



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &**  
**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

**Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση της εφαρμογής μεθόδων ενεργειακής βελτίωσης σε εμπορικό πλοίο υπό το πρίσμα των επικείμενων περιβαλλοντικών εξελίξεων στον κλάδο της ναυτιλίας**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΟΥ**

**ΤΣΕΡΕΚΛΑ-ΖΑΦΕΙΡΑΚΗ ΑΓΓΕΛΟΥ**

**Επιβλέπων:** Κωνσταντίνος Αραβώσης  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2014





.....  
Άγγελος Τσερέκλας-Ζαφειράκης

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Άγγελος Τσερέκλας-Ζαφειράκης, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Αραβώση για την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον που έδειξε τόσο κατά την ανάθεση της εργασίας, όσο και κατά τη διάρκεια διεξαγωγής αυτής. Ειδικές ευχαριστίες αρμόζουν στον Δρ. Γεώργιο Γκουγκουλίδη, για την πολύτιμη συμβολή του στην επίβλεψη και καθοδήγηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία εκφράστηκε μέσω καθοριστικών και κρίσιμων υποδείξεων.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βραχάτη, την κ. Καράμπαλη, τον κ. Ραβάνογλου και όλους τους ανθρώπους της Cyprus Sea Lines, οι οποίοι προσέφεραν απαραίτητα στοιχεία και δεδομένα για την ολοκλήρωση της υφιστάμενης ανάλυσης. Ευχαριστίες αξίζουν επίσης στην κ. Παυλοπούλου για τη βοήθειά και τη συνεχή ενημέρωση που προσέφερε πάνω στο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που αδιάκοπα στήριζε τις προσπάθειές μου καθ' όλη τη διάρκεια των μαθητικών αλλά και ακαδημαϊκών μου σπουδών.

Τσερέκλας-Ζαφειράκης Άγγελος

Αθήνα, 26 Δεκεμβρίου 2013

# Abstract

In the present thesis a broad approach is carried out to the maritime sector from an environmental point of view. In light of the integration of the new EU directives on climate change by the International Maritime Organization (IMO), the continuous effort to reduce operating costs but also the true need for further development of corporate social responsibility (CSR) systems in the shipping business scene, this thesis extends relying on two main centerlines.

The first part aims at the enhancement of the environmental problem caused primarily by gaseous pollutants, the participation of shipping in this, but also the existing and future regulatory framework that either has been or will be imposed. In addition the present thesis underlines the growing trend towards integration of CSR schemes in the area of shipping and the benefits that this can yield both in society and in the companies.

In the second part, after the necessity for taking actions has become understood, a series of energy improvement methods suggested by the IMO are further analyzed with a view to applying them to a bulk carrier merchant vessel. This analysis conducts a technoeconomical evaluation of the energy improvement methods as a potential investment from a strategic point of view. The conclusions of the assessment, which takes into account the uncertainty of the data used, include the fact that the vast majority of methods deemed acceptable for investment.

## Περίληψη-Έποψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται μια προσέγγιση του κλάδου της ναυτιλίας από την περιβαλλοντική του σκοπιά. Υπό το πρίσμα της ενσωμάτωσης των νέων κοινοτικών οδηγιών περί κλιματικής αλλαγής από τον Διεθνή Οργανισμό Ναυτιλίας (IMO), της συνεχούς προσπάθειας για μείωση του λειτουργικού κόστους αλλά και της πηγαίας ανάγκης για περαιτέρω ανάπτυξη των συστημάτων εταιρικής κοινωνικής ευθύνης (ΕΚΕ) στο ναυτιλιακό επιχειρηματικό γίγνεσθαι, η παρούσα διπλωματική εργασία επεκτείνεται στηριζόμενη σε δυο βασικούς άξονες.

Το πρώτο μέρος, έχει ως σκοπό την ανάδειξη του περιβαλλοντικού προβλήματος που προκαλείται κατά κύριο λόγο από τους αέριους ρύπους, της συμμετοχής της ναυτιλίας σε αυτό, αλλά και του υφιστάμενου και μελλοντικού ρυθμιστικού πλαισίου που είτε έχει επιβληθεί ή αναμένεται να επιβληθεί. Επίσης, διαπιστώνεται η αυξανόμενη τάση για ενσωμάτωση των συστημάτων ΕΚΕ στον χώρο της ναυτιλίας αλλά και τα ευεργετικά αποτελέσματα που μπορεί να αποφέρει αυτή τόσο στην κοινωνία όσο και στις ίδιες τις εταιρίες.

Στο δεύτερο μέρος, αφού έχει γίνει κατανοητή η αναγκαιότητα για λήψη δράσεων, παρουσιάζεται μια σειρά μεθόδων ενεργειακής βελτίωσης που προτείνει ο IMO στο παράρτημά του περί διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης (SEEMP), η οποία και αναλύεται περαιτέρω με σκοπό την εφαρμογή της σε εμπορικό πλοίο τύπου χύδην φορτίου. Η ανάλυση αυτή αξιολογεί τεχνοοικονομικά τις μεθόδους ενεργειακής βελτίωσης ως εν δυνάμει επενδύσεις, με σκοπό την στρατηγική πρόκριση ή μη αυτών. Στα συμπεράσματα της αξιολόγησης, η οποία λαμβάνει υπόψη και την υφιστάμενη αβεβαιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται, συμπεριλαμβάνεται το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μεθόδων κρίνεται ως αποδεκτή προς επένδυση.

## Εισαγωγή

Η διεθνής ναυτιλία, η οποία είναι υπεύθυνη για το 90% των παγκοσμίων μεταφορών, αποτελεί αναμφισβήτητα έναν από τους κορυφαίους κλάδους στην ένταξη του στοιχείου της βιωσιμότητας κατά τη διαχρονική εξέλιξη και ανάπτυξή της. Το γεγονός αυτό καταδεικνύεται όχι μόνο από το χαμηλό ποσοστό συμμετοχής της στις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ήτοι 2,7%, αλλά και από την ιδιαίτερα ταχεία ενσωμάτωση οδηγιών για την προστασία του περιβάλλοντος και την διασφάλιση της ασφάλειας στη ναυτιλία. Ήδη από το έτος 1959, ο IMO ενσωμάτωσε τη σύμβαση για την προστασία της θάλασσας από την ρύπανση από το πετρέλαιο (OILPOL). Το 1973 υιοθετήθηκε η διεθνής σύμβαση για την προστασία από τη ρύπανση προερχόμενη από πλοία, γνωστή ως MARPOL, η οποία επικεντρώνεται κυρίως σε ρύπανση προερχόμενη από διαρροές πετρελαίου, από επιβλαβείς ουσίες στο μεταφερόμενο φορτίο, από λύματα και απορρίμματα, αλλά και από τους αέριους ρύπους των πλοίων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα μας απασχολήσει κυρίως η τελευταία μορφή ρύπανσης.

Όσον αφορά του αέριους ρύπους, ήδη από το 1997 υιοθετήθηκε από την επιτροπή προστασίας του θαλασσίου περιβάλλοντος (MEPC) το ψήφισμα 8 για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προερχόμενες από πλοία, το οποίο οδήγησε σταδιακά το 2003 στην λήψη πολιτικών και πρακτικών για την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου στο κλάδο της ναυτιλίας και το 2008 στην έκδοση της ανανεωμένης μελέτης για τα αέρια του θερμοκηπίου. Σήμερα, πληθώρα κανονισμών και ρυθμίσεων υφίστανται με τους κυριότερους εξ αυτών να είναι ο υποχρεωτικός Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) για τα νεοκατασκευασμένα πλοία, το όριο περί ανώτατης περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο αλλά και το όριο περί ανώτατης εκπομπής οξειδίων του αζώτου. Η σημαντικότητα των παραπάνω μέτρων έγκειται και στο γεγονός ότι τα όρια που έχουν θεσπιστεί για καθένα από αυτά αναμένεται να μειώνεται σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου, κάτι που θα καθιστά ολοένα και πιο σημαντική την επένδυση σε νέες τεχνολογίες που θα αποσκοπούν αφενός στη μείωση των εν λόγω εκπομπών και αφετέρου στην εξοικονόμηση σημαντικών κεφαλαίων για τον εκάστοτε πλοιοκτήτη ή διαχειριστή.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων, γεγονός που θα σηματοδοτεί και την τόνωση της εταιρικής κοινωνικής υπευθυνότητας, προϋποθέτει την εξέταση και αξιολόγηση του συνόλου των νέων τρόπων, μεθόδων, τεχνικών και εξοπλισμού, οι οποίοι θα αποτελέσουν την κοινή πρακτική του μέλλοντος. Ανατρέχοντας κανείς στη βιβλιογραφία, μπορεί να συναντήσει μια πολύ εμπειριστατωμένη μελέτη εκ μέρους του IMO, κατά την οποία μελετάται πληθώρα μεθόδων ενεργειακής βελτίωσης για όλους τους τύπους των πλοίων και δίνονται στοιχεία τόσο τεχνικής όσο και οικονομικής φύσης (IMO, 2011). Ωστόσο, η μελέτη αυτή αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στον μακροσκοπικό προσδιορισμό της σχέσης κόστους-οφέλους κάθε μεθόδου, με το όφελος να ορίζεται κυρίως ως η συνολική προσδοκώμενη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα από την εφαρμογή της εκάστοτε μεθόδου στο σύνολο των πλοίων. Άλλες μελέτες συγκρίνουν τα αποτελέσματα που θα επιφέρει εφαρμογή δυο ή τριών μεθόδων σε ένα συγκεκριμένο τύπο πλοίου (Germanischer Lloyd, 2012), (Green Ship of the Future, 2009), (Green Ship of the Future, 2012), (DNV-SDARI). Στην



παρούσα διπλωματική εργασία, θα εξεταστούν όλες εκείνες οι προτάσεις που προτείνει στο παράρτημα SEEMP ο IMO, αρχικά με τη συλλογή όλων των απαραίτητων βιβλιογραφικών στοιχείων και εν συνεχεία με την ανάπτυξη μιας μελέτης περίπτωσης στο πλοίο χύδην φορτίου Panamax Sterling της εταιρίας Cyprus Lines Ltd.

Όπως ειπώθηκε στην έποψη του παρόντος, η διπλωματική εργασία χωρίστηκε σε δυο μέρη:

Στο **Α' μέρος**, στο οποίο προσεγγίζεται το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής αλλά και του συνόλου του υπάρχοντος και μελλοντικού ρυθμιστικού πλαισίου, δομήθηκε ως εξής:

Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται μια εισαγωγή στην εταιρική κοινωνική ευθύνη, στο πως αυτή έχει εισήχθη στο ναυτιλιακό εταιρικό και μη προσκήνιο και θα δοθούν ενδιαφέροντα στοιχεία που καταδεικνύουν την κρισιμότητα και αναγκαιότητα αυτής.

Στο **Κεφάλαιο 2** θα παρουσιαστεί το υφιστάμενο περιβαλλοντικό πρόβλημα, θα αναλυθεί η φύση των κύριων αέριων ρυπαντών καθώς επίσης και η συμμετοχή της ναυτιλίας στο συνολικό πρόβλημα.

Στο **Κεφάλαιο 3** θα καταγραφεί το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο που έχει επιβάλει ο IMO, αλλά και το μελλοντικό πλαίσιο που αναμένεται να εφαρμοσθεί μέσα στην επόμενη δεκαετία.

Στο **Κεφάλαιο 4** θα παρουσιαστούν τα λεγόμενα αγορακεντρικά μέτρα (Market Based Measures), τα οποία ενδέχεται να αποτελέσουν ένα μελλοντικό μέτρο που θα εντείνει περαιτέρω την προσπάθεια για μέγιστη ενεργειακή απόδοση στα πλοία.

Το **Β' Μέρος** περιέχει:

Το **Κεφάλαιο 5**, στο οποίο παρουσιάζονται τα μέτρα ενεργειακής βελτίωσης που θα εξεταστούν και δίδονται στοιχεία τεχνικής και οικονομικής φύσης για καθένα από αυτά.

Το **Κεφάλαιο 6**, κατά το οποίο γίνεται η τεχνοοικονομική αξιολόγηση των μεθόδων, μέσω προβλέψεων για τη διαμόρφωση της τιμής των καυσίμων, εκτίμησης του επιτοκίου αναγωγής και τελικού υπολογισμού των δεικτών Καθαρής Παρούσας Αξίας, Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης και Δείκτη Αποδοτικότητας. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων και η ποσοτική αξιολόγηση των κινδύνων βάση προσομοιώσεων Monte Carlo.

## Περιγραφή εταιρίας Cyprus Sea Lines Ltd

Η εταιρία Cyprus Sea Lines ιδρύθηκε το έτος 1978 με την αγορά και διαχείριση δύο πολλαπλής χρήσης πλοίων, του M/V Virginia Star και του M/V Lago Pal. Μέσα στα δύο επόμενα χρόνια, η εταιρία απέκτησε άλλα τέσσερα πλοία: Το M/V City of Dundee, το M/V City of Leeds, το M/V City of Cremorne και το M/V Lobito Pal, κάτι που οδήγησε στην αύξηση του υπεράκτιου προσωπικού της αλλά και στην εγκαθίδρυση ενός κέντρου εκπαίδευσης προσωπικού στις Φιλιππίνες.

Μεταξύ 1983 και 1987, η CSL επέκτεινε περαιτέρω το ανθρώπινο δυναμικό της και προχώρησε στην απόκτηση 16 πλοίων, κυρίως τύπου φορτίου χύδην, ενώ τη διετία 1989-1990 προέβη σε στρατηγική πώληση 16 παλαιότερων πλοίων. Μεταξύ 1992 και 1996 η εταιρία απέκτησε 11 νέα πλοία, τα οποία επίσης πούλησε κατά την διετία 1997-1998. Μεταξύ 1999 και 2002 η CSL προέβη σε αγορά 22, κυρίως τύπου Panamax και Capesize.

Ταυτόχρονα, η εταιρία επέκτεινε τις δραστηριότητές της στη σημερινή τους μορφή και από το 2003, η CSL σταμάτησε την πολιτική απόκτησης μεταχειρισμένων πλοίων και εστιάζει στην τήρηση των απαραίτητων αποθεματικών για την κατασκευή των δικών της πλοίων.

Το πλοίο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση που θα ακολουθήσει ονομάζεται M/V Panamax Sterling, με έτος ναυπήγησης το 2007. Περισσότερες πληροφορίες για αυτό, αλλά και τους λόγους επιλογής του μπορούν να ευρεθούν στην παράγραφο 5.2.

# Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	5
Abstract .....	6
Περίληψη-Έποψη .....	7
Εισαγωγή .....	8
Περιγραφή εταιρίας Cyprus Sea Lines Ltd .....	10
Πίνακας Περιεχομένων .....	11
Λίστα Σχημάτων .....	14
Λίστα Πινάκων.....	17
Λίστα Εξισώσεων.....	18
Λίστα Συντομεύσεων.....	19
Α΄ ΜΕΡΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΤΑΙΡΙΚΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΥΘΥΝΗ .....	20
1.1. Εισαγωγή .....	20
1.2. ΕΚΕ στον κλάδο της ναυτιλίας.....	21
1.2.2. Εκθέσεις Αειφορίας (Sustainability Reports) .....	22
1.2.3. Κοινωνικοί εταίροι και ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders).....	23
Βιβλιογραφία 1 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ .....	26
2.1. Φαινόμενο Θερμοκηπίου.....	26
2.2. Διοξείδιο του άνθρακα.....	28
2.2.1 Υφιστάμενα σενάρια IPCC για αέριους ρύπους.....	30
2.3. Οι ρύποι του ναυτιλιακού κλάδου .....	31
2.3.1. Συνολική κατανάλωση καυσίμου.....	31
2.3.2. Συντελεστές μετατροπής και αποτύπωση εκπομπών αερίων από καύση .....	33
2.3.3. Εκπομπές προερχόμενες από ψυκτικά .....	34
2.3.4. VOC's, PFC's.....	35
2.4. Η συμμετοχή της ναυτιλίας στο γενικό πρόβλημα .....	35
2.4.1. Σύγκριση ενεργειακής απόδοσης ναυτιλίας με άλλους μεταφορικούς κλάδους .....	36
Βιβλιογραφία 2 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΕΙΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΕΡΙ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ .....	40
3.1. Ιστορική αναδρομή .....	40

3.1.1. Έναρξη διαδικασιών IMO για την μείωση των εκπομπών GHG .....	40
3.1.2. Αποτελέσματα πρόσφατων συναντήσεων IMO .....	41
3.2. Energy Efficiency Design Index .....	43
3.2.2. Υπολογισμός EEDI.....	44
3.2.2. Παραδείγματα μείωσης EEDI .....	49
3.3. Ships Energy Efficiency Management Plan-SEEMP .....	52
3.3.1. Εισαγωγή .....	52
3.3.2. Πλαίσιο και δομή του SEEMP .....	52
3.3.3. Energy Efficiency Operational Indicator-EEOI .....	53
3.4. Κείμενες διατάξεις περί των οξειδίων του θείου και του αζώτου.....	55
3.4.3. Οξείδια του Θείου-SOx.....	55
3.4.4. Οξείδια του Αζώτου-NOx .....	56
3.5. Προβλέψεις από την εφαρμογή των τεχνικών μέτρων .....	57
Βιβλιογραφία 3 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΓΟΡΑΚΕΝΤΡΙΚΑ ΜΕΤΡΑ- MARKET BASED MEASURES .....	60
4.2. Παρουσίαση προτεινόμενων MBMs.....	61
4.2.1. International Fund for GHG (Κύπρος, Δανία, Νησιά Μάρσαλ, Νιγηρία, IPTA).....	61
4.2.3. Port State Levy (Τζαμάικα) .....	63
4.2.4. Ship Efficiency and Credit Trading-SECT (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής) .....	63
4.2.5. Vessel Efficiency System-VES (Διεθνής Ναυτιλιακή Επιτροπή) .....	63
4.2.6. Global Emission Trading System-ETS for international shipping (Νορβηγία) .....	64
4.2.7. Global Emissions Trading System for international shipping (Ην. Βασίλειο) .....	65
4.2.8. Emissions Trading System for International Shipping (Γαλλία).....	65
4.2.9. Market-Based Instruments: a penalty on trade and development (Μπαχάμες)..	66
4.2.10. Rebate Mechanism-RM for a market-based instrument for international shipping (IUCM).....	66
4.2.11. Emissions Trading Scheme with a particular view on developing countries (Γερμανία) .....	68
4.3. Αξιολόγηση προτεινόμενων MBMs .....	68
4.3.1. Εισαγωγή .....	68
4.3.2. Αποτελέσματα ομάδας εργασίας Περιβάλλοντος .....	69
4.3.3. Αποτελέσματα ομάδας εργασίας Ναυτιλίας .....	70
4.3.3. Αποτελέσματα ομάδας εργασίας Διαχείρισης και τα Νομικών .....	70
4.3.4. Αποτελέσματα ομάδας εργασίας Εμπορίου και Ανάπτυξης των Αναπτυσσόμενων χωρών.....	71

4.4. Η θέση της Ελλάδας .....	71
Βιβλιογραφία 4 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου.....	74
Β' ΜΕΡΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ SEEMP ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΛΟΙΟΥ .....	75
5.1. Εισαγωγή .....	75
5.2. Παρουσίαση του προς εξέταση πλοίου .....	75
5.3. Παρουσίαση των προτεινόμενων βελτιωτικών προτάσεων του SEEMP.....	79
5.3.1. Σχεδιασμός ταξιδιού-Πλοήγηση με τη χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων (Weather routing).....	79
5.3.2. Άφιξη Just- in-time και βελτιστοποίηση διαχείρισης φορτίων στους λιμένες.....	80
5.3.3. Λειτουργία στη βέλτιστη ταχύτητα/ισχύ .....	81
5.3.4. Βέλτιστη διαγωγή και ερματισμός πλοίου.....	82
5.3.5. Βελτιστοποίηση ροής γύρω από την προπέλα .....	83
5.3.6. Βελτιστοποίηση χρήσης πηδαλίου .....	87
5.3.7. Συντήρηση γάστρας και προπέλας .....	88
5.3.8. Συντήρηση και διαγνωστική μηχανής.....	91
5.3.9. Ανάκτηση θερμότητας.....	92
5.3.10. Διαχείριση ενέργειας .....	93
5.3.11. Χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου.....	93
5.3.12. Αιολική ενέργεια .....	96
5.3.13. Ηλιακή ενέργεια.....	98
5.4. Συνοπτική αποτύπωση προαναφερθέντων μεθόδων .....	100
Βιβλιογραφία 5 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου.....	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ .....	104
6.1. Μεθοδολογία .....	104
6.1.1. Δείκτες αξιολόγησης .....	104
6.2. Εκτίμηση διαμόρφωσης τιμής καυσίμων .....	105
6.2.1. HFO και MGO .....	105
6.2.2. Υγροποιημένο φυσικό αέριο.....	108
6.3. Εκτίμηση επιτοκίου αναγωγής.....	109
6.4. Παρουσίαση αποτελεσμάτων κεντρικού σεναρίου .....	111
6.4.1. Καλές πρακτικές .....	117
6.5. Ανάλυση ευαισθησίας.....	117

6.5.1. Παράγοντες ομοιόμορφου πεδίου τιμών .....	117
6.5.2. Επίδραση μεταβολής ποσοστιαίων μειώσεων κατανάλωσης.....	122
6.6. Ποσοτική αξιολόγηση κινδύνων .....	122
6.7. Πολυκριτήρια Ανάλυση.....	127
Βιβλιογραφία 6 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου.....	129
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	132
Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων για έτος επιβολής ορίου περι όξειδίων του θείου το 2020.....	132
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	136
Παρουσίαση σεναρίων πολυκριτήριας ανάλυσης.....	136

## Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 1. Δημοσιεύσεις αειφορίας (PwC , 2012) .....	23
Σχήμα 2. ΕΚΕ σε ιστοσελίδες ναυτιλιακών εταιρειών της Βαλτικής Θάλασσας (Arat, 2011). 23	
Σχήμα 3. Απόψεις εργαζομένων Maersk περί ασφάλειας, ισότητας και κοινωνίας-περιβάλλοντος (A.P. Moller- Maersk Group's, 2011).....	24
Σχήμα 4. Πίνακας σημαντικότητας θεμάτων ΕΚΕ για μια εταιρεία (PwC , 2012).....	25
Σχήμα 5. Προβλεπόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη το έτος 2070.....	27
Σχήμα 6. Συνεισφορά των αερίων του θερμοκηπίου .....	27
Σχήμα 7. Μεταβολή συγκέντρωσης CO <sub>2</sub> κατά την χρονική περίοδο 1958-2013 (Earth System Research Laboratory, 2013) .....	29
Σχήμα 8. Συνολικοί ετήσιοι ρύποι CO <sub>2</sub> από όλες τις πηγές (ενέργεια, βιομηχανία, αλλαγή χρήσης γης) για την χρονική περίοδο 2000-2100, αντιπροσωπευμένη από τις 4 βασικές οικογένειες σεναρίων (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000).....	29
Σχήμα 9. Συνολικοί ρύποι CO <sub>2</sub> αθροιστικά για την χρονική περίοδο 2000-2100, αντιπροσωπευμένη από τις 4 βασικές οικογένειες σεναρίων (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000) .....	30
Σχήμα 10. Δομή σεναρίων και υποθέσεων IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000).....	31
Σχήμα 11. Διαδικασία υπολογισμού της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου .....	32
Σχήμα 12. Παγκόσμια διακύμανση της κατανάλωσης καυσίμου στον ναυτιλιακό κλάδο για το χρονικό διάστημα 1950-2010, βασιζόμενη σε διάφορες μελέτες (εξαιρούνται τα πολεμικά πλοία) (Buhaug, 2009) .....	32
Σχήμα 13. Συμμετοχή κάθε κλάδου στις παγκόσμιες εκπομπές CO <sub>2</sub> (Buhaug, 2009) .....	36
Σχήμα 14. Δείκτης ενεργειακής απόδοσης για διάφορους τύπους πλοίων σε σύγκριση με υπόλοιπους μεταφορικούς κλάδους (Buhaug, 2009).....	38
Σχήμα 15. Ιστορική εξέλιξη της πορείας του δείκτη στη ναυτιλία (1900-2000) (Buhaug, 2009) .....	38
Σχήμα 16. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για το 2005 στον μεταφορικό κλάδο (Buhaug, 2009).....	38

Σχήμα 17. Υπολογισμός $P_{ME}$ και $V_{ref}$ (IMO, 2012) .....	47
Σχήμα 18. Απλουστευμένο σύστημα παραγωγής και κατανάλωσης ισχύος (IMO, 2012) .....	49
Σχήμα 19. SFC για ηλεκτροκίνητες και μηχανοκίνητες δίχρονες μηχανές Diesel (Larkin, 2010) .....	50
Σχήμα 20. EEDI για δεξαμενόπλοια πετρελαίου (Larkin,2010).....	51
Σχήμα 21. Σχηματική δομή του SEEMP .....	52
Σχήμα 22. Απεικόνιση υφιστάμενων και πιθανών νέων ECA .....	55
Σχήμα 23. Επιτρεπόμενα όρια περιεκτικότητας θείου μέσα στο καύσιμο (% βάρος κατά βάρος) για την περίοδο 2000-2025.....	56
Σχήμα 24. Συνολικές προβλεπόμενες μειώσεις εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εφαρμογή των SEEMP, EEDI (IMO, 2011) .....	58
Σχήμα 25. Πρόβλεψη εκπομπών για την περίοδο 2010-2050. Μέσος όρος σεναρίων A1B-4 και B2-1 (IMO, 2011) .....	59
Σχήμα 26. Διαχρονική μεταβολή ταχύτητας σε σχέση με την μεταβολή του BFO σε πλοία τύπου VLCC (Psaraftis, 2011).....	72
Σχήμα 27. Συνεισφορά Levy στις καμπύλες MAC (Psaraftis, 2011) .....	73
Σχήμα 28. Κατηγοριοποίηση των προτάσεων από την Ελληνική πλευρά (IMO, 2011).....	73
Σχήμα 29. Panamax Sterling .....	75
Σχήμα 30. Τομή κύριας μηχανής .....	77
Σχήμα 31. Απεικόνιση εναλλακτικών πορειών από το λογισμικό της εταιρείας AWT .....	80
Σχήμα 32. Παραδείγματα αποδιαβάθμισης μηχανής 5S60MC-C8 (MAN, 2009) .....	82
Σχήμα 33. Παραδείγματα ένδειξης βέλτιστης διαγωγής πλοίου .....	83
Σχήμα 34. Τυπικές ενεργειακές απώλειες προπέλας .....	84
Σχήμα 35. Propeller Boss Cap Fins .....	85
Σχήμα 36. Ακροφύσιο προπέλας.....	85
Σχήμα 37. Αύξηση προωστικής αποδοτικότητας με τη χρήση ακροφυσίου .....	86
Σχήμα 38. Αγωγός Mewis .....	86
Σχήμα 39. Costa Bulb με συστρεμμένο πηδάλιο .....	88
Σχήμα 40. Promas Lite .....	88
Σχήμα 41. Μείωση της κατανάλωσης καυσίμου με χρήση επιστρώσεων αποδέσμευσης ρύπων (Willsher J-International Paint Ltd.).....	90
Σχήμα 42. Κλίμακα Rubert .....	90
Σχήμα 43. Σύστημα αυτόματης ρύθμισης μηχανής (MAN Diesel).....	91
Σχήμα 44. Αποτύπωση συστήματος αυτόματης ρύθμισης μηχανής (Green Ship of the Future, 2009).....	92
Σχήμα 45. Μονογραμμικό διάγραμμα συστήματος ανάκτησης ενέργειας (Green Ship of the Future, 2009).....	93
Σχήμα 46. Διαμόρφωση τιμής LNG ανά τον κόσμο κατά το έτος 2013 .....	95
Σχήμα 47. Bit Viking.....	96
Σχήμα 48. MV “BBC Skysails” .....	97
Σχήμα 49. Κινηματικό προφίλ χαρταετού ρυμουλκήσεως .....	97
Σχήμα 50. E-ship 1 .....	98
Σχήμα 51. Magnus Effect.....	98
Σχήμα 52. Auriga Leader.....	99
Σχήμα 53. Εκτιμώμενη διαμόρφωση μίγματος καυσίμων στη ναυτιλία 2012-2020 (DNV). .....	106

Σχήμα 54. Συσχέτιση αργού πετρελαίου-βαρέως μαζούτ κατά τα έτη 2000-2010 (ΙΜΟ, 2011)	107
Σχήμα 55. Εκτίμηση διαμόρφωσης τιμών καυσίμων στη ναυτιλία για την περίοδο 2015-2030	109
Σχήμα 56. Καθαρή παρούσα αξία εξεταζόμενων μεθόδων κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025	114
Σχήμα 57. Ποσοστιαία αναλογία ΕΣΑ πρώτης μεθόδου με τις υπόλοιπες κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025	114
Σχήμα 58. Ποσοστιαία αναλογία ΡΙ πρώτης μεθόδου με τις υπόλοιπες κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025	115
Σχήμα 59. Εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής κάθε μεθόδου για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025	116
Σχήμα 60. Εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025	116
Σχήμα 61. Απεικόνιση Πίνακα 27	119
Σχήμα 62. Απεικόνιση ποσοστιαίων μεταβολών για τα στοιχεία του Πίνακα 28	120
Σχήμα 63. Απεικόνιση ποσοστιαίων μεταβολών για τα στοιχεία του Πίνακα 29	121
Σχήμα 64. Τριγωνική κατανομή πιθανότητας	123
Σχήμα 65. Τριγωνική κατανομή πιθανότητας του παράγοντα ετήσιας ποσοστιαίας αύξησης της τιμής του ΗFO	124
Σχήμα 66. Στιγμιότυπο μοντελοποίησης Εξίσωση 16	125
Σχήμα 67. Ιστόγραμμα δείκτη ΡΙ μεθόδου ανάκτησης θερμότητας για έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025	125
Σχήμα 68. Καθαρή παρούσα αξία εξεταζόμενων μεθόδων κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020	132
Σχήμα 69. Ποσοστιαία αναλογία ΡΙ πρώτης μεθόδου με τις υπόλοιπες κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020	133
Σχήμα 70. Ποσοστιαία αναλογία ΕΣΑ πρώτης μεθόδου με τις υπόλοιπες κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020	133
Σχήμα 71. Εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής κάθε μεθόδου για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020	134
Σχήμα 72. Εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020	134
Σχήμα 73. Ιστόγραμμα δείκτη ΡΙ μεθόδου ανάκτησης θερμότητας για έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020	135



## Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1. Πως αντιλαμβάνονται οι Έλληνες μανάτζερ τον όρο ΕΚΕ στη ναυτιλία (Fafaliou et al, 2005).....	22
Πίνακας 2. Συντελεστές μετατροπής με βάση τα διεθνή πρότυπα IPPC 2006, CORINAIR (Buhaug, 2009) .....	33
Πίνακας 3. Συνολικοί αέριοι ρύποι από καύση του ναυτιλιακού κλάδου για το διάστημα 1990-2007 (Buhaug, 2009) .....	33
Πίνακας 4. Συνολικοί ρύποι ψυκτικών σε τόνους ανά έτος 2004 (Buhaug, 2009) .....	34
Πίνακας 5. Θεσμοθετημένοι συντελεστές μείωσης του δείκτη EEDI .....	44
Πίνακας 6. Υπολογισμός γραμμής αναφοράς (IMO, 2011) .....	45
Πίνακας 7. Συντελεστής μετατροπής καυσίμου σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (IMO, 2012).....	46
Πίνακας 8. Εφικτές μειώσεις δείκτη EEDI με χρήση ηλεκτρικού ελέγχου βαλβίδων (Larkin, 2010).....	50
Πίνακας 9. Εφικτές μειώσεις δείκτη EEDI μέσω μείωσης της ταχύτητας σε δεξαμενόπλοια πετρελαίου (Larkin, 2010).....	51
Πίνακας 10. Παράδειγμα υπολογισμού ΕΕΟΙ (IMO, 2009).....	54
Πίνακας 11. Επιτρεπόμενα όρια οξειδίων του αζώτου. ....	57
Πίνακας 12. Συνδυασμοί σεναρίων .....	58
Πίνακας 13. Μέσος όρος μείωσης εκπομπών σε σχέση με τις BAU (IMO, 2011) .....	58
Πίνακας 14. Καταμερισμός εργασιών με βάση τα εννέα κριτήρια (IMO, 2010) .....	69
Πίνακας 15. Εκτιμώμενες μειώσεις από το σενάριο Business As Usual .....	69
Πίνακας 16. Αναμενόμενα έσοδα και ενδεχόμενες περαιτέρω μειώσεις εκπομπών (Mt) (IMO, 2010) .....	70
Πίνακας 17. Κύρια χαρακτηριστικά πλοίου .....	76
Πίνακας 18. Ταξιδιωτικό προφίλ πλοίου .....	76
Πίνακας 19. Κατανάλωση κύριας και δευτερεύουσας μηχανής .....	77
Πίνακας 20. Χρησιμοποιούμενο καύσιμο με βάση το ρυθμιστικό πλαίσιο .....	78
Πίνακας 21. Βιβλιογραφικά ποσοστά μείωσης κατανάλωσης (DNV-SDARI).....	84
Πίνακας 22. Εξεταζόμενα μέτρα ενεργειακής βελτίωσης και καλές πρακτικές .....	100
Πίνακας 23. Ποσοστιαίες διαφορές τιμών καυσίμων και ποσοστιαία ετήσια αύξηση τιμής βαρέως μαζούτ.....	109
Πίνακας 24. Αποτελέσματα δεικτών αξιολόγησης κατά το έτος 2030 για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020 .....	112
Πίνακας 25. Αποτελέσματα δεικτών αξιολόγησης κατά το έτος 2030 για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025 .....	112
Πίνακας 26. Παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση του αποτελέσματος και πεδίο τιμών.....	117
Πίνακας 27. Συγκεντρωτική μέση ποσοστιαία επίδραση κάθε παράγοντα στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025- Εξαιρουμένης της χρήσης LNG.....	118
Πίνακας 28. Επίδραση ακραίων τιμών επιτοκίου αναγωγής στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025.....	119
Πίνακας 29. Επίδραση ακραίων τιμών ποσοστιαίας διαφοράς τιμής LNG-HFO στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025 .....	120

Πίνακας 30. Επίδραση μεταβολής ποσοστιαίων μειώσεων κατανάλωσης στον δείκτη PI για έτος εφαρμογής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025.....	122
Πίνακας 31. Αθροιστική πιθανότητα απόρριψης μεθόδων (PI<1), ελάχιστη τιμή δείκτη PI και κατάταξη μεθόδων για έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025.....	126
Πίνακας 32. Χρωματικός κανόνας.....	126
Πίνακας 33. Τιμές κριτηρίων για κάθε μέθοδο σε περίπτωση εφαρμογής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025 .....	127
Πίνακας 34. Ανηγγμένα μεγέθη Πίνακα 33 .....	128
Πίνακας 35. Κατάταξη με βάση το κεντρικό σενάριο της πολυκριτήριας ανάλυσης .....	128
Πίνακας 36. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων τεχνοοικονομικής αξιολόγησης με έτος εφαρμογής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025.....	130
Πίνακας 37. Συγκεντρωτική μέση ποσοστιαία επίδραση κάθε παράγοντα στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020- Εξαιρουμένης της χρήσης LNG.....	135
Πίνακας 38. Αθροιστική πιθανότητα απόρριψης μεθόδων (PI<1), ελάχιστη τιμή δείκτη PI και κατάταξη μεθόδων για έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020.....	136
Πίνακας 39. Σενάρια βαρυτήτων κριτηρίων .....	136
Πίνακας 40. Αποτελέσματα σεναρίων πολυκριτήριας ανάλυσης .....	137

## Λίστα Εξισώσεων

Εξίσωση 1. Δείκτης ενεργειακής απόδοσης.....	36
Εξίσωση 2. Βασική υποχρεωτική σχέση EEDI .....	45
Εξίσωση 3. Υπολογισμός γραμμής αναφοράς .....	45
Εξίσωση 4. Attained EEDI (IMO, 2012).....	45
Εξίσωση 5. Ισχύς Κύριας Μηχανής- Ύπαρξη γεννήτριας άξονα.....	46
Εξίσωση 6. Ισχύς Κύριας Μηχανής- Ύπαρξη κινητήρα άξονα.....	47
Εξίσωση 7. Ισχύς κινητήρα άξονα .....	47
Εξίσωση 8. Υπολογισμός ισχύος δευτερεύουσας μηχανής- Κύρια μηχανή> 10.000 kW .....	48
Εξίσωση 9. Υπολογισμός ισχύος δευτερεύουσας μηχανής- Κύρια μηχανή< 10.000 kW .....	48
Εξίσωση 10. . Energy Efficiency Operations Indicator-EEOI.....	54
Εξίσωση 11. Average EEOI.....	54
Εξίσωση 12. Καθαρή Παρούσα Αξία .....	105
Εξίσωση 13. Μέσο Σταθμικό Κόστος (Καλιαμπάκος Δ, 2008) .....	110
Εξίσωση 14. Μοντέλο Αποτίμησης Κεφαλαιακών Στοιχείων .....	111
Εξίσωση 15. Εξίσωση τριγωνικής κατανομής πιθανότητας.....	123
Εξίσωση 16. Εξίσωση δημιουργίας τυχαίων τιμών τριγωνικής κατανομής πιθανότητας....	124

## Λίστα Συντομεύσεων

BAU	Business As Usual
CBDR	Common But Differentiated Responsibility
ECA	Emission Control Areas
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EEOI	Energy Efficiency Operations Indicator
EIAPP	Energy International Air Pollution Prevention
ESI	Environmental Shipping Index
ETS	Emission Trading System
GHG	Greenhouse Gases
HFO	Heavy Fuel Oil
ICAO	International Civil Aviation Organization
IGF	International Code of Safety for Gas-Fuelled Ships
IMO	International Maritime Organization
IPCC	International Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
LSHFO	Low Sulphur Heavy Fuel Oil
LNG	Liquefied Natural Gas
MAC	Marginal Abatement Curves
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
MEPC	Marine Environment Protection Committee
MGO	Marine Gas Oil
PI	Profitability Index
PMI	Cylinder-pressure analyzer
RM	Rebate Mechanism
SECT	Ship Efficiency and Credit Trading
SEEMP	Ships Energy Efficiency Management Plan
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VES	Vessel Efficiency System
VLCC	Very large crude carrier
WACC	Weighted Average Cost of Capital
WTI	West Texas Index
EKE	Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη
ΕΣΑ	Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης
ΚΠΑ	Καθαρή Παρούσα Αξία

# Α' ΜΕΡΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΤΑΙΡΙΚΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΥΘΥΝΗ

### 1.1. Εισαγωγή

Η Εταιρική κοινωνική ευθύνη (ΕΚΕ) αποτελεί μια έννοια, η οποία δεν διέπεται από έναν γενικό και σαφή ορισμό. Αποτελεί έναν όρο για τις λειτουργίες εκείνες, τις οποίες μια εταιρεία χρησιμοποιεί για να δράσει με υπεύθυνο χαρακτήρα. Η ΕΚΕ δημιουργήθηκε με εθελοντικό χαρακτήρα και στόχος της είναι να ξεπερνά τα ηθικά πρότυπα, τα οποία ορίζονται από τους εκάστοτε νόμους. Πολλές εταιρείες δρούσαν με αίσθηση της υπευθυνότητας πολύ πριν θεσπιστεί ο όρος ΕΚΕ. Κλασικό παράδειγμα αποτελούν διάφορες βιομηχανοποιημένες πόλεις, οι οποίες υποστηρίχτηκαν από τις διοικήσεις των εργοστασίων για την ανάπτυξη συστημάτων υγείας, την κατασκευή σπιτιών αλλά και την παροχή διάφορων υπηρεσιών (Heald, 1970), (Arat, 2011).

Ο όρος ΕΚΕ πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία του 50' στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (Carrol, 1999), (Holme R, 2000), (Arat, 2011). Διάφορα άρθρα για την ΕΚΕ εμφανίστηκαν μετέπειτα (Davis, 1960), (Walton, 1967), (Davis and Blomstroem, 1966), ωστόσο ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στον R.Edward Freeman, ο οποίος εισήγαγε το 1984 για πρώτη φορά την έννοια των ενδιαφερόμενων μελών (stakeholders), τα οποία αποτελούν ομάδες που δέχονται τις επιπτώσεις των ενεργειών μιας εταιρείας. Επίσης, άλλες μελέτες ανέπτυξαν μοντέλα μέτρησης της εταιρικής κοινωνικής απόδοσης (Watrlick and Cochran, 1985), (Swanson, 1995) και άλλες υπογράμμισαν τον ρόλο της ΕΚΕ ως μέρος της στρατηγικής μιας εταιρείας (Lockwood, 2004).

Μέχρι σήμερα δεν έχει υπάρξει κάποιο μοναδικό διεθνές πρότυπο, το οποίο να μπορεί να κρίνει την κοινωνική απόδοση μιας εταιρείας. Αντιθέτως, υπάρχουν διάφορα πρότυπα από ινστιτούτα ή οργανισμούς όπως τα Ηνωμένα Έθνη, η Ευρωπαϊκή Ένωση, ο ΟΟΣΑ, ο ISO και το GRI.

Ο ορισμός που έχει δοθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την ΕΚΕ αναφέρει:

*«...μια έννοια σύμφωνα με την οποία οι εταιρείες ενσωματώνουν τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές τους ανησυχίες στις επιχειρηματικές τους δραστηριότητες και στην αλληλεπίδρασή τους με τα ενδιαφερόμενα μέρη σε εθελοντική βάση, καθώς συνειδητοποιούν ολοένα και περισσότερο πως η υπεύθυνη συμπεριφορά οδηγεί σε αειφόρο επιχειρηματική επιτυχία...»*

Επίσης, από την εναρκτήρια ομιλία του κ. Francis Mer, Γάλλου Υπουργού Οικονομίας, Οικονομικών και Βιομηχανίας, στο συνέδριο του UN Global Compact

για τη Διαφάνεια και την καταπολέμηση της Διαφθοράς, στις 26 και 27 Ιανουαρίου του 2004:

*«Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη (ΕΚΕ) είναι ένα δείγμα σαφούς και αποδεκτής αναγνώρισης από τους οικονομικούς συμμετόχους, αναφορικά με τη σημασία των αρμοδιοτήτων τους, τόσο για το περιβάλλον, όσο και για την κοινωνία. Η Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη αποτελεί μια εξισορροπητική αρχή για την οικονομία της αγοράς αλλά και την κατάσταση της αειφόρου ανάπτυξης».*

Το 1976, ο ΟΟΣΑ διακήρυξε οδηγίες για τις διεθνείς επενδύσεις και τις πολυεθνικές εταιρείες, στις οποίες δίδονται προτάσεις για όλα τα κύρια ζητήματα της εταιρικής ηθικής, όπως η απασχόληση, τα ανθρώπινα δικαιώματα, το περιβάλλον και η προστασία της πληροφορίας.

Ο ISO εισήγαγε το 2010 το πρότυπο ISO 26000, το οποίο αναφέρεται στην ΕΚΕ και έχει την μορφή οδηγιών. Επίσης, άλλα πρότυπα όπως το ISO 50001 για την διαχείριση ολικής ποιότητας και το ISO 14000 για τη περιβαλλοντική διαχείριση εντάσσονται στο ευρύτερο πλαίσιο της ΕΚΕ.

Τέλος, η Παγκόσμια Πρωτοβουλία Αναφοράς (Global Reporting Initiative-GRI), που ιδρύθηκε το 1997, πρωτοστάτησε στην ανάπτυξη ενός κοινού πλαισίου για τις εκθέσεις αειφορίας (sustainability reports). Ενδεικτικά, το 2009 πάνω από 1500 οργανώσεις από 60 διαφορετικές χώρες εξέδωσαν τις εκθέσεις αειφορίας τους βασισμένες στα πρότυπα του GRI (Παυλοπούλου, 2011).

## **1.2. ΕΚΕ στον κλάδο της ναυτιλίας**

### **1.2.1. Εισαγωγή**

Σε μια χρονική περίοδο, στην οποία όλοι οι οικονομικοί δείκτες στον κλάδο της ναυτιλίας παρουσιάζουν αρνητικά αποτελέσματα, θα διαπίστωνε κανείς ότι η εφαρμογή ενός συστήματος ΕΚΕ λαμβάνει δευτερεύοντα ρόλο στην ημερήσια διάταξη μιας εταιρείας. Παρόλα αυτά, είναι κοινή πεποίθηση ότι οι προσπάθειες για αειφορία θα είναι αυτές που θα αναδείξουν τους πρωτοπόρους τους μέλλοντος.

Η επίτευξη της αειφορίας αποτελεί κάτι περισσότερο από την απλή εναρμόνιση με τους εκάστοτε κανονισμούς, παρόλο που πολλές φορές αυτοί στέκονται ως αρωγοί της όλης προσπάθειας. Χαρακτηριστικά, αναφέρεται το παράρτημα VI της MARPOL, με το οποίο γίνεται προσπάθεια για τον έλεγχο των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, των θειούχων και των οξειδίων του αζώτου και το οποίο θα αναλυθεί εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

Οι λιμενικές αρχές έχουν θεσπίσει επίσης τις δικές τους πρωτοβουλίες, όπως το ESI (Environmental Shipping Index), το οποίο αποτελεί ένα εθελοντικό πρόγραμμα, με το οποίο τα πλοία ανταμείβονται για την απόδοσή τους στις εκπομπές ρύπων. Για παράδειγμα στο λιμάνι του Ρότερνταμ δίδεται μια έκπτωση της τάξης του 5% στα τέλη στο 1/3 των 1089 “ESI” πλοίων.

Άλλο ένα παράδειγμα που αποδεικνύει την σημασία της ένταξης της έννοιας της αειφορίας στον ναυτιλιακό τομέα, αποτελεί η αυξανόμενη ζήτηση εκ μέρους των προμηθευτών για ενεργειακά αποδοτικές μεταφορές. Η TOYOTA διαφημίζοντας ένα απλό ή υβριδικό όχημα με μειωμένους ρύπους θα συνυπολογίσει και αυτούς του πλωτού μέσου μεταφοράς. Επίσης η Mark's & Spencer έχει δεσμευθεί από τις αρχές ΕΚΕ ότι θα προωθήσει τον έλεγχο εφαρμογής των αρχών ΕΚΕ στην εφοδιαστική και μεταφορική της αλυσίδα. Αποφάσισε να σταματήσει τις μεταφορές από διαφορετικό ημισφαίριο και υπολόγισε ότι θα εξοικονομεί με αυτόν τον τρόπο 176εκ. λίρες ως το 2016.

Παρόλα αυτά οι περισσότερες ναυτιλιακές επιχειρήσεις φαίνεται να μην έχουν αντιληφθεί ακόμα την εν' δυνάμει απόδοση της ΕΚΕ. Χαρακτηριστικά, παρά την ψήφιση και εφαρμογή των νέων τεχνικών και λειτουργικών μέτρων από τον IMO, αλλά και την σκέψη για την εφαρμογή ενός MBM (Market Based Measure), μόνο περίπου το 20% των εταιρειών που λαμβάνουν μέρος σε έρευνα της PWC αναφέρουν τα ποσά διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπουν. Πιο συγκεκριμένα ένα 40% των εταιρειών πλοίων ferry, το 22% των εταιρειών με δεξαμενόπλοια και το 10-15% των εταιρειών με πλοία χύδην φορτίου και εμπορευματοκιβωτίων.

**Πίνακας 1. Πως αντιλαμβάνονται οι Έλληνες μανάτζερ τον όρο ΕΚΕ στη ναυτιλία (Fafaliou et al, 2005)**

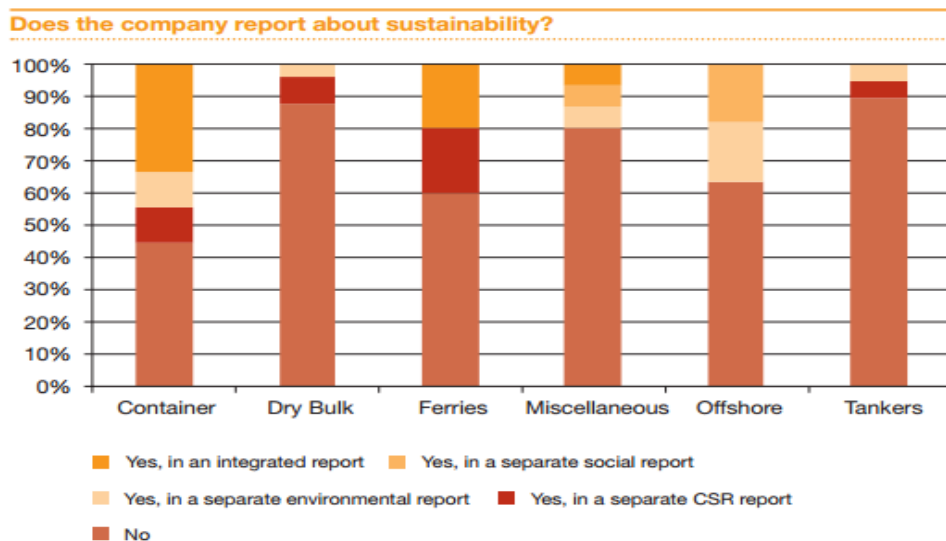
How managers perceive the CSR concept <sup>a</sup>		
Categories of CSR concept	Number of answers obtained per company	Percentage
Health and safety	7	70
Codes of conduct	6	60
Environmental activities	6	60
Better community relations	4	40
Participation in affairs of public interest and human rights	4	40
Social responsible investments	4	40
Life-long learning	3	30
Support of deprived groups or ethnic minorities	3	30
Charity giving	1	10
Better relations with customers	1	10
Total	39	

<sup>a</sup>More than one answer is allowed.

### 1.2.2. Εκθέσεις Αειφορίας (Sustainability Reports)

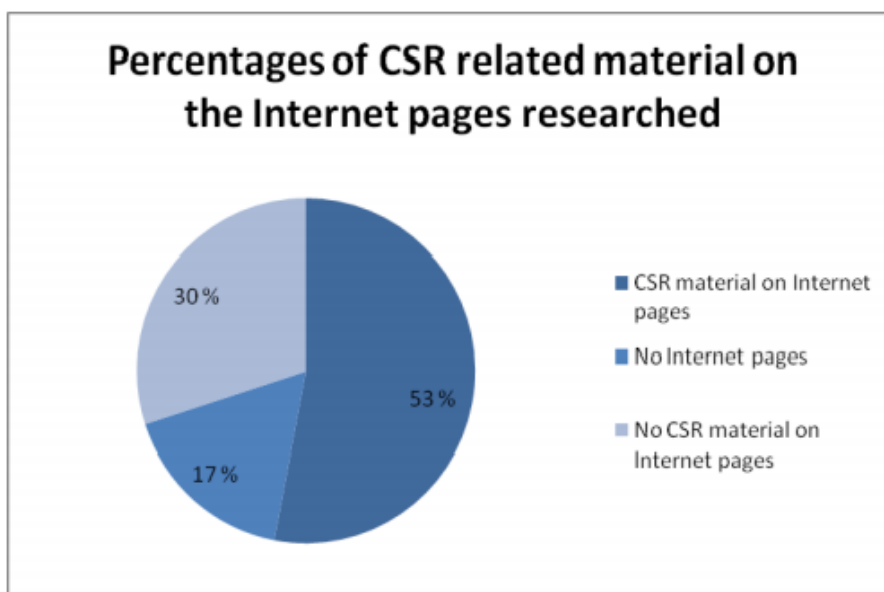
Στην έρευνα της PWC μόνο το 24% των εταιρειών που συμμετέχουν σε αυτήν δημοσιεύουν κάποια μορφή εκθέσεως αειφορίας. Οι περισσότερες από αυτές επιλέγουν να εισάγουν την έκθεση αειφορίας στην ετήσια οικονομική έκθεση, να

εκδώσουν ξεχωριστή αναφορά ΕΚΕ ή να παρουσιάσουν μια περιβαλλοντική αναφορά.



