίμου κατά περίπου 10%. Η ροή του νερού είναι με κατεύθυνση από τα αριστερά προς τα δεξιά. Μια μονάδα παραγωγής φουσαλίδων η οποία βρίσκεται σε σύνδεση με μια δεξαμενή νερού, παράγει αρχικά τις φουσαλίδες. Στην συνέχεια τις διοχετεύει μέσω ακροφυσίων σε μια συσκευή εκτόξευσης η οποία είναι τοποθετημένη στον πυθμένα του πλοίου. Οι φουσαλίδες εξερχόμενες, δημιουργούν ένα κενό ανάμεσα στον πυθμένα του πλοίου και το οριακό στρώμα νερού όπως έχουμε αναφέρει, με αποτέλεσμα της μείωση της τριβής και κατά συνέπεια της κατανάλωσης καυσίμου (Τσελέντης, 2009).

4.2.10. Πλοία με κοιλότητες αέρα ACS (Air cavity ships)

Τα πλοία με κοιλότητες αέρα (Air cavity ships ή ACS) επιτυγχάνουν την αξιοποίηση του αέρα ώστε να μειωθεί η αντίσταση τη στιγμή που το πλοίο σύρεται στο νερό και τις αντιστάσεις τριβής της γάστρας. Η συγκεκριμένη μέθοδος περιλαμβάνει την παροχή αέρα μια κοιλότητα ειδικά σχεδιασμένη στα κάτω μέρους του πλοίου με την οποία μειώνεται αποτελεσματικά η βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας και η αντίσταση από τις τριβές της επιφάνειας του κύτους (Kristensen, 2012). Η ιδέα για την έρευνα στη μείωση της οπισθέλκουσας δύναμης από τις τριβές προτάθηκε με μικρή επιτυχία από τους Laval και Froude τον 19ο αιώνα, αλλά σημαντική ήταν η συμβολή με έρευνες και εφαρμογές τη δεκαετία του 1960 από το Ερευνητικό Ινστιτούτο στην Αγία Πετρούπολη του Butuzov και αργότερα του I. Matveev ενώ πιο πρόσφατες έρευνες πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ, την Ιαπωνία, την Κορέα και την Αυστραλία (Kristensen, 2012).

Τα Air cavity ships, είναι προηγμένες κατασκευές σκαφών. Όπως αναφέραμε χρησιμοποιούν τον αέρα που εγχέεται κάτω από τον πυθμένα και μειώνουν σημαντικά η βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνονται τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του σκάφους και ως αποτέλεσμα μειώνεται η υδροδυναμική του αντίσταση, ώστε σε αρκετά υψηλή ταχύτητα και με κατάλληλες γραμμές στη γάστρα, το πλοίο μπορεί να γλιστράει πάνω από την επιφάνεια του νερού. Σύμφωνα με υπολογισμούς, για τους μηχανισμούς που παρέχουν τον αέρα στην κοιλότητα αέρα έχουν απαιτήσεις ισχύος οι οποίες είναι συνήθως λιγότερες από το 3% της συνολικής ισχύος του πλοίου και το όνομα του τύπου των πλοίων που σχεδιάζονται με αυτό τον τρόπο είναι τα ACS. Το φαινόμενο της δημιουργίας ενός στρώματος αέρα στη βυθισμένη επιφάνεια ονομάζεται τεχνητή σπηλαιώση ή λίπανση με αέρα. Στην αρχή, η ιδέα να μειωθεί η υδροδυναμική αντίσταση του σκάφους ενώ κινείται μέσα στο νερό βρήκε εφαρμογή στα ταχύπλοα σκάφη. Αργότερα όμως επεκτάθηκε σε πλοία που και στα πιο αργά πλοία όπως τα δεξαμενόπλοια και τα φορτηγά έχοντας διαφορετική διάταξη στις κοιλότητες του αέρα. Επειδή αυτά τα πλοία έχουν μεγαλύτερο μέγεθος και μεγαλύτερο βάρος χρειάζονται αρκετές κοιλότητες αέρα διαμορφωμένες στο κάτω μέρος τους πλοίου, ενώ η αξιοποίηση αυτής της τεχνολογίας πραγματοποιείται ιδανικά όταν πλοίο κινείται σε ήρεμη θάλασσα. Σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες το ACS δεν είναι τόσο αποτελεσματικό εξαιτίας της μεγαλύτερης υδροδυναμικής αντίστασης λόγω των κυμάτων. Οι έρευνες και οι εφαρμογές της τεχνολογίας ACS μας έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα πως η τεχνολογία αυτή οδηγεί σε μείωση της τριβής του πλοίου σε ποσοστό 10% που με τη σειρά

προσφέρει εξοικονόμηση καυσίμου της τάξης του 10% με 15% για τα δεξαμενόπλοια και τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου ενώ το ποσοστό στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων κυμαίνεται λίγο κάτω από το 10%. Στην περίπτωση που η τεχνολογία ACS συνδυαστεί με πιο αποδοτικές προπέλες και συστήματα πλοήγησης αλλά κάνει και χρήση των θερμικών αποβλήτων η εξοικονόμηση του καυσίμου και συνεπώς η μείωση των εκπομπών CO₂ μπορεί να φτάσει μέχρι και το 30% (Kristensen, 2012).

4.2.11. Βελτιώσεις στην απόδοση της έλικας

Με το πέρασμα του χρόνου έχει κάνει την εμφάνιση της καινούρια ποικιλία σχεδίων για προπέλες, με το κάθε σχέδιο να έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, καθώς και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Χάρη στην χρήση νέων τεχνολογιών όπως επίσης και εμπειρικά το καθένα από αυτά τα σχέδια έχει τελειοποιηθεί με τον κάθε κατασκευαστή ή πλοιοκτήτρια εταιρεία να έχει τη δική της προτίμηση για τον ποιο τύπο προπέλας θα χρησιμοποιήσουν κρίνοντας την επιλογή τους κυρίως με την ανάλογα με την εξοικονόμησης καυσίμου σε κάθε τύπο. Η έρευνα και η αναζήτηση αποδοτικότερων σχεδίων έχει δημιουργήσει πιο σύνθετους τύπους προπελών που αντικαθιστούν του συμβατικούς τύπους συμβάλλοντας στην μείωση της ταχύτητας του πλοίου και της κατανάλωσης καυσίμου (Kristensen, 2012). Οι Προπέλες Σταθερού Βήματος (FPP Fixed Pitch Propellers), που αφορούν βελτιώσεις των συμβατικών προπελών δεν παρουσιάζουν μεγάλες δυσκολίες στην κατασκευή τους. Η χρήση τους γίνεται σε διάφορα μεγέθη καθώς καλύπτουν τις ανάγκες πρόωσης μικρών σκαφών μέχρι μεγάλων δεξαμενόπλοιων (Kristensen, 2012).

Οι βελτιώσεις στις προπέλες σταθερού βήματος είναι οι (Kristensen, 2012):

α) Η Προπέλα Boss Cap Fins (PBCF): η εφαρμογή της ξεκίνησε περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 1980 η εγκατάσταση της γίνεται πολύ εύκολα με τον ίδιο τρόπο που εγκαθίσταται το καπάκι της προπέλας. Είναι πολύ μικρά πτερύγια η εφαρμογή των οποίων γίνεται στο καπάκι της προπέλας. Η κατασκευή είναι από το ίδιο υλικό ή κατασκευάζεται από την αρχή καπάκι με πτερύγια. Αυτού του είδους οι προπέλες αναπτύχθηκαν από κοινού από τις εταιρίες West Japan Fluid Engineering Laboratory Co.Ltd, Mitsui OSK.Lines και Mikado Propeller Co.Ltd και έχει γίνει τοποθέτηση του σε πλοία της Mitsui OSK Lines. Σύμφωνα με μετρήσει σε παραπάνω από 60 πλοία υπολογίζεται πως το όφελος της εξοικονόμησης καυσίμου ανέρχεται στο 5% ενώ η αύξηση της ταχύτητα το 2%. Χάρη στην εφαρμογή των πτερυγίων με την ροή του νερού δημιουργείται γύρω από την προπέλα δίνη στην πλήμνη και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση της ενέργειας. Δύο ακόμα οφέλη είναι πως ο

θόρυβος της προπέλας είναι μικρότερος, ενώ λιγότερες είναι επίσης και οι δονήσεις στην πρύμνη.

β) Οι προπέλες τύπου Kappel: από οικονομικής άποψης, σε σχέση με τις συμβατικές προπέλες το κόστος παραγωγής αυτής της προπέλας είναι μεγαλύτερο κατά 20% ωστόσο το κέρδος η χρήση προπελών τύπου Karpe; προσφέρει εξοικονόμηση καυσίμου της τάξης του 7% σε σύγκριση με τις συμβατικές. Επίσης σύμφωνα με μελέτες που ολοκληρώθηκαν το 2002 η χρήση προπελών τύπου Kappel βοηθά στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενώ με την ανάπτυξη των πτερυγίων της αυξάνεται η αποδοτικότητα και επιτυγχάνεται μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

γ) Οι προπέλες Ducted: η απόδοση της συγκεκριμένης προπέλας αυξάνεται ανάλογα με τη φορτία της. Η βελτίωση που μπορεί να επιτύχει στην εξοικονόμηση κυμαίνεται μεταξύ 1% και 5% σε σύγκριση με μια ανοικτού τύπου προπέλα. Ουσιαστικά είναι ένα σύστημα προπέλας με δύο μέρη, ένα δακτυλιοειδή αγωγό που έχει και την προπέλα που βρίσκεται στο εσωτερικό του αγωγού. Ο σκοπός του αγωγού είναι η μείωση των δυνάμεων πίεσης που ασκούνται στο κύτος του πλοίου αλλά παράλληλα η προπέλα προστατεύεται από ζημιές.

Από την άλλη υπάρχουν οι αντίθετα περιστρεφόμενες προπέλες (Contra Rotating Propellers). Πρόκειται για ένα σύστημα πρόωσης με δύο προπέλες οι οποίες βρίσκονται αντίθετα τοποθετημένες η μία από την άλλη και είναι σε θέση να βελτιώσει την απόδοση του πλοίου. Αυτός ο τύπος προπελών έχει εγκατασταθεί με τροποποιήσεις διαφορετικές ανά περίπτωση σε μεγάλα πλοία όπως το RO/RO Ferries, μεγάλα Container Ships, LNG Carriers και σε Ερευνητικά Σκάφη για την εγκατάσταση Offshore/Deepsea Floating Platforms που απαιτούν δυναμική τοποθέτηση (Τσελέντης, 2009).

Τα κύρια οφέλη των αντίθετα περιστρεφόμενων προπελών είναι ότι ανακτούν την απώλεια ενέργειας εξαιτίας της περιστροφής της προπέλας χάρη στην μιας προπέλας με ανάποδη περιστροφή και προσφέρει βελτίωση στην απόδοση της πρόωσης της τάξης του 10% με 15%. Το όφελος είναι σημαντικό στη βελτίωση της αποδοτικότητας καθώς οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου και όλη η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην ανάκτηση μέρους της απώλειας ενέργειας από την πίσω προπέλα στο δημιουργούμενο ρεύμα λόγω της περιστρεφόμενης μπροστά προπέλας η περιστροφή των οποίων γίνεται στον ίδιο οριζόντιο άξονα χωρίς να είναι άμεσα συνδεδεμένες (Τσελέντης, 2009).

4.2.12. Πρόωση AZIPOD

Ένα από τα παλαιότερα συστήματα πρόωσης που με την τεχνολογική εξέλιξη έχει βελτιωθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια είναι το σύστημα Azipod. Η ανάπτυξη του συστήματος Azipod είχε αρχικά ξεκινήσει τη δεκαετία του 1980 ώστε να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες των πλοίων που ταξίδευαν σε περιοχές με πάγους. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η ηλεκτρική, μηχανική, και υδροδυναμική βελτίωση του συστήματος Azipod έχει οδηγήσει στη δημιουργία ενός βέλτιστου τυποποιημένου προϊόντος. Ο κινητήρας του συστήματος Azipod είναι ηλεκτρικός και στον άξονα του είναι απευθείας εγκατεστημένη η προπέλα. Η τοποθέτηση του συστήματος Azipod γίνεται ως ενιαία ομάδα με το σύστημα διεύθυνσης ενώ η τροφοδότηση της ισχύος γίνεται μέσω ολισθαίνοντος δακτυλίου που του δίνει τη δυνατότητα να περιστρέφεται 360 μοίρες. Ένας εναλλακτικός τρόπος είναι η τοποθέτηση μίας σταθερής συσκευής πρόωσης χωρίς την μονάδα διεύθυνσης. Ο ηλεκτρικός κινητήρας του συστήματος Azipod ελέγχεται από έναν μετατροπέα συχνότητα παρέχοντας του πλήρη ροπή ενώ σε όλο το φάσμα των στροφών η ταχύτητα του μεταβάλλεται ομαλά και συνεχόμενα. Αν λάβουμε υπόψη την έλλειψη συστήματος οδοντωτών τροχών και το γεγονός πως δεν υπάρχουν απώλειες από μηχανική μετάδοση της ισχύος τα συστήματα Azipod έχουν πιο υψηλή αποδοτικότητα από άλλα συστήματα πρόωσης (Kristensen, 2012).