*Σχήμα 1. Δημοσιεύσεις αειφορίας (PwC , 2012)*

Επίσης, άλλη μελέτη σε χώρες τις Βαλτικής, η οποία μελέτησε την ύπαρξη ή μη υλικού σχετικό με την ΕΚΕ στις ιστοσελίδες των εταιρειών, παρουσιάζει τα παρακάτω αποτελέσματα:



*Σχήμα 2. ΕΚΕ σε ιστοσελίδες ναυτιλιακών εταιρειών της Βαλτικής Θάλασσας (Arat, 2011)*

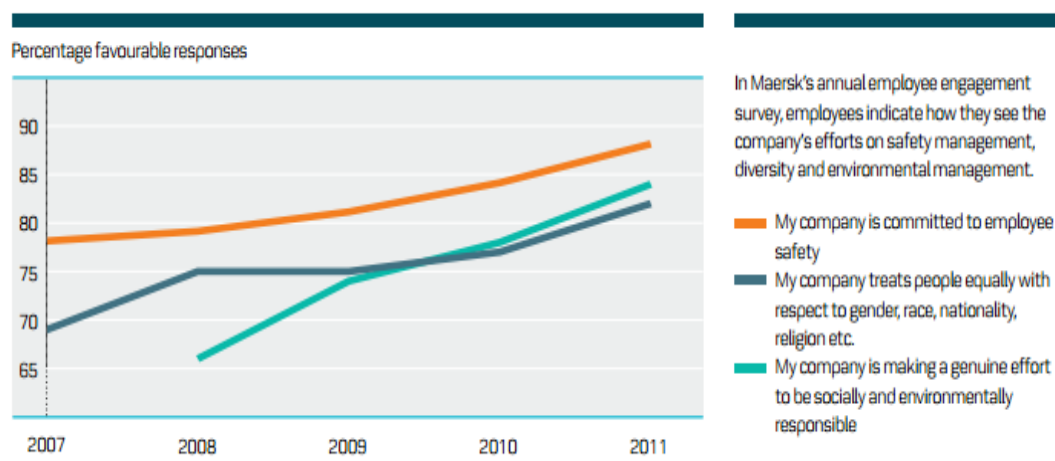
### 1.2.3. Κοινωνικοί εταίροι και ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders)

Κοινωνικοί εταίροι της ναυτιλιακής επιχείρησης, κατά την ΕΚΕ θεωρούνται οι εργαζόμενοι, ναυλωτές, προμηθευτές, επενδυτές, τράπεζες, κράτη σημαίας, νηογνώμονες, αλληλασφαλιστικοί οργανισμοί, κρατικές και διεθνείς αρχές, Μη

Κερδοσκοπικές Οργανώσεις (ΜΚΟ) , ΜΜΕ και η κοινωνία, όσοι δηλαδή επηρεάζουν κι επηρεάζονται κάθετα από την κουλτούρα της εταιρείας.

Όταν λοιπόν οι ναυτιλιακές εταιρείες εξηγούν το πως οι ενέργειες τους επηρεάζουν τους διάφορους κοινωνικούς εταίρους, κάνουν το πρώτο βήμα για έναν παραγωγικό διάλογο, ο οποίος βέβαια προϋποθέτει και το να ακούσουν και τις δικές τους απόψεις. Ένα καλό παράδειγμα αποτελεί η εταιρεία Maersk, η οποία το 2011 εξέδωσε μελέτη, στην οποία αξιολογούσε τη φήμη που διαθέτει η εταιρεία στους σχεδόν 1400 κοινωνικούς της εταίρους σε όλο τον κόσμο. Η κίνηση αυτή αποσκοπούσε στο να παρέχει στην εταιρεία κρίσιμες πληροφορίες για ζητήματα, στα οποία δίνουν μεγάλοι αξία οι κοινωνικοί της εταίροι.

### Employee engagement survey 2011

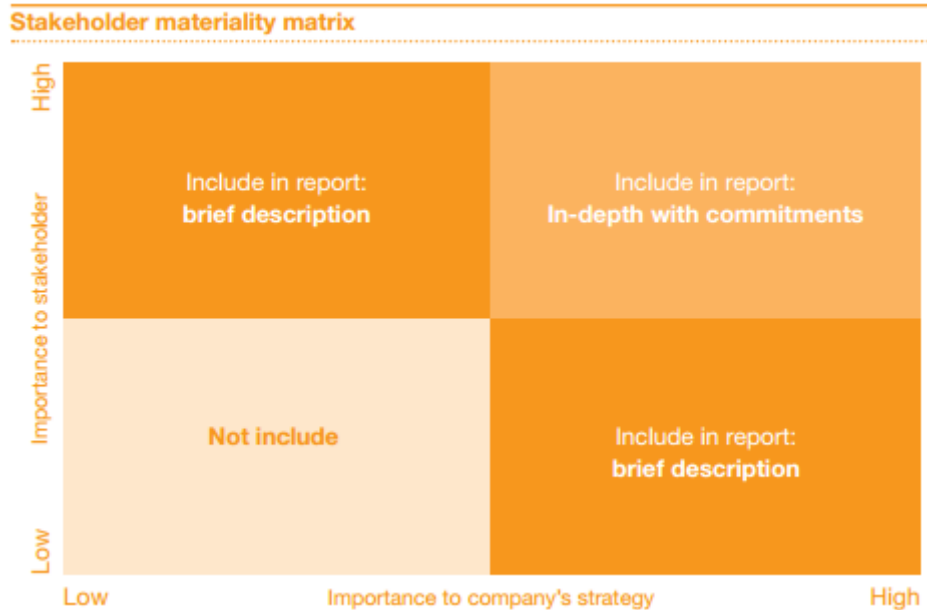


**Σχήμα 3. Απόψεις εργαζομένων Maersk περί ασφάλειας, ισότητας και κοινωνίας-περιβάλλοντος (A.P. Moller- Maersk Group's, 2011)**

Επίσης, σύμφωνα με την έκθεση αιεφορίας του 2011, αναφέρεται πως η ΕΚΕ αποτέλεσε τον κύριο αρωγό για την σύναψη του τρίτου μεγαλύτερου συμβολαίου εμπορεύματος στην ιστορία της εταιρείας.

Συμπερασματικά, μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι η ΕΚΕ ως κουλτούρα κι εργαλείο στρατηγικού μάνατζμεντ ή αλλιώς διοίκησης ποιότητας, έχει αξία και ηθική χρησιμότητα για μια εταιρεία στην προσπάθεια της ν' αναπτύσσεται βιώσιμα. Για να αποφασίσει και να ιεραρχήσει μια εταιρεία την σημαντικότητα των θεμάτων που επιδρούν με κάποιο τρόπο στους κοινωνικούς της εταίρους, έτσι ώστε να τα συμπεριλάβει στους στόχους και τις επιδιώξεις της, προτείνεται από την PWC ο παρακάτω πίνακας απόφασης.





Σχήμα 4. Πίνακας σημαντικότητας θεμάτων ΕΚΕ για μια εταιρεία (PwC , 2012)

## Βιβλιογραφία 1<sup>ου</sup> Κεφαλαίου

A.P. Moller- Maersk Group's. (2011). *Sustainability Report*.

Arat, L. (2011). *Corporate Social Responsibility in Shipping Companies in the Baltic Sea*. UNIVERSITY OF TURKU, THE CENTRE FOR MARITIME STUDIES.

Carrol, A. (1999). Corporate Social Responsibility : Evolution of a Definitional Construct. *Business & Society*.

Fafaliou et al, I. (2005). *Is the European shipping industry aware of corporate social responsibility? The case of the Greek-owned short sea shipping companies*. University of Piraeus, Department of Economics. Elsevier.

Heald, M. (1970). The social responsibilities of business: Company and Community. *Case Western Reserve University Press*.

Holme R, Watts P. (2000). *Corporate social responsibility: making good business sense*. World Business Council for Sustainable Development.

PwC . (2012). *Global Shipping Benchmarking Analysis*.

Παυλοπούλου, Γ. (2011). <http://www.commonlawgic.org/>.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ

### 2.1. Φαινόμενο Θερμοκηπίου

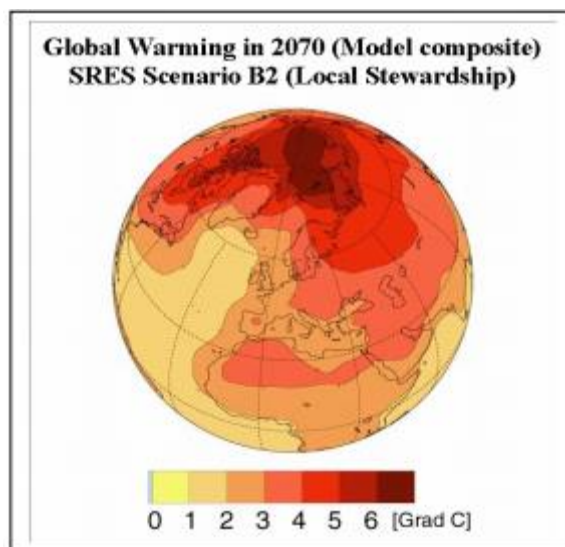
Ως φαινόμενο του θερμοκηπίου ορίζουμε την φυσική διαδικασία με την οποία εξασφαλίζεται η διατήρηση της θερμοκρασίας της Γης σε μια υψηλή μέση τιμή, συμβατή με τη διατήρηση της ζωής. Συγκεκριμένα, η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γης, αφού απορροφηθεί κατά ένα μέρος από τα στρώματα της ατμόσφαιρας, εκπέμπεται από το έδαφος με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Από το σύνολο της ακτινοβολίας αυτής, ένα μέρος δεσμεύεται από τα αέρια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, προκαλεί ήπια αύξηση της θερμοκρασίας της και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους.

Υπάρχουν περίπου 20 αέρια που απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία, τα οποία ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου, με σημαντικότερα το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), τους υδρατμούς ( $\text{H}_2\text{O}$ ), το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), το όζον ( $\text{O}_3$ ), το υποξείδιο του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ), οι υδρογονοφθοράνθρακες (HFCs), οι Υπερφθοράνθρακες (PFCs), το Εξαφθοριούχο θείο ( $\text{SF}_6$ ) κ.α. Αν δεν δεσμευόταν η υπέρυθρη ακτινοβολία, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν  $-18^\circ\text{C}$ , αντί της ευνοϊκής για τη ζωή, μέσης θερμοκρασίας των  $14,6^\circ\text{C}$  που υπάρχει σήμερα. Το υπόλοιπο ποσό υπέρυθρης ακτινοβολίας διαπερνά την ατμόσφαιρα και διαφεύγει στο διάστημα, οπότε αποτρέπεται η υπερθέρμανση του πλανήτη.

Τον όρο θερμοκήπιο για το φαινόμενο αυτό εισήγαγε το 1822 ο Γάλλος Μαθηματικός Φουριέ, για να αποδώσει την ομοιότητα του μηχανισμού με τον οποίο αυξάνεται η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα και σε ένα θερμοκήπιο. Και στις δύο περιπτώσεις, ο αέρας που θερμαίνεται από τις ηλιακές ακτίνες, που περνούν από την ατμόσφαιρα και το διαφανές κάλυμμα αντίστοιχα, εγκλωβίζεται, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.

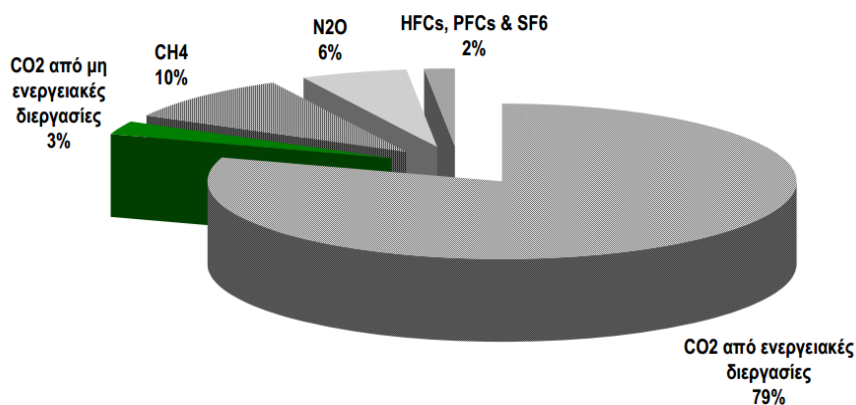
Τα τελευταία χρόνια, η έξαρση του φαινομένου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης και οφείλεται στη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Εξαιτίας της υπέρμετρης καύσης ορυκτών και καυσίμων, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση και του ποσοστού της υπέρυθρης ακτινοβολίας που δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα και, κατά συνέπεια, την αύξηση της θερμοκρασίας της. Επειδή ο λόγος της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα που προστίθεται στην ατμόσφαιρα προς τις συνολικές αντίστοιχες εκπομπές αυξάνεται με ρυθμό  $0.25 \pm 0.21\%$  τα τελευταία 50 χρόνια, διάφορα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά  $1.5-4.5^\circ\text{C}$  εντός του 21ου αιώνα (Δομή, 2005), (<http://en.wikipedia.org/>).

Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 5 όπου παρουσιάζεται η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη το έτος 2070 (Κλιματικό Μοντέλο του Max Planck Institut fuer Meteorologie, Hamburg, Γερμανίας). Σύμφωνα με αυτήν την εφιαλτική πρόβλεψη μια αύξηση της τάξης των 4-5°C αναμένεται στην περιοχή του Β. Πόλου, με καταστροφικές επιπτώσεις στην τήξη των πάγων και βίαιη αλλοίωση της βιόσφαιρας.



Σχήμα 5. Προβλεπόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη το έτος 2070

Οι υδρατμοί έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρ' όλα αυτά η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για το λόγο αυτό, η υφιστάμενη μελέτη περιορίζεται στα αέρια εκείνα των οποίων οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα αυξάνονται σημαντικά λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης. Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά η συμμετοχή του κάθε αερίου στο φαινόμενο (Παπαγιάννης, 2005).



Σχήμα 6. Συνεισφορά των αερίων του θερμοκηπίου

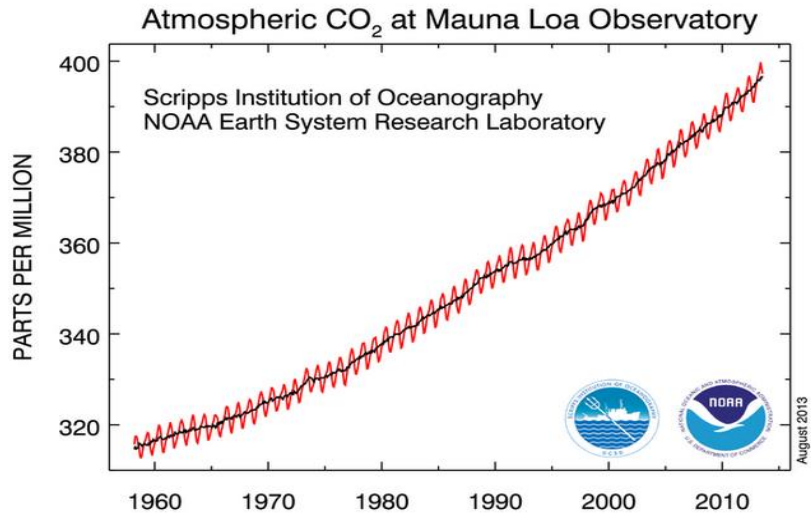
## 2.2. Διοξείδιο του άνθρακα

Οι εκπομπές του CO<sub>2</sub> (από την καύση ορυκτών καυσίμων – άνθρακας/πετρέλαιο, καύση τροπικών δασών, κλπ.) υπερβαίνει τα 6 δις. τόνους το χρόνο (Mason, 1995). Οι κύριοι μηχανισμοί ανταλλαγής του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αποτελούν η φωτοσύνθεση και η διαπνοή. Κατά τη διάρκεια της ημέρας τα φύλλα των φυτών απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και κατακρατούν διοξείδιο του άνθρακα (φωτοσύνθεση). Παράλληλα, τα φυτά, τα ζώα και τα διάφορα μικρόβια που καταναλώνουν οργανική ύλη που περιέχει ενώσεις άνθρακα αποδίδουν στο περιβάλλον σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (διαπνοή).

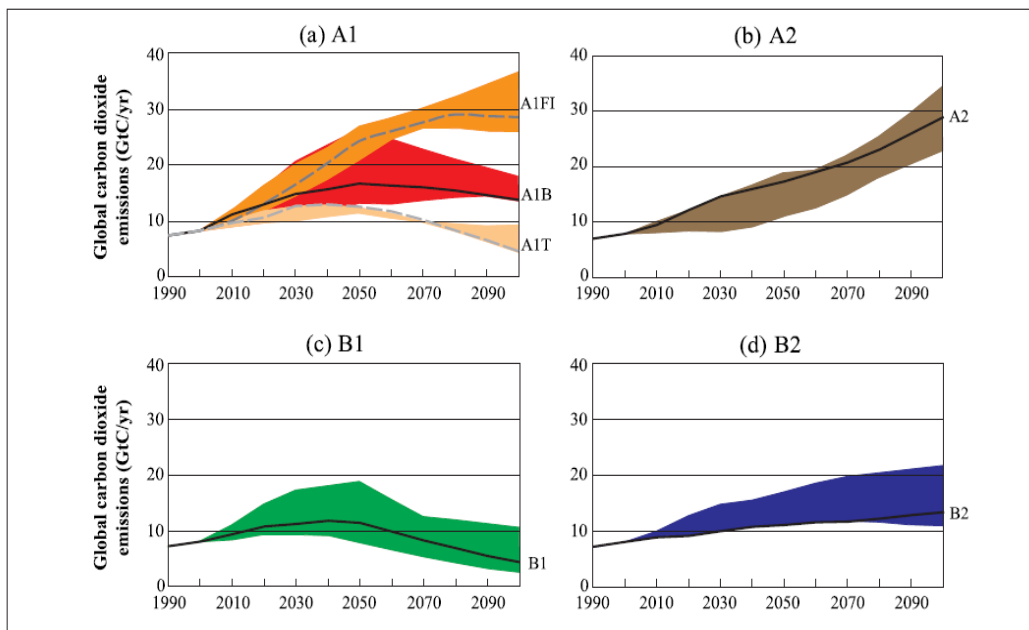
Και οι δύο αυτοί μηχανισμοί ανταλλαγής άνθρακα στην φύση είναι πολύ σημαντικοί και εκτιμάται ότι είναι περίπου μια τάξη μεγέθους πιο σημαντικοί από την εκπομπή CO<sub>2</sub> ανθρωπογενούς προέλευσης (καύση ορυκτών καυσίμων-άνθρακας/πετρέλαιο, καύση τροπικών δασών, κλπ.). Επιπλέον, η εξαφάνιση τεράστιων δασικών εκτάσεων από τον πλανήτη μειώνει δραστικά την φυτική κάλυψη (άρα και την 48 κατανάλωση CO<sub>2</sub> μέσω της φωτοσύνθεσης). Η αποσύνθεση των φυτών από τα κατεστραμμένα δάση αποφέρει και αυτή σημαντικά ποσά CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Επομένως, είναι κατανοητό ότι ο δασικός πλούτος της γης έχει τη μοναδική ικανότητα να αποθηκεύει τεράστιες ποσότητες CO<sub>2</sub>, τις οποίες και αποδεσμεύει όταν καταστραφεί.

Σημαντικό όμως ρόλο παίζουν στο γήινο ισοζύγιο του CO<sub>2</sub> και οι ωκεανοί. Στους ωκεανούς η ανταλλαγή του CO<sub>2</sub> με την ατμόσφαιρα επηρεάζεται σημαντικά από την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, τα θαλάσσια ρεύματα και τις βιολογικές διεργασίες της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής. Το CO<sub>2</sub> διαλύεται εύκολα στο θαλασσινό νερό και έτσι οι ωκεανοί είναι ικανοί να κατακρατούν (όπως και τα δάση) τεράστιες ποσότητες CO<sub>2</sub>, κάτι που επίσης επηρεάζεται και από τις ήδη υπάρχουσες ποσότητες CO<sub>2</sub> που είναι ήδη διαλυμένες στους ωκεανούς. Αυτή όμως η κατακράτηση επηρεάζεται ταχύτερα απ' ό,τι στα δάση από την διαδικασία φωτοσύνθεσης και διαπνοής.

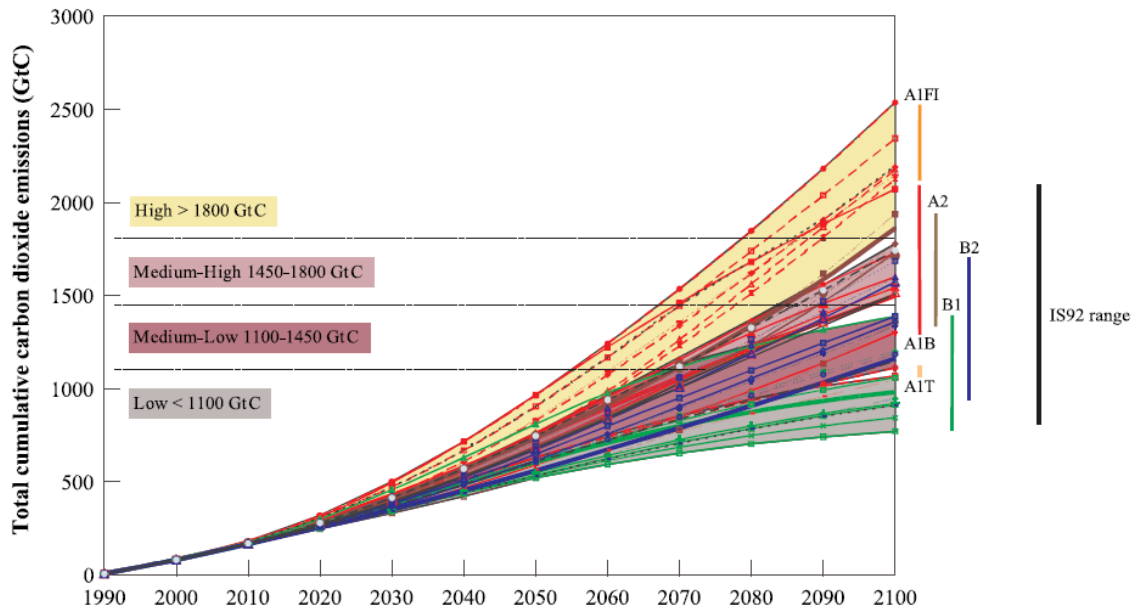
Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι λόγω των ανθρωπογενών εκπομπών του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, οι συγκεντρώσεις του αερίου αυτού στην ατμόσφαιρα είναι σήμερα κατά 30% υψηλότερες από αυτές που αντιστοιχούσαν στην περίοδο πριν τη βιομηχανική επανάσταση (Sarmiento and Gruber, 2002) (Παπαγιάννης, 2005). Παρακάτω παρουσιάζονται η διακύμανση της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> (σε ppm) όπως καταγράφεται στο Αστεροσκοπείο Mauna Loa στην Χαβάη των Η.Π.Α, κατά τη χρονική περίοδο 1958-2013, καθώς επίσης και οι μελλοντικές προβλέψεις για την περίοδο 2000-2100 σύμφωνα με τα διαφορετικά σενάρια που ορίστηκαν από τον IPCC (International Panel on Climate Change).



**Σχήμα 7. Μεταβολή συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> κατά την χρονική περίοδο 1958-2013 (Earth System Research Laboratory, 2013)**



**Σχήμα 8. Συνολικοί ετήσιοι ρύποι CO<sub>2</sub> από όλες τις πηγές (ενέργεια, βιομηχανία, αλλαγή χρήσης γης) για την χρονική περίοδο 2000-2100, αντιπροσωπευμένη από τις 4 βασικές οικογένειες σεναρίων (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000)**



**Σχήμα 9. Συνολικοί ρύποι CO<sub>2</sub> αθροιστικά για την χρονική περίοδο 2000-2100, αντιπροσωπευμένη από τις 4 βασικές οικογένειες σεναρίων (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000)**

### 2.2.1 Υφιστάμενα σενάρια IPCC για αέριους ρύπους

Για τη βαθύτερη κατανόηση των παραπάνω γραφικών απεικονίσεων, θα γίνει μια σύντομη ανασκόπηση στα διαφορετικά σενάρια και τις υποθέσεις περί κλιματικής αλλαγής, όπως αυτές έχουν οριστεί από τον IPCC, λαμβάνοντας πάντα υπόψη την δυσκολία και την αβεβαιότητα του να προβλέπει κανείς για ένα τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα.

Σύμφωνα λοιπόν με τον IPCC, τέσσερις διαφορετικές ποσοτικές υποθέσεις οδηγούν σε τέσσερα διαφορετικά σύνολα σεναρίων, τα οποία ονομάζονται "οικογένειες": A1, A2, B1, B2. Τα συνολικά σαράντα σενάρια αποτελούνται από έξι ομάδες σεναρίων, καθεμία από τις οποίες αντλεί την ύπαρξή της από μια οικογένεια.

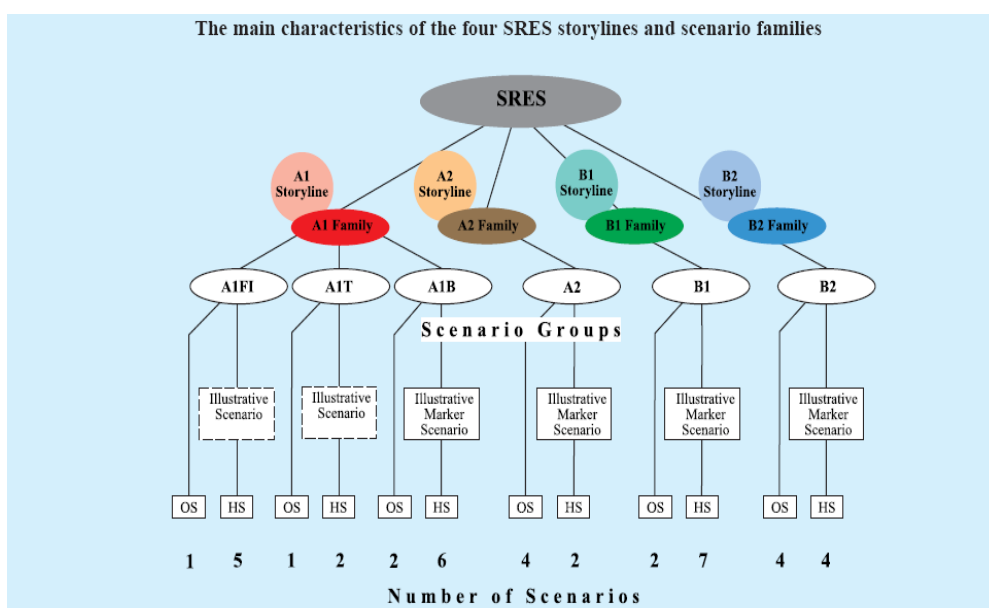
Η υπόθεση και η οικογένεια σεναρίων A1 περιγράφει έναν μελλοντικό κόσμο πολύ ταχείας οικονομικής ανάπτυξης, παγκόσμιου πληθυσμού που κορυφώνεται στα μέσα του αιώνα και ελαττώνεται μετέπειτα καθώς επίσης και ευρείας τεχνολογικής ανάπτυξης. Η οικογένεια αυτή χωρίζεται σε τρεις ομάδες που περιγράφουν εναλλακτικές κατευθύνσεις τεχνολογικών αλλαγών, όσο αναφορά το ενεργειακό κομμάτι: A1F1- εντατική χρησιμοποίηση ορυκτών καυσίμων, A1T- χρήση εναλλακτικών πηγών καυσίμου, A1B- ισορροπία μεταξύ των ενεργειακών πηγών.

Η υπόθεση και η οικογένεια σεναρίων A2 περιγράφει έναν πολύ ετερογενή κόσμο. Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της υπόθεσης είναι η αυτάρκεια και η διατήρηση

των τοπικών γνωρισμάτων. Ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται συνεχώς και η οικονομική ανάπτυξη είναι συνυφασμένη με την τοπική πρόοδο, κάτι που επιδρά αρνητικά στην τεχνολογική αλλαγή και την κατά άτομο οικονομική μεγέθυνση σε σχέση πάντα και με τις υπόλοιπες οικογένειες σεναρίων.

Η υπόθεση και η οικογένεια σεναρίων B1 περιγράφει ένα "συγκλίνων" κόσμο με παρόμοιο πληθυσμό που κορυφώνεται στα μέσα του αιώνα και μειώνεται στο υπόλοιπο αυτού. Σε αντίθεση όμως με την υπόθεση A1, εδώ έχουμε ριζικές αλλαγές στις οικονομικές δομές με έμφαση στις υπηρεσίες και την πληροφορία, με μείωση της υλικής έντασης και προώθηση των "καθαρών" και αποδοτικών τεχνολογιών.

Η υπόθεση και η οικογένεια σεναρίων B2 περιγράφει έναν κόσμο, στον οποίο θα δίνεται έμφαση σε τοπικές λύσεις με γνώμονα την οικονομική, πολιτική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Θα είναι ένα κόσμος με συνεχόμενη αύξηση του πληθυσμού του σε μικρότερο ποσοστό αυτού της οικογένειας A2, ενδιάμεσα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης και λιγότερα ταχείας τεχνολογικής αλλαγής από ότι στα A1 και B1.



*Σχήμα 10. Δομή σεναρίων και υποθέσεων IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000)*

## 2.3. Οι ρύποι του ναυτιλιακού κλάδου

### 2.3.1. Συνολική κατανάλωση καυσίμου

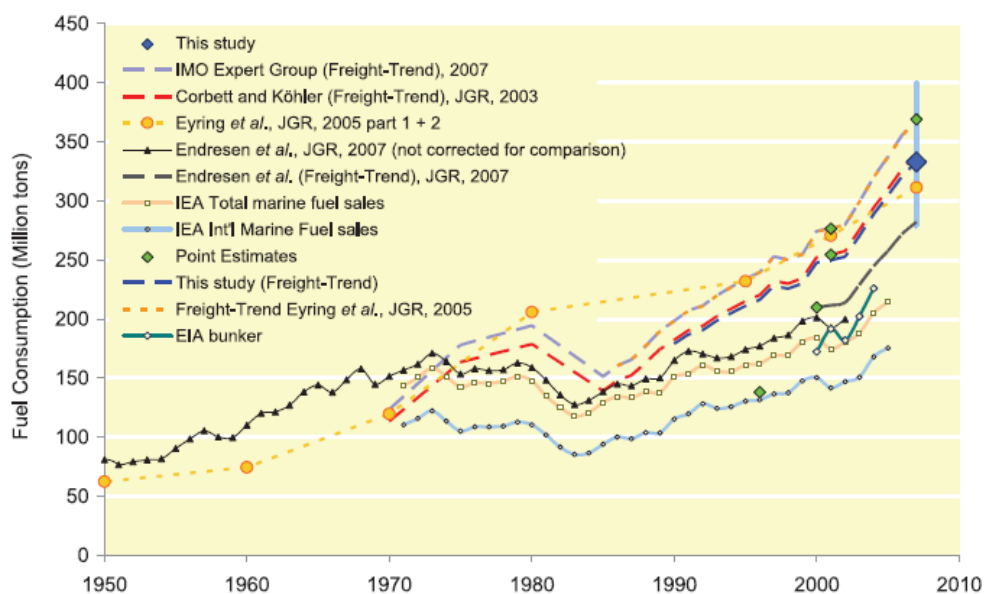
Βασιζόμενοι σε μελέτη του IMO με θεματολογία τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Buhaug, 2009) παρατηρούμε ότι κύρια πηγή ρύπων αποτελούν τα αέρια προερχόμενα από την καύση σε κύριες, βοηθητικές μηχανές και καυστήρες.

Εναλλακτικές πηγές αέριας ρύπανσης αποτελούν οι διαρροές ψυκτικών ρευστών, κυρίως κατά τη διαδικασία του scrapping, καθώς επίσης και η απελευθέρωση πτητικών οργανικών ενώσεων σε συνδυασμό με τη μεταφορά ακατέργαστου πετρελαίου.

Η διαδικασία με την οποία έγινε ο υπολογισμός αρχικά της κατανάλωσης καυσίμου και εν συνεχεία των εκπεμπόμενων ρύπων ξεκινά με την εύρεση της μέσης εγκατεστημένης ισχύος της κύριας μηχανής για κάθε ξεχωριστή κατηγορία πλοίου και συνεχίζει πολλαπλασιάζοντάς αυτή με τον αριθμό των πλοίων της κάθε κατηγορίας (KW). Εν συνεχεία, η τιμή αυτή πολλαπλασιάζεται με την εκτίμηση των λειτουργικών ωρών κάθε κατηγορίας και τον συντελεστή φόρτισης της εκάστοτε μηχανής (KWh). Σε τελευταίο στάδιο, η τελική κατανάλωση καυσίμου υπολογίζεται με βάση μια συγκεκριμένη τιμή κατανάλωσης καυσίμου που αντιστοιχεί σε κάθε ξεχωριστή κατηγορία μηχανής (g/KWh). Παρακάτω αποδίδεται γραφικά η διαδικασία υπολογισμού της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου, καθώς και η ιστορική εξέλιξη αυτής κατά το χρονικό διάστημα 1950-2010, βασιζόμενη σε διάφορες υφιστάμενες μελέτες.



Σχήμα 11. Διαδικασία υπολογισμού της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου



Σχήμα 12. Παγκόσμια διακύμανση της κατανάλωσης καυσίμου στον ναυτιλιακό κλάδο για το χρονικό διάστημα 1950-2010, βασιζόμενη σε διάφορες μελέτες (εξαιρούνται τα πολεμικά πλοία) (Buhaug, 2009)



### 2.3.2. Συντελεστές μετατροπής και αποτύπωση εκπομπών αερίων από καύση

Για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων χρησιμοποιούνται ορισμένοι συντελεστές μετατροπής (Fuel-based emission factors). Με βάση τα διεθνή αναγνωρισμένα πρότυπα από τον IPCC και το πρόγραμμα UNECE/EMEP CORINAIR παρουσιάζεται ο πίνακας με τους συντελεστές μετατροπής, οι οποίοι οδηγούν στις παρακάτω εκτιμήσεις για τις εκπομπές των αερίων ρύπων. Από το **Σχήμα 12** παρατηρείται μια κατακόρυφη αύξηση των αερίων ρύπων για το χρονικό διάστημα 1990-2007, η οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων ανέρχεται σε 100%.

**Πίνακας 2. Συντελεστές μετατροπής με βάση τα διεθνή πρότυπα IPCC 2006, CORINAIR (Buhaug, 2009)**

Emission	Emission factor (kg emitted/tonne of fuel)	Guideline reference
CO	7.4	CORINAIR
NMVOG	2.4	CORINAIR
CH <sub>4</sub>	0.3	IPPC 2006/CORINAIR
N <sub>2</sub> O	0.08	IPPC 2006/CORINAIR
CO <sub>2</sub>	<i>Residual fuel oil</i>	IPPC 2006
	<i>Marine diesel oil</i>	IPPC 2006
SO <sub>2</sub>	<i>Residual fuel oil (2.7% S)</i>	CORINAIR
	<i>Marine diesel oil (0.5% S)</i>	CORINAIR
NO <sub>x</sub>	<i>Slow-speed diesel engines</i>	90 \ 78 (85)*
	<i>Medium-speed diesel engines</i>	60 \ 51 (56)*
	<i>Boilers</i>	7
PM <sub>10</sub>	<i>Residual fuel oil</i>	CORINAIR
	<i>Marine diesel oil</i>	CORINAIR

\* NO<sub>x</sub> Emission factors: non-regulated\subject to IMO NO<sub>x</sub> regulation (2007 average emission factor).

**Πίνακας 3. Συνολικοί αέριοι ρύποι από καύση του ναυτιλιακού κλάδου για το διάστημα 1990-2007 (Buhaug, 2009)**

Year	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO	NMVOG	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
1990	14	7.9	1.0	1.3	0.4	562	0.05	0.01
1991	15	8.2	1.0	1.4	0.4	587	0.06	0.02
1992	15	8.4	1.0	1.4	0.5	598	0.06	0.02
1993	16	8.7	1.1	1.5	0.5	624	0.06	0.02
1994	16	9.0	1.1	1.5	0.5	644	0.06	0.02
1995	16	9.3	1.1	1.6	0.5	663	0.06	0.02
1996	17	9.5	1.2	1.6	0.5	679	0.07	0.02
1997	18	10	1.2	1.7	0.5	717	0.07	0.02
1998	18	10	1.2	1.7	0.5	709	0.07	0.02
1999	18	10	1.2	1.7	0.6	722	0.07	0.02
2000	19	11	1.3	1.8	0.6	778	0.07	0.02
2001	19	11	1.4	1.8	0.6	784	0.08	0.02
2002	19	11	1.4	1.9	0.6	794	0.08	0.02
2003	21	12	1.5	2.0	0.6	849	0.08	0.02
2004	22	13	1.6	2.1	0.7	907	0.09	0.02
2005	23	13	1.6	2.3	0.7	955	0.09	0.02
2006	24	14	1.7	2.4	0.8	1,008	0.10	0.03
2007	25	15	1.8	2.5	0.8	1,050	0.10	0.03

### 2.3.3. Εκπομπές προερχόμενες από ψυκτικά

Τα ψυκτικά ρευστά είναι ενώσεις, τα οποία όταν χρησιμοποιούνται σε έναν θερμικό κύκλο, έχουν την ικανότητα αλλαγής θερμοδυναμικής φάσης από αέρια σε υγρή και αντιστρόφως. Οι δύο κύριες χρήσεις αυτών σε εμπορικά πλοία είναι για την ψύξη ορισμένων εμπορευμάτων και τη χρησιμοποίησή τους σε air conditioners. Τα πιο συνηθισμένα ψυκτικά που χρησιμοποιούνται σε πλοία είναι τα HFCs (υδρογονοφθοράνθρακες), τα CFCs και HCFC-22 (χλωροφθοράνθρακες) καθώς επίσης και η αμμωνία R717.

Τα CFCs και HCFC-22 αποτελούν κύριο παράγοντα της καταστροφής του όζοντος. Συγκεκριμένα, ο κανονισμός 12 του παραρτήματος VI του MARPOL απαγορεύει ρητά τις σκόπιμες εκπομπές των συγκεκριμένων ψυκτικών και προβλέπει την χρήση αυτών μέχρι την 1 Ιανουαρίου του 2020.

Οι εκπομπές αερίων από ψυκτικά στη διεθνή ναυτιλία προέρχονται από 3 κύριες πηγές:

1. Μονάδες ψύξης σε πλοία ψυγεία
2. Κλιματισμός και ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού
3. Ψυχόμενα containers σε πλοία

Χαρακτηριστικά υπολογίζεται ότι περίπου 90% του συνόλου των πλοίων ψυγείων χρησιμοποιούν ακόμα HCFC-22. Το υπόλοιπο 10% κάνει χρήση HFC-134a, R404A, R407C και R410A κυρίως μέσω έμμεσων συστημάτων, στα οποία εφαρμόζεται μια ποσότητα ψυκτικού της τάξης των 500-1000 Kg. Μέσω των συστημάτων αυτών μπορεί να επιτευχθεί ένα 5-10% σε εκπομπές αερίων σε αντιδιαστολή με εκπομπές από παλαιότερα ψυκτικά συστήματα, οι οποίες αγγίζουν το 20% κάθε χρόνο.

Όσο αναφορά τα ψυχόμενα containers, υπολογίζεται ότι ο αριθμός τους ανέρχεται σε 1.270.000 TEU, στα περισσότερα εκ των οποίων χρησιμοποιείται HFC-134a. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τις εκπομπές αερίων από ψυκτικά.

**Πίνακας 4. Συνολικοί ρύποι ψυκτικών σε τόνους ανά έτος 2004 (Buhaug, 2009)**

	Refrigerant emissions (tonnes)			
	HCFC-22	HFC	R717	CFC
Reefer ships	600	15	3	0
Merchant marine, naval, fishing	2,500	400	4	15
Containers (including emissions from land and sea)	38	555	0	15
Road	1,000	3,780	0	1,000
Rail	5	15	0	30
<b>Total transport</b>	<b>4,143</b>	<b>4,765</b>	<b>7</b>	<b>1,060</b>
Total shipping (reefer + merchant)	3,100	415	7	15

#### **2.3.4. VOC's, PFC's**

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) εκλύονται από τα εμπορεύματα των πλοίων. Μεγάλο ποσοστό αυτών αποτελούν οι εκπομπές CH<sub>4</sub> και NMVOC, οι οποίες προέρχονται από τη μεταφορά ακατέργαστου πετρελαίου. Οι αντίστοιχες εκπομπές από την μεταφορά LNG είναι αναλογικά πολύ μικρότερης τάξης, αφού οι δεξαμενές τους δεν έρχονται σε επαφή με την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου.

Οι εκπομπές των VOC λαμβάνουν χώρα κυρίως κατά την διάρκεια της φόρτωσης και της διαμετακόμισης (transit). Σύμφωνα με την επιτροπή του ενεργειακού ινστιτούτου διαχείρισης υδρογονανθράκων (HMC4A), οι εκτιμήσεις για τις εκπεμπόμενες ποσότητες CH<sub>4</sub> και NMVOC από τη μεταφορά ακατέργαστου πετρελαίου για το έτος 2007 ανέρχονται σε 0,14 και 2,3 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Ωστόσο, οι ποσότητες αυτές εμπεριέχουν αρκετά μεγάλη αβεβαιότητα καθώς προέρχονται από μετρήσεις, οι οποίες λήφθηκαν στην Βόρεια Θάλασσα και δεν αντιπροσωπεύουν το σύνολο της παγκόσμιας ναυτιλίας.

Οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) αποτελούν ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου. Η ουσία PFOS ανήκει στην ευρύτερη οικογένεια των χημικών ενώσεων αυτών. Ουσίες σχετικές με το PFOS χρησιμοποιούνταν σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές, ήδη από την δεκαετία του 1950, κυρίως εξαιτίας της ιδιότητάς τους να δημιουργούν ορισμένες επιφανειακές ιδιότητες. Παράδειγμα αποτελούν η βιομηχανίες χαρτιού, επιχρυσώσεων, υδραυλικών υγρών και πυροσβεστικών αφρών.

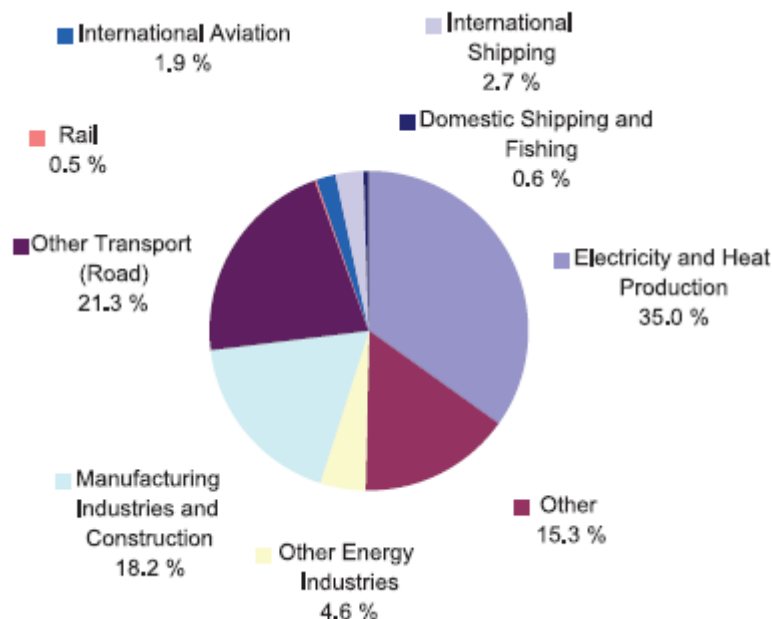
Στη ναυτιλία, η κύρια χρήση της ουσίας αναφέρεται σε πυροσβεστικούς αφρούς του τύπου AFFF (Aques Film-Forming Foam), παρότι η χρήση PFOS έχει καταργηθεί από τους κατασκευαστές. Ο αφρός συνήθως αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή, η οποία εξυπηρετεί ένα κεντρικό σύστημα αλλά υπάρχει πιθανώς και σε μικρότερες συσκευές, συνήθως στο μηχανοστάσιο. Η ποσότητα AFFF σε ένα πλοίο παίρνει τιμές από 100 μέχρι 10.000 λίτρα ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του πλοίου. Η συγκέντρωση PFOS μέσα σε αυτό είναι της τάξης του 0,017 με 0,037 Kg/liter (Buhaug, 2009).

#### **2.4. Η συμμετοχή της ναυτιλίας στο γενικό πρόβλημα**

Όπως ειπώθηκε νωρίτερα, τα καυσαέρια αποτελούν την κύρια πηγή αερίων ρύπων στη ναυτιλία. Συγκεκριμένα το διοξείδιο του άνθρακα είναι το πιο σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου που εκλύεται από εμπορικά πλοία. Παρόλο το γεγονός αυτό, παρατηρείται ότι στο σύνολό της η ναυτιλία παράγει περίπου 1,046 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα, ποσό που αντιστοιχεί μόλις στο 3,3 % των

συνολικών παγκόσμιων εκπομπών, κατά το έτος 2007. Πιο ειδικά, η διεθνής ναυτιλία αντιπροσωπεύει το 2,7% των παγκοσμίων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Παρακάτω παρουσιάζεται, η συμμετοχή κάθε κλάδου στις παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub>. Όπως φαίνεται, οι κύριοι παραγωγοί διοξειδίου του άνθρακα είναι οι κλάδοι της παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, των οδικών μεταφορών και της παραγωγής και κατασκευαστικής βιομηχανίας.



Σχήμα 13. Συμμετοχή κάθε κλάδου στις παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> (Buhaug, 2009)

#### 2.4.1. Σύγκριση ενεργειακής απόδοσης ναυτιλίας με άλλους μεταφορικούς κλάδους

Η σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης του ναυτιλιακού κλάδου με άλλους μεταφορικούς κλάδους, δηλαδή τις οδικές, σιδηροδρομικές και εναέριες μεταφορές, έγινε με βάση έναν κοινό δείκτη, ο οποίος αποτυπώνει την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται ανά χιλιόμετρα ταξιδιού και τόνους μεταφοράς.

$$\text{CO}_2 \text{ efficiency} = \frac{\text{CO}_2}{\text{tonne} * \text{kilometre}}$$

#### Εξίσωση 1. Δείκτης ενεργειακής απόδοσης

Όσον αφορά στις οδικές μεταφορές, αναφέρθηκε ότι συνεισφέρουν με ποσοστό 21% στις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ενώ το ποσοστό αυξάνεται στο

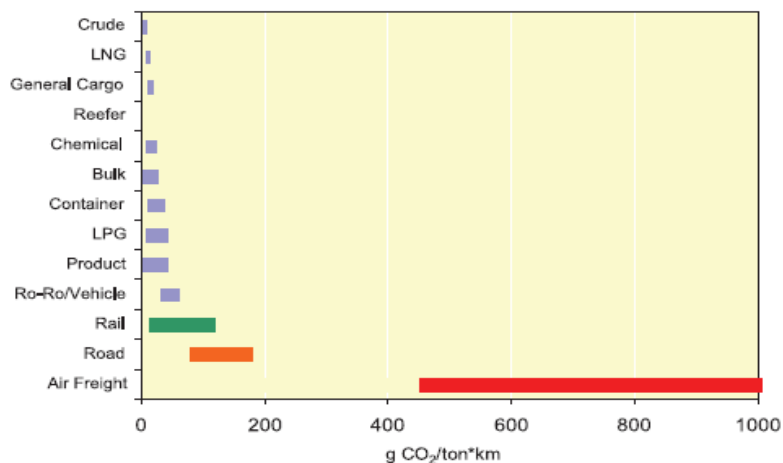
25% για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης θα πρέπει να ειπωθεί ότι τα τελευταία 20 χρόνια παρατηρήθηκε μια αύξηση της τάξης του 23%, ενώ αναφέρεται ότι η οικονομική ύφεση απέτρεψε μια μεγαλύτερη αύξηση.

Η ενεργειακή απόδοση του οδικού μεταφορικού κλάδου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο συντελεστής φόρτωσης, η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα, και ο τύπος φορτίου. Βαρύτερα φορτία και μεγαλύτερης χωρητικότητας φορτηγά μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερες τιμές CO<sub>2</sub> /τόνοι\*km. Μια αποτύπωση του εύρους των περιπτώσεων οδηγεί σε τιμές 80-180 γραμμαρίων CO<sub>2</sub> /τόνους\*km, με τον μέσο όρο να ανέρχεται σε 150 g CO<sub>2</sub>/τόνους\*km.

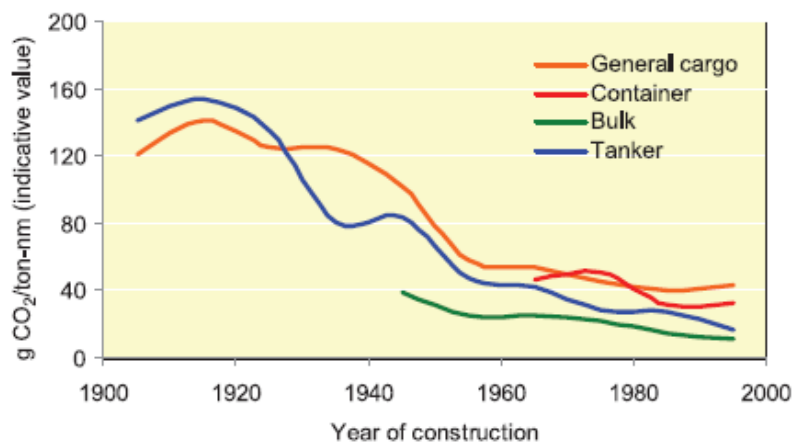
Για τις σιδηροδρομικές μεταφορές, σε αντίθεση με τις θαλασσιές και τις οδικές, κύρια πηγή αποτελεί η ηλεκτρική ενέργεια. Για αυτόν τον λόγο για την εκτίμηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερο βάρος στις εκπομπές που εκλύονται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης εξαρτάται σε αυτήν την περίπτωση από την ταχύτητα, το βάρος και το μήκος του τραίνου, καθώς επίσης και από την μορφολογία του εδάφους, τον τύπο του εμπορεύματος, τους περιορισμούς ύψους, την πληρότητα του τραίνου σε φορτίο κατά την επιστροφή και την απόδοση του κλάδου των Logistics στη διαχείριση άδειων φορτίων σε φορτηγά. Έτσι, το εύρος των τιμών του δείκτη ενεργειακής απόδοσης παίρνει τιμές από 10 έως 119 g CO<sub>2</sub> /τόνους\*km με την μέση τιμή να διαμορφώνεται σε 48 g CO<sub>2</sub> /τόνους\*km. Τα χύδην φορτία τρένα καλύπτουν σε εύρος τις μικρότερες τιμές, ενώ τα τρένα εμπορευματοκιβωτίων βρίσκονται στις υψηλότερες τιμές.

Τέλος, οι εναέρια μεταφορές είναι γρήγορες αλλά ιδιαίτερα ακριβές και περιορίζονται σε εξειδικευμένα είδη φορτίων, όπου η ταχύτητα παίζει σημαντικό ρόλο, όπως αναλώσιμα αγαθά, γράμματα κ.α. Οι εναέρια εμπορευματικές μεταφορές γίνονται σε ειδικά για αυτόν τον σκοπό αεροπλάνα, αλλά υπάρχουν περιπτώσεις που ακόμα και επιβατηγά αεροπλάνα μεταφέρουν φορτία. Ενδεικτικά, για τύπο αεροπλάνου Boeing 747 F, ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης, κυμαίνεται στα 435-474 g CO<sub>2</sub>/τόνους\*km, ενώ για Illyushin IL 76T, η τιμή αυξάνεται στα 1,100–1,800 g CO<sub>2</sub>/τόνους\*km.

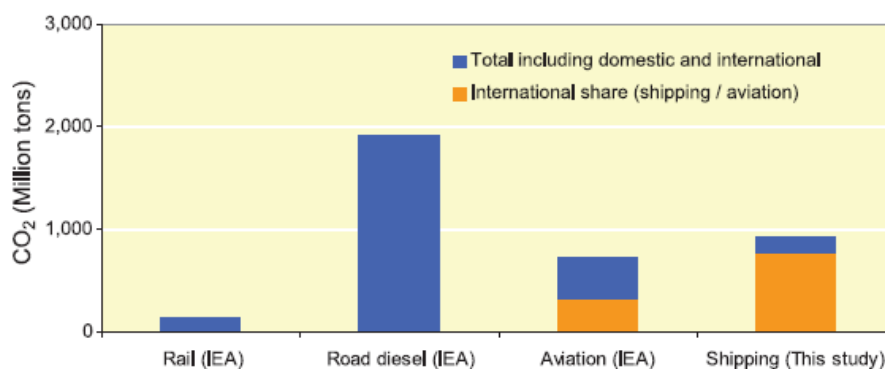
Συγκεντρωτικά, παρουσιάζονται στην συνέχεια οι τιμές του δείκτη ενεργειακής απόδοσης για διάφορους τύπους πλοίων σε σύγκριση με τις οδικές, τις σιδηροδρομικές και τις εναέρια μεταφορές, η ιστορική εξέλιξη της πορείας του δείκτη στη ναυτιλία τα τελευταία 100 χρόνια, καθώς επίσης και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για το 2005 όλων των προαναφερθέντων κλάδων.



Σχήμα 14. Δείκτης ενεργειακής απόδοσης για διάφορους τύπους πλοίων σε σύγκριση με υπόλοιπους μεταφορικούς κλάδους (Buhaug, 2009)



Σχήμα 15. Ιστορική εξέλιξη της πορείας του δείκτη στη ναυτιλία (1900-2000) (Buhaug, 2009)



Σχήμα 16. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για το 2005 στον μεταφορικό κλάδο (Buhaug, 2009)

## Βιβλιογραφία 2<sup>ο</sup> Κεφαλαίου

Buhaus, Ø. et al. (2009). *Second IMO GHG Study*. Longdon, IMO.

Earth System Research Laboratory. (2013). Ανάκτηση από  
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/>.

<http://en.wikipedia.org/>. (n.d.). Ανάκτηση από  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_gas](http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas)

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2000). *Emissions Scenarios*.

Mason, J. (1995). Predictions of climate changes caused by man-made emissions of greenhouse gases: a critical assessment. *Cont. Phys.*, 36.

Δομή. (2005). Εγκυκλοπένδια Δομή. Τόμος 11 (σσ. 81-82).

Παπαγιάννης, Α. (2005). *Φυσική Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος*. Αθήνα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΕΙΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΕΡΙ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

### 3.1. Ιστορική αναδρομή

Από τα τέλη της δεκαετίας του 60' και της αρχές του 70', έγινε αντιληπτή από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα η σημασία των κινδύνων, τους οποίους θα προκαλούσε μια ενδεχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Στοιχεία για την σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα οδήγησαν τους κλιματολόγους να πιέσουν για δράσεις. Πέρασαν αρκετά χρόνια από την στιγμή που η διεθνής κοινότητα αποφάσισε να λάβει τα πρώτα προστατευτικά μέτρα.

Το 1988, δημιουργήθηκε η διακυβερνητική επιτροπή για την κλιματική αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) από τον διεθνή μετεωρολογικό οργανισμό και το περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environment Program), η οποία και εξέδωσε μια πρώτη μελέτη το 1990. Η συγκεκριμένη μελέτη εξέφραζε τις απόψεις τετρακοσίων επιστημόνων, οι οποίοι διαπίστωσαν ότι το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης του πλανήτη είναι πραγματικό και ουσιώδες και προέτρεψαν να ληφθούν άμεσα μέτρα.

Τα ευρήματα της επιτροπής ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν το Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC), το οποίο ήταν έτοιμο για υπογραφή το 1992 στο συνέδριο των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον στο Rio de Janeiro.

Το πρωτόκολλο του Kyoto το 1997 είναι μια διεθνής συμφωνία συνδεδεμένη με το UNFCCC, η οποία κατά κύριο λόγο συνδέει τους στόχους 37 βιομηχανοποιημένων χωρών και της Ευρωπαϊκής κοινότητας για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι λεπτομερείς κανόνες για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου υιοθετήθηκαν στο COP 7 στο Marrakesh το 2001. Το πρωτόκολλο του Kyoto τέθηκε σε ισχύ την 16<sup>η</sup> Φεβρουαρίου του 2005 και περιέχει, μεταξύ άλλων, διατάξεις για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου στη διεθνή ναυτιλία και τις αεροπορικές μεταφορές. Οι διατάξεις αυτές εφαρμόζονται μέσω του διεθνούς οργανισμού ναυτιλίας (IMO) και του διεθνούς οργανισμού πολιτικής αεροπορίας (ICAO). Οι εκπομπές από τις εγχώριες δραστηριότητες των δυο αυτών κλάδων συμπεριλαμβάνονται στους εθνικούς στόχους για τις χώρες του παραρτήματος I (Annex I).

#### 3.1.1. Έναρξη διαδικασιών IMO για την μείωση των εκπομπών GHG



Τον Σεπτέμβριο του 1997, το διεθνές συνέδριο των μελών για την σύμβαση MARPOL (Marine Pollution), η οποία υιοθέτησε το πρωτόκολλο του 1997 για να τροποποιήσει την σύμβαση MARPOL (MARPOL Annex VI), υιοθέτησε το ψήφισμα 8 για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προερχόμενες από πλοία.

Το ψήφισμα καλούσε την επιτροπή για την προστασία του θαλασσιού περιβάλλοντος (Marine Environment Protection Committee-MEPC) να συσχεφτεί για το ποιες θα είναι οι επικτές στρατηγικές μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα υπό το πρίσμα της σχέσης μεταξύ διοξειδίου του άνθρακα και λοιπών ατμοσφαιρικών και θαλάσσιων ρυπαντών. Το ψήφισμα καλούσε επίσης τον IMO, σε συνεργασία με την UNFCCC, να διεξάγει έρευνα για τη διαπίστωση του ποσού εκπομπών από τη ναυτιλία ως μέρος των διεθνών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Το 2000, εκδόθηκε η πρώτη μελέτη του IMO για τις εκπομπές GHG, η οποία και υπολόγισε ότι η διεθνής ναυτιλία συμμετείχε στις συνολικές παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με ποσοστό 1,8%.

Το Δεκέμβριο του 2003, η συνέλευση του IMO υιοθέτησε το ψήφισμα A.963(23) στις πολιτικές και πρακτικές του IMO που έχουν να κάνουν με την μείωση των εκπομπών GHG από πλοία, κάτι που ώθησε την MEPC να αναγνωρίσει και να αναπτύξει τον απαραίτητο μηχανισμό για να επιτύχει την επιθυμητή μείωση εκπομπών στην διεθνή ναυτιλία.

### **3.1.2. Αποτελέσματα πρόσφατων συναντήσεων IMO**

Τον Ιούλιο του 2005 στην 53η συνεδρίαση της MEPC, εγκρίθηκαν ενδιάμεσες οδηγίες για τον εθελοντικό υπολογισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και τη χρήση αυτών σε δοκιμές για την ανάπτυξη ενός απλού συστήματος, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τους διαχειριστές των πλοίων κατά την διάρκεια μια δοκιμαστικής περιόδου.

Στη πρώτη πανσυνεδριακή συνάντηση στο Όσλο της Νορβηγίας τον Ιούνιο του 2008, πρόοδος έγινε για την καθιέρωση ενός καθεστώτος για τον έλεγχο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη διεθνή ναυτιλία. Τη συνάντηση παρακολούθησαν περισσότεροι από 210 αντιπρόσωποι, συναποτελούμενοι από εμπειρογνώμονες από όλο τον κόσμο. Στη πανσυνεδριακή συνάντηση ανατέθηκε η ανάπτυξη μια τεχνικής βάσης για μηχανισμούς μείωσης, οι οποίοι θα αποτελέσουν το μελλοντικό καθεστώς ελέγχου των εκπομπών GHG από την διεθνή ναυτιλία και με αναπτυξιακά προσχέδια από πραγματικούς μηχανισμούς μείωσης.

Η πανσυνεδριακή συνάντηση ανέπτυξε περαιτέρω την φόρμουλα και μεθοδολογία, όπως επίσης και το προσχεδιακό κείμενο για το κανονιστικό πλαίσιο ενός προτεινόμενου υποχρεωτικού δείκτη σχεδίασης για νέα πλοία. Ο δείκτης σχεδίασης θα περιείχε ένα ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης σχετικό με μια βάση αναφοράς που καθιερώθηκε βασιζόμενη στην ενεργειακή απόδοση πλοίων, τα οποία παραδόθηκαν κατά την χρονική περίοδο 1995-2005. Το ελάχιστο αυτό επίπεδο

εξετάστηκε από την MEPC 58. Οι χώρες-μέλη και οι παρατηρητές-οργανισμοί ενθαρρύνθηκαν να διαπιστώσουν την αξιοπιστία της συμφωνηθείσας φόρμουλας μέσω προσομοιώσεων και να καταθέσουν τα αποτελέσματα στην MEPC 58.

Στην 58<sup>η</sup> συνεδρίαση της MEPC, τον Οκτώβρη του 2008, εγκρίθηκε η χρήση των προσωρινών οδηγιών για τη μέθοδο υπολογισμού του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index-EEDI). Η συνεδρίαση συζήτησε επίσης επί των αγορακεντρικών μέτρων (Market Based Measures- MBMs) και συμφώνησε να επανασυσκεφτεί επί αυτών στην MEPC 59. Επίσης κατά τη διάρκεια της MEPC 58 πληροφορίες λήφθηκαν από την ανανεωμένη μελέτη του IMO για τις εκπομπές GHG από την διεθνή ναυτιλία αλλά και στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμων.

Στην 59<sup>η</sup> συνεδρίαση της MEPC, τον Ιούλιο του 2009, η επιτροπή αποφάσισε να διαδώσει ένα πακέτο προσωρινών και εθελοντικών τεχνικών και λειτουργικών μέτρων για τη μείωση των εκπομπών GHG. Επίσης συμφώνησε πάνω σε ένα πλάνο δράσης για περαιτέρω διαβούλευση σχετικά με προτεινόμενα MBMs.

Τα προτεινόμενα μέτρα προορίστηκαν για δοκιμαστική χρήση μέχρι την MEPC 60, κατά την οποία θα τελειοποιηθούν και θα μπου υποχρεωτικά σε χρήση. Τα μέτρα αυτά περιλάμβαναν:

- Προσωρινές οδηγίες για τον υπολογισμό του EEDI για νέα πλοία
- Οδηγίες για την ανάπτυξη ενός πλάνου διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης (Ships Energy Efficiency Management Plan-SEEMP), το οποίο ενσωματώνει κατάλληλες πρακτικές στην λειτουργία του πλοίου αλλά και οδηγίες για την εθελοντική χρήση του EEOI (Energy Efficiency Operations Indicator).

Στην 60<sup>η</sup> συνεδρίαση της MEPC, το Μάρτιο του 2010, η επιτροπή αποφάσισε ότι θα χρειαστούν επιπλέον εργασίες πριν ολοκληρωθούν οι διαβουλεύσεις για την υποχρεωτική επιβολή των τεχνικών και λειτουργικών μέτρων. Επίσης συμφώνησε να καταρτίσει μια επιτροπή εμπειρογνομόνων για την εκτίμηση της επίπτωσης διαφόρων προτεινόμενων MBMs.

Παρόλο που η 61<sup>η</sup> συνεδρίαση της MEPC δεν οδήγησε σε αποφάσεις για τα επόμενα στρατηγικά βήματα περί κλιματικής αλλαγής, η επιτροπή έκανε πρόοδο και στα τρία στοιχεία της δουλειάς της, δηλαδή τα τεχνικά, τα λειτουργικά και τα οικονομικά (MBMs).

Στην 3<sup>η</sup> πανσυνεδριακή συνάντηση της ομάδας εργασίας του IMO περί εκπομπών GHG τον Μάρτιο του 2011, συζητήθηκαν και παρουσιάστηκαν στην MEPC 62 θέματα που αφορούσαν την κατηγοριοποίηση των MBMs, τα υπέρ και τα κατά των κατηγοριών, οι σχέσεις τους με διεθνείς συμβάσεις και οι πιθανές επιπτώσεις.

Στην 62<sup>η</sup> συνεδρίαση της MEPC, τον Ιούλιο του 2011, η επιτροπή εξέτασε και υιοθέτησε τροποποιήσεις στο παράρτημα MARPOL VI για την ενσωμάτωση των κανονισμών σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των πλοίων, οι οποίοι μπόκαν

τελικά σε ισχύ την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2013. Οι τροποποιήσεις προσέθεσαν το κεφάλαιο 4 στο Παράρτημα VI περί κανονισμών ενεργειακής απόδοσης, θέτοντας τα EEDI και SEEMP σε υποχρεωτική ισχύ. Οι νέοι κανονισμοί ισχύουν για πλοία 400 G.T και πάνω ανεξαρτήτως της σημαίας τους και της εθνικότητας του ιδιοκτήτη. Τέλος, στις συνεδριάσεις 63, 64 της MEPC νέες κατευθυντήριες γραμμές δόθηκαν μεταξύ άλλων για τον υπολογισμό του EEDI και την κατάρτιση του SEEMP (International Maritime Organization)

### **3.2. Energy Efficiency Design Index**

Ο EEDI αποτελεί το πιο σημαντικό τεχνικό μέτρο για νέα πλοία και στοχεύει στην προώθηση της χρήσης ενεργειακά πιο αποδοτικού εξοπλισμού και μηχανών. Ο EEDI απαιτεί ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης ανά χωρητικότητα και ναυτικό μίλι σε κάθε ξεχωριστή κατηγορία πλοίου και εύρους μεγέθους. Όπως ειπώθηκε, τέθηκε σε ισχύ τον Ιανουάριο του 2013 και θα ακολουθήσει μια αρχική φάση 2 χρόνων κατά την οποία κάθε νέο πλοίο θα πρέπει να βρίσκεται στα επίπεδα αναφοράς της κατηγορίας του. Κάθε πέντε χρόνια το επίπεδο αυτό θα ελαττώνεται και έτσι αναμένεται ο EEDI να αποτελέσει βασικό πυλώνα στην συνεχή ανάπτυξη νέων ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών.

Ο EEDI δεν περιγράφει ρητά τις παρεμβάσεις που θα πρέπει να γίνουν, αλλά αφήνει την ελευθερία της επιλογής στους σχεδιαστές να χρησιμοποιήσουν τις λύσεις εκείνες που θα αποτελούν τον βέλτιστο συνδυασμό κόστους-οφέλους. Ο EEDI υπολογίζει ένα συγκεκριμένο ποσό για κάθε ξεχωριστό πλοίο, το οποίο εκφράζεται σε g CO<sub>2</sub> ανά χωρητικότητα\*μίλια (όσο μικρότερος είναι ο δείκτης τόσο καλύτερη είναι η ενεργειακή απόδοση του πλοίου).

Το επίπεδο μείωσης θα είναι για τα πρώτα χρόνια της εφαρμογής του 10% και θα αυξάνεται κάθε 5 χρόνια. Τα ποσοστά μείωσης έχουν καθιερωθεί μέχρι την περίοδο 2025-2030 όπου μια μείωση της τάξης του 30% θα πρέπει να έχει επιτευχθεί, βασισμένη σε ένα επίπεδο αναφοράς που αναπαριστά τον μέσο όρο της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων που ναυπηγήθηκαν κατά την χρονική περίοδο 2000-2010. Ο EEDI συμπεριλαμβάνει το 72% των εκπομπών από νέα πλοία των παρακάτω τύπων: δεξαμενόπλοια, χύδην φορτίου, γενικής χρήσης, εμπορευματοκιβωτίων, πλοία ψυγεία, συνδυασμένης χρήσης. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με τους θεσμοθετημένους συντελεστές μείωσης του δείκτη EEDI για τους διάφορους τύπους πλοίων.

**Πίνακας 5. Θεσμοθετημένοι συντελεστές μείωσης του δείκτη EEDI**

Ship Type	Size	Phase 0 1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 and onwards
Bulk carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Gas carrier	10,000 DWT and above	0	10	20	30
	2,000 – 10,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Tanker	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Container ship	15,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*

Ship Type	Size	Phase 0 1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 and onwards
General Cargo ships	15,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Refrigerated cargo carrier	5,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 5,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Combination carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*

### 3.2.2. Υπολογισμός EEDI

Όπως ειπώθηκε και πρωτύτερα, ο υπολογισμός του EEDI είναι υποχρεωτικός από 1.1.2013 για το σύνολο των νέων πλοίων και για υπάρχοντα πλοία που υπέστησαν μεγάλες μετασκευές και αναφέρονται από τον νηογνώμονα ως νεοκατασκευασμένα.

Σύμφωνα με την τροπολογία της MEPC.203(62) ο υπολογισμός του EEDI συμπεριλαμβάνει τον υπολογισμό δυο επιμέρους δεικτών: του απαιτούμενου (required) EEDI και του επιτευχθέντος (attained) EEDI.

Η σχέση που θα πρέπει να συνδέει του δύο αυτούς δείκτες είναι η παρακάτω, όπου  $X$  είναι ο συντελεστής μείωσης όπως περιγράφηκε προηγουμένως (Πίνακας 5) και Reference line value, η γραμμή αναφοράς για κάθε τύπο πλοίου (IMO, 2011).

$$\text{Attained EEDI} \leq \text{Required EEDI} = (1-X/100) \times \text{Reference line value}$$

### Εξίσωση 2. Βασική υποχρεωτική σχέση EEDI

$$\text{Reference line value} = a \times b^{-c}$$

### Εξίσωση 3. Υπολογισμός γραμμής αναφοράς

Πίνακας 6. Υπολογισμός γραμμής αναφοράς (IMO, 2011)

Ship type defined in regulation 2	a	b	c
2.25 Bulk carrier	961.79	DWT of the ship	0.477
2.26 Gas carrier	1120.00	DWT of the ship	0.456
2.27 Tanker	1218.80	DWT of the ship	0.488
2.28 Container ship	174.22	DWT of the ship	0.201
2.29 General cargo ship	107.48	DWT of the ship	0.216
2.30 Refrigerated cargo carrier	227.01	DWT of the ship	0.244
2.31 Combination carrier	1219.00	DWT of the ship	0.488

Για τον υπολογισμό του attained EEDI, χρησιμοποιείται η παρακάτω σχετικά σύνθετη σχέση, η οποία είναι εκφρασμένη σε g/t\*nm.

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^n f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + \left( P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right) + \left( \prod_{j=1}^n f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPPI} P_{PPI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left( \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot f_c \cdot \text{Capacity} \cdot f_w \cdot V_{ref}}$$

### Εξίσωση 4. Attained EEDI (IMO, 2012)

Όπου,

- $C_F$  : Συντελεστής μετατροπής καυσίμου σε εκπομπές
- $V_{ref}$  : Η ταχύτητα του πλοίου (kt)
- Capacity: Η χωρητικότητα του πλοίου (t)
- $P_{ME}$  : Ισχύς κύριων μηχανών (KW)
- $P_{PTO}$  : Ισχύς γεννήτριας άξονα (KW)
- $P_{PTI}$  : Ισχύς κινητήρα άξονα (KW)
- $P_{eff}$  : Ισχύς προερχόμενη από χρησιμοποίηση ενεργειακά αποδοτικών μηχανικών συστημάτων (KW)
- $P_{AE_{eff}}$  : Μείωση ισχύος βοηθητικών μηχανών από χρήση ενεργειακά αποδοτικών ηλεκτρικών συστημάτων (KW)
- $P_{AE}$  : Ισχύς Βοηθητικών Μηχανών (KW)

- SFC : Ειδική κατανάλωση καυσίμου (g/KWh)
- $f_j$  : Συντελεστής σχεδιαστικής διόρθωσης
- $f_w$  : Συντελεστής καιρού
- $f_{eff}$  : Συντελεστής διαθεσιμότητας καινοτόμων ενεργειακών συστημάτων
- $f_i$  : Συντελεστής χωρητικότητας
- $f_c$  : Συντελεστής διόρθωσης κυβισμού
- $L_{pp}$  : Μήκος μεταξύ καθέτων (m)

Πιο αναλυτικά, ο συντελεστής μετατροπής καυσίμου σε εκπομπές  $C_F$ , λαμβάνεται από τον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 7. Συντελεστής μετατροπής καυσίμου σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (IMO, 2012)**

Type of fuel	Reference	Carbon content	$C_F$ (t-CO <sub>2</sub> /t-Fuel)
1 Diesel/Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMB	0.8744	3.206
2 Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.8594	3.151
3 Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.8493	3.114
4 Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.8182	3.000
	Butane	0.8264	3.030
5 Liquefied Natural Gas (LNG)		0.7500	2.750

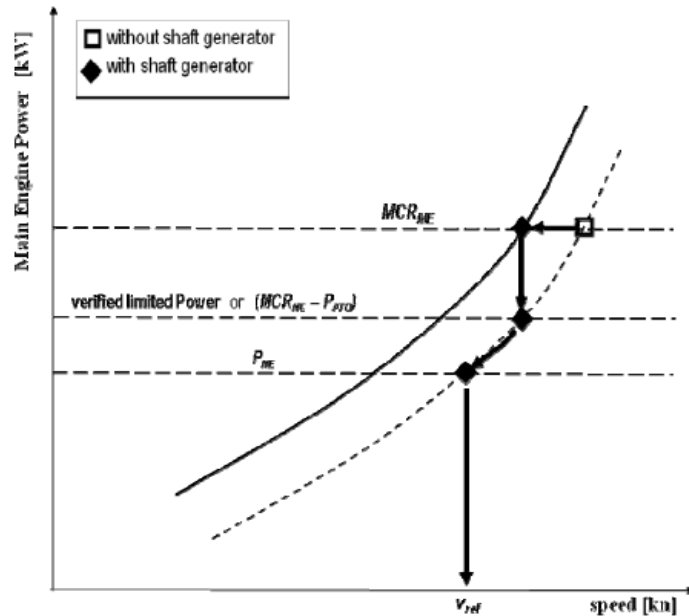
Η ταχύτητα  $V_{ref}$  μετριέται σε ναυτικά μίλια ανά ώρα (κόμβοι), σε βαθιά νερά με θερινό βύθισμα και με χωρητικότητα και ισχύς όπως θα οριστούν παρακάτω.

Ως χωρητικότητα ορίζεται για πλοία χύδην φορτίου, δεξαμενόπλοια, ro-ro πλοία, πλοία ψυγεία και μικτής χρήσης μεταφορικά, το νεκρό βάρος τους (deadweight). Για επιβατηγά και ro-ro επιβατηγά πλοία, η χωρητικότητα παίρνει την τιμή του μικτού βάρους. Τέλος για εμπορευματοκιβωτιοφόρα, το 70% του deadweight εκλέγεται ως χωρητικότητα.

Για την ισχύ των κύριων μηχανών, λαμβάνεται η τιμή στο 75% της Μέγιστης Προδιαγεγραμμένη Συνεχούς Ισχύος (MCR). Σε περίπτωση ύπαρξης εξαρτημένης γεννήτριας άξονα λαμβάνεται επίσης η τιμή στο 75% της ηλεκτρικής ισχύος κάθε γεννήτριας. Επίσης, σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει η  $P_{ME}$  να αναπροσαρμοστεί ως εξής:

$$P_{ME(i)} = 0.75 \times (MCR_{ME(i)} - P_{PTO(i)})$$

**Εξίσωση 5. Ισχύς Κύριας Μηχανής- Ύπαρξη γεννήτριας άξονα**



Σχήμα 17. Υπολογισμός  $P_{ME}$  και  $V_{ref}$  (IMO, 2012)

Σε περίπτωση ύπαρξης κινητήρα άξονα, το  $P_{PTI}$  λαμβάνεται ίσο με το 75% των καταναλώσεων ισχύος κάθε κινητήρα διαιρεμένο με τον σταθμισμένο μέσο όρο των αποδόσεων των γεννητριών. Σε αυτή την περίπτωση η ισχύς πρόωσης, στην οποία εκλέγεται η  $V_{ref}$  είναι ίση με:

$$\sum P_{ME(i)} + \sum P_{PTI(i), Shaft}$$

**Εξίσωση 6. Ισχύς Κόριας Μηχανής- Ύπαρξη κινητήρα άξονα**

Όπου,

$$\sum P_{PTI(i), Shaft} = \sum (P_{PTI(i)} \cdot \eta_{PTI(i)}) \cdot \overline{\eta_{Gen}}$$

**Εξίσωση 7. Ισχύς κινητήρα άξονα**

$\eta_{PTI(i)}$  είναι η απόδοση του κάθε εγκατεστημένου κινητήρα άξονα.

$\overline{\eta_{Gen}}$  είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος της απόδοσης κάθε γεννήτριας.

Σε περίπτωση ύπαρξης και των δύο συστημάτων, η κανονική λειτουργία του πλοίου στη θάλασσα θα κρίνει ποιος τρόπος υπολογισμού θα επιλεγεί.

Η ισχύς  $P_{AE}$  αναφέρεται στη βοηθητική ισχύ, απαραίτητη για να υποστηρίξει το κανονικό μέγιστο θαλάσσιο φορτίο, συμπεριλαμβανομένης και της απαραίτητης

ισχύος για την τροφοδότηση του μηχανολογικού εξοπλισμού της πρόωσης αλλά και των συσκευών για την φιλοξενία του προσωπικού (αντλίες κύριας μηχανής, συστήματα πλοήγησης).

Για πλοία με κύριες μηχανές ισχύος 10.000 KW και πάνω χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος για την  $P_{AE}$ :

$$P_{AE(MCRM \geq 10000KW)} = \left( 0.025 \times \left( \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \right) + 250$$

**Εξίσωση 8. Υπολογισμός ισχύος δευτερεύουσας μηχανής- Κύρια μηχανή > 10.000 kW**

Ενώ για πλοία με κύριες μηχανές ισχύος κάτω των 10.000 KW:

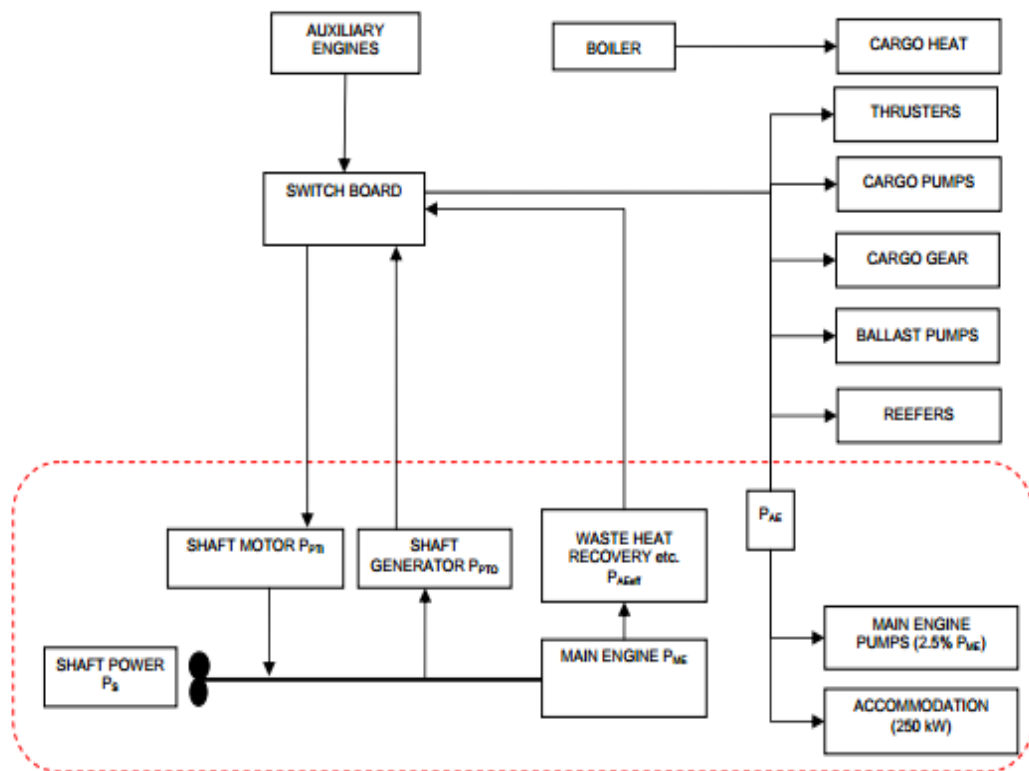
$$P_{AE(MCRM < 10000KW)} = \left( 0.05 \times \left( \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \right)$$

**Εξίσωση 9. Υπολογισμός ισχύος δευτερεύουσας μηχανής- Κύρια μηχανή < 10.000 kW**

Η ειδική κατανάλωση καυσίμου SFC χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: την κατανάλωση της κύριας μηχανής και την κατανάλωση των βοηθητικών μηχανών. Για την κύρια μηχανή η SFC αναφέρεται στο EIAPP (Energy International Air Pollution Prevention) Certificate της μητρικής μηχανής, εναρμονισμένη με τον τεχνικό κώδικα NOx στο 75% της MCR. Αντίθετα, για την βοηθητική μηχανή λαμβάνεται η SFC στο 50% της MCR.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα γενικό απλουστευμένο σύστημα πρόωσης, με χρήση εξαρτημένης γεννήτριας άξονα, εξαρτημένου κινητήρα άξονα, συστήματος ανάκτησης θερμότητας καυσαερίων και ύπαρξη καταναλώσεων εξυπηρετούμενων από τον λέβητα και την βοηθητική μηχανή.





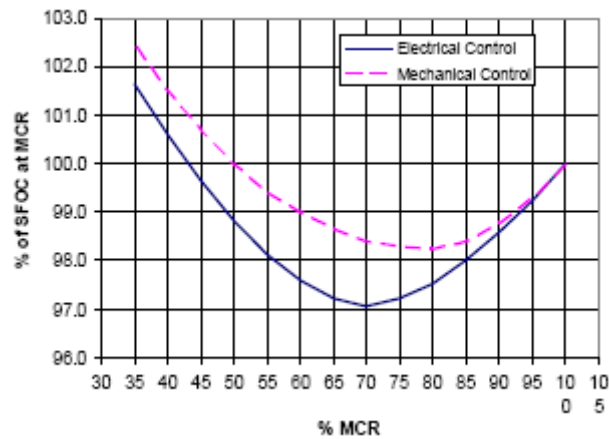
Σχήμα 18. Απλουστευμένο σύστημα παραγωγής και κατανάλωσης ισχύος (IMO, 2012)

### 3.2.2. Παραδείγματα μείωσης EEDI

Στο σημείο αυτό θα αποτυπωθούν οι αλλαγές στον δείκτη EEDI από την αυξομείωση ορισμένων παραγόντων, όπως περιγράφονται σε ειδική μελέτη του IMO.

**Παράδειγμα 1.** Μείωση SFC μέσω ενεργειακά αποδοτικότερων μηχανών

Ως παράδειγμα αναφέρεται η σειρά μηχανών B&W MAN, η οποία διαθέτει ηλεκτρονικό έλεγχο βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, κάτι που επιτυγχάνει μειωμένες τιμές SFC σε μεγάλο εύρος τιμών εκτός του βέλτιστου σημείου.



Σχήμα 19. SFC για ηλεκτροκίνητες και μηχανοκίνητες δίχρονες μηχανές Diesel (Larkin, 2010)

Πίνακας 8. Εφικτές μειώσεις δείκτη EEDI με χρήση ηλεκτρικού ελέγχου βαλβίδων (Larkin, 2010)

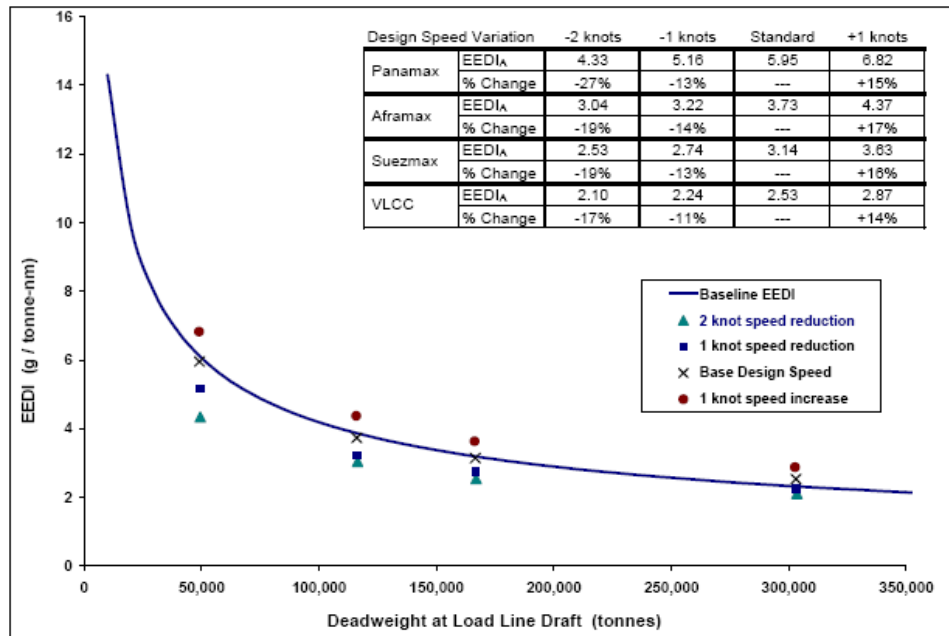
		Standard Design w/ MC engine	with ME engine
Panamax	MAN B&W ME Model	6S50MC-C8	6S50ME-C8
	RPM	127	127
	SFC at 75% MCR (g-kWhr)	177.3	173.3
	Attained EEDI ( $EEDI_A$ )	5.948	5.822
	Baseline EEDI ( $EEDI_{BL}$ )	6.110	6.110
	$\%EEDI = (EEDI_A/EEDI_{BL}) - 1$	-2.7%	-4.7%
% Change vs. Standard Design		---	-2.1%
Aframax	MAN B&W ME Model	6S60MC-C8	6S60ME-C8
	RPM	105	105
	SFC at 75% MCR (g-kWhr)	178.3	172.3
	Attained EEDI ( $EEDI_A$ )	3.727	3.647
	Baseline EEDI ( $EEDI_{BL}$ )	3.864	3.864
	$\%EEDI = (EEDI_A/EEDI_{BL}) - 1$	-3.5%	-5.6%
% Change vs. Standard Design		---	-2.2%
Suezmax	MAN B&W ME Model	6S70MC-C8	6S70ME-C8
	RPM	91	91
	SFC at 75% MCR (g-kWhr)	178.3	172.3
	Attained EEDI ( $EEDI_A$ )	3.140	3.072
	Baseline EEDI ( $EEDI_{BL}$ )	3.187	3.187
	$\%EEDI = (EEDI_A/EEDI_{BL}) - 1$	-1.5%	-3.6%
% Change vs. Standard Design		---	-2.2%
VLCC	MAN B&W ME Model	7S80MC-C8	6S80ME-C9
	RPM	78	78
	SFC at 75% MCR (g-kWhr)	175.3	171.2
	Attained EEDI ( $EEDI_A$ )	2.529	2.473
	Baseline EEDI ( $EEDI_{BL}$ )	2.316	2.316
	$\%EEDI = (EEDI_A/EEDI_{BL}) - 1$	9.2%	6.8%
% Change vs. Standard Design		---	-2.2%

## Παράδειγμα 2. Ταχύτητα σχεδιασμού σε Tankers

Σύμφωνα με την μελέτη η αύξηση ενός κόμβου στην ταχύτητα του πλοίου, επιφέρει αύξηση του EEDI κατά 14 με 17%, ενώ αντιθέτως η μείωση κατά έναν κόμβο μειώνει τον EEDI κατά 11% (IMO, 2011).

**Πίνακας 9. Εφικτές μειώσεις δείκτη EEDI μέσω μείωσης της ταχύτητας σε δεξαμενόπλοια πετρελαίου (Larkin, 2010)**

Design Speed Variation		-2 knots	-1 knots	Standard	+1 knots
Panamax	Service Speed (design)	12.90	13.90	14.90	15.90
	DWT at SLL draft (tonnes)	49,498	49,360	49,203	49,039
	Main Engine MCR (kW)	5,685	7,291	9,222	11,361
	Attained EEDI ( $EEDI_A$ )	4.33	5.16	5.95	6.82
	Change vs. Standard Design	-27%	-13%	---	+15%
Aframax	Service Speed (design)	13.20	14.20	15.20	16.20
	DWT at SLL draft (tonnes)	116,453	116,337	116,135	115,889
	Main Engine MCR (kW)	9,564	11,073	13,822	17,378
	Attained EEDI ( $EEDI_A$ )	3.04	3.22	3.73	4.37
	Change vs. Standard Design	-19%	-14%	---	+17%
Suezmax	Service Speed (design)	13.20	14.20	15.20	16.20
	DWT at SLL draft (tonnes)	166,951	166,801	166,576	166,308
	Main Engine MCR (kW)	11,878	13,940	17,185	21,260
	Attained EEDI ( $EEDI_A$ )	2.53	2.74	3.14	3.63
	Change vs. Standard Design	-19%	-13%	---	+16%
VLCC	Service Speed (design)	13.80	14.80	15.80	16.80
	DWT at SLL draft (tonnes)	303,509	303,320	303,032	302,699
	Main Engine MCR (kW)	19,165	22,097	26,736	32,376
	Attained EEDI ( $EEDI_A$ )	2.10	2.24	2.53	2.87
	Change vs. Standard Design	-17%	-11%	---	+14%



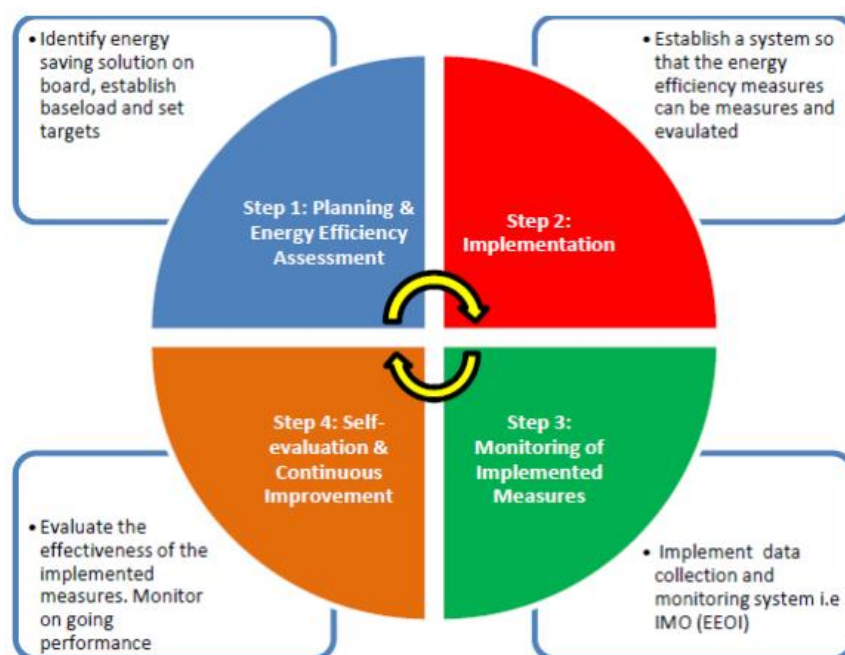
**Σχήμα 20. EEDI για δεξαμενόπλοια πετρελαίου (Larkin, 2010)**

### 3.3. Ships Energy Efficiency Management Plan-SEEMP

#### 3.3.1. Εισαγωγή

Το SEEMP είναι ένα λειτουργικό μέτρο, το οποίο καθιερώνει έναν μηχανισμό βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου με κοστολογικά αποδοτικό τρόπο. Το SEEMP παρέχει επίσης μια μεθοδολογία στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, έτσι ώστε να διαχειρίζονται αποδοτικά τις λειτουργίες του πλοίου και του στόλου τους, όπως για παράδειγμα ο EEOI (Energy Efficiency Operations Indicator). Οι οδηγίες για την ανάπτυξη του SEEMP για νέα και υπάρχοντα πλοία εμπερικλείει τις καλύτερες πρακτικές για εξοικονόμηση καυσίμου κατά την λειτουργία του πλοίου. Ο EEOI επιτρέπει την μέτρηση της απόδοσης της κατανάλωσης καυσίμου σε ένα πλοίο, καθώς και μια εκτίμηση της επίδρασης των λειτουργικών αλλαγών που ενδέχεται να γίνουν σε αυτό.

#### 3.3.2. Πλαίσιο και δομή του SEEMP



Σχήμα 21. Σχηματική δομή του SEEMP

#### A) Σχεδιασμός

Ο σχεδιασμός αποτελεί το πιο σημαντικό στάδιο του SEEMP, στο οποίο αποτυπώνεται η υπάρχουσα ενεργειακή κατάσταση του πλοίου και η αναμενόμενη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητάς του. Σε αυτό το στάδιο, με γνώμονα πάντα την ιδιαιτερότητα του κάθε πλοίου, αποφασίζεται η δεσμίδα των μέτρων που θα εφαρμοστούν, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει βελτίωση στα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου, στη λειτουργία της επιχείρησης ή ακόμα και στην ανάπτυξη του

ανθρώπινου δυναμικού της. Τέλος καταρτίζονται οι στόχοι, οι οποίοι θα κατευθύνουν το σύνολο των εργαζομένων μια ναυτιλιακής επιχείρησης (IMO, 2012).

### **B) Εφαρμογή**

Αφού μια ναυτιλιακή εταιρεία αποφασίσει για το ποια θα είναι τα μέτρα που θα εφαρμοστούν στο πλοίο, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός κεντρικού σχεδιασμού για την εφαρμογή αυτών μέσω της ανάπτυξης διαδικασιών για την ενεργειακή διαχείριση και την ανάθεση καθηκόντων σε εξειδικευμένο προσωπικό. Το SEEMP θα πρέπει να περιγράφει πως θα εφαρμοστεί το κάθε προτεινόμενο μέτρο αλλά και να αναγράφει τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης αυτού. Επιπλέον, η τήρηση αρχείου μετρήσεων για κάθε μέτρο μπορεί να σταθεί ευεργετική για την αυτοαξιολόγηση σε μετέπειτα επίπεδο (IMO, 2012).

### **Γ) Παρακολούθηση**

Η ενεργειακή απόδοση κάθε πλοίου θα πρέπει να ελέγχεται ποσοτικά. Ο ΕΕΟΙ είναι ένα από τα διεθνώς καθιερωμένα εργαλεία, τα οποία μετρούν ποσοτικά την ενεργειακή απόδοση ενός πλοίου αλλά και ενός στόλου σε λειτουργία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτό το σκοπό αν και ο IMO κάνει αποδεκτή τη χρήση και άλλων ποσοτικών εργαλείων μέτρησης. Ωστόσο, τονίζεται ότι η συνεχής και απρόσκοπτη συλλογή δεδομένων αποτελεί την θεμέλια βάση της ενεργειακής παρακολούθησης. Τέλος, θα πρέπει να ειπωθεί ότι για την αποφυγή ανεπιθύμητων διοικητικών προβλημάτων στο προσωπικό του πλοίου, το σύστημα παρακολούθησης προτείνεται να εφαρμοστεί από το προσωπικό στην ξηρά, αξιοποιώντας στοιχεία από υπάρχοντα αρχεία, όπως αυτά των καυσίμων, τις καταγραφές των μηχανικών κ.α. (IMO, 2012).

### **Δ) Αυτοαξιολόγηση και βελτίωση**

Αποτελεί την τελευταία φάση του διαχειριστικού κύκλου. Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να εξάγεται η κατάλληλη ανάδραση για την χρησιμοποίησή της στο επερχόμενο πρώτο στάδιο του σχεδιασμού. Ο σκοπός αυτού του σταδίου είναι να αξιολογήσει την αποδοτικότητα των εφαρμοσθέντων μέτρων, να εμβαθύνει στην κατανόηση της λειτουργίας του πλοίου, να αντιληφθεί τις υπάρχουσες τάσεις στην ενεργειακή απόδοση και να αναπτύξει το SEEMP του επόμενου κύκλου (IMO, 2012).

### **3.3.3. Energy Efficiency Operational Indicator-EEOI**

Στην πιο απλή του μορφή ο δείκτης ΕΕΟΙ ορίζεται ως ο λόγος μάζας εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα προς μονάδες μεταφορικού έργου. Κύριες πηγές δεδομένων αποτελούν το ημερολόγιο γέφυρας, μηχανής, καταστρώματος και άλλα επίσημα έγγραφα (IMO, 2009).

Η βασική έκφραση για τον ΕΕΟΙ ορίζεται ως:

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D}$$

**Εξίσωση 10. . Energy Efficiency Operations Indicator-EEOI**

Όπου,

$FC_j$ , η συνολική κατανάλωση καυσίμου για κάθε καύσιμο  $j$ .

$C_{Fj}$ , ο συντελεστής μετατροπής για κάθε καύσιμο  $j$ .

$M_{cargo}$ , το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου εμπορευματοκιβωτίων (αριθμός TEU), ή επιβατών ανάλογα με τον τύπο του πλοίου.

$D$ , η διανύμενη απόσταση μεταφοράς του φορτίου σε ναυτικά μίλια.

Σε περίπτωση πολλαπλών ταξιδιών, λαμβάνεται ο μέσος όρος του EEOI:

$$\text{Average EEOI} = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \times D_i)}$$

**Εξίσωση 11. Average EEOI**

Παρακάτω δίδεται ένα παράδειγμα υπολογισμού του EEOI, το οποίο περιλαμβάνει τρία ταξίδια, σε ένα εκ των οποίων το πλοίο κινείται ερματισμένο.

**Πίνακας 10. Παράδειγμα υπολογισμού EEOI (IMO, 2009)**

NAME AND TYPE OF SHIP						
Voyage or day (i)	Fuel consumption (FC) at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type (HFO)	Fuel type (LFO)	Fuel type ( )		Cargo (m) (tonnes or units)	Distance (D) (NM)
1	20	5			25,000	300
2	20	5			0	300
3	50	10			25,000	750
	10	3			15,000	150

$$EEOI = \frac{100 \times 3.114 + 23 \times 3.151}{(25,000 \times 300) + (0 \times 300) + (25,000 \times 750) + (15,000 \times 150)} = 13.47 \times 10^{-6}$$

unit: tonnes CO<sub>2</sub>/(tons • nautical miles)

### 3.4. Κείμενες διατάξεις περί των οξειδίων του θείου και του αζώτου

Το 1997, προστέθηκε ένα νέο παράρτημα στη σύμβαση MARPOL. Οι κανονισμοί για την προστασία της ατμόσφαιρας (παράρτημα VI), στόχευαν στη μείωση των αερίων εκπομπών από πλοία (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, ODS, VOC). Το παράρτημα VI τέθηκε σε ισχύ τον Μάιο του 2005 και αναθεωρήθηκε τον Οκτώβριο του 2008, όπου και θεσπίστηκαν αυστηρότερα όρια εκπομπών. Η αναθεώρηση αυτή τέθηκε σε ισχύ την πρώτη Ιουλίου του 2010 και οι στόχοι της θα αποτυπωθούν παρακάτω.

#### 3.4.3. Οξείδια του Θείου-SO<sub>x</sub>

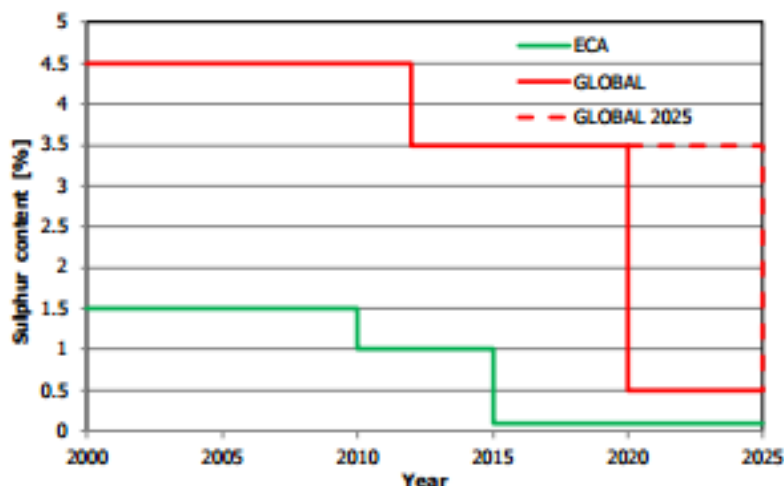
Οι έλεγχοι για οξείδια του Θείου ισχύουν για όλα τα καύσιμα και τον εξοπλισμό ανάφλεξης και συνεπώς περιλαμβάνουν τόσο τις κύριες όσο και τις βοηθητικές μηχανές. Οι έλεγχοι και τα όρια που αναφέρονται, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Εντός των περιοχών ελέγχου εκπομπών-Emission Control Areas (ECA). Ως ECA έχουν οριστεί μέχρι στιγμής η Βαλτική και η Βόρεια Θάλασσα και η περιοχή της Βορείου Αμερικής. Επίσης από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2014 θα ενταχθεί και θάλασσα της Καραϊβικής
2. Εκτός των περιοχών ελέγχου εκπομπών.



Σχήμα 22. Απεικόνιση υφιστάμενων και πιθανών νέων ECA

Παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά τα επιτρεπόμενα όρια οξειδίων του θείου μέσα στο καύσιμο (% βάρος κατά βάρος).



*Σχήμα 23. Επιτρεπόμενα όρια περιεκτικότητας θείου μέσα στο καύσιμο (% βάρος κατά βάρος) για την περίοδο 2000-2025*

Όπως φαίνεται και από το **Σχήμα 22**, η εφαρμογή ορίου ποσοστού 0,5% για περιοχές εκτός ECA αναμένεται να επανεξεταστεί το 2018, όπου και θα ληφθεί η οριστική απόφαση για την εφαρμογή του κατά το έτος 2020 ή 2025. Η απόφαση αυτή αναμένεται να λάβει υπ' όψιν την σε ποσότητα του απαραίτητου καυσίμου (International Maritime Organization).