Όπως περιγράφεται και στην εικόνα η τροφοδότηση του συστήματος Azipod γίνεται μέσω μετασχηματιστών και μετατροπέων. Ο κινητήρας του Azipod θέτει σε λειτουργία τις ηλεκτρογεννήτριες οι οποίες συνδέονται με τον κεντρικό ηλεκτρικό πίνακα και η ηλεκτρική ενέργεια μαζί με την μονάδα διανομής της αποτελείται από περισσότερους του ενός κινητήρες μεσαίας ή υψηλής ταχύτητας, ντίζελ ή φυσικού αερίου. Από αυτή την μονάδα παραγωγής ενέργειας γίνεται τροφοδότηση όλων των φορτίων που περιλαμβάνουν όχι μόνο την πρόωση του πλοίου αλλά και τα βοηθητικά συστήματα.

4.2.13. Χρήση πυρηνικής ενέργειας

Η πυρηνική ενέργεια στη ναυτιλία χρησιμοποιείται από τα μέσα της δεκαετίας του 1950, ωστόσο η ύπαρξη μη πολεμικών πλοίων που κάνουν χρήση της πυρηνικής ενέργειας ως μέσο πρόωσης δεν είναι τόσο γνωστή. Το πρώτο μη πολεμικό πλοίο που έκανε χρήση της πυρηνικής ενέργειας ήταν το Σοβιετικό παγοθραυστικό «Λένιν» (1959). Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι σχετικές μελέτες εφαρμογής επέκτασης της πυρηνικής ενέργειας ως μέσον πρόωσης εμπορικών πλοίων ξεκίνησαν πολλές Χώρες (π.χ. Γερμανία, Κίνα, Αμερική) (Τσελέντης, 2008).

Η λειτουργία του πυρηνικού αντιδραστήρα που εγκαθίσταται σε ένα πλοίο με σκοπό την δημιουργία ενέργειας για την πρόωση του βασίζεται στην πυρηνική σχάση, όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του πυρήνα ενός ατόμου για την παραγωγή περισσότερων μικρότερων πυρήνων και σε μερικά ελεύθερα παραπροϊόντα σωμάτια. Η διάσπαση του ατόμου έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή θερμικής ενέργειας και την εκπομπή ακτινοβολίας γ . Τα στοιχεία του πυρήνα έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής ώστε ο ανεφοδιασμός ενός πλοίου να είναι απαραίτητος μια φορά περίπου κάθε δέκα χρόνια. Έτσι τα πλοία με πυρηνικό αντιδραστήρα όπως και τα ιστιοφόρα είναι ανεξάρτητα από τις ιδιαιτερότητες στην προμήθεια των καυσίμων σε κάθε λιμάνι εξαλείφοντας σε μεγάλο βαθμό την δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία πετρέλευσης στη λειτουργική διάρκεια της ζωής ενός πλοίου. Παρότι το κόστος να κατασκευαστούν τα πυρηνικά στοιχεία του καυσίμου είναι μεγάλο, μακροπρόθεσμα είναι μικρότερο από το κόστος που συνολικά απαιτείται ώστε να γίνει παραγωγή ίσης ποσότητας ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Μια μικρή ποσότητα πυρηνικών καυσίμων παρέχει ενέργεια ισοδύναμη με εκατομμύρια φορές την ποσότητα άνθρακα ή πετρελαίου. Σε συνδυασμό με το χαμηλότερο κόστος καυσίμου, τις μηδενικές σχεδόν εκπομπές ρύπων και την εξάλειψη των ανησυχιών σχετικά με την ασφάλεια του πληρώματος η τάση για προσανατολισμό προς την χρησιμοποίηση της πυρηνικής ενέργειας στα πλοία βρίσκει όλο και περισσότερους υποστηρικτές. Ξεκινώντας από το πρωτοβάθμιο σύστημα, αποτελούμενο από τις αντλίες, τον αντιδραστήρα και την μονάδα παραγωγής του ατμού, η θερμότητα που εκπέμπει ο πυρηνικός αντιδραστήρας χρησιμοποιείται ώστε να θερμανθεί το νερό το οποίο προκειμένου σε αυτό το σημείο να μην ατμοποιηθεί κυκλοφορεί με μεγάλη πίεση στα στοιχεία που περιβάλλουν το πυρηνικό αντιδραστήρα. Εν συνεχεία το θερμαινόμενο νερό πηγαίνει στα στοιχεία της μονάδας παραγωγής του ατμού και εκεί μεταδίδει την θερμότητα στο νερό που έχει χαμηλότερη θερμοκρασία. Το νερό αυτό δεν αναμιγνύεται επειδή κυκλοφορεί εξωτερικά των στοιχείων και έτσι επιστρέφει πίσω στον αντιδραστήρα για να αναθερμανθεί. Χάρη στην μετάδοση της θερμότητας γίνεται ατμοποίηση του νερού που είναι εξωτερικά των στοιχείων και αυτός ο ατμός παρέχεται στο δευτεροβάθμιο σύστημα. Στο δευτεροβάθμιο σύστημα ο αμοστροβίλος κάνει χρήση αυτή της τεράστιας ποσότητας ατμού που προέρχεται από το πρωτοβάθμιο σύστημα και συνδέεται με το σύστημα κίνησης της προπέλας και της στροβιλογεννήτριας για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Στη μονάδα παραγωγής ατμού συμπυκνώνονται και επιστρέφουν αργότερα οι εξατμίσεις των αμοστροβίλων σαν νερό που βοηθάει στην τροφοδοσία, από την ηλεκτρική ενέργεια που θα παραχθεί, όση απομείνει θα αποθηκευτεί σε μπαταρίες ώστε σε περίπτωση που χρειαστεί να γίνει χρήση της καλύπτοντας μέρος των ενεργειακών αναγκών

του πλοίου. Το δευτεροβάθμιο σύστημα, είναι αποτελούμενο από τον κύριο αμοστρόβιλο, την ηλεκτρογεννήτρια που κινείται από αμοστρόβιλο, τη συσκευή συμπίκνωσης των εξατμίσεων ατμού, τους μειωτήρες με το σύστημα της κίνησης προς την προπέλα, και τις αντλίες που τροφοδοτούν τη μονάδα παραγωγής ατμού (Cullinane & Cullinane, 2013). Φυσικά η απρόσκοπτη και αποτελεσματική λειτουργία του αντιδραστήρα εξαρτάται από την ποιότητα, την αντοχή και τη σταθερότητα των τμημάτων του. Για αυτό το λόγο τα πλοία που κατασκευάζονται και κάνουν χρήση πυρηνικής ενέργειας ναυπηγούνται με προηγμένη και ασφαλή τεχνολογία, με μεγάλα χυτά προστατευτικά του αντιδραστήρα, ώστε να καλύπτει τον σκεπτικισμό και την κριτική που έχει γίνει κατά καιρούς σχετικά με την ασφάλεια των πληρωμάτων και τον περιβαλλοντικό κίνδυνο (Cullinane & Cullinane, 2013).

4.2.14. Υφαλοχρώματα

Η ρύπανση των υφάλων των πλοίων είναι ένα από τα προβλήματα που απασχολούν την ναυτιλία. Η ρύπανση προκαλείται από την από την προσκόλληση σε αυτά φυτικών και ζωικών οργανισμών. Η διαδικασία της επικάθισης στα ύφαλα των πλοίων επιτείνει τη διάβρωση στην περιοχή των υφάλων, ελαττώνει την ταχύτητα πλεύσης του πλοίου (σε ποσοστό ως και 40% μέσα σε διάστημα ενός χρόνου) αυξάνει σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου, τις ατμοσφαιρικές εκπομπές και την Διάβρωση του μεταλλικού περιβλήματος του πλοίου. Ακόμα κι όταν τα πλοία δεξαμενισθούν, καθαριστούν και ξαναβαφτούν τα ύφαλα τους με κατάλληλα χρώματα, θα έχουν χάσει ήδη οριστικά ένα 7-14% της αρχικής τους ταχύτητας. Αυτό γίνεται επειδή η καταργηθείσα και ξαναβαμμένη επιφάνεια δεν μπορεί να επανακτήσει πλήρως την αρχική λειότητα της. Παρά την αποτελεσματικότητά τους από τεχνική και οικονομική άποψη, τα χρησιμοποιούμενα αντιρρυπαντικά υφαλοχρώματα λόγω της τοξικότητάς τους δημιουργούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Για αυτό το λόγο απαιτούνται νέα υλικά και τεχνικές για μια λύση συμβατή με την προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος. Μια από αυτές τις προσπάθειες για να αποφευχθεί η ρύπανση της γάστρας γίνεται με την χρήση των αντιρρυπαντικών χρωμάτων. Πρόκειται για ειδικά χρώματα γάστρας που μειώνουν την πιθανότητα ανάπτυξης οργανισμών στα ύφαλα του πλοίου. Τα υφαλοχρώματα είναι προστατευτικά χρώματα με τα οποία βάφονται τα ύφαλα των πλοίων και έχουν στόχο να αποτρέπουν την επικάθιση διαφόρων φυκιών, οστράκων και άλλων θαλάσσιων οργανισμών. Από τη δεκαετία του 1970 ξεκίνησε η ευρεία χρήση οργανοκασσιτερικών ενώσεων, κυρίως του ισχυρού βιοκτόνου Tributyltin (TBT) ως πρόσθετο σε υφαλοχρώματα πλοίων. Δυστυχώς όμως, η ουσία αυτή διαφεύγει από τα υφαλοχρώματα και διασπείρεται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Με αυτό τον τρόπο

συσσωρεύεται στα ιζήματα του βυθού, ιδιαίτερα σε περιοχές με μεγάλη κίνηση πλοίων όπως τα λιμάνια. Έτσι από το 2008 η Διεθνής Σύμβαση για τον Έλεγχο των Επιβλαβών Προστατευτικών Συστημάτων των Υφάλων των Πλοίων (AFS Convention) απαγόρευσε τη χρήση οργανοκασσιτερικών ενώσεων σε υφαλοχρώματα που χρησιμοποιούνται στα πλοία, και επιβάλλει την χρήση νέων εναλλακτικών χρωμάτων, πιθανόν βασισμένων στον χαλκό. Μετά την απαγόρευση των αντιρρυπαντικών χρωμάτων που έχουν βάση τον κασσίτερο ανάγκασε τις ναυτιλιακές εταιρίες να στραφούν στην επιλογή χρωμάτων πιο φιλικών προς το περιβάλλον με τη χρήση νέων υφαλοχρωμάτων που περιέχουν βιοκτόνες οργανικές ενώσεις και έχουν ως κύριο δραστικό στοιχείο τον χαλκό. Εκτός βέβαια από αυτά που περιέχουν βιοκτόνα, υπάρχουν και αντιρρυπαντικά που δεν περιέχουν (BIOCIDE FREE), αν και είναι δύσκολο να παρασκευαστούν (Τσελέντης, 2008). Φιλικά προς το περιβάλλον και σχεδόν αβλαβή, είναι εντελώς διαφορετικά από τα παραδοσιακά επιχρίσματα και ενεργούν μέσω ενός στρώματος φραγής. Μετά την εφαρμογή τους, οι επιφάνειες είναι εξαιρετικά λείες και έτσι διασφαλίζεται ένας πολύ χαμηλός συντελεστής τριβής. Επιπλέον είναι υδρόφοβα και έτσι δεν επιτρέπεται η πρόσφυση θαλάσσιων οργανισμών στις επιφάνειες που εφαρμόζονται. Οι δύο ομάδες που εμφανίζουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, από όλα τα πολυμερή που διατίθενται για τη δημιουργία επιστρωμάτων είναι τα φθοριο-πολυμερή και οι σιλικόνες. Ωστόσο μετά από 3 χρόνια έκθεσης της επιφάνειας στο θαλασσινό νερό, τα biocide free επιστρώματα μπορούν να αποτρέψουν την πρόσφυση θαλάσσιων οργανισμών μόλις στο 20% της εκτεθειμένης επιφάνειας. Για αυτό η χρήση τους είναι αποτελεσματική σε ταχύπλοα με ταχύτητα μεγαλύτερη των 22 κόμβων, διότι σε αυτή την ταχύτητα περίπου το νερό μπορεί να αφαιρέσει τους οργανισμούς που είναι ασθενώς προσκολλημένοι στην επιφάνεια του σκάφους (Cullinane & Cullinane, 2013).