#### **3.4.4. Οξείδια του Αζώτου-NOx**

Ο έλεγχος των μηχανών diesel όσον αφορά τις εκπομπές NOx επιτυγχάνεται μέσω των απαιτήσεων μελέτης και διαπίστευσης, οι οποίες οδηγούν στην έκδοση του πιστοποιητικού EIAPP (Engine International Air Pollution Prevention Certificate). Οι απαιτήσεις αφορούν μηχανές άνω των 130 KW και διαμορφώνονται ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής του πλοίου σε διαφορετικά επίπεδα (Tiers). Ο υπολογισμός του ορίου (σε g/Kwh) γίνεται κάθε φορά σύμφωνα με τις στροφές (rpm) της μηχανής ως εξής:



**Πίνακας 11. Επιτρεπόμενα όρια οξειδίων του αζώτου.**

Tier	Ship construction date on or after	Total weighted cycle emission limit (g/kWh) n = engine's rated speed (rpm)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 January 2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$ e.g., 720 rpm – 12.1	9.8
II	1 January 2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$ e.g., 720 rpm – 9.7	7.7
III	1 January 2016*	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$ e.g., 720 rpm – 2.4	2.0

Το επίπεδο III αναφέρεται σε πλοία που πλέουν εντός περιοχών ECA, όπως αυτές περιγράφηκαν προηγουμένως (International Maritime Organization).

### 3.5. Προβλέψεις από την εφαρμογή των τεχνικών μέτρων

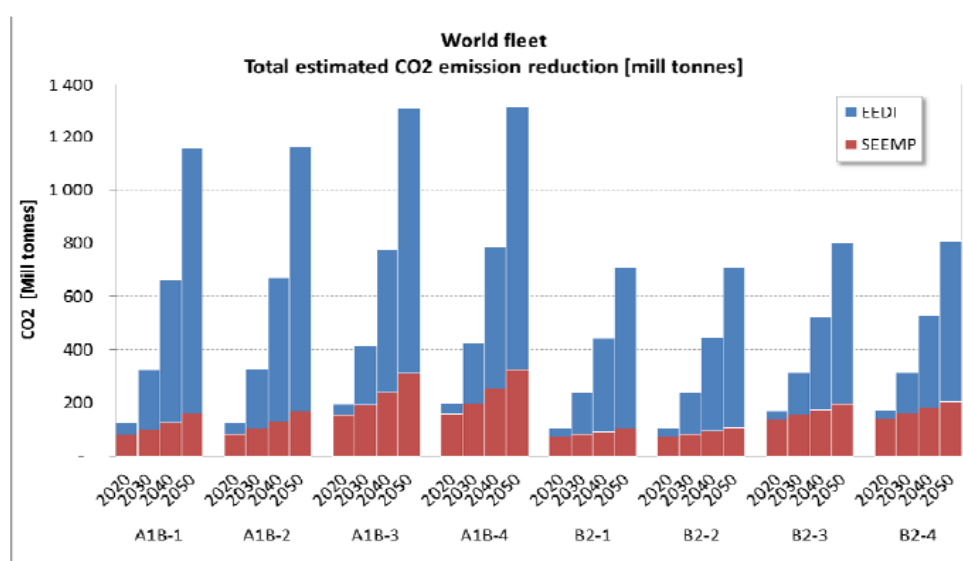
Στην αναφορά του IMO για τα κύρια γεγονότα της συνάντησης για τη μείωση των εκπομπών GHG κατά τον Οκτώβριο του 2011, περιγράφονται μεταξύ άλλων σενάρια για τις μελλοντικές εκπομπές GHG από την διεθνή ναυτιλία, τα οποία θα προκύψουν ως αποτέλεσμα των μέτρων που λήφθηκαν (EEDI, SEEMP).

Για την παραπάνω έρευνα λήφθηκαν επίσης υπόψη η άνοδος των νέων τεχνολογιών μείωσης των ρύπων, η χρονολογία κατασκευής των πλοίων καθώς επίσης και ο ρυθμός απόσυρσης αυτών. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνδυασμοί των διάφορων σεναρίων, τα οποία είναι βασισμένα στα μελλοντικά σενάρια εκπομπών του IPCC όπως περιγράφηκαν στην παράγραφο 3.2.1 του παρόντος, οι ετήσιες προβλεπόμενες μειώσεις εκπομπών για τις επόμενες τέσσερις δεκαετίες καθώς επίσης και η διαφορά αυτών με τις BAU (Business As Usual) εκπομπές.

**Πίνακας 12. Συνδυασμοί σεναρίων**

Scenario	IPCC growth scenario	EEDI Uptake scenario	SEEMP uptake	Fuel price scenarios	Waiver scenario
A1B-1	A1B	Regulation	Low*	Reference	5%
A1B-2	A1B	Regulation	Low	High	5%
A1B-3	A1B	Regulation	High**	Reference	5%
A1B-4	A1B	Regulation	High	High	5%
B2-1	B2	Regulation	Low	Reference	5%
B2-2	B2	Regulation	Low	High	5%
B2-3	B2	Regulation	High	Reference	5%
B2-4	B2	Regulation	High	High	5%
A1B-3W	A1B	Regulation	High	Reference	30%

\* 30% \*\* 60%



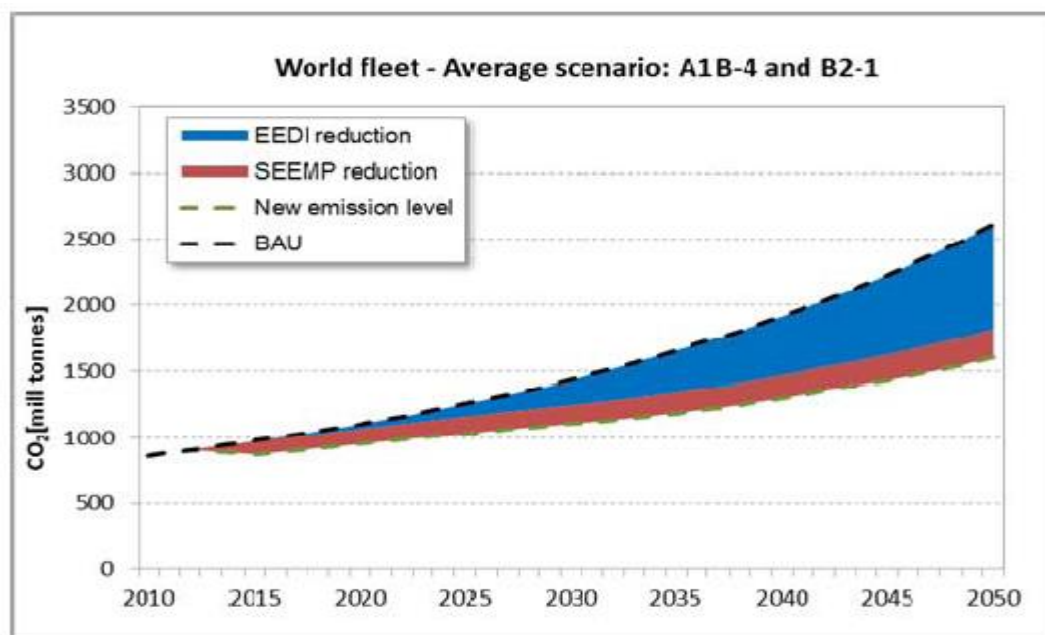
**Σχήμα 24. Συνολικές προβλεπόμενες μειώσεις εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την εφαρμογή των SEEMP, EEDI (IMO, 2011)**

**Πίνακας 13. Μέσος όρος μείωσης εκπομπών σε σχέση με τις BAU (IMO, 2011)**

Year	BAU Mill tonnes	Reduction Mill tonnes	New level Mill tonnes
2020	1103	152	951
2030	1435	330	1105
2040	1913	615	1299
2050	2615	1013	1602

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το SEEMP επιδρά θετικά κυρίως στα μέσα της περιόδου (2020), ενώ ο EEDI έχει πιο μακροπρόθεσμα ευεργετικό χαρακτήρα. Ωστόσο, κανένα από τα σεναρία δε δείχνει απόλυτη μείωση των

εκπομπών διοξειδίου σε σχέση με το έτος 2010, κάτι που αποτυπώνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 25. Πρόβλεψη εκπομπών για την περίοδο 2010-2050. Μέσος όρος σεναρίων A1B-4 και B2-1 (IMO, 2011)

## Βιβλιογραφία 3<sup>ου</sup> Κεφαλαίου

IMO. (2009). *MEPC.1/Circ.684- Guidelines For Voluntary Use of the Ship Energy Operational Indicator*.

IMO. (2011). *ANNEX19-Resolution MEPC.203(62)*.

IMO. (2011). *Main events in IMO's work on limitation and reduction of greenhouse gas emissions from international shipping*.

IMO. (2011). *Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy-Efficiency Measures*.

IMO. (2012). *ANNEX 8- Resolution MEPC.212(63)*.

International Maritime Organization. (n.d.). <http://www.imo.org/>. Retrieved from <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Pages/Default.asp>

x

IMO. (2012). *ANNEX 9- Resolution MEPC.213(63)*.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΓΟΡΑΚΕΝΤΡΙΚΑ ΜΕΤΡΑ- MARKET BASED MEASURES

### 4.1. Εισαγωγή

Τα MBMs ορίζουν μια τιμή στις εκπομπές GHG και εξυπηρετούν κατά κύριο λόγο δυο βασικούς σκοπούς:

1. Να προσδώσουν ένα οικονομικό όφελος στην ναυτιλιακή βιομηχανία να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου επενδύοντας σε περισσότερο αποδοτικά πλοία και τεχνολογίες και στη λειτουργία των υπαρχόντων πλοίων με ενεργειακά αποδοτικότερο τρόπο.
2. Ο συμψηφισμός με άλλους κλάδους της εκπομπής ρύπων από πλοία (out-of-sector reductions)

Επίσης, τα MBMs είναι ικανά να δημιουργήσουν διαθέσιμα κεφάλαια, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ποικίλους σκοπούς, όπως η προσαρμογή και ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Όπως ειπώθηκε και στις παραγράφους 4.1.1 και 4.1.2, η μελλοντική εφαρμογή των MBMs είχε ενσωματωθεί στο πλαίσιο ενεργειών ήδη από την 55η συνεδρίαση της MEPC, τον Οκτώβριο του 2006, και εξετάστηκε εκτενέστερα μέχρι την 59η συνεδρίαση, τον Ιούλιο του 2009, όπου και αποφασίστηκε ότι τα τεχνικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών GHG (EEDI, SEEMP) δεν ήταν αρκετά για την εξάλειψη του προβλήματος και θα χρειαζόταν η εφαρμογή ενός MBM ως μέρος ενός πιο ολοκληρωμένου πακέτου μέτρων. Με αυτό το σκεπτικό η επιτροπή συμφώνησε σε ένα νέο σχέδιο εργασίας με στόχο την περαιτέρω συζήτηση πάνω στα MBMs, η οποία θα κορυφωνόταν στην 62η συνεδρίαση της MEPC, τον Ιούλιο του 2011. Το νέο σχέδιο εργασίας πρότεινε οι περαιτέρω συζητήσεις να λάβουν την παρακάτω μορφή:

Οι χώρες-μέλη, τα συνεργαζόμενα μέλη και οι οργανισμοί παρατηρητών θα έπρεπε να καταθέσουν λεπτομερή υπομνήματα πιθανών MBMs στην 60η MEPC. Η MEPC θα εξέταζε περαιτέρω τη μεθοδολογία και τα κριτήρια για τις μελέτες σκοπιμότητας και την ανάλυση των επιπτώσεων στη διεθνή ναυτιλία, δίνοντας προτεραιότητα στις συνολικές επιπτώσεις στον κλάδο της ναυτιλίας των αναπτυσσόμενων χωρών. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα των μελετών που προαναφέρθηκαν, η επιτροπή θα ήταν έτοιμη να αποφασίσει πιο MBM θα επιλεγόταν στην MEPC 61 και θα αξιολογούσε περαιτέρω την εφαρμογή του. Τα επόμενα στάδια και η εξέλιξη της εφαρμογής θα αποτυπωνόταν στην MEPC 62.

Στην πραγματικότητα, στην MEPC 60 κλήθηκε μια ομάδα εμπειρογνομόνων για να διεξάγει την ανάλυση σκοπιμότητας και επιπτώσεων πάνω στα μέτρα που ήδη είχαν

προταθεί. Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στην MEPC 61, όπου και διεξάχθηκε μια μεγάλη δημόσια συζήτηση για την ανάπτυξη των MBMs. Η επιτροπή αποφάσισε επίσης να διεξάγει την πανσυνεδριακή συνάντηση της ομάδας εργασίας με θέμα τις εκπομπές GHG από πλοία (Μάρτιος-Απρίλιος 2011), της οποίας τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στην MEPC 62. Ωστόσο, η περαιτέρω εξέταση της εφαρμογής κάποιου MBM αναβλήθηκε για την MEPC 63 τον Φεβρουάριο του 2012. Στην MEPC 63 επίσης δεν λήφθηκε κάποια απόφαση από την επιτροπή με τον γενικό γραμματέα του IMO Koji Sekimitsu να δηλώνει:

“On MBM, I noted significant progress on the way forward. I appreciate constructive debate and the commitment of several Member Governments to provide resources. The Secretariat is ready to move forward to support the Impact Study, but we still need to wait for a clear direction on some important issues including TOR. I am eagerly expecting further constructive discussions at the next session of the MEPC, so that we can start the Impact Assessment after MEPC 64.”

“Όσον αφορά τα MBM παρατηρώ ότι έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος. Εκτιμώ τον εποικοδομητικό διάλογο και την προσήλωση ορισμένων κρατών-μελών για την παροχή των απαραίτητων πόρων. Η γραμματεία είναι έτοιμη να προβεί στη στήριξη της ανάλυσης σκοπιμότητας και επιπτώσεων, ωστόσο χρειαζόμαστε ακόμα μια ξεκάθαρη κατεύθυνση σε ότι αφορά ορισμένα κρίσιμα ζητήματα. Περιμένω με ανυπομονησία περαιτέρω εποικοδομητικές συζητήσεις στην επόμενη συνάντηση της MEPC, έτσι ώστε να μπορέσουμε να ξεκινήσουμε με την μελέτη σκοπιμότητας και επιπτώσεων μετά την MEPC 64”

Για ακόμη μια φορά, στην MEPC 64 τον Οκτώβριο του 2012, δεν σημειώθηκε κάποια πρόοδος στο θέμα των MBMs με τις συζητήσεις να αναδεικνύουν την ανάγκη της λύσης σε πολιτικό επίπεδο της αρχής CBDR (principle of Common But Differentiated Responsibilities ) του UNFCCC (International Maritime Organization).

Παρόλη την κοινή πεποίθηση ότι η εφαρμογή των MBMs θα αποτελέσει το πλέον ευεργετικό μέτρο στην κατεύθυνση της μείωσης των εκπομπών GHG, παράγοντες του IMO αναφέρουν ότι έχει χαθεί το αρχικό μομέντουμ και συνεπώς αναμένεται να καθυστερήσει περαιτέρω η εφαρμογή τους.

## **4.2. Παρουσίαση προτεινόμενων MBMs**

### **4.2.1. International Fund for GHG (Κύπρος, Δανία, Νησιά Μάρσαλ, Νιγηρία, IPTA)**

Ο σκοπός του διεθνούς Fund για τις εκπομπές GHG είναι να διασφαλίσει την συνεισφορά του ναυτιλιακού κλάδου στη μείωση των διεθνών εκπομπών μέσω του συστήματος του συμψηφισμού. Η πρόταση αυτή συμπεριλαμβάνει το σύνολο των πλοίων των χωρών-μελών.

Σε αυτή θα απαιτείται η εγγραφή των προμηθευτών καυσίμων, οι οποίοι βρίσκονται σε εδάφη των χωρών-μελών. Προμηθευτές από χώρες, οι οποίες δεν είναι μέλη, μπορούν να ενταχθούν στη ρύθμιση εθελοντικά. Όταν λοιπόν ένα πλοίο προμηθεύεται καύσιμα, θα δίδεται μια συνεισφορά-GHG. Η συνεισφορά αυτή θα λαμβάνεται από το διεθνές Fund GHG από τους προμηθευτές καυσίμων, ή εναλλακτικά από τους ιδιοκτήτες των πλοίων.

Ο ετήσιος στόχος μείωσης θα θεσμοθετηθεί είτε από το UNFCCC ή από τον IMO και ο κλάδος θα ανταμειφθεί για την αποδοτικότερη κατανάλωση καυσίμου, από την στιγμή που η συνεισφορά-GHG θα τροποποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα και μόνο εκπομπές που υπερκαλύπτουν τον στόχο θα συμψηφίζονται.

Τέλος, οι εισπράξεις θα κατανέμονται σύμφωνα με τους σκοπούς του UNFCCC και θα είναι συμβατές με τις μελλοντικές συμφωνίες περί κλιματικής αλλαγής. Έμφαση θα δοθεί στις αναπτυσσόμενες χώρες και μικρά νησιά αλλά και στην κάλυψη του διαχειριστικού κόστους του Fund και την τόνωση του τμήματος Έρευνας και Ανάπτυξης.

#### **4.2.2. Leveraged Incentive Scheme-LIS (Ιαπωνία)**

Το σύστημα μοχλευμένου κινήτρου αναπτύχθηκε και στοχεύει σε μια πιο άμεση μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Συγκεκριμένα, το σύστημα υπαγορεύει πως μέρος των συνεισφορών που θα λαμβάνονται από τις αγορές καυσίμων, θα αναχρηματοδοτεί τα «ενεργειακά αποδοτικότερα» πλοία, γεγονός που δίδει ισχυρότερο κίνητρο για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

Ο τρόπος με τον οποίο θα αξιολογούνται τα πλοία περιλαμβάνει δύο κύρια κριτήρια:

1. Την εφαρμογή και εγκατάσταση κατάλληλων τεχνολογιών που θα αντικατοπτρίζεται στον EEDI
2. Την βέλτιστη αξιοποίηση αυτών που θα αντικατοπτρίζεται στον EEOI.

Τα βήματα που θα ακολουθούνται μέσω του συστήματος LIS είναι τα εξής:

1. Η συνεισφορά θα λαμβάνεται με υποχρεωτικό χαρακτήρα μέσω ενός ποσοστού ανά τόνο καυσίμου που αγοράζεται
2. Σε περίπτωση που ο ιδιοκτήτης το κρίνει δυνατό, θα μετρείται ο δείκτης EEOI και θα εξετάζεται η πιθανότητα αναχρηματοδότησης εάν το πλοίο κριθεί «ενεργειακά αποδοτικό». Το μέτρο αυτό δεν θα είναι υποχρεωτικό.
3. Σε περίπτωση έγκρισης της αναχρηματοδότησης, το ποσό θα συνοδεύεται και με την αντίστοιχη πιστοποίηση. Όσο αναφορά το πρώτο κριτήριο, δεν απαιτείται η συλλογή περαιτέρω στοιχείων, καθώς η πιστοποίηση του EEDI εκδίδεται εφόσον το πλοίο πληροί ορισμένες τεχνικές προϋποθέσεις.

4. Η διαχειριστική διαδικασία θα εκτελείται από ένα διεθνές Fund GHG. Η πιστοποίηση ενός πλοίου ως «λειτουργικά αποδοτικού ενεργειακά» θα υπολογίζεται μέσω μιας αυτόματης διαδικασίας βασισμένη σε ένα πρότυπο. Το διεθνές Fund θα πρέπει επίσης να προκαθορίζει το budget της αναχρηματοδότησης και να λαμβάνει υπόψη τόσο τα απαραίτητα κίνητρα για την ανάπτυξη της ενεργειακής απόδοσης στα πλοία όσο και την διάθεση των εισπράξεων για άλλους σκοπούς.

#### **4.2.3. Port State Levy (Τζαμάικα)**

Η Τζαμάικα προτείνει οι χώρες-μέλη να συνεισφέρουν με μια ομοιογενή χρέωση σε όλα τα πλοία βασισμένη στο πραγματικό ποσό των καυσίμων που καταναλώνει καθένα από αυτά και όχι με βάση τις προμήθειες. Στην αναφορά της αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι ιδιαίτερα τα μεγαλύτερα πλοία καταγράφουν την κατανάλωση καυσίμου με μια απόκλιση της τάξης μόλις του 0,2%.

Το ποσό της εισπράξης θα δομείται έτσι ώστε να πετυχαίνεται μια παγκόσμια μείωση στις εκπομπές GHG και θα εισπράττεται με τρόπο ανάλογο του προτεινόμενου της Ιαπωνίας. Ο παρών μηχανισμός πλεονεκτεί στο ότι χρεώνει κάθε μονάδα μόλυνσης και είναι εφαρμόσιμο σε όλες τις χώρες και τα λιμάνια, καθώς επίσης και ευέλικτο στο να προσαρμόζεται με ακρίβεια σε περιοχές όπου υφίσταται μεγαλύτερο πρόβλημα.

#### **4.2.4. Ship Efficiency and Credit Trading-SECT (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής)**

Μέσω του SECT, όλα τα υπάρχοντα πλοία θα συμπεριληφθούν στα διεθνή πρότυπα ενεργειακής απόδοσης. Ο βαθμός αυστηρότητας των προτύπων θα εξαρτάται από την υπάρχουσα τεχνολογία και τις μεθόδους που υφίστανται και ο τρόπος υπολογισμού τους θα είναι παρόμοιος με αυτόν του EEDI, δηλαδή βασισμένος σε μια γραμμική αναφοράς. Με στόχο την συμμετοχή όλων των πλοίων στα πρότυπα με το μικρότερο δυνατό κόστος, το SECT θα δημιουργήσει επίσης ένα ενεργειακό πιστωτικό πρόγραμμα εμπορίας για πλοία. Με απλά λόγια, πλοία τα οποία λειτουργούν πιο αποδοτικά από το αναγκαίο, θα κερδίζουν «ενεργειακές μονάδες», τις οποίες θα μπορούν να χρησιμοποιούν στον ναυτιλιακό κλάδο. Αντίθετα, πλοία που δεν πετυχαίνουν τους στόχους θα έχουν την δυνατότητα να προμηθεύονται τις μονάδες αυτές.

#### **4.2.5. Vessel Efficiency System-VES (Διεθνής Ναυτιλιακή Επιτροπή)**

Οι κύριοι στόχοι της πρότασης αυτής είναι:

1. Να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του παγκόσμιου στόλου
2. Να επικεντρώσει την προσοχή του κλάδου σε ενεργειακές επενδύσεις, οι οποίες θα είναι όμως βιώσιμες μέσα στην περίοδο ζωής του πλοίου.

3. Να επιβραβεύσει την επένδυση σε αποδοτικές τεχνολογίες και να αποτρέψει την λειτουργία των περισσότερων μη αποδοτικών πλοίων.
4. Να δημιουργήσει ένα σχετικά απλό σύστημα, το οποίο θα είναι ισότιμο μεταξύ των διαφορετικών τύπων των πλοίων και θα έχει μεγάλη ακρίβεια στον υπολογισμό των μειώσεων των εκπομπών.

Ο τρόπος με τον οποίο θα επιτευχθούν τα παραπάνω θα έχει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

1. Καθιέρωση υποχρεωτικών προτύπων απόδοσης τόσο για καινούργια όσο και για τα υπάρχοντα πλοία.
2. Κάθε πλοίο θα κρίνεται με βάση την απαίτηση να βελτιώσει την απόδοσή του κατά X% κάτω της μέσης απόδοσης του τύπου και μεγέθους του.
3. Τα όρια απόδοσης θα γίνονται ολοένα και πιο αυστηρά με την πάροδο του χρόνου.
4. Τα νεόκτιστα πλοία θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις, ενώ σε διαφορετική περίπτωση δεν θα λειτουργούν. Το σύστημα το οποίο αφορά τα υπάρχοντα πλοία θα πάψει να ισχύει, όταν ο σημερινός στόλος αποσυρθεί. Μέχρι τότε, τα πλοία που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις, θα πληρώνουν ένα πρόστιμο, το οποίο θα εξαρτάται από την απόκλισή τους από τον απαιτούμενο στόχο (όπως μετράται από τον EEDI).

Π.χ. Ας υποθέσουμε ότι το ενεργειακό πρότυπο απαιτεί για ένα συγκεκριμένο τύπο και μέγεθος πλοίου μέγιστη τιμή 16gr/ton\*m και ότι το πλοίο που εξετάζουμε είναι 25% λιγότερο αποδοτικό. Αν το πρόστιμο ανέρχεται σε 59\$ και το πλοίο κατανάλωσε 50.000 τόνους καυσίμου, τότε ο συνολικό πρόστιμο ανέρχεται σε  $(20/16)*50*50.000=625.000\$$ .

5. Τα πρόστιμα που θα συλλέγονται θα χρησιμοποιούνται για Έρευνα και Ανάπτυξη, για μειώσεις των εκπομπών σε άλλους κλάδους αλλά και άλλους σκοπούς.

#### **4.2.6. Global Emission Trading System-ETS for international shipping (Νορβηγία)**

Με αυτό το σύστημα προτείνεται οι Χώρες να αναπτύξουν το διεθνές ETS κάτω από ένα νέο νομικό καθεστώς υπό την αιγίδα του IMO. Ένα ανώτατο όριο θα τεθεί για τις εκπομπές καθώς επίσης και ένα στόχος για κάθε χρόνο εφαρμογής. Τα πλοία θα διαθέτουν έναν λογαριασμό στο διεθνές ETS και θα αποκτούν δικαιώματα εκπομπών, τα οποία θα μειώνονται περιοδικά. Τα πλοία θα πρέπει επίσης να κρατούν αρχεία των καταναλώσεων καυσίμου στις δεξαμενές τους, έτσι ώστε η ελεγκτική αρχή να εξετάζει τα στοιχεία αυτά βάσει καθιερωμένων διαδικασιών.



Τα δικαιώματα εκπομπών θα δημοπρατούνται και θα διοχετεύονται στη αγορά μέσω ενός διεθνούς φορέα. Τα πλοία θα έχουν εύκολη πρόσβαση στην αγορά αυτή, καθώς επίσης και σε άλλα δικαιώματα εκπομπών των Ηνωμένων Εθνών από άλλους κλάδους. Το Fund που θα προκύψει από τα δικαιώματα θα χρησιμοποιηθεί κυρίως για την άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής και για τους σκοπούς προσαρμογής στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπως επίσης και για τεχνικές συνέργειες υπό την επίβλεψη του IMO.

#### **4.2.7. Global Emissions Trading System for international shipping (Hv. Βασίλειο)**

Η προσέγγιση του Hv. Βασιλείου επικεντρώνει την επιχειρηματολογία του σε δύο κύρια πλεονεκτήματα:

1. Καθορίζει ένα συγκεκριμένο όριο στις καθαρές εκπομπές τις ναυτιλίας, διασφαλίζοντας έτσι ότι το επιθυμητό επίπεδο εκπομπών θα επιτευχθεί
2. Προάγει τις μειώσεις εκπομπών με το ελάχιστο κόστος και συνεπώς μειώνει το συνολικό κόστος αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.

Τα κύρια στοιχεία της πρότασης αυτής είναι:

1. Οι διαχειριστές των πλοίων θα είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή του συστήματος και για την τήρηση του «Greenhouse Gas Certificate» στα πλοία τους.
2. Θα θεσπιστεί ένα ανώτατο όριο στις εκπομπές από τη διεθνή ναυτιλία, αλλά και ένας συγκεκριμένος αριθμός δικαιωμάτων, τα οποία θα μπορούν να δημοπρατούνται.
3. Το ανώτατο όριο θα τίθεται σε μακροπρόθεσμο πλαίσιο με στόχο τη μείωση των εκπομπών, το οποίο όμως θα διαιρείται σε ακόμα μικρότερους στόχους για κάθε νέο έτος. Μετά την δοκιμαστική φάση εφαρμογής, οι διαχειριστές θα πρέπει να κρατούν αρχεία των αγορών καυσίμων, κάτι που είναι πλέον αναγκαίο και από το παράρτημα VI του MARPOL.
4. Μέσα σε ένα χρονικό διάστημα μετά την κάθε περίοδο συμμόρφωσης, οι συμμετέχοντες θα απαιτείται να αναφέρουν τις εκπομπές του στόλου τους ξεχωριστά και να παρέχουν τα απαραίτητα δικαιώματα για αυτές, έτσι ώστε να διατηρούν ενημερωμένο το «Greenhouse Gas Certificate».

#### **4.2.8. Emissions Trading System for International Shipping (Γαλλία)**

Το προτεινόμενο ETS της Γαλλίας προτίθεται να εφαρμοστεί σε όλα τα πλοία άνω ενός ορίου, ανεξαρτήτως της σημαίας τους. Ένα διεθνές ανώτατο όριο για τον κλάδο θα θεσπιστεί, χωρίς την ανάλυση αυτού σε πιο συγκεκριμένους στόχους για κάθε χώρα. Η αγορά δικαιωμάτων θα είναι ανοικτή, πράγμα που σημαίνει ότι θα

επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν μονάδες από άλλες αγορές ρύπων και πιο συγκεκριμένα οι μονάδες CDM (Clean Development Mechanism).

Τα αποδεικτικά προμήθειας καυσίμων, τα οποία κρατούνται στο πλοίο, θα καθορίζουν το ποσό των μονάδων διοξειδίου του άνθρακα κάθε πλοίου. Τέλος, θα καθιερωθεί ένα Fund που θα προκύπτει από τις εισπράξεις των δημοπρατήσεων.

Δημοπράτηση: Συμπληρώσεις στην πρόταση της Νορβηγίας

1. Για να διασφαλιστεί η απόδοση και η ομοιογενής τιμή, θα υπάρχει μια και μόνο διεθνής πλατφόρμα δημοπρατήσεων για τις μονάδες διοξειδίου του άνθρακα.
2. Για να εξασφαλιστεί η συμμετοχή και των μικρότερων διαχειριστών, θα μπορούσε να οργανωθεί μια μη ανταγωνιστική μορφή δημοπράτησης για μικρές ποσότητες (π.χ. 1 t CO<sub>2</sub>), όπου οι μονάδες θα πωλούνται σε συγκεκριμένη τιμή.
3. Για να αποφευχθεί η καταστρατήγηση της διαδικασίας, προτείνεται να μειωθούν τα μεγέθη προσφορών που θα επιτρέπονται και να οργανώνονται δημοπρασίες πιο συχνά.
4. Τέλος για την αποφυγή κερδοσκοπικών φαινομένων σε συνδυασμό με την διασφάλιση της ρευστότητας, προτείνεται να τεθούν αυστηροί κανόνες στην αγορά και να επιτρέπεται η συμμετοχή μόνο στους κατάλληλους φορείς.

#### **4.2.9. Market-Based Instruments: a penalty on trade and development (Μπαχάμες)**

Οι Μπαχάμες διατυπώνουν στην αναφορά τους ότι τα χρήματα που θα συγκεντρωθούν από ένα ενδεχόμενο MBM, θα είναι χρήματα που θα χαθούν από την περαιτέρω ανάπτυξη των Χωρών, καθώς επίσης ότι τα τεχνικά και λειτουργικά μέτρα που λήφθηκαν σε συνδυασμό με την τιμή του πετρελαίου αποτελούν από μόνα τους κίνητρο για επένδυση σε ενεργειακά αποδοτικότερα συστήματα. Τέλος αναφέρει πως στην περίπτωση που η εφαρμογή κάποιου MBM είναι αναγκαία, τότε θα πρέπει η συνεισφορά της ναυτιλίας να είναι ανάλογη με την συνεισφορά της στο γενικότερο ενεργειακό πρόβλημα (2,7% των ολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα).

#### **4.2.10. Rebate Mechanism-RM for a market-based instrument for international shipping (IUCM)**

Ο μηχανισμός έκπτωσης σκοπεύει να συμφιλιώσει τις αντικρουόμενες αρχές ναυτιλίας και κλιματικών συμβάσεων. Μέσω αυτού του μηχανισμού, οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν την δυνατότητα να αφαιρέσουν το κόστος της

επίπτωσης ενός MBM από την ανάπτυξή τους. Ο μηχανισμός RM μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα MBM, τα οποία δημιουργούν έσοδα, όπως οι συνεισφορές στα καύσιμα ή κάποιο ETS. Ο μηχανισμός υπολογίζει την έκπτωση χρησιμοποιώντας το παγκόσμιο κόστος των MBM καθώς επίσης και ένα βασικό «κλειδί» για κάθε χώρα, το οποίο προτείνεται να είναι η ποσοστιαία συνεισφορά κάθε χώρας στις παγκόσμιες εισαγωγές. Οι αναπτυγμένες χώρες πιστώνονται αυτόματα για το ποσό της χρηματοδότησης μέσω του MBM, αλλά δεν δικαιούνται κάποιας έκπτωσης.

Συνεπώς, οι καθαρές εισπράξεις, αφού δίδονται οι εκπτώσεις, θα προκύπτουν από τις αναπτυγμένες χώρες, όπως προβλέπεται από τις αρχές και τις συμβάσεις του UNFCCC. Το RM ενσωματώθηκε με το IMERS (International Maritime Emission Reduction Scheme) με στόχο να αναδείξει τον τρόπο λειτουργίας του μηχανισμού αλλά και να επιτρέψει την αξιολόγησή του με βάση τα εννέα κριτήρια 5.1-5.9 του MBM-EG.

Σύμφωνα με τον μηχανισμό του IMERS θα καθιερωθεί μια εισφορά στην προμήθεια των καυσίμων, η οποία θα ρυθμίζεται από την αγορά, ως εναλλακτική της εισφοράς στις εκπομπές GHG. Η εισφορά θα αφορά στο σύνολο των πλοίων άνω ενός καθορισμένου ορίου και ανεξάρτητα σημαίας. Επίσης, για την εξασφάλιση της αναλογικότητας στην συνεισφορά της ναυτιλίας, η εισφορά θα είναι συνδεδεμένη με την υπάρχουσα εισφορά στις εκπομπές των οδικών μεταφορών ή με τον κινούμενο μέσο της μοναδιαίας τιμής του άνθρακα.

Με σκοπό την μείωση του επιπλέον φόρτου εργασίας αλλά και την εγγύηση της ραγδαίας ανάπτυξης του μηχανισμού παγκοσμίως, προτείνεται το παρακάτω σύστημα, το οποίο είναι βασισμένο σε ένα κεντρικό μητρώο εκπομπών (Emissions Registry-ER) και μία προκαθορισμένη παγκόσμια τράπεζα (BK) ή τράπεζες, οι οποίες θα παρέχουν έναν λογαριασμό κατάθεσης για κάθε πλοίο. Ο μηχανισμός θα λειτουργεί βάσει έξι βασικών διαδικασιών:

1. Αναφορά της προμήθειας καυσίμου από τον διαχειριστή του πλοίου στην BK.
2. Κατάθεση της εισφοράς από τον ναυλωτή στην BK.
3. Έλεγχος συμμόρφωσης του πλοίου με το ER από τον Λιμενικό Έλεγχο του Κράτους.
4. Επιβολή συμμόρφωσης.
5. Πιστοποίηση συμμόρφωσης.
6. Εκταμίευση των εισπράξεων από την BK ή από προκαθορισμένο Fund.

Ο μηχανισμός έκπτωσης θα λαμβάνει χώρα στο πρώτο στάδιο της έκτης διαδικασίας, έτσι ώστε να είναι συμβατός με την αρχή CBDR.

#### **4.2.11. Emissions Trading Scheme with a particular view on developing countries (Γερμανία)**

Η μελέτη, η οποία διεξήχθη εκ μέρους της Γερμανίας κατέληξε ότι η επιρροή που θα είχε ένα ETS στον ναυτιλιακό κλάδο και σε διαφορετικές περιοχές και χώρες είναι μικρή. Με σκοπό την επίλυση συγκεκριμένων καταστάσεων στις αναπτυσσόμενες χώρες, η μελέτη ανέπτυξε διάφορα αντισταθμιστικά σενάρια, όπως η απαλλαγή ορισμένων διαδρομών, τύπων πλοίων, μεγέθους πλοίων ή τύπων φορτίου. Τα σενάρια αυτά όμως, σύμφωνα με τη μελέτη εμπεριέχουν τον κίνδυνο στρέβλωσης της αγοράς, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες εκπομπές ρύπων. Η προτιμότερη λύση, σύμφωνα με τη Γερμανία, είναι η χρησιμοποίηση μέρους των εισόδων και η επένδυση αυτού για την άμβλυνση των ανεπιθύμητων επιπτώσεων στις αναπτυσσόμενες χώρες (IMO).

### **4.3. Αξιολόγηση προτεινόμενων MBMs**

#### **4.3.1. Εισαγωγή**

Η ομάδα εμπειρογνομόνων, αποτελούμενη από ειδικούς εκλεγμένους από τις κυβερνήσεις των χωρών-μελών, κλήθηκε να αξιολογήσει τις προτάσεις που κατατέθηκαν στην 60<sup>η</sup> MEPC ως προς το δυναμικό της καθεμίας να βοηθήσει στην μείωση των εκπομπών GHG. Το πλαίσιο με το οποίο κρίθηκαν τελικά οι προτάσεις ακολούθησε τα εξής εννέα κριτήρια:

1. Την ενεργειακή αποδοτικότητα του κάθε MBM στη μείωση των εκπομπών GHG.
2. Τη σχέση κόστους οφέλους και τις πιθανές επιπτώσεις στο εμπόριο και την ανάπτυξη.
3. Τα προβαλλόμενα κίνητρα για τεχνολογική αλλαγή και καινοτομία.
4. Η σκοπιμότητα της εφαρμογής κάθε MBM.
5. Η ανάγκη τεχνολογικής αναβάθμισης των αναπτυσσόμενων χωρών και μικρών νήσων σε συνδυασμό με την εφαρμογή και προώθηση των προτεινόμενων MBM, συμπεριλαμβανομένης και της προοπτικής για μέτρα μετριασμού και προσαρμογής.
6. Η συσχέτιση των MBM με τις συμβάσεις του UNFCCC, του Kyoto και του WTO αλλά και με το διεθνές δίκαιο.
7. Ο πιθανός επιπλέον διαχειριστικός φόρτος εργασίας και λοιπά νομικά θέματα για τους Διεθνείς Διαχειριστές.
8. Ο πιθανός επιπλέον φόρτος εργασίας στο πλοίο και οι λειτουργικές επιπτώσεις στην ναυτιλιακή βιομηχανία και γενικότερα στον κλάδο της ναυτιλίας.
9. Η συσχέτιση των προτεινόμενων MBMs με το υπάρχον πλαίσιο επιβολής και ελέγχου υπό την αιγίδα του IMO.

Στη συνέχεια τα κριτήρια ομαδοποιήθηκαν και διαιρέθηκαν σε τέσσερις ομάδες εργασίας, όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα. Οι ομάδες αφορούσαν το

Περιβάλλον, την Ναυτιλία, την Διαχείριση και τα Νομικά και τέλος το Εμπόριο και την Ανάπτυξη των Αναπτυσσόμενων χωρών.

**Πίνακας 14. Καταμερισμός εργασιών με βάση τα εννέα κριτήρια (IMO, 2010)**

Criteria	Task-Group
5.1	Environment
5.2	Environment Shipping and Maritime Administrative and Legal Trade and Development and Developing Countries
5.3	Shipping and Maritime
5.4	Administrative and Legal
5.5	Trade and Development and Developing Countries
5.6	Administrative and Legal
5.7	Administrative and Legal
5.8	Shipping and Maritime
5.9	Administrative and Legal

#### 4.3.2. Αποτελέσματα ομάδας εργασίας Περιβάλλοντος

Η ομάδα ανέπτυξε ένα μοντέλο για να εξετάσει τις εκπομπές εντός και εκτός του κλάδου αλλά και τα κόστη από την εφαρμογή των προτεινόμενων MBMs με βάση τα σενάρια B2 και A1B και στόχους 0%, 10% και 20% κάτω από τα επίπεδα εκπομπών του 2007.

**Πίνακας 15. Εκτιμώμενες μειώσεις από το σενάριο Business As Usual**

	GHG Fund <sup>1</sup>	Leveraged Incentive Scheme (LIS)	Port State Levy (PSL)	Ship Efficiency and Credit Trading (SECT)	Vessels Efficiency System (VES)	Emission Trading Scheme (ETS) (Norway, France)	Emission Trading Scheme (ETS) (UK)	Bahamas	Rebate Mechanism (RM) <sup>2</sup>
Mandatory EEDI (Mt)				123-299	123-299			<sup>3</sup>	
SECT standard with efficiency trading (Mt)				106-142					
VES existing ship standard combined with fuel based charge (Mt)					14-45				
Price incentive applied to fuel (Mt)	1-31	32-153 <sup>4</sup>	29-119			27-114	27-114		29-68
Leverage refund incentive (Mt)									
Purchase of out-of-sector project credits by shipping sector (Mt)						90-539	90-539		
Prescribed purchase of out-of-sector reductions by fund (Mt)	152-584								124-345
Total reductions (% of BAU)	13-40%	3-10%	2-8%	19-31%	13-23%	13-40%	13-40%	<sup>2</sup>	13-28%

**Πίνακας 16. Αναμενόμενα έσοδα και ενδεχόμενες περαιτέρω μειώσεις εκπομπών (Mt) (IMO, 2010)**

	GHG Fund	Leveraged Incentive Scheme (LIS)	Port State Levy (PSL)	Ship Efficiency and Credit Trading (SECT)	Vessels Efficiency System (VES)	Emission Trading Scheme (ETS) (Norway, France)	Emission Trading Scheme (ETS) (UK)	Bahamas	Rebate Mechanism (RM)
Remaining proceeds (\$billion)	\$4-14	\$10-87	\$40-118	\$0	\$5-18	\$28-87	\$0 <sup>5</sup>	0	\$17-23 <sup>6</sup>
Potential for purchase of supplementary out-of-sector reductions using remaining proceeds(Mt)	104-143	232-919	917-1232	0	45-454	696-870	0 <sup>4</sup>	0	187-517 <sup>5</sup>

#### 4.3.3. Αποτελέσματα ομάδας εργασίας Ναυτιλίας

Η ομάδα υπολόγισε ότι η σχέση κόστους οφέλους βρίσκεται στο εύρος των 50 \$/tonne CO<sub>2</sub> με 770\$/tonne CO<sub>2</sub>, με την πρόταση της Δανίας να κατέχει την κάτω ακραία τιμή και αυτή της Τζαμάικας την άνω ακραία. Εκτιμήσεις έδειξαν επίσης ότι υπάρχει δυνατότητα για ελάχιστο λόγο κόστους-οφέλους της τάξης των 34\$/tonne CO<sub>2</sub>. Τα έσοδα από τα μέτρα υπολογίζονται να ανέλθουν σε 7-49\$ billion.

Στη μελέτη εξετάζονται επίσης τα πλεονεκτήματα μιας άμεσης εφαρμογής για καθεμία από τις προτάσεις, καθώς επίσης και το κόστος πρόσθετης εργασίας στο πλοίο, το οποίο κυμαίνεται στο 0,5-1,5 % του μεικτού κόστους κάθε πρότασης.

#### 4.3.3. Αποτελέσματα ομάδας εργασίας Διαχείρισης και τα Νομικών

Οι εμπειρογνώμονες αυτής της ομάδας εργασίας αναγνώρισαν ότι η αρχή CBDR και οι σχετικές διατάξεις που αναφέρονται στα περιεχόμενα του UNFCCC και του Πρωτοκόλλου του Kyoto, ορίζουν την μη-διακριτή διαχείριση από όργανα του IMO. Παρόλα αυτά διακρίνονται δύο διαφορετικοί τρόποι προσέγγισης του ζητήματος και ταυτόχρονης εφαρμογής αυτών των αρχών. Η πρώτη προσέγγιση προβάλλει το UNFCCC ως κεντρικό φορέα πολιτικής και τα προτεινόμενα MBMs να υποχρεούνται να λάβουν υπόψη την αρχή CBDR. Η δεύτερη προσέγγιση αναφέρει ότι η αρχές του UNFCCC δεν μπορούν να εφαρμοστούν στον IMO και συνεπώς τα προτεινόμενα MBM θα πρέπει να είναι συνεπή στο UNFCCC.

Επίσης συμφωνήθηκε ότι όλες οι προτάσεις μπορούν να εφαρμοστούν με πρακτικό και εφικτό τρόπο κατά παρέκκλιση των προκλήσεων που συνδέονται με αρκετές από αυτές. Όσο αναφορά το διαχειριστικό φόρτο που ενδέχεται να προκύψει και την συμβατότητα με τις υπάρχουσες διατάξεις του IMO, διατυπώθηκαν οι εξής παρατηρήσεις:

1. Η πλειονότητα των διαχειριστικών προβλημάτων που συνδέονται με το GHG Fund, αλλά και ο μηχανισμός VES, αφορούν το κεντρικό διοικητικό σώμα, το

οποίο θα συλλέγει και θα διανέμει τα έσοδα. Θα προκύψουν επίσης απαιτήσεις από τα Κράτη σημαίας και από τις κρατικές λιμενικές αρχές.

2. Ο μηχανισμός ETS απαιτεί επίσης την δημιουργία ενός διαχειριστικού Fund, το οποίο θα συλλέγει και θα διανέμει τα έσοδα. Θα προκύψουν επίσης απαιτήσεις από τα Κράτη σημαίας και δικαιώματα από τις κρατικές λιμενικές αρχές.
3. Ο μηχανισμός έκπτωσης θα διαθέτει διαχειριστικά χαρακτηριστικά, όποιο και να είναι το MBM με το οποίο θα συνδεθεί.
4. Ο μηχανισμός Port State Levy δεν κάνει σαφές ποίο θα είναι το σώμα που θα συλλέγει τις εισπράξεις, αλλά αναμένεται να επιφέρει μεγαλύτερο φόρτο εργασίας στους διαχειριστές των πλοίων.
5. Ο μηχανισμός LIS έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με το GHG Fund, ωστόσο λόγω του ότι μέρος των εσόδων θα επιστρέφει στους ιδιοκτήτες των πλοίων αναμένεται μεγαλύτερος εργασιακός φόρτος.
6. Το σύστημα SECT στοχεύει σε μειώσεις μόνο στον κλάδο της ναυτιλίας και συνεπώς δεν απαιτεί διαχειριστικό κόστος για την λειτουργία κάποιου Fund. Ωστόσο, οι διαχειριστικές απαιτήσεις αφορούν τους λιμένες, τα Κράτη σημαίας και τους πλοιοκτήτες/διαχειριστές.

#### **4.3.4. Αποτελέσματα ομάδας εργασίας Εμπορίου και Ανάπτυξης των Αναπτυσσόμενων χωρών**

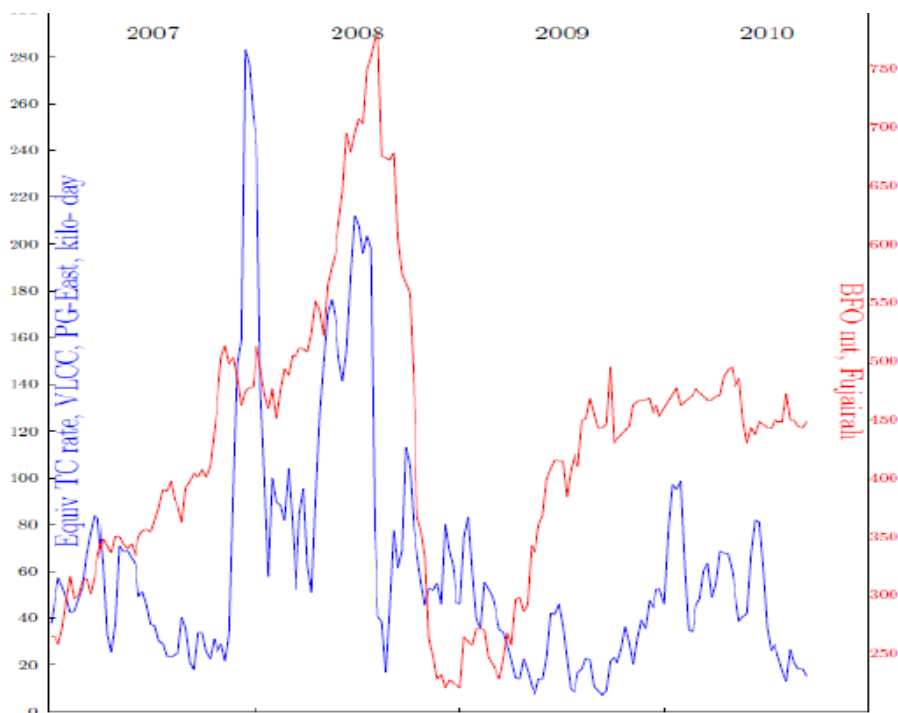
Οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν ισχυρή εξάρτηση από το διεθνές εμπόριο για την οικονομική τους ανάπτυξη και για αυτόν τον λόγο παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε προτάσεις, οι οποίες αυξάνουν το κόστος των ναυτιλιακών αγαθών και συνεπώς επηρεάζουν το ΑΕΠ τους. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι οι επιπτώσεις από την εφαρμογή ενός MBM διαφέρουν ανάλογα με το τύπο του πλοίου, το εμπόρευμα και την δομή της αγοράς της κάθε χώρας τόσο σε τοπικό όσο και σε ευρύτερα ανταγωνιστικό επίπεδο.

Επίσης, η ανάλυση που διεξήχθη έδειξε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή της χώρας στο μερίδιο αγοράς, τόσο δυσκολότερη είναι μια αύξηση των τιμών προς τον τελικό καταναλωτή από τους εισαγωγείς, λόγω του ανταγωνισμού. Τέλος, η αύξηση των τιμών στα φορτία θα έχει καλύτερα αποτελέσματα σε προϊόντα, τα οποία έχουν μικρότερο λόγο τιμής προς βάρος (IMO, 2010).

#### **4.4. Η θέση της Ελλάδας**

Η Ελλάδα παρότι συμμετείχε ενεργά τόσο στις συζητήσεις για τα MBM όσο και στην μελέτη των εμπειρογνομώνων, δεν κατέθεσε κάποια δικιά της πρόταση. Παρόλα αυτά μελέτησε και ομαδοποίησε όλες τις προτάσεις και τέλος προέβη σε αξιολόγηση αυτών.

Αρχικά, στην αναφορά της, η Ελλάδα αναφέρει ότι τα πλοία δεν εμπορεύονται με προκαθορισμένες τιμές, όπως διατυπώνεται στις συζητήσεις, αλλά η βέλτιστη ταχύτητα αποφασίζεται ως συνάρτηση τις τιμής του πετρελαίου αλλά και της κατάστασης στην αγορά.



**Σχήμα 26. Διαχρονική μεταβολή ταχύτητας σε σχέση με την μεταβολή του BFO σε πλοία τύπου VLCC (Psaraftis, 2011)**

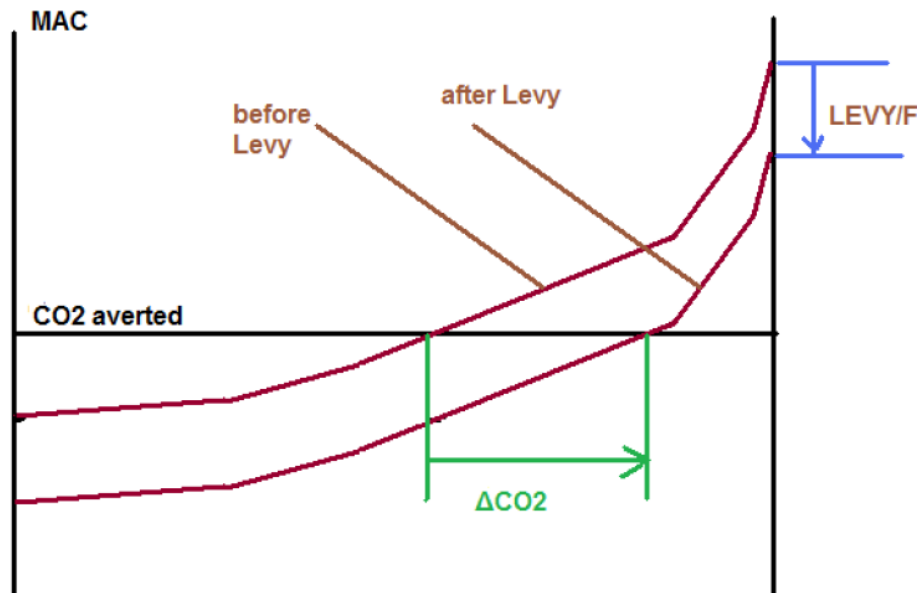
Ένα δεύτερο στοιχείο που αναφέρεται είναι πως οι ιδιοκτήτες των πλοίων με χρονοναύλωση ή ναύλωση κατά παραχώρηση, δεν είναι καθόλου αδιάφοροι για την κατανάλωση καυσίμου, όπως διατείνεται το EG Group Report. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως ένα πλοίο με μικρότερη εγγυημένη ταχύτητα και μεγαλύτερη κατανάλωση, θα λαμβάνει αναλογικά μικρότερες μεταφορικές ποσότητες. Συνεπώς, υπό το πρίσμα των εκπομπών GHG, δεν υπάρχει καμία διαφορά στο ποιός πληρώνει τα καύσιμα.

Σε επόμενο στάδιο, γίνεται η παρατήρηση πως μια εισφορά (Levy) στα καύσιμα θα οδηγήσει αυτόματα σε μικρότερες ταχύτητες, κάτι που δεν συμβαίνει με κανένα από τα άλλα MBMs. Η Ελλάδα διαφωνεί με την άποψη πως η πρόταση για το GHG Fund αποτελεί αδύναμο παράγοντα για την ανάπτυξη νέων τεχνολογικών λύσεων και τη μείωση των εκπομπών σε σχέση με τα ETS, αφού για να επιτευχθεί η μείωση της ίδιας ποσότητας CO<sub>2</sub> απαιτείται ίδια τιμή εισφοράς και τιμής μονάδας άνθρακα ETS, υποθέτοντας ότι τα δυο συστήματα έχουν όμοιο συντελεστή απόδοσης.

Επιπλέον, οι εντός κλάδου μειώσεις για το GHG Fund εκτιμάται να είναι υψηλότερες από αυτές που περιγράφηκαν στη μελέτη. Ενδεικτικά, με μια τιμή βάσης του BFO



στα \$465/τόνο, μια εισφορά της τάξης των \$50/τόνο μπορεί να αποφέρει μείωση 6% στις συνολικές εκπομπές των πλοίων VLCC κατά τη χρονική διάρκεια λειτουργίας τους. Αναφορά γίνεται και στις καμπύλες MAC (Margin Abatement Curves), όπου αποδίδεται η σχέση κόστους οφέλους διάφορων μέτρων και εκτιμάται επίσης η συνεισφορά της εισφοράς σε αυτές.



Σχήμα 27. Συνεισφορά Levy στις καμπύλες MAC (Psaraftis, 2011)

- Group A: GHG Fund proposal (Denmark et al)
- Group B: ETS proposals (Norway, France, UK)
- Group C: Hybrid proposals based on EEDI (USA's SECT, Japan's/WSC's LIS/VES)
- Group D: All other proposals (Jamaica's PLS, IUCN Rebate, Bahamas)

Σχήμα 28. Κατηγοριοποίηση των προτάσεων από την Ελληνική πλευρά (IMO, 2011)

Όσον αφορά το Group C των υβριδικών προτάσεων, αναφέρεται ότι θα πρέπει να υπάρξουν νέες τροποποιήσεις στον EEDI έτσι ώστε να προσαρμοστεί στα υπάρχοντα πλοία. Για το Group D λέγεται ότι υπάρχουν λίγες ή καθόλου ομοιότητες μεταξύ των προτεινόμενων προτάσεων με αυτές των άλλων Group. Πιο συγκεκριμένα, διατυπώνεται η άποψη ότι ο μηχανισμός του IUCN, δίνοντας μια πιο μεγάλη ευελιξία

από το GHG Fund, οδηγεί στην αβεβαιότητα της τιμής της εισφοράς. Επίσης, υποστηρίζεται ότι απαιτεί μεγαλύτερα διαχειριστικά κόστη.

Στην σύγκριση των Group A και B, η Ελληνική πλευρά παίρνει τη θέση του Group A, αναφέροντας ότι μια εισφορά παρέχει μεγαλύτερη επενδυτική βεβαιότητα από ότι ένας μηχανισμός ETS, στον οποίο η τιμή θα είναι άγνωστη και θα προκαλέσει την εμφάνιση κερδοσκοπικών φαινομένων. Επίσης, η διαχειριστική επιβάρυνση αναμένεται να είναι μικρότερη (IMO, 2011).

## **Βιβλιογραφία 4<sup>ου</sup> Κεφαλαίου**

IMO. (2010). *MEPC 61/INF.2- Full report of the work undertaken by the Expert Group on Feasibility Study and Impact Assessment of possible Market-based Measures.*

IMO. (2011). *REVIEW OF PROPOSED MBMs-Grouping and evaluation of proposed MBMs.Submitted by Greece.*

IMO. (n.d.). *Market-Based Measures Proposals under consideration within the Expert Group on Feasibility Study and Impact Assessment of Possible Market Based Measures.*

International Maritime Organization. (n.d.). <http://www.imo.org/>. Ανάκτηση από <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Pages/Default.aspx>  
x

Psaraftis, H. (2011). *Grouping and evaluation of proposed MBMs (GHG WG 3/3): The position of Greece.* National Technical University of Athens, Laboratory for Maritime Transport.

## **Β' ΜΕΡΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

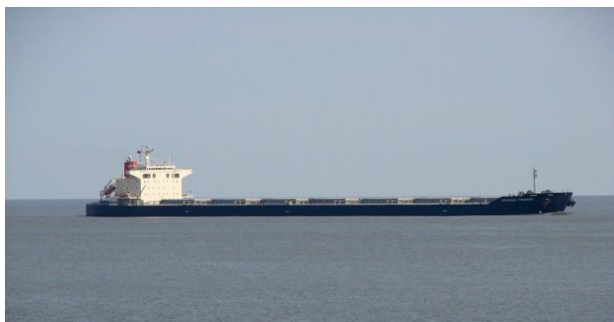
### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ SEEMP ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΛΟΙΟΥ**

#### **5.1. Εισαγωγή**

Στο πρώτο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, διαπιστώθηκε το πρόβλημα της εναέριας ρύπανσης που προέρχεται από τη ναυτιλία και αναλύθηκε το υπάρχον ρυθμιστικό πλαίσιο που συμβάλει προς την κατεύθυνση της εξάλειψής αυτού. Τέλος, καταγράφηκαν τα μελλοντικά μέτρα, θεσμοθετημένα ή μη, τα οποία αναμένεται να αποτελέσουν αρωγό στις εξελίξεις του κλάδου στην επόμενη δεκαετία.

Στο δεύτερο μέρος, θα παρουσιαστούν οι βελτιωτικές προτάσεις που προτείνει το SEEMP και θα δοθούν στοιχεία τεχνικής και οικονομικής φύσης για καθεμία από αυτές. Εν συνεχεία, οι προτάσεις αυτές θα τεθούν υπό αξιολόγηση, εφαρμοζόμενες σε μια πραγματική περίπτωση εμπορικού πλοίου κυπριακής σημαίας. Η αξιολόγηση αυτή θα εμπεριέχει κριτήρια τόσο οικονομικά, υπό την έννοια του συμφέροντος του πλοιοκτήτη για επένδυση στις συγκεκριμένες προτάσεις, όσο και “ενεργειακά”, πάντα υπό το πρίσμα της συνύπαρξης στο προαναφερόμενο ρυθμιστικό πλαίσιο αλλά και της τόνωσης του ευρύτερου πνεύματος περιβαλλοντικής βιωσιμότητας της εταιρείας.

#### **5.2. Παρουσίαση του προς εξέταση πλοίου**



*Σχήμα 29. Panamax Sterling*

Το πλοίο, το οποίο επιλέχτηκε για την ανάλυση που θα ακολουθήσει είναι τύπου φορτίου χύδην (bulk carrier) συνολικού νεκρού βάρους (deadweight) 78.932 τόνων, γεγονός που το εντάσσει στην ευρύτερη κατηγορία των Panamax Bulkers. Τα χαρακτηριστικά του πλοίου, τα οποία παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες,

δόθηκαν από την πλοιοκτήτρια εταιρεία Cyprus Sea Lines, η οποία αποτελεί και διαχειρίστρια αυτού.

*Πίνακας 17. Κύρια χαρακτηριστικά πλοίου*

<b>Όνομασία πλοίου</b>	<b>M/V Panamax Sterling</b>
<b>Τύπος</b>	Panamax Bulk Carrier
<b>Προηγούμενη ονομασία</b>	Orange Trident
<b>Κλάση</b>	N.K.K
<b>Χρονιά ναυπήγησης</b>	2007
<b>Νεκρό βάρος (dwt)</b>	78932 t
<b>Συνολικό Μήκος πλοίου (L<sub>oa</sub>)</b>	225 m
<b>Μήκος μεταξύ καθέτων (L<sub>pp</sub>)</b>	219 m
<b>Πλάτος</b>	32,24 m
<b>Βύθισμα</b>	14,37 m
<b>Κύρια μηχανή</b>	Mitsui MAN 7S50MC-C
<b>Σημείο Μέγιστης Συνεχόμενης Λειτουργίας (MCR)</b>	9561 kW, 110 rpm
<b>Στροβιλοσυμπιεστής</b>	1x MAN B&W TCA66
<b>Βήμα έλικας</b>	4,76 m
<b>Διάμετρος έλικας</b>	6,2 m
<b>Αριθμός πτερυγίων έλικας</b>	4

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί το ταξιδιωτικό (επιχειρησιακό) προφίλ του πλοίου, πληροφορία αναγκαία για τον καθορισμό του χρησιμοποιούμενου κάθε φορά καυσίμου, λαμβάνοντας υπ' όψη τις σχετικές διατάξεις περί των οξειδίων του θείου που περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 4. Η ονομαστική ταχύτητα του πλοίου λαμβάνεται ως 13,5 nm/h (kt).

*Πίνακας 18. Ταξιδιωτικό προφίλ πλοίου*

<b>Ημέρες πλεύσης ανά χρόνο</b>	<b>200</b>	<b>100,00%</b>
<b>Ημέρες πλεύσης σε περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών (ECA)</b>	25	12,50%
<b>Ημέρες πλεύσης εκτός ECA</b>	175	87,50%

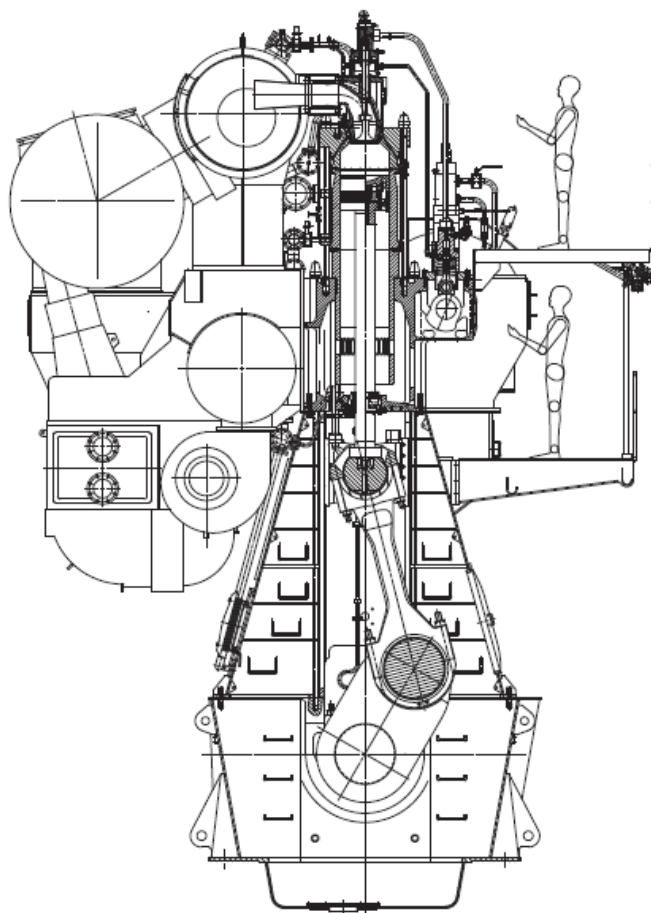
Τέλος, θα παρουσιαστεί η κατανάλωση της κύριας και της δευτερεύουσας μηχανής, υπολογιζόμενη στο 70-80% του συνεχούς σημείου λειτουργίας (MCR). Από το εγχειρίδιο χρήσης της κύριας μηχανής στο προαναφερόμενο σημείο λειτουργίας, προκύπτει ειδική κατανάλωση καυσίμου της τάξης του 169g/kWh (MAN, 2009). Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να ειπωθεί ότι οι παρακάτω τιμές αναφέρονται σε καύση

βαρέως μαζούτ (Heavy Fuel Oil-HFO). Στην περίπτωση χρήσης πετρελαίου εσωτερικής καύσης πλοίων (Marine Gas Oil- MGO), οι τιμές που θα παρουσιαστούν θα είναι μειωμένες κατά περίπου 6% λόγω της μεγαλύτερης θερμογόνου ικανότητας αυτού. Η κατανάλωση της δευτερεύουσας μηχανής δόθηκε από την εταιρεία, ενώ αυτή της κύριας μηχανής διασταυρώθηκε με την κατανάλωση που υπολογίστηκε.

Συνεπώς, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας :

**Πίνακας 19. Κατανάλωση κύριας και δευτερεύουσας μηχανής**

<b>Κατανάλωση καυσίμου κύριας μηχανής</b>	<b>27-31 t/day</b>
<b>Κατανάλωση καυσίμου δευτερεύουσας μηχανής</b>	<b>2,5-3 t/day</b>



**Σχήμα 30. Τομή κύριας μηχανής**

Με βάση τα όσα ειπώθηκαν στην παράγραφο 4.3.3. Σχήμα 23, από το έτος 2015 η πλεύση σε περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών θα απαιτεί χρήση καυσίμου με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,1%. Επίσης, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα σε καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας, αναμένεται η εφαρμογή ορίου 0,5% σε παγκόσμιο επίπεδο από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2020 ή την πρώτη Ιανουαρίου του 2025. Σύμφωνα με την ομάδα εργασίας του IMO, η χρήση βαρέως μαζούτ θα πρέπει να εγκαταλειφθεί από τη στιγμή που το όριο κατέβει κάτω του 1%, λόγω της τεχνικής δυσκολίας ανάμιξης των καυσίμων προς επίτευξη του παραπάνω ποσοστού. Με βάση τα παραπάνω, διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας χρήσης καυσίμου, με αρχή της περιόδου ανάλυσης το έτος 2015 και λήξη το 2030, δηλαδή σε ηλικία πλοίου 33 έτη:

**Πίνακας 20. Χρησιμοποιούμενο καύσιμο με βάση το ρυθμιστικό πλαίσιο**

<b>Χρησιμοποιηθέν καύσιμο σε περίπτωση εφαρμογής του ορίου 0,5% από το 2020</b>	2015-2020	2020-2030
Εκτός ECA	HFO	LSHFO (<0,5%)
Εντός ECA	MGO	MGO
<b>Χρησιμοποιηθέν καύσιμο σε περίπτωση εφαρμογής του ορίου 0,5% από το 2025</b>	<b>2015-2025</b>	<b>2025-2030</b>
Εκτός ECA	HFO	LSHFO (<0,5%)
Εντός ECA	MGO	MGO

Αφού παρουσιάστηκαν τα κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου, λίγα λόγια θα πρέπει να ειπωθούν για την επιλογή αυτού. Σύμφωνα με την επισκόπηση των θαλάσσιων μεταφορών του φορέα εμπορίου και ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNCTAD, 2012), κατά το έτος 2012 τα πλοία χύδην φορτίου ανήλθαν σε 622.536 σε σύνολο 1.534.019, ήτοι 40,58% αποτελώντας το μεγαλύτερο ποσοστό πλοίων με δεύτερη κατηγορία να αποτελούν τα δεξαμενόπλοια με ποσοστό 33%. Και οι δύο παραπάνω κατηγορίες εντάσσονται στην ευρύτερη οικογένεια πλοίων αργής πλεύσης και διαθέτουν παρόμοια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά. Επίσης, το μέσο μεταφερόμενο φορτίο (dwt) των πλοίων χύδην φορτίου ανέρχεται σε 81.284 τόνους, ενώ ο γενικός μέσος όρος για όλες τις κατηγορίες πλοίων ανέρχεται σε 48.578 τόνους. Από τα παραπάνω, συμπεραίνει κανείς ότι η επιλογή του συγκεκριμένου πλοίου συμπεριλαμβάνει πολλές περιπτώσεις και μπορεί να γενικευθεί υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Τέλος, η ηλικία του πλοίου επιλέχτηκε, έτσι ώστε κατά

το έτος 2030, δηλαδή στη λήξη της παρούσας ανάλυσης, να βρίσκεται κοντά στο μέσο όρο απόσυρσης των ομοειδών του, ήτοι τα 30-31 χρόνια.

### **5.3. Παρουσίαση των προτεινόμενων βελτιωτικών προτάσεων του SEEMP**

Σε αυτό το σημείο, θα εξεταστούν όλες οι προτάσεις, οι οδηγίες και οι καλές πρακτικές που προτείνονται από τον IMO στο SEEMP. Η ανάλυση αυτή, πέρα από το θεωρητικό υπόβαθρο, θα εμπλουτιστεί με στοιχεία όπως η προβλεπόμενη μείωση καυσίμου που θα επιφέρει κάθε πρόταση, το εκτιμώμενο αρχικό κόστος καθώς επίσης και ο αριθμός των περιπτώσεων που έχουν εφαρμόσει καθεμία από αυτές. Τα στοιχεία αυτά έχουν προκύψει αφενός από βιβλιογραφικά στοιχεία και δημοσιεύσεις εταιρειών και οργανισμών και αφετέρου από απευθείας επικοινωνία με τις εκάστοτε εταιρείες που διαθέτουν τις βελτιωτικές μεθόδους και τον απαραίτητο σχετικό εξοπλισμό στην αγορά.

Βεβαίως, δεν θα ήταν δυνατό να εφαρμόζονται όλες οι μέθοδοι στο προαναφερθέν πλοίο κυρίως εξαιτίας προβλημάτων τεχνικής φύσης. Οι μέθοδοι αυτοί θα αναφερθούν επιγραμματικά και δεν θα αποτελέσουν μέρος της τεχνοοικονομικής ανάλυσης που θα ακολουθήσει.

#### **5.3.1. Σχεδιασμός ταξιδιού-Πλοήγηση με τη χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων (Weather routing)**

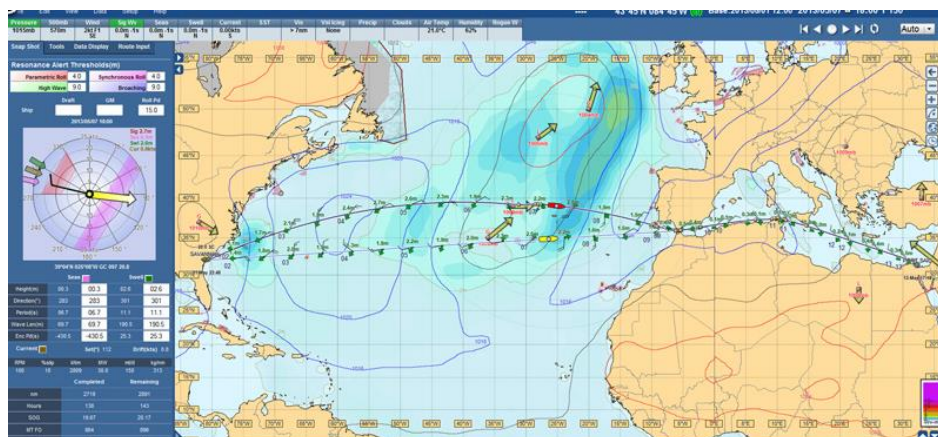
Οι καιρικές συνθήκες, όπως ο κυματισμός, τα υδάτινα ρεύματα και ο άνεμος, έχουν πολύ μεγάλη επίδραση στην κατανάλωση του πλοίου. Χαρακτηριστικά, μπορεί να ειπωθεί ότι η αντίσταση του πλοίου μπορεί να αυξηθεί έως και 50-100% όταν κινείται κόντρα στον καιρό σε σύγκριση με όταν αυτό πλέει σε ήρεμη θάλασσα.

Ως weather routing ορίζεται η διαδικασία προσδιορισμού της διαδρομής που θα πρέπει να ακολουθήσει ένα πλοίο για την μετάβασή του από ένα σημείο (λιμάνι) αναχώρησης σε κάποιο άλλο σημείο (λιμάνι) άφιξης λαμβάνοντας υπόψη τις υπάρχουσες καιρικές συνθήκες κατά την διάρκεια του ταξιδιού (Hagiwara, 1989). Ο προσδιορισμός αυτός μπορεί να έχει ως στόχο:

1. Την ελαχιστοποίηση του χρόνου μετάβασης
2. Την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς
3. Την μεγιστοποίηση της ασφάλειας των επιβαινόντων και του φορτίου
4. Οποιοδήποτε συνδυασμό των παραπάνω

Το weather routing πραγματοποιείται μέσω προηγμένων υπολογιστών, οι οποίοι συνδυάζουν δεδομένα από το ραντάρ του πλοίου, τις μετεωρολογικές προβλέψεις και

τον εκάστοτε σχεδιασμό πλοήγησης και προτείνουν τη βέλτιστη διαδρομή στον καπετάνιο (Sherbaz, 2012).



Σχήμα 31. Απεικόνιση εναλλακτικών πορειών από το λογισμικό της εταιρείας AWT

Μελέτες εκ μέρους του IMO αλλά και άλλων οργανισμών έχουν δείξει ότι η εφαρμογή ενός συστήματος weather routing μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου της τάξης του 0,1-4% (IMO, 2011), (Buhaug, 2009), (Sherbaz, 2012). Έπειτα από επικοινωνία με την εταιρεία AWT, δόθηκαν τα εξής κοστολογικά στοιχεία: Ενδεικτικό κόστος απόκτησης της άδειας χρήσης 400\$ και λειτουργικό κόστος 2640\$ ανά χρόνο. Η εν λόγω εταιρεία αποτελεί κορυφαία εταιρεία του κλάδου και έχει εφαρμόσει το παρόν λογισμικό σε πάνω από 3000 πλοία.

### 5.3.2. Αφιξη Just- in-time και βελτιστοποίηση διαχείρισης φορτίων στους λιμένες

Η μέθοδος των αφίξεων Just-in-time λαμβάνει το όνομά της από τη γνωστή στρατηγική στον κλάδο της διοίκησης παραγωγής και συνοψίζεται ως το να καταφέρει κανείς να φέρει τη σωστή πρώτη ύλη, στον σωστό χρόνο, στο ακριβές μέρος με την ακριβή ποσότητα (Green EH, 2008). Στο κλάδο της ναυτιλίας, η μέθοδος Just-in-time λαμβάνει υπόψη πληθώρα παραγόντων, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση ή οι παλίρροιες, με σκοπό την μείωση του χρόνου αναμονής του πλοίου εκτός λιμένα. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα πλοία ταξιδεύουν γρηγορότερα από ότι είναι προγραμματισμένο στους λιμένες και καθυστερούν να αγκυροβολήσουν, κάτι που οδηγεί στην αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου κατά τη διάρκεια της αναμονής. Μελέτες δείχνουν ότι η μέθοδος των αφίξεων Just-in-time μπορεί να οδηγήσει στη μείωση των ρύπων κατά 1 με 5%. Επίσης, η βελτιστοποίηση της διαχείρισης και μεταφοράς των εμπορευμάτων είναι δυνατό να ωθήσει σε μια περαιτέρω μείωση αυτών κατά 1-5% (Sherbaz, 2012).

Ωστόσο, η επίτευξη των δυο παραπάνω προτάσεων, συνδέεται άρρηκτα τόσο με την ορθή και απρόσκοπτη λειτουργία των λιμένων, οι οποίοι θα πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους αποτελεσματικά, όσο και με την τεχνολογική αναβάθμιση του εξοπλισμού αυτών προς βελτίωση των χρόνων μεταφοράς και



γενικότερης διαχείρισης των εμπορευμάτων. Για αυτόν τον λόγο, η παρούσα μέθοδος δεν θα εξεταστεί περαιτέρω, αφού η επιτυχία ή μη αυτής δεν εξαρτάται άμεσα από την βελτίωση του εξεταζόμενου πλοίου.

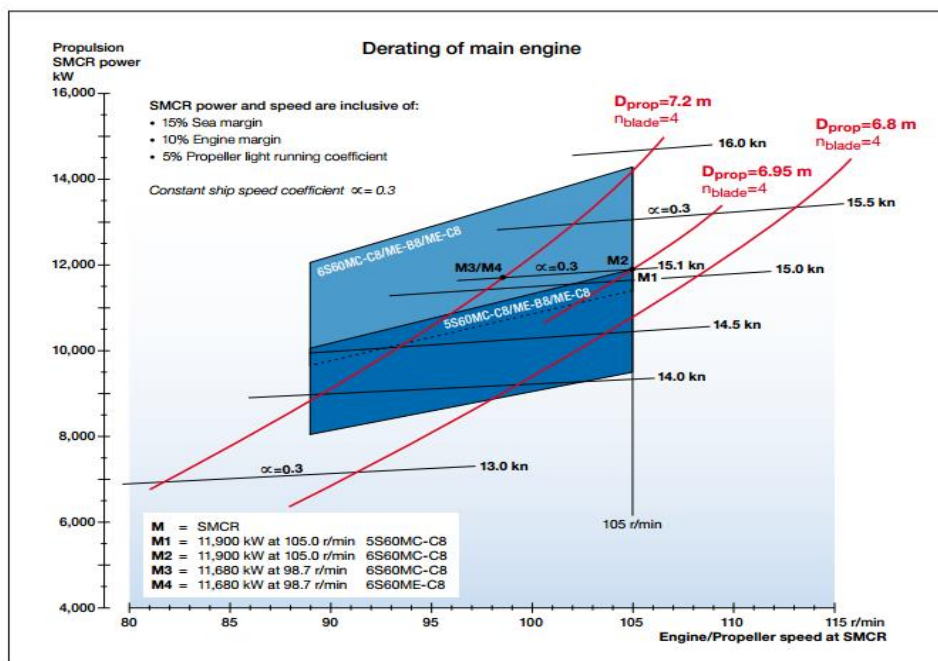
### **5.3.3. Λειτουργία στη βέλτιστη ταχύτητα/ισχύ**

Ο πλέον εύκολος και διαδεδομένος τρόπος να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης καυσίμου είναι η μείωση της ταχύτητας του πλοίου και κατ' επέκταση της απαιτούμενης ισχύος προώσεως. Ωστόσο, η απαιτούμενη ισχύς σχετίζεται με την ταχύτητα μέσω κυβικής εξάρτησης. Αυτό σημαίνει ότι μια μείωση της ταχύτητας κατά 10% αποφέρει μείωση της απαραίτητης ισχύος κατά 27%. Συνυπολογίζοντας ότι η μείωση αυτή θα οδηγήσει και σε αύξηση της διάρκειας του ταξιδιού κατά 11%, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η μείωση της ταχύτητας κατά 10% οδηγεί σε μείωση της απαιτούμενης ισχύος κατά περίπου 19% (IMO, 2011).

Παρότι οι παραπάνω υπολογισμοί είναι ορθοί σε θεωρητικό επίπεδο, θα πρέπει να ειπωθεί πως πληθώρα προβλημάτων τεχνικής κυρίως φύσεως μπορούν να ανακύψουν κατά τη λειτουργία εκτός βέλτιστου φάσματος φορτίου (κάτω του 70% της μέγιστης συνεχούς λειτουργίας). Συγκεκριμένα, σε αυτά τα προβλήματα ανήκουν οι χαμηλότερες ροές αέρα και συνεπώς ελλιπής ψύξη, η αναποτελεσματική καύση, η διάβρωση από συμπυκνώματα αναθυμιάσεων καθώς επίσης και η ρύπανση του συστήματος αποβολής καυσαερίων και των στροβιλοσυμπιεστών.

Για την εξάλειψη των παραπάνω προβλημάτων έχουν υιοθετηθεί πολλές λύσεις, όπως η αποκοπή ενός από τους στροβιλοσυμπιεστές, ο επανασχεδιασμός του χρονισμού των βαλβίδων ή η αποδιαβάθμιση (de-rating) της κύριας μηχανής. Δεδομένου του ότι το εξεταζόμενο πλοίο διαθέτει μόνο έναν στροβιλοσυμπιεστή, θα μελετηθεί μόνο η τελευταία μέθοδος (Wiesmann- Wartsila, 2010).

Η αποδιαβάθμιση μιας μηχανής επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση ενός επιπλέον κυλίνδρου σε αυτήν κατά κύριο λόγο αλλά και με την επίτευξη της βέλτιστης συνεργασίας της νέας μηχανής με την προπέλα (πιθανόν να χρειαστεί αύξηση της διαμέτρου αυτής). Από στοιχεία που δίδονται από τις δυο μεγαλύτερες κατασκευάστριες μηχανών (Wartsila, MAN) υπολογίζεται ότι μπορεί να προκύψει μείωση της τάξης του 2-6% κατά την αποδιαβάθμιση μιας δίχρονης μηχανής. Με γραμμική παρεμβολή σε στοιχεία κόστους που παρουσιάζει η Wartsila σε δημοσίευσή της, υπολογίζεται ότι το κόστος μιας τέτοιας μετατροπής σε ένα Panamax Bulker αναμένεται να κοστίσει περί τα 1.100.000\$ (Wettstein R, 2008), (MAN, 2009).

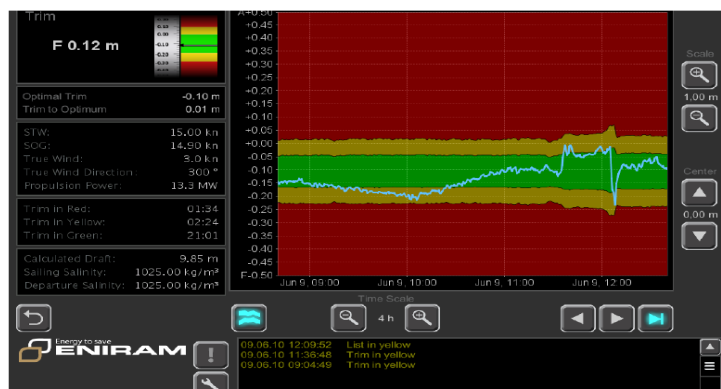
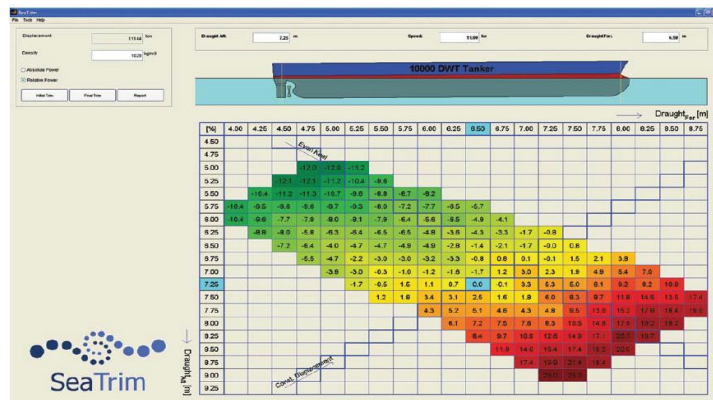


Σχήμα 32. Παραδείγματα αποδιαβάθμισης μηχανής 5S60MC-C8 (MAN, 2009)

### 5.3.4. Βέλτιστη διαγωγή και ερματισμός πλοίου

Όταν το προραίο βύθισμα είναι διάφορο του πρυμναίου, τότε λέμε ότι το πλοίο δεν είναι ζυγοσταθμισμένο και τη διαφορά των δύο βυθισμάτων ονομάζουμε διαγωγή (trim) (Πουλής Α, 2003). Η βελτιστοποίηση της διαγωγής του πλοίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το βύθισμα, την ταχύτητα του πλοίου, την ισχύς προώσεως, την ταχύτητα του ανέμου, την κατάσταση της θάλασσας κ.α. Επίσης, ο σχεδιασμός των σύγχρονων πλοίων απαιτεί τη σε βάθος κατανόηση της υδροδυναμικής και τη τήρηση βάσης δεδομένων πειραμάτων και προσομοιώσεων CFD για καθένα από αυτά. Η βάση δεδομένων σε συνδυασμό με την εκάστοτε κατάσταση του πλοίου εν λειτουργία, αποτελούν τα στοιχεία, τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτίμηση της βέλτιστης κάθε φορά διαγωγής του πλοίου (Sherbaz, 2012).

Πολλές εταιρείες διαθέτουν λογισμικό βελτιστοποίησης διαγωγής στην αγορά. Μερικές από αυτές είναι οι Eniram, Green Steam, Force Technology, GL Group, Interschalt. Έπειτα από επικοινωνία με τις δυο πρώτες εξ αυτών, το λογισμικό κοστολογήθηκε 190.000\$ και 80.000\$ αντίστοιχα. Επίσης, εκ των περίπου οκτακοσίων πλοίων που χρησιμοποιούν ένα από τα λογισμικά των παραπάνω εταιρειών, παρατηρήθηκε κατά μέσο όρο 1-5% (Fantom-ctech) μείωση στην κατανάλωση καυσίμου, με τα πλοία χύδην φορτίου να λαμβάνουν τις χαμηλότερες τιμές του εύρους.

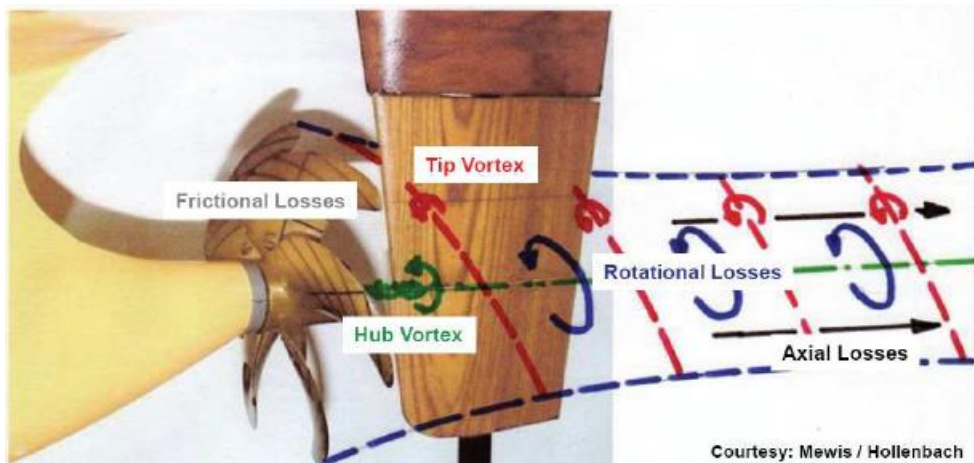


Σχήμα 33. Παραδείγματα ένδειξης βέλτιστης διαγωγής πλοίου

Να σημειωθεί, ότι ο ερματισμός (ballasting) αποτελεί κοινή πρακτική για να επιτευχθεί η επιθυμητή διαγωγή του πλοίου και συνεπώς δεν θα εξετασθεί σαν ξεχωριστή πρακτική βελτιστοποίησης της κατανάλωσης. Ωστόσο, έχει ευρεθεί ότι η ελαχιστοποίησή του μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης της τάξης του 0,11% (Sherbaz, 2012).

### 5.3.5. Βελτιστοποίηση ροής γύρω από την προπέλα

Η επιλογή της κατάλληλης προπέλας του πλοίου αποφασίζεται κατά κανόνα στο στάδιο του σχεδιασμού και κατασκευής αυτού. Ωστόσο, μεγάλη βελτίωση στην απόδοση μιας προπέλας μπορεί να προέλθει μέσω ρυθμίσεων και επεμβάσεων που στοχεύουν κυρίως στη μείωση του tip και hub vortex. Οι επεμβάσεις που θα εξετασθούν στην παρούσα διπλωματική είναι: Α) η εγκατάσταση boss cap fin , Β) η τοποθέτηση ακροφυσίου και Γ) η εγκατάσταση αγωγού (duct) τύπου Mewis στην προπέλα του πλοίου.



**Σχήμα 34. Τοπικές ενεργειακές απώλειες προπέλας**

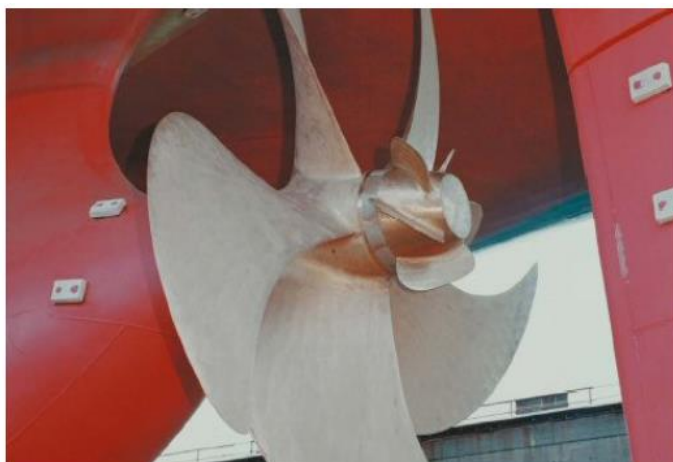
A) Στη γενικότητά της, η πλήμνη μιας προπέλας δημιουργεί δίνες, οι οποίες οδηγούν σε απώλειες της κινητικής ενέργειας αλλά και σε αύξηση του ρίσκου ανάπτυξης σπηλαιώσης γύρω από αυτή. Η εγκατάσταση ισάριθμων με αυτά της προπέλας πτερυγίων boss cap, μπορεί να οδηγήσει σε επανάκτηση της απολεσθείσας στροφικής ενέργειας. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε από Ιάπωνες κατασκευαστές και άρθρα και μελέτες έχουν δημοσιευθεί από τις Mitsui O.S.K Lines Ltd., West Japan Fluid Engineering Laboratory Co Ltd. και Mikado Propeller Co Ltd. , οι οποίες έχουν από κοινού κατοχυρώσει και τα δικαιώματα της πατέντας (DNV-SDARI).

Ανατρέχοντας στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι διαφορά υπάρχει στα υπολογιζόμενα αποτελέσματα από πειράματα μοντέλων κλίμακας και δοκιμές πραγματικών πλοίων στη θάλασσα. Ο Hansen et al δημοσιεύοντας τα αποτελέσματά του, παρουσιάζει μείωση της τάξης του 1% της κατανάλωσης καυσίμου σε πειράματα μοντέλων κλίμακας και 4% σε πείραμα που έγινε σε ένα δεξαμενόπλοιο τύπου Aframax (80-120 kt dwt). Ο Ouchi, δημοσιεύοντας τα αποτελέσματα από πείραμα που διεξήχθη μεταξύ 12 διαφορετικών πλοίων, παρουσιάζει μέσο ποσοστό μείωσης κατανάλωσης της τάξης του 5,4%. Τέλος, ο Nojiri et al σε πείραμα μεταξύ 16 διαφορετικών πλοίων, παρουσιάζει μέσο όρο μείωσης κατανάλωσης 5% με εύρος 2-10% (Kawamura T, 2012). Επίσης, σε έρευνα της DNV παρουσιάζονται τα παρακάτω ποσοστά μείωσης της κατανάλωσης για πλοίο με έρμα (ballast) και χωρίς.

**Πίνακας 21. Βιβλιογραφικά ποσοστά μείωσης κατανάλωσης (DNV-SDARI)**

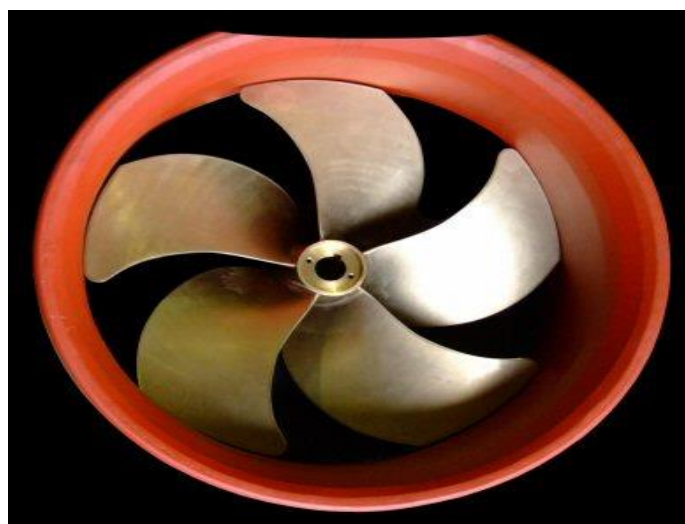
Source	Ship type	Design draught	Ballast draught	Comments
HSVA /9/		3%		
Mewis and Hollenbach /4/		3%		
Mewis /1/		2-4%		
Gearhart and McBride /5/		5%		
ITTC /7/		5%		
Ship Propulsion Solutions /13/			2-4%	
Svardal and Mewis /23/			3-4%	

Το κόστος απόκτησης ανέρχεται στα περίπου 80.000\$, με την εταιρεία MOTech Mitsui O.S.K Techno-Trade Ltd να δηλώνει πως άνω των 2000 πλοίων έχουν εγκαταστήσει τα πτερύγια αυτά (DNV-SDARI).



*Σχήμα 35. Propeller Boss Cap Fins*

Β) Η τοποθέτηση ακροφυσίου στην προπέλα (ducted propeller) εφευρέθηκε το 1931 από τον Luigi Stipa και το 1934 από τον Ludwig Kort. Τα ακροφύσια τύπου Kort αποτελούνται από έναν δακτύλιο σε μορφή αεροτομής, ο οποίος βελτιστοποιεί τη ροή μέσα στην προπέλα. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων ακροφυσίων, πιο γνωστά ως MARIN 19A και MARIN 31, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως κυρίως σε αλιευτικά πλοία. Η αύξηση της ταχύτητας του πλοίου προκαλεί αύξηση της αντίστασης στο ακροφύσιο και κατά συνέπεια πτώση της απόδοσής του. Για αυτόν τον λόγο τα ακροφύσια χρησιμοποιούνται κυρίως σε πλοία αργής πλεύσης, όπως τα δεξαμενόπλοια και τα πλοία χύδην φορτίου.

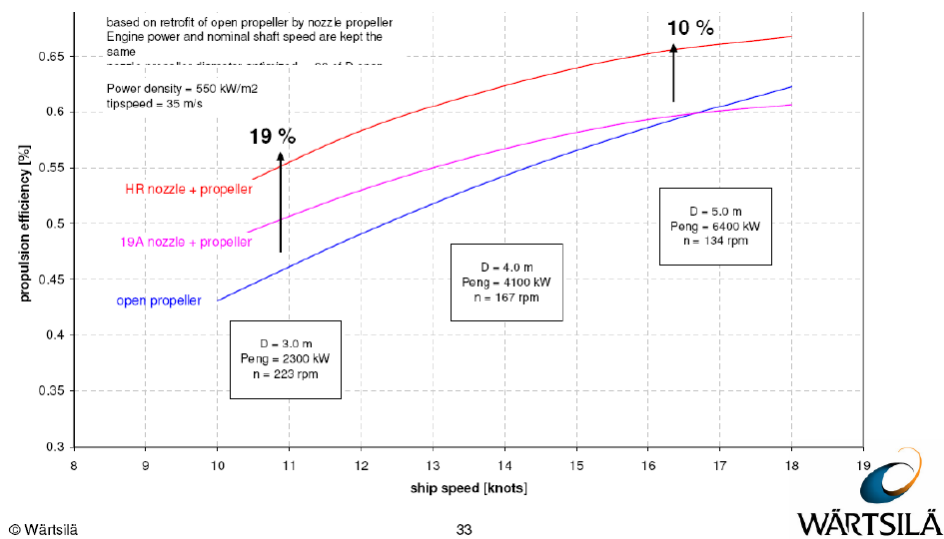


*Σχήμα 36. Ακροφύσιο προπέλας*

Βιβλιογραφικά μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι η τοποθέτηση ενός ακροφυσίου μπορεί να επιτύχει μείωση της κατανάλωσης καυσίμου της τάξης του 2-10%, με τις μέγιστες τιμές να παρουσιάζονται σε περιπτώσεις που το πλοίο πλέει ερματισμένο. Η



Wartsila υποστηρίζει ότι το νέο της ακροφύσιο μπορεί να επιτύχει μείωση της τάξης του 10% σε ταχύτητες πλεύσης κοινές για πλοία χύδην φορτίου. Το συγκεκριμένο ακροφύσιο έχει κοστολογηθεί στα περίπου 150.000\$ (DNV-SDARI).



**Σχήμα 37. Αύξηση προωστικής αποδοτικότητας με τη χρήση ακροφυσίου**

Γ) Ο αγωγός Mewis εφευρέθηκε από τον Friedrich Mewis για μονοέλικα πλοία και η ανάπτυξη και κατασκευή του προϊόντος έγινε από την εταιρεία Becker Marine Systems, η οποία και το διαθέτει στην αγορά. Αποτελείται από έναν συνδυασμό ενός αγωγού μικρότερου της προπέλας που τοποθετείται πριν από αυτήν και ενσωματωμένων ασύμμετρα τοποθετημένων πτερυγίων που βρίσκονται μέσα στον αγωγό. Με τον παραπάνω συνδυασμό επιτυγχάνεται η βελτίωση των χαρακτηριστικών της ροής αλλά και η δημιουργία "αυτο"-πρώωσης. Ο εφευρέτης έχει δημοσιεύσει ότι η χρήση του αγωγού αυτού συνιστάται για πλοία με ταχύτητα κάτω των 21 κόμβων και συντελεστή προωστικής φόρτισης άνω του 1 (DNV-SDARI). Συνεπώς προτείνεται για πλοία χύδην φορτίου όλων των μεγεθών.



**Σχήμα 38. Αγωγός Mewis**

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, ο αγωγός επιτυγχάνει 6% μείωση της κατανάλωσης, με άλλες πηγές να δημοσιεύουν αποτελέσματα στο εύρος του 4-9% (DNV-SDARI). Το κόστος σχεδιασμού και αγοράς ενός αγωγού Mewis ανέρχεται σε 140.000 και 210.000 \$ αντίστοιχα, ενώ δεν αναμένεται κάποια ιδιαίτερη επιβάρυνση κατά τον δεξαμενισμό για τη συντήρηση αυτού. Τέλος, να σημειωθεί ότι άνω των 400 πλοίων έχουν εφαρμόσει την παρούσα μέθοδο εξοικονόμησης (Becker Marine Systems) (IMO, 2012).

### **5.3.6. Βελτιστοποίηση χρήσης πηδαλίου**

Η έλλειψη σταθερότητας κατεύθυνσης αποτελεί τη βάση για εκτροπές του πλοίου από την πορεία του και κατά συνέπεια για αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου. Ο αυτόματος πιλότος βοηθά το πλοίο να βρίσκεται πάντα εντός της προκαθορισμένης πορείας του. Ωστόσο, λόγω του ότι το πλοίο που μελετάται είναι σχετικά νέο, θεωρήθηκε ότι διαθέτει αυτόματο πιλότο τελευταίας τεχνολογίας και συνεπώς δεν θα μελετηθεί η αγορά ενός νέου συστήματος αυτόματης πλοήγησης.

Παρόλα αυτά, σύμφωνα και με την πρόταση του IMO, θα πρέπει να μελετηθεί η εγκατάσταση ενός νέου τύπου πηδαλίου, με βελτιωμένο σχεδιασμό πτερυγίου. Το πτερύγιο συνεστραμμένης ροής (twisted flow rudder) μπορεί να αποτελέσει μέθοδο βελτίωσης της προωστικής αποδοτικότητας, αφού η συστροφή του πηδαλίου μπορεί να προσαρμόσει τη ροή από την προπέλα σε αυτό, μειώνοντας τη γωνία εισόδου της ροής στο πηδάλιο αλλά και ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα ανάπτυξης σπηλαιώσης.

Ο συνδυασμός του παραπάνω πηδαλίου με ένα εξάρτημα βολβοειδούς μορφής (Costa bulb) μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 2-4 % και κοστολογείται στα περίπου 160.000\$ για πλοίο χύδην φορτίου 35.000 dwt. Θεωρώντας γραμμική εξάρτηση τιμής-βάρους, θα το κοστολογήσουμε στα 270.000 \$ για την περίπτωση μας. Η εφαρμογή ενός Costa bulb έχει γίνει σε άνω των 300 πλοίων (DNV-SDARI). Επίσης, το αντίστοιχο προϊόν από την εταιρεία Rolls-Royce Marine, το οποίο όμως προσφέρει και επανασχεδιασμό και τοποθέτηση προπέλας κοστολογείται στα 1.000.000\$ και έχει εφαρμοσθεί σε περίπου 30 πλοία, οδηγώντας σε μείωση της κατανάλωσης κατά 6-9%.



*Σχήμα 39. Costa Bulb με συστρεμμένο πηδάλιο*



*Σχήμα 40. Promas Lite*

### **5.3.7. Συντήρηση γάστρας και προπέλας**

Στο παρόν κομμάτι θα εξετασθούν η συντήρηση (προστασία) της γάστρας μέσω αντιρρυπαντικών επιστρώσεων νέας τεχνολογίας αλλά και μέσω υποβρυχίων καθαρισμών. Επίσης, θα μελετηθούν τα αποτελέσματα που μπορεί να έχει ο καθαρισμός της προπέλας ανά συγκεκριμένα τακτά διαστήματα.

Όσο αναφορά το κομμάτι των επιστρώσεων θα γίνει αρχικά μια επισκόπηση των σύγχρονων μεθόδων. Έτσι διακρίνουμε 2 μεγάλες κατηγορίες επιστρώσεων:

1. Οι αντιρρυπαντικές επιστρώσεις (Antifouling), οι οποίες χρησιμοποιούνται από το 90-95% των πλοίων, χρησιμοποιούν τον χαλκό και άλλα βιοκτόνα για να εξοντώσουν τους μικροοργανισμούς που προσκολλούνται στα τοιχώματα του πλοίου. Αυτού του τύπου οι επιστρώσεις απελευθερώνουν σε 3-5 χρόνια τις τοξικές τους ουσίες, περίοδο κατά την οποία απαιτείται ξανά εφαρμογή τους. Λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τις απαγορευμένες από το 2001 επιστρώσεις τριβουτυλίνης, αλλά χρησιμοποιούν διαφορετικά βιοκτόνα από τον κασσίτερο. Τυπικές χρησιμοποιούμενες μορφές αντιρρυπαντικών επιστρώσεων είναι τα ελεγχόμενης διάλυσης πολυμερή (CDP), τα



αυτοστιλπούμενα συμπολημερή (SPC) και οι επιστρώσεις αποδέσμευσης ρύπων. Οι επιστρώσεις αποδέσμευσης ρύπων (Fouling Release), λειτουργούν με το σκεπτικό ότι οι ρύποι δεν προσκολλούνται εύκολα στα τοιχώματα και σε περίπτωση που αυτό γίνει, είναι εύκολο να απομακρυνθούν είτε με την κίνηση του πλοίου ή με έναν απλό καθαρισμό. Οι περισσότερες αυτών έχουν βάση τη σιλικόνη, ενώ άλλες χρησιμοποιούν φλουοροπολυμερή. Υπολογίζεται ότι περίπου ένα 10% των νέα κατασκευασμένων πλοίων θα χρησιμοποιήσουν επιστρώσεις αποδέσμευσης ρύπων.