4.3. Εκτίμηση κύκλου ζωής οικολογικού πλοίου

Η εκτίμηση του κύκλου ζωής ενός οικολογικού πλοίου καλύπτει όλες τις διαδικασίες και τις περιβαλλοντικές εκπομπές ξεκινώντας από την εξαγωγή των πρώτων υλών και την παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του μέχρι τη χρησιμοποίηση και την τελική απόσυρση του (Samiotis, Charalampous & Tselentis, 2013). Η αρχή του κύκλου ζωής του πλοίου γίνεται με τις πρώτες ύλες με τις οποίες θα κατασκευαστεί το πλοίο. Το επόμενο στάδιο είναι η διαδικασία ναυπήγησής του. Σε αυτό το σημείο τα περιβαλλοντικά ζητήματα σχετικά με την κατασκευή του πλοίου μπαίνουν σε πρώτο πλάνο μιας και κατασκευαστές εξοπλισμού του πλοίου οφείλουν να συμμορφώνονται με τα αυστηρά περιβαλλοντικά πρότυπα κατά το στάδιο του σχεδιασμού του οικολογικού πλοίου. Στη

συνέχεια γίνεται ο εξοπλισμός του πλοίου με συστήματα τα οποία είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς σχετικά με το περιβάλλον. Σχεδόν το 70% της αξίας του πλοίου είναι ο εξοπλισμός του, γι αυτό και θα πρέπει να διασφαλιστεί πως είναι σύμφωνα με τα πρότυπα ασφαλείας και μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια και αποδοτικά μέσα στο περιβάλλον. Σειρά έχει η τοποθέτηση ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων και ο αντικειμενικός σκοπός του τομέα ναυπήγησης πλοίων είναι να βελτιωθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα κατά 30% βραχυπρόθεσμα. Έχει υπολογιστεί ότι τα πράσινα πλοία μακροπρόθεσμα και ανάλογα με τα χρόνια υπηρεσίας του πλοίου μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή τους αποδοτικότητα κατά 60% (Samiotis, Charalampous & Tselentis, 2013). Το επόμενο στάδιο του κύκλου ζωής ενός πράσινου πλοίου αφορά την ασφάλεια στη θάλασσα. Η εμπειρία που έχει αποκτηθεί από τη ναυπηγική βιομηχανία εδώ και πολλά χρόνια, έχει οδηγήσει στην κατασκευή ολοένα και πιο ασφαλών πλοίων για τα πληρώματα, τους επιβάτες και το περιβάλλον. Στο σχεδιασμό των συστημάτων ασφαλείας του πλοίου πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες όπως παραδείγματος χάριν οι σκληρές καιρικές συνθήκες του θαλάσσιου περιβάλλοντος, Ο ειδικός εξοπλισμός μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό παράγοντα για την αποφυγή ατυχημάτων στη θάλασσα. Επιπλέον μέσω της ανάπτυξης και των συστημάτων ασφαλείας, διασφαλίζεται πως θα ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες ενός ναυτικού ατυχήματος, που θα έχουν ως συνέπεια εκτός από τις απώλειες ζωών και τη θαλάσσια ρύπανση. Στη συνέχεια φυσικά είναι η διαδικασία λειτουργίας του πλοίου στη θάλασσα. Το πλοίο πρέπει να υπόκειται στις τακτικές ετήσιες επιθεωρήσεις αλλά και στην ειδική επιθεώρηση που γίνεται κάθε τέσσερα χρόνια όπου γίνεται και ο δεξαμενισμός του. Η έγκαιρη και σωστή συντήρηση του πλοίου και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς που αφορούν το περιβάλλον, εγγυώνται την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητάς του. Τέλος, εφόσον η ωφέλιμη ζωή του πλοίου παρέλθει, ξεκινά το τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής του. Το στάδιο αυτό είναι το στάδιο της απόσυρσης του πλοίου. Κατά την ανακύκλωση του πλοίου ο σχεδιασμός της γάστρας αλλά και των λοιπών συστημάτων, καθώς επίσης και η επιλογή των υλικών διευκολύνει τη διαδικασία. Τα περισσότερα μέρη του πράσινου πλοίου μπορούν να παραμείνουν χρήσιμα και σε καλή κατάσταση ακόμα και μετά τη διάλυση του πλοίου. Συγκεκριμένα το 98% του πλοίου μπορεί να ανακυκλωθεί, ποσοστό που είναι μεγαλύτερο από άλλα μέσα μεταφοράς όπως για παράδειγμα τα αεροπλάνα στα οποία ένα 60% από το σύνολο του αεροσκάφους είναι ανακυκλώσιμο (Samiotis, Charalampous & Tselentis, 2013).

Κεφάλαιο 5^ο Eco Ports – Περιβαλλοντική Διαχείριση Λιμένων

5.1. Περιβάλλον και λιμάνια

Τα λιμάνια αποτελούν πολύπλοκα συστήματα που διαφέρουν μεταξύ τους στο μέγεθος και το είδος των δραστηριοτήτων. Αυτή η πολυπλοκότητα εκφράζεται και στις αλληλεπιδράσεις των λιμανιών με το περιβάλλον. Η αλληλεπίδραση ξεκινάει με τη δημιουργία κιάλας του λιμανιού, καθώς και με κάθε επέκτασή του, οι οποίες συνεπάγονται απώλεια ενδιαιτημάτων. Εκτός αυτού, στα λιμάνια παρατηρείται, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, σχεδόν κάθε έκφανση υποβάθμισης του περιβάλλοντος, θαλάσσια ρύπανση, ρύπανση της ατμόσφαιρας και της ξηράς και θόρυβος. Διάφορες δραστηριότητες στα λιμάνια αποτελούν πηγή ρυπάνσεως (Baholli et al., 2013):

- κυκλοφορία οχημάτων, συμπεριλαμβανόμενων και χιλιάδων ντιζελοκίνητων φορτηγών που εξυπηρετούν τη διακίνηση των αγαθών,
- λειτουργία εξοπλισμού χειρισμού φορτίων,
- αποθήκευση και χειρισμός χημικών ουσιών,
- εφοδιασμός με καύσιμα των πλοίων, φορτηγών, τρένων και του εξοπλισμού χειρισμού φορτίων,
- απορρίψεις αποβλήτων (π.χ. σεντίνες) από τα πλοία,
- βάνισμο πλοίων και αφαίρεση χρώματος,
- διάλυση πλοίων,
- εκβάθυνση καναλιών.

Παρότι τα λιμάνια ιστορικά συνδέονται με δραστηριότητες βαριάς βιομηχανίας, αναπτύσσονται, για προφανείς λειτουργικούς και οικονομικούς λόγους, κοντά σε κατοικημένες ή/και σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές (π.χ. σε εκβολές ποταμών). Άνθρωποι χαμηλού εισοδήματος, διαβιούν συχνότερα κοντά σε περιοχές με ρυπογόνες δραστηριότητες σε σχέση με ανθρώπους μεσαίου ή υψηλού εισοδήματος. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα μέλη των κοινοτήτων αυτών υποφέρουν συχνότερα από προβλήματα υγείας και η ποιότητα ζωής τους είναι υποβαθμισμένη. Οι κοινότητες δίπλα στα λιμάνια επηρεάζονται σοβαρά από τη βαριά κυκλοφορία οχημάτων, τον θόρυβο και την αέρια ρύπανση που αυτή συνεπάγεται. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι άνθρωποι ενεργοποιούνται οι ίδιοι και προσπαθούν να βελτιώσουν τις συνθήκες του περιβάλλοντός τους, αλλά συνήθως αυτό δεν αρκεί και η

λήψη μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος στα λιμάνια έχει ως ένα πολύ σημαντικό κίνητρο τη βελτίωση της ζωής των ανθρώπων που ζουν γύρω από αυτά (Baholli et al., 2013).

Οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις στα λιμάνια περιλαμβάνουν (Peris-Mora et al., 2005):

- ατμοσφαιρική ρύπανση και εκπομπές στον αέρα από αποθηκευμένα χημικά,
- απώλεια ή υποβάθμιση βιοτόπων,
- καταστροφή της αλιείας,
- απώλεια ενδιαίτηματος τοπικών ειδών που απειλούνται με εξαφάνιση,
- ρύπανση της θάλασσας από απόβλητα και από τα νερά των βρόχινων απορροών,
- μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση,
- ηχορύπανση και φωτορύπανση,
- απώλεια πολιτισμικών πόρων,
- μόλυνση του εδάφους και των νερών από διαρρέουσες δεξαμενές αποθήκευσης και αγωγούς μεταφοράς.

Η σχετική σπουδαιότητα των διαφόρων περιβαλλοντικών προβλημάτων εξαρτάται από το ίδιο το λιμάνι, τη θέση του, το μέγεθός του, το είδος των φορτίων που εξυπηρετεί και γενικότερα τις λειτουργίες του. Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζεται περιληπτικά η ταξινόμηση, σε φθίνουσα σειρά, των δέκα κύριων περιβαλλοντικών προβλημάτων των ευρωπαϊκών λιμανιών όπως προέκυψε από το ερωτηματολόγιο του ESPO (European Sea Ports Organization) το οποίο απαντήθηκε από μεγάλο αριθμό λιμανιών για τα έτη 1996, 2004 και 2009 (Peris-Mora et al., 2005).

Το 1996 η ανάπτυξη του λιμανιού σε σχέση με τη θάλασσα αποτελούσε το σημαντικότερο ζήτημα για τα λιμάνια, ακολουθούμενο από την ποιότητα του νερού και την απόρριψη των υλικών βυθοκόρησης. Αντίθετα, το 2004 τα σκουπίδια και τα απόβλητα του λιμανιού (τα οποία δεν εμφανίζονταν καν στη λίστα το 1996) αποτελούσαν το μείζον πρόβλημα και ακολουθούσε η βυθοκόρηση. Το 2004 εμφανίζονται πρώτη φορά στη λίστα ο θόρυβος (5ο θέμα) και η ποιότητα του αέρα (6ο θέμα), τα οποία το 2009 αποτελούν πλέον τις δύο πρώτες περιβαλλοντικές προτεραιότητες των ευρωπαϊκών λιμανιών. Επίσης, εντυπωσιακό στοιχείο αποτελεί η ποιότητα του νερού, που είναι το δεύτερο σημαντικότερο πρόβλημα το 1996, όμως η σημασία του μειώνεται και δεν εμφανίζεται στη λίστα στις δύο επόμενες έρευνες. Οι αλλαγές

αυτές αντανακλούν την αυξημένη ευαισθητοποίηση για την έκθεση του πληθυσμού γύρω από τα λιμάνια σε τοξικές ουσίες και ηχορύπανση. Επίσης απηχούν τις προτεραιότητες της ευρωπαϊκής νομοθεσίας, οι οποίες εστιάζουν πλέον στη ρύπανση της ατμόσφαιρας και στην ηχορύπανση (οδηγία για τον θόρυβο, 2002/49/EK). Τέλος, δείχνουν τη θέληση των λιμανιών να διατηρήσουν μια καλή δημόσια εικόνα και να λάβουν υπόψη τις απόψεις εμπλεκομένων μερών (Peris-Mora et al., 2005).

5.2. Περιβαλλοντικές πιέσεις στα λιμάνια

5.2.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ρύπανση του αέρα στα λιμάνια (εκπομπές των τοξικών ρύπων SO₂, NO_x, PM κ.λπ.) προκαλείται κυρίως από τις εκπομπές των πλοίων λόγω της καύσης πετρελαίου στις μηχανές εσωτερικής καύσης. Τα πλοία, για λόγους ανταγωνισμού, χρησιμοποιούν το φθηνότερο και πιο ακάθαρμο διαθέσιμο καύσιμο, με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο σε σχέση με το καύσιμο των οδικών μεταφορών. Εκτιμάται ότι το 80% του καυσίμου που καταναλώνεται στη ναυτιλία είναι βαρύ πετρέλαιο (heavy fuel oil) και το υπόλοιπο 20% περιλαμβάνει αποστάγματα (marine diesel oil, marine gas oil). Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται επίσης σε μικρό ποσοστό (OECD, 2011).

Εκτιμάται ότι ο ετήσιος μέσος χρόνος λειτουργίας των ναυτικών μηχανών ανά πλοίο είναι 6.000 ώρες στη θάλασσα με τις προωστήριες μηχανές και τις ηλεκτρομηχανές και 700 ώρες στο λιμάνι με τις ηλεκτρομηχανές μόνο σε λειτουργία (ENTEC, 2005). Επίσης, ο χρόνος ελιγμών μέσα στο λιμάνι ανέρχεται στις 20 ώρες ετησίως. Φαίνεται δηλαδή ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπομπών των πλοίων γίνεται στην ανοιχτή θάλασσα και όχι στο λιμάνι. Βέβαια, για πλοία όπως τα κρουαζιερόπλοια, τα επιβατικά και ορισμένα οχηματαγωγά ο χρόνος στο λιμάνι μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερος (OECD, 2011).

Παρ' όλα αυτά, τα λιμάνια (ιδιαίτερα τα μεγαλύτερα) συνεισφέρουν σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση των παρακείμενων αστικών περιοχών. Έτσι, αναφέρεται ότι στα λιμάνια του Λος Άντζελες και του Λονγκ Μπιτς της Νότιας Καλιφόρνιας εκπέμπονται καθημερινά 128 τόνοι NO_x σε σύγκριση με 101 τόνους που εκπέμπουν τα 6 εκ. αυτοκίνητα της περιοχής (Sharma, 2006). Στην Ελλάδα, για το επιβατικό λιμάνι του Πειραιά εκτιμήθηκε ότι οι εκπομπές των NO_x, SO₂ και PM από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα αποτελούσαν αντίστοιχα το 6,3%, 56,9% και 14,7% των συνολικών εκπομπών στην ευρύτερη περιοχή των

Αθηνών (Tzannatos, 2010). Η μεγάλη συνεισφορά του λιμανιού του Πειραιά σε SO₂ οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα των ναυτιλιακών καυσίμων σε θείο (0,1-1% ή 1.000-10.000 ppm) σε σύγκριση με την περιεκτικότητα σε θείο του πετρελαίου κίνησης (10 ppm).

Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων στον χώρο των λιμανιών είναι συγκεντρωμένες σε μικρή έκταση (σε σχέση με τις σχετικές εκπομπές στην ανοιχτή θάλασσα) και συνεπώς υψιλότερες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα, άρα και μεγαλύτερη έκθεση του πληθυσμού. Έτσι, οι επιπτώσεις σε τοπικό επίπεδο είναι σημαντικές, καθώς για παράδειγμα το 80% των πλοίων στη Νορβηγία κινούνται σε απόσταση μικρότερη των 200 ν.μ. από την ξηρά. Επίσης, 74% των πλοίων με λιβεριανή σημαία συμμετέχουν σε παράκτια ναυτιλία.

Εκτός από τα πλοία, σημαντική συνεισφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση στα λιμάνια έχουν και οι εκπομπές των χερσαίων μεταφορικών μέσων (αυτοκίνητα, φορτηγά, τρένα) (Bailey et al., 2004). Ειδικά στα λιμάνια συνεισφέρει σημαντικά σε αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα η διαχείριση και η αποθήκευση χύδην ξηρών φορτίων (Παρδάλη-Λαΐνου, 1996). Τα χύδην ξηρά φορτία, όπως το κάρβουνο, το σιδηρομέταλλευμα κ.λπ., αποθηκεύονται σε ανοιχτά μέρη, με αποτέλεσμα να δημιουργείται σκόνη. Έχει υπολογιστεί και γίνεται αποδεκτό από τους μεταφορείς ότι κατά τη μεταφορά και τον χειρισμό τέτοιων φορτίων το 1% της κυκλοφοριακής ροής χάνεται από τον παραγωγό στον τελικό προορισμό (Παρδάλη- Λαΐνου, 1996). Λαμβάνοντας υπόψη τις τεράστιες ποσότητες που μεταφέρονται παγκοσμίως, η ποσότητα που χάνεται είναι υπολογίσιμη. Η παραγόμενη σκόνη στα λιμάνια μπορεί να είναι επιζήμια για την υγεία των κατοίκων της περιοχής. Σε πολλά μεγάλα λιμάνια, σήμερα, οι εργασίες χειρισμού των χύδην ξηρών φορτίων απαιτούν ειδικό δαπανηρό εξοπλισμό για τον έλεγχο της σκόνης.

Ορισμένες γενικές κατευθύνσεις για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα λιμάνια περιλαμβάνουν:

- αντικατάσταση των παλιότερων ρυπογόνων οχημάτων, εξοπλισμού και σκαφών με νεότερα, καθαρότερα μοντέλα,
- αλλαγή των μηχανών του μηχανοκίνητου εξοπλισμού με σημαντική ωφέλιμη ζωή με καθαρότερες, καινούριες μηχανές,
- χρήση συστημάτων καθαρισμού των καυσαερίων στις εξατμίσεις,
- χρήση των καθαρότερων δυνατών καυσίμων σε κάθε περίπτωση,

- μείωση του χρόνου που οι μηχανές δουλεύουν στο ρελαντί, μια πρακτική που σπαταλάει καύσιμα και ρυπαίνει,
- ενέργεια από την ξηρά για τις ηλεκτρομηχανές των πλοίων.

Οι επιπτώσεις των τοξικών ατμοσφαιρικών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία και στα χερσαία οικοσυστήματα είναι μεγαλύτερες όταν εκπέμπονται κοντά σε παράκτιες περιοχές ή στα λιμάνια σε σχέση με την ανοιχτή θάλασσα, διότι φτάνουν ευκολότερα σε κατοικημένες περιοχές. Για τον λόγο αυτό ο IMO (με την καθιέρωση των ECAs) και η ΕΕ (με διάφορες οδηγίες σχετικά με τα λιμάνια) θέτουν αυστηρότερα όρια εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων σε ορισμένες από τις περιοχές αυτές, που έχουν και τη μεγαλύτερη επιβάρυνση.

5.2.2. Απόβλητα πλοίων

Τα απόβλητα των πλοίων περιλαμβάνουν τα λύματα και τα απορρίμματα από την καθημερινή λειτουργία των πλοίων. Τα Παραρτήματα IV και V της MARPOL ρυθμίζουν τις απορρίψεις των αποβλήτων αυτών. Επίσης περιλαμβάνουν ακάθαρτο έρμα και υπολείμματα δεξαμενών φορτίου, απόβλητα από φιλτράρισμα πετρελαίου κίνησης και σεντίνες. Τα Παραρτήματα I και II της MARPOL ρυθμίζουν τις απορρίψεις των αποβλήτων αυτών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αν το πλοίο αποβάλει τα απόβλητα αυτά στα νερά του λιμανιού, η ρύπανση που θα προκληθεί απαιτεί διαδικασίες καθαρισμού οι οποίες είναι ακριβές και συνήθως δεν είναι απολύτως αποτελεσματικές. Για τον λόγο αυτό τα λιμάνια απαιτείται να διαθέτουν κέντρα υποδοχής καταλοίπων ή τις λεγόμενες εγκαταστάσεις υποδοχής (reception facilities), στις οποίες τα πλοία παραδίδουν τα απόβλητα που δεν επιτρέπεται να απορρίψουν στην θάλασσα.

5.2.3. Ηχορύπανση

Ο θόρυβος αποτελεί τη σημαντικότερη σύγχρονη προτεραιότητα στα ευρωπαϊκά λιμάνια. Ο θόρυβος στα λιμάνια προέρχεται από πολλές πηγές: μηχανές πλοίων, γερανοί, ελκυστήρες και φορτηγά. Η όχληση που προκαλεί εξαρτάται από παράγοντες όπως η ένταση και η συχνότητά του, η απόσταση του λιμανιού από τις κατοικημένες περιοχές, η τοπογραφία της περιοχής και η μετεωρολογία (π.χ. κατεύθυνση του ανέμου). Ο θόρυβος των λιμανιών είναι γενικά λιγότερο ενοχλητικός, συγκρινόμενος με τον αεροπορικό θόρυβο ή τον θόρυβο από τα οχήματα στους δρόμους των πόλεων (OECD, 2011). Επιπλέον, στα λιμάνια εκπέμπονται ήχοι χαμηλής συχνότητας που παράγονται από σκάφη καθώς ταξιδεύουν στη θάλασσα. Οι ήχοι

αυτοί μπορούν να ταξιδέψουν πολύ μακριά και να επηρεάσουν θαλάσσια θηλαστικά που χρησιμοποιούν τον ήχο για να επικοινωνούν μεταξύ τους, όπως οι φάλαινες (Bailey et al., 2004).

Τα μέτρα για την αντιμετώπιση του θορύβου στα λιμάνια περιλαμβάνουν ηλεκτρικά οχήματα και μηχανές, ενέργεια από την ξηρά για τις ηλεκτρομηχανές των πλοίων, οικολογική οδήγηση και χαμηλότερα όρια ταχύτητας, ειδικούς ασφαλοτάπητες και ηχοπετάσματα (OECD, 2011). Πολλά λιμάνια, όπως για παράδειγμα του Ρότερνταμ και του Λος Άντζελες / Λονγκ Μπιτς ενεργοποιούνται σε προγράμματα για την καταπολέμηση του θορύβου και των δονήσεων από τα πλοία και τα μηχανικά μέσα και αυτό αποτελεί βασική προϋπόθεση ώστε να συνυπάρχουν μαζί με παρακείμενες δραστηριότητες κατοικίας ή αναψυχής ή να μπορέσουν να επεκταθούν (OECD 2011).

5.2.4. Χρήσεις γης

Τα λιμάνια καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις στην ξηρά και τη θάλασσα. Πολύ συχνά είναι χωροθετημένα δίπλα σε αστικές ή ευαίσθητες οικολογικά περιοχές (π.χ. εκβολές ποταμών). Το χωρικό τους αποτύπωμα στην ξηρά περιλαμβάνει υποδομές δρόμων και σιδηροδρόμων, αποθήκες και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το μέγεθος των πλοίων συνεχώς αυξάνεται, συνεπώς οι αρχές των λιμένων θα πρέπει να παρέχουν αποβάθρες που θα εξυπηρετούν πλοία μεγαλύτερου μήκους και βυθίσματος και τερματικούς σταθμούς που θα φιλοξενούν τεράστιες ποσότητες αγαθών και προϊόντων (OECD, 2011).

Η εγκατάσταση και επέκταση των λιμανιών στις παράκτιες ζώνες δημιουργεί συγκρούσεις αναφορικά με τις χρήσεις γης. Στην Ευρώπη, τα σχέδια επέκτασης των λιμανιών συχνά συγκρούονται με την ανάγκη διατήρησης και προστασίας των οικοσυστημάτων που εκφράζεται από το δίκτυο Natura 2000 και τις Οδηγίες για τα Άγρια Πτηνά (2009/147/EK) και για τους Οικοτόπους (92/43/EOK). Ο οργανισμός ESPO εξέδωσε για τον σκοπό αυτό τον Κώδικα Πρακτικής για τις Οδηγίες για τα Άγρια Πτηνά και τους Οικοτόπους (ESPO, 2006).

Ένα χρήσιμο εργαλείο για την επίλυση των συγκρούσεων σε τέτοιες περιπτώσεις είναι η ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών, η οποία δεν εστιάζει μόνο στην προστασία της φύσης, αλλά λαμβάνει υπόψη της και την οικονομική ανάπτυξη, φιλοδοξώντας να συγκεράσει τα δύο αυτά στοιχεία σε ένα πλαίσιο βιωσιμότητας. Η τάση αυτή εκφράζεται στο ευρωπαϊκό δίκαιο με την πολύ πρόσφατη οδηγία για τον θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό

(οδηγία 2014/89/ΕΕ) και την οδηγία-πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική (οδηγία 2008/56/ΕΚ).

Εκτός από τις πιέσεις στα οικοσυστήματα, τα λιμάνια μπορεί να απειλούν την αστική ανάπτυξη, καθώς επιχειρούν επεκτάσεις προς γειτονικές συνεκτικές αστικές περιοχές, ή αντιστρόφως να περιορίζεται η ανάπτυξή τους από την αστική επέκταση παρακείμενων πόλεων (OECD, 2011). Για την επίλυση του θέματος, ορισμένα λιμάνια επεκτάθηκαν προς τη θάλασσα και άλλα μετεγκαταστάθηκαν σε νέες τοποθεσίες, μακριά από τις πόλεις. Οι παλιές εγκαταστάσεις τους αποκαταστάθηκαν και δόθηκαν σε νέες αστικές χρήσεις, όπως χώροι αναψυχής και κατοικίας (π.χ. Λονδίνο, Νέα Υόρκη, Βοστώνη, Σαν Φρανσίσκο, Γκέτεμποργκ, Όσλο).

Θα πρέπει να τονιστεί ότι πριν δοθεί σε νέες χρήσεις μια λιμενική περιοχή είναι σημαντικό να γίνεται εκτίμηση της υφιστάμενης ρύπανσης/μόλυνσης των νερών και του εδάφους από τις λιμενικές δραστηριότητες και η περιοχή να αποδίδεται σε κάποια συμβατή χρήση μόνο μετά από καθαρισμό και αποκατάσταση.

5.2.5. Εκβάθυνση (βυθοκόρηση) λιμανιών

Τα υλικά εκβάθυνσης είναι ιζήματα από λιμάνια, ποτάμια και κανάλια που αφαιρούνται περιοδικά για να διατηρείται το κατάλληλο βάθος για τη ναυσιπλοΐα (βυθοκόρηση). Η βυθοκόρηση είναι ιδιαίτερα σημαντική σε λιμάνια που βρίσκονται στις όχθες ποταμών ή κοντά σε εκβολές, λόγω των φερτών υλικών που συγκεντρώνονται, και επίσης σε λιμάνια που υπόκεινται σε παλιρροιακά φαινόμενα.

Η εκβάθυνση των καναλιών και λιμανιών αποτελεί μια διαδικασία ρουτίνας που έχει ως αποτέλεσμα να παράγονται τεράστιες ποσότητες ιζημάτων ετησίως. Τα ιζήματα αυτά αποτελούνται από λεπτόκοκκη ή χονδρόκοκκη λάσπη, η οποία περιέχει συσσωρευμένους ρύπους, όπως υδράργυρο και άλλα βαρέα μέταλλα, πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs), πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), φυτοφάρμακα, συστατικά υφαλοχρωμάτων και πετρελαιοειδή. Οι ουσίες αυτές προέρχονται είτε από τις δραστηριότητες στα ίδια τα λιμάνια είτε από ρυπασμένες απορροές από την ξηρά. Τα υλικά εκβάθυνσης εναποτίθενται στην ανοιχτή θάλασσα ή και κοντά στην ακτή ή χρησιμοποιούνται για μπαζώματα στην ξηρά.

Τα υλικά εκβάθυνσης μπορεί να αυξήσουν τη θολότητα του νερού, να υποβαθμίσουν το ενδιαίτημα οργανισμών και να σκοτώσουν απειλούμενα είδη. Επίσης μπορεί να απελευθερώσουν ρύπους στο θαλάσσιο περιβάλλον στο σημείο απόθεσης. Υπάρχουν εναλλακτικές μέθοδοι εναπόθεσης της λάσπης αυτής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό για κατασκευή δρόμων, για την κάλυψη των σκουπιδιών σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, για την αποτροπή της διάβρωσης των ακτών, για τη δημιουργία τεχνητών υφάλων και για τη δημιουργία ή αποκατάσταση υγροβιότοπων. Βεβαίως, για καθεμιά από αυτές τις χρήσεις είναι σημαντικό να έχει προσδιοριστεί με κατάλληλες μετρήσεις ο βαθμός ρύπανσης του ιζήματος.

5.2.6. Ενέργεια και αέρια του θερμοκηπίου

Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας και των καυσίμων των πλοίων καταναλώνεται κατά το ταξίδι τους στην ανοιχτή θάλασσα (OECD, 2011). Ένα πολύ μικρότερο μέρος καταναλώνεται κατά τη διάρκεια των ελιγμών και της πρόσδεσης στο λιμάνι. Κατά συνέπεια, και οι εκπομπές CO₂ (που είναι ανάλογες της κατανάλωσης καυσίμου) ακολουθούν αντίστοιχη κατανομή.

Επίσης, το CO₂ δεν εμφανίζει άμεση τοξική δράση για τον άνθρωπο στις απαντώμενες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα. Η επίδρασή του στην ανθρώπινη υγεία είναι έμμεση και οφείλεται στις εκφράσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου. Με βάση τα ανωτέρω, το κανονιστικό πλαίσιο μείωσης των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα από τη ναυτιλία στα λιμάνια είναι το ίδιο που διέπει τις σχετικές εκπομπές στην ανοιχτή θάλασσα. Το πλαίσιο αυτό αναπτύσσεται στο κεφάλαιο 6, όπου αναφέρονται και λειτουργικά ή τεχνολογικά μέτρα μείωσης των εκπομπών που βρίσκουν εφαρμογή είτε μόνο στην ανοιχτή θάλασσα (π.χ. πλεύση σε χαμηλές ταχύτητες), είτε μόνο στα λιμάνια (π.χ. μείωση χρόνου φορτοεκφόρτωσης και ενέργεια από την ξηρά), είτε είναι ανεξάρτητα της φάσης του ταξιδιού (βιοκαύσιμα ή φυσικό αέριο).

Στα λιμάνια δεν είναι μόνο τα πλοία που καταναλώνουν ενέργεια και εκπέμπουν CO₂, αλλά και άλλα μηχανήματα, όπως φορτηγά, ελκυστήρες και γερανοί, καθώς επίσης και τα κτίρια. Οι εκπομπές αυτών μπορεί να αντιμετωπιστούν με προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια, με ηλεκτρικά οχήματα κ.λπ.

Διαρροές πετρελαίου και άλλων υγρών επιβλαβών ουσιών κατά τη φορτοεκφόρτωση και την πετρέλευση. Η απώλεια καυσίμων κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού των πλοίων συμβαίνει συχνά στα λιμάνια, με σοβαρές επιδράσεις για το θαλάσσιο περιβάλλον. Επιπλέον, κατά τον χειρισμό και την αποθήκευση υγρών χύδην φορτίων μπορεί να προκληθούν βλάβες στο θαλάσσιο περιβάλλον των λιμανιών (Παρδάλη-Λαΐνου, 1996). Υγρά χύδην φορτία είναι το αργό πετρέλαιο, τα παράγωγα του πετρελαίου και διάφορες χημικές ουσίες. Ο χειρισμός των φορτίων αυτών πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, καθώς μπορεί να προκληθεί ρύπανση λόγω (Παρδάλη-Λαΐνου, 1996):

- ρήξης της σύνδεσης του πετρελαιαγωγού,
- έκρηξης της βαλβίδας,
- προβλημάτων στη σύνδεση μεταξύ πλοίου και ξηράς,
- ανεπάρκειας συντήρησης των δεξαμενών αποθήκευσης.

Οι ποσότητες που απελευθερώνονται σε μια τέτοια περίπτωση είναι πολύ μεγάλες. Κατά τον χειρισμό ενός φορτίου, σε περίπτωση ρήξης της σύνδεσης μεταξύ πλοίου και στεριάς, η απόρριψη φορτίου στη θάλασσα μπορεί να φτάσει τα 3.000 λίτρα (Παρδάλη- Λαΐνου, 1996). Τέτοιες διαρροές ενέχουν επίσης τον κίνδυνο πυρκαγιάς και εκρήξεων. Γενικά, η καλή συντήρηση των δεξαμενών αποθήκευσης και των μέσων χειρισμού των φορτίων είναι κρίσιμη για την αποφυγή επεισοδίων ρύπανσης στα λιμάνια.

5.2.7. Διαχείριση νερού

Η ποιότητα του θαλασσινού νερού στα λιμάνια απειλείται είτε από τα ίδια τα πλοία και τις λειτουργίες τους είτε από δραστηριότητες στην ξηρά. Συνήθεις ρύποι που ανιχνεύονται στο νερό των λιμανιών είναι τα πετρελαιοειδή από το φορτίο ή τα καύσιμα των πλοίων, συστατικά άλλων επιβλαβών φορτίων και συστατικά υφαλοχρωμάτων που εκλύονται από τη γάστρα των πλοίων. Επίσης, στη θαλάσσια περιοχή του λιμανιού μπορούν να βρεθούν τα λύματα και τα απορρίμματα των πλοίων, ενώ μη ιθαγενείς οργανισμοί μεταφέρονται από άλλα λιμάνια μέσω του έρματος. Όλα αυτά τα θέματα παρουσιάζονται αναλυτικότερα σε προηγούμενα κεφάλαια.

Παράλληλα, η ποιότητα του νερού των λιμανιών επηρεάζεται και από τις χερσαίες απορροές. Σε περιοχές όπως οι πόλεις, όπου το έδαφος είναι καλυμμένο από υδατοστεγή υλικά, όπως το τσιμέντο και η ασφαλτος, το νερό της βροχής ξεπλένει τις υδατοστεγείς επιφάνειες από τη σκόνη και τους συσσωρευμένους ρύπους, όπως πετρελαιοειδή, βαρέα μέταλλα, επικαθίσεις

αέριων ρύπων, θρεπτικά συστατικά, φυτοφάρμακα κ.λπ., και τελικά καταλήγει στη θάλασσα. Επειδή η μεγαλύτερη επιφάνεια των λιμανιών είναι ασφαλοστρωμένη και αδιαπέραστη από τη βροχή, το νερό της βρόχινης απορροής των λιμανιών, εμπλουτισμένο με ρύπους που ξεπλένονται από τον αέρα και τις στερεές επιφάνειες, καταλήγει άμεσα στη θάλασσα.

5.3. Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης λιμένων

Ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης αποτελείται από μια σειρά δράσεων και εργαλείων διαχείρισης με συγκεκριμένο στόχο την προστασία του περιβάλλοντος. Συνίσταται σε μια συνεχή κυκλική διαδικασία σχεδιασμού, υλοποίησης, ανασκόπησης και βελτίωσης των περιβαλλοντικών επιδόσεων ενός οργανισμού.

Η έννοια της περιβαλλοντικής διαχείρισης λιμένων αναπτύχθηκε σημαντικά στην Ευρώπη τα τελευταία 15 περίπου χρόνια (ESPO, 2012). Λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές μεταξύ των λιμανιών και τη μεταβαλλόμενη φύση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που αντιμετωπίζουν, η ανάπτυξη ενός τέτοιου πλαισίου διαχείρισης θεωρείται μεγάλης σημασίας ώστε να αντιμετωπίζονται και να ελαχιστοποιούνται οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις με αποδοτικό τρόπο. Μια συστηματική προσέγγιση στην περιβαλλοντική διαχείριση επιτρέπει τη συνεχή ταυτοποίηση των προτεραιοτήτων κάθε λιμανιού, ενώ εισάγει μια οργανωτική δομή που καθορίζει στόχους, υλοποιεί αναγκαία μέτρα, παρακολουθεί τις επιπτώσεις, αξιολογεί κριτικές και λαμβάνει διορθωτικά μέτρα, όταν και όπου απαιτείται. Με τον τρόπο αυτό, τα λιμάνια μπορούν να επιτυγχάνουν και να επιδεικνύουν συνεχή βελτίωση των περιβαλλοντικών τους επιδόσεων (ESPO, 2012). Παράλληλα, η περιβαλλοντική διαχείριση των λιμένων προσφέρει ευκαιρίες βελτιστοποίησης των ίδιων των παραγωγικών διαδικασιών και αναβάθμισης της εικόνας τους.

Για την υλοποίηση της περιβαλλοντικής διαχείρισης λιμένων υπάρχουν διαθέσιμα εργαλεία και συστήματα που αναπτύχθηκαν ειδικά για τα λιμάνια, όπως η Μέθοδος Αυτοδιάγνωσης (Self Diagnosis Method – SDM) και το Σύστημα Περιβαλλοντικής Ανασκόπησης Λιμένων (Port Environmental Review System – PERS), αλλά και καθιερωμένα γενικά συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης που τα λιμάνια μπορούν να επιλέξουν, όπως το ISO 14001 και το Κοινοτικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Οικολογικού Ελέγχου (Eco-Management and Audit Scheme – EMAS).

5.3.1. Τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO 14001 και EMAS

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 14001 είναι το πλέον διαδεδομένο παγκοσμίως πρότυπο περιβαλλοντικής διαχείρισης και έχει ως σκοπό να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιδράσεις και να βελτιώνει συνεχώς την περιβαλλοντική απόδοση κάποιου οργανισμού (ΕΛΟΤ, 2008). Η υιοθέτησή του είναι εθελοντική και μπορεί να εφαρμοστεί από οποιονδήποτε οργανισμό ενδιαφέρεται να βελτιώσει την περιβαλλοντική του επίδοση, ανεξάρτητα από το μέγεθος ή τον τομέα στον οποίο δραστηριοποιείται. Προφανώς, όσο μεγαλύτερος είναι ο οργανισμός και όσο πολυπλοκότερη η διάρθρωσή του και οι λειτουργίες του τόσο πιο δύσκολο είναι να φτάσει στο απαιτούμενο επίπεδο και να πιστοποιηθεί. Ένας εξωτερικός φορέας ελέγχει το σύστημα και αν από την διαδικασία προκύψει θετικό αποτέλεσμα, δηλαδή αν το πρότυπο πληρούται, τότε ο οργανισμός λαμβάνει τη σχετική πιστοποίηση.

Οι απαιτήσεις του ISO 14001 μπορούν να ενσωματωθούν σε κάθε άλλο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης. Ο βαθμός ενσωμάτωσης εξαρτάται από την περιβαλλοντική πολιτική του οργανισμού, τη φύση των δραστηριοτήτων, προϊόντων και υπηρεσιών του και την τοποθεσία και τις συνθήκες λειτουργίας του. Το EMAS, δηλαδή το Κοινοτικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Οικολογικού Ελέγχου, είναι ένας μηχανισμός της ΕΕ στο μητρώο του οποίου καταχωρούνται οι οργανισμοί που βελτιώνουν διαρκώς τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις. Εισήχθη το 1993 ως ένα βήμα της ΕΕ προς τη βιώσιμη ανάπτυξη. Από το 1995 άνοιξε προς συμμετοχή και αρχικά περιοριζόταν σε επιχειρήσεις από τον βιομηχανικό τομέα. Το 2001 τροποποιήθηκε για να συμπεριλάβει ιδιωτικούς και δημόσιους οργανισμούς από όλους τους οικονομικούς τομείς. Σήμερα ισχύει η 3η αναθεωρημένη έκδοση (κανονισμός ΕΚ 1221/2009). Είναι εθελοντικό στην εφαρμογή του και ενσωματώνει το πρότυπο ISO 14001 με τρόπο ώστε η μετάβαση από το ISO 14001 στο EMAS να είναι ομαλή και να μη συνεπάγεται επικαλύψεις. Η απαίτηση για συνεχή βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων πέρα των όσων ορίζει η περιβαλλοντική νομοθεσία, η ενεργός συμμετοχή των εργαζομένων, οι αυξημένες απαιτήσεις διαφάνειας, η παροχή περιβαλλοντικών πληροφοριών προς το κοινό και η ενημέρωση των φορέων με τους οποίους συνδιαλλάσσεται ο οργανισμός, είναι βασικοί παράγοντες που διαφοροποιούν και ξεχωρίζουν το EMAS από άλλα πρότυπα. Θεωρείται ότι το EMAS είναι πληρέστερο και απαιτητικότερο σε σχέση με το ISO 14001, αλλά έχει αναγνώριση μόνο στην ΕΕ (EMAS, 2015), ενώ το ISO 14001 είναι διεθνές.

Τα μέρη ενός πλήρους συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης που ανταποκρίνεται στα πρότυπα ISO 14001 και EMAS είναι (Σακκάς, 2002):

- Η στρατηγική του οργανισμού για το περιβάλλον

Σ' αυτή διασαφηνίζονται οι στόχοι του οργανισμού σε σχέση με τα περιβαλλοντικά θέματα και ειδικότερα:

(α) η δέσμευση του για απόλυτη συμμόρφωση με τους ισχύοντες κανονισμούς σχετικά με τις εκπομπές ρύπων και άλλες οχλήσεις (π.χ. θόρυβος) που προκαλεί ο οργανισμός, (β) η δέσμευση δρομολόγησης συγκεκριμένων διαδικασιών συνεχούς βελτίωσης των σχετικών επιδόσεων.

Η στρατηγική του οργανισμού κοινοποιείται στους εργαζόμενους και στο κοινό.