2. Μια δεύτερη μεγάλη κατηγορία αποτελούν οι σκληρές, αδρανής, μη τοξικές επιστρώσεις (hard coatings). Αποτελούνται κυρίως από εποξικά, πολυεστέρες ή βινυλεστέρες. Ορισμένες από αυτές τις επιστρώσεις μπορούν να ενταχθούν στην κατηγορία των σύνθετων κατεργαζόμενης επιφάνειας (STC), εξαιτίας της ικανότητάς τους να απαιτούν ελάχιστο καθαρισμό για την απομάκρυνση των ρύπων (The Hydrex Group, 2011).

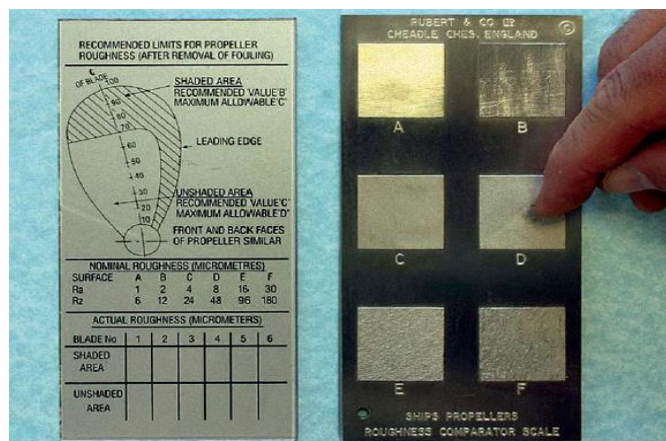
Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί η εφαρμογή επίστρωσης φλουοροπολυμερών σε σύγκριση με την επίστρωση που μέχρι τώρα χρησιμοποιεί το πλοίο, δηλαδή την αντιρρυπαντική επίστρωση τύπου SPC. Με βάση στοιχεία της εταιρείας International, περίπου 500 πλοία έχουν κάνει χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας με τη μείωση στην κατανάλωση του καυσίμου να ανέρχεται στο 6-9% κατά μέσο όρο. Από μελέτη του James J. Corbett και με γραμμική παρεμβολή σε στοιχεία κόστους που δίδονται, υπολογίστηκε ότι το αρχικό κόστος εγκατάστασης αυτής της επίστρωσης στο εξεταζόμενο πλοίο θα ανέλθει σε περίπου 700.000\$ για επιφάνεια βαφής 12.000 m<sup>2</sup>, ήτοι 58\$/m<sup>2</sup>. Από το ποσό αυτό θα πρέπει να αφαιρεθεί το κόστος εγκατάστασης της επίστρωσης SPC που υπολογίζεται στα 310.000\$, ή 25\$/m<sup>2</sup> για αρχική επίστρωση, οδηγώντας σε ποσό επένδυσης της τάξης των 390.000\$. Η εγκατάσταση νέας βαφής κάθε 3 περίπου χρόνια θεωρείται ότι δεν διαφοροποιείται κατά πολύ σε κόστος ανάμεσα στις δυο επιλογές (Corbett J, 2010).



**Σχήμα 41. Μείωση της κατανάλωσης καυσίμου με χρήση επιστρώσεων αποδέσμευσης ρύπων (Willsher J-International Paint Ltd.)**

Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί λόγοι που συντελούν στη μείωση της απόδοσης της προπέλας με το πέρασμα του χρόνου. Ορισμένοι από αυτούς είναι το υλικό τους, η ρύπανση της θάλασσας, τα ασβεστούχα υπολείμματα, οι προσκρούσεις, η διάβρωση, η σπηλαιώση ή ακόμα και ο ακατάλληλος καθαρισμός. Εξαιτίας του γεγονότος ότι όλοι οι παράγοντες επιδρούν ταυτόχρονα και ο ένας επιταχύνει τους υπολοίπους, η σωστή συντήρηση μπορεί να αποφέρει πολύ καλά αποτελέσματα στην απόδοση της προπέλας σε μακροχρόνιο επίπεδο.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να μετρήσει κανείς τη σκληρότητα της προπέλας. Ένας από αυτούς, ο οποίος καθιστά επιτρεπτή τη διάγνωση εντός του νερού μέσω δυτών, είναι ο συγκριτής Rubert, ο οποίος βασίζεται σε μια κλίμακα με εύρος από A (λείο) μέχρι F (σκληρό). Μέσω της οπτικής επίβλεψης και της αφής, ο δύτης συγκρίνει τις διάφορες περιοχές της προπέλας με το δείγμα του συγκριτή και έτσι αποφασίζεται το πώς θα γίνει κάθε φορά ο καθαρισμός ή στίλβωση αυτής.



**Σχήμα 42. Κλίμακα Rubert**

Σύμφωνα με τον Buhaug (Buhaug et al, 2009) , το κόστος στίλβωσης ανέρχεται σε 3000-5000\$ ανά προπέλα, ενώ το κόστος διάγνωσης ( και σε περίπτωση προβλήματος επιπλέον εργασίας) σε περίπου 30.000\$ για ένα Panamax Bulk Carrier. Η

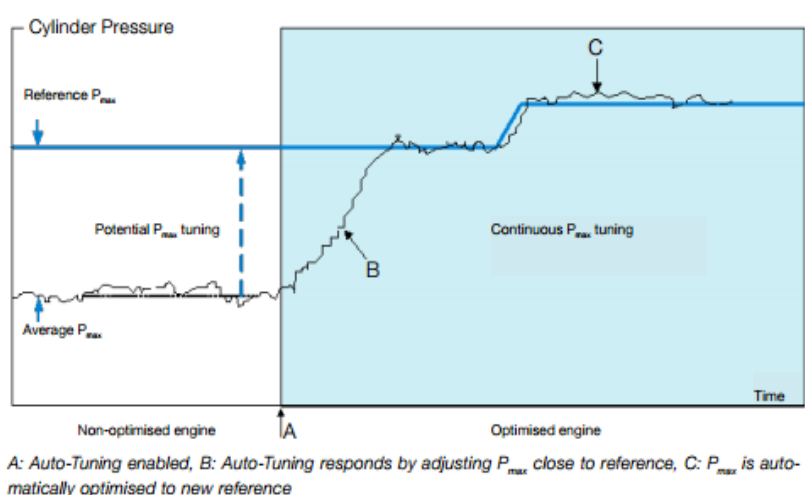
υπολογιζόμενη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου υπολογίζεται σε 2-6%, θεωρώντας ότι ο καθαρισμός μια φορά τον χρόνο αποτελεί μια πολύ καλή τακτική.

Επίσης, εξοικονόμηση μπορεί να προέλθει από τον καθαρισμό του συνόλου της γάστρας, αξιοποιώντας την εξέλιξη στη ρομποτική και τον νέο εξοπλισμό που επιτρέπει τον υποβρύχιο καθαρισμό σε μικρά χρονικά διαστήματα και σε σχετικά χαμηλό κόστος. Σε συνεννόηση με την εταιρεία CleanHull, το κόστος καθαρισμού ανέρχεται σε περίπου 2,5\$/m<sup>2</sup>, ήτοι 30.000\$ περίπου για την περίπτωση του εξεταζόμενου πλοίου. Τα στοιχεία αυτά διασταυρώνονται πλήρως με στοιχεία του IMO, ο οποίος υπολογίζει το κόστος σε περίπου 40\$/πόδι ολικού μήκους πλοίου, ήτοι 29.520\$. Ωστόσο, βιβλιογραφικά φαίνεται να υπάρχει αρκετά μεγάλη αβεβαιότητα στην υπολογιζόμενη μείωση της κατανάλωσης με το εύρος να εκτείνεται σε 1-10% (IMO, 2011).

### 5.3.8. Συντήρηση και διαγνωστική μηχανής

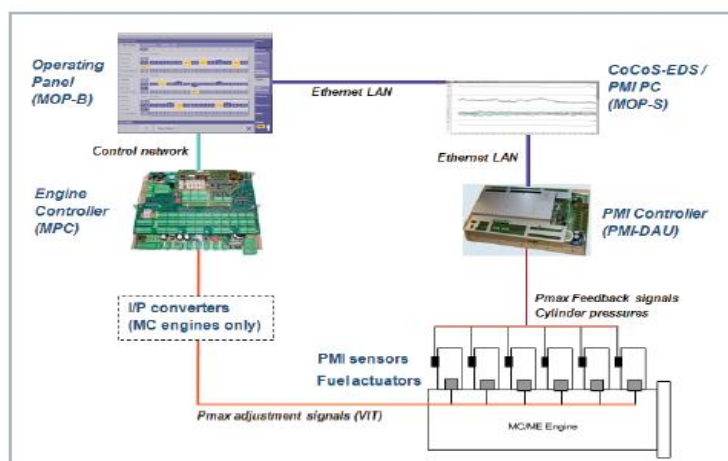
Από τις διάφορες μεθόδους που προτείνει ο IMO, όπως η χρήση κατάλληλων λιπαντικών, η ανάλυση ροπής, ή τα προσθετικά καυσίμου, ιδιαίτερη βαρύτητα θα πρέπει να δοθεί στα λεγόμενα αυτόματα συστήματα ρύθμισης μηχανής.

Η μετατροπή της ενέργειας εντός του θαλάμου καύσεως είναι η πιο σημαντική διεργασία που λαμβάνει χώρα όσον αφορά την ισχύ και την απόδοση. Με τα συστήματα αυτόματης ρύθμισης μηχανής μπορεί να επιτευχθεί βέλτιστη μέγιστη πίεση στον θάλαμο καύσης μέσω της συνεχούς παρακολούθησης αυτής (αναλυτές πίεσης PMI). Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερα στις μηχανές ηλεκτρονικού ελέγχου (ME Engines). Το σύστημα μετράει συνεχώς τις πιέσεις στους κυλίνδρους και τις συγκρίνει με μια επιθυμητή τιμή. Έτσι μέσω του μεταβλητού χρονισμού έγχυσης, οι βαλβίδες προσαρμόζονται αυτόματα με σκοπό τη διατήρηση της μέγιστης πίεσης ανάφλεξης στα επιθυμητά επίπεδα.



Σχήμα 43. Σύστημα αυτόματης ρύθμισης μηχανής (MAN Diesel)

Η εταιρεία MAN προτείνει την εγκατάσταση αυτού του συστήματος σε μηχανές μηχανικού ελέγχου (όπως η μηχανή του εξεταζόμενου πλοίου), υποστηρίζοντας μείωση κατανάλωσης καυσίμου της τάξης του 1-3%. Το κόστος εγκατάστασης υπολογίζεται στα περίπου 40.000\$, με βάση παρουσίαση της εταιρείας (Bryndum L-MAN Diesel, 2009).

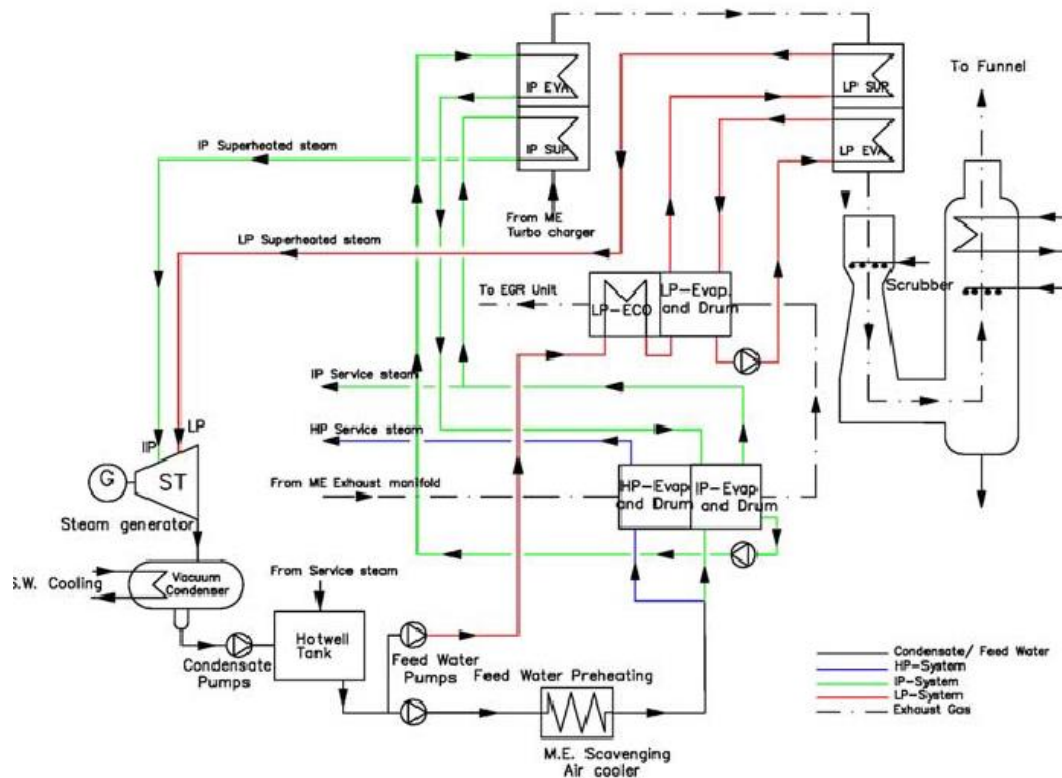


**Σχήμα 44. Αποτύπωση συστήματος αυτόματης ρύθμισης μηχανής (Green Ship of the Future, 2009)**

### 5.3.9. Ανάκτηση θερμότητας

Μέσω των συστημάτων ανάκτησης θερμότητας, γίνεται δυνατή η αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων (αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος των υφιστάμενων απωλειών, περίπου το 25%), η οποία μέσω στροβίλων μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ ένα άλλο μέρος χρησιμοποιείται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του πλοίου.

Διάφορα συστήματα ανάκτησης ενέργειας έχουν χρησιμοποιηθεί τις τελευταίες δεκαετίες σε πλοία με εξαιρετικά αποτελέσματα. Παρόλο που τέτοια συστήματα συνιστώνται κυρίως για πλοία με ισχύς κύριας μηχανής άνω των 20.000 KW, τελευταίες δημοσιεύσεις εταιρειών δείχνουν ότι η τεχνολογία αναμένεται να χρησιμοποιηθεί και σε μικρότερης κλίμακας περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, σε μελέτη για το πράσινο πλοίο του μέλλοντος (Green Ship of the Future, 2009), η οποία διεξήχθη από κορυφαίες τεχνολογικές εταιρείες, μελετάται μεταξύ άλλων η εφαρμογή ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας σε πλοίο χύδην φορτίου με ισχύς κύριας μηχανής 7410 KW. Με βάση τη μελέτη αυτή, η εγκατάσταση ατμοστροβίλου ισχύος 500 KW αναμένεται να οδηγήσει σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου κατά 8-10%. Άλλες πηγές επίσης επιβεβαιώνουν το παραπάνω ποσοστό με το εύρος της μείωσης να ανέρχεται σε 8-12%. Με γραμμική συσχέτιση των στοιχείων κόστους, το αρχικό κόστος επένδυσης στη περίπτωση της δικής μας μελέτης αναμένεται να ανέλθει σε περίπου 1.600.000\$.



Σχήμα 45. Μονογραμμικό διάγραμμα συστήματος ανάκτησης ενέργειας (*Green Ship of the Future, 2009*)

### 5.3.10. Διαχείριση ενέργειας

Η παρακολούθηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης του πλοίου αποτελεί μια πολύ καλή μέθοδο, με την οποία μπορεί να προκύψει μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κυρίως από τις βοηθητικές μηχανές. Η διαπίστωση αυτή θα πρέπει να συνδυάζεται τόσο με τον κατάλληλο εξοπλισμό, με τον οποίο θα καθίσταται δυνατή η παρακολούθηση των κάθε στιγμή καταναλώσεων, όσο και με την ενεργειακή συνείδηση εκ μέρους του πληρώματος. Για το δεύτερο μέρος απαιτείται η κατάλληλη εκπαίδευση του πληρώματος, με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε να μπορούν να κατανοηθούν οι λόγοι αλλά και οι τρόποι με τους οποίους θα επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι. Σε παρουσίασή της η εταιρεία Wartsila (Pleiss-Wartsila, 2011) αναφέρει ότι η ενεργειακή συνείδηση εκ μέρους του πληρώματος μπορεί να οδηγήσει σε μείωση κατανάλωσης έως και 7%. Ωστόσο καθίσταται αρκετά δύσκολο να κοστολογηθεί η παραπάνω μέθοδος, καθώς επίσης και να τεθούν τα χρονικά πλαίσια στα οποία μπορεί να προκύψει κάποιο αποτέλεσμα. Για αυτόν τον λόγο, η παρούσα μέθοδος δεν θα αξιολογηθεί περαιτέρω.

### 5.3.11. Χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου

Η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquefied Natural Gas-LNG) φαίνεται να γίνεται ιδιαίτερα δημοφιλής τα τελευταία χρόνια τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ασία και τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Υπολογίζεται ότι κατά το έτος 2010, γύρω στο 9% του παραγόμενου ανά τον κόσμο αερίου μεταφέρθηκε μέσω της

ναυτιλίας, δηλαδή μέσω των άνω των 350 ειδικά διαμορφωμένων δεξαμενόπλοιων (Barry Rogliano Salles, 2012). Υπάρχουν τρεις βασικοί λόγοι, οι οποίοι συντελούν στην ανάδειξη του υδροποιημένου αερίου ως ένα από τα προσφιλή καύσιμα του μέλλοντος.

1. Η χρήση LNG μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των οξειδίων του θείου κατά 90-95% και σε μείωση 80% των οξειδίων του αζώτου, συμβαδίζοντας με τις απαιτήσεις που έχει θέσει ο IMO.
2. Αντίστοιχη μείωση της τάξης του 20-25% μπορεί να επιτευχθεί στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, με την προϋπόθεση ότι δεν θα υπάρξει διαρροή μεθανίου κατά τον ανεφοδιασμό καυσίμων.
3. Το κόστος του LNG αναμένεται να είναι μικρότερο σε σχέση με αυτό του MGO, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την παρούσα τιμή σε Ευρώπη και Ηνωμένες Πολιτείες όσο και τη μικρής κλίμακας διασπορά του καυσίμου (Germanischer Lloyd, 2012).

Ωστόσο, άλλες ευρωπαϊκές πηγές αναφέρουν μεγάλη αβεβαιότητα για τον τρόπο που θα διαμορφωθεί τελικά η τιμή του LNG, αφού μέχρι στιγμής οι προμηθευτές αερίου δεν προχωρούν σε επενδύσεις σε εγκαταστάσεις εξαιτίας της χαμηλής ζήτησης, ενώ οι πλοιοκτήτες αντίστοιχα θέτουν το ζήτημα της μη επάρκειας φυσικού αερίου για τροφοδοσία.

Μέχρι στιγμής στην Ευρώπη υπάρχουν μεγάλοι σταθμοί εισαγωγής αερίου στο Ηνωμένο Βασίλειο, στην Ολλανδία, στο Βέλγιο και αναμένεται μέχρι το 2020 να δημιουργηθούν ακόμα στη Γαλλία, στη Φινλανδία, στη Γερμανία, στην Πολωνία και στις χώρες της Βαλτικής. Ωστόσο, τέτοιοι σταθμοί εξυπηρετούν κυρίως το δίκτυο αερίου και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των πλοίων. Για την επίτευξη του δεύτερου χρειάζεται η εφαρμογή στρατηγικών τροφοδότησης από πλοίο σε πλοίο (STS) για ποσότητες άνω των 100 m<sup>3</sup>, από φορτηγό σε πλοίο (TTS) για ποσότητες μέχρι 200 m<sup>3</sup> αλλά και μέσω αγωγών (TPS) για μεγαλύτερες ποσότητες (Danish Maritime Authority, 2012).





Σχήμα 46. Διαμόρφωση τιμής LNG ανά τον κόσμο κατά το έτος 2013

Όσον αφορά την καθαυτή μετατροπή του εξεταζόμενου πλοίου θα στηριχτούμε σε δημοσίευση, η οποία μελετά διάφορες μεθόδους μετατροπής με στόχο τη συμμόρφωση με τις διατάξεις του IMO περί των οξειδίων του αζώτου σε περιοχές ελεγχόμενων ρύπων. Μια από τις μεθόδους είναι η μετατροπή της 6S50MC-C MAN μηχανής του εξεταζόμενου δεξαμενόπλοιου σε μηχανή ME-GI διπλού καυσίμου (LNG, MGO). Η μετατροπή αυτή μπορεί να θεωρηθεί σε μεγάλο βαθμό αντίστοιχη με αυτή που θα εξετασθεί στη δική μας περίπτωση.

Κατά την μετατροπή αυτή, και για κατανάλωση καυσίμου HFO 6000t/y, υπολογίζεται ότι αντιστοιχούν περίπου 4900t/y LNG (θερμογόνος δύναμη υγροποιημένου αερίου: 48-55GJ/t, βαρέως μαζούτ: 40-44GJ/t). Η ποσότητα αυτή ισοδυναμεί με 10.888.000 l LNG (με πυκνότητα 450kg/m<sup>3</sup>) και ενεργειακά με 238.140 mmBTU (μονάδα κοστολόγησης LNG). Υπολογίζεται ότι για την τήρηση φορτίου καυσίμου 20 ημερών απαιτείται δεξαμενή της τάξης των 1000m<sup>3</sup>. Στην παρούσα διπλωματική εργασία δε θα μελετηθεί η δυνατότητα τοποθέτησης της δεξαμενής (θα θεωρηθεί ότι είναι εφικτή). Σε κάθε περίπτωση, όπως ειπώθηκε, η μετατροπή της μηχανής θα επιτρέπει τη χρησιμοποίηση δύο καυσίμων.

Το συνολικό κόστος μετατροπής ανέρχεται σε περίπου 7,6 εκατομμύρια \$, ποσό που περιλαμβάνει τον απαραίτητο μηχανολογικό εξοπλισμό, τη μετατροπή της μηχανής, την αγορά του χάλυβα, τον σχεδιασμό και τη μελέτη καθώς επίσης και το κόστος των περίπου 40 ημερών εκτός λειτουργίας. Υπολογίζεται πως άνω των 40 πλοίων πέρα των δεξαμενόπλοιων υγροποιημένου αερίου χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο καύσιμο (Green Ship of the Future, 2012). Πολλά στοιχεία μπορούν να ληφθούν από το πλοίο Bit Viking, το οποίο κατά το έτος 2011 προχώρησε στην μετατροπή αυτή και αποτελεί το μεγαλύτερο εμπορικό πλοίο που κάνει χρήση υγροποιημένου αερίου.

Ωστόσο, ιδιαίτερη βάση θα πρέπει να δοθεί στην τήρηση των προτύπων ασφαλείας κατά τον ανεφοδιασμό (ISO 28460) αλλά και γενικά για το καύσιμο (IGF Code),

πράγμα που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ορθής και άρτιας εκπαίδευσης του προσωπικού.



*Σχήμα 47. Bit Viking*

### **5.3.12. Αιολική ενέργεια**

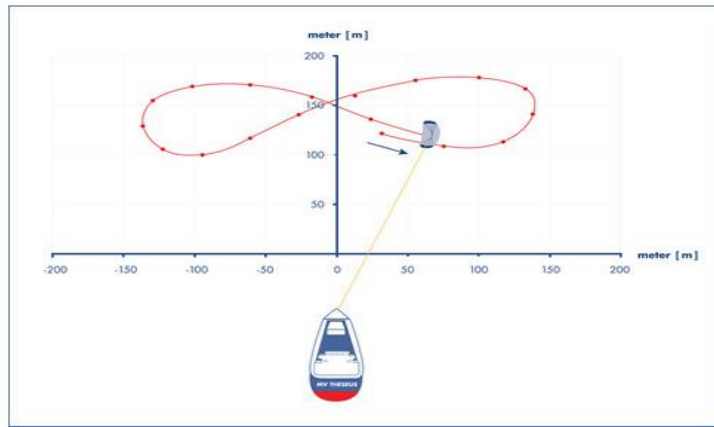
Ο αέρας αποτελεί την πιο φθηνή, «πράσινη» αλλά και ισχυρή πηγή ενέργειας που υπάρχει στη θάλασσα. Μέχρι στιγμής επικρατούν δύο τεχνικές, με τις οποίες μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια αυτή:

1. Μέσω χαρταετών ρυμούλκησης, οι οποίοι προσδένονται στο προωαίο μέρος του πλοίου και λειτουργούν σε ύψος μεταξύ 100 και 400 μέτρων, όπου και επικρατούν ισχυρότεροι άνεμοι. Χαρακτηριστικά υπολογίζεται ότι σε ύψος 400 μέτρων η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι κατά 40% μεγαλύτερη της αντίστοιχης στα 10 μέτρα εξαιτίας της μεγαλύτερης αντίστασης που επικρατεί στην επιφάνεια του νερού. Οι χαρταετοί ρυμούλκησης ελέγχονται αυτόματα μέσω ενός αυτόματου πιλότου, ο οποίος καθορίζει το κινηματικό προφίλ του χαρταετού με βάση τις επικρατούσες συνθήκες. Μετά από συνεννόηση με την εταιρεία Skysails, η οποία κατέχει την πατέντα του προϊόντος, υπολογίστηκε ότι η αγορά και εγκατάσταση ενός χαρταετού 320 m<sup>2</sup> (αποτελεί την μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια) κοστίζει γύρω στα 1.400.000\$, με ετήσια κόστη συντήρησης της τάξης του 5%. Επίσης, βάσει μελέτης του IMO, υπολογίζεται ότι η χρήση χαρταετού ρυμούλκησης 320 m<sup>2</sup> ισοδυναμεί με αντίστοιχη ισχύ μηχανής 1200 KW υπό κανονικές συνθήκες πλεύσης (ταχύτητα 10 κόμβων, γωνία ανέμου 130°, ταχύτητα ανέμου 25 κόμβων και ύψος κυμάτων έως 60 cm), ήτοι 12% στην περίπτωση του εξεταζόμενου πλοίου (IMO, 2011), (Skysails GmbH). Τέλος, ο αριθμός των πλοίων, τα οποία είτε έχουν εφαρμόσει ή έχουν τοποθετήσει παραγγελία για την παρούσα μέθοδο ανέρχεται σε περίπου 10. Στα μειονεκτήματα του χαρταετού ρυμούλκησης ανήκει το γεγονός ότι δεν μπορεί να λειτουργήσει για ταχύτητες ανέμου κάτω των 3 μποφόρ και για γωνίες μικρότερες των 50°.





*Σχήμα 48. MV “BBC Skysails”*

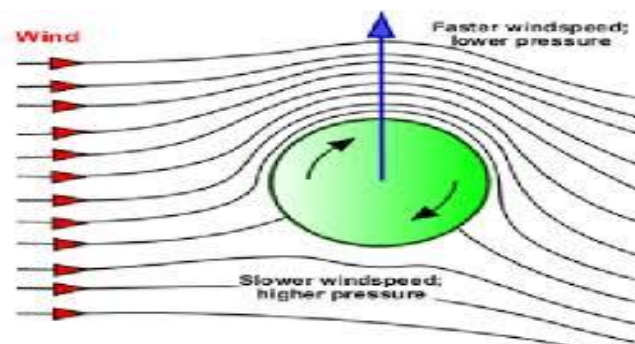


*Σχήμα 49. Κινηματικό προφίλ χαρταετού ρυμουλκήσεως*

2. Μέσω αιολικών ροτόρων (Flettner Rotor), οι οποίοι τοποθετούνται στο κατάστρωμα του πλοίου και έχουν την ικανότητα να δημιουργούν προωστική δύναμη μέσω του φαινομένου Magnus. Η τεχνική αυτή εφευρέθηκε το 1925 από τον Γερμανό Anton Flettner, από τον οποίο και δόθηκε η ονομασία Flettner ρότορας. Σύμφωνα με βιβλιογραφικά στοιχεία προτείνεται η τοποθέτηση τεσσάρων ροτόρων για πλοία χύδην φορτίου. Το κόστος επένδυσης υπολογίζεται σε περίπου 1.200.000 \$ με τη μείωση σε καύσιμα να παίρνει τιμές στη κλίμακα 8-12%. Μέχρι στιγμής, πέρα από τις μελέτες που διεξάγονται από πλευράς της εταιρείας Greenwave, μόνο ένα πλοίο κάνει χρήση της μεθόδου αυτής. Το συγκεκριμένο πλοίο ονομάζεται E-ship 1 και ανήκει στην εταιρεία Enercon, μια από τις κορυφαίες στον κλάδο της αιολικής ενέργειας (IMO, 2011).



*Σχήμα 50. E-ship 1*



*Σχήμα 51. Magnus Effect*

### 5.3.13. Ηλιακή ενέργεια

Σύμφωνα με σχετική μελέτη του IMO, οι ηλιακοί συσσωρευτές μπορούν να εγκατασταθούν μόνο σε πλοία που διαθέτουν ικανοποιητική διαθέσιμη επιφάνεια, πράγμα που περιορίζει την εφαρμοσιμότητα του συγκεκριμένου μέτρου σε πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων, σε επιβατηγά, σε δεξαμενόπλοια και RoRo πλοία. Τα μεγαλύτερης παραγόμενης ισχύος πλοία που έχουν υπάρξει μέχρι στιγμής είναι το Auriga Leader και το Emerald Ace, των οποίων οι ηλιακοί συσσωρευτές αντιστοιχούν σε 160 KW εγκατεστημένης ισχύος.



*Σχήμα 52. Auriga Leader*

## 5.4. Συνοπτική αποτύπωση προαναφερθέντων μεθόδων

Πίνακας 22. Εξεταζόμενα μέτρα ενεργειακής βελτίωσης και καλές πρακτικές

Μέτρα ενεργειακής βελτίωσης							
α/α	Όνομασία	Αρχικό κόστος επένδυσης (\$)	Λειτουργικό κόστος ανά χρόνο (\$) *	Ελάχιστη ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης καυσίμου (%)	Εκτιμώμενη ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης καυσίμου (%)	Μέγιστη ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης καυσίμου (%)	Εκτίμηση αριθμού πλοίων που εφαρμόζουν την συγκεκριμένη μέθοδο
Μ.ε.β.1	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	3.000,00	490,00	0,10%	2,00%	4,00%	3000
Μ.ε.β.2	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	1.100.000,00	33.000,00	2,00%	4,00%	6,00%	Άγνωστος
Μ.ε.β.3	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	150.000,00	4.500,00	1,00%	1,50%	5,00%	800
Μ.ε.β.4	Πτερύγια boss cap	80.000,00	2.400,00	2,00%	4,00%	5,00%	2000
Μ.ε.β.5	Ακροφύσιο προπέλας	150.000,00	4.500,00	2,00%	6,00%	10,00%	Άγνωστος
Μ.ε.β.6	Costa bulb	270.000,00	8.100,00	2,00%	3,00%	4,00%	300
Μ.ε.β.7	Promas Lite	1.000.000,00	30.000,00	6,00%	7,00%	9,00%	30
Μ.ε.β.8	Αγωγός Mewis	350.000,00	10.500,00	4,00%	6,00%	9,00%	400
Μ.ε.β.9	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	390.000,00	11.700,00	5,00%	7,00%	9,00%	500
Μ.ε.β.10	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	40.000,00	1.200,00	1,00%	1,50%	3,00%	Άγνωστος
Μ.ε.β.11	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	1.600.000,00	48.000,00	8,00%	8,50%	10,00%	Άγνωστος
Μ.ε.β.12	Χαρταετοί ρυμούλκησης	1.400.000,00	42.000,00	4,00%	8,00%	12,00%	10
Μ.ε.β.13	Αιολικοί ρότορες	1.200.000,00	36.000,00	8,00%	8,50%	12,00%	1
Μ.ε.β.14	Χρήση υγροποιημένου αερίου	7.600.000,00	228.000,00	**	**	**	400

Καλές Πρακτικές						
α/α	Ονομασία	Λειτουργικό κόστος ανά χρόνο (\$)	Ελάχιστη ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης καυσίμου (%)	Εκτιμώμενη ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης καυσίμου (%)	Μέγιστη ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης καυσίμου (%)	Εκτιμώμενος αριθμός πλοίων που εφαρμόζουν την συγκεκριμένη μέθοδο
Κ.π.1	Υποβρύχια διάγνωση και καθαρισμός προπέλας	35.000,00	2,00%	4,00%	6,00%	Άγνωστος
Κ.π.2	Υποβρύχιος καθαρισμός γάστρας	30.000,00	1,00%	5,00%	10,00%	Άγνωστος

Ο διαχωρισμός των μεθόδων σε α) μέτρα ενεργειακής βελτίωσης και β) καλές πρακτικές έγινε διότι ενώ οι μεν πρώτες μπορούν να λάβουν χαρακτήρα επένδυσης διαθέτοντας τόσο ένα αρχικό ποσό επένδυσης όσο και κάποιο λειτουργικό κόστος ανά χρόνο, για τις δεύτερες απαιτείται η ισόποση δαπάνη ανά χρόνο χωρίς να υπάρχει κάποιο ξεχωριστό κόστος επένδυσης.

\*Σε περιπτώσεις που δε βρέθηκε κάποια βιβλιογραφική αναφορά όσο αναφορά το λειτουργικό κόστος, αυτό θεωρήθηκε ότι ανέρχεται στο 3% του αρχικού κόστους επένδυσης.

\*\*Όσον αφορά τη μείωση στα κόστη των καυσίμων από τη χρήση υγροποιημένου αερίου, θα προκύψουν από τη διαφορά στο κόστος μεταξύ πετρελαίου εσωτερικής καύσης πλοίων και υγροποιημένου αερίου, κάτι που θα εκτιμηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

## Βιβλιογραφία 5<sup>ο</sup> Κεφαλαίου

- Barry Rogliano Salles. (2012). *History, trends and prospects for LNG shipping*.
- Becker Marine Systems. (n.d.). Ανάκτηση από [http://www.becker-marine-systems.com/03\\_products/products\\_mewis.html](http://www.becker-marine-systems.com/03_products/products_mewis.html)
- Bryndum L- MAN Diesel. (2009). *Green Technology for Two Stroke Marine Diesels*.
- Buhaug, Ø. et al (2009). *Second IMO GHG Study*. Longdon, IMO.
- Corbett J, W. J. (2010). *Energy and GHG Emissions Savings Analysis of Fluoropolymer Foul Release Hull Coating*. Energy and Environmental Research Associates.
- Danish Maritime Authority. (2012). *A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations*. Copenhagen.
- DNV-SDARI. (n.d.). *Guideline for fuel saving measures, Rev. 1*.
- Fantom-ctech. (n.d.). Ανάκτηση από [http://fathom-ctech.com/search/tech\\_type/3/include/3/](http://fathom-ctech.com/search/tech_type/3/include/3/)
- Germanischer Lloyd. (2012). *Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels*. Hamburg, Germany.
- Green EH, W. J. (2008). *Opportunities for reducing greenhouse gas emissions from ships*. New York, USA.
- Green Ship of the Future. (2009). *35.000 dwt bulk carrier exhaust gas emission reduction concept study*.
- Green Ship of the Future. (2009). *Green Ship Project Exploits Existing Technology. DIESELFACTS*.
- Green Ship of the Future. (2012). *Vessel Emission Study: Comparison of Various Abatement Technologies to meet Emission Levels for ECA's*. Copenhagen.
- Hagiwara, H. (1989). *Weather Routing of (Sail-Assisted) Motor Vessels*.
- IMO. (2011). *Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy-Efficiency Measures*.
- Kawamura T, Ouchi K, Nojiri T.(2012). *Model and full scale CFD analysis of propeller boss cap fins (PBCF)*. JASNAOE.
- MAN. (2009). *MAN B&W S50MC-C7 Project Guide 6th Edition*.
- MAN Diesel. (n.d.). *PMI Auto-Tuning for MC*.
- Pleiss-Wartsila. (2011). *Integrating Life-Cycle Solutions for Maximum Return on Investment*. New Orleans, LA.

- Sherbaz, S. (2012). *Operational Options for Green Ships*. Harbin Engineering University, College of Shipbuilding Engineering. Harbin 150001, China: J. Marine Sci. Appl.
- Skysails GmbH. (n.d.). Ανάκτηση από [www.skysails.info](http://www.skysails.info)
- The Hydrex Group. (2011). *Ship Hull Coating Systems Simplified*.
- UNCTAD. (2012). *Review of Maritime Transport*.
- Wettstein R, Brown D. (2008). *Derating: a solution for high fuel savings and lower emissions*. Wärtsilä Corporation.
- Wiesmann- Wartsila. (2010). *Slow steaming– a viable long-term option?* WÄRTSILÄ TECHNICAL JOURNAL.
- Willsher J-International Paint Ltd. (n.d.). *The Effect of Biocide Free Foul Release Systems on Vessel Performance*. London/UK: International Paint Ltd.
- IMO. (2012). *ANNEX 9- Resolution MEPC.213(63)*.
- MAN. (2009). *Improved Efficiency and Reduced CO2*.
- Πουλής Α, Χατζηκωσταντής Γ. (2003). *ΝΑΥΠΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ-ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ*.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

### 6.1. Μεθοδολογία

Για την τεchnοοικονομική αξιολόγηση, η οποία έγινε με τη βοήθεια των λογιστικών φύλλων MS Excel, ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

1. Καθορισμός κεντρικού σεναρίου διαμόρφωσης τιμής καυσίμων με βάση το υφιστάμενο και μελλοντικό ρυθμιστικό πλαίσιο
2. Υπολογισμός αναμενόμενων εισροών, με χρήση του Πίνακα 22 ποσοστιαίας μείωσης κατανάλωσης για κάθε μέθοδο, της δοσμένης κατανάλωσης του πλοίου, της τιμής του χρησιμοποιούμενου κάθε φορά καυσίμου αλλά και της δοσμένης αναλογίας πλεύσης εντός και εκτός περιοχών ελεγχόμενων ρύπων. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν δυο συντελεστές, οι οποίοι έχουν ως στόχο την καλύτερη προσέγγιση της πραγματικότητας σε μια επένδυση:
  - 2.1. Συντελεστής αύξησης λειτουργικού κόστους της επένδυσης, ο οποίος θεωρήθηκε 1% ανά έτος για το κεντρικό σενάριο που μελετήθηκε
  - 2.2. Συντελεστής μείωσης απόδοσης μεθόδου, ο οποίος επίσης θεωρήθηκε 1% ανά έτος για το κεντρικό σενάριο
3. Καθορισμός επιτοκίου αναγωγής κεντρικού σεναρίου
4. Υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας, του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης, του Δείκτη Αποδοτικότητας αλλά και της περιόδου αποπληρωμής για την κάθε μέθοδο
5. Καθορισμός παραγόντων και του εύρους των τιμών αυτών, οι οποίοι επηρεάζουν το αποτέλεσμα και ανάλυση ευαισθησίας για καθέναν από αυτούς
6. Συνολική εκτίμηση του κινδύνου που εμπεριέχουν οι παράγοντες αυτοί μέσω της στοχαστικής προσέγγισης (χρήση προσομοίωσης Monte Carlo) του αποτελέσματος και παρουσίαση διαγραμμάτων σωρευτικής κατανομής πιθανότητας

Θα πρέπει να αναφερθεί πως λόγω της αβεβαιότητας για το αν το όριο του 0,5% ανώτατης περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο εφαρμοσθεί το 2020 ή το 2025, μελετήθηκαν και οι δύο αυτές περιπτώσεις ξεχωριστά.

#### 6.1.1. Δείκτες αξιολόγησης

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των επενδύσεων είναι η Καθαρή Παρούσα Αξία, ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης αλλά και ο Δείκτης Αποδοτικότητας.



Η Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value) ορίζεται ως η τιμή που προκύπτει από την αφαίρεση του συνόλου των προεξοφλημένων ταμειακών ροών μιας επένδυσης με το σύνολο των αντίστοιχων εκροών (Aravossis K, 2012). Το κριτήριο οριακής αποδοχής μιας επένδυσης είναι η τιμή της ΚΠΑ να είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Η ΚΠΑ χρησιμοποιείται κατά κόρον στις αξιολογήσεις επενδύσεων και ο τύπος που υπολογίζει την τιμή της είναι ο εξής:

$$NPV(i, N) = \sum_{t=0}^N \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

**Εξίσωση 12. Καθαρή Παρούσα Αξία**

Όπου :

$i$  : το επιτόκιο αναγωγής

$N$ : ο συνολικός αριθμός των περιόδων (ετών)

$R_t$ : η ταμειακή ροή κατά το έτος  $t$

$t$  : το έτος της ταμειακής ροής  $R_t$

Ως Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return) ορίζεται η τιμή που πρέπει να λάβει το επιτόκιο αναγωγής ώστε η Καθαρή Παρούσα Αξία να λαμβάνει μηδενική τιμή (Aravossis K, 2012). Συμπερασματικά, για να γίνει αποδεκτή η εξεταζόμενη επένδυση θα πρέπει η τιμή του ΕΣΑ να είναι μεγαλύτερη αυτής του επιτοκίου αναγωγής.

Τέλος, η τιμή του δείκτη αποδοτικότητας (Profitability Index) μιας επένδυσης υπολογίζεται από την παρούσα αξία των καθαρών ταμειακών εισροών διαιρούμενη προς την καθαρή παρούσα αξία των εκροών (Aravossis K, 2012). Συνεπώς, μια επένδυση γίνεται οριακά αποδεκτή εάν και εφόσον η τιμή του PI είναι μεγαλύτερη του 1.

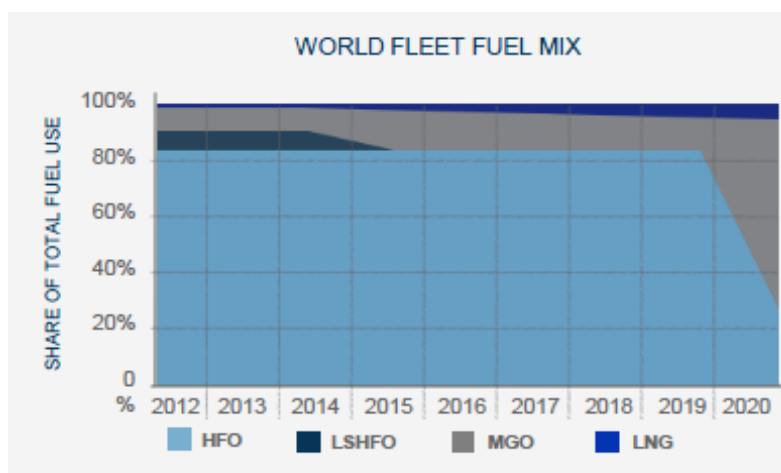
Στις αδυναμίες της ΚΠΑ αναφέρεται το γεγονός ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες συγκρίνονται δύο ή περισσότερες επενδύσεις με διαφορετικό αρχικό κεφάλαιο. Για τον λόγο αυτόν, αφού παρουσιαστεί το σύνολο των προαναφερθέντων δεικτών για το κεντρικό σενάριο, θα προκριθεί η χρήση του Δείκτη Αποδοτικότητας για το σύνολο των υπολοίπων αναλύσεων. Συγκεκριμένα, θα μελετηθεί πως επηρεάζεται ο δείκτης αυτός κατά την ανάλυση ευαισθησίας, την αξιολόγηση των κινδύνων αλλά και την τελική κατάταξη των εξεταζόμενων μεθόδων ενεργειακής βελτίωσης.

## **6.2. Εκτίμηση διαμόρφωσης τιμής καυσίμων**

### **6.2.1. HFO και MGO**

Στη γενικότητά της, η εκτίμηση της μεσομακροπρόθεσμης διαμόρφωσης των τιμών του πετρελαίου εμπεριέχει μεγάλο μέρος αβεβαιότητας. Ωστόσο υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες, οι οποίοι είναι πιθανό να επηρεάσουν τις τιμές αυτές.

Συγκεκριμένα, αναμένεται οι τιμές των καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο να αυξηθούν σημαντικά εξαιτίας των επερχόμενων μέτρων που θα μπου σε εφαρμογή από το 2015 για τις περιοχές ελεγχόμενων ρύπων (ECA), ήτοι 0,1% ανώτατη περιεκτικότητα, αλλά και από το 2020 ή το 2025 για περιοχές εκτός ECA, ήτοι 0,5% ανώτατη περιεκτικότητα. Η DNV αναφέρει σε μελέτη της (DNV) ότι η παγκόσμια ζήτηση σε καύσιμα απόσταξης (πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων, ντίζελ πλοίων) αναμένεται να ανέλθει το 2020 σε 200-250 εκατομμύρια τόνους έναντι 30 εκατομμυρίων τόνων κατά το έτος 2012, ενώ αντίστοιχα η ζήτηση βαρέως μαζούτ αναμένεται να υποχωρήσει από τα 290 εκατομμύρια τόνους το 2019 στα 80-90 το 2020.



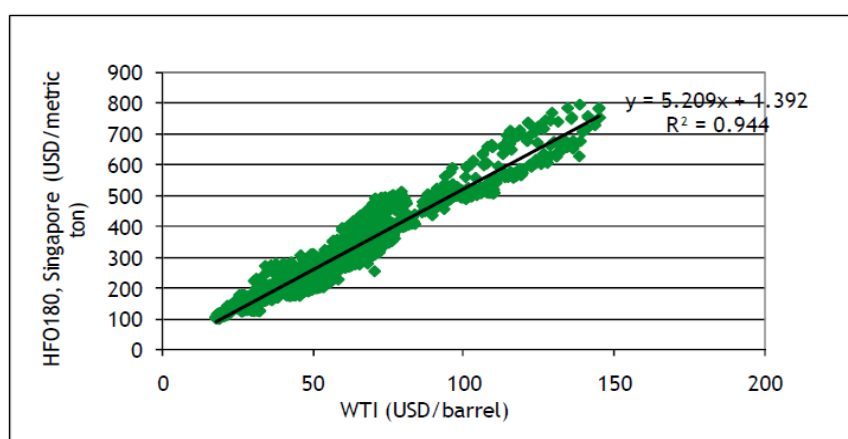
*Σχήμα 53. Εκτιμώμενη διαμόρφωση μίγματος καυσίμων στη ναυτιλία 2012-2020 (DNV)*

Πλήθος δημοσιεύσεων αναφέρουν ότι τα καύσιμα με ανώτατη περιεκτικότητα σε θείο 0,5% αναμένεται να κοστίζουν περίπου 30% περισσότερο του βαρέως μαζούτ περιεκτικότητας 1,5%. Συγκεκριμένα η μελέτη του Puvin υπολογίζει μια αύξηση της τάξης του 30-50%, ενώ μελέτη του υπουργείου μεταφορών και επικοινωνιών της Φινλανδίας αναφέρει αντίστοιχη αύξηση 13-29% (IMO, 2011) (THE MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS, 2009). Τέλος, ο (Notteboom, 2011) υπολογίζει το ποσοστό σε 20-30% και ο IMO χρησιμοποιεί για την περάτωση μελέτης κεντρικό σενάριο με ποσοστό 30%. Ωστόσο, τίθεται αμφιβολία για το κατά πόσο θα υπάρξει η απαραίτητη διαθεσιμότητα σε μαζούτ περιεκτικότητας 0,5%, αφού κατά το έτος 2009 μόλις το 0,5% του χρησιμοποιούμενου μαζούτ στη ναυτιλία είχε την παραπάνω μέγιστη περιεκτικότητα (THE MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS, 2009). Επίσης για την επίτευξη αυτού του ποσοστού στο μαζούτ, απαιτείται αυτό να προέρχεται από αργό πετρέλαιο με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,5%, κάτι που συμβαίνει μόνο στα πετρέλαια Daqing,

Bonny Lt., Brent και West Texas. Για τον παραπάνω λόγο, θεωρείται πως εφόσον το ανώτατο όριο πέσει κάτω του 1%, η χρήση του μαζούτ θα πρέπει να αντικατασταθεί από την χρήση πετρελαίου εσωτερικής καύσης πλοίων (0,1%).

Σύμφωνα με τις ίδιες πηγές, η ποσοστιαία τιμολογιακή διαφορά μεταξύ του βαρέως μαζούτ και του πετρελαίου εσωτερικής καύσης πλοίων (0,1%) ανέρχεται σε 70-110%, με την αντίστοιχη διαφορά μεταξύ καυσίμων με 0,5% και 0,1% περιεκτικότητα σε θείο να ανέρχεται σε 50-60%. Ωστόσο, τεχνοοικονομική μελέτη εκ μέρους του Green Ship of the Future θεωρεί αμελητέα την τιμολογιακή διαφορά μεταξύ των δυο αυτών καυσίμων, χρησιμοποιώντας το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων τόσο εντός όσο και εκτός περιοχών ECA (Green Ship of the Future, 2012).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα προσδιοριστεί αρχικά η εκτιμώμενη τιμή του βαρέως μαζούτ για τα έτη 2020, 2025 και 2030 με πρότυπο μελέτη του IMO, κατά την οποία λαμβάνεται υπόψη η διαχρονική συσχέτιση της τιμής του βαρέως μαζούτ και του αργού πετρελαίου. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.2., η τιμή του μαζούτ ισοδυναμεί κατά μέσο όρο με 5,2 της τιμής του αργού πετρελαίου WTI.



**Σχήμα 54. Συσχέτιση αργού πετρελαίου-βαρέως μαζούτ κατά τα έτη 2000-2010 (IMO, 2011)**

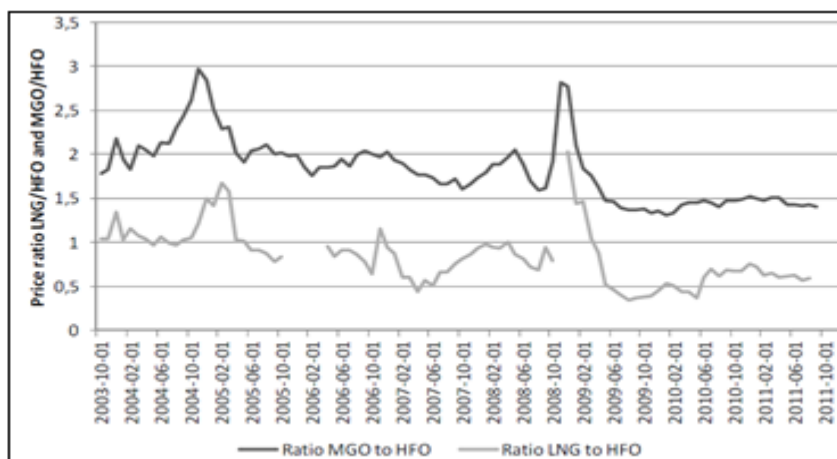
Εν συνεχεία, θα ληφθούν υπόψη οι κεντρικές προβλέψεις για τις τιμές του αργού πετρελαίου εκ μέρους του οργανισμού Διαχείρισης Πληροφοριών Ενέργειας (Energy Information Administration, 2013) των Η.Π.Α., ο οποίος θεωρείται ως βάση αναφοράς πολλών αντίστοιχων προβλέψεων. Έτσι, οι εκτιμώμενες τιμές του βαρέως μαζούτ κατά τα έτη 2020, 2025 και 2030, μετά την αντιστοίχισή τους με την τιμή του αργού πετρελαίου, διαμορφώνονται στα 580, 640 και 700 \$ αντίστοιχα. Για την εκτίμηση της τιμής του βαρέως μαζούτ με χαμηλή περιεκτικότητα (LSHFO 0,5%), θα γίνει μια αναπροσαρμογή της τάξης του 35% σε αυτές τις τιμές, οι οποίες θα διαμορφωθούν τελικώς στα 790, 870 και 950 \$ αντίστοιχα. Βεβαίως, δε θα προκύψει η αναπροσαρμογή για το 2020, εφόσον το όριο του 0,5% τεθεί σε εφαρμογή από το 2025.