- Επιδόσεις και διαχειριστικές πρακτικές

Πριν από την σχεδίαση της περιβαλλοντικής πολιτικής του οργανισμού είναι απαραίτητο να έχει προηγηθεί μια συνοπτική αλλά πλήρης καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης αναφορικά με τις επιπτώσεις της λειτουργίας του οργανισμού στο περιβάλλον, τυχόν υφιστάμενες διαδικασίες περιβαλλοντικής διαχείρισης και το υφιστάμενο κανονιστικό πλαίσιο που αφορά τον οργανισμό. Η πρώτη αυτή καταγραφή σε συνδυασμό με τη στρατηγική κατεύθυνση της εταιρείας αποτελούν τις βάσεις πάνω στις οποίες θα σχεδιαστεί η κατάλληλη περιβαλλοντική πολιτική, που αποτελεί την ψυχή ενός συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης.

- Σχεδίαση της περιβαλλοντικής πολιτικής

Αρχικά γίνεται εμβάθυνση σε όλες τις πιθανές αλληλεπιδράσεις του οργανισμού με το περιβάλλον που έχουν αναγνωριστεί σε προηγούμενο στάδιο, ακόμα και σε δυνητικό επίπεδο εκδήλωσης στο μέλλον. Επίσης γίνεται πλήρης αποδελτίωση των νομικών και άλλων θεσμικών υποχρεώσεων του οργανισμού, διότι ο σεβασμός του ισχύοντος νομοθετικού πλαισίου αποτελεί τον στοιχειώδη και πλέον προφανή στόχο του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης. Τέλος, η υπό διαμόρφωση πολιτική εξειδικεύεται με τη μορφή ενός ή περισσότερων προγραμμάτων, στα οποία θα πρέπει να διατυπώνονται με τον σαφέστερο δυνατό τρόπο τα εξής:

- (α) γενικοί και ειδικοί στόχοι,
- (β) χρονοδιάγραμμα υλοποίησης των στόχων,
- (γ) απαραίτητοι ρόλοι/υπευθυνότητες για την υλοποίηση των στόχων,
- (δ) απαιτούμενα μέσα (πέραν του ανθρώπινου δυναμικού) για την υλοποίηση των στόχων,
- (ε) ρίσκο κατά την υλοποίηση και εναλλακτικά σχέδια.

Η περιβαλλοντική πολιτική έχει συγκεκριμένους στόχους, συμβατούς με την περιβαλλοντική στρατηγική του οργανισμού που διατυπώθηκε στην αρχή της διαδικασίας, οι οποίοι επιλύουν τα προβλήματα που ανέδειξε η καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης. Η περιβαλλοντική πολιτική, όπως και η περιβαλλοντική στρατηγική του οργανισμού, θα πρέπει να διαχέονται μέσα στον οργανισμό και να κοινοποιούνται στο ευρύτερο κοινό.

- Εφαρμογή της περιβαλλοντικής πολιτικής

Το στάδιο αυτό είναι το δυσκολότερο και πιο χρονοβόρο. Περιλαμβάνει τα εξής:

- (α) Αντιστοίχιση ρόλων με συγκεκριμένα μέλη του προσωπικού.
- (β) Εξακρίβωση ότι το παραπάνω προσωπικό έχει καλή και πρακτική κατανόηση της πολιτικής του οργανισμού. Εκπαίδευση του προσωπικού. Καθορισμός της ροής εργασίας και των διαδικασιών εργασίας (workflow) του αρμόδιου προσωπικού.
- (γ) Λεπτομερής τεκμηρίωση του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης ώστε να είναι δυνατός ο εσωτερικός και εξωτερικός έλεγχος (auditing) και η διαπίστωση προσαρμογής του σε κάποιο από τα πρότυπα (π.χ. το EMAS). Η τεκμηρίωση παίρνει τη μορφή ενός πλήρους φακέλου (handbook), όπου περιγράφονται τα διάφορα μέρη του συστήματος και υπάρχουν παραπομπές σε συνοδευτικό υλικό. Όλα τα έγγραφα έχουν σαφείς ημερομηνίες δημιουργίας / λήξης / αναθεώρησης.
- (δ) Κοινοποίηση σε εξωτερικούς συνεργάτες του οργανισμού τυχόν απαιτήσεων που θέτει απέναντί τους ο συγκεκριμένος οργανισμός.

- Παρακολούθηση συστήματος

Στο στάδιο αυτό υποδεικνύεται μια μέθοδος παρακολούθησης. Συχνά η μέθοδος συνίσταται στη συσχέτιση των περιεχομένων τριών πινάκων. Ο πρώτος πίνακας περιέχει ποσοτικές μετρήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις της λειτουργίας του οργανισμού στο περιβάλλον (environmental effects register). Οι επιπτώσεις μετρώνται με καλά ρυθμισμένα όργανα μέτρησης και με αξιόπιστες μεθοδολογίες. Οι επιπτώσεις συγκρίνονται με τους στόχους που έχουν τεθεί από τον ίδιο τον οργανισμό (environmental objectives register), ώστε να διαφανεί η θέση του οργανισμού σε σχέση με τους ίδιους τους στόχους του. Τέλος, οι επιπτώσεις συγκρίνονται με ένα αρχείο κανονιστικών διατάξεων (environmental regulations register), ώστε να καταδειχτεί ο βαθμός συμμόρφωσης των επιδόσεων του οργανισμού με το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο.

- Έλεγχος και αξιολόγηση

Ο έλεγχος του συστήματος μπορεί να γίνει τόσο εσωτερικά, από στελέχη της επιχείρησης, όσο και εξωτερικά, από εξωτερικούς συνεργάτες. Ο στόχος του ελέγχου σε αυτό το επίπεδο είναι η επαναθεώρηση και προσαρμογή οποιουδήποτε στοιχείου του συστήματος (στρατηγική, πολιτική, στόχοι, διοίκηση, εργαλεία και μέσα παρακολούθησης), ώστε να λαμβάνονται υπόψη:

(α) η βούληση του οργανισμού για αυστηρότερους ή χαλαρότερους στρατηγικούς στόχους,

(β) αλλαγές στην λειτουργία του οργανισμού,

(γ) αλλαγές στην τεχνολογία,

(δ) αλλαγές στη νομοθεσία,

(ε) τα ευρήματα του ίδιου του ελέγχου.

Βεβαίως, έλεγχος εκτελείται και από πιστοποιημένους φορείς και αποσκοπεί στη διαπίστωση της σωστής δόμησης και λειτουργίας του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης. Προκειμένου ο έλεγχος αυτός να είναι εφικτός, απαιτείται η πλήρης τεκμηρίωση του συστήματος και αναλυτικά μεγέθη και εγγραφές σχετικά με μετρήσεις επιπτώσεων, εκπαίδευση προσωπικού, πράξεις εσωτερικού ελέγχου για τη βελτίωση της απόδοσης, αποτελέσματα εξωτερικών ελέγχων.

- Επικοινωνιακή περιβαλλοντική πολιτική

Ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό των συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης είναι η απαίτηση κοινοποίησης των σχετικών ενεργειών στο κοινό. Η απαίτηση αυτή είναι ιδιαίτερα ενισχυμένη στο EMAS, όπου απαιτείται σαφώς η σύνταξη και δημοσίευση μιας Περιβαλλοντικής Δήλωσης (Environmental Statement), στην οποία περιλαμβάνονται αναλυτικά, αλλά και με τρόπο κατανοητό για το κοινό, όλα τα στοιχεία του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης (στρατηγική και πολιτικές του οργανισμού, στόχοι, άτομα, μετρήσεις, έλεγχοι, επικοινωνιακή πολιτική). Ένας τρόπος να είναι περιεκτική, πλήρης και κατανοητή στον μη ειδικό η Περιβαλλοντική Δήλωση είναι να περιλαμβάνει τις τεχνικές πληροφορίες σε παραρτήματα. Στο πρότυπο ISO υπάρχει η υποχρέωση δημοσίευσης δραστηριοτήτων και στόχων, όχι όμως στο βάθος και την έκταση της Περιβαλλοντικής Δήλωσης και αυτό αποτελεί μια από τις διαφορές των δύο συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Τα οφέλη από την εφαρμογή ενός συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης κατά ISO 14001 είναι τα εξής (ΕΛΟΤ, 2008):

- βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης του οργανισμού,
- μεγαλύτερος βαθμός συμμόρφωσης με τη νομοθεσία και αποφυγή προστίμων,
- πρόληψη της ρύπανσης,
- εξοικονόμηση πόρων και μείωση του κόστους,
- δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, προσέλκυση νέων πελατών και είσοδος σε νέες αγορές,
- βελτίωση της εικόνας της επιχείρησης προς το ευρύ κοινό, τις αρμόδιες αρχές, δανειστές, επενδυτές,
- βελτίωση της επικοινωνίας με εξωτερικούς ενδιαφερόμενους φορείς,
- ευαισθητοποίηση του προσωπικού σε περιβαλλοντικά θέματα και αυξημένη προθυμία για ανάληψη ευθυνών.

Βεβαίως, υπάρχουν και κόστη, όπως το επιπλέον κόστος υλοποίησης και λειτουργίας του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης, υψηλότερο κόστος παραγωγής, ενδεχομένως κόστος εγκαταστάσεων αντιρύπανσης κ.λπ. (Σακκάς, 2002). Σε κάθε περίπτωση, τα

αναμενόμενα κόστη και οφέλη θα πρέπει να προσδιορίζονται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, ώστε να υπάρχει βεβαιότητα ότι τα κόστη αντισταθμίζονται από τα οφέλη.

- Μέθοδος SDM και σύστημα PERS

Τα λιμάνια είναι σε γενικές γραμμές πολύπλοκοι οργανισμοί. Το μέγεθός τους και η εμπορική τους σημασία ποικίλει από τα ψαρολιμάνια και τους μικρούς τουριστικούς λιμένες σε τεράστια μακρο-συστήματα, όπως το Ρότερνταμ και το Αμβούργο για την Ευρώπη. Η οργανωτική τους δομή δεν μπορεί να καθοριστεί σαφώς, γιατί εξαρτάται κυρίως από το μέγεθός τους και από την εθνική ή/και περιφερειακή νομοθεσία που τα διέπει. Αυτό κάνει την πιστοποίηση κατά ISO 14001 και EMAS μια μακρά και επίπονη διαδικασία, που είναι καλύτερο να επιλέγεται από λιμάνια που ήδη διαθέτουν κάποια εμπειρία πάνω στην περιβαλλοντική διαχείριση (Darbra et al., 2004). Ένα απλούστερο εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πρώτο στάδιο ώστε τα λιμάνια να αποκτήσουν μια προκαταρκτική εκτίμηση της κατάστασης είναι η Μέθοδος Αυτοδιάγνωσης SDM, που αναπτύχθηκε από τον ESPO.

Η μέθοδος αυτοδιάγνωσης είναι μια καθιερωμένη και ευρέως αποδεκτή μέθοδος για την αναγνώριση των περιβαλλοντικών κινδύνων στα λιμάνια και για την καθιέρωση προτεραιοτήτων για δράση και συμμόρφωση με τους κανονισμούς (ESPO, 2012). Η SDM είναι ένας περιεκτικός κατάλογος/ερωτηματολόγιο που μπορεί να συμπληρωθεί από τους ιθύνοντες του λιμανιού και καταγράφει τα χαρακτηριστικά της διαχείρισης του περιβάλλοντος που λαμβάνει χώρα στο λιμάνι. Τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν:

- περιβαλλοντική πολιτική του λιμανιού (δραστηριότητες, στόχοι),
- διαχείριση του οργανισμού και του προσωπικού,
- περιβαλλοντική εκπαίδευση,
- διαχείριση λειτουργίας,
- σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης,
- παρακολούθηση, έλεγχο, αναθεώρηση.

Οι στόχοι της SDM περιλαμβάνουν (Tselentis, 2007; Darbra et al., 2004):

- καταγραφή και ανάλυση της υφιστάμενης περιβαλλοντικής κατάστασης στον λιμένα,
- ενθάρρυνση και ευαισθητοποίηση του προσωπικού και της διοίκησης προς τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης,

- υποστήριξη του έργου της διοίκησης για τακτική ανασκόπηση της περιβαλλοντικής επίδοσης και πολιτικής,
- σύγκριση της αποτελεσματικότητας της περιβαλλοντικής διαχείρισης με προηγούμενα έτη και αναγνώριση καίριων ζητημάτων προς βελτίωση,
- έλεγχος εναρμόνισης με περιβαλλοντική νομοθεσία,
- σύγκριση της περιβαλλοντικής επίδοσης και διαχείρισης με αυτές άλλων ευρωπαϊκών λιμένων, παρακολούθηση εξελίξεων,
- αναγνώριση στοιχείων περιβαλλοντικής επικινδυνότητας και διαμόρφωση πολιτικής,
- προετοιμασία για την υιοθέτηση ενός συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης, όπως τα PERS, ISO 14001 και EMAS.

Οι απαντήσεις των λιμανιών στο ερωτηματολόγιο θεωρούνται εμπιστευτικές. Δεν αξιολογούνται ως αποτυχία ή επιτυχία του οργανισμού. Εισάγονται σε μια βάση δεδομένων και συνεισφέρουν στη σταδιακή δημιουργία ενός πλαισίου αναφοράς για τα ευρωπαϊκά λιμάνια.

Με τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, το λιμάνι εντάσσεται στο δίκτυο των EcoPorts και αποκτά πρόσβαση σε επιπλέον υπηρεσίες και συγκεκριμένα στην ανασκόπηση του συστήματος αυτοδιάγνωσης (SDM Review) και στο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης PERS.

Η αναλυτική ανασκόπηση περιλαμβάνει (ESPO, 2012):

- σύγκριση των απαντήσεων του λιμανιού με το πλαίσιο αναφοράς για τα ευρωπαϊκά λιμάνια,
- ανάλυση χάσματος (gap analysis) μεταξύ της τωρινής οργάνωσης και απόδοσης του λιμανιού αναφορικά με περιβαλλοντικά θέματα και αναγνωρισμένων προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης (ISO 14001 και PERS),
- ανάλυση SWOT για την απόδοση του λιμανιού στην περιβαλλοντική διαχείριση,
- αναλυτική αναφορά που περιέχει τις προτάσεις ειδικών αναφορικά με την τωρινή κατάσταση και την περαιτέρω ανάπτυξη του προγράμματος περιβαλλοντικής διαχείρισης του λιμανιού.

Το εργαλείο SDM μπορεί να χρησιμοποιηθεί από λιμάνια διαφορετικού μεγέθους και σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης όσον αφορά τις περιβαλλοντικές τους προτεραιότητες. Σήμερα

έχει υιοθετηθεί από ορισμένα από τα μεγαλύτερα ευρωπαϊκά λιμάνια, από λιμάνια που σταδιακά ανέπτυξαν την περιβαλλοντική τους διαχείριση και τελικά πιστοποιήθηκαν γι' αυτό (κατά PERS, ISO 14001 ή EMAS), όπως επίσης και από μικρά λιμάνια που επιθυμούν να ξεκινήσουν μια διαδικασία αξιολόγησης και να αυξήσουν την περιβαλλοντική τους συνειδητοποίηση (ESPO, 2012).

- Το σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης PERS

Τα σύγχρονα λιμάνια βρίσκονται συνεχώς υπό την πίεση να συμμορφώνονται με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, να υποβάλλουν αναφορές για θέματα περιβαλλοντικής ποιότητας και να αξιολογούν την αποδοτικότητα της περιβαλλοντικής διαχείρισης που εφαρμόζουν. Πολλά, θέλοντας να καθοδηγηθούν από αναγνωρισμένα πρότυπα, ενδιαφέρονται να υιοθετήσουν κάποιο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης λιμένων (ESPO, 2012). Από την άλλη, ισχυρίζονται ότι δεν διαθέτουν τους πόρους, το προσωπικό και την τεχνογνωσία για την εφαρμογή αναγνωρισμένων συστημάτων, όπως το ISO 14001. Επίσης, συχνά τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν είναι ειδικής φύσης και χρίζουν ειδικών λύσεων. Τέλος, τα ίδια τα λιμάνια είναι οργανισμοί με πολύπλοκη λειτουργία. Για τους λόγους αυτούς θεωρείται ότι η επιτυχής περιβαλλοντική αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων των λιμανιών προϋποθέτει την ανάπτυξη ειδικών εργαλείων (ESPO, 2012). Το PERS είναι ένα τέτοιο σύστημα, που προέκυψε από τη δουλειά των ίδιων των λιμανιών και είναι σχεδιασμένο ώστε να τους παρέχει την κατάλληλη λειτουργική οργάνωση για να επιτυγχάνουν τους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης, χωρίς να είναι εξαιρετικά απαιτητικό σε πόρους και διάθεση χρόνου. Ενσωματώνει τις κύριες γενικές απαιτήσεις των αναγνωρισμένων προτύπων (π.χ. ISO 14001) ενώ παράλληλα είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαίτερες ανάγκες των λιμανιών και μπορεί να πιστοποιηθεί από ανεξάρτητους οργανισμούς, όπως το Lloyd's Register. Το PERS περιλαμβάνει βασικά στοιχεία, όπως (Τσελέντης, 2007):

- προφίλ του λιμένα,
- δήλωση περιβαλλοντικής πολιτικής,
- κατάλογο δραστηριοτήτων,
- νομικές απαιτήσεις,
- τεκμηριωμένες ευθύνες,
- έλεγχο συμμόρφωσης,
- περιβαλλοντική έκθεση.

5.4. Λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής αποβλήτων πλοίου και καταλοίπων φορτίου

Με βάση τη Σύμβαση MARPOL 73/78, όταν ένα πλοίο φτάνει σε ένα λιμάνι πρέπει να παραδίδει τα απόβλητά του σε έναν χώρο ειδικά διαμορφωμένο για τον σκοπό αυτό. Συνεπώς τα λιμάνια θα πρέπει να παρέχουν εγκαταστάσεις υποδοχής (reception facilities) για τα απόβλητα (υγρά και στερεά) των πλοίων. Οι εγκαταστάσεις υποδοχής ονομάζονται και λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής αποβλήτων πλοίου και καταλοίπων φορτίου ή κέντρα υποδοχής καταλοίπων. Οι εγκαταστάσεις αυτές θα πρέπει να είναι επαρκείς, ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες των πλοίων που τις χρησιμοποιούν χωρίς να προκαλείται αδικαιολόγητη καθυστέρηση. Στις εγκαταστάσεις αυτές παραδίδονται πετρέλαιο και ελαιώδη μίγματα, υγρές επιβλαβείς ουσίες, λύματα και απορρίμματα πλοίων, υπολείμματα των φουγάρων και αλογονωμένα παράγωγα. Οι εγκαταστάσεις υποδοχής των αποβλήτων των πλοίων είναι απολύτως απαραίτητες για την αποτροπή της ρύπανσης των λιμανιών και του θαλάσσιου περιβάλλοντος γενικότερα. Εφόσον οι εγκαταστάσεις υποδοχής είναι επαρκείς, δεν υπάρχει καμιά δικαιολογία στα πλοία να απορρίπτουν απόβλητα στη θάλασσα.

Από τα έξι παραρτήματα της MARPOL 73/78, τα πέντε περιλαμβάνουν κανονισμούς για την παροχή υπηρεσιών υποδοχής (IMO, 2003):

Παράρτημα I: Πετρέλαιο: Σε σταθμούς φορτο/εκφόρτωσης πετρελαίου, σε λιμάνια που επισκευάζονται πλοία και σε άλλα λιμάνια, οπουδήποτε τα πλοία έχουν να παραδώσουν κατάλοιπα πετρελαίου ή ελαιώδη μίγματα (Κανονισμοί 10 και 12).

Παράρτημα II: Χημικά χύδην. Σε λιμάνια φορτο/εκφόρτωσης των συγκεκριμένων χημικών (Κανονισμός 7).

Παράρτημα III: Λύματα: Σε λιμάνια σε περιοχές όπου το κράτος εκτιμά ότι τα λύματα από τα πλοία θα συνεισφέρουν σημαντικά στην τοπική ρύπανση (Κανονισμός 12).

Παράρτημα IV: Σκουπίδια: Σε όλα τα λιμάνια διακίνησης πλοίων διεθνούς ή τοπικού χαρακτήρα (Κανονισμός 7).

Παράρτημα V: Ουσίες που καταστρέφουν το όζον: Σε ναυπηγεία όπου γίνεται επισκευή πλοίων και σε διαλυτήρια πλοίων. Υπολείμματα συστημάτων καθαρισμού των φουγάρων. (Κανονισμός 17)

Κάθε λιμάνι προσδιορίζει τις ανάγκες του σχετικά με το είδος και το μέγεθος των υπηρεσιών υποδοχής που πρέπει να διαθέτει ανάλογα με το είδος και το μέγεθος των φορτίων που διακινούνται μέσω αυτού. Στα περισσότερα λιμάνια χρειάζονται εγκαταστάσεις υποδοχής για τα απορρίμματα (Παράρτημα V της MARPOL) και σε πολλά για μίγματα πετρελαίου (Παράρτημα I της MARPOL) (IMO, 2003). Ειδικά για το πετρέλαιο, επειδή συνήθως παραλαμβάνεται αναμειγμένο με ποσότητες νερού (π.χ. σε ακάθαρτο έρμα ή σεντίνες), είναι πολύ χρήσιμο να υπάρχει η δυνατότητα διαχωρισμού του από το νερό (IMO, 2003).

Ανάλογα με τις ανάγκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του λιμανιού, οι εγκαταστάσεις υποδοχής μπορεί να είναι κινητές ή σταθερές (Σακελλαριάδου, 1996). Οι κινητές εγκαταστάσεις υποδοχής περιλαμβάνουν πλωτά μέσα, όπως είναι οι φορτηγίδες. Οι φορτηγίδες απαιτούν ήρεμες καιρικές συνθήκες και επαρκή χώρο προσόρμισης για την εκφόρτωση των αποβλήτων που συλλέχτηκαν.

Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν χερσαία μεταφορικά μέσα για τη συλλογή των αποβλήτων (Σακελλαριάδου, 1996). Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα σημεία:

- Η ικανότητα φόρτωσης των χερσαίων οχημάτων είναι συνήθως πολύ μικρότερη από αυτή των φορτηγίδων.
- Οι κινήσεις των οχημάτων αυτών στην αποβάθρα μπορεί να αλληλεπιδράσουν με άλλες λειτουργίες του λιμένα. Για παράδειγμα, απαγορεύεται η είσοδος οχημάτων σε ορισμένες αποβάθρες, κυρίως σε αυτές που γίνεται διαχείριση προϊόντων πετρελαίου, υγροποιημένου αερίου, μεγάλων όγκων χημικών ουσιών ή συσκευασμένων επικίνδυνων υλικών.
- Η επιφάνεια του δαπέδου της αποβάθρας και των οδών μεταφοράς πρέπει να έχει τη δυνατότητα ασφαλούς και γρήγορης μεταφοράς.

Εναλλακτική μέθοδος είναι η συλλογή των αποβλήτων σε σταθερές, χερσαίες εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε κεντρικό σημείο του λιμανιού. Η λύση αυτή ενδείκνυται για μικρά λιμάνια. Όταν όμως το λιμάνι είναι μεγάλο, το πλοίο θα πρέπει να αλλάξει αγκυροβόλιο για να

προσεγγίσει τον σταθμό συλλογής των αποβλήτων. Αυτό είναι χρονοβόρο και δαπανηρό. Για τον λόγο αυτό, μεγάλο ρόλο παίζει η χωροθέτηση των σταθερών εγκαταστάσεων υποδοχής, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι καθυστερήσεις, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και ο κίνδυνος ατυχημάτων και συγκρούσεων.

Μετά τη συλλογή των αποβλήτων των πλοίων στις εγκαταστάσεις υποδοχής, θα πρέπει να διοχετεύονται σε κατάλληλες μονάδες επεξεργασίας στην ξηρά. Το στάδιο της επεξεργασίας είναι απολύτως απαραίτητο για διάφορους λόγους. Αν τα απόβλητα των λιμανιών δεν υποστούν ειδική επεξεργασία αλλά απλώς θαφτούν ή απορριφθούν ανεξέλεγκτα στην ξηρά, θα προκληθεί ρύπανση του χερσαίου περιβάλλοντος ή/και μόλυνση των υπόγειων νερών. Έτσι η ρύπανση απλώς μεταφέρεται από τη θάλασσα στην ξηρά. Το κόστος της επεξεργασίας των αποβλήτων θα πρέπει να συγκρίνεται με το κόστος των ενεργειών απορρύπανσης και με το κόστος από τις επιδράσεις στην υγεία των πολιτών όταν έρχονται σε επαφή με την ρύπανση. Τέλος, με την επεξεργασία των αποβλήτων μπορεί να ανακτηθούν υλικά με οικονομική σημασία, όπως είναι τα πετρελαιοειδή και διάφορα στερεά υλικά μέσω της ανακύκλωσης των στερεών αποβλήτων (απορριμμάτων) των πλοίων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάποια από τα απόβλητα των πλοίων (για παράδειγμα τα λύματα και τα απορρίμματα) είναι παρόμοια με τα οικιακά απόβλητα και έτσι η επεξεργασία τους μπορεί να ενσωματωθεί στο υπάρχον σύστημα συλλογής και διαχείρισης απορριμμάτων και υγρών αποβλήτων του αντιστοίχου δήμου (Ball, 1999). Αυτό βεβαίως προϋποθέτει τον διαχωρισμό τους από άλλα επικίνδυνα απόβλητα των πλοίων.

Τα απορρίμματα είναι εξαρχής διαχωρισμένα. Τα επικίνδυνα απόβλητα των πλοίων είναι κυρίως εκείνα που περιλαμβάνονται στα Παραρτήματα I και II της MARPOL 73/78 (πετρελαιοειδή και υγρές επιβλαβείς ουσίες), εξαιτίας της τοξικότητας, ευφλεκτότητας και λοιπών φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων. Η μέθοδος επεξεργασίας των επικίνδυνων αποβλήτων εξαρτάται από την ακριβή τους σύνθεση, είναι πιο πολύπλοκη από την επεξεργασία των λυμάτων και των απορριμμάτων και θα πρέπει να γίνεται ξεχωριστά, σε ειδικές μονάδες επεξεργασίας.