Όπως μερικώς προδιαθέτει η προηγούμενη παράγραφος, στην παρούσα διπλωματική εργασία θα θεωρηθεί ότι αναμένεται να υπάρξει διαφορά ανάμεσα στη τιμή του LSHFO (0,5%) και του πετρελαίου εσωτερικής καύσης πλοίων (MGO 0,1%). Συγκεκριμένα, υπολογίζονται οι τιμές του MGO στο 170% της τιμής του βαρέως μαζούτ, ήτοι 995, 1100 και 1200 \$ αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές είναι κατά περίπου 25% υψηλότερες των αντίστοιχων για το LSHFO. Τα δυο αυτά καύσιμα θα χρησιμοποιούνται, όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 6.1. για λειτουργία εκτός και εντός των περιοχών ελεγχόμενων ρύπων αντίστοιχα.

### 6.2.2. Υγροποιημένο φυσικό αέριο

Όσο αναφορά την πρόβλεψη για την εξέλιξη της τιμής του υγροποιημένου φυσικού αερίου μέσα στην επόμενη δεκαετία, θα πρέπει να ειπωθεί πως αποτελεί από τις πλέον δύσκολες και αβέβαιες διαδικασίες. Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η παρούσα τιμολόγηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου διαφέρει κατά πολύ στα διάφορα μέρη του κόσμου, με τις τιμές που καταγράφονται να επεκτείνονται από τα 3,79\$/mmBTU στη Λουιζιάνα των Η.Π.Α. μέχρι τα 14,95\$/mmBTU στην Ιαπωνία και τα 16,41\$/mmBTU στην Μπαϊά Μπλάνκα της Αργεντινής (ένας τόνος υγροποιημένου φυσικού αερίου θεωρείται ότι ισοδυναμεί με 48,6mmBTU ή 49,2 GJ).

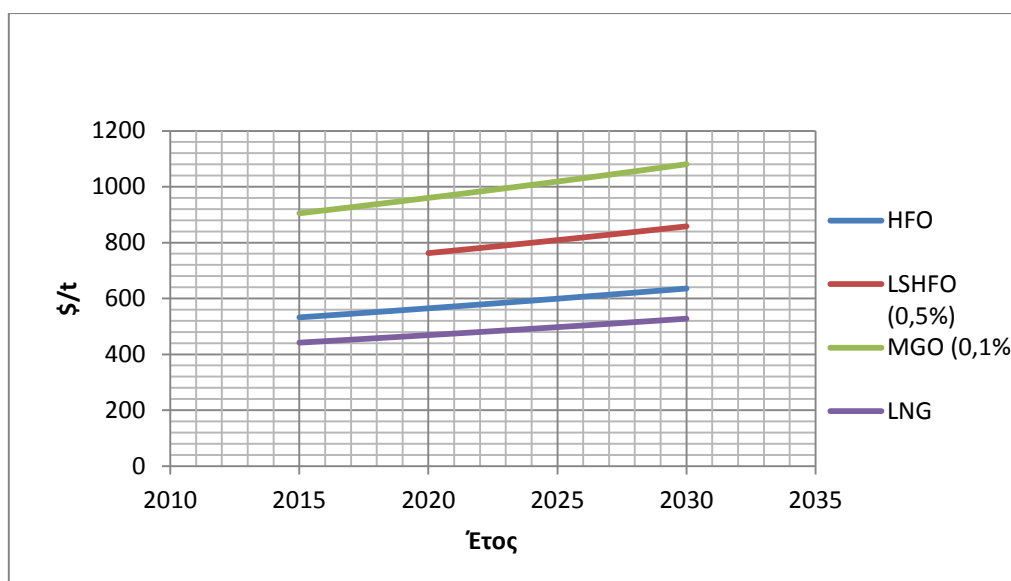
Για την παρούσα διπλωματική εργασία θα ληφθεί υπόψη μελέτη εκ μέρους της δανεζικής ναυτιλιακής αρχής, κατά την οποία υπολογίζεται η διαχρονική συσχέτιση της τιμής του υγροποιημένου φυσικού αερίου που πωλείται στο Βέλγιο και του βαρέως μαζούτ του Ρότερνταμ (Danish Maritime Authority, 2012).



**Σχήμα 7.3. Συσχέτιση MGO-HFO και LNG-HFO κατά τα έτη 2003-2011 (Danish Maritime Authority, 2012)**

Σύμφωνα με την μελέτη εκτιμάται συσχέτιση 70% μεταξύ των δυο καυσίμων (οι τιμές είναι σε Ευρώ/GJ), κάτι που οδηγεί σε κεντρική πρόβλεψη ύψους 585\$/t (12,13\$/mmBTU) κατά το έτος 2030 (με σημερινή ισοτιμία ευρώ δολαρίου στο 1,33).

Όλες οι παραπάνω προβλέψεις συνοψίζονται στο παρακάτω Σχήμα 55:



Σχήμα 55. Εκτίμηση διαμόρφωσης τιμών καυσίμων στη ναυτιλία για την περίοδο 2015-2030

Πίνακας 23. Ποσοστιαίες διαφορές τιμών καυσίμων και ποσοστιαία ετήσια αύξηση τιμής βαρέως μαζούτ

Ποσοστιαίες Διαφορές τιμών καυσίμων (%)	
LSHFO-HFO	135%
MGO-HFO	170%
LNG-HFO	83%
Συντελεστής διαμόρφωσης τιμής HFO/έτος	1,19%

Βεβαίως δε θα ήταν δυνατόν να στηριχτεί η μελέτη μοναδικά σε αυτές τις προβλέψεις. Για αυτόν τον λόγο, η ανάλυση ευαισθησίας και η συνολική αξιολόγηση των κινδύνων που θα ακολουθήσουν στις επόμενες παραγράφους αποτελούν σημαντική διαδικασία για την εξαγωγή περαιτέρω συμπερασμάτων. Κατά την διαδικασία αυτή τόσο οι ποσοστιαίες διαφορές και ο συντελεστής που αναγράφονται στον Πίνακα 23 θα λάβουν διάφορες τιμές εντός καθορισμένου εύρους, με σκοπό τη διαπίστωση της επίδρασής τους στο τελικό αποτέλεσμα.

### 6.3. Εκτίμηση επιτοκίου αναγωγής

Το επιτόκιο αναγωγής (ή επιτόκιο προεξόφλησης) αποτελεί σημαντικό παράγοντα κατά την αξιολόγηση μιας επένδυσης, αφού λαμβάνει υπόψη τόσο τη διαχρονική αξία του χρήματος (η παρούσα διαθεσιμότητα χρήματος έχει μεγαλύτερη αξία της μελλοντικής) όσο και το ρίσκο ή την αβεβαιότητα που συνδέεται με τις μελλοντικές ταμειακές ροές.

Σε θεωρητικό επίπεδο μια επένδυση, η οποία δεν εμπεριέχει κανέναν κίνδυνο, θα έπρεπε να υπολογίζεται με το χαμηλότερο δυνατό επιτόκιο αναγωγής. Ως επιτόκιο αναγωγής για άνευ κινδύνου επενδύσεις χρησιμοποιούνται οι τιμές των ομολόγων του θησαυροφυλακίου των Η.Π.Α. (ΙΜΟ, 2011) (παρόλο που ομόλογα άλλων χωρών, όπως της Γερμανίας και της Ελβετίας, παρέχουν χαμηλότερα επιτόκια). Στις 27/08/2013 το επιτόκιο του δεκαετούς ομολόγου των Η.Π.Α. ανήλθε σε 2,72% και του εικοσαετούς σε 3,45% (U.S. Department of the Treasury). Συνεπώς, στην περίπτωση που οι επενδύσεις που μελετώνται στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν εμπεριείχαν κάποια μορφή κινδύνου, το επιτόκιο αναγωγής που θα είχε χρησιμοποιηθεί θα ήταν της τάξης του 3%.

Ωστόσο, όπως και στην πλειοψηφία των επενδύσεων, εμπεριέχεται κίνδυνος στα επιδιωκόμενα αποτελέσματα των προς εξέταση βελτιωτικών προτάσεων. Η τυπική προσέγγιση για τον υπολογισμό του επιτοκίου αναγωγής είναι η χρήση του Μέσου Σταθμικού Κόστους Κεφαλαίου (Weighted Average Cost of Capital-WACC) εταιρειών του κλάδου, στον οποίο ανήκει η διαχειρίστρια εταιρεία (Καλιαμπάκος Δ, 2008), (ΙΜΟ, 2011).

Το Μέσο Σταθμικό Κόστος εκφράζει το συνολικό κόστος των κεφαλαίων της εταιρείας λαμβάνοντας υπόψη τόσο την αξία όσο και την αναλογία κάθε πηγής χρηματοδότησης και υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\epsilon_{\sigma\tau} = \frac{I}{I + \Delta} * \kappa_I + \frac{\Delta}{I + \Delta} * \kappa_{\Delta} * (1 - \Sigma\Phi)$$

**Εξίσωση 13. Μέσο Σταθμικό Κόστος (Καλιαμπάκος Δ, 2008)**

Όπου:

$\epsilon_{\sigma\tau}$  : το σταθμισμένο κόστος κεφαλαίου

$I$  : η αξία των ιδίων κεφαλαίων

$\kappa_I$ : το κόστος των ιδίων κεφαλαίων

$\Delta$  : η αξία των δανειακών κεφαλαίων

$\kappa_{\Delta}$ : το κόστος των δανειακών κεφαλαίων

$\Sigma\Phi$ : ο συντελεστής φορολόγησης

Το κόστος των ιδίων κεφαλαίων μπορεί να υπολογιστεί με το Μοντέλο Αποτίμησης Κεφαλαιακών Στοιχείων (Capital Asset Pricing Model), το οποίο κάνει την παραδοχή ότι υπάρχει σχέση ευθέως ανάλογη μεταξύ του κινδύνου μιας επένδυσης και ενός επιτοκίου, για το οποίο αυτός ο κίνδυνος γίνεται αποδεκτός. Ο τύπος που υπολογίζει το μοντέλο αυτό είναι ο εξής (Καλιαμπάκος Δ, 2008):

$$\varepsilon_{\alpha} = \varepsilon_{\mu} + \beta^{*} (\varepsilon_{\alpha\gamma} - \varepsilon_{\mu})$$

#### *Εξίσωση 14. Μοντέλο Αποτίμησης Κεφαλαιακών Στοιχείων*

Όπου:

$\varepsilon_{\alpha}$  : το απαιτούμενο επιτόκιο προεξόφλησης

$\varepsilon_{\mu}$  : ο συντελεστής απόδοσης για επένδυση μηδενικού κινδύνου

$\varepsilon_{\alpha\gamma}$  : ο συντελεστής απόδοσης της αγοράς

$\beta$  : ο συντελεστής beta της αγοράς, ο οποίος δίδεται από την κλίση της γραμμής συσχέτισης των αποτελεσμάτων της μετοχής και της απόδοσης του συνόλου της αγοράς/κλάδου

Για την παρούσα διπλωματική εργασία, υπολογίστηκε το Μέσο Σταθμικό Κόστος Κεφαλαίου 7 εισηγμένων ναυτιλιακών εταιρειών (πολλές εκ των οποίων διαχειρίζονται πλοία χύδην φορτίου: Eagle Bulk Shipping, Paragon Shipping) στο χρηματιστήριο NASDAQ της Νέας Υόρκης. Βρέθηκε ότι οι εταιρείες αυτές παρουσιάζουν κατά μέσο όρο 9,22% τιμή WACC. Για τον λόγο αυτόν θα χρησιμοποιηθεί επιτόκιο αναγωγής της τάξης του 10% για την τεχνοοικονομική αξιολόγηση που θα ακολουθήσει κατά το κεντρικό σενάριο. Βεβαίως η τιμή αυτή θα θεωρηθεί ως μεταβλητός παράγοντας κατά την διαδικασία της ανάλυσης ευαισθησίας.

### **6.4. Παρουσίαση αποτελεσμάτων κεντρικού σεναρίου**

#### **6.4.1. Μέθοδοι ενεργειακής βελτίωσης**

Στο σημείο αυτό, αφού υπολογίστηκαν οι εισροές, οι εκροές και οι αναμενόμενες ταμειακές ροές για κάθε επένδυση (τα μεικτά αποτελέσματα ισοδυναμούν σε αυτήν την περίπτωση με τις ταμειακές ροές, αφού οι ναυτιλιακές εταιρείες με έδρα την Κύπρο απαλλάσσονται από φορολόγηση κερδών), υπολογίστηκαν οι βασικοί δείκτες, οι οποίοι αναμένεται να προκύψουν για το κεντρικό σενάριο κατά το έτος 2030. Παρακάτω απεικονίζονται στους πίνακες **Πίνακας 24** και **Πίνακας 25** τα στοιχεία αυτά, ταξινομημένα κατά φθίνουσα σειρά της τιμής του δείκτη PI, για τις περιπτώσεις κατά τις οποίες το όριο του 0,5% εφαρμοσθεί κατά το έτος 2020 και 2025 αντίστοιχα. Το σύνολο των πραγματοποιηθέντων πράξεων στα λογιστικά φύλλα του MS Excel μπορεί να ευρεθεί στα συνημμένα αρχεία της διπλωματικής.

**Πίνακας 24. Αποτελέσματα δεικτών αξιολόγησης κατά το έτος 2030 για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020**

<b>Δείκτες αξιολόγησης (Εφαρμογή ορίου 2020)</b>				
α/α	Ονομασία	ΚΠΑ	ΕΣΑ	PI
Μ.ε.β.1	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	\$620.076,44	2272,43%	207,69
Μ.ε.β.4	Πτερύγια boss cap	\$1.154.401,40	169,33%	15,43
Μ.ε.β.5	Ακροφύσιο προπέλας	\$1.694.153,97	135,20%	12,29
Μ.ε.β.10	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	\$420.417,81	126,68%	11,51
Μ.ε.β.9	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	\$1.708.134,72	60,54%	5,38
Μ.ε.β.8	Αγωγός Mewis	\$1.444.499,79	57,83%	5,13
Μ.ε.β.6	Costa bulb	\$603.664,16	37,36%	3,24
Μ.ε.β.3	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	\$283.108,01	33,50%	2,89
Μ.ε.β.13	Αιολικοί ρότορες	\$1.167.383,93	22,96%	1,97
Μ.ε.β.7	Promas Lite	\$946.689,46	22,65%	1,95
Μ.ε.β.14	Χρήση υγροποιημένου αερίου	\$5.512.465,71	18,62%	1,73
Μ.ε.β.12	Χαρταετοί ρυμούλκησης	\$760.946,87	17,61%	1,54
Μ.ε.β.11	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	\$668.075,57	15,96%	1,42
Μ.ε.β.2	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	-\$118.834,93	8,29%	0,89

**Πίνακας 25. Αποτελέσματα δεικτών αξιολόγησης κατά το έτος 2030 για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025**

<b>Δείκτες αξιολόγησης (Εφαρμογή ορίου 2025)</b>				
α/α	Ονομασία	ΚΠΑ	ΕΣΑ	PI
Μ.ε.β.1	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	\$573.571,87	2272,43%	192,19
Μ.ε.β.4	Πτερύγια boss cap	\$1.061.392,25	168,98%	14,27
Μ.ε.β.5	Ακροφύσιο προπέλας	\$1.554.640,25	134,66%	11,36
Μ.ε.β.10	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	\$385.539,39	126,08%	10,64
Μ.ε.β.9	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	\$1.545.368,71	59,06%	4,96
Μ.ε.β.8	Αγωγός Mewis	\$1.304.986,07	56,30%	4,73

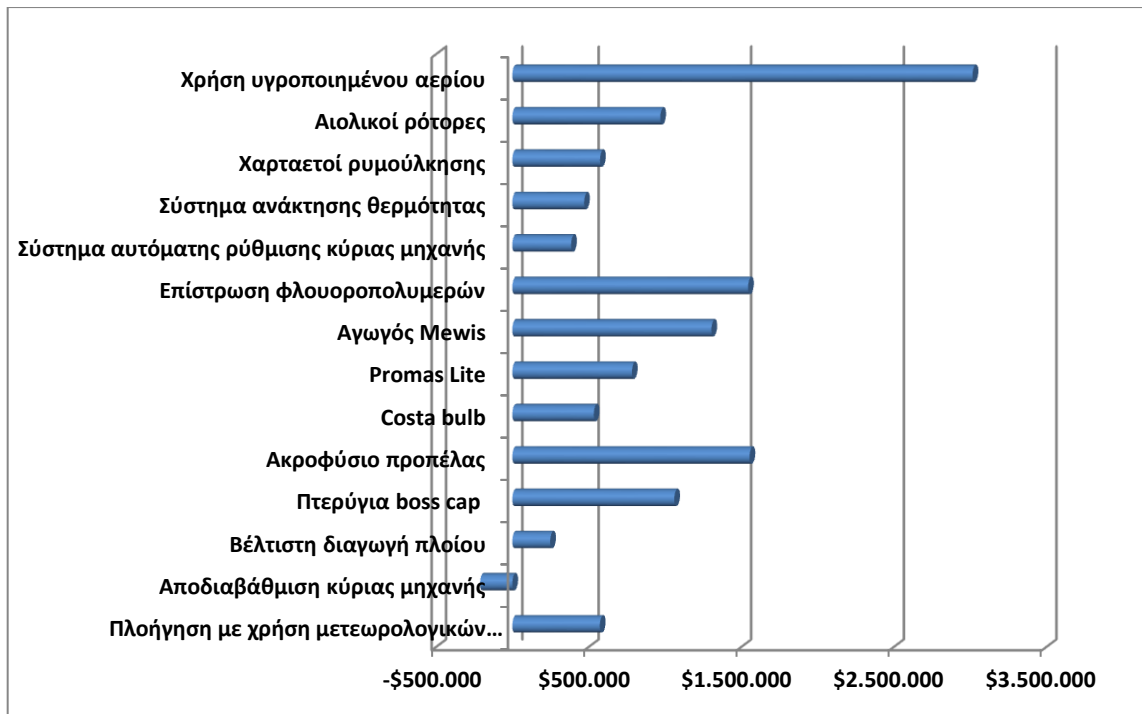


M.ε.β.6	Costa bulb	\$533.907,30	35,59%	2,98
M.ε.β.3	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	\$248.229,59	31,72%	2,65
M.ε.β.13	Αιολικοί ρότορες	\$969.739,50	21,24%	1,81
M.ε.β.7	Promas Lite	\$783.923,46	20,93%	1,78
M.ε.β.12	Χαρταετοί ρυμούλκησης	\$574.928,58	15,97%	1,41
M.ε.β.14	Χρήση υγροποιημένου αερίου	\$3.016.687,03	15,06%	1,40
M.ε.β.11	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	\$470.431,14	14,35%	1,29
M.ε.β.2	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	-\$211.844,07	6,85%	0,81

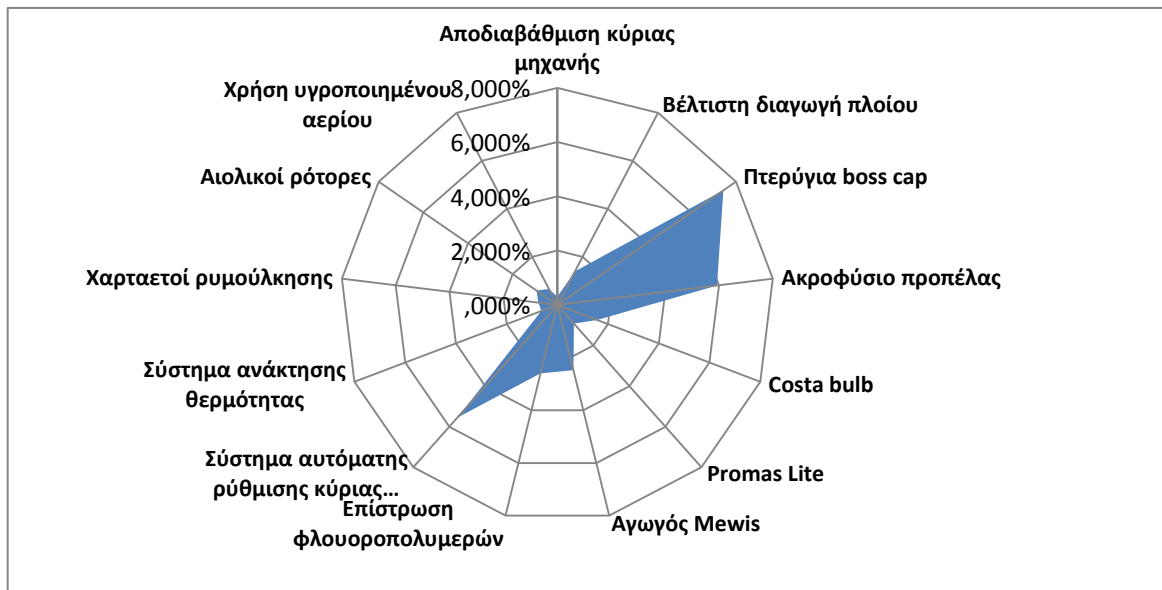
Από μια πρώτη ανάγνωση των αρχικών αποτελεσμάτων, μπορεί να ειπωθεί πως η πλειοψηφία των εξεταζόμενων μεθόδων δείχνει να είναι από αρκετά έως πολύ ελκυστική για να επενδύσει κανείς σε αυτές. Εξαιρώντας την μέθοδο της αποδιαβάθμισης της κύριας μηχανής, παρατηρούμε πως οι υπόλοιπες μέθοδοι έχουν δείκτη PI άνω του 1,2, γεγονός που τις καθιστά αρχικά αποδεκτές προς επένδυση. Επίσης, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι για το σενάριο, κατά το οποίο το όριο του 0,5% ανώτατης περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο επιβάλλεται το έτος 2020, οδηγεί σε τιμές του PI κατά περίπου 8-10% μεγαλύτερες του αντίστοιχου, κατά το οποίο το όριο επιβάλλεται το έτος 2025. Από την παραπάνω παρατήρηση εξαιρείται η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου, αφού είναι η μόνη μέθοδος που υπολογίζεται με διαφορετικό τρόπο και συγκεκριμένα αξιοποιώντας την τιμολογιακή διαφορά μεταξύ LNG και λοιπών καυσίμων.

Στη συνέχεια, θα απεικονιστεί γραφικά η διαφοροποίηση της τιμής της ΚΠΑ, καθώς επίσης και η ποσοστιαία αναλογία των δεικτών PI και ΕΣΑ όλων των μεθόδων σε σύγκριση με τη μέθοδο με τον μεγαλύτερο δείκτη PI, δηλαδή την πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων. Όσον αφορά το δεύτερο και τρίτο διάγραμμα, επιλέχτηκε η συγκεκριμένη παρουσίαση λόγω της ιδιαίτερα υψηλής διαφοράς στην τιμή των δεικτών της μεθόδου αυτής με τις υπόλοιπες.

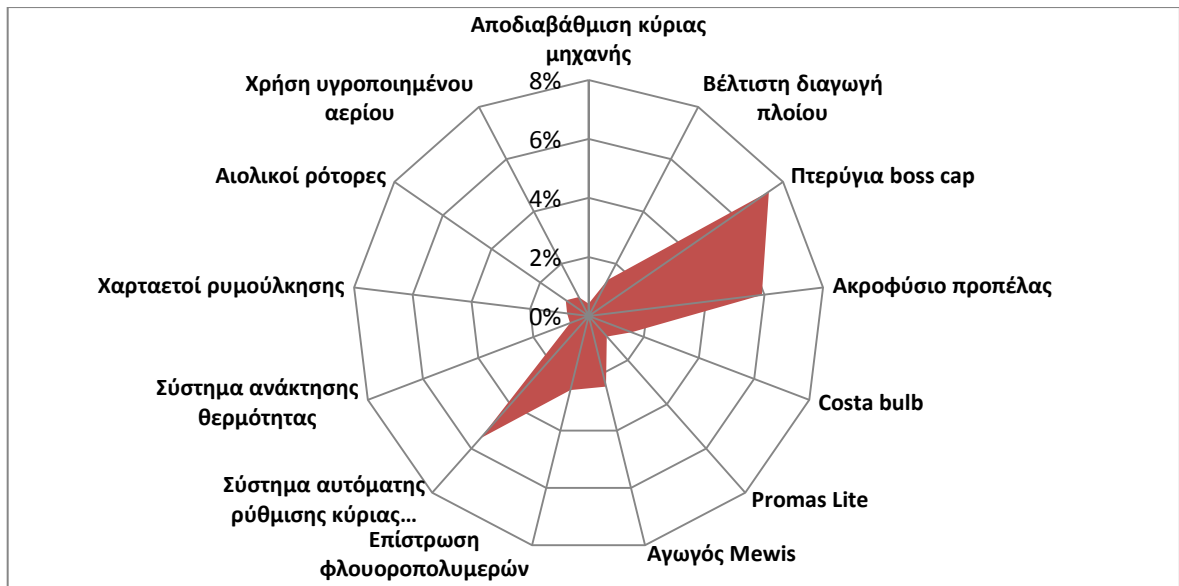
Για λόγους ευκολότερης παρακολούθησης της παρούσας διπλωματικής, θα παρουσιάζονται από αυτό το σημείο και μετέπειτα μόνο τα αποτελέσματα για το σενάριο επιβολής ορίου κατά το έτος 2025, το οποίο όπως ειπώθηκε και πρωτύτερα αποτελεί και τη δυσμενέστερη περίπτωση. Ωστόσο, όλα τα στοιχεία μπορούν να ευρεθούν στο παράρτημα που θα ακολουθήσει, αλλά και στα συνημμένα λογιστικά φύλλα.



Σχήμα 56. Καθαρή παρούσα αξία εξεταζόμενων μεθόδων κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περι όξειδίων του θείου το 2025

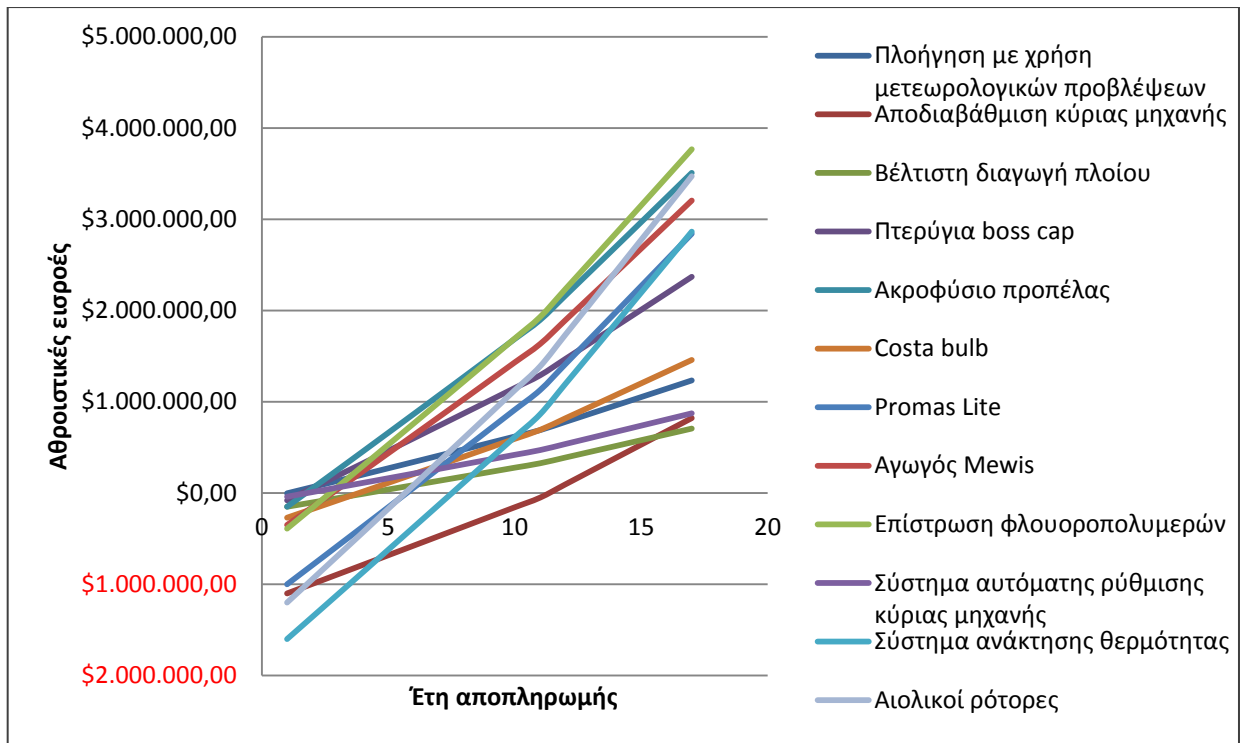


Σχήμα 57. Ποσοστιαία αναλογία ΕΣΑ πρώτης μεθόδου με τις υπόλοιπες κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περι όξειδίων του θείου το 2025

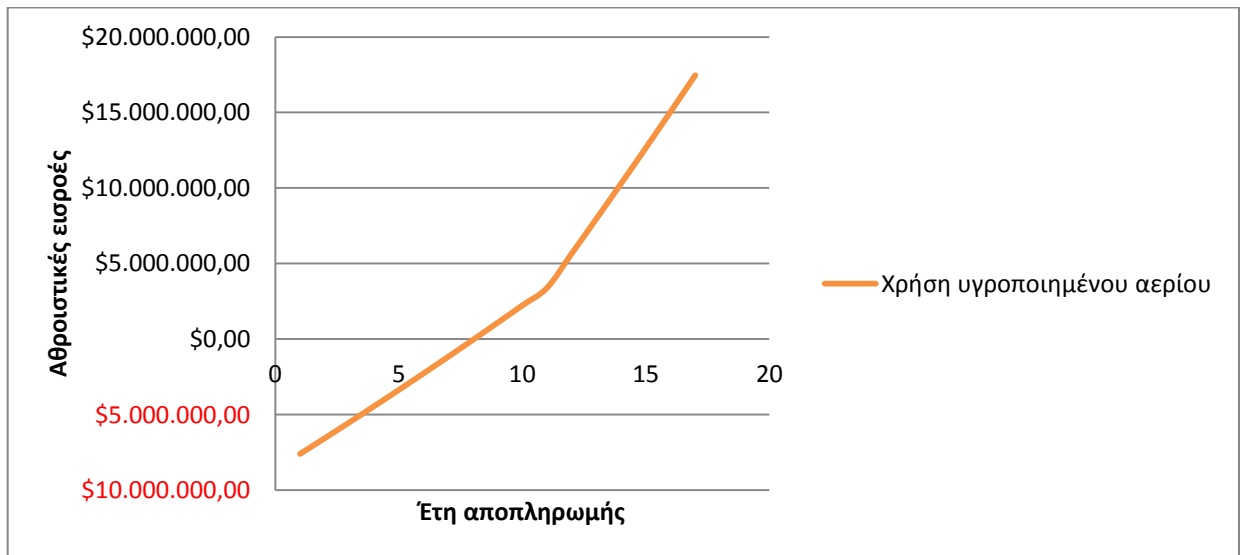


*Σχήμα 58. Ποσοστιαία αναλογία PI πρώτης μεθόδου με τις υπόλοιπες κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περι όξειδίων του θείου το 2025*

Τέλος, θα απεικονιστούν στα επόμενα σχήματα τα εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής κάθε μεθόδου για το κεντρικό σενάριο. Ως περίοδος αποπληρωμής ορίζεται ο χρόνος εκείνος κατά τον οποίο οι αθροιστικές εισροές ισοδυναμούν με το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης (δηλαδή στο σημείο κατά το οποίο τέμνεται ο οριζόντιος άξονας του διαγράμματος). Η περίοδος αποπληρωμής αποτελεί μια ποσοτική ένδειξη αξιολόγησης μιας επένδυσης, η οποία όμως δεν λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητή αξία του χρήματος, όπως αυτή περιγράφηκε σε προηγούμενη παράγραφο. Επιλέχτηκε το διάγραμμα για τη χρήση υγραποποιημένου αερίου να παρουσιαστεί ξεχωριστά, λόγω της έντονης διαφοροποίησής του από τις υπόλοιπες μεθόδους.



**Σχήμα 59. Εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής κάθε μεθόδου για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής ορίου περι οξειδίων του θείου το 2025**



**Σχήμα 60. Εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής ορίου περι οξειδίων του θείου το 2025**

Από τα παραπάνω σχήματα μπορεί να διαπιστωθεί πως υπάρχει μεγάλο εύρος στα υπολογιζόμενα έτη αποπληρωμής, με την πλειοψηφία των μεθόδων (10/14) να αποπληρώνει την αρχική επένδυση στα πρώτα 5 χρόνια από το έτος εκκίνησης και η μέγιστη τιμή να ανέρχεται σε 10 χρόνια. Επίσης, παρατηρούμε ότι κατά το 10<sup>ο</sup> έτος η κλίση των καμπυλών αυξάνει, πράγμα που δικαιολογείται απόλυτα λόγω της

υποχρεωτικής αλλαγής καυσίμου που αναμένεται να χρησιμοποιηθεί από το έτος 2025 για το σενάριο αυτό.

#### 6.4.1. Καλές πρακτικές

Όσον αφορά τις καλές πρακτικές, οι οποίες αναφέρθηκαν στον Πίνακα 22, βρέθηκε ότι μπορεί να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση κόστους 50.000\$-60.000\$ κατά το έτος 2015, τιμή που αναμένεται να φτάσει τα 100.000\$-125.000\$ κατά το έτος 2030.

### 6.5. Ανάλυση ευαισθησίας

#### 6.5.1. Παράγοντες ομοιόμορφου πεδίου τιμών

Όπως ειπώθηκε νωρίτερα, σημαντικό στοιχείο κατά την αξιολόγηση μιας ή περισσοτέρων επενδύσεων δεν αποτελεί μόνο η παροχή ενός, καθολικού αποτελέσματος αλλά και η εξέταση του συνόλου των παραγόντων, οι οποίοι μπορούν να επιδράσουν θετικά ή αρνητικά σε αυτό. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται στον τελικό λήπτη της απόφασης μια πιο σφαιρική και ολοκληρωμένη προσέγγιση, κατά την οποία είναι σε θέση να αναγνωρίζει κάθε φορά τους κινδύνους αλλά και τις ευκαιρίες που ενδέχεται να προκύψουν κατά την υλοποίηση μιας επένδυσης.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται συγκεντρωτικά το σύνολο των παραγόντων εκείνων, οι οποίοι επηρεάζουν άμεσα το τελικό αποτέλεσμα καθώς επίσης και το πεδίο τιμών αυτών. Ως πεδίο τιμών ορίστηκαν οι ακραίες τιμές, οι οποίες θεωρήθηκαν εύλογες για τον κάθε παράγοντα.

**Πίνακας 26. Παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση του αποτελέσματος και πεδίο τιμών**

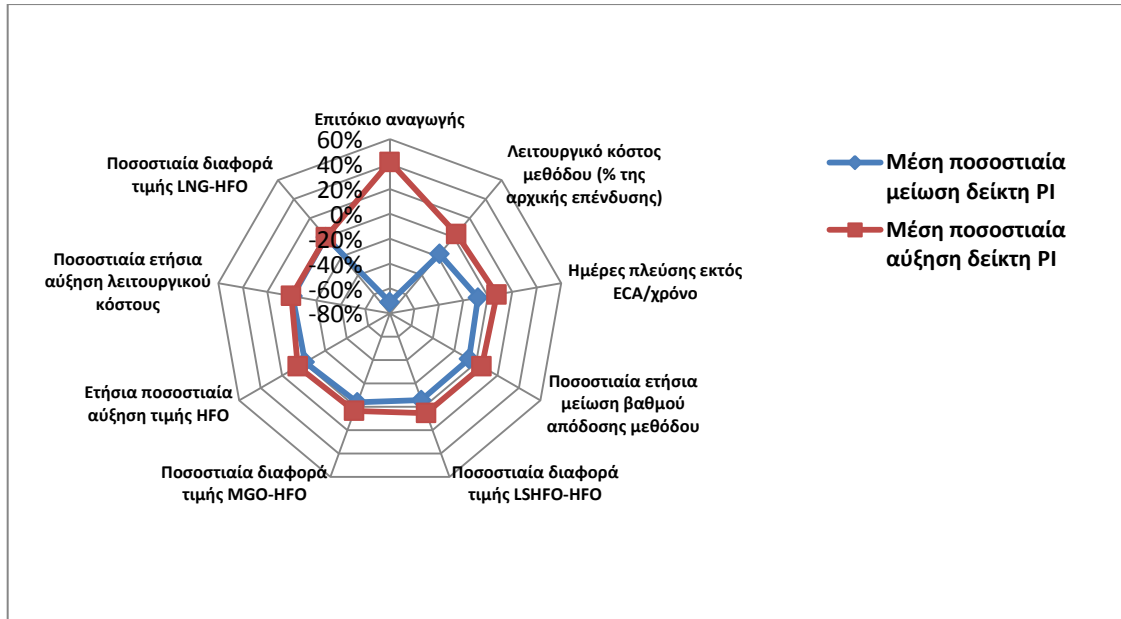
α/α	Παράγοντας	Κάτω όριο	Βασικό σενάριο	Άνω όριο	Ποσοστιαία διαφορά κάτω ορίου-βασικού	Ποσοστιαία διαφορά άνω ορίου-βασικού
1	Ποσοστιαία διαφορά τιμής LSHFO-HFO	105,00%	135%	165%	-29%	22%
2	Ποσοστιαία διαφορά τιμής MGO-HFO	140,00%	170%	200%	-21%	18%
3	Ποσοστιαία διαφορά τιμής LNG-HFO	53,00%	83%	113%	-57%	36%
4	Ετήσια ποσοστιαία αύξηση τιμής HFO	1%	1,19%	2%	-19%	68%
5	Λειτουργικό κόστος μεθόδου (% της αρχικής επένδυσης)	2%	3%	7%	-50%	133%
6	Επιτόκιο αναγωγής	5%	10%	20%	-100%	100%
7	Ημέρες πλεύσης εκτός ECA/χρόνο	150	175	200	-17%	14%
8	Ποσοστιαία ετήσια μείωση βαθμού απόδοσης μεθόδου	0,1%	1,0%	2,0%	-900%	100%
9	Ποσοστιαία ετήσια αύξηση λειτουργικού κόστους	0,1%	1,0%	2,0%	-900%	100%

Για όλους τους παραπάνω παράγοντες, μελετήθηκε η επίδραση που έχουν οι ακραίες τιμές των στον δείκτη PI. Συγκεκριμένα, απεικονίστηκε για καθέναν από αυτούς η ποσοστιαία μεταβολή του PI για το απαισιόδοξο και το αισιόδοξο σενάριο σε σχέση πάντα με το κεντρικό. Επίσης, έγινε μια συγκεντρωτική απεικόνιση της μέσης ποσοστιαίας επίδρασης κάθε παράγοντα στον δείκτη PI. Για λόγους συντομίας, θα

παρουσιαστούν ενδεικτικά ορισμένα από τα διαγράμματα και θα γίνει σχολιασμός των σημαντικότερων αποτελεσμάτων. Βεβαίως το σύνολο των διαγραμμάτων και πινάκων μπορεί να βρεθεί στα συνημμένα αρχεία του παρόντος. Τέλος, πέρα από τους παράγοντες του Πίνακας 26, θα εξετασθούν ξεχωριστά στην επόμενη παράγραφο και οι ακραίες τιμές στις εκτιμώμενες ποσοστιαίες μειώσεις των καταναλώσεων που αναγράφονται στον Πίνακας 22, οι οποίες αναμένεται να έχουν και την μεγαλύτερη επίδραση στο αποτέλεσμα.

**Πίνακας 27. Συγκεντρωτική μέση ποσοστιαία επίδραση κάθε παράγοντα στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025- Εξαιρουμένης της χρήσης LNG**

α/α	Παράγοντας	Μέση ποσοστιαία μείωση δείκτη PI	Μέση ποσοστιαία αύξηση δείκτη PI
6	Επιτόκιο αναγωγής	-71%	42%
5	Λειτουργικό κόστος μεθόδου (% της αρχικής επένδυσης)	-18%	3%
7	Ημέρες πλεύσης εκτός ECA/χρόνο	-8%	7%
8	Ποσοστιαία ετήσια μείωση βαθμού απόδοσης μεθόδου	-6%	5%
1	Ποσοστιαία διαφορά τιμής LSHFO-HFO	-6%	5%
2	Ποσοστιαία διαφορά τιμής MGO-HFO	-4%	4%
4	Ετήσια ποσοστιαία αύξηση τιμής HFO	-1%	5%
9	Ποσοστιαία ετήσια αύξηση λειτουργικού κόστους	-1%	0%
3	Ποσοστιαία διαφορά τιμής LNG-HFO	0%	0%

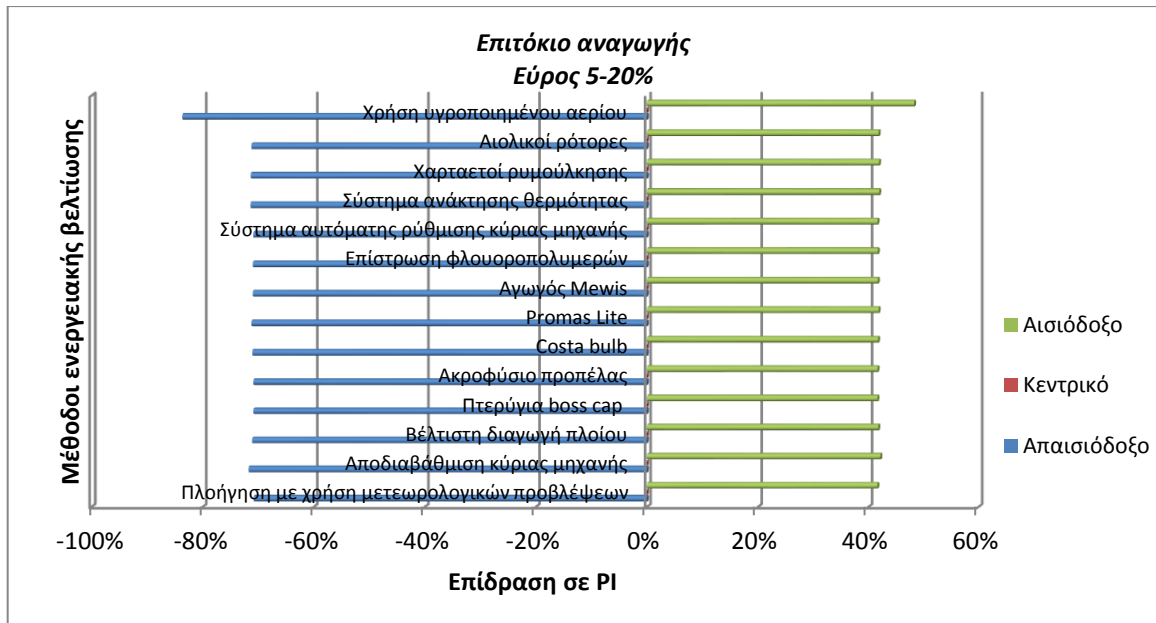


Σχήμα 61. Απεικόνιση Πίνακα 27

Από τον Πίνακα 27 καθίσταται σαφές ότι για τα επιλεγμένα εύρη τιμών, ο κύριος παράγοντας, ο οποίος επηρεάζει τον δείκτη PI (πέρα από τις ποσοστιαίες μειώσεις κατανάλωσης, οι οποίες θα μελετηθούν ξεχωριστά) είναι το επιτόκιο αναγωγής, στο οποίο έχουν δοθεί τιμές από 5 έως 20%, με κεντρικό σενάριο το 10%. Πιο αναλυτικά, παρουσιάζεται παρακάτω η επίδραση που έχει το επιτόκιο αναγωγής σε καθεμία από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν.

Πίνακας 28. Επίδραση ακραίων τιμών επιτοκίου αναγωγής στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περι όξειδίων του θείου το 2025

α/α	Ονομασία	Απαισιόδοξο	Κεντρικό	Αισιόδοξο
Μ.ε.β.1	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	112,51	192,19	272,19
Μ.ε.β.2	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	0,47	0,81	1,15
Μ.ε.β.3	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	1,55	2,65	3,76
Μ.ε.β.4	Πτερύγια boss cap	8,35	14,27	20,21
Μ.ε.β.5	Ακροφύσιο προπέλας	6,65	11,36	16,10
Μ.ε.β.6	Costa bulb	1,74	2,98	4,22
Μ.ε.β.7	Promas Lite	1,04	1,78	2,53
Μ.ε.β.8	Αγωγός Mewis	2,77	4,73	6,70
Μ.ε.β.9	Επίστρωση φλουροπολυμερών	2,90	4,96	7,03
Μ.ε.β.10	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	6,23	10,64	15,07
Μ.ε.β.11	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	0,76	1,29	1,84
Μ.ε.β.12	Χαρταετοί ρυμούλκησης	0,82	1,41	2,00
Μ.ε.β.13	Αιολικοί ρότορες	1,06	1,81	2,56
Μ.ε.β.14	Χρήση υγροποιημένου αερίου	0,76	1,40	2,07



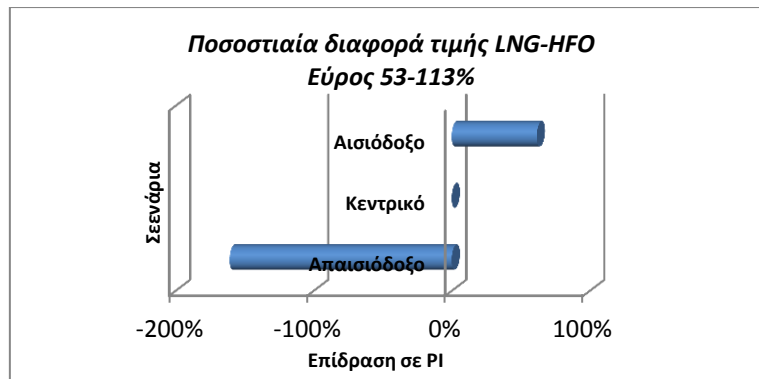
**Σχήμα 62. Απεικόνιση ποσοστιαίων μεταβολών για τα στοιχεία του Πίνακα 28**

Πριν από την διατύπωση ορισμένων παρατηρήσεων επί των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ευαισθησίας για το σύνολο των περιπτώσεων, θεωρείται σκόπιμο να παρουσιαστεί η επίδραση που είχε η διαφορά της τιμής μεταξύ LNG και HFO στην διαμόρφωση του δείκτη PI κατά την επένδυση για χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο, μιας και αποτελεί τη μόνη μέθοδο, της οποίας τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν με διαφορετικό τρόπο.

**Πίνακας 29. Επίδραση ακραίων τιμών ποσοστιαίας διαφοράς τιμής LNG-HFO στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περι οξειδίων του θείου το 2025**

Τιμές δείκτη PI	Απαισιόδοξο	Κεντρικό	Αισιόδοξο
Χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου	0,54	1,40	2,26





**Σχήμα 63. Απεικόνιση ποσοστιαίων μεταβολών για τα στοιχεία του Πίνακα 29**

Τέλος, θα διατυπωθούν επιγραμματικά ορισμένα σχόλια επί των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ευαισθησίας για τους παράγοντες ομοιόμορφου πεδίου τιμών του Πίνακα 26.

1. Εκτός από τον παράγοντα που αφορά το λειτουργικό κόστος της μεθόδου και διαφοροποιείται για την κάθε μέθοδο λόγω της εξάρτησής του με το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης, παρατηρείται, κατά τα αναμενόμενα, ομοιομορφία στην επίδραση των παραγόντων στον δείκτη PI της κάθε μεθόδου (φαίνεται και στο Σχήμα 62. Εξαιρέση αποτελεί πάντα η χρήση LNG)
2. Για την πλειοψηφία των περιπτώσεων, η επένδυση για χρήση LNG δείχνει να επηρεάζεται εντονότερα από ότι ο μέσος όρος των υπολοίπων μεθόδων
3. Υπάρχουν περιπτώσεις (επιτόκιο αναγωγής, διαφορά τιμής LSHFO-HFO) κατά τις οποίες ο δείκτης PI λαμβάνει τιμή μεγαλύτερη του 1 για την μέθοδο της αποδιαβάθμισης της κύριας μηχανής στο αισιόδοξο σενάριο, παρότι για την πλειοψηφία των περιπτώσεων η μέθοδος θεωρείται απορριπτέα
4. Υπάρχουν επίσης πολλές περιπτώσεις (επιτόκιο αναγωγής, διαφορά τιμής LSHFO-HFO, λειτουργικό κόστος, ημέρες πλεύσης εκτός ECA), για τις οποίες οι μέθοδοι των χαρταετών ρυμούλκησης, του συστήματος ανάκτησης θερμότητας, των αιολικών ροτόρων, του Promas Lite και της χρήσης LNG παίρνουν τιμές PI οριακά αποδεκτές ή και απορριπτέες (<1,2)
5. Για τις υπόλοιπες μεθόδους (εκτός των παρατηρήσεων δηλαδή 3 και 4), η τιμή PI είναι σταθερά άνω του 1,2, γεγονός που τις καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικές προς επένδυση

### 6.5.2. Επίδραση μεταβολής ποσοστιαίων μειώσεων κατανάλωσης

Όπως ειπώθηκε και πρωτύτερα, η εκτίμηση που έγινε για την ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης που επιτυγχάνει κάθε μέθοδος ενεργειακής βελτίωσης και βρίσκεται μεταξύ δύο ακραίων βιβλιογραφικά καθορισμένων τιμών ( Πίνακας 22), αναμένεται να αποτελεί τον παράγοντα, ο οποίος επιδρά σημαντικότερα στον δείκτη PI. Παρακάτω, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του δείκτη PI, καθώς η ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης κινήθηκε μεταξύ ελάχιστης και μέγιστη τιμής.

*Πίνακας 30. Επίδραση μεταβολής ποσοστιαίων μειώσεων κατανάλωσης στον δείκτη PI για έτος εφαρμογής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025*

α/α	Ονομασία/Έτος	Απαισιόδοξο	Αισιόδοξο	Ποσοστιαία διαφορά Κεντρικού-Απαισιόδοξου	Ποσοστιαία διαφορά Αισιόδοξου-Κεντρικού
Μ.ε.β.1	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	8,325418878	385,7329445	-2208%	101%
Μ.ε.β.2	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	0,279571786	1,335257172	-189%	65%
Μ.ε.β.3	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	1,687152301	9,428845134	-57%	255%
Μ.ε.β.4	Πτερύγια boss cap	7,009566124	17,89632167	-104%	25%
Μ.ε.β.5	Ακροφύσιο προπέλας	3,622575509	19,10596118	-214%	68%
Μ.ε.β.6	Costa bulb	1,902199324	4,052669555	-57%	36%
Μ.ε.β.7	Promas Lite	1,49360998	2,364550424	-19%	33%
Μ.ε.β.8	Αγωγός Mewis	3,06959745	7,216932896	-54%	53%
Μ.ε.β.9	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	3,473696801	6,451270967	-43%	30%
Μ.ε.β.10	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	7,009566124	21,52524019	-52%	102%
Μ.ε.β.11	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	1,203296499	1,56618835	-8%	21%
Μ.ε.β.12	Χαρταετοί ρυμούλκησης	0,581196182	2,24013036	-143%	59%
Μ.ε.β.13	Αιολικοί ρότορες	1,687152301	2,654863905	-7%	47%

Όπως αναμενόταν, σε περιπτώσεις όπου το βιβλιογραφικό εύρος είναι μεγάλο (π.χ. χαρταετοί ρυμούλκησης), παρουσιάζονται αποτελέσματα με μεγάλη αβεβαιότητα (δείκτης PI: 0,58-2,24). Για την αντιμετώπιση του γεγονότος αυτού, την τελική κατηγοριοποίηση των μεθόδων, αλλά και την έκδοση ενός ενιαίου συμπεράσματος, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ποσοτικής αξιολόγησης κινδύνων, η οποία θα αναλυθεί στην επόμενη παράγραφο.