Κεφάλαιο 6^ο Συμπεράσματα

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα από τα πλέον σοβαρά προβλήματα σε παγκόσμια κλίμακα, με τις επιπτώσεις της να είναι σε μεγάλο βαθμό ορατές σήμερα. Το θερμομέτρο του θερμοκηπίου προκαλεί υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνεια της γης, η μόλυνση της ατμόσφαιρας ατμόσφαιρας αν και έχει περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό συνεχίζει να αποτελεί γεγονός, ενώ και η μόλυνση των υδάτων αποτελεί κάτι που μέχρι τα τελευταία έτη δεν συγκέντρωνε μεγάλη προσοχή αλλά είναι σημαντικό το αντίκτυπο που έχει στο περιβάλλον. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το όζον (O₃) εκπέμπονται από τα πλοία σε μεγάλες ποσότητες καθιστώντας τη ναυτιλία την μεγαλύτερη ατμοσφαιρική πηγή ρύπανσης. Ομοίως, η ναυτιλία αποτελεί βασικό παράγοντα μόλυνσης του περιβάλλοντος και σε υδάτινο επίπεδο μέσω των υγρών αποβλήτων που διαχέονται στον υδροφόρο ορίζοντα. Για το σκοπό αυτό και τη μείωση του αποτυπώματος, έχουν δημιουργηθεί και χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας και διαχείρισης του έρματος (Ballast) καθώς και έχουν θεσπιστεί ειδικών κανονισμών αερίων ρύπων στη ναυτιλία. Στα πλαίσια αυτά τα «πράσινα» πλοία και τα «πράσινα» λιμάνια αποτελούν τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της προστασίας του περιβάλλοντος από τις ναυτηλιακές δραστηριότητες, προωθώντας την βιώσιμη ανάπτυξη, επηρεάζοντας θετικά την οικονομική ευημερία, την περιβαλλοντική ποιότητα και την κοινωνική ευθύνη. Οι ενέργειες προς αυτή την κατεύθυνση αφορούν την προστασία του κοινωνικού συνόλου από τις επιβλαβείς για το περιβάλλον λιμενικές εργασίες, την προώθηση του λιμένα ως βασικού πυλώνα για την προστασία του περιβάλλοντος, την προώθηση της βιωσιμότητας, την εκπαίδευση της κοινότητας για την περιβαλλοντική προστασία και τη χρήση τεχνολογικών καινοτομιών για τη μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων. Οι περιβαλλοντικοί ρύποι στη ναυτιλία μπορεί να προέρχονται από πολλές πηγές ορατές και μη. Παραδείγματος χάριν, τα ελλιμενιζόμενα πλοία εκτός από την εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα που προέρχεται από τη λειτουργία των μηχανών τους, μολύνουν τη θάλασσα μέσω του μεταφερόμενου έρματος και των υφαλοχρωμάτων που χρησιμοποιούν, με τα λιμάνια να αποτελούν πηγές ρύπανσης για το έδαφος, το νερό και τον αέρα.

Συμπερασματικά, στην προσπάθεια της τεχνολογίας, για να ικανοποιούνται οι κανονισμοί του IMO, αναφορικά με τους αέριους ρύπους των πλοίων, η Ναυτιλία θα πρέπει να επικεντρωθεί στη χρήση «καθαρών» άρα και ακριβών καυσίμων ή να βρεί λύσεις με την χρήση των Scrubbers ή ακόμα και με την χρήση φυσικού αερίου ως καύσιμο στα πλοία μεταφοράς (LNG). Από την άλλη μεριά, λόγω του υψηλού κεφαλαίου και μη τελειοποίησης των δικτύων

προμήθειας στα πλοία που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ως καύσιμο για τα LNG. Θέτουν, την λύση των scrubbers, (συστήματα καθαρισμού εξαγωγής καυσαερίων) ως προς μια ποίο άμεση λύση για τα υπάρχοντα πλοία του ναυτιλιακού κόσμου που πρέπει να «κινηθούν» και να ικανοποιούν τους κανονισμούς της MARPOL Annex του παραρτήματος VI σχετικά με τους αέριους ρύπους των μηχανών. Όπως αποδείχτηκε παραπάνω τα διάφορα είδη scrubbers μπορούν να πληρούν τις απαιτήσεις του παραρτήματος VI, για τις περιοχές όπου η απαιτούμενη μείωση των ρυπογόνων καυσαερίων είναι υψηλή, και θεωρούνται ως μία εξαιρετικά βιώσιμη λύση, καθώς και καλής επιλογής για τους εφοπλιστές λόγω του υψηλού κόστους των καθαρών καυσίμων, διότι έχοντας εγκατεστημένη την τεχνολογία των scrubbers τα πλοία μπορούν να κάψουν βαρύτερα και φθηνότερα καύσιμα. Βέβαια, υπάρχουν ανάλογα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του καταλληλότερου για επιλογή συστήματος, για εγκατάσταση στα πλοία. Τέλος, οι σημαντικές αλλαγές και οι κανονισμοί σχετικά με την εκπομπή Sox, θα γίνουν το 2020-2025, ανάλογα με την απόφαση της προγραμματισμένης για το έτος 2018 σύσκεψης. Επιπλέον, θα πρέπει να αναπτυχθούν όλο και περισσότερο πρακτικές διαχείρισης όπως τα ecoports και τα zero emissions ships ώστε να περιοριστούν ακόμα περισσότερο οι σοβαρές επιπτώσεις της ναυτιλίας στο περιβάλλον αλλά και να δοθεί η δυνατότητα για εξοικονόμηση καυσίμων και φυσικών πόρων με την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Acciaro, M. (2014). Real option analysis for environmental compliance: LNG and emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 28, 41-50.

Baholli, I., Stana, A., Meka, E., & Karafili, M. (2013). Can Albanian Port Area be Part of The European Network of Eco-Ports Based on Environmental Information systems?. *Journal of Educational and Social Research*, 3(2), 139.

Bailey, D., Plenys, T., Solomon, G. M., Campbell, T. R., Ruderman Feuer, G., Masters, J. & Tonkonogy, B. (2004). Harboring Pollution: Strategies to Clean Up U.S. Ports. National Resources Defense Council (HPIA), <http://www.nrdc.org/air/pollution/ports1/ports.pdf>.

Ball, I. (1999). Port Waste Reception Facilities in UK Ports. *Marine Policy*, 23(4-5), 307-327.

Burel, F., Taccani, R., & Zuliani, N. (2013). Improving sustainability of maritime transport through utilization of Liquefied Natural Gas (LNG) for propulsion. *Energy*, 57, 412-420.

Cullinane, K., & Bergqvist, R. (2014). Emission control areas and their impact on maritime transport.

Cullinane, K., & Cullinane, S. (2013). Atmospheric emissions from shipping: The need for regulation and approaches to compliance. *Transport Reviews*, 33(4), 377-401.

Darbra, R. M., Ronza, A., Casal, J., Stojanovic, T. A., & Wooldridge, C. (2004). The Self Diagnosis Method: A new methodology to assess environmental management in sea ports. *Marine Pollution Bulletin*, 48(5), 420-428.

Dobroski, N., Scianni, C., Gehringer, D., & Falkner, M. (2009). Assessment of the efficacy, availability and environmental impacts of ballast water treatment systems for use in California waters. *Produced for the California State Legislature*, 88.

EMAS (2015). EU Eco-Management and Audit Scheme. EMAS website, http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm.

ESPO (2006). ESPO Code of Practice on the Birds and Habitats Directives. Brussels: European Sea Ports Organization, http://www.espo.be/images/stories/Publications/codes_of_practice/ESPOCodeofPracticeontheBirdsandHabitatDirectives2006.pdf

ESPO (2012). ESPO Green Guide: Towards excellence in port environmental management and sustainability. Brussels: European Sea Ports Organization, http://www.ecoport.com/templates/frontend/blue/images/pdf/espo_green%20guide_october%202012_final.pdf

Fagerholt, K., Gausel, N. T., Rakke, J. G., & Psaraftis, H. N. (2015). Maritime routing and speed optimization with emission control areas. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 52, 57-73.

Faimali, M., et al. "Swimming speed alteration of larvae of *Balanus amphitrite* as a behavioural end-point for laboratory toxicological bioassays." *Marine Biology* 149.1 (2006): 87-96.

Haider, J., Katsogiannis, G., Pettit, S., & Mitroussi, K. (2014). The emergence of eco-ships: inevitable market segmentation?. *Transport Newsletter*, 64, 11.

Juoperi, K., & Ollus, R. (2008). Alternative fuels for medium-speed diesel engines. *Wartsila technical journal*, 24-28.

Klopott, M. (2015). Scrubbers as shipowners' response to the sulphur directive and its implications for the waste management in Baltic Ports. *Współczesna Gospodarka*, 6(4).

Kristensen, H. O. (2012). Energy demand and exhaust gas emissions of marine engines. *Clean Shipping Currents*, 1(6), 18-26.

Kuang, K., & Easler, K. (Eds.). (2007). *Fuel cell electronics packaging*. Springer Science & Business Media.

Lack, D. A., & Corbett, J. J. (2012). Black carbon from ships: a review of the effects of ship speed, fuel quality and exhaust gas scrubbing. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(9), 3985-4000.

Mohn, H. (2014, September). An overview of compliance strategy of ship-owners in the SECA area. In *BPO Conference, Ronne* (Vol. 4).

- OECD (2011). *Environmental Impacts of International Shipping: The Role of Ports*. OECD
- Parsons, M. G. (2003). Considerations in the design of the primary treatment for ballast systems. *Marine Technology*, 40(1), 49-60.
- Parsons, M. G., & Harkins, R. W. (2002). Full-scale particle removal performance of three types of mechanical separation devices for the primary treatment of ballast water. *Marine Technology*, 39(4), 211-222.
- Patel, M. R. (2012). *Shipboard propulsion, power electronics, and ocean energy*. Crc Press.
- Peris-Mora, E., Orejas, J. D., Subirats, A., Ibáñez, S., & Alvarez, P. (2005). Development of a system of indicators for sustainable port management. *Marine Pollution Bulletin*, 50(12), 1649-1660.
- Princaud, M., Cornier, A., & Froelich, D. (2010). Developing a tool for environmental impact assessment and eco-design for ships. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 224(3), 207-224.
- Rigby, G., Hallegraeff, G., & Taylor, A. (2004). Ballast Water Heating Offers a Superior Treatment Option. *Journal of Marine Environmental Engineering*, 7(3).
- Samiotis, G., Charalampous, K., & Tselentis, V. S. (2013). Recent developments in the institutional framework of ship recycling and the positive impact on international ship dismantling practices. *SPOUDAI-Journal of Economics and Business*, 63(3-4), 158-171.
- Sharma, D. C. (2006). Ports in a storm. *Environmental health perspectives*, 114(4), A222.
- Spyrou, A. G. (2010). *Global Climate Change and the Shipping Industry*. Iuniverse.
- Turner, D. R., Hassellöv, I. M., Ytreberg, E., & Rutgersson, A. (2017). Shipping and the environment: Smokestack emissions, scrubbers and unregulated oceanic consequences. *Elementa-science of the Anthropocene*, 5.
- Tzannatos, E. (2010). Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus, Greece. *Atmospheric Environment*, 44(3), 400-407.
- Van der Molen, W., Ligteringen, H., Van der Lem, J. C., & De Waal, J. C. M. (2003). Behavior of a moored LNG ship in swell waves. *Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering*, 129(1), 15-21.

Wang, B., Yu, H. C., & Basu, R. (2008, January). Ship and ice collision modeling and strength evaluation of LNG ship structure. In *ASME 2008 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering* (pp. 911-918). American Society of Mechanical Engineers.

Ελληνική βιβλιογραφία

ΕΛΟΤ (2008). Πιστοποίηση συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης. Ιστότοπος ΕΛΟΤ, http://www.elot.gr/458_ELL_HTML.aspx

Παρδάλη-Λαΐνου Α. (1996). Η ρύπανση του περιβάλλοντος από την παραγωγή λιμενικών υπηρεσιών και το κόστος αντιμετώπισής της. Στο: Πρακτικά Διήμερου Συνεδρίου «Ελληνικές Ακτές και Θάλασσες στο 2000» 28-29 Φεβρουαρίου 1996 (σελ. 241-254). Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Σακελλαριάδου, Φ. (1996). Κέντρα υποδοχής καταλοίπων. Στο: Πρακτικά Διήμερου Συνεδρίου «Ελληνικές Ακτές και Θάλασσες στο 2000» 28-29 Φεβρουαρίου 1996 (σελ. 225-239). Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Σακκάς, Ν. (2002). Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης ISO 14001 και EMAS, https://www.teicrete.gr/lei/lab/downloads/environmental_management/emas_book.pdf

Τσελέντης Β. (2009) «Απαγόρευση χρήσης TBT Υφαλοχρωμάτων – Επιπτώσεις στη Ναυτιλία»

Τσελέντης Β. (2008), «Διαχείριση θαλάσσιου περιβάλλοντος και ναυτιλία», Πειραιάς, Εκδ. Σταμούλης

Διαδίκτυακές πηγές

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0056>

<http://archive.iwlearn.net/globallast.imo.org/index.html>

<http://martob.ncl.ac.uk/Home.htm>

<http://results.northsearegion.eu/en/projects/North-Sea-Ballast-Water-Opportunity.89/>

<http://www.theneweconomy.com/business/shipping-industry-sails-towards-environmentally-friendly-future>

<http://www.motorship.com>