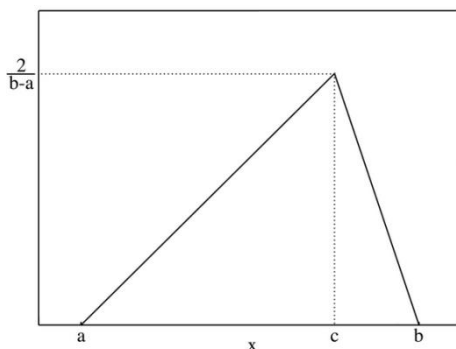
### 6.6. Ποσοτική αξιολόγηση κινδύνων

Το πρώτο βήμα για την περάτωση της ποσοτικής αξιολόγησης κινδύνων είναι ο καθορισμός και υπολογισμός των κατανομών πιθανότητας των κρίσιμων μεταβλητών, δηλαδή του συνόλου των παραγόντων που αναπτύχθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, σε περιπτώσεις όπου δεν υφίστανται αναλυτικά στοιχεία παρελθούσης συμπεριφοράς, των μεταβλητών, η συνδεσιμότητα του είναι γνωστή και υπάρχουν ανεπαρκή στοιχεία για τις τιμές τους, η προτεινόμενη κατανομή πιθανότητας είναι η τριγωνική. Για αυτόν τον λόγο, χρησιμοποιήθηκε η κατανομή αυτή, για την απόδοση τυχαίων τιμών εντός του πεδίου τιμών του κάθε παράγοντα με τελικό σκοπό τον υπολογισμό των συναρτήσεων πιθανότητας και σωρευτικής κατανομής πιθανότητας του δείκτη PI για κάθε μέθοδο.

Σύμφωνα με την θεωρία πιθανοτήτων η τριγωνική κατανομή δίδεται από την παρακάτω εξίσωση:

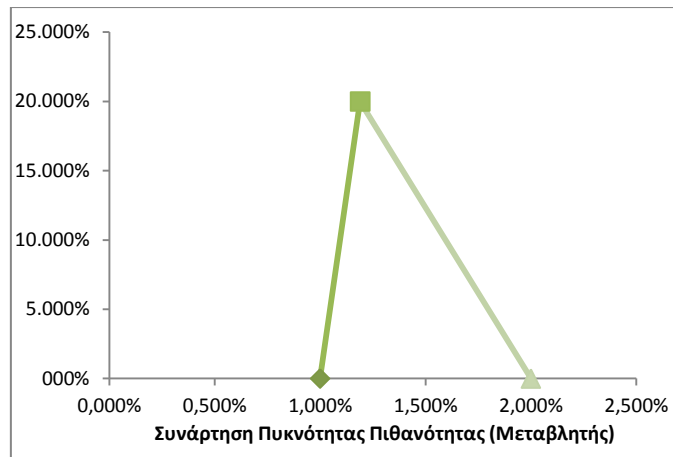
$$f(x|a, b, c) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < a, \\ \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & \text{for } a \leq x \leq c, \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & \text{for } c < x \leq b, \\ 0 & \text{for } b < x, \end{cases}$$

**Εξίσωση 15. Εξίσωση τριγωνικής κατανομής πιθανότητας**



**Σχήμα 64. Τριγωνική κατανομή πιθανότητας**

Χαρακτηριστικά παρουσιάζεται παρακάτω η τριγωνική κατανομή πιθανότητας που χρησιμοποιήθηκε για τον παράγοντα ετήσιας ποσοστιαίας αύξησης της τιμής του HFO.



**Σχήμα 65. Τριγωνική κατανομή πιθανότητας του παράγοντα ετήσιας ποσοστιαίας αύξησης της τιμής του HFO**

Αφού ορίστηκε η αντίστοιχη κατανομή για καθέναν από τους παράγοντες, δόθηκαν τυχαίες τιμές εντός του πεδίου καθενός από αυτούς. Για να επιτευχθεί αυτό μοντελοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση δημιουργίας τυχαίων αριθμών στα λογιστικά φύλλα Excel και στην συνέχεια δόθηκαν 1000 τυχαίες τιμές, οι οποίες διαμόρφωσαν και τις κατανομές πιθανότητας για τον δείκτη PI.

$$\begin{cases} X = a + \sqrt{U(b-a)(c-a)} & \text{for } 0 < U < F(c) \\ X = b - \sqrt{(1-U)(b-a)(b-c)} & \text{for } F(c) \leq U < 1 \end{cases}$$

**Εξίσωση 16. Εξίσωση δημιουργίας τυχαίων τιμών τριγωνικής κατανομής πιθανότητας**

Όπου,

U: Τυχαίος αριθμός εντός του πεδίου (0, 1)

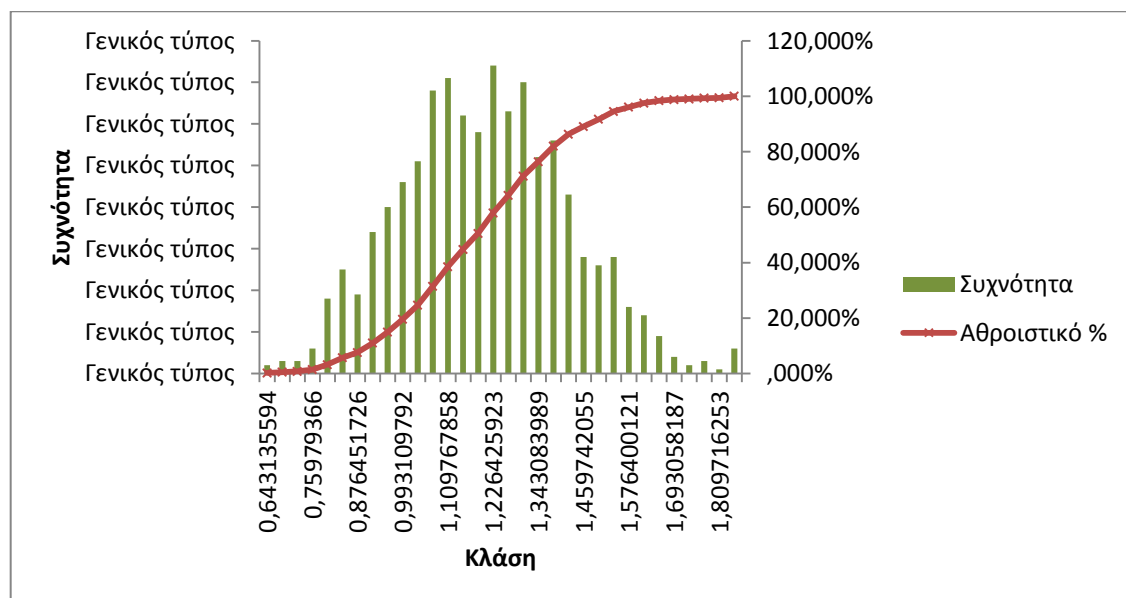
$F(c) = (c-a) / (b-a)$

a, b, c : η ελάχιστη τιμή, η καλύτερη πρόβλεψη και η μέγιστη τιμή

H7		=IF(RAND() $<$ 17;C7+SQRT((RAND())*(E7-C7)*(D7-C7));E7-SQRT((1-RAND())*(E7-C7)*(E7-D7)))							
A	B	C	D	E	F	G	H	I	
α/α	Παράγοντας	Κάτω όριο	Βασικό σενάριο	Άνω όριο	Ποσοστιαία διαφορά κάτω ορίου-βασικού	Ποσοστιαία διαφορά άνω ορίου-βασικού	Τυχαίος αριθμός τριγωνικής κατανομής	(c-a)/(b-a)	
1	Ποσοστιαία διαφορά τιμής LSHFO-HFO	105,00%	135%	165%	-29%	22%	136,03%	0,5	
2	Ποσοστιαία διαφορά τιμής MGO-HFO	140,00%	170%	200%	-21%	18%	175,54%	0,5	
3	Ποσοστιαία διαφορά τιμής LNG-HFO	53,00%	83%	113%	-57%	36%	80,68%	0,5	
4	Ετήσια ποσοστιαία αύξηση τιμής HFO	1%	1,19%	2%	-19%	68%	1,30%	0,19	
5	Λειτουργικό κόστος μεθόδου (% της αρχικής επένδυσης)	2%	3%	7%	-50%	133%	3,97%	0,2	
6	Επιτόκιο αναγωγής	5%	10%	20%	-100%	100%	8,20%	0,333333333	
7	Ημέρες πλεύσης εκτός ECA/χρόνο	150	175	200	-17%	14%	168	0,5	
8	Ποσοστιαία ετήσια μείωση βαθμού απόδοσης μεθόδου	0,1%	1,0%	2,0%	-900%	100%	1,25%	0,473684211	
9	Ποσοστιαία ετήσια αύξηση λειτουργικού κόστους	0,1%	1,0%	2,0%	-900%	100%	0,73%	0,473684211	

Σχήμα 66. Στιγμιότυπο μοντελοποίησης Εξίσωση 16

Στη συνέχεια, θα παρουσιασθεί ενδεικτικά το διάγραμμα πιθανότητας και το σωρευτικό διάγραμμα κατανομής πιθανότητας για την μέθοδο της ανάκτησης θερμότητας. Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης Monte Carlo που έγινε στην παρούσα διπλωματική, διασταυρώθηκαν με τα αποτελέσματα, τα οποία υπολογίστηκαν από τη δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού @RISK 6.



Σχήμα 67. Ιστογράμμο δείκτη PI μεθόδου ανάκτησης θερμότητας για έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι η συνολική πιθανότητα, να κριθεί η μέθοδος ως απορριπτέα ανέρχεται σε περίπου 20%, με το εύρος των τιμών να είναι 0,64-1,80. Το σύνολο των αποτελεσμάτων των υπόλοιπων μεθόδων παρουσιάζεται παρακάτω σε μορφή πίνακα, στον οποίο έχει δοθεί επίσης και μια προτεινόμενη κατάταξη των μεθόδων χωρίς να λαμβάνεται όμως υπόψη η ωρίμανση της τεχνολογίας. Όλα τα ιστογράμματα μπορούν να ευρεθούν στα συνημμένα αρχεία του παρόντος.

**Πίνακας 31. Αθροιστική πιθανότητα απόρριψης μεθόδων ( $PI < 1$ ), ελάχιστη τιμή δείκτη  $PI$  και κατάταξη μεθόδων για έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025**

α/α	Ονομασία/Έτος	Αθροιστική πιθανότητα απόρριψης μεθόδου ( $PI < 1$ )	Ελάχιστη τιμή δείκτη $PI$
Μ.ε.β.2	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	91,00%	0,12
Μ.ε.β.12	Χαρταετοί ρυμούλκησης	24,00%	0,31
Μ.ε.β.14	Υγροποιημένο φυσικό αέριο	28,00%	0,37
Μ.ε.β.11	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	20,00%	0,64
Μ.ε.β.7	Promas Lite	0,40%	0,89
Μ.ε.β.13	Αιολικοί ρότορες	0,20%	0,98
Μ.ε.β.3	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	0,00%	1,21
Μ.ε.β.6	Costa bulb	0,00%	1,24
Μ.ε.β.8	Αγωγός Mewis	0,00%	2,09
Μ.ε.β.9	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	0,00%	2,27
Μ.ε.β.5	Ακροφύσιο προπέλας	0,00%	3,19
Μ.ε.β.4	Πτερύγια boss cap	0,00%	5,36
Μ.ε.β.10	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	0,00%	5,42
Μ.ε.β.1	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	0,00%	18,12

**Πίνακας 32. Χρωματικός κανόνας**

Χρωματικός κανόνας	Επεξήγηση
	Η επένδυση γίνεται αποδεκτή
	Η επένδυση γίνεται αποδεκτή με πολύ μικρό κίνδυνο
	Η επένδυση γίνεται αποδεκτή με σημαντικό όμως κίνδυνο
	Η επένδυση απορρίπτεται

## 6.7. Πολυκριτήρια Ανάλυση

Κατά την αξιολόγηση που προηγήθηκε λήφθηκαν υπόψη μόνο οι οικονομικοί δείκτες και συνεπώς στο αποτέλεσμα δεν έχουν συμπεριληφθεί άλλοι παράγοντες, όπως η τεχνολογική ωρίμανση της εκάστοτε μεθόδου, οι οποίοι παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο κατά την τελική πρόκριση ή όχι μιας επένδυσης. Για αυτόν τον λόγο, στην παρούσα παράγραφο θα γίνει προσπάθεια να καταταχθούν οι εξεταζόμενες μέθοδοι με βάση παραπάνω του ενός κριτηρίου.

Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την ανάλυση είναι τα εξής:

1. Ο δείκτης αποδοτικότητας
2. Η τεχνολογική ωρίμανση της εκάστοτε μεθόδου, η οποία υπολογίστηκε σε κλίμακα 1-5 (5= πολύ ώριμη), με βάση αφενός τον αριθμό των πλοίων που την έχουν εφαρμόσει αλλά και την περίοδο ύπαρξής τους.
3. Η επιδιωκόμενη μείωση σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα, κριτήριο που αφενός εμπεριέχει το στοιχείο της κοινωνικής υπευθυνότητας και αφετέρου θα θέτει σε πλεονεκτική θέση την πλοιοκτήτρια εταιρία σε περίπτωση εφαρμογής ενός αγορακεντρικού μέτρου.

Συνεπώς, διαμορφώνονται οι παρακάτω πίνακες, οι οποίοι αποδίδουν τις τιμές που παίρνει η κάθε μέθοδος για καθένα από τα παραπάνω κριτήρια.

**Πίνακας 33. Τιμές κριτηρίων για κάθε μέθοδο σε περίπτωση εφαρμογής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025**

α/α	Ονομασία	PI	Τεχνολογική ωρίμανση	Μείωση CO2 (t)
<b>Μ.ε.β.1</b>	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	192,19	4	768,0
<b>Μ.ε.β.2</b>	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	0,81	2	1.152,0
<b>Μ.ε.β.3</b>	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	2,65	4	960,0
<b>Μ.ε.β.4</b>	Πτερύγια boss cap	14,27	5	960,0
<b>Μ.ε.β.5</b>	Ακροφύσιο προπέλας	11,36	4	1.920,0
<b>Μ.ε.β.6</b>	Costa bulb	2,98	3	768,0
<b>Μ.ε.β.7</b>	Promas Lite	1,78	2	1.728,0
<b>Μ.ε.β.8</b>	Αγωγός Mewis	4,73	4	1.728,0
<b>Μ.ε.β.9</b>	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	4,96	3	1.728,0
<b>Μ.ε.β.10</b>	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	10,64	3	576,0
<b>Μ.ε.β.11</b>	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	1,29	2	1.920,0
<b>Μ.ε.β.12</b>	Χαρταετοί ρυμούλκησης	1,41	1	2.304,0
<b>Μ.ε.β.13</b>	Αιολικοί ρότορες	1,81	1	2.304,0
<b>Μ.ε.β.14</b>	Χρήση υγροποιημένου αερίου	1,40	3	13.475,0

**Πίνακας 34. Ανηγγμένα μεγέθη Πίνακα 33**

PI	Τεχνολογική ωρίμανση	Μείωση CO2 (t)
<b>76,18%</b>	9,76%	2,38%
<b>0,32%</b>	4,88%	3,57%
<b>1,05%</b>	9,76%	2,97%
<b>5,66%</b>	12,20%	2,97%
<b>4,50%</b>	9,76%	5,95%
<b>1,18%</b>	7,32%	2,38%
<b>0,71%</b>	4,88%	5,35%
<b>1,87%</b>	9,76%	5,35%
<b>1,97%</b>	7,32%	5,35%
<b>4,22%</b>	7,32%	1,78%
<b>0,51%</b>	4,88%	5,95%
<b>0,56%</b>	2,44%	7,14%
<b>0,72%</b>	2,44%	7,14%
<b>0,55%</b>	7,32%	41,73%

Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει τον καθορισμό της βαρύτητας για το καθένα από τα κριτήρια. Για τον λόγο αυτόν, καταστρώθηκαν 10 διαφορετικά σενάρια, τα οποία μπορούν να ευρεθούν στο 4του παρόντος. Το κεντρικό σενάριο, το οποίο και θα παρουσιαστεί παρακάτω, θέτει βαρύτητες 60%, 35% και 5% αντίστοιχα για κάθε κριτήριο. Έτσι εξάγουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

**Πίνακας 35. Κατάταξη με βάση το κεντρικό σενάριο της πολυκριτήριας ανάλυσης**

α/α	Ονομασία	Κεντρικό σενάριο
<b>Μ.ε.β.1</b>	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	42,60%
<b>Μ.ε.β.4</b>	Πτερύγια boss cap	8,46%
<b>Μ.ε.β.5</b>	Ακροφύσιο προπέλας	6,94%
<b>Μ.ε.β.14</b>	Χρήση υγροποιημένου αερίου	5,66%
<b>Μ.ε.β.8</b>	Αγωγός Mewis	5,59%
<b>Μ.ε.β.10</b>	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	5,49%
<b>Μ.ε.β.3</b>	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	5,07%
<b>Μ.ε.β.9</b>	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	4,54%
<b>Μ.ε.β.6</b>	Costa bulb	4,00%
<b>Μ.ε.β.7</b>	Promas Lite	2,82%
<b>Μ.ε.β.11</b>	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	2,75%
<b>Μ.ε.β.2</b>	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	2,53%



<b>Μ.ε.β.13</b>	Αιολικοί ρότορες	1,81%
<b>Μ.ε.β.12</b>	Χαρταετοί ρυμούλκησης	1,73%

Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρείται πως εξαιτίας του γεγονότος ότι υπεισέρχονται παραπάνω του ενός κριτήρια κατά την αξιολόγηση των μεθόδων, η κατάταξη προτίμησης αλλάζει σε σχέση με το βασικό σενάριο του Πίνακας 25. Έτσι, για παράδειγμα η μέθοδος των αιολικών ροτόρων εμφανίζεται προς το τέλος της κατάταξης, λόγω της ελάχιστης τεχνολογικής ωρίμανσης και πρακτικής εφαρμογής της, ενώ η χρήση LNG φαίνεται να προτιμάται σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της αμιγούς οικονομικής προσέγγισης.

## Βιβλιογραφία 6<sup>ο</sup> Κεφαλαίου

- Aravossis K, Karberis A., Sotirhos A. (2012). *Techno-economical Evaluation of Investments*. Athens, Greece: Law Library.
- Danish Maritime Authority. (2012). *A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations*. Copenhagen.
- DNV. (n.d.). *SHIPPING 2020-TECHNOLOGY INVESTMENTS IN THE NEW MARKET REALITY*.
- Energy Information Administration. (2013). *Annual Energy Outlook*.
- Green Ship of the Future. (2012). *Vessel Emission Study: Comparison of Various Abatement Technologies to meet Emission Levels for ECA's*. Copenhagen.
- IMO. (2011). *Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy-Efficiency Measures*.
- Notteboom, T. (2011). *The impact of low sulphur fuel requirements in shipping on the competitiveness of ro-ro shipping in Northern Europe*. World Maritime University.
- THE MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS. (2009). *Sulphur content in ships bunker fuel in 2015*. Helsinki.
- U.S. Department of the Treasury. (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yield>
- Καλιαμπάκος Δ, Δαμίγος Δ. (2008). *Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων- Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων*. ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ, Αθήνα.

## Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε, στους στόχους της διπλωματικής συμπεριλαμβάνεται ο καθορισμός του συνόλου του ρυθμιστικού και κανονιστικού πλαισίου, το οποίο είτε καθορίζει ή αναμένεται να καθορίσει την λειτουργία των εμπορικών πλοίων. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το δεύτερο μέρος της διπλωματικής εργασίας, μας ενδιαφέρουν οι διατάξεις εκείνες που αφορούν τα υπάρχοντα πλοία και τα οποία αναμένεται να επηρεαστούν άμεσα από αυτές.

Υπό την έννοια αυτή, η διάταξη για τον περιορισμό των οξειδίων του θείου αναμένεται να αποτελέσει τον κύριο παράγοντα αύξησης του κόστους των καυσίμων. Σύμφωνα με αυτήν τη διάταξη, υφίστανται δυο περιοχές πλεύσης: α) περιοχές ελεγχόμενης εκπομπής ρύπων (ECA), β) περιοχές εκτός ECA. Στις περιοχές αυτές επιβάλλονται όρια ανώτατης περιεκτικότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου σε θείο, τα οποία από το έτος 2020 ή 2025 αναμένεται να ανέρχονται σε 0,1% και 0,5% αντίστοιχα (Σχήμα 23). Το γεγονός αυτό καθιστά την χρήση του βαρέως μαζούτ (HFO) απαγορευτική και επιβάλλει την αντικατάστασή του από καύσιμα χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο (LSHFO, MGO) και κατ' επέκταση ακριβότερων σε τιμή. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η τιμή του LSHFO αναμένεται να είναι 30% ακριβότερη της αντίστοιχης του HFO (IMO, 2011), (Notteboom, 2011).

Όσον αφορά την ανάλυση των μεθόδων, παρουσιάζεται παρακάτω ένας συγκεντρωτικός πίνακας, ο οποίος περιέχει τόσο τα βιβλιογραφικά στοιχεία που αφορούν το αρχικό κόστος επένδυσης και την εκτιμώμενη ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης κάθε μεθόδου όσο και αποτελέσματα του κεντρικού σεναρίου της αξιολόγησης, όπως η μέση εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση κεφαλαίων, η περίοδος αποπληρωμής, καθώς επίσης και οι δείκτες ΚΠΑ, ΕΣΑ και ΡΙ. Ο πίνακας αφορά τα αποτελέσματα που λήφθηκαν για έτος εφαρμογής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025, καθώς αυτό αποτελεί και το δυσμενέστερο σενάριο, σε σχέση πάντα με το αντίστοιχο για το 2020.

**Πίνακας 36. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων τεχνοοικονομικής αξιολόγησης με έτος εφαρμογής του ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025**

Μέτρα ενεργειακής βελτίωσης								
α/α	Ονομασία	Αρχικό κόστος επένδυσης	Εκτιμώμενη ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης καυσίμου (%)	Μέση ετήσια εξοικονόμηση κεφαλαίων	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής (έτη)	ΚΠΑ	ΕΣΑ	ΡΙ
Μ.ε.β.1	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	\$3.000	2,00%	\$77.304	< 1	\$573.572	2272,43%	192,19
Μ.ε.β.2	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	\$1.100.000	4,00%	\$120.070	10	-\$211.844	6,85%	0,81
Μ.ε.β.3	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	\$150.000	1,50%	\$53.520	3	\$248.230	31,72%	2,65
Μ.ε.β.4	Πτερύγια boss cap	\$80.000	4,00%	\$153.076	< 1	\$1.061.392	168,98%	14,27
Μ.ε.β.5	Ακροφύσιο προπέλας	\$150.000	6,00%	\$228.643	< 1	\$1.554.640	134,66%	11,36
Μ.ε.β.6	Costa bulb	\$270.000	3,00%	\$108.011	2	\$533.907	35,59%	2,98
Μ.ε.β.7	Promas Lite	\$1.000.000	7,00%	\$240.054	4	\$783.923	20,93%	1,78
Μ.ε.β.8	Αγωγός Mewis	\$350.000	6,00%	\$222.171	1	\$1.304.986	56,30%	4,73
Μ.ε.β.9	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	\$390.000	7,00%	\$259.793	1	\$1.545.369	59,06%	4,96
Μ.ε.β.10	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	\$40.000	1,50%	\$57.080	< 1	\$385.539	126,08%	10,64
Μ.ε.β.11	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	\$1.600.000	8,50%	\$279.013	6	\$470.431	14,35%	1,29
Μ.ε.β.12	Χαρταετοί ρυμούλκησης	\$1.400.000	8,00%	\$266.027	5	\$574.929	15,97%	1,41

M.ε.β.13	Αιολικοί ρότορες	\$1.200.000	8,50%	\$291.957	4	\$969.740	21,24%	1,81
M.ε.β.14	Χρήση υγροποιημένου αερίου	\$7.600.000	***	\$2.681.874,55	7	\$3.016.687	15,06%	1,40

Όπως παρατηρείται, πέρα της αποδιαβάθμισης της κύριας μηχανής, τα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερος ενθαρρυντικά με ορισμένες μεθόδους (LNG) να παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή τιμή καθαρής παρούσας αξίας κατά το τέλος της εξεταζόμενης περιόδου (έτος 2030) με υψηλό όμως κόστος αρχικής επένδυσης, ενώ άλλες (weather routing) να οδηγούν σε αξιοσημείωτες τιμές του δείκτη PI. Η βασική περαιτέρω αξιολόγηση και κατάταξη των μεθόδων έγινε με την χρήση του δείκτη αυτού, όπως επεξηγήθηκε αναλυτικά στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο.

Βεβαίως, τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν αφορούν το κεντρικό σενάριο που χρησιμοποιήθηκε και συνεπώς δεν συμπεριλαμβάνουν την αβεβαιότητα που εμπεριέχουν τα κεντρικά δεδομένα. Για την συνεκτίμηση της αβεβαιότητας πραγματοποιήθηκε αρχικά ανάλυση ευαισθησίας των παραγόντων που επιδρούν στο τελικό αποτέλεσμα. Έτσι διαπιστώθηκε ότι, πέρα της τιμής της ποσοστιαίας μείωσης της κατανάλωσης για κάθε μέθοδο, ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα είναι το επιτόκιο αναγωγής, το οποίο εκτιμήθηκε 10% για το κεντρικό σενάριο (Πίνακας 27. Συγκεντρωτική μέση ποσοστιαία επίδραση κάθε παράγοντα στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2025-Εξαιρουμένης της χρήσης LNG (Πίνακας 26).

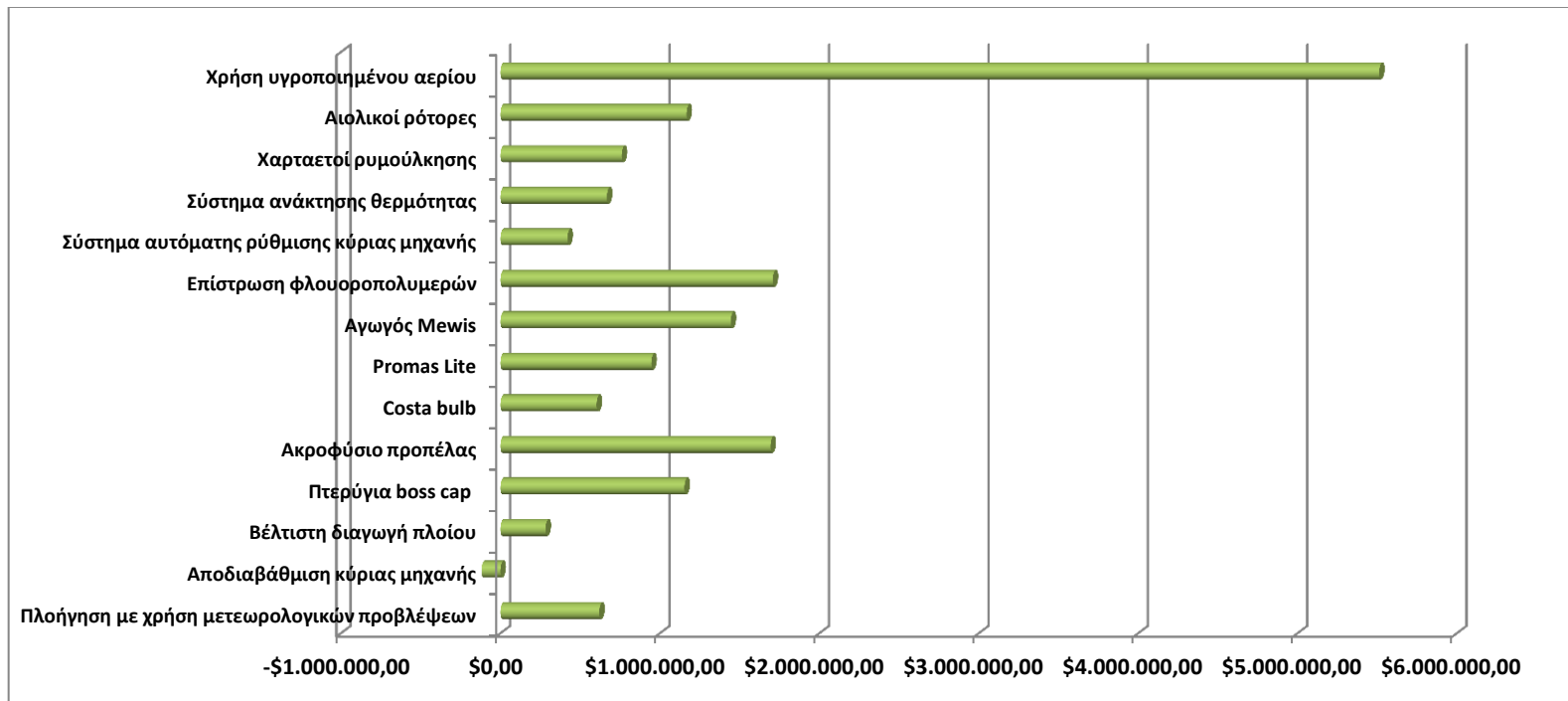
Σε επόμενο στάδιο έγινε συνολική αξιολόγηση των κινδύνων μέσω του ορισμού των τριγωνικών κατανομών πιθανότητας και της εφαρμογής τυχαίων αριθμών στο εύρος τιμών αυτών. Αυτό οδήγησε στην εξαγωγή αποτελεσμάτων για το δείκτη PI κάθε μεθόδου, τα οποία ακολούθησαν κανονική κατανομή (π.χ. Σχήμα 67). Ως συμπέρασμα μπορούμε να εξάγουμε πως για την πλειοψηφία των αποτελεσμάτων δεν παρουσιάζεται κάποια πιθανότητα να υπολογιστεί ο δείκτης κάτω του 1 και συνεπώς οι μέθοδοι θα πρέπει να προκριθούν (Πίνακας 31). Μια μικρότερη ομάδα μεθόδων εμπεριέχει μικρή έως μηδαμινή πιθανότητα (<1%) να παρουσιάσει  $PI < 1$  και επίσης θα πρέπει να προτιμηθούν, ενώ μια τρίτη ομάδα εμπεριέχει σημαντική πιθανότητα να αποτύχει οικονομικά (<25%) και θα πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω η ενδεχόμενη επένδυση σε αυτές. Τέλος, θεωρείται ότι το σύστημα αποδιαβάθμισης της κύριας μηχανής θα πρέπει να απορριφτεί, αφού για το 91% των περιπτώσεων παρουσιάζει αρνητικό δείκτη PI.

Πέρα από τις μεθόδους ενεργειακής βελτίωσης, θεωρούμε ότι η συντήρηση και ο υποβρύχιος καθαρισμός της γάστρας και της προπέλας, οι οποίες θεωρήθηκαν ως καλές πρακτικές, θα πρέπει να αποτελέσουν μέρος του ετήσιου προγράμματος συντήρησης του πλοίου, αφού και τα δυο μπορούν να οδηγήσουν σε μέση εξοικονόμηση κεφαλαίου της τάξης των 50.000-100.000 \$.

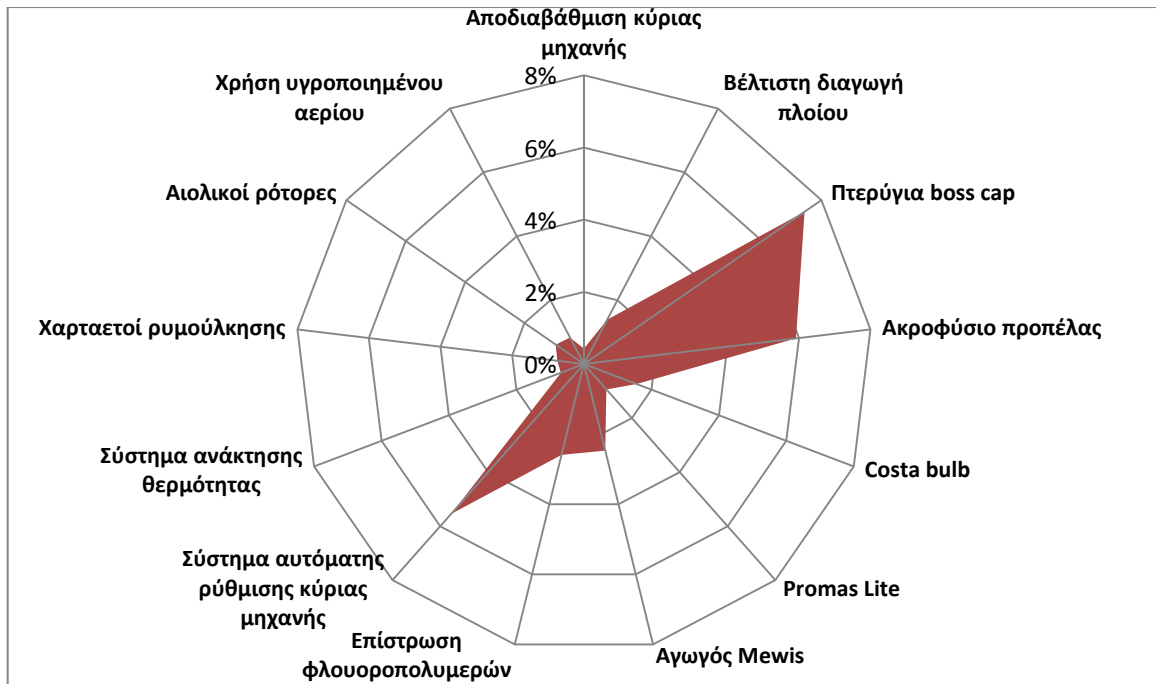
Τέλος, μετά τη διεξαγωγή της πολυκριτήριας ανάλυσης, συμπεραίνουμε πως η κατάταξη των μεθόδων δύναται να αλλάξει βάση της βαρύτητας που θα δώσει ο αποφασίζων στα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν Πίνακας 35, Πίνακας 40.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

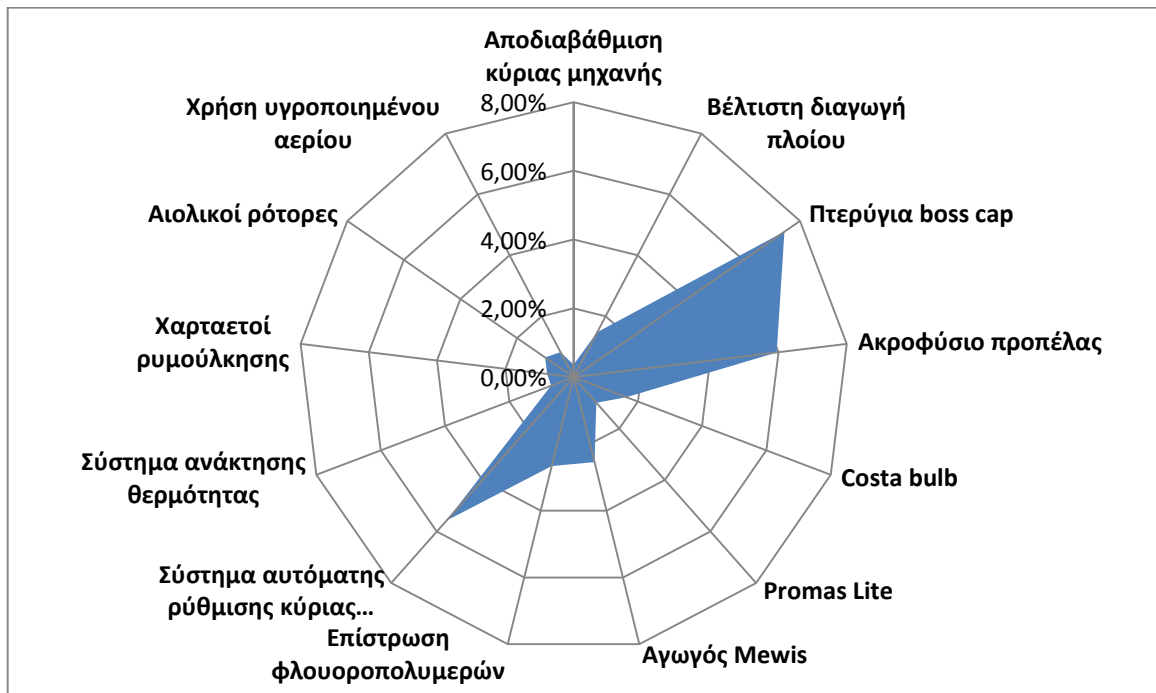
Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων για έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020



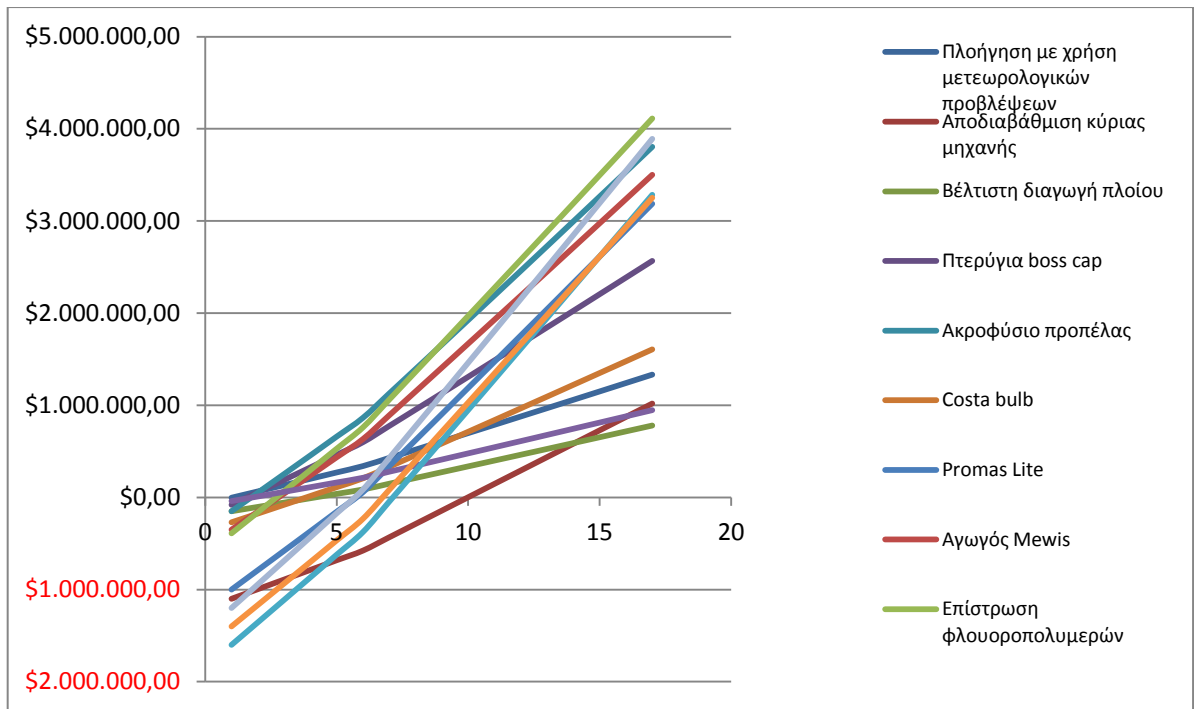
Σχήμα 68. Καθαρή παρούσα αξία εξεταζόμενων μεθόδων κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020



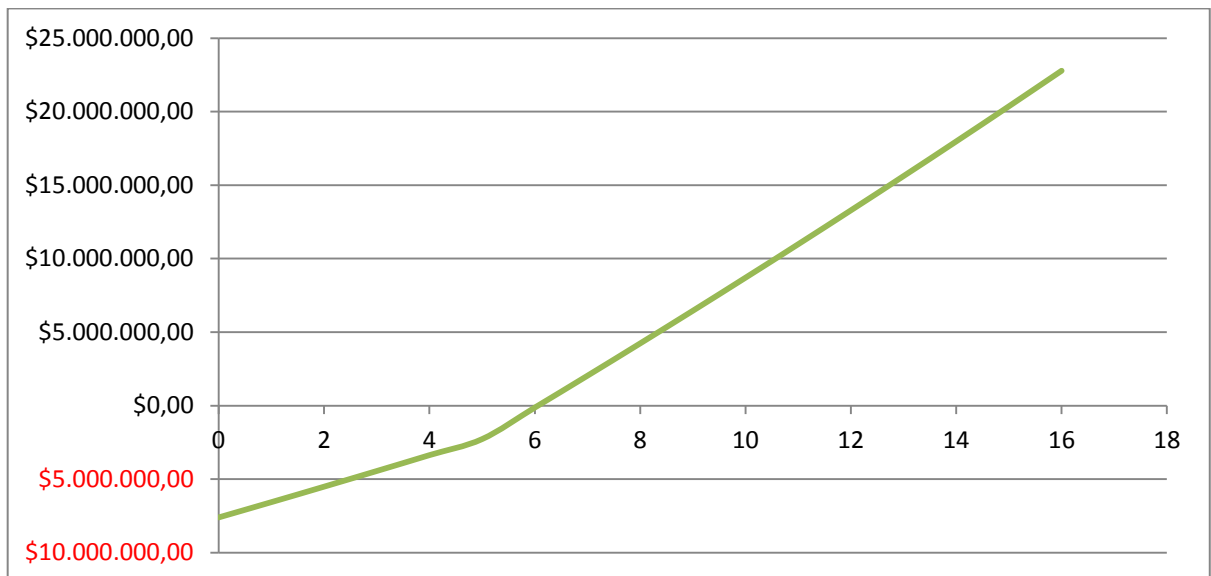
*Σχήμα 69. Ποσοστιαία αναλογία PI πρώτης μεθόδου με τις υπόλοιπες κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περι όξειδίων του θείου το 2020*



*Σχήμα 70. Ποσοστιαία αναλογία ESA πρώτης μεθόδου με τις υπόλοιπες κατά το έτος 2030 με έτος επιβολής ορίου περι όξειδίων του θείου το 2020*



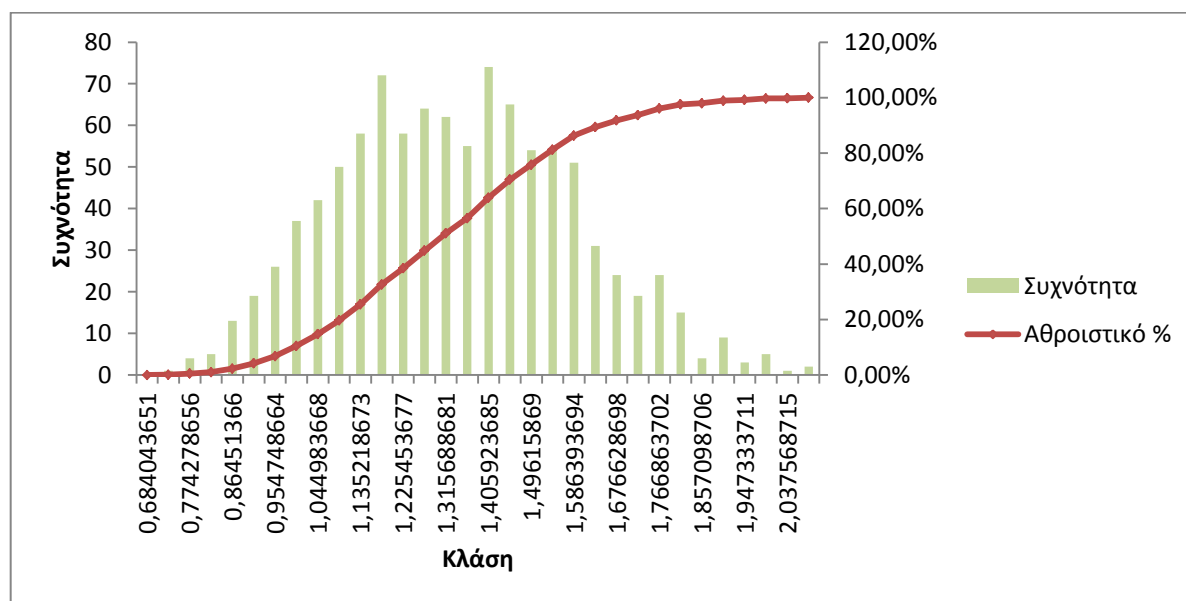
**Σχήμα 71. Εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής κάθε μεθόδου για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020**



**Σχήμα 72. Εκτιμώμενα έτη αποπληρωμής χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου για το κεντρικό σενάριο με έτος επιβολής ορίου περί οξειδίων του θείου το 2020**

**Πίνακας 37. Συγκεντρωτική μέση ποσοστιαία επίδραση κάθε παράγοντα στον δείκτη PI με έτος επιβολής ορίου περι οξειδίων του θείου το 2020- Εξαιρουμένης της χρήσης LNG**

α/α	Παράγοντας	Μέση ποσοστιαία μείωση δείκτη PI	Μέση ποσοστιαία αύξηση δείκτη PI
6	Επιτόκιο αναγωγής	-73%	42%
5	Λειτουργικό κόστος μεθόδου (% της αρχικής επένδυσης)	-16%	3%
1	Ποσοστιαία διαφορά τιμής LSHFO-HFO	-14%	12%
8	Ποσοστιαία ετήσια μείωση βαθμού απόδοσης μεθόδου	-7%	5%
7	Ημέρες πλεύσης εκτός ECA/χρόνο	-6%	6%
2	Ποσοστιαία διαφορά τιμής MGO-HFO	-3%	3%
4	Ετήσια ποσοστιαία αύξηση τιμής HFO	-1%	5%
9	Ποσοστιαία ετήσια αύξηση λειτουργικού κόστους	-1%	0%



**Σχήμα 73. Ιστόγραμμα δείκτη PI μεθόδου ανάκτησης θερμότητας για έτος επιβολής ορίου περι οξειδίων του θείου το 2020**

**Πίνακας 38. Αθροιστική πιθανότητα απόρριψης μεθόδων (PI<1), ελάχιστη τιμή δείκτη PI και κατάταξη μεθόδων για έτος επιβολής ορίου περι οξειδίων του θείου το 2020**

α/α	Ονομασία/Έτος	Αθροιστική πιθανότητα απόρριψης μεθόδου (PI<1)	Ελάχιστη τιμή δείκτη PI
Μ.ε.β.2	Αποδιαβάθμιση κύριας μηχανής	84,00%	0,12
Μ.ε.β.12	Χαρταετοί ρυμούλκησης	19,00%	0,22
Μ.ε.β.14	Υγροποιημένο φυσικό αέριο	12,00%	0,42
Μ.ε.β.11	Σύστημα ανάκτησης θερμότητας	14,00%	0,68
Μ.ε.β.7	Promas Lite	0,00%	1,08
Μ.ε.β.13	Αιολικοί ρότορες	0,00%	1,04
Μ.ε.β.3	Βέλτιστη διαγωγή πλοίου	0,00%	1,45
Μ.ε.β.6	Costa bulb	0,00%	1,32
Μ.ε.β.8	Αγωγός Mewis	0,00%	2,39
Μ.ε.β.9	Επίστρωση φλουοροπολυμερών	0,00%	2,59
Μ.ε.β.5	Ακροφύσιο προπέλας	0,00%	3,62
Μ.ε.β.4	Πτερύγια boss cap	0,00%	5,39
Μ.ε.β.10	Σύστημα αυτόματης ρύθμισης κύριας μηχανής	0,00%	5,69
Μ.ε.β.1	Πλοήγηση με χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων	0,00%	18,12

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### Παρουσίαση σεναρίων πολυκριτήριας ανάλυσης

**Πίνακας 39. Σενάρια βαρυτήτων κριτηρίων**

Σενάρια	PI	Τεχνολογική ωρίμανση	Μείωση CO2 (t)
1	60%	35%	5%
2	40%	50%	10%
3	50%	40%	10%
4	30%	60%	10%
5	50%	45%	5%
6	35%	35%	30%



<b>7</b>	70%	25%	5%
<b>8</b>	25%	70%	5%
<b>9</b>	33%	33%	33%
<b>10</b>	50%	50%	0%

*Πίνακας 40. Αποτελέσματα σεναρίων πολυκριτήριας ανάλυσης*

<b>α/α</b>	<b>Σενάριο 1</b>	<b>Σενάριο 2</b>	<b>Σενάριο 3</b>	<b>Σενάριο 4</b>	<b>Σενάριο 5</b>	<b>Σενάριο 6</b>	<b>Σενάριο 7</b>	<b>Σενάριο 8</b>	<b>Σενάριο 9</b>	<b>Σενάριο 10</b>
<b>Μ.ε.β.1</b>	42,60%	35,59%	42,23%	28,95%	42,60%	30,79%	55,88%	25,99%	29,41%	42,97%
<b>Μ.ε.β.2</b>	2,53%	2,92%	2,47%	3,38%	2,53%	2,89%	1,62%	3,67%	2,92%	2,60%
<b>Μ.ε.β.3</b>	5,07%	5,60%	4,73%	6,47%	5,07%	4,67%	3,32%	7,24%	4,59%	5,40%
<b>Μ.ε.β.4</b>	8,46%	8,66%	8,00%	9,31%	8,46%	7,14%	7,16%	10,10%	6,93%	8,93%
<b>Μ.ε.β.5</b>	6,94%	7,27%	6,75%	7,80%	6,94%	6,77%	5,89%	8,25%	6,73%	7,13%
<b>Μ.ε.β.6</b>	4,00%	4,37%	3,75%	4,98%	4,00%	3,69%	2,77%	5,54%	3,62%	4,25%
<b>Μ.ε.β.7</b>	2,82%	3,26%	2,84%	3,67%	2,82%	3,56%	1,98%	3,86%	3,64%	2,79%
<b>Μ.ε.β.8</b>	5,59%	6,16%	5,37%	6,95%	5,59%	5,68%	4,02%	7,57%	5,65%	5,82%
<b>Μ.ε.β.9</b>	4,54%	4,98%	4,45%	5,52%	4,54%	4,85%	3,47%	5,88%	4,87%	4,64%
<b>Μ.ε.β.10</b>	5,49%	5,52%	5,21%	5,83%	5,49%	4,57%	4,87%	6,27%	4,43%	5,77%
<b>Μ.ε.β.11</b>	2,75%	3,24%	2,80%	3,68%	2,75%	3,67%	1,88%	3,84%	3,78%	2,70%
<b>Μ.ε.β.12</b>	1,73%	2,16%	1,97%	2,34%	1,73%	3,19%	1,36%	2,20%	3,37%	1,50%
<b>Μ.ε.β.13</b>	1,81%	2,22%	2,05%	2,39%	1,81%	3,25%	1,47%	2,24%	3,43%	1,58%
<b>Μ.ε.β.14</b>	5,66%	8,05%	7,38%	8,73%	5,66%	15,27%	4,30%	7,35%	16,52%	3,94